



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORLARDA RULMAN ARIZALARININ GİDERİLMESİNE YÖNELİK BULANIK MANTIK TABANLI SOĞUTMA SİSTEMİ TASARIMI

Ferhat HALAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi
Anabilim Dalı

Ağustos-2012
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

Ferhat HALAT
09.08.2012

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORLARDA RULMAN ARIZALARININ GİDERİLMESİNE YÖNELİK BULANIK MANTIK TABANLI SOĞUTMA SİSTEMİ TASARIMI

Ferhat HALAT
Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. H.Erdinç KOÇER

2012, 98 Sayfa

Jüri
Yrd.Doç.Dr. H.Erdinç KOÇER
Doç.Dr. Mehmet ÇUNKAŞ
Yrd.Doç.Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

Endüstride makinelerin hareketinde büyük rol oynayan hiç şüphesiz elektrik motorlarıdır. Elektrik motorlarının icadıyla beraber sanayide büyük adımlar atılmış ve bugüne kadar ulaşmıştır. Üretimin olduğu hemen her yerde karşılaştığımız elektrik motorları büyük bir öneme sahiptir. Üretim sahasında sürekli çalışan bu makineler zamanla gerek elektriksel gerekse de mekaniksel arızalar göstermektedir. Bu arızaların önlenebilmesi ve hemen tespit edilip arızanın giderilmesi üreticinin zaman ve iş kaybı açısından çok önemlidir. Elektrik motorlarında meydana gelen arızaların büyük bir çoğunluğu rulman bölgesinde oluşmaktadır. Bunun sebebi rulman bölgesinin hareketli parçalar içermesi, eksenel montaj hataları ve motora yük verildiğinde en çok sürtünmenin bu bölgede olmasıdır. Oluşan sürtünme ısınmaya sebep olmakta ve rulmanları ve rulman yataklarını bozmaktadır. Bu da motorun arızalanmasına ve ömrünün azalmasına sebep olmaktadır. Bu yüksek lisans çalışmasında üç fazlı asenkron motorların rulman ve rulman yataklarında oluşabilecek arızaların giderilmesine yönelik bir soğutma sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan bu soğutma sistemi rulman bölgesindeki ısı ve nem bilgilerine göre soğutma gerçekleştirmektedir. Sistem bulanık tabanlı bir kontrol ile daha hassas çalıştırılarak rulman bölgesinin belli ısı aralığında sabit tutulmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen düzenek 3 fazlı asenkron motor, yük bindirme motoru, su soğutma motoru, PLC kontrol devresi ve bulanık sistem yazılımının çalıştırıldığı bilgisayar kısımlarını içermektedir. Deneysel çalışmaların yapılması neticesinde rulman bölgesinde etkili bir soğutma gerçekleştirildiği gözlenmiştir. Tasarlanan bu sistem sayesinde aşırı ısınmadan dolayı oluşan arızaların önlenebildiği ve motorun ömrünün ve veriminin artırıldığı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Asenkron motor, bulanık mantık, rulman arızası, soğutma sistemi, PLC.

ABSTRACT

MS THESIS

DESIGN OF FUZZY LOGİC BASED COOLING SYSTEM FOR ELIMINATING THE BEARING FAULTS IN THREE PHASE ASYNCHRONOUS MOTORS

Ferhat HALAT

SELÇUK UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES ELECTRONIC AND COMPUTER SYSTEM EDUCATION DEPARMENT
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

Advisor: Assist. Prof.Dr. H.Erdinç KOÇER

2012, 98 Pages

Jury
Assist.Prof.Dr. H.Erdinç KOÇER
Assoc.Prof.Dr. Mehmet ÇUNKAŞ
Asist.Prof.Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

In the industry, electrical motors, no doubt, play a major role in machinery movement. Major steps have been taken with the invention of electric motors in the industry and have reached so far. These machines appearing wherever there is production has a great importance. These machines constantly working in the field of manufacturing will exhibit both electrical and mechanical failures over time. To immediately detect this failure and to give way machine again is the most desirable situation because to stop the machine in the factories due to breakdown is undesirable. The breakdowns have been occured generally in bearing region. This is baceuse of bearing region includes movement parts and big frictions.
In this study, in bearing and ball bearing of three-phase asynchronous motors; with PLC system an innovative cooling system based fuzzy logic was designed against overheating caused by overload, axial mounting errors and atmospheric conditions. At eht end of the experimental results, it has been achieved effective cooling system. It has been observed that performance and lifetime of electric motors are increased by this cooling system.

Keywords: Asynchronous Motor, Fuzzy Logic, bearing overheating, cooling system, PLC.

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sürecinde benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam, Sayın Yrd. Doç.Dr. H.Erdinç KOÇER'e, kıymetli aileme ve değerli arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ferhat HALAT
KONYA-2012

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ ..... **iii**

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER TABLOSU ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Tezin Konusu ve Amacı 2
1.2. Tezin Organizasyonu 3
1.3. Kaynak Araştırması 3
1.4. Materyal ve Metot 5

2. ASENKRON MOTORLAR **8**

2.1. Asenkron Motorun Yapısı 9
2.1.1. Stator 10
2.1.2. Rotor 10
2.1.2.1. Sincap kafesli rotor 10
2.1.2.2. Sargılı rotor (bilezikli motor) 10
2.2. Asenkron Motorlarda Karşılaşılan Arızalar ve Arıza Tespit Yöntemleri 11
2.2.1. Asenkron motorlarda meydana gelen arızaların belirtileri 19
2.2.1.1. Stator asimetrisi 20
2.2.1.2. Stator hava aralığı ile ilgili arızalar 20
2.2.1.3. Yataklama arızaları 21
2.2.1.3.1. Rulmanlarda titreşimin ölçümü 25

3. RULMAN ARIZALARININ KONTROLÜ **26**

3.1. PLC 26
3.1.1. PLC'nin kullanım alanları ve yapısı 27
3.1.1.1. Güç kaynağı 27
3.1.1.2. Merkezi işlemci ünitesi (CPU) 27
3.1.1.3. Bellek 27
3.1.1.4. Giriş ya da algılama ünitesi (input) 28
3.1.1.5. Çıkış ya da kumanda elemanları (output) 28
3.1.2. PLC'nin avantajları 28
3.1.2.1. Fiziksel büyüklük 29
3.1.2.2. Maliyet 29
3.1.2.3. Ortam dayanıklılığı 29
3.3.2.4. Haberleşme kabiliyeti 29

3.3.2.5. Kompleks yapı 29
3.3.2.6. Programlama kolaylığı 29
3.3.2.7. PLC'nin kapasitesinin arttırılması 30
3.3.2.8. İşlem hızı 30
3.2.2.9. Görüntüleme 30
3.1.3. PLC'nin programlanması 30
3.1.3.1. Merdiven diyagramı (LADDER) 30
3.1.3.2. Komut listesi (STL) 31
3.1.3.3. Fonksiyonel blok diyagram (FBD) 31
3.2. Ara Yüz (Dokunmatik Panel) 32
3.3. Sıcaklık ve Nem Modülü 33
3.4. Frekans İnverteri 34

4. BULANIK KONTROL 35

4.1. Bulanıklaştırma Birimi 37
4.2. Bilgi Tabanı 37
4.3. Sonuç Çıkarım Mekanizması 38
4.4. Durulaştırma Ara Birimi 38
4.5. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları 38
4.6. Labview 40
4.6.1. Labview tarihsel gelişimi 41
4.6.2. Labview programının ön paneli 43
4.6.3. Labview programının blok diyagramı 44
4.6.4. PID ve Bulanık Mantık Eklentisi (Fuzzy Logic Toolkit) 45

5. SİSTEMİN TASARIMI 48

5.1. Mekanik Donanım 49
5.2. Elektronik Donanım 54
5.3. Sistem Yazılımı 57
5.3.1. Yazılımla ilgili bulanık mantık bilgileri 62
5.4. Deneysel Sonuçlar 66

6. SONUÇ ve ÖNERİLER 69

6.1. Sonuçlar 69
6.2. Öneriler 70

KAYNAKLAR 71

EKLER 74

ÖZGEÇMİŞ 87

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Db : Rulman iç çapı
Dp : Rulman dış çapı
f : Besleme gerilimi frekansı
fb : Bilyelerdeki arıza frekansı
fd : Dış bilezik arıza frekansı
fk : Kafes arıza frekansı
fi : İç bilezik arıza frekansı
Hp : Beygir gücü
kW : Kilowat
Nb : Rulmandaki bilye sayısı
nd : Arıza mertebesi
R : Rotor oluk sayısı
s : Kayma
v : Besleme gerilimindeki harmoni
α : Radyan olarak temas açısı

Kısaltmalar

CPU : Merkezi İşlem Ünitesi
DAQ : Veri Toplama Kartı
DCS : Dağıtılmış Kontrol Sistemi
DTC : Delta Sıcaklık Kontrol
EEPROM : Elektriksel Silinebilir Programlanabilir Yalnız Okunur Bellek
EMI : Elektromanyetik Girişim
EPROM : Silinebilir Programlanabilir Yalnız Okunabilir Bellek
FBD : Fonksiyonel Blok Diyagramı
IGBT : İzole Kapılı Bipolar Transistör
mA : Mili Amper
PLC : Programlanabilir Lojik Kontrol
PWM : Darbe Genişlik Modülasyonu
RF : Radyo Frekansı
RTU : Uzak Terminal Birimi
STL : Komut Listesi
UMP : Elektromanyetik Çekim Kuvveti
V : Voltaj

ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER TABLOSU

Şekil 1.1. Sistemin genel çalışma şeması 5
Şekil 2.1. Ferrari'nin asenkron motoru (a), Teslanın asenkron motoru (b) 9
Şekil 2.2. Üç fazlı ve kısa devre rotorlu bir asenkron motorun yapısı 9
Şekil 2.3. Sargı uçlarının bileziklere bağlanışı 11
Şekil 2.4. Tek sıralı sabit bilyeli bir rulmanın yapısı 13
Şekil 2.5. Kısmi iç bilezik, tam iç bilezik, dış bilezik arızası bulunan rulmanlar. 13
Şekil 2.6. Aşırı ısınma nedeniyle meydana gelen iç bilezik, kafes arızası bulunan rulmanlar 14
Şekil 2.7. Rulmanın mile montajı esnasında oluşabilecek sorunlar 15
Şekil 2.8. Rulman akımlarının motor üzerinde izlediği yol 16
Şekil 2.9. Rulman akımlarını engellemesi amacıyla motor milinin topraklanması 17
Şekil 2.10. Motor mile monte edilmiş bir izoleli rulman… 17
Şekil 2.11. Asenkron motorda faraday kafesinin yerleştirilmesi 18
Şekil 2.12. Tipik bir arıza tespit sistemi… 18
Şekil 2.13. Hasarlı bir rulmanda meydana gelen dış bilezik arıza frekansı 23
Şekil 2.14. Rulmanın bölümleri 24

Şekil 3.1. 8 girişli 6 çıkışlı PLC 26
Şekil 3.2. PLC'nin genel yapısı… 28
Şekil 3.3. Ladder diyagramı ile set-reset rölesinin kullanılması 31
Şekil 3.4. Komut listesi ile set-reset rölesinin kullanılması 31
Şekil 3.5. Fonksiyonel blok diyagramı ile set-reset rölesinin kullanılması 31
Şekil 3.6. Dokunmatik panel… 32
Şekil 3.7. Sıcaklık ve nem modülleri 33
Şekil 3.8. İnverter(a), J tipi Termokupl(b), nem sensörü(c)… 34

Şekil 4.1. Geleneksel mantık(a), bulanık mantık(b) 35
Şekil 4.2. Bulanık kontrol sistemi 37
Şekil 4.3. Labview programının ön paneli ve kontrol çubuğu 44
Şekil 4.4. Labview programının blok diyagramı ve kontrol çubuğu 44
Şekil 4.5. Giriş ve çıkış değişkenlerinin belirlendiği ekran 46
Şekil 4.6. Kural tabanlarının tasarlandığı ekran 46
Şekil 4.7. Tasarlanan bulanık kontrolün test ekranı 47

Şekil 5.1. Sistemin genel blok diyagramı 48
Şekil 5.2. Redüktörlü frenleme aparatı(a,b,c) 50
Şekil 5.3. Ana motora ait rulman kapağı 50
Şekil 5.4. Ön rulman kapağının torna edilmiş hali 51
Şekil 5.5. Serpantin sarımı için kullanılan bakır boru(a), sarılmış serpantin(b) 51
Şekil 5.6. Serpantinin ön rulman kapağına preslenmesi 52
Şekil 5.7. Serpantin sisteminin kapağa montajlanmış hali 52
Şekil 5.8. Sıcaklık ölçüm sensörünün montajı 52
Şekil 5.9. Nem ölçüm aparatı(a), sensörün aparata montajı(b), nem ölçüm sensörünün kapağa montajı(c) 53
Şekil 5.10. Pompa rotoruna alın deliği açılması(a), pompa-encoder bağlantı pimi yapılması(b) 53
Şekil 5.11. Üç faz olarak sarılmış pompa motoru(a), encoderin pompa motoruna monte hali(b) 54

Şekil 5.12. Su soğutma sistemi 54
Şekil 5.13. DVP14SS11R2 PLC.....55
Şekil 5.14. Dokunmatik operatör paneli 55
Şekil 5.15. Dtc1000v ve Dtc2000v.....56
Şekil 5.16. Yapılandırma ayarı yapılmış DTC ile sıcaklık ölçümü 56
Şekil 5.17. Usb 6008 DAQ.....57
Şekil 5.18. Kontrol elemanlarının pano içerisine yerleşimi ve montajı.....57
Şekil 5.19. Pompa devrini okumak için yazılmış Ladder diyagramı.....58
Şekil 5.20. Rulman sıcaklığı, yatak nemi ve pompa devir bilgilerinin ekrandaki tasarım görüntüsü 58
Şekil 5.21. Ana sayfa ekran görüntüsü 59
Şekil 5.22. Pompa devir sayısı için trend grafik ekranı 59
Şekil 5.23. Pompa motoru kontrol ekranı 60
Şekil 5.24. Ana motor ve soğutma motoru kontrol ekranı.....60
Şekil 5.25. Yük bindirme redüktörü kontrol ekranı.....61
Şekil 5.26. PLC, Dokunmatik panel ve DTC modüllerin RS 485 üzerinden haberleşmesi 61
Şekil 5.27. Tasarlanan sistemin Labview blok diyagram ekranı 62
Şekil 5.28. Sıcaklık değerlerine ait üyelik fonksiyonları 63
Şekil 5.29. Nem değerlerine ait üyelik fonksiyonları 64
Şekil 5.30. Devir değerlerine ait üyelik fonksiyonları.....64
Şekil 5.31. Bulanık kontrol yüzey şekli.....65
Şekil 5.32. Sıcaklık: 41,46 ºC, Nem: %22,28 iken Analog Çıkış:2,99 V.....67
Şekil 5.33. Sıcaklık:73,40 ºC, Nem: %21,70 iken Analog Çıkış: 4,27 V.....67
Şekil 5.34. Sıcaklık: 64,6 ºC ve Nem: %20,8 iken Analog Çıkış: 3,36 V.....67

Çizelge 5.1. Sistemde kullanılan malzemelerin özellikleri.....48
Çizelge 5.2. Bulanık kurallar tablosu.....63
Çizelge 5.3. Kural tabanı test sonuçları 66

1. GİRİŞ

Sanayi tesislerinde elektrik enerjisini dairesel harekete çeviren hiç şüphesiz elektrik motorlarıdır. Elektrik motorlarının büyük bir kısmı asenkron motordur. 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 (Saçkan 1992).

Elektrik motorları, iyi montaj edilmiş ve sağlam olmalarına rağmen çalışmaları esnasında arızalar meydana gelmektedir. Elektrik motorlarında elektriksel, mekanik ve bunun ikisinin birleşimi şeklinde arızalar oluşabilir. Bu yüzden elektrik motorlarının uygulamalarında; emniyet, güvenirlik, verim, performans en çok ilgilenilen ve olması istenilen özelliklerdir (Vas, 1993).

Elektrik makine üreticileri ve kullanıcıları motor arızalarını önlemek için tedbirler almaktadır. Ancak motorların içerisinde oluşan arızaların tespiti bazen uzun zaman alabilmektedir. Elektrik motorlarını yaptığı işler giderek karmaşık hale gelmekte ve bu motorlar insanlar için hayati önem arz eden yerlerde kullanılmaktadırlar. Bu motorların zamansız bozulması, hem büyük maddi kayıplara, hem de hata teşhis edilip gerekli tedbir alınmadığında, makinenin zamanından önce yenilenmesine neden olmaktadır (Bay ve ark., 2007).

Genel olarak elektrik motorlarında mekaniksel ve elektriksel arızalar meydana gelmektedir. Mekaniksel arızaların büyük bir kısmı rulman ve rulman yatağından kaynaklanan arızalardır. Rulmanlar dönen makinelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Makinelerin problemsiz çalışması rulmanların sağlıklı çalışmasıyla doğrudan ilgilidir. Makine yataklarından titreşim ölçülerek makinenin içyapısında gelişen olaylar hakkında bilgi edinilebilir. Helikopter ve elektrik motorlu otomatik işlemeli makine sistemleri gibi yerlerde beklenmedik rulman arızaları yıkıcı ve çok masraflı olabileceğinden (Li ve ark., 2000) rulman arızaları birçok araştırmanın konusu olmuştur.

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 önlem almak, bakım ve iş gücü kayıplarının önüne geçecektir.

Eksensel montaj hatası, dengesiz olarak motora yüklenme, uzun süreli çalışma, motorun nominal hızının üzerinde çalışma vb. durumlarda rulmanlar titreşim ve sıcaklık yaymaya başlamaktadır. Bu olumsuz etkenler zamanla motorda ciddi problemlere neden olmaktadır. Böyle bir durumda ise üretimin aksaması kaçınılmaz hale gelmektedir.

1.1. Tezin Konusu ve Amacı

Bu tez çalışmasında; üç fazlı asenkron motorların rulman ve rulman yataklarında eksenel kaymalar veya aşırı yükten dolayı oluşan sıcaklığın soğutulmasına yönelik bulanık mantık tabanlı sistem tasarlanmıştır.

Mevcut elektrik motorlarında rulman ve rulman yataklarının bulunduğu hazneye gres yağı boşaltılarak sürtünmenin ve dolayısıyla ısınmanın azaltılması sağlanmaktadır. Ancak bu yağ, kirlenme ve ısının etkisiyle zamanla özelliğini yitirmekte ve rulmanın iç ve dış bileziklerinde korozyonlara ve tolerans değişimlerine neden olmaktadır. Rulman ve rulman yataklarının aşırı ısınması sonucu hareketli yüzeyde deformasyonlar oluşmakta ve bu deformasyonlar motorda titreşimlere sebep olmaktadır. Bu titreşimler motorda bulunan tüm hareketli aksamlarda (rotor mili ve sargıları vb) zamanla hasara sebep olmaktadır. Bu hasarlar önlem alınmadığı takdirde motorun bozulmasına ve dolayısıyla işletmelerin istemediği üretime ara verilmesi gibi büyük zaman ve maddi kayıplara sebep olmaktadır. Ayrıca rulmanda meydana gelen bu deformasyonlar sonucunda motordan birim zamanda geçen akım şiddeti de artacağından motor şebekeden daha fazla elektrik enerjisi tüketecektir. Böylelikle hem motorun kullandığı enerji miktarı artacak, hem de rulmanın ömründe azalmalar meydana gelecektir.

Bu tez çalışmasıyla; rulman ve rulman yataklarına meydana gelen sıcaklık soğutulmaktadır. Yapılan bu soğutmanın etkisiyle oluşabilecek nemlenmenin de en aza indirgenmesini sağlamak amacıyla ilgili bölgeye bulanık mantık tabanlı akıllı bir soğutma tekniği uygulanmıştır. Bu yöntemle; motora ait olan rotorun, rulmanlar üzerinden daha rahat rotasyonel hareket etmesi sağlanacak ve motorun şebekeden daha dengeli akım çekmesini ve aynı zamanda motorun çok uzun süre ile kullanılabilmesine olanak sağlanacaktır.

1.2. Tezin Organizasyonu

Çalışmanın birinci bölümünde, teze giriş yapılmış; tezin organizasyonu, kaynak araştırması ve kullanılan materyal ve metot anlatılmıştır.

İkinci bölümde; asenkron motorlar ve yapıları, endüstri ve günlük yaşamda oluşturdukları kolaylıklar, asenkron motorların yapıları, çalışma şekilleri anlatılmıştır. Asenkron motorların çalışmaları esnasında meydana gelen arıza durumları ve bu arızaları tespit yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Asenkron motorların rulman ve rulman yataklarında meydana gelen arıza durumları ve etkileri, rulman ve rulman yataklarında meydana gelen arızaların tespiti ve ölçümü hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde; rulman arızalarının kontrolü için endüstriyel otomasyon alanında kullanılan; PLC ve yapıları, PLC programlama teknikleri, makine – insan ara yüzü dokunmatik paneller, avantajları ve uygulama alanları, sıcaklık ve nem değerlerini ölçerek analog değerleri dijital değerlere çeviren modüller, motor hız kontrolü için frekans inverteri gibi kontrol elemanlarının çalışması ve fonksiyonları hakkında bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde; bulanık kontrol hakkında bilgiler verilmiştir. Bir bulanık kontrol sisteminin temel bileşenleri olan bulanıklaştırma, bilgi tabanı, sonuç çıkarım mekanizması, durulaştırma arabirimleri hakkında bilgiler verilmektedir. Ayrıca bulanık kontrolün uygulama alanları, avantaj ve dezavantajları da bu bölümde özetlenmiştir. Çalışmamızda bulanık kontrol için kullandığımız Labview programı ve özellikleri hakkında genel bilgilere de yine bu bölümde değinilmiştir.

Beşinci bölümde; sistemin tasarımı, tasarım aşamaları, kullanılan donanımların özellikleri, sistemin etki ve sonuçları hakkında bilgiler verilmiştir.

Altıncı bölümde ise çalışmada alınan sonuçlar ve öneriler verilmiştir.

1.3. Kaynak Araştırması

Önel (2005) doktora tezi çalışmalarında; rulman arızalarını tespitinde yapay sinir ağlarının kullanımı ve asenkron motorlarda meydana gelen rulman arızalarını tespit etmek için kullanılan FFT Analizi, Park Dönüşümü analizi ve X – Y Dönüşümü analizi yöntemleri araştırılmış ve uygulanmıştır.

Şeker ve ark. (2002) çalışmalarında asenkron motorlarda öngörülü bakım teknolojisine dayalı, rulman arıza gelişimi üzerine bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Rulman arızası, hızlandırılmış eskitme süreçleri ile yapay olarak oluşturulmuştur. Motordan alınan titreşim ve akım işaretlerinin istatistiksel ve dalgacık analizi sonucu rulman arızasına ilişkin özellik çıkarımı yapılmıştır. Bu işaretlerin bir arada değerlendirilmesi ile koherens fonksiyonu tanımlanarak rotor eksensel bozukluğunu gösteren en baskın frekans değeri belirlenmiştir. Bu anlamda işaretler arasındaki ilişki, bir yapay sinir ağına öğretilerek (YSA), arıza frekanslarının YSA ile belirlenebildiği gösterilmiştir. Genetik algoritma yaklaşımı da YSA çıkışlarındaki maksimum hatayı bulmak için kullanılmıştır. Böylece YSA ve GA tabanlı hibrit bir yapay zeka izleme sistemi oluşturulmuştur.

Kalyoncu (2004) makale çalışmasında; makine elemanlarının arızalarının tespitinde titreşim analizi yöntemi üzerinde durmuştur. Örnek uygulama olarak rulmanlarda meydana gelen arızalar incelenmiş ve titreşim analizi sonuçları grafiksel olarak verilmiştir.

Aktürk ve ark. (2003) makale çalışmalarında; mevcut olan titreşim analizi metodu ile rulman arızalarının belirlenmesi ele alınmıştır. Rulman titreşimleri, ölçümü ve analizi özet olarak verilmiş, silindirik tip yuvarlanma elemanına sahip bir rulmanda oluşan dış bilezik hasarının titreşim analizi ile belirlenmesi sunulmuştur.

Karahan (2005) yüksek lisans çalışmasında; demir-çelik endüstrisinde kullanılan makinelerde titreşim analizi kullanılarak kestirimci bakım uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla makinelerde periyodik titreşim ölçümleri gerçekleştirilmiş, elde edilen titreşim verileri frekans analizi metodu ile değerlendirilerek arızalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sırasında bir rulman arızası ve kaymalı yatak arızası tespit edilmiştir.

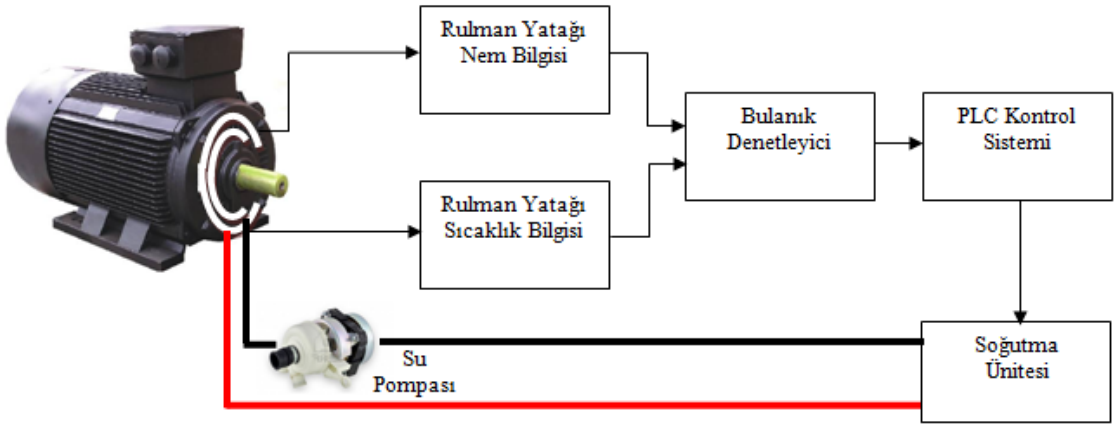
Şengüler (2008) yüksek lisans çalışmasında; ana hedef olarak hızlandırılmış yaslanma deneyine tabi tutulan 5 beygir gücündeki asenkron motorun rulman arızasının oluşma süreci takip edilmiştir. Bu amaçla istatiksel parametreler, Shannon entropisi, Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları, Kohonen'in Özdenetimli Ağı ve Bağımız Bileşen Analizi rulman arızasının durumunu izleme amaçlı kullanılmıştır. Öznitelik vektörleri oluşturmak için Fourier dönüşümü ve Dalgacık Paket Dönüşümleri uygun görülerek boyut azaltma amaçlı olarak Tekil ve Bağımsız Bilesen Analizleri yapılmıştır.

İnal (2008) yüksek lisans çalışmasında; önemli makine elemanlarından biri olan bilyeli rulmanların ses kayıtlarının çalışma şartlarında ölçülmesi ile arızalarının önceden

kestirilebilmesi amacıyla bir deneysel araştırmayı içermektedir. Bunun için özel olarak arızalandırılmış rulmanlarla, hazırlanan deney düzeneği üzerinde çeşitli testler gerçekleştirilmiştir. Uygulama, NU 208 numaralı rulmanın sadece iç bileziğinde ve dış bileziğinde önceden oluşturulmuş belirli hasarların 2800d/dak dönen deney düzeneği üzerindeki bir şaftta, çalışma şartlarında ortama yaydığı sesin ölçülmesini içermektedir. Kaydedilen ses bir sinyal şartlandırıcıdan geçirildikten sonra dijital hale dönüştürülüp analiz edilmektedir. Böylece rulmanların farklı bölgelerinde var olan arızaların, çalışma esnasında dış ortama yaydıkları ses içeriğinden ayırt edilebileceği belirlenmek istenmiş ve kestirimci bakım alanında bakım ve/veya değişim zamanlarının önceden tespit edilebilmesini sağlamak üzere bir yöntem geliştirebilmek amaçlanmıştır.

1.4. Materyal ve Metot

Deney düzeneği genel anlamda mekanik donanım ve kontrol donanımı olmak üzere 2 ana gruptan meydana gelmiştir. Sistemin genel şeması aşağıda verilmiştir.



Şekil 1.1. Sistemin genel çalışma şeması

Mekanik donanım kısmı 3 fazlı asenkron motor, frenleme tertibatı ve su soğutma sisteminden oluşmaktadır.

Rulman ve rulman yatağında yapay ısınmaların oluşması için balatalı bir frenleme tertibatı tasarlanmıştır. Bu tertibatta; çevrim oranları “10” ve “50” olan 2 adet sonsuz vida grubu redüktör birbirine seri bağlanmış ve çevrim oranı “500” olan bir redüktör grubu elde edilmiştir. Bu redüktöre 120 watt gücünde 1390 devirlik bir motor bağlanarak çıkışından 2,78 devirlik yüksek torklu bir çıkış alınmıştır. Bu çıkış bir balatalı frenleme tertibatına monte edilerek motorun hareketiyle mil üzerine kontrollü

bir sıkıştırma kuvveti uygulanmıştır. Oluşturulan bu tertibat 3 fazlı 5,5 kW gücünde bir asenkron motora monte edilmiştir. Redüktörün hareketiyle bu ana motorun çıkış miline yüksek torklu kuvvet etki ettirilerek ana motorun rulman ve rulman yataklarında bir ısı enerjisi oluştuğu görülmüştür.

Bununla birlikte, rulman ve rulman yataklarının su ile soğutulması için şebeke suyunu soğutan mini bir soğutma ünitesi tasarlanmıştır. Bu soğutma ünitesi, şebeke suyunu 3-4 ºC ye kadar soğutabilmektedir. Soğutulan suyun motor rulman yatağından geçirilmesi için motora ait rulman kapağı torna edilmiş, bakır borulardan oluşan bir serpantin sistemi kapağa dış kısmından özel yapıştırıcılarla presleme yöntemiyle sabitlenmiştir. Su soğutma sisteminden alınan soğuk suyun serpantin kanalından hareketinin sağlanması için 0,37 kW gücünde bir pompa motoru sisteme dahil edilmiştir. Ayrıca bu pompa motorunun devir kontrolü saniyede 500 pals üreten bir enkoderle sağlanmıştır. Tüm bu mekanik yapılar profil demirlerden oluşan bir iskeletin içerisine monte edilmiştir.

Kontrol kısmında ise 8 girişli ve 6 çıkışlı bir programlanabilir lojik kontrolör (PLC) ile bir bilgisayar kullanılmıştır.

PLC; su soğutma sistemi, frenleme tertibatı sistemi, pompa motoru kontrolü ve 3 fazlı ana motorun kontrolünü gerçekleştirmektedir.

Ana motorun rulman bölgesinde meydana gelen sıcaklığı ölçmek için özel tasarlanmış 3 mm çaplı “J” tipi ısı çifti (thermocouple) kullanılmıştır. Bu ısı çifti; -200 ºC ile 1200 ºC arası sıcaklık ölçme kapasitesine sahiptir. Bunlara bağlı olarak ölçüm aralığı değiştirilebilen bir dönüştürücü sıcaklık modülü kullanılmıştır. Dönüştürücü, 0 – 100 ºC arası sıcaklık değerleri için 0 – 10 volt çıkış verecek şekilde ayarlanmıştır. Ayrıca rulman bölgesinde soğutmayla meydana gelecek yoğuşmanın (nemin) ölçümü için bir nem sensörü rulman kapağına monte edilmiştir. Bu nem sensörü 4 – 20 mA çıkış akımı üreten bir sensör olup %0 nem değerinde 4 mA, %100 nem değerinde ise 20 mA akım üretmektedir. Bu akım değerleri bir dönüştürücü modüle bağlanarak nem değerlerinin ölçümü operatör panelinden gözlenmiştir.

Su soğutma motoru, frenleme tertibatı, pompa motoru ve ana motorun çalışması dokunmatik panel ile kontrol edilmiştir. Ayrıca rulman ve yatak bölgesindeki nem ve sıcaklık değerleri, pompa motorunun devir değeri bu dokunmatik panel vasıtasıyla gözlenebilmektedir. Ayrıca yine bu panel üzerinde devir değişimine ait grafikler yer almaktadır.

Nem ve sıcaklık dönüştürücülerinden elde edilen analog gerilimler National Instruments firmasının üretmiş olduğu 6008 DAQ kartı üzerinden okunmaktadır. Alınan bu veriler Labview 2010 programının Fuzzy logic ve PID toolkit'i üzerinde kullanılmış ve bir analog çıkış gerilimi elde edilmiştir. Bu analog çıkış gerilimi, 0,4 kW lık frekans inverterine gönderilmiş ve bu invertere bağlı olan 0,37 kW gücünde pompa motorunun bulanık mantık tabanlı olarak devir kontrolü sağlanmıştır. Böylelikle, nem ve sıcaklığa bağlı olarak pompa motorunun birim zamanda basmış olduğu su miktarı da değiştirilmiştir.

Kullanılan tüm elemanlar (kontaktör, PLC, dönüştürücüler, dokunmatik panel, sinyal lambaları vb.) 50*60 cm² alanlı bir pano içerisine monte edilmiştir.

2. ASENKRON MOTORLAR

Bir toplumun kalkınmışlık düzeyi, o toplumun ürettiği mal ve hizmetlerin miktar ve kalitesiyle orantılıdır. Üretimin etkin şekilde gerçekleştirilmesi ise, tamamen enerjinin akılcı kullanımına bağlıdır. Hareket ve ısı enerjisi, sanayide en çok kullanılan enerji türleridir. Ancak enerji; ısı, mekanik ve elektrik olmak üzere belirli formlarda üretilebilmektedir.

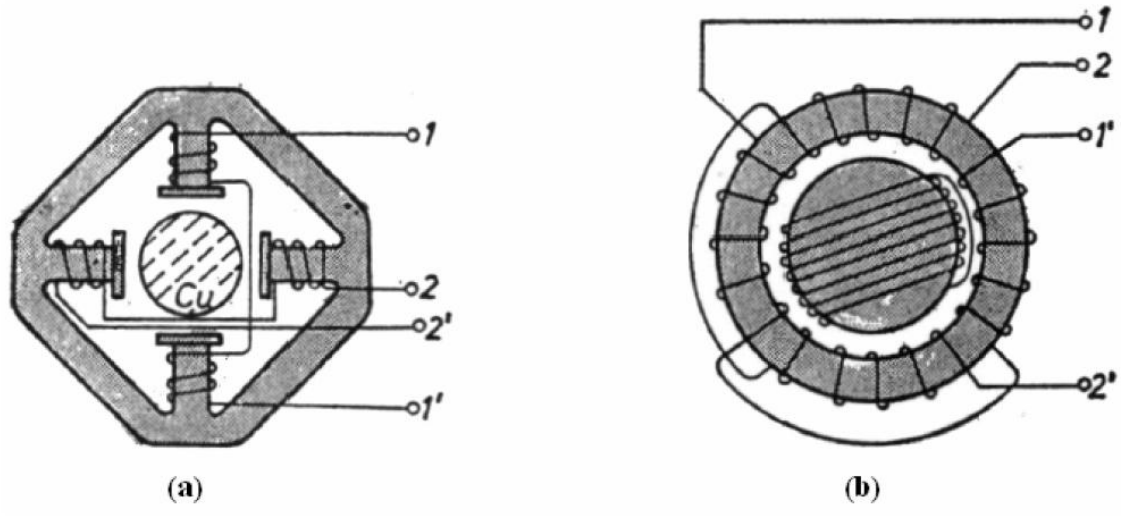
Elektrik enerjisi, diğer enerji türleri içinde %30'luk bir kullanım payına sahiptir ve bu oran gün geçtikçe daha da artmaktadır (Boldea, 2002). Sanayide kullanılan elektrik enerjisinin küçük bir kısmı doğrudan ısı ve ışık elde etmekte kullanılırken, daha büyük miktardaki elektrik enerjisi ise elektrik motorları tarafından mekanik enerjiye dönüştürülmektedir.

Asenkron motorlar; doğrudan bir fazlı ya da üç fazlı alternatif akım şebekesinden beslenebilmesi, dayanıklı, bakım gerektirmeyen yapısı ve düşük maliyetleri nedeniyle, hem sanayide hem de ev aletlerinde en çok kullanılan motor türü haline gelmiştir. Günümüzde gelişmiş ülkelerde kişi başına 3kW'lık düşmektedir ki, bunun önemli bir kısmı asenkron motorlar tarafından karşılanmaktadır. 30-40 Watt'tan başlayan güçlerden 45 000 BG (33120 kW)'ne kadar uzanan geniş bir yelpazede asenkron motorlar üretilebilmektedir.

Asenkron motorlar; genellikle bir ya da üç fazlı alternatif akım şebekesinden beslenmekle birlikte, %10 kadarı güç elektroniği elemanlarıyla gerçekleştirilmiş frekans çeviriciler tarafından sürülmektedir.

Enerjinin akılcı kullanımı, yüksek verim ve düşük kayıpların ucuz maliyetlerle gerçekleştirilmesini akla getirir. Azalan kayıplar, motorun çevresel etkisini azaltacağı gibi enerji santrallerinin doğa ile olan olumsuz etkileşimini minimuma indirgeyecektir. Bu amacın gerçekleştirilmesine frekans çeviriciler önemli katkı sağlamakla birlikte elektromanyetik girişim (EMI) ve şebekenin akım harmonikleriyle kirlenmesi gibi olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir.

Asenkron motorların icadı 1885'lere dayanır. Galileo Ferrari ve Nicola Tesla bu motoru ilk olarak üreten ve patentini alan bilim adamlarıdır. Ferrari'nin ürettiği makine doğru akım makinesine benzer şekilde, iki kutuplu bir stator sargısına sahipken rotoru bakır bir silindirden meydana gelmiştir. Teslanın makinesinde ise stator sargısı, karkas boyunca yayılmış ve bununla birlikte rotorda da kısa devre edilmiş bir sargı daha bulunmaktadır. Her iki makinenin kesiti şekil 2.1' de verilmiştir (Boldea, 2002).

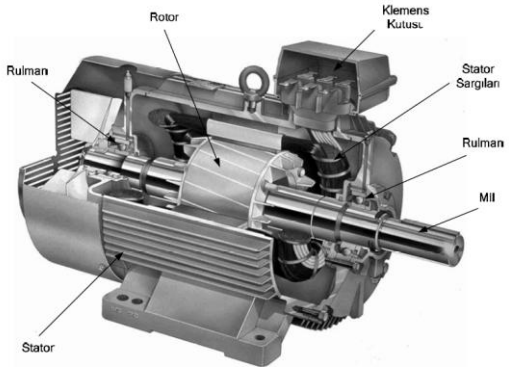


Şekil 2.1. Ferrari'nin asenkron motoru(a), Teslanın asenkron motoru(b)

Günümüzde ise asenkron motorlar; yine aynı temel prensiplere dayanan fakat daha modern yapılarda teşkil edilmektedir.

2.1. Asenkron Motorun Yapısı

Asenkron motorlar; genel olarak stator ve rotor olmak üzere başlıca iki kısımdan meydana gelir. Aşağıdaki şekilde bir asenkron motorun içyapısı görülmektedir. Rotor iç sargılardan meydana gelir ve stator sargılarındaki manyetik alan etkisiyle dönme olayını gerçekleştirir. Rotorun dönmesi bağlı bulunduğu mili döndürerek dişli mekanizmalarının harekete geçirilmesi sağlanır. Milin oturtulduğu kısım rulman olarak adlandırılır. Şekil 2.2 de bir asenkron motorun kesit halinde iç yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Üç fazlı ve kısa devre rotorlu bir asenkron motorun yapısı

2.1.1. Stator

Stator, asenkron motorun duran kısmıdır ve 0.4 - 0.5 mm kalınlığındaki silisyumlu saçların özel kalıplarda preslenmesiyle imal edilir. Daha sonra dışarıda sarılmış ve paketlenmiş üç fazlı sargılar, statorda sarılmış oluklara yerleştirilir. Sargı uçları klemens kutusundaki ilgili noktalara bağlanır. Gövdeye motor kapakları takılır ve motor kapaklarının ortasındaki rulmanlar ise statorun ortasında dönecek olan rotora yataklık eder.

2.1.2. Rotor

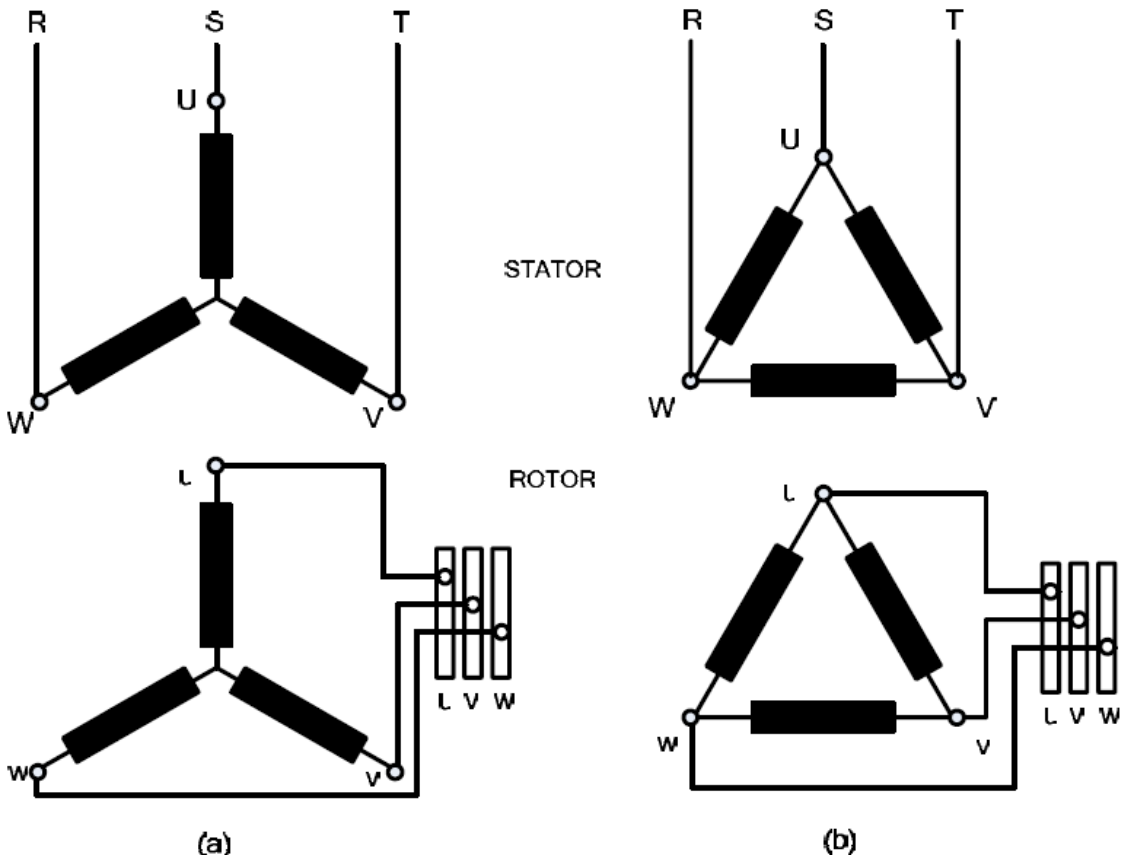
Asenkron motorun dönen kısmına rotor adı verilir. Sincap kafesli (kısa devre rotor) ve sargılı tip (bilezikli rotor) olmak üzere iki çeşit rotor yapısı vardır.

2.1.2.1. Sincap kafesli rotor (kısa devre rotor)

Rotor, silisyumlu saçların kalıp preste kesilerek paketlenmesinden sonra, kanalların içine eritilmiş alüminyum dökülmesi ile elde edilir. Rotorun her iki tarafında, rotor çubuklarını kısa devre eden halkalar bulunur, bu halkaların uçlarındaki küçük kanatçıklar pervane görevi görerek motorun soğumasını sağlar. Bazı büyük motorlarda kanallara bakır çubuklar yerleştirilir.

2.1.2.2. Sargılı rotor (bilezikli motor)

Saçları paketlenerek silindir haline getirilen rotorun üzerideki oluklara 3 fazlı alternatif akım sargısı yerleştirilir. Aralarında 120º faz farkı bulunan üç fazlı sargılar yıldız ya da üçgen bağlandıktan sonra elde edilen üç sargı ucu, mile yalıtılarak yerleştirilen üç adet bileziğe bağlanır ve böylece bilezikli rotor elde edilir. Buna ait bağlantı şeması şekil 2.3'de verilmiştir (Gülez, 1995).



Şekil 2.3. Sargı uçlarının bileziklere bağlanışı, yıldız – yıldız (a), üçgen – üçgen bağlantı (b)

2.2 Asenkron Motorlarda Karşılaşılan Arızalar ve Arıza Tespit Yöntemleri

Asenkron motorlar basit ve dayanıklı yapıları, son derece ucuz maliyetleri ile çeşitli güçlerde kolaylıkla üretilebilmeleri gibi nedenlerden dolayı endüstride çok sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte asenkron motorlar; pek çok endüstriyel prosesin oluşumunda kritik öneme sahip bileşenlerden biridir. Bu nedenle, asenkron motorların arıza yapmadan uzun süre çalışması ve meydana gelebilecek arızaların önceden tespiti önem kazanmaktadır. Bu arızaların algılanması konusunda yapılan birçok çalışma mevcuttur, hatta endüstriyel olarak satılan cihazlarda bulunmaktadır. Ancak işletmelerde beklenmedik asenkron motor arızaları nedeniyle maddi kayıplar yaşanmaktadır. Çevresel koşulları, motorun tahrik ettiği yük ve kurulum aşamasındaki hatalar motor ömrünü önemli ölçüde kısaltmaktadır. Endüstride çok çeşitli güçlerde ve çok çeşitli uygulama alanlarında kritik öneme sahip asenkron motorlar karşımıza çıkmaktadır. Ancak küçük ve orta güçteki motorlarda meydana gelen arızaları efektif bir şekilde tespit edecek ticari bir ürün bulunmamaktadır. Sensör, algoritma ve işlemci teknolojisindeki hızlı gelişmeler arızaların önceden tespiti için gerekli alt yapıyı

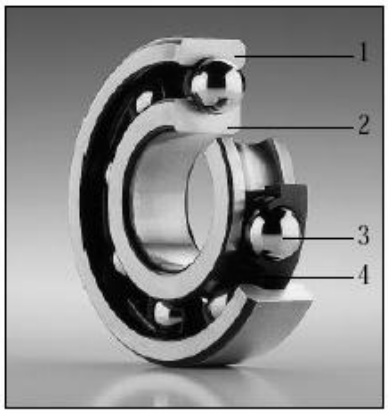
hazırlar. Asenkron motordan bilgi toplamak için çok çeşitli sensörler kullanılmaktadır. Bu sensörler stator gerilimleri ya da akımlarını, hava aralığı ya da harici akı yoğunluklarını, rotor pozisyonlarını ya da hızını, çıkış momentini, motorun içindeki ya da dışındaki sıcaklığı veya motordaki titreşimi ölçebilir. Ancak önceden kurulmuş bir proseste çalışan ya da yeni devreye alınacak bir asenkron motora akı, moment, sıcaklık ve titreşim sensörlerini yerleştirmek her zaman olanaklı olmayabilir. Bu nedenle son yıllarda arıza tespit algoritmaları, motordan alınan akım, gerilim, devir bilgisine ihtiyaç duymaktadır. Günümüzde yapılan çalışmalar, stator, rotor ve rulmanlar olmak üzere, başlıca üç motor bileşenindeki arızalar üzerinde durmaktadır. Statorda meydana gelen başlıca arızalar sargıların kopması ya da sargı izolasyonundaki kısa devrelerin meydana gelmesi şeklinde karşımıza çıkar. İstatistiklere göre tüm elektrik makinelerinde meydana gelen arızaların %5'i sargı izolasyonlarının bozulmasından kaynaklanmaktadır (Zhongming, 2000). Arızaların büyük bir çoğunluğu nem, aşırı ısınma, ya da yanlış topraklama gibi nedenlerden dolayı meydana gelmektedir. Özellikle küçük güçlü motorlarda ısınma nedeniyle oluşan arızalar öne çıkmaktadır. Araştırmalara göre, motor sargılarındaki hot – spot (en sıcak nokta) sıcaklığı, izolasyon sınıfı nominal sıcaklığın 10 ºC üzerine çıkması durumunda, sargı ömrü yarıya düşmektedir. Aşırı ısınma problemi vantilasyon hataları veya motorun etiket değerinin üzerinde yüklenmesi gibi nedenlerden dolayı otaya çıkabileceği gibi kırık rotor çubukları ve rotor kısa devre halkalarındaki kopukluklardan da bu sorun oluşabilir (Zidani, 2003, Diallo, 2005).

Asenkron motorun rotorunda meydana gelen arızalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Kırık rotor çubukları ve kopuk ya da çatlak kısa devre halkaları
- Stator ve rotor arasında bulunan hava aralığındaki düzensizlikler
- Motor milindeki eğrilikler
- Yataklama ve redüktör dişlilerinde meydana gelen arızalardır.

Araştırmalar göstermiştir ki, tüm motor arızalarının yaklaşık olarak %40 – 50'si yataklama problemlerinden ileri gelmektedir (Önel, Bmys, 2005). Yataklamada en sık karşılaşılan arıza ise rulman arızalarıdır. Rulmanlarda arıza, iç ya da dış bileziklerin, bilezikler arasına yerleştirilmiş olan bilyelerin veya bilyeleri bir arada tutan ve kafes adı

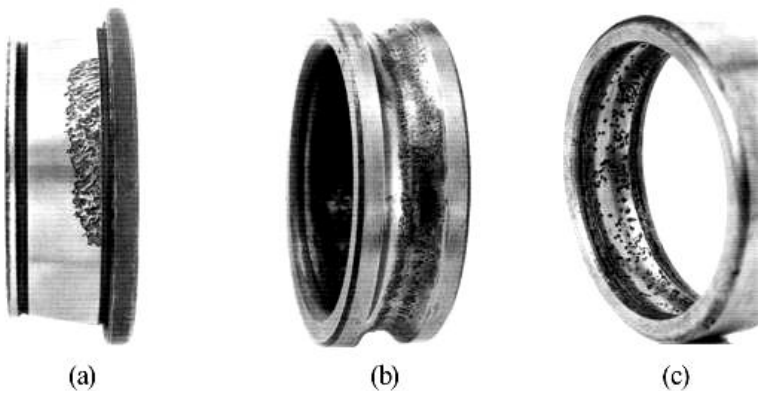
verilen bağlantının aşınması nedeniyle meydana gelir. Şekil 2.4' de tek sıralı sabit bilyeli bir rulmanın iç yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2. 4. Tek sıralı sabit bilyeli bir rulmanın yapısı; Dış bilezik (1), iç bilezik (2), bilye (3), kafes (4)

Normal işletme koşulları altında, dengeli yük ve kaplinlerde eksensel bir ayarsızlık olmadığı durumda, rulmanın işletme ömrü sonunda, iç veya dış bilezikle bilye arasında kalan noktada gres özelliğini kaybeder ve bunun sonucunda aşınmalar meydana gelir ki, bunlar, iç ve dış bilezikler üzerindeki küçük pürüzlerdir. Zamanla yayılan bu pürüzler, makinede titreşime ve gürültü artışına neden olur. Eğer motor çalışmaya devam ederse, rulman yüzeyi pul pul dökülür ve aşınma daha da hızlanır.

Aşınma bir kez başladığında etkilenen bölge hızla genişler ve rulman yüzeyinden kopan talaşlar, grese karışarak rulmanın iç yüzeyine taşınır. Böylece rulmandaki sürtünme ve dolayısıyla sıcaklık hızla artar (Eschmann, 1958). Kirlenme, korozyon, uygun olmayan yağlama ve rulmanın hatalı montajı rulman ömrünü önemli ölçüde azaltır. Şekil 2.5'de iç ve dış bilezik arızası oluşmuş rulman örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 2. 5. Kısmi iç bilezik arızası(a), tam iç bilezik arızası(b), dış bilezik arızası bulunan rulmanlar(c)

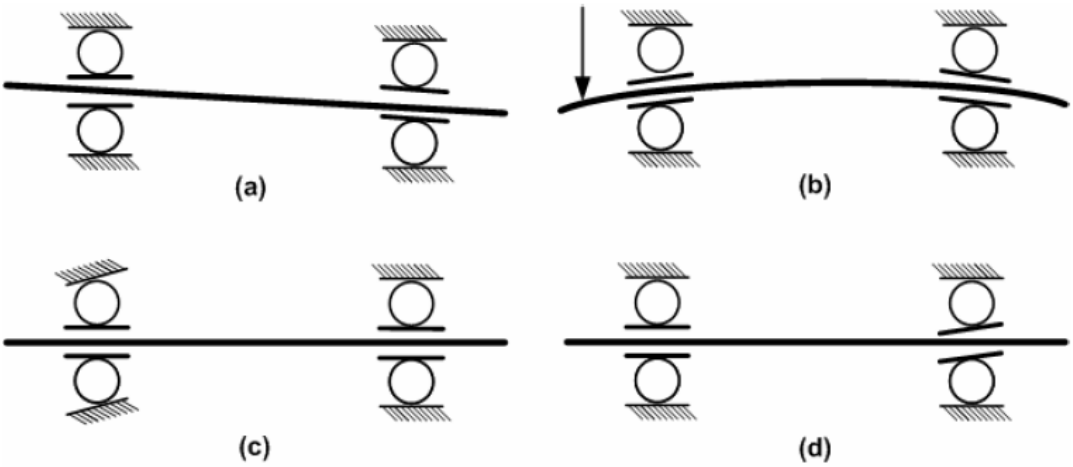
Kirlenme ve korozyon; zorlu çevresel şartların bulunduğu, özellikle fabrika ya da atölye gibi çalışma koşullarında rulmanın arızalanmasına neden olur. Kir ve diğer yabancı maddeler yağlama sıvısına bulaşarak rulmanın her yerine nüfuz eder. Bu partiküllerin sertlik derecelerine göre bilyeler ve bileziklerde meydana getireceği aşınmalar farklılık gösterir. Korozyona; ortamda bulunan su, nem, asit, bozulmuş yağ ve hatta dikkatsiz taşıma esnasında rulmana bulaşan insan teri bile neden olabilir (Eschmann, 1958, Riddle, 1955). Rulmana, içinde bulunan yağdan farklı bir yağ konulması sonucu meydana gelen kimyasal reaksiyon, yağın bozulmasına ve aşınmanın hızlanmasına neden olur. Bilyelerin hareket ettiği bileziklerin iç yüzeyindeki ince film şeklindeki yağ tabakası, ortadan kalkar ve aşınma hızlanır. İki sert metalin birbirine sürtünmesi sonucu ortaya çıkan ısı, film şeklindeki yağ tabakasını bozarak, sürtünmenin daha da artmasına neden olur. Şekil 2.6'da aşırı ısınmadan dolayı oluşan arıza örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Aşırı ısınma nedeniyle meydana gelen (a) iç bilezik arızası, (b) kafes arızası

Kurulum sorunları genellikle rulmanın çalışacağı yere montajı sırasında, rulmana ya da mile uygulanan hatalı kuvvetler neticesinde ortaya çıkar. Eğer milin olduğu statik yük ya da rulmanın montajı esnasında uygulanan kuvvet metalin esneklik sınırını aşarsa, bilezikler üzerinde küçük yivler meydana gelir. Bu nedenler rulmanlar, mile yerleştirilmeden önce katalogda belirtilen sıcaklığa kadar ısıtılarak genleşmesi sağlanmalıdır. Isıtma işlemi, ideal olarak indüksiyonla ısıtma yapan cihazlarla saniyeler mertebesinde gerçekleştirilebilir. Böylece, rulmanın montajı esnasında maruz kalacağı zararlı kuvvetlerden kaçınılmış olur.

Bununla birlikte rulmanın mile düzgün şekilde yerleştirilmesi de önemlidir. Eğer rulman mile dik bir şekilde yerleştirilmezse ya da milde bir eğrilik söz konusuysa zamanla bilezikler üzerinde küçük yivler meydana gelir. Bir rulmanın montajında meydana gelebilecek hatalar Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Rulmanın mile montajı esnasında oluşabilecek sorunlar, (a) eksen kaçıklığı, (b) mil eğriliği, (c) dış bilezik eğriliği, (d) iç bilezik eğriliği

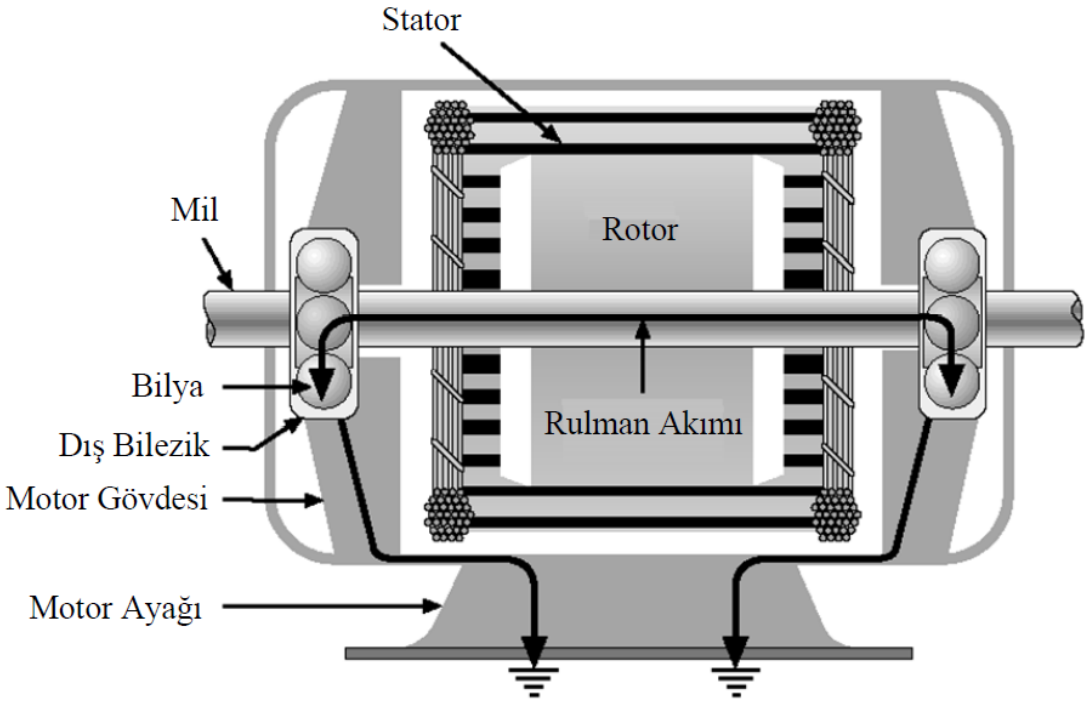
Motor sürücüleri şebekeden aldıkları sinüzoidal gerilimi doğru gerilime dönüştürür ve daha sonra bunu darbe genişlik modülasyonu tekniği ile tekrar alternatif gerilime dönüştürerek değişken frekanslı bir işaret elde ederler. Burada anahtarlama frekansı 1 ila 20 Khz arasında değişebilir. $\Delta V/\Delta t$ oranındaki değişim neticesinde motorun statoru ve rotoru arasında bir parazitik kondansatör meydana gelir ki, bu kondansatör nedeniyle motor mili üzerinde bir gerilim indüklenir. Buna mil gerilim adı verilir. Toprakla olan potansiyel farkı nedeniyle motor mili ve rulmanlar üzerinden toprağa doğru bir akım akmaya başlar ki bu akım da rulman akımı olarak adlandırılır.

Tipik bir üç fazlı sinüsoidal güç kaynağı normal şartlar altında dengeli ve simetrik gerilim üretir. Dolayısıyla üç fazın toplamı daima sıfıra eşittir. Bu nedenle normal şartlar altında nötr noktasındaki gerilim sıfırdır. Ancak PWM inverterlerde bu geçerli değildir. Sonuç olarak üç faz gerilimlerinin toplamı her zaman sıfırdan farklı olur ki bu, nötr noktası geriliminin sıfırdan farklı olması sonucunu doğurur. İnverter çıkışlarının değiştiği toprak ile çıkış devresindeki elemanların toprakla olan kaçak kapasiteleri üzerinden bir akım geçer. Devresini inverter ve yük sisteminin dışından tamamlayan bu akım nötr akımı (common mode current) olarak adlandırılır. Asenkron motorlarda meydana gelen rulman akımları genellikle bu akımın %35'i civarında bir genliğe sahiptir (Muetze, 2004).

Rulman akımlarının meydana gelmesindeki temel etken IGBT kullanılan motor sürücülerindeki hızlı anahtarlama nedeniyle gerilim yükselme hızının büyük değerler almasıdır. Bununla birlikte motor manyetik devresindeki asimetri ve besleme

gerilimindeki dengesizlik gibi nedenlerden dolayı da rulman akımları meydana gelebilir.

Milde indüklenen gerilim rulmandaki gresin dielektrik kapasitesini aşıncaya kadar artmaya devam eder ve sonra rulman üzerinden darbe şeklinde bir akım geçirerek deşarj olur. Bu döngü motor çalıştığı sürece devam eder ki, bu rastgele ve sık görülen deşarj rulmanın bilyeleri ile iç ve dış bilezikler arasında kaynak etkisine neden olur. Böylece rulmanın iç ve dış bileziklerinde küçük pürüzler meydana gelir. Rulman akımı nedeniyle meydana gelen arızaların ilk belirtileri motor sesindeki değişimdir. Rulman akımlarının motor üzerinde izlediği yol Şekil 2.8'de verilmiştir.

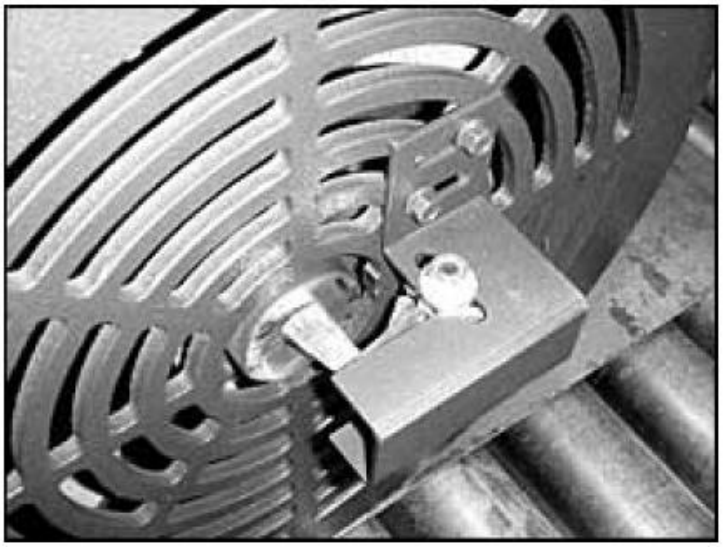


Şekil 2.8. Rulman akımlarının motor üzerinde izlediği yol

Motor milinde indüklenen gerilimler bütün sürücüde beslenen motorlarda meydana gelir. Ancak bu indüklenen gerilimlerin rulmana zarar vermesi sadece rulmanlar üzerinden bir akım deşarjı oluşturmasıyla gerçekleşir. Sürücünün anahtarlama frekansının yüksek olması bu sürücünün daha sessiz çalışmasına neden olurken rulmanların daha çabuk arızalanmasına sebep olur. Birçok uzman anahtarlama frekansının (taşıyıcı frekans), akustik gürültü seviyesine mümkün olduğunca yakın seçilmesini tavsiye etmektedir (EMRC, 2005).

Asenkron motorlarda meydana gelen rulman akımlarından korunma metotları aşağıda belirtildiği gibidir:

a) *Motor milinin topraklanması:* Bir aparat yardımıyla milin topraklanması, motor mili ile karkas arasında düşük empedanslı bir akım yolu oluşturur. Böylece, mil gerilimi nedeniyle meydana gelen akımlar devresini rulman yerine bu aparat üzerinden tamamlar. Bu yöntemle mil gerilimi ve rulman akımı oluşumu tamamen engellenmiş olur. Bu aparatın montajı Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Rulman akımlarını engellemesi amacıyla motor milinin topraklanması

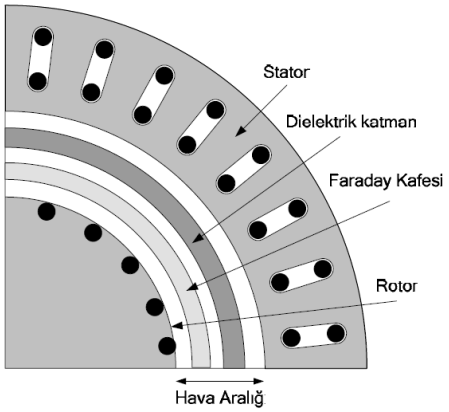
b)İzoleli rulman kullanmak: İzoleli rulman kullanıldığında mil geriliminin indüklenmesi engellenmez. Ancak akım yolu kesilerek zararlı etki ortadan kaldırılmaya çalışılır. Dolayısıyla motor başka bir makineye akuple edilmişse, akım devresini diğer makine üzerinden tamamlayabilir. Şekil 2.10'da motor üzerindeki izoleli rulman görülmektedir.



Şekil 2.10. Motor mile monte edilmiş bir izoleli rulman

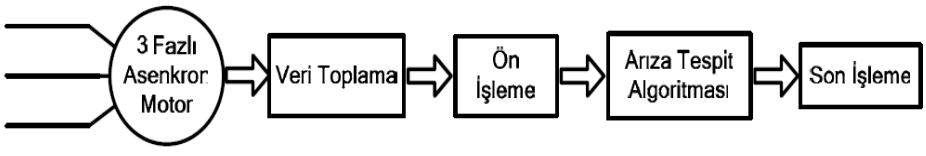
Mil gerilimi nedeniyle oluşan rulman akımlarını zararsız bir yoldan toprağa iletebilmek için hem izoleli rulman kullanmak hem de mili topraklamak en uygun çözüm olacaktır. Böyle bir kombinasyonun maliyetinin daha yüksek olacağı açıktır. Dolayısıyla korunma yöntemine karar vermeden önce fayda ve maliyet analizinin yapılması gerekir.

c) Faraday kafesi kullanımı: Motorun statoru ile rotoru arasına topraklanmış bakır şerit ya da bakır boya gibi bir iletken malzeme yerleştirilmesi faraday kafesinin meydana gelmesini sağlar. Böylece motor hava aralığından kapasite etkisiyle geçen akımlar engellenmiş ve mil gerilimleri minimuma indirgenmiş olur. Ancak maliyeti çok yüksek olduğundan pratikte ender olarak kullanılır. Bu yöntem şekil 2.11'de gösterilmiştir (EMRC, 2005).



Şekil 2.11. Asenkron motorda faraday kafesinin yerleştirilmesi

Yukarıda belirtilen tüm arızaları tespit edebilmek için kullanılan tipik bir sistem aşağıdaki şekilde belirtilmiştir. Bu sistem dört kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; veri toplama, ön işleme, hata tespit algoritması ve son işlemedir.



Şekil 2.12. Tipik bir arıza tespit sistemi

Günümüzde sıkça kullanılan arıza tespit metotları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. Bunlar;

- Titreşim analizi (Vibration Monitoring)
- Motor akımı işaret analizi (Motor current signature analising, MCSA)
- Ölçü nüveleri kullanarak yapılan elektromanyetik alan analizi
- Kimyasal analiz
- Isı ölçümü
- Kızılötesi (Infrared) ölçüm
- Akustik gürültü ölçümü
- Radyo frekansındaki gürültülerin ölçümü
- Kısmı deşarj ölçümü

2.2.1. Asenkron motorda meydana gelen arızaların belirtileri

Asenkron motorda bir arıza meydana geldiğinde, stator sargılarında dengesizlik ve/veya stator hava aralığında değişimler oluşur. Bunun neticesinde motorun uzay harmonik dağılımında değişimler oluşacaktır. Araştırmalara göre asenkron motorlarda meydana gelen mekanik arızalar aşağıdaki belirtilerden teşhis edilebilir. Bunlar:

1. Dengesiz hava aralığı gerilimi ve hat akımı
2. Ortalama momentte azalma ve moment dalgalığında artış
3. Makine kayıplarında artış ve aşırı ısınma, verimde azalma
4. Hat akımında belirli harmoniklerin artışı
5. Eksenel yönde kaçak endüktans artışıdır (Zhongming, 2000).

Asenkron motorda meydana gelen arızalar ile stator akımı harmonik spektrumu arasında bir ilişki vardır. Araştırmalar göstermiştir ki, belirli arıza durumlarında motorun şebekeden çektiği faz akımının belirli harmonikleri değişim göstermektedir. Rotorda meydana gelen arızalar, asenkron motolarda meydana gelen arızaların büyük bir çoğunluğunu oluşturur. Bu tür arızların büyük bir çoğunluğunu oluşturan; rotor çubuklarındaki ya da kısa devre halkalarındaki kırklar ise aşağıda belirtilen streslerin neticesinde meydana gelmektedir. Bunlar:

1. Motordaki aşırı kayıplar ya da motorun nominal yükünün üzerinde yüklenmesi neticesinde meydana gelen termal stresler.

2. Elektromanyetik gürültüler, elektromanyetik kuvveler, dengesiz elektromanyetik çekim kuvveti (UMP) ve titreşim nedeniyle meydana gelen manyetik stresler.

3. Üretim hataları nedeniyle meydana gelen yerleşik stresler.

4. Mildeki ani moment değişimleri ve merkez kaç kuvveti nedeniyle meydana gelen stresler.

5. Kimyasal ya da fiziksel kirlenme veya aşınma gibi çevresel stresler.

6. Yataklama problemleri nedeniyle meydana gelen streslerdir (Nandi, 2005).

Kliman (1988) ve Thomson (1988) tarafından yapılan çalışmalarda rotor çubuklarında kırık meydana geldiğinde belirli frekanslardaki hormonik bileşenlerinin arttığını göstermiştir. Bu harmoniklerin frekansı;

$$fb = (1 \pm 2ks)\, f \tag{2.1}$$

şeklinde hesaplanır. Burada s; kayma ve f; besleme gerilimi frekansını ve k=1,2,3,… kümesini ifade etmektedir.

2.2.1.1. Stator asimetrisi

Bu tür arızalar, faz – faz ya da faz – toprak kısa devreleri ile neticelenebilecek sargı izolasyon problemlerini içermektedir. Stator sargılarında meydana gelebilecek arızalar neticesinde asenkron motor şebekeden dengesiz bir hat akımı çekmeye başlar. Ancak dengesiz hat akımı makinenin doymasından ya da dengesiz yüklenmesinden de oluşabilir.

2.2.1.2. Stator hava aralığı ile ilgili arızalar

Asenkron motorun sağlıklı çalışabilmesi stator ile rotor hava aralığının her noktada sabit kalmasını gerekmektedir. Eğer stator nüvesi oval biçimdeyse ya da rotor ekseni tam merkeze yerleştirilmemişse hava aralığı rotor çevresi boyunca değişken olacaktır. Bu tür arızalar, statik arızalar olarak adlandırılır. Dinamik arızalar ise, rotor

merkezinin yanlış belirlenmesi ve bunun sonucunda stator ile rotor arasındaki minimum hava aralığının rotor pozisyonuna göre değişmesi ile meydana gelir. Böyle arızalar, motor milinin eğik olması ya da yataklama problemleri nedeniyle ortaya çıkabilir. Dinamik arızalar neticesinde rotoru stator merkezinden dışarı doğru hareket ettirmek isteyen bir merkez kaç kuvveti oluşur. Statik arızalarda ise bu kuvvet belirli bir sabit yöne doğrudur. Statik ya da dinamik arızalar nedeniyle oluşan harmonik bileşenlerin frekansları aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenebilir.

$$fe = \left[(kR \mp nd)(1-s)/p + v\right]f \tag{2.2}$$

Burada;
nd: Arıza mertebesi olarak adlandırılır ve statik arıza durumunda nd=0'dır.
nd= 1,2,3,… kümesini (dinamik arıza durumunda),
R: Rotor oluk sayısını,
v: Besleme geriliminde varolan stator mmk harmoniklerini,
k= 1,2,3,… kümesini belirtir.

Eğer motorda hem statik hem de arızalar mevcutsa temel frekans bileşeninin yakınında düşük frekanslı harmonik bileşenleri gözlemlenir. Bu bileşenler;

$$fe = \left| f \mp knr \right| \tag{2.3}$$

denklemi ile belirtilir. Burada nr, motorun saniyedeki devir sayısıdır.

2.2.1.3. Yataklama arızaları

Tüm motor arızalarının yaklaşık olarak %40 – 50'si yataklama problemlerinden ileri gelmektedir. Yataklamada en sık karşılaşılan arıza rulmanlardan kaynaklanan arızalardır. Rulmanlarda arızalar iç ya da dış rulman halkasının veya bu iki halka arasına yerleştirilmiş bilyelerin aşınması nedeniyle meydana gelir (Zhongming, 2000, Zidani, 2005).

Rulman hasarları ise genel anlamda aşağıdaki sebeplerden dolayı meydana gelir.



Erken rulman hasarlarının %16'sı yanlış montajdan kaynaklanır. Özel araç-gereç ve teknikler kullanılarak yapılan profesyonel montaj, en uzun makine çalışma süresine ulaşma yolunda atılan olumlu bir adımdır.



Erken rulman hasarlarının %14'ü yağa karışan yabancı madde (kir, su gibi) problemlerinden olur. Bir rulman, hem kendisi hem de yağ kirlilikten tamamen uzaklaştırılmadıkça verimli çalışmayacaktır.



Erken rulman hasarlarının %36'sı hatalı seçilmiş yağ kullanmaktan ya da yağın yanlış uygulanmasından kaynaklanır. Çünkü rulmanlar, makinelerin en zor ulaşılabilir parçaları olduğundan, yağlanmaya önem verilmemesi problemi büyütür.



Erken rulman hasarlarının %34'ü aşırı yüklenmiş, yanlış bakım ya da ihmal edilmiş makineler yüzünden olur. Rulmanlar durum izlemeye bağlı bakım programları ile saptanabilen "erken uyarı" sinyalleri yaydıklarından, ani arızalar engellenebilir (Kalyoncu, 2004).

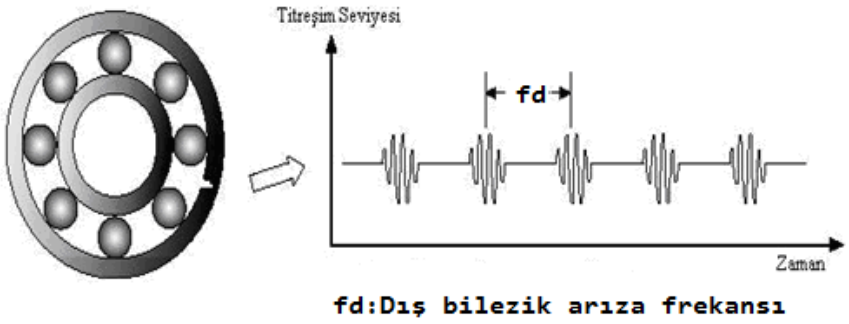
Rulmanlarda oluşan hasarlar bölgesel ve dağınık olarak sınıflandırılabilir. Bölgesel hasarlar yuvarlanma yüzeylerindeki çatlaklar, küçük delik şeklinde korozyon ve kabarmalardır. Rulmanlarda sık rastlanan hasar tipi yorulma çatlağının sebep olduğu bileziklerde ve yuvarlanma elemanlarındaki kabarmalardır. Dağınık hasarlar yüzey pürüzlülüğü, dalgalılık, ekseni kaçık bilezikler, çentik, korozyon aşınmaları, kir ve ölçü dışı yuvarlanma elemanlarıdır (Aktürk, 1993). Rulman aşınması durumunda hasarlar ilk önce dış bilezikte kabarma şeklinde kendini gösterir. Kabarma derinleştikçe oluşan titreşimlerin genliği artar. Arızanın son aşamasında yuvarlanma elemanları kabarmayı iç bileziğe taşırlar ve iç bilezik geçiş frekansındaki titreşimler artar. Bu sırada kısa süreli vuruntu sinyalleri daha büyük genlikli ve çok sık olur (Wowk, 1991).

Rulmanlarda yuvarlanma elemanları hasar üzerinden geçerken Şekil 2.13'deki gibi kısa süreli, sönümlü sinyaller üretirler (McFadden ve ark., 1984). Hasarın rulmanın

hangi elemanından kaynaklandığını belirlemek için titreşim frekanslarını incelemek gerekmektedir. İç bileziği dönen, dış bileziği sabit bir rulmanın elemanlarının oluşturduğu titreşim frekansları rulman geometrisi ve mil dönme devrine bağlı olarak verilen denklemlerden hesaplanabilir. Bu denklemlerden elde edilen frekanslar ile ölçüm sonucu elde edilen frekanslar karşılaştırılır.

Hasarlı elemanlar hasar frekanslarında ve harmoniklerinde titreşime neden olurlar. Bazı durumlarda hasar titreşim frekansları mil dönme frekansı ve katlarında modülasyona uğrayarak yan bantlar oluşturabilir. Aşağıda verilen denklemlerden elde edilen hasar titreşim frekansları sağlam rulman tarafından da oluşturulabilir. Hasarın sebep olduğu titreşimlerin genliğinde bir artış olur, dalga formunda da Şekil 2.13'de belirtildiği gibi kısa süreli sönümlü sinyaller oluşur. Bu belirtilerden hasar belirlenebilir.

Rulman geometrisindeki değişim, temas açısı, kayma hareketi ve mil dönme devrindeki değişim rulman arıza frekanslarını etkilemektedir. Bu nedenle ölçüm ile elde edilen titreşim frekansları ile hesapla bulunan hasar titreşim frekansları küçük sapmalar gösterebilir (Orhan, 2002).



Şekil 2.13. Hasarlı bir rulmanda meydana gelen dış bilezik arıza frekansı

Rulman arızaları nedeniyle meydana gelen harmonikler; (2.4), (2.5), (2.6), (2.7), (2.8) bağıntıları ile ifade edilebilir.

$$fe = f \mp kfi, d, k, b \tag{2.4}$$

İç bilezik arızası varsa: $$fi = \frac{Nb}{2} fr\left(1 + \frac{Db\cos\alpha}{Dp}\right) \tag{2.5}$$

Dış bilezik arızası varsa: $$fd = \frac{Nb}{2} fr\left(1 - \frac{Db\cos\alpha}{Dp}\right) \quad (2.6)$$

Bilyelerde arıza varsa: $$fb = \frac{Dp}{2Db} fr\left(1 - \frac{Db^2 \cos^2 \alpha}{D^2 p}\right) \quad (2.7)$$

Kafes arızası varsa: $$fk = \frac{1}{2} fr\left(1 - \frac{Db\cos\alpha}{Dp}\right) \quad (2.8)$$

Burada;

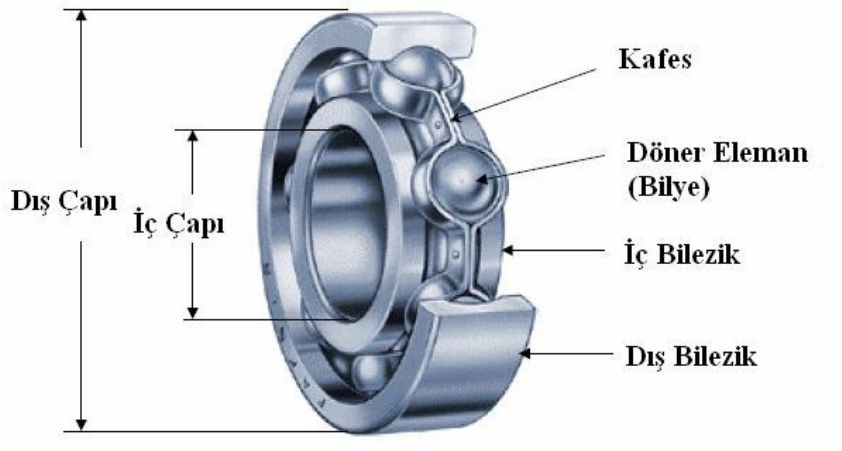
Nb: Rulmandaki bilye sayısı,

Dp: Rulman dış çapı,

Db: Rulman çapı,

α: Radyan olarak temas açısı

nr: Rotor hızı [devir/saniye]'dir.



Şekil 2.14. Rulmanın bölümleri

Şekil 2.14 de bir rulmanın bölümleri gösterilmiştir. Bu karakteristik bileşenler çoğu 6 ya da 12 bilyeye sahip rulmanda yaklaşık olarak,

$$fd = 0.4n.nr \quad (2.9)$$

$$fi = 0.6n.nr \quad (2.10)$$

denklemleri ile belirlenir.

Yukarıdaki eşitliklerden de görüleceği gibi, değişik arızalar asenkron motorun şebekeden çektiği akımda değişik mertebeden harmonik bileşenlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Buna göre, arızaların cinsi sağlıklı bir motorun şebekeden çektiği akım ile arızalı bir motorun şebekeden çektiği akımın karşılaştırılması ile tespit edilebilir. Ancak rotor çubuklarında meydana gelen arızalar ile hava aralığındaki düzensizlikler aynı mertebeden harmonik bileşenler meydana getirmektedir. Bu nedenle bahsedilen iki arıza sadece akım harmoniklerinin tetkiki ile ayırt edilemez. Bunun yanı sıra kırık rotor çubukları süreksiz uzay harmonikleri de ürettiğinden, bu arızaların karakteristik harmonikleri hava aralığı düzensizliğine göre çok daha yavaş değişir. Böylece, yüksek frekans harmonik bileşenlerinin de kontrol edilmesi ile iki arıza birbirinden ayırt edilebilir (Zhongming, 2000, Zidani, 2005).

2.2.1.3.1. Rulmanlarda titreşimin ölçümü

Titreşim analizi ile rulman hasarlarını belirleyebilmek öncelikle verilerin sağlıklı olarak toplanmasına bağlıdır. Bunun için algılayıcının (sensör) yerleştirileceği yer çok önemlidir. Titreşim kaynağından algılayıcıya kadar olan iletim ortamının uygun olması gerekmektedir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde sinyal iletim hattı göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, bir iç bilezik hasar frekansı algılayıcıya ulaşıncaya kadar yuvarlanma elemanları, dış bilezik ve yatak gövdesi içinden geçmek zorundadır. Bu süre boyunca sinyal sönümlenecek ve genliği oldukça düşük görünecektir. Bu durum titreşim analizinde dalga formu (genlik-zaman) tipinin önemini ve genliğe göre değerlendirmenin her zaman doğru olmayacağını göstermektedir (Overton, 1995).

Hasarlı rulman kısa süreli darbeler ürettiği için algılayıcı doğru yere yerleştirilmezse bu darbeler kaydedilemez. Algılayıcının doğru yerleştirilme yeri makinenin tipine, kullanılan rulmanın tipine ve makinenin konstrüksiyonuna bağlıdır. En iyi sinyal ölçme pozisyonu, algılayıcıyı yük bölgesinde yatağa mümkün olduğu kadar yakın yerleştirmektir (Yalçıntaş, 1990). Ölçüm alınan bir makinede her bir yataktan radyal yönde iki ölçüm (düşey ve yatay), her milden de en az bir eksenel ölçüm alınmalıdır (Overton, 1995).

3. RULMAN ARIZALARININ KONTROLÜ

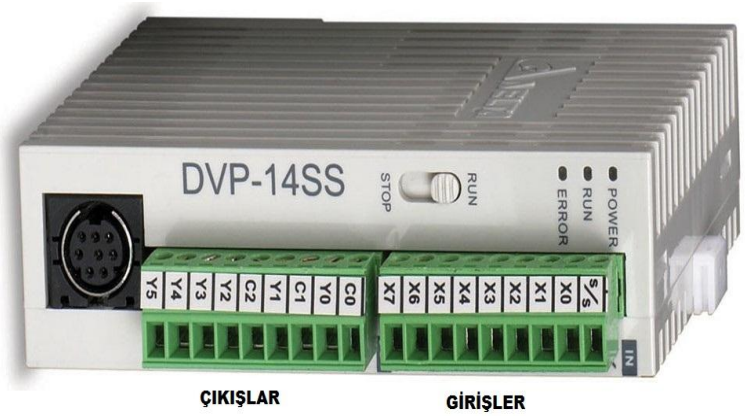
Bu bölümde rulman ve rulman yataklarında meydana gelen sıcaklığın ve nemin kontrolü, ısınan rulman bölgesinin soğutulması için geliştirilen soğutma grubu ve endüstriyel otomasyon alanında sıklıkla kullanılan PLC, sıcaklık - nem modülleri ile frekans inverteri kullanımı anlatılacaktır.

3.1. PLC (Programmable Logic Controller)

PLC (Programmable Logic Controller – Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) sensörlerden aldığı bilgiyi kendine yüklenen programa göre işleyen ve iş elemanlarına aktaran mikro işlemci tabanlı bir cihazdır. PLC, endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçekleştirmeye uygun yapıda giriş-çıkış birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, SCADA sistemi ile uyumlu çalışan sanayi tipi bilgisayarlardır.

1960'larda ilk defa PLC'lerin ilk kısımları oluşturulmaya başlanmıştır. Böyle bir cihazın tasarlanmasındaki başlıca neden, karmaşık ve yüksek maliyetli röle tabanlı kontrol sistemlerinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

İlk ticari PLC, 1968 yılında "MODICON" firması tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra ise; Allen Bradley, General Electric, Siemens ve Westinghouse gibi firmalar maliyeti daha düşük ancak performansı daha yüksek PLC'ler üretmişlerdir (Kurtulan, 1999). Aşağıdaki şekilde (şekil 3.1) bu çalışmada kullanılan 8 girişli, 6 çıkışlı PLC gösterilmiştir.



Şekil 3.1. 8 girişli, 6 çıkışlı PLC

3.1.1. PLC'nin kullanım alanları ve yapısı

PLC'lerin esas uygulama alanı endüstriyel otomasyondur. Bunun yanında bina otomasyonu, robotik uygulamaları, SCADA sistemleri ile veri izleme ve kaydetme alanlarında da kullanılmaktadır.

PLC'lerin kullanım yerleri ve amaçları farklı olmasına rağmen yapı bakımından benzerlik göstermektedirler. PLC'lerin yapısında bir güç kaynağı, merkezi işlemci ünitesi (CPU), bellek, giriş ya da algılama ünitesi (Input), çıkış ya da kumanda elemanları (Output) bulunmaktadır.

3.1.1.1. Güç kaynağı

PLC'ler mutlaka bir güç kaynağına ihtiyaç duyarlar. Yapısı gereği DC gerilimle çalıştıkları için bir AC/DC dönüştürücüye ihtiyaç duymaktadırlar. Bu güç kaynakları genellikle AC 220 V'dan DC 24 V'ta çeviren tiptedir. Bunun yanı sıra DC 12V ile çalışan tipleri de mevcuttur.

3.1.1.2. Merkezi işlemci ünitesi (CPU)

Bütün program bu ünitede yazılır ve değiştirilebilir. Program yazılımları EPROM ve EEPROM kartlarında gerçekleştirilir. Merkezi işlem ünitesinde aritmetik, mantık ve denetim birimleri vardır. Bu merkezde komutlar yorumlanır, bilgiler saklanır ve işlemler yürütülür. Girişten alınan bilgiler hafizadaki programa göre işlenir ve çıkan bilgiler, çıkış ünitesi yardımı ile kumanda elemanlarına aktarılır (Yılmaz, 2005).

3.1.1.3. Bellek

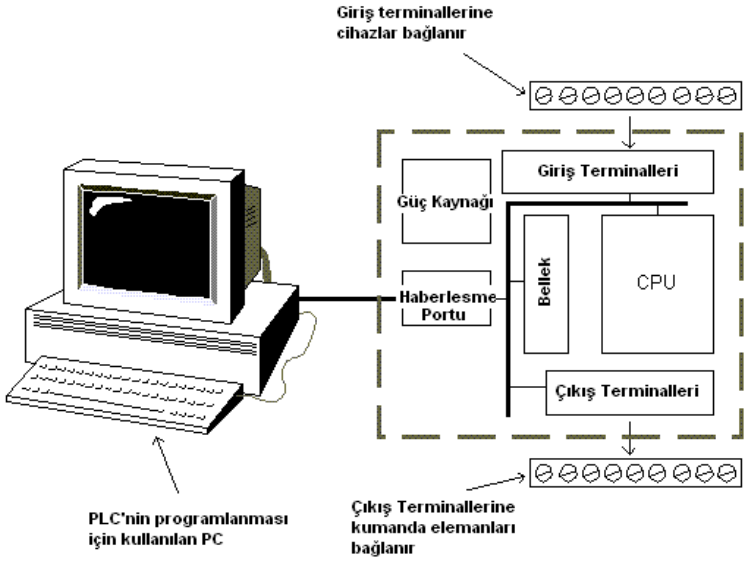
PLC'nin hafıza bölümünü oluşturur. PLC' de enerji bulunmadığı zaman da hafızasındaki bilgileri saklayabilmektedir. Program yazılımları EPROM ve EEPROM kartlarında gerçekleştirilir. EPROM bellek sadece okunabilir bellektir. İçeriği morötesi ışık ile silinebilmektedir. EEPROM bellek ise elektriksel olarak içeriği defalarca değiştirilebilen bellek tipleridir. Bilgisayarda yazılan PLC programı ile değiştirilmesi veya silinmesi mümkündür. EPROM'a göre daha kullanışlıdır.

3.1.1.4. Giriş ya da algılama ünitesi (input)

Kontrol edilen sisteme ait dijital girişlerden (0 veya 1) ve analog girişlerden (4–20 mA) oluşmaktadır. Sistemde bulunan anahtarlar, röle kontakları, akış bilgileri, motor bilgileri (hız, çalışma durumu, arıza), seviye anahtarları, devre kesiciler, sensörler (hareket, optik, metal, duman v.b.), basınç transmitterleri, loadcell (ağırlık sensörü), termo elemanlar gibi algılayıcılardan gelen sinyaller giriş birimi üzerinden alınmaktadır.

3.1.1.5. Çıkış ya da kumanda elemanları (output)

Merkezi işlem ünitesi giriş verilerini belirlenmiş programa göre işler, daha sonra çıkış birimi ilgili denetim için gerekli kontrol sinyallerini üretir. Bu sinyaller dijital (0 veya 1) veya analog (4–20 mA) olarak çıkabilmektedir. Bu sinyaller röle, kontaktörler ve tristörler aracılığı ile alarma, frekans konvertörlerine, valflere, motorlara, ışıklara, pnömatik sistem çıkışlarına aktarılmaktadır. Şekil 3.2' de bir PLC nin genel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.2. PLC'nin genel yapısı

3.1.2. PLC'nin avantajları

PLC'lerin fiziksel büyüklük, maliyet, ortam dayanıklılığı, haberleşme kabiliyeti, karmaşık yapı, programlama kolaylığı, kapasitesinin artırılması, işlem hızı ve görüntüleme özellikleri bakımından birçok avantajı bulunmaktadır.

3.1.2.1. Fiziksel büyüklük

PLC'ler yeteneklerine göre çok küçük ve az yer kaplayan cihazlardır. Bu da her ortamda sorunsuzca kullanılmalarını sağlamaktadır. ayrıca korunaklı yapısı itibariyle endüstriyel uygulamalarda ortam değişkenlerinden fazla etkilenme

3.1.2.2. Maliyet

PLC çözümlerinin gerek ilk yatırım maliyetleri gerekse sağladığı üretim kazançları açısından maliyetleri önemsiz kalmaktadır.

3.1.2.3. Ortam dayanıklılığı

PLC'ler özellikle endüstriyel ortamlar için tasarlandıklarından bu tip ortamlarda dayanıklılık göstermektedirler. PLC'ler yüksek ve düşük sıcaklıklarda, titreşimli ve gürültülü ortamlardan etkilenmeden uzun süre sorunsuz çalışabilmektedir.

3.1.2.4. Haberleşme kabiliyeti

PLC'ler kendi aralarında, kişisel bilgisayarlarla ve diğer akıllı cihazlarla iletişim sağlayabilmektedirler. Genellikle seri veri iletişimi destekli olarak üretilen PLC lerde yeni nesil haberleşme protokollerini (USB, CAN vb.) destekleyen bağlantı uçları da mevcuttur.

3.1.2.5. Kompleks yapı

PLC'ler birçok makinenin aynı anda kontrolünü, bellekteki iş elemanlarına ait programlar ile yapabilmektedirler.

3.1.2.6. Programlama kolaylığı

PLC programlaması kolay yapılabilmekte ve istenildiğinde değişiklik rahat ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.

3.1.2.7. PLC'nin kapasitesinin artırılması

PLC'de ek I/O modülleri çok rahatlıkla ilave edilebilmektedir. Ayrıca PLC'nin belleğinin de büyütülmesi mümkündür.

3.1.2.8. İşlem hızı

PLC mantıksal ve aritmetik işlemlerden oluşan bir programı oldukça hızlı bir şekilde işletebilmektedir. Hızlı çalışma zamanları ve performansa göre farklı CPU'lar seçilebilir.

3.1.2.9. Görüntüleme

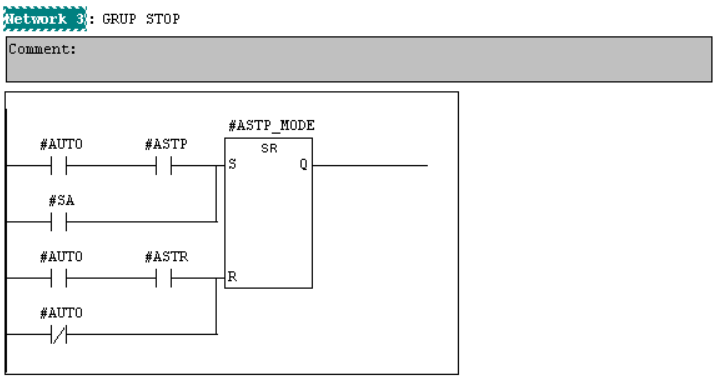
Bir PLC programı ve ilgili devrenin/sistemin çalışması direkt olarak monitörden (SCADA ekranından), makine insan ara yüzü operatör panellerinden izlenebilmektedir. Ayrıca arıza taraması yapılabilmekte ve geçmiş çalışma durumları sonradan izlenebilmektedir.

3.1.3. PLC'nin programlanması

PLC programlarını yapabilmek için öncelikle klasik kumanda devrelerini bilmek gerekmektedir. PLC'nin hangi girişinden sinyal gelirse, çıkışında hangi kumanda elemanını çalıştıracağını programcının emirleri belirler. Bu emirlerin her birine komut denir. Birçok komutun bir araya gelerek oluşturduğu yazılıma da program denir. PLC üç farklı şekilde programlanabilmektedir. Merdiven diyagramı (LADDER), komut listesi (STL), fonksiyonel blok diyagram (FBD) programlaması şeklinde olup aşağıda açıklanmıştır.

3.1.3.1. Merdiven diyagramı (LADDER)

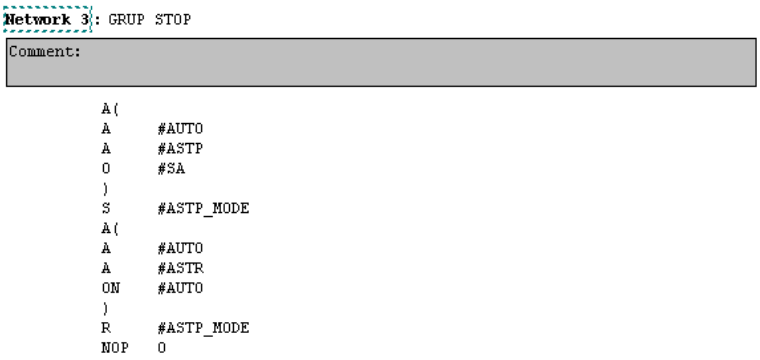
Kontrol mantığı aynen otomatik kontrol sistemlerinde olduğu gibidir. Şekil 3.2'de görüldüğü üzere Merdiven devre, kontakları seri ve paralel bağlandığı, sonuçta bir rölenin veya bir özel fonksiyonun çalıştırıldığı bir devreden oluşur.



Şekil 3.3. Ladder diyagramı ile set-reset rölesinin kullanılması

3.1.3.2. Komut listesi (STL)

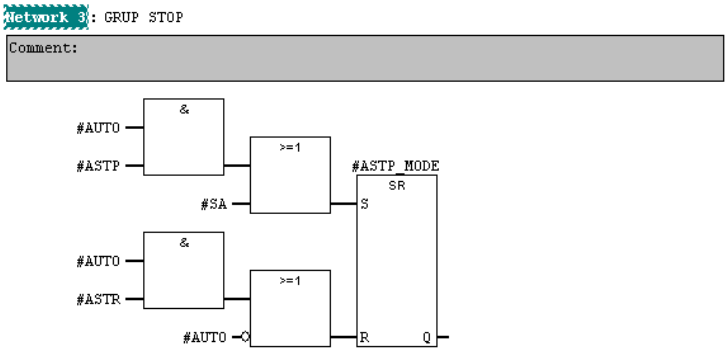
Şekil 3.4'te verildiği gibi kontrol fonksiyonları kısaltılmış ifadelerle gösterilir.



Şekil 3.4. Komut listesi ile set-reset rölesinin kullanılması

3.1.3.3. Fonksiyonel blok diyagram (FBD)

Şekil 3.5'de verilen örnekteki gibi her mantık fonksiyonu işlemine karşılık bir fonksiyon bloğu gelir.



Şekil 3.5. Fonksiyonel blok diyagramı ile set-reset rölesinin kullanılması

3.2. Ara Yüz (Dokunmatik Panel)

Bu ara yüz HMI (Human Machine Interface) olarak da adlandırılırlar. Ara yüz yazılımları daha önceden sadece DOS, VMS ve UNIX'in altında çalıştırılmakta iken artık; Linux ve Windows gibi işletim sistemlerinde de çalıştırılması oldukça yaygınlaşmıştır. HMI sürekli olarak gerçek zamanlı çalışan bir veritabanına bağlıdır. Veritabanı, sunucudan aldığı bilgileri anlık, saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak kaydedebilmektedir (Daneels ve ark., 1999).

Ara yüz yazılımı ne kadar iyi bir şekilde tanımlanır, tasarlanır, yazılır, kontrol ve test edilirse sistem iyi şekilde çalışır. Bunun aksi durumunda, sistemin çökmesi kolaylaşır (Mirzaoğlu, 2008).

HMI'lar kullanıcı ile sistemler arası iletişimi ve data transferini sağlayan arabirimlerdir. Kullanıcı dostu ekranı üzerinde tasarlanacak olan dokunmatik nesne ve tuşlar sayesinde elektromekanik sistemlerin kontrol edilmesi sağlanmaktadır. HMI'lar üretim otomasyonunda verimli ve hızlı kontrol sunmasının yanı sıra kontrol panolarında kullanılan birçok kablolamadan tasarruf sağlayarak oluşabilecek arızaların da minimum seviyeye düşürülmesine yardımcı olurlar. Dokunmatik ekranda tasarlanacak olan resimli menüler sayesinde kullanım kolaylığı sağlanmaktadır(deltaotomasyon.com, 2012).

Tez çalışmasında kullanılan dokunmatik panel (şekil 3.6), PLC ile kendi içerisinde haberleşerek gerekli çalışma komutlarını, sayısal değer olarak ölçüm sonuçlarını, ölçülen değerlerin grafiksel durumlarını ekranda belirtebilecek özelliklere sahiptir.



Şekil 3.6. Dokunmatik panel

Ara yüz bir otomasyon sisteminde kullanılması bakım ve servis kolaylığı sağlamasının yanında, uygulamada karşılaşılan zorluklar ve belirsizliklerin ortadan kalkması gibi avantajlar da sağlamaktadır. Raporlama ve alarm bilgilerini ekrana taşıma ve kaydetme olanağı sağlamaktadır. Hatta alarm bilgileri cep telefonlarına mesaj şeklinde de gelebilmektedir. Bu şekilde genel bir optimizasyon ve güvenilirlik sağlanmaktadır. Ara yüz kullanım kolaylığı açısından endüstride pek çok alanda kullanılmaktadır.

3.3. Sıcaklık ve Nem Modülü

Sıcaklık ve nem modülleri bir sıcaklık proses kontrol cihazıdır. Bir bölgenin sıcaklık ve nemini ölçerek gerekli yerler kontrol edilebilir ve ölçülen bu değerler bir ara yüz ile ekrana yansıtılabilir.

Bu proses kontrol cihazları girişlerine bağlanan; PT100, termokupl, akım sensörleri, nem sensörleri gibi gerilim, akım, direnç üreten sensörler vasıtasıyla ölçülmek istenen fiziksel değerler ölçülebilir (deltaotomasyon.com, 2012).

Tez çalışmasında 1 adet sıcaklık ölçümü, 1 adet de nem ölçümü olmak üzere proses kontrol cihazlarından toplam 2 adet kullanılmıştır. Sıcaklık ölçümünde "J" tipi termokupl kullanılmıştır. Bu termokupl -200 ºC ile 1200 ºC arası ölçüm yapma kapasitesine sahiptir. Nem ölçümü için 4-20 mA çıkışlı bir nem sensörü kullanılmış ve 0 mA de %0 nem, 20 mA de ise %100 nem ölçümü yapılmıştır. Her iki proses kontrol cihazının çıkışlarında ise minimum ölçümde 0 volt, maksimum ölçümde ise 10 Volt çıkış gerilimi elde edilmiştir.



Şekil 3.7. Sıcaklık ve nem modülleri

3.4. Frekans İnverteri

AC motorların hızlarının kontrolü DC motor kontrolüne göre zor olmaktadır. Ancak DC motorların üretim ve amortisman giderleri çok büyüktür. Fırçalarından çıkan kıvılcımlardan dolayı patlamalı ortamlarda kullanılamamaktadırlar. Bunun yanında AC motorların üretim giderleri az ve amortisman giderleri ise ihmal edilebilir düzeydedir. Devirleri ise gerilimden bağımsız olarak frekansla ayarlanabilmektedir.

Dolayısıyla bugün AC motorların devirlerinin kontrolü cazip hale gelmiştir. Daha önceleri sabit devirde çalıştırılıp mekanik olarak sınırlı bir hız ayarı yaparak özellikle sanayi tesislerinde kullanılan üç fazlı asenkron motorlar, bugün mikroişlemci kontrollü güç elektroniği devreleriyle kumanda edilmektedir (adataelektronik.com, 2012) .

Tez çalışmasında kullanılan inverter 0.4 kW olup bu inverter bulanık kontrolden gelen analog voltaj bilgisine bağlı olarak pompa motorunun rulman yataklarına gönderdiği su miktarının devir ile değişimini sağlamaktadır. Pompa motorunun gücü 0.37 kW olup devri ise 2800 d/dk dir. Bulanık kontrolden gelen voltaj bilgisi, inverterin parametre ayarlarından bu voltaj bilgisine bağlı olarak elde edilecek frekans değeri inverter tarafından hesaplanır ve pompaya değişken frekans gönderilerek devir değişimi ve neticesinde birim zamanda gönderilen su miktarı değişimi ayarlanmış olur. Şekil 3.8 de çalışmada kullandığımız inverter, j tipi termokupl ve nem sensörü elemanları gösterilmiştir.



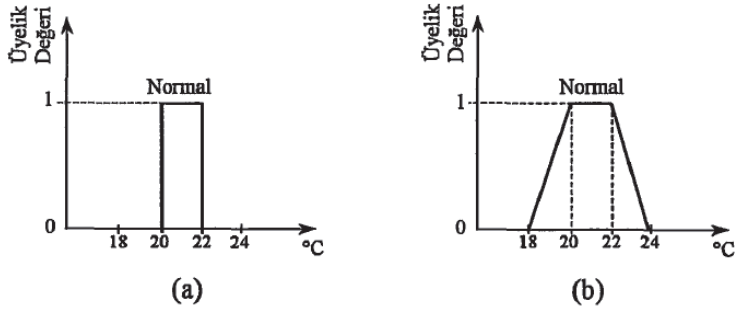
(a) **(b)** **(c)**

Şekil 3.8. İnverter (a), j tipi termokupl (b), nem sensörü (c)

4. BULANIK KONTROL

Gelişen teknolojiler ile endüstriyel sistemlerin daha karmaşık hale gelmesi, bu sistemlerin klasik kontrol yöntemleri ile kontrolünü güçleştirmektedir. 1970'den itibaren programlanabilen işlemcilerin sistemlerin kontrolünde yaygın olarak kullanılmaya başlaması, insan mantığına göre çalışan kontrol yöntemlerinin gelişimini ve daha yaygın olarak kullanımını sağlamıştır. Bu yöntemlerden biri de, Lotfi A. Zadeh tarafından ilk olarak ortaya atılan bulanık mantığa dayalı bulanık kontrol yöntemidir (Zadeh, 1965).

Geleneksel mantığa göre bir olayın sonucu kesin bir ifade ile belirtilir. Sonuç; ya doğrudur ya yanlış, ya 0'dır ya 1'dir, ya vardır ya yoktur, ya siyahtır ya beyazdır. Sonucun, bu iki değerden başka bir değer alması söz konusu değildir. Olay olarak bir odanın sıcaklığını düşünecek olursak; 20 ºC ile 22ºC arası normal sıcaklık olarak kabul edilirse, 20 ºC ve 22ºC'de dahi olmak üzere, bu iki sıcaklık değeri arasındaki bütün sıcaklık değerleri şekil 4.1.a'da gösterildiği gibi normal, bu değerlerin haricindeki bütün sıcaklık değerleri ise normal değil olarak kabul edilir. Diğer bir ifade ile bu değerler ve bu değerler arasındaki bütün değerlerin üyelik değeri, yani ait olma olabilirliği 1, bu sıcaklıklar dışındaki bütün sıcaklık değerlerinin üyelik değeri 0'dır. Örneğin 19,9 ºC'lik bir sıcaklık değeri bile burada tanımlanan geleneksel mantığa göre normal değildir. Hâlbuki gerçekte durum farklıdır, 19,9 ºC'lik sıcaklık değeri 20 ºC değerine çok yakın bir sıcaklık değeridir ve uygulamada çok büyük bir yaklaşımla normal olarak kabul edilir. Bulanık mantık, geleneksel mantık gibi sadece kesin (crisp) değerleri değil; sınır değerleri arasında yer alan bütün mümkün değerleri kapsar ve değişkenler, kesin olmayan koşullarla ifade edilirler. Yukarıdaki sıcaklık örneğini bu defa bulanık mantıkla yorumlarsak, şekil 4.1.b'de görüldüğü gibi bir grafik ortaya çıkar (Kartalopoulos, 1996).



Şekil 4.1. Geleneksel mantık (a), Bulanık mantık (b)

Bulanık mantıkta, 20 ºC ve 22 ºC değerleri arasındaki her sıcaklığın üyelik değerleri 1'dir, yani bu sıcaklıklar arasında yer alan bütün sıcaklar normal bulanık kümesinin tam elemanıdır. Bunun yanında, 18 ºC'den 20 ºC'ye kadar ve 22 ºC'den 24ºC'ye kadar olan sıcaklık değerlerinin her biri normal bulanık kümesinin ayrı bir ait olma değerine sahip üyesidir. Bu nedenle bulanık mantık, çok değerli mantık (multivalue logic) olarak da anılmaktadır (Editorial, 1993). Örneğin, 18 ºC'lik sıcaklık değeri, normal bulanık kümesinin 0 değerli üyesidir, diğer bir ifade ile normal bulanık kümesine ait olma değeri sıfırdır, yani bu kümenin üyesi değildir. 19 ºC'lik sıcaklığın normal bulanık kümesine ait olma değeri ise 0,5'dir.

Temel olarak insan düşünüş şeklini örnek alan bu mantıkta, günlük hayatta kullandığımız birtakım dilsel niteleyiciler kullanılarak olaylar tanımlanır ve buna göre sonuç çıkarılır. Bu nedenle, bulanık mantık doğal mantık olarak da adlandırılabilir.

Örneğin; şayet saat aşağı yukarı 14:00 ise ve şayet öğle yemeği yememişsem ve aşağı yukarı saat 08:00'da oldukça iyi bir kahvaltı yapmışsam, çok az acıkmışımdır. Şayet öğle yemeğini aşağı yukarı saat 13:00'da yemişsem ve de şuanda saat 15:00 ise, ister kahvaltı yapmış veya yapmamış olayım çok fazla acıkmamışımdır; fakat saat 19:00'u geçmişse oldukça acıkmışımdır.

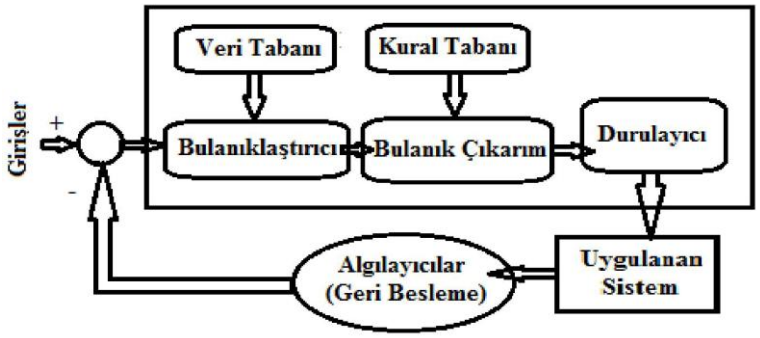
Oldukça iyi bir kahvaltı, çok az acıkmak, çok fazla acıkmak, oldukça acıkmak ifadeleri kesin olmayan kişilere göre farklı anlamlar taşıyabilen, yoruma açık, diğer bir ifade ile anlam olarak belirsiz tanımlamalardır. Oldukça iyi kahvaltı etmişsem, şayet öğle yemeğini aşağı yukarı saat 13:00'da yemişsem, şayet saat aşağı yukarı 14:00 ise gibi tanımlamalar bulanık giriş değerleridir. Çok az acıkmışımdır, çok fazla acıkmışımdır, oldukça acıkmışımdır ifadeleri ise elde edilen kesin çıkış değerleridir.

Buna göre, bulanık giriş değerlerinden kesin bir değer çıkarma mantığı, Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) olarak adlandırılmaktadır (Editorial, 1993).

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 4.2' de gösterilmektedir. Burada gösterilen birimler aşağıda anlatılmıştır.



Şekil 4.2. Bulanık kontrol sistemi

4.1. Bulanıklaştırma Birimi

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).

4.2. 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).

4.3. 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).

4.4. Durulaştırma Ara Birimi

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.

4.5. 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

- 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).

Tasarlanan sistemin bulanık mantık kontrolü, National Instruments firmasının üretmiş olduğu Labview 2010 programının PID ve Fuzzy Logic Toolkit'i ile gerçekleştirilmiştir. Aşağıda Labview programı ve öneminden bahsedilmiştir.

4.6. Labview

Endüstride test veya ölçümler, çoğunlukla osiloskop, işaret analizörü v.b. enstrümanları kullanılarak yapılmaktadır. Ancak cihazların herhangi bir ihtiyaca göre değiştirilmesi gerektiğinde; üretici firmaya bağlı kalmak ve donanımsal farklılıklar gibi birçok sorunla karşılaşılmaktadır. Bu yüzden değişikliklerin yapılması ekonomik olmamaktadır. Tüm bu sakıncaları ortadan kaldırmak için, günümüzde bilgisayar tabanlı ölçme sistemleri ortaya çıkmaktadır. Labview programı, bilgisayar tabanlı test ve ölçümde yeni bir kavram ortaya çıkarmıştır. Bu yeni kavram Sanal Enstrüman (VI Virtual Instrument) olarak tanımlanır. Bu şekilde bilgisayar, yazılım kullanılarak istenilen test ve ölçüm enstrümanına çevrilebilmektedir. Bunu yaparken kullanılacak fonksiyonlarını, ölçme alanı ve enstrüman renkleri tamamen kullanıcı tarafından belirlenir. Ortaya çıkarılan enstrüman gerçek bir enstrümanın tüm işlevlerini hatta daha fazlasını yerine getirmektedir. Ürün aynı zamanda bir bilgisayar programı olduğu için ihtiyaca göre değişiklik yapılması çok daha kolay olmaktadır(Kangal, 2008).

Labview, mühendislik ve bilim çevrelerine yönelik veri toplama ve işlemeye yoğunlaşmış grafik olarak programlanabilen bir platformdur.

Günümüzde mühendisliğin bazı dersleri (Matematik, Sayısal Tasarım, Kontrol, PLC, Mikroişlemciler vb.) artık sanal ortamda, bilgisayar başında işlenmekte hatta ders içerikleri simülatörler yardımıyla öğrencilere verilmekte ve öğrencinin kendi kendine tecrübe etmesi sağlanmaktadır. MatLAB, MathCAD, Mathematica, LabVIEW gibi

programlar bu tür sanal ders ortamları arasında en çok tercih edilenleridir(Kangal, 2008).

Veri toplama, işleme ve izleme, ölçme yaparken uygulanan en önemli adımlardır. Bu adımları en az hata ile istenilen şekilde yapabilmek için ölçme yapan kişiler azami çaba sarf etmektedir. Veri toplama sistemleri; çeşitli işaretlerin ölçülmesi, işlenmesi, iletilmesi ve kaydedilmesi için günümüzde yaygınlaşarak kullanılmaktadır(Kangal, 2008).

Labview uygulaması oluşturmak için komut satırlarının yerine ikonların birbirlerine bağlanması şeklinde kullanıldığı grafiksel bir programlama dilidir. Komut satırları üzerine kurulan programlama dillerindeki bilgi tespit yöntemlerine karşın, Labview veri tespit yöntemi olarak veri akış yöntemini kullanır. Kolay kullanılan güçlü bir grafik program geliştirme ortamıdır. Kaynak kodu problemleri çözmek için şematik ve akış diyagramına benzeyen sezgisel bir blok diyagramı yaklaşımı kullanılır. Labview programı esnek, güçlü, kullanımı rahat ve öğrenilmesi kolay olan bir programdır.

Program iki kısımdan oluşmaktadır: Ön panel ve blok diyagram. Ön panel kullanıcı ara yüzüdür. Labview ile oluşturulacak uygulamayı kullanacak olan operatörün sisteme değerler girmesine ve çıkışları görmesine yardımcı olur. Blok diyagram ise esas işlemlerin yapıldığı yerdir. Ön panelde kullanıcı bir taraftan kontrolü sağlarken, diğer taraftan blok diyagramda sanal enstrümanlar çalışmaktadır. Ayrıca NI firmasının geliştirdiği donanım ile gerçek sistemlere hükmedebilmektedir.

4.6.1. Labview tarihsel gelişimi

1976 yılında ABD'nin Texas eyaletinde Austin şehrinde kurulan National Instruments firmasının ilk çalışmalarına GPIB (General Purpose Interface Bus – IEEE 488) kartlar ile başlamıştır. Daha sonraki yıllarda MAC makineler için DAQ (Data Acquisition) kartı üreten şirket 1983 yılında programlama için gereken zamanı azaltacak yollar aramaya başladılar. Ve Nisan 1983 tarihinde ar-ge sorumlusu olan Jac Mc Cristen, Jeff Kodoksy ve şirketin CEO'su olan Dr.Jim Truchard liderliğinde ve Texas Üniversitesi kapsamındaki 11 kişilik ekip tarafından, sezgisel kullanıcı arayüzünü içeren ön paneli, yenilikçi blok diyagramı programlama yöntem bilimi ile birleştirerek verimli, yazılım tabanlı bir grafiksel ölçme sistemi olan Labview sanal enstrümantasyon (ölçme) kavramı geliştirilmiştir.

Bu çalışmalar sonrasında ilk prototip Labview adı altında Macintosh üzerinde yaratıldı. 512 KB'lık hafıza aşıldığında ekip projeyi durdurmak zorunda kaldı. Ocak 1986 yılında Macintosh Plus (1 MB) piyasaya çıkması ile proje daha fazla geliştirilebilme imkanı buldu. DOS tabanlı PC'lerin 620 KB engeli yüzünden Labview prototipi yalnızca Macintosh uyumlu olarak kaldı. 1986'da Macintosh ölçme uygulamalarında sık kullanılmadığı halde diğer işletim sistemleri Labview teknolojisini destekleyene kadar Macintosh teknolojisi için Labview sürüm 1 adı altında en uygun seçenek oldu(Ünsaçar ve ark., 2009).

Ocak 1990'da Labview nesneye dayalı programlama teknikleri ile en baştan tekrar tasarlandı. Önemli olarak Labview 2'nin derleyicisi VI'ların yürütme hızını C programlama dilinde yaratılmış programlarla kıyaslanabilir bir düzeye getirdi. Yeni MacOS gibi grafiksel işletim sistemlerinin piyasaya çıkması ile National Instruments Labview teknolojisini Eylül 1992'de Labview 2,5 adı altında PC'ler ve diğer iş istasyonu platformlarına taşıdı. "Labview for Windows ve "Labview for sun" tabanlı yeni taşınabilir mimariler tanıtıldı.

Temmuz 1993'de Labview 3 sürümü, başka platformlarda da yürütülebilir özellikte hazırlandı. Nisan 1996'da Labview sürüm 4 tanıtıldı ve kullanıcılara çok kolay kullanım özellikleri getirildi. Kontroller, fonksiyonlar ve araçlar isteğe bağlı kayan panolara yerleştirildi. Menüler tekrar organize edildi ve ayrıntılı çevrim için yardım eklendi. Mart 1998'de sistemin bir programın parçalarını aynı anda çalıştırabilme, geri alma ve bağlanırlık özellikleriyle Labview 5.0.1 piyasaya çıktı.

2002 başlarında kontrol uygulamaları, test ve görüntüleme için grafiksel geliştirme ortamı sağlayan Labview 6'nın piyasaya çıkarıldığı duyuruldu. 2003 başlarında Express VI özelliği eklenmiş olan Labview 7 Express piyasaya sunuıldu. 38 adet Express VI içeren Labview Express ile I/O naliz ve sunum ihtiyaçları için Labview blok diyagramları geliştirmek çok daha kolay hale getirildi. Bu yolla basit bir veri toplama sisteminden ileri düzey tümleşik yazılım geliştirme işlemi için kolay üretkenlik sağlanır hale gelindi(Ünsaçar ve ark., 2009).

NI, Labview 7 Express'den sonra 2004 yılında genişletilmiş DAQ asistant ve Real -Time NI-DAQmx içeren Labview 7.1'de hiç programlama bilgisi gerektirmeyen "easy-to configure" dialogları kullanarak yüksek hızlı dijital I/O kartları için analog ve dijital uyarıcı sinyaller kolay ve hızlı bir şekilde oluşturulabilir ve değiştirilebilir. Bu sürüm en son network protokolleri ile daha fazla cihaza ve akıllı sensörlere bağlanma imkanı veren yeni fonksiyonları ve zamanlanmış döngüleri içermektedir.

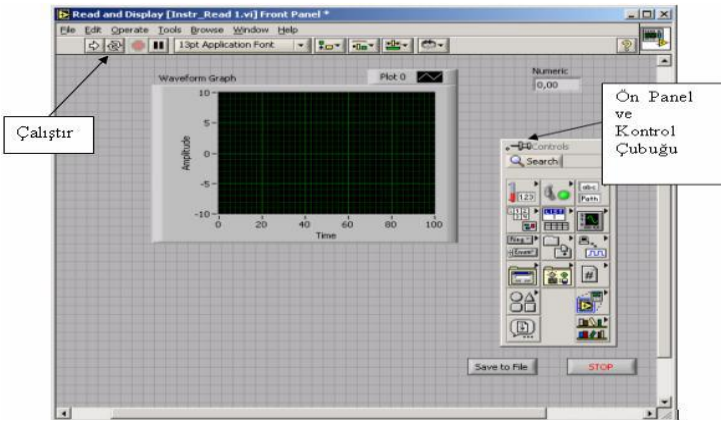
2005 sonlarına doğru yeniden düzenlenmiş açılış ara yüzü, menüleri ve paletleri ile Labview 8.0 kullanıma sunuldu. Bu sürümde kaydetme, değişkenlerin kullanımı, proje ve uygulama geliştirme, web uygulamaları, güvenlik, VI ve fonksiyonlar gibi birçok konuda Labview'in yetenekleri arttırıldı. 2006'da Labview 8.2 sürümüne nesne yönelimli programlama, kullanıcı ara yüzü geliştirme, kod ile DLL'lere bağlanabilme, .NET web uygulama servisleri, yüksek hızlı dosya g/ç MathWorks firmasının Matlab dil yazım kuralları ile M-File yazabilme için yeni araçlar eklendi. Labview 8.2.1 sürümü ile Windows Vista işletim sistemi için hazır hale getirildi.

2007 ortalarında Labview 8.5 sürümünün dağıtımına başlandı. Bu sürümde Labview proje klasörlerinden fiziksel klasörlere bağlantı ve disketi uygulamaları yönetmek için yeni araçlar eklendi. Test, kontrol ve tasarım problemlerinin çözümü için yeni araçlarla "Labview Statechart Module" geliştirildi. Çok çekirdekli yapıyı destekleyerek performans arttırıldı ve binlerce endüstriyel aygıt desteklendi.

Labview, 20 yılı aşkın bir süredir gelişmekte olmasına rağmen, teknolojideki sınırlamalardan dolayı Dünyada ve Türkiye de beklenilen hızda yaygınlaşamamıştır. 90'lı yılların sonuna doğru teknolojik gelişmeler Labview'i gerek GPL(grafiksel programlama dili) olarak gerekse ölçme ve enstrümantasyon alanında yeterli seviyeye getirmiştir. Programlamaya getirdiği kolaylıklarla birlikte veri toplama için sağladığı tümleşik devreler sayesinde, çok hassas ölçümler, pratik bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. 2000'li yılların başından itibaren de hem endüstride üretimin çeşitli alanlarında hem de üniversitelerde akademik seviyede hızla yaygınlaşmaya başlamıştır. Bugün ülkemizde birçok üniversitede grafik programlama yapısı ve özellikle Labview lisans seviyesinde seçmeli ders olarak okutulmaktadır(Ünsaçar ve ark., 2009).

4.6.2. Labview programının ön paneli

Ön panel, programın kullanıldığı, kullanıcının görebildiği ara yüz ifade eder ve blok diyagramda programlanan yazılımın kullanıcı kısmını gösterir. Örnek bir Labview programının ön panel ve kontrol çubuğu Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

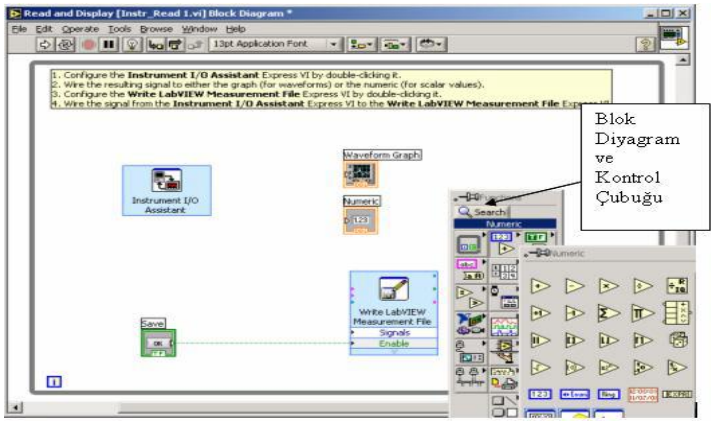


Şekil 4.3. Labview programının ön paneli ve kontrol çubuğu

Labview kontrolleri programın ara yüzünü oluşturan nesnelerdir. Veri girişleri, veri çıkışları, görüntüleme vs. gibi işlemler bu kontroller yardımıyla yapılır. Bu kontroller sadece Labview ön panelinde bulunurlar. Labview 'de oluşturulan dosyaların uzantısı VI olarak kaydedilir. VI' ların ön paneline kontrol paletinden seçilebilen sayısal göstergeler, ölçekler, metreler, termometreler, LED' ler, çizelgeler, grafikler ve daha fazlası yerleştirilebilir. Kullanıcı tasarımını tamamladığında, çalışan VI, bir anahtarı tıklayarak, bir sürgüyü oynatarak, grafiğe zoom yaparak veya klavyeden bir değer girerek ön panelden kontrol edilebilmektedir.

4.6.3. Labview programının blok diyagramı

Blok Diyagram; kullanıcıların ön panelde yerleştirdikleri kontrolleri programladıkları kısımdır. Örnek bir Labview programının blok diyagramı ve kontrol çubuğu Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Labview programının blok diyagramı ve kontrol çubuğu

VI programlanırken, bilinen programlarda karşılaşılan detaylarla uğraşmadan, blok diyagram oluşturulabilir. Bu blokların içeriği basit aritmetik fonksiyonlardan, ileri veri toplama ve analiz işlemlerine, network ve dosya I/O işlemlerine kadar çeşitlilik göstermektedir. Kullanıcı blok diyagramda işlem yaparken fonksiyonun karşılığı anında ön panelden takip edilebilir. G (graphical) programa dillerinin avantajları günümüzde çok daha iyi anlaşılmıştır (Dumanay, 2009).

4.6.4. PID ve Bulanık Mantık Eklentisi (Fuzzy logic toolkit)

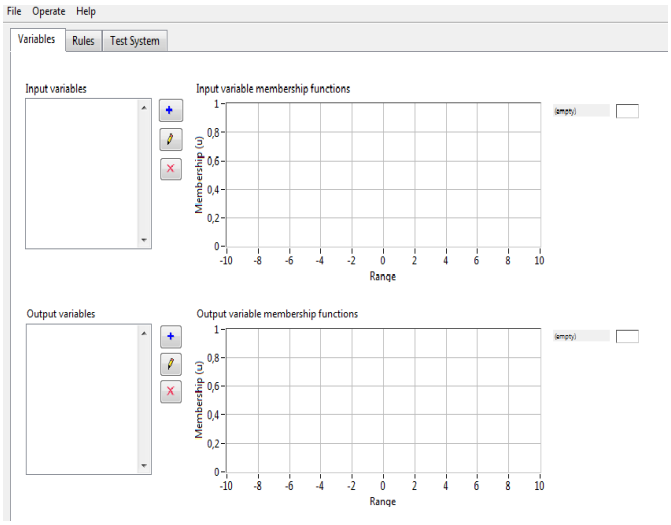
National Instruments firmasının geliştirmiş olduğu Labview grafik tasarım programına ait Bulanık Mantık Eklentisi (Fuzzy Logic Toolkit) ile bulanık mantık kontrol tasarımı ve simülasyonu yapmak mümkündür.

Bir PID denetleyicisi endüstride en çok kullanılan denetleyici olup, bu geri beslemeli denetleyici ile; ısıtma – soğutma sistemleri, akış kontrol, basınç kontrol gibi süreçler denetlenebilir. Bir veri toplama kartı (DAQ) ile beraber blok diyagramda belirtilen kontrol yapısıyla süreç denetlenebilir.

Bulanık uzman sistemler, süreç kontrolü için kural tabanlı bir yöntemdir. Gerçek zamanlı karar verme ya da bir sistemin kontrolü için bir bulanık mantık denetleyici kullanılabilir. Veri toplama kartına (DAQ) gönderilen analog veriler, PID ve Bulanık Mantık Eklentisi de belirli kural tabanında işlendikten sonra elde edilen bulanık çıkış, veri toplama kartının (DAQ) analog çıkış birimine gönderilir ve bu çıkışla yapılması gereken kontrol işlemi sağlanmış olur.

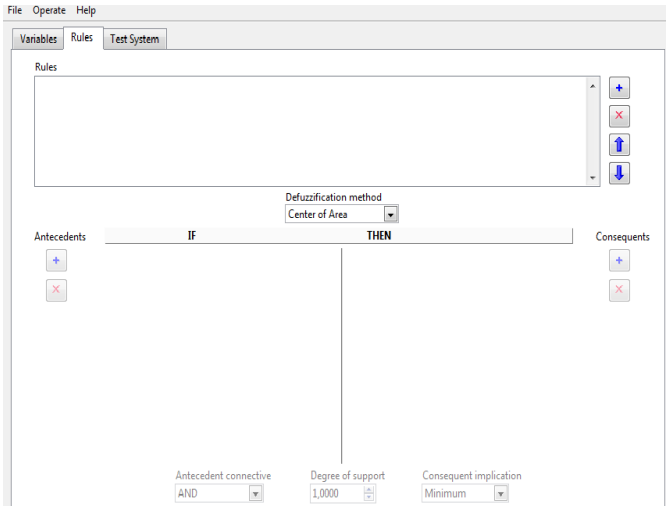
Bulanık kontrol için; Labview programının “Fuzzy system designer” aracı seçilir. Burada değişkenler biriminde; giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları belirtilir. Giriş ya da çıkış değişkenlerinin matematiksel değerleri burada oluşturulur. Bu işlem gerçekleştikten sonra “rules” sekmesinden tasarlanan sisteme ait kurallar If-Then yapısına göre belirlenir. Bu işlem sonrası, “Test system” sekmesinden, tasarlanan sistemin giriş değişkenlerine bağlı, çıkış değişkeni test edilebilir (ni.com, 2012).

Labview programı içerisinde yer alan Bulanık Mantık Eklentisi üzerinde bulanık kontrol işlemi tanımlanırken öncelikle giriş ve çıkış değişkenleri (input – output variables) sisteme girilir. Bu değişkenler girilirken başlangıç ve bitiş aralıkları da belirtilmelidir. Şekil 4.5 de giriş ve çıkış değişkenlerinin belirlendiği ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.5. Giriş ve çıkış değişkenlerinin belirlendiği ekran

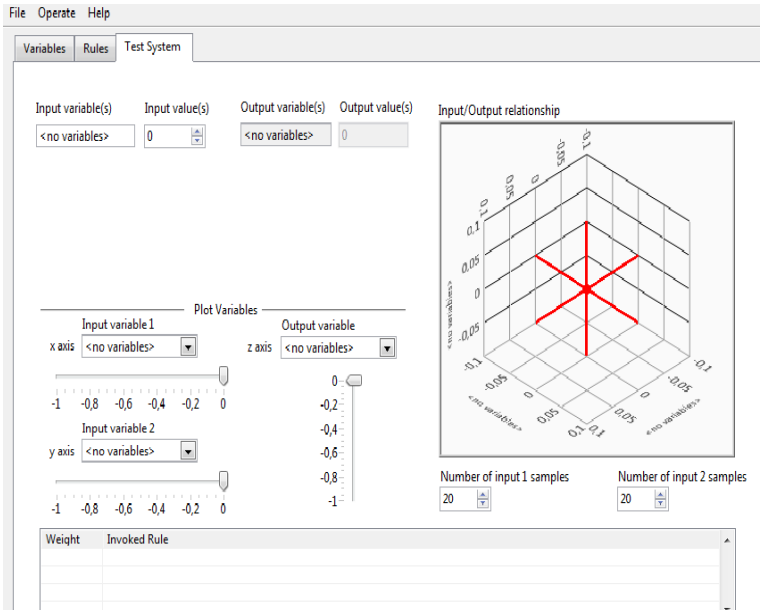
Giriş ve çıkış değişkenleri belirlendikten sonra bulanık kuralları içeren kural tabanı (rule base) oluşturulur. Kurallar if-then şeklinde girilebilir. Bununla birlikte yine aynı ekranda uygulamada kullanılacak durulaştırma (defuzzification) yöntemi seçilir. Giriş değişkenlerini belirlenen kurallar tabanına göre kendi içerisinde bulunan durulaştırma, ağırlık merkezi yöntemlerini kullanarak hesaplanan değeri çıkışa gönderir. Aşağıda (şekil 4.6) kurallar tabanı ve durulaştırma giriş ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.6. Kural tabanlarının tasarlandığı ekran

Kurallar tabanı da oluşturulmasının ardından sistem test edilir. Bu kısımda girişe gelen analog değerler öncelikle bulanıklaştırılır. Bulanıklaştırma giriş değişkeninin üyelik değerinin oluşturulması olarak tanımlanabilir. Bu bulanık değerlere göre çıkarım işlemi gerçekleştirilir. Çıkarım işleminde çalışan mekanizma kurallar tabanında yer alan

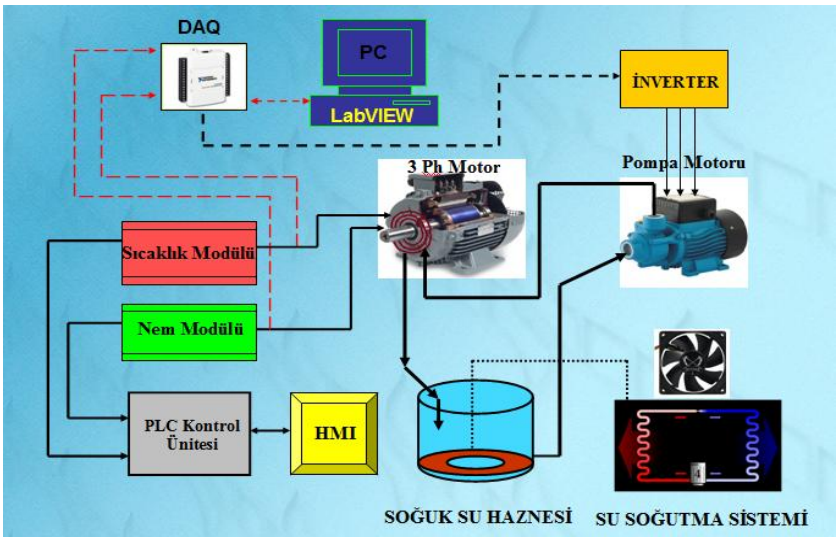
kurallardan hangisini çalıştırıyorsa o kurala göre çıkarım gerçekleştirir. Çıkarım işleminde mamdani, takagi-sugeno vb. değişik yöntemler tercih edilebilir. Aşağıdaki şekilde (şekil 4.7) çıkarım işleminin gerçekleştirildiği test ekranı verilmiştir. Giriş değişkenleri ve bulanık çıkış değişkeni, veri toplama kartı (DAQ) üzerinden alınır ve verilir (ni.com, 2012).



Şekil 4.7. Tasarlanan bulanık kontrolün test ekranı

5. SİSTEMİN TASARIMI

Bu bölümde uygulamasını gerçekleştirdiğimiz sistemin donanım ve yazılımla ilgili ayrıntılar ve alınan deneysel sonuçları verilecektir. Şekil 5.1' de tasarlanan sistemin genel blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 5.1: Sistemin genel blok diyagramı

Çizelge 5.1. Sistemde kullanılan malzemelerin özellikleri

Malzeme Adı	**Özellikleri**
5,5 kW Asenkron Motor	Gerilim: 380 V - Δ / 660 V - λ Devir : 1415 d/dk Akım : 11,8 A Tork : 35 Nm Frekans: 50 Hz
0,12 kW Motorlu Frenleme Redüktörü	Gerilim : 220 V Devir : 2,78 d/dk Akım : 1,6 A Tork : 412 Nm Frekans: 50 Hz
0,18 kW Su Soğutma Ünitesi	Gerilim : 110 V Frekans : 50 Hz
0,37 kW Pompa Motoru	Gerilim : 380 V – λ Devir : 3000 d/dk Akım : 1,2 A Frekans : 50 Hz
Programlanabilir Lojik Kontrol Devresi	Giriş Terminal Sayısı : 8 Adet Çıkış Terminal Sayısı : 6 Adet Program Kapasitesi : 3792 steps Çıkış Tipi : Röleli
Güç Kaynağı	Giriş Gerilimi: 220 V - AC Çıkış Gerilimi: 24 V - DC Güç : 20 W
Sıcaklık Modülü	Çalışma Gerilimi : 24 VDC Ölçüm Aralığı : 0 – 100 ºC Çıkış Gerilim Aralığı :0 – 10 VDC

Nem Modülü	Çalışma Gerilimi : 24 VDC Ölçüm Aralığı : 0 – 100 %Rh Çıkış Gerilim Aralığı: 0- 10 VDC
0,37 kW Frekans İnverteri	Giriş Gerilimi : 220 V (Tek Faz) Çıkış Gerilimi : 220 V (Üç Faz) Frekans Aralığı : 0,1 – 600 Hz Kontrol Sistemi : V/f Kontrol
7 inch Renkli Dokunmatik Operatör Panel	Çalışma Gerilimi: 24 VDC İşlemci : 32 Bit ARM9 Renk : 65536 Piksel : 800*480
J Tipi Isıl Çift(Thermocouple) Sıcaklık Sensörü	Ölçüm Aralığı : -150…..+1200 ºC Dış Çapı : 3 mm
Nem Sensörü %0Rh...%100Rh	Çalışma Gerilimi : 9…..28 VDC Nem Ölçüm Aralığı: %0 - %100 Çıkış Akım Aralığı : 4….20 mA
Encoder	Çalışma Gerilimi : 24 VDC Pals Sayısı : 500 cycl/sn
DAQ Kartı	Analog Giriş : 8 Adet Analog Çıkış : 2 Adet Dijital Giriş/Çıkış : 12 Adet Çözünürlük : 12 Bit

Sistem; mekanik donanım, elektronik donanım ve yazılım olmak üzere 3 kısımda anlatılacaktır.

5.1. Mekanik Donanım

Rulman ve rulman yatağında bir yapay ısınma meydana getirmek için motorlu redüktör kullanarak bir aparat sistemi tasarımı gerçekleştirildi. Bu aparat için resim 5.1.(a) de gösterildiği gibi 0.12 kW bir elektrik motoruna tahvil oranları 1/50 ve 1/10 iki adet sonsuz vida grubu redüktör seri olarak bağlanmıştır. Tahvil oranı 1/500 olan bir değer ile motordan 1400 d/dk lık bir tahrik verilerek redüktör çıkışından 1400/500=2,8 dakikalık bir devir elde edilmiştir. Motorlu redüktör düzeneğinin tasarımı yapılmıştır. Bu düzenek şekil 5.2(b) de gösterildiği gibi balatalı sıkıştırma aparatına monte edilmiştir. Şekil 5.2.(c) de “1” rakamıyla gösterilen bölge, 0.12 kw lık motorun sağa doğru dönmesiyle balatalı düzenek üzerindeki hareketli milin üç fazlı ana motorun dönen milinin yüzeyine dik bir kuvvetin etki etmesiyle meydana gelen sürtünmenin rulman ve rulman yatağında ısı enerjisi oluşumunu sağlayan bölgedir. “2” ve “3” nolu bölgeler ise ana motor milini alt taraftan desteklemek yani dengesizliği ortadan kaldırmak için konulmuştur.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.2. Redüktörlü frenleme aparatı

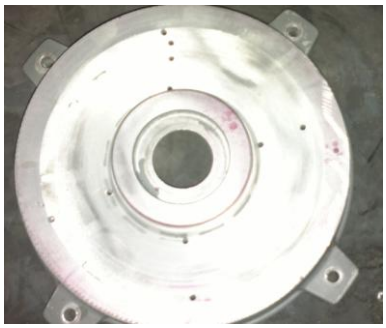
Dokunmatik operatör panelinden girilen değerlere bağlı olarak, motor sağa doğru hareket ettiğinde ana motorun mil yüzeyine bir sıkıştırma sağlar. Belli bir süre (örneğin 1-2 sn) mil yüzeyinde bu etki devam eder. Ardından motor sola hareket ederek eski konumuna tekrar gelir. Böylece rulman ve rulman yatak bölgesinde bir ısı enerjisi meydana gelmektedir.

Şekil 5.3'de deney düzeneğinde kullanılan 5.5 kW-1500 d/dk lık motora ait olan rulman kapakları görülmektedir. Ön rulman kapağı tornalama işlemine tabii tutularak şekil 5.4 de gösterilen rulman kapağı elde edilmiştir. Bu işlemden sonra ön rulman kapak bölgesine bakır borular yardımıyla bir serpantin sistemi tasarımı yapılmıştır.



Şekil 5.3. Ana motora ait rulman kapağı

Ön rulman kapağının torna edilmesinin sebebi; serpantin, şekil 5.3'deki kapağın yüzeyinde bulunan tırtılımsı şekilden dolayı rulman yatağına tam oturamayacağından ve dolayısıyla serpantinden geçen soğuk suyun kapağa tam olarak etki edemeyeceğinden dolayı tornalama işlemine ihtiyaç duyulmuştur.



Şekil 5.4. Ön rulman kapağının torna edilmiş hali

Soğutma serpantini için şekil 5.5.(a)'da görülen bakır borular kullanılmıştır. Ön rulman kapağının ölçüsüne göre bakır borular kıvrılarak resim 5.5 (b)'de görülen sarılmış serpantin meydana getirilmiştir. Serpantinde bakır boru kullanılmasının sebebi bakır metalinin ısı iletkenlik katsayısının (yaklaşık 401W/(m.K)) diğer metallere göre yüksek olmasıdır.



(a)



(b)

Şekil 5.5. Serpantin sarımı için kullanılan bakır boru(a), sarılmış serpantin(b)

Bakır boru kıvrılıp serpantin haline getirildikten sonra 30 N/mm² çekmeye dayanıklı kuvvetli bir yapıştırıcı kullanılarak rulman ön kapağına pres yardımıyla sabitlenmiştir. 15.000 kg (15 ton) basma kütlesine sahip bir pres ile yaklaşık olarak 40 saat baskı altında tutulan serpantin rulman kapağına yapıştırılmıştır. Şekil 5.6 (a) ve 5.6 (b)'de serpantinin rulman kapağına presleme yöntemiyle yapıştırma işlemi gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.6. Serpantinin ön rulman kapağına preslenmesi

Şekil 5.7 ‘de serpantinin ön rulman kapağına yapıştırılmış hali görülmektedir.



Şekil 5.7. Serpantin sisteminin kapağa montajlanmış hali

Serpantin sistemi tasarlanan ön rulman kapağının yatak bölgesine 3,2 mm çapında bir delik açılarak “J” tipi 3mm çaplı termokupl sensör, sıcaklık değerini ölçmek amacıyla kapağa sabitlenmiştir. Şekil 5.8’ de termokuplun montajı gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Sıcaklık ölçüm sensörünün montajı

Ana motorun rulman ve rulman yatağı; eksensel yükler ve çalışma koşullarının olumsuz etkisinden dolayı zamanla ısınacaktır. J tipi termokupl, ölçüm yaptığı bu noktadan elde edilen gerilimleri sıcaklık modülüne göndermektedir. Sıcaklık modülü set

edilen değerlere göre gerilim üretir. Set olunan değerler; 0 ºC de 0 V ve 100 ºC de 10 V olarak gerilim üretmekte ve sıcaklık modülüne iletilmektedir.

Aynı rulman kapağının iç yatak bölgesinde ısınan noktanın soğutulması ile oluşacak nemin ölçümünde 4…20 mA çıkışlı bir nem sensörü kullanılmıştır. Şekil 5.9' da kullanılan nem sensörü ve ölçüm aparatı montajı ile birlikte gösterilmiştir

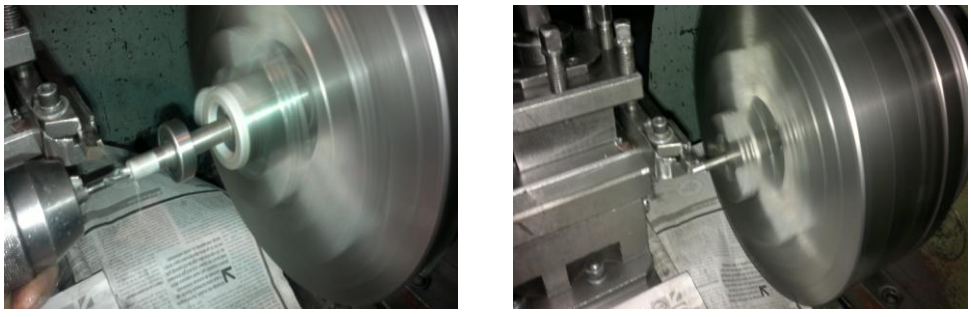


(a) **(b)** **(c)**

Şekil 5.9. Nem ölçüm aparatı(a), sensörün aparata montajı(b), nem ölçüm sensörünün kapağa montajı(c)

Rulman kapağına monte edilmiş nem sensörü; %0 nem durumunda 4 mA akım çıkışı, %100 nem durumunda ise 20 mA akım çıkışı vermektedir. Endüstriyel tip olan bu nem sensörü, yüksek ölçüm hassasiyetine sahip olup 9…28 VDC ile çalışmaktadır. Sensörden elde edilen değerler sistemde yer alan nem modülüne gönderilir ve modül bu değerleri işleyerek 0…10 VDC gerilim üretmektedir. Alınan bu ölçümler doğrusaldır.

Bulanık mantık kontrollü pompa motorunun pervane tarafına saniyede 500 pals üreten bir encoder bağlanmıştır. Bu encoder; pompa motorunda meydana gelecek olan hız değişimlerini dokunmatik operatör paneli üzerinden görülmesini sağlayacaktır. Şekil 5.10' de pompa motorundaki hız bilgisini okuyacak olan encoderin pompaya bağlantısı işlemleri gösterilmiştir. Bağlantı için pompa motorunun rotor kısmına alın deliği açılmıştır.



(a) **(b)**

Şekil 5.10. Pompa rotoruna alın deliği açılması(a), pompa-encoder bağlantı pimi yapılması(b)

Kullanılan pompa motorunun çalışma gücü 0.37 kW ve devir sayısı 3000 d/dk dir. Pompa motoru tek faz, daimi kondansatörlü olduğundan, frekans inverterinden hız kontrolü yapmak mümkün değildir. Bu problemden dolayı tek fazlı pompa motoru yeniden sarılarak üç fazlı hale getirilmiştir (şekil 5.11).



(a) **(b)**

Şekil 5.11. Üç faz olarak sarılmış pompa motoru(a), encoderin pompa motoruna monte hali(b)

Sistemde çalıştırılan asenkron motorun rulman yatakları zamanla ısınmaktadır. Rulman yatak bölgesinden geçen su da zamanla ısınmaya maruz kalacaktır. Isınan bu suyun bir soğutucu sistem geçirilerek soğutulması ve tekrar serpantin borular vasıtasıyla rulman yatakları üzerinden dolaştırılması daha etkili bir soğutma meydana getirecektir. Bundan dolayı çalışmamızda 0.18 kW gücünde bir ekovat motoru kullanılarak mini bir su soğutma sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu soğutma sistemi demir çubuklardan oluşan bir yapı içerisinde koruma altına alınmıştır. Şekil 5.12 de tasarlanan su soğutma sistemi görülmektedir.



Şekil 5.12. Su soğutma sistemi

5.2 Elektronik Donanım

Çalışmamızda tasarımı gerçekleştirilen sistemin tüm kontrolleri PLC üzerinden gerçekleştirilmektedir. Sistemde Delta firmasının üretmiş olduğu DVP14SS11R2 model

PLC kullanılmıştır. Bu PLC; 8 girişli, 6 çıkışlı ve çıkış tipi rölelidir. Dokunmatik panelle iletişim kurularak; ana motor, frenleme redüktörü, su soğutma motoru ve pompa motoru bu PLC üzerinden kontrol edilmektedir. Şekil 5.13 de kullanılan PLC cihazı görülmektedir.



Şekil 5.13. DVP14SS11R2 PLC

Yukarıdaki şekilde gösterilen PLC de; x0…x7 uçları giriş, y0…y5 uçları ise çıkış olarak kullanılmıştır. RS485 üzerinden dokunmatik panelle haberleşen PLC sistemi tüm sensör kontrollerini bu panel üzerinden gerçekleştirmektedir. Ayrıca PLC ile; zamanlama, veri saklama, sayma işlemleri ve birçok matematiksel işlem de yapılabilmektedir.

Kullanıcı ara yüzü olarak yine Delta firmasının üretmiş olduğu dokunmatik operatör paneli kullanılmıştır. Bu panelle bütün sensörlerin on-off durumları, ölçülen sıcaklık, nem ve devir değerleri, simülasyon işlemleri, devir trend grafiği, frenleme motorunun kontrolü gibi işlemler yapılmaktadır. Panel 7 inch ekran boyutuna ve 65536 renk ile 800*600 piksel çözünürlüğe sahiptir. Şekil 5.14’ de dokunmatik panel ve panoya monte edilmiş hali görülmektedir.



Şekil 5.14. Dokunmatik operatör paneli

Rulman ve rulman yatağında meydana gelen sıcaklık ve nem'in ölçümü için Delta firmasının üretmiş olduğu DTC 1000V ve DTC 2000V (şekil 5.15) kullanılmıştır. DTC 1000V sıcaklık değerlerini, DTC 2000V nem değerlerini ölçerek PLC üzerinden dokunmatik panel ekranında gösterilmektedir. Her iki modül de ölçülen değerlere bağlı olarak lineer bir çıkış gerilimi üretmektedir. Yapılan ayarlamalar ile DTC 1000V; 0 ºC de 0 volt, 100 ºC de 10 volt üretmektedir. Benzer şekilde DTC 2000V; %0 nem değerinde 0 volt, %100 nem değerinde ise 10 volt üretmektedir.



Şekil 5.15. DTC 1000V ve DTC 2000V

DTC'ler için gerekli yapılandırma ayarları cihazla birlikte verilen DTCOM programı yardımıyla yapılmaktadır. Şekil 5.16 da bir sıcaklık ölçümü için yapılandırma ayarları yapılmış bir ekran görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.16. Yapılandırma ayarı yapılmış DTC ile sıcaklık ölçümü

Pompa motorunun devir değişimi 0,4 kW frekans inverteri tarafından gerçekleşmektedir. Nem ve sıcaklığa bağlı olarak DAQ kartından gelen analog gerilim, frekans inverterine uygulanarak inverter çıkışından çıkış frekansı elde edilmektedir. Bu çıkış frekansı, pompa motoruna uygulanarak devir kontrolü sağlanmaktadır. Frekans inverterinin maksimum ve minimum frekans değerleri 60 Hertz ve 0 Hertz olarak ayarlanmıştır. Frekans inverterine uygulanan bu ayarlar ile DAQ kartından gelen analog

gerilim “0” volt olduğunda inverter çıkışı “0” Hertz, “5” volt olduğunda ise “60” Hertz olacak şekilde ayarlanmıştır.

Pompa motor devri, DAQ kartı üzerinden sağlanmaktadır. Bu çalışmada National Instruments firmasının üretmiş olduğu Usb 6008 DAQ kartı (şekil 5.17) kullanılmıştır. Bu kart 12 bit dijital giriş-çıkış, 8 adet analog giriş ve 2 adet analog çıkışa sahiptir. Nem ve sıcaklık modüllerinden gelen bilgileri kart üzerinden Labview programına aktarılır. Labview programının bulanık mantık eklentisi gelen bu bilgileri önceden belirlenen bulanık mantık kural tabanına göre çıkarım mekanizmasına gönderir. Çıkarım işleminden sonra bulunan değerler analog kartın çıkışına gönderilir. Analog kartın çıkışına bağlı inverter gelen bilgiye göre su soğutma pompası motor devrini kontrol eder.



Şekil 5.17. Usb 6008 DAQ

Tasarımı gerçekleştirilen tüm donanım kontrol elemanları, 40*50 cm boyutunda bir pano içerisine ilgili bağlantılar yapılarak yerleştirilmiştir. Şekil 5.18’ de bu bağlantılar ve yerleşim şekilleri görülmektedir.

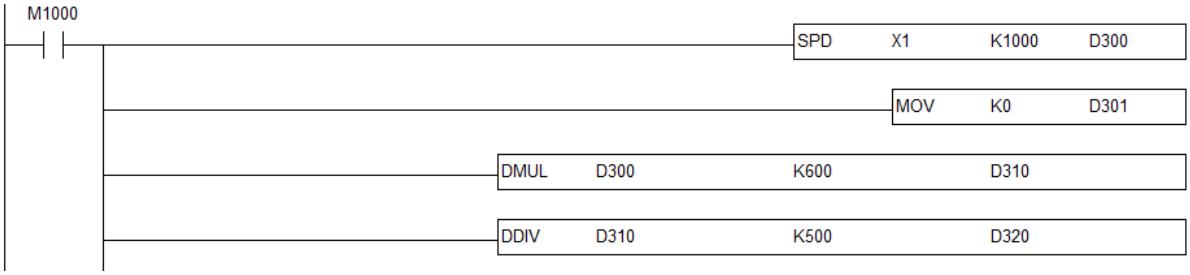


Şekil 5.18. Kontrol elemanlarının pano içerisine yerleşimi ve montajı

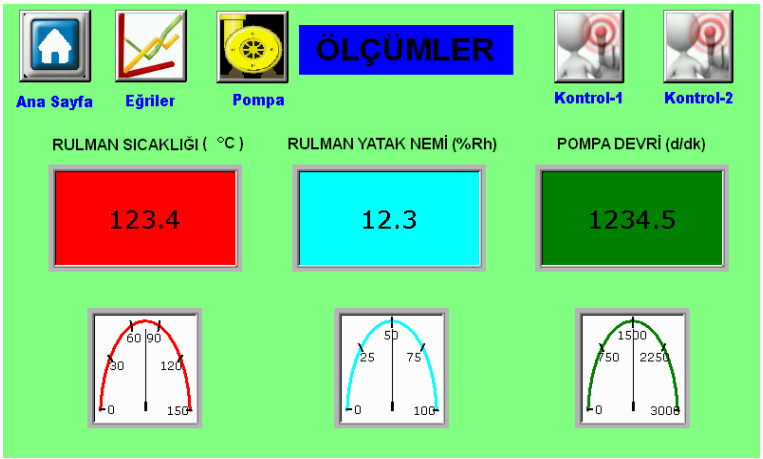
5.3. Sistem Yazılımı

Tasarlanan sistemde ana kontrol aygıtı olarak kullanılan PLC için WPL soft programı kullanılmıştır. Sistemde kullanılan frenleme redüktörünün kontrollü hareketi,

ana motorun kontrolü, pompa motorunun kontrolü, su soğutma sisteminin kontrolü, sıcaklık ve nem bilgilerini hafızaya alma, encoderden alınan devir bilgilerini ekrana aktarma gibi işlemler WPL soft programıyla yazılan Ladder diyagramlarının PLC'ye yüklenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.19 da pompa devrinin okunması için yazılmış Ladder programı gösterilmektedir. Pompa motorunun dakikadaki devir sayısını okumak için yukarıdaki program satırı kullanılmıştır. Encoderin sayma ucu PLC'nin x1 girişine uygulandıktan sonra D300 adresine bu bilgi atılır. Devir ölçümünde devir sayısı dakika bazında belirlendiğinden, D300 adresindeki 1 saniyelik bilgi DMUL komutu kullanılarak K600 yani 60 saniye ile çarpılır ve elde edilen değer D310 adresine atılır. Kullanmış olduğumuz encoder 500 pals/sn olduğundan, D310 adresindeki değer DDIV komutu kullanılarak K500 değerine bölünür ve D320 adresine atılır. Artık D320 adresindeki bilgi, pompa motorunun dakikadaki devir sayısıdır.



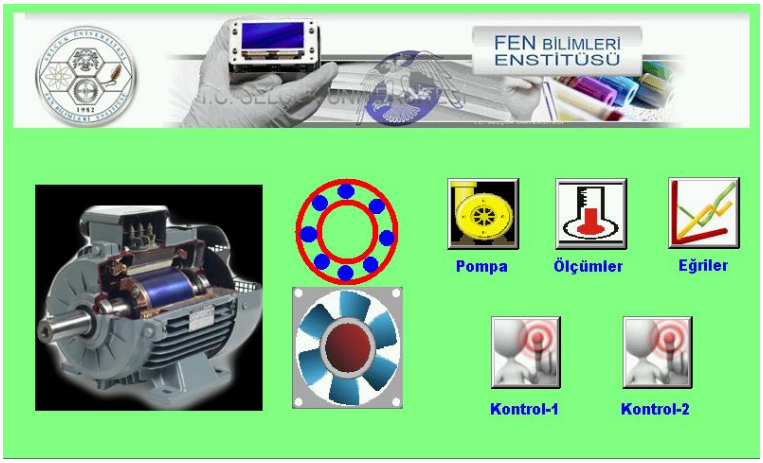
Şekil 5.19. Pompa devrini okumak için yazılmış Ladder diyagramı



Şekil 5.20. Rulman sıcaklığı, yatak nemi ve pompa devir bilgilerinin ekrandaki tasarım görüntüsü

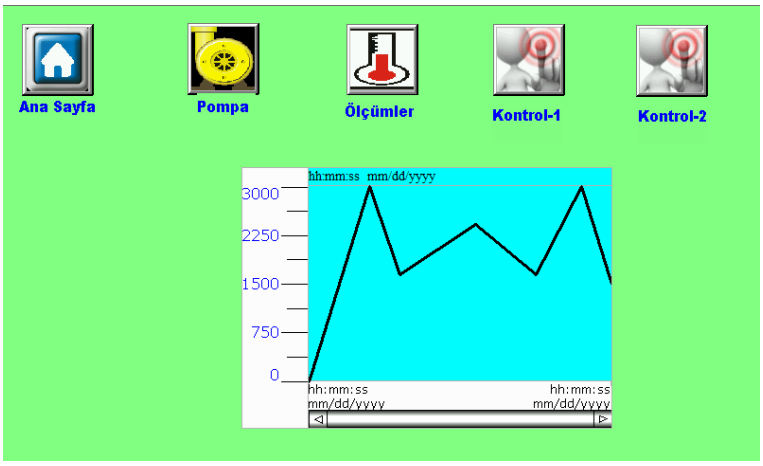
Şekil 5.20' de dokunmatik panel ekran görüntüsü verilmiştir. Bu ekranda sıcaklık (°C), nem (%Rh) ve pompa motor devri (d/dk) bilgileri orta kısımda gösterilmektedir. Ekranın alt tarafında ise bu değerlerin analog skala üzerinde gösterimi

yapılmaktadır. Ekranın üst tarafında ise kontrol işlemleri için kullanılan butonlar yer almaktadır. Ana sayfa butonu ana ekranı(şekil 5.21) göstermek için kullanılır.



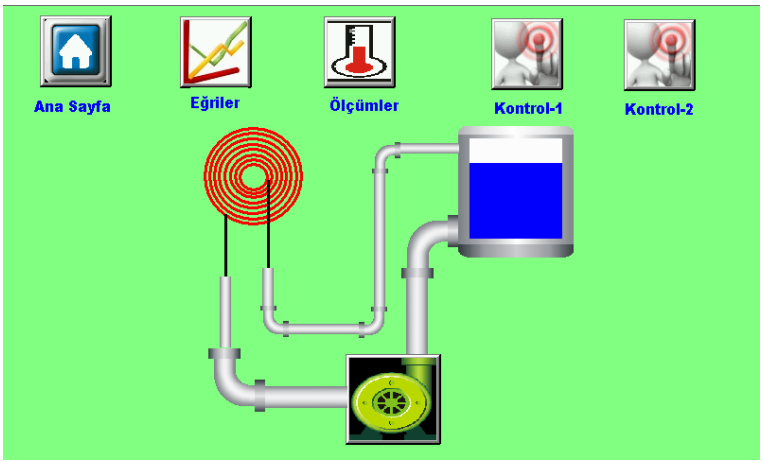
Şekil 5.21. Ana sayfa ekran görüntüsü

Eğriler butonuna tıklandığında bulanık mantık ile kontrol işleminin grafiksel değişimleri(şekil 5.22) gösterilir.



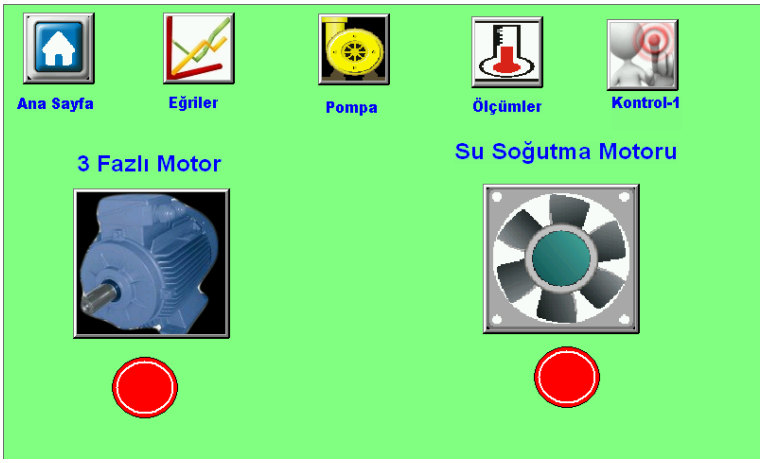
Şekil 5.22. Pompa devir sayısı için trend grafik ekranı

Pompa butonu suyu pompalayan motorun açma-kapatma işlemini gerçekleştirir.



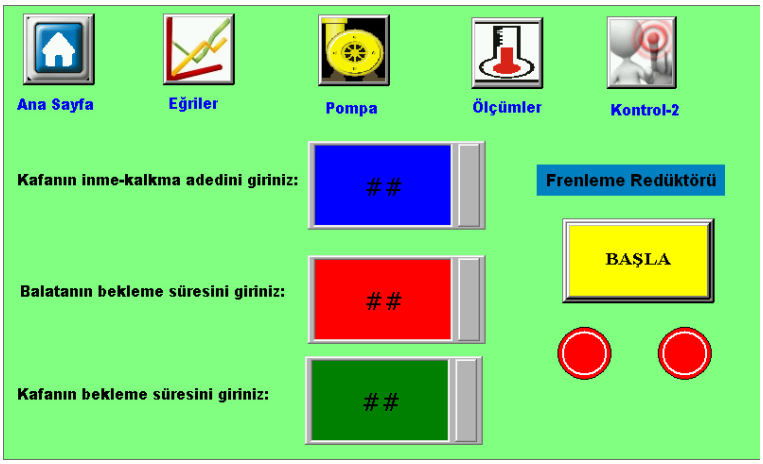
Şekil 5.23. Pompa motoru kontrol ekranı

Kontrol1 butonu ile hem ana motor (asenkron motor) hem de soğutma motorunun çalışması kontrol edilmektedir.



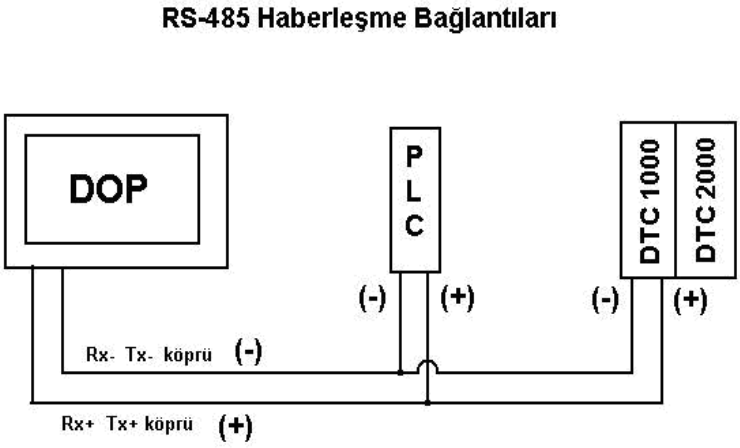
Şekil 5.24. Ana motor ve soğutma motoru kontrol ekranı

Kontrol2 butonu ise motor mili üzerine bağlanmış olan ve sisteme yük bindirilmesi işlemini yapan redüktörün mile uyguladığı (aşağı-yukarı) baskı miktarı ile saniye olarak yük bindirme süresini kontrol etmektedir.



Şekil 5.25. Yük bindirme redüktörü kontrol ekranı

Dokunmatik panel ile PLC, RS 485 üzerinden haberleşmektedir. DTC modüller ile dokunmatik panel yine RS 485 üzerinden haberleştirilmiştir. Şekil 5.21' de; PLC, DTC modüller ve dokunmatik panelin aynı hat üzerinden RS 485 ile haberleşme bağlantıları görülmektedir.



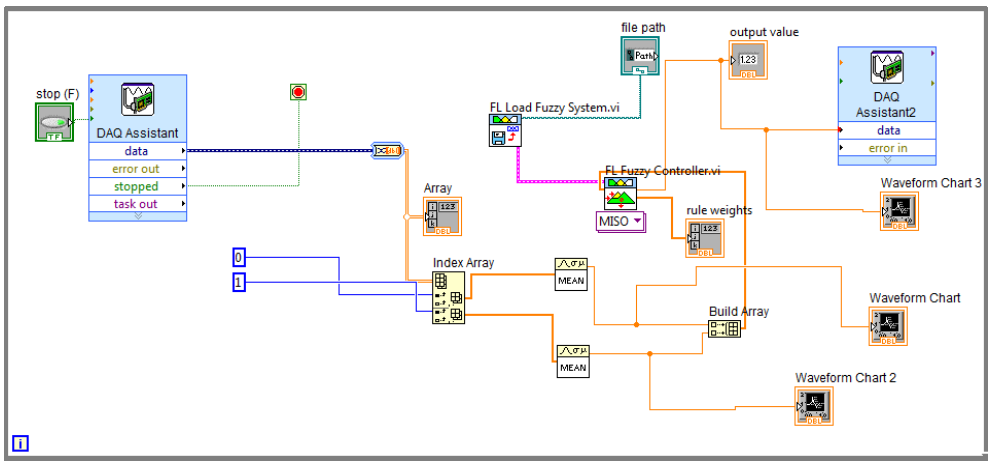
Şekil 5.26. PLC, Dokunmatik panel ve DTC modüllerin RS 485 üzerinden haberleşmesi

PLC ve dokunmatik panel ara yüzü ile yukarıda bahsedilen kontrollerin dışında; ana motor, pompa motoru, frenleme motoru, su soğutma motor kontrolleri, pompa motor devri için geçmiş trend eğrisi, serpantin sistemine basılan soğuk su hareket animasyonu vb. işlemlerin yazılımı WPL Soft ve Screen Editor kullanılarak yazılmıştır. Dokunmatik ekran yazılımı için Screen Editor programı kullanılmıştır. Bütün aygıtların on-off işlemleri, nem, sıcaklık, devir değerlerinin ekrandan gösterimi, geçmiş trend grafiği, animasyon işlemleri Screen Editor programı kullanılarak dokunmatik ekran üzerinde programlanmıştır.

Pompa devrinin bulanık olarak devrini kontrol etmek için National Instrument firmasının üretmiş olduğu Labview programı kullanılmıştır. Labview'in bulanık mantık eklentisi kullanılarak gerekli bulanık kurallar ve If-Then yapısı oluşturulmuştur. Modüllerden gelen nem ve sıcaklık bilgileri öncelikle DAQ kartına gönderilmiş, ardından Labview programının blok diyagramına yazılmıştır. Gelen bilgiler Labviewde hazırlanan bulanık mantık kontrol programıyla işlenmiş ve sonuç çıkarımı yapılmıştır. Çıkarımı yapılan bu sonuç bilgisi yine DAQ kartı üzerinden invertere gönderilerek pompa motorunun devri bulanık tabanlı olarak kontrol edilmiştir.

5.3.1. Yazılımla ilgili bulanık mantık bilgileri

Şekil 5.27' de, çalışmada tasarlanan Labview programının blok diyagramı görülmektedir. Diyagramda görüldüğü gibi, nem ve sıcaklık bilgilerinin bulanık mantık tabanlı işlenmesi ve çıkıştan elde edilen bulanık değerlerle pompa motorunu sürülmesi işlemleri bloklar halinde tasarlanmıştır.



Şekil 5.27. Tasarlanan sistemin Labview blok diyagram ekranı

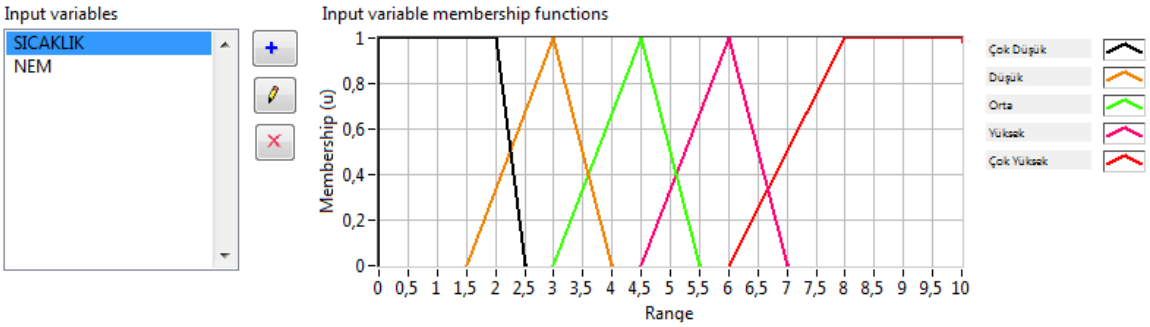
Bu diyagramda gösterilen DAQ Asistant blokları DAQ kartından gelen ve giden bilgilerin kontrolünü sağlamaktadır. FL ile başlayan ve *.vi uzantılı bloklar bulanık kontrol işlemlerini gerçekleştiren bloklardır. Bu bulanık kontrol bloklarına bağlı kural tabanı ve çıkarım mekanizması blokları da yine ekran üzerinde görülmektedir. Ayrıca giriş ve çıkış değişkenlerinin dalga şekilleri de aynı ekranda yer alan "waveform chart" bloklarından takip edilebilmektedir.

Çizelge 5.2' de sıcaklık ve nem değerlerine bağlı pompa motorunu sürmek için belirlenen bulanık kurallar tablosu verilmiştir. Burada verilen kısaltmaların açıklamaları şu şekildedir: **ÇD**: Çok Düşük, **D**: Düşük, **O**: Orta, **Y**: Yüksek, **ÇY**: Çok Yüksek

Çizelge 5.2. Bulanık kurallar tablosu

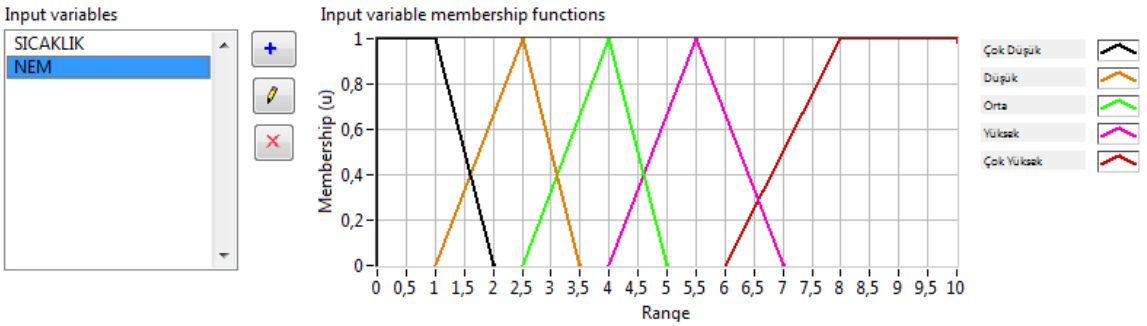
		SICAKLIK				
		ÇD	D	O	Y	ÇY
NEM	ÇD	**D**	**O**	**Y**	**ÇY**	**ÇY**
	D	**D**	**O**	**Y**	**Y**	**ÇY**
	O	**D**	**D**	**O**	**O**	**Y**
	Y	**D**	**D**	**D**	**O**	**O**
	ÇY	**D**	**D**	**D**	**D**	**O**

Şekil 5.28, 5.29 ve 5.30 de sırasıyla; sıcaklık, nem ve devir değerlerine ait bulanık kümeler ve bu kümelere ait üyelik fonksiyonları grafiksel olarak gösterilmiştir.



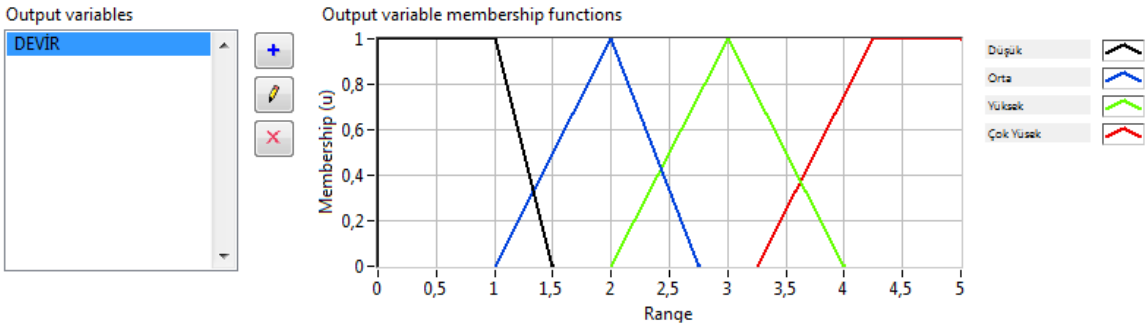
Şekil 5.28. Sıcaklık değerlerine ait üyelik fonksiyonları

Sıcaklık değerlerine ait üyelik fonksiyonlarında, "0" volt "0" ºC'yi ve "10" volt "100" ºC'yi ifade etmektedir.



Şekil 5.29. Nem değerlerine ait üyelik fonksiyonları

Nem değerlerine ait üyelik fonksiyonlarında, "0" volt "%0" nem'i ve "10" volt "%100" nem'i ifade etmektedir.



Şekil 5.30. Devir değerlerine ait üyelik fonksiyonları

Devir değerlerine ait üyelik fonksiyonlarında, "0" volt "0" hertz'i ve "5" volt "60" hertz'i ifade etmektedir.

Sıcaklık ve nem değerleri beş ayrı dilsel ifade olarak belirlenmiş ve 25 adet kuraldan oluşan If-Then yapısı oluşturulmuştur. Tasarlanan bulanık sisteme ait If-Then kural yapısı aşağıdaki gibidir.

1) If "Sıcaklık" is "Çok Düşük" & "Nem" is "Çok Düşük" Then "Devir" is "Düşük"
2) If "Sıcaklık" is "Çok Düşük" & "Nem" is " Düşük" Then "Devir" is "Düşük"
3) If "Sıcaklık" is "Çok Düşük" & "Nem" is "Orta" Then "Devir" is "Düşük"
4) If "Sıcaklık" is "Çok Düşük" & "Nem" is "Yüksek" Then "Devir" is "Düşük"
5)If "Sıcaklık" is "Çok Düşük" & "Nem" is "Çok Yüksek" Then "Devir" is "Düşük"
6) If "Sıcaklık" is "Düşük" & "Nem" is "Çok Düşük" Then "Devir" is "Orta"
7) If "Sıcaklık" is "Düşük" & "Nem" is "Düşük" Then "Devir" is "Orta"
8) If "Sıcaklık" is "Düşük" & "Nem" is "Düşük" Then "Devir" is "Düşük"

9) If “Sıcaklık” is “Düşük” & “Nem” is “Yüksek” Then “Devir” is “Düşük”

10) If “Sıcaklık” is “Düşük” & “Nem” is “Çok Yüksek” Then “Devir” is “Düşük”

11) If “Sıcaklık” is “Orta” & “Nem” is “Çok Düşük” Then “Devir” is “Yüksek”

12) If “Sıcaklık” is “Orta” & “Nem” is “Düşük” Then “Devir” is “Yüksek”

13) If “Sıcaklık” is “Orta” & “Nem” is “Orta” Then “Devir” is “Orta”

14) If “Sıcaklık” is “Orta” & “Nem” is “Yüksek” Then “Devir” is “Düşük”

15) If “Sıcaklık” is “Orta” & “Nem” is “Çok Yüksek” Then “Devir” is “Düşük”

16)If “Sıcaklık” is “Yüksek” & “Nem” is “Çok Düşük” Then “Devir” is “Çok Yüksek”

17) If “Sıcaklık” is “Yüksek” & “Nem” is “Düşük” Then “Devir” is “Yüksek”

18) If “Sıcaklık” is “Yüksek” & “Nem” is “Orta” Then “Devir” is “Orta”

19) If “Sıcaklık” is “Yüksek” & “Nem” is “Yüksek” Then “Devir” is “Orta”

20) If “Sıcaklık” is “Yüksek” & “Nem” is “Çok Yüksek” Then “Devir” is “Düşük”

21) If “Sıcaklık” is “Çok Yüksek” & “Nem” is “Çok Düşük” Then “Devir” is “Çok Yüksek”

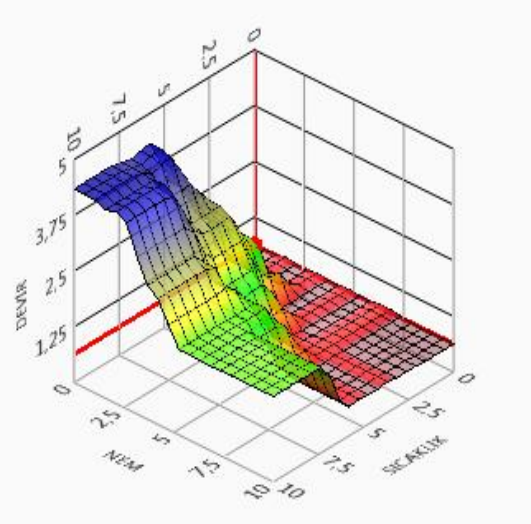
22)If “Sıcaklık” is “Çok Yüksek” & “Nem” is “Düşük” Then “Devir” is “Çok Yüksek”

23) If “Sıcaklık” is “Çok Yüksek” & “Nem” is “Orta” Then “Devir” is “Yüksek”

24) If “Sıcaklık” is “Çok Yüksek” & “Nem” is “Yüksek” Then “Devir” is “Orta”

25) If “Sıcaklık” is “Çok Yüksek” & “Nem” is “Çok Yüksek” Then “Devir” is “Orta”

Tasarlanan bu bulanık kontrol işleminde nem ve sıcaklık giriş değişkenlerine göre devir sayısı çıkış vermektedir. Verilen bu kural tabanına göre elde edilen çıkışın 3 boyutta gösterimi şekil 5.31’ deki gibidir.



Şekil 5.31. Bulanık kontrol yüzey şekli

5.4. Deneysel Sonuçlar

Sistemin test edilmesi amacıyla giriş değişkenleri olan sıcaklık ve nem bilgisine göre bulanık kontrol işlemi gerçekleştirilmiş, çıkış değişkeni olan devir sayısı izlenmiştir.

Giriş değişkenlerinin değiştirilmesi işleminde rulman ve rulman yatak bölgesinde bir ısı enerjisinin oluşması için frenleme tertibatı ile kuvvet uygulanmış, bölgede meydana gelen ısınmalar "J" tipi bir termokuplla ölçülmüştür. Yine rulman yatak bölgesine 4…20 mA çıkışlı hassas bir sensör yerleştirilerek bölgede meydana gelen yoğuşmalar sisteme aktarılmıştır.

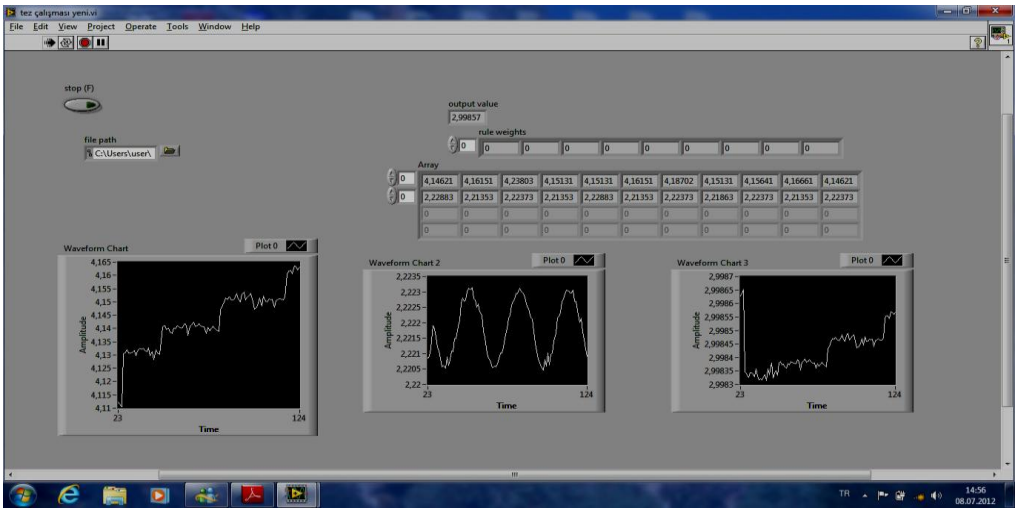
Yapılan deneysel çalışmalar ve alınan sonuçlar çizelge 5.3' de listelenmiştir.

Çizelge 5.3. Kural tabanı test sonuçları

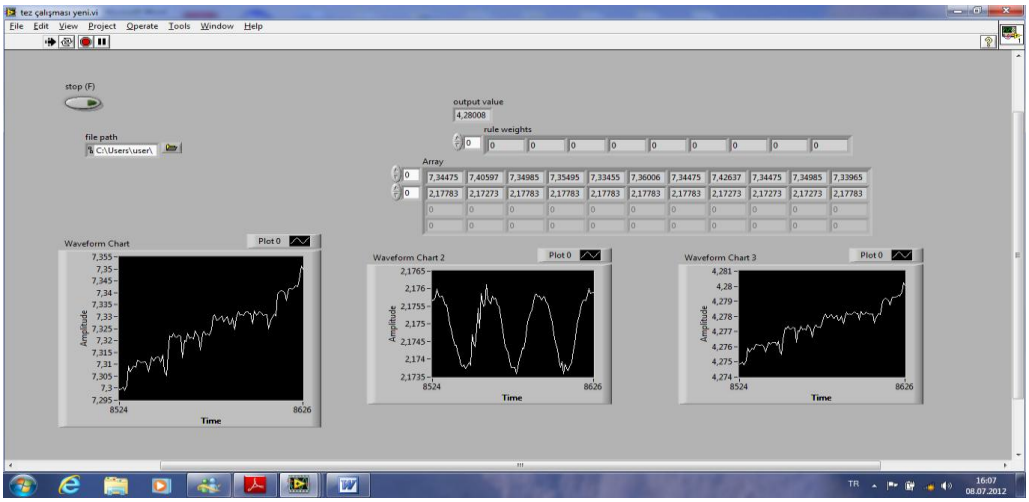
KURAL TABANI							
SICAKLIK(ºC)		NEM(%Rh)		ANALOG ÇIKIŞ(V)		BULANIK ÇIKIŞLAR(F,D)	
BULANIK İFADE	**SAYISAL DEĞER**	**BULANIK İFADE**	**SAYISAL DEĞER**	**BULANIK İFADE**	**SAYISAL İFADE**	**FREKANS DEĞERİ**	**MOTOR DEVRİ**
ÇD	22,10	D	17,20	D	1,28	15,36	811
D	32,00	ÇD	16,00	O	2,21	26,52	1400
O	38,10	ÇD	15,20	Y	2,70	32,40	1710
O	39,50	D	20,90	Y	2,91	34,92	1843
O	45,50	ÇD	15,20	Y	3,06	36,72	1938
O	41,46	D	22,28	Y	2,99	35,88	1894
Y	53,50	D	26,80	Y	2,80	33,60	1774
Y	64,60	D	20.80	Y	3,36	40,32	2128
ÇY	73,40	D	21,70	ÇY	4,27	51,24	2705
ÇY	82,40	D	20,90	ÇY	4,28	51,36	2711

Çizelge 5.3' de verilen kural tabanları ile ilgili test sonuçları, Labview bulanık mantık eklentisi ekranında şekil 5.32, 5.33, 5.34' deki gibi elde edilmiştir.

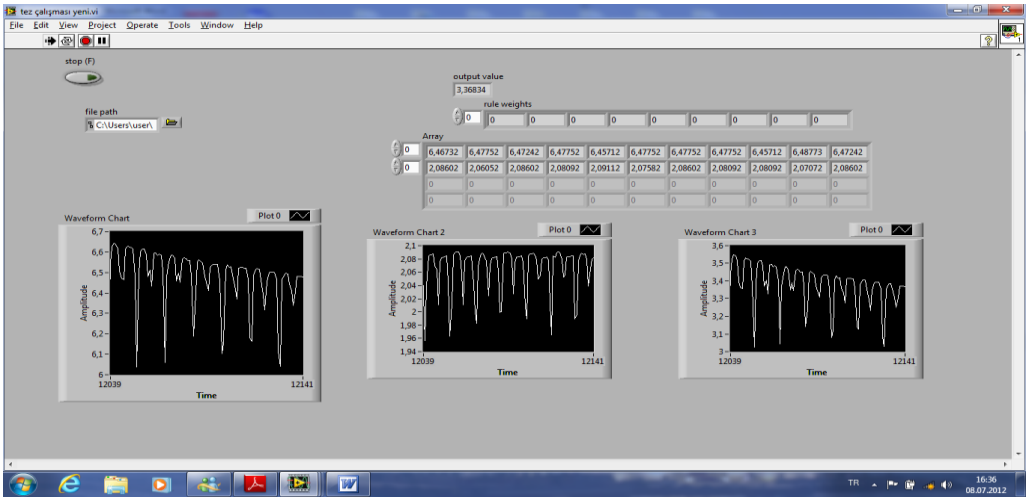
Sıcaklık ve nem değerlerine bağlı olarak elde edilen analog gerilim, inverter tarafından frekansa dönüştürülmüş ve pompa motorunun devri belirlenmiştir. Çizelge 5.3' de bu bilgiler verilmiştir.



Şekil 5.32. Sıcaklık: 41,46 ºC, Nem: %22,28 iken Analog Çıkış:2,99 V



Şekil 5.33. Sıcaklık:73,40 ºC, Nem: %21,70 iken Analog Çıkış: 4,27 V



Şekil 5.34. Sıcaklık: 64,6 ºC ve Nem: %20,8 iken Analog Çıkış: 3,36 V

Pompa motoru 50 Hz frekansta çalışırken, yük altında mil çıkışından elde edilen devir sayısı: 2640 dir. Motora ait frekans inverterine gerekli yapılandırma ayarları yapılmıştır. Frekans inverterine uygulanan analog gerilim “5” volt iken inverter çıkışından maksimum 60 Hz frekans, analog gerilim “0” volt iken inverter çıkışından minimum 0 Hz frekans elde edilmiştir. Bu bilgilere bağlı olarak pompa motoru 50 Hz frekansta çalışırken encoderin gönderdiği devir değeri “2640” dır. Aşağıda farklı bulanık voltaj değerlerine göre örnekler verilmiştir.

Bulanık çıkış değeri: 2,99 V iken;

5,00 V	60 Hz	50,00 Hz	2640 D
2,99 V	X	35,88 Hz	Y
X = 35,88 Hz		Y = 1894,40 Devir	

Bulanık çıkış değeri: 4,27 V iken;

5,00 V	60 Hz	50,00 Hz	2640 D
4,27 V	X	51,24 Hz	Y
X=51,24 Hz		Y= 2705,47 Devir	

Bulanık çıkış değeri: 3,36 V iken;

5,00 V	60 Hz	50,00 Hz	2640 D
3,36 V	X	40,32	Y
X = 40,32 Hz		Y = 2128,89 Devir	

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Günümüzde üretim gerçekleştiren sanayi kuruluşlarının çoğunda asenkron 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.

Elektrik motorlarının hareketinde dönmeyi ileten milin yerleşmiş olduğu rulman yatakları özellikle aşırı yük ve sürtünmeden dolayı ısınmaktadır. Oluşan bu ısı rulman ve rulman yataklarına zarar vermekte ve motorun arıza vermesine sebep olmaktadır. Bu çalışmada rulman ve rulman yataklarının bozulmasına yol açan aşırı ısınmanın önüne geçebilmek amacıyla bulanık mantık tabanlı akıllı bir su soğutma sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yaptığımız litaratür araştırmasına göre, elektrik motorlarının stator ve rotor bölgesine yönelik bir su soğutma sistemi mevcut olup, rulman yatak bölgesi için bir soğutma sistemi uygulaması yapılmamıştır. Bu uygulama ile özellikle kritik öneme sahip bölgelerde çalışan asenkron motorlarda oluşabilecek rulman arızalarının önüne geçilmiştir. Böylelikle zaman ve ekonomik kayıpların önlenmiştir.

Tasarlanan sistemde PLC üzerinden birimler arası kontrol gerçekleştirilmektedir. Rulman bölgesinde yer alan sensörlerden alınan sıcaklık ve nem bilgisi bulanık kontrol yazılımına uygulanmış ve su soğutucusuna bağlı pompa motorunun devri kontrol edilmiştir.

Bulanık kontrol işleminde giriş değişkenleri olan sıcaklık ve nem bilgisi üçgen üyelik fonksiyonu kullanılarak bulanıklaştırılmıştır. Her giriş için 5 dilsel ifade kullanılmış ve toplamda 25 adet kuraldan oluşan kural tablosu oluşturulmuştur. Mamdani çıkarım mekanizması kullanılarak girişlere göre bulanık çıkış değeri hesaplanmış ve hesaplanan bu bilgi DAQ kartı üzerinden pompa motorunun devrini kontrol eden invertere gönderilmiştir. İnverter ile pompa motor devri kontrol edilmiştir.

Sistemde elde edilen tüm bilgiler ara yüz olarak kullanılan dokunmatik panel ekranda gösterilmiştir. Yine aynı ekran üzerinde ana motor, pompa motoru, yük verme redüktörü kontrolleri gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca sıcaklık, nem ve pompa motor devrinin değişim grafikleri de panel üzerinde gösterilebilmektedir.

Tasarımı yapılan sisteme ait üç fazlı ana motor, kontrol panelinden çalıştırılıp, ana motorun çıkış miline redüktörlü frenleme motoru ile dikey kuvvet uygulanarak ana motorun rulman ve rulman yataklarında bir ısı enerjisi oluşturulmuştur. Oluşan bu enerjiye ait sıcaklık ve nem değeri ara yüz yardımıyla izlenmiştir. Soğutma ünitesinde soğutulan şebeke suyu, pompa motorunun enerjilenmesi sonucu serpantin içerisinden geçerek rulman ve rulman yataklarını soğutmuştur. Sıcaklık ve nem sensörlerinden gelen bilgiler modüller üzerinde işlenip elde edilen analog gerilimler DAQ kartına gönderilmiş, Labview ile DAQ kartındaki bilgiler, belirli bulanık kurallar üzerinde işlenerek bir bulanık analog gerilim üretilmiş ve üretilen bu gerilim invertere gönderilerek pompa motoru bulanık olarak kontrol edilmiş ve böylelikle akıllı bir soğutma tekniği uygulanmıştır.

Gerçekleştirilen bu tez çalışması ile görülmüştür ki, rulman ve rulman yataklarında istenmeyen aşırı ısı ve nemlenme problemlerinin önüne geçilmiştir. Sistemin bulanık mantık tabanlı tasarlanması özellikle ısınan bölgenin ani olarak soğutulması ile oluşan yoğuşmayı bertaraf etmiştir. Bu sayede rulmanların ve rulman yataklarının aşınması, deforme olması gibi olumsuzluklar giderilerek motorun çalışma verimi artırılmış, ömrü uzatılmıştır.

6.2. Öneriler

Sistemin özellikle yüksek güçlü motorlarda (200 KW ve üzeri) daha etkili olması beklenmektedir. Çünkü yüksek güçlü motorlarda ısınma ve aşınma daha fazla olmaktadır. Ayrıca ortam şartlarının kötü olduğu durumlarda bu sistemin etkililiği çok daha iyi anlaşılabilir. Örneğin taş ocaklarında ortam ısısının veya nemin yüksek olması kullanılan elektrik motorlarının rulman bölgesinde hızlı deformasyonlara sebep olabilmektedir. Ayrıca çıkan tozun rulman yataklarındaki soğutma yağına bulaşması da yine aşınmaları ve dolayısıyla ısınmayı artırmakta ve arızaların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

KAYNAKLAR

Aktürk, N., Çelik, V., Orhan, S., 2003, Bir Santrifüj Pompa Rulmanlarının Çalışabilirliğinin Titreşim Analizi ile Belirlenmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,* 16(3), 543-552.

Bay, Ö.F., Bayır, R., 2007, Marş Motoru Akım Sinyalleri Wavelet Analiz Sonuçlarının Bulanık Mantık ile Sınıflandırılarak Arıza Tespiti, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 22(2), 363-364.

Boldea, I., 2002, The Induction Machine Hand Book, *CRC Press,* New York.

Dumanay, A., 2009, PID, Bulanık Mantık ve Kayan Kip Kontrol Yöntemleri ile İnternet Üzerinden Dc Motor Hız Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı,* Balıkesir, 61-66.

Editorial, 1993, Fuzzy Models What Are They and Why?, *IEEE Trans. On Fuzzy Systems,* 1(1).

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

Eschmann, P., 1958, Ball and Roller Bearings, *Their Theory, Design, and Application*, London.

İnal, S., 2008, Rulman Arızalarını Sebeplerinin Çalışma Esnalarındaki Vibro-Akustik Kayıtlarla Teşhis Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul, 41-59.

Karahan, M.F., 2005, Titreşim Analizi ile Makinelerde Arıza Teşhisi, Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Manisa, 11-12.

Kartalopoulos, S.V., 1996, Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic, *IEEE Press,* New York.

Kalyoncu, M., 2004, Titreşim Analizi ile Makine Elemanlarının Arıza Teşhisi, *Mühendis ve Makine,* 47(552), 29-35.

Kangal H., 2008, Fotovoltaik Sistem Analizi ve Labvıew Tabanlı Mppt Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı,* Ankara.

Kliman, G.B., Koegl, R.A., Stein, J., Endicott, R.D., Madden, M.V., 1988, Noninvasive Detection of Broken Rotor Bars in Operating Induction Motors, 3(4), 873 - 879.

Kurtulan, S., 1999, PLC ile Endüstriyel Otomasyon, *Birsen Yayınevi,* İstanbul, 2-12.

Li, Y., Zhang, C., Kurfess, T.R., Danyluk, S., and Liang, S.Y., 2000, Diagnostics and Prognostics of a Single Surface Defect on Roller Bearings, *Proc. Instn. Mach. Engrs.*, 214(C), 1173-1185.

McFadden, P.D and Smith, J.D., 1985, The Vibration Produced by a Multible Point Defect in a Rolling Element Bearing, *Journal of Sound and Vibration,* 92(8), 263-273.

Muetze, A., binder, A., 2004, Calculation of Circulating Bearing Currents in Machines of Inverter – Based Drive Systems, 39^{th} IAS Annual Meeting Conference Record of 2004, 720 – 726.

Orhan, S., 2002, Rulmanlarla Yataklanmış Dinamik Sistemlerin Titreşim Analiziyle Kestirimci Bakımı, Doktora Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Anabilim Dalı,* Kırıkkale.

Overton, B., 1995, Basic Vibration Primer, *DoctorKnow Application Paper,* Computational Systems Incorporated, Knoxille, TN, USA.

Riddle, J., 1955, Ball Bearing Maintenance, *Univ. of Oklahoma Pres*, Norman.

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

Şeker, S., Ayaz, E., 2002, İleri İşaret İşleme Yöntemleri ile Elektrik Motorlarında Rulman Arıza Tanısı, *İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 1(1), 1-12.

Şengüler, T., 2008, Asenkron Motorlarda Gelişmekte Olan Rulman Arıza Durumunun Akıllı Tekniklerle İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul, 25-30.

Thomson, W.T., 1988, Online Current Monitoring For Fault Diagnosis in Inverter Fed Induction Motors, Power Electronic and Variable Speed Drives, *Third International Conference,* 432 – 435.

Ünsaçar, F., Eşme, E., 2009, Grafik Programlama Dili Labview, *Seçkin Yayıncılık,* Ankara, 10-12.

Vas, P., 1993, Parameter Estimation Condition Monitoring and Diagnosis of Electrical Machines, *Claredon Press,* Oxford - A.B.D.

Wovk, V., 1991, Machinery Vİbration: Measurement and Analysis, *McGraw-Hill*

Yaralıoğlu, K. 2005. Bulanık Mantık Ders Notları.

Yılmaz, H., 2005, Ekmek Üretiminde Programlanabilir Mantıksal Kontrol Cihazının Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Ankara, 15-16.

Zadeh L.A., 1965, Fuzzy sets. *Information and Control*, 8: 338–353.

Zhongming, Y., 2000, A Review on Induction Motor Online Fault Diagnosis, *Power Electronics and Motion Control Conference, PIEMCE-2000,* 1353 – 1358.

Zidani, F., Diallo, D., Benbouzid, M.E.H., Nait-Sand, R., 2005, Fuzzy Detection and Diagnosis of Fault Modes in A Voltage – Fed PWM Inverter Induction Motor, Electric Machine and Drivers, *IEEE International Conference on May 15*, 748 – 753.

http://www.adataelektronik.com/ac-motor-kontrol.html, [Ziyaret Tarihi: 20 Mayıs 2012]

http://www.deltaotomasyon.com/viewforum.php?f=12, [Ziyaret Tarihi: 13 Mayıs 2012]

http://www.ni.com , [Ziyaret Tarihi: 10 Mayıs 2012]

Ek-1: DAQ Kartı Bilgi Sayfası

NATIONAL INSTRUMENTS

Technical Sales
United States
(866) 531-6285
info@ni.com

Print | E-mail this Page | Open Document as PDF

Requirements and Compatibility | Ordering Information | Detailed Specifications

For user manuals and dimensional drawings, visit the product page resources tab on ni.com

Last Revised: 2010-04-07 16:29:30.0

Low-Cost, Bus-Powered Multifunction DAQ for USB

12- or 14-Bit, Up to 48 kS/s, 8 Analog Inputs



- 8 analog inputs at 12 or 14 bits, up to 48 kS/s
- 2 analog outputs at 12 bits, software-timed
- 12 TTL/CMOS digital I/O lines
- One 32-bit, 5 MHz counter
- Digital triggering
- Bus-powered
- 1-year warranty

Overview

With recent bandwidth improvements and new innovations from National Instruments, USB has evolved into a core bus of choice for measurement applications. The NI USB-6008 and USB-6009 are low-cost data acquisition (DAQ) devices with easy screw connectivity and a small form factor. With plug-and-play USB connectivity, these devices are simple enough for quick measurements but versatile enough for more complex measurement applications.

Back to Top

Requirements and Compatibility

OS Information

- Windows 2000/XP
- Mac OS X
- Windows 7
- Windows CE
- Windows Mobile
- Windows Vista 64-bit
- Windows Vista 32-bit

Driver Information

- NI-DAQmx
- NI-DAQmx Base

Software Compatibility

- ANSI C/C++
- LabVIEW
- LabVIEW SignalExpress
- LabWindows/CVI
- Measurement Studio

Back to Top

Comparison Tables

Product	Analog Inputs	Input Resolution	Max Sampling Rate (kS/s)	Analog Outputs	Output Resolution	Output Rate (Hz)	Digital I/O Lines	32-Bit Counter	Triggering
USB-6008	8 single-ended/4 differential	12	10	2	12	150	12	1	Digital
USB-6009	8 single-ended/4 differential	14	48	2	12	150	12	1	Digital

Extended Warranty

NI offers options for extending the standard product warranty to meet the life-cycle requirements of your project. In addition, because NI understands that your requirements may change, the extended warranty is flexible in length and easily renewed. For more information, visit ni.com/warranty.

OEM

NI offers design-in consulting and product integration assistance if you need NI products for OEM applications. For information about special pricing and services for OEM customers, visit ni.com/oem.

Alliance

Our Professional Services Team is comprised of NI applications engineers, NI Consulting Services, and a worldwide National Instruments Alliance Partner program of more than 600 independent consultants and integrators. Services range from start-up assistance to turnkey system integration. Visit ni.com/alliance.

Back to Top

Detailed Specifications

FThe following specifications are typical at 25 °C, unless otherwise noted.

Analog Input	
Converter type	Successive approximation
Analog inputs	8 single-ended, 4 differential, software selectable
Input resolution	
NI USB-6008	12 bits differential, 11 bits single-ended
NI USB-6009	14 bits differential, 13 bits single-ended
Max sampling rate (aggregate) [1]	
NI USB-6008	10 kS/s
NI USB-6009	48 kS/s
AI FIFO	512 bytes
Timing resolution	41.67 ns (24 MHz timebase)
Timing accuracy	100 ppm of actual sample rate
Input range	
Single-ended	±10 V
Differential	±20 V [2] , ±10 V, ±5 V, ±4 V, ±2.5 V, ±2 V, ±1.25 V, ±1 V
Working voltage	±10 V
Input impedance	144 kΩ
Overvoltage protection	±35
Trigger source	Software or external digital trigger
System noise [3]	
Single-ended	
±10 V range	5 mVrms
Differential	
± 20 V range	5 mVrms
±1 V range	0.5 mVrms

Absolute accuracy at full scale, single-ended		
Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±10	14.7	138

Absolute accuracy at full scale, differential [4]		
Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±20	14.7	138

Absolute accuracy at full scale, differential [4]		
Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±10	7.73	84.8
±5	4.28	58.4
±4	3.59	53.1
±2.5	2.56	45.1
±2	2.21	42.5
±1.25	1.70	38.9
±1	1.53	37.5

Analog Output	
Analog outputs	2
Output resolution	12 bits
Maximum update rate	150 Hz, software-timed
Output range	0 to +5 V
Output impedance	50 Ω
Output current drive	5 mA
Power-on state	0 V
Slew rate	1 V/µs
Short circuit current	50 mA
Absolute accuracy (no load)	7 mV typical, 36.4 mV maximum at full scale
Digital I/O	
Digital I/O	
P0.<0..7>	8 lines
P1.<0..3>	4 lines
Direction control	Each channel individually programmable as input or output
Output driver type	
NI USB-6008	Open collector (open-drain)
NI USB-6009	Each channel individually programmable as active drive (push-pull) or open collector (open-drain)
Compatibility	TTL, LVTTL, CMOS
Absolute maximum voltage range	–0.5 to 5.8 V with respect to GND
Pull-up resistor	4.7 kΩ to 5 V
Power-on state	Input

Digital logic levels			
Level	Min	Max	Units
Input low voltage	–0.3	0.8	V
Input high voltage	2.0	5.8	V
Input leakage current	—	50	µA
Output low voltage (I = 8.5 mA)	—	0.8	V
Output high voltage			
Active drive (push-pull), I = –8.5 mA	2.0	3.5	V
Open collector (open-drain), I = –0.6 mA, nominal	2.0	5.0	V
Open collector (open-drain), I = –8.5 mA, with external pull-up resistor	2.0	—	V

External Voltage	
+5 V output (200 mA maximum)	+5 V typical, +4.85 V minimum
+2.5 V output (1 mA maximum)	+2.5 V typical
+2.5 V accuracy	0.25% max
Reference temperature drift	50 ppm/°C max
Counter	
Number of counters	1
Resolution	32 bits
Counter measurements	Edge counting (falling-edge)
Counter direction	Count up
Pull-up resistor	4.7 kΩ to 5 V
Maximum input frequency	5 MHz
Minimum high pulse width	100 ns
Minimum low pulse width	100 ns
Input high voltage	2.0 V
Input low voltage	0.8 V
Power Requirements	
USB	
4.10 to 5.25 VDC	80 mA typical, 500 mA max
USB suspend	300 µA typical, 500 µA max
Physical Characteristics	
Dimensions	
Without connectors	6.35 cm × 8.51 cm × 2.31 cm (2.50 in. × 3.35 in. × 0.91 in.)
With connectors	8.18 cm × 8.51 cm × 2.31 cm (3.22 in. × 3.35 in. × 0.91 in.)
I/O connectors	USB series B receptacle, (2) 16 position terminal block plug headers
Weight	
With connectors	84 g (3 oz)
Without connectors	54 g (1.9 oz)
Screw-terminal wiring	16 to 28 AWG
Torque for screw terminals	0.22–0.25 N · m (2.0–2.2 lb · in.)
Safety	
If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.	
Safety Voltages	
Connect only voltages that are within these limits.	
Channel-to-GND	±30 V max, Measurement Category I

Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as MAINS voltage. MAINS is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltages from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.

Caution Do not use this module for connection to signals or for measurements within Measurement Categories II, III, or IV.

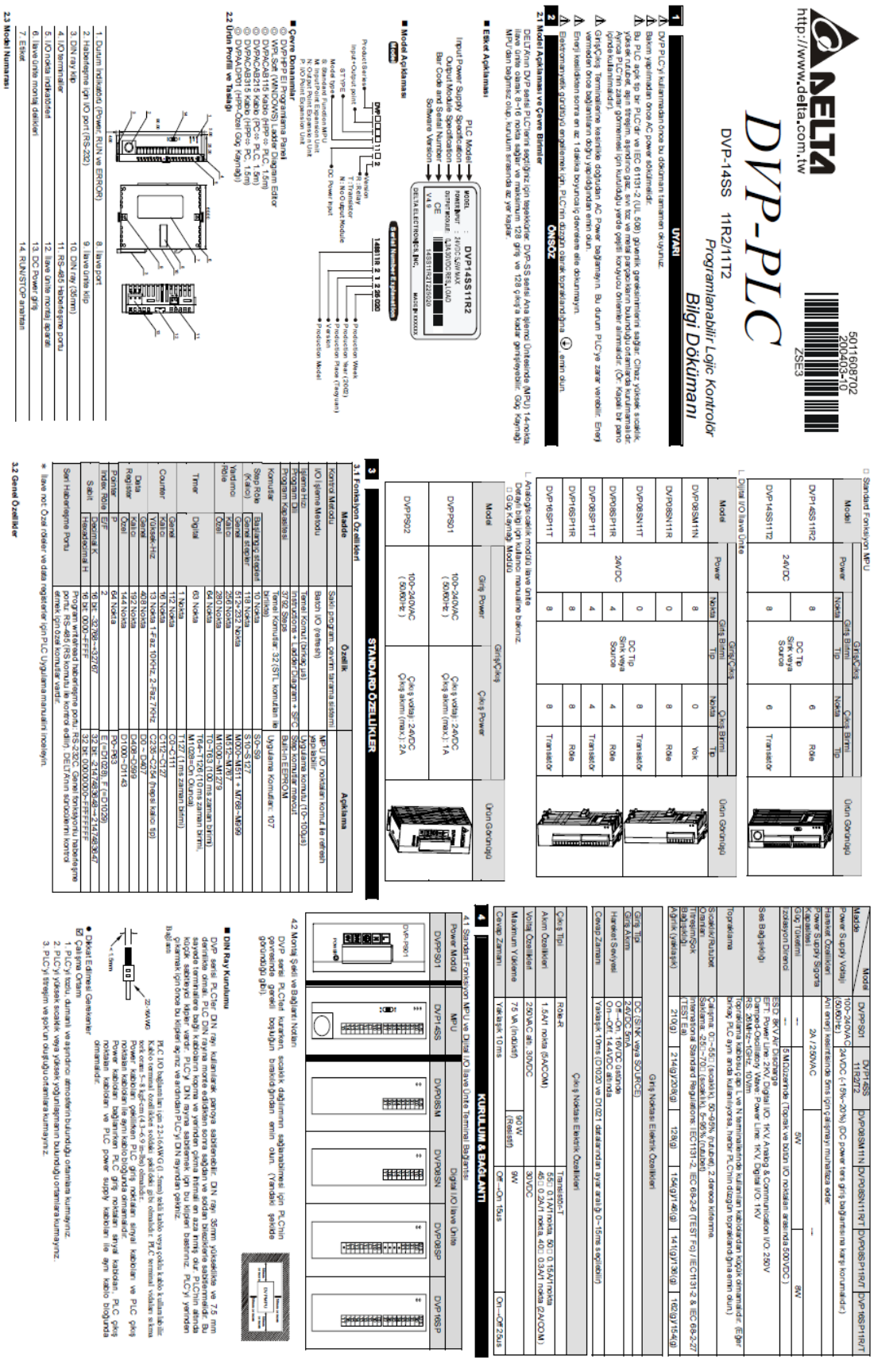
Safety Standards

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1

Note For UL and other safety certifications, refer to the product label or visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

EK-2: Programlanabilir Logic Kontrol Bilgi Sayfası



ΔDELTA
http://www.delta.com.tw
5011608702
200403-10
ZSE3

DVP-PLC
DVP-14SS 11R2/11T2
Programlanabilir Lojic Kontrolör
Bilgi Dökümanı

1 UYARI
⚠ DVP PLC'yi kullanmadan önce bu dökümanı tamamen okuyunuz.
⚠ Bakım yapmadan önce AC power sökümleyin.
⚠ Bu PLC açık tip bir PLC'dir ve IEC 61131-2 (UL 508) güvenlik gerekliliklerini sağlar. Cihazı yüksek sıcaklık, yüksek nemli, aşırı titreşim, asındırıcı gaz, sıvı toz ve metal parçacıkların bulunduğu ortamlarda kullanmayınız. Ayrıca PLC'nin zarar görmemesi için kurulduğu yerde çeşitli koruyucu önlemler almalısınız. (Ör: Kapalı bir pano içinde kullanılmalıdır).
⚠ Giriş/Çıkış Terminallerine kesinlikle doğrudan AC Power bağlamayın. Bu durum PLC'ye zarar verebilir. Enerji vermeden önce bağlantıların doğru yapıldığından emin olun.
⚠ Enerji kesildikten sonra en az 1 dakika boyunca iç devreleri elle dokunmayın.
⚠ Elektromanyetik gürültüyü engellemek için PLC'nin düzgün olarak topraklandığına ⏚ emin olun.

2 ÖNSÖZ
2.1 Model Açıklaması ve Çevre Birimler
DELTA'nın DVP serisi PLC'lerini seçtiğiniz için teşekkürler. DVP-SS serisi Ana işlemci Ünitesinde (MPU) 14-nokta, ilave ünite olarak 8-16 nokta, sağlar, ve maksimum 128 giriş ve 128 çıkış'a kadar genişleyebilir. Güç Kaynağı MPU'dan bağımsız olup, kurulum sırasında ek yer kaplar.

■ Etiket Açıklaması
PLC Model
Input Power Supply Spec.
Output Module Specification
Bar Code and Serial Number
Software Version
DVP14SS11R2
INPUT: 24VDC,12mA
OUTPUT: 24VDC/2A RELAY
CE
S/N: D0000A0001
V4.9
DELTA ELECTRONICS, INC. Made in XXXXXX

■ Model Açıklaması
DVP 14 SS 11 R2
Product Series
Input/Output points
S TYPE
Model Type
M: Input/Point Expansion Unit
E: Output Point Expansion Unit
N: Output Point Expansion Unit
E1: I/O Point Expansion Unit
R: Relay
T: Transistor
N: No Output Module
DC Power Input
Version
Production Week
Production Year (2002)
Production Phase (Factory)
Production Model
Serial Number Explanation
1 4 0 3 1 R 2 1 2 0 0 0 0

■ Çevre Donanımları
WPLSoft (WINDOWS) Ladder Diagram Editor
DVPACAB115 Kablo (HPP ↔ PLC, 1.5m)
DVPACAB215 Kablo (PC ↔ PLC, 1.5m)
DVPAPM-DPRN (HPP-Port Çoğaltıcı)
DVPAPM-DPRN (HPP-Çoklu Güç Kaynağı)

2.2 Ürün Profili ve Tasarım
(Ölçüler mm cinsindendir)

1. Durum göstergeleri (Power, RUN ve ERROR)
2. Haberleşme için I/O port (RS-232)
3. DIN rayı klip
4. I/O terminalleri
5. I/O noktası indikatörleri
6. İlave ünite montaj delikleri
7. Etiket
8. İlave port
9. İlave ünite klip
10. DIN rayı (35mm)
11. RS-485 haberleşme portu
12. İlave ünite montaj aparatı
13. DC Power giriş
14. RUN/STOP anahtarı

2.3 Model Numarası

Standart Fonksiyon MPU

Model	Power	Giriş Sinyali Giriş Noktası	Giriş/Çıkış Giriş Birimi Tip	Çıkış Noktası	Çıkış Birimi Tip	Ürün Görüntüsü
DVP14SS11R2	24VDC	8	DC Tip Sink veya Source	6	Röle	
DVP14SS11T2	24VDC	8	DC Tip Sink veya Source	6	Transistör	

Dijital I/O İlave Ünite

Model	Power	Giriş Sinyali Giriş Noktası	Giriş/Çıkış Giriş Birimi Tip	Çıkış Noktası	Çıkış Birimi Tip	Ürün Görüntüsü
DVP08SM11N	24VDC	8	DC Tip Sink veya Source	0	Yok	
DVP08SN11R		0		8	Röle	
DVP08SN11T		0		8	Transistör	
DVP08SP11R		4		4	Röle	
DVP08SP11T		4		4	Transistör	
DVP16SP11R		8		8	Röle	
DVP16SP11T		8		8	Transistör	

Analog/Çevresel modülü ilave ünite
Detaylı bilgi için kullanıcı manualine bakınız.
Güç Kaynağı Modülü

Model	Giriş Power	Çıkış Power	Ürün Görüntüsü
DVPPS01	100~240VAC (50/60Hz)	Çıkış voltajı: 24VDC Çıkış akımı (max.): 1A	
DVPPS02	100~240VAC (50/60Hz)	Çıkış voltajı: 24VDC Çıkış akımı (max.): 2A	

3 STANDARD ÖZELLİKLER
3.1 Fonksiyon Özellikleri

Madde	Özellik	Açıklama
Kontrol Metodu	Sabit program, çevrim taramalı sistem	MPU I/O noktaları komut ile refresh
I/O işleme Metodu	Batch I/O (refresh)	Akıllı ünite
Işleme Hızı	Temel Komut (1bit/sq. µs)	0.54 µs
Program Dili	Instructions + Ladder Diagram + SFC	Step komutlar mevcut
Program Kapasitesi	32768 Steps	Built-in EEPROM
Komutlar	Temel Komutlar 32 (ISTL komutları ile birlikte)	Uygulama Komutları: 107
Step Röle	Başlangıç, Bitişsel	10 Nokta
Seri (Kalıcı)	Genel, Sabit	1000 Nokta
Yardımcı Röle	Genel	7680 Nokta
	Kalıcı	896 Nokta
	Özel	640 Nokta
Timer	Digital	63 Nokta 1 Nokta 112 Nokta 16 Nokta 13 Nokta 1-Faz 10KHz 2-Faz 7KHz
	Genel	
	Kalıcı	
Counter	Kalıcı	
	Yüksek-Hız	
Data Registers	Kalıcı	4038 Nokta
	Genel	192 Nokta
	Kalıcı	144 Nokta
	Özel	641 Nokta
Pointer	E/F	8
Indeks Rölesi	Decimal K	16 bit: -32,768~+32767
Sabit	Hexadecimal H	16 bit: 0000~FFFF
Seri Haberleşme Portu		Program write/read haberleşme portu, RS-232C Genel fonksiyonlu haberleşme portu, RS-485 (RS komutu ile kontrol edilir) DELTA'nın sunduklarını kontrol etmek için özel komutlar vardır.

Model	DVPPS01	DVP14SS 11R/T2	DVP08SM11N	DVP08SN11R/T	DVP08SP11R/T	DVP16SP11R/T
Power Supply Voltage	100~240VAC (50/60Hz)	24VDC (-15%~20%)				
Power Supply Capacities	1A	2A	5W		8W	
Güç Tüketimi	--	2A / 250VAC	--		8W	
Izolasyon Direnci	--	5 MΩ(izolasyonda 500VDC)				
Ses Bağlantısı	--	ESD: 8KV Air Discharge EFT: Power Line: 2kV, Digital I/O: 1KV, Analog & Communication I/O: 250V Damped-Oscillatory Wave: Power Line: 1KV, Digital I/O: 1KV RS: 26MHz, 10V/m				
Topraklama	Topraklama kablosu için 3 ve N terminallerinde kullanılan kablolardan küçük olmamalıdır. (Eğer bunlar PLC aynı anda kullanılıyorsa, herbir PLC'nin düzgün topraklandığından emin olun.)					
Sıcaklık/Rutubet	Çalışma: 0~55 (sıcaklık), 50~95% (rutubet); 2 derece kilitlenme Saklama: -25~70 (sıcaklık), 5~95% (rutubet)					
Titreşim	IEC 61131-2 & IEC 68-2-6 (TEST Fc)					
Şok	IEC 61131-2 & IEC 68-2-27					
Bağlantılı Ağırlık (yaklaşık)	TEST Ec	210(g)	214(g)/208(g)	128(g)	154(g)/146(g)	141(g)/136(g)	192(g)/154(g)

Çıkış Tipi	Röle-R	Transistör-T
Akım Özellikleri	1.5A/1 nokta (5A/COM)	0.5A/1 nokta, 80% 0.1A/1 nokta 2A/COM
Voltaj Özellikleri	250VAC altı, 30VDC	30VDC
Maksimum Yüklenme	75 VA (indüktif) 90 W (Resistif)	9W
Cevap Zamanı	Yüksek 10ms	Off→On 15us On→Off 25us

Giriş Tipi	DC (Sink veya Source)
Giriş Akımı	24VDC 5mA
Hareket Seviyesi	Off→On 16V/DC altında On→Off 14.4VDC altında
Cevap Zamanı	Yüksek 10ms (D1020 ve D1021 defalarından ayar aralığı 0~15ms seçilebilir)

4 KURULUM & BAĞLANTI
4.1 Standart Fonksiyon MPU ve Dijital I/O İlave Ünite Terminal Bağlantısı

Power Modül	MPU	Dijital I/O İlave Ünite			
DVPPS01	DVP14SS	DVP08SM	DVP08SN	DVP08SP	DVP16SP

4.2 Montaj Şekli ve Bağlantı Notları
DVP serisi PLC'leri kurarken, sıcaklık değişimini sağlayabilmesi için PLC'nin çevresinde gerekli boşluğun bırakıldığından emin olun. (Yandaki şekilde görünüldüğü gibi).

■ DIN Ray Kurulumu
DVP serisi PLC'ler DIN rayına monte edilirken sabitlenebilir. DIN rayı 35mm yüksekliğe ve 7.5 mm derinliğe olmalı. PLC DIN rayına monte edildikten sonra sağdan ve soldan bitişiklerine sabitlenmelidir. Bu sayede terminallere bağlı kabloların kopma ve yerinden çıkma ihtimali en aza indirilmiş olur. PLC'nin altında küçük sabitleyici klipler vardır. PLC'yi DIN rayına sabitlemek için bu klipleri bastırınız. PLC'yi yerinden çıkarmak için önce bu klipleri açınız ve ardından PLC'yi DIN rayından çekiniz.

PLC I/O bağlantıları için 12-/(AWG/0.5mm) eşiş kablo veya çoklu kablo kullanılabilir.
22~16AWG 2x0.5 mm
Kablo ısıtmal özellikleri soldaki şekildeki gibi olmalıdır. PLC terminali vidaları sıkma momenti 5~8 kgf-cm (4.3~6.9 in-lbs) olmalıdır.
Power kabloları çekilirken PLC giriş noktaları sinyal kabloları ve PLC çıkış kabloları çekilirken PLC çıkış noktaları sinyal kablosu ve PLC giriş noktaları kabloları ile aynı kablo bloğunda olmamalıdır.

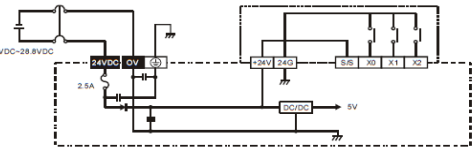
● Dikkat Edilmesi Gerekenler
☑ Çalışma Ortamı
1. PLC'yi tozlu, durmaklı ve aşındırıcı atmosferin bulunduğu ortamlara kurmayınız.
2. PLC'yi yüksek sıcaklık veya yüksek yoğunlaşmanın bulunduğu ortamlara kurmayınız.
3. PLC'yi titreşim ve şok un olduğu ortamlara kurmayınız.

☑ Kurulum

1. PLC bağlantıları yapılırken PLC'nin içine iletken parçalar düşürmeyin.
2. PLC ile diğer kompenentler arasında minimum 50mm boşluk bırakın ve PLC'yi yüksek voltaj hatlarından ve içinde güç barındıran donanımlardan uzak tutun.

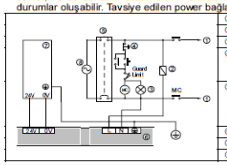
4.3 Güç Terminalleri Bağlantıları ve Özellikleri

DC power girişli PLC modellerinde, 24VDC ve 0V terminallerine DC power beslemesi uygulanır. (Güç Aralığı 20.4VDC ~ 28.8VDC). Power voltajı 20.4VDC'den küçükse PLC uygulaması duracak bütün çıkışlar OFF olacak ve ardından ERROR LED Flash yapacak.



■ **Güvenlik Rehberi**

PLC birçok donanımı kontrol edeceği için, bu donanımlardan herhangi birinin hareketi diğer tüm donanımlarda etkiler, ve bu donanımlardan birinin arızalanması bütün otomatik kontrol sistemini etkiler ve sonunda teklikeli durumlar oluşabilir. Tavsiye edilen power bağlantısı:

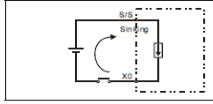
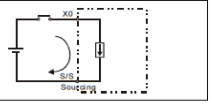


①	AC Power Yükleme
②	Power Devresi Koruma Sigortası (2A)
③	Power Indikatör
④	Acil Stop Beklenmeyen durumları engellemek için bir "Acil Stop" butonu yerleştirilir. Bu buton aktif olduğu zaman, power aniden kesilir.
⑤	Sistem Devresinin İzolasyon Birimi Sistemin enerjisi aniden kesilip geldiğinde olası kararsızlığı önlemek için güç devresinde elektromanyetik kontaktör ve röle kullanılarak izolasyon birimi oluşturulur.
⑥	DVPPS01/24VDC Power Modül
⑦	DVP PLC
⑧	Power Supply: 24VDC

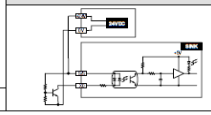
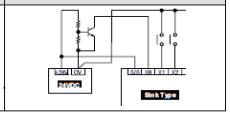
■ **Giriş Noktası Bağlantısı**

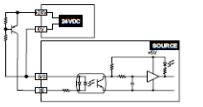
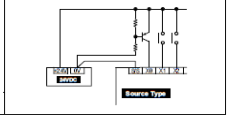
PLC giriş noktasına DC power girişi bağlamak için 2 tip bağlantı şekli vardır: SINK ve SOURCE.

□ SINK ve SOURCE tipi DC power PLC giriş bağlantısı aşağıda gösterildiği gibidir:

Sink = S/S ortak terminale 24VDC + teminali bağlanır.	Source = S/S ortak terminale 24VDC – teminali bağlanır.
	

□ Bağlantı

	Giriş Noktası Eşdeğer Devresi	Bağlantı Devresi
DC Tip (DC Sinyal IN)		
SINK Mod		

	Giriş Noktası Eşdeğer Devresi	Bağlantı Devresi
DC Tip (DC Sinyal IN)		
SOURCE Mod		

⚠ Çıkış Terminalleri Aşırıyük Kapasitesi

Her çıkış kontağı 5 dakika boyunca normal akım oranının iki katı kadar aşırı yük kapasitesine sahiptir. Ortak (Common) kontaklar için aşırıyük kapasitesi 2 dakika için normal akım oranının 1.5 katıdır. Eğer aşırıyük kapasitesi aşılırsa röle kontakları zarar görebilir veya devrelere zarar verebilir.

DVP-S Serisi PLC'lerde 2 tip çıkış modülü vardır: Bunlarla ilgili elektriksel özellikler için Fonksiyonlar & Özellikler bölümüne bakınız.

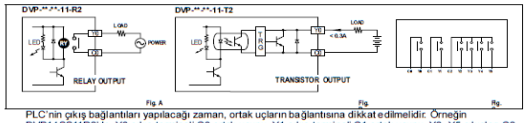
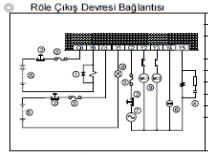


Fig. A Fig. Fig.

PLC'nin çıkış bağlantıları yapılacağı zaman, ortak uçların bağlantısına dikkat edilmelidir. Örneğin DVP14SS11R2'de, Y0 çıkış terminali C0 ortak ucunu, Y1 çıkış terminali C1 ortak ucunu, Y2~Y5 çıkışları C2 ortak ucunu kullanır. Şekil C'ye bakınız.

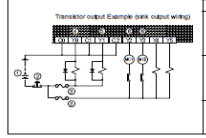
Isolasyon Devresi: PLC dahili devrelerinin izalasyonu ve PLC giriş modülünün izalasyonu için optokuplör kullanılır.

◎ Röle Çıkış Devresi Bağlantısı



①	Dalga Emici Diyot: rölenin kontak ömrünü arttırır
②	Emergency Stop: harici buton kullanılır
③	Fuse: çıkış devrelerini korumak için çıkış ortak ucuna 5~10A kapasiteli sigorta kullanın.
④	Dalga Emici: AC yükte oluşabilecek parazitleri düşürür.
⑤	DC Power Supply
⑥	Indikator: neon indikator
⑦	AC Power Supply
⑧	Akkor Lamba (resistif yük)
⑨	Ortak Özel Çıkış: Birbirine bağlanacak şekilde harici devre kullanıp PLC'nin içindeki programa bağlı olarak beklenmeyen hatalara karşı koruma sağlar.

◎ Transistör Çıkış Devresi Bağlantısı



①	DC Power Supply
②	Emergency Stop
③	Devre Koruma Sigortası
④	Transistor modül çıkışı open kollektör çıkış olup Y0 çıkışı pulse çıkışı olarak ayarlanmıştır. (PLSY komutu için). Transistör modülünün düzgün çalışması için çıkış direnci çıkış akımını 0.1A üzerinde olmasını sağlayacak büyüklükte bir direnç olmalıdır.
⑤	Transistor modül çıkışı open kollektör çıkış olup Y1 çıkışı pulse çıkışı olarak ayarlanmıştır. (PWM komutu için). Transistör modülünün düzgün çalışması için çıkış direnci çıkış akımını 0.1A üzerinde olmasını sağlayacak büyüklükte bir direnç olmalıdır.
⑥	Ortak Özel Çıkış: Birbirine bağlanacak şekilde harici devre kullanıp PLC'nin içindeki programa bağlı olarak beklenmeyen hatalara karşı koruma sağlar.

5 ÇALIŞMA

■ **Power Göstergesi**

1. MPU veya ilave ünitenin ön yüzünde, "POWER" LED vardır. MPU enerjilendiği zaman, LED (yeşil) ON olacak. MPU enerjilendiği zaman eğer indikatör ON olmazsa, bu DC power supply'da problem olduğu anlamına gelir, +24V ve 0V bağlantılarının doğru bağlandığına emin olun. Eğer ERROR LED flash yaparsa, PLC 24V power supply yetersiz olduğu anlamına gelir.
2. Eğer ilave ünite üzerindeki, "L. V", indikatörü ON ise, bu ilave ünite üzerindeki power voltajı yetersiz olduğu anlamına gelir, ve ilave ünitenin üzerindeki çıkışlar engellenir.

■ **Hazırlık**

1. Enerji vermeden önce power bağlantısı ve I/O bağlantıların uygun olarak bağlandığından emin olun. Ve I/O terminallerine doğrudan AC110V veya AC220V bağlamayın. Olası bir kısa devre durumunda doğrudan PLC zarar görebilir.
2. Çevre donanımları kullanarak (PC,HPP) MPU'ya program yükledikten sonra MPU üzerindeki ERROR LED = ON değilse, bu programın doğru olduğu ve kullanıcının RUN komutunu beklediği anlamına gelir.
3. Çıkış kontaklarının ON/OFF testini yapmak için HPP kullanın.

■ **Çalışma & Test**

1. Eğer MPU'nun ERROR LED'i yanmıyorsa, RUN komutu vermek için çevre donanımlar kullanılır (PC,HPP), daha sonra RUN indikatörü ON olur.
2. Çalışma sırasında timer değerini, counter değerini ve register değerlerini görüntülemek için HPP kullanılabilir. Ayrıca HPP'den register değerleri değiştirilebilir ve I/O noktaları ON/OFF yapılabilir. Eğer ERROR LED = ON (fakat sabit olacak) ise, Bu kullanıcının programının önceden ayarlanan overtime limit aştığı anlamına gelir. Kullanıcı programını kontrol eder ve tekrar ON/OFF fonksiyon işlemini yapar. (PLC otomatik olarak STOP moda geçer).

■ **PLC I/O Cevap Zamanı:**

PLC'nin toplam cevap zamanı (giriş sinyali geldiğinden çıkış hareketine kadar olan) aşağıdaki gibi hesaplanır:

"Cevap Zamanı" = "giriş gecikme zamanı" + "kullanıcı programı tarama zamanı" + "çıkış gecikme zamanı"

Giriş gecikme zamanı	10ms (fabrika değeri), 0~15ms ayarlanabilir. Detaylı bilgi için D1020~1021 registerlerine bakınız.
Kullanıcı programı tarama zamanı	D1010 registerine bakınız.
Çıkış Hareketi Gecikme Zamanı	Röle modülü yaklaşık 10ms. Transistör modülü yaklaşık 20~30µs.

■ **PLC Temel Komutlar ve Uygulama Komutları:**

◎ MPU'nun içindeki Temel komutlar ve uygulama komutlarının hepsi DELTA DVP-PLC Serisi MPU'lar için kullanılabilir. İlgili temel komutlar ve uygulama komutları için DELTA PLC Teknik Uygulama Manualini inceleyiniz .

◎ DVPHPP el programlama terminali, DPLSoft (DOS versiyon) ladder diagram yazma programı veya WPLSoft (Windows versiyon) ladder diagram yazma programı DELTA DVP Serisi PLC'lere program yazmak için kullanılabilir. DVP14SS MPU'ya basit bir transfer kablosu ile bağlanılabilir ve bu kablo üzerinden MPU'ya program yazılabilir, MPU içindeki program alınabilir on-line izleme yapılabilir.

6 HATA KONTROL & BAKIM

6.1 Ön panel indikatörlerinden hatayı belirleme

DVP PLC'de hata oluştuğunda lütfen aşağıdakileri kontrol ediniz:

☑ **"POWER" LED**

MPU'nun önünde "POWER" LED vardır. MPU=ON olduğu (enerjilendiği) zaman, yeşil LED=ON olacak. Eğer MPU enerjilendiği halde indikator ON olmazsa ve giriş power nomalse, PLC'de problem var demektir. Lütfen PLC'yi en yakın satıcınıza götürün.

☑ **"RUN" LED**

PLC'nin durumunu gösterir. PLC çalışmada olduğu zaman RUN Led'i yanar ve kullanıcılar PLC çalışma modunu değiştirmek için (RUN/STOP) HPP El programlama terminali veya Ladder diagram yazma programı kullanabilir. (WPLSoft).

☑ **"ERROR" LED**

- Eğer MPU'ya hatalı program gönderildiyse, veya komutların parametreleri izin verilen değerlerin dışında ayarlandıysa, ERROR indikatörü flash yapar. Bu durumda kullanıcı PLC'nin D1004 registerine bakar buradan hata kodunu okur ve Hata kodu tablosundan bu koda karşılık gelen hatanın ne olduğunu görür.. Hatayı düzeltir ve hata giderildikten sonra program MPU'ya tekrar yüklenir.

(Eğer PLC'ye bağlanılamıyorsa, ve LED hızlı flash yapıyorsa, bu "24V beslemenin az geldiğini gösterir. 24V beslemenin sağlıklı gelip gelmediği kontrol edilir.

(ERROR LED ON olduğu zaman (flash yapmıyor-sabit), bu program işleme zamanının ayarlanan overtime limit değerinin üzerinde olduğunu gösterir. (D1000'den ayarlanır). Program kontrol edilir ve gerekirse WDT komutu kullanılır. Eğer LED yanmaya devam edense RUN LED'inin OFF olup olmadığı kontrol edilir. Eğer RUN Led'i ON ise PLC'nin çevresinde parazit yayan cihazlar olup olmadığı kontrol edilir.

☑ **"Input" LED**

Giriş noktalarının ON/OFF sinyalleri Input LED'lerinden kontrol edilebilir veya giriş noktalarının durumları HPP kullanılarak görüntülenebilir. Eğer dışardan bir input sinyali varsa ilgili giriş indikatörü ON olur. Eğer giriş indikatörünün ON olması ile ilgili bir şüphe varsa HPP kullanılarak programdaki girişin posiziyonu ile indikator durumunun ayna olup olmadığı kontrol edilir. Eğer PLC'nin kurulduğu ortamda sızıntı akımı oluşursa girişlerde beklenmeyen hareketler meydana gelebilir.

☑ **"Output" LED**

"Output" LED'leri çıkış sinyallerinin ON/OFF durumunu görüntülemek için dizayn edilmiştir. Ve çıkış LED'i ON veya OFF iken ilgili çıkışa bağlı olan yük ters işlem yapıyorsa aşağıdaki durumlar meydana gelmiş olabilir:

☞ Çıkış kontağı için, kısadevre veya aşırı yüklemeden dolayı kontak erimiş veya bloke olmuş ve buna bağlı olarak bozulmuş olabilir.

☞ Eğer çıkış kontağı bağlı yükler istendiği gibi çalışmıyorsa, çıkış bağlantılarının doğru olduğuna ve vidalarının iyice sıkılı (gevşememiş) olduğuna emin olun.

6.2 Hata Kod Tablosu

Hata Kodu	Açıklama	Hata Kodu	Açıklama
0001	S kullanım limiti aşıldı	0F05	DCNT DXXX yanlış kullanıldı
0002	P ikinci kez kullanıldı veya kullanım limiti aşıldı	0F06	SFTR yanlış kullanıldı
0003	KnSm kullanım limiti aşıldı	0F07	SFTL yanlış kullanıldı
0102	Interrupt Pointer, I, ikinci kez kullanıldı veya kullanım limiti aşıldı	0F08	REF yanlış kullanıldı
0202	MC kullanım limiti aşıldı	1000	ZRST yanlış kullanıldı
0302	MCR kullanım limiti aşıldı	C400	Yanlış komut kullanıldı
0401	X kullanım limiti aşıldı	C401	Genel devre (ladder) hatası
0403	KnXm kullanım limiti aşıldı	C402	LD / LDI komutları 9 kereden fazla peşpeşe kullanıldı
0501	Y kullanım limiti aşıldı	C403	MPS 9 kereden fazla peşpeşe kullanıldı
0503	KnYm kullanım limiti aşıldı	C404	FOR-NEXT 6 step ve üzerinde
0601	T kullanım limiti aşıldı	C405	STL/RST FOR-NEXT arasında kullanıldı
0604	T register kullanım limiti aşıldı		SRET/IRET FOR-NEXT arasında kullanıldı
0801	M kullanım limiti aşıldı		MC/MCR FOR-NEXT arasında kullanıldı
0803	KnMm kullanım limiti aşıldı		END / FEND FOR-NEXT arasında kullanıldı
0D01	DECO yanlış kullanıldı	C407	STL 9 kereden fazla peşpeşe kullanıldı
0D02	ENCO yanlış kullanıldı	C408	MC/MCR STL içinde kullanıldı
0D03	DHSCS yanlış kullanıldı		I/P STL içinde kullanıldı
0D04	DHSCR yanlış kullanıldı	C409	STL/RET Subroutine içinde kullanıldı
0D05	PLSY yanlış kullanıldı		STL/RET Interrupt Service Routine içinde kullanıldı
0D06	PWM yanlış kullanıldı	C40A	MC/MCR Subroutine içinde kullanıldı,
0D07	FROM/TO yanlış kullanıldı		MC/MCR Interrupt Service Routine içinde kullanıldı
0D08	PID yanlış kullanıldı	C40B	MC/MCR komut adresi N0'dan başlamadı.
0E01	C kullanım limiti aşıldı	C40C	MC/MCR N adresi farklı
0E04	C register kullanım limiti aşıldı	C40D	I/P doğru kullanılmadı
0E05	DCNT CXXX yanlış kullanıldı	C40E	Son FEND komurundan sonra IRET görünmüyor.
0E18	BCD dönüşüm hatası		Son FEND komutundan sonra SRET görünmüyor.
0E19	Bölme hatası (bölen=0)	C41C	İlave ünitelerdeki I/O noktaları limiti aştı.
0F04	D register kullanım limiti aşıldı	C4EE	Programda END komutu yok

6.3 Periyodik Bakım

PLC'ye bağlı kompanentler çok sık arızalanan parçalar olmadığı için bu kompenentleri çok sık değiştirmeye gerek yoktur. Eğer çıkış rölesi kontakları çok sık kapanıp açılırsa ve bu rölelerle yüksek akım çeken yükler sürülürse çıkış rölesi kontağının ömrü azalır. Bu durumların oluştuğu ortamlarda periyodik olarak röle kontaklarının sürekli açık veya kısa devre olup olmadığı kontrol edilir. Ayrıca aşağıdaki uyarılarada dikkat edilmelidir:

☞ DVP PLC'yi direk güneş ışığının geldiği yerlere veya ısı yayan objelerin yanına kurmayınız.

☞ DVP PLC'yi yüksek sıcaklık, yüksek rutubet, aşırı titreşim, aşındırıcı gaz, sıvı, toz ve metal parçacıklarını bulunduğu ortamlara kurmayın.

☞ Periyodik olarak bağlantıları ve vidaların iyice sıkılı olduğunu kontrol edin.

EK-3: Frekans İnverteri Bilgi Sayfası

Özellikler

Voltaj Sınıfı		115V Sınıfı		
Model Numarası VFD-XXXEL		002	004	007
Maks. Uygulanabilir Motor Çıkışı(kW)		0.2	0.4	0.75
Maks. Uygulanabilir Motor Çıkışı (hp)		0.25	0.5	1.0
Çıkış Değerleri	Oransal Çıkış Kapasitesi(kVA)	0.6	1.0	1.6
	Oransal Çıkış Akımı (A)	1.6	2.5	4.2
	Maksimum Çıkış Voltajı (V)	Giriş voltajı 2 katı ile orantılı 3-faz çıkış		
	Çıkış Frekansı (Hz)	0.1~600 Hz		
	Taşıyıcı Frekansı (kHz)	2-12		
Giriş Değerleri	Oransal Giriş Akımı (A)	Tek-faz		
		6.4	9	18
	Oransal Voltaj/Frekans	Tek-faz, 100-120V, 50/60Hz		
	Voltaj Toleransı	± 10%(90~132 V)		
	Frekans Toleransı	± 5%(47~63 Hz)		
Soğutma Metodu		Doğal soğutma		
Ağırlık (kg)		1.1	1.1	1.4

Voltaj Sınıfı			230V Sınıfı					
Model Numarası VFD-XXXEL			002	004	007	015	022	037
Maks. Uygulanabilir Motor Çıkışı(kW)			0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7
Maks. Uygulanabilir Motor Çıkışı (hp)			0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0
Çıkış Değerleri	Oransal Çıkış Kapasitesi(kVA)		0.6	1.0	1.6	2.9	4.2	6.5
	Oransal Çıkış Akımı (A)		1.6	2.5	4.2	7.5	11.0	17
	Maksimum Çıkış Voltajı (V)		Giriş voltajı ile orantılı 3-faz çıkış					
	Çıkış Frekansı (Hz)		0.1~600 Hz					
	Taşıyıcı Frekansı (kHz)		2-12					
Giriş Değerleri	XXXE L21A	Oransal Giriş Akımı (A)	4.9	6.5	9.5	15.7	24	---
		Oransal Voltaj/Frekans	Tek-faz 200-240 V, 50/60Hz					
	XXXE L23A	Oransal Giriş Akımı (A)	1.9	2.7	4.9	9	15	20.6
		Oransal Voltaj/Frekans	3-faz, 200-240V, 50/60Hz					
	Voltaj Toleransı		Oransal Voltaj/Frekans					
	Frekans Toleransı		± 5%(47~63 Hz)					
Soğutma Metodu			Doğal soğutma		Fanla Soğutma			
Ağırlık (kg)			1.2	1.2	1.2	1.7	1.7	1.7

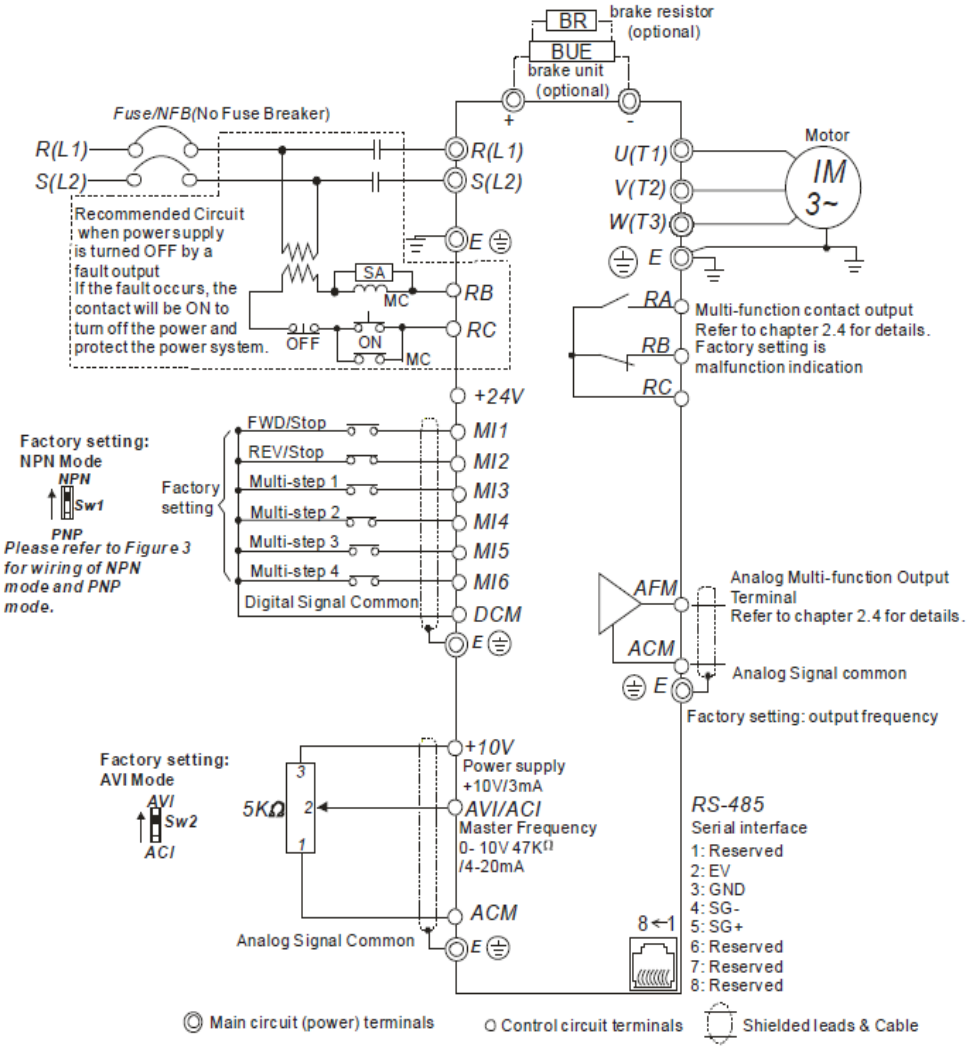
Voltaj Sınıfı		460V Sınıfı				
Model Numarası VFD-XXXEL		004	007	015	022	037
Maks. Uygulanabilir Motor Çıkışı(kW)		0.4	0.75	1.5	2.2	3.7
Maks. Uygulanabilir Motor Çıkışı (hp)		0.5	1.0	2.0	3.0	5.0
Çıkış Değerleri	Oransal Çıkış Kapasitesi(kVA)	1.2	2.0	3.3	4.4	6.8
	Oransal Çıkış Akımı (A)	1.5	2.5	4.2	5.5	8.2
	Maksimum Çıkış Voltajı (V)	Giriş voltajı ile orantılı 3-faz çıkış				
	Çıkış Frekansı (Hz)	0.1~600 Hz				
	Taşıyıcı Frekansı (kHz)	2-12				
Giriş Değerleri	Oransal Giriş Akımı (A)	3-faz				
		1.8	3.2	4.3	7.1	9.0
	Oransal Voltaj/Frekans	3-faz, 380-480V, 50/60Hz				
	Voltaj Toleransı	± 10%(342~528V)				
	Frekans Toleransı	± 5%(47~63Hz)				
Soğutma Metodu		Doğal soğutma		Fanla Soğutma		
Ağırlık (kg)		1.2	1.2	1.2	1.7	1.7

Genel Özellikler			
Kontrol Karakteristikleri	Kontrol Sistemi		SPWM(Sinusoidal Pulse Width Modulation) kontrol (V/f kontrol)
	Frekans Ayar Çözünürlüğü		0.01Hz
	Çıkış Frekansı Çözünürlüğü		0.01Hz
	Tork Karakteristiği		Oto-tork/oto-kayma karşılama; başlangıç torku 5.0 Hz'de %150'dir
	Aşırı-yük Davranışı		1 dakika boyunca oransal akımın %150'sine dayanır
	Atlama Frekansı		3 bölge, ayar aralığı 0.1-600Hz
	Hızlanma/Yavaşlama Zamanı		0.1 ~ 600 saniye (Hızlanma/Yavaşlama zamanı için 2 bağımsız ayar)
	Durma Engelleme Seviyesi		Oransal akımın %20 ~ %250 'si
	DC Frenleme		Çalışma Frekansı 0.1-600.0Hz, çıkış oransal akımın %0-100 Başlangıç zamanı 0-60 saniye, durma zamanı 0-60 saniye
	Rejenerasyon Frenleme Torku		Yaklaşık %20 (opsiyonel frenleme direnci yada frenleme ünitesi ile %125'e kadar çıkabilir, 1-15hp (0.75-11kW) modellerde dahili fren chopper bulunur)
	V/f eğrisi		Ayarlanabilir V/f eğrisi
Çalışma Karakteristikleri	Frekans Ayarı	Tuştakımı	Keypad ▲ ▼ tuşları ile ayarlanır.
		Harici Sinyal	Potansiyometre-5kΩ/0.5W, 0 ~ +10VDC, 4 ~ 20mA, RS-485 arabirimi; Çok-fonksiyonlu girişler 3~ 6 (15 adım, Jog, yukarı/aşağı)
	Çalışma Ayar Sinyal	Tuştakımı	RUN ve STOP ile ayarlanır
		Harici Sinyal	2 tel/3 tel ((MI1, MI2, MI3)), JOG çalışma, RS-485 seri haberleşme (MODBUS), programlanabilir lojik kontrol cihazı
	Çok-fonksiyonlu giriş sinyali		Çok-adım seçimi 0 ~ 15, Jog, hızlanma/yavaşlama engelleme, 2 hızlanma/yavaşlama anahtarı, sayıcı, , harici Base Block, ACI/AVI seçimi, sürücü reset, Yukarı/Aşağı tuş ayarı, NPN/PNP giriş seçimi
	Çok-fonksiyonlu çıkış bildirimi		AC sürücü çalışıyor, frekansa ulaşıldı, sıfır hız, Base Block, hata bildirimi, aşırı sıcaklık alarmı, acil stop ve giriş terminallerinin durum seçimi
	Analog Çıkış Sinyali		Çıkış frekansı/akımı
Uygulama Fonksiyonları			AVR, hızlanma/yavaşlama S-eğrisi, aşırı-voltaj/aşırı-akım durma engeli, son 5 hata kaydı, geri çalışma engelleme, anlık güç kaybında restart, DC frenleme, otomatik tork/kayma karşılama, auto tuning, ayarlanabilir taşıyıcı frekansı, çıkış frekans limitleri, parametre kilit/reset, PID kontrol, harici counter, MODBUS haberleşme, anormal reset, anormal re-start, enerji-tasarrufu, fan kontrol, uyuma/uyanma frekansı, 1./2. frekans kaynakları seçimi, 1./2. frekans kaynağı kombinasyonu, NPN/PNP seçimi
Koruma Fonksiyonları			Aşırı voltaj, aşırı akım, düşük voltaj, harici hata, aşırı yük, toprak hatası, aşırı sıcaklık, elektronik termik, IGBT kısa devre, PTC
Tuş takımı Göstergesi (isteğe bağlı)			6-tuş, 4-haneli 7-segment LED, 4 durum LEDi, ana frekans, çıkış frekansı, çıkış akımı, özel üniteler, ayar ve kilitleme için parametre değerleri, hatalar, RUN, STOP, RESET, FWD/REV
Mevcut EMI Filtre			230V 1-faz ve 460V 3-faz modellerde
Çevre Koşulları	Koruma Seviyesi		IP20
	Kirlilik Derecesi		2
	Kurulum yeri		1,000 m veya daha az rakım, yanıcı gazlar sıvılar ve tozdan uzak
	Çalışma sıcaklığı		-10°C ~ 50°C (yan yana çalışmada 40°C) yoğunlaşmasız ve donmasız ortamda
	Saklama/ Taşıma Sıcaklığı		-20 °C ~ 60 °C
	Çalışa Ortam Nemi		%90'dan düşük RH (yoğunlaşmasız)
	Titreşim		20Hz altında 9.80665m/s^2 (1G) , 20 ~50Hz arasında 5.88m/s2 (0.6G)
Standartlar			CE cULus

Temel Bağlantı Şeması

Bağlantılar aşağıdaki devre şemalarına uygun olarak yapılmalıdır.

Figure 1 for models of VFD-EL Series
VFD002EL11A/21A, VFD004EL11A/21A, VFD007EL11A/21A, VFD015EL21A, VFD022EL21A



2006-03-27

5011635001-DCE1

DTC1000/2000 *Proses Kontrol Cihazı Bilgi Dokümanı*

DELTA C Serisini tercih ettiğiniz için teşekkürler. C serisi ile uygulama yapmadan önce bu bilgi dokümanını mutlaka inceleyiniz. Daha sonraki uygulamalar için bilgi dokümanını saklayınız.

1 Uyarılar

TEHLIKE: ELEKTRIK ŞOKU!

DTC acik tip bir cihazdir. Cihazi toz ve yuksek nemden uzak bir alana kurun ve ani elektrik şokundan sakının. Ayrıca, kulanıcıların ve cihazın zarar görmesini engellemek için, cihaz kasasının açılmasına ilişkin özel birkac tutamak ile donatılmıştır.

1. Cihazın arızalanmasını önlemek için, içine toz ve yabancı maddeler düşürmemeye özen gösterin.
2. Asla kontrol cihazından parça sökmeyin veya değiştirmeyin.
3. "No used" terminallerine kesinlikle bağlantı yapmayın.
4. Kontrol cihazını aşağıdaki şartlarda kurmayın veya çalıştırmayın:
   (a)Toz veya aşındırıcı gaz ve sıvı. (b)Yüksek rutubet ve yüksek radyasyon. (c)Titreşim ve sok. (d)Yüksek voltaj ve yüksek frekans
5. Sıcaklık sensörünu bağlarken veya değiştirirken enerjiyi kapatınız.
6. Termokupl kablolarını bağlarken veya uzatırken bağlantının termokupl tipine uygun kompanzasyon kabloları ile yapıldığından emin olun.
7. RTD (Platinyum Rezistans Termometre) bağlanacağı zaman lütfen mümkün olduğunca kısa kablo kullanın ayrıca paraziti önlemek amacıyla güç kablolarını sinyal kablolarından ayrı tutun.
8. Kontrol cihazına enerji vermeden önce, power ve sinyal kablolarının doğru bağlandığından emin olun, aksi takdirde cihaz zarar görebilir.
9. Elektrik şokunu önlemek için cihaz enerjili iken terminallere dokunmayın veya tamir etmeye çalışmayın.
10. Enerji kesildikten sonra kapasitörlerin deşarj olması için en az 1 dakika bekleyin ve bu süre içinde kesinlikle kontrol cihazının terminallerine dokunmayın.
11. Enerjili olsa da olmasa da cihazın içindeki terminallere dokunmayın.
12. Olcum hassasiyeti açısından kontrol cihazını ısıtma cihazından uzak tutunuz.

2 MODEL ISMI ACIKLAMASI

DTC 1 2 3 4 5

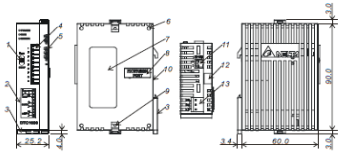
DTC Serisi	DTC: Delta C serisi Sıcaklık Kontrol Cihazı
1 Kontrol cihazı pozisyonu	1: ana ünite 2: ilave ünite
2 Yardımcı Çıkış Grupları	0: standart, 2 grup çıkış, yardımcı çıkış yok 1: 1. grup yardımcı çıkış. Su anda mevcut değil. 2: 2. grup yardımcı çıkış. Su anda mevcut değil.
3 4 Opsiyonel	00: standart 01: CT girişi. Su anda mevcut değil. 02: Event girişi. Su anda mevcut değil.
5 Ana çıkış Tipi	R: Röle çıkış SPST, 250VAC, 5A V: Voltaj Pulse çıkışı 14V +10% −20% C: Akım çıkışı 4~20mA L: Lineer Voltaj çıkışı 0~5V, 0~10V

□ Standart özellikler: DC24V giriş, 2. grup için role çıkışı, RS-485 haberleşme.

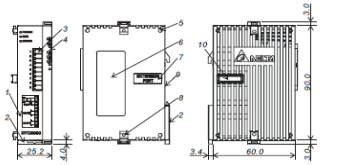
3 FONKSIYON VE ÖZELLIKLER

giriş Voltajı	DC24V. İzole switching power
Voltaj Aralığı	Oransal voltajın 90%~110%
Güç Tüketimi	3W
Sensor Tipi	Termokupl: K, J, T, E, N, R, S, B, L, U,TXK
	Platinyum RTD: Pt100, JPt100
	Lineer DC giriş: 0~5V,0~10V, 0~ 20 m A,4~20 m A, 0~50mV
Örnekleme Hızı	Analog giriş: 0.15 sn. Termokupl veya Platinyum RTD: 0.4 sn.
Kontrol Metodu	PID , PID program kontrol, Manuel veya ON/OFF
çıkış Tipi	Röle çıkışı (SPST), Max. yük 250VAC, 3A rezistif yük
	Voltaj pulse çıkışı: DC 14V, Max. çıkış akımı 40mA
	Akım çıkışı: DC 4 ~ 20mA çıkış (Yük direnci: Max. 500Ω)
	Analog voltaj çıkışı: 0~10V (Yük direnci 1000Ω üzerinde olacak)
çıkış Fonksiyonu	Kontrol çıkışı, Alarm çıkışı, veya yeniden iletim çıkışı (sadece 1. grup lineer voltaj yada akım çıkışı için)
Alarm Fonksiyonu	12 Alarm modu secimi
haberleşme	RS-485 dijital haberleşme, 2400bps~38400bps.
haberleşme Protokolü	Mod-bus haberleşme protokolü, RTU/ASCII destekler.
Dahili Bağlantı	Dahili terminallerin 24V beslemeyi ve haberleşme sinyalini iletmesini sağlar.
Titreşime Direnci	10 ~ 55Hz, 10dakika boyunca 10m/s², X, Y ve Z yönlerinde
Sok Direnci	Max. 300m/ s², 3 defa her 3 eksende, 6 yönde
Çalışma Sıcaklığı	0 °C ~ +50 °C
Saklama Sıcaklığı	-20 °C ~ +65 °C
Yükseklik	2000m veya daha az
Bağıl Nem	35% ~ 85% RH (yoğunlaşmasız ortam)
Kirlilik derecesi	2. derece

4 URUN PROFILI VE ACIKLAMA



DTC1000R/V/C/L
1. RUN/STOP anahtarı
2. Bağlantı ve Model ismi
3. DIN montaj klip
4. I/O terminalleri
5. LED indikatörleri
6. Ek modul montaj pinleri için yuva
7. Özellik etiketi
8. Ek modul portu
9. Ek modul klipsi
10. DIN ray yatağı
11. RS-485 haberleşme portu
12. Ek modul klipsi
13. DC besleme girişi



DTC2000R/V/C/L
1. Bağlantı ve Model ismi
2. DIN montaj klip
3. I/O terminalleri
4. LED indikatörleri
5. Ek modul montaj pinleri için yuva
6. Özellik etiketi
7. Ek modül portu
8. Ek modül klipsi
9. DIN ray yatağı
10. Ek modül portu

5 INPUT SENSOR TIPI

DTC Serilerinde giriş tipi Secimi:

Giriş Sensor Tipi	Register Numarası	Çalışma Aralığı
0~50mV Lineer Voltaj girişi	17	0~50mV
4~20mA Lineer Akım girişi	16	4~20mA
0~20mA Lineer Akım girişi	15	0~20mA
0~10V Lineer Voltaj girişi	14	0~10V
0~5V Lineer Voltaj girişi	13	0~5V
Platinyum RTD (Pt100)	12	-200 ~ 600°C (-328~1112°F)
Platinyum RTD (JPt100)	11	-20~ 400°C (-4~752 °F)
Termokupl TXK tipi	10	-200~800 °C (-328~1472°F)
Termokupl U tipi	9	-200~500 °C (-328~932°F)
Termokupl L tipi	8	-200~850 °C (-328~1562°F)
Termokupl B tipi	7	100 ~ 1800 °C (212~3272°F)
Termokupl S tipi	6	0 ~ 1700 °C (32~3092°F)
Termokupl R tipi	5	0 ~ 1700 °C (32~3092°F)
Termokupl N tipi	4	-200 ~ 1300 °C (-328~2372°F)
Termokupl E tipi	3	0 ~ 600 °C (32~1112°F)
Termokupl T tipi	2	-200 ~ 400 °C (-328~752°F)
Termokupl J tipi	1	-100 ~ 1200 °C (-148~2192°F)
Termokupl K tipi	0	-200 ~ 1300 °C (-328~2372°F)

Not 1: Akim girişi seçildiğinde 250Ω harici direnç bağlanmalıdır.
Not 2: fabrika ayarı: PT100 girişidir. Lineer giriş ve feedback aralıkları ayarlanabilir. Geri besleme girişinin aralığı fabrika ayarlarında –999~9999'dur. Örneğin, giriş sensor tipi olarak 0~20mA analog giriş seçildiğinde, -999: 0mA'e, 9999: 20mA'e karşılık gelir. Eğer giriş aralığı 0 ~ 2000 olarak değiştirilirse, 0: 0mA'e, 2000: 20mA'e karşılık gelir. Bu durumda skaladaki bir birim 0.01mA'e karşılık gelir.

6 CIKIS FONKSIYONU

DTC'de çıkış kontrolü için seçenekler mevcuttur: Kontrol çıkışı (ısıtma, soğutma), Alarm çıkışı, veya yeniden iletim çıkışı.

Kontrol çıkışı:
Sıcaklık iki çıkış grubu ile kontrol edilebilir: soğutma (forward) veya ısıtma (reverse). Dual Loop çıkış kontrolü kullanıldığında, iki çıkış kontrolü de ısıtma veya soğutma için ayarlanmalıdır. Eğer iki kontrol çıkışı da ayni yönde çalıştırılmak istenirse, sadece 1. grup kontrol periyodu geçerlidir. Kontrol metodları: PID kontrol, ON/OFF kontrol, Manual kontrol, ve PID program kontrol.

Tek çıkışla Kontrol:

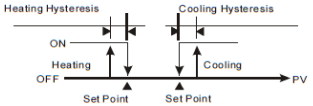


Figure1: ON-OFF control of single output

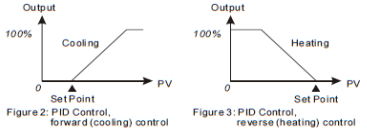


Figure 2: PID Control, forward (cooling) control

Figure 3: PID Control, reverse (heating) control

Dual çıkış Kontrol:

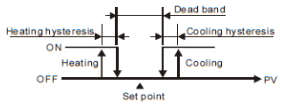


Figure 4. ON-OFF control of dual loop output

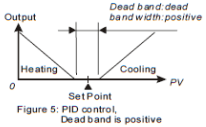


Figure 5: PID control, Dead band is positive

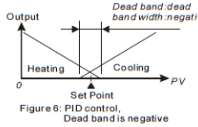


Figure 6: PID control, Dead band is negative

Fonksiyon ve Parametre Ayarları:
DTC serileri 8 patternden oluşan (Pattern No. 0~7) PID program kontrolü destekler. Her pattern 8 step (step No. 0 ~ 7), bir Link Pattern parametresi, bir Cycle parametresi ve bir Actual Step parametresinden oluşur.

Start Pattern : PSTR çalışma modunda olup PID program kontrol başlangıç pattern seçiminde kullanılır. (Bu parametre sadece PSTP STOP modunda görülebilir).

Stepler : X Set değeri ve T çalışma zamanından oluşur. T çalışma zamanı sonunda set değeri (SV) X değerine ulaşmalıdır. Eğer set değeri bir önceki ayarın sonucu ile ayniysa buna Soak program kontrol denir. Değilse Ramp program kontrol denir. Bu nedenle, PID program kontrol, Ramp/Soak program kontrol olarak da anılır.
Bu kontrol cihazında 0 no'lu Step'in defaultu Soak program kontrolüdür. Kontrol cihazı sıcaklığı(PV) X set değerine ulaştırmaya ve o sıcaklıkta tutmaya çalışacaktır. Çalışma suresi T, 0 no'lu Step tarafından belirlenen suredir.

Link Pattern Parametresi : Örneğin, LINK 2 ye set edilirse, 0 numaralı pattemden sonra 2 numaralı pattemin çalışacağı anlamına gelir. Eğer oFF yapılırsa, programın su an çalışmakta olan patternden sonra duracağı ve set değerinin son stepteki set değerinde tutulacağı anlamına gelir.

Cycle Parametresi : Ek çalışma döngü sayısıdır. Örneğin, CYCL 2 yapılırsa, 4 nolu patternin ek olarak 2 defa daha çalışacağını gösterir. Esas çalışma da dikkate alındığında ayni pattern toplam 3 defa çalışmış olur.

Actual Step Parametresi : Patern başına islenecek adim sayısı (0 ~ 7 ayarlanabilir). Örneğin PSTP 2 yapılırsa, 7 numaralı pattern sadece step 0 ~ step 2 aralığındaki stepleri isleyecek demektir. Diğer stepleri dikkate almayacaktır.

Çalışma : r-S1 run yapılırsa r-Un, program başlangıç patterninin 0 numaralı stepinden itibaren çalışmaya başlayacaktır.
r-S stop yapılırsa StoP program duracaktır ve kontrol çıkışı kesilecektir.
r-S Program stop yapılırsa PStP, program duracaktır ve sıcaklık program durmadan önce olduğu set değerinde tutulacaktır. Eğer tekrar r-Un yapılırsa, program başlangıç patternin 0 numaralı stepinden yeniden başlayacaktır.
r-S Program Hold PHod yapılırsa, program askıya alınacaktır ve sıcaklık program askıya alınmadan önceki set değerinde tutulacaktır. Eğer bu durumda iken tekrar r-Un seçilirse, program askıya alınmadan önce kaldığı stepe kalan süreden başlayarak devam edecektir.

Yeniden iletim Çıkışı:
1. çıkış grubu lineer voltaj yada akım kontrollü seçildiğinde, inputlia orantılı çıkış verilebilir. Örneğin giriş aralığı 0~1000 iken, okunan değer=0 ise çıkış 0mA veya 0V olacaktır. Okunan değer=1000 ise, çıkış 20mA veya 10V olacaktır.

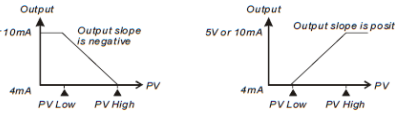
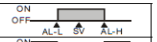
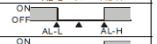
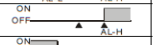
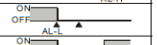
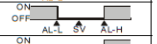


Figure 7: Retransmission

Alarm çıkışı:
Bu kontrol cihazı 12 alarm tipi secimi içerir. PV okunan sıcaklık değeri SV set değerinden düşükse yada yüksekse, alarm çıkışı aktif olur. Aşağıdaki tablo 12 tip alarm modunu açıklamaktadır.

SV	Alarm Tipi	Alarm çıkış Fonksiyonu
0	Alarm Fonksiyonu yok	çıkış yok
1	Üst ve Alt Limit Sapma: Bu alarm çıkışı PV değeri SV+(AL-H) değerinden büyük veya SV-(AL-L) değerinden düşük olduğunda çalışır.	ON OFF AL-L SV AL-H
2	Üst Limit Sapma: Bu alarm çıkışı PV değeri SV+(AL-H) değerinden büyük olduğunda çalışır.	ON OFF SV AL-H
3	Alt Limit Sapma: Bu alarm çıkışı PV değeri SV-(AL-L) değerinden düşük olduğunda çalışır.	ON OFF AL-L SV

4	Üst ve Alt Limit Ters Sapma: Bu alarm çıkışı PV değeri SV+(AL-H) ve SV-(AL-L) aralığında olduğunda çalışır.	
5	Üst ve Alt Limit Mutlak değeri: Bu alarm çıkışı PV değeri AL-H değerinden büyük ve AL-L değerinden düşük olduğunda çalışır.	
6	Üst Limit Mutlak değeri: Bu alarm çıkışı PV değeri AL-H değerinden büyük olduğunda çalışır.	
7	Alt Limit Mutlak değeri: Bu alarm çıkışı PV değeri AL-L değerinden düşük olduğunda çalışır.	
8	Standby ile Alt ve Üst Limit sapma: Bu alarm çıkışı PV değeri SV değerine ulaştıktan sonra SV+(AL-H) değerinden büyük ve SV-(AL-L) değerinden düşük olduğunda çalışır.	
9	Standby ile Üst Limit Sapma: Bu alarm çıkışı PV değeri SV değerine ulaştıktan sonra SV+(AL-H) değerinden büyük olduğunda çalışır.	
10	Standby ile Alt Limit Sapma: Bu alarm çıkışı PV değeri SV değerine ulaştıktan sonra SV-(AL-L) değerinden düşük olduğunda çalışır.	
11	Histerisis üst-limit alarm çıkışı: Bu alarm çıkışı PV değeri SV+(AL-H) değerinden büyük olunca çalışır ve SV+(AL-L) değerinden düşük olunca OFF olur.	
12	Histerisis alt-limit alarm çıkışı: Bu alarm çıkışı PV değeri SV-(AL-H) değerinden düşük olunca çalışır ve SV-(AL-L) değerinden büyük olunca OFF olur.	

Dikkat: AL-H ve AL-L ; AL1H, AL2H ve AL1L, AL2L değerlerini kapsar. 1. çıkış grubuna bir alarm değeri atandığında, AL1H (1024H) ve AL1L (1025H) kullanılır. 2. çıkış grubuna bir alarm değeri atandığında, AL2H (1026H) ve AL2L (1027H) kullanılır.

7 LED DISPLAY

1. Besleme normal iken, POWER LED yanacaktır.
2. LED besleme verildikten sonra yanar. Enerji verildikten bir saniye sonra, haberleşme protokolü displayde görünecek ve haberleşme protokolü göründükten sonra da, haberleşme adresi displayde görülecektir. Bu aşamalardan sonra, çalışmanın normal olduğunu göstermek için LED devamlı yanacaktır.
3. Proses kontrolü yapılırken, RUN LEDi yanar.
4. Input, hafıza, veya haberleşmede bir hata oluşursa, ERROR LEDi yanar.
5. Cihaz çıkış verdiğinde, ilgili çıkışa ait LED yanar.
6. PID program, parametreleri otomatik olarak ayarlarken, AT LEDi yanar.
7. haberleşme sinyali alınırken RX LEDi, iletilirken de TX LEDi yanıp söner.

Enerji verildiğinde LED Displayin Protokol Formatı:

AT	TX	RX	O1	O2	Err	Run
000: 2400bps 001: 4800bps 010: 9600bps 011: 19200bps 100: 38400bps			Parite 00: None 01: Even 10: Odd		0: ASCII 1: RTU	0:2 Stop bit 1:1 Stop bit

haberleşme adresi displayi: AT (bit 6) ve Run (bit 0)

8 SIFRE FONKSIYONU

Fabrika ayarlarında şifreleme fonksiyonu aktif değildir. Özel haberleşme adresine 4-byte'dan oluşan şifreyi yazdıktan sonra, şifreleme fonksiyonu aktif olur. Şifrelemede 3 seviye vardır:

1. Level1: haberleşme ile sadece LED durumu, ayarlar ve input değerleri okunabilir. Herhangi bir değişiklik yapılamaz.
2. Level2: haberleşme ile sadece LED durumu, ayarlar ve input değerleri okunabilir. Ayarlar değiştirilebilir.
3. Level3: haberleşme ile bütün ayarlar okunabilir, fakat sadece ayarlar ve AT değerlerinde değişiklik yapılabilir.
4. Şifre koruması yok.

Bir defa şifreleme yapıldıktan sonra (106EH~1070H), kontrol cihazı 1. seviyeye girer. Diğer seviyelere girmek için, ilgili şifreyi 106BH~106DH adreslerine girmeniz gerekir(Adres ve Data Register içeriklerine bakiniz). Enerji kesildikten sonra, cihaz 1. seviyeye geri dönecektir. Şifreli koruma fonksiyonu iptal edilmek istenirse bütün şifre ayarlarının silinmesi gerekir.

şifreleme fonksiyonunu iptal edildikten sonar tekrar aktive etmek için, şifrenin ilgili adreslere (106EH~1070H) yazılması gerekir. Şifre seviyelerini iptal etmek için şifre özel fonksiyon amaçlı adreslere yazılmalıdır(106EH~1070H).

Şifre durumu 106EH~1070H adreslerinden okunabilir. Her bite karşılık gelen durumlar aşağıdaki gibidir:

Bit	b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6
Durum	Level 1	Level 2	Level 3	Level 1 kilitli	Level 2 kilitli	Level 3 kilitli	kilitsiz

Bit=0 ise şifrelenmemiş demektir, Bit=1 ise şifrelenmiş demektir (b0~b2). b3~b6 aralığındaki bitler o anki şifre durumlarını görüntülemek için kullanılır.

9 SENKRONIZE HABERLESME PROTOKOLÜ & OTOMATIK ID NO VERME FONKSIYONU

Otomatik ID Numarası Verme Fonksiyonu kullanılarak, DTC2000'in haberleşme protokolü DTC1000'lerden birinin protokolüyle ayni yapılabilir. ID numaraları artarak gider.

1. DTC1000 için otomatik haberleşme bayrağını "1" yapın (haberleşme adresi 1022H).
2. Kontrol cihazına başka bir DTC2000(ek modul) bağlamadan önce enerjiyi kesip verin.
3. haberleşme fabrika ayarı: 9600bps, 7bit, Even, 1 stop bit.
4. Enerjili iken bu işlem 3~5 saniye daha fazla sürer.

10 RS-485 HABERLESME

5. Desteklenen haberleşme hızları: 2400, 4800, 9600, 19200, 38400bps.
6. Desteklenmeyen formatlar: 7, N, 1 veya 8, E, 2 veya 8, O, 2.
7. haberleşme Protokolü: Modbus (ASCII veya RTU)
8. Fonksiyon kodu: 03H register içeriğini okuma (max. 8 word). 06H registere bir word yazma. 01H data bitlerini okuma (max. 16 bit). 05H registere bir bit yazma.

9. Data Register Adres ve içeriği:

Adres	Ayar	içerik	Açıklama
1000H		Proses değeri (PV)	sıcaklık birimi: 0.1 derece. Analog input: 1EU. Aşağıdaki okuma değerleri hata durumunu gösterir: 8002H : Dahili proses (sıcaklık değeri henüz alınmadı) 8003H : sıcaklık sensörü bağlı değil 8004H : sıcaklık sensörü girişi hatası 8006H : sıcaklık değeri alınamıyor, ADC giriş hatası 8007H : Memory okuma/yazma hatası
1001H	0	Set değeri (SV)	Birim: 0.1 derece. Analog input: 1EU.
1002H	6000	sıcaklık aralığı üst-limiti	Üst-limit sınırlama, birim: 0.1 derece.
1003H	-200	sıcaklık aralığı alt-limiti	Alt-limit sınırlama, birim: 0.1 derece.
1004H	12	giriş sıcaklık sensörü tipi	Detaylı bilgi için lütfen "sıcaklık Sensör Tipi ve sıcaklık Aralığı" bölümüne bakiniz.
1005H	0	Kontrol metodu	0: PID, 1: ON/OFF, 2: manual tuning, 3: PID program kontrol
1007H	4	Isıtma/Soğutma kontrol çevrimi (1. çıkış grubu için)	0~99, 0:0.5 sn
1008H	4	Isıtma/Soğutma kontrol çevrimi (2. çıkış grubu için)	0~99, 0:0.5 sn (her iki grup ayni anda kontrol çıkışı verirse bu ayar geçersiz olur)
1009H	476	PB Proportional band	1 ~ 9999, birim: 0.1 derece, analog input: 1EU
100AH	260	Ti Integral zamanı	0~9999
100BH	41	Td Derivative zamanı	0~9999
100CH	0	Integrasyon default	0~1000, birim: 0.1%
100DH	0	Oransal kontrol offset hata değeri, Ti = 0 iken	0~1000, birim: 0.1%
100EH	100	Dual Loop çıkış kontrolde COEF katsayısı	1 ~ 9999, birim: 0.01
100FH	0	Dual Loop çıkış kontrolde Dead Band(ölü bant) ayarı	-999~9999, birim: 0.1 derece veya 1EU
1010H	0	1. çıkış grubunun histeresis ayarı	0~9999, birim: 0.1 derece veya 1EU
1011H	0	1. çıkış grubunun histeresis ayarı	0~9999, birim: 0.1 derece veya 1EU
1012H	0	1. çıkış okuma ve yazma değeri	birim: 0.1%, yazma sadece manuel modda yapılabilir
1013H	0	1. çıkış okuma ve yazma değeri	birim: 0.1%, yazma sadece manuel modda yapılabilir
1014H	0	Analog lineeer çıkış üst-limit ayarı	1 skala=2.8µA=1.3mV
1015H	0	Analog lineeer çıkış alt-limit ayarı	1 skala=2.8µA=1.3mV
1016H	0	sıcaklık düzenleme değeri	-999~+999, birim: 0.1 derece veya 1EU
1020H	0	Alarm 1 tipi	Detaylı bilgi için "Alarm Çıkışları" bölümüne bakiniz.
1021H	0	Alarm 2 tipi	Detaylı bilgi için "Alarm Çıkışları" bölümüne bakiniz.
1022H	0	Otomatik haberleşme ayarı bayrağı	haberleşme otomatik ayarlanamaz: 0, haberleşme otomatik ayarlanır: 1
1024H	40	Alarm 1 üst-limiti : AL1H	Detaylı bilgi için "Alarm Çıkışları" bölümüne bakiniz.
1025H	40	Alarm 1 alt-limiti : AL1L	Detaylı bilgi için "Alarm Çıkışları" bölümüne bakiniz.
1026H	40	Alarm 2 üst-limiti : AL2H	Detaylı bilgi için "Alarm Çıkışları" bölümüne bakiniz.
1027H	40	Alarm 2 alt-limiti : AL2L	Detaylı bilgi için "Alarm Çıkışları" bölümüne bakiniz.
102AH		Okuma/Yazma durumu	b1:ALM2, b2:□, b3:□, b4: ALM1, b5: O2, b6:O1, b7: AT
102CH	0	Pozitif/Negatif oransal çıkış ayarı	0: pozitif, 1: negatif
102EH		LED durumu	b0: RUN,b1: ERR, b2: O2,b3: O1,b4: RX,b5:TX b6: AT
102FH		Software versiyonu	V1.00 : 0x100 olarak görülür
1030H	0	Başlangıç pattern numarası	0~7
1032H		İslenen Step kalan zamanı	birim: saniye
1033H		İslenen Step kalan zamanı	birim: dakika
1034H		O anda islenen step numarası	0~7
1035H		O anda islenen pattern numarası	0~7
1037H	1000	Oransal çıkışın üst-limiti	Max. analog çıkışa göre 0~100% , birim: 0.1%
1038H	0	Oransal çıkışın alt-limiti	Max. analog çıkışa göre 0~100% , birim: 0.1%
1040H~ 1043H	7	İlgili patternin içinde bulunan güncel step numarası	0~7 = N : patternin step 0'dan step N'e kadarki steplerinin isleneceği anlamına gelir.
1050H~ 1053H	0	İlgili patternin tekrar çalışma çevrim (döngü) sayısı	0~199 , ilgili patternini 1~200 defa isleneceği anlamına gelir.
1060H~ 1063H	0	İlgili patternin Link Pattern numarası	0 ~ 8, 8 programın sonu olduğunu, 0~7 mevcut pattern bittikten sonra islenecek pattern numarasını gösterir
1068H	1	Çalışma/Stop ayarı	0: Stop, 1: çalış, 2: program end, 3: program stop
1069H	0	çıkış 1: kontrol seçimi	0: ısıtma, 1: soğutma, 2: alarm, 3: oransal çıkış
106AH	0	çıkış 2: kontrol seçimi	0: ısıtma, 1: soğutma, 2: alarm
106BH	0	Level 1 iptal Okuma/yazma izinli	Level 1 şifre ayarı yazılır (106E)
106CH	0	Level 2 iptal et,Level 3 kullan	Level 2 şifre ayarı yazılır (106F)
106DH	0	Level 3 iptal et,Level 2 kullan	Level 3 şifre ayarı yazılır (1070)
106EH	0	Level 1 iptal / şifre belirleme	Yeni şifre girmeden önce eski şifreyi silin
106FH	0	Level 2 iptal / şifre belirleme	Yeni şifre girmeden önce eski şifreyi silin
1070H	0	Level 3 iptal / şifre belirleme	Yeni şifre girmeden önce eski şifreyi silin
1071H	1	Okuma/Yazma haberleşme adresi	1~247
1072H	0	Okuma/Yazma haberleşme formatı	RTU:1, ASCII:0
1073H	2	haberleşme baud rate ayarı	0~4: 2400~38400
1074H	1	haberleşme data uzunluğu	0: 8bit 1: 7bit
1075H	1	Eslik biti ayarı	0: None 1:Even 2: Odd
1076H	1	Stop bit ayarı	0: 2 stop bit 1: 1 stop bit
2000H~ 203FH	0	Pattern 0~7 hedef sıcaklık belirleme Pattern 0: 2000H~2007H	sıcaklık ölçme birimi: 0.1 derece
2080H~ 20BFH	0	Pattern 1~7 çalışma zamanı belirleme Pattern 0: 2080H~2087H	zaman 0~900 (her skala için 1 dakika)

10. Bit Register Adres ve içeriği: (Okunacak ilk bit LSB'ye konacak, Data yazma = FF00H bit set eder, 0000H bit temizler)

0811H	sıcaklık birimi display seçimi	0: °F, 1: °C (fabrika ayarı)
0813H	AT ayarı	AT ayarı OFF: 0 (fabrika ayarı), AT ayarı ON: 1
0814H	Kontrol RUN/STOP ayarı	0: STOP, 1: Çalış (fabrika ayarı)
0815H	Program stop bayrağı	1: Program geçici stop
0816H	Program stop bayrağı	1: Program stop

11. haberleşme Formatı: 01: bit oku, 05: bit yaz, 03: word oku, 06: word yaz.

ASCII Mod:

Komut Okuma			Cevap Mesajı Okuma			Komut Yazma			Cevap Mesajı Yazma		
Başlangıç karakteri	':'	':'	Başlangıç karakteri	':'	':'	Başlangıç karakteri	':'	':'	Başlangıç karakteri	':'	':'
Cihaz adresi 1	'0'	'0'	Cihaz adresi 1	'0'	'0'	Cihaz adresi 1	'0'	'0'	Cihaz adresi 1	'0'	'0'
Cihaz adresi 0	'1'	'1'	Cihaz adresi 0	'1'	'1'	Cihaz adresi 0	'1'	'1'	Cihaz adresi 0	'1'	'1'
Komut 1	'0'	'0'	Komut 1	'0'	'0'	Komut 1	'0'	'0'	Komut 1	'0'	'0'
Komut 0	'3'	'1'	Komut 0	'3'	'1'	Komut 0	'6'	'5'	Komut 0	'6'	'5'
Data okuma/ word adresi	'1'	'0'	Cevap datası uzunluğu (byte)	'0'	'0'	data adresi yazma	'1'	'0'	data adresi yazma	'1'	'0'
	'0'	'8'		'4'	'2'		'0'	'8'		'0'	'8'
	'0'	'1'	1000H/081xH data içeriği	'0'	'1'		'0'	'1'		'0'	'1'
	'0'	'0'		'1'	'7'		'1'	'0'		'1'	'0'
Data/Word uzunluğu okuma (word/bit)	'0'	'0'		'F'	'0'	data içeriği yazma	'0'	'F'	data içeriği yazma	'0'	'F'
	'0'	'0'		'4'	'1'		'3'	'F'		'3'	'F'
	'0'	'0'	1001H data içeriği	'0'			'E'	'0'		'E'	'0'
	'2'	'9'		'0'			'8'	'0'		'8'	'0'
LRC1 kontrol	'E'	'D'		'0'		LRC1	'F'	'E'	LRC1	'F'	'E'
LRC 0 kontrol	'A'	'D'		'0'		LRC 0	'D'	'3'	LRC 0	'D'	'3'
Bitiş word 1	CR	CR	LRC1 kontrol	'0'	'E'	Bitiş word 1	CR	CR	Bitiş word 1	CR	CR
bitiş word 0	LF	LF	LRC 0 kontrol	'3'	'4'	Bitiş word 0	LF	LF	Bitiş word 0	LF	LF
			Bitiş word 1	CR	CR						
			Bitiş word 0	LF	LF						

LRC Kontrol:
LRC kontrol "Makina Adresi"nden "Data içeriği"ne kadarki bilgilerin toplamıdır. Örneğin, 01H + 03H + 10 + 00H + 00H + 02H = 16H, hesabından sonar bu sonucun 2'ye tümleyeninin alınması gerekir.

RTU Mod:

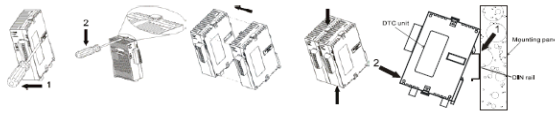
Komut Okuma			Cevap Mesajı Okuma			Komut Yazma			Cevap Mesajı Yazma		
Cihaz adresi	01H	01H	Cihaz adresi	01H	01H	Cihaz adresi	01H	01H	Cihaz adresi	01H	01H
Komut	03H	02H	Komut	03H	02H	Komut	06H	05H	Komut	06H	05H
Okunan datanın başlangıç adresi	00H	10H	Cevap datası uzunluğu (byte)	04H	02H	data adresi yazma	10H	08H	data adresi yazma	10H	08H
							01H	10H		01H	10H
data uzunluğu okuma (word/bit)	00H	00H	Data içeriği 1	01H	17H	data içeriği yazma	03H	FFH	data içeriği yazma	03H	FFH
	02H	09H		F4H	01H		20H	00H		20H	00H
CRC düşük byte	C0H	B8H	Data içeriği 2	03H		CRC düşük byte	DDH	8FH	CRC düşük byte	DDH	8FH
CRC yüksek byte	CBH	A9H		20H		CRC yüksek byte	E2H	9FH	CRC yüksek byte	E2H	9FH
			CRC düşük byte	BBH	77H						
			CRC yüksek byte	15H	88H						

Aşağıda CRC (Cyclical Redundancy Check) hesabi program örneği görülmekte:

```
unsigned int reg_crc = 0xffff; i = 0;
while (length--)
{
  reg_crc ^= RTUData[i];
  i ++;
  for (j = 0; j < 8; j++)
  {
    if (reg_crc & 0x01)     reg_crc = (reg_crc >> 1) ^ 0xA001;
    else                    reg_crc = reg_crc >> 1;
  }
}
return(reg_crc);
```

11 KURULUM

8 ek module kadar kullanılabilir.



EK-5: Nem Sensörü Bilgi Sayfası

E+E ELEKTRONIK Ges.m.b.H. — IHR PARTNER IN DER SENSOR TECHNOLOGIE

EE06 Series
EE061 Series

Small Size Humidity / Temperature Transmitter for OEM Applications

The analogue humidity output provides according to model type, a current signal with 4-20mA or a voltage signal with 0-1V. A passive temperature output signal is available for both versions.
The voltage version can be ordered also with an active output.

Wide temperature and supply voltage ranges, excellent long term stability and the optional sensor coating allow the use in many applications.



Typical Applications

- stables
- green houses
- humidifiers and dehumidifiers
- monitoring of storage rooms

Features

- very small dimensions
- excellent price/performance ratio
- very good long term stability
- easy installation
- optional sensor coating

Technical Data

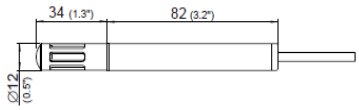
Measuring values	EE06-x1 (voltage output)	EE061-x6 (current output)
Relative humidity		
Sensor	HC101	HC105
Working range[1)]	0...100% RH	0...100% RH
Analogue output 0...100% RH	0-1 V -0.2 mA < I_L < 0.2 mA	4...20mA (two wire) R_L<500Ohm
Accuracy at 20°C (68°F), 12V DC	±3% RH (10...90% RH) ±5% RH (<10% RH and >90% RH)	±3% RH (10...90% RH) ±5% RH (<10% RH and >90% RH)
Temperature dependence [% RH/°C]	model F/FT: -0.00035 x RH x (T-20°C) model FP: typ. (-0.003 x RH + 0.01) x (T-20°C)	model F/FP: typ. ±0.03
Temperature active		
Sensor	Pt1000 (class A, DIN EN 60751)	
Analogue output -40...60°C (-40...140°F)	0-1 V -0.2 mA < I_L < 0.2 mA	
Accuracy at 12V DC, 20°C (68°F)	±0.3°C (±0.5°F)	
Temperature passive		
Output	resistive, 2 wire	resistive, 4 wire
Type of T-Sensor	refer to ordering guide	refer to ordering guide
General		
Supply voltage	4.5V DC - 30V DC	9V DC - 28V DC
Current consumption	typ. 1.5 mA	
Electrical connection	cable with 0.5m (1.6ft) or 3m (9.8ft)	cable with 0.5m (1.6ft) or 3m (9.8ft)
Housing	polycarbonate / IP65 in vertical mounting (filter cap upside)	polycarbonate IP65
Sensor protection	membrane filter, metal grid filter	membrane filter, metal grid filter
Electromagnetic compatibility	EN61326-1 EN61326-2-3	EN61326-1 CE EN61326-2-3
Temperature ranges	working temperature: -40...60°C (-40...140°F) storage temperature: -40...65°C (-40...149°F)	working temperature: -40...60°C (-40...140°F) storage temperature: -40...70°C (-40...158°F)

1) Refer to the working range of the humidity sensor

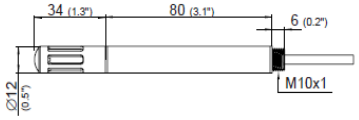
Dimensions (mm)

EE06-x1 (voltage output)

Type A:

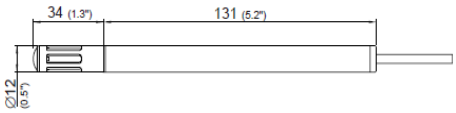


Type C:



EE061-x6 (current output)

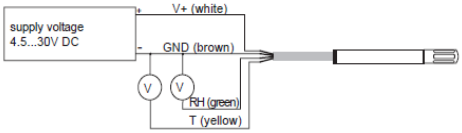
Type A:



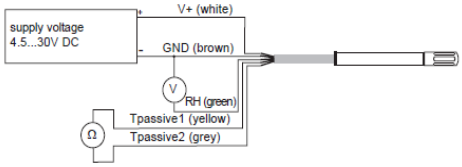
Connection Diagram

EE06-x1 (voltage output):

with active T-output:

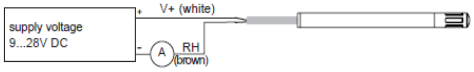


with passive T-sensor:

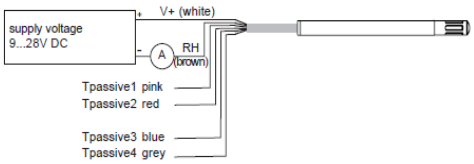


EE061-x6 (current output):

with active humidity output:



with active humidity output and passive T-sensor:



Ordering Guide

EE06 (Voltage Output):

MODEL	OUTPUT	T-SENSOR (passive only)	TYPE	FILTER	COATING	CABLE LENGTH
humidity + temperature (FT) humidity (F) humidity+temperature passive (FP)	0 - 1V (1)	Pt 100 DIN A (A) Pt 1000 DIN A (C) NTC 10K at 25°C (E)	with housing (A) with thread (C)	membrane filter(1) metal grid filter (6)	without coating (no code) with coating (HC01)	0.5m (1.6ft) (co code) 3m (9.8ft) (K300) 10m (K1000)
EE06-						

EE061 (Current Output):

MODEL	OUTPUT	T-SENSOR (passive only)	FILTER	COATING	CABLE LENGTH
humidity (F) humidity+temperature passive (FP)	4 - 20mA (6)	Pt 100 DIN A (A) Pt 1000 DIN A (C) NTC 10K at 25°C (E)	membrane filter (1) metal grid filter (6)	without coating (no code) with coating (HC01)	0.5m (1.6ft) (co code) 3m (9.8ft) (K300) 10m (K1000)
EE061-					

Order Example

EE061-FP6A6HC01K300

model: humidity+temperature passive
output: 4 - 20mA
T-sensor: Pt 100 DIN A
filter: metal grid filter
coating: with coating
cable length: 3m

Accessories

For more information please refer to data sheet "Accessories"

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Ferhat HALAT
Uyruğu	**:**	T.C
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Gaziantep
Telefon	**:**	(505) 596 80 81
Faks	**:**	-
e-mail	**:**	faraday27@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**H.Sani Konukoğlu EML, Şahinbey, Gaziantep**	**1999**
Üniversite	:	**Gazi Üniversitesi, TEF, Elektronik Öğrt. Ankara**	**2008**
Yüksek Lisans	:		
Doktora	:	**-**	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2008, …..	**Elektrofer Elektromekanik**	**Atölye Şefi**

YABANCI DİLLER

İngilizce