

ÖMER BOYACI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜ 2015

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BULANIK MANTIK KULLANILARAK PLC İLE
HİDROLİK PRES PİSTONUNUN
KONUM KONTROLÜ

ÖMER BOYACI

TEMMUZ 2015

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Ömer BOYACI tarafından hazırlanan BULANIK MANTIK KULLANILARAK PLC İLE HİDROLİK PRES PİSTONUNUN KONUM KONTROLÜ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Hasan ERBAY
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. Necaattin BARIŞCI
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. E. Kamil YILDIRIM _____
Üye (Danışman) : Doç. Dr. Necaattin BARIŞCI _____
Üye : Yrd. Doç. Dr. Taner TOPAL _____

...../...../.....

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

BULANIK MANTIK KULLANILARAK PLC İLE HİDROLİK PRES PİSTONUNUN KONUM KONTROLÜ

BOYACI, Ömer

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Necaattin BARIŞÇI

Temmuz 2015, 93 sayfa

Bütün sanayi dallarında olduğu gibi savunma sanayisinde de imalatın sürekli olması ve malzemelerin en etkin biçimde kullanılması önem arz etmektedir. Bu sebeple kullanılan sistemlerin gelişen teknolojiye göre yeniden tasarlanması kaçınılmazdır. Bu çalışmada MKE Mühimmat Fabrikası bünyesinde kullanılmakta olan hidrolik preslerin daha etkin kullanılması amacıyla bir hidrolik pres prototip sistemi kurulmuştur. Bu prototip sistem üzerinde bulunan pistonun konum kontrolü, hidrolik presin PLC programına yazılan bulanık mantık algoritmasıyla kontrol edilmiştir.

Bu tez çalışmasında, önce günümüz endüstriyel kontrol tekniklerinin yeri ve önemi vurgulanmış, literatür taramaları yapılarak bulanık mantık ile yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. Daha sonra hidrolik pres sistemlerinde kullanılan temel parçalar tanıtılmış, Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC), insan makine ara birimi (HMI) kontrol sistemi ve programlama teknikleri açıklanarak çalışma sonlandırılmıştır.

Kurulan prototip sistemdeki pistonun konum kontrolü bulanık mantık algoritması ile yapılmış ve sistem için bulanık mantık kural tabanı geliştirilmiştir. Geliştirilen kural tabanı sözel ifadelerden oluşturulmuştur. Bulanık mantık algoritmasının üyelik fonksiyonları, PLC programının matematiksel komutlarından yararlanılarak yazılmıştır. Prototip sistem üzerinde farklı giriş değerleri uygulanarak çıkışın kararlılığı gözlemlenmiştir. Deneyler sonucunda pistonun konum kontrolünün

bulanık mantık yöntemi ile kontrol edilmesi sonucunda istenilen konuma daha az hata ile ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, PLC, Hidrolik, Konum Kontrol

ABSTRACT

POSITION CONTROL OF HYDRAULIC PRESS PISTON BY USING FUZZY LOGIC WITH PLC

BOYACI, Ömer

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer Engineering, M. Sc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Necaattin BARIŞCI

July 2015, 93 Pages

Continuity of manufacturing and using materials efficiently is very important in defence industry like all other industry branches. Therefore it is inevitable to redesign manufacturing systems with respect to developing technologies. In this study, a prototype system was designed with the aim of using current hydraulic presses at MKE Ammunition Factory more efficiently. Position of the piston on said prototype system is controlled via a fuzzy logic algorithm embedded in the hydraulic press' PLC.

In the first part of this thesis, importance of current industrial control techniques is emphasized and studies done with fuzzy logic are examined via literature survey. Then, main equipments of hydraulic pres are introduced, and explanation of PLC, HMI control systems and programming techniques conclude this work.

Position control of piston on the prepared prototype system was done with fuzzy logic algorithm, and a fuzzy logic rule-base was developed. The developed rule-base was formed by verbal expressions. Membership function of fuzzy logic algorithm were written using the mathematical commands of PLC. Output stability was observed by applying various different sets of input values on the prototype system. As a result of the experiment, it was observed that, by controlling the position of the piston via fuzzy logic method the desired position was attained with less error.

Key Words: Fuzzy Logic, PLC, Hydraulics, Position control

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında bilgisini ve desteğini paylaşmaktan çekinmeyen danışmanım Doç. Dr. Necaattin BARIŞCI' ya katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Hidrolik Presler konusunda tez yapmak için beni destekleyen ve gerek işyerinde gerekse okulda yardımlarını esirgemeyen MKE Mühimmat Fabrikası ARGE Müdürlüğü Proje Grup Lideri değerli abim Faruk ULAMIŞ' a, teşekkür ederim.

Sağladığı imkânlardan dolayı Bakım Onarım Müdürü Haydar GÜMÜŞBAŞ' a, Elektrik Baş Mühendisi Celal SALTİK' a, Uzman Ünal TEZEL' e, Pres Elektrik Şefi Yasin YÜCE ve atölye arkadaşlarım Esat EROL, Kemal EROL, Mesut ALTAN, Mete KARAKAYA' ya teşekkür ederim.

Bütün eğitim hayatım boyunca bana destek olan annem Kamile TEKİN' e, kardeşim Çiğdem DERE' ye, dedem Mehmet TEKİN' e, anneannem Medine TEKİN' e, dayılarım Mustafa TEKİN ve Turan TEKİN' e, teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında bana sabırla destek olan eşim Canan BOYACI' ya ve oğlum Emirhan BOYACI' ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Taraması.....	4
2. MATERYAL VE YÖNTEM	9
2.1. Hidrolik Pres Prototipi ve Kullanılan Ekipmanlar.....	9
2.1.1. Hidrolik Tank.....	10
2.1.2. Yağ Isıtıcıları.....	11
2.1.3. Yağ Soğutucuları.....	12
2.1.4. Hidrolik Pompalar.....	12
2.1.5. Hidrolik Silindirler.....	13
2.1.6. Valfler.....	14
2.1.7. Basınç Kontrol Valfleri.....	16
2.1.8. Manometreler.....	16
2.1.9. Analog Basınç Manometresi.....	17
2.1.10. Hidrolik Filtreler.....	17
2.1.11. Sıcaklık Ölçme Sensörü PT-100.....	18
2.1.12. Lineer Cetvel.....	19
2.2. Kumanda Panosu ve Kullanılan Elemanlar.....	19
2.2.1. Programlanabilir Mantık Denetleyici (PLC).....	20
2.2.2. PLC Programlama.....	22
2.2.3. PLC’ de Kullanılan BIT ve VERİ Adresleri.....	24
2.2.4. PLC Programı Nasıl Yapılmalı.....	25

2.2.5. Ladder Diyagramı Yönetimi ile Yazılmış Program	25
2.2.6. HMI (Human Machine Interface - İnsan Makine Arabirimi)	27
2.2.7. HMI Programlama.....	29
2.2.8. Motor Sürücü (Telemecanique Altivar 28)	31
2.2.9. Hız Kontrol Cihazı Faydaları	33
2.2.9.1. Seçilebilir Hızlanma / Yavaşlama	33
2.2.9.2. Uzun Hızlanma / Yavaşlama	33
2.2.9.3. Analog Giriş / Çıkış.....	33
2.2.9.4. Dijital Giriş / Çıkış	33
2.2.9.5. Dinamik Frenleme	34
2.2.9.6. Anlık enerji kaybı çalışması	34
2.2.9.7. Sabit hızlar.....	34
2.2.9.8. Dönen motoru yakalama.....	34
2.2.9.9. PID Çevrimi.....	34
2.2.9.10. Fan / Pompa Kontrolü	35
2.2.9.11. Hız aralığı	35
2.2.9.12. Haberleşme	35
2.2.9.13. Kapalı Çevrim Kontrol	35
2.2.10. E200 Proses Kontrol Cihazı	36
2.3. Bulanık Mantık.....	37
2.3.1. Bulanıklaştırma ve Üyelik Fonksiyonları	38
2.3.1.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu	40
2.3.1.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....	42
2.3.2. Bulanık Kurallar ve Bulanık Çıkarım	44
2.3.3. Durulaştırma.....	45
2.3.3.1. Durulaştırma Yöntemleri.....	46
2.3.3.1.1. En Büyük Üyelik İlkesi	46
2.3.3.1.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi	46
2.3.3.1.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi	47
2.3.3.1.4. Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi	48
2.3.3.1.5. En Büyük Alan Merkezi Yöntemi.....	48
2.3.3.1.6. En Büyük İlk veya Son Üyelik Derecesi Yöntemi	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Sıcak preslenmiş ve soğuk preslenmiş mühimmatlar	1
1.2. Mühimmat Fabrikasında bulunan hidrolik presler	2
1.3. Hidrolik pres prototipi.....	3
2.1. Hidrolik pres sisteminin hidrolik akış genel görünümü [18]	10
2.2. Hidrolik yağ tankı	11
2.3. Yağ ısıtıcı	11
2.5. Hidrolik pompa görünümü ve sembolü [18,30].....	13
2.6. Hidrolik silindir kesiti ve elemanları [18].....	13
2.7. Hidrolik silindir.....	14
2.8. Hidrolik sistemde valf [18]	15
2.9. Sistemde valfin görünümü	15
2.10. Basınç emniyet valfi.....	16
2.11. Manometre	17
2.12. Analog basınç manometresi	17
2.13. Filtre	18
2.14. PT-100.....	18
2.15. Lineer Cetvel.....	19
2.16. Kumanda Panosu.....	20
2.17. Delta DVPSX2	20
2.18. PLC' nin yapısı [2].....	21
2.19. WPL Soft.....	22
2.20. Program tarama [20]	23
2.21. Programlama örnek gösterimi	24
2.22. Fiziksel çıkış örnek	26
2.23. Sıcaklık verisi skala işlemi.....	27
2.24. HMI.....	27
2.25. HMI bağlantı noktaları [21]	28
2.26. HMI ekran görünümü.....	29
2.27. Cetvel set değeri girişi.....	30

2.28.	Örnekleme alma-silme	31
2.29.	Motor Sürücü Telemecanique Altivar 28.....	32
2.30.	E200 bağlantı	36
2.31.	Bulanık sistemin genel görünümü.....	38
2.32.	Sayıların komşuluğu	40
2.33.	$A = (-5,-1,1)$ Kümesinin komşuluğu	43
2.34.	Yamuk Sayı Komşuluğu	43
2.35.	Min-max çıkarım yöntemi [30].....	45
2.36.	Üyelik fonksiyonlarının max noktaları ile durulama işlemi	46
2.37.	Ağırlık merkezi yöntemi ile berraklaştırma işlemi	47
2.38.	Ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulama işlemi	47
2.39.	Ortalama en büyük üyelik yöntemi ile durulama işlemi	48
2.40.	En büyük alan merkezi yöntemi ile berraklaştırma işlemi.....	49
2.41.	En büyük ilk veya son üyelik derecesi ile durulama işlemi [28]	49
3.1.	Farklı hızlarda alınan konum verileri.....	53
3.2.	Sistemin algoritması.....	54
3.3.	Sistemin blok şeması.....	55
3.4.	Yağ sıcaklığı üyelik fonksiyon grafiği.....	56
3.5.	Yağ sıcaklığı skalalandırma programı	58
3.6.	Yağ sıcaklığı üyelik derecesi programı.....	58
3.7.	Kalan Mesafe üyelik fonksiyon grafiği.....	59
3.8.	Palsleri sayısal değere çevirme	60
3.9.	Kalan Mesafe verisinin oluşturulması.....	61
3.10.	Kalan mesafe üyelik derecesi programı	61
3.11.	Motor hızı üyelik fonksiyon grafiği	62
3.12.	MY1 minimum alma yazılımı.....	64
3.13.	MY maksimumu alma yazılımı.....	65
3.14.	Kural tabanı ve üyelik fonksiyonları HMI görünümü.....	66
3.15.	Durulaştırma işlemi PLC yazılımı	67
3.16.	Sonuç grafiği (a).....	69
3.17.	Sonuç grafiği (b)	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Klasik Mantık-Bulanık Mantık Arasındaki Temel Farklılıklar	39
3.1. Farklı Sıcaklıklarda elde edilen konum ve zaman verileri	53
3.2. Yağ sıcaklığı bulanıklaştırma işlemleri.....	57
3.3. Kalan Mesafe bulanıklaştırma işlemleri.....	60
3.4. Kural Tablosu.....	64
3.5. Sonuçları karşılaştırma.....	68

SİMGELER DİZİNİ

$\mu(x)$	Üyelik Fonksiyonu
m^3	Metreküp
$^{\circ}C$	Santigrat Derece
α	Kesim Katsayısı
Σ	Toplam
$\leq \geq$	Küçüktür, büyüktür
∞	Sonsuz
μf	Mikrofarat
Ω	Ohm
\int	İntegral

KISALTMALAR DİZİNİ

PLC	Programlanabilir Lojik Kontrolör
MKE	Makine Kimya Endüstrisi
HMI	Human Machine Interface - İnsan Makine Arabirimi
SCLP	Parametre oranlı skalandırma hesaplama komutu
PID	Oransal, integral ve türevsel kontrol sağlayan kapalı çevrim
PID	Oransal, türevsel kontrol
AD2	Analog giriş kanalı 2
CPU	Merkezi işlem ünitesi
ALU	Aritmetik lojik ünitesi
STL	Statement List Editör – Komut listesi
FBD	Function Block Diagram – Fonksiyon Blok Diyagramı
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
CNC	Computer Numerical Control
HVAC	Isıtma, havalandırma ve hava kliması
SRM	Swiched Reluctant Motor
FAC	Bulanık adaptif kontrol
PIC	Peripheral Interface Controller
EEPROM	Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory
TCS	Sıcaklık çok soğuk üyelik kümesi
TAS	Sıcaklık az soğuk üyelik kümesi
TI	Sıcaklık ılık üyelik kümesi
TS	Sıcaklık sıcak üyelik kümesi
TCF	Sıcaklık çok sıcak üyelik kümesi
KCY	Kalan mesafe çok yakın üyelik kümesi
KY	Kalan mesafe yakın üyelik kümesi
KO	Kalan mesafe orta üyelik kümesi

KU	Kalan mesafe uzak üyelik kümesi
KCU	Kalan mesafe çok uzak üyelik kümesi
MCY	Motor hızı çok yavaş üyelik kümesi
MY	Motor hızı yavaş üyelik kümesi
MO	Motor hızı orta üyelik kümesi
MH	Motor hızı hızlı üyelik kümesi
MCH	Motor hızı çok hızlı üyelik kümesi
P	Pompadan gelen uç (basınç hattı)
T	Tanka (depo) dönen uç (dönüş hattı)
A	Silindire bir yönden giren uç (çalışma hattı)
B	Silindire diğer yönden giren uç (çalışma hattı)
X	Programlanabilir Lojik Kontrolör fiziksel giriş
Y	Programlanabilir Lojik Kontrolör fiziksel çıkış
M	Programlanabilir Lojik Kontrolör yardımcı kontakt
D	Programlanabilir Lojik Kontrolör veri hafızası
T	Programlanabilir Lojik Kontrolör zamanlayıcı
C	Programlanabilir Lojik Kontrolör sayıcı
S	Programlanabilir Lojik Kontrolör step röle
mm	Milimetre
cm	santimetre
AC	Alternatif akım
DC	Doğru akım
V	Volt
A	Amper
mA	Mili amper

1. GİRİŞ

Günümüzde savunma sanayisinde ve diğer endüstri dallarında hidrolik sistemlerin ve kontrolünde kullanılan Programlanabilir Mantık Denetleyici (PLC) ve İnsan Makine Arabirimi (HMI) sistemlerinin önemi büyüktür. PLC sistemleri endüstride makine kontrolünde büyük kolaylıklar sağlamıştır. Geleneksel sistemlerin karmaşıklığı sebebiyle kontrolü ve arıza çözümü zor olmaktadır. Yeni sistemlerde HMI kullanarak da buton ve kablo kalabalığı azaltılmış ve HMI kullanılarak dışarıdan veri girişi ve verilerin izlenilmesi sağlanabilmektedir. PLC-HMI sistemleri artık kontrol dünyasında vazgeçilmez birer kontrol elemanıdır.

Savunma sanayisinde Şekil 1.1’ de gösterildiği gibi sıcak presleme işlemi çelik kütüğüne, soğuk presleme işlemi pirinç kalıbına ilk şeklinin verildiği operasyonlardır.



Şekil 1.1. Sıcak preslenmiş ve soğuk preslenmiş mühimmatlar

Sıcak şekillendirme operasyonu; çelik kütüğün bir indüksiyon ocağı vasıtasıyla ısıtılması ve ısıtılan çelik kütüğün hidrolik bir pres tarafından şişirme ve delme işlemlerinden geçirilmesinden oluşur. MKE Mühimmat fabrikasında yapılan yenileme çalışmasında klasik kontrol yöntemlerle yapılan sıcak şekillendirme operasyonu, PLC kontrollü olarak tasarlanmıştır. Aynı zamanda sisteme robot

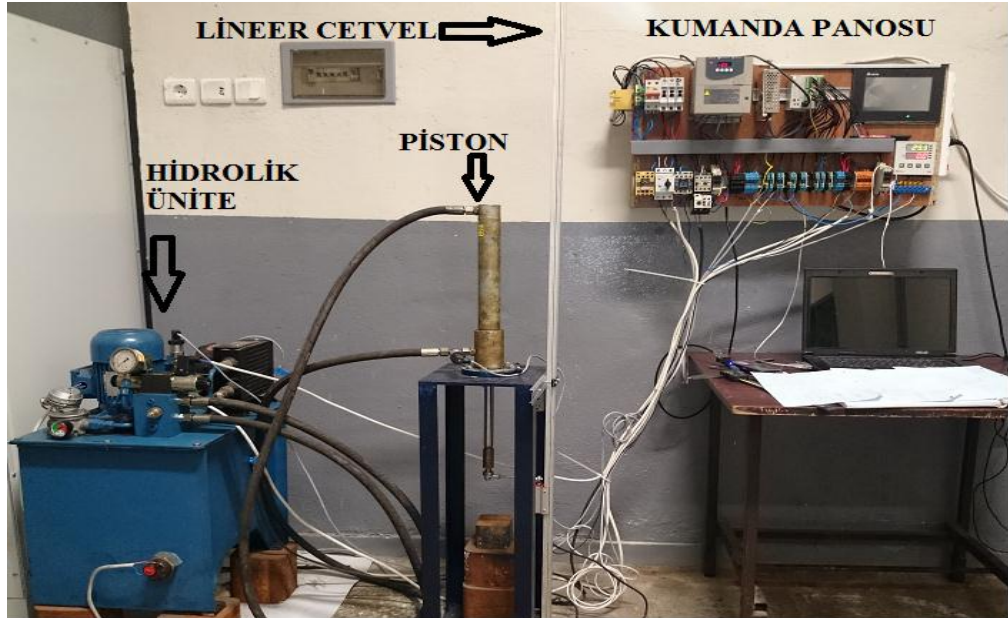
manipülator eklenerek insan kaynaklı sistem hataları en aza indirgenmiştir. Hidrolik presin kontrol panosu PLC sistemine uygun olarak yenilerek arıza bulma süresi azaltılmış ve daha istikrarlı ürünler üretilmesi sağlanmıştır [1]. İlk operasyonun hata oranı minimum düzeyde olması gerekmektedir. İlk operasyonun hatalı olması sonraki işlemleri hataya sürükler ve hata ne kadar büyükse hatanın düzeltilmesi için ek operasyonlar gerekmektedir. Bu sebepten dolayı ürün imal süresi artırmakta ve fazladan işçilik yapılmasına neden olmaktadır. Presleme işleminde konum kontrolü, kaliteli ve hatasız ürün imal edilmesi açısından büyük önem taşır. Şekil 1.2.' de gösterildiği gibi Makine Kimya Endüstri (MKE) Mühimmat Fabrikası bünyesinde çeşitli ebat ve tonajlarda pres makinaları mevcuttur.



Şekil 1.2. Mühimmat Fabrikasında bulunan hidrolik presler

Mevcut makinaların konum kontrolü geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır. Hidrolik sistemlerde hassas konum kontrolü geleneksel kontrol yöntemleri ile mümkün değildir. Hidrolik sistemlerde çalışma koşullarına göre yağ sıcaklığı değişmekte ve sıcaklık değişimleri sebebiyle pompadan basılan yağın debisi değişmektedir. Mevcut makinalarda hidrolik pompadan basılan yağın debisini ayarlayan oransal kartlar ve oransal valfler mevcuttur. Oransal kartlar sabit ayarlı olup makinanın değişken yağ sıcaklıklarını algılayamamaktadır. Bu sebepten sürekli ayar yapılmasına neden olmaktadır. Ayar yapılırken imalat aksamakta ve kart ayarının değişmesinin gerekliliği preslenen mamulün hatalı olmasından anlaşılmaktadır. Bu nedenle hurdaya giden mamul sayısı ve imalat maliyeti artmaktadır. Bu nedenle de geri

beslemeli kapalı döngü bir kontrol sistemine ihtiyaç duyulmuştur. Yapılan araştırmalar sonucu oransal valfi PLC' nin analog çıkışından kontrol etmekle, geri beslemeli bir kontrolün sağlanacağı tespit edilmiştir. Kurulan prototipte aynı işlevi yani piston hızını kontrol etmek için pompanın devir sayısını belirleyen hidrolik motor, motor sürücü ile kontrol edilmiştir. Motor sürücü sayesinde motora yol vermek için gerekli olan yıldız-üçgen elektrik panosuna gerek olmamış hem pano kalabalığı hem de maliyet düşürülmüştür. Hidrolik sistem sabit piston hızlarında sabit hatalar oluşturmaktadır. Sistemin en az hata ile çalışması için piston hızının minimum olması gerekmektedir. Makinanın minimum hızda çalışması, sürekli imalat veren sanayi kuruluşlarında imalatın azalması ve zaman israfı demektir. Yapılan prototip sisteminin amacı değişken çalışma koşullarında istenilen konuma, minimum süre ve minimum hata ile ulaşılmasıdır. Bu şekilde bir çalışma yapma fikrî, fabrikada ki mühimmat imalatında kullanılan pres makinelerinde yaşamış olduğumuz piston konumlandırma sorunundan kaynaklı doğmuştur. Uygulama kısmını imalat veren preslerde yapmak hem imalatı aksatacak hem de yapacak olduğumuz denemeler büyük hasarlara sebep olabileceğinden risklere maruz kalmamak için Şekil 1.3.' de gösterilen hidrolik pres makinesi prototipi kurulmuştur.



Şekil 1.3 Hidrolik pres prototipi

Prototip MKE Mühimmat Fabrikası Bakım Onarım Müdürlüğünün imkânları ile hazırlanmıştır. Kurulan prototip sistemi hidrolik ünite, piston, pistonu bağı lineer cetvel ve operatör paneli PLC kontrollü kumanda panosundan oluşmaktadır.

Prototipte öncelikle bulanık sistemin giriş verileri analog olarak alınıp PLC' de gerçek değerlerine dönüştürülmüş ve HMI panelde gösterilmiştir. Sonraki işlem olarak hidrolik motor hızı HMI panel üzerinden kontrolü sağlanmıştır. HMI panel üzerinden değişken hızlarda ve yağ sıcaklıklarında set edilen konumlara ulaşma deneyleri yapıp ve değerler kaydedilmiştir. Yapılan deneylerde sıcaklık ve piston hızı yükseldikçe hatanın arttığı gözlemlenmiştir. Sıcaklık azaldıkça da piston hızının azaldığı gözlemlenmiştir. Sistemin amacı set edilen konum değerine minimum hata ve minimum sürede ulaşmaktır. PLC' de bulanık mantık algoritmaları konum kontrol programı yazılarak hataları minimize etmek amaçlanmıştır. Bulanık sistemin sıcaklık giriş verisini elde etmek için, prototipde hidrolik tankın içine daldırılmış sıcaklığın artmasıyla 0-100Ω arası direnç değeri değişen PT-100 rezistans termik direnç ve bu direnç değerini PLC' nin algılayabildiği 4-20mA analog akıma çeviren E200 proses cihazı bulunmaktadır. Bulanık sistemin bir diğer giriş verisi olan kalan mesafe verisini elde etmek için, hidrolik pistonu bağı pistonun konum bilgisini veren bir adet lineer cetvel mevcuttur. Bu giriş verileri öncelikle PLC' nin matematiksel komutları vasıtasıyla bulanıklaştırılmıştır. Yapılan deneyler den elde edilen veriler ile kural tabanı oluşturulmuştur. Kural tabanından çıkan sonuçlar durulaştırılıp motor sürücü vasıtasıyla piston hızı kontrol edilmiştir. Yapılan sistem piston konumlandırmasının önemli olduğu hidrolik makine ve tezgâh yapımında kullanılabilir.

1.1. Literatür Taraması

Bu bölümde, tez çalışmasına yön verecek olan literatür taraması sunulmuştur. Literatürde bulanık mantık ile yapılan çeşitli optimizasyon çalışmaları ve endüstriyel otomasyon çalışmaları bulunmaktadır. Ancak PLC' nin bulanık mantık kontrolör olarak kullanıldığı çalışmalar oldukça azdır. Literatür taramasındaki makaleler Kırıkkale Üniversitesi Kütüphanesinden çıkış alınarak Web of Science Direct' den

yapılmıştır. Çalışmada yararlanılan tezler ise yine Ulusal Tez Merkezinden faydalanılmıştır. Çalışmanın günümüz teknolojisine yakın olması için 2006 ve sonraki yıllarda yapılan çalışmalara ağırlık verilmiştir. Tezin ikinci bölümünde materyal ve yöntemlerden bahsedilmiş, üçüncü bölümünde araştırma ve bulgulara ve sonuçların karşılaştırılmasına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde sonuç kısmı yazılarak tez çalışması tamamlanmıştır.

Soyguder ve Alli tarafından yapılan çalışmada, Isıtma, havalandırma ve hava kliması (HVAC) sistemi tasarlanmış ve HVAC sistemin iki farklı aktüatör pozisyonu, geleneksel PID ile kontrol edilmiştir. Aktüatör pozisyonunun birincisi ilgili iç hacim için gerekli sıcaklığı kullanarak kontrol edilirken, diğeri aynı iç hacim için gerekli nemlilik kullanılarak kontrol edilmiştir. Gerçekleştirilen sistem, ortam sıcaklığı ve nemliliği göz önünde tutularak değişken akış oranı ile bir bölgeye sahiptir. Gerekli hava akışı damperin girişine yerleştirilen sistemle sağlanmıştır. Sistemin kontrolü için, PID kontrol algoritmaları PLC kullanılmıştır. Sistem kapalı döngü tabanlı PLC ile kontrol edilmiştir. PID parametrelerinin optimum değerleri Bulanık kümelerden elde edilmiştir. Sistemin performansının maksimize etmek için, bulanık adaptif kontrol kullanılmıştır. Bulanık adaptif kontrollü (FAC) geliştirilen yöntemin etkinliği başarılı bir şekilde uygulanmıştır [2].

Zheng ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada switched reluctance motor (SRM) tarafından sürülen bir servo hidrolik presin hacim kontrolünün yeni bir çeşidi sunulmuştur. Elektro-hidrolik pozisyon servo sistemin performansını artırmak için bulanık-PID kontrol metodu uygulanmıştır. PID parametreleri ve elektro-hidrolik pozisyon servo sisteminin cevap karakteristiği arasındaki ilişki araştırılmıştır. PID parametrelerinin adaptif ayarını mümkün kılan bulanık çıkarım kuralları; hata ve hatadaki değişim miktarına göre yapılmıştır. Birim basamak cevabı, kosinüs izleme deneyleri ve simülasyonlar SRM doğrudan sürülen hidrolik prese uygulanmıştır. Sonuçlar, bulanık kendi kendine ayarlanan PID metodun harici karıştırmaları kısıtladığı ve hacim kontrol elektro-hidrolik sistemin pozisyon takip kabiliyetini etkin bir şekilde artırdığını göstermiştir [3].

Aydoğmuş tarafından yapılan çalışmada PLC ve SCADA kullanarak, bulanık kontrolör vasıtasıyla sıvı seviye kontrolü yapılmıştır. Bu amaçla sıvı seviye kontrol seti ve PLC bir araya getirilmiştir. Kullanılan PLC de herhangi bir Bulanık modülü modül veya yazılımı kullanılmamıştır. Gerekli Bulanık Mantık program algoritması yazar tarafından yazılmıştır. Sugeno Tip Bulanık algoritma kullanılmıştır. yelik fonksiyon parametrelerini elde etmek için MATLAB/Simulink programı kullanılmıştır. SCADA sistemi ise tanktaki sıvı seviyesini ve valfin konumunu gösterecek şekilde yazılmıştır. Bu çalışmanın temel amacı; herhangi bir bulanık mantık modülü veya yazılımı kullanmadan bu uygulamanın yapılmasıdır. Aynı zamanda, yapılması amaçlanan öneri etkin fiyatlı bir çözümdür. Simülasyon ve uygulama sonuçları karşılaştırılmış ve birbirlerine çok yakın değerler elde edilmiştir [4].

Kılıç ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada YSA gibi ileri modelleme ekipmanı kullanarak servo-valf kontrollü hidroluk sistemin hidroluk silindirinin bölme basıncı tahmin edilmiştir. Basıncın uzun dönemli tahmini için kara kutu modelinin yeterli olmamasından dolayı, doğal lineer olmayan bu sistemin basınç dinamiklerini yakalamak için yapısal sinir ağı modeli önerilmiştir. Makale; nerilen sinir ağı modelinin eğitim fazında geliştirilen modelin ağırlıklarıyla başlaması şartıyla, deneysel hidroluk test düzeneğinin basınç dinamiklerini tahmin etmek için kolayca eğitilebilir olduğunu göstermiştir [5].

Balaji ve Srinivasan tarafından yapılan çalışmada, karmaşık şehir yol trafiğinin kontrolü için tip 2 bulanık karar modülü ile çok etkenli sistemlerin kontrolüne dayandığı belirtilmiştir. Dağıtılmış etken mimarisi tip 2 bulanık setini kullanarak yeşil ışık yanma zamanını en optimum düzeyde tutarak trafikte bekleme süresi dşrlmştir. Bu sistem Singapur' un merkezi iş bölgelerinde örnek olarak trafik işaretlerinin kontrolünde kullanılmıştır [6].

Yılmaz ve arkadaşları tarafından asenkron motorun uzaktan kontrolü bulanık mantıkla yapılmıştır. Çalışma büyük lde Profibus ağ yapısının, asenkron motor ve bulanık mantık kontrolün bir formudur. Bu çalışmanın amacı network kaynaklı gecikmelerin bulanık mantık aracılığı ile yüksek hızda veri transferini sağlayacak

hale getirmektir. Aynı zamanda kontrolde PID de kullanılarak da yapılmıştır. İki çalışma karşılaştırılmış bulanık mantık ile yapılan uygulamada daha az hata ile sonuca varıldığı görülmüştür [7].

Özdemir ve Orhan tarafından yapılan çalışmada çok küçük HES"lerde kullanılan türbinlerin karmaşık hesaplamalar kullanılmadan, yerel imkânlarla da üretebileceğini ortaya konulmuştur. Laboratuvar ortamında HES' lerin tasarımı ve kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi ile ilgili olarak, klasik kontrol (PI, PID, PD vs.), bulanık mantık, yapay sinir ağları ve hibrit uygulamalar gibi bir çok çalışmayı yapma imkanı elde edilmiştir [8].

Omid ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada biçerdöverin eleğinde ki kayıpları azaltmak için PLC ile bulanık mantık kontrolörü geliştirilmiştir. Bulanık mantık kontrolcü ile silindir hızı, fan hızı ve ilerleme hızı kontrol edilmiştir. Bulanık mantık kontrollü ve bulanık mantık kontrolsüz arasında istatistiksel test yapılmış ve anlamlı bir fark olduğu görülmüştür [9].

Özçalık ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada katı yakıtlı buhar kazanında yakma fanı, bulanık mantık denetleyici ile kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kömürün yanması için gerekli olan taze hava miktarının PLC ile bulanık denetimi gerçekleştirilmiş, kararlılığın ve performansın arttığı gözlemlenmiştir [10].

Kurt tarafından yapılan çalışmada küçük ölçekli hidroelektrik santralde türbin kontrolü bulanık mantık algoritmali PLC ile yapılmıştır. Türbinlerin devreye alınması ve devreden çıkarılması için bulanık mantık algoritmali programlanabilir mantık denetleyici kullanılmıştır. Hangi türbin(ler)in devreye alınacağı ya da devreden çıkarılacağına bulanık mantık algoritmali PLC ile karar verilmiştir. Üç adet türbinin devreye alınması ve devreden çıkarılmasında, beş üyelik kümeli ve yedi üyelik kümeli olmak üzere iki farklı bulanık mantık algoritması kullanarak elde edilebilecek enerji hesaplanmıştır. Bir adet büyük güçlü türbin kullanılmasının maliyeti ile üç adet türbinin kullanılmasının maliyeti karşılaştırılmış ve sonuçlar tartışılmıştır [11].

Çınar tarafından yapılan çalışmada bulanık mantık ile hidrolik silindirin hassas konumlandırılması kontrol edilmiştir. Bulanık mantık algoritması (üyelik fonksiyonları) Matlab programının fuzzy modülünde yazılmıştır. Deneysel sonuçlarında yapısı nedeniyle çokta hassas olmayan solenoid valflerin bulanık mantık yöntemi ile kontrol edilmesi sonucunda oransal valfle elde edilen değerlere yaklaştığı gözlemlenmiştir [12].

Ilıca tarafından bulanık mantık yöntemi ile sıvı seviye kontrolü yapılmıştır. Bu çalışmada değişik kontrol uygulamalarında deney amaçlı olarak kullanılmak üzere bir sıvı seviye düzeneği geliştirilmiştir. Deney düzeneği seviye kontrol tüpündeki sıvı seviyesi PID ve bulanık mantık kontrol yöntemleri kullanılarak kontrol edilmiştir. Bulanık kontrolde üyelik fonksiyonu ve kurallar iyi ayarlandığında başarılı sonuçların alındığı görülmüştür [13].

Türk tarafından katı yakıtlı buhar kazanının bulanık mantık denetleyici ile tam otomasyonunun gerçekleştirilmesi yapılmıştır. Bu çalışmada, katı (kömür) yakıtlı buhar kazanında, kömürün yanması için gerekli olan taze havanın (yakma havası) PLC ile kontrolü sunulmaktadır. Bu kontrolü sağlarken bulanık mantık kontrol sistemi kullanılmıştır. Buhar kazanının ürettiği buhar işletme tarafından sürekli nonlineer olarak tüketilmektedir. Bu sebeple buhar basıncı sürekli değişim halindedir. En hassas denetleyici yöntemlerinden biri olan Fuzzy denetim algoritması kullanılmıştır [14].

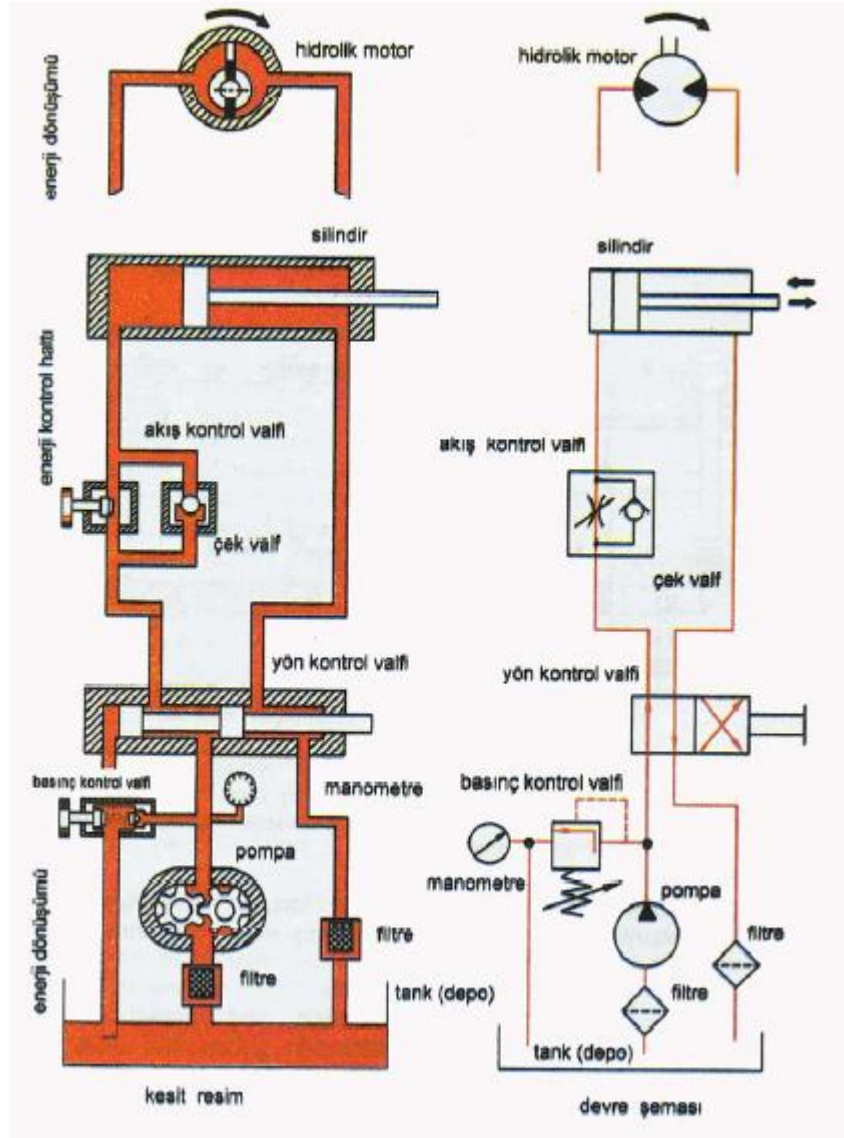
Kabakçı tarafından yapılan bu çalışmada elektro-hidrolik bir sistemin PLC ve Scada programı ile gerçek zamanda konum kontrolü gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek üzere PLC' de bulanık mantık uygulamaları araştırılmış ve bulanık mantık hesaplamasında geliştirilen yeni yaklaşım programı ile hesaplama süresinin düşürülmesi başarılmıştır [15].

Bayındır ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada su depolama tankları için programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC) kontrollü bir izleme ve kontrol yöntemi önerilmiştir. Yapılan deneysel çalışma geliştirilen sistemin daha az maliyetli, hassas ve klasik metot kadar güvenilir olduğunu göstermiştir [16].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Hidrolik Pres Prototipi ve Kullanılan Ekipmanlar

Bu bölümde deney düzeneğinde kullanılan hidrolik pres ekipmanları tanıtılacaktır. Hidrolik biliminin sanayideki uygulamalarına güç hidroliği ya da endüstriyel hidrolik adı verilir. Makine mühendisliği' nin ilgi alanına giren bu kısım güç ve kuvvet ihtiyacının olduğu endüstrinin hemen her kolunda kullanılır. Hidrolik enerji ile doğrusal, dairesel ve açısal hareket üretmek için hazırlanan sistemlere hidrolik sistem denilmektedir [17]. Hidrolik eski Yunanca 'da su anlamına gelen "hydro" ile boru anlamına gelen aulis kelimelerinin birleştirilmesinden türetilmiştir. İlk dönemlerde boru içindeki suyun davranışlarını belirlemek için kullanılmıştır. Hidrolik akışkanların mekanik hareketlerini inceleyen bilim alanıdır. Hidrolik sistemlerin uygulama alanı olarak taşıtların fren ve direksiyonları, yağlama istasyonları, hidrolik kaldıraçlar, damperli kamyonlar ve iş makineleri örnek gösterilebilir. Hidrolik sistemler pek çok endüstriyel tesiste yaygın olarak kullanılmaktadır. Krikolar, asansörler, vinçler, takım tezgâhları, presler, test cihazları, sanayi tipi robotlar gibi pek çok uygulama alanı vardır. Son dönemde elektroniğin hızla gelişmesine paralel olarak uygulama alanları çok hızlı bir şekilde genişlemiştir ve buna bağlı olarak yeni makineler geliştirilmiştir. Metal endüstrisinde tüm makinelerde hidrolik sistemler uygulanmaya başlanılmıştır. Hidrolik sistemlerde güç iletimi kolaylaştığından tercih nedeni olmuştur. Hidrolik kontrollü makineler düzgün ve titreşimsiz çalışmakta olup kontrol edilmesi çok kolaydır. Dairesel, doğrusal hareketler ile otomatik ve mekanik hareketler hidrolik sistemle kolay bir şekilde elde edilmektedir. Hidrolik sistemler kontrol kolaylığı, ekonomik olması ve az yer kaplamalarından dolayı geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Şekil 2.1.' de hidrolik pres sisteminin hidrolik akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Hidrolik pres sisteminin hidrolik akış genel görünümü [18]

2.1.1. Hidrolik Tank

Hidrolik sistemlerde en önemli enerji kaynağı olan sıvıların içinde depolandığı kaba yağ deposu veya yağ tankı denir. Depoda yağ hem dinlenir hem de depodaki filtre tarafından temizlenir [18]. Şekil 2.2.' de gösterilen ve deney düzeneğinde kullanılan hidrolik yağ tankı 47 m³ yağ alabilme kapasitesine sahiptir.



Şekil 2.2 Hidrolik yağ tankı

2.1.2. Yağ Isıtıcıları

Hidrolik sistemin çalışma ortamına göre, bilhassa kış aylarında veya ortam sıcaklığının düşük olması durumunda, depodaki yağ sıcaklığı düşebilir. Yağ sıcaklığının sıfır derecenin altına düşmesi yağın akıcılığı azaltıp viskozitesini arttırır. Verim düşer, sistem çalışmaz. Örneğin hidrolik sistemlerin hassas devre elemanları soğuk ortamlarda ısınmaya kadar beklenir. Yağ ısıtıcıları emiş hattına pompadan önce depo üzerine ve Şekil 2.3.' de gösterildiği gibi uç kısmı depo içinde kalacak şekilde monte edilir [18].



Şekil 2.3. Yağ ısıtıcı

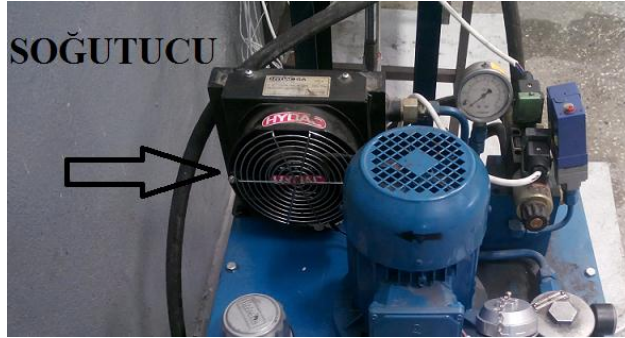
2.1.3. Yağ Soğutucuları

Soğuk ortamların tersine çok sıcak ortamlarda çalışan hidrolik devrelerde akışkanın sıcaklığı yükselir. Yağın viskozitesi düşer, akıcılık oranı artar. Bundan dolayı sürtünen, beraber çalışan parçalar arasında yağ filmi tabakası azalır. Hatta yağ kaçaqları ve sızıntılar olabilir. Sürekli olan yağ kaçaqları, sistemde yağın azalmasına ve verimin düşmesine neden olur. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için yağ soğutucuları kullanılır. Şekil 2.4.' de görüldüğü gibi soğutucuların montajı depodaki dönüş borusu üzerine yapılır. Sistemde dolaşan yağ böylece soğutulmuş olur.

İki çeşit soğutucu vardır:

- Su ile çalışan soğutucular.
- Hava üflemeli soğutucular [18].

Prototipte hava üflemeli soğutma sistemi kullanılmıştır.



Şekil 2.4. Yağ soğutucu

2.1.4. Hidrolik Pompalar

Elektrik motorundan aldığı hareketle depodaki yağı emerek büyük bir basınç üretip mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren elemanlardır. Pompalar hidrostatik prensiplere göre çalıştıklarından akışkanı depodan emerek büyük bir basınca dönüştürürler. Şekil 2.5.' de tankın için de bulunan pompa ve sembolü gözükmetedir. Pompalar, hidrolik sistemin özelliklerine ve çalışma sistemlerine göre yapılırlar. Hidrolik sistemin ihtiyaçlarına göre kapasiteleri farklı biçimde

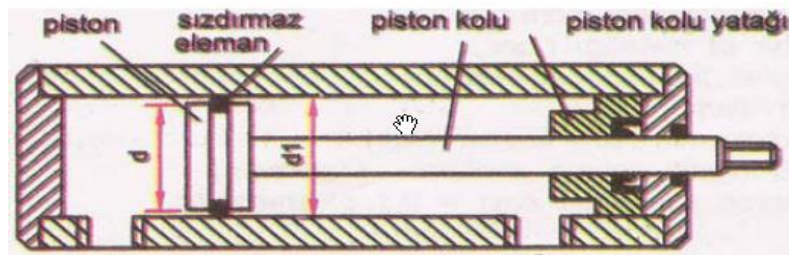
tasarlanır. Akışkanın debisi ve çalışma basıncı önceden hesaplamalar yapılarak bulunur. Böylelikle sistemin ve piyasanın isteklerine cevap verilmiş olur. Pompa seçimi yapılırken sistemin ihtiyaçlarına uygun olanı seçilmelidir. Aksi halde sistem verimli çalışmaz [18].



Şekil 2.5. Hidrolik pompa görünümü ve sembolü [18,30]

2.1.5. Hidrolik Silindirler

Hidrolik sistemlerde doğrusal hareket elde etmek için kullanılan devre elemanlarıdır. Hidrolik enerjiyi doğrusal olarak mekanik enerjiye dönüştüren elemanlardır. Düzenli biçimde ileri - geri hareket ederek çalışırlar. Hidrolik sistemlerde basınçlı akışkanın gücü ile alternatif doğrusal harekete dönüştürürler. Şekil 2.6.' da hidrolik pistonun iç yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Hidrolik silindir kesiti ve elemanları [18]

Çalışma şartlarına göre silindir çeşitleri şöyledir;

- Tek Etkili Silindirler
- Çift Etkili Silindirler
- Teleskopik Silindirler
- Yastıklı Silindirler
- Tandem Silindirler [18]

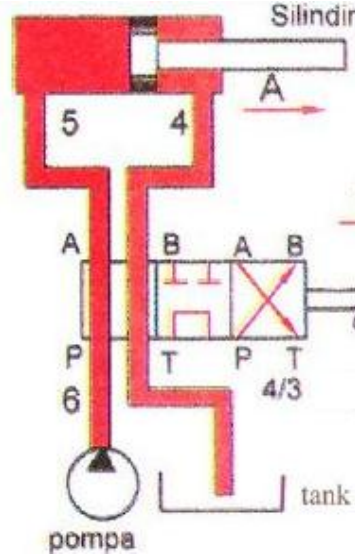
Sistemde Şekil 2.7.' de gösterildiği gibi çift etkili ve çift kollu silindir modeli kullanılmıştır.



Şekil 2.7. Hidrolik silindir

2.1.6. Valfler

Valfler, hidrolik sistemlerin en önemli elemanlarındanır. Elektroniğin gelişmesine paralel olarak programlanabilen, uzaktan kumanda edilebilen valfler hizmete sunulmuştur. Robot sistemli çalışan makineler, uçaklarda otomatik olarak yapılan hareketler, endüstride el değmeden yapılan otomasyon işlemleri örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 2.8. Hidrolik sistemde valf [18]

Şekil 2.8.' de gösterilen şemada P = Pompadan gelen uç (basınç hattı), T = Tanka (depoya) dönen uç (dönüş hattı), A = Silindire bir yönden giren uç (çalışma hattı), B = Silindire diğer yönden giren uç (çalışma hattı), A ve B = 2 konumlu olduğunu, A - B - P - T = 4 yollu olduğunu anlatır. Yön kontrol valflerinin hidrolik sistemlerdeki görevi, sıvının yönünü kontrol etmektir. Çalışan, iş yapan elemanların istenilen yönde çalışmalarını sağlar. Hidrolik sistemlerde hidrolik silindirlerin hareketini ileri-geri, hidrolik motorların dönme yönlerini sağa - sola yönlendirmekte kullanılırlar. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte otomatik kumandalı devrelerde, uzaktan kumandalı elektromanyetik valfler, elektro - hidrolik valfler ve servo valfler üretilmiştir [18]. Sistemde kullanılan valf modeli Şekil 2.9.' da gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Sistemde valfin görünümü

2.1.7. Basınç Kontrol Valfleri

Hidrolik sistemlerde pompanın bastığı sıvının basınç değerini belli sınırlar arasında tutar. Basınç hattı üzerine montajı yapılır. Hidrolik devreyi ve çalışan elemanları korur. Devrenin çalışma basıncının belli bir değerin üzerine çıkmasını engelleyerek sistemin düzenli ve güvenli çalışmasını sağlar. Deney düzeneğinde kullanılan basınç emniyet valfi Şekil 2.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Basınç emniyet valfi

2.1.8. Manometreler

Hidrolik sistemlerde genellikle basınç hattına takılarak basınç ölçme görevi yaparlar. Tezgâh veya makine çalışırken çalışma basıncı değerleri manometrelerden takip edilir. Belirli noktalara takılarak o bölgenin basıncı kontrol altına alınmış olur. Manometrelerin gösterdiği basınç efektif basınçtır. Bu basınç atmosfer basıncının üzerinde bir değerdir. Aşırı basınç yükselmeleri meydana geldiğinde elektrik sinyali gönderip kontağın atmasını sağlar ve meydana gelebilecek kazalar önlenmiş olur [18]. Hidrolik ünite de bulunan manometre Şekil 2.11.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Manometre

2.1.9. Analog Basınç Manometresi

Hidrolik sistemlerde basınç ölçmeye yarayan çıkış olarak 4-20 mA analog çıkış veren hidrolik devre elemanıdır. Değişken aralıklı basınç ayarlanması ve HMI de basıncı değerini görebilmek için kullanılır. Sistemde iki adet analog basınç manometresi bulunmaktadır. Şekil 2.12.' de 0-400 bar arası basınç algılayabilen, sistemde piston üst yağ girişinde bağlı bulunan analog basınç manometresi gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Analog basınç manometresi

2.1.10. Hidrolik Filtreler

Hidrolik devrelerde yabancı maddelerin (kum, pislik, metal parçacıkları vb.) çalışan elemanlara zarar vermemesi için sisteme temiz sıvı göndermek için kullanılan devre

elemanlardır. Sistemin çeşitli hatlarına takılarak devrede dolaşan sıvının içindeki pislikleri temizlemeye yarar [18]. Sistemde bulunan göstergeli hidrolik filtre Şekil 2.13.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Filtre

2.1.11. Sıcaklık Ölçme Sensörü PT-100

Hidrolik yağ sıcaklığını ölçmek için PT-100 rezistans termometre kullanılmıştır. PT-100 kısaca ısıya göre direnci 0-100 Ω arasında değişen devre elemanı olarak tanımlanır. Rezistans termometre hidrolik tankın üst kısmına delik açılarak montajı gerçekleştirilmiştir. Sensör hidrolik yağ ile temas halindedir. Şekil 2.14.' de sensörün hidrolik yağ tankına montaj şekli ve görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.14. PT-100

2.1.12. Lineer Cetvel

Lineer cetvel olarak Opkon marka MLIP200 modeli kullanılmıştır. Pistonun uç kısmına komple bir dişli çubuk ile montajı yapılmıştır. Lineer cetveller konum ölçmemizi ve istenilen noktada pistonumuzun durmasını sağlayan devre elemanıdır. Çalışma mantığı, cetvel hareket halindeyken kaymalı şekilde kare dalgalar üreterek konumu PLC nin hızlı sayıcı girişleri vasıtasıyla görmesini sağlar. Şekil 2.15’de lineer cetvelin pistonu monte edilmiş ve monte edilmemiş hali gösterilmiştir.

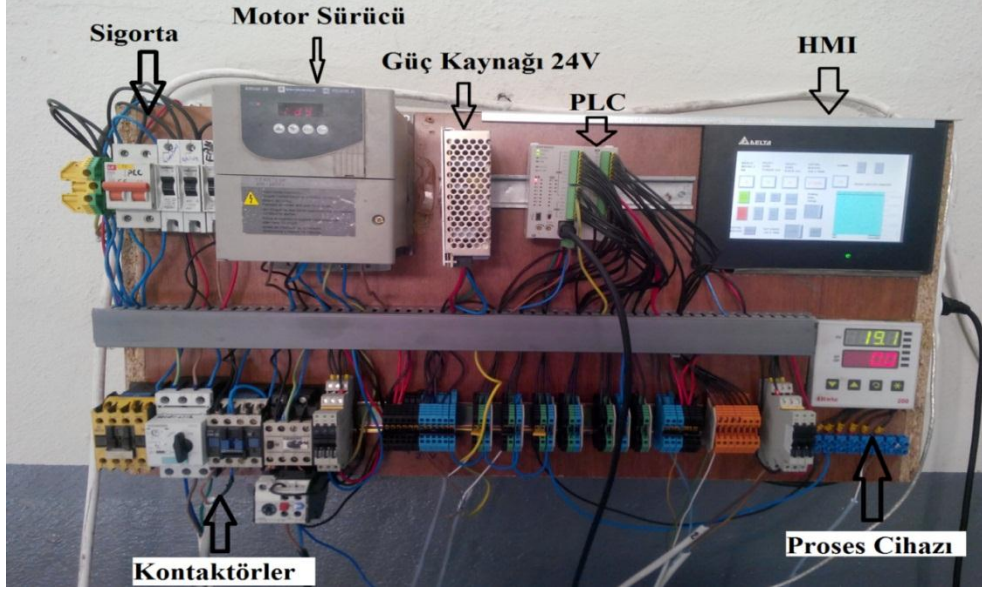
2.2. Kumanda Panosu ve Kullanılan Elemanlar

Kontrol panosunda kullanılan elemanlar aşağıda sıralanmıştır. Şekil 2.16.’ da kumanda panosu gösterilmiştir.

- Delta SX2 model PLC
- Delta DOP serisi HMI
- Elimko E-200 Proses çevirici cihazı
- Telemecanique Altivar 28 model motor sürücü
- 24V(volt) 5A(amper) Güç kaynağı
- Sigorta, Termik, Kontaktör, Klemens, Kart Tipi Röle
- 470µf Kondansatör (Analog Giriş Filtreleme)



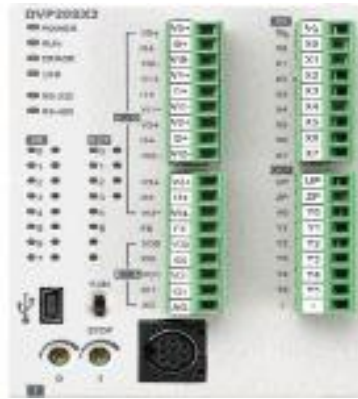
Şekil 2.15. Lineer Cetvel



Şekil 2.16. Kumanda Panosu

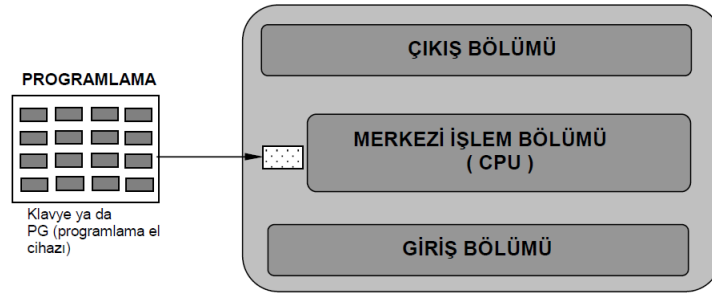
2.2.1. Programlanabilir Mantık Denetleyici (PLC)

PLC, İngilizce Programmable Logic Controller kelimelerinin baş harflerinin birleşmesinden oluşmuştur. Modern teknolojiye yaygın olarak kullanılan bir kumanda sistemidir. İçerisinde EEPROM programlayıcılar ve PIC işlemciler yer almaktadır [19]. Deney düzeneğinde Şekil 2.17' de gösterilen Delta marka DVPSX2 modeli PLC kullanılmıştır.



Şekil 2.17. Delta DVPSX2

PLC sistemi, çok karmaşık ve zor olan otomatik kumanda problemlerinin çözümünde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. PLC içerisinde çok çeşit ve sayıda kumanda elemanı bulunmakta olup her eleman bir adresle ifade edilir. PLC' ye verilen komutlarla bu elemanlar çalıştırılarak çıkış birimine bağlanan elektrik motoru, selenoid valf, lamba, kontaktör, röle gibi değişiklikleri amaca uygun olarak çalıştırmaktadır. PLC' de ayrıca matematiksel işlemlerle (toplama, çıkarma, çarpma, bölme, artırma, azaltma, PID vb.) pals üretme işlemleri de yapılabilmektedir. PLC cihazının; kullanım, tamir, bakım kolaylıkları gibi özelliklerinin olması kullanım alanını bir hayli artırmıştır. PLC' nin programlama dili klasik kumanda devrelerine uyum sağlayacak şekildedir. PLC' lerde programlama yapabilmek için öncelikle klasik kumanda devrelerini bilmek gerekir. PLC, girişten alınan bilgi ve komutlar ile çalışır. PLC; sensörlerden (ani temaslı buton, seçici anahtar, dijital anahtar, sınır anahtarı, yakınlık anahtarı, ısı – ışık – manyetik – optik etkiyle çalışan elemanlar) aldığı bilgiyi operatör (kullanıcı) tarafından verilen programa göre işleyen ve çıkış bölümüne aktaran mikroişlemcidir [19]. Şekil 2.18.' PLC' nin yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.18. PLC' nin yapısı [2]

1-Giriş bölümü: Bu bölüm, girişe bağlanan sensörlerin (ani temaslı buton, anahtar, temassız algılayıcılar) komut verdiği bölümdür. Bu bölümde elektronik giriş röleleri vardır.

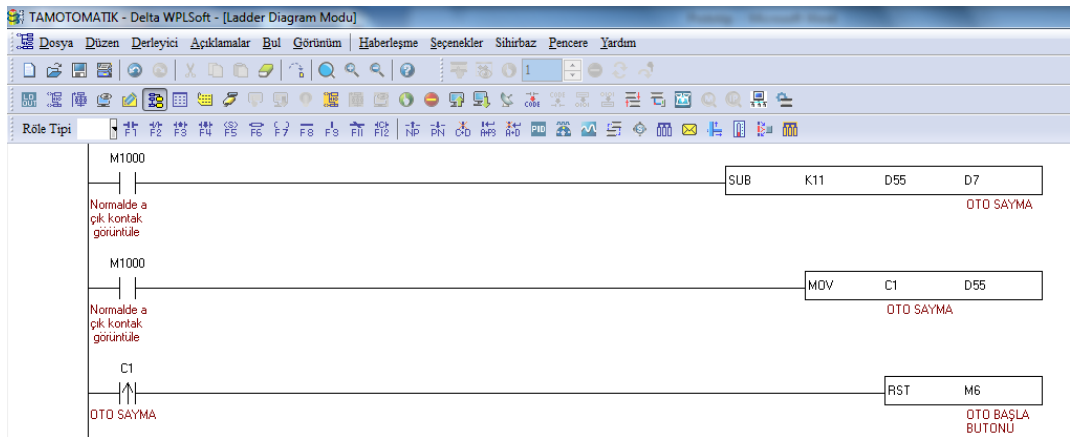
2-Merkezi işlem bölümü: Giriş modülünden sensörlerden alınan sinyallerin değerlendirilerek, bu komutlara göre bilgilerin çıkış bölümüne aktarıldığı bölümdür.

3-Çıkış bölümü: CPU' da değerlendirilen bilgiler, çıkışa atanır ve çıkış röleleri ya da çıkış transistörlerinin çalıştırılarak alıcılara kumanda edildiği bölümdür. Bu bölümde çıkış röleleri ya da çıkış transistörleri bulunmaktadır.

PLC' nin giriş bölümüne verilen sinyaller, lojik olarak verilmektedir. Yani lojik "1" ve lojik "0" olarak verilmektedir. Lojik "1"; 5 V sinyal var, lojik "0" ise 0 V sinyal yok (enerji yok) anlamına gelmektedir. PLC' nin giriş bölümünde bulunan besleme ünitesine 24 V (DC) veya 220 V (AC) gerilim uygulanmaktadır. Hangi gerilimin uygulanması gerektiği PLC' nin katalog değerlerine bakılarak öğrenilmelidir [19].

2.2.2. PLC Programlama

Deney düzeneğinde kullanılan Delta marka PLC cihazını programlamak için WPL Soft yazılımı kullanılmıştır. Şekil 2.19' da WPL soft programının görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.19. WPL Soft

CPU PLC 'nin beyin kısmıdır. En önemli rolü girişleri okumak, kontrol programını çalıştırmak ve buna göre çıkışları güncellemektir. CPU ALU, zamanlama/kontrol

devreleri, akümülatör, hafıza, program sayıcısı, adres yığını ve komut kaydedicileri içerir. Bir PLC içerdiği kontrol programını Şekil 2.20’de gösterildiği gibi sürekli olarak tarayarak çalışır.



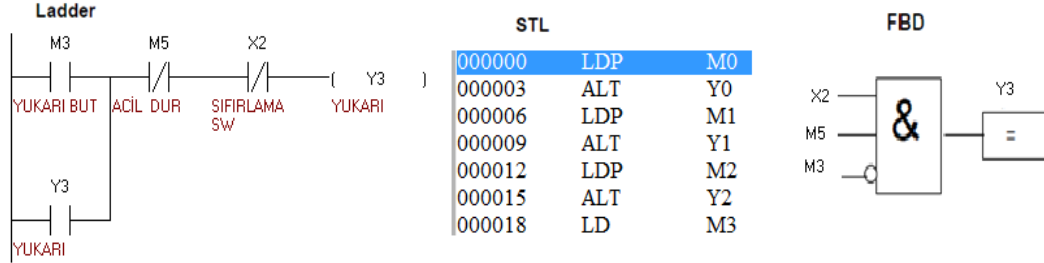
Şekil 2.20. Program tarama [20]

PLC' de programlamayı 3 değişik şekilde yapmak mümkündür.

1. Ladder diyagram (merdiven diyagramı veya kontak plan ile yapılan programlama)
2. Komut listesi ile yapılan programlama (STL = Statement list editor)
3. Fonksiyon blok diyagramı ile programlama (FBD = Function Block Diagram)

Bu program yazma modelleri arasında otomasyoncuların en çok kullandığı program ladder diyagram modelidir. Bu programlama yöntemi ile devrenin çalışmasını izlemek daha kolaydır. Bu program gerçek bağlantıyı verir. Elektronik mesleğinden olanlar daha çok fonksiyon blok diyagramına yatkındırlar. Bilgisayarcılar ve mühendisler ise komut listesi programına yatkındırlar. Ancak su da bilinmelidir ki ladder diyagramda hazırlanan bir projeyi program, STL ve FBD yazılımlarına kendiliğinden çevirmektedir. Program hangi yöntemle yazılırsa yazılınsın diğer yazılım

şekillerini bilgisayar ekranından görmek mümkündür [19]. Şekil 2.21.'de örnek program yazılımları gösterilmiştir.



Şekil 2.21. Programlama örnek gösterimi

2.2.3. PLC' de Kullanılan BIT ve VERİ Adresleri

- X** --- Fiziksel Giriş
- Y** --- Fiziksel Çıkış
- M** --- Yardımcı Kontak (Dahili Bit)
- D** --- Veri hafızası
- T** --- Timer
- C** --- Counter
- S** --- Step Röle

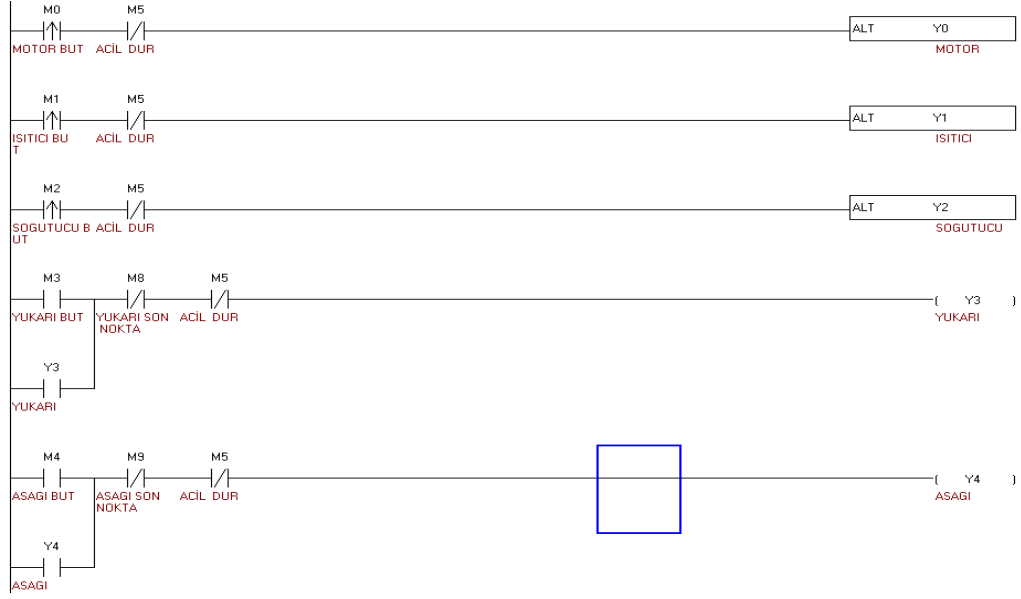
Sistemde PLC' nin hızlı sayıcı girişleri olan X0 ve X1 fiziksel girişlerine lineer cetvelin A ve B fazı bağlanmıştır. Y fiziksel çıkışları motor, soğutucu, ısıtıcı valfleri kontrol etmek için kullanılmıştır. M yardımcı bitlerini de HMI de oluşturulan butonları PLC' de tanıtmak için ve bazı program içinde ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılmıştır. D veri hafızasını sıcaklık, zaman, konum, basınç gibi değerleri kaydetmek ve matematiksel işlemler yapmak amacıyla kullanılmıştır. T zamanlayıcılarını, pistonun aşağı ve yukarı hareket zamanını saymak için ve PLC' de gecikme istenilen durumlarda kullanılmıştır. C sayıcısı da cetvelden gelen palsleri saymak ve konum verisine ulaşmak için kullanılmıştır.

2.2.4. PLC Programı Nasıl Yapılmalı

1. Sistemin çalışma hikâyesi alınır.
2. Sistemin giriş ve çıkışları tespit edilir. (Start butonu girişi, motor çıkışı)
3. Tüm giriş ve çıkışlara adres atanır. (X0 – Start, Y0 – Motor gibi Girişlere adres verirken NPN veya PNP bağlantısına dikkat edilmeli - SS, Çıkışlara adres verirken de çıkış voltajına dikkat edilmeli C0-C1-C2)
4. Her bir çıkış için çalışma ve kesilme şartları belirlenir. Bu şartları belirlerken eksiklik varsa tamamlanmalıdır.
5. Program yazılır ve bağlantılar belirlendiği gibi yapılır.
6. Tüm giriş ve çıkış bağlantıları kontrol edilmelidir. (Bu sırada PLC' ye sadece END komutu gönderildikten sonra girişler ve çıkışlar tek tek kontrol edilmeli eğer bir yanlışlık varsa programdan değil kesinlikle bağlantıdan düzeltilmelidir.)
7. PLC' ye yapılan program yüklenir ve RUN konumuna geçmeden önce çıkış klemensleri sökülür. RUN konuma geçtikten sonra PLC' nin çıkış indikatörlerinin programda olması gerektiği gibi olduğu kontrol edilir.
8. Çalışma çıkış klemensleri takıldıktan sonra tekrar denenir. Bu ilk deneme sırasında olası hasarları önlemek için her an sistem kesilebilecek durumda olunması tavsiye edilir. (Acil Stop, Sigorta... vb.)
9. Program aşama aşama denenir. Eksikler düzeltilir.
10. Enerji kesilip verildikten sonra programın çalışması tekrar denenir [20].

2.2.5. Ladder Diyagramı Yönetimi ile Yazılmış Program

PLC programlama yöntemlerinden Ladder Diyagramı programlama yöntemi seçilmiştir. Ladder yöntemi programlama da daha görsel, hataları bulma ve çalışmasını kontrol etme noktasında en kullanışlı yöntemdir.



Şekil 2.22. Fiziksel çıkış örnek

Örneğin Şekil 2.22’ de gösterilen programda M0 aktif edildiğinde yani HMI paneldeki Motor adındaki Push butona basıldığında Y0 çıkış rölesi aktif olur ve motor çalışır. M0 tekrar aktif edildiğinde Y0 çıkışı pasif olur ve motor durur. Burada kullanılan ALT komutu durum değiştirme komutudur. Yukarı yön valfi çıkışı olan Y3 çıkış rölesi aktif olması için ise M3 kontağı aktif, M8 ve M9 kontakları pasif olması gerekir. Yukarı butonundan elimizi çeksek dahi yani M3 kontağı pasif olsa dahi kilitleme M3 kontağı üzerinden olduğu için M8 ve M5 kontakları aktif olmadığı sürece Y3 çıkış rölesi aktif olur. Yapılan bu işleme mühürleme denir.

Hidrolik yağ tankın içinde bulunan, PT-100 rezistans direnci sıcaklık değıştikçe 0-100 Ω arasında bir değeri E-200 proses cihazına vermektedir. PT-100’ ün bağılı olduğu proses cihazı da sıcaklık değışimine göre 4-20 mA analog bir akım çıkışını PLC’ nin analog giriş kanalına (AD2) verir. PLC de 0 $^{\circ}\text{C}$ 0 değeri 100 $^{\circ}\text{C}$ 2000 işaretli decimal değeri karşılık gelmektedir. Şekil 2.23’de D1112 ile okunan analog sıcaklık verisi SCLP komutu ile doğrusal skala işlemi gerçekleştirilmiş ve gerçek sıcaklık değeri D52 verisine aktarılmıştır. D52 verisi HMI sayısal değeri göster elementine okuma adresi olarak tanıtılmış ve HMI ekranda sıcaklık verisi gösterilmiştir.



Şekil 2.23. Sıcaklık verisi skala işlemi

2.2.6. HMI (Human Machine Interface - İnsan Makine Arabirimi)

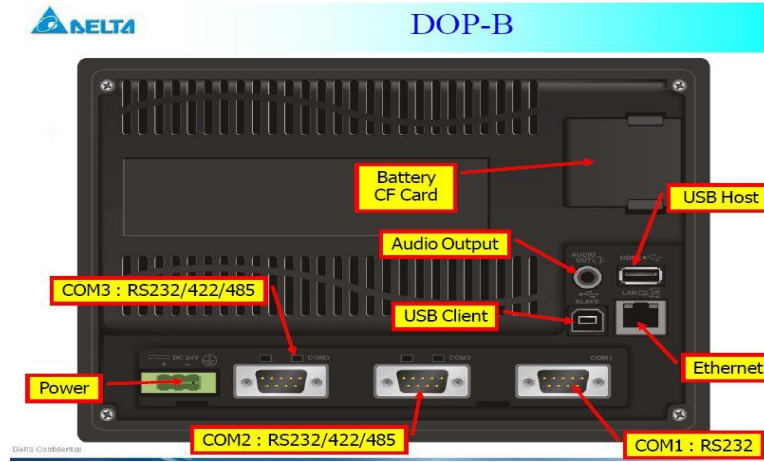
HMI panel, PLC sistemleri kullanılarak gerçekleştirilmiş otomasyon sistemi ile kullanıcı arasında etkileşim sağlayan ünedir. Türkçe karşılığı olarak çoğunlukla operatör paneli tabiri kullanılmaktadır. Prototipte HMI panel olarak Delta marka DOP-B07E415-65336 colors modeli kullanılmıştır. Şekil 2.24.' de delta marka ekran modelleri gösterilmiştir.



Şekil 2.24. HMI

HMI Paneller üzerinde bir işletim sistemi çalıştıran mikrobilgisayarlardır. Genel olarak işletim sistemleri kullanıcıya kapalıdır ve kendilerine özel editörler yardımı ile programlanırlar. Bununla birlikte endüstriyel bilgisayar olarak da anılan Windows, Linux vb. işletim sistemine sahip güçlü sistemler de kullanılabilir. Bir HMI panelin temel görevi operatörden aldığı emirleri otomasyon sistemine iletmek, otomasyon sisteminden aldığı proses verilerini de ekranında görüntülemektir. Otomasyon sisteminin ölçeğine göre veriler birkaç sayfada gösterilebileceği gibi, onlarca ana ve alt sayfadan oluşan karmaşık bir yapı da görülebilir.

Panel ve PLC arasındaki haberleşme için Şekil 2.25.' de gösterilen RS232, RS485 veya Ethernet bağlantısı kullanılabilir. Her marka kendi ürünlerinde bir veya daha fazla sayıda bağlantı türünü desteklemektedir. Genellikle HMI paneller farklı markalara ait PLC' ler ile de haberleşebilirler. Bu işlem için cihaz üretici tarafından belirtildiği şekilde konfigüre edilmelidir.

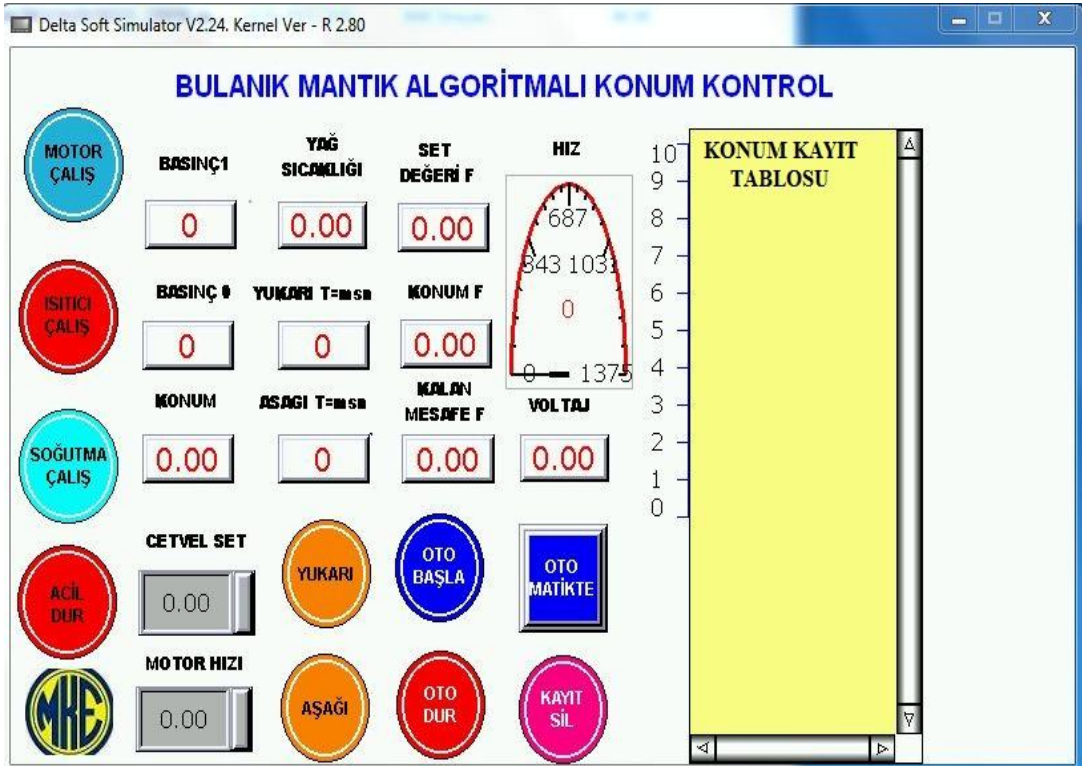


Şekil 2.25. HMI bağlantı noktaları [21]

Haberleşme protokolü olarak Profibus, Modbus, ProfiNET vb. kullanılabilir. Sistemin ölçeğine göre bir veya daha fazla sayıda Panel / PC sistemde kullanılabilir. Operatör panelleri çoğunlukla kullanıcının çalışma alanına yakın alanlara konumlandırılırken PC sistemleri yönetim merkezinde yer almaktadır [22].

2.2.7. HMI Programlama

HMI panelini programlamada DOPsoft 1.01 programı kullanılmıştır. Programda öncelikle temel çalışma için gerekli butonlar (Motor Çalış, Isıtıcı Çalış, Soğutucu Çalış, Acil Dur, Yukarı, Aşağıya vb.), menüden element-buton-push buton menüleri takip edilerek sayfaya yerleştirilmiştir. Ekrana yerleştirilen butonlar dikey ve yatay eksenlerde görüntü düzgünlüğü için aynı hizaya getirilmiştir. Bu butonların yazma ve okuma adresleri PLC programındaki adreslemeye göre ayarlanmıştır. Tasarlanan ana sayfa HMI ekran görüntüsü Şekil 2.26.' da gösterilmiştir.



Şekil 2.26. HMI ekran görünümü

Veri gösterge kutuları element-göster-sayı göster menüleri takip edilerek sayfaya eklenmiştir. Akabinde veri göstergelerinin noktalı sayı ayarları, okuma adresi ve veri giriş ayarları yapılmıştır. Manuel olarak motor hız ayarı yapılabilmesi ve dışardan

cetvel set değeri girilebilmesi için Element-Gir-Sayısal Değer Gir menüleri takip edilerek cetvel set değeri ve motor hızı değeri giriş menüsü sayfaya eklenmiştir. Bu sayısal değer girme menülerinin sistemde herhangi bir sıkıntıya yol açmaması için alt ve üst limit ayarları yapılmıştır. Alt ve üst limit ayarı yapılmasındaki amaç pistonun uzunluğundan daha fazla bir set değeri girişi olmasını engellemektir. Eğer piston uzunluğundan daha fazla bir set değeri girilse sistem o set değerine ulaşmaya çalışacağı için sürekli basınçta kalarak hidrolik sisteme zarar verebilir. HMI' den konum set değeri girme ekran görüntüsü Şekil 2.27' de gösterilmiştir.



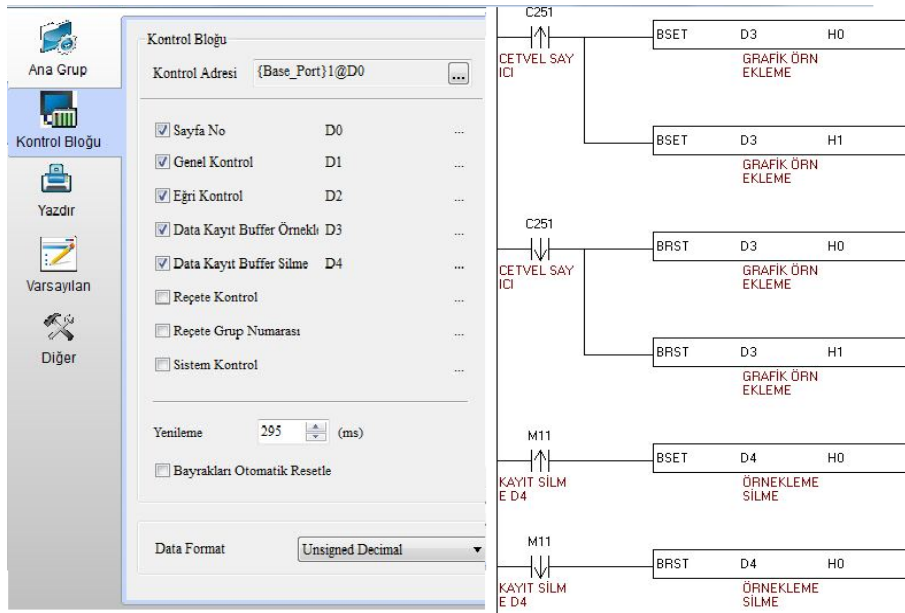
Şekil 2.27. Cetvel set değeri girişi

Ekrana ulaşılan konum değerlerini kayıt edebilmek için konum kayıt tablosu ekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Konum kayıt tablosu menüden element-örnekleme-geçmiş veri tablosu adımları takip edilerek sayfaya eklenmiştir. Daha sonra kaydın ne zaman gerçekleştirileceğini tanıtmak için menüden seçenekler-yapılandırma-kontrol bloğu-veri kayıt buffer örnekleme adresi Şekil 2.28.' de gösterildiği gibi belirlenmiştir. Tanıtılan örnekleme adresleri PLC' de set ve reset işlemine tabi tutularak konum bilgileri tabloya kaydedilme işlemi gerçekleştirilmiştir. Konum kayıt tablosundan kayıt silme işlemi içinde menüden seçenekler-yapılandırma-kontrol bloğu-veri kayıt buffer örnekleme silme adresini PLC' de set ve reset işlemine tabi tutularak konum

bilgileri tabloya silme işlemi de gerçekleştirilmiştir. Silme işlemi için ekranda kayıt silme adında bir buton yerleştirilmiştir.

2.2.8. Motor Sürücü (Telemecanique Altivar 28)

Günümüzde kullanılan elektrik yükünün büyük bir çoğunluğunu elektrik motorları kapsamaktadır. Özellikle sanayide ve özel kullanım alanlarında çok sayıda kullanılan elektrik motorlarının başında AC motorlar gelmektedir. Bu kadar çok kullanım alanı olan AC motorlarının kontrol edilmesi büyük hassasiyet gerektirmektedir. Deney düzeneğinde hidrolik motorun hızını ayarlamak için Şekil. 2.29.'da gösterilen Telemecanique marka Altivar 28 modeli kullanılmıştır.



Şekil 2.28. Örnekleme alma-silme



Şekil 2.29. Motor Sürücü Telemecanique Altivar 28

Hızla gelişen bilgisayar sistemleri, otomatik kontrol sistemleri, elektronik, güç elektroniği ve otomasyon teknolojisinde elektrik motorlarının önemi çok büyüktür. Elektrik motorları bize mekanik güç sunar. Bu mekanik hareketin istenilen seviyede kontrol edilmesi gerekir. Elektrik motorların hız kontrolü, makinenin saniyede veya dakikadaki devir sayısının kontrolü ile yapılır. Bu işlemin maksimum verimle istenilen ölçüde gerçekleştirilmesi gerekir. Endüstride elektrik motorlarının hemen hemen büyük bir bölümü AC sürücüler ile kontrol edilmektedir. Sanayi sektöründe sürücü sistemlerinin kullanılmasıyla sistemde enerji tasarrufu sağlanır, üretim kalitesi artar ve elektrik motorların daha verimli bir şekilde çalışması sağlanır. Bu sürücüler daha da geliştirilerek hız kontrol cihazı teknolojisi geliştirilmiş ve bu işlev daha kompakt bir hale getirilmiştir [23].

Hız kontrol cihazı kullanılmasının sebebi hidrolik motorun devir hızını kontrol ederek, pompadan basılan yağın debisini kontrol etmek ve buna paralel olarak da pistonumuzun hareket hızını kontrol etmektir. Hidrolik sistemlerde hassas konum kontrolü zor bir işlemdir. İstenilen zamanda ve istenilen noktaya kontrolü güçtür. Ama hidrolik sistemler basıncın ihtiyaç olduğu pres, torna, CNC gibi güçlü sistemlerde kullanımı zorunludur. Bu sistemlerde de hassasiyet önemlidir. Yapılan sistemde motor sürücü vasıtasıyla piston hızını kontrol ederek istenilen konuma en az hata ile ulaşmaya çalışacağız.

2.2.9. Hız Kontrol Cihazı Faydaları

2.2.9.1. Seçilebilir Hızlanma / Yavaşlama

Sürücü motor ve yük için birden fazla bağımsız hızlanma ve yavaşlama oranını kontrol edebilir. Bu özellikler sürücünün hız kontrol modunda çıkışı arttırmasının veya azaltmasının ne kadar süre alacağını tayin eder.

2.2.9.2. Uzun Hızlanma / Yavaşlama

Sürücüler motorun ve yükün hızlanma ve yavaşlama sürelerini kontrol edebilir. Bu özelliği, hız kontrol modunda iken çıkışın artması veya azalması için geçecek süreyi kontrol eder.

2.2.9.3. Analog Giriş / Çıkış

Her uygulamanın kendine özel değişik giriş çıkış adetlerine ihtiyacı vardır. Analog giriş çıkışlar genellikle proses sinyallerini okumak ve sürücü durumuna orantılı sinyaller üretmek için kullanılır. Analog giriş çıkışlar genellikle Gerilim(0-10V) veya Akım (4-20 mA) seviyesindedir. Uygulama tarafından ihtiyaç duyulan tip ve adet sürücü ile uyumlu olmalıdır.

2.2.9.4. Dijital Giriş / Çıkış

Her uygulamanın belirli adetlerde dijital giriş çıkışa ihtiyacı vardır. Dijital giriş çıkışlar genellikle sürücüyü kontrol etmek(Start, stop, jog vs.) ve sürücü durumunu izlemek için kullanılır.

2.2.9.5. Dinamik Frenleme

Hızlı yavaşlamaya veya duruşlara ihtiyaç duyulan uygulamalar sürücüye geri enerji akışına neden olabilir. Dinamik bir fren bu enerjiyi direnç üzerinde ısıya dönüştürür.

2.2.9.6. Anlık enerji kaybı çalışması

Sürekli bir prosesi kontrol eden uygulamaların, kısa enerji kesintileri nedeniyle durmaya tahammülü yoktur. Proses 2-3 çevrim uzunluğundaki kesintilerde çalışmaya devam edebilmelidir.

2.2.9.7. Sabit hızlar

Sürücülerin hız kontrolü tipik olarak potansiyometre veya analog giriş kullanılarak yapılır. Eğer belirli tekrar eden hızlar gerekiyor ise, dijital girişlerin yardımı ile sürücünün önceden belirlenen bu hızlarda çalışması sağlanabilir.

2.2.9.8. Dönen motoru yakalama

Yüksek ataletli ve düşük sürtünmeli uygulamalar, durma komutu verildiğinde, anlık enerji kesintilerinde veya arıza durumlarında serbest duruşa geçer. Bu uygulamaların birçoğunda, bu durum ortadan kalktığında, yük, serbest duruş hızına/yönüne eşitlenerek normal çalışmaya geri dönmelidir.

2.2.9.9. PID Çevrimi

Dahili bir fonksiyon, oransal, integral ve türevsel kontrol sağlayan kapalı çevrim proses kontrolü sağlar. PID fonksiyonu, bir analog girişi okuyarak bu değeri set

değeri ile karşılaştırır. PID çevrimi sürücü çıkış frekansını ayarlayarak (dolayısıyla prosesi) giriş değerinin set değerine eşit olmasını sağlar.

2.2.9.10. Fan / Pompa Kontrolü

Birçok fan ve pompa kurulumunda geniş bir akış değişimi spektrumunu vardır. Su ve atık su sistemleri, prosesler, ve diğer endüstriyel uygulamalar bu gruptadır. Mükemmel akış kontrolü, fan veya pompa üzerinde değişken hızlı bir sürücü kullanarak ve diğer birimleri sabit hızda çalıştırarak elde edilir.

2.2.9.11. Hız aralığı

Tüm uygulamalar, maksimum sürekli hızın minimum sürekli hıza oranı olarak tanımlanan belirli bir hız aralığında çalışır.

2.2.9.12. Haberleşme

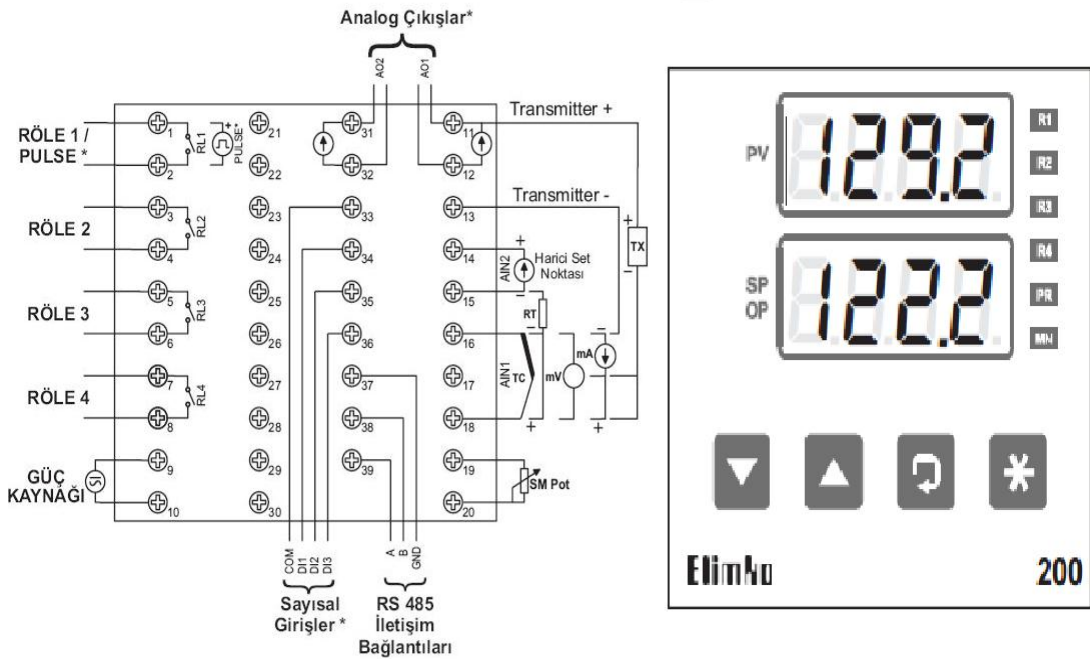
Birden fazla sürücü içeren uygulamalarda veya PLC veya bir başka süpervizör cihaz tarafından kontrol edilen sürücülerde genellikle belirli bir ağ üzerinde haberleşme gerekebilir.

2.2.9.13. Kapalı Çevrim Kontrol

Uygulamalar sıklıkla yük hızının hassas bir şekilde ölçümünü gerektirir. Tipik olarak, motor şaftına bağlanan bir enkoder ile gelen sinyaller şaft hızını gösterir. Böylece sürücü istenen duruma göre çıkışını ayarlayabilir. Kapalı çevrim en yüksek doğruluk ve performansı sunar [24].

2.2.10. E200 Proses Kontrol Cihazı

E200 serisi üniversal süreç kontrol cihazları; açık/kapalı ve PID kontrol yapmak üzere, gelişmiş yeni nesil mikro denetleyici kullanılarak tasarlanmış 96x96 mm ebatlarında, Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) 668 normlarına uygun, üniversal giriş ve çıkışların kullanıcı tarafından kolaylıkla programlanabildiği endüstriyel cihazlardır. Yüksek okuma hassasiyetine kolaylığına sahip, oynar mekanik parçası bulunmayan, sonsuz ömürlü, zaman ve dış etkenlerle bozulmayan kalibrasyonlu, yüksek giriş empedanslı, ölçü eleman ve kabloların kopmalarına sistemi koruyan ve ikaz eden, set edilen değerin ve ölçülen değerin -1999'dan 9999'a kadar 4'er dijitle iki ayrı göstergede izlenebildiği elektronik cihazlardır. Endüstrinin her alanında; sıcaklık, basınç, seviye, hız, akım, gerilim, direnç ve diğer fiziksel birimlerin ölçüm ve kontrolünde; Demir-çelik, çimento, kimya, gıda, plastik, petrokimya, rafineriler, seramik, cam ve diğer sanayi dallarında kullanılmaktadır [25]. Şekil 2.30.' da E200 proses cihazının bağlantı şekilleri ve dış görünümü gösterilmiştir.



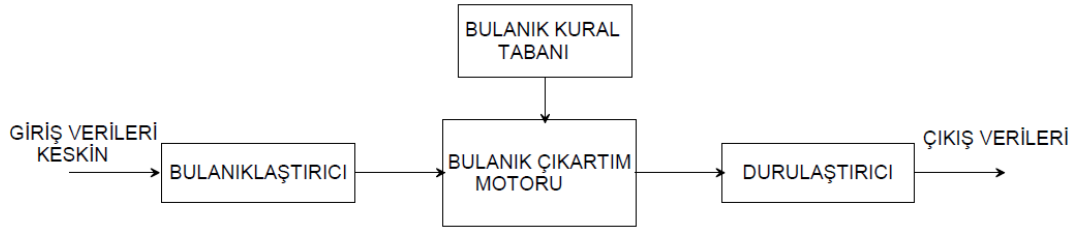
Şekil 2.30. E200 bağlantı

Hidrolik tankın içinde bulunan sıcaklık ölçme elemanı PT-100 rezistans direnci direk PLC' ye bağlanamadığı için proses cihazına ihtiyaç duyulmuştur. Kumanda panosunda bulunan E200 proses cihazı, PLC' ye sıcaklık değerini 4-20 mA olarak girilmesi için çevirici elaman olarak kullanılmıştır. Proses cihazı için de mikro işlemci bulundurduğu için hassas ölçümlerde hızlı cevaplar vermektedir. Bulanık kontrol işlemi gibi anlık değişimlerin önemli olduğu durumlarda sıcaklık verisi almak için proses cihazı kullanmak sağlıklı sonuçlar almak için önemli görülmüştür. PLC programı yazılmadan önce sağlıklı veriler alabilmesi için proses cihazının konfigürasyon ayarları yapılmış ve gerekli kalibrasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Hidrolik ünitemizde ısıtıcı ve soğutucu vasıtasıyla hidrolik yağ çeşitli sıcaklıklara ulaştırılmış sıcaklık verisinin doğruluğu başka ölçüm cihazlarıyla kontrol edilmiştir.

2.3. Bulanık Mantık

Gerçek dünya karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik ve kesin düşünce ve kararlar verilmeyişten kaynaklanır. Birçok sosyal, iktisadi ve teknik konularda insan düşüncelerinin tam anlamı ile olgunlaşmamış oluşundan dolayı belirsizlikler her zaman bulunur. İnsan tarafından geliştirilmiş olan bilgisayarlar, bu türlü belirsizlikleri işleyemezler ve çalışmaları için sayısal bilgiler gereklidir. Bilgisayarlardan farklı olarak insanın yaklaşık düşünme ve oldukça yetersiz, eksik ve belirsizlik içeren veri ve bilgi ile işlem yapabilme yeteneği vardır. Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir. Zadeh tarafından gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelenmeye alınırsa, çözümün daha da bulanık hale geleceği ifade edilmiştir [26]. Bulanık ilkeler hakkında ilk bilgiler, Azerbaycan asıllı Lütfü Askerzade Zadeh, tarafından literatüre mal edilmesine karşılık, bu fikirler batı dünyasında şüphe ile karşılanmış ve oldukça yoğun tenkit almıştır. Ancak, 1970 yıllarından sonra doğu dünyasında ve özellikle de Japonya' da bulanık mantık e sistem kavramlarına önem verilmiştir. Bunların, teknolojik cihaz yapım ve işleyişinde kullanılması bugün tüm dünyada yaygın bir biçimde tanınmıştır. Bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın değişik araştırma merkezlerinde dikkat kazanması 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir kontrol uygulaması

ile olmuştur. Bu araştırmacılar ilk defa bir buhar makinası kontrolünün bulanık sistem ile modellenmesini başarmıştır. Bu ön çalışmadan, bulanık sistemlerle çalışmanın ne kadar kolay ama ne kadar etkili olduğu anlaşılmıştır [27]. Şekil 2.31.’ de bulanık sistemin genel görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.31. Bulanık sistemin genel görünümü

2.3.1. Bulanıklaştırma ve Üyelik Fonksiyonları

Bulanık sistemin ilk basamağıdır. Karar vericiler hangi şartlarda ve boyutlarda karar verirlerse versinler, bir belirsizlik ortamı içinde bu işlevlerini yerine getirmek zorundadırlar. Verilen kararların doğruluğu ise, söz konusu belirsizliğin riske dönüştürülebildiği ölçüde sağlanacaktır. Ancak karar vericiler karar sürecinde klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorlarsa, sonuçta verilen kararlar, iyi – kötü, güzel – çirkin, doğru – yanlış, evet – hayır, siyah – beyaz ya da 0 – 1 gibi yönlü kararlar olacaktır. Oysa gerçek yaşam mutlak ayırım üzerine kurulu değildir. Diğer bir deyişle karar ortamlarında mutlak siyah ve mutlak beyazın yanında binlerce gri tonunun varlığı unutulmamalıdır.

Bu noktada genel anlamda karar süreçlerinde belirsizliğin nasıl öngörüüleceği ve nasıl karar süreçlerinin bir parçası haline getirilebileceği yolunda çalışmalar başlamış ve bu çalışmaların sonunda alternatif bilimsel yaklaşım düşüncesi ortaya atılmıştır. Bu süreçteki son nokta ise Lütfi Zadeh’ in Bulanık Mantık Teorisi olmuştur. Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar Çizelge 2.1’ de gösterilmiştir.

Zadeh' e göre bulanık mantık çoklu değerlidir. Klasik mantığın 0 – 1 önermelerine karşılık bulanık mantık, üç veya daha fazla sayıda önerme oluşturur [26].

Bulanık mantığın başlıca özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- “doğru” , ”çok doğru” , ”az çok doğru” v.b. gibi sözel olarak ifade edilen (linguistik-dilsel-değişkenli) doğruluk derecelerine sahip olması,
- Geçerliliği kesin değil fakat yaklaşık olan çıkarım kurallarına sahip olması,
- Her kavramın bir derecesi olması,
- Her mantıksal sistemin bulanıklaştırılabilmesi,
- Bulanık mantıkta bilginin, bulanık kısıtlara ait değişkenlerin esnekliği veya denkliliğiyle yorumlanması

Çizelge 2.1. Klasik Mantık-Bulanık Mantık Arasındaki Temel Farklılıklar

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A <u>veya</u> A Değil	A <u>ve</u> A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

Bulanık mantık, Sayıların Komşuluğu felsefesine dayanır. Karar sürecinde bir durum bir sayıyla ifade ediliyorsa, söz konusu durumun kabul edilirliği o sayının gerçekleşmesinde sağlanacaktır. Ancak söz konusu sayıya yakın sayılar karar sürecinin bir parçası olarak algılanmayacaktır. Oysa belirli bir güven katsayısında bu sayıların farklı popülasyonların üyeleri olduğunu öne sürmek de istatistiksel açıdan yanlış olacaktır. Örneğin bir tezgahta işlenen bir parçanın sıcaklığının 39 C^0 ye ulaşması, tezgahın bakım sürecini başlatan bir durumsa belki de sıcaklığın 36 C^0 ye ulaşması da aynı bakım sürecinin başlaması için bir ön şart olarak kabul edilebilir.

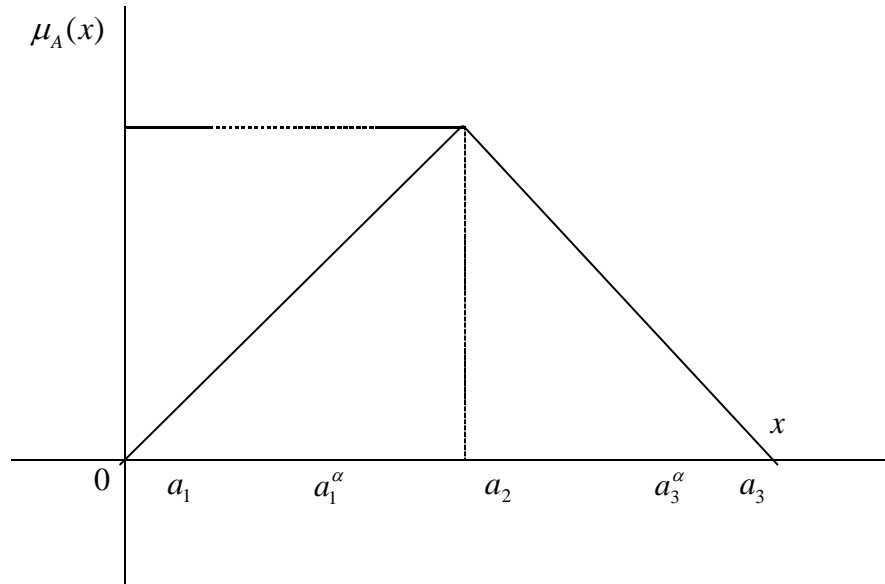
Bu durumda aynı temel amaca hizmet eden sayıların komşuluğundan söz etmek mümkündür.

Eğer $A \in R \in (-\infty, +\infty)$ ' da, söz konusu kümenin bir elemanı ise $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu $R \rightarrow [0,1]$ aralığında oluşur. Diğer bir deyişle A kümesi $A = [a_1, a_3]$ aralığında ise genel olarak $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu (2.1) eşitliğiyle gösterilebilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ [0,1], & a_1 \leq x \leq a_3 \\ 0 & x > a_3 \end{cases} \quad (2.1)$$

Üyelik fonksiyonları genellikle, üçgen üyelik fonksiyonları ve yamuk üyelik fonksiyonları olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir.

2.3.1.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu



Şekil 2.32. Sayıların komşuluğu

$\mu_A(x)$ üçgensel üyelik fonksiyonu, (2.2) eşitliğinde tanımlanmıştır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (2.2)$$

(2.2) eşitliğine göre küme, $A = (a_1, a_2, a_3)$ olmalıdır. Burada a_2 normal değerli üyelik olarak tanımlanabilir. Bulanık Mantık bu noktada bir α katsayısına bağlı olarak a_2 ' ye yakın değerlerin, bu değere yüklenen anlam ile temsil edileceğini varsaymaktadır. Diğer bir deyişle a_2 ' deki belirsizlik, varsayılacak ya da dağılıma göre bulunabilecek bir α katsayısı ile tolere edilebilir. Söz konusu komşuluk Şekil 2.32.' de gösterilmiştir. α değeri bulanık mantık terminolojisinde kesim katsayısı olarak adlandırılır. a_1^α ve a_3^α sayıları ise a_2 normal değerinin komşuluğunu oluşturan aralığın alt ve üst sınır değerleridir. Diğer bir deyişle a_1^α ve a_3^α aralığındaki tüm sayılar a_2 normal değeri ile aynı anlama sahiptir. a_1^α ve a_3^α değerleri (2.3) ve (2.4) denklemleri yardımıyla bulunabilir.

$$\frac{a_1^\alpha - a_1}{a_2 - a_1} = \alpha \quad (2.3)$$

$$\frac{a_3 - a_3^\alpha}{a_3 - a_2} = \alpha \quad (2.4)$$

(2.3) ve (2.4) denklemlerinden $\forall \alpha \in [0,1]$ için $A_\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha]$ aralığı oluşturulabilir.

a_1^α ve a_3^α değerleri (2.5) ve (2.6) denklemlerinde gösterilmiştir.

$$a_1^\alpha = \alpha(a_2 - a_1) + a_1 \quad (2.5)$$

$$a_3^\alpha = a_3 - (a_3 - a_2)\alpha \quad (2.6)$$

Örneğin üçgensel bulanık mantık sayılarına ilişkin küme $A = (-5, -1, 1)$ ise bu durumda (2.7) denklem kümesinden üyelik fonksiyonu,

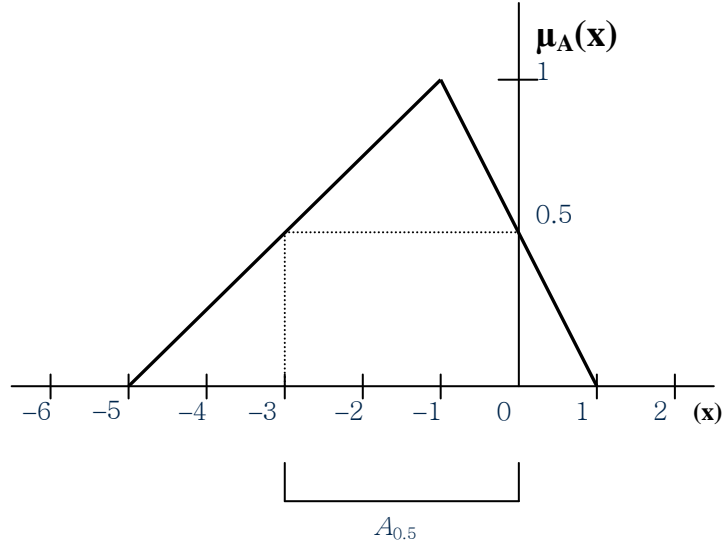
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < -5 \\ \frac{x+5}{4}, & -5 \leq x \leq -1 \\ \frac{1-x}{2}, & -1 \leq x \leq 1 \\ 0, & x > 1 \end{cases} \quad (2.7)$$

olarak bulunur. Eğer karar verici α kesim katsayısını 0,5 olarak saptamışsa -1 normal değerinin komşuları (2.5) ve (2.6) denklemlerinden $a_1^{0,5} = -3$ ve $a_3^{0,5} = 0$ olarak bulunacaktır. Diğer bir deyişle -1 normal değeri ile aynı anlam düzeyinde bulunan sayılar kümesi $[-3, 0]$ aralığıdır. Söz konusu ilişki Şekil 2.33.' de gösterilmiştir.

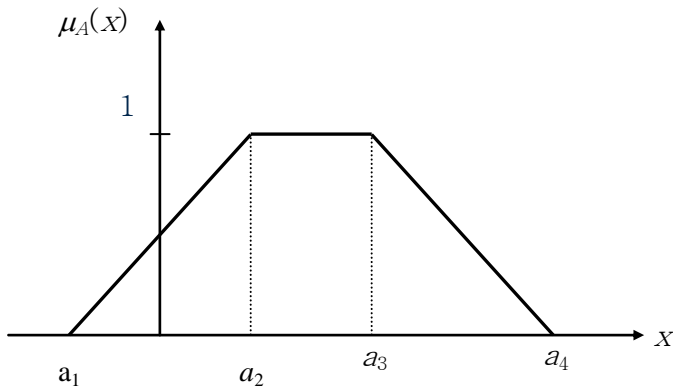
2.3.1.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Eğer bulanık mantık sayılarına ilişkin kümede normal kabul edilen iki değer varsa diğer bir deyişle küme, $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ şeklinde 4 belirleyici değerden oluşuyorsa bu durumda üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonu tipinde oluşacaktır.

Yamuk üyelik fonksiyonu (2.8) denkleminde gösterilmiştir.



Şekil 2.33. $A = (-5, -1, 1)$ Kümesinin komşuluğu



Şekil 2.34. Yamuk Sayı Komşuluğu

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (2.8)$$

Söz konusu komşuluk Şekil 2.34.' deki gibi oluşacaktır [28].

2.3.2. Bulanık Kurallar ve Bulanık Çıkarım

İnsanlar sözel ifadelerle etkileşim içinde bulunduğu zaman bu ifadeleri inceleyerek sorun ile ilgili olanları yargılama ve ilişkilendirme sonucu bir takım kurallar çıkarırlar. Bu makul ve mantıksal olan kuralları bu gün için matematikte bilinen yöntemler, diferansiyel ve integral hesaplamalarla ifade etmek mümkün değildir. Çünkü bu yöntemlerin kullanılabilmesi için belirginlik gereklidir. Gerekli çözümlere ulaşabilmek için basit bulanık küme hesaplamaları ile bulanık alt kümeler arasında geçerli ilişkiyi sağlayacak bulanık küme kural yapılarının iyice bilinmesi gereklidir. Doğal lisanlar ne kadar karmaşık, müphem ve bulanık olsalar bile, insan iletişiminin temelini teşkil etmeleri bakımından önemlidir. Bunun için bulanık söz ifadelerini işleyebilecek kural, kümeler ve işlemlere gerek vardır [27]. Bulanık terimler, dilsel “eğer” “ise” (“if”, “then”) kurallarından sonuç çıkarmak için kullanılır.

Örneğin;

- Eğer hava “az sıcak” ise pencereyi “az aç”
- Eğer hava “sıcak” ve oda “nemli” ise pencereyi “çok aç”

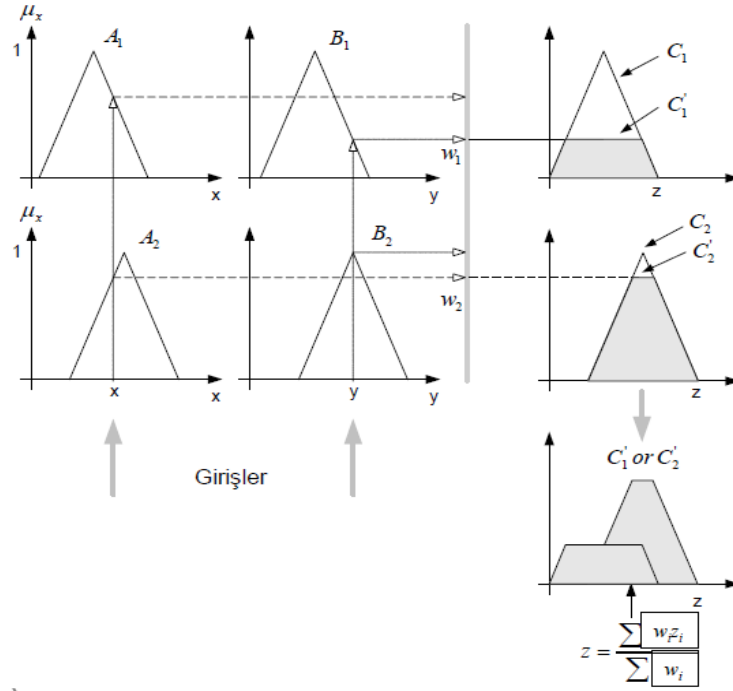
Bulanık mantık sisteminin kural listesi ve üyelik fonksiyonları için genellikle uzman kişilerden sağlanan bilgiler kullanılır. YSA ve benzeri metotlar da eğitim bulanık kuralları ve üyelik derecelerini belirlemek için kullanılabilir [28]. Bulanık çıkarımın belirlenmesinde dört farklı metot bulunur bunlar;

- Min-max (Mamdani)
- Max-dot (Mamdani)
- Sugeno
- Tsukamoto ‘dur.

Yapılan deneyler sonucunda sisteme en uygun çıkarım yöntemi olarak Min-max yöntemi kullanılmasına karar verilmiştir. Şekil 2.35.’ de Min-max çıkarım yöntemi gösterilmiştir.

2.3.3. Durulaştırma

Pratik uygulamalarda, özellikle cihaz ve mühendislik plan, proje ve tasarımlarında boyutlandırmalar için kesin sayısal değerlere gerek duyulmaktadır. İşte bu durumlara bulanık olarak elde edilmiş veya verilmiş bilgilerden yararlanarak gerekli cevapların verilmesi için bulanık olan bilgilerin durulaştırılması gerekmektedir. İnsanlar için yapay zekâ çalışmalarında bulanık değişken küme, mantık ve sistemler öneme sahip olmasına mukabil, bunların bulanık olabilecek çıkarımlarının kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. İşte bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden durulaştırma işlemleri adı verilir [27].



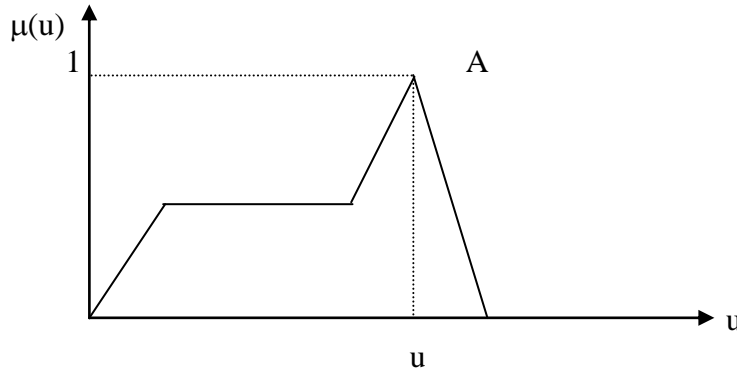
Şekil 2.35. Min-max çıkarım yöntemi [30]

2.3.3.1. Durulaştırma Yöntemleri

Aşağıda altı tane durulaştırma işleminin esasları verilecektir. Bunların hangisinin kullanılacağına araştırma veya tasarımı yapan mühendisin, elindeki sorunun türüne göre karar vermesi gereklidir.

2.3.3.1.1. En Büyük Üyelik İlkesi

Bir diğer adı da yükseklik yöntemidir. Kullanılması için tepeleri olan çıkarım bulanık kümelerine gerek vardır. En büyük üyelik ilkesi ile durulama yöntemi Şekil 2.36.' da gösterilmiştir.

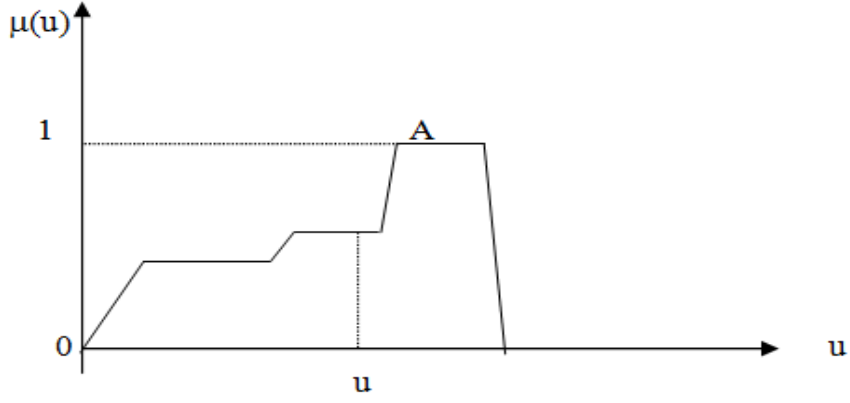


Şekil 2.36. Üyelik fonksiyonlarının max noktaları ile durulama işlemi

2.3.3.1.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi

Bir diğer adı da sentroid yöntemidir. Durulaştırma işlemlerinde en yaygın olan kullanılan işlemlerdendir. Ağırlık merkezi ile durulama yönteminin denklemi (2.9)' da ve grafiği Şekil 2.37.' de gösterilmiştir.

$$U = \frac{\int \mu(u).u.du}{\int \mu(u).du} \quad (2.9)$$

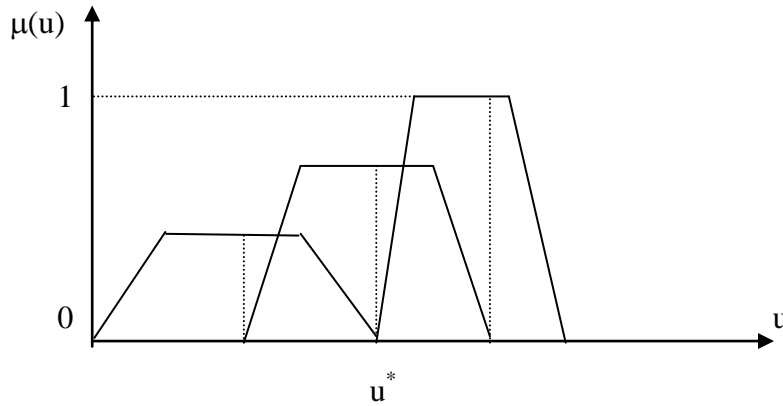


Şekil 2.37. Ağırlık merkezi yöntemi ile berraklaştırma işlemi

2.3.3.1.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Bu yöntem yalnızca simetrik çıkışlı üyelik fonksiyonları için kullanılmaktadır. Her bir simetrik üyelik değerinin tepe noktası değeri belirlenerek, ortalamaların alınmasıyla yapılmaktadır. Ağırlıklı ortalama ile durulama yönteminin denklemi (2.10)' da ve grafiği Şekil 2.38.' de gösterilmiştir.

$$u = \frac{\sum \mu(u).u}{\sum \mu(u)} \quad (2.10)$$

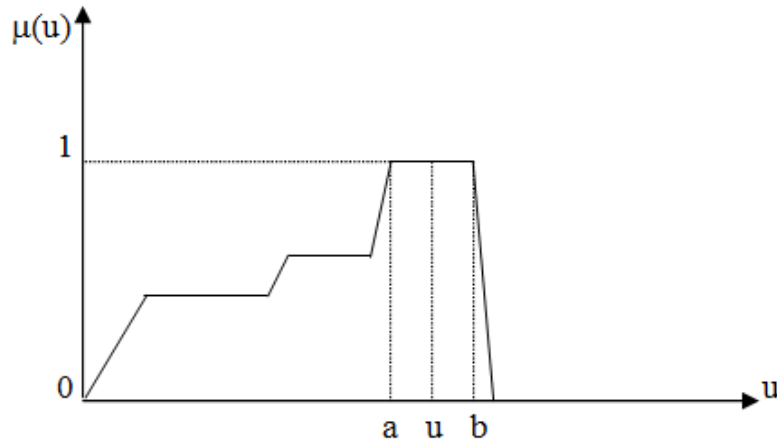


Şekil 2.38. Ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulama işlemi

2.3.3.1.4. Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi

Bu yöntem en büyük üyelik ilkesi yöntemine benzemektedir. En büyük üyeliklerin ortalaması alınır. Ortalama en büyük üyelik ile durulama yönteminin denklemi (2.11)' da ve grafiği Şekil 2.39.' da gösterilmiştir.

$$u = \frac{a+b}{2} \quad (2.11)$$

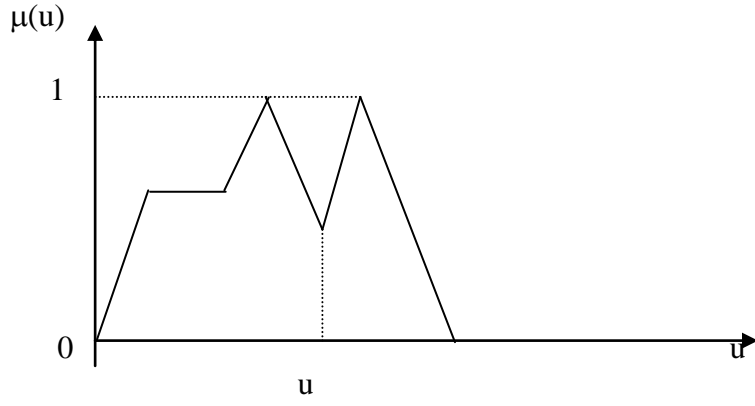


Şekil 2.39. Ortalama en büyük üyelik yöntemi ile durulama işlemi

2.3.3.1.5. En Büyük Alan Merkezi Yöntemi

Eğer bulanık çıkarımlar en az iki tane dışbükey üyelik elamanından oluşuyorsa bu yöntem kullanılabilir. Bu yöntemde dışbükey olmayan üyelik değerlerinin bileşkeleri parçalanarak durulanır. En büyük alan merkezi ile durulama yönteminin denklemi (2.12)' da ve grafiği Şekil 2.40.' da gösterilmiştir.

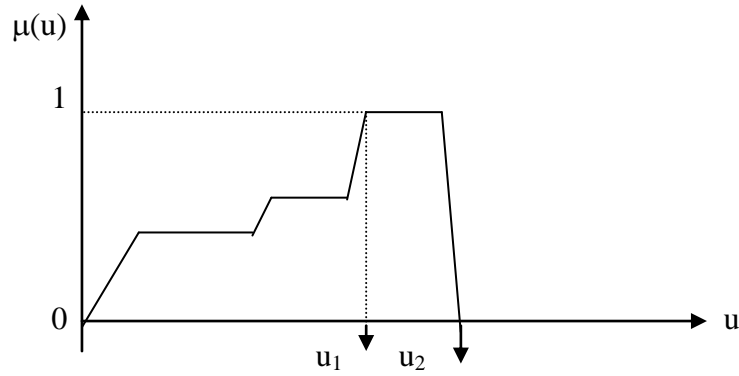
$$u = \frac{\int \mu_{Ak}(u).u.du}{\int \mu_{Ak}(u).du} \quad (2.12)$$



Şekil 2.40. En büyük alan merkezi yöntemi ile berraklaştırma işlemi

2.3.3.1.6. En Büyük İlk veya Son Üyelik Derecesi Yöntemi

Bu yöntem tüm bulanık çıkışlarda uygulanabilecek bir yöntemdir. En büyük ilk veya son üyelik derecesi ile durulama yönteminin grafiği Şekil 2.41.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.41. En büyük ilk veya son üyelik derecesi ile durulama işlemi [28]

2.3.4. Bulanık Mantığın Avantaj ve Dezavantajları

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

2.3.4.1. Avantajlar

- Günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamıŐ sistemlerin denetimine basit zmler getirir.
- Sistem basit bir matematiksel modelle tanımlanabilen bir sistemse o zaman geleneksel bir denetim yeterli olacaktır. Ama karmaşık bir sisteme geleneksel bir mantık uygulamak hem çok zor hem de yüksek maliyetlidir. Buna karşılık bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre sistemi daha iyi analiz edebileceği gibi aynı zamanda da ekonomiktir.
- Bulanık mantıkta iŐaretlerin 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.
- Bulanık mantık denetiminin sağladığı bir diğer avantaj ise doğrudan kullanıcı girişlerine ve kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine olanak sağlamasıdır.
- Bilindiği gibi otomatik vites değişimi motorun belli hıza ulaşması sonucunda otomatik olarak gerçekleŐir. Buna karşılık manuel vitesli bir arabada ise sürücü, yol, yk ve kendi araba kullanıŐ tarzına göre belli durumlarda vites deėiŐtirir. Subaru tarafından üretilen justy tipi otomobilde kullanılan aktarım organının deėiŐtirilmesi, bir kayıŐın konumunun bulanık mantık kullanılarak deėiŐtirilmesi ile sağlanır. Böylece arabanın ivmesi ve performansı sürekli olarak ayarlanır hale gelir. Subaru, bu otomobilde kullandığı bulanık mantık üyelik fonksiyonlarını, otomobili test Őofrlerine kullandırarak ve onlardan ivme ve performans açısından en iyi aktarım oranını öğrenerek ayarlamıŐtır. Bu konuda Honda ve Nissan da benzer çalışmalar yapmıŐlardır.

2.3.4.2. Eleştiriler

Bulanık denetleyicilere yönelik çeşitli eleştiriler de getirilmiştir. Bunlardan birkaçı aşağıda sıralanmıştır:

- Bulanık mantık denetleyicilerinin süreç hakkında daha fazla bilgiye ve algılayıcıya ihtiyaç duyması, dolayısıyla hem pahalı hem de daha az güvenilir olması, bu her zaman doğru değildir. Örnek vermek gerekirse Mitsubishi tarafından üretilen klimada, geleneksel denetleyiciye göre daha az algılayıcı kullanılmıştır.
- Bulanık mantık denetleyicilerinin geleneksel denetleyicilere kıyasla gösterdiği yüksek performans doğrusal olmayan denetleyici aracılığı ile de sağlanabilir, bu doğru olabilir ama büyük bir ihtimalle doğrusal olmayan denetleyici, bulanık denetleyicide olduğu gibi daha küçük kapasiteli bir işlemci ile gerçekleştiremeyecektir.

2.3.4.3. 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 [28].

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

3.1. Sistemden Alınan Veriler

Deney düzeneğinden, bulanık mantık algoritması PLC programına uygulanmadan değişik sıcaklıklarda ve farklı piston hızlarında analog veriler alınmıştır. Bu veriler ve hidrolik konusunda uzman kişiler ile birlikte değerlendirilmiştir. Alınan veriler bulanık kontrolör modeli oluşturmada kaynak teşkil etmiştir. Bu veriler ışığında üyelik kümelerinin değer aralıkları, kural tabanının sözel ifadeleri, çıkarım ve durulaştırma ünitelerinde kullanılacak metotlar saptanmıştır. Öncelikle hidrolik sistemden elde edilen verileri inceleyelim.

3.1.1. Farklı Sıcaklıklarda Alınan Konum ve Zaman Verileri

Hidrolik tankın içine monteli rezistans ısıtıcı vasıtasıyla hidrolik yağ ısıtılmış ve değişik sıcaklıklarda konum verilerinin nasıl değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde hidrolik tankın üzerinde bulunan soğutucu fan vasıtasıyla yağ soğutulmuş aynı işlemler tekrar edilerek veriler elde edilmiştir. Çizelge 3.1.' de görüldüğü üzere sıcaklık artması ile konuma ulaşma zamanı azalmış ve istenilen konuma daha fazla hata ile ulaşmıştır. Bunun sebebi de ısınan yağın incelmesi kayganlığının artmasıdır. 45°C' den fazla sıcaklıklarda yağ özelliğini kaybetmesinden dolayı yanıltıcı bilgilere sebep vermesin diye dikkate alınmamıştır.

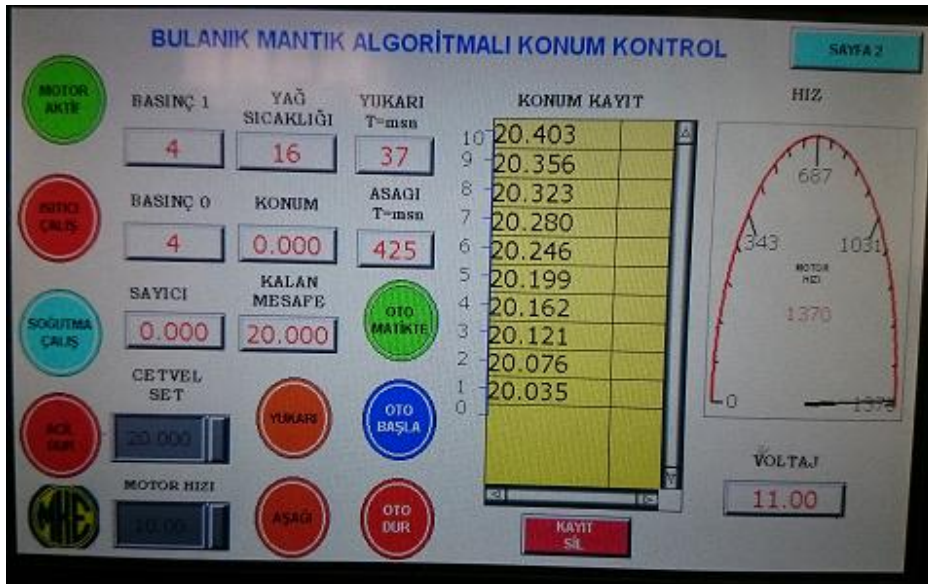
3.1.2. Sabit Sıcaklık Farklı Hızlarda Alınan Konum Verileri

Piston hızını kontrol etmek için pistonu basılan yağın debisini kontrol etmek gerekmektedir. Yağın debisini kontrol etmek için iki yöntem vardır. Bunlardan birisi oransal valf kullanmak diğer yöntem hidrolik pompanın devir hızı motor sürücü ile kontrol etmektir. Yapılan uygulamada piston hızının ayarlanmasında kullanılan motor sürücü vardır. Motor sürücü ile hız kontrolü yapabilmesi için PLC' nin analog çıkışından 0-10V verilmesi gerekmektedir. PLC' de farklı hızlarda konum verileri

almak için otomatik çalıştırma programı yazılmıştır. Piston hızı kademeli olarak değiştirilmiş ve piston farklı hızlarda aşağı set noktasına hareket ettirilmiştir. Piston aşağıda ulaştığı son nokta konum verisi HMI' de oluşturulan konum kayıt defterine kaydedilmiştir. Sabit sıcaklık ve farklı hızlarda alınan konum verileri Şekil 3.1.' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Farklı Sıcaklıklarda elde edilen konum ve zaman verileri

Sıcaklık	Konuma Ulaşma Zamanı	Konum
8 °C	51 msn	20.335 cm
13 °C	45 msn	20.372 cm
15 °C	44 msn	20.398 cm
19°C	42 msn	20.407 cm
21 °C	41 msn	20.413 cm
28 °C	35 msn	20.434 cm
35 °C	32 msn	20.450 cm
45 °C	28 msn	20.480 cm

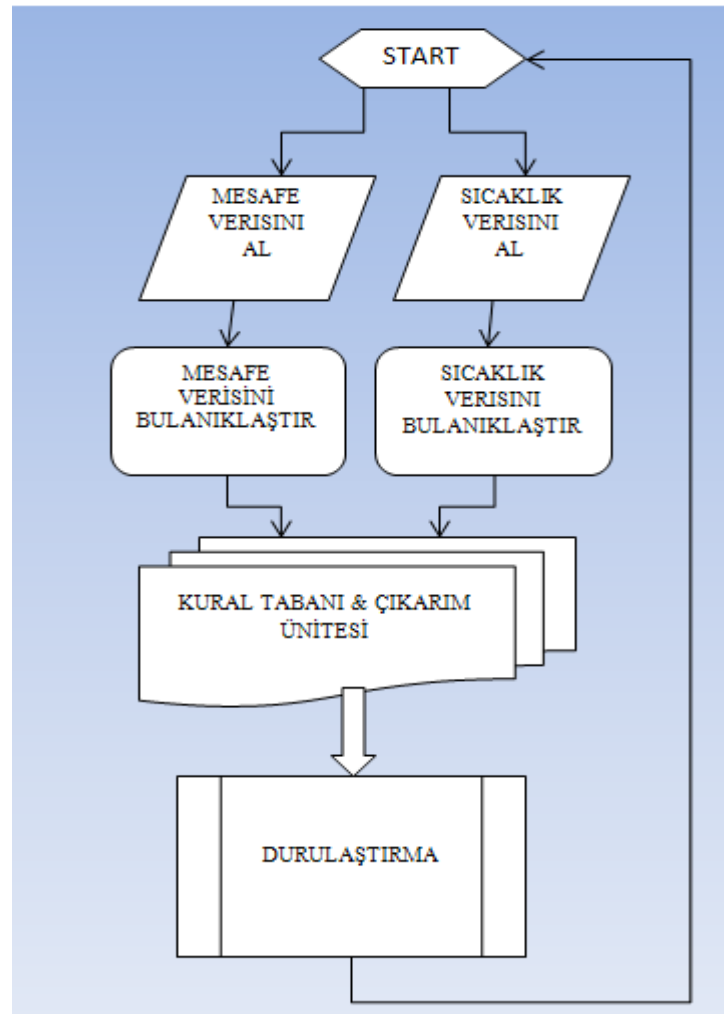


Şekil 3.1. Farklı hızlarda alınan konum verileri

Sistem maksimum hızda en fazla hata değerine sahip olmaktadır. Hız değeri azaldıkça hata oranı azalmıştır. Bu set noktasından kaymaların sebebi de sistemde oluşan basıncın verdiği etkidendir. Yalnız düşük hızda sistemin çalıştırılması imalatın yavaşlamasına ve zaman kaybına sebep olacaktır. Bu yüzden düşük hızda çalıştırılarak hatayı düşürmek seri imalat yapılan bir fabrikada istenilen bir durum değildir.

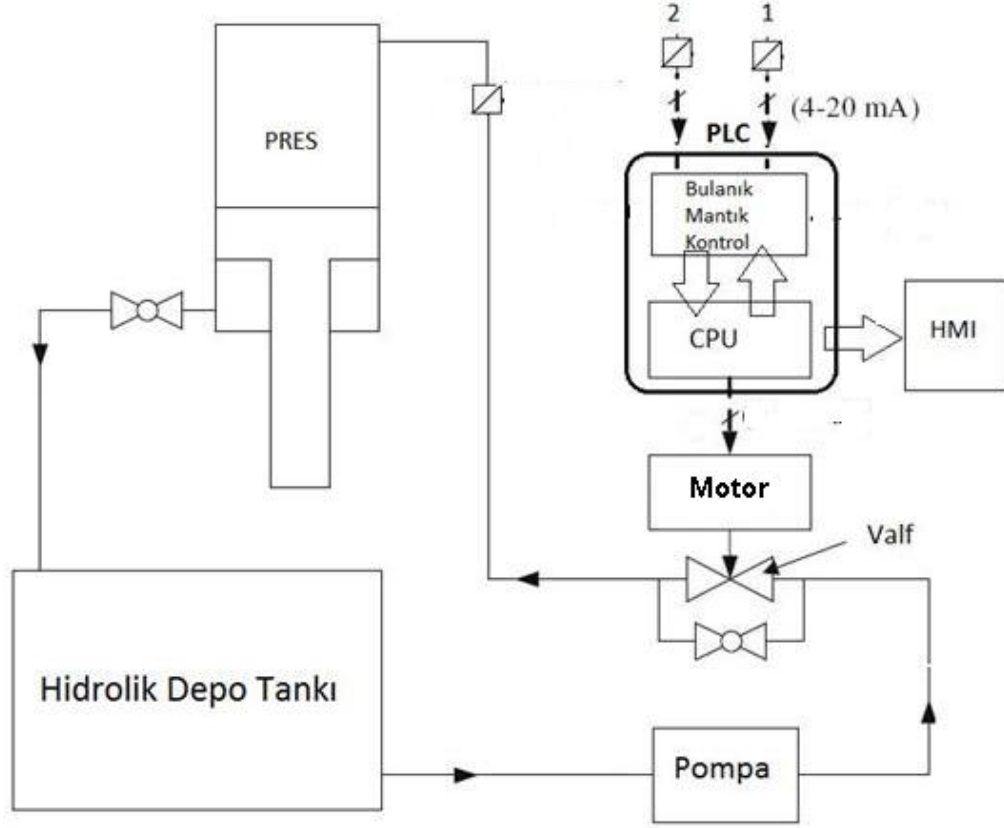
3.2. Bulanık Mantık Algoritmasının Sisteme Uygulanması

Sistemin algoritması Şekil 3.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Sistemin algoritması

Modelde giriş verileri olarak piston hızına etki edecek olan yağ sıcaklığı ve kalan mesafe seçilmiştir. Çıkış verisi olarak da piston hızını kontrol eden hidrolik motor hızı seçilmiştir. Sistemden alınan veriler değerlendirilerek öncelikle hesaplamalar yapılmış ve sistemin bulanık modeli oluşturulmuştur. Prototipin blok şeması Şekil 3.3.' de gösterilmiştir.



1. Hidrolik yağ sıcaklığı
2. Kalan Mesafe

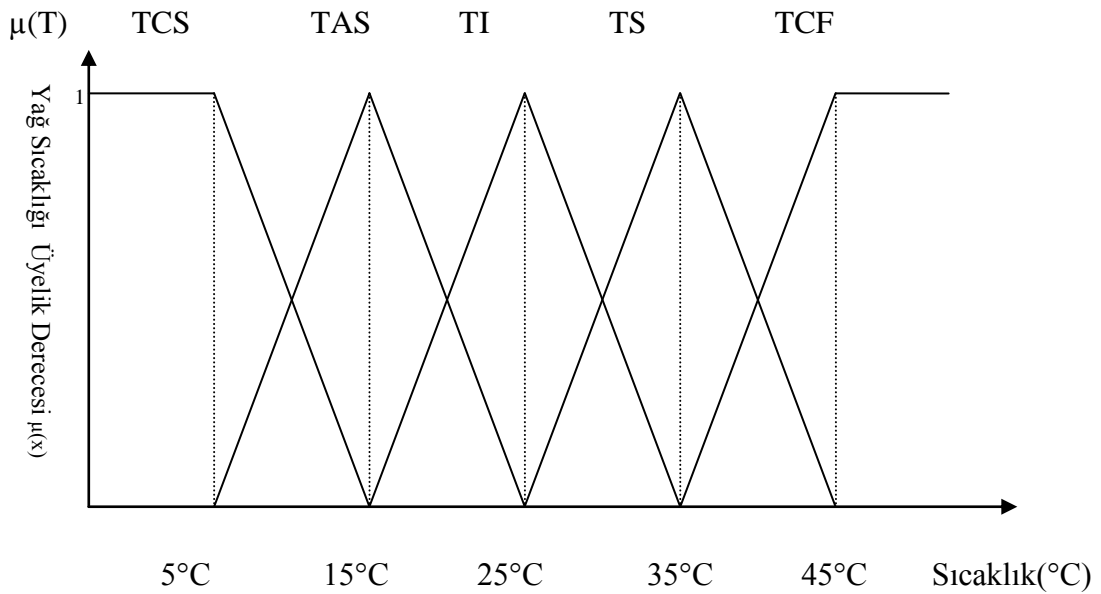
Şekil 3.3. Sistemin blok şeması

3.2.1. Sistemin Giriş Verilerinin Bulanıklaştırılması

Giriş verileri olan yağ sıcaklığı ve kalan mesafenin değer aralıkları sistemin çalışmasına uygun bir şekilde belirlenmiş ve hassasiyetin fazla olması için beş üyelik kümeli olmasına karar verilmiştir.

3.2.1.1. Hidrolik Yağ Sıcaklığı

Hidrolik tank ünitesinde yağın içine daldırılmış PT-100 rezistans termik direnç vasıtasıyla alınan sıcaklık verisinin bulanıklaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Normal şartlarda yağ çalışma sıcaklığı 0-100°C arasındadır. Yalnız 45°C'den sonra yağın özelliği bozulduğundan dolayı bu sıcaklık sonrası sıcaklıklar çok fazla sıcak üyelilik kümesi içerisine alınmıştır. Üyelik fonksiyonu olarak üçgen üyelik fonksiyonu ve beş üyelik kümeli olmasına karar verilmiştir. Üyelik kümelerinin değer aralıkları belirlenmesinde deneylerde sistemin verdiği cevap ve uzman kişilerin görüşleri dikkate alınmıştır. Sıcaklık için üyelik kümeleri olan çok soğuk (TÇS), az soğuk (TAS), ılık (TI), sıcak (TS) ve çok fazla sıcak (TCF) oluşturulmuş, değer aralıkları belirlenmiş üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3.4.' de gösterilmiştir. Çizelge 3.2.' de değer aralıkları ve üyelik derecesi hesaplama işlemleri gösterilmiştir.



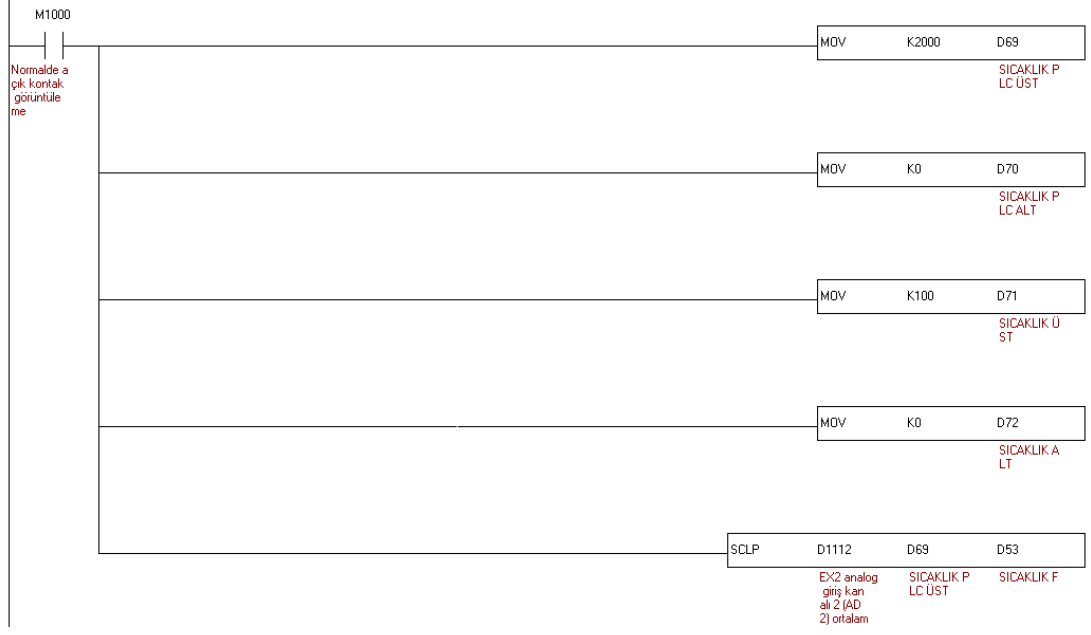
3.2.1.1.1. Yağ Sıcaklığı Üyelik Kümesinin PLC Programında Yazılması

Proses cihazından gelen 4-20mA sıcaklık verisi PLC' de 0-2000 değer aralığında görülmektedir. Öncelikle bu değer PLC' de matematiksel komutlar ile gerçek sıcaklık değerine çevrilmiştir.

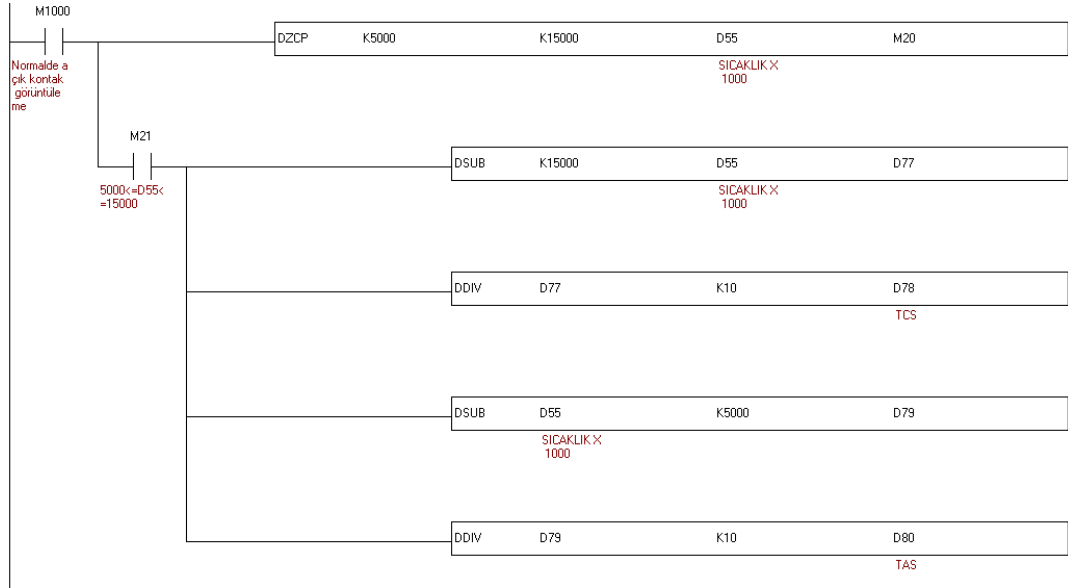
Proses cihazından gelen sıcaklık akımı PLC' de analog modül 2 girişine bağlanmıştır. PLC' de analog modül-2 girişi, D1112 verisi olarak görülmektedir. Şekil 3.5.' de ki PLC yazılımında, analog giriş modülünden alınan D1112 verisinin 0-2000 decimal değeri SCLP komutu ile doğrusal bir şekilde skala işlemine tabi tutulmuştur ve gerçek değer aralığı olan 0-100 °C 'ye dönüştürülmüştür. Yapılan bu işlemden sonra gerçek sıcaklık değeri D53 verisine aktarılmıştır.

Çizelge 3.2. Yağ sıcaklığı bulanıklaştırma işlemleri

Üyelik Kümeleri	Fonksiyon	Değer Aralığı
TCS (Çok Soğuk)	$\mu(x)=1$	$x \leq 5^{\circ}\text{C}$
	$\mu(x)= (15-x)/(15-5)$	$5^{\circ}\text{C} \leq x \leq 15^{\circ}\text{C}$
TAS (Az Soğuk)	$\mu(x)=(x-5)/(15-5)$	$5^{\circ}\text{C} \leq x \leq 15^{\circ}\text{C}$
	$\mu(x)= (25-x)/(25-15)$	$15^{\circ}\text{C} \leq x \leq 25^{\circ}\text{C}$
TI (ILIK)	$\mu(x)=(x-15)/(25-15)$	$15^{\circ}\text{C} \leq x \leq 25^{\circ}\text{C}$
	$\mu(x)= (35-x)/(35-25)$	$25^{\circ}\text{C} \leq x \leq 35^{\circ}\text{C}$
TS (Sıcak)	$\mu(x)=(x-25)/(35-25)$	$25^{\circ}\text{C} \leq x \leq 35^{\circ}\text{C}$
	$\mu(x)= (45-x)/(45-35)$	$35^{\circ}\text{C} \leq x \leq 45^{\circ}\text{C}$
TCF (Çok Sıcak)	$\mu(x)=(x-35)/(45-35)$	$35^{\circ}\text{C} \leq x \leq 45^{\circ}\text{C}$
	$\mu(x)=1$	$45^{\circ}\text{C} \leq x$



Şekil 3.5. Yağ sıcaklığı skalalandırma programı



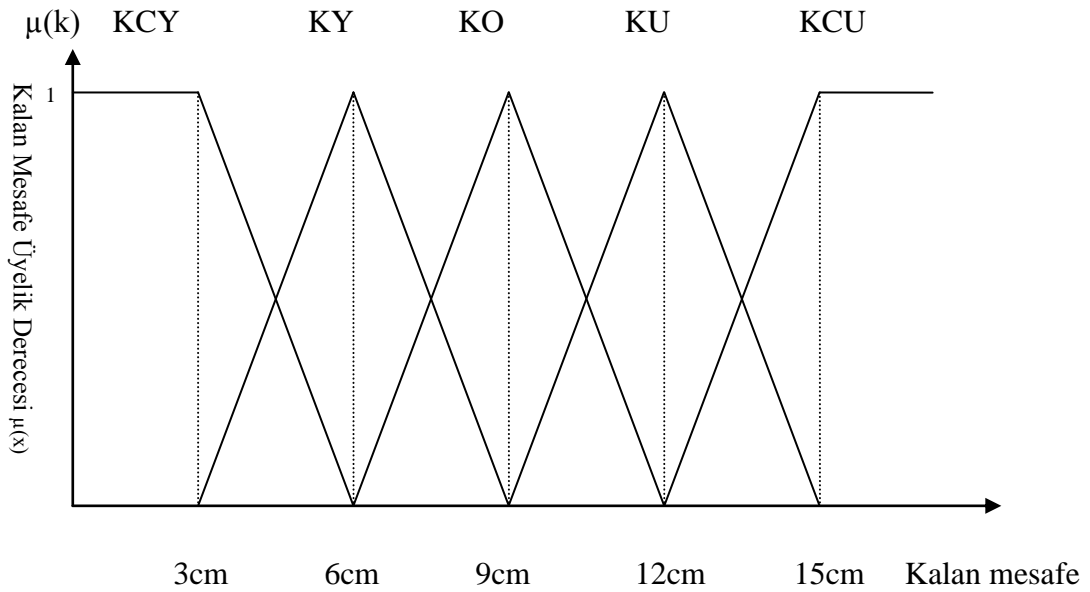
Şekil 3.6. Yağ sıcaklığı üyelik derecesi programı

Şekil 3.6.'da gösterilen programda TCS ve TAS ' nin üyelik derecesi belirleme işleminin PLC yazılımı gösterilmiştir. D55 verisinden alınan sıcaklık değeri $5^{\circ}\text{C} \leq D55 \leq 15^{\circ}\text{C}$ arasında ise $(15-D55) / (15-10)$ işleminin sonucunu D78 (TCS) verisine

gönder ve (D55-15) / (15-5) işleminin sonucunu D80 (TAS) verisine aktar işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2. Kalan Mesafe

Hidrolik pistonu monte edilen lineer cetvelden alınan konum verisi HMI' den girilen set edilen değerden çıkarılmış böylece kalan mesafe verisi oluşturulmuştur. Pistonumuzun uzunluğu maksimum 30cm' e ulaşabildiğinden dolayı bu değerler arasında üyelik kümeleri oluşturulmuştur. Üyelik fonksiyonu olarak sıcaklık verisinde ki gibi üçgen üyelik fonksiyonu ve beş üyelik kümeli olmasına karar verilmiştir. Üyelik kümelerinin değer aralıkları belirlenmesinde deneylerde sistemin verdiği cevaplar ve uzman kişilerin görüşleri dikkate alınmıştır. Kalan Mesafe için üyelik kümeleri olan Kalan Mesafe Çok Yakın (KCY), Kalan Mesafe Yakın (KY), Kalan Mesafe Orta (KO), Kalan Mesafe Uzak (KU) ve Kalan Mesafe Çok Uzak (KCU) oluşturulmuş, değer aralıkları belirlenmiş üyelik fonksiyon grafiği Şekil 3.7.' de gösterilmiştir. Üyelik derecesi hesaplama işlemleri de Çizelge 3.3.' de gösterilmiştir.



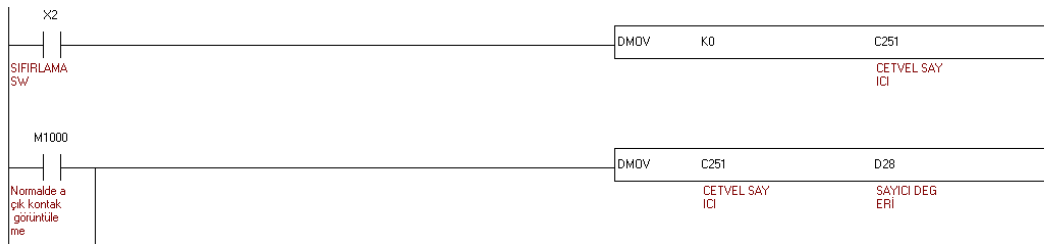
Şekil 3.7. Kalan Mesafe üyelik fonksiyon grafiği

Çizelge 3.3. Kalan Mesafe bulanıklaştırma işlemleri

Üyelik Kümeleri	Fonksiyon	Değer Aralığı
KCY (Çok Yakın)	$\mu(x)=1$	$x \leq 3\text{cm}$
	$\mu(x)= (6-x)/(6-3)$	$3\text{cm} \leq x \leq 6\text{cm}$
KY (Yakın)	$\mu(x)=(x-3)/(6-3)$	$3\text{cm} \leq x \leq 6\text{cm}$
	$\mu(x)= (9-x)/(9-6)$	$6\text{cm} \leq x \leq 9\text{cm}$
KO (Orta)	$\mu(x)=(x-6)/(9-6)$	$6\text{cm} \leq x \leq 9\text{cm}$
	$\mu(x)= (12-x)/(12-9)$	$9\text{cm} \leq x \leq 12\text{cm}$
KU (Uzak)	$\mu(x)=(x-9)/(12-9)$	$9\text{cm} \leq x \leq 12\text{cm}$
	$\mu(x)= (15-x)/(15-12)$	$12\text{cm} \leq x \leq 15\text{cm}$
KCU (Çok Uzak)	$\mu(x)=(x-12)/(15-12)$	$12\text{cm} \leq x \leq 15\text{cm}$
	$\mu(x)=1$	$15\text{cm} \leq x$

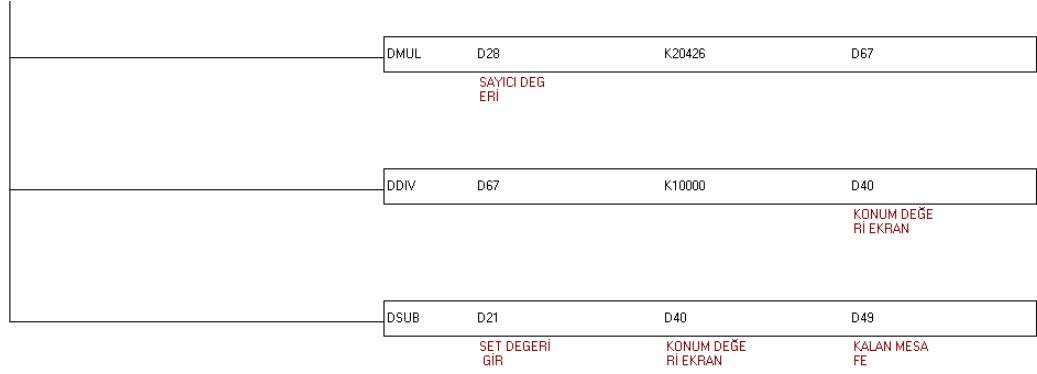
3.2.1.2.1. Kalan Mesafe Üyelik Kümesinin PLC Programında Yazılması

Lineer cetvelin ürettiği pulsler X1-X2 hızlı sayıcı girişleri vasıtasıyla alınmış, Şekil 3.8.' de gösterildiği gibi C251 özel sayıcısı aracılığı ile sayısal veriye dönüştürülüp D28 verisine aktarılmıştır.



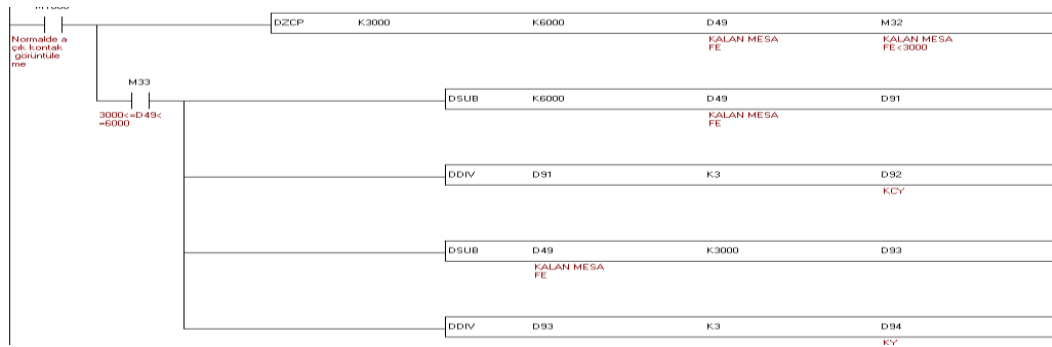
Şekil 3.8. Pulsleri sayısal değere çevirme

Yapılan hesaplamalar sonucunda sayıcıdan okunan sayısal değerinin 2,0426 ile çarpılması ile gerçek konum değerini verdiği görülmüştür. Şekil 3.9.'de gerçek konum değeri oluşturma işlemi yapılmış ve sayısal değer D40 verisine aktarılmıştır.



Şekil 3.9. Kalan Mesafe verisinin oluşturulması

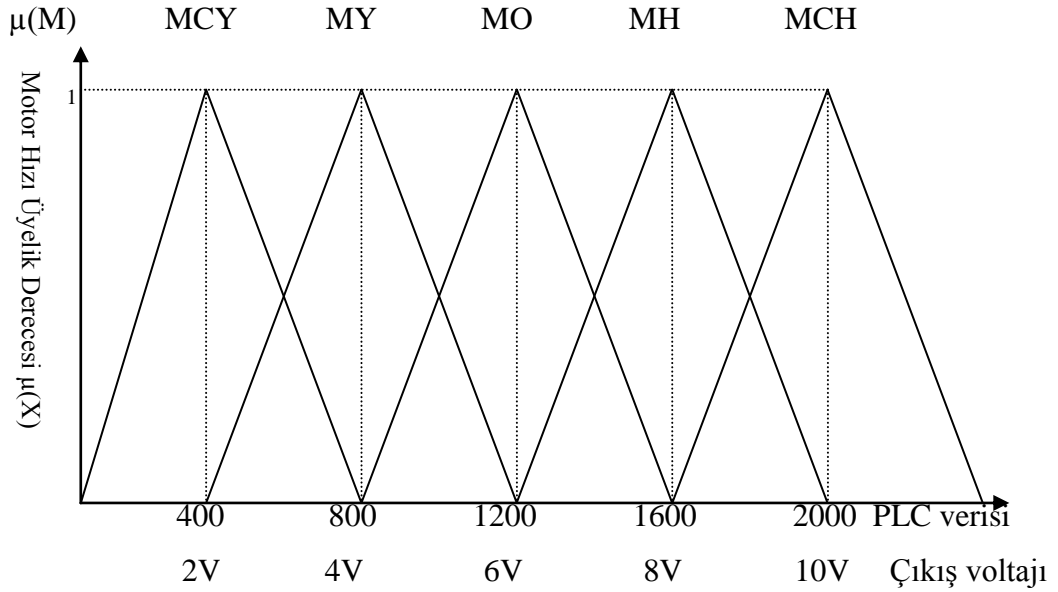
HMI' den girilen set değeri D21 verisi olarak tanımlanmıştır. Şekil 3.9.' de D21 (set değeri) verisinden, D40 (konum değeri) verisi çıkartılarak kalan mesafe verisi olan D49'a aktarılmıştır. Şekil 3.10.'de gösterilen programda KCY ve KY ' nin üyelik derecesi belirleme işlemi gerçekleştirilmiştir. D49 verisinden alınan sıcaklık değeri $3\text{cm} \leq D49 \leq 6\text{cm}$ arasında ise $(6-D49) / (6-3)$ işleminin sonucunu D92 (KCY) verisine gönder ve $(D49-3) / (6-3)$ işleminin sonucunu D94 (KY) verisine gönderilmiştir.



Şekil 3.10. Kalan mesafe üyelik derecesi programı

3.2.2. Kural Tabanının ve Çıkarım Ünitesinin Oluşturulması

Bulanık kurallar farklı sıcaklık ve konumlarda alınan değerler ve sistemin verdiği cevaplar göz önüne alınarak sözel ifadelerden oluşturulmuştur. Çıkış verilerinin aralıkları belirlenmiş Şekil 3.11.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Motor hızı üyelik fonksiyon grafiği

- Motor Hızı Çok Yavaş (MCY)
- Motor Hızı Yavaş (MY)
- Motor Hızı Orta (MO)
- Motor Hızı Hızlı (MH)
- Motor Hızı Çok Hızlı (MCH)

Bulanık kurallar aşağıda verilmiştir.

1. Eğer yağ sıcaklığı **çok soğuk** ve uzaklık **çok yakın** ise piston hızı **orta** olsun.
2. Eğer yağ sıcaklığı **az soğuk** ve uzaklık **çok yakın** ise piston hızı **yavaş** olsun.
3. Eğer yağ sıcaklığı **ılık** ve uzaklık **çok yakın** ise piston hızı **çok yavaş** olsun.

4. Eğer yağ sıcaklığı **sıcak** ve uzaklık **çok yakın** ise piston hızı **çok yavaş** olsun.
5. Eğer yağ sıcaklığı **çok fazla sıcak** ve uzaklık **çok yakın** ise piston hızı **çok yavaş** olsun.
6. Eğer yağ sıcaklığı **çok soğuk** ve uzaklık **yakın** ise piston hızı **hızlı** olsun.
7. Eğer yağ sıcaklığı **az soğuk** ve uzaklık **yakın** ise piston hızı **orta** olsun.
8. Eğer yağ sıcaklığı **ılık** ve uzaklık **yakın** ise piston hızı **yavaş** olsun.
9. Eğer yağ sıcaklığı **sıcak** ve uzaklık **yakın** ise piston hızı **çok yavaş** olsun.
10. Eğer yağ sıcaklığı **çok fazla sıcak** ve uzaklık **yakın** ise piston hızı **çok yavaş** olsun.
11. Eğer yağ sıcaklığı **çok soğuk** ve uzaklık **orta** ise piston hızı **hızlı** olsun.
12. Eğer yağ sıcaklığı **az soğuk** ve uzaklık **orta** ise piston hızı **çok hızlı** olsun.
13. Eğer yağ sıcaklığı **ılık** ve uzaklık **orta** ise piston hızı **orta** olsun.
14. Eğer yağ sıcaklığı **sıcak** ve uzaklık **orta** ise piston hızı **yavaş** olsun.
15. Eğer yağ sıcaklığı **çok fazla sıcak** ve uzaklık **orta** ise piston hızı **orta** olsun.
16. Eğer yağ sıcaklığı **çok soğuk** ve uzaklık **uzak** ise piston hızı **çok hızlı** olsun.
17. Eğer yağ sıcaklığı **az soğuk** ve uzaklık **uzak** ise piston hızı **çok hızlı** olsun.
18. Eğer yağ sıcaklığı **ılık** ve uzaklık **uzak** ise piston hızı **hızlı** olsun.
19. Eğer yağ sıcaklığı **sıcak** ve uzaklık **uzak** ise piston hızı **orta** olsun.
20. Eğer yağ sıcaklığı **çok fazla sıcak** ve uzaklık **uzak** ise piston hızı **hızlı** olsun.
21. Eğer yağ sıcaklığı **çok soğuk** ve uzaklık **çok uzak** ise piston hızı **çok hızlı** olsun.
22. Eğer yağ sıcaklığı **az soğuk** ve uzaklık **çok uzak** ise piston hızı **çok hızlı** olsun.
23. Eğer yağ sıcaklığı **ılık** ve uzaklık **çok uzak** ise piston hızı **çok hızlı** olsun.
24. Eğer yağ sıcaklığı **sıcak** ve uzaklık **çok uzak** ise piston hızı **hızlı** olsun.
25. Eğer yağ sıcaklığı **çok fazla sıcak** ve uzaklık **çok uzak** ise piston hızı **hızlı** olsun.

3.2.2.1 Çıkarım Ünitesi

Bulanık çıkarım için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en çok kullanılanlar Min-Max (Mamdani), Max-Dot (Mamdani), Sugeno, Tsukamoto yöntemleridir. Tez çalışmasında, deney düzeneği için en uygun çıkarım yöntemi olan

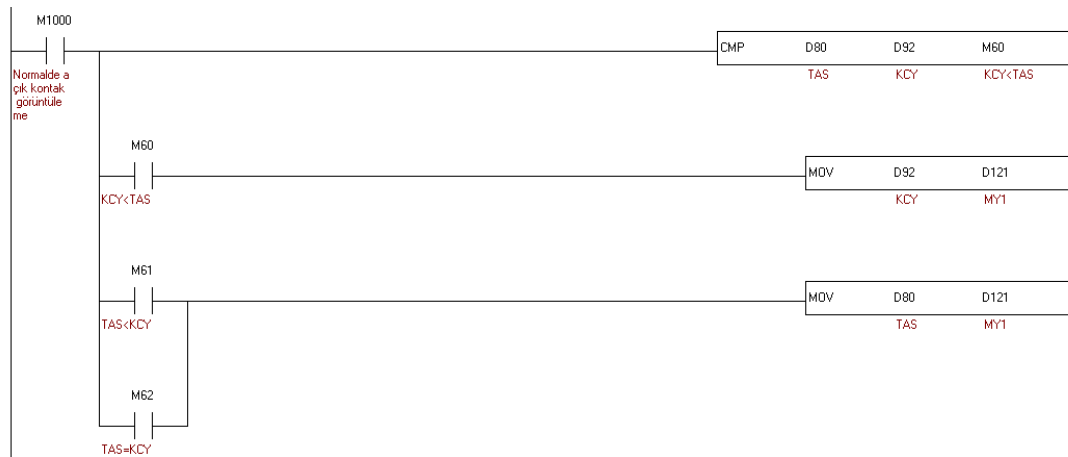
Min-Max yöntemi seçilmiştir. Oluşturulan kural tablosu Çizelge 3.4.' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Kural Tablosu

	KCY	KY	KO	KU	KCU
TCS	MO	MH	MH	MCH	MCH
TAS	MY	MO	MCH	MCH	MCH
TI	MCY	MY	MO	MH	MCH
TS	MCY	MCY	MY	MO	MH
TCS	MCY	MCY	MO	MH	MH

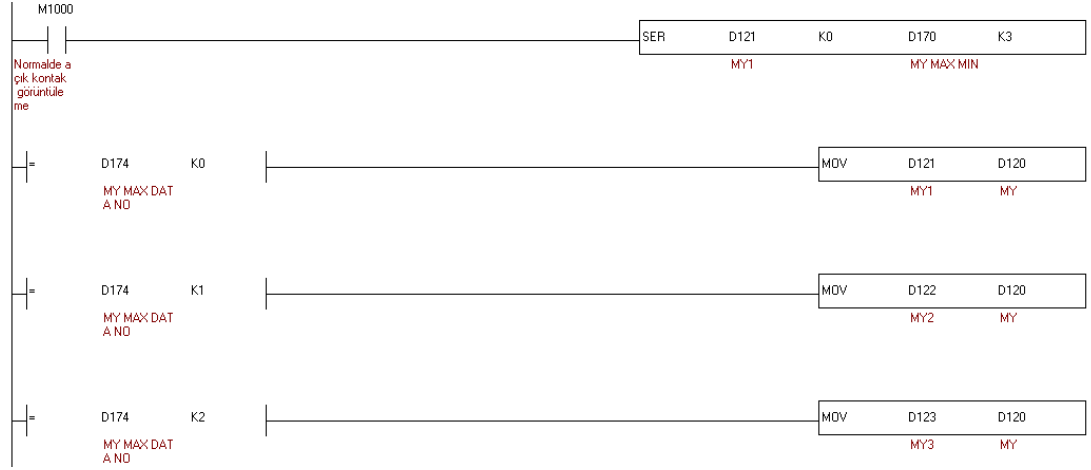
3.2.2.2 Kural Tabanı ve Çıkarım Ünitesi PLC Yazılımı

Şekil 3.12.' de Min-Max yönteminin minimum alma işleminin PLC yazılımı gösterilmiştir. $KCY < TAS$ ise D92 (KCY) değeri, $TAS < KCY$ ise D80 (TAS) değeri D121 (MY1) verisine aktarılmıştır.



Şekil 3.12. MY1 minimum alma yazılımı

Şekil 3.13.' de Min-Max yönteminin maksimumu alma işleminin PLC yazılımı gösterilmiştir. Çıkarım ünitesinden gelen MY1, MY2, MY3 verileri karşılaştırılmış en büyüğü D120 (MY) verisine aktarılmıştır.



Şekil 3.13. MY maksimumu alma yazılımı

3.2.2.2 Kural Tabanı ve Çıkarım Ünitesi HMI Yazılımı

Kural tablosu sistem hareket halindeyken aktif olarak çalışmaktadır. Kural tablosunda hangileri kural sonuçları aktif ise tabloda o kutular yeşil renk olmaktadır. Ayrıca kural tablosunun altına üyelik kümelerinin üyelik derecelerini göstermek için göstergeler konulmuştur. Bu işlemler için HMI panelde ek sayfa oluşturulmuş ve Şekil 3.14.' de gösterilen ek sayfaya kural tablosu ve veri pencereleri yerleştirilmiştir.



ANA SAYFA

YAĞ SICAKLIĞI

DURULAŞMIŞ

KALAN MESAFE

CETVEL SET

KONUM

MOTOR HIZI

MOTOR ÇALIŞ

YUKARI

BULANIK

ACİL DUR

AŞAĞI

VERİ SIFIRLA

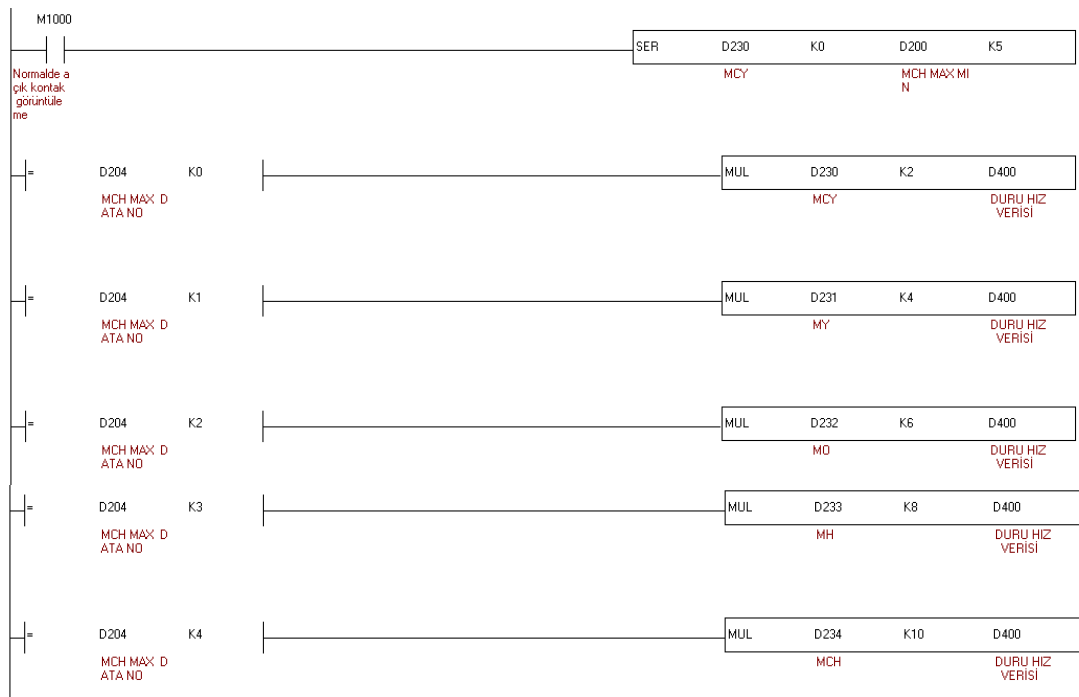
Şekil 3.14. Kural tabanı ve üyelik fonksiyonları HMI görünümü

3.2.3. Durulaştırma

Bulanık kontrolün son aşaması olan durulaştırma bölümünde çıkarım ünitesinden gelen bulanık veriler sistemin anlayabileceği sayısal değerlere çevrilmiştir. Durulaştırma metodu olarak En Büyük Üyelik İlkesi yöntemi kullanılmıştır. Piston hızının kontrolünü sağlamak için kullanılan motor sürücünün hız ayarlamasında kullanılan analog giriş modülü 0-10V aralığında çalışmaktadır. Bu modül girişine 0V verildiğinde hidrolik motor dönmüyor, 10V verildiğinde hidrolik motor en hızlı haliyle dönmektedir. Motor sürücünün analog modül girişi PLC' nin analog modül çıkışından beslenmiştir. PLC' nin analog çıkış modülü 0-10V aralığında çıkış vermektedir. PLC' nin analog çıkış modülünden 0-10V aralığında değer alabilmek için PLC programında D1116 verisine 0-2000 arasında sayısal bir veri vermek gerekmektedir.

3.2.3.1. Durulaştırma Yönteminin PLC Yazılımı

Durulaştırma işlemi için deney düzeneğine en uygun durulaştırma yöntemi olan en büyük üyelik yöntemini seçmiştik. Şekil 3.15’ de durulaştırma işleminin PLC yazılımı gösterilmiştir. Yazılımda gözüktüğü üzere çıkarım ünitesinden gelen D230 (MCY), D231 (MY), D232 (MO), M233 (MH), D234 (MCH) verilerinden hangisi en büyük ise SER komutu vasıtasıyla bulunmuş ve çıkış üyelik derecesi katsayısı ile çarpılıp D400 duru hız verisine aktarılmıştır.



Şekil 3.15. Durulaştırma işlemi PLC yazılımı

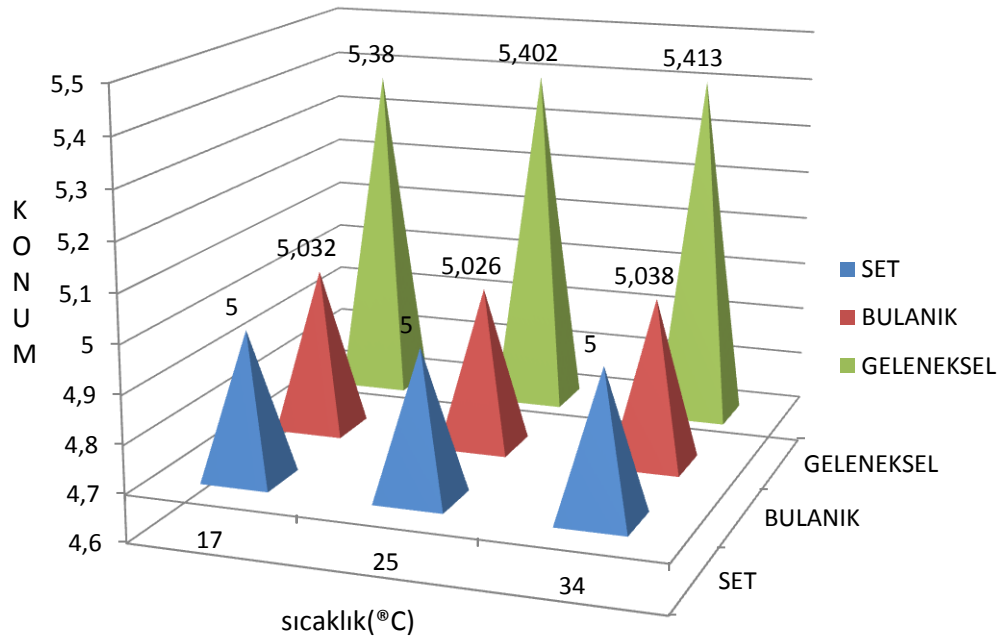
3.1. Sistemin Bulanık Uygulama Sonuçları

Sistemde bulanık mantık algoritması oluşturulup PLC programı yazıldıktan sonra farklı sıcaklıklarda farklı konumlara gitme deneyleri yapılmış ve Çizelge 3.5.’ de ki sonuçlar elde edilmiştir.

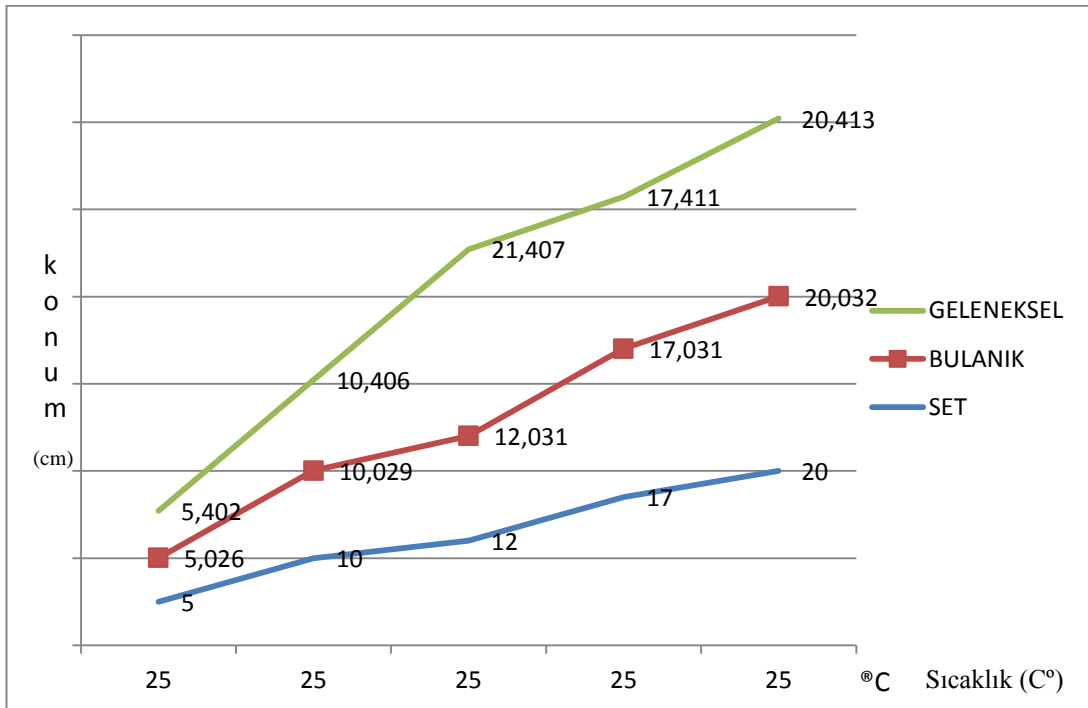
Geleneksel sistemde piston hataları 3-4 mm arasında değişirken bulanık mantık algoritmali PLC programı ile yazılan sistemde piston hataları 0,3-0,4mm arasına indirgenmiştir. Hata miktarının bu seviyeye düşmesi uygulanacak makinelerde ki imal edilen ürünün kalitesi artıracaktır. Bulanık mantık kontrol sistemi sayesinde piston hatalarının azaldığı gözlemlenmiştir. Şekil 3.16.' de ki grafikte sistem 5cm' ye set edilmiş ve grafikte gösterilen sonuçlara göre bulanık sistemin daha az hata ile konuma ulaştığı gözlemlenmiştir. Şekil 3.17.' de gösterilen grafikte sistem 25°C' de girilen farklı set değerlerine, bulanık ve geleneksel yöntemlerle ulaştığı konumlar karşılaştırılmıştır. Sistemin en ideal çalışma sıcaklığı olan 25°C' de bulanık yöntemle sistem kontrol edildiğinde daha az kaymalar gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.5. Sonuçları karşılaştırma

Sıcaklık	Set Noktası	Bulanık	Geleneksel
		Ulaşılan Nokta	Ulaşılan Nokta
17°C	5 cm	5,032 cm	5,380 cm
17°C	10 cm	10,038 cm	10,381 cm
17°C	12 cm	12,038 cm	12,383 cm
17°C	17 cm	17,039 cm	17,397 cm
17°C	20 cm	20,039 cm	20,401 cm
25°C	5 cm	5,026 cm	5,402 cm
25°C	10 cm	10,029 cm	10,406 cm
25°C	12 cm	12,031 cm	12,407 cm
25°C	17 cm	17,031 cm	17,411 cm
25°C	20 cm	20,032 cm	20,413 cm
34°C	5 cm	5,038 cm	5,413 cm
34°C	10 cm	10,039 cm	10,419 cm
34°C	12 cm	12,042 cm	12,421 cm
34°C	17 cm	17,044 cm	17,438 cm
34°C	20 cm	20,046 cm	20,450 cm



Şekil 3.16. Sonuç grafiği (a)



Şekil 3.17. Sonuç grafiği (b)

4. SONUÇ

Hidrolik sistemler az enerji ile yüksek güç elde edilebilen sistemlerdir. Bu özellikleri sebebiyle makine sanayisinde vazgeçilemeyen sistemlerdir. Yalnız yüksek güçlü sistemler farklı sıkıntılar doğurur. Bir sistemin gücü ne kadar fazla olursa onun kontrolü kadar zor olur. Hidrolik sistemlerde hassas kontrol işlemi klasik kontrol yöntemleri ile gerçekleştirmek güçtür. MKE Mühimmat Fabrikası bünyesinde mermi gövde imalatında kullanılan yüksek tonajlı pres makineleri mevcuttur. Bu makineler imal edildikleri yıllarda günümüz teknolojisi bulunmaması sebebiyle seri imalata ayak uyduramamıştır. Sık arızalar vermiş ve arıza çözümleri hayli zaman almıştır. Bu sebeplerden dolayı bu presler günümüz otomasyon teknolojisine uygun şekilde tekrardan revizyon işlemine tabii tutulmuştur. Kontrolünde PLC teknolojisi kullanılmıştır. PLC kontrolü arızaları ve arıza çözüm süresini azaltmıştır. Yalnız bu da yeterli gelmemiştir. İmal edilen mühimmatın daha az sarfiyatla üretilmesi ve hatalı ürünlerin sayısının azaltılması için hassas konumlandırma ihtiyacı doğmuştur. Çünkü hassas bir şekilde konumlandırılmayan preslerden imal edilen mamuller fazladan ek operasyonlara tabii tutulmaya sebep olmuştur. Bu nedenle programda revizyon gereksinimi doğmuştur. Günümüzün popüler kontrol sistemi olan bulanık mantık kontrol sistemini preslerin PLC programına uygulanmasına karar verilmiştir. Fakat yapılacak olan denemeler yüksek tonajlı preslerde hem prese hem de etrafına zarar verebileceği için sistemin prototipi oluşturulmuş, denemeler bu prototip üzerinden gerçekleştirilmiştir. Öncelikle sistemden farklı sıcaklık, hız ve konumlarda veriler alınmış bunlar hidrolik konusunda uzman kişilerle karşılaştırılmıştır. Daha sonra sistemin giriş verileri bulanıklaştırılmış, kurallar oluşturulmuş, sisteme en uygun durulaştırma yöntemine karar verilmiştir. Bulanık kontrol algoritması ile PLC programı yazılmış ve PLC 'ye yüklenmiştir. Bulanık kontrol uygulanmadan önceki sistemde pistonun ayarlanan konum değerinden ortalama 3,5 mm gibi yüksek bir kayma gözlenmiştir. Bu kaymalar yüksek sıcaklıklarda daha da arttığı gözlemlenmiştir. Sistemin en ideal sıcaklığı olan 25°C'de en ideal konumlandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yağ sıcaklığı 30°C'nin üzerine çıktığında yağ incelmış az da olsa kaymalar gözlemlenmiştir yalnız bulanık kontrol uygulanmamış sistemdeki gibi yüksek kaymalar olmamıştır. Görüldüğü gibi bulanık mantık algoritmali PLC

programı ile kontrol edilen sistemin set edilen konuma ulaşma kararlılığını artırmıştır.

Bu çalışma, Makina Kimya Endüstrisi Kurumu Bakım Onarım Müdürlüğü bünyesinde yapılmıştır. MKE Mühimmat Fabrikasında bulanık mantık algoritmali PLC programı ile kontrol edilmiş tezgâh bulunmamasından yapılan tez çok önem arz etmektedir. Bu çalışmanın ileriki süreçte kurum bünyesindeki makinelere uygulanması, geliştirilmesi, ürün haline dönüştürülerek fabrika bünyesine kazandırılması kurum adına büyük kazanç olacaktır. Son dönemlerde ülkemizde başlatılan, kamu kurumları ve üniversitelerin ortak çalışmalarını sağlama konusuna da katkı sağladığı şüphesizdir.

KAYNAKLAR

- [1] Boyacı, Ö., Barışçı, N., Ulaş, F., Mühimmat Mermi Gövdesi Sıcak Şekillendirme Operasyonunun PLC ile Kontrolü ve İnsan Kaynaklı Hataların En Aza İndirilmesi. Uluslararası Katılımlı 1. Savunma Sanayi Sempozyumu 28-29, 2015.
- [2] Soyduğer, S., Alli, H., Fuzzy adaptive control for the actuators position control and modeling of an expert system. *Expert System with Applications* (37) 2072-2080, 2010.
- [3] Zheng, J.-m., Zhao, S.-d., Wei, S.-g., Application of self-tuning fuzzy PID controller for a SRM direct drive volume control hydraulic press. *Control Engineering Practice* (17) 1398–1404, 2009.
- [4] Aydogmus, Z., Implementation of a fuzzy-based level control using SCADA. *Expert System with Applications* (36) 6593-6597, 2009.
- [5] Kilic, E., Dolen, M., Koku, A.B., Caliskan, H., Balkan, T., Accurate pressure prediction of a servo-valve controlled hydraulic system. *Mechatronics* (22) 997–1014, 2012.
- [6] Balaji, P.G., Srinivasan, D., Type-2 fuzzy logic based urban traffic management. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* (24) 12–22, 2011.
- [7] Yılmaz, C., Gurdal, O., Kosalay, I., Network induced delay of asynchronous motor connected to Profibus-DP networks using fuzzy logic control algorithm. *Expert System with Applications* (37) 3248-3255, 2010.
- [8] Özdemir, M.T., Orhan, A., Cebeci, M., Kapalı çevrim çalışan çok küçük bir hidroelektrik santral prototipinin tasarımı. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Turkey, 16-18 May 2011.

- [9] Omid, M., Lashgari, M., Mobli, H., Alimardani, R., Mohtasebi, S., Hesamifard, R., Design of fuzzy logic control system incorporating human expert knowledge for combine harvester. *Expert System with Applications* (37) 7080-7085, 2010.
- [10] Özçalık, H.R., Türk, A., Yıldız, C., Koca, Z., Katı Yakıtlı Buhar Kazanında Yakma Fanının Bulanık Mantık Denetleyici ile Kontrolü, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11(1), 2008.
- [11] Kurt, H., Küçük Ölçekli Hidroelektrik Santralde Bulanık Mantık Algoritmali Plc İle Türbin Kontrol, Yüksek Lisans Tezi. Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 2013.
- [12] Çınar, E., Hidrolik Silindirin Bulanık Mantık Yöntemi İle Konum Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2013.
- [13] Ilıca, A., Bulanık Mantık Yöntemi İle Sıvı Seviye Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi. Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 2008.
- [14] Türk, A., Katı Yakıtlı Buhar Kazanının Bulanık Mantık Denetleyici İle Tam Otomasyonunun Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 2006.
- [15] Kabakçı, A., Elektro-Hidrolik Bir Sistemin Programlanabilir Lojik Denetleyicilerin ve SCADA Programının Kullanımı ile Gerçek Zamanda Konum Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2007.
- [16] Bayındır, R., Kaplan, O., Bayyigit, C., Sarıkaya, Y., Hallaçlıoğlu, M., PLC ve SCADA kullanılarak bir endüstriyel sistemin otomasyonu, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 27(1): 107-115 (2011)
- [17] Karacan, İ., *Endüstriyel Hidrolik*, 1987.

- [18] Kartal, F., Hidrolik ve Pnömatik, Birsen Yayınevi, İstanbul, (2006).
- [19] Çetin, R., S7-200 PLC' lerle Otomasyon, Ankara, 2015
- [20] Ataş, İ., Delta PLC Eğitim Notları, 2011
- [21] Anonim, HMI Eğitim Notları, http://www.deltaotomasyon.com/wiewtopic.php?f=66&t=3246&sid_518671f3dee9c57642b0d904560f934f (Erişim tarihi: 12.04.2015)
- [22] Anonim, PLC Genel Bilgiler, <http://www.plcogren.com/plc-genel-bilgiler/hmi-panel-nedir/> (Erişim tarihi: 12.04.2015)
- [23] Anonim, Motor Kontrolü Nedir Nasıl Yapılır, <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/motor-kontrolu-nedir-nasil-yapilir/12251#ad-image-0> (Erişim tarihi: 12.03.2014)
- [24] Anonim, Sürücü Nedir, <http://www.enerser.com.tr/surucu/nedir/> (Erişim tarihi: 12.03.2014)
- [25] Anonim, Elimko Kullanım Klavuzu, www.elimko.com.tr/elimkokullanimklavuzu.pdf (Erişim tarihi: 13.03.2014)
- [26] Zadeh, L.A., 1965, Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 338-353.
- [27] Şen, Z., Mühendislikte Bulanık Mantık ile Modelleme Prensipleri, Su Vakfı, İstanbul, (2004).
- [28] Yaralıoğlu, K., Bulanık Mantık, www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/bul_man.doc (Erişim tarihi: 24.05.2015)

- [29] Őenol, F., Bulanık Mantık Kontrolcüsü, Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2000.
- [30] Akçayol, M.,A., Bulanık Mantık Denetleyicisi, w3.gazi.edu.tr/~akçayol/files/FSL5FLC.pdf (Erişim tarihi:12.05.2015)
- [31] Anonim, Hidrolik Güç Ünitesi, <http://www.hidrokhaya.com/hidrolik-guc-unitesi-mini-pi-306.html> (Erişim tarihi:15.05.2015)

EKLER

EK.1 PLC Yazılımı

