

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK SAYIDA SERVOMOTOR, SENSÖR VE
ELEKTROPNÖMATİK ELEMAN İÇEREN
TEKSTÜRE-BÜKÜM MAKİNASI OTOMASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Özgür ÇALIŞKAN**

Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Programı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK SAYIDA SERVOMOTOR, SENSÖR VE
ELEKTROPNÖMATİK ELEMAN İÇEREN TEKSTÜRE-
BÜKÜM MAKİNASI OTOMASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özgür ÇALIŞKAN

518031025

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ali DEMİR (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Ahmet Coşkun SÖNMEZ (Y.T.Ü.)

Doç. Dr. Nuray UÇAR (İ.T.Ü)

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Mesleki kariyerim açısından bana çok şeyler kattığına inandığım bu projenin bir parçası olmama imkan veren, bana sürekli güvenen ve destek olan sayın hocalarım Prof. Dr. Ali Demir'e ve Dr. Ertan Öznergiz'e; proje sürecinde iyi niyetli kişilikleriyle çok güzel bir çalışma ortamının oluşmasını sağlayan ve ulaştığımız sonucun bir ekip başarısı olduğunu ispatlayan başta Utku Turguter olmak üzere, arkadaşlarım Bünyamin Yağcıtekin, Emre Kurumahmut, Rahmi Sert ve Alparslan Kutlu' ya; eğitim hayatımın her alanında olduğu gibi iş hayatımda da bana sürekli destek olan ve yüksek lisans süresince sürekli anlayışını muhafaza eden aileme ve tüm anlayışı ve desteği için sevgili eşime teşekkürü borç bilirim.

Mayıs, 2007

Özgür ÇALIŞKAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASI VE MEKANİK TASARIMI	3
2.1. Hava Jeti ile Tekstüre	3
2.1.1. Hava Jeti ile tekstüre işleminin prensipleri	4
2.1.2. Hava Jeti ile tekstüre edilmiş iplikler	6
2.1.3. İşlemdeki en son gelişmeler ve işlemin geleceği	7
2.2. İplik Bükme İşlemi ve İplik Büküm Teknikleri	8
2.2.1. Bükümün tanımı, özellikleri ve işlevleri	8
2.2.2. İplik katlama; tek kat, katlı ve kablo iplikler	9
2.2.3. Hava-Jeti ile tekstüre işlemi esnasında üretilen ipliğin bükümü	10
2.3. Mekanik Tasarım	13
2.3.1. Baskı kasnağı tasarımı	13
2.3.2. Tahrik kasnağı tasarımı	16
2.3.3. Jet kutusu tasarımı	20
3. BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASININ KONTROL VE OTOMASYONU	23
3.1. Temel Kontrol Yaklaşımı	23
3.1.1. Açık çevrim kontrol	24
3.1.2. Kapalı çevrim kontrol	24
3.1.3. Otomatik kontrolün faydaları	26
3.2. Otomasyon Kavramı	26
3.2.1. Giriş	26
3.2.2. Otomasyonun önemi ve geleceği	27
3.3. Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC)	28
3.3.1. Giriş	28
3.3.2. PLC sistemlerinin avantajları	30
3.3.2.1. Röleli sistemlere göre avantajları	30
3.3.2.2. Bilgisayarlı sistemlere göre avantajları	31
3.3.3. PLC'nin yapısı	33
3.3.3.1. Güç kaynakları	33

3.3.3.2. Merkezi işlem birimleri (CPU)	33
3.3.3.3. Dijital giriş/çıkış birimleri	33
3.3.3.4. Analog giriş/çıkış birimleri	34
3.3.3.5. Akıllı modüller	35
3.4. Sistemde Kullanılan PLC ve Kontrol Yapısı	35
3.4.1. Donanım seçimi	35
3.4.1.1. Merkezi işlem birimi	36
3.4.1.2. Dijital giriş/çıkış birimi	36
3.4.1.3. Analog giriş/çıkış birimi	39
3.4.1.4. Donanımın yazılımla konfigürasyonu	43
3.4.2. Yazılım	44
3.4.2.1. Kullanılan temel komutlar	44
3.4.2.2. Scale/Unscale analog veri komutları	45
3.4.2.3. PID sıcaklık kontrolü ve FB58 PID sıcaklık kontrolörü	48
3.4.3. Donanım-Yazılım haberleşmesi	53
3.5. Sistemin Akış Diyagramı	54
4. BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASINDA TAHRİK SİSTEMİ: SERVO KONTROL SİSTEMİ	56
4.1. Giriş	56
4.2. Motorlar	58
4.2.1. DC motorlar	58
4.2.2. AC motorlar	59
4.2.2.1. Kısa devre rotorun döndürülmesi	61
4.2.2.2. Döner alan oluşumu	63
4.2.2.3. Asenkron motorun çalışma prensibi	66
4.2.3. DC servo motorlar	68
4.2.4. AC servo motorlar	70
4.2.4.1. AC servo motorun bileşenleri	71
4.2.4.2. AC servo motorun kontrolü	74
4.2.5. Prototip makinada kullanılan servo motorlar	77
4.2.5.1 Servo motorların genel özellikleri	77
4.2.5.2.Servo motorların hız/tork karakteristikleri	78
4.2.6. Prototip makinada kullanılan servo sürücüler	79
4.2.6.1 Hız kontrol modu blok diyagramı	80
4.2.6.2.Kullanılan giriş/çıkış konfigürasyonu	82
4.2.6.3.Sürücülerin Panaterm ile programlanması ve gözlenmesi	83
5. BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASININ OPERATÖR PANELİ	86
5.1. Giriş	86
5.2. Donanım Özellikleri ve Seçim Kriterleri	90
5.3. GPPROEX Panel Programlama Yazılımı	93
5.3.1. GPPROEX yazılımının genel hatları	93
5.3.2. Temel fonksiyonlar	94
5.3.2.1. Düğme/Lamba oluşturma	94
5.3.2.2. Veri okuma/yazma penceresi oluşturma	96
5.3.2.3. Grafik oluşturma	97
5.3.3. Gelişmiş fonksiyonlar	98
5.3.3.1. Reçete fonksiyonu	98
5.3.3.2. Alarm fonksiyonu	100
5.3.3.3. Script fonksiyonu	101

5.3.3.4. Şifre fonksiyonu	102
5.4. PLC Haberleşmesi	103
5.4.1. Haberleşme ayarları	103
5.4.2. Haberleşme kablosu ve adaptörü	104
5.5. Hazırlanan Programın Panele Yüklenmesi	105
6. BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASININ PNÖMATİK SİSTEMLERİ	106
6.1. Pnömatiğin Temelleri	106
6.1.1. Pnömatiğin tarihçesi ve gelişimi	106
6.1.2. Basınçlı havanın özellikleri	107
6.1.2.1. Basınçlı havanın olumlu özellikleri	107
6.1.2.2. Basınçlı havanın olumsuz özellikleri	108
6.2. Pnömatik Sistemin Ana Unsurları	108
6.2.1. Basınçlı havanın üretilmesi ve hazırlanması	108
6.2.1.1. Basınçlı havanın üretilmesi	108
6.2.1.2. Basınçlı havanın hazırlanması	109
6.2.2. Prototipte kullanılan kompresör ve hava hazırlama elemanları	110
6.2.3. Basınçlı havanın denetlenmesi	111
6.2.4. Prototipte kullanılan hava denetim elemanları	112
6.2.4.1. Döner elemanlar için yön denetim valfleri	112
6.2.4.2. Hava jeti ve su için selenoid valfler	113
6.2.5. Pnömatik iş elemanları	115
6.2.6. Prototipte kullanılan iş elemanları	116
6.3. Pnömatik Devre Şeması	117
7. BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASINDA KULLANILAN SENSÖRLER	119
7.1. Kodlayıcı (Enkoder)	119
7.1.1. Artımsal kodlayıcılar	119
7.1.2. Mutlak kodlayıcılar	121
7.2. Optik Sensör (Bobin Doldu Sensörü)	122
7.3. Kapasitif Sensör (İplik Sensörü)	123
7.4. Kapı Emniyet Anahtarları ve Acil Durum Anahtarları	125
7.5. İplik Gerginliği Ölçüm Sensörü	125
7.6. Basınç Sensörü	127
7.7. PT100 Sıcaklık Sensörü	128
8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	130
KAYNAKLAR	135
ÖZGEÇMİŞ	137

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1 Dijital giriş/çıkış konfigürasyonu.....	37
Tablo 3.2 Analog giriş/çıkış konfigürasyonu.....	39
Tablo 3.3 Ölçülen gerilim değerlerinin analog adreslerdeki sayısal değerleri.....	42
Tablo 3.4 Ölçülen sıcaklık değerlerinin analog adreslerdeki sayısal değerleri.....	42
Tablo 3.5 Analog çıkış modülü 0-10 Volt için analog adreslerin sayısal değerleri.....	43
Tablo 4.1 Servo sürücü seçim tablosu.....	57
Tablo 4.2 Hız kontrol modu önemli parametreleri.....	85
Tablo 5.1 Reçete fonksiyonu örneği.....	99

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Hava jeti ile tekstüre işlemi.....	3
Şekil 2.2 : Hava jeti ile tekstüre işleminin temel gereksinimleri.....	4
Şekil 2.3 : Tekstüre ipliklerinin genel mukayesesi.....	6
Şekil 2.4 : İplik büküm yönleri.....	8
Şekil 2.5 : Tek kat, katlı ve kablo iplik.....	9
Şekil 2.6 : Katlama işleminde uygulanan bükümün yönüyle iplikte lif oryantasyonlarının değiştirilmesi.....	10
Şekil 2.7 : Hava jeti ile tekstüre işleminin prensibi.....	13
Şekil 2.8 : DirecTwist® prensibi ve makinası.....	13
Şekil 2.9 : Döner solenoid modül.....	14
Şekil 2.10 : Döner pnömatik modül.....	16
Şekil 2.11 : Tahrik kasnağının perspektif görünüşü.....	17
Şekil 2.12 : Tahrik kasnağının kesit görünüşü.....	17
Şekil 2.13 : Germe manşonlu tahrik kasnağı.....	18
Şekil 2.14 : Tahrik kasnağı: İkinci tasarım patlamış hali.....	18
Şekil 2.15 : Tahrik kasnağı için son çözüm	19
Şekil 2.16 : Tahrik kasnağı: Son çözüm kesit.....	19
Şekil 2.17 : Hava jeti kutusu.....	20
Şekil 2.18 : Tekstüre: 2 İplik aynı jette.....	21
Şekil 2.19 : Tekstüre: 2 İplik farklı jetlerde.....	22
Şekil 3.1 : PLC genel blok şeması.....	30
Şekil 3.2 : CPU314 resmi.....	36
Şekil 3.3 : Dijital giriş modülü bağlantı şeması.....	38
Şekil 3.4 : Dijital çıkış modülü bağlantı şeması.....	38
Şekil 3.5 : Analog giriş kartı gerilim ölçme devre şeması.....	40
Şekil 3.6 : Analog giriş kartı sıcaklık ölçme bağlantı şeması.....	41
Şekil 3.7 : Analog çıkış kartı gerilim çıkışı bağlantı şeması.....	41
Şekil 3.8 : Kontrolörün son hali.....	44
Şekil 3.9 : SCALE fonksiyonu.....	45
Şekil 3.10 : UNSCALE fonksiyonu.....	47
Şekil 3.11 : FB58 Sıcaklık kontrol fonksiyonu.....	49
Şekil 3.12 : FB58 Sıcaklık kontrolörü blok şeması.....	51
Şekil 3.13 : PID Otomatik ayar.....	52
Şekil 3.14 : Parametre ayar arayüzü.....	53
Şekil 3.15 : PC-PLC arayüzü.....	54
Şekil 3.16 : Sistemin akış diyagramı.....	55
Şekil 4.1 : DC motorların temel çalışma ilkesi.....	59
Şekil 4.2 : AC motorların çalışma ilkesi (Döner armatür tip).....	60
Şekil 4.3 : AC motorların çalışma ilkesi (Döner alan tip).....	60
Şekil 4.4 : Kısa devre rotorun döndürülmesi.....	62

Şekil 4.5	: Üç fazlı bobinin altı oluklu statora yerleştirilmesi.....	63
Şekil 4.6	: 3 Fazlı alternatif akımın değişim eğrisi.....	64
Şekil 4.7	: Döner alanın durumları.....	65
Şekil 4.8	: Çeşitli anlarda stator sargılarından geçen 3 fazlı alternatif akımın meydana getirdiği kutuplar.....	66
Şekil 4.9	: 3 Fazlı 2 Kutuplu motor.....	67
Şekil 4.10	: DC servo motor.....	68
Şekil 4.11	: AC servo motorun yapısı. Rotor 2 kutuplu.....	70
Şekil 4.12	: AC servo motorun kesiti.....	71
Şekil 4.13	: Silindirik yapıda yay şekilli mıknatıs ve çıkıntılı kutuplu mıknatıs yapısı.....	71
Şekil 4.14	: AC servo motor ve DC servo motor performans eğrileri.....	74
Şekil 4.15	: AC servo motorun kontrolüne ait temel blok diyagramı.....	75
Şekil 4.16	: Sinüs dalga PWM esası.....	76
Şekil 4.17	: Servo motorların resmi.....	78
Şekil 4.18	: MAMA serisi motorların hız/tork karakteristiği.....	78
Şekil 4.19	: MSMD serisi motorun hız/tork karakteristiği.....	78
Şekil 4.20	: Servo sürücülerin görüntüsü.....	79
Şekil 4.21	: Servo motorların pano içindeki dizilimi ve bağlantıları.....	80
Şekil 4.22	: Hız kontrol modu blok diyagramı.....	81
Şekil 4.23	: Sürücünün giriş/çıkış noktaları.....	82
Şekil 4.24	: Konsol.....	83
Şekil 4.25	: Sürücü-PC haberleşmesi.....	84
Şekil 4.26	: PANATERM ana sayfa.....	84
Şekil 5.1	: Prototipte kullanılan operatör paneli.....	93
Şekil 5.2	: GPPROEX yazılımı.....	94
Şekil 5.3	: Düğme/Lamba fonksiyonu.....	95
Şekil 5.4	: Veri okuma/yazma penceresi.....	96
Şekil 5.5	: Grafik fonksiyonu.....	98
Şekil 5.6	: Reçete oluşturma.....	100
Şekil 5.7	: Alarm fonksiyonu.....	101
Şekil 5.8	: Script fonksiyonu.....	102
Şekil 5.9	: Şifre fonksiyonu.....	103
Şekil 5.10	: PLC haberleşme ayarları.....	104
Şekil 5.11	: Operatör paneli – PLC haberleşme kablosu.....	104
Şekil 5.12	: Transfer tool.....	105
Şekil 6.1	: Jet1 ve Jet2 için kullanılan filtre-regülatörler.....	110
Şekil 6.2	: Döner elemanlar için kullanılan filtre-regülatör.....	111
Şekil 6.3	: 5/2 Tek bobin valf iç yapısı ve sembolü.....	113
Şekil 6.4	: Prototipte kullanılan jet selenoid valfi.....	114
Şekil 6.5	: Jet selenoid valfinin iç yapısı ve sembolü.....	114
Şekil 6.6	: Prototipte kullanılan su selenoid valfi.....	115
Şekil 6.7	: Jet selenoid valfinin iç yapısı ve sembolü.....	115
Şekil 6.8	: Döner eleman.....	117
Şekil 6.9	: Pnömatik devre şeması.....	118
Şekil 7.1	: Kodlayıcı faz sinyalleri ve dönme yönünün belirlenmesi.....	120
Şekil 7.2	: Artımsal kodlayıcının kesiti.....	121
Şekil 7.3	: Yansıtıcı sensörün temel çalışma ilkesi.....	122
Şekil 7.4	: Prototipte kullanılan optik sensör.....	123
Şekil 7.5	: Kapasitif iplik sensörü çalışma ilkesi.....	123

Şekil 7.6	: İplik sensörü (Kırmızı LED yanan).....	124
Şekil 7.7	: Hall effect sensörü çalışma ilkesi.....	125
Şekil 7.8	: Gerginlik ölçme sensörü iç yapısı.....	126
Şekil 7.9	: Gerilim/Gerginlik grafiği.....	127
Şekil 7.10	: Basınç sensörü.....	128
Şekil 7.11	: PT100 sensörü sıcaklık/direnç grafiği.....	129
Şekil 8.1	: Makina gövdesinin son hali.....	131
Şekil 8.2	: Elektrik panosu son hali (Kapalı).....	132
Şekil 8.3	: Elektrik panosu son hali (Açık).....	132

ÖZET

Mekatronik, her geçen gün popülaritesi ve uygulama alanları genişleyen son yılların en gözde kavramlarından birisidir. Temelde mekanik, elektrik, elektronik, kontrol ve yazılım disiplinlerinin ürün ve üretim sistemlerinin tasarımında bir bütün olarak ele alınmasına dayanan bu disiplinlerarası yaklaşım, farklı disiplinlerden gelen kişilerin ortak bir dil konuşabilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Mekatronik tıptan madencilığe, bankacılıktan tarıma kadar birçok alanda kendisine uygulama alanı bulmuştur ve artık teknolojik üretimin vazgeçilmez unsurlarından birisi olmuştur. Mekatroniğin uygulama alanlarından birisi de tekstildir. Bu çalışmada, mekatroniğin “Büküm Yapan Tekstüre İplik Makinası”nda nasıl uygulanabileceği tartışılmıştır.

Çalışma, bir Tübitak projesi olan bu makinanın tasarlanması, imal edilmesi, montajı ve otomasyonunu içeren komplike bir çalışmadır. Çalışma sürecinin bazı adımları şunlardır: Mekanik tasarım, tasarlanmış parçaların imal ettirilmesi, mekanik tasarıma uygun olarak servo motorlardan ve pnömatik döner elemanlardan oluşan tahrik sisteminin seçimi, servo motorların sürücülerinin ve pnömatik ekipmanların seçimi, Hava-Jeti hava besleme mekanizmasının tasarımı, ısılatma ünitesinin su besleme mekanizmasının tasarımı, operatör paneli seçimi, PLC ve genişleme modüllerinin seçimi, ısıtmalı kasnağın ısı kontrol sisteminin tasarımı ve gerekli ekipmanların seçimi, elektrik panosunun seçimi ve pano içi tesisatının hazırlanması, mekanik montaj, elektrik montaj, PLC, operatör paneli ve sürücü programlama ve testler.

Bu tez çalışmasında, uygulaması yapılan tüm süreçlerin sistematik olarak ayrıntılarıyla anlatılması ve toplu bir kaynak olarak sunulması amaçlanmaktadır. Tez çalışması farklı bölümlerde ele alınan şu konuları içermektedir: Makinanın temelleri ve mekanik tasarım, kontrol sistemleri ve PLC’ ler, servo motorlar ve sürücüler, operatör panelleri, pnömatik sistemler ve sensörler.

ABSTRACT

Mechatronics is one of most popular concepts of the recent years whose popularity and application areas is expanding day by day. This interdisciplinary approach which is based on combining mechanics, electrics, electronics, control and software disciplines in the design procedure of products and production systems, is an important tool for providing the people from different disciplines to have a common language.

Mechatronics has several application areas, from medical to mining, from banking to agriculture and is now an inevitable tool for technological production. Textile is one of the application areas of mechatronics. This study discusses how mechatronics could be implemented in a special type of textile machinery called “Air Jet Texturing and Twisting Machine” .

The study is a complex study covering the design, production, assembly and automation of this machine. The steps of this process are: Mechanical design and the production of the designed components, choosing the feasible drive system consisting of the servo motors and pneumatic rotary actuators, choosing the drivers of the servo motors and the pneumatic equipments, design of the air supply system for the Air-Jet, design of the wetting system, choosing the PLC control system and the I/O units, choosing the operator panel, designing the temperature control system of the hot godets, choosing the electric cabinet and having the internal wiring made, mechanical assembly, electrical assembly, programming the PLC, operator panel and the servo drivers and finally testing the overall system.

In this paper, all the above procedures have been systematically explained to create a complete resource. It includes these topics which are all explained in different sections: Basics of the machine and mechanical design, control system and PLC's, servo motors and the servo drivers, operator panels, pneumatic system and finally the sensors.

1 GİRİŞ

Son yıllarda teknolojideki ve işletme yönetimindeki gelişmelere paralel olarak, üretim sistemlerinin tasarlanmasında ve ürün geliştirmede mekatronik yeni bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. 1960'lı yıllarda temelleri atılan bu yaklaşım, yıllar içerisinde farklı uygulama alanlarında kendisine yer bulmuş ve sürekli popülaritesi artmıştır. Mekatronik; mekanik, elektrik, elektronik, kontrol ve yazılım süreçlerinin hem ürün geliştirmede hem de üretim sistemlerinin tasarımında bir bütün olarak ele alınması esasına dayanan disiplinlerarası bir bilim dalıdır.

Mekatronik sistemler, hayatı ve üretim süreçlerini kolaylaştıran günümüzün vazgeçilmez teknolojik unsurlarıdır. Günlük hayatta kullanılan fotokopi makinaları, kameralar, çamaşır ve bulaşık makinaları basit mekatronik uygulamalardır. Bunun yanında imalat endüstrisinde kullanılan birçok makina ve üretim tesisi çok çeşitli ve gelişmiş mekatronik sistemler üzerinde çalışmaktadır.

Mekatroniğin uygulama alanlarından bir tanesi, bu çalışmanın da konusu olan tekstil makinalarıdır. Ana gövdenin öz, sensör ve kontrol mekanizmalarının idareci, bilgisayar programlarının rehber olduğu mekatronik, tekstil endüstrisinin ve makinalarının teknik gelişiminde ve modernizasyonunda en etkili ve vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir [1]. Mekatroniğin gelişmesi makinaların çok yönlülüğünü, hızlı adaptasyonunu ve güvenilirliğini arttırarak; tekstil makinalarında otomasyonu ve yüksek üretkenliği büyük ölçüde sağlamıştır [1].

Bu çalışmada ele alınan ve özel bir Tübitak Projesi olan “Büküm Yapan Tekstüre İplik Makinası” içerdği birçok algılayıcı, kontrolör ve eyleyiciyle mekatronik sistemler için eşsiz bir örnek olarak gösterilebilir. Bu çalışmanın amacı sözü edilen makinanın tüm mekatronik sisteminin tasarlanması, imalatı, devreye alınması, programlanması, test edilmesi ve gözlenmesidir. Bu süreçte makinanın mekanik tasarımı yapılmış, gövde için gerekli parçaların imatları yaptırılmış, makinanın

tahrik mekanizması için gerekli elemanlar, algılama vazifesi için gerekli sensörler, bunları kumanda etmek için gerekli kontrolörler seçilmiş, tüm bu elemanların montajları yapılmış, gerekli elektrik tesisatı çekilmiş, PLC ve operatör paneli programlanmış ve makinanın testleri yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında da uygulaması yapılan tüm bu süreçler sistematik olarak ve ayrıntılarıyla anlatılmıştır. 2. Bölümde makinanın kullanıldığı prosesle ilgili özet bilgi ve makinanın mekanik tasarımı, 3. Bölümde makinanın kontrol ve otomasyonunda kullanılan kontrolörün detayları, 4. Bölümde servo motorlardan oluşan temel tahrik mekanizması, 5. Bölümde makinanın operatör tarafından kontrol edilmesini ve gözlenmesini sağlayan operatör paneli, 6. Bölümde makinanın temel fonksiyonlarından olan hava jetinin ve baskı kasnağının çalışmasını sağlayan pnömatik sistem, 7. Bölümde ise makinada bulunan sensörler ele alınmıştır.

2 BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASI VE MEKANİK TASARIMI

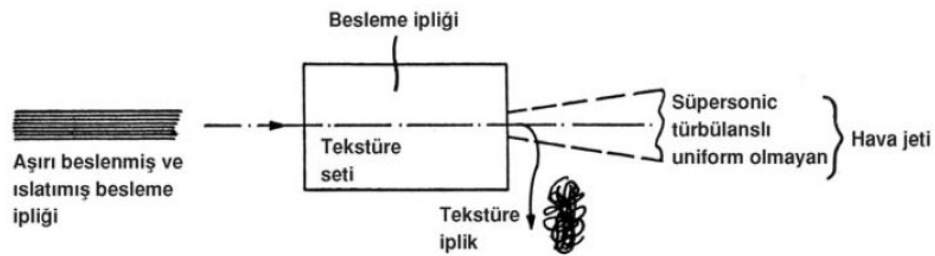
Tekstüre işlemini, Tekstüre ipliklerin özelliklerini ve özellikle de hava jeti ile tekstüre işlemini detaylı bir şekilde ele alan aşağıdaki 2.1 ve 2.2 olarak numaralanmış bölümler Prof.Dr. Ali DEMİR' in Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri adlı kitabının ilgili bölümlerinden alınmıştır.

(Demir, A., 2006. Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri, ISBN 975-97055-2-4, Şan Ofset, İstanbul)

2.1 Hava Jeti ile Tekstüre

Hava-jeti ile tekstüre işlemi; düz, sürekli sentetik filament iplikleri karmaşık, dolaşık, hacimli, kesikli liflerden eğrilmiş ipliklere benzer bir yapıya dönüştürür (Şekil 2.1).

Hava-jetli tekstüre işlemi, işlem esnasında tüm farklı filament iplikleri 'harmanlayabilme' kabiliyetine sahip olduğundan ve bu sayede de doğal liflerden eğrilmiş ipliklere benzer yapı ve özelliklerde iplikler oluşturduğundan, bugüne kadar bilinen en çok-amaçlı tekstüre işlemidir. Bu çok-amaçlılık, tekstüreciye diğer tüm tekstüre tekniklerinden daha çok geniş bir çalışma ve iplik tasarım imkanı sunar.



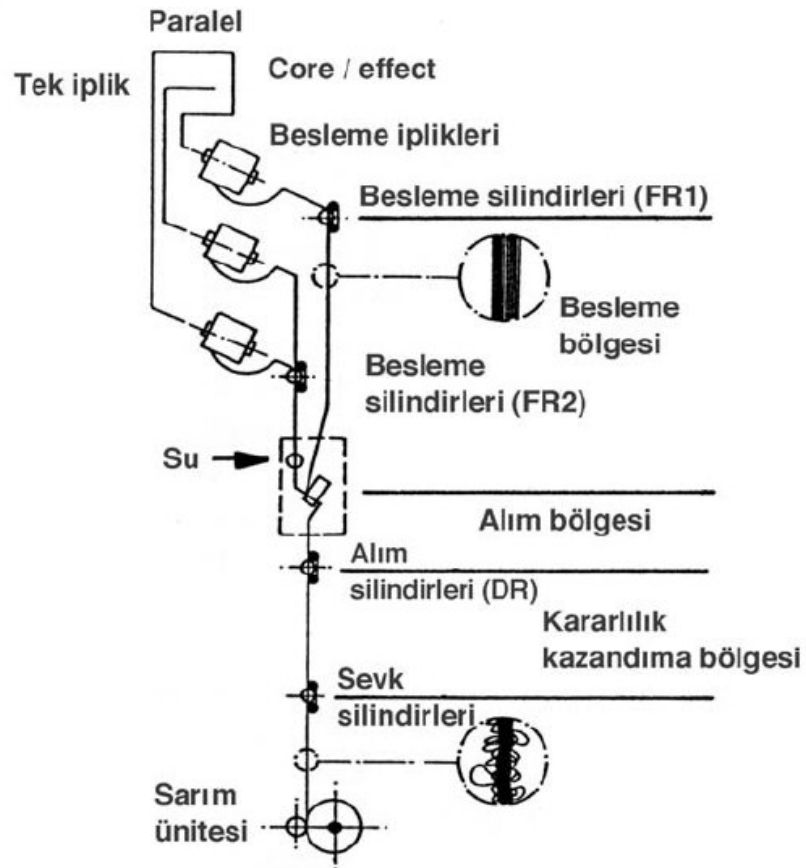
Şekil 2.1 Hava Jeti ile Tekstüre İşlemi

Bundan da öte, besleme ipliği sentetik termoplastik iplikler ile de sınırlı değildir. Her ne kadar, polyester, poliamid ve polipropilen filament iplikler, bugüne kadar hava-

jeti ile tekstüre işleminde en yaygın olarak kullanılan besleme iplikleri olmuş ise de cam elyafı, viskon, asetat ve tüm bunların değişik birleşimleri de özel amaçlar için kullanılabilmektedir.

2.1.1 Hava-jeti ile Tekstüre İşleminin Prensipleri

Şekil 2.2, hava-jeti ile tekstüre işleminin temel gereksinimlerini şematik olarak göstermektedir. İşlem, besleme ipliğinin jet içerisine besleme hızının, ipliğin jetten çıkış hızından daha yüksek olduğu “aşırı besleme” prensibini içermektedir. Bu aşırı beslemeyi elde etmek için besleme ipliği, alım silindirleri olan DR’den daha hızlı dönen FR1/FR2 silindirlerinden geçer. Aşırı beslenmiş iplik jete girer ve jetin çıkışından basınçlı hava etkisi ile dışarıya püskürtülür. Uygun bir basınçlı hava sistemi tarafından sağlanan basınçlı havanın oluşturduğu türbülanslı, supersonik hava jetini etkisi ile iplik tekstüre edilir.



Şekil 2.2 Hava Jeti ile Tekstüre İşleminin Temel Gereksinimleri

Besleme silindirleri ile hava-jeti arasında kalan bölge besleme bölgesi, ve hava-jeti ile alım silindirleri arasında kalan bölge ise alım bölgesi olarak adlandırılır. Besleme ipliği genellikle hava-jetine girmeden hemen önce ya bir su banyosundan geçerek yada bir ıslatma ünitesinden geçirilerek ıslatılır. Islatma ünitesi hava-jeti ünitesi ile entegre halde olabildiği gibi hava-jeti ünitesinden bağımsız da olabilir. Besleme ipliğinin ıslatılması, tekstüre işlemini büyük oranda iyileştirerek tekstüre iplik kalitesini artırır. Öte yandan, hava-jetinin hemen çıkışına yerleştirilen ve bir kürecik ya da düz plaka biçiminde olan çarpma elemanının da tekstüre işlemini iyileştirdiğine inanılmaktadır. Tekstüre jetleri genellikle bir kutucuk içerisine alınmıştır. Bunun amacı sadece hava-jetinden yayılan gürültüyü azaltmak değil aynı zamanda ıslatma ünitesinden dışarıya sıçrayan suyu ve iplikten uzaklaşan spin finiş yağını da toplamaktır.

Aşağıdaki üç ana tip, tüm diğer iplik tiplerinin oluşturulmasında kullanılan tiplerdir:

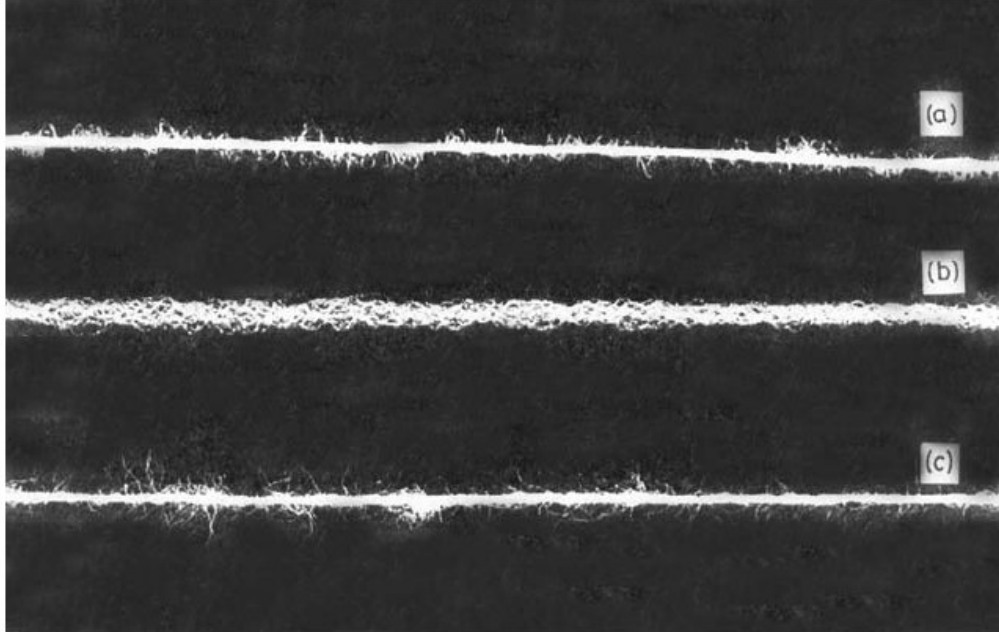
1. Tek-uç tekstüresi
2. Paralel tekstüre
3. Core-effect tekstüresi

Tek-uç tekstüresi, tek bir ipliğin aşırı besleme ile hava-jeti içine sevk edildiği ve oluşan tekstüre ipliğin jetten alındığı durumdur. Paralel tekstüre durumunda ise, iki veya daha fazla iplik aynı aşırı besleme miktarı ile, farklı materyalden ipliklerin, farklı inceliklere sahip ipliklerin, farklı renkten ipliklerin yada farklı filament kesitine sahip ipliklerin bir karışımını oluşturmak amacıyla hava-jeti içine sevk edilir. Tüm bileşenlerin aşırı besleme miktarlarının eşit olması dolayısı ile, paralel tekstüre edilen iplikler genellikle homojen bir yapı sergiler. Hava-jeti ile tekstüre işleminin çok-amaçlılığı en iyi core-effect tekstüresinde kendisini ortaya koyar. Core-effect tekstüresinde, bileşenlerden bir tanesi düşük bir aşırı besleme ile jete beslenirken diğeri daha fazla bir aşırı besleme ile jet içerisine sevk edilir. Düşük aşırı beslemeli bileşen ipliğin merkezinde kalarak ipliğe mukavemet kazandırırken, yüksek aşırı beslemeli bileşen de ipliğin yüzeyine yerleşir ve iplikten istenen hacimliliği ve yumuşaklığı oluşturur. Aşırı besleme oranlarının değiştirilmesi ile çok farklı yapı ve özelliklerde iplik oluşturmak mümkündür. Her üç tip çalışma esnasında aşırı besleme miktarı kontrollü bir biçimde dağıtılarak ipliğin uzunluğu boyunca şantuk tabir

edilen kalın yerler ve ince yerler oluşturmak ve bu sayede çok farklı fantazi iplikler oluşturmak mümkündür.

2.1.2 Hava-jeti ile Tekstüre Edilmiş İplikler

Mekanik deformasyon esnasında ısı fikse yöntemi ile tekstüre edilmiş iplikler (Şekil 2.3), çok küçük kuvvetler altında dahi yüksek uzama kabiliyetine sahiptirler. Bu aşırı uzama kabiliyeti filamentlerin birbirlerinden bağımsız kıvrırcıklı ve açık karakterinden kaynaklanır ve ipliğin “esnek=stretch” olmasına yol açar. Tam aksi olarak, hava-jeti ile tekstüre edilmiş iplikler tamamen farklı yapıdadırlar ve daha çok kesikli liflerden eğrilmiş ipliklere benzer yapıdadırlar. Esnek ipliklerin hacimliliği ipliğe uygulanan gerginlik etkisi ile azalır. Oysa ki hava-jeti ile tekstüre edilmiş ipliklerin hacimliliği ipliğin kullanım esnasında karşılaşılabileceği normal kuvvetler altında dahi değişme göstermez. Bu, hava-jeti ile tekstüre edilmiş ipliklerin “kilitlemiş” yapıdaki filament karmaşıklığından dolayıdır. Hava-jeti ile tekstüre edilmiş ipliklerin kesikli liflerden eğrilmiş ipliklere benzer bir diğer özelliği de, kesikli liflerden eğrilmiş ipliklerin yüzeyini kaplayarak ipliğe yumuşaklık ve durağan hava odacıkları oluşturarak da ipliğe sıcaklık hissi veren tüylere karşılık olarak iplik yüzeyinin sabit havlar ile kaplanmış olmasıdır.



Şekil 2.3 Tekstüre İpliklerinin Genel Mukayesesi

Hava-jeti ile tekstüre edilmiş ipliklerin sahip olduğu, yüzey havları ve sıkıca kenetlenmiş iplik özü bu ipliklerin kesikli liflerden eğrilmiş ipliklere görünüm ve tuşe olarak çok yakından benzemesine yol açar. Hava-jeti ile tekstüre olmuş iplikler kesinlikle diğer tekstüre ipliklerden çok daha eğrilmiş ipliklere benzerdirler ve bu nedenle de hafif gramajlı dokuma kumaşlarından çok ağır gramajlı “teknik” kumaşlara kadar değişen ve kesikli liflerden eğrilmiş ipliklerin kullanıldığı tüm uygulamalara ile benzer kullanım alanı bulurlar.

Hava-jeti ile tekstüre edilmiş iplikler dokunduklarında veya örüldüklerinde, yünlü kumaşların hava geçirgenliğine yaklaşan bir geçirgenlik, daha iyi bir örtme kabiliyeti ile yüksek performans sergilerken aynı zamanda da “kilitli filament” yapısından dolayı da asla iplik kaçması göstermez. Tekstüre işleminin filamentin kesitini etkilemediğinden, kumaş en şiddetli güneş ışığında dahi pırıltı ya da parlama yapmaz. Bundan da öte, hava-jeti ile tekstüre edilmiş ipliklerden dokunmuş kumaşları, yünlü kumaşlar ile mukayese edildiklerinde oldukça üstün bir aşınma dayanımı, boyutsal kararlılığı ve kırıksıklığa karşı direnme özelliği vardır.

2.1.3 İşlemdeki En Son Gelişmeler ve İşlemin Geleceği

Dünya nüfus artışı nedeniyle, lif üretimi de hızlı bir biçimde artmaktadır. Üretim ve tüketim eğilimleri, doğal liflerin paylarının arttığını buna karşılık da sentetik liflerin paylarının azaldığını göstermektedir. Doğal liflerden eğrilmiş ipliklere çok benzer olan hava-jeti ile tekstüre edilmiş ipliklerin gelecekte doğal liflerin pazarından daha fazla pay alacağı beklenmektedir ve ekonomik rekabet koşullarına bağlı olarak da yalancı-büküm yöntemi ile tekstüre edilmiş ipliklerin pazarından da bir miktar pay alacağı beklenmektedir. Bu nedenle, tekstil endüstrisinde hava-jeti ile tekstüre edilmiş ipliklerin alabilecekleri pazar payı ağırlıklı olarak işlem maliyetlerinin azaltılmasına bağlıdır. İşlem maliyetleri, sadece doğal liflerin maliyetleri ile mukayese edilmemeli aynı zamanda diğer tekstüre yöntemlerinin maliyetleri de göz önünde bulundurularak mukayese edilmelidir.

Hava-jeti ile tekstüre edilmiş ipliklerin, mükemmel konfor, sıcaklık hissi, boyutsal kararlılık, aşınma dayanımı ve kolay bakım gibi sahip oldukları eşsiz özellikler sayesinde çok büyük endüstriyel kullanım potansiyeline sahiptir. Tekstürenin nasıl

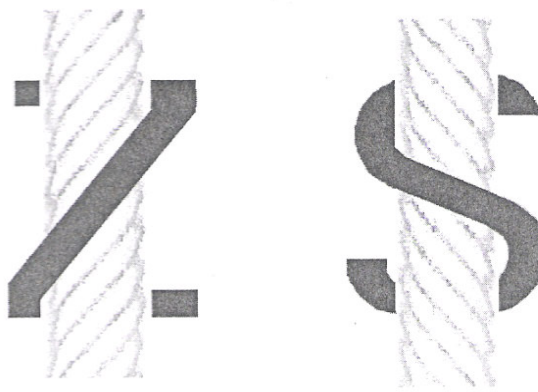
gerçekleştığının anlaşılmasına yönelik temel araştırmalar, işlem maliyetlerinde azalmaya ve teknik ilerlemelere neden olabilirse büyük değer ifade edecektir.

2.2 İplik Bükme İşlemi ve İplik Büküm Teknikleri

2.2.1 Bükümün Tanımı, Özellikleri ve İşlevleri

Büküm, ipliğe üretim sırasında yapılan döndürmenin döngü sayısını ve yönünü belirten terimdir. Doğrusal bir forma taşınmış, birbirine paralel dizilmekte olan lif topluluğuna uygulanan büküm; bu yapıyı daha az hacim kaplayan, daha sıkı bir hale getirmektedir. Bu doğrusal yapıya verilen bükümle yanal kuvvetler oluşturulmakta ve eksenî doğrultusunda uygulanacak herhangi bir gerilimde elyafların kayarak birbirinden ayrılmasını engelleyecek sürtünme kuvvetleri var edilebilmektedir. Elyaflar birbirine yaklaşarak daha sıkı tutunduklarından dolayı da ipliğin mukavemeti artmaktadır.

Bükümün yönüne gelince büküm yönü S veya Z harflerinin orta kısımlarının bükülmüş ipliklerin yüzeyindeki lif görüntüsüyle eşleştirilmesiyle belirlenmektedir. İstenilen büküm yönüne sahip iplik; istenilen büküm yönü S ise ipliğin bir ucu sabit tutularak diğer ucunun sağa doğru bükülmesiyle, istenilen büküm yönü Z ise bir uç sabit tutularak diğer ucun sola doğru bükülmesiyle elde edilmektedir.



Şekil 2.4 İplik Büküm Yönleri

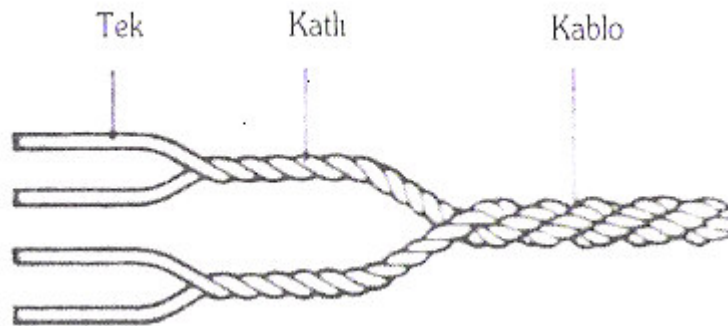
Büküm yönü hem ipliğin hem de yapılan kumaşın; görüntü, performans ve dayanıklılığını da etkiler. Mesela sert bir iplikten ilmekli bir yapı oluşturulması

mekanik açıdan bazı zorlukları beraberinde getirdiğinden, örme ipliklerinin dokuma ipliklere nazaran daha yumuşak tutumlu olma zorunlulukları vardır. Sert bükümlü iplikten örme kumaş üretilse bile tuşe ve dönme gibi problemlerle karşılaşma ihtimali artar. Eğrilmiş ipliklerden dokunan kumaşlar genellikle çözgü yönünde Z büküme ve atkı yönünde de S büküme sahiptir. Işık büküm yönü ile ilgili olarak ters yönlerde yansıdığından çözgüde sırayla Z ve S büküm yönlü iplikler kullanılarak kumaşta farklı parlaklıkta çizgiler oluşturulabilir. İpliklere uygulanan diğer bütün işlemler arasında ipliğin en fazla maliyetini artıran işlem büküm işlemidir. Büküm elyaf ve ipliklerin nasıl birbirine bağlandığını ve sonrasında kendi içinde nasıl büküldüğünü gösterir.

Büküm elyafa ısı veya buhar yoluyla sabitlenir(fiksaj). İpliklerin kullanım alanlarına göre verilen bükümün miktarı da değişmektedir. Büküm sayısı veya yoğunluğu birim uzunluk başına düşen döngü sayısı (tpm, tpi, tpcm) olarak belirtilir.

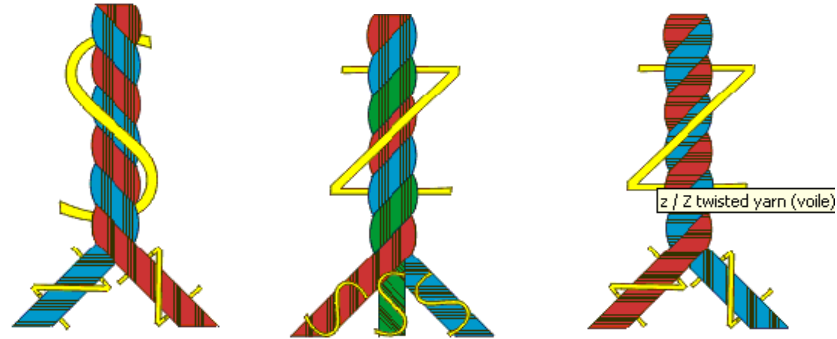
2.2.2 İplik Katlama; Tek Kat, Katlı ve Kablo İplikler

Tek kat iplik denilince anlaşılan; birlikte bükülmüş değişik uzunluklara sahip kısa liflerden oluşan iplikler ve çok az miktardaki üretici bükümüyle bükülmüş kesiksiz liflerden oluşan ipliklerdir. Çok kat veya katlı iplik iki veya daha fazla sayıda tek kat ipliğin birlikte bükülmesiyle oluşan ipliklerdir. Kaç tane tek kat iplik birlikte büküldüyse katlı iplik o sayı ile adlandırılır. İki kat iplik, üç kat iplik gibi isimlendirilir. Kablo iplik iki veya daha çok kat ipliğin bir arada bükülmesiyle elde edilir.



Şekil 2.5 Tek Kat, Katlı ve Kablo İplik

Tek kat iplikler çok kat ipliklere göre daha kolay üretilmektedir. Dolayısıyla daha az masraflıdır. Ancak katlama işlemiyle iki tek kat ipliğin kalın ve ince yerleri birbirleriyle örtüştüğünden ortalama bir iplik üretilir. Bunun da anlamı her iki tek kat ipliğe göre katlı ipliğin kalınlık açısından daha düzgün olduğudur. Bir ipliğin mukavemeti ipliğin en zayıf yeri ile belirlendiğinden, katlı iplik tek kat ipliğe göre daha mukavimdir. Genellikle uygulamada bir yönde (Z yönünde) bükülmüş iki iplik katlanırken verilen ek bükümün yönü ters yönde (S yönünde) olmaktadır. Z bükülmüş tek kat ipliklere S büküm, S bükülmüş tek kat ipliklere Z büküm verilerek katlanırsa katlanmış iplik daha mukavim olur, çünkü yüzeydeki lifler iplik eksenine neredeyse paralel uzanırlar.



Şekil 2.6 Katlama İşleminde Uygulanan Bükümün Yönüyle İplikte Lif

Oryantasyonlarının Değiştirilmesi

Kaliteli kumaşların sadece çözgü yönündeki katlı ipliklerle üretilmesinin sebebi de budur. Dikiş ipliklerinin ise düzgün dağılan (üniform) bir çapa sahip olması ve çok zayıf yerlerinin olmaması istendiğinden, katlı iplikler dikiş ipliği olarak tercih edilirler. Kablo iplikler ise giyim endüstrisinde çok fazla kullanılmazlar. Ancak taşıyıcı konveyör kayışları gibi endüstriyel kumaşlarda kullanılmaktadır.

2.2.3 Hava-Jeti ile Tekstüre İşlemi Esnasında Üretilen İpliğin Bükümü

Hava-jeti ile tekstüre işlemi, sentetik filament ipliklere, hacimlilik, sıcaklık hissi, esneklik ve doğal ve/veya kesikli liflerden eğrilmiş ipliklere benzeme gibi ilave özellikler kazandırarak daha yaygın kullanılır hale dönüştüren belli başlı tekstüre işlemlerinden birisidir.

Hava-jeti ile tekstüre işlemi, filamentlerin basınçlı hava ile bulunduğu bir kanal içine beslendikleri hızdan daha düşük hızlarda (aşırı besleme) alınması sonucunda kanal çıkışında basınçlı havanın oluşturduğu, ses üstü, türbülanslı ve simetrik olmayan hava jeti etkisi ile birbirleri ile sıkıca karışması sonucu pamuk ve yün ipliğine benzer bir iplik oluşturur. Bu şekilde elde edilen iplik, çok sayıda birbirine paralel düz filamentlerden oluşan besleme ipliğine daha yumuşak, hacimli, dokunana sıcaklık hissi veren ve doğal bir görünüm kazandırır.

Şekil 2,7' de şematik olarak gösterilen hava-jeti ile tekstüre işleminin doğası gereği paralel filament ipliklerin sadece iplik içerisindeki yerleşimi bozularak karmaşık ve dolayısı ile hacimli bir hale getirilir. Bu işlem ile ipliği oluşturan filamentlerin sadece paralellliği bozulmuştur. Ancak filamentlerin birbirleri ile dolaşıklığından ortaya çıkan sürtünme kuvvetlerinden başka onları bir arada tutan herhangi bir kuvvet ya da neden yoktur.

Bu hali ile doğal ve/veya kesikli liflerden eğrilmiş ipliklere benzediğinden dolayı bu iplikler tekstil endüstrisi tarafından geniş kabul görmüş ve kullanılmaktadır. Ancak, bu ipliklerin yaygın kullanımını sınırlayan iki önemli etken mevcuttur. Bunlar;

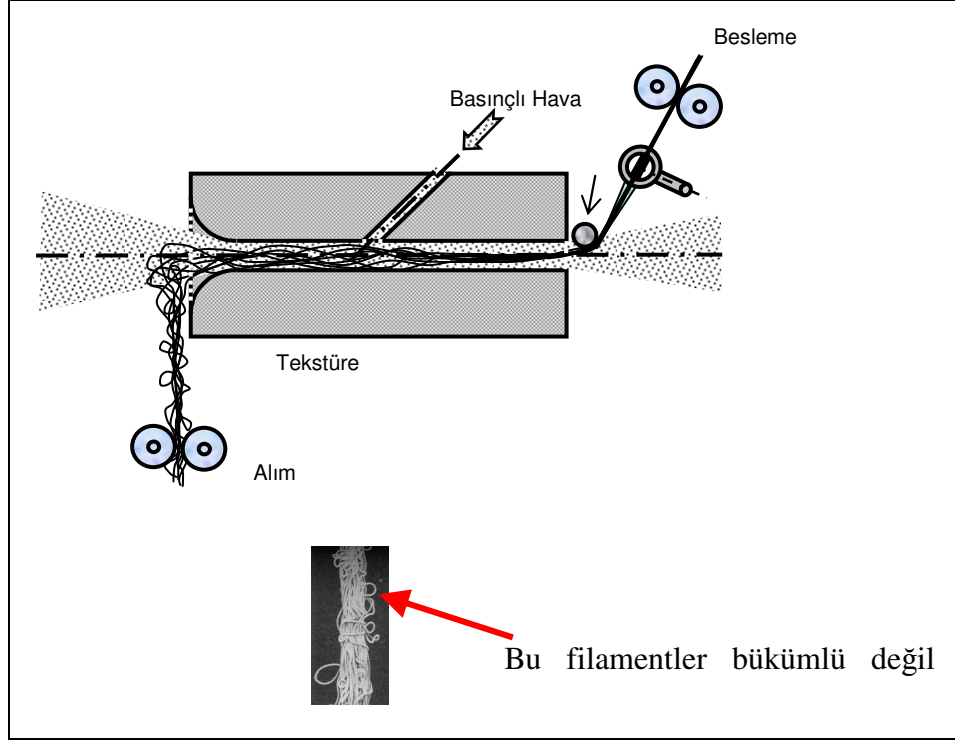
300 veya 400 m/dakika ile sınırlı olan işlem hızlarının, hızı 1000 veya 1200 m/dakika'ları bulan diğer yaygın tekstüre işlemi olan yalancı-büküm tekstüre işlemine kıyasla, düşük olması, ve elde edilen ipliğin dokuma, örme gibi daha sonraki işlemler ve kullanım esnasında maruz kaldığı kuvvetler etkisi ile filamentlerine ayrılması. “Hava-jeti ile tekstüre ipliklerin stabilitesi (kararlılığı)” konu başlığı altına giren bu problem uzun yıllardır araştırma konusudur ve günümüze kadar çözüm yerine bu özelliğin ölçümü ve işlem parametrelerinin bu özellik üzerine etkisi incelenmiştir.

Bu protipte, hava-jeti ile tekstüre işleminin sahip olduğu işlem hızı dezavantajı bir üstünlük olarak değerlendirilmiş ve geliştirilen yeni işlem ile ikinci dezavantaj ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Projede, hava-jeti ile tekstüre işleminin oluşturduğu ipliği, bir Türk patenti olan DirecTwist® prensibi (bakınız Şekil 2.8) ile üretim esnasında bükerek filamentlerin dolaşıklığına ilave, ancak kalıcı katkıda bulunacak ve bu sayede filamentler her türlü kuvvet etkisi altında asla ayrışıp yeniden paralel hale gelemeyecektir.

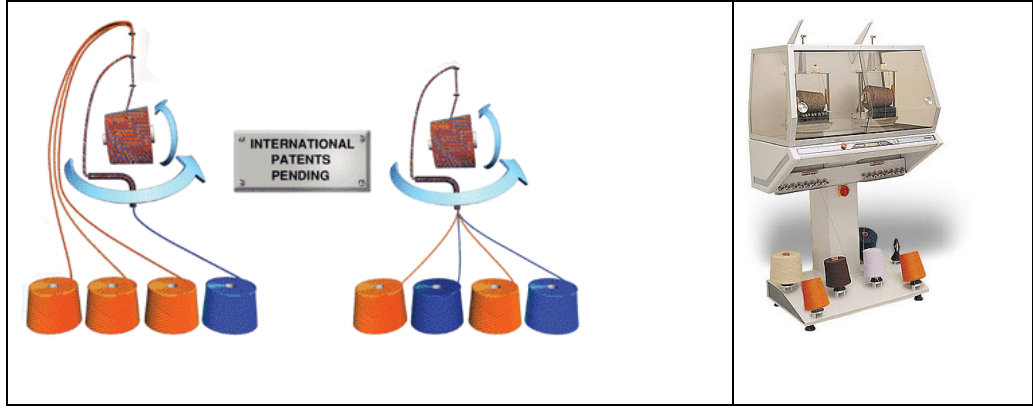
Bu yenilikçi işlem, hava-jeti ile tekstüre olmuş ve karışmış filamentlere ilave bir birliktelik kazandıracağı için iki farklı üstünlük elde edilecektir. Bunlardan ilkinde tekstüre için kullanılan basınçlı hava basıncında azaltma yapılarak daha ekonomik çalışma ile işlem gerçekleştirilecektir. Diğer üstünlük ise ipliğe kazandırılan yeni karakter ile elde edilecektir. Hava-jeti ile tekstüre işlemi her türden filamenti karıştırarak fantezi iplik üretme fırsatı sağlarken geliştirilmiş olan bu yeni kombine işlem tekstüre olmuş filament iplik ile kesik elyaftan eğrilmiş ipliklerin de büküm ile birleşimine imkan vererek fantezi iplik elde etme potansiyelini iki katına çıkaracaktır. Bu sayede filament ipliklerin mukavemet ve aşınma dayanımları ile kesik elyaftan eğrilmiş ipliklerin görsel, tuşe ve sıcaklık özellikleri birleştirilmiş olacaktır.

Bu yenilikçi işlemin diğer bir üstünlüğü de iki veya daha fazla sayıda hava-jeti ile tekstüre olmuş ipliğin bükümle birleştirilerek (katlanarak) daha yumuşak bir ipliğin elde edilmesidir. Bilindiği gibi özellikle kesik elyaftan gerek ring gerekse de open-end eğirme işlemleri ile eğrilmiş iplikler tek kat iplik olarak eğrilirler. Bu tek kat ipliklerin doğal olarak sahip oldukları düşük mukavemet, yüksek düzgünlük ve sertlik gibi eksik karakteristikleri bu ipliklerin katlanması ile iyileştirilir. Buna benzer biçimde tek kat olarak hava-jeti ile tekstüre edilmiş ipliğin sahip olduğu sertliği yan yana ayrı jetler ile tekstüre edilmiş iki ipliğin büküm işleminde katlanması ile sertliği azaltılır veya giderilir.

Bu tezde, esas olarak tasarım ve deneysel inceleme nitelikli olup 2- ve 3-boyutlu CAD imkanları kullanılarak geliştirilen ilk prototip tasarımı, mümkün oldukça CAM imkanları kullanılarak imal ettirildikten sonra montajı yapılmış, gerekli olan motor kontrol yazılımları geliştirilmiş ve iplik ile üretim (tekstüre+büküm) denemeleri yapılmıştır. Geliştirilen bu yeni işlemin ipliğe kazandıracığı yeni özellikler ve işlemin daha farklı uygulama biçim ve alanları özellikle iplik teknolojisi ağırlıklı başka çalışmaların konusu olacaktır.



Şekil 2.7 Hava Jeti ile Tekstüre İşleminin Prensibi



Şekil 2.8 DirecTwist® Prensibi ve Makinası

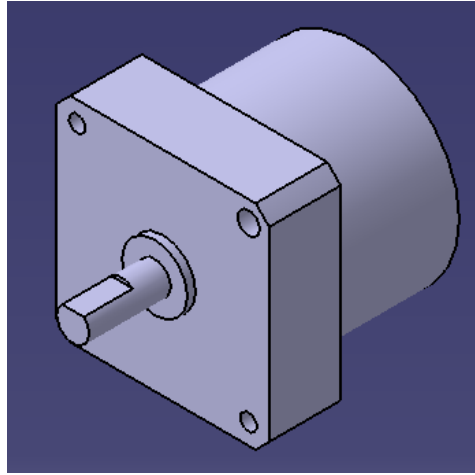
2.3 Mekanik Tasarım

2.3.1 Baskı Kasnağı Tasarımı

Hava jeti ile tekstüre yapan büküm makinesinde işlem gören iplik, ön levha üzerinde bulunan hava jetine girmeden önce farklı devirlerde dönen tahrik kasnakları arasında çekilerek oryantasyon kazanır. İplik ile tahrik kasnakları arasındaki baskı ise baskı kasnakları tarafından sağlanır. Bu baskı kasnakları çalışma esnasında tahrik

kasnağına belli bir kuvvet ile temas ederken, iplik kopması halinde tahrik kasnaklarından ayrılarak ipliğin yeniden bağlanmasına olanak verecek şekilde tasarlanmıştır.

Baskı kasnağı mekanizmasının ilk tasarımında baskı kasnağının (kauçuk manşon) tahriki için bir çeşit elektrik motoru olan döner solenoid modül kullanılmıştır (Şekil 2.9). Motor tahriki ayarlanabilir olup çalışma esnasında 30° döndükten sonra baskı kasnağı tahrik kasnağına temas etmekte ve kasnaklar arası gerekli kuvvet sağlanmaktadır.



Şekil 2.9 Döner Solenoid Modül

Baskı kasnağı ile motor arasındaki bağlantı için çeşitli çözümler düşünülmüştür. İlk çözüm olarak, motor mili ve kasnak mili bir ara elemanla birleştirilmiştir. Miller ile ara eleman arasındaki bağlantılar set screw ile sağlanmıştır. Motor milinin ön levha içindeki sürtünmesini önlemek, aynı zamanda motora gelen eksenel yükü taşıması için levha ile mil arasına rulman konulmuştur. Ara eleman ile ön levha içindeki rulman arasına bir yüzük yerleştirilmiş olup bu yüzük hem rulmanın iç bileziğini sabitlemekte hem de ara eleman ile ön levha arasındaki teması kesmektedir. Rulman ile motorun ön levhaya montesi sırasında karşılaşılan geometrik sınırlardan dolayı motor ile ön levha arasına ara levha konulmuş, bu ara levha aynı zamanda rulmanın dış bilezik görevini üstlenmiştir. Baskı kasnağının yüzeyi, tahrik kasnağı ile iyi bir temas sağlamak için kauçuk seçilmiştir. Kasnağın iç tasarımında ise hafifliği ve dayanımı nedeni ile alüminyum kullanılmıştır.

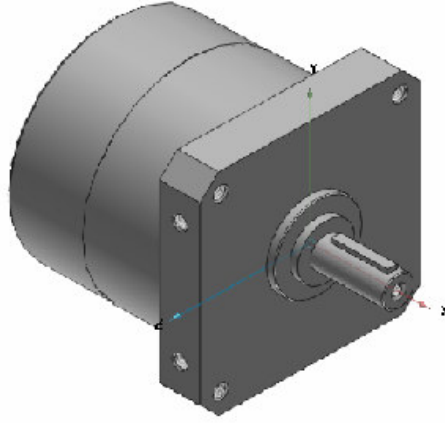
Baskı kasnağı mekanizmasının ikinci tasarımında, işlem gören ipliğin gerginliğini de arttırmak amacıyla parmak galet tasarımına da gidilmiştir. Galetli ilk tasarımda galetin baskı kasnağı tarafına monte edilmesi düşünülmüş olup bu da galetin, baskı kasnağı çözülürken onunla birlikte hareket etmesi zorunluluğunu getirmiştir. Bu amaçla motor ve kasnak milleri arasındaki ara eleman lama şeklinde yeniden tasarlanıp, parmak galet lamaya monte edilmiştir. Lama aynı zamanda kasnak mili görevini de üstlenmiştir.

Baskı kasnağı mekanizmasının bu tasarımında lamelin imalatının zor olması ve kasnağın dönerek çözülme esnasında oluşacak atalet momentinin azaltılması amacıyla üçüncü bir tasarıma gidilmiştir. Bu tasarımda motor mili merkez olarak düşünülürse baskı kasnağı ve galet merkeze göre 180° lik açıyla monte edilmiş ve bu sayede çözülme esnasında oluşacak atalet momenti azaltılmıştır. Lama ile galet, motor ve kasnak milleri arasındaki bağlantılar set screw ile sağlanmıştır.

Bu tasarımdan da iki nedenle vazgeçilmiştir. Birincisi motor mili ile kasnak mili arasında daha emniyetli bir bağlantı gerekmektedir. İkincisi ise tahrik kasnağı raporunda bahsedilecek olan koruma tasarımı ile geometrik olarak uyuşmamaktadır. Bu nedenlerle galet, baskı kasnağından tahrik kasnağına taşınmıştır.

Tasarlanan dördüncü mekanizmada motor ile baskı kasnağı arasındaki güç iletimine önem verilmiştir. Bu amaçla miller arasındaki ara eleman yerine motor mili ile kademeli kasnak mili tasarlanmıştır. Kademeli mil ile motor mili birbirine set screw ile monte edilmiştir.

Beşinci ve son tasarımda önemli bir değişikliğe gidilip kasnağın tahriki için elektrik motorundan vazgeçilmiş ve döner pnömatik motor (Şekil 2.10) kullanılmıştır. Hatırlanacağı gibi elektrik motoru 45° tahrikli olup çalışma esnasında 30° döndükten sonra baskı kasnağı tahrik kasnağına temas etmekte ve kasnaklar arası gerekli kuvvet sağlanmaktaydı. Bu esnada motor zorlanmaya devam edecek ve fazladan enerji tüketecekti. Tekstil makinasının büküm kafasında da pnömatik bir sistem kullanıldığı için daha güvenilir olan pnömatik sistem tercih edilmiştir.



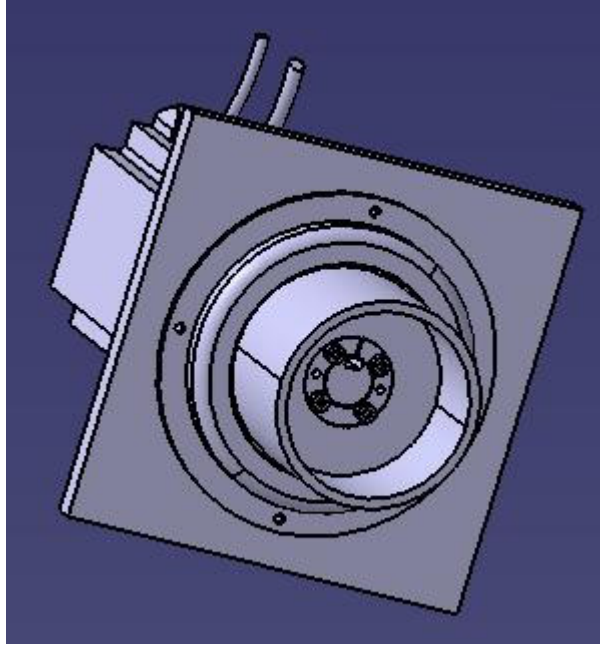
Şekil 2.10 Döner Pnömatik Modül

2.3.2 Tahrik Kasnağı Tasarımı

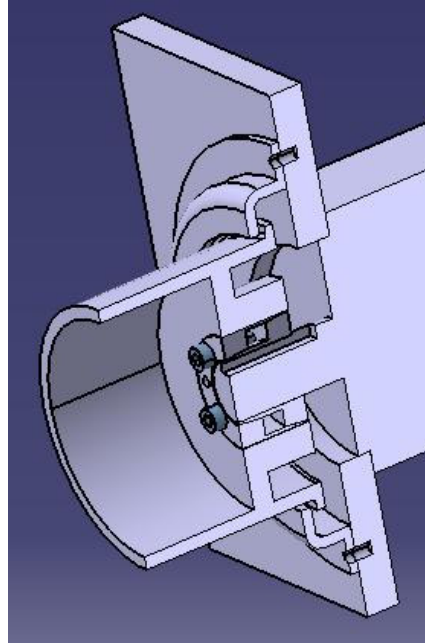
1. Tasarım Modeli:

Tahrik kasnağı tasarımında öncelikli olarak düşünülen mümkün olduğunca tahrik miline zarar vermeden, kolayca takılıp çıkartılabilecek ve istenilen momenti iletecek kasnağın tasarımı olmuştur. Bunun dışında temin edinilmesi gereken parçaların standart parçalar olmasına özen gösterilmiştir. Bunun sebebi maliyeti düşürmenin yanı sıra teminini kolay hale getirmektir.

Bu bağlamda öncelikle RCK 61 model konik geçme manşon düşünülmüştür (Şekil 2.11). Ancak bu model manşonun ölçü standartlarının mevcut tasarımla bire bir örtüşmemesi tasarım esnasında ek parça veya parçalar kullanılmasını zorlu hale getirmiştir. Buna ek olarak RCK 61 model konik geçmede eksenel sıkmanın 4 adet civatanın ayrı ayrı sıkılmasıyla gerçekleştirilebilmesi sıkma esnasında doğacak muhtemel zorluklar da düşünülerek bu tasarımdan vazgeçilmiştir. RCK 61 model konik manşonu içeren ilk tasarıma ait kesit şekli Şekil 2.12’ de görülmektedir.



Şekil 2.11 Tahrik Kasnağının Perspektif Görünüşü

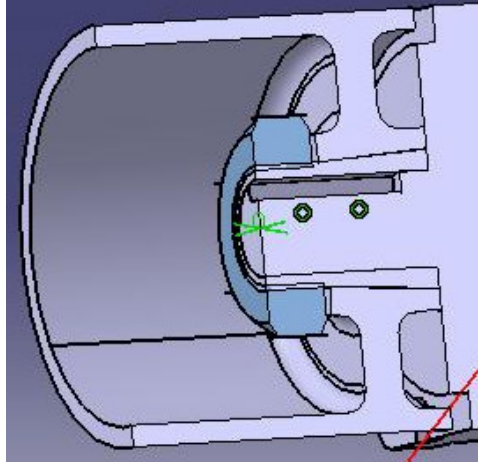


Şekil 2.12 Tahrik Kasnağının Kesit Görünüşü

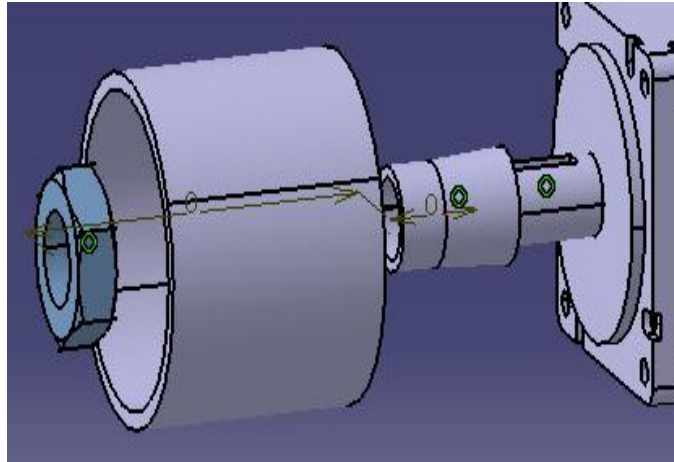
2. Tasarım Modeli:

Birinci tasarımda tasarım adımlarını oluşturan ana değişkenler temel alınarak farklı bir kasnak tasarımına geçilmiştir. Bu tasarımda standard parça kullanım fikri artık bir kenara bırakılmış ve tasarımı yapılan parçaların ayrıca imal edilmesi düşünülmüştür.

Bunun sonucu olarak Şekil 2.13’ de görülen tasarım hayata geçirilmiştir. Bu tasarımın katı model üzerindeki şekli Şekil 14’ te görülmektedir. Ancak kendi tasarımımız olan bu yaklaşımın standart parçadan oluşmuyor olması ve maliyeti göz önüne alındığında bu tasarımdan da vazgeçilerek yeni bir tasarım yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 2.13 Germe Manşonlu Tahrik Kasnağı

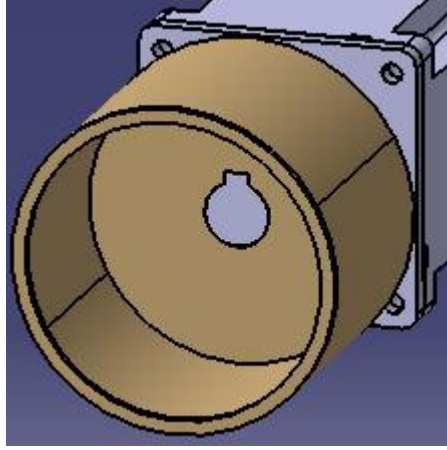


Şekil 2.14 Tahrik Kasnağı: İkinci Tasarım Patlamış Hali

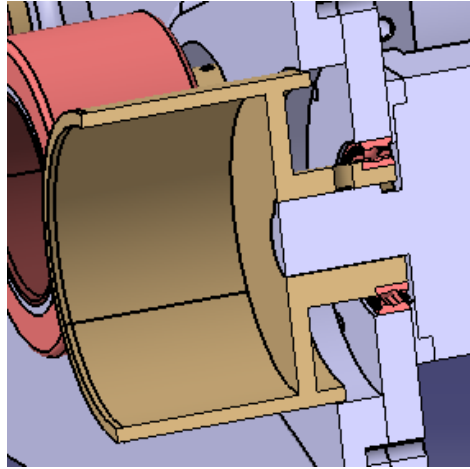
Tasarım Modeli 3:

Yukarıda sayılan nedenlerden ötürü nihai çözüm olarak ayar vidası (set screw) çözüm oluşturulmuştur. Geliştirilen çözümün CATIA kullanılarak gerçekleştirilen çizimi ve üretim çizimi Şekil 2.15 ve Şekil 2.16’ da mevcuttur. Çözümde bağlantı levhasına yataklama için SKF firmasının 61805_2RZ numaralı standart parçası

kullanılmıştır. Arkada kullanılan ek parça ile motor levhaya rahat bir biçimde oturtulmakta, rulmana dış bilezik olarak temas etmekte böylelikle servo motor gövdesi döner eleman ile direkt olarak temas etmemektedir. Ayrıca bu parça sayesinde kasnağın ileri hareketi de kolaylaşmıştır. Moment iletimi mümkün olan optimum mil zorlanması ile elde edileceği düşünülmüştür.



Şekil 2.15 Tahrik Kasnağı için Son Çözüm



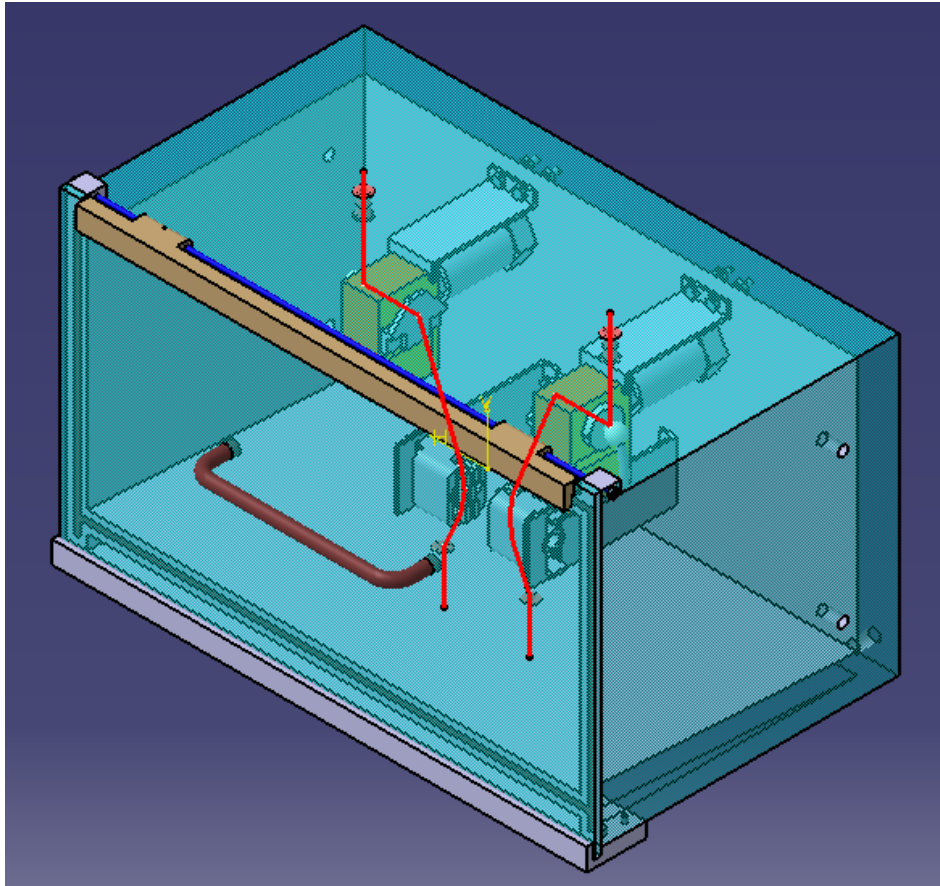
Şekil 2.16 Tahrik Kasnağı: Son Çözüm Kesit

Tahrik kasnağı referans alınarak ön levhaya koruma plakası monte edilmiştir. Burada tahrik kasnağının referans alınmasının nedeni bu kasnağın yüzeyinde ipin daha kolay kayması ve tahrik alan kasnak olması sebebiyle daha yüksek hızla döneceğinden iplik kaçması ihtimalinin daha yüksek olmasındandır. Son olarak koruma plakasına önden parmak galet set screwli olarak monte edilebilecektir. Bu işlemde önden

montajın ayar vidası kullanılarak bağlanmasının sebebi istendiği takdirde galet açısının değiştirilebilinmesidir.

2.3.3 Jet Kutusu Tasarımı

Hava jeti ile tekstüre yapan büküm makinesinde işlem gören iplik farklı devirlerde dönen tahrik kasnakları arasında çekilip oryantasyon kazandıktan sonra hava jeti kutusuna girerek burada tekstüre olur. Jet kutusu, içindeki olayların gözlenebilmesi için plexiglas malzemeden tasarlanmıştır. Çekimden gelen iplik hava jeti kutusunun altında bulunan seramik iplik besleme kılavuzlarından geçerek ıslatma ünitesinde ıslatılır ve jet kutusuna yönelir. Jet kutusunda tekstüre olan iplik yine seramik kılavuzlardan geçerek büküm odasına yönelir. Şekil 2.17’ de hava jeti kutusunun izometrik görünüşü verilmektedir.

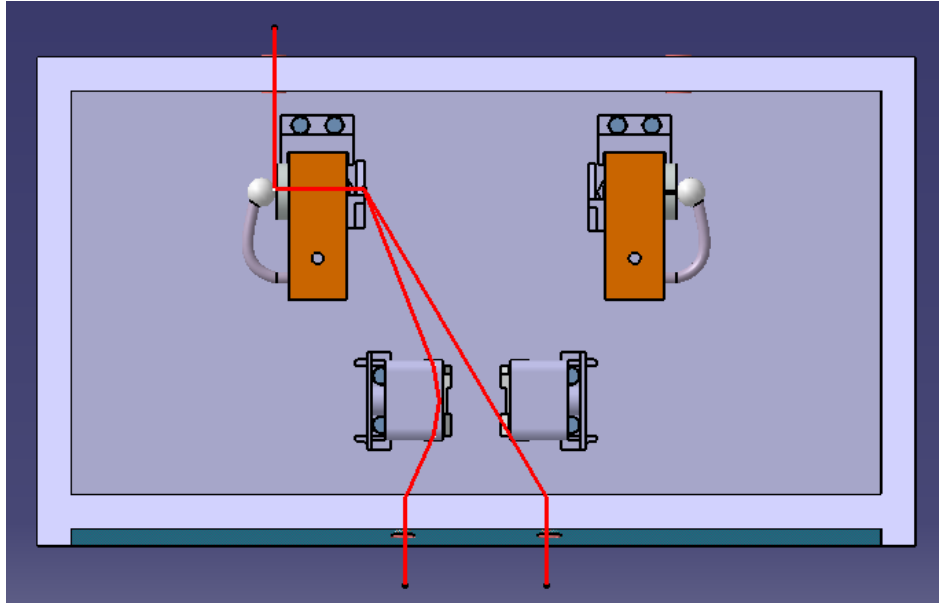


Şekil 2.17 Hava Jeti Kutusu

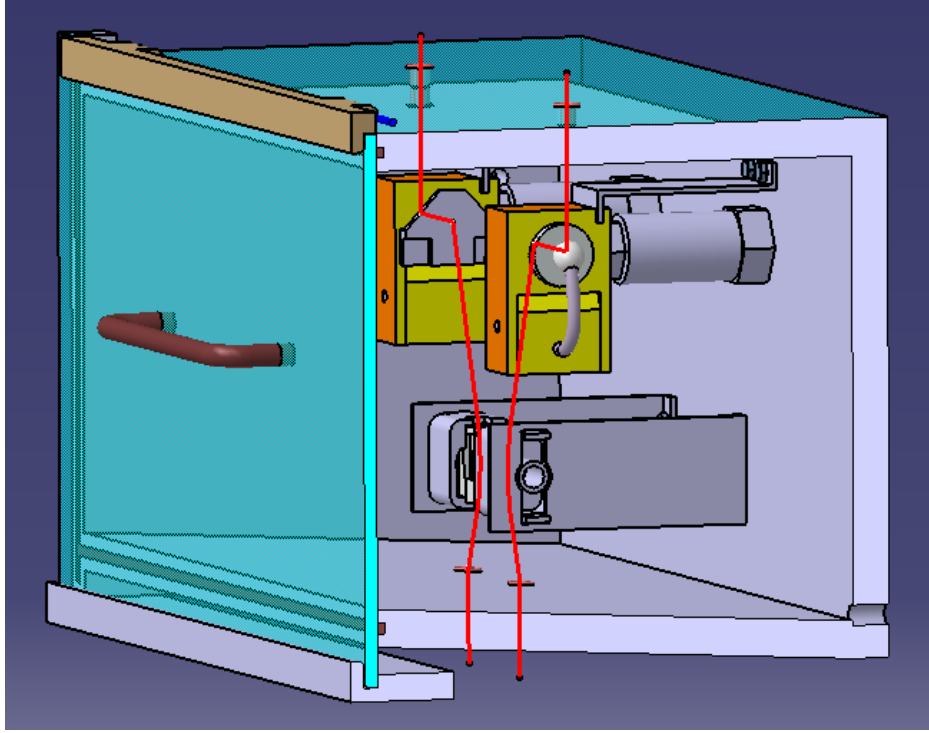
Jet kutusunda işlem gören ipliğin sürtünmeye maruz kalmaması için temas ettiği bütün yüzeyler seramik malzemeden seçilmiştir. Hava jeti kutusunda iplik ilk önce

ıslatıcı üniteye ıslatılarak hem sürtünmesi azaltılır hem de hava jetinde daha iyi tekstüre olması sağlanır. Islatıcı üniteden hava jetine gelen iplik jet içinde 9 bar basınçta tekstüre olduktan sonra büküm odasına yönelir. Jet kutusu ile ıslatıcı ünite arasındaki bağlantı ıslatıcı destek parçası ile, jet kutusu ile hava jeti arasındaki bağlantı ise jet üst bağlantı parçası ile yapılmaktadır. Manifold ile hava jeti arasındaki bağlantı jet kutusu içindeki nipel tarafından sağlanmaktadır. Islatma işlemi söz konusu olduğu için kutu içinde korozyif bir ortam mevcuttur. Bu nedenle jet kutusu içindeki tüm tekstüre ve bağlantı elemanlarında paslanmaz malzeme kullanılmıştır.

Jet kutusunda aynı anda iki iplik tekstüre edilebileceği gibi (Şekil 2.18), iplikler ayrı ayrı da tekstüre edilebilir(Şekil 2.19).



Şekil 2.18 Tekstüre: 2 İplik Aynı Jette



Şekil 2.19 Tekstüre: 2 İplik Farklı Jetlerde

3 BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASININ KONTROL VE OTOMASYONU

3.1 Temel Kontrol Yaklaşımı [2]

Kontrol sistemleri çevremizde her yerde hatta içimizdedirler. Çoğu karmaşık kontrol sistemleri insan bedeninin fonksiyonlarının içindedir. Ayrıntılı bir kontrol sistemi beynin hypothalamusunda yer alır ve vücut sıcaklığını fiziksel aktivitelerdeki değişiklere rağmen 37 °C de tutar.

İğneye iplik geçirmek ve araba kullanmak insan bedeninin karmaşık kontrolör olarak fonksiyon yaptığı iki şekildir. Gözler iğnenin ve ipin ya da otomobilin ve yolun merkezinin yerini bulan sensördür. Karmaşık bir kontrolör olan beyin, iki pozisyonu karşılaştırır ve istenen sonucun elde edilmesi için hangi işlemlerin yerine getirilmesi gerektiğini belirler. Vücut kontrol hareketini ipi hareket ettirerek ya da direksiyonu çevirerek gerçekleştirir. Günlük hayatta ortalama bir insanın yaptığı çoğu muhakemelerin otomatik kontrolörde yeniden üretilmesi çok zor olur.

Kontrol sistemleri evlerde, okullarda, ve diğer çeşitlerdeki binalarda ısıyı ayarlar. Aynı zamanda yiyeceklerin ve servislerin üretimlerini de etkilerler.

Bir kontrol sistemi istenilen sonucu ya da değeri koruyan herhangi bileşenler grubudur. Çok çeşitli bileşenler tek kontrol sisteminin parçası olabilirler; elektrik, elektronik, mekanik, hidrolik, pnömatik, insan ya da bunların herhangi bir kombinasyonu. İstenilen sonuç sistemdeki bir değişkenin değeridir, örneğin, otomobilin yönü, odanın ısısı, tankın sıvı seviyesi, ya da borudaki basınç. Değeri kontrol edilen değişken olarak adlandırılır.

Kontrolü gerçekleştirmek için, sistemde kontrol edilen değişkeni etkileyebilen başka bir değişken olmalıdır. Çoğu sistemlerin böyle değişkenleri vardır. Böyle değişkenler işletilen değişken olarak adlandırılır.

Kontrol Sisteminin Tanımı : Bir kontrol sistemi sistemdeki diğer değişkenin değerini işleterek istenilen sonucu koruyan bileşenler grubudur. Kontrol sistemleri temelde Açık Çevrim Kontrol ve Kapalı Çevrim Kontrol olarak ikiye ayrılır.

3.1.1 Açık Çevrim Kontrol

Bir Açık Çevrim Kontrol sistemi, kontrol hareketini belirlemek için gerçek sonuçla istenilen sonucu karşılaştırmaz. Bunun yerine, istenilen sonucu elde etmek için daha önceden bir çeşit ayarlama prosedürüne ya da hesaplamasına göre belirlenmiş değerler kullanılır.

Kurşunun ateşlenmesi açık-döngü kontrol sistemine bir örnektir. İstenilen sonuç kurşunu boğanın gözüne yönlendirmektir. Gerçek sonuç ise silah ateşlendikten sonra kurşunun yönüdür. Açık-döngü kontrol, silahın boğanın gözüne nişanlandığı ve tetiğin çekildiği anda meydana gelir. Kurşun bir kere namludan çıktıktan sonra artık kendi başınadır. Aniden bir bora ortaya çıkarsa, yön değişir ve hiçbir düzeltme mümkün olmaz.

Açık-döngü kontrolün en büyük avantajı kapalı-döngü kontrolden daha ucuz olmasıdır. Çünkü gerçek sonucu ölçmek gerekli değildir. Buna ek olarak kontrolör çok daha basittir çünkü hataya dayalı düzeltme hareketi gerekmez. Dezavantajı ise beklenmeyen durumların sebep olduğu hatalar düzeltilemez. Çoğunlukla insan operatör elle, değişen durumlara karşı hatayı yavaş yavaş düzeltmelidir. Bu durumda insan operatör döngüyü geri besleme sinyali sağlayarak kapatmaktadır.

3.1.2 Kapalı Çevrim Kontrol

Geri besleme, gerçek sonuçla istenilen sonuç arasındaki farkı ölçme ve bu farkı kullanarak gerçek sonucu istenilen sonuca doğru sürme hareketidir. Sinyal kontrol edilen sistemin çıkışından başlar ve girişinde sona erer. Kontrolörün çıkışı kontrol edilen sistemin girişidir. Böylece ölçülen sinyal değeri kontrol edilen sistemin çıkışından girişine beslenir. Kapalı-döngü terimi geri besleme yolu tarafından yaratılan bu döngüden bahsetmektedir.

Geri Besleme Kontrol Sisteminin temel öğeleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Ölçüm: Kontrol edilen değişkenin değerini ölçme

Karar: Hatayı hesaplama (İstenilen Değer – Ölçülen Değer) ve hatayı kontrol hareketi oluşturmada kullanma

İşletme: Kontrol hareketini işteki herhangi değişkendeki hatayı azaltacak şekilde işletmek için kullanma

Süreç : Süreç, kontrolör ve son kontrol elemanı dışındaki kontrol edilen veya süreç değişkenini etkileyen her şeyi içerir. Örneğin ev ısıtma sisteminde, süreç ev ve içindekilerdir. Bu süreçteki en önemli iki değişken dış duvarların ısı direnci ve içindeki hava ve eşyaların ısı kapasitesidir.

Ölçüm Cihazı : Ölçüm cihazı ya da sensör kontrol edilen değişkenin değerini hisseder ve kullanılabilir bir sinyale dönüştürür. Ölçüm cihazı tek blok olarak gösterilmesine rağmen asıl hissetme elemanı ve sinyal dönüştürücünden meydana gelir.

Kontrolör : Kontrolör hata bulucu ve kontrol biçimlerini uygulayan birimi içerir. Hata bulucu kontrol edilen değişkenin ölçülen değeri ile istenilen değerin (ya da ayarlama noktası) arasındaki farkı hesaplar. Kontrol biçimleri hatayı, hatayı azaltacak eğilimde kontrolör çıkışına veya kontrol hareketine çevirir

İşleten Elaman : İşleten eleman kontrolör çıkışını işletilen elemanı düzenlemek için kullanır ve iki parçadan oluşur. İlk parça işletici (actuator) ve ikinci parça da son kontrol elemanıdır. İşletici kontrolör çıktısını son kontrol elemanı üzerinde harekete çevirir ve son kontrol elemanı doğrudan işletilen değişkenin değerini değiştirir. Valfler, damperler, fanlar, ısıtma elemanları, pompalar işleten eleman örnekleridir. Ev ısıtma sistemindeki yakıt akışını kontrol eden valf işleten elemanın başka bir örneğidir.

Kapalı-döngü kontrolün temel avantajı sürecin daha doğru kontrolünü sağlamasıdır. Dezavantajları ise: (1) kapalı-döngü kontrol açık-döngü kontrolden daha pahalıdır, ve (2) kapalı-döngü kontrolün geri besleme özelliği sistemin kararsız olmasına yol açabilir.

3.1.3 Otomatik Kontrolün Faydaları

Kontrol sistemleri toplumda gittikçe daha önemli olmaktadır. Otomatik kontrol yetenekli işçileri rutin işlerden kurtararak ve her işçinin yaptığı iş miktarını artırarak her işçinin verimliliğini artırmıştır. Kontrol sistemleri üretilenlerin kalitesini geliştirir ve birbirinin aynı olmasını sağlar. Bir çok ürünün otomatik kontrolsüz neredeyse üretilmesi imkansızdır. Özet olarak otomatik kontrolün faydaları aşağıdaki bölümlere ayrılır:

- 1) Arttırılmış verimlilik
- 2) Geliştirilmiş kalite
- 3) Arttırılmış etkinlik
- 4) Güç yardımı
- 5) Güvenlik
- 6) Konfor ve hayatı kolaylaştırma

3.2 Otomasyon Kavramı [2]

3.2.1 Giriş

Otomatik üretim modern sanayinin temeli ve teknik ilerlemenin genel eğilimi olmaktadır. Bu da yeni fabrikasyon süreçleri, otomasyon olanaklarının daha geniş uygulanışı, otomatik işlem görücülerin ve sanayi robotlarının, çeşitli tipte yükleme gereçleri, transfer tezgahları ve otomatik kontrol sistemlerinin kullanımı demektir. Tüm bunlar için sürekli yeni uzmanlar istemi doğmaktadır.

Sanayi üretiminin bugünkü durumu düzenli artan çıktı, üretimin uzmanlaşması ve bütünleşmesi, imalat süreçlerinin ve fabrika ürünlerinin standartlaşması ve ürün parametrelerinde aynılık istemi ile belirlenmektedir. Bu son gereklilik ancak imalat koşulları pratik olarak değişmediği sürece karşılanmaktadır. Fabrikasyonda, parçaların toplanmasında ve özellikle metal kesme tekniklerinde yeni yöntemlerin

kullanımı yalnızca mekanizasyonda değil, imalatın, takım düzmenin ve kontrol süreçlerinin otomasyonunda ana önkoşul olmaktadır.

Endüstriyel otomasyonda mekanik, hidrolik ve elektronik birleşmekte ve otomasyon araçları olarak kuvvet, basınç, hız iletme sistemleri (transducers), röleler, amplifikatörler, sinyal çeviriciler ,elektiriksel hidrolik ve pnömatik eyleyiciler kullanılmaktadır.

Otomatik kontrolde, kam kontrolleri, mekanik durdurma kontrolleri, şablon kontroller ve nümerik kontroller kullanılabilir.

Malzeme taşıyıcılığında basit oluklar bile otomasyonun bir parçası olarak kabul edilmekte; ayrıca ayırıcılar, besleyiciler, iticiler, yönlendiriciler ve robotlara kadar bunlar çeşitlenmektedir.

Ölçüm işlemlerinde ve tezgahların ayarında otomasyondan yararlanılmakta; otomatik torna, freze, matkap ve taşlama otomasyonun bir kısmını oluşturmaktadır.

3.2.2 Otomasyonun Önemi ve Geleceği

Otomasyon, Henry Ford'un 20. Yüzyılın başında ilk kez kitle üretim tesisini gerçekleştirdiği zamanki kadar önemli bir teknolojik değişimdir.

Tam otomasyona örnekler verilirse, modern bir petrol rafinerisi ya da tek bir denetim sisteminden elektronik impulse'larla yönlendirilen petrolün içinden aktığı boru hattı sistemi bugünkü ilk uygulamalardandır.

Ancak, otomasyonun gerçek tanımı makinaları çalıştırmak için makinaların kullanımınıdır.

Klasik uygulamada insan gücü ve zaman yitirilmesine en çok neden olan dört öge:

- 1) Malzeme aktarımı
- 2) İşlem sırası yargısı
- 3) Makina ayarı

4) Verilerin sürece konması, otomasyonda makinalarla çok kısa sürede ve çok daha ucuz olarak yapılmaktadır.

Otomasyon üç ay, altı ay, belki bir yıl gibi önemli bir süre boyunca önceden belirli bir çıktı düzeyinde sürekli üretimi gerektirir.

Otomasyonda üç ilke vardır: birincisi ekonomik çalışmaların bir süreç bütünü oluşu, yani tüm ekonomik çalışma bir bütün olarak uyum içinde olmalıdır. İkincisi otomasyon sürecinin altında bir göründü, düzen ve biçim vardır. Üçüncü ilke ise otomasyonun kendini düzenleyici ve düzeltici denetimi vardır. Ve bu ilkelerin gerçekleşmesi otomatik makinalar, elektronik kontroller ve bilgisayarlar, mekanik beyinler aracılığıyla olur.

Yarı otomasyonlu sanayilerin dışında tam otomasyonla çalışan iki sanayi dalı vardır, biri elektrik gücü üretimi, ikincisi ise petrol rafinerisidir. Ama tüm gelecek otomasyona aittir ve otomasyonun birçok uygulama olanakları çok kısa sürede gerçekleşecektir.

Yarının düğmelerle çalışacak fabrikasında belki de gerçekte üretim sahasında hiç işçi olmayacaktır. Pratik olarak bugünkü otomasyonla güç üretim santralinde ve petrol rafinerisinde hiç işçi yoktur. Ama aynı anda makinaya bilgi hazırlayan ve onu makinaya veren programcılar, makina yapımcıları, makina yerleştircileri, onarımcılar, vb. gibi yüksek beceri isteyen işlerde çalışan inanılmaz çoklukta insan vardır. Ayrıca makinanın tasarımcıları, çizimcileri, sistem mühendisleri, matematikçiler ya da mantıkçılar gibi büyük sayıda eğitilmiş insan gereklidir. Son olarak yüksek düzeyde düşünme, çözümleme ve karar verme yeteneği olan büyük sayıda sanayi yöneticisi olacaktır.

3.3 Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC)

3.3.1 Giriş [2]

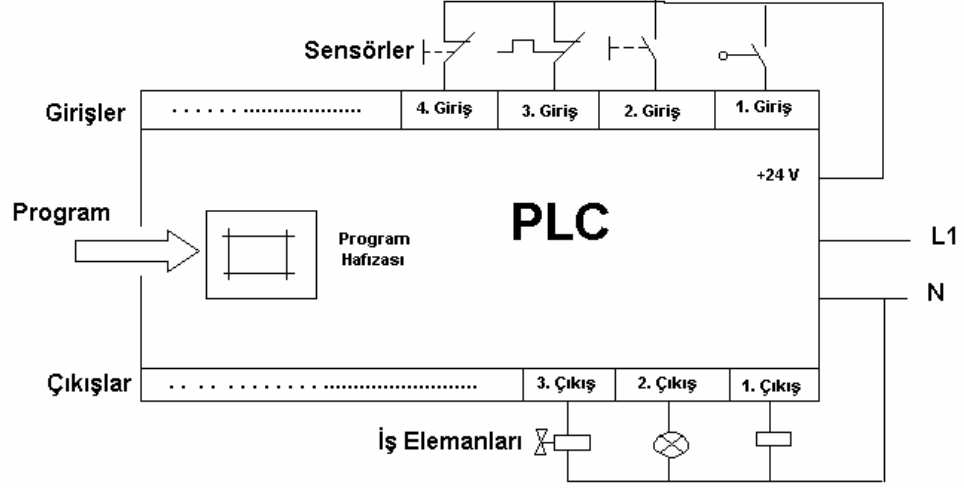
Endüstriyel uygulamaların her dalında yapılan genel amaçlı kumanda ve otomasyon çalışmalarının bir sonucu olan Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) tekniği, kullanıcılara A'dan Z'ye her türlü çözümü getiren komple bir teknoloji alt grubudur.

Endüstriyel kontrolün gelişimi PLC'lerin gerçek yerini belirlemiştir. İlk önce analog kontrolle başlayan elektronik kontrol sistemleri zamanla yetersiz kalınca, çözüm analog bilgisayar adını verebileceğimiz sistemlerden, dijital kökenli sistemlere geçmiştir. Dijital sistemlerin zamanla daha hızlanması ve birçok fonksiyonu, çok küçük bir hacimle dahi yapılabilmesi onları daha da aktif kılmıştır. Fakat esas gelişim, programlanabilir dijital sistemlerin ortaya çıkması ve mikroşemcili kontrolün aktif kullanıma geçirilmesinin bir sonucudur. Mikroşemcili kontrolün, mikroşemci tabanlı komple sistemlere yerini bırakmak zorunda kalması, Z80 ile aylarca süren tasarlama süresinin yanında, baskı devre yaptırmak zorunda kalınması ve en küçük değişikliğin bile ağır bir yük olmasının sonucudur. İşte bu noktada PLC'ler kendini göstermeye başlamıştır.

Programlanabilir lojik kontrolörlerin çıkışı 60'li yılların sonu ile 70'li yılların başlarına dayanır. İlk kumanda kontrolörleri bağlantı programlamalı cihazlardı. Bu cihazların fonksiyonları, lojik modüllerin birbirine bağlantı yapılarak birleştirilmesi ile gerçekleştiriliyordu. Bu cihazlarla çalışmak hem zordu, hem de kullanım ve programlama olanakları sınırlıydı. Bugünkü PLC'ler ile karşılaştırıldığında son derece basit cihazlardı. PLC'lerin ortaya çıkarılma amacı, röleli kumanda sistemlerinin gerçekleştirdiği fonksiyonların mikroşemcili kontrol sistemleri ile yerine getirilebilmesidir. Lojik temelli röle sistemlerine alternatif olarak dizayn edildiklerinden Programlanabilir Lojik Kontrolör (Programmable Logic Controller) adı verilmiştir.

İlerleyen zaman içinde çeşitli firmalar muhtelif kapasitelerde PLC'ler üretmişlerdir. Bu firmalar arasında Mitsubishi, Toshiba gibi firmalar küçük tipte, kapasite bakımından alt ve orta sınıf PLC'ler üretmişlerdir. Siemens, Omron, Allen-Bradley, General Electric, Westinghouse gibi firmalar da PLC sistemlerini daha geniş bir tabana yayarak alt, orta ve üst sınıflarda PLC'ler üretmişlerdir.

Günümüzde endüstride hemen hemen her alanda el değmeden eğitim sürecine girilmiştir. El değmeden gerçekleştirilen üretimlerde PLC'ler kullanılmaktadır. PLC bir bilgisayara benzetilirse; girişlerinde Mouse ve klavye yerine basit giriş bağlantıları vardır. Yine çıkışlarında ekran yerine basit çıkış bağlantıları vardır.



Şekil 3.1 PLC Genel Blok Şeması [2]

Girişlere bağlanan elemanlara sensör, çıkışlara bağlanan elemanlara da iş elemanı denir.

Üstteki şekildeki blok diyagramda gösterildiği gibi PLC sensörlerden aldığı bilgiyi kendine göre işleyen ve iş elemanlarına göre aktaran bir mikroişlemci sistemidir. Sensörlere örnek olarak, herhangi bir metali algılayan endüktif sensör, PLC girişine uygun gerilim vermede kullanılan buton ve anahtarlar verilebilir. İş elemanları için PLC çıkışından alınan gerilimi kullanan kontaktörler, bir cismi itme veya çekmede kullanılan pnömatik silindirleri süren elektro-valfler, lambalar uygun örneklerdir.

3.3.2 PLC Sistemlerinin Avantajları [3]

3.3.2.1 Röleli Sistemlere Göre Avantajları

- PLC ile daha üst seviyede otomasyon sağlanır.
- Az sayıda denetim yapılan durumlarda tesis yatırımı PLC' de daha fazladır.
- PLC'li sistem daha uzun süre bakımsız çalışır ve ortalama bakım onarım süresi daha azdır.
- Arızalar arası ortalama süre PLC'li sistem için 8000 saatten daha fazladır.

- Teknik gereksinimler değişip arttıkça PLC’li sistem az bir değişiklikle ya da hiçbir değişikliğe gereksinim duyulmadan yeniliğe adapte edilebilirken röleli sistemde bu oldukça zordur.
- PLC’ler daha az yer kaplar ve daha az enerji harcarlar

3.3.2.2 Bilgisayarlı Sistemlere göre Avantajları

- Yazılım Açısından

PC tabanlı kontrol sistemleri, uygulama için gerekli operasyonları gerçekleştirecek şekilde geliştirilen bir yazılım programıdır. Bu nedenle, bu tip sistemler, aynı zamanda yazılım motoru (soft control engine) olarak da adlandırılmaktadır. Unutulmamalıdır ki, PC tabanlı kontrol sistemi sipariş edildiğinde, özel bir işletim sistemi için geliştirilmektedir. Bu noktada asıl mesele bu işletim sisteminin seçimidir.

Windows NT, gerçek zamanlı (real time) veya bir başka gerçek zamanlı işletim sisteminin seçimi yapılmalıdır. Bu sistemler için en yaygın olarak kullanılanı Windows NT’dir. Bu işletim sisteminin zorlu endüstriyel ortamlarda gerçek zamanlı kontrol amaçlı dizayn edilmemiş olması nedeniyle, üzerinde yoğunlaşan tartişmalara rağmen, PC tabanlı kontrol sistemlerinde, % 90 civarında bu işletim sisteminin kullanıldığı tahmin edilmektedir.

Konuya genel olarak bakıldığında, Windows NT, kabul edilebilir bir işletim sistemi olarak düşünülebilir.

- Donanım Açısından

Sistem seçiminin en kritik etkenlerinden birisi de donanımdır. Yazılımın üzerinde koşacağı donanım için genellikle şu seçenekler söz konusudur;

- Endüstriyel PC
- Ticari bir PC
- Açık kontrolörler (open controller)

Her hangi bir bilgisayar satıcısından kolayca temin edilebilen ticari PC'ler, ekonomik fiyat ve temin kolaylığı avantajlarına sahiptir. Buna karşılık endüstriyel koşullarda çalışma performansı yeterli düzeyde değildir.

Diğer taraftan endüstriyel PLC'ler sanayideki ağır çalışma koşulları için gelişmiş özelliklere sahip cihazlardır. (sarsıntılı, nemli, tozlu, gürültülü ortamlar için önleyici donanımlara sahiptirler). 0- 60 °C ortam ısılarında ve %0 ve %95 arası nem oranı olan ortamlarda çalışabilir.

Bununla birlikte farklı programlama dili, arıza bulma ve bakım kolaylıklarının olması gibi özelliklerden dolayı bilgisayarlardan farklıdırlar. Bilgisayarların arıza ve bakım servisi ile programlama dillerinin öğrenilmesi için özel bir eğitime gerek vardır.

PLC programlama dili klasik kumanda devrelerinde uygunluk sağlayacak şekildedir. Bütün PLC'lerde hemen hemen aynı olan AND, OR, NOT (VE, VEYA, DEĞİL) gibi boolean ifadeleri kullanılır. Programlama klasik kumanda sistemini bilen birisi tarafından kolayca yapılabilir.

Büyük çaplı kontrol sistemleri için bilgisayarların mikroişlemcilerin kullanılması, 10 adet röle kontaktör elemanlarından daha az eleman gerektiren kontrol devrelerinde de klasik kumanda devrelerinin kullanılması daha avantajlı ve gereklidir.

Diğer seçenek olan açık kontrolörler ise, PLC yapısının içine, PC tabanlı kontrol yapısının entegre edilmesiyle ortaya çıkmaktadır.

- Hafıza Açısından

MByte ve GByte düzeyinde hafıza gereksinimi olan uygulamalarda PLC'lerde genelde yardımcı işlemci (coprocessor) desteğine ihtiyaç duyulmaktadır PC tabanlı sistemlerin , sabit disklerinin GByte düzeyine erişmesi, yüksek hafıza gereksinimi olan uygulamalarda avantaj sağlamaktadır.

3.3.3 PLC'nin Yapısı [2]

3.3.3.1 Güç Kaynakları

Bu modüller PLC içindeki kartların beslemelerini (Giriş çıkış kartları hariç) sağlamakla yükümlüdür. Dış kaynak beslemelerini PLC'nin iç voltaj seviyelerine indirirler. PLC içindeki kartların güç sarfiyatına göre kaynağın maksimum çıkış akımı değişik değerlerde seçilebilir. Çıkış akımının çok yüksek olduğu durumlarda fan ünitesi ile soğutma gerekliliği yoktur. Güç kaynağının içindeki hafıza yedekleme pili ile CPU içindeki kullanıcı programı, kalıcı işaretleyiciler, sayıcı ve zamanlayıcı içerikleri gerilim kesilmesine karşı korunabilir. Bu yedekleme pili enerji yokken değiştirilecekse, dışarıdan bir kaynakla güç kaynağı beslenmelidir.

3.3.3.2 Merkezi İşlem Birimleri (CPU)

Merkezi işlem birimleri PLC sisteminin beyni olarak düşünülebilir. Bu birimler kumanda edilen sisteme ait yazılımın(sadece mantık yazılımının) saklandığı ve bu yazılımın işlendiği kartlardır. Merkezi işlemci haricinde program hafızası ve programlama cihazı bağlantısı için bir interface içerir. Ayrıca bazı modellerde başka PLC gurupları ile beraber çalışabilmeleri için özel interface'ler de bulunur.

3.3.3.3 Dijital Giriş/Çıkış Birimleri

PLC'nin giriş bilgileri kontrol edilen ortamdan veya makinadan gelir. Gelen bu bilgiler PLC içinde var yada yok şeklinde değerlendirilmeye tabi tutulan sinyaller sistemin dijital girişlerini oluşturur. Dijital girişler PLC'ye çeşitli saha ölçüm cihazlarından gelir. Bu cihazlar farketmeleri gereken olay gerçekleştiğinde PLC'nin ilgili giriş bitimini '0' sinyal seviyesinden '1' sinyal seviyesine çıkarırlar. Böylece sistemin sahada olan hadiselerden haberdar olmasını sağlar. Dolayısıyla sistem içindeki fiziksel değişimleri PLC'nin anlayabileceği 0-1 sinyallerine dönüştürürler. PLC'nin girişine gelen sinyaller basınç şalterlerinden, sınır şalterlerinden, yaklaşım şalterlerinden veya herhangi bir röle, kontaktör yada otomatın yardımcı kontağından gelebilir. Sinyal PLC dışı binary sinyaldir ve giriş modüllerinde PLC'nin iç sinyal seviyesine indirirler. Tek bir giriş modüllerinde 8, 16 yada 32 bit dijital saha bilgisi okunabilir. Modüller üzerinde her girişe ait bir LED bulunur ve gelen sinyalin

seviyesi buradan anlaşılabilir. PLC'nin giriş sinyallerini okuyabilmesi için bu sinyallerin kartın tipine göre ilgili aralıkta olması gerekmektedir.

PLC'nin sahadaki ya da prosesdeki bir şeye binary olarak müdahale edeceği zaman kullanıldığı birimler dijital çıkış birimleridir. Dijital çıkış modülleri PLC iç sinyal seviyeleri prosesin ihtiyaç duyduğu binary sinyal seviyeleri çeviren elemanlardır. Bu modüller üzerinden bir çıkışın set edilmesi ile sahadaki ya da kumanda panosu içindeki herhangi bir eleman kumanda edilebilir. Bu eleman bir lamba, bir röle ya da bir kontaktör olabilir. Dijital çıkış modülleri röle, triyak ya da transistör çıkışlı olabilir. Sahaya yapılan kumandanın hızlı olması gerektiği durumlarda doğru gerilimle çalışıyorsa transistör, alternatif gerilimle çalışıyorsa triyak kullanımlı yüzden de kart üzerine çekilecek max. Çıkış akımlarına dikkat etmek gerekir.

Sadece giriş sinyalleri okutan ve sadece çıkış sinyallerini gösteren kartlar yanında hem giriş hem de çıkış birimleri içeren kombine giriş çıkış kartları da vardır. Bu kartlar sınırlı sayıda giriş çıkış için yer tasarrufu sağlar.

3.3.3.4 Analog Giriş/Çıkış Birimleri

Kontrol edilen sistemdeki bütün sinyallerin varlıklarına yada yokluklarına göre sorulan sinyaller olması beklenemez. Örnek olarak bir sıcaklık yada basınç değeri dijital olarak sorgulanabilir ancak bu değer net bir şekilde belirlenmesi dijital giriş modülleri ile mümkün olmaz. İşte burada devreye analog olarak yapılan kontrol devreye girer. Analog değer kullanımında alt sınır ve üst sınır değerlerin arasında kalan bölgeye kontrol yapılır. Bu kontrollerin yapılması analog giriş çıkış kartları ile mümkün olmaktadır. Analog giriş modülleri prostesten gelen analog değerleri dijital değerlere dönüştürür. Yalnız öncelikle ölçümü yapılan fiziksel büyüklüğün PLC'nin anlayacağı dile çevrilmesi gerekir. Bu işlemi gerçekleştiren cihazlara transmitter adı verilir. Transmitterler problemlerinden ölçtükleri büyüklüğü değerlendirerek 0-20mA, 4-20mA ya da 0-10V gibi belli aralıkta ifade edilen sinyallere çevirirler. Bu sinyaller de PLC'nin analog giriş kartları ile intern bus hattı üzerinden CPU'ya okutulur. Böylece PLC belli aralıklarda değişen değerleri işleyebilir duruma gelir.

Analog çıkış modülleri sisteme analog olarak müdahale edilmesi gereken durumlarda kullanılır. Bu modüllerle sahadaki bir eleman 0-10V, 0-20mA yada 4-20mA çıkışları

ile oransal olarak kontrol edilebilir. PLC'nin analog çıkışları ile bir aktuator yönetilebilir. CPU tarafından karar verilen çıkış değerleri dijital formda analog çıkış kartının işlemcisine iletilir. Bu değerler bir dijital-analog çevirici ile analog voltaj değerlerine çevrilir. Ayrıca bir voltaj-akım çevirici ile çıkış akımları oluşturulur.

Bir programlanabilir lojik kontrolör CPU'sunun performansı o CPU'nun analog değer işlemesi ile orantılıdır.

3.3.3.5 Akıllı Modüller

PLC'lerin normal lojik fonksiyonları dışında birtakım özel fonksiyonları da bulunmaktadır. Bu fonksiyonlarla çıkış gözetimli, diğer bir deyişle kapalı çevrim geri besleme kontrol uygulamaları gerçekleştirilebilir. Bu tip modüller yüksek hızda ve çok ileri derecede hassas kontrol imkanları sağlamak için tasarlanmışlardır. Akıllı giriş-çıkış kartları kapalı çevrim kontrolünde, pozisyonlamada, sayma ve oranlamada ve analog değer işlemede kullanılır.

Akıllı modüllerin sağladığı avantaj, bu modüllerin zaman açısından kritik olan görevlerini tamamıyla kendilerinin görmesidir. Birçok durumda bu kontrolleri kendi özerk işlemçileri gerçekleştirirler. Böylece CPU'nun kendi görevlerine konsantre olması sağlanarak sistemin kontrol hızı büyük oranda arttırılmış olur. Bu akıllı giriş-çıkış modülleri, saha ile birebir giriş/çıkış kanalları üzerinden bağlantılıdır.

3.4 Sistemde Kullanılan PLC ve Kontrol Yapısı

3.4.1 Donanım Seçimi

Makinanın otomasyonu için yukarıda anlatılan bilgiler ışığında bir PLC kullanılmasına karar verilmiştir. Alternatif olarak özel üretim bir mikrokontrolör veya bir PC kullanılabilirdi. Ancak PLC'nin özellikle endüstriyel uygulamalarda saha elemanlarıyla doğrudan bağlantı sağlayabilmesi, genişletilebilir olması, programlamasının esnek olması, diğer alternatiflere kıyasla daha yüksek akımlarda çalışmaya müsaade etmesi, analog modüllerinin esnek bir şekilde konfigüre edilebilmesi, endüstriyel prosesler için hazır fonksiyon blokları içermesi, arıza tespiti ve tamirinin kolay olması gibi sebeplerden dolayı tercihte PLC ön plana çıkmıştır.

Marka araştırması sonucunda da Siemens marka PLC, CPU hızlarının yüksek, genişleme modüllerinin çeşitli, yazılımının çok kullanışlı olması ve Simülasyon fonksiyonu içermesi, Siemens markasının bilinirliğinin ve hizmet kalitesinin yüksek olması, gelecekte ticarileştirilmesi düşünülen bu projenin başarısında etkili olabilecek faktörler olarak düşünülmüş, dolayısıyla bu marka PLC tedarik edilmiştir.

3.4.1.1 Merkezi İşlem Birimi

Makinada Siemens' in orta ölçekli otomasyon projeleri ve makinalar için geliştirdiği S7-300 Serisinden CPU314 seçilmiştir. Bu CPU, makinanın temel Giriş/Çıkış konfigürasyonu sağlayabilecek ve gelecekteki mevcut genişlemelere müsaade edebileceği için tercih edilmiştir. Şekil 3.2' de kullanılan CPU' nun resmi görülmektedir.



Şekil 3.2 CPU314 Resmi

3.4.1.2 Dijital Giriş/Çıkış Birimi

Makina üzerinde kullanılacak Dijital Giriş Çıkışlar Tablo 3.1 deki gibidir.

Tablo 3.1 Dijital Giriş/Çıkış Konfigürasyonu

	Dijital Giriş	Dijital Çıkış
Servo Motor Çalışıyor	8 Adet	0
Servo Motor Arıza	8 Adet	0
Acil Durum Butonları (Makina Gövdesi)	8 Adet	0
Acil Durum Butonu (Pano)	1 Adet	0
İplik Sensörü	1 Adet	0
Bobin Doldu Sensörü	1 Adet	0
“Servo Motor Çalış”	0	8 Adet
“Pnömatik Motor Çalış”	0	6 Adet
“Jet Valfi Çalış”	0	2 Adet
“Su Valfi Çalış”	0	2 Adet
Basınç Okuma Valfleri	0	3 Adet
Isıtmalı Kasnak Çalış	0	4 Adet
Kesici	0	2 Adet
Korna	0	1 Adet
TOPLAM	27 Adet	28 Adet

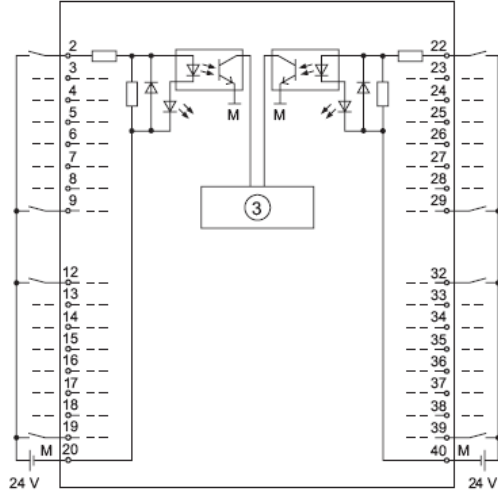
Tablo 3.1’den de görüldüğü gibi makinanın Giriş/Çıkış (G/Ç) konfigürasyonu gereğince sistemde 32 Dijital Giriş Modülü ve 32 Dijital Çıkış modülü kullanılmıştır.

Kullanılan modüller şunlardır:

32 Dijital Giriş Modülü: 6ES7321-1BL00-0AA0

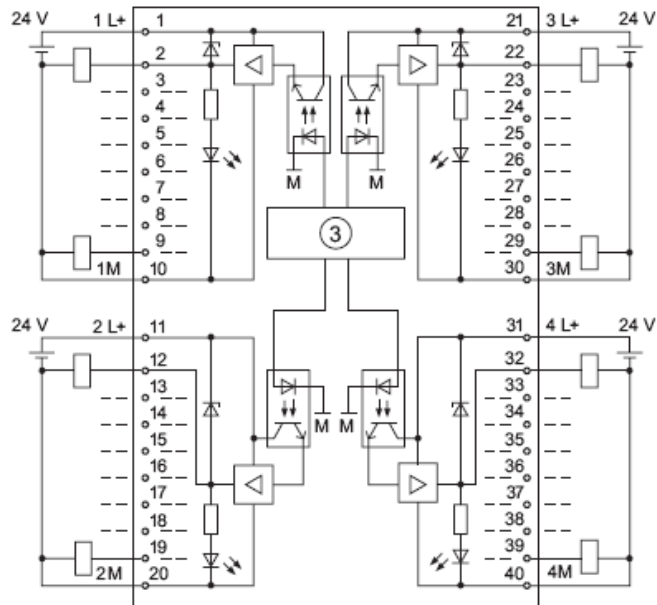
32 Dijital Çıkış Modülü: 6ES7322-1BL00-0AA0

Dijital Giriş Modülünün bağlantıları Şekil 3.3’ deki gibi yapılmıştır.



Şekil 3.3 Dijital Giriş Modülü Bağlantı Şeması[4]

Dijital çıkış modülünün bağlantı şeması ise Şekil 3.4’ deki gibidir.



Şekil 3.4 Dijital Çıkış Modülü Bağlantı Şeması[4]

3.4.1.3 Analog Giriş/Çıkış Birimi

Makinada kullanılan Servo Motorlara Hız Kontrol uygulanmıştır. Hız Kontrol Bilgisi PLC’ den sürücülere analog çıkış kartından analog işaret olarak gönderilmiş, aynı zamanda sürücünün kodlayıcı vasıtasıyla toplayarak analog sinyale çevirdiği gerçek hız bilgisi de analog giriş kartından analog olarak okunmuştur. Bunun yanında bazı analog sensörler de kullanılmıştır. Kullanılan analog giriş çıkışlar aşağıdaki gibidir.

Tablo 3.2 Analog Giriş/Çıkış Konfigürasyonu

	Analog Giriş	Analog Çıkış
Servo Motor Hız Bilgisi Sürücünden PLC’ ye	8 Adet	0
PT100 Sıcaklık Sensörü	2 Adet	0
Basınç Sensörü	1 Adet	0
Gerginlik Ölçme Sensörü	2 Adet	0
Servo Motor Hız Komutu PLC’ den Sürücüye	0	8 Adet
TOPLAM	13 Adet	8 Adet

Verilen konfigürasyona göre aşağıdaki kartlar seçilmiştir.

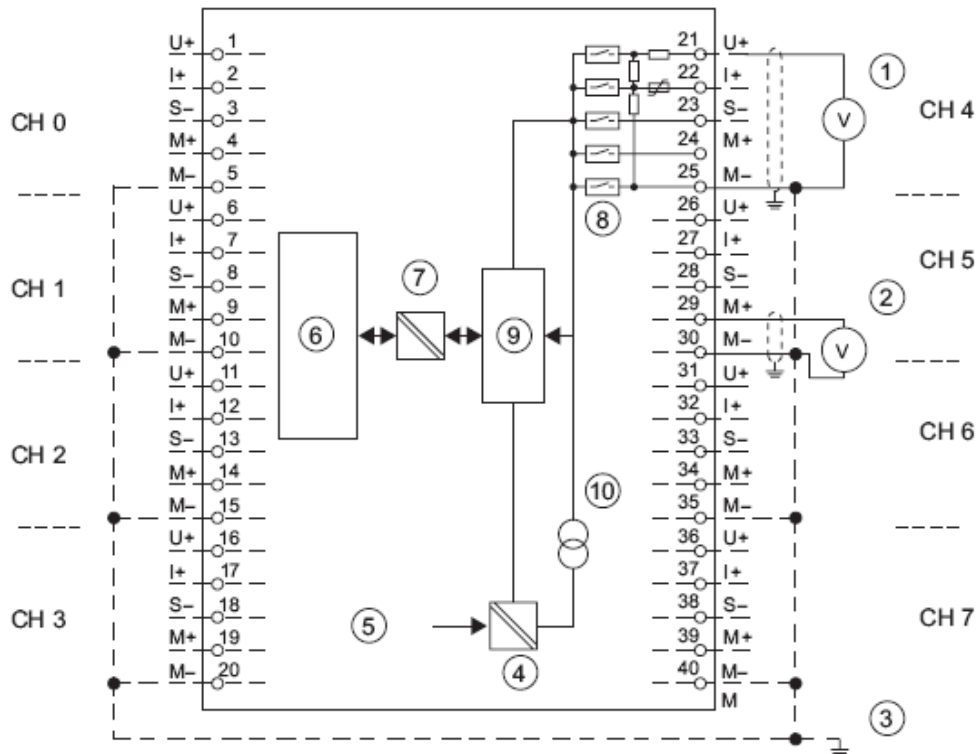
Analog Giriş Modülü: 2 Adet 6ES7331-1KF01-0AB0 (8 Kanal Analog Giriş Modülü)

Analog Çıkış Modülü: 1 Adet 6ES7332-5HF00-0AB0 (8 Kanal Analog Çıkış Modülü)

Analog Çıkış Modülü: 1 Adet 6ES7332-5HB01-0AB0 (2 Kanal Analog Çıkış Modülü)

Dolayısıyla Giriş olarak 16 Kanal, çıkış olarak 10 Kanal bir Analog kapasiteye ulaşılmıştır. İhtiyaç duyulanan üzerindeki bu kapasite, sisteme ileride yapılması planlanan muhtemel eklentilere de müsaade edecektir ve sistem ek donanıma ihtiyaç duymadan genişletilebilecektir.

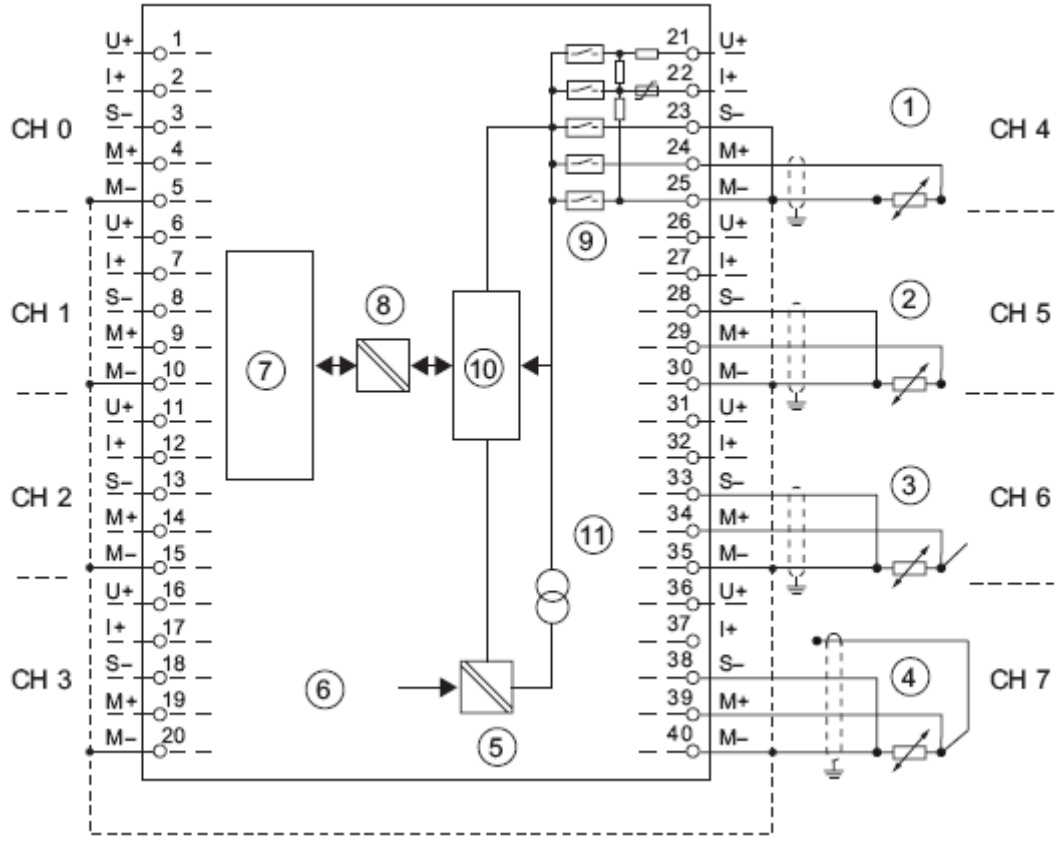
Analog girişlerden 8 tanesi servo motor sürücülerinden gelen hız bilgisini okumaktadır. Sürücünün kodlayıcıdan alarak analog sinyale çevirdiği hız bilgisi PLC' nin analog girişine 0-10 V arasında bir analog işaret olarak gelmektedir. Servo motor sürücüsü ve PLC arasında hız okuma bağlantısı aşağıdaki gibi yapılmıştır.



Şekil 3.5 Analog Giriş Kartı Gerilim Ölçme Devre Şeması[4]

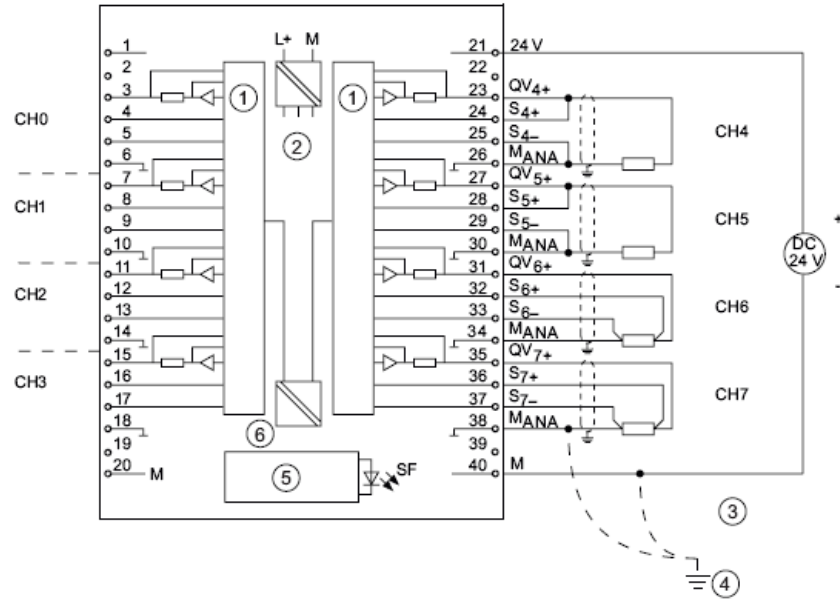
Benzer şekilde basınç okuma sensörü ve gerginlik ölçme sensörleri de ölçtükleri basınç ve gerginlik değerine orantılı olarak 0-10 Volt arasında bir gerilim oluşturmaktadır. Bu değer de Şekil 3.5 te gösterildiği gibi analog giriş kartından okunmaktadır.

Bunun yanında analog giriş kartıyla okunan bir başka değer de PT100 sıcaklık sensörleridir. PT100 sensörleri analog giriş kartına Şekil 3.6 gösterildiği gibi bağlanmaktadır. Makinada kullanılan PT100 sensörleri 2 kablolu sıcaklık sensörleri olduğundan bağlantı Kanal 4 (CH4)' te görüldüğü gibi yapılmıştır.



Şekil 3.6 Analog Giriş Kartı Sıcaklık Ölçme Bağlantı Şeması[4]

Sürücülere gönderilen Hız Komutu bilgisi ise 0-10 Volt arasında bir gerilim olarak gönderilmektedir. Bu bağlantı da Şekil 3.7 de gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 3.7 Analog Çıkış Kartı Gerilim Çıkışı Bağlantı Şeması[4]

Ölçülen değerlerin Analog Giriş Çıkış adreslerindeki sayısal değerleri ise aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Analog Giriş Modülü 0-10 Volt arası okuma sonuç değerleri şöyledir

Tablo 3.3 Ölçülen Gerilim Değerlerinin Analog Adreslerdeki Sayısal Değerleri[4]

System		Voltage measuring range				
dec	hex	±10 V	±5 V	±2.5 V	±1 V	
32767	7FFF	11.851 V	5.926 V	2.963 V	1.185 V	Overflow
32512	7F00					
32511	7EFF	11.759 V	5.879 V	2.940 V	1.176 V	Overshoot range
27649	6C01					
27648	6C00	10 V	5 V	2.5 V	1 V	
20736	5100	7.5 V	3.75 V	1.875 V	0.75 V	
1	1	361.7 µV	180.8 µV	90.4 µV	36.17 µV	
0	0	0 V	0 V	0 V	0 V	Nominal range
-1	FFFF					
-20736	AF00	-7.5 V	-3.75 V	-1.875 V	-0.75 V	
-27648	9400	-10 V	-5 V	-2.5 V	-1 V	
-27649	93FF					Undershoot range
-32512	8100	-11.759 V	-5.879 V	-2.940 V	-1.176 V	
-32513	80FF					Underflow
-32768	8000	-11.851 V	-5.926 V	-2.963 V	-1.185 V	

Analog Giriş Modülü PT100 Sıcaklık okuma sonuç değerleri şöyledir.

Tablo 3.4 Ölçülen Sıcaklık Değerlerinin Analog Adreslerdeki Sayısal Değerleri[4]

Pt x00 Standard / GOST in °C (1 digit = 0.1°C)	Units		Pt x00 Standard/ GOST in °F (1 digit = 0.1 °F)	Units		Pt x00 Standard/ GOST in K (1 digit = 0.1 K)	Units		Range
	dec	hexa- decimal		dec	hexa- decimal		dec	hexa- decimal	
> 1000.0	32767	7FFF _H	> 1832.0	32767	7FFF _H	> 1273.2	32767	7FFF _H	Overflow
1000.0	10000	2710 _H	1832.0	18320	4790 _H	1273.2	12732	31BC _H	Overshoot range
:	:	:	:	:	:	:	:	:	
850.1	8501	2135 _H	1562.1	15621	3D05 _H	1123.3	11233	2BE1 _H	
850.0	8500	2134 _H	1562.0	15620	3D04 _H	1123.2	11232	2BE0 _H	Nominal range
:	:	:	:	:	:	:	:	:	
-200.0	-2000	F830 _H	-328.0	-3280	F330 _H	73.2	732	2DC _H	
-200.1	-2001	F82F _H	-328.1	-3281	F32F _H	73.1	731	2DB _H	Underflow range
:	:	:	:	:	:	:	:	:	
-243.0	-2430	F682 _H	-405.4	-4054	F02A _H	30.2	302	12E _H	
< - 243.0	-32768	8000 _H	< - 405.4	-32768	8000 _H	< 30.2	32768	8000 _H	Underflow

Analog çıkış modülünün 0-10 Volt çıkış için analog çıkış adreslerinin sayısal değerleri ise Tablo 3.5' teki gibidir.

Tablo 3.5 Analog Çıkış Modülü 0-10 Volt için Analog Adreslerin Sayısal Değerleri[4]

System			Voltage output range		
	dec	hex	0 V to 10 V	1 V to 5 V	
118,5149 %	32767	7FFF	0.00 V	0.00 V	Overflow, off power
	32512	7F00			
117,589 %	32511	7EFF	11.76 V	5.70 V	Overshoot range
	27649	6C01			
100 %	27648	6C00	10 V	5 V	Nominal range
75 %	20736	5100	7.5 V	3.75 V	
0,003617 %	1	1	361.7 µV	1 V +144.7 µV	
0 %	0	0	0 V	1 V	
	-1	FFFF			Undershoot range
-25 %	-6912	E500		0 V	Not possible. Output value limited to 0 V.
	-6913	E4FF			
-117,593 %	-32512	8100			Underflow, idle state
	-32513	80FF			
-118,519 %	-32768	8000	0.00 V	0.00 V	

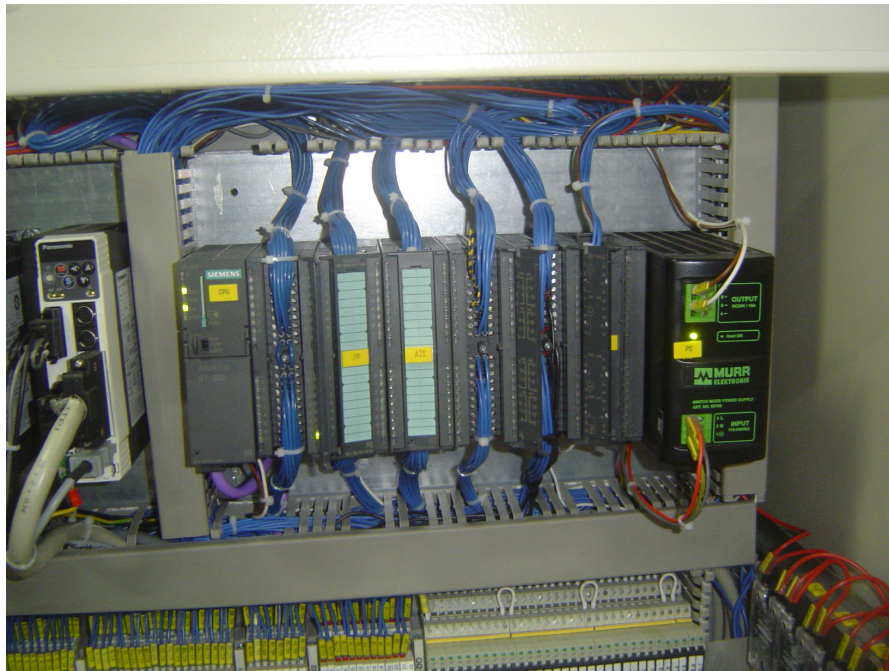
3.4.1.4 Donanımın Yazılımla Konfigürasyonu

Siemens PLC' leri programlamak için firmanın S7300 ve S7400 Serisi PLC' leri için geliştirdiği Simatic STEP7 yazılımı kullanılmaktadır. Yazılım, PLC' nin tüm özelliklerinin kullanılabildiği farklı programlar içeren bir paket yazılımdır. Donanım ayarları STEP7' nin alt programlarından biri olan HW Config programıyla yapılmaktadır. Bu program Simatic Manager programında yeni bir proje açıldıktan sonra bu projeye yeni bir CPU eklenmesi ve bu CPU' nun çift tıklanmasıyla otomatik olarak açılmaktadır. Açılan bu yazılımdan kullanılan CPU modeli, Giriş/Çıkış modülleri seçilerek bir yapı oluşturulur ve derlenerek kaydedilir. Proje, Simatic Manager programıyla PLC' ye yüklenirken donanım bilgisi de otomatik olarak PLC' ye gönderilir.

Seçilen CPU, Dijital Giriş ve Çıkış Modülleri, Analog Giriş ve Çıkış Modüllerinin ayarları bu programda yapılır. Özellikle analog modüllerin programlanmasında hangi kanalda ne tür bir analog işaret olduğunun doğru bir şekilde girilmesi büyük önem arz etmektedir, zira burada yapılan yanlış bir ayarlama yanlış bilgilerin okunmasına ve üretilmesine neden olabilir. Ayrıca kullanılmayan kanalların da devre dışı bırakılması gerekmektedir. Nihayi olarak Şekil 3.8' de görüldüğü gibi bir kontrolör yapısı ortaya çıkmıştır. Bu yapı, sırasıyla raya yerleştirilen aşağıdaki modüllerden oluşmaktadır.

- 1) 6ES7 314-1AF10-0AB0: CPU Ünitesi

- 2) 6ES7321-1BL00-0AA0: 32 Nokta Dijital Giriş Birimi
- 3) 6ES7322-1BL00-0AA0: 32 Nokta Dijital Çıkış Birimi
- 4) 6ES7331-1KF01-0AB0: 8 Kanal Analog Giriş Modülü
- 5) 6ES7332-5HF00-0AB0: 8 Kanal Analog Çıkış Modülü
- 6) 6ES7331-1KF01-0AB0: 8 Kanal Analog Giriş Modülü
- 7) 6ES7332-5HB01-0AB0: 2 Kanal Analog Çıkış Modülü



Şekil 3.8 Kontrolörün Son Hali

3.4.2 Yazılım

3.4.2.1 Kullanılan Temel Komutlar

Program Ladder (Merdiven) programlama diliyle yazılmıştır. Programlama sırasında standart kütüphaneden birçok temel komut kullanılmıştır. Bu komutlardan bazıları Normalde Açık Kontaklar, Normalde Kapalı Kontaklar, RS (Reset Set) Flip Flopları, Move (Belleğe yazma) komutları, Convert (Verilerin birbirlerine çevrilmesi, örneğin DI -Double Integer- verisinin Real -Reel- formata çevrilmesi), sayıcılar,

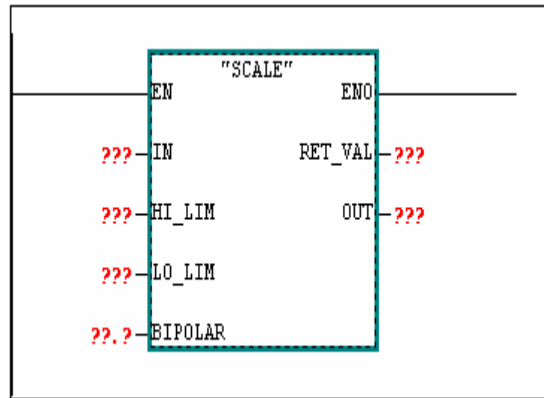
zamanlayıcılardır. Ancak bu komutların çok standart olmaları ve ayrıntılarının kolay erişilebilir olması gözönüne alınarak burada detaylandırılmamıştır.

3.4.2.2 SCALE/UNSCALE Analog Veri Komutları

Analog Veri kanallarından toplanan ve bu kanallara gönderilen verilerin işlenmesinde SCALE ve UNSCALE komutları büyük önem taşımaktadır. Aşağıda öncelikle SCALE daha sonra UNSCALE komutu anlatılmaktadır.

SCALE fonksiyonu, tamsayı olarak aldığı giriş değerini (IN), verilen üst limit (HI_LIM) ve alt limit (LO_LIM) arasında tekrar ölçeklendirerek reel bir sayıya (OUT) çevirir. Çevirme işlemini yaparken şu fonksiyonu kullanır.

$$OUT = [((FLOAT (IN) - K1)/(K2-K1)) * (HI_LIM-LO_LIM)] + LO_LIM$$



Şekil 3.9 SCALE Fonksiyonu [5]

EN: Fonksiyonu devreye alma girişi

IN: Ölçeklendirilecek Giriş Değeri

HI_LIM: Üst Limit

LO_LIM: Alt Limit

Bipolar: Bu Giriş “0” ise IN Giriş değeri 0 ve +27648 aralığındadır;

K1=0 K2=27648 (Unipolar, tek yönlü)

Bu Giriş “1” ise IN Giriş değeri -27648 ve +27648 aralığındadır

K1=-27648 K2=+27648 (Bipolar, çift yönlü)

OUT: Sonuç reel değer

RET_VAL: Komutun işlenmesinde bir problem olması durumunda bu adres 0 olur.

SCALE fonksiyonu analog giriş adresinde okunan ve Analog Dijital çevirici vasıtasıyla tamsayıya çevrilen değer gerçekte ne kadarlık bir analog değere tekabül ettiğini bulmakta kullanılmaktadır. Projede analog giriş kartlarında sürücünden gelen analog hız bilgisi okunmaktadır. -10:+10 Volt aralığında gelen bu değer Tablo 3.3’ te görüldüğü gibi bir tamsayıya çevrilir. Ancak bu kanalda okunan analog reel değeri tam olarak bilmek istendiği için SCALE fonksiyonuyla bu tamsayı değeri gerçek değerine ölçeklendirilir. Programda;

IN: Analog Giriş Kanalıının adresi

HI_LIM: 10

LO_LIM: -10

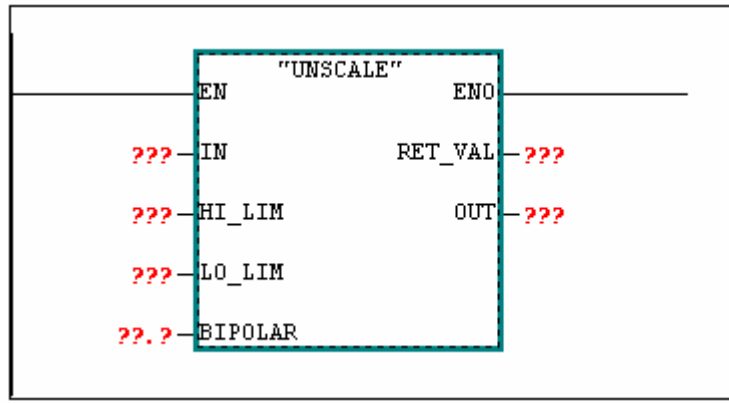
Bipolar: 1

OUT: Hız bilgisi

olarak kullanılmıştır. Bu işlem sonucunda analog giriş kanalındaki tam sayı, -10 ve +10 aralığında tekrar ölçeklendirilerek reel hız bilgisine çevrilmiştir. Örneğin +7,5 Volt bir sinyal geldiğinde, analog giriş kanalının ilgili adresinde bu değer 20736 olarak görünecektir. SCALE fonksiyonu yukarıdaki gibi devreye alındığında OUT adresindeki değer reel 7,5 olacaktır.

UNSCALE fonksiyonu, reel olarak aldığı giriş değerini (IN), verilen üst limit (HI_LIM) ve alt limit (LO_LIM) arasında tekrar ölçeklendirerek bir tamsayıya (OUT) çevirir. Çevirme işlemini yaparken şu fonksiyonu kullanır.

$$OUT = [((IN-LO_LIM)/(HI_LIM-LO_LIM)) * (K2-K1)] + K1$$



Şekil 3.10 UNSCALE Fonksiyonu [5]

EN: Fonksiyonu devreye alma girişi

IN: Ölçeklendirilecek Giriş Değeri

HI_LIM: Üst Limit

LO_LIM: Alt Limit

Bipolar: Bu Giriş “0” ise IN Giriş değeri 0 ve pozitif bir değer aralığındadır;
K1=0 K2=Pozitif Değer (Unipolar, tek yönlü)

Bu Giriş “1” ise IN Giriş değeri Negatif bir değer ve pozitif bir değer aralığındadır

K1=Negatif değer K2=Pozitif değer (Bipolar, çift yönlü)

OUT: Sonuç reel değer

RET_VAL: Komutun işlenmesinde bir problem olması durumunda bu adres 0 olur.

UNSCALE fonksiyonu analog çıkış adresine gönderilen ve Dijital Analog Çevirici çevirici vasıtasıyla analog değere çevrilen tamsayı değerinin gerçekte ne kadarlık bir analog değere tekabül ettiği bulmakta kullanılmaktadır. Projede analog çıkış kartlarından sürücüye analog hız bilgisi gönderilmektedir. -27648:+27648 aralığında gönderilen bu değer Tablo 3.5’ te görüldüğü gibi bir analog değere tekabül eder. Ancak bu kanala gönderilecek tam sayı değerini göndermek istediğimiz analog reel

değere göre kontrol edebilmek istendiği için UNSCALE fonksiyonuyla bu reel değer tamsayı değerine ölçeklendirilir. Programda;

IN: Göndermek istediğimiz analog gerilim değeri

HI_LIM: 10

LO_LIM: -10

Bipolar: 1

OUT: Dijital çıkış kanalı adresinin sayısal değeri

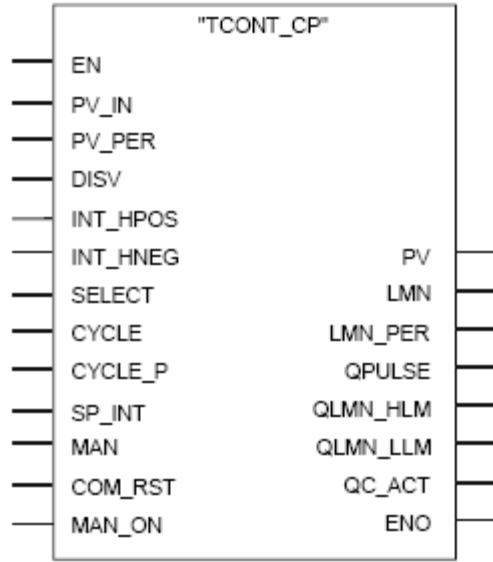
olarak kullanılmıştır. Bu işlem sonucunda göndermek istenen voltaj değeri (reel hız bilgisi), -10 ve +10 aralığında tekrar ölçeklendirilerek adresin tamsayı değerine çevrilmiştir. Örneğin +7,5 Volt bir sinyal göndermek istendiğinde, analog çıkış kanalının ilgili adresinde bu değer 20736 olarak görünecektir. UNSCALE fonksiyonu yukarıdaki gibi devreye alındığında OUT adresindeki değer 20736 olacaktır.

3.4.2.3 PID Sıcaklık Kontrolü ve FB58 PID Sıcaklık Kontrolörü

Sistemde, ısıtılmalı kasnakların belirli bir sıcaklıkta çalışmasını sağlamak için PID (Proportional, Integral, Derivative) ısı kontrolü uygulanmıştır. Bu işlem, Simatic' in kütüphanesinde hazır olarak bulunan FB58 PID kontrolör bloğu vasıtasıyla yapılmıştır.

FB58 fonksiyon bloğu, sıcaklık proseslerini sürekli veya darbeli kontrol işaretleriyle kontrol etmek için kullanılmaktadır. Birçok parametresi bulunan bu fonksiyon bloğunun farklı parametreleri kullanılarak kontrolör farklı süreçlere uygulanabilir. Bu parametreler, Parametre Atama Arayüzü vasıtasıyla ayarlanmaktadır. Bu arayüz, fonksiyon bloğuna bağlı veri bloğundadır. Temelde standart PID kontrolörüyle aynıdır, sadece sıcaklık prosesleri için bir kısım ek fonksiyonları vardır. Kontrolör, analog veya darbe genişlik modülasyonlu kontrol işaretleri üreterek sistemi kontrol eder. Projedeki sistem, darbe genişlik modülasyonu ilkesine dayanmaktadır. Dijital çıkışlardan birine bağlanan bu işaret SSR (Solid State Röle)' ler aracılığıyla kuvvetlendirilerek ısıtıcının direncine verilmektedir. FB58 Bloğu, OB1 ana program

bloğunun içine yazılabilir ancak bloğun çalışmasının çevrim süresinden bağımsız yapmak için blok bir çevrimsel kesici olan OB35 bloğunun içinde programlanır. OB35' in çalışma süresi, HW Config içindeki CPU opsiyonlarından "Cyclic Interrupt" seçilerek ayarlanır ve bu blok girilen değerdeki aralıklarla sürekli olarak çalışır.



Şekil 3.11 FB58 Sıcaklık Kontrol Fonksiyonu [5]

Bloğun ana yapısı Şekil 3.11' de görüldüğü gibidir. Birçok farklı prosese adapte edilebilmesi açısından birçok farklı Giriş/Çıkış noktası sunar, ayrıca Parametre Atama Arayüzü sayesinde birçok farklı parametre atanabilir. Prototip makinada önem arz eden Giriş Çıkış noktaları şunlardır.

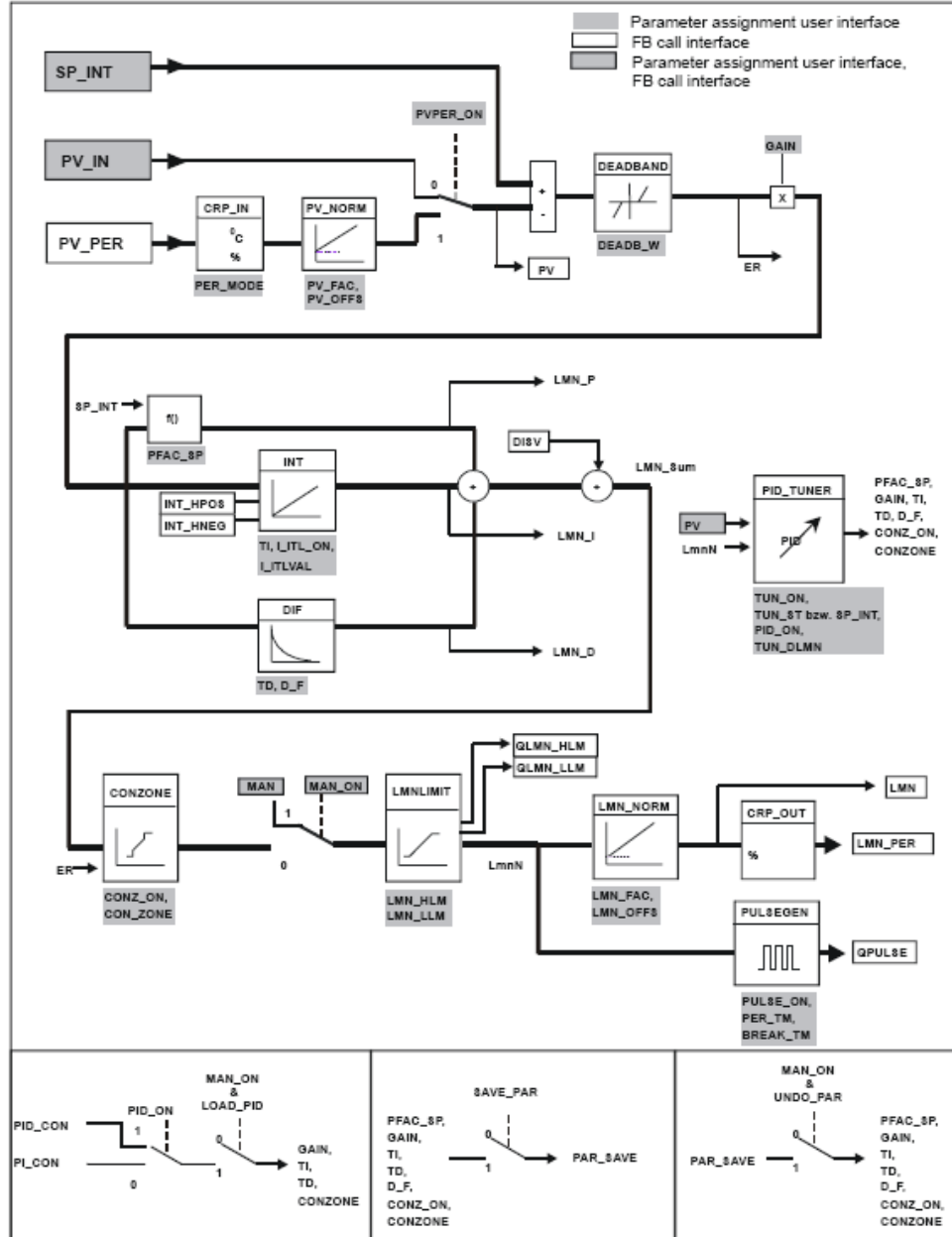
PV_PER: Bu Giriş, prosesin o anki sıcaklığının okunduğu girişidir. Prototipte, bu bilgi doğrudan analog giriş kanalı üzerinden PT100 sensöründen alınmaktadır. PT100' ün bağlı olduğu analog giriş kanalındaki tamsayı değerine Tamsayı > Reel sayı dönüşümü yapılır ve sonuç değeri PV_PER girişine yazılır.

SP_INT: Bu Giriş Set (Ayar) girişidir ve prosesin çalışmasının istendiği sıcaklık değerini ifade eder.

QPULSE: Sistemin çıkış kontrol işaretlerinden biridir. Sistem, PWM (Pulse Width Modulation) işaretine göre çalıştığı için bu kontrol çıkışı kullanılmıştır.

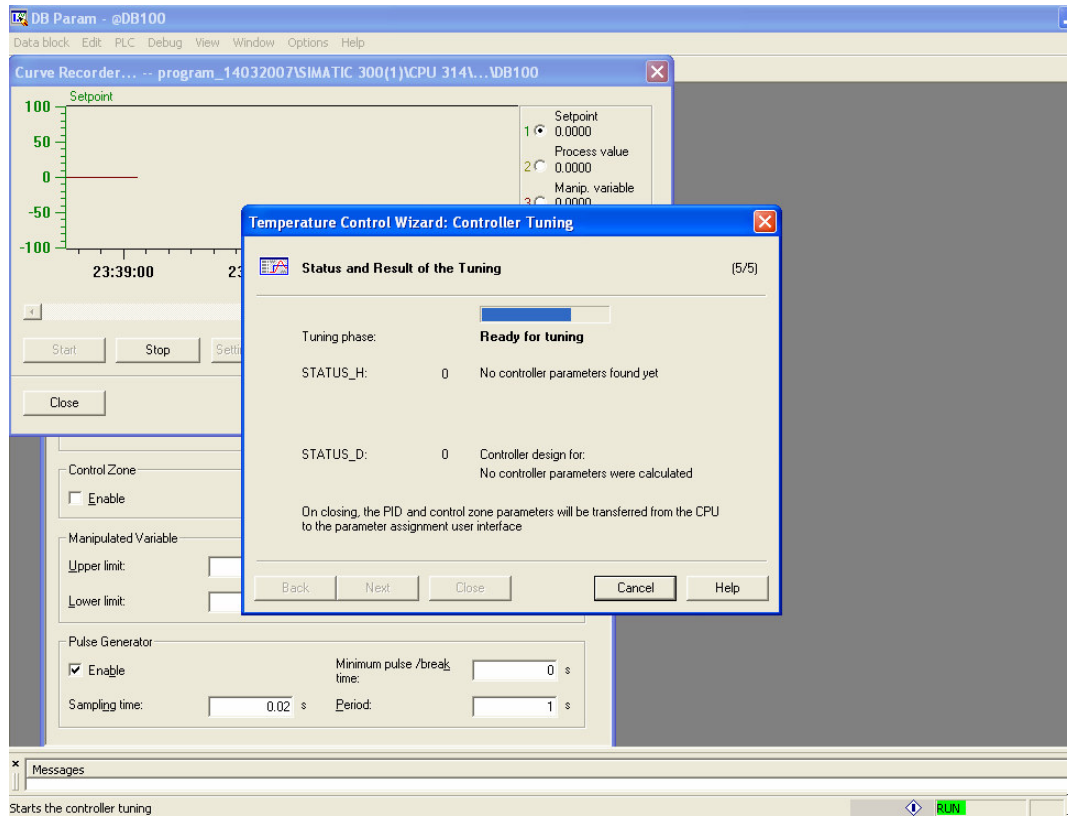
FB58 sıcaklık kontrolörü, PV_PER ile SP_INT arasında karşılaştırma yapar, çıkan hataya ve hesaplanan PID parametrelerine göre bir kontrol işareti üretir ve bunu QPULSE üzerinden darbe çıkışı olarak verir. Bu darbe çıkışları doğrudan SSR elemanlarını sürerek ısıtıcının 220 Volt' luk besleme gerilimini anahtarlar. Yani kontrol işareti kuvvetlendirilerek son iş elemanına aktarılır.

FB58 sıcaklık kontrolörünün blok diyagramı Şekil 3.12' de görülebilir.



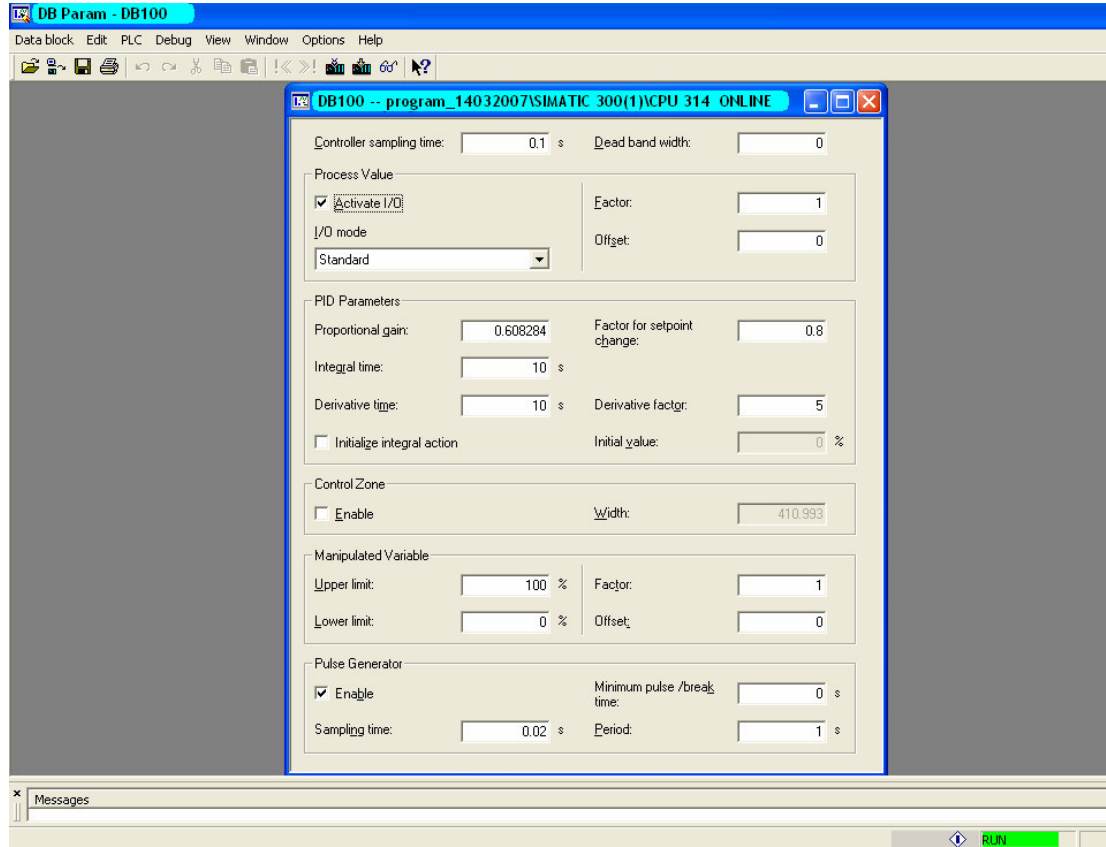
Şekil 3.12 FB58 Sıcaklık Kontrolörü Blok Şeması [5]

PID kontrolörlerin başarılı bir şekilde çalışmasının temelinde P, I ve D parametrelerinin doğru bir yaklaşıkla hesaplanabilmesi yatmaktadır. Bu parametrelerin sistemin hızına, aşımına ve kararlı hal hatasına büyük etkileri vardır ve bu parametrelerin başarılı bir şekilde hesaplanabilmesi, sistemin de başarılı bir şekilde çalışabilmesi demektir. FB58 kontrolörü auto tuning (otomatik ayar) özelliğine sahiptir. Yani sistemin P, I ve D parametreleri kontrolör tarafından otomatik olarak hesaplanmakta ve hafızaya alınmaktadır. PID kontrolörü her çalıştırıldığında kontrol işareti bu parametrelere göre oluşturulur. Ancak otomatik olarak P, I, D parametrelerinin hesaplanabilmesi için de kontrolöre öğretme işlemi uygulanır. FB58 sıcaklık kontrolörünün P, I ve D parametrelerinin otomatik olarak hesaplatmak için kontrolörün bağlı olduğu veri bloğundaki Options>Controller Tuning alt fonksiyonu kullanılır. Bu fonksiyonda sırasıyla hesaplanacak parametre tipi (PI, PID), ayar şekli ve ayar değeri girildiğinde fonksiyon aşağıdaki ekrana geçer ve PID parametrelerini hesaplamaya başlar. Hesaplamayı bitirdikten sonra hesaplanan değerleri kaydeder ve CPU'ya gönderir.



Şekil 3.13 PID Otomatik Ayar

FB58 fonksiyon bloğunun diğer ayarları ise fonksiyonun bağlı olduğu veri bloğunda Parametre Atama Arayüzü aracılığıyla yapılır. Bu arayüz Şekil 3.14’ te verilmiştir. Burada özellikle iki parametre değişikliği kullanılan sistem için çok önemlidir. Birincisi “Activate I/O” (Giriş Çıkışı Devreye Al) parametresidir. Bu parametre, sıcaklık değerinin fiziksel bir bağlantıdan alınacağını göstermektedir. Kullanılan sistemde de sıcaklık okuma PT100 sensörü üzerinden yapıldığından, bu parametre set edilmelidir. Ayrıca I/O Mode (Giriş Çıkış Tipi) parametresinin de Standart olarak ayarlanması gerekmektedir çünkü sistemde kullanılan PT100 standart özelliklerde bir PT100’ dür. Diğer önemli bir parametre ayarı da “Pulse Generator Enable” (Darbe Üreticiyi Devreye Al) ’dır. Sistemde PWM (darbe genişlik modülasyonu) kullanıldığından darbe üreticinin devreye alınması PWM işaretinin üretilmesi açısından gereklidir.

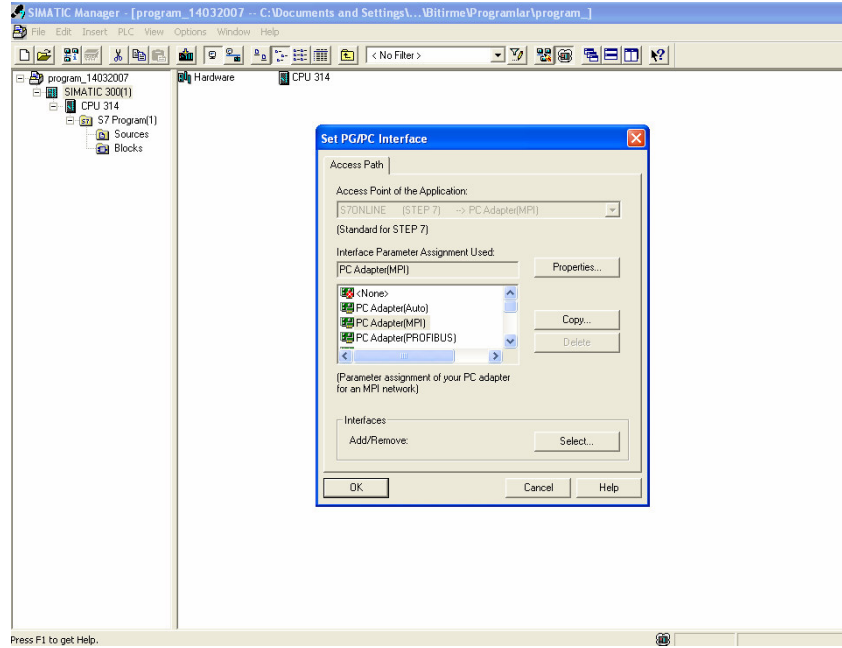


Şekil 3.14 Parametre Ayar Arayüzü

3.4.3 Donanım-Yazılım Haberleşmesi

Sistemdeki PLC ile haberleşmek için Siemens’ in CP5611 adlı Profibus/MPI adaptör kartı kullanılmıştır. Bu kart standart bir PC’ nin PCI yuvalarından birine oturtularak

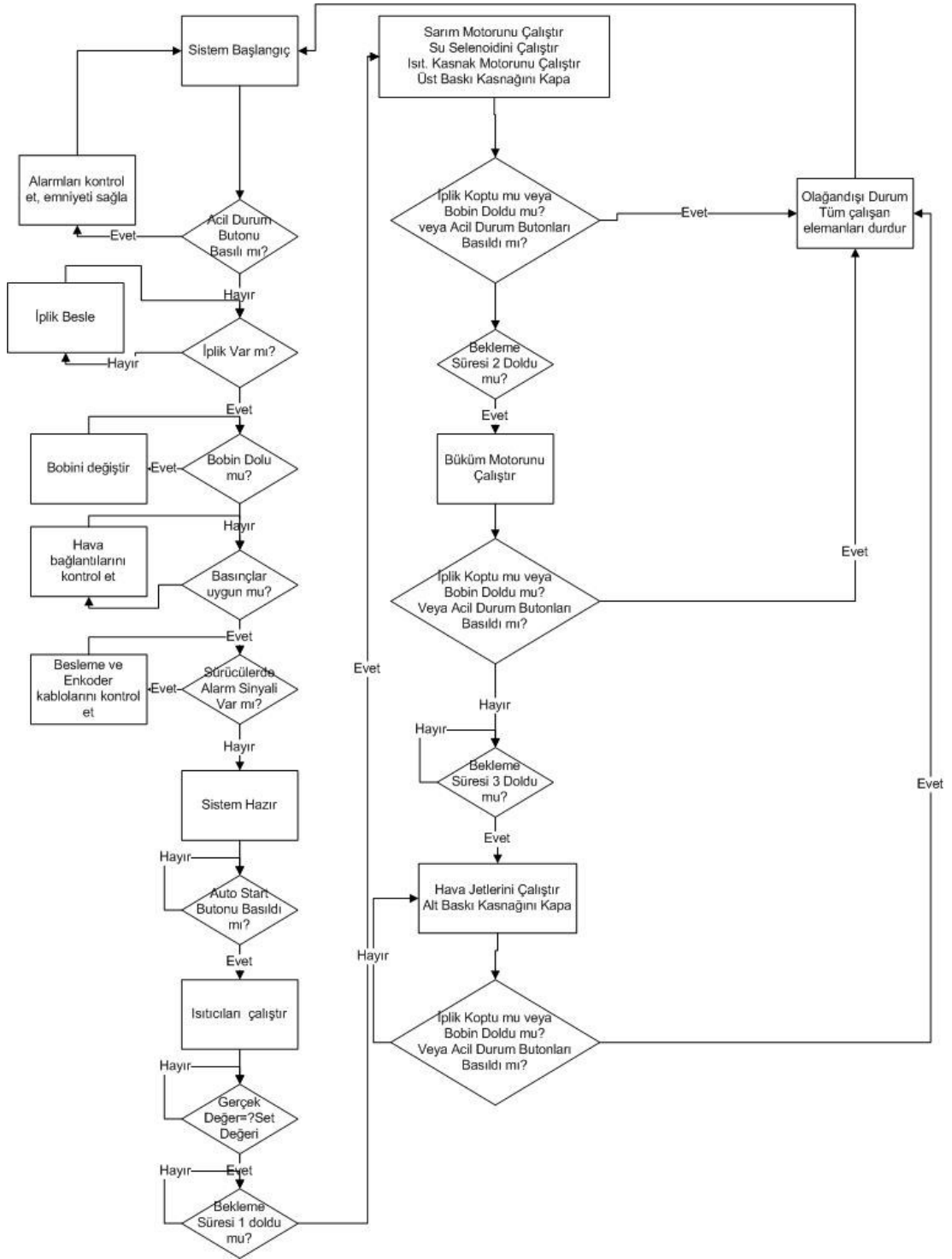
devreye alınmaktadır. Daha sonra bu kart ile PLC' nin haberleşme portu arasına seri bir kablo bağlanarak ve uçlarına 9 pinlik SUBD soketleri takılarak PC-PLC haberleşmesi sağlanmış olur. Haberleşmeyle ilgili detaylar Set PG/PC Interface arayüzünde bulunmaktadır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 PC-PLC Arayüzü

3.5 Sistemin Akış Diyagramı

Şekil 3.16'da sistemin akış diyagramı verilmiştir. Program burada verilen algoritma üzerine temellendirilmiştir.



Şekil 3.16 Sistemin Akış Diyagramı

4 BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASINDA TAHRİK SİSTEMİ: SERVO KONTROL SİSTEMİ

4.1 Giriş

Sistemin ana tahrik mekanizmasını servo motorlar oluşturmaktadır. Kullanılan tüm servo motorlara hız kontrol uygulanmıştır. Servo sürücülerin Konum Kontrol, Hız Kontrol, Tork Kontrol modlarında çalışabilmesine rağmen makina tasarımı sadece Hız Kontrol gerektirmektedir. Sistemde toplam 8 adet servo motor ve 8 adet servo sürücü bulunmaktadır. Bu servo motorların üç tanesi makinanın sağ besleme hattında, üç tanesi sol besleme hattında ve iki tanesi de büküm kafasında kullanılmaktadır. Tüm motorlar kompakt boyutlu olup, yüksek hızlarda çalışabilecek şekilde seçilmiştir. Servo motorların seçimi, mekanik tasarım sırasında yapılmıştır. Sürücülerin seçimi ise üretici firmanın aşağıdaki seçim cetveline göre yapılmıştır(Tablo4.1). Sistemdeki motorlar ve seçilen sürücüler aşağıdaki gibidir:

- a) 7 Adet MAMA Serisi Servo Motor: 5000 devir/dakika, 400 Watt

Seçilen sürücü MCDDT3520:

C tipi Kasa, Maksimum Akım: 30 A, Besleme: 220V/380 V

- b) 1 Adet MSMD Serisi Servo Motor: 3000 devir/dakika, 400 Watt

Seçilen sürücü MBDDT2210:

B Tipi Kasa, Maksimum Akım: 15 A, Besleme: 220/380 V

Motorların besleme hatları 220 V olarak sağlanmıştır. Motorların beslemesi ana besleme hattından ayrı ayrı 8 adet sigorta ve acil durum butonuna bağlı olarak çalışan 8 adet kontaktör üzerinden verilmiştir. Acil durum butonuna basıldığında tüm servo sürücülerin beslemeleri kesilmekte dolayısıyla tüm motorlar durmaktadır.

Tüm motorlarda artımsal kodlayıcı standart olarak motor gövdesinde gömülü olarak bulunmaktadır. Kodlayıcı doğrudan sürücüye bağlanmakta ve sürücü kodlayıcı bilgisini değerlendirerek gerekli hız/konum bilgisini oluşturarak çıkışlarına vermektedir.

Bu bölümde öncelikle servo motorlarla ilgili temel bilgilere yer verilecek, daha sonra sistemde kullanılan servo motorların Hız/Tork karakteristiklerinden bahsedilecek, servo sürücünün önemli noktalarına değinilecek ve nihayi olarak sürücünün parametreleri ve bu parametreleri programlamak için kullanılan Panaterm yazılımı ele alınacaktır.

Tablo 4.1 Servo Sürücü Seçim Tablosu [6]

Power supply	Applicable motor				Applicable driver	
	Motor series	Rated rotational speed	Model	Rated output	Model	Frame
Single phase, 200V 3-phase, 200V	MAMA Ultra low Inertia	5000r/min	MAMA012P1*	100W	MADDT1207	A-frame
			MAMA022P1*	200W	MBDDT2210	B-frame
			MAMA042P1*	400W	MCDDT3520	C-frame
Single phase, 100V Single phase, 200V	MAMA Low Inertia	3000r/min	MAMA062P1*	750W	MDDDT5540	D-frame
			MQMA011P1*	100W	MADDT1107	A-frame
			MQMA021P1*	200W	MBDDT2110	B-frame
Single phase, 100V Single phase, 200V	MAMA Low Inertia	3000r/min	MQMA041P1*	400W	MCDDT3120	C-frame
			MQMA012P1*	100W	MADDT1205	A-frame
			MQMA022P1*	200W	MADDT1207	A-frame
Single phase, 100V Single phase, 200V	MSMD Low Inertia	3000r/min	MQMA042P1*	400W	MBDDT2210	B-frame
			MSMD05AZP1*	50W	MADDT1105	A-frame
			MSMD011P1*	100W	MADDT1107	A-frame
Single phase, 100V Single phase, 200V	MSMD Low Inertia	3000r/min	MSMD021P1*	200W	MBDDT2110	B-frame
			MSMD041P1*	400W	MCDDT3120	C-frame
			MSMD05AZP1*	50W	MADDT1205	A-frame
Single phase, 200V Single/3-phase, 200V	MSMD Low Inertia	3000r/min	MSMD012P1*	100W	MADDT1207	A-frame
			MSMD022P1*	200W	MBDDT2210	B-frame
			MSMD042P1*	400W	MBDDT2210	B-frame
Single/3-phase, 200V 3-phase, 200V	MSMA Low Inertia	3000r/min	MSMD082P1*	750W	MCDDT3520	C-frame
			MSMA102P1*	1.0kW	MDDDT5540	D-frame
			MSMA152P1*	1.5kW	MDDDT5540	D-frame
Single/3-phase, 200V 3-phase, 200V	MSMA Low Inertia	3000r/min	MSMA202P1*	2.0kW	MEDDT7364	E-frame
			MSMA302P1*	3.0kW	MFDDTA390	F-frame
			MSMA402P1*	4.0kW	MFDDTB3A2	F-frame
Single/3-phase, 200V 3-phase, 200V	MDMA Middle Inertia	2000r/min	MSMA502P1*	5.0kW	MFDDTB3A2	F-frame
			MDMA102P1*	1.0kW	MDDDT3530	D-frame
			MDMA152P1*	1.5kW	MDDDT5540	D-frame
Single/3-phase, 200V 3-phase, 200V	MDMA Middle Inertia	2000r/min	MDMA202P1*	2.0kW	MEDDT7364	E-frame
			MDMA302P1*	3.0kW	MFDDTA390	F-frame
			MDMA402P1*	4.0kW	MFDDTB3A2	F-frame
Single/3-phase, 200V 3-phase, 200V	MHMA High Inertia	2000r/min	MDMA502P1*	5.0kW	MFDDTB3A2	F-frame
			MHMA052P1*	500W	MCDDT3520	C-frame
			MHMA102P1*	1.0kW	MDDDT3530	D-frame
Single/3-phase, 200V 3-phase, 200V	MHMA High Inertia	2000r/min	MHMA152P1*	1.5kW	MDDDT5540	D-frame
			MHMA202P1*	2.0kW	MEDDT7364	E-frame
			MHMA302P1*	3.0kW	MFDDTA390	F-frame
Single/3-phase, 200V 3-phase, 200V	MFMA Middle Inertia	2000r/min	MHMA402P1*	4.0kW	MFDDTB3A2	F-frame
			MHMA502P1*	5.0kW	MFDDTB3A2	F-frame
			MFMA042P1*	400W	MCDDT3520	C-frame
Single/3-phase, 200V 3-phase, 200V	MGMA Middle Inertia	1000r/min	MFMA152P1*	1.5kW	MDDDT5540	D-frame
			MFMA252P1*	2.5kW	MEDDT7364	E-frame
			MFMA452P1*	4.5kW	MFDDTB3A2	F-frame
Single/3-phase, 200V 3-phase, 200V	MGMA Middle Inertia	1000r/min	MGMA092P1*	900W	MDDDT5540	D-frame
			MGMA202P1*	2.0kW	MFDDTA390	F-frame
			MGMA302P1*	3.0kW	MFDDTB3A2	F-frame
Single/3-phase, 200V 3-phase, 200V	MGMA Middle Inertia	1000r/min	MGMA452P1*	4.5kW	MFDDTB3A2	F-frame

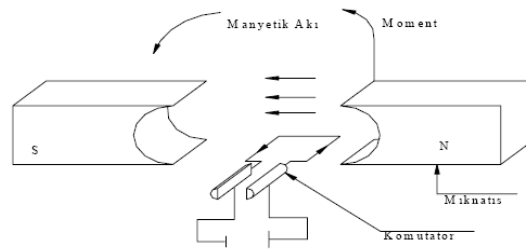
4.2 Motorlar

Günümüzde servo motorların AC ve DC modelleri endüstriyel uygulamalar ve akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. AC ve DC servo motorların avantaj ve dezavantajlarının tam olarak anlaşılabilmesi için AC ve DC motorların yapısı aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır. Daha sonra AC ve DC motorlar üzerine temellendirilen AC ve DC Servo motorlardan bahsedilecektir. Prototip makinada kullanılan motorlar AC servo motor olduğundan AC motorlar ve AC servo motorlar daha ayrıntılı anlatılacaktır.

4.2.1 DC Motorlar [7]

DC motorların çalışma esası şematik olarak şekil 4.1’de gösterilmektedir. Fırça ve komütatör vasıtasıyla rotor sarımlarından geçen akım, kalıcı mıknatıslardaki N ve S kutupları ile elde edilen manyetik alan dolayısı ile rotorda bir moment oluşturur. Rotor 90° döndürüldüğünde, akım doğrultusu komütatör etkisi ile tersine çevrilir ve böylece rotor dönmeye devam eder. Rotor enerjilendirilerek Şekil 4.1’de gösterilen pozisyondan döndürülmeye başlanırsa, moment yavaşça azalmaya başlar ve rotor 90° döndüğünde sıfır değerini alır. Bu pozisyonda moment sıfır olsa dahi eylemsizlik dolayısı ile rotor dönmeye devam eder . Rotor 90° den biraz fazla döndüğünde, komütasyon devam eder ve moment yavaşça artmaya başlar[8].

Şekil 4.1’deki konfigürasyonla elde edilen moment geniş bir aralıkta değişir. Pratikte kullanılan motorlar çok sayıda komütatör segmentinden ibarettir; ki hafif bir dönme miktarı ile komütasyon elde edilebilir. Şekil 4.1’de gösterildiği gibi, DC motorda manyetik alan hatları akımı dik doğrultularda keserler. Bu çalışma karakteristiği sayesinde üretilen moment ile rotor sarımlarından geçen akım daima orantılıdır.

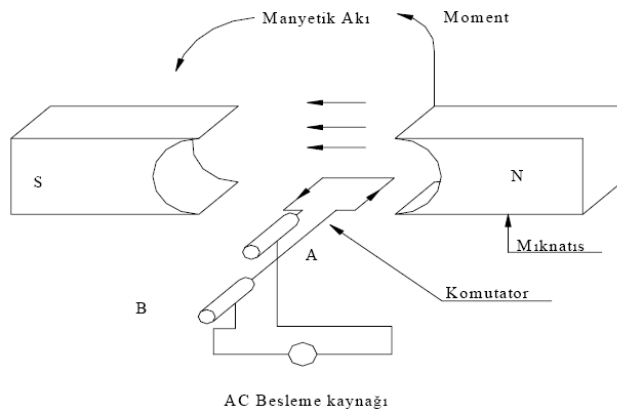


Şekil 4.1 DC Motorların Temel Çalışma İlkesi [8]

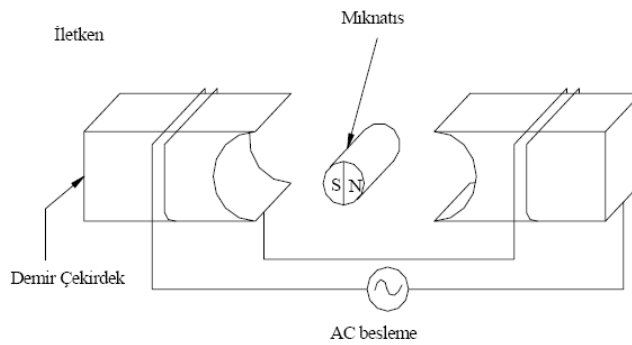
4.2.2 AC Motorlar [7]

Şeki 4.2’ de gösterilen motorda komütatör yerine bir kayar bilezik kullanılmaktadır. A fırçasını pozitif B fırçasını negatif yapacak şekilde motor enerjilendirildiğinde DC motorda olduğu gibi rotoru döndüren moment elde edilir. Verilen enerji alternatif enerji olduğundan DC motorda sürekli dönmeyi sağlayan komütasyon olayı doğal olarak sağlanmış olur. Sonuçta bir alternatif güç kaynağı ile alternatif akım frekansına uygun düşen bir dönme hızında (senkron hız) rotorun sürekli olarak dönmesi sağlanır.[9]

Şekil 4.2’ de gösterilen motor fırçalar ve kayar bilezik ile donatılmıştır. Şekil 4.3’ de gösterilen düzen ile fırçalar elimine edilebilir. Bunlardan ilk bahsedilen motor tipi döner-armatür tip ve ikincisi ise döner-alan tipli motor olarak adlandırılır. AC servomotorlar döner alan tipli motor yapısındadır.



Şekil 4.2 AC Motorların Çalışma İlkesi (Döner Armatür Tip)[9]



Şekil 4.3 AC Motorların Çalışma İlkesi (Döner Alan Tip)[9]

Bu kısımda AC servomotorla çok benzerlik gösteren asenkron motorun yapısı üzerinde durulacaktır.

Rotor şekline göre iki tip AC asenkron motor vardır.

a) Sincap Kafesli Rotorlu (Kısa Devre Rotorlu) Motor

b) Bilezikli Rotorlu (Sargılı Rotorlu) Motor

Burada yapısı AC servomotora çok benzediğinden dolayı sincap kafesli rotorlu motoru incelenecektir.

4.2.2.1 Kısa Devre Rotorun Döndürülmesi [7]

Şekil 4.4' de görüldüğü gibi, NS daimi mıknatıs kutuplarının ortasına kısadevrelili bir rotor yerleştirilmiş ve kutupların bulunduğu gövde bir motorun kasnağına kayışla bağlanmıştır. Kasnaktan alınan hareketle NS kutuplarının tesbit edildiği gövde döndürülünce, kısadevrelili rotorun da aynı yönde dönmeye başladığı görülür.

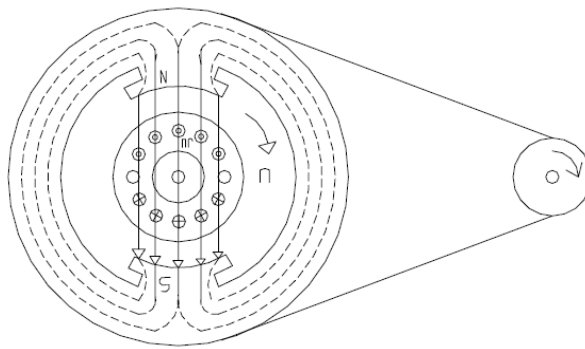
a) Kutuplar dönmediği zaman, N kutbundan çıkan manyetik kuvvet çizgileri rotordan geçerek S kutbuna gelirler ve iki kola ayrılarak demir gövde üzerinden N kutbuna dönerler. Manyetik kuvvet çizgileri sayısında bir değişme olmadığı ve rotordaki kısadevre çubukları kesilmedikleri için rotor çubuklarında bir emk endüklenmez.

b) Kutuplar saat ibresi yönünde (n) devri ile döndürülürse; N kutbundan S kutbuna giden manyetik kuvvet çizgileri, duran rotorun kısa devre çubuklarını kestikleri için çubuklarda emk'ler endüklenir. Bakır veya alüminyum çubuklar rotorun iki tarafındaki bakır veya alüminyum halkalarla kısa devre edilmiş oldukları için çubuklardan endükleme akımları geçer. Rotorun N S kutuplarının döndüğü yönde dönmesi iki şekilde açıklanabilir.

a) Manyetik alan içinde bulunan rotor çubuklarından endüksiyon akımı geçince, herbir çubuk manyetik alanın dışına doğru itilecektir. Şekil 4.4' deki N kutbunun altındaki çubuklarda akım yönü kağıttan dışarıya doğru , S kutbunun üstündeki çubuklarda ise akım yönü kağıda doğrudur. Çubukların manyetik kuvvet çizgilerini kesme yönüne göre, sağ el kuralı ile çubuklardan geçen akımların yönü yukarıda açıklandığı gibi bulunur. Manyetik alan içinde bulunan bir iletkenin akım

geçtiğinde iletkenin itiliş yönü sol el kuralı ile bulunur. Şekil 4.4’de N kutbunun altındaki çubuklar sağ tarafa , S kutbunun üstündeki çubuklar ise sol tarafa itilirler. Meydana gelen kuvvet çiftinin etkisi ile rotor saat ibresi yönünde dönmeye başlar.

b) Rotor çubuklarından geçen endüksiyon akımları rotorda N_r ve S_r olmak üzere rotor kutupları oluşturur. Dönen N S kutuplarının etkisi (benzer kutuplar birbirini iter, zıt kutuplar birbirini çeker ilkesi) ile rotor saat ibresi yönünde dönmeye başlar. Rotor dönmeye başlayınca, N S kutupları manyetik akısının rotor çubuklarını kesme hızı da azalacağı için rotor çubuklarında endüklenen emk ‘ler azalır. Dolayısıyla, çubuklardan geçen endüksiyon akımları da azalır. Rotoru döndüren döndürme momenti de zayıflar. Rotorun devri, dönen N S kutuplarının devrine eşit olduğu zaman, rotor çubukları manyetik kuvvet çizgileri tarafından kesilmez ve rotor çubuklarında emk’ler endüklenmez. Dolayısıyla, çubuklardan endüksiyon akımı geçmez. Kısadevre çubuklarından akım geçmeyince manyetik alan tarafından itilmezler. Rotoru döndüren moment ortadan kalkınca, N S kutupları ile beraber aynı devirde dönmekte olan rotorun devri azalır, yani rotor geri kalır. İşte bu sırada rotor çubukları yeniden manyetik kuvvet çizgileri tarafından kesilmeye başlar ve çubuklarda emk’ler endüklenir, endüklem akımı (endüksiyon akımı) geçer. Rotor manyetik alan meydana getirir ve dönen N S kutuplarının peşinden sürüklenerek dönmeye devam eder. Hiçbir zaman rotorun devir sayısı N S kutuplarının devir sayısına eşit olmaz [9].



Şekil 4.4 Kısa Devre Rotorun Döndürülmesi[9]

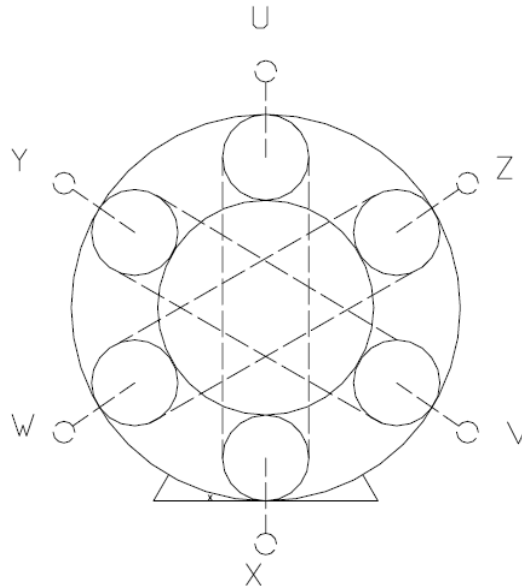
Aşağıdaki bölümde döner alanın mekanik etki olmadan, elektriksel olarak nasıl elde edilebileceği anlatılmaktadır.

4.2.2.2 Döner Alan Oluşumu [7]

3 fazlı asenkron motorun (endüksiyon motorun) statoruna birbirinden 120 şer derece faz farklı 3 faz sargısı yerleştirilmiştir. En basit bir statorda her biri bir faza ait olmak üzere 3 tane bobin bulunur. Bir stator en az iki kutuplu olarak sarılabilir. Şekil 4.5’ de 2 kutuplu, 3 bobinli, 6 oluklu (ankoşlu) basit bir stator görülmektedir. Stator 2 kutuplu olduğu için bobinin bir kenarı N kutbunun altına, diğer kenarı da S kutbunun altına gelecek şekilde yerleştirilir. Bobinin iki kenarı arasında 180° lik faz farkı vardır.

Birinci faz bobininin başlangıç ucu U, son ucu X, ikinci faz bobininin başlangıç ucu V, son ucu Y ve üçüncü faz bobininin başlangıç ucu W, son ucu da Z ile gösterilmiştir. Faz bobinlerinin başlangıç uçları U, V, W arasında 120’şer derece faz fark vardır. Aynı şekilde bobinlerin son uçları arasında da (X, Y, Z) 120 şer derecelik faz farkı vardır.

Üç fazlı alternatif akımın RST (ABC) fazları statordaki 3 fazlı sargılara uygulanınca, statorun faz bobinlerinden geçen R S T faz akımlarının meydana getirdiği manyetik akılar Şekil 4.5’ te incelenebilir.



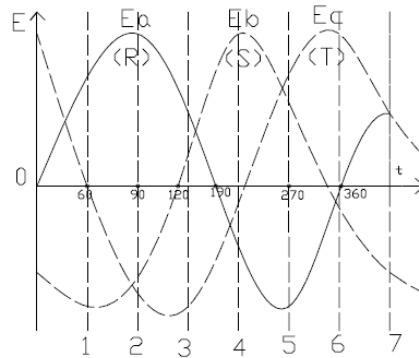
Şekil 4.5 Üç Fazlı Bobinin Altı Oluklu Statora Yerleştirilmesi [9]

Şekil 4.6’ da statora uygulanan üç fazlı alternatif akımın değişim eğrileri görülmektedir. ABC (RST) faz akımları aralarında 120 şer derecelik faz farkı olan sinüsoidal akımlardır. Statorun birinci bobininden A (R) fazının akımı, ikinci faz bobininden B (S) fazının akımı, üçüncü faz bobininden de C (T) fazının akımı geçer. Çeşitli anlarda faz bobinlerinden geçen akımların meydana getirdikleri manyetik alanların yönleri ve kutuplarının nasıl bulunduğunu bilmek gerekir.

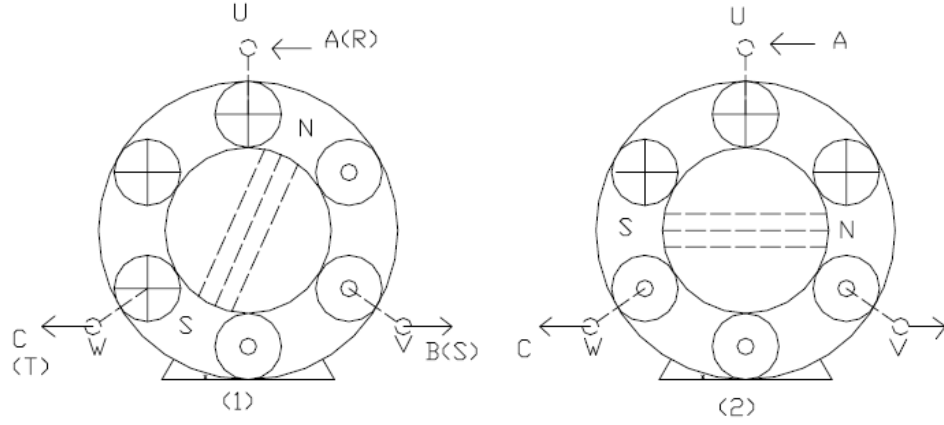
Şekil 4.6’da işaretli (1) anında R ve T fazlarındaki akımların yönleri pozitif, S fazının akım yönü negatiftir. Şekil 4.7 ‘deki (1) nolu şekilde AC (RT) fazlarının akım yönleri giriş ve B (S) fazının akım yönü çıkış olarak işaretlenmiştir. Bu akım yönlerine göre her üç faz bobininin kenarlarından geçen akımların yönleri de işaretlenmiştir.

Bobin kenarlarından geçen akımların meydana getirecekleri manyetik alanlar sağ el veya tırbüşon kaidesi ile bulunarak işaretlendiğinde N ve S kutuplarının yerleri tespit edilebilir.

Üç fazlı alternatif akımın değişim eğrileri üzerinde işaretlenen (2) anında, A (R) fazından geçen akımın pozitif, B (S) ve C (T) fazlarından geçen akımların ise negatif yönlü oldukları görülmektedir. Şekil 4.7’ deki (2) nolu şekilde A fazının akımı giriş, B ve C fazlarının akımları da çıkış olarak alınır. Faz bobinlerinden geçen akımların yönleri işaretlendikten sonra meydana gelen manyetik alanların yönleri bulunarak N S kutuplarının yerleri tespit edilmiştir. (1) ve (2) nolu şekiller karşılaştırıldıklarında N S kutuplarının saat ibresi yönünde 60° derece döndükleri görülür. Dikkat edilirse statorda bir dönme yoktur, stator sabittir [10].



Şekil 4.6 3 Fazlı Alternatif Akımın Değişim Eğrisi[10]



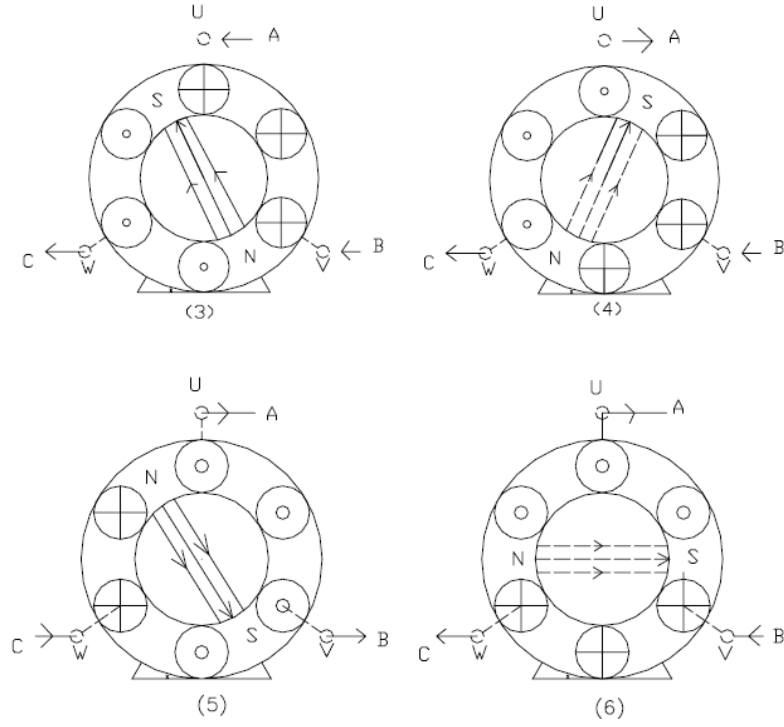
Şekil 4.7 Döner Alanın Durumları [10]

(3), (4), (5) ve (6) anlarında ABC fazlarından geçen akımların meydana getirdikleri N S kutupları Şekil 4.8' deki 3, 4, 5 ve 6 nolu şekillerde görülüyor. Şekil 4.6'da (6) anından sonra gelen (7) anı (1) anının aynısıdır. Bu şekiller incelendiğinde, N S kutuplarının saat ibresi yönünde döndüğü görülür. Üç fazlı alternatif akımdaki bir periyotluk değişme N S kutuplarının bir devir yapmasına sebep olur. Alternatif akımın frekansı 50 Hz ise saniyede 50 periyotluk bir değişme yapar. Dolayısıyla statordaki faz bobinlerinin meydana getirdiği N S kutupları da saniyede 50 devirle döner. Bu dakikada 3000 devire karşılık gelir.

Şu halde, 3 fazlı bir statora üç fazlı alternatif akım uygulandığında, sargılardan geçen akımlar dönen bir manyetik alan meydana getirirler. Dönen alanın devir sayısı alternatif akımın frekansı ile doğru orantılıdır. İki kutuplu bir statorda döner alanın saniyedeki devir sayısı alternatif akımın frekansına eşittir.

3 fazlı, 4 kutuplu bir statora alternatif akım uygulandığında meydana gelen döner alanın devir sayısı, iki kutuplu statordaki döner alan devir sayısının yarısına eşittir.

Şimdi de bu döner alan içine konulan bir sincap kafesin nasıl dönme hareketi yaptığını incelenecektir. Yani kısa devre rotorlu asenkron makinanın çalışma prensibi üzerinde durulacaktır. Bu inceleme AC servomotorun yapısının anlaşılmasında çok büyük önem arz etmektedir.



Şekil 4.8 Çeşitli Anlarda Stator Sargılarından Geçen 3 Fazlı Alternatif Akımın Meydana Getirdiği Kutuplar [10]

4.2.2.3 Asenkron Motorun Çalışma Prensibi [7]

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi, 3 fazlı, 2 kutuplu asenkron bir motora şebekenin R S T faz emk'leri uygulanmıştır. Statordaki sargılardan geçen alternatif akımlar, dönen NS kutuplarını meydana getirirler. Stator sabit olduğu halde, dönen NS kutupları ortadaki kısa devreli rotorun çubuklarını keserek çubuklarda emk'ler endükler ve kısa devreli rotor çubuklarından endüklem akımları (endüksüyon akımları) geçer. Şekil 4.9’da herhangi bir anda stator sargılarından geçen akımlar ve meydana gelen NS kutuplarının yerleri gösterilmiştir. Döner alan (NS kutupları) saat ibresi yönünde döndüğüne göre, rotor çubuklarından geçen endüksüyon akımlarının yönleri sağ el kuralıyla bulunabilir. Şekil 4.9’da görüldüğü gibi, bu akımlar rotorun NS kutuplarını meydana getirirler. Döner stator kutupları rotorun kutuplarını etkileyerek (benzer kutuplar birbirini iter, zıt kutuplar birbirini çeker) rotoru saat ibresi yönünde döndürürler [9,10].

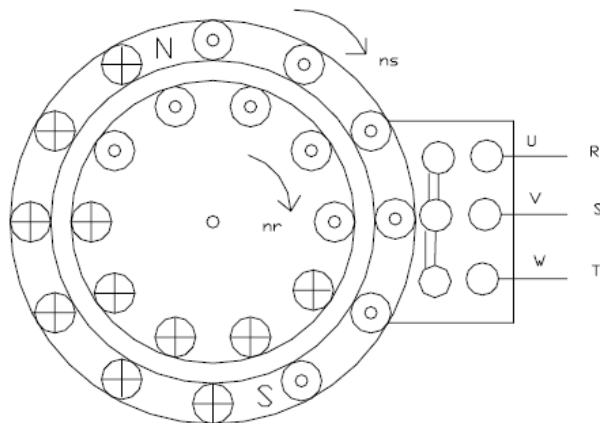
Şekil incelendiğinde, üç fazlı alternatif akımın frekansı ile doğru orantılı olarak saat ibresi yönünde dönen stator kutuplarının (NS) , rotor çubuklarında endüklediği

akımların yönlerinin, N kutbunun altındaki çubuklarda kağıttan dışarıya doğru , S kutbunun altındaki çubuklarda kağıt yüzeyine doğru olduğu görülür. Manyetik alan içinde bulunan bir iletkenin akım geçince, iletken manyetik alanın dışına doğru itilir. İletkenin itilme yönü sol el kaidesi ile bulunur.

Sol el, manyetik kuvvet çizgileri avuç içine girecek ve iletkenin geçen akımın yönünü parmaklar gösterecek şekilde tutulduğunda baş parmak iletkenin hareket yönünü gösterir.

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi, N kutbunun altındaki rotor çubukları bir yöne, S kutbunun altındaki rotor çubukları da diğer yöne doğru itilirler. Bu itme kuvvetlerinin meydana getirdiği döndürme momenti rotoru saat ibresi yönünde, döner alanın yönünde, döndürür.

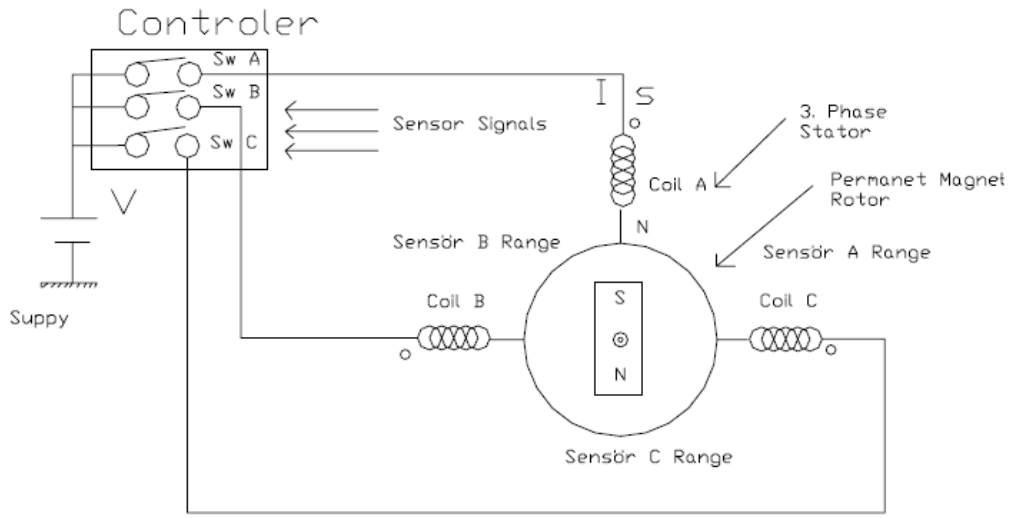
Rotorun devir sayısı (n_r) arttıkça, döner alanın rotor çubuklarını kesmesi azalacağından, rotor çubuklarında endüklenen emk'ler ve kısa devre çubuklarından geçen endüklem akımları (endüksiyon akımları) azalır. Dolayısıyla, rotoru döndüren moment azalır. Rotorun devir sayısında artış olmaz. Motor boşta çalışırken rotorun devir sayısı senkron devir sayısına (döner alanın devrine) yaklaşır. Döner alanın devir sayısı (senkron devir) ' n_s ' ile rotor devir sayısı ' n_r ' arasındaki farka rotorun kayması denir. Diğer bir deyimle, rotor devrinin senkron devirden geri kalmasına kayma denir. Kayma, (S) harfi ile gösterilir.



Şekil 4.9 3 Fazlı 2 Kutuplu Motor[9]

4.2.3 DC Servo Motorlar[7]

Şekil 4.10'da DC servo motorun çalışması görülmektedir. DC servo motorda sıradan motordaki endüvinin yerini , sabit mıknatıs almıştır. Bu yüzden bu tip motorlara sabit mıknatıslı motor da denir. Temel olarak rotor pozisyonuna göre anahtarların açılıp kapanmasıyla sabit mıknatısın dönmesi esasıyla çalışır. Bu iş şekilde görüldüğü üzere anahtarlara bağlı A, B ve C bobinleri vasıtasıyla gerçekleştirilir.



Şekil 4.10 DC Servo Motor [8]

A ile B bobini arasını b sensörü, B ile C arasını c sensörü, A ile C arasını ise a sensörü vasıtasıyla denetlenmektedir. Yani A, B, ve C sensörleri 120° lik bölgeleri kontrol etmektedir. Eğer sabit mıknatısın S kutbu A ve B bobinleri arasında ise b sensörü aktif hale geçecektir ve bu sensör kontrol devresindeki b anahtarını açacaktır. Endüklenen bobin sabit mıknatısın S kutbunu etkileyecektir ve kendine doğru çekecektir. Oluşacak momentle sabit mıknatıs hareketine başlayacaktır. Bu momentin değeri bobinlerde endüklenen alanla orantılı olur. Bu alan da kaynak voltajı ile ayarlanabilir. Sabit mıknatıs hareketine devam ederken B bobiniyle çakıştıklarında b sensörü görevini tamamlayacaktır. Sabit mıknatıs ataleti nedeniyle biraz daha yol alacak ve c sensörünün kontrol ettiği 120° lik bölgeye gelecektir. Artık c sensörü aktif hale gelmiştir. Bu sensör C anahtarını kapatarak C bobininde alan endüklenmesine ve sabit mıknatısın hareketinin C bobinine doğru devam etmesine sebebiyet verecektir. Bu anda A ve B anahtarların kapalı olduğuna dikkat edilmelidir.

Sabit mıknatısın S kutbu C bobiniyle çakıştığı anda c sensörü devreden çıkar ve C anahtarı kapanır. Yine sabit mıknatıs (rotor) dönme ateleti nedeniyle a sensörünün kontrol ettiği bölgeye girer. Dolayısıyla A anahtarı kapanıp A bobininde endüklenen alan sabit mıknatısın S kutbunu çeker. Böylece sabit mıknatıs bir turunu tamamlamıştır. Bu olay zincirleme olarak devam eder. Bu dönüşün hızı voltajı ayarlanarak değiştirilebilir.

Burada incelenen 3 bobinli motorun dışında uygulama alanlarına göre 2 veya 4 bobinli olarak üretilen motorlar da bulunmaktadır. Ancak genellikle 3 bobinli modeller daha sıklıkla kullanılmaktadır [11].

Buradaki anahtarlar yarı iletken malzemeler olup genelde transistörler kullanılmaktadır. Servomotorların gelişiminde rol oynayan en büyük etken bu yarı iletkenlerdir.

DC motorla DC servomotorun kısaca karşılaştırması yapılırsa; Sıradan DC motorda komütatörün üstlendiği döner alan oluşturma görevini DC servomotorda yarı iletken anahtarlama elemanları üstlenmiştir [11]

DC servomotorun en açık üstünlüğü fırça elemanlarının olmamasıdır. Bu sebeple fırçaların bakımı diye bir şeyden bahsedilmez ve fırçalardan kaynaklanan çoğu problem elimine edilmiştir.

Komütatörlü DC motorlarda oluşan problemler bazen çok açık bir şekilde belli olmaz. Bazen fırçalarda oluşan pisenme dahi problem teşkil edebilir. Fırçaların performansı ve ömrü atmosferik şartlarla bile değiştiğinden dolayı değişik ortam koşullarında değişik yapılı fırçalar kullanılabilir.

Fırçasız konfigürasyonda sarımların sabit stator içine sarılması sebebi ile ısı yalıtımı için daha fazla en-kesit alanı sağlanabilmekte ve sargılarda oluşabilecek ısı artışı algılama elemanları vasıtasıyla kolayca algılanabilmektedir [11].

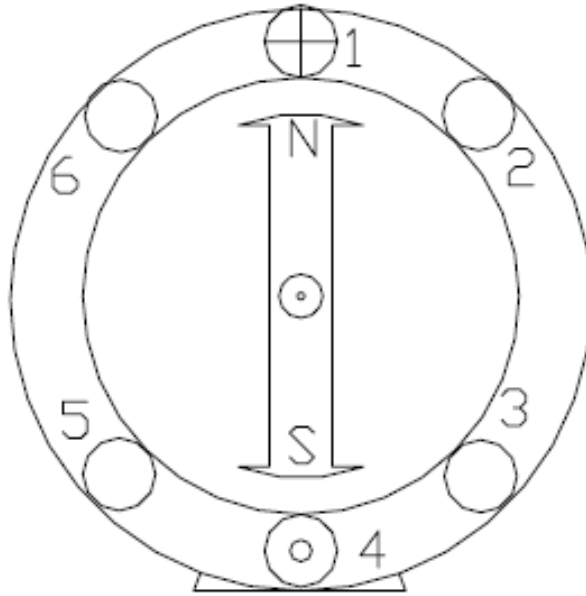
DC servomotorlarda verim eş ölçülerdeki bir DC komütatörlü motora oranla daha yüksektir ve fırçaların sürtünme etkisi olmadığından dolayı sürtünme kuvveti verime katkıda bulunur. Komütatör ve fırça aksamının yokluğu motor boyunu düşürür. Bu sadece motor hacmini düşürmekle kalmaz rotor destek rulmanları arasındaki mesafe ve rotor boyunun kısalması dolayısı ile rotorun yanıl rijitliği de artırılmış olmaktadır.

Bu özellikle yüksek hız/eylemsizlik oranına gereksinim duyulan uygulamalarda önemlidir.

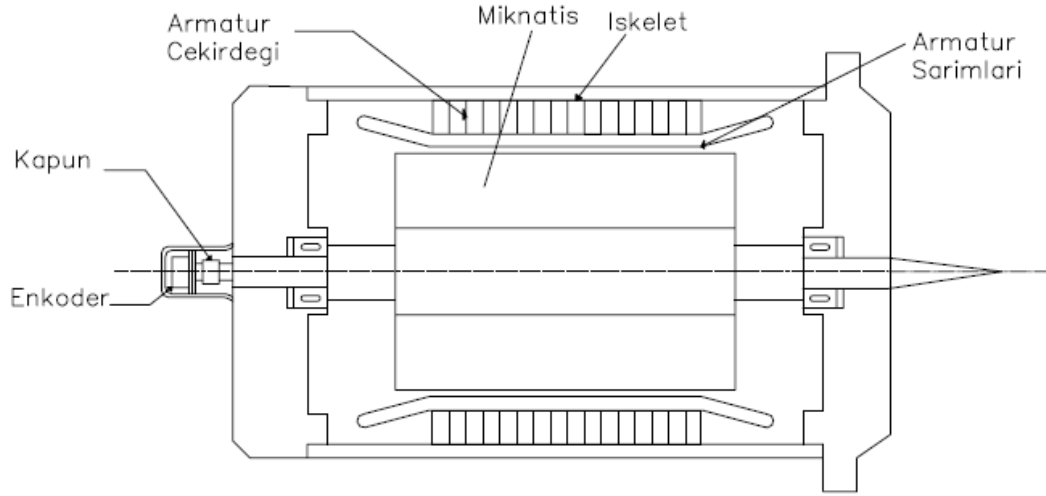
Fırçasız motorun yukarıda belirtilen üstünlüklerinin yanında dezavantajları olarak; Rotor pozisyonunun bir kodlayıcı vasıtasıyla mutlak olarak algılanması ve motor kontrol devresinin kompleks olması gösterilebilir [11].

4.2.4 AC Servo Motorlar [7]

AC servo motor çalışma şekli açısından tamamıyla sincap kafesli asenkron motora benzer. Farkı ise, rotorun sabit mıknatıslı olmasıdır. Eğer iyi bir kontrol sistemiyle sinüs dalga fazı ve manyetik akı birbirleri ile daima 90° doğrultuda olacak şekilde düzenlenirse fırça kullanmadan düzgün moment veren yüksek verimli bir motor elde edilebilir. Yani AC servo motorlarda rotor manyetik alanı ile statora verilen akımlar ortogonal şekilde kontrol edildiği takdirde, sıradan DC motorun en önemli özelliği olan hız –moment karakteristiği elde edilebilir . Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’ de AC servomotorun stator ve rotor yapıları görülmektedir.



Şekil 4.11 AC Servo Motorun Yapısı. Rotor 2 Kutuplu [8]



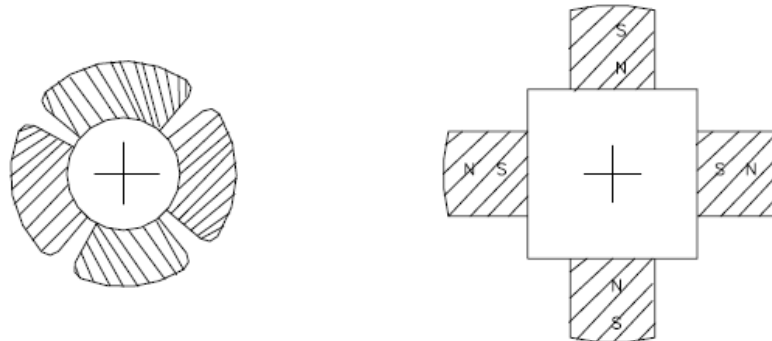
Şekil 4.12 AC Servo Motorun Kesiti[8]

4.2.4.1 AC Servo Motorun Bileşenleri[7]

Standart bir servomotor stator, rotor, pozisyon ve hız algılayıcı sensörden ibarettir. Aşağıda bu bileşenler kısaca tanıtılmaktadır.

Rotor

Kalıcı mıknatısların monte edildiği motorun döner kısmıdır. Mıknatıslar rotora monte edildiğinden dolayı döner-alan tipli bir yapı mevcuttur. Genellikle mıknatıs silindirik ve çıkıntılı kutuplu olmak üzere iki tiptir. Şekil 4.13’ de rotora monte edilen mıknatıslara ait muhtemel düzenler gösterilmektedir [11].



Şekil 4.13 Silindirik Yapıda Yay Şekli Mıknatıs ve Çıkıntılı Kutuplu Mıknatıs Yapısı[11]

Rotor Yapısında Kullanılan Kalıcı Mıknatıslı Malzemeler ve Özellikleri

Rotor mıknatıslarında kullanılan kalıcı mıknatıslı malzemelerden en göze çarpanı Neodmiyum- Iron-Boron (NdFeB) olarak adlandırılan malzemedir. Bu malzeme yapısındaki mıknatıslar Sumitomo firmasınca "Neomax", General Motor firmasınca "Magnequench" ve Crucible firmasınca "Crumax" ticari adları altında üretilmektedirler. Oda sıcaklığında NdFeB ticari olarak temin edilebilen mıknatıslardan daha fazla enerji çarpımına sahiptir [11].

Hem seramik hem de NdFeB mıknatıslar sıcaklık değişimlerine karşı duyarlıdırlar. 100 °C lik çalışma sıcaklıklarının üstünde çalışma durumunda özel önlemlerin alınması gereklidir. Çok yüksek sıcaklıktaki uygulamalarda Alnico veya Samaryum-Kobalt mıknatıslar kullanılır. Bunlardan birisi olan 2-17 Kobalt-Samaryum 200 °C ile 250 °C arasındaki sıcaklıklarda kullanılabilir.

Alnico Mıknatıslar: Alüminyum, Nikel, Kobaltın ana bileşenler olarak bulunduğu ek olarak bakır, titanyum ve diğer elemanların bulunduğu mıknatıs yapısıdır. Ana bileşenlerini simgeleyecek şekilde Alnico olarak kısaca adlandırılırlar ve genel amaçlar için geniş bir şekilde kullanılır [11].

Ferrit Mıknatıslar: Ferrit mıknatıslar Alnico mıknatıslara oranla daha düşük manyetik akı yoğunluğuna sahiptir. Buna mukabil çok yüksek koversif kuvvet değerine sahiptir. Ferrit mıknatıslar ağır malzemeleri içermezler ve ana bileşeni demir oksit olması dolayısı ile diğer mıknatıslara oranla oldukça ucuzdur. Aynı şekilde yapısı seramik teknikler kullanılmak suretiyle homojen yapılabildiğinden dolayı kütle üretimine uygundur. Bunun yanında ferrit mıknatıslar kırılmandır ve küçük bir darbe ile hasar görebilirler. Aynı şekilde yüksek sıcaklık katsayına sahiptir ki buda Alnico dan yüzlerce kat daha fazladır [11].

Samaryum Kobalt Mıknatıslar: Alnico mıknatıslara yakın kalıcı manyetik akı yoğunluğuna ve ferrit mıknatısa oranla 2-3 kat daha fazla koversif kuvvete sahiptir. Bazı mıknatıslar 240 kJ/m³ lük enerji çarpımına sahiptir ki bu yapıda bir motor diğerlerine oranla daha küçük ebatlarda olmaktadır. Bununla birlikte samaryum ve kobalt ana bileşenlerini teşkil ettiğinden dolayı çok pahalıdırlar. Ana bileşenlerini çağrıştıracak şekilde genellikle "samacoba" mıknatıs olarak da adlandırılır. Düşük

sıcaklık katsayısına sahiptir. Yüksek yoğunluğa ($8.0-8.5\text{g/cm}^3$) sahip olması ise bir dezavantajdır [11].

Stator

AC servomotorlar statorlarına yerleştirilen üç fazlı sargılara üç fazlı alternatif akım verilmek suretiyle çalıştırılırlar. Rotor pozisyonu ile uygun olacak şekilde üç fazlı alternatif akım stator sarımlarına tatbik edildiğinde statorda döner manyetik alan elde edilir. Bu manyetik alan senkron hızda döner. Senkron hız ise motorun kutup sayısı ve alternatif akım frekansı ile orantılıdır [11].

Statorda elde edilen döner manyetik alan statora yerleştirilen iletkenleri keserek iletkenlerde e.m.k.'ler endükler. Bununla birlikte iletkenlerde endüklenen e.m.k.'ler arasında iletkenleri farklı stator oluklarının da olması dolayısıyla bir faz farkı oluşur.

AC servomotorların temeli, stator sarımlarında döner manyetik alanın elde edilmesidir. Stator sarımlarında döner manyetik alan elde edilmesi için servomotorun kutup sayısına göre stator sarımlarının düzenlenmesi gerekir.

Sensörler

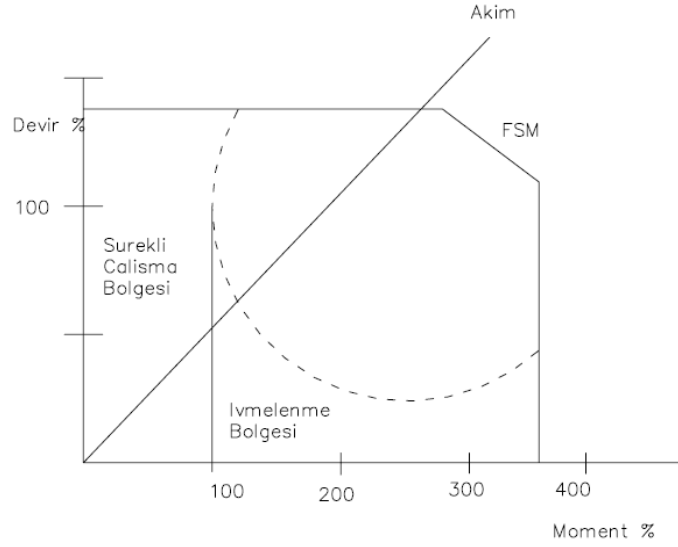
Servomotorlarda sensörler iki temel amaç için kullanılır. Bunlardan birincisi rotor pozisyonun algılanması ve diğeri ise dönme hızının ölçülmesidir. Genellikle servomotorlarda döner kodlayıcılar ve fırçasız resolverler kullanılır. Kodlayıcıların maliyetinin düşük olması sebebi ile en fazla kullanılan pozisyon sensörüdür.

AC Servomotor Karakteristikleri

Servomotorlar kullanımları gereği çok sık şekilde ivmelenme ve yavaşlatma işlemlerine maruz kaldıklarından , maksimum moment değerleri anma moment değerlerinden katlarca fazla olmalıdır. DC motorlarda anma momentlerinin aşılması durumunda komütatör aksamında kıvılcımlaşma olayı gözükür. Aynı şekilde hız arttıkça moment değeri de çok hızlı bir şekilde düşer.

AC servomotorlarda ise yukarıda bahsedilen kıvılcımlanma olayı, yapısı dolayısıyla görülmez. Fırçasız servomotorlar maksimum momenti düşürmeden yüksek hız

limitlerinde çalıştırılabilir. Şekil 4.14’ de AC Servomotorlar ile DC motorların performans karakteristikleri kıyaslanmaktadır.



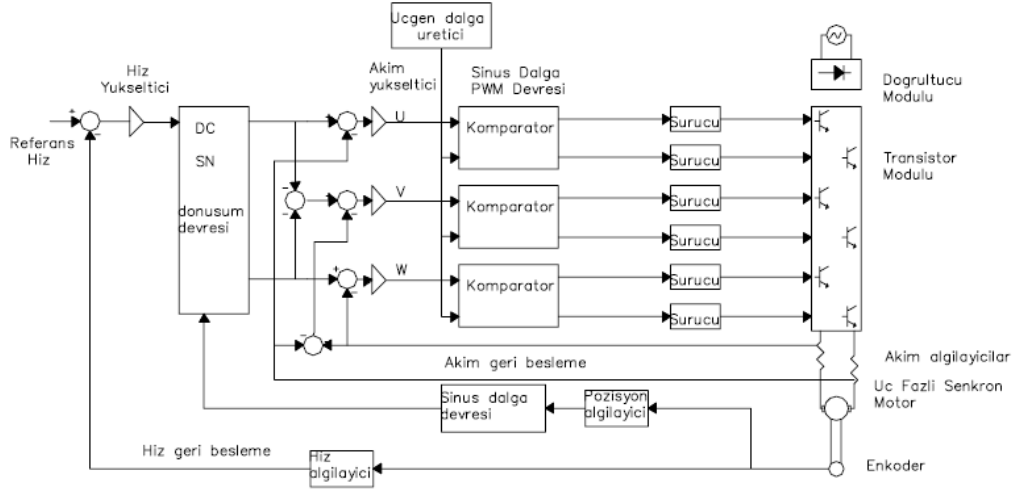
Şekil 4.14 AC Servo Motor ve DC Servo Motor Performans Eğrileri [11]

4.2.4.2 AC Servo Motorun Kontrolü

Fırçasız servomotorun kontrolü için kullanılan kontrol elemanları, rotor pozisyonuna göre değişen manyetik akı doğrultusu ile motordan geçen akım doğrultusu arasındaki ortogonal ilişkiyi sağlamalıdır [11].

Rotor Pozisyonu Algılayıcı

Daha önceki kısımlarda bahsedildiği gibi manyetik akı ile stator sarımlarından geçen akımın doğrultuları arasında ortogonal ilişki temin edilebilmesi için rotor pozisyonunun hassas bir şekilde algılanması gerekir. Rotor pozisyonu algılayıcı devresi, rotora monte edilen kodlayıcı sinyallerini algılayan ve bu dijital bilgileri kendisinden sonra gelen sinus-dalga üretim devresi tarafından kullanılacak sinyaller şekline dönüştüren bir devredir. Eğer rotora monte edilen kodlayıcı 8 bitlik mutlak kodlayıcı ise rotorun bir tam dönüşünde 256 farklı kod kodlayıcıdan rotor pozisyonu algılayıcısına gönderilir [11]. Şekil 4.15’ de AC servo motorların kontrolüne ait blok diagram görülmektedir.



Şekil 4.15 AC Servo Motorun Kontrolüne Ait Temel Blok Diyagramı [11]

Sinüs-Dalgı Üretim Devresi

Bu devre rotor pozisyonu algılayıcı devresinden gelen kod sinyallerine uygun düşecek şekilde sinüs dalgı üreten bir devredir. Temel olarak bu devre bir ROM entegresinden ibarettir. Rotor pozisyonu algılayıcı devresinden gelen dijital pozisyon adreslerine uygun düşen sinüs dalgı verileri ROM entegresine önceden kaydedilir. Rotor kodlayıcıdan gelen pozisyon sinyallerine uygun düşen sinüs genlik değeri sinüs-dalgı üretim devresi vasıtasıyla bir sonraki devreye gönderilir. AC servomotor üç fazlı bir servomotor olduğundan dolayı, algılanan fazlara ait sinyaller, aralarında 120° faz farkı bulunan üç fazlı sinyaller olmalıdır. Pratikte V fazı $V = -(U-W)$ şeklindeki basit bir analog operasyon ile hesaplanır. Bu sebeple ROM entegresinde sadece U ve W fazlarına ait sinüs dalgı verileri bulunmaktadır.

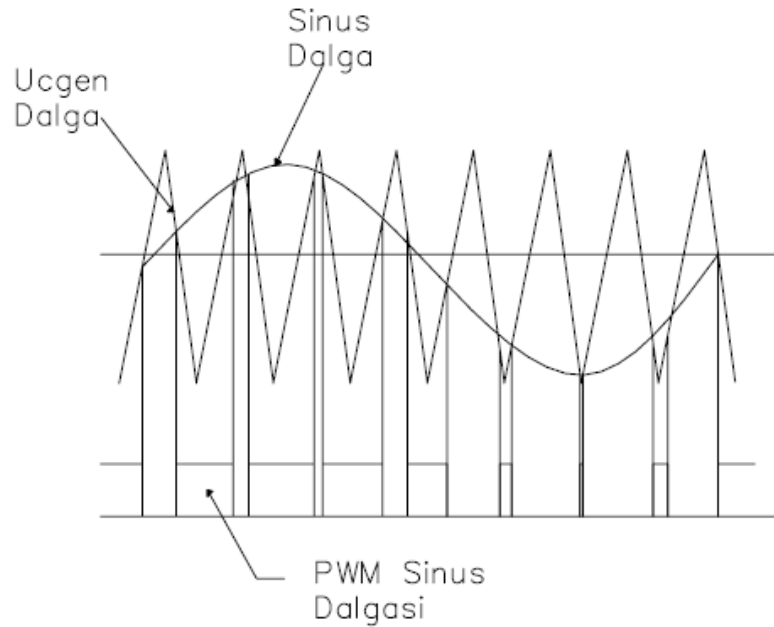
DC-SIN Dönüşüm Devresi

Sinüs dalgı üretim devresi ile, rotor pozisyonu ile senkronize edilen iki fazlı sinüs dalgaları üretilir. Bununla birlikte sinüs dalgaları -1'den +1'e 0'dan geçecek şekilde belirtilir. Pratik kullanım açısından bu faktörler akım değerlerine çevrilmelidir. DC-SIN dönüşüm devresi ile sinüs dalgı referans akımı, hız yükselticisi çıkışı olan hız referans akımının sinüs dalgı genlik faktörü ile çarpılması suretiyle elde edilir. AC servomotorda hız referans sinyalleri DC sinyal şeklinde gönderildiğinden referans sinyali ile karşılaştırılacak olan hız geri besleme sinyali de doğru akım olmalıdır.

Buna göre. Karşılaştırma sonucu olan hız yükselticisi çıkışı da aynı zamanda bir DC akım değeridir.

Sinüs dalga PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu) Devresi

AC servomotorda stator sarımlarından sinüzoidal akım geçmektedir. Bu sebeple akım yükselticiden çıkan alternatif akım sinyalinin gücünü yükselttikten sonra motor sarımlarına direkt verilmesi en idealidir. Bununla birlikte pratikte sinüs dalgalarının güçlendirilmesi uygun değildir; çünkü bu tür bir devre güç transistörünün lineer bölgede kullanılmasını gerektirir. Böyle bir devrede ise transistörde oluşacak olan ısı ve güç kayıpları çok fazla olur. Buna karşın transistörün anahtarlamalı modda kullanılması suretiyle güç kayıpları minimum seviyeye indirilebilir. Bu metod PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu) olarak adlandırılır. Bu methodda motor akım ortalama değeri, bir sinüs dalga olan ve DC-SIN dönüşüm devresinden gönderilen sinüs dalga genliği ile orantılı ve kontrollü darbe genişliğine dönüştürülür. Sabit frekans ve genlikte salınım yapan bir üçgen taşıyıcı dalga, ve akım yükselticiden elde edilen sinüs dalga çıkışı bir komparator vasıtasıyla kıyaslanmaktadır. Şekil 4.16'da gösterildiği gibi, eş olmayan genişlikteki darbeler, sinüs dalga büyüklüğünün taşıyıcı dalga büyüklüğünü geçtiği noktaların bulunması ile elde edilir.



Şekil 4.16 Sinüs Dalga PWM Esası [11]

Burada kırpıcı dalganın salınım frekansının seçilmesi önemli bir faktördür. Taşıyıcı frekansı güç transistörünün anahtarlama frekansına eşit olduğu gibi, yüksek olduğu durumda anahtarlama kayıplarını da oransal olarak arttırır, düşük yapıldığı durumda ise servomotorun hız cevabını düşürür. Genel olarak; taşıyıcı frekansı inverter bipolar transistorlerden ibaret olduğu durumda 1-3 kHz, FET lerden ibaret olduğu durumda ise 5-20 kHz arasında seçilir.

4.2.5 Prototip Makinada Kullanılan Servo Motorlar

4.2.5.1 Servo Motorların Genel Özellikleri

Daha önce de bahsedildiği gibi prototip makinada 8 Adet Panasonic firmasına ait Servo Motor kullanılmıştır. Bu servo motorların seçim kriterleri ihtiyaç duyulan tork, hız, ebat gibi kriterler gözönüne alınarak mekanik tasarım aşamasında belirlenmiştir. Özetlemek gerekirse sistemde kullanılan motorların özellikleri şunlardır. Motorların resmi Şekil 4.17’ de görülebilir.

MAMA serisi Servo Motorlar:

Toplam: 7 Adet

Güç: 400 Watt

Besleme: 100/200 V

Kodlayıcı Tipi: Artımsal (2500 darbe/tur)

Mil: Yuvarlak, kamasız

Fren: Yok

MSMD serisi Servo Motorlar:

Toplam: 1 Adet

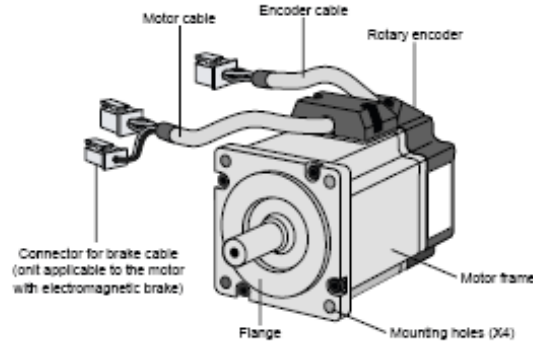
Güç: 400 Watt

Besleme: 100/200 V

Kodlayıcı Tipi: Artımsal (2500 darbe/tur)

Mil: Yuvarlak, kamasız

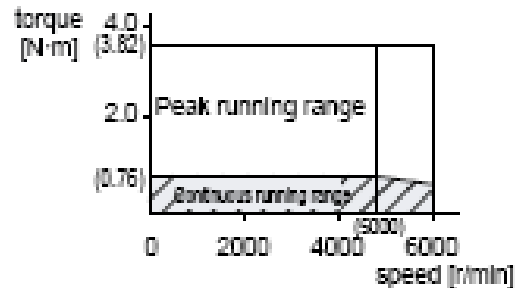
Fren: Yok



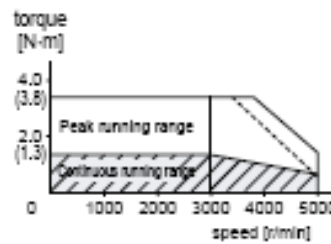
Şekil 4.17 Servo Motorların Resmi [6]

4.2.5.2 Servo Motorların Hız/Tork Karakteristikleri

Kullanılan servo motorların Hız/Tork eğrileri MAMA serisi motorlar için Şekil 4.18’ de, MSMD serisi motor için Şekil 4.19’da görülmektedir.



Şekil 4.18 MAMA Serisi Motorların Hız/Tork Karakteristiği[6]

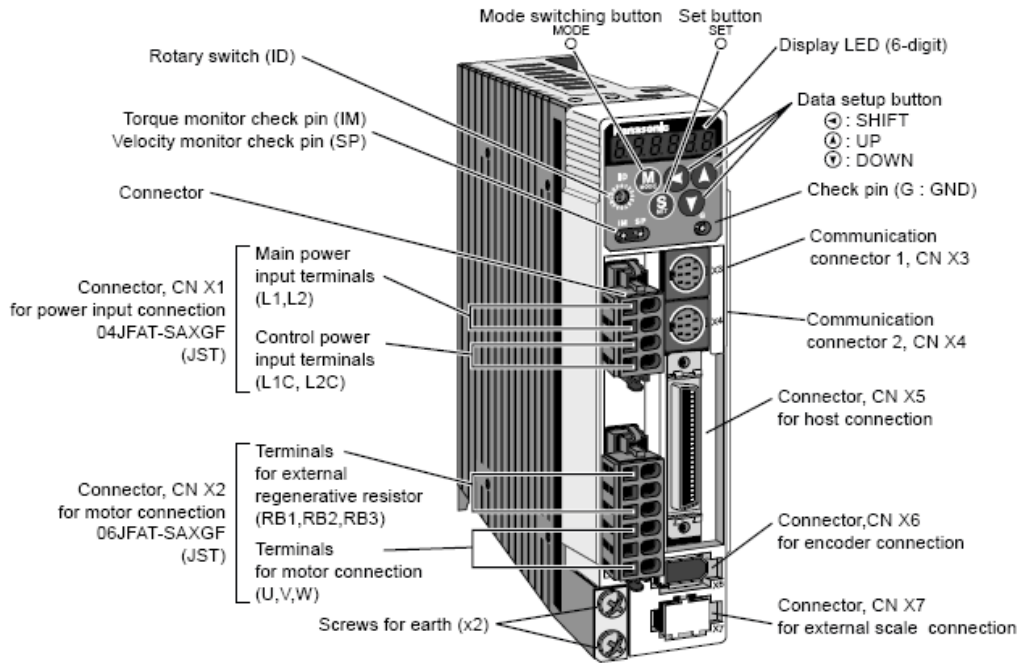


Şekil 4.19 MSMD Serisi Motorun Hız/Tork Karakteristiği[6]

Şekillerden de görüldüğü üzere, motorlar max hızlarına ulaşana kadar torklarında herhangi bir düşme gerçekleşmemektedir. Bu değerler aşıldığında tork değeri de doğrusal olarak azalmaktadır.

4.2.6 Prototip Makinada Kullanılan Servo Sürücüler

Makinada toplam 7 Adet MCDDT serisi ve 1 Adet MBDDT serisi servo motor sürücü kullanılmaktadır. İki tip sürücünün tüm harici bağlantıları aynıdır, sadece iki farklı motoru çalıştırdıkları için kodlayıcı okuma açısından dahili kartlarında bazı farklılıklar mevcuttur. Kullanılan sürücülerin görüntüsü ve ön yüz bağlantıları Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20 Servo Sürücülerin Görüntüsü [6]

Sürücü üzerinde görünen bağlantı noktaları ve butonların işlevleri aşağıdaki gibidir.

Rotary Switch (ID): Bu anahtar sürücülerin adreslenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Prototip makinada 8 Adet sürücü olduğundan sürücüler 1-8 arasında adreslenmiştir. Bu adresleme sürücülerin PC ile ve kendi aralarında haberleşmeleri durumunda önem arz etmektedir.

Mode Switching Switch: Ön panelin programlama modunun seçilmesi için kullanılmaktadır.

Set Buton: Yapılan ayarın devreye alınması için kullanılır.

Display LED: Panel

Data Setup Buton: Ekranlar arasında geçiş yapmak için kullanılır.

CN X1: Sürücünün ana beslemesinin verildiği giriştir.

CN X2: Sürücünün motoru beslediği çıkıştır.

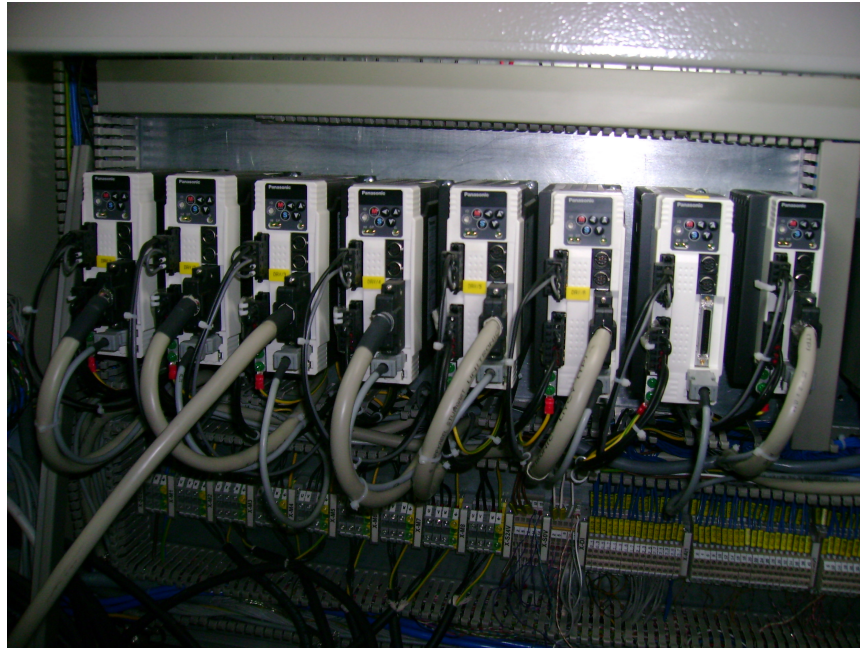
CN X3: Sürücülerin kendileri arasında haberleşmesi için kullanılan porttur. (RS485)

CN X4: Sürücünün PC ile haberleşmesi için kullanılan porttur. (RS232)

CN X5: Sürücünün PLC ve diğer saha elemanlarıyla haberleştiği porttur.

CN X6: Kodlayıcı girişi.

Sürücülerin pano içerisindeki dizilişleri ve bağlantıları Şekil 4.21’ de görülmektedir.

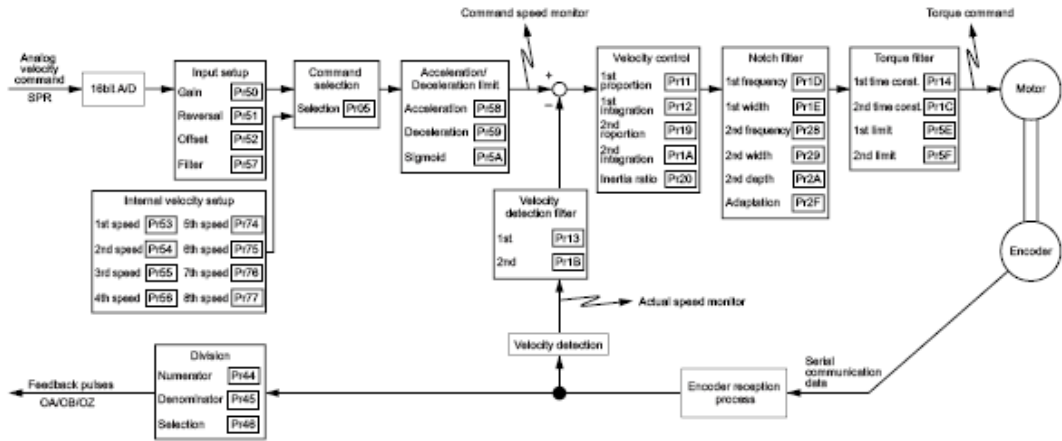


Şekil 4.21 Servo Motorların Pano İçindeki Dizilimi ve Bağlantıları

4.2.6.1 Hız Kontrol Modu Blok Diyagramı

Daha önce de belirtildiği gibi tüm motorlar Hız Kontrol Modunda çalıştırılmıştır. Prototipin amaçlarından bir tanesi motorların çalışma hızlarındaki değişikliklerin

proses etkilerini araştırmak olduğu için motorların hızlarının kontrol edilebilmesi prosesin ve projenin başarısı açısından çok büyük önem arz etmektedir. Hız kontrol modunun dışında sürücü Konum Kontrol ve Tork Kontrol modunda da çalıştırılabilmektedir ancak bu projede sadece Hız Kontrol modunda çalışılmıştır. Hız kontrol modunun blok diyagramı Şekil 4.22’ de görölmektedir.



Şekil 4.22 Hız Kontrol Modu Blok Diyagramı [6]

Blok diyagramının önemli noktaları şunlardır.

Analog Velocity Command: Hız bilgisinin sürücüye verildiği giriş noktasıdır. Bu noktaya PLC’ nin analog çıkış kartı tarafından analog veriye dönüştürölmüş olan hız bilgisi verilmektedir.

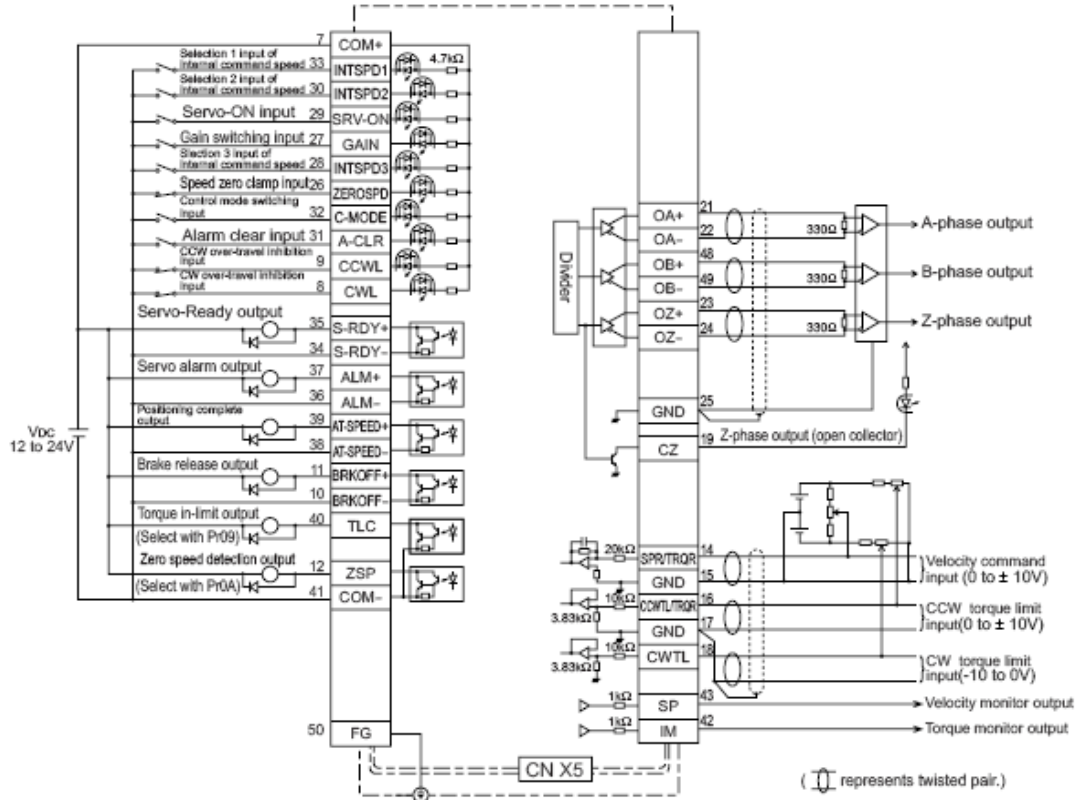
Actual Speed Monitor: Sürücü, kodlayıcıdan aldığı hız bilgisini başka kullanıcılara gönderebilmek için analog veriye çevirerek hız çıkışı olarak dışarıya verir. Bu çıkış, PLC’ nin analog giriş kartından okunarak hız bilgisi kodlayıcı okumaya gerek kalmadan kolay bir şekilde okunmaktadır.

Velocity Control/Notch Filter/Torque Filter parametreleri: Bu parametreler sürücünün “Gerçek Zaman Otomatik Ayar” özelliğiyle otomatik olarak hesaplanmakta ve kaydedilmektedir. Bu işlem için sürücüye bir öğretim işlemi yapılır. Bu işlem sırasında sürücü yükün ataletini hesaplar ve bu sonuca göre kazanç katsayılarını belirler. Ayrıca sürücü rezonanstan kaynaklanan titreşimleri de adaptif

bir filtre ile yok eder. Adaptif filtre katsayıları da bu öğretme işlemi sırasında sürücü tarafından hesaplanır.

4.2.6.2 Kullanılan Giriş/Çıkış Konfigürasyonu

Sürücünün esnek bir şekilde programlanabilmesi ve değişik uygulamalarda kullanılabilmesi amacıyla bir çok G/Ç noktası bulunmaktadır. Ancak her uygulamada bu G/Ç noktalarının hepsi kullanılmamaktadır. Zira bu noktaların bir kısmı çalışma moduna özgüdür ve başka modlarda çalışırken bunları kullanmak ya gereksizdir ya da mümkün değildir. Şekil 4.23’ de tüm G/Ç noktaları gösterilmiş olup aşağıda sadece kullanılan noktalar açıklanmıştır.



Şekil 4.23 Sürücünün Giriş/Çıkış Noktaları [6]

COM+ : Sürücünün G/Ç hattının 24VDC besleme girişi

Servo ON Input: Servo sürücüyü devreye alma girişi

Servo Ready Output: Sürücünün çıkış vermeye hazır olduğunu gösteren çıkış

Servo Alarm Output: Sürücüde bir problem olduğunu gösteren çıkış

COM-: Sürücünün G/Ç hattının beslemesinin 0V girişi

SPR/TRQR: Sürücünün analog hız girişi

GND: Analog işaret toprağı

SP: Sürücünün hız bilgisinin analog çıkışı

4.2.6.3 Sürücülerin PANATERM ile Programlanması ve Gözlenmesi

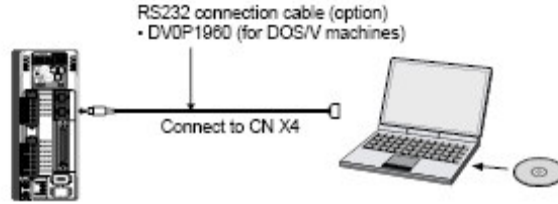
Servo sürücülerin çalışma şeklini, modunu ve performansını ayarlamak ve kontrol etmek için çok sayıda parametre mevcuttur. Bu parametreleri sürücüye aktarmanın üç farklı yolu vardır.

- 1) Sürücü üzerindeki paneli ve butonları kullanmak: Bu yolun dezavantajı parametreleri ayarlamanın uzun sürmesi, her parametreyi ayarlamanın mümkün olmaması, her parametreyi ayarlamak için sürekli kullanma kılavuzundan yardım almaktır. Avantajı ise hiçbir ek donanım ve yazılım gerektirmemesidir. En ekonomik çözümdür ve sahada yapılacak ufak ve kısa değişiklikler için çok uygundur.
- 2) Konsol Kullanmak. Konsolun resmi Şekil 4.24' de görülebilir. Konsolun dezavantajı ek bir donanım ve kabloya ihtiyaç duymasındır dolayısıyla en pahalı yoldur. Avantajı ise parametre ayarlamanın dışında sürücüyü ek bir kontrolör gerektirmeden kontrol edebilmesidir. Konsol yardımıyla sürücü belirli hızlarda döndürülebilir, hız bilgileri okunabilir.



Şekil 4.24 Konsol [6]

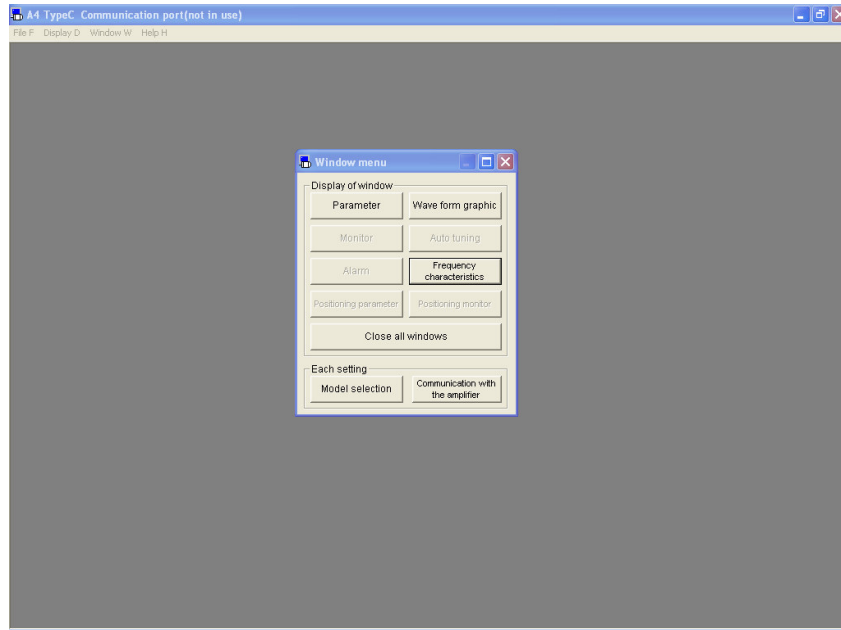
- 3) PC ve PANATERM Yazılımı kullanmak. En yaygın ve projede kullanılan yöntem budur. Bu yöntemde PC' ye Panaterm yazılımı yüklenerek ara bir kablo ile sürücünün CN X4 portuna RS232 seri port üzerinden bağlanılır. Bu bağlantı şekli Şekil 4.25' de görülmektedir.



Şekil 4.25 Sürücü-PC Haberleşmesi [6]

PANATERM Yazılımının Genel Hatları

PANATERM yazılımı, sürücünün parametrelerinin ayarlanabildiği, motorun hız bilgisi grafiğinin sürücüden okunup kaydedilebildiği, Giriş/Çıkış ve Hız bilgilerinin gözlenebildiği, otomatik ayar öğretme işleminin yapılabildiği ve alarmların okunabildiği komplike bir yazılımdır. Panaterm yazılımının ana sayfası Şekil 4.26' da görüldüğü gibidir. Bu menüden arzu edilen fonksiyon seçilerek sürücüyle haberleşme sağlanabilir ve sürücüye bilgi gönderilip sürücüden bilgi alınabilir.



Şekil 4.26 PANATERM Ana Sayfası

Tablo 4.2’ de Hız Kontrol Modunda çalışmada kullanılan önemli parametreler verilmektedir.

Tablo 4.2 Hız Kontrol Modu Önemli Parametreleri

Parametre No	Açıklama	Ayar Değeri	Sonuç
0	Eksen Adresi	0-8	8 Adet sürücüye 8 farklı adres atanmıştır
1	Panelde görüntülenen değer	1	Panelde hız bilgisi görüntülenmektedir
2	Kontrol Modu	1	Hız Kontrol Modu
7	Hız Çıkışı Kazanç Değeri	3	1 Volt Çıkış = 500 Devir/Dakika
50	Hız Girişi Kazanç Değeri	500	1 Volt Giriş = 500 Devir/Dakika
51	Voltaj polaritesi / dönüş yönü	1	Pozitif gerilimde saat yönünde
58	Hızlanma İvmesi	2000	2 saniye
59	Yavaşlama İvmesi	2000	2 saniye

5 BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASININ OPERATÖR PANELİ

5.1 Giriş[19]

Makinalar, üretim hatları ve proses sistemleri operatöre, operatörler de bu karmaşık sistemler ile anlaşmaya ihtiyaç duyarlar. Bu tip sistemlerin kontrolünü gerçekleştiren PLC' ler, yapıları gereği sağır ve dilsizdirler. Bir şekilde operatörler ile makinalar ve proses sistemlerinin anlaşmaları sağlanmalıdır.

Kontrol sistemlerinin ilk dönemlerinden itibaren makina ile insan arasındaki bu anlaşma ihtiyacı butonlar, pako şalterler, lambalar gibi elemanlar ile giderilmeye çalışılmıştır. Kontrol elemanı olarak PLC' lerin kullanılmaya başlanmasından sonra, PLC kabiliyetlerinin yeterince kullanılmasını sağlamak üzere kullanılan buton ve lamba sayıları makinaların karmaşıklığı ile doğru orantılı olarak artmıştır.

Ancak; buton, lamba gibi makina ile operatörün anlaşmasını sağlayacak her eleman için en azından bir delik delme ve kablo bağlantılarının yapılması ihtiyacı, hem maliyeti arttırmış hem de makinaların operatör tarafından kullanılmasını zorlaştırmıştır. Ayrıca, bu tip teknoloji kullanılmış makinalarda herhangi bir değişiklik yapmak oldukça zordur. Örneğin, sadece bir tane buton eklemek bile bütün kontrol panelinin değişmesine, bütün deliklerin yeniden delinmesine ve kablo bağlantılarının yeniden yapılmasına neden olabilir. Bu işlemler de oldukça maliyetlidir. Ayrıca kullanılan her eleman için PLC sisteminde bir giriş veya çıkış noktası kullanılması gerektiği de unutulmamalıdır. Bu nedenle, bu tip teknoloji kullanan makina imalatçısının ürün geliştirme olanağını kısıtlıdır. Maliyet ve teknolojiden dolayı rekabet şansı da ortadan kalkar.

Günümüz dünyasında bilgiye olan ihtiyaç oldukça fazladır. Bu nedenle rekabet edebilir kalmak için üretim hatları, makinalar ve prosesler ile mümkün olduğunca fazla bilgi alışverişi yapılabilmelidir. Kaldı ki, kontrol ekipmanı olarak PLC kullanılması ve PLC'lerin üretim ve proses ile ilgili oldukça fazla bilgiye zaten sahip

olmaları operatör panel kullanımını daha da cazip hale getirmektedir. Bütün bu bilgilerin bir ekran üzerinde operatöre sunulması, operatörün gerekli bilgileri bu ekran üzerinden üretim hattına/prosesle iletmesi operatör panel kullanmanın bir diğer avantajı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu kadar fazla bilginin operatörü karmaşıya sevk edebileceği akla gelebilir. Ancak, bir resmin 1000 kelimeden daha etkin olduğu aşıkardır. Herhangi bir anlatımın insanlar tarafından anlaşılabilmesi için ; kelimelerin cümle halinde algılanması, yorumlanması ve karar verilmesi gerekir. Bu da belli bir zaman demektir. Kontrol paneli olarak buton, seçici anahtar veya text displayler ile grafik tabanlı operatör panelleri arasında belirgin bir kullanım farkının olması, grafik panellerin gittikçe daha yaygın hale gelmesinin en önemli nedeni dir.

Günümüzde grafik tabanlı operatör panelleri, panel üzerinde üretim hattının, makinanın veya prosesin film benzeri hareketli resimlerini oluşturabilecek kadar ilerlemiş durumdadır. Operatör, bu hareketli resimler aracılığıyla, işletme içerisinde olanları kuşbakışı izleyebilir. Sıcaklıkları, basınçları işletmenin bir resmi üzerinde olması gereken yerlerde izleyebilir ve karar verebilir. Aksi takdirde, ya işletmeyi dolaşarak değerleri not etmeli ya da kontrol panosu üzerinden göstergeleri izlemeli, alt kısımlarındaki açıklamalardan hangi değerin işletmenin hangi bölümüne ait olduğunu belirlemeli ve karar vermelidir.

Günümüzde operatör panel seçenekleri oldukça fazladır. En çok kullanılanları aşağıda sıralanmıştır:

- Buton, lamba, seçici anahtar vb. elemanlar: Kullanılan en eski operatör panel yöntemidir. Her elemanın tek tek kontrol sistemine bağlanması gerekir. Oldukça fazla işçilik gerektirir ve değişiklik yapmak zordur. PLC ile kullanılması durumunda PLC'de G/Ç kullanılmalıdır. Operatör ile üretim tesisi arasındaki haberleşme oldukça sınırlıdır.

- Buton, lamba, seçici anahtar vb. elemanların blok halinde kullanılması: Yukarıda bahsi geçen yöntemin PLC teknolojisine uygun hale getirilmiştir. Elemanlar imalatçı tarafından bir kutu içerisine yerleştirilmiş ve bir haberleşme kartına bağlanmıştır. PLC ile doğrudan haberleşir. PLC'de G/Ç kartı gerektirmez. İşçiliği kolaydır ve istenilen değişiklikler kolaylıkla yapılabilir.

- Text göstergeler: Önceden programlanmış sınırlı sayıdaki mesajı alfanümerik olarak gösterebilirler. Gösterilecek mesajın seçimi ya PLC G/Ç' ı (I/O) ya da haberleşme hattı üzerinden PLC içerisinde oluşan bilgilere göre yapılır.

- Grafik paneller: Önceden programlanmış resimleri, yazıları, hareketli resimleri vb. grafik olarak gösterebilirler. Bazı modellerde alarm izleme, bilgileri depolayabilme, depolanmış bilgileri listeleyebilme, kağıda dökebilme gibi kabiliyetler de bulunur. PLC ile doğrudan haberleşirler. Günümüzde LCD teknolojisi sayesinde fiyatları oldukça düşmüş durumdadır.

- Bilgisayar yazılımları: İnsan makina arabirimlerinin en üst seviyesidir. Programlama ve bilgisayar gerektirir. Hemen hemen istenilen her şeyi yapmak mümkündür. Yazılımın istenilen kullanıcıya has özellikleri desteklememesi durumunda, bir diğer yazılım ile (Visual Basic gibi) yazılıma ilaveler yapılabilir. Bir ağ (network) üzerinden birden fazla değişik PLC' ye bağlanabilir. Üretim ve arızalar ile ilgili bir çok rapor çıkarılabilir.

Yukarıda bahsi geçen operatör panellerinden hangisinin kullanılacağı tamamen tasarımcının/kullanıcının isteğine ve ihtiyaçlarına bağlıdır. Ancak hangi operatör paneli kullanılırsa kullanılsın dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır:

1- Operatör ihtiyaçları: Makina veya prosesin operatör tarafından kontrolü mümkün olduğunca kolay ve anlaşılır olmalıdır. Ekrandaki görüntüyü değiştirmeden, sadece ekranın bir bölümünde çıkacak yardım menüleri (pop-up window) ile operatörün çalışması kolaylaştırılabilir.

2- Çalışma ortamı: Kullanılacak operatör panelin çalışma sıcaklığı, nem oranı, mekanik tasarımı gibi özellikleri makinanın çalışacağı şartlara uygun olmalıdır. PLC'ler genellikle endüstriyel ortamlarda kullanıldıklarından, operatör panel bu ortamlarda güvenilir bir şekilde çalışmaya devam etmelidir. Ürünün endüstriyel ortamda çalışıp çalışmayacağının en iyi göstergesi CE işaretidir. Bir ürünün CE sertifikası için yapılan testlerden geçmiş olması, endüstriyel ortamlarda bulunan elektriksel gürültülerde bile hiç problemsiz çalışacağını gösterir.

3- Kullanımı ve programlanması: Şüphesiz mümkün olduğunca kolay olmalıdır. Windows tabanlı bir programlama paketi programlama sırasında karşılaşılabilecek

problemlerin en az olmasını sağlar. Programda sürükle bırak, çift tıklama gibi standart Windows özelliklerinin bulunması operatör panel için program geliştirme zamanını oldukça kısaltacaktır.

Programlama kolaylığı açısından operatör panel ile PLC arasındaki haberleşmeyi sağlamak üzere herhangi bir program yazılmasına gerek olmaksızın panel, PLC ile bağlandığında haberleşebilir, kullanılacak PLC adresleri doğrudan yazılabilir ve istenildiği gibi seçilebilir olmalıdır.

4- Desteklenen protokoller: Bir çok operatör paneli birden fazla PLC ile çalışmayı desteklemez. Fakat ileride oluşacak ihtiyaçları da karşılayabilmek açısından birden fazla PLC ile haberleşmeyi destekleyen bir panel seçmek bir tek PLC firmasına bağımlı kalmayı ortadan kaldırır, alternatif üretilebilmesini sağlar.

5- Garanti ve referanslar: Seçilecek operatör panelinin garantisinin ne kadar olduğu, pazardaki referanslarının kimler olduğu ürünün kalitesini anlamak açısından oldukça önemlidir. Ayrıca üreticinin ISO-9000 sertifikasının olup olmadığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

6- Teknik destek: Gerçekten oldukça önemlidir. Operatör panel satıcı firmasının teknik kabiliyetlerini malzemeyi almadan test etmek veya referanslardan gerekli bilgileri almak, ileride problem oluştuğunda bu firmanın problemi çözüp çözemeyeceği hakkında bir bilgi verir.

7- Panel kabiliyetleri: Ayar değerlerinin girilmesi, o an ki değerlerin gösterilmesi ve fonksiyon tuşları zaten olmazsa olmaz özelliklerdir. Günümüz panellerinde bu özellikler artık standart hale gelmiştir. Çok az fiyat farklarıyla animasyon, reçete, bilgi toplama, alarm takibi, bunların kağıda dökülmesi, değişkenlere bağlı grafikler (trend) çizilmesi gibi çok daha fazla özelliklere sahip operatör panelleri satın alınabilir.

8- Fiyat: Kararı etkileyen can alıcı noktalardan biridir. Panelin, programlama yazılımının fiyatı tetkik edilmelidir. Özel programlama, yazıcı kabloları gibi gizli maliyetler de gözönünde bulundurulmalıdır. Bunun yerine standart haberleşme kabloları kullananlar tercih edilmelidir. Programlama yazılımı bazı panel üreticileri tarafından lisanlı olarak ücretsiz verilmektedir.

9- Operatör verimliliğini arttırmak: Günümüz panellerinde kullanılan dokunmatik ekran (touch screen) operatörün kullanımını kolaylaştırarak, verimini artırır. Çünkü dokunmatik ekran vasıtasıyla operatör, işletme içerisinde yerini gayet iyi bildiği elemanları operatör panel üzerindeki resmi vasıtasıyla kolaylıkla açabilir, ayarlayabilir, alarmları çabuklukla algılayıp gerekeni yapabilir.

Uygulamalar için bugünden operatör panel seçimi, gelecek için oldukça akıllıca olacaktır. Bugünün rekabet koşullarında, ürünlerdeki geliştirmeler ve değişiklikler kaçınılmazdır. İlerideki genişlemeler için uygun olmayan operatör panel seçimi, makina imalatçıların son kullanıcı tarafından değiştirilmesine yol açacaktır. İyi bir operatör panel kullanmak hem makina imalatçısının ve hem de kullanıcısının verimliliğini arttırarak makinanın daha yüksek teknolojiye görülmesini sağlar.

5.2 Donanım Özellikleri ve Seçim Kriterleri

Prototip makinada Pro-face firmasına ait olan GP3301-SC41-24V kodlu operatör paneli kullanılmıştır. Bu panelin seçiminde aşağıda bahsedilen kriterler gözönüne alınmıştır.

- **Ürünün Sınıfı**

Multimedya: Kamera bağlanabilme, video oynatabilme gibi multimedya fonksiyonları içermektedir. Genellikle büyük ebatlı ve test fonksiyonlarının kullanılmasını gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadır.

Kontrol: Panelin üzerinde PLC özellikliklerinin gömülü olmasıdır yani panel hem operatör paneli hem de PLC olarak kullanılabilir. Ancak prototip makinada hali hazırda Siemens firmasının PLC' si mevcut olduğundan bu fonksiyona da ihtiyaç yoktur.

Standart: Standart operatör paneli sınıfıdır. Üzerinde PLC' lerle haberleşmek için seri portları, veri depolamak için CF kartı ve USB portu, alarm, reçete, grafik gibi gelişmiş yazılım fonksiyonları bulunmaktadır. Prototipte kullanılan sınıf budur.

- **Ürünün Ölçüsü**

Operatör panellerinin 3,8” ile 15” arasında değişik ebatlarda birçok çeşiti mevcuttur. Endüstride en sık kullanılan model ise 5,7” olmaktadır. Bu model hem küçük ve orta ölçekli uygulamalarda yeterli görüntü alanı sağlaması hem de tüm standart özelliklikleri sağlaması nedeniyle tercih edilmektedir. Prototipte kullanılan model de 5,7” ebatlarındadır. Seçimde makine gövdesinin küçük olması, Giriş/Çıkış sayılarının daha büyük panel gerektirecek kadar çok olmaması dikkate alınmıştır.

- Besleme Tipi

Operatör panellerinin birçoğu 24 VDC veya 220 VAC ile çalışmaktadır. Makinanın genel besleme hattı gözönüne alınarak panelin beslemesine karar verilir. Örneğin tamamen 220 V ile çalışan bir makinada 24 VDC ile çalışan bir panel kullanmak anlamsızdır. Prototipte tüm kontrol hattının beslemesi 24 VDC olduğundan panel beslemesi de 24 VDC olarak seçilmiştir.

- Çözünürlük

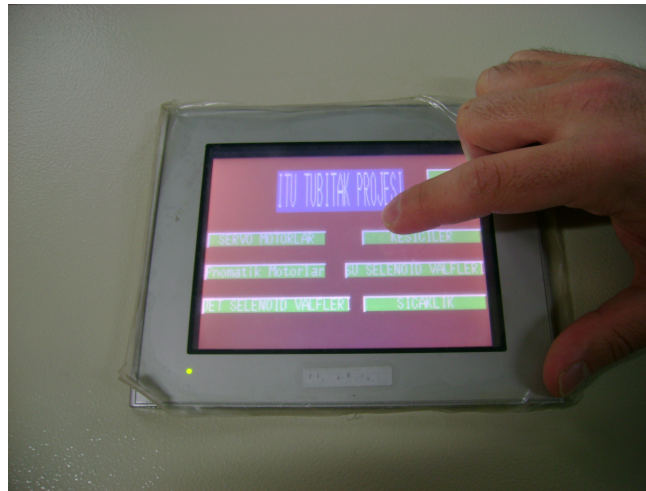
Panel üzerinde programlanacak görüntülerin detaylarının önemine göre panelin çözünürlüğüne karar verilir. Örneğin bir grafiğin panel üzerinde çok net bir şekilde görüntülenmesi gerekiyorsa çözünürlük yüksek seçilmelidir. Prototipte görüntülemenin çok hassasiyet gerektirmemesi nedeniyle 320x240 piksel çözünürlük sağlayan bir model kullanılmıştır.

- Görüntü Tipi

Operatör panellerinde görüntü tipleri Mavi-Beyaz, Siyah-Beyaz, STN ve TFT olmak üzere 4 çeşit olarak düşünülebilir. En çok tercih edilen modeller Mavi-Beyaz ve STN modellerdir. Bu tercihte panelde görüntülenecek elemanların renge bağlı fonksiyonelliği düşünülmelidir. Ancak aynı zamanda maliyet kriteri de gözönüne alınmalıdır. TFT model çok yüksek kalitede bir görüntü (65536 renk) vermesine rağmen maliyeti de diğerleriyle kıyaslandığında bir hayli yüksektir. Bu sebeple prototipte hem maliyeti daha uygun hem de TFT kadar olmasa da kaliteli ve renkli bir görüntü (4096 renk) vermesi nedeniyle STN bir model tercih edilmiştir.

Sonuç olarak prototipte GP3301-SC41-24V kodlu panel kullanılmıştır. Bu panelin genel özellikleri aşağıdaki gibidir. Prototipte kullanılan panelin resmi Şekil 5.1’ de verilmiştir.

- Ürünün Kodu: GP3301-SC41-24V
- Görüntü Tipi: STN Renkli LCD
- Renk : 4096
- Aydınlatma Florasanı Ömrü: 75000 saat
- Çözünürlük: 320x240 piksel
- Bellek: 6 MB FEPR0M
- Dokunmatik Panel: Analog Direnç Film
- Portlar: 2 Adet Seri Port
1 Adet Genişleme Portu
1 Adet USB Portu
1 Adet CF Kart Slotu
- Besleme: 24 VDC



Şekil 5.1 Prototipte Kullanılan Operatör Paneli

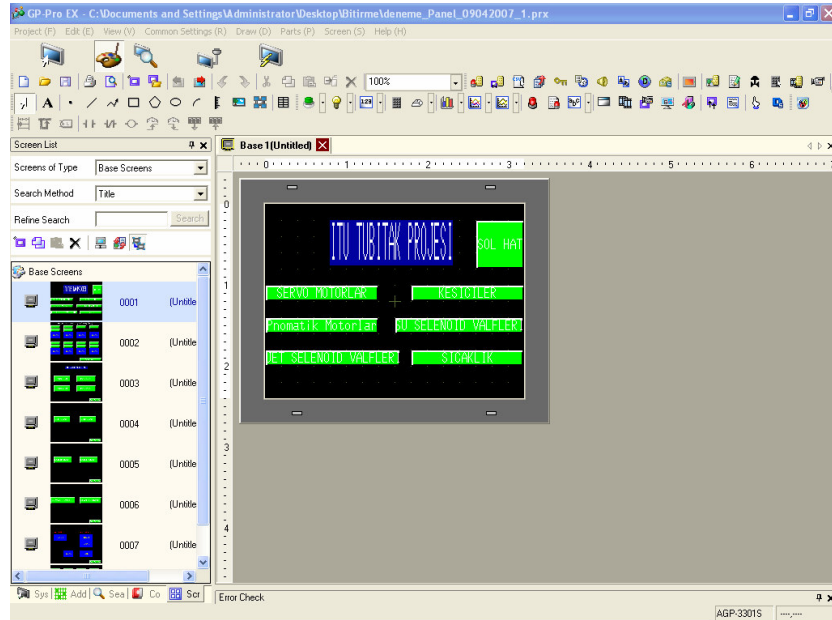
5.3 GPPROEX Panel Programlama Yazılımı

5.3.1 GPPROEX Yazılımının Genel Hatları

GP3000 Serisi operatör panellerini programlama için GPPROEX yazılım kullanılmaktadır. Bu programın temel fonksiyonları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Panel tipinin seçilerek özelliklerin kontrol edilmesi
- PLC tipinin ve sürücüsünün seçilerek haberleşme ayarlarının yapılması
- Yazıcı, barkod okuyucu, ftp sunucu gibi harici donanım ayarlarının yapılması
- Panel programının yazılması (Ekran görüntülerinin oluşturulması)
- Oluşturulan görüntülerin derlenmesi
- Yazılan programın panele transfer edilmesi
- Simülasyon (PLC bağlı değilken programın çalışmasının gözlenmesi)

Yazılımın görüntüsü Şekil 5.2’ deki gibidir.

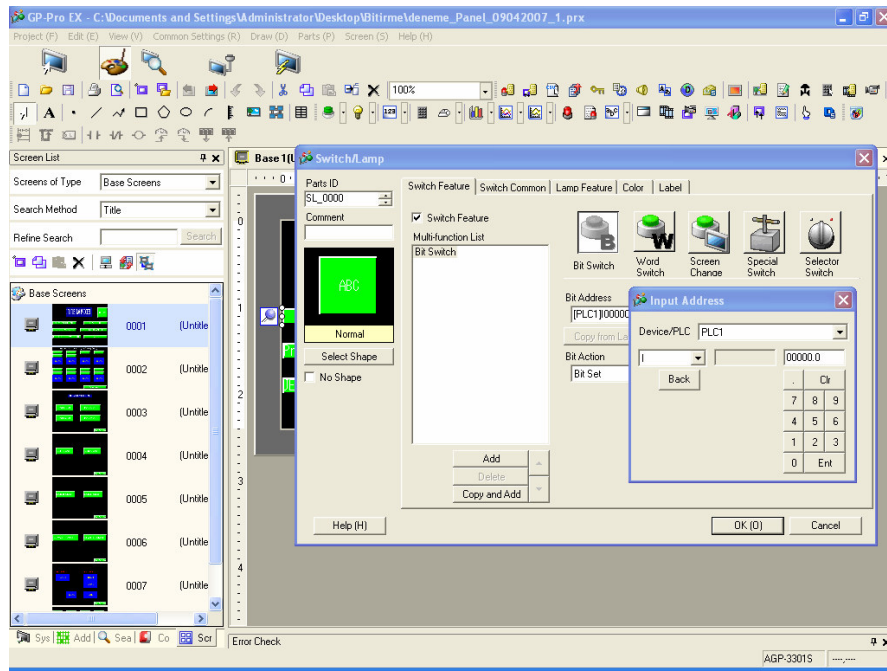


Şekil 5.2 GPPROEX Yazılımı

5.3.2 Temel Fonksiyonlar

5.3.2.1 Düğme/Lamba Oluşturma

Düğme fonksiyonunun temel işlevi, panel üzerinde bir düğme oluşturarak bu düğme basıldığında PLC' nin programlanan bitinin Set veya Reset olmasını, Başla, Dur, Manual Çalış, Otomatik Çalış, vs gibi makinaların panolarındaki düğmelerle yapılan işlevlerin ekstra donanıma ihtiyaç duyulmaksızın elde edilmesini sağlamaktadır. Bu fonksiyon Şekil 5.3 de görüldüğü gibi programlanmaktadır.



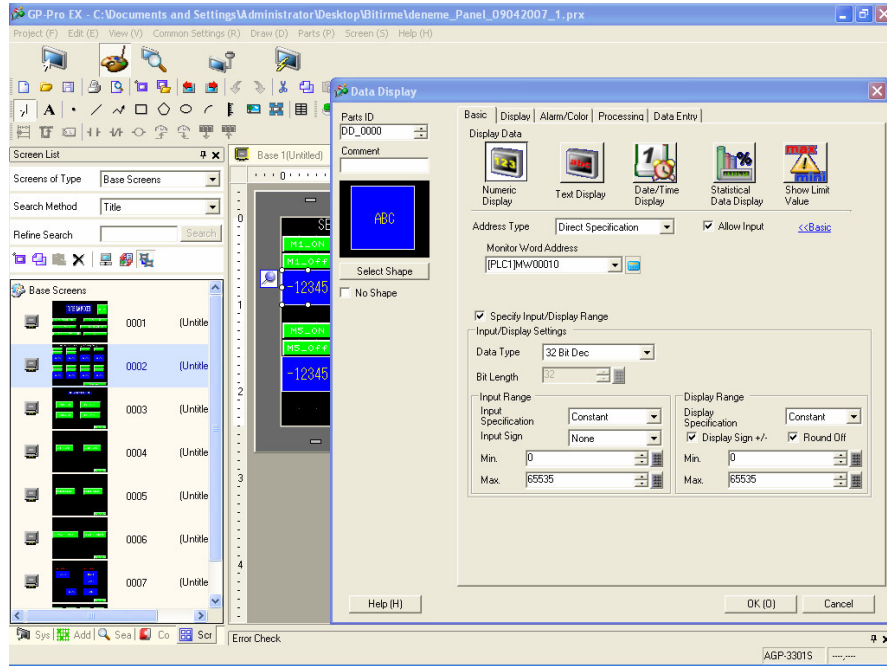
Şekil 5.3 Düğme/Lamba Fonksiyonu

Düğmeye basıldığında hangi PLC bitinin set/reset olacağı ise “Input Address” alanında tanımlanmaktadır. Panel ayarları ilk aşamada yapılırken bir PLC seçildiğinde bu PLC' nin adresleri otomatik olarak program tarafından PLC' nin kendi adresleriyle aynı adla kullanılabilir olmaktadır. Düğme fonksiyonunun PLC adreslerini set/reset etmesinin dışında da bazı fonksiyonları vardır. Bu fonksiyonlar, word adreslerine belli değerlerin yazılması, sayfa değiştirme, paneli Offline Moda geçirme, Alarm fonksiyonunu devreye sokma, Grafik yazmaya/okumaya başlama gibi çeşitli fonksiyonlardır.

Lamba fonksiyonu ise düğme fonksiyonunun bir alt fonksiyonudur. Düğme, sadece veri göndermek (bit set, bit reset, word add, vs) için kullanılan bir fonksiyondur ancak bu fonksiyona lamba fonksiyonu eklendiğinde (Lamb Feature enable) veri okumak için de kullanılabilir. Örneğin PLC' nin Q5.2 adresindeki bitinin ne olduğu görülmek isteniyor. Bunun için gene bir düğme yerleştirilir, düğmenin adresi Q5.1 olarak ayarlanır ve Lamba fonksiyonu aktif hale getirilir. Bu durumda Q5.1 adresi set değerini aldığı anda lamba da programlanan renkte yanacaktır.

5.3.2.2 Veri Okuma/Yazma Penceresi Oluşturma

Bu fonksiyon PLC' nin herhangi bir adresinde saklanan sayısal değerinin okunması veya bu adrese değer yazılması için kullanılmaktadır. Veri okuma penceresi oluşturma Şekil 5.4' de gösterilmektedir. Bu fonksiyon, "Monitor Word Address" alanında yazan adresin sayısal değerinin görüntülenmesi sağlar.



Şekil 5.4 Veri Okuma/Yazma Penceresi

"Allow Input" opsiyonu seçildiğinde veri görüntüleme fonksiyonuna veri yazma fonksiyonu da eklenir. Bu durumda panel üzerinde bu pencereye basıldığında otomatik olarak bir tuş takımı açılır ve bu tuş takımı aracılığıyla istenen değer adrese yazılır. Prototip makine programında hız bilgisinin PLC' ye gönderilmesi ve PLC' den okunması için bu fonksiyondan yararlanılmıştır. Bunun yanında ısıtmalı

kasnakların sıcaklık bilgisi, basınç sensörünün basınç bilgisi de bu fonksiyon yardımıyla panele yansıtılmıştır. Aynı zamanda bu fonksiyonun “İşlem” alt fonksiyonu sayesinde basit bazı matematiksel işlemler yapılarak verilerin görüntülenmesi ve yazılması sağlanabilir. Örneğin ısıtmalı kasnağın PT100 sensörünün bağlı olduğu PLC adresinde, sıcaklık değeri gerçek değer 10 katı bir sayısal değer olarak görünmektedir.(PLC’ nin analog veri okuma yönteminden kaynaklanmaktadır). Bu adresten doğrudan sıcaklık bilgisi okunduğunda 25 °C olan sıcaklık 250 °C olarak görünecektir dolayısıyla operatöre hatalı bir bilgi ulaştırılacaktır. “İşlem” fonksiyonuyla bu sayısal veri önce 10’ a bölünüp daha sonra ekranda gösterilebilir. Dolayısıyla doğru sıcaklık bilgisi PLC’ ye ekstra işlem yaptırmadan görüntülenebilir.

5.3.2.3 Grafik Oluşturma

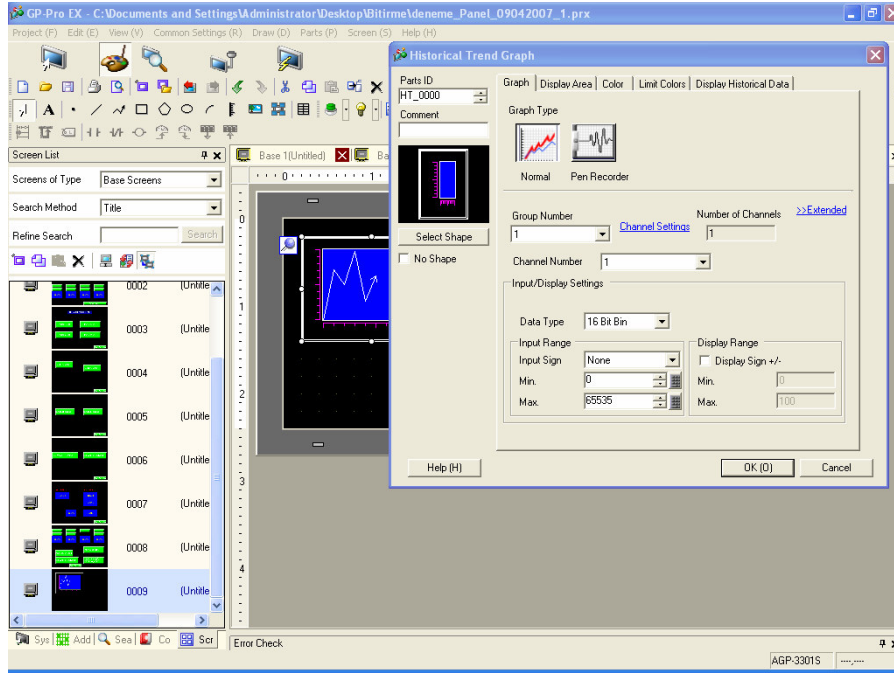
Bu fonksiyon, zamana bağlı olarak sürekli değişen sayısal değerlerin bir grafik üzerinde sürekli takip edilmesini sağlar. Örneğin ısıtmalı kasnakların sıcaklık değeri zamanın bir fonksiyonudur. Bu değer ın prosesin kalitesine etkisini gözlemek için aldığı değerin sürekli olarak takip edilmesi gerekmektedir. Bu fonksiyon aynı zamanda kendi içinde bir de alarm fonksiyonu içermektedir. Takip edilen değişkenin verilen minimum ve maksimum değerleri aşması durumunda ana kontrolöre uyarı sinyalleri göndererek düzeltici faaliyetlerin devreye girmesini sağlar. Örneğin ısıtmalı kasnağın 150 °C’ de çalışması istenmektedir. Ancak bilinmeyen bir sebeple ısıtmalı kasnak ısınmaya devam etmiş ve 200 °C’ ye yaklaşmış olabilir ve de bu da hem prosese, hem makineye hem de çevreye zarar verecektir. Bu sınır değerinin grafik fonksiyonuna girilmesi durumunda bu fonksiyon kritik değere ulaştığında uyarı sinyaliyle kontrolörü uyararak düzeltici işlemleri yapmasını sağlar. Grafik fonksiyonu Şekil 5.5’ de görüldüğü gibi oluşturulur.

5.3.3 Gelişmiş Fonksiyonlar

5.3.3.1 Reçete Fonksiyonu

Reçete fonksiyonu operatör paneli fonksiyonları içinde en önemlilerden bir tanesidir. Çünkü bu fonksiyon, makinenin farklı ürünler üretmek için her seferinde yeniden operatör tarafından ayarlanması zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Bu

fonksiyonun nasıl programlandığını anlatmadan önce reçete kavramından söz etmekte fayda vardır. Reçete, aynı makinada veya üretim bandında farklı ürünlerin üretilmesi gerektiği durumlarda, bu ürünlerin hangi bileşenlerle hangi şartlar altında üretilmesi gerektiği bilgisini saklayan ve üretilecek ürün seçildiğinde makinarya bu bilgileri yükleyen basit bir veri tabanıdır. Örneğin protototip makinada 4 farklı tip iplik üretilmektedir. Bu ipliklerin üretilmesi için aşağıdaki şartların oluşması gerekmektedir.



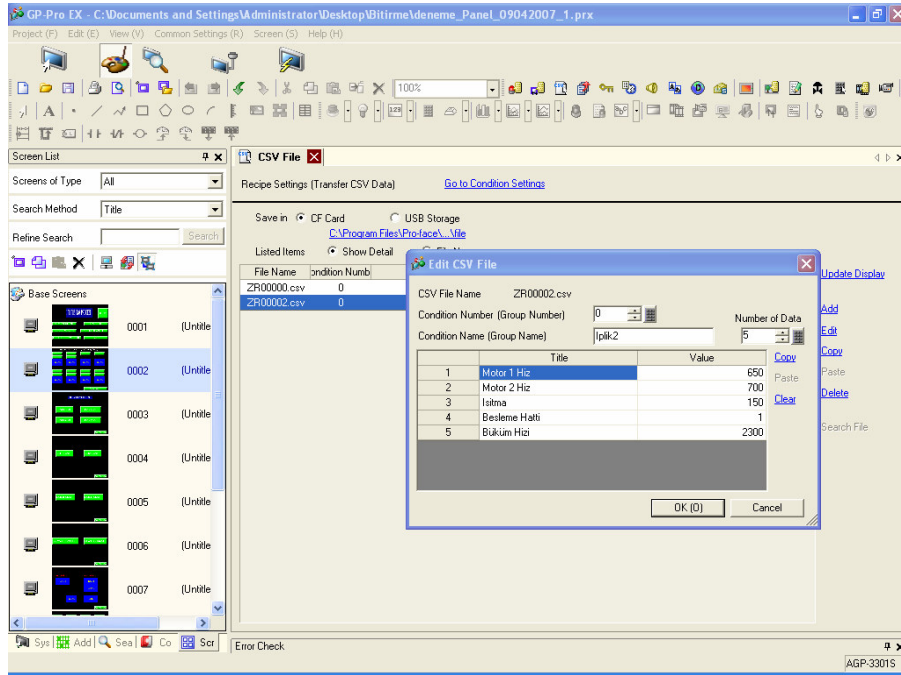
Şekil 5.5 Grafik Fonksiyonu

Tablo 5.1 Reçete Fonksiyonu Örneği

İplik Türü	Motor 1 Hızı (Devir/Dak)	Motor 2 Hızı (Devir/Dak)	Isıtma ° C	İplik Besleme	Büküm Hızı (Devir/Dak)
İplik 1	600	700	170	2 Hat	1500
İplik 2	650	700	150	1 Hat	2300
İplik 3	650	650	190	1 Hat	2200
İplik 4	650	750	190	2 Hat	1800

Operatörün her farklı ipliğe geçişinde yukarıdaki ayarları yapması hem zaman açısından verimsizdir, hem de operatörün verileri yanlış girmesi ihtimali üretim kalitesi açısından bir risktir. Dolayısıyla makina ilk programlanırken üretilecek olan ürünlerin bileşenleri ve proses verileri de programlanmalıdır. Operatöre tek kalan hangi tip iplik üreteceğini panele girmesidir. Operatör iplik seçimi yaptıktan sonra tüm gerekli veriler otomatik olarak ilgili kontrolöre (PLC ve servo sürücüyeye) aktarılacaktır.

Reçete fonksiyonunu oluşturma farklı yolları olmakla beraber en yaygın olarak kullanılan tüm reçete verilerini içeren bir Excel dökümanı oluşturmak ve bu dökümanı operatör paneline kaydetmektir. Excel dökümanı .csv formatında Microsoft Excel programı kullanılarak oluşturulabileceği gibi GPPROEX programının içinde de oluşturulabilir. Şekil 5.6’ da Tablo 5.1’ de verilen reçete bilgisinin GPPROEX programıyla nasıl oluşturulduğu görülmektedir.

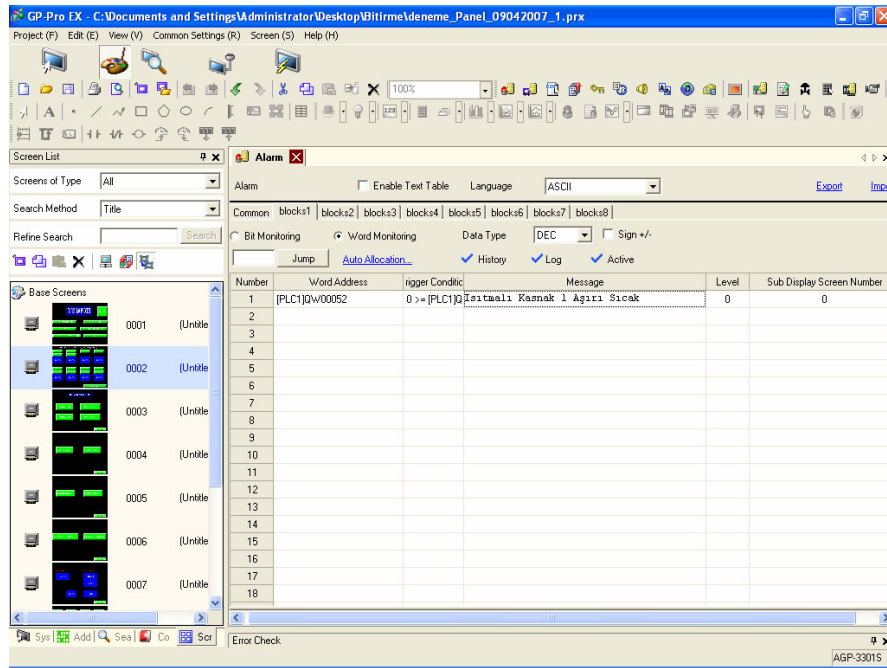


Şekil 5.6 Reçete Oluşturma

Herbir iplik türü için farklı bir csv dosyası oluşturulur ve dosyaların içine üretim parametreleri girilir. Operatör, bu ipliklerden birisini seçtiğinde parametreler otomatik olarak PLC’ ye aktarılır ve PLC bu parametrelere göre üretimi yönlendirir.

5.3.3.2 Alarm Fonksiyonu

Alarm fonksiyonu, makinanın herhangi bir noktasında olağandışı bir durum olması durumunda operatörü uyaran bir emniyet fonksiyonudur. Fonksiyon operatöre yazılı ve/veya sesli olarak uyarı sinyalleri vererek hangi noktada problem olduğunu ve bu problemi nasıl çözebileceğine dair mesajlar verir. Ayrıca fonksiyon oluşan alarmların bir kaydını tutar, alarmin ne zaman oluştuğunu, ne zaman operatörün müdahale ettiğini ve sorunun ne zaman düzeldiğini kaydeder. Bu şekilde hem operatörün alarlara karşı reaksiyonu ölçülür hem de süreçle ilgili detaylı bir alarm kaydı elde edilebilerek bu alarmların ne şekilde minimize veya elimine edilebileceği tartışılır. Alarm fonksiyonu Şekil 5.7’ de görüldüğü gibi oluşturulmaktadır. Şekilde gösterilen alarm durumu ısıtmalı kasnağın sıcaklık değerinin 200 °C’ nin üstüne çıkması durumudur. Bu durum gerçekleştiğinde panel üzerinde “Isıtmalı Kasnak 1 Aşırı Sıcak” mesajı çıkacak ve operatör uyarılacaktır.

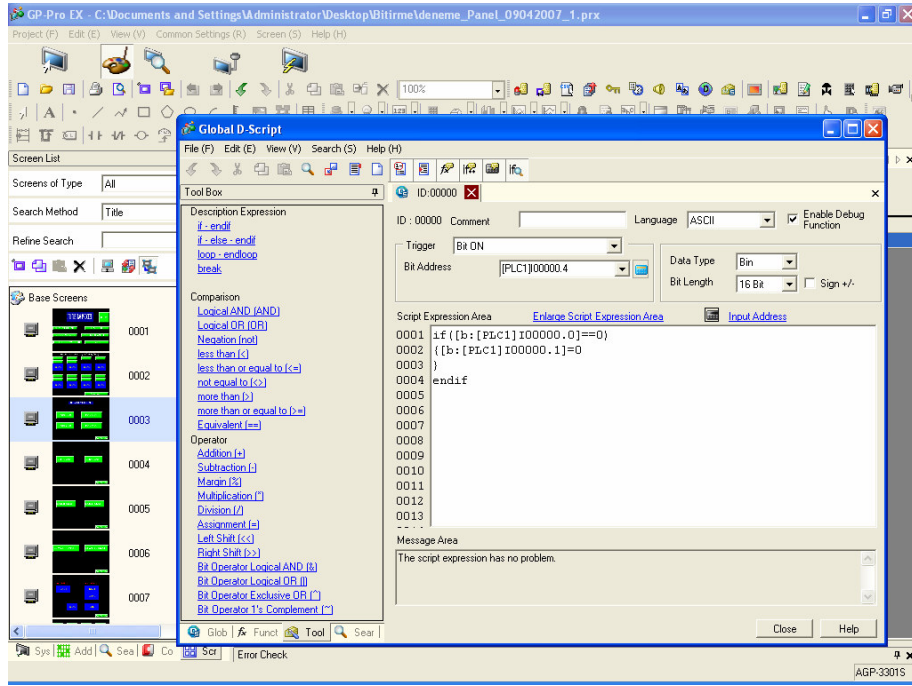


Şekil 5.7 Alarm Fonksiyonu

5.3.3.3 Script Fonksiyonu

Script fonksiyonu panelin özel program yazma fonksiyonudur. İki farklı script vardır. Biri D-Script diğeri Global D-Script’ tir. D-Script’ ler sadece yazıldıkları ekranda çalışırlar ve diğeri sayfalarda geçersizdirler. Global D-Script’ ler ise tüm ekranlarda

yani tüm program boyunca çalışırlar ve hiçbir zaman devre dışı kalmazlar (uyarı biti reset olmadığı sürece). Scriptler sayesinde basit programlar yazılarak bazı basit işlemler için PLC işlemcisinin ve belleğinin kullanılmasının önüne geçilebilir. Script fonksiyonuyla genellikle şifre, veri transferi, alarm, seri port haberleşme programları yazılır. Ancak unutulmamalıdır ki bu fonksiyon yardımcı bir fonksiyondur ve makina kontrolü için kullanılmamalıdır. Makinanın kontrol programı PLC programıdır. Script yazma penceresi Şekil 5.8’ de görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi Script fonksiyonu C, Java gibi yüksek seviyeli dillere benzemektedir.

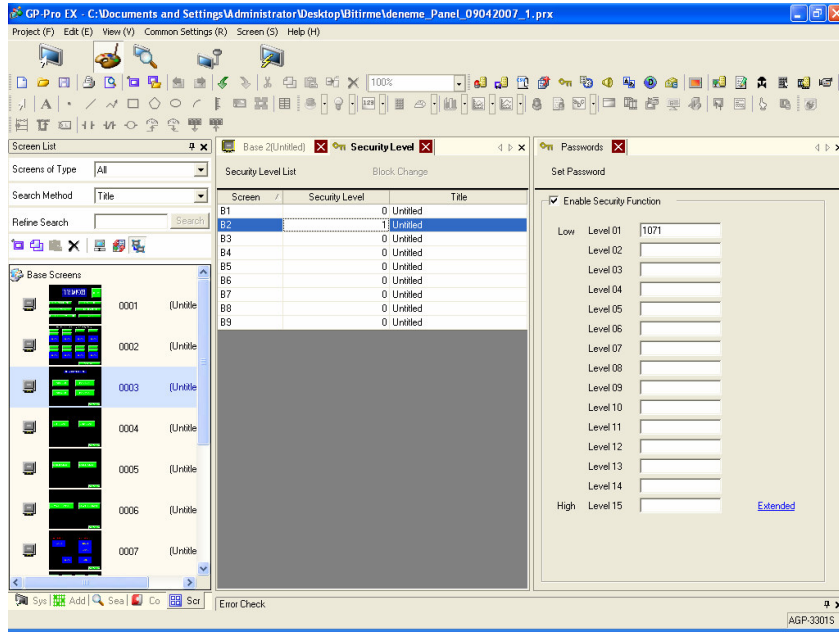


Şekil 5.8 Script Fonksiyonu

5.3.3.4 Şifre Fonksiyonu

Genellikle üretim hatlarında ve fabrikalarda belli bir makinadan sorumlu birden fazla kişi vardır. Makinayı operatör çalıştırır ancak operatör makina üzerinde her türlü değişikliği yapamaz çünkü bu yetki üretim mühendisine veya üretim müdürüne veya fabrika müdürüne verilmiştir. Şifre fonksiyonu yetki seviyeleri birbirinden farklı kişilerin makinanın üzerinde belli işlemleri yapabilmelerini sağlarken bazılarını yapmalarını engeller. Prototip makinadan örnek verecek olunursa, makina operatörü Tablo 5.1’ de verilen parametreleri değiştirmeye yetkili olmayacaktır çünkü bu değerler uzun deneyler ve araştırmalar sonucu bulunan optimum değerlerdir ve

operatörün bu değerlere müdahalesi şansa bırakılamaz. Bu süreçte devreye Şifre fonksiyonu girer. Şifre fonksiyonu, kişilerin operatör panelinin bazı sayfalarına şifre girmek suretiyle ulaşmasını sağlayan gelişmiş bir güvenlik fonksiyonudur. Toplam 15 farklı şifre ile 15 farklı yetki seviyesi tanımlanarak şifrelenen sayfaların hangi yetki seviyesiyle açılacağı programlanır. Şifre fonksiyonu Şekil 5.9’ daki gibi oluşturulur.



Şekil 5.9 Şifre Fonksiyonu

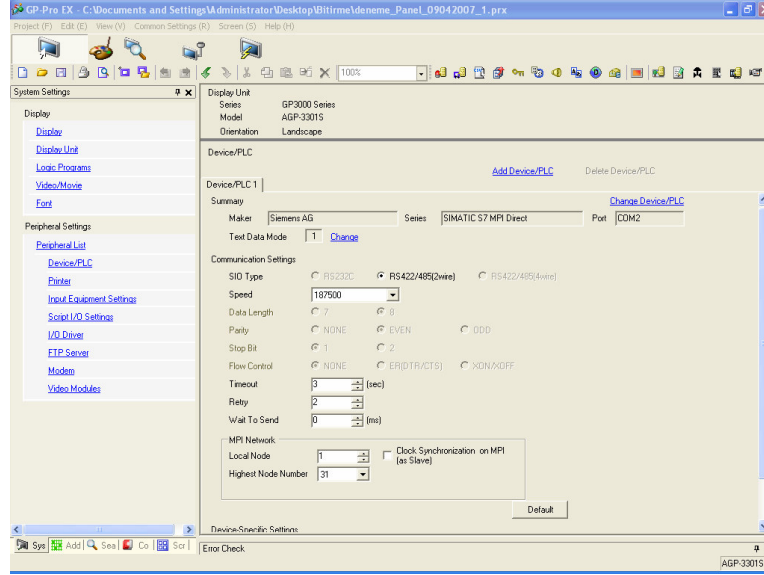
İlk olarak “Password” alanında farklı yetki seviyeleri için farklı şifreler belirlenir. Daha sonra da “Security Level List” alanında hangi sayfanın hangi yetki şifresiyle açılacağı tanımlanır. 0 olarak verilen yetki seviyesi giriş için şifrenin gerekmediğini belirtir.

5.4 PLC Haberleşmesi

5.4.1 Haberleşme Ayarları

PLC ve operatör panelinin birbiriyle haberleşmesi için operatör paneli programında o PLC için bir sürücünün bulunması ve ayarlarının yapılmış olması gerekmektedir. Aksi takdirde operatör paneli PLC’ den veri okuyamaz ve PLC’ ye veri yazamaz. GPPROEX yazılımında Siemens S7 serisi için yazılmış SIMATIC S7 MPI Direct

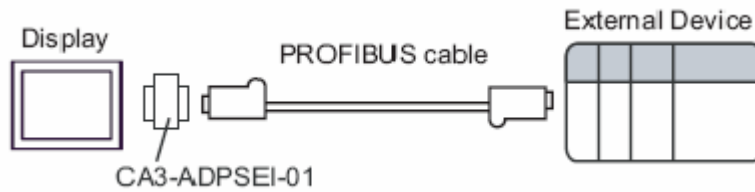
sürücüsü bulunmaktadır dolayısıyla PLC adresleri yazılımda otomatik olarak görüntülenmektedir. Sürücü seçildikten sonra üretici firmanın kullanım kılavuzunda gösterildiği gibi çeşitli haberleşme ayarları yapılır. Bu ayarlar Şekil 5.10’ da gösterilen ekran üzerinden yapılmaktadır.



Şekil 5.10 PLC Haberleşme Ayarları

5.4.2 Haberleşme Kablosu ve Adaptörü

Operatör paneliyle PLC arasında Siemens firmasına ait Profibus kablosu ve Profibus adaptörü, Pro-face firmasına ait Com Port çevirici adaptörü kullanılmıştır. Bağlantı Şekil 5.9’ da gösterildiği gibi yapılmıştır.

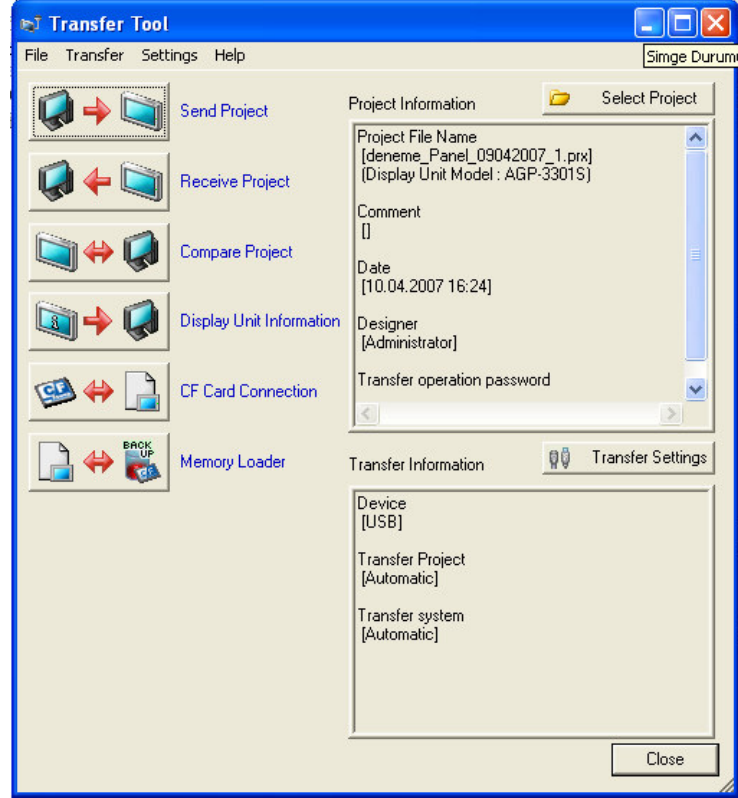


Şekil 5.11 Operatör Paneli – PLC Haberleşme Kablosu [12]

5.5 Hazırlanan Programın Panele Yüklmesi

Nihayi olarak yazılan program operatör paneline transfer edilir. Transfer işlemi GPPROEX yazılımının bir alt programı olan “Transfer Tool” vasıtasıyla yapılır.

“Transfer Tool” yazılımında transfer opsiyonu seçildiğinde otomatik olarak açılır. “Transfer Tool” da öncelikli olarak haberleşme ayarları yapılır. Bu ayarlar transferin hangi kanaldan yapılacağı, hangi ekranların transfer edileceği ve sistem dosyasının gönderilip gönderilmeyeceğidir. “Transfer Tool” programının ekran görüntüsü Şekil 5.12’ de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.12 Transfer Tool

6 BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASININ PNÖMATİK SİSTEMLERİ

6.1 Pnömatiğin Temelleri

6.1.1 Pnömatiğin Tarihçesi ve Gelişimi [13]

Basıncılı hava (sıkıştırılmış hava), insanların fiziksel gücünü artırmak için kullandığı, bilinen en eski enerji iletim türüdür. Havanın bir enerji iletim türü olarak kullanılabileceğinin farkedilmesi 1000 yıl kadar öncelere dayanır. Kesin olarak bilinen ilk basıncılı hava uygulamasını Yunanlı Ktesibios 2000 yıl kadar önce yaptığı basıncılı hava mancınığı ile gerçekleştirmiştir. Enerji taşıyıcı eleman olarak basıncılı havanın kullanılması hakkındaki ilk kitaplar M.S. 1. yüzyıldan itibaren yazılmaya başlanmıştır.

Pnömatik, Yunanca "nefes alıp verme" anlamına gelen "Pneuma" kelimesinden türetilmiştir. Daha sonraları havanın ve tüm diğer gazların özelliklerini, etkilerini ve uygulamalarını içeren bilim dalına "Pnömatik" ismi verilmiştir.

Hava basıncı veya vakum etkisi ile çalışan makinalar, aletler ve sistemlerin hepsine pratikte "Pnömatik Donatım", pnömatik donatımların tüm uygulamalarını ve özelliklerini içeren bilim dalına da "pnömatik" denir.

İnsanoğlu, ilk büyük buluşu olan ateşi yakabilmek ve kontrol altına alabilmek için önce ciğerlerini doğal bir kompresör olarak kullanmış, daha sonra M.Ö. 1500 yıllarında elle ve ayakla kullanılan ilk kompresörleri bulmuştur.

Pnömatik esasların çok eskilerden beri bilinmesine rağmen sistematik olarak araştırılmasına ancak geçen yüzyılda başlanmıştır. Gerçek anlamda Endüstriyel Pnömatik uygulamaları 1950 yılından sonra başlamıştır. Daha önceleri sadece maden endüstrisinde, yapı endüstrisinde ve demiryollarında (havalı tren) kullanılmaktaydı.

Pnömatiğin endüstriye asıl girişı ve yayılması seri üretimlerde modernleşme ve otomasyona kuvvetle ihtiyaç duyulmasıyla başladı. Başlangıçta bu tekniğe, daha çok bilgisizlikten kaynaklanan karşı çıkmalara rağmen kullanım sahası her geçen gün daha da artmış olup bugün artık çok değişik endüstriyel uygulamalarda bile pnömatik cihazlar tercih edilmektedir.

6.1.2 Basınçlı Havanın Özellikleri [13]

Gazların uygun bir karışımı olan hava yaklaşık % 78 Nitrojen ve % 21 Oksijen içerir. Ayrıca içersinde küçük oranlarda Karbondioksit, Argon, Hidrojen, Neon, Helyum, Kripton ve Ksenon gibi gazlar da mevcuttur.

Pnömatiğin kısa sürede hızla yaygınlaşması diğer sistemlere göre basınçlı havanın daha uygun özelliklere sahip olmasından ileri gelmektedir.

6.1.2.1 Basınçlı Havanın Olumlu Özellikleri [13]

- 1- Miktar: Hava sınırsız ölçüde her yerde bulunur ve her an kullanıma hazırdır.
- 2- İletimi: Basınçlı hava çok uzak mesafelere kolayca iletilebilir. Kullanılan basınçlı havanın geri çevrilip tekrar kullanılması gibi bir sorun yoktur.
- 3- Depo Edilebilirlik: Basınçlı hava gerektiğinde kullanılmak üzere depo edilebilir. Bu da kompresörün (sıkıştırıcının) sürekli çalışmasını gerektirmez.
- 4- Sıcaklık: Basınçlı hava sıcaklık değişimlerine karşı hassas değildir. Bu nedenle yüksek sıcaklıklarda bile emniyetli bir çalışmayı garanti eder.
- 5- Patlama Emniyeti: Patlama ve yanma tehlikesi yoktur. Bu nedenle patlamaya karşı koruma cihazlarına gerek duyulmaz.
- 6- Temizlik: Basınçlı hava temizdir. İletim hatları ya da devre elemanlarında oluşabilecek herhangi bir sızma (hava kaçağı) çevreyi kirletmez. Temizlik, gıda, ağaç, tekstil ve deri endüstrisinde önemli ölçüde gereklidir.
- 7- Konstrüksiyon: Pnömatik elemanların konstrüksiyonu basittir. Bu nedenle de ucuzdurlar.

8- Hız: Basınçlı hava sistemleri çok yüksek hızlara ulaşabilirler. Pnömatik silindirlerde piston hızları 1-2 m/s' ye kadar ulaşabilir.

9- Ayarlanabilirlik: Hızlar ve kuvvetler kademesiz olarak ayarlanabilir.

10- Aşırı Yük Emniyeti: Havalı el aletleri veya çalışma elemanları (Silindirler, hava motorları) aşırı yük halinde sadece dururlar. Yük kalktığında tekrar çalışmaya devam ederler. Pnömatiğin kullanım sahalarının sınırlarını tam olarak belirleyebilmek için basınçlı havanın olumsuz özelliklerini de bilmek gerekir.

6.1.2.2 Basınçlı Havanın Olumsuz Özellikleri [13]

1- Havanın Hazırlanması: Basınçlı hava kullanılmadan önce bazı ön hazırlıklar yapılmalıdır. Hava içerisinde toz ve nem bulunmamalıdır.

2- Sıkıştırılabilirlik: Basınçlı hava ile üniform (düzgün) ve sabit piston hızlarının elde edilmesi mümkün değildir.

3- Kuvvet Sınırlaması: Basınçlı hava ancak belirli kuvvet seviyesine kadar ekonomiktir. Bu seviye normal şartlarda kullanılan 7 bar çalışma basıncında (yola ve hıza bağlı olarak) 2000-3000 daN.' dur.

4- Tahliye Havası: Tahliye havası gürültülüdür. Bu problem son zamanlarda susturucuların geliştirilmesiyle büyük oranda giderilmiştir.

5- Fiyat: Basınçlı hava enerji kaynağı olarak pahalıdır. Pnömatik sistemdeki devre elemanlarının ucuzluğu ve yüksek performansı bu dezavantajı bir ölçüde dengeler.

6.2 Pnömatik Sistemin Ana Unsurları

6.2.1 Havanın Üretilmesi ve Hazırlanması

6.2.1.1 Basınçlı Havanın Üretilmesi [13]

Pnömatik sistemlerde kullanılan basınçlı havanın üretimi kompresörler tarafından gerçekleştirilir. Basınçlı hava üretimi genellikle merkezi bir basınç kaynağından

sağlanır ve sisteme boru ya da hortumlarla iletilir. Böylece her kullanıcı için ayrı basınç kaynağı kullanmaya gerek kalmaz. Yer değiştiren makina ya da el aletleri için seyyar kompresörlerden yararlanılır.

Kompresör seçiminde tesisin hava ihtiyacının belirlenmesi (kapasite tayini) seçimi etkileyen en önemli unsurdur. İhtiyaçtan daha düşük kapasiteli bir kompresör seçimi, üretim verimini düşürdüğü gibi kompresörün sürekli olarak devreye girip çıkması nedeniyle ömrünü de etkiler. İhtiyacın çok üzerindeki bir kompresör seçimi ise gerek yatırım gerekse işletme maliyetini arttırır.

Uluslararası standartlar tarafından yapılan tanımlamaya göre;

Kompresör Kapasitesi:

Giriş noktasında standart sıcaklık, standart basınç v.b. koşullarda sıkıştırılan gazın çıkış noktasındaki gerçek hacimsel debisidir.

Kompresörlerin tanımlanması çıkış debisi ve basınç değerleri ile yapılır. "Çıkış debisi" standart basınç ve sıcaklık koşulları altında $\text{Nm}^3/\text{dk.}$ ya da $\text{Nlt}/\text{dk.}$, çevre koşulları altında ise $\text{m}^3/\text{dk.}$ veya $\text{lt}/\text{dk.}$ olarak ifade edilir. "Çıkış basıncı" ise bar olarak ifade edilir. Kompresör tipine bağlı olarak çıkış debisi birkaç $\text{lt}/\text{dk.}$ ' dan 50000 $\text{m}^3/\text{dk.}$ ' ya kadar, çıkış basıncı ise 1000 bar' a kadar değişebilir.

6.2.1.2 Basıncılı Havanın Hazırlanması [13]

Atmosfer havası pnömatik sistemlerde doğrudan kullanılamaz. Bilindiği gibi atmosfer havasında toz ve nem vardır. Basıncılı hava içerisindeki toz ve nem soğutucuda ve tankta yoğunlaşır. Fakat daima ileriye taşınan bir miktar toz ve nem sisteme zarar verecektir. Ayrıca yağ parçacıkları, aşınmış sızdırmazlık malzemeleri ve borulardan kopan metalik parçalar yapışkan maddeler oluştururlar.

Bütün bu istenmeyen parçalar pnömatik elemanların çalışma yüzeylerine zarar vermekte, bu sayede verimsiz çalışmayı, ömür kısalmasını ve yüksek sürtünme kuvvetlerinden kaynaklanan enerji kayıplarını beraberinde getirmektedir.

Sisteme zarar veren bu maddeleri uzaklaştırmak için hava, kullanma noktasına mümkün olduğu kadar yakın bir noktada tekrar temizlenmelidir. Havayı şartlandırma

işlemi ayrıca basınç ayarlama ve duruma göre yağlama işlemlerini de içerir. Pnömatik sistemlerde yaşanan arıza veya aksaklıkların birçoğu daha hava hazırlama ünitelerinde yani işin başında yapılan hatalardan ve eksikliklerden kaynaklanmaktadır.

6.2.2 Prototipte Kullanılan Kompresör ve Hava Hazırlama Elemanları

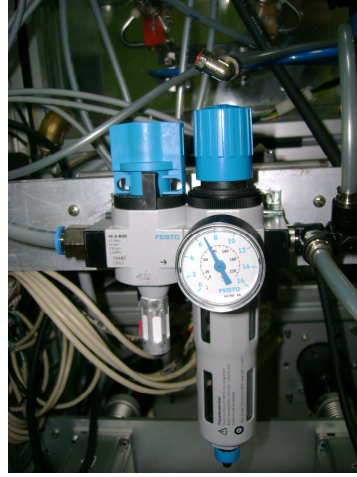
Prototip makinanın hava beslemesi hali hazırda çalışma labaratuvarında kurulu olan vidalı kompresörden temin edilmektedir. Ancak ticarileşmesi beklenen 2. prototip sanayi tesislerinde çalıştırılacaktır ve beslemesi tesisteki mevcut kompresörden sağlanacaktır. Labaratuvarında kullanılan kompresör 12 bar çıkış basıncı verebilecek kapasitede bir kompresördür. Aynı zamanda kompresöre bir hava tankı bağlanmış olup sürekli devreye girmesinin önüne geçilmiştir.

Hava hazırlama ünitesi olarak üç farklı grup tasarlanmıştır. Birinci grup birinci Hava Jetinin besleme hattı için, ikinci grup ikinci Hava Jetinin besleme hattı için, üçüncü grup ise pnömatik döner elemanların besleme hattı. Birinci ve ikinci hat için ½” Filtre-Regülatör, üçüncü hat için de ¼” Filtre-Regülatör kullanılmıştır. Bu sayede her hattın farklı basınçlar altında çalıştırılmasına imkan sağlanmıştır. Her hatta farklı basınçla çalışılması sayesinde jetlere farklı basınçlar uygulanarak basıncın prosese etkisinin daha ayrıntılı gözlenmesi sağlanmış, aynı zamanda döner elemanların basınçlarının ayarlanması suretiyle baskı kasnağında elde edilen kuvvet kontrol edilebilir olmuştur. Jet 1 ve Jet 2 için kullanılan Filtre-Regülatör Şekil 6.1’ de görülmektedir.



Şekil 6.1 Jet1 ve Jet2 için Kullanılan Filtre-Regülatörler

Pnömatik döner elemanlar için kullanılan Filtre-Regülatör ise Şekil 6.2 de verilmiştir. Bu Filtre-Regülatör ünitesinin girişinde havanın elle açılıp kapatılmasını sağlayan 3/2 Aç/Kapa Valfi bulunmaktadır.



Şekil 6.2 Döner Elemanlar için Kullanılan Filtre-Regülatör

6.2.3 Basıncı Havanın Denetlenmesi [14]

Pnömatik devreden gelen basınçlı havanın istenilen yere , istenilen şekilde gönderilebilmesi için kontrol edilmesi gereklidir. Bu amaç doğrultusunda kullanılan elemanlara kontrol valfleri denir. DİN 24300'e göre valfler şu şekilde tanımlanır. Valfler, bir hidropompa, kompresör veya vakum pompası tarafından üretilen ya da bir kaptan depolanmış olan basınçlı ortamın akışını başlatma, durdurma veya kontrolünü sağlayan aletlerdir. Valf, sürgülü, küresel, tabak-valfler, musluklar ve benzeri tüm yapı şekilleri için geçerli uluslararası kullanıma uygun genel bir adlandırmadır. Bir pnömatik kumanda'da valfin yapı şekli genellikle ikinci plandadır. Önemli olan sadece gerçekleşen işlev, devreye sokma şekli ve bağlantı büyüklüğüdür. Bağlantı büyüklüğü ile ilişkili olarak debi miktarı da belirlenmiş olur. Pnömatikte valfler genellikle kumanda da kullanılırlar. Kumanda; bir işlev ya da büyüklüğü başlatmak, değiştirmek, saptırmak ya da kaldırmak amacını güder. Kumanda için kumanda enerjisi gereklidir. Amaç küçük sarfiyat ile en büyük etkiyi sağlamaktır. Kumanda enerjisi valfin çalışma şekline bağlı olarak manuel, mekanik, elektrik/elektronik, hidrolik veya pnömatik olarak uygulanır.

Valfler fonksiyonlarına göre üç grupta toplanabilir:

1. Basınç denetim valfleri: Basıncı kontrol eden ve ayarlanan değerde tutan valflerdir.
2. Yön denetim valfleri: En geniş ve önemli gruptur. Bu grup, girişten çıkışa havanın geçişini açıp kapayan veya yönünü değiştiren valfleri kapsar.
3. Akış denetim valfleri:Kısma ile akış hacmini ayarlarlar.

6.2.4 Prototipte Kullanılan Hava Denetim Elemanları

6.2.4.1 Döner Elemanlar için Yön Denetim Valfleri

Valflerin üzerinde özelliklerini belirtecek semboller bulunur. Bu semboller valflerin fonksiyonları ile ilgili bilgi verirler , iç yapıları ile ilgili bilgi vermezler. Sembollerdeki kare sayısı konumu, karelere dışarıdan yapılan bağlantı sayısı yol sayısını belirler. İşaretleme; 5/2 , 5/3 , 3/2 , 2/2 vs şeklinde yapılır. Burada ilk rakam yol sayısını (ön kumanda, pilotlar hariç) ikinci rakam konum sayısını belirtir.

Prototip makinada döner elemanların açılıp kapatılmasını sağlamak üzere 5/2 1/8” Tek Bobinli Valfler kullanılmıştır. Kısaca, bu tipin tercih edilmesinin sebebini açıklamak gerekirse:

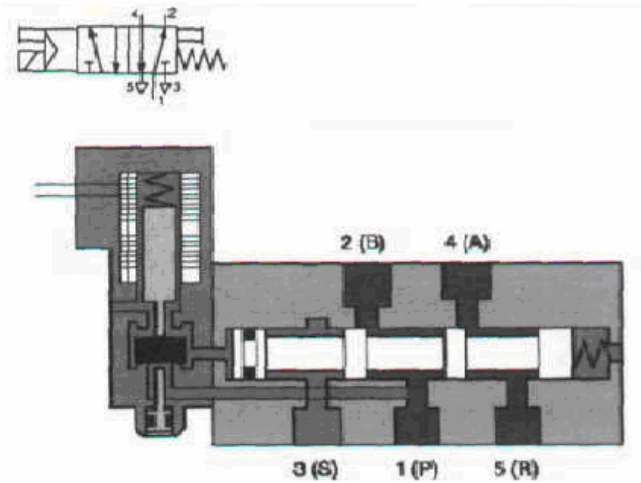
5/2: Kullanılan pnömatik döner elemanlar çift etkili iş elemanlarıdır, yani bir portuna hava verildiğinde bir yönde, diğer portuna hava verildiğinde ise ters yönde dönme hareketi yapmaktadır. Dolayısıyla iki giriş portunun da ayrı ayrı kontrol edilmesi gerekmektedir.

1/8”: Bu ölçü, yön denetim valflerinin geçirdikleri hava miktarının (debi) bir göstergesidir. En çok kullanılan ölçüler 1/8”, 1/4” ve 1/2” dir. Bu ölçüler içinde en düşük debili olanı 1/8”, en yüksek debili olanı 1/2” dir. Kullanılacak iş elemanının çapına ve çalışma hızına göre valfin debisi tayin edilir ve bu debiyi sağlayabilecek ölçü tercih edilir. Prototip makinada kullanılan döner elemanlar çok küçük iş elemanları olduklarından kontrol valfi 1/8” olarak seçilmiştir.

Tek Bobin: Bu ifade valfin ne şekilde kontrol edildiğinin bir ifadesidir. Bobinli valfler elektriksel olarak kontrol edilirler, yani valfin bobinine bobin değerinde bir elektriksel sinyal uygulanırsa, valf konum değiştirir, elektriksel işaret çekildiğinde

ise yay etkisiyle valf başlangıç konumuna geri döner. Endüstride en çok tercih edilen valf tipi tek bobinli valftir. Bu valf aynı zamanda gizli bir emniyet fonksiyonu da içermektedir. Valfin başlangıç konumu uyartısız konumudur. Valf uyarı aldığı anda konum değiştirir ve makinede beklenen hareketi gerçekleştirir, bu süreçte herhangi bir şekilde elektrik kesildiğinde valfin uyarısı kesilir ve valf yay etkisiyle başlangıç konumuna döner ve makinanın yanlış bir işlem yapmasını veya bazı noktalarının kilitlenmesini engeller. Bu fonksiyondan makinaların genelinde bu şekilde yararlanılmakla birlikte farklı makina tasarımlarında farklı emniyet konfigürasyonları gerekebilir, dolayısıyla farklı tip valfler tercih edilebilir.

Pnömatik döner elemanların kontrolü için toplam 4 adet 5/2 1/8" Tek Bobin valf kullanılmış ve tüm valfler montaj kolaylığı ve estetik bir görüntü sağlaması nedeniyle bir valf adası üzerine monte edilmiştir. Şekil 6.3' de kullanılan valfin iç yapısı ve sembolü görülmektedir.

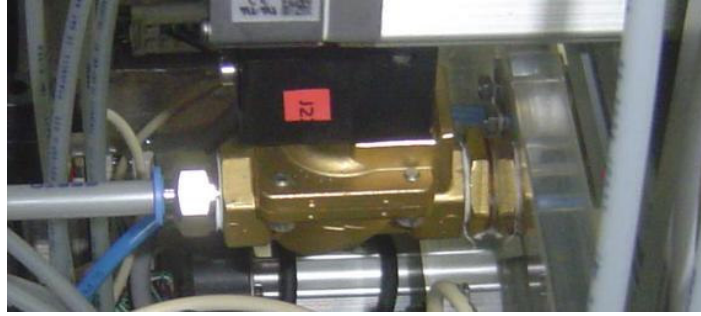


Şekil 6.3 5/2 Tek Bobin Valf İç Yapısı ve Sembolü [14]

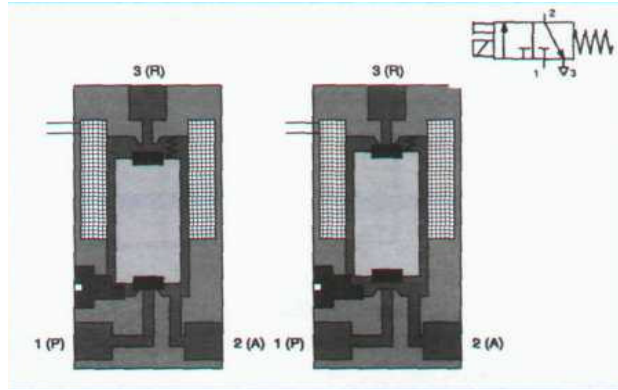
6.2.4.2 Hava Jeti ve Su için Selenoid Vafler

Prototip makinede tekstüre işleminin yapılması için Hava Jeti kullanılmaktadır. Tekstüre işlemi, basınçlı havanın yüksek debiyle özel bir jet mekanizması aracılığıyla ipliğe uygulanmasıdır. Bu işlemin sağlanması için havanın elektriksel olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Bunun için makinede iki adet 3/2 1/2" Selenoid valf kullanılmıştır. Bu işlem için selenoid valf kullanılmasının sebebi

yüksek debiye ihtiyaç duyulmasıdır. Kullanılan Jet Selenoid valfinin resmi Şekil 6.4’ de, iç yapısı ve sembolü ise Şekil 6.5’ de verilmiştir.



Şekil 6.4 Prototipte kullanılan Jet Selenoid Valfi

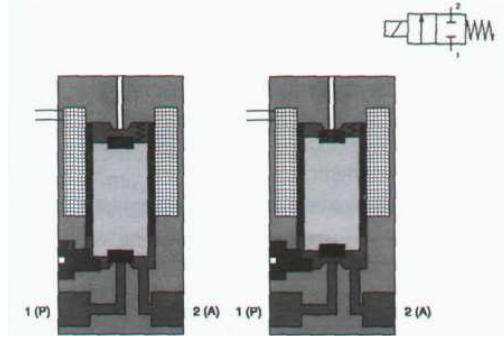


Şekil 6.5 Jet Selenoid Valfinin İç Yapısı ve Sembolü [14]

Aynı zamanda prototip makinada, ipliğin ısıtılması için su selenoid valfleri kullanılmıştır. Bu valfler 2/2 ½” olarak seçilmiştir. 2/2 olarak seçilmesinin nedeni valfin su için kullanılacak olması dolayısıyla herhangi bir şekilde suyun dışarıya tahliye edilmemesi gerekmesidir. Su selenoid valfinin resmi Şekil 6.6’da, iç yapısı ve sembolü de Şekil 6.7’ de verilmiştir.



Şekil 6.6 Prototipte Kullanılan Su Selenoid Valfi



Şekil 6.7 Jet Selenoid Valfinin İç Yapısı ve Sembolü [14]

Her iki valf te PLC’ den gelen 24 VDC sinyalle uyarılmakta ve bu sinyale göre Aç/Kapa vazifesini yerine getirmektedir.

6.2.5 Pnömatik İş Elemanları

Pnömatik çalışma elemanları en temel anlatımla basınç enerjisini mekanik harekete çeviren fonksiyonel elemanlardır. Pnömatik çalışma elemanları, basınçlı havanın potansiyel enerjisini kullanarak doğrusal veya dönel hareket elde etmek amacıyla kullanılır. Herhangi bir otomasyon sisteminin çalışma elemanları basıncı, hızı ve yönü kontrol edilen basınçlı havayı tüketirken bazı mekanik hareketler üretir ve sistemin belirli fonksiyonlarını yerine getirmesini sağlar.

Otomasyon projelerinde kullanılacak olan pnömatik çalışma elemanlarının seçimi ve değerlendirilmesinde aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Hareket şekli: doğrusal veya dönel
- Hareketin yönü
- Dönme devri
- Moment-kuvvet karakteristiği
- Çalışma gücü
- Kuvvetin hıza göre değişimi
- Çevresel etkiler

- Ergonomik kriterler

Pnömatik çalışma elemanları elde edilen hareketin tipine ve uygulama alanına göre iki ana gruba ayrılır.

Doğrusal elemanlar

- Tek/çift etkili silindirler
- Milsiz silindirler
- Diyafram ve körük silindirler

Döner elemanlar

- Hava motoru
- Salınım motoru

6.2.6 Prototipte Kullanılan İş Elemanları

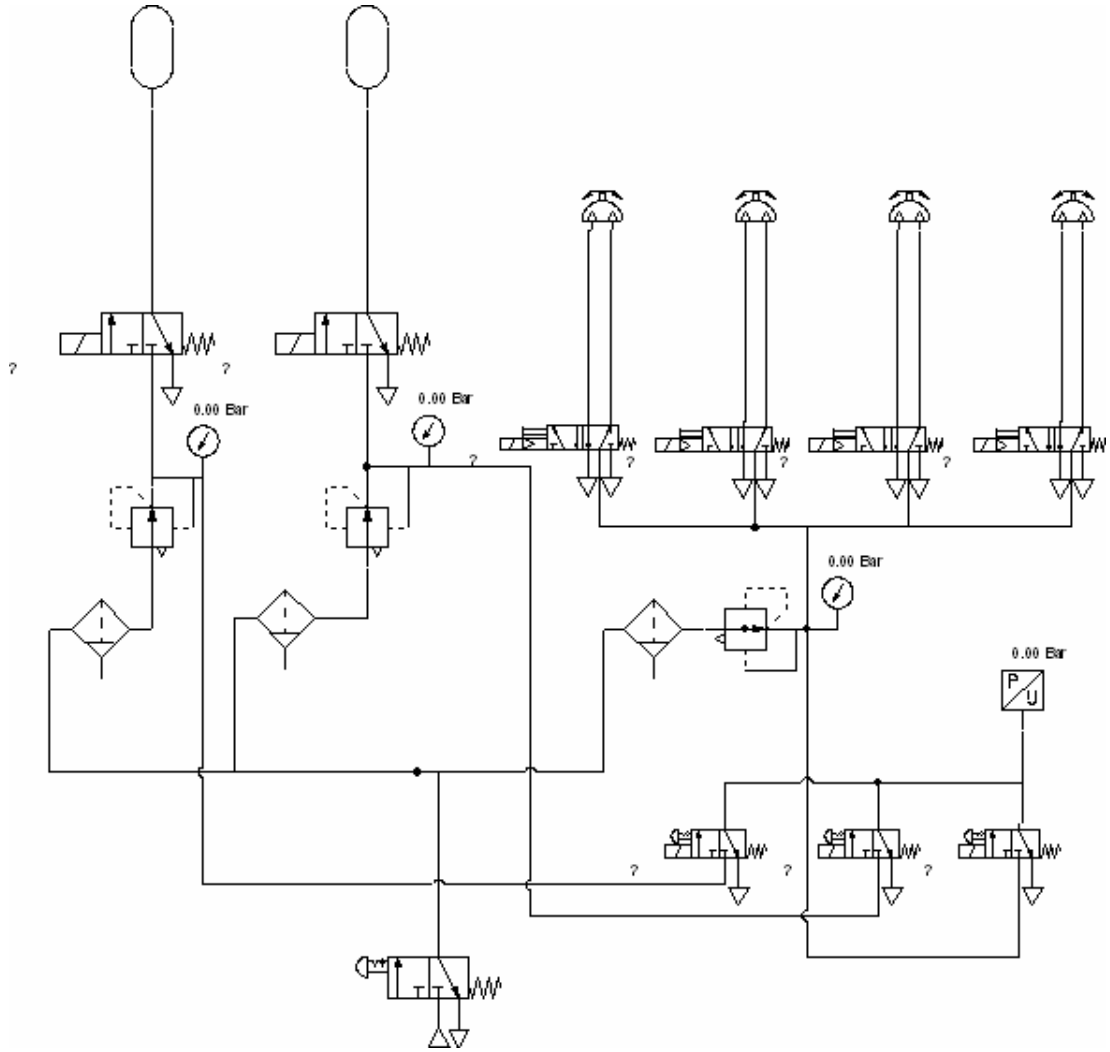
Prototip makinada pnömatik iş elemanı olarak 4 adet Döner eleman kullanılmıştır. Festo firmasının DSM kodlu bu elemanlarında dönme hareketi basınçlı havanın kanatlı bir mekanizmayı döndürmesi prensibiyle elde edilir. Bu elemanlarda dönme hareketi 0° - 270° arasında değişir ayrıca gövdeye entegre edilen harici dayama parçaları ile elemanın dönüş açısı 0° - 270° aralığında sınırsız olarak ayarlanabilmektedir. Bu elemanla ilgili detaylı bilgi 2. Bölümde mekanik tasarım sırasında verilmiştir. Elemanın resmi Şekil 6.8’ de görüldüğü gibidir.



Şekil 6.8 Döner Eleman

6.3 Pnömatik Devre Şeması

Şekil 6.9' da makinanın pnömatik devre şeması verilmiştir.



Şekil 6.9 Pnömatik Devre Şeması

7 BÜKÜM YAPAN TEKSTÜRE MAKİNASINDA KULLANILAN SENSÖRLER

7.1 Kodlayıcı (Enkoder)

Kullanılan servo motorlardan hız bilgisi almak için her servo motorun üzerinde bir artımsal kodlayıcı bulunmaktadır. Artımsal kodlayıcıdan gelen elektriksel işaretler (darbe treni şeklinde) sürücü tarafından değerlendirilerek hız/konum bilgisine çevrilir [7].

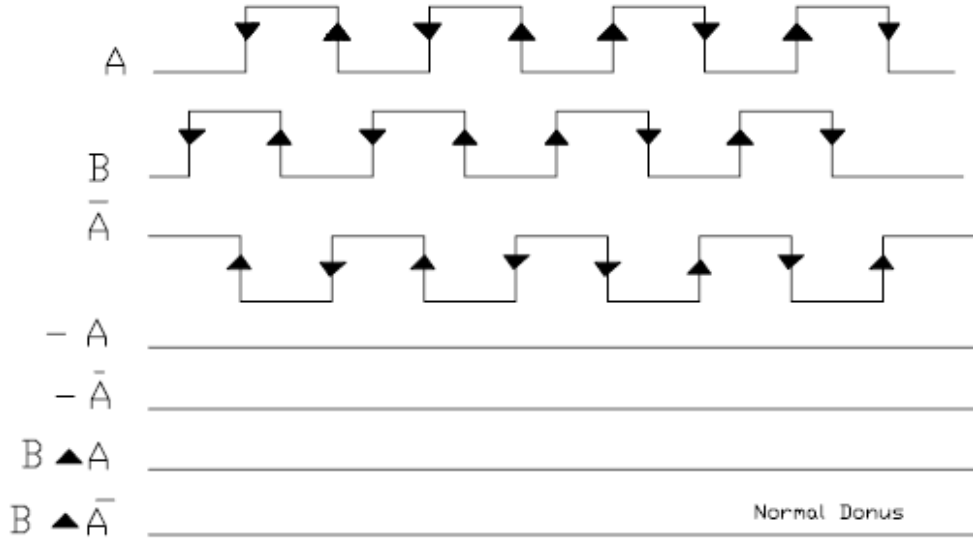
Kodlayıcılar temelde ikiye ayrılır. Aşağıda artımsal ve mutlak kodlayıcılarla ilgili temel bilgiler verilmiştir. Kullanılan servo motorların üzerinde artımsal kodlayıcı bulunduğu için artımsal kodlayıcılar daha detaylı anlatılmıştır [7].

7.1.1 Artımsal Kodlayıcılar

Artımsal kodlayıcılar mutlak kodlayıcılara oranla ucuz olmaları ve yapılarının basit olması sebebi ile tercih edilmektedir [8].

Tipik bir kodlayıcıda A B ve Z şeklinde üç farklı sinyal çıkışı mevcuttur. Bunlardan A ve B fazına ait sinyaller, aralarında 90° faz farkı olan iki sinyaldir. Z sinyali ise referans sinyali olarak adlandırılır ve sayıcıyı reset etmekte veya bir dönüşü ait mutlak pozisyon bilgisinin belirlenmesinde kullanılır. Bununla birlikte bazı artımsal kodlayıcı mekanizmaları A B ve Z sinyallerine ek olarak bunların değerlerini de çıkış olarak veren yapıda yapılmaktadır. Kodlayıcıdan elde edilen çıkış darbeleri mutlak pozisyon bilgisini göstermez. Kodlayıcının verdiği darbe sayısı bağlı olduğu shaftın dönme miktarı ile orantılıdır. Eksen dönme miktarının mutlak değeri kodlayıcıdan alınan çıkış darbelerinin bir sayıcı (counter) devresi kullanılmak suretiyle depolanması ile elde edilir. Kodlayıcıdan alınan darbe sayısının düşük olduğu durumlarda kodlayıcı çıkış darbeleri 4 ile çarpılmak suretiyle darbe sayısı artırılır ve sonra bu darbeler sayma işlemine tabi tutulur.

Şekil 7.1' de kodlayıcıdan alınan çıkış sinyalleri ve rotor dönüş yönünün belirlenmesi esası gösterilmektedir.



Şekil 7.1 Kodlayıcı Faz Sinyalleri ve Dönme Yönünün Belirlenmesi [7]

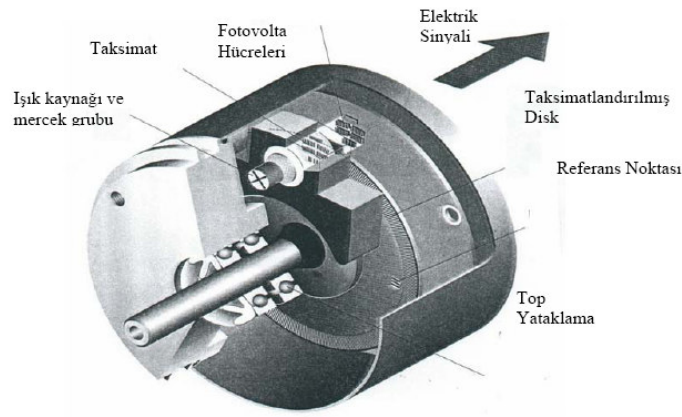
Şekil 7.2' de bir artımsal kodlayıcının kesiti gösterilmektedir. Döner kodlayıcılar fotoelektriğe dayalı tarama prensibi ile çalışır. Ölçme belirli bir standartta taksimatlandırılmış disk üzerinden yapılır. Disk üzerinde dairesel olarak dağılan taksimat çizgileri ve boşlukları vardır. Koyu tonlu bu çizgiler ile boşluklar aynı genişliktedirler. Çizgiler arkasını göstermeyecek şekilde koyu, boşluklar ise transparan olacak şekilde özel bir cam alaşım üzerine yerleşmişlerdir [9].

Diskin yüzeylerinden birinde ışık kaynağı, diğer yüzeyinde ise iki ışık detektörü vardır. Işık kaynağı ve arada kullanılan bir mercek grubu ile ışık taksimatlandırılmış diske düşürülerek detektörler tarafından algılanması sağlanır.

Bu disk taksimatları dışında bölüm dairelerinin alt kısmında referans konum işareti taşımaktadır. Detektörlerin yeri önemlidir. Biri karanlıktan ışığa geçişi okurken, diğeri değişimi algılayamaz. Yapısından dolayı iki detektör her bölmedeki dört değişimi verir ve her değişim shafttaki açısal pozisyonu gösterir. Değişimlerin sayılmasıyla çizgi sayısı dört ile çarpılır. İki detektör, bağıl konumun dönme yönünü algılamakta da önemlidir. Bir detektör değişimi algıırken diğeri sabit kalır ve yön değişimini çözer. Bir yön beyazdan siyaha diğer yön siyahtan beyaza olarak algılanır.

Genelde detektörlerden birinin çıkışı A diğerrinin çıkışı B kanalı olarak tanımlanır. A kanalı B kanalına saat yönünde yol gösteriyorsa yani encoder şaftı saat yönünde döndüğünde A B'den önce açılır ve A B'den önce kapanır. Her iki kanaldaki değişimler dijital sayıcı tarafından sayılır. İstendiğinde bir z kanalı ile bir referans noktası da tanımlanabilir.

Prototipte kullanılan servo motorlardaki artımsal kodlayıcılar 2500 Darbe/Tur çözünürlüktedir. Yani servo motorun her bir turunda kodlayıcı 2500 adet darbe üretmektedir.



Şekil 7.2 Artımsal Kodlayıcının Kesiti [9]

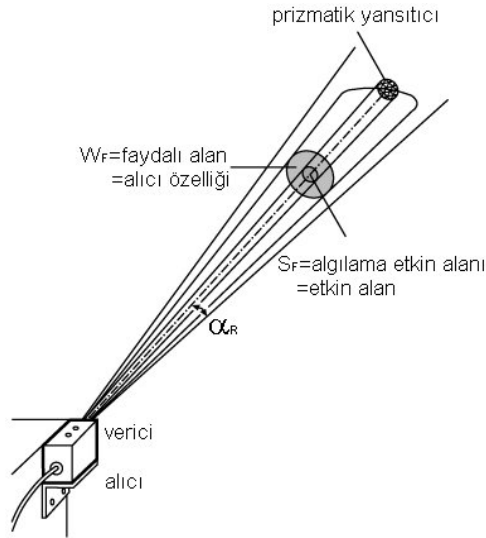
7.1.2 Mutlak Kodlayıcılar

Mutlak kodlayıcılarda ölçme için standart bir cam disk kullanılır. Bu disk taksimatlandırılmış ve kodlanmıştır. Tarama prensibi artımsal kodlayıcılarla aynı olmakla birlikte daha fazla sayıda bölüme (hücreye) sahiptir. Mutlak kodlayıcılar herhangi bir sayıcı, konum belirleyici, dönme yönünü çözecek elektronik bir çevrime ihtiyaç duymaz. Ölçülen değerler direkt olarak taksimatlandırılmış disk üzerindeki modeller üzerinden alınırlar ve çıkışlar kodlanmış sinyaller olarak gönderilirler [9].

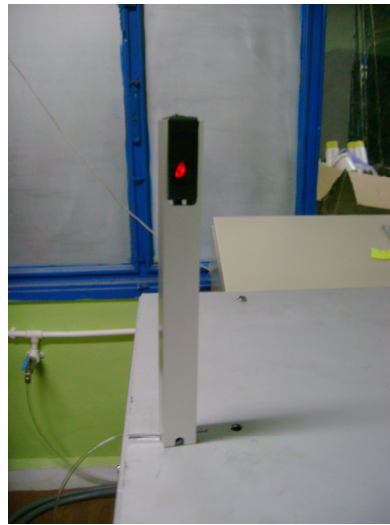
7.2 Optik Sensör (Bobin Doldu Sensörü)

Bu sensör büküm kafasındaki iplik bobininin dolduğunu algılamak için kullanılır. Sensör, optik prensiple çalışmaktadır. Alıcı ve verici sensör gövdesinde olmakla birlikte bobin mekanizmasının üzerine bir yansıtıcı yerleştirilir. Vericide bulunan

LED' in yansıttığı ışık bobin belli bir doluluğa gelmeden geri yansımaz çünkü yansıtıcı bobinle birlikte hareket etmektedir. Bobin dolduğunda ise yansıtıcı ışığı yansıtacak pozisyona gelmiş olur (tam dik pozisyon) ve alıcıya vericinin gönderdiği sinyal yansır. Alıcının bu yansımayı algılamasıyla birlikte sensör elektroniği bir fototranzistörü anahtarlayarak sensörün 24 VDC bir çıkış gerilimi vermesini sağlar. Bu çıkış ta PLC dijital girişine bağlanarak sensör pozisyonu sürekli olarak kontrol edilir. Şekil 7.3' te yansıtıcılı optik sensörün temel çalışma prensibi, Şekil 7.4' te ise prototipte kullanılan optik sensörün resmi verilmiştir.



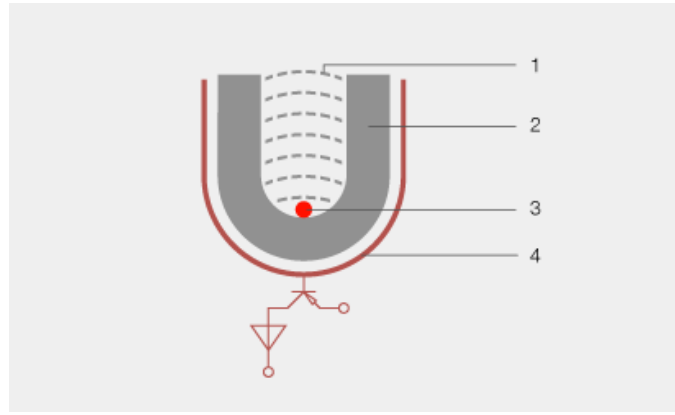
Şekil 7.3 Yansıtıcılı Sensörün Temel Çalışma İlkesi [15]



Şekil 7.4 Prototipte Kullanılan Optik Sensör

7.3 Kapasitif Sensör (İplik Sensörü)

Makina üzerinde herhangi bir sebeple iplik akışının durduğunu yani ipliğin koptuğunu algılamak için 1 Adet İplik Sensörü kullanılmaktadır. Bu iplik sensörü kapasitif sensör temelinde çalışmaktadır. İplik, elektrik alanındaki dielektrik sabitini değiştirir, sensör elektroniği tarafından algılanan bu değişim değerlendirilir ve çıkış sinyali olarak kontrolöre gönderilir. Şekil 7.5’ te kapasitif iplik sensörünün çalışma prensibi görülmektedir.



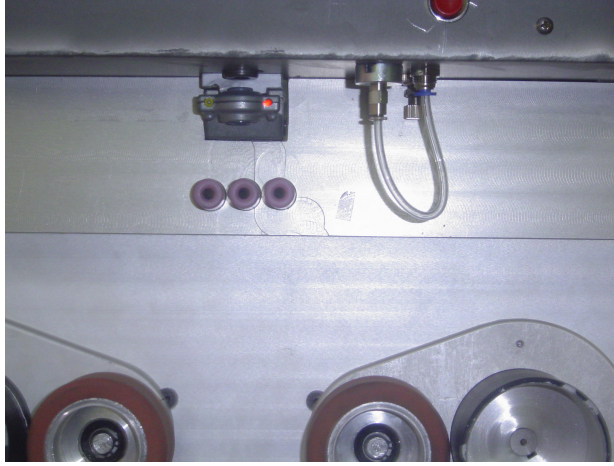
Şekil 7.5 Kapasitif İplik Sensörü Çalışma İlkesi [16]

Şekilde numaralanan bölgeler aşağıdakileri göstermektedir.

- 1) Elektrik alanı
- 2) Seramik kılavuz
- 3) İplik
- 4) Elektrot

Sensörün üzerinde bir adet LED ve buton bulunmaktadır. LED sensörün durumunu göstermektedir, eğer sensör OFF durumundaysa yani iplik akıyorsa LED yanmakta, sensör ON konumuna geçtiğindeyse LED sönmektedir. Buton ise sensörü başlangıç konumuna getirmek için kullanılmaktadır. İplik koptuktan sonra operatör makinayı tekrar iple beslemeli ve butona basarak prosesin hazır olduğunu kontrolöre bildirmelidir.

Sensör 800 m/dak hıza kadar iplik okuyabilmekte ve kopmaya çok hızlı cevap verebilmektedir. (50 m/dak hızda 8 mm iplik boyunda) Sensör pnp çıkışı vasıtasıyla ON konumuna geçtiğinde kontrolöre 24 VDC çıkış göndererek kopma bilgisini iletmektedir. İplik sensörünün resmi Şekil 7.6’ da görülmektedir.



Şekil 7.6 İplik Sensörü (Kırmızı LED Yanan)

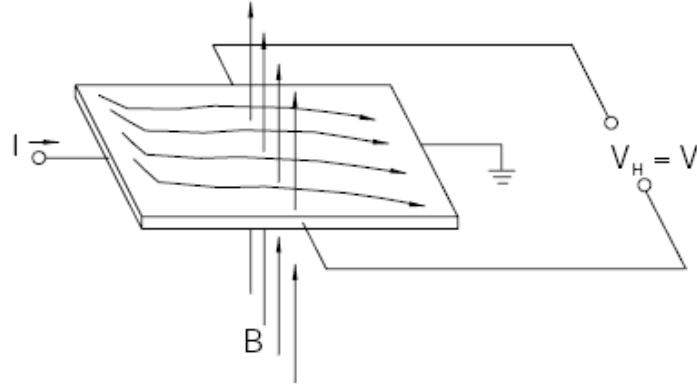
7.4 Kapı Emniyet Anahtarları ve Acil Durum Anahtarları

Büküm kafasının emniyetini sağlamak üzere yapılan kapakların açılıp kapandığını algılamak için normalde kapalı kontaklı 2 Adet anahtar kullanılmıştır. Kapak çalışma esnasında açılırsa kontak üzerinden kontrolöre geçen hat açılmış olacak dolayısıyla PLC kapının açıldığını anlayarak emniyet tedbiri olarak makina çalışmasını durduracaktır.

Bunun yanında normalde açık kontaklı 8 adet anahtar da gövde boyunca yerleştirilmiştir. Bunlar da operatörün makinada herhangi bir anormallik gözlemlemesi durumunda problemin hangi bölgeden kaynaklandığını bildirmesi için kullanılmaktadır.

7.5 İplik Gerginliği Ölçüm Sensörü

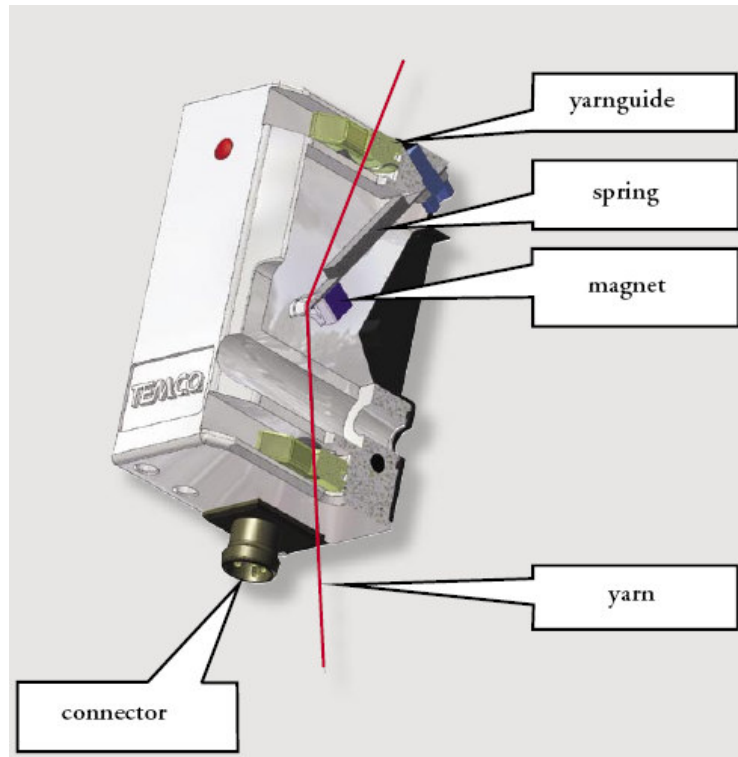
Makinada, akan ipin gerginliğini ölçmek amacıyla 2 Adet Gerginlik Ölçme Sensörü kullanılmaktadır. Bu sensör “Hall Effect” prensibiyle çalışmaktadır. “Hall Effect” prensibi Şekil 7.7’ de anlatılmıştır.



Şekil 7.7 Hall Effect Sensörü Çalışma İlkesi [17]

Şekilden de görüleceği gibi Hall Effect prensibinde üzerinden akım geçen bir iletken, (sensör) akım yönüne dik bir manyetik alana girerse hem akıma hem de manyetik alana dik; akıma ve manyetik alanın şiddetine orantılı bir gerilim oluşur.

Prototipte kullanılan sensör, Analog Hall Effect sensöre bir örnektir. Analog Hall Effect sensörlerde ölçülen fiziksel değişkene orantılı olarak bir gerilim oluşmaktadır. İplik Gerilimi ölçme sensörü, özel tasarımı sayesinde ipliğin gerilimine göre analog bir işaret oluşturmaktadır. Sensörün tasarımı Şekil 7.8’de verilmektedir.



Şekil 7.8 Gerginlik Ölçme Sensörü İç Yapısı [16]

Sensörün şekilde gösterilen parçaları şunlardır.

Yarn guide: İplik kılavuzu

Spring: Yay

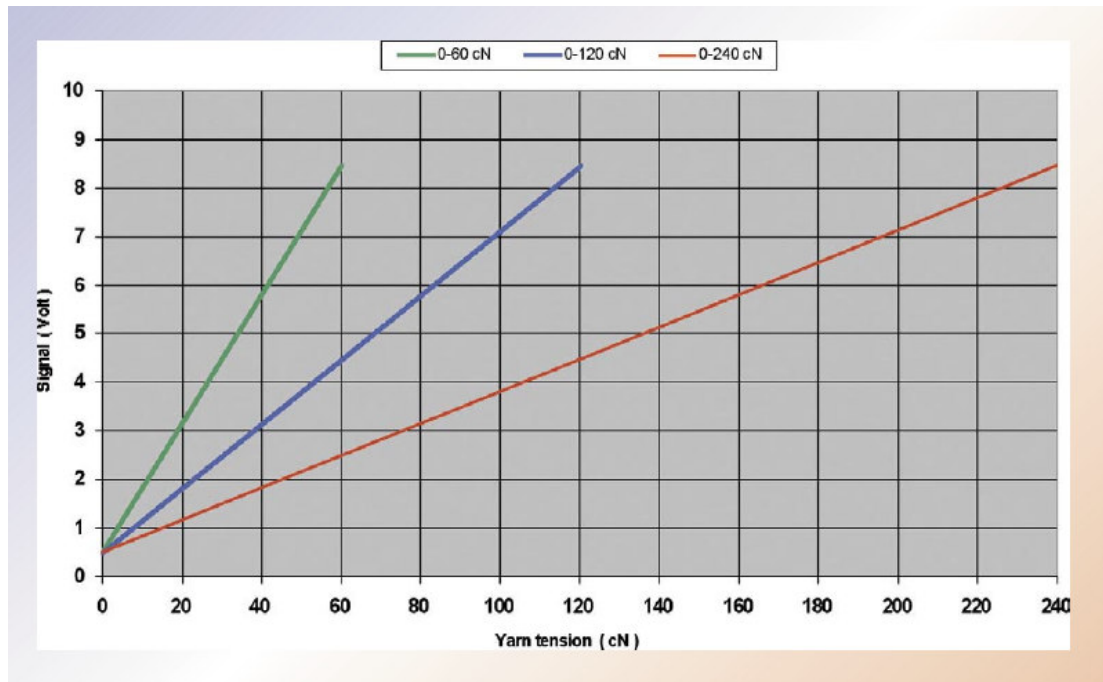
Magnet: Mıknatıs

Yarn : İplik

Connector: Elektrik bağlantı konektörü

Sensör şu şekilde çalışmaktadır:

İplik, sensörün ortak eksenli giriş ve çıkış kılavuzlarından eksen sensörün içinde kaydırılarak geçirilir. Eksen sensörün içinde kaydırıldığından, ipliğin gerginliği belirgin hale gelir. İplik, ucunda bir mıknatıs olan yaya gerginliği oranında bir baskı uygular ve yayın dolayısıyla mıknatısın pozisyonunu değiştirir. Mıknatısın pozisyonunun değişmesiyle sensöre uygulanan manyetik alan değişir, bunun sonucu olarak da gerginliğe orantılı olarak bir gerilim oluşur. Sensörün Gerilim/Gerginlik grafiği Şekil 7.9 verilmiştir.



Şekil 7.9 Gerilim/Gerginlik Grafiği (Prototipte Kullanılan: Mavi Doğru)

7.6 Basınç Sensörü

Makinada toplam 3 farklı basınç noktası vardır. Bu noktalar, birinci hava jeti, ikinci hava jeti ve valf adasıdır. Bu farklı noktalardaki basınçları ölçmek, görüntülemek ve PLC' ye aktarmak suretiyle operatör panelinde göstermek amacıyla bir adet dijital basınç göstergesi kullanılmıştır. Üç farklı noktanın tek bir sensörlerle okunabilmesi amacıyla üç selenoid valf değişik aralıklarla anahtarlanarak sensöre tek bir noktadan basınç gelmesi sağlanmıştır. Sensör okuduğu basınç değerine göre 0-10 V arasında analog bir işaret üreterek PLC' ye basınç bilgisini iletmektedir.

Kullanılan basınç sensörü piezorezistif bir basınç sensörüdür. Piezorezistif basınç sensörlerinde, basınca duyarlı bölge, bir silikon taban üzerinde oluşturulmuş olan ve uygulanan basınçla eğilebilen bir diyaframdır. Bu eğilme sonunda silikonun kristal yapısında bir bozulma olur ve bu bozulma da silikonun enerji band yapısında değişmelere sebep olur. Dolayısıyla, diyafram üzerine yerleştirilen piezodirençlerin öz dirençlerinde değişimler oluşur. Bu değişimler, dirençlerin diyaframın kenarlarına göre konumlarına göre (diyafram kenarına dik ya da paralel olmalarına göre) artma ya da azalma şeklinde olabilir. Kullanılan basınç sensörünün resmi Şekil 7.10' da verilmiştir.



Şekil 7.10 Basınç Sensörü

7.7 PT100 Sıcaklık Sensörü

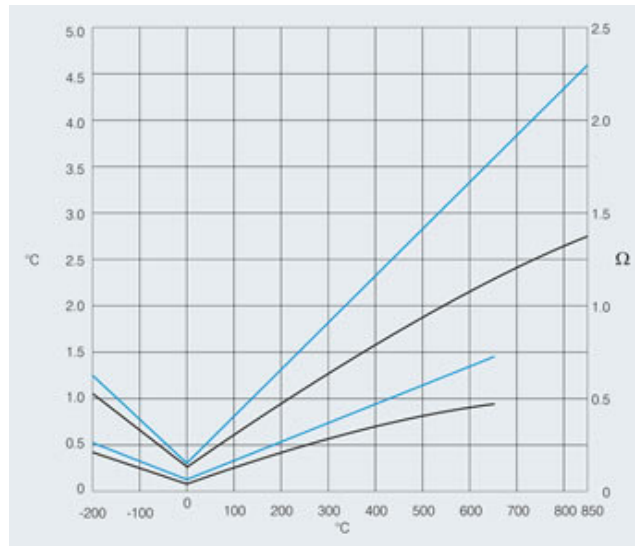
Makinada ısıtmalı kasnakların sıcaklıklarını okumak için kasnakların gövdesinde bulunan PT100 sıcaklık sensörleri kullanılmıştır. Her bir kasnakta bir adet bulunan sensörler, PLC' nin analog giriş modülüne PT100 bağlantısına uygun şekilde bağlanmış ve PLC donanım ayarlarında tanıtılmıştır.

PT100 (Platinum Resistance Thermometers) -200°C ' den $+850^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar olan sıcaklık aralığında yüksek doğruluk seviyesi ile kullanılabilen sıcaklık sensörüdür. Makinalar, tanklar, borular, gaz ve sıvı ortamlar ve yüzey ölçümleri gibi proseslerde kullanılır.

Sıcaklık ölçümünün prensibi platin elementinin direncini ölçmektir. En yaygın kullanılan rezistans termometre tipi olan PT100 0°C ' de 100 Ohm ve 100°C ' de 138.4 Ohm dirence sahiptir.

PT100'lerde sıcaklık ile direnç arasındaki ilişki küçük bir sıcaklık aralığı ele alındığında doğrusala yakındır. Örneğin 0°C ile 100°C arası doğrusal kabul edilirse 50°C ' deki hata 0.4°C dolayında olur.

Şekil 7.11' de PT100 sensörünün Sıcaklık/Direnç grafiği yer almaktadır.



Şekil 7.11 PT100 Sensörü Sıcaklık/Direnç Grafiği [18]

8 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma, bir kere daha mekatronik sistemlerin makinalar ve üretim süreçleri için ne kadar önemli ve vazgeçilmez olduğunu ortaya koymuştur. Günümüzde üretimin olduğu her noktada mekatronikten bir şeyler bulmak mümkündür dolayısıyla artık tasarımcıların ürünlerini veya üretim sistemlerini tasarlarlarken mekatronikten faydalanmaları kaçınılmazdır.

Mekatroniğin hemen hemen tüm kavramlarını barındıran bu çalışmada uygulamalı olarak tüm fonksiyonlar hayata geçirilmiş ve bu tezde ortak bir mekatronik kaynağı yaratma amacıyla sistematik olarak toplanmıştır. Çalışma sonucunda makinada hedeflenen noktalara ulaşılmış ve makina endüstriyel ortamlarda çalışmaya hazır hale getirilmiştir. Bu süreçte öncelikle sayın Prof. Dr. Ali Demir'in tekstüre ve büküm işlemlerinin aynı makinada yapılabileceğine dair yenilikçi fikri irdelenerek uygulanabilirliği tartışılmıştır. Daha sonra mevcut makinalar incelenmiş, ve bu fikrin uygulanabilirliğine ve fizibilitesine karar verildikten sonra fikir sürecinden eylem sürecine geçilmiştir. Bu bağlamda uygun tasarım modelleri üzerinde çalışılmış ve bu fikirler nihayi olarak 1. Prototip Makina olarak hayata geçirilmiştir.

Mekanik tasarımla eş zamanlı olarak tahrik mekanizmasında kullanılan servo motorlar, motorlar için kullanılacak sürücüler, baskı tahrik sisteminde kullanılacak elemanlar, pnömatik yardımcı komponentler ve bunların paralelinde ana kontrolör seçilmiştir. Dolayısıyla makinanın tasarım sürecinin başında, sonuçta ortaya çıkacak makina kağıt üzerinde yaratılmıştır. Yani önce mekanik, sonra elektrik, sonra pnömatik gibi ardışıl bir sırayla değil, mekatroniğin ruhuna paralel olarak tüm süreçler eş zamanlı ve bütünleşik olarak yürütülmüştür. Elbette bu süreçlerde zaman zaman çeşitli değişiklikler yapılmış, denemelerden sonra daha uygun çözümler bulunmuştur ancak mekatroniğin temel felsefesi her zaman izlenmiştir.

Kısaca yapılan işlemlerden bahsedilecek olursa; makinanın mekanik tasarımıyla çizilen tüm parçalar dışarıda imalata verilmiş, kullanılacak servo motorlar, sürücüler,

pnömatik ekipmanlar, PLC ve modülleri, operatör paneli, sensörler ve ısıtmalı kasnaklar sipariş edilmiş, kullanılacak elektrik donanımına uygun olarak bir elektrik panosu seçilmiş ve pano komponentlerin yerleştirilmesi, elektrik bağlantılarının yapılması için imalata verilmiştir. Yaklaşık iki aylık bir süreçten sonra tüm ekipmanlar hemen hemen aynı zamanda montaj için proje sahasında hazır hale getirilmiştir. Mekatronik tasarımın gücü bir kez daha bu noktada ortaya çıkmaktadır zira eğer makina ardışıl olarak tasarlansa ve imal edilseydi mekanik parçalar için iki ay, pnömatik ekipmanlar için iki ay ve nihayetinde elektrik/elektronik ekipman için iki ay ve toplamda altı ay gibi uzun bir sürede montaja hazır hale gelecekti. Bu süre eş zamanlı tasarımla iki aya indirilmiş ve zamandan ciddi bir tasarruf sağlanmıştır. Tüm ekipmanlar toplandıktan sonra yaklaşık iki haftalık bir sürede bir taraftan mekanik, bir taraftan da elektriksel montaj gerçekleştirilmiş ve dolayısıyla bu süreçte de tasarruf sağlanmıştır. Nihayetinde makinanın mekanik ve elektriksel montajı tamamlanmış, elektriksel testleri yapılmış, PLC ve operatör panelinde oluşturulan programlarla testlere başlanmış ve iplik imalatına geçilmiştir. Bu test sürecinde prosesin optimum çalışma noktalarının hesaplanması için programlar açık olarak çalıştırılmış, dolayısıyla tüm süreçlere elle müdahale mümkün kılınmıştır ancak proses parametrelerinin tespitinden sonra makina tamamen otomatikleştirilmiş ve elle müdahale asgariye indirilmiştir. Makinanın gövdesi ve elektrik panosunun nihayi hali Şekil 8.1, Şekil 8.2 ve Şekil 8.3’ de görülmektedir.



Şekil 8.1 Makina Gövdesinin Son Hali



Şekil 8.2 Elektrik Panosu Son Hali (Kapalı)



Şekil 8.3 Elektrik Panosu Son Hali (Açık)

Makina şu haliyle istenen özelliklerde iplik imalatı gerçekleştirebilmektedir ancak her süreçte olduğu gibi bu süreçte de bazı derin analizler ve değişiklikler gerekecektir. Hem 1. prototipin başarısının tam olarak anlaşılması hem de 2. prototipin tasarımına yardımcı olması açısından makinada hem yazılım hem de donanım açısından bazı testler ve geliştirmeler gerekmektedir. Bunlar projede daha ileriki aşamalarda çalışacak araştırmacıların çalışma alanlarını oluşturabilir. Bunlardan bazıları;

- Motor hızlarının prosesin başarısına (iplik kalitesine), makinanın mekanik yapısına (titreşim analizi), elektrik sarfiyatına (ekonomi) olan etkileri.
- Makina çalışma zamanlamasının prosesin başarısına (iplik kalitesine) etkisi.
- Pnömatik döner elemanların çalışma basınçlarının (baskı kasnaklarının baskı kuvvetlerinin) prosesin başarısına (iplik kalitesine), hava sarfiyatına (ekonomi), çevreye (atık egzoz havasından kaynaklanan) olan etkileri.
- Hava jetlerinin çalışma basınçlarının prosesin başarısına (iplik kalitesine), hava sarfiyatına (ekonomi), çevreye (dışarıya çıkan havadan kaynaklanan) olan etkileri.
- Isıtmalı kasnakların çalışma sıcaklıklarının prosesin başarısına (iplik kalitesine), elektrik sarfiyatına (ekonomi), makinanın emniyet sınıfına olan etkisi.

Son olarak 1. Prototipten edinilen tecrübeler ışığında ikinci prototip için bazı önerilerde bulunulacaktır:

- 1. prototip özü itibariyle proses başarısının test edilmesi amacıyla tasarlanmış ve ticari kaygılar taşımadığı için maliyetler bir anlamda çok kısıtlanmamıştır. Bu sebeple en büyük maliyet kalemini oluşturan tahrik sisteminde sistemin esnekliğini arttırmak amacıyla Servo Motorlar kullanılmıştır. Ancak 2. prototipte ticari amaçlara hitap etmesi açısından maliyet kalemleri daha dikkatli seçilecektir. Bu bağlamda, sadece hız kontrolü için kullanılan servo motorlar 2. prototipe maliyeti daha düşük olan AC motorlarla değiştirilebilir. AC motorların hem kendilerinin, hem de sürücülerinin fiyatları servo motorlarla kıyaslandığında bir hayli düşük mertebelerdedir.
- 2. prototipte aynı zamanda motor sayısının düşürülüp tek bir motordan alınan hareketin çeşitli aktarma organlarıyla çeşitli noktalara aktarılması düşünülmektedir. Bu da maliyette ciddi bir düşme sağlayacaktır zira kullanılan motor ve sürücü sayısı sekizden, iki, üç mertebelerine düşürülebilecektir. Bu da kontrolörün yükünü hafifletecektir ve bu sayede daha düşük maliyetli bir PLC ile makina kontrol edilebilecektir. Bir diğer

alternatif olarak da kendi gövdesinde PLC özellikleri taşıyan operatör panellerinin kullanımı düşünülebilecektir. Bu sayede PLC ve operatör panelinin toplam maliyeti düşecek, aynı zamanda programlama süresi de azalacaktır.

- Hava Jetlerinin basınçlarının sürekli olarak istenen noktalara otomatik olarak çekilmesini ve o noktada sabitlenmesini sağlayacak oransal basınç regülatörleri de önerilebilecek bir diğer değişikliktir. Maliyete olumsuz etkisi olmasına rağmen bu değişikliğin prosesin başarısına etkisi çok olumlu olacaktır.
- Son olarak mühendisliğin sadece tasarım ve uygulamadan ibaret olmadığı, başarılı ve verimli üretim yapabilmek için mühendisin insani ilişkilerinin, sosyal yönünün ve ticari zekasının da kuvvetli olması gerektiği bu proje sırasında çeşitli vesilelerle ortaya çıkmıştır. Bu sebeple gelecek tasarım ve imalat sürecinde tedarikçilerin çok titizlikle seçilmesi, maliyetin sadece ödenecek maddi bedelden ibaret olmadığına hatırlanması, çerçevesi başlangıçta net olarak çizilmeyen akitlerle işe başlanmaması gerektiğinin unutulmaması ve takım ruhunun en zor şartlar altında dahi korunması gerektiğinin bilinmesi tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Demir,A. ve Günay, M.**, 1997. Dokuma Makinalarının Mekatroniği, *Tekstil Teknoloji*, **Nisan**, 50-55.
- [2] **Kurtalan, S.**, 2001. PLC ile Endüstriyel Otomasyon, Birsen Yayın Evi, İstanbul.
- [3] **Tekgözen, E.**, 1998. PLC ve Uygulamaları, Birsen Yayın Evi, İstanbul.
- [4] **6ES7398-8FA10-8BA0**, 2006. S7-300 Automation System Module Data, Siemens AG, Nürnberg.
- [5] **A5E00125039-01**, 2001. PID Temperature Control, Siemens AG, Nürnberg.
- [6] **S1104-3026**, 2004. Panasonic Instruction Manual, AC Servo Motor and Driver, Osaka.
- [7] **Küçüksille, E.**, 2002. Servo Motorların Bulanık Mantık Yöntemi ile Kontrolü, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] **Kuo, B.C., Tal, J.**, 1978. DC Motors and Control Systems, SRL Publishing, Illinois.
- [9] **Babaoğlu, G.**, 2002. Elektrik Motorları, İstanbul.
- [10] **Davies, B.**, 1997. Electric Motors and Mechanical Devices, Werd Technology, Ontario.
- [11] **Mamur, T.**, 1996. Fırçasız Servo Motorlar, Yapıları ve Kontrol Esasları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü, İstanbul.
- [12] **Simatic S7 MPI Direct Driver**, 2007. Digital Electronics (Pro-face), Osaka.
- [13] **Karacan, İ.**, 2004. Hidrolik ve Pnömatik, Bizim Büro Basım Evi, Ankara.
- [14] **Karacan,İ.**, 1994. Pnömatik Kontrol, Bilim Yayınları, Ankara.
- [15] **Martelucci, S.**, 2000. Optical Sensors and Microsystems, Springer, New York.

- [16] **Stephen, D.**, 2005. Microsystem Design, Springer, New York.
- [17] **Ramsden, E.**, 2006. Hall Effect Sensors-Theory and Applications, Newnes, Missouri
- [18] **Webster, J.**, 2000. Sensors and Signal Conditioning, Wiley-Interscience, New Jersey
- [19] *Petek Teknoloji Ltd. Şti. Web Sitesi.* 10.Nisan.2007.
<<http://www.petekteknoloji.com.tr/articles.asp?TextID=209>>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Özgür ÇALIŞKAN
Doğum Yeri : İstanbul
Doğum Tarihi : 11/07/1980
Medeni Hali : Evli
Email : ozgur@hidro-tek.com.tr

Eğitim

İlkokul : Güneştepe İlkokulu (1986-1991)
Ortaokul/Lise : Vatan Anadolu Lisesi (1991-1998)
Üniversite : İstanbul Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme
Mühendisliği(1998-2003)
Bitirme Projesi: PIC kontrollü Ev Güvenlik Sistemi

Stajlar

- 1) Devlet Hava Meydanları
Elektronik Güvenlik Sistemler
Uçuş Kontrol ve İzleme Sistemleri
Temel Elektronik Kavramlar
- 2) Pressan A.Ş
Mikrokontrolör uygulamaları
Makine Konstrüksiyonu
Otomasyon ve Otomatik Kontrol uygulamaları
Plastik Enjeksiyon Makinaları
Temel Pnömatik Kavramlar
- 3) Siemens A.Ş
PLC Programlama (Siemens S5 ve S7)
Montaj Hattı Otomasyonu
Elektrik Pano Tasarımı
Pnömatik ve Elektrikli Tahrik Elemanları

Yabancı Dil

- 1) İngilizce: Çok İyi

Bilgisayar Bilgisi

C Programlama Dili
Simatic Siemens PLC Programlama
Proface HMI Programlama
Electronic Workbench

İş Tecrübesi

- 1) Hidro-Tek Ltd. Şti.
Endüstriyel Otomasyon Sistemleri
PLC Programlama
HMI Sistemleri
Pnömatik Otomasyon
Robotik uygulamalar