Yüksek Lisans Tezi Erdi YILDIZ Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı Ekim 2017

**T.C.**
**ERCİYES ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

# CODESYS TABANLI HAREKET KONTROLCÜ İLE KOL PROFİLİ OTOMASYON SİSTEMİ TASARIMI ve GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

**Hazırlayan**
**Erdi YILDIZ**

**Danışman**
**Yrd. Doç. Dr. Mehmet Bahadır ÇETİNKAYA**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Ekim 2017**
**KAYSERİ**

**T.C.**
**ERCİYES ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

# CODESYS TABANLI HAREKET KONTROLCÜ İLE KOL PROFİLİ OTOMASYON SİSTEMİ TASARIMI ve GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

**Hazırlayan**
**Erdi YILDIZ**

**Danışman**
**Yrd. Doç. Dr. Mehmet Bahadır ÇETİNKAYA**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Ekim 2017**
**KAYSERİ**

**T.C.**
**ERCİYES ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

# CODESYS TABANLI HAREKET KONTROLCÜ İLE KOL PROFİLİ OTOMASYON SİSTEMİ TASARIMI ve GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan**
**Erdi YILDIZ**

**Danışman**
**Yrd. Doç. Dr. Mehmet Bahadır ÇETİNKAYA**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından FYL-2016-6830 kodlu Yüksek Lisans Tez Projesi ile desteklenmiştir.**

**Ekim 2017**
**KAYSERİ**

# BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Erdi YILDIZ

# YÖNERGEYE UYGUNLUK

Codesys Tabanlı Hareket Kontrolcü ile Kol Profili Otomasyonu Sistemi Tasarımı adlı Yüksek Lisans, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Erdi Yıldız



Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Bahadır Çetinkaya

Mekatronik Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Şahin Yıldırım

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Bahadır Çetinkaya danışmanlığında Erdi YILDIZtarafından hazırlanan "Codesys Tabanlı Hareket Kontrolcü ile Kol Profili Otomasyonu Sistemi Tasarımı " adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

13/10/2017

**JÜRİ:**

Danışman :Yrd. Doç. Dr. Mehmet Bahadır ÇETİNKAYA .....

Üye :Prof. Dr. Şahin YILDIRIM .....

Üye :Yrd. Doç. Dr. Sabri BIÇAKCI .....

ONAY:
Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 07/11/2017 tarih ve 2017/48-20 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

09/11/2017

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

# TEŞEKKÜR

Tezimin seçiminden, uygulanıp sonuca kavuşturulması ve tez yazımı boyunca ilgi ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, büyük katkı sahibi sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet Bahadır Çetinkaya'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemde en büyük destekçim aileme, çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen eşim Fatma ve oğlum Mehmet Emin'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2016-6830) teşekkür ederim.

Erdi YILDIZ

Kayseri, Ekim 2017

**CODESYS TABANLI HAREKET KONTROLCÜ İLE KOL PROFİLİ OTOMASYON SİSTEMİ TASARIMI ve GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**Erdi YILDIZ**

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Yüksek Lisans Tezi, Ekim 2017**
**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Bahadır ÇETİNKAYA**

# ÖZET

Programlanabilir Lojik Denetleyiciler (Programmable Logic Contoller, PLC) otomasyon sistemlerinde, içine yazılan programa göre girişleri denetleyen ve çıkışları kontrol eden temel elektronik donanımlardan birisidir. Hareket kontrolcüler ise PLC gibi otomasyon sistemlerini kontrol eden, PLC'lere göre RAM kapasitesi daha yüksek, çevrim süresi daha düşük, çoklu servo uygulamaları için geliştirilmiş, geniş kullanım alanına sahip elektronik kontrolcülerdir. CODESYS, PLC ve hareket kontrolcülerin programlanması amacıyla tasarlanmış, çok yeni bir teknoloji olmasına karşın ABB, Scneider, Wago, Eaton, Mitsubishi, Festo, Beckoff ve Yaskawa gibi birçok PLC ve hareket kontrolcü üreticileri tarafından kabul görmüş, yeni üretilen birçok PLC ve hareket kontrolcü tarafından desteklenen bir programlama platformudur. CODESYS programlama platformu, PLC ve hareket kontrolcü programlama işlemi için kullanıcılarına markadan bağımsız standart bir arayüz getirmiştir. CODESYS tarafından desteklenen herhangi bir marka PLC için yazılmış programlar, CODESYS' in desteklendiği farklı marka bir PLC'ye uygulanabilmektedir. Bu gibi özelikleri CODESYS platformunu birçok farklı markanın desteklediği yaygın bir arayüz haline getirmiştir.

Kol profili, kanepe ve koltuklarda kol ile gövdenin bağlantısını sağlayan saplamaların bağlandığı somun delikli profildir.

Bu tez çalışmasında Yaskawa MP2310iec hareket kontrolcü ile CODESYS programlama platformu kullanılarak Kol profili otomasyonu sistemi tasarlanmıştır. Bu otomasyon sisteminde profil üzerine delik açma, somun çakma ve somun kaynaklama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PLC, hareket kontrolcü, CODESYS.

**DESIGNING OF ARM PROFILE AUTOMATION SYSTEM WITH CODESYS BASED MOTION CONTROL and IMPLEMENTATION**

**Erdi YILDIZ**

**Erciyes University, Institute of Natural and Applied Sciences**
**M. Sc. Thesis, September 2017**
**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet Bahadır Çetinkaya**

# ABSTRACT

Programmable Logic Controllers are one of the basic electronic circuits of automation systems that control inputs and outputs according to the program inside it. Motion controllers are electronic controllers such as PLCs but with higher RAM capacity and lower cycle times and they developed for multi-servo applications.

Although CODESYS is a novel technology designed for the aim of programming PLCs and motion controllers, it has been used by many PLC and motion controller manufacturers such as ABB, Scneider, Wago, Eaton, Mitsubishi, Festo, Beckoff and Yaskawa. CODESYS programming platform provides a standart brand-independent programming interface to users for PLCs and motion controllers. Programs developed for any kind of PLC brand are compatible with other PLCs which are supported by CODESYS. Features mentioned above have made CODESYS a common interface supported by many different brands.

The stud bolts connect the arm and the body of the sofas or armhairs. These stud bolts are embedded to a nut-holed profile which is called arm profile.

In this thesis, CODESYS based arm profile automation system design is realized by using Yaskawa MP2310iec motion controller. In the automation system designed drilling on profile, adding nuts and nut welding operations heve been carried out.

**Key words :** Programmable Logic Controllers, Motion Controllers, CODESYS.

# İÇİNDEKİLER

## CODESYS TABANLI HAREKET KONTROLCÜ İLE KOL PROFİLİ OTOMASYON SİSTEMİ TASARIMI ve GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ..... ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI ..... iii
KABUL VE ONAY ..... iv
TEŞEKKÜR ..... v
ÖZET ..... vi
ABSTRACT ..... vii
İÇİNDEKİLER ..... viii
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... xi
TABLOLAR LİSTESİ ..... xiii

**1. BÖLÜM**

**CODESYS TABANLI HAREKET KONTROLCÜ İLE KOL PROFİLİ OTOMASYON SİSTEMİ TASARIMI ve GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**1.1. Giriş ..... 1**
**1.2. PLC'lerin Kullanım Alanları ..... 1**
**1.3. PLC' nin Avantajları ..... 4**

**2. BÖLÜM**

**PLC VE HAREKET KONTROLCÜLER**

**2.1. PLC Tabanlı Sistemler ..... 8**
**2.1.1. PLC'nin Temel Yapısı ..... 8**
**2.1.2. PLC'nin Çalışması ..... 12**
**2.2. Hareket Kontrolcüler ..... 13**
**2.3. MP2310iec Hareket Kontrolcüsü ..... 13**
**2.3.1. MP2310iec Kontrolcünün Özellikleri ve Fiziksel Bağlantıları ..... 14**
**2.3.2. Opsiyonel Modüller ..... 15**

**2.3.3. Güç Kaynağı Bağlantısı ..... 16**

**2.3.4. DIP Switch'ler ..... 17**

**2.3.5. Durum LED'leri ..... 18**

**2.3.6. Pil ..... 19**

**2.3.7. Mechatrolink-II Ağı ..... 20**

**2.3.8. Ethernet Ağı ..... 21**

**3. BÖLÜM**

**CODESYS PROGRAMLAMA PLATFORMU**

**3.1. CODESYS Yazılım Dilleri ..... 24**

**3.1.1. Yapısal Metin (ST) Programlama Dili ..... 25**

**3.1.3. Merdiven (Ladder) Programlama Dili ..... 31**

**3.1.4. Ardışık Fonksiyon Tablosu (Sequential Function Chart) Programlama Dili ..... 32**

**4. BÖLÜM**

**KOL PROFİLİ OTOMASYON SİSTEMİ**

**4.1. Kol Profili Otomasyonu Çalışma Prensibi ..... 36**

**4.1.1. Besleme Bölümü İşlemleri ..... 37**

**4.1.2. Ara Besleme Bölümü işlemleri ..... 42**

**4.1.3. Döner Adım Modülü İşlemleri ..... 44**

**4.1.3.1 Hizalama istasyonu ..... 44**

**4.1.3.2. Montaj sacı bırakma istasyonu ..... 45**

**4.1.3.3. Montaj sacı kaynak istasyonu ..... 45**

**4.1.3.4. Somun çakma istasyonu ..... 46**

**4.1.3.5. Somun kaynatma istasyonu ..... 47**

**4.1.3.6. Boşaltma istasyonu ..... 47**

**4.2. Kol Profili Otomasyonu SCADA Sistemi ..... 47**

**4.3. Kol Profili Otomasyon Sisteminin Avantajları ..... 49**

## 5. BÖLÜM

**SONUÇ.....51**

**KAYNAKLAR .....53**

**ÖZGEÇMİŞ.....54**

# ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. PLC'nin yapısı ..... 8
Şekil 2.2. VIPA CPU ..... 9
Şekil 2.3. Opto kuplör ve PLC girişleri ..... 10
Şekil 2.4. PLC Çıkışları ..... 11
Şekil 2.5. Örnek bir PLC devre yapısı ..... 12
Şekil 2.6. PLC Çalışma Prensibi ..... 13
Şekil 2.7. MP2310iec hareket kontrolcüsü ..... 15
Şekil 2.8. MP2310iec Güç Kaynağı Bağlantısı ..... 16
Şekil 2.9. MP2310iec Güç Kaynağı Bağlantı Şeması ..... 17
Şekil 2.10. 6-noktalı DIP switch ..... 17
Şekil 2.11. 4-noktalı DIP switch ..... 18
Şekil 2.12. Durum LED'leri ..... 18
Şekil 2.13. Lityum pil ..... 19
Şekil 2.14. Mechatrolink kablosu pin diyagramı ..... 20
Şekil 2.15. Kol profili otomasyonu mechatrolink ağı ..... 21
Şekil 2.16. Ethernet soketi ..... 21
Şekil 2.17. Örnek bir ethernet ağı ..... 22
Şekil 2.18. Kol profili otomasyonu haberleşme ağı ..... 23
Şekil 4.1. Operatör esaslı üretilen kol profili ..... 35
Şekil 4.2. Kol profili otomasyonu sisteminin tasarlanmış genel görünümü ..... 36
Şekil 4.3. Kol profili otomasyonu besleme bölümü tasarım ve gerçekleştirilmesi ..... 37
Şekil 4.4. Kol profili otomasyonuna beslenen ürün ..... 38
Şekil 4.5. Hidrolik pistonlar kullanılarak delinmiş profilin hali ..... 38
Şekil 4.6. Somunları çakılmış profil yapısı ..... 39
Şekil 4.7. Somunları kaynatılmış profil ..... 40
Şekil 4.8. Uç kenarları ezilmiş profil ..... 41
Şekil 4.9. Kenarları bükülmüş profil ..... 42
Şekil 4.10. Ara Besleme bölümü tasarımı ve gerçekleştirilmesi ..... 42

Şekil 4.11. Döner Adım Modülü tasarımı ve gerçekleştirilmesi.....44
Şekil 4.12. Montaj Sacı kaynatılmış kol profilinin hali .....46
Şekil 4.13. Montaj sacına somun çakılmış kol profili.....46
Şekil 4.14. Montaj sacına somun kaynatılmış kol profili.....47
Şekil 4.15. Kol profili otomasyonu SCADA Sistemi Üretim Verileri Sayfası.....48
Şekil 4.16. Kol profili otomasyonu SCADA Sistemi Süre Analizi Sayfası .....48

# TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. CAT5 ethernet kablosu pin diyagramı ..... 22

Tablo 3.1. IL programlama dilinde kullanılan komut operatörleri ve niteleyiciler ..... 30

Tablo 4.1. Otomasyona beslenen hammaddelerin boy uzunlukları ..... 34

Tablo 4.2. Kol Profili Otomasyonu Fizibilite Analizi ..... 50

# 1. BÖLÜM

# CODESYS TABANLI HAREKET KONTROLCÜ İLE KOL PROFİLİ OTOMASYON SİSTEMİ TASARIMI ve GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

## 1.1. Giriş

PLC'ler sensörlerden aldıkları giriş bilgilerini içerisinde yazılı olan programa göre işleyip programın ürettiği sonuca göre iş elemanlarını yönlendiren ve zamanlama, sayma, saklama fonksiyonları ile sistemi kontrol eden endüstriyel bilgisayarlardır [1].

Sensörler, çevrede oluşan fiziksel değişiklikleri algılayarak elektriksel sinyallere dönüştüren devre elemanlarıdır. Bu değişiklikler basınç sensörleri, seviye sensörleri, sıcaklık sensörleri, butonlar, sınır anahtarları, manyetik sensörler, kapasitif sensörler, indüktif sensörler ve optik sensörler vasıtasıyla elektriksel sinyallere dönüştürülürler. Bu elektriksel sinyaller dijital formda (lojik 1 veya lojik 0) olabileceği gibi belirli bir skalada değişen analog sinyaller formunda da olabilir. Sensörlerden gelen bilgiler PLC içerisindeki programda değerlendirilip işlendikten sonra motor, selenoid valf, oransal valf, kontaktör, röle ve gösterge lambaları gibi çıkış elemanlarına yönlendirilir. Çıkış elemanlarına gönderilen bu bilgiler dijital veya analog formda olabilir [2].

## 1.2. PLC'lerin Kullanım Alanları

Otomasyon sistemlerinin en temel elemanı olan PLC'ler çok farklı alanlarda ve çok farklı amaçlara yönelik kullanılabilmektedir. PLC' lerin kullanım alanlarından bazıları aşağıda verilmiştir.

- ✓ Enerji otomasyonu: Enerji iletim-dağıtım hatlarında, SCADA ile bütünleşik olarak, belirli bölgelerin enerjisini arıza ve bakım gibi çeşitli nedenlerden dolayı kesmek veya açmak için kullanılır. Ulaşımın zor olduğu bölgelerde gerektiğinde enerjinin uzaktan kesilebilmesi veya enerjinin durumunun anlık takibinin yapılabilmesi için SCADA uygulamaları geliştirilmektedir. SCADA uygulamalarında bilgisayar ekranından PLC' ye komut gönderilmekte ve PLC enerjinin açılması veya kesilmesini sağlamaktadır.
- ✓ Bina otomasyon sistemleri: Alışveriş merkezleri, havalimanları, hastaneler, kamu binaları ve ticari işletmeler gibi büyük yapılardaki havalandırma, klima, elektrik, su ve doğalgaz gibi kaynakların kontrolü için kullanılmaktadır. Buralarda yine SCADA uygulamasına benzer şekilde bilgisayar ekranından PLC' ye komut gönderilmekte ve bu komuta göre PLC'nin çıkışına bağlı bulunan cihazın enerjisi açılmakta veya kapatılmaktadır.
- ✓ Ev otomasyonu: Büyük yapılardan ziyade günlük yaşamda kullanılan dairelerin yaşam elemanlarını kontrol etmede kullanılır. İşten gelmeden önce doğalgazın yakılması, evden çıkarken tüm elektrik, su ve doğalgaz akışının kapatılması gibi uygulamalar için kullanılır. Ev otomasyon uygulamalarında internet kullanılmadan PLC' ye takılan GPRS modülü ile PLC' ye cep telefonundan komut gönderilebilmekte ve PLC çıkışına bağlanan cihaz çalıştırılmakta veya durdurulmaktadır. Ayrıca internete bağlanarak belirli bir web sitesinden PLC' ye komut gönderilebilir veya evin durumu kontrol edilebilir.
- ✓ Aydınlatma otomasyonu: Sinema, tiyatro, fabrika ve toplantı salonu gibi aydınlatmanın önemli olduğu yerlerde PLC kullanılarak aydınlatmadan yüksek verim alınabilir ve aydınlatma maliyeti önemli oranda düşürülebilir. PLC' ye yazılan basit programlar vasıtasıyla belirli aydınlatma elemanlarına aynı anda enerji verilebilir veya aynı anda enerjisi kesilebilir. PLC zamanlama modülü sayesinde aydınlatma elemanlarının yanma ve sönme zamanları da ayarlanabilir.
- ✓ Otel otomasyon sistemleri: Boş otel odalarının elektrik, su, klima ve havalandırma kontrolleri PLC kullanılarak uzaktan yapılabilmektedir. PLC' ye bağlanan sensörler vasıtasıyla odadaki elektrik, su ve klima gibi elemanların açık olup olmadığı bilgisi PLC tarafından tutulur ve PLC'deki bu bilgi bir

bilgisayar veya kontrol panelinde görüntülenebilir. Bilgisayar veya kontrol paneli vasıtasıyla da cihazların açılması veya kapatılması komutu gönderilebilir.

- ✓ Ağ otomasyon sistemleri: Bir ağ sisteminde veri tabanında kayıtlı bilgilere PLC ile erişim sağlanabilir. Örneğin, hastanelerdeki laboratuvar sonuçlarına, okullarda öğrencilere ait bilgilere ve kurumlarda çalışanların bilgilerine PLC'ler vasıtasıyla uzaktan erişim sağlanabilir.
- ✓ Proses otomasyonları: Fabrikalarda üretimi geliştirmek amacıyla kurulan sistemlerin kontrolü ve uzaktan izlenmesi amacıyla PLC'li makineler kullanılabilmektedir. Üretimi takip etmek amacıyla *Açık Süreç Kontrol* (*Open Process Control, OPC*) aracılığıyla SCADA programına veriler çekilerek üretim sayıları, üretim süreleri ve üretimde meydana gelen hatalar izlenebilmektedir.
- ✓ Sera, Hayvan çiftliği, Konveyör Hat ve Fabrika Otomasyonları: Sera ve hayvan çiftliği gibi tesislerde sıcaklık, nem ve ışık gibi hava şartlarının en uygun şekilde oluşturulması veya tesisin belirli periyotlar ile uzaktan otomatik olarak kontrol edilebilmesi için PLC'ler kullanılabilir. PLC'ler ayarlanabilir gerçek zamanlı saat (Real Time Clock, RTC) fonksiyonuna sahiptir yani bulunulan ülkeye göre PLC'nin zamanı değiştirilebilir ve böylece PLC programına yazılan herhangi bir gün ve saat aralığında PLC'nin çıkış üretmesi sağlanabilir. PLC'ler ayrıca sıralı üretim hatları olan konveyör hatların uzaktan kontrolünde de kullanılmaktadır. Konveyör hattın istenilen zaman dilimlerinde otomatik olarak çalıştırılması veya durdurulması ya da çalışıyorken buton vasıtasıyla durdurulması gibi işlemler için PLC kullanılabilir. Hattaki her bir bandın çalışma ve durma süreleri ve sayıları PLC'den SCADA vasıtasıyla alınarak izlenebilir. PLC tabanlı fabrika otomasyonda ise fabrikadaki her bir makinenin koordineli çalışması ve çalışma saatlerinin tutulması gibi işlemlerde PLC'ler kullanılmaktadır.
- ✓ Asansör otomasyonu: Yük ve insan asansörlerinin kontrolünde PLC'ler kullanılmaktadır. Asansörde bulunan kat butonları PLC' ye giriş olarak bağlanır. Basılan butona göre PLC asansör motorunu sürerek asansörün

istenilen seviyeye gelmesini sağlar. Ayrıca, PLC vasıtasıyla asansörlerin çalışma şekli istenildiği gibi kontrol edilebilir.

- ✓ Güvenlik otomasyonu: Güvenlik otomasyon sistemleri genellikle bilgisayar üzerinden kontrol edilir. Bunun yanı sıra üretim hatlarındaki makinelerde iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak amacıyla güvenlik PLC' leri kullanılmaktadır. Bu uygulamaya yönelik olarak son zamanlarda üretilen bazı PLC modellerinde güvenlik elemanlarının bağlanması için Güvenli (Safety) Giriş olarak adlandırılan giriş portları bulunmaktadır. Bu girişlere güvenlik elemanları bağlanmakta ve PLC' de arıza oluşsa dahi güvenlik zafiyeti olmamaktadır.
- ✓ Yazılımsal otomasyonlar: Yazılımla kontrol edilen SCADA sistemleri yazılımsal otomasyona örnek olarak verilebilir. PLC vasıtasıyla çevreden toplanan veriler bilgisayara aktarılır ve bilgisayar yazılımı ile işlenerek anlamlı hale dönüştürülür [3].

### 1.3. PLC' nin Avantajları

PLC'ler yukarıda anlatıldığı gibi kapasitesine göre bir sistemin de bir fabrikanın da kontrolünü gerçekleştirebilir. PLC' lerin bu kadar yaygın olmasında diğer kontrol tiplerine göre üstünlükleri etkili olmuştur. Bu üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz,

- ✓ PLC devresi, tasarımı ve konfigürasyonu açısından kolay ve güvenlidir. Hemen hemen tüm elektronik birimleri tehlikelere karşı korunmuştur. PLC'nin giriş ve çıkışları Merkezi İşlemci Biriminden (Central Processing Unit, CPU) izole edilmiştir.
- ✓ Yaptıkları işe nispeten boyutları çok küçüktür ve çok az yer kaplarlar. PLC'nin elektrik panosuna yerleşimi ve elektrik tesisatı son derece kolaydır.
- ✓ Arıza vermediği müddetçe 24 saat çalışabilirler.
- ✓ PLC tarafından gönderilen çıkışlar ve PLC' ye gelen girişler anlık olarak izlenebilmektedir. PLC programı çalışırken bir bilgisayar yardımıyla programa bağlanıp canlı olarak program akışı izlenebilir. Bundan dolayı arızasının bulunması ve onarılıp devreye alınması son derece kolaydır.

- ✓ Maliyeti kazandırdıklarının yanında önemsiz kalmaktadır. PLC'nin özelliklerine ve eklenen modüllerine göre fiyatları farklılık göstermekle birlikte genel olarak ilk yatırım maliyetleri düşüktür.
- ✓ PLC' ler endüstriyel ortamda kullanılmak üzere tasarlandığı için uzun ömürlü ve kötü çevre koşullarına dayanıklıdır. PLC' ler tozlu, kirli, nemli ve elektriksel gürültünün olduğu ortamlarda rahatlıkla çalışabilir.
- ✓ Haberleşme yetenekleri gelişmiştir. Sistemde bulunan diğer endüstriyel cihazlarla, çeşitli haberleşme protokolleri (profinet, profibus, ethercat v.b.) ile haberleşebilmektedirler [4].
- ✓ PLC'ler sisteme bağlı birçok makinenin eş zamanlı kontrolünü, her bir makineye ait alt programların oluşturulmasıyla rahatlıkla yapabilirler.
- ✓ PLC tarafından kontrol edilen sistemlerin çalışması kolay ve hızlı bir şekilde değiştirilebilir. Çalışan PLC programında değişiklik yapmak mümkündür.
- ✓ Kablo bağlantıları daha azdır ve hem programsal hem de donanımsal değişiklik yapmak kolaydır.
- ✓ Başka sistemler için yazılmış ortak programları kullanma imkânı vardır [5].

PLC' lerin bu avantajlarının yanı sıra seri program işleme mantığı ile çalışmaları önemli bir dezavantajdır. Seri programlamada PLC içerisine yazılan programın her satırı *"MAIN"* programında yazıldığı sıraya göre sürekli taranır. Gönderilecek çıkışlar sırasıyla gönderilir ve tarama program satırına gelmeden çıkış verilmez. Yani, herhangi bir anda yalnızca tek bir çıkış aktif edilir. Paralel programlamada ise istenilen program parçaları paralel çalışacak programların eklendiği "TASK" bölümüne eklenir. TASK bölümündeki program parçalarının her biri aynı anda yürütülür, yani birbirine paralel çalışır. Böylece aynı anda çok sayıda çıkış aktif edilebilir. PLC' lerde ise seri sinyal işleme mantığı vardır. Yani tüm program satırları baştan sona kadar taranıp, sonuçlar sırayla çıkışlara yansır [5].

PLC' lerin bir diğer dezavantajı ise çok eksenli servo sistemlerde kapalı çevrim servo motor kontrolü yapılamamasıdır. Günümüzde kullanılan bazı PLC' lerde 4 eksene kadar "Pulse direction" metoduyla servo motor sürülebilmektedir. Bu modda iken PLC' ye

motorun her bir tur attığında verdiği pulse sayısı girilir. İstenilen mesafeye göre PLC motorun istenilen pozisyona gitmesi için kaç pulse vermesi gerektiğini hesaplar. Gerekli sayıdaki pulse miktarını sürücüye gönderir. Fakat burada kapalı çevrim kontrol yoktur. Yani PLC tarafından servo motor sürücüsüne pulse sayısına göre pozisyon, hız veya tork bilgisi gönderilir. Fakat motorun istenilen pozisyon, hız veya torka ulaşıp ulaşılmadığı kontrol edilemez. Dolayısıyla hassas pozisyonlama gerektiren uygulamalarda istenilen pozisyon, tork veya hız büyüklüğüne ulaşılamaması sistemde ciddi sorunlar yaratabilir.

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilecek olan sistemde 13 adet servo motor bulunmaktadır. Yani sistemde aynı anda 13 eksen servo sürülecektir. PLC' lerin bu dezavantajından dolayı bu tez çalışmasında PLC yerine Yaskawa MP2310iec Hareket Kontrolcü (Motion Controller) kullanılacaktır.

Hareket kontrolcü kullanılmasıyla aynı anda 13 eksene hareket verilecek ve her bir eksenin pozisyonları hassas bir şekilde ayarlanabilecektir. Motor pozisyonları için kapalı çevrim kontrol yapılacaktır. Ayrıca gerektiğinde sistem üzerinde interpolasyon ve benzeri pozisyonlamalar rahatlıkla yapılabilecektir.

Tasarlanan sistemlerde bütün PLC'ler için ortak bir yazılım platformu olan CODESYS programlama platformu kullanılacaktır. CODESYS programlama platformunun kullanılması ile aynı zamanda bütün PLC' lerin programlanmasında kullanılabilecek ve standartlara uygun bir tasarım gerçekleştirilmiş olacaktır.

Bu tez çalışmasının ikinci bölümünde, PLC'ler ve hareket kontrolcüler hakkında detaylı bilgiler verilecektir. Bu tez çalışması kapsamında kullanılacak olan MP2310iec hareket kontrolcüsünden detaylı bir şekilde bahsedilecektir.

Üçüncü bölümde, CODESYS programlama platformu üzerinde detaylıca durulmuştur. CODESYS programlama platformundaki farklı programlama dilleri olan, Yapısal Metin (Structured Text, ST), Komut Listesi (Instruction List, IL), Fonksiyon Blok Diyagramı (Function Block Diagram, FBD), Sürekli Fonksiyon Tablo Editörü (The Continuous Function Chart Editor, CFC), Merdiven (Ladder, LD), Ardışık Fonksiyon Tablosu (Sequential Function Chart, SFC) programlama dilleri tanıtılmıştır ve bunlara ait örnek program parçaları verilmiştir.

Dördüncü bölümde bu tez çalışması kapsamında geliştirilen sistem detaylı bir şekilde anlatılarak, bu sisteme ait her bir bölüm ve modül detaylıca analiz edilmiştir.

Son bölümde ise bu tez çalışması kapsamında geliştirilen sistemin performans, maliyet ve iş sağlığı ve iş güvenliği gibi birçok alanda getirdiği kazanımlar detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

# 2. BÖLÜM

# PLC VE HAREKET KONTROLCÜLER

## 2.1. PLC Tabanlı Sistemler

PLC'ler dış ortamdan sensörler vasıtasıyla alınan elektriksel bilgileri içerisine yazılan programa göre yorumlayıp, çıkışına bağlanan iş elemanlarına aktaran ve endüstriyel ortamda kullanılmak üzere tasarlanmış elektronik cihazlardır.

### 2.1.1. PLC'nin Temel Yapısı

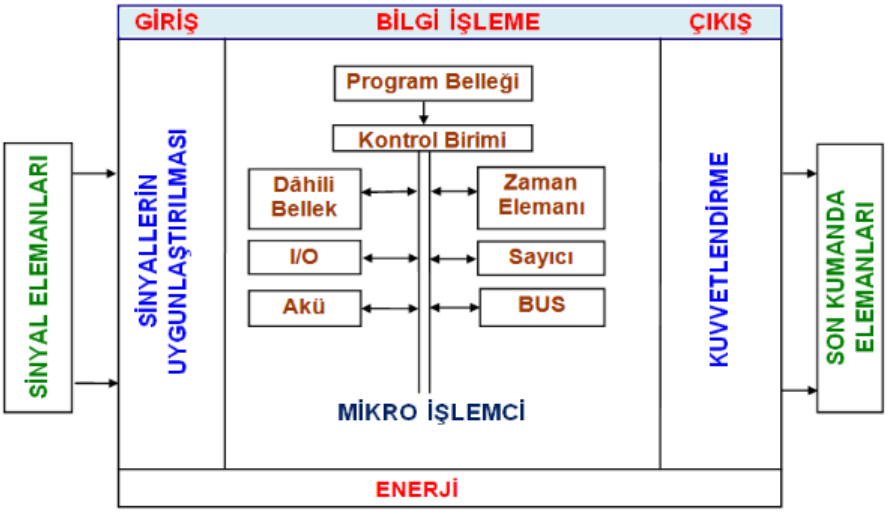
PLC' ler genel olarak üç ana bileşenden oluşur. Bunlar;

i.) Merkezi İşlem Birimi (Central Processing Unit, CPU)

ii.) Giriş sinyallerinin bağlandığı Giriş Bölümü

iii.) Kumanda edilecek elemanların bağlandığı Çıkış Bölümü [6]

Bir PLC'nin donanımsal yapısı Şekil 2.1' de gösterildiği gibidir [5].




Şekil 2.1. PLC'nin yapısı

Seçilen PLC'nin özelliğine göre besleme gerilimi AC 220V veya DC 24V olabilmektedir. CPU ise DC 5V gerilim ile çalışmaktadır. Bu nedenle PLC'ler giriş sinyalini DC 5V'a indirgeyen bir regülatör modülüne sahiptir. Benzer şekilde, PLC'nin özelliğine göre giriş ve çıkış bölümleri DC 24V veya AC 220V gerilimlerinden birisi ile çalışmaktadır. Giriş ve Çıkış birimleri CPU'dan elektriksel olarak yalıtılmış olup maksimum çıkış akımı değeri seçilen PLC'nin özelliğine göre değişmektedir [5].

Şimdi PLC' yi oluşturan ana bölümleri kısaca açıklayalım:

i.) Merkezi İşlem Birimi (CPU)

Merkezi işlem birimi, veri işleme sürecini en başından en sonuna kadar yöneten ve gerçekleştiren birimdir. PLC'nin çalışmasını düzenler, dışarıdan gelen komutları alır, mantıksal ve matematiksel işlemleri yapar ve sonuçları çıkış birimlerine aktarır [7].

Zamanlayıcılar, sayıcılar, dâhili bellekler ve giriş/çıkış elemanlarının tamamı ortak bir veri taşıtı (BUS hattı) üzerinden mikroişlemci tarafından kontrol edilirler [2].

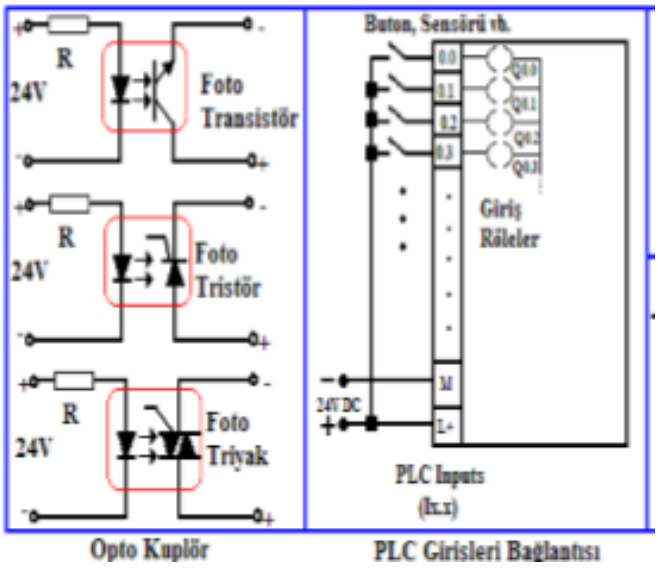



Şekil 2.2. VIPA CPU

ii.) Giriş Birimi

Sensörlerden alınan verileri ikili forma dönüştürerek Giriş Görüntü Belleğine aktaran birimdir. PLC'ler analog sinyalleri işleyemez. Bundan dolayı analog bilgilerin dijital bilgiye dönüştürülmesi gerekir. Bunu yaparken de PLC ile alınan analog sinyaller 1 Word'lük register'lara yazılarak dijital veriye dönüştürülmüş olur. Basınç sensörleri, sıcaklık sensörleri ve debi sensörleri gibi analog değer üreten sensörler analog girişlere uygulanır ve giriş birimi bu analog girişlerden gelen verileri $0\text{-}2^{15}$ aralığında ölçeklendirerek bu verileri ikili veriye dönüştürür. Benzer şekilde yaklaşım sensörleri ve butonlar gibi ikili değer üreten dijital sensörler ise dijital girişlere uygulanır. Bu sensörlerden gelen 0V veya 5V bilgisi giriş birimi tarafından lojik 1 veya lojik 0 olarak değerlendirilir ve böylece sensör verileri mikroişlemciye uygunlaştırılmış olur.

İstenmeyen elektriksel yükler oluştuğundan CPU'nun zarar görmemesi için girişler optokuplörler kullanılarak CPU'dan yalıtılmıştır. Şekil 2.3' te optokuplör ve PLC giriş bağlantıları görülmektedir [7].



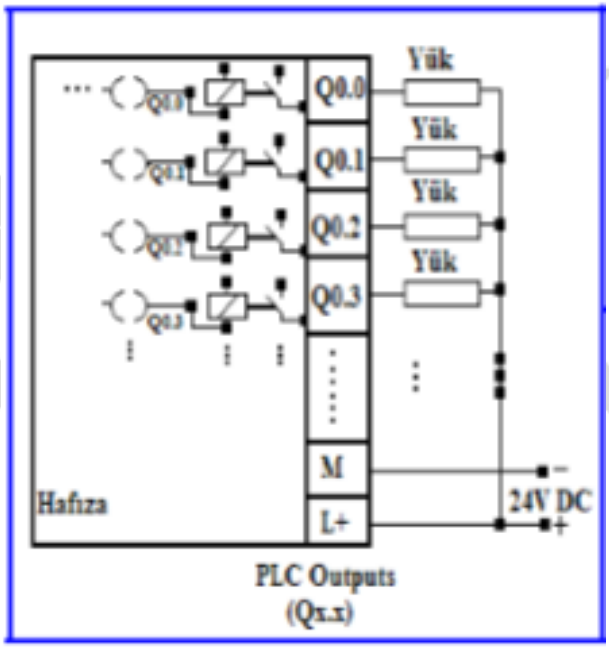

Şekil 2.3. Opto kuplör ve PLC girişleri

iii.) Çıkış Birimi

Merkezi işlem biriminde yapılan mantıksal işlemlerin sonucunu iş elemanlarına aktarmak üzere elektriksel işarete dönüştüren birimdir. PLC'ler özelliklerine göre röle

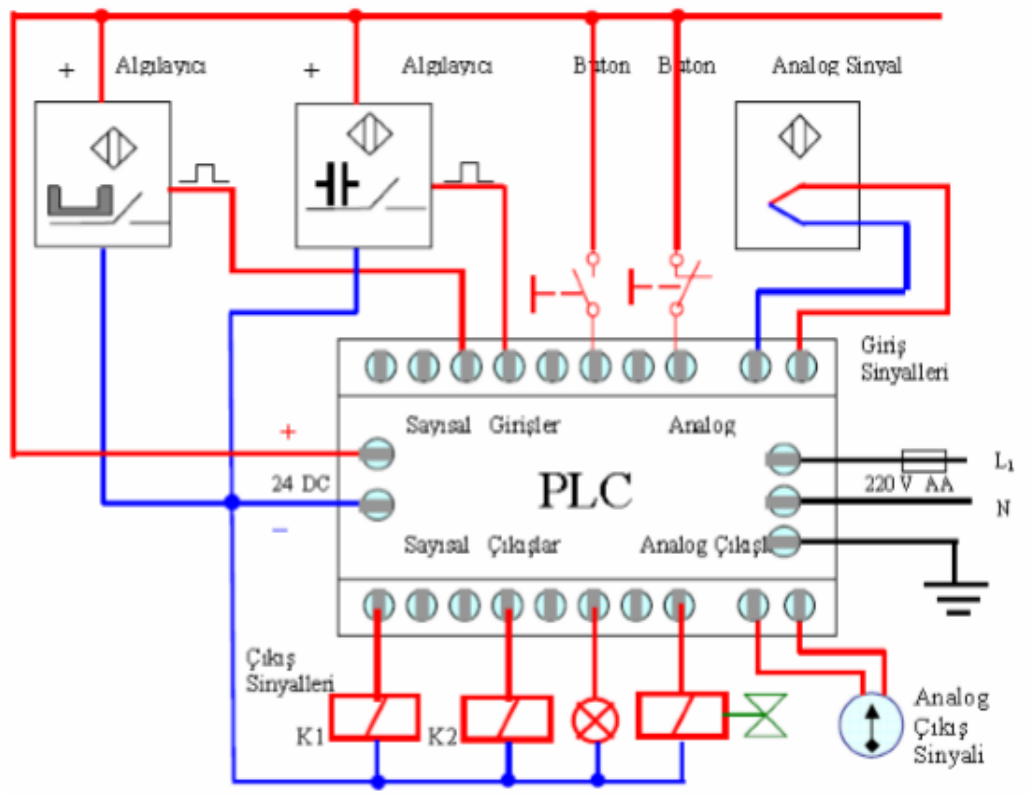
çıkışlı, transistör çıkışlı veya triyak çıkışlı olabilir. Elektriksel yalıtım gerektiren ve çıkıştaki rölenin çok sık devreye girmediği uygulamalarda röle çıkışlı, yüksek hızlı açma kapama gerektiren ve doğru akımlı uygulamalarda transistör çıkışlı, alternatif akımlı uygulamalarda ise triyak çıkışlı PLC'ler kullanılır. PLC'nin çıkışlarına göre, iş elemanları röle çıkışlı PLC'lerde 1A ile 8A arasında, transistör ve triyak çıkışlı PLC'lerde 0.1 A ile 2A arasında akım çekebilir [7].

Bir PLC'nin çıkış biriminin genel görüntüsü Şekil 2.4 ile verilmiştir.




Şekil 2.4. PLC Çıkışları

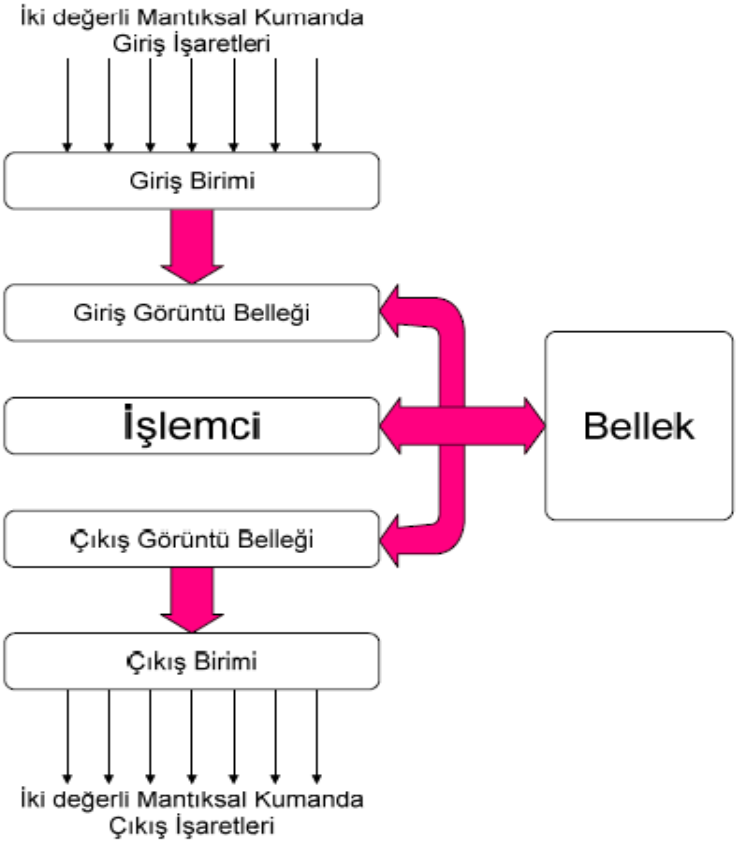
PLC'nin giriş ve çıkışlarının kullanıldığı örnek bir bağlantı yapısı aşağıda Şekil 2.5 ile gösterilmiştir [8]. Bu yapıda, bir adet manyetik sensör, bir adet kapasitif sensör ve iki adet buton PLC'nin dijital girişlerine uygulanmıştır. Bir adet analog sensör ise PLC'nin analog girişine uygulanmıştır. Çıkış birimi incelendiğinde ise iki adet dijital çıkışın röleler üzerinden alındığı, bir adet dijital çıkışın bir LED üzerinden alındığı, diğer dijital çıkışın ise bir selenoid valf üzerinden alındığı görülmektedir. Analog çıkışın değerinin ise bir akım çeken cihaza gönderildiği görülmektedir.




Şekil 2.5. Örnek bir PLC devre yapısı

### 2.1.2. PLC'nin Çalışması

Sensörlerden alınan elektriksel sinyaller, çok sayıda giriş portuna sahip Giriş Biriminde ikili (binary) forma dönüştürülerek Giriş Görüntü Belleğine bloklar halinde kaydedilir. İşlemci, PLC belleğinden okuduğu komutlara göre giriş görüntü belleğinden ilgili verileri alarak bu verileri programda yazılı mantık kurallarına uygun şekilde işler ve sonuçları çıkış görüntü belleğine kaydeder. Çıkış görüntü belleğine kaydedilmiş olan ikili veriler çıkış birimi tarafından elektriksel sinyallere dönüştürülerek iş elemanlarına aktarılır. Veri işleme süreci tamamlanıp program sonlandığında ise elde edilen sonuçlar çıkış kartına yazılır. Bu veri işleme süreci kullanıcı tarafından sonlandırılıncaya kadar sürekli olarak tekrar eder [5]. PLC programı işleme akış şeması Şekil 2.6 ile gösterilmiştir [6].




Şekil 2.6. PLC Çalışma Prensibi

## 2.2. Hareket Kontrolcüler

Önceki bölümlerde PLC'ler hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Bu tez çalışmasında kullanılan hareket kontrolcüler PLC'lerin daha gelişmiş versiyonları olup daha yüksek RAM ve ROM bellek kapasitesine sahiptirler ve işlemci hızları PLC'lere göre çok daha yüksektir. Hareket kontrolcüler ayrıca PLC'ler ile gerçekleştirilemeyen kapalı çevrim servo motor kontrolü, servo motorların senkronizasyonu ve interpolasyon gibi işlemleri de başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Sonuç olarak bir hareket kontrolcü PLC'nin yaptığı bütün işlemleri yapabilmekte ve buna ilaveten çok sayıda önemli fonksiyonu da yerine getirebilmektedir.

## 2.3. MP2310iec Hareket Kontrolcüsü

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen Kanepe Kol Profili Otomasyon Sisteminin kontrolü MP2310iec hareket kontrolcüsü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. MP2310iec hareket kontrolcüsü aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır [9].

### 2.3.1. MP2310iec Kontrolcünün Özellikleri ve Fiziksel Bağlantıları

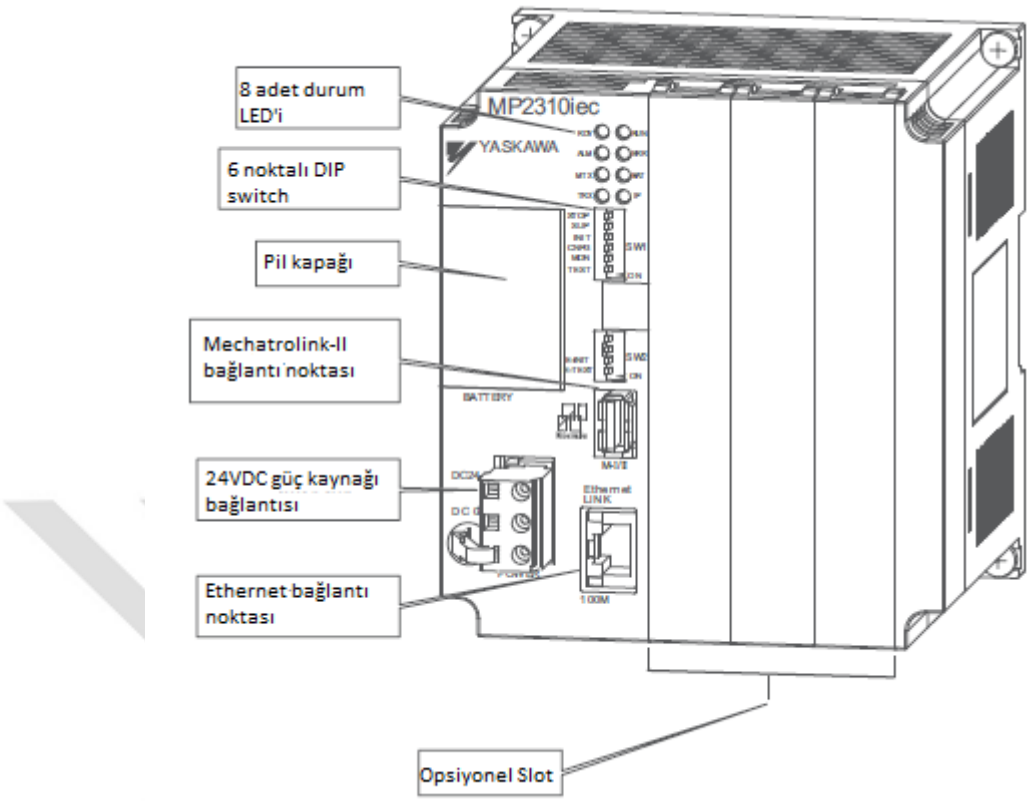
MP2310iec hareket kontrolcüleri, çok fonksiyonlu ve genel amaçlı kontrol devreleridir. Bu hareket kontrolcüsü temel olarak şu özelliklere sahiptir,

i.) PLC'ler ile servo motor sürücüleri arasındaki hareket kontrol ağı Mechatrolink-2 haberleşme protokolü ile sağlanmaktadır. Mechatrolink-2 haberleşme protokolü ile doğrudan 16 adet servo motor veya inverter sürülebilir. Ayrıca servo motor ve inverterlerden oluşan ve eleman sayısı en fazla 16 olan bir sistemin sürülmesi de mümkündür. Bu sayılar Yaskawa Repeater kullanılarak 20 adete kadar yükseltilebilir. Mechatrolink-2 haberleşme protokolü üzerinde servo motor ve inverter elemanlarının yanı sıra uzak I/O modülü/modülleri kullanılması durumunda ise Mechatrolink-2 haberleşme protokolü tarafından sürülebilen toplam eleman sayısı 21 adete kadar yükseltilebilir.

ii.) MP2310iec hareket kontrolcüsünde donanımsal olarak gerçekte var olmayan sanal servo motorlar tanımlanabilir. Sanal servo motorlar PLC'nin devreye alınması aşamasında herhangi bir donanıma ihtiyaç duymadan programı test etmek için simülasyon amaçlı olarak kullanılır [10].

iii.) Ethernet girişi sayesinde Ethernet/IP ve Modbus TCP haberleşme protokolleri kullanılarak ekstra donanımlar eklenebilir.

MP2310iec hareket kontrolcüsünün dış görünümü ve fiziksel bağlantıları aşağıda Şekil 2.7 ile gösterilmiştir.




Şekil 2.7. MP2310iec hareket kontrolcüsü

### 2.3.2. Opsiyonel Modüller

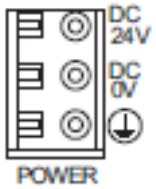
MP2310iec hareket kontrolcüsü, üzerine ilave donanımlar ekleyebileceğimiz 3 adet opsiyonel modüle sahiptir. Opsiyonel modüller sayesinde otomasyon sistemine doğrudan I/O modüllerin eklenebilmesi mümkün olmaktadır. Opsiyonel modüllere eklenebilecek I/O modüller aşağıdaki gibidir,

- Analog Giriş Modülü(AI-01) :8 kanallı analog giriş modülüdür.
- Analog Çıkış Modülü(AO-01) :4 kanallı analog çıkış modülüdür.
- Dijital Çıkış Modülü(DO-01) :64 adet dijital çıkış bulunduran çıkış modülüdür.
- Giriş-Çıkış Modülü(LIO-01) :16 dijital giriş, 16 dijital çıkış, 1encoder girişi bulunduran modüldür. Çıkışlar sink moddur.

- Giriş-Çıkış Modülü(LIO-02) :16 dijital giriş, 16 dijital çıkış, 1encoder girişi bulunduran modüldür. Çıkışlar source moddur.
- Giriş-Çıkış Modülü(LIO-04) :32 dijital giriş, 32 dijital çıkış, 1encoder girişi bulunduran modüldür. Çıkışlar sink moddur.
- Giriş-Çıkış Modülü(LIO-05) :32 dijital giriş, 32 dijital çıkış, 1encoder girişi bulunduran modüldür. Sipariş kodu JAPMC-IO2304'dür. Çıkışlar source moddur.
- Çok fonksiyonlu Opsiyonel Modül :8 dijital giriş, 8 dijital çıkış(sink mod), 1 analog giriş, 1 analog çıkış ve 1 enkoder girişi bulunduran modüldür.

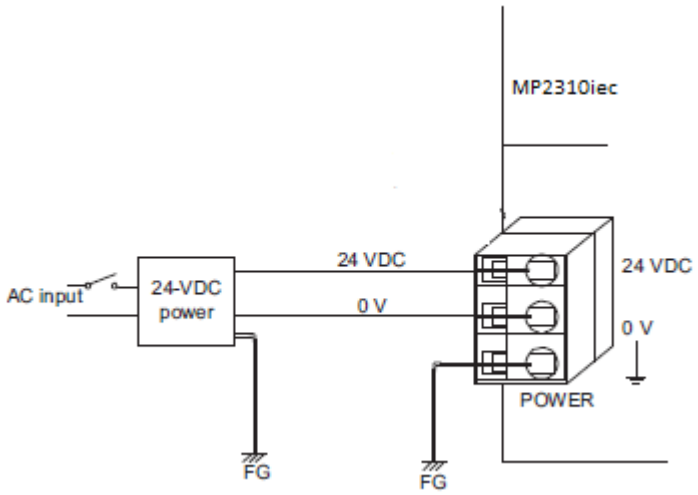
### 2.3.3. Güç Kaynağı Bağlantısı

MP2310iec DC24V güç ile beslenmektedir. Aşağıda güç bağlantısı için pin diyagramı gösterilmiştir.




Şekil 2.8. MP2310iec Güç Kaynağı Bağlantısı

Güç kaynağından alınan DC 24V gerilim diyagram üzerindeki DC24V pinine bağlanır. DC 0 V pinine ise güç kaynağından gelen 0 V bağlanır. Frame Ground pini dışarıdan gelen yüksek gerilimleri (yıldırım, şimşek vb.) topraklamak için kullanılır. Bağlantı şeması aşağıda verilmiştir.

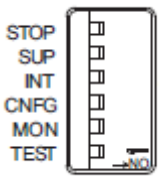



Şekil 2.9. MP2310iec Güç Kaynağı Bağlantı Şeması

### 2.3.4. DIP Switch'ler

MP2310iec hareket kontrolcüsü üzerinde birisi 6-noktalı ve diğeri 4-noktalı olmak üzere iki adet DIP switch bulunur. MP2310iec hareket kontrolcüsü ilk açıldığında öncelikle 10 adet DIP switch noktasının her birini okur ve o anki durumlarını çalıştırır. MP2310iec hareket kontrolcüsü açık iken DIP switch noktalarında kayıtlı olan bir bilgi değiştirilirse yeni durumun aktif olabilmesi için MP2310iec hareket kontrolcüsünün yeniden kapatılıp açılması gerekir. Çünkü kontrolcü yalnızca ilk açıldığı anda DIP switch' leri okumaktadır.

Aşağıda Şekil 2.10 ile verilmiş olan 6-noktalı DIP switch modülü kontrolcünün donanım yapısı ile ilgili ayarların yapılmasını sağlar. Bu donanımsal ayarlar aşağıdaki gibidir,

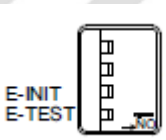



Şekil 2.10. 6-noktalı DIP switch

- STOP: Bu switch ON konumunda iken kontrolcü içerisindeki program yürütülmez. MP2310iec hareket kontrolcüsü, STOP durumunu alır ve tüm çıkışları keser. Ayrıca program içerisinde kullanılan değişkenler default değerlerine döner.

- SUP: Bu switch ON konumda iken MP2310iec hareket kontrolcüsünün yazılım versiyonu değiştirilebilir.
- INIT: Sistemin genel fonksiyonlarını tanıma amacıyla kullanılır.
- CNFG: Konfigürasyon modudur. Bu switch ON konumuna getirilip kontrolcüye bağlandığında kontrolcü otomatik olarak Mechatrolink-II hattı üzerindeki donanımları tanır.
- MON: Bu switch OFF konumunda ise ROM'unda kayıtlı olan BOOT programını çalıştırır. Fakat ağ üzerinde güncellenmiş bir programın çalıştırılabilmesi için bu switch ON konumuna getirilmelidir.

MP2310iec hareket kontrolcüsünün IP adresinin belirlenmesi için kullanılan 4-noktalı DIP switch modülü Şekil 2.11 ile gösterilmiştir. IP adresi bilinmeyen MP2310iec hareket kontrolcüsüne bağlanabilmek için E-INIT switch'i kullanılır. Bu switch ON konumuna çekildiğinde kontrolcü otomatik olarak 192.168.1.1 IP adresini alır.




Şekil 2.11. 4-noktalı DIP switch

### 2.3.5. Durum LED'leri

MP2310iec hareket kontrolcüsüne bağlanmadan, bu kontrolcünün o anki durum bilgisini durum LED'leri vasıtasıyla görebiliriz. Yani durum LED'leri kontrolcünün durumunu kontrolcüye bağlanmadan görmemizi sağlar. Durum LED'leri aşağıda Şekil 2.12.'te gösterilmiştir.



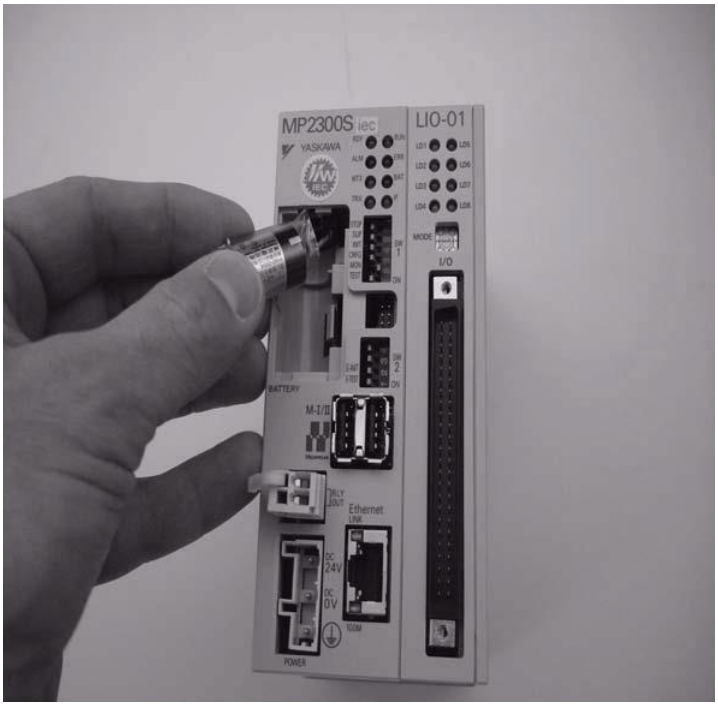

Şekil 2.12. Durum LED'leri

- RDY : Bu LED yeşil yanıyorsa kontrolcüde herhangi bir hata olmadığını ve kontrolcünün komut yürütmeye hazır olduğunu gösterir.

- RUN : Bu LED yeşil yanıyorsa kontrolcünün hafızasında kayıtlı programın yürütüldüğünü gösterir.
- ALM : Bu LED kırmızı yanıyorsa kontrolcünün çalışmasına engel olmayacak bir uyarı oluştuğunu gösterir.
- ERR : Bu LED kırmızı yandığında kontrolcüde hata olduğunu ve kontrolcünün işlem yapamayacağını belirtir.
- MTX : Bu LED Mechatrolink-2 hattından veri iletildiğinde yanar.
- BAT : Bu LED kırmızı yandığında pilde hata olduğunu gösterir.
- TRX : Bu LED Ethernet üzerinden veri alış verişi yaparken yeşil olarak yanar.
- IP : Bu LED IP adres verileri tamamlanınca yani donanımsal konfigürasyonda bir hata olmadığında yeşil yanar.

### 2.3.6. Pil

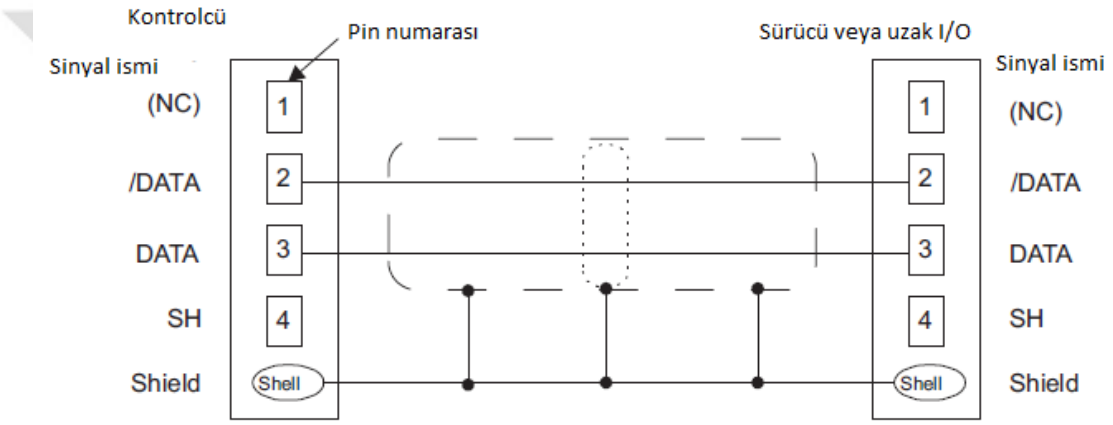
MP2310iec hareket kontrolcüsüne enerji verilmeden önce Şekil 2.13'de gösterildiği gibi bir Lityum pil takılmalıdır. Lityum pil sayesinde enerji kesilmesi olsa dahi SRAM içerisinde kayıtlı olan veriler korunmaktadır. Lityum pil sayesinde enerji kesilmelerinde dahi korunan ve SRAM içerisinde kayıtlı olan bu bilgiler; Retain (kalıcı) değişkenler ve MC-Set Position komutu tarafından verilen eksen pozisyonlarıdır.




Şekil 2.13. Lityum pil

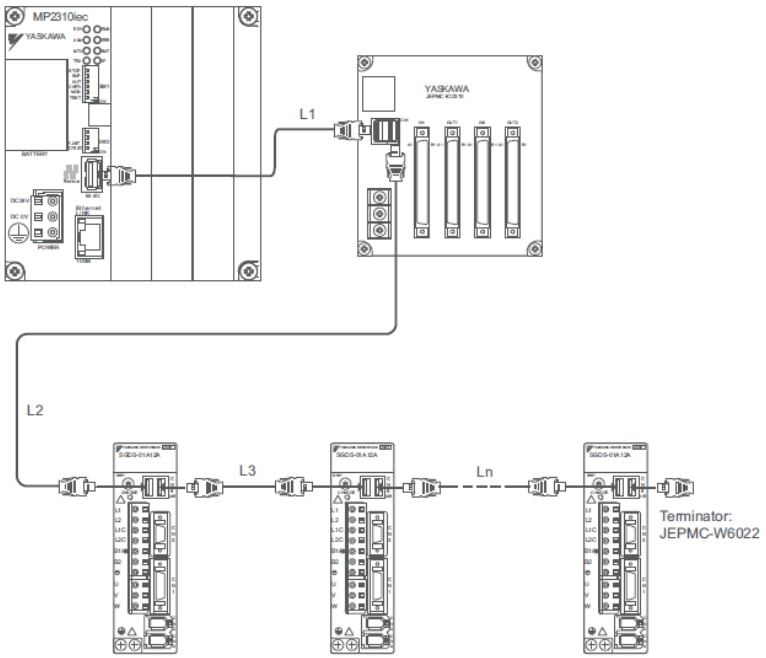
### 2.3.7. Mechatrolink-II Ağı

MP2310iec hareket kontrolcüsünün çalışma esnasında servo sürücüler ve uzak I/O gibi donanımlarla haberleşmesi gerekir. Bu haberleşme Mechatrolink-II haberleşme protokolü vasıtasıyla gerçekleştirilir. Her bir servo sürücü ve uzak I/O girişi bir düğüm noktası olarak kabul edilir ve hareket kontrolcü ile düğüm noktaları arasındaki bağlantılar Mechatrolink kabloları vasıtasıyla tesis edilir. Her bir düğüm noktası bir adet Giriş ve bir adet Çıkış soketine sahiptir. Hareket kontrolcü ile düğüm noktalarını birbirine bağlayan mechatrolink kablosunun pin diyagramı Şekil 2.14 ile gösterilmiştir.




Şekil 2.14. Mechatrolink kablosu pin diyagramı

Kol profili otomasyonunda kullanılan donanımların mechatrolink ağı aşağıda Şekil 2.15 ile gösterilmiştir. Mechatrolink kablosu öncelikle hareket kontrolcüsüne girerek ağı başlatmaktadır. Hareket kontrolcüden çıkan kablo ise uzak I/O donanımına girmektedir. Uzak I/O'dan çıkan kabloda servo sürücülerin ilkine girmekte ve sonrasında diğer servo sürücülere dağılmaktadır. Mechatrolink ağı son servo sürücüde bir sonlandırıcı direnç kullanılarak tamamlanmaktadır. Yani hareket kontrolcü sonlandırıcı direnci görene kadar ağ üzerinde donanım aramaya devam eder. Yaskawa hareket kontrolcüleri için kullanılan sonlandırma direnci W6022 direncidir.




Şekil 2.15. Kol profili otomasyonu mechatrolink ağı

### 2.3.8. Ethernet Ağı

Kişisel bilgisayar veya kontrol paneli hareket kontrolcüye Ethernet soketi vasıtasıyla bağlanır. Ethernet soketi haberleşmenin durumunu ve veri iletim hızını tanımlayan iki LED göstergesine sahiptir. Sarı LED haberleşmenin durumunu tanımlarken, yeşil LED haberleşme hızını tanımlamaktadır. LINK etiketi tarafında sarı ışık yandığında haberleşme sağlanmış ve veri alış verişi başlamıştır. Herhangi bir haberleşme olmadığında ise sarı ışık yanmaz. 100m etiketi tarafında yeşil ışık yandığında 100 Mbps hız ile haberleşme sağlandığını, yanmadığında ise 10Mbps hız ile veri alış verişi sağlandığını gösterir.




Şekil 2.16. Ethernet soketi

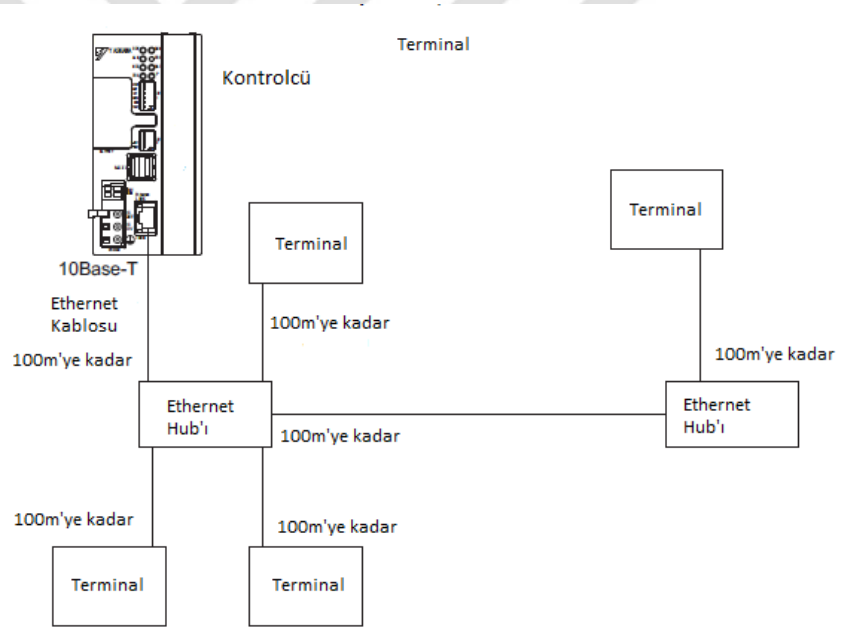
Çevre donanımların hareket kontrolcüye bağlanması ile Ethernet Ağı oluşur. Ethernet ağı içerisinde her bir donanım birbirine ethernet kabloları ile bağlanır. Burada kullanılan

Ethernet kabloları 8 pinli RJ45 CAT5 kablolardır. Bu çalışmadan kullanılan Ethernet kablosunun pin diyagramı Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. CAT5 ethernet kablosu pin diyagramı

| Pin Numarası | Sinyal İsmi | Açıklaması |
|---|---|---|
| 1 | TXD+ | Gönderilen veri artı ucu |
| 2 | TXD- | Gönderilen veri eksi ucu |
| 3 | RXD+ | Alınan veri artı ucu |
| 4 | - | |
| 5 | - | |
| 6 | RXD- | Alınan veri eksi ucu |
| 7 | - | - |
| 8 | - | - |

Aşağıda örnek bir Ethernet ağı verilmiştir.



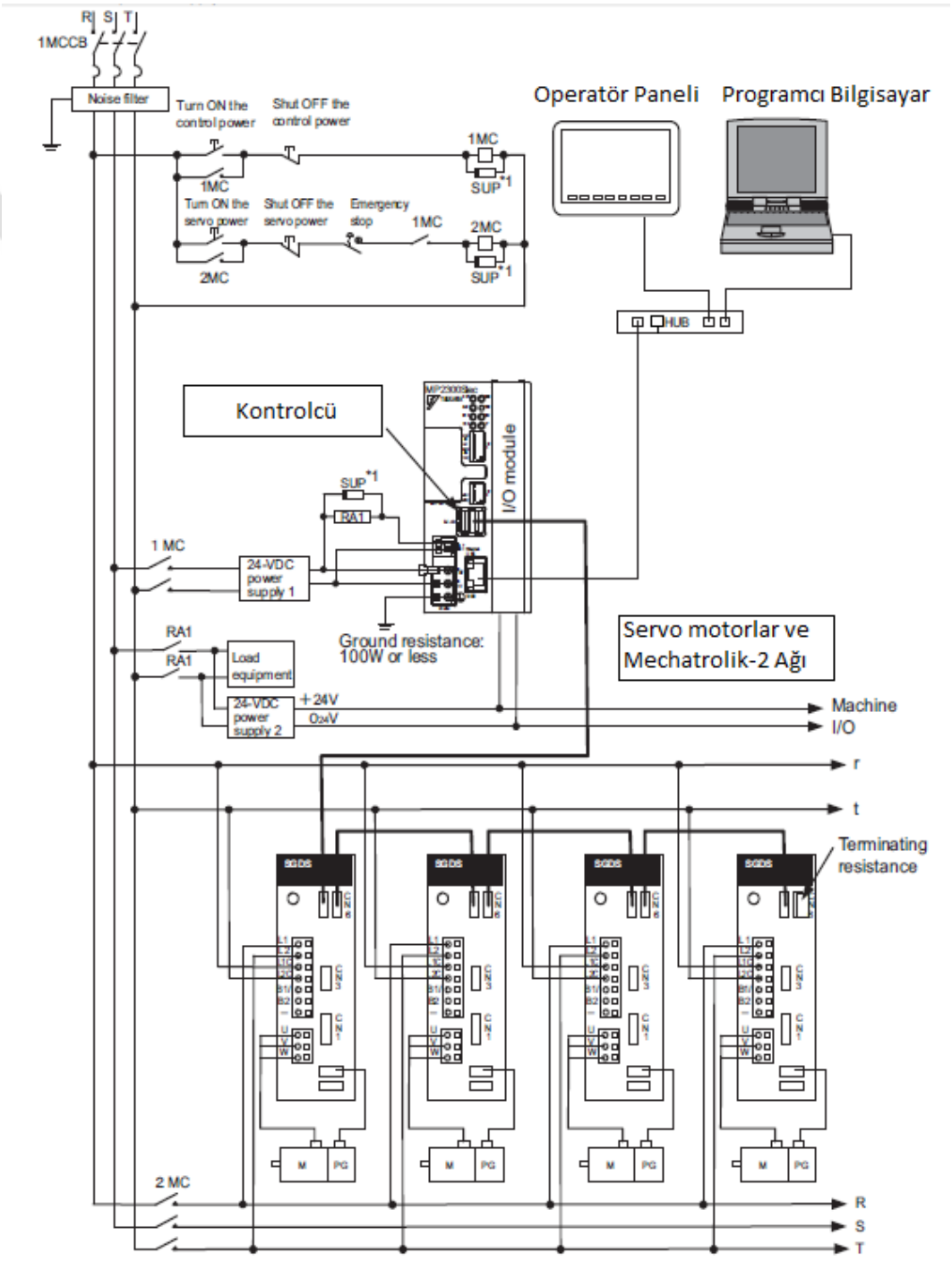

Şekil 2.17. Örnek bir ethernet ağı

Hareket kontrolcü ile çevre donanımlar arasındaki bağlantı ve veri iletişimi bir Hub vasıtasıyla sağlanmaktadır ve her bir donanım Ethernet kabloları ile birbirine bağlanmıştır. Herhangi bir donanımdan diğer donanımlara veri iletiminin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için donanımları birbirine bağlayan Ethernet kablolarının uzunluğu 100 m'yi geçmemelidir.

Bu tez çalışmasında tasarlanan Kol profili otomasyon sisteminde Mechatrolink-II ağı üzerinde 13 adet servo motor ve 2 adet uzak I/O modülü bulunmaktadır. Ayrıca

kontrolcüyü programlayacak bilgisayar ile kontrolcü arasındaki haberleşme TCP/IP protokolü ile sağlanmaktadır. Operatör paneli, bilgisayar ve kontrolcü bir Hub üzerinde birleşmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında kurulan Kol profili otomasyonu haberleşme ağı aşağıda Şekil 2.18 ile verilmiştir.




Şekil 2.18. Kol profili otomasyonu haberleşme ağı

# 3. BÖLÜM

# CODESYS PROGRAMLAMA PLATFORMU

Kontrollü Geliştirme Sistemleri (Controlled Development System, CODESYS), bütün PLC' leri programlayabilmek amacıyla 1995 yılında 3smart firması tarafından geliştirilmiş ortak bir yazılım platformudur [11]. Günümüzde ABB, Scneider, Wago, Eaton, Mitsubishi, Festo, Beckoff ve Yaskawa gibi birçok önemli şirket endüstriyel bilgisayarlarında, PLC'lerinde ve hareket kontrolcülerinde CODESYS programlama platformunu kullanmaktadır.

CODESYS programlama platformu, PLC'lerin programlanmasında ST, LD, SFC, IL ve CFC gibi farklı programlama dillerinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Böylece PLC'ler daha kolay programlanabilmekte ve farklı dil seçenekleri sayesinde daha çok kişiye hitap etmektedir. CODESYS, sahip olduğu kütüphanelerden dolayı ve yazılım geliştiriciler tarafından geliştirilen harici kütüphanelerin CODESYS' e çok kolay entegre edilebilmesinden dolayı güçlü ve tercih edilen bir program geliştirme platformu haline gelmiştir [2].

CODESYS' in getirdiği en önemli avantajlardan bir diğeri ise herhangi bir PLC veya endüstriyel bilgisayar için yazılmış olan bir programın, farklı marka PLC ve endüstriyel bilgisayarlara çok küçük donanım değişiklikleri ile uyarlanabilmesidir.

CODESYS ile fabrika otomasyonu, mobil otomasyon, enerji otomasyonu, gömülü sistem otomasyonu, proses otomasyonu ve bina otomasyonu gibi bir çok endüstriyel alanda kullanılan kontrol sistemleri için yazılım geliştirilebilmektedir.

## 3.1. CODESYS Yazılım Dilleri

CODESYS programlama platformunun en önemli özelliklerinden birisi farklı programlama dillerinin kullanılmasına olanak sağlamasıdır. CODESYS programlama

dilinde en yaygın olarak kullanılan yazılım türleri ST, IL, LD, SFC, FBD, ve CFC' dir. Her bir yazılım türü tek başına bütün sistemi tasarlayabilir ancak farklı işlemler için farklı yazılım türlerinin hibrid şekilde kullanılması zaman ve performans açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Şimdi bu yazılım türlerinden en yaygın olarak kullanılan ST, IL, LD ve SFC dillerini detaylıca inceleyelim.

### 3.1.1. Yapısal Metin (ST) Programlama Dili

ST programlama dili, Visual basic ve C++ dillerini temel alan hibrid bir programlama dilidir. *IF…THEN…ELSE* yapıları ile *WHILE…DO* , *FOR…NEXT*, *DO…UNTIL* gibi döngü komutlarını içerir [12].

Giriş değişkenleri, çıkış değişkenleri, hafıza değişkenleri ve geçici değişkenler gibi değişken tanımlamaları *var…end_var* deyimleri arasında yapılır. ST kodlama türünde değişken tanımlamaları yapılırken aşağıdaki kodlama kurallarına uyulması gerekir [2]:

-Değişkenler rakam ile başlayamaz.

- Değişkenler çok sayıda kelimeden oluşuyor ise kelimeler arasında boşluk bulunmamalıdır.

-Değişkenler çok uzun seçilmemelidir.

-Değişkenler Türkçe karakter içermemelidir.

-Değişkenler CODESYS programlama platformundaki komutlar ile aynı isimde olamazlar.

Aşağıda, PLC girişlerine uygulanan sensörlerden alınan sayısal bilgilerin değişkenlere atanmasını gösteren örnek bir ST program parçası verilmiştir:

```
VAR
S1  AT %IX2.0: BOOL;
S2  AT %IX2.1:BOOL;
S3 AT %IX2.2:BOOL;
END_VAR
```

Bu program parçasında, 2.0 girişine bağlı sensörden alınan sayısal bilgi S1 değişkenine, 2.1 girişindeki sensörden alınan sayısal bilgi S2 değişkenine ve 2.2 girişindeki sensörden alınan sayısal bilgi S3 değişkenine atanmaktadır. Ayrıca bu değişkenlerin BOOL tipinde veriler oldukları komut içerisinde belirtilmiştir.

Aşağıda, PLC çıkışlarına bağlanmış olan devre elemanlarına değişkenlerin atanmasını gösteren örnek bir ST program parçası verilmiştir:

```
VAR

MOTOR AT %QX0.0:BOOL;

VALF AT %QX0.1:BOOL;

END_VAR
```

Buradaki program parçasında, 0.0 çıkışına MOTOR değişkeni ve 0.1 çıkışına ise VALF değişkeni atanmıştır ve bu çıkışlara BOOL tipinde verilerin gönderildiği belirtilmiştir.

ST programlama dilinde yukarıda tanımlanmış olan ve donanımlar ile ilişkilendirilmiş giriş ve çıkış değişkenlerinden farklı olarak, yalnızca program içerisinde kullanılmak üzere oluşturulan değişken yapıları da mevcuttur. Bu değişken yapıları hafıza değişkenleri olarak adlandırılırlar. Çok aşamalı sistemlerde birimler arasındaki iletişimin kurulması ve çok sayıda giriş veya çıkış elemanının tek bir değişken vasıtasıyla değerlendirilebilmesi gibi önemli işlevler hafıza değişkenleri ile gerçekleştirilir. Hafıza değişkenlerinin program içerisinden müdahale edilmediği sürece elektrik kesintisi de dâhil olmak üzere hafızada sürekli olarak tutulabilmesi mümkündür.

Aşağıda, hafıza değişkenlerinin oluşturulmasına bir örnek gösterilmiştir,

```
VAR

MOTOR AT %QX0.0:BOOL;

EKRANSTART AT %MX0.2: BOOL;

END_VAR
```

Yukarıda verilen kod parçasında, EKRANSTART değişkeni 0.2 adres değerine atanmaktadır, yani hafızadaki 0 numaralı adres satırının 2. bitine kaydedilmektedir.

Şu ana kadar anlatılmış olan değişken türlerini de içeren bir ST programlama dili ile yazılmış olan örnek bir program aşağıda verilmiştir.

Şimdi, ST programlama dili ile yazılmış bir örnek uygulama geliştirelim ve çalışmasını analiz edelim. Bu uygulamada, 4 adet lamba birbirinden bağımsız olarak belli zamanlarda yakılacaklar ve bir süre açık kaldıktan sonra tekrar söndürüleceklerdir. Programa ait kod parçası aşağıdaki gibidir,

```
PROGRAM PLC_PRG

VAR

LAMBA1 AT %QX0.1:BOOL;

LAMBA2 AT %QX0.2:BOOL;

LAMBA3 AT %QX0.3:BOOL;

LAMBA4 AT %QX0.4:BOOL;

START AT %IX2.0:BOOL;

STOP AT %IX2.1:BOOL;

ZAMAN:TON;

SURE:DINT;

END_VAR

ZAMAN(IN:START,PT:=1m);

IF STOP=TRUE THEN

LAMBA1:=FALSE;

LAMBA2:=FALSE;

LAMBA3:=FALSE;
```

```
LAMBA4:=FALSE;
END_IF
SURE:=TIME_TO_DINT(ZAMAN.ET);
IF SURE>=0 AND SURE<=10000 THEN
LAMBA1:=TRUE;
ELSEIF SURE>=10001 AND SURE<=20000 THEN
LAMBA2:=TRUE;
ELSEIF SURE>=20001 AND SURE<=30000 THEN
LAMBA3:=TRUE;
ELSEIF SURE>=30001 AND SURE<=40000 THEN
LAMBA4:=TRUE;
ELSE
LAMBA1:=FALSE;
LAMBA2:=FALSE;
LAMBA3:=FALSE;
LAMBA4:=FALSE;
END_IF
```

Yukarıdaki programda öncelikle her birisi bir çıkışa bağlanmış olan LAMBA1, LAMBA2,LAMBA3,LAMBA4 çıkışları ve her birisi bir girişe bağlanmış olan START ve STOP girişleri tanımlanmıştır. Ayrıca “zaman” adlı bir zamanlayıcı ve Double Integer (DINT) veri tipinde “sure” değişkeni tanımlanmıştır. Zamanlayıcının değeri DINT veri tipine dönüştürülerek “zaman” değişkenine atanmıştır. START tuşuna basılmasıyla zamanlayıcı çalışmaya başlar ve her bir lamba kendisi için tanımlanmış olan zaman değerine ulaşıldığında yanar. Bu durum aşağıda açıklanmıştır,

Süre değeri 0 ile 10s arasındaki iken LAMBA1 çıkışı aktif edilmiştir.

Süre değeri 10s ile 20s arasında iken LAMBA2 çıkışı aktif edilmiştir.

Süre değeri 20s ile 30s arasında ise LAMBA3 çıkışı aktif edilmiştir.

Süre değeri 30s ile 40s arasında ise LAMBA4 çıkışı aktif edilmiştir.

Süre değeri 1dk(60s) olduğunda ise zamanlayıcı kendini sıfırlamakta ve tüm çıkışlar resetleyerek lambaları söndürmektedir.

Zamanlayıcının kendisini sıfırlamadan önce herhangi bir zaman diliminde yani sistem çalışmaya devam ederken, STOP tuşuna basılırsa LAMBA1,LAMBA2, LAMBA3 ve LAMBA4 çıkışları kesilmekte ve lambalar sönmektedir.

### 3.1.2 Komut Listesi (Instruction List) Programlama Dili

Bu programlama dilinde, her bir satırda yalnızca bir işlem tanımlanabilir. Ayrıca, komutların önünde atlama işlemleri yapmak için bir etiket ile devamında ":" karakteri bulunabilir [12]. Yorum ifadeleri ise komut satırının en sonuna yazılır.

IL programlama dilinde kullanılan niteleyici ve operatörler aşağıda verilmiştir.

Niteleyiciler:

- C niteleyicisi JMP, CAL veya RET komutları ile kullanıldığında, komutlar sadece bağlanan şart doğru olduğunda çalışır.
- N niteleyicisi JMPC, CALC ve RETC komutları ile kullanıldığında, komutlar sadece bağlanan şart yanlış olduğunda çalışır.
- N niteleyicisi diğer komutlar ile kullanıldığında, bağlanan komutu terslendirir.

IL programlama dilinde kullanılan komut operatörleri ve niteleyiciler aşağıda Tablo 3.1 ile verilmiştir.

Tablo 3.1. IL programlama dilinde kullanılan komut operatörleri ve niteleyiciler

| OPERATOR | NİTELEYİCİ | KOMUT AÇIKLAMASI |
|---|---|---|
| LD | N | Girilen değer hafızaya yüklenir. |
| ST | N | O andaki değer değişkene aktarılır. |
| S | | Değer tekrardan False edilene kadar True olarak tutulur. |
| R | | Değer tekrardan True edilene kadar False olarak tutulur. |
| AND | N,( | AND işlemi |
| OR | N,( | OR işlemi |
| XOR | N,( | XOR işlemi |
| ADD | ( | Toplama işlemi |
| SUB | ( | Çıkarma işlemi |
| MUL | ( | Çarpma işlemi |
| DIV | ( | Bölme işlemi |
| GT | ( | > |
| GE | ( | >= |
| EQ | ( | = |
| NE | ( | <> |
| LE | ( | <= |
| LT | ( | < |
| JMP | CN | Etikete dallanma |
| CAL | CN | Alt program çağırma |
| RET | CN | Mevcut program parçasından ayrılıp ana programa dallanma |

Aşağıda IL programlama dili kullanılarak yazılmış örnek bir program verilmiş ve çalışması açıklanmıştır.

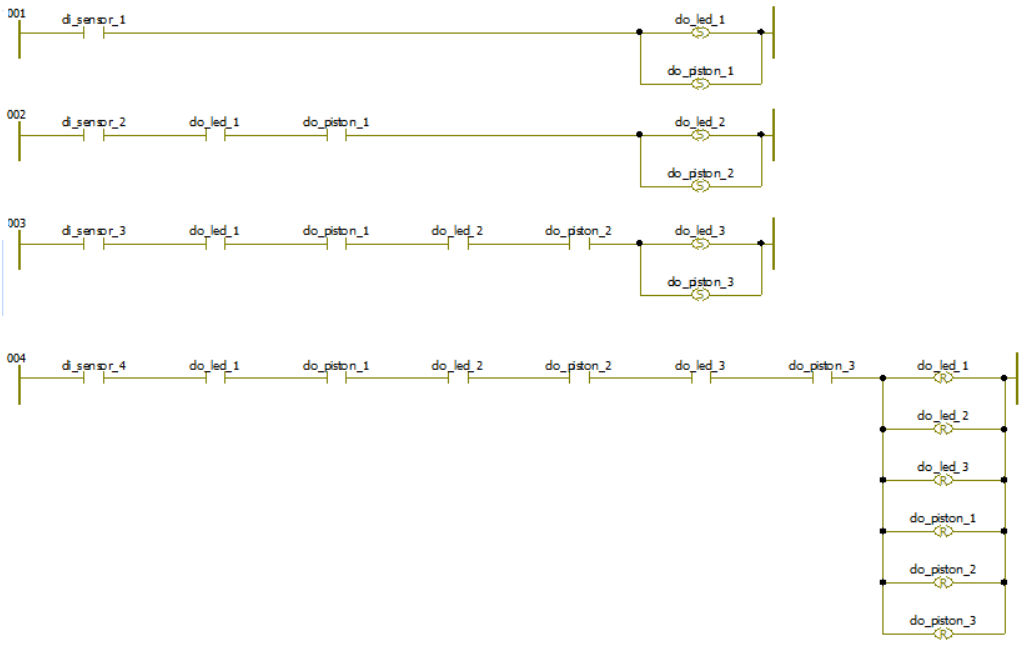
```
LD TRUE
ANDN BOOL1
JMPC mark
LDN BOOL2
ST ERG
mark:
LD BOOL2
ST ERG
```

Yukarıda verilen program parçasında öncelikle hafızaya TRUE değeri yüklenmiştir. Hafızaya yüklenen bu değer daha sonra BOOL1 değerinin tersiyle AND işlemine tabi tutulmuş ve sonuç TRUE ise mark etiketine dallanmıştır. Bu dallanma neticesinde BOOL2 değişkeni hafızaya alınarak ERG değişkenine atanmıştır. Sonucun FALSE olması durumunda ise dallanma olmamış ve sonraki satırda BOOL2 değerinin tersi hafızaya yüklenerek ERG değişkenine atanmıştır.

### 3.1.3. Merdiven (Ladder) Programlama Dili

LD programlama dili, elektrik kumanda devre sembollerine çok benzeyen sembollerin kullanıldığı ve elektrik kumanda devrelerinde kullanılan seri-paralel devre mantığı ile programların yazılabileceği bir PLC programlama dilidir. Seri ve paralel elektrik devre bağlantısı şeklinde olan LD devreleri art arda bağlı kontaklardan oluşur. Her bir devre sağ ve sol düşey akım hattı ile sınırlıdır. Ladder devresinde kontaklar soldan sağa doğru kontrol edilir ve kontak bağlantılarının çıkışlarının lojik 1 olması durumunda hat sonunda istenen çıkış değeri üretilir. Herhangi bir kontak bağlantısının çıkışı lojik 0 olursa çıkış üretilmez.

Aşağıda LD programlama dili kullanılarak tasarlanmış bir program parçası ve açıklaması verilmiştir.



Yukarıda verilen LD diyagramında di_sensor_1, di_sensor_2, di_sensor_3 ve di_sensor_4 giriş değişkenleri PLC'ye giriş olarak bağlanan sensörlerdir. Bu sensörler, herhangi bir cismi gördüğü zaman "TRUE" olmaktadır. Diğer taraftan do_led_1, do_led_2 ve do_led_3 çıkış değişkenleri PLC çıkışlarına bağlanmış lambaları tanımlarken, do_piston_1, do_piston_2 ve do_piston_3 çıkış değişkenleri PLC çıkışlarına bağlanan pnömatik pistonları tanımlamaktadır.

1. Satırda di_sensor_1 değişkeni "True" değerini alınca yani sensör herhangi bir cismi gördüğünde do_led_1 ve do_piston_1 çıkışları "Set" olmakta, "True" değerini almakta yani lamba yanmakta ve piston açılmaktadır.

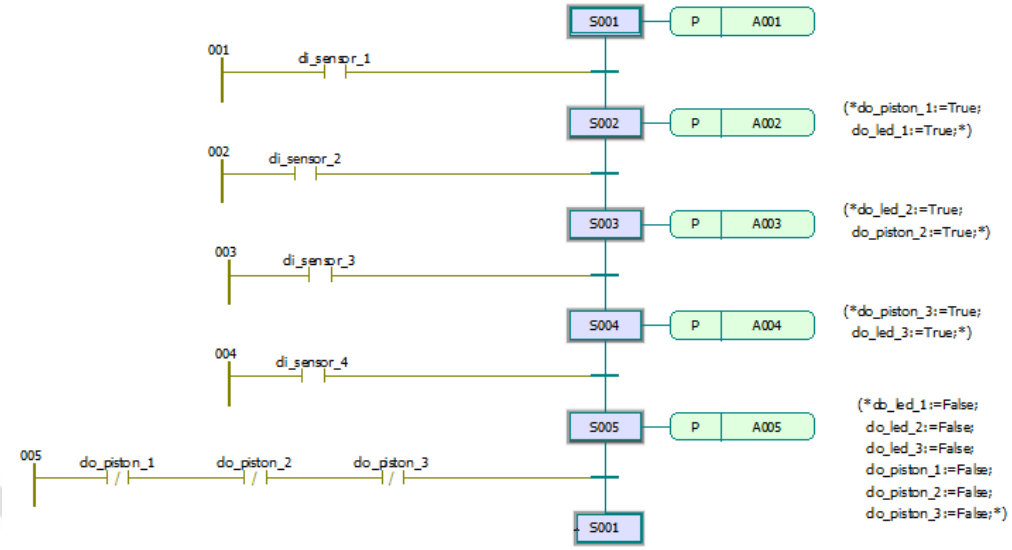
2. satırda, di_sensor_2, do_led_1, do_piston_1 değişkenlerinden hepsinin değeri "True" olduğunda do_led_2 ve do_piston_2 çıkışları "Set" olmakta, "True" değerini almakta yani do_led_2 lambası yanmakta ve do_piston_2 pistonu açılmaktadır.

3. satırda, di_sensor_3, do_led_1,do_piston_1, do_led_2, do_piston_2 değişkenlerinin hepsi "True" olduğunda do_led_3 ve do_piston_3 çıkışları "Set" olmakta, "True" değerini almakta yani do_led_3 lambası yanmakta ve do_piston_3 pistonu açılmaktadır.

4. satırda, di_sensor_4, do_led_1, do_piston_1, do_led_2, do_piston_2, do_led_3, do_piston_3 değişkenlerinin hepsi "True" olduğunda do_led_1, do_led_2, do_led_3, do_piston_1, do_piston_2, do_piston_3 çıkışları "Reset" olmaktadır. Yani lambalar sönmekte, açılmış pistonlar kapanmaktadır.

### 3.1.4. Ardışık Fonksiyon Tablosu (Sequential Function Chart) Programlama Dili

Grafik tabanlı bir programlama dili olan SFC, özellikle ardışık işlemler içeren uygulamalarda avantajlı bir metottur. Aşağıda örnek bir SFC program parçası verilmiştir.




SFC programlama dili,"Step", "Action" ve "Transition" olarak tanımlanan dallardan oluşmaktadır. Şekilde "Ladder" dalları Step, Mavi kutucuklar "Transition" ve yeşil kutucuklar Action dalıdır. Action dallarına, şekilde sağ tarafta gösterildiği gibi, herhangi bir programlama dilinde yazılan programlar kaydedilebilir. Burada "Step" şartları sağlandığında "Transition" şartına bakılır. "Transition" şartı da tamamlandığında yeşil kutucuk içindeki "Action" işlemleri gerçekleştirilir.

Yukarıda verilmiş olan örnek SFC program parçasının açıklaması aşağıdaki gibidir,

1.dalda di_sensor değişkeni "True" olduğunda A002 Action işlemleri gerçekleştirilmektedir. Yani do_piston_1 ve do_led_1 değişkenlerine "True" değerleri atanmakta, do_led_1 lambası yanmakta, do_piston_1 pistonu açılmaktadır. 1. Daldaki işlemler tamamlandıktan sonra 2. Dala geçilmektedir. Burada di_sensor_2 değişkeni "True" olana kadar program bekler. di_sensor_2 değişkeni "True" olduğunda A003 Action işlemleri uygulanmaktadır. Yani do_led_2 ve do_piston_2 çıkışlarına "True" değeri atanmakta, do_led_2 lambası yanmakta ve do_piston_2 pistonu açılmaktadır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra program di_sesnor_3 değişkenini bekler ve bu değişken "True" değerini alınca A004 Action işlemlerini gerçekleştirir. Yani, do_piston_3 ve do_led_3 değişkenleri "True" değerini alır ve böylece do_led_3 lambası yanar ve do_piston_3 pistonu açılır. Daha sonra program di_sensor_4 değişkeninin "True" olması durumunda do_led_1, do_led_2, do_led_3, do_piston_1, do_piston_2, do_piston_3 değişenlerine "False" değerini atar yani pistonlar kapanır ve lambalar söner.

# 4. BÖLÜM

# KOL PROFİLİ OTOMASYON SİSTEMİ

Kol profili otomasyonunda yapılması hedeflenen kanepe hammaddesi, kanepe ile kanepe kolunu birleştiren saplamaların monte edildiği profildir. Tüm kol profili çeşitlerinde olduğu gibi bu profil üzerinde de belirli sayıda delik, somun ve sac bulunmaktadır. Tasarlanmış olan otomasyon hattı ile farklı taleplere cevap verebilecek çok sayıda ve çeşitte kol profilinin üretilmesi mümkün olabilmektedir. Tablo 4.1'de otomasyonda üretilen ürünlerin hammadde uzunlukları görülmektedir.

Tablo 4.1. Otomasyona beslenen hammaddelerin boy uzunlukları

| **Ürün İsmi** | **Uzunluk (cm)** |
|---|---|
| Star | 71,5 |
| Dream | 72,5 |
| Polmen | 70,2 |
| Elizia | 82 |

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilmiş olan otomasyon hattı tasarlanmadan önce üretim operatör esaslı yapılmakta bu ise üretim maliyetini artırmakta, günlük üretim adedini düşürmekte ve zaman kaybına yol açmaktaydı. Ayrıca operatör esaslı üretimin getirdiği önemli sorunlardan birisi de üretilen ürünlerin standart olmaması idi. Kanepeler standart olmasına rağmen ham madde standart değildi. Bu da üretim kayıplarına neden olmaktaydı.

Otomasyon hattı geliştirilmeden önce operatör esaslı üretilen kol profiline ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 4.1. Operatör esaslı üretilen kol profili

Örneğin yukarda Şekil 4.1 ile verilmiş olan ve operatör esaslı üretilen kol profilini incelediğimizde,

i.) İlk aşamada düz profilimizin uçları belirli bir uzunlukta ve belirli bir açı ile bükülmesi gerekmektedir. Bu işlem operatör esaslı yapıldığında çoğunlukla uygun açılarda bükme işlemi gerçekleştirilememekte ve bir sonraki üretim hatlarında bu durum sorun oluşturmakta ve bazı ilave işlemlerin yapılmasını gerektirmektedir. Ayrıca bu işlemi yapan işçi her bir uç için ayrı ayrı zaman harcamaktadır dolayısıyla zaman ve güç kaybı oluşmaktadır. Tez kapsamında geliştirilmiş olan sistem eş zamanlı olarak her iki ucu da hatasız bir şekilde bükebilmektedir. Dolayısıyla önemli ölçüde zaman, güç ve maliyet kazancı ortaya çıkmaktadır.

ii.) İkinci aşamada profil üzerine standart konumlara delikler açılmaktadır. Bu işlem operatör esaslı yapılırken milimetrik olarak konumların doğru bir şekilde ayarlanması son derece zor olmakta ve üretim hataları oluşabilmektedir. Her bir delik için ayrı ayrı çalışılması da üretim hızını düşürmektedir. Bu tez kapsamında geliştirilen sistemde delik konumları milimetrik ve hatasız bir şekilde ayarlanabilmekte ve böylece önemli ölçüde zaman ve maliyet kazancı ortaya çıkmaktadır.

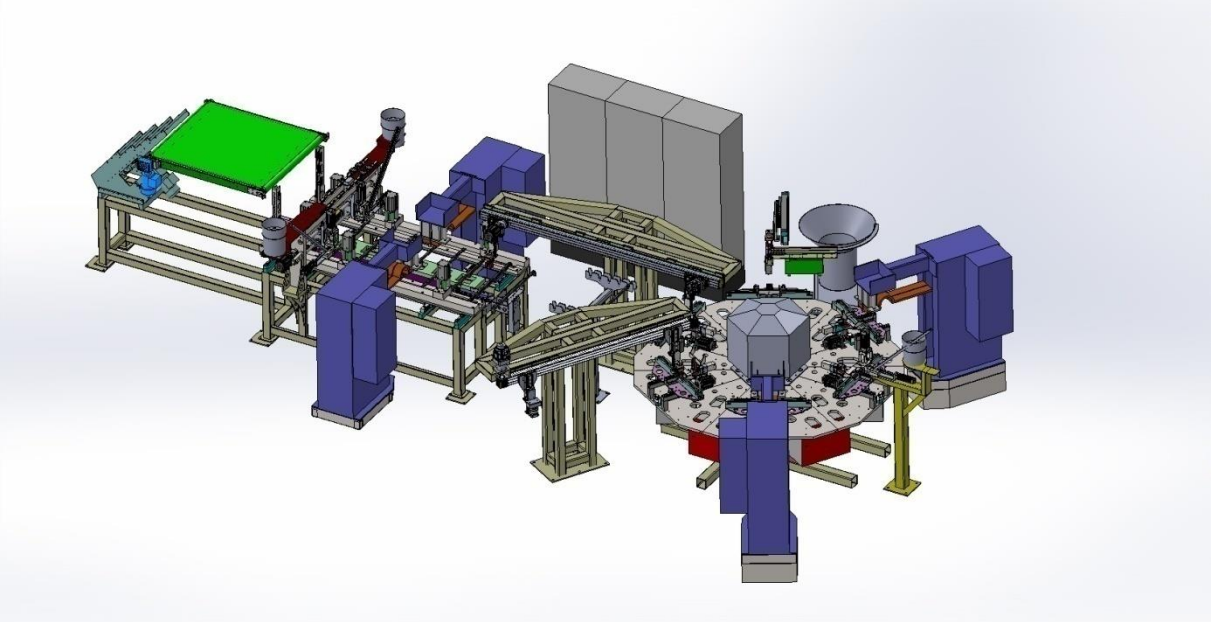
iii.) Üçüncü aşamada profil üzerine açılmış olan her bir deliğe somun çakma ve kaynak işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlem operatör esaslı gerçekleştirilirken

her bir noktaya ayrı ayrı somunların çakılması ve ayrı ayrı kaynak yapılması gerekmektedir. Geliştirilen sistemde ise bir piston vasıtası ile eş zamanlı olarak çok sayıda noktaya somun çakılarak kaynak yapılabilmektedir. Dolayısıyla sistem daha hızlı çalışmakta ve günlük üretim adedini artırmaktadır.

Yukarda da belirtildiği gibi operatör esaslı yapılan ürünlerin her birine çok sayıda milimetrik önemde işlemlerin yapılması gerekmekte ve bu işlemlerin her birisi farklı kişiler tarafından yapılmakta idi. Bu da ürün takibi gerektirmekte ve her bir prosesin farklı makinelerde ve farklı ustalarda yapılması büyük zaman kaybına yol açmakta idi.

### 4.1. Kol Profili Otomasyonu Çalışma Prensibi

Düz bir profili alıp işleyerek çıkışında üretim hattına uygun hale getiren kol profili otomasyon sistemi *Besleme (Shuttle) Sistemi*, *Ara Besleme* ve *Döner Adım Modülü* olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu sistemin tamamı aşağıda Şekil 4.2 ile verilmiştir.



Şekil 4.2. Kol profili otomasyonu sisteminin tasarlanmış genel görünümü

Şimdi, Şekil 4.2 ile verilmiş olan sistemin her bir ana bölümünü ayrı ayrı inceleyelim.

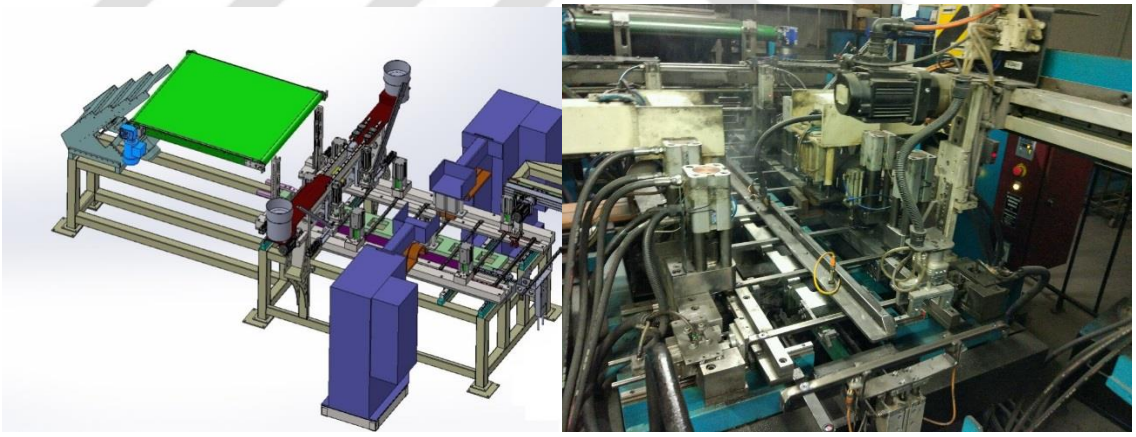
### 4.1.1. Besleme Bölümü İşlemleri

Besleme Bölümünde, ham madde olarak gelmiş ve üzerinde hiçbir işlem yapılmamış olan düz bir profil işlenerek bir sonraki aşama olan Döner Adım Modülüne uygun hale getirilir. Besleme Bölümünde işlenmemiş profil üzerinde sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılır,

i.) Tanımlanan mesafelere belirtilen sayıda ve milimetrik olarak deliklerin açılması,
ii.) Her bir deliğe somun çakılması,
iii.) Her bir somun için kaynak yapılması,
iv.) Profil kenarlarının ezilmesi,
v.) Ezilen profil kenarlarının belirli bir açı ile bükülmesi

tasarlanmış olan sistemde, yukarda verilmiş olan her bir işlem 5 adet profil için sırasıyla ve eş zamanlı olarak yapılmaktadır.

Besleme Bölümüne ait katı tasarım ve gerçek resim Şekil 4.3 ile verilmiştir.



Şekil 4.3. Kol profili otomasyonu besleme bölümü tasarım ve gerçekleştirilmesi

Şekil 4.4'te gösterilen ham profil üzerinde yukarıda bahsetmiş olduğumuz 5 aşamalı işlemi gerçekleştiren besleme bölümü 5 istasyondan oluşmaktadır. Her bir istasyonda ham profil üzerinde yapılan işlemler ve bu işlemlere ait şekiller aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.4. Kol profili otomasyonuna beslenen ürün

**Birinci İstasyon:** Ham profil üzerinde hidrolik pistonlar ile istenilen sayıda delik eş zamanlı olarak açılmaktadır. Yapılmış olan tasarımlardan birisine ait çıktı Şekil 4.5 ile verilmiştir.



Şekil 4.5. Hidrolik pistonlar kullanılarak delinmiş profilin hali

**İkinci istasyon:**1. İstasyonda açılmış olan deliklere somunların çakıldığı istasyondur. Bütün somunlar pnömatik pistonlar ile eş zamanlı olarak çakılmaktadır. Somun çakma işleminden sonra elde edilmiş olan profile ait görüntü Şekil 4.6 ile verilmiştir.



Şekil 4.6. Somunları çakılmış profil yapısı

**Üçüncü istasyon:** Çakılmış olan somunların punta kaynağı ile kaynaklandığı istasyondur. Kaynaklama işlemi pnömatik pistonlar tarafından eş zamanlı olarak yapılmaktadır. Kaynaklama işleminden sonra elde edilmiş olan bir profile ait görüntü Şekil 4.7 ile verilmiştir.



Şekil 4.7. Somunları kaynatılmış profil

**Dördüncü istasyon:** Profil kenarlarının üretim hattına uygun şekilde bükülebilmesi için ezilmesi gerekir. Çünkü ezme işlemi uygulanmaz ise bükülme esnasında bükülme noktalarında çatlamalar ve kırılmalar oluşabilmektedir. Bu aşamada profil kenarları hidrolik pistonlar vasıtasıyla eş zamanlı olarak ezilmektedir. Ezme işlemi sonunda elde edilen profilin görüntüsü Şekil 4.8 ile verilmiştir.



Şekil 4.8. Uç kenarları ezilmiş profil

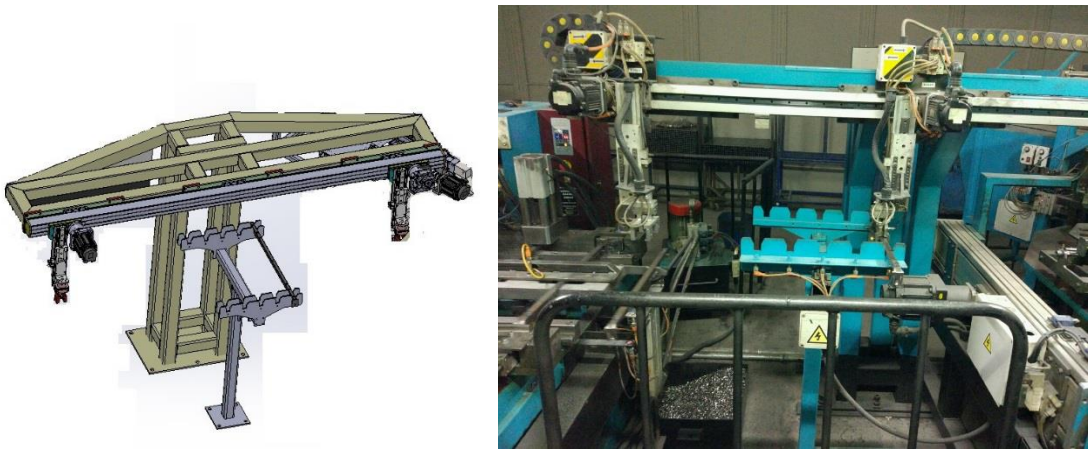
**Beşinci istasyon:** Önceki istasyonlarda ezilmiş olan kenarlar hidrolik pistonlar vasıtasıyla istenilen açıda bükülmektedir. Bükme açısı hidrolik pistonların konumları değiştirilerek belirlenebilmektedir. Kenarları bükülmüş bir profil Şekil 4.9 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Kenarları bükülmüş profil

### 4.1.2. Ara Besleme Bölümü işlemleri

Ara Besleme Bölümünde, Besleme Bölümünde yarı ürün haline getirilen kol profili Montaj Sacı kaynak ve somunlama işleminin yapılacağı Döner Adım Modülüne taşınmaktadır. Bu birim, 2 adet tutuculu (gripper) piston, bu pistonları bir kartezyen hat üzerinde hassas bir şekilde kontrol eden 2 adet servo motordan ve Depo (Buffer) düzeneğinden oluşmaktadır. Pistonlardan biri tarafından Besleme Bölümünden alınan profil, Depo olarak adlandırılan düzenekteki Döner Adım Modülüne en yakın olan ilk boşluğa hassas bir şekilde yerleştirilir ve daha sonra diğer piston tarafından Döner Adım Modülüne yerleştirilmek üzere alınır.



Şekil 4.10. Ara Besleme bölümü tasarımı ve gerçekleştirilmesi

Bu sistemde, besleme biriminden profillerin alınıp depo birimine yerleştirilmesi süreci ile depo birimine yerleştirilmiş olan profillerin alınıp döner adım modülüne yerleştirilmesi süreci tamamen birbirinden bağımsız şekilde çalışmaktadır. Yani herhangi birisinden meydana gelebilecek bir arıza diğer kısmın çalışmasını etkilememektedir.

Depo düzeneğine yerleştirme işlemi, Depo içerisindeki boş kanallarda bulunan ve metal algılama özelliğine sahip indüktif sensörler tarafından gönderilen bilgilere göre gerçekleştirilir. İndüktif sensörler bulundukları kanal dolu ise PLC'ye **KANAL DOLU** bilgisi gönderir. Bütün kanalların dolu olması durumunda Besleme Bölümünden yeni profil alma işlemi durdurulur.

Depo düzeneğinden profillerin alınarak döner adım modülüne yerleştirilmesi işlemi, Döner Adım Modülünün ilk istasyonunun boş olup olmamasına göre gerçekleştirilir. Döner Adım Modülünün ilk istasyonu her boş olduğunda Ara Besleme biriminden bu istasyona bir profil yerleştirilir. Döner Adım Modülü bir arıza sonucu devre dışı kaldığında eğer ilk istasyonu boş ise yine de Ara Besleme Biriminden bu boş istasyona bir profil yerleştirilir. Fakat bu noktadan sonra Döner Adım Modülü arızasından dolayı devre dışı kaldığından ve ilk istasyon dolu olduğundan Ara Besleme Bölümünün profil yerleştiren tutuculu pistonu çalışmasını durdurur.

Ara Besleme biriminin çalışma hızı ve verimliliği bu tez çalışmasında geliştirilen bir algoritma vasıtasıyla optimize edilmiştir. Geliştirilmiş olan algoritma, aşağıdaki üç durumu kontrol etmektedir,

i.) Besleme biriminden alınan profilin Depo biriminin herhangi bir boş alanına değil de, Döner Adım Modülüne en yakın boşluğuna yerleştirilmesini sağlamaktadır.

ii.) Döner Adım Modülüne yerleştirilecek olan profil Ara Besleme biriminden alınırken öncelikle bu modüle en yakın olan profil alınır.

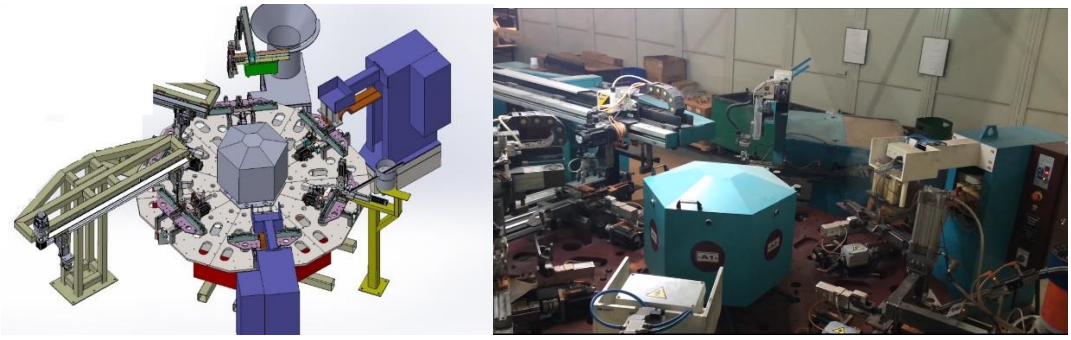
iii.) Besleme Bölgesinden profil alan tutuculu piston ile Döner Adım Modülüne profil taşıyan tutuculu piston aynı Kartezyen üzerinde hareket ettiğinden dolayı bu pistonların çarpışmalarının önlenmesi gerekmektedir. Geliştirilen program vasıtası ile pistonlar harekete başlamadan önce her bir pistonun konumu ve hedefi kontrol edilmekte ve

çarpışma olmayacak şekilde çalışmaları düzenlenmektedir. Bu ise harekete başlamamış olan pistonun bir süre daha bekletilmesi ile gerçekleştirilmektedir.

### 4.1.3. Döner Adım Modülü İşlemleri

Döner Adım Modülü her biri farklı işlemleri gerçekleştiren altı adet istasyondan oluşmaktadır. Şekil 4.11 ile verilmiş olan Döner Adım Modülünün istasyonları aşağıdaki gibidir.

1. Hizalama istasyonu
2. Montaj sacı bırakma istasyonu
3. Montaj sacı kaynak istasyonu
4. Somun çakma istasyonu
5. Somun kaynatma istasyonu
6. Boşaltma istasyonu



Şekil 4.11. Döner Adım Modülü tasarımı ve gerçekleştirilmesi

**4.1.3.1 Hizalama istasyonu**: Döner Adım Modülü ilk istasyonunda Ara Beslemeden alınan profil iki adet pnömatik piston ve bunları kontrol eden bir adet servo motor ile sonraki işlemlere hazırlanmak üzere hizalanmaktadır. Ara Besleme biriminden gelen kol profili ilk olarak Döner Adım modülü içerisinde bulunan ve bir servo motor tarafından uygun pozisyona getirilmiş olan bir kalıba yerleştirilir. Hizalama işlemi piston torkları kontrol edilerek gerçekleştirilmektedir. Hareketli pistonlar profili belli bir tork değerine ulaşıncaya kadar sıkıştırır ve daha sonra sıkıştırma işlemi durdurulur. Böylece bir

sonraki aşama için hizalama işlemi gerçekleştirilmiş olur. Buradaki tork değeri kullanılan malzeme cinsine göre malzemeye ve pistonlara zarar vermeyecek şekilde belirlenmeli ve program içerisinde tanımlanmalıdır. Bu çalışma kapsamında kullanılan demir profiller için tork değeri 12 (Newtonxmm) olarak belirlenmiştir.

**4.1.3.2. Montaj sacı bırakma istasyonu**: Kol profili ile bu profilin monte edileceği yer olan metal iskelet arasında bir mesafe mevcuttur. Bu mesafe standart bir değerde olmayıp, üretilecek olan ürün grubuna göre farklılık gösteren değerlerde olabilmektedir. Bu aşamada, kol profiline monte edilecek olan montaj sacı bu mesafeyi gideren ve böylece iki birimin birbirine kaynatılmasına olanak sağlayan bir aparat olarak kullanılmaktadır.

Bu istasyonun çalışma şekli şöyledir, montaj saclarının tamamı öncelikle vibrasyon çanağı olarak adlandırılan üniteye boşaltılır. Vibrasyon çanağı, bir vibrasyon motoru vasıtası ile titreşerek çalışan, içerisine boşaltılan ürüne özel tuzaklara sahip olan ve bu ürünleri uygun bir şekilde sıralayan bir ünitedir. İç çeperde bulunan tuzaklara uygun şekilde yerleşmemiş olan ürünler titreşimden dolayı sıralama hattına ulaşamadan tekrar vibrasyon çanağının içerisine düşer. Vibrasyon çanağı tarafından uygun şekilde sıralanmış olan her bir montaj sacı bir tutuculu piston vasıtasıyla alınır ve kaynatılacağı kol profilinin de içerisinde bulunduğu bir kalıba yerleştirilir. Bu kalıbın pozisyonu bir servo motor vasıtasıyla kontrol edilmektedir.

**4.1.3.3. Montaj sacı kaynak istasyonu:** Bir önceki aşamada fikstür içerisinde birbirine kaynatılmaya uygun şekilde yerleştirilmiş olan kol profili ve montaj sacının kaynatıldığı seviyedir. Bu aşamadaki en kritik nokta sabit pozisyonlu kaynak makinesi ile kalıbın aynı hizaya getirilebilmesidir. Kaynak makinesinin pozisyonu daima sabit olduğu için hizalama işlemi, kalıbın bir servo motor vasıtasıyla uygun konuma getirilmesi şeklinde gerçekleştirilir. Hizalama işlemi gerçekleştirildikten sonra kaynak makinesi ile kaynak işlemi gerçekleştirilir. Montaj sacı kaynaklanmış kol profili Şekil 4.12’ de verilmiştir.



Şekil 4.12. Montaj Sacı kaynatılmış kol profilinin hali

**4.1.3.4. Somun çakma istasyonu:** Bu aşamada montaj sacı üzerinde bulunan somun deliğine somun çakma işlemi gerçekleştirilmektedir**.** Somun çakma işlemi pnömatik bir piston ile gerçekleştirilmektedir. Somun ile somun deliğinin aynı hizaya getirilmesi hayati önem arz etmektedir. Hizalamada yapılacak milimetrik hatalar bile üretim hatasına yol açmaktadır. Burada da hizalama işlemi bir servo motor vasıtasıyla yapılmaktadır. Şekil 4.13 montaj sacına somun çakılmış kol profilini göstermektedir.



Şekil 4.13. Montaj sacına somun çakılmış kol profili

**4.1.3.5. Somun kaynatma istasyonu:** Bu istasyonda kullanılan kaynak makinesi ile montaj sacı kaynak istasyonunda kullanılan kaynak makinesi birebir aynıdır. Somunu çakılmış olan montaj sacının içerisinde bulunduğu fikstür, bir servo motor kullanılarak kaynak makinesi ile aynı hizaya getirilmektedir. Hizalama işlemi gerçekleştirildikten sonra kaynak makinesi ile kaynak işlemi gerçekleştirilir. Şekil 4.14 montaj sacına somun kaynatılmış kol profilini göstermektedir.



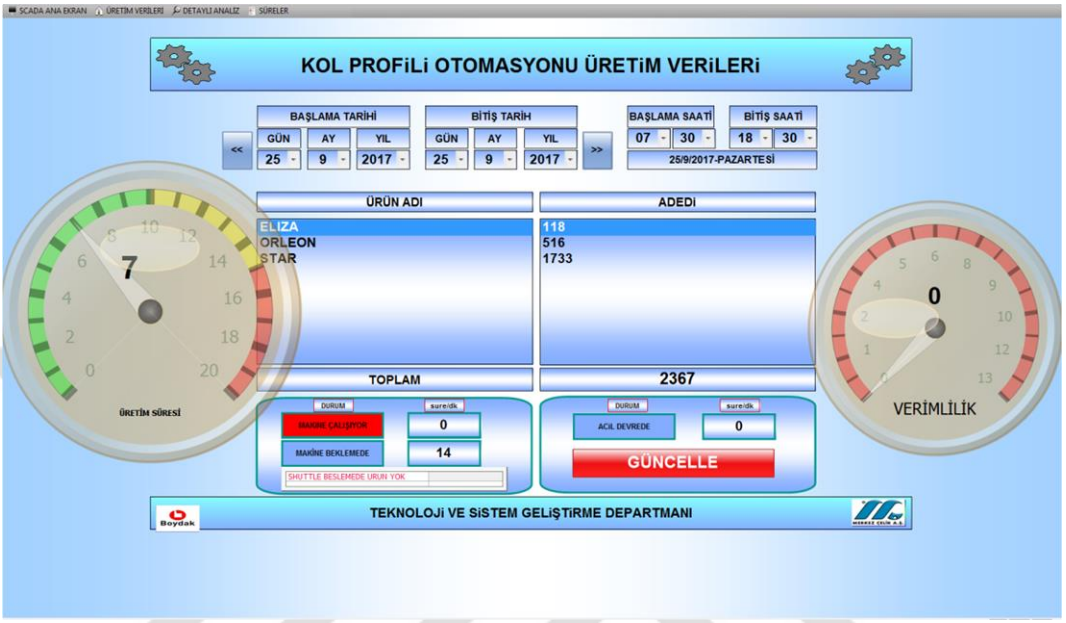
Şekil 4.14. Montaj sacına somun kaynatılmış kol profili

**4.1.3.6. Boşaltma istasyonu:** Üretimi tamamlanmış olan ürünün Döner Adım Modülünden dışarı atıldığı aşamadır. Ürünün döner adım modülündeki fikstür içerisinden alınarak dışarı atılması işlemi bir tutuculu piston mekanizması ile gerçekleştirilir. Bu aşamada fikstür ile tutuculu piston arasındaki hizalama yine bir servo motor yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

## 4.2. Kol Profili Otomasyonu SCADA Sistemi

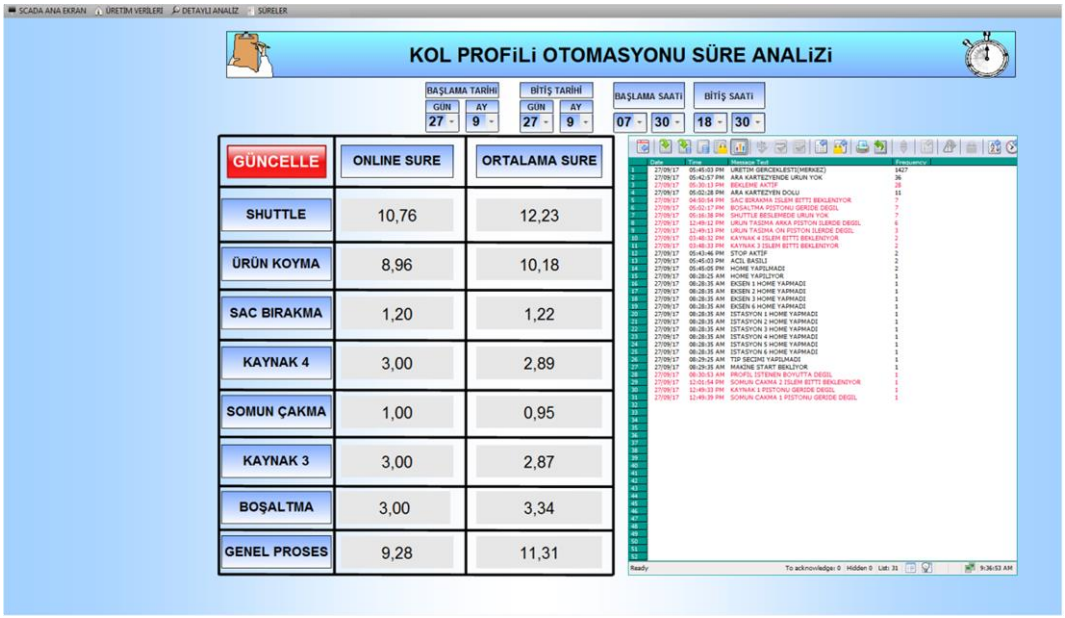
Kol Profili Otomasyonunun uzaktan takibi ve üretim verileri, ortalama süreler ve sistemde meydana gelen arızalar gibi bilgileri kayıt etmek için SCADA yazılımı

geliştirilmiştir. Şekil 4.15'te SCADA sisteminde Kol Profili Otomasyonunun üretim verileri sayfası görülmektedir. Şekilde gösterilen SCADA sayfasından filtrelenen tarih ve saat aralığında hangi üründen kaç adet üretildiği bilgisine ulaşılabilir.




Şekil 4.15. Kol profili otomasyonu SCADA Sistemi Üretim Verileri Sayfası

Üretim verileri yanında geliştirilen SCADA sistemi ile otomasyonun her bir adımında kaç saniye işlem yapıldığı, otomasyon sisteminin kaç saniyede bir ürün yaptığı bilgisine ulaşılabilir. Şekil 4.16'da Kol Profili Otomasyonunun süre analizi görülmektedir.




Şekil 4.16. Kol profili otomasyonu SCADA Sistemi Süre Analizi Sayfası

### 4.3. Kol Profili Otomasyon Sisteminin Avantajları

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilmiş olan otomasyon sistemi sayesinde birim zamanda üretilen ürün adedi önemli ölçüde artmış, üretim hataları önemli ölçüde azalmış ve bunların bir sonucu olarak düşük maliyetli ve yüksek performanslı bir üretim hattı ortaya çıkmıştır.

İnsan kaynaklı üretimlerde karşılaşılan en önemli problemlerden ilki ölçü hatalarıdır. Üretim hattına beslenen profillerden bazılarının standart dışı boyutlara sahip olması ve somunların ve vidaların monte edileceği deliklerin hatalı konumlandırılması gibi ölçü hataları performans/maliyet ilişkisini olumsuz etkilemekteydi. Geliştirilen sistem sayesinde standart dışı boyutlara sahip olan profiller üretim hattına girdiğinde pozisyon kontrolü yapan servo motorlar standarda uygun olmayan bu parçaları algılamakta ve sistemi bekleme moduna geçirerek hatalı profillerin üretim hattına girmesini engellemektedir. Böylece üretimde zaman kaybının ve hatalı üretimden dolayı ortaya çıkacak olan zararın önüne geçilmektedir.

İnsan kaynaklı üretimlerde karşılaşılan bir diğer önemli problem ise üzerinde çalışılan profillerin bükümleri esnasında oluşabilecek hatalardır. Profil uçlarının hangi noktadan ve kaç derece ile bükülmesi gerekliliği üretim esnasındaki en önemli noktalardan birisidir. Bükme işlemi hassas bir şekilde gerçekleştirilemez ise nihai ürünün montajı esnasında önemli problemler ortaya çıkmakta hatta bazı durumlarda montaj tamamlanamamaktadır. Otomasyon sistemi geliştirilmeden önce böyle bir durumla karşılaşıldığında bükümü hatalı yapılmış profiller operatörler tarafından el ile düzeltildikten sonra montaj yapılmakta idi. Bu da iş gücü kaybına ve üretimin yavaşlamasına yol açmaktaydı. Geliştirilmiş olan otomasyon sistemi sayesinde büküm hataları neredeyse sıfıra indirgenmiş ve böylece üretim performansı artırılmıştır.

İnsan kaynaklı üretimlerin bir diğer dezavantajı ise en başından en sonuna kadar üretim aşamalarının organize edilmesi ve her bir aşamanın ayrı ayrı kontrol edilmesi gerekliliğidir. Üretim aşamalarından herhangi birisinde oluşabilecek bir hata sonraki aşamalara da yansıyarak üretim sürecini olumsuz etkilemektedir. Otomasyon sisteminin devreye geçmesi ile ham maddeden nihai ürüne kadar her bir aşama aynı üretim hattı üzerinde toplanmıştır. İnsan kaynaklı üretimlerde çok uzun zaman dilimlerinde az

sayıda ürün elde edilirken, geliştirilen otomasyon sistemi yaklaşık olarak 10 saniye işlem süresine sahiptir ve günlük üretim adedi 3000 (ürün/gün) olarak gerçekleşmektedir. Sistemin getirdikleri kazanç ve fizibilite analizi Tablo 4.2 ile verilmiştir.

Tablo 4.2. Kol Profili Otomasyonu Fizibilite Analizi

| | Operatör Esaslı Üretim | Kol Profili Otomasyonu |
|---|---|---|
| Operatör sayısı | 5 | 2 |
| Günlük üretim | 650 | 3000 |

# 5. BÖLÜM

# SONUÇ

Bu tez çalışmasında daha önce insan kaynaklı üretilen kol profillerinin üretimine yönelik bir otomasyon sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen otomasyon sistemi sayesinde insan odaklı 3 farklı üretim aşamasından geçerek üretilen kol profilleri yalnızca tek bir üretim hattından geçerek üretime dâhil edilebilmektedir. Üretim hattının otomasyona uyarlanmasıyla günlük üretim adedi ve ürün çeşitliliği önemli oranda artmış ve servo sürücülerin kullanılmasıyla üretimdeki kalite hataları en aza indirgenerek üretimin her aşamasında belirli bir standart yakalanmıştır.

İnsan odaklı üretimin en önemli dezavantajlarından birisi de iş sağlığı ve güvenliği açısından ortaya çıkan risklerdir. Bu nedenle üretim hatlarının standartlara uygun olması son derece önemlidir. Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen otomasyon sisteminde daha önce operatörler tarafından yapılan delik açma, kaynak yapma ve büküm gibi ara işlemlerin tamamı sistem tarafından insan müdahalesi olmadan gerçekleştirilmeye başlamıştır. Böylece iş sağlığı ve güvenliği anlamında karşılaşılabilecek risklerin önemli bir kısmı ortadan kalkmıştır.

Seri üretim hatlarında arıza oluşması durumunda, arızanın doğru ve hızlı bir şekilde tespit edilmesi ve giderilmesi son derece önemlidir. Bu tez çalışması kapsamında arıza tespitine ve giderilmesine yönelik bir operatör paneli de geliştirilmiştir. Sistem üzerinde yer alan operatör paneli sistemde meydana gelen arızaları operatöre anlık olarak raporlamakta, böylece arızalar doğru bir şekilde tespit edilebilmekte ve bu arızalara kısa sürede müdahale edilebilmektedir. Ayrıca geliştirilen bir SCADA sistemi sayesinde üretim hattı sürekli olarak izlenmekte ve üretim hattına ait veriler kaydedilmektedir. Bu veriler daha sonra analiz edilerek üretim hattının daha da iyileştirilebilmesi için kullanılabilmektedir.

Hareket kontrolcüler çoklu servo kontrolü, yüksek RAM kapasitesi, düşük çevrim süresi ve geniş kullanım alanı gibi önemli avantajlara sahiptirler. Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen otomasyon sisteminde kullanılan Yaskawa MP2310iec hareket kontrolcüsü güçlü ve global bir programlama platformu olan CODESYS ile programlanmıştır. CODESYS programlama platformu sayesinde üreticiden bağımsız ve global bir ara yüze sahip otomasyon sistemi tasarlanmıştır. CODESYS tabanlı geliştirilmiş olan program sayesinde sistemin herhangi bir noktasında meydana gelen bir arızanın konumu net bir şekilde tespit edilebilmektedir.

# KAYNAKLAR


1. Kamel, Haider A., 2016, "Laboratuarda Gerçek Zamanda Klasik PID Kontrolörlerin Matlab Simulink Uygulamasının PLC ile Uygulaması ve Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 69 s.
2. Arslan F., 2013, "Codesys ile PLC Programlama", Birsen Yayınevi, İstanbul, 228 s.
3. Öztürk Z., 2010, "Örnek Otomasyon Laboratuvarının Geliştirilmesi ve PLC Uygulamaları", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul, 202 s.
4. Megep, 2012, "PLC Donanımı ve Çevre Birimleri", MEB, Ankara, 40 s.
5. Eminoğlu Y.,2010, "PLC Programlama ve S7 1200 ", Birsen Yayınevi, İstanbul, 715 s.
6. Arı, Y.S.,2011, "Birden Fazla Seranın, PLC ve Scada Yazılımı ile Kontrolü ve İnternet Üzerinden İzlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 95 s.
7. Demirci, A., 2012, "Laboratuvar ortamında Scada'nın PLC Tabanlı Deney Setlerinde Uygulanması ", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 148 s.
8. Demir, K., 2010, "PLC ilem Kontrol Edilen Endüstriyel Bir Sistemin Cep Telefonu ile Uzaktan Kontrolü," Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 61 s.
9. Yaskawa, MP23…iec Hardware Manual, Teknik Manuel, ABD, 2012, 124s.
10. Megep, 2011, Servo Motor ve Sürücüleri, Mili Eğitim Bakanlığı, Ankara, 100 s.
11. 3s-Smart Software Solutions GmbH, 2003, "User Manual For PLC Programming with CoDeSys2.3" , Almanya, 469 s.
12. Yıldırım, M.,2015, "Tekerlek içi Motorlu Elektrikli Araçlarda Elektronik Diferansiyel Sistemin Gerçekleştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 92 s.

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Erdi YILDIZ

## EĞİTİM

| Derece | Kurum | Mezuniyet Tarihi |
|---|---|---|
| Lisans | ERÜ M.F Mekatronik | 2013 |
| Lisans | ERÜ M.F Elektrik-Elektronik | 2013 |
| Lise | Kocasinan YDA Lisesi,Kayseri | 2008 |

## İŞ DENEYİMLERİ

| | | |
|---|---|---|
| 2013- 2017 | Merkez Çelik | Uzman Yardımcısı |
| 2017- | Merkez Çelik | Uzman |

## YABANCI DİL

İngilizce