

**GELENEKSEL TAKIM TEZGAHLARININ  
PLC YARDIMIYLA PROGRAMLANABİLİR  
HALE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ**

**Mustafa Kemal KÜLEKÇİ**

**DOKTORA TEZİ**  
**ENDÜSTRİYEL TEKNOLOJİ EĞİTİMİ**

93497

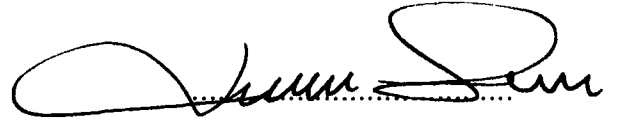
**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU**  
**DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**HAZİRAN 2000**

**ANKARA**

Mustafa Kemal KÜLEKÇİ tarafından hazırlanan GELENEKSEL TAKIM TEZGAHLARININ PLC YARDIMIYLA PROGRAMLANABİLİR HALE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Doç. Dr. Faruk MENDİ

Bu çalışma jürimiz tarafından Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Arif Güray A. GÜRAY

Üye : Doç. Dr. Faruk MENDİ

Üye : Doç. Dr. Abdullah Çavuşgözü A. ÇAVUŞGÖZÜ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Feri ÇİMEN F. ÇİMEN

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ERTÜRK İ. ERTÜRK

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

B. Atsoy

## İÇİNDEKİLER

|                                                         | Sayfa |
|---------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET.....                                               | i     |
| ABSTRACT.....                                           | ii    |
| TEŞEKKÜR.....                                           | iii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                               | iv    |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                                 | v     |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                            | x     |
| <br>                                                    |       |
| 1. GİRİŞ.....                                           | 1     |
| <br>                                                    |       |
| 2. LİTERATÜR TARAMASI .....                             | 3     |
| 2.1. Fiziksel Ve Mekanik Çevre Sınırlamaları.....       | 4     |
| 2.2. Kimyasal Kirlenme.....                             | 4     |
| 2.3. Elektriksel Etkiler.....                           | 5     |
| 2.4. PLC lerin Seçim Kriterleri .....                   | 5     |
| 2.4.1. Kullanım ve Bakım Yönünden PLC'lerin Seçimi..... | 7     |
| 2.5. PLC' lerin Kullanma Alanları .....                 | 8     |
| 2.5.1. Metalurji Alanında PLC Uygulamaları.....         | 8     |
| 2.5.2. Mekanik Ve Otomotiv Mühendisliğinde PLC .....    | 8     |
| 2.5.3. Kimya Endüstrisinde PLC Uygulamaları.....        | 9     |
| 2.5.4. Petrokimya Endüstrisinde PLC.....                | 9     |
| 2.5.5. Tarım ve Gıda Endüstrisinde PLC.....             | 9     |
| 2.5.6. Taşıma ve Malzeme Hazırlama (stoklama).....      | 9     |
| 2.5.7. PLC'nin Diğer Uygulama Alanları.....             | 10    |
| <br>                                                    |       |
| 3. PLC SİSTEMİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ.....                 | 11    |
| 3.1. Merkezi İşlem Birimi.....                          | 12    |

|          |                                                                    |    |
|----------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.1.   | PLC’de Merkezi işlem ünitesi (CPU) elemanlarının görevleri..       | 12 |
| 3.1.2.   | PLC’lerde kullanılan bellek türleri.....                           | 12 |
| 3.2.     | PLC’de Sinyallerin İşlenmesi.....                                  | 17 |
| 3.3.     | Merkezi İşlem Biriminde Sinyallerin İşlenmesi.....                 | 18 |
| 3.4.     | PLC Cihazının Yapısı.....                                          | 19 |
| 3.4.1.   | PLC Cihazında lojik-mantık eleman bağlantıları.....                | 22 |
| 3.4.2.   | Mantıksal İşlemler.....                                            | 22 |
| 3.4.2.1. | VE fonksiyonu (AND).....                                           | 22 |
| 3.4.2.2. | VEYA fonksiyonu .....                                              | 24 |
| 3.4.2.3. | DEĞİL Fonksiyonu (Ters Çevirme Fonksiyonu).....                    | 25 |
| 3.4.2.4. | VEDEĞİL fonksiyonu .....                                           | 25 |
| 3.4.2.5. | VEYADEĞİL fonksiyonu .....                                         | 26 |
| 3.5.     | Temel Programlama Dilleri.....                                     | 28 |
| 3.5.1.   | Program yazılım diline ait uygulamalar.....                        | 29 |
| 3.5.2.   | Kontak akım akış planına göre programlama.....                     | 31 |
| 3.5.3.   | Merdiven (Ladder) diyagramına göre programlama<br>(KOP - LAD)..... | 31 |
| 3.5.4.   | Mantuk fonksiyon şeması ile programlama (LOP&CSF).....             | 32 |
| 3.5.5.   | Komut kümesine göre programlama (AWL - STL).....                   | 33 |
| 3.6.     | PLC Programlamada Kullanılan Komutlar.....                         | 33 |
| 4.       | ENDÜSTRİYEL OTOMASYONDA PLC.....                                   | 35 |
| 4.1.     | Otomasyon Uygulamalarında Endüstriyel Kontrol.....                 | 38 |
| 4.1.1.   | Alt sistemlerin görüntülenmesi.....                                | 40 |
| 4.2.     | Ardışık Alt Sistemler.....                                         | 44 |
| 4.3.     | Uzman Sistemler.....                                               | 45 |
| 4.4.     | Programlanabilir kontrolün sağladığı avantajlar.....               | 47 |
| 4.4.1.   | Elektrohidrolik - elektropnömatik kontrol.....                     | 52 |

|        |                                                                              |    |
|--------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4.2. | Elektrohidrolik-pnömatikte kontrol ve regülasyon.....                        | 55 |
| 4.4.3. | Algılayıcılar, işlemciler, iş elemanları.....                                | 57 |
| 4.5.   | Çalışma Şekline Göre Kontrol Türleri.....                                    | 58 |
| 4.5.1  | Bağımlı kontrol .....                                                        | 58 |
| 4.5.2. | Koruyucu kontrol.....                                                        | 58 |
| 4.5.3. | Programlı kontrol.....                                                       | 59 |
| 4.5.4. | Transfer makinasının PLC devre şeması.....                                   | 62 |
| 4.5.5. | Tasarıma ait fonksiyon planı.....                                            | 63 |
| 4.5.6. | Kontak planı ile programlama .....                                           | 65 |
| 4.5.7. | Deyim listesi ile programlama .....                                          | 66 |
| 5.     | PLC VE BULANIK MANTIĞIN<br>GÜNÜMÜZDEKİ UYGULAMALARI ..                       | 67 |
| 5.1.   | Bulanık Mantık İle Geleneksel Mantığın Karşılaştırılması.....                | 69 |
| 5.2    | Bulanık Mantık v e Geleneksel Mantıkta Küme Kavramı.....                     | 70 |
| 5.2.1. | Bulanık ve geleneksel mantıkta küme işlemleri .....                          | 74 |
| 5.2.2. | Üyelik fonksiyonu .....                                                      | 77 |
| 5.2.3. | Üyelik işlevinin özellikleri .....                                           | 77 |
| 5.2.4. | Bulanıklaştırma [Fuzzification].....                                         | 79 |
| 5.2.5. | Dilsel değişkenler.....                                                      | 80 |
| 5.2.6. | Bulanık çıkarım.....                                                         | 81 |
| 5.2.7. | Bulanık mantıkta girdilere göre çıktı değerleri.....                         | 81 |
| 5.3.   | Bulanık Kümeden Kesin Kümeye Geçiş.....                                      | 84 |
| 5.3.1. | Durulama (Defuzzification) .....                                             | 84 |
| 5.4.   | Durulama Yöntemleri.....                                                     | 84 |
| 5.4.1. | Üyelik fonksiyonunun en yüksek noktası<br>(Max - Membership Principle) ..... | 85 |
| 5.4.2. | Merkez yöntemi (Centroid Method).....                                        | 85 |

|                |                                                                                              |     |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.4.3.         | Ağırlıklı ortalama yöntemi (Weighted Avarage Method) .....                                   | 86  |
| 5.4.4.         | Üyelik işlevinin en yüksek noktalarının ortalaması (Mean-Max Membership).....                | 87  |
| 5.4.5.         | Toplamların ortası (Center of Sums).....                                                     | 87  |
| 5.4.6.         | Geniş alan merkezi .....                                                                     | 88  |
| 5.4.7.         | İlk (veya son) yükselti (first or last of maxima).....                                       | 89  |
| 5.5.           | Bulanık Denetim Sistemleri.....                                                              | 90  |
| 5.6.           | Endüstriyel Otomasyonda Son Zamanlardaki Başarılı Bulanık Mantık Uygulamaları.....           | 93  |
| 5.6.1          | Bulanık Mantık ve PLC'lerin Birleştirilmesi.....                                             | 96  |
| 6.             | MATERYAL VE YÖNTEM.....                                                                      | 99  |
| 6.1.           | Sistemde Kullanılan PLC Programı.....                                                        | 103 |
| 6.1.1.         | LDR (kontak) planı ile programlama.....                                                      | 105 |
| 6.1.2.         | Sistemde kullanılan yazılım programı (Komut listesi ile programlama).....                    | 106 |
| 6.2.           | Kontrol Ünitesi, Algılayıcılar ve Yön Kontrol Valfleri Arasındaki Veri (sinyal) İletimi..... | 107 |
| 6.2.           | Sistemde Silindir ve Yön Kontrol Valflerine Ait Fonksiyon diyagramı.....                     | 112 |
| 7.             | BULGULAR VE BULGULARIN TARTIŞILMASI.....                                                     | 116 |
| 8.             | SONUÇ.....                                                                                   | 122 |
| EKLER.....     |                                                                                              | 124 |
| KAYNAKLAR..... |                                                                                              | 125 |
| ÖZGEÇMİŞ.....  |                                                                                              | 130 |

**GELENEKSEL TAKIM TEZGAHLARININ PLC YARDIMIYLA  
PROGRAMLANABİLİR HALE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ  
(Doktora Tezi)**

**Mustafa Kemal KÜLEKÇİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Haziran 2000**

**ÖZET**

Bilgisayar destekli imalat sistemleri (CAM), ülkemizde gün geçtikçe artan bir şekilde alışılmış imalat sistemlerinin yerini almaktadır. Bunun kaçınılmaz bir sonucu olarak klasik tezgahlar yerlerini programlanabilir tezgahlara bırakmaktadır. Ancak programlanabilir tezgahların maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle yer yer klasik tezgahların kullanımı, dezavantajlarına rağmen devam etmektedir. Bu duruma ekonomik bir çözüm olarak, gereken durumlar için eldeki klasik tezgahların programlanabilir hale dönüştürülmesi önerilmekte ve bu yönde çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, PLC (Programmable Logic Control - Programlanabilir lojik kontrol) yardımıyla bir pres tezgahının prototipinin tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiş ve sistem programlanabilir hale getirilmiştir. Geleneksel pres tezgahı ve prototiple yapılan işlemler, birim zamanda üretim miktarı, kusurlu üretim ve işlem parametreleri yönünden ölçülerek karşılaştırılmıştır. Tezgahta kullanılan denetim elemanları ile birlikte endüstriyel otomasyonda kullanılan mantık algılayıcıları, sınırlayıcılar gibi yönlendirici elemanlar ve uygulama alanları irdelenmiştir. PLC ve FLC (bulanık mantık) uygulamaları üzerinde durulmuştur.

Bilim Kodu :626.08.01.

Anahtar Kelimeler :Plc, Flc(Bulanık Mantık), Programlanabilir kontrolörler,Takım Tezgahları, Otomasyon

Sayfa Adedi :130

Tez Yöneticisi :Doç. Dr. Faruk MENDİ

**RETROFITTING OF CONVANTIONEL TOOL MACHINE TO  
PROGRAMMABLE WITH PLC  
(Phd. Thesis)**

**Mustafa Kemal KÜLEKÇİ**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
June 2000**

**ABSTRACT**

In manufacturing processes, conventional manufacturing systems are increasingly being replaced by computer aided manufacturing systems(CAM). As a result of this trend in production operations, programmable machine tools are taking the place of classical ones. In the other hand, because of the high costs of the programmable machine tools, conventional machine tools are still being in spite of their disadvantages. An economical solution to this is retrofitting of classical machine tools to programmable machines. In this study a prototype of a press machine is modified to become programmable by using Programmable Logic Controllers (PLC's). For this reason, in addition to the control elements which are used in the application, other intelligent industrial automation elements have been examined.

Scince Code : 626.08.01.

Key Words :PLC, FLC (Fuzzy Logic), Programmable Logic Controllers,  
Controllers, Automation,

Page Number :130

Adviser :Assoc. Prof. Dr. Faruk MENDİ

## TEŞEKKÜR

“Geleneksel Takım Tezgahlarının PLC Yardımıyla Programlanabilir Hale Dönüştürülmesi” isimli tez konumun belirlenmesinde, gerekli kaynakların sağlanmasında, büyük katkıları olan, yoğun çalışmaları arasında, zaman ayırarak rehberlik eden ve beni yönlendiren, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tasarım ve Konstrüksiyon ABD. Öğretim Üyesi danışmanım Sayın Doç. Dr. Faruk MENDİ’ ye öncelikle teşekkür ederim. Deneylerin yapılmasında ortam sağlayarak katkıda bulunan Dikmen End. Mes. Lisesi Müdürü Z. Abidin KARAGÖZ’ e, prototipin yapılmasında ve çalıştırılmasında yardımcı olan , AİBÜ Teknik Eğitim Fakültesi Öğrt. Görv. S. Ahmet ŞENERE ve TAMEM Elektroteknik Bölümü öğretmenleri Mehmet USTA ve Eyüp TÜRKCÜ’ ye ve tezimin hazırlanmasında katkıları olan tüm mesai arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                                                                                | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 3.1. PLC lerde sinyallerin işlenmesi .....                                                                                                                     | 18    |
| Çizelge 3.2. İki sinyal girişli bir devrede sinyal konumları.....                                                                                                      | 28    |
| Çizelge 3.3. Sistemin komut listesi ile programlanması.....                                                                                                            | 33    |
| Çizelge 3.4. PLC program komutları.....                                                                                                                                | 34    |
| Çizelge 4.1. Parça taşımada kullanılan transport teknikleri .....                                                                                                      | 35    |
| Çizelge 4.2. Atık taşıma ve dökme tesisine ait programa esas komut listesi..                                                                                           | 50    |
| Çizelge 4.3. Sistemde kullanılan elemanlar ve atama listesi.....                                                                                                       | 62    |
| Çizelge 6.1. Prototipte kullanılan elemanlar.....                                                                                                                      | 99    |
| Çizelge 6.2 Sistemin fonksiyon tablosu (Doğruluk Tablosu).....                                                                                                         | 100   |
| Çizelge 6.3. Dijital temel fonksiyonları.....                                                                                                                          | 102   |
| Çizelge 6.4. Çalışmada kullanılan AEG-PLUS A020 PLC cihazının<br>özellikleri.....                                                                                      | 104   |
| Çizelge 6.5. PLC için hazırlanan komut program listesi.....                                                                                                            | 107   |
| Çizelge 6.6. Tanımlanmış işlem için geleneksel pres tezgahı (G)<br>ve Programlanabilir hale dönüştürülen pres prototipi<br>(P) ile yapılan işlemlere ait ölçümler..... | 109   |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                       | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 3.1. PLC'yi oluşturan elemanlar.....                                                                  | 11    |
| Şekil 3.2. CPU blok şeması.....                                                                             | 12    |
| Şekil 3.3. Merkezi işlem ünitesi (CPU) ve veri giriş çıkış bağlantıları....                                 | 13    |
| Şekil 3.4. Kullanıcı yazılım programı ve PLC işlemci bellek bölümleri....                                   | 14    |
| Şekil 3.5. PLC'lerde kullanılan bellek türleri.....                                                         | 16    |
| Şekil 3.6. Binary kumanda sistemlerinde a). Sinyal diyagramı<br>b). Kumanda devresi.....                    | 17    |
| Şekil 3.7. Bir PLC rölesinin yapısı ve dış bağlantı terminalleri.....                                       | 20    |
| Şekil 3.8. PLC de kumanda sinyallerinin işlenmesi.....                                                      | 22    |
| Şekil 3.9. VE mantıksal işleminin elde edilişi ve özellikleri.....                                          | 23    |
| Şekil 3.10. VEYA mantıksal işleminin elde edilişi ve özellikleri.....                                       | 24    |
| Şekil 3.11. DEĞİL mantıksal işleminin elde edilişi ve özellikleri.....                                      | 25    |
| Şekil 3.12. VE DEĞİL mantıksal işleminin elde edilişi ve özellikleri.....                                   | 26    |
| Şekil 3.13. VEYA DEĞİL mantıksal işleminin elde edilişi ve özellikleri....                                  | 27    |
| Şekil 3.14. PLC'lerde kullanılan kullanıcı yazılım programları.....                                         | 28    |
| Şekil 3.15. Sistemin a). Motor güç devresi b). PLC bağlantısı<br>c). Donanım listesi.....                   | 30    |
| Şekil 3.16. Sistemin akım akış şeması.....                                                                  | 31    |
| Şekil 3.17. Sistemin merdiven programına göre programlanması.....                                           | 32    |
| Şekil 3.18. Sisteme ait lojik fonksiyon planı.....                                                          | 32    |
| Şekil 3.19. Mantıksal işlemlere ait programlama uygulamaları.....                                           | 34    |
| Şekil 4.1. Parçaların tezgahlar arasında elevatör mekanizmalarıyla<br>taşınması.....                        | 35    |
| Şekil 4.2. Tipik bir PLC cihazında bilgisayar ve kumanda<br>elemanlarının giriş ve çıkış bağlantıları ..... | 38    |

|             |                                                                                                                                              |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.3.  | Klasik işleticiler ile PLC' işleticilerin ömür yönünden karşılaştırılması .....                                                              | 38 |
| Şekil 4.4.  | Basit bir kontrol sisteminin şeması.....                                                                                                     | 39 |
| Şekil 4.5.  | Görüntüleme sistemi için blok diagramı.....                                                                                                  | 41 |
| Şekil 4.6.  | Tornalama işleminde takımın kırılması esnasındaki kuvvetler .....                                                                            | 43 |
| Şekil 4.7.  | Tezgahlarda meydana gelen hasarların maliyetleri.....                                                                                        | 44 |
| Şekil 4.8.  | Endüstriyel amaçlı kullanılan bir gaz yakıcısının otomasyonu .....                                                                           | 44 |
| Şekil 4.9.  | Bir PLC cihazında hareket ve güç kontrolü ve denetimini sağlayan giriş ve çıkış bağlantıları.....                                            | 48 |
| Şekil 4.10. | PLC kontrollü atık taşıma ve boşaltma tesisi .....                                                                                           | 49 |
| Şekil 4.11. | Atık taşıma ve dökme tesisine ait fonksiyon planı.....                                                                                       | 50 |
| Şekil 4.12. | Yıllara göre PLC teknolojisinde kaydedilen gelişme: (a) İmalatçı sayısındaki artış. (b) Kullanıma sunulan modellerin kümülatif sayıları..... | 51 |
| Şekil 4.13. | Bir elektro hidrolik sistemi oluşturan elemanlar .....                                                                                       | 54 |
| Şekil 4.14. | Bir elektrorohidrolik sistemde giriş ve çıkış elemanları.....                                                                                | 55 |
| Şekil 4.15. | Kontrol zincirinin etki şeması.....                                                                                                          | 56 |
| Şekil 4.16. | Regülasyon etki şeması.....                                                                                                                  | 56 |
| Şekil 4.17. | Kontrol sisteminin fonksiyon grupları .....                                                                                                  | 57 |
| Şekil 4.18. | Çalışma şekline göre kontrol türleri.....                                                                                                    | 58 |
| Şekil 4.19. | Yola bağlı kontrol örneği (Ayırt etme tertibatı) .....                                                                                       | 60 |
| Şekil 4.20. | Parça transfer makinasında yola bağlı sıralı kontrol.....                                                                                    | 61 |
| Şekil 4.21. | Transfer makinasına ait: a) akış programı b) PLC cihazında giriş ve çıkışlar ile işleyicilerin (silindirlerin) bağlanması.....               | 63 |
| Şekil 4.22. | Makinaya ait fonksiyon planı programı.....                                                                                                   | 64 |
| Şekil 4.23. | Kontak plan programı .....                                                                                                                   | 65 |

|             |                                                                                                                                                    |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.24. | Deyim listesi ile programlama .....                                                                                                                | 66 |
| Şekil 5.1.  | Bulanık mantıkta kullanılan belirsizlik fonksiyonları.<br>a)monotonik, b) üçgen. c) yamuk, d) trapezoid, e) çan eğrisi.<br>f) doğru.....           | 68 |
| Şekil 5.2.  | Geleneksel küme elemanlarında durumlar arası geçiş.....                                                                                            | 71 |
| Şekil 5.3.  | Bulanık küme elemanlarında durumlar arasındaki geçiş.....                                                                                          | 71 |
| Şekil 5.4.  | Toplam ömür ve Yetişkin ifadelerinin üye fonksiyonları.....                                                                                        | 72 |
| Şekil 5.5.  | Dilsel bir değişken olan “Yaş” ın dilsel terimlerle ve<br>terimler arası hiyerarşinin zaman ölçeğindeki<br>(yıl olarak yaş) ile tanımlanması ..... | 73 |
| Şekil 5.6.  | Basit bir bulanık mantık kontrolünün yapısı.....                                                                                                   | 73 |
| Şekil 5.6.  | Bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu .....                                                                                                          | 74 |
| Şekil 5.7.  | a) A ve B Kümelerinin birleşimi, b) A ve B kümelerinin<br>kesişimi, c) A bulanık kümesinde evirme işlemi .....                                     | 75 |
| Şekil 5.8.  | Bulanık kümelerde evirme işlemi .....                                                                                                              | 76 |
| Şekil 5.9.  | Üyelik fonksiyonlarında üyelik işlevleri .....                                                                                                     | 77 |
| Şekil 5.10. | Olağan bulanık küme örnekleri .....                                                                                                                | 78 |
| Şekil 5.11. | a) Olalağan, Dışbükey Bulanık Küme, b) Olağan, Dışbükey<br>Olmayan Bulanık Küme.....                                                               | 79 |
| Şekil 5.12. | Bir aracın hızına ait bulanık hız kümesi .....                                                                                                     | 80 |
| Şekil 5.13. | Uzaklık kavramına ait bulanık küme .....                                                                                                           | 81 |
| Şekil 5.14. | Bulanık kümede : a) orta hız, b) orta uzak, gösterimi.....                                                                                         | 82 |
| Şekil 5.15. | Frenleme kuvvetine ait bulanık küme fonksiyonu .....                                                                                               | 83 |
| Şekil 5.16. | Üyelik fonksiyonunun en yüksek noktası .....                                                                                                       | 85 |
| Şekil 5.17. | Üyelik fonksiyonunun ağırlık merkezi .....                                                                                                         | 86 |
| Şekil 5.18. | Üyelik fonksiyonunun ağırlıklı ortalaması .....                                                                                                    | 86 |
| Şekil 5.19. | Üyelik işlevinde en yüksek noktaların ortalaması.....                                                                                              | 87 |
| Şekil 5.20. | Üyelik işlevinde toplamların ortası .....                                                                                                          | 88 |

|             |                                                                                                                                 |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 5.21. | Üyelik işlemlerinde geniş alan merkezi .....                                                                                    | 89  |
| Şekil 5.22. | Üyelik işlevinin ilk veya son yükseltisi.....                                                                                   | 90  |
| Şekil 5.23. | PID kontrol döngülerini esas alan ayar değerlerinin<br>belirlenebilmesi için bulanık mantık kontrolörünün<br>kullanılması ..... | 94  |
| Şekil 5.24. | FuzzyPLC, bulanık klasik mantık modülü.....                                                                                     | 96  |
| Şekil 5.25. | Klasik ve Bulanık Mantık sistemleri fuzzyTECII 40<br>tarafından birlikte programlanır .....                                     | 97  |
| Şekil 6.1.  | Programlanabilir hale dönüştürülen pres tezgahında<br>kullanılan temel donanımları.....                                         | 101 |
| Şekil 6.2.  | PLC pres prototipi arasındaki veri akışı.....                                                                                   | 103 |
| Şekil 6.3.  | PLC lerde kullanılan programlama yöntemleri.....                                                                                | 103 |
| Şekil 6.4.  | Tasarımı yapılan sistemin çalışma prensibine ait akış<br>Diyagramı.....                                                         | 105 |
| Şekil 6.5.  | Sistemin ladder diyagramı programı .....                                                                                        | 106 |
| Şekil 6.6.  | Prototip - PLC arasında veri iletişimini sağlayan binari<br>(ikili) çıkışlar.....                                               | 110 |
| Şekil 6.7.  | Deney düzeneğini oluşturan elemanlar ve ara bağlantıları.....                                                                   | 111 |
| Şekil 6.8.  | Geliştirilen pres prototipinin yol işlev diyagramı.....                                                                         | 112 |
| Şekil 6.9.  | Tasarıma ait elektrik akımı devresi.....                                                                                        | 113 |
| Şekil 6.10. | Sistemin klemens bağlantısı.....                                                                                                | 114 |
| Şekil 6.11. | Ölçümlerin alındığı geleneksel pres tezgahı ve prototip.....                                                                    | 115 |
| Şekil 7.1.  | Markalama işlemleri için harcanan toplam süreler.....                                                                           | 117 |
| Şekil 7.2.  | Parçanın tezgaha bağlanması işlemleri için harcanan toplam<br>süreler.....                                                      | 117 |
| Şekil 7.3.  | Tezgah ve iş ayarı için harcanan toplam süreler.....                                                                            | 118 |

|             |                                                                                 |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil. 7.4. | Presleme işlemi için harcanan toplam süreler .....                              | 118 |
| Şekil 7.5.  | Parçaların sökülmesi ve stoklanması işlemleri için harcanan toplam süreler..... | 119 |
| Şekil 7.6.  | Tamamlanan her bir iş çevrimi için harcanan toplam süreler...                   | 119 |
| Şekil 7.7.  | G ve P ile birim zamanda gerçekleştirilen üretim miktarları....                 | 120 |
| Şekil 7.8.  | Toplam kalite düzeyi [Kusurlu Üretim Miktarı] (%).....                          | 120 |
| Şekil 7.9.  | Bir parça için ortalama üretim süresi.....                                      | 121 |
| Şekil 7.10. | Günlük üretim miktarı.....                                                      | 121 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan simgeler, kısaltmalar ve açıklamaları aşağıda verilmiştir.

| Simgeler | Açıklama                            |
|----------|-------------------------------------|
| $u$      | Giriş vektörü                       |
| $x$      | Durum vektörü                       |
| $y$      | Çıkış vektörü                       |
| $S$      | Algılayıcı                          |
| $Y$      | Uyartım elemanı (Yön kontrol valfi) |
| $E$      | Giriş sinyalleri                    |
| $A$      | Çıkış sinyalleri                    |
| $I$      | Giriş (Input)                       |
| $O$      | Çıkış (Output)                      |
| $\mu$    | Üyelik fonksiyonu                   |
| $A_k$    | Bulanık çıkarım                     |
| $Z$      | Evrensel küme                       |
| $s$      | Tekerlekteki kayma                  |
| $w$      | Açısal hız                          |
| $a$      | Doğrusal ivme                       |

### Kısaltmalar

|     |                                                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------|
| NC  | Sayısal Denetim (Numerical Control)                               |
| CNC | Bilgisayar Kontrollü Sayısal Denetim (Computer Numerical Control) |
| PLC | Programlanabilir Mantık Kontrol (Programmable Logic Control)      |
| FLC | Bulanık Mantık Kontrol (Fuzzy Logic Control)                      |
| IMF | Giriş Üyelik Fonksiyonu (Input Membership Function)               |

## 1.GİRİŞ

Mevcut klasik bir tezgahın, çeşitli giriş, çıkış, kontrol ve tahrik elemanlarıyla donatılarak iş parçası boyutları ve işleme hakkındaki bilgilerin sayısal olarak verilmesiyle, değişik parçaların işlenebilmesine olanak sağlayabilecek hale getirilmesi işlemine İngilizce literatürde dönüştürme manasına gelen "Retrofitting" denilmektedir [1]. Alışlagelmiş tezgahların sayısal denetimli hale dönüştürülmesi işlemleri, sayısal kontrollü (Numerical Control, NC) tezgahların tarihiyle birlikte başlamıştır [2]. Gelişmiş ülkelerde çok uzun bir süreden beri, sayısal kontrollü tezgahlar, bilgisayar kontrollü (Computer Numerical Control, CNC) tezgahlar haline dönüştürülmektedir. Dönüştürme çalışmaları şu iki nokta üzerinde yoğunlaşmaktadır [3]:

- Eski tahrik sisteminin değiştirilmesi
- İstenilen amaçlara yönelik bir denetim biriminin tasarımı

Tahrik sisteminin tasarımında göz önünde bulundurulacak husus, denetim sistemi tarafından denetlenebilecek bir sistemin kullanılmasıdır. Denetim sisteminin tasarımında dikkat edilmesi gereken noktalar ise, denetim biriminin istenilen doğruluğu sağlayabilmesi, istenilen yan işlevleri yapabilecek düzeyde olması ve standartlara uygunluğudur[4].

Klasik bir tezgahın bilgisayar kontrollü tezgaha dönüştürülmesi çalışmaları başlıca üç çalışma alanı içermektedir [5]:

- Mekanik tasarımlar
- Tahrik sisteminin dinamik analizi
- Denetim biriminin tasarımı

PLC günümüzde tüm endüstriyel üretim sistemlerinde uygulama alanı bulmuştur[6]. Bir endüstriyel kontrol tekniği olan PLC, üretimde neden sonuç

İlişkisini denetim altına alarak yeni stratejilerin geliştirilmesine olanak sağlar. Alışılmış üretim sistemlerinde “manuel” olarak yapılan işlemlerin otomatikleştirilmesi, dolayısıyla üretim sisteminin tamamının otomatik hale dönüştürülmesi mümkündür[7].

Otomasyonda kontrol edilecek parametreler, hissediciler tarafından okunur, istenilen şekle dönüştürülür, genellikle bu dönüşüm esnasında algılanan giriş bilgisinin fiziksel değeri değiştirilir. Otomasyon işleminde komut birimi, almış olduğu bilgileri değerlendirerek, komut kurallarına göre, bir sonraki işlemi başlatan işaret çıkışı sağlayacaktır. Mantık işlemlerindeki söz konusu komut kuralları, “açık - kapalı”(1 - 0) veya “ikili” bilgi akışı olarak ifade edilir ve Boolean eşitliği ile açıklanır.

$$x(t + \Delta t) = f(x, u; t) \quad 1.1$$

$$y(t) = g(x, u; t) \quad 1.2$$

Boolean eşitliği  $u(t)$  giriş vektörü,  $x(t)$  durum vektörü ve  $y(t)$  çıkış vektörü arasındaki ilişkiyi açıklar [7].

Yapılan çalışmada mantık fonksiyonları kullanılarak tasarımı yapılan prototipin kontrol ve denetimi sağlanmıştır. PLC ye giriş verilerini taşıması amacıyla üç adet durum algılayıcısı kullanılmıştır. Çıkış birimlerine dolayısıyla iş elemanlarına kumanda eden valfler için gereken işaret çıkışı ise doğrudan PLC’den alınmıştır.

*Çalışmanın 2. Bölümünde;* PLC ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. *3.Bölümde;* PLC sistemi ve çalışma prensibi açıklanmıştır. *4.Bölümde;* Endüstriyel otomasyonda PLC’nin sağladığı çözümler üzerinde durulmuştur. *5.Bölümde;* PLC ve Bulanık Mantığın günümüzdeki uygulamalarına değinilmiştir. *6.Bölümde;* Çalışmada kullanılan materyal ve yöntem verilmiştir. *7.Bölümde;* Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular tartışılmıştır. *8.Bölümde;* Elde edilen sonuçlar verilmiştir.

## 2. BİR PLC SİSTEMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SEÇİMİ

Otomasyonda karşılaşılan bir problemin çözümü için öncelikle aşağıdaki sorulara yanıt aranmalıdır.

- PLC kablo ile yapılan teknolojiye tercih edilmeli / midir?
- Cevap evet ise, beklentilere cevap verebilecek PLC nasıl seçilmelidir?

Kontrol sistemi; algılayıcı, komut akışı, işletici zincirinden oluşur ve modüler, hiyerarşik veya merkezi yapısıyla karakterize edilir. Sistemin uygun olup olmadığı, komut zincirindeki teknolojik homojenlik kriteriyle açıklanır. Bazı durumlar için uygulanması zorunlu olan kimi özel üniteler kullanılsa da, standart çözümler tercih edilmelidir [8].

Yapılacak çalışmada hız ve güç kontrolü söz konusu ise, sıvı ile çalışan işleticilerin (hidrolik - pnömatik motor, silindir) kullanılması mantıklı bir çözüm olabilir. Söz konusu organlar bir çok algılayıcının (durum belirleyiciler, intikal sonu, parçanın varlığı veya yokluğu gibi) kullanılmasına olanak tanır. Hidrolik uygulamalarda hareket çevrimi esnasında, fazla güç kaybı olmaz.

PLC ilk kez 1969 yılında, Amerika'da otomobil endüstrisinde üretim hatlarının otomatikleştirilmesi amacıyla, eldeki mevcut donanımlar ile yeni üretim modellerinin oluşturulması çalışmaları esnasında geliştirilmiştir. Bu uygulamalarda PLC'ler, bir işlemin yerine getirilip getirilmediğini bildiren birimlerin yerine kullanılmışlardır. Söz konusu birimlerde mantık kontrolörlerin komut akışı, oldukça karmaşık ve birimler arasında bilgi akışını sağlayan kabloların maliyeti ve testi oldukça yüksek idi [7,8].

Otomasyona uyarlanacak sistemlerde, PLC' nin kullanılmasını sınırlandıran ortamlar söz konusudur. Bu sınırlayıcı ortamlar üç grupta incelenebilir [7,8].

### **2.1. Fiziksel ve Mekanik Çevre Sınırlamaları**

Fiziksel ve mekanik çevre sınırlamaları dört parametre ile özetlenebilir. Titreşim, şok, rutubet ve sıcaklık. Isı tesiri oluşturan, endüstriyel fırınlara yakınlık veya ağır iklim şartları, PLC sisteminde kullanılan parçaların, toleransları dahilinde işlemlerini gerçekleştirebilmelerine engel olur. Yüksek seviyedeki nem de (%80 den daha çok) elemanlar üzerinde, suyun yoğunlaşmasına ve dolayısı ile de, korozyonun artmasına neden olur. Nemin %35 den daha az olması durumunda ise mantık sistemleri için olumsuz etki yaratan, elektrostatik gerilim meydana gelecektir. PLC sistemleri, titreşimli çalışan tezgahların yanlarına konumlandırılmamalıdır. Aksi taktirde, işaret geçişini sağlayan kontaklar, sistemler içinde yapıştırma suretiyle yapılan birleştirmeler ve diğer sistem parçaları zarar görebilir [9].

### **2.2. Kimyasal Kirlenme**

PLC sistemlerine zarar veren kimyasal kirlenmeler; korozyon etkisi yaratan gaz ortamları (klorin, hidrojen, sülfid, sülfür dioksit), hidrokarbon esaslı buhar ortamları, metalik tozlar (döküm ve çelik ile ilgili işlemlerin yapıldığı ortamlar) ve mineral tozların etkin olduğu ortamlar (çimento ile çalışılan yerler) şeklinde sıralanabilir. Söz konusu ortamlar PLC üniteleri içerisinde yer alan kontaklara ve mikro devrelere zarar verebilir. Üretici firmaların kimyasal kirlenmeye karşı sistemlerini korumak için uyguladıkları en yaygın iki yöntem;

- Baskı devrelerinin verniklenmesi ,
- Sistemin çalıştığı ortama kurulan filtreler ile zararlı olan toz ve gazın filtre

edilerek zararlarının azaltılmasıdır. Bunun yanı sıra gaz ve su etkisine tamamiyle dayanıklı donanımlar sağlayan markalar da (Modikon) bulunmaktadır [10,11].

### 2.3. Elektriksel Etkiler

- Birkaç Mv (milivolt) neden olduğu termoelektrik etkisi (peltier etkisi).
- Kimyasal yapıları farklı olan metallerin teması sonucu oluşan voltaik bağlantı potansiyelleri.
- Elektrostatik kaynaklı ses
- Kapasitif veya iletken birleştirmelerin neden olduğu, elektromanyetik etki. İlk iki maddede verilen etkilerin neden olacağı temel risk, düşük seviyeli analog ölçümlerindeki bozulmalardır [10,11].

### 2.4. Seçilecek PLC lerin Değerlendirilmesi

Bu bölümde, otomasyonda kullanılacak PLC' nin sağlayacağı avantajları irdelenecektir.

Kullanılacak olan PLC kullanıcı tarafından çok iyi bilinmelidir. Operatör sisteme özel geliştirilen program dili yardımıyla, kontrolü yapılacak işlemleri programlayarak, sisteme yükler. Programın yapısı ve kullanılan semboller, genellikle klasik, iletkenlerle yapılan devrelerde kullanılan notasyonlara benzediğinden öğrenilmesi oldukça kolaydır. Sistemde yer alan yazıcı, hafıza gibi birimler yardımcı birimler olup, sağladıkları destek ve kullanım şekli bir kaç uygulama ile kolayca öğrenilir [8].

Endüstriyel uygulamaların otomasyonu için, PLC sistemlerinin kurularak işletilmesi, zaman zaman geliştirilmesi eklentilerinin yapılması gibi işlemler,

işletmenin bu konuda uzman olan elemanları tarafından yapılabilir. Veya günümüzde otomasyon sistemlerini kurma konusunda hizmet veren mühendislik şirketlerine yaptırılabilir.

İletkenlerle yapılan kontrol türleriyle kıyaslandığında, PLC ile daha fazla işlem bağımsız olarak kontrol edilebilir. Otomasyon işlemleri yazılım - donanım ikilisinin, serbestlik derecesine bağılı olarak gerçekleştirilir. Modüler olan donanıma, uygulamalarda zaman içerisinde gerekli görülen değişiklikler, kolayca adapte edilebilir. Piyasaya sunulan her PLC ünitesi için kullanılacak program, yapımcı tarafından otomasyon tasarımcılarına yaptırılmaktadır. Dolayısıyla her bir PLC modelinin kendisine has programlama dili bulunmaktadır [8].

Kontrolü yapılacak işlem için yapılan programlama işleminden sonra, sistemin simülasyonu program üzerinde yapılarak, işlemin başarılp başarılamadığı test edilebilir. Bu aşamadan sonra otomasyon, tüm sistem üzerinde bir deneme testi ile kontrol edilir. Görülen eksiklikler üretime başlanılmadan önce giderilir. Böylece üretim üzerinde olumsuz etkileri olabilecek durumlar en aza indirilmiş olur.

PLC, kullanacak eleman açısından ele alındığında, bakımı ve işleme alma kolaylığı, yeni kurulan ünitenin detayları ile ilgili eğitimi hızlı ve kolay kılar. Sistemin kurulması sürecinde üretim yapılan birimlerdeki çalışmaların durdurulmasına gerek yoktur. Karmaşık bir işlemin otomasyonunda PLC ilk ve en önemli adımdır. Kullanılacak takımlar ve yöntemler (aşınma kontrolü, zamanın azaltılması, meydana gelen işlemlerin düzenlenmesi, akışın ve dengelemenin görüntülenmesi, tüketilen enerji ve malzemenin kayıtlarının tutulması gibi), kontrolü yapılacak işlemlerden alınır. Bazı durumlarda, işletmenin, gelen siparişler veya maliyet gibi ticari ve finansal parametrelere

göre imalat yapması gerekebilir. Bunun gerçekleştirilebilmesi, elde edilen bilgilerin işlenmesi ile ilgilidir. PLC' nin seçimi ve işletmeye alınmasından sonra, zamanla meydana gelen gelişmelere bağlı olarak otomasyonun seviyesi yükseltilebilir. Kullanılan programlar yapılan işlemin analiz ve test edilmesine olanak tanır. Mevcut PLC nin kullanımı:

- PLC nin fonksiyonlarına ve kapasitesine,
- Özel gereksinimleri karşılayan donanım seçimine bağlıdır.

PLC sistemlerini kullanacak kişilerin çok özel eğitimlerden geçirilmesine gerek yoktur. Kullanımı ve programlama dili kolayca öğrenilebilir [7,8].

#### **2.4.1. Kullanım ve bakım yönünden**

Klasik üretim sistemlerinin otomasyona uyarlanmasında, PLC ile birlikte kullanılacak mantık (lojik) aparatlar PLC ye adapte edilir. Operatör ile sistem arasındaki iletişimin seviyesi, kullanılan PLC cihazının standart tip veya özel amaçlı geliştirilmiş bir modül olmasına bağlı olarak değişir. Üretimde meydana gelen gelişmeleri karşılayacak şekilde, programda değişiklikler yapılabilir. Üretim sürecinde olagelen işlemlerin kaydı yapılabilir. Bu alanda sağlanan gelişmeler, üretim esnasında meydana gelebilecek, olumsuzlukların anında teşhis edilmesini mümkün kılmıştır. Bu amaçla PLC'nin kullandığı programda gerekli değişikliklerin yapılmasıyla, ortaya çıkan arızanın yeri ve türü belirlenir. Teşhise yönelik eklentileri de içeren programların algoritması, sadece kontrol için geliştirilen programların algoritmasına nazaran, hacim olarak en az üç kat kadar daha büyük ve daha karmaşıktır. Üretim hattında meydana gelebilecek arızaların neden olduğu duraksamalar üretilen ürünün maliyetini arttıracaktır. Bu nedenle teşhise yönelik program kısmı da, en az kontrol için gerekli olan program kadar önemlidir [12].

## **2. PLC' lerin Kullanma Alanları**

Günümüzde PLC'ler endüstrinin değişik bir çok alanında ve değişik kademelerdeki okullarda eğitim amacıyla kullanılmaktadır.

### **2.5.1. Metalurji Alanında PLC Uygulamaları**

Bu alandaki temel kullanım amacı güvenlidir. Genel olarak; metal ergitme fırınlarındaki işlemlerin kontrol edilmesinde, sıcak metallerle yapılan işlemlerin otomasyonunda, metallerle yapılan çalışmalarda kullanılan gazların analizinde (örneğin toz metalürjisinde, kalıplanan parçaların pişirilmesinde (sinterlenmesinde), akış kontrolü ve kalite kontrol işlemlerinde kullanılmaktadır [13].

### **2.5.2. Mekanik ve Otomotiv Mühendisliğinde PLC**

PLC sistemleri özellikle bu alanda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Parça imalat işlemlerinde, montaj hatlarında, motorların test edilmesinde, değişik birçok makinada ve bunların birbirine bağlanarak otomasyonunun sağlanmasında kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, üretimde kullanılan preslerde, otomatik tornalarda, frezelerde, çok istasyonlu tezgahlarda, kaynak makinalarında ve montaj robotlarında kullanılmaktadır. 1970 li yıllarda bu alanda kaydedilen gelişmeler göz önüne alındığında, 1980 li yıllarda geliştirilecek sayısal denetimli tezgahların %50 sinin, PLC'ler veya minibilgisayarlar ile kontrol edileceğine inanılıyordu. Ancak bu konudaki gelişmeler %50 ninde oldukça üzerinde, %95 ler seviyesinde olmuştur. Makine alanında PLC uygulamaları giderek daha hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. PLC'den önce sadece iletken bağlantıları ile çeşitli

mekanizmaların kullanıldığı teknoloji giderek eskimekte ve otomasyon uygulamalarında kullanımı uygun bulunmamaktadır [14].

### **2.5.3. Kimya endüstrisinde PLC uygulamaları**

Günümüz kimya endüstrisinde, üretim birimlerinin kontrol edilmesinde, ürünlerle ilgili ölçümlerin yapılmasında, ürünlerin karıştırılmasında, akışkanların rafine edilmesinde kullanılmaktadır. Plastiklerin işlenmesinde ve kauçuk işlemede kullanılan tezgahların birbirlerine bağlanarak otomasyonlarının sağlanmasında kullanılmaktadır.

### **2.5.4. Petrokimya endüstrisinde PLC**

Pompa istasyonlarındaki ünitelerin kontrolünde, borular içerisindeki gazların veya sıvıların sevk ve idaresinde kullanılmaktadır [15].

### **2.5.5. Tarım ve gıda endüstrisinde PLC**

Toz gıda maddelerinin karıştırılmasında, ürünlerin kurutulmasında ve test edilmesinde, tarımda sınır şartlarının sağlanmasında (iklimlendirme) kullanılmaktadır [9,14].

### **2.5.6. Taşıma ve malzeme hazırlama (stoklama)**

Kolilerin sevk ve tasnif edilmesi, paketleme ve taşıma işlemlerinin kontrol edilmesinde kullanılmaktadır.

### **2.5.7. PLC'nin Diğer Uygulama Alanları**

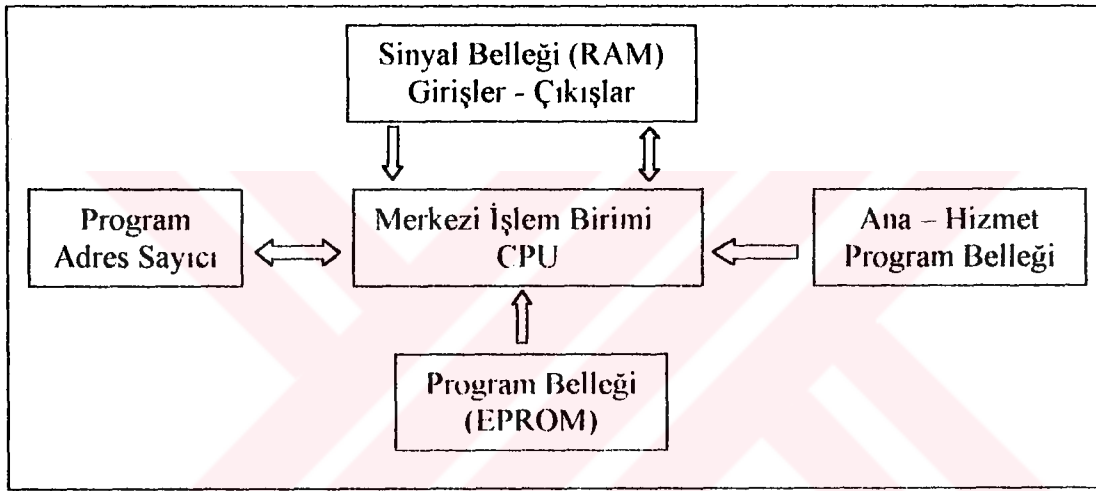
Tekstil endüstrisinde kesme, dokuma ve paketlenme işlemlerinin otomatik olarak yapılmasında, cam ve kristal ile yapılan çalışmalarda. Bunların dışında uzman sistemlerde ve emniyet gerektiren uygulamalarda (nükleer reaktörlerde) güvenle kullanılmaktadır.



### 3. PLC SİSTEMİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Bellek programlamalı kumanda sistemini oluşturan ana parçalar aşağıda şekil 3.1. de gösterilmiştir. Bunlar:

- Program belleği (giriş ve çıkışlar)
- Merkezi işlem birimi
- Program adres sayıcı

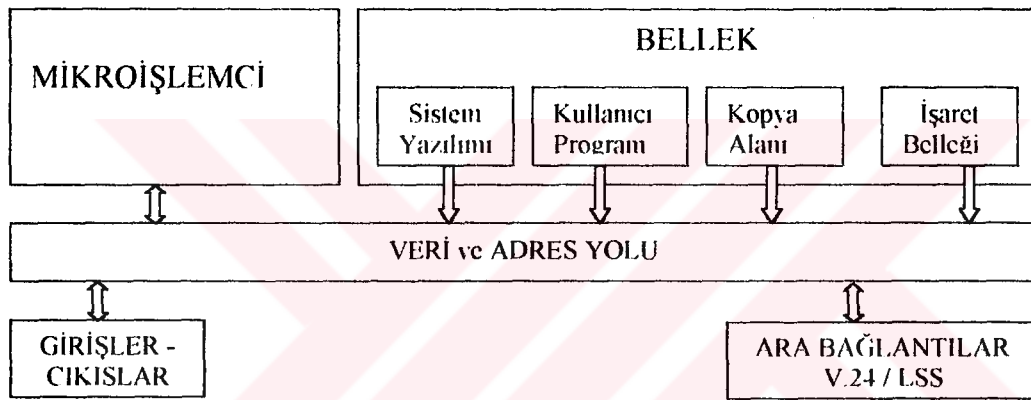


Şekil 3.1 PLC yi oluşturan elemanlar

Program adres sayıcı, en basit şekliyle, ileri yönde belirli bir değere kadar sayan ve tekrar sıfır değerine dönerek saymaya tekrar bir ile başlayan döngü sayacı olarak tanımlanabilir. Sistemde ana veya diğer bir deyiş ile hizmet programını içeren ayrı bir bellek mevcuttur. Bu bellek, Merkezi işlem biriminin tüm komutları tanıyacak bir konuma getiren bir programı içermektedir. Bellek programlanabilir kumanda PLC, bilgi işlem birimi gibi çalışır. Bir bilgi işlem birimi veri, işlem ve bilgi olmak üzere üç kademedен oluşmaktadır. Veri kademesi üzerinden sinyaller kumanda içerisine konulur. Kumanda sistemi kendisi işlem kademe görevini yapar. Kumanda programı mantıksal devre bağlantılar yardımı ile işlenir. Bu kumanda programı daha önceden bir programlama gereci ile kumanda sistemi içerisine verilmelidir. Bilgi kademesinde ise işlenen kumanda sinyallerinin çıkışı alınır.

### 3.1. Merkezi İşlem Birimi

Otomasyon cihazı PLC kapalı bir üniteden oluşur. İçerisinde mikroişlemci, işaret ve programlar için bellek, giriş ve çıkış üniteleri ve enerji besleme kaynağı bulunur (Şekil 3.2). Kumanda sisteminden yapılması istenenler otomasyon cihazının program belleğine yazılır. Söz konusu program ayrı bir program cihazı (PC veya cihaza ait özel programlayıcı) yardımı ile yapılır.



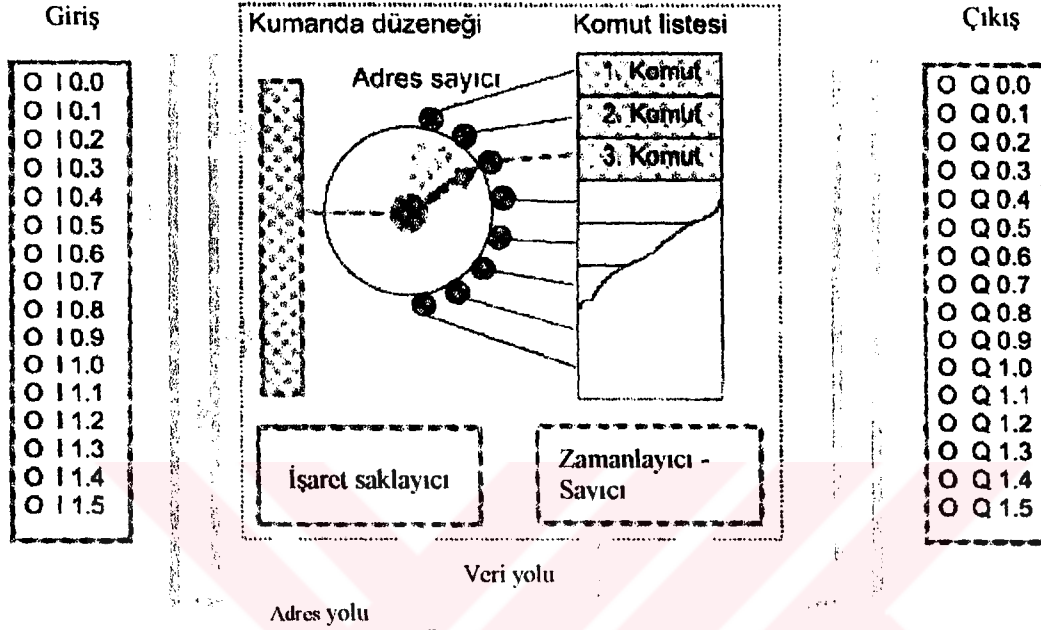
Şekil 3.2.Merkezi işlem birimi blok şeması

Merkezi işlem birimi; kumanda sisteminin ana kısmını oluşturur. Bu ünite içerisinde Şekil 3.3. de gösterildiği gibi kumanda düzeneği, adres sayıcı ve komut belleği yer almaktadır .

#### 3.1.1. PLC' de Merkezi işlem ünitesi (CPU) elemanlarının görevleri

Program belleği; Tüm bağlantı komutlarını içinde bulunduran bir bellektir. Komutların tamamı programı oluşturur. Program belleği binlerce bellek hücresinden oluşur. Komutların kayıt edildiği program belleğine, uygulanacak kumanda programı bir programlama gereci ile yazılabilir veya bir bellek modülü ile aktarılabilir. Kumanda programı belirli işlem sırasını takip eden

komut akışından oluşur. Program belleğindeki program, merkezi işlem birimine aşağıdaki verileri iletir.



Şekil 3.3. Merkezi işlem ünitesinde veri giriş-çıkış bağlantıları

- Hangi giriş verilerinin alınacağını,
- Bu verilerle ne yapılacağını, bunların birbiriyle nasıl ilişkilendirileceğini,
- Çıkışa hangi verilerin aktarılacağını.

PLC ile otomasyonda iki program söz konusudur.

*Firma yazılım programı (Firmware):* Temel yazılım olup üretici firma tarafından kullanıcıya verilir. Firmanın sağladığı yazılım programının başlıca görevleri;

- *Kullanım;* Programlama ünitesi vasıtasıyla kullanıcı ile PLC arasındaki iletişimi, programlama cihazı üzerinden sağlamak.

- *Bilgi akış kontrolü*; Elemanlar arasındaki veri akışında koordinasyonu sağlamak (bellek, girişler ve çıkışlar vb). Veriler, fonksiyonel elemanları birbirine bağlayan *veri yolu* üzerinden taşınır.
- *Yönetim*; Kullanıcı programını işletebilmesi için gerekli organizasyon.

*Kullanıcı programı*; Kullanıcı denetimi yapılacak sistemin kumanda – kontrol programını kendisi yazar. Bu program bir bellekte saklanır (kullanıcı belleği). Mikroişlemci bu programla çalışır. Kullanıcı program belleğinin de belirli bir kapasitesi vardır. Sistemin çalışma prensibi gereği ne yapılacağını kesin olarak tanımlayan kullanıcı komutları, mikroişlemci tarafından sırası ile işlenir. İşlemin sonucu sinyal belleğinde geçici olarak saklanır. Son komut işlendikten sonra, programa tekrar baştan başlanır. Kullanıcı programı, programlama cihazı yardımıyla sadece bir kere yazılır istenildiği zamanda değiştirilebilir.

Şekil 3.4. de kullanıcı programı ve sinyal belleği bölümleri verilmiştir.

| Kullanıcı programı                                                                                                                                                                                                                          | Sinyal belleği bölümleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |          |            |          |             |               |      |                        |      |                       |      |                     |      |         |            |                |            |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|------------|----------|-------------|---------------|------|------------------------|------|-----------------------|------|---------------------|------|---------|------------|----------------|------------|-----------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. AI1</li> <li>2. AI2</li> <li>3. OQ1</li> <li>4. =M1</li> <li>5. AM1</li> <li>6. ANM4</li> <li>7. =Q1</li> <li>8. AQ1</li> <li>9. =T1</li> <li>10. AT1</li> <li>11. =M4</li> <li>12. PE</li> </ol> | <table> <tr> <td>I 1.....I24</td><td>24 Giriş</td></tr> <tr> <td>Q1.....Q16</td><td>16 Çıkış</td></tr> <tr> <td>M1.....M124</td><td>124 Saklayıcı</td></tr> <tr> <td>M125</td><td>İç Flaş Sinyali 1.25Hz</td></tr> <tr> <td>M126</td><td>İç Flaş Sinyali 2.5Hz</td></tr> <tr> <td>M127</td><td>İç Flaş sinyali 5Hz</td></tr> <tr> <td>M128</td><td>Sabit 1</td></tr> <tr> <td>T1.....T16</td><td>16 zamanlayıcı</td></tr> <tr> <td>C1.....C16</td><td>16 Sayıcı</td></tr> </table> | I 1.....I24 | 24 Giriş | Q1.....Q16 | 16 Çıkış | M1.....M124 | 124 Saklayıcı | M125 | İç Flaş Sinyali 1.25Hz | M126 | İç Flaş Sinyali 2.5Hz | M127 | İç Flaş sinyali 5Hz | M128 | Sabit 1 | T1.....T16 | 16 zamanlayıcı | C1.....C16 | 16 Sayıcı |
| I 1.....I24                                                                                                                                                                                                                                 | 24 Giriş                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |          |            |          |             |               |      |                        |      |                       |      |                     |      |         |            |                |            |           |
| Q1.....Q16                                                                                                                                                                                                                                  | 16 Çıkış                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |          |            |          |             |               |      |                        |      |                       |      |                     |      |         |            |                |            |           |
| M1.....M124                                                                                                                                                                                                                                 | 124 Saklayıcı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |          |            |          |             |               |      |                        |      |                       |      |                     |      |         |            |                |            |           |
| M125                                                                                                                                                                                                                                        | İç Flaş Sinyali 1.25Hz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |          |            |          |             |               |      |                        |      |                       |      |                     |      |         |            |                |            |           |
| M126                                                                                                                                                                                                                                        | İç Flaş Sinyali 2.5Hz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |          |            |          |             |               |      |                        |      |                       |      |                     |      |         |            |                |            |           |
| M127                                                                                                                                                                                                                                        | İç Flaş sinyali 5Hz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |          |            |          |             |               |      |                        |      |                       |      |                     |      |         |            |                |            |           |
| M128                                                                                                                                                                                                                                        | Sabit 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |          |            |          |             |               |      |                        |      |                       |      |                     |      |         |            |                |            |           |
| T1.....T16                                                                                                                                                                                                                                  | 16 zamanlayıcı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |          |            |          |             |               |      |                        |      |                       |      |                     |      |         |            |                |            |           |
| C1.....C16                                                                                                                                                                                                                                  | 16 Sayıcı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |          |            |          |             |               |      |                        |      |                       |      |                     |      |         |            |                |            |           |

Şekil 3.4. Kullanıcı yazılım programı ve PLC işlemci bellek bölümleri

*Sinyal belleği;* Bellek programlamalı kumanda ünitesi tarafından işlenen bütün sinyaller (butonlar, kontaktörler, algılayıcılar ve benzerlerinden alınan kumanda işaretleri) işlenmeleri süresince saklanmaları gerekir. Benzer şekilde, gerçekleştirilen bağlantıların sonuçları da burada saklanır. Sinyal belleği, mantık işlemlerinin sonucunu geçici olarak saklamaktan başka anahtar, algılayıcı, vb. giriş donanım bağlantılarının mevcut durumunu da saklar. Bu özellik programın bir çevrimi sırasında giriş sinyallerinin sabit kalması açısından önemlidir. Yine çıkış sinyallerinin mevcut değerleri de burada saklanır.

Programın bir çevrimi bittikten sonra, giriş sinyallerinin mevcut durumu sinyal belleğine alınır. Çıkış sinyallerinin mevcut değerleri ise çıkış terminaline alınır. Hiçbir terminale gönderilmeyecek olan ara sonuçlar merker-saklayıcı denilen kısımlarda saklanır (merkerler:kablo ile yapılan kumandalarda kullanılan yardımcı rölelerle eşdeğerdedirler ).

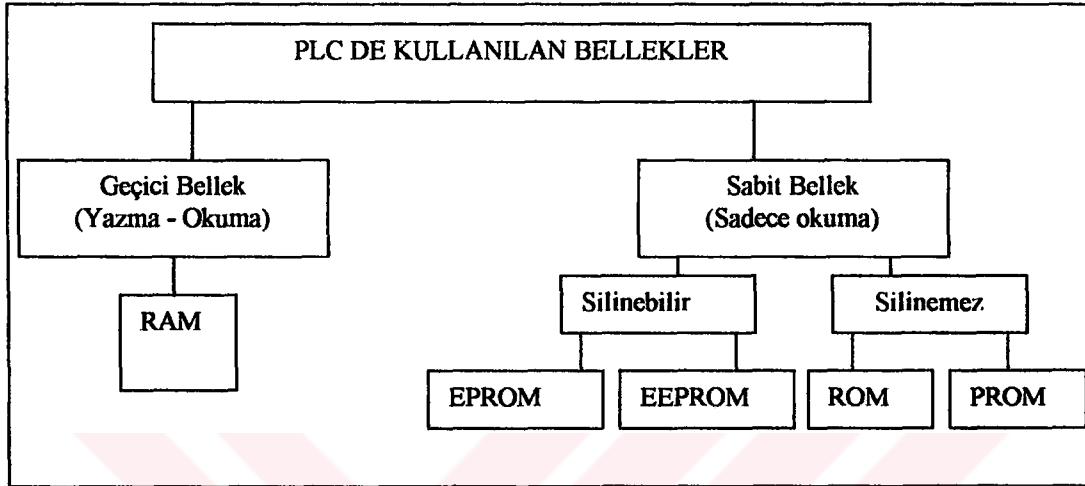
Zamanlayıcı ve sayıcı değerleri de, istenilen değer ve mevcut değer olmak üzere iki değer şeklinde işaret belleğinde saklanır. Her zamanlayıcının başlatma için bir giriş değeri ve bir çıkışı vardır. Sayıcıların ise bir giriş tetikleyicisi, bir serbest bırakma giriş değeri ve bir çıkışı vardır.

*Veriyolu;* Her türlü kumanda kademesi ile giriş ve çıkışlar veriyolu üzerinden birbirine bağlanır.

- Adresyolu: üzerinden girişler, çıkışlar saklayıcılar, zamanlayıcı vb. seçilir.
- Veriyolu: üzerinden sinyal konumları kumanda işlem ünitesine taşınır.

### **3.1.2. PLC' lerde kullanılan bellek türleri**

PLC de kullanılan bellek türleri Şekil 3.5. de gösterilmektedir.



Şekil 3.5. PLC’ lerde kullanılan bellek türleri

*ROM (Read Only Memory);* İçinde bulunan bilgi veya komutlar sadece okunabilir. Bu bellek içerisine kullanıcı tarafından bilgi ve ya komut yazılamaz. İşlemleri sırayla yürüten bu belleklere örnek olarak otomatik ev aletleri verilebilir. Bu cihazlara yerleştirilen ROM program bellekleri kesinlikle değiştirilemez. ROM içerisine yerleştirilmiş olan program kalıcı olarak saklanmıştır. Sistemin besleme gerilimi kesilse dahi ROM içerisindeki bilgiler silinmez. Değiştirilebilir programlı PLC lerde ROM lar yeniden programlanabilmektedir.

*PROM (Programmable Read Only Memory);* Kullanıcı tarafından sadece bir defa programlanabilir. Daha sonra bir değişiklik yapılamaz.

*RAM (Random Access Memory);* İçerisine bilgi yazılabilen ve okunabilen bellektir. Sürekli durum değiştiren bir çevreyi algılamak zorunda olan bir belleğin içeriğinin tekrar programlanabilmesi gerekir. İşletim sistemi

yüklendikten sonra transfer edilen veya programlama cihazı ile yüklenen programlar ve bilgiler RAM belleğe kaydedilir. RAM' a kaydedilen bilgiler cihaz kapatılır veya besleme gerilimi kesilirse silinir. Programın büyüklüğü RAM kapasitesi ile doğrudan ilgilidir. Program RAM kapasitesinden daha büyük ise çalıştırılmaz. Serbest programlanabilir PLC' lerde RAM bellek kullanılır.

*EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)*: Silinebilir ve tekrar programlanabilir bellektir. Silme işlemi ultraviyole ışınlarla yapılmaktadır. Dezavantajı ayrı bir programlama cihazına gereksinim duymasındır.

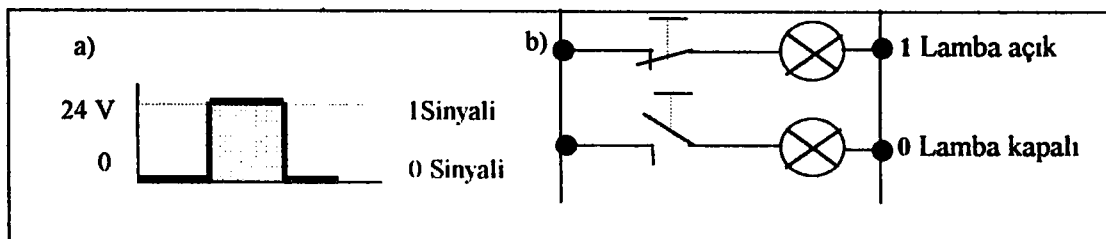
*EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)*: PLC' de yazılan veya transfer edilen komutların ideal olarak korunabilmesine olanak tanır. Aynı zamanda elektriksel olarak silinebilir bellektir.

### 3.2. PLC de İşaretlerin İşlenmesi

PLC de kullanılan merkezi işlemci birimleri sadece girişteki 0 ve 1 arasındaki sinyal durumunu ayırt edebilirler. Bu nedenle eğer bir PLC cihazının girişine işlenmek üzere bir işaretin gelmesi durumunda bu sinyalin sadece iki konumu olabilir.

0 işaret durumunda; çok düşük veya hiç olmayan gerilim.

1 işaret durumunda; Şekil 3.6 da verildiği gibiyüksek bir gerilim, örneğin 24V.



Şekil 3.6. Binary kumanda sistemlerinde a) İşaret diagramı b) Kumanda devresi

PLC sistemi giriş birimine gelen 1 sinyal durumunun;

- Aktif olan kapayıcıdan mı? Yoksa,
- Aktif olmayan açıcıdan mı? Geldiğini ayırt edemez.

Dolayısı ile bir girişin aktif olup olmadığını mantık devre bağlantıları belirlemez. Girişlerin aktivitelerini, Çizelge 3.1de verildiği gibi girişlerde gerilimin olması (1işareti), veya olmaması durumu (0 işareti) belirler.

Çizelge 3.1. PLC lerde sinyallerin işlenmesi

| Giriş elemanları    | Giriş elemanı durumu                                                                            | İşaret durumu |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| KAPAYICI            | Aktif değil  | 0             |
|                     | Aktif        | 1             |
| AÇICI               | Aktif değil  | 1             |
|                     | Aktif        | 0             |
| ÇIKIŞ<br>ELEMENLARI | Birlenmiş değil                                                                                 | 0             |
|                     | Birlenmiş                                                                                       | 1             |

### 3.3. Merkezi İşlem Biriminde İşaretlerin İşlenmesi

Merkezi işlem birimi, bellekte bulunan komutların uygulanmasını sağlar. Merkezi işlem birimindeki işlemci, özelliğine göre tek tek bitleri veya sözcükleri işleme özelliğine sahiptir.

Bit: 1 veya 0. Bir algılayıcıya ait durumun bellekte saklanması için bir *bit* yeterlidir.

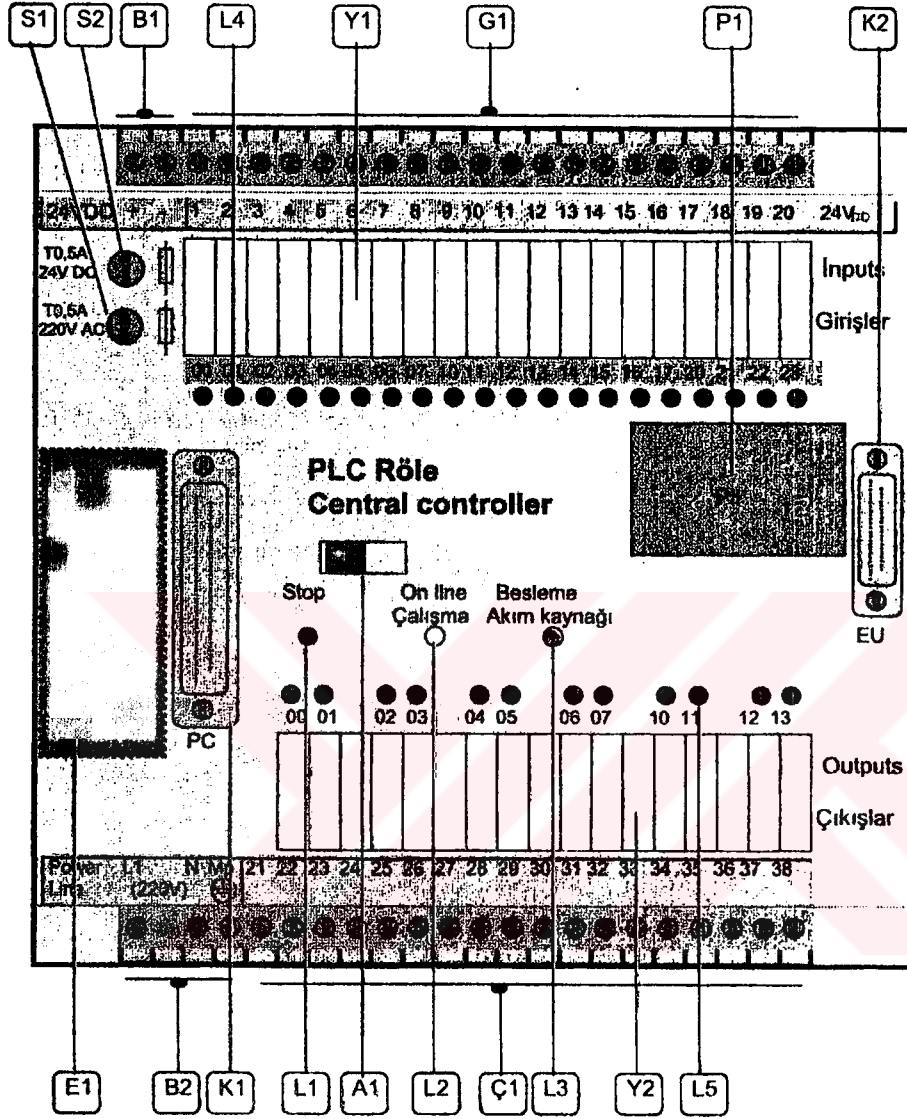
Merkezi işlem birimindeki bit işlemcisi; sinyalleri birbirine bağlayabilir bu bağlantıların sonucunda bir çıkış işareti oluşturabilir. PLC tekniğinde, sadece mantık -0- ve mantık-1- rakamlarını tanıyan, “Dual-İkili” olarak adlandırılan sayı sistemi kullanılmaktadır. İkili sayı sistemi ile çok sayıda sinyalin durumu, bit bilgi birimi ile açıklanabilir. Ancak tek başına bir bitleri işleyen bir bit işlemcisi karmaşık işlemleri yapamaz. Çizelge 3.2. de iki şalterli bir devrede, olası dört değişik sinyal konumu verilmektedir. “n” adet sinyal girişinin  $2^n$  değişik kombinasyonu söz konusu olacaktır.

Çizelge 3.2. İki işaret girişli bir devrede işaret konumları

| Konum   | Şalter 2                                                                            | Şalter 1                                                                            | Bit2 | Bit1 |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| 1.Konum |  |  | 0    | 0    |
| 2.Konum |  |  | 0    | 1    |
| 3.Konum |  |  | 1    | 0    |
| 4.Konum |  |  | 1    | 1    |

### 3.4. PLC Cihazının Yapısı

Kumanda kontrol denetim cihazı PLC yi işletmeye alınmadan önce bilinmesi gereken önemli hususlardan birisi de belirli fonksiyon elemanları ve yapı kısımlarının hangi yerde bulundukları ve komut verici ile düzenleme elemanlarının giriş ve çıkışlarda nasıl bağlandıklarıdır. Şekil 3.7. de PLC nin yapısı ve bağlantıları verilmiştir.



Şekil 3.7. Bir PLC rölesinin yapısı ve dış bağlantı terminalleri

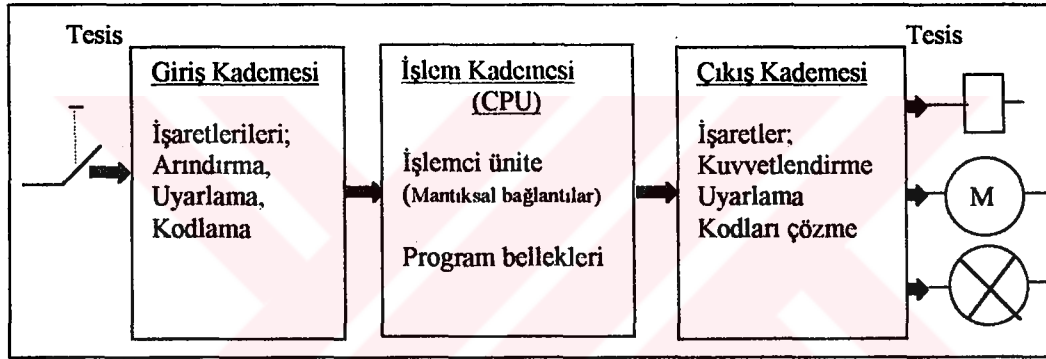
- ( A1 ) PLC otomasyon cihazı açma-kapama anahtarı
- ( B1 ) 24 V besleme gerilimi için vida / fiş bağlantısı
- ( B2 ) 220 V besleme gerilimi için vida / fiş bağlantısı
- ( E1 ) Program belleği için EEPROM ve bağlantı yuvası
- ( G1 ) Lojik binary girişler için vida / fiş bağlantısı
- ( Ç1 ) Lojik binary çıkışları için vida / fiş bağlantısı

- ( K1 ) Programlama cihazı veya PC ara bağları için konnektör.
- ( K2 ) PLC sistemini genişletmek için ek PLC bağlantı konnektörü
- ( L1 ) PLC sisteminin kapalı olduğunu gösteren lamba (kırmızı LED)
- ( L2 ) Fonksiyon göstergesi (sarı LED)
- ( L3 ) Besleme akımı göstergesi (yeşil LED)
- ( L4 ) Giriş sinyalleri göstergesi (kırmızı LED)
- ( L5 ) Çıkış sinyalleri göstergesi (kırmızı LED)
- ( S1 ) 220 V / AC T0,5A Koruyucu sigorta
- ( S2 ) 24 V / AC T0,5A Koruyucu sigorta
- ( Y1 ) Giriş sinyallerinin tanımı için yazı şeritleri
- ( Y2 ) Çıkış sinyallerinin tanımı için yazı şeritleri.

Değişik kapasiteli ve değişen giriş-çıkış sinyali adedi ile PLC otomasyon cihazı üreten firmalar cihaz tiplerini kullanıcıların amaçlarına göre tasarlayabilmektedirler. Şekil 3.7. de verilen otomasyon cihazı sadece lojik sinyalleri işleyebilmektedir. Özel olarak geliştirilen bazı PLC cihazları analog sinyalleri de işleyebilmektedirler. Bu tür cihazlar, lojik sinyal bağlantıları ile birlikte analog giriş ve çıkış sinyal bağlantıları da vardır. Verilen PLC cihazında 20 adet giriş ve 16 adet çıkış sinyali ile işlem yapılabilir. Böyle bir otomasyon cihazı yaklaşık 60 adet kontaktör ve rölenin, 16 adet zaman rölesinin ve 16 adet sayıcı rölenin işlevini tek başına yerine getirebilmektedir. Sağlamış olduğu avantajına ilave olarak bağlantı ve düzenleme bakımından da büyük kolaylık sağlamaktadır. PLC cihazları tek başlarına kullanılabildikleri gibi, aynı çalışma hızında olan diğer PLC cihazları ile seri veya paralel bağlantı ile yapılabilir. Böylece oldukça karmaşık kumanda kontrol sistemleri geliştirilebilir.

### 3.4.1. PLC Cihazında mantık eleman bağlantıları

Cihazın giriş ve çıkışları arasındaki fonksiyonları mantıksal bağlantılarla gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.8). Kontaktörler ile gerçekleştirilen kontak-bağlantılı kumanda tekniğinde mantıksal bağlantılar akım akış planı ile gerçekleştirilirken, PLC tekniğinde kumanda işlemleri bir program ile gerçekleştirilir.



Şekil 3.8. PLC de kumanda sinyallerin işlenmesi

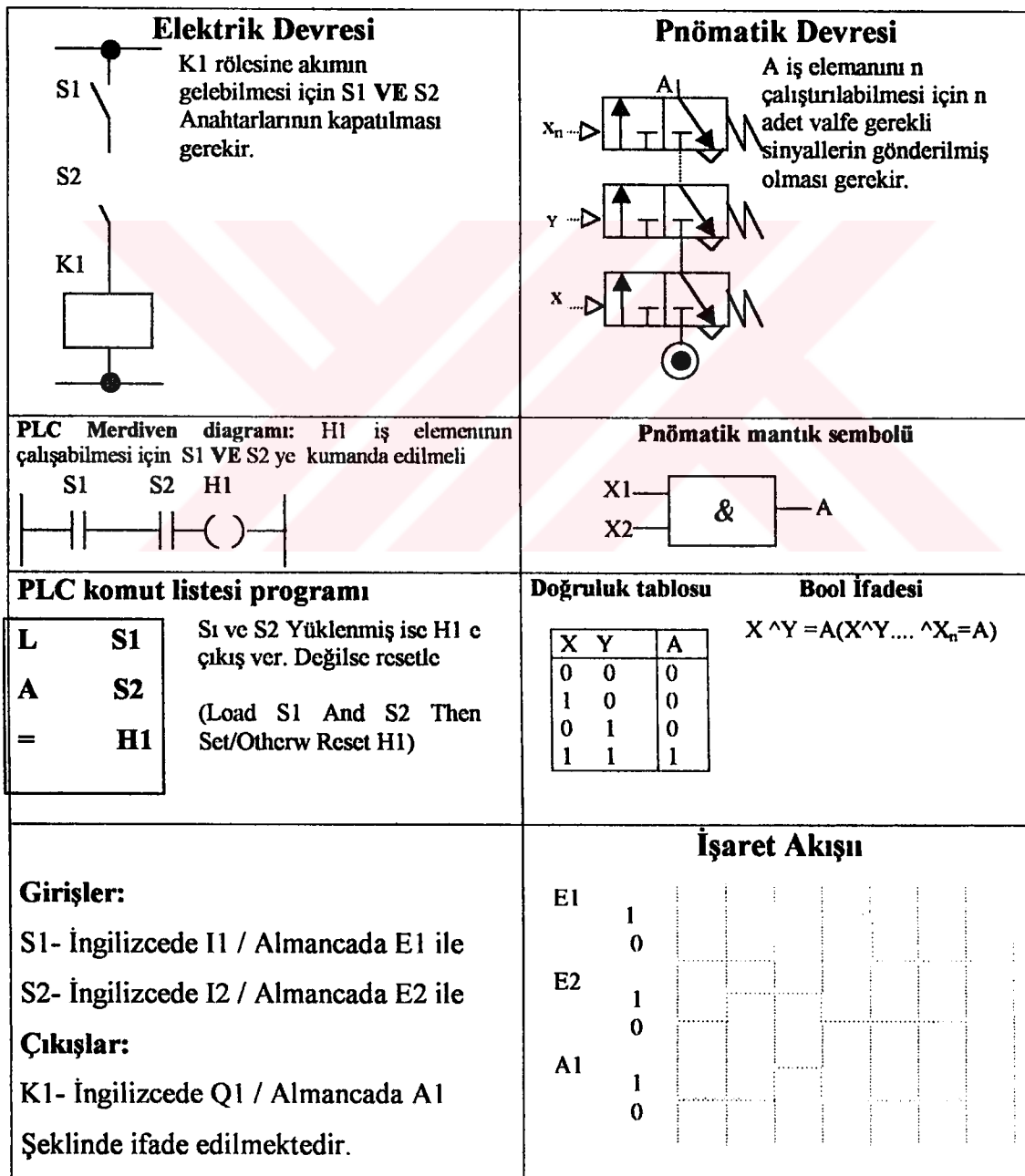
### 3.4.2. Mantıksal İşlemler

PLC de kullanılan fonksiyon planı temel elemanları, dijital tekniğinde kullanılan lojik temel elemanlarıdır. Bu temel elemanlardan istifade ederek bir kumanda işleminin tüm bağlantılarını gerçekleştirebilecek bağlantılar türetilebilir. Bütün karmaşık kontrol işlemleri, seri ve paralel bağlantılar şeklinde tek tek temel mantık bağlantılarına ayrılabilir. Böylece karmaşık bağlantılar temel fonksiyonlar haline getirilebilir.

#### 3.4.2.1. Ve fonksiyonu (AND)

Ve fonksiyonu iki giriş sinyalinin sağlanması halinde, çıkış birimine sinyal gönderilmesi veya çıkış birimindeki iş elemanının çalıştırılması şeklinde tanımlanabilir. Ve lojik işlemi; elektriksel bağlantı ile, pnömatik tekniği ile

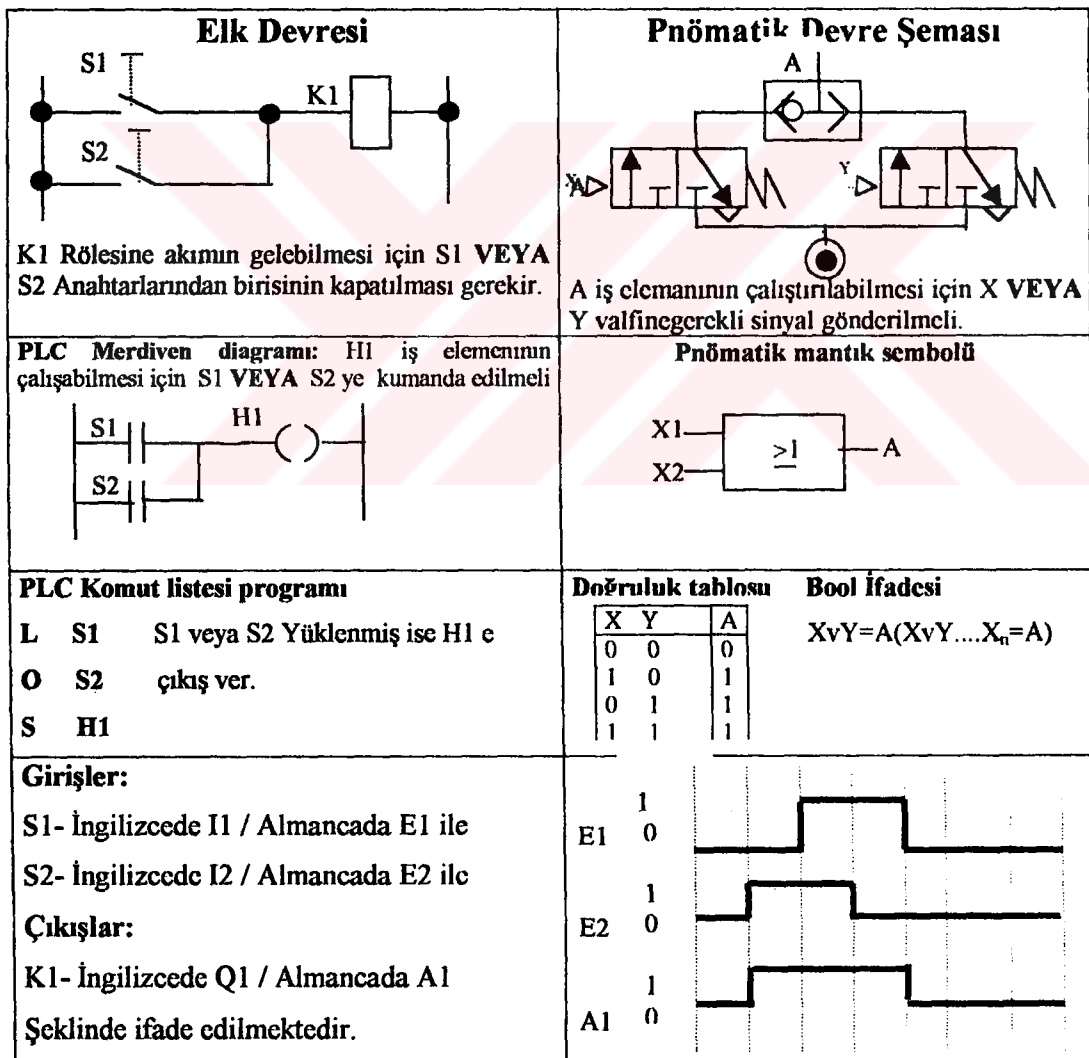
veya PLC yardımı ile gerçekleştirilebilir. Her yöntemin ayrı ayrı kullanıldığı uygulama alanları olduğu gibi hepsinin bir arada kullanıldığı uygulamalar da yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna örnek olarak elektrik ile pnömatiğin bir arada kullanıldığı, Elektropnömatik tekniği örnek olarak verilebilir. Şekil 3.9. da VE işlevinin değişik yöntemlerle elde edilişi gösterilmiştir.



Şekil 3.9. VE mantıksal işlevinin elde edilişi ve özellikleri

### 3.4.2.2. VEYA fonksiyonu

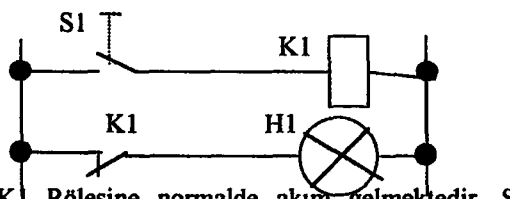
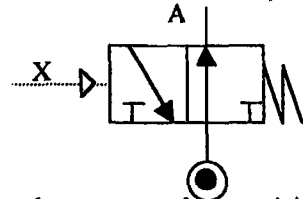
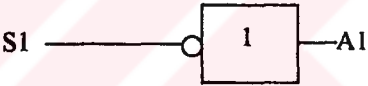
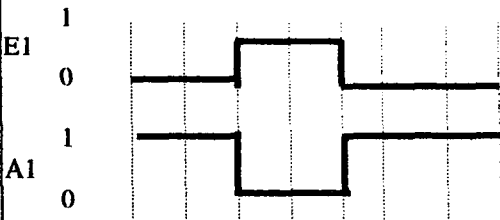
Veya fonksiyonu n adet giriş sinyalinden herhangi bir tanesinin sağlanması halinde, çıkış birimine sinyal gönderilmesi veya çıkış birimindeki iş elemanının çalıştırılması şeklinde tanımlanabilir. VEYA mantıksal işlemi de Şekil 3.10 da görüldüğü gibi, VE fonksiyonuna benzer şekilde; elektriksel bağlantı ile, pnömatik tekniği ile veya PLC yardımı ile gerçekleştirilebilir.



Şekil 3.10.VEYA mantıksal işlevinin elde edilişi ve özellikleri

### 3.4.2.3. DEĞİL fonksiyonu (Ters Çevirme Fonksiyonu)

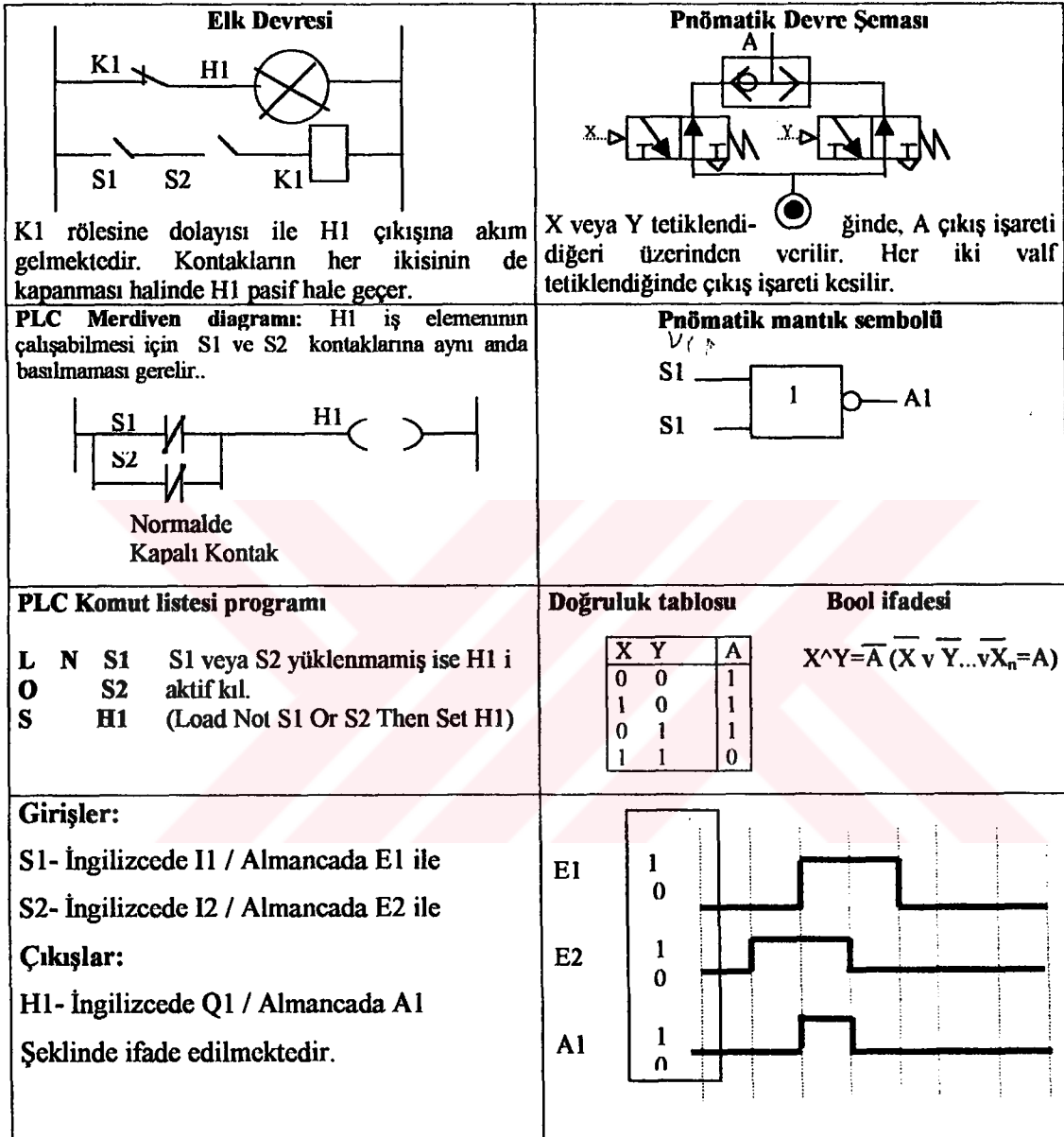
Değil fonksiyonu Şekil 3.11de verildiği gibi, giriş sinyalinin aktif olmaması halinde çıkış elemanının aktif durumda olmasını veya giriş sinyali aktif iken çıkış elemanının pasif olmasını sağlayan fonksiyondur. Giriş durumunu çıkışta tersinir kılan fonksiyondur.

| <p><b>Elk Devresi</b></p>  <p>K1 Rölesine normalde akım gelmektedir. S1 kapatıldığında iş elemanı pasif hale geçer.</p>                                | <p><b>Pnömatik Devre Şeması</b></p>  <p>A iş elemanının çalışması için yön kontrol valfine herhangi bir işaretin gelmemesi gerekir.</p> |    |                                   |                                   |   |  |    |                       |                                                                                                                                                                                                        |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------|-----------------------------------|---|--|----|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| <p><b>PLC Merdiven diagramı:</b> H1 iş elemanının çalışabilmesi için S1 kontağının kapatılmaması gerekir.</p>  <p>Normalde Kapalı Kontak</p>         | <p><b>Pnömatik mantık sembolü</b></p>                                                                                                 |    |                                   |                                   |   |  |    |                       |                                                                                                                                                                                                        |   |   |   |   |   |   |
| <p><b>PLC Komut listesi programı</b></p> <table border="1"> <tr> <td>L</td> <td>N</td> <td>S1</td> <td>S1 Yüklenmemiş ise H1 i aktif kıl</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td></td> <td>H1</td> <td>(Load Not S1, Set H1)</td> </tr> </table> | L                                                                                                                                                                                                                         | N  | S1                                | S1 Yüklenmemiş ise H1 i aktif kıl | S |  | H1 | (Load Not S1, Set H1) | <p><b>Doğruluk tablosu</b></p> <table border="1"> <tr> <th>X</th> <th>A</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </table> <p><b>Bool İfadesi</b></p> $\bar{X} = A$ | X | A | 0 | 1 | 1 | 0 |
| L                                                                                                                                                                                                                                       | N                                                                                                                                                                                                                         | S1 | S1 Yüklenmemiş ise H1 i aktif kıl |                                   |   |  |    |                       |                                                                                                                                                                                                        |   |   |   |   |   |   |
| S                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                           | H1 | (Load Not S1, Set H1)             |                                   |   |  |    |                       |                                                                                                                                                                                                        |   |   |   |   |   |   |
| X                                                                                                                                                                                                                                       | A                                                                                                                                                                                                                         |    |                                   |                                   |   |  |    |                       |                                                                                                                                                                                                        |   |   |   |   |   |   |
| 0                                                                                                                                                                                                                                       | 1                                                                                                                                                                                                                         |    |                                   |                                   |   |  |    |                       |                                                                                                                                                                                                        |   |   |   |   |   |   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                         |    |                                   |                                   |   |  |    |                       |                                                                                                                                                                                                        |   |   |   |   |   |   |
| <p><b>Girişler:</b></p> <p>S1- İngilizcede I1 / Almandaca E1 ile</p> <p><b>Çıkış:</b></p> <p>H1- İngilizcede Q1 / Almandaca A1</p> <p>Şeklinde ifade edilmektedir.</p>                                                                  |                                                                                                                                       |    |                                   |                                   |   |  |    |                       |                                                                                                                                                                                                        |   |   |   |   |   |   |

Şekil 3.11. DEĞİL Mantıksal İşleminin elde edilişi ve özellikleri

### 3.4.2.4. VEDEĞİL Fonksiyonu

Bun işlemde çıkış işaretinin elde edilmesi için, S1 ve S2 girişlerinin her ikisinin veya en az bir tanesinin pasif olması gerekir. Ve Değil fonksiyonu da n elemana kadar genişletilebilir. Bu işlem ile ilgili fonksiyonlar Şekil 3.11 de verilmiştir.

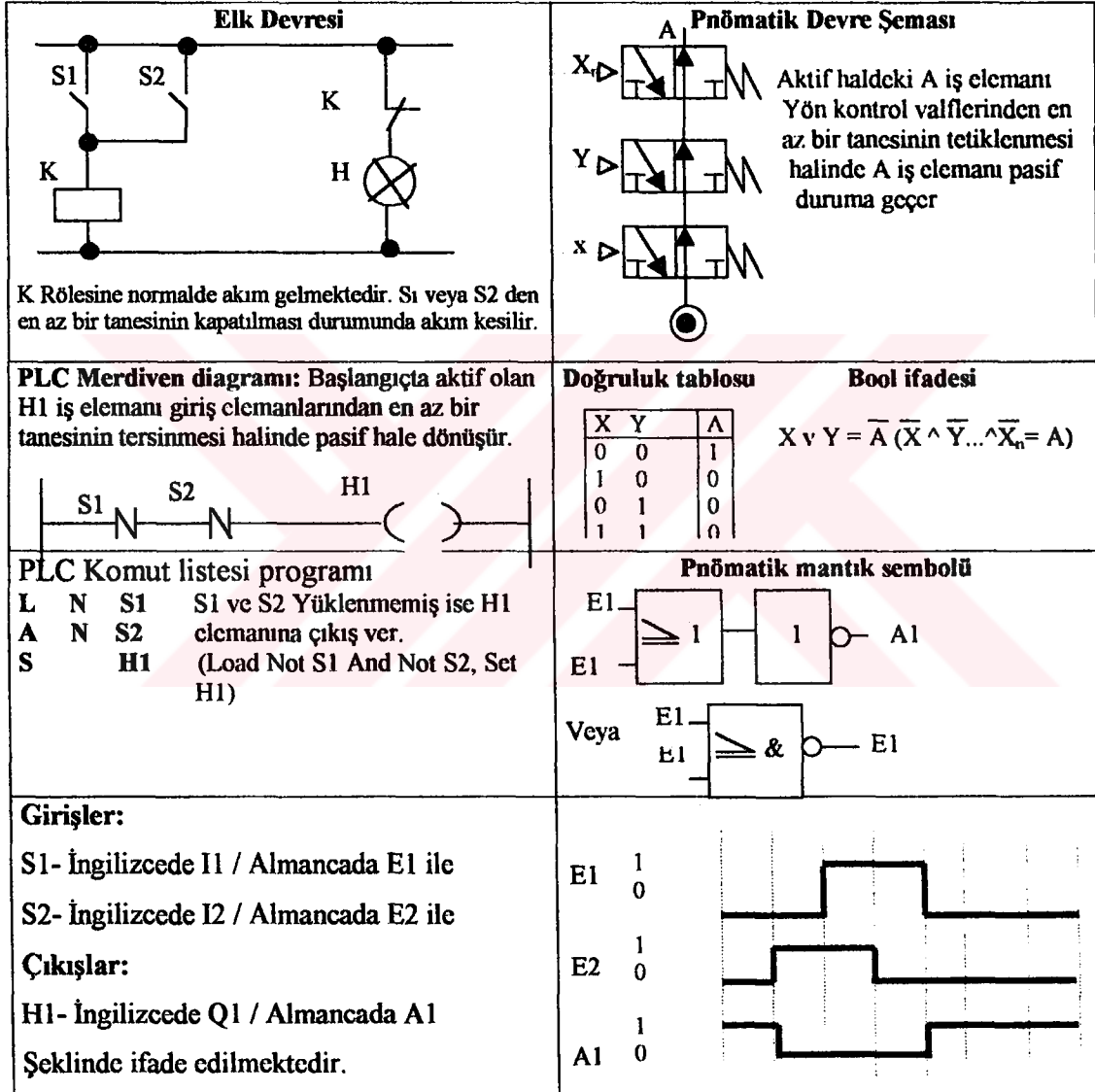


Şekil 3.12. VE DEĞİL Mantıksal işleminin elde edilişi ve özellikleri

### 3.4.2.5. VEYADEĞİL fonksiyonu

Giriş büyüklüklerinden en az birisinin işaret konumunun -1- olması durumunda VEYADEĞİL mantıksal işlevinin çıkışından -0- işaret durumu alınır. VEYADEĞİL mantıksal devre elemanı, her ikisi de temel mantık

VEYA ve DEĞİL elemanlarından veya girişleri terslenmiş VE elemanından oluşturulabilir. Bu fonksiyon da diğerleri gibi n elemana kadar genişletilebilir (Şekil 3.13).

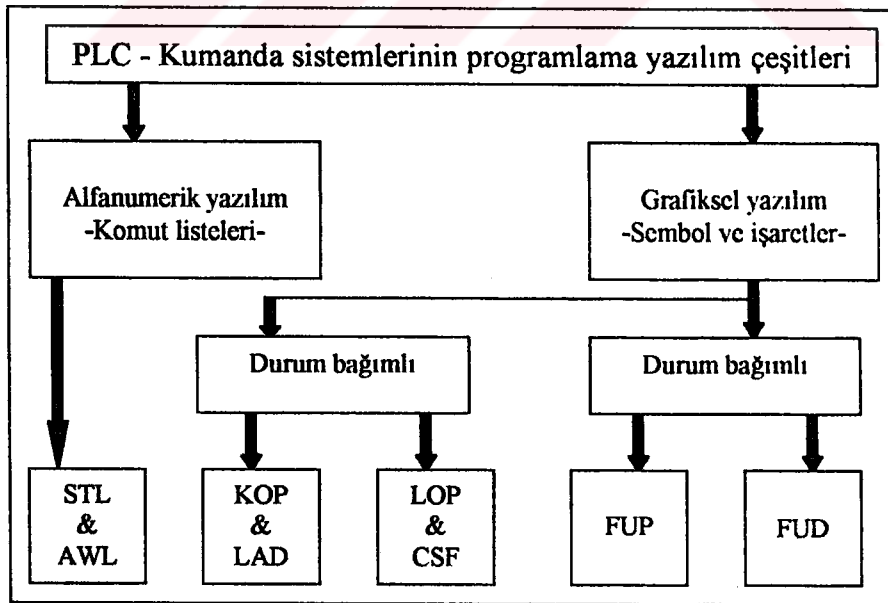


Şekil 3.13. VEYA DEĞİL Mantıksal işleminin elde edilişi ve özellikleri

### 3.5. Temel Programlama Dilleri

Bellek programlamalı bir kumanda sisteminin işlevi yüklenen programa göre değişir. Yazılan Programın PLC cihazı tarafından anlaşılabilmesi için, cihaza uygun bir dilde ve kurallara uygun olarak yazılması gerekir. PLC kullanıcıları, imalatçı firmaların hazırladıkları kullanım kılavuzları ve yazılım paket programlarında var olan örnek uygulamalar yardımı ile kumanda kontrol programlama imkanına sahip olurlar.

Bilinen örneklerden yola çıkılarak program oluşturulması ve programın sisteme yüklenmesinde değişik metodlar geliştirilmiştir. Bu metodlar genelde PLC program dilleri olarak adlandırılmaktadırlar. Bu program yazılımları gerçekte bir kumanda işlevi olarak yorumlanır. Oluşturulan kumanda Programı daha sonra PLC nin işlevini belirleyen program diline dönüştürülür. Şekil 3.14 de PLC programı oluşturmak için kullanılan programlama yöntemleri verilmiştir.



Şekil 3.14. PLC lerde kullanılan kullanıcı yazılım programları

*Komut listesine göre programlama (STL Statement list – AWL Anweisungs list)* ;Alfanumerik temel dil ile geniş kapsamlı kumanda fonksiyonlarını bir dizi işlem kısaltmaları şeklinde basit olarak gerçekleştirilir. PLC programlamada komut listesi ile programlama, en etkili ve en hızlı yöntemdir.

*Merdiven (Ladder) diyagramına göre programlama (LAD Ladder diyagram – KOP Kontak plan)*; Amerikalı üreticiler tarafından geliştirilmiştir. Bu nedenle Amerikan kontak devre sembolleri normlarına göre oluşturulur.

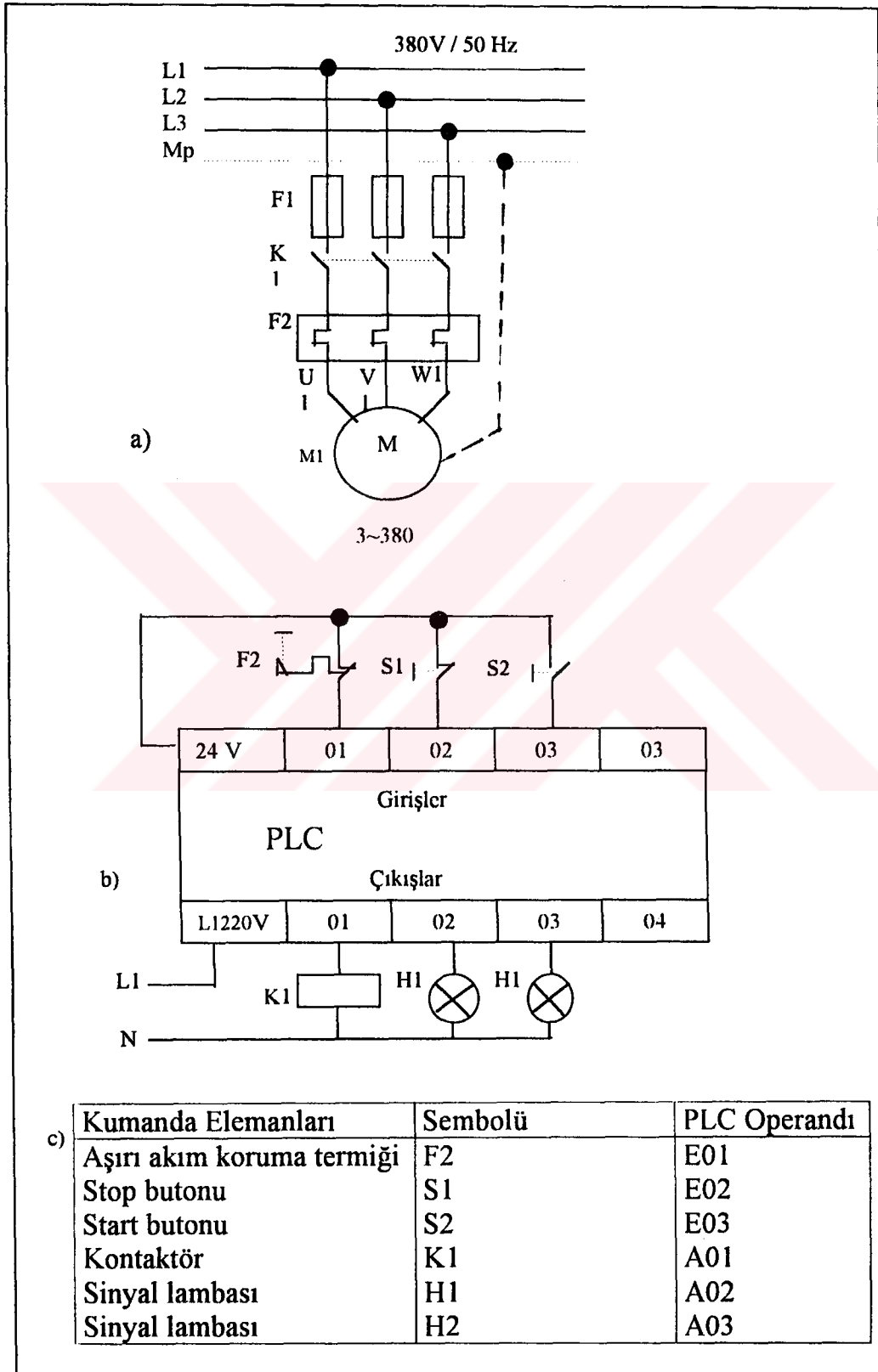
*Kontrol sistemi akış diyagramı – lojik şemaya göre programlama (CSF Control system flowchart – LOP Mantık plan)*; Sayısal – mantık işlemlerin sembolleri ile ifade edilir.

*Grafiksel çalışma diyagramlarına göre programlama (FUP Fonksiyon planı – FUD Fonksiyon akış planı)*; FUD grafiksel ardışıklı dizi kontrol sistemlerinin yapısını belirler. Karmaşık kumanda sistemlerini kolaylaştırmak için kullanılmaktadır. Profesyonel yazılım dilidir. FUP ise programlama dili olmayıp, bir kumanda programının yazılımına algoritma şeklinde yardımcı olur.

### 3.5.1. Program yazılım diline ait uygulamalar

Burada program yazılımı bir örnek ile açıklanacaktır:

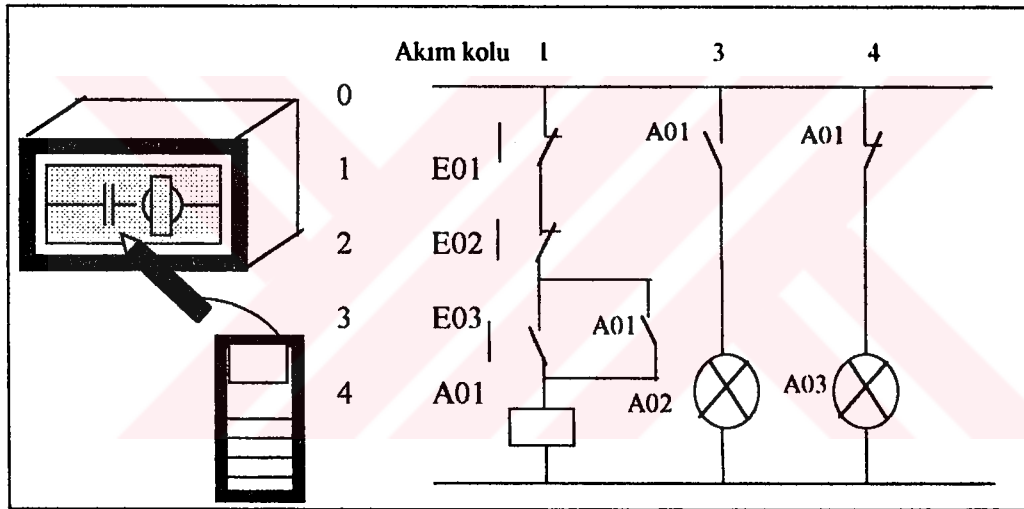
3~380 V ile çalışan bir asenkron motor butonlar ile otomatik olarak çalıştırılacaktır. Motorun çalışma (start) ve durdurma (stop) konumlarının lambalar ile sinyal kontrolü yapılacaktır. Bir termik açıcı yardımı ile motor aşırı akımdan korunacaktır. Şekil 3.15. de sistemin motor güç devresi kumanda sisteminin PLC rölesine bağlantısı ve donanım listesi verilmiştir.



Şekil 3.15 Sistemin a) Motor güç devresi, b) PLC bağlantısı, c) Donanım listesi

### 3.5.2. Kontak akım akış planına göre Programlama

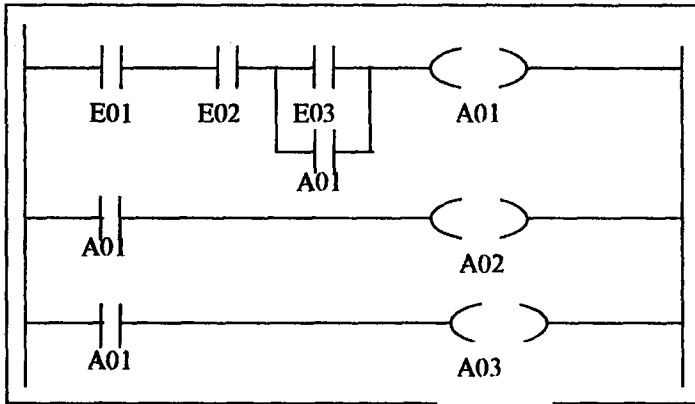
Bu programlama yöntemi klasik röle-kontak sistemindeki akım akış planına benzediğinden programın oluşturulması oldukça kolaydır. Özel PLC programlama dili bilgisine ihtiyaç duyulmaz. Akış planı daha sonra PLC programlama diline dönüştürülebilmektedir. Programlama ışıklı kalem ile menü listesinden sembol ve parametreler çekilerek monitör ekranında çizimle oluşturulur (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Sistemin akım akış şeması programı

### 3.5.3. Ladder – merdiven diyagramına göre programlama (KOP - LAD)

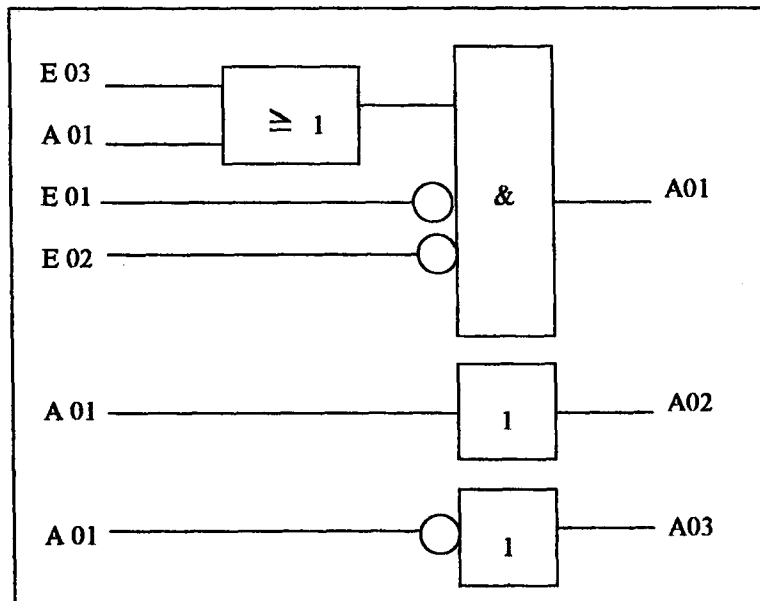
Merdiven (Ladder ) diyagramına göre programlamada kişisel bir bilgisayara (PC) veya cihaz için geliştirilmiş olan özel programlama cihazına ihtiyaç duyulur. Merdiven diyagramı kontak akım akış planına benzer. İlk defa Amerikalı üreticiler tarafından geliştirildiklerinden Amerikan kontak sembolleri kullanılmaktadır. Şekil 3.17. de sisteme ait merdiven programı verilmiştir.



Şekil 3.17. Sistemin merdiven diyagramı

#### 3.5.4. Lojik fonksiyon şeması ile programlama (LOP&CSF)

Fonksiyon şeması (lojik plan) bir kumanda işlemindeki seri ve paralel bağlı VE, VEYA, DEĞİL gibi mantıksal bağlantılara çevirir. Buna ek olarak hesaplama, ölçüm değerlerinin izlenmesi gibi daha geniş kapsamlı görevleri üstlenebilecek fonksiyon blokları oluşturulabilir. Şekil 3.18 de sistemin lojik planı verilmiştir.



Şekil 3.18. Sisteme ait lojik fonksiyon planı

### 3.5.5. Komut kümesine göre programlama (AWL - STL)

En yaygın olarak kullanılan PLC programlama dilidir. Diğer yöntemlerle oluşturulan programlar dan yola çıkılarak komut listesi oluşturulabilir. Kişisel bilgisayar veya PLC için geliştirilen özel programlama cihazında yazılan program, daha sonra PLC ye yüklenir. Çizelge 3.3 de sistemin komut listesi yardımı ile programı verilmiştir.

Çizelge 3.3. Sistemin komut kümesi ile programlanması

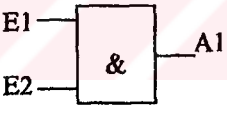
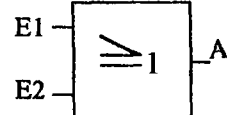
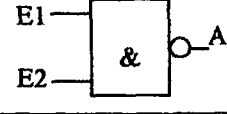
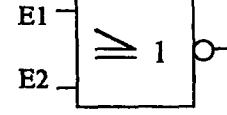
| Adres | İşlem | Operand | Açıklama         |
|-------|-------|---------|------------------|
| 000   | U     | E0.3    | Start            |
| 001   | O     | A0.1    | Mühürleme        |
| 002   | U     | E0.1    | Aşırı yük        |
| 003   | U     | E0.2    | Stop             |
| 004   | =     | A0.1    | Motor çalışmakta |
| 005   | U     | A0.1    | Çalışma işareti  |
| 006   | =     | A0.2    |                  |
| 007   | U     | A0.1    | Durma işareti    |
| 008   | N     | A0.3    |                  |
| 009   | PE    |         | Program sonu     |

### 3.6. PLC Programlamada Kullanılan Komutlar

Komutların opratör – işlem kısmı PLC mikroişlemcisine kumanda akışını sağlaması ve gerekli olan sinyal bağlantılarını oluşturması için elemanların nasıl bağlanacağını ifade eder. Burada tanımlı verilen komutlar AEG firmasının Logistat A020 PLC cihazı için geliştirilen komutlar verilmiştir (Çizelge 3.4.). Şekil 3.19. da mantıksal işlemlere ait programlama uygulamaları verilmiştir.

Çizelge 3.4. PLC program komutları

| İşlem Türü                     | Almanca | İngilizce | Sonuç                                   |
|--------------------------------|---------|-----------|-----------------------------------------|
| Mantıksal bağlantı işlemleri   | U       | A         | VE – Bağlantısı, Pozitif işaret bekleme |
|                                | UN      | AN        | VE – DEĞİL Bağlantısı                   |
|                                | O       | O         | VEYA Bağlantısı                         |
|                                | ON      | ON        | VEYA - DEĞİL                            |
|                                | U(      | Λ(        | VE – Parantez aç max 8                  |
|                                | O(      | O(        | VEYA Max 8                              |
|                                | )       | )         | Parantez kapa Pozitif olumlu işaret     |
|                                | )N      | )N        | Parantez kapa Negatif olumsuz işaret    |
| Çıkış işlemleri                | =       | =         | Pozitif olumlu sinyal                   |
|                                | =N      | =N        | Negatif olumsuz sinyal                  |
|                                | SL      | SL        | Bellegi birleme (Set)                   |
|                                | RL      | RL        | Bellegi Sıfırlama (Reset)               |
| Zamanlayıcı sayıcı işlemleri   | ve =T   | =T        | Zaman girişi                            |
|                                | =L      | =Z        | Sayıcı değeri                           |
|                                | =I      | =P        | Sayıcı girişi                           |
| Program organizasyon işlemleri | SW      | JI        | Sinyal 1 ise atla – Şartlı olumlu       |
|                                | LS      | LS        | Öncelikle yükle                         |
|                                | NO      | NO        | Etkisiz boş komut                       |
|                                | PE      | PE        |                                         |

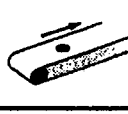
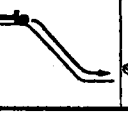
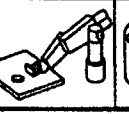
| Mantık Eleman ve bağlantısı |                                                                                     | Komut listesi                        |                                      |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                             |                                                                                     | STL – Komut List.                    | AWL- Komut List                      |
| VE                          |  | 1. AI1<br>2. AI2<br>3. =Q1<br>4. PE  | 1. UE1<br>2. UE2<br>3. =A1<br>4. PE  |
| VEYA                        |  | 1. AI1<br>2. OI2<br>3. =Q1<br>4. PE  | 1. UE1<br>2. UE2<br>3. =A1<br>4. PE  |
| VE DEĞİL                    |  | 1. AI1<br>2. AI2<br>3. =NQ1<br>4. PE | 1. UE1<br>2. UE2<br>3. =NA1<br>4. PE |
| VEYA DEĞİL                  |  | 1. AI1<br>2. OI2<br>3. =NQ1<br>4. PE | 1. UE1<br>2. OE2<br>3. =NA1<br>4. PE |

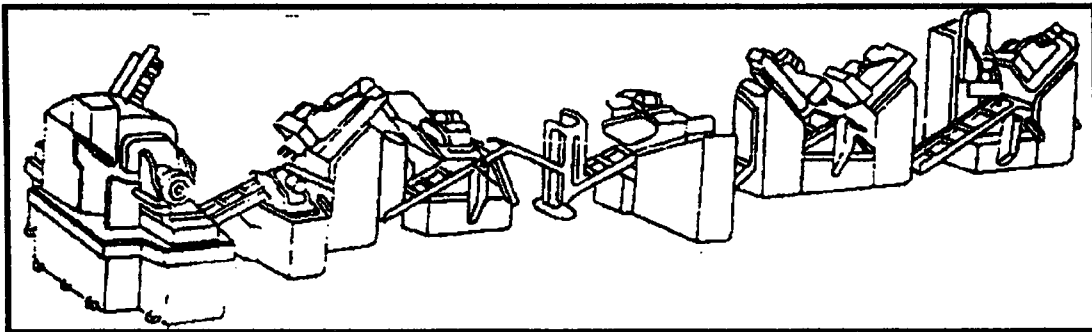
Şekil 3.19. Mantıksal işlemlere ait programlama uygulamaları

#### 4. ENDÜSTRİYEL OTOMASYONDA PLC

Bir üretim sisteminde otomasyonun gerçekleştirilebilmesi için, imal edilmekte olan parçaların ilgili tezgahlarda otomatik olarak üretilebilmesinin yanı sıra tezgahlar arasında otomatik olarak taşınmasını sağlayan mantıklı ve teknolojik bir ilerlemenin de bulunması gerekir. İş parçalarının işleme merkezleri arasındaki taşıma teknikleri Çizelge 4.1. de verilmiştir. Otomasyonda bir dizi üretim işlemi Şekil 4.1.de görüldüğü gibi, sürekli ve otomatik olarak birbiriyle ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 4.1. Parça taşımada kullanılan transport teknikleri[16]

|                  |                                                                                     | Yarı statik taşıma                                                                  |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      | Dinamik taşıma                                                                        |                                                                                       |    |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Uygulanan kuvvet | Atalet                                                                              |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      | ✓                                                                                     | ✓✓                                                                                    | ✓  |
|                  | Yerçekimi                                                                           |                                                                                     | ✓✓                                                                                  | ✓                                                                                   | ✓✓                                                                                   | ✓✓                                                                                    | ✓                                                                                     | ✓  |
|                  | Etkileyici                                                                          | ✓✓                                                                                  | ✓✓                                                                                  | ✓✓                                                                                  | ✓✓                                                                                   |                                                                                       |                                                                                       | ✓✓ |
|                  | Çevre etkili                                                                        |                                                                                     |                                                                                     | ✓✓                                                                                  | ✓✓                                                                                   | ✓                                                                                     | ✓                                                                                     | ✓  |
| Örnek            | Tutma ve konumlama                                                                  | Konveyör ile taşıma                                                                 | İtme ve çevirme                                                                     | İtme ve konumlama                                                                   | Parça öteleyici                                                                      | Serbest bırakma (çarpa-atma)                                                          | Parça besleyici                                                                       |    |
|                  |  |  |  |  |  |  |  |    |
|                  |                                                                                     | ✓✓                                                                                  |                                                                                     | ✓                                                                                   |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |    |
|                  |                                                                                     | : Genellikle kullanılan                                                             |                                                                                     | : Zaman zaman kullanılan                                                            |                                                                                      | : Kullanılmaz                                                                         |                                                                                       |    |



Şekil 4.1. Parçaların tezgahlar arasında elevatör mekanizmalarıyla taşınması [14]

Otomasyon için geliştirilen standart makinaların kullanılması mümkün değilse, iş için özel makinalar yapılabilir veya satın alınabilir. İşe özel geliştirilen takım tezgahları, otomasyon anlayışına göre tasarlanacağından, üretimde oldukça yüksek verim sağlayacaklardır. İşe özel geliştirilen tezgahlar her ne kadar standart takım tezgahlarındaki esnekliği göstermeseler de, tasarım aşamasında benzer işlerin de yapılabileceği şekilde gerekli yardımcı aksesuarların eklenmesiyle önemli esnekliğe ulaşılabilir [14]. Şartlar mümkünse parti üretim metodunun yerini seri üretim almalıdır. Üretilecek parçaların sayısı sürekli üretim için yeterli değil ise, benzer parçaların (şekil veya boyutları benzer) veya işlemlerin yapılabilmesine olanak sağlayacak daha esnek otomasyon donanımlarına ihtiyaç vardır.

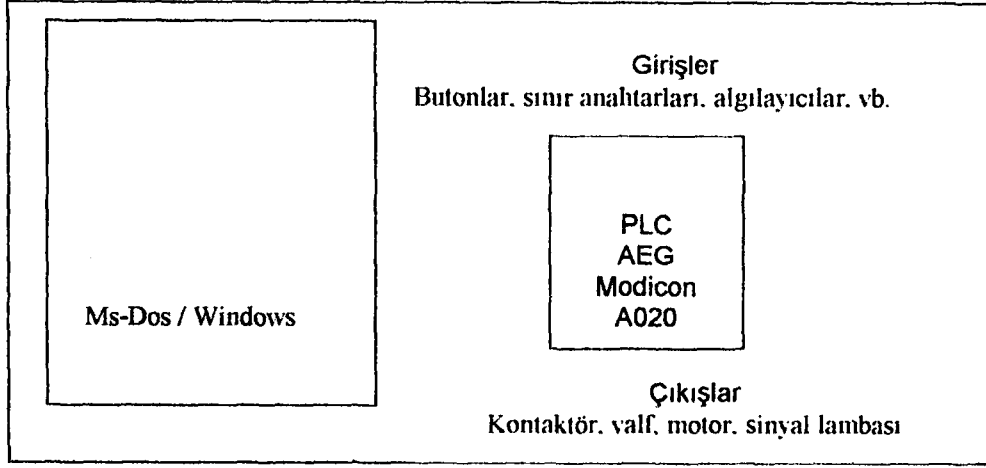
Özel amaçlı geliştirilen donanımlar, normalde her biri ayrı tezgahlar gerektiren işlemleri tek başına yapabilecek nitelikte tasarlanmalıdır. Parça özel olarak geliştirilen tezgaha bağlı iken mümkün olduğunca çok sayıda operasyon gerçekleştirilebilmelidir. Böylece iş parçalarının üretiminde, parçanın hareket etmesi, gittiği birimde tekrar konumlanması ve bağlanması işlemlerinin elimine edilmesinin sağlayacağı tasarruf, otomasyon için geliştirilen özel amaçlı tezgahın maliyetini karşılayabilir.

PLC yardımıyla parçalar, işlem üniteleri (tezgahlar) arasında elektropnömatik, elektrohidrolik, elektromekanik elemanlarla otomatik olarak taşınabileceği gibi, klasik tezgahların programlanabilir hale getirilmesi de mümkündür. Böylece başlangıçta tamamiyle mekanize olan üretim sistemlerinin otomasyona uyarlanması mümkün olur. Uluslararası ticaretin arttığı, rekabet sınırlarının ulusal sınırları aşarak uluslararası düzeye ulaştığı günümüzde, kaliteli malların daha ucuza üretilmesi zorunluluğunun kar marjlarını her geçen gün azaltması, otomasyonu her türlü üretim sistemi için gerekli kılmaktadır [17].

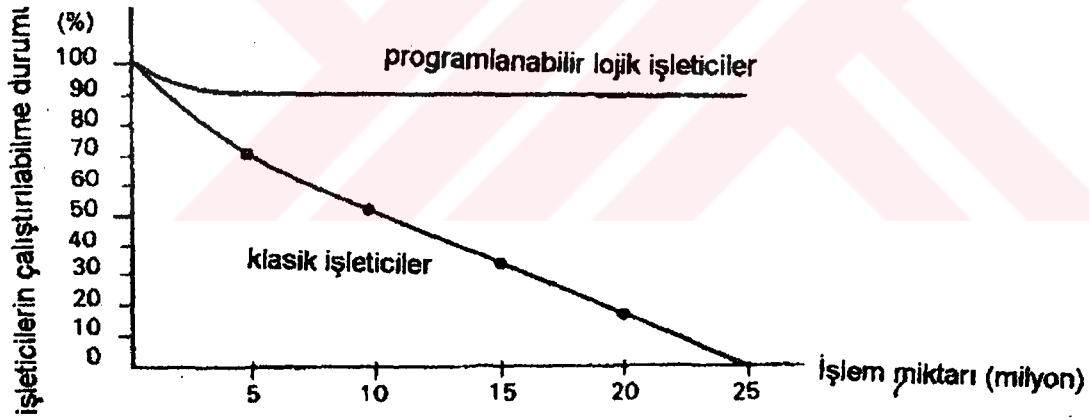
Bunun yanı sıra tüm endüstriyel işlemlerde emniyetli ve ekonomik olması koşulu ile kontrol sistemlerine gereksinim duyulur. Son yıllarda programlanabilir kontrol ünitesi olarak adlandırılan özel bir kontrol ünitesinin geliştirilmesi ve bu ünitenin sistemler için gerekli güç kontrolünü yaparken, aynı zamanda programlanabilmesi nedeniyle sisteme büyük bir esneklik sağlanması ve bu sağladığı avantajlar için makul bir gider gerektirmesi, kontrol mühendisliğinde büyük bir yenilik oluşturmuştur. Programlanabilen kontrol üniteleri çok çok özel olan bir takım işlemler gerektirmiyorsa genelde benzerdirler (Şekil 4.2.) [9].

Piyasada PLC2, PLC5, CEGELEC, GEM-80, ABB, SIMENS SIMATIC S5 vb., gibi çeşitleri vardır. Sherness çelik üretim şirketinde otomasyonun yaklaşık olarak 60 kadar PLC ünitesi tarafından gerçekleştirilmektedir. Başarıyla üretim yapılmış iki günün sonunda çalıştırılan kontrol ünitelerin sayısı birbirinin aynısı olmayabilir. Birçok üretim sisteminde olduğu gibi bu kontrol ünitelerinin de gelişerek yaygınlaşması tarihsel bir takım gelişmelerin sonucu ortaya çıkmıştır. Örneğin "Mitsubishi" nin üretim birimlerinin otomasyonu PLC kontaktörlerle donatılmış bir üretim tesisi şeklinde düzenlenmiştir [9].

Otomasyonda kullanılan klasik işleticiler ile Programlanabilir Mantık Kontrol işleticileri ömür yönünden karşılaştırıldıklarında: Şekil 4.3 de görüleceği gibi, klasik bir işletici 25 milyon işlem gerçekleştirdikten sonra kullanılamaz hale gelirken, programlanabilir işleticiler oldukça uzun servis ömrüne sahiptirler[7].



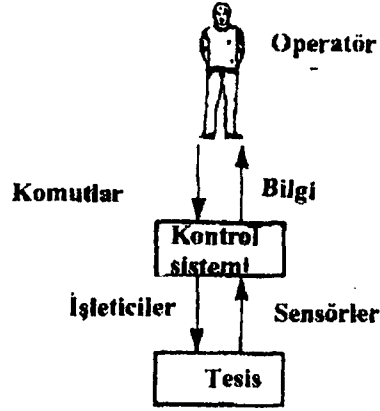
Şekil 4.2. Tipik bir PLC cihazında bilgisayar ve kumanda elemanlarının giriş ve çıkış bağlantıları [13]



Şekil 4.3. Klasik işleticiler ile PLC İşleticilerin ömür yönünden karşılaştırılması [7]

#### 4.1. Otomasyon Uygulamalarında Endüstriyel Kontrol

Kontrol sistemleri olmadan oldukça az sayıda endüstriyel sistem ayakta durabilirken çoğu emniyetli ve ekonomik üretimi yapabilmek için, kontrol sistemlerinin bazı türlerine gereksinim duyabilirler (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Basit bir kontrol sisteminin şeması

Kontrol ünitesi operatörün vermiş olduğu komutları istenilen çıktılarına dönüştürerek kumanda ettiği tesis veya makinaya iletir. Çıktılar sonucu tesis veya makinadaki davranışların sonucunu tekrar operatöre iletir. Bu aşamada tesis veya makinaya basit bir örnek olarak bir soğutma fanını tahrik eden motor ele alındığında; kontrol sistemi motorun aşırı yüklenmesine ve kablo hasarlarına karşı koruma amaçlı konulmuş bir elektrik sigortası olabilir. Burada operatörün işi, start/stop butonları ile tesis yada makinanın durumunu kontrol etmekten ibarettir.

Daha karmaşık bir örnek olarak, çok büyük bir petrokimya tesisi verilebilir. Burada kontrol sistemi kompleks ve teknolojilerin bir karışımı şeklinde olabilir. Operatörle kurulan bağlantı verilen komutlara bağlı olarak değişecektir. Çoğu durumda operatör kontrol sisteminin bir unsuru gibidir. Örneğin "Düşük yağ seviyesi" alarm sinyali geldiğinde operatörün bir miktar yağı sisteme eklemesi gerekecektir [9].

#### 4.1.1.Alt sistemlerin görüntülenmesi

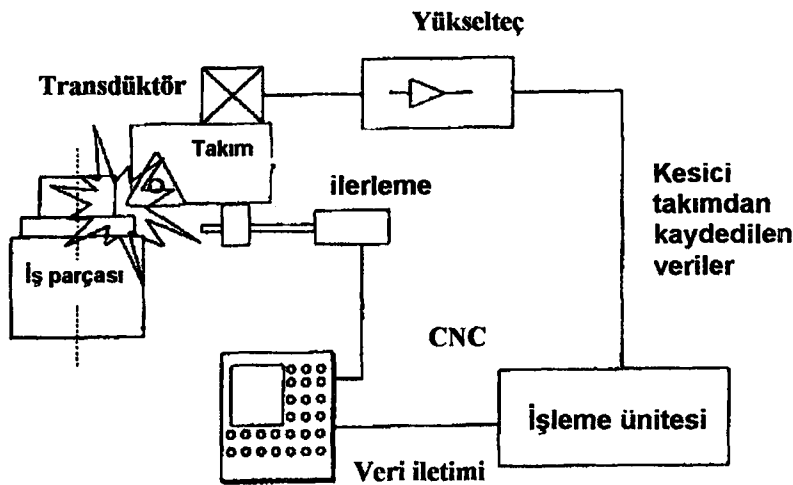
Alt sistemlerin görüntülenmesi işlemin durumunu operatöre yansıtır ve dikkat gerektiren hata koşullarına veya anormal durumlara operatörün dikkatini çeker. Otomotivden havacılık endüstrisi uygulamalarına kadar, talaşlı imalatla yapılan parça şekillendirme işlemlerinde, kullanılmakta olan kesici takımlar, kesme işlemi şartlarının kaçınılmaz bir sonucu olarak ortaya çıkan kesme şartları sonucu aşınarak, kesme için gerekli ideal geometrisini kaybeder. Aşırı bir darbe veya yüklerle karşılaşması durumunda kırılabilir. Bilgisayar sayısal denetimli tezgahların(CNC) geliştirilmesiyle daha önceleri operatör tarafından gerçekleştirilen işlemler bir mikroişlemci tarafından kontrol edilmeye başlanılmıştır. Böylece operatörün görevi, işlemlere kontrol ve kumanda etmek yerine, görüntülenen işlemleri gözlemlemeye dönüşmüştür [12].

Son yıllarda ortaya çıkan şartlar, takım tezgahlarında yapılan işlemlerin bir monitör yardımıyla görüntülenerek ortaya çıkabilecek olumsuzluklara karşı müdahalenin zamanında yapılmasını önemli kılmıştır. CNC takım tezgahları serbest kademeli olarak çalışır ve sınırlı besleme ile takımın bir noktadan diğerine hareketini sağlarlar. Kesici takımlarda meydana gelen gelişmeler, makinada işleme zamanını kısaltmak amacıyla tezgahların daha hızlı çalıştırılabilmelerine olanak sağlamaktadır. Bir operatörle birden fazla tezgahı denetlemek ve tezgahların daha uzun zaman periyotlarında çalışmalarına olanak sağlayarak verimliliği arttırmak için takım ve parça değiştiricileri gibi otomasyon araçları kullanılmaktadır. Günümüzde oldukça hızlı işlem yapabilen ve daha karmaşık bir yapı içeren takım tezgahlarında, bir kesici takım problemi veya program hatasının neden olacağı büyük hasarları önlemek için operatörün tezgahı durdurabilmesinde oldukça küçük bir zaman dilimi söz konusudur [3].

Yüksek kaliteli üretim yapılabilmesi, iş parçası, takım ve tezgah hasarlarının önlenmesi önemli ölçüde, kesici takımın bütünlüğüne ve özelliklerine bağlıdır. Şekil 4.5. de bir transdüktör, yükselteç ve işlem ünitesinden oluşmuş, kesme şartlarını görüntüleyen tipik bir görüntüleme sistemi verilmiştir. Transdüktör kesme hareketinin yakınına konumlandırılarak kesme işlemleri esnasında ortaya çıkan kuvvet, sıcaklık, titreşim gibi etkileri ölçer. Yükselteç transdüktör çıkış değerini yükseltir. İşlem ünitesindeki monitörler transdüktörden aldığı işaretleri görüntüleyerek anormal durumların gözlenebilmesine olanak sağlar. Bir olumsuzluğun meydana gelmesi durumunda, tezgah kontrol birimine bir işaret gönderilerek, kesici takım ve işlemin mukayese edilmesini sağlar [3].

Bu ve benzeri olumsuzlukları önlemek için takım görüntüleme sistemleri kullanılmaktadır. Takım görüntüleme sistemlerinin sağladığı faydalar sistemlerin özelliklerine ve performanslarına bağlıdır. Genel olarak görüntülemenin sağladığı avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

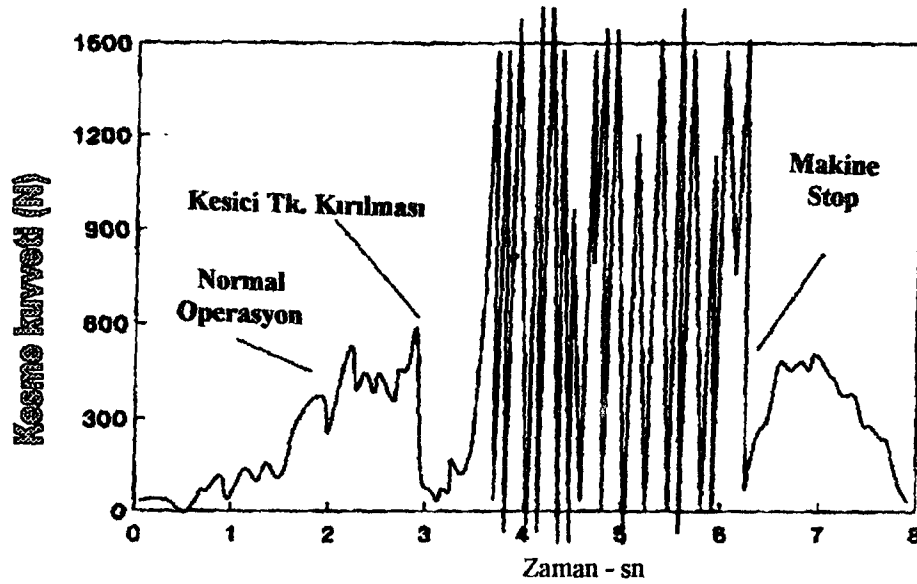
- Çarpma ve aşırı yüklerin belirlenmesi
- Takımın kırılması veya tufalanmalarının tespit edilebilmesi
- Takım aşınmasının gözlenebilmesi



Şekil 4.5. Görüntüleme sistemi blok diagramı [12]

Talaşlı imalatla kesici takımların, birim zaman içerisindeki aşınma düzeyleri gittikçe artarak devam eder. Aşınmanın ileri boyuta gelmesi kesici takım üzerindeki kesme kuvvetlerini artırarak kritik noktaya ulaştığında takımın kırılmasına neden olabilir. Kırılma ve çarpma olayları; işlenen parçanın hatalı geometrisi, parça malzemesinin aşırı sert olması, uygun olmayan kesici takım seçimi veya programdan kaynaklanan bir hata nedeniyle hiç beklenmedik bir anda meydana gelebilir. Etkili bir görüntüleme sistemi, nedenine bakmaksızın söz konusu durumları zamanında belirleyerek takım tezgahının, kesici takımın ve iş parçasının hasar görmesini önler[12].

Şekil 4.6. da tezgahın fener miline bağlanarak tornalanan bir parçanın işlenmesi esnasında kesici takımın kırılmasına neden olan olumsuzlukların oldukça küçük bir zaman dilimi içerisinde gerçekleştiğini gösteren, kesme kuvveti diyagramı görülmektedir. Malzemesi çelik döküm olan bir iş parçasının, tornalama işleminde kullanılan seramik bir kesici takımda, işleme şartlarına bağlı olarak kırılmalar meydana gelmiş ve operatörün durumu fark ederek makineyi durdurması için yaklaşık 3 saniye gibi bir süre geçmiştir. İlk kırılmadan sonra, kesme kuvvetine ait diyagramdaki tepe değerlerinin yüksekliği, küçük bir zaman periyodu içerisinde oldukça yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Bu işlem esnasında kesici takım ile takım tutucu hasara uğramış, takım tezgahında hasar meydana gelmeden hemen önce tezgah durdurulmuştur. Ancak tezgahın denetim ve kontrolünün daha dikkatli yapılması gerekirdi. Bu sonuçlar göz önüne alındığında, çok küçük bir zaman dilimi içerisinde meydana gelebilecek beklenmedik olayların, büyük hasarlara neden olabileceği açıktır [12].



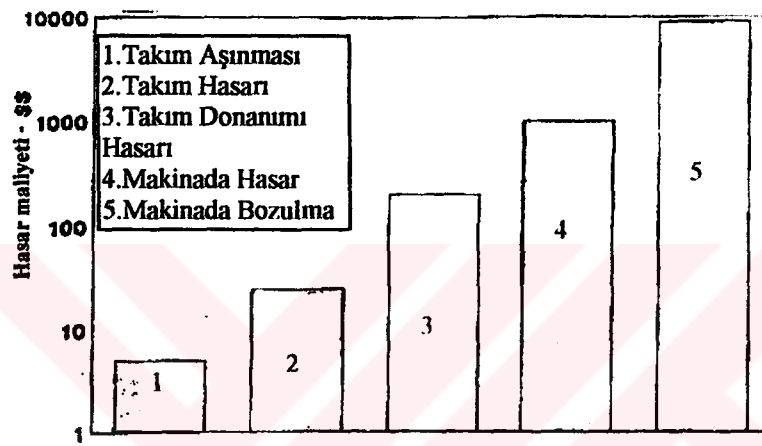
Şekil 4.6. Tornalama işleminde takımın kırılması esnasındaki kuvvetler [12]

Görüntüleme sisteminin gerçek ekonomik yararı; kesici takımın takım tezgahının ve iş parçasının muhtemel kazalara karşı korunabilmesidir. Şekil 4.7. de bir takım tezgahında meydana gelebilecek hasarların maliyeti verilmiştir[4,12].

Aşınmış veya kırılmış bir kesici takımın maliyeti sadece birkaç dolardır, ancak makinada meydana gelebilecek hasarlar yüzlerce hatta binlerce dolara mal olabilir. Ciddi manada takım tezgahlarında hasara neden olacak kazalar yılda bir veya iki kez meydana gelecektir ve bunların sonunda tezgah çalışmaya devam etse dahi, tezgahın hassasiyetini kaybetmesi gibi gizli ekonomik zararların olacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Meydana gelebilecek kazalar ne kadar erken teşhis edilirse bunların ortaya çıkaracakları hasarlar o derecede önlenmiş olacaktır.

PLC’de kullanılan sensörler, sayısal veya analog olabilmektedir. sayısal hissediciler denetledikleri koşulları kesin sonuçları ile ölçerler. Tipik

örnekleri; çalışıyor / stop, ileri / durmuş / geri, hata / normal vb. dir. Analog hissediciler ise; sıcaklık, basınç, akış veya sıvı seviyesi gibi sürekli düzeyleri olan durumları ölçerler. Bu ölçümlerin sonuçları indikatörler aracılığıyla sayısal işaretlerle, yada analog olarak sayaç veya kadranlar aracılığı ile operatöre iletilir.



Şekil 4.7. Tezgahlarda meydana gelen hasarların maliyetleri [12]

PLC’de kullanılan monitör sayesinde muhasebe amaçlı olarak enerji ve malzemelerin kayıtları ile sistemde yer alan birimlerin, periyodik bakımlarına esas olmak üzere meydana gelen alarm/olay kütüğü kayıtlarının tutulması sağlanır. Örneğin her 5000 saatlik çalışmadan sonra bakım gerektiren bir pompada bakım zamanının takibi bu kayıtlar esas alınarak kolayca yapılabilir[13].

#### 4.2. Ardışık Alt Sistemler

Üretim sistemlerinin hemen hemen hepsinde bir işlemin bitirilebilmesi için bir takım işlem basamaklarının tamamlanması gerekir. Bu amaçla imalat sistemlerinin tasarımında, bilgisayar konfigürasyonlarının seçiminde,

sistemlerin davranışlarının zaman içerisinde gerektiğinde kontrol edilmesinde, planlama ve istatistiki bilgilerin çizelgelenmesi faaliyetlerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş çeşitli uzman sistemler vardır [5].

#### 4.3. Uzman Sistemler

Genelde uzman sistemler üç ana parçadan meydana gelir.

- Bilgi tabanı (Knowledge base)
- Muhakeme ünitesi (Inference engine)
- Kullanıcı ara birimi

Bilgi tabanı söz konusu sistemle ilgili IF-THEN (Eğer-Dolayısıyla) kuralları şeklinde ifade edilmektedir. IF-THEN kuralına örnek verilecek olursa; fiziki güçle çalışan insanların sağ ellerinin sol ellerinden büyüktür bilgisi IF-THEN kuralına göre; "IF bir insanın sağ eli sol elinden büyüktür. THEN onun işi fiziki güce dayanır." şeklinde ifade edilir. Uzman sistemlerde bilgi tabanı bu tarz kurallardan oluşur. Söz konusu sistemle ilgili bilgiler bu kurallar aracılığı ile saklanır.

Muhakeme ünitesi sistemin beyni olup, tüm operasyonların kontrol edildiği yerdir. Burada bir dizi sezgisel yöntem, sembolik mantık ve sonuca ulaşmak için bilgi tabanından nasıl yararlanılacağı konusunda karar verilir.

Kullanıcı bağlantısı uzman sistemle, kullanıcının iletişimini sağlar. Sistemin bu parçası genellikle çok kullanılan bir veri programını içerir.

Uzman sistemler bilgileri saklama ve muhakeme yöntemlerine göre farklılaşırlar. Geliştirilen uzman sistemlerin büyük çoğunluğu bilgiyi "IF-THEN " kuralına göre saklar ve semantik ağlar (Semantic networks), çerçeveler (frames), şartlı mantık kullanarak da ifade edilebilir [18]. Uzman sistemler genellikle iki ana muhakeme yöntemi kullanırlar. Geriye doğru zincirleme (backward chaining) olarak adlandırılan muhakeme yöntemi, amaca dönük olup az sayıda amaçlarla ifade edilen uzman sistemlerde kullanılır. Muhakeme yöntemi, belirlenen amaca ulaşabilmek için gerekli alt amaçları belirler. Daha sonra her bir alt amaca ulaşabilmek için gerekli şartlar hali hazırda mevcut bulunan durumla karşılaştırılır. İleriye doğru zincirleme (forward chaining) olarak adlandırılan muhakeme yöntemi ise, veriye dayanır ve çok amaçlı uzman sistemlerde kullanılır. Muhakeme yöntemi eldeki verilere göre geçerli olan bir veya birden fazla amacı seçer. Çoğu uzman sistemler ulaştıkları neticeyi ve muhakemenin nasıl yapıldığını açıklayacak özelliklere sahiptirler. Bazıları ise yarım ve veya belirsiz bilgi ile çalışabilirler [19]. Uzman sistem uygulamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

*Teşhis ve düzeltmeye dönük uygulamalar:* Bu sistemler genellikle; “Yanlış olan nedir? Şimdi ne yapılmalıdır?”, gibi soruların cevaplarını verirler (ekipman bozukluğunun tespiti ve tamiri gibi). Southwestern Bell Telefon şirketi tarafından geliştirilen ACE (Automated Cable Expertise) uzman sistemi bu guruba örnek verilebilir. Bu sistemle yaklaşık yarım milyon aboneye hizmet veren telefon kablolarının her akşam kontrolü ve sistem performansının analiz edilmesi için geliştirilmiştir.

*Durumların analiz edilmesine yönelik uygulamalar:* Bu sistemler genellikle; “Ne olmaktadır? Sinyaller ne anlama gelmektedir? ”, Gibi soruların cevabını verirler (endüstriyel ekipmanların kalibrasyonu, ölçümü vb).

*Endüstriyel uygulamalar;* bunlar genellikle ilgili sistemin işleyişini kolaylaştıran soruların cevabını verirler. Çelik üretim sistemlerinin kontrolü, maden arama, nükleer santrallerin işletilmesi, gibi hizmetlerin yürütülmesinde kullanılır [6,8].

#### **4.4. Programlanabilir kontrolün sağladığı avantajlar**

Endüstride kullanılan her türlü endüstriyel kontrol sistemi, kurulmaya başlamasından itibaren çalışır bir sistem haline gelinceye kadar dört aşamadan geçer. Bir PLC ünitesi ile kurulan kontrol sistemi söz konusu her bir aşamaya avantajlar getirir.

- Birinci aşama olan tasarım aşamasında istenilen sistem üzerinde üzerinde çalışılarak kontrol stratejileri belirlenir. Konstrüksiyona başlamadan önce temin edilebilecek kontrol elemanları (elektrohidrolik, elektropnömatik, elektronik, kontrol elemanları v.b.) belirlenir [6].
- İkinci aşamada otomasyona konu olan hareket ve güç iletimi ve denetiminin, (Elektropnömatik olarak mı?, Elektro hidrolik olarak mı?, Mekanik olarak mı?, Yoksa bunlar ve benzerlerinin bir arada kullanılmasıyla mı?) nasıl yapılacağına karar verilir.
- Sistemin kendisinden beklenen işlevi yerine getirebilmesi için gerekli olan I (Girdi)'ler ile O (Çıktı)'ların belirlenmiş olmasına gereksinim vardır.
- Tasarım aşamasında, giriş ve çıkış (I ve O) kartlarının ucuz olması da göz önüne alınarak, zaman içerisinde şartların ve gelişmelerin doğal bir sonucu

olarak üretim hattına eklenmesi gerekecek birimler için kontrol ünitesinde boş bir kapasitenin hazır tutulması sistemin esnekliğini arttıracaktır [10].

- Bundan sonraki aşama konstrüksiyon aşamasıdır. Bu aşamada her bir işlem "bir veya sıfır" ile ifade edilir. Programda her hareket bir "bir" veya sıfırdır (Şekil 4.9.).

| GİRİŞLER |   | 1111111111111122222222222222333333333333 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------|---|------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1        | 2 | 3                                        | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |   |   |
| X        | X | 0                                        | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ÇIKIŞLAR |   | 11111111111111222222222222223333 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------|---|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1        | 2 | 3                                | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |   |   |
| X        | 0 | 0                                | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Şekil 4.9. Bir PLC cihazında hareket ve güç kontrolü ve denetimini sağlayan giriş ve çıkış bağlantıları

Sistemin kendisi standart parçalardan meydana gelir. Tasarımda bu işlemler sürerken bir yandan da PLC programının yazılmasına başlanır veya detaylı program basamakları yazılır. Bir sonraki aşama ise pahalı ve yorucu bir işlem olan duyargaların, işleticilerin, sınır anahtarlarının ve operatör kontrollerinin sağlanması ve ilişkilendirilmesi aşamasıdır. Şekil 4.10. da PLC yardımıyla otomasyonu yapılmış bir atık taşıma ve dökme tesisi verilmiştir [11].

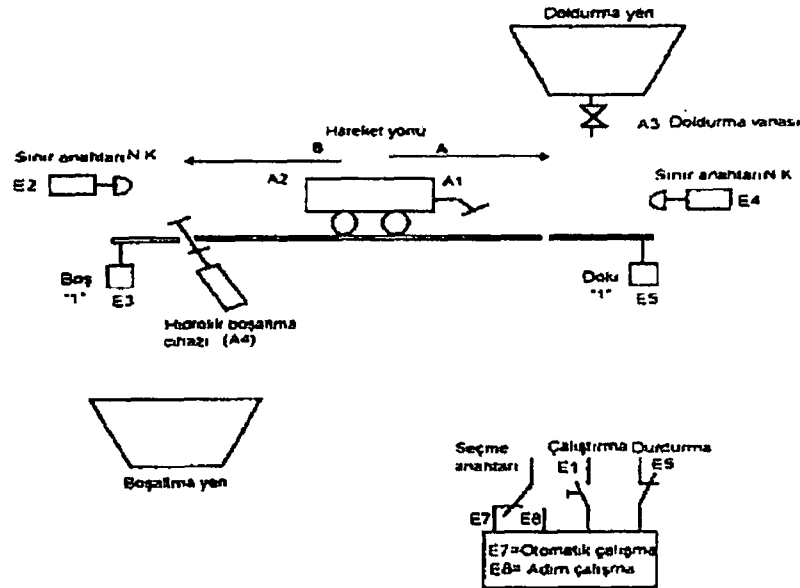
Tesisin çalıştırılması için ilk önce seçme anahtarı kullanılır. Seçme anahtarı E7 otomatik işletme, E8 adım adım işletme için kullanılır.

Temel konum: Araba, doldurma vanasının altında, sınır anahtarı E4 çalıştırılmış ve E5 henüz çalışmıyor.

**Otomatik işletme:** E1 start butonuna basıldığında A3 valfi çalışır ve dolum başlar. Araba dolduğunda E5 "1" işareti alır. Doldurma vanası kapanır ve  $t=5$ sn sonra araba B yönünde (A2) hareket eder. Bu hareket E2 sınır anahtarı tarafından durdurulur. Hidrolik boşaltma sistemi devreye girer ve araba boşaltılır. Boşaltma sona erdiğinde E3 "1" işareti alır. Boşaltma valfi temel konuma döner, araba kapanır ve A yönünde  $t=5$  saniye sonra araba A yönünde (A1) hareket eder. Bu hareket araba doldurma vanasının altına gelince E4 sınır anahtarı tarafından durdurulur ve işlem tekrarlanarak devam eder.

**Adım adım işletme:** Temel konumda çalıştırma butonu E1 ile araba doldurulur. Araba dolunca E5 "1" işareti gönderir ve A3 doldurma valfini kapatır.

1. Adım sona erer ve işlem kendiliğinden durur. E1'e tekrar basılınca;
- 2.adım : Arabanın A'dan B'ye hareket eder
- 3.adım: Araba boşaltılır.
- 4.adım: Araba B'den A'ya hareket eder. A'da araba temel konuma gelir.

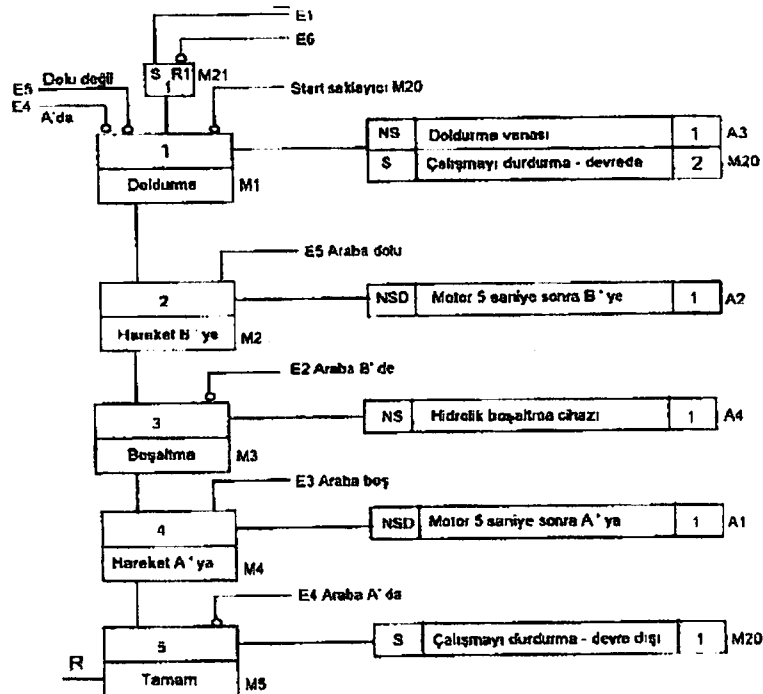


Şekil 4.10. PLC kontrollü atık taşıma ve boşaltma tesisi [13]

Sistemin PLC deki komut programı Çizelge 4.2. de, fonksiyon planı ise, Şekil 4.11. de verilmiştir.

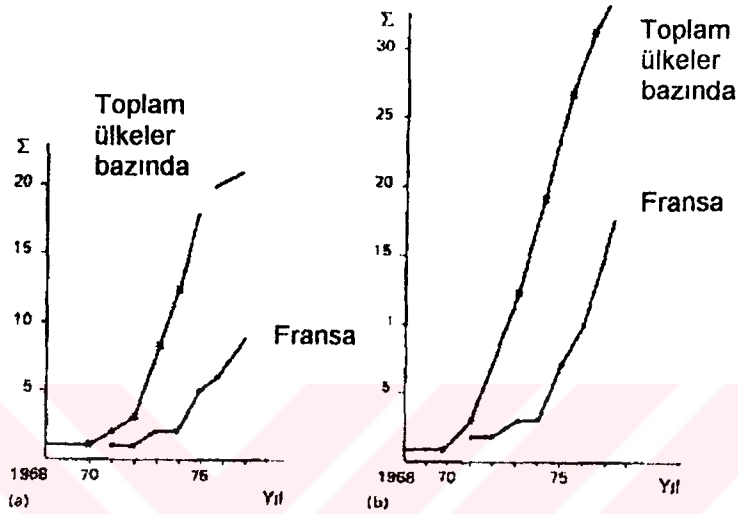
Çizelge 4.2. Atık taşıma ve dökme tesisine ait programa esas komut listesi[13]

| Adres | Komut | Adres | Komut | Adres | Komut | Adres | Komut |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.    | UE1   | 16.   | RLM2  | 31.   | RLM5  | 46.   | UT2   |
| 2.    | SLM21 | 17.   | UM2   | 32.   | UM1   | 47.   | =A1   |
| 3.    | UNE6  | 18.   | UNF2  | 33.   | =A3   | 48.   | UM1   |
| 4.    | RLM21 | 19.   | SLM3  | 34.   | UM1   | 49.   | =A11  |
| 5.    | UM21  | 20.   | UM4   | 35.   | SLM20 | 50.   | UM2   |
| 6.    | UNM20 | 21.   | RLM3  | 36.   | UM5   | 51.   | =A12  |
| 7.    | UNE4  | 22.   | UM3   | 37.   | RLM20 | 52.   | UM3   |
| 8.    | UNE5  | 23.   | UE3   | 38.   | UM2   | 53.   | =A13  |
| 9.    | SLM1  | 24.   | SLM4  | 39.   | =T1   | 54.   | UM4   |
| 10.   | UM2   | 25.   | UM5   | 40.   | UT1   | 55.   | =A14  |
| 11.   | RLM1  | 26.   | RLM4  | 41.   | =A2   | 56.   | UM5   |
| 12.   | UM1   | 27.   | UM4   | 42.   | UM3   | 57.   | =A15  |
| 13.   | UE5   | 28.   | UNF4  | 43.   | =A4   | 58.   | PE    |
| 14.   | SLM2  | 29.   | SLM5  | 44.   | UM4   | 59.   |       |
| 15.   | UM3   | 30.   | UM1   | 45.   | =T2   | 60.   |       |



Şekil 4.11. Atık taşıma ve dökme tesisine ait fonksiyon planı [13]

Gelişimi ve uygulama alanları atarak devam eden PLC özellikle son yıllarda büyük gelişme göstermiştir. Şekil 4.12.de yıllara göre kaydedilen gelişmeler verilmiştir.



Şekil 4.12. Yıllara göre PLC teknolojisinde kaydedilen gelişme: (a) İmalatçı sayısındaki artış, (b) Kullanıma sunulan modellerin kümülatif sayıları [7]

PLC ikili giriş sinyallerini işleyerek teknik işlemleri, çalışmaları ve bu çalışmaların adımlarını direk olarak etkileyecek çıkış işaretleri oluşturur. Çoğunlukla programlanabilir lojik kontrol organlarının yapacakları işlerde bir sınırlama yoktur. Genel bir ifade olarak PLC, iş akışındaki bütün adımları doğru zaman ve doğru sırada gerçekleşmesini sağlar denilebilir. Otomasyonu yapılmış bir üretim akışında, taşıma sistemi endüstriyel süreçlerin kontrolüne örnek olarak verilebilir. Bu durumda iş istasyonları arasındaki mesafe ve iş parçası, bu iş akışının adımları olacaktır. Söz konusu sistemde PLC'nin görevi; taşıyıcı ünitesinde yer alan bantların hızını ayarlayan motorlar ile yön değiştirmeyi sağlayan hidrolik veya pnömatik elemanları kontrol etmektir. Bu elemanların kontrol altına alınmasıyla otomasyonun en önemli adımlarından biri olan, iş parçasının işleme birimleri arasında otomatik olarak yönlendirilmesi mümkündür.

Hiç bir tesisin, makinanın veya donanımın sonsuza kadar işler durumda kalamayacağı aşîkardır. Ancak tesis kurulurken zaman içerisinde ortaya çıkabilecek değışiklikler veya eklentiler için tesiste (kontrol ünitesinde) boş bir kapasitenin bulunması sistemin esnekliğini ve çalışma ömrünü uzatacaktır. Bunun sağlanmaması durumunda, sistemden vaz geçilmesi veya değıştirilmesi zaman kaybına yol açacak, daha da önemlisi oldukça büyük masraflar gerektirecektir. Oysa PLC sistemi kurulurken fazladan bırakılan boş kapasite sayesinde değışiklikler; oldukça kısa sürede ve oldukça düşük maliyetle gerçekleştirilebilir. Otomasyon hattına yeni bir hücrenin eklenmesi gündeme geldiğinde, o ana kadar ki sisteme ait modifikasyonlar ile bilgiler PLC programından silinmeden eklentinin yapılması mümkündür. PLC ile otomasyonu gerçekleştirilen bir üretim hattında, normalde oldukça büyük zaman kayıplarına neden olan arıza nedenlerinin belirlenmesi oldukça kolay ve zaman içerisinde üretim hattına yapılacak eklemelerin adaptasyonu imkanı vardır.

Yapılacak çalışmada otomasyon sistemlerinde kullanılan endüstriyel kontrol sistemleri ile elemanlarının kullanılma alanları üzerinde durulacaktır. Bunlardan uygun olanları seçilerek klasik bir hidrolik pres tezgahı prototipi PLC ile programlanabilir hale getirilecektir.

#### **4.4.1.Elektrohidrolik - elektropnömatik kontrol**

Günümüz otomasyon uygulamalarında hidrolik ve pnömatik teknolojisi ile elektrik - elektronik teknolojisinin bir arada kullanılması önemli bir rol oynamaktadır. Elektrohidrolik ve elektropnömatik olarak adlandırılan bu teknolojiler, makine işleme zamanını azaltarak, ucuz ve güçlü bir üretim sistemi sağlarlar. Aynı zamanda sistemi kullananlara; uzak mesafelerden işaret

iletilmesinde taşıyıcı ortam olarak elektriğin kullanılması ile zaman kayıplarının en az seviyeye indirilmesinin sağlanması gibi bir çok avantaj sağlar.

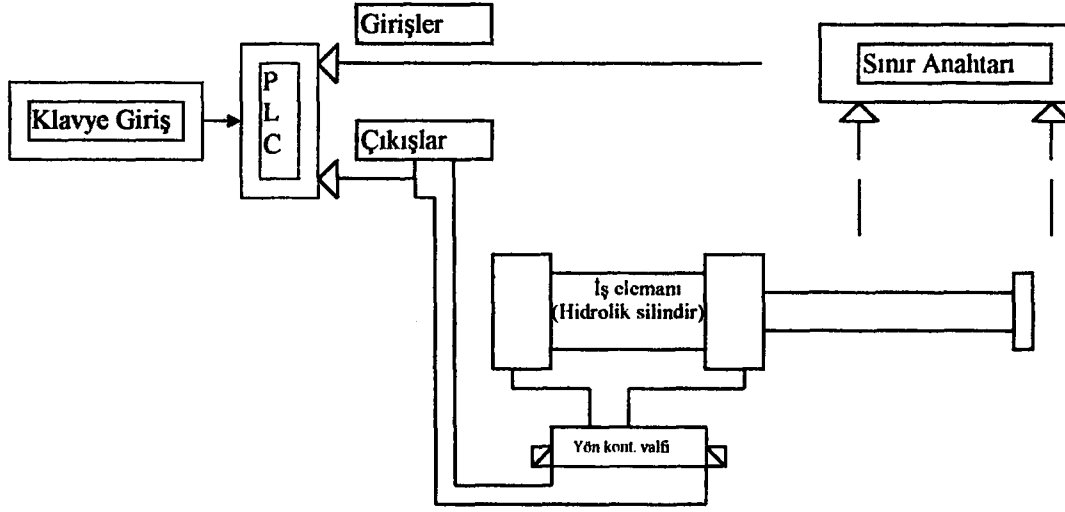
Bu sistemler işaretin meydana gelişi ve bir sonraki eleman tarafından alınışı arasındaki zamanı oldukça azaltmaktadır. Elektrohidrolik ve elektropnömatik teknolojilerinin otomasyon uygulamalarına sağladığı bir diğer avantaj da, üretimin planlı geliştirilmesi, artırılması ve daha sonraki yıllarda ortaya çıkabilecek koşullara adaptasyonunun kolay olmasıdır. Bir elektrohidrolik veya elektropnömatik sistemi meydana getiren temel birimler aşağıda sıralanmıştır.

*İşaret kontrol birimi* ; İşaret girişi, işaret işleme ve kontrol enerjisi besleme kısımlarından meydana gelir. Bu birimde bir elektrik işareti üretilir hazırlanır ve ara birim üzerinden güç birimine aktarılır.

*Güç birimi* ; Enerji besleme birimi, enerji kontrol birimi ve tahrik birimlerinden meydana gelir. Bu birimde elektrik enerjisi önce hidrolik daha sonra mekanik enerjiye çevrilir. Böylece daha az elektrik enerjisi kullanılarak, uygun iş elemanlarıyla çok büyük mekanik kuvvetler meydana getirecek olan büyük miktarda hacimsel debiler, valfler üzerinden kontrol edilebilmektedir.

*Arabirim* ; işaret kontrol birimi ile güç birimi arasında bulunur (şekil 4.13).



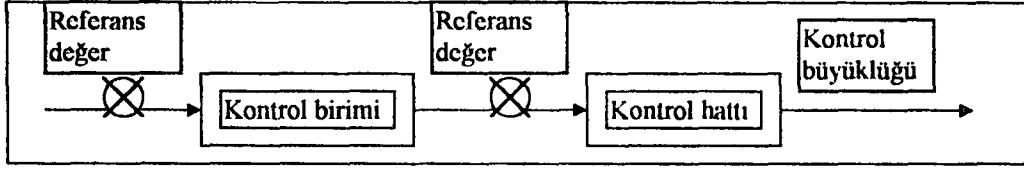


Şekil 4.14. Bir elektrorohidrolik sistemde giriş ve çıkış elemanları [21]

Geniş kapsamlı elektrohidrolik ve elektro pnömatik sistemlerde, bir işlevin gerçekleşmesi için elemanların ayarlanması gerekiyorsa yine bir kontrol söz konusudur. İşaret birimindeki kontrolda, işletme için gerekli olan işaretler birleştirilir ve istenilen zamanda güç akışını kontrol eden son kontrol elemanlarına kumanda işareti gönderilir. Güç birimindeki kontrolde hacimsel debinin yönüne, büyüklüğüne ve basıncına etki edilir. Güç birimi ile işaret birimi arasındaki ilişkiyi valfler oluşturur [22].

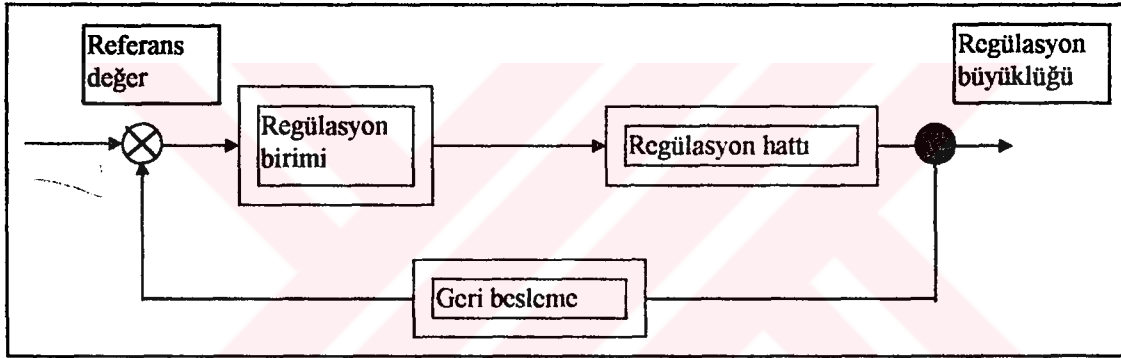
#### 4.4.2. Elektrohidrolik-pnömatikte kontrol ve regülasyon

Bir otomasyon sisteminde hareket (etki) akışı açık ise bir kontrol, kapalı ise bir regülasyon söz konusudur. Kontrol işlemi, bir sistemde bir veya daha fazla büyüklüğün giriş büyüklüğü olarak referansı olarak kabul edilmesi ve çıkış büyüklüklerinin bu referansa göre belirlendiği bir süreçtir. Burada etkinin sadece bir yönde gerçekleştiğini, diğer bir ifade ile çıkış büyüklüklerinin giriş büyüklüklerine etki etmediği kontrol zinciri ile ifade edilir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Kontrol zincirinin etki şeması

Regülasyonda ise etkileşim kapalı bir sistem oluşturur. Bunun şematik gösterimi, regülasyon çevrimi adıyla anılır.

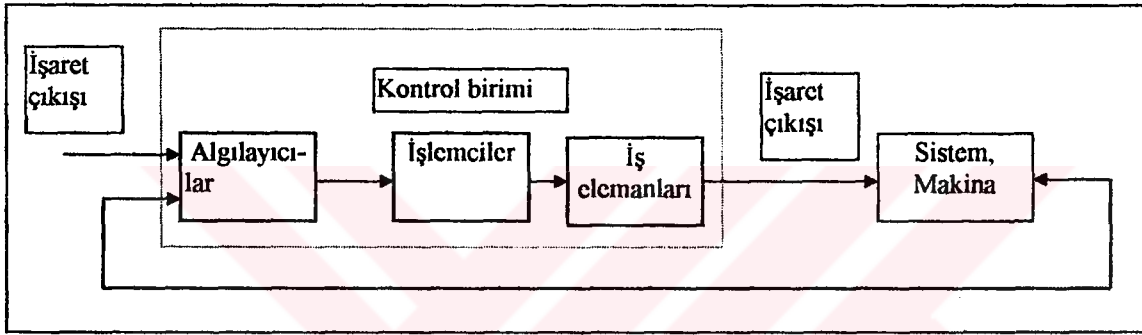


Şekil 4.16. Regülasyon etki şeması

Regülasyon, ayarlanması gereken bir büyüklüğün (ayar büyüklüğü) sürekli olarak kaydedildiği, bir başka büyüklükle (referans büyüklüğü) karşılaştırıldığı ve karşılaştırmanın sonucuna göre etki edildiği bir işlemdir (Şekil 4.16). Regülasyonun özelliği ayar büyüklüğünün, kapalı bir çevrim oluşturan ayarlama yolu üzerinde sürekli olarak kendine etki etmesidir. Kontrol ve regülasyon kavramları çoğunlukla kontrol işlemini belirtmek için eş anlamlı olarak kullanılır. Kontrol ve regülasyon arasındaki farkı anlatmak için günlük yaşamdan örnek olarak bir kavşaktaki trafik regülasyonu verilebilir. Bu dar anlamda, eğer bir trafik polisi trafik akışını gözetler ve trafiğin o anki durumuna göre geçiş önceliği verirse bu durumda yapılan bir regülasyondur. Buna karşın ışıklı bir işaret sistemi sadece bir trafik kontrolüdür [23].

#### 4.4.3. Algılayıcılar, işlemciler, iş elemanları

Kontrol kavramı genelde, sistemin “kontrol” mu yoksa “regülasyon” mu yaptığına bakılmaksızın, bütün devre tekniği yapısını belirten genel bir kavramdır. Bir kontrol sistemi, algılayıcılar, işlemciler ve iş elemanları (gerçekleyiciler) olmak üzere alt fonksiyon gruplarına ayrılır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Kontrol sisteminin fonksiyon grupları [14,17]

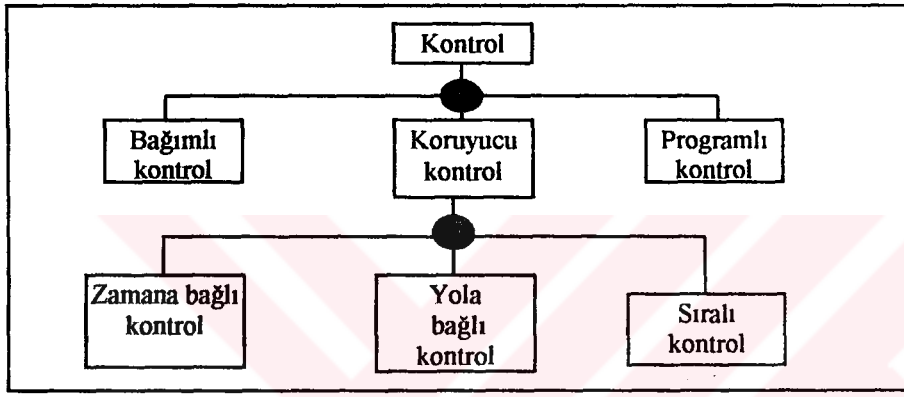
*Algılayıcılar*; kontrol edilmesi gereken sistemin ya da makinanın bulunduğu konumu algılayan her tür işaret vericiyi ifade eder (sınır anahtarları, manyetik algılayıcılar, optik algılayıcılar, sıcaklık algılayıcılar). Elle kumanda edilen buton ya da anahtarlar da bu guruba örnek olarak verilebilir.

*İşlemciler*; giriş işaretlerinden (anahtarlama işareti, elle kumanda edilen düğmeler üzerinden verilen işaretler vb.) çıkış işaretlerini (kontrol işareti) elde etmeye yarayan bütün işlemleri ifade eder. Günümüzde işaret işleme fonksiyonları daha çok programlanabilir mantık kontrol organları (PLC) tarafından gerçekleştirilmektedir.

*İş elemanları*; işlemcilerde hazırlanan ikili koddaki işaretleri güçlendirip devre kontrol işaretlerine çeviren ya da başka enerji formundaki işaretlere çeviren bütün yürütme elemanlarını ifade eder (göstergeler, silindirler, motorlar vb.)

Kontrol türlerinin sınıflandırılması çeşitli kriterlere göre yapılır. Buna göre kontrol aşağıda belirtilen alt bölümlere ayrılır: Çalışma şekli, işaret işleme şekli [22].

#### 4.5. Üretim Hatlarındaki İş Akışında Kontrol Süreçleri



Şekil 4.18. Çalışma şekline göre kontrol türleri

##### 4.5.1 Bağımlı kontrol

Bozucu büyüklükler sapmalara sebep olmadıkça, referans büyüklüğü ile çıkış büyüklüğü arasında daima belli bir bağıntının bulunması şeklinde tanımlanır [24].

##### 4.5.2. Koruyucu kontrol

Referans büyüklüğünün kaldırılması ya da geri alınmasından sonra, bilhassa tetikleyici işaretin kalkmasından sonra çıkış büyüklüğünün ulaşılan değerinin korunması sabit kalması şeklinde tanımlanır. Çıkış büyüklüğünü tekrar bir başlangıç değerine getirmek için zıt yönde veya başka türlü bir referans büyüklüğüne ya da zıt yönde bir tetikleme işaretine ihtiyaç vardır [25].

#### 4.5.3. Programlı kontrol

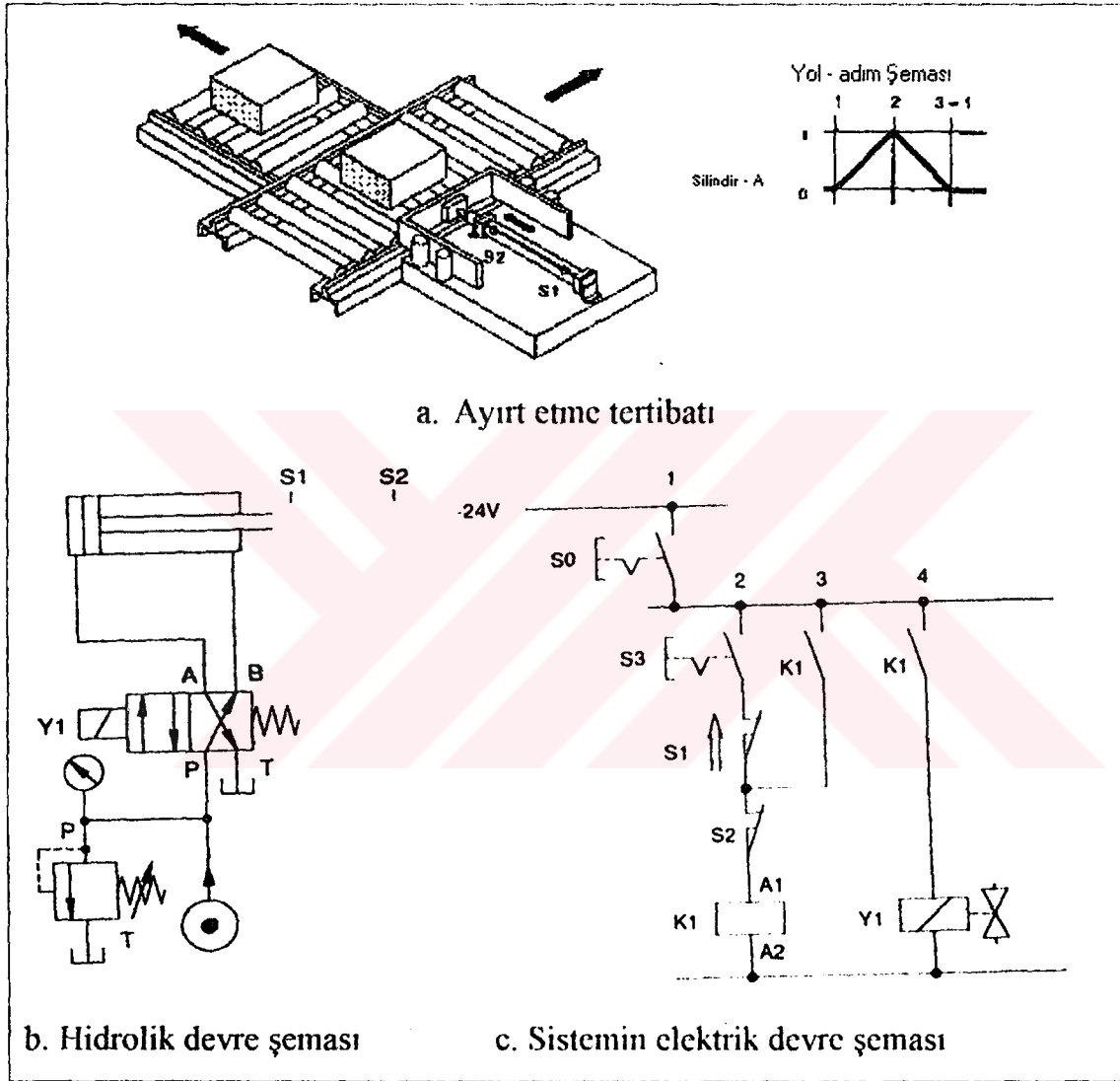
Programlı kontrol çeşitleri çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir:

- Yola bağlı programlı kontrol
- Zamana bağlı programlı kontrol
- Sıralı program kontrol

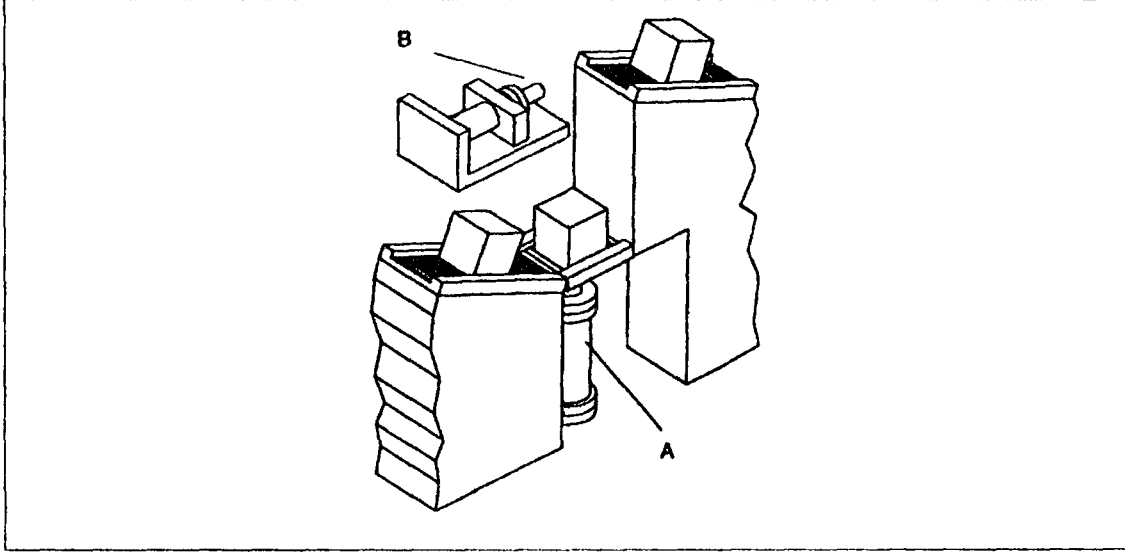
Yola bağlı programlı kontrolde, referans büyüklüklerinin bir program modülü (program belleği) tarafından sağlanmasıyla karakterize edilir. Bu program modüllerinin çıkış büyüklükleri, katedilen yola veya kontrol edilen sistemdeki hareketli bir parçanın (hidrolik veya pnömatik silindir vb.) konumuna bağlıdır. Şekil 4.19 da yola bağlı programlı kontrol örneği verilmiştir.

Zamana bağlı programlı kontrol, bir program modülü (program örgüsü, eksantrik mil, kam vb.) ve zamana bağlı bir iş akışı ile gerçekleştirilir. Sıralı program kontrolde, sistemin ulaştığı konuma bağlı olarak programı adım adım uygulayan, bir modüle kaydedilmiş akış programı ile karakterize edilir.

Bu program sabit şekilde monte edilmiş olabilir ya da delikli kartlar, manyetik bandlar veya başka saklayıcılar (örneğin, programlanabilir mantık kontrol elemanları) vasıtasıyla sisteme yüklenebilir [24]. Sıralı program kontrolü, bir program modülü ve ulaşılan konumu algılayacak bir düzenden oluşur. Bir sonraki adımın hangi koşullara bağlı olarak gerçekleşeceği, algılayıcıların konumları algılamasıyla gerçekleşir (şekil 4.20) [25].



Şekil 4.19. Yola bağlı kontrol örneği (Ayırt etme tertibatı) [26]



Şekil 4.20. Parça transfer makinasında yola bağlı sıralı kontrol

Otomasyona göre üretim yapan bir imalat sisteminde, parça transferinde kullanılan ve bir ara birim olarak çalışan transfer makinasının kontrolü, PLC (Kullanılan PLC cihazı; Festo Didactic) yardımıyla yapılmıştır.

Sistemin çalışma prensibi; Taşıma bandı üzerindeki yaklaşım anahtarı band üzerinde parçanın olup olmadığını algılar. Band üzerinde parçanın olması durumunun algılanması durumunda, parça “A” silindiri (pnömatik kaldırma silindiri) tarafından kaldırılır. “B” silindiri tarafından diğer taşıyıcı banda itilir. Daha sonra sırasıyla A ve B silindirleri geri konuma gelmektedir. İşlem çevrimi parçaların tamamı bitinceye kadar (taşıyıcı band üzerinde parça olmaması durumu) devam etmektedir. Kullanılan pnömatik silindirlerin ileri çıkmaları ve geri gelmeleri Y1 ve Y2 selenoid valfleri yardımıyla sağlanmaktadır. Silindirlerin konumu, silindirlerin strok sonuna ve strok başına yerleştirilen B1 ve B4 sınır anahtarlarıyla algılanmaktadır. Algılayıcılardan almış olduğu verileri işleyerek çıkış elemanlarını yönlendirecek kontrol birimi olarak “Festo Didactic” PLC cihazı kullanılmıştır [23].

#### 4.5.4. Transfer makinasının PLC devre şeması

Şekil 4.20’de verilen ve yukarıda tanımlanan işlemleri gerçekleştirecek sistemde, toplam 5 giriş 2 çıkış vardır; taşıyıcı band üzerinde parçanın olup olmadığını tespit eden B0 yaklaşım anahtarı, A silindirinin başlangıç ve bitiş stroklarını denetleyen B1, B2 sınır anahtarları ve B silindirini denetleyen B3,B4 sınır anahtarları. Çıkışlar ise silindirlerin ileri ve geri hareketini sağlayan Y1 ve Y2 selenoid valfleridir. Çizelge 4.3. de sistem için gerekli olan elemanlar verilmiştir. Şekil 4.21. de ise akış şeması ile PLC bağlantıları verilmiştir.

Çizelge 4.3. Sistemde kullanılan elemanlar ve atama listesi

| Tanımlama                               | Kısaltma | Adres | Fonksiyon                                       |
|-----------------------------------------|----------|-------|-------------------------------------------------|
| B0 yaklaşım anahtarı                    | B0       | I0    | Anahtara yaklaşıldığında I0 1 işareti taşır.    |
| B1 sınır anahtarı<br>silindir A geride  | B1       | I1    | Kontak (temas) anında 1 işareti taşıyacaklardır |
| B2 sınır anahtarı<br>silindir A ileride | B2       | I2    |                                                 |
| B3 sınır anahtarı<br>silindir B geride  | B3       | I3    |                                                 |
| B4 sınır anahtarı<br>silindir B ileride | B4       | I4    |                                                 |
| A selenoid valfi                        | Y1       | O0    | O0 1 işareti taşıdığı zaman besleme             |
| B selenoid valfi                        | Y2       | O1    | O1 1 işareti taşıdığı zaman besleme             |

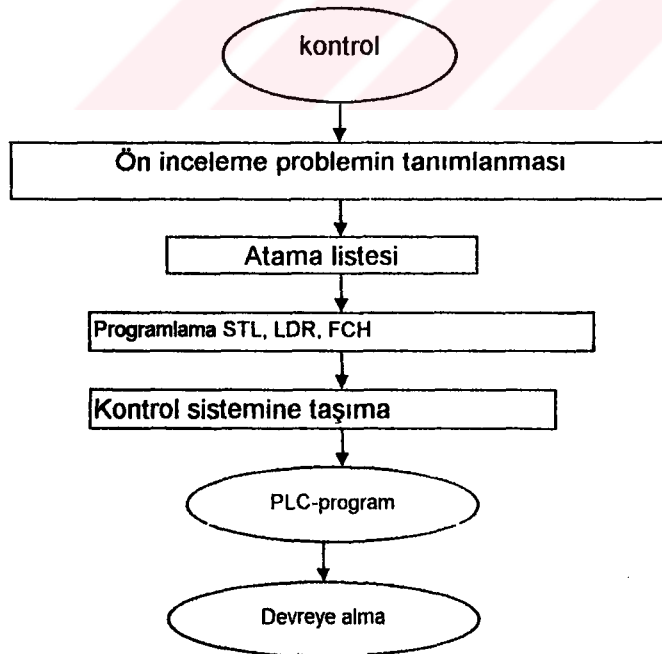
O= Output, I = Input

Bu işlemin gerçekleştirilmesi için işleme bağımlı sıralı kontrol kullanılacaktır. İşlem adımlarının başlayabilmesi için programlanan PLC cihazından belirlenen işaretlerin alınması gerekir. Tanımlanan işlemin bir tam çevrimi için, program sırası aşağıdaki bölümlere ayrılmıştır: **Adım 1:** Kaldırma silindiri ile parçanın

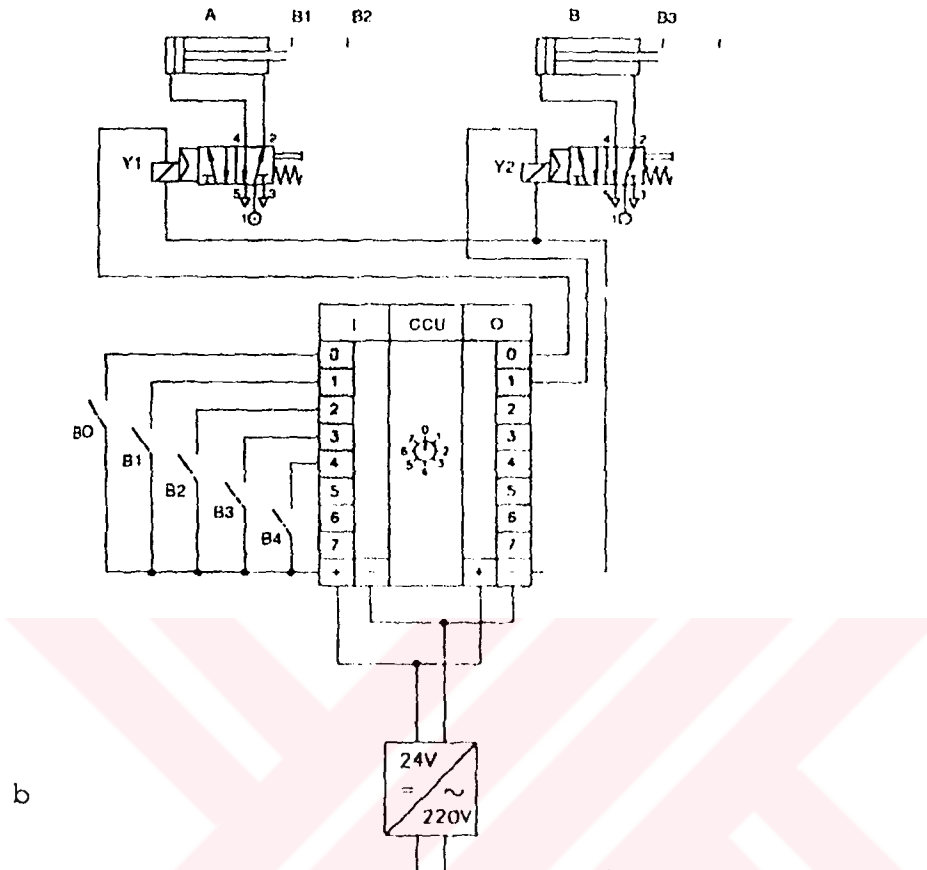
kaldırılması, **Adım 2:** İtme silindiri ile parçanın itilmesi, **Adım 3:** Kaldırma silindirinin geri gelmesi **Adım 4:** İtme silindirinin geri gelmesi. Taşıma bandı üzerinde parçanın yerine gelmesi ile yaklaşım anahtarından işaret alındığı zaman program birinci adımdan tekrar başlayacaktır[12,16].

#### 4.5.5. Tasarıma ait fonksiyon planı

Fonksiyon planına adım kutuları her bir adımın durumuna göre düzenlenmiştir (Şekil 4.22). Kontrol sisteminin bir akış şeması ile gösterilmesinden ibarettir. Komut tanımlama alanında o komutu tanımlayıcı kısaltılmış bir harf kullanılmıştır. Şekil 4.22 den de anlaşılacağı gibi program başlangıcına geri dönmenin anlamı, bir önceki çevrime ait adımların gerçekleştirildiği ve yeni bir çevrimin başlatıldığıdır.

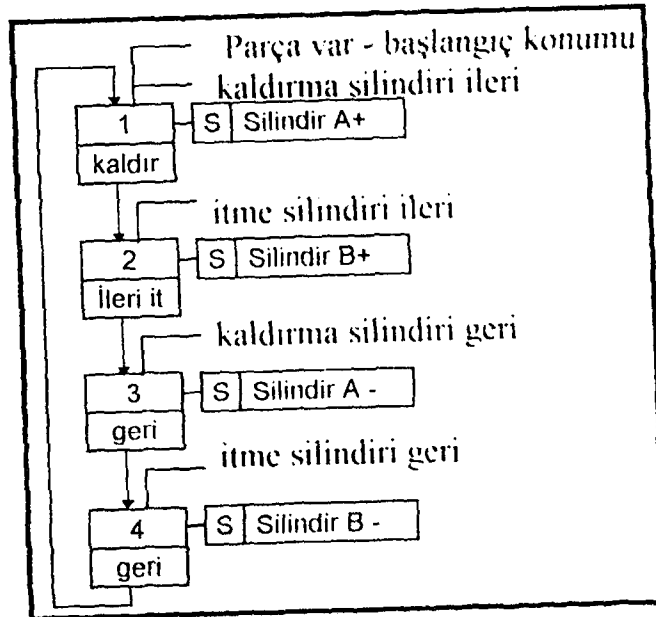


Şekil 4.21. Transfer makinasına ait; a) akış programı



b

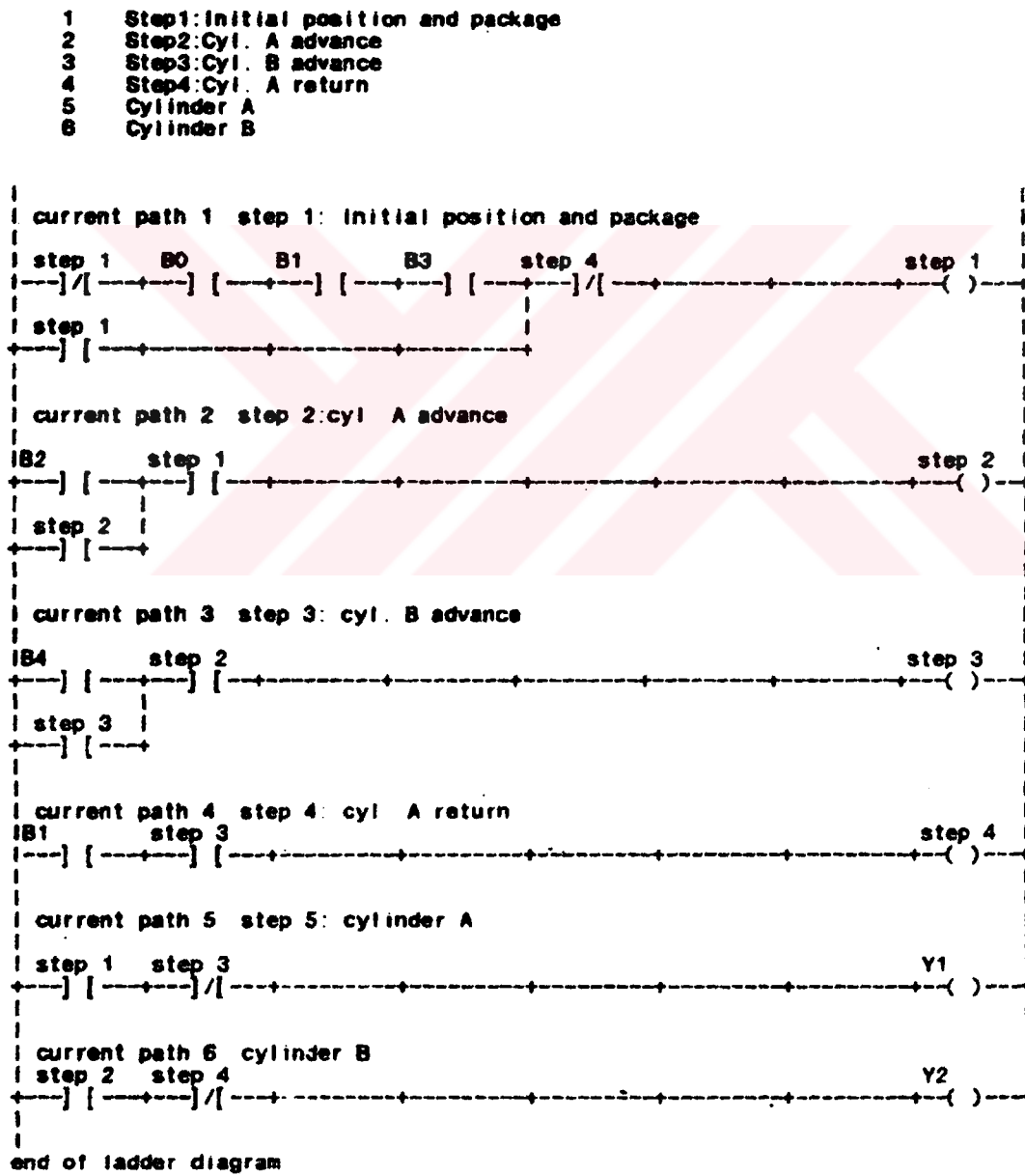
Şekil 4.21. Transfer makinasına ait ; b) PLC cihazında giriş ve çıkışlar ile işleyicilerin (silindirlerin) bağlanması



Şekil 4.22. Makinaya ait fonksiyon planı programı [26]

#### 4.5.6. Kontak planı ile programlama

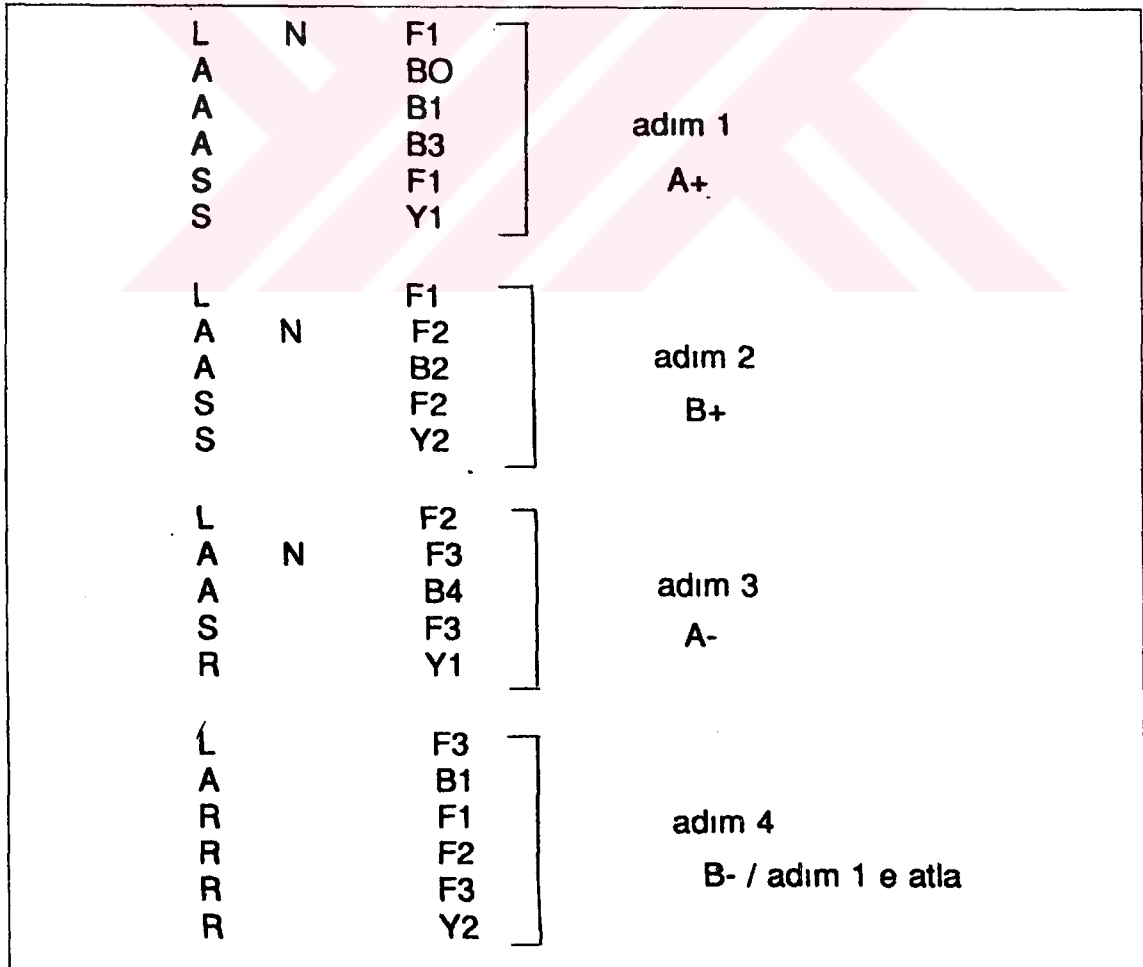
Kontak planı ile programlamanın kontrol bölümünde 4adım bayrağı (flag)kullanılmaktadır (Şekil 4.23). İki çıkışın tetiklenmesi ise güç bölümünde yapılmaktadır.



Şekil 4.23. Kontak plan programı [16]

#### 4.5.7. Deyim listesi ile programlama

Deyim listesi ile programlamada PLC kontrol komutları kullanılır. Bu programlama yöntemi, fonksiyon planı ve kontak planından farklı olarak program grafik şeklinde gösterilmeyip kelimelerle tanımlanmaktadır. Deyim listesi birbirinden bağımsız komut satırlarından oluşmaktadır. Komutlar kısaltılmış şekilleri ile listelenirler. Örneğin L (Load=yükle) bir komutun başlangıcını gösterir. Programı oluşturan AND, OR, ve NOT gibi lojik elemanlar A, O, N gibi kısaltılmış sembollerle gösterilir (Şekil 4.24). Set, other ve reset gibi atama komutları “=” işareti ile gösterilir.



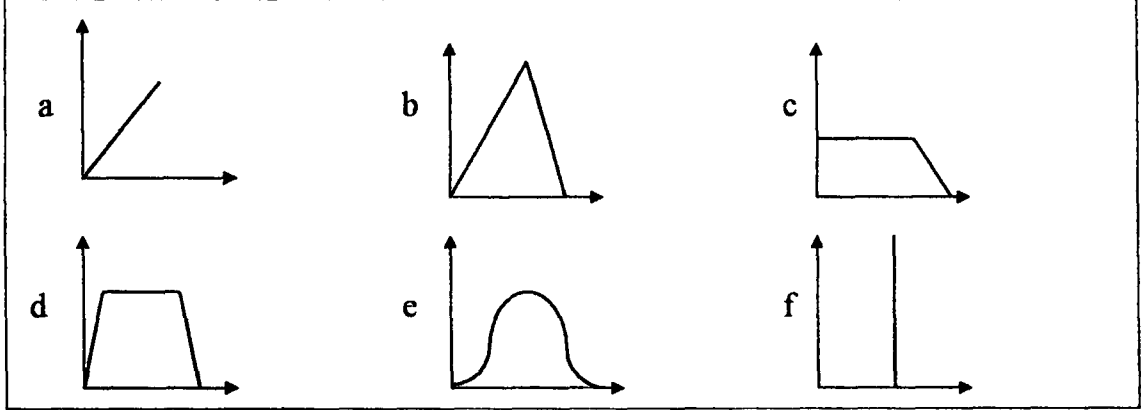
Şekil 4.24. Deyim listesi ile programlama [16]

## 5. PLC VE BULANIK MANTIĞIN GÜNÜMÜZDEKİ UYGULAMALARI

Programlanabilir otomasyon cihazları, endüstriyel bir tesisin veya bir makinanın önceden yazılmış bir programa ve durum değişkenlerine göre denetimini yapan mikroişlemci tabanlı kontrol sistemleridir. Temel olarak mikroişlemci, güç kaynağı ve giriş-çıkış birimlerinden oluşur. Bu birimlere ek olarak, zaman içinde endüstriyel denetimde gereksinim duyulan işlemleri daha hızlı ve daha etkin olarak yerine getirebilen özel amaçlı üniteler geliştirilmiştir. Bilim ve Teknolojide daima daha mükemmele ulaşma isteğinin doğal sonucu olarak ortaya çıkan daha hassas birimler ve kullanıma konu olan enerjiden tasarruf etme gereksinimi araştırmacıları bu konularda araştırma yapmaya yöneltmiştir. Tabiatıta var olan sistemlerin aynısını yapay yollarla yapılması çalışmaları Yapay Zeka (Artificial Intelligence), Yapay Sinir Ağları (Neural Networks) ve bunlarla birlikte Bulanık Mantığın (Fuzzy Logic) ortaya çıkarılmasına neden olmuştur [27,31].

Bulanık kavramını; kesin olan bir durumun genişletilmiş halidir şeklinde tanımlamak mümkündür. Kesin durumlar tam olarak tanımlanabilen alt fonksiyonları içerirler. Başka bir ifade ile tanımlanamayan hiç bir alt fonksiyonu içermezler. Oysa bulanık durumlar olarak ifade edilen fonksiyonlar ise kısmen tanımlanabilen alt fonksiyonlar içermektedirler. Bulanık bir duruma ait olan bir eleman, durumun kısmi elemanı olurken, kesin durum elemanları ya tamamıyla durumun içindedirler veya değildirler [30,32]. Bulanık bir durumu kontrol edecek, kontrolör tasarlanırken, temel kontrol parametreleri tanımlanır. Dilsel olarak ifade edilen her bir değişkeni içeren ifade belirlenir. Dilsel olarak ifade edilen her bir değişken, fiziksel bir değere karşılık gelir. Dilsel değişkenler sadece dilsel değerler alabilen değişkenlerdir. Örneğin bir duruma ait değişkenler çok küçük, küçük, orta, büyük ve çok büyük gibi beş terimle tanımlanabilir. Bulanık mantık kontrolde farklı (belirsizlik

fonksiyonları) üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Ancak yaygın olarak kullanılanları Şekil 5.1' de verilmiştir.



Şekil 5.1. Bulanık mantıkta kullanılan belirsizlik fonksiyonları, a) monotonik, b) üçgen, c) yamuk, d) trapezoid, e) çan eğrisi, f) doğru [33]

Bulanık Mantık Kuramı'nın (Fuzzy Logic) otomatik kontrol alanındaki uygulamalarını oluşturan bulanık mantık denetleyiciler, matematik modeli çıkarılamayan karmaşık bir sistemin denetimi sırasında kesin olmayan bilgiler ışığında tutarlı sonuçların elde edilebilmesine olanak tanımaktadırlar. Yeni gelişmekte olan bu kontrol tekniğinde, geleneksel mantık kontrolunda olduğu gibi 1 ve 0 değerleri vardır. Ancak bulanık mantık yalnızca bu değerlerle yetinmeyip bunların ara değerlerini de kullanır. Örneğin bir yerin yalnızca uzak veya yakın olduğunu belirtmekle kalmayıp ne kadar yakın veya uzak olduğunu da söyler [28,34]. Bu mantık uygulamaları beyaz eşya endüstrisinden, otomotive, üretim mühendisliğine ve her türlü otomasyon uygulamalarında kullanılabilmektedirler.

Geleneksel mantık sisteminde yalnızca (1) ve (0) lerin kullanılır olması, kesin belli olmayan ya da karmaşık olan problemlerin çözümünde yetersiz kalmakta ve hatta bu yöntemle söz konusu problemlerin çözümü olanaksız hale gelebilmektedir. Dille tanımlanan parametreler (Linguistic Variables) yardımıyla çok küçük, küçük, orta büyük, daha büyük, çok büyük gibi günlük

yaşamımızda sıkça kullandığımız, kelimeler yardımıyla, insan mantığına en yakın denetim gerçekleştirilebilmektedir [9,35]. Matematiksel olarak tanımlanması ve geliştirilmesi imkansız olan sistemlerin bulanık mantıkla çözümü ilk defa 1972 yılında Londra Üniversitesinde bir araştırmacının [31] yapmış olduğu deneysel çalışmada, bir buhar türbininin hız ve performansının bulanık mantık esasına dayanan bir sistemle, başarılı bir şekilde denetlenebileceğini kanıtlaması ile gerçekleşmiştir. Endüstriyel anlamda ilk bulanık mantık denetimi esasına dayalı uygulama 1980 yılında Danimarka'da gerçekleştirilmiştir. F.L. Smidth çimento fabrikasında kullanılan değirmen (cement kiln) içerisinde oldukça hassas bir denge oluşturması gereken oksijen ve sıcaklığın denetimi bu yöntemle gerçekleştirilmiştir. 1987 yılında Japonya'daki Sendai Metrosunda trenlerin istenilen konumda durdurulabilmesi işleminde, bulanık mantık kuramı kullanılmıştır. Böylece çalışan trenlerin istenilen konumda durması 3 kat iyileşmiş, kullanılan enerji ise % 10 azalmıştır. Benzeri başarılı uygulamaların sonucunda bulanık mantığa olan ilgi artmış ve 1989 yılında uluslararası bir çalışma zemini oluşturmak amacıyla NCR, SGS - Thomson, Omron, Hitachi, IBM, Toshiba ve Matsushita gibi Dünyaca ünlü 51 firma tarafından LIFE (Laboratory for International Fuzzy Engineering) laboratuvarları kurulmuştur [31].

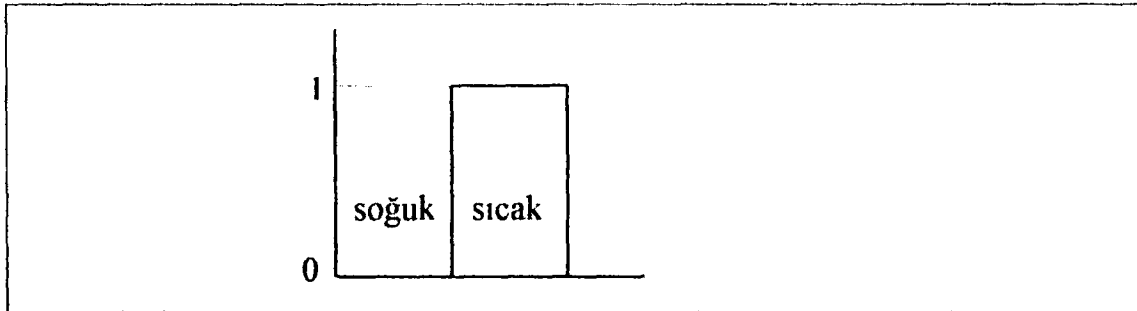
### 5.1. Bulanık Mantık İle Geleneksel Mantığın Karşılaştırılması

Geleneksel mantığın temelinde olasılık hesapları vardır. Bir durumun olabilirliğini bu mantıkla çözümlemeye çalışılır. Sonuç ise evet veya hayır ile sınırlıdır [29]. Oysa bundan tamamen farklı olan bulanık mantık durumun olabilirliğini değil, ne kadar olduğunu verir. Dolayısıyla verilen cevap evet veya hayırla birlikte, bunların ara değerlerini de içerir. Bu duruma basit bir örnek verilecek olursa, bir an için çölde kaybolduğumuzu ve elimizde de iki şişe su bulunduğunu düşünelim. Bu şişelerden birinin üzerinde “%91 olasılıkla

kirli su” ve diğzerinin üzerinde de “%91 i kirli su” (bulanık mantıksal ölçüm) yazsın. Bu şişelerdeki sulardan hangisi içilmeli. İlk şişede ki su %91 olasılıkla kirlidir fakat %9 gibi bir şansla da temiz olma olasılığı vardır. Yani su temiz de olabilir kirli de olabilir. Ancak ikinci şişenin üzerindeki etikette ise suyun %91 inin kirli olduğu, yani bu suyun çok büyük bir kısmının kirlendiğı neredeyse içilemez durumda olduğu belirtilmektedir. Bir başka deyişle bu su, bulanık mantıkta, üyelik işlevi (membership function) olarak da belirteceğimiz gibi “kötü su”olarak adlandırılır [36]. Buradan hareketle bir an için elimizde bulunan her iki şişedeki suyu tahlil ettiğimizi varsayalım. Tahlil sonucunda ilk şişedeki %9 olasılık ihtimalinin tuttuğunu düşünelim, bu durumda su % 100 temiz olacaktır. İkinci şişede tahlil edilen su ise hala %91 oranında kirli su olacaktır[31].

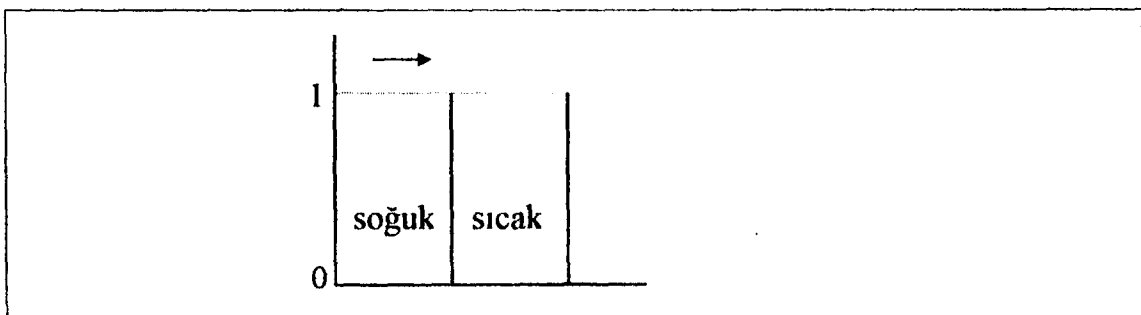
## 5.2.Bulanık Mantık ve Geleneksel Mantıkta Küme Kavramı

Bulanık mantık temel olarak insanın düşünüş şeklini esas alır. Dolayısı ile bu mantığın küme elemanları da insan mantığına çok yakın veya aynı olan elemanlardır. Örneğın banyoda kullanılan suyun sıcaklığını; sıcak, çok sıcak, ılık, ve soğuk gibi dilsel niteleyicilerle ifade edilebilecek tarzda ayarlanabilir olması gerekir. İşte bu örnekte olduğu gibi kullanılan dille tanımlanan değişkenler, ifade şekli ve sayısı ne olursa olsun bulanık küme elemanlarını meydana getirirler. Oysa buradaki ayarlama işlemini geleneksel mantıkla düşünürsek, bu durumda banyoda duş alacak kişiler için bir facia söz konusudur. Çünkü banyoda ya buz gibi su (0) ile yada kaynar su ile yıkanmak gerekecekti [31,37] (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Geleneksel küme elemanlarında durumlar arası geçiş

Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da geleneksel küme elemanlarının birbirlerine geçiş sürecinin ne kadar kesin olduğudur. Örneğin 50 °C'yi sıcaklık sınırı olarak kabul edecek olursak, geleneksel mantığa göre 49 °C'yi soğuk kabul etmemiz gerekir. Diğer taraftan 50 °C aslında pek de sıcak kabul edilecek bir sıcaklık değildir. Aynı şekilde 1°C daha az olan ısının yani 49 °C'nin de sıcak ya da soğuk olarak kabul edilmesi pek uygun olmaz. Oysa bulanık küme elemanlarının birbirlerine geçişi yumuşaktır. Eğer yukarıda verilen örnekteki suyun sıcaklık kontrol işlevini  $\mu(x)$  olarak tanımlarsak, işlevin alacağı değer sıfır ile bir arasındaki bir değer olacaktır. Yani işlevin doğruluk değeri  $\mu(x)$  (0,1)'dir. Böylece sıcak ile soğuk arasındaki ara değerlerde tanımlanabilmektedir (Şekil 5.3.).

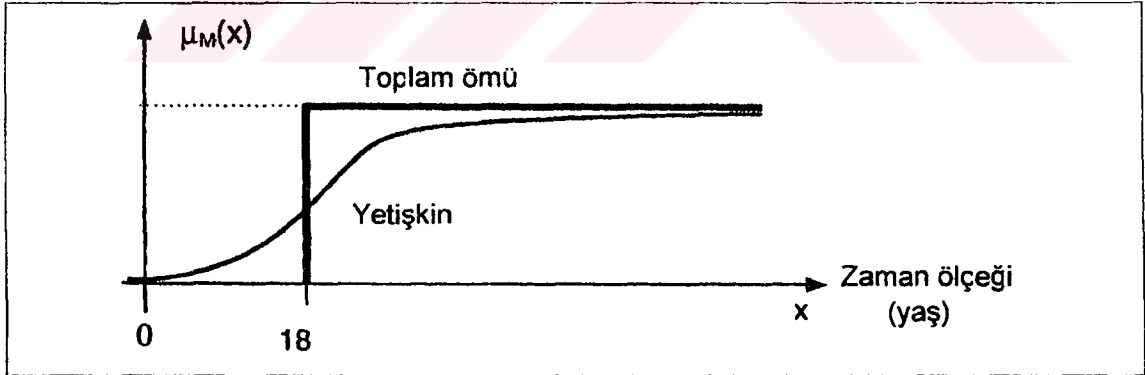


Şekil 5.3. Bulanık küme elemanlarında durumlar arasındaki geçiş

Verilen örneğe uygun endüstriyel anlamdaki uygulamalarda ani sıcaklık değişimleri yerine yumuşak geçişlerle denetim sağlanır ve istenilen ara değerlerin kullanılması mümkün olur. Böylece hem denetim kalitesi artırılmış olur hemde enerji tasarrufu sağlanmış olur [31,32].

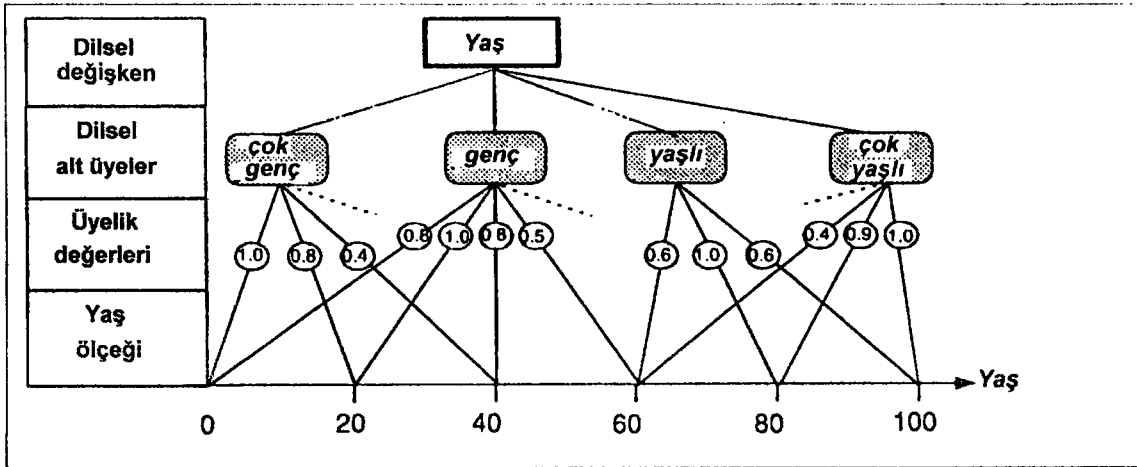
Bulanık mantık ile geleneksel mantık arasındaki farklılığı daha iyi ifade etmek, kesin (1,0) ve bulanık (1,0 ve bunlar arasındaki ara değerler) terimleri daha iyi anlamak için Şekil 5.4. de “insanların yaşına ait” *dilsel değişken* grafikleri verilmiştir.

İnsanın ömür süresinin tanımlanabildiğini bir an için kabul edersek, yetişkin olarak tanımlanacak kişiler için kesin bir yaş sınırının tanımlanması mümkün değildir [38].



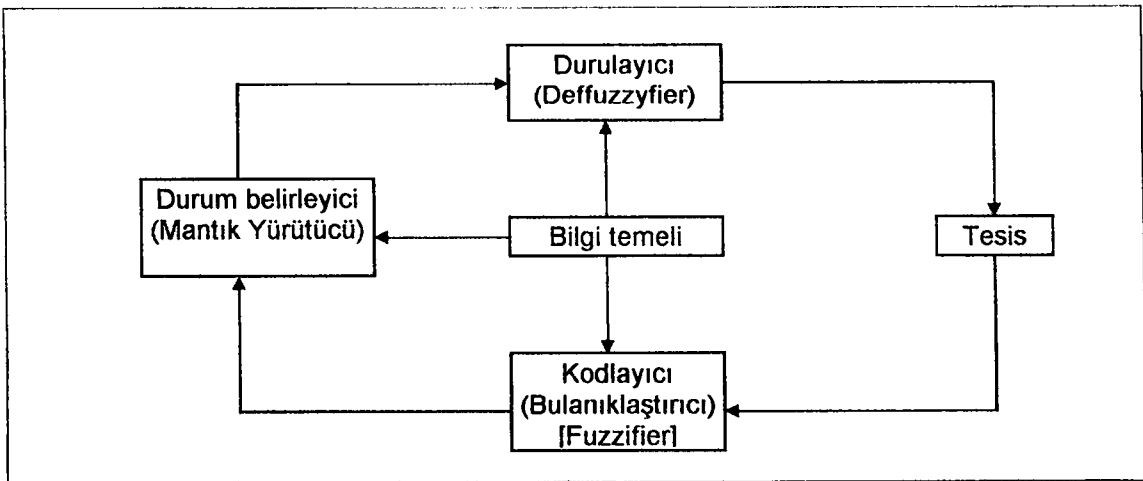
Şekil 5.4. Toplam ömür ve Yetişkin ifadelerinin üye fonksiyonları

Buradan hareketle dilsel bir değişken olan “yaş” a ait alt üyeleri ve bunların sınır değerleri zaman ölçeğinde “yıl” olarsak ifade edilir (Şekil 5.5.).



Şekil 5.5.Dilsel bir değişken olan “Yaş” in dilsel terimlerle ve terimler arası hiyerarşinin zaman ölçeğindeki (yıl olarak yaş) ile tanımlanması [33]

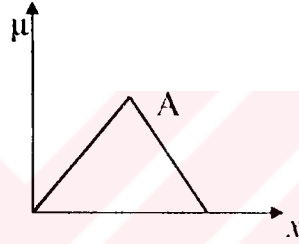
Kontrolü yapılacak olan duruma ait bu işlemlerin tamamlanmasından sonra, bulanık denetimi gerçekleştirecek olan bulanık mantık kontrol sistemi oluşturulur (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Basit bir bulanık mantık kontrolünün yapısı [38]

### 5.2.1. Bulanık ve geleneksel mantıkta küme işlemleri

Bulanık kümenin her elemanı, bu kümenin içerisinde bir üyelik değerine sahiptir ve bulanık A kümesinin işlev haritası 0 ile 1 arasındaki gerçel sayılarından oluşur.



Şekil 5.6. Bulanık kümenin üyelik fonksiyonu

x evrensel kümesinde yer alan, sınırlı ve sonlu sayıdaki x elemanlarından A bulanık kümesi,

$$A = \left\{ \frac{\mu_a(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_a(x_2)}{x_2} + \dots \right\} \quad 5.1$$

$$= \left\{ \sum_i \frac{\mu_a(x_i)}{x_i} \right\} \quad 5.2$$

$$A = \left\{ \int \frac{\mu_A(x)}{x} \right\} \quad 5.3$$

olarak ifade edilebilir.

X evrensel kümesinde A, B ve C bulanık kümelerini tanımlayalım ve x yine bu kümelere ait bir eleman olsun:

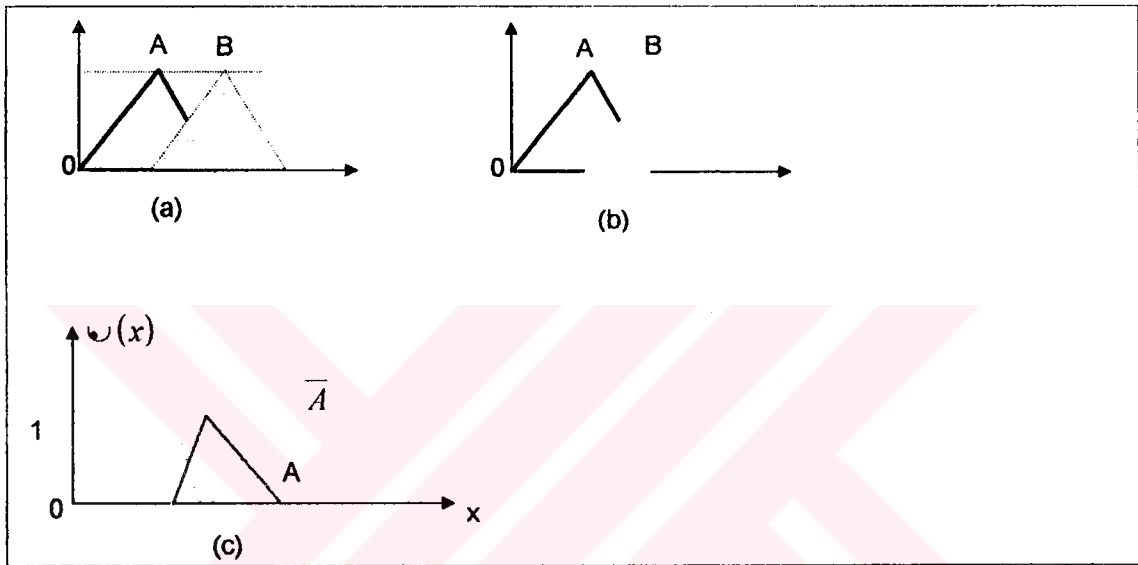
$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \cup \mu_B(x) \quad 5.4$$

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \cap \mu_B(x) \quad 5.5$$

$$\mu_A(x) = 1 - \mu_A(x) \quad 5.6$$

[39]

Bu ifadelere ait grafikler şekil 5.7. de verilmiştir.



Şekil 5.7. a) A ve B Kümelerinin birleşimi, b) A ve B kümelerinin kesişimi, c) A bul: kümesinde evirme işlemi [36]

$$\text{Örneğin A bulanık kümesi, } A = \left\{ \frac{1}{2} + \frac{5}{3} + \frac{3}{4} + \frac{7}{5} \right\} \quad 5.7$$

ve

$$\text{B bulanık kümesi de } B = \left\{ \frac{5}{2} + \frac{7}{3} + \frac{3}{4} + \frac{4}{5} \right\} \quad 5.8$$

olsun.

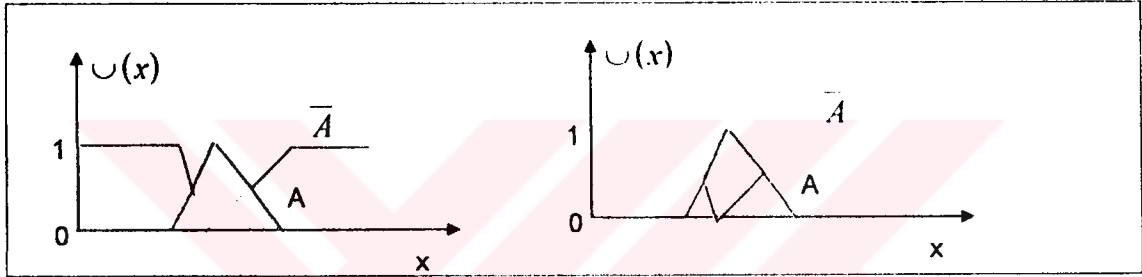
$$\text{A'nın evriği, } \bar{A} = \left\{ \frac{1}{1} + \frac{0}{2} + \frac{5}{3} + \frac{7}{4} + \frac{8}{5} \right\} \quad 5.9$$

$$\text{B'nin evriği, } \bar{B} = \left\{ \frac{1}{1} + \frac{5}{2} + \frac{3}{3} + \frac{8}{4} + \frac{6}{5} \right\} \quad 5.10$$

$$\text{A ve B Kümelerinin bileşimi, } A \cup B = \left\{ \frac{1}{2} + \frac{7}{3} + \frac{3}{4} + \frac{4}{5} \right\} \quad 5.11$$

$$A \text{ ve } B \text{ Kümelerinin kesişimi, } A \cap B = \left\{ \frac{5}{2} + \frac{5}{3} + \frac{2}{5} + \frac{2}{5} \right\} \quad 5.12$$

Görüldüğü gibi bulanık kümelerdeki işlemler geleneksel kümelerdeki işlemlerle benzeşmektedir. Ancak bulanık kümelerde evirme işlemine ait özelliklerde bazı farklılıklar vardır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Bulanık kümelerde evirme işlemi [34]

A bulanık kümesinin evriği ile birleşimi evrensel küme değildir. Ve A bulanık kümesinin evriği ile kesişimi boş küme değildir.

Matematiksel olarak:

$$A \cup \bar{A} \neq X \text{ ve } A \cap \bar{A} \neq \emptyset \text{ dir} \quad 5.13$$

X = Evrensel Küme

Bunun dışındaki diğer mantıksal işlem özellikleri, geleneksel mantıktaki işlem özellikleriyle benzeşirler.

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C) \quad 5.14$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C) \quad 5.15$$

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C) \quad 5.16$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C) \quad 5.17$$

$$A \cup A = A \quad \text{ve} \quad A \cap A = A \quad 5.18$$

$$A \cup \emptyset = A \quad \text{ve} \quad A \cap X = A \quad 5.19$$

$$A \cap \emptyset = \emptyset \quad \text{ve} \quad A \cup X = A \quad 5.20$$

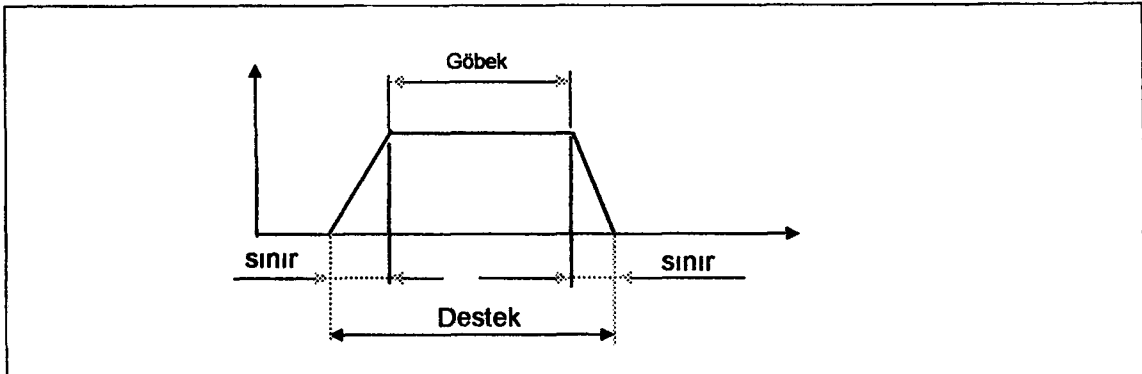
Eğer  $A \subseteq B \subseteq C$ , ise  $A \subseteq C$  dir. ( $A=A$  ve  $X=\text{Evrensel Küme}$ ) [39]

### 5.2.2. Üyelik fonksiyonu

Bulanık mantık süreçlerinin başlatılabilmesi için gerekli üyelik işlevlerinin (membership functions), dilsel niteleyicilerden oluşan bir anlam gurubu olduğu bundan önceki bölümlerde verilmişti. Söz konusu anlam üyelik işlevlerinin ağırlık merkezleriyle tanımlanır. Üyelik işlevleri genellikle biçimsel olarak gösterilirler ve en çok kullanılan biçimler: üçgen, yamuk (veya çan eğrisidir (Bkz. Şekil 5.1.).

### 5.2.3. Üyelik işlevinin özellikleri

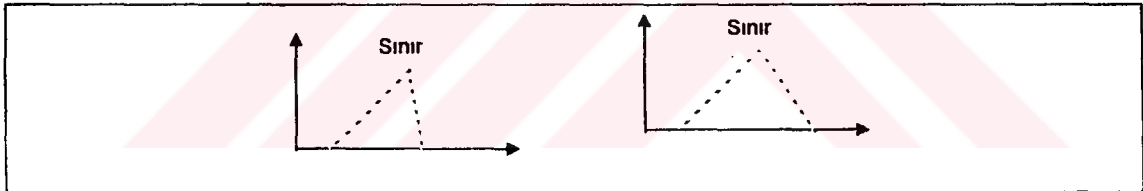
Bulanık kümenin grafik olarak gösteriminde de görüleceği gibi bazı üyelik işlev tanımları bulunmaktadır. Bunlar sırası ile *Göbek* (Core), *Sınır* (Boundary) ve *Destektir* (Support) (Şekil 5.9.).



Şekil 5.9. Üyelik fonksiyonlarında üyelik işlevleri [31,39]

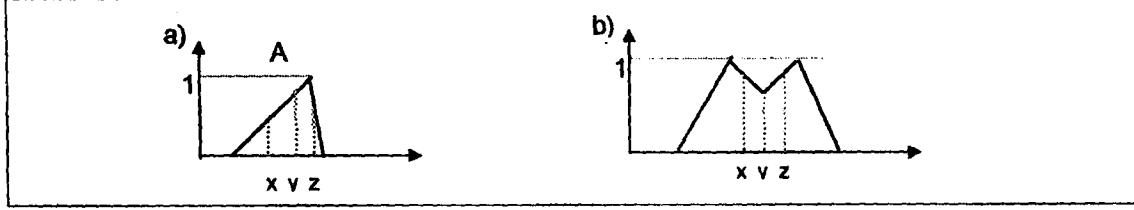
Bulanık kümeye ait üyelik işlevinin  $m(c) = 1$  olan bütün  $c$  elemanlarını kapsayan bölgesi, göbek (core) olarak adlandırılır. Benzer şekilde bulanık kümeye ait üyelik işlevinin  $0 < m(c) < 1$  olan bütün  $c$  elemanlarını kapsayan bölgesi, sınır (boundary) olarak adlandırılmaktadır. Bulanık kümeye ait üyelik işlevinin  $m(c) > 0$  olduğu tüm bölgeler ise destek (support) bölgesidir.

*Olağan Bulanık Küme* (Normal Fuzzy Set), üyelik değerinin en az bir elemanı için 1 değerini aldığı bulanık kümelerdir (Şekil 5.10). Eğer bulanık kümede yalnızca bir elemanın üyelik değeri 1 ise bu eleman, *Kümenin Prototipi* (Prototype of the Set) veya *Prototipik Eleman* (Prototypical Element) olarak adlandırılmaktadır. Bunun dışındaki bulanık kümelere ise *Olağanaltı Bulanık Kümeler* (Subnormal Fuzzy Set) denilmektedir.



Şekil 5.10. Olağan bulanık küme örnekleri [40]

Bulanık kümenin üyelik işlevinin üyelik değerleri monoton artan ve daha sonra monoton azalan bir durumda ise ya da belli üyelik değerlerinde 1 olduktan sonra monoton azalan ise böyle kümelere *Bulanık Dış Bükey Kümeler* (Convex Fuzzy Set) denilmektedir (31). Diğer bir ifade ile  $x, y, z$  elemanları  $A$  bulanık kümesinin içinde olsun,  $x < y < z$  olması şartı ile  $m(y) \geq \min[m(x), m(z)]$  denklemini sağlayan bulanık kümeler dış bükeydir. Burada bahsedilen dış bükeylik, klasik matematiksel dış bükey tanımından farklıdır (Şekil 5.11.).



Şekil 5.11. a) Olalağan, dışbükey bulanık küme, b) olalağan, dışbükey olmayan bulanık küme [34,43]

#### 5.2.4. Bulanıklaştırma [Fuzzification]

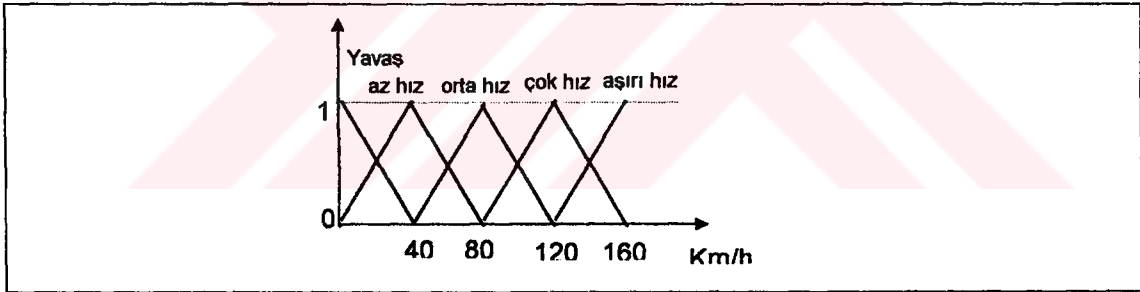
Fiziksel giriş bilgilerinin, dilsel niteleyicilerle ifade edebileceğimiz bulanık mantık bilgileri şekline çevirme işlemine bulanıklaştırma (Fuzzification) adı verilmektedir. Ancak bu bilgilerin tamamının mutlaka kesin bilgiler olması söz konusu değildir. Bulanıklaştırma işlemi önemli ölçüde kesin olmayan bilgiyi de içine alır ve bulanıklaştırır. Bulanıklaştırma sonucu elde edilen değişkenlere dilsel değişkenler denir ve işlemle birlikte tüm giriş değişkenlerinin değerleri, üyelik derecesi olarak buraya atanır. Örneğin, 100 km. lik bir uzaklık giriş bilgisi, dilsel niteleyici olarak “uzak” şeklinde ifade edilebilir. Bununla birlikte 100 - 150 km arası da tam kesin olmayan bir bilgi olarak yine “uzak” olarak ifade edilebilir.

Bulanıklaştırma işlemi verilen örnekte de görülebileceği gibi göreceli olarak bu kadar kolay olmasına karşın daha önce de deyindiği gibi uzman sistem kalıplarından dolayı bu işlemlerin yapılması büyük ölçüde deneyim gerektirmektedir. Operatörün sistemde çalışırken gösterdiği davranışlar, sistemin matematiksel modelinden daha önemlidir. Dolayısıyla bulanıklaştırma aşamasına gelinebilmesi için gereken süre çok uzun olabilmektedir. Bununla birlikte kesin olmayan bilgileri kullanabilmesi, sürecin matematiksel bir modeline gereksinim duyulmaması ve uygulamaya

çabucak geçilebilmesi, bütün bunlardan sonra da yüksek verim alınabilmesi bulanık mantığın önemini açıkça ortaya koymaktadır.

### 5.2.5. Dilsel değişkenler

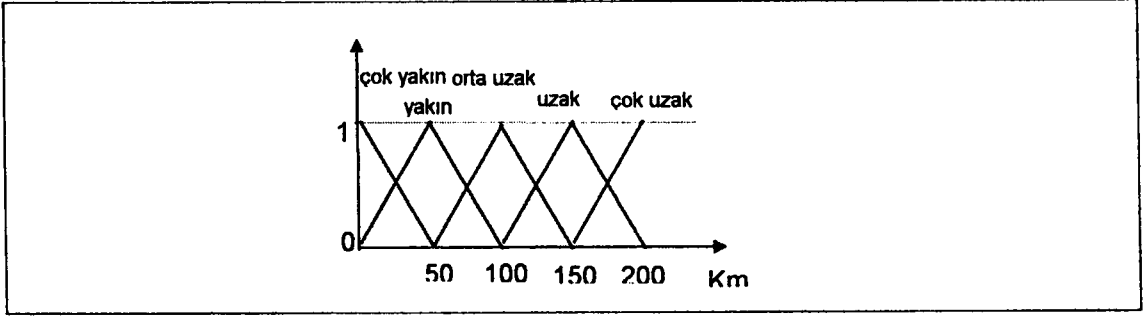
Bunu daha iyi anlayabilmek için bir örnek ele alalım: Yolda giden bir arabanın sürücüsü önüne çıkan engel karşısında nasıl hareket eder? Buradaki girdilerimiz, hız ve uzaklık, buna bağlı olarak elde edeceğimiz çıktımız ise fren olsun. Bulanık kümeler üç, beş ya da yedi üyelik işlevinden oluşabilirler. Yukarıda verilen örneğe göre; yavaş, az hızlı, orta hızlı, çok hızlı, aşırı hızlı şeklinde beş üyelik işlevine sahip bir bulanık hız kümesi oluşturulabilir. (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Bir aracın hızına ait bulanık hız kümesi

Şekilden de anlaşılacağı gibi, tanımlar tamamı ile insanların söylemlerine uygun tarzda geliştirilmiş ve Dilsel Niteleyiciler (Linguistic Variables) olarak adlandırılmışlardır. Bunların işlevsel olarak elde edilmeleri ve uygulama aşamasına getirilmeleri büyük ölçüde sistemde daha önce elde edilmiş deneyimlere bağlıdır ve bu sistemler Uzman Sistemler (Expert Systems) olarak adlandırılmaktadır [41].

Benzer şekilde uzaklık kavramına ilişkin bir kümeyi de; çok uzak, uzak, orta uzaklıkta, yakın ve çok yakın şeklinde belirleyebiliriz (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Uzaklık kavramına ait bulanık küme

Burada dikkat edilmesi gereken bir başka nokta ise, verilen örnekteki bulanık kümelerin olağan dışbükey bulanık kümeler olduğudur [31].

#### 5.2.6. Bulanık çıkarım

Geleneksel mantıkta olduğu gibi bulanık mantıkta da bir takım işlemler yer almaktadır. Bulanık mantıktaki işlem komutları AND, OR, NOT, ve IF THEN (VE, VEYA, DEĞİL, EĞER ÖYLEYSE) ile sınırlı çok basit aynı zamanda oldukça kullanışlıdır. Bu kurallar bütününe kurallar (rules) ya da bulanık mantık denetleyicisi üzerinde kural tabanı (rule base) denir.

#### 5.2.7. Bulanık mantıkta girdilere göre çıktı değerleri

EĞER araba Çok Hızlı VE Uzaklık Orta Uzaklık ÖYLE İSE Frene Orta - Kuvvette - Bas.

EĞER Araba Aşırı - Hızlı VE Uzaklık Çok - Yakın ÖYLE İSE Frene Tam-Kuvvetle - Bas.

Eğer araba Normal - Hızlı VE Uzaklık Uzak ÖYLE İSE Frene Az - Kuvvetle - Bas. Hız kısaca “h” ve uzaklığı da kısaca “u” ile gösterecek olursak, fren “f” fonksiyonu  $f(h,u)$  şeklinde olacaktır. Eğer değişkenler arasında VE (AND) kullanılmış ise buna bağlı olarak ortaya çıkacak olan fonksiyon minimum değer alacaktır. Yani:

$$f((h) \text{ VE } (u)) = \min (f(h), f(u))$$

dir.

Değişkenler arasında kullanılan bağlaç VEYA (OR) ise fren fonksiyonu,

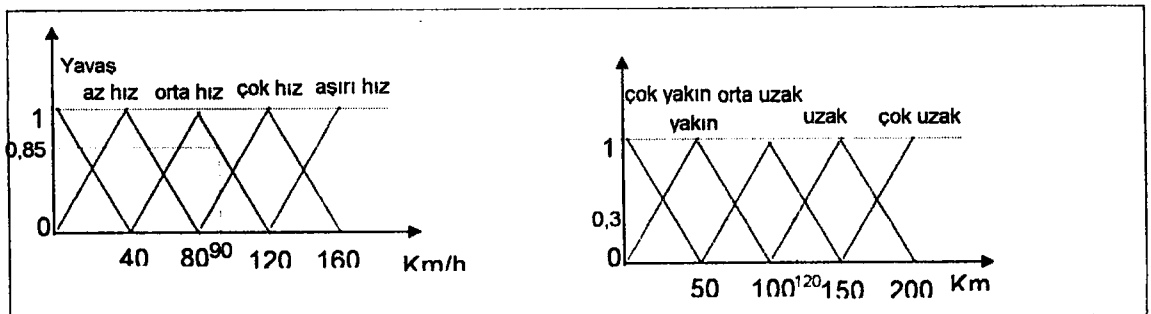
$$f((h) \text{ VEYA } (u)) = \max (f(h), f(u)), \text{ olacaktır.}$$

Fonksiyonda kullanılan DEĞİL (NOT) işlemi ise

$$f(\text{DEĞİL}(h)) = 1-f(h) \text{ anlamına gelmektedir.}$$

Tabiki burada tüm bulanık fonksiyonlarda olduğu gibi, f'nin alabileceği değerler,  $0 \leq f \leq 1$  şeklinde olacaktır .

Verilen örneğimize uygun olarak Şekil 5.14’de arabaya ait; hız bakımından “orta hızlı”, uzaklık bakımından “uzak” olarak verilen giriş bilgilerinin bulanık kümelerde gösterimi verilmiştir [31,42].

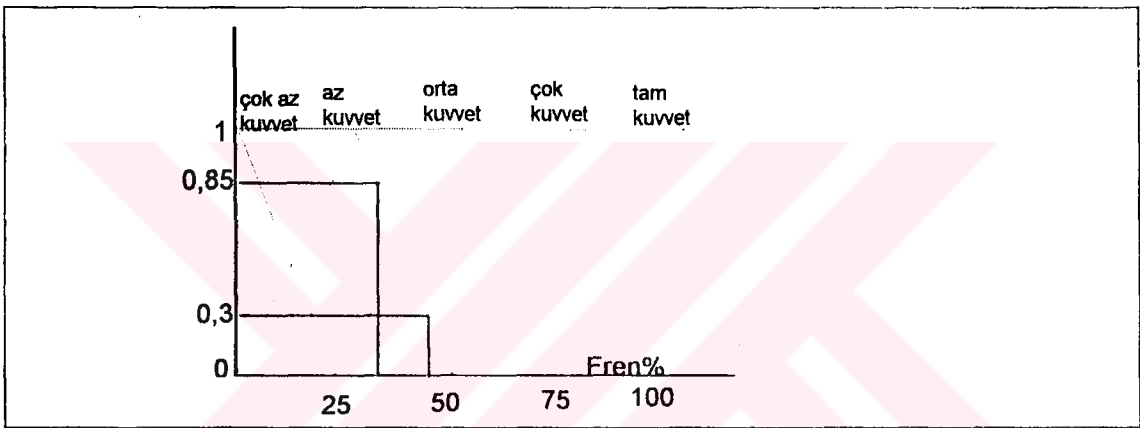


Şekil 5.14. Bulanık kümede : a) orta hız, b) orta uzak, gösterimi [42]

Bulanık mantığa göre gerekli fren baskı kuvvetini tayin edilmek istenirse;

EĞER Araba Orta - Hızlı VE Uzaklık Uzak ÖYLEYSE Frene Az - Kuvvetle - Bas.

Şimdi de fren kuvvetine ait, bulanık küme fonksiyonunu oluşturalım:



Şekil 5.15. Frenleme kuvvetine ait bulanık küme fonksiyonu [42]

Uzaklık ve hıza bağlı olarak elde edilen çıkarım ise “frene az kuvvetle bas” tır. Şekil 5.15’te bu girişlere ait çıkarım değerleri grafiksel olarak verilmiştir. Değişkenler arasında VE bağlacı kullanıldığı için burada elde edilen iki doğruluk değerinden ( $dd=0,3$  -  $dd=0,85$ ) küçük olan seçilecektir. Yani elde edilen çıkarım ( $dd=0,30$  dan dolayı) %44’lük fren şiddetidir.

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli bir nokta, bulanık mantıkta, geleneksel mantıkta alışıldığı gibi bir çıkarım yapılmamasıdır.

Buraya kadar Min-Max çıkarım yöntemi üzerinde durulmuştur. Bunlara ilave olarak daha çok doğrusal olmayan sistemlerde kullanılan FAM (Fuzzy Associative Map-ya da Memmories - Bulanık Çağrışımli Eşleşme ya da

Bellek) tekniği de bulunmaktadır. Bu teknikte her bir kural için, o kuralın tek başına önemliliğini ortaya koyan destekleme derecesinin de (degree of support) belirtildiği tablolar oluşturulur. Bu yöntemde de daha önceki Min-Max yöntemde belirtildiği gibi; destekleme derecesi yalnızca 0 ile 1 arasında değil, 0 ile 1 arasında herhangi bir değer alabilir. Ancak bir sonuç için birden fazla kural oluşturulmuş ise, bunların maksimum dereceli olanı, bütün hepsi için destekleme derecesi olarak seçilir [43].

### 5.3. Bulanık Kümeden Kesin Kümeye Geçiş

#### 5.3.1. Durulama (Defuzzification)

Bulanık küme çıkarımlarının, sistem üzerinde uygulanabilmesi için yeniden fiziksel ve kesin sayılara dönüştürölmesi gerekmektedir. Bu işleme durulama (Defuzzification) adı verilmektedir. Değişik durumlar için, değişik durulama yöntemleri geliştirilmiştir.

### 5.4. Durulama Yöntemleri

Bulanık işlemciden elde edilen mantıksal çıkarımların üyelik işlevleri bir veya birden fazla olabilirler. Örneğin, bulanık çıkarımımız iki parçadan oluşsun: Bunlardan ilki bir yamuk ve adı  $A_1$ , diğer üyelik işlevi de bir üçgen ve adı da  $A_2$  olsun. Buna göre elde edeceğimiz bulanık çıkarım bu kümelerin bileşkesi olacaktır. Yani  $A_1 \cup A_2 = A_3$ ’tür. Doğaldır ki, bulanık işlemcilerden elde edilen bulanık çıkarımlar, aslında ikiden çok daha fazladır ve üyelik işlevlerinin biçimleri bizim çok farklı olabilir. Bununla birlikte bulanık çıkarımı genel olarak aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür.

$$A_k = \bigcup_{i=1}^k A_i = A \quad 5.21$$

Literatürde en çok kullanılan yedi çeşit durulama yöntemi bulunmaktadır [33].

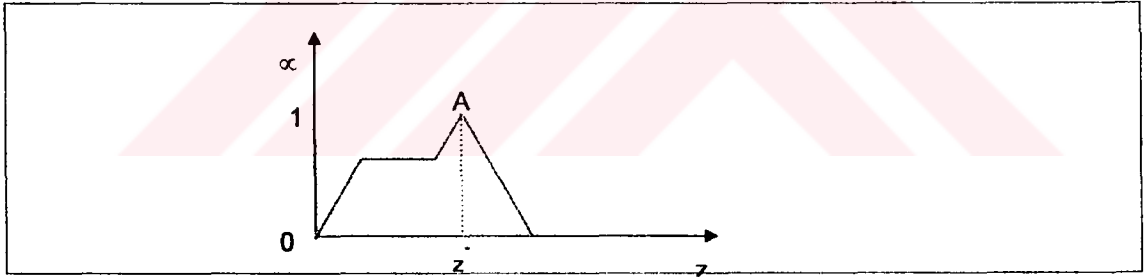
#### 5.4.1. Üyelik fonksiyonunun en yüksek noktası (Max - Membership Principle)

Bu yöntem, “Yükseklik yöntemi” olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 5.16).

Üyelik fonksiyonunun en yüksek noktası matamatiksel olarak:

$$\mu_A(z^*) \geq \mu_A(z), \quad 5.22$$

şeklinde ifade edilmektedir.



Şekil 5.16. Üyelik fonksiyonunun en yüksek noktası [44]

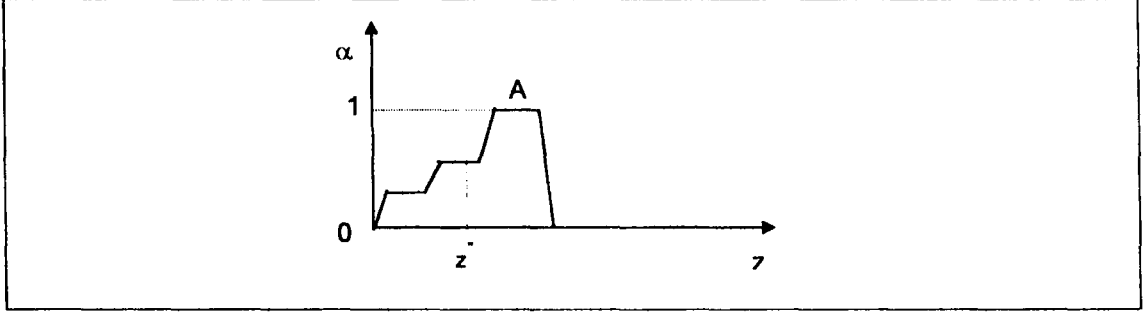
#### 5.4.2. Merkez yöntemi (Centroid Method)

Alan merkezi (center of area) veya ağırlık merkezi (center of gravity) olarak da isimlendirilen bu yöntem, durulama yöntemi olarak en çok kullanılan yöntemlerden biridir ve ağırlık merkezi hesaplanarak yapılır (Şekil 5.17).

Yöntemin matamatiksel ifadesi:

$$z^* = \frac{\int \mu(z).zdz}{\int \mu(z)dz} \quad 5.23$$

şeklindedir [44].

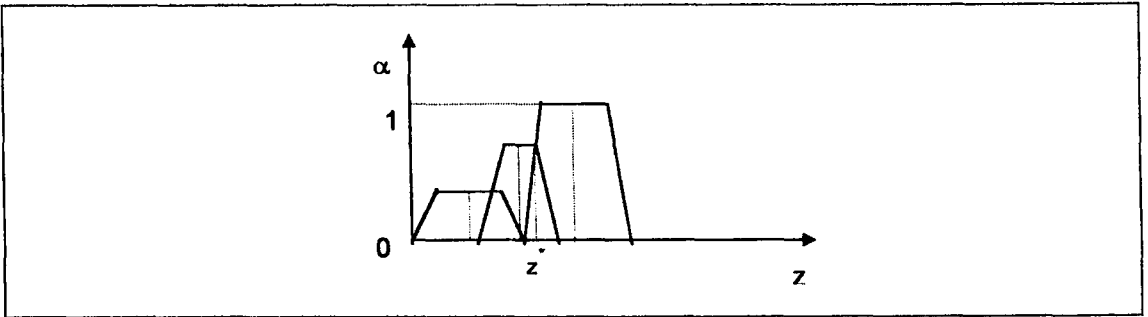


Şekil 5.17. Üyelik fonksiyonunun ağırlık merkezi [44]

#### 5.4.3. Ağırlıklı ortalama yöntemi (Weighted Avarage Method)

Bu yöntem yalnızca simetrik çıkışlı üyelik fonksiyonları için kullanılabilmekte ve her bir simetrik üyelik değerinin tepe noktasına ait değer belirlenerek, ortalamalarının alınmasıyla yapılmaktadır (Şekil 5.18).

$$z^* = \frac{\sum \mu(z) \cdot z}{\sum \mu(z)} \quad 5.24$$



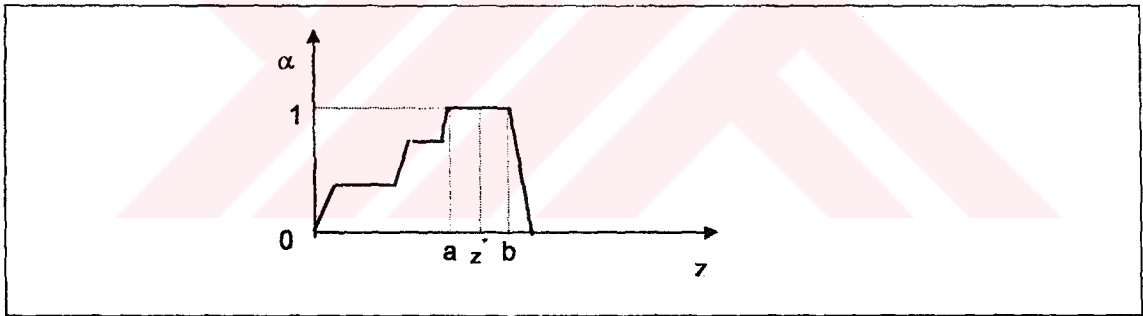
Şekil 5.18. Üyelik fonksiyonunun ağırlıklı ortalaması [31,44]

#### 5.4.4. Üyelik işlevinin en yüksek noktalarının ortalaması (Mean-Max Membership)

Yüksek noktaların ortası olarak da isimlendirilen bu yöntem, ilk yöntem ile aşağı yukarı benzerdir. Ancak burada üyelik işlevinin en yüksek noktası tek değildir (Şekil 5.19).

$$z^* = \frac{a+b}{2}$$

5.25



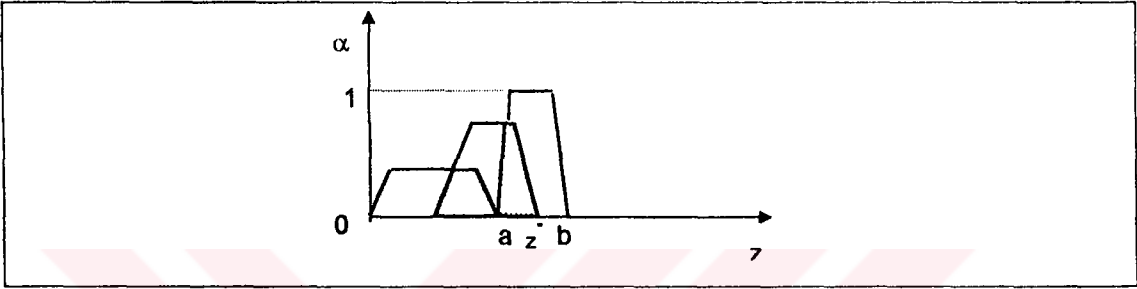
Şekil 5.19. Üyelik işlevinde en yüksek noktaların ortalaması [33]

#### 5.4.5 Toplamların ortası (Center of Sums)

Yukarıda söz edilen yöntemlerin çoğundan daha hızlı bir yöntemdir. Bu yöntemde kümelerin bileşkeleri yerine doğrudan toplamaları alınarak durulama yapılmaktadır. Ancak bu yöntemdeki tek olumsuzluk kesişim kümelerinin iki defa hesaba katılıyor olmasıdır. Bu aşamadan sonrası ise ağırlıklı ortalama yöntemiyle aynıdır (Şekil 5.20).

$$z^* = \frac{\int_Z z \sum_{k=1}^n \mu(z) dz}{\int_Z \sum_{k=1}^n \mu(z) dz} \quad 5.26$$

$z \in Z$  ve  $Z = \text{Evrensel K\ddot{u}me}$

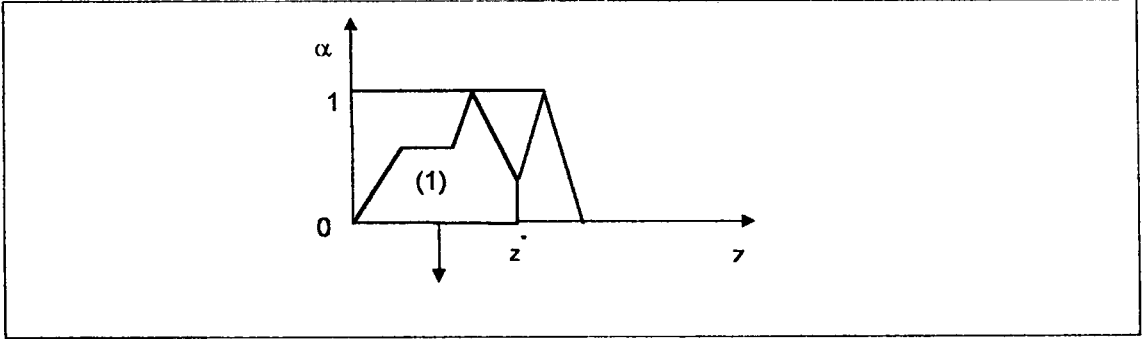


Şekil 5.20. Üyelik işlevinde toplamaların ortası [31,45]

#### 5.4.6. Geniş alan merkezi

Eğer bulanık çıkarımlar en az iki tane dış bükey üyelik elemanından oluşuyor ise bu yöntem kullanılabilir. Bu yöntemde dış bükey olmayan üyelik değerlerinin bileşkeleri parçalanarak durulanır. Bu yöntemde  $A_m$ , dış bükey olmayan  $A_k$ 'nın bir geniş parçasıdır (Şekil 5.21). Eğer  $A_k$  dış bükey olsaydı, yöntem "Merkez Yöntemi" ile tamamen aynı olacaktı. Şekil 5.21' de görüleceği gibi (1) ile belirlenmiş olan geniş alan ele alınmaktadır. Görüldüğü gibi söz konusu alan dış bükeydir [40].

$$z^* = \frac{\int \mu_{A_m}(z) z dz}{\int \mu_{A_m}(z) dz} \quad 5.27$$



Şekil 5.21. Üyelik işlemlerinde geniş alan merkezi [40]

#### 5.4.7. İlk (Veya Son) yükselti (First Or Last Of Maxima)

Bu yöntem tüm bulanık çıkışlarda uygulanabilecek bir yöntemdir. Bileşkedeki en yüksek değer:

$$\text{hgt}(A_k) = \sup \alpha_{A_k}(z) \quad 5.28$$

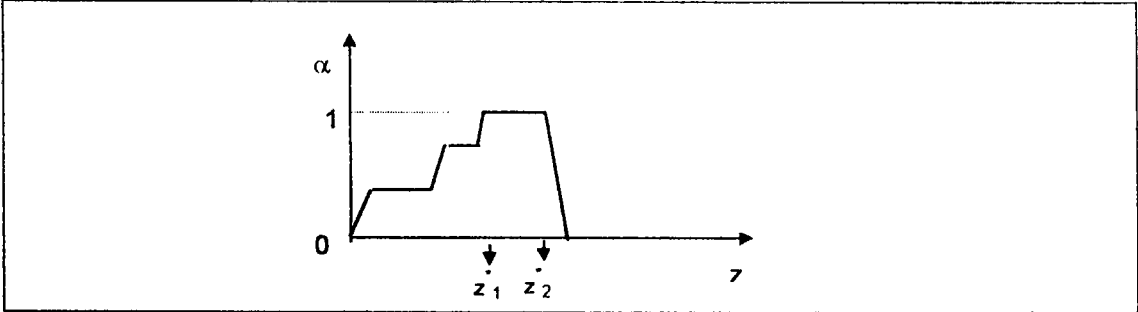
olmak üzere;  $z \in Z$ , ilk yükselti,

$$z^* = \inf \{(z \in Z) / \mu_{A_k}(z) = \text{hgt}(A_k)\} \quad 5.29$$

veya son yükselti,

$$z^* = \sup \{(z \in Z) / \mu_{A_k}(z) = \text{hgt}(A_k)\} \quad 5.30$$

burada sup (supremum), en düşük yüksek sınırı ve inf (infimum) da en yüksek düşük sınırı göstermektedir. Şekil 5.22. den de görüleceği gibi, ilk yükselti çözümü  $z^*_1$ , son yükselti çözümü ise  $z^*_2$  dir.



Şekil 5.22. Üyelik işlevinin ilk veya son yükseltisi[40]

Yedi ayrı durulama yöntemi yönteminden hangisinin kullanılacağı sorusu akla gelebilir. Bunun yanıtı şüphesiz probleme en uygun olanının seçilmesidir. Uygun yöntemin seçilmesine yönelik olarak beş ayrı kıstas geliştirmişlerdir [31. Bunlar sırasıyla: süreklilik (continuity), belirsiz olmama (disambiguity), uygunluk (plausibility), hesapsal kolaylık (computational simplicity) ve ağırlaştırma yöntemidir (wight method). Ayrıca fiziksel sistemin yapısı ve kullanıcıların deneyimleri de elbette ki durulama yönteminin seçilmesi için birer büyük dayanak oluşturmaktadır [31].

### 5.5. Bulanık Denetim Sistemleri

Denetim sistemleri, fiziksel niceliklerden oluşurlar ve bir başka fiziksel sistemi değiştirmek, denetlemek amacı ile kurulurlar. Denetim sistemlerini ikiye ayırarak incelemek mümkündür. Bunlardan birincisi açık-devre denetim sistemleri (open-loop control systems) dir. Bu sistemlerde fiziksel ortamlardan elde edilen çıkış bilgileri kullanılamaz. Bu sistemlere örnek olarak tost makinası verilebilir. Burada makinanın işlevi yalnızca ayarlanan sıcaklıkta yiyeceğin ısıtılmasıdır. İşlem el il durdurulabilir veya devam ettirilebilir. İkincisi ise kapalı-devre denetim sistemleri (closed-loop control systems) dir. Bu sistemler geri beslemeli denetim sistemleri (feed-back control systems) olarak da adlandırılmaktadır. Bu ikinci denetim sistemlerinde ise fiziksel

ortamlardan elde edilen çıkış bilgileri kullanılmaktadır. Örneğin bir salonu iklimlendirme cihazı gibi. Cihaz odanın belirlenen sıcaklıkta tutulabilmesi için sürekli olarak oda sıcaklığını ölçer ve buna göre ortamı otomatik olarak soğutur ya da ısıtır [44]. Fiziksel bir ortamın denetlenebilmesi için ortama ait değişkenlerin ölçülebilmesi gerekir.

Denetim işaretlerinin elde edildiği ölçümler, algılayıcılar tarafından gerçekleştirilmektedir. Kapalı-devre denetim sistemlerinde, giriş işaretleri, sistemin cevap işaretleriyle birlikte sistemi yönlendirirler. Ayrıca bu tür sistemlerde, çevrim içinde bir karşılaştırıcıya veya bir denetleyiciye gereksinim vardır. Denetim sistemleri bazen de işleyiş biçimlerine göre iki sınıfa ayrılabilir. Bunlardan birincisi, ortamdaki verilere göre kendini istenilen duruma uyarlamaz. Bu tür sistemler düzenleyici sistemler olarak adlandırılmaktadır [36]. İkincisi ise izleyici denetimdir bu tür sistemlerde ise denetim, zamanın bir işlevi olarak adım adım yapılmaktadır. Buna örnek olarak trafik lambalarındaki farklı renkli ışıkların belirli sürelerle tekrarlı şekilde yanması örnek olarak verilebilir. Denetim sistemlerinde en çok karşılaşılan sorun, sistem çıkış bilgileri, cevapları ya da fiziksel ortamdaki hata işaretleridir. Bunlar kapalı-devre denetim sistemlerinde çok büyük rol oynar ve sistem bu verilere göre yönlendirilir [44]. Denetimi yapılacak fiziksel ortamın, daha önce hangi giriş verilerine karşılık ne cevap verdiğini bir dizi deneme ile belirleyen ya da uzun süre bir uzmanı, sistemi nasıl yönlendirdiğini izleyip buna göre oluşturulan sistemler uzman sistemler olarak adlandırılmaktadır.

Özellikle bulanık mantık uygulamaları uzman sistem tanımına çok uygundur. Çünkü, komut olarak dilsel değişkenler kullanan bulanık mantık, bir uzmanın en iyi şekilde nasıl kullanması gerekiyorsa sistemi o şekilde yönlendirir. Bu sistemlerin çalışma şekli sanki bir insan tarafından gerçekleştiriliyormuşçasına olmaktadır [46]. Merloni Electrodomestics firmasının son olarak çıkardığı Ariston çamaşır makinasında, merkezi denetim ve bulanık mantık sistemi

kullanılmıştır. Bu tasarım kullanıcı için en iyi biçimde gerçekleştirilmiştir. 1500' den fazla birbirinden farklı çamaşır yıkama programı çevrimi sisteme yerleştirilebilmiştir. Kullanıcının tek yapması gereken şey çamaşırların naziklik derecesini belirlemektir. Bu çamaşır makinalarında National'ın COP888EG,8- Bit mikro denetleyicisi ve yine National firmasına ait "NeuFuzzy" yazılımı kullanılmıştır. Sistemin en önemli özelliği tasarımcının yalnızca giriş ve çıkış bilgilerini belirlemesiyle tasarımın kolayca gerçekleştirilebilir olmasıdır. Sistem, kendi kendine bir dizi tekrarlar yaparak gerekli olan bulanık mantık kurallarını ve üyelik işlevlerini üretebilmektedir. Daha gelişmiş bir gelişmiş bir bulanık mantık sistemi de AEG kullanılmıştır. NeuroFuzzy yöntemiyle, çamaşır makinasındaki su yorumlanabilmekte kullanılan güç %20 oranında tasarruf sağlanmıştır. Kullanılan Fuzzy TECH Explorer ve ürün ise SGS - Thomson'a ait 8-bit bir mikrodenetleyici olan ST6'dır. Neff firması ise bulanık mantığı yeni mikrodalga fırınlarında kullanmaktadır. Fırın sıcaklığı, bulanık mantıkla denetlenmekte ve en düşük ısıda işlem gerçekleştirilmektedir. Mikrodalga fırında, geleneksel ızgara, sıcak hava ile pişirme, fırında kızartma, sıcak hava ile ızgara gibi seçeneklerinde bulunduğu sekiz değişik pişirme seçeneği bulunmaktadır. Bütün bu seçeneklerde bulanık mantık sayesinde zamandan %80 ve enerjiden ise %50 birikim sağlanmıştır. Programlanabilir pişirme süresi üç saate kadar ayarlanabilen, üç ayrı güç seviyesi bulunan idealinizdeki pişirmeyi gerçekleştirebilecek pek çok pişirme seviyesini içeren bu mikrodalga fırın şu sıralar İngiltere'de satışa sunulmuştur [48]. Bunun dışında günümüzde pek çok beyaz eşya uygulamalarının yanı sıra faks cihazlarında, güvenlik sistemlerinde, nesne belirleme ve nitelik sistemlerinde, ses analiz sistemlerinde ve daha birçok alanda bulanık mantık uygulamaları bulanık mantık uygulamaları bulunmaktadır.

## 5.6.Endüstriyel Otomasyonda Son Zamanlardaki Başarılı Bulanık Mantık Uygulamaları

Bu kısımda, bulanık mantığın endüstriyel otomasyondaki son derece başarılı en son uygulamaları incelenecektir:

- ABS fren sistemlerinin denetimi
- Vinçlerin Salınım Önleme Kontrolü.
- Atık Yakma Tesislerinde Yangın Bölgesi Kontrolü
- Tünel Muayene Robotlarının Kontrolü.
- Preslerde Konumlama,
- Plastik Kalıp Makinalarında Sıcaklık Kontrolü
- Klima Kontrolü ve Bina Otomasyonu.
- Rüzgar Enerjisi Dönüştürücü Kontrolü

Son yıllarda bulanık mantık endüstriyel otomasyon uygulamalarındaki geniş potansiyelini kanıtlamıştır. Bu uygulama alanında, mühendisler öncelikle denenmiş konseptlerde güvenmektedir. Ayrık olay kontrolünde çoğunlukla, programlanabilir mantık kontrolöründe (PLC) çalışan, elektrik devre şemalarına benzeyen programlama dili merdiven mantığını kullanırlar. Sürekli kontrol için, bang-bang tipi veya PID tipi kontrolörler yaygın olarak kullanılır.

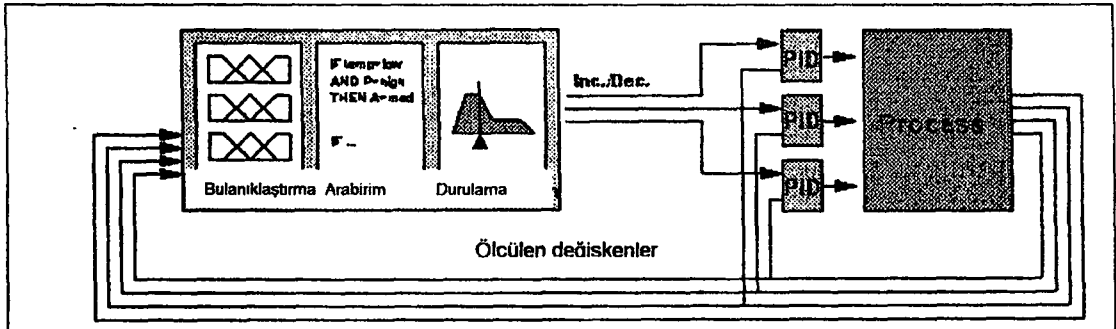
PID (Proportion-Integral-Differential) tipi kontrolörler, kontrol edilen işlem kararlı haldeyse iyi, çalışmalarına rağmen aşağıdaki durumlara ayak uyduramazlar:

- Büyük kesintiler varsa (doğrusal olmama),
- İşlemlerin zamanla değişen parametreleri varsa (doğrusal olmama),
- Ölü zamanların varlığı.

Bunun nedeni, PID kontrolörlerin, işlemin tam doğrusal biçimde davrandığını varsaymasıdır. Ancak bu basitleştirme kararlı bir durumda yapılabilir, büyük kesintiler, işlem noktasının ayarlanan işlem noktasından çok uzak bir noktaya kaymasına neden olabilir. Burada doğrusal varsayım pek işe yaramaz. İşlemin parametreleri zamanla değiştiğinde de aynı durum meydana gelir. Bu gibi durumlarda PID kontrolörlerinin bulanık kontrolörlerle desteklenmesinin veya değiştirilmesinin, klasik ancak karmaşık durum kontrolörlerinin kullanılmasından veya uyarlama yaklaşımlarından daha uygun olduğu görülmüştür. Ancak potansiyel bulanık mantık temelli çözümlerinin bulunduğu tek alan bu değildir.

Bulanık mantığın endüstriyel otomasyondaki gerçek potansiyeli bulanık mantığın kullanıldığı çok değişkenli kontrolörlerinin tasarlamasını mümkün kılmasıdır. Birçok uygulamada, tek bir değişkeni sabit tutmak, PID tipi veya bang-bang tipi kontrolörlerle gayet başarılı biçimde yapılabilir. Ancak, bu tür kontrol döngülerinin ayar değerleri hala manuel olarak operatörler tarafından yapılmaktadır.

Operatörler işlem durumunu analiz edip PID kontrolörlerini ayarlayarak işlemleri optimize ederler (şekil 5.23.). Buna “Denetçi Kontrolü” denir ve çoğu zaman birçok değişkeni içerir [48].



Şekil 5.23. PID kontrol döngülerini esas alan ayar değerlerinin belirlenebilmesi için bulanık mantık kontrolörünün kullanılması [48]

Ne yazık ki, PID tipi veya bang-bang tipi kontrolörler ancak bir değişkene çözüm getirebilir. Bunun sonucunda, birkaç bağımsız işlem kontrol döngüsü oluşturulur. Bu döngüleri “Birbirleri ile konuşabilme” imkanı yoktur. Bu gibi durumlarda fiziksel değişken etkileşimlerini kullanmamız gerekir veya istenir, işlemin tam bir matematiksel modelini yapmak ve diferansiyel denklemler türetmek çözümün gerçekleştirilmesi için gereklidir. Endüstriyel otomasyon dünyasında, bu durum nadiren uygun olur. Çünkü;

- Gerçek hayattaki problemin matematiksel modelini yaratmak yıllar alabilir.
- Kontrolörün sonraki aşamalarındaki optimizasyonunda birçok matematiksel model ileri derecede basitleştirme ve doğrusallaştırma için “ilave” faktörlere ihtiyaç duyulur.
- Matematiksel modelden türetilen kontrolörün “İlave” faktörlerini ayarlamak “İğneyle kuyu kazmak” gibidir, çünkü sistemin bir işletim noktasındaki optimizasyon için kullanılan global faktörler, diğer işletim noktalarındaki performansı düşürür.

Aynı zamanda, birçok uygulamacı katı matematiksel modelleme için gerekli olan altyapıya sahip değildir. Bu nedenle endüstrideki genel gözlem; tek değişkenli işlemlerin PID veya bang-bang tipi basit kontrol modelleriyle kontrol edilmesi ve denetçi kontrolünün operatörler tarafından yapılmasıdır.

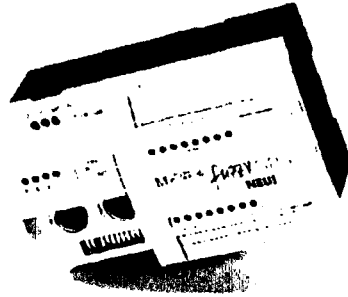
Bu, bulanık mantığın problemlere zarif ve hayli verimli bir çözüm getirdiği bir alandır. Bulanık mantık, mühendislerin matematiksel modeller yerine, operatörün tecrübesine ve deney sonuçlarına dayanan çok değişkenli denetçi tasarlayabilmelerine imkan verir. Bulanık mantık temelli endüstriyel otomasyon uygulamalarının olası bir yapısı Şekil 5.29’da

örneklendirilmiştir. PID kontrolörün ayar değerleri bulanık mantık sisteminde alınır ve her bir değişken PID kontrolör ile sabit tutulur. Bu düzenleme, bir fırındaki farklı bölgelerindeki sıcaklığın veya atık su havuzunun değişik bölgelerindeki oksijen yoğunluğunun kontrolü için uygulanabilir. Diğer başka durumlarda, bulanık sistemde kapalı döngülü kontrol çözümleri geliştirmek daha mantıklı olabilir.

Bu durum, merdiven mantığı veya sayısal mantık ve PID kontrol blokları için talimat dili gibi klasik kontrol mühendisliği tekniklerinin, bulanık mantığın işlevselliği ile neden sıkıca entegre edilmesi gerektiğini göstermektedir.

#### 5.6.1 Bulanık Mantık ve PLC'lerin Birleştirilmesi

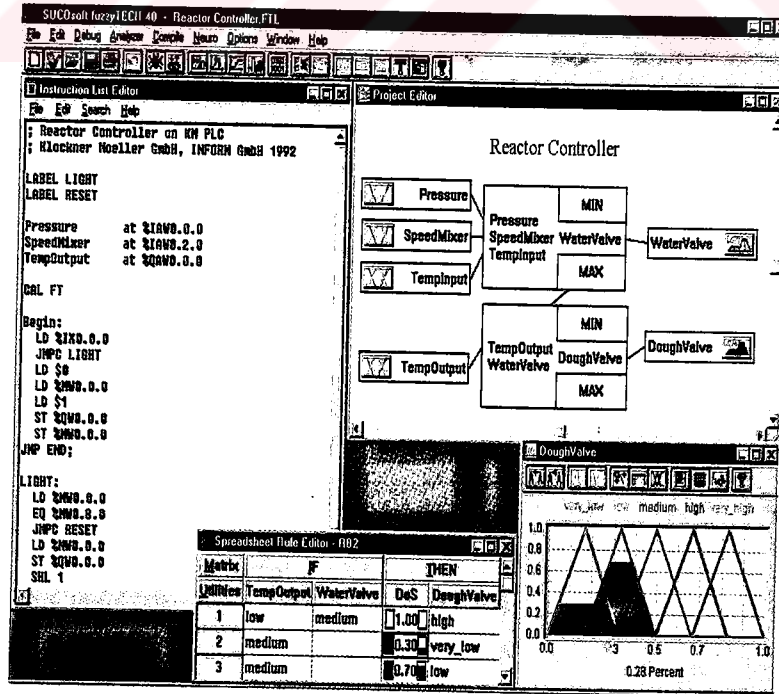
Bulanık Mantığın Endüstriyel otomasyondaki potansiyelini başarılı uygulamalarla ispatladığı 1990 yılında, bir Alman şirketi olan Klockner-Moeller ve bir Amerikan/Alman şirketi olan inform Software; bulanık mantığın klasik endüstriyel otomasyon teknikleriyle entegrasyonunun gerektiğini görerek fuzzy PLC'yi yaratmışlardır (Şekil 5.24.).



Şekil 5.24. FuzzyPLC, bulanık-klasik mantık modülü[46]

Maliyetleri düşürmek için, fuzzyPLC'nin içindeki yüksek dercecede entegre edilmiş iki yonga chip vardır. Analog ASIC, analog / sayısal ara yüzlerde

endüstri standardı 12 bitlik çözünürlüğü destekler. 100 sinyale kadar olan büyük uygulamalar için Snap-on modüller eklenti imkanını genişletir. RS 485 temelli entegre bir fieldbus bağlantısı, ağlar için ilave genişletme sağlar. Klasik ve bulanık mantık hesaplamaları 16/32 bitlik RISC mikroişlemcileriyle gerçekleştirilir. Klockner-Moeller tarafından geliştirilen işletim sistemi ve rutinleri, gerçek zamanlı multitasking derleyici temellidir. Inform Software tarafından geliştirilen bulanık yazılım motoru, işletim sistemine öyle verimli bir biçimde uyarlanmış ve entegre edilmiştir ki bir milisaniyeden daha kısa süreli tarama mümkün olabilmıştır. 256 KB olan dahili RAM, flash teknolojisini kullanan bellek kartlarıyla arttırılabilir. Bu nedenle, fuzzyPLC kompakt ve düşük fiyatlı tasarımına rağmen gayet karışık ve hız isteyen endüstriyel otomasyon problemlerini çözebilir (Şekil 5.25)[48].



Şekil .5.25. Klasik ve Bulanık Mantık sistemleri fuzzyTECH 40 tarafından birlikte programlanır [48]

FuzzyPLC, Inform Software tarafından geliştirilen standart bulanık mantık sistemlerinin genişletilmiş sürümüyle programlanmıştır. FuzzyTECH yazılımı birçok mikroişlemci ve endüstriyel bilgisayar için üretilmiş tamamen grafiksel, tasarım, simülasyon ve optimizasyon ortamıdır. Klasik PLC programlamasını desteklemek için, fuzzyPLC'nin tüm işlevselliği fuzzyTECH editörler ve fonksiyonlarla genişletilmiştir. Bundan dolayı, klasik ve bulanık mantık parçalarını programlamak için kullanıcının sadece tek bir araca gereksinimi vardır. FuzzTECH yazılımı; üyelik fonksiyonları, dilbilgisi değişkenleri, koral tobloları ve analiz fonksiyonlu ve optimizasyon özellikli sistem yapısı için gerekli olan tüm editörleri içerir. Yazılım bir bilgisayarda çalışır ve fuzzyPLC'ye standart (RS 232) seri kablo veya field bus (RS 485) ile bağlanır. Geliştirici, bu bağlantıyla tasarlanan sistemi fuzzyPLCS'ye kaydeder. "Uçuş"taki bulanık mantık sistemleri devamlı optimizasyona gerek duyduğu için fuzzyTECH ve fuzzyPLC'de, çalışma esnasında hata ayıklama özelliği vardır. FuzzyPLC'de çalışan sistem grafik editörler ve analizörler yardımıyla tamamen görsel hale getirilmiştir. Ayrıca, bulanık mantık sistemi çalışırken yapılan bir hata ayıklama işlemi, fuzzyPLC'de herhangi bir kesinti olmadan yüklenir.

## 6. MATERYAL VE YÖNTEM

Geleneksel bir pres tezgahının programlanabilir bir tezgaha dönüştürülmesinde PLC Kontrollü ve Bilgisayar Denetimli Otomasyon Sistemi kullanılmıştır. Prototipe adapte edilen kontrol birimleri (PLC, PC ve durum algılayıcıları - sensörler).Söz konusu donanım kullanıcının hakimiyetini en üst düzeyde tutabilecek tarzda seçilmişlerdir. Sistemde kullanılan donanım ve elemanlar Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Prototipte kullanılan elemanlar

|                        |                     |       |
|------------------------|---------------------|-------|
| PC                     | Pentium 166 MMx     | 1Adet |
| PLC                    | AEG-Plus A020       | 1Adet |
| Kompresör              | 12 bar çıkış ayarlı | 1Adet |
| Pnömatik Silindir      | 12 bar              | 3Adet |
| 5/2 Yön Kont. Valfi    | Çift selenoidli     | 3Adet |
| Durum-Konum Algılayıcı | Temasa duyarlı      | 2Adet |
| Durum-Konum Algılayıcı | Işığa duyarlı       | 1Adet |
| Güç Kaynağı            | 24V                 | 1Adet |

Prototipte gerçekleştirilen işlemler algılayıcılar yardımıyla kontrol ünitesine taşınmaktadır. Her bir algılayıcıdan gelen bilgiler doğrultusunda bir sonraki işlem basamağı gerçekleştirilmektedir. Tek bir algılayıcının kontrol birimine ilettiği iki durum söz konusudur. Bunlar sırası ile işaret var ,yok iletileridir. Buradan hareketle bir algılayıcının kontrol birimine ileteceği E1 ve E2 işaretlerinin iki değerlikli 0 ve 1 değerlerini alan, fonksiyon tablosu;  $2^2 = 4$  satırdan oluşacaktır. Yapılan çalışmada ikili değerlere sahip üç algılayıcı kullanıldığına göre kontrol ünitesine gelen iletilere ait fonksiyon tablosu;  $2^3 = 8$  satırdan oluşacaktır. Eğer mantıksal fonksiyon yerine getirilmez ise, çıkış sinyali Y yoktur (sinyal 0). Eğer mantıksal fonksiyon yerine getiriliyor ise,

çıkış sinyali vardır ve 1 değerini alır. Bu bilgiler ışığında sistemin çalışmasını sağlayacak olan işaret akışının doğruluk tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 6.2). Yazılan programın doğruluk tablosundaki işaret akış şartlarını yerine getirmesi gerekir. Aksi taktirde işaret çakışmaları söz konusu olacaktır. Bu ise oluşturulan sistemdeki hareketlielemanların birbirine çarpmasına dolayısı ile hasara neden olacaktır. Bu nedenle geliştirilen prototip için ilk önce sistemde yer alan algılayıcılardan alınacak işaretlere ait doğruluk tablosunun taslağı oluşturulmuştur. Daha sonra prototipi çalıştıracak program, kullanılan PLC cihazı için geliştirilen komutlar yardımıyla bilgisayarda oluşturularak, PLC ye yüklenmiştir. Çizelge 6.3. de sistemin çalışmasını sağlayan işaret akışı ve her işaret satırı sonunda yerine getirilen fonksiyonlar verilmiştir.

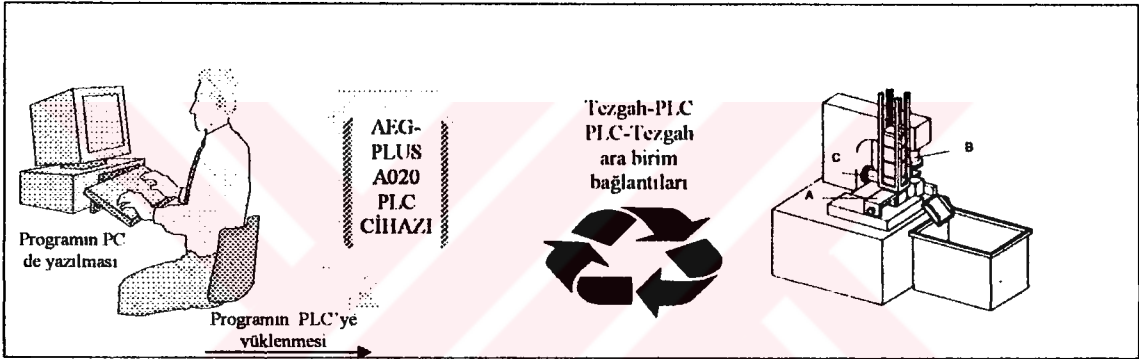
Fonksiyon hayır → İşaret 0, Fonksiyon evet → İşaret 1

Çizelge 6.2. Sistemin fonksiyon tablosu (Doğruluk Tablosu)

| Giriş sinyalleri |    |    | Çıkış sinyalleri |    |    |    |    |    | Açıklama                  | E1: Magazın sınır anah-tarı<br>E2: Konumlama algıla-yıcısı<br>E3: Parça tahliye algıla-yıcısı (fotosel)<br>4. ve 7. Adımlardaki işa-ret değişimi PLC tarafından gerçekleştirilmek tedir.<br>Y1...Y6:Elektropnömatik yön kontrol valfi. |
|------------------|----|----|------------------|----|----|----|----|----|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E1               | E2 | E3 | Y1               | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 |                           |                                                                                                                                                                                                                                        |
| 0                | 0  | 0  | 0                | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | Sistem stop               |                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                | 0  | 0  | 1                | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | Konumlama silindiri ileri |                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                | 1  | 0  | 1                | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | Presleme silindiri ileri  |                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                | 1  | 0  | 1                | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | Presleme silindiri geri   |                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                | 1  | 0  | 0                | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | Konumlama silindiri geri  |                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                | 0  | 0  | 0                | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | Tahliye silindiri ileri   |                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                | 0  | 0  | 0                | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | Tahliye silindiri geri    |                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                | 0  | 1  | 1                | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | İkinci adıma dönüş        |                                                                                                                                                                                                                                        |

PLC sisteminin programlanabilmesinin kolay olması ve ardışık işlem yapan tezgahların birbirlerine bağlanmasıyla otomasyona geçişi mümkün kılması nedeniyle tercih edilmiştir. Tasarımı yapılan prototipte yatay düzleme monte edilen pnömatik silindirlerden birincisi işlenecek, parçanın konumlanarak sıkılmasını sağlamaktadır (1 nolu algılayıcıdan magazinde işlenecek parçanın mevcut olduğunun algılanması şartıyla). Parçanın preslenme konumuna

gelmesiyle düşeydeki pnömatik silindir presleme işlemini tamamlar. Presleme işleminden iki saniye sonra yatay düzlemdeki ikinci silindir, işlemi tamamlanan parçayı sepete ötelemektedir. Parçayı sepete yönlendiren kanala tespit edilen, ışığa duyarlı algılayıcının (fotosel) işi biten parçanın işlem ünitesini terk ettiğini tespit etmesiyle. Magazindeki ikinci parça için işlemler otomatik olarak devam eder. Şekil 6.1. de tasarımda kullanılan donanım ve işlem basamakları verilmiştir.

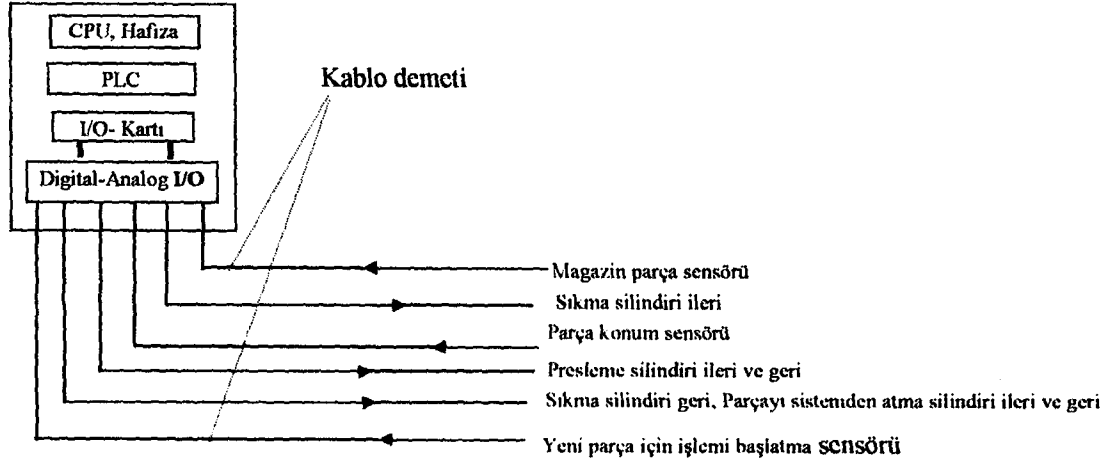


Şekil 6.1. Programlanabilir hale dönüştürülen pres tezgahında kullanılan temel donanımları

Alınan sinyaller PLC de mantıksal işleme tabi tutulurlar. Alınan analog işaretler PLC de Çizelge 6.3. de verilen temel dijital fonksiyonlar yardımı ile mantıksal verilere dönüştürülür. Daha sonra üç adet elektro pnömatik valfe kontrol ünitesinden gönderilen çıkış sinyalleri sayesinde, hareketlendiricilerin (silindirler) çalışması sağlanmaktadır. Şekil 6.2. de PLC - tezgah arasındaki veri akışı verilmiştir. Otomasyonu PLC ile yapılan sistemlerde gerçek zamanlı üretim değişkenleri, kritik parametreler ve giriş- çıkış sinyalleri kısaca tüm çalışma sistemi, açıklamalı alarm sinyalleri ve kontrol diyagramları aracılığıyla grafiksel olarak operatörler tarafından izlenerek kontrol edilebilmektedir. Üretim ile ilgili raporların alınması mümkündür.

Çizelge 6.3. Dijital temel fonksiyonları

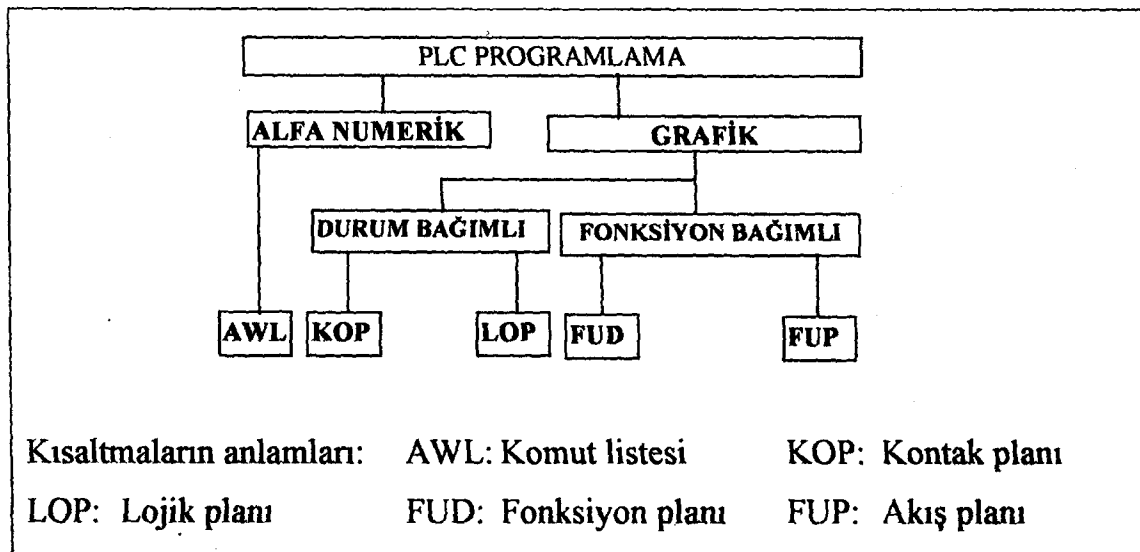
| Adı              | Sembol | Doğruluk tablosu                                                                                                                                                                                                   | Fonksiyon Denklemi | Sinyal-Zaman Planı |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
|------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|---|---|---|---|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------|--|
| VE               |        | <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table> | A                  | B                  | X | 0 | 0 | 0 | 0                  | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | $X = A \cap B$            |  |
| A                | B      | X                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 0                | 0      | 0                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 0                | 1      | 0                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 1                | 0      | 0                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 1                | 1      | 1                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| VEYA             |        | <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table> | A                  | B                  | X | 0 | 0 | 0 | 0                  | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | $X = A \cup B$            |  |
| A                | B      | X                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 0                | 0      | 0                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 0                | 1      | 1                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 1                | 0      | 1                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 1                | 1      | 1                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| DEĞİL            |        | <table><tr><th>A</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>                                                                                                             | A                  | X                  | 0 | 1 | 1 | 0 | $X = \overline{A}$ |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| A                | X      |                                                                                                                                                                                                                    |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 0                | 1      |                                                                                                                                                                                                                    |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 1                | 0      |                                                                                                                                                                                                                    |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| VE-DEĞİL (NAND)  |        | <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table> | A                  | B                  | X | 0 | 0 | 1 | 0                  | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | $X = \overline{A \cap B}$ |  |
| A                | B      | X                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 0                | 0      | 1                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 0                | 1      | 1                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 1                | 0      | 1                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 1                | 1      | 0                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| VEYA DEĞİL (NOR) |        | <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table> | A                  | B                  | X | 0 | 0 | 1 | 0                  | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | $X = \overline{A \cup B}$ |  |
| A                | B      | X                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 0                | 0      | 1                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 0                | 1      | 0                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 1                | 0      | 0                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |
| 1                | 1      | 0                                                                                                                                                                                                                  |                    |                    |   |   |   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |                           |  |



Şekil 6.2. PLC pres prototipi arasındaki veri akışı

### 6.1. Sistemde Kullanılan PLC Programı

Gerekli donanım hazırlandıktan sonra PLC cihazına programın yüklenmesi ve test edilmesine geçilmiştir. Daha önceki bölümlerde de değinildiği gibi piyasadaki ayrı marka PLC cihazlarının temelde fonksiyonları aynı olmasına rağmen, programlama dilleri farklı olabilmektedir. PLC lerin programlanmasında kullanılan yöntemler Şekil 6.3. de verilmiştir.



Şekil 6.3. PLC lerde kullanılan programlama yöntemleri

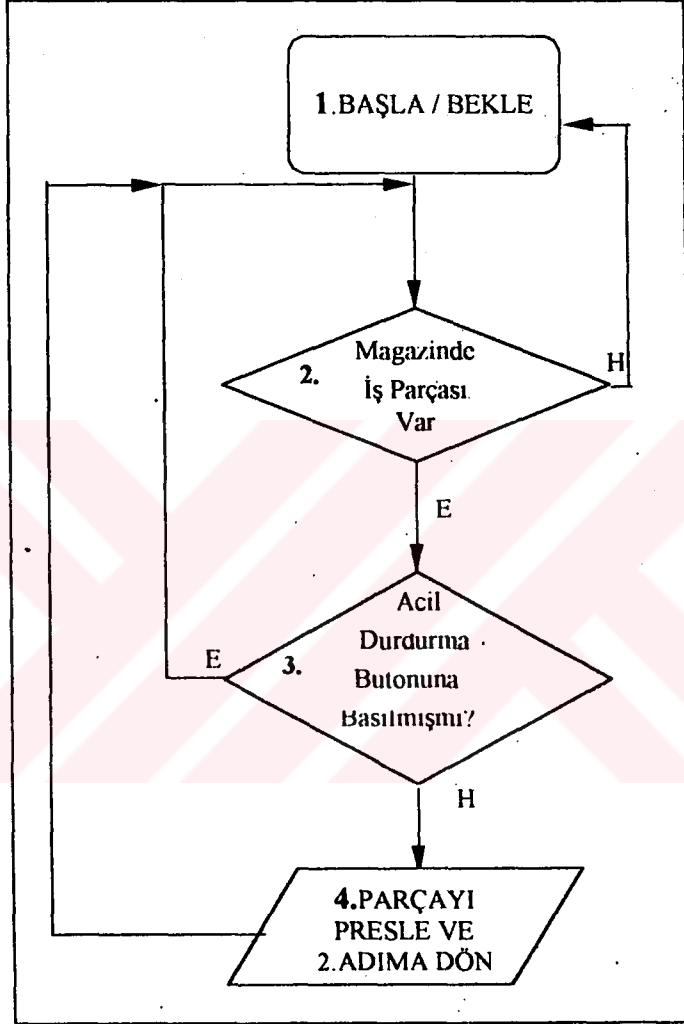
**Çizelge 6.4. Çalışmada kullanılan AEG-PLUS A020 PLC cihazının özellikleri**

| Fonksiyon tanımı | Sembolü                             | Anlamı                                                                                      | Açıklama                                                                                                 |
|------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Girişler         | E1<br>E2<br>:<br>E24                | 24 Giriş                                                                                    |                                                                                                          |
| Çıkışlar         | A1<br>:<br>A16                      | 16 Çıkış                                                                                    |                                                                                                          |
| Saklayıcılar     | M1<br>:<br>M122                     | Kullanıma hazır 122 saklayıcı<br>1 Flaş ritmi 1,25-2,5 veya 5 Hz                            |                                                                                                          |
| Zamanlayıcılar   | T1<br>:<br>T8<br><br>T9<br>:<br>T16 | 8 zamanlayıcı adresinde temel ritim 100 ms<br><br>8 zamanlayıcı adresinde temel ritim 25 ms | En büyük zaman değeri 110 dakika<br><br>En küçük zaman değeri 25 ms                                      |
| Sayıcılar        | Z1<br>Z2<br>:<br>Z16                | 16 sayıcı adresi                                                                            | Sayma aralığı:<br>1'den 65536 ya kadar. Sayma frekansı : Aşgari - 7 Hz<br>Azami-60 Hz (Programa bağımlı) |

Otomasyon uygulamalarında kullanılan PLC sistemlerinin performansı, cihazın özellikleri ile ilgilidir. Çizelge 6.4. de çalışmada kullanılan PLC ye ait özellikler verilmiştir. Pratikte kullanıcılar, komut listesine göre programlamayı (AWL) en hızlı yöntem olarak kabul etmektedirler.

Kontak planına göre programlama (KOP) ikilik bağlantılar için uygundur. Olumsuz yönü ise sözcük işleme ve sözcük komutlarının kullanılmasıdır. Grafiksel olarak planlama ise geliştirilmiş ve pahalı olan programlama aletleri ile gerektirdiklerinden tercih edilmemektedirler. Tasarımı yapılan prototipin

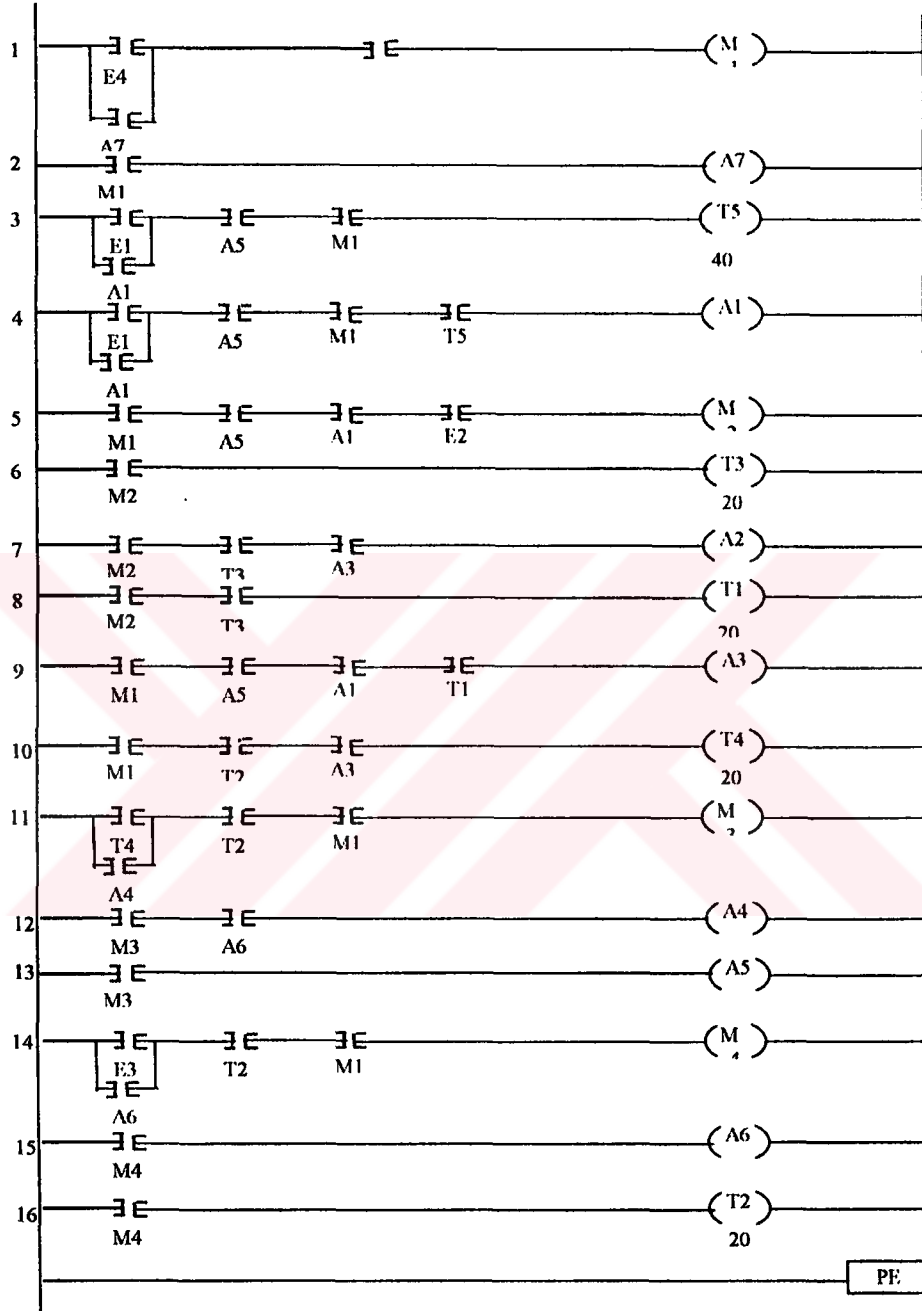
genel çalışma prensibi ve kullanılan program çevrimine ait akış diagramı Şekil 6.4 de verilmiştir.



Şekil 6.4. Tasarımı yapılan sistemin çalışma prensibine ait akış diyagramı

#### 6.1.1. LDR (kontak) planı ile programlama

Bellek programlı kumanda kontrol tesislerinde, programların oluşturulması için kullanıcılara çeşitli seçenekler ve kolaylıklar sağlanmıştır. Geliştirilen prototipi çalıştıran programa ait Merdiven (Ladder) diyagramı Şekil 6.5. de verilmiştir. Ladder diyagramlarının oluşturulması ile ilgili açıklamalara 3. Bölümde değinilmiştir.



Şekil 6.5. Sistemin merdiven diyagramı programı

### 6.1.2. Sistemde kullanılan yazılım programı (Komut listesi ile programlama)

Programın oluşturulmasında kullanılan AEG Plus 020 PLC cihazının program komut kümesinden faydalanılmıştır. Komut kümesi yardımıyla programlama

hakkında detaylı açıklama 3. Bölümde verilmiştir. Program içeriği toplam 60 basamaktan oluşturulmuştur. Taslak olarak hazırlanan program daha sonra bilgisayarda paket program yardımıyla yazılarak PLC cihazına yüklenmiştir. Çizelge 6.5’de PLC yi çalıştıracak komut programı verilmiştir.

Çizelge 6.5. PLC için hazırlanan komut program kümesi

|    |         |    |         |    |      |    |         |    |         |
|----|---------|----|---------|----|------|----|---------|----|---------|
| 1  | UE4     | 13 | OA1     | 25 | UM2  | 37 | UM1     | 49 | UM3     |
| 2  | OA7     | 14 | UNA5    | 26 | UT3  | 38 | UNT2    | 50 | =A5     |
| 3  | UE5     | 15 | UM1     | 27 | UNA3 | 39 | UA3     | 51 | UE3     |
| 4  | =M1     | 16 | UT5     | 28 | =A2  | 40 | =T4(20) | 52 | OA6     |
| 5  | UM1     | 17 | =A1     | 29 | UM2  | 41 | UT4     | 53 | UNT2    |
| 6  | =A7     | 18 | UM1     | 30 | UT3  | 42 | OA4     | 54 | UM1     |
| 7  | UE1     | 19 | UNA5    | 31 | =T1  | 43 | UNT2    | 55 | =M4     |
| 8  | OA1     | 20 | UA1     | 32 | UM1  | 44 | UM1     | 56 | UM4     |
| 9  | UNA5    | 21 | UE2     | 33 | UNA5 | 45 | =M3     | 57 | =A6     |
| 10 | UM1     | 22 | =M2     | 34 | UAI  | 46 | UM3     | 58 | UM4     |
| 11 | =T5(40) | 23 | UM2     | 35 | UT1  | 47 | UNA6    | 59 | =T2(50) |
| 12 | UE1     | 24 | =T3(20) | 36 | =A3  | 48 | =A4     | 60 | PE      |

## 6.2. Kontrol Ünitesi, Algılayıcılar ve Yön Kontrol Valfleri Arasındaki Veri (İşaret) İletimi

Sinyal bağlantılarında iki tabanlı kumanda sinyallerinin mantıksal olarak birbirlerine irtibatlandırılmıştır. Çizelge 6.3.de verildiği gibi pnömatik, hidrolik veya elektrik sinyali olmasından bağımsız olarak mantıksal bağlantıların beş temel fonksiyonu vardır. Bunlar sırası ile;

VE - Fonksiyonu

VE DEĞİL - Fonksiyonu

DEĞİL - Fonksiyonu

VEYA - Fonksiyonu

VEYA DEĞİL - Fonksiyonu

Sinyallere ait bu mantıksal bağlantılar, standart devre sembolleri, fonksiyon tabloları (doğruluk tabloları), veya denklemlerle ifade edilebilmektedir. Şekil 6.6. de ikilik giriş ve çıkışların PLC yle bağlantısı verilmiştir. Şekil 6.7.de ise tasarım ve montajı yapılan düzenek, tüm elemanları ile birlikte verilmiştir. Sistemde üç adet 12 barlık pnömatik valf ve bunlara işlem sırasına göre PLC cihazından almış oldukları işaretler doğrultusunda havayı silindirlere gönderen üç adet çift selenoidli 5/2 yön kontrol valfi kullanılmıştır. Sistem için gerekli hava çıkış basıncı ayarlanabilen kompresör yardımı ile sağlanmıştır. PLC ile algılayıcılar ve yön kontrol valfleri arasındaki işaret akışı için gerekli enerji için 24 V luk güç kaynağından faydalanılmıştır. Prototipte gerçekleştirilen işlemlerde konum ve durum kontrolü için üç adet algılayıcı kullanılmıştır. Prototipin tasarımı tamamlandıktan sonra gerekli elemanlar temin edilerek montajı yapılmıştır. Bu aşamadan sonra tanımlanmış bir yüzeyde, belirli bir noktaya presleme işlemi tanımlanmıştır. İşlem ilk önce, geliştirilen programlanabilir pres prototipi ile 32 adet iş parçası üzerinde her bir işlem basamağı için zaman ölçümü, gerçekleştirilen toplam işlemler içerisindeki kusurlu üretim miktarı, toplam 32 adet parça için üretim süresi ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçümlerin ışığında ortalama günlük süresi belirlenmiştir. Aynı işlemler klasik pres tezgahında da gerçekleştirilerek gerekli ölçümler alınmıştır. Her iki yöntemde de eşit sayıda iş parçası üzerinde çalışılmış ve elde edilen veriler karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

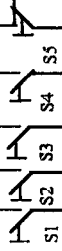
Çizelge 6.6 da elde edilen ölçümlere bakıldığında, geliştirilen prototipte markalama ve tezgah ayarı gerekmediğinden bu işlemler için zaman kaybı yoktur. Diğer işlemlerde ise prototipte eş işlemler için harcanan süreler aynı iken, geleneksel tezgahta her bir işlemin gerçekleşme süresi operatörün yeteneğine bağlı olarak değişmiştir.

Çizelge 6.6. Tanımlanmış işlem için geleneksel pres tezgahı (G) ve Programlanabilir hale dönüştürülen pres prototipi (P) ile yapılan işlemlere ait ölçümler.

| Yapılan<br>işlem<br>sayısı | markalama<br>(sn)<br>P - G | bağlama<br>(sn)<br>P - G | tezgah ve iş<br>ayarı (sn )<br>P - G | işleme<br>(sn)<br>P - G | sökme ve stok<br>(sn)<br>P - G | Her parça için<br>topl. süre (sn)<br>P - G |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|
| 1                          | 0 - 120                    | 3 - 15                   | 0 - 90                               | 3 - 30                  | 3 - 15                         | 9 - 270                                    |
| 2                          | 0 - 108                    | 3 - 15                   | 0 - 40                               | 3 - 32                  | 3 - 13                         | 9 - 208                                    |
| 3                          | 0 - 108                    | 3 - 9                    | 0 - 60                               | 3 - 30                  | 3 - 5                          | 9 - 212                                    |
| 4                          | 0 - 84                     | 3 - 7                    | 0 - 40                               | 3 - 20                  | 3 - 7                          | 9 - 158                                    |
| 5                          | 0 - 35                     | 3 - 6                    | 0 - 60                               | 3 - 20                  | 3 - 7                          | 9 - 128                                    |
| 6                          | 0 - 35                     | 3 - 8                    | 0 - 50                               | 3 - 20                  | 3 - 8                          | 9 - 121                                    |
| 7                          | 0 - 35                     | 3 - 5                    | 0 - 140                              | 3 - 20                  | 3 - 6                          | 9 - 206                                    |
| 8                          | 0 - 35                     | 3 - 10                   | 0 - 35                               | 3 - 16                  | 3 - 8                          | 9 - 104                                    |
| 9                          | 0 - 24                     | 3 - 8                    | 0 - 45                               | 3 - 15                  | 3 - 10                         | 9 - 102                                    |
| 10                         | 0 - 24                     | 3 - 7                    | 0 - 48                               | 3 - 9                   | 3 - 12                         | 9 - 100                                    |
| 11                         | 0 - 24                     | 3 - 8                    | 0 - 55                               | 3 - 9                   | 3 - 10                         | 9 - 106                                    |
| 12                         | 0 - 24                     | 3 - 13                   | 0 - 43                               | 3 - 13                  | 3 - 7                          | 9 - 100                                    |
| 13                         | 0 - 20                     | 3 - 8                    | 0 - 20                               | 3 - 15                  | 3 - 9                          | 9 - 72                                     |
| 14                         | 0 - 20                     | 3 - 13                   | 0 - 25                               | 3 - 9                   | 3 - 7                          | 9 - 74                                     |
| 15                         | 0 - 20                     | 3 - 13                   | 0 - 50                               | 3 - 9                   | 3 - 8                          | 9 - 100                                    |
| 16                         | 0 - 20                     | 3 - 12                   | 0 - 40                               | 3 - 8                   | 3 - 6                          | 9 - 86                                     |
| 17                         | 0 - 25                     | 3 - 11                   | 0 - 35                               | 3 - 7                   | 3 - 6                          | 9 - 84                                     |
| 18                         | 0 - 25                     | 3 - 10                   | 0 - 30                               | 3 - 8                   | 3 - 6                          | 9 - 79                                     |
| 19                         | 0 - 25                     | 3 - 13                   | 0 - 40                               | 3 - 8                   | 3 - 10                         | 9 - 96                                     |
| 20                         | 0 - 25                     | 3 - 20                   | 0 - 15                               | 3 - 10                  | 3 - 9                          | 9 - 79                                     |
| 21                         | 0 - 19                     | 3 - 12                   | 0 - 35                               | 3 - 9                   | 3 - 95                         | 9 - 170                                    |
| 22                         | 0 - 19                     | 3 - 21                   | 0 - 40                               | 3 - 8                   | 3 - 55                         | 9 - 143                                    |
| 23                         | 0 - 19                     | 3 - 9                    | 0 - 35                               | 3 - 8                   | 3 - 75                         | 9 - 146                                    |
| 24                         | 0 - 19                     | 3 - 10                   | 0 - 33                               | 3 - 6                   | 3 - 8                          | 9 - 76                                     |
| 25                         | 0 - 21                     | 3 - 9                    | 0 - 25                               | 3 - 7                   | 3 - 6                          | 9 - 68                                     |
| 26                         | 0 - 21                     | 3 - 13                   | 0 - 37                               | 3 - 7                   | 3 - 6                          | 9 - 84                                     |
| 27                         | 0 - 21                     | 3 - 12                   | 0 - 33                               | 3 - 8                   | 3 - 8                          | 9 - 82                                     |
| 28                         | 0 - 21                     | 3 - 8                    | 0 - 30                               | 3 - 5                   | 3 - 6                          | 9 - 70                                     |
| 29                         | 0 - 23                     | 3 - 12                   | 0 - 34                               | 3 - 6                   | 3 - 6                          | 9 - 81                                     |
| 30                         | 0 - 23                     | 3 - 7                    | 0 - 30                               | 3 - 6                   | 3 - 8                          | 9 - 74                                     |
| 31                         | 0 - 23                     | 3 - 9                    | 0 - 45                               | 3 - 8                   | 3 - 9                          | 9 - 94                                     |
| 32                         | 0 - 23                     | 3 - 6                    | 0 - 48                               | 3 - 7                   | 3 - 6                          | 9 - 90                                     |
| Her<br>işlem<br>toplamı    | 0 - 1088                   | 96 - 339                 | 0 - 1386                             | 96 - 393                | 96 - 457                       | 288 - 3663                                 |

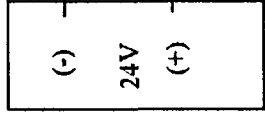
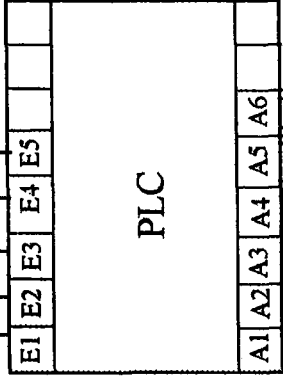
## İKİLİK GİRİŞLER (1-0)

+24V



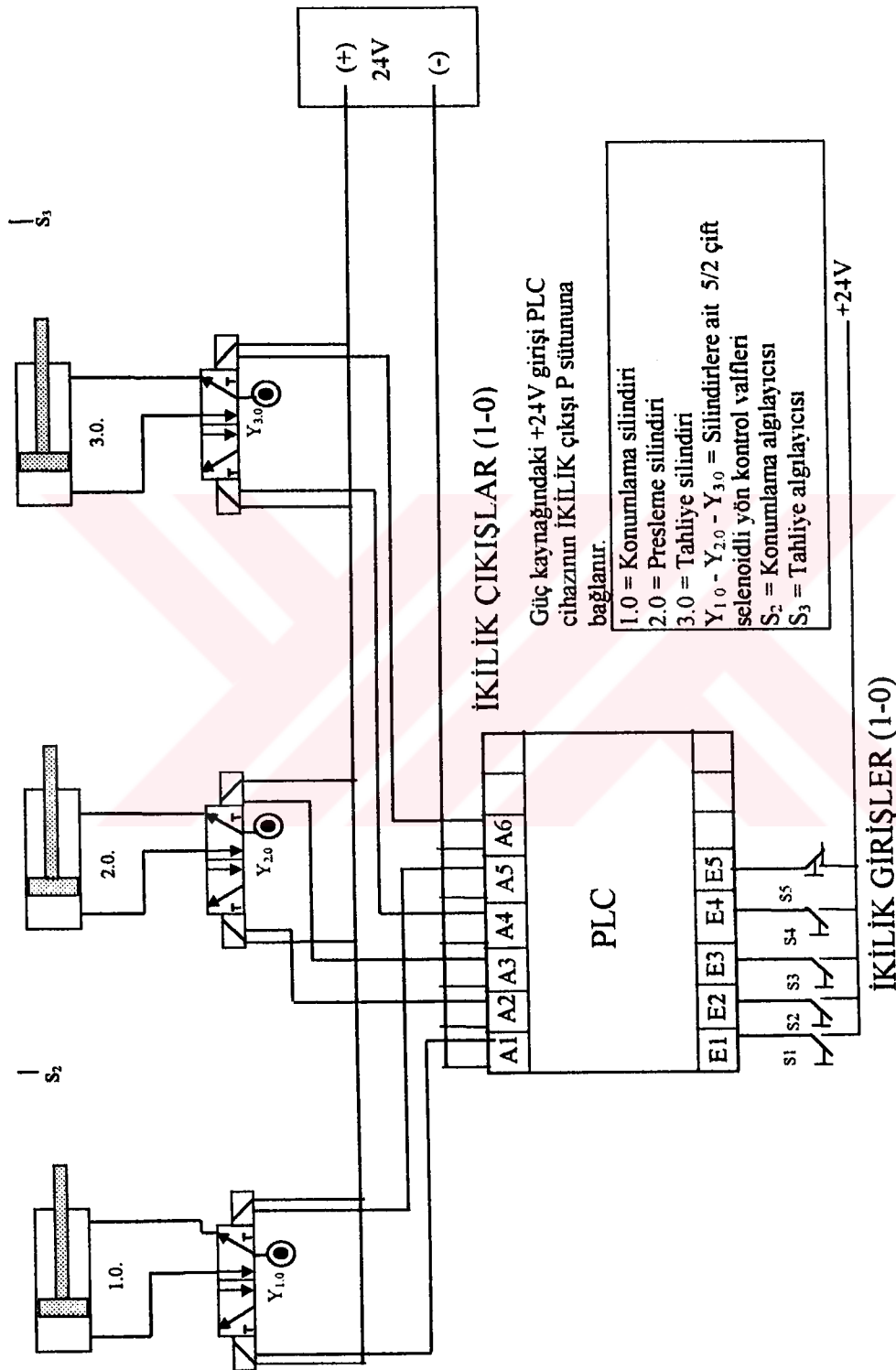
Güç kaynağındaki +24V girişi PLC cihazının ikili çıkışı P sütununa bağlanır.

PLC



## İKİLİK ÇIKIŞLAR (1-0)

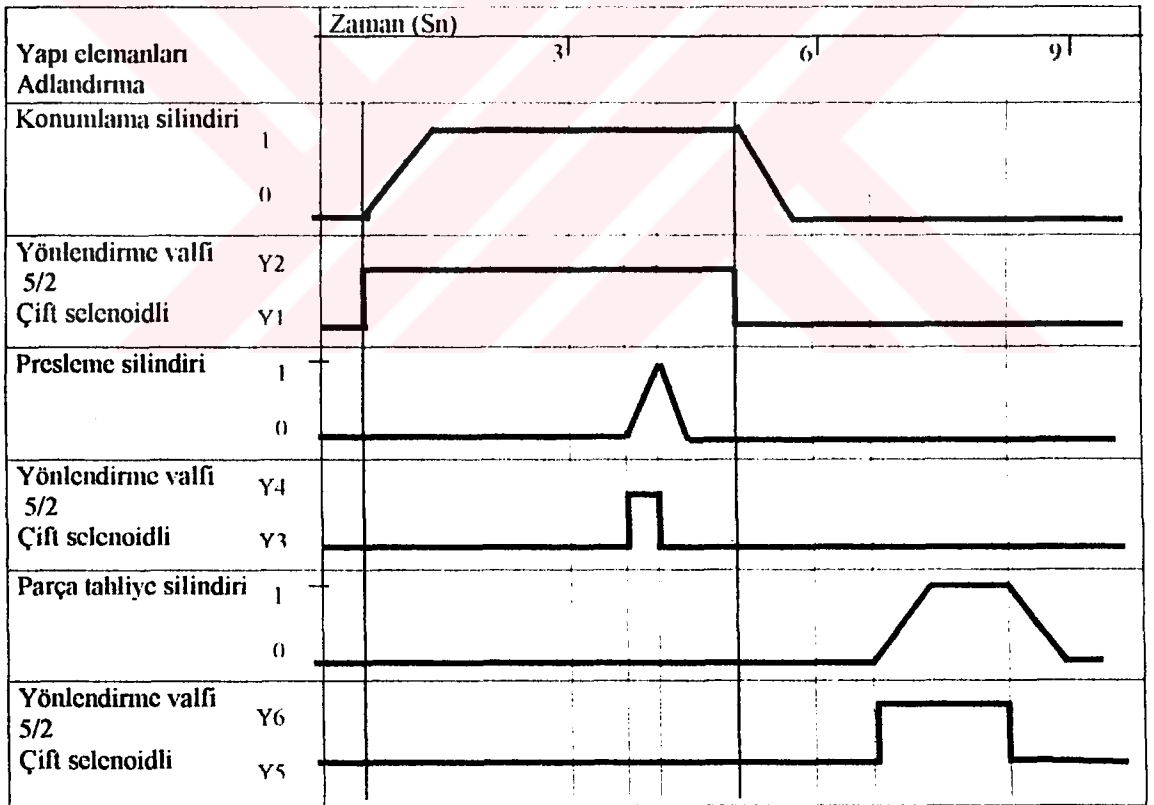
Şekil 6.6. Prototip - PLC arasında veri iletişimini sağlayan ikili çıkışlar



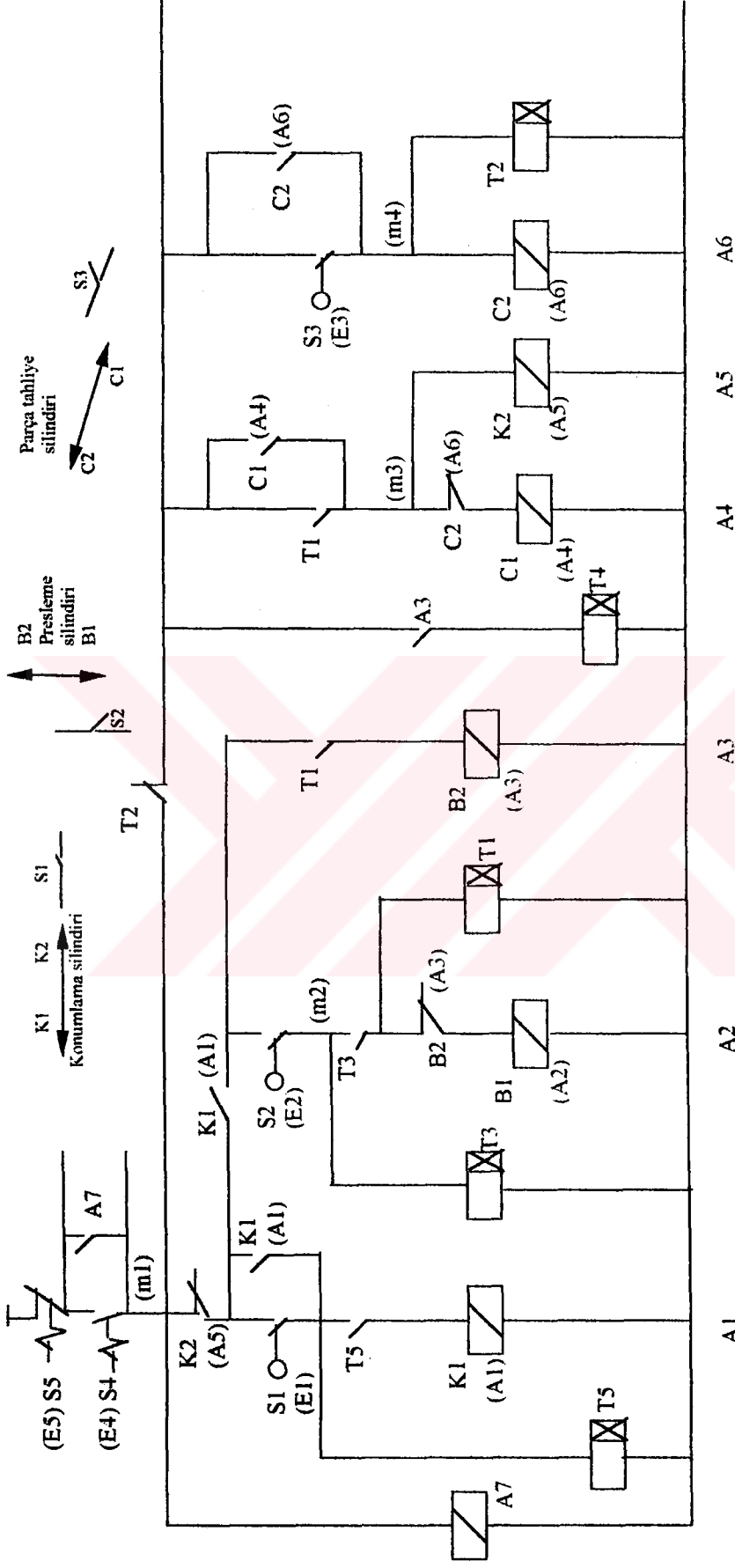
Şekil 6.7. Deney düzenegini oluşturan elemanlar ve ara bağlantıları

### 6.3. Sistemde Kullanılan Silindir Ve Yön Kontrol Valflerine Ait Fonksiyon Diyagramı

Tasarım aşamasında iş elemanları ile kumanda elemanları arasındaki işaret akışının bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle pnömatik silindirlere kumanda eden yön kontrol valfleri ve silindirlerin öteleme hareketlerini içeren yol adım diyagramı Şekil 6.7 de, geliştirilen prototipin elektrik akımı kumanda devresi Şekil 6.8 de, klemens bağlantısı ise Şekil 6.8 de verilmiştir.



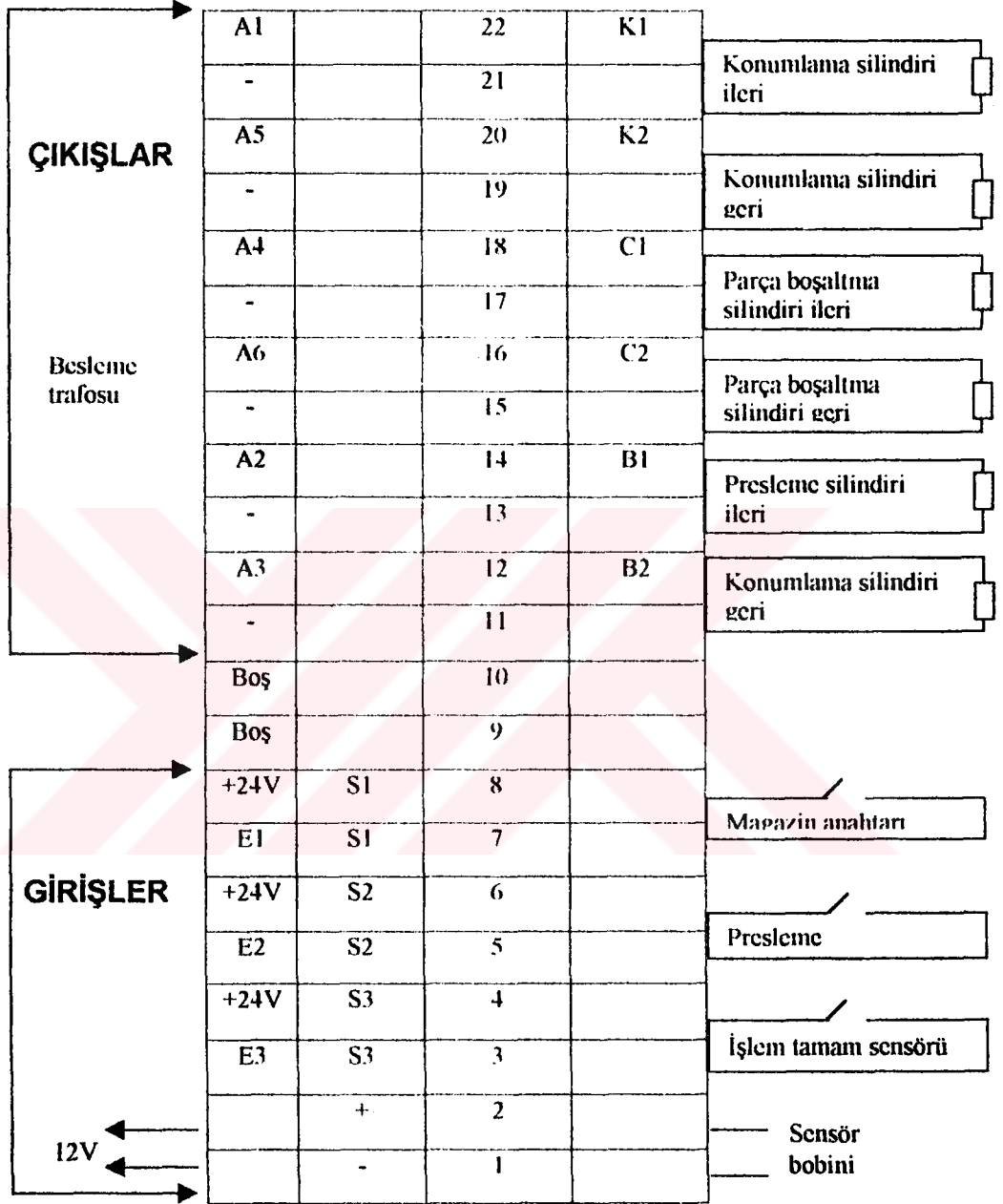
Şekil 6.8 Geliştirilen pres prototipinin yol adım işlev diyagramı



E5: Acil Durdurma.

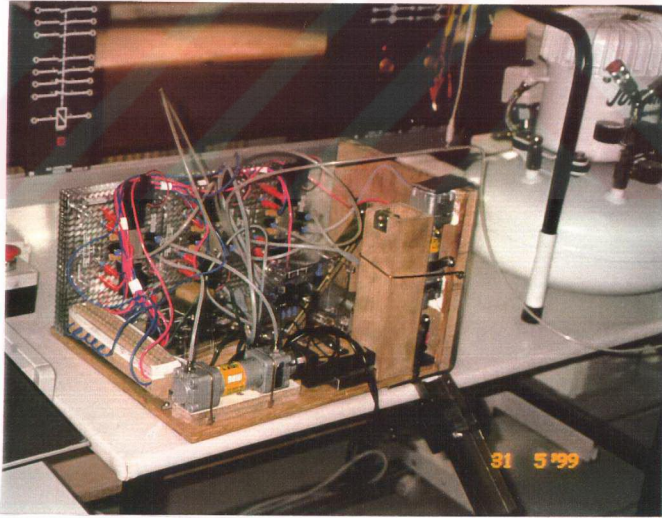
E4: Start (Sistemi başlatma).

Şekil 6.9 Tasarım ait elektrik akım devresi



Şekil 6.10 Sistemin klemens bağlantısı

Ölçümlerin alındığı geleneksel pres tezgahı ve geliştirilen protoip Şekil 6.10 da verilmiştir.

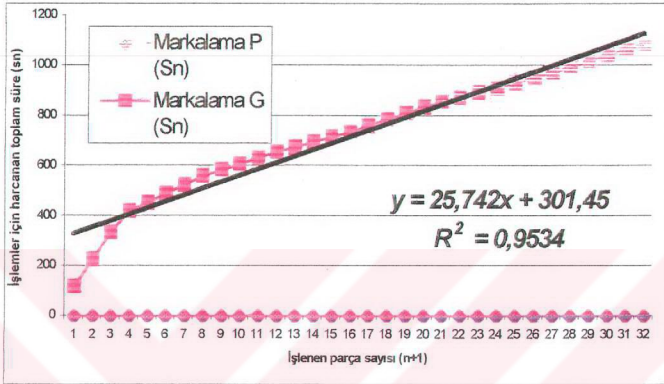


Şekil 6.11. Ölçümlerin alındığı geleneksel pres tezgahı ve prototip

## 7. BULGULAR VE BULGULARIN TARTIŞILMASI

Geleneksel yöntemde işlemi gerçekleştiren operatörün bir saatlik zaman dilimi içerisinde her bir işlem basamağı için harcadığı zaman Şekil 7.1... 7.6 da verilmiştir. Aynı grafikler üzerinde tasarım ve imalatı yapılan prototiple elde edilen değerler de verilmiştir. Şekillerden açıkça görüleceği gibi operatör, aynı işlemleri değişik zaman değerlerinde gerçekleştirebilmiştir. Her parça için tezgahın yeniden ayarlanması gerekmiştir. Ayrıca her bağımsız işlem biriminin süresi doğrudan operatörün yeteneğine kalmıştır. Oysa geliştirilen prototiple gerçekleştirilen tekrarlı işlem basamaklarının her biri eşit zaman aralıklarında gerçekleştirilebilmiştir. Tanımlanan iş için, birim zamandaki üretim miktarında geliştirilen prototip geleneksel yöntemle göre oldukça üstün bir performans göstermiştir. Klasik pres tezgahında gerçekleştirilen üretimde, her bir parça için: markalama, bağlama, tezgah ayarı, presleme işlemi, parçanın sökme ve stoklanması için işlemlerin tekrarlı olarak yapılması gerekmektedir. Bu işlemler doğrudan operatörün yeteneğine bağlı olduğundan, tekrarlı işlemler için harcanan süreler değişkenlik göstermektedir. Oysa geliştirilen prototiple gerçekleştirilen üretimde: parçanın markalanması ve tezgah ayarı için zaman sarfıyatı yoktur. Parçanın prototipte konumlandırılması otomatik olarak tezgah tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Geleneksel tezgahla yapılan işlemlere ait ölçümlerin matematiksel ifadesi ile istatistiki analizi çıkarılmıştır. Geleneksel tezgahta gerçekleştirilen işlemlerin ölçümlerin standart sapma değerinin yaklaşık olarak ( $R^2$ ) %1 ile % 6 arasında değiştiği görülmektedir. Elde edilen grafikler üzerinde eğrinin denklemi ile denklemin matematiksel lineer doğrusu gösterilmiştir. Her bir işlemi ifade eden matematiksel denkleme bakıldığında;  $x$  sabiti önündeki katsayının işlemin gerçekleşme süresiyle doğru orantılı olarak değiştiği görülmektedir. Örneğin parçanın markalama işlemi, parçanın tezgaha bağlanmasından daha fazla zaman almıştır. Buna paralel olarak

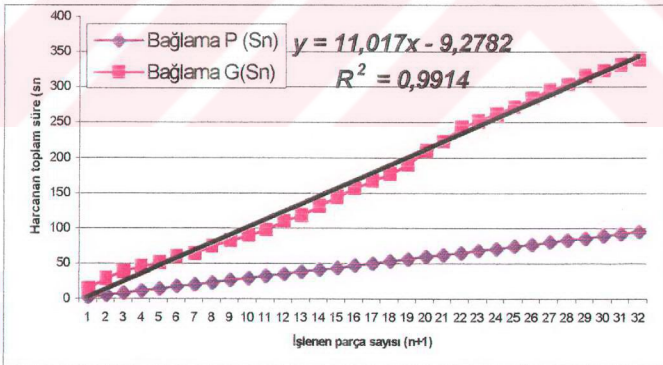
olarak işlemlerin denklemlerinde yer alan  $x$  sabiti önündeki katsayı markalama için 25,742 ve bağlama için 11,017 olmuştur.



Şekil 7.1. Markalama işlemleri için harcanan toplam süreler

G : Geleneksel tezgah,

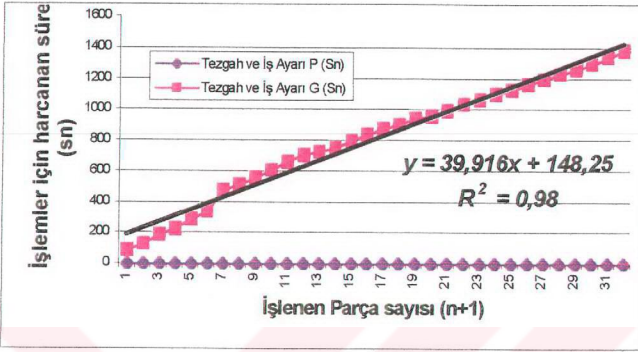
P: Prototip



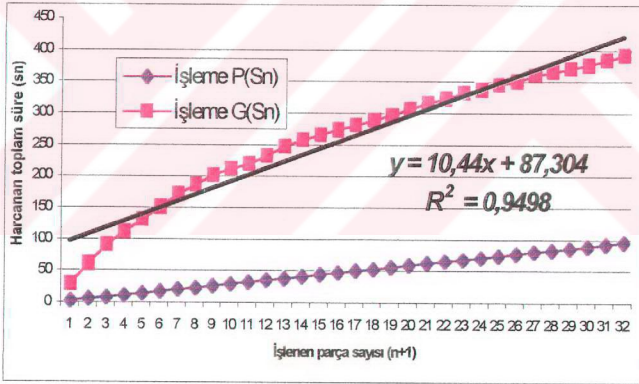
Şekil 7.2. Parçanın tezgaha bağlanması işlemleri için harcanan toplam süreler

G : Geleneksel tezgah,

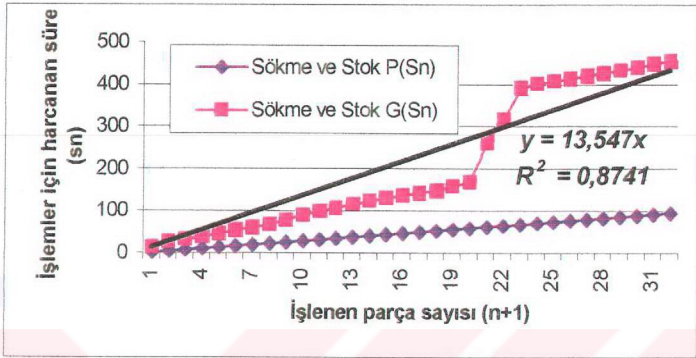
P: Prototip



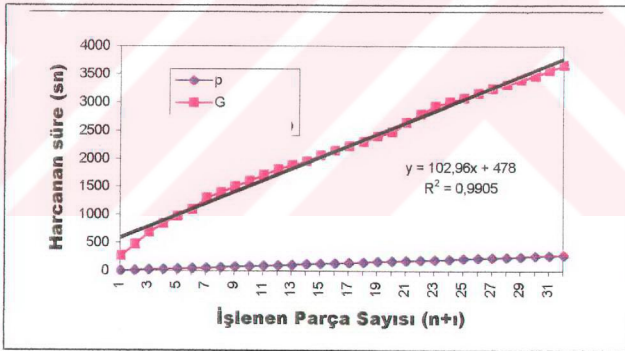
Şekil 7.3. Tezgah ve iş ayarı için harcanan toplam süreler  
G : Geleneksel tezgah, P : Prototip



Şekil 7.4. Presleme işlemi için harcanan toplam süreler  
G : Geleneksel tezgah, P : Prototip



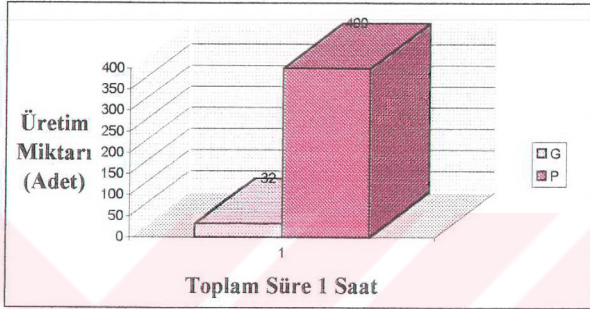
Şekil 7.5..Parçaların sökülmesi ve stoklanması işlemleri için harcanan toplam süreler , G :Geleneksel tezgah, P :Prototip



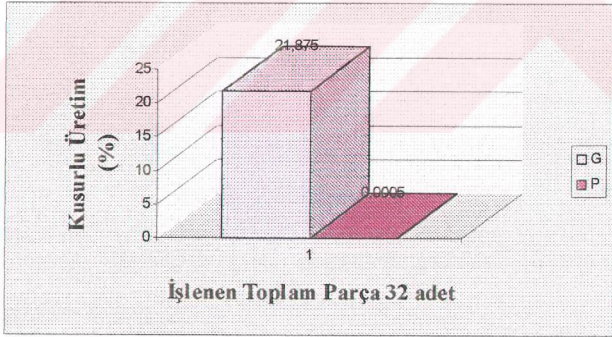
Şekil 7.6. Tamamlanan her bir iş çevrimi için harcanan toplam süreler  
G :Geleneksel tezgah, P :Prototip

Bir saatlik çalışma süresi içerisinde her iki yöntemle işlenen parça adetleri Şekil 7.7 .de verilmiştir. Yapılan işlemler toplam kalite değeri olarak, ölçü

hassasiyeti yönünden değerlendirildiğinde: geliştirilen prototiple toplam kalite değerinde % 21,875 oranında iyileşmenin olduğu saptanmıştır (Şekil 7.8).

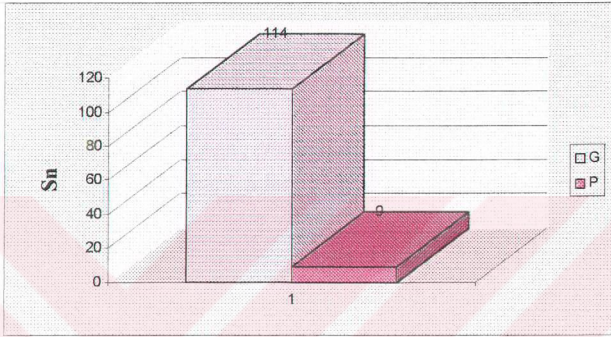


Şekil. 7.7. G ve P ile birim zamanda gerçekleştirilen üretim miktarları

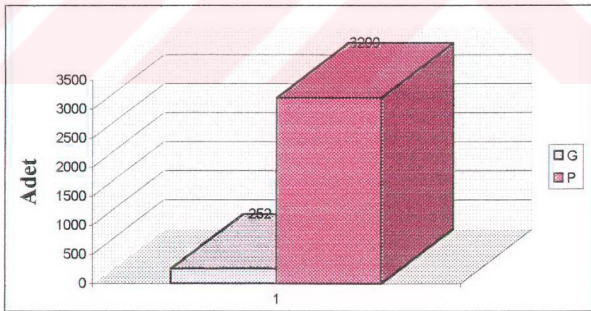


Şekil 7.8. Toplam kalite düzeyi [Kusurlu Üretim Miktarı] (%)

Yapılan çalışmada klasik pres tezgahı ile programlanabilir hale dönüştürülen prototipte üretilen bir parça için ortalama üretim süresi Şekil 7.9 da, günlük üretim miktarı ise Şekil 7.10. da verilmiştir.



Şekil 7.9. Bir parça için ortalama üretim süresi



Şekil 7.10. Günlük üretim miktarı

## 8. SONUÇ

Bu çalışmada küçük ölçekli bir işletmede PLC yardımıyla manuel olarak kumanda edilen bir pres tezgahının programlanabilir hale dönüştürülmesiyle elde edilen kazanımlar üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla üretim ve kalite düzeyini arttırma, üretim kayıplarını ve işçilik maliyetlerini en aza indirmede, “PLC Kontrollü ve Bilgisayar Denetimli Proses Kontrol Otomasyon Sistemi” nin oldukça etkili olduğu görülmüştür.

Araştırmada presleme işlemi esas alınarak, klasik bir pres tezgahı ile programlanabilir hale dönüştürülen prototipte üretim sistemi kıyaslanmıştır. Her iki sistem arasında üretim miktarı, üretim süresi, toplam kalite düzeyi, bir parça için ortalama üretim, gibi parametreler kıyaslanarak sonuçlar çıkarılmıştır. PLC yardımıyla denetlenen sistemde, kontrol ve optimizasyon fonksiyonları sayesinde, üretim parametreleri en etkin şekilde kontrol edilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

| <b>Üretim Parametreleri</b> | <b>Değişim Oranı (%)</b> |        |
|-----------------------------|--------------------------|--------|
| Üretim miktarı              | % 1200                   | Artış  |
| Üretim süresi               | % 1200                   | Azalma |
| Toplam Kalite Düzeyi        | % 25                     | Artış  |
| Kusurlu Üretim              | % 21,8                   | Azalma |

Bu çalışma sonucunda otomasyona geçişin tek nedeni üretimi arttırmak, zamandan kazanmak ve ürün kalitesini arttırmak değil aynı zamanda mekanik yapının ömrünü uzatmak, üretim yapan sistemi bilinçli kullanmak, kontrollü üretmek, üretilen ürün miktarının kayıtlı olmasını sağlamak, harcanan ham madde miktarını ve üretimde kullanılan iş gücünü belirlemek kısaca üretimin tüm süreçlerine hakim olmak şeklinde ortaya çıktığı görülmüştür. En önemli

misyonu ise imalat etkinliğinin sağlanmasıdır. Üretim sistemlerinin yeniden yapılandırılması çerçevesinde yapılan araştırma sonuçlarına göre de otomasyonun sağlayacağı değişim yüzdeleri faaliyet türlerine göre; Etkinlikte %75, Üretim Miktarında %50, ve Verimlilikte %200 oranında artma; Üretim Süresinde ve Iskarta – Hurda Miktarında ise %90 oranında azalma belirlenmiştir [51]. Bu aşamada; öncelikle otomasyonun düşük seviyede uygulandığı işletmeler başta olmak üzere, otomasyonun beklenen seviyeye ulaşması için bu alanda çalışanlara ve işletmelere aşağıdaki tavsiyelerde bulunulabilir.

#### İşletmeler;

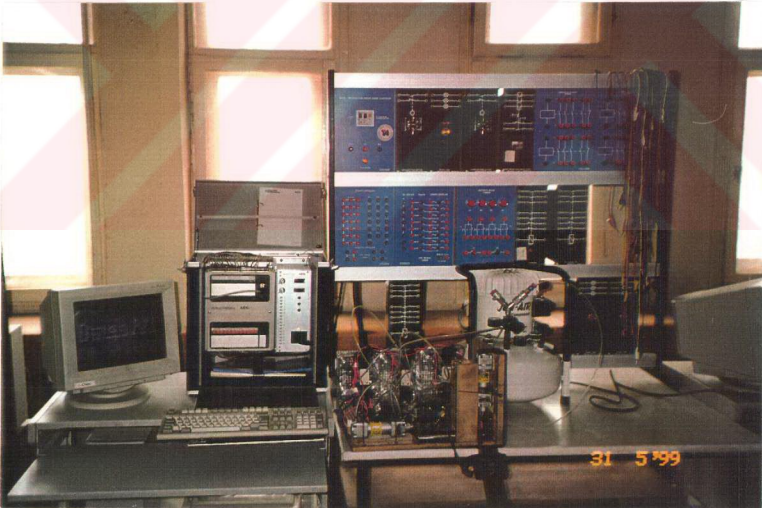
- Satış öncesi (mühendislik, proje, tanıtım) ve satış sonrası (servis, bakım) teşkilatlarını kurmalıdır.
- Teknolojik gelişmeleri kullanıcıya iletmeli, fuarlarda teşhir edip, gerektiğinde kurslar ve seminerler düzenlemeli, teknik dokümantasyon sağlamalıdır.
- Teknik, ticari, bürokratik güçlükler ve çözümleri konusunda bilgi ve tecrübe sahibi olmalıdır.
- Satıcı işletme – talep sahibi arasındaki bilgi akışını sağlamalı ve hızlandırmalıdır.

#### Talep sahiplerinin;

- Konusuyla ilgili teknolojik gelişmeleri takip etmeli.
- Otomasyonu teknik ve ekonomik yönleriyle değerlendirerek sağlıklı bir optimizasyon yapmalıdır.
- Kullanım sırasında ortaya çıkabilecek zorlukları önceden belirleyerek, hangi sistemin bu zorlukların üstesinden gelebileceğini araştırmalıdır.



Çalışmada kullanılan PLC ve yardımcı donanımları



Bağlantıları tamamlanmış sistemin genel görünüşü

---



EKLER

## KAYNAKLAR

1. Uyar, E., 1986, "Ülkemizde Üretilen Bir Torna Tezgahının Sayısal Kontrollü Hale Dönüştürülmesi", **2. Ulusal Makina Tasarım ve imalat Kongresi**, s125-133, Ankara.
2. Eskicioğlu, H., Platin, B.E., Bumin, F. ve Sözman G.,1986, "Klasik Bir Torna Tezgahının Sayısal Denetimli Tezgaha Dönüştürülmesi", **2. Ulusal Makina Tasarım ve imalat Kongresi**, s 113-124, Ankara.
3. Ackerman, R., Franz, J., Hartman, T., 1990, **Programmable Logic Controllers**, Esslingen / GERMANY.
4. Arai, T., Ota, J., Aiyama, Y.,1997, "Assembly by Nongrasping Manipulation", **Annals of the CIRP**, vol.46/1/1997.
5. Society of Manufacturing Engineering., 1976, **Tool and Manufacturing Handbook.**, s 12-46, USA.
6. Mendi, F., 1999, **Takım Tezgahları Tasarımı** , GAZİ Kitapevi, ISBN: 975-7313-505, ANKARA.
7. Parr, E.A., 1992, **Programmable Controllers, An Engineer's Guide**, p 3-34.
8. Kleine, W.A., 1992, "Machine Tool Monitoring Systems", **Intelligent Sensors For Industrial Automation**, Addison Wesley Publishing Company, p 1-5, Massachusetts.
9. Gilles, M., 1990, **Programmable Logic Controllers** Baffins Lane, Chicchester West Sussex PO19 1UD England.
10. Perry, J.A., 1992, "Use of Ultrasonic Sensors in Level and Flow Measurements", **Intelligent Sensors For Industrial Automation**, Addison Wesley Publishing Company, s 383-401, Massachusetts.
11. Zuech, N.,1992, "Electro-optical Sensors in Process Control", **Intelligent Sensors For Industrial Automation**, Addison Wesley Publishing Company, s 87-91, Massachusetts.

12. Sprow, E. E., 1989, "Surface Measurement New Challanges", **Tooling and production**, s 17-115.
13. Geren, N., Redford, A., 1994, "Integration and Interfacing Of a Robotic Pcba Rework Cell", **6<sup>th</sup> International Machine Design and Production Conference PROCEEDINGS**, METU/ Ankara/TURKEY.
14. Türkücü, E., 1996, **PLC'ye GİRİŞ**, Dikmen Türk Alman Mesleki Eğitim Merkezi, ANKARA.
15. Buckley, S., 1992, Force - "Field Sensing", **Intelligent Sensors For Industrial Automation**, Addison Wesley Publishing Company, p 384-389, Massachusetts.
16. Arai, T, Ota., Ota., Aiyama, Y., "Assembly by Nongrasping Manipulation", **Annals of CIRP**, Vol 46/1/1997
17. Dağlı, C.H., 1986, "Uzman Sistemlerin Üretim Planlamadaki Yeri", **2. Ulusal Makina Tasarım ve imalat Kongresi**, s 17-23, Ankara.
18. Harwitt,E., 1985, "Exploring Expert Systems", **Business Computer Systems**, p 48-57.
19. Hommertzheim, D.L. ve Baharaeen, S., 1986, "Consideration and Resources for Teaching Expert Systems", **ASEE Annual Conference Proceedings**.
20. Merkle, D., 1991 Electrohydraulic Esslingen / GERMANY.
21. Croser, P., Thomson, J., **Electropneumatic Automation Teaching Techniques** 1997, Esslingen / GERMANY
22. **DIN 19237** Messen, Steuren, Regeln, Steuerungstechnik, Begriffe
23. **DIN 19226** Regelungstechnik und Steuerungstechnik, Begriffe
24. Altuntaş, Ö., 1998, **Elektropnömatik**, Türk-Alman Mesleki Eğitim Merkezi / Gebze

25. Altuntaş, Ö., 1998, **Elektrohidrolik**, Türk-Alman Mesleki Eğitim Merkezi / Gebze
26. Garipcin, R., 1997, **Güç Elektroniği Ve Ayar Tekniği**, Dikmen Türk Alman Mesleki Eğitim Merkezi, s 140-151, ANKARA.
27. German, R, M.,1984, **Powder Metallurgy Science**, Metal Powder Industries Federations, Princeton, New Jersey, USA.
28. ANSI Y14.5M., 1982, **Dimensioning and Tolerancing For Engineering Drawings**, New York : American Natrional Standarts Institute.
29. Brodmamn, R.,1986, **Roughness Form and Waviness Measurement by Means of Light-Scattering**, Preg Eng, 8, p 221-226.
30. Cho, F., Jung S.,1997, "An Optical Flatness Measurement System For Medium-Sized Surface Plates", **Precision Engineering 21:102-112**, Elsiver Science Inc USA.
31. Lotfi A, Z., Ronald R,Y., 1993, **An Introduction To Fuzzy Logic Applications In Intelligent Systems.**, Kluwer Academic Publishers, USA.
32. DaiB, A., Kiencke, U.,1995, "Estimation of Vehicle Speed - Fuzzy - Estimation in Comparison with Kalman - Filtering", **4<sup>th</sup> IEEE CCA.**, New York, USA.
33. Günal, Ü., 1997, "Bulanık Mantık", **Türkiyede ve Dünyada Otomasyon.**, Sayı 55.
34. Lissaman, A, S., Martin S, J., Principles of Engineering Production Second Edition.
35. Von Altrok, C.,1995, **Fuzzy Logic and Neuro Fuzzy Applications Explained.**, Prentice Hall, ISBN 0-13-368456-2.
36. Brenji, H, R.,1993, "Fuzzy Logic Controllers, Artificial Intelligence Research Branch", **Nasa Ames Research Branch Centre USA.**

37. İmal, E., Güven, M. E., 1998, "Oda İçi Hava Kalite ve Sıcaklık Sisteminin Kontroluna Bulanık Mantığın Uygulanması", **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**.
38. International Electrotechnica Commission (IEC) Technical Committee No: 65,1997, "Industrial Process Measurement and Control", **IEC 1131-Programmable Controllers**.
39. Kiszka, J. B., Gupta, M. M., Trojan, G. M., 1990, "Multivariable Fuzzy Controller Under Godel's Implication". **Fuzzy Sets and Systems**, **34:301-321**.
40. Klein, R., 1995, **Realisierung einer Fuzzy-ABS-Regelung mit dem Mikrocontroller SAB 80C166 und dem Fuzzy-Coprozessor SAE 81C99A.**, Project work at the Institute For Industrial Information Systems, University of Carlsruhe.
41. Wakami, N.,1992, "Engineering Application of Fuzzy Systems - Fuzzy Control and Neural Networks: Applications for (Matsushita) Home Appliances", **Japanese - European Symposium on Fuzzy Systems**.
42. Kurka, A., 1999, "Fuzzy Car Control Simulation", Ingenieurschule ITR, Oberseestrass 10, CH-8640 Rapperswil, Switzerland, **E-mail akurka@itr.ch**.
43. Klein, R.,1996, "Antilock - Breaking System and Vehicle Speed Estimation Using Fuzzy Logic", **1<sup>st</sup> Embedded Computing Conference, PARIS** .
44. Kacprzyk, J. and Yager, R.R., 1985, "Management Decision Support Systems Using Fuzzy Set and Possibility Theory". **Interdisciplinary Systems Research Series**, vol.83, TUV Rheilan, Koln.
45. Dohem, C.,1992,**Case Study For the Implementation of a Fuzzy Logic Controller to Control the Quality Characteristics Moisture and Colour of Biscuits**, MARS GmbH, Viersen.
46. Terai, H. et al., 1991, "Application of Fuzzy Logic Technology to Home Appliances", **IFES' 91 - Fuzzy Engineering toward Human Friendly Systems**.

47. Altrok, C., Krause, B., 1992, "On - Line - Development Tools for Fuzzy Knowledge - Base Systems of Higher Order", **2<sup>nd</sup> Int. Conference on Fuzzy Logic and Neural Networks Proceedings, IIZUKA, JAPAN.**
48. Ostertag, M., 1996, "Strukturierte Optimierung Technischer Prozesse am Beispiel der KFZ Crashererkennung", **Institute for Industrial Information Systems, University of Karlsruhe.**
49. Altrok, C., Krause, B. and Zimmermann, H.J., "Advanced Fuzzy Logic Control of a Model Car in Extreme Situations", **Fuzzy Sets and Systems, Vol 48, Nr 1 (1992), p. 41-52.**
50. Klein, R., 1997, "Antilock-Breaking System and Vehicle Speed Estimation Using Fuzzy Logic", **[http://www.fuzzytech.com/e\\_a\\_sie.htm](http://www.fuzzytech.com/e_a_sie.htm).**
51. İnceler, H., 1996, "Üretim Sistemlerinin Yeniden Yapılandırılması", **BYTE Dergisi, Cilt 3, Sayı 8, s 156-158.**

## ÖZGEÇMİŞ

Mustafa Kemal KÜLEKÇİ 1968 yılında KAHRAMANMARAŞ'ın Elbistan ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Elbistan'da tamamladı.

1986 Yılında Elbistan Endüstri Meslek Lisesi Tesviye Bölümünü bitirdi. Aynı yıl, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Makine Resmi ve Konstrüksiyonu Anabilim Dalı'nda Lisans eğitimine başladı.

1990'da lisans eğitimini tamamladı ve MEB, Ankara Dikmen Endüstri Meslek Lisesine Teknik öğretmen olarak atandı. 1990 – 1999 yılları arasında Makine Ressamlığı Bölümü Atelye Şefi ve Bölüm öğretmeni olarak görev yaptı.

1994 Yılında askerlik hizmetini tamamladı.

1990 Yılında, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Eğitimine Başladı. 1995 Yılında Yüksek Lisans Eğitimini tamamladı.

1997 Yılında G.Ü. Fen Bil. Enst. Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalı'nda Doktora Eğitimine başladı.

1999 Yılında, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'ne Öğretim Görevlisi Olarak atandı.

Nisan – Temmuz 1999 arasında Fakülte Sekreteri ve Öğretim Görevlisi olarak görev yaptı. Halen Aynı Fakülte'de Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

Evli ve bir çocuk babası olan Mustafa Kemal KÜLEKÇİ iyi düzeyde İngilizce bilmektedir.