

**PROGRAMLANABİLİR MANTIK
DENETLEYİCİ DENETİMLİ SULAMA
SİSTEMİNİN YAPILANDIRILMASI VE
BAŞARIM ÖZELLİKLERİ**

**MEHMET KILINÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

T.C.
ONDOKUZMAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROGRAMLANABİLİR MANTIK DENETLEYİCİ DENETİMLİ
SULAMA SİSTEMİNİN YAPILANDIRILMASI
VE BAŞARIM ÖZELLİKLERİ

MEHMET KILINÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞ ANA BİLİM DALI

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İrfan ŞENLİK

SAMSUN 2009

ONDOKUZMAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından / / 2009 tarihinde yapılan sınav ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Güven ÖNBİLGİN

Üye : Prof. Dr. Muharrem DİNÇER

Üye : Yrd. Doç. Dr. İrfan ŞENLİK

ONAY :

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..... / / 2009

Prof. Dr. Hasan GÜMÜŞ
Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada sulama ve drenaj amacıyla kurulan PLC (Programlanabilir Logic Controller) denetimli pompaj sisteminin tasarımı yapılmış, sistemin yapılandırılması ve başarımı hakkında bilgiler verilmiştir.

Giriş bölümünde Türkiye’de ve dünyada kullanılabilir su miktarları ve tarıma elverişli araziler hakkında genel bilgiler yer almaktadır. Sulama ve arazinin verimli kullanımı açısından en önemli çalışmalardan biri olan drenaj sistemlerine değinilmiş ve üstünlükleri incelenmiştir.

Literatür özeti bölümünde ise bu çalışmanın hazırlanması aşamasında çeşitli üniversitelerden yapılan araştırmalar yer almış, ayrıca çalışma ile ilgili kitap ve projeler ile bunların içeriklerinden söz edilmiştir.

Üçüncü bölümde, pompa istasyonunun yapılandırılması aşamasında kullanılan elektromekanik donanımlar tanıtılmış ve seçimleri çalışma koşullarına uygun olarak yapılmıştır.

Dördüncü bölümde, Programlanabilir mantık denetleyiciler ilgili tanımlamalar yapılmış, programlama dilleri, kullanıcı programının oluşturulması ve yürütülmesi hakkında temel bilgiler örneklemelerle açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, tez çalışmasına konu olan pompa istasyonunun tüm denetim koşulları belirlenmiş ve kullanıcı programı dördüncü bölümde açıklanan yöntem doğrultusunda oluşturulmuştur.

Altıncı bölümde, pompa istasyonlarının başarım ve işletme karakteristiklerine ilişkin temel kavramlara değinilmiştir. Pompa-motor ünitelerine uygulanan çeşitli başarım testleri sonucunda elde edilen veriler ışığında karakteristik eğrileri oluşturulmuş, sistemin işletme ve başarım değerlendirmesi yapılmıştır.

Tartışma bölümünde PLC denetimli sistemlerin, geleneksel kumanda devreleri ile denetlenen sistemlerle karşılaştırılması yapılmış, yapılandırma ve işletim süreçlerinde PLC denetimli sistemlerin üstünlüklerine değinilmiştir.

Sonuç ve öneriler bölümünde tez çalışması ile ilgili genel bir değerlendirme yapılmış ve PLC ile denetlenen sistemlerde gereksinimlere göre daha geniş kapsamlı işlevlerin gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Programlanabilir mantık denetleyici, yapılandırma, başarım

ABSTARCT

In this work, a Programmable Logic Controller (PLC) controlled pump system is designed for the irrigation and drainage. Also, the system configuration and performance informations are provided.

Chapter 1 introduces general informations about water resources and arable lands of Turkey and the world. One of the most important work for efficent use of land and irrigation, drainage systems, are mentioned and its advantages are analyzed.

Previous Works done as Master Thesis, research reports and other published articals and books are summerized in Chapter 2, the Literature Survey Chapter.

In chapter 3, general informations are given about electromechanical equipment used for system configuration. Equipment selection has been done as working criteria.

The relevant definitions of PLC, programming languages, user creation and execution of the program are described with samples in Chapter 4.

In Chapter 5, all control conditions are identified of the PLC Controlled pump station so the user controller program is created with the method described in Chapter 4.

Basic concepts are explained for performance and operating characteristics of the pump stations in chapter 6. Standart performance tests are applied to moto-pomp units for the different working conditions and system characteristics are created according the obtained data. Results of performance tests are evaluated for the system .

In conclusion chapter, PLC controlled systems are compared with classical conrol circuits. PLC's advantages are mentioned in configuration and opertaing proccesses.

General assesments of the thesis have been mentioned in results and recommendations chapter. More functional applications can be done according to requirements with PLC controlled systems.

Keywords: Programmable Logic Contraller, configuration, performance

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda bana yardımcı olan ve beni yönlendiren danışmanım Yrd. Doç. Dr. İrfan ŞENLİK' e, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü personeline, çalışmalarımı her aşamada destekleyen Arş. Gör. Turgay YALÇIN' a araştırmalarımda yardımcı olan Elektrik Mühendisi Hasan GENÇ ve Makine Mühendisi Metin GÜNAYDIN' a, DSİ VII. Bölge Elektromekanik Teçhizat Şube Müdürü Hasan UMUR' a ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. SULAMA SİSTEMİ VE ELEKTROMEKANİK DONANIM	6
3.1. Sulama-Drenaj Sistemi	6
3.2. Elektromekanik Donanım	8
3.2.1. Pompa- Motor Birimi	8
3.2.1.1. Pompalar.....	9
3.2.1.2. Elektrik Motorları	9
3.2.2. Elektrik Panoları ve Donanımı	11
3.2.2.1. Motor Giriş Panosu	11
3.2.2.2. Motor Kumanda ve Kontrol Panosu	13
3.2.2.3. Motor Kompanzasyon Panosu	18
3.2.2.4. PLC Kontrol Panosu	19
3.2.3. Diğer Elektromekanik Donanımlar	21
4. PLC DENETİMLİ POMPA MOTOR BİRİMLERİNİN OTOMASYONU ...	22
4.1. Programlanabilir Mantık Denetleyici (PLC) İle Denetim	22
4.1.1. PLC'nin Temel Yapısı	23
4.1.2. PLC'nin Çalışma Biçimi ve Kullanıcı Programının	
Yürütülmesi	25
4.1.3. Programlama Dilleri	26
4.1.4. PLC Kullanıcı Programının Oluşturulması	27

4.1.4.1. Merdiven Diyagramı ile PLC Programlama	27
4.1.4.2. Zamanlayıcı Programlama	31
4.1.4.3. Sayıcı Programlama	37
5. POMPA İSTASYONU KUMANDA SİSTEMİ VE PLC PROGRAMININ	
OLUŞTURULMASI	39
5.1. Pompa-Motor Birimlerinin Genel Denetim Koşulları	39
5.2. PLC'den Bağımsız Denetim	40
5.3. PLC ile Denetim ve Kullanıcı Programının Oluşturulması	40
5.3.1. Otomatik Denetim Sistemi Genel Denetim Koşulları	40
5.3.1.1. Birinci Seviyede Otomatik Denetim Koşulları	41
5.3.1.2. İkinci Seviye Otomatik Denetim Koşulları	42
5.3.1.3. Taşkın Seviyesi Otomatik Denetim Koşulları	42
5.3.2. Denetim Sistemine İlişkin Mantıksal Eşitliklerin Oluşturulması ...	42
5.3.2.1. Çıkışlara İlişkin Mantıksal Eşitlikler	45
5.3.2.2. Ara Belleklere İlişkin Mantıksal Eşitlikler	49
5.3.2.3. Zamanlayıcı Mantıksal Eşitliklerin Oluşturulması	53
5.3.2.4. Sayıcı Mantıksal Eşitliklerin Oluşturulması	56
5.3.3. Denetim Sistemine İlişkin PLC Programının Oluşturulması	59
5.3.3.1. Çıkışlara İlişkin PLC Program Parçaları	62
5.3.3.2. Arabelleklere İlişkin PLC Program Parçaları	64
5.3.3.3. Zamanlayıcılara İlişkin PLC Program Parçaları	67
5.3.3.4. Sayıcılara İlişkin PLC Program Parçaları	69

5.3.4. Sisteme İlişkin PLC Kullanıcı Programı	70
6. POMPA İSTASYONUNU İŞLETME KARAKTERİSTİKLERİ	
VE BAŞARIMI	74
6.1. Başarımla İlgili Temel Kavramlar	74
6.1.1. Debi	74
6.1.2. Pompa Basma Yüksekliği	74
6.1.3. Pompa Mil Gücü	74
6.1.4. Pompa Etkinleştirme Gücü	75
6.1.5. Pompa Verimi	75
6.1.6. Sistem Verimi	75
6.2. Başarım Testleri	76
6.2.1. Hm değerinin ölçülmesi	76
6.2.2. Debinin Ölçülmesi	76
6.2.3. Güç Ölçülmesi	76
6.2.4. Hız Ölçümü	76
6.2.5. Moment Ölçümü	76
6.3. Pompa-Motor Birimlerinin Başarım ve İşletme Karakteristiklerinin	
Elde Edilmesi	77
6.3.1 Pompa Karakteristikleri	77
6.3.2. Sistem Verim Karakteristiği ve En İyi Çalışma Noktası	78
6.3.3. Sistem Hız-Moment Karakteristikleri	79
7. TARTIŞMA	81

8. SONUÇ VE ÖNERİLER	82
9. KAYNAKLAR	84
10. EKLER	86
EK A Modicon Premium TSX DEY 16 Tip PLC İçin UNITY PRO ile Hazırlanan	
Kullanıcı Programı	86
EK B Automation Studio 5.0 Programında Pompa İstasyonu Denetim Sisteminin	
Gösterimi	89
EK C: PANO GÖRÜNÜMLERİ	99
ÖZGEÇMİŞ	106

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1. Drenaj Sistemi İlke Şeması	6
Şekil 4.1. PLC'nin Temel Yapısı	23
Şekil 4.2. PLC İşletim Şeması	26
Şekil 4.3. Elektriksel Kilitleme Devresi PLC Giriş ve Çıkış Bağlantıları.....	31
Şekil 4.4. Yıldız-Üçgen Bağlantı Şeması	32
Şekil 4.5. Yıldız-Üçgen Çalışmaya İlişkin PLC Giriş ve Çıkış Bağlantıları	37
Şekil 4.6. İleri Sayıcı Zaman Diyagramı	38
Şekil 4.7. İleri-Geri Sayıcı Zaman Diyagramı	38
Şekil 6.1. Pompa Karakteristiğine Göre Kararlılık	77
Şekil 6.2. Sistem Verim Karakteristiğine Göre En İyi Çalışma Noktası	79
Şekil 6.3. Hız-Moment Karakteristiğine Göre İşletme Noktası	80

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1. PLC Temel Komut ve Sembolleri	28
Tablo 4.2. Elektriksel Kilitleme Devresi Giriş İşaretleri	29
Tablo 4.3. Elektriksel Kilitleme Devresi Çıkış İşaretleri	29
Tablo 4.4. Elektriksel Kilitleme Devresi PLC Giriş İşaretleri	30
Tablo 4.5. Elektriksel Kilitleme Devresi PLC Çıkış İşaretleri.....	30
Tablo 4.6. Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi Giriş İşaretleri	33
Tablo 4.7. Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi Çıkış İşaretleri	33
Tablo 4.8. Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi Zamanlayıcı İşareti	33
Tablo 4.9. Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi PLC Giriş İşaretleri	35
Tablo 4.10. Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi PLC Çıkış İşaretleri	35
Tablo 4.11. Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi PLC Zamanlayıcı İşareti	35
Tablo 5.1 Otomatik Denetim Sistemine Ait Giriş İşaretleri	42
Tablo 5.2. Otomatik Denetim Sistemine Ait Çıkış İşaretleri	44
Tablo 5.3 Otomatik Denetim Sistemine Ait Bayrak İşaretleri	44
Tablo 5.4 Otomatik Denetim Sistemine Ait Zamanlayıcı İşaretleri	44
Tablo 5.5 Otomatik Denetim Sistemine Ait Sayıcı İşaretleri	45
Tablo 5.6. Otomatik Denetim Sistemine Ait Giriş İşaretler	59

Tablo 5.7. Otomatik Denetim Sistemine Ait Çıkış İşaretleri	60
Tablo 5.8. Otomatik Denetim Sistemine Ait Ara Bellek İşaretleri	61
Tablo 5.9. Otomatik Denetim Sistemine Ait Zamanlayıcı İşaretleri	61
Tablo 5.10. Otomatik Denetim Sistemine Ait Sayıcı İşaretleri	61
Tablo 6.1. Motor Seçim Katsayıları	75
Tablo 6.2. Debi-Basma Yüksekliği Ölçüm Değerleri	77
Tablo 6.3. Değişik Çalışma Koşulları İçin Verim Değerleri	78
Tablo 6.4. Hız-Moment Ölçüm Değerleri	80

RESİM LİSTESİ

Resim 3.1. Drenaj Havuzu	7
Resim 3.2. Ana Kanal ve Kanala Su Aktarımı	7
Resim 3.3. Pompalar	8
Resim 3.4. Pompa Binası	8
Resim 3.5. Pompa-Motor Birimi	10
Resim 3.6. Kilitli Sayaç Bölmesi	11
Resim 3.7. 3x250 A Termik Manyetik Şalter	12
Resim 3.8. 250/5 A Akım Trafoları	12
Resim 3.9. Enerji Analizörü	13
Resim 3.10. 3X80 A Termik Manyetik Motor Koruma Şalteri	14
Resim 3.11. Faz Kontrol Rölesi	14
Resim 3.12. Motor Termistör Kontrol Rölesi.....	14
Resim 3.13. Su Kaçağı Algılama Rölesi	15
Resim 3.14. Termik Röle	15
Resim 3.15. Zaman Rölesi	15
Resim 3.16. 3x50 A Motor Kontaktörü	16
Resim 3.17. 75/5 A Akım Trafoları	16
Resim 3.18. Amperetreler	16
Resim 3.19. Motor Çalıştırma ve Durdurma Butonları	17
Resim 3.20. Seçim Şalterleri	17
Resim 3.21. Sinyal Lambaları	17

Resim 3.22. 20 kVAr Güç Kondansatörleri	18
Resim 3.23. Kompanzasyon Kontaktörleri	19
Resim 3.24. Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC)	20
Resim 3.25. PLC Giriş-Çıkış Röleleri	20

KISALTMA LİSTESİ

PLC: Programmable Logic Controller

DSP: Digital Signal Processor

kW: Kilowatt

kVar: Kilovoltamper reaktif

ROM: Read Only Memory

RAM: Random Access Memory

STL: Statement List

FBD: Function Block Diagram

LAD: Ladder Diagram

NO: Normalde Açık

NC: Normalde Kapalı

IEC: International Electrical Comission

ANSI: American National Standarts Institue

DSİ: Devlet Su İşleri

1.GİRİŞ

Günümüzde dünyanın karşı karşıya kaldığı en önemli sorunlardan biri su kaynaklarının azalması ve bu durumun özellikle verimli arazilerde yarattığı olumsuz etkilerdir. Bu azalış giderek önemli boyutlara ulaşmış olup, bu sorunun temel nedenleri arasında gereksiz ve aşırı su tüketimi, teknolojik gelişimle paralellik gösteren çevre kirliliği ve bilinçsiz tarım etkinlikleri sayılabilir. Sorunun ana kaynağı ise ekonomik kaygılar ve eğitimsizliktir.

Ülkemizde 2007 yılı için sulanabilir arazi alanı 28 milyon hektardır. Ancak ekonomik olarak sulanabilecek alan 8.5 milyon hektar kadardır. Ayrıca sulama kaynaklarının yetersizliği ve kurulacak tesis maliyetlerinin fazla olması nedeniyle yalnızca 4.9 milyon hektarlık bir alan sulanabilmektedir. Dünyada ise tarım yapılabilen arazinin %17'si sulanabilirken, toplam bitkisel üretimin %40'ı bu arazilerden karşılanmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de su kaynaklarının %70'inden fazlası tarımda kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi sulama ile verimlilik arasında doğrudan bir ilişki vardır. Kullanılabilir su kaynaklarındaki hızlı azalış doğru orantılı olarak verimli arazileri de etkilemiştir. Bu durumda su kaynaklarının en doğru ve en verimli şekilde kullanılması daha da önem kazanmaktadır. Yani kaynakların etkin ve verimli kullanımı için çözümler aranmalıdır.

Sulama ve verimlilik ile ilgili yapılan en etkin çalışmalardan biri de drenaj sistemleridir. Drenaj sistemi su bakımından aşırı doymuş arazilerin, fazla suyun bir merkezde toplanarak tarıma elverişli hale getirilmesi ve toplanan suyun başka bir sulama bölgesinde yeniden kullanılabilmesi için bir kanala aktarılması amacıyla kurulmaktadır. Bu toplama ve aktarım işlemi düşük kottan daha yüksek bir kottaki kanala yapılacaksa pompalama işlemi uygulanır. Yani kanal ile toplama havuzu arasında bir pompa istasyonu kurulur. Drenaj işlemi, geniş bir alanı tarım sektörüne kazandırmakla beraber önemli ölçüde su kaynağını da kullanıma sunmaktadır. Böylece her iki yönden kazanımlar sağlamaktadır.

Tüm endüstriyel uygulamalarda olduğu gibi sulama alanında da otomasyon teknolojileri sıkça kullanılmaktadır. Önceleri geleneksel kumanda sistemleri ile yürütülen işlemler günümüzde mikroişlemciler ve bilgisayar programları ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle sistemin istenilen çalışma koşullarına göre denetlenmesi ve gerektiğinde çalışma koşullarının değiştirilmesi program yazılımları ile yapılabilir. Ayrıca sistem değişkenleri yine bilgisayar üzerinden denetlenebilmektedir. Bu biçimde karmaşık kumanda ve ölçme işlemleri daha da basitleştirilebilir.

Bu çalışmada programlanabilir mantık denetleyici (PLC) denetimli elektrik motoru - pompa sistemi ile yapılan bir drenaj çalışması gerçekleştirilerek, sistemin başarımlı özellikleri incelenmiştir. Sulama sisteminin yapısal özellikleri, kullanılan elektrik ve mekanik donanımın teknik özellikleri, tasarım bilgileri ile yapılan hesapları hakkında bilgi verilmiştir. Sistemde kullanılan elektrik motorlarının otomasyonunu sağlayan programlanabilir mantık denetleyiciler (PLC) tanıtılmış ve değişik çalışma koşulları için program yazılımları oluşturulmuştur. Kullanılan sistemin denetimi yapılarak, gerçek çalışma koşullarındaki testler ile başarımlı durumu incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Günümüzde, hızla artan nüfus, artan çevre kirliliği sebebiyle suyun değeri çok önem kazanmıştır. Tarih boyunca toplumlar yaşadıkları bölgenin koşullarına ve teknik bilgilerine göre daha birçok değişik yöntem kullanarak su gereksinimlerini karşılamışlardır. Toplumların bilgi ve becerisi arttıkça suyu daha iyi kullanabilmek için daha yeni teknikler geliştirmiştir. Toprakta bulunan besin elementlerinin doğal döngüsünü tamamlayabilmeleri tamamen su döngüsüne bağlıdır. Su döngüsü yağış ve sulama suları ile toprağa verilen suyun buharlaşma ile tekrar havaya iletilmesi olayıdır. Yağışlar ve sulama suları ile verilen suyun büyük bir bölümü yüzey buharlaşması ile atmosfere gitmektedir. Bu yüzey buharlaşmasının azaltılması bitkiler için elverişli suyun daha uzun süre toprakta tutulması anlamına gelir ve su tasarrufu sağlar.

Tarımsal amaçlı sulama tekniklerindeki gelişmelerle birlikte su kaynaklarının en doğru ve en verimli şekilde kullanılması daha da önem kazanmıştır. Özellikle M. Ö. İranlılar tarımsal amaçlı olarak yeraltı sularının kullanımı için “kanat” yöntemi geliştirmişlerdir. Bu biçimde su kanallarda taşınarak buharlaşma ile kayıp en aza indirilmiştir. Kanat yönteminde ilk olarak yeraltı su kaynağından sulama bölgesine yeraltından giden bir kanal açılmaktadır. Kanalin ve suyun havalandırılması, kanalın uzun olması durumunda oluşabilecek zararların ve tıkanıklıkların en aza indirilmesi ve kanalın kir, tozdan arındırılması için kanala dik bacalar açılmaktadır. Yöntem günümüzde de çok az da olsa bazı bölgelerde kullanılmaktadır [1,2,...7].

Tarihsel süreçte, önemli bir yerleşim yeri olan Nil nehrinin etrafında yerleşen toplumlar önceleri hidrolik bir sistem sayesinde nehirdeki suyu kullanmışlar, daha sonra suyun çevirme gücünden devinimle daha büyük sistemler geliştirmişlerdir[7,8]. Özellikle İnka yerlilerinin İspanyol işgalinden önce Amerika’da yaptıkları sulama sistemi, bir mühendislik harikasıdır. İknalar; tepeleri setler biçiminde düzenleyerek, yağmur ormanlarındaki yoğun yağmur yağışının neden olacağı erozyonu engellemiş ve setler içerisine yapılan kanallar ile suyu çok iyi yönetebilmişlerdir [7,9]. Meksika’da Mayalar yağış dönemleri dışında var olan su kaynaklarının yetersizliği, yağış mevsimlerinde toprağın geçirgen yapısından dolayı su tutamaması nedeniyle, yağmur suyunu tabanı su geçirmeyen doğal mağaralara yönlendirerek biriktirmişlerdir. Doğal mağaraların yetersiz olduğu yerlerde ise su sarnıçları inşa ederek suyu buralarda depolamış ve su gereksinimi buralardan karşılamışlardır [7,10].

Anadolu’da ilk sulama projesi Osmanlı zamanında Konya ovasında yapılmıştır. İlk yasal düzenleme ise 1953’te DSİ ’nin kurulması ile yapılmıştır. Sulamada 1965’lere kadar klasik yapılı kanallar kullanılmış daha sonra yeni teknolojiler geliştirilmiştir[11].

Ülkelerde sanayileşmenin artması ile tarıma ayrılan alanlar ve tarımla ilgilenen nüfus azalmıştır. Tarımda azalan alanlar ve iş gücüne karşılık, dünya nüfusu ve gıda ihtiyacı giderek artmaktadır. Bu nedenle günümüzde daha az iş gücü ile daha verimli tarımsal üretim yapmak temel amaç haline gelmiştir. Gelişen teknolojilerle birlikte tarımda ve sulamada insanın harcadığı iş gücü giderek azalmıştır. Özellikle mikroelektronik teknolojisi, programlanabilir mantık denetleyici(PLC) ve sayısal işaret işleyici(DSP) alanındaki gelişmelerle otomasyona geçiş sağlanmış, bunun sonucu tarımsal amaçlı sulama işleminde insan iş gücüne gerek kalmamıştır[12].

Sulama sistemi, bir bütün olarak düşünüldüğünde, sistemini oluşturan elektrik ve mekanik donanımlar ve bu alandaki PLC uygulamaları hakkında kapsamlı bir araştırma yapıp, tasarım aşamasında bu araştırmalardan yararlanmak gerekir.

Doç Dr. Salman KURTULAN; “PLC ile Endüstriyel Otomasyon” adlı kitabında, PLC genel yapısı, çalışma biçimi, programlanması, değişik mantıksal işlemlerin gerçekleştirilmesi, tasarım yöntemleri hakkında temel bilgiler ve değişik kumanda ve denetim işlemleri ile ilgili uygulamalar yer almaktadır [13].

Marco COSTANZO tarafından yazılan “Programmable Logic Controllers” adlı kitap, merdiven diyagramlarının oluşturulması, PLC ile özel amaçlı analog algılayıcıların ara yüzeyleri ve PLC uygulamaları gibi konulara yer vermiştir[14].

Makine mühendisi Özgür ÖZKÖK tarafından yapılan “Hidrolik Uygulamalarda PLC Yazılımlar” konulu yüksek lisans tezinde, algılayıcılar, zaman rölesi gibi elektronik bileşenleri kapsayan otomasyon uygulamaları incelenmiştir. Sayısal, analog girişler, çıkışlar ile aritmetik uygulamaların PLC yazılımında ifade edilme biçimleri belirtilmiştir. Uygulamada kullanılan PLC yazılımları oluşturulmuş ve bunlar ayrıntılarıyla açıklanmıştır[15].

Elektrik mühendisi Sefer AĞCA tarafından yapılan “ Kontaktör ve PLC Yöntemiyle Sulama Sisteminin Kontrolü” konulu yüksek lisans tezinde, tarımsal sulama otomasyonunun klasik röle mantığı ve programlanabilir mantık denetleyiciler ile gerçekleştirilmesi durumları karşılaştırılmış ve PLC kontrolü ile otomasyonun tamamen ortam verilerine bağlı olarak daha başarılı olduğu kuramsal olarak gösterilmiştir[16].

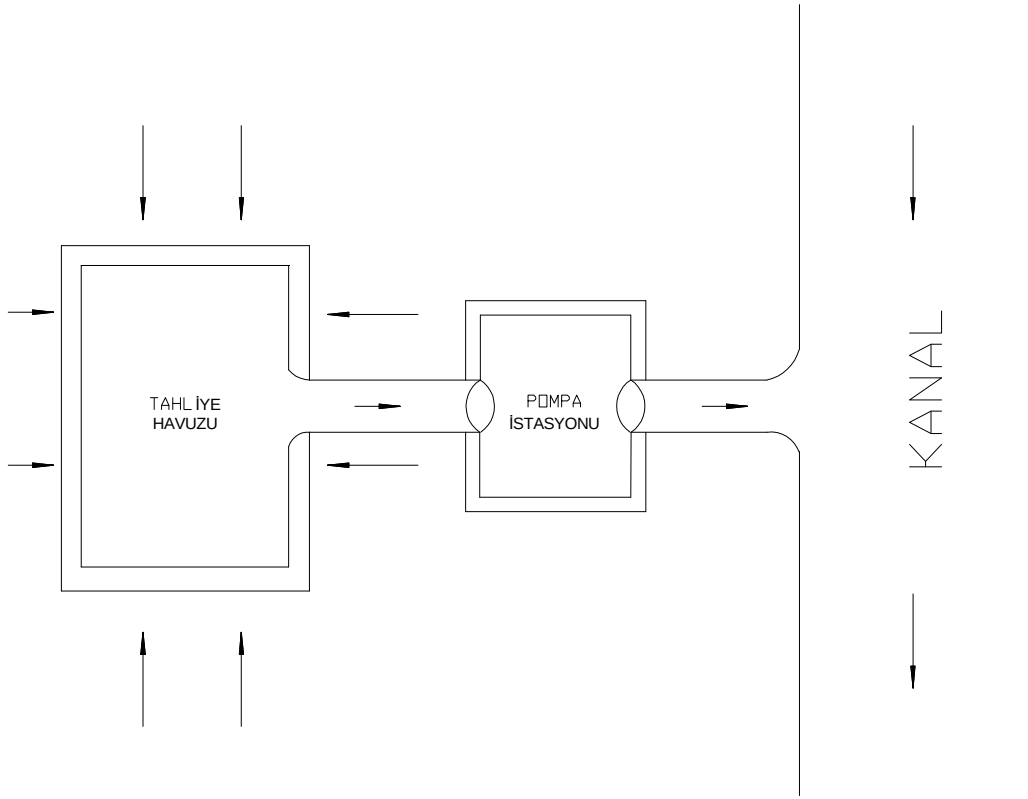
Elektrik mühendisi Sinan ALTIN tarafından yapılan “Mikrodenetleyici Kullanarak Zirai Sulama Sistemlerinin Otomatik Hale Getirilmesi” konulu yüksek lisans tezinde, yerleşim yerlerinden uzakta bulunan yerlerde, sulama işleminin en az işgücü ile yapılmasını için PIC16F877 mikrodenetleyicisi kullanarak otomatik olarak çalışan bir tarımsal sulama sisteminin tasarımı gerçekleştirilmiştir[17].

MAS GROUP tarafından hazırlanan “Pompalar ve Pompa Tesisatları” adlı kitapta, pompa istasyonunda kullanılan mekanik donanım hakkında temel bilgiler, pompa çalışma koşulları, bakım bilgileri, işletme ve bakım koşulları hakkında bilgiler yer almaktadır[18]. AYDINEL İNŞAAT Yükleniciliğinde yapımı devam eden “Bafra Sağ Sahil Sulama ve Drenaj Uygulaması” işi için hazırlanan projelerden tezin hazırlanması aşamasında önemli ölçüde yararlanılmıştır[19].

3. SULAMA SİSTEMİ VE ELEKTROMEKANİK DONANIM

3.1. Sulama-Drenaj Sistemi

Tarımsal amaçlı sulama-drenaj sistemi yapısal olarak Şekil 3.1 de gösterildiği gibi üç temel öğeden oluşur. Bunlar suyun toplandığı merkez (toplama havuzu), pompa istasyonu ve drenaj kanalıdır. Arazide bulunan fazla su bu sistemler aracılığı ile toplanır ve taşınır.



Şekil 3.1. Drenaj Sistemi İlke Şeması

Drenaj çalışması yapılacak arazi su bakımından doymuştur. Arazide bulunan aşırı su açılacak drenaj havuzunda toplanır. Havuzun nerede açılacağı önemlidir. Çünkü çalışmanın yapılacağı arazideki tüm suyun aynı yerde toplanması gerekir. Bu nedenle en uygun yeri belirlenmesi için zemin etütleri yapılır. Havuzun drenaj kanalı yakınında bir bölgede açılmaması durumunda, pompalama aralığı ve güç tüketimi artacaktır.

Arazideki fazla su havuzda toplandıktan sonra pompa istasyonu ile ana su kanalına basılır. Ana kanal, tahliye edilen suyun taşınması amacıyla yapılmıştır. Kanalın, genelde havuza göre daha düşük kotta olması istenir. Ancak bölgede birden fazla drenaj çalışması varsa kanalın güzergahı, diğer drenaj havuzlarının kotları da dikkate alınarak belirlenir. Ayrıca zemin şartları da kanal güzergahını etkiler. Bu nedenle bazı durumlarda kanalın havuzdan yüksek kotta olması, yani pompa istasyonu kurulması zorunluluk haline gelmektedir.

Pompa sisteminin kurulum yerinin doğru seçilmesi durumunda aynı debiyle, aynı yüksekliğe daha küçük güçle su basılabilir. Bu durumda sistemde kullanılan tüm donanımın seçim değerleri düşecek ve yeni sistem daha da ekonomik olacaktır.



Resim 3.1. Drenaj Havuzu



Resim 3.2. Ana Kanal ve Kanala Su Aktarımı



Resim 3.3. Pompalar



Resim 3.4. Pompa Binası

3.2. Elektromekanik Donanım

Sulama amacıyla kurulmuş pompa istasyonlarındaki elektromekanik sistem, genel olarak pompa motor birimleri, bu birimler için gerekli kontrol, koruma, ölçme gibi işlevleri yerine getiren donanımların yer aldığı panolar ve işletme için gerekli diğer elektromekanik ekipmanlardan oluşmaktadır.

3.2.1. Pompa- Motor Birimi

Pompa-motor birimi birbirlerine akuple durumdaki pompa ve motorların birlikte oluşturdukları bir sistemdir. Bilindiği gibi motorlar pompa aktivasyonu için kullanılmaktadır. Sulama sistemlerinde bu işlev genellikle asenkron elektrik motorları ile gerçekleştirilmektedir.

3.2.1.1.Pompalar

Sulama sistemlerinde genellikle elektrik motorları tarafından sürülen ve suyun istenilen noktaya aktarılmasını sağlayan mekanik donanımlardır. Zirai sulamada, içme ve kullanma suyu temininde en etkili ve en fazla kullanılan pompa türü, dik türbin pompalardır. Eksenel yük yatağı, erkek-dişi kaplin takımı, klerans ayar somunu, ara kafes v.s., parçalardan ve bunların ilave işçiliğinden tamamen tasarruf sağlarlar. Montaj, demontaj ve klerans ayarları kolayca ve kısa zamanda yapılabilmektedir. Tasarımı yapılan pompa istasyonunda iki adet sürekli çalışma ve bir adet yedek çalışma için tesis edilmiş üç adet pompa bulunmaktadır. Pompalar, bir noktadan bir kademedede emiş yapmaktadırlar. Pompa debisi ortam parametrelerine göre 300 lt/s olarak belirlenmiş, maksimum 350 lt/s, minimum 250 l/s olacak şekilde tolerans verilmiştir. Pompa manometrik yüksekliği 5 metre olarak belirlenmiştir. Maksimum ve minimum manometrik basma yüksekliği ise 2.60 – 5.65 metredir.

3.2.1.2.Elektrik Motorları

Endüstride kullanılan elektrik motorları, alternatif ve doğru akımla çalışan motorlar olmak üzere ikiye ayrılır. Elektromekanik düzenek uygulamalarında 1970'lerin ortalarına kadar, akı ve moment denetiminin kolayca yapılabilmesi nedeniyle doğru akım motorları tercih edilmiştir. Doğru akım motorlarının pahalı olması, bakım ve işletme masraflarının yüksek oluşu, verimlerinin düşük olması, boyutlarının büyük oluşu gibi olumsuz özelliklerinin yanında, alternatif akım motorları basit ve sağlam yapıları, yüksek verimleri, bakım kolaylığı, maliyet azlığı gibi üstünlüklere sahiptir. Buna karşılık alternatif akım motorlarının denetimi, doğru akım motorlarının denetiminden çok daha karmaşıktır. Gelişen teknoloji ile denetim sistemlerinin başarımı artmış ve bunun sonucu alternatif akım motorlarının kullanımları yaygınlaşmıştır. Yarı iletken anahtar elemanlarının gelişimi, programlanabilir mantık denetleyici (PLC) ve sayısal işaret işleyici (DSP) alanındaki gelişmelerle otomasyona geçiş sağlanarak, yeni denetim teknikleri geliştirilmiştir. Denetim sistemlerinin gelişmesi, güç elektroniği elemanlarının maliyetlerindeki düşüş ve başarımlarındaki artış nedeniyle alternatif akım motorlarının denetimi daha etkin bir şekilde yapılabilmektedir.

Alternatif akım motorları bir veya çok fazlı olarak yapılmaktadır. Endüstride kullanılan elektrik motorlarının en sağlam, en ucuz, en az arıza yapan ve en çok kullanılan asenkron motorlardır. Çalışma ilkesi bakımından bu motorlara endüksiyon motorları da

denilmektedir. Asenkron motorlar genellikle sabit duran stator ve kendi çevresinde dönen rotor olmak üzere gövde, mil, kapaklar, pervane gibi parçalardan oluşur. Buna göre, stator manyetik alanın meydana geldiği motorun sabit kısmı, rotor ise dönen kısımdır. Stator ve rotor gövdesi histerisiz kayıplarını azaltmak için silikon alaşımlı çelik saçlardan imal edilmiş olup, eddy akım kayıplarını azaltmak için vernikle kaplanmıştır. İletkenler stator içine uygun adım sayılarına göre yerleştirilirler.

Asenkron motorlar rotor yapılarına göre kafesli veya sargılı rotorlu imal edilirler. Rotor rulman veya dişli bir sistemle motor miline sabitlenmiştir. Stator paketi gibi manyetik saçların bir araya getirilmesiyle oluşturulan rotorun üzerine açılan oluklara rotor tipine göre sargı yerleştirilir. Kafesli rotorda ise oluklarına eritilmiş alüminyum dökülerek rotor iletkenleri oluşturulur. Bu şekilde yapılan kısa devre çubukları özel durumlarda bakır malzeme kullanılarak yapılabilir. Motorda yüksek bir başlangıç momenti ve hız ayarı istenildiğinde rotora çubuklar yerine, stator sargıları gibi sargılar yerleştirilir. Mil üzerine yerleştirilen bileziklere bağlanır.

Pompa-motor birimlerinde kullanılan elektrik motorlarının güçleri işletme debisi, basma yüksekliği ve pompa verimine göre belirlenir. Sistemde bulunan üç adet pompa, 300 lt/s debi, 5 mSS basma yüksekliği için 30 kW standart güç değerine sahip kafesli asenkron motorlarla sürülmektedir. Besleme değerlerine uygun olarak motorların etiket değerleri: 3 fazlı, 380 V, 50 Hz, 750 d/d ve $\cos\phi = 0,8$ olarak belirlenmiştir. Yol alma sırasında motorların kalkış akımını sınırlamak için Y / Δ yol verilmiştir. Resim 3.5'te akuple durumdaki pompa-motor birimi görülmektedir.



Resim 3.5 Pompa-Motor Birimi

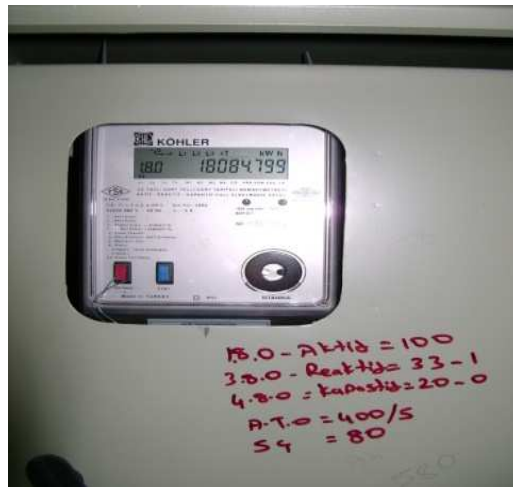
3.2.2. Elektrik Panoları ve Donanımı:

Kurulan sistemin özelliklerine göre elektriksel donanım seçilip, gördükleri işlevlere göre panolara yerleştirilir. Asenkron motor için, motor giriş, kontrol ve kumanda, kompanzasyon, otomasyon işlevlerini yerine getirecek donanım ve bu donanımın yerleştirileceği panoların bulunması gerekir. Panolar, ilgili donanımın montajına ve elektriksel bağlantısına olanak verecek boyut ve yapıda olmalıdır. Ayrıca çalışacağı ortam şartlarına uygun malzemelerden üretilmeli ve yalıtımı yapılmalıdır.

3.2.2.1. Motor Giriş Panosu:

Motor giriş panosunda, elektrik sayacı ve sabit kompanzasyon sistemi (kilitli bölmede), enerji analizörü, ana termik manyetik şalter ve pano iç gereksinimine yönelik donanımlar yer almaktadır.

Sayaç Bölmesi:. Aktif ve reaktif tüketimler bir adet elektronik kombi sayaçla belirlenmektedir. Transformatörün güç katsayısının düzeltilmesi için sabit kompanzasyon yapılmıştır. Sabit kompanzasyon için trafo gücünün %5 ile %10' u arasında kondansatör gücü belirlenir. Sisteme enerji 160 kVA gücünde transformatör ile sağlandığından sayaç bölümünde 10 kVAr gücünde kondansatör grubu kullanılmıştır. Resim 3.6'da pompa istasyonunun giriş panosundaki kilitli sayaç bölümü görülmektedir.



Resim 3.6 Sayaç Bölmesi

Ana Termik Manyetik Şalter: Enerji altında açma kapama yapabilmek, aşırı akım ve kısa devrede sistemin enerjisini kesmek için kullanılmıştır. Pompa istasyonunu 160 kVA gücündeki trafodan beslediği için giriş panosunda 3 x 250 A' lik termik manyetik şalter kullanılmıştır. Resim 3.7'de motor giriş panosundaki termik manyetik şalter görülmektedir.



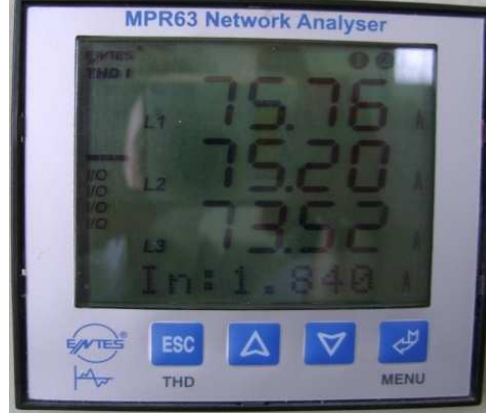
Resim 3.7 3x250 A Termik Manyetik Şalter

Akım Ölçü Transformatörü: Akım bilgisine gereksinim duyan ölçü aygıtlarının sisteme bağlanması için kullanılmaktadır. Motor giriş panosunda üç adet 250/5 A değerinde akım transformatörü bulunmaktadır. Resim 3.8'de pompa istasyonunun giriş panosundaki akım transformatörleri görülmektedir.



Resim 3.8 250/5 A Akım Trafoları

Enerji Analizörü: Sistemin akım, gerilim, aktif ve reaktif güç, güç faktörü, aktif ve reaktif enerji ve harmonik distorsiyon gibi büyüklüklerini izleyebilmek için kullanılmıştır. Resim 3.9’da pompa istasyonunun giriş panosundaki enerji analizörü görülmektedir.



Resim 3.9 Enerji Analizörü

Bu donanımlara ek olarak motor giriş panosunda, otomatik sigorta, bir faz ve üç faz priz, pano dahili aydınlatması, kumanda sigortaları, fotosel röle ve kontaktör, kumanda trafosu, güç kaynağı, nem denetimi için higrostat kontrolörü ve pano ısıtıcısı bulunmaktadır.

3.2.2.2. Motor Kumanda ve Kontrol Panosu:

Bu panoda, termik manyetik motor koruma şalteri, faz kontrol rölesi, termistör rölesi, termik, zaman rölesi, Y/ Δ kontaktör takımı, akım ölçü transformatörleri, amperetreler, su kaçağı rölesi, butonlar, seçim şalterleri ve sinyal lambaları bulunmaktadır.

Termik Manyetik Motor Koruma Şalteri: 30 kW’lık motorun çektiği nominal akım değeri 57 A dir. Bu motoru devreye almak veya devreden çıkarmak, aşırı akım ve kısa devreden korumak amacıyla 3 x 80 A değerinde termik manyetik koruma şalteri kullanılmıştır. Resim 3.10’da motor kumanda panosunda kullanılan termik manyetik motor koruma şalteri görülmektedir.



Resim 3.10 3x80 A Termik Manyetik Motor Koruma Şalteri

Faz Kontrol Rölesi: Sistemde faz kontrolü için kullanılmaktadır. Fazların eksik veya sıralarının yanlış durumlarda motorların devreden alınması için kumanda sinyali üretir. Resim 3.11’de motor kumanda panosunda kullanılan faz kontrol rölesi görülmektedir.



Resim 3.11 Faz Kontrol Rölesi

Termistör: Aşırı akıma karşı koruma sağlayan elektronik devre elemanıdır. Sıcaklık arttıkça direnci artar ve çekilen akımın sınırlanması sağlanır. Resim 3.12’ de motor kumanda panosunda kullanılan motor termistör kontrol rölesi görülmektedir.



Resim 3.12 Motor Termistör Kontrol Rölesi

Su Kaçağı Algılama Dedektörü: Pompa sisteminde meydana gelebilecek su kaçaqlarını algılamak ve kaçağın meydana geldiği birimleri devre dışı bırakmak amacıyla kullanılmaktadır. Resim 3.13’ de her bir birim için kullanılan su kaçağı algılama dedektörü görülmektedir.



Resim 3.13. Su Kaçağı Algılama Rölesi

Termik: Termik röle ısıtıcı, kontak ve bimetal elemanlardan oluşur. Isıtıcı yüke bağlanır. Yükteki yüksek bir akım ısıtıcıya direkt olarak verilir. Isıtıcı içerisinde bulunan bimetal yapısı itibari ile genleşme katsayıları farklı iki tür metalden oluşmuştur. Isı arttıkça genleşme katsayısı yüksek olan metal bükülür ve kontağı açar. Bu şekilde yük korunmuş olur. Resim 3.14’ de birimleri aşırı akımdan korumak amacıyla kullanılan termik röle görülmektedir.



Resim 3.14. Termik Röle

Zaman Röleleri: Enerji verildiğinde veya kesildiğinde, kontakları gecikmeli olarak durum değiştiren rölelere, zaman rölesi adı verilir. Resim 3.15’ te birimlerin yıldız bağlantı ve test sürelerinin denetimi için kullanılan zaman rölesi görülmektedir.



Resim 3.15. Zaman Rölesi

Kontaktörler: Aşırı yük işletme şartları dahil, normal devre şartlarında akımları taşıyan, kesebilen ve kumanda edilebilen anahtarlama düzenekleridir. Sistemde, 30 kW'lık motorlar için 3x63 A'lık kontaktörler kullanılmıştır. Resim 3.16' de motor kumanda panosunda kullanılan motor kontaktörü görülmektedir.



Resim 3.16. 3x63 A Motor Kontaktörü

Akım Ölçü Transformatörü: Ampermetrelere akım bilgisi göndermek için, üç adet motor için, toplam 9 adet akım ölçü transformatörü kullanılmıştır. Motor nominal akımının 57 A olduğu göz önünde bulundurularak akım trafoları 75/5 A olarak belirlenmiştir. Resim 3.17' de motor kumanda panosunda kullanılan akım ölçü transformatörleri görülmektedir.



Resim 3.17. 75/5 A Akım Trafoları

Ampermetreler: Motorların her bir fazdan çektiği akımları ölçmek için ölçü sahası 100 A olan dokuz adet ampermetre kullanılmıştır. Resim 3.18' de pompa 1 için kullanılan ampermetreler görülmektedir.



Resim 3.18. Ampermetreler

Butonlar: Her bir motoru çalıştırmak, durdurmak, test etmek, arıza silmek için dörder adet buton kullanılmaktadır. Acil durumda durdurma için ayrı olarak üç adet daha buton bulunmaktadır. Resim 3.19’ da motor çalıştırma ve durdurma amacıyla kullanılan butonlar görülmektedir.



Resim 3.19. Motor Çalıştırma ve Durdurma Butonları

Seçim Şalterleri: Her bir birimin çalışma konumunu belirlemek için birer adet Test 0 –PLC ve El - Otomatik konum seçim şalteri kullanılmıştır. Test konumunda iken motor PLC’den bağımsız geleneksel kumanda devreleri ile çalışmaktadır. Sistem PLC ile kumanda edilecekse şalter PLC konumuna getirilir. El konumunda motorlar butonlara basarak devreye girip çıkabilmektedir. Otomatik konumda ise motor drenaj havuzunun su seviyesine göre otomatik olarak çalışır. Resim 3.20’ de konum seçimi için kullanılan şalterler görülmektedir.



Resim 3.20. Seçim Şalterleri

Sinyal Lambaları: Motorların çalışma durumunu, termistör, faz kesik veya su kaçağı arızalarını, kumanda geriliminin varlığını, motorların hangi konumda çalıştığını, test aşamalarını, gösteren sinyal lambaları kullanılmıştır. Bunun dışında drenaj kanalı taşkın sinyalizasyonu için flaşörler ile sağlanmaktadır. Resim 3.21’de bazı arıza durumları için kullanılan sinyal lambaları görülmektedir.



Resim 3.21. Sinyal Lambaları

3.2.2.3. Motor Kompanzasyon Panosu:

Bütün elektrik motorları sistemden aktif gücün yanı sıra reaktif güçte çeker. Sistemin güç katsayısını düşürmemek için motora kompanzasyon işlemi uygulanmalıdır. Motor kompanzasyon panosu bu işlevi yerine getirmek için kullanılan donanımın bulunduğu panodur. Pano içersinde güç kondansatörleri, kompanzasyon kontaktörleri, otomatik sigortalar, amperetreler ve akım trafoları bulunmaktadır.

Güç Kondansatörleri: Elektrik motorlarının çektiği endüktif akım, dolayısı ile endüktif güç sistemin güç katsayısını düşürmektedir. Özellikle yükün az olduğu yerlerde bu sorun daha da belirginleşmektedir. Bu durumda elektrik motorlarının çektiği endüktif gücü istenilen düzeyde dengeleyecek kapasitif yüke ihtiyaç vardır. Gerekli olan bu kapasitif yük güç kondansatörleri ile sağlanır. Özellikle 2008 yılı itibariyle, sistem güç katsayısının 0.98'den az olmamasını istemektedir. Bu durumda 30 kW'lık, güç katsayısı 0.8 olan bir elektrik motorunun güç katsayısını 0.98'e çıkarmak için gerekli kondansatör gücü aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Talep Edilen Reaktif Güç (Q}_T\text{)} = \text{Çekilen Aktif Güç} \times (\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$

ϕ_1 : Kompanzasyon öncesi güç açısı

ϕ_2 : Kompanzasyon sonrası güç açısı

Buna göre;

$$Q_T = 30000 \times (\tan\phi_1 - \tan\phi_2) = 30000 \times (0.75 - 0.203) = 16410 \text{ Var}$$

Bu durumda her bir motor için 20 kVAr reaktif gücü sağlayan üçgen bağlı, 400 V gerilim altında çalışan güç kondansatörleri ile kompanzasyon yapılmıştır. Resim 3.22'de kompanzasyon panosunda kullanılan güç kondansatörleri görülmektedir.



Resim 3.22. 20 kVAr Güç Kondansatörleri

Kompanzasyon Kontaktörleri: Kondansatörler ilk devreye alınma anında 1 ile 15 kHz arasında yüksek frekans ve anma akımlarının 180 katına kadar çıkabilen, çok kısa süreli yüksek akımlara neden olurlar. Kompanzasyon kontaktörlerinde, ana kontaklara paralel bağlanan dirençler bu akımı sınırlamakta böylece gerek kondansatörlerin gerekse devre koruyucuların ömrü uzamaktadır. Sistemde 20 kVAr üçgen bağlı kondansatör gurupları kompanzasyon kontaktörleri ile devreye alınmaktadır. Resim 3.23’de kompanzasyon panosunda kullanılan kompanzasyon kontaktörleri görülmektedir.



Resim 3.23. Kompanzasyon Kontaktörleri

3.2.2.4. PLC Kontrol Panosu:

PLC kontrol panosunda sistemin denetimi için kullanılan PLC, giriş ve çıkış kartları ile birlikte bulunmaktadır. Bunun yanı sıra PLC giriş ve çıkışı için kullanılan yardımcı röleler ve PLC fan bu panoda yer almaktadır.

Programlanabilir Mantık Denetleyici (PLC): Günümüzde elektrik motorlarının kumandasında, klasik kumanda devrelerinin yerini mikroişlemci tabanlı programlanabilir mantık denetleyicilerin (PLC) kullanıldığı sistemler almaktadır. PLC ile kumanda edilen sistemde girişler PLC kullanıcı belleğine yazılan programa göre değerlendirilmekte ve çıkışta üretilen sinyaller ilgili kumanda elemanına iletilmektedir.

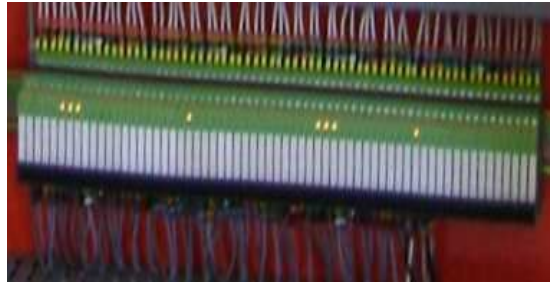
PLC Sayısal Giriş-Çıkış Kartları: PLC’nin girişine gelen sinyaller basınç şalterlerinden ,sınır şalterlerinden , yaklaşım şalterlerinden veya herhangi bir röle, kontaktör yada otomatın yardımcı kontağından olabilir. Sinyal PLC dışı binary sinyaldir ve giriş kartlarında PLC’nin iç

sinyal seviyesine indirirler. Bir giriş kartından 8, 16 yada 32 bit dijital saha bilgisi okunabilir. Kartlar üzerinde her girişe ait bir LED bulunur ve gelen sinyalin seviyesi buradan anlaşılabilir. Sayısal çıkış kartları PLC iç sinyal seviyelerini prosesin ihtiyaç duyduğu binary sinyal seviyelerine çeviren elemanlardır. Bu kartlar üzerinden bir çıkışın set edilmesi ile sahadaki ya da kumanda panosu içimdeki herhangi bir eleman kumanda edilebilir. Tasarlanan sistemde giriş çıkış kartları 24 VDC gerilim ile çalışmaktadır. Resim 3.24'te PLC cihazı giriş çıkış kartları ile birlikte görülmektedir.



Resim 3.24. Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC)

PLC Giriş-Çıkış Röleleri: Sahadan gelen denetim sinyallerini sayısal giriş kartlarına iletmek için giriş röleleri, PLC'de üretilen denetim sinyallerini sayısal çıkış kartlarından alarak denetlenecek elemanlara ulaştırmak için çıkış röleleri kullanılmaktadır. Resim 3.25'de bu röleler görülmektedir.



Resim 3.25. PLC Giriş-Çıkış Röleleri

3.2.3. Diğer Elektromekanik Donanımlar :

Elektriksel donanımlar: Kablolar, topraklama donanımları, iç ve dış aydınlatma ekipmanları, ısıtıcılar, fanlar, seviye kontakları, sınır anahtarları, elektriksel montaj malzemeleri.

Mekanik donanımlar: Flap vana, fan, mil burcu, rulmanlı yatak, kolon ara mili yatağı, mekanik montaj malzemeleridir.

4. PROGRAMLANABİLİR MANTIK DENETLEYİCİ İLE OTOMASYON

Modern işletim süreçlerinde yüksek verim elde etmek için endüstriyel otomasyon giderek daha büyük bir önem kazanmaktadır. Endüstriyel otomasyon, en küçük işletim biriminin amaca uygun çalışmasını sağladığı gibi bütün bir sistem arasında veri iletişimi olanağı sağlayarak ileri düzeyde yönetim ve tasarım için gerekli veri tabanını oluşturmaktadır.

Endüstriyel otomasyon sistemleri temelde üç koşul göz önünde bulundurularak tasarlanır. Endüstriyel kumanda sistemleri tüm işletim birimlerinin çalışma koşullarını düzenleyen ve mantıksal temellere dayanan sistemlerdir. Geri beslemeli denetim sistemi, tüm sistemin istenilen çalışma koşullarına göre işletimini engelleyecek koşulların algılanmasını ve bozucu etkilerin önlenmesini amaçlar. Veri iletişim sistemi ise işletim birimleri arasında güvenilir ve düzenli bilgi aktarımını sağlar. Endüstriyel otomasyonun her aşamasında önemli işlevi olan programlanabilir mantık denetleyici (PLC), günümüzde otomasyon sistemlerinde kullanılan en önemli elemandır.[13]

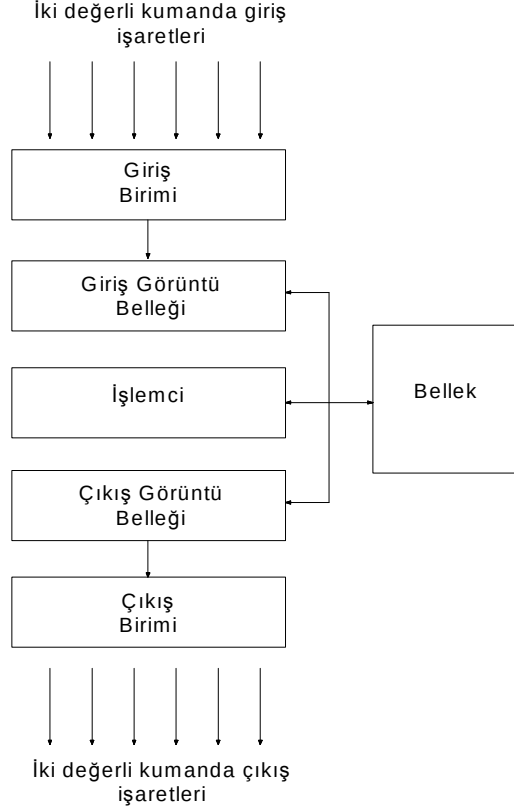
4.1. Programlanabilir Mantık Denetleyici (PLC) İle Denetim:

Programlanabilir lojik kontrolör (PLC), otomasyon sisteminin kumanda ve kontrolünü gerçekleştirmek amacıyla tasarlanmış, bu işlevleri yerine getirmek amacıyla uygun giriş çıkış, veri iletişim sistemleri bulunan ve denetleme işlevini uygun bir sistem programı altında gerçekleştiren donanımlardır. İlk olarak 1969 yılında Modicon firması tarafından temel lojik işlemleri gerçekleştirmek amacıyla üretilmiş daha sonraları Siemens, Allen Bradley General Electric, Omron, Toshiba gibi firmalar tarafından ekonomik ve yüksek başarımlı PLC'ler geliştirilmiş, otomasyon sistemlerinde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır.

Günümüzdeki PLC'ler ise ilk üretildikleri durumdan çok daha ileri düzeydedir. Geniş ölçekli PLC'lerde giriş çıkış sayısı onbinler, program belleği ise "megabyte" boyutunu aşmıştır. İşlem yeteneği ise genel amaçlı kişisel bilgisayar düzeyine ulaşmıştır. İşlem yeteneğinin artması nedeniyle sadece kumanda işlemlerini değil, aynı zamanda kontrol işlevlerini de yerine getirmesi olanaklı hale gelmiştir. Günümüzde PLC'lerin çok büyük bir bölümünde hem endüstriyel kumanda işlevlerini yerine getirecek hem de geri beslemeli kontrolü sağlayacak gerekli yazılım ve donanım bulunmaktadır.[13]

4.1.1. PLC'nin Temel Yapısı

PLC en genel anlamda giriş, işlemci, programlayıcı ve çıkış birimlerinden oluşur. Bunların dışında değişik işlemleri gerçekleştirecek birimlerde bulunmaktadır. Bu birimleri aşağıdaki gibi incelenebilir. Şekil 4.1'de PLC'nin temel yapısına ait şematik gösterim yer almaktadır.



Şekil 4.1 PLC'nin Temel Yapısı

Giriş Birimi: Kumanda elemanları veya algılayıcılardan gelen elektriksel sinyalleri PLC iç gerilim düzeyine çeviren birimdir. Gelen iki değerli sinyaller (0 veya 1) giriş birimi üzerinden alınır.

Giriş Görüntü Belleği: Giriş birimindeki iki değerli işaretlerin saklandığı bellektir. Bellek için I0.0, I0.1, I0.2 gibi adresler kullanılır.

İşlemci Birimi: Sistem programına bağlı olarak kullanıcı programını yürüten ve bu işlemi mikrodenetleyici aracılığı ile yapan en önemli elemandır.

Bellek: İşletim sisteminin bulunduğu sistem belleği, kullanıcı programının yer aldığı program belleği ve veri belleği bölümlerinden oluşur. Sistem belleği için değiştirilemeyen verilen saklandığı salt okunur (ROM) bellek, program ve veri belleği için rasgele erişimli bellek (RAM) kullanılır. Veri belleğinde giriş-çıkış işaret durumları, sayıcı ve zamanlayıcı içerikleri, ve özel kaydedici içeriklerine ilişkin sayısal veriler bulunur.

Çıkış Görüntü Belleği: Kullanıcı programının yürütülmesi sonucu, çıkış noktalarına ilişkin hesaplanan değerlerin saklandığı bellek alanıdır. Q0.0, Q0.1, Q0.2 gibi adresler kullanılır. Bunlar dışında hesaplanan ara değerlerin saklandığı “marker”, “flag”, “internal”, “output”, “relay” gibi bellek alanları da kullanılabilir. Bunlar için F0.0, F0.1... M0.0, M0.1....V0.0, V0.1 gibi adresler kullanılır.

Çıkış Birimi: PLC’de üretilen lojik işaretleri, kontaktör, röle gibi elemanları sürmek için gerekli elektriksel sinyallere çeviren birimdir. Sürme işlemi için röle, triyak veya tristör kullanılır. Sık devreye girip çıkma durumu yoksa veya yalıtım gerektiren bir hal söz konusu ise kontak çıkışlı birimler kullanılır. Yüksek hızda açma kapama gerekiyorsa doğru akımda tristörlü, alternatif akımda triyaklı çıkışlar kullanılır. Çıkış noktalarından çekilen akım kontaklı çıkışlarda 1A-8A, tristör ve triyaklı çıkışlarda 0.1A-2A kadardır.

Programlayıcı Birimi: Kumanda ve kontrol işlemlerini yerine getirmek amacıyla yazılan programı PLC program belleğine aktarmak için kullanılan birimdir. Bu mikroişlemci tabanlı bir el aygıtı olabileceği gibi çoğu zaman kişisel bilgisayarlara yüklenen ve kullanıcıların rahatlıkla uyum sağladıkları bir yazılımdır. Ayrıca, çalışma anında giriş-çıkış, sayıcı, zamanlayıcı ve veri belleğindeki çeşitli kaydedicilerin durumlarının gözlenmesi ve değiştirilmesi olanağı sağlar.

Diğer Birimler: PLC’lerde işlemci başta olmak üzere tüm birimlerin çalışması için bir besleme güç kaynağına gereksinim vardır. PLC birimleri arasında veri iletişimini sağlamak amacıyla iletişim ara birimi bulunmaktadır. Bazı PLC’lerde ise programı yedeklemek veya başka bir PLC’ye aktarmak için kalıcı bellek birimi bulunur. Bunların dışında giriş-çıkış sayısını arttırmak için genişleme birimi, enerji kesilmeleri durumunda PLC’yi besleyecek yedek güç kaynağı, yüksek hızlı sayma ve kesmeli çalışma gerektiren ve analog giriş-çıkış olanağı sağlayan birimler de PLC’lerde bulunabilir.[13]

4.1.2. PLC'nin Çalışma Biçimi ve Kullanıcı Programının Yürütülmesi:

PLC'nin çalışma biçimi kalıcı bir bellek üzerinde bulunan sistem programına göre şekillenir. Sistem programı, kullanıcı programını yürütür ve sistem çalışma durumunu denetler.

Sistem programına uygun olarak yazılmış ve PLC'ye aktarılmış kullanıcı programı, ilk komuttan başlayarak son komutuna kadar sırasıyla yürütülür ve tekrar ilk komuta geri dönlür. Program akışı dallanma veya alt komutlar ile değiştirilebilir. Her bir program çevriminin belli bir sürede tamamlanması gerekir. Bu süreye tarama süresi adı verilir ve 300-1000 ms arasında değişebilir. Tarama süresi giriş çıkış sayısına PLC'nin işlemci hızına ve program süresine göre değişim gösterebilir. PLC çalışma durumuna getirildiğinde işlemler aşağıdaki sırayla gerçekleştirilir.

- Giriş biriminden alınan değerler giriş görüntü belleğine kaydedilir ve bir sonraki çevrime kadar sabit kalır.
- Program belleğindeki komutlar sırasıyla işlenir. Program için kullanılan giriş değerleri giriş görüntü belleğinde bulunan değerler olup çevrim süresince değişmez. Hesaplanan değerler çıkış görüntü belleğinde kayıt altına alınır.
- Hata denetim yapılır ve herhangi bir sorun bulunmazsa çıkış görüntü belleğindeki değerler çıkış birimine aktarılır. Tekrar ilk adıma dönlür ve çıkış biriminde bulunan değerler bir sonraki çevrime kadar aynı kalır.

PLC'lerin giriş ve çıkış görüntü belleklerindeki değerlerin bir çevrim süreci boyunca değişmemesi kararlı ve amaca uygun çalışma açısından önemlidir. Bu belleklere ulaşım giriş ve çıkış noktalarına ulaşımdan daha kısa sürdüğü için çevrim hızı da artmaktadır. Bu şekilde çalışma PLC'de işaret algılama ve değerlendirme açısından en güvenli yoldur. Şekil 4.2'de PLC işletim şeması görülmektedir. [13]



Şekil 4.2 PLC İşletim Şeması

4.1.3. Programlama Dilleri:

Kumanda veya kontrol sisteminin işletilmesine dair matematiksel çözümlerin PLC belleğine aktarılması işlemine programlama adı verilir. Üretici firmalar tarafından kullanıcıların kolaylıkla uyum sağlayabilecekleri çeşitli programlama yöntemleri için oluşturulmuş programlama dilleri geliştirilmiştir. Aynı programlama yöntemi için programlama dilleri üretici firmalara göre çeşitlilik gösterebilmektedir. Programlama dillerini iki temel başlık altında incelemek mümkündür.

Komut ile programlama (STL), kumanda devresine ait çözümün mikroişlemcilerde olduğu gibi bir komut kümesiyle gerçekleştirilmesidir. Grafiksel programlama ise, işlevleri tanımlanmış şekil veya kutucukların art arda ve çözüme uygun olarak bağlanması şeklinde düşünülebilir. Grafiksel programlamada en sık kullanılan diller Merdiven Diyagramı (LAD) ve Fonksiyon Blok Gösterimidir (FBD).

Komutla programlama üretici firmanın kullandığı kısaltılmış sözcükler ile gerçekleşir. Merdiven Diyagramı ile programlamada anahtarlama simgeleri, Fonksiyon Blok Diyagramı ile programlamada ise temel mantıksal kapı şekilleri ile işlevi tanımlanmış kutucuklar kullanılır. Tez çalışması kapsamında incelenen pompa istasyonu denetim sistemi için kullanılan Programlanabilir Mantık Denetleyici (PLC)'de, kullanıcı programı merdiven diyagramı ile oluşturulduğundan bu bölümde merdiven diyagramı ile programlama yöntemi incelenmiştir.[13]

4.1.4. PLC Kullanıcı Programının Oluşturulması:

Program mantık denetleyiciler denetim işlemlerini kendi sistem programları tarafından desteklenen kullanıcı programları aracılığıyla yapmaktadır. PLC kullanıcı programının oluşturulması için üç aşamadan söz etmek gerekmektedir.

İlk aşamada denetim sistemine ilişkin istenilen çalışma koşulları belirlenmelidir. Özellikle karmaşık denetim programları tasarlanırken bu koşulların açıkça belirlenmiş olması, programı oluşturulurken büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca program işletilirken daha rahat izlenebilmekte ve çalışma koşullarına uymayan herhangi bir hata daha kısa sürede görülebilmektedir.

İkinci aşamada belirlenen çalışma koşullarına uygun mantıksal eşitlikler elde edilir. Bu eşitlikler iki değerli denetim giriş işaretlerine göre istenilen iki değerli çıkışları verecek şekilde oluşturulmalıdır. Kısaca bu aşamada belirlenen çalışma koşulları matematiksel bir dile dönüştürülür.

Üçüncü aşamada elde edilen mantıksal eşitliklere uygun PLC program parçaları oluşturulur ve çalışma koşullarını sağlayacak düzende birleştirilerek genel kullanıcı programı elde edilir. Bunun için daha öncede değinildiği gibi üretici firmalar tarafından kullanıcıların kolaylıkla uyum sağlayabilecekleri çeşitli programlama yöntemleri için oluşturulmuş programlama dilleri kullanılmaktadır. Kullanıcıların en sık başvurdukları programlama yöntemlerinden biri merdiven diyagramı ile programlamadır.

4.1.4.1. Merdiven Diyagramı ile PLC Programlama:

Merdiven diyagramı (Ladder Diagram) ile programlama geleneksel denetim devrelerinin standart çizimleri dikkate alınarak oluşturulmuş grafiksel programlama şeklidir. Geleneksel denetim devreleri, kontaktörler, normalde açık (NO) veya normalde kapalı kontaklar (NC) ve yardımcı röle bobinlerinden oluşurlar. Devrelerin çizimleri için değişik standartlar kullanılmaktadır. En sık kullanılan standartlar ise IEC (International Electrotechnical Commission) ve ANSI (American National Standards Institute) standartlarıdır. Merdiven diyagramı ile programlamada denetim devresine yakın grafiksel gösterimler ile kullanıcı programı hazırlanır ve PLC'ye aktarılır. PLC'lerde kullanılan temel komutlar ve sembolleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Örnek 4.1'de basit bir denetim sistemine ait PLC programı merdiven diyagramı yöntemiyle oluşturulmuştur.

Tablo 4.1. PLC Temel Komut ve Sembolleri

Y Ü K L E (L O A D)	
V E (A N D)	
V E Y A (O R)	
Y Ü K L E D E Ğ İ L (L O A D N O T)	
V E D E Ğ İ L (A N D N O T)	
V E Y A D E Ğ İ L (O R N O T)	
Ç I K I Ş (O U T)	
Z A M A N L A Y I C I (T I M E R)	
S A Y I C I (C O U N T E R)	
S O N (E N D)	

Örnek 4.1 PLC yöntemiyle elektriksel kilitleme:

Çalışma Koşulları: Sistemde bulunan iki elektrik motorundan biri devredeyken diğeri devre dışı kalacaktır. Birinci motor, başlatma butonuna (S1) basıldığında devreye girecek ve genel durdurma butonuna (S0) basılana dek devrede kalacaktır. Bu durumda ikinci motor, başlatma butonuna (S2) basılsa dahi devreye giremeyecektir. Aynı şekilde ikinci motor, başlatma butonuna basıldığında devreye girecek ve genel durdurma butonuna basılana dek devrede kalacaktır. Bu durumda da birinci motor, başlatma butonuna basılsa dahi devreye giremeyecektir.

Çalışma Koşullarına Göre Mantıksal Eşitliklerin Oluşturulması: Denetim sistemine ilişkin giriş ve çıkış işaretleri aşağıdaki çizelgede tanımlanmıştır.

Tablo 4.2. Elektriksel Kilitleme Devresi Giriş İşaretleri

İşaret	Tanım
X0	Genel durdurma giriş işareti
X1	Birinci motor başlatma giriş işareti
X2	İkinci motor başlatma giriş işareti

Tablo 4.3. Elektriksel Kilitleme Devresi Çıkış İşaretleri

İşaret	Tanım
Y0	Birinci motor ana kontaktör denetim çıkışı
Y1	İkinci motor ana kontaktör denetim çıkışı

Y0 (Birinci motor ana kontaktör denetim çıkışı):

Y0 çıkışının etkin (lojik 1) olabilmesi için X1 girişinin lojik 1 olması (başlatma butonuna basılması) gerekmektedir. Bu durumda elektriksel kilitleme koşulu doğrultusunda Y1 çıkışı aktif olmamalıdır yani ikinci motor devreye girmemelidir. X0 girişi lojik 0 olana (durdurma butonuna basılana) dek Y0 çıkışı lojik 1 düzeyinde kalır. Buna göre Y0 çıkışı için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Y0 = X0' \cdot (X1 + Y0) \cdot Y1' \quad (4.1)$$

Y1 (İkinci motor ana kontaktör denetim çıkışı):

Y1 çıkışının etkin (lojik 1) olabilmesi için X2 girişinin lojik 1 olması (başlatma butonuna basılması) gerekmektedir. Bu durumda elektriksel kilitleme koşulu doğrultusunda Y0 çıkışı aktif olmamalıdır yani birinci motor devreye girmemelidir. X0 girişi lojik 0 olana (durdurma butonuna basılana) dek Y1 çıkışı lojik 1 düzeyinde kalır. Buna göre Y1 çıkışı için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Y1 = X0' \cdot (X2 + Y1) \cdot Y0' \quad (4.2)$$

PLC Program Parçalarının Oluşturulması: Elde edilen mantıksal eşitliklere bağlı olmak koşuluyla PLC program parçaları merdiven diyagramı yöntemiyle oluşturulur. Burada durdurma butonu PLC girişine kapalı kontağı üzerinden bağlandığından programda IN0 açık kontak olarak gösterilmiştir. (Durdurma butonu PLC girişine açık kontağı üzerinden bağlansaydı programda IN0 kapalı kontak olarak gösterilmeliydi.) Çizelgelerde mantıksal eşitliklerde kullanılan işaretlerin PLC programında kullanılan karşılıkları verilmektedir.

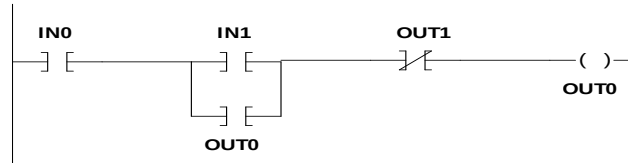
Tablo 4.4. Elektriksel Kilitleme Devresi PLC Giriş İşaretleri

Lojik İşaret	PLC İşaret	Tanım
X0	IN0	Genel durdurma giriş işareti
X1	IN1	Birinci motor başlatma giriş işareti
X2	IN2	İkinci motor başlatma giriş işareti

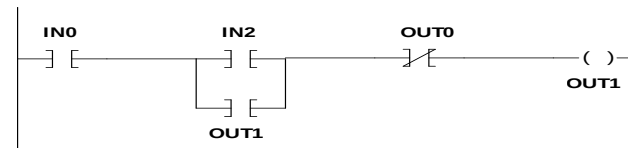
Tablo 4.5. Elektriksel Kilitleme Devresi PLC Çıkış İşaretleri

Lojik İşaret	PLC İşaret	Tanım
Y0	OUT 0	Birinci motor ana kontaktör denetim çıkışı
Y1	OUT 1	İkinci motor ana kontaktör denetim çıkışı

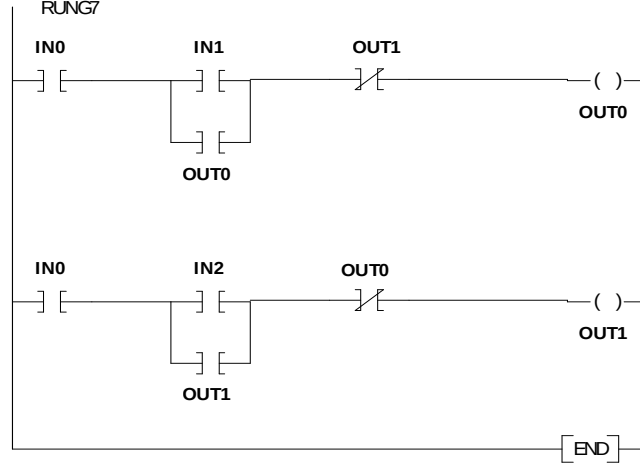
OUT0 (Birinci motor ana kontaktör denetim çıkışı)



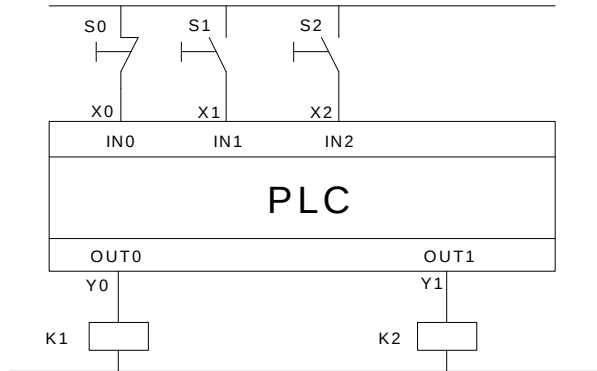
OUT1 (İkinci motor ana kontaktör denetim çıkışı)



Elde edilen program parçaları söz konusu denetim işlemini gerçekleştirecek düzende birleştirilerek kullanıcı programı oluşturulur.



Şekil 4.3'te elektriksel kilitleme devresine ilişkin PLC giriş ve çıkış bağlantıları şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Elektriksel Kilitleme Devresi PLC Giriş ve Çıkış Bağlantıları

4.1.4.2. Zamanlayıcı Programlama:

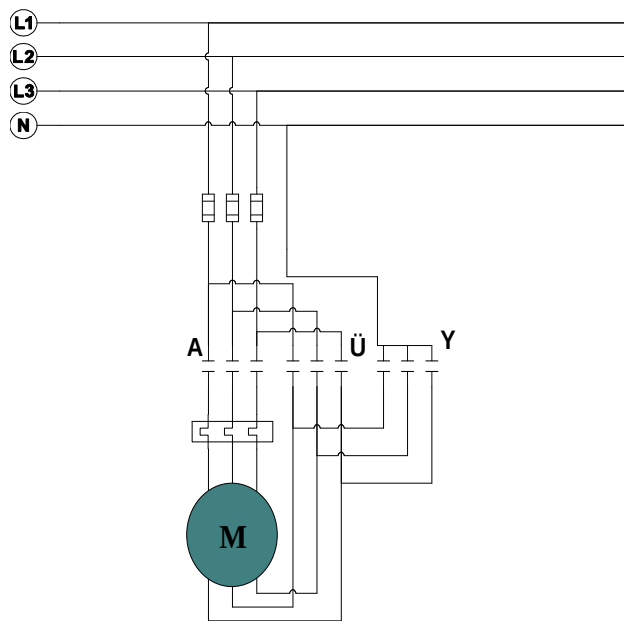
Zamanlayıcılar, kumanda devrelerinde zamana bağlı kumanda işaretlerinin üretilmesi için kullanılır. Klasik kumanda devrelerinde zaman röleleri ile sağlanan bu işaretler PLC'lerde zamanlayıcıların programlanması ile üretilir. Kumanda devrelerinde giriş ve çıkış durumuna göre bir çok zamanlayıcı türüyle karşılaşılır. Gecikmeli kapatan (on-delay), gecikmeli açan (off-delay) ve kenar tetiklemeli gibi zamanlayıcı türleri kullanılır. PLC'de gecikmeli zamanlayıcı programlanırken önce gecikme zamanı girilir. Grafikselleştirilmiş programlamada ilgili bloğun gecikme zamanı sekmesindeki değere gecikme zamanı yazılır. Komut ile programlamada ise ilgili zamanlayıcı için yazılan komutla birlikte gecikme süresi de belirtilir.

Gecikmeli Kapanan (On-Delay) Zamanlayıcılar: Kumanda sistemlerinde en yaygın olarak kullanılan ve tüm PLC modelleriyle doğrudan programlanabilen zamanlayıcı türü, gecikmeli kapanan zamanlayıcılardır. Gecikmeli zamanlayıcıda gecikme süresi, girişin lojik 0'dan lojik 1'e değişmesi ile başlar ve girişin lojik 1 değerinde kalması koşuluyla süre dolduğunda çıkışta lojik 1 değerini alır. Gecikme süresi dolmadan giriş lojik 0 yapılırsa zamanlayıcı içeriği silinir ve girişin lojik 1 olduğu anda yeniden başlar. Kalıcı gecikmeli kapanan zamanlayıcıda ise giriş lojik 0 yapılırsa da zamanlayıcı içeriği değişmez.

Gecikmeli Açan (Off-Delay) Zamanlayıcılar: Bu zamanlayıcıda, girişin her lojik 0'dan lojik 1'e değişmesi ile çıkış lojik 1 değerini alır. Gecikme süresi girişin lojik 1'den lojik 0'a değişmesi ile başlar ve gecikme süresi dolduğunda çıkış lojik 0 olur. Kalıcı gecikmeli açan zamanlayıcıda ise giriş lojik 0 yapılırsa da zamanlayıcı içeriği değişmez.

Örnek 2.2 PLC yöntemiyle yıldız-üçgen bağlantı:

Çalışma Koşulları: Elektrik motorunun başlatma butonuna basıldığında yıldız bağlantıyla devreye girecek belli bir süre sonunda üçgen bağlantıya geçilecektir. Süre bir zamanlayıcı ile denetlenecektir. Durdurma butonuna basıldığında motor devreden çıkacaktır. Motorun güç devresi Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Yıldız-Üçgen Bağlantı Şeması

Çalışma Koşullarına Göre Mantıksal Eşitliklerin Oluşturulması: Denetim sistemine ilişkin giriş ve çıkış işaretleri aşağıdaki çizelgelerde tanımlanmıştır.

Tablo 4.6. Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi Giriş İşaretleri

İşaret	Tanım
X0	Durdurma giriş işareti
X1	Başlatma giriş işareti

Tablo 4.7. Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi Çıkış İşaretleri

İşaret	Tanım
Y0	Motor ana kontaktör denetim çıkışı
Y1	Motor yıldız kontaktör denetim çıkışı
Y2	Motor üçgen kontaktör denetim ait çıkışı

Tablo 4.8. Yıldız-Üçgen Bağlantı Devresi Zamanlayıcı İşareti

İşaret	Tanım
T1	Yıldız bağlantı zamanlayıcısı

Y0 (Motor ana kontaktör denetim çıkışı):

Y0 çıkışının etkin (lojik 1) olabilmesi için X1 girişinin lojik 1 olması (başlatma butonuna basılması) gerekmektedir. Çıkışın lojik 0 olması (motorun durması) için X0 girişinin lojik 1 olması (durdurma butonuna basılması) gerekir. Buna göre Y0 çıkışı için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Y0 = X0' \cdot (X1 + Y0) \quad (4.3)$$

Y1 (Motor yıldız kontaktör denetim çıkışı):

Y1 çıkışının etkin (lojik 1) olabilmesi için Y0 (ana kontaktör denetim) çıkışının lojik 1 olması gerekmektedir. Y1 çıkışının etkinlik süresi gecikmeli kapatan zamanlayıcı ile ayarlanmaktadır. Yani zamanlayıcı belirlenen süreyi saydığında çıkışı lojik 1 olur ve Y1 çıkışının lojik 0 değerini alması sağlanır. Buna göre Y1 çıkışı için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Y1 = Y0.T1' \quad (4.4)$$

Y2 (Motor üçgen kontaktör denetim çıkışı):

Y2 çıkışının etkin (lojik 1) olabilmesi için motorun yıldız bağlantıda çalışma süresinin dolması yani T1 (zamanlayıcı) çıkışının lojik 1 olması gerekmektedir. Ayrıca Y1 (yıldız bağlantı) çıkışı lojik 0 olmalı yani yıldız-üçgen çıkışları arasında kilitleme yapılmalıdır. Buna göre Y2 çıkışı için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Y2 = T1.Y1' \quad (4.5)$$

T1 (IN) (Zamanlayıcı Girişi):

Zamanlayıcı süre saymaya Y0 (ana kontaktör denetim) çıkışının etkin olmasıyla başlamaktadır. Süre zamanlayıcı bloğuna işlenmiştir. Buna göre T1 zamanlayıcı girişi için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T1 (IN) = Y0 \quad (4.6)$$

PLC Program Parçalarının Oluşturulması: Elde edilen mantıksal eşitliklere bağlı olmak koşuluyla PLC program parçaları merdiven diyagramı yöntemiyle oluşturulur. Durdurma butonu PLC girişine kapalı kontağı üzerinden bağlandığından programda IN0 açık kontak olarak gösterilmiştir. Tablolarda mantıksal eşitliklerde kullanılan işaretlerin PLC programında kullanılan karşılıkları verilmektedir.

Tablo 4.9. Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi PLC Giriş İşaretleri

Lojik İşaret	PLC İşaret	Tanım
X0	IN0	Durdurma giriş işareti
X1	IN1	Başlatma giriş işareti

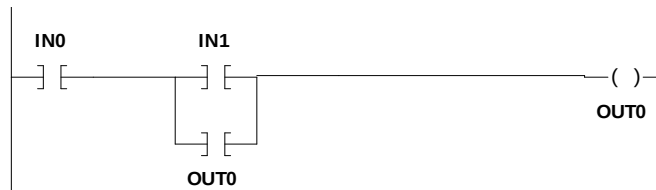
Tablo 4.10. Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi PLC Çıkış İşaretleri

Lojik İşaret	PLC İşaret	Tanım
Y0	OUT0	Motor ana kontaktör denetim çıkışı
Y1	OUT1	Motor yıldız kontaktör denetim çıkışı
Y2	OUT2	Motor üçgen kontaktör denetim çıkışı

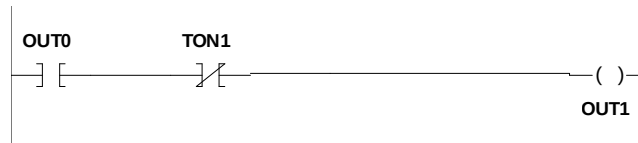
Tablo 4.11 Yıldız Üçgen Bağlantı Devresi PLC Zamanlayıcı İşareti

Lojik İşaret	PLC İşaret	Tanım
T1	TON1	Yıldız bağlantı zamanlayıcısı

OUT0 (Motor ana kontaktör denetim çıkışı):



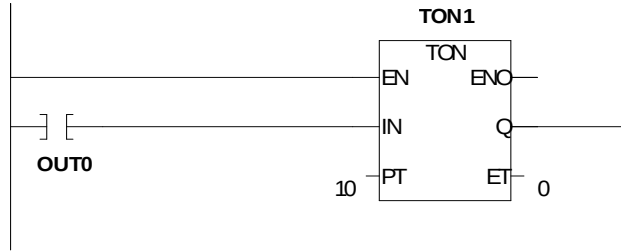
OUT1 (Motor yıldız kontaktör denetim çıkışı):



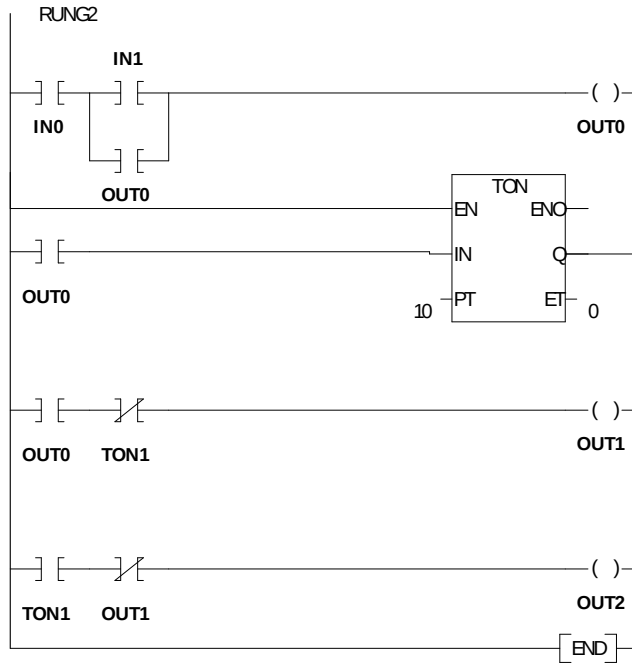
OUT2 (Motor üçgen kontaktör denetim çıkışı):



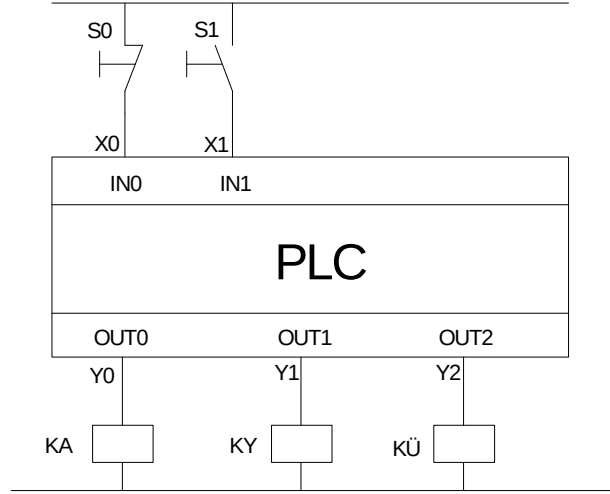
TON1 (IN) (Zamanlayıcı Girişi):



Elde edilen program parçaları söz konusu denetim işlemini gerçekleştirecek düzende birleştirilerek kullanıcı programı oluşturulur.



Şekil 4.5'te yıldız-üçgen bağlantı devresinin PLC giriş ve çıkış bağlantıları şematik olarak gösterilmektedir.



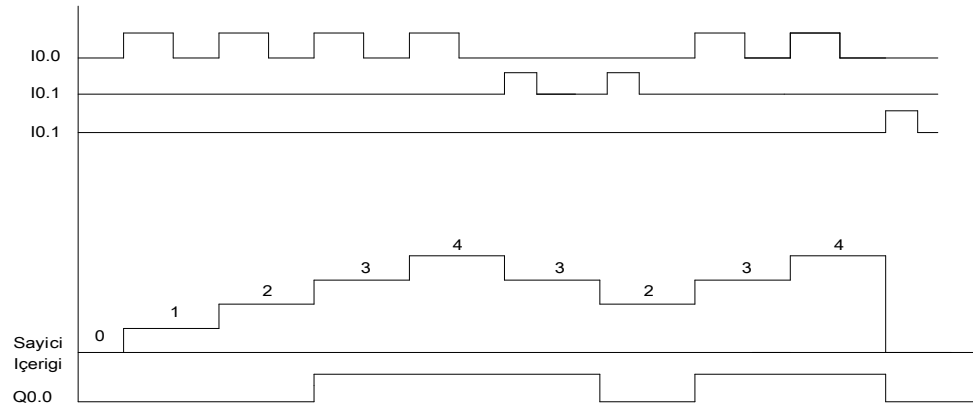
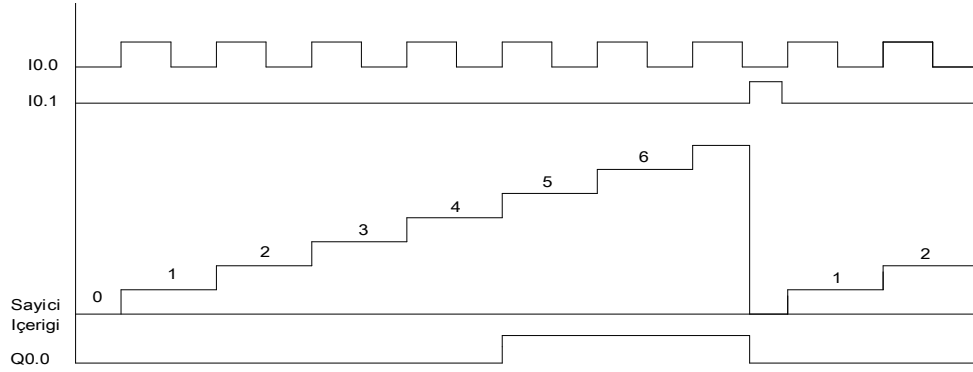
Şekil 4.5. Yıldız-Üçgen Bağlantı için PLC Giriş ve Çıkış Bağlantıları

4.1.4.3. Sayıcı Programlama:

Kumanda devrelerinde olayların sayısına bağlı olarak kumanda işaretlerinin üretilmesi için sayıcılar kullanılır. Geleneksel kumanda devrelerinde elektronik veya elektromekanik elemanlar ile üretilen bu işaretler, PLC'de sayıcının programlanması ile elde edilir. Sayıcılar uygulanan işaretin sayıcı içeriğini attırması (ileri sayma) veya uygulana işaretin sayıcı içeriğini azaltması (geri sayma) biçiminde kullanılmaktadırlar. PLC'lerde genel olarak ileri ve geri sayıcılar birlikte bulunmaktadır. Bazı PLC'lerde ise bu işlemlerden yalnızca birini gerçekleştirebilen sayıcılar bulunabilmektedir.

PLC'de ileri veya geri sayıcı içerikleri önceden tanımlanan bir değer ile sürekli karşılaştırılır. Sayıcı içeriği karşılaştırma durumu da dikkate alınarak tanımlanan bu değeri aşmışsa sayıcı durum biti lojik 1'e kurulur. Sayıcı kullanılırken karşılaştırma ölçüt değeri de girilir. İleri sayıcıda her ileri sayma işaretinde sayıcı içeriği bir arttırılır. Geri sayıcıda ise her geri sayma işaretinde sayıcı içeriği bir azaltılır. Sayıcı reset işareti geldiğinde içerik sıfırlanır. İleri-geri sayıcı hem ileri hem de geri sayma işlemini gerçekleştirebilmektedir.

Sayıcı içeriğinin daha önce tanımlanmış karşılaştırma ölçüt değerine eşitlenmesi ve bu değerin aşılması durumunda sayıcı durum biti ve buna bağlı olarak çıkış lojik 1 değerini alır. Şekil 4.6. ve 4.7. de ileri ve ileri geri sayıcı komutlarına ilişkin zaman diyagramları verilmiştir



Şekil 4.6.'daki zaman diyagramında karşılaştırma ölçütü "5" olarak verilmiştir. Her bir I0.0 ileri saydırma işareti geldiğinde sayıcı içeriği bir artmakta ve karşılaştırma ölçüt değerine ulaşıldığına çıkış lojik 1 olmaktadır. Bu değerden sonra I0.0 işaretleri sayıcı içeriğini arttırır ancak çıkış değeri değişmez. I0.1 reset işareti geldiğinde sayıcı içeriği ve çıkış sıfırlanır. Şekil 4.7.'deki zaman diyagramında karşılaştırma ölçütü "3" olarak verilmiştir. Her bir I0.0 ileri saydırma işareti geldiğinde sayıcı içeriği bir artmakta ve karşılaştırma ölçüt değerine ulaşıldığına çıkış lojik 1 olmaktadır. I0.1 geri saydırma işareti geldiğinde sayıcı içeriği bir azalmakta ve karşılaştırma ölçüt değerinin altına inildiğinde çıkış lojik 0 olmaktadır. I0.2 reset işareti geldiğinde sayıcı içeriği ve çıkış sıfırlanır.

5. POMPA-MOTOR BİRİMLERİNİN DENETİMİ VE PLC PROGRAMININ OLUŞTURULMASI

Bu bölümde pompa-motor birimleriyle ilgili genel denetim koşulları, sistemin PLC'den bağımsız ve PLC denetimli çalışma biçimleri incelenmiştir. Denetim sistemine ilişkin mantıksal eşitlikler elde edilmiş ve bu eşitlikler doğrultusunda PLC program parçaları oluşturulmuştur. Bu program parçaları denetim koşullarını gerçekleyecek biçimde düzenlenmiş ve PLC kullanıcı programı elde edilmiştir.

5.1. Pompa-Motor Birimlerinin Genel Denetim Koşulları:

Birimlere ilişkin genel denetim koşullarını aşağıdaki gibi sıralamak uygundur.

- Sistem iki adet ana ve bir adet yedek birimden oluşmaktadır. Birimler sıvı seviyesine göre otomatik olarak denetlenebileceği gibi butonlar aracılığıyla da seviyeden bağımsız olarak devreye alınabilir ya da devreden çıkarılabilir.
- Pompaları aktive eden elektrik motorları devreye önce yıldız bağlantı ile girmekte, nominal koşullar sağlandığında üçgen bağlantıya geçilmektedir.
- Birimler için olası arızalar; termik arıza, termistör arıza, kumanda gerilimi yok, su kaçağı arıza, termik manyetik şalter açtı, faz eksik arızası olarak belirlenmiştir.
- Birimlerde bu arızalardan herhangi biri meydana gelmişse o arızaya ilişkin sinyal lambası yanmaktadır.
- Birimlerin herhangi bir arızanın ardından tekrar devreye alınabilmeleri için belli bir süre test aşamasından geçmeleri gerekmektedir. Test aşamasından geçen birimler devreye alınabilir. Taşkın sürecinde ise bu koşul geçerli değildir. Taşkın seviyesi dışında pompaların acil olarak devreye alınması gerektiğinde arıza reset butonları ile test zorunluluğu ortadan kaldırılabilir.

PLC'den bağımsız ya da PLC denetimli çalışma için bu koşullar ortak olarak gerçekleştirilir. Ancak bu iki çalışma durumu için farklı denetim koşulları da söz konusudur.

5.2. PLC'den Bağımsız Denetim:

Pompa-motor birimlerinin PLC'den bağımsız denetim koşulları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Sistem PLC'den bağımsız olarak denetlenecekse, öncelikle seçim şalteri “El” konumuna getirilmelidir.
- Motorlar devreye başlatma butonuna basmak koşuluyla girmektedir.
- Motorlar genel denetim koşullarında değinildiği gibi yıldız-üçgen yol verme yöntemiyle çalıştırılmaktadır. Motorların yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçişi gerekli süre bir zaman rölesi ile ayarlanmaktadır.
- Sistemde herhangi bir arızanın meydana gelmesi durumunda ise ilgili koruma elemanların kontakları aracılığı ile ilgili motor devreden çıkarılmaktadır.
- Motoru durdurmak için durdurma butonuna basmak gerekmektedir.

5.3. PLC ile Denetim ve Kullanıcı Programının Oluşturulması:

Pompa-motor birimlerinin su seviyesine bağlı otomatik denetimi PLC ile gerçekleştirilmektedir. PLC'de denetim işlemi kullanıcı programına bağlı olarak yürütülmektedir. Bu programın oluşturulması için ilk aşama denetim sisteminin çalışma ilkelerinin belirlenmesidir. Daha sonra çalışma ilkeleri doğrultusunda mantıksal eşitlikler elde edilir ve bu eşitlikler PLC programlama diline dönüştürülür. Elde edilen program parçaları denetim koşulları doğrultusunda birleştirilerek PLC kullanıcı programı oluşturulur.

5.3.1. Otomatik Denetim Sistemi Genel Denetim Koşulları:

- Sistem PLC ile denetlenecekse, öncelikle seçim şalteri “Otomatik” konumuna getirilmelidir.
- Motorların devreye giriş ve devreden çıkışı drenaj havuzunda belirli seviyelerde bulunan seviye kontaklarından PLC giriş kartına gelen sinyallere göre kullanıcı programının işletilmesi ile denetlenmektedir. Birinci seviye derinliği 4.5 m, ikinci seviye derinliği için 2,5 m ve taşkın seviyesi derinliği 1 m olarak belirlenmiş ve seviye kontakları bu derinliklere yerleştirilmiştir.
- Motorlar genel denetim koşullarında değinildiği gibi yıldız-üçgen yol verme yöntemiyle çalıştırılmaktadır. Motorların yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçişi PLC kullanıcı programı içinde yer alan bir zamanlayıcı ile ayarlanmaktadır.

- Sistemde herhangi bir arıza görülmesi durumunda ilgili koruma elemanlarından PLC giriş kartına gelen sinyallere göre kullanıcı programının işletilmesi ile arızalı motor devreden alınır.
- Sahadan gelen sinyaller PLC giriş kartlarına yardımcı röleler üzerinden iletilmektedir. Aynı şekilde kullanıcı programını işletilmesi ile elde edilen veriler, PLC çıkış kartları aracılığı ile yardımcı röleler üzerinden denetlenecek saha elemanlarına aktarılır.

Bu maddeler otomatik denetim sistemi için genel çalışma ilkelerini belirtmektedir. Ancak değişik seviyelerde çalışma ilkelerinin de değişebileceği göz önünde bulundurularak bu seviyelere özel denetim koşullarını da ayrı ayrı incelemek gerekmektedir.

5.3.1.1. Birinci Seviyede Otomatik Denetim Koşulları:

Bu seviyede devrede tek motorun olması yeterlidir. Motorlar belirli sürelerle devrede kalırlar. Motorların devrede kalma süreleri PLC programında oluşturulan zaman sayaçları tarafından ayarlanmaktadır. Birinci seviye sinyali geldiğinde ilk olarak birinci motor devreye girer. Çalışma süresini tamamladığında ikinci motor devreye girer birinci motor devreden çıkar. Yedek motor ana motorlarda meydana gelen hata ve arıza durumlarında devreye girmektedir. Ancak, bu süreç dışında pasif kalmakta ve bundan dolayı bazı problemler (paslanma) yaşanmaktadır. Bu nedenle yedek motor belirli aralıklarla devreye alınır. Yani motor sıcak yedek olarak kullanılır. Devreye giriş aralığı ise ana motorların devreye giriş sayılarına göre belirlenir. Sistemdeki iki ana motor çalışma sıralamasına uygun olarak belirli sayıda devreye girip çıktıktan sonra yedek motor devreye alınır.

Sistemde birinci motorda bir arıza meydana gelmişse otomatik olarak devre dışı bırakılır ve ikinci motor devreye alınır. Bu motor çalışma süresini tamamladığında yedek motor devreye girer ve arıza giderilene kadar, ikinci motorla birlikte zaman sayaçları denetiminde eş zamanlı olarak çalıştırılır. İkinci motorda bir arıza meydana geldiğinde ise öncelikle yedek motor devreye girer ve arıza giderilene kadar birinci motorla birlikte eş zamanlı olarak çalışırlar. Motorların devreye giriş sıraları arıza koşulunda da değişmemektedir Arıza sonrasında motorlar belirli bir süre test edilir. Test işlemi PLC' den bağımsız olarak gerçekleştirilmekte ve testin süresi bu işlem için kullanılan zaman röleleri ile ayarlanmaktadır. Testten geçen motor, seçim şalteri otomatik konuma getirilerek devreye alınabilir. Normal çalışma koşullarına dönüldüğü için yedek motor devre dışı bırakılır ve ana motorlar çalışma döngülerine devam ederler. Acil durumlarda test işlemi arıza reset butonuna basılarak iptal edilebilir.

Sistemde aynı anda iki motorda birden arıza meydana gelmişse sağlam olan motorun zaman sayacı devre dışı bırakılır sorun giderilene kadar sürekli devrede kalması sağlanır.

5.3.1.2. İkinci Seviye Otomatik Denetim Koşulları:

İkinci seviyede iki pompanın da aynı anda çalışması gerekmektedir. Bu amaçla birinci seviyede motorların eşit sürede devrede kalmaları için kullanılan zaman sayaçları devre dışı bırakılmaktadır. Bu seviyenin altına inilene kadar birinci ve ikinci motor sürekli çalışmaya devam etmektedir. Bu koşulda ana motorların birinde arıza meydana geldiğinde arızanın meydana geldiği motor otomatik olarak devre dışı bırakılır ve yedek motor devreye alınır. Aynı şekilde yedek motorunda zaman sayacı devre dışı bırakılır ve sağlam ana motorla birlikte çalışmaya devam ederler. Bu seviyede de motorlara arıza sonrasında test işlemi uygulanır. Birinci seviyede değinilen test işlemine ilişkin koşullar ikinci seviye içinde geçerlidir. Drenaj havuzundaki su seviyesi ikinci seviyenin altına indiğinde devrede tek motor kalmaktadır. İkinci seviye koşullarına geçmeden hemen önce devrede olan motorun birinci seviyeye dönüşte öncelikli olarak devreye girmesi sağlanır.

5.3.1.3. Taşkın Seviyesi Otomatik Denetim Koşulları:

Havuzdaki su seviyesinin riskli noktada olduğu seviyedir. Bu seviyede tüm motorlar devrededir ve risk bitene kadar sürekli çalışırlar. Motorlardan herhangi birinin arızalanması durumunda diğer motorlar sürekli çalışmalarına devam ederler. Motorun arızası giderildiğinde, teste sokulmadan devreye alınabilir.

5.3.2. Denetim Sistemine İlişkin Mantıksal Eşitliklerin Oluşturulması:

Kullanıcı programının oluşturulması için ikinci adım, denetleme koşullarının belirlenmesinden sonra bu koşulları sağlayacak lojik fonksiyonların oluşturulmasıdır. Bunun için giriş, çıkış, arabellek, sayıcı ve zamanlayıcı işaretlerinin tanımlanması gerekmektedir. Aşağıdaki tablolarda bu tanımlamalar yapılmıştır.

Tablo 5.1. Otomatik Denetim Sistemine Ait Giriş İşaretleri

İşaret	Tanım
X0	Birinci su seviye girişi
X1	İkinci su seviye girişi
X2	Taşkın seviye girişi
X3	Birinci motor termik arıza girişi

X4	İkinci motor termik arıza girişi
X5	Yedek motor termik arıza girişi
X6	Birinci motor termistör arıza girişi
X7	İkinci motor termistör arıza girişi
X8	Yedek motor termistör arıza girişi
X9	Birinci motor faz koruma rölesi arıza girişi
X10	İkinci motor faz koruma rölesi arıza girişi
X11	Yedek motor faz koruma rölesi arıza girişi
X12	Birinci motor çalıştırma girişi
X13	İkinci motor çalıştırma girişi
X14	Yedek motor çalıştırma girişi
X15	Birinci motor durdurma girişi
X16	İkinci motor durdurma girişi
X17	Yedek motor durdurma girişi
X18	Birinci motor el konum girişi
X19	Birinci motor otomatik konum girişi
X20	İkinci motor el konum girişi
X21	İkinci motor otomatik konum girişi
X22	Yedek motor el konum girişi
X23	Yedek motor otomatik konum girişi
X24	Birinci motor su kaçağı arıza girişi
X25	İkinci motor su kaçağı arıza girişi
X26	Yedek motor su kaçağı arıza girişi
X27	Birinci motor kumanda gerilimi kontrol girişi
X28	İkinci motor kumanda gerilimi kontrol girişi
X29	Yedek motor kumanda gerilimi kontrol girişi
X30	Birinci motor termik manyetik şalter girişi Birinci motor acil durdurma girişi
X31	İkinci motor termik manyetik şalter girişi İkinci motor acil durdurma girişi
X32	Yedek motor termik manyetik şalter girişi Yedek motor acil durdurma girişi
X33	Birinci motor test kilit girişi
X34	İkinci motor test kilit girişi
X35	Yedek motor test kilit girişi
X36	Birinci motor test sinyalizasyon girişi
X37	İkinci motor test sinyalizasyon girişi
X38	Yedek motor test sinyalizasyon girişi
X39	Birinci motor arıza reset girişi
X40	İkinci motor arıza reset girişi
X41	Yedek motor arıza reset girişi

Tablo 5.2. Otomatik Denetim Sistemine Ait Çıkış İşaretleri

İşaret	Tanım
Y0	Birinci motor ana kontaktör kumanda çıkışı
Y1	Birinci motor yıldız bağlantı kontaktörü kumanda çıkışı
Y2	Birinci motor üçgen bağlantı kontaktörü çıkışı
Y3	İkinci motor ana kontaktör kumanda çıkışı
Y4	İkinci motor yıldız bağlantı kontaktörü kumanda çıkışı
Y5	İkinci motor üçgen bağlantı kontaktörü kumanda çıkışı
Y6	Yedek motor ana kontaktör kumanda çıkışı
Y7	Yedek motor yıldız bağlantı kontaktörü kumanda çıkışı
Y8	Yedek motor üçgen bağlantı kontaktörü kumanda çıkışı

Tablo 5.3. Otomatik Denetim Sistemine Ara Bellek İşaretleri

İşaret	Tanım
R0	Birinci motor arıza ara belleği
R1	İkinci motor arıza ara belleği
R2	Yedek motor arıza ara belleği
R3	Birinci motor zaman sayacı kilit ara belleği
R4	İkinci motor zaman sayacı kilit ara belleği
R5	Yedek motor zaman sayacı kilit ara belleği
R6	Birinci motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği
R7	İkinci motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği
R8	Yedek motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği
R9-R10	Birinci motor arıza test ara belleği
R11-R12	İkinci motor arıza test ara belleği
R13-R14	Yedek motor arıza test ara belleği
R15	Yedek motor işletme ara belleği

Tablo 5.4. Otomatik Denetim Sistemine Ait Zamanlayıcı İşaretleri

İşaret	Tanım
T1	Birinci motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı
T2	Birinci motor saniye-sinyal üretici
T3	İkinci motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı
T4	İkinci motor saniye-sinyal üretici
T5	Yedek motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı
T6	Yedek motor saniye-sinyal üretici
T7	Birinci motor devreye giriş zamanlayıcısı
T8	İkinci motor devreye giriş zamanlayıcısı
T9	Yedek motor devreye giriş zamanlayıcısı

Tablo 5.5. Otomatik Denetim Sistemine Ait Sayıcı İşaretleri

İşaret	Tanım
C1	Birinci motor işletme zaman sayacı
C2	İkinci motor işletme zaman sayacı
C3	Yedek motor işletme zaman sayacı
C4	Birinci motor devreye giriş sayacı
C5	İkinci motor devreye giriş sayacı
C6	Yedek motor devreye giriş sayacı
C7-C8	Birinci-ikinci motor devreye giriş sayıcıları (yedek motor için)

Denetim işlemler için gerekli işaret tanımları yapıldıktan sonra PLC programının iskeletini oluşturacak mantıksal eşitlikler denetim koşulları doğrultusunda oluşturulur.

5.3.2.1. Çıkışlara İlişkin Mantıksal Eşitlikler;

Y0 (Birinci motor ana kontaktör denetim çıkışı):

Y0 çıkışı birinci motorun ana besleme kontaktörlerine denetim sinyali göndermek için kullanılmıştır. Bu çıkışın etkin (lojik 1) olabilmesi için;

Otomatik Denetimde:

1.Seviyede;

- Birinci su seviyesi sinyal girişi X0 lojik 1 olmalı,
- Y3 ve Y6 çıkışları lojik 0 olmalı,
- Birinci motor zamanlayıcı kilit ara belleği (R3) lojik 0 olmalı
- Yedek motor işletme ara belleği (R15) lojik 0 olmalı,

2.Seviyede;

- İkinci su seviyesi sinyal girişi X1 lojik 1 olmalı

Taşkın seviyesinde;

- Taşkın su seviyesi sinyal girişi X2 lojik 1 olmalı

Tüm Seviyelerde;

- Birinci motor otomatik konum girişi (X19) lojik 1 olmalı,
- Birinci motor arıza arabelleği (R0) lojik 0 olmalı,
- Birinci motor arıza test arabelleği (R10) lojik 0 olmalı,
- Birinci motor devreye giriş sayacının (C4) çıkışı lojik 0 olmalı,

Bu durumda Y0 çıkışına ilişkin lojik eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$Y0 = [(((X0.Y3'.Y6'.R3'.R15'.C1') + X1+X2)].X19.R0'.R10'.C4' \quad (5.1)$$

Y1 (Birinci motor yıldız bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):

Y1 çıkışı birinci motorun yıldız bağlantı kontaktörlerine denetim sinyali göndermek için kullanılmıştır. Y1 çıkışının aktif (lojik 1) olabilmesi için, Y0 çıkışı lojik 1, T1 (birinci motor yıldız bağlantı) zamanlayıcısının çıkışı lojik 0 olmalıdır. Y1 çıkışına ilişkin mantıksal eşitlik;

$$Y1 = Y0.T1' \quad (5.2)$$

Y2 (Birinci motor üçgen bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):

Y2 çıkışı birinci motorun üçgen bağlantı kontaktörlerine denetim sinyali göndermek için kullanılmıştır. Y2 çıkışının aktif (lojik 1) olabilmesi için, T1 (birinci motor yıldız bağlantı) zamanlayıcısının çıkışı lojik 1, Y1 çıkışı lojik 0 olmalıdır. Y2 çıkışına ilişkin mantıksal eşitlik;

$$Y2 = T1.Y1' \quad (5.3)$$

Y3 (İkinci motor ana kontaktör denetim çıkışı):

Y3 çıkışı ikinci motorun ana besleme kontaktörlerine denetim sinyali göndermek için kullanılmıştır. Bu çıkışın etkin (lojik 1) olabilmesi için;

1. Seviyede;

- Birinci su seviyesi sinyal girişi X0 lojik 1 olmalı,
- Y0 ve Y6 çıkışları lojik 0 olmalı,
- İkinci motor zamanlayıcı kilit arabelleği (R4) lojik 0 olmalı,
- Yedek motor işletme ara belleği (R15) lojik 0 olmalı,

2. Seviyede;

- İkinci su seviyesi sinyal girişi X1 lojik 1 olmalı,

Taşkın seviyesinde;

- Taşkın su seviyesi sinyal girişi X2 lojik 1 olmalı,

Tüm Seviyelerde;

- İkinci motor otomatik konum girişi (X21) lojik 1 olmalı,
- İkinci motor arıza arabelleği (R1) lojik 0 olmalı,
- İkinci motor arıza test arabelleği (R12) lojik 0 olmalı,
- İkinci motor devreye giriş sayacının (C5) çıkışı lojik 0 olmalı,

Bu durumda Y3 çıkışına ilişkin lojik eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$Y3 = [(((X0.Y0'.Y6'.R4'.R15'.C2') + X1+X2)] X21.R1'.R12'C5' \quad (5.4)$$

Y4 (İkinci motor yıldız bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):

Y4 çıkışı ikinci motorun yıldız bağlantı kontaktörlerine denetim sinyali göndermek için kullanılmıştır. Y4 çıkışının etkin (lojik 1) olabilmesi için, Y3 çıkışı lojik 1 ve ikinci motor yıldız bağlantı zamanlayıcısının çıkışı (T3) lojik 0 olmalıdır. Y4 çıkışına ilişkin mantıksal eşitlik;

$$Y4 = Y3.T3' \quad (5.5)$$

Y5 (İkinci motor üçgen bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):

Y5 çıkışı ikinci motorun üçgen bağlantı kontaktörlerine denetim sinyali göndermek için kullanılmıştır. Y5 çıkışının etkin (lojik 1) olabilmesi için, T3 (ikinci motor yıldız bağlantı) zamanlayıcısının çıkışı lojik 1, Y4 çıkışı lojik 0 olmalıdır. Y5 çıkışına ilişkin mantıksal eşitlik;

$$Y5 = T3.Y4' \quad (5.6)$$

Y6 (Yedek motor ana kontaktör denetim çıkışı):

Y6 çıkışı yedek motorun ana besleme kontaktörlerine denetim sinyali göndermek için kullanılmıştır. Bu çıkışın etkin (lojik 1) olabilmesi için şu koşulların sağlanması gerekir.

1. Seviyede;

- Birinci su seviyesi sinyal girişi X0 lojik 1 olmalı,
- Yedek motor zamanlayıcı kilit arabelleği (R5) lojik 0 olmalı,

2. Seviyede;

- İkinci su seviyesi sinyal girişi X1 lojik 1 olmalı,

1. veya 2. Seviyede;

- Birinci veya ikinci motor otomatik konum girişlerinin (X19 veya X21) lojik 0,
- Birinci veya ikinci motor arıza arabelleklerinin (R0 veya R1) lojik 1,
- Birinci veya ikinci motor arıza test arabelleklerinin (R10 veya R12) lojik 1,
- Yedek motor işletme ara belleğinin (R15) lojik1,
- Birinci veya ikinci motor devreye giriş sayacı çıkışlarının (C4 veya C5) lojik 1, durumlarından en az biri olmalı,

Taşkın seviyesinde;

- Taşkın seviye girişinin (X2) lojik 1 olmalı,

Tüm Seviyelerde;

- Yedek motor otomatik konum girişi (X23) lojik 1 olmalı
- Yedek motor arıza arabelleğinin (R2) lojik 0 olmalı,
- Yedek motor arıza test arabelleğinin (R14) lojik 0 olmalı,
- Yedek motor devreye giriş sayacı (C6) çıkışlarının lojik 0 olmalı,

Buna göre Y6 çıkışına ilişkin mantıksal eşitlik;

$$Y6 = [((((IN0.R5'.C3') + X1).(X19'+X21'+R0+R1+R10+R12+R15+C4+C5)+X2)].X23.R2'.R14' C6' \quad (5.7)$$

Y7 (Yedek motor yıldız bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):

Y7 çıkışı yedek motorun yıldız bağlantı kontaktörlerine denetim sinyali göndermek için kullanılmıştır. Y7 çıkışının etkin (lojik 1) olabilmesi için, Y6 çıkışı lojik 1 ve yedek motor yıldız bağlantı zamanlayıcısının çıkışı (T3) lojik 0 olmalıdır. Y7 çıkışına ilişkin mantıksal eşitlik;

$$Y7 = Y6.T3' \quad (5.8)$$

Y8 (Yedek motor üçgen bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):

Y8 çıkışı yedek motorun üçgen bağlantı kontaktörlerine denetim sinyali göndermek için kullanılmıştır Y8 çıkışının etkin (lojik 1) olabilmesi için, T5 (yedek motor yıldız bağlantı) zamanlayıcısının çıkışı lojik 1, Y7 çıkışı lojik 0 olmalıdır. Y8 çıkışına ilişkin mantıksal eşitlik;

$$Y8 = T5.Y7' \quad (5.9)$$

5.3.2.2. Ara Belleklere İlişkin Mantıksal Eşitlik;

R0 (Birinci motor arıza ara belleği):

R0 ara belleği birinci motorda meydana gelebilecek bir arızada Y0 çıkışının etkin kalmasını önlemek için kullanılmıştır. Termik (X3), termistör (X6), faz eksik (X9), su kaçağı (X24) arıza giriş sinyallerinden herhangi biri lojik 1 veya termik manyetik şalter açtı (X27), kumanda gerilimi yok (X30) giriş sinyallerinden herhangi biri lojik 0 ise aktif olmaktadır. Buna göre R0 ara belleği için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R0 = X3+X6+X9+X24+X27'+ X30' \quad (5.10)$$

R1 (İkinci motor arıza ara belleği):

R1 ara belleği ikinci motorda meydana gelebilecek bir arızada Y3 çıkışının etkin kalmasını önlemek için kullanılmıştır. Termik (X4), termistör (X7), faz eksik (X10), su kaçağı (X25) arıza giriş sinyallerinden herhangi biri lojik 1 veya termik manyetik şalter açtı (X28), kumanda gerilimi yok (X31) giriş sinyallerinden herhangi biri lojik 0 ise aktif olmaktadır. Buna göre R1 ara belleği için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R1 = X4+X7+X10+X25+X28'+ X31' \quad (5.11)$$

R2 (Yedek motor arıza ara belleği):

R3 ara belleği yedek motorda meydana gelebilecek bir arızada Y6 çıkışının etkin kalmasını önlemek için kullanılmıştır. Termik (X5), termistör (X8), faz eksik (X11), su kaçağı (X26) arıza giriş sinyallerinden herhangi biri lojik 1 veya termik manyetik şalter açtı (X29), kumanda gerilimi yok (X32) giriş sinyallerinden herhangi biri lojik 0 ise aktif olmaktadır. Buna göre R2 ara belleği için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R2 = X5+X8+X11+X26+X29'+X32' \quad (5.12)$$

R3 (Birinci motor zaman sayacı kilit ara belleği):

R3 ara belleği C1 sayıcısının çıkışının lojik 0'a düşmesi durumunda diğer motorların devrede kalma süreleri dolmadan birinci motorun tekrar devreye girmesini önlemek için kullanılmıştır. C1 sayıcısının çıkışı lojik1 ise etkinleşir ve C2 ile C3 sayıcı çıkışlarının lojik 1 değerini almasına kadar bu şekilde kalır. Sistemde bulunan diğer iki motorunda aynı anda arızalı olması durumunda bu ara bellek lojik 0 değerinde olmalı yani kilit açık kalmalıdır. Buna göre R0 ara belleği için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R3 = (C1+R3).C2'.C3'.(R1'+R2') \quad (5.13)$$

R4 (İkinci motor zaman sayacı kilit ara belleği):

R4 ara belleği C2 sayıcısının çıkışının lojik 0'a düşmesi durumunda diğer motorların devrede kalma süreleri dolmadan ikinci motorun tekrar devreye girmesini önlemek için kullanılmıştır. C2 sayıcısının çıkışı lojik1 ise etkinleşir ve C1 ile C3 sayıcı çıkışlarının lojik 1 değerini almasına kadar bu şekilde kalır. Sistemde bulunan diğer iki motorunda aynı anda arızalı olması durumunda bu ara bellek lojik 0 değerinde olmalı yani kilit açık kalmalıdır. Buna göre R4 ara belleği için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R4 = (C2+R4).C1'.C3'.(R0'+R2') \quad (5.14)$$

R5 (Yedek motor zaman sayacı kilit ara belleği):

R5 ara belleği C3 sayıcısının çıkışının lojik 0'a düşmesi durumunda diğer motorların devrede kalma süreleri dolmadan ikinci motorun tekrar devreye girmesini önlemek için kullanılmıştır. C3 sayıcısının çıkışı lojik1 ise etkinleşir ve C1 ile C2 sayıcı çıkışlarının lojik 1 değerini almasına kadar bu şekilde kalır. Sistemde bulunan diğer iki motorunda aynı anda arızalı olması durumunda bu ara bellek lojik 0 değerinde olmalı yani kilit açık kalmalıdır. Buna göre R5 ara belleği için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R5 = (C3+R5).C1'.C2'.(R0'+R1') \quad (5.15)$$

R6 (Birinci motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği):

R6 ara belleği birinci motor devreye giriş zamanlayıcısına ait girişin sürekli olarak lojik 1 seviyesinde kalması için kullanılmıştır. Y0 çıkışı ile etkin olur ve sürekli bu şekilde kalır. Buna göre R6 ara belleği için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R6 = Y0 + R6 \quad (5.16)$$

R7 (İkinci motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği):

R7 ara belleği ikinci motor devreye giriş zamanlayıcısına ait girişin sürekli olarak lojik 1 seviyesinde kalması için kullanılmıştır. Y3 çıkışı ile etkin olur ve sürekli bu şekilde kalır. Buna göre R7 ara belleği için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R7 = Y3 + R7 \quad (5.17)$$

R8 (Yedek motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği):

R8 ara belleği yedek motor devreye giriş zamanlayıcısına ait girişin sürekli olarak lojik 1 seviyesinde kalması için kullanılmıştır. Y6 çıkışı ile etkin olur ve sürekli bu şekilde kalır. Buna göre R8 ara belleği için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R8 = Y6 + R8 \quad (5.18)$$

R9-R10 (Birinci motor arıza test ara bellekleri):

R9 ve R10 ara bellekleri birinci motorda bir arıza meydana gelmesi durumunda, arıza giderildikten sonra motorun test edilmeden devreye girmesini önlemek için kullanılmaktadır. R9 ara belleği birinci motorda bir arıza meydana geldiğinde etkinleşir. Arıza giderilip test aşaması tamamlandıktan sonra ya da arıza reset butonuna basıldığında lojik 0 değerini alır. Birinci motorun devreye girebilmesi için, R9 lojik 0 olduktan sonra, o an devrede olan motorun çalışma süresini doldurması beklenmelidir. Bu nedenle R10 ara belleği kullanılmıştır.

Bu koşullar birinci ve ikinci su seviyesinde geçerlidir, taşkın seviyesinde kilit işlemi iptal edilir. Buna göre R9 ve R10 ara bellekleri için mantıksal eşitlikler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R9 = [(X0+X1).R0]+R9] .X33'.X39' \quad (5.19)$$

$$R10 = (R9+R10).C2'.C3'.X2' \quad (5.20)$$

R11-R12 (İkinci motor arıza test ara bellekleri):

R11 ve R12 ara bellekleri ikinci motorda bir arıza meydana gelmesi durumunda, arıza giderildikten sonra motorun test edilmeden devreye girmesini önlemek için kullanılmaktadır. R11 ara belleği ikinci motorda bir arıza meydana geldiğinde aktif olur. Arıza giderilip test aşaması tamamlandıktan sonra ya da arıza reset butonuna basıldığında lojik 0 değerini alır. İkinci motorun devreye girebilmesi için, R11 lojik 0 olduktan sonra, o an devrede olan motorun çalışma süresini doldurması beklenmelidir. Bu nedenle R12 ara belleği kullanılmıştır. Bu koşullar birinci ve ikinci su seviyesinde geçerlidir, taşkın seviyesinde kilit işlemi iptal edilir. Buna göre R11 ve R12 ara bellekleri için mantıksal eşitlikler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R11 = [(X0+X1).R1]+R10]. X34'.X40' \quad (5.21)$$

$$R12 = (R11+R12).C1'.C3'.X2' \quad (5.22)$$

R13-R14 (Yedek motor arıza test ara bellekleri):

R13 ve R14 ara bellekleri yedek motorda bir arıza meydana gelmesi durumunda, arıza giderildikten sonra motorun test edilmeden devreye girmesini önlemek için kullanılmaktadır. R11 ara belleği yedek motorda bir arıza meydana geldiğinde aktif olur. Arıza giderilip test aşaması tamamlandıktan sonra ya da arıza reset butonuna basıldığında lojik 0 değerini alır. Yedek motorun devreye girebilmesi için, R13 lojik 0 olduktan sonra, o an devrede olan motorun çalışma süresini doldurması beklenmelidir. Bu nedenle R14 ara belleği kullanılmıştır. Bu koşullar birinci ve ikinci su seviyesinde geçerlidir, taşkın seviyesinde kilit işlemi iptal edilir. Buna göre R13 ve R14 ara bellekleri için mantıksal eşitlikler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R13 = [(X0+X1).R2]+R11]. X35'.X41' \quad (5.23)$$

$$R14 = (R13+R14).C1'.C2'.X2' \quad (5.24)$$

R15 (Yedek motor işletme ara belleği):

Kumanda koşulları incelendiğinde sistemdeki yedek motor belirli aralıklarla devreye girmelidir. Yani sıcak yedek olarak tutulmalıdır. Motorun devreye giriş aralığı sistemdeki diğer iki ana motorun devreye giriş sayısına göre belirlenir. Bu amaçla kullanılan C7 ve C8 sayıcı çıkışları lojik 1 seviyesini alıp ikinci motor çalışma süresini tamamladığında (C2 çıkışı lojik 1 değerini aldığı anda) R15 ara belleği etkin olur yani yedek motor devreye girer. Buna göre R15 ara belleği için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R15 = [(C7.C8.C2)+R15].C3'.R2' \quad (5.25)$$

5.3.2.3) Zamanlayıcı Mantıksal Eşitliklerinin Oluşturulması:

T1 (Birinci motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı):

T1 zamanlayıcısı birinci motorun yıldız bağlantıda kalma süresini belirlemek için kullanılmaktadır. Zamanlayıcıya gecikme süresinin belirlenmesi için bir karşılaştırma değeri girilmiştir. Y0 çıkışının lojik 1 olmasıyla bu süre başlar ve süre dolduğunda zamanlayıcı çıkışı lojik 1 değerini alır. Motorun yıldız bağlantıda çalışması bu zaman aralığı ile sınırlandırılmıştır. Buna göre T1 zamanlayıcı girişi için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T1 (IN) = Y0 \quad (5.26)$$

T2 (Birinci motor saniye-sinyal üretici):

T2 zamanlayıcısı birinci motorun devreye girmesi ile bir saniyelik sinyal darbeleri üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Zamanlayıcı, Y0 çıkışının aktif olması ile bir saniyelik süreyi sayar ve çıkışı lojik 1 değerini aldığı anda kendi kapalı kontağı üzerinden içeriği sıfırlanır. Bu döngü birinci motor devrede olduğu sürece devam eder. Buna göre T2 zamanlayıcı girişi için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T2 (IN) = Y0.T2' \quad (5.27)$$

T3 (İkinci motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı):

T3 zamanlayıcısı ikinci motorun yıldız bağlantıda kalma süresini belirlemek için kullanılmaktadır. Zamanlayıcıya gecikme süresinin belirlenmesi için bir karşılaştırma değeri girilmiştir. Y3 çıkışının lojik 1 olmasıyla bu süre başlar ve süre dolduğunda zamanlayıcı çıkışı lojik 1 değerini alır. Motorun yıldız bağlantıda çalışması bu zaman aralığı ile sınırlandırılmıştır. Buna göre T3 zamanlayıcı girişi için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T3 (IN) = Y3 \quad (5.28)$$

T4 (İkinci motor saniye-sinyal üretici):

T4 zamanlayıcısı ikinci motorun devreye girmesi ile bir saniyelik sinyal darbeleri üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Zamanlayıcı, Y3 çıkışının aktif olması ile bir saniyelik süreyi sayar ve çıkışı lojik 1 değerini aldığı anda kendi kapalı kontağı üzerinden içeriği sıfırlanır. Bu döngü birinci motor devrede olduğu sürece devam eder. Buna göre T4 zamanlayıcı girişi için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T4 (IN) = Y3.T4' \quad (5.29)$$

T5 (Yedek motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı):

T5 zamanlayıcısı yedek motorun yıldız bağlantıda kalma süresini belirlemek için kullanılmaktadır. Zamanlayıcıya gecikme süresinin belirlenmesi için bir karşılaştırma değeri girilmiştir. Y6 çıkışının lojik 1 olmasıyla bu süre başlar ve süre dolduğunda zamanlayıcı çıkışı lojik 1 değerini alır. Motorun yıldız bağlantıda çalışması bu zaman aralığı ile sınırlandırılmıştır. Buna göre T5 zamanlayıcı girişi için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T5 (IN) = Y6 \quad (5.30)$$

T6 (Yedek motor saniye-sinyal üretici):

T6 zamanlayıcısı yedek motorun devreye girmesi ile birer saniye arayla sinyal darbeleri üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Zamanlayıcı, Y6 çıkışının aktif olması ile bir saniyelik süreyi sayar ve çıkışı lojik 1 değerini aldığı anda kendi kapalı kontağı üzerinden içeriği sıfırlanır. Bu döngü birinci motor devrede olduğu sürece devam eder. Buna göre T4 zamanlayıcı girişi için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T6 (IN) = Y6.T6' \quad (5.31)$$

T7 (Birinci motor devreye giriş zamanlayıcısı):

Otomatik denetim şarhlarından biri de motorların belirli bir süre içerisinde dörtten fazla devreye girmemesidir. T7 zamanlayıcısı bu süreyi kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır. Y0 çıkışının etkinleşmesi ile ayarlanan süreyi saymaya başlar ve süre dolduğunda içeriğini kendi üzerinden sıfırlar, aynı süreyi saymaya devam eder. Bu döngünün devam edebilmesi için zamanlayıcı girişinin sürekli lojik 1 seviyesinde olması gerekir. Bu işlevi yerine getirmesi için R6 arabelleği kullanılmıştır. Buna göre T7 zamanlayıcı girişi için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T7 (IN) = R6.T7' \quad (5.32)$$

T8 (İkinci motor devreye giriş zamanlayıcısı):

T8 zamanlayıcısı, ikinci motor için T7 zamanlayıcısı ile aynı işlevi yerine getirmek için kullanılmıştır. Y3 çıkışının etkinleşmesi ile ayarlanan süreyi saymaya başlar ve süre dolduğunda içeriğini kendi üzerinden sıfırlar, aynı süreyi saymaya devam eder. Bu döngünün devam edebilmesi için zamanlayıcı girişinin sürekli lojik 1 seviyesinde olması gerekir. Bu işlevi yerine getirmesi için R7 arabelleği kullanılmıştır. Buna göre T8 zamanlayıcı girişi için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T8 (IN) = R7.T8' \quad (5.33)$$

T9 (Yedek motor devreye giriş zamanlayıcısı):

T9 zamanlayıcısı, yedek motor için T7 ve T8 zamanlayıcıları ile aynı işlevi yerine getirmek için kullanılmıştır. Y6 çıkışının aktif olması ile ayarlanan süreyi saymaya başlar ve süre dolduğunda içeriğini kendi üzerinden sıfırlar, aynı süreyi saymaya devam eder. Bu döngünün devam edebilmesi için zamanlayıcı girişinin sürekli lojik 1 seviyesinde olması gerekir. Bu işlevi yerine getirmesi için R8 arabelleği kullanılmıştır. Buna göre T9 zamanlayıcı girişi için mantıksal eşitlik aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T9 (IN) = R8.T9' \quad (5.34)$$

5.3.2.4) Sayıcı Mantıksal Eşitliklerinin Oluşturulması:

C1 (Birinci motor işletme zaman sayacı):

Kumanda şartlarına göre birinci su seviyesinde motorlar belirli zaman dilimlerinde devrede olmalıdır. Motorların çalışma sürelerini kontrol eden program bloğuna ait girişin herhangi bir nedenle lojik 0 değerini alması durumunda, bloğun o anki içeriğinin sabit kalması, giriş lojik 1 olduğunda bu içerik üzerinden zaman takibine devam edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle motorların devrede kalma süreleri, saniye sinyal üreticilerinden birer saniyelik sinyal darbeleri alan sayıcılar ile denetlenmektedir.

C1 sayıcısı, otomatik denetimde birinci seviye için birinci motorun devrede kalma süresini belirlemek için kullanılmaktadır. Sayıcıya, motorun devrede kalma süresinin belirlenmesi için bir karşılaştırma değeri girilmiştir.

Y0 çıkışının lojik 1 olmasıyla birinci motor saniye-sinyal üretici birer saniye arayla sinyal darbeleri üretmeye başlar ve her bir darbede sayıcı içeriği bir artar. Yani sayıcı bir zaman sayacı gibi çalışmaktadır. Karşılaştırma değerine ulaşıldığında sayıcı çıkışı lojik 1 değerini alır. Y0 çıkışının mantıksal eşitliği incelendiğinde C1 sayıcısının lojik 1 olması ile Y0 çıkışının lojik 0 değerini alacağı yani birinci motorun devreden çıkacağı görülmektedir. İkinci su seviyesinde, taşkın su seviyesinde ve sistemdeki diğer iki motorun aynı anda devre dışı kalması durumunda ayrıca motorların arızalarının giderilmesi, test sürelerinin dolması ve tekrar devreye alınması için geçen sürede sayma işlemi iptal edilmelidir. Sayıcı içeriği kendi çıkışı üzerinden sıfırlanır.

$$C1 (IN) = Y0.X1'.X2'.(X34'.R11'+X35'.R13') .T2 \quad (5.35)$$

$$C1 (Reset) = C1 \quad (5.36)$$

C2 (İkinci motor işletme zaman sayacı):

C2 sayıcısı, otomatik denetimde birinci seviye için ikinci motorun devrede kalma süresini belirlemek için kullanılmaktadır. Sayıcıya, motorun devrede kalma süresinin belirlenmesi için bir karşılaştırma değeri girilmiştir. Y3 çıkışının lojik 1 olmasıyla ikinci motor saniye sinyal üretici birer saniye arayla sinyal darbeleri üretmeye başlar ve her bir darbede sayıcı içeriği bir artar. Karşılaştırma değerine ulaşıldığında sayıcı çıkışı lojik 1 değerini alır. Y3 çıkışının mantıksal eşitliği incelendiğinde C2 sayıcısının lojik 1 olması ile Y3 çıkışının lojik 0 değerini alacağı yani ikinci motorun devreden çıkacağı görülmektedir. İkinci su seviyesinde, taşkın su seviyesinde ve sistemdeki diğer iki motorun aynı anda devre dışı kalması durumunda ayrıca motorların arızalarının giderilmesi, test sürelerinin dolması ve tekrar devreye alınması için geçen sürede sayma işlemi iptal edilmelidir. Sayıcı içeriği kendi çıkışı üzerinden sıfırlanır.

$$C2 (IN) = Y3.X1'.X2'.(X33'.R9'+X35'.R13') .T4 \quad (5.37)$$

$$C2 (Reset) = C2 \quad (5.38)$$

C3 (Yedek motor işletme zaman sayacı):

C3 sayıcısı, otomatik denetimde birinci seviye için yedek motorun devrede kalma süresini belirlemek için kullanılmaktadır. Sayıcıya, motorun devrede kalma süresinin belirlenmesi için bir karşılaştırma değeri girilmiştir. Y6 çıkışının lojik 1 olmasıyla yedek motor saniye- sinyal üretici birer saniye arayla sinyal darbeleri üretmeye başlar ve her bir darbede sayıcı içeriği bir artar. Karşılaştırma değerine ulaşıldığında sayıcı çıkışı lojik 1 değerini alır. Y3 çıkışının mantıksal eşitliği incelendiğinde C3 sayıcısının lojik 1 olması ile Y6 çıkışının lojik 0 değerini alacağı yani yedek motorun devreden çıkacağı görülmektedir. İkinci su seviyesinde, taşkın su seviyesinde ve sistemdeki diğer iki motorun aynı anda devre dışı kalması durumunda ayrıca motorların arızalarının giderilmesi, test sürelerinin dolması ve tekrar devreye alınması için geçen sürede sayma işlemi iptal edilmelidir. Sayıcı içeriği kendi çıkışı üzerinden sıfırlanır.

$$C3 (IN) = Y6.X1'.X2'.(X33'.R10'+X34'.R12') .T6 \quad (5.39)$$

$$C3 (Reset) = C3 \quad (5.40)$$

C4 (Birinci motor devreye giriş sayacı):

C4 sayıcısı birinci motorun belirli bir zaman aralığında devreye giriş sayısını sınırlamak için kullanılır. Y0 çıkışının her aktif oluşunda sayıcının içeriği bir arttırılır. T7 zamanlayıcısı ile belirlenen süre içinde sayıcı için girilen karşılaştırma değerine ulaşılmışsa sayıcı çıkışı lojik 1 olur. Böylece birinci motorun devreye girmesi önlenir. Sayıcının içeriği T7 çıkışının lojik 1 olması ile sıfırlanır. Buna göre C4 sayıcı girişleri için mantıksal eşitlikler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$C4 (IN) = Y0 \quad (5.41)$$

$$C4 (Reset) = T7 \quad (5.42)$$

C5 (İkinci motor devreye giriş sayacı):

C5 sayıcısı ikinci motorun belirli bir zaman aralığında devreye giriş sayısını sınırlamak kullanılır. Y3 çıkışının her aktif oluşunda sayıcının içeriği bir arttırılır. T8 zamanlayıcısı ile belirlenen süre içinde sayıcı için girilen karşılaştırma değerine ulaşılmışsa sayıcı çıkışı lojik 1 olur. Böylece ikinci motorun devreye girmesi önlenir. Sayıcının içeriği T8 çıkışının lojik 1 olması ile sıfırlanır. Buna göre C5 sayıcı girişleri için mantıksal eşitlikler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$C5 (IN) = Y3 \quad (5.43)$$

$$C5 (Reset) = T8 \quad (5.44)$$

C6 (Yedek motor devreye giriş sayacı):

C6 sayıcısı yedek motorun belirli bir zaman aralığında devreye giriş sayısını sınırlamak için kullanılır. Y6 çıkışının her aktif oluşunda sayıcının içeriği bir arttırılır T9 zamanlayıcısı ile belirlenen süre içinde sayıcı için girilen karşılaştırma değerine ulaşılmışsa sayıcı çıkışı lojik 1 olur. Böylece yedek motorun devreye girmesi önlenir. Sayıcının içeriği T9 çıkışının lojik 1 olması ile sıfırlanır. Buna göre C6 sayıcı girişleri için mantıksal eşitlikler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$C6 (IN) = Y6 \quad (5.45)$$

$$C6 (Reset) = T9 \quad (5.46)$$

C7 ve C8 Sayıcıları:

Denetim koşullarında yedek motorun hata ve arıza durumları dışında belirli aralıklarla devreye alınması yani sıcak yedek olarak bulundurulması istenmektedir. Sistemdeki ana motorlar ikişer kez devreye girdikten sonra yedek motor devreye alınır. Bu işlem için motorların devreye giriş sayıları, C7 ve C8 sayıcıları ile takip edilir. Sayıcı içerikleri R15 ara belleğinin lojik 1 olması ile sıfırlanır. Buna göre C7 ve C8 sayıcıları için mantıksal eşitlikler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$C7 (IN) = OUT 0 \quad (5.47)$$

$$C7 (Reset) = R15 \quad (5.48)$$

$$C8 (IN) = OUT 6 \quad (5.49)$$

$$C8 (Reset) = R15 \quad (5.50)$$

5.3.3. Denetim Sistemine İlişkin PLC Programının Oluşturulması:

Denetim sistemine ilişkin lojik eşitliklerin elde edilmesinden sonra bu eşitlikler doğrultusunda PLC programı oluşturulur. Bu aşamada mantıksal işaretlerle oluşturulan eşitlikler IEC standartlarına göre PLC programlama diline çevrilir. Merdiven diyagramı ile programlama yöntemi ile kullanıcı programı elde edilir. Tablolarda mantıksal eşitliklerde kullanılan işaretlerin PLC programında kullanılan karşılıkları verilmektedir.

Tablo 5.6. Otomatik Denetim Sistemine Ait Giriş İşaretleri

Lojik İşaret	PLC İşaret	Tanım
X0	IN0	Birinci su seviye girişi
X1	IN1	İkinci su seviye girişi
X2	IN2	Taşkın seviye girişi
X3	IN3	Birinci motor termik arıza girişi
X4	IN4	İkinci motor termik arıza girişi
X5	IN5	Yedek motor termik arıza girişi
X6	IN6	Birinci motor termistör arıza girişi
X7	IN7	İkinci motor termistör arıza girişi
X8	IN8	Yedek motor termistör arıza girişi
X9	IN9	Birinci motor faz koruma rölesi arıza girişi
X10	IN10	İkinci motor faz koruma rölesi arıza girişi
X11	IN11	Yedek motor faz koruma rölesi arıza girişi
X12	IN12	Birinci motor çalıştırma girişi
X13	IN13	İkinci motor çalıştırma girişi
X14	IN14	Yedek motor çalıştırma girişi
X15	IN15	Birinci motor durdurma girişi

X16	IN16	İkinci motor durdurma girişi
X17	IN17	Yedek motor durdurma girişi
X18	IN18	Birinci motor el konum girişi
X19	IN19	Birinci motor otomatik konum girişi
X20	IN20	İkinci motor el konum girişi
X21	IN21	İkinci motor otomatik konum girişi
X22	IN22	Yedek motor el konum girişi
X23	IN23	Yedek motor otomatik konum girişi
X24	IN24	Birinci motor su kaçağı arıza girişi
X25	IN25	İkinci motor su kaçağı arıza girişi
X26	IN26	Yedek motor su kaçağı arıza girişi
X27	IN27	Birinci motor kumanda gerilimi kontrol girişi
X28	IN28	İkinci motor kumanda gerilimi kontrol girişi
X29	IN29	Yedek motor kontrol girişi
X30	IN30	Birinci motor termik manyetik şalter girişi Birinci motor acil durdurma girişi
X31	IN31	İkinci motor termik manyetik şalter girişi İkinci motor acil durdurma girişi
X32	IN0 (2)	Yedek motor termik manyetik şalter girişi Yedek motor acil durdurma girişi
X33	IN1 (2)	Birinci motor test kilit girişi
X34	IN2 (2)	İkinci motor test kilit girişi
X35	IN3 (2)	Yedek motor test kilit girişi
X36	IN4 (2)	Birinci motor test sinyalizasyon girişi
X37	IN5 (2)	İkinci motor test sinyalizasyon girişi
X38	IN6 (2)	Yedek motor test sinyalizasyon girişi
X39	IN7 (2)	Birinci motor arıza reset girişi
X40	IN8 (2)	İkinci motor arıza reset girişi
X41	IN9 (2)	Yedek motor arıza reset girişi

Tablo 5.7. Otomatik Denetim Sistemine Ait Çıkış İşaretleri

Lojik İşaret	PLC İşaret	Tanım
Y0	OUT0	Birinci motor ana kontaktör denetim çıkışı
Y1	OUT1	Birinci motor yıldız bağlantı kontaktörü denetim çıkışı
Y2	OUT2	Birinci motor üçgen bağlantı kontaktörü denetim çıkışı
Y3	OUT3	İkinci motor ana kontaktör denetim çıkışı
Y4	OUT4	İkinci motor yıldız bağlantı kontaktörü denetim çıkışı
Y5	OUT5	İkinci motor üçgen bağlantı kontaktörü denetim çıkışı
Y6	OUT6	Yedek motor ana kontaktör denetim çıkışı
Y7	OUT7	Yedek motor yıldız bağlantı kontaktörü denetim çıkışı
Y8	OUT8	Yedek motor üçgen bağlantı kontaktörü denetim çıkışı

Tablo 5.8. Otomatik Denetim Sistemine Ait Arabellek İşaretleri

Lojik İşaret	PLC İşaret	Tanım
R0	M0	Birinci motor arıza ara belleği
R1	M1	İkinci motor arıza ara belleği
R2	M2	Yedek motor arıza ara belleği
R3	M3	Birinci motor zaman sayacı kilit ara belleği
R4	M4	İkinci motor zaman sayacı kilit ara belleği
R5	M5	Yedek motor zaman sayacı kilit ara belleği
R6	M6	Birinci motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği
R7	M7	İkinci motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği
R8	M8	Yedek motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği
R9-R10	M9-M10	Birinci motor arıza test ara belleği
R11-R12	M11-M12	İkinci motor arıza test ara belleği
R13-R14	M13-M14	Yedek motor arıza test ara belleği
R15	M15	Yedek motor işletme ara belleği

Tablo 5.9. Otomatik Denetim Sistemine Ait Zamanlayıcı İşaretleri

Lojik İşaret	PLC İşaret	Tanım
T1	TON1	Birinci motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı
T2	TON2	Birinci motor saniye-sinyal üretici
T3	TON3	İkinci motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı
T4	TON4	İkinci motor saniye-sinyal üretici
T5	TON5	Yedek motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı
T6	TON6	Yedek motor saniye-sinyal üretici
T7	TON7	Birinci motor devreye giriş zamanlayıcısı
T8	TON8	İkinci motor devreye giriş zamanlayıcısı
T9	TON9	Yedek motor devreye giriş zamanlayıcısı

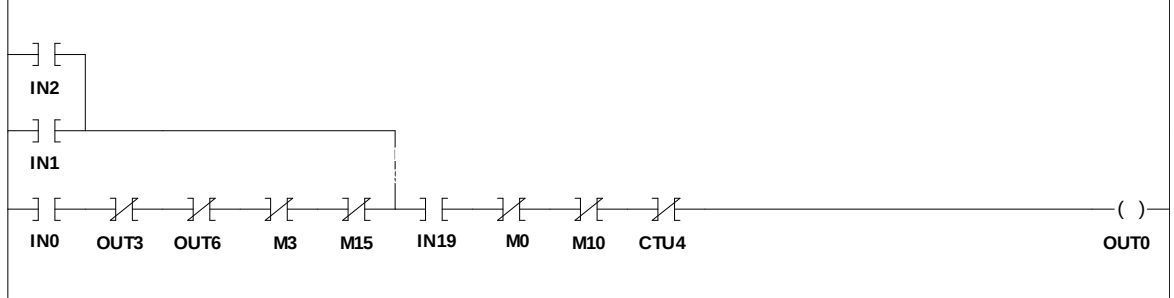
Tablo 5.10. Otomatik Denetim Sistemine Ait Sayıcı İşaretleri

Lojik İşaret	PLC İşaret	Tanım
C1	CTU1	Birinci motor işletme zaman sayacı
C2	CTU2	İkinci motor işletme zaman sayacı
C3	CTU3	Yedek motor işletme zaman sayacı
C4	CTU4	Birinci motor devreye giriş sayacı
C5	CTU5	İkinci motor devreye giriş sayacı
C6	CTU6	Yedek motor devreye giriş sayacı
C7-C8	CTU7-CTU8	Birinci-ikinci motor devreye giriş sayıcıları (yedek motor için)

Denetim koşullarına bağlı olarak elde edilen mantıksal eşitlikler PLC program diline çevrilir ve her bir eşitlik için program parçaları oluşturulur.

5.3.3.1. Çıkışlara İlişkin PLC Program Parçaları;

OUT0 (Birinci motor ana kontaktör denetim çıkışı):



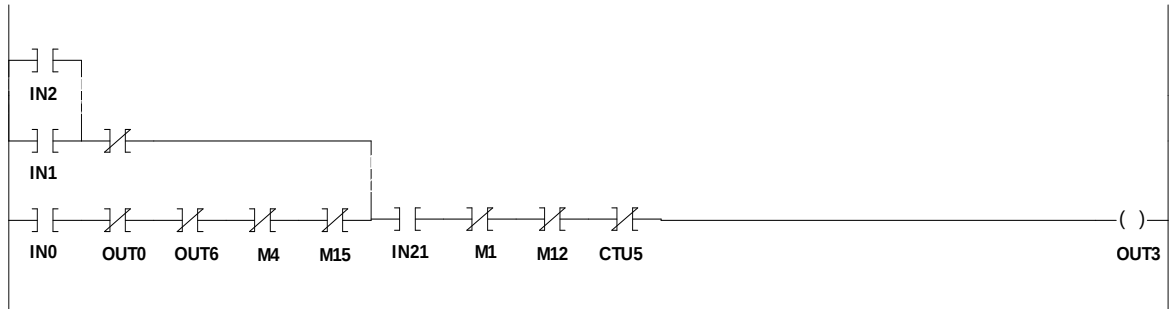
OUT1 (Birinci motor yıldız bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):



OUT2 (Birinci motor üçgen bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):



OUT3 (İkinci motor ana kontaktör denetim çıkışı):



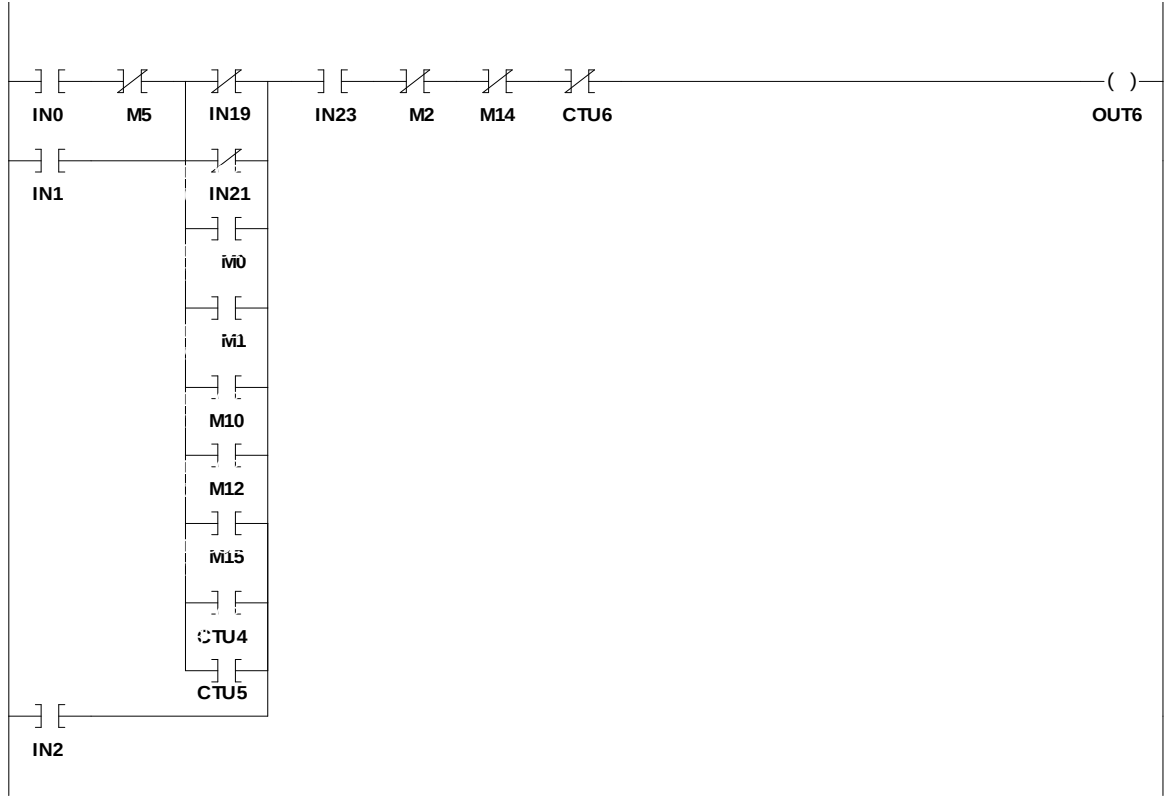
OUT4 (İkinci motor yıldız bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):



OUT5 (İkinci motor üçgen bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):



OUT6 (Yedek motor ana kontaktör denetim çıkışı):



OUT7 (Yedek motor yıldız bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):

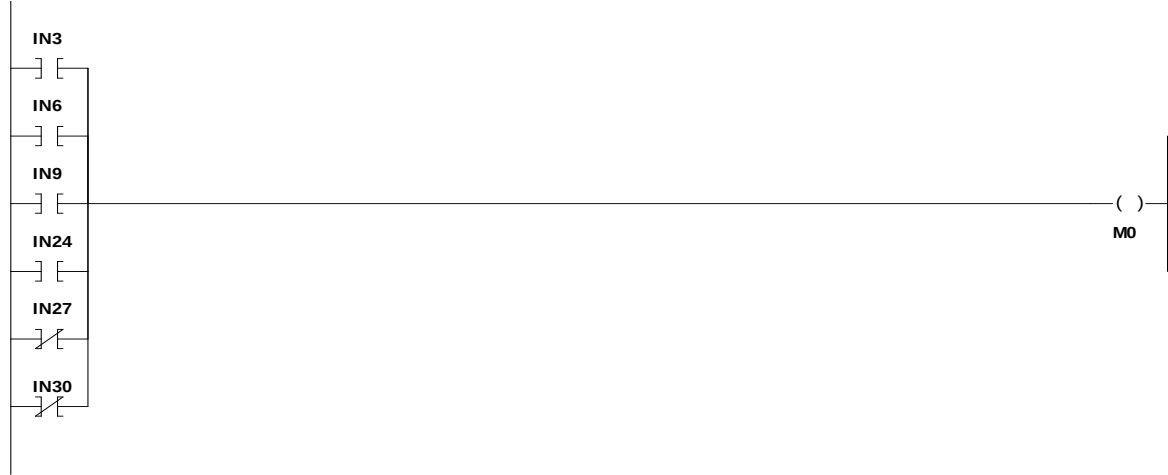


OUT8 (Yedek motor üçgen bağlantı kontaktörü denetim çıkışı):



5.3.3.2. Ara Belleklere İlişkin PLC Program Parçaları;

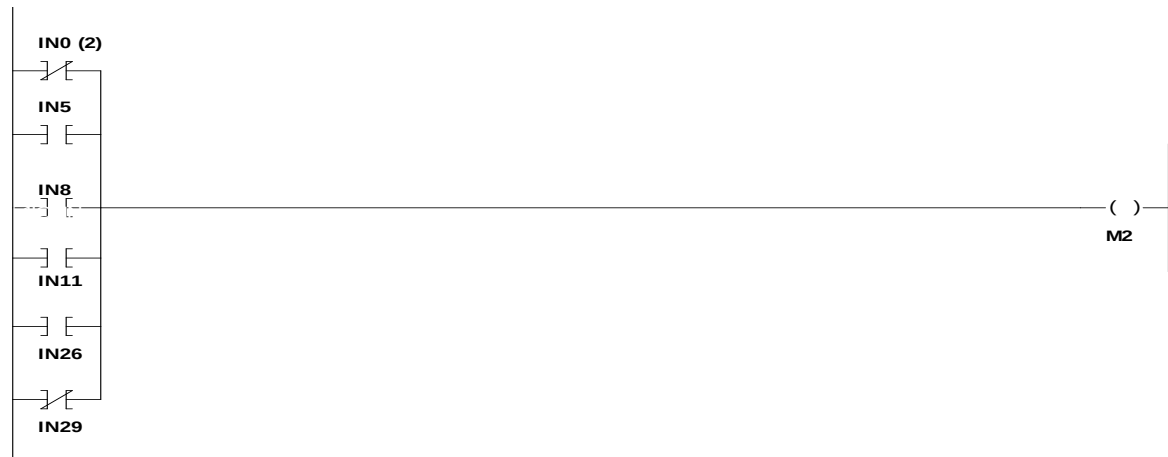
M0 (Birinci motor arıza ara belleği):



M1 (İkinci motor arıza ara belleği):



M2 (Yedek motor arıza ara belleği):



M3 (Birinci motor zamanlayıcı kilit ara belleği):



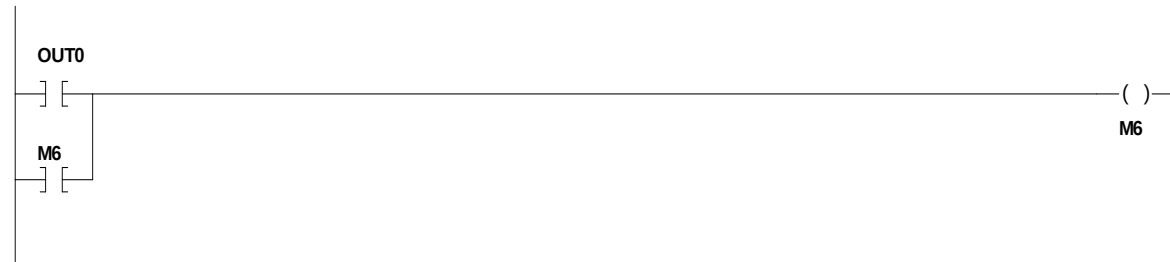
M4 (İkinci motor zamanlayıcı kilit ara belleği):



M5 (Yedek motor zamanlayıcı kilit ara belleği):



M6 (Birinci motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği):



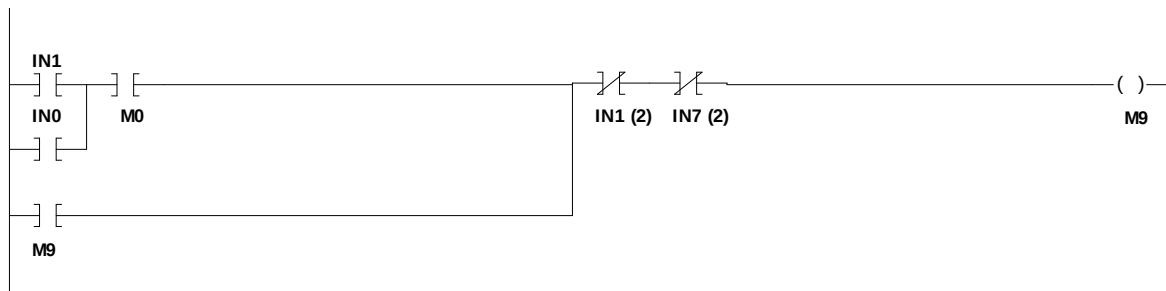
M7 (İkinci motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği):



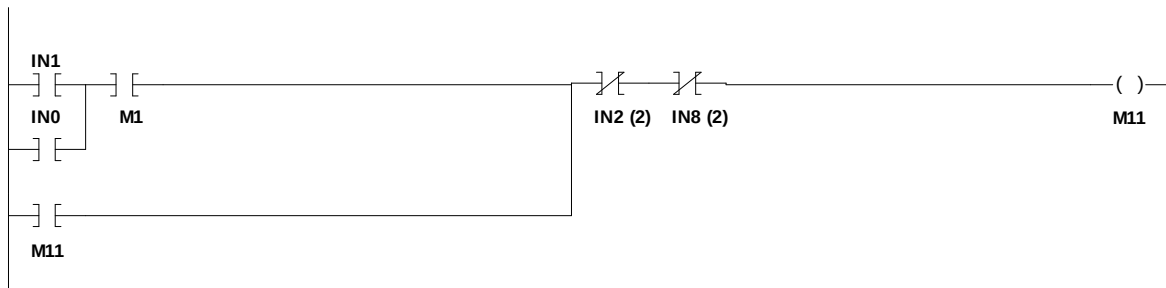
M8 (Yedek motor devreye giriş zamanlayıcısı etkinleştirme ara belleği):



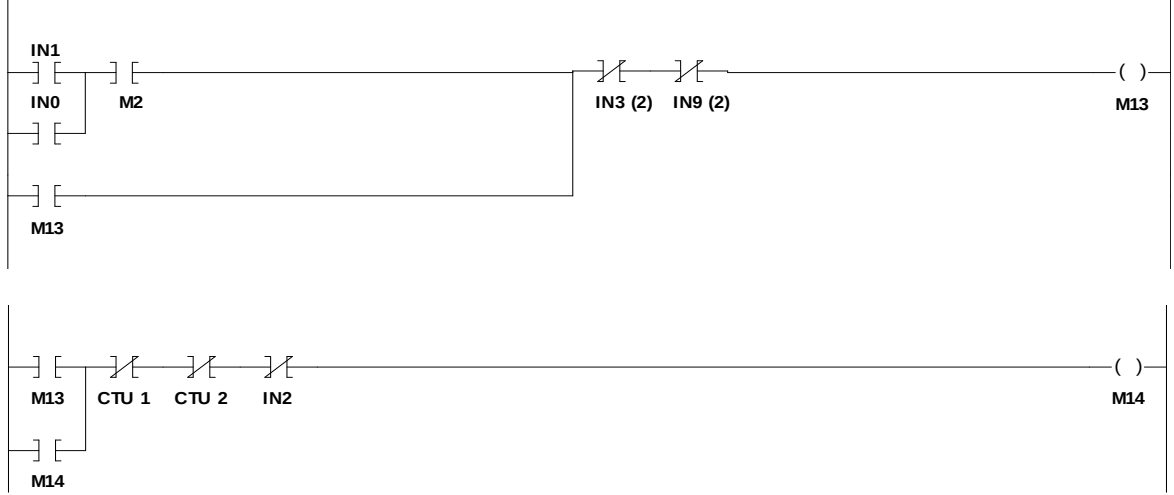
M9-M10 (Birinci motor arıza test ara bellekleri):



M11-M12 (İkinci motor arıza test ara bellekleri):



M13-M14 (Yedek motor arıza test ara bellekleri):

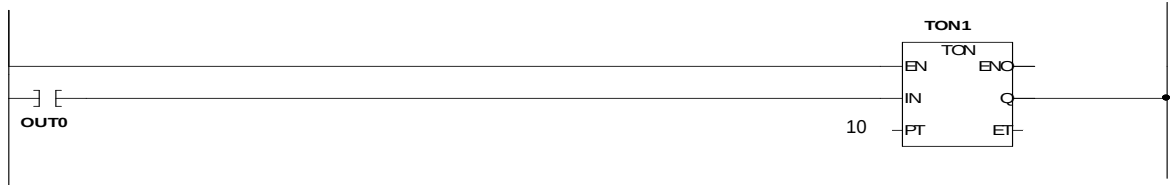


M15 (Yedek motor işletme ara belleği):

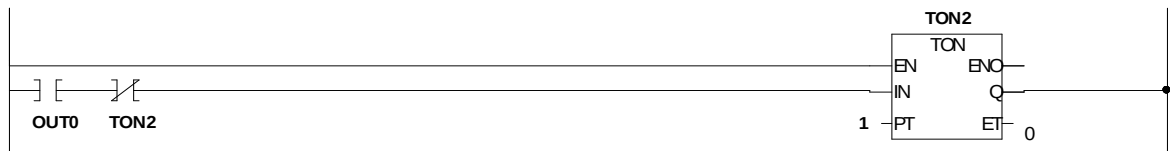


5.3.3.3. Zamanlayıcılara İlişkin PLC Program Parçaları;

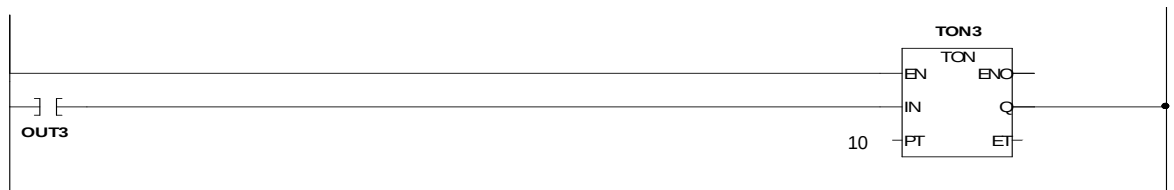
TON1 (Birinci motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı):



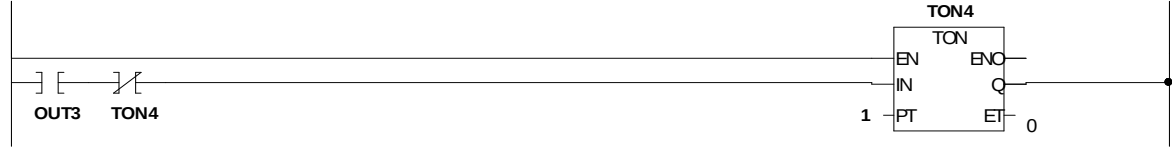
TON2 (Birinci motor saniye-sinyal üretici):



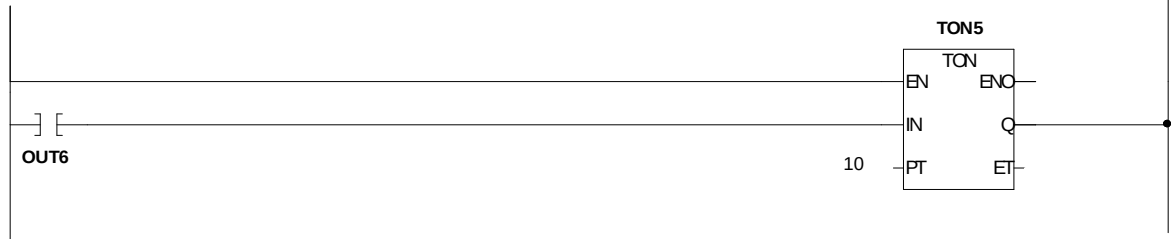
TON3 (İkinci motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı):



TON4 (İkinci motor saniye-sinyal üretici):



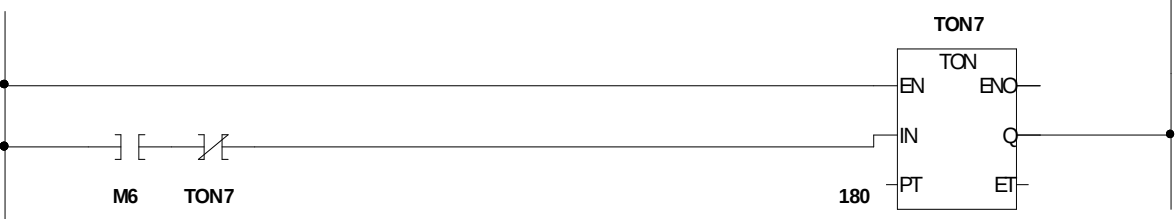
TON5 (Yedek motor yıldız bağlantı zamanlayıcısı):



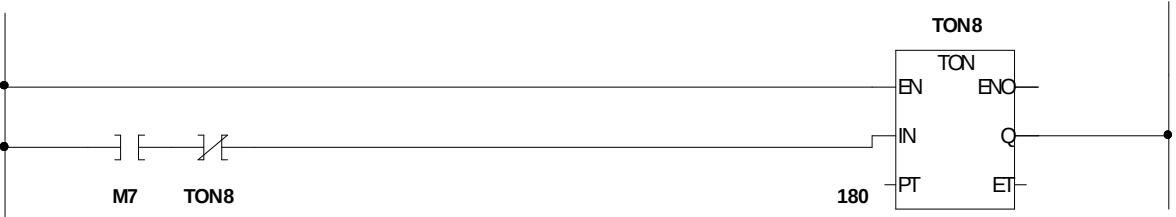
TON6 (Yedek motor saniye-sinyal üretici):



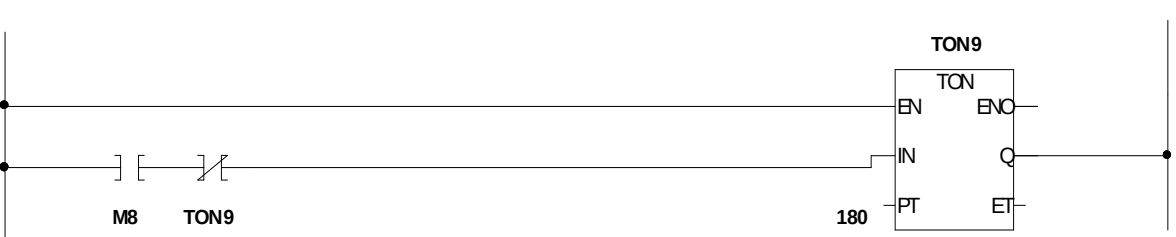
TON7 (Birinci motor devreye giriş zamanlayıcısı):



TON8 (İkinci motor devreye giriş zamanlayıcısı):

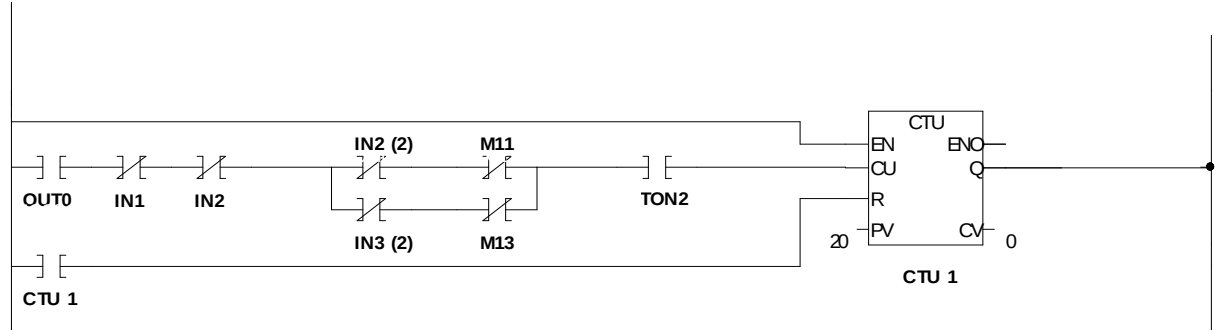


TON9 (Yedek motor devreye giriş zamanlayıcısı):

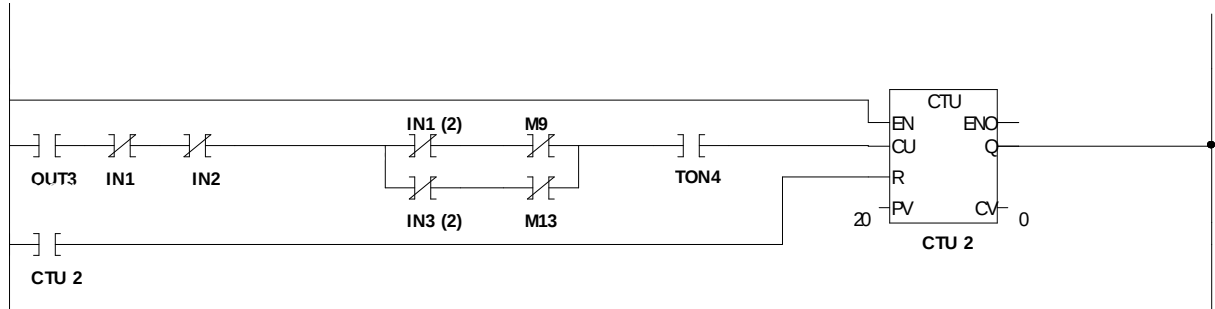


5.3.3.4) Sayıcılara İlişkin PLC Program Parçaları;

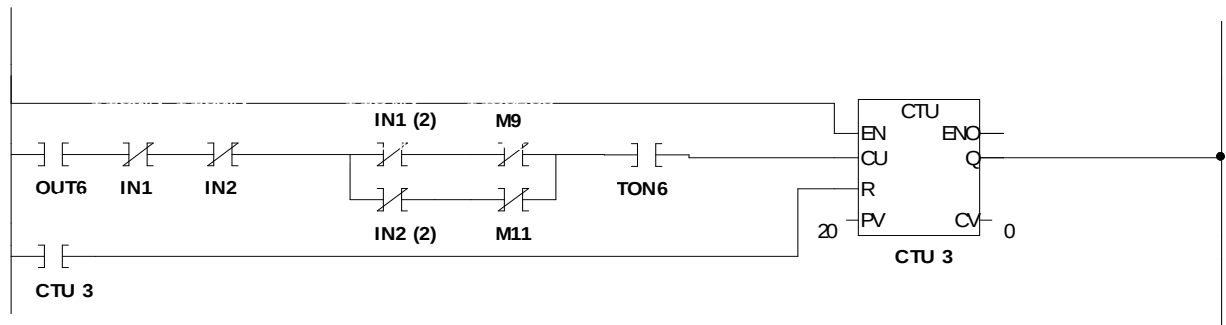
CTU1 (Birinci motor işletme zaman sayacı):



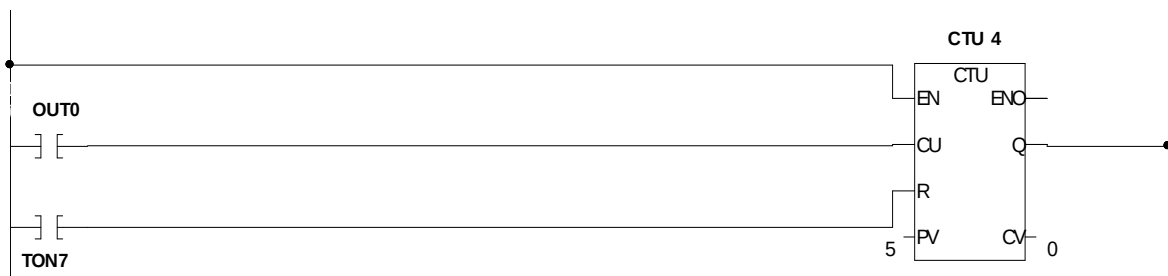
CTU2 (İkinci motor işletme zaman sayacı):



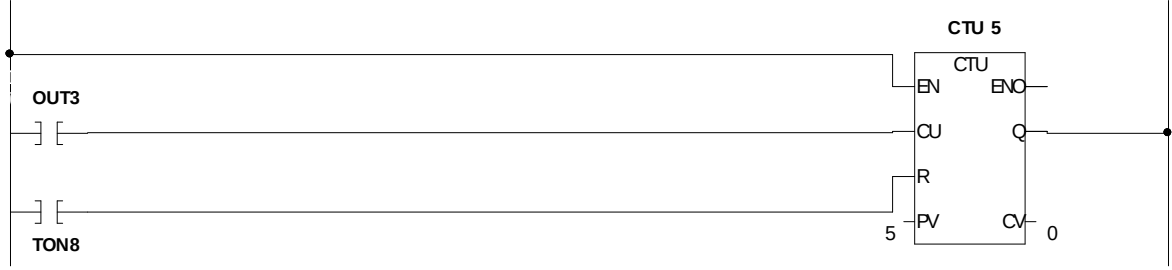
CTU3 (Yedek motor işletme zaman sayacı):



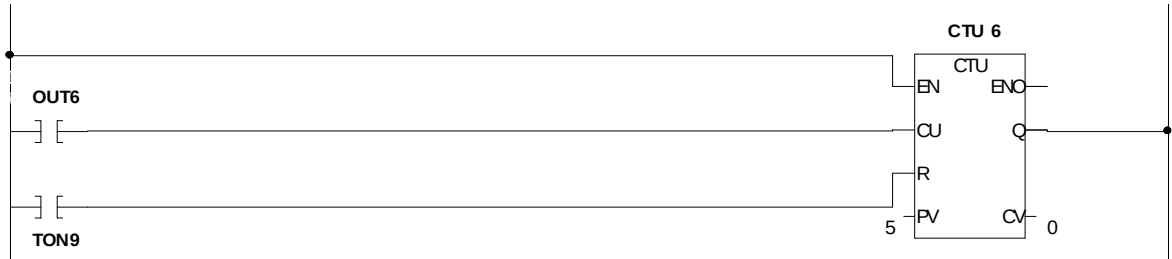
CTU4 (Birinci motor devreye giriş sayacı):



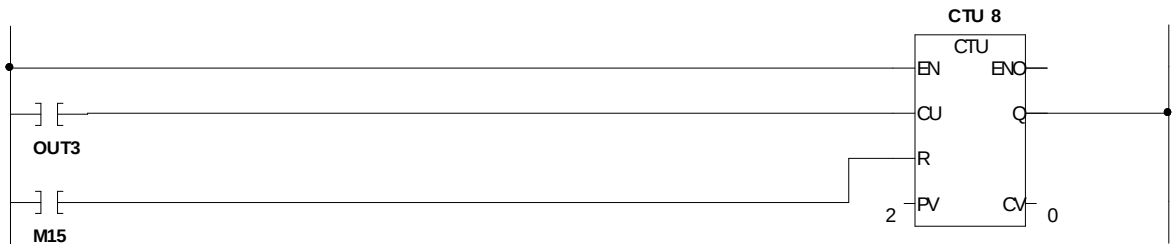
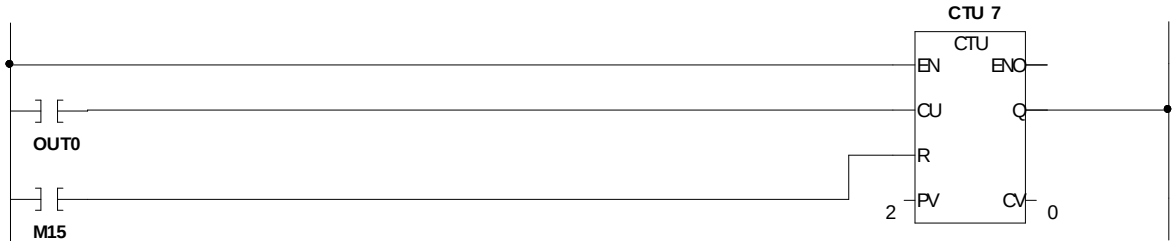
CTU5 (İkinci motor devreye giriş sayacı):



CTU6 (Yedek motor devreye giriş sayacı):



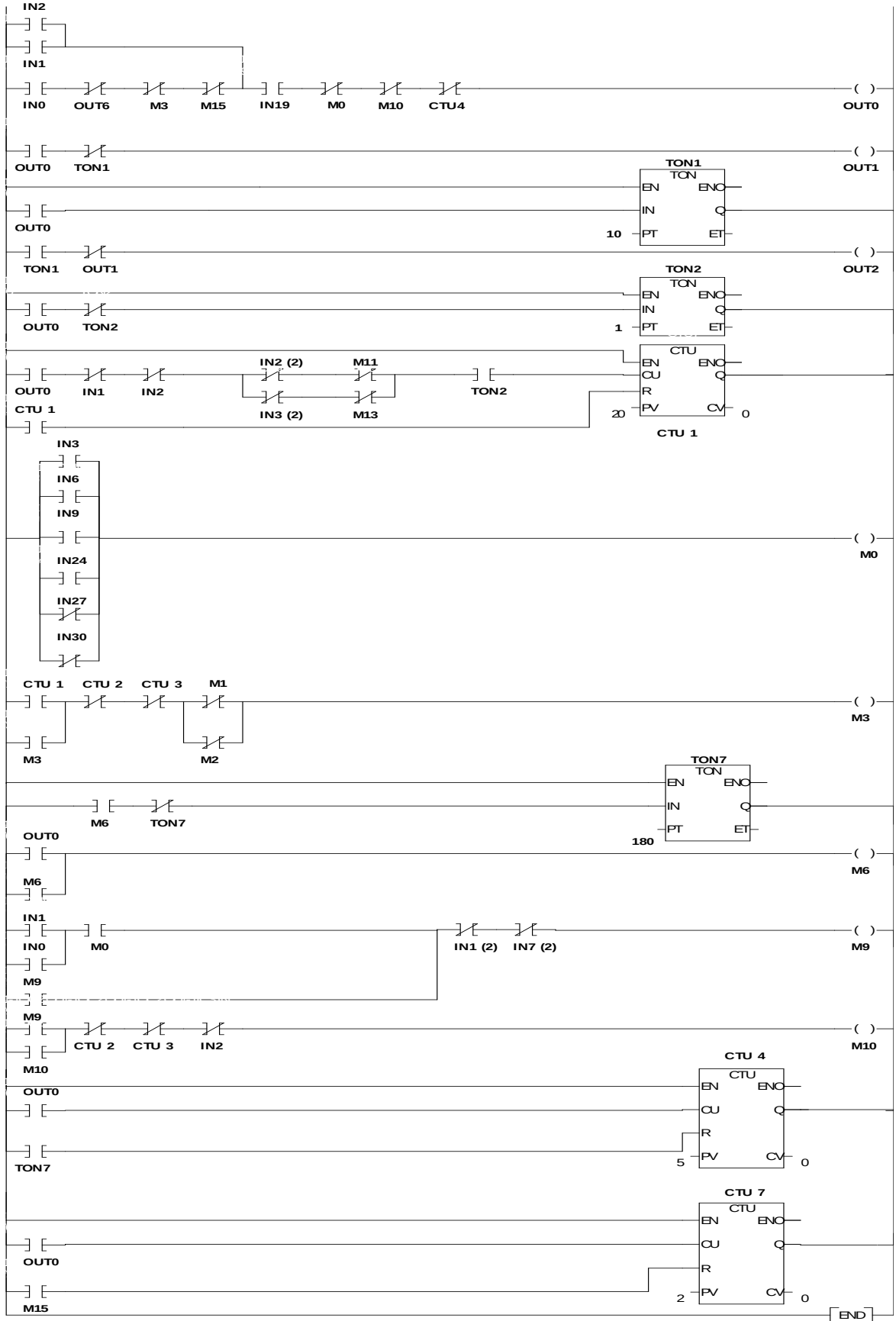
CTU7-CTU8 Sayıcıları:



5.3.4. Sisteme İlişkin PLC Kullanıcı Programı:

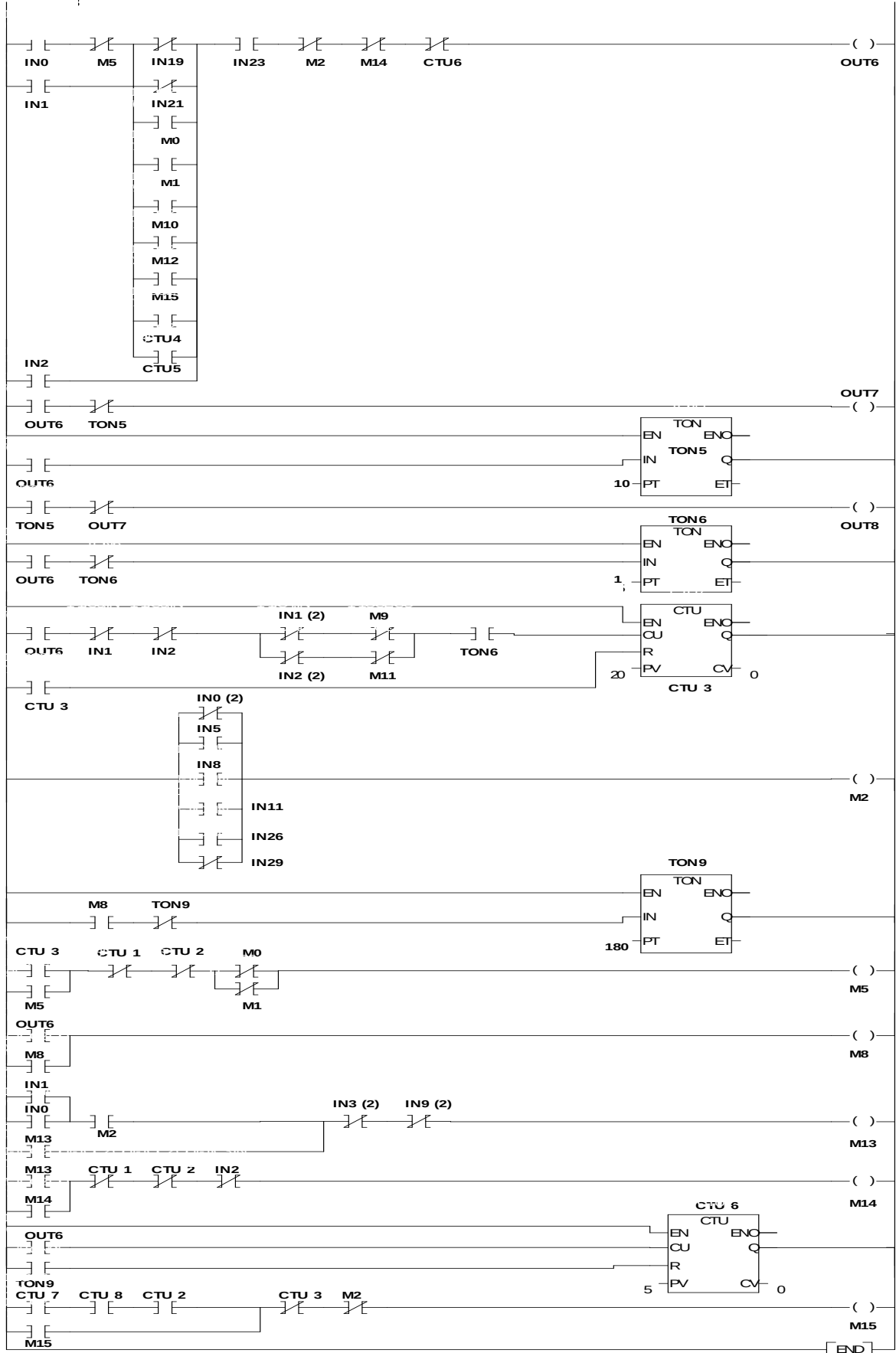
Denetim koşullarına uygun olarak elde edilen PLC program parçaları sistemin çalışma ilkelerine göre birleştirilerek kullanıcı programı oluşturulur. Pompa-motor birimleri ve sinyalizasyon sistemine ait PLC kullanıcı programları şu şekildedir.

Birinci Birim için PLC Kullanıcı Programı





Yedek Birim için PLC Kullanıcı Programı:



6. POMPA İSTASYONUNU İŞLETME KARAKTERİSTİKLERİ VE BAŞARIMI:

6.1. Başarımla İlgili Temel Kavramlar:

Pompa-motor birimlerinin başarımlarını elde edebilmek için bazı kavramlara ilişkin tanımların yapılması gerekir.

6.1.1. Debi:

Pompa debisi, pompa basma flanşından birim zamanda net olarak basılan sıvının hacmi olarak tanımlanır. Pompanın iç kaçakları ile aksiyel itme dengeleme sistemlerine giden sıvı miktarı değerleri düşük olduğundan pompa debisine etkileri göz ardı edilir. Hacimsel debinin birimi lt/s olarak belirlenmiştir.

6.1.2. Pompa Basma Yüksekliği:

Pompa giriş ve çıkış kesitleri arasında birim ağırlık başına kazandığı net (faydalı) enerji olarak tanımlanır. Birimi uzunluk boyutunda olup “metre” dir.

$$H_m = \text{Enerji} / \text{Ağırlık} = \text{Joule} / \text{Newton} = \text{N.m} / \text{m} = \text{m} \quad (6.1)$$

Basma yüksekliğinin birimi uzunluk boyutunda olmasına rağmen ‘H’ nin özel olarak tanımlanan “Enerji” olduğu unutulmamalıdır.

6.1.3. Pompa Mil Gücü:

Pompa mil gücü, pompayı etkinleştirmek için motor miline uygulanan güçtür. Aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$P_m = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_m / 1000 \cdot \mu_p \quad (6.2)$$

ρ : kg / m³ (Özkütle)

H_m : m (Manometrik Basma Yüksekliği)

g : m / s² (Yerçekimi İvmesi)

P_m : kW (Pompa Mil Gücü)

Q : m³ / s (Debi)

μ_p : Pompa Verimi

Pratikte kullanılan birimlerle ve $g = 9.81$ alındığında pompa mil gücü;

$$P_m = Q \cdot H_m / 102 \cdot \mu_p \quad (6.3)$$

ifadesi ile hesaplanmaktadır. Aynı pompanın, aynı dönme hızında farklı yoğunlukta sıvılar basması halinde gücün değişeceği dikkate alınmalıdır.

6.1.4. Pompa Etkinleştirme Gücü:

Pompanın etiket değerinden daha büyük debilerde çalıştırılabileceği dikkate alınarak, motor gücü mil gücünden biraz büyük seçilir. α katsayısı seçim değerinin belirli güç değerlerinde uygun sınırlarda kalması için kullanılmaktadır.

$$P_T = \alpha \cdot P_m \quad (6.4)$$

Tablo 6.1. Motor Seçim Katsayıları

P (kW)	α
< 1,5	1,5 - 1,40
1,5 - 4	1,40 - 1,25
4,0 - 35,0	1,25 - 1,15
> 35,0	1,15 - 1,10

6.1.5. Pompa Verimi:

Pompa verimi, suya net olarak aktarılan hidrolik gücün mil gücüne oranıdır. Pompa verimi, pompanın özgül hızına, tipine ve debisine bağlı olup %35 ile %85 arasında değişmektedir.

$$\mu_p = P_{hid} / P_m = Q \cdot H_m / 102 \cdot P_m \text{ olarak ifade edilmektedir.} \quad (6.5)$$

6.1.6. Sistem Verimi:

Motor gücü ölçülerek saptanan (pompa + motor) toplam verimidir.

$$\mu_s = P_{hid} / P_{motor} = \mu_p \cdot \mu_m \quad (6.6)$$

6.2. Başarım Testleri:

6.2.1. Hm değerinin ölçümü:

Pompanın basma yüksekliği; civalı piyezometre veya kalibre edilmiş yaylı veya pistonlu manometre kullanılarak ölçülebilmektedir. Kullanılan ölçüm cihazı pompanın basma ağzı flanşından sonraki boruya bağlanır. Toplam basma yüksekliği; cihaz ile ölçülen emme ve basma yüksekliğinin toplamından hesaplanır.

6.2.2. Debinin Ölçümü:

Debi ölçümü için değişik yöntemler (savak, orifis) uygulanmakla birlikte elektronik debimetreler sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır.

6.2.3. Güç Ölçümü:

Pompa motor birimlerinin çektikleri güç wattmetreler ile ölçülmektedir.

6.2.4) Hız Ölçümü:

Motor mil hızının ölçümü mekanik ya da sayısal takometreler ile yapılmaktadır.

Mekanik Takometre ile Ölçüm: Mekanik takometrelerin lastik uçlu mili, motor rotoru milinin sonundaki alın yüzeyine bastırılır ve analog göstergeden devir sayısı okunur.

Sayısal Takometre ile Ölçüm: Sayısal takometrelerin çalışma prensibi; mille birlikte dönen, bir özel etiketten yansıyan görünmez ışınların sinyal olarak değerlendirilmesine dayanmaktadır. Devir sayısı sayısal göstergeden direkt okunur. Ölçüm sırasında takometre mil eksenine dik tutulmalıdır.

6.2.5) Moment Ölçümü:

Moment, bir dinamometre yardımıyla, elektrik motorunun gövdesine bağlı moment kolu ucundaki kuvvetin ölçülmesi ve kol uzunluğunun bu kuvvet değeri ile çarpılması ile bulunur.

$$M = F.L \quad (6.7)$$

M: Moment F: Kuvvet L: Kol uzunluğu

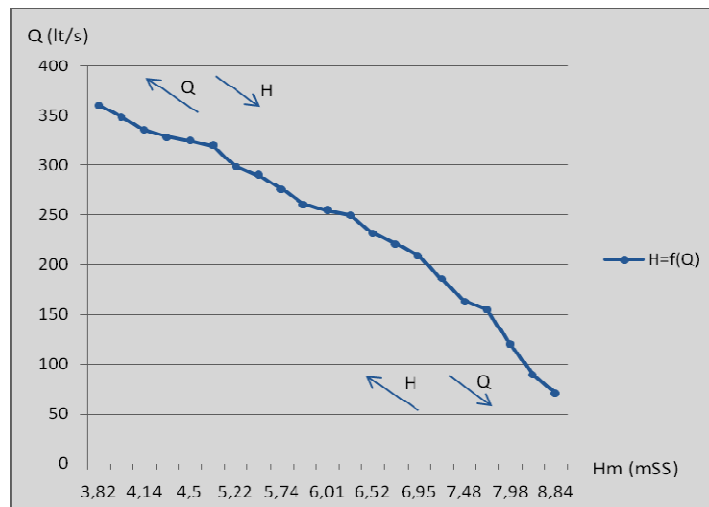
6.3. Pompa-Motor Birimlerinin Başarım ve İşletme Karakteristiklerinin Elde Edilmesi:

6.3.1. Pompa Karakteristikleri:

Pompa karakteristik eğrileri, bir pompanın sabit devir sayısında, su (15°C – 20°C) basması halinde basma yüksekliği (H_m), pompa mil gücü (P_m), pompa verimi (μ_p), gerekli emmedeki net faydalı yük ($ENFY_G$) değerlerinin debiye (Q) bağlı olarak değişimini gösteren eğrilerdir. Debi (Q), basma yüksekliği (H_m), pompa mil gücü (P_m), gerekli emmedeki net faydalı yük ($ENFY_G$) değerleri deneysel olarak ölçülür, pompa verimi (μ_p) ise bu değerlere bağlı olarak elde edilir. Debi arttıkça basma yüksekliğinin azaldığı pompa “kararlı” olarak tanımlanır. Bazı pompalarda ise kapalı vanadan başlayarak debi arttıkça; basma yüksekliği önce artmakta, belirli bir debiden sonra azalmaktadır. Değişik debi ve basma yüksekliği değerleri için yapılan ölçümler sonucunda Tablo 6.2 deki değerler elde edilmiştir. Debi, elektronik debimetre, basma yüksekliği ise pistonlu manometre ile ölçülmüştür.

Tablo 6.2. Debi- Basma Yüksekliği Ölçüm Değerleri

Q (lt/s)	H _m (mSS)	Q (lt/s)	H _m (mSS)	Q (lt/s)	H _m (mSS)
368	3,91	290	5,5	209	6,95
349	4,01	283,5	5,74	186	7,13
336	4,14	268	5,97	163,5	7,48
328,5	4,23	259,3	6,01	155,1	7,72
325	4,5	250	6,07	119,6	7,98
319,5	4,95	237	6,52	89,5	8,67
299	5,22	221	6,83	71	8,84



Şekil 6.1. Pompa Karakteristiğine Göre Kararlılık

Pompa karakteristiği incelendiğinde Debi (Q) arttıkça, basma yüksekliğinin (H) azaldığı görülmektedir. Buradan da anlaşılabacağı üzere sistemde kullanılan pompalar kararlıdır.

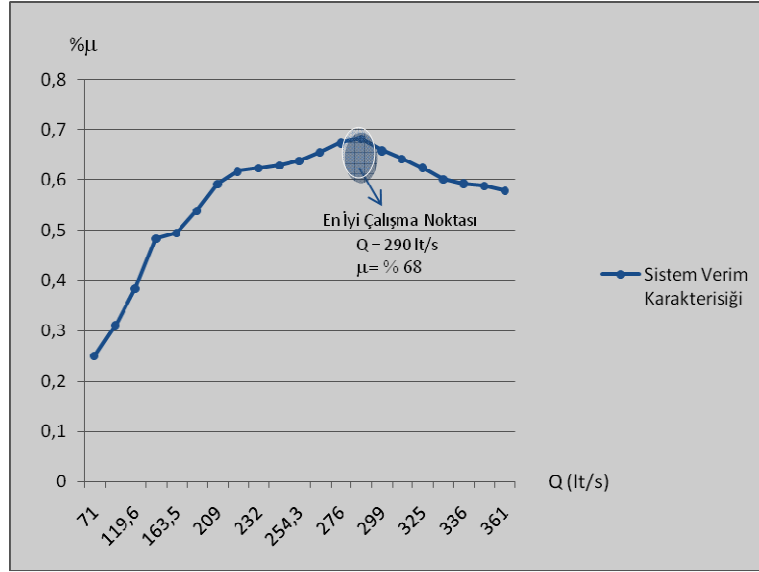
6.3.2. Sistem Verim Karakteristiği ve En İyi Çalışma Noktası:

Pompa-motor biriminin verimi kapalı vanadan ($Q=0$) başlayarak debi arttıkça artmakta, bir tepe değerine ulaştıktan sonra ise azalmaktadır. Veriminin en yüksek olduğu nokta, “En İyi Verim Noktası” olarak tanımlanır. Değişik debi ve basma yüksekliklerindeki verim değerleri Tablo 6.3’ teki gibidir. Verim değerleri pompaların suya verdiği gücün şebekeden çekilen güce oranlanması ile hesaplanmıştır. Şebekeden çekilen güç enerji analizörü ile ölçülmüştür.

Tablo 6.3. Değişik Çalışma Koşulları İçin Verim Değerleri

Q (lt/s)	Hm (mSS)	Pp (kW)	Pö (kW)	$\mu(\%)$
361	3,82	13,52	23,41	0,58
349	4,01	13,72	23,36	0,59
336	4,14	13,64	23,04	0,59
328,5	4,23	13,62	22,68	0,60
325	4,5	14,34	22,98	0,62
319,5	4,95	15,51	24,15	0,64
299	5,22	15,30	23,25	0,66
290	5,5	15,64	22,95	0,68
276	5,74	15,53	23,08	0,67
261	5,97	15,28	23,33	0,65
254,3	6,01	14,98	23,45	0,64
250	6,07	14,88	23,65	0,63
232	6,52	14,83	23,81	0,62
221	6,83	14,80	23,99	0,62
209	6,95	14,24	24,08	0,59
186	7,13	13,00	24,15	0,54
163,5	7,48	11,99	24,20	0,50
155,1	7,72	11,74	24,28	0,48
119,6	7,98	9,36	24,37	0,38
89,5	8,67	7,61	24,41	0,31
71	8,84	6,15	24,54	0,25

Elde edilen verilere göre sistem verim karakteristiği ve en iyi çalışma noktası Şekil 6.5’te gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Sistem Verim Karakteristiğine Göre En İyi Çalışma Noktası

Sistem verim karakteristiği incelendiğinde test edilen pompa-motor birimleri için en iyi çalışma noktasında verim %68 olarak belirlenmiştir. Bu değere 290 lt/s debide ulaşılmıştır. Karakteristik eğri incelendiğinde vananın ilk açıldığı andan başlayarak verimin hızla artmaya başladığı, en iyi çalışma değerine yaklaşıldıkça artış hızının yavaşladığı ve bu noktadan sonra azalma eğilimine girdiği görülmektedir. Buradan da anlaşılabileceği üzere en iyi çalışma noktası ölçüm alınan değerlere göre yapılan bir yaklaşımla belirlenmiştir. Debi ölçüm sıklığı artırılarak daha hassas bir değer belirlenebilir. Ortam parametrelerine göre debi değeri 300 lt/s olarak belirlenmiş ve pompa-motor birimleri bu değere göre seçilmiştir. Bu debi değeri sistemin en iyi çalışma bölgesine yakın bir verim sağlamaktadır.

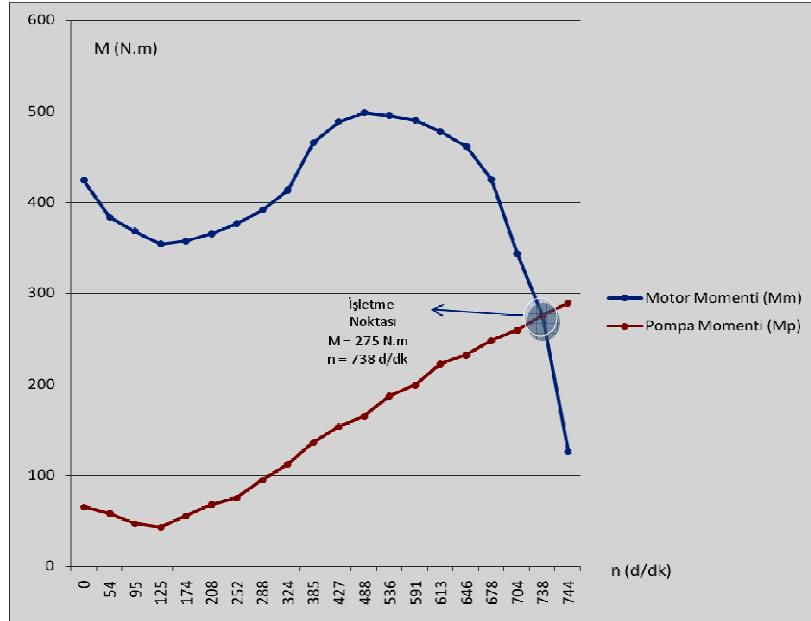
6.3.3. Sistem Hız – Moment Karakteristikleri:

Bir pompa-motor biriminin sıfır hızdan ($n=0$) işletme hızına (n_N) kadar hızlandırılması olayı “Yol Alma” olarak tanımlanır. Yol alma sırasında elektrik motoru momentinin, pompa momentinden büyük olması gerekir. Pompa momenti (M_p) ile motor momenti (M_M) eşitliğinde sistem nominal hıza ulaşır. Bu noktadan itibaren debi değişmedikçe pompa-motor birimi sabit hızda çalışır. Pompa-motor biriminde kalkış momenti pompa için nominal değer %5’i ile %20’si arasında bir değerdedir. Elektrik motorunun kalkış momenti ise işletme momentin 2-3 katı arası bir değerdedir. Başarım testleri ile ölçülen hız ve moment değerleri Tablo 6.4’ de verilmiştir. Hız sayısal takometre ile ölçülmüştür. Moment değerleri ise dinamometre ile ölçülen kuvvetler ile mil uzunluğunun çarpımından hesaplanmıştır.

Tablo 6.4. Hız-Moment Ölçüm Değerleri

Mm (Nm)	Mp (Nm)	n (d/dk)	Mm (Nm)	Mp (Nm)	n (d/dk)
424	65	0	498	165	488
383	58	54	495	187	536
368	47	95	490	199	591
354	43	125	477	222	613
357	55	174	461	232	646
365	68	208	425	248	678
376	75	252	343	259	704
391	95	288	275	275	738
413	112	324	126	289	744
465	136	385	0	302	750
488	153	427	-	-	-

Elde edilen verilere göre hız-moment karakteristiğinde pompa-motor biriminin işletme noktası Şekil 6.6'da gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Hız-Moment Karakteristiğine Göre İşletme Noktası

Karakteristik eğri incelendiğinde hem pompa hem de motor için 275 Nm moment değerine ulaşıldığında iki donanımın eğrileri çakışmakta ve işletme hızının 738 d/dk olduğu görülmektedir.

7. TARTIŞMA

Bu bölümde PLC denetimli sulama sisteminin, geleneksel kumanda devreleri ile denetlenen sistemlerle karşılaştırılması yapılmış, yapılandırma ve işletim süreçlerinde PLC denetimli sistemlerin avantajlarına değinilmiştir. PLC denetimli sulama sisteminin klasik kumanda devreleri ile denetlenen sistemlere göre üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- PLC ile sulama sisteminin denetimi kullanıcı programı ile sağlanmaktadır. Böylece geleneksel kumanda devrelerinde denetim işlevlerini yerine getirmek için kullanılan birçok donanım gereksinimi duyulmamaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere PLC ile denetim, tasarım, montaj, bakım açısından geleneksel kumanda devrelerine göre çok daha üstündür.
- PLC ile denetlenen sistemlerde birçok değişiklik kullanıcı programı üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Böylece çok kısa bir sürede yeni çalışma düzenine geçilmesi sağlanır.
- PLC kolayca programlanabilir ve kullanıcı programı gerektiğinde kolayca değiştirilebilir.
- Değişiklikler yalnızca kullanıcı programı ile sağlanabildiğinden donanımda herhangi bir düzenlemeye gereksinim duyulmamaktadır.
- PLC'ler çok geniş bir belleğe sahip olmakla beraber, veri toplama sistemleriyle haberleşme yeteneğine de sahiptirler
- PLC denetim sisteminde kendi kendine arıza bulma (self diagnostic) özelliği bulunduğu için bakım ve onarım çok daha hızlı ve kolay olmaktadır.
- PLC'ler geleneksel kumanda devrelerindeki röleli elemanlardan çok daha az enerji harcadıklarından sistemde fazla ısınma meydana gelmemektedir.
- Dayanıklılık açısından endüstriyel tesislerde kullanımı dayanıklılık açısından çok avantajlıdır. Geleneksel kumanda devrelerinde bulunan röle kontaklarının paslanma durumuna PLC' de rastlanmaz.
- PLC kontrol sistemlerinin giderleri geleneksel kumanda devrelerinden daha düşüktür.
- PLC ler yalnızca açık/kapalı mantığı ile kontrol yapmamakta bunun dışında sayıcı, zamanlayıcı gibi değişik denetim fonksiyonlarını da yapısında barındırmaktadır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; tez çalışmasında Programlanabilir Mantık Denetleyici Denetimli bir sulama sistemi tasarlanmış, tasarlanan sistem Automation Studio 5.0 Programı ile sanal ortamda kurulmuş ve çalışma koşulları gözlenmiştir. Sistemin yapılandırılması için kullanılan elektromekanik donanımlar tanıtılmış ve seçilmiştir. Pompa motor birimlerinin başarımlar testleri fabrika ortamında yapılarak elde edilen veriler ışığında işletme ve başarımlar değerlendirilmesi yapılmıştır.

Bu çalışma sonucunda görülmüştür ki PLC ile tasarlanan bir denetim sisteminde bir çok kumanda elemanına gerek duyulmamakta, denetim işlemleri yalnızca kullanıcı programı ile yürütülebilmektedir. Bu da kullanılan donanım miktarının önemli ölçüde azalmasını sağlamıştır. Oluşturulan kullanıcı programları oldukça basit ve esnek bir yapıya sahiptir. Özellikle merdiven diyagramı ile oluşturulan programlar geleneksel kumanda devrelerine çok benzediğinden kullanıcıların uyum sağlaması daha da kolaylaşmaktadır.

Seviye kontrol sistemlerinde, seviyenin sıklıkla değişmediği durumlarda bu çalışmada olduğu gibi kontakları şamandıralar (level contact) yaygın olarak kullanılmaktadır. Böyle sistemlerde giriş sinyalleri 1 veya 0 değerindedir. Bu tür iki değerli sinyallerin değerlendirilmesinde sayısal giriş kartları yeterli olmaktadır. Ancak giriş işaretlerinin sıklıkla değiştiği durumlarda, değişimin sağlıklı olarak takip edilebilmesi için analog giriş kartlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Analog giriş kartına gelen sinyaller kartın özelliğine göre belirli bir aralıktadır (4-20 mA, 0-10V). Sinyaller PLC de kullanıcı programına göre değerlendirilir ve denetim sinyalleri oluşturulur. PLC de iki değerli çıkış işaretleri dijital çıkış kartları ile röleler üzerinden sahaya iletilebilmektedir. Ancak değerleri sıklıkla değişen analog girişlere göre üretilen denetim sinyallerinin sahaya iletilebilmesi için analog çıkış kartlarının kullanılması gerekir. Analog kartlar hızlı seviye değişimlerinin görüldüğü durumlarda tercih edilmektedir.

PLC ile denetlenen sistemleri saha dışından kontrol etmek ve gerektiğinde kullanıcı programını değiştirmek mümkündür. Ek birimler ile PLC, TCP/IP ethernet ağlarına bağlanabilmektedir. Yani PLC ile denetim işlemleri istenildiğinde ağ üzerinden de yapılabilmektedir. MODBUS haberleşme sistemi ile PLC' ler arasında veri alış verişi yapılabilmektedir.

Sulama sistemlerinin otomasyonla denetimi kadar önemli bir diğer konu ise sulama tekniklerinin teknolojik gelişimlere paralel olarak uygulanmasıdır. Geleneksel sulama yönteminin yerini hızla damlama veya yağmurlama teknikleri almaktadır. Söz konusu teknikler ile yalnızca tarımsal ürünün ihtiyacı kadar sulama yapılmakta ve su tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca sulama kontrollü olarak yapıldığından toprak kalitesi bozulmamakta dolayısı ile ürün verimi artmaktadır.

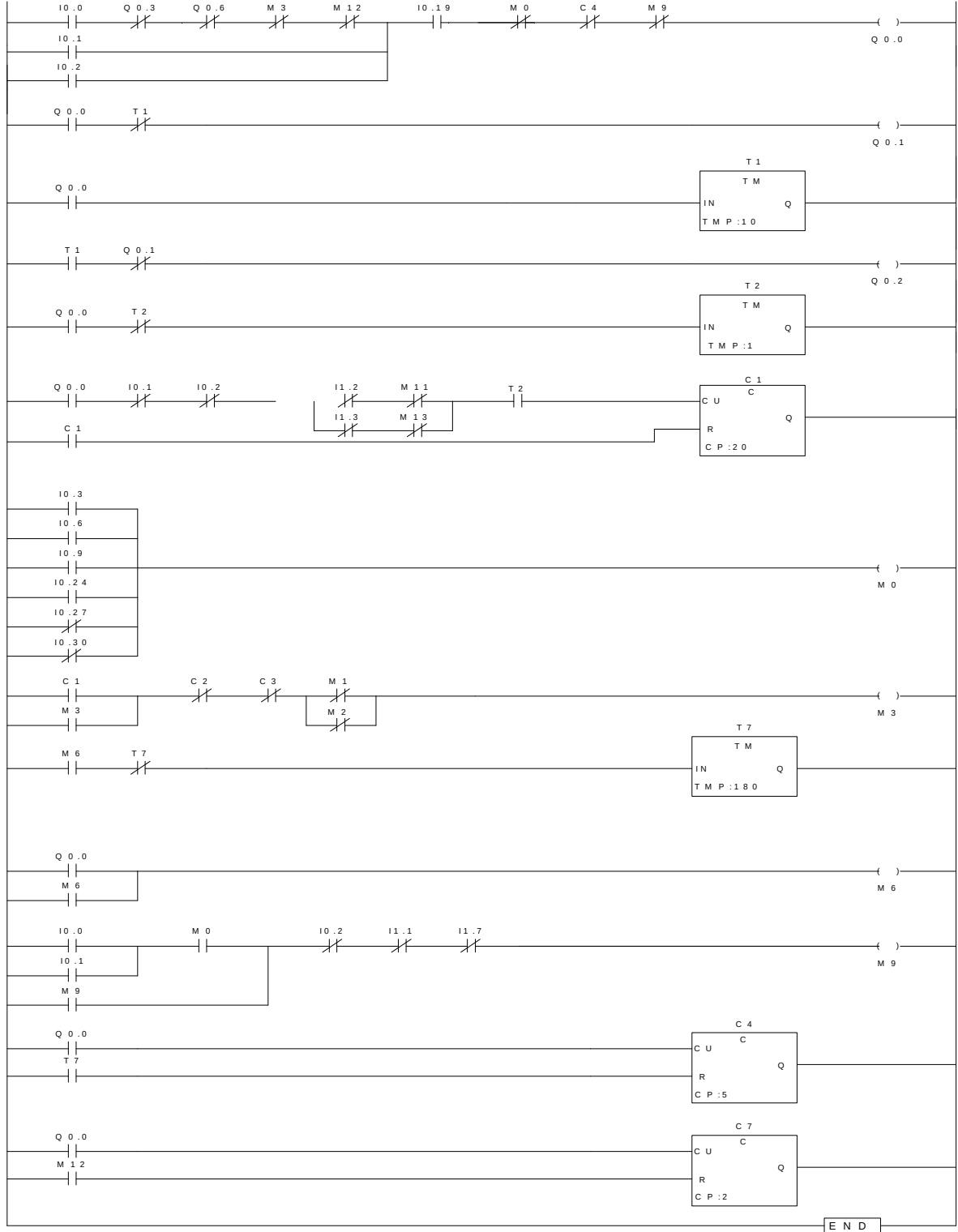
9. KAYNAKLAR

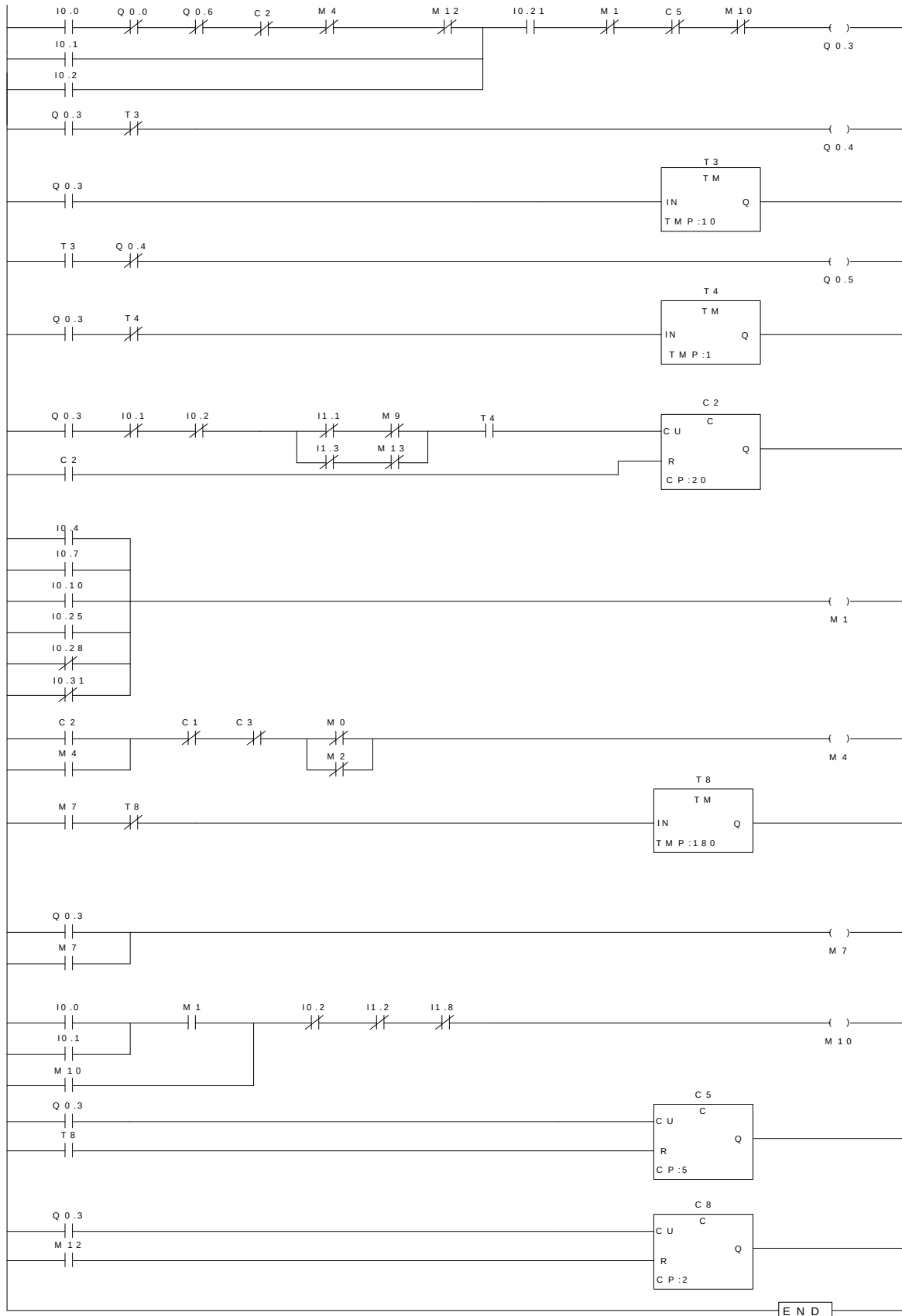
- [1] ENGLISH, P. W., “The origin and spread of qanats in the old world”, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 112-3, June 1968, p.170-181
- [2] WULFF, H. E., “The qanats of Iran”, *Scientific American*, 218-4, 1968, p. 94-105
- [3] İnternet : Qanat, In Wikidipedia Encyclopedia Online <http://en.wikipedia.org/wiki/Qanat>, 2006
- [4] LIGHTFOOT, D.R., “Moroccan khattara: Traditional Irrigation and progressive desiccation”, *Geoforum*, 27-2, May 1996, p. 261-273
- [5] LIGHTFOOT, D.R., “Syrian Qanat Romani: History, ecology, abandonment”, *Journal of Arid Environments*, 33-3 , 1996, p.321-336
- [6] LIGHTFOOT, D.R., “Ghayl and miyan in Arabia Felix: The ecology of diffusion and recession of use”, *The Arab World Geographer*, 3(1), 2000, p.2-21
- [7] İnternet: Qanats, Egypt's Nile Valley Basin Irrigation, Aguadas, Cenotes, and Chultuns, Ancient Machu Picchu Drainage Engineering,<http://www.waterhistory.org/> (2006)
- [8] POSTEL, S., “Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last ”, W.W. Norton, 1999 p.21-56
- [9] WRIGHT, K. R., VALENCIA, A., LORAH, W. L., “Ancient Machu Picchu drainage engineering”, *Journal of irrigation and drainage engineering*, 125-6, November/December 1999, p. 360-369
- [10] DEMANGATE, C., “Mexico's Dazzling Underworld”, *National Geographic Traveler*, January/February 2002, p.80-84
- [11] “ Sulama-Drenaj Konferansı”, *Bildiriler Kitabı*, 10-11 Nisan 2008, Adana
- [12] GÜNGÖR, Y., ERÖZEL, A. Z., YILDIRIM, O., “Sulama” Ankara. Üniversitesi, Ziraat Fakakültesi Yayınları, Ankara, 2004, p.181-245
- [13] KURTULAN, S., “PLC ile Endüstriyel Otomasyon”, 5. Basım, Birsen Yayınevi, 2007, İstanbul
- [14] COSTANZO, M., “Programmable Logic Controllers”, Hodder & Stoughton,1997
- [15] ÖZKÖK, Ö., “Hidrolik Uygulamalarda PLC Yazılımlar”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,2002
- [16] AĞCA, S., “ Kontaktör ve PLC Yöntemiyle Sulama Sisteminin Kontrolü ” , Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli,1996

- [17] **ALTIN, S.**, “Mikrodenetleyici Kullanarak Zirai Sulama Sistemlerinin Otomatik Hale Getirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,2006*
- [18] **ŞEN, M.H.** , “Pompalar ve Pompa Tesisatları”, *Mas Group, 2. Baskı, İstanbul,2006*
- [19] **AYDINEL İNŞAAT**, “Bafra Sağ Sahil Sulama ve Drenaj Uygulaması”, *Proje Dökümanları, Samsun*

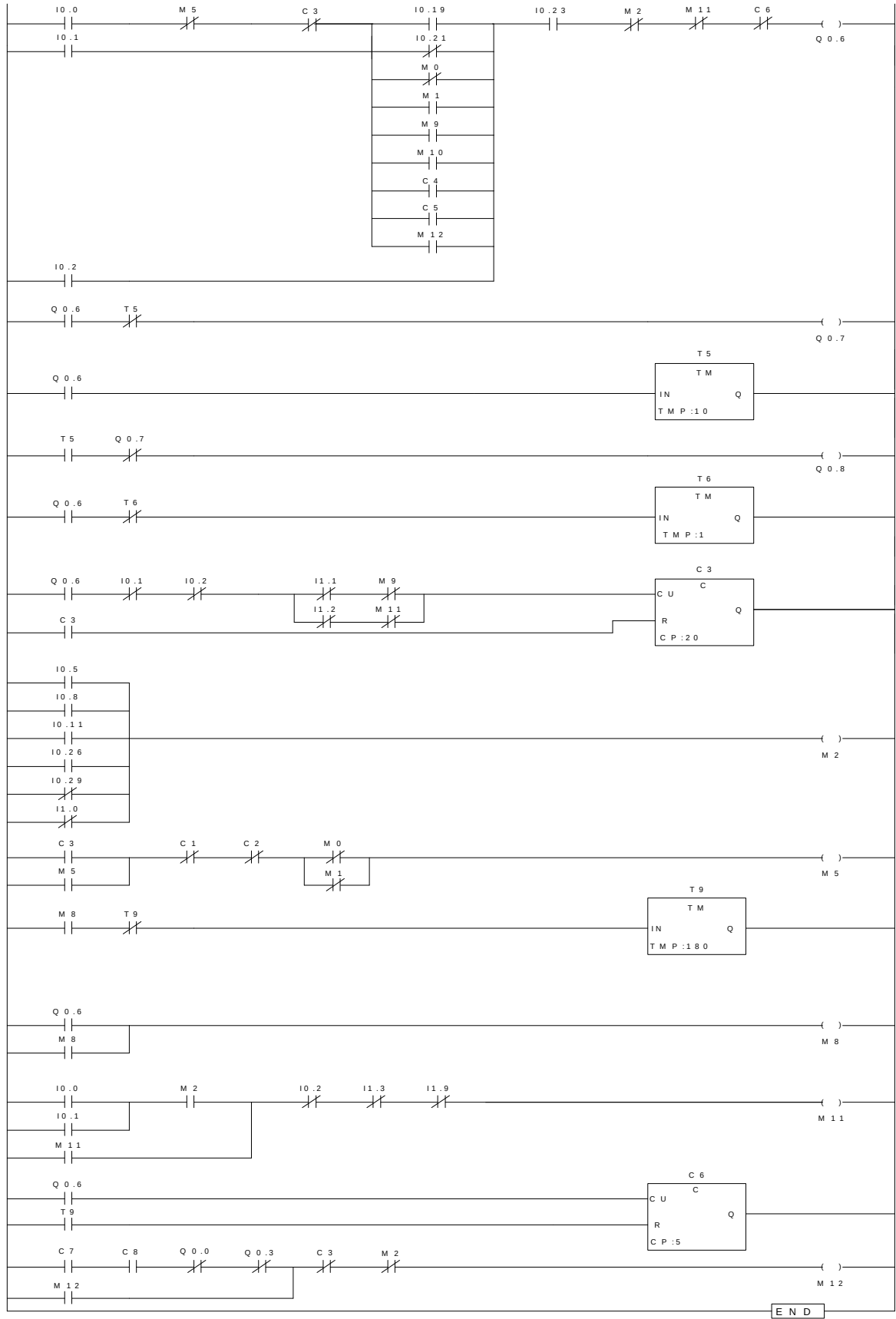
10. EKLER

EK A: MODİCON PREMIUM TSX DEY 16 TİP PLC İÇİN UNITY PRO İLE HAZIRLANAN KULLANICI PROGRAMI





BIRIM 2

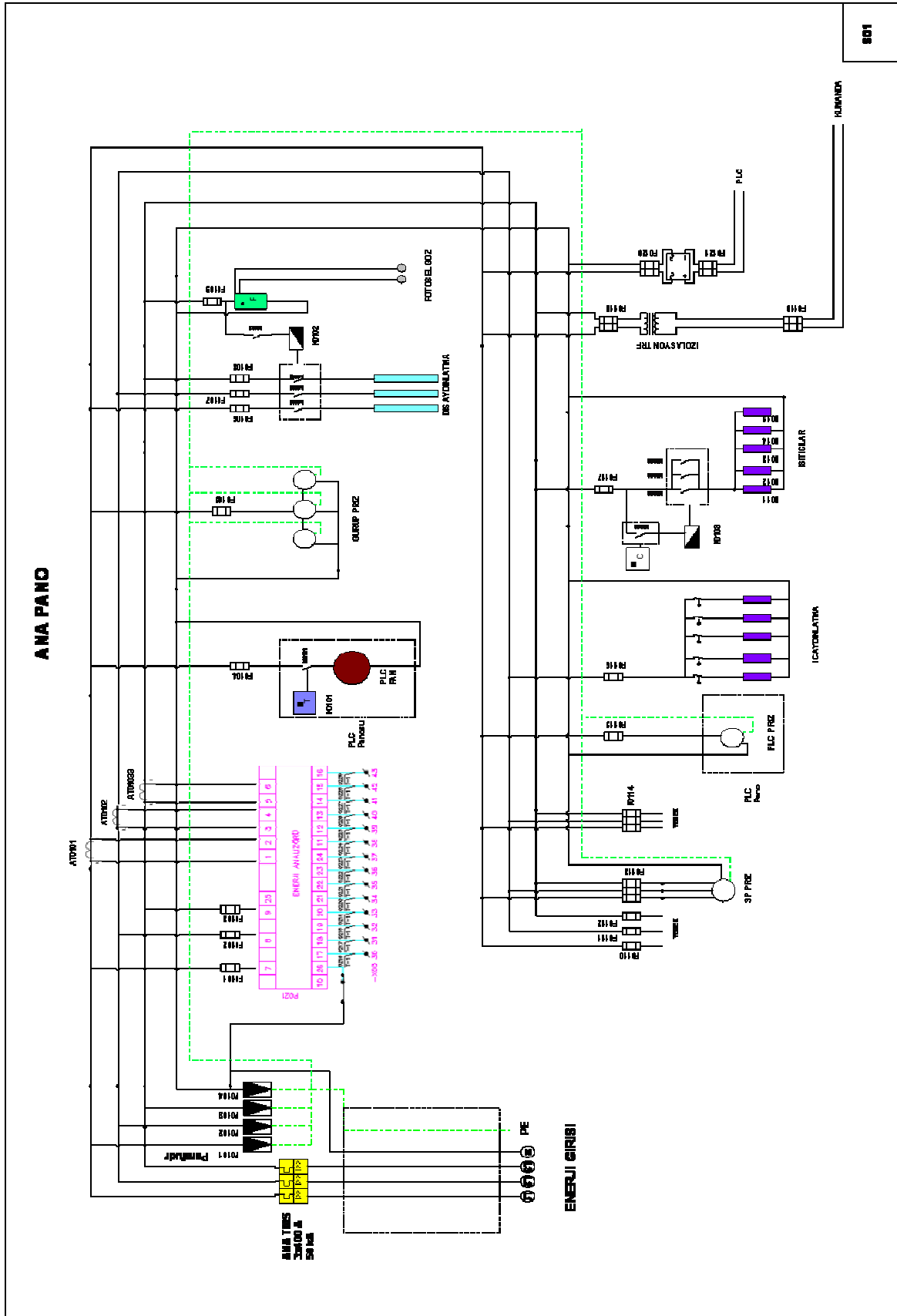


EK B: AUTOMATION STUDIO 5.0 PROGRAMINDA POMPA İSTASYONU DENETİM SİSTEMİNİN GÖSTERİMİ

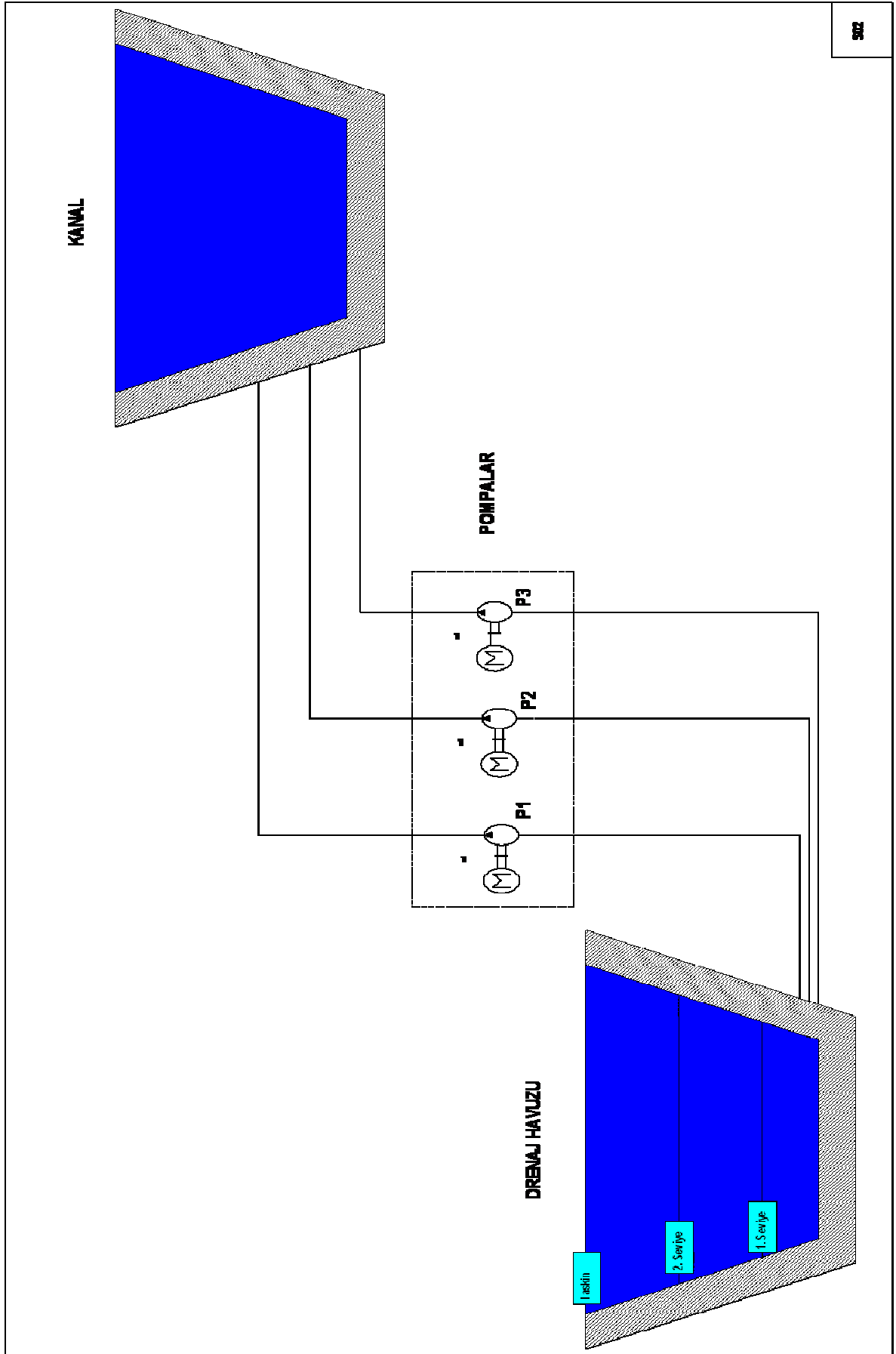
Simge Listesi

	NORMALDE AÇIK KONTAK		GÜÇ KONTAĞI		SINYAL LAMBASI		3P PRİZ
	NORMALDE KAPALI KONTAK		UÇ KONUMLU SALTER		SIGORTA		PLC PRİZ
	SEVİYE KONTAĞI		İKİ KONUMLU SALTER		AMPERMETRE		36 W FLORESAN
	TERMIK NORMALDE AÇIK KONTAK		İZOLE TRAFO		FAZ KONTROL RÖLESİ		11 W KOMPAKT FLORESAN
	TERMIK NORMALDE KAPALI KONTAK		AKIM TRAFOSU		ISITICI		100 W ISITICI
	START BUTONU		AC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜ		TERMİSTÖR		TERMOSTAT
	STOP BUTONU		TERMIK MANYETİK SALTER		PTC		FOTSEL RÖLE
	KONTAKTÖR BOBİNİ		TERMIK		SU KACAGI RÖLESİ		PARAFUDR
	SOLENOİD		ÜÇGEN BAĞLI KONDANSATÖR GRUBU		POMPA		PLC FAN
	ZAMAN RÖLESİ		SOLENOİD VALF		TAHRIK MOTORU		L1 FAZI
	YARDIMCI RÖLE				GURUP PRİZ		L2 FAZI
	PLC RÖLE						L3 FAZI
							NOTR

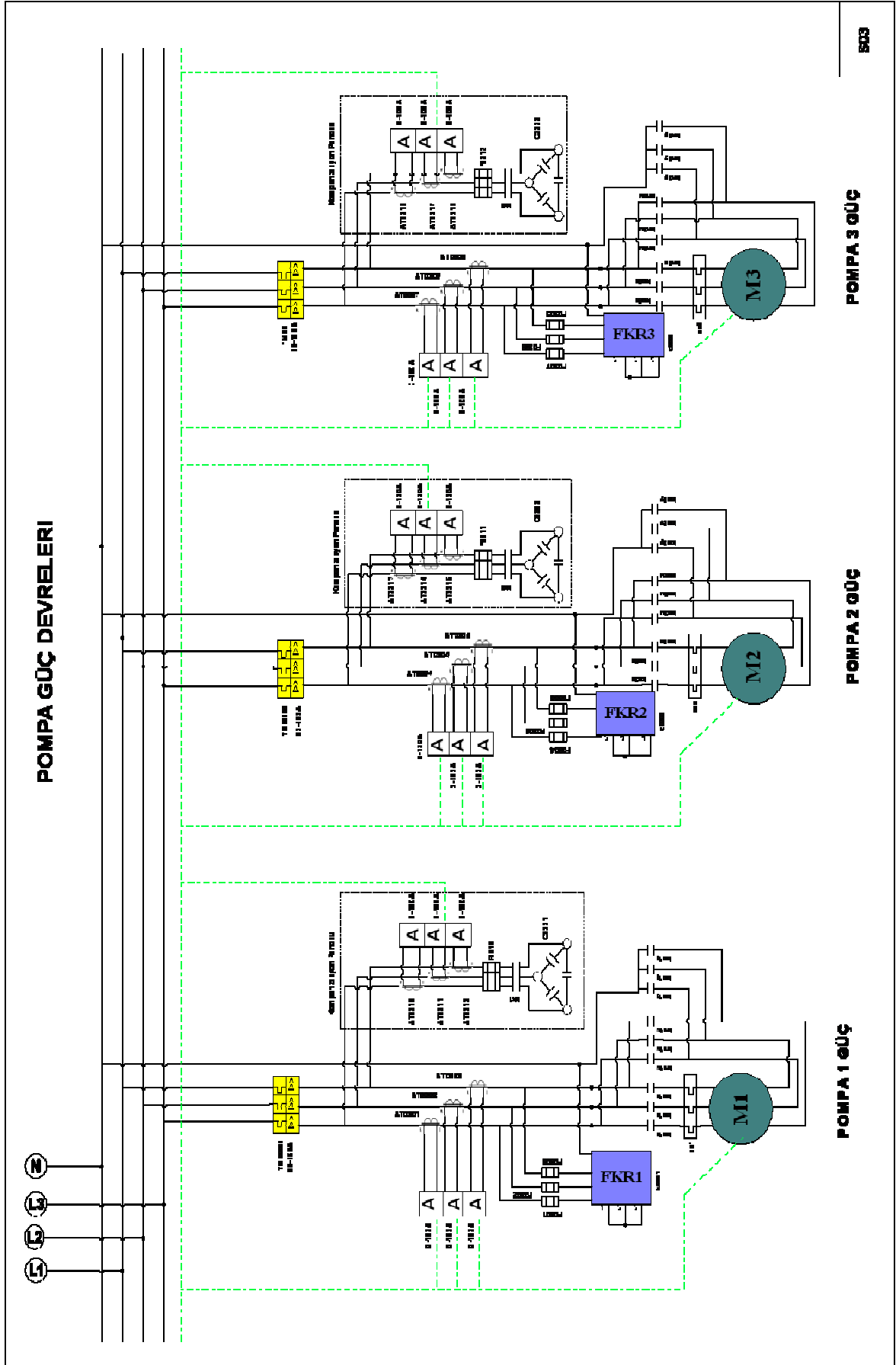
Ana Pano:



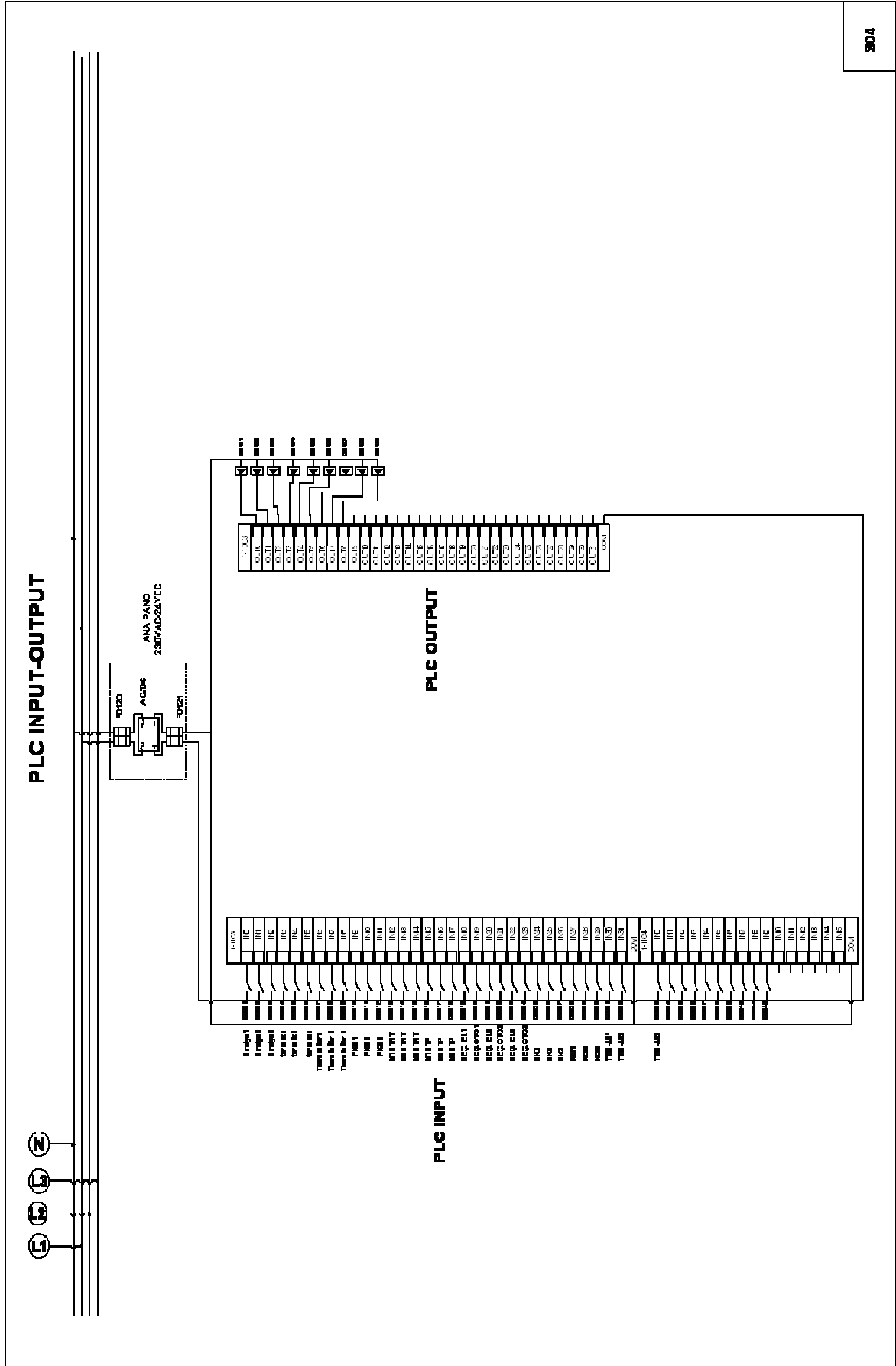
Drenaj Sisteminin Genel Görünümü:



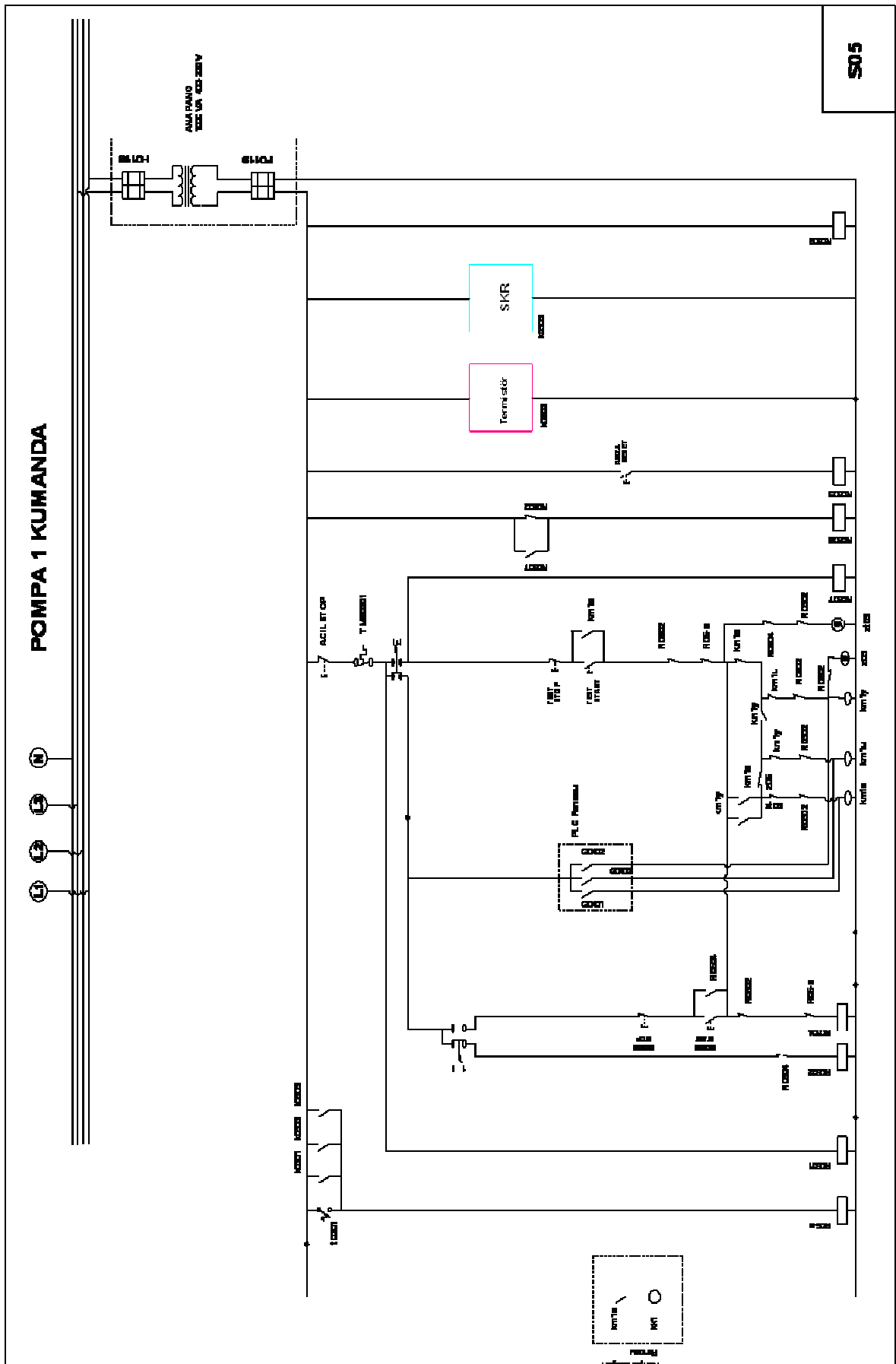
Güç Devreleri:

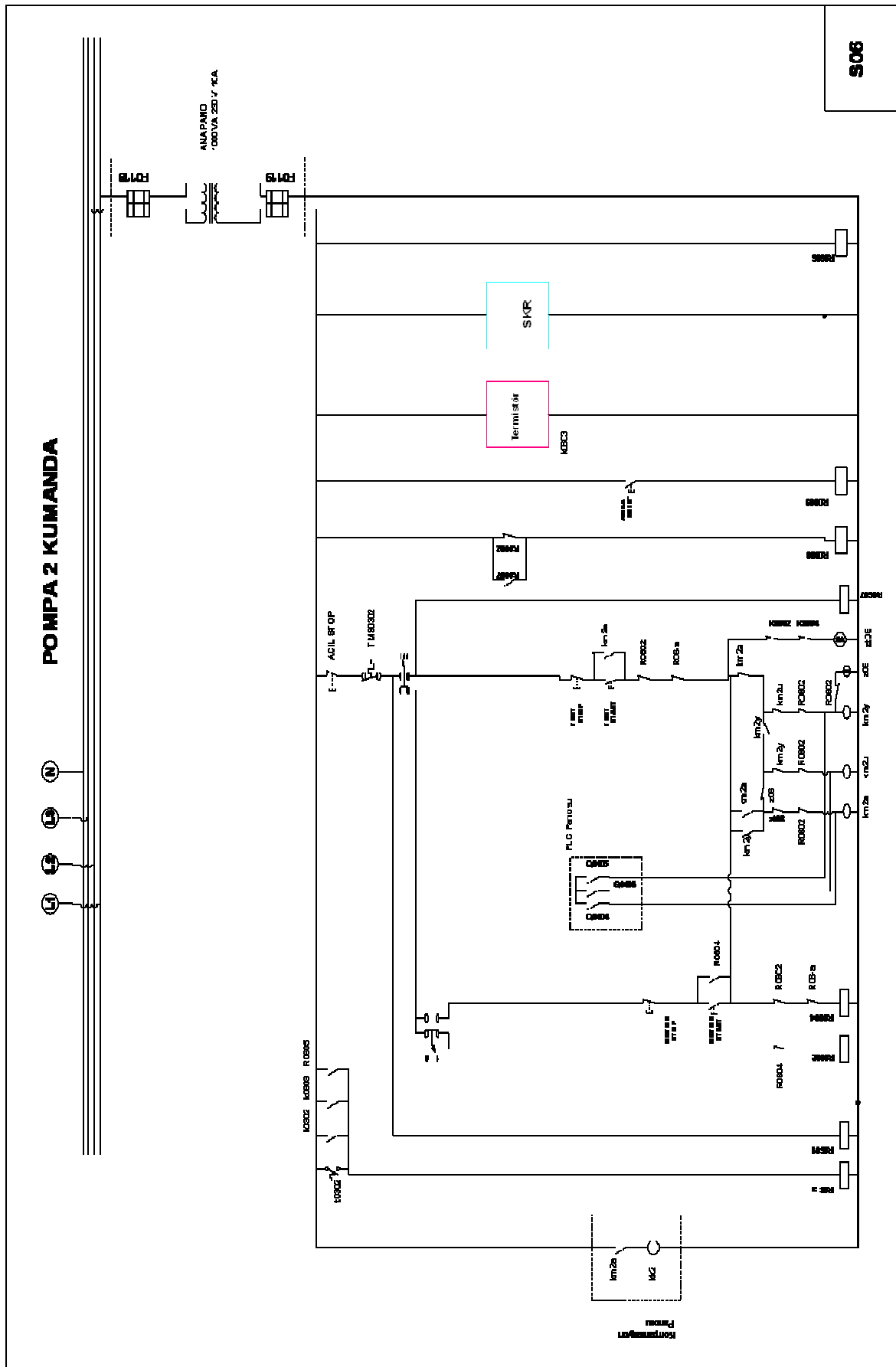


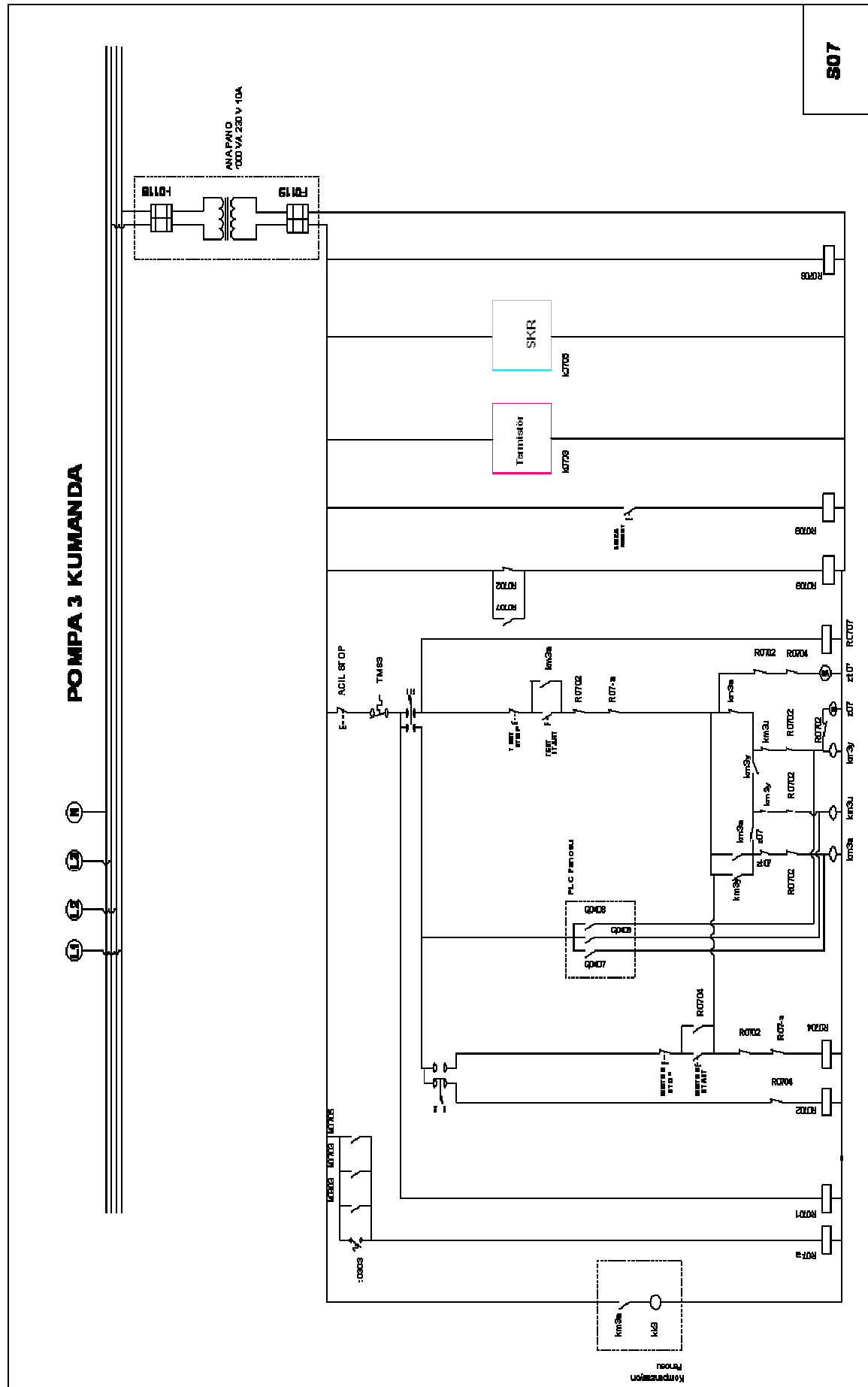
PLC Giriş Çıkışları:



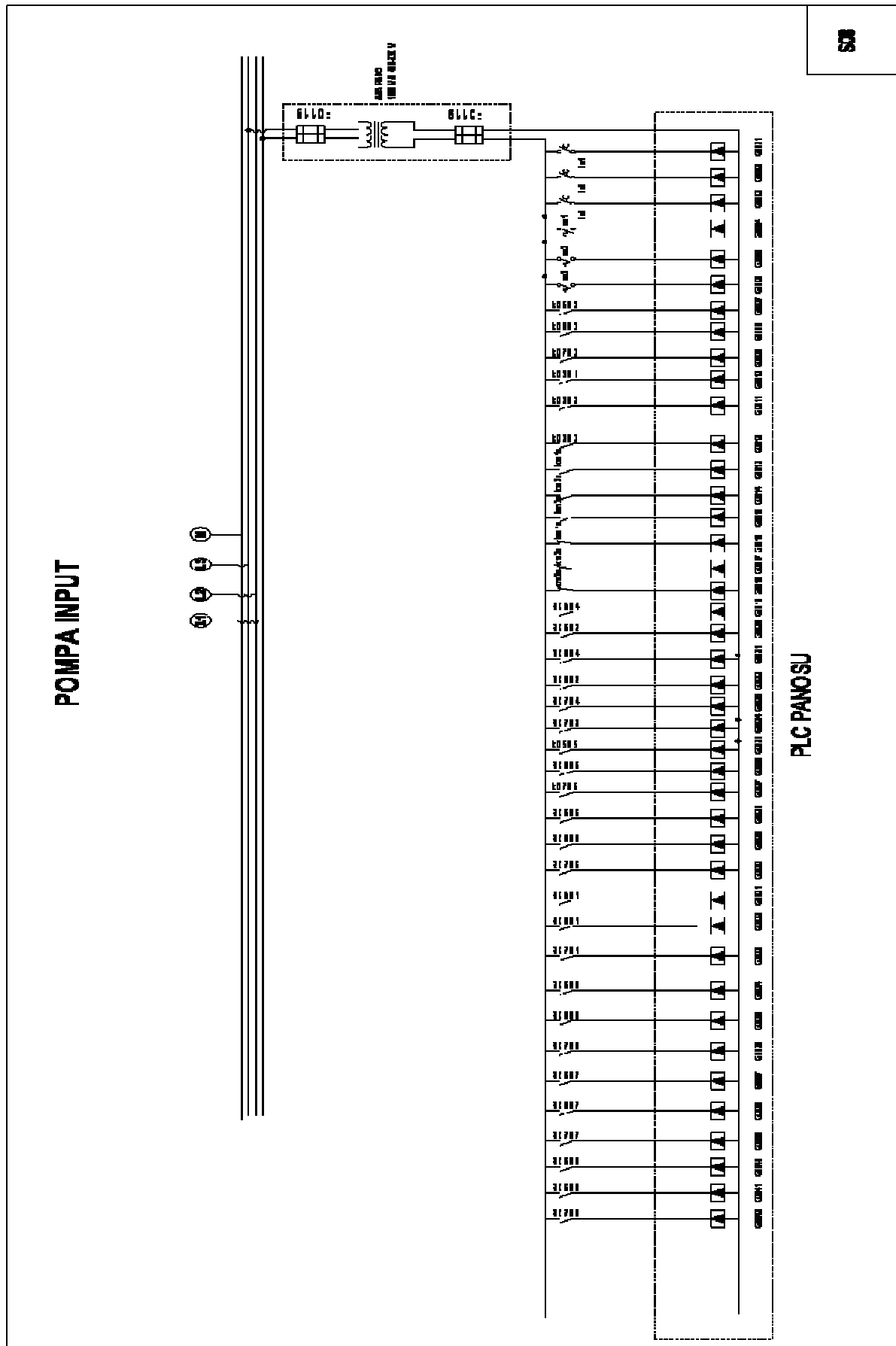
Kumanda Devreleri:

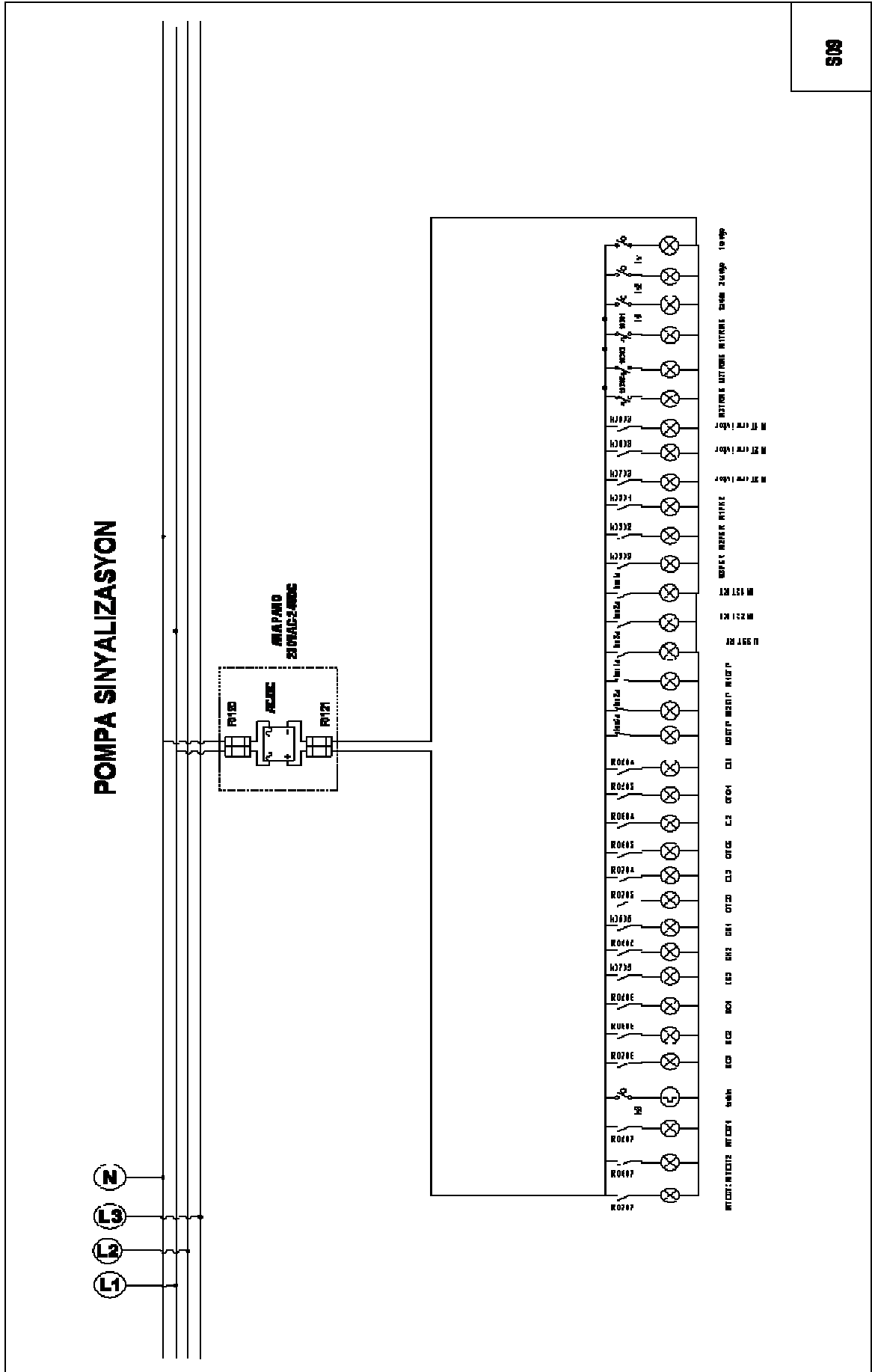






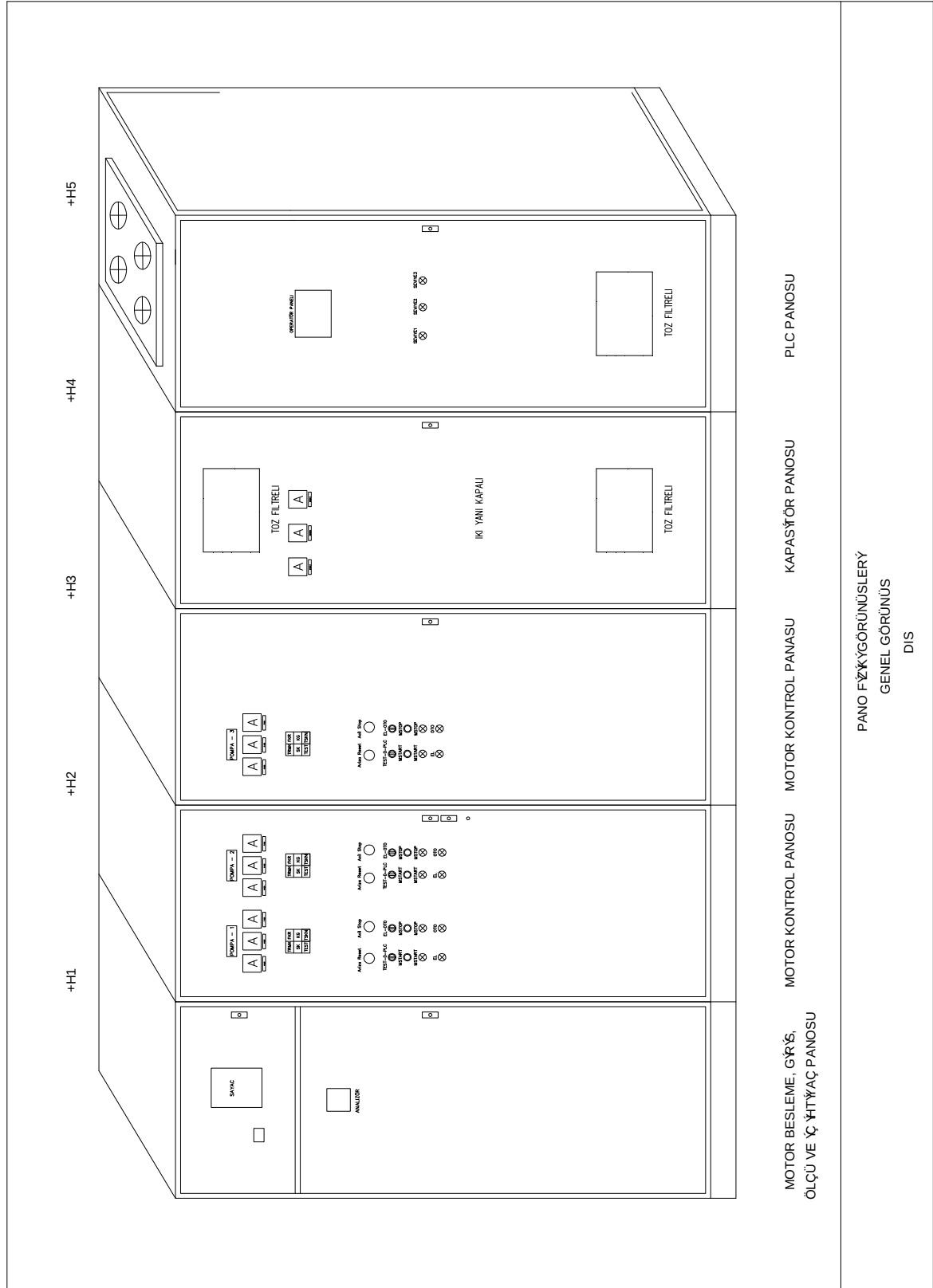
PLC Rôle Input:



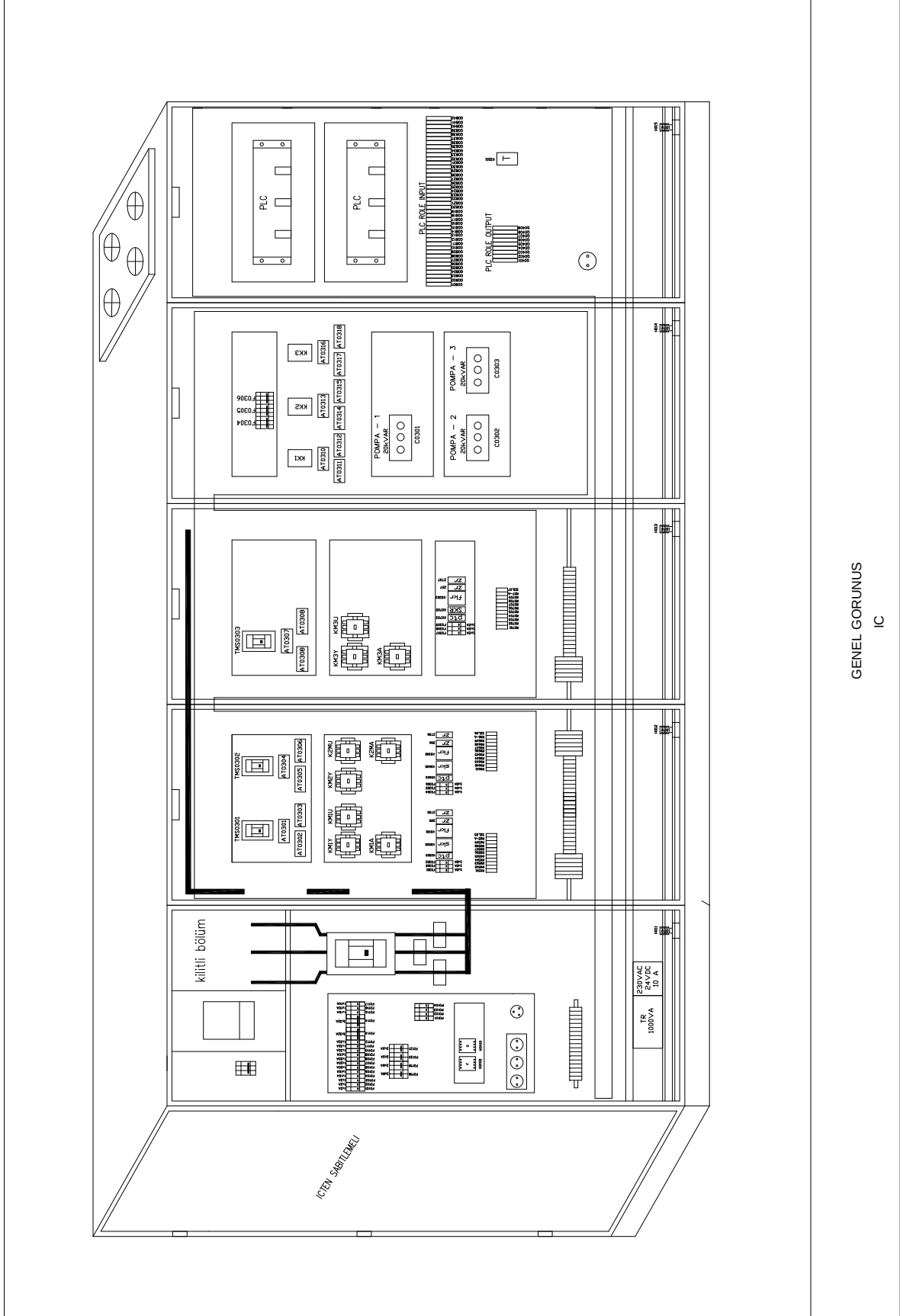


EK C: PANO GÖRÜNÜMLERİ

Pano Dış Görünümü:

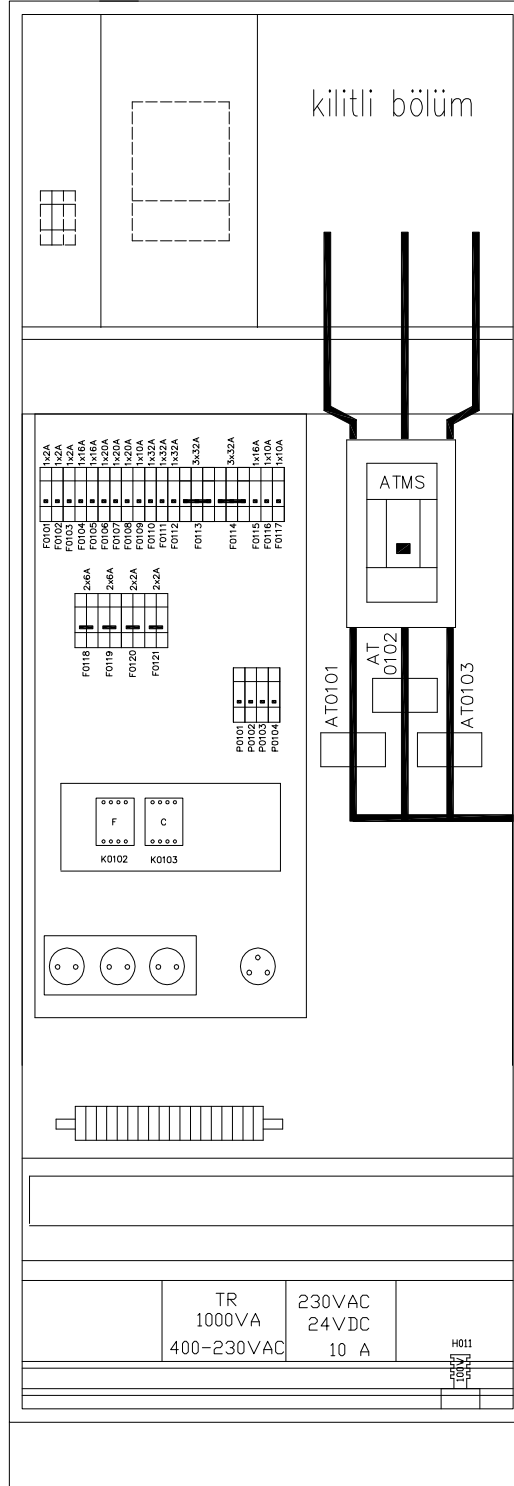


Pano İç Görünümü (Genel):

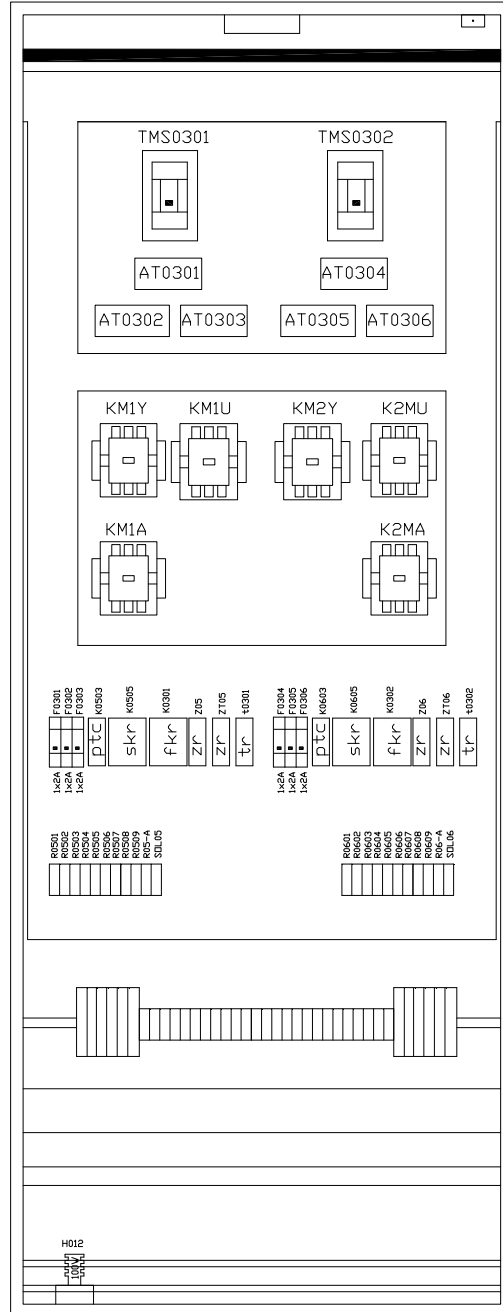


GENEL GÖRÜNÜŞ
İÇ

Giriş (Ana) Panosu:

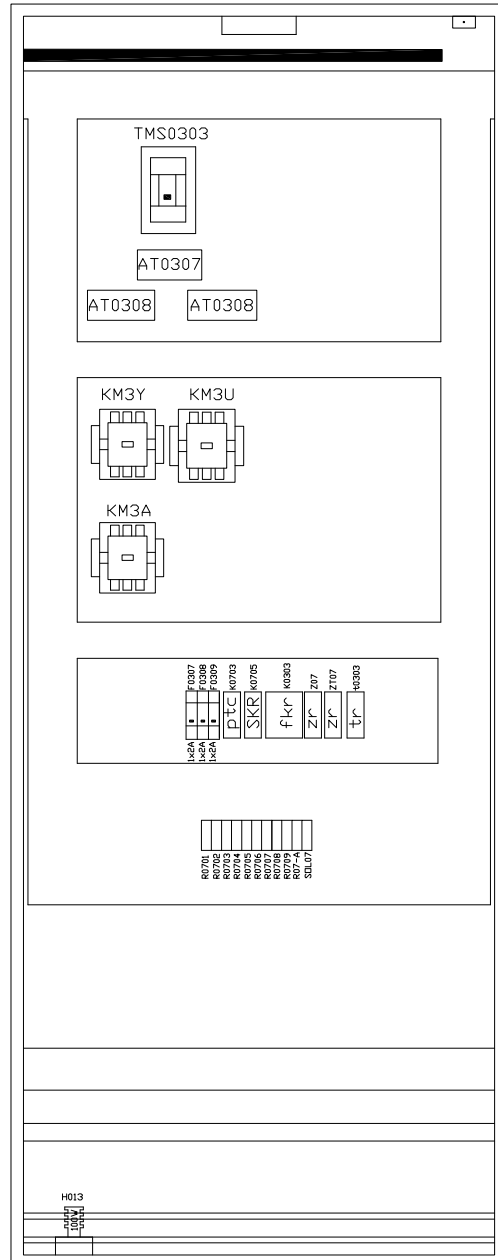


Motor Kontrol Panosu (1-2):

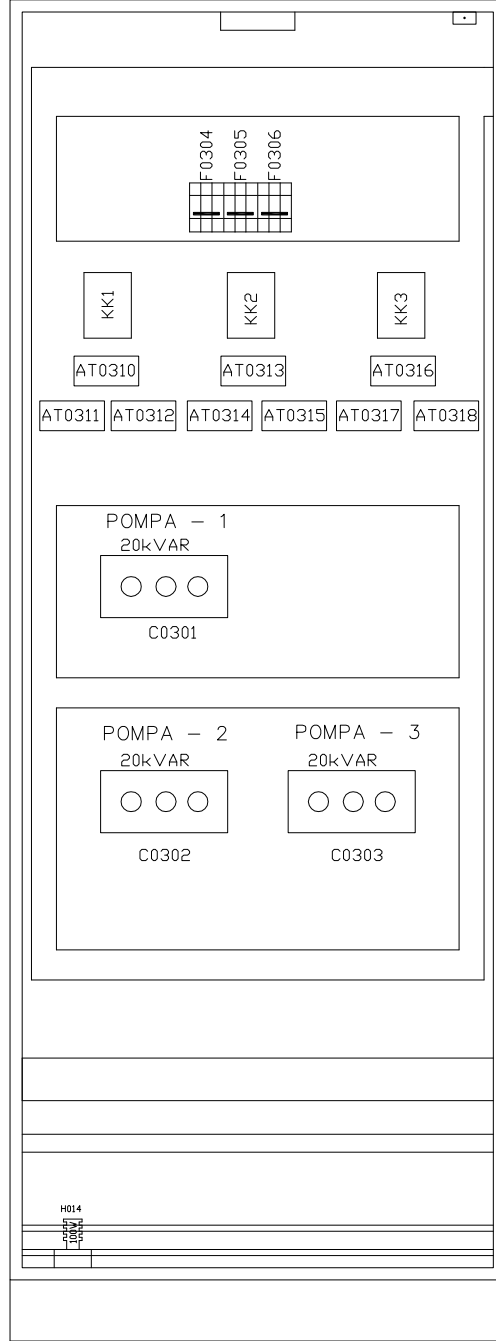


MOTOR KONTROL PANOSU
POMPA 1-2 YERLESİM

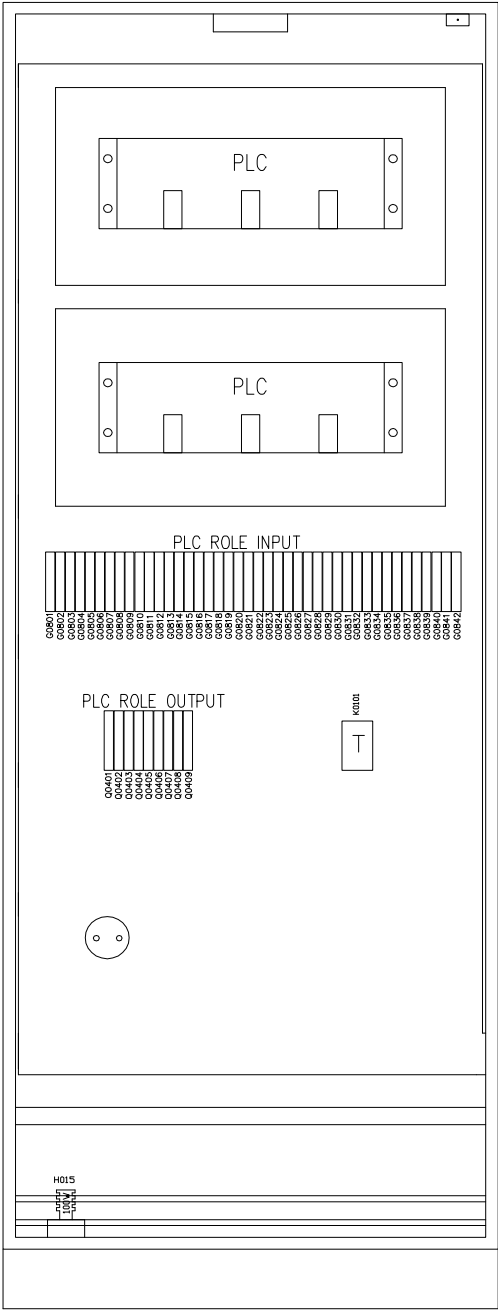
Motor Kontrol Panosu (3):



MOTOR KONTROL PANOSU
POMPA 3 YERLESİM

Motor Kompanzasyon Panosu:

PLC Panosu:



PLC PANOSU

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında İstanbul’ da doğdu. İlköğrenimini İstanbul Nimetullah Mahruki İlköğretim Okulunda, orta öğrenimini İstanbul Mehmetçik İlköğretim Okulunda, Lise öğrenimini Üsküdar Halide Edip Adıvar Lisesi’nde tamamladı. 2002 yılında Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitime başladı ve 2006 yılında bu bölümden elektrik mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl DSİ VII. Bölge Elektromekanik Teçhizat Şube Müdürlüğü’nde elektrik mühendisi olarak göreve başladı. 2007 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans yapmaya hak kazandı.