

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

Yüksek Lisans Tezi

**KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR PİLOT BİYODİZEL ÜRETİM
TESİSİNİN TASARIM, İMALAT VE
PROGRAMLANABİLİR LOJİK DENETLEYİCİ (PLC) İLE
KONTROLÜ**

Muttalip ERKAN

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ**

Yozgat 2015

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

Yüksek Lisans Tezi

**KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR PİLOT BİYODİZEL ÜRETİM
TESİSİNİN TASARIM, İMALAT VE
PROGRAMLANABİLİR LOJİK DENETLEYİCİ (PLC) İLE
KONTROLÜ**

Muttalip ERKAN

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ**

**Bu çalışmanın bir kısmı Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinatörlüğü tarafından 2013MMF/A53 nolu proje ile desteklenmiştir.**

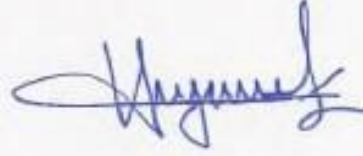
Yozgat 2015

T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Makatronik Mühendisliği, Anabilim Dalı 70111710019 numaralı öğrencisi Muttalıp ERKAN'ın hazırladığı "Küçük Ölçekli Bir Pilot Biyodizel Üretim Tesisinin Tasarım, İmalat ve Programlanabilir Lojik Destekleyici (PLC) İle Kontrolü" başlıklı YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 28/01/2015 Çarşamba günü saat 10:00'da yapılmış, tezin onayına OY BİRLİĞİYLE karar verilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Hasan YUMAK



Üye : Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ (Danışman)



Üye : Prof. Dr. Feyzullah TEMURTAŞ



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 19 / 02 / 2015 tarih ve 05 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Doç. Dr. Hidayet ÇETİN
Bozok Üniversitesi
Fen Bil.Enst. Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL ve METOT	12
3.1 Programlanabilir Logic Controller (PLC)	12
3.1.1. PLC Bölümleri ve Fonksiyonları	12
3.1.1.1. CPU	13
3.1.1.2. Hafıza	13
3.1.1.3. Programlayıcı	14
3.1.1.4. Güç Hattı	14
3.1.1.5. Giriş-Çıkış Birimleri	14
3.1.1.6. Diğer Birimler	15
3.1.2. PLC'nin Çalışma Biçimi	15
3.2. PLC ile Tesis Organizasyonu	15
3.2.1. PLC Programının Yürütülmesi	16
3.3. Programlama Dilleri	18
3.3.1. SCADA	19
3.3.2. SCADA ile Programlama	19
3.3.3. SCADA Sisteminin Uygulama Alanları	20
3.3.4. SCADA'nın Yapısı ve Çalışması	21
3.3.5. SCADA Sisteminin Katmanları	22
3.3.6. SCADA Sisteminin İşlevleri	24
3.3.7. SCADA Sisteminin Faydaları	25

3.3.8. SCADA Yazılımından Beklenenler	25
3.4. Projede Kullanılacak Komutlar ve İşlevleri	26
3.4.1. Genel Komutlar	26
3.4.2. Projede Kullanılan Temel Olaylar	28
3.4.3. PLC ile Tesis Organizasyonun Avantajları	33
3.4.4. PLC ile Röle Sistemleri Arasındaki Farklar ve Avantajları	34
3.4.5. PLC ile Yapılan Kontrol Çeşitleri	35
3.4.5.1. PID Kontrolörün Yapısı	35
3.4.5.2. P Kontrolör	36
3.4.5.3. PI Kontrolör	36
3.4.5.4. Oransal-Türevsel (PD) Kontrolör	37
3.4.5.5. PID Kontrolör	38
3.4.5.6. PID Kontrolörün Sisteme Uygulanışı	39
4. TESİSİN OLUŞTURULMASI	40
4.1. Uygulamada Kullanılan Tanklar	42
4.2. Kontrol Merkezi için Geliştirilen Kumanda Panosu	66
4.3. Kontrol Biriminde Kullanılan PLC Cihazının Devreye Bağlanması	69
4.4. Operatör Panel	75
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	77
KAYNAKLAR	76
ÖZGEÇMİŞ.....	83

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR PİLOT BİYODİZEL ÜRETİM TESİSİNİN TASARIM, İMALAT VE PROGRAMLANABİLİR LOJİK DENETLEYİCİ (PLC) İLE KONTROLÜ

Muttalip ERKAN

**Bozok Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

2015; Sayfa:83

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ

ÖZET

Tasarlanan ve imalatı yapılan Programlanabilir Lojik Denetleyici (PLC) Kontrollü Küçük Ölçekli Biyodizel Tesisi 2 mm kalınlığında krom-nikel sacdan imal edilmiştir. Tesisteki tankları ısıtmak için çift cidarlı tanklar ve ısı transfer yağı kullanılmıştır. Sistemin kumandası için S7-1200 Siemens PLC ile kontrolü yapılmıştır. SCADA yazılımı ile operatör panel üzerinden sistemin her türlü kontrolü (çalıştırılması, durdurulması, operasyon parametrelerinin değiştirilmesi vb.) yapılabilmektedir. Tankların ısıtılmasında kullanılan ısıtıcılar Solid State Role (SSR) ile kumanda edilmiştir. Tanklardaki karıştırıcıları kullanmak için motor sürücüsü (inverter) kullanılmıştır. Tesis başarılı bir şekilde kumanda edilerek çalıştırılmış ve atık kızartma yağından biyodizel üretimi gerçekleştirilerek yakıt özellikleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: PLC, SCADA, operatör panel, SSR, PID, inverter, biyodizel tesisi.

DESIGN, MANUFACTURE AND CONTROL WITH A PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) OF A SMALL SCALE PILOT BIODIESEL PRODUCTION PLANT

Muttalip ERKAN

**Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechatronic Engineering
Master of Science Thesis**

2015; Page:83

Supervisor: Assist. Prof. Tanzer ERYILMAZ

ABSTRACT

Designed and controlled by Programmable Logic Controller (PLC) small scale biodiesel plant was constructed using 2 mm chrome-nickel sheet. To heat the tanks in the plant, double sided tank and heat transfer oil were used. The system was controlled by S7-1200 Siemens PLC. All control types of the system can be done with SCADA (running, stopping, changing operation parameters etc.) Heaters used for heating the tanks were commanded by Solid State Relay (SSR). Motor drivers (inverters) were used for the mixers in the tank. The plant has been activated by successfully controlling and determined the fuel properties of waste cooking oil biodiesel was produced.

Keywords: PLC, SCADA, operator panel, SSR, PID, invertors, biodiesel plant.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın hazırlanması esnasında hiçbir yardımı esirgemeyen ve araştırmacılara büyük destek olan, bilimsel deney imkânlarını sonuna kadar bizlerin hizmetine veren, danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ'a, çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Orhan Er'e, büyük fedakârlıklarla bana destek olan değerli arkadaşım Arş. Gör. Murat Kadir YEŞİLYURT'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1: CPU bağlantı klemensleri	72
Tablo 5.1: Atık kızartma yağı biyodizeli ve dizel yakıtlarının bazı yakıt özellikleri	83

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1: Siemens S7- 200 PLC cihazının genel görünüşü	12
Şekil 3.2: PLC'yi oluşturan ana kısımlar	13
Şekil 3.3: PLC giriş-çıkış elemanlarının devreye bağlantısı	14
Şekil 3.4: PLC programının akış diyagramı	16
Şekil 3.5: Genel SCADA gösterimi	20
Şekil 3.6: Bir SCADA sisteminin ekran görüntüsü	23
Şekil 3.7: Biyodizel tesisinin ana kumanda ekranı	28
Şekil 3.8: Projede kullanılacak elemanların görüntüsü	29
Şekil 3.9: Buton öğesini kumanda etmek için kullanılan bölümler.....	29
Şekil 3.10: Text list bölümünü oluşturan öğeler	30
Şekil 3.11: Graphic bölümünü oluşturan öğeler	31
Şekil 3.12: Invisible kontrol öğesine ulaşılan kısım	31
Şekil 3.13: Buton seçim durumunu gösteren bölüm	32
Şekil 3.14: Sistemde kullanılacak elemanların görüntüsü	32
Şekil 3.15: Sistemde kullanılacak elemanların görüntüsü	33
Şekil 3.16: P kontrolörü ifade eden bir blok diyagramı	36
Şekil 3.17: PI Kontrolörü ifade eden bir blok diyagramı	37
Şekil 3.18: PD Kontrolörü ifade eden bir blok diyagramı	38
Şekil 3.19: PID Kontrolör	39
Şekil 4.1: Küçük ölçekli bir pilot biyodizel üretim tesisinin PLC ile kontrolü .	40
Şekil 4.2: Küçük ölçekli bir pilot biyodizel üretim tesisinin PLC ile kontrolü..	41
Şekil 4.3: Ham yağı tankı	42
Şekil 4.4: Selenoid valfin kontrol paneline bağlantı kodları	43
Şekil 4.5: Selenoid valfi kumandasını sağlayan operatör panel ekranı	43
Şekil 4.6: Selenoid valf	44
Şekil 4.7: Selenoid valfin içyapısı	44
Şekil 4.8: Reaktör tankı ve karıştırıcısı üç fazlı asenkron motor	45
Şekil 4.9: Reaktör karıştırıcısının kontrol paneline bağlantı kodları	46
Şekil 4.10: Reaktör karıştırıcısını kumanda eden PLC bağlantı kodları	47

Şekil 4.11: Reaktör pompasını ve ısıtıcıyı kumanda eden operatör panel ekranı.	47
Şekil 4.12: Sinamic G110 sürücüsü	48
Şekil 4.13: Sinamic G110 sürücüsünün iç bağlantısı	49
Şekil 4.14: Tüp içerisinde üç fazlı ısıtıcı	50
Şekil 4.15: Thermocouple sensör	50
Şekil 4.16: Üç fazlı solid state röle (SSR).....	51
Şekil 4.17: Üç fazlı solid state rölenin üç fazlı sisteme bağlantı şekli	51
Şekil 4.18: Solid state rölenin içyapısı	52
Şekil 4.19: Reaktör tankındaki ısıtıcıyı kumanda eden PLC yazılım kodları	52
Şekil 4.20: Reaktör tankındaki ısıtıcıyı kumanda eden PLC yazılım kodları	53
Şekil 4.21: Sirkülasyon pompası ve metoksit tankı	54
Şekil 4.22: Sirkülasyon pompasını kumanda eden PLC yazılım kodları	55
Şekil 4.23: Sirkülasyon pompası ve reaktör pompasını kumanda eden operatör panel ekranı	55
Şekil 4.24: Reaktör pompasını kumanda eden PLC yazılım kodları	56
Şekil 4.25: Reaktör pompası	56
Şekil 4.26: Sirkülasyon motor ve reaktör pompasını kumanda eden operatör panel ekranı	57
Şekil 4.27: Saf su tankı	58
Şekil 4.28: Saf su tankını karıştırıcısını ve saf su ısıtıcısını kumanda eden PLC yazılımı	59
Şekil 4.29: Saf su tankını karıştırıcısını ve saf su ısıtıcısını kumanda eden PLC yazılım kodları	60
Şekil 4.30: Saf su tankı karıştırıcısının ve ısıtıcısının kumanda panel ekranı	61
Şekil 4.31: Yıkama/dinlendirme tankı	62
Şekil 4.32: Yıkama dinlendirme ve karıştırıcıyı kumanda eden operatör panel ekranı	63
Şekil 4.33: Yıkama/dinlendirme ve karıştırıcıyı kumanda eden PLC yazılım kodları	64
Şekil 4.34: Yıkama/dinlendir tankını kumanda eden PLC yazılım kodları	65
Şekil 4.35: Gliserol tankı, atık su tankı ve biyodizel tankıyla yıkama tankı	65

pompası	
Şekil 4.36: Yıkama tankını kumanda eden operatör panel ekranı.....	66
Şekil 4.37: Biyodizel tesisinin elektrik ana panosu.....	67
Şekil 4.38: Geliştirilen tesisin elektrik ana panosunun bağlantı şeması.....	69
Şekil 4.39: S71214 PLC cihazı, thermocouple modül ve dijital modül.....	70
Şekil 4.40: S7-1214 CPU Bağlantı klemensleri.....	70
Şekil 4.41: Analog çıkış sinyal board kartı.....	72
Şekil 4.42: SM 1223 Dijital giriş/çıkış kartı	73
Şekil 4.43: SM 1231 Analog giriş kartı.....	74
Şekil 4.44: Bir kelimenin dijital ifadesi	74
Şekil 4.45: Operatör panel (KTP 600 PN).....	75

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

PLC	: Programlanabilir Lojik Kontrolör
CPU	: Merkezi işlem birimi
EPROM	: Erasable Programmable Read Only Memory
AC	: Alternatif Akım
DC	: Doğru Akım
STL	: Komut ile Programlama
LAD	: Merdiven Diyagramı
FBD	: Fonksiyon Blok Gösterim
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition
DOS	: Disk Operating System
EMS	: Enerji Yönetim Sistemleri
DMS	: Dağıtım Yönetim Sistemleri
RTU	: Remote Terminal Unit
DCS	: Distributed Control System
PID	: Oransal-İntegral-Türev Kontrolör
P	: Oransal kontrol
HMI	: Human-Machine Interface
PI	: Oransal İntegral
PD	: Oransal Türev
SQL	: Structured Query Language
MySQL	: Veri tabanı Yönetim Sistemi
I/O	: Input/Output
ASTM	: American Society for Testing and Materials
MW2	: Memory Word
Q0.0	: PLC çıkışı
G110	: G110 Sinamic sürücü
SSR	: Solid State Role
mF	: Mikro Farat
V	: Volt

P	: Güç
U	: Gerilim
n	: Devir sayısı
Hp	: Beygir Gücü
TC	: Thermocouple
AI	: Analog Input
DI	: Dijital Input
DQ	: Dijital Çıkış
VMS	: Sesli mesaj sistemidir.
UNIX	: Bir işletim sistemidir.
Kp	: Oransal kazanç
Ti	: PID katsayısı
Td	: PID katsayısı
m(t)	: Denetim organı çıkışı
e(t)	: Hata sinyali veya offset
Kc	: PID katsayısı

1. GİRİŞ

Dünya’da nüfus artışına ve sınırlandırılmayan insan ihtiyaçlarının sürekli artmasına bağlı olarak enerji tüketimi ve enerji maliyetleri de sürekli artmaktadır. Artan bu talepler enerji fiyatları üzerinde etkin olmakta sanayi, tarım, hizmetler sektörü gibi tüm üretim süreçlerini ve nihayet bunlarla birlikte zincirin son halkasında yer alan tüketicileri de önemli ölçüde etkilemektedir. Enerji kaynaklarından yoksun ve ekonomik olarak zayıf olan ülkeler enerjide dışa bağımlılıktan, arz ve talepte meydana gelen bu sıkıntılardan kurtulmak için daha az kirletici üreten, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarına yönelerek çözüm üretmeye çalışan politikalar geliştirmektedirler [1].

Alternatif enerji kaynakları ve gelişmeler incelendiğinde dünyada biyodizel ve bioetanol gibi yenilenebilir biyoyakıtların gelişimi dikkatleri çekmektedir. Türkiye’ye enerjide dışarıya bağımlılık ve tarımsal üretim kapasitesi açısından bakıldığında; alternatif enerji kaynakları içinde en büyük potansiyele biyodizel sahip olduğundan, biyoyakıt üretim çalışmaları daha çok biyodizel üzerinde yoğunlaşmaktadır [1]. Ayrıca dünya enerji kaynaklarının sınırlı olması ve artan çevre kirliliği yenilenebilir enerji kaynakları arayışını hızlandırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyodizelin Dünyada ve Türkiye’de alternatif enerji kaynağı olarak kullanımı ile enerji sıkıntısının ve çevresel problemlerin kısmen çözüme kavuşacağı planlanmaktadır. Çevresel problemlerin başında artan küresel ısınma gelmektedir. Endüstriyel ülkeler Kyoto protokolü başta olmak üzere çeşitli organizasyonlar düzenleyerek küresel ısınmayı durdurmak istemektedirler. Bunun için biyolojik kökenli yakıtların alternatif enerji kaynağı olarak kullanılması teşvik edilmektedir. Fakat dünyada biyodizel üretiminin yetersiz olmasından dolayı, Avrupa Birliği Komisyonu şu an için %2 oranına sahip biyodizel-motorin karışımlarının kullanılmasını önermektedir [2].

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından yapılan çalışmaya göre, 2000-2030 yılları arasında fosil enerji kaynaklarının payının %85, petrol ve doğalgazın payının ise %60 seviyelerinde olacağı öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji payı %15 düzeyinde olacaktır [3].

Dokuzuncu Kalkınma Planı'nda "retim sistemi içinde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının azami ölçüde yükseltilmesi hedefi" bulunmaktadır. Bu hedef için biyoyakıtların yaratacağı istihdama ülkemizin ihtiyaı vardır. Türkiye enerji üretim-tüketim dengesi içinde, uygun bir yelpazede biyoyakıtların giderek artan oranlarda yer bulmalıdır. Türkiye biyoyakıt yol haritası temel gereklilikleri Şunlardır [4]:

- Ulusal enerji stratejisi içinde özellikle yerinde yenilenebilir enerji üretimi için biyoyakıtların öncelikle yer alması,
- Ulusal tarım stratejisi içinde, enerji tarımı planlamasının yapılması ve hızla uygulamaya alınması,
- Kanola ve aspir tarımının arttırılması,
- Atıktan enerji eldesi kapsamında biyoyakıtların öncelikle yer alması,
- Enerji ormancılığının geliştirilmesi,
- Doğrudan ve dolaylı biyoelektrik üretiminin arttırılması,
- Biyoelektrik retiminde biyokütlenin Türk kömürleri ile birlikte kullanımının teşvik edilerek hızla uygulamaya alınması,
- Biyogaz üretiminin teŐviki ve arttırılması,
- AB'ye biyoyakıt ve biyoelektrik ihracatının teşvik edilmesi,
- Biyoyakıt üreticilerinin vergi indirimi, hibe, uluslararası fonlar ve düşük faizli kredilerle desteklenmesi,
- İleri biyoyakıt teknolojileri ar-ge çalıŐmalarının yürütülmesi,
- Motor biyoyakıtlarının akaryakıt sektörü içindeki; üreticiden satıŐ, taŐınım, depolama, harmanlama, dağıtım ve satıŐ aŐamalarındaki ticaretleri ile kalitelerinin denetlenmesi.

Biyodizelin ilk olarak 1990'lı yıllarda ABD'de telaffuz edilmesine karşılık, AB'de 1980'li yıllarda çok yaygın olmamakla birlikte biyodizel üretiminin gerçekleştirildiği görülmektedir. Hızla geliŐen dizel teknoloğisi ve AB'nin enerji ve evre konusundaki hedeflerinin gerçekleŐtirilmesinde biyodizel önemli bir çıkış noktası olmuştur. Biyodizel ile ilgili olarak Birlik içerisinde yakalanan standart ve normlarla birlikte, zaman içerisinde AB dünyada lider konumuna gelmiştir [5].

Enerji ve biyodizel konusunda, dünyada ve AB’de yaşanan gelişmelerden ülkemiz de önemli ölçüde etkilenmektedir. Ülkemiz enerji konusunda dışa bağımlı bir yapı göstermekte, petrol ile petrol ürünlerinin %92’sini ve toplam enerjisinin yaklaşık olarak %70’ini ithal etmektedir [6]. Stratejik ve ekonomik açıdan sakıncalı bu durum, ülkemizde biyodizel konusunda yaşanan gelişmelere ilgiyi artırmaktadır [5].

Kendi alternatif enerji kaynaklarımızı oluştırmada ulusal yatırımların yanında özel teşebbüslerin de önemi artmaktadır. Bu amaç doğrultusunda bu tez çalışmasında küçük ölçekli bir pilot biyodizel üretim tesisinin tasarım ve imalatının gerçekleştirilmesi, tesisin kontrolünün de PLC ile sağlanması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çanakçı ve Gerpen [7] çalışmalarında birçok yüksek serbest yağ asidi içeriğine sahip hammaddeden biyodizel üretebilmek için bir pilot biyodizel üretim tesisi imal etmişlerdir. Asit katalizörlü ön iyileştirme yapılarak biyodizel üreten tesisin toplam 50 galon kesikli sisteme sahip olduğunu belirtmişlerdir. Sonuçta soya, sarı atık ve kahverengi atık yağlardan üretilen biyodizellerin 1.584\$, 1.200\$ ve 0.911\$ maliyetinin çıktığını bildirmişlerdir.

Bouaid ve ark. [8] çalışmalarında Habeş hardal (*Brassica carinata*) yağından 200 litre cam reaktör tankına sahip pilot biyodizel üretim tesisinde transesterifikasyon yöntemi ile metanol ve potasyum hidroksit katalizörü ile biyodizel üretmişler ve yakıt özelliklerini belirlemişlerdir. Sonuçta gıda niteliği olmayan Habeş hardal yağından üretilen biyodizelin 40°C'de ki kinematik viskozitesini 4.88 mm²/s, 15°C'de ki yoğunluk değerini 810 kg/m³, su muhtevasını 300 mg/kg, biyodizel verimini %97.10 (m/m), mono-, di-, tri- gliserit içeriklerini sırasıyla %0.8 (m/m), %0.0 (m/m) ve %0.0 (m/m), asit sayısını 0.06 mgKOH/g, iyot sayısını 109.4 mgI₂/g, serbest ve toplam gliserol içeriklerini sırasıyla %0.01 (m/m) ve %0.12 (m/m) olarak tespit etmişlerdir.

Çilek [9] PLC ve SCADA sistemleri hakkında genel bilgiler vererek yaptığı ASKİ İvedik Su Arıtma Tesisleri otomasyonu hakkında da genel bilgiler vermiştir. Uygulama kısmında, tesisteki klorlama sistemini ele almıştır. Bu sistem sıvı klor tankları ve bu tankların önündeki 6 adet vanadan oluşmaktadır. Sıvı klor tanklardan otomatik tank değiştirme sistemiyle çekilmektedir. Bu proses tankların basınçlarının, hazır olup olmadıklarının ve vanaların arıza durumlarının kontrol edilmesi ile tankların sırayla devreye alınmasından oluşmaktadır. Yazar yaptığı bu çalışmada prosesin PLC ile otomasyonunu yapılarak SCADA yazılımını gerçekleştirmiştir.

Yağcı [10] PLC kontrollü, vidalı susuzlandırma presinin tasarımını ve imalatını gerçekleştirmiştir. Vidalı susuzlandırma presi, bir ürünün içinde barındırdığı değerli içeriğin alınmasını veya atık suyun içindeki suyun alınarak posasının susuz olarak atılmasını sağlayacak şekilde tasarlamış ve imal etmiştir. PLC kontrollü otomasyon

sistemi sayesinde, presleme işleminin tam ve sağlıklı olarak yürütülebilmesi için motor akımına bağlı hidrolik baskı plakası basıncı ve motor devri ayarı tamamen otomatik olarak yapılmıştır. İmal edilen pres iki farklı üründe denenmiş ve deney sonuçları yazar tarafından açıklanmıştır. Ayçiçeği küspesinin yağını almak için yapılan denemede başarı sağlanamazken pancar posasıyla yapılan denemede ürün içindeki suyun %38' i alınmıştır.

Mirzaoglu [11] çalışmasında orta büyüklükteki bir makarna fabrikasının değirmen kısmında kapasite olarak artırımına paralel olarak elektrik, kontrol ve kumanda birimlerinde yenileme çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Makarnanın irmikten üretilmesi nedeniyle fabrikanın değirmen kısmının verimli çalışması fabrikanın genel maliyeti açısından kritiktir. Çünkü gelen buğdaydan yüksek randıman ve kaliteli irmik elde etmek ve tüketilen elektrik enerjisinden mümkün olduğunca tasarruf etmek, değirmenin kontrollü ve efektif çalışmasına bağlıdır. Bu da ancak oldukça iyi tasarlanmış ve programlanmış PLC ve SCADA sisteminin kullanılması ile mümkün olacağını yaptığı çalışma ile ortaya koymuştur. Bu yenileme çalışması sonucunda; irmik randımanı %58'den %61'e çıkmış ve randımanda süreklilik sağlanmıştır. İrmik kalitesi artmıştır. Değirmenin ilk çalışmasında kararlı değerlere ulaşma süresi %66 oranında azalmıştır. Enerji tüketiminde %50 tasarruf sağlanmıştır. Arızalar ve gereksiz duruşlar azalmıştır. Sistemin izlenmesi ve arızaların giderilmesi için çalışan personel % 50'ye düşmüştür.

Güler [12] çalışmasında günde 150 litre üretim kapasiteli bir biyodizel üretim sisteminin imalatını gerçekleştirmiş, bu tesiste ayçiçek yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretmiş, ürettiği biyodizelin testlerini yapmıştır. Sonuçta yenilenebilir enerji kaynağı olan biyodizeli ürettiğini bildirmiştir.

Sani ve Hasnan [13] çalışmalarında Malezya Johor'da kurulu UTHM şehir üniversitesinde 2007 yılında kurmaya başladıkları 2008 yılının sonlarına doğru bitecek olan UTHM pilot biyodizel üretim tesisi hakkında durum raporu sunmuşlardır. Malezya'da ham palm yağının biyodizel hammaddesi, küspelerinin ise hayvan yemi olarak değerlendirildiğini belirtmişlerdir. Pilot biyodizel üretim

tesisinde ham palm yağına ağartma işlemi, ön iyileştirme ve degaming uygulandıktan sonra biyodizel üretiminde kullandıkları ve son ürünün EN 14214 standartlarını sağladığını belirtmişlerdir.

Coello ve ark. [14] Peru'nun Amazon ormanlarında yaşayan yerel halkın %83'ten fazlasının yüksek ücret ve erişim zorluğundan dolayı elektrik enerjisine ulaşamadıklarını, sürdürülebilir biyokütle kaynaklarının özellikle sıvı biyoyakıtlardan (biyodizel ve bitkisel yağlar) enerji üretiminde önemli katkısının olacağını, bir başka seçeneğinde elektrik üretiminde dizel jeneratörlerinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Practical Action firması ile UNALM (La Molina National Agrarian University) 2003 yılından beri Amazonun dış dünyaya kapalı bölgesinde küçük ölçekli biyodizel üretim tesisi için Amazon yağlı tohum üretimini ve teknolojik modellerin test ve geliştirmesini, bu amaçla biyodizel üretimi için en uygun kaynaklara göre sürdürülebilir bir tasarım yapılabileceğini bildirmişlerdir.

Gümüş [15] çalışmasında PLC kontrollü boy kesme makinesinde SCADA uygulamasını gerçekleştirmiştir. Boy kesme makinesi günümüz sanayisinde; rulo haldeki saç malzemelerin istenilen ölçü aralıklarında kesilmesi, üretim aşamasında kullanılacak malzemelerin seri olarak boyutlandırılması gibi işlemlerde aktif olarak kullanılmaktadır. Bu makine sistemlerinin pnömatik elemanlar ile destekleyerek, sistem otomasyona çevrilmek işlemi gerçekleştirilmiştir. Otomasyon sistemleri ile desteklenmiş olan sistem PLC yardımı ile programlanarak makinenin kesimlerde daha hassas ve seri olarak üretimi sağlanmıştır. PLC'yi programlama işlemi bir SCADA yazılımı ile gerçekleştirmiştir.

Demir [16] çalışmasında endüstriyel bir otomasyonda analog işlemlerin işyerinden uzakta kontrol edilebilmesi işlemlerini PLC yardımı ile gerçekleştirmiştir. Farklı uzaktan kontrol metotlarının (cep telefonu, bilgisayar, RF) bir arada çalıştırılmış olup endüstriyel sistemlerin otomasyonunda sıkça kullanılan PLC (Programable Logic Control) cihazının kontrolünü, sabit veya cep telefonu hattına bağlı olan bir DTMF (Dual Tone Multi Frequency) kod çözücü yardımıyla cep telefonu üzerinden sağlamıştır. Bu sayede GSM (Global System for Mobile Communications) modülü

veya operatör paneli kullanılmadan daha ucuz ve pratik uzaktan kontrol sağlanmıştır. Çalışmanın sonunda rezistansların sıcaklık kontrolü, soğutma suyu sistemine ait üç fazlı asenkron motorun hız kontrolü ve pnömatik motorlara ait valflerin basınç kontrolü, cep telefonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Işıkçyürek [17] bir biyogaz tesisinin otomasyon sistemini PLC'ler kullanılarak tasarlamış ve internet üzerinden uzaktan kullanıcıların tesisi kontrol etmeleri işlemlerini amaçlamıştır. Bu amaçla tesis önyükleme deposu ve üreteç içerisindeki pompa ve motorların kontrolü ile sıcaklık ölçümü için otomasyon programı yazmış ve dokunmatik operatör yönetim panelini tasarlamıştır. Sistemin uzaktan kullanıcılar tarafından kontrolünü ve sistemin merkezi bilgisayar üzerinden çevrimiçi olarak çalıştırılmasını sağlamıştır. Sıcaklık sensöründen alınan verilerin grafiksel olarak dokümantasyonu yapılmış ve bu verilerin kayıt altında tutulmasını sağlamıştır. Programda ayrı bir Alarm/Analiz sayfasını hazırlamış, olası bir arıza durumunda tesis operatörünün bilgilendirilmesini gerçekleştirerek bu alarm verilerini depolamış ve aynı zamanda ekran üzerine yansıtmıştır.

Arı [18] çalışmasında SCADA ve PLC programları kullanarak gerçekleştirilen sera otomasyonu vasıtasıyla bitkilerin dikiminden hasat dönemine kadar olan süreçte sera içi iklimsel büyüklükler (sıcaklık, nem, ışık) kontrol altında tutulmasını sağlamış, ayrıca sahaya gitmeye gereksinim duyulmadan TCP/IP haberleşme protokolü vasıtasıyla sera içi iklim değerlerini internet üzerinden kontrol etmiş ve izlemiştir.

Chatpalliwar ve ark. [19] çalışmalarında biyodizel üretim tesisi tasarım verilerinin tahmini ve modelin matematiksel formüllerle desteklemişlerdir. Tasarımda ekipman maliyeti, güç, su, toplam alan, yağlı tohum, metanol, katalizör (KOH), insan gücü, üretim geri dönüşü, bakım maliyeti ve karlılık gibi parametreleri optimize etmişlerdir. Her bir parametreyi günde 1, 2, 3, 5, 7, 9 ve 10 ton biyodizel üretimi için test etmişlerdir.

Skarlis ve ark. [20] Girit adasında küçük ölçekli biyodizel üretim tesisi yatırımının uygulanabilirliğini inceledikleri çalışmalarında 10.000 ton/yıl üretim kapasiteli bir

tesis kurulumunun daha uygun olduğunu belirtmişlerdir. Yılda 10.000 ton biyodizel üretimi için ilk kurulum maliyetinin 4.000.000 euro ve düşük yağ talebi olmasından dolayı Girit adasında bu tesisin uygulanabilirliğini göstermişlerdir.

Anderson ve ark. [21] Amerika Birleşik Devletleri, Virjinya eyaleti, Fredericksburg şehrinde 592 adet çiftliğin bulunduğunu ve bunların şehrin toplam alanının %16'sını oluşturduğunu, bu çiftliklerin kar ortalamalarının 1997'de 555\$ iken bu rakamın 2007 yılında -14931\$'a kadar gerilediğini bu durumun da genel olarak dizel yakıt fiyatlarından kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Bu maliyeti düşürmenin yollarından bir tanesinin dizel yakıtı yerine kullanılabilecek yenilenebilir ve sürdürülebilir bir yakıt olan biyodizelin kullanılması ve fazla üretilen biyodizelin satılarak gelir elde edilmesi olarak görmüşler ve bu amaçla bir çiftlikte küçük ölçekli biyodizel üretim tesisinin tasarımı ve bu tesisin kullanılmasının finansal fizibilitesini değerlendirmişlerdir. 81 dekar alan için kanola, mısır, fıstık, soya ve ayçiçek bitkilerini test ettikleri çalışmalarında kanola bitkisinin 2 yıl içerisinde yatırımda pozitif geri dönüş sağladığını, mısırdan biyodizel üretiminin karlı olduğunu fakat çiftçilerin ihtiyacı olan biyodizeli ve net enerji oranı gerekliliğini sağlayamadığını, fıstık, soya ve ayçiçek bitkilerinden biyodizel üretiminin ise karlı olmadıklarını belirtmişlerdir.

Birok [22] çalışmasında yüksek mertebeden sistemlerin S7-300/400 tipi PLC'ler için sayısal benzetim ile dijital PID kontrolör tasarımını yapmıştır. Bu amaçla öncelikle Ziegler Nichols, Cohen gibi klasik PID kontrolör yöntemlerini üçüncü mertebeden örnek bir sistem kullanarak MATLAB'ta incelemiştir. Verilen biçimsel yaklaşım yöntemi ile üçüncü mertebeden örnek sistem, dijital olarak tasarlanabilen ikinci mertebeden sistem cinsinden yaklaşık ifade edilmiştir. Yaptığı çalışma ile yeni sistemin fark denklemini SIMATIC MANAGER'da programlayarak sayısal benzetim fonksiyonu oluşturmuştur. MATLAB ve SIMATIC MANAGER yazılımlarında yaptığı simülasyonlarda elde ettiği sonuçları birbirleriyle karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda benzetim fonksiyonu sistemin kendisi kabul edilerek SIMATIC MANAGER'da S7-300/400 tipi PLC'lerde kullanılabilecek, sistem karakteristiğine ait parametrelerin girilmesiyle PID katsayılarını kendisi

hesaplayabilen bir dijital PID kontrolör programlanmış ve farklı örnekleme zamanlarına göre simülasyonlar yapılmıştır.

Daniyan ve ark. [23] çalışmalarında tranesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretmek için 20 litre kapasiteli, kesikli üretim prosesine sahip küçük ölçekli bir biyodizel üretim tesisi tasarlamışlar ve imal etmişlerdir. Tasarımda karıştırma hızı, ısı, maksimum reaksiyon sıcaklığı, kütle ve enerji dengesi gibi parametreleri seçmişlerdir. Küçük ölçekli biyodizel üretim tesisinin 20 litre bitkisel yağdan biyodizel üretimi için optimum parametrelerini 60°C reaksiyon sıcaklığı, 200 l/min karıştırma hızında tespit etmişler ve bu biyodizelin yakıt özelliklerinin ASTM D 6751 standartlarını sağladığını tespit etmişlerdir.

Karayel [24] yenilenebilir enerji kaynaklarından olan ve ülkemizde zengin potansiyele sahip hidroelektrik enerjinin değerlendirilmesi amacıyla, şebekeden bağımsız çalışan mikro ölçekli hidroelektrik santral prototipi ve otomasyonunu gerçekleştirmiştir. Güç sistemlerinin otomasyonunda yaygın olarak kullanılan PLC (Programlanabilir Lojik Kontrol)'den yararlanmıştır. Prototip üzerinde PLC ile PID kontrol sağlayarak; endüktif ve omik yük durumlarında frekans ve gerilim değerlerini incelenmiş, SCADA programı ile sistemin tüm kontrol ve kumandasını bilgisayar üzerinden sağlamıştır.

Kurt [25] küçük ölçekli hidroelektrik santralin enerji üretim potansiyelinden maksimum yararlanmak için kontrol, uygun olanı seçme, uygulama ve takip sistemlerini içeren kontrol ve otomasyon yöntemini tercih etmiştir. Bu santralde bir adet büyük güçlü türbin kullanmak yerine birden fazla daha küçük güçlü türbinler kullanarak barajın enerji üretim potansiyelinden daha fazla yararlanılmasını sağlamıştır. Türbinlerin devreye alınması ve devreden çıkarılması için bulanık mantık algoritmali programlanabilir mantık denetleyici kullanmıştır. Hangi türbin(ler)in devreye alınacağı ya da devreden çıkarılacağına bulanık mantık algoritmali PLC ile karar vermiştir.

Oseni ve ark. [26] biyodizel üretimi için küçük ölçekli pilot biyodizel üretim tesisi geliştirmişler ve test etmişlerdir. Tesisi soya yağından transesterifikasyon yöntemi ile etil alkol ve potasyum hidroksit katalizörü kullanarak test etmişler, 80.5 litre reaksiyon tankından 60 dakikada %82.98 ester dönüşüm verimi ile 66.8 litre soya yağı etil esteri üretmişlerdir. 3 tekerrürlü gerçekleştirdikleri yakıt özellikleri ölçümlerinde özgül yoğunluğu 0.87, 0.88 ve 0.90, kinematik viskoziteyi 3.20, 2.80 ve 3.70 mm²/s, bulutlanma noktasını 9, 7 ve 6°C, akma noktasını 5,8 ve 5°C olarak tespit etmişlerdir. Sonuç olarak küçük ölçekli pilot biyodizel üretim tesisi 18 saat içerisinde 200.4 litre biyodizel üretebileceğini ve dizel yakıtı yerine motorda hiçbir değişiklik yapılmadan kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Wood ve ark. [27] çalışmalarında pompa, vana, sıcaklık sensörü vb. ekipmanlara PLC uygulaması yaparak insan gücünü en aza indirmeyi hedeflemişlerdir. Ayrıca tesise Hielscher Ultrasonik sürekli proses ünitesine otomasyon sistemi kurmuşlardır. Kurdukları biyodizel üretim tesisinde atık kızartma yağından biyodizel üretmişler ve yakıt özelliklerini incelemişlerdir. Yakıt özellikleri sonucuna göre atık kızartma yağından üretilen biyodizelin ASTM standartlarını sağladığını belirlemişler ve AMICO marka AD 186FE model dizel bir motorda deneyerek bu yakıtın dizel motorlarında sorunsuz olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Ramesh ve ark. [28] çalışmalarında ısıtıcı, karıştırıcı, kimyasal karıştırma tankı, 3 adet gliserol dinlendirme tankı ve yıkama/dinlendirme tankından oluşan, transesterifikasyon yöntemi ile günde 250 litre biyodizel üretim kapasitesine sahip pilot biyodizel üretim tesisi imal etmişler ve bu tesiste jatrofa yağından biyodizel üretmişlerdir. Jatrofa yağı biyodizelinin yoğunluğunu 0.865 g/l, 40°C'de ki viskozitesini 5.2 Cst, ısı değerini 39.2 MJ/kg, parlama noktasını 175°C ve bulutlanma noktasını 13°C olarak tespit etmişler, dizel yakıtına %20 oranında biyodizel eklenmesinin Hindistan'da 7.3x10⁶ ton dizel yakıtının daha az kullanılabileceğini ve böylece 33 milyon hektar ekilmeyen alanın jatrofa bitkisi yetiştirilmesiyle etkin olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Literatür incelendiğinde PLC ile ilgili Türkçe yayınlanmış bilimsel kitaplar bulunmasına karşın biyodizel ile ilgili kitaplar çok az miktardadır. Üniversitelerde yapılan araştırmalar sonucunda çıkan tezler ve makaleler bu konuya ışık tutmaya çalışmaktadır. Ülkemizde literatür bilgileri ışığında S7-1200 PLC kontrolü ile küçük ölçekli bir pilot biyodizel üretim tesisine rastlanmamıştır.

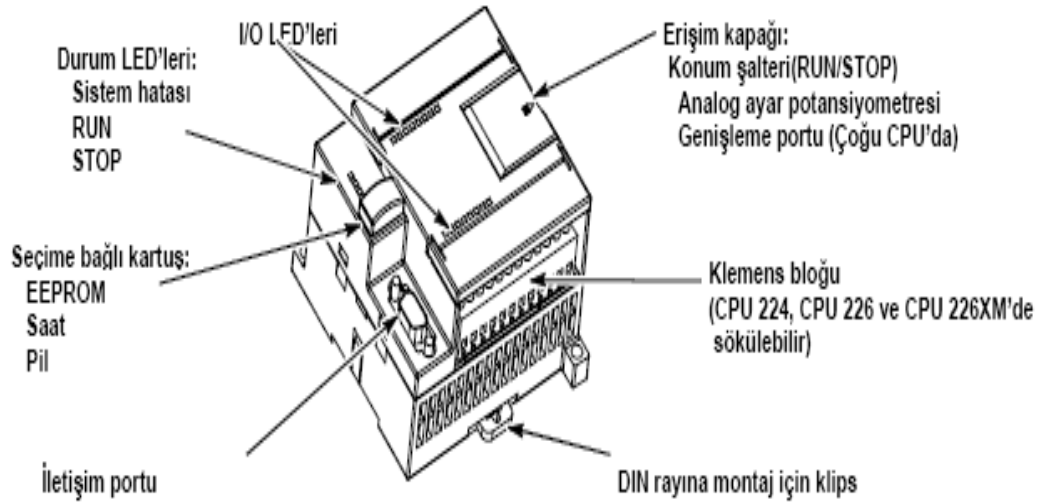
3. MATERYAL VE METOT

3.1. Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC)

Programlanabilir lojik kontrolör (Programmable Logic Controller, PLC) endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçekleştirmeye uygun yapıda giriş-çıkış birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan bir endüstriyel bilgisayardır [29, 30].

PLC, girişten alınan bilgi ve komutlar ile çalışır. PLC; sensörlerden (ani temaslı buton, dijital anahtar, sınır anahtarı, yakınlık anahtarı, ısı, ışık, manyetik, optik etki ile çalışan elemanlar) aldığı bilgiyi kullanıcı tarafından verilen programa göre işleyen ve çıkış bölümüne aktaran mikroişlemcidir [31].

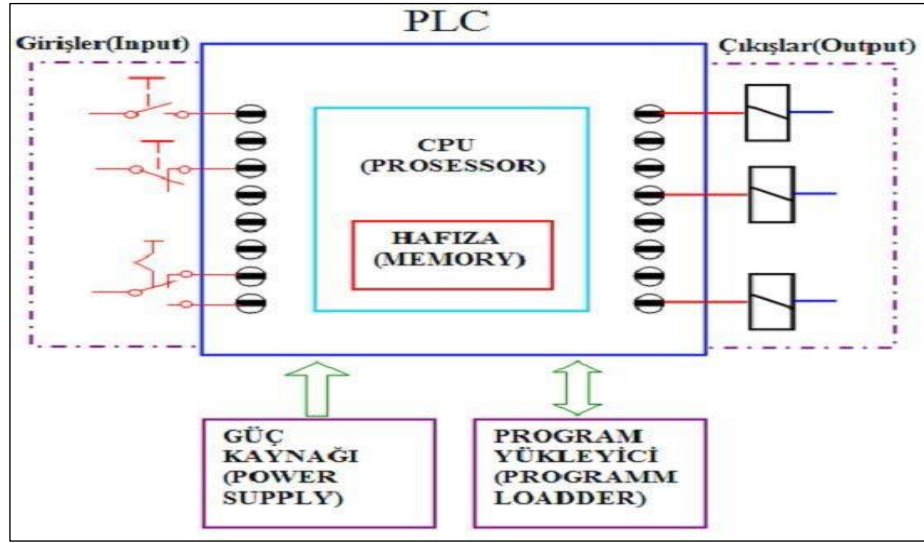
Şekil 3.1’de Siemens S7-200 PLC cihazının dış yapısı görülmektedir.



Şekil 3.1. Siemens S7- 200 PLC cihazının genel görünüşü [32]

3.1.1. PLC Bölümleri ve Fonksiyonları

PLC’yi oluşturan ana bölümler Şekil 3.2’de görülmektedir. Bu bölümler sırasıyla incelenecektir.



Şekil 3.2. PLC'yi oluşturan ana kısımlar [11]

PLC Şekil 3.2'de, merkezi işlem birimi (CPU- Central Processing Unit), hafıza (hafıza elemanları), programlama makinası, güç katı, giriş-çıkış bölümünden oluşmakta, ayrıca PLC'de uyum devresi, analog giriş-çıkış birimleri, genişleme birimleri ve kartların takıldığı raflar olmak üzere toplam 9 birim bulunmaktadır [33].

3.1.1.1. CPU

Bu birim işlemci, hafıza modülleri ve güç kaynağı arasındaki haberleşmeyi sağlar. CPU ifadesi işlemci ifadesi ile aynı anlamda kullanılmaktadır. İşlemci sürekli olarak makineyi veya üretim sürecini kontrol edecek olan programın derlenmesini ve icrası için hafıza ile karşılıklı haberleşme içindedir. CPU'nun büyük bir bölümünü oluşturan işlemci-hafıza birimi programlanabilir denetleyicilerin beynidir [33].

3.1.1.2. Hafıza

Hafıza mikro denetleyicideki kontrol programını saklamaya yarar. Gerekli hafıza miktarına programın yapısı karar verir. PLC'lerde kullanılan hafıza tipi genellikle EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) olarak adlandırılan silinebilir, proglanabilir, sadece okunabilir hafızalar kullanılmaktadır [33].

3.1.1.3. Programlayıcı

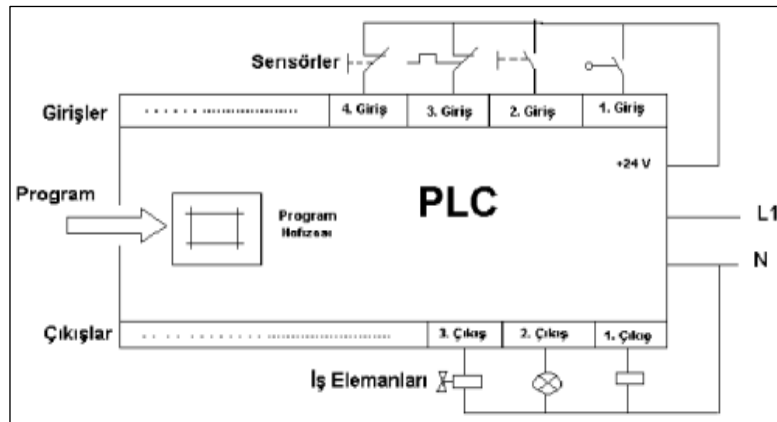
Programlayıcı, kullanıcı ile denetleyici arasındaki haberleşmeyi ve PLC denetleme programının kullanıcı tarafından cihaza gönderilmesini sağlar. Bu terminaller kendi içerisinde gösterge ünitesi, klavye ve merkezi işlem birimi ile haberleşmeyi sağlayacak gerekli elektronik düzenekleri içerir [33].

3.1.1.4. Güç Hattı

PLC içerisindeki elektronik devrelerin çalışması için gerekli seviyedeki gerilimi güç katı temin eder. Şebeke gerilimi 220 V AC veya 24 V DC olan tipleri mevcuttur. Bazı CPU'larda dâhili bir güç kaynağı bulunmakta olup bu kaynak CPU'nun kendisinin, genişleme 18 modüllerinin 5 V DC ve 24 V DC ve kullanıcının 24 V DC gereksinimini karşılamaktadır [33].

3.1.1.5. Giriş-Çıkış Birimleri

Giriş modülü, kontrol edilen makinelerden, işlemciden veya dışarıdan bir anahtardan ya da algılayıcıdan aldığı sinyali kabul ederek kullanılmasını sağlar. Çıkış modülü, denetleyicinin, çıkıştaki makinenin ya da işlemin kontrolü için 5 V DC, 12 V DC veya 220 V AC'lik çıkış sinyallerini sağlar. Bu çıkış sinyalleri ile optik izolatörler veya güç elektroniği elemanları kullanılarak yüksek akımların kontrolü sağlanır. PLC giriş- çıkış elemanlarının bağlantısı Şekil 3.3'de görülmektedir [33].



Şekil 3.3. PLC giriş-çıkış elemanları devreye bağlantı şeması [34]

3.1.1.6. Diğer Birimler

PLC’lerde yukarıda açıklanan giriş ve çıkış birimleri dışında, yüksek hız sayıcısı, kesme işareti girişi, analog giriş (A DC) ve analog çıkış (D AC) gibi giriş-çıkış birimleri de bulunur. Yüksek hız sayıcıları ve kesme işareti girişleri, PLC tarama çevrim süresinden daha hızlı değişen işaretlerin algılanıp değerlendirilmesi amacıyla kullanılır. Analog giriş ve çıkış birimleri ise geri beslemeli kontrol sistemlerinin gerçekleşmesi için gereklidir. Küçük boyutlu PLC’lerde, genellikle besleme kaynağı, Giriş ve çıkış birimleri, işlemci birimi tümleşik olarak, büyük boyutlu PLC’lerde ise ayrı birimler biçiminde bulunur [35, 36].

3.1.2. PLC’nin Çalışma Biçimi

PLC’leri diğer mikroişlemci sistemlerden ayıran en önemli özelliklerden biri de çalışma biçiminin bir sistem programı ile düzenlenmesidir. Bütün PLC sistemlerinde birbirine çok benzeyen sistem programları bulunur. Bu programlar üretim aşamasında kalıcı bir bellek alanına yüklenir. Genel olarak sistem programı şu işlevleri yerine getirir [35, 36]:

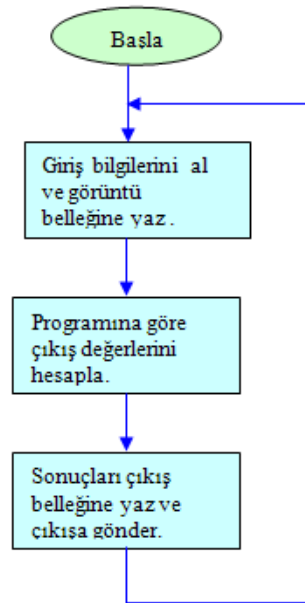
- Kullanıcı programını yürütür,
- Kesmeli çalışma ve iletişim olaylarını düzenler,
- Sistem çalışma durumlarını kontrol eder [35, 36].

3.2. PLC ile Tesis Organizasyonu

PLC kendisine yüklenmiş program vasıtasıyla, giriş işaretlerini izleyip uygun çıkış işaretlerini vermek suretiyle çalışır. Program PLC’nin dâhili işlemlerinin bir parçası olarak çalışır.

3.2.1. PLC Programının Yürütülmesi

PLC program belleğine yüklenmiş bir kullanıcı programı, birinci komuttan başlanarak son program komutuna kadar bütün komutların sırasıyla yürütülmesi biçiminde gerçekleşir. Program sonu komutuna erişildiğinde tekrar birinci komutuna dönülür. Bu çalışma biçimi sonsuz çevrime girmiş bir program parçası gibi düşünülebilir. Bu çalışma biçiminde komutların islenme sırası atlama, altprogram, çağırma gibi komutlar kullanıldığında ya da kesmeli çalışma durumlarında değişebilir. Ancak her tarama işleminin belirli bir sürede tamamlanması gerekmektedir. Bir tarama işleminin gerekli tarama süresinde tamamlanmaması durumunda, sistem programı PLC programını durdurur. Bu süre genellikle 300 ms ile 1000 ms arasında değişir. Bu işlem bir gözleme zamanlayıcısı (Watchdog timer) ile sağlanır. PLC’lerde bir çevrimin tamamlanması için geçen süreye tarama zamanı denir. Bir PLC’nin tarama zamanı giriş ve çıkış sayısına, programın içeriği ve uzunluğuna, işlemcinin çalışma frekansına bağlıdır. Genel olarak tarama hızı 1024 byte başına işlem hızı olarak belirtilir ve 0.5 ms ile 200 ms arasında değişebilir. Bir PLC’de alt program ve kesmeli çalışma yapılmadığı durumlarda kullanıcı programının yürütülmesi Şekil 3.4’deki akış diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 3.4. PLC programının akış diyagramı

Bir PLC çalışma (RUN) durumuna getirildiğinde sırayla aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

1. Giriş birimindeki değerler giriş görüntü belleğine alınır ve saklanır. Bu değerler bir sonraki çevrime (taramaya) kadar değiştirilmez.
2. Yazılan programa göre program komutları adım adım sırayla işlenir. Ancak giriş değerleri için giriş görüntü belleğinden okundukları andaki değerler geçerlidir ve bir program çevrimi süresince bu değerler değişmez.
3. Kullanıcı programının yürütülmesi tamamlandıktan sonra hesaplanan değerler çıkış görüntü belleğine yazılır ve çıkış birimine gönderilir. Çıkış birimine aktarma işlemi tamamlandıktan sonra tekrar birinci adıma dönülür. Çıkış görüntü belleği ve çıkış birimindeki değerler bir sonraki çevrime kadar değişmez.

Genel olarak bütün PLC'lerde programın yürütülmesi bu şekilde gerçekleşir. Ancak giriş görüntü belleğindeki değerlerin alınması ve çıkış görüntü belleğine değer yazılması işlemlerinin daha farklı yapıldığı PLC işletim sistemleri de vardır. Buna örnek olarak hesaplanan çıkış değerlerinin doğrudan çıkış birimine gönderildiği (DPS, direct processing system) işletim sistemi verilebilir. Bu işletim sisteminde giriş adresini içeren bir komuta rastlandığında girişin o andaki değeri alınır. Çıkış adresine değer atayan bir komutun yürütülmesi tamamlandığında, sonuç doğrudan çıkış birimine iletilir. Bazı PLC modellerinde giriş ve çıkışlara doğrudan erişmek için özel komutlar kullanılır. Bu komutlar anında giriş ve çıkış komutları (immediate I/Q instruction) olarak adlandırılır. Bu komutlar ile işlenen giriş değerleri görüntü belleğindeki değerler olmayıp komutun yürütüldüğü andaki giriş değerleridir. Aynı şekilde çıkışa aktarılan değer, anında işlem komutunun yürütülmesi tamamlandığında hesaplanan değerdir. Bu tür komutların kullanılış amacı hızlı değişen giriş işaretlerini yakalamak ve hesaplanan bir değeri anında çıkış birimine aktarmaktır. Bu komutların normal program çevrimi içinde kullanılması hızlı değişen işaretlerin algılanma olasılığını artırır. Ancak hızlı değişen işaretleri değerlendirme olasılığını yüzde yüz

güvence altına almaz. Çünkü komut yürütülmeden önce ya da komut yürütüldükten sonraki işaret değişimleri algılanamaz ve yine bilgi kaybı olabilir. Yüksek hızlı değişen işaretleri algılamak ve değerlendirmek için en güvenceli yol kesmeli çalışma yöntemidir. Hesaplanan değerlerin anında çıkış birimine aktarılması, kesme alt programlarında anında işlem komutları kullanılarak sağlanır. Kesmeli çalışmada, kesme işareti geldiği anda, normal programın yürütülmesine ara verilir ve kesme olayı ile bağlantılı kesme alt programı yürütülmeye başlatılır. Kesme alt programındaki işlemlerin yürütülmesi tamamlandığında tekrar normal programa dönülür. Bir kesme alt programında çıkışa ilişkin hesaplanan bir değer çıkış birimine aktarılması yine normal program çevrimi tamamlandığında (çıkış görüntü belleğinin çıkış birimine aktarılması aşamasında) olur. Kesme altprogramının yürütülmesi anında, çıkışa ilişkin işaretlerin doğrudan çıkış birimine gönderilmesi için anında işlem komutları kullanılabilir. Böylece, hem giriş işaretinin anında değerlendirilmesi, hem de sonucun anında çıkış birimine aktarılması sağlanmış olur [29, 37].

3.3 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.

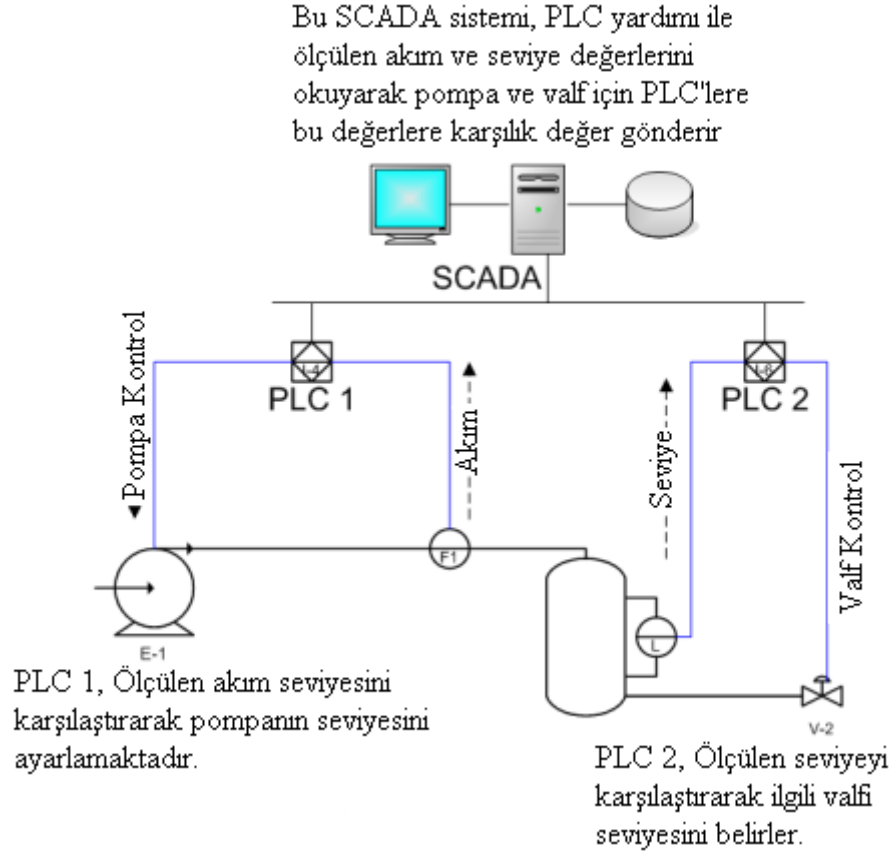
Komut ile programlama (STL), kumanda devresine ait çözümün mikroişlemcilerde olduğu gibi bir komut kümesiyle gerçekleştirilmesidir. Grafikselle programlama ise, işlevleri tanımlanmış şekil veya kutucukların art arda ve çözüme uygun olarak bağlanması şeklinde düşünülebilir. Grafikselle programlamada en sık kullanılan diller Merdiven Diyagramı (LAD) ve Fonksiyon Blok Gösterimidir (FBD) [38].

3.3.1. SCADA

SCADA terimi İngilizce “Supervisory Control And Data Acquisition” kelimelerinin ilk harflerinden türetilmiş bir ifade olup, Türkçeye “İzleme, Kontrol ve Veri Toplama Sistemi” olarak çevrilebilir. SCADA sistemleri, geniş bir bölgede bulunan birimlerin bir merkezden bilgisayar aracılığı ile denetlenmesini, izlenmesini, önceden belirlenmiş bir mantıksal yapı içinde gerçekleştirilmesini ve birimlere ait geçmiş verilerin saklanması sağlayan sistemlere verilen genel bir isimdir [18, 39].

3.3.2. SCADA ile Programlama

SCADA, endüstriyel otomasyon kavramları arasına girmiş ve çok sık olarak gündeme gelmeye başlamıştır. 1980'li yıllarda çeşitli diller altında yazılan ve sadece uygulamaya yönelik ilk örneklerinden sonra DOS altında çalışan genel amaçlı programlar ve daha sonra (1990) nesneye yönelik ve Windows altında çalışan SCADA yazılımları kullanılmaya başlanmıştır. Programların nesneye yönelik olmaları (object oriented) ve Windows altında çalışması yazılıma ve kullanıma büyük rahatlık getirmiştir. Esnek ve açık yapıları sayesinde uygulamaları yeni ihtiyaçlara göre geliştirmek ve bilgisayar ağları oluşturarak merkezi denetim ve izleme fonksiyonlarını gerçekleştirmek mümkün olmaktadır. Kapsamlı ve entegre bir Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemi (SCADA) kontrol sistemi sayesinde, bir tesise veya işletmeye ait tüm ekipmanların kontrolünden üretim planlamasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrolü ve gözlenmesi sağlanabilir. Anlık olay ve alarmları saklayarak geçmişte meydana gelen olayları da tekrar günün tarihinde ve saatinde gözlemleyebilmemizi de sağlayan geniş kapsamlı mükemmel bir sistemdir [15, 40]. Genel SCADA gösterim şeması Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Genel SCADA gösterimi [15]

3.3.3. SCADA Sisteminin Uygulama Alanları

SCADA sisteminin birçok kullanım alanı vardır. Geniş bir coğrafi alana yayılmış, bölgesel ve yerel tesislerin birçoğunda kullanılmaktadır. Başka sistemlerde alt yapı teşkil etmektedir. SCADA sistemine ilave işlevler eklenerek Enerji Yönetim Sistemleri (EMS) veya Dağıtım Yönetim Sistemleri (DMS) gibi sistemler oluşturulur. SCADA sisteminin başlıca kullanım alanları şunlardır:

- Üretim Endüstrisi
- Doğalgaz ve Petrol Boru Hatları
- Petrokimya Endüstrisi
- Elektrik Üretim ve İletim Sistemleri
- Elektrik dağıtım Tesisleri
- Su Toplama, Arıtma ve Dağıtım Tesisleri
- Hava Kirliliği Kontrolü

- Çimento Endüstrisi
- Otomotiv Endüstrisi
- Bina Otomasyonu
- Proses Tesisleri

Kısaca bir tesiste, ölçüm yapılacak yerlerin alanı km^2 ile ölçülüyor ve birimler birbirlerinden metrelerce uzakta ise, sistem bir ana kontrol merkezinden basit komutlar ve görüntülemelerle kontrol edilebilecekse ve iyi bir işletme için, sık, düzenli ve hızlı cevap süreleri gerekli ise SCADA sistemi uygulanabilir [15, 40].

3.3.4. SCADA'nın Yapısı ve Çalışması

SCADA sistemlerinde mutlaka aşağıda belirtilen bileşenlerin bulunması gerekmektedir.

a) RTU (remote terminal unit), DCS (distributed control system), PLC gibi prosesi kontrol eden ve sahadan gelen verileri aktaran cihazlar: SCADA'nın kullanıldığı sistemlerde aslında işleri yürüten ve kontrol eden, yapısında işlemcilerin bulunduğu donanımdır. Bu cihazlar; SCADA sisteminin gözü ve kulağı hatta bazı sistemlerde beyni olarak kabul edilebilir [41].

b) Sahadan gelen bilgileri PLC'ler üzerinden SCADA'ya aktaran haberleşme sistemi: Haberleşme sistemi için kablolar kullanılabilmesinin yanında RF (Radyo frekansı) de kullanılabilir. Kabloların kullanıldığı yerler özellikle fabrikalardır. Ancak uzak birimlerden bilgi transfer edilmesinde sıfırdan kablo çekilmesi hem çok pahalı hem de pek mümkün değildir. Bunun için telefon hatları kiralanabilir veya enerji iletim hatları üzerinden haberleşebilir hatta uydu üzerinden veya RF modemler kullanarak haberleşme sağlanabilmektedir [41].

c) Merkezi veri sunucu ve istemci bilgisayarlar: Veri sunucular; veri akışını kontrol ederler ve PLC, RTU ve DCS ile sürekli olarak haberleşir. Veri sunucular prostesteki verileri alır ve operatörler tarafından girilen değerlere göre prosesi PLC üzerinden kontrol eder. İstemci bilgisayarlar; kullanıcıların sistemle sürekli olarak etkileşimde

olduğu bilgisayarlardır. Veri sunucular, proses kontrolcülere (PLC vb.), ethernet, fieldbus veya diğer haberleşme Protokolleri üzerinden; istemci bilgisayarlara ise ethernet veya internet üzerinden bağlanabilmektedirler [41, 42].

d) Ara yüz programı: SCADA’da bulunan yazılım, PLC’nin yaptığı işlemleri ve/veya RTU(Remote Terminal Unit)’den gelen bilgileri, kullanıcılara gösteren bir ara yüz programıdır. Bu program HMI (Human Machine Interface) olarak da adlandırılırlar. Ara yüz yazılımları daha önceden sadece DOS, VMS ve UNIX’in altında çalıştırılmakta iken artık; Linux ve Windows gibi işletim sistemlerinde de çalıştırılması oldukça yaygınlaşmıştır. HMI sürekli olarak gerçek zamanlı çalışan bir veritabanına bağlıdır. Veritabanı, sunucudan aldığı bilgileri anlık, saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak kaydedebilmektedir. Ara yüz yazılımı ne kadar iyi bir şekilde tanımlanır, tasarlanır, yazılır, kontrol ve test edilirse, SCADA sistemi o kadar iyi şekilde çalışır. Bunun aksi durumunda, sistemin çökmesi kolaylaşır üzerinden bağlanabilmektedirler [41].

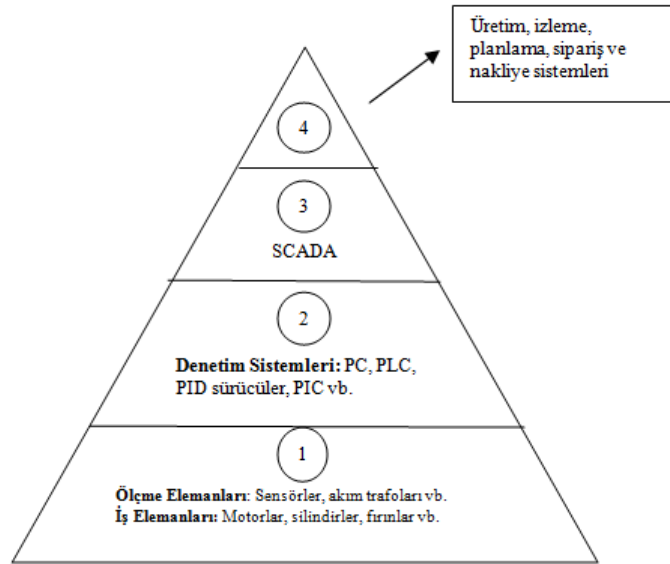
3.3.5. SCADA Sisteminin Katmanları

Tümleşik bir SCADA sistemi şu katmanlardan oluşur.

- *İşletme kontrol katmanı:* Fiziksel kontrollerin yapıldığı katmandır. Mekanik ve elektromekanik aygıtlar uzak terminal birimlerine (RTU) bağlanarak işletme fonksiyonlarını yerine getirir.
- *Süreç denetim katmanı:* İzleme ve veri toplama fonksiyonları ile tesisler ve makineler arası eş zamanlılığı sağlar. Bu katman merkezi kontrol odası ve SCADA yazılımını kapsar.
- *İşletme yönetim katmanı:* Bir üst katmanda alınmış stratejilere uygun olarak işletme kararları alarak bölümler arası işbirliği sağlar. İşletme Müdürlüğü görevini üstlenir.
- *Kaynak yönetim katmanı:* İşletmenin üretimi için gerekli kaynakların planlandığı, üretim ve hizmet stratejilerinin belirlendiği katmandır.

Son yıllarda artan rekabet ve pazar kapma mücadelesi verimliliği arttırarak piyasadan Gelen değişik taleplere hızlı bir şekilde uyum sağlaması için gereklilik haline gelmiştir.

Yönetim katmanında alınan kararların üretim katmanına eş zamanlı uygulanması ancak üretimden yönetime işletmenin tüm katmanlarının sağlıklı bir veri alışverişi trafiğine sahip olması ile sağlanabilir. SCADA programının İşletme Kaynakları Planlaması (Enterprise Resource Planning-ERP) yazılımlarıyla veri alışverişi yaparak sahadaki verilerin yönetime aktarılması ve yönetimce yapılan değişikliklerin sahaya yansıtılması gerekmektedir. Bu ise programlarla kullanılacak veri tabanlarının SQL veya MySQL gibi standart ve erişime açık olması ile sağlanabilir. Şekil 3.6’da bir SCADA sisteminin ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.6. Bir SCADA sisteminin ekran görüntüsü [43]

Yukarıdaki piramit incelendiğinde en alt kısımda üretim hatlarında makine, konveyör vb. sistemler üzerine yerleştirilmiş elemanlar bulunmaktadır. Bu elemanlar iş yapan yani kontrol edilen elemanlardır. Genellikle bir motor ya da ısıtıcı benzeri elemanlardır.

Bunların yanı sıra geri besleme için kullanılan sensörler de bu kısımda yer alır. İkinci katmanda ise mikroişlemci tabanlı kontrol elemanları bulunmaktadır. Kontrol edilen elemanlara hükmetmesi ve sistemin istenen şekilde davranması bu elemanlar

sayesinde olur. Bilgisayarlar ve PLC 'ler endüstride en çok kullanılan sistemlerdir. Ayrıca özel olarak motor hız, konum kontrolörleri, sıcaklık denetleyicileri ve sürücüler gibi pek çok modüllerde ya tek başına ya da bilgisayar ve PLC ile birlikte kullanılmaktadır. Piramidin ilk iki katmanını üretim yapan tüm işletmelerde kaçınılmaz olarak yer almaktadır. Üçüncü katman ise modülümüzün konusunu teşkil eden SCADA sistemlerinin bulunduğu kısımdır. Tüm alt sistemler üçüncü katman tarafından izleme ve kontrolü yapılır.

Dördüncü katman ise sipariştten üretime, üretimden satışa kadar tüm zinciri bir bütün olarak kapsayan ve izleyebilen sistemlerdir. Böyle bir sistemde her türlü davranışa çok hızlı tepki verilebilir. Genellikle büyük ölçekli ve maliyetli üretimler (otomotiv firmaları gibi) yapan sektörler bu sistemden sonuna kadar faydalanır.

Tipik bir SCADA donanımında; Ana Sunucu Bilgisayar ile (Server-Master), İstemci Bilgisayar (Client-Slave) arasındaki iletişim hatları ve RTU arasındaki iletişim hatları ve saha donanımından oluşur.

- *Ana Sunucu –Ana Terminal (MTU):* MTU (Ana Terminal Birimi) SCADA istemlerinde ana kontrolör görevi üstlenen ana istasyon veya bilgisayarlardır. MTU sistemi Bilgisayar tabanlı ağ yapısı üzerinde server ve client bilgisayarlar yazıcı ve diğer elemanlardan oluşur.
- *Uzak Terminal Birimleri(RTU):* Bir şebekede bulunan sistem değişkenlerini toplayan, gerektiğinde depolayan, ayrıca bu bilgileri kontrol merkezine, belirli bir iletişim yolu ile gönderen bir SCADA birimidir.
- *İletişim Hatları:* Ana merkezde bulunan MTU ile uzak bölgelerde bulunan RTU cihazları arasında bilgi alışverişi yapması için oluşturulan ağ yapılarıdır.
- *Saha Donanımı:* Saha ekipmanları PLC, DCS ve Akıllı elektronik kartlar olarak tanımlanır [34].

3.3.6. SCADA Sisteminin İşlevleri

SCADA sistemleri bağlandıkları devrede aşağıdaki işlemleri gerçekleştirmeye yarar:

- Veri toplama,

- Bilgi gösterimi,
- Danışmalı denetim,
- Alarm işaretleme denetleme ve işleme,
- Bilgi toplama ve rapor hazırlama,
- Olay dizilerini kaydetme,
- Veri hesaplama [44].

3.3.7. SCADA Sisteminin faydaları

SCADA sistemleri bağlandıkları otomasyonlara aşağıdaki faydaları sağlar:

- Sisteme ait elektriksel ve endüstriyel parametrelerin PC’ den izlenebilmesi,
- Set edilen değerler için alarm alabilme,
- İstenen değerlerin talep edilen periyotlarla kaydedilmesi,
- Grafik Trend izleme ve kaydetme imkânı,
- Enerji tasarrufuna imkân sağlayan veri tabanı,
- Ürün bazına indirgenebilen enerji maliyeti,
- Elektrik sarfiyatının faturalandırılması,
- Tek bir merkezden dükkân, ofis, grup ve bina bazında yük kontrolü, öncelik seçimli yük atma ve yük alma,
- Arıza Takibi,
- Sistemdeki her noktaya PC’ den kumanda imkânı v.b.

3.3.8. SCADA Yazılımından Beklenenler

SCADA yazılımları ile geliştirilen otomasyonlardan beklenen yetenekler aşağıda verilmiştir:

- Çabuk kolay uygulama tasarımı,
- Dinamik grafik çizim araçları,
- Çizim kütüphanesi,
- Alarm yönetimi,
- Tarih bilgilerinin toplanması,
- Rapor üretimi.

3.4. Projede Kullanılacak Komutlar ve İşlevleri

Bu komutlarda tag oluşturma, alarm oluşturma, reçete hazırlama, haberleşme ayarlarını tanımlama, kullanıcı oluşturma, kullanıcı ekranları kullanılabilmektedir.

3.4.1. Genel Komutlar

1) *Online & Diagnostik*: Bu alanda bağlantı ayarları yapılır.

2) *Online Access*: PG/PC bağlantı yöntemini bağlantı türünü gösterir.

3) *Runtie Settings*: Bu bölümde ekran ayarları yapılır. Başlama ekranı, ekran çözünürlüğü, text List, grafik list ayarları yapılır.

- *Screen Settings*: . Başlama ekranı, ekran çözünürlüğü, text List, grafik list ayarları yapılır.
- *Alarm Setting*: Buffer clearance in percantage upon bufer over flow gibi komutları kapsar.

4) *Screens*: Projede kullanılan sayfa tanımları bu bölümde oluşturulmaktadır.

- *Add New Screen*: Bu komutla projemize yeni bir ekran eklenir. Çift tıkladığında otomatik olarak ekranı numaralandırır.

5) *Text & Graphic List*: Text List metin listelerinin oluşturulduğu editördür. Text list'in kullanıldığı alanlar şöyledir.

a)Text List

- Duruma bağlı olarak içeriği değiştirecek sembolik I/O Field için,
- Duruma bağlı olarak değişen buton metinleri için,
- Analog ve discrete alarmların çıkış metinlerinin ifade edilmesi için,
- Oluşturulan receipe dataları için kullanılır.

b)Graphic List

Graphic listelerinde etiket değerleri çeşitli ekran veya grafiklere atanır. Ekranda oluşturulmuş olan bir nesne için grafik listesi oluşturulabilir. Bu sayede nesnelerin renkleri ve şekilleri değiştirilebilir.

6) *Toolbox Menüsü*: Bu menü beş bölümden oluşur. Bunlar;

- Object
- Basic Object
- Elements

- Controls

a) *Object*: Bu bölümde mouse seçim ayarları, kullanılan objelerin şekil vb. ayarları yapılır.

b) *Basic Object*: Bu bölümde temel geometrik çizim komutları yazım aracı bulunmaktadır.

- Line: Bu komut çizim yapmak için kullanılır.
- Ellipse: Ekranda elips çizmek için kullanılır.
- Circle: Ekran daire çizmek için kullanılır.
- Dörtgen Ekleme: Ekran da dörtgen eklemek için kullanılır.
- Yazı işleri: Bu komut ile sayfamıza yazı yazabiliriz.
- Grafik Bölümü: Bu bölümümde sayfaya grafik eklenebilir.

c) *Elements*: Toolbox menüsünün altında; I/O Field, Bton, Symplc I/O Field, Graphic I/O Field, Data/Time Field, Bar, Switch gibi objeleri bulunur.

- *I/O Field*: Elements menüsünde I/O Field seçeneği, sürükleyerek veya I/O Field üzerine tek tıklayarak ekran üzerine getirilir. Sayısal değerler için kullanılır.
- *Button*: Butonda Toolbox sekmesinin altında bulunan bölümden çağrılır.
- *Symplc I/O Field*: Toolbox menüsünün altında elements bölümünden çağrılır. Alıcıların çalışması hakkında ekranda text olarak bilgi verir.
- *Graphic I/O Field*: Toolbox menüsünün altında elements bölümünden çağrılır. Kumanda elemanlarının çalışırken ki görsel durumları için kullanılır.
- *Bar*: Toolbox menüsünün altında elements bölümünden bulunur. Motor hız değerleri için kullanılır.

d) *Controls*: Bu bölüm sistemi kontrol etmek için kullanılan alarm, eğitim, kullanıcı, tarife bölümlerinden meydana gelir.

- *Alarm View*: sistemdeki hataları veya arızaları belirtmek için kullanılan bölümdür.
- *Trend*: Programdaki sayı değerlerini göstermek için kullanılan grafiklerdir.
- *User View*: Sistemi kontrol yetkisi olan kişilerin, kullanıcı bilgileri içeren bölümdür.

3.4.2. Projede Kullanılan Temel Olaylar

Projedeki kullanılan temel olaylar aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

a)Ekranlar arası geçiş sağlamak:

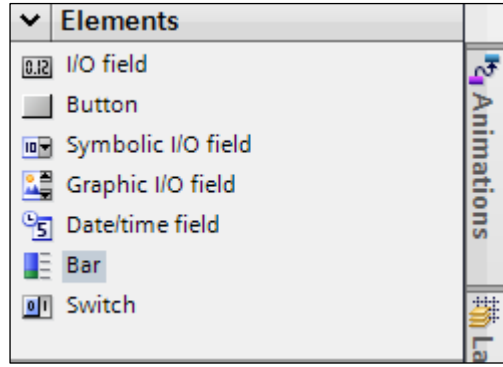
Projedeki tesis kumandası dokuz ekrandan oluşmaktadır. Şekildeki ekran ana kumanda ekranıdır. Ekranlar arası geçişi F tuşları veya ekran üzerine yerleştirilen butonlarla yapılır. Biyodizel tesisinin ana kumanda ekranı Şekil 3.7’de görülmektedir.



Şekil 3.7. Biyodizel tesisinin ana kumanda ekranı

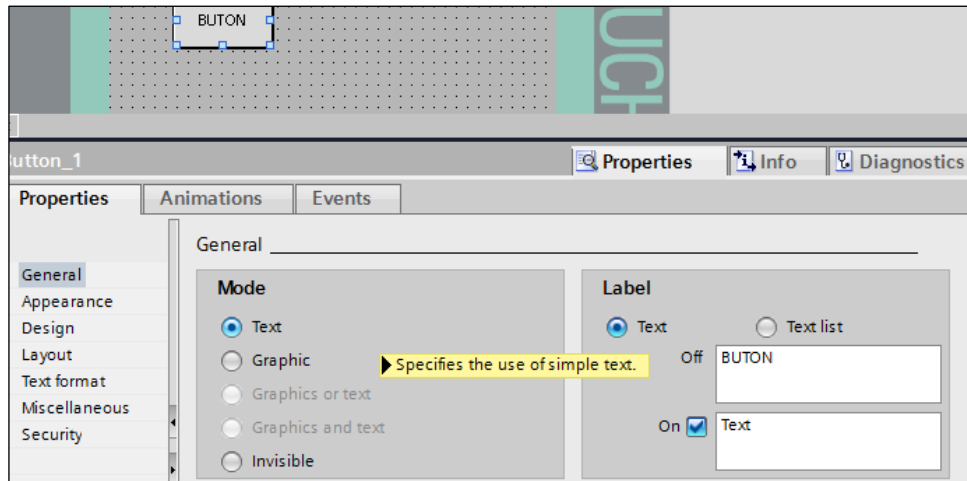
b) Buton oluşturmak:

Button menüsünde Tolbox sekmesinin altında bulunan Elements bölümünden ulaşabiliriz. Sistemde kullanılan elemanların görüntüsü Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8. Sistemde kullanılan elemanların görüntüsü

Buton öğesini kumanda etmek için kullanılan bölüm Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9. Buton öğesini kumanda etmek için kullanılan bölümler

- *General*

Butonları genel ayarların yapıldığı General bölümü Mode, Label ve Hotkey bölümlerinden oluşmaktadır.

- **Mode:** Mode kısmındaki seçenekler; Text, Graphic ve Invisible’dir.

Text: Bu bölüm işaretlendiğinde Label bölümünde buton isimleri ile ilgili metin işlemleri burada yazılır.

- *Text List*

Text list And Graphic List bölümünde Text ve Grafikleri listeleterek kullanabilirsiniz. Text list bölümünü oluşturan öğeler Şekil 3.10’da verilmiştir.

Text lists			
Name ▲	Selection	Comment	
Text_list_1	Bit (0, 1)		
<Add new>			

Text list entries			
Default	Value	Text ▲	
☐	0	MOTOR ÇALIŞMIYOR	
☐	1	MOTOR ÇALIŞIYOR	
<Add new>			

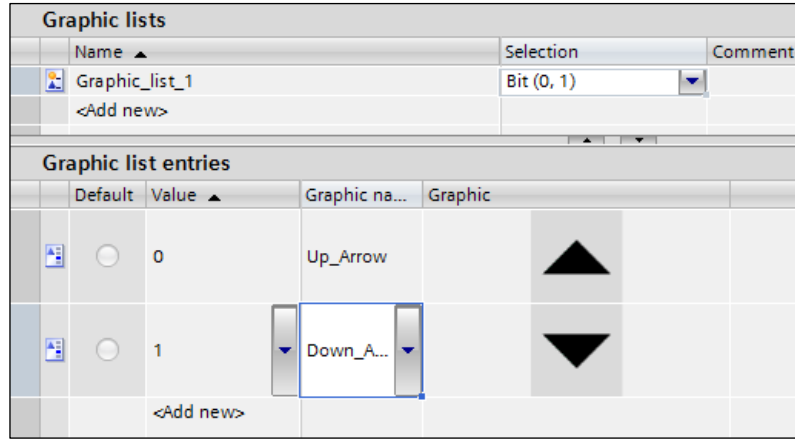
Şekil 3.10.Text list bölümünü oluşturan öğeler

Şekilde görüldüğü gibi name bölümünde proje ile ilgili gerekli tanımlar yapılır. Selection bölümünde çalışma aralığı seçilir. Burada buton çalışacağı için bit (0,1) yapılır. Comment bölümünde metin ile ilgili açıklamalar yapılır.

Text list Entries bölümünde Text ataması yapılır. Value değeri ' 1 ' olduğunda 'MOTOR ÇALIŞIYOR' '0' değerinde ise 'MOTOR ÇALIŞMIYOR' metinleri girilmiştir.

- *Graphic List*

Bu bölümde ekran, grafik veya etiket değerleri atanır. Grafik bölümünü oluşturan öğeler Şekil 3.11’de görülmektedir.

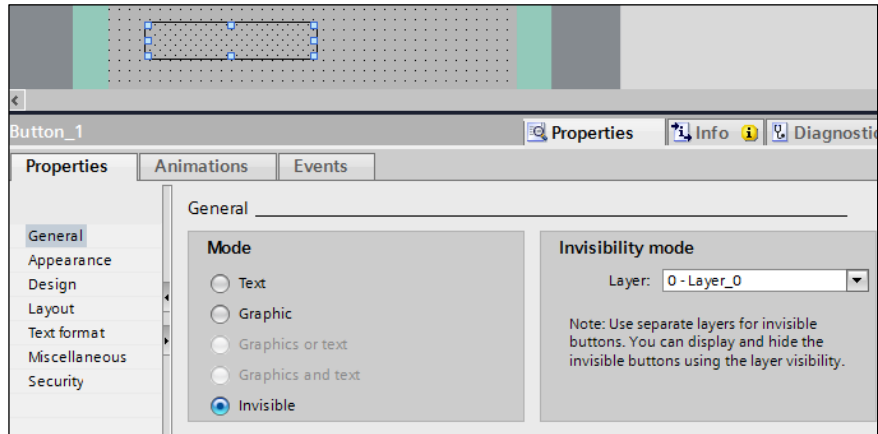


Şekil 3.11. Graphic bölümünü oluşturan öğeler

Bu bölümde etiket değerleri çeşitli ekran veya grafikler atanır

- *Invisible*

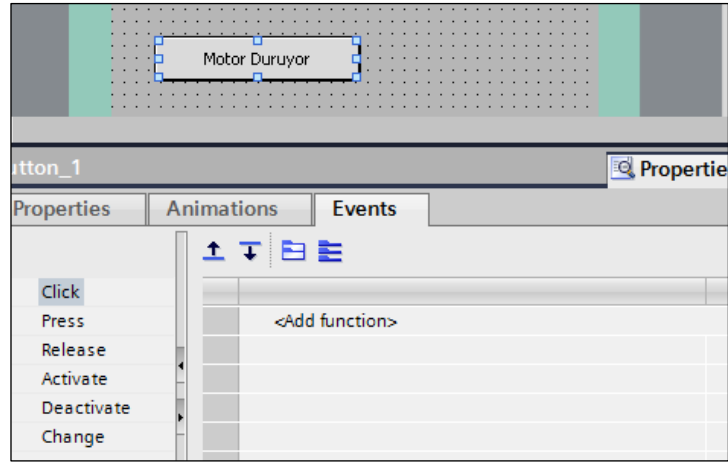
Invisible kontrol öğesine ulaşılan kısım Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.12. Invisible kontrol öğesine ulaşılan kısım

- *Events:*

Bu bölümü butonlara çalıştıracakları fonksiyonların eklendiği bölümdür. Invisible kontrol öğesine ulaşılan bölüm Şekil 3.13’de verilmiştir.



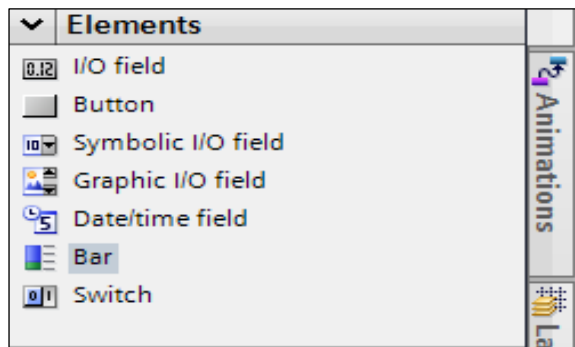
Şekil 3.13. Buton seçim durumunu gösteren bölüm

Events bölümünde buton için durum seçimi yapıldıktan sonra 'Add Fonction' bölümünde gerçekleştirilecek fonksiyon seçimi yapılır.

Butona tıklama durumunu belirtir. Kullanıcı butona ilk tıkladığı anda atanan fonksiyonu gerçekleştirir.

c) Symbolic I/O Field

Symbolic I/O Field menüsüne Toolbox sekmesinin altında bulunan Elements bölümünden ulaşılabilir.

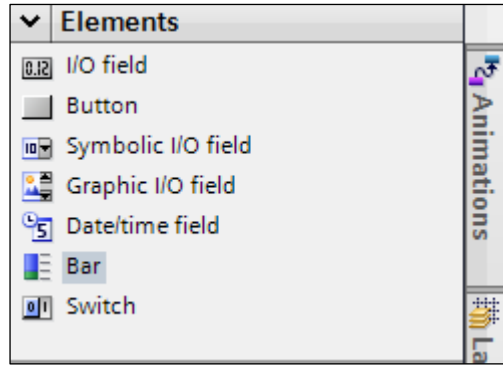


Şekil 3.14. Sistemde kullanılan elemanların görüntüsü

Symbolic I/O Field 'la ekrana text listesini eklemesini sağlar.

d) Graphic I/O Field

Bu menüye Toolbox sekmesinin altında bulunan Elements bölümünden ulaşılabilir. Projede kullanılan elemanların listesi Şekil 3.15'de verilmiştir.



Şekil 3.15. Sistemde kullanılan elemanların görüntüsü

Graphic I/O Field kullanıcının ekrana grafik listesi eklemesini sağlar [45].

3.4.3. PLC ile Tesis Organizasyonun Avantajları

PLC'leri, daha önce kullanılan konvansiyonel sistemler ile karşılaştırıldığında birçok avantajı vardır. Eski sistemlerin getirdiğı birtakım zorluklar bugün PLC'lerin yayılmasıyla azalmıştır. PLC sistemleri önceki sistemlere göre daha az yer kaplamaktadır. Dolayısıyla kontrol sisteminin yer aldığı dolap yâda pano boyutlarla oldukça küçülmektedir. Sınırlı alanlarda kontrol mekanizmasının kurulması imkânı ortaya çıkmıştır. Sistem için sarf edilen kablo maliyetleri nispeten daha azalmıştır. Ayrıca PLC sisteminin kurulmasının kolay olması ve kullanıcıya, kurulu hazır bir sistemin üzerinde değişiklik ve ilaveleri kolayca yapabilme esnekliğinin sağlanması, PLC'lerin giderek yaygınlaşmasına ve endüstride her geçen gün daha fazla kullanılmalarına neden olmuştur. Bu avantajlar ile proje maliyetleri de azaltılarak, proje mühendislerine de ticari açıdan büyük faydalar sağlamıştır [46].

Bir makinenin, bir fabrikanın yâda her hangi bir prosesin gerçekleştirilmesi sırasında aynı anda birçok olay meydana gelir ve bunların bir sıra halinde olması gerekmez. Dolayısıyla normal bilgisayar programlarıyla bu gibi bir prosesi kontrol edemezsiniz. Fakat bir PLC için aynı anda gerçekleşen birçok olayı kumanda etmek hiç sorun değildir. Bu arada sırf kumanda işlemlerine yönelik birçok komutu da fazladan ihtiva etmesi sebebiyle, PLC ile bu tip programları yazmak ve çalıştırmak kolaydır. CPU'yu programlayabilmek için LAD (merdiven diyagramı) ve STL (program listesi) gibi çeşitli diller kullanılabilir [46].

3.4.4. PLC ile Röle Sistemleri Arasındaki Farklar ve Avantajları

PLC; elektronik röle, zaman rölesi, sayıcı ve iç bağlantıları ile birlikte entegre bir sistemden meydana gelmiştir. Röle sisteminde, kumanda elemanları paralel olarak ve aynı zamanda bir çalışma şekli ortaya koyabilirler. PLC'de ise çalışma sırası program sırasına göredir (çevrimli, dönüşümlü çalışma). Röle sisteminde kullanılan kontak sayısı sınırlıdır. Oysa PLC'de kullanılan elemanların kontak sayıları istenilen(sonsuz) sayıda olabilir. Bir entegre sistemde sistemin çalışma şekli değiştirilmek istendiğinde röleli sistemde çeşitli montaj değişiklikleri ve yeni masraflar gerekmektedir. Oysa PLC'de böyle yeni montaj değişikliklerine ve masraflara gerek yoktur. PLC ile devre tasarımları röleli sistemlere göre daha kolay, çabuk ve daha az masraflı yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra arıza, bakım, devre takibi daha kolay ve hızlıdır. Röle sisteminde bir endüstriyel kumanda işlemini gerçekleştirebilmek için birçok devre elemanını satın almak gerekir(zaman röleleri, sayıcılar gibi). PLC ile yapılan sistemlerde ise birçok devre elemanı, cihaz bünyesinde hazır olarak bulunduğu için ayrıca elemanlar satın alınmasına gerek yoktur. Röle sistemi ile yapılan kumanda ve kontrol sistemleri devre elemanlarının hacimleri nedeniyle çok yer kaplar. PLC ile yapılan sistemlerde hacim yönü ile büyük bir avantaj ve küçülme söz konusudur. Röle sistemi ile yapılan kumanda ve kontrol sistemlerinde çok karışık ara kumanda bağlantıları bulunmaktadır. Bu nedenle arıza bulmak güçtür. PLC ile yapılan kontrol sistemlerinde ise ara kumanda bağlantıları çok azdır. Çünkü gerekli bağlantılar PLC içerisinde PLC tarafından yapılmaktadır. PLC'ler röle sistemlerine göre daha güvenlidir, düşük güç tüketimi sağlar ve uzaktan kontrol imkânı hızlı ve daha az karmaşıktır [34].

3.4.5. PLC ile Yapılan Kontrol Çeşitleri

PID (Proportional-Integral-Derivative) kontrolör endüstriyel sistemlerde en sık kullanılan kontrolör türüdür. Basit olarak PID kontrolör, sistemde oluşan hataya, hatanın integraline ve türevine göre bir çıkış üretir.

Bu türdeki kontrolörler çok çeşitli sistemlerde kullanılabilmektedir. Örneğin; sıcaklık sistemleri, ağırlık sistemleri, tartım sistemleri, hız kontrol sistemleri, vs. Kullanıldığı sisteme göre uyarlanması gereken 3 tane parametresi vardır. Bunlar sırası ile;

- K_p - Kazanç Katsayısı,
- T_i - Integral Katsayısı,
- T_d - Türev Katsayısıdır.

Bu 3 parametreden herhangi birinin değişmesi PID davranışına doğrudan etki eder. Dolayısı ile kontrol edilecek sistem iyi analiz edildikten sonra bu parametrelerin sisteme uygun olarak belirlenmesi gerekir.

3.4.5.1. PID Kontrolörün Yapısı

PID kontrolörler standart olarak 4 türde bulunabilirler. Kontrol edilecek sistemin yapısına göre (sistem parametrelerine göre) bu dört türden biri tercih edilir. Bu türler sırası ile şunlardır;

- a. P Kontrolör
- b. PI Kontrolör
- c. PD Kontrolör
- d. PID Kontrolör

Bahsi geçen PID kontrolör türleri aşağıda sırası ile incelenecektir. PID kontrolör türleri anlatılırken, fonksiyonlar iki şekilde verilecektir. Bunlardan biri sürekli form diğeri ise ayırık formdur. PID fonksiyonlarında kullanılacak semboller ve bu sembollerin açıklamaları şöyledir;

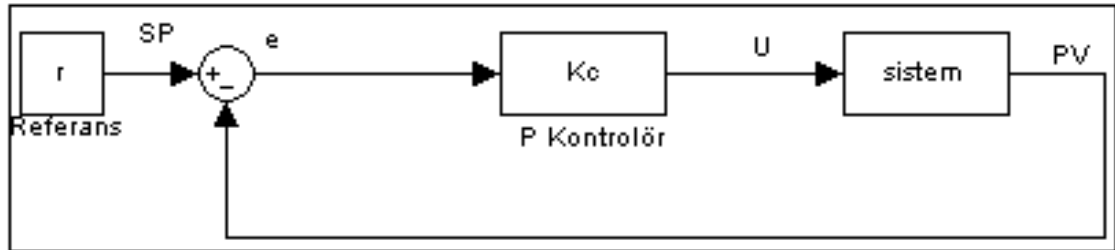
- m(t)** : Kontrolör Çıkışı
e(t) : Hata (Referans - Sistem Çıkışı)
Kc : Kontrolör Kazancı (Proportional)
Ti : Kontrolör Integral Zamanı (s) (Integral Time)
Td : Kontrolör Türev Zamanı (s) (Derivative Time)
Ts : Kontrolör örnekleme zamanı

3.4.5.2. P Kontrolör

Sadece kazanç katsayısının aktif olduğu PID kontrolör türüdür. Basit şekilde ifade edilirse; sistemde oluşan hata, PID kazancı ile çarpılır ve kontrolör çıkışı olarak dışarıya verilir [47, 48].

$$m(t) = Kc [e(t)] \quad (1)$$

$$m(t) = Kc [[n]] \quad (2)$$



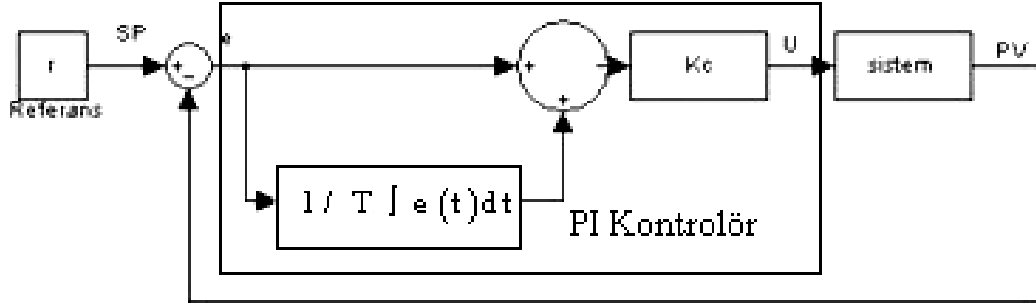
Şekil 3.16. P kontrolörü ifade eden bir blok diyagramı

3.4.5.3. PI Kontrolör

Kazanç ve integral katsayılarının aktif olduğu PID kontrolör türüdür. Basit şekilde ifade edilirse; sistemde oluşan hata, oluşan toplam hatanın integral katsayısına bölümü ile toplanır ve PID kazancı ile çarpılarak kontrolör çıkışı olarak dışarıya verilir [47, 48]. PI kontrolörü ifade eden bir blok diyagramı Şekil 2.17’de görülmektedir.

$$u(t) = K_c e(t) + \frac{1}{T} \int_0^t e(t) dt \quad (3)$$

$$u(n) = K_c e(n) + \frac{T_s}{T} \sum_{i=0}^n e[i] \quad (4)$$



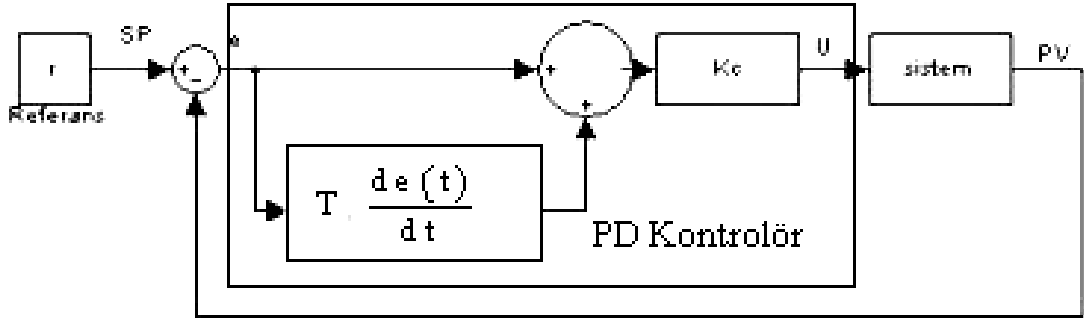
Şekil 3.17. PI Kontrolörü ifade eden bir blok diyagramı

3.4.5.4. Oransal-Türevsel (PD) Kontrolör

Oransal ve türevsel katsayıların aktif olduğu PID kontrolör türüdür. PD kontrol kuralı; u kontrol işareti, e hata işareti, K_c oransal katsayı ve T_D türev zaman sabiti olmak üzere,

$$u(t) = K_c e(t) + T_D \frac{de(t)}{dt} \quad (5)$$

biçiminde ifade edilir [22]. PD kontrolörü ifade eden bir blok diyagramı Şekil 2.18'deki gibi gösterilir.



Şekil 3.18. PD Kontrolörü ifade eden bir blok diyagramı

İntegral kısmı hata kalmadığı halde bile kontrol işareti üretmeye devam eder, bunun sonucu olarak sistemde salınımlar oluşur. Salınımların önüne geçmek için kontrolöre hatanın sıfıra yaklaştığı iletilmelidir. Bu, hatanın türevi alınarak yapılabilir. Türev ancak oransal kontrolle beraber kullanılabilir [49].

Türevsel terim kontrolör çıkışındaki değişim oranını yavaşlatır ve bu etki kontrolör setpoint değerine en yakın olandır. Böylece, türevsel kontrol integral bileşeninin ürettiği aşım miktarını azaltır ve kontrolör işlem kararlılığını artırırken sinyal farklılaşması gürültüyü artırır. Böylece kontrolördeki bu terim, hata değerindeki gürültüye karşı çok hassas olur. Bu durum, gürültünün ve/veya türevsel terimin çok büyük olması halinde işlemin kararsızlaşmasına neden olabilir [50].

3.4.5.5. PID Kontrolör

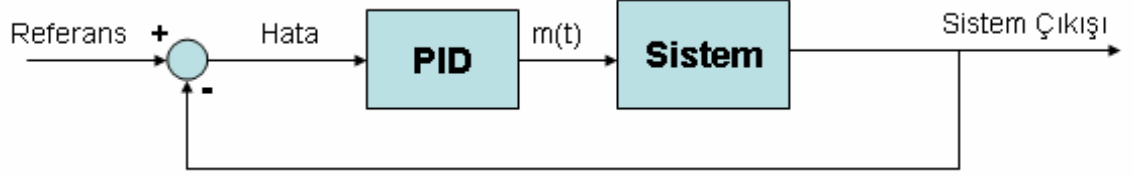
Tüm PID katsayılarının aktif olduğu PID kontrolör türüdür. Sistemde oluşan hata, hatanın toplamı ve hatanın türevi PID katsayıları ile çarpılarak kontrolör çıkışı olarak dışarıya verilir [47, 48].

$$u(t) = K_c \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (6)$$

$$u(n) = K_c \left(e[n] + T_s \sum_{i=0}^n e[i] + T_s T_d \frac{e[n] - e[n-1]}{T_s} \right) \quad (7)$$

3.4.5.6. PID Kontrolörün Sisteme Uygulanışı

PID kontrolörün sisteme uygulanışı Şekil 3.19’da verilmiştir;



Şekil 3.19. PID Kontrolör [51]

Anlık referans ile sistem geri besleme değerinin farkı alınarak PID kontrolöre giriş olarak verilir. PID çıkışı ise sisteme uygulanarak kontrol sağlanmış olur [51].

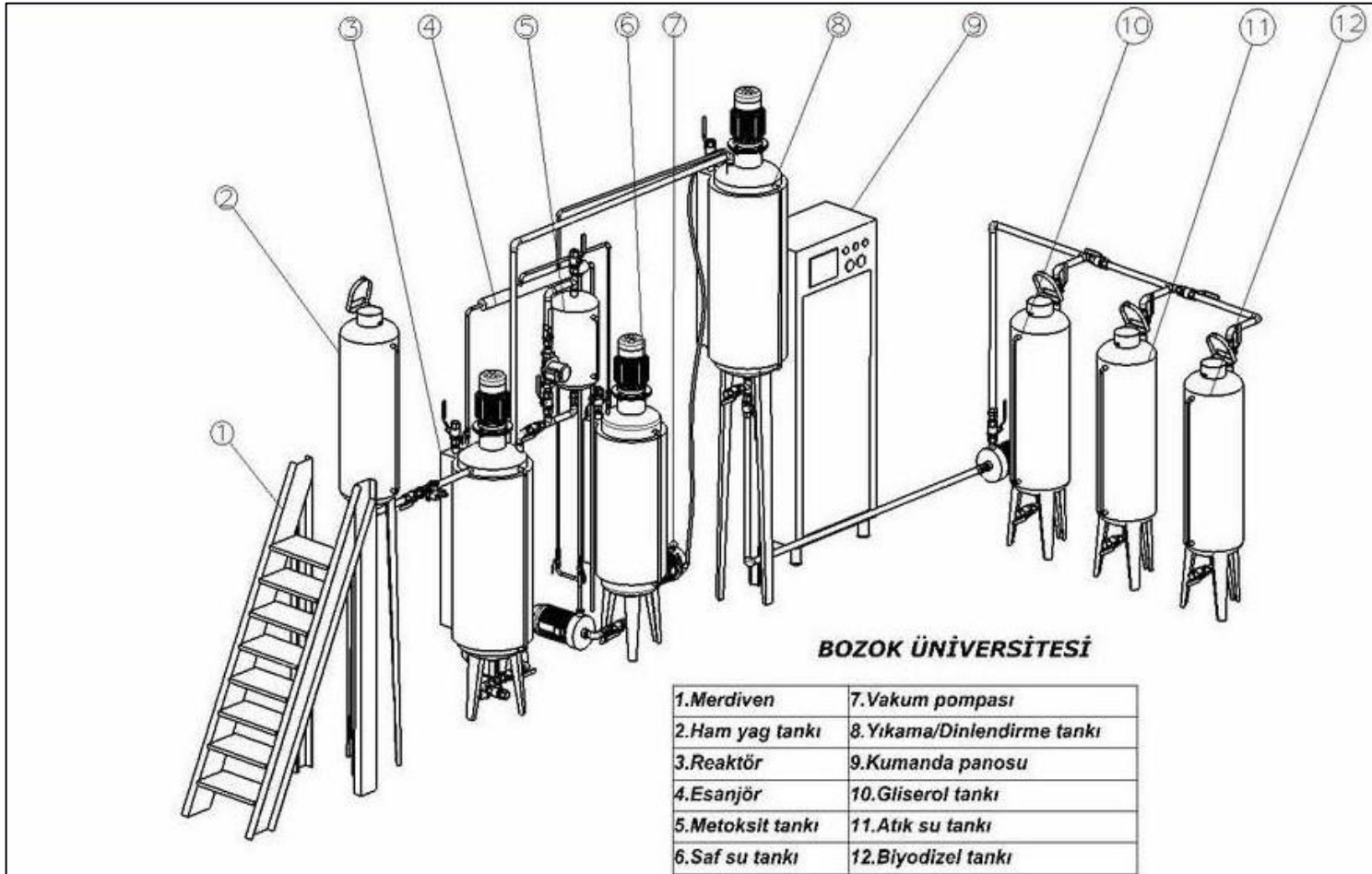
4. TESİSİN OLUŞTURULMASI

Geliştirilen küçük ölçekli biyodizel tesisi tanklar, reaktör, kumanda paneli, vakum pompası, sirkülasyon pompası, iletim pompaları gibi temel bölümlerden oluşmaktadır. Tesisin genel görünümü Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Küçük ölçekli programlanabilir kontrol cihazı (PLC) destekli pilot biyodizel üretim tesisinin genel görünümü

Şekil 4.1’de genel görünüşü verilen küçük ölçekli bir pilot biyodizel üretim tesisinin tasarım ve imalatı için kullanılan malzemeler ve bağlantı şekilleri detaylı bir şekilde aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.2. Küçük ölçekli bir pilot biyodizel üretim tesisinin PLC ile kontrolü

4.1. Uygulamada Kullanılan Tanklar

Sistemde farklı ebatlarda olmak üzere 8 adet tank kullanılmıştır. Bu tanklar 2 mm'lik krom-nikel sacdan imal edilmiştir. Bu tankalar:

1. Ham yağ tankı:

Biyodizel için gerekli ham yağ (bitkisel, hayvansal ve alg yağı) tesiste ham yağ tankına konulur. 65 litre kapasiteli ham yağ tankı Şekil 4.3'te verilmiştir.



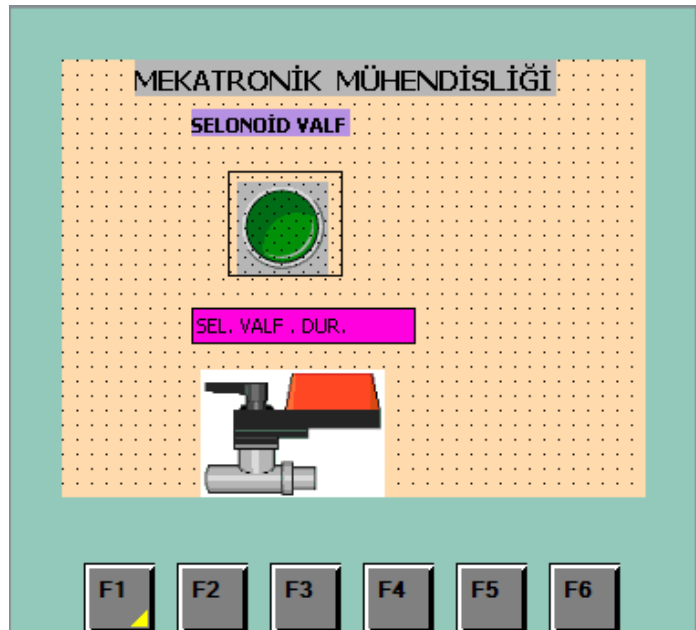
Şekil 4.3. Ham yağı tankı

2. Selenoid Valf :

Geliştirilen küçük ölçekli biyodizel tesisinin kontrol paneli üzerindeki elektronik kontrol ve haberleşme elemanlarının ana işlemci ile programlanması aşamaları aşağıda verilmiştir. İlk olarak Şekil 4.4'te bir selenoid valfin sisteme bağlanma komutları verilmiştir.



Şekil 4.4. Selenoid valfin kontrol paneline bağlantı kodları

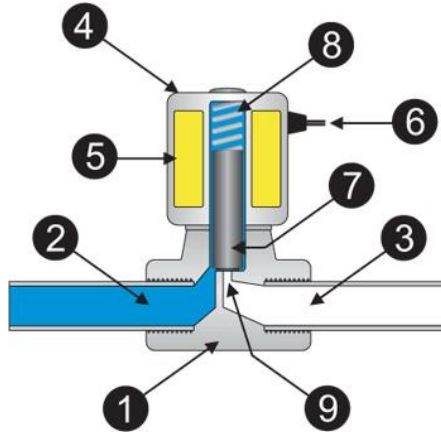


Şekil 4.5.Selonoid valfin kumandasını sağlayan operatör panel ekranı

Şekil 4.5'te görülen Operatör panel ekranındaki butona basıldığında PLC'deki Q8.0 çıkışını aktif eder ve ham yağı tankındaki yağ reaktör tankına boşaltılır. Butona basıldığında panel ekranında yeşil renkli motor, yeşil renkli buton ve 'SELONOID VALF ÇALIŞIYOR' yazısı ortaya çıkar. Bu ekran üzerinden bütün elemanların durumunu gözetleyebiliriz ve kontrol edebiliriz. Geliştirilen tesiste kullanılan selenoid valf Şekil 4.6'da, selenoid valfin iç yapısı da Şekil 4.7'de görülmektedir.



Şekil 4.6. Selenoid valf



Şekil 4.7. Selenoid valfin iç yapısı

Tasarlanan sistemde kullanılan ve Şekil 4.7'de görülen bir selenoid valfin içerisinde;

1. Vana Gövdesi
2. Giriş Hattı
3. Çıkış Hattı

4. Selenoid/Bobin
5. Sargı Bobin
6. Kablo Girişı
7. Piston
8. Yay
9. Orifis

bölümlerinden oluşmaktadır.

3. Reaktör Tankı:

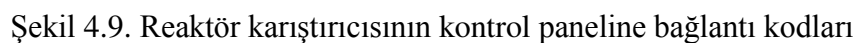
Tesiste, 105 litre kapasiteli olarak 2 mm'lik krom-nikel sacdan çift cidarlı olarak imal edilen reaktör tankı Şekil 4.8'de görülmektedir.

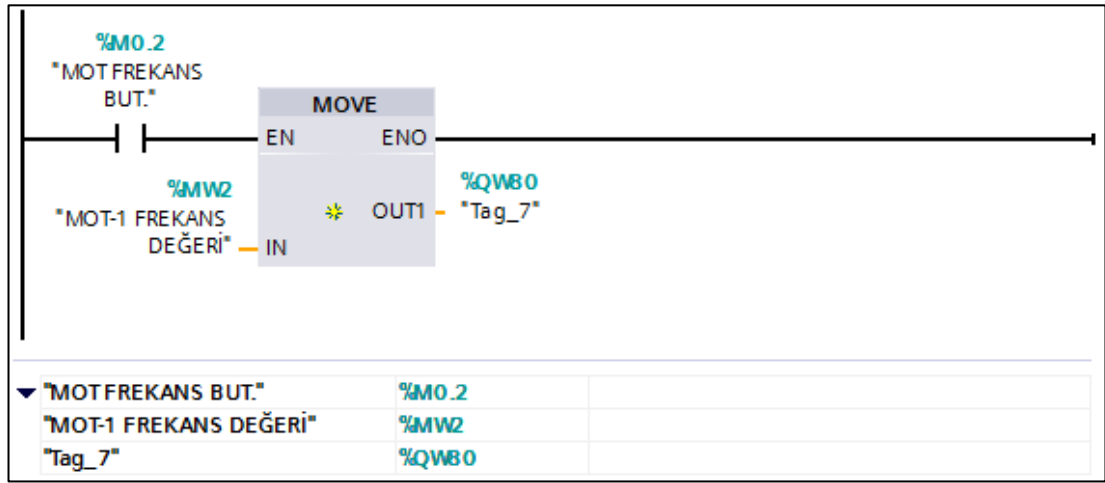


Şekil 4.8. Reaktör tankı ve karıştırıcısı üç fazlı asenkron motor

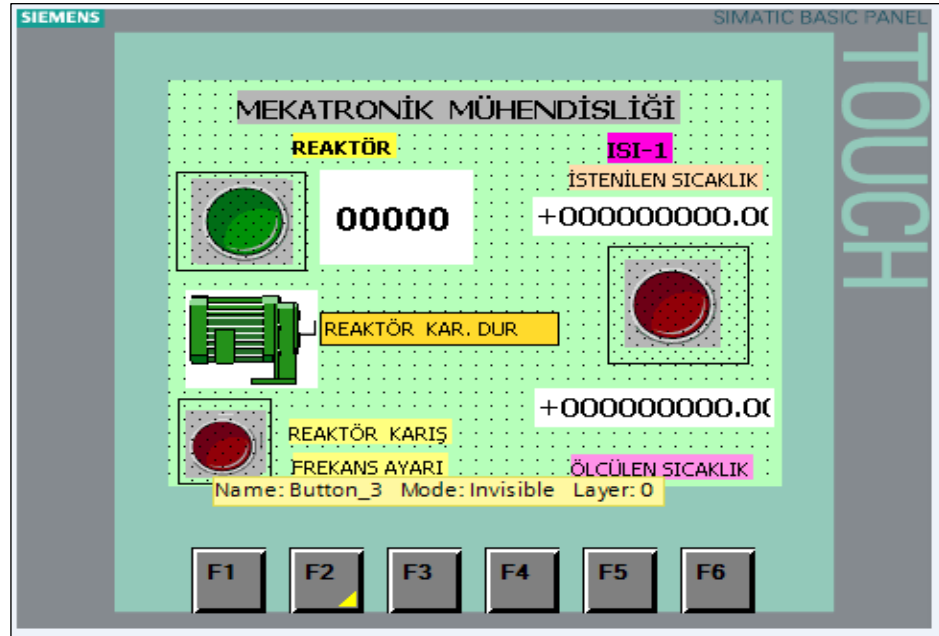
Bu ekranda reaktör karıştırıcısının çalıştırması için ilk önce (I/O) değerine 0-27648 arasında (MW2, MW4 gibi) bir değer girilir. 27648 sayı değeri 50 Hz'e karşılık gelmektedir. Girilen sayı değerlerinin frekans karşılığı G110 sinamic'in panelinde Hz olarak ölçülür.

reaktör tankı karıştırıcısının ve burada kullanılacak parametrelerin belirlenmesi için geliştirilen kodlar Şekil 4.9’da verilmiştir





Şekil 4.10. Reaktör karıştırıcısını kumanda eden PLC bağlantı kodları



Şekil 4.11. Reaktör karıştırıcısı ve ısıtıcıyı kumanda eden operatör panel ekranı

Reaktör karıştırıcısında kullanılan G110 Sinamic motor sürücüsü ve bağlantıları Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te verilmiştir.

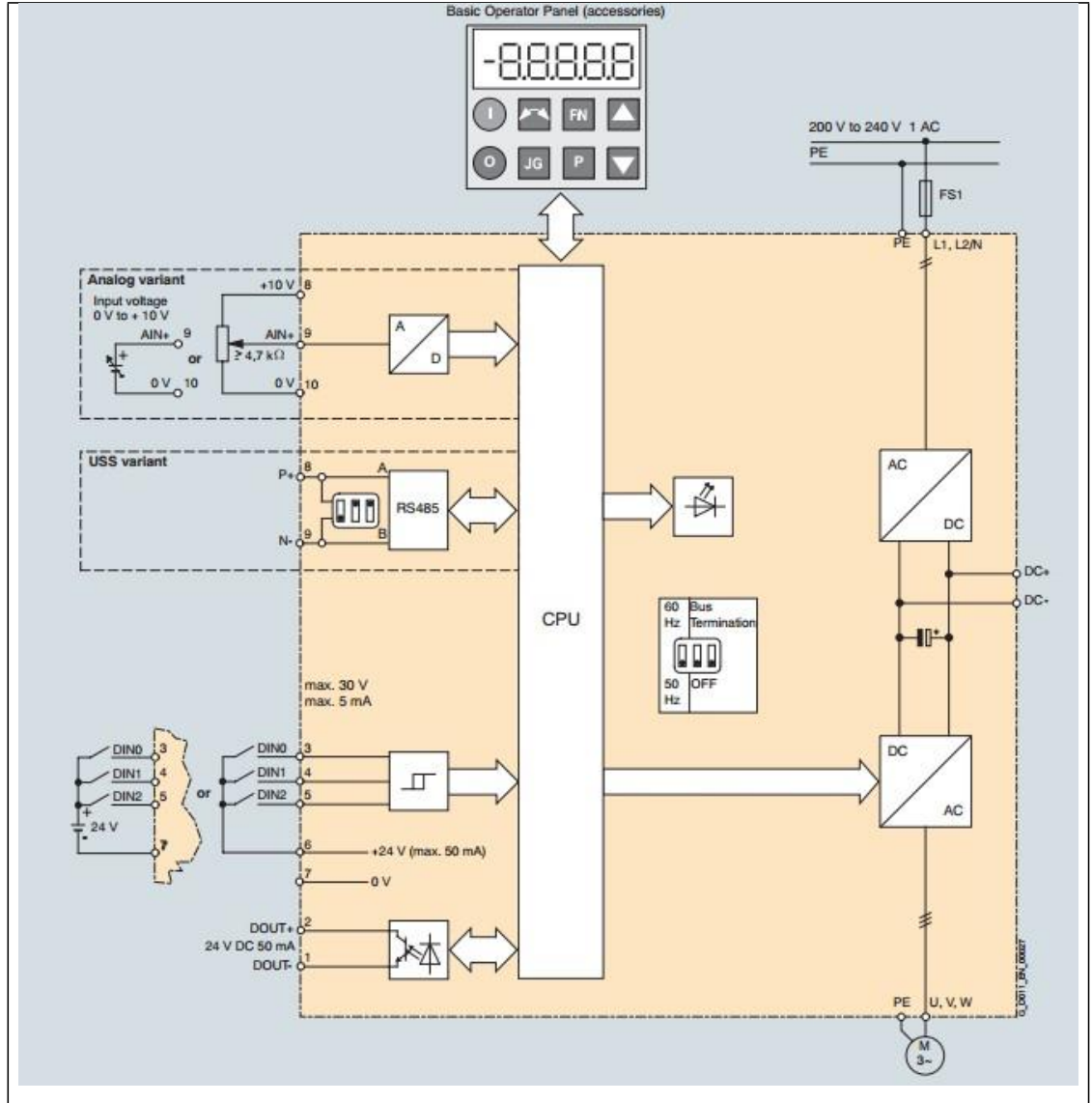
Sinamic G110'un üç dijital girişi, uygulamada ihtiyaç duyulabilecek her tür esnekliği sağlamak üzere sınırlama olmaksızın programlanabilir. Sürücüdeki DIP anahtarlar

şebeke, frekansını kolaylıkla değiştirerek istenilen devir sayısına ulaşma kabiliyetindedir. Geliştirilen tesiste kullanılan sürücü Şekil 4.12’de görülmektedir.



Şekil 4.12. Sinamic G110 sürücüsü [32]

Şekil 4.13’te Sinamik sürücünün iç bağlantısında görüldüğü gibi bir faz (220V) girip üç faz çıkmakta, (fazlar arası 220V) bu yüzden reaktör tankı karıştırıcısı Δ olarak çalıştırılmıştır. Sürücünün 9-10 nolu uçlarına, sinyal boarddan 0-10 V değerinde gerilim uygulanarak (PLC yazılımında MW2 değeri) sürücünün çıkış frekansı ayarlanır. Sürücünün, (8) nolu ucuna +24 volt verildiğinde (PLC yazılımında Q0.0 aktif olduğunda) motor ileri, (9) nolu ucuna +24 volt verildiğinde motor geri yönde çalışmaktadır. Sinamic G110 sayesinde karıştırıcı motorun devri $0-1490 \text{ min}^{-1}$ arasında ayarlanabilir.



Şekil 4.13. Sinamic G110 sürücüsünün iç bağlantısı

Tesis de reaktör tankında, saf su tankında ve yıkama/dinlendirme tankı olmak üzere üç adet ısıtıcı kullanılmıştır. PID kontrollü bir SSR ile kumanda edilmiştir. 5.5 kW gücünde Y (yıldız) bağlı olarak çalışmaktadır. Üç fazlı yıldız bağlı ısıtıcı Şekil 4.14'te görülmektedir. Isıtıcıların içinde bulunduğu tüpte aynı zamanda termokupl sensörü vardır. Termokupl sensörü tankın içerisindeki sıcaklığı ölçer. Bu operatör panelde ölçülen sıcaklık (PLC yazılımında MD56) olarak görülür. Butona bastığımızda PLC'de PID sistemi devreye girer, istenilen sıcaklık değeri (PLC yazılımında setpoint MD52) kaç derece girildiyse tam o değerde sıcaklığı sabit tutar.

Butona tekrar basıldığında ısıtıcıların enerjisi kesilir. Üç ısıtıcıda aynı şekilde çalışır. Sistemde kullanılan ısıtıcı Şekil 4.14'te görülmektedir.



Şekil 4.14. Tüp içerisinde üç fazlı ısıtıcı

Tasarlanan sistemin ısıtıcı işlemlerinin yapıldığı tankın içerisinde kullanılan termokupl sensörü Şekil 4.15'te verilmiştir.



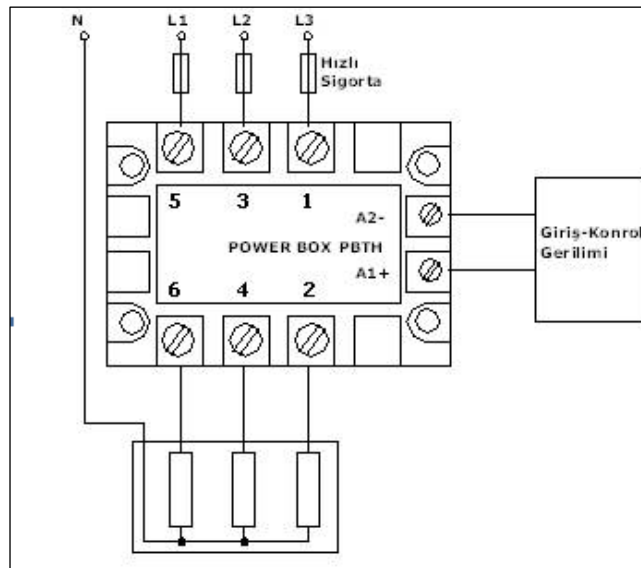
Şekil 4.15. Termokupl sensör

PLC aracılığıyla ısıtıcıların kumandasında kullanılan üç fazlı solid state role (SSR) şekil 4.16’da görülmektedir.

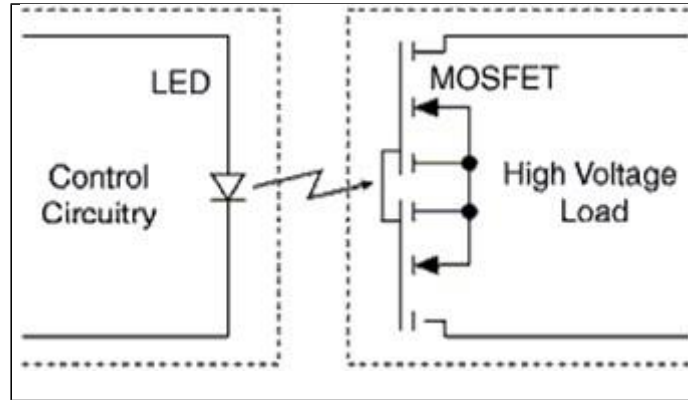


Şekil 4.16. Üç fazlı solid state role (SSR)

Üç fazlı sistemde yük solit state röleye şekil 4.17’deki gibi bağlanır. A1 ve A2 uçları PLC çıkış uçlarına bağlanarak kumanda edilir.

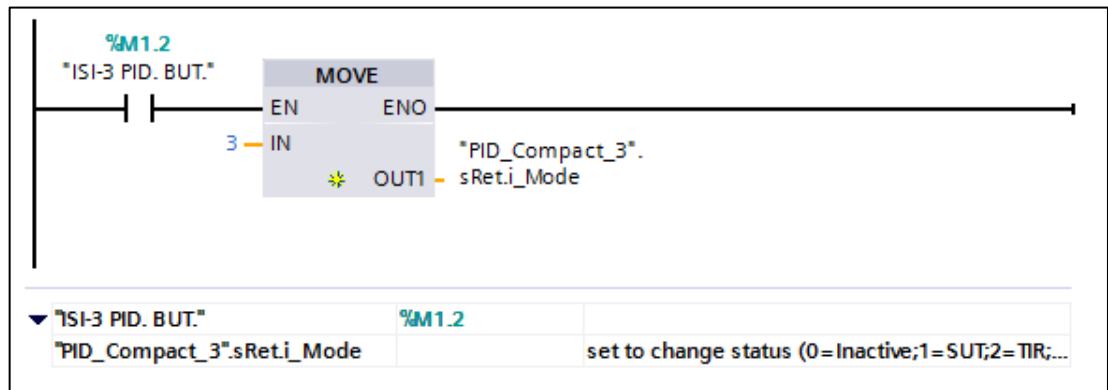


Şekil 4.17. Üç fazlı solid state rölenin üç fazlı sisteme bağlantı şekli

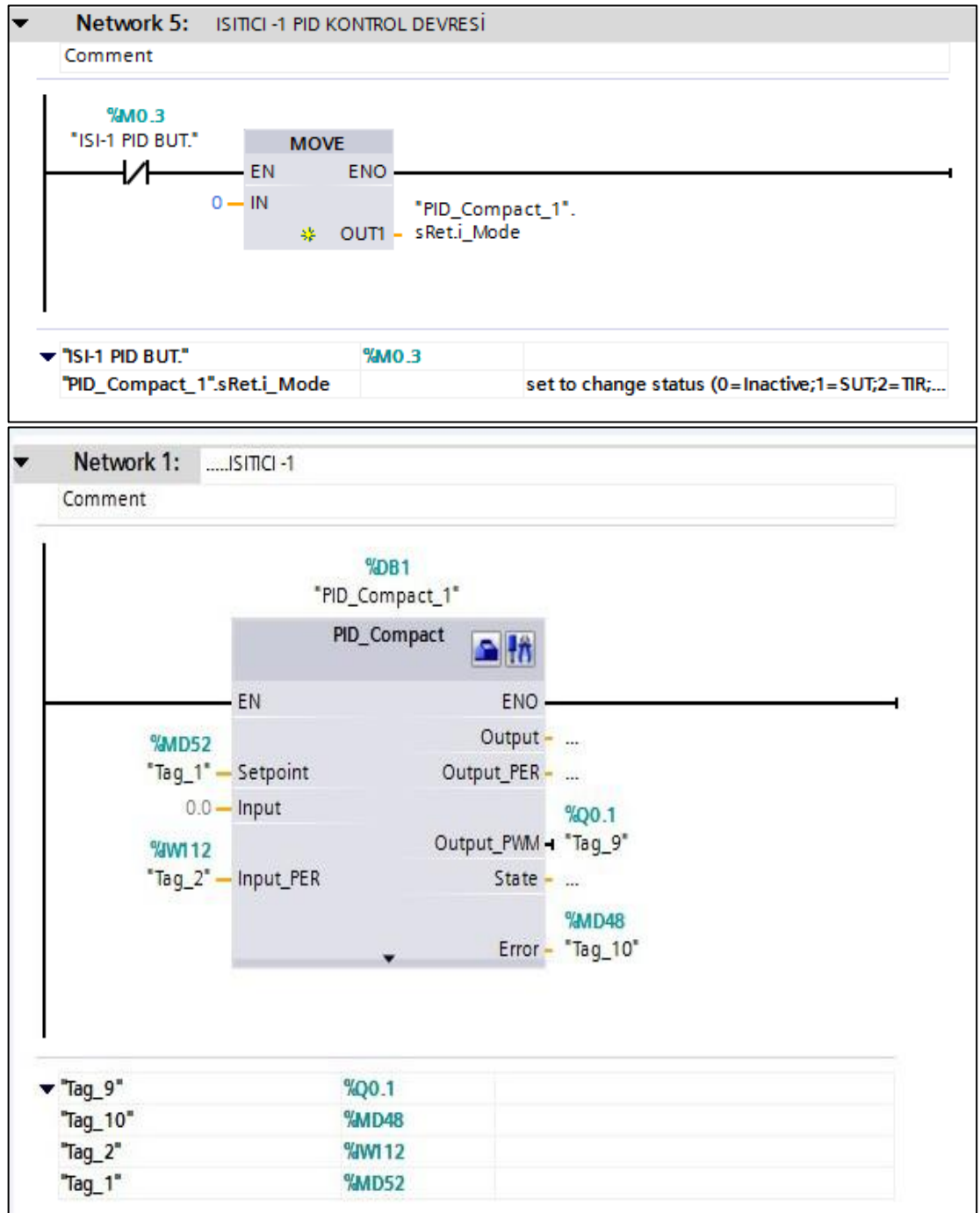


Şekil 4.18. Solid state rölenin içyapısı

SSR'ler elektromekanik rölelere daha hızlı bir alternatif sunmaktadırlar. Çünkü anahtarlama zamanı bir ledin açılıp kapanma süresine bağlıdır ve bu süre yaklaşık olarak 1 ms ile 0.5 ms arasındadır. Mekanik bir parça olmadığı için kullanım ömürleri elektromekanik ve reed rölelere göre daha uzun olmaktadır. Geliştirilen tesiste reaktör tankındaki ısıtıcıyı (ISITICI-1) aktif eden PLC yazılımı Şekil 4.19'da görülmektedir.



Şekil 4.19. Reaktör tankındaki ısıtıcıyı kumanda eden PLC yazılım kodları



Şekil 4.20. Reaktör tankındaki ısıtıcıyı kumanda eden PLC yazılım kodları

4. Metoksit Tankı:

Alkol (metil, etil vb.) ile katalizör (NaOH) sodyum hidroksit yâda potasyum hidroksit Metoksit tankında sirkülasyon pompası (Pompa etiketi; P=50 W, U=220 V, C=1.7 mF) ile karışım sağlanarak metoksit elde edilir. Tasarlanan biyodizel tesisinde kullanılan metoksit tankı ve sirkülasyon pompası Şekil 4.21’de görülmektedir.



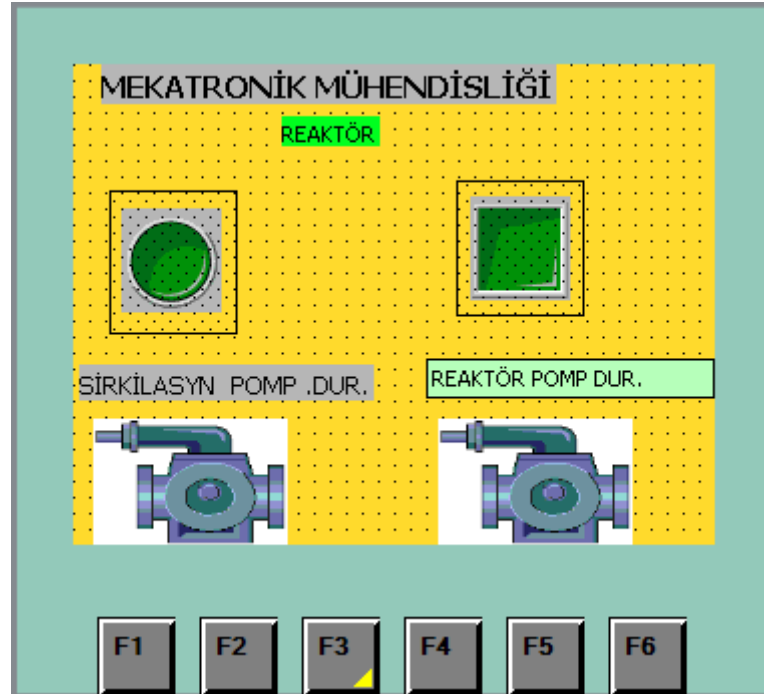
Şekil 4.21. Sirkülasyon pompası ve metoksit tankı

Sirkülasyon pompasını kumanda eden PLC yazılım kodları Şekil 4.22’de görülmektedir.



Şekil 4.22. Sirkülasyon pompasını kumanda eden PLC yazılım kodları

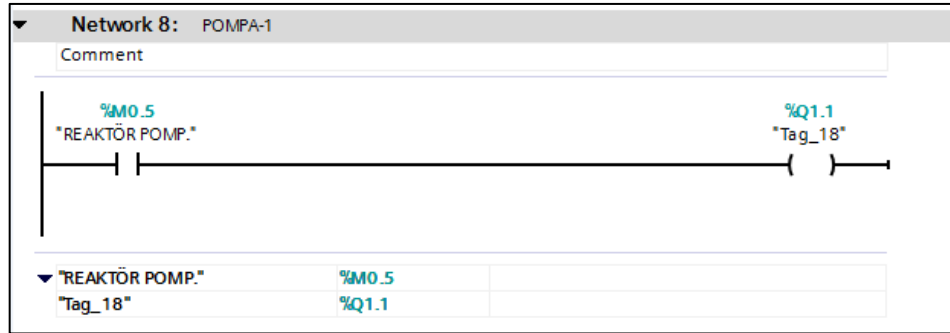
Sirkülasyon pompasını kumanda etmek için şekil 4.23'deki butona basılır, ekranda yeşil renkli buton, yeşil renkli motor ve 'SİRKİLASYON POMPASI ÇALIŞIYOR' yazısı ekranda gözlemlenir, (PLC yazılımında Q0.2 aktif olur) bu sistemin çalıştığını gösterir. Sistem pasif olduğunda aynı elemanlar ekranda kırmızı olarak ve 'SİRKİLASYON POMPASI DURUYOR' yazısı olarak görünür.



Şekil 4.23. Sirkülasyon ve reaktör pompasını kumanda eden operatör panel ekranı

5.Yıkama/Dinlendirme Tankı:

Elde edilen metoksit reaktör tankında uygun sıcaklığa getirilen ham yağ üzerine gönderilir. Reaktörde bulunan karışım yeterli süre karıştırıldıktan sonra reaktör pompası (Pompa etiketi; $P= 1 \text{ hp}$, $n=2800 \text{ min}^{-1}$, $Q (\text{m}^3)= 4$, $H(\text{M}) =10$) ile yıkama/dinlendirme tankına gönderilir. Reaktör pompasında $P=1 \text{ hp}$, $n=2800 \text{ d/d}$, $Q(\text{m}^3)=4$, $H(\text{M})=10$ etiketli bir fazlı motor kullanılmıştır. Reaktör pompasını kumanda eden PLC yazılım kodları Şekil 2.24’de görülmektedir.



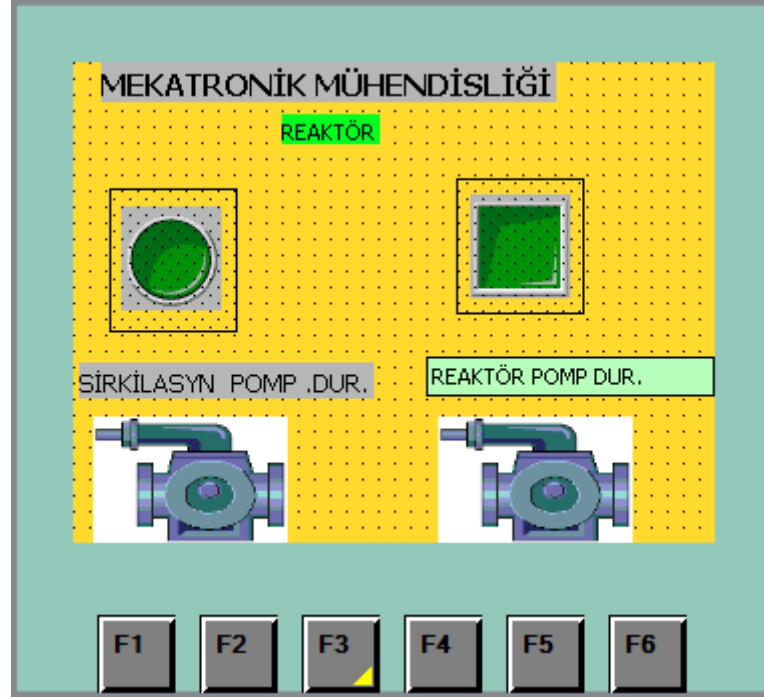
Şekil 4.24. Reaktör pompasının kumanda eden PLC yazılım kodları

Geliştirilen tesiste kullanılan reaktör pompası Şekil 4.25’te görülmektedir.



Şekil 4.25. Reaktör pompası

Şekil 4.26’da sirkülasyon ve reaktör pompasını kumanda eden operatör panel ekranı görülmektedir.



Şekil 4.26. Sirkülasyon ve reaktör pompasını kumanda eden operatör panel ekranı

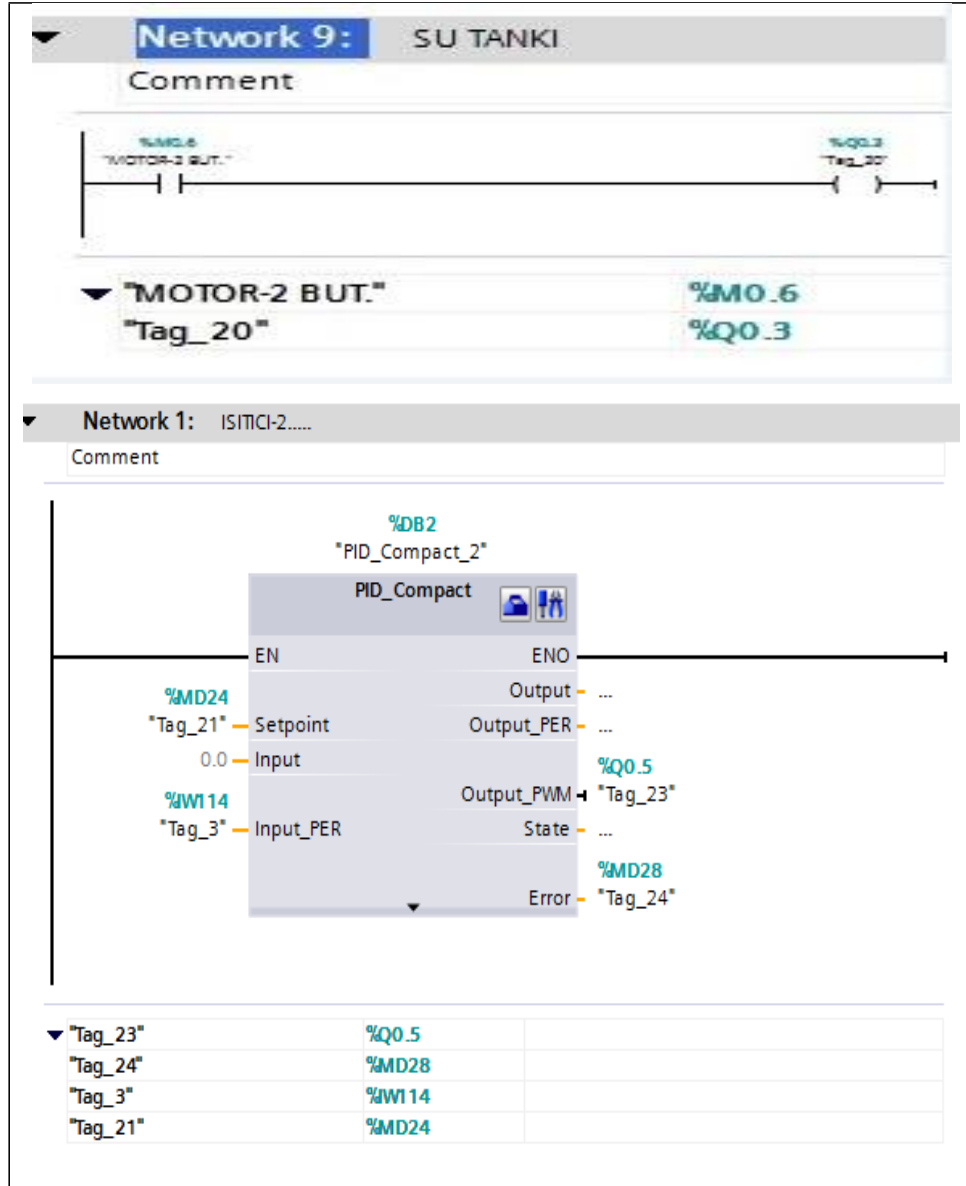
6. Saf Su Tankı:

Yıkama/dinlendirme tankında gliserolün çökmesi için belli bir süre beklenir. Çöken gliserol, gliserol tankına pompalanır. Saf su tankında kullanılan karıştırıcı motor ve ısıtıcı (ısıtıcı-2) reaktör tankındaki kullanılan malzemelerle aynı özelliğe sahiptir. Şekil 4.27’de geliştirilen tesiste kullanılan saf su tankı (65 litre kapasiteli) ve saf su tankı pompası görülmektedir.



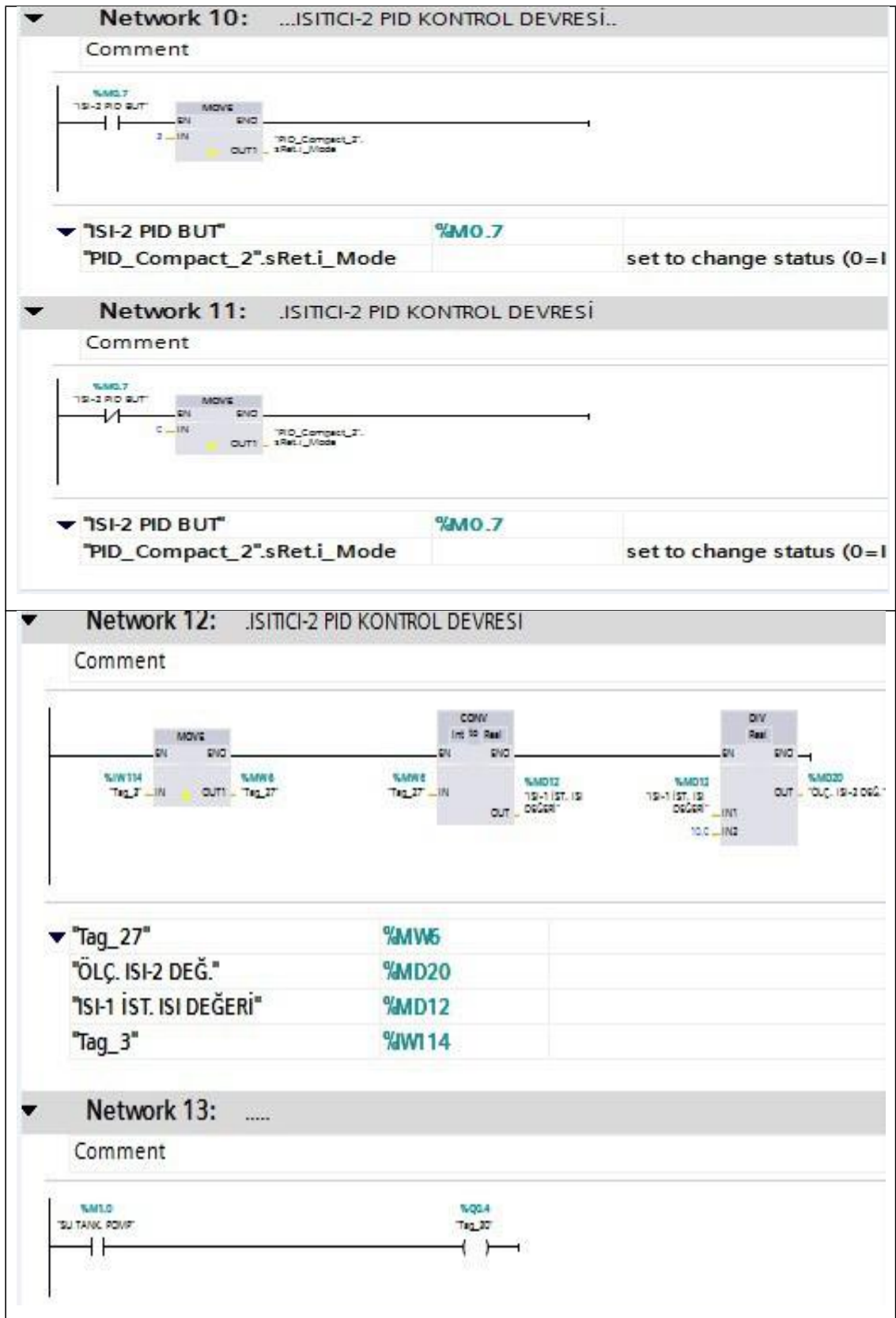
Şekil 4.27. Saf su tankı

Saf su tankının karıştırıcısını ve saf su ısıtıcısını kumanda eden PLC yazılımı kodları Şekil 28’de görülmektedir.



Şekil 4.28. Saf su tankını karıştırıcısını ve saf su ısıtıcısını kumanda eden PLC yazılımı

Saf su tankını karıştırıcısını ve saf su ısıtıcısını kumanda eden PLC yazılımı Şekil 4.29'da görülmektedir.



Şekil 4.29. Saf su tankı karıştırıcısını ve saf su ısıtıcısını kumanda eden PLC yazılım kodları



Şekil 4.30. Saf su tankı karıştırıcısının ve ısıtıcısının kumanda panel ekranı

Şekil 4.30'daki operatör panel ekranında saf su karıştırıcısı çalıştırılmak istendiğinde ekrandaki butona basılır ve motor çalışır. PLC çıkışında Q0.3 aktif olur, bu esnada ekranda yeşil renkli motor ve yeşil renkli buton ekranda görünür. Q0.3 pasif olduğunda aynı elemanlar kırmızı olarak ekranda görünür. Isıtıcı-2 çalıştırılmak istendiğinde istenilen sıcaklık bölümüne sıcaklık girilir. Sıcaklık PLC tarafından PID kontrollü olarak istenilen dereceye getirir ve o değerde sabit tutar. Saf su tankında bulunan saf su yıkamak için uygun sıcaklığa getirildikten sonra sıcaklığın her yerde homojen olması için karıştırıcı ile karıştırılır. Daha sonra yıkama/dinlendirme tankında bulunan ham biyodizel üzerine pompa yardımıyla pompalanır.

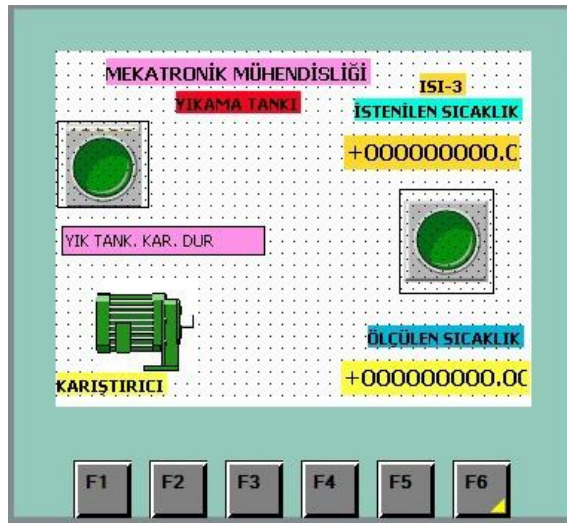
7. Yıkama/ Dinlendirme Tankı:

Yıkama/dinlendirme tankına (105 litre kapasiteli) pompalandıktan sonra burada ham biyodizel mistleme yöntemiyle yıkanır. Atık suyun çökmesi için belli bir süre beklenir. Çöken atık su, atık su tankına pompalanır. Geliştirilen tesiste yıkama/dinlendirme tankı, karıştırıcı motor ve vakum pompası Şekil 4.31'de görülmektedir.

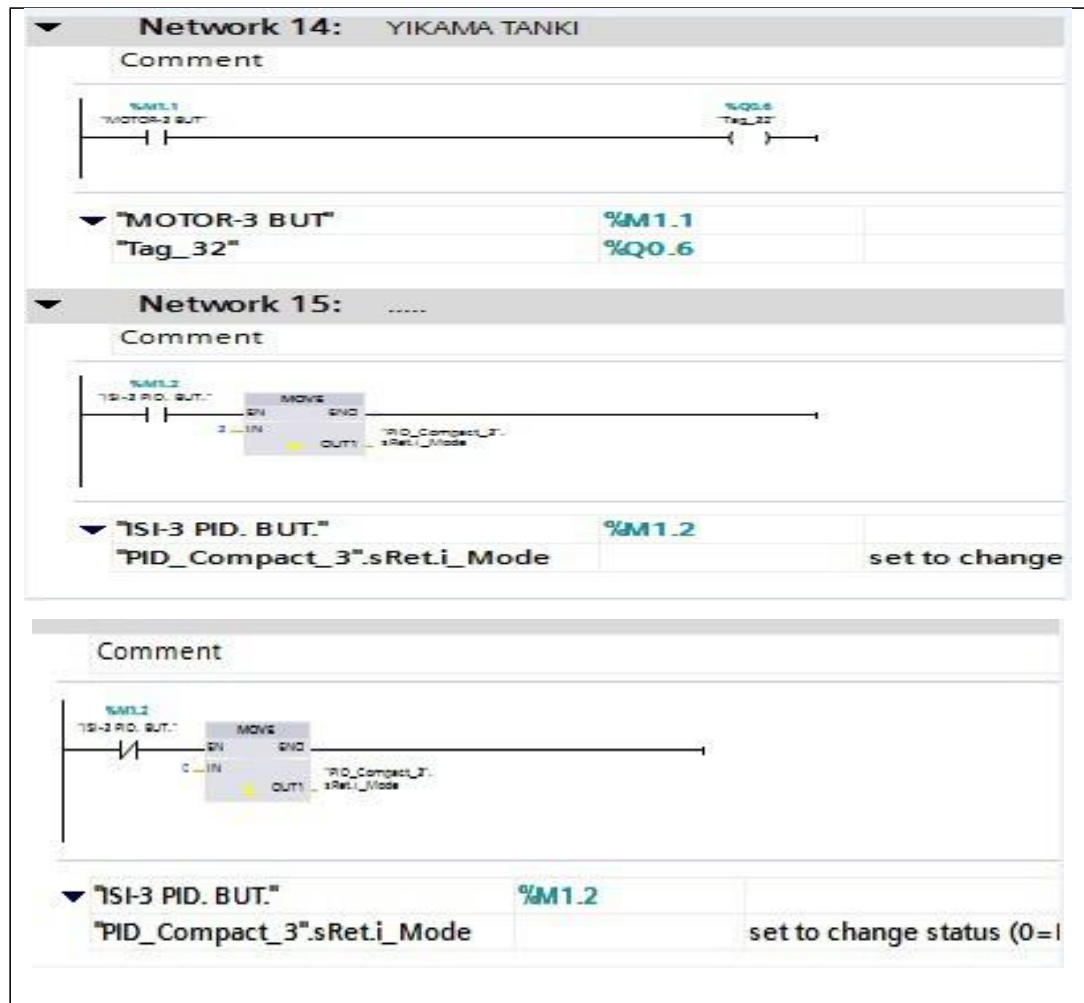


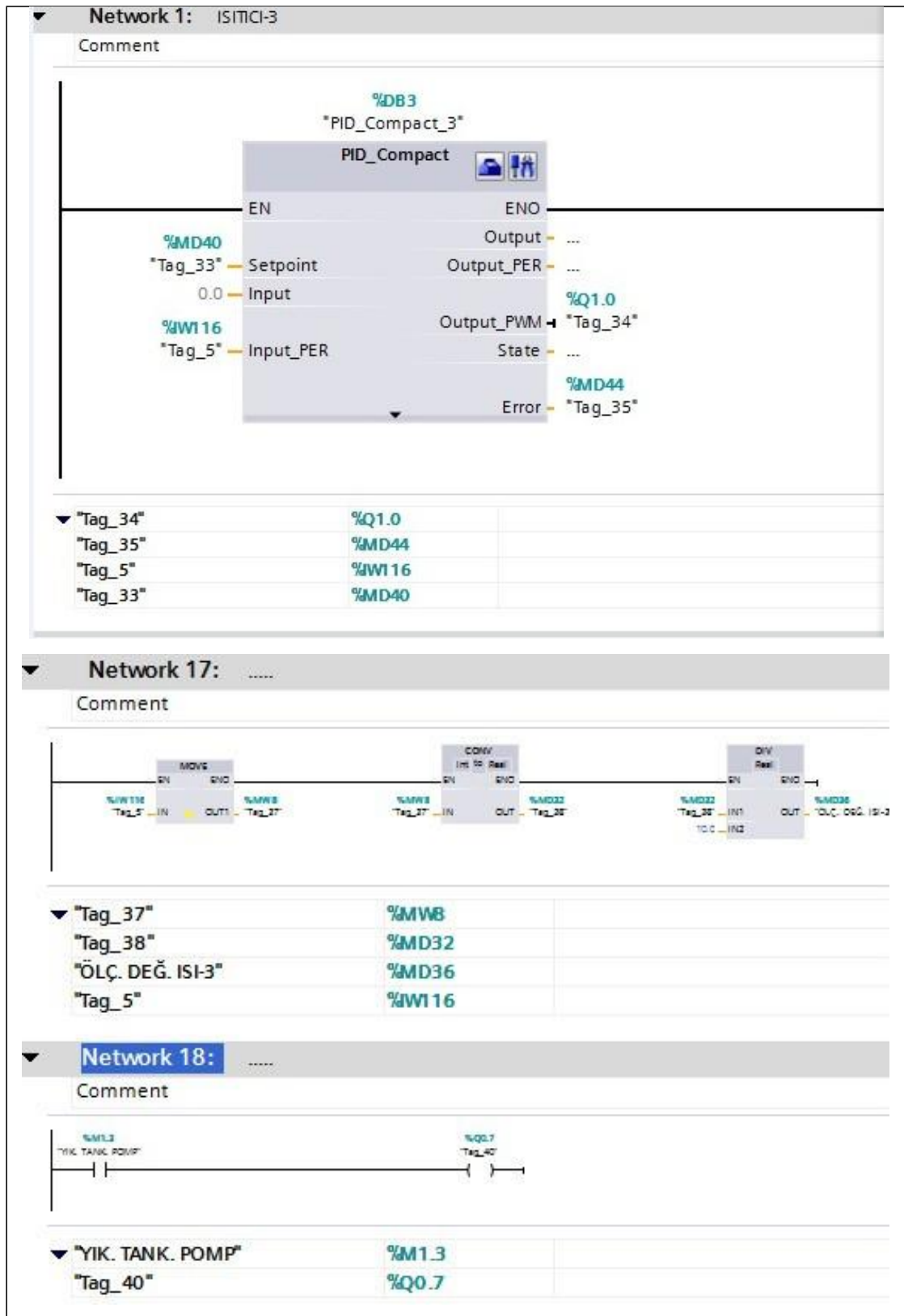
Şekil 4.31. Yıkama/dinlendirme tankı

Geliştirilen biyodizel tesisinde ham biyodizelin ısıtılması gerekir bunun için Şekil 4.32'deki operatör panel ekranındaki istenilen sıcaklık bölümüne sıcaklık girilir ve butona basılır. PLC yardımıyla sıcaklık PID kontrollü olarak istenilen değere gelir ve bu sıcaklıkta sabit tutulur. Sıcaklığın tank içerisinde homojen bir şekilde yayılması için karıştırıcı ekrandaki butona basılarak çalıştırılır ve istendiği anda gene aynı butonla durdurulur. Şekil 4.32'de yıkama/dinlendirme ve karıştırıcıyı kumanda eden operatör panel ekranı görülmektedir.



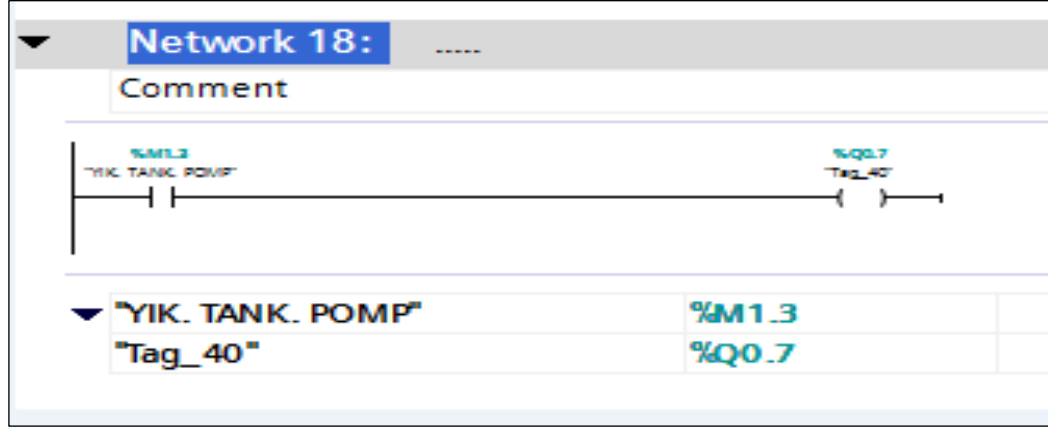
Şekil 4.32.Yıkama/dinlendirme ve karıştırıcıyı kumanda eden operatör panel ekranı





Şekil 4.33.Yıkama/dinlendirme ve karıştırıcıyı kumanda eden PLC yazılım kodları

Vakum pompası yardımıyla 120°C'ye ısıtılan ham biyodizelin içerisindeki su dışarı tahliye edilir. Kurutulmuş ve kullanıma hazır olan biyodizel pompa yardımıyla biyodizel tankına pompalanır. Pompa olarak $P= 1\text{hp}$, $n=2800\text{ min}^{-1}$, $Q(\text{m}^3)= 4$, $H(\text{M})=10$ etiketli bir fazlı motor kullanıldı. Şekil 4.35'te yıkama/dinlendirme tankını kumanda eden PLC yazılım kodları görülmektedir.



Şekil 4.34. Yıkama/dinlendirme tankını kumanda eden PLC yazılım kodları

Geliştirilen biyodizel tesisinde (65 litre kapasiteli) gliserol tankı, atık su tankı ve biyodizel tankıyla yıkama/dinlendirme tankı pompası Şekil 4.36'de görülmektedir.



Şekil 4.35. Gliserol tankı, atık su tankı ve biyodizel tankı.

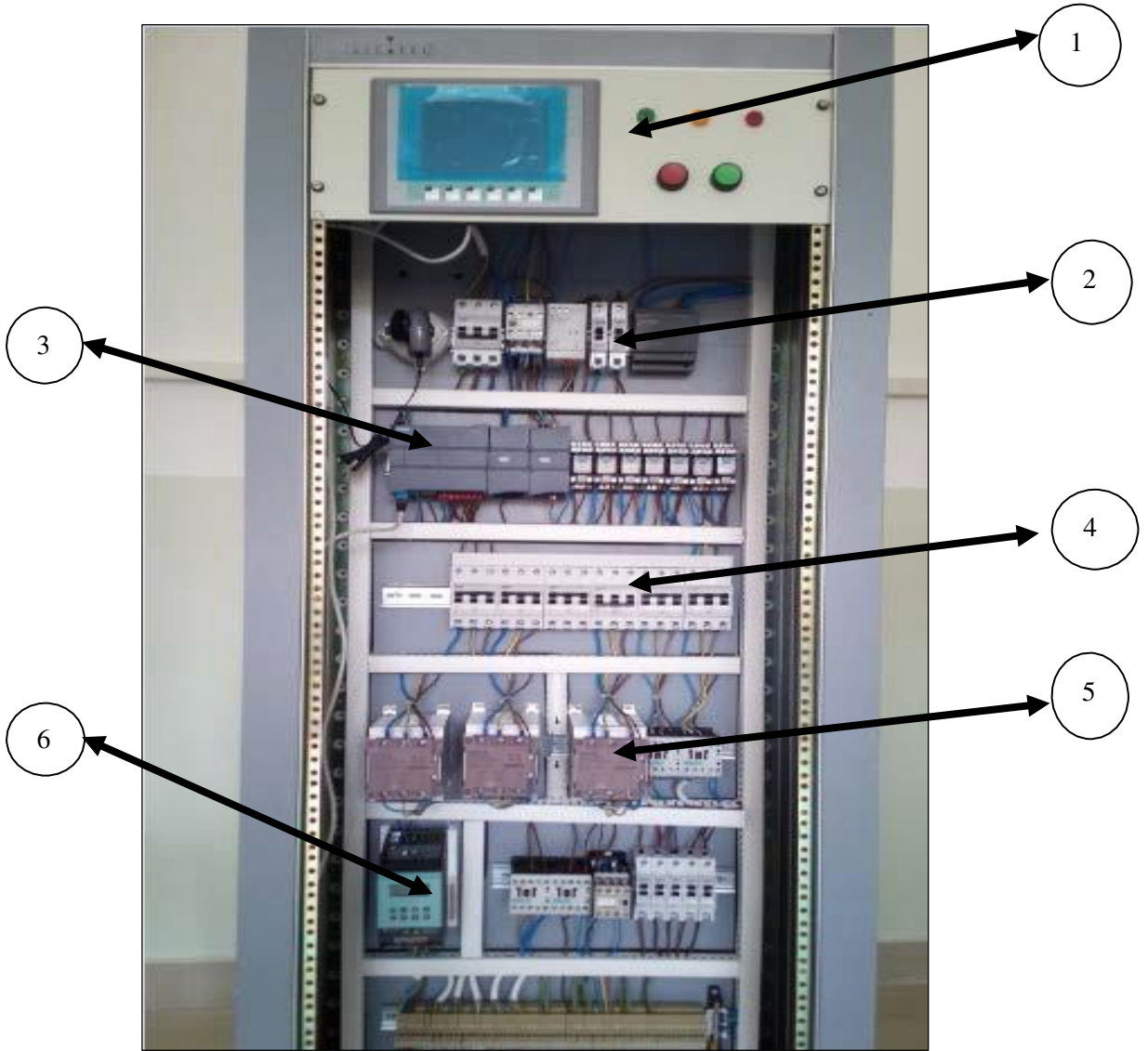
Yıkama/dinlendirme tankı pompasını kontrol eden operatör panel ekranı Şekil 4.37’de görülmektedir. Bu ekranda yıkama/dinlendirme tankı pompasını kumanda etmek için butona bastığımızda pompa çalışır. Ekranda yeşil renkli motor, yeşil renkli buton ve ‘YIKAMA/DİNLENDİRME TANKI POMPASI ÇALIŞIYOR’ yazısı görünür. Butona tekrar basıldığında kırmızı renkli buton, motor ve ‘YIKAMA/DİNLENDİRME TANKI POMPASI DURUYOR’ yazısı görünür.



Şekil 4.36. Yıkama/dinlendirme tankını kumanda eden operatör panel ekranı

4.2. Kontrol Merkezi için Geliştirilen Kumanda Panosu

Tasarlanan bu uygulamada geliştirilen küçük ölçekli bir pilot biyodizel tesisinin kumanda panosu tüm sistemi yönetmek için geliştirilmiştir. Burada ilk ham yağ tankından son biyodizel ürünün elde edilmesi aşamaları tek tek kumanda edilerek girdiler ve çıktılar gözlemlenmektedir. Ana kumanda panosu Şekil 4.38’de görülmektedir.



Şekil 4.37. Biyodizel tesisinin elektrik ana panosu

Kumanda panosunda dokunmatik ekran üzerinde yer alan komutlar yardımı ile tesisin her aşamasında yer alan sensör bilgileri alınarak sıralı bir şekilde işlemler yürütülür. Bir aşama bittikten sonra diğer aşamaya geçilirken kumanda sistemi devreleri aç-kapa yöntemi ile kumanda etmesinin yanında PID kontrolünü de burada yer alan merkezi işlemci üzerinden yürütür.

Elektrik ana panosunda kumanda bölümünde butonlar, sinyal lambaları ve operatör panel vardır. Butonlar, devrenin enerjisini açıp kapatmaktadır. Sinyal lambaları üç fazlı sistemde enerjinin olup olmadığını gösterir. Panel bölümünde; ikinci bölümde,

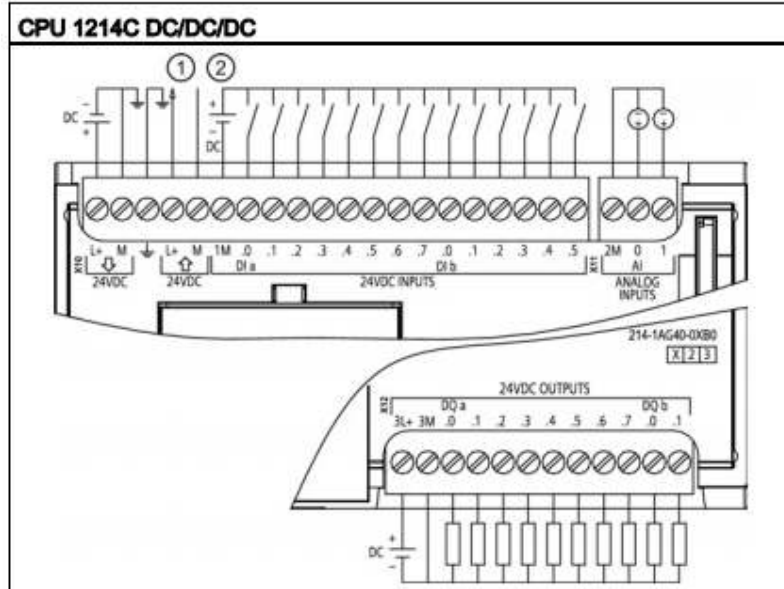
ana panonun tüm hattını koruyan ana sigorta, kumanda elemanlarının akımını kontrol eden ana kontaktör, üç fazlı sistemde faz kesilme anında üç fazlı alıcıların zarar görmemesi için devrenin enerjisini kesen faz kesilme rölesi ve PLC'nin enerjisini sağlayan (220/24V DC) güç kaynağı bulunmaktadır. Üçüncü bölümde; PLC (S71212 DC/DC/DC), dijital modül (8DI/8DQ), termokupl modül (TC 4AI) olan kumanda elemanlarından oluşmuştur. Dördüncü bölümde; üç fazlı alıcıların hatlarını koruyan sigortalar vardır. Beşinci bölümde ısıtıcıları kumanda eden solid state röle ve üç fazlı alıcıları besleyen kontaktörler bulunmaktadır. Son bölümde; reaktör karıştırıcısını kumanda eden G110 Sinamic sürücü, kontaktör ve bir fazlı sigortalar görülmektedir.

Şekil 4.38'de verilen küçük ölçekli PLC kontrollü bir pilot biyodizel üretim tesisinin elektrik ana panosunun, elektrik bağlantı şeması şekil 4.39'da görülmektedir. Başlama butonuna basıldığında M kontaktör enerjilenerek sisteme enerji sağlar. Daha sonra operatör panelden her alıcıya enerji sağlandığından PLC bacaklarına bağlanan giriş bilgileri sayesinde her donanıma ulaşım sağlanır. Burada FKR (faz-kesilme-rölesi) besleme fazlarından birinin kesilmesi durumunda 3 fazlı alıcıların zarar görmemesi için sistem enerjisini tamamen kesmeye yönelik güvenlik amaçlı devreye bağlanmıştır.



Şekil 4.39. S71214 PLC cihazı, termokupl modül ve dijital modül [33]

Geliştirilen uygulama için kullanılan S7-1214 PLC'nin genel bacak bağlantıları Şekil 4.40'ta verilmiş olup, aynı zamanda elektriksel haberleşme bağlantıları yapılmıştır.



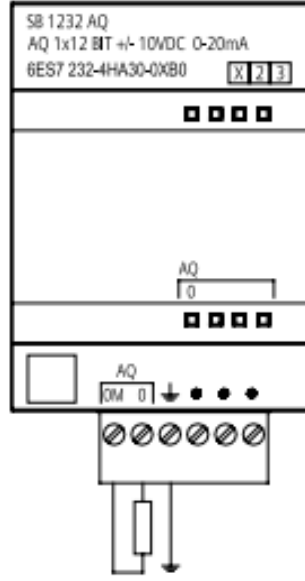
Şekil 4.40. S7-1214 CPU Bağlantı klemensleri [33]

PLC'nin merkezi işlemcisinin bacak klemensleri de Şekil 4.41'de verilmiştir. Bu bilgiler ışığında devrenin beslemesi ve sensör girişleri ile röle çıkışları ayarlanarak devrenin ihtiyaç duyduğu şekildedir.

Tablo 4.1. CPU bağlantı klemensleri

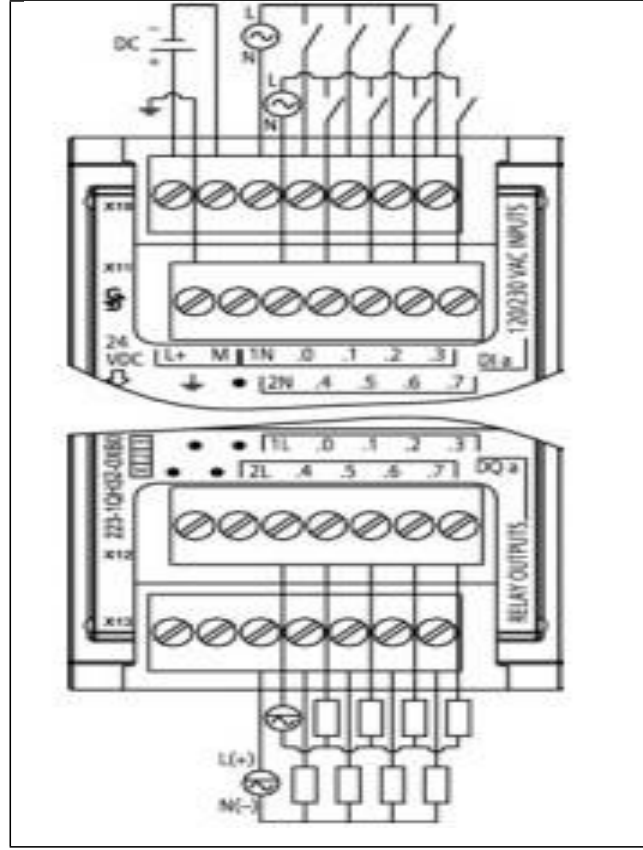
SEMBOL	ANLAMLARI
L+ ▼	24 V (+) DC GİRİŞ
L+ ▲	24 V (+) DC ÇIKIŞ
M	24V (-) DC ÇIKIŞ
1M	24V (-) DC GİRİŞ
2M	ANALOG GİRİŞ (-)
DI a	SENSÖR GİRİŞLERİ
DI b	SENSÖR GİRİŞLERİ
AI	ANALOG INPUT
3L+	24 V (+) DC GİRİŞ
3M	24V (-) DC GİRİŞ
DQ a	ROLE ÇIKIŞLARI
DQ b	ROLE ÇIKIŞLARI

Siemens PLC'lerde CPU'nun üzerine ilk defa sinyal board takılmıştır. Bu modüllerden giriş-çıkış sayılarına ve giriş-çıkış voltajlarına göre farklı şekilde imal edilmiştir. Şekil 4.42'de analog output sinyal board kartı görülmektedir.



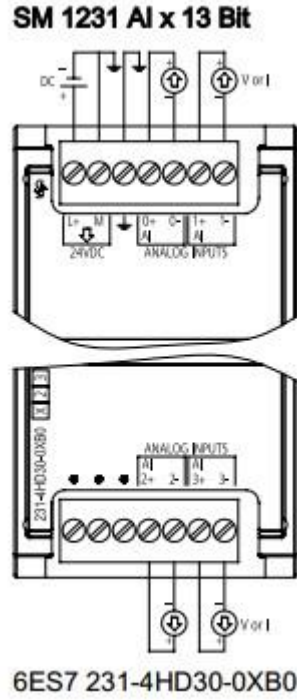
Şekil 4.41. Analog çıkış sinyal board kartı [33]

Dijital giriş-çıkış kartları ayrı ayrı kartlarda olabileceği gibi tek bir modül içerisinde bulunabilir. PLC'nin giriş ve çıkış terminal sayısı yetmediği takdirde dijital input/dijital output kartı eklenebilir. Bu kart Şekil 4.43'te görülmekte olup genel ifadesi: "SM 1223 DI 8×24 V DC, DQ 8×Relay" şeklindedir.



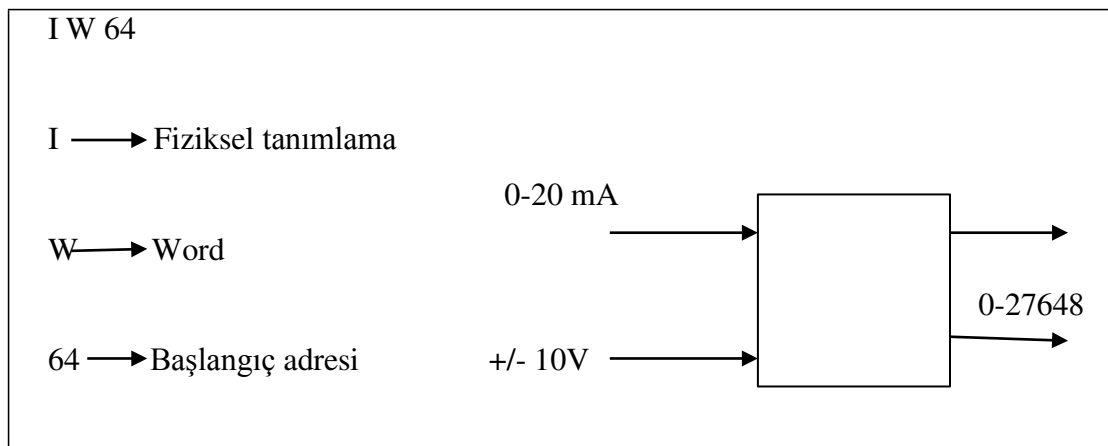
Şekil 4.42. SM 1223 Dijital giriş/çıkış kartı [33]

Analog giriş modülleri sensörden gelen Analog değerleri sayısal değerlere çevirirler. Ölçülen fiziksel büyüklükleri PLC'nin anlayacağı dile çeviren transmitterlerdir. Transmitter (taşıyıcı) büyüklükleri 0-20 mA ya da 0-10 Volt gibi sinyallere çevirirler. Bu sinaller PLC'nin analog kartlarına bağlanır. CPU analog giriş kartlarını dâhili bus hattı üzerinden okunur. Şekil 4.44'te SM 1231 analog giriş kartı görülmektedir.



Şekil 4.43. SM 1231 Analog giriş kartı [33]

Analog giriş adresleri IW64, IW124 şeklinde olabilir. Analog giriş modülü 0-27648 aralığında bir sayıya dönüştürür. Word 2 byte'tan oluşur. Analog girişte adresleme yaparken 2'şerli atlanarak adres verilmelidir.



Şekil 4.44. Bir kelimenin dijital ifadesi

4.4. Operatör Panel

Bu panel 5.7 inç boyutunda olup küçük S7-1200 kontrol sistemleri için HMI bileşenidir. Bu panel sayesinde sistemde grafik izleme yapılabilir. 500 etiketle çalışmaktadır. KTP 600 PN kodlu operatör paneli tesiste kullanılmış olup Şekil 4.46'da verilmiştir.



Şekil 4.45. Operatör panel (KTP 600 PN) [33].

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Küçük Ölçekli Bir Pilot Biyodizel Üretim Tesisinin Tasarım, İmalat ve Programlanabilir Lojik Denetleyici (PLC) ile Kontrolü gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen tesis PLC ile ilişkilendirilerek bir otomasyon sistemi haline gelmiştir. Hazırlanan ara yüz (HMI) sistemi enerji verme ve kesim işlemini başlatabilir, durdurabilir, sistem elemanlarını başlangıç konumuna getirebilmektedir. Ara yüz birimleri sistem üzerinde takip edilerek hangi aşamada oldukları ve ara yüze eklenen tablo sayesinde sistem elemanlarının hangilerinin aktif, pasif ve arızalı oldukları gözlenebilmektedir.

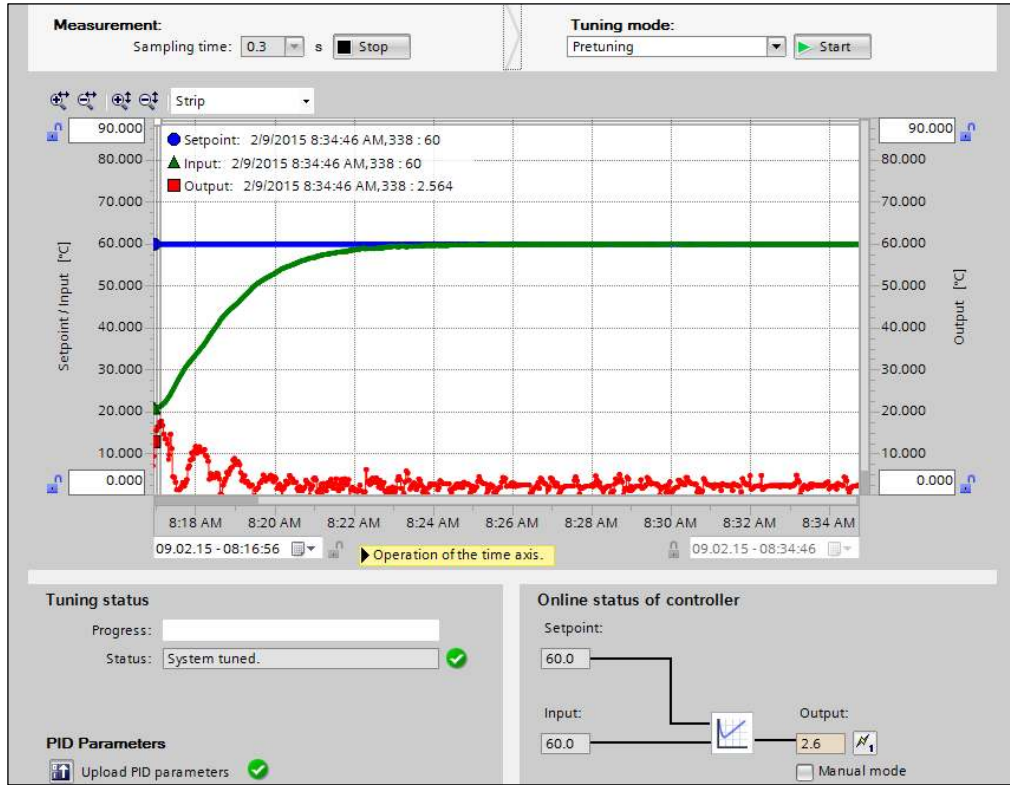
Geliştirilen bu tesiste PLC üzerinden SCADA yazılımı ile kontrol edilmesinin yararlarına dikkat edilmelidir. Sistem bir ana kumanda merkezinden veya pano üzerindeki operatör panel aracılığıyla çalıştırılabilmektedir. Sistemde meydana gelen her olay SCADA ekranında rahatlıkla takip edilebilmekte ve müdahale edilebilmektedir. Geliştirilen bu tesiste sistemin çalışması bir stop ve start butonu ile yapılmaktadır. Ayrıca kumanda devresine seri bağlı faz kesilme rölesi (FKR) aracılığıyla üç fazdan birinin kesilmesi durumunda alıcıların iki faza kalıp zarar görmemesi için kumanda devresine eklenmiştir. FKR'nin çalışması fazlardan birinin kesilmesi durumunda sistemin enerjisini tamamen kesmektedir.

Bu tesiste üç fazlı ısıtıcıları kumanda etmek ve PID kontrolü yapmak için solid state role (SSR) kullanılmıştır. PID kontrolü sayesinde istenilen sıcaklık değerini çok kısa bir zaman aralığında çok küçük toleranslı elde edilebilmektedir. Biyodizel tesisine karıştırıcıların devir ayarını yapmak için motor sürücüsü kullanılmıştır. Sürücünün frekansını yani motorun devrini operatör panel üzerinden istenilen değerler arasında ayarlanabilmektedir. Operatör panel, PLC ve PC arasındaki iletişimi Ethernet üzerinden yapılmıştır. Bu iletişim şekli sistemi daha güvenilir hale getirmiştir.

Küçük Ölçekli Biyodizel Tesisinde sisteme her türlü teknolojik gelişmeyi entegre etmek üzere tasarlanmış ve imal edilmiştir. PLC ve SCADA yazılımları istenildiği zaman değiştirilebilmekte ve bu sistem hem manuel hem de otomatik olarak

kullanılabilmektedir. İleriki çalışmalara ışık tutacağını, renk sensörü eklenerek ve yazılım değiştirilerek sistemin kesiksiz biyodizel üretimi şeklinde modifiye edilebilir. Kırsal kesimde çiftçinin ürettiği yağlı tohumlu bitkilerden biyodizel üretimi gerçekleştirmek için uygun bir tesistir.

Geliştirilen bu tesiste kontrol ettiği sistemdeki değişiklikleri ve kontrol parametrelerini otomatik olarak hesaplayan, sistemin çalışma koşullarının ya da çevre şartlarının değişmesi sonucunda sistemindeki ayarların sürekli olarak değiştirilmesiyle kontrol edilen, uyarlamalı kontrol sistemi kullanılmıştır. Bu sistem sayesinde çok kısa bir süre içerisinde istenilen sıcaklığa büyük bir hassasiyetle ulaşılmaktadır. Biyodizel üretimi için sistemde 60°C'ye ayarlanan PID kontrollü sıcaklık kontrol grafiği Şekil 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1. Geliştirilen biyodizel tesisinin PID kontrollü sıcaklık kontrol grafiği.

Tasarımı ve imalatı yapılan küçük ölçekli biyodizel üretim tesisinde atık kızırtma yağından transesterifikasyon yöntemi ile 60°C'de metil alkol ve sodyum hidroksit ile

üretile biyodizelin yakıt özellikleri standartlarla karşılaştırmalı olarak Tablo 5.1’de verilmiştir. Yakıt özellikleri incelendiğinde atık kızartma yağı biyodizelinin dizel yakıtıyla benzer özellikler gösterdiği ve TS EN 14214 standartlarını sağladığı görülmüştür.

Tablo 5.1. Atık kızartma yağı biyodizeli ve dizel yakıtlarının bazı yakıt özellikleri

Yakıt	Yoğunluk¹ (kg/m³)	Kinematik viskozite² (mm²/s)	Parlama noktası (°C)	Kalori değeri (MJ/kg)	Su muhtevası (mg/kg)
Dizel	820.15	2.717	59	46.585	15.188
TS EN 590	820-845	2.0-4.5	>55	-	<200
AKYB³	885.88	4.963	172	40.128	499.65
TS EN 14214	860-900	3.5-5.0	>101	35 ⁴	<500

¹15°C’de

²40°C’de

³Atık kızartma yağı biyodizeli

⁴TS EN 14213

Yapılan bu örnek çalışma ile biyodizel tesisinin TS EN 14214 standartlarında bir üretim gerçekleştirildiği görülmüş olup endüstriyel ortamlarda kullanımını mümkün kılmıştır. Bu çalışma ile aynı zamanda atık ürünlerin geri dönüşümü de sağlanmış olup çevresel atıkların doğaya kazanımı sonucuna da varılmıştır. Ayrıca çalışmanın bir diğer sonucu da ekonomik olarak daha uygun maliyetlerde alternatif yakıtların elde edilmesi ile günümüzde rezervlerinin tükenmeye yaklaşıldığı fosil kaynaklarına bir alternatif olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Çetin, M., Kuş, H. Erzincan'ın biyodizel yakıt amaçlı tarımsal üretim potansiyeli. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, 191-197, 2009.
2. Özsezen, A. N., Çanakçı, M. Türkiye'de ve Dünyada enerji tüketimi-Biyodizel. GAP V. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, 26-28 Nisan, Şanlıurfa, 415-422, 2006.
3. Karaosmanoğlu F. Türkiye biyoyakıt potansiyeli ve son gelişmeler. Türkiye 10.Enerji Kongresi, İstanbul, 27-30 Kasım, 2006.
4. Karaosmanoğlu, F. Biyoyakıt teknolojisi ve İTÜ araştırmaları. ENKÜS 2006-İTÜ Enerji Çalıştay ve Sergisi, İstanbul, 22-23 Haziran, 2006.
5. Yaşar, B., Ören, M. N. Alternatif enerji kaynağı olarak biyodizel üretim ve kullanım olanaklarının Türkiye tarımı ve AB uyum süreci açısından değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(2):149-158, 2010.
6. Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr, 2009
7. Çanakçı, M., Gerpen, J. V. A pilot plant to produce biodiesel from high free fatty acid feedstocks. Proceedings of the ASAE Annual Meeting, July 29 - Aug. 01, Sacramento-CA, USA, ASAE Paper No., 01-6049, 2001.
8. Bouaid, A., Diaz, Y., Martinez, M., Aracil, J. Pilot plant studies of biodiesel production using *Brassica carinata* as raw material. Catalysis Today, 106:193-196, 2005.
9. Çilek A. PLC (programlanabilir lojik kontrol cihazı) ve SCADA (yönetmel denetim ve veri toplama) ile endüstriyel otomasyon uygulaması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2005.
10. Yağcı, E. PLC kontrollü vidalı susuzlandırma pres tasarım ve imalatı. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2006.
11. Mirzaoglu, İ. PLC ve SCADA kullanarak irmik üretim sisteminin otomasyonu. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2007.
12. Güler, K. Biyodizel teknolojisi, sistem tasarımı ve deneysel olarak biyodizel üretimi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta, 2008.
13. Sani, W., Hasnan, K. UTHM Biodiesel pilot plant development. Proceedings of International Conference on Mechanical & Manufacturing Engineering (ICME2008), 21-23 May, Johor Bahru, Malaysia, 1-8, 2008.

14. Coello, J., Acosta, F., Velasquez, J. Options for small-scale biodiesel production to self-supply the energy needs of isolated communities in Amazonia. *Househol Energy Network (HEDON)*, 56:12-15, 2009.
15. Gümüş, S. PLC kontrollü boy kesme makinesinde SCADA uygulaması. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2009.
16. Demir, K. PLC ile kontrol edilen endüstriyel bir sistemin cep telefonu ile uzaktan kontrolü. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2010.
17. Işıkyürek K. Ç. Biyogaz tesisinin PLC otomasyon sistemi ve internet üzerinden kontrolüne yönelik bir çalışma. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 2010.
18. Arı, Y.S. Birden fazla seranın, PLC ve SCADA yazılımı ile kontrolü ve internet üzerinden izlenmesi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2011.
19. Chatpalliwar, A. S., Deshpande, V. S., Modak, J. P., Thakur, N. V. Modeling of biodiesel plat design: Data estimation and generation based on suppositions and interpolation. *International Journal of Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE)*, ISSN No:2231-6477, 1(4):89-98, 2012.
20. Skarlis, S., Kondili, E., Kaldellis, J. K. Small-scale biodiesel production economics:a case study focus on Crete Island. *Journal of Cleaner Production*, 20:20-26, 2012.
21. Anderson, J., Caceres, J., Khazaei, A., Shirey, J. Design of a small-scale biodiesel production system. *Proceedings of the 2013 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium*, University of Virginia, Charlottesville, VA, USA, April 26, 189-194, 2013.
22. Birok, E. Yüksek mertebeden teorik bir sistemin S7-300/400 tipi PLC için sayısal benzetim ile dijital PID kontrolör tasarımı. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 2013.
23. Daniyan, I. A., Adeodu, A. O., Dada, O. M., Aribidara, A. A. Design of a small scale biodiesel processor. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS)*, 4(4):576-580, 2013.
24. Karayel, M. Mikrotip hidroelektrik santraller için PLC tabanlı SCADA sistem otomasyonu ve RTU/PLC ile frekans ve gerilim regülasyonunun gerçekleştirilmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2013.
25. Kurt, H. Küçük ölçekli hidroelektrik santralde bulanık mantık algoritmali PLC ile türbin kontrolü. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, 2013.

26. Oseni, M. I., Tuluen, L. T., Musa, A. Development and performance evaluation of a small scale biodiesel production pilot plant. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS), 4(4):679-685, 2013.
27. Wood, J., Slayton, J., Parrott, S., Mbachu, C., ElSawy, A. Production of biodiesel from WVO using small scale continuous ultrasonic processor. International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'13), Bilbao, Spain, 20-22 March, No:11, page 6, 2013.
28. Ramesh, D., Samapathrajan, A., Venkatachalam, P. Production of biodiesel from *jatropha curcas* oil by using pilot biodiesel plant. http://www.researchgate.net/publication/216630527_Production_of_biodiesel_from_Jatropha_curcas_oil_by_using_Pilot_biodiesel_plant/links/09e4150c374d45893d000000 (Erişim tarihi:09.12.2014)
29. Kurtulan, S. PLC ile endüstriyel otomasyon. Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 1999.
30. Gösün, K. Elektrik kumanda Laboratuvarı PLC Eğitim Seti Tasarımı. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, İstanbul, 2006.
31. Çetin, R. S7-200 PLC'lerle Otomasyon. ISBN: 9.752.888.399, Ankara, Türkiye, 2005.
32. SIEMENS SIMATIC S7-200 programlanabilir Otomasyon Cihazı Kullanım Kılavuzu. Siemens A.Ş., İstanbul, Türkiye, 2003.
33. Kurt, H. Küçük ölçekli hidroelektrik santralde bulanık mantık algoritmali PLC ile türbin kontrolü. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, 2013.
34. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/
35. Kurtulan, S. PLC ile Endüstriyel Otomasyon. Birsen Yayınevi, 2. Basım, İstanbul, 1-350, 2001.
36. Çilek A. PLC (programlanabilir lojik kontrol cihazı) ve SCADA (yönetmel denetim ve veri toplama) ile endüstriyel otomasyon uygulaması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2005.
37. Kabul, Ç. I. Biyogaz tesisinin PLC otomasyon sistemi ve internet üzerinden kontrolüne yönelik bir çalışma. Akdeniz Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 2010.
38. Kurtulan, S. PLC ile Endüstriyel Otomasyon. 5. Basım, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2007.

39. Şahin, B. SCADA sistemlerinin incelenmesi ve elektrik dağıtım şebekelerine uygulanması. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2000.
40. Boyer, A. S. Scada supervisory control and data acquisition. America 2.Nd. Edition, 1993.
41. Mirzaoglu, İ. PLC ve SCADA kullanarak ırmık üretim sisteminin otomasyonu. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2008.
42. Daneels, A., Salter, W. What is SCADA?. Proceedings of the 7th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, Trieste Italy, 1-2, 1999.
43. <http://www.otomasyondergisi.com.tr/>
44. Aktepe, A. SCADA uygulamasının enterkonnekte elektrik şebekesi yönetimine getirdiği faydalar. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, Ankara, 1999.
45. Altın, E. Tia Portal İle Simatic S7 1200 PLC Programlama.
46. <http://www.plcprogramlama.com>
47. Levine, W. S. Control system fundamentals, CRC Pres,Florida, 2000.
48. Leigh, J. R. Applied Digital Control, Prentice Hall International, Hertfordshire, 1992.
49. Hurma H. N. PID kontrolör ve PLC uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
50. Markaroğlu H. İntegral yığılması problemine karşı yeni bir yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
51. Kuo, B. C. Otomatik Kontrol Sistemleri, Literatür Yayıncılık, 2002.

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Yozgat’da doğan Muttalip ERKAN, orta ve lise öğrenimini sırasıyla Doğankent İlkokulu, Doğankent Temel Eğitim Okulu ve Yozgat Endüstri Meslek Lisesinde tamamlamıştır. 1986 yılında kazandığı Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik ve Elektronik Bölümü Elektrik Ana Bilim Dalını 1991 yılında başarıyla bitirmiştir..

2000 yılında Erciyes Üniversitesi Yozgat Meslek Yüksek Okulu’nda göreve başlamış. Daha sonra 2006’dan beri Bozok Üniversitesi Meslek Yüksek Okulunda görevine devam etmektedir.

Muttalip ERKAN evli iki çocuk babasıdır.

İletişim Bilgileri

Adres : Bozok Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Esentepe, 66200, YOZGAT.

Telefon : (354) 217 17 81

E-posta : erkan.erk66@gmail.com