



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



AĞIRLIĞA DUYARLI SICAKLIK
KONTROLLÜ FIRIN TASARIMI VE
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Abdulazim HANSU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği
Anabilim Dalı

Haziran-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Abdulazim HANSU tarafından hazırlanan “Ağırlığa Duyarlı Sıcaklık Kontrollü Fırın Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi” adlı tez çalışması 11/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. A. Afşin KULAKSIZ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Adem GÖLCÜK

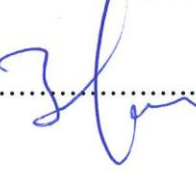
Üye

Doç. Dr. Bayram AKDEMİR

İmza







Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması T.C. SELÇUK ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNATÖRLÜĞÜ tarafından 18201061 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.


Abdulazim HANSU

Tarih: 13.06.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AĞIRLIĞA DUYARLI SICAKLIK KONTROLLÜ FIRIN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Abdulazim HANSU

Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Adem GÖLCÜK

2019, 86 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. A. Afşin KULAKSIZ
Dr. Öğr. Üyesi Adem GÖLCÜK
Doç. Dr. Bayram AKDEMİR

Dünyada, enerjinin daha verimli kullanılması amacıyla yüksek enerji verimine sahip ve kullanım kolaylığı sağlayan fırınlar üzerindeki çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde, elektrikli fırınlarda kontrol yöntemleri geliştirilmekte ve kontrolü sağlamak için kullanılan veriler artırılmaktadır.

Bu çalışmada; elektrikli fırınlarda enerji tüketimi, pişirme süresi, pişirme programları ve pişirme kalitesi gibi özellikleri etkileyen unsurların belirlenmesi amacıyla çeşitli makaleler ve patentler incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda fırınlarda pişirme sıcaklıkları, pişirme programları ve pişirme süresine yönelik bilgi elde edilmiştir. Bu konuya mühendislik bakış açısı ile yaklaşarak ve pişirilecek olan cismin ağırlığını dikkate alarak sıcaklık kontrolü yapılabilen ve pişirme süresi ayarlanabilen PLC kontrollü, dokunmatik ekranlı elektrikli fırın tasarlanmıştır.

Kullanıcı sıcaklık kontrolünü, pişirme süresini ve pişirme programını dokunmatik ekran ile ayarlayabilmektedir. Kullanıcı dokunmatik ekran üzerinden pişirme sürecini grafiksel olarak takip edebilmekte ve aynı grafikteki verileri de kayıt altına alabilmektedir. Bu çalışmada, ekmek hamurunun pişirme sürecindeki ağırlığının sıcaklığa göre değişimi incelenmiştir. Aynı ekmek hamurunun farklı gramajları benzer sıcaklıklarda pişirilmiş ve pişirme süreleri arasındaki farklar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen verilere göre akıllı fırın tasarlanmış ve pişirme programları oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: PLC, Akıllı Fırın, Pişirme Programı, Pişirme Süresi, Ağırlık.

ABSTRACT

MS THESIS

**WEIGHT SENSITIVE TEMPERATURE CONTROLLED OVEN DESIGN AND
IMPLEMENTATION**

Abdulazim HANSU

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Science
in Electrical Electronics Engineering**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Adem GÖLCÜK

2019, 86 Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. A. Afşin KULAKSIZ

Asst. Prof. Dr. Adem GÖLCÜK

Assoc. Prof. Dr. Bayram AKDEMİR

In the world, studies on ovens that have high energy efficiency and ease of use are increasing day by day to make more efficient use of energy. Nowadays, control methods are developed in electric ovens and the data used for control are increased.

In this study; various articles and patents have been examined in order to determine the factors affecting the characteristics such as energy consumption, cooking time, cooking programs and cooking quality in electric furnaces. As a result of the investigations, baking temperatures, cooking programs and cooking time were obtained in the ovens. This subject has been designed with a PLC controlled, touch screen electric oven, which can be controlled with an engineering point of view and taking into account the weight of the object to be cooked.

The user can adjust the temperature control, cooking time and cooking program via the touch screen. The user can monitor the cooking process graphically via the touch screen and record the data in the same graph. In this study, the change in the weight of bread dough in the process of baking was investigated. The different weight in grams of the same bread dough were cooked at similar temperatures and the differences between cooking times were compared. According to the data obtained from these studies, smart oven was designed and cooking programs were created.

Keywords: PLC, Smart Oven, Cooking Program, Cooking Time, Weight.

ÖNSÖZ

Kontrol ve kumanda yöntemleri, içinde bulunduğumuz yüzyılda hayatın birçok alanına nüfuz etmektedir. Bu noktadan yola çıkarak yapılan akıllı fırın tasarımı ve PLC ile gerçekleştirilmesi çalışmasında gerek PLC programlama gerek pişirme programları ve pişme sürecini aktif olarak izleme gibi kontrol yöntemlerinin gelişiminde bir pay alınması hedeflendi. Öncelikle, akıllı fırınlarda kullanım kolaylığı sağlamak amacıyla geliştirilen yöntemlere bakıldığında birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların birinde, marketlerden alınan gıda paketlerinin üzerindeki barkodlara pişirme kodu yerleştiriliyor ve bu barkodlar fırına tanıtılarak otomatik bir şekilde pişirme işlemi gerçekleştiriliyor. Bu tür çalışmalar göz önüne alındığında yapılan çalışmada amacı oluşturan gıdanın ağırlığı, çeşidi ve ne kadar süre pişmesi istendiğini belirterek pişirme işleminin kolay ve kaliteli bir şekilde gerçekleştirilmesi çalışmanın önemini belirlemektedir. Yapılan uygulamada, fırına bağlantısı yapılan dokunmatik ekran sayesinde istenirse hem anlık sıcaklık değerleri görülerek hem de pişme süreci izlenerek sisteme müdahale edilebilmektedir. Ekran üzerinden seçilen pişirme programı otomatik olarak pişirme işlemini gerçekleştirmektedir.

Bu uygulamada farklı ağırlıktaki ekmeğin hamurlarının pişme sürelerinin karşılaştırılması yapılmış olup elde edilen verilere göre pişme sürecindeki değişimler grafiksel olarak ve sayısal olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeleri grafiksel ve sayısal olarak izlemek için PLC programlanmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bunun yanı sıra akıllı kontrol sistemleri hakkında ve kullanıcıya sağlanan seçenekler hakkında gerekli çalışma ve araştırmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada yardımlarını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Adem GÖLCÜK'e ve yaptığım çalışmalarda karşılaştığım zorlukları benimle göğüsleyen ve bana destek olan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Abdulazim HANSU
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Fırının Tarihsel Gelişimi.....	2
1.2. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC).....	3
1.2.1. PLC yapısı.....	8
1.2.2. PLC çalışması	14
1.2.3. PLC giriş elemanları	16
1.2.4. PLC çıkış elemanları.....	26
1.2.5. PLC programlama dilleri	29
1.2.6. Çıkışlarına göre PLC çeşitleri.....	32
1.2.7. PLC sistemlerinin avantajları.....	34
1.2.8. PLC kullanılan sistemler ve röleli sistemlerin karşılaştırılması	36
1.2.9. PLC kullanılan sistemler ve bilgisayarlı kontrol sistemlerinin karşılaştırılması.....	36
1.3. SCADA Sistemleri.....	37
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	39
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	43
3.1. Akıllı Fırın ve Tasarımı	45
3.2. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici	47
3.3. Sıcaklık Kontrol Modülü	52
3.4. Sıcaklık Sensörü	53
3.5. Dokunmatik Ekran	54
4. UYGULAMA VE ANALİZ	63
4.1. Pişme Sürecindeki Ağırlık Değişimi Uygulaması	71
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	86

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

V	: Volt
°C	: Santigrat derece
\$: Dolar
A	: Amper
%	: Yüzde

Kısaltmalar

PLC	: Programmable Logic Controller – Programlanabilir mantık denetleyici
Dk.	: Dakika
Msn	: Milisaniye
Sn	: Saniye
DC	: Direct Current – Doğru akım
AC	: Alternating Current – Alternatif akım
I/O	: Input/Output – Giriş/Çıkış
CPU	: Central Process Unit – Merkezi işlemci birimi
RAM	: Random Access Memory – Rastgele erişim belleği
ROM	: Read Only Memory – Sadece okunan bellek
DPS	: Direct Processing System – Doğrudan işletim sistemi
Vb.	: Ve benzeri
PTC	: Positive Temperature Coefficient – Sıcaklıkla direnci artan termistör
NTC	: Negative Temperature Coefficient – Sıcaklıkla direnci azalan termistör
RTD	: Resistance Temperature Detector – Direnç sıcaklık dedektörü
RTU	: Remote Terminal Unit – Uzak terminal birimi
MTU	: Master Terminal Unit – Ana terminal birimi
CNC	: Computerized Numerical Control – Bilgisayarlı sayısal kontrol
EPROM	: Erasable Programmable Read Only Memory – Silinip programlanabilir salt okunur bellek
EEPROM	: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory – Elektriksel olarak silinip programlanabilir salt okunur bellek
PIC	: Peripheral Interface Controller – Çevresel arabirim kontrol cihazı
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition – Merkezi kontrol ve veri toplama
LAD	: Ladder – Merdiven diyagramı ile programlama dili
STL	: Statement List – Komut dili
FBD	: Function Block Diagram – Fonksiyon blok diyagramı
SQL	: Structured Query Language – Yapılandırılmış sorgu dili veritabanı
Cm	: Santimetre
M	: Metre
G	: Gram

1. GİRİŞ

Fırınlarda pişirme işlemi yıllardır yapılmakta ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeni nesil fırınlar üretilmektedir. Günümüzde kullanılan cihazların birçoğu program ara yüzleri sayesinde kullanıcıya göre şekil almakta, kullanıcı basit bir şekilde özgün kullanım yapabilmektedir. Örneğin; kullanıcı sıcaklık düğmesini çevirmek yerine dokunmatik ekran aracılığıyla sıcaklığı, süreyi, gıda çeşidini, pişirme programını ayarlayabilmektedir. Haberleşme teknolojilerinin gelişimiyle birlikte birçok cihazda uzaktan haberleşme de sağlanabilmektedir.

Akıllı fırın tasarımı ve PLC ile gerçekleştirilmesi konusunda teknolojik gelişmeler araştırılmış, yapılan çalışmalar incelenmiş olup genelde pişirme programlamasında gıda türüne göre programlamaya gidildiği sonucuna varılmıştır. Pişirme işlemine başlanılacağına gıda türü olarak balık, et, tavuk, pizza gibi otomatik sınıflandırmalar yapıldığı görülmüştür. Kullanıcı otomatik pişirme yapabileceği gibi pişirme işlemi program seçimi yapmadan basit bir şekilde sıcaklık ve süreyi seçerek de yapabilmektedir. Bazı fırınlarda, derin dondurucudan çıkarılan donmuş gıdalar için donmuş halden pişirmeye hazır hale gelene kadar ön ısıtma programları yer aldığı görülmüştür. Fırınlara ilgili araştırmalarda, gıdanın ağırlığı dikkate alınarak yapılmış fazla bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Programlamanın yanı sıra gıda ağırlığının pişme sürecine etkisinin de göz önüne alındığı kullanıcının kolayca kendine uyarlayabildiği bir fırın tasarımı ve araştırması ihtiyacı doğmuştur. Bu sebeple yapılan çalışmada dokunmatik ekran kullanılarak ağırlık faktörlü program seçimi oluşturulabilecek bir tasarım yapılmıştır.

Gerçekleştirilen tasarımda, güncel teknoloji kullanılarak üretilen fırınlarda bulunan özelliklere ilave olarak ağırlık kontrollü program oluşturulabilen, özgün bir şekilde adlandırılabilen ve süre-sıcaklık eğrisi izlenip istenildiğinde pişirme verileri kaydedilen bir sistem tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu konuda PLC'nin avantajları da kullanılarak programlama işlemi yapılmış ve ağırlığa göre pişirme sürecini gözlemlene amaçlı örnek uygulama yapılmıştır. Çalışmada, basit ev tipi fırın kullanılarak tasarlanan sisteme uygun olması amacıyla fırının sadece rezistans ve gövde kısmı kullanılıp diğer kısımları devre dışı bırakılmıştır. Tasarlanan sistemde, fırında pişirme işlemi kontrol ve kumanda etmek için PLC modülü, sıcaklık modülü ve güç kaynağı kullanılmıştır.

1.1. Fırının Tarihsel Gelişimi

Elektrikli fırın, ilk olarak 1889 yılında İsviçre'nin Sameden kentinde bulunan Hotel Bernina'da kullanıldı. O yıl ağustos ayında The Electrician dergisinde, otelde kullanılan fırınla ilgili bir haber yayınlandı. Söz konusu haberde; ilk elektrikli fırın, her türlü pişirme ve kızartma işlemlerini mükemmel bir şekilde yapıyordu. Bu fırını yapan kişi ya da kişilere dair herhangi bir kayıt veya belge bulunmamaktadır. Hotel Bernina, otelde kullandığı elektrik için gerekli olan elektrik akımını dinamodan elde ediyordu. Otelin civarında bulunan bir çağlayan aracılığıyla dinamo çalışıyordu. Bu çağlayan sürekli olarak aktığından geceleri aydınlanmak için kullanılan elektrik gündüzleri büyük bir oranda boşa gidiyor ve kullanılamıyordu. Bu durumu dikkate alan otel yönetimi, gündüzleri de bu elektriği kullanarak yemek pişirmeyi düşündüler ve elektrikli fırın siparişi verdiler.

Ticari amaç güdülerek pazarlamaya yönelik üretilen ilk elektrikli fırın, 1891 yılında ABD'nin Minnesota eyaletindeki St. Paul kentinde Carpenter Electric Heating Manufacturing Corporation isimli şirket tarafından üretildi. O dönemde yayını New York'ta yapılan "The Electrical Engineer" isimli dergide bu fırın şu şekilde anlatılıyordu: Kızartma işlemi için kullanılan iç bölümün ölçüleri 45 cm uzunlukta, 35 cm yükseklikte ve 30 cm derinliktedir. İç kısımlar, asbest kullanılarak kaplanmış ve malzeme olarak parlak teneke kullanılmış. Fırının içinde iki adet demir raf var. İç kısmın alt ve üst bölümünde ısıtıcı bulunmakta. Bu ısıtıcılar sayesinde fırın, hem alt hem de üst kısım olmak üzere iki farklı ısı elde etmekte. Fırının kapak kısmında bulunan cam bölme sayesinde fırında pişmekte olan yemek gözlenebiliyor. 110 V gerilimde çalışabilen fırın yaklaşık olarak 12 dk. ile 15 dk. aralığında 250 °C'ye kadar ısınabiliyor. Fırının iç sıcaklığı belli bir seviyeye geldiğinde akım kesilerek pişirme işlemi sürdürülebilir.

Percy Lebaron Spencer (1894-1970), 2. Dünya Savaşı sırasında ABD'nin radarlarıyla ilgili çalışmalar yapmasıyla ünlenmiş bir mühendistir. Spencer, radarlarda önem arz eden mikrodalga üreten magnetronlar ile ilgili çalışmalar yaptığı esnada ortamdaki çikolatanın eridiğini fark etti. Spencer, bu olayın gerçekleşmesine meraklanarak magnetronların gıdalar üstünde ne gibi bir etki yarattığını incelemeye karar verdi. Spencer, farklı gıdaları da magnetronun yanına koyarak gıdaların magnetron etkisiyle ne şekilde değişim gösterdiğini gözlemledi. Örnek olarak kullandığı patlamamış haldeki mısırların magnetron etkisiyle patladığını gördü. Spencer, bu türlü

değişimleri gözlemlerken, kendisinin de gözlemlendiği nesnelere gibi etkilenmemesi için magnetronun uzak mesafede duruyordu. İlerleyen zamanlarda yumurta pişirmeyi denediği esnada, kabukları kırılmamış bir halde bulunan yumurtanın mikrodalga etkisiyle patladığına şahit oldu.

Spencer, bir buluş yaptığını fark etmesi üzerine bunu kullanmak için gıdaların pişirilmesine yönelik daha farklı ve kullanışlı bir cihaz üretmeye karar verdi. 1945 yılında, üretmeye karar verdiği bu cihazla ilgili patent almak için başvurdu. 1946 yılının sonlarına doğru geliştirdiği cihaz, Boston, Massachusetts'te test ediliyordu. Kısa bir süre içerisinde ticari olarak satışa sunulmaya hazır modeller üretildi ve piyasaya sürüldü. Üretilen bu ilk modeller, cihazı satın alıp kullanan kitle tarafından beğenilmedi. Bunun sebebi nedir diye düşünüldüğünde; cihazın yüksekliği olan 1,8 m, yüksek fiyat ve cihaza eklenen magnetronu soğutmak için kullanılan özel bir tesisat sisteminin gerekliliği gösterilebilir. Bu olumsuzluklara rağmen zaman içerisinde bu cihazlar geliştirilerek, güvenlikleri artırılarak ve uygun fiyat politikası uygulanarak piyasada satılabilir bir hale geldi. 1975 yılında mikrodalga fırın satışları gaz fırın satışlarını geçmiş bulunuyordu.

Mikrodalga fırınları diğer fırınlara göre değerlendirdiğimizde dezavantajları olduğu görülür. Bu dezavantajları örneklendirecek olursak, mikrodalga fırında pişirilen etin iç kısmının pişme işlemi gerçekleştiğinde dış kısmının kızarmadığı görülür. Bir diğer dezavantajı da pişme süresinin kısa olmasına rağmen pişirilen gıdanın tüm kısımlarını aynı oranda pişirmemesidir. Bu tür problem ve dezavantajlara rağmen mikrodalga fırın, birçok kullanıcı tarafından gıdaların pişirilmesi işleminde vazgeçilmez olarak görülmekte ve kullanılmaktadır.

1.2. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC)

Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC), otomasyon sistemlerinde kontrol işlemlerinin gerçekleşmesine olanak sağlayan belirli bir yapıda tasarlanmış giriş ve çıkış birimi ile bağlantı birleşimlerini içeren programlanabilir bir endüstriyel otomasyon cihazıdır. Günümüzde üst düzey verim sağlayan ve kaliteli bir ürün elde etmek için üretim aşamasında kullanılan endüstriyel otomasyon sistemleri gün geçtikçe gelişme kaydetmektedir. Otomasyon sistemlerinin gelişme kaydetmesinde PLC'nin kullanılması ve geliştirilmesi önemli bir yer tutmaktadır. Otomasyon sistemleri, sistemdeki en küçük üretim bölümünün yazılan programa göre üretim yapmasını sağlamanın yanı sıra üretim

sistemi bölümleri arasında veri aktarımını sağlayarak kaliteli bir yönetim ve üretim planlaması için kullanılan veri tabanını ve işlevselliği sağlar.

Personel sayısı ve iş gücü dikkate alınarak üretim süresi ve adedi hesaplamaları yapılan eski üretim sistemlerine göre günümüzde, PLC kullanılarak tasarlanan otomasyon sistemlerinin çok daha başarılı ve kaliteli üretim gerçekleştirdiği apaçık ortadadır.

Bu nedenle röle ve elektronik kart kullanılmasına dayalı üretim sistemleri piyasadan hızlı bir şekilde silinmiş ve bu sistemlerin yerine PLC kullanılarak tasarlanan sistemler ön plana çıkmıştır.

Bu süreçte yapılan gözlemlere göre kartlı ve röleli sistemlerin bütünleşmiş üretim için yetersiz olduğu anlaşıldı. Otomasyon kullanılarak gerçekleştirilen sistemlerin bütünleşmiş üretim için hızlı ve kaliteli sonuç verdiği belirlendi.

Kartlı sistemlerde üretilecek olan her bir makine için özgün bir kart tasarımı ve üretimi gerekiyor. PLC'ler bu işlevi yazılımla çözenin yanı sıra hata durumlarında ani müdahale imkânı da sunuyor. PLC'ler kötü ortam koşullarında dahi dayanıklılığı ve çalışma şekliyle ön plana çıkmaktadır.

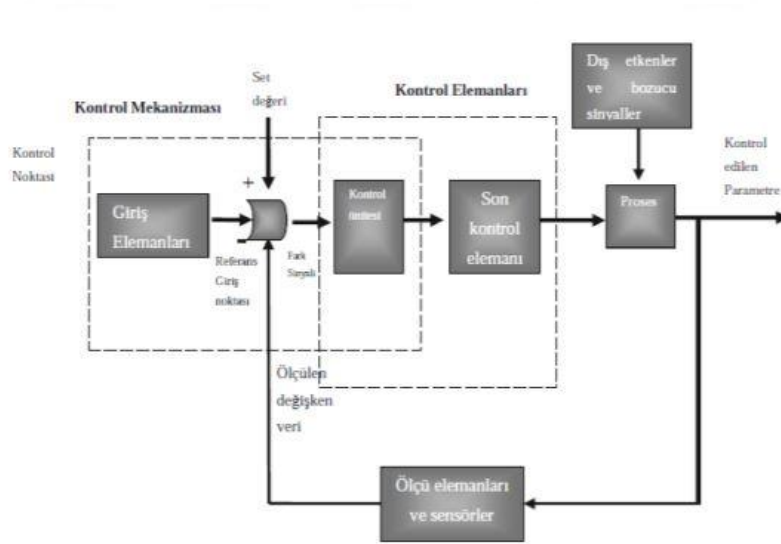
PLC'ler; maliyet, kötü ortam koşullarındaki dayanım, görünüş, sistemin kapladığı alan, bütünleşmiş sistemlerde ön plana çıkan yazılım, haberleşme, gerçekleştirilen işlemin süresi ve üretim sürecinin gözlemlenmesi konuları dikkate alındığında kendinden önceki sistemlere göre daha avantajlıdır.

Kullanımda olan PLC'ler, lojik temelli işlemlerin yanı sıra aritmetik ve özel matematiksel işlemlerin gerçekleşmesini sağlayacak şekilde üretilmişlerdir. Programlamada kullanılan komutların artırılması sayesinde kontrol ve kumanda sistemlerinin gelişimi sağlanmaktadır. Endüstriyel otomasyon sistemlerinde PLC'lerin yaygın olarak kullanıldığı bölümler, kontrol ve kumanda bölümleridir.

Günümüzde kullanılan PLC'ler, üretim yapılan endüstriyel tesislerde otomasyon sistemlerini kontrol için kullanılmaktadır. Genelde lojik devre elemanlarından faydalanılarak tasarlanan programlama bölümleri kullanılarak oluşturulan entegre sistemler, o PLC türüne uygun üretilen modüller aracılığıyla sensörlerden gelen verileri kolay bir şekilde işlemektedir. PLC, programın genel işleyişini: aritmetik işlem, zamanlama, kaydetme, atama ve karşılaştırma fonksiyonlarıyla kontrol eden elektronik bir aygıttır. Dijital sinyal verisi nakleden modüller üretilerek PLC'lerin endüstriyel otomasyonda kullanımı kolaylaştırılmış ve geliştirilmiştir. Bu modüller aracılığıyla

programda kullanılan sıcaklık, yükseklik seviyesi ve basınç gibi veriler PLC'ye direk olarak aktarılmaktadır.

Güncel teknolojinin kullanıldığı ve hassas bir şekilde kurgulanan sistemlerde otomasyon yaygın olarak kullanılmaktadır. Kontrol ve kumanda sistemleri kullanılarak anlık veri döngüsü sağlanmakta bu sayede üretim sistemlerinden elde edilen fayda artmaktadır. Sistemdeki bilgi akışı güvenilir ve hızlı bir şekilde bölümler arası aktarılabilir istenen sonuçlar alınabilmektedir. Üretim işleminde bilginin hassas bir şekilde, en ufak bir hataya mahal vermeden anlık aktarımı büyük önem taşıdığından otomasyon sistemleri tercih edilmektedir. Şekil 1.1'de kontrol sürecine ait döngü görülmektedir (Öztürk, 2000).



Şekil 1.1. Proses kontrol döngüsü

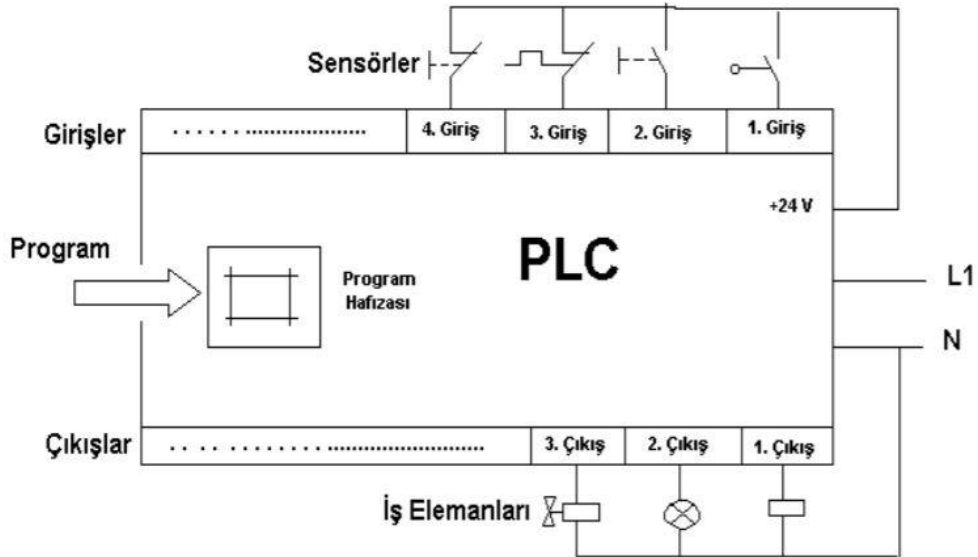
Günümüzde, üretim teknikleri içerisinde kayda değer bir yer elde etmiş olan otomasyon sistemleri teknolojiyle senkronize bir şekilde gün geçtikçe gelişmektedir.

Otomasyon sistemleri, üretim sürecindeki ihtiyaca göre kullanılan entegre sistemler açısından üç bölüme ayrılır. Bu bölümler; geri beslemeli kumanda sistemleri, bilgi iletişim sistemleri ve kumanda sistemleridir. Kumanda sistemlerinde devrede kullanılan elemanların belirli bir mantığa göre devreye giriş ve çıkışları kontrol edilir. Bilgi iletişim sistemleri ise elemanlar ve bölümler arası bilginin hızlı ve doğru bir şekilde aktarılmasını sağlar. Bu akışın kontrolünde SCADA sistemleri kullanılarak yazılan yazılımlarla akış kontrol edilebilmektedir. Geri beslemeli kontrol sistemlerinde

sistem, yazılan yazılım ve girilen bilgiler aracılığıyla istenen değerlerin elde edilmesine olanak sağlar.

“Programmable Logic Controller” kelimelerinin baş harflerinin birleşiminden PLC kısaltması oluşturulmuştur. PLC’ler, EEPROM programlayıcılar ve PIC işlemciler kullanılarak oluşturulmaktadır. PLC sistemlerinde, gelişmiş otomatik kumanda aygıtları kullanılır. Bu aygıtların kontrolü PLC tarafından her bir ağıta bir adres tanımlanarak sağlanır. PLC’ye bu aygıtlardan herhangi biriyle ilgili komut verildiğinde verilen komuta göre kontrolü istenen lamba, kontaktör, motor veya röle gibi çıkışına bağlanan elemanları aktif hale getirmektedir. PLC’de yazılan programda süre kontrolü varsa veya herhangi bir hesap işlemi sonucunda elemanlarla ilgili veri kontrolü varsa PLC bu işlemleri matematiksel hesaplamalar yaparak gerçekleştirebilmektedir (Çetin, 2010).

PLC’de programlama aşamasında kullanıcının faydalandığı LAD, STL, FBD yazılım dilleri sayesinde programlamada kolaylık sağlanmaktadır. Gerçekleştirilen yazılım sayesinde sistem tasarımı aşamasında kullanılacak olan donanımsal elemanlara duyulan ihtiyaç azalarak sistemin daha kullanışlı olması ve basit bir şekilde montajının yapılması sağlanmaktadır. Örnek olarak; PLC’de bulunan dijital röle, zamanlayıcı ve sayıcı gibi elemanlar sayesinde ilave kullanılacak olan donanım miktarı azalmaktadır. Şekil 1.2’de PLC’nin blok şeması görülmektedir.



Şekil 1.2. PLC blok şeması

PLC, endüstri alanında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Dijital prensiplere göre yazılan fonksiyonu gerçekler. PLC bir sistemi ya da sistem gruplarını, giriş çıkış kartları ile denetlemekte ve içinde bulundurduğu zamanlama, sayma, saklama ve aritmetik işlem fonksiyonları ile genel kontrolü sağlamaktadır.

PLC, sistemi kontrol ettiği sahada oluşan fiziksel olayları, kontrol edilmek istenen durumları ve hareketleri çeşitli ölçüm cihazları veya sensörler ile belirlemektedir. Sensörler üzerinden modüller aracılığıyla gelen bilgileri, belleğindeki programa göre değerlendirmeye tabi tutar. Mantıksal işlemler yaparak ve verileri değerlendirip ortaya çıkan sonuçları kumanda ettiği elemanlara çıkış sinyali olarak yansıtır. Sahadan gelen veriler, meydana gelen olayların elektriksel sinyallere dönüşmüş halidir. Bu veriler analog ya da dijital olabilir. Gelen veri analog ise gelen değer sistemde kodlanan değerleri için sorgulama yapılabilir. Dijital bir veri geldiğinde ise sinyalin özelliğine göre sorgulama yapılabilir. Bu değerlendirme olayları giriş kartları ile müdahale olayları da çıkış kartları ile yapılmaktadır (Bayazıt, 2012).

PLC kullanılarak kontrol edilecek sistemler mikro veya makro olabilir. PLC ile basit bir makine kontrolü de yapılabilir, bir fabrikanın kontrolü de yapılabilir. Aradaki fark ise kullanılan kontrolörün kapasitesi, donanımı ve yazılan programın işlevidir.

PLC içerisinde zaman röleleri ve yardımcı röleler de bulunmaktadır. PLC, donanım açısından bilgisayara benzetilebilir. Gürültü sinyallerinden etkilenmemesi, modüler yapıda olması, giriş çıkış modüllerinin montajının basit olması, programlama dilinin gün geçtikçe kolaylaşması ve karmaşık sistemlerin kontrolünü gerçekleştirebilmesi sayesinde bugünkü yerini almıştır.

PLC kullanılarak gerçekleştirilen sistemlerde meydana gelen hatalar program kontrol edilerek ivedi bir şekilde düzeltilebilir. Üretim tesisleri için hazırlanmış olan PLC'ler, sayısal kodlamalarına göre kontrol işlemini yaparlar. Bellek birimlerini kullanarak program üzerinde gerçekleştirilen düzeltmeleri ve eklemeleri, PLC hızına göre anlık işleyip sisteme aktarırlar. Bellek özelliğini kullanarak yapılan bu işlem PLC'nin üretim sistemlerinde tercih edilmesindeki temel sebeplerden biridir (Yağimli ve Akar, 2008).

Günümüzde, üretim sistemlerinde dünya üzerindeki gelişmelere ayak uydurabilmek için işletmelerin kendilerini; zaman yönetimi, kalite kontrolü ve otomasyon sistemleri yönetimi gibi konularda ön plana çıkarması gerekmektedir. Bunun yolu da PLC'leri etkin bir şekilde kullanmaktan geçmektedir.

PLC sistemlerinin tüm bu özellikleri dikkate alındığında hızlı, kontrol edilebilir ve güvenilir sistemler oldukları görülmektedir. Bu özellikler, klasik sistemlere göre PLC'leri tercih edilebilir kılmaktadır.

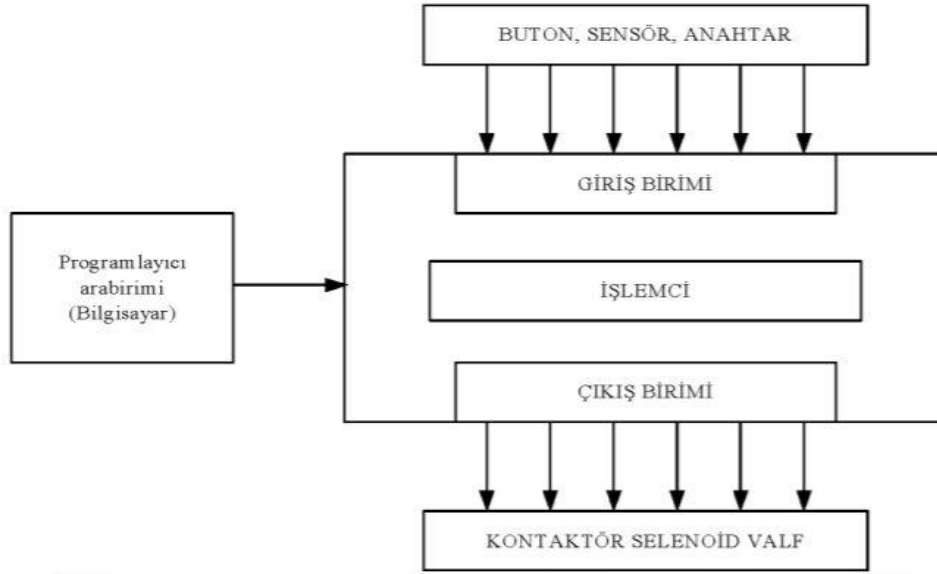
PLC'ler üretildiği ilk yıllarda otomotiv sektöründe kullanılarak seri üretimde pay almışlardır. Zaman içerisinde mikro işlemcilerin kullanımı sayesinde mikroişlemci temelli PLC'ler üretilmiştir. Bu PLC'ler ilk üretilenlere göre daha hızlıdır. Teknolojinin gelişmesiyle beraber PLC'ler geliştirilmiş, birbirleriyle haberleştirilmiş ve birçok veriyi işleyip birçok cihazı kontrol edebilir hale gelmiştir.

PLC'ler, zaman içerisinde teknolojiyle beraber gelişmiş ve hızları artmıştır. Buna karşın üretimlerinde kullanılan röle sayıları düşmüştür. Bu sayede daha ucuza üretilip daha ucuza satılabilir hale gelmiştir. Buna örnek olarak, 1980'li yıllarda piyasaya sürülen Japonya menşeli küçük ve ucuz PLC cihazları gösterilebilir. Bu gelişimlerle beraber kullanıldığı sektörler de çoğalmıştır. Bunlar; otomotiv, elektrik dağıtım sistemleri, ulaşım, asansör, fabrika ve makine otomasyonları olarak örneklendirilebilir.

Bilgisayarlara benzetilen PLC'ler, teknolojiyle senkronize bir şekilde bilgisayarlarla benzer oranlarda gelişim göstermektedir. Network sistemleriyle kullanılan mikroişlemci tabanlı PLC'ler ise kontrol işlemlerindeki yerini sağlamlaştırmıştır. Bu gelişmeler PLC üretim sektörünün ilerlemesini sağlamış ve çok sayıda firma PLC üretimi işine girmiştir. Bu sayede serbest piyasa mantığına göre rekabet artmış ve fiyatlar makul seviyelere düşmüştür.

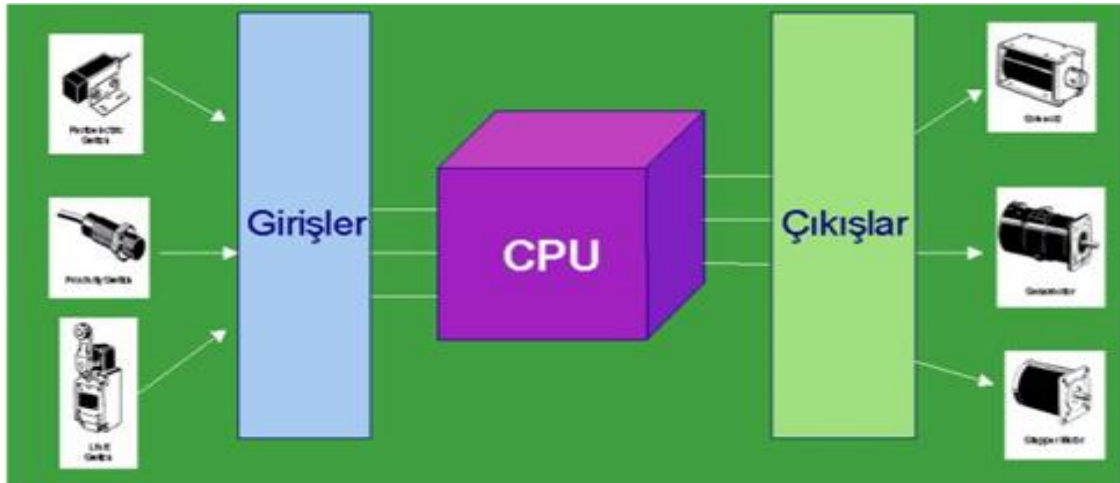
1.2.1. PLC yapısı

PLC yardımcı röleler, zaman röleleri, sayıcılar gibi kumanda elemanlarının gerçekleştirdiği işlevleri yerine getiren mikroişlemci temelli bir cihazdır. PLC, bu sebeple elektronik bir kapsül olarak düşünülebilir. PLC'lerde sayma, sıralama, zamanlama ve ardışık lojik işlemler yazılım yapıları ile kontrol edilir. PLC'ler bu özellikleri sayesinde otomasyon ünitelerinde hızlı ve güvenilir bir şekilde kullanılırlar. Elektronik bir kapsüle benzettiğimiz PLC'lerde, giriş biriminden alınan veriler merkezi işlem (CPU) belleğinde kayıtlı program esas alınarak işlenip, çıkış birimine bağlı elemanlara iletilir. Böylece çıkış birimindeki elemanlar işlenen verilere göre kontrol edilir. Şekil 1.3'de bu işlemler görülmektedir.



Şekil 1.3. PLC genel yapısı

PLC'ler temel olarak merkezi işlem birimi, bellek birimi, giriş ve çıkış birimleri olmak üzere dört ana birimden oluşur. Dört ana birime ilave olarak yazılan programın kaydedilmesi ve diğer cihazlarda kullanımını amaçlayan ayrık genişleme birimi de bulunmaktadır. Enerji kesintilerinde ve analog giriş-çıkış biriminde kullanılması için enerji sağlayan, yedekte bekleyen kaynak tarzında birimler de bulunmaktadır. Şekil 1.4'de PLC bölümleri görülmektedir (Akçura, 2010).

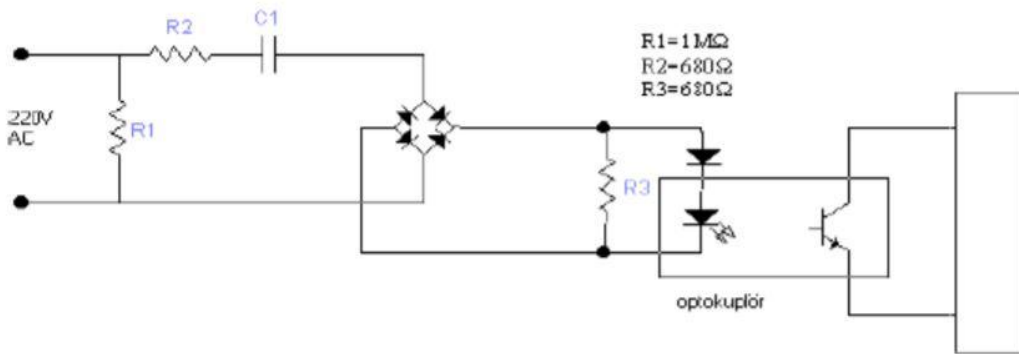


Şekil 1.4. Standart bir PLC'nin bölümleri

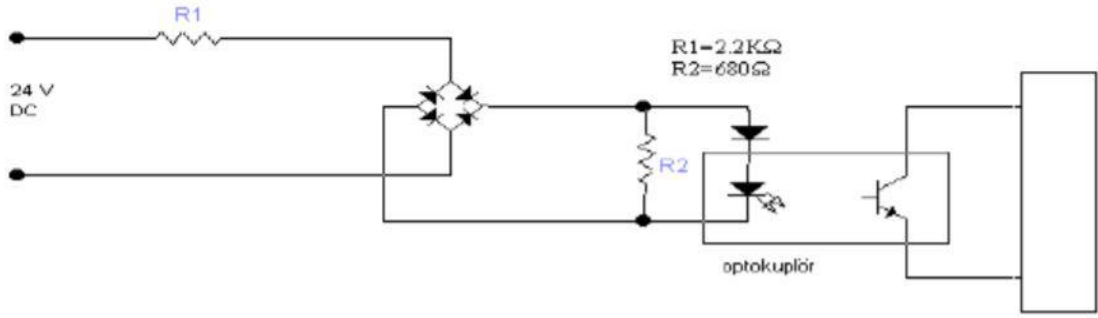
Giriş birimi algılayıcılar ve sinyal alıcıların bağlandığı birimdir. Merkezi işlem birimi (CPU), PLC'nin beyni olarak da tanımlanabilir. Giriş birimi gelen sinyallerin programa göre işlenip çıkış birimine iletiildiği bölümdür. Çıkış birimi ise merkezi işlem birimi yönetiminde kontrol ve kumanda işlevinin gerçekleştirileceği eleman veya cihazların bağlandığı birimdir.

1.2.1.1. Giriş birimi

Sistemin kontrolünü ve kumandasını yapmak amacıyla algılayıcılardan ve sinyal alıcılardan iletilen elektriksel verileri PLC mantığına uygun olarak işlenebilir mantıksal gerilim değerlerine çeviren birimdir. Giriş birimi veri girişini sağlayan birimdir. Sistemin kontrolünü ve kumandasını sağlamak amacıyla sıcaklık, nem, basınç sensörleri gibi giriş elemanlarından iletilen veriler giriş birimi kullanılarak PLC'de işlenebilir hale getirilir. PLC'de işlenebilir hale getirilen bir verinin lojik yok değeri olan "0" ile lojik var değeri olan "1" olmak üzere değerleri vardır. Giriş birimine iletilen verinin istenilen aralıkta bir veri olduğunu belirtmek için bu veriye üretilen gerilim değerinin lojik 0-1 sınır değerlerinden biri olması gerekir. Verinin lojik olarak 1 değeri üretmesi PLC'nin enerji genliği ile verinin genliğinin uyduştüğünü gösterir. PLC'lerin giriş biriminde kullanılan optokuplörler yalıtımı sağlamak içindir. Gerilim seviyeleri 24V DC, 48V DC ile 100V AC, 120V AC veya 200V AC, 240V AC değerlerinden herhangi biri olabilir. Şekil 1.5 ve Şekil 1.6'da giriş birimleri görülmektedir (Öztürk, 2000).



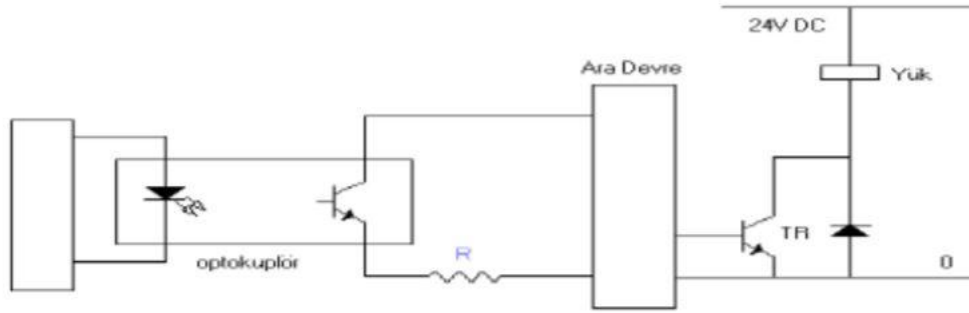
Şekil 1.5. 220 V AC gerilim kullanılarak uyarılan bir giriş birimi



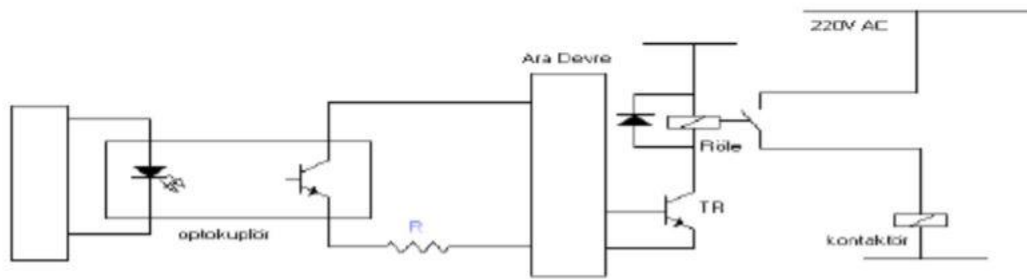
Şekil 1.6. 24 V DC gerilim kullanılarak uyarılan bir giriş birimi

1.2.1.2. Çıkış birimi

PLC'nin giriş biriminden gelen verileri merkezi işlemcisinde değerlendiren ve kumanda edilen sistemdeki kontaktör, röle, selenoid gibi kumanda elemanlarını harekete geçirmek için uygun elektriksel sinyallere dönüştüren birimdir. Bu birim triyak, transistör ya da röleli devrelerden herhangi biri kullanılarak oluşturulabilir. Özellikle çalışma sırasında çok sayıda yüksek hızlı açma kapama gerektiren durumlarda; doğru akımda transistörlü, alternatif akımda triyaklı olan çıkışlar tercih edilir. Sistemde kullanılan PLC'lerde çıkış birimlerinden büyük akımlar çekilmez. Transistör çıkışlı bir devre örneği Şekil 1.7'de, kontak çıkışlı bir devre örneği de Şekil 1.8'de görülmektedir. Röle çıkışlı devreler nadiren devreye girer ve elektriksel yalıtım gerektiren durumlarda kullanılır. Özellikle hızın önemli olduğu açma kapama işlemleri için doğru akımda transistör çıkışlı devreler ve alternatif akımda triyak çıkışlı devreler tercih edilir. Transistör ve triyak çıkışlı devrelerde, çıkış biriminden çekilen akım değeri 0.1 ve 2 A değerleri arasında değişmektedir. Kontak çıkışlı devrelerde ise çıkış biriminden çekilen akım değeri 1 ve 8 A arasında değişmektedir. Bu akım değerlerinden daha büyük akım gerektiren yükler için genellikle kontaktör veya röle çıkışlı sistemler kullanılmaktadır. Bu değerlere bakıldığında çıkışta nasıl bir yapıya sahip PLC kullanılacağını sistemi kumanda etmek için kullanılan elemanların belirlediği görülmektedir. Çıkış biriminde kumanda edilen elemanların yönlendirilmesi sanal çıkış röleleri kullanılarak çıkış kısmındaki kontaklara müdahale edilmesiyle gerçekleştirilir. Kontaktör çıkış birimine bağlı elemanların harekete geçmesini sağlarlar. Şekil 1.7 ve Şekil 1.8'de çıkış devreleri görülmektedir.



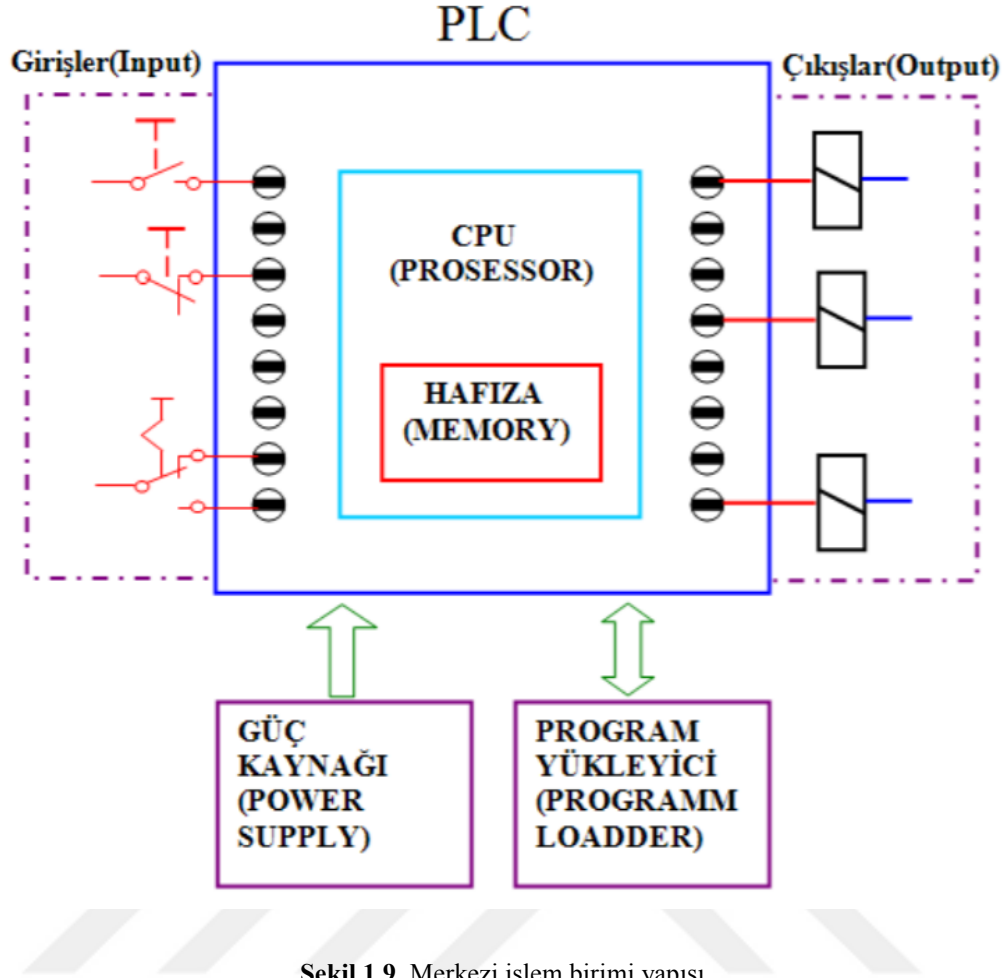
Şekil 1.7. Transistör çıkışlı devre



Şekil 1.8. Kontaktör çıkışlı devre

1.2.1.3. Merkezi işlem birimi

Merkezi işlem birimi, anlık olarak süreci kontrol edecek olan programın derlenmesini sağlar. Derlenen programı çalıştırmak için bellekteki verileri haberleşme yoluyla kontrol etme prensibiyle çalışır. Giriş belleğini kontrol ederek verileri okur. Okuduğu bu verileri belleğindeki programa göre yürütür. Bu işlemlerde elde edilen sonuç verilerini ise çıkış sinyal belleğine iletir. Şekil 1.9'da merkezi işlem biriminin yapısına ait şekil görülmektedir.



Şekil 1.9. Merkezi işlem birimi yapısı

PLC merkezi işlem birimi ve bellek elemanını kullanır ve lojik bağlantıları sağlar. Çalışma prensibi olarak belirli bir döngüyü kullanır. Bu döngüde öncelikle giriş bölümünden gelen veriler değerlendirilir ve kontrol edilen süreç denetlenir. Bu sayede bellekte yazılı olan programı değerlendirilen verilere göre çalıştırır. Çalışan programda değerlendirilen verilere göre bir çıkış elemanı varsa bu çıkış elemanının kontrolünü sağlar. Nihai olarak bu işlemleri bir döngü halinde tekrar ettirir. Mantıksal işlemlerin gerçekleştirilmesi için PLC’de kullanılan bölüm CPU’dur. Bu bölümün çalışma mantığı işletim sistemine bağlıdır. İşletim sistemi mikro denetleyicileri aynı olsa bile farklı şekilde kodlanabilir. İşletim sistemi genellikle kullanıcı kontrolüne açık olmayıp kalitesine göre hızı belirler. CPU ayrıca lojik bağlantıların da merkezidir. Girişler, çıkışlar, güç kaynağı ve program yükleyici bu bölüme bağlanmaktadır (Kurtulan, 2008).

Hafıza kısmı, yazılan programı saklamaya yarar. Kaydedilen program bilgisi, giriş verilerine göre çıkışta ne tür komut verileceğini içerir. Kullanılan hafıza miktarı programın yapısına göre değişir. Hafızada saklanan bilgi girişlerine göre çıkışların hangi işaretleri sağlayacağını belirler. Gerekli hafıza miktarına programın yapısı karar

verir. Bit olarak adlandırılan hafıza parçacıkları hafıza tarafından saklanır. Hafızanın birçok tipi vardır. Bunlardan önemli olan iki tip hafıza, kaydedilen bilginin hafızada tutulup tutulmadığı hafızalardır. Bunlardan biri olan bilginin tutulmadığı yani kaybolduğu hafıza tipi RAM (Random Access Memory) olarak adlandırılmaktadır. Bu hafıza tipinde besleme gerilimi kesildiğinde hafızadaki bilgiler silinir. Bilginin tutulduğu hafıza tipi ROM (Read Only Memory) olarak adlandırılan hafıza tipidir. Bu hafıza tipinde veriler besleme gerilimi kesilse dahi kayıtlı olarak tutulur.

PLC sistemlerde yaygın olarak kullanılan hafıza tipi ise EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) hafızalardır. Bu hafıza tipinde programlama işlemi, silme işlemi ve salt okuma işleri yapılabilir. Yazılan programlar PLC'de EPROM hafızaya kaydedilir. Kaydedilen bu veriler merkezi işlem birimine iletilir.

PLC sistemi için gerekli olan 24V DC gerilim değerini sağlamak üzere güç kaynağı kullanılır. Kullanılan bu güç kaynağı elektronik devrelerin istenilen seviyede beslemesini sağlar. Genelde kullanılan güç kaynakları şebeke gerilimi olan 220V AC veya 24V DC şeklindedir. CPU'ların bazılarında dâhili 24V DC güç kaynağı bulunmakta olup sistemde kullanılmaktadır.

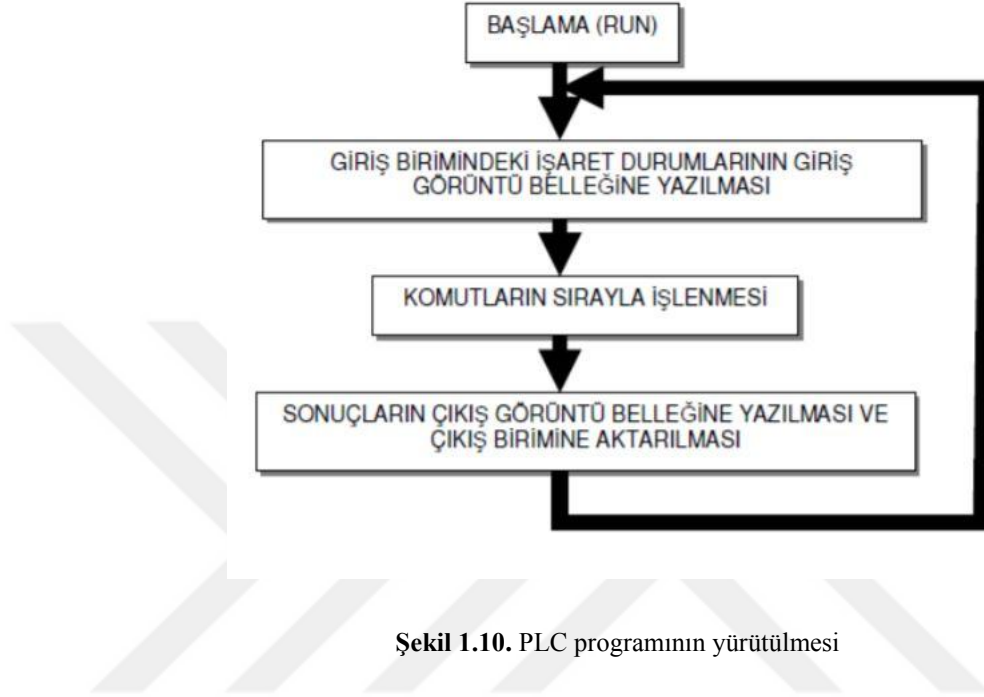
CPU'ların üzerinde dâhili olarak bulunan 24V DC enerji çıkışı, girişler için ve genişleme modüllerinin bobinleri için kullanılır. Gerekli olan güç miktarı CPU'da bulunan 24V DC kaynağın karşılayacağı miktardan fazla olduğu durumlarda harici bir 24V DC güç kaynağı gerekir.

1.2.2. PLC çalışması

PLC'nin çalışma prensibine genel olarak bakıldığında bir döngü şeklinde olduğu görülür. Bu döngünün ilk aşaması, giriş biriminden aldığı ve bellek biriminde bulunan bilgileri kaydında bulunan programa göre işlemektir. Bu bilgileri işledikten sonra belli başlı çıkışlar elde edilir. Elde edilen bu çıkışlar, çıkış verilerini oluşturur. Çıkış verileri, kontrol edilen sistemde kumanda işlemini sağlamak üzere çıkış birimi üzerinden yönetilir. Bu sayede döngü tamamlanır ve süreklilik sağlanır.

PLC'nin gerçekleştirdiği bu işlemler PLC çalıştığı sürece devam eder. Herhangi bir arıza veya güç kesintisi gerçekleşmediği sürece çalışmaya devam eder. Bu çalışma sürecinde gerçekleştirilen döngünün bir kere sağlanması esnasında geçen süre tarama süresi olarak ifade edilir. Profesyonel üretim süreçlerinde zamanın etkin kullanılması önemli olduğundan PLC'nin tarama süresine dikkat edilmektedir. Tarama süresi PLC

çeşidine, kullanılan veya kodlanan programa, giriş-çıkış biriminde kullanılan modüllere ve eleman sayısına göre değişkenlik gösterebilir. Tarama süresi PLC'ye bağlı olduğu gibi PLC'de kullanılan işlemciye de bağlıdır. Şekil 1.10'da PLC programının yürütülmesine ait şema görülmektedir.



Şekil 1.10. PLC programının yürütülmesi

Otomasyon sistemlerinde kullanılan mikroişlemci tabanlı sistemler ile PLC'ler arasındaki temel fark, PLC'lerdeki sistem yazılımı aracılığıyla kullanıcı tarafından yazılan programın kontrol edilmesidir. Günümüzde kullanılan birçok PLC'de sistem yazılımı bulunmaktadır. Kalıcı hafıza olarak da adlandırılan bölüme, üretim aşamasında yüklenen sistem yazılımları kullanıcıların yazdığı programların kontrolünü sağlar. Sistem yazılımları sadece kullanıcıların PLC'ye yazdığı programları yürütmekle kalmayıp aynı zamanda haberleşme ve kesmeli çalışma durumlarını da kontrol ederek sistemi genel anlamda denetler.

Genel çalışma prensibine göre programın yürütülmesi, sürekli döngü içinde belirli işlem kesitlerinin yerine getirilmesiyle gerçekleşir. Kesmeli çalışma olarak adlandırılan çalışma sistemi, haberleşme ve verilerin okunup çıkış verilmesi gibi işlemlerin yapılmaması durumunda devreye girerek bu işlemleri gerçekleştirir.

PLC çalışmaya başladığında ilk olarak giriş modülündeki verileri hafızaya alarak saklar. İlk tarama esnasında saklanan bu veriler kullanılır. Yazılan programa göre bu

veriler kademeli olarak işlenir. Verilerin programa göre işlenip bir tarama süresi tamamlanmasının ardından ortaya çıkan veriler çıkış hafızasına alınıp, çıkış birimine aktarılır. Çıkış birimine aktarılan bu veriler bir sonraki çevrime kadar kullanılır.

PLC’lerde yazılan programın yürütme işlemi ve çalışma döngüsü genellikle bu şekilde gerçekleşir. Bu yürütme ve döngü işleminden farklı çalışan bir diğer sistem DPS (Direct Processing System) olarak adlandırılır. Bu sistemde giriş görüntü belleği ve çıkış görüntü belleği kullanımı genel sistemlere göre farklıdır. Bu farklılık giriş görüntü belleği kullanmak yerine yürütme esnasında giriş adresi içeren bir komuta denk geldiğinde direk o değer kullanımı şeklinde gerçekleşir. Aynı durum çıkış görüntü belleğinde de gerçekleşir. Programa göre oluşturulan çıkış değerleri çıkış görüntü belleğine gönderilmek yerine doğrudan çıkış birimine gönderilir. Görüntü belleklerini kullanmak yerine direk olarak giriş ve çıkış birimine ileten bu sisteme doğrudan işletim sistemi denir (Kurtulan, 2008).

1.2.3. PLC giriş elemanları

PLC giriş bilgilerini, kontrol ve kumandasını gerçekleştirdiği ortamdan veya makinelerden alır. PLC gelen bu bilgileri var ya da yok şeklinde değerlendirir. Gelen sinyaller analog veya dijital olabilir. Giriş birimine bağlı cihazlardan PLC’yle alakalı bir sinyal geleceğinde giriş birimi 0 sinyal seviyesinden 1 sinyal seviyesine çıkar. Bu şekilde sistemin sahada olan olaylardan haberdar olması sağlanır. Giriş sinyalleri genellikle Binary sistemde iletilip PLC’nin giriş modülünde PLC’nin anlayabileceği şekil olan 0-1 sinyaline çevrilirler. PLC giriş elemanları genellikle anahtar, buton, şalter, kontaktör, basınç sensörleri, sıcaklık sensörleri vb. olarak gösterilebilir.

1.2.3.1. Anahtarlar

Anahtarlar genel olarak elektrik akımının geçmesini, yön değiştirmesini sağlar. Kontak konumu fiziksel hareket ile değişir. Anahtarların kontrol yöntemlerine göre değişik çeşitleri vardır. Bunlara basmalı anahtarlar, dokunmatik anahtarlar, mafsallı anahtarlar, ışıklı anahtarlar vb. örnek olarak gösterilebilir. Şekil 1.11’de değişik tipteki giriş anahtarları görülmektedir.



Şekil 1.11. Giriş anahtarları

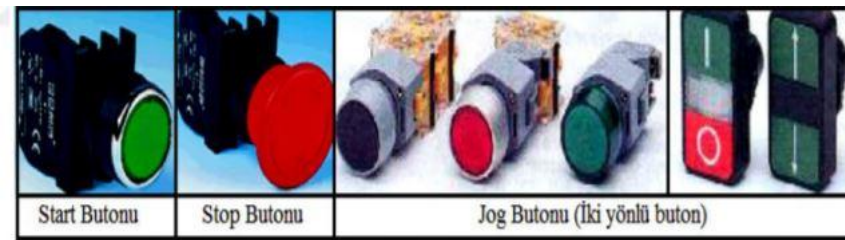
1.2.3.2. Butonlar

Butonlar genel anlamda elektrik akımının geçmesini, yön değiştirmesini sağlar. Kontak konumunu fiziksel hareket ile değiştirir. Butonların kontrol yöntemlerine göre değişik çeşitleri vardır. Bunlara örnek olarak Start, Stop ve Jog butonu gösterilebilir.

Start butonu başlatma butonudur ve Start butonunda kontak açıktır. Butona basılınca açık olan kontak kapanır. Start butonu üzerindeki basma etkisi kaldırılırsa kapalı olan kontak açılır, bu işlem ani temaslı buton olarak da adlandırılır.

Stop durdurma butonudur. Stop butonuna basıldığında normalde kapalı olan kontak açılır. Basma etkisi kaldırılırsa kontak normal haldeki konumuna geri döner.

Jog butonu Start ve Stop butonunun birleşik bir şekilde oluşturduğu butona verilen addır. Start butonunda açık kontak, Stop butonunda kapalı kontak kullanılır. Şekil 1.12’de buton çeşitleri görülmektedir.

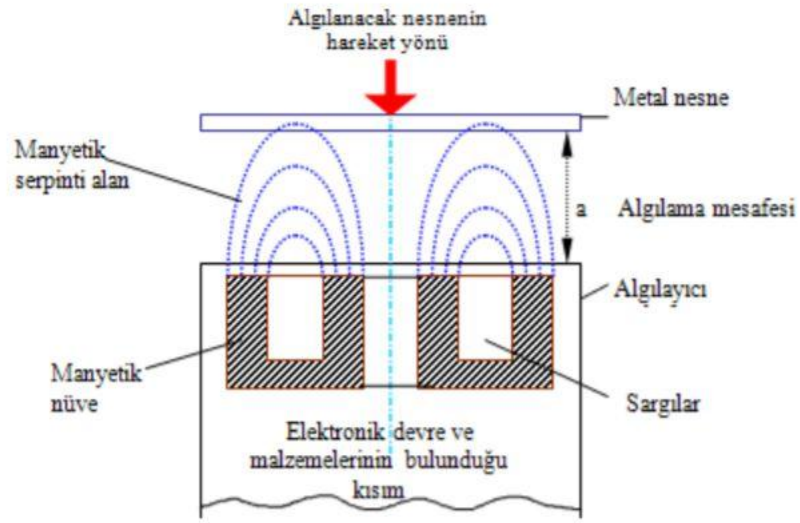


Şekil 1.12. Buton çeşitleri

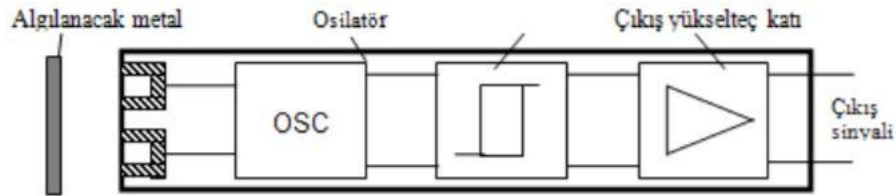
1.2.3.3. İndüktif algılayıcılar

İndüktif algılayıcının çalışma prensibi içerisindeki osilatörün elektronik değişken bir alan üretmesine dayanır. Üretilen bu alan algılayıcının aktif olan yüzeyinden dış kısma çıkarak ön yüzeye dağılır. Metal bir nesne algılayıcıya

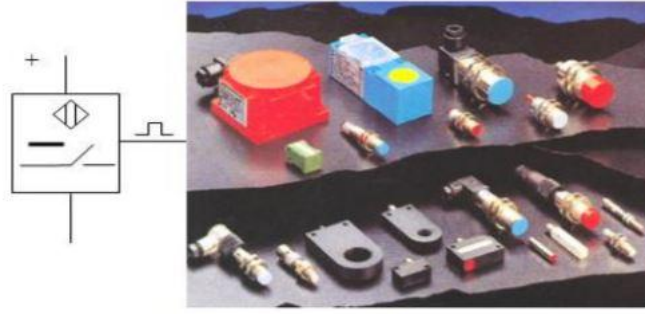
yaklaştırıldığında elektriksel iletkenliği sayesinde gerilim indüklenir ve böylece fuko akımları oluşur. Bu sayede osilatörün çektiği akım artar ve gerilim seviyesi olan amplitüd düşer. Gerilim düşmesi bir karşılaştırıcı ile değerlendirilerek çıkışa sinyal iletilir. Bu şekilde işlem tamamlanır. Elektromanyetik alan içerisine metal nesne gelmediği takdirde gerilim seviyesi aynı kalır ve karşılaştırıcıdan herhangi bir sinyal iletilmediği için çıkış sinyali verilmez. İndüktif algılayıcılar, yapısı ve bağlantı şeması Şekil 1.13, Şekil 1.14, Şekil 1.15 ve Şekil 1.16’da görülmektedir (Karayazı, 2011).



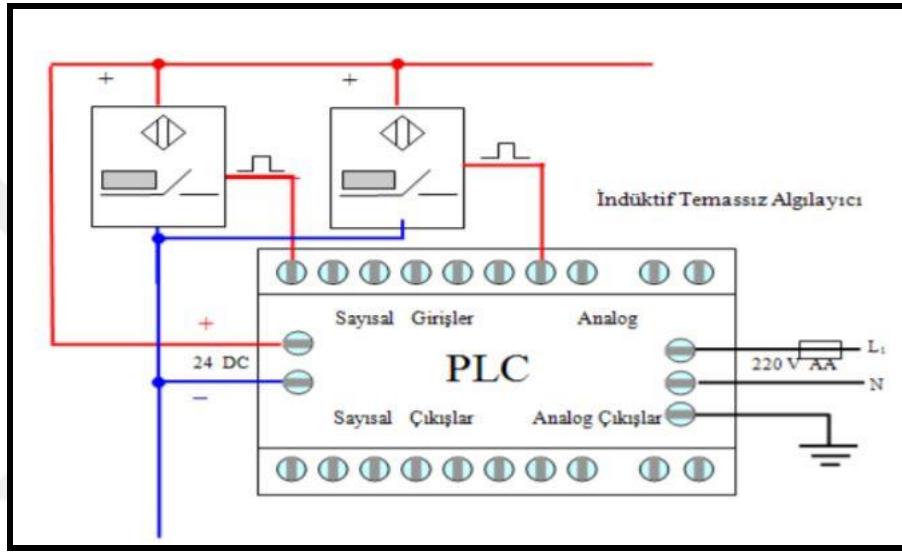
Şekil 1.13. İndüktif algılayıcıların çalışma şekli



Şekil 1.14. İndüktif algılayıcı iç yapısı



Şekil 1.15. İndüktif algılayıcılar



Şekil 1.16. İndüktif algılayıcıların PLC bağlantısı

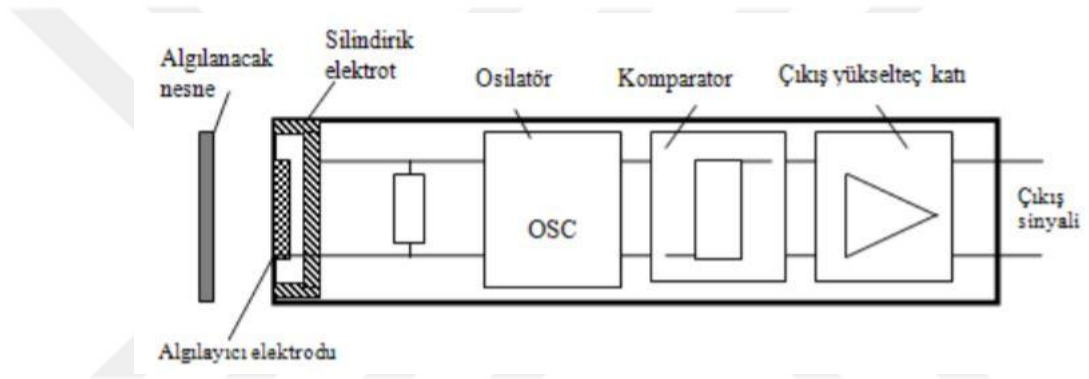
1.2.3.4. Kapasitif algılayıcılar

Kapasitif algılayıcılar metal nesnelere algılamalarının yanı sıra diğer nesnelere de algılayabilen temassız algılayıcılar içerisinde bir türdür. Kapasitif algılayıcılar nesnelere algılama işlemini kapasite değişiminden faydalanarak elektriksel sinyal oluşturarak gerçekleştirirler. Nesnelere algılama mesafeleri İndüktif sensörlere göre daha gelişmiş olup daha uzaktaki nesnelere algılayabilirler. Havayı dielektrik olarak kabul eden RC osilatörü kullanılarak Kapasitif alan oluşturulması prensibine dayalı olarak çalışırlar. Bu prensiple oluşturulan Kapasitif alan içerisinde algılanan nesnelere dielektrik seviyesini değiştirir ve osilasyon frekansı değişmiş olur. Böylece sensör algılama işlemini gerçekleştirir. Sensör yapı olarak osilatör, elektrot, tetikleme ve çıkış kartlarına sahiptir. Sensörün üzerinde bulunan potansiyometre kullanılarak nesnelere algılama mesafesi ayarı yapılabilir.

Kapasitif algılayıcılar yüksek doğrusalığa ve yüksek hassasiyete sahiptir. Manyetik serpintilerden etkilenmezler. Elektriksel serpinti alanlarından yalıtımla korunabilirler. Faraday kafesinden yalıtımla korunabilirler. Şekil 1.17 ve Şekil 1.18’de Kapasitif algılayıcıların yapısı ve şekilleri görülmektedir (Karayazı, 2011).

Kapasitif algılayıcıların kullanım alanları;

- Otomasyon sistemleri ve kumanda devrelerinde,
- Depolama, paketleme ve dolum işlemleri yapılan sistemlerde,
- Endüstriyel sistemlerde,
- Taşıma ve bant sistemleri gibi yerlerde kullanılabilir.



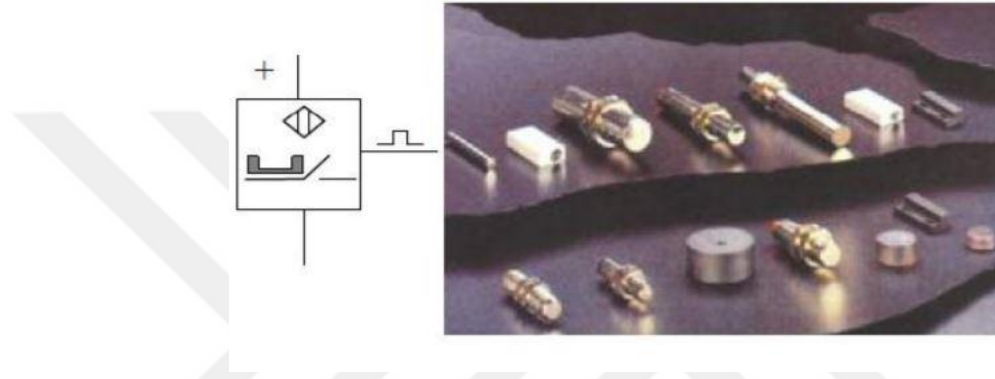
Şekil 1.17. Kapasitif algılayıcıların iç yapısı



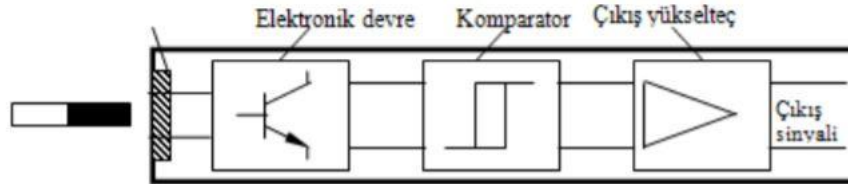
Şekil 1.18. Kapasitif algılayıcılar

1.2.3.5. Manyetik algılayıcılar

Manyetik alana sahip bir nesne, algılayıcıya yaklaştığında Hall-Jeneratörü veya manyetik alan plakası sayesinde algılama işlemi gerçekleşir. Algılama işlemi gerçekleştikten sonra algılanan sinyal, elektronik devrede uygun yükseklikte gerilim seviyesine çevrilir. Bu gerilim seviyesi, komparatör kullanılarak çıkış bölümüne sinyal olarak iletilir. Çıkış bölümünde gerekli anahtarlama işlemleri yapıp çıkış sinyali elde edilmiş olur. Manyetik algılayıcı Şekil 1.19 ve Şekil 1.20’de görülmektedir.



Şekil 1.19. Manyetik algılayıcı sembolü ve çeşitleri

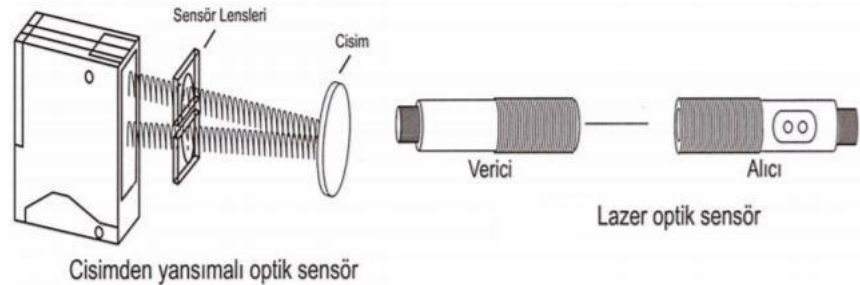


Şekil 1.20. Manyetik algılayıcı yapısı

1.2.3.6. Optik algılayıcılar

Optik algılayıcılar ışık emisyonu prensibi ile çalışır. Bir ışık kaynağından yayılan ışın, algılayıcı tarafından algılanır. Algılayıcı ve yayıcı arasındaki ışık demeti bağlantısı, araya bir nesne girmesi halinde kopar. Bu sayede sensörden çıkış elde edilir. Optik algılayıcılar otomasyon sistemlerinde tercih edilmektedir. Optik algılayıcılar metal olmayan cisimlerin algılanmasında, uzun mesafelerde ve yüksek sıcaklıkta kullanılabilir. Optik algılayıcılarda sensörlerin bulunduğu ortam önem arz eder. Bunun

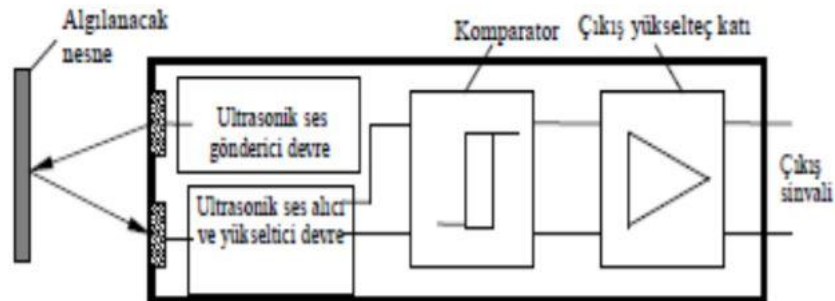
sebebi, tozlu ve kirli ortamlarda optik sensörün çalışma veriminin değişmesidir. Karşılıklı, yansımali ve renk algılayıcı optik sensör olmak üzere çeşitleri bulunmaktadır. Şekil 1.21’de optik algılayıcı sensörü görülmektedir (Karayazı, 2011).



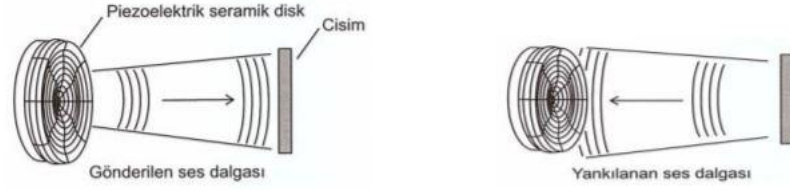
Şekil 1.21. Optik algılayıcılar

1.2.3.7. Ultrasonik algılayıcılar

Ultrasonik algılayıcılar ses dalgalarıyla çalışır. Ses dalgasını yansıtıcıya gönderir ve dalga geri gelir. Ses dalgalarını ölçerek mesafeyi belirlerler ve çıkış sinyali oluştururlar. Ultrasonik algılayıcılara nesnelere yaklaştırıldığında gönderilen Ultrasonik ses dalgaları cisme çarparak alıcı kısma geri gelir. Bu sayede ses dalgası değerlendirilir ve elektronik devrede bir gerilim değeri oluşturulur. Oluşturulan gerilim değeri karşılaştırıcıda kontrol edildikten sonra çıkış bölümüne sinyal gönderilir. Şekil 1.22 ve Şekil 1.23’de Ultrasonik algılayıcı çalışmasına yönelik şekiller görülmektedir (MEGEP, 2011).



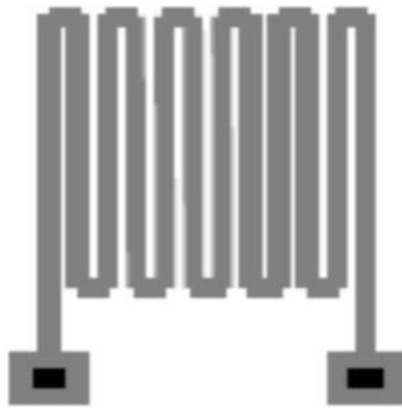
Şekil 1.22. Bir Ultrasonik algılayıcının iç yapısı



Şekil 1.23. Ultrasonik ses dalgası

1.2.3.8. Basınç algılayıcılar

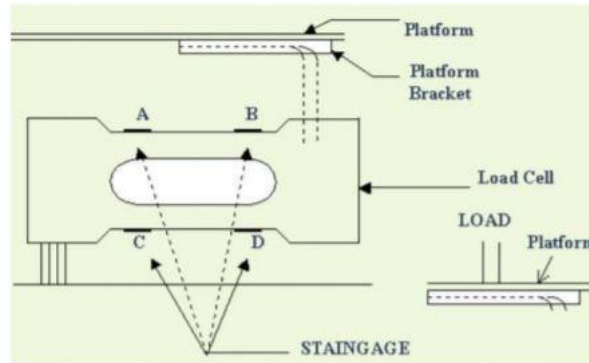
Bu algılayıcılar üst kısımlarına uygulanan basınç kuvvetini, biçimsel olarak değişime uğrayarak elektriksel sinyallere çevirir. Basınç sensörleri Piezoelektrik, Loadcell, Strengçeç ve Kapasitif olmak üzere dört çeşide ayrılır. Kapasitif basınç sensörleri yapısında bulunan kondansatörü kullanarak üzerine uygulanan basınç değerini tespit eder. Strengçeç, metal bir yapıya sahip olup üzerine uygulanan basınç değerini strengçeç telinin uzama ve kışalmasına göre belirler. Strengçeç telinin üstüne kuvvet uygulandığında boyu kısalırken kesiti artar, uygulanan kuvvet kalktığında ise boyu uzar ve kesiti azalır. Bu prensibe göre basınç miktarını hesap ederek sinyal oluşturur. Şekil 1.24’de strengçeç görülmektedir.



Şekil 1.24. Strengçeç

Strengçeçleri kullanarak Wheatstone köprüsünün kurulmasıyla Loadcell basınç sensörleri elde edilir. Strengçeçlere uygulanan basınç sonucunda elde edilen değişim,

Wheatstone köprüsü aracılığıyla elektrik sinyali olarak iletilir. Bu şekilde Loadcell'in çalışma prensibi gerçekleşmiş olur. Şekil 1.25'de Loadcell yapısı görülmektedir.



Şekil 1.25. Loadcell yapısı

Piezoelektrik sensörler kristal yapılu özel bir maddeden meydana gelir. Bu sensörler üzerlerine uygulanan basıncı, küçük değerlerde akım ve gerilime dönüştürerek çalışırlar. Basınç sonucu oluşturdukları akım ve gerilim değerlerini ani olarak üretebilmeleri sonucu, ani basınç değişimi olan sistemlerde daha çok tercih edilmektedirler.

1.2.3.9. Sıcaklık algılayıcılar

Elektronik, mekanik, kimyasal ve birçok sistemin sıcaklıktan etkilenmesinden dolayı sıcaklık değerleri sıklıkla ölçülür. Sistemlerin kumanda edilmesi ve kontrolünün sağlanması için sıcaklığın gözlenmesi önem arz etmektedir. Bu noktada sıcaklık algılayıcılarına görev düşmektedir.

Yaygın olarak kullanılan sıcaklık sensörleri; Entegre devre sıcaklık sensörleri, Termistör'ler (PTC-NTC), Termokupl (ısıl çiftler) ve Termodirenç'ler (RTD)'dir.

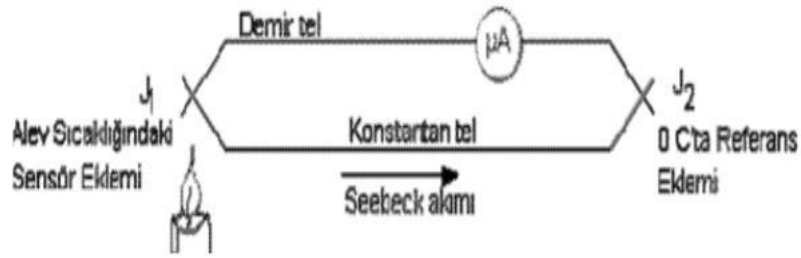
Termodirenç'lerde çalışma mantığı, metal cismin direnç değerinin sıcaklık arttıkça artmasına dayanır. Termodirenç'lerde direnç değerinin artması sonucu sistemdeki hata oranı düşer. Termodirenç'lerin imalatında; demir, bakır, nikel ve platin kullanılmaktadır. Sıcaklığa bağlı olarak direnci değişen bu sistemlerde isimlendirme, 0°C'deki direnç değeri ve üretiminde kullanılan maddeye göre yapılmaktadır.

Bunlara örnek olarak yaygın bir şekilde kullanılan Pt100, Pt1000 verilebilir. Şekil 1.26'da dirençsel sıcaklık sensörleri görülmektedir.



Şekil 1.26. Dirençsel sıcaklık sensörleri

Termokupl (ısı çiftleri) iki metalin uç kısımlarının birleştirilmesiyle oluşturulan sensörlerdir. Termokupl'un içerisinde bulunan iki metalin, birleşmiş olan uçları ısıtıldığında diğer uçları arasında potansiyel fark oluşur. Termokupl'ların çalışma mantığı bu potansiyel fark oluşumuna dayanır. Termokupl'lar yüksek sıcaklıklarda daha çok tercih edilir. Şekil 1.27'de Termokupl'un yapısı görülmektedir.



Şekil 1.27. Termokupl yapısı

Termistörler'in çalışma prensibi Termodirenç'lerle benzerlik göstermektedir. Sıcaklık arttıkça dirençleri artar. Yapılarında bakır, nikel, kobalt ve magnezyum gibi maddelerin karışımı bulunur. Termistörler yarı iletkenlerdir. PTC ve NTC olmak üzere ikiye ayrılırlar. PTC sıcaklığın artmasıyla direnç değerinin artması prensibini benimser. NTC ise sıcaklığın azalmasıyla direnç değerinin azalması prensibine göre hareket eder. Termistörler'in direnç değeri, Termodirenç'lerden daha büyük olduğundan Termodirenç'ler kullanılarak ölçülemeyen sıcaklık ölçümlerinde kullanılırlar. Termistör'ler sıcaklık değişimlerine Termodirenç'lere göre daha hızlı cevap vermektedir.

Entegre devre sıcaklık sensörleri, yarı iletken elemanlar kullanarak sıcaklık değişimi üretir ve akım geçişi oluşturarak çalışır. Bu işlemlerde, genellikle yarı iletken maddeler olan germanyum ve silisyum kullanılır. Silisyum sıcaklık değişimiyle doğru orantılı bir değişim gösterirken germanyum ise sıcaklık değişimiyle ters orantılı bir değişim gösterir. Bu özellik sayesinde iki metalin arasındaki nötr bölge kullanılarak sıcaklık artırılır ve akım oluşturulur. Bu şekilde sıcaklık sensörü çalışma mantığı gerçekleşir.

1.2.4. PLC çıkış elemanları

PLC kullanılarak kontrol ve kumanda edilen sistemlerde, gelen veriler 0 ve 1 mantığına göre programda işlenip çıkış birimine iletilir. Çıkış birimi kendisine iletilen verileri, sistemi kumanda etmek için kullandığı elemanlarına göndererek kumanda işlemini tamamlar. Çıkış birimine bağlı bu elemanlara çıkış elemanları denir. PLC'nin çıkış elemanları; çıkış kontrol lambaları, motorlar, röleler, selenoid valfler, kontaktör gibi elemanlardır.

1.2.4.1. Çıkış kontrol lambaları

Çıkış kontrol lambaları, herhangi bir devrenin çalışıp çalışmadığını gösteren sinyal lambalarıdır. Bu lambalar genellikle neon lambalar olup 220 V ile çalışırlar. Bu lambaların farklı renkleri olup bu renkler, kullanıldığı yere göre bir anlam ifade eder. Örneğin yeşil, kırmızı ve sarı renklerde imal edilen lambalar Şekil 1.28'de görülmektedir. Yeşil lamba cihazın çalıştığını, kırmızı lamba cihazın durduğunu veya alarm durumunu göstermek için kullanılabilir.



Şekil 1.28. Çıkış kontrol lambaları

1.2.4.2. Küçük motorlar

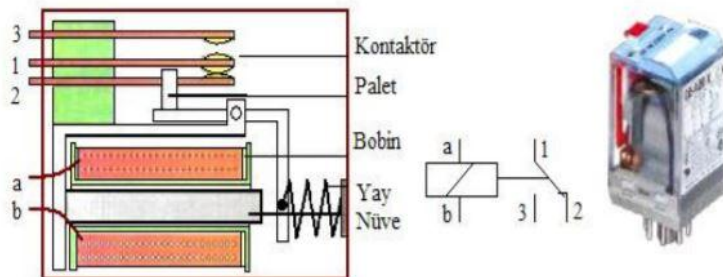
Küçük elektrikli motorlar düşük güç ile çalışan sistemlerde kullanılır. Küçük motorlar genellikle DA ile çalışırlar. PLC bağlantıları röle kullanılarak veya yarı iletken kullanılarak yapılan sürücü devreleri olan transistör veya tristör üzerinden gerçekleştirilir. Şekil 1.29'da küçük güçlü elektrik motorları görülmektedir.



Şekil 1.29. Küçük güçlü elektrik motorları

1.2.4.3. Röleler

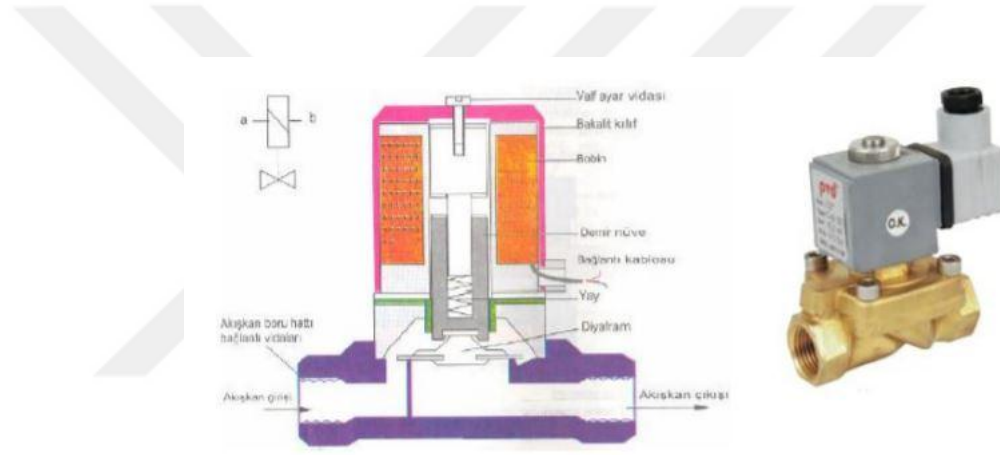
Küçük güçteki elektromanyetik anahtarlara röle adı verilir. Röleler kontaklar, palet ve elektromıknatıs tan oluşurlar. Elektromıknatıs, demir nüve ve bu demir nüvenin üzerine sarılı bobinden oluşur. Bobine gerilim uygulandığında rölede bir enerji meydana gelir. Enerji meydana gelen röle, paletini çeker ve kontakları konum değiştirir. Gerilim kesilirse kontaklar önceki haline döner. Röleler, küçük güçlü motorları PLC'ye bağlamak için kullanılırlar. Büyük güçlü motorları PLC'ye bağlamak için genellikle kontaktörler kullanılır. Şekil 1.30'da röle ve yapısı görülmektedir.



Şekil 1.30. Röle ve yapısı

1.2.4.4. Selenoid valfler

Elektrik akımının manyetik etkisi kullanılarak tasarlanan Selenoid valfler ile elektrik enerjisi doğrusal hareket enerjisine dönüştürülür. Sistemdeki sıvı veya gaz haldeki akışkanı, elektrik sinyaliyle kontrol ederler. Valfin açık (elektrik sinyali yok iken açık) veya kapalı yapılış şekline göre valf; yerçekimi etkisi, yay etkisi veya akışkanın kendi basıncıyla normal konumda iken elektrik sinyali ile meydana gelen manyetik bir alanın sağladığı hareket aracılığı ile normalin aksi konuma girer (açık ise kapatır, kapalı ise açar). Üç yollu selenoid valf türünde genellikle bir müşterek ağız diğer iki ağızdan birine veya diğerine bağlanır. Şekil 1.31’de selenoid valf ve yapısı görülmektedir (MEGEP, 2011).



Şekil 1.31. Selenoid valf ve yapısı

1.2.4.5. Motorlar

Otomasyon sistemlerinde kullanılan motorlar yapılacak işe göre seçilir. Bunlar doğru akım veya alternatif akımda çalışan motorlar olabilir. Günümüzde genellikle alternatif akım motorları kullanılmaktadır. Bunların yapıları basit olmakla birlikte ucuz ve bakım masrafları düşük olduğundan dolayı yaygın olarak tercih edilmektedirler. Otomasyon sistemlerinde kullanılan motorlar, PLC’ye röle veya kontaktör kullanılarak bağlanırlar. Motor sürücü devreleri kullanılarak kontrolü ve kumandası sağlanır. Şekil 1.32’de motorlara örnek görülmektedir.



Şekil 1.32. Motorlar

1.2.5. PLC programlama dilleri

PLC kullanılan sistemlerde gerekli kontrol ve kumanda işlerinin yapılması için mantık örgüsüne ihtiyaç duyulmaktadır. Mantık örgüsü, PLC programlanarak sağlanır. PLC'yi programlamak için değişik yöntemler vardır. Bu yöntemler programlama dilleri olarak adlandırılır. Programlama dilleri teknolojinin gelişimiyle birlikte gelişmektedir. Programlama dili, kontrol edilecek olan otomasyon sisteminin türüne ve programı yazacak olan kişinin tercihinine göre seçenekler arasından biri seçilerek yazılabilir.

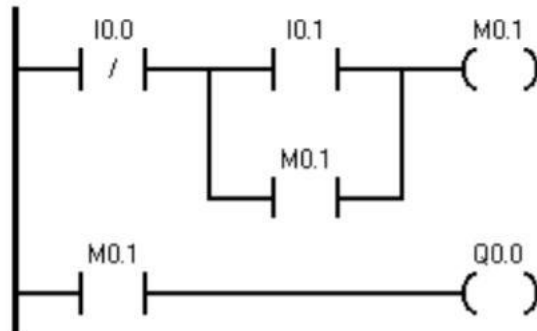
PLC üretimi yapan firmalar, özgün olan programlama dillerini uluslararası standartlara uygun olarak yani genele hitap edecek şekilde tasarlamaktadırlar. PLC'lerde geçmişten günümüze gelen programlama türleri olan merdiven diyagramı ile programlama dili (LAD), komut dili STL (Statement List) ve FBD fonksiyon blok diyagramı kullanılmaktadır. Bu programlama dillerinin temeldeki çalışma mantığı aynı olup zaman içerisinde fonksiyonları artırılarak kullanıcılara sunulmaktadır. Bu programlama dillerinden herhangi biri kullanılarak yazılan bir programda, diğer dillerdeki yazılış şekilleri de program tarafından oluşturulmakta ve kullanıcının yazdığı programı istediği program şekliyle kontrol etmesine imkân tanınmaktadır. Bu programlama dilleri içinde yaygın olarak kullanılan dil merdiven diyagramı ile programlama dili olan aynı zamanda LADDER olarak da ifade edilen programlama dilidir (Demirci, 2012).

1.2.5.1. Merdiven diyagramı ile programlama (LAD)

Merdiven diyagramı ile programlama, kumanda devrelerinde görülen klasik programlama dili olup otomasyon sistemlerindeki programlamanın temelini oluşturmaktadır. Kolay ve anlaşılabilir bir programlama olan Ladder diyagramı, kontaklar kullanılarak elektrik enerjisinin kontrolünü sağlamakta ve mantıksal örgüyü uygulamaktadır.

Devre sembolleri olarak elektrik kumanda devreleriyle benzerlik göstermektedir. Seri ve paralel devre mantığı kullanılmasıyla programların yazıldığı temel ve basit bir PLC programlama dilidir. Kütüphanesinde bulunan kontak ve röle sembolleri alınarak program mantığı içerisinde devreler oluşturulur böylece kontak ve rölelerin üzerine adres değerleri girilerek program oluşturulur.

Ladder programlama dili, lojik mantığa göre kontaklar arasındaki enerji akışının kontrolünü sağlar. Şekil 1.33'de görüleceği üzere sol taraftaki dikey çizgi enerji kaynağını gösterir. Programda bulunan kapalı kontaklar enerji akışına izin verirken açık olan kontaklar enerji akışına izin vermezler. Ladder dilinin öğrenimi, elektrik eğitimi almış kişiler için kolay olup yeni başlayanlar için de daha çok basit devre kullanımı içerdiğinden dolayı tercih edilmektedir. Ladder diyagramı, grafiksel ara yüzünün de geliştirilmeye açık bir yapıda olmasından dolayı tercih edilmektedir (Kurtulan, 2008).



Şekil 1.33. Merdiven diyagramı ile programlama

1.2.5.2. Komut listesi ile programlama (STL)

Programlaması yapılacak olan lojik fonksiyonun komut listesi kullanılarak yazıldığı programlama türüdür. Ladder ve FBD dilleri kullanılarak yazılması zor olan

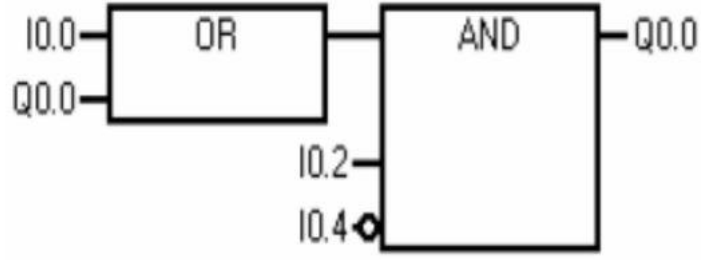
bazı programlar, komut listesi ile kolaylıkla yazılabilmektedir. Yapısı ve yazılımı itibariyle genellikle bilgisayar programcılarının ve programlama konusunda tecrübeli kişilerin tercih ettiği programlama dilidir. Komut listesi, Mnemonic olarak yukarıdan aşağıya doğru sırayla komutların girilmesiyle yazılmaktadır. Bu şekilde yürütülen program sırayla yukarıdan aşağıya doğru komutları uygular. Diğer programlama dillerine göre daha karmaşık olmasına rağmen daha az program hafızası kullanılır. Karmaşık programlama yapısı nedeniyle çok fazla tercih edilmemesine rağmen diğer programlama dillerinde yazılamayan bazı programlar komut listesi ile yazılabilmektedir. Şekil 1.34’de komut listesi ile programlama örneği görülmektedir.

Network 1	Network Title
LD	I0 . 0
LD	I0 . 1
A	I0 . 2
O	Q0 . 1
ALD	
=	Q0 . 1

Şekil 1.34. Komut listesi ile programlama (STL)

1.2.5.3. Fonksiyon blok diyagramı ile programlama (FBD)

Fonksiyon blok diyagramı ile programlamada, merdiven programlamada olduğu gibi kontak ve röleler yoktur. Programlamada, lojik kapıların kullanım mantığına dayanan mantıksal kapı simgelerinin kutu şeklinde gösterildiği kontak ve rölelere eşdeğer komutlar kullanılır. Bu yüzden genellikle lojik elemanlara yatkın olan elektronikçiler tarafından tercih edilmektedir. Bu programlama yönteminde de merdiven diyagramı ile programlama yönteminde olduğu gibi mantıksal ifadeler kolaylıkla oluşturulabilmektedir. Komutlar blok şeklinde kütüphaneden alınarak kullanılır ve blokların girişindeki sinyallere göre çıkış kısmındaki komutlar uygulanır. Şekil 1.35’de fonksiyon blok diyagram kullanılarak oluşturulan komut satırı örneği görülmektedir.



Şekil 1.35. Fonksiyonel blok diyagramı ile programlama (FBD)

1.2.6. Çıkışlarına göre PLC çeşitleri

Otomasyon sistemlerinde kullanılan PLC'ler; dijital göstergeler, röle, motor, kontaktör, selenoid valf gibi birçok elemana çıkış sinyali verirler.

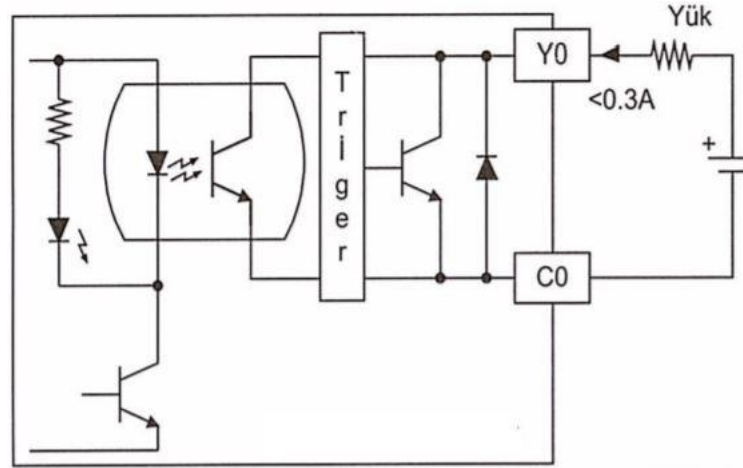
PLC'ler verdikleri çıkış sinyallerini analog veya dijital olarak verebilir. PLC'ler çıkış elemanlarına göre değişik çıkış gerilimlerinde çalışan çıkış devrelerine sahiptirler. PLC'lerin çıkış üniteleri röleli, triyaklı ve transistörlü olmak üzere sınıflandırılır.

1.2.6.1. Transistör çıkışlı PLC

Transistör çıkışlı PLC'lerde, PLC'den düşük akım çekilir. Çekilen akım yaklaşık 0,5 A'dır. Bu PLC'lerde anahtarlama işlemleri hızlıdır. Cevap verme süreleri 0,2 msn gibi çok kısa bir süredir. Bu PLC'lerde Photo Coupler kullanılmaktadır.

Bu tür PLC'lerin bir kısmında pozisyon kontrolü yapılmasına imkân tanımak için pals çıkışları vardır.

Transistör çıkışlı PLC'ler düşük akım çektikleri ve hızlı çalıştıkları için robot, CNC kontrol üniteleri ve otomasyon sistemleri kullanılan endüstriyel alanlarda tercih edilmektedir. Mekanik kontakları olmadığı için aşınma ve gürültü olmaz, bu yüzden uzun ömürlüdürler ve sessiz bir çalışma yapısına sahiptirler. Şekil 1.36'da transistör çıkışlı eşdeğer devre örneği görülmektedir (Karayazı, 2011).



Şekil 1.36. Transistör çıkışı eşdeğer devre

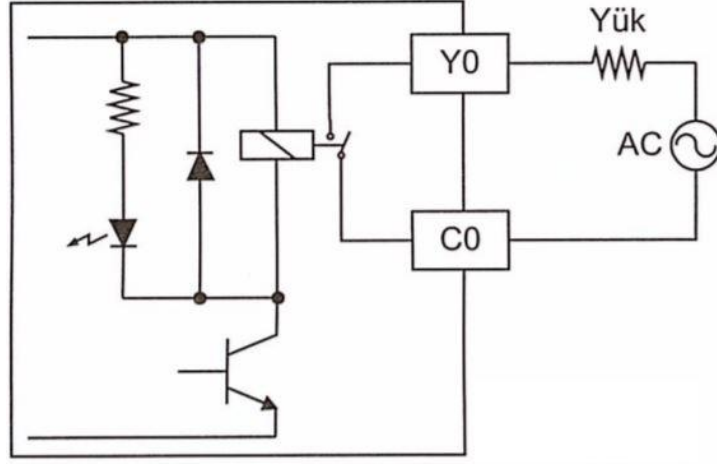
1.2.6.2. Triyak çıkışlı PLC

Triyak çıkışlı PLC'lerde çıkış elemanı olarak triyak veya tristör kullanılmaktadır. Çıkışa verilen gerilim 85 volt ile 242 volt aralığında değişmektedir. Triyak çıkışlı PLC'lerde kontak olmayıp alternatif akım kullanılır.

Triyak çıkışlı PLC'ler cevap verme süresi açısından röle çıkışlı PLC'lere göre hızlı olup, transistör çıkışlı PLC'lere göre daha yavaştır. Bu PLC'lerde çıkış akımları 0,3 A'dır. Pratikte bu tip PLC'ler çok fazla kullanılmamakla birlikte alternatif akım kullanılan röle çıkışlı PLC'ye sahip olan otomasyon sistemlerinde yenileme veya iyileştirme amaçlı kullanılmaktadır.

1.2.6.3. Röle çıkışlı PLC

Röle çıkışlı PLC'lerin çıkış devresi kontak şeklindedir. Bu yüzden PLC hem doğru akımda hem de alternatif akımda kullanılabilir. Çıkış akımları yüksek olup her bir kontakından 2 A'e kadar akım çekilebilir. Kutupları olmadığı için DC motor, elektromanyetik valf gibi birçok alanda kullanılma imkânı vardır. Açma kapama, yani cevap verme süreleri uzun olduğu için çok fazla tercih edilmemektedir. Ayrıca mekanik hareketten dolayı röle kontaklarının zamanla aşınması sonucu bakım gerektirirler. Röle çıkışlı PLC'ler triyak ve transistör çıkışlı PLC'lere göre daha yavaş anahtarlama yaparlar ve çıkışlarından çekilen akım daha fazladır. Şekil 1.37'de röle çıkışı eşdeğer devre örneği görülmektedir (Karayazı, 2011).



Şekil 1.37. Röle çıkışı eşdeğer devre

1.2.7. PLC sistemlerinin avantajları

Kontrol sistemlerinin yeni kullanılmaya başladığı yıllarda, makinelerin elektronik olarak kontrol edilmesi için o makineye özel kontrolör kullanılırdı. Gelişen teknolojiyle beraber birçok makinenin kontrolü tek bir PLC kullanılarak yapılabilmektedir. Bu kolaylık PLC'ye yazılan programın değiştirilerek her bir uygulamaya yönelik yeni bir program yazılması şeklinde gerçekleştirilir. PLC bu işlevselliği sayesinde birçok uygulamada tercih edilmektedir. PLC kullanılmayan klasik kontrol ve kumanda sistemlerinde; çalışma şeklinde yapılacak olan değişikliklerde, kumanda amaçlı kullanılan panoda donanımsal değişiklik yapılarak çözüm sunulmaktadır. PLC kullanılan otomasyon sistemlerinde, çalışma şeklinde yapılacak değişiklik için yazılımda düzenleme yapılarak çözüm sunulmaktadır.

PLC kullanılarak yazılan programın test ve kontrol işlemleri, bilgisayar ortamında ekran aracılığıyla izlenerek sistem kurulmadan test edilebilir ve hatalı noktalar sistem devreye alınmadan önce düzeltilebilir. Programın uygulanması esnasında oluşacak hatalar PLC tarafından algılanarak operatör panelde hata mesajı üretmesi sağlanabilir. PLC'lerde bir döngü tamamlanıncaya kadar geçen süre tarama süresi olarak ifade edilir. PLC'lerde tarama süresi diğer kontrol sistemlerine göre oldukça hızlı olup birkaç msn süresindedir. Tarama sürelerinin kısa olması PLC'lerin en büyük avantajlarından biridir.

Programlama aşamasında merdiven diyagramı (LADDER), komut listesi (STL) ve fonksiyon blok diyagramı (FBD) yöntemlerinden herhangi biri kullanılarak program

yazılabilir. Yapı olarak genellikle yarı iletkenlerin kullanılmasıyla üretilen PLC kapladığı hacim olarak da küçük yer kaplamasıyla başarılıdır. PLC kullanılarak yapılan kontrol panoları da eşdeğerlerine göre daha kullanışlı olmakta ve daha az yer kaplamaktadır. PLC programına, anlamayan kişiler tarafından müdahale edilmesi zordur. Bu yüzden güvenlik açısından klasik kumanda sistemlerine göre daha başarılıdır (Çetin, 2010).

PLC; kullanım kolaylığı, tamir ve bakım masrafları açısından elektromekanik röleli kontrol ve kumanda sistemlerine göre avantajlıdır. Otomasyon sistemlerinde PLC'lerin tercih edilmesinin sebepleri şu şekilde ifade edilebilir:

- Kumanda devreleri, yazılım kullanılarak kontrol edildiği için kumanda devresini oluşturmak PLC ile daha kolay bir hale gelir. Görsel programlama tekniği olan merdiven diyagramı ile programlanması basit bir şekilde gerçekleştirilir.
- Kontrol ve kumanda sisteminin bulunduğu tozlu ve kirli ortamlarda hataya sebebiyet vermeden güvenli bir şekilde çalışırlar.
- Sistemlere montajı kolay olup dayanıklı ve uzun ömürlüdürler.
- Analog ve dijital giriş-çıkışlara sahip olup ek modüller kullanılarak giriş-çıkış sayısı artırılabilir.
- PLC'ler birbirleriyle ve buldukları sistemle haberleşebilir.
- PLC'ler gerek anahtarlama hızı gerek çalışma hızı olarak yüksek hıza sahiptirler, bu sayede kısa sürede kontrol ve kumanda işlemlerini gerçekleştirirler.
- Genelde elektronik bir yapıya sahip oldukları için enerji tüketimleri diğer sistemlere göre daha azdır.
- Tamir ve bakım işlemleri düşük maliyetli ve kolaydır. Bunda hareketli parçalara sahip olmamaları etkilidir.
- Kullanıcılar, kontrol ve kumanda aşamalarını canlı olarak izleyerek müdahale edebilir.
- PLC programlanırken çok sayıda röle, sayıcı ve zamanlayıcı kullanılabilir.
- Program, sistem devreye alınmadan ekran üzerinden test edilerek çalışması değerlendirilebilir.

1.2.8. PLC kullanılan sistemler ve röleli sistemlerin karşılaştırılması

- PLC kullanılan kumanda sistemlerinde; zamanlayıcı, sayıcı ve röle gibi elemanlar dijital olarak bulunduğu için röleli sistemlerde olduğu gibi harici olarak kullanılmasına gerek duyulmaz.
- PLC kullanılan sistemlerde, kumanda devrelerinde kullanılan röle ve kontaktörlerdeki kontak sayısı sınırsız olup istenildiği kadar kullanılabilir. Röleli sistemlerde ise belli bir sayıda bulunmakta olup ihtiyaç halinde eklenmesi gerekmektedir.
- PLC kullanılan sistemlerde yapılacak olan değişikliklerde yazılım kullanılarak değişiklikler yapılır. Röle kullanılan sistemlerde ise değişiklik için sistemin bir bütün olarak sökülüp yeni sisteme uygun olarak yeniden tasarlanması gerekmektedir, bu yüzden masraf gerektirirler.
- PLC'nin kullanıldığı sistemler kolay bir şekilde tasarlanıp kurulabilir. Röleli sistemlerde bu işlem meşakkatli ve karmaşık bir şekilde gerçekleştirilir.
- PLC kullanılan sistemler bellek programına dayandığından hem az yer kaplar hem de güzel bir görünüme sahiptir. Röleli sistemlerde durum donanım programına dayalı olduğundan oluşturulan sistemler çok yer kaplamaktadır.
- PLC kullanılan sistemler maliyet yönünden röleli sistemlere göre daha pahalı olup zaman içerisinde özellikleri ve tercih edildikleri sisteme göre bu dezavantajlarını avantaja dönüştürebilmektedirler.
- Kirli ve tozlu ortamlarda PLC'ler röleli sistemlere göre daha dayanıklı ve daha güvenli bir şekilde çalışırlar.

1.2.9. PLC kullanılan sistemler ve bilgisayarlı kontrol sistemlerinin karşılaştırılması

- PLC kullanılan sistemler endüstriyel ortamlara yani kirli, tozlu ve gürültülü ortamlara uygun olarak tasarlanmıştır. Bilgisayarlı kontrol sistemleri bu konuda daha hassas olup tercih konusunda PLC kullanılan sistemlere göre geri planda kalmaktadır.
- PLC kullanılan sistemler yazılım ve işletme konularında daha iyi ve gelişmiş olup herhangi bir arıza durumunda kolaylıkla çözüm sunabilmektedirler.

- PLC belleğindeki programı belli bir mantığa göre işler ve kumanda eder. Bilgisayarda ise çok sayıda program farklı sıralarda gerçekleştirilir
- PLC yapısındaki CPU içerisinde mikro kontrollü ünite bulunduğundan bilgisayarla benzerlik gösterir. Kontrol ve kumanda işlemlerinde PLC bilgisayara göre ön plana çıkar, programlaması sadece PLC'ye yönelik olup kullanıcıya o konuda hitap etmektedir.
- PLC kullanılan sistemlerde yazılım dili kumanda devrelerine benzediği için programlamada kolaylık sunmaktadır. Bilgisayarlarda ise programlama biraz daha farklı olup öğrenilmesi gerekir (Özer, 2016).

1.3. SCADA Sistemleri

Denetleyici gözetim ve veri toplama SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemi; otomasyon sistemlerinde kullanılan programlanabilir kontrolörler (PLC), döngü kontrolörleri, dağıtılmış kontrol sistemleri (DCS), I/O sistemleri ve akıllı kontrol sistemleri gibi cihazlardan sahadaki verileri gerçek zamanlı ve sürekli olarak toplar. Toplanan bu verileri tanımlanan kriterlere göre değerlendirir ve kullanıcıya belirlenen durumları bildirir. Üretim aşamasında süreci etkileyen çeşitli etkenleri grafiksel olarak veya tanımlanan şekliyle kullanıcının gözetlemesini sağlar. Kısaca sahadaki kontrol noktalarını uzaktan denetlemeye imkân sağlar.

Sahadaki verilerin toplanması ve kablosuz veri aktarma işlemlerinin birlikte yürütülmesi SCADA sisteminin yaptığı işi özetler. Sahadaki verileri toplar, merkezdeki verileri sahaya gönderir, değerlendirir ve bu süreçleri operatör ekranında gösterir. SCADA sistemi sahadaki cihazları görüntülemenin yanı sıra denetimini de gerçekleştirir.

SCADA sistemlerinde elektronik ve mekanik cihazlar ara birimlerle bağlanarak işletme görevlerini yerine getirirler. Kumanda komutları sistemin çalışmasını sağlayan sinyallere ve harekete dönüşürler. Bu dönüşüm işlemleri elektronik algılayıcılar aracılığıyla toplanırlar. Elde edilen bu veriler elektriksel sinyallere çevrilir ve sisteme aktarılır.

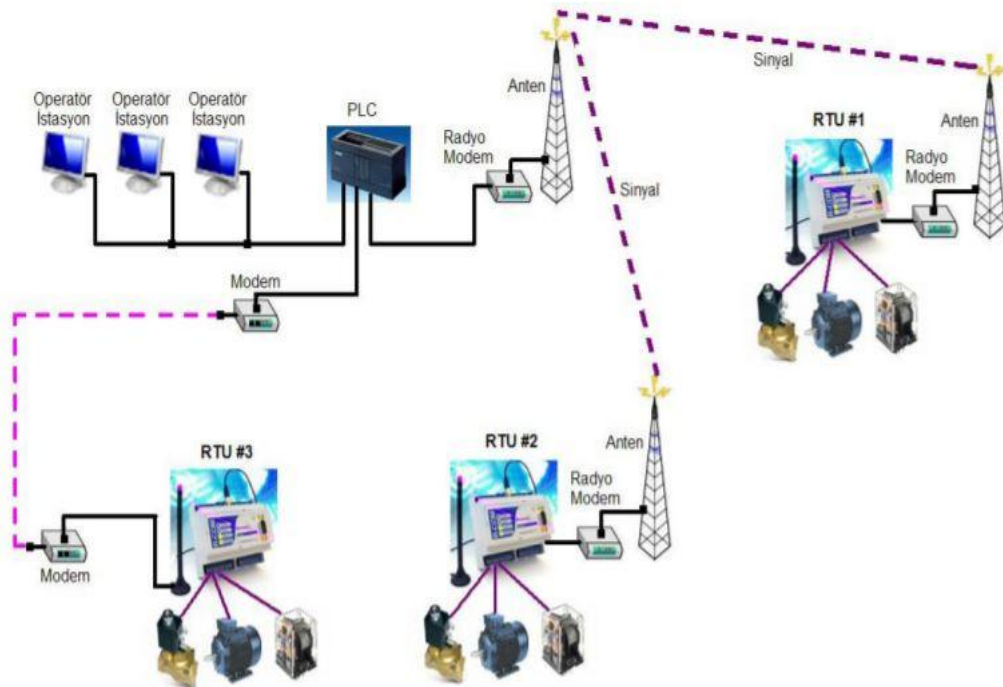
Sisteme verilen komutlar elektriksel sinyallere çevrilerek ısıtıcıların çalıştırılması durdurulması, vanaların açılıp kapanması gibi kumanda edilmek istenen işlemlerin gerçekleştirilmesi sağlanır.

Nükleer güç üretimi, hidroelektrik santraller, doğalgaz üretim sistemleri gibi birçok sistemde SCADA kullanılmakta olup sistemlerin kontrol ve kumanda işlemlerinin detaylı bir şekilde izlenip istenildiği takdirde müdahale edilmesi sağlanmaktadır.

Sistemde yazılım kullanılarak operatörler ekran aracılığıyla izlenir, böylece kumanda işlemi gerçekleştirilir. Herhangi bir arıza durumunda, arızanın sebebinin bulunması ve yer tespiti uzaktan kumanda sayesinde yapılabilir. Alarm durumları oluşturulup buna göre operatörlere bilgi gönderilir ve izleme gerçekleştirilir. Sistemle ilgili bilgiler detaylı bir şekilde veri tabanında saklanır.

Mantıksal olarak SCADA bir yazılımdan ibaret olup bilgisayar kullanılarak kurulum işlemi sağlanır. Yazılım olarak çeşitli seçeneklere sahip olup bunlardan bazıları; WinCC, WinTR, Entivity Studio, Wizcon'dur.

20. yüzyılın sonlarına doğru otomasyon sistemlerinde haberleşmeyi sağlamak için oluşturulan SCADA, aralarında mesafe olan birimlerin birbirleriyle bağlantısını sağlamış oldu. SCADA sistemleri Şekil 1.38'de görüleceği üzere uzak terminal birimleri (RTU), bilgisayarlar, bağlantı hatları gibi elemanları kullanarak haberleşmeyi sağlar (Demirci, 2012).



Şekil 1.38. SCADA sistemi örneği

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Thorvaldsson ve Janestad tarafından yapılan çalışmada, ekmek hamurunun pişirilme sürecindeki kütle ve ısı transferi incelenmiştir. Fırında pişirme işlemi esnasında ekmeğin nem ve sıcaklık değerleri incelenerek çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Thorvaldsson ve ark., 1998).

Purlis ve Salvadori tarafından yapılan çalışmada, ekmek hamurunun pişirilmesi esnasında kabuk ve iç arasında gerçekleşen yaklaşık 100°C'deki buharlaşmanın etkisiyle sıcaklık ve nem içeriğindeki değişmelerin tanımlandığı fenomenolojik bir model geliştirilmiştir. Buharlaşma sayesinde ürün içerisinde iç ve kabuk olmak üzere iki farklı bölge oluştuğunu tespit etmişlerdir. Kabuktaki nem miktarının çok düşük olduğu ve kabuktaki sıcaklığın fırın sıcaklığına çok yakın olduğu bildirilmiştir. İç bölgede ise nem miktarı sabit olup sıcaklığın da yaklaşık 100°C olduğu bildirilmiştir (Purlis ve Salvadori, 2009).

Astrom ve Hagglund tarafından yapılan çalışmada, kontrol uygulamalarında tercih edilen kontrolör olan PID (Proportional İntegral Derivative) kullanılarak sıcaklığın denetimi incelenmiştir. Sıcaklık denetimi konusunda PID yöntemi kullanılması ve PID parametreleri üzerine birçok uygulama gerçekleştirilmiştir (Astrom ve Hagglund, 1995).

Kantaş tarafından yapılan çalışmada, ev tipi elektrikli fırınlarda pişirme performansını artırmak için hava dağıtım kanalı tasarlamıştır. Fırın performansının belirlenmesinde enerji tüketimi ve pişirme kalitesinin önemine binaen literatür araştırmaları yapılmıştır. Hava dağıtım kanalının pişirme performansındaki önemini fark etmiş ve hava dağıtım kanalı tasarlama aşamalarıyla ilgili de araştırmalarda bulunmuştur. Yapılan araştırmalar sonucu fırın içi sıcaklık dağılımını da dikkate alarak deneyler yapılmıştır. Kullanılan programlar sayesinde elde edilen sayısal verilerle nihai hava dağıtım kanalı tasarımı oluşturulmuştur. Bu tasarımdan faydalanılarak bir prototip hazırlanmış ve bu prototiple fırın içi sıcaklık ölçümü de yapılarak sayısal veriler elde edilmiştir. Elde edilen bu sayısal veriler kullanılarak pişirme deneyleri yapılmıştır. Pişirme süresi, sıcaklık dağılımı ve pişme kalitesi karşılaştırılmıştır (Kantaş, 2007).

Yılmaz ve Sarıtaş tarafından yapılan çalışmada, PLC kullanarak ekmek üretimi süreci kontrol edilmiştir. Otomatik ekmek üretim hattı, yoğurma kısmından pişirme kısmına kadar olan süreci kapsamaktadır. Bu süreç üç aşamada değerlendirilmiştir. Bu aşamalar hamur yoğurma, hamur şekil alma ve son olarak da pişirme aşamasıdır. Bu

aşamaları yaklaşık 100 adet giriş, çıkış sayısına sahip üç adet PLC üzerinden kontrol etmişlerdir. Haberleşme için RS232 protokolünü kullanmışlardır. Bu sayede ekmek üretim hattındaki birçok karmaşıklık PLC sayesinde basit bir şekilde çözülmüştür. Üretim hatlarında meydana gelen arızalar azalmıştır. Çalışan işçi sayısı azalmış, yakıt tüketimi düşmüş, ekmek maliyeti düşmüş, kalite artmış ve hijyen sağlanmıştır (Yılmaz ve Sarıtaş).

Edwards ve Spurgeon tarafından yapılan çalışmada, prototip olarak bir seramik fırın tasarlamışlardır. Sıcaklık kontrolünü karşılaştırmak için değişken modlu bir kontrolör uygulaması kullanılmıştır. Yaptıkları karşılaştırmalar ve deneyler sonrasında PID kontrolünün daha verimli olduğunu düşünmüşlerdir (Edwards ve Spurgeon, 1994).

Mankan tarafından yapılan çalışmada, ekmek hamuru tasarımı için farklı çavdar unları kullanılmış ve 8 farklı hamur elde edilmiştir. Elde edilen bu hamurlar Farinograf, Ekstensograf ve Amylograf cihazlarını kullanarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen ekmeğin kalitesinde kullanılan çavdar oranının değişiklik oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Çavdar oranı aynı zamanda ekmeğin hacmini de etkilemiştir. Yapılan deneyler sonucu çavdar unu oranının; ekmek içi rengini, kabuk rengini, dokusunu, elastikiyetini ve tadını etkilediği sonucuna varılmıştır (Mankan, 2008).

Yersel tarafından yapılan çalışmada, PID denetleyicilerin yapısı, tasarımı ve uygulaması araştırılmış ve çift cidarlı (ceketli) reaktör tank ısıtma sistemi tasarlanmıştır. Yapılan bu tasarımda PID yöntemiyle PLC kullanılarak kontrol ve kumanda işlemi sağlanmıştır. Bu tasarım gerçekleştirilirken kontrol sistemleri ve çeşitli denetleyiciler araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda kontrol sistemlerinin, gerçekleştirilen sistemdeki etkileri anlatılmıştır (Yersel, 2007).

Usalan tarafından yapılan çalışmada, demir-çelik ve gıda üretimi sahalarında endüstriyel fırınların kullanılmasından faydalanılarak geniş bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Elektrikli fırınların sıklıkla tercih edilmesinin nedeninin avantajları olduğuna değinilmiştir. Bu avantajlar; çevreci, güvenli, ucuz olması ve depo edilmesine gerek olmamasıdır. Bu avantajlarla birlikte elektrikli fırınlarda sıcaklık kontrolünün de daha kolay olduğu sonucuna varılmıştır. Bu araştırmalar değerlendirilerek PLC sayesinde kontrol sağlanan bir SCADA sistemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu sistem fırının sıcaklığını kontrol etmek için kullanılmıştır. Fırının sıcaklığını uzaktan kontrol ve kumanda etmek amacıyla operatör panel kullanılmıştır. Sıcaklık, sensörler yardımıyla anlık ölçülerek istenen değerle karşılaştırılmış ve en kısa sürede istenen

sıcaklığı sağlamak için fırın gerilimi analog olarak kontrol edilmiştir. Üç farklı PID parametresi kullanılarak yazılım sağlanmıştır (Uşalan, 2015).

Özer tarafından yapılan çalışmada, günümüz teknoloji ve biliminin çok hızlı bir şekilde gelişmesi sonucu ihtiyaçların da aynı oranda artmasından dolayı hızlı, kaliteli ve güvenli üretim sistemlerinin önemine dikkat çekilmiştir. Bu konuda, PLC ve SCADA sistemleri sayesinde kolay, kaliteli ve hızlı bir şekilde üretim sağlandığı yapılan araştırmalar sonucu elde edilmiştir. Prototip bir endüstriyel sistem üzerinde PLC kontrollü bir SCADA sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem uzaktan kumanda edilerek basınç, ağırlık, seviye, sıcaklık ve debi gibi değişkenler kontrol edilmiştir. Yapılan kontrol ile PLC ve SCADA kullanılan sistemlerden etkin bir şekilde faydalanılması amaçlanmıştır (Özer, 2016).

Arseven tarafından yapılan çalışmada, Operatör panelli bir PLC eğitim seti tasarlanmıştır. Tasarım temel ve ileri seviye PLC eğitimini uygulamalı ve basit bir şekilde verebilmeyi amaçlamıştır. HMI kullanımı PLC'den elde edilen giriş ve çıkışların programlanmasını kolaylaştırmıştır (Arseven, 2007).

Mohammed tarafından yapılan çalışmada, sıcaklık kontrol sistemlerini incelemiştir. Çalışmasında, sıcaklık kontrollü bir ısıtma ve soğutma sistemi tasarlamıştır. Geniş sıcaklık aralıklarında çalışmaya imkân tanıyan bu sistem, bir çekme basma test cihazı üstünde uygulanmıştır. Sistemin ısıtma kısmında; yalıtılmış metal hazne, kuru rezistans, güç ayarlayıcı, ısıl çift, hava fanı, röle, yükselteç, mikro kontrolcü ve bilgisayar kullanılmıştır. Haznenin iç kısmında sıcaklık kontrolü için bir K-tipi ısıl çift ve PID kontrolcü kullanılmıştır. Arduino kullanılarak kontrol işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçek zamanlı yapılan uygulamalarda MATLAB paket programı kullanılarak haberleşme ve kontrol sağlanmıştır. Sıcaklık değerini mikrovolt olarak analog bir sinyal ile alan sistem, Arduino'ya takılan MAX31855 yükselticisi ile sinyal milivolt seviyesine yükseltilmiş ve dijitale çevrilmiştir. Sistem sıcaklığı +400 ile -100 °C arasında kontrol edilmiştir (MOHAMMED, 2017).

Hussain tarafından yapılan çalışmada; farklı şekillerde sıcaklık ölçme, kayıt ve kontrol işlemleri incelenmiştir. Termoçift, bimetalik termometre, termistör, klasik termometre, LM35, entegre devre ve infrared termometre ile ölçüm gerçekleştirilmiş olup sonuçları kıyaslanmıştır. Priometre ve ultrasonik sıcaklık ölçümlerini de incelemiş olup elde ettiği sonuçları grafik ve çizelge olarak sunmuştur (HUSSAIN, 2014).

Pekin tarafından yapılan çalışmada, dokunmatik ekran kullanımı içeren sistemler incelenmiştir. Bu incelemede; girdi aygıtları, çıktı aygıtları ve etkileşim yöntemleri

üzerine çalışmalar yapılmıştır. Kurulan prototip sistemde kullanıcı ara yüz elemanları geliştirilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu şekilde bulgu ve sonuçlar elde edilmiştir (PEKİN, 2017).

Pişmişoğlu tarafından yapılan çalışmada, PLC kullanarak bir soğutma sisteminin otomasyonu tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu sistemde, kontrolü sağlamak için PLC ve operatör panel kullanmıştır. Operatör panel ile kullanıcı manuel ve otomatik kontrol gerçekleştirebilmektedir. Bu otomasyon sistemi sayesinde % 20 ile %25 arasında enerji tasarrufu sağlanmıştır (Pişmişoğlu, 2016).

Özdemir tarafından yapılan çalışmada, bir fabrika PLC ve SCADA sistemi ile otomatik ve manuel olarak kontrol edilmiştir. Tasarlanan PLC, SCADA programları ve sistem hakkında detaylı bilgi paylaşımında bulunulmuştur. Kontrol ve kumanda edilen yapı kimyasalları fabrikasında otomatik kontrol sonucu meydana gelen değişimler incelenmiştir. Bir saatlik ve bir günlük zaman dilimlerinde üretilen ürün miktarı ve tüketilen elektrik miktarı otomatik kontrol ve manuel kontrole göre karşılaştırılmıştır (Özdemir, 2015).

Fırın kontrolü, mevcut fırınlarda ısıtıcı elemanın sıcaklığına göre veya fırın içi hava sıcaklığına göre yapılmaktadır. Pişirme esnasında, ışınlama ısı transferinin önemi tespit edilmiştir. Işınlama ısı transferi, kondüksiyon durumunda konveksiyona göre daha etkili olmaktadır. Konveksiyon ile pişirme yapılması durumunda toplam ısı akısının pişirilen ekmeğin farklı yüzeylerine homojen olarak dağıtılamadığı gözlemlenmiştir. Gerçekte, alt ve üst ısı akısı arasında %50 fark oluşması fırınlarda pişirme kalitesi açısından olumlu değildir. Kontrol stratejisi olarak sıcaklık ölçümlerine dayanan geleneksel kontrol stratejilerinin yerine ısı akısına dayanan daha etkili bir yaklaşımın kullanılabileceği ifade edilmektedir (Shaughnessy ve Newborough, 2000).

Ekmeğin yapımında, pişirme sırasında ısı ve su taşınımı üzerine bir çalışma yapılmıştır. Ekmeğin somunları fırında 225 °C’de, 35 dakika süreyle pişirilmiştir. Buğday unu ile pişirilen ekmeğin pişirme sırasındaki sıcaklığı ölçülmüştür. Sonuçlar, yapısal bir değişikliğin gerçekleştiği 70 ± 5 °C’ye kadar merkezdeki su içeriğinin çok az değiştiğini göstermiştir. Bu sonuçlara göre bu sıcaklığa ulaştıktan sonra somun merkezindeki su içeriği, ılık bölgelerden buhar taşınımı nedeniyle arttığı gözlemlenmiştir. Somun içindeki suyun geometrik merkeze değil de en soğuk bölgeye doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir (Thorvaldsson ve ark., 1998).

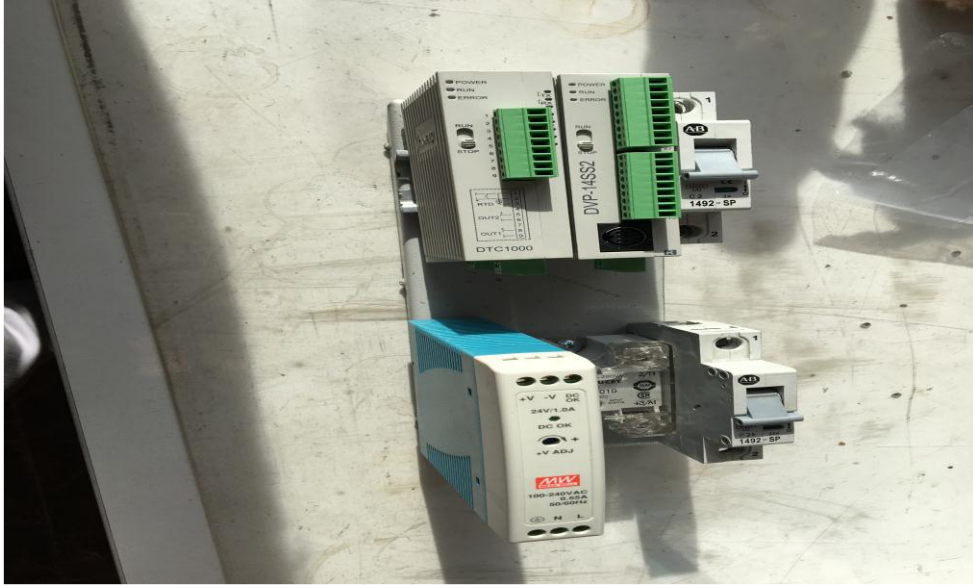
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, tezin amacı doğrultusunda gerçekleştirilen fırın kontrol sistemi ve sistemin elemanları hakkında bilgiler verilmiştir. Uygulama ile yapılmak istenen, evlerde veya endüstride kullanılan fırının; pişirme programı, pişme süresi, sıcaklık ve diğer verilerini PLC ve dokunmatik panel üzerinden ölçerek ve değerlendirerek sistemin kontrol ve kumanda işlemlerini gerçekleştirmektir. Şekil 3.1’de gerçekleştirilen fırının bir fotoğrafı yer almaktadır.

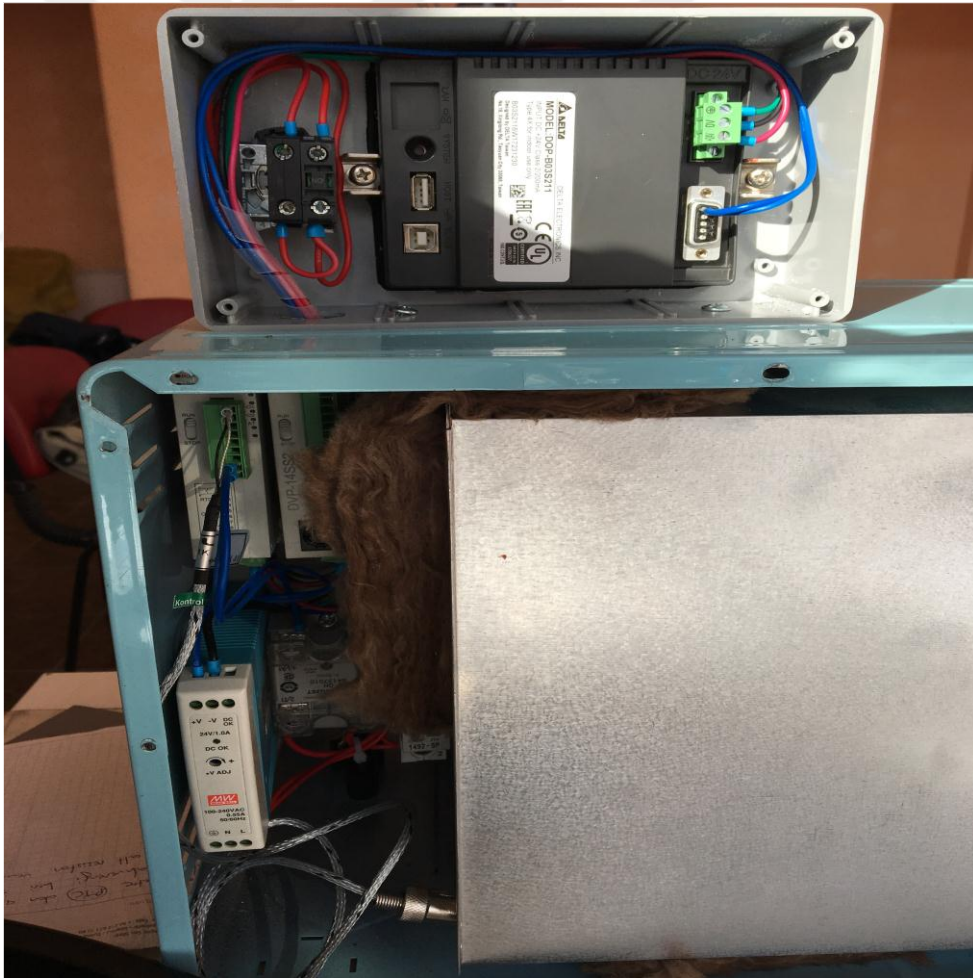


Şekil 3.1. PLC ile fırın kontrol sistemi

Gerçekleştirilen sistemin kontrol ve kumanda işlemi dokunmatik panel üzerinden sağlanmaktadır. Uygulama ile yapılmak istenen; gıdaların akıllı kontrol yöntemiyle pişirilmesi, bu sürecin izlenmesi ve elde edilen verilerin değerlendirilmesidir. Tasarlanan sistemde ev tipi bir fırın kullanılarak gerçek bir akıllı fırın tasarlanmış ve akıllı kontrol için gereken parçalar bir arada kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Kontrol sisteminde kullanılan parçalar



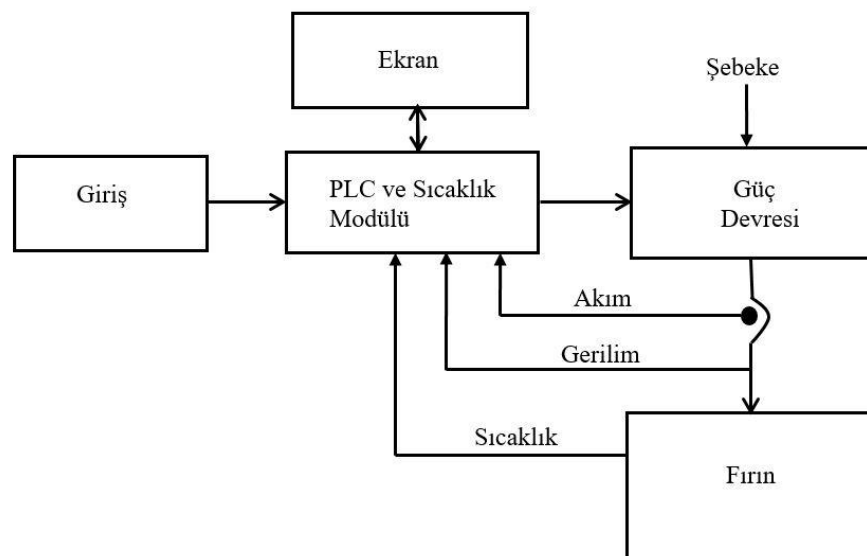
Şekil 3.3. Kontrol sistemi parçaları ve bağlantıları genel görünümü

Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de görüldüğü üzere sistemi kontrol etmek üzere sistem üzerindeki sensörlerden gelen tüm veriler PLC’de işlenip dokunmatik ekran üzerinden takip ve müdahale sağlanmıştır. Sensörlerden gelen bilgiler ile kullanıcının ayarladığı değerler, PLC’ye yüklenen program sayesinde kontrol edilmektedir. Kontrol için gerekli bilgiler çıkış birimi olan rezistans kontrolüne aktarılmıştır.

Gerçekleştirilen sistemde kullanılan PLC, DELTA-DVP14SS211R / 8DI-6DO AC/DC Röle SS Serisi’dir. Bu PLC 8 dijital giriş, 6 dijital çıkış ve 24 V DC beslemeli röle çıkışlıdır. Uygulamada takip ve müdahale, dokunmatik ekran 4.3" TFT Panel (DELTA-DOP-B03S211 / TFT 4.3" 65536 Renk Operatör Panel) ile gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık bilgisini PLC’ye aktarmak için DELTA-DTC1000R PLC modülü kullanılmıştır. Yapılan uygulamada, fırın içi sıcaklık verilerini elde etmek için PT1000 sıcaklık sensörü kullanılmıştır. Kullanıcının, panel üzerinden sistemi programlamasına imkân tanınmıştır. Bilgisayara yüklenebilen program sayesinde kullanıcının sistemi gerçek zamanlı olarak kontrol edebilmesi sağlanmıştır.

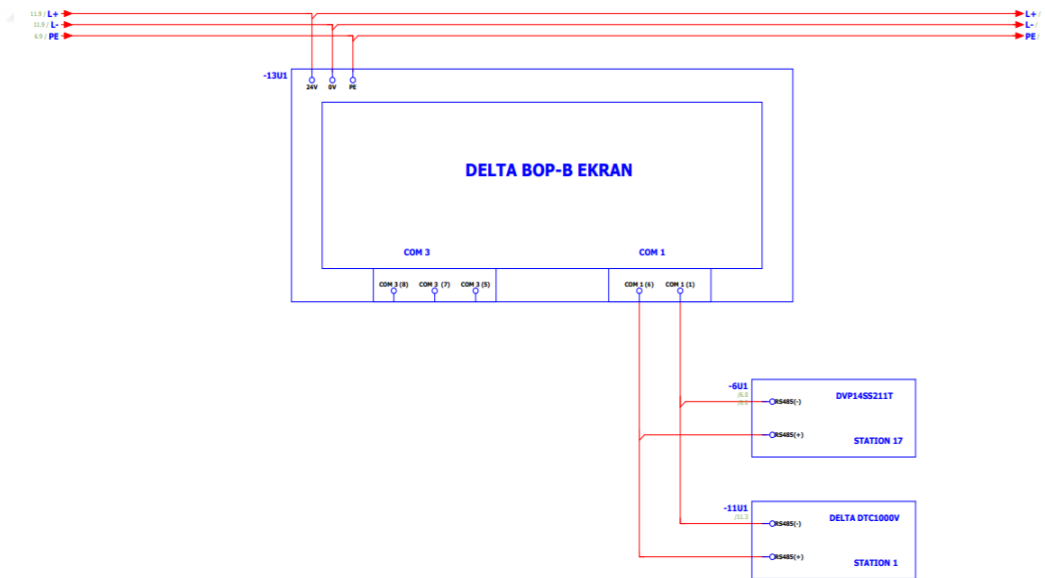
3.1. Akıllı Fırın ve Tasarımı

Bu çalışmada gerçekleştirilen akıllı fırın ve tasarımıyla alakalı blok diyagram Şekil 3.4’de yer almaktadır. Blok diyagramda; akıllı fırın tasarımında kullanılan PLC modülü, sıcaklık modülü, güç kaynağı ve diğer bileşenler gösterilmiştir.



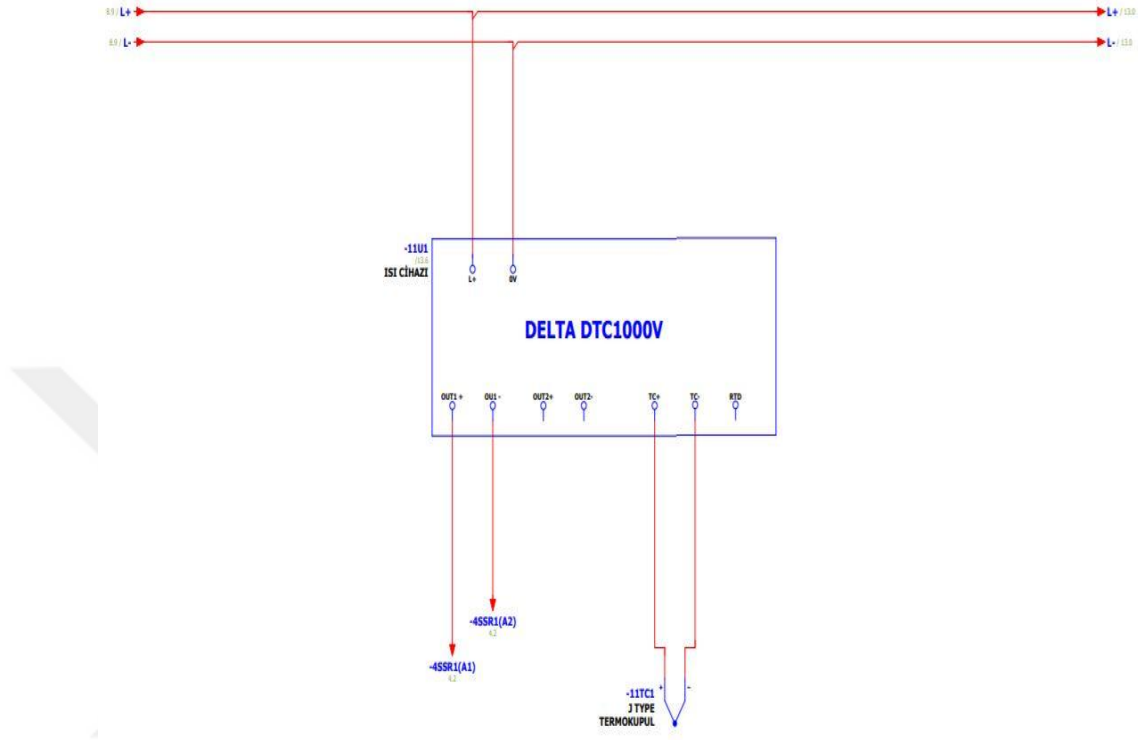
Şekil 3.4. PLC ile akıllı fırın tasarımı ve gerçekleştirilmesi blok diyagramı

Bu blok şemada da görüldüğü üzere akıllı fırın kontrolü programlama yoluyla PLC üzerinden gerçekleştirilir. Dokunmatik ekran üzerinden kontrol, programlamada izin verildiği ölçüde sağlanmaktadır. PLC'deki çıkışlar, 24 V güç kaynağı bağlantısından geçerek fırın kontrolünü sağlamaktadır. PT 1000 sıcaklık sensöründen elde edilen sıcaklık değerleri, gerilim değeri olarak kodlanır. Gerilim değeri olarak kodlanan bu sıcaklık değerleri, DTC 1000 sıcaklık modülüne iletilir. Sıcaklık modülünden gelen bu değerler PLC modülüne iletilir. Akım ve gerilim değerleri ise PLC modülü ile anlık kontrol edilerek geri dönüşleri alınır. Şekil 3.4'deki şemada görülen çevrimdeki ana kontrol PLC'deki program sayesinde gerçekleşmektedir. Programda yapılan düzenlemeler, tasarıma göre sisteme iletilmekte ve bu sayede çevrim sağlanmaktadır. Bu çalışmada tasarlanan devre, Eplan adlı programda devre şemaları çizilerek oluşturulmuştur. Bu sayede devre bağlantılarını detaylı olarak gözlemleme imkânı sağlanmıştır. Şekil 3.5'de görüldüğü üzere Delta Bop-B dokunmatik ekranın DVP14SS211T PLC ile olan bağlantısı ve Delta DTC1000V sıcaklık modülü ile olan bağlantısı görülmektedir. Ayrıca dokunmatik ekranın 24V beslemesi ve topraklama bağlantısı da görülmektedir.



Şekil 3.5. DELTA BOP-B EKTRAN ve bağlantı diyagramı

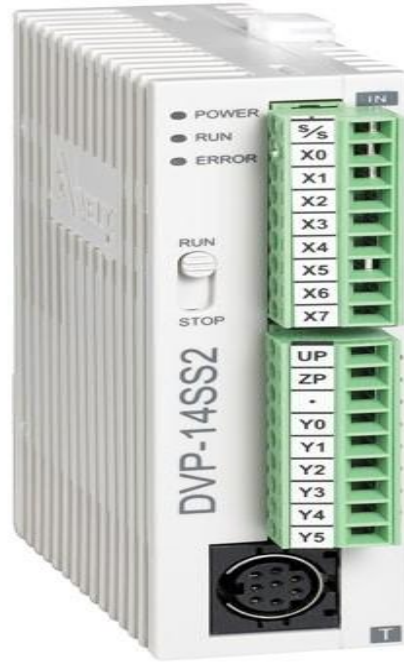
Tasarlanan sistemde ısı modülü olarak kullanılan DELTA DTC 1000V'un da Eplan adlı programda çizimi yapılmış olup Şekil 3.6'da detaylı bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3.6. DELTA DTC 1000V ısı cihazı

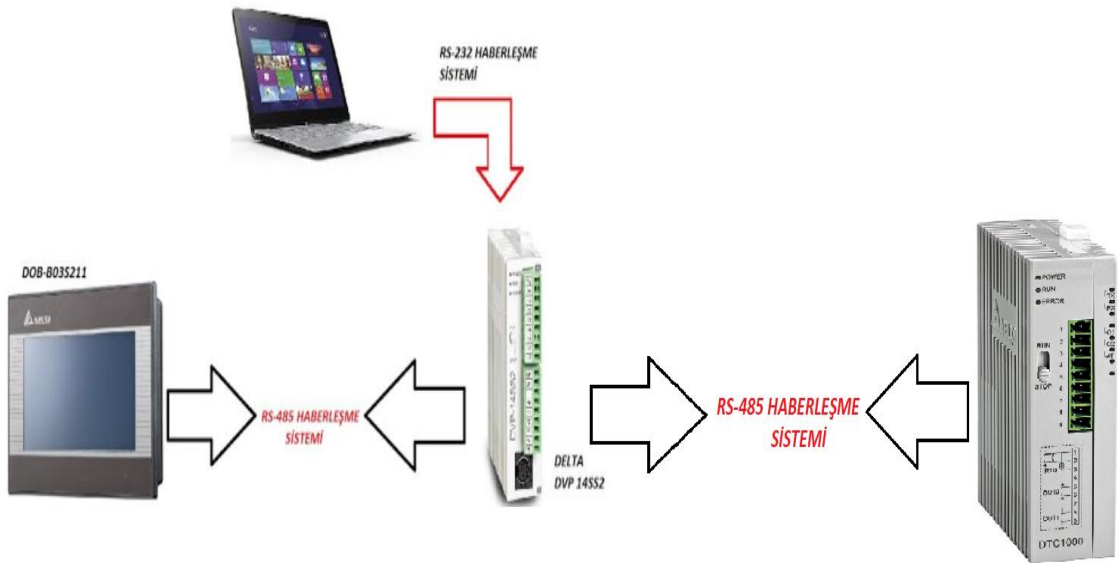
3.2. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici

Gerçekleştirilen sistemde kullanılan PLC, DELTA-DVP14SS211R / 8DI-6DO AC/DC Röle SS Serisi'dir. Kullanılan delta PLC; 8 dijital giriş, 6 dijital çıkış ve 24 V DC beslemeye sahip röle çıkışlıdır. Şekil 3.7'de kullanılan PLC'nin; girişleri, çıkışları ve genel şekli görülmektedir.



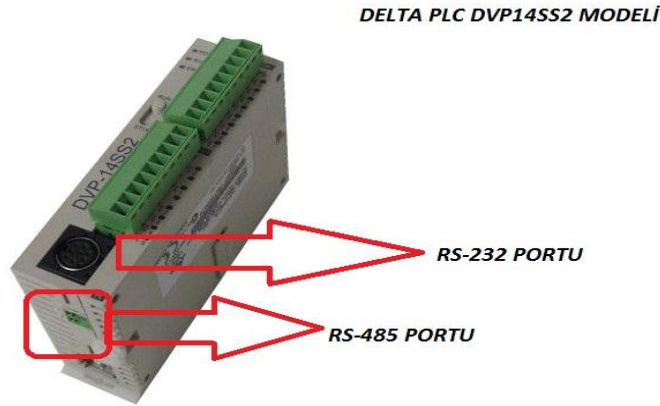
Şekil 3.7. Tasarlanan sistemde kullanılan röle çıkışlı PLC

PLC'nin bilgisayar ve dokunmatik ekranla olan bağlantıları RS-232 ve RS-485 portları kullanılarak sağlanmıştır. Bu bağlantılarla alakalı örnek bir diyagram Şekil 3.8'de görülmektedir.



Şekil 3.8. PLC'nin bilgisayar ve dokunmatik ekranla haberleşme bağlantıları

PLC’de bulunan RS-232 ve RS-485 portları Şekil 3.9’da detaylı bir şekilde görülmektedir.



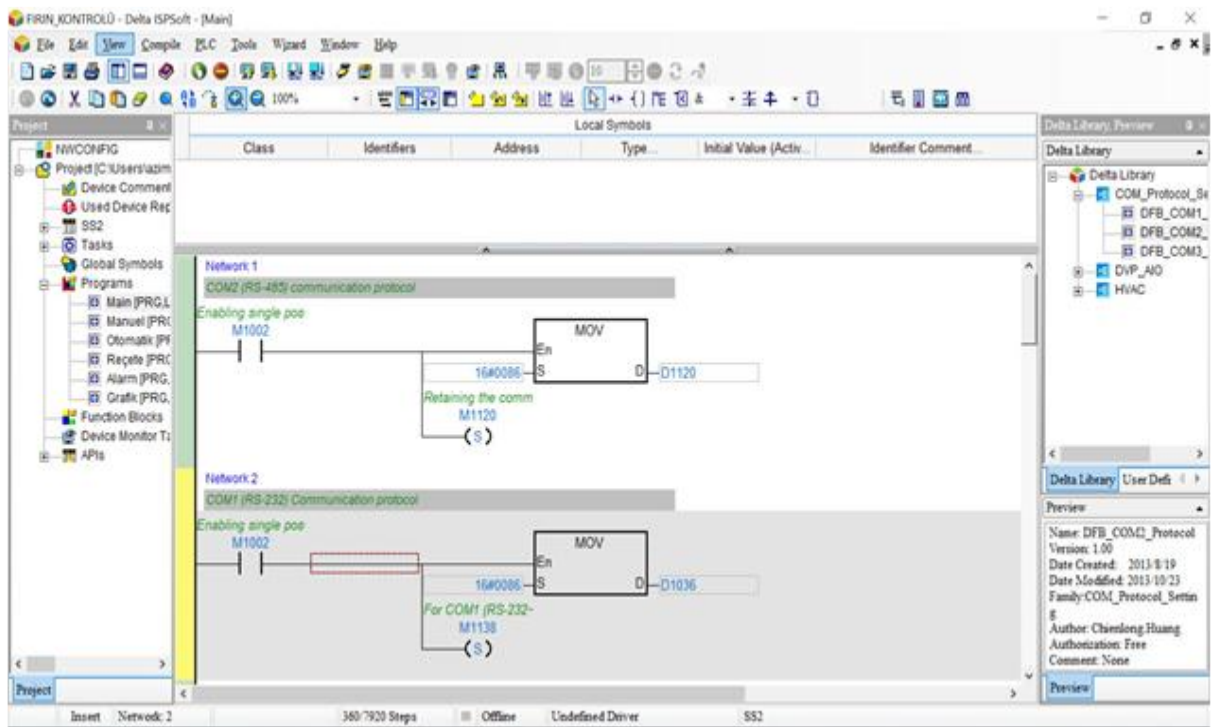
Şekil 3.9. PLC’deki RS-232 ve RS-485 çıkışları

PLC, ISPSOFT V3.02 programı kullanılarak programlanmıştır. Programlama aşamasında merdiven diyagramı olan Ladder ve fonksiyon blok diyagramı olan FBD kullanılmıştır. Programlama aşamasında, modüller ve dokunmatik ekran da göz önüne alınmıştır. Bu sayede ekrandan kontrolü de kolaylaştıracak şekilde gruplandırmalar yapılarak programlar yazılmıştır. Örneğin; pişirilecek gıda manuel olarak pişirilmek isteniyorsa bunun için manuel olarak adlandırılan program kullanılmaktadır. Detaylı bir şekilde hazırlanan programlar sayesinde manuel veya otomatik pişirme seçenekleri ekrandan seçilerek kullanıcı o ekrana gitmektedir.

Programlama aşamasında altı adet blok şeklinde grup program hazırlanmıştır. Bu blok şekiller amacına yönelik olarak adlandırılmıştır. Bu bloklar;

- Main (temel) program
- Manuel program
- Otomatik program
- Reçete programı
- Alarm programı
- Grafik programı şeklinde yazılmıştır.

Bu programlardan; Main (temel) program, genel işleyişle alakalı ana programı oluşturmaktadır. Manuel olan program; pişirilecek olan gıdanın sıcaklık, süre gibi değerlerini manuel olarak kontrol etmeyi amaçlayarak programlanmıştır. Otomatik olan programda, kullanıcı sistemde kayıtlı olan herhangi bir programı seçebilmektedir. Reçete programı kullanılarak kaydedilen programlar ile kullanıcı; kayıtlı olan programı seçtiğinde, bellekteki kayıtlı bilgilere göre pişirme işlemi gerçekleşmekte veya kullanıcı önceden test ettiği süre, sıcaklık ve ağırlık bilgilerini girerek bir program oluşturabilmekte ve bunu otomatik olarak çalıştırabilmektedir. Şekil 3.10'da programlama ekranından bir kesit görülmektedir.



Şekil 3.10. Delta ISPSOFT programı temel program sayfası

Programda, Comment List (yorumlama listesi) oluşturularak belirli harflere atanan değerlerin hangi işlevi gerçekleştireceği kodlanmıştır. Kodlamayla alakalı olarak oluşturulan listelerin bir kısmı Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de görülmektedir.

FIRIN_KONTROLÜ - Delta ISPSoft - [Device Comment List]

File Edit View Compile PLC Tools Wizard Window Help

Project View/Edit Used Device Comment

Device	Comment
D0	HMI SAYFA KONTROL DATASI
D1	HMI Grafik Kontrol Data
D3	REÇETE KONTROL DATASI
D10	HMI SAYFA DURUM DATASI
D21	HMI SAYFA ŞİFRE DATASI
D100	HMI GİRİLEN ŞİFRE
D200	HMI REÇETE NUMARASI
D250	FIRIN SICAKLIK PV
D252	FIRIN SICAKLIK SV
D254	Oto Pişirme Zamanı Hesaplanmış
D256	Pişirme Zamanı Kalan Zaman
D260	Uykuya Geçme Zamanı Hesaplanmış
D262	Pişme Sonrası Durma Zamanı Hesaplanmış
D500	Man. Fırın Isısı Set Değeri
D502	Uykuya Geçme Zmanı Hmı SET
D504	Pişmeden Sonra Durma Zamanı
D506	Grafik Örnekleme Zamanı Set HMI
D514	Test Clock Zamanı Set Hmı
D3000	RC0
D3002	RC1

Şekil 3.11. Programda kullanılan örnek datalar

FIRIN_KONTROLÜ - Delta ISPSoft - [Device Comment List]

File Edit View Compile PLC Tools Wizard Window Help

Project View/Edit Used Device Comment

X	Y	M	S	T	C	D	P	I	
*	Device	Comment							
*	M0	REÇETE YAZ							
*	M1	REÇETE OKU							
	M2								
	M3								
	M4								
	M5								
	M6								
	M7								
	M8								
	M9								
	M10								

Şekil 3.12. Programda kullanılan m komutları

3.3. Sıcaklık Kontrol Modülü

Tasarlanan sistemde kullanılan sıcaklık kontrol modülü, PLC ve PT1000 sıcaklık modülüyle bağlantılıdır. Sıcaklık kontrol modülü; fırının iç kısmındaki sıcaklığı homojen olarak ölçmeyi sağlayan PT1000 sıcaklık sensörü sayesinde elde edilen değeri, PLC modülünde ve dokunmatik ekranda sıcaklık değeri olarak yani santigrat derece (°C) olarak anlık okumamızı sağlar. Tasarlanan sistemde kullanılan sıcaklık kontrol modülü; Delta-DTC1000R, Röle + Röle çıkışlıdır. Sistemde kullanılan sıcaklık kontrol modülünün örneği Şekil 3.13’de görülmektedir.



Şekil 3.13. Sıcaklık kontrol modülü

Sıcaklık kontrol modülü, PT1000 sıcaklık kontrol sensörü tarafından kendisine gelen direnç değerini dijital sinyale dönüştürerek çalışır. Dönüştürme işleminden sonra PLC’ye anlık olarak sıcaklık değerini ileterek kullanıcının sıcaklığı anlık olarak takip etmesine imkân sağlar. Sıcaklık sensörünün sıcaklık modülüyle olan bağlantısı, Şekil 3.14’de görülmektedir.

3.4. Sıcaklık Sensörü

Tasarlanan sistemde kullanılan sıcaklık sensörü PT1000'dir. Isı değerine göre öz direnci değişen elektronik devre elemanıdır. Sıcaklık ölçümünü yapabilmek için üretilmiş olan, ortam sıcaklığı değiştiğinde değeri değişen bir tür dirençtir. Sıcaklık değerine bağlı olarak PT1000'in ürettiği direnç, Callendar-Van Dusen denklemi ile hesaplanabilmektedir. Sıcaklık-direnç değişimleri arasında aşağıdaki formülle belirtilen bir ilişki vardır;

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

$R_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ 'deki direnç ($0\text{ }^\circ\text{C}$ 'de ± 0.1 ohm toleransla 1000 ohm)

$R_t =$ Herhangi bir T sıcaklığındaki direnç

t = Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)

A = 0.390784×10^{-2} C-1 (sabit)

B = 0.578408×10^{-6} C-2 (sabit).

Bu formüle göre sıcaklıktaki her $1\text{ }^\circ\text{C}$ artış, direnç değerinde ortalama 3.84 ohm'luk bir artış demektir. PT1000, tür olarak bir termodirençtir. Termodirençler RTD (Rezistans Termo Direnç) olarak adlandırılırlar.

Termodirençlerin kullanıldıkları sıcaklık ölçüm aralığı 80 ile $600\text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Termodirençler ısındıkça çıkış sinyalindeki direnç değeri parabolik olarak artar. Endüstriyel alanda ve sanayide farklı tiplerde RTD'ler üretilir. Fırında kullanılan PT1000'in sıcaklık kontrol modülü bağlantısı Şekil 3.14'de görülmektedir.



Şekil 3.14. PT1000 sıcaklık sensörünün sıcaklık kontrol modülüyle bağlantısı

Kullanılan sıcaklık sensörü fırının orta noktasına yerleştirilerek daha hassas bir sıcaklık ölçümü yapılması amaçlanmıştır. Bu sayede fırın içi sıcaklığı ortalama bir değer olarak elde edilmiştir.

PT1000 sıcaklık sensörünün ürettiği direnç değeri PLC'ye aktarılırken PLC ile uyumlu olarak seçilen sıcaklık kontrol modülünde işlenir. Sistemdeki sıcaklık ölçümü anlık olarak PLC'ye iletilir. Fırın içi oluşturulmak istenilen sıcaklık değeri, dokunmatik ekran üzerinden veya program üzerinden girilerek sağlanır.

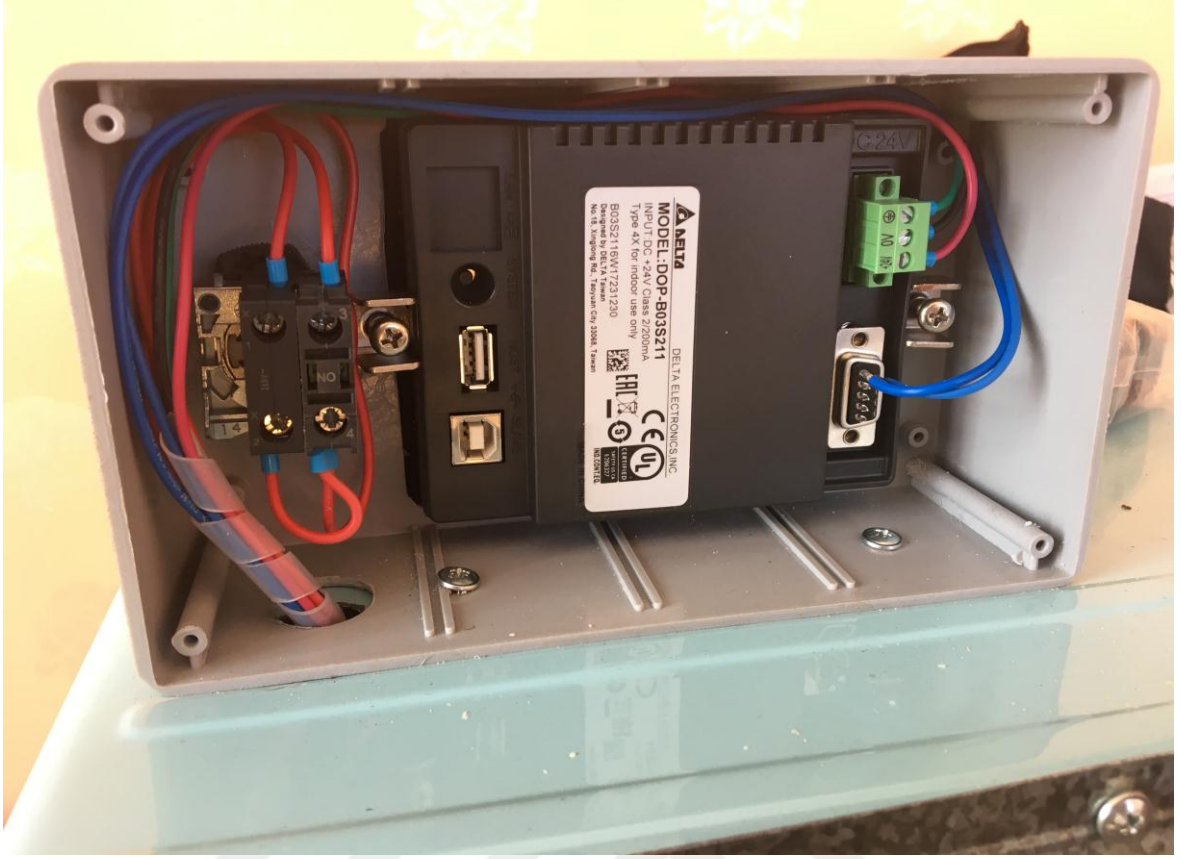
3.5. Dokunmatik Ekran

Tasarlanan sistemde kullanılan dokunmatik ekran; Delta DopB03S211, TFT (Thin Film Transistör), 4.3 inç, 65536 renk (480x272 pixels) operatör panelidir. Kullanılan bu dokunmatik ekran, sistemdeki PLC ile uyumlu ve bağlantılıdır. Bu sayede dokunmatik ekran üzerinden sistem kontrol edilebilmektedir. Kontrol işlemi esnasında

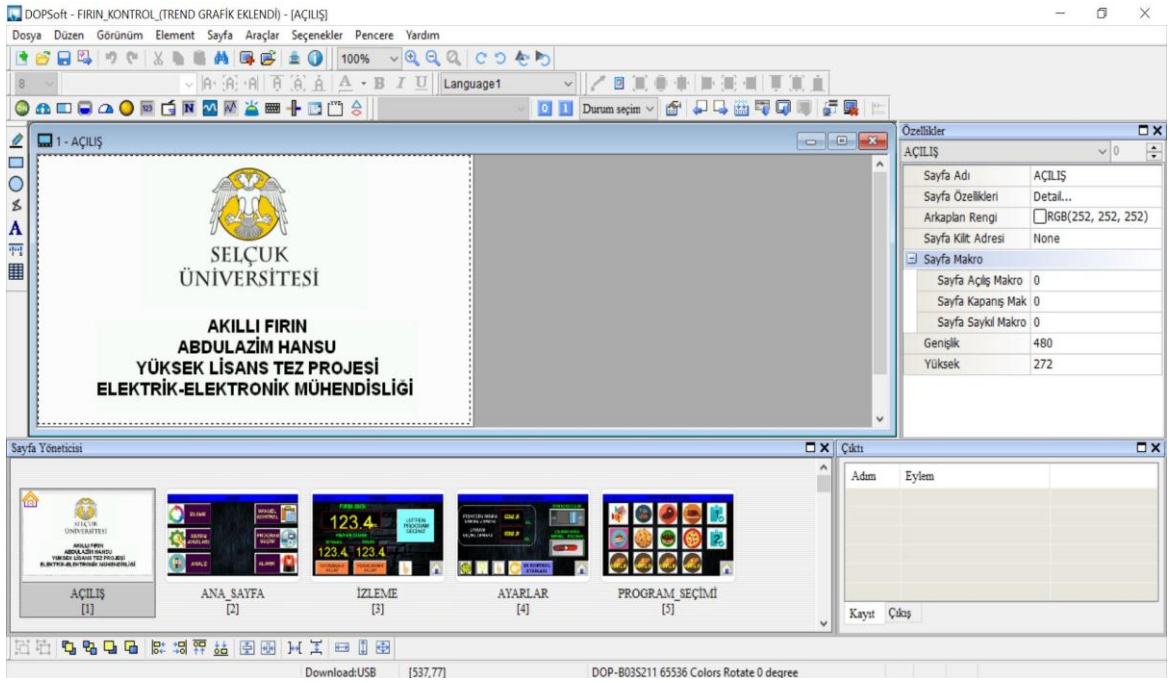
yapılan pişirme işlemini grafiksel olarak anlık izleme imkânı ve kayıt altına alma imkânı da sunmaktadır. Dokunmatik ekranın teknik özellikleri:

- ARM 32-bit RISC işlemci
- Tüm delta ürünleriyle haberleşebilmesinin yanı sıra tanınmış birçok kontrol cihazıyla da haberleşebilme
- USB, COM1(RS232), COM2&COM3 (RS-485/RS-422/RS-232)
- USB&RS-232 güncelleme ve indirme
- 65536 renk TFT LCD
- LED arka ışık
- Programlamada 8 ayrı dil seçeneği
- Üç ayrı porttan aynı anda farklı kontrol cihazlarıyla haberleşebilme
- Reçete güncelleme ve indirme
- Online/Offline simülasyon
- Ekran koruyucu tanımlayabilme
- Takvim ve gerçek zaman saati
- Yardımcı fonksiyon tuşları
- Kullanıcı dostu ekran yazılımı

şeklinde sıralanabilir. Dokunmatik ekranı programlamak için Delta IA HMI DOPSOFT adlı program kullanılmıştır. Dokunmatik ekranın tasarlanan sistemdeki konumu ve programın ana ekranı Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da görülmektedir.



Şekil 3.15. Dokunmatik ekran Dop-B03S211



Şekil 3.16. DOPSOFT programı ana sayfası

Dokunmatik ekran programlanırken kullanıcının kolay bir şekilde müdahale edebilmesi hedeflenerek programlama yapılmıştır. Bu amaca binaen kontrol ekranları oluşturulmuştur.

Program çalıştırılıp ana sayfa açıldığında, Şekil 3.17’de görülen ekran ile karşılaşılacaktır.



Şekil 3.17. DOPSOFT ana ekran

Ana ekranda; izleme, manuel kontrol, sistem ayarları, program seçimi, analiz ve alarm olmak üzere seçenekler mevcuttur. Yapılacak işleme göre bu seçeneklerden herhangi biri seçilebilir. İzleme işlevi seçildiğinde karşılaşılabilecek olan ekran Şekil 3.18’deki gibi olacaktır. Bu ekrandan; pişirme işlemi başlat, ön hazırlama başlat, el işareti, ana sayfa ve program seçimi komutlarından herhangi biri seçilebilir. Bu ekranda aynı zamanda fırının o andaki sıcaklık değeri, istenen sıcaklık değeri ve istenen sıcaklık değerine kalan fark derece cinsinden sayısal değer olarak görülebilir. Aradaki bu sayısal fark, program kısmından ayarlanarak farklı sıcaklık ölçüm değerleri cinsinden de görülebilir.

Bu ekranda ön hazırlama başlat komutu seçildiğinde, fırın pişirilecek olan gıdayı ön hazırlık sıcaklığına getirir ve o sıcaklıkta bırakır. Bu sayede gıda, pişirilmesi istenen sıcaklığa hazır bir hale getirilerek fırında pişirilebilir. Gıda pişene kadar geçen süre, kullanıcıya göre şekillendirilebilir. Bu komut, genelde donmuş gıdalar için tercih edilmekte olup gıdanın çözülmesini sağlar ve pişme işlemine hazır hale getirir.

Pişirme işlemi başlat komutu seçildiğinde, sisteme kaç derece sıcaklıkta ve ne kadar süre pişirme işlemi yapılacağı bilgileri girilerek pişirme işlevi gerçekleştirilir. Pişirme esnasındaki sistem verileri dokunmatik ekrandan izlenebilir.

Ekrandaki el işareti seçildiğinde, dokunmatik kalibrasyon işlemi gerçekleştirilir. Bu sayede dokunmatik hassasiyet güncellenmiş olur.

Program seçim komutu kullanılarak sistemde kayıtlı olan programlardan herhangi bir pişirme programı seçilir ve pişirme işlevi gerçekleştirilebilir.

Ana sayfa komutu, açılış ekranına dönüşü sağlar.



Şekil 3.18. DOPSOFT izleme ekranı



Şekil 3.19. DOPSOFT ayarlar ekranı

Şekil 3.19’da görüleceği üzere, ayarlar ekranı seçildiğinde sistemin genel ayarlamaları yapılabilir.

Çalışma modları olan manuel mod veya program modu seçilebilir. Pişme işlemi gerçekleştiikten sonra rezistans kontrolü sayesinde pişme işleminden sonra durma zamanı seçilerek rezistans kontrolü üzerinden süre kontrolü yapılabilir. Uykuya geçme zamanı seçilerek kaç dakika boyunca işlem yapılmadığında ekranın uyku moduna geçeceği seçilebilir. Uyku modundaki ekran görüntüsü Şekil 3.20’de görülmektedir. Fırın içi ısıtıcılar bu ekrandan açık veya kapalı olarak ayarlanabilir. Bu sayede olası bir program hatası durumunda manuel kontrol sağlanabilir. Saat simgesinden zaman ve tarih ayarları yapılabilir.



Şekil 3.20. DOPSOFT uyku modu ekranı

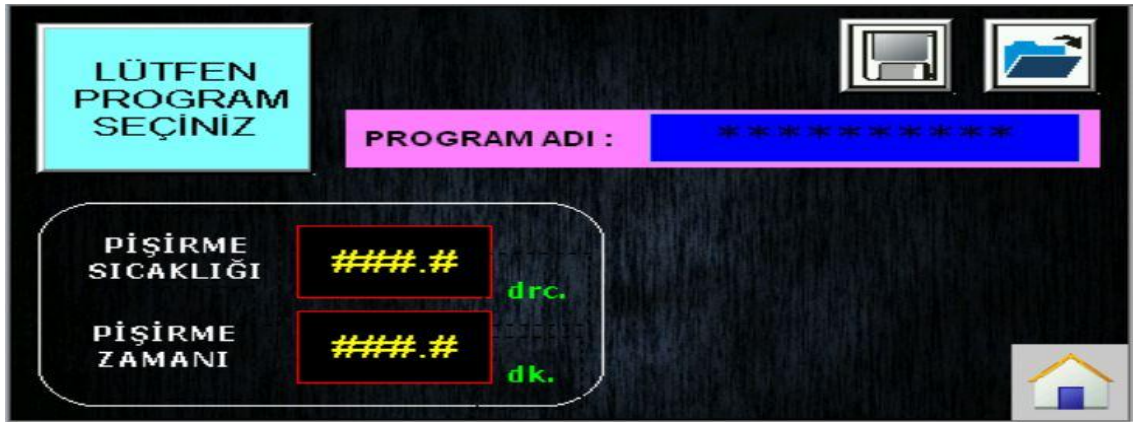


Şekil 3.21. DOPSOFT program seçimi ekranı

Şekil 3.21'deki ekran, ana ekrandan program seçimi komutuna gidildiğinde açılmaktadır. Bu ekrandan pişirilecek gıda türüne göre görsel şekillerden de faydalanılarak seçim yapılabilir. Programda kayıtlı pişirme işlemlerinden herhangi biri gerçekleştirilebilir.

Ekrandaki programlar kullanılarak pişirme işlemi gerçekleştirilmenin yanı sıra iki adet ilave program seçeneği ve dört adet ağırlığa göre ekmek pişirme programı bulunmaktadır.

Görsellik amaçlı balık, tavuk, et, pizza, kek, pasta, kurabiye imgeleri ekrana yerleştirilmiştir. Bu imgelere tıklanarak kayıt işlemi oluşturulabilir ve adlandırılabilir. Kayıt işlemi için açılan ekran Şekil 3.22'de görülmektedir.



Şekil 3.22. DOPSOFT kayıt ekranı

Pişirme işlemi otomatik veya manuel kontrol ile tamamlanır. Sonrasında, pişirme işleminin istenilen sıcaklık ve sürede gerçekleştiğini belirtmek için “Pişirme Tamamlandı” ibareli bir uyarı ekranı çıkar. Bu ekran Şekil 3.23'de görülmektedir.



Şekil 3.23. DOPSOFT pişirme işlemi tamamlandı ekranı

Tasarlanan sistemde, otomatik ve manuel kontrol seçeneklerini geliştirmek için grafik özelliği eklenmiştir. Grafik özelliği kullanılarak pişirilen gıdanın ne kadar sürede, hangi sıcaklık değerlerinde piştiği anlaşılmaktadır. Bu grafik, fırının içindeki anlık sıcaklığı zaman ekseninde göstermekte ve pişirme işlemi esnasında sistemdeki bilgileri kullanıcıya sunmaktadır. Bu grafikteki veriler kayıt edilebilmektedir. Bu verilerden yola çıkarak daha kaliteli pişirme işlemi için fikir geliştirilebilir ve çalışmalar yapılabilir. Kullanıcı, yapacağı bu çalışmalar sonrasında kendisine uygun olan pişirme grafiğinden faydalanarak pişirme programlarını kendine özgü bir hale getirebilir.

Piştirilecek gıdanın gramajı da pişirme işlemi etkilemektedir. Ağırlığı farklı olan gıdalarda pişme süreçleri değişebilmektedir. Gıdanın hacmi ve şekli de pişme sürecinde farklılıklar oluşturmaktadır. Bu etkenler düşünülerek hazırlanan otomatik pişirme programlarında, piştirilecek gıdanın ağırlık bilgisinin de kaydedildiği program oluşturabilmesine olanak sunulmuştur.

Grafikten faydalanılarak gerçekleştirilen pişirme işleminin izlenmesi ve kontrol edilmesi sürecine ait ekran görüntüsü Şekil 3.24'de görülmektedir.



Şekil 3.24. DOPSOFT grafik ekran görüntüsü

Kullanıcı anlık sıcaklık değerlerini grafikten takip edebilir. Grafikte görülen sıcaklık-zaman değerleri, satır sıralaması şeklinde veri olarak da takip edilebilir. Anlık verilerin satır şeklinde sunulduğu ekran, Şekil 3.25’de görülmektedir.



Şekil 3.25. DOPSOFT anlık sıcaklık izleme ekranı

4. UYGULAMA VE ANALİZ

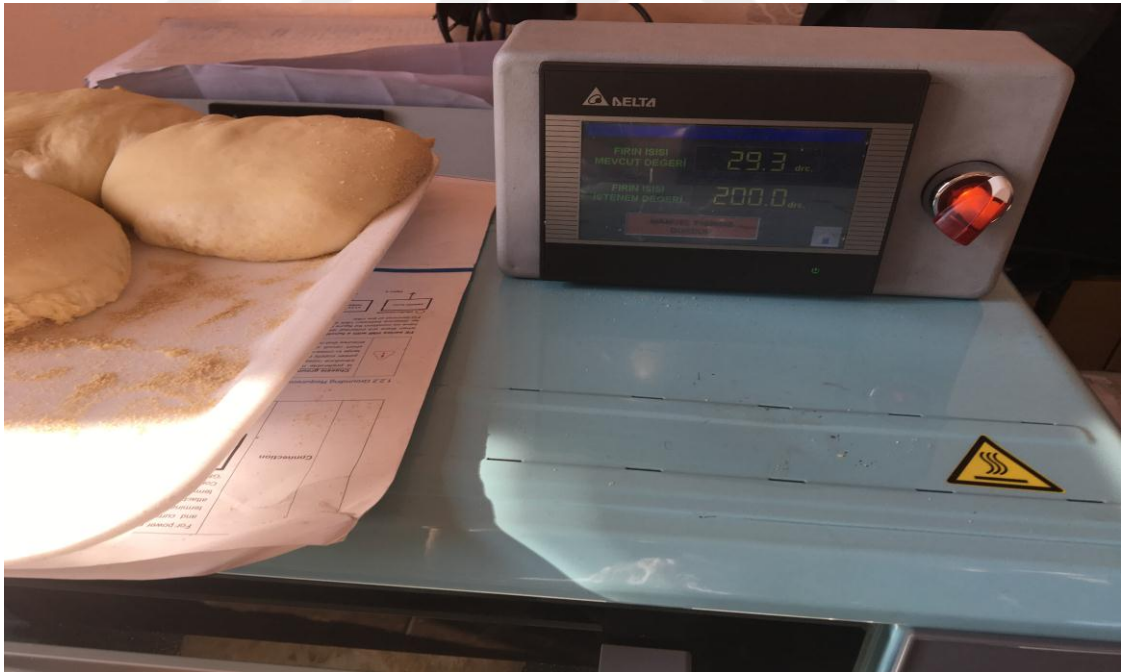
Tasarımı, programlaması ve montaj işlemleri gerçekleştirilen sistemin uygulama aşamasında; pişirme işlemiyle ilgili çalışmalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir. Bu çalışmada, akıllı fırın dokunmatik ekrandan faydalanılarak kontrol edilmiştir. Dokunmatik ekran ile PLC programı olan ISPSOFT ve dokunmatik ekran programı olan DOPSOFT kontrol edilmiştir. Yazılan programın hata vermeden çalıştığı test edilmiştir.

Yapılan uygulama çalışmasında, eşdeğer malzemeler kullanılarak hazırlanan üç farklı ağırlıkta ekmek hamuru kullanılmıştır. Buradaki amaç ağırlığın pişme sürecine etkisini incelemek olmuştur. Şekil ve hacim açısından birbirine benzer olmak üzere hazırlanan üç hamurun ağırlıkları sırasıyla; 220 g, 440 g ve 660 g olarak seçilmiştir. Bu üçlü hamur seti pişirilerek elde edilen veriler kaydedilmiş ve değerlendirilmiştir. Sonrasında; 178 g, 340 g ve 479 g ağırlıktaki ekmek hamurları hazırlanarak pişirilmiştir. Pişme sürecine ait veriler incelenerek ağırlık değişimi zamana göre incelenmiştir. Ekmek hamurlarının piştiğindeki ağırlık değişimleri, yüzde olarak hesaplanmış ve pişen hamurun yüzde olarak ne kadar ağırlık kaybına uğradığı tespit edilmiştir.

Yapılan araştırmalarda ve testlerde, ağırlığın yanı sıra hacmin ve şeklin de pişme sürecinde etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Hacmin ve şeklin çok az miktarda olsa da pişme sürecinde değişiklik oluşturabileceği düşünülerek farklı ağırlıklarda hazırlanan hamurların, şekil ve hacim olarak birbirine yakın olmasına önem verilmiştir. Hazırlanan ekmek hamurları ve fırındaki pişirme işlemine ait görüntü Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Ekmek hamurları pişme görüntüsü



Şekil 4.2. Pişirme süreci dokunmatik ekran görüntüsü

Şekil 4.2'den de anlaşılacağı üzere pişirme işlemine başlama sıcaklığı, o anki ortam sıcaklığı olarak seçilmiştir. Üç farklı pişirme işlemi için de bu başlangıç sıcaklığı

değerinde pişirme işlemi yapılmıştır. Bu değer, pişme süreci verilerinde de detaylı olarak görüleceği üzere ortalama 29 °C'dir.

Hamurları pişirmeye başlarken fırın, oda sıcaklığına getirilmiş ve ekmek hamuru fırına yerleştirilerek pişirme işlemi manuel olarak dokunmatik ekran üzerinden gerçekleştirilmiştir. Öncelikle hamurun ortalama pişme sıcaklığı olan 200 °C hedef alınmıştır. Programa, fırın içi sıcaklığı 200 °C olacak şekilde değer girilmiştir. Pişirme işlemi başlatılmış ve bu süreç gözlemlenmiştir. Bu sürece ait fotoğraflar Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir.



Şekil 4.3. Pişme sürecine ait görüntü



Şekil 4.4. Pişme sürecine ait görüntü



Şekil 4.5. Pişme sürecine ait görüntü

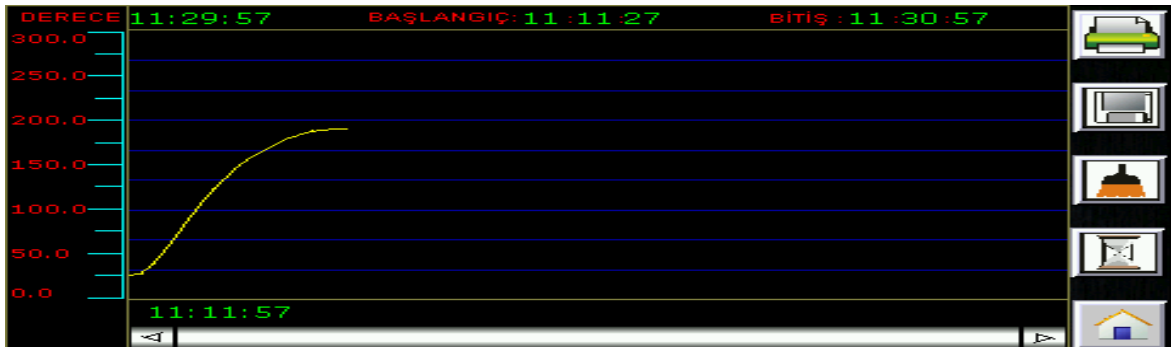


Şekil 4.6. 220 gram ekmek hamurunun pişmiş görüntüsü

3 ekmek hamuru da fırında pişirilerek pişme sürecine ait grafik ve çizelge verileri kayıt altına alınmıştır.

Yapılan uygulamada 220 g, 440 g ve 660 g ekmek hamurları pişirilmiş ve pişme süreçlerine ait veriler elde edilmiştir.

220 gram ekmek hamurunun pişme sürecine ait elde edilen uygulama verileri; Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da görülmektedir.



Şekil 4.7. 220 gram analiz

SAAT	DEĞER
11:11:57	28.0
11:12:57	29.5
11:13:57	39.5
11:14:57	54.0
11:15:57	71.2
11:16:57	89.2
11:17:57	107.3
11:18:57	122.8
11:19:57	135.6
11:20:57	147.3
11:21:57	157.1
11:22:57	165.3
11:23:57	172.4
11:24:57	178.5

Şekil 4.8. 220 gram analiz

SAAT	DEĞER
11:16:57	89.2
11:17:57	107.3
11:18:57	122.8
11:19:57	135.6
11:20:57	147.3
11:21:57	157.1
11:22:57	165.3
11:23:57	172.4
11:24:57	178.5
11:25:57	183.3
11:26:57	187.1
11:27:57	189.5
11:28:57	190.0
11:29:57	190.6

Şekil 4.9. 220 gram analiz

Şekil 4.8 ve 4.9’da görüldüğü üzere; ekmek hamuru, fırın içi sıcaklığı olan 28°C’den itibaren hedef değer 200 °C girilerek pişirilmeye başlanmıştır. Pişirme işlemine saat 11:11:57’de 28 °C’de başlanmış olup 11:29:57’de 190.6 °C’de bitirilmiştir. Hedef değer olan 200 °C’ye ulaşmadan manuel olarak pişirilme işleminin bitirilmesi ekmek hamurunun piştiğinin gözlemlenmesi sebebiyledir. Zaman aralığı hesaplandığında pişirme işleminin 18 dakika sürdüğü anlaşılmıştır.

440 gram ekmek hamuru pişirme sürecine ait elde edilen uygulama verileri; Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de görülmektedir.



Şekil 4.10. 440 gram analiz

SAAT	DEĞER
12:35:11	28.5
12:36:11	29.9
12:37:12	37.6
12:38:11	52.2
12:39:11	70.6
12:40:11	88.9
12:41:12	104.6
12:42:11	119.1
12:43:12	131.4
12:44:12	141.1
12:45:11	149.4
12:46:11	156.2
12:47:11	162.1
12:48:11	167.2

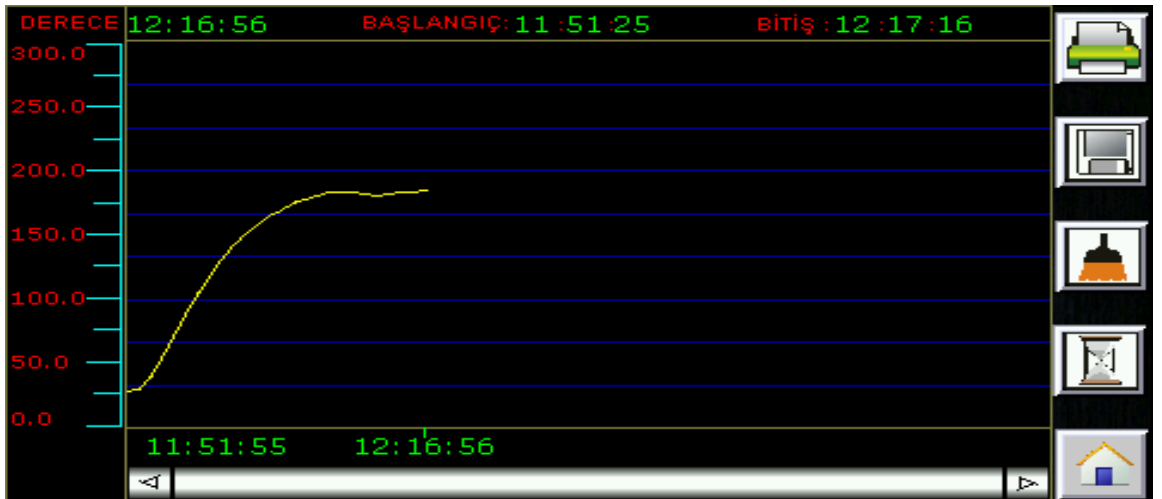
Şekil 4.11. 440 gram analiz



Şekil 4.12. 440 gram analiz

Şekil 4.11 ve 4.12’de görüleceği üzere ekmek hamuru, fırın içi sıcaklığı olan 28.5 °C’den itibaren hedef değer olan 200 °C girilerek pişirmeye başlanmıştır. Pişirme işlemine saat 12:35:11’de 28.5 °C’de başlanmış olup 12:59:12’de 186°C’de bitirilmiştir. Hedef değer olan 200 °C’ye ulaşmadan manuel olarak pişirme işleminin bitirilmesi ekmek hamurunun piştiğinin gözlemlenmesi sebebiyledir. Zaman aralığı hesaplandığında pişirme işleminin 24 dakika sürdüğü anlaşılmıştır.

660 gram ekmek hamurunun pişme sürecine ait elde edilen veriler; Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de görülmektedir.



Şekil 4.13. 660 gram analiz

SAAT	DEĞER
11:51:55	29.0
11:52:56	30.2
11:53:56	39.3
11:54:55	55.1
11:55:55	71.2
11:56:56	88.4
11:57:56	104.4
11:58:55	118.8
11:59:56	130.8
12:00:56	141.6
12:01:56	150.7
12:02:56	158.2
12:03:56	164.4
12:04:56	169.8

Şekil 4.14. 660 gram analiz

SAAT	DEĞER
12:03:56	164.4
12:04:56	169.8
12:05:56	174.1
12:06:56	178.3
12:07:56	181.0
12:08:56	182.6
12:09:56	183.5
12:10:56	183.2
12:11:56	181.3
12:12:56	181.1
12:13:56	182.3
12:14:56	182.6
12:15:56	183.0
12:16:56	184.8

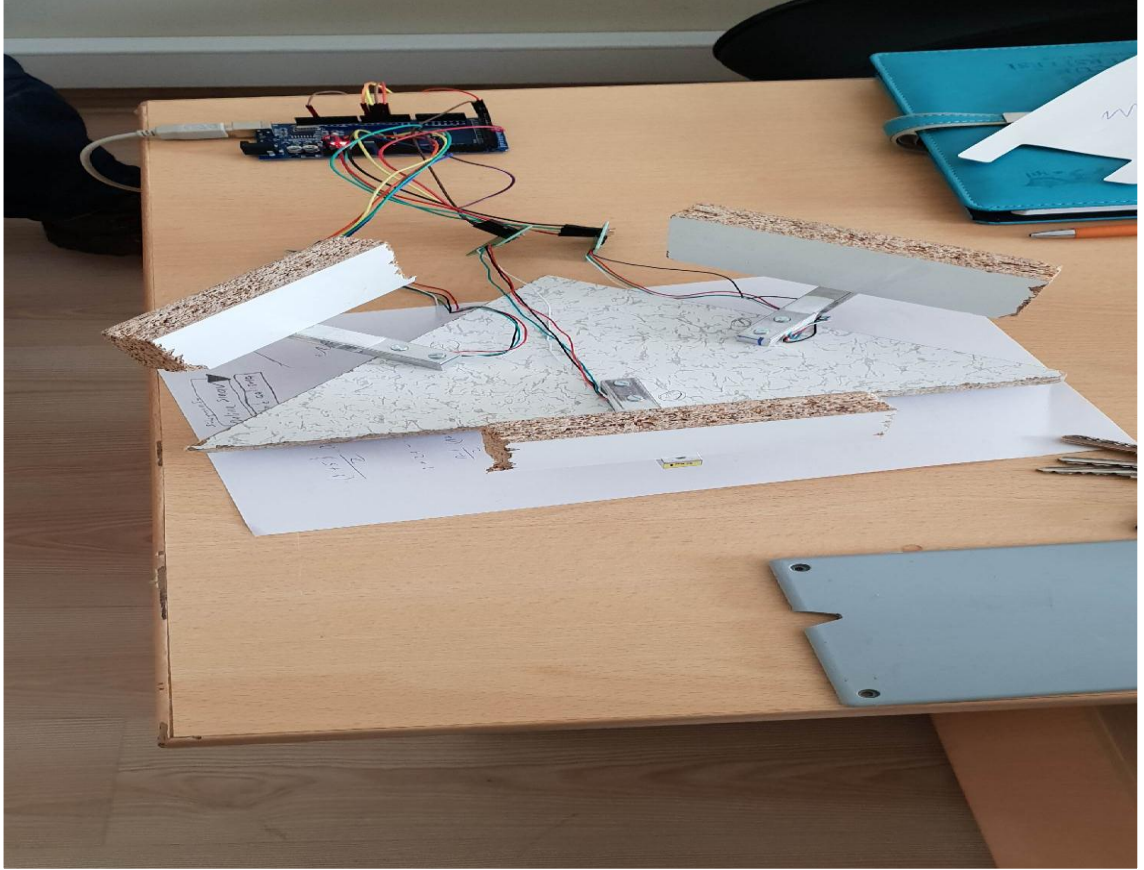
Şekil 4.15. 660 gram analiz

Şekil 4.14 ve 4.15’de görüleceği üzere ekmek hamuru, fırın içi sıcaklığı olan 29 °C’den itibaren hedef değer olan 200 °C girilerek pişirmeye başlanmıştır. Pişirme işlemine saat 11:51:55’de 29 °C’de başlanmış olup saat 12:16:56’da 184.8 °C’de bitirilmiştir. Hedef değer olan 200 °C’ye ulaşmadan manuel olarak pişirilme işleminin bitirilmesi ekmek hamurunun piştiğinin gözlemlenmesi sebebiyledir. Zaman aralığından anlaşılacağı üzere pişirme işlemi 25 dakika sürmüştür.

4.1. Pişme Sürecindeki Ağırlık Değişimi Uygulaması

Aynı özellikte 3 farklı ağırlıkta ekmek hamuru hazırlanmıştır. Bu ekmek hamurlarının ağırlıkları; 178 g, 340 g ve 479 g olarak seçilmiştir. Akıllı fırın, hazırlanan Loadcell sisteminin üzerine yerleştirilerek hamurun pişme esnasındaki ağırlık

değişiminin ölçülmesi ve anlık olarak izlenmesi amaçlanmıştır. Hazırlanan ağırlık ölçümü sisteminde 3 adet Loadcell kullanılarak ağırlığın belirlenmesi hedeflenmiştir. Şekil 4.16'da hazırlanan ağırlık belirleme sisteminin fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 4.16. Loadcell kullanarak ağırlık ölçümü fotoğrafı

Loadcell sisteminin üzerine yerleştirilen fırınla yapılan pişirme işlemine ait fotoğraf Şekil 4.17'de görülmektedir. Şekil 4.17'deki sistem kullanılarak yapılan pişirme işleminde hem anlık sıcaklık değişimi hem de ağırlıktaki değişim ölçülmüştür. Bu şekilde pişirme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.17. Loadcell ve akıllı fırın kullanılarak yapılan pişirme işlemi

Şekil 4.18’de fırındaki pişen gıdanın anlık ağırlık takibini yapabilmek ve veri tabanına kaydedebilmek için hazırlanan C# yazılımının ekran görüntüsü yer almaktadır.

FIRIN AĞIRLIK TAKİBİ	
Com Port	COM4
Dış ortam	26.94
Fırın	96.61
ağırlık1	89
Ağırlık2	42
Ağırlık3	32
Toplam Ağırlık	163

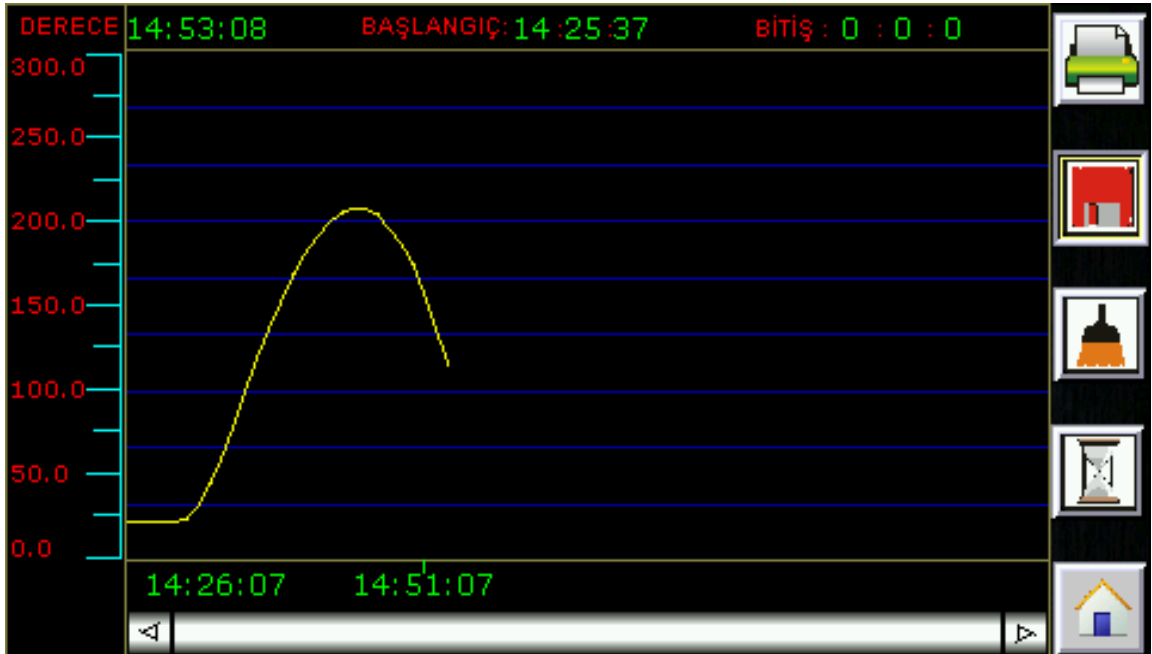
Şekil 4.18. Fırın ağırlık takibi için hazırlanan C# yazılımı

Şekil 4.19’da 178 g’lık ekmek hamuru pişirilirken Loadcell’lerden ve sıcaklık sensöründen C# ile anlık olarak alınan verilerin Access veritabanındaki kayıt görüntüsü yer almaktadır.

id	sıcaklıkDis	sıcaklıkC	Agirlik1	Agirlik2	Agirlik3	ToplamAgirli	zaman
1755	26.87	39.66	87	45	40	172	5.02.2019 14:40:09
1756	26.86	41.69	87	45	39	171	5.02.2019 14:40:17
1757	26.87	43.98	87	45	39	171	5.02.2019 14:40:26
1758	26.91	46.27	87	45	39	171	5.02.2019 14:40:35
1759	26.91	48.66	87	45	39	171	5.02.2019 14:40:43
1760	26.87	51.07	87	44	38	169	5.02.2019 14:40:52
1761	26.87	53.55	87	44	38	169	5.02.2019 14:41:00
1762	26.86	56.05	87	44	37	168	5.02.2019 14:41:09
1763	26.86	58.63	87	44	37	168	5.02.2019 14:41:17
1764	26.86	61.08	88	44	36	168	5.02.2019 14:41:26
1765	26.87	63.73	88	43	36	167	5.02.2019 14:41:34
1766	26.91	66.37	88	43	35	166	5.02.2019 14:41:43
1767	26.87	69.00	88	43	35	166	5.02.2019 14:41:52
1768	26.86	71.51	88	43	35	166	5.02.2019 14:42:00
1769	26.87	74.16	88	43	35	166	5.02.2019 14:42:09
1770	26.83	76.66	88	43	34	165	5.02.2019 14:42:17
1771	26.94	79.38	89	43	34	166	5.02.2019 14:42:26
1772	26.86	81.84	89	43	34	166	5.02.2019 14:42:34
1773	26.87	84.44	89	42	33	164	5.02.2019 14:42:43
1774	26.86	86.92	89	43	33	165	5.02.2019 14:42:51
1775	26.94	89.52	89	42	33	164	5.02.2019 14:43:00
1776	26.94	91.91	90	42	32	164	5.02.2019 14:43:09
1777	26.95	94.22	90	42	32	164	5.02.2019 14:43:17
1778	26.94	96.61	89	42	32	163	5.02.2019 14:43:26

Şekil 4.19. Access programında fırın ağırlık takibi görünümü

178 g ekmek hamuru için yaptığımız pişirme işleminde elde edilen veriler; Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de görülmektedir.



Şekil 4.20. 178 g analiz

SAAT	DEĞER
14:26:07	22.9
14:27:07	23.3
14:28:07	23.4
14:29:07	23.5
14:30:07	23.7
14:31:07	24.9
14:32:07	31.7
14:33:07	44.0
14:34:08	60.6
14:35:07	79.2
14:36:08	99.7
14:37:07	119.1
14:38:08	136.2
14:39:07	152.3

Şekil 4.21. 178 g analiz

SAAT	DEĞER
14:39:07	152.3
14:40:08	167.3
14:41:07	181.1
14:42:07	190.8
14:43:08	198.7
14:44:08	204.1
14:45:08	207.3
14:46:07	207.9
14:47:08	203.9
14:48:08	196.4
14:49:08	186.8
14:50:07	176.1
14:51:07	157.1
14:52:08	136.2

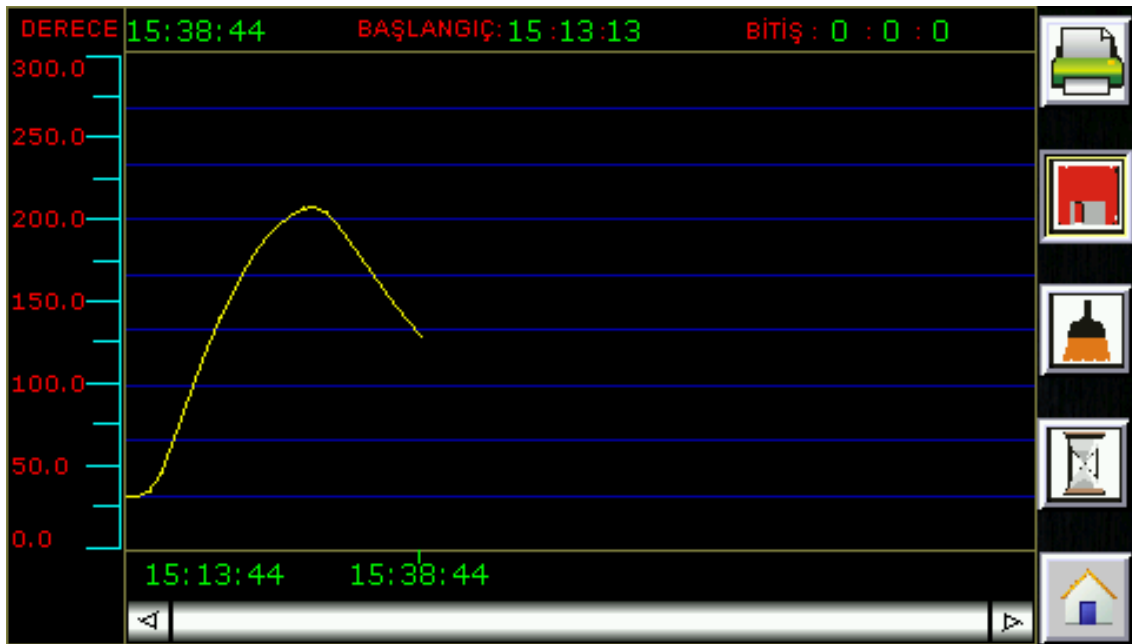
Şekil 4.22. 178 g analiz

Çizelge 4.1. 178 g zamana göre ağırlık değişimi

Ağırlık 1	Ağırlık 2	Ağırlık 3	Toplam Ağırlık	Zaman	Sıcaklık
85	49	44	178	Başlangıç	23.7
85	47	43	175	1. dk.	24.9
87	45	40	172	2. dk.	31.7
87	44	38	169	3. dk.	44.0
88	43	35	166	4. dk.	60.6
90	42	32	164	5. dk.	79.2
90	42	30	162	6. dk.	99.7
89	41	30	160	7. dk.	119.1
90	40	27	157	8. dk.	136.2
91	39	25	155	9. dk.	152.3
94	39	20	153	10. dk.	167.3
94	38	16	148	11. dk.	181.1
95	38	13	146	12. dk.	190.8
94	37	11	142	13. dk.	198.7
95	37	8	140	14. dk.	204.1
90	34	12	136	15. dk.	207.3

Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Çizelge 4.1.'den anlaşılacağı üzere, 178 g ekmek hamuru saat 14:26:07'de 22.9 °C sıcaklıktan itibaren ısıtılmaya başlanmıştır. Pişirme işlemi saat 14:46:07'de sıcaklık 207.3 °C'ye geldiğinde durdurulmuştur. Bu süreçteki ağırlık değişimi de program üzerinden izlenmiştir. Pişirme işlemi başladığında ağırlığı 178 g olarak ölçülmüş olan ekmek hamuru, piştikten sonra 136 g olarak ölçülmüştür. Pişme sürecinde 42 g bir ağırlık kaybı oluşmuştur. Yüzde olarak hesap edildiğinde %24 oranında bir ağırlık kaybı oluşmuştur. Pişme işlemi 15 dk. sürmüştür.

340 g ekmek hamuru için de pişirme işlemi gerçekleştirilmiş ve ağırlık değişimi, tasarlanan Loadcell üzerinden izlenmiştir. Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'de pişirme işlemine ait veriler görülmektedir.



Şekil 4.23. 340 g analiz

SAAT	Değer
15:13:44	33.2
15:14:44	33.0
15:15:44	36.4
15:16:44	45.7
15:17:43	63.8
15:18:44	83.7
15:19:44	103.7
15:20:44	121.9
15:21:44	139.2
15:22:44	154.2
15:23:44	167.8
15:24:44	179.4
15:25:43	188.9
15:26:44	196.4

Şekil 4.24. 340 g analiz

SAAT	DEĞER
15:26:44	196.4
15:27:44	201.8
15:28:44	205.2
15:29:44	206.8
15:30:43	204.1
15:31:43	197.3
15:32:44	188.1
15:33:44	178.0
15:34:44	167.9
15:35:44	157.8
15:36:44	148.2
15:37:44	139.4
15:38:44	131.4
15:39:44	123.9

Şekil 4.25. 340 g analiz

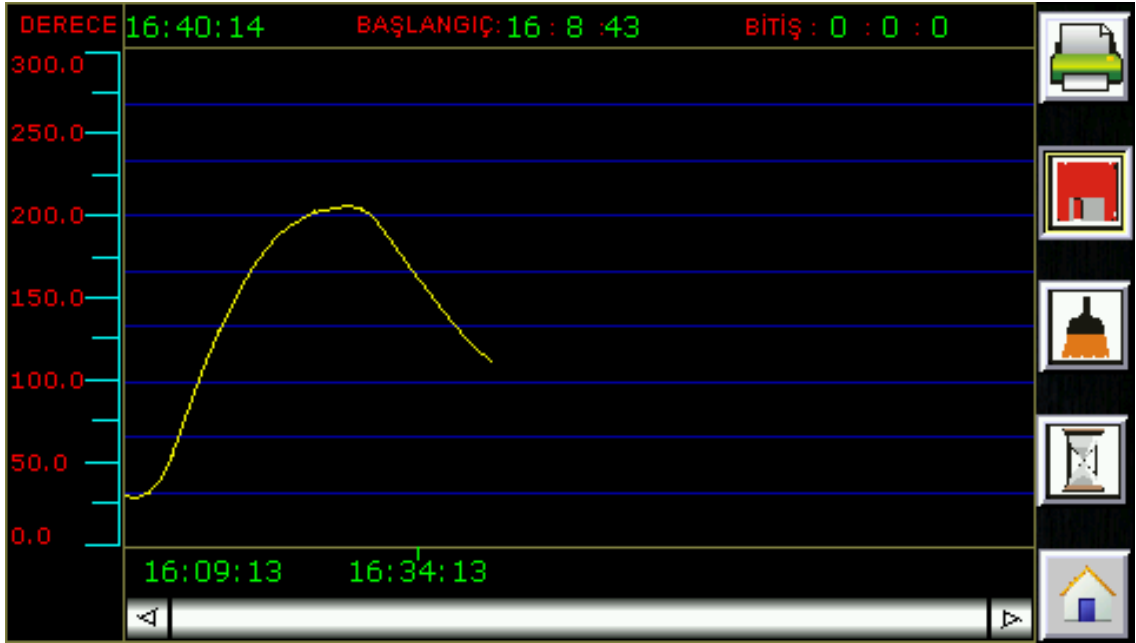
Çizelge 4.2. 340 g analiz

Ağırlık 1	Ağırlık 2	Toplam Ağırlık	Zaman	Sıcaklık
110	230	340	Başlangıç	33.0
102	229	331	1. dk.	36.4
101	228	329	2. dk.	45.7
99	228	327	3. dk.	63.8
98	228	326	4. dk.	83.7
97	226	323	5. dk.	103.7
96	226	322	6. dk.	121.9
94	226	320	7. dk.	139.2
93	226	319	8. dk.	154.2
89	227	316	9. dk.	167.8
88	225	313	10. dk.	179.4
90	220	310	11. dk.	188.9
90	217	307	12. dk.	196.4
89	214	303	13. dk.	201.8
88	210	298	14. dk.	205.2
87	207	294	15. dk.	206.8

Şekil 4.24, Şekil 4.25 ve Çizelge 4.2.'den anlaşılacağı üzere, pişirme işlemine saat 15:13:44'de başlanmış olup sıcaklık 33.2 °C olarak ölçülmüştür. Saat 15:29:44'e kadar sürdürülen pişirme işlemi 206.8 °C'ye kadar sürmüştür. Pişirme işlemi başladığında ağırlığı 340 g olarak ölçülmüş olan ekmek hamuru, piştikten sonra 294 g olarak ölçülmüştür. Pişme sürecinde 46 g bir ağırlık kaybı oluşmuştur. Yüzde olarak

hesap edildiğinde %14 oranında bir ağırlık kaybı oluşmuştur. Pişme işlemi 15 dk. sürmüştür.

479 g ekmek hamurunun pişirme işlemi gerçekleştirilmiş olup zaman ve sıcaklığa göre ağırlık değişimi izlenmiştir. Ekmek hamurunun pişme sürecine ait veriler elde edilmiştir. Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de 479 g ekmek hamurunun pişme sürecine ait veriler görülmektedir.



Şekil 4.26. 479 g analiz grafiği

SAAT	DEĞER
16:09:13	31.4
16:10:13	31.1
16:11:13	33.0
16:12:13	40.2
16:13:13	54.4
16:14:14	74.3
16:15:13	93.9
16:16:13	112.7
16:17:14	129.0
16:18:13	143.6
16:19:14	157.1
16:20:13	169.4
16:21:13	179.0
16:22:14	187.0

Şekil 4.27. 479 g zaman-sıcaklık dökümü

SAAT	DEĞER
16:22:14	187.0
16:23:14	193.6
16:24:13	198.1
16:25:13	201.2
16:26:13	203.1
16:27:13	204.4
16:28:14	205.5
16:29:13	204.6
16:30:13	199.7
16:31:14	192.0
16:32:13	182.5
16:33:13	172.5
16:34:13	162.6
16:35:14	152.9

Şekil 4.28. 479 g zaman-sıcaklık dökümü

Piştirme işlemine saat 16:09:13'de başlanmış olup sıcaklık 31.4 °C olarak ölçülmüştür. Saat 16:28:14'e kadar sürdürülen piştirme işlemi sıcaklık 205.5 °C'ye geldiğinde sonlandırılmıştır. 479 g olan ekmek hamurunun ağırlığındaki değişim Çizelge 4.3.'de görülmektedir.

Çizelge 4.3. 479 g analiz

Ağırlık 1	Ağırlık 2	Ağırlık 3	Toplam Ağırlık	Zaman	Sıcaklık
49	156	274	479	Başlangıç	31.1
47	154	275	476	1. dk.	33
45	154	275	474	2. dk.	40.2
43	153	276	472	3. dk.	54.4
42	152	275	469	4. dk.	74.3
44	151	272	467	5. dk.	93.9
41	149	275	465	6. dk.	112.7
43	153	266	462	7. dk.	129
43	155	263	461	8. dk.	143.6
44	154	261	459	9. dk.	157.1
45	152	258	455	10. dk.	169.4
44	151	256	451	11. dk.	179
44	150	253	447	12. dk.	187
43	149	252	444	13. dk.	193.6
43	147	249	439	14. dk.	198.1
42	147	246	435	15. dk.	201.2
41	146	243	430	16. dk.	203.1
41	145	240	426	17. dk.	204.4
40	144	240	424	18. dk.	205.5

Piştirme işlemi başladığında ağırlığı 479 g olarak ölçülmüş olan ekmek hamuru, piştikten sonra 424 g olarak ölçülmüştür. Pişme sürecinde 54 g ağırlık kaybı oluşmuştur. Yüzde olarak hesap edildiğinde %11 oranında bir ağırlık kaybı oluşmuştur. Pişme işlemi 18 dk. sürmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tasarlanan sistemde yapılan pişirme işlemlerinden elde edilen verilere göre şu sonuçlar bulunmuştur. Bulunan sonuçlar;

- 220 g ekmek hamuru, yazdığımız PLC programı verilerinden elde edilen anlık verilere göre 18 dakikada pişmiştir.
- 440 g ekmek hamuru, yazdığımız PLC programı verilerinden elde edilen anlık verilere göre 24 dakikada pişmiştir.
- 660 g ekmek hamuru, yazdığımız PLC programı verilerinden elde edilen anlık verilere göre 25 dakikada pişmiştir.

Elde edilen bu verilere göre pişirilecek olan ekmek hamurunun ağırlığı pişme süresini etkilemektedir. Pişme süresinin artışı, hacim ve gramajın artışına göre parabolik olarak gerçekleşmektedir. Bu etkinin parabolik olduğu sonucu tasarlanan sistemden elde edilen somut verilere göre değerlendirilip bulunmuştur.

220 g ekmek hamuru 18 dakikada pişmiş olup 440 g ve 660 g olan hamurlar sırasıyla 24 ve 25 dakikada pişmiştir. Pişme süresi, gramajdaki artışla doğrusal bir artış göstermemiştir. Bunun sebeplerinden biri olarak hacim gösterilebilir. 220 g olan ekmek hamuru, 440 g ve 660 g olan ekmek hamurlarından hacim olarak küçüktür. Bu yüzden 220 gramda pişme süreci olan 18 dakika, 440 gramda 24 dakikaya çıkarak 6 dakika gibi bir fark oluşmuştur. 660 gramda ise bu veri 25 dakika olarak elde edilmiş ve 440 grama göre 1 dakikalık bir pişme süreci farkı oluşmuştur. 440 g ve 660 g arasındaki hacim farkı, bu ikisinin 220 g ile olan hacim farkından daha az olduğu için pişme süreleri farkı da daha az olarak elde edilmiştir.

Sonrasında yapılan çalışmada; 178 g, 340 g ve 479 g ekmek hamurları pişirilmiştir. C# programında yazdığımız programı kullanarak Loadcell verileriyle anlık ağırlık takibi kontrol edilmiştir. Bu kontrol PLC'deki ekrandan da süreç olarak izlenmiştir. Yapılan bu kontrolde, fırının darasını aldıktan sonra elde edilen hamur ağırlıklarına göre yapılan pişirme işlemine ait bulunan sonuçlar;

- 178 g ekmek hamuru 15 dakikada pişmiştir. Piştikten sonra 136 g olarak ölçülmüştür. Ekmek hamuru pişme sürecinde %24 oranında bir ağırlık kaybına uğramıştır.
- 340 g ekmek hamuru 15 dakikada pişmiş ve piştiğindeki ağırlığı 294 g olarak ölçülmüştür. Ekmek hamuru pişme sürecinde %14 oranında bir ağırlık kaybına uğramıştır.
- 479 g ekmek hamuru 18 dakikada pişmiş ve piştiğindeki ağırlığı 424 g olarak ölçülmüştür. Ekmek hamuru pişme sürecinde %11 oranında bir ağırlık kaybına uğramıştır.



KAYNAKLAR

- Akçura, D., 2010, PLC ve Asenkron Motor ile Garaj Kapısı Kontrolü, *Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.*
- Arseven, B., 2007, Operatör panelli PLC eğitim setinin hazırlanması.
- Astrom, K. J. ve Hagglund, T., 1995, Advanced PID Control, *Instrument Society of America, Research Triangle Park, North Carolina/USA.*
- Bayazıt, H., 2012, Uygulamalı Plc programlama ve Operatör Panel Konfigürasyonu, *İstanbul, Türkiye., Dora Yayınevi, p.*
- Çetin, R., 2010, S7-200 Plc'lerle Otomasyon Temel Seviye, *Ankara, Türkiye., p.*
- Demirci, A., 2012, Laboratuvar ortamında Scada'nın PLC tabanlı deney setlerinde uygulanması, *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*
- Edwards, C. ve Spurgeon, S. K., 1994, Application of Sliding Modes to the Control of Industrial Furnaces. , *Industrial Electronics, Control and Instrumentation, 1994., IECON '94., 20th International Conference, Bologna.*
- HUSSAIN, H. A., 2014, Temperature measurement and control circuit / Sıcaklık kontrol ve ölçme, *Yaşar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.*
- Kantaş, M., 2007, Ev tipi elektrikli fırınların performansının sayısal ve deneysel incelenmesi.
- Karayazı, B., 2011, Endüstriyel Kontrol 2, *İstanbul, Türkiye., p.*
- Kurtulan, S., 2008, PLC ile Endüstriyel Otomasyon Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 5 (2008). p.
- Mankan, E., 2008, Hamurun fiziksel özelliklerinin çavdar ekmeğinin kalitesi üzerine etkisi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- MEGEP, 2011, Temel PLC Sistemleri, Ankara, Türkiye, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Temel%20Plc%20Sistemleri.pdf: [03.02.2019].
- MOHAMMED, S. A., 2017, Temperature control of a system with small volume in heating and cooling process / Küçük hacimli bir sistemin yüksek ve düşük değerlerde ısıtılması ve soğutulmasında sıcaklık kontrolü, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.*

- Özdemir, R., 2015, PLC and scada system application in a construction chemicals manufacturing plant, Yapı kimyasalları üretim fabrikasında plc ve scada sistemi uygulaması, *Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektronik Mühendisliği Bilim Dalı.*
- Özer, A., 2016, Endüstriyel sistemlerde plc ve scada uygulaması.
- Öztürk, Z., 2000, Örnek Otomasyon Laboratuvarının Geliştirilmesi ve Plc Uygulamaları, *Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.*
- PEKİN, T. S., 2017, Guidelines and principles for efficient interaction on large touchscreens with collaborative usage / İşbirlikçi kullanım ile büyük dokunmatik ekranlarda verimli etkileşim için kılavuz ve kurallar, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Enformatik Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı.*
- Pişişoğlu, A., 2016, PLC ile soğutma sistemi otomasyonu, Cooling system automation with PLC, *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.*
- Purlis, E. ve Salvadori, V. O. J. J. o. F. E., 2009, Bread baking as a moving boundary problem. Part 1: mathematical modelling, 91 (3), 428-433.
- Shaughnessy, B. ve Newborough, M. J. A. T. E., 2000, Energy performance of a low-emissivity electrically heated oven, 20 (9), 813-830.
- Thorvaldsson, K., Skjöldebrand, C. J. L.-F. S. ve Technology, 1998, Water diffusion in bread during baking, 31 (7-8), 658-663.
- Usalan, M. A. S., 2015, Bir endüstriyel fırın otomasyonu / Automation of an industrial furnace, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi.*
- Yağımlı, M. ve Akar, F., 2008, Programlanabilir Lojik Denetleyiciler, *İstanbul, Türkiye.*, Beta Yayınevi, p.
- Yersel, M. A., 2007, PID Yönteminin PLC'de Yazılarak Gerçeklenmesi: Çift cidarlı reaktör tank sıcaklık kontrolü örneği.
- Yılmaz, H. ve Sarıtaş, M., Ekmek Üretim Hattında PLC Cihazının Kullanılması.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Abdulazim HANSU
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Sivas-01.04.1990
Telefon : 05425261453
Faks : -
e-mail : azimhansu@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Yılı
Lise	: Özel Enderun Fen Lisesi, Karatay, Konya	2003-2006
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2010-2014
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2014-
Doktora	: -	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014-...	Konya Büyükşehir Belediyesi	Elektrik Elektronik Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Autocad
PLC

YABANCI DİLLER

İngilizce
Almanca