

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**UZAKTAN ERİŞİMLİ SOĞUTMA DENEY SETİ TASARIMI VE
GERÇEKLEŞTİRMESİ**

Tolga ORHANOĞLU

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Özgür SOLMAZ**

MANİSA-2024

Tolga
ORHANOĞLU

UZAKTAN ERIŞİMLİ SOĞUTMA DENEX SETİ
TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRMESİ

2024

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zekâ ve program kullanmadığımı beyan ederim.

Tolga ORHANOĞLU



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Tolga ORHANOĞLU
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özgür SOLMAZ

Bu çalışmada uzaktan erişim imkânı sunan bir soğutma deney setinin tasarımı ve gerçekleştirilmesi ele alınmıştır. Soğutma sistemleri, mühendislik eğitiminin önemli bir parçasını oluşturmaktadır ve bu sistemlerin teorik ve pratik uygulamalarının öğrenilmesi, öğrencilerin bilgi ve beceri kazanması açısından büyük önem taşımaktadır ama geleneksel laboratuvar ortamlarında yapılan deneyler, mekânsal ve zamansal sınırlamalar nedeniyle her zaman mümkün olamamaktadır. Bu durum, uzaktan erişimli deney setlerinin geliştirilmesine olan ihtiyacı doğurmuştur. Bu çalışmada öncelikle soğutma sistemleri ve uzaktan erişimli laboratuvarların genel yapısı hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra uzaktan erişimli soğutma deney setinin tasarım süreci detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Tasarım aşamasında kullanılan donanım ve yazılım bileşenleri, sistemin çalışması için gerekli olan veri toplama ve kontrol mekanizmaları ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Deney setinin gerçekleştirilmesi aşamasında sistemin prototipi oluşturulmuş ve çeşitli testler yapılarak performansı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uzaktan erişimli soğutma deney setinin etkin bir şekilde çalıştığını ve eğitim amaçlı kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca sistemin kullanıcı dostu arayüzü ve esnek yapısı sayesinde, farklı seviyelerdeki öğrencilerin ihtiyaçlarına uygun deneyler yapılabilmesi mümkündür. Genel olarak bu çalışma kapsamında geliştirilen uzaktan erişimli soğutma deney seti, mühendislik eğitiminde önemli bir boşluğu doldurmakta ve öğrencilere pratik deneyim kazandırma imkânı sunmaktadır. Bu tür sistemlerin yaygınlaşması, eğitim kalitesinin artırılmasına ve daha fazla öğrencinin laboratuvar deneyiminden faydalanmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Erişim, Soğutma, Deney Seti, Tasarım, Uzaktan Eğitim.

2024, 99 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Tolga ORHANOĞLU
Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Education
Department of Energy Systems Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Özgür SOLMAZ

The design and execution of a remote-accessible cooling experiment set are covered in this work. Cooling systems are a significant component of engineering education, and understanding the theoretical and practical applications of these systems is crucial for students to acquire knowledge and skills. However, due to scheduling and space constraints, it is not always possible to conduct experiments in traditional laboratory settings. The creation of remote access experiment sets has become necessary as a result of this circumstance. The overall layout of remote access labs and cooling systems are covered first in this paper. The remote access cooling experiment set's design methodology is then thoroughly described. A detailed discussion is held on the hardware and software components that were employed during the design process, as well as the data gathering and control methods that are necessary for the system to function. A prototype of the system was developed during the experimental set's implementation, and its functionality was assessed by a battery of tests. The acquired findings demonstrate the effectiveness of the remote access cooling experiment set and its potential for usage in educational settings. Additionally, studies may be tailored to meet the demands of students at various levels because of the system's flexible structure and user-friendly interface. All things considered, the remote access cooling experiment set created for this research closes a significant gap in engineering education and gives students the chance to get real-world experience. The extensive use of these technologies will help raise educational standards and increase the number of students who can benefit from laboratory experience.

Keywords: Online Access, Cooling, Experiment Set, Design, Online Education.

2024, 99 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans kabul sürecinden başlayıp, tez çalışmamın bitiş sürecine kadar her türlü bilgi ve tecrübelerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Özgür SOLMAZ'a ve tez çalışmam süresince beni maddi ve manevi olarak destekleyen Doğan AYDEMİR'e, Fevzi BALKAN'a ve Delta Firmasına teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitim sürecim boyunca sevgisini ve desteğini esirgemeyen sevgili eşim Meltem ORHANOĞLU ve çocuklarım Hasan ve Arya ORHANOĞLU'na da yürekten teşekkür ederim.

Tolga ORHANOĞLU
Manisa, 2024



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Air	Hava Hızı
AÖF	Açık Öğretim Fakültesi
C	Celsius (Santigrat)
COM	Communication (İletişim)
EM	Enerji Miktarı
FH	Fan Hızı
GZFT	Güçlü Yönleri, Zayıf Yönleri Fırsatları ve Tehditleri
HMI	Human Machine Interface (İnsan - Makine Arayüzü)
NN	Nem Sensörü Nem Değeri
NT	Nem Sensörü Sıcaklık Değeri
P	Pressure (Basınç)
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
RTC	Real Time Clock (Gerçek Zamanlı Saat)
T	Temperature (Sıcaklık)
TRT	Türkiye Radyo Televizyon Kurumu
VQ	Hava Hızı
W	Belirsizlik

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Örnek COK-0815S modüler soğutma eğitim seti	6
Şekil 2.2. Örnek eğitim setleri	8
Şekil 2.3. Örnek PLC cihazı	10
Şekil 2.4. Örnek bir e-laboratuvar platformunun mimarisi	10
Şekil 3.1. Uzaktan erişimli deney seti html giriş sayfası	21
Şekil 3.2. Uzaktan erişimli deney seti görünümü	22
Şekil 3.3. Mühendislik alanında deney setleri	25
Şekil 3.4. MCP M21-7000A analog & dijital elektronik deney seti	35
Şekil 3.5. Örnek kullanıcı arayüzünde uyarı ekranı	39
Şekil 3.6. Temel buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi şeması	46
Şekil 3.7. Ev tipi klima soğutma çevrimi	46
Şekil 3.8. Carnot çevrimi	47
Şekil 3.9. Rankine çevrimi	48
Şekil 3.10. Endüstriyel soğutma sistemleri örnekleri	50
Şekil 3.11. Ev tipi soğutma uygulamaları	51
Şekil 4.1. Sisteme ait blok şema.	52
Şekil 4.2. Soğutma sistemine ait genel görünüm.	54
Şekil 4.3. Genleşme elemanları görünümü.	55
Şekil 4.4. Kontrol sistemi panosu iç görünümü.	56
Şekil 4.5. Kontrol sistemi panosu dış görünümü.	56
Şekil 4.6. PLC görünümü	58
Şekil 4.7. Delta marka analog giriş modülü görünümü	58
Şekil 4.8. HMI ekran görünümü	60
Şekil 4.9. PLC – HMI – Arduino bağlantı devre şeması.	60
Şekil 4.10. Autonics TX4s PID sıcaklık kontrolcüsü ve termokupl	61
Şekil 4.11. Entes ES3-32LS enerji ölçer	62
Şekil 4.12. BCT-22 basınç sensörü ve bağlantısı	63
Şekil 4.13. Havalandırma fanı kontrol ve hava hızı ölçme görüntüsü	64
Şekil 4.14. Arduino nano ve sensör bağlantıları	65
Şekil 4.15. SHT11 sıcaklık ve nem sensör bağlantıları	67
Şekil 4.16. Pano iç görünümü	67
Şekil 4.17. Pano dış görünümü	68

Şekil 4.18. Deney seti şema	70
Şekil 4.19. Uzaktan erişim bağlantı blok şeması	71
Şekil 4.20. Online kullanıcı giriş arayüzü	72
Şekil 4.21. Öğretmen giriş ekranı	73
Şekil 4.22. Sistem ayar menüsü	73
Şekil 4.23. Alınan veri kayıt örneği	76
Şekil 4.24. Online kullanıcının ekran görüntüsü	77



İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
İÇİNDEKİLER	VII
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM TEZİN AMACI VE ÖNEMİ

1.1.	Tezin Amacı	2
1.2.	Tezin Önemi	2
1.3.	Problem	3
1.4.	Tanımlar	5

İKİNCİ BÖLÜM GENEL BİLGİLER

2.1.	Uzaktan Eğitim ve Deney Setleri	6
------	---------------------------------------	---

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM MATERYAL VE METOT

3.1.	Uzaktan Eğitim Modellerine Genel Bakış	11
3.2.	Asenkron ve Senkron Eğitim Modelleri	14
3.3.	E-Öğrenme Platformları	16
3.3.1.	Sanal Laboratuvarların Eğitimdeki Rolü	17
3.3.2.	Sanal ve Fiziksel Laboratuvar Karşılaştırması	18
3.3.2.1.	Sanal Deneylerin Pedagojik Etkisi	19
3.3.3.	Uzaktan Eğitimde Kullanılan Deney Setleri	20
3.3.4.	Deney Setleri ile İlgili Eğitimsel Zorluklar	23
3.4.	Enerji Sistemleri Mühendisliği Eğitimi	25
3.4.1.	Mesleki ve Teknik Eğitimde Laboratuvar Kullanımı	27
3.4.1.1.	Eğitimde Laboratuvarların Önemi	28
3.4.1.2.	Laboratuvar Ekipmanlarının Yeterliliği	28
3.4.2.	Mühendislik Eğitiminde Pratik Deneyimlerin Önemi	29
3.4.2.1.	Teorik ve Pratik Deneyim Dengesi	30

3.4.2.2.	Proje Tabanlı Mühendislik Eğitimi.....	31
3.4.3.	Uygulamalı Enerji Mühendisliği Eğitimi	32
3.4.3.1.	Uygulamalı Ders İçeriği ve Programlar	32
3.4.3.2.	Enerji Mühendisliği Laboratuvarlarının İhtiyaçları	33
3.5.	Uzaktan Kontrollü Deney Sistemleri	34
3.5.1.	Uzaktan Kontrollü Laboratuvar Platformları	36
3.5.1.1.	Mimarisi ve İşleyişi	37
3.5.1.2.	Kullanıcı Arayüzü ve Kontrol Seçenekleri	38
3.5.2.	Eğitimde Uzaktan Kontrollü Deney Sistemlerinin Kullanımı	39
3.5.2.1.	Avantajlar ve Dezavantajlar	40
3.5.2.2.	Başarı Faktörleri ve Zorluklar	40
3.5.3.	Uzaktan Kontrollü Deney Setleri İçin Tasarım Prensipleri	41
3.5.3.1.	Güvenlik ve Güvenilirlik	42
3.5.3.2.	Kullanılabilirlik ve Erişilebilirlik	43
3.6.	Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi	44
3.6.1.	Temel Soğutma Çevrimi ve İlkeleri	45
3.6.1.1.	Carnot ve Rankine Çevrimleri	46
3.6.1.2.	Soğutma Çevrimlerinde Temel Kavramlar	48
3.6.2.	Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevriminin Uygulama Alanları	48
3.6.2.1.	Endüstriyel Soğutma Sistemleri	49
3.6.2.2.	Ev Tipi Soğutma Uygulamaları	50

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1.	Donanım (Soğutma Sistemi)	53
4.2.	Donanım (Ölçüm ve Kontrol Sistemi için)	55
4.2.1.	Delta DVP12SE11R PLC CPU Modül	57
4.2.2.	Delta DVP04AD-S2 Analog Modül	58
4.2.3.	Delta DOP-B10S615 HMI Ekran Görüntüleme Sistemi	59
4.2.4.	Autonics TX4S PID Sıcaklık Kontrolcüsü	60
4.2.5.	Entes ES-32LS Tek Fazlı Haberleşmeli Wattmetre	62
4.2.6.	Basınç Sensörü (BCT-22)	62
4.2.7.	Hava Hızı Ölçme Sensörü (Blitz Sens 30m/s)	63
4.2.8.	Arduino Nano	64

4.2.9.	DS18B20 Dijital Sıcaklık Sensörü	65
4.2.10.	SHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü	66
4.2.11.	Deney Seti Panosunda Kullanılan Diğer Ekipmanlar	67
4.3.	Tasarlanan Deney Seti	69
4.4.	Sistemin Çalışması	71

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

5. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
KAYNAKÇA	86
EKLER	90
EK-A Sisteme ait Elektrik Tek Hat Şeması.....	90

GİRİŞ

Günümüzdeki hızlı teknolojik ilerlemeler, eğitim alanında önemli değişimlere yol açmış, özellikle uzaktan eğitim ve çevrimiçi öğrenme olanaklarını genişletmiştir. Bu değişim, öğrencilere coğrafi sınırlamaları aşma ve esnek öğrenme imkânı sunarak geleneksel eğitim modellerini evrimleştirmiştir. Bu bağlamda, mühendislik eğitimi de bu dijital dönüşümden etkilenmiş ve uzaktan erişimli laboratuvarlar aracılığıyla öğrencilere gerçek dünya deneyimleri sunma amacıyla evrilmiştir. Teorik olarak tasarlanan bir ürünün pratikte başarılı olabilmesi için, tasarım aşamasında ve kullanıma başlanılmadan önce bir dizi deneme ve testten geçmesi gereklidir. Bu süreçte, çeşitli dış etkenlerin ürünün performansını etkileme potansiyeli bulunmaktadır. Birçok ürün tasarımı, prototipin defalarca revize edilmesini ve eksik görülen noktaların düzeltilmesini gerektirmektedir. Ancak bu süreç, zaman alıcı ve maliyetli olabilir.

Deney setleri, bu tür tasarım süreçlerini hızlandırmak ve maliyetleri düşürmek için etkili bir çözüm sunmaktadır. Deney setleri, ürünün pratik uygulamada nasıl çalışacağını test etmek ve geliştirmek için kullanılan araçlardır. Özellikle eğitim alanında, öğrencilerin teorik bilgilerini pekiştirmeleri ve konulara hâkim olmaları için deney setleri kullanmaları bir avantaj sağlamaktadır. Günümüzde çeşitli okullarda birçok farklı amaçlar doğrultusunda kullanılan çok çeşitli deney setleri bulunmaktadır. Ancak bu setler genellikle ders saatleri içinde kullanılmakta ve öğrencilere sınırlı erişim sağlamaktadır. İnternetin yaygınlaşmasıyla birlikte, konuyla ilgili bilgilere ulaşmak daha kolay hale gelmiş olsa da deneylerin gerçekleştirilmesi için uygun deney setlerine ulaşmak konusundaki zorluklar ortadan kalkmamıştır. Enerji mühendisliği, günümüzde sürdürülebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği gibi konularla giderek daha önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, enerji mühendisliği öğrencilerine pratik deneyimler kazandırmak, teorik bilgilerini güçlendirmek ve onları sektöre hazırlamak büyük bir öneme sahiptir. Bu tez, enerji mühendisliği öğrencilerine temel soğutma çevrimi deneyimlerini uzaktan erişimli bir platform üzerinden sunmayı amaçlamaktadır. Bu, öğrencilere laboratuvar olanaklarına fiziksel olarak erişim sağlama zorunluluğunu ortadan kaldırarak daha geniş bir öğrenci kitlesine ulaşma ve maliyet etkin bir eğitim modeli sunma potansiyelini beraberinde getirecektir [24].

BİRİNCİ BÖLÜM

TEZİN AMACI VE ÖNEMİ

1.1. Tezin Amacı

Bu tez çalışması, enerji mühendisliği öğrencilerine yönelik uzaktan erişimli bir soğutma deney seti tasarımını ve gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Tezin temel amacı, öğrencilere teorik bilgilerini pratik uygulamalarla güçlendirmeleri için interaktif bir platform sunmaktır. Bu doğrultuda tezin özel amaçları şunlardır:

- **Eğitimde Etkinlik:** Uzaktan erişimli soğutma deney setinin tasarımı, öğrencilerin enerji mühendisliği alanındaki teorik bilgilerini pratiğe dönüştürmelerini sağlamak suretiyle eğitimde etkinliği artırmayı hedefler.
- **Uzaktan Eğitim İmkanları:** Tasarlanan deney seti, öğrencilere coğrafi konumlarından bağımsız olarak, internet üzerinden uzaktan erişim olanağı sunarak öğrenme süreçlerini esnek ve erişilebilir kılar.
- **Maliyet ve Zaman Tasarrufu:** Geleneksel laboratuvar ortamlarına kıyasla daha düşük maliyetli ve zaman tasarrufu sağlayan bir deney seti tasarlayarak, eğitim kurumlarına ve öğrencilere ekonomik avantajlar sunmayı amaçlar.
- **Pratik Beceri Kazandırma:** Tez, öğrencilere soğutma sistemleriyle ilgili pratik beceriler kazandırarak, mezuniyet sonrası iş dünyasında daha donanımlı ve uygulama odaklı profesyoneller olmalarına katkıda bulunmayı hedefler.
- **Deney Seti Kullanımının Yaygınlaştırılması:** Tasarlanan uzaktan erişimli deney setinin yaygın bir şekilde kullanılabilirliğini artırarak, enerji mühendisliği eğitimine katkıda bulunan bir örnek olmayı amaçlar.

1.2. Tezin Önemi

Günümüzdeki hızlı teknolojik değişimler, eğitim sistemlerinde çeşitli dönüşümlere neden olmuştur. Uzaktan eğitim, bu dönüşümlerin önemli bir parçası haline gelmiş ve öğretene ile öğrenenin coğrafi olarak birbirinden uzak olmasına rağmen etkileşimli bir öğrenme deneyimi sunmaktadır. Mesleki ve teknik eğitim, teorik bilginin yanı sıra pratik deneyimlerin de önemli olduğu bir alandır. Laboratuvar

deneyleri, öğrencilerin teorik bilgilerini uygulamaya dökerek daha derinlemesine anlamalarını sağlar. Ancak, fiziksel laboratuvarlara erişimdeki sınırlamalar, öğrencilerin bu deneyimlerden yeterince faydalanmalarını engelleyebilir.

Günümüzde birçok üniversite, mühendislik ve teknik eğitimde internet tabanlı öğretim programlarına yönelmiştir. Ancak, özellikle mühendislik eğitiminde laboratuvar olanaklarının sağlanması maliyetli olabilmektedir. Bu noktada, uzaktan erişimli deney setleri ve laboratuvarlar, öğrencilere pratik deneyim kazandırmak adına önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Uzaktan erişimli laboratuvar platformları, öğrencilerin sadece teorik derslerinin yanında laboratuvar ortamı sunarak deneylerini internet üzerinden yapabilme imkânı sunar. Bu, öğrencilere güncel teknolojilerin neler oldukları hakkında bilgi sahibi olmalarının yanında gelişen yazılım teknolojilerinin cihazlar üzerindeki kullanımını ve çıkacak problemleri çözme becerisi kazandırmaktadır.

Bu tez çalışması, öğrencilere daha geniş bir erişim sağlayarak, zaman ve mekan sınırlamalarını ortadan kaldıran bir eğitim modeli sunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, maliyeti düşük ve kullanımı kolay bir uzaktan erişimli deney seti tasarlayarak, eğitim kurumlarına ekonomik bir çözüm sunmayı hedeflemektedir. Bu çalışma, uzaktan erişimli deney setleri üzerine yapılan literatürdeki açığı kapatmayı ve öğrencilere yeni bir öğrenme metodolojisi sunmayı amaçlamaktadır.

1.3. Problem

Günümüzdeki hızlı teknolojik gelişmeler, eğitim paradigmasını etkileyerek öğretim metodolojilerinde değişikliklere neden olmuştur. Uzaktan eğitim, bu değişimlerin önde gelen örneklerinden biridir ve öğrencilere coğrafi sınırlamalardan bağımsız olarak eğitim alma imkânı sunmaktadır. Ancak, özellikle mesleki ve teknik eğitim alanında, teorik bilginin yanı sıra pratik deneyimlerin de önemli olduğu bir gerçektir. Problem olarak karşımıza çıkan temel sorunlardan biri, geleneksel fiziksel laboratuvarlara erişimdeki zorluklardır. Öğrenciler, sınırlı zaman aralıklarında laboratuvar olanaklarından faydalanabilmekte ve bu durum, pratik deneyim kazanmalarını kısıtlamaktadır. Ayrıca, bu laboratuvarlara olan fiziksel erişim, coğrafi

konum, zaman ve maliyet gibi faktörlerden etkilenebilmektedir. Mühendislik eğitimi, sadece teorik bilgi sunmanın ötesine geçerek öğrencilere gerçek dünya problemleriyle başa çıkma becerisi kazandırmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, mühendislik eğitimi alan öğrencilerin, öğrenme süreçlerinde pratik deneyimlere erişebilmeleri kritik bir öneme sahiptir.

Gelişen bilişim teknolojileriyle birlikte, uzaktan erişimli deney setleri bu sorunlara alternatif çözümler sunabilir. Ancak, literatürde bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, buhar sıkıştırırmalı gerçek soğutma çevrimine odaklanan ve enerji mühendisliği öğrencilerine yönelik uzaktan erişimli bir deney seti tasarımını içeren kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Tüm bunlarla beraber,

- **Fiziksel Laboratuvar Erişim Zorluğu:** Geleneksel laboratuvarlara erişimdeki sınırlamalar, öğrencilerin teorik bilgilerini pratikte uygulama fırsatlarını kısıtlamaktadır. Bu durum, özellikle enerji mühendisliği öğrencileri için önemli bir engel oluşturabilir [24].
- **Uzaktan Erişimli Deney Seti Eksikliği:** Mevcut literatürde, enerji mühendisliği öğrencilerine yönelik uzaktan erişimli bir soğutma deney seti tasarımını içeren detaylı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda, öğrencilere gerçek bir soğutma çevrimini uzaktan deneyimleme olanağı sunan bir platformun eksikliği gözlemlenmektedir [24].
- **Teorik Bilginin Pratik ile Örtüşmemesi:** Mühendislik eğitiminde teorik bilginin pratikle bütünleştirilmesi önemlidir. Ancak, bu bütünleşme sürecinde yaşanan zorluklar, öğrencilerin mezuniyet sonrası iş dünyasında karşılaşacakları problemlere etkin çözümler üretmelerini engelleyebilir [24].
- **Maliyet ve Zaman Tasarrufu:** Geleneksel laboratuvarların kurulumu ve sürdürülmesi maliyetli olabilir. Uzaktan erişimli deney setleri, bu maliyetleri düşürebilir ve aynı zamanda öğrencilere daha geniş bir zaman diliminde erişim imkânı sunabilir [24].

Bu problemler, tez çalışmasının temel motivasyonunu oluşturmakta ve enerji mühendisliği öğrencilerinin teorik bilgilerini pratik deneyimlerle birleştirebilmeleri için bir uzaktan erişimli soğutma deney seti tasarımının önemini vurgulamaktadır. Bu çalışma, eğitimdeki bu eksikliği gidermeyi amaçlamaktadır.

1.4. Tanımlar

Bu tezde kullanılan bazı temel terimleri aşağıda tanımlanmaktadır:

- **Uzaktan Erişimli Deney Seti:** Enerji mühendisliği öğrencilerinin teorik bilgilerini pratik deneyimle birleştirebilmeleri için tasarlanan, internet üzerinden erişilebilen ve kontrol edilebilen bir soğutma deney setidir.
- **Buhar Sıkıştırma Soğutma Çevrimi:** Soğutma işlemlerinde yaygın olarak kullanılan bir termodinamik çevrim türüdür. Kompresör, yoğunlaştırıcı, genişleme valfi ve buharlaştırıcıdan oluşan dört temel elemandan meydana gelir.
- **Teorik Temeller:** Tezin içerisinde ele alınan konuların temelini oluşturan, enerji mühendisliği, termodinamik ve uzaktan erişimli deney seti tasarımı gibi alanlardaki temel teorik bilgiler.
- **Eş Zamanlı Öğrenme:** Öğrencilerin aynı anda öğrenmeye katıldığı, genellikle canlı bağlantılar veya sanal sınıflar aracılığıyla gerçekleşen eğitim türü.
- **Eş Zamanlı Olmayan Öğrenme Ortamları:** Öğrencilerin kendi hızlarında ilerledikleri, sürekli materyallerin kullanıldığı ve genellikle internet tabanlı kaynaklara dayanan öğrenme ortamları.
- **Uzaktan Kontrollü Deney Sistemleri:** İnternet üzerinden erişilebilen ve kullanıcıların fiziksel bir deney setini uzaktan kontrol edebildiği sistemler.

Bu terimler, tezin anlaşılabilirliğini artırmak ve çalışmanın kapsamını netleştirmek amacıyla tanımlanmıştır [9].

İKİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. Uzaktan Eğitim ve Deney Setleri

Uzaktan eğitim, öğrencilerin ve öğretmenlerin coğrafi sınırlamalara bağlı olmaksızın bilgiye erişebildiği ve etkileşimde bulunabildiği bir eğitim modelini ifade eder. Bu eğitim modeli, özellikle internetin yaygınlaşmasıyla birlikte büyük bir evrim geçirmiştir. İki temel kategoride incelenen uzaktan eğitim modelleri şunlardır: eş zamanlı öğrenme ve eş zamanlı olmayan öğrenme. Eş zamanlı öğrenme, aynı anda bulunan bir grup öğrencinin derslere katılabildiği interaktif bir model sunarken, eş zamanlı olmayan öğrenme genellikle sürekli materyallerin kullanıldığı, öğrencilerin diledikleri zaman erişebilecekleri bir yapıyı içerir [1]. Şekil 2.1’de yerli bir firmanın üretmiş olduğu soğutma eğitim seti görülmektedir.



Şekil 2.1. Örnek COK-0815S modüler soğutma eğitim seti [2]

Deney setleri, uzaktan eğitimde pratik deneyimleri mümkün kılan önemli araçlardan biridir. Bu setler, teorik bilgilerin pratiğe dökülmesini sağlar ve öğrencilere gerçek dünya uygulamalarını deneyimleme fırsatı sunar. Özellikle mesleki ve teknik eğitimde, laboratuvar deneyleri programların önemli bir tamamlayıcısıdır. Ancak, fiziksel laboratuvarlardaki sınırlı zaman ve kaynaklar, öğrencilerin bu deneylere sınırlı erişim sağlamasına neden olabilir [3]. Uzaktan erişimli deney setleri, bu sınırlamaları aşarak öğrencilere her yerden ve her zaman laboratuvar deneyimlerine katılma imkânı tanır. Bu setler, öğrencilere teorik bilgileri pratiğe dökme şansı verir ve aynı zamanda öğrencilere daha esnek bir öğrenme ortamı sunmaktadır [4].

Uzaktan mühendislik eğitiminde laboratuvar kullanımını ele alan çalışmalarıyla, uzaktan erişimli laboratuvarların mühendislik eğitimi üzerindeki etkilerini ve faydalarını incelemişlerdir [4]. Bu çalışma, özellikle mühendislik öğrencilerinin pratik deneyim kazanmaları için uzaktan erişimli laboratuvarların ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır. Uzaktan erişimli laboratuvarların, öğrencilerin deneysel bilgiyi edinmelerini kolaylaştırarak, teorik bilgilerini pekiştirmelerine yardımcı olduğunu belirtmişlerdir [4].

İnternet tabanlı laboratuvar uygulamaları, öğrencilerin ders saatleri dışında da deneyler yapma olanağı sağlayarak öğrenmeyi daha etkili hale getirebilir. Uzaktan eğitimde deney setlerinin kullanımı, öğrencilerin mesleki becerilerini geliştirmelerine ve teorik bilgileri pratik uygulamalarla pekiştirmelerine yardımcı olur [5]. Ayrıca, bu setler, maliyetleri ve zamanı azaltarak birçok öğrencinin aynı anda faydalanabilmesine olanak tanır. Bu avantajlar, özellikle mesleki ve teknik eğitimde, laboratuvar deneylerinin etkili bir şekilde yürütülmesini ve öğrencilerin iş dünyasına daha iyi hazırlanmalarını sağlar.

2007 yılında yazılan uzaktan eğitim amaçlı internet tabanlı laboratuvar uygulamasını doktora tezinde detaylı bir şekilde incelemiştir [6]. Bu çalışmada, internet tabanlı laboratuvarların geliştirilmesi ve uygulanması süreçleri ele alınmış, bu tür uygulamaların eğitimdeki rolü ve etkinliği tartışılmıştır. Uzaktan erişimli laboratuvarların, özellikle fen bilimleri ve mühendislik alanlarında, öğrencilerin

laboratuvar deneyimlerini zenginleştirdiğini ve erişilebilirliği artırarak eğitimde fırsat eşitliği sağladığını vurgulamaktadır [6].

Uzaktan erişimli deney setleri, öğrencilere sadece teorik bilgileri değil aynı zamanda pratik deneyimleri de kazandırmak adına önemli bir rol oynamaktadır. Bu setler, öğrencilerin günümüz teknolojisinde kullanılan donanım ve gelişen yazılım teknolojilerinin cihazlar üzerindeki kullanımını ve oraya çıkacak problemleri çözme becerilerini geliştirmelerine olanak tanır. Ayrıca, öğrencilere bilgisayar tabanlı etkileşimli işlemleri yürütme konusunda deneyim kazandırarak, teknik becerilerini artırır. Uzaktan kontrollü deney sistemleri, öğrencilere bireysel olarak yüksek maliyet ve zaman harcamadan laboratuvar deneylerine erişim sağlama imkânı sunar [7]. Bu sistemler, özellikle fiziksel engelleri olan bireyler için de eğitim olanaklarını genişletir. İnternet üzerinden erişim, coğrafi ve zaman sınırlamalarını ortadan kaldırarak, öğrencilerin deneysel çalışmalarını istedikleri zaman ve yerde gerçekleştirmelerine olanak tanır. Şekil 2.2’ de yerli bir firmanın yapmış olduğu bir taşınabilir eğitim seti görülmektedir.



Şekil 2.2. Örnek eğitim setleri [44]

Günümüzde üniversitelerin, mühendislik, fen bilimleri ve teknik eğitim alanlarında internet tabanlı eğitim programları bulunmaktadır. Bu programlar,

öğrencilere teorik bilgilerin yanında laboratuvar çalışmaları ve deneyler yapma imkânı sunarak, öğrencileri iş dünyasına daha donanımlı bir şekilde hazırlar fakat bu programların çoğu genellikle simülasyon veya animasyon yöntemlerini kullanmaktadır.

Ünsal vd., (2008), eğitim amaçlı bir kontrol deney seti tasarımı ve gerçekleştirilmesini ele aldıkları çalışmalarında, kontrol sistemleri eğitiminde kullanılabilecek pratik bir deney seti geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, öğrencilerin kontrol sistemleri konusundaki teorik bilgilerini pratik uygulamalarla pekiştirmeleri hedeflenmiştir. Tasarladıkları deney setinin, öğrencilerin kontrol sistemlerini daha iyi anlamalarını sağladığını ve eğitim süreçlerine önemli katkılar sunduğunu belirtmişlerdir [8].

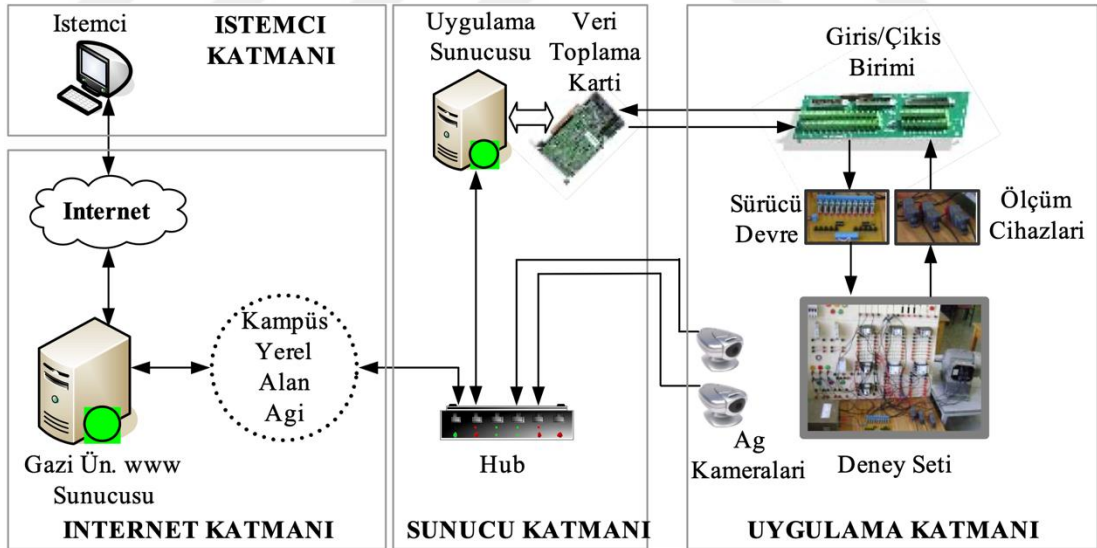
Buna rağmen, bu çalışma kapsamında ele alınacak olan buhar sıkıştırma gerçek soğutma çevrimiyle ilgili uzaktan erişimli deney seti, literatürde henüz detaylı bir şekilde incelenmemiş ve tasarlanmamış bir alandır. Bu nedenle, bu tez çalışması, alana özgü yeni bir metodoloji sunarak ülkemizdeki eğitim sistemine önemli bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır [9]. Günümüzde bilişim teknolojisinin ilerlemesi, internet aracılığıyla laboratuvar düzenekleri ve cihazlarına uzaktan erişimi mümkün kılmaktadır. Bu teknolojik gelişme, özellikle teknik eğitim ve mühendislik eğitimi alanındaki e-öğrenme ortamları için önemli bir eksikliği gidermiştir: Geliştirilen e-laboratuvar platformlarında, öğrenciler sadece teorik ders içeriklerini değil, aynı zamanda laboratuvar deneylerini de internet üzerinden gerçekleştirebilmektedir. Bu sayede, öğrenciler güncel donanımları ve gelişen yazılım teknolojilerini görsel araçlar ile kullanarak problemleri çözme yeteneklerini artırabilir ve bilgisayarla etkileşimli işlemleri öğrenme konusunda pratik deneyim kazanabilirler.

Katırcıoğlu vd., (2020), soğutma sistemlerinin performansını incelemek amacıyla, R22 ve alternatif soğutucu akışkanlar olan R438a ve R417a için kızılötesi görüntü işleme tekniklerini kullanmışlardır. Bu çalışmada, farklı soğutucu akışkanların performanslarını karşılaştırmak için detaylı analizler yapılmıştır [10]. Katırcıoğlu ve arkadaşları (2020), kızılötesi görüntü işleme tekniklerinin, soğutma sistemlerinin performansını değerlendirmede etkili bir yöntem olduğunu ve bu

tekniklerin, enerji verimliliği çalışmalarında önemli bir rol oynadığını vurgulamaktadırlar [10].



Şekil 2.3. Örnek PLC cihazı [11]



Şekil 2.4. Örnek bir e-laboratuvar platformunun mimarisi [11]

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL ve METOT

3.1. Uzaktan Eğitim Modellerine Genel Bakış

Uzaktan eğitim, öğrenci ve öğretim elemanlarının farklı coğrafi konumlarda bulunmalarına rağmen “iletişim teknolojileri ve posta hizmetleri aracılığıyla gerçekleştirdikleri bir eğitim sistemi modelini ifade eder” [12]. Başka bir tanıma göre; “Uzaktan eğitim, geleneksel öğrenme-öğretme yöntemlerindeki sınırlılıklar nedeniyle sınıf içi etkinliklerin yürütülemediği durumlarda, eğitim çalışmalarını planlayanlar ve uygulayanlar ile öğrenenler arasında iletişim ve etkileşimin özel olarak hazırlanmış öğretim üniteleri ve çeşitli ortamlar yoluyla belli bir merkezden sağlandığı bir öğretim yöntemidir.” [13]. Uşun (2006)'a göre uzaktan eğitim; “kaynak ile alıcının öğrenme-öğretme süreçlerinin büyük bir bölümünde birbirlerinden ayrı (uzak) ortamlarda bulunduğu alıcılara öğretim yaşını, amaçları, zamanı, yeri ve yöntemi vb. açılardan “bireysellik”, “esneklik” ve “bağımsızlık” olanağı tanıyan, öğrenme-öğretme süreçlerinde; yazılı ve basılı materyaller, işitsel araçlar, teknolojiler, yüz yüze eğitim gibi materyal, araç ve teknoloji ve yöntemlerin kullanıldığı, kaynak ile alıcılar arasındaki iletişim ve etkileşimin ise etkileşimli tümleşik teknolojilerle sağlandığı planlı sistematik bir eğitim teknolojisi uygulamasıdır [14].

Uzaktan eğitim ile ilgili tanımlar incelendiğinde belirli bir yaş veya yaş grubu, belirli bir zaman dilimi veya ortam şartı gerekliliğinin olmadığı görülmektedir. Bu bağlamda öğrenciler için oldukça esnek bir zaman yönetimine sahip, kendi kendine çalışma imkânı sunan, elektronik medya ve kişisel teknolojilerin kullanıldığı bir eğitim modeli olduğu anlaşılmaktadır. Öğretme-öğrenme faaliyetlerinde iletişim, alıcıya/alıcılara iletişim teknolojileri kullanılarak sağlanmaktadır [15].

Soylu (2012), kablosuz algılayıcı ağların uygulama alanlarını ve bir algılayıcı düğüm tasarımını ele aldığı yüksek lisans tezinde, kablosuz algılayıcı ağların çeşitli kullanım alanlarını kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Bu çalışma, özellikle çevresel izleme, sağlık hizmetleri ve akıllı şehir uygulamaları gibi alanlarda kablosuz algılayıcı

ağların sağladığı faydaları vurgulamaktadır. Tasarladığı algılayıcı düğümün, veri toplama ve iletme süreçlerinde yüksek verimlilik sağladığını ve kablolu ağların etkinliğini artırdığını belirtmiştir [16].

Dünyada ilk uzaktan eğitim çalışması 1728 yılında Boston gazetesinde “Steno Dersleri” ile başlamıştır. 19. yüzyılda İsveç Üniversitesi’nde hanımlara “Mektupla Kompozisyon Dersleri” verilmiştir. Bu dönemde İsveç, İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri’nde çeşitli uzaktan eğitim uygulamaları gerçekleşmiştir. 1843 yılında University Correspondence Collage ve bazı ticari kurumlar mektupla öğretime başlamıştır. Binlerce yetişkin, coğrafi, mesleki veya yaş sebepleriyle geleneksel eğitime devam edememekte, bu nedenle Mektupla Öğretim Üniversitesi (Correspondance University) kurulmuştur. Mektupla öğretim hizmeti sunan 1894’te Oxford’da Wolsey Hall College açılmış, 1910’da Metropolitan College faaliyete geçmiştir. Eğitsel radyo yayını 1920’de ABD’de başlamış, okullar için eğitsel radyo programları geliştirilmiş ve bu alanda açılan radyo istasyonları sayısı artmıştır. Diğer ülkelerde de 1922’de İngiltere, Fransa ve Sovyetler Birliği’nde benzer yayınlar başlatılmıştır. 1932-1937 yılları arasında ABD’de IOWA Üniversitesi’nde ilk eğitim televizyonu yayınları başlamıştır. 1960’da İngiltere’de “British Open University” kurulmuştur [14]. Dünyada 1940’lardan itibaren uzaktan eğitimde televizyon, öğretimi desteklemek ve güçlendirmek amacıyla kullanılmıştır. 1958 yılında İtalya Televizyon Okulu (Tele-scoula) projesi sayesinde okuryazar olmayan 5,5 milyon kişi sayısı 2 milyona düşürülmüştür [12].

ABD’de bilgi iletişim teknolojileri altyapısındaki gelişmeler ve büyük ticari girişimler, uzaktan eğitime olan ilgiyi artırmıştır. Caliber Learning Network, AT&T Learning Network ve MCI Communication gibi şirketler ile üniversitelerin kurduğu ortaklıklar, uzaktan eğitimde yeni anlayışların, öğretim modellerinin gelişmesine ve yeni tekniklerin ortaya çıkmasına öncülük etmiştir. Eğitimde dersler, uydu, video konferans ve bilgisayar yoluyla sunulmaktadır. ABD’de bulunan 1997 de faaliyete geçen Kentucky Sanal Üniversitesi, Western Governors Üniversitesi, Pennsylvania ve Güney Carolina Üniversiteleri, uzaktan eğitim veren kurumlardan sadece bazılarıdır. İngiltere’de bulunan Clyde Sanal Üniversitesi, 1995 yılında kurulmuştur. Open Learning Agency of Australia (OLA), Avustralya’da bulunan yedi üniversiteyi bir

araya getirerek açık öğrenmeyi desteklemektedir. İngiltere’de bulunan ve sadece uzaktan eğitim veren United Kingdom Open University (UKOU), 223 binden fazla öğrenciye eğitim vermektedir [12].

Türkiye’de uzaktan eğitim alanındaki gelişmeler, sosyo-ekonomik koşullarla birlikte ilerlemekte olup, uluslararası uzmanların önerileri doğrultusunda şekillenmektedir. 1960 yılında Milli Eğitim Bakanlığı, bazı teknik konuların öğretimi için Mektupla Öğretim Merkezi’ni kurarak ekonomik bir yöntemle birçok bireye eğitim imkânı sunmuştur. 1975 yılında ise Deneme Yüksek Öğretmen Okulu, fen ve matematik alanlarında öğretmen yetiştirmek amacıyla kurulmuş ve yüz yüze eğitime ek olarak mektupla öğretim, televizyon ve radyo ile öğretim yöntemlerinin başarılı bir şekilde birleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu dönemde, lise ve dengi okul mezunlarına yönelik Yaygın Yüksek Öğretim Kurumu da ön lisans düzeyinde ara insan gücü kademesini yetiştirmek amacıyla faaliyet göstermiştir. Özellikle teknik branşlarda binlerce kişi bu eğitim olanaklarından faydalanmıştır [12].

Türkiye’de radyo ile eğitim tarihi 1927 yılına kadar gitmekte olup, 1941 yılında kırsal kesime yönelik Ziraat Takvimi programı ile başlamıştır. Bu çabalar, 1964 yılında Anayasa’da yapılan düzenleme ile Türkiye Radyo ve Televizyon Kurumu’nun (TRT) eğitsel amaçlı yayınlara ağırlık vermesiyle daha da güçlenmiştir [12]. 1968 yılında yayına başlayan TRT, eğitsel yayınlarını başlangıçtan itibaren sürdürmüş, 1982 yılında ise üniversite düzeyinde tek bir eğitim kurumu olarak Açık Öğretim Fakültesi (AOF) kurularak, bu fakültenin dersleri radyo ve televizyon yayınlarıyla desteklenmiştir [12].

İletişim teknolojilerinin ilerlemesi, ülkemiz de açık öğrenme sistemlerinin yükseköğretimde kullanılmasıyla hayata geçirilmiştir. Türkiye’de 1982 yılında kurulan Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi öğrencilerin yükseköğretim seviyesinde eğitim almasını sağlamıştır. Günümüzde, Açık Öğretim Fakültesi, Lisans ve ön lisans olmak üzere birçok programı sağlamaktadır. Görsel İletişim Tasarımı, Felsefe, Tarih, Yönetim Bilişim Sistemleri, Sosyal Hizmet, Kamu Yönetimi, İşletme, Maliye, İktisat, Çalışma Ekonomisi, Okulöncesi Öğretmenliği, İngilizce Öğretmenliği, Konaklama İşletmeciliği, Sosyoloji, Türk Dili ve Edebiyatı, Uluslararası İlişkiler gibi

birçok lisans programı ve ön lisans düzeyinde birçok program ile geniş bir öğrenci kitlesine hitap etmektedir.

Öğrenmenin temel unsuru olan iletişim ve etkileşim, uzaktan eğitimde de diğer öğrenme yöntemlerinde olduğu gibi önemlidir. Tek yönlü iletişimde, öğretmen-öğrenci ve öğrenci-öğrenci grupları arasındaki iletişim tek yönlüdür. Bu iletişim modelinde, eğitim hizmetleri mektup, e-posta, radyo, TV, bilgisayar gibi araçlarla dağıtılır. Öğrenciler, derslerini dinleyerek, izleyerek, bilgisayarlarından internete girerek öğrenmeye çalışırken çift yönlü iletişim imkânı bulunmamaktadır [12]. İletişimin çift yönlü olduğu durumda ise öğretmenler ve öğrenciler, öğrenme-öğretme faaliyetlerinin gerçekleştiği ortamlarda karşılıklı olarak sesli veya görüntülü iletişimde bulunurlar. Bu sistemde radyolu konferans, televizyonlu konferans, bilgisayarlı konferans gibi yöntemlerle iletişim kurulur. Bu dağıtım modelleri ilköğretimden üniversiteye kadar dünyanın çeşitli ülkelerinde uygulanmıştır. İletişim teknolojilerinin kapasitesine göre uzaktan eğitim modelleri çeşitlenir [12].

Uzaktan eğitim sistemi, tarihsel gelişim süreçlerine göre kuşaklara ayrılmıştır. Birinci kuşak, yazışmalar modelini içerir. İkinci kuşak, çoklu ortamlı modeldir ve öğrencilere basılı materyaller, ses bantları, video kasetleri ve bilgisayar disketleri gibi öğrenim materyallerini sunar. Üçüncü kuşak, tele öğrenim modelidir ve televizyon, radyo, video yayını ve video konferansı içerir. Dördüncü kuşak, esnek öğrenim modelidir ve öğrenim materyali internet aracılığıyla çevrimiçi erişim temellidir. Beşinci kuşak ise akıllı esnek öğrenme modelini ifade eder ve öğrencilere eş zamanlı ve etkileşimli iletişim imkânı sağlar [17,18].

3.2. Asenkron ve Senkron Eğitim Modelleri

Asenkron ve senkron eğitim modelleri, uzaktan eğitim süreçlerinde kullanılan temel öğretim stratejileridir. Asenkron eğitim, öğrencilerin kendi hızlarında çalışabilecekleri ve belirli bir zaman dilimine bağlı olmadan öğrenme materyallerine erişebilecekleri bir modeldir [19]. Bu yöntem, öğrencilere esneklik sağlar, çünkü ders materyallerine istedikleri zaman ulaşabilirler. Asenkron eğitimde, öğrenciler ve öğretmenler arasındaki iletişim genellikle forumlar, e-posta veya çevrimiçi platformlar

aracılığıyla gerçekleşir. Bu sayede öğrenciler, konular üzerinde düşünme ve detaylı bir şekilde inceleme yapma şansına sahiptir.

Ali (2018), akıllı ev otomasyonu için geliştirdiği güvenlik kamerası ve bulanık mantık tabanlı yangın algılama ve söndürme sistemini ele aldığı yüksek lisans tezinde, bu tür sistemlerin tasarımı ve gerçekleştirilmesini detaylandırmıştır. Bu çalışmada, akıllı ev otomasyon sistemlerinin güvenlik ve yangın önleme fonksiyonları üzerinde durulmuştur. Tasarladığı sistemin, yangın algılama ve müdahale süreçlerinde hızlı ve güvenilir sonuçlar verdiğini ve ev otomasyonu alanında önemli bir katkı sağladığını vurgulamaktadır [3].

Diğer yandan, senkron eğitim, öğrenci ve öğretmenin aynı anda çevrimiçi olarak bulunduğu bir modeldir. Canlı dersler, video konferanslar veya sanal sınıflar aracılığıyla gerçekleştirilen bu yöntemde, katılımcılar aynı anda etkileşimde bulunabilir, sorular sorabilir ve cevaplar alabilirler. Senkron eğitim, öğrencilere anlık geri bildirim imkânı sunarken, aynı zamanda daha yapılandırılmış ve düzenli bir öğrenme deneyimi sağlar. Asenkron ve senkron eğitim modelleri, öğrencilerin öğrenme tarzlarına, zaman yönetim becerilerine ve tercihlerine bağlı olarak kullanılabilir [20]. Asenkron eğitim, öğrencilere bireysel öğrenme süreçlerini yönetme ve kişisel hızlarına uygun olarak ilerleme imkânı tanırken, senkron eğitim daha etkileşimli ve anlık bir öğrenme deneyimi sunar. Bu iki modelin bir kombinasyonu, öğrencilere daha kapsamlı ve esnek bir eğitim sunma fırsatı yaratır.

Abdulmajeed (2019), kablosuz iletişim yoluyla bir Android cihaza bağlı nesne tanıma sistemi kullanan yarı özerk hareketli robotun tasarımı ve gerçekleştirilmesini ele aldığı yüksek lisans tezinde, robot teknolojileri ve kablosuz iletişim alanındaki yenilikçi yaklaşımları incelemiştir. Bu çalışmada, Android tabanlı nesne tanıma sistemleri ve kablosuz iletişimin robotik sistemlerdeki uygulamaları detaylandırılmıştır. Abdulmajeed (2019), geliştirdiği sistemin, hareketli robotların nesne tanıma ve etkileşim kabiliyetlerini artırarak, otonom görevlerde daha yüksek verimlilik sağladığını belirtmiştir [1].

Bu modellerin avantajlarına ve zorluklarına bakıldığında, asenkron eğitim öğrencilere zaman ve mekân bağımsızlığı sağlar. Öğrenciler, iş, aile veya diğer taahhütleri nedeniyle belirli bir zamanda çevrimiçi olmakta zorluk yaşamazlar. Bununla birlikte, asenkron eğitimde öğrencilerin kendilerini motive etmeleri ve disiplinli bir şekilde çalışmaları önemlidir, çünkü canlı bir öğretmen rehberliği olmaz. Senkron eğitimde ise öğrenciler bir sınıf ortamında bulunma deneyimine daha yakın bir hissiyat yaşarlar [21]. Canlı dersler, öğrencilere gerçek zamanlı olarak öğretmenleriyle etkileşimde bulunma ve diğer öğrencilerle grup çalışmalarına katılma şansı tanır. Ancak, belirli bir zaman dilimine bağlı olma zorunluluğu, öğrencilerin çeşitli zaman dilimlerinde yaşadığı coğrafi farklılıklar ve teknik sorunlar gibi zorlukları içerebilir [24].

Asenkron ve senkron eğitim modelleri, uzaktan eğitimdeki çeşitli öğrenme ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılan esnek ve etkileşimli stratejilerdir. Eğitim kurumları, öğrencilerin tercihlerini ve gereksinimlerini dikkate alarak bu modelleri dengeli bir şekilde entegre edebilir, böylece öğrencilere zengin ve etkili bir öğrenme deneyimi sunabilirler [24].

3.3. E-Öğrenme Platformları

E-öğrenme platformları, uzaktan eğitimde içerik dağıtımını, etkileşim ve öğrenci değerlendirmeleri gibi öğrenme süreçlerini yönetmek için tasarlanmış çevrimiçi araç ve sistemlerdir. Bu platformlar, öğrencilere zaman ve yer sınırlaması olmadan istenilen zamanda ve bulunan herhangi bir yerden erişim sağlayarak esneklik ve özelleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunar. E-öğrenme platformları genellikle çeşitli özelliklere sahiptir. Birincil işlevleri arasında dijital içerik oluşturma ve dağıtma, öğrenci etkileşimini destekleme, çevrimiçi sınavlar ve değerlendirmeler düzenleme, öğrenci ilerlemesini takip etme, canlı dersler ve etkileşimli öğrenme materyalleri sunma bulunmaktadır [22].

Candan (2008), gerçek zamanlı sistemlerin web üzerinden kontrolünü ele aldığı yüksek lisans tezinde, internet tabanlı kontrol sistemlerinin tasarımı ve uygulanabilirliğini incelemiştir. Bu çalışmada, web üzerinden kontrol edilen gerçek

zamanlı sistemlerin avantajları ve zorlukları ele alınmıştır. Candan (2008), tasarladığı sistemin, kullanıcıların uzaktan erişim yoluyla gerçek zamanlı kontrol yeteneğine sahip olmalarını sağlayarak, endüstriyel ve eğitim alanlarında önemli faydalar sunduğunu vurgulamaktadır [22].

Bu platformlar, eğitmenlere öğrenci performansını değerlendirmek ve öğrencilere geri bildirimde bulunmak için araçlar sağlar. Aynı zamanda öğrenci-öğrenci etkileşimini destekleyen forumlar, grup çalışmaları ve tartışma panelleri gibi özelliklere de ev sahipliği yapabilirler. E-öğrenme platformları genellikle öğrencilerin ilgi düzeyini ve öğrenme tarzlarını dikkate alarak özelleştirilmiş öğrenme yolları sunma kapasitesine sahiptir [10]. Bu, öğrencilerin kendi hızlarında ilerlemelerine ve öğrenme materyallerini daha derinlemesine keşfetmelerine olanak tanır. Bununla birlikte platformların etkinliği ve kullanım kolaylığı önemlidir. Kullanıcı dostu arayüzler, etkileşimli öğrenme araçları ve güçlü analitik özellikler, bir e-öğrenme platformunun başarısını belirleyen faktörler arasındadır. Sonuç olarak, e-öğrenme platformları, uzaktan eğitimde öğrenci merkezli ve etkileşimli bir öğrenme ortamı sağlamak için vazgeçilmez araçlardır.

3.3.1. Sanal Laboratuvarların Eğitimdeki Rolü

Sanal laboratuvarlar, geleneksel fiziksel laboratuvarlara alternatif olarak geliştirilen ve öğrencilere deneysel deneyimler sunan online eğitim araçlarıdır. Bu sanal ortamlar, öğrencilere teorik bilgileri pratiğe dökme ve deney yapma fırsatı sağlayarak, mühendislik, fizik, kimya ve biyoloji gibi çeşitli bilim ve mühendislik alanlarında etkili bir öğrenme deneyimi sunar. Sanal laboratuvarlar, öğrencilere gerçek dünya deneyimini simüle etme imkânı tanır [23]. Bu platformlar, öğrencilere kontrol etme, ölçüm yapma, veri toplama ve sonuçları analiz etme gibi beceriler kazandırır. Ayrıca, güvenlik endişeleri veya mali kısıtlamalar nedeniyle gerçek laboratuvarlarda yapılamayacak deneyleri gerçekleştirme şansı sunar.

Arı (2012), uzaktan eğitim için bir çağdaş değerlendirme portalı tasarımı üzerine yazdığı yüksek lisans tezinde, uzaktan eğitimde değerlendirme süreçlerinin dijitalleştirilmesini ve bu süreçlerin etkinliğini artırmayı hedeflemiştir. Bu çalışmada, çağdaş değerlendirme tekniklerinin uzaktan eğitim ortamlarına entegrasyonu ve bu

entegrasyonun öğrenci başarısına etkileri incelenmiştir. Arı (2012), tasarladığı portalın, uzaktan eğitimde değerlendirme süreçlerini daha objektif ve erişilebilir hale getirdiğini belirtmiştir.

Eğitimde sanal laboratuvarların rolü, öğrencilere etkileşimli ve güvenli bir öğrenme ortamı sunarak teorik bilgilerin pratiğe dönüşmesine olanak tanımaktır. Öğrenciler, sanal ortamda deneyler yaparak konseptleri daha iyi anlayabilir ve öğrenilen bilgileri uygulamalı olarak pekiştirebilirler. Sanal laboratuvarlar, uzaktan eğitimde ve çevrimiçi öğrenme ortamlarında özellikle etkili olabilir. Bu platformlar, öğrencilere coğrafi konumlarından bağımsız olarak erişim imkânı sunar, bu da öğrenme olanaklarını genişletir. Ayrıca, öğrencilere deneyleri tekrar etme ve hatalarından öğrenme şansı vererek öğrenme sürecini kişiselleştirme imkânı sağlar [23].

Sanal laboratuvarlar, eğitimde pratik deneyimlerin sağlanması, öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirmesi ve bilimsel konseptleri derinlemesine anlamalarına yardımcı olması açısından önemli bir rol oynar. Bu teknolojik araçlar, öğrencilere güçlü bir öğrenme deneyimi sunarak bilim ve mühendislik alanlarındaki eğitimi daha etkili hale getirir [23].

3.3.2. Sanal ve Fiziksel Laboratuvar Karşılaştırması

Sanal laboratuvarlar ile fiziksel laboratuvarlar arasındaki karşılaştırma, eğitimde kullanılan laboratuvar ortamlarının avantajları ve dezavantajlarına ışık tutar. Fiziksel laboratuvarlar, gerçek dünya deneyimini sağlar. Öğrenciler, malzeme manipülasyonu, doğrudan ölçüm yapma ve deney sonuçlarını gözlemleme gibi pratik beceriler kazanma şansına sahiptir fakat bu tür laboratuvarlar, güvenlik endişeleri, malzeme maliyetleri ve sınırlı erişim gibi zorluklarla karşılaşabilir [24].

Arat ve Bakan (2014), uzaktan eğitim ve uygulamalarını ele aldıkları çalışmalarında, uzaktan eğitimin tarihsel gelişimi, avantajları ve zorlukları üzerinde durarak, uzaktan eğitimde kullanılan çeşitli teknolojik araçlar ve yöntemler hakkında kapsamlı bilgi sunmuşlardır. Bu çalışma, uzaktan eğitim alanında gerçekleştirilen

uygulamaların etkinliğini ve bu uygulamaların eğitimin kalitesine olan katkılarını tartışmaktadır. Arat ve Bakan (2014), uzaktan eğitimin, öğrencilere esnek öğrenme fırsatları sunarak, eğitimde erişilebilirliği artırdığını ve farklı coğrafi bölgelerden öğrencilere eğitim imkânı sağladığını vurgulamaktadır [9].

Diğer yandan, sanal laboratuvarlar, deneyimleri bilgisayar veya tablet üzerinden simüle ederek öğrencilere güvenli bir öğrenme ortamı sunar. Sanal laboratuvarlar, öğrencilere coğrafi olarak uzak bir konumdan erişim sağlama avantajına sahiptir ve malzeme maliyetlerini azaltabilir. Ayrıca, öğrencilere hatalarını düzeltme ve deneyleri tekrar etme şansı tanır fakat sanal laboratuvarlar, gerçek dünya deneyimini tam anlamıyla temsil edemeyebilir [25]. Öğrenciler, malzemeleri elle manipüle etme ve fiziksel deneyimlerini yaşama şansından mahrum kalabilirler. Ayrıca, bilgisayar tabanlı deneyimler, öğrencilerin bazı pratik becerileri geliştirmesine sınırlama getirebilir. Sanal ve fiziksel laboratuvarlar arasındaki tercih, eğitim hedeflerine, öğrenci gruplarına ve erişim imkânlarına bağlı olarak değişebilir. İdeal bir eğitim programı, her iki tür laboratuvarı da içererek öğrencilere çeşitli deneyimler sunabilir ve böylece öğrenmeyi daha etkili kılabilir.

3.3.2.1. Sanal Deneylerin Pedagojik Etkisi

Sanal deneylerin pedagojik etkisi, öğrenme süreçlerine sağladığı avantajlar ve eğitimdeki rolü üzerine odaklanır. Sanal deneyler, öğrencilere interaktif ve dinamik bir öğrenme ortamı sunarak pek çok pedagojik fayda sağlar. Öncelikle, sanal deneyler, öğrencilere kendi hızlarında öğrenme imkânı tanır. Her öğrenci farklı bir öğrenme hızına sahip olduğundan, sanal deneyler öğrencilere bireysel ihtiyaçlarına göre öğrenme fırsatı sunarak öğrenme süreçlerini kişiselleştirir [26]. Sanal deneyler aynı zamanda öğrencilere hata yapma ve deneyimlerini tekrar etme şansı verir. Öğrenciler, sanal ortamda güvenli bir şekilde deneyler yapabilir ve sonuçları gözlemleyerek hatalarını anlayabilirler. Bu, öğrencilere kendi öğrenmelerini yönetme ve geliştirme konusunda özgüven kazandırabilir.

Altun (2020), öğretmenlerin uzaktan eğitime yönelik pedagojik yeterliliklerini uzaktan eğitim ders videoları aracılığıyla incelediği yüksek lisans tezinde, uzaktan eğitimde kullanılan pedagojik stratejilerin ve yöntemlerin etkinliğini

değerlendirmiştir. Bu çalışmada, uzaktan eğitim ders videolarının analizi yoluyla öğretmenlerin pedagojik yeterlilikleri ve bu yeterliliklerin öğrenci başarısı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Altun (2020), uzaktan eğitimde pedagojik yeterliliğin, derslerin kalitesini ve öğrenci katılımını artırmada kritik bir rol oynadığını belirtmiştir.

Diğer bir avantaj ise görsel öğrenmeyi destekleme kapasitesidir. Sanal deneyler, soyut kavramları daha somut ve görsel bir şekilde ifade etme olanağı sağlar. Bu, öğrencilerin konseptleri daha iyi anlamalarına yardımcı olabilir. Sanal deneyler aynı zamanda uzaktan eğitimde ve çevrimiçi öğrenme ortamlarında etkili bir şekilde kullanılabilir [27]. Özellikle coğrafi olarak uzak bölgelerde bulunan öğrencilere, laboratuvarlara fiziksel erişim sağlamak zor olabilir. Sanal deneyler, bu öğrencilere eşit öğrenme fırsatları sunabilir. Sanal deneylerin pedagojik etkisi, öğrenci merkezli, interaktif ve esnek öğrenme ortamları sağlama yeteneği üzerinden değerlendirilebilir. Bu, öğrencilerin bilimsel kavramları anlamalarına, deneyimlerini geliştirmelerine ve öğrenmeye olan ilgilerini artırmalarına katkıda bulunabilir.

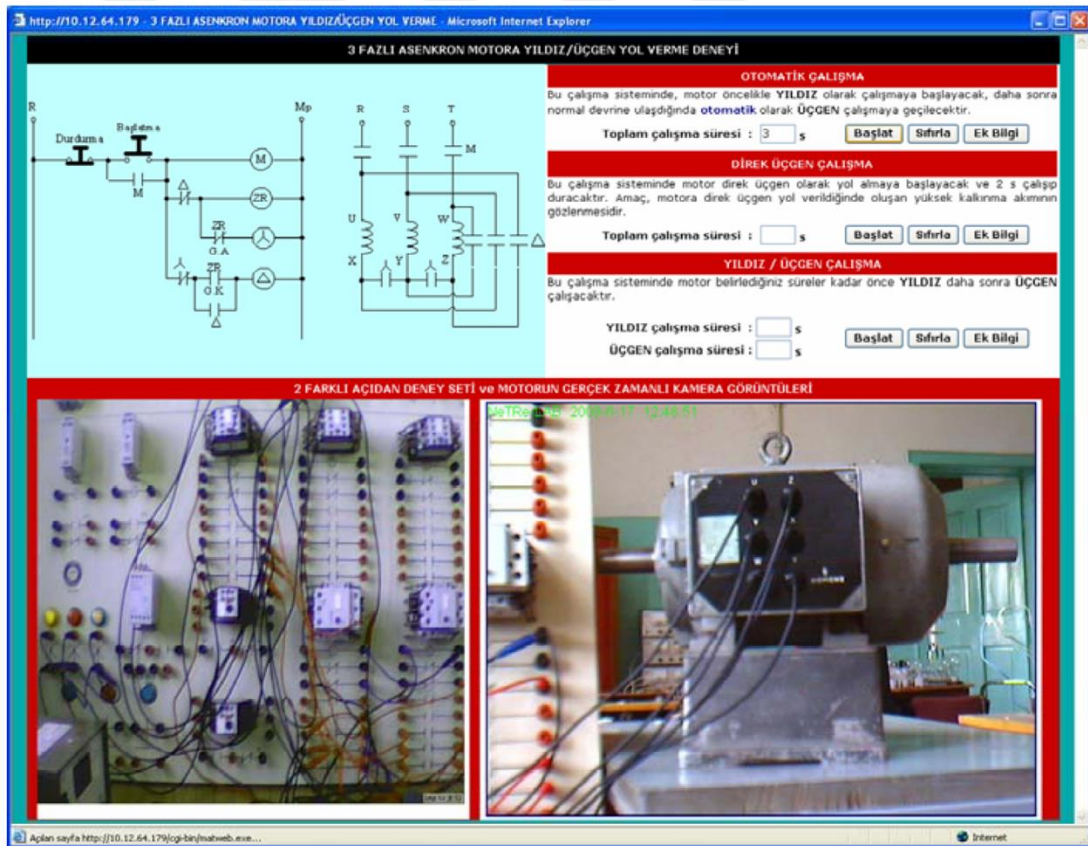
3.3.3. Uzaktan Eğitimde Kullanılan Deney Setleri

Uzaktan eğitimde kullanılan deney setleri, öğrencilere coğrafi olarak uzak oldukları laboratuvarlara erişim imkânı sağlayan önemli araçlardır. Bu deney setleri genellikle çeşitli bilim ve mühendislik disiplinlerinde kullanılır ve öğrencilere teorik bilgilerini pratiğe dökme fırsatı sunar. Bu setler genellikle bir dizi sensör, cihaz ve bağlantı noktasını içerir [28]. Öğrenciler, bu araçları uzaktan kontrol edebilir ve deneylerini gerçekleştirebilirler. Örneğin, bir uzaktan erişimli fizik laboratuvarında, öğrenciler belirli bir fiziksel deneyi gerçekleştirebilir, sensörler aracılığıyla veri toplayabilir ve ardından bu verileri analiz edebilirler.

Demirci (2018), uzaktan eğitimde öğrenme stillerine dayalı akademik destek hizmetlerinin pedagojik formasyon öğrencilerinin başarısına etkisini incelediği yüksek lisans tezinde, farklı öğrenme stillerine sahip öğrencilerin uzaktan eğitim süreçlerindeki akademik başarılarını ele almıştır. Bu çalışmada, öğrenme stillerine dayalı olarak sunulan akademik destek hizmetlerinin öğrencilerin başarılarını nasıl etkilediği detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Demirci (2018), kişiselleştirilmiş

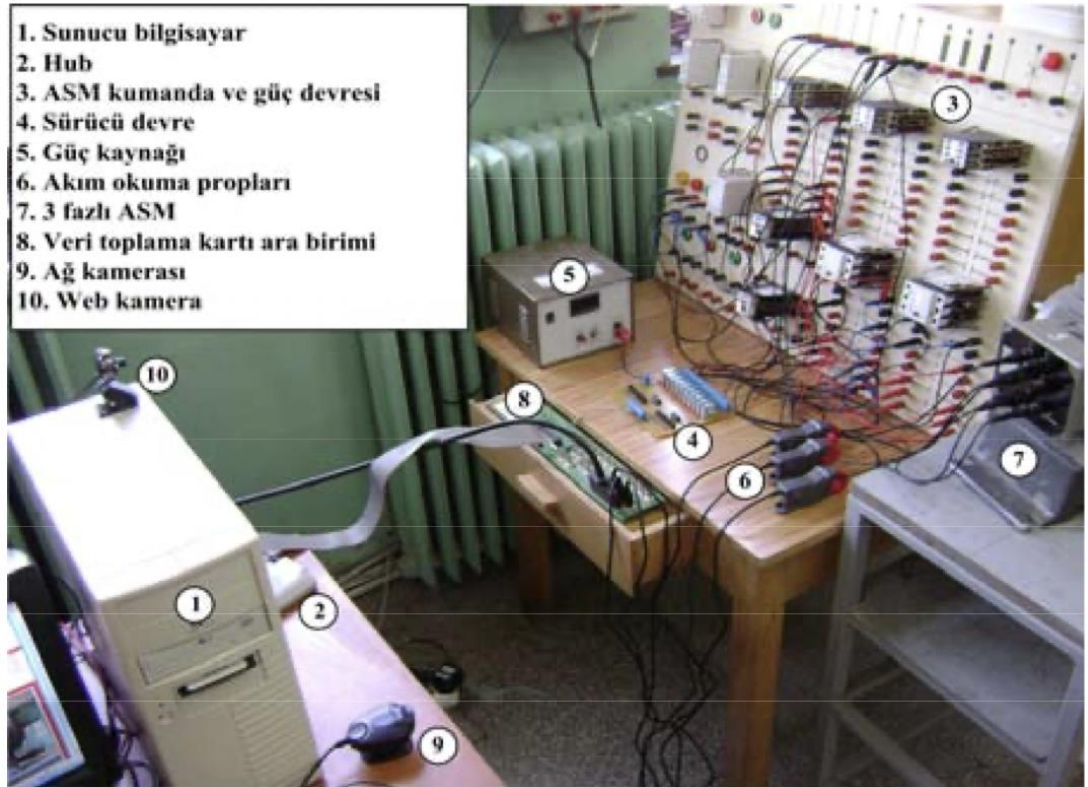
akademik destek hizmetlerinin, öğrencilerin derslere olan ilgisini ve başarılarını artırmada önemli bir rol oynadığını belirtmiştir.

Uzaktan eğitimde kullanılan deney setleri, öğrencilerin laboratuvar deneyimlerine etkileşimli bir şekilde katılmalarını sağlar. Bu, öğrencilerin deneyleri gerçekleştirme, veri toplama ve analiz etme becerilerini geliştirmelerine olanak tanır. Ayrıca, öğrenciler arasında iş birliği yapma ve deneyimlerini paylaşma imkânı sunarak öğrenme ortamını zenginleştirir [29]. Uzaktan eğitimde kullanılan deney setleri, öğrencilere laboratuvar deneyimlerini sanal ortamda yaşama şansı tanır. Bu setler, öğrencilerin bilimsel düşünme ve problem çözme yeteneklerini geliştirmelerine katkıda bulunabilir, coğrafi sınırlamaları aşmalarına yardımcı olabilir ve modern eğitim teknolojilerini etkili bir şekilde kullanma becerisi kazandırabilir.



Şekil 3.1. Uzaktan erişimli deney seti html giriş sayfası [11]

Uzaktan eğitimde kullanılan deney setleri, öğrencilere bir dizi avantaj sağlar. Bu avantajlardan biri, coğrafi konumlarına bağlı kalmaksızın öğrencilere geniş bir deneyim yelpazesi sunmaktır. Öğrenciler, kendi bilgisayarları veya diğer cihazlar aracılığıyla bu deney setlerine erişebilir, böylece öğrenmeyi kendi hızlarında ve ihtiyaçlarına uygun bir şekilde yönetebilirler [22]. Ayrıca, uzaktan eğitimde kullanılan deney setleri, öğrencilere pratik beceriler kazanma fırsatı verir. Öğrenciler, gerçek dünya deneyimlerini yaşayabilir, sorunları çözmek ve teorik bilgilerini uygulamak için pratik yeteneklerini geliştirebilirler. Bu, öğrencilerin mezuniyet sonrası iş dünyasına daha hazır hale gelmelerine katkıda bulunabilir.



Şekil 3.2. Uzaktan erişimli deney seti görünümü [11]

Sanal ve fiziksel laboratuvarların karşılaştırılması açısından, uzaktan eğitimde kullanılan deney setleri, öğrencilere gerçek bir laboratuvar deneyimi sunma konusunda önemli bir adım atmaktadır. Ancak, fiziksel laboratuvarlarda elde edilen deneyimlerin tamamen yerini alması zor olabilir. Fiziksel laboratuvarlar, öğrencilere malzeme manipülasyonu, ekip çalışması ve laboratuvar güvenliği gibi ek öğrenme

fırsatları sağlar. Uzaktan eğitimde kullanılan deney setleri, pedagojik etkisi açısından da incelenmelidir. Bu setler, öğrencilere etkileşimli ve kişiselleştirilmiş bir öğrenme deneyimi sunarak öğrenme motivasyonunu artırabilir. Ayrıca, öğrencilere geri bildirim sağlama ve performanslarını değerlendirme konusunda öğretim elemanlarına olanak tanır [6].

Atlı vd., (2023), uzaktan eğitimin teknolojik gelişimini öğretmen ve öğrencilerin bakış açıları ile karşılaştırmalı GZFT analizi yöntemiyle ele almışlardır. Bu çalışmada, uzaktan eğitimin güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri (GZFT) öğretmen ve öğrenci perspektiflerinden karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Atlı ve arkadaşları (2023), uzaktan eğitimin teknolojik gelişiminin eğitim süreçlerine nasıl etki ettiğini ve bu süreçlerin geliştirilmesi için öneriler sunmuşlardır. Çalışmada, teknolojik altyapının geliştirilmesi ve pedagojik yaklaşımların uyumlu hale getirilmesi ile uzaktan eğitimin daha etkili ve verimli hale gelebileceği vurgulanmaktadır [20].

Uzaktan eğitimde kullanılan deney setleri, öğrencilere esneklik, pratik deneyimler ve pedagojik etkileşim sunarak modern eğitim ortamlarını zenginleştirir. Ancak, bu setlerin fiziksel laboratuvar deneyimlerinin yerini tamamen alamayabileceği ve her iki yaklaşımın birleştirilmesiyle daha kapsamlı bir öğrenme deneyimi sağlanabileceği unutulmamalıdır [11].

3.3.4. Deney Setleri ile İlgili Eğitimsel Zorluklar

Deney setleri, uzaktan eğitimde öğrencilere gerçek laboratuvar deneyimleri sunma amacı taşıdığından, beraberinde bazı eğitimsel zorlukları da getirebilir. Bu zorluklar, fiziksel uzaktan eğitim ortamının sanal laboratuvar deneyimini tam anlamıyla yerine getirememesi ve öğrencilerin eksiklikleriyle baş etmelerini gerektirmesi şeklinde ortaya çıkabilir. Öğrencilerin sanal deneyimler sırasında karşılaştıkları teknik sorunlardır. İnternet bağlantı sorunları, yazılım uyumsuzlukları veya cihaz problemleri gibi teknik engeller, öğrencilerin deney setlerini etkili bir şekilde kullanmalarını zorlaştırabilir [10]. Öğrencilerin laboratuvar ortamındaki gerçek deneyimden yoksun olmalarıdır. Sanal deneyimler, öğrencilere sadece belirli bir perspektiften bilgi sunabilir ve gerçek laboratuvarın sağladığı dokunsal, görsel ve duyuşal deneyimleri tam anlamıyla temsil edemez.

Kiraz (2014), yapay zekâ destekli sanal laboratuvar tasarımı ve çekme deneyi uygulamasını ele aldığı doktora tezinde, yapay zekâ teknolojilerinin eğitimde kullanımına yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunmuştur. Bu çalışmada, sanal laboratuvar ortamlarının tasarımı ve uygulanması, özellikle mühendislik eğitimi alanında, öğrencilerin deneysel öğrenme süreçlerini desteklemek amacıyla ele alınmıştır. Kiraz (2014), yapay zekâ destekli sanal laboratuvarların, öğrencilerin deneysel becerilerini geliştirmede ve pratik uygulamalara erişim sağlamada önemli bir rol oynadığını belirtmiştir [30].

Öğrencilerin deney sonuçlarını değerlendirme ve analiz etme becerilerini geliştirmekte yaşayabilecekleri zorluklardır. Gerçek laboratuvar ortamında elde edilen verilerin analizi ile sanal deneyimlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi arasında farklar olabilir [31]. Öğrenciler arasındaki etkileşimi ve iş birliğini teşvik etmek, sanal deney setlerinde karşılaşılan diğer bir zorluktur. Fiziksel ortamdan yoksun olan öğrenciler, eş zamanlı bir şekilde çalışma veya birlikte deneyler yapma imkânına sahip olmayabilirler. Bu zorluklara rağmen, eğitim kurumları ve öğretim tasarımcıları, uzaktan eğitimde deney setlerini daha etkili bir şekilde entegre etmek ve öğrencilere en iyi öğrenme deneyimini sunmak için çeşitli stratejiler geliştirmeye odaklanmaktadır. Uzaktan eğitimde kullanılan deney setleri, öğrencilere çeşitli disiplinlerde pratik bilgi ve beceriler kazandırmak için tasarlanmıştır.

Albayrak (2017), uzaktan eğitim sistemi, sanal sınıf ortamı ve sanal sınıf ortamında sınıf yönetimini ele aldığı yüksek lisans projesinde, uzaktan eğitimde sanal sınıf uygulamalarının tasarımı ve bu sınıfların etkin yönetimi üzerine odaklanmıştır. Bu çalışmada, sanal sınıfların uzaktan eğitimdeki rolü ve bu sınıfların yönetimi ile ilgili stratejiler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Albayrak (2017), sanal sınıf ortamlarının, öğrenci katılımını ve etkileşimini artırmada kritik bir öneme sahip olduğunu ve etkili sınıf yönetimi uygulamaları ile eğitim süreçlerinin verimliliğini artırabileceğini vurgulamaktadır.

Mühendislik alanındaki deney setleri, öğrencilere mühendislik prensiplerini uygulama ve çeşitli mühendislik problemlerini çözme konusunda pratik yapma şansı sunar. Elektrik, mekanik, yazılım gibi mühendislik disiplinlerinde kullanılan deney

setleri, öğrencilere gerçek dünya mühendislik uygulamalarını simüle etme ve bu alanlardaki becerilerini geliştirme imkânı sağlar [32]. Deney setleriyle ilgili eğitimsel zorluklar arasında, öğrencilerin bu sanal ortamda doğru sonuçları elde etmeleri ve analiz etmeleri, teknik sorunlarla başa çıkmaları, gerçek laboratuvar deneyiminden yoksun olmaları gibi konular yer almaktadır. Ancak, bu zorluklara rağmen uzaktan eğitimde kullanılan deney setleri, öğrencilere pratik deneyim kazandırmak ve teorik bilgileri somutlaştırmak adına önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 3.3. Mühendislik alanında deney setleri [33]

3.4. Enerji Sistemleri Mühendisliği Eğitimi

Enerji sistemleri mühendisliği eğitimi, öğrencilere enerji sistemlerini tasarlama, geliştirme, işletme ve sürdürülebilir enerji kaynakları üzerine çalışma yetenekleri kazandırmayı amaçlayan disiplinler arası bir alandır. Bu alandaki eğitim programları, öğrencilere enerji üretimi, dağıtımı ve kullanımıyla ilgili geniş bir yelpazedeki konularda bilgi sağlamak üzere tasarlanmıştır [34]. Enerji mühendisliği eğitimi, temel mühendislik prensiplerini içerir ve öğrencilere termodinamik, ısı transferi, akışkanlar mekaniği gibi enerji ile ilgili temel konularda güçlü bir temel oluşturur. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji verimliliği, enerji politikaları ve çevresel etkiler gibi konular da bu programlarda geniş bir şekilde ele alınır.

Kaçar vd., (2017), PID denetleyici uygulamaları için yeni bir online deney seti tasarımını ele aldıkları çalışmalarında, mühendislik eğitiminde kullanılan PID denetleyicilerin online deney setleri aracılığıyla nasıl daha etkili hale getirilebileceğini araştırmışlardır. Bu çalışmada, PID denetleyicilerin pratik uygulamaları ve bu uygulamaların öğrencilerin öğrenme süreçlerine katkıları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Kaçar ve arkadaşları (2017), tasarladıkları online deney setinin, öğrencilerin PID denetleyici uygulamaları üzerinde daha iyi anlama ve deneyim kazanma fırsatı sunduğunu belirtmişlerdir [47].

Öğrencilere genellikle enerji sistemlerinin modellenmesi, simülasyonu ve analizi gibi beceriler kazandırmak amacıyla çeşitli bilgisayar tabanlı araçlar kullanılarak pratik deneyimler sunulur. Ayrıca, endüstri standartlarına uygun olarak enerji sistemlerini tasarlama ve optimize etme yetenekleri de geliştirilir [35]. Enerji mühendisliği eğitimi, öğrencilere teknik bilgi ve becerileri kazandırmanın yanında, etik, çevresel sürdürülebilirlik ve enerji sektöründeki güncel gelişmeler konularında da bilinçli bireyler olmalarını hedefler. Bu sayede, mezunlar, enerji sektöründe liderlik yapabilecekleri, çeşitli sektörlerde çalışabilecekleri ve toplumsal sorumlulukları üstlenebilecekleri bir donanıma sahip olurlar.

Ersoy ve Kumral (2021), bilgisayar destekli FPGA tabanlı sayısal sistemler deney seti tasarımı üzerine yaptıkları çalışmada, sayısal sistemlerin eğitiminde kullanılmak üzere geliştirilmiş yenilikçi bir deney setini tanıtmışlardır. Bu çalışmada, FPGA tabanlı sistemlerin tasarımı ve uygulama süreçleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Ersoy ve Kumral (2021), tasarladıkları deney setinin, öğrencilerin sayısal sistemler konusunda pratik bilgi ve beceriler kazanmalarına yardımcı olduğunu ve eğitim süreçlerini zenginleştirdiğini belirtmişlerdir [27].

Enerji mühendisliği eğitimi aynı zamanda öğrencilere proje yönetimi, ekonomi, hukuk ve iletişim gibi multidisipliner beceriler de kazandırmayı amaçlar. Bu, öğrencilerin mezuniyet sonrasında enerji sektöründe etkili bir şekilde çalışabilmeleri için gereken geniş bir perspektifi kapsar. Eğitim programları genellikle endüstriyel iş birliği ve staj olanakları sunarak öğrencilerin teorik bilgilerini pratik deneyimle birleştirmelerini sağlar. Bu, öğrencilere mezuniyet sonrasında iş dünyasına daha hazır

ve yetkin bir şekilde girmelerine yardımcı olur [36]. Enerji mühendisliği eğitimi, hızla değişen enerji sektöründe güncel kalmayı ve gelecekteki teknolojik gelişmeleri takip etmeyi vurgular. Öğrencilere sadece mevcut durumu değil, aynı zamanda gelecekteki enerji ihtiyaçlarını ve çevresel zorlukları da göz önünde bulundurarak çözüm üretebilme yetenekleri kazandırılır.

3.4.1. Mesleki ve Teknik Eğitimde Laboratuvar Kullanımı

Mesleki ve teknik eğitimde laboratuvar kullanımı, öğrencilere teorik bilgileri pratiğe dökme ve somut deneyim kazanma fırsatı sunan önemli bir unsurdur. Bu laboratuvarlar, öğrencilere belirli bir meslek veya teknik beceri kazandırmak amacıyla tasarlanmış özel alanlardır. Mesleki ve teknik eğitim laboratuvarları, öğrencilere gerçek iş ortamlarına benzer koşullarda çalışma imkânı tanır. Bu ortamlarda, öğrenciler teorik bilgilerini uygulamaya dökerek el becerilerini geliştirir ve mesleki deneyim kazanırlar. Örneğin, bir makine atölyesinde öğrenciler, makine kullanımı, bakımı ve onarımı konularında pratik beceriler kazanabilirler [24].

Sarioğlu vd., (2020), uzaktan eğitim sürecinde fen bilimleri dersinde deney yapmaya ilişkin öğretmen görüşlerini araştırdıkları çalışmalarında, uzaktan eğitimde deney yapma uygulamalarının etkinliğini ve bu süreçte karşılaşılan zorlukları öğretmen perspektifinden değerlendirmişlerdir. Bu çalışma, fen bilimleri eğitiminde deney yapmanın önemini vurgulamakta ve uzaktan eğitimde bu tür uygulamaların nasıl daha etkili hale getirilebileceğine dair öneriler sunmaktadır. Sarioğlu ve arkadaşları (2020), öğretmenlerin deney yapma konusunda çeşitli zorluklarla karşılaştıklarını, ancak uygun yöntem ve araçlarla bu zorlukların üstesinden gelinebileceğini ifade etmişlerdir [5].

Laboratuvar kullanımı aynı zamanda öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur. Karşılarına çıkan sorunları analiz etme, çeşitli araçları etkili bir şekilde kullanma ve takım çalışması gibi beceriler, mesleki ve teknik eğitim laboratuvarlarında edinilen deneyimlerle pekiştirilir [37]. Bu laboratuvarlar, öğrencilerin iş dünyasına daha hazır hale gelmelerini sağlayarak mezuniyet sonrası istihdam olanaklarını artırır. Ayrıca, teknolojik gelişmelere ayak uydurabilen, pratik

deneyimlere sahip bireylerin yetişmesine katkıda bulunarak mesleki ve teknik alanlarda nitelikli iş gücünün oluşturulmasına destek olur.

3.4.1.1. Eğitimde Laboratuvarların Önemi

Eğitimde laboratuvarların önemi, öğrencilere teorik bilgileri pratiğe dökme fırsatı sağlayarak öğrenme deneyimini zenginleştirmekte ve anlama düzeyini artırmaktadır. Laboratuvarlar, öğrencilerin el becerilerini, gözlem yeteneklerini ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine olanak tanır [16]. Bu, öğrencilerin sadece kavramları ezberlemek yerine, onları uygulamalı olarak anlamalarına yardımcı olur. Eğitim laboratuvarları, öğrencilere soyut konseptleri somut örneklerle görselleştirmeye olanak tanır.

Öğrenciler, deneysel çalışmalar yaparak teorik bilgileri pratiğe dökerek konuları daha iyi anlayabilir ve öğrenme sürecini derinleştirebilirler. Örneğin, kimya laboratuvarında kimyasal reaksiyonları gözlemlemek veya fizik laboratuvarında mekanik prensipleri deneyimlemek, öğrencilere soyut konseptleri somut bir bağlamda anlama şansı sunar. Ayrıca, eğitim laboratuvarları, öğrencilerin ekip çalışması ve iletişim becerilerini geliştirmelerine de katkıda bulunur. Grup içinde birlikte çalışma, deneyimlerini paylaşma ve birlikte problem çözme, öğrencilere sosyal ve iş birliği becerilerini artırma fırsatı sunar. Bu, öğrencilerin iş dünyasında ve günlük yaşamlarında başarılı olabilmeleri için önemli bir unsurdur. Eğitim laboratuvarları, öğrencilerin bilgiyi derinlemesine anlamalarına, pratik beceriler kazanmalarına ve kavramları somut bir bağlamda deneyimlemelerine olanak tanıyarak eğitim sürecini zenginleştiren önemli bir araçtır [38].

3.4.1.2. Laboratuvar Ekipmanlarının Yeterliliği

Laboratuvar ekipmanlarının yeterliliği, mesleki ve teknik eğitimde hayati bir öneme sahiptir. Yeterli ve güncel ekipmanlar, öğrencilere gerçek dünya deneyimleri kazandırma, pratik becerilerini geliştirme ve güncel teknolojilere uygun bir şekilde yetişmelerine olanak tanıma açısından kritik bir rol oynar. Laboratuvarlarda kullanılan ekipmanlar, öğrencilerin teorik bilgileri pratiğe dökmelerini sağlar [39]. Bu ekipmanlar, öğrencilere sektördeki güncel uygulamaları anlama ve bu uygulamalara

uygun beceriler geliştirme imkânı sunar. Örneğin, enerji mühendisliği laboratuvarlarında kullanılan özel cihazlar ve test ekipmanları, öğrencilere enerji sistemlerini analiz etme ve tasarlama konusunda gerçek dünya deneyimleri kazandırabilir.

Demir (2021), Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi'nde bulunan öğrencilerin öğretmenlerin uzaktan eğitime yönelik tutumlarını incelediği yüksek lisans tezinde, uzaktan eğitime karşı geliştirilen tutumları ve bu tutumların eğitim sürecine etkilerini detaylı bir şekilde ele almıştır. Bu çalışmada, uzaktan eğitimin mesleki ve teknik eğitimde nasıl algılandığı, öğretmen ve öğrencilerin bu konudaki görüşleri ve tutumları analiz edilmiştir. Demir (2021), öğretmen ve öğrencilerin uzaktan eğitime karşı olan olumlu ve olumsuz tutumlarını belirlemiş ve bu tutumların eğitimin etkinliğine nasıl yansıdığını tartışmıştır [24].

Yeterli laboratuvar ekipmanları aynı zamanda öğrencilerin güncel teknolojilerle tanışmalarına ve bu teknolojilere hâkim olmalarına yardımcı olur. Bu da mezun olan öğrencilerin iş dünyasında daha donanımlı ve rekabetçi olmalarını sağlar. Ekipmanların yeterliliği, öğrencilere sektördeki yenilikleri takip etme ve uygulama yeteneği kazandırarak mesleki gelişimlerine katkıda bulunur. Laboratuvar ekipmanlarının yeterliliği, mesleki eğitimin kalitesini belirleyen kritik bir faktördür [40]. Güncel, işlevsel ve yeterli ekipmanlar, öğrencilerin etkili bir şekilde öğrenmelerini sağlar ve onları sektöre hazırlar. Bu nedenle, eğitim kurumları tarafından laboratuvarlarda kullanılan ekipmanların sürekli olarak güncellenmesi ve bakımının yapılması büyük önem taşır.

3.4.2. Mühendislik Eğitiminde Pratik Deneyimlerin Önemi

Mühendislik eğitiminde pratik deneyimlerin sağladığı önem, teorik bilgilerin günlük uygulamaya dönüştürülmesi, öğrencilerin sorun çözme becerilerini geliştirmesi ve mühendislik uygulamalarına uygunluklarını artırmasıyla açıklanabilir. Pratik deneyimler, öğrencilere sadece kitaplardan öğrenilemeyecek olan pratik bilgileri kazanma şansı tanır [40]. Mühendislik, karmaşık problemleri çözebilme yeteneği gerektiren bir alandır ve pratik deneyimler, öğrencilere bu tür zorlukları aşma konusunda gerekli olan becerileri kazandırır. Mühendislik öğrencilerinin laboratuvar

ortamlarında veya saha çalışmalarında karşılaştıkları gerçek problemler, onları çeşitli senaryolara uygun çözümler üretmeye yönlendirir [40].

Yalçınkaya (2006), Çukurova Üniversitesi öğretim görevlilerinin web tabanlı uzaktan eğitim sistemine yatkınlıklarını ele aldığı yüksek lisans tezinde, uzaktan eğitim sistemlerinin üniversite düzeyinde uygulanabilirliği ve öğretim elemanlarının bu sisteme adaptasyon süreci incelenmiştir. Yapılan çalışmada, web sayfaları üzerinden uzaktan eğitim sistemlerinin avantajları, dezavantajları ve Çukurova Üniversitesi öğretim elemanlarının bu sistemlere olan yatkınlıkları detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Yalçınkaya (2006), öğretim elemanlarının uzaktan eğitim sistemlerine karşı olan yatkınlıklarının, sistemlerin başarısını doğrudan etkilediğini vurgulamaktadır [43].

Ayrıca, pratik deneyimler öğrencilere mühendislik projelerini planlama, yönetme ve uygulama konularında pratiğe dönüştürülebilen beceriler kazandırır. Mühendislik projeleri genellikle çok disiplinli ekiplerin iş birliği içinde çalıştığı karmaşık girişimlerdir ve bu tür projelerde yer almak, öğrencilere ekip çalışması, liderlik ve iletişim becerileri gibi önemli yetkinlikleri öğrenme şansı tanır. Pratik deneyimler aynı zamanda mühendislik öğrencilerini sektördeki güncel teknolojilere, malzemelere ve metodolojilere tanıtır [41]. Bu, mezun olduklarında öğrencilerin iş dünyasında daha hızlı adapte olmalarına yardımcı olur. Mühendislik uygulamalarına dayalı eğitim, öğrencilerin sadece teorik bilgi değil, aynı zamanda uygulamada başarılı olabilecekleri bir perspektif kazanmalarını sağlar.

3.4.2.1. Teorik ve Pratik Deneyim Dengesi

Mühendislik eğitiminde teorik ve pratik deneyim arasındaki denge, öğrencilere kapsamlı bir öğrenme deneyimi sunmak açısından kritik bir faktördür. Teorik bilgi, mühendislik prensipleri, hesaplamalar ve kuramsal temelleri kapsarken, pratik deneyim, bu bilgilerin gerçek dünya uygulamalarına nasıl entegre edileceğini öğrencilere gösterir. Teorik ve pratik deneyim dengesi, mühendislik öğrencilerinin konseptleri anlamalarını ve aynı zamanda bu konseptleri nasıl uygulayacaklarını öğrenmelerini sağlar. Teorik bilgi, genellikle sınıflarda veya laboratuvarlarda öğrencilere sunulan temel prensipleri içerir. Ancak, bu teorik bilginin anlam

kazanması ve kalıcı olması için öğrencilerin bu prensipleri pratikte görmeleri ve deneyimlemeleri gerekir [42].

Mühendislik eğitiminde teorik ve pratik deneyim dengesi, öğrencilere problem çözme becerileri kazandırmak, yaratıcı düşünme yeteneklerini geliştirmek ve mühendislik projelerini etkili bir şekilde yönetme yetkinliklerini artırmak amacıyla önemlidir. Bu denge, öğrencilerin sadece teorik bilgi ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda bu bilgileri gerçek dünya problemlerine uygulama yeteneği kazanmalarına olanak tanır. Laboratuvar çalışmaları, projeler ve endüstri stajları gibi pratik deneyimler, öğrencilere mühendislik alanındaki güncel gelişmeleri takip etme ve uygulama fırsatı sunar. Bu sayede, öğrenciler mezuniyet sonrasında karşılaşacakları mühendislik sorunlarıyla başa çıkma konusunda kendilerini daha iyi hazırlarlar [43]. Mühendislik eğitiminde teorik ve pratik deneyim dengesi, öğrencilere hem güçlü teorik temeller hem de pratik uygulama becerileri kazandırarak başarılı bir mühendislik kariyerine giden yolda önemli bir rol oynar.

3.4.2.2. Proje Tabanlı Mühendislik Eğitimi

Proje tabanlı mühendislik eğitimi, öğrencilere teorik bilgileri pratik projeler üzerinden uygulama fırsatı sunan bir öğrenme yaklaşımıdır. Bu eğitim modeli, öğrencilerin sadece teorik prensipleri öğrenmekle kalmayıp, aynı zamanda bu prensipleri çeşitli mühendislik projelerine uygulama yeteneği kazanmalarını hedefler. Proje tabanlı eğitim, mühendislik öğrencilerine gerçek dünya sorunlarına çözüm üretme ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştirme şansı verir [1]. Bu eğitim modelinde öğrenciler genellikle belirli bir proje veya tasarım görevi üzerinde çalışarak, problem çözme, takım çalışması ve iletişim becerilerini geliştirirler. Proje tabanlı mühendislik eğitimi, öğrencilere gerçek bir mühendislik ortamında nasıl çalışacaklarına dair önemli deneyimler sunar. Ayrıca, öğrencilerin kendi projelerini yönetme, kaynakları etkili bir şekilde kullanma ve takvimleri sürdürme gibi becerilerini de geliştirir.

Bu eğitim yaklaşımı, öğrencilerin öğrenmelerini daha etkili ve kalıcı kılar, çünkü teorik bilgileri sadece öğrenmekle kalmazlar, aynı zamanda bu bilgileri uygulama şansı bulurlar. Proje tabanlı mühendislik eğitimi, öğrencilere mühendislik disiplinleri arasında bağlantıları kurma, karmaşık sorunları analiz etme ve çeşitli

disiplinlerden gelen bilgileri entegre etme yetenekleri kazandırır [3]. Bu yöntem, mühendislik öğrencilerini gelecekteki profesyonel hayatlarına hazırlarken aynı zamanda yaratıcı düşünme, liderlik ve problem çözme yeteneklerini geliştirmelerine yardımcı olur. Proje tabanlı mühendislik eğitimi, mühendislik alanında başarılı bir kariyere adım atmalarına olanak tanıyan kapsamlı bir öğrenme deneyimi sunar [1].

3.4.3. Uygulamalı Enerji Mühendisliği Eğitimi

Uygulamalı enerji mühendisliği eğitimi, öğrencilere enerji sistemleri, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji yönetimi gibi konularda teorik bilgileri pratik uygulamalarla birleştiren bir öğrenme yaklaşımını temsil eder. Bu eğitim modeli, enerji mühendisliği öğrencilerine hem teorik temelleri anlama hem de bu bilgileri gerçek dünya uygulamalarında kullanma fırsatı sunar. Uygulamalı enerji mühendisliği eğitimi, laboratuvar çalışmaları, saha ziyaretleri, proje tabanlı öğrenme ve endüstri iş birlikleri gibi yöntemleri içerir [5]. Öğrencilere enerji sistemlerini tasarlama, kurma ve analiz etme konularında beceriler kazandırarak, teorik bilgileri pratiğe dönüştürme yeteneklerini geliştirir. Bu eğitim modeli, öğrencilere enerji sektöründeki güncel teknolojileri ve endüstri standartlarını anlama şansı verir. Uygulamalı enerji mühendisliği eğitimi, öğrencilerin enerji projelerinde çalışarak takım çalışması ve liderlik becerilerini geliştirmelerine olanak tanır. Ayrıca, enerji mühendisliği alanındaki sorunlara çözüm getirebilmeleri için analitik düşünme ve problem çözme yeteneklerini artırır. Eğitim sürecinde endüstri profesyonelleri ve uzmanlarla yapılan iş birlikleri, öğrencilerin sektöre dair pratik bilgi ve deneyim kazanmalarını sağlar [7]. Uygulamalı enerji mühendisliği eğitimi, öğrencilere mezuniyet sonrasında enerji sektöründe etkili bir şekilde çalışabilme ve çeşitli enerji projelerini yönetebilme yeteneği kazandırarak, öğrencileri sektörde liderlik yapmaya hazırlar.

3.4.3.1. Uygulamalı Ders İçeriği ve Programlar

Uygulamalı enerji mühendisliği eğitiminin temelini oluşturan ders içeriği ve programlar, öğrencilere geniş bir yelpazede enerji konularında bilgi ve beceri kazandırmayı amaçlar. Bu programlar genellikle enerji sektöründeki güncel gelişmeleri, teknolojik ilerlemeleri ve endüstri standartlarını içerir. Bu çerçevede,

- **Enerji Sistemleri Mühendisliği:** Bu ders, öğrencilere enerji sistemlerinin temel prensiplerini anlama fırsatı sunar. Elektrik enerjisi üretimi, dağıtımı ve kontrolü gibi konular kapsanır. Bu ders, enerji sistemlerinin tasarımı ve optimizasyonu üzerinde odaklanabilir.
- **Yenilenebilir Enerji Kaynakları:** Bu ders, güneş, rüzgâr, hidrojen ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına odaklanır. Öğrencilere bu kaynaklardan enerji üretme yöntemlerini öğretir ve sürdürülebilir enerji projelerini planlama yeteneklerini geliştirir.
- **Enerji Verimliliği ve Yönetimi:** Bu ders, enerji verimliliği konseptlerini, binaların enerji yönetimi, endüstriyel enerji verimliliği ve enerji tasarrufu stratejilerini içerir. Öğrencilere enerji tüketimini azaltma ve kaynakları daha etkili kullanma becerileri kazandırır.
- **Sistem Dinamikleri ve Kontrol:** Bu ders, enerji sistemlerinin dinamiklerini ve kontrolünü inceleyerek öğrencilere sistem mühendisliği becerileri kazandırır. Enerji sistemlerinin kararlılığı, kontrol algoritmaları ve otomasyon konularını içerir.
- **Proje Tabanlı Uygulamalar:** Öğrenciler, enerji mühendisliği uygulamalarını anlamak ve çözümler üretmek için proje tabanlı çalışmalara katılırlar. Gerçek dünya projeleri, öğrencilere sektördeki zorluklarla başa çıkma ve kapsamlı çözümler üretme yeteneklerini geliştirme şansı tanır.

Uygulamalı ders içeriği ve programları, öğrencilere teorik bilgileri pratik uygulamalarla birleştirme ve enerji mühendisliği alanında gerçek dünya becerileri kazanma fırsatı sunarak, mezunlarını sektörde etkili profesyoneller olarak yetiştirmeyi amaçlar [7] [9].

3.4.3.2. Enerji Mühendisliği Laboratuvarlarının İhtiyaçları

Enerji mühendisliği laboratuvarları, öğrencilere teorik bilgileri uygulamaya dönüştürme, deney yapma ve gerçek dünya mühendislik problemleriyle başa çıkma fırsatı sunan önemli bir alandır. Bu laboratuvarlar, öğrencilere enerji sistemleri, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji verimliliği ve kontrol sistemleri gibi konularda el-on deneyim kazandırarak mühendislik becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur. Laboratuvarlar, enerji sistemleri ve cihazları ile ilgili deneyler yapmak için gerekli

donanımı içermelidir. Elektrik üretiminden kontrol sistemlerine kadar geniş bir yelpazede donanım, öğrencilere çeşitli mühendislik konseptlerini keşfetme fırsatı sunar [9].

Enerji mühendisliği laboratuvarlarında, öğrencilerin enerji tüketimi, verimlilik ve sistem performansı gibi faktörleri ölçmelerine olanak tanıyan çeşitli ölçüm cihazlarına ihtiyaç vardır. Bu cihazlar, gerçek dünya uygulamalarında kullanılan ölçümleri simüle etmeye yönelik tasarlanmalıdır. Bilgisayar tabanlı simülasyon ve modelleme araçları, öğrencilere teorik konseptleri anlamaları ve enerji sistemlerini sanal ortamda test etmeleri için önemli bir kaynaktır. Bu araçlar, öğrencilere gerçek dünya uygulamalarını taklit etme ve sistemi analiz etme fırsatı sunar.

Enerji mühendisliği laboratuvarları, öğrencilerin güvenli bir ortamda çalışmalarını sağlamak için uygun güvenlik ekipmanlarına sahip olmalıdır. Bu, acil durumlar için acil çıkışlar, yangın söndürme ekipmanları ve koruyucu giyim gibi unsurları içerir. Öğrencilerin gruplar halinde çalışabileceği ve projelerini gerçekleştirebileceği alanlar, laboratuvarların etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar. Proje alanları, öğrencilere iş birliği yapma ve gerçek dünya mühendislik problemlerine çözüm bulma becerilerini geliştirme imkânı sunar. Enerji mühendisliği laboratuvarları, mühendislik öğrencilerini teorik bilgilerini pratik uygulamalarla birleştirerek sektöre hazırlamada kilit bir rol oynamaktadır [19]. Bu laboratuvarlar, öğrencilerin mühendislik disiplinlerinde uzmanlaşmalarına ve endüstriye değer katan projeler geliştirmelerine olanak sağlar.

3.5. Uzaktan Kontrollü Deney Sistemleri

Uzaktan kontrollü deney sistemleri, öğrencilere coğrafi olarak uzakta bulunan laboratuvarlara internet aracılığıyla erişme ve deneyleri gerçekleştirme imkânı sağlayan etkileşimli bir öğrenme ortamı sunar. Bu sistemler, öğrencilere teorik bilgileri pratiğe dönüştürme ve mühendislik konseptlerini gerçek dünya uygulamalarıyla deneyimleme fırsatı verir. Bu çerçevede uzaktan kontrollü deney sistemleri, öğrencilerin internet üzerinden laboratuvarlara erişmelerini sağlayan güçlü bir erişim altyapısına dayanır [20]. Bu, yüksek hızlı internet bağlantıları ve güvenli

veri iletimi için uygun şifreleme yöntemlerini içerir. Deneylerin gerçekleştirilmesi için uzaktan kontrollü sistemler, öğrencilerin deney setlerini kontrol etmelerine ve gözlem yapmalarına olanak tanıyan uzaktan kumandalı cihazları içerir. Bu cihazlar, sensörler, aktüatörler ve diğer kontrol birimlerini içererek öğrencilere deneylerde etkileşimli bir rol alma imkânı sunar. Uzaktan kontrollü deney sistemleri, öğrencilerin deneyler sırasında elde ettikleri verileri toplamalarına ve analiz etmelerine yardımcı olan yazılım tabanlı araçları içerir. Bu araçlar, öğrencilere gerçek zamanlı veri görselleştirmesi, grafik analizler ve sonuçların yorumlanması için gerekli araçları sunar [21].



Şekil 3.4. MCP M21-7000A analog & dijital elektronik deney seti [44]

Uzaktan kontrollü deney sistemleri, öğrencilerin deney sırasında eğitmenleri veya diğer öğrencileri ile etkileşimde bulunmalarına olanak tanıyan iletişim araçlarını içerir. Canlı sohbet, video konferans veya mesajlaşma gibi yöntemler, öğrencilerin deneyleri sırasında sorular sormalarını veya yardım istemelerini sağlar. Uzaktan kontrollü deney sistemleri, öğrenci güvenliğini ve laboratuvar ekipmanlarının doğru kullanımını sağlamak için güvenlik protokollerini içerir [22]. Bu, acil durum senaryolarına hazırlık, acil durum durdurma düğmeleri ve laboratuvar ekipmanlarının uzaktan kapatılabilme yeteneklerini içerir. Uzaktan kontrollü deney sistemleri, öğrencilere coğrafi sınırlamalar olmaksızın laboratuvar deneyimleri sunarak

eğitimdeki erişilebilirliği artırır. Bu sistemler, özellikle uzaktan eğitim veya çevrimiçi mühendislik programları için etkili öğrenme araçları olarak değerlendirilmektedir.

3.5.1. Uzaktan Kontrollü Laboratuvar Platformları

Uzaktan kontrollü laboratuvar platformları, öğrencilere coğrafi olarak uzakta bulunan laboratuvarlara erişim sağlayarak deneyler yapma ve pratik beceriler kazanma imkânı sunan online eğitim araçlarıdır. Uzaktan kontrollü laboratuvar platformları, öğrencilere internet aracılığıyla laboratuvar cihazlarına erişim ve bu cihazları uzaktan kontrol etme imkânı tanır [45]. Bu, öğrencilere laboratuvar deneylerini kendi bilgisayarlarından veya diğer akıllı cihazlardan gerçekleştirme olanağı sağlar. Bu platformlar, farklı disiplinlerdeki çeşitli deney setlerini içerebilir. Fizik, kimya, mühendislik, biyoloji gibi alanlarda çeşitli laboratuvar deneylerini kapsayan geniş bir yelpazeye sahiptirler. Öğrencilere çeşitli konularda pratik deneyim kazandırma amacını taşırlar. Uzaktan kontrollü laboratuvarlar genellikle sensörler ve aktüatörlerle donatılmıştır. Bu, öğrencilerin deneyleri gerçekleştirirken çeşitli ölçümler yapmalarına ve kontrol işlemleri uygulamalarına olanak tanır [46].

Platformlar, öğrencilerin deney sırasında elde ettikleri verileri toplamalarını ve analiz etmelerini sağlayan entegre araçlar içerir. Grafikler, tablolar ve diğer görselleştirmeler aracılığıyla öğrencilere derinlemesine analiz yapma imkânı sunar. Uzaktan kontrollü laboratuvar platformları, öğrencilerin deney sırasında eğitmenleri veya diğer öğrencileri ile etkileşimde bulunmalarına olanak tanıyan iletişim araçlarını destekler. Bu, öğrencilere rehberlik sağlama, sorular sorma ve tartışmalara katılma şansı verir [46].

Platformlar, güvenlik protokollerini içerir ve acil durum durumlarına karşı hazır olma amacını taşır. Özellikle uzaktan çalışan laboratuvar ekipmanlarını güvenli bir şekilde kullanma yeteneklerini destekler. Uzaktan kontrollü laboratuvar platformları, öğrencilere esneklik, erişilebilirlik ve etkileşimli öğrenme deneyimleri sunarak modern eğitimde önemli bir rol oynamaktadır [46].

3.5.1.1. Mimarisi ve İşleyişı

Uzaktan kontrollü laboratuvar platformlarının mimarisi ve işleyişı oldukça karmaşık ve çok katmanlı bir yapıya sahiptir. Bu platformlar, öğrencilere uzaktan erişim imkânı tanıyarak laboratuvar deneyimlerini sanal ortamda gerçekleştirmelerini sağlamaktadır [11]. Bu platformların mimarisi genellikle üç ana bileşen üzerine kuruludur:

- **Kullanıcı Arayüzü:** Uzaktan erişim sağlayan platformların en önemli bileşenlerinden biri, öğrencilerin laboratuvar cihazlarına erişimini ve deneyleri gerçekleştirmesini sağlayan kullanıcı arayüzüdür. Bu arayüz genellikle web tabanlı olup, öğrencilere cihazları kontrol etme, ölçümler yapma ve veri toplama gibi işlevleri gerçekleştirme imkânı tanır [11].
- **Laboratuvar Cihazları ve Sensörler:** Uzaktan erişimli laboratuvarlarda kullanılan cihazlar ve sensörler, öğrencilerin çeşitli deneyleri gerçekleştirmelerini sağlayan donanımları içerir. Bu cihazlar genellikle sensörler, aktüatörler ve ölçüm ekipmanları gibi unsurları içerir. Öğrenciler, bu cihazları uzaktan kontrol edebilir ve gerçek zamanlı olarak ölçümler yapabilirler [11].
- **Sunucu ve Kontrol Mekanizmaları:** Uzaktan erişimli laboratuvar platformlarının merkezi kontrol noktası, genellikle bir sunucu veya bulut tabanlı bir sistemdir. Bu sunucu, öğrencilerin cihazlara erişimini yönetir, deneyleri koordine eder ve verilerin saklanması sağlar. Ayrıca, güvenlik önlemleri ve kullanıcı kimlik doğrulama gibi unsurları da içerir [11].

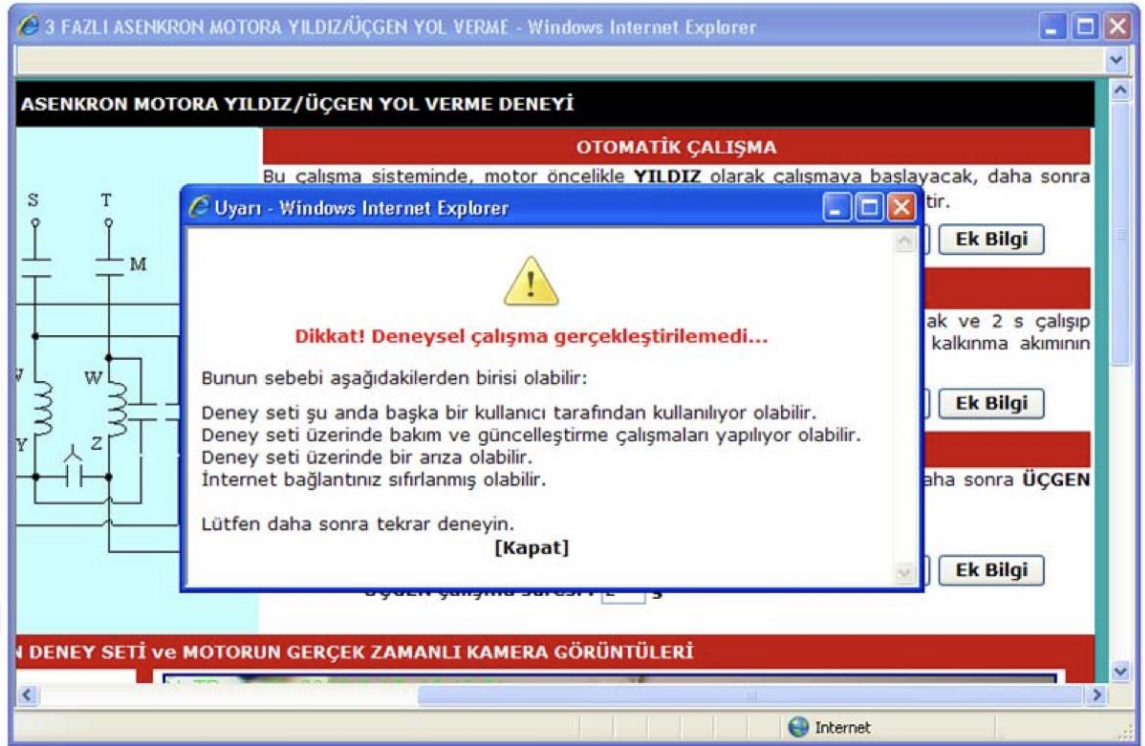
Uzaktan erişimli laboratuvar platformları, öğrencilere gerçek bir laboratuvar deneyimi yaşatmak için tasarlanmıştır. Öğrenciler, bu platformlar aracılığıyla teorik bilgilerini pratiğe dökebilir, cihazları kontrol edebilir ve laboratuvar deneyimlerini gerçekleştirebilirler [24]. Platformların işleyişı, kullanıcıların etkileşimini ve deneylerin gerçek zamanlı olarak kontrolünü sağlayarak, uzaktan eğitimde interaktif ve etkili bir öğrenme deneyimi sunmayı hedefler.

3.5.1.2. Kullanıcı Arayüzü ve Kontrol Seçenekleri

Uzaktan kontrollü laboratuvar platformlarının kullanıcı arayüzleri, öğrencilere etkileşimli bir deneyim sunmak ve laboratuvar cihazlarına kolayca erişmelerini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Kullanıcı arayüzleri, öğrencilere laboratuvar cihazlarına uzaktan erişim sağlar. Bu sayede, öğrenciler coğrafi olarak uzakta olsalar bile deneylere katılabilir, cihazları kontrol edebilir ve ölçümler yapabilirler. Arayüzler, öğrencilere laboratuvar cihazlarının gerçek zamanlı görüntülerini sağlar [25].

Ayrıca, öğrencilerin deney sırasında elde ettikleri verileri anlık olarak gözlemlemelerine ve toplamalarına imkân tanır. Kullanıcı arayüzleri, öğrencilere deney parametrelerini ayarlama yeteneği sunar. Bu, öğrencilerin deneyleri kendi ihtiyaçlarına göre özelleştirmelerini ve farklı senaryoları uygulamalarını sağlar. Uzaktan eğitimde etkileşim önemlidir. Kullanıcı arayüzleri, öğrencilerin öğretmenlerine veya destek ekibine canlı iletişim kurma imkânı tanır. Bu sayede, öğrenciler sorularını sorabilir veya yardım alabilirler.

Arayüzler genellikle öğrencilerin yaptıkları deneylere ait kayıtları saklama ve raporlama yetenekleri sunar. Bu, öğrencilerin deney süreçlerini değerlendirmelerine ve sonuçlarına erişmelerine yardımcı olur [26]. Kullanıcı arayüzleri, güvenlik önlemleri ve yetkilendirme sistemleri içerir. Bu, sadece yetkili kullanıcıların belirli cihazlara erişebilmesini sağlar ve güvenli bir öğrenme ortamı oluşturur. Bu özellikler, uzaktan eğitimde laboratuvar deneyimini daha etkileşimli ve öğrenci odaklı hale getirerek, öğrencilerin teorik bilgilerini pratikte uygulamalarına olanak tanır.



Şekil 3.5. Örnek kullanıcı arayüzünde uyarı ekranı [11]

3.5.2. Eğitimde Uzaktan Kontrollü Deney Sistemlerinin Kullanımı

Eğitimde uzaktan kontrollü deney sistemleri, öğrencilere laboratuvar deneyimlerini sanal ortamda yaşama imkânı sunan önemli bir araçtır. Bu sistemler, coğrafi uzaklıkları aşarak öğrencilere gerçek laboratuvar cihazlarına erişim sağlayarak, teorik bilgilerin pratiğe dönüşmesini mümkün kılar. Uzaktan kontrollü deney sistemleri, öğrencilere çeşitli disiplinlerde laboratuvar deneylerini gerçekleştirme şansı tanır [27]. Bu sistemler genellikle çeşitli mühendislik alanları, fizik, kimya ve biyoloji gibi bilim dallarındaki deneyleri içerecek şekilde tasarlanmıştır. Öğrenciler, internet üzerinden erişim sağlayarak, uzman bir eğitmen eşliğinde gerçek cihazları uzaktan kontrol edebilirler.

Uzaktan kontrollü deney sistemlerinin avantajları arasında esnek öğrenme imkânı, laboratuvar erişiminin zaman ve mekân sınırlamalarının olmaması, öğrencilerin kendi hızlarında öğrenmelerine olanak tanınması ve teorik bilgileri pratikte uygulama şansı bulunmaktadır. Bu sistemler aynı zamanda öğretmenlerin öğrencilerin deney süreçlerini izlemelerini ve değerlendirmelerini sağlar. Uzaktan kontrollü deney

sistemleri, öğrencilere güvenli bir laboratuvar ortamında deney yapma fırsatı sunarken, aynı zamanda maliyet ve zaman tasarrufu sağlar [28]. Bu sistemler, geleneksel laboratuvar deneylerini tamamlayıcı bir rol üstlenerek, öğrencilere pratik beceri kazandırmak ve öğrenmeyi daha etkili kılmak adına değerli bir araç sunar.

3.5.2.1. Avantajlar ve Dezavantajlar

Uzaktan kontrollü deney sistemleri, öğrenme süreçlerine çeşitli avantajlar ve dezavantajlar getirir. Bu sistemlerin avantajları arasında öğrencilere geniş bir laboratuvar deneyimi sunma, coğrafi sınırlamaları aşarak erişimi artırma ve esnek öğrenme imkânı sağlama bulunmaktadır. Öğrenciler, internet üzerinden uzaktan erişim ile gerçek cihazları kullanarak teorik bilgileri pratikte uygulama şansı elde ederler. Ayrıca, bu sistemler öğrencilere kendi hızlarında ve uygun zamanlarda deney yapma olanağı tanır, bu da öğrenme sürecini daha etkili kılar. Bununla birlikte, uzaktan kontrollü deney sistemlerinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu sistemlerin kurulumu ve bakımı genellikle maliyetli olabilir. Ayrıca, internet bağlantısının zayıf olduğu bölgelerde veya teknik sorunların yaşandığı durumlarda, öğrencilerin deneylere kesintisiz erişimi mümkün olmayabilir. Gerçek laboratuvar deneyimine kıyasla, öğrencilerin sanal ortamda elde ettikleri deneyimler, bazı durumlarda fiziksel duyuları eksik bırakabilir [29].

Öğrenci ve öğretmenlerin uzaktan iletişim kurma imkânı olduğu bu sistemlerde, yeterli iletişim olmaması durumunda anlaşılabilirlik sorunları yaşanabilir. Ayrıca, öğrencilerin deneyleri kendi başlarına yapabilme becerisi ve motivasyonları, uzaktan eğitimde önemli bir faktördür. Bu nedenle, bu sistemlerin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için öğrencilere yönelik uygun rehberlik ve destek mekanizmalarının oluşturulması gerekmektedir [4].

3.5.2.2. Başarı Faktörleri ve Zorluklar

Uzaktan kontrollü deney sistemlerinin başarı faktörleri ve zorlukları, bu teknolojik yaklaşımın etkinliğini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Başarı faktörleri arasında, sistemin güvenilir ve kullanıcı dostu bir arayüze sahip olması, gerçek zamanlı etkileşim imkânı sunması, öğrencilere interaktif deneyimler yaşatması

ve öğretmenlerin etkileşimli bir şekilde öğrencileri yönlendirebilmesi yer almaktadır. Ayrıca, bu sistemlerin düzenli bakım ve güncellemelere tabi tutulması, teknik sorunların hızla çözülmesi de başarıyı etkileyen faktörler arasındadır [6]. Zorluklar ise çeşitli boyutlarda karşımıza çıkmaktadır. Teknolojik altyapının yetersiz olduğu bölgelerde öğrencilerin deneylere erişiminde sorunlar yaşanabilir. Ayrıca, öğrencilerin deneyleri gerçekleştirirken karşılaştıkları teknik sorunlar veya internet bağlantısıyla ilgili problemler, süreci olumsuz etkileyebilir. Öğrencilerin bu sistemlere olan adaptasyon süreci ve uzaktan eğitime karşı motivasyonları da önemli bir zorluk olabilir. Ayrıca, öğrenci ve öğretmenler arasındaki etkileşimi sürdürmek ve öğrencileri etkili bir şekilde yönlendirmek, uzaktan eğitimdeki önemli zorluklardan biridir.

Bu nedenle, uzaktan kontrollü deney sistemlerinin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için teknik altyapının güçlendirilmesi, kullanıcı eğitimlerinin düzenlenmesi, öğrenci destek mekanizmalarının etkin bir şekilde işletilmesi ve sürekli geri bildirim alınması gibi stratejiler geliştirilmelidir [6]. Bu faktörlerin dikkate alınması, uzaktan eğitimdeki zorlukların aşılmasına ve başarılı bir öğrenme ortamının oluşturulmasına katkı sağlayabilir.

3.5.3. Uzaktan Kontrollü Deney Setleri İçin Tasarım Prensipleri

Uzaktan kontrollü deney setleri tasarımında dikkate alınması gereken bir dizi önemli prensip bulunmaktadır. Bu prensipler, öğrencilere etkili bir öğrenme deneyimi sunmak ve uzaktan eğitim sürecini optimize etmek için belirlenmiştir. Birincil tasarım prensibi, kullanıcı dostu arayüzlerin oluşturulmasıdır. Öğrencilerin ve öğretmenlerin sistemle etkileşimini sağlamak amacıyla arayüzlerin anlaşılır, kolay kullanılabilir ve erişilebilir olması önemlidir. Aynı zamanda, deney setinin çalışma prensipleri ve kontrolleri açıkça ifade edilmeli, bu da kullanıcının deney sürecini anlamasına yardımcı olmalıdır [47].

İkinci olarak, uzaktan kontrollü deney setleri tasarımında gerçek zamanlı etkileşim ön planda tutulmalıdır. Öğrencilerin deneyleri canlı bir şekilde izleyebilmeleri, gerçek zamanlı veri toplayabilmeleri ve bu veriler üzerinden analiz yapabilmeleri, öğrenmeyi güçlendirecek unsurlardır. Bu, eğitim sürecine etkileşim ve dinamizm katmaya yardımcı olur. Üçüncü olarak, güvenlik ve veri bütünlüğü önemli

bir tasarım prensibidir. Uzaktan kontrollü deney setleri, öğrencilerin güvenli bir şekilde deneyler gerçekleştirmelerini sağlamalı ve elde edilen verilerin doğruluğunu korumalıdır. Bu bağlamda, sistemlerin güçlü şifreleme yöntemleri ve güvenlik protokolleri ile donatılması gerekmektedir [47].

Dördüncü olarak, modülerlik ve genişletilebilirlik tasarım prensipleridir. Deney setleri modüler bir yapıya sahip olmalı, yeni deneylerin eklenmesi veya mevcut deneylerin güncellenmesi kolay olmalıdır. Bu, sistemlerin zamanla geliştirilebilmesine ve çeşitli eğitim ihtiyaçlarına uygun hale getirilebilmesine olanak tanır. Son olarak, kullanıcı geri bildirimine açık olma tasarım prensibi önemlidir [10]. Öğrenci ve öğretmenlerden alınan geri bildirimler, sistemlerin sürekli olarak iyileştirilmesine ve öğrenme deneyimlerinin optimize edilmesine katkı sağlar. Bu tasarım prensiplerinin titizlikle uygulanması, uzaktan kontrollü deney setlerinin etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir ve bu teknolojinin uzaktan eğitimdeki rolünü güçlendirebilir.

3.5.3.1. Güvenlik ve Güvenilirlik

Uzaktan kontrollü deney setlerinin tasarımında güvenlik ve güvenilirlik, kullanıcıların güvenli bir öğrenme ortamına erişimini sağlamak ve veri bütünlüğünü korumak için kritik öneme sahiptir. Bu unsurlar, öğrencilerin ve öğretmenlerin sistemle etkileşimde bulunurken bilgilerinin ve deneyimlerinin güvende olduğunu bilmelerini sağlar [31]. Güvenlik açısından, bu sistemler, güçlü kimlik doğrulama yöntemleri ve erişim kontrolleriyle donatılmalıdır. Kullanıcıların sistemdeki rollerine bağlı olarak belirlenmiş yetkilere sahip olmaları, yetkisiz erişimi önler. Şifreleme protokolleri, kullanıcı verilerinin ve iletişiminin güvenliğini sağlamak için kullanılmalıdır. Ayrıca, sistemdeki güvenlik açıkları düzenli olarak güncellenmeli ve kapatılmalıdır [32].

Güvenilirlik bakımından, uzaktan kontrollü deney setleri, sürekli olarak çalışabilirliklerini sürdürebilmeli ve kullanıcıların deneyimlerini kesintisiz bir şekilde desteklemelidir. Bu, donanım ve yazılım bileşenlerinin düzenli bakımını içerir. Sistemde olası arızalara karşı yedekleme mekanizmaları bulunmalıdır, böylece kullanıcılar herhangi bir kesinti yaşamadan öğrenmelerini sürdürebilirler [32].

Uzaktan kontrollü deney setlerinde güvenlik ve güvenilirlik unsurlarına odaklanmak, öğrencilerin ve öğretmenlerin bu platformları güvenle kullanabilmelerini sağlar. Bu prensipler, e-öğrenme ortamlarının genel güvenlik standartlarına uygunluğunu sağlayarak, kullanıcıların öğrenmeye odaklanmalarına ve etkileşimli deneyimlerden en iyi şekilde faydalanmalarına olanak tanır.

3.5.3.2. Kullanılabilirlik ve Erişilebilirlik

Uzaktan kontrollü deney setlerinin tasarımında kullanılabilirlik ve erişilebilirlik, kullanıcıların platformu etkili bir şekilde kullanabilmeleri ve deneyimlerine kolayca erişebilmeleri için kritik önem taşır. Kullanılabilirlik, sistemin kullanıcı dostu olmasını ve kullanıcıların istedikleri bilgilere ve araçlara hızlıca erişebilmelerini sağlamayı amaçlar. Kullanılabilirlik unsurları arasında arayüz tasarımı, gezinme kolaylığı, açıklayıcı ikonlar ve etkileşimli öğrenme materyalleri bulunur [34]. Arayüz tasarımı, kullanıcıların platformu rahatça anlamalarına ve kullanmalarına yardımcı olacak şekilde düzenlenmelidir. Gezinme kolaylığı, kullanıcıların farklı bölümler arasında hızlıca geçiş yapmalarını sağlamalıdır. Açıklayıcı ikonlar, kullanıcıların işlevleri anlamalarına yardımcı olur ve etkileşimli öğrenme materyalleri, öğrencilerin deneyimlerini daha etkileşimli hale getirir.

Erişilebilirlik, öğrenme materyallerine ve deneyimlere ulaşımın herkes için mümkün olmasını sağlamayı hedefler. Bu, engelli bireylerin platformu kullanabilmesi için uygun araçlara ve seçeneklere sahip olmayı içerir. Örneğin, görme engelli bireyler için sesli komutlar veya işitme engelli bireyler için ise anlaşılır alt yazı seçenekleri gibi özellikler erişilebilirliği artırır [35]. Kullanılabilirlik ve erişilebilirlik unsurlarına odaklanmak, uzaktan kontrollü deney setlerinin geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından etkili bir şekilde benimsenmesini ve kullanılmasını sağlar. Bu prensipler, öğrencilerin ve öğretmenlerin platformu kolayca kullanmalarını ve deneyimlerinden en iyi şekilde faydalanmalarını sağlar.

3.6. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi

Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi, bir soğutma sistemini oluşturan temel termodinamik işlemleri içeren bir dögüdür. Bu çevrim, genellikle bir soğutma cihazında kullanılan bir termodinamik dögüdür ve bir soğutucu madde aracılığıyla ısı transferini kullanarak bir ortamı soğutmak için tasarlanmıştır. Bu çevrimde, buharın sıkıştırılması, yoğuşturulması, genleştirilmesi ve buharlaşması gibi işlemler, soğutma sistemlerinin temel işlevlerini oluşturur. Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi, genellikle bir soğutma makinesi veya klima ünitesinde bulunur [36]. Temel olarak, bu çevrimde buhar, bir kompresör tarafından sıkıştırılır ve bu sıkıştırılmış buhar daha sonra bir kondenserde yoğuşturulur. Yoğuştuktan sonra, sıvı haldeki soğutucu madde bir genleşme valfi aracılığıyla genleştirilir ve bu genleşme işlemi, düşük basınçlı bir ortamda buharlaşmaya yol açar. Buharlaşma süreci, ısıyı ortamdan absorbe ederek soğutma etkisini sağlar.

Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi, geniş bir endüstriyel ve ticari uygulama yelpazesine sahiptir. Bu çevrim, ev klima sistemlerinden büyük endüstriyel soğutma tesislerine kadar birçok alanda kullanılır. Enerji verimliliği ve soğutma kapasitesi açısından etkili olan bu çevrim, çeşitli iklim koşullarında ortamları konforlu bir sıcaklık seviyesinde tutmak veya endüstriyel süreçlerde sıcaklık kontrolü sağlamak için yaygın olarak tercih edilmektedir [36]. Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi, çeşitli bileşenleri içerir:

- **Kompresör (Sıkıştırıcı):** Bu aşamada, düşük basınçlı ve düşük sıcaklıktaki buhar, bir kompresör aracılığıyla sıkıştırılır. Sıkışan buharın sıcaklığı ve basıncı artar.
- **Kondenser:** Sıkıştırılmış buhar, kondenserde soğutulur ve yoğuşturulur. Bu sırada, buharın içerdiği ısı, çevredeki ortama transfer edilir ve buhar sıvı hale geçer.
- **Genleşme Ventili:** Yoğuşan sıvı soğutucu madde, genleşme valfi tarafından bir basınç farkı yaratılarak genleştirilir. Bu aşama, sıvının basıncını düşürür ve sıvı buharlaşma eğilimine girer.

- **Buharlaştırıcı (Evaporatör):** Genleşen soğutucu madde, buharlaştırıcıda buharlaşarak tekrar buhar haline döner. Bu esnada, buharın çevresinden ısı absorbe etmesi nedeniyle çevre soğur.

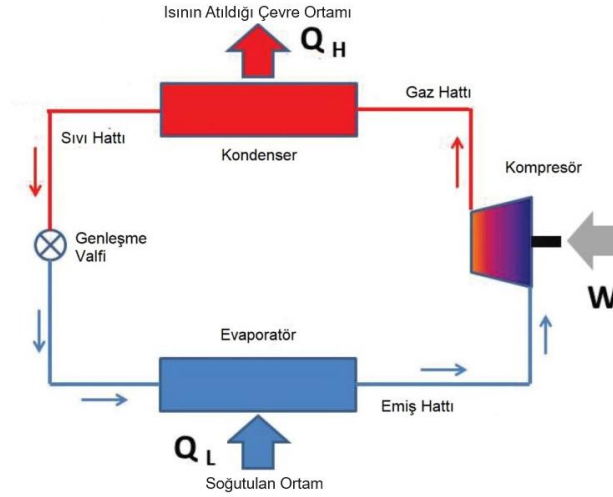
Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi, esasen ısı transferini kullanarak bir ortamın soğutulmasını sağlar. Bu çevrimin avantajlarından biri, buharın sıkıştırılması sırasında ve genişlemesi sırasında gerçekleşen ısı değişimlerini kullanarak verimli bir soğutma sağlamasıdır. Bu nedenle, buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi, iklim kontrolü, soğutma ve dondurma gibi birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır [16].

3.6.1. Temel Soğutma Çevrimi ve İlkeleri

Temel soğutma çevrimi, termodinamik prensiplere dayanarak bir ortamın soğutulması amacıyla tasarlanmıştır. Temel soğutma çevrimi sistem içerisinde dolaşan gazın hal değiştirmesi ile gerçekleşir. Alçak basınçta bulunan soğutucu akışkan sistemde bulunan kompresör aracılığıyla yüksek basınca çıkarılır ve kondensere gönderilir. Kondenserde ise yoğunlaşma oluşturarak genleşme valfine gönderilir. Genleşme valfinden geçen soğutucu akışkan alçak basınçlı sıvı haline dönüşür. Buna buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi (Vapor Compression Refrigeration Cycle) denir ve bu bağlamda [10] [38],

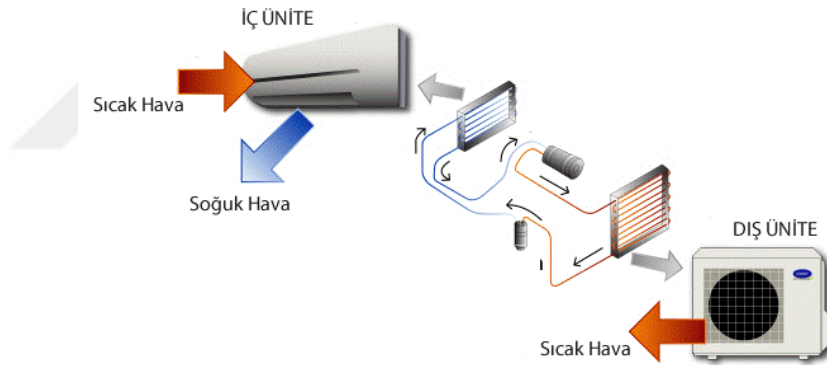
- **Buhar Sıkıştırımlı Soğutma Çevrimi (Vapor Compression Refrigeration Cycle):** Bu çevrim, bir kompresör aracılığıyla buharın sıkıştırılması, kondansatörde yoğunlaştırılması, genleşme valfi ile basıncının düşürülmesi ve buharlaştırıcıda buharlaşması prensiplerine dayanır. Genellikle ev tipi buzdolaplarında ve ticari klima sistemlerinde kullanılır [10].

Temel soğutma çevrimi, genellikle çevreye zarar veren CFC (kloro floro karbonlu gazlar)'in kullanımının azaltılması ve enerji verimliliği açısından sürekli olarak geliştirilmektedir. Bu çevrim, soğutma sistemlerinin tasarımı ve işleyişi konusunda önemli prensipleri içerir ve enerji verimliliği, çevresel etkiler ve uygulama alanına bağlı olarak farklı varyasyonlara sahip olabilirler [38].



Şekil 3.6. Temel buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi şeması

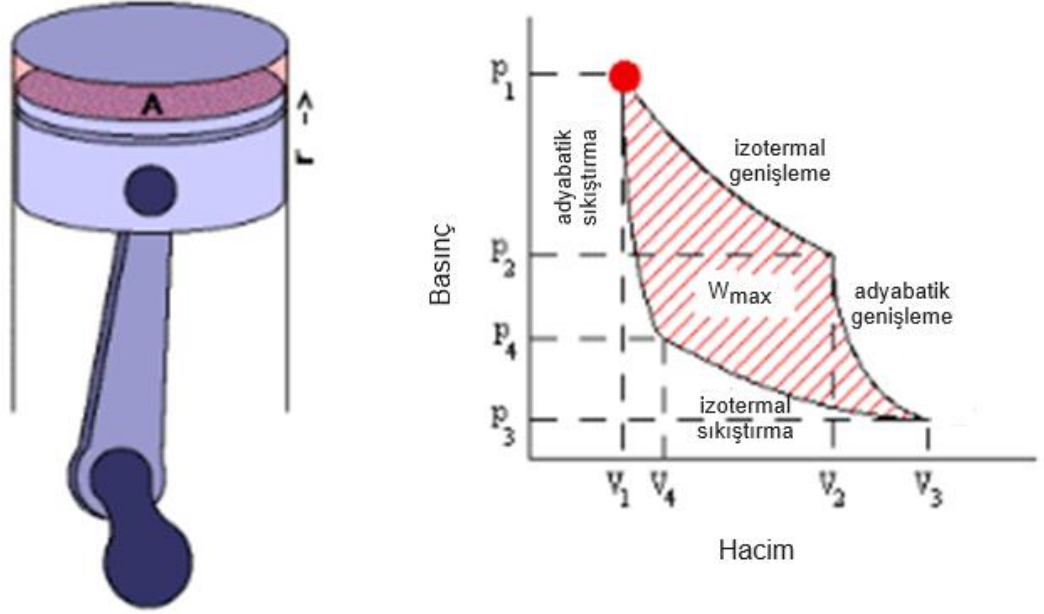
Şekil 3.7’ de ev tipi klimaya ait soğutma çevrimi görülmektedir.



Şekil 3.7. Ev tipi klima soğutma çevrimi [48]

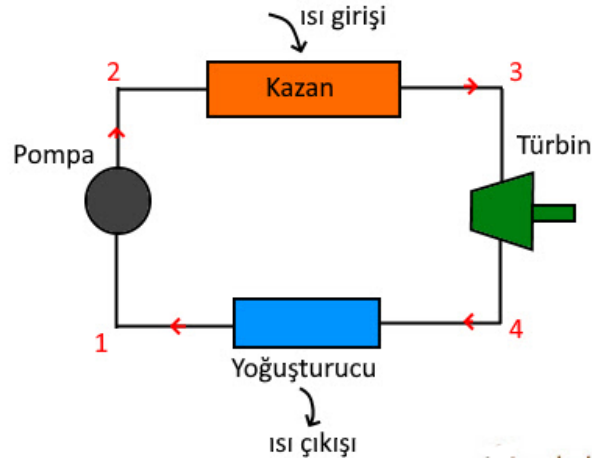
3.6.1.1. Carnot ve Rankine Çevrimleri

Carnot çevrimi, termodinamikte ideal bir ısı motorunun çalışma prensibini ortaya koyan bir modeldir. Carnot çevrimi, sıcak bir kaynaktan ısı alımı, bu ısıyı yüksek sıcaklıkta kullanılabilir enerjiye dönüştürme, sonra bu enerjiyi bir iş yapmak için kullanma ve son olarak düşük sıcaklıkta bir soğutucuya ısı deşarj etme aşamalarını içerir. Şekil 3.8’de Carnot dönüşümlerine ait iki eş sıcaklık ve iki adiabatik dönüşüm (genleşme ve sıkışma evreleri) gösterilmektedir [49].



Şekil 3.8. Carnot çevrimi [49]

Rankine çevrimi, buhar güç tesisatlarında kullanılan bir termodinamik çevrimdir. Bu çevrim, buharın genişleyip sıkıştırıldığı dört ana aşamayı içerir: buhar kazanı, buhar genleştirici, kondenser ve sıvı pompası. Bu çevrim, buharın iş yapma yeteneğini en üst düzeye çıkarmak ve enerji verimliliğini artırmak için tasarlanmıştır. Rankine çevrimi, termal enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesi amacıyla genellikle elektrik üretimi tesislerinde kullanılır. Her iki çevrimde, termodinamik prensiplere dayanarak ısı enerjisinin kullanılabilir enerjiye dönüşümünü ifade eder. Carnot çevrimi, termodinamik olarak ideal bir durumu temsil ederken, Rankine çevrimi daha pratik uygulamalara odaklanır ve buhar güç tesisatlarının tasarımında yaygın olarak kullanılır. Şekil 3.9’da Rankine çevrimine ait temel 4 evre gösterilmiştir [50].



Şekil 3.9. Rankine çevrimi [50]

3.6.1.2. Soğutma Çevrimlerinde Temel Kavramlar

Soğutma çevrimleri, termodinamik prensipleri kullanarak ısı transferini kontrol etmek ve bir ortamı soğutmak amacıyla tasarlanan sistemlerdir. Temel kavramlar, genellikle bu çevrimlerin tasarımında ve işleyişinde merkezi bir rol oynar. Soğutma çevrimlerinde kullanılan temel bileşenlerden biri soğutucu akışkandır. Bu akışkan, çevrim boyunca dönüşümleri geçirir ve buharlaşma, yoğunlaşma aşamalarında ısı alışverişisi sağlar. Soğutma çevriminde, soğutucu akışkan sıvı fazdan buhar fazına geçer. Bu aşama, ısı enerjisinin soğutucu akışkan tarafından emilerek çevredeki ortamın soğutulmasını sağlar [40]. Soğutma çevriminde kullanılan bir kompresör, soğutucu akışkanı sıkıştırarak yüksek basınçlı bir gaz haline getirir. Bu, sıcaklığını artırır ve daha etkili bir ısı değişimi sağlar. Tüm bunlarla beraber soğutucu akışkanın basıncını düşüren bir genleştirici, buharlaşma aşamasına hazırlar. Bu basınç düşüşü, akışkanın sıvı fazdan buhar fazına geçmesini kolaylaştırır. Soğutma çevrimlerinde bu temel kavramlar, çeşitli soğutma sistemlerinin tasarımında ve işleyişinde önemli rol oynar. Bu çevrimler, bu temel prensiplere dayanarak çeşitli endüstriyel ve evsel uygulamalarda geniş bir kullanım alanına sahiptir [42].

3.6.2. Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Çevriminin Uygulama Alanları

Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi, geniş bir uygulama yelpazesi sunan etkili bir soğutma yöntemidir. Bu çevrim, endüstriyel, ticari ve evsel alanlarda çeşitli uygulamalara sahiptir. Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi, evlerde ve binalarda

yaygın olarak kullanılan klima ve ısıtma sistemlerinin temelini oluşturur. Bu sistemler, iç mekân sıcaklığını kontrol etmek ve konforu artırmak için buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimini kullanır. Marketlerde, restoranlarda ve gıda depolama tesislerinde kullanılan soğutma ekipmanları genellikle buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimini temel alır. Ayrıca dondurma üretim tesisleri de bu çevrimi kullanarak düşük sıcaklıklarda muhafaza sağlar [8].

Büyük endüstriyel tesislerde, üretim hatlarında ve enerji santrallerinde buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi yoğun bir şekilde kullanılır. Yüksek kapasiteli soğutma sistemleri, endüstriyel süreçlerdeki sıcaklık kontrolü için kritiktir. Taşıma araçları, özellikle otomobiller ve kamyonlar, iklim kontrol sistemlerinde buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimini kullanır. Bu, araç içindeki sıcaklığı düzenler ve yolculara konforlu bir seyahat deneyimi sunar. Büyük hastaneler ve sağlık tesisleri, özellikle patoloji laboratuvarları, biyomedikal depolar ve kan bankaları gibi alanlarda, düşük sıcaklıkları korumak için buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimini kullanır. Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin bu geniş uygulama alanları, enerji verimliliği ve etkili ısı transferi sağlaması nedeniyle endüstriyel ve ticari sektörlerde yaygın olarak tercih edilmesini sağlar. Bu sistemler, çeşitli koşullarda güvenilir soğutma sağlayarak birçok sektörde vazgeçilmez bir rol oynar [41].

3.6.2.1. Endüstriyel Soğutma Sistemleri

Endüstriyel soğutma sistemleri, birçok endüstriyel uygulama ve süreçte sıcaklık kontrolü sağlamak amacıyla kullanılan karmaşık sistemlerdir. Bu sistemler, genellikle buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi prensiplerine dayanarak tasarlanmıştır. Birincil amaçları, endüstriyel süreçlerde ortaya çıkan ısıyı uzaklaştırmak ve işletmelerin verimliliğini ve üretkenliğini artırmaktır. Metal işleme, otomotiv, plastik üretimi gibi endüstrilerde, makinelerin ve süreçlerin optimum sıcaklıkta çalışması için endüstriyel soğutma sistemleri kullanılır. Gıda üretim tesislerinde, özellikle süt ürünleri, içecekler ve dondurulmuş gıdaların üretiminde sıcaklık kontrolü kritik öneme sahiptir [42].



Şekil 3.10. Endüstriyel soğutma sistemleri örnekleri

Termal enerji santralleri ve diğer enerji üretim tesislerinde, soğutma sistemleri tesislerin verimli ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar. Kimya tesislerinde, kimyasal reaksiyonların kontrol altında tutulabilmesi ve ürün kalitesini artırmak için endüstriyel soğutma sistemleri kullanılır. İlaç endüstrisinde, hassas kimyasal süreçlerin sıcaklık kontrolü büyük öneme sahiptir. Endüstriyel soğutma sistemleri bu tesislerde yaygın olarak kullanılır. Bu sistemlerin başarıyla çalışabilmesi için, doğru boyutta tasarlanmış ve düzenli bakımı yapılmış olmaları önemlidir [43]. Endüstriyel soğutma sistemleri, enerjinin verimli kullanılması ve çevremizde bulunan doğal kaynaklarımızın korunmasında önemli bir yere sahiptir, bu nedenle modern endüstrilerin çoğu bu sistemlere yatırım yapmaktadır.

3.6.2.2. Ev Tipi Soğutma Uygulamaları

Ev tipi soğutma sistemleri, evlerde ve küçük ticari mekanlarda sıcak hava koşullarında konforu artırmak amacıyla kullanılan yaygın teknolojik çözümlerdir. Genellikle buhar sıkıştırma soğutma çevrimi prensiplerine dayanarak çalışan bu sistemler, ev sakinlerine serinlik ve konfor sağlar. Ev tipi soğutma uygulamaları genellikle iki ana tip sistem üzerine odaklanır: Bunlar klima sistemleri ve buzdolaplarıdır.



Şekil 3.11. Ev tipi soğutma uygulamaları [61]

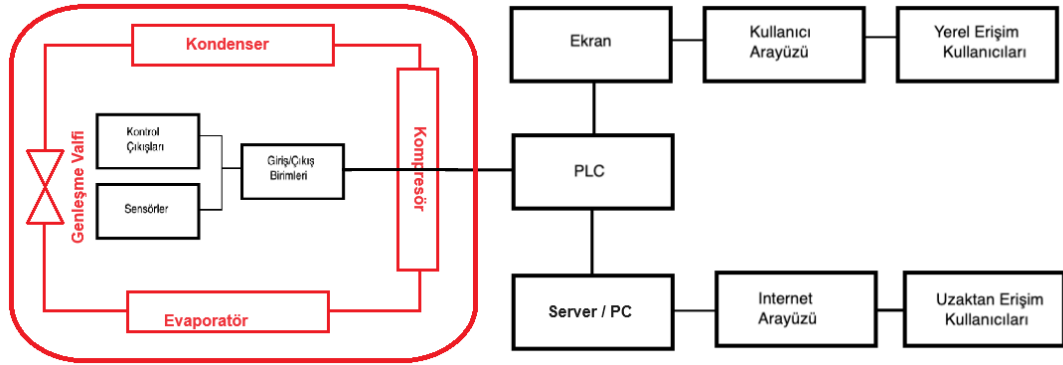
Evlerde en yaygın olarak kullanılan soğutma sistemleri arasında klimalar yer alır. Ev tipi klima sistemleri, iç mekân hava sıcaklığını düşürmek ve nem kontrolü sağlamak amacıyla kullanılır. Bu sistemler, bir evaporatör içerir ve buharlaşma prensibiyle çalışır. İç ünite, evin içindeki hava ile bir fan aracılığıyla temas eder, bu da sıcaklığı düşürür ve serin hava üflenerek konforu artırır. Evlerde gıdaların ve içeceklerin taze kalması için kullanılan buzdolapları, soğutma sistemlerini içerir. Buzdolapları genellikle bir kompresör ve soğutucu akışkan içerir. İçerideki hava, bu sistemle soğutularak içerideki sıcaklık düşer. Buzdolapları, ev tipi soğutma uygulamalarında gıdaların bozulmasını önlemek ve taze tutmak için kritik bir rol oynar [61].

Ev tipi soğutma uygulamaları, enerji verimliliği ve kullanım kolaylığı açısından sürekli olarak geliştirilmekte ve modern teknolojik özelliklerle donatılmaktadır. Akıllı termostatlar, enerji tasarruflu kompresörler ve çevresel sürdürülebilirlik odaklı tasarımlar, ev tipi soğutma sistemlerinin günümüzdeki standartları belirlemesine katkı sağlar [20]. Ev tipi soğutma uygulamalarının yaygın kullanımı, sıcak hava koşullarına karşı dayanıklılık ve konfor taleplerini karşılamak üzere ev yaşamını önemli ölçüde iyileştirmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada uzaktan erişimli soğutma deney seti tasarımı gerçekleştirilmiştir. Deney seti iki ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi mekanik bağlantıların bulunduğu ve temel soğutma çevriminin gerçekleştiği kısım (Şekil 4.1’de kırmızı ile çizilmiş kısım), ikinci bölümde ise temel soğutma sistemi elemanlarının üzerine bağlanmış olan tüm sensör ve çıkışların kontrol edildiği, gelen bilgilerin değerlendirilip kayıt altına alındığı elektrik-elektronik kontrol kısmıdır (Şekil 4.1’de siyah ile çizilmiş kısım). Şekil 4.1’de sisteme ait blok şema aşağıda görülmektedir. Çalışmanın içerisinde kullanılan ekipmanlar ayrıntılı olarak incelenmiştir.



Şekil 4.1. Sisteme ait blok şema.

Uzaktan erişimli soğutma deney setinin oluşturulması için kullanılan mekanik ve elektronik donanımlar şunlardır:

İhtiyaç duyulan donanım malzemeleri (Soğutma Sistemi için)

Kondenser

Kompresör

Evaporatör

Genleşme Elemanları

Havalandırma Kanalı

Filtre Kurutucu

Likit Deposu

Donanım ihtiyaçları (Ölçüm ve Kontrol Sistemi için)

Delta DVP12SE11R PLC CPU Modül

Delta DVP04AD-S2 Analog Modül

Delta DVP08SN11R Dijital IO Modül

Delta DOP-B10S615 HMI Ekran

Autonics TX4S PID Sıcaklık Kontrolcüsü

ETB30F06-2Ç Termokupl

Entes ES-32LS Tek fazlı haberleşmeli Wattmetre

BCT22 Basınç Sensörü

Hava Hızı Ölçme Sensörü

Fuji Marka Motor Sürücü (PWM)

Arduino Nano

DS18B20 Sıcaklık Sensörü

SHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü

Sigortalar(6-16-20A)

Kontaktörler

Isıtıcı(Rezistans)

Salyangoz Fan

Röle Modülleri

SSR Röle

Güç Kaynakları (DC 5-12-24v)

İhtiyaç duyulan Yazılımlar:

Uygulama Yazılımları

Sürücü Yazılımları

Uzaktan Bağlantı Yazılımları

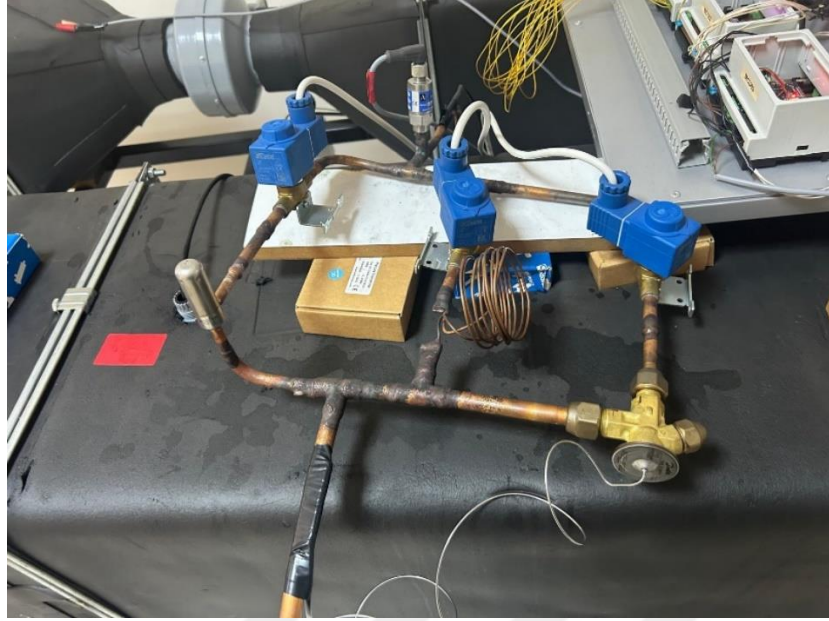
4.1. Donanım (Soğutma Sistemi)

Yukarıdaki bölümde belirtilen donanımlar (soğutma sistemi için), aşağıda Şekil 4.2 de görölmektedir.



Şekil 4.2. Soğutma sistemine ait genel görünüm.

Bu Sistem üzerinde bulunan donanımlar Bölüm 3.6’da Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminde detaylı olarak anlatılmıştır. Sistemde bulunan bileşenlerin her biri, soğutma çevriminin farklı aşamalarında kritik roller oynar. Soğutma çevriminin ilk aşamasında yer alan kompresör, düşük basınçlı buhar halindeki soğutucu akışkanı yüksek basınçlı bir buhara dönüştürür [21]. Bu süreç, soğutucu akışkanın sıcaklığını artırarak yoğunlaştırıcıya gönderilmesini sağlar. Yüksek basınçlı ve sıcak buhar halindeki soğutucu akışkan, yoğunlaştırıcıda soğutulur ve sıvı hale gelir. Bu süreç sırasında soğutucu akışkan, çevreye ısı verir ve sıvı halde genleşme valfine geçer. Genleşme valfi, yüksek basınçlı sıvı soğutucu akışkanı düşük basınçlı bir sıvıya dönüştürür. Deney setinin üzerinde uzaktan kontrol ederek kullanabileceğimiz 3 adet genleşme vanası seçeneği bulunmaktadır. Şekil 4.3’de genleşme elemanları görülmektedir. Bu sayede öğrencilerin farklı genleşme elemanlarını kullanarak deneyler gerçekleştirmesini sağlar.

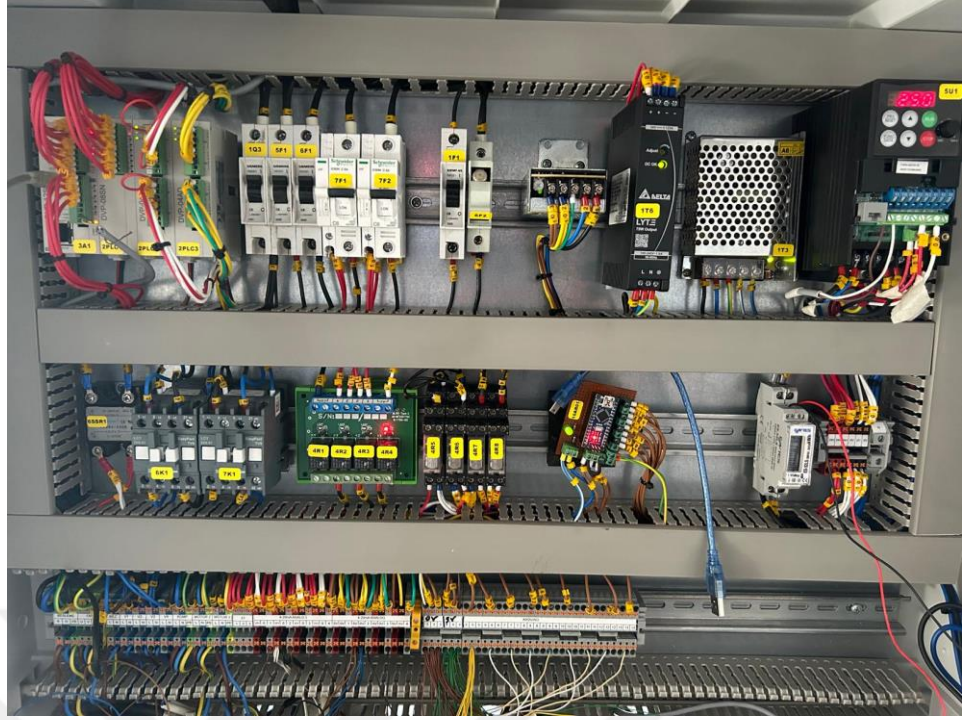


Şekil 4.3. Genleşme elemanları görünümü.

Bu dönüşüm, soğutma çevriminin buharlaştırıcı aşamasında gerçekleşecek olan ısı emilimi için gerekli olan basınç düşüşünü sağlar. Buharlaştırıcı, düşük basınçlı sıvı soğutucu akışkanın buharlaşarak ısı emmesini sağlar. Bu süreçte soğutucu akışkan, bulunduğu ortamdan ısı alarak buharlaşır ve tekrar kompresöre geri döner. Böylece temel bir soğutma çevrimi gerçekleşir.

4.2. Donanım (Ölçüm ve Kontrol Sistemi için)

Yukarıdaki bölümde belirtilen donanımlar (Ölçüm ve Kontrol Sistemi için), 100x70cm pano içerisinde toplanmış olup gerekli tüm bağlantılar için kablolama ve klemens bağlantıları düzenli bir şekilde yapılmıştır. Tüm soğutma sistemi üzerinde bulunan sensör ve kontrol uçlarının tamamı pano içerisine yerleştirilen klemenslere bağlanmıştır. Şekil 4.4’de pano iç görünümü ve Şekil 4.5’de ise pano dış görünümü görülmektedir.



Şekil 4.4. Kontrol sistemi panosu iç görünümü.



Şekil 4.5. Kontrol sistemi panosu dış görünümü.

4.2.1. Delta DVP12SE11R PLC CPU Modül

Bu çalışmada Delta Firmasının ürettiği DVP12SE11R model Programlanabilir Lojik Kontrolcüsü (PLC) kullanılmıştır. Daha hızlı ve endüstride daha yaygın olarak kullanılan PLC'ler birden fazla işi aynı anda yapmalarından dolayı tercih edilirler. Kullandığımız PLC aynı zamanda üzerinde birden fazla bağlantı noktası bulundurur. Bu bağlantı noktaları ile çevre birimleri ile iletişim kurar. Sistemimizde bulunan PLC'mizi programlama yaparken Delta Firmasının ücretsiz kullanıma sunduğu WPLSOFT yazılımını kullandık. Bu program geleneksel PLC programlama dillerinden biri olan Ladder Diyagram (LD) ile algoritma oluşturmamızı sağlamaktadır. PLC kendisine genişleme yuvalarından bağlı olan diğer modüller aracılığı ile sistem üzerinde bulunan analog ve dijital verileri okumanın yanında seri portlar (COM) aracılığı ile Arduino ve HMI ekran bağlantısına sahiptir. Okunan verilerin ekranda görsel olarak görüntülenmektedir. Şekil 4.6'da PLC'nin görünüşü verilmiştir.

Birçok uygulamada sıklık ile kullanılan DVP12SE modelin özellikleri aşağıdaki gibidir:

- 8 Adet Giriş – 4 Adet Röle Çıkışı
- Sol ve sağ tarafa özel genişleme modülü bağlama
- 12000 Kelime Veri Kayıt
- 4 Adet Bağımsız COM port bağlantısı
- 0.64us LD komut işleme hızı
- 4 Adet Yüksek hızlı çıkış
- Kötü Amaçlı yazılımlara ve ağ tehditlerine karşı koruma için güvenlik duvarı
- Gerçek Zamanlı Saat (RTC) desteği
- 24V DC Besleme Gerilimi



Şekil 4.6. PLC görünümü [51]

4.2.2. Delta DVP04AD-S2 Analog Modül

Sistemimizde bulunan analog sensörlerden elde ettiğimiz analog değerleri okumak için Delta Firmasına ait DVP04AD model analog dijital dönüştürücü modül kullanılmaktadır. Sistemimiz üzerinde bulunan Atek firmasına ait olan basınç sensörleri ve hava hızı ölçme sensörümüz üzerinden alınan 4-20mA ve 0-10v analog değerler bu modül aracılığı alınarak PLC'ye aktarılır. Aktarılan bu analog değerler PLC'de işlenerek kullanılacak hale getirilir. Şekil 4.7'de Analog Giriş Modülümüze ait genel görünüm gösterilmiştir.



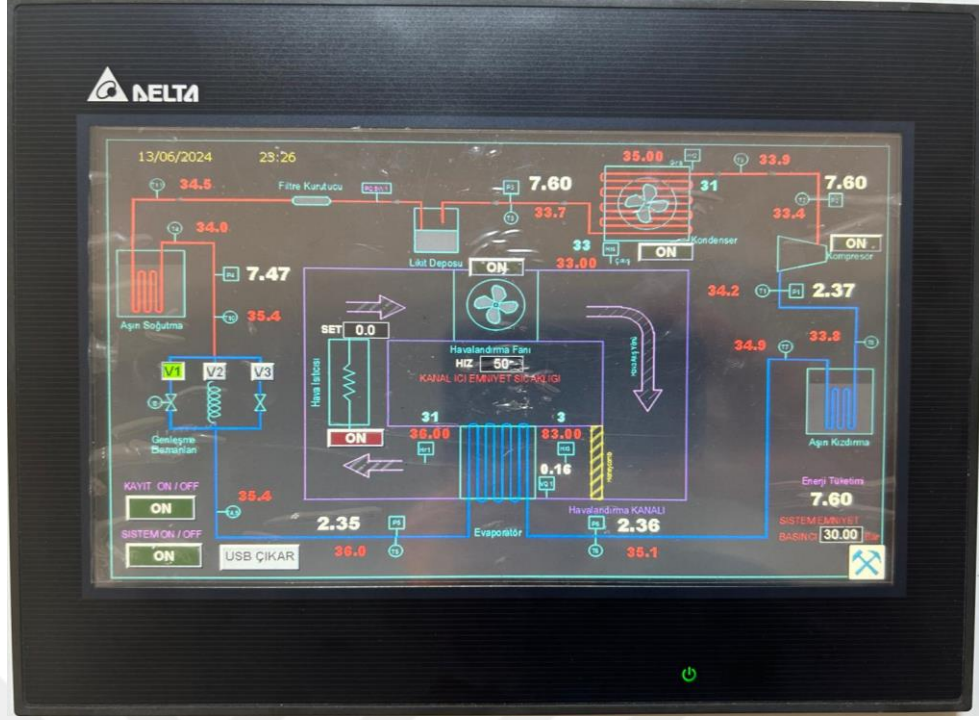
Şekil 4.7. Delta marka analog giriş modülü görünümü [52]

Analog PLC modülümüzün özellikleri aşağıdaki gibidir:

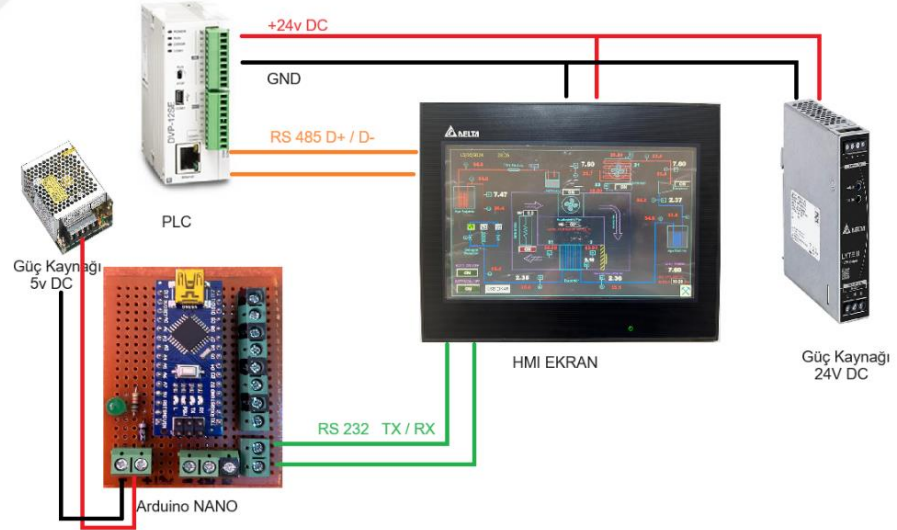
- 4 Kanal Analog Giriş
- Besleme Gerilimi 24V DC
- Analog Girişe ait Gerilim Aralığı $\pm 10V$ - Akım Aralığı $\pm 20mA$
- Tam doğruluk $\pm 1\%$ tam skala $0 \sim 55^{\circ}C$ ($32 \sim 131^{\circ}F$)
- Sol ve sağ tarafa özel genişleme modülü bağlama
- RS 485 Haberleşme Modu
- Giriş Voltajı 14bit çözünürlük
- Giriş Akımı 13bit çözünürlük

4.2.3. Delta DOP-B10S615 HMI Ekran Görüntüleme Sistemi

Deney Seti her ne kadar uzaktan eğitim için tasarımı gerçekleştirilmiş olsa da yanında bulunarak da deney yapma imkânı sunmaktadır. Deney yapmak isteyen öğrenci sistem başında deneylerini yaparken kullanım kolaylığı olması ve sonuçları görmesi için Şekil 4.5’de bulunan Kontrol Sistemi Panosunun Dış Görünümde de görülen bir ekrana sahiptir. Bu ekran Delta Firmasının üretmiş olduğu DOP-B10S615 modeli İnsan Makine Arayüzü (Human Machine Interface - HMI)dür. Ekran üzerinde deney setine ait şema üzerinde ölçülen ve kontrol edilen tüm bilgileri göstermektedir. Ekran dokunmatik özelliğe sahip olup sistem başında deney yaparken manuel olarak kullanımı sağlamaktadır. HMI – PLC arasında RS485 ve RS232 fiziksel portları üzerinden bağlantı kurabilmektedir. HMI ekran üzerinden nesnelerin oluşturulduğu ve fiziksel bağlantıların tanımlamaları için Delta firmasının üretmiş olduğu DOPSOFT yazılımı ile programlanmaktadır. Şekil 4.8’de kullanılan HMI ekran görünümü, Şekil 4.9’da PLC – HMI – Arduino bağlantı devre şeması verilmiştir.



Şekil 4.8. HMI ekran görünümü.



Şekil 4.9. PLC – HMI – Arduino Bağlantı Devre Şeması.

4.2.4. Autonics TX4S PID Sıcaklık Kontrolcüsü

Deney setinde bulunan kanal içerisinde havanın belirli bir derecede ısıtılması için gerekli olan ısıtıcının çalıştırılması için kullanılmaktadır. Kendi uçlarına ısıtıcıyı

devreye sokarak kanal içerisinde dolaşan havanın ısınmasını sağlar. Kendisine bağlı ETB30F06-2Ç Termokupl prob ile havanın sıcaklığını ölçerek kendi ekranı üzerinde göstermesinin yanında RS 485 haberleşme hattı üzerinden HMI ekran üzerinden de kontrolü sağlanarak uzaktan kullanıcıların ekrandan bu bilgiye erişmesini sağlar. Set değeri kanal içerisinde dolaşan havanın olması gereken sıcaklık değeri ayarlandıktan sonra otomatik olarak devre girer ve bu sıcaklık değeri ulaşıncaya kadar çalışır sıcaklık değerinin sabit kalması üzerinde bulunan PID katsayıları aracılığıyla ayarlanarak sağlanır. Kendi üzerinde bulunan çıkış ile SSR (Solid State Relay) Röleyi sürerek rezistansın çalışmasını sağlar.

Teknik özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Çalışma Gerilimi 100-240V AC
- Geniş LCD Ekran Göstergesi
- Sekiz farklı sensör çeşidi (PT100-Cu500 – Termokupl)
- Röle, SSR ve 4-20mA(DC) çıkış
- RS485 haberleşme çıkışı ile MODBUS haberleşme imkânı [56]

Şekil 4.10'da Pano üzerindeki yerleşimi görülmektedir. Manuel olarak kullanılmak istenilmesi ya da ayarlarında gerekli değişiklikleri yapmak için pano dışarısına alınmıştır.



Şekil 4.10. Autonics TX4S PID sıcaklık kontrolcüsü ve termokupl

4.2.5. Entes ES-32LS Tek Fazlı Haberleşmeli Wattmetre

Sistemin girişine tükettiği enerji miktarını Watt-Saat olarak ölçmek için Entes Firmasının üretmiş olduğu ES-32LS modeli bir enerji ölçer deney setine bağlanmıştır. Bu enerji ölçer RS 485 haberleşme protokolü üzerinden bu bilgiyi göndererek ekran üzerinde görüntülenmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.11. Entes ES3-32LS enerji ölçer [53]

4.2.6. Basınç Sensörü (BCT-22)

Deney seti üzerinde 6 adet Atek firmasının üretmiş olduğu BCT-22-40B modeline sahip basınç sensörü bulunmaktadır. Bu sensör çıkışları 4-20mA olarak PLC'ye bağlı analog modüller üzerinden okunmaktadır. Okunan bu değerler HMI ekran üzerinde bulunan şema üzerinde gösterilmektedir. Basınç sensörleri endüstriyel tip olup bakır borulara Şekil 4.12'de gösterildiği gibi bağlanmıştır.

Basınç sensörüne ait teknik özellikler aşağıdaki gibidir:

- Paslanmaz Çelik ve 22mm Gövde Yapısı
- 4-20mA çıkış Sinyali
- 0-40 BAR ölçüm aralığı
- 30mA Çalışma Akımı
- 12 Bit çözünürlük
- -40 ... +85 °C Çalışma Sıcaklığı



Şekil 4.12.BCT-22 basınç sensörü ve bağlantısı

Deney seti şemasının üzerinde gösterilen P1 Kompresor Giriş Basıncı, P2 Kompresor'den Çıkış Basıncı, P3 Kondenser'e ait Çıkış Basıncı, P4 Genleşme Elemanlarının Giriş Basıncı, P5 Evaporatör'ün Giriş Basıncı, P6 Evaporatör'ün Çıkışına ait Basıncı temsil etmektedir.

Ayrıca ekranın sağ alt köşesinde “Sistem Emniyet Basıncı” değeri girilmiş olup herhangi bir basınç değerinin bu değere eşit olması ya da aşması durumunda sistem emniyet tedbirleri devreye girerek gerekli güvenlik önlemi alınmıştır.

4.2.7. Hava Hızı Ölçme Sensörü (Blitz Sens 30m/s)

Deney seti kanal içinde dolaşan havanın hızını ölçmek için Blitz Firmasının üretmiş olduğu VS-C2-30-A modeli Hava hızı ölçer kullanılmıştır. Sinyal çıkışı olarak 4-20mA çıkışa sahip olan bu sensör PLC'ye bağlı analog modüle bağlıdır. Analog modül üzerinden okunan değerleri PLC tarafından işlenerek HMI ekran üzerinde VQ1 ifadesi üzerinde gösterilmiştir. Kanala bağlantısı yapılmış sabit bir şekilde duran bu sensör ile kanal içerisinde oluşan hava akımı ölçülerek ekranda kullanıcıya gösterilmiştir.

Sensörden okunan bu değer PLC’de yorumlanarak kanal içerisinde hava akımını sağlayan Salyangoz Fanın çalışma devrini motor sürücü aracılığıyla kontrol altında tutulmuştur. Havalandırma fanının hızı HMI ekran üzerinden kullanıcı isteği şeklinde 0-100 arasında değer girerek çalışması sağlanmıştır. Ayrıca fanın üzerinde bulunan ON/OFF düğmesi ile de kapatılıp açılması sağlanmıştır. Ekran görüntüsü Şekil 4.13’deki gibidir.

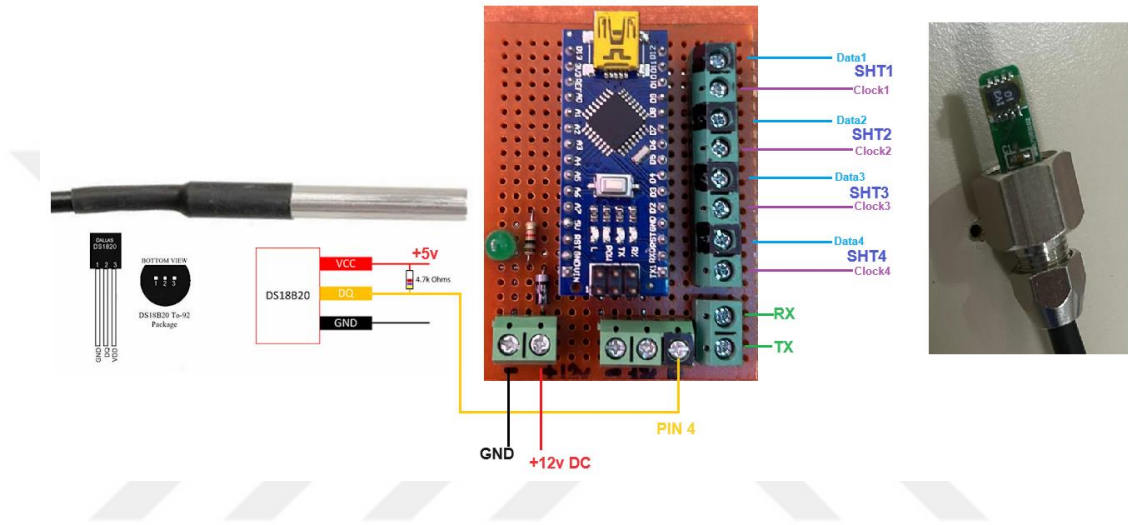


Şekil 4.13. Havalandırma fanı kontrol ve hava hızı ölçme görüntüsü

4.2.8. Arduino Nano

Arduino Nano Atmel Firmasının üretmiş olduğu Atmega328 mikrodenetleyici bulunduran açık kaynak koda sahip bir karttır. Arduino Nano geliştirme kartında 14 Adet dijital giriş ve çıkış portu, 8 Adet analog sinyal girişi için port, bağlantı noktası için USB soketi, Seri haberleşme için port bulunduran geliştirme kartıdır. Kartın maliyetinin uygun olması, az alan kaplaması ve yaygın olarak satılması en önemli özelliklerinden biridir. 16MHz kristale sahiptir. Deney setinde bulunan DS18B20 Sıcaklık sensörlerini ve SHT11 sıcaklık nem ölçme sensörlerinden değer okumak ve okuduğumuz bu değerleri HMI ve PLC’ye aktarmak için kullanılmıştır. Kullanılan bu sensörlerin doğrudan PLC ile okunabilmesi mümkün olmadığından Arduino Nano kullanımı ile çözülme ulaştırılmıştır. Okunan değerler Arduino Nano üzerinde bulunan Com Port uçları aracılığıyla aktarımı sağlanmıştır.

Şekil 4.14 de kullandığımız Arduino nanonun bağlı olduğu devremiz gösterilmiştir. Arduino Nano'nun 4 nolu dijital portu üzerinden tek kablo üzerinden 1-hat (1-Wire) haberleşme protokolü ve gerekli kütüphane kullanılarak 12 Adet DS18B20 sıcaklık sensörleri okunmuştur. Yine deney setinin üzerinde bulunan 4 adet SHT 11 sıcaklık ve nem sensörleri de Arduino'nun 12-10-8-6 nolu dijital pinleri Veri (Data), 11-9-7-5 nolu pinleri ise Saat (Clock) sinyali olarak bağlanmış ve bu değerlerde okunup gönderilmiştir.



Şekil 4.14. Arduino nano ve sensör bağlantıları

4.2.9. DS18B20 Dijital Sıcaklık Sensörü

Günümüzde birçok sıcaklık sensörü üretilmektedir. Bunlardan en yaygın olanları NTC ve PTC gibi ölçülen sıcaklık değerlerini analog olarak çıkış sağlayan algılayıcılardır. Bu analog çıkışa sahip olan algılayıcılarının sayısal sistemlerde kullanılması için analog sinyallerin sayısal sinyallere dönüştürülmesi gerekmektedir. Uzak noktalardan yapılan sıcaklık ölçümlerinde sıcaklık verisinin etkin bir biçimde merkezi birimlere iletilmesi gerektiğinde analog algılayıcı çıkışındaki veri doğrudan modüle edilerek yollanabileceği gibi sayısal dönüştürüldükten sonra da seri haberleşme ile iletim yapılabilir. Bu yollarla iletimin yapılabilmesi için harici donanımlar gerekmektedir ve bu da maliyeti arttırmaktadır. Aynı zamanda, tasarımcı tarafından bir haberleşme protokolünün de oluşturulması gerekmektedir. Maxim/Dallas firmasının piyasada bulunan DS18B20 sıcaklık algılayıcısı, yukarıda

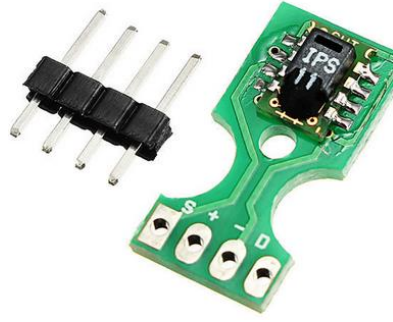
bahsedilen etkenler göz önünde bulundurularak üretilmiş olup tek kablo üzerinden 1-hat (1-Wire) haberleşme protokolünü kullanarak sayısal iletim yapmaktadır [54].

DS18B20 sıcaklık algılayıcısı Dallas Firmasının ürettiği 0.5°C 'lik hata payına sahip, -55°C ile $+125^{\circ}\text{C}$ değerleri arasında ölçüm yapan ve bu ölçtüğü sıcaklık değeri bilgisini sayısal olarak veren bir algılayıcıdır. Sayısal çıkış veren bu sıcaklık algılayıcıları sayesinde analog/dijital dönüştürücü kullanılmaz. Şekil 4.14'de DS18B20 sıcaklık sensörü görünüşü ve bağlantısı verilmiştir. DS18B20 sıcaklık sensörünün teknik özelliklerinden bazıları aşağıdaki gibidir:

- Tek hat üzerinden çoklu olarak haberleşebilirler
- 64 bitlik adres bilgisi kodu mevcuttur.
- Harici bir devre elemanı gerektirmez.
- Çalışma voltajı aralığı 3-5,5V DC'dir.
- Ölçüm aralığı -55°C ile $+125^{\circ}\text{C}$ arasındadır.
- Hassasiyet $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'dir.
- Çıkışı 9-12 bit olarak çözünürlüğe sahiptir. Yazılım ile ayarlanabilir.[54]

4.2.10. SHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü

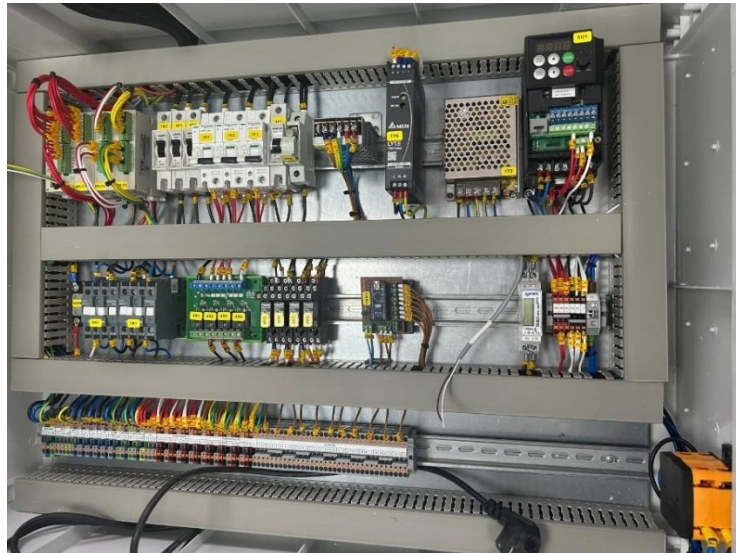
Sensirion firması tarafından geliştirilen yüksek doğruluk sağlayan nem ve sıcaklık sensörüdür. Bir sensör ile hem sıcaklık hem de nem değerlerini ölçüp kendi protokolü üzerinden ölçülen bu değerleri alabiliriz. Dahili 14bit AD dönüştürücü bulunmaktadır. SHT11 sensörü devre kartı üzerine lehimlenmiş ve 4 kablo ile bağlantısı sağlanmıştır. Bağlı nem ve sıcaklık ölçümü yapan bu sensör muadillerine göre daha düşük maliyete sahiptir. Çalışma gerilimi 2.4V – 5.5V DC'dir. Ölçüm aralıkları Sıcaklık için -40°C ile $+123.8^{\circ}\text{C}$, nem için 0-100% RH'dir. Şekil 4.14'de sensör ve Şekil 4.15'de sensör bağlantı uçları görülmektedir.



Şekil 4.15. SHT11 sıcaklık ve nem sensör bağlantıları [55]

4.2.11. Deney Seti Panosunda Kullanılan Diğer Ekipmanlar

Deney setinin tüm malzemeleri 100x70cm lük bir plastik pano içerisine 3 sıra şeklinde yapılmıştır. Endüstriyel bir pano olarak imal edilmiş olup, her bir kablo bağlantısı için en alt sırada çoklu klemens bağlantısı yapılmıştır. Pano içerisinde 220V AC bağlantıların çektiği akımlar göz önünde bulundurularak sigorta yerleştirilmiştir. Kontaktörler, röle kartları, acil stop butonu, emniyet şalteri gibi güvenlik önlemler alınmıştır. Elektrik Panosu ön kapağında sistem başında deney yapacaklar için HMI, ışıklı lamba, PID Sıcaklık Kontrol cihazı ve acil stop butonu bulunur. Şekil 4.16'da pano iç görünüşü, Şekil 4.17'de pano dış kapak görünüşü bulunmaktadır.



Şekil 4.16. Pano iç görünümü

Pano dış kapağında bulunan ışıklı lambalar aracılığıyla sistemin çalıştığı (sol üst köşedeki yeşil lamba), Sistemde online bir kullanıcı var ise (sağ tarafta bulunan yeşil lamba), sistem üzerinde bir hata oluşması gerçekleştiğinde (sağ tarafta bulunan kırmızı lamba) yanarak bilgi vermektedir.



Şekil 4.17. Pano dış görünümü

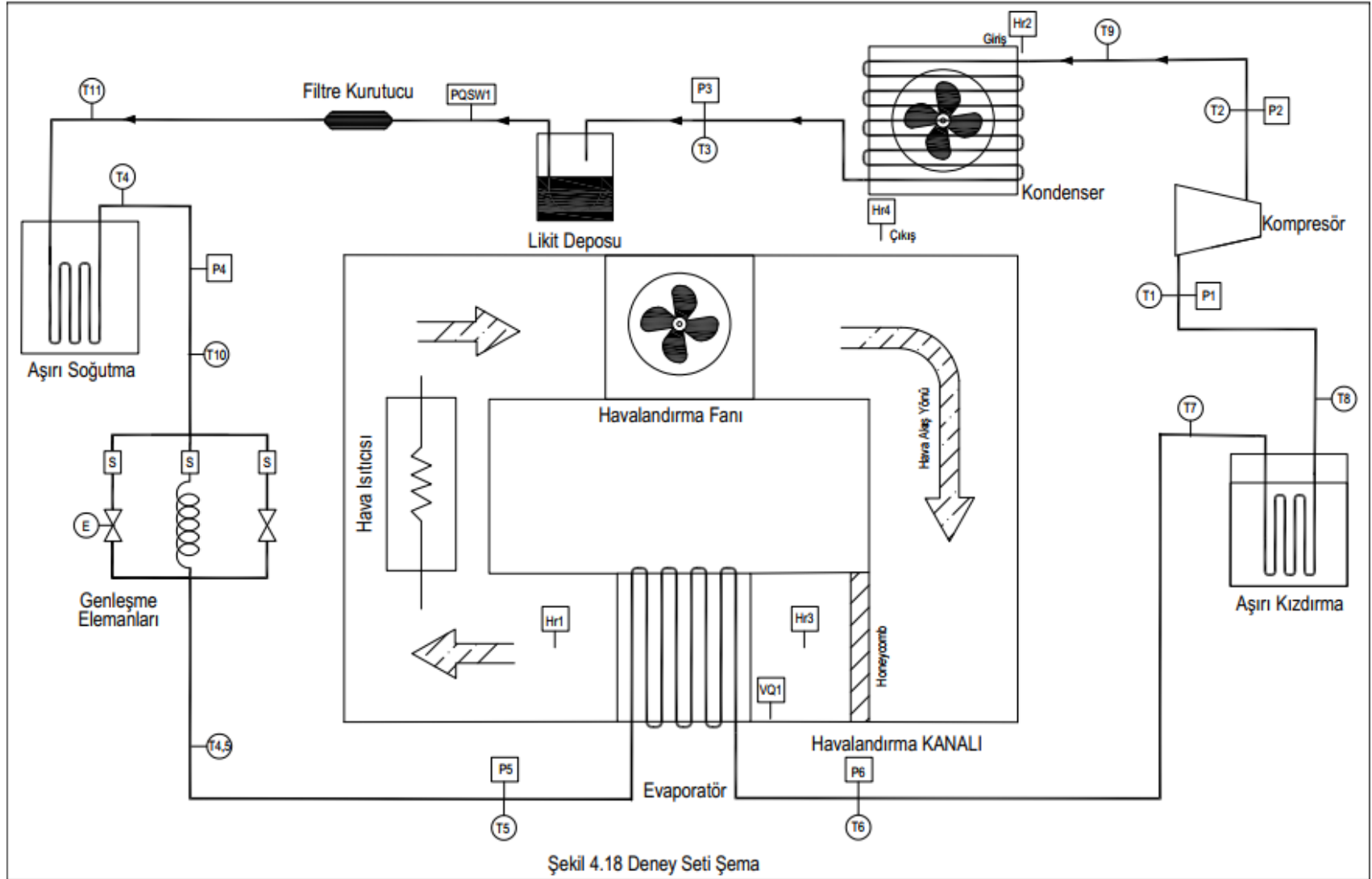
Sisteme ait elektrik şeması Autodesk firmasının AutoCAD programı ile çizilmiş olup. tek hat bağlantı şeması Ek-A da verilmiştir. Ek-A da bulunan elektrik şeması üzerinde deney setinde kullanılan tüm elektrik-elektronik malzemelerin birbirleri ile olan bağlantıları bulunmaktadır. Örneğin analog girişlerin bağlantı noktaları, PLC çıkışlarının hangi röleleri kontrol ettikleri EK-A da bulunan şema üzerinde açıkça gösterilmiştir. EK-A da bulunan şema deney seti üzerinde olabilecek bir arızanın bulunmasında ya da bağlantı değiştirilmesi sırasında müdahalede kolaylık sağlar.

Sistem birçok çeşitli sensör ve kontrol elemanları barındırdığından ve her birinin çalışma geriliminin farklı olmasından dolayı pano içerisinde 3 adet DC güç kaynağı kullanılmıştır. Bu güç kaynaklarının çıkış gerilimleri +5V DC, +12V DC ve +24V DC'dir. Arduino nano ile okunan sensörlerde bu pano içerisinde toplanmış olup en altta bulunan klemensler aracılığıyla bağlantıları yapılmıştır. Pano içerisinde bulunan sigorta rayına 3boyutlu yazıcı aracılığıyla yapılan bir parça ile Arduino nano

devre kartı monte edilerek pano içerisindeki yerini almıştır. Deney seti tek fazlı olup 220V AC ile çalışmaktadır.

4.3. Tasarlanan Deney Seti

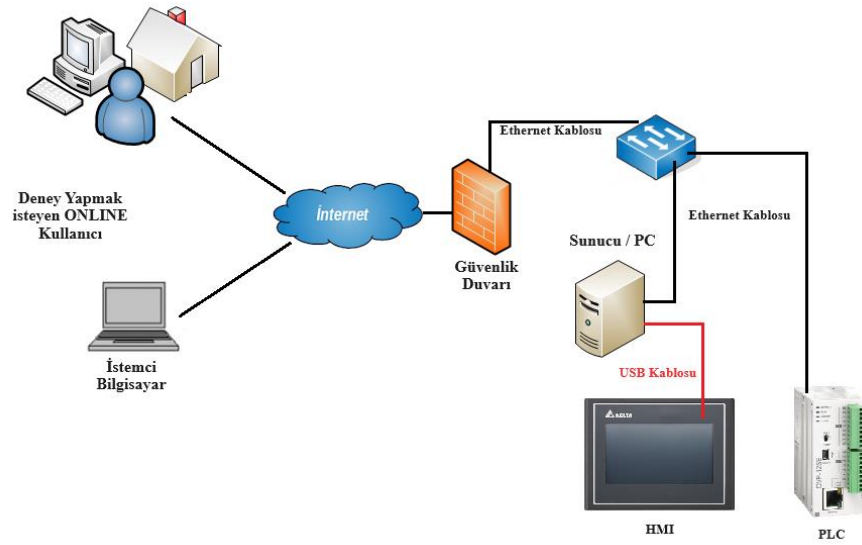
Temel olarak Bölüm 3.5’de bulunan Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimi üzerine Bölüm 4.2’de anlatımları yapılan Ölçüm ve Kontrol Noktaları eklenen Uzaktan Erişimli Soğutma Deney Seti gerçekleştirilmiştir. Deney setine ait tüm mekanik ve elektronik bileşenlerin yerleşimini içeren şema Şekil 4.18’de gösterilmiştir. Şema üzerine tüm sensörler yerleştirilmiş ve ölçüm noktaları yerleştirilen yerler olarak kabul edilmiştir.



4.4. Sistemin Çalışması

Uzaktan Erişim Soğutma Deney Setinin özü, soğutma süreçlerini simüle etmek, izlemek ve kontrol etmek için donanım ve yazılım bileşenlerini birleştiren entegre sistem mimarisidir. Bir mikrokontrolör veya PLC (Programlanabilir Lojik Denetleyici) içeren sistemin kalbi, deney seti içindeki tüm işlemleri düzenler. Kullanıcı komutlarını yürütür, sensör girişlerini işler ve aktüatörleri gerçek zamanlı olarak kontrol eder. Kapsamlı bir sensör dizisi sıcaklık, basınç, nem ve akış hızları gibi kritik parametreleri izler [8]. Bu sensörler, soğutma döngüsünün doğru kontrolü ve izlenmesi için gerekli verileri sağlayarak sistemin güvenli ve verimli parametreler dahilinde çalışmasını sağlar. Vanalar, kompresörler ve fanlar gibi bileşenler, sensör girişleri ve kullanıcı komutları temel alınarak sistem tarafından dinamik olarak kontrol edilir.

Bu aktüatörler, istenen deneysel koşulları elde etmek için soğutma sisteminin soğutucu akışı ve fan hızı gibi fiziksel yönlerini ayarlar. Uzaktan Sunucu PC'ye bağlanan kullanıcı sunucuda bulunan bir arayüz ile kullanıcıların deney seti ile uzaktan etkileşime girmesine olanak tanır. Bu arayüz, gerçek zamanlı verileri görüntüler, parametre ayarlamalarına izin verir ve sistem durumunun görselleştirilmesini sağlar. Şekil 4.19'da uzaktan(internet) erişim bağlantı blok şeması görüntülenmektedir.



Şekil 4.19. Uzaktan erişim bağlantı blok şeması

Uzaktan Sunucu PC'ye bağlanan kullanıcı sunucuda bulunan bir arayüz ile kullanıcıların deney seti ile uzaktan etkileşime girmesine olanak tanır. Bağlanan kullanıcı Şekil 4.20'de bulunan kullanıcı giriş arayüzü ile karşılaşılır.



Şekil 4.20. Online kullanıcı giriş arayüzü.

Deney yapacak kişi yetki seviyesine göre kullanıcıları ikiye ayrılmıştır. Bu kullanıcılar Öğrenci ve Öğretmen olarak karşımıza çıkar. Öğrenci seçeneği seçildiğinde öğrenci numarasını girerek deney seti online kullanıcı ekran görüntüsüne geçiş yaparak deney çalışmasını gerçekleştirir. Sistem daha önce girilen güvenlik parametre değerlerine göre çalışmasını sürdürür ve öğrenci kullanıcısının deneyini yapmasını sağlar. Deney sırasında olası hatalarda ise sistemin otomatik olarak durdurmasının yanında, öğrencilerin sisteme zarar vermemesi için gerekli sistem güvenlik önlemleri alınmıştır. Örneğin ısıtıcı açık iken fanın kapatılmasına sistem izin vermemesi, sistemin basınç ve sıcaklık değerinin belirlenen değere gelmesi durumu.

Deney yapacak kişi öğretmen kullanıcısı ise; Şekil 4.21'de öğretmen giriş ekranı görülmektedir. Bu ekranda öğretmen kullanıcısı sisteme daha önceden belirlenmiş ve öğretmenlerin bildiği bir güvenlik şifresi ile sisteme giriş yapar. Giriş yapan öğretmen kullanıcı sistem üzerinde tam yetkiye (kısıtlamasız) sahiptir. Deney seti üzerinde bulunan tüm özellikleri kullanabilir. Öğretmen kullanıcısı aynı zamanda öğrenciler için gerekli güvenlik ayarlarını da yapacağı ayarlar menüsüne erişimi

vardır. Öğrencilerin ayarlamalarını ve sistem verilerinin kayıt süresini ayarlayabilir. Şekil 4.22’de sistem ayar menüsü görülmektedir.



**MANİSA
CELALBAYAR
ÜNİVERSİTESİ**
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

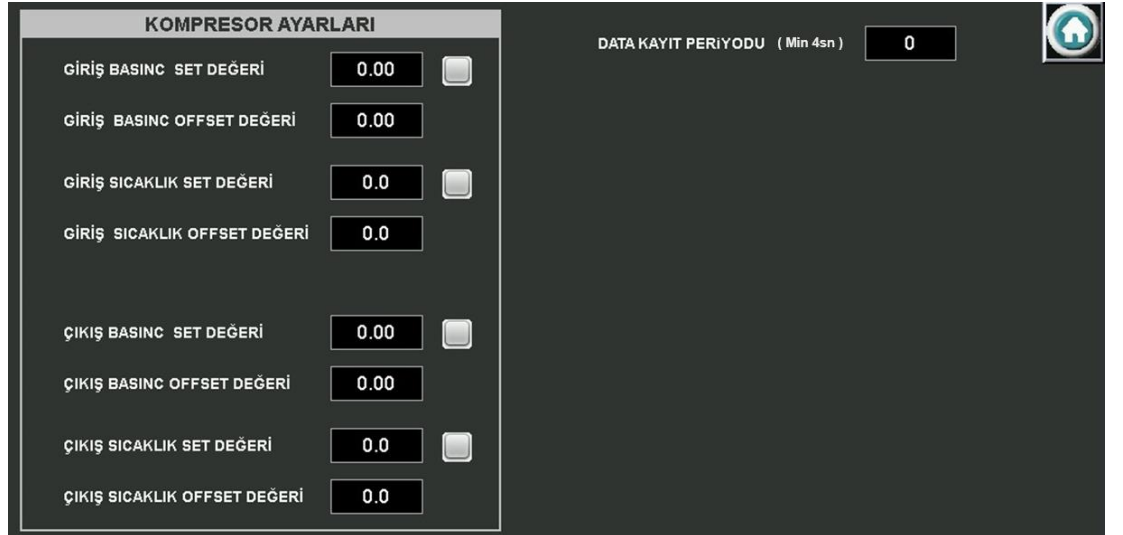
KULLANICI GIRISI

OGRETMEN

#####

021120222 Tolga ORHANOGLU YUKSEK LISANS TEZ ÇALIŞMASI
2024

Şekil 4.21. Öğretmen giriş ekranı



KOMPRESOR AYARLARI	
GİRİŞ BASINC SET DEĞERİ	0.00
GİRİŞ BASINC OFFSET DEĞERİ	0.00
GİRİŞ SICAKLIK SET DEĞERİ	0.0
GİRİŞ SICAKLIK OFFSET DEĞERİ	0.0
ÇIKIŞ BASINC SET DEĞERİ	0.00
ÇIKIŞ BASINC OFFSET DEĞERİ	0.00
ÇIKIŞ SICAKLIK SET DEĞERİ	0.0
ÇIKIŞ SICAKLIK OFFSET DEĞERİ	0.0

DATA KAYIT PERİYODU (Min 4sn) 0

Şekil 4.22. Sistem ayar menüsü

Deneyler sırasında toplanan tüm veriler öncelikli olarak HMI ekrana bağlı olan USB flash bellek içerisine kayıt altına alınır ve deney sonrasında kullanıcı tarafından kendi bilgisayarına kopyalanabilir. Sistem flash bellek içerisinde oluşturduğu metin belgesinin içerisine ölçüm sonucu almış olduğu verileri;

“P1; T1, P2; T2, P3; T3, P4; T4, P5; T5, P6; T6, T4,5; T7, T8; T9, T10; T11; NT1, NN1; NT2, NN2; NT3, NN3; NT4, NN4; VQ1, FH; EM” formatında kayıt eder. Bu formatta P (Basınç), T (Sıcaklık), NN (Nem sensörü Nem), NT (Nem Sensörü Sıcaklık), VQ1(Hava Hızı), FH (Fan Hızı); EM (Tüketilen Enerji Miktarı)’nı göstermektedir. Bu sistem veri kaydetmeyi, analiz etmeyi ve paylaşmayı destekleyerek araştırma ve eğitim faaliyetlerini kolaylaştırır.

Şekil 4.23’ de alınan veri kayıt örneği gösterilmiştir. Öğrenci kullanıcıları için girmiş oldukları her farklı numara için bir dosya oluşturulurken, öğretmen kullanıcı tek olduğu için tek bir dosya üzerine kayıt işlemi gerçekleştirilir.

Şekil 4.24’de online kullanıcının ekran görüntüsü görülmektedir. Bu ekran HMI ekranının bir bilgisayara yansıtılmış şeklidir. Kullanıcı Mouse hareketleri ve tıklamaları ile komutlarını iletebilir. Sistemin anlık olarak kontrolü bu ekran üzerinden yapılır. Öğrenci kullanıcısı ile deney yaparken alınmış sistemin çalışır ekran görüntüsüdür.

Alınan ölçümlerde sıcaklık verileri T1...T10 arasındaki değerler DS18B20 sıcaklık sensörü ile ölçülmüştür. Bu sıcaklık sensörü üretici firma özelliklerinde belirttiği Doğruluk değeri $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ’dir [54].

Sistemde kullanılan SHT 11 NT1; NN1...NT4; NN4 sıcaklık ve nem ölçen sensörlerin ise doğruluk değerleri üretici firma tarafından belirtilmiş olup bu değer sıcaklık değeri $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, nem için ise $\pm 3.0\% \text{RH}$ ’dir [55]. Sıcaklık ve nem sensörleri ölçtüğü değerleri dijital olarak PLC’ye gönderdiği için ekranda görülen değerlerin doğruluğu yukarıda belirtildiği gibi alınabilir.

Basınç için kullandığımız Atek Firmasının BCT22 kodlu sensöründeki doğruluk değeri tam skalada $\pm 0.5\%$ ’dir [57]. Bu sensör ölçülen basınç değerlerini bize

4-20mA çıkış olarak vermektedir. Almış olduğumuz çıkış değeri PLC'nin analog girişi üzerinden okuduğundan ortaya bir belirsizlik çıkmaktadır. Bu belirsizliği PLC'nin analog girişinin de doğruluk değeri tam skalada $\pm\%1$ kullanılarak [58] Holman (1971) tarafından önerilen hesaplama yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve aşağıdaki sonuç bulunmuştur.

$$W_p = [(W_{\text{basıncsensörüdoğruluğu}})^2 + (W_{\text{analoggirisdoğruluğu}})^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$W_p = \pm\%1,11$$

Bu sonuç ile sistemde kullanılan basınç sensörlerinin ölçmüş olduğu değerler $\pm\% 1,11$ doğruluğa sahiptir.

Aynı şekilde sistemde kullanılan Blitzsens firmasının üretmiş olduğu hava hızı sensörümüz ise 0-10v çıkışa sahiptir. Bu sensör için firmanın belirlemiş olduğu doğruluk değeri ise hava hızı için $\pm\%3$ 'dür [59].

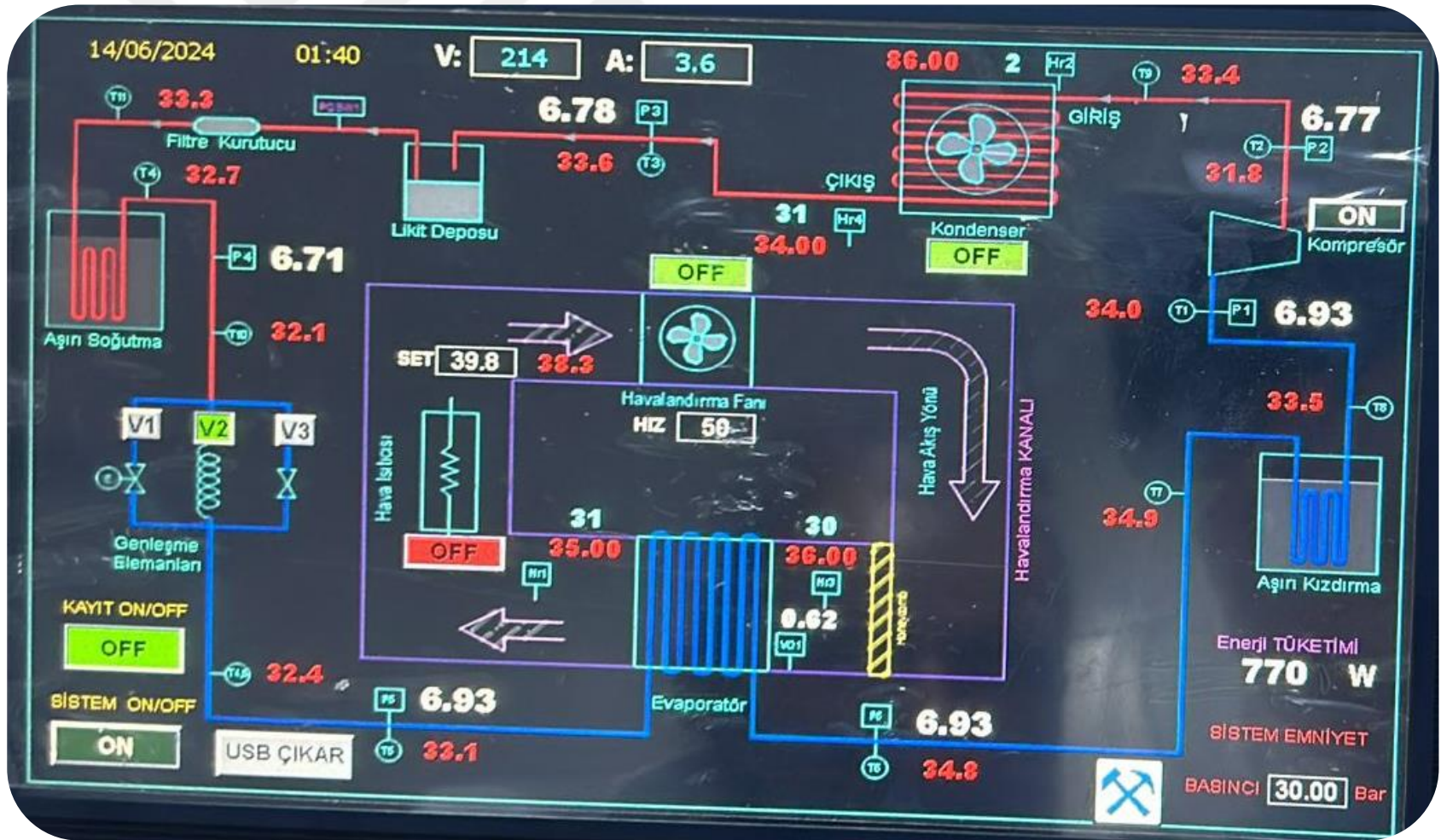
$$W_{\text{vair}} = [(W_{\text{havahızıdoğruluğu}})^2 + (W_{\text{analoggirisdoğruluğu}})^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$W_{\text{vair}} = \pm\%3,16$$

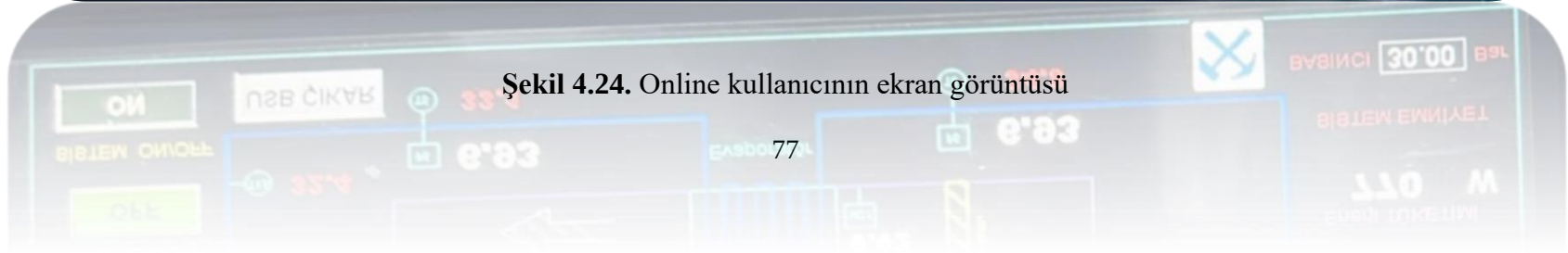
Bu sonuç ile sistemde kullanılan hava hızı sensörünün ölçmüş olduğu değerler $\pm\%3,16$ doğruluğuna sahiptir.

Saat	Tarih	P1	T1	P2	T2	P3	T3	P4	T4	P5	T5	P6	T6	T4,5	T7	T8	T9	T10	T11	NT1	NN1	NT2	NN2	NT3	NN3	NT4	NN4	V1	V2	V3	VQ1	FH	EM
22:57:26	13/06/2024	6.94	34.0	6.78	32.0	6.77	33.6	6.75	32.6	6.91	33.1	6.92	34.8	32.3	34.8	33.6	33.5	32.1	33.5	35.0	31.0	36.0	30.0	34.0	32.0	34.0	31.0	0	1	0	0.62	50	1001
22:57:26	13/06/2024	6.95	34.1	6.79	32.1	6.78	33.7	6.76	32.7	6.92	33.2	6.93	34.9	32.4	34.9	33.6	33.5	32.2	33.6	35.1	31.1	36.1	30.1	34.1	32.1	34.1	31.1	0	1	0	0.63	50	1001
22:57:26	13/06/2024	6.96	34.2	6.80	32.2	6.79	33.8	6.77	32.8	6.93	33.3	6.94	34.10	32.5	34.10	33.6	33.5	32.3	33.5	35.2	31.2	36.2	30.2	34.2	32.2	34.2	31.2	0	1	0	0.64	50	1001
22:57:26	13/06/2024	6.97	34.3	6.81	32.3	6.80	33.9	6.78	32.9	6.94	33.4	6.95	34.11	32.6	34.11	33.6	33.5	32.4	33.5	35.3	31.3	36.3	30.3	34.3	32.3	34.3	31.3	0	1	0	0.65	50	1001
22:57:26	13/06/2024	6.98	34.4	6.82	32.4	6.81	33.10	6.79	32.10	6.95	33.5	6.96	34.12	32.7	34.12	33.6	33.5	32.5	33.09	35.4	31.4	36.4	30.4	34.4	32.4	34.4	31.4	0	1	0	0.66	50	1001
22:57:26	13/06/2024	6.99	34.5	6.83	32.5	6.82	33.11	6.80	32.11	6.96	33.6	6.97	34.13	32.8	34.13	33.6	33.5	32.6	33.09	35.5	31.5	36.5	30.5	34.5	32.5	34.5	31.5	0	1	0	0.67	50	1001
22:57:26	13/06/2024	6.100	34.6	6.84	32.6	6.83	33.12	6.81	32.12	6.97	33.7	6.98	34.14	32.9	34.14	33.6	33.5	32.7	33.10	35.6	31.6	36.6	30.6	34.6	32.6	34.6	31.6	0	1	0	0.68	50	1001
22:57:26	13/06/2024	6.101	34.7	6.85	32.7	6.84	33.13	6.82	32.13	6.98	33.8	6.99	34.15	32.10	34.15	33.6	33.5	32.8	33.10	35.7	31.7	36.7	30.7	34.7	32.7	34.7	31.7	0	1	0	0.69	50	1001
22:57:26	13/06/2024	6.102	34.8	6.86	32.8	6.85	33.14	6.83	32.14	6.99	33.9	6.100	34.16	32.11	34.16	33.6	33.5	32.9	33.12	35.8	31.8	36.8	30.8	34.8	32.8	34.8	31.8	0	1	0	0.70	50	1001
23:04:02	13/06/2024	6.103	34.9	6.87	32.9	6.86	33.15	6.84	32.15	6.100	33.10	6.101	34.17	32.12	34.17	33.6	33.5	32.10	33.15	35.9	31.9	36.9	30.9	34.9	32.9	34.9	31.9	0	1	0	0.71	50	1001
23:04:02	13/06/2024	6.104	34.10	6.88	32.10	6.87	33.16	6.85	32.16	6.101	33.11	6.102	34.18	32.13	34.18	33.6	33.5	32.11	33.09	35.10	31.10	36.10	30.10	34.10	32.10	34.10	31.10	0	1	0	0.72	50	1001
23:04:02	13/06/2024	6.105	34.11	6.89	32.11	6.88	33.17	6.86	32.17	6.102	33.12	6.103	34.19	32.14	34.19	33.6	33.5	32.12	33.17	35.11	31.11	36.11	30.11	34.11	32.11	34.11	31.11	0	1	0	0.73	50	1001
23:04:02	13/06/2024	6.106	34.12	6.90	32.12	6.89	33.18	6.87	32.18	6.103	33.13	6.104	34.20	32.15	34.20	33.6	33.5	32.13	33.18	35.12	31.12	36.12	30.12	34.12	32.12	34.12	31.12	0	1	0	0.74	60	1010
23:04:02	13/06/2024	6.107	34.13	6.91	32.13	6.90	33.19	6.88	32.19	6.104	33.14	6.105	34.21	32.16	34.21	33.6	33.5	32.14	33.19	35.13	31.13	36.13	30.13	34.13	32.13	34.13	31.13	0	1	0	0.75	60	1020
23:05:06	13/06/2024	6.108	34.14	6.92	32.14	6.91	33.20	6.89	32.20	6.105	33.15	6.106	34.22	32.17	34.22	33.6	33.5	32.15	33.20	35.14	31.14	36.14	30.14	34.14	32.14	34.14	31.14	0	1	0	0.76	60	1020
23:06:02	13/06/2024	6.109	34.15	6.93	32.15	6.92	33.21	6.90	32.21	6.106	33.16	6.107	34.23	32.18	34.23	33.6	33.5	32.16	33.21	35.15	31.15	36.15	30.15	34.15	32.15	34.15	31.15	0	0	0	0.77	60	1020
23:07:02	13/06/2024	6.110	34.16	6.94	32.16	6.93	33.22	6.91	32.22	6.107	33.17	6.108	34.24	32.19	34.24	33.6	33.5	32.17	33.09	35.16	31.16	36.16	30.16	34.16	32.16	34.16	31.16	1	0	0	0.78	70	1021
23:08:02	13/06/2024	6.111	34.17	6.95	32.17	6.94	33.23	6.92	32.23	6.108	33.18	6.109	34.25	32.20	34.25	33.6	33.5	32.18	33.15	35.17	31.17	36.17	30.17	34.17	32.17	34.17	31.17	1	0	0	0.79	70	1021
23:09:02	13/06/2024	6.112	34.18	6.96	32.18	6.95	33.24	6.93	32.24	6.109	33.19	6.110	34.26	32.21	34.26	33.6	33.5	32.19	33.15	35.18	31.18	36.18	30.18	34.18	32.18	34.18	31.18	1	0	0	0.80	70	1020
23:15:08	13/06/2024	6.113	34.19	6.97	32.19	6.96	33.25	6.94	32.25	6.110	33.20	6.111	34.27	32.22	34.27	33.6	33.5	32.20	33.18	35.19	31.19	36.19	30.19	34.19	32.19	34.19	31.19	1	0	0	0.81	70	1020

Şekil 4.23. Alınan veri kayıt örneği



Şekil 4.24. Online kullanıcının ekran görüntüsü



Sistem, başlatmanın ardından bir kendi kendini kontrol ederek tüm sensörlerin ve aktüatörlerin durumunu ve çalışmaya hazır olduklarını doğrular. Bu başlatma, sistemin güvenli ve verimli çalışmaya hazır olmasını sağlar [8]. Bu esneklik, farklı eğitim veya araştırma ihtiyaçlarına göre uyarlanmış geniş bir deney yelpazesine olanak tanır. Çalışma sırasında sistem, soğutma süreçlerini dinamik olarak ayarlamak için sensör verilerini sürekli olarak izler. Kontrol ünitesi, aktüatörleri buna göre ayarlayarak istenen koşulların en iyi nasıl elde edileceğine karar vermek için algoritmalar kullanır. Kullanıcılar bu ayarları arayüz üzerinden gerçek zamanlı olarak görüntüleyebilmekte ve gerektiğinde manuel olarak müdahale edebilmektedir.

Her deneyden sonra kullanıcılar, analiz için arayüz üzerinden toplanan verilere erişebilir. Sistem, istatistiksel analiz ve trend görselleştirme dahil olmak üzere veri işlemeye yönelik araçlar sağlayarak kullanıcıların deneylerinden anlamlı içgörüler elde etmesine yardımcı olur. Yerleşik güvenlik protokolleri, herhangi bir arıza veya güvenli olmayan durum belirtisine karşı sistem performansını izler. Bir anormallik durumunda sistem, deneyi kapatmak veya arayüz aracılığıyla kullanıcıları uyararak gibi acil durum prosedürlerini başlatabilir [41]. Uzaktan Erişim Soğutma Deney Seti, soğutma teknolojilerini keşfetmek ve anlamak için gelişmiş bir platform sunar. Entegre mimarisi, kapsamlı sensör dizisi ve dinamik kontrol yetenekleriyle öğrencilere ve araştırmacılara çok çeşitli soğutma deneylerini uzaktan yürütmeleri için gerçekçi ve güvenli bir ortam sağlar.

Sistemin farklı noktalarına yerleştirilen sıcaklık ve basınç sensörleri, soğutma çevriminin her aşamasındaki verileri sürekli olarak toplar. Bu sensörler, kompresör, yoğunlaştırıcı, genleşme valfi ve buharlaştırıcıdaki sıcaklık ve basınç değişimlerini anlık olarak izlemeyi mümkün kılar. Örneğin, soğutma çevriminin basınç-sıcaklık ilişkisi ve faz değişimi süreçleri detaylı olarak gözlemlenir ve kaydedilir [25].

Örneğin, kompresörün giriş ve çıkış noktalarındaki sıcaklık ve basınç değerleri dikkate alınarak kompresör verimliliği hesaplanır. İzantropik verim belirlenir. Bu sayede sistem, optimal performansta çalıştırılabilir. Sistemin topladığı veriler, bir dosya içerisinde saklanır. Bu veriler, deney sonuçlarının kaydedilmesi ve daha sonraki analizler için kullanılabilir. Öğrenciler, bu veriler üzerinden soğutma çevriminin farklı

parametrelerini inceleyebilir ve sistem performansını değerlendirebilirler. Örneğin, buharlaştırıcı kapasitesi ve yoğunlaştırıcının dış ortama atılan ısı yükü hesaplanarak sistemin enerji verimliliği analiz edilebilir.

Kullanıcı arayüzü, sistemin anlık durumunu görselleştirir. Öğrenciler, bu arayüzde grafikler ve diyagramlar aracılığıyla soğutma çevriminin işleyişini izleyebilirler. Bu görselleştirmeler, öğrencilerin deney sonuçlarını daha iyi anlamalarına ve analiz etmelerine yardımcı olur. Örneğin, P-h ve T-s diyagramları kullanılarak sistemin farklı çalışma koşulları altında nasıl davrandığı incelenebilir.

Öğrenciler, soğutma sistemlerinin çalışma prensiplerini ve dinamiklerini pratik uygulamalarla öğrenirken, aynı zamanda bilgisayar destekli kontrol ve veri analiz tekniklerini de deneyimleyebilirler. Örneğin, soğutma makinesinin performans katsayısının hesaplanması ve ekserji analizleri, öğrencilerin termodinamik ilkeleri daha iyi anlamalarına yardımcı olur. Sistemin bir diğer önemli avantajı, deneylerin uzaktan yapılabilmesi, öğrencilerin fiziksel olarak laboratuvarında bulunma zorunluluğunu ortadan kaldırır ve deneylerin daha geniş bir öğrenci kitlesi tarafından gerçekleştirilmesine olanak tanır.

Uzaktan erişimli soğutma deney seti, belirli parametrelerin ve ölçümlerin kullanılmasıyla, öğrencilerin soğutma sistemlerinin performansını ve verimliliğini analiz etmelerine olanak tanır. Bu sistemin tasarımı ve işleyişi, detaylı ve spesifik bilgilerle desteklenmektedir. Soğutma çevriminde basınç-sıcaklık ilişkisi, faz değişimlerinin anlaşılması açısından kritiktir [28]. Sistem, soğutucu akışkanın buharlaşma ve yoğunlaşma süreçlerindeki basınç ve sıcaklık değerlerini sürekli olarak izler. Örneğin evaporatör ve kondenser arasındaki sıcaklık farkı ve basınç değişimleri, çevrimin verimliliğini doğrudan etkiler. Sistem performansının görselleştirilmesi ve analiz edilmesi için P-h (basınç-entalpi) ve T-s (sıcaklık-entropi) diyagramları kullanılır. Bu diyagramlar, sistemin çalışma koşullarının ve verimliliğinin daha iyi anlaşılmasını sağlar.

Soğutma çevriminde, soğutucu akışkanın buharlaşma ve yoğunlaşma süreçlerindeki basınç ve sıcaklık değerleri kritik öneme sahiptir. Örneğin, sistemde

kullanılan soğutucu akışkanın faz değişimi, basınç-sıcaklık diyagramları ile gözlemlenir. Sistemde yer alan sıcaklık ve basınç sensörleri, sürekli olarak veri toplar ve bu veriler kontrol birimi tarafından işlenir. Kompresör, yoğunlaştırıcı, genleşme valfi ve buharlaştırıcıdaki sıcaklık ve basınç değişimleri, anlık olarak izlenir ve kaydedilir.

Ekserji analizleri, sistemin termodinamik verimliliğini değerlendirmek için kullanılır. Örneğin, ekserji kayıpları ve kazançları, sistemin enerji dönüşümlerindeki verimlilikleri ortaya koyar. Bu spesifik bilgi ve veriler, uzaktan erişimli soğutma deney setinin öğrencilere sunduğu öğrenme deneyimini zenginleştirir [4].

Sistem hareketlerinin kullanıcı arayüzünden anlık olarak takip edilebilmesi, sistemin işleyiş mantığını anlamayı kolaylaştırır. Bu sistem, öğrencilerin teorikte öğrendikleri bilgilerin uygulama esnasında yapacakları değişiklikleri anlık olarak gerçekleştirmesine olanak verir. Ayrıca, bu sistem ile bireysel olarak yüksek maliyet ve zamandan kazanç sağlanmış olur.

Eğitimde etkinliği artırmak için geliştirilen bu sistem, öğrencilere teorik bilgilerini pratiğe dökme ve mühendislik problemlerine daha sistematik ve veriye dayalı yaklaşımlar geliştirme fırsatı sunar. Uzaktan erişimli soğutma deney seti, laboratuvar olanaklarının genişletilmesine katkı sağlar. Fiziksel laboratuvar koşulları genellikle kararlı durum içerisinde ölçüm alabilecek ölçüm cihazları ile donatılmıştır [34]. Ancak, sistemler üzerinde devamlı değişim gösteren ve bu değişen değerlerin izlenebileceği, eş zamanlı olarak örnekleme yapabilecek, süreç içerisinde elde edilen tüm verilerin kayıt altına alınabileceği bilgisayar kontrollü öğrenme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemler, laboratuvar olanaklarının yetersiz olduğu durumlarda öğrencilerin eğitimlerini destekler. Sonuç olarak, uzaktan erişimli soğutma deney seti, enerji mühendisliği eğitiminde önemli bir yenilik sunmaktadır. Bu sistem, eğitimde esneklik, erişilebilirlik ve güvenlik sağlarken, öğrencilerin yeni teknolojileri öğrenmelerine ve uygulamalarına imkân tanır. Eğitimde etkinliği artırmak için geliştirilen bu sistem, öğrencilere teorik bilgilerini pratiğe dökme ve mühendislik problemlerine daha sistematik ve veriye dayalı yaklaşımlar geliştirme fırsatı sunar.

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak bu çalışma, uzaktan erişimli bir soğutma deney setinin tasarımı ve gerçekleştirilmesi sürecini kapsamaktadır. Günümüz eğitim teknolojilerinin hızla gelişmesi, uzaktan eğitim ve laboratuvar uygulamalarında yenilikçi çözümler geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda uzaktan erişimli soğutma deney seti hem öğrencilerin laboratuvar deneyimlerini artırmak hem de uzaktan eğitimin olanaklarını genişletmek amacıyla tasarlanmıştır. Araştırma sürecinde, uzaktan erişimli soğutma deney setinin tasarımı ve uygulanabilirliği üzerine detaylı analizler yapılmış, prototip oluşturulmuş ve çeşitli testler gerçekleştirilmiştir. Bununla beraber soğutma deney seti, internet tabanlı uzaktan erişim sağlayacak şekilde tasarlanmış ve başarılı bir şekilde prototip haline getirilmiştir. Bu tasarım, kullanıcıların uzaktan erişim ile gerçek zamanlı veri alabilmesine ve sistem üzerinde kontrol sağlayabilmesine olanak tanımıştır.

Deney seti, uzaktan eğitim programları için etkili bir araç olarak değerlendirilmiştir. Öğrenciler, fiziksel olarak laboratuvarında bulunmadan soğutma sistemlerinin çalışma prensiplerini ve deney sonuçlarını inceleyebilmişlerdir. Bu durum, özellikle coğrafi olarak dağınık öğrenci grupları için büyük bir avantaj sağlamıştır. Uzaktan erişimli sistem, çeşitli sensörler ve kontrol üniteleri ile donatılmıştır. Bu sayede öğrenciler deney süresince gerçek zamanlı veri toplayarak analiz yapabilmiş ve sonuçları değerlendirebilmiştir. Bu, öğrencilere deney sonuçlarını anında gözlemlene ve farklı senaryoları test etme fırsatı sunmuştur. Uzaktan erişimli soğutma deney seti, fiziksel laboratuvarların kurulumu ve işletilmesine kıyasla daha düşük maliyetlerle gerçekleştirilebilmiştir. Ayrıca sistemin sürdürülebilir olması ve uzun vadede kullanılabilirliği, eğitim kurumları için maliyet etkin bir çözüm sunmaktadır.

Tüm bunlarla beraber bu çalışma, uzaktan erişimli soğutma deney setlerinin eğitimde kullanılabilirliğini ve etkinliğini göstermiştir. Gelecekte bu tür sistemlerin daha geniş kapsamlı deney setlerine uyarlanması ve farklı mühendislik disiplinlerinde kullanılması mümkündür. Bu bağlamda uzaktan eğitim ve laboratuvar uygulamaları

alanında yapılan bu çalışma, önemli bir katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu çalışma sırasında elde edilen deneyimler ve bulgular, gelecekteki araştırmalar ve uygulamalar için de önemli ipuçları sunmaktadır. Sistem performansının artırılması ve daha kullanıcı dostu bir arayüz geliştirilmesi için teknolojik iyileştirmeler yapılabilir. Bu önerileri maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Uzaktan Erişim Soğutma Deney Seti'nin yeteneklerini daha da geliştirmek için yeni teknolojilerin entegre edilmesi, ek işlevsellik ve gelişmişlik katmanları sağlayabilir. Sıcaklık ve basınç ölçümleri için entegre fiber optik sensörler, geleneksel sensörlere kıyasla daha yüksek doğruluk ve hassasiyet sunar. Bu sensörler elektromanyetik girişime karşı bağışıklıdır, bu da onları elektronik gürültünün sorun olduğu karmaşık deney düzeneklerinde hassas ölçümler için ideal kılar. Sistem, makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak geçmiş verilere ve gerçek zamanlı sensör çıktılarına dayanarak olası arızaları veya bakım ihtiyaçlarını tahmin edebilir. Bu proaktif yaklaşım, aksama süresini en aza indirir ve deney setinin optimum çalışma koşullarında kalmasını sağlar [42].
- Artırılmış gerçeklik (AR) katmanlarının uygulanması, doğrudan deney setinin fiziksel bileşenleri üzerine yerleştirilmiş adım adım görsel talimatlar sağlayarak kullanıcılara bakım prosedürleri veya sistem kurulumları konusunda rehberlik edebilir. Bu araç özellikle eğitim amaçlı kullanışlıdır ve karmaşık kurulumları öğrenciler için daha erişilebilir hale getirir. Deneysel verilerin bulutta saklanması, kolay erişimi ve büyük ölçekli veri analizini kolaylaştırır. Farklı kurumlardan araştırmacılar, verileri ve içgörülerini dünya çapında sorunsuz bir şekilde paylaşarak daha etkili bir şekilde iş birliği yapabilir. Blockchain teknolojisinin uygulanması, deneysel verilerin bütünlüğünü ve güvenliğini sağlar. Her bir veri parçasına zaman damgası vurulabilir ve merkezi olmayan bir deftere kaydedilebilir, böylece tahrifat önlenir ve araştırma bulgularının güvenilir ve doğrulanabilir olması sağlanır.
- Bir diğer iyileştirme ise sistemin bulunduğu oda içerisine birden fazla kamera koyarak sistemin bulunduğu fiziksel ortamında kullanıcıların görmesini sağlanması daha gerçekçi deney ortamını sağlar.

Farklı eğitim platformları ve yazılımları ile entegrasyonun sağlanması, sistemin kullanımını daha da kolaylaştıracaktır. Bu, öğrencilerin mevcut eğitim yönetim sistemleri üzerinden deney setine erişim sağlamalarına olanak tanıyacaktır. Uzaktan erişimli soğutma deney setinin yanı sıra, benzer şekilde tasarlanmış farklı deney setleri de geliştirilebilir. Bu, öğrencilerin çeşitli mühendislik ve bilim dallarında pratik yapmalarına ve deneysel bilgilerini artırmalarına olanak tanıyacaktır. Uzaktan erişimli laboratuvar uygulamaları, sadece eğitimde değil, aynı zamanda endüstriyel eğitim ve profesyonel gelişim programlarında da kullanılabilir. Bu, mühendislik ve teknik eğitimlerde sürekli öğrenme ve gelişim imkânı sunacaktır.

Sistem sürekli olarak öğrenci ve eğitmen geri bildirimleri ile geliştirilmeye devam edilmelidir. Bu geri bildirimler, kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik iyileştirmeler yapılmasını ve sistemin daha etkili hale getirilmesini sağlayacaktır. Tüm bunlarla beraber uzaktan erişimli soğutma deney seti tasarımı ve gerçekleştirilmesi, eğitim teknolojilerinde yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışma, uzaktan laboratuvar uygulamalarının potansiyelini ve eğitimde sağladığı faydaları açıkça ortaya koymuştur. Gelecekte bu tür sistemlerin daha geniş bir alanda benimsenmesi ve kullanılması, eğitimde kaliteyi ve erişilebilirliği artıracaktır.

Deney seti, öğrencilerin motivasyonunu artırarak öğrenme sürecine daha fazla dahil olmalarını sağlamıştır. Bu, öğrencilerin teorik bilgileri pratik uygulamalarla pekiştirmelerine olanak tanımış ve öğrenme deneyimlerini zenginleştirmiştir. Uzaktan erişimli deney setinin sunduğu bu avantajlar, özellikle geleneksel laboratuvar uygulamalarına erişim imkânı olmayan öğrenciler için büyük önem taşımaktadır. Uzaktan erişimli soğutma deney seti, eğitim teknolojilerinde inovasyonun önemini vurgulamaktadır. Bu tür yenilikçi yaklaşımlar, eğitimin kalitesini artırmak ve öğrencilere daha erişilebilir ve esnek öğrenme fırsatları sunmak için kritik öneme sahiptir. Eğitim kurumlarının, bu tür teknolojilere yatırım yaparak öğretim yöntemlerini modernize etmeleri ve günümüzün dinamik eğitim ihtiyaçlarına cevap vermeleri gerekmektedir. Bu çalışma, uzaktan eğitim politikalarının geliştirilmesi ve uygulanması açısından da önemli sonuçlar sunmaktadır. Eğitim otoriteleri ve kurumları, uzaktan erişimli laboratuvar uygulamalarını müfredatlarına entegre ederek, öğrencilerin bu yenilikçi teknolojilerden yararlanmalarını sağlamalıdır. Bu, aynı

zamanda eğitimde fırsat eşitliğini artırmak ve coğrafi kısıtlamaları ortadan kaldırmak için de etkili bir yol olacaktır.

Bu çalışma, uzaktan erişimli soğutma deney setinin eğitimde nasıl yenilikçi ve etkili bir araç olabileceğini göstermiştir. Uzaktan erişimli laboratuvar uygulamaları, öğrencilere sadece teorik bilgilerini uygulama fırsatı sunmakla kalmaz, aynı zamanda bağımsız öğrenme ve problem çözme yeteneklerini de geliştirir. Uzaktan erişimli soğutma deney seti, öğrencilere bağımsız olarak deney yapma ve problem çözme becerilerini geliştirme fırsatı sunmuştur. Bu, öğrencilerin analitik düşünme yeteneklerini pekiştirmelerine ve kendi başlarına sorunları çözme konusunda daha yetkin hale gelmelerine yardımcı olmuştur. Uzaktan erişimli sistemler, hem eşzamanlı (senkron) hem de asenkron öğrenme fırsatları sunarak öğrencilere esnek bir öğrenme ortamı sağlamaktadır. Bu, öğrencilerin kendi hızlarında öğrenmelerine ve deney setine istedikleri zaman erişim sağlamalarına olanak tanımıştır. Bu çalışma, eğitimde dijital dönüşümün önemini ve gerekliliğini bir kez daha vurgulamaktadır. Uzaktan erişimli laboratuvar uygulamaları, dijital teknolojilerin eğitimde nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğine dair önemli bir örnek teşkil etmektedir. Eğitim kurumlarının, dijital dönüşüm süreçlerini hızlandırarak daha kapsayıcı ve yenilikçi eğitim modelleri benimsemeleri gerekmektedir. Tüm bunlarla beraber,

- Uzaktan erişimli laboratuvar sistemlerinin sürekli gelişen teknolojiye uyum sağlaması için güncellemeler ve iyileştirmeler yapılmalıdır. Daha hassas sensörler, gelişmiş veri toplama sistemleri ve kullanıcı dostu arayüzlerin entegrasyonu, sistemin performansını artıracaktır.
- Öğrencilerin deney seti ile ilgili geri bildirimleri düzenli olarak toplanmalı ve değerlendirilmelidir. Bu geri bildirimler, sistemin kullanıcı ihtiyaçlarına göre iyileştirilmesine ve daha etkili hale getirilmesine yardımcı olacaktır.
- Uzaktan erişimli laboratuvar sistemleri, mühendislik dışındaki disiplinlere de uyarlanarak daha geniş bir öğrenci kitlesine hitap edebilir. Fen bilimleri, biyoloji, kimya ve hatta sosyal bilimler gibi alanlarda benzer sistemlerin geliştirilmesi, disiplinler arası öğrenmeyi destekleyecektir.
- Uzaktan erişimli laboratuvar uygulamaları, eğitim programlarına entegre edilerek müfredatın bir parçası haline getirilmelidir. Bu, öğrencilerin uzaktan

erişimli sistemleri daha etkin bir şekilde kullanmalarını ve eğitim sũreęlerine dahil etmelerini sağlayacaktır.

- Farklı ũlkelerden eğitim kurumları ve ŕęrenciler arasında iş birlikleri teşvik edilmelidir. Uluslararası projeler ve ortak ęalıřmalar, kũltũrel etkileşimi artırarak kũresel eğitim ağlarının gũçlenmesine katkıda bulunabilir.
- Uzaktan erişimli laboratuvar sistemlerinin etkin kullanımı için eğitmenlerin de bu sistemler konusunda eğitim almaları sağlanmalıdır. Eğitmen eğitimleri, sistemlerin daha verimli kullanılmasına ve ŕęrencilere daha iyi rehberlik edilmesine olanak tanır.
- Uzaktan erişimli laboratuvar uygulamaları ũzerine yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri desteklenmelidir. Yeni teknolojilerin ve inovatif yaklaşımların bu alanda uygulanması, sistemlerin sũrekli olarak iyileştirilmesine ve eğitimde daha geniş bir yelpazede kullanılmasına olanak tanır.
- Uzaktan erişimli sistemlerin sũrdũrũlebilir ve maliyet etkin bir şekilde tasarlanması ȳnemlidir. Eğitim kurumları, bu sistemleri kurarken ve işletirken uzun vadeli maliyetleri gȳz ȳnũnde bulundurarak planlama yapmalıdır.
- ŕęrencilerin uzaktan erişimli sistemleri etkin bir şekilde kullanabilmeleri için gerekli destek ve rehberlik sağlanmalıdır. Kullanım kılavuzları, eğitim videoları ve danışmanlık hizmetleri, ŕęrencilerin sistemle ilgili yaşayabilecekleri sorunları aşmalarına yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Abdulmajeed, M. Kablosuz İletişim Yoluyla Bir Android Cihaza Bağlı Nesne Tanıma Sistemi Kullanan Yarı Özerk Hareketli Robotun Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya, 2019, 3-18 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [2] <https://www.cokesen.com/product/cok-0815s-moduler-sogutma-deney-seti/> 20/02/2023
- [3] Ali, M. Q. Akıllı Ev Otomasyonu için Güvenlik Kamerası ve Bulanık Mantık Tabanlı Yangın Algılama ve Söndürme Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya, 2018, 20-23, 25-28 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [4] İbrahim, D., Onurhan, E. Uzaktan Mühendislik Eğitiminde Laboratuvar Kullanımı. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi 1. Ulusal Sempozyumu ve Sergisi, 2003, Ankara (173-176 s.).
- [5] Albayrak, İ. Uzaktan Eğitim Sistemi, Uzaktan Eğitim Sisteminde Sanal Sınıf Ortamı ve Sanal Sınıf Ortamında Sınıf Yönetimi. Trakya Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı, Edirne, 2017, 8-36 s. (Yüksek Lisans Projesi).
- [6] Irmak, E. Uzaktan Eğitim Amaçlı İnternet Tabanlı Laboratuvar Uygulaması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Eğitimi, Ankara, 2007, 1-26 s. (Doktora Tezi).
- [7] Altun, E. Eğitimcilerin Uzaktan Eğitime Yönelik Pedagojik Yeterliliklerinin Uzaktan Eğitim Ders Videoları Aracılığıyla İncelenmesi. On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Samsun Yüksek Lisans Tezi, 2020, 3 – 54 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [8] Ünsal, A. Duysak, A. Ilıca, A. Eğitim Amaçlı Bir Kontrol Deney Seti Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, Eğitim Amaçlı Bir Kontrol Deney Seti Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Elektrik – Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (Eleco – 2008), 26-30 Kasım 2008, Bursa (1-6s).
- [9] Arat, T., & Bakan, Ö. Uzaktan Eğitim ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 2014, 363-374 s.
- [10] Katırcıoğlu, F. Cingiz, Z. Çay, Y. R22 ve Alternatifleri R438a ile R417a Soğutucu Akışkanları İçin Kızılötesi Görüntü İşleme Teknikleri Kullanarak, Soğutma Sistem Performansının İncelenmesi. Academic Platform Journal Of Engineering And Science, 2020, 8-3, 500-513s.
- [11] Irmak, E. Uzaktan Erişimli Bir E-Laboratuvar Platformunun Tasarımı, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarisi Fakültesi Dergisi, 2009, 24-2, 311-322 s.
- [12] İşman, A. Uzaktan Eğitim. Değişim Yayınları. Sakarya, Türkiye, 1988, 125s.
- [13] Alkan, C. Uzaktan Eğitim Sistemlerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Yayınları. 1987, 157.
- [14] Uşun, S. Uzaktan Eğitim. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 2006, 326s.
- [15] Yurdakul, B. Uzaktan Eğitim – Eğitimde Yeni Yönelimler. Pegema Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 2015, 252s.
- [16] Soylu, T. Kablosuz Algılayıcı Ağların Uygulama Alanları ve Bir Algılayıcı Düğüm Tasarımı. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Edirne, 2012, 216s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [17] Caladine, R. Learning Environments Of The Future: Narrow To Broadband Via Dvd. Proceedings of the 18th Annual Conference of the Australian Society for

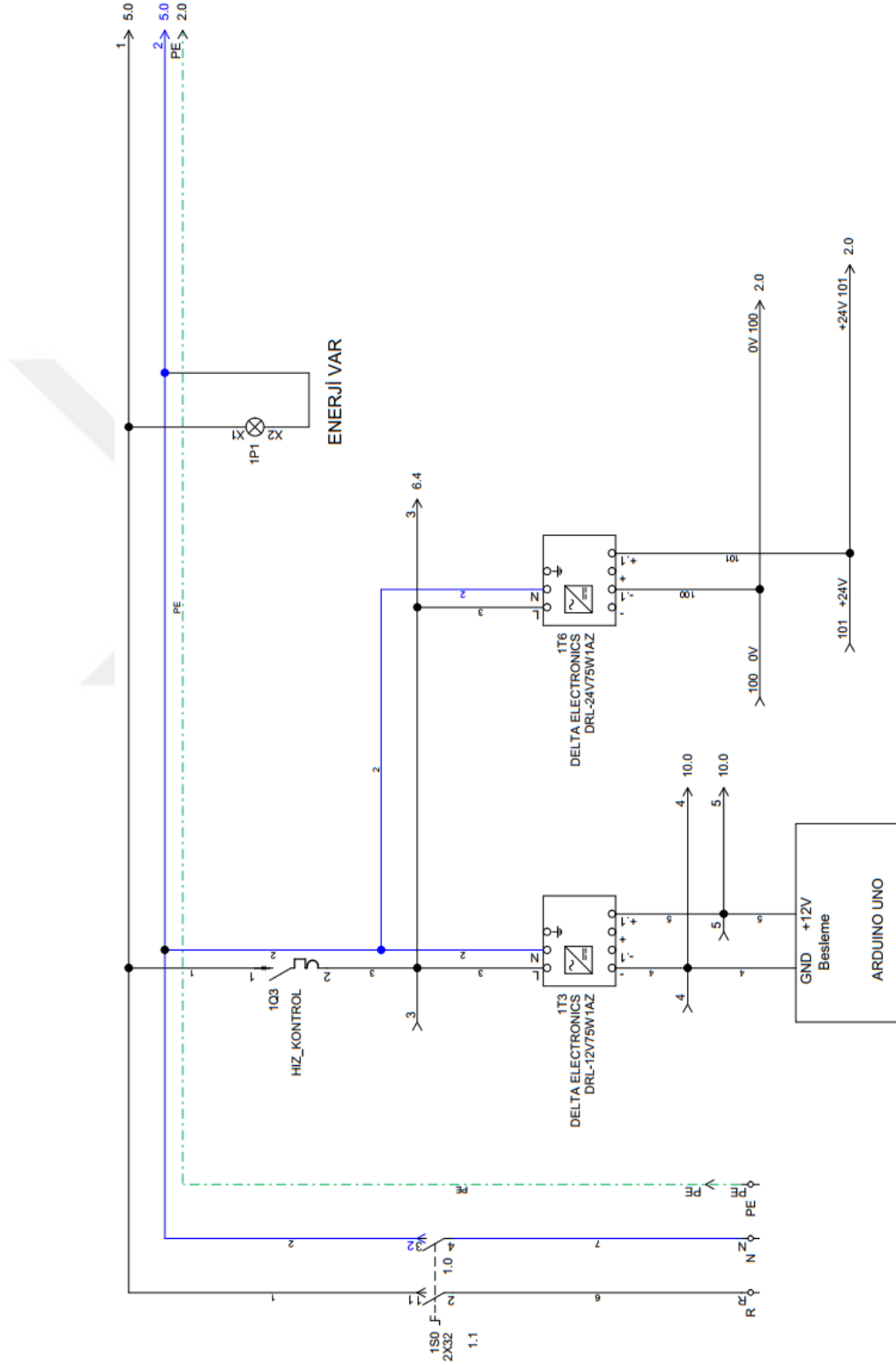
- Computers in Learning in Tertiary Education, 9-12 Aralık, 2001 Education Resources Information Center, Melbourne, (117-123).
- [18] Taylor, J.C. (2001).Fifth Generation Distance Education. Higher Education Series, Report No:40, Avustralya, Haziran 2001, 1-8s.
- [19] Arı, Ö.S. Uzaktan Eğitim İçin Bir Çağdaş Değerlendirme Portalı Tasarımı. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Ana Bilim Dalı, Sakarya, 94 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [20] Atlı, H., Medeni, T. D., Medeni, İ. T., Ateş, V., Güzel, M. S. Uzaktan Eğitimin Teknolojik Gelişimi: Öğretmen ve Öğrencilerin Bakış Açısı ile, Karşılaştırmalı Gzft Analizi. Sosyal ve Beşerî Bilimler Dergisi, 2023, 15 (1): s. 79-100.
- [21] Azad, A.K.M., Song, X., Suram, R.S.P., Nadakuditi, P. Web-Based Laboratory Experiments: Case Studies. American Society for Engineering Education, Illinois-Indiana and North Central Joint Section Conference, 2006.
- [22] Candan, Z. Gerçek Zamanlı Sistemlerin Web Üzerinden Kontrolünün Gerçekleştirilmesi. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgi Teknolojileri Programı, İstanbul, 2008, 65s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [23] Irmak E., Bayındır R., Çolak İ., Sağiroğlu Ş., Bal G. A Web Based Real Time Speed Control Experiment on Ultrasonic Motor for Educational Purposes. 19th International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, Italy, 2008.
- [24] Demir, T. Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Öğretmenlerinin ve Öğrencilerinin Uzaktan Eğitime Yönelik Tutumlarının İncelenmesi. Sakarya Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı, Sakarya, 2021, 164 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [25] Demirci, M. Uzaktan Eğitimde Öğrenme Stillerine Dayalı Akademik Destek Hizmetlerinin Pedagojik Formasyon Öğrencilerinin Başarısına Etkisi. Sak Teknolojileri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Sakarya, 2018, 138 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [26] Dormido, S., Vargas, H., Sánchez, J., Duro, N., Dormido, R., Canto, S.D., Esquembre, F. Using Web-based laboratories for control engineering education. International Conference on Engineering and Education (ICEE 2007), 2007,3-7 Eylül, Coimbra, Portugal.
- [27] Ersoy, M., Kumral, D.C. Bilgisayar Destekli FPGA Tabanlı Sayısal Sistemler Deney Seti Tasarımı. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 2021, 14-3, 1- 12 s.
- [28] Ferrero, A., Salicone, S., Bonora, C., Parmigiani, M. ReMLab; A Java Based Remote, Didactic Measurement Laboratory. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2003, 52-3, Italy, (710-715).
- [29] Gustavsson, I. Remote Laboratory Experiments in Electrical Engineering Education. Proceedings of the 4th. IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems, April 17-19 2002, Aruba, ((I025-1) -(I025-5)).
- [30] Kiraz, A. Yapay Zekâ Destekli Sanal Laboratuvar Tasarımı: Çekme Deneyi Uygulaması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği, Sakarya, 2014, 112 s. (Doktora Tezi).
- [31] Ko, C.C., Chen, B. M., Chen, J., Zhuang, Y., Tan, C. K., Development of a Web Based Laboratory for Control Experiments on A Coupled Tank Apparatus. IEEE Transactions on Education, 2001, 44-1, pp: 76-86.
- [32] Lin, P. I., Broberg, H., Mon, A. A. Web-based Lab for Distance Learning. Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference Paper,2002, session 1758.

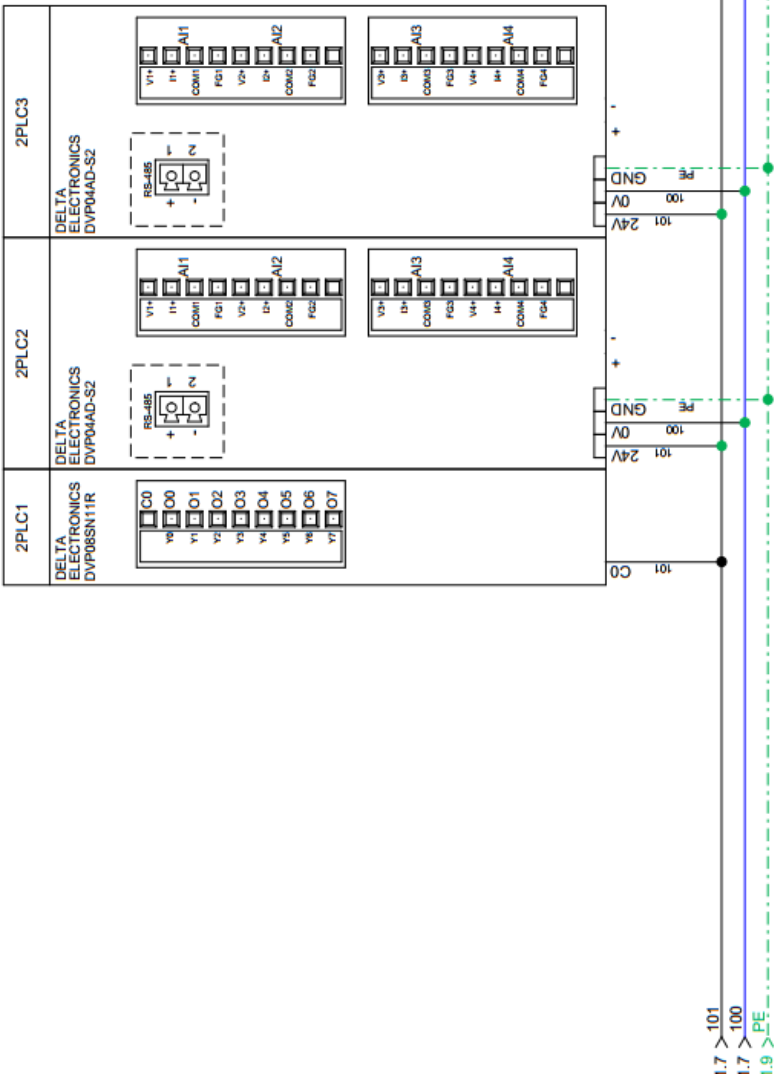
- [33] Kocaeli Gazetesi, “Meslek lisesinde üretilen elektrik deney seti Romanya'ya satılacak”,<https://www.kocaeligazetesi.com.tr/haber/9788858/meslek-lisesinde-uretilen-elektrik-elektronik-deney-seti-romanyaya-satilacak> 20/03/2023
- [34] Miele, D. A., Potsaid, B., Wen, J. T. An Internet based Remote Laboratory for Control Education. Proceedings of the American Control Conference, Arlington - Texas, 2001, (1151-1152).
- [35] Polat, A. Uzaktan Eğitim Öğrencilerinin Sorgulama Topluluğu Algılarının Akademik Güdülenme ve Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi (Cumhuriyet Üniversitesi Örneği). Sakarya Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Sakarya, 2013, 71 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [36] Qingcang, Y., Chen, B., Cheng H. H. Web Based Control System Design and Analysis. IEEE Control Systems Magazine, 2004, DOI:10.1109/MCS.2004.1299532.
- [37] Sarıoğlu, B.A. Altaş, R. Şen, R. Uzaktan Eğitim Sürecinde Fen Bilimleri Dersinde Deney Yapmaya İlişkin Öğretmen Görüşlerinin Araştırılması. Millî Eğitim. 2020, 49-1, 371-394.
- [38] Swamy, N., Kuljaca, O., Lewis, F.L. Internet-Based Educational Control Systems Lab Using NetMeeting. IEEE Transactions on Education, Arlington-Texas, 2002, 45-2, (145-151).
- [39] Taşkın, S., Tunçalp, K., Erdal, H. Bir Mekatronik Sistem Ünitesinin Eğitim Amaçlı Uzaktan Erişimli Kontrolü. I. Uluslararası Mesleki ve Teknik Eğitim Teknolojileri Kongresi (MTET 2005), Millî Eğitim Bakanlığı – Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2005, 656 s.
- [40] Taşkın, S., Tunçalp, K., Şeker, S., Sucu, M. Endüstriyel Otomasyon Eğitimi İçin Uzaktan Erişimli Laboratuvar Uygulaması. Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı (TOK'08), İstanbul Teknik Üniversitesi, 2008, 774-779s.
- [41] Yeung, K., Huang, J. Development of A Remote Access Laboratory: A DC Motor Control Experiment. Computers in Industry, 2003, 52, (305-310). DOI:10.1016/S0166-3615(03)00133-7.
- [42] Yusong, L., Basu, P. K., Eugene, J. L., Turnver, L. H. Development of A Web-Based Mass Transfer Processes Laboratory System Development and Implementation. Computer Applications in Engineering Education, 2003, 11, (25-38). DOI:10.1002/cae.10036.
- [43] Yalçınkaya, S. Web Tabanlı Uzaktan Eğitim Sistemi ve Çukurova Üniversitesi Öğretim Elemanlarının Yatınlıkları. Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Adana, 2006, 101 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [44] <https://www.cmsense.com/urun/m21-7000a-dijital-analog-deney-seti> 20/03/2023
- [45] Chang, W.F., Yu, W.C., Chiu, C. W., Yu, W.C. Design and Implementation of A Web-based Distance PLC Laboratory. Proceedings of the 35th. Southeastern Symposium on System Theory, 2003, DOI: 10.1109/SSST.2003.1194584
- [46] Çolak İ., Demirbaş, Ş., Sefa İ., Irmak E., Kahraman H. T. Remote controlling and monitoring of a HVAC system over the Internet. Journal of Scientific & Industrial Research, 2008, 67- 9, (680-684).
- [47] Kacar, S. Boz, F.A. Tekin, H. Arıcıoğlu, B. PID Denetleyici Uygulamaları İçin Yeni Bir Online Deney Seti Tasarımı. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2016, 21-1, s. 34-44, DOI: 10.16984/sofenbilder.12551.
- [48] bursa.meb.gov.tr/enerjiyonetimi/evrep16/ayar/resim/eogrenme/split2.png 20/03/2024

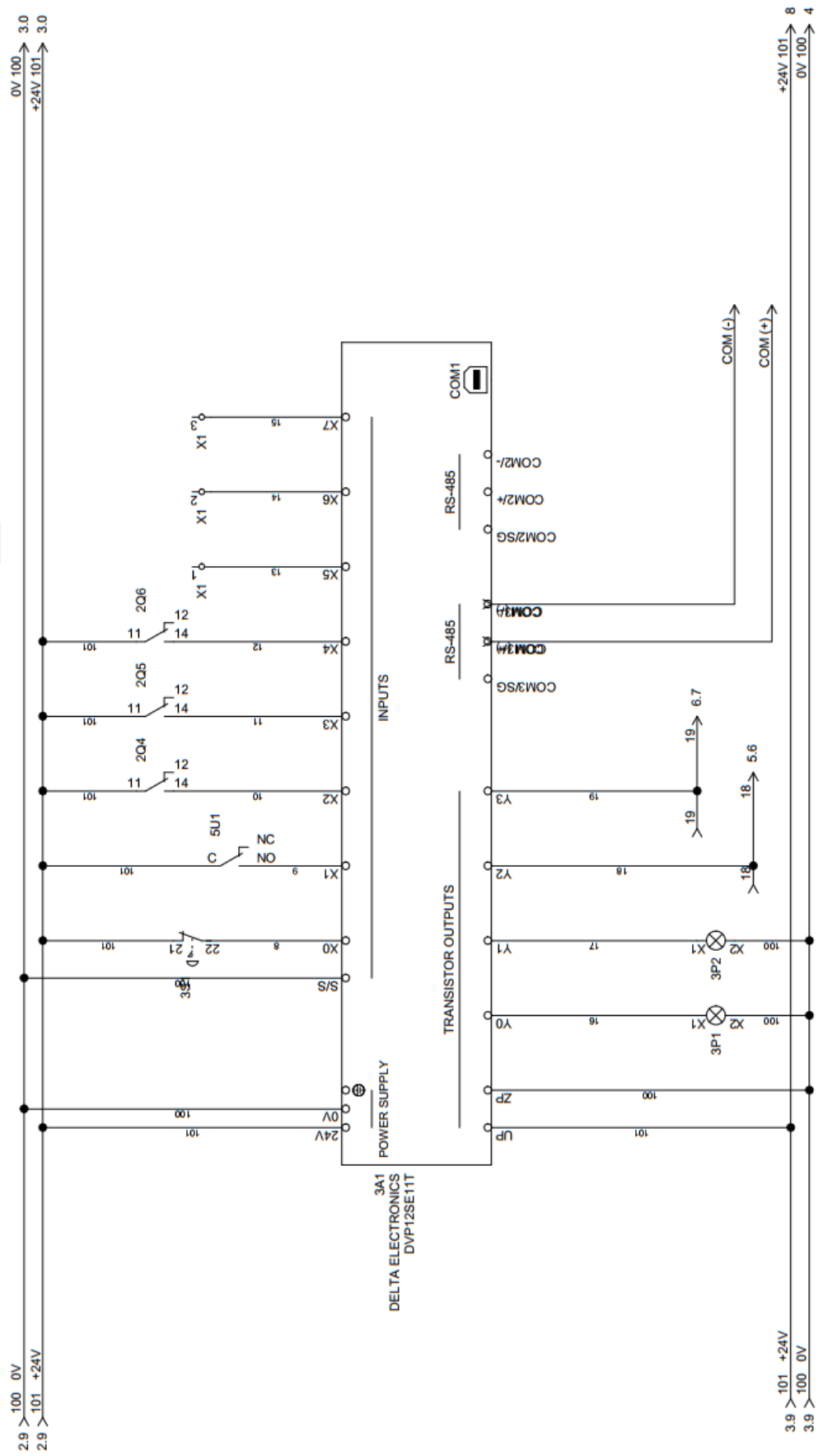
- [49] <https://www.muhendisbeyinler.net/carnot-cevrimi-nedir/> 20/04/2024
- [50] <https://www.maktoloji.com/2020/09/rankine-cevrimi-ve-kullanm-alanlar.html> 20/05/2024
- [51] <https://www.delta-emea.com/en-GB/products/PLC-Programmable-Logic-Controllers/1330> 20/05/2024
- [52] <https://www.elkosisotomasyon.com/download/DELTA/dvp04ad.pdf> 20/05/2024
- [53] <https://www.entes.com.tr/es-32ls/> 20/05/2024
- [54] DS18B20 Sayısal Sıcaklık Algılayıcısının Katalog Bilgileri. (Http://www.maxim-ic.com) 20/05/2024
- [55] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/91100/ETC/SHT11.html> 20/05/2024
- [56] https://drive.google.com/file/d/1ka_BfE1HrehdGoYj05i6D6t9GhZDmqc/view 20/05/2024
- [57] https://ateksensor.com/wp-content/uploads/2023/08/DS_BCT_001_BCT_22_Datasheet__TR_.pdf 20/05/2024
- [58] https://www.elkosisotomasyon.com/download/DELTA/DVP04AD-S_TUR.pdf 20/05/2024
- [59] <https://www.marmarateknikmarket.com/blitz-sens-20-ms-hava-hizi-transmitteri> 20/05/2024
- [60] Bedir, O. T., Ev Tipi Evaporatif Soğutucu Performans Karakteristiklerinin İncelenmesi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Balıkesir, 2016, 81 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [61] <https://www.thesisat.org/wp-content/uploads/2020/01/ev-tipi-evaporatif-sogutucu.jpg> 21/05/2024

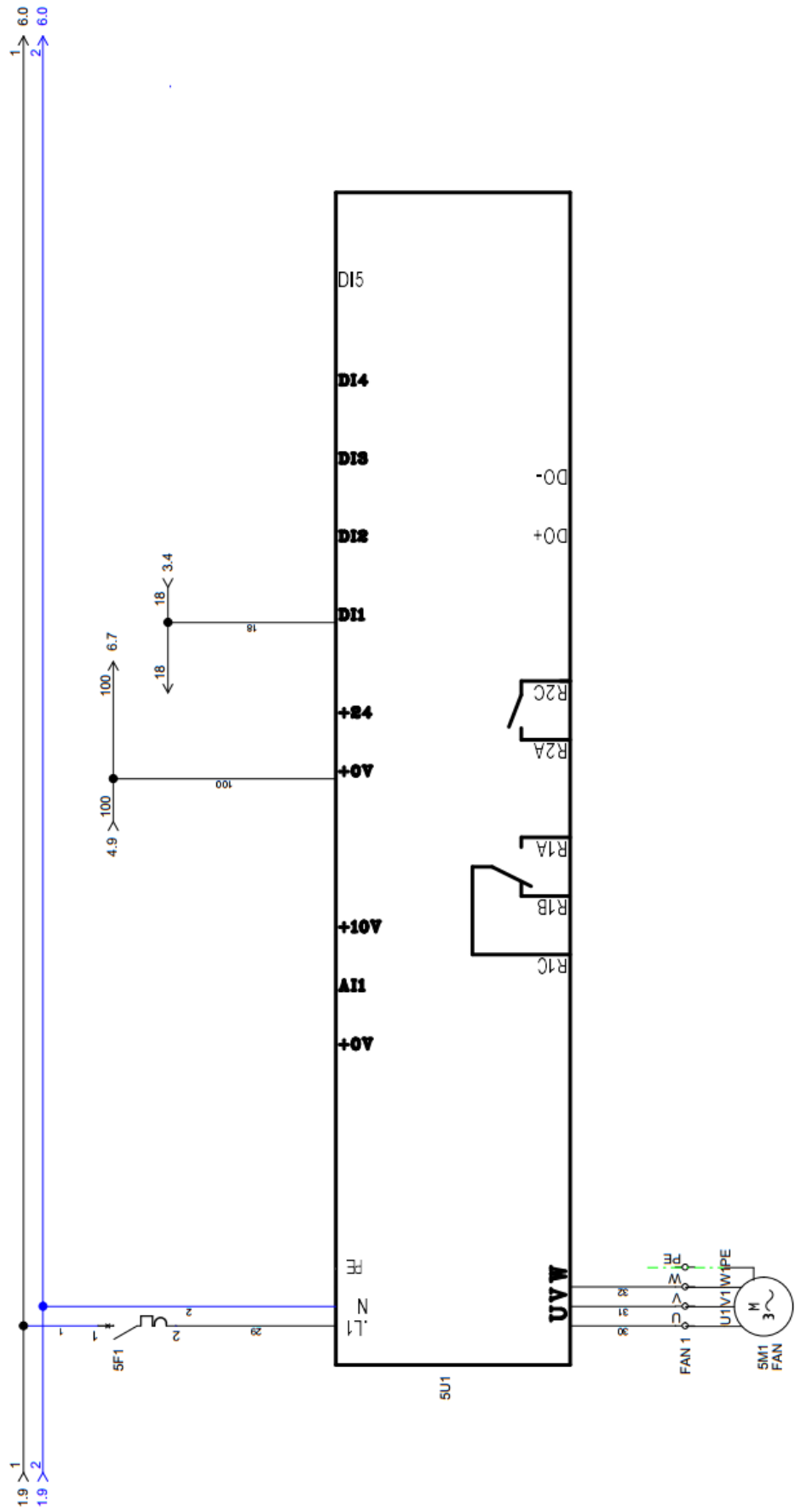
EKLER

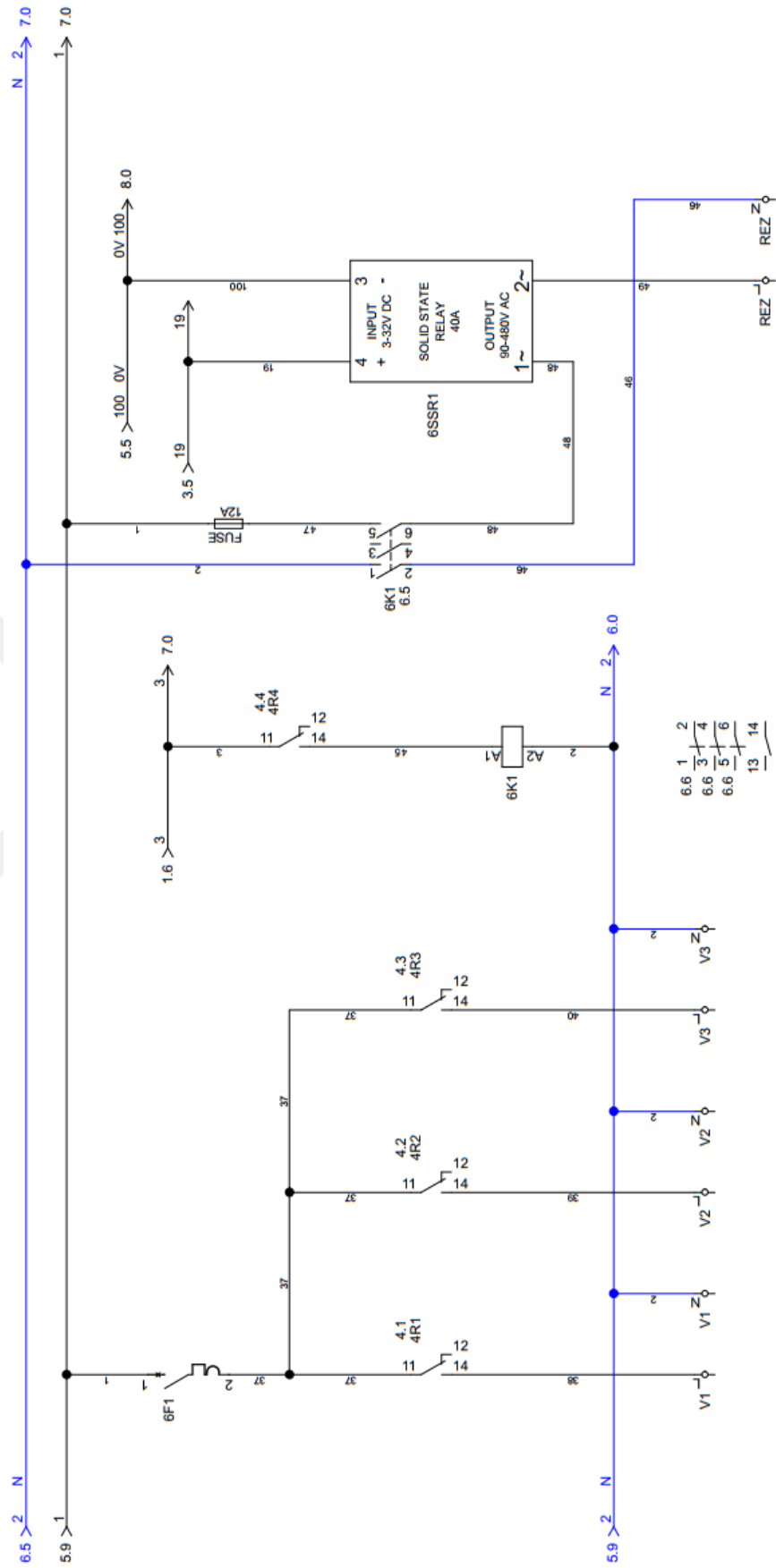
EK-A Sisteme ait Elektrik Tek Hat Şeması

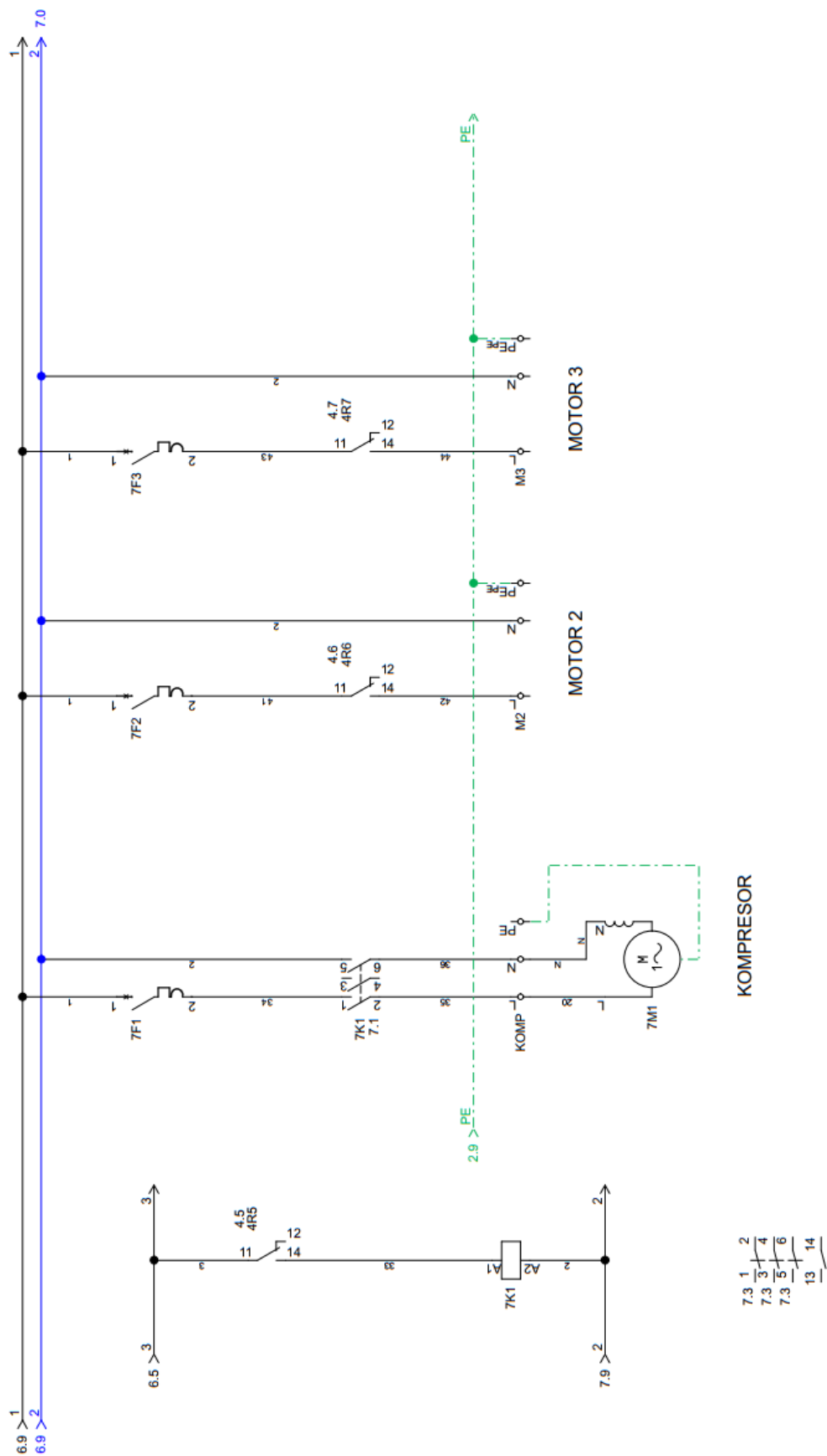




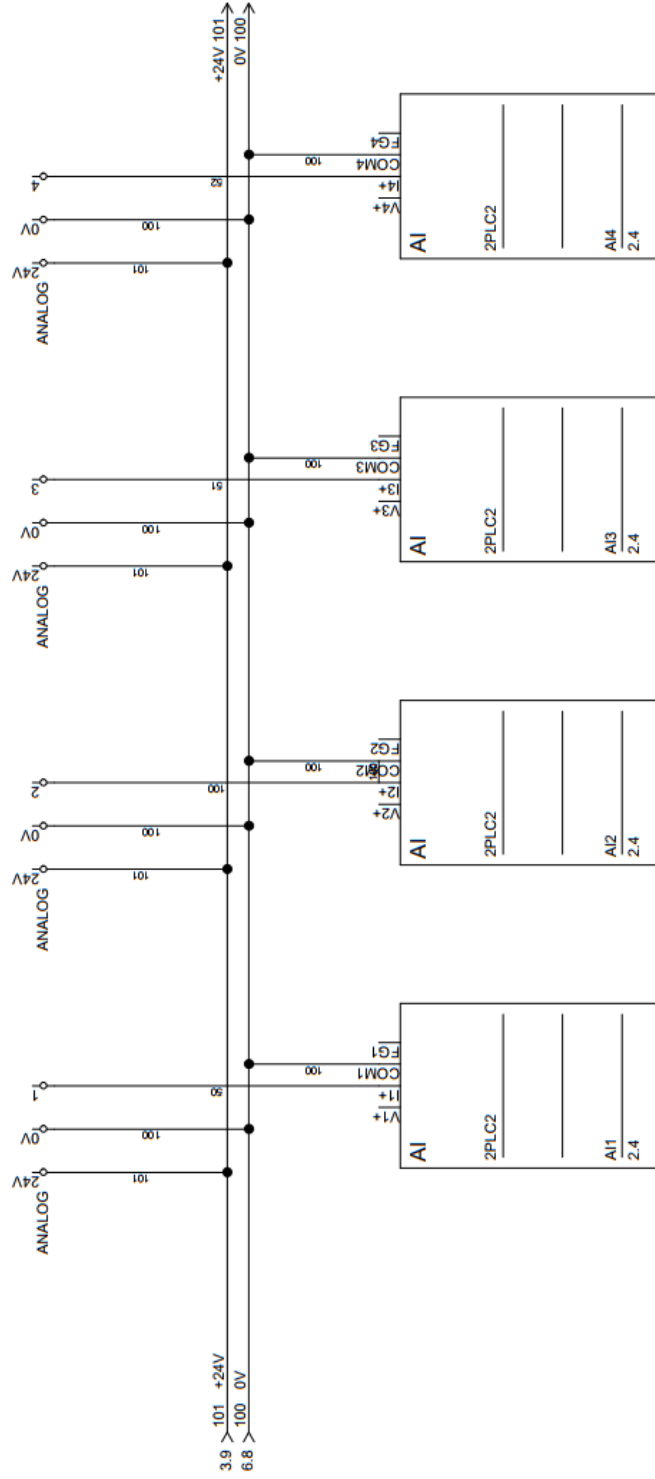








4-20mA ANALOG GIRISLER



5V ANALOG GIRISLER

