

T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN IOT TABANLI ENERJİ
İZLEME YAZILIMI VE AĞ GEÇİDİ ENTEGRASYONU

Esra AKSAKAL

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa NİL

ESRA

AKSAKAL

ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN İOT TABANLI ENERJİ
İZLEME YAZILIMI VE AĞ GEÇİDİ ENTEGRASYONU

2024

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim 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 zeka kullanmadığımı beyan ederim.

İmza

Esra AKSAKAL

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	6
ABSTRACT	7
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	8
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	9
ŞEKİLLER DİZİNİ	10
TABLolar DİZİNİ	11
BİRİNCİ BÖLÜM.....	12
1. Giriş	12
1.1. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi.....	13
1.2. Amaç ve Hedef	14
1.3. Tezin Yapısı.....	14
İKİNCİ BÖLÜM.....	16
2. GENEL BİLGİLER.....	16
2.1. Enerji Verimliliği ve Önemi.....	16
2.2. ISO 50001 Enerji Yönetmenliği.....	17
2.3. ISO 50001 ve Enerji İzleme Yazılımı	18
2.4. Karbon Ayak İzi	21
2.5. IoT ve Enerji Sektöründeki Rolü	22
2.6. Ağ Geçidi Teknolojileri ve İşlevleri.....	23
2.7. IoT Tabanlı Enerji İzleme Yazılımının Tasarımı	24
2.7.1. Sistem mimarisinin tanımlanması	25
2.8. Veri Toplama ve İşleme Stratejileri	27
2.8.1. Veri depolama ve yönetim	27
2.8.2. Veri güvenliği:.....	28
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	31
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	31
3.1. Materyaller	31
3.1.1. Enerji analizörü	31
3.1.2. PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)	36
3.1.3. Data kayıt cihazı (Data Logger)	37
3.1.4. Ağ geçidi (Gateway)	38
3.1.5. Akım trafosu	39
3.1.6. CAT6 Kablo	40
3.1.7. Blendajlı (Ekranlı) kablolar	40
3.1.8. Ethernet switch	40
3.2. Yöntemler	41
3.2.1. Gösterge paneli (Dashboard).....	41
3.2.2. Karbon salınımı	43

3.2.3.	Aylık toplam tüketim	44
3.2.4.	Alarm ve destek talebi.....	45
3.2.5.	İzlenebilirlik ekranı	47
3.2.6.	Rapor ekranı	48
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM		49
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA		49
4.1. Deneysel (Uygulama) Çalışması		49
4.1.1. Mikrodenetleyici.....		49
4.1.2. Ethernet kontrolcüsü		51
4.1.3. RS485 protokolü (MAX485)		54
4.2. Uygulama Çalışması Çıktıları		58
BEŞİNCİ BÖLÜM		60
5. SONUÇ VE ÖNERİLER		60
5.1. Sonuçlar		60
5.1.1. Enerji izleme yazılımı sonuçları.....		60
5.2. Sınırlamalar ve Gelecek Çalışmaları İçin Öneriler		61
KAYNAKÇA		63
EKLER		

ÖZET

Yüksek Lisans

Esra AKSAKAL

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa NİL

Bu tez, endüstriyel tesislerde enerji verimliliğini artırmak için nesnelerin interneti (IoT – Internet Of Things) tabanlı enerji izleme sistemlerinin araştırılması ve sektöre uygulanabilir bir yazılımın tasarlanmasını amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda işletmelerin ağlarında güvenli bir şekilde verilerinin taşınmasını ve saklanmasını sağlayacak ağ geçidi cihazı tasarlanmıştır.

Bu sistemlerin kurulumu ve kullanımıyla enerji tüketiminin öncelikle izlenebilirliği sonrasında da yönetilmesi sağlanarak, enerji tüketiminin kontrol altında tutulması ve enerji verimliliği hedeflenmektedir.

IoT tabanlı enerji izleme sistemlerinin endüstriyel tesislerde etkin bir şekilde kullanılabileceği, bu sistemlerin enerji tüketimini izlemek ve yönetmek için önemli bir araç olduğu, Enerji verimliliğinin artırılmasının, çevresel etkinin azaltılması ve ekonomik kalkınmanın desteklenmesinde kilit bir rol oynadığı sonuçlarına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji, verimlilik, analizör, ağ geçidi, yazılım.

2024, 69 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Esra AKSAKAL

Manisa Celal Bayar University

Graduate School of Education

Department of Electrical and Electronic Engineering

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa NİL

This thesis aims to investigate IoT-based energy monitoring systems for increasing energy efficiency in industrial facilities and to design an applicable software for the industry. In line with this goal, a gateway device has been designed to securely transport and store data within the networks of businesses.

By implementing and utilizing these systems, the primary objective is to enable the monitoring and subsequently the management of energy consumption, aiming to keep energy consumption under control and enhance energy efficiency.

It is concluded that IoT-based energy monitoring systems can be effectively utilized in industrial facilities, serving as important tools for monitoring and managing energy consumption. Increasing energy efficiency plays a crucial role in reducing environmental impact and supporting economic development.

Keywords: Energy, efficiency, analyzer, gateway, software

2024, 70 pages

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, endüstriyel tesislerde enerji verimliliğinin artırılması ve karbondioksit salınımının azaltılması amacıyla IoT tabanlı enerji izleme sistemlerinin uygulanabilirliğini araştırmaktadır. Çalışma, enerji verimliliği politikalarının ve teknolojilerinin endüstriyel uygulamalara nasıl entegre edilebileceğini incelemekte ve enerji izleme sistemlerinin kurulumu, kullanımı ve etkinliği hakkında bilgi sağlamayı hedeflemektedir. Aynı zamanda, enerji verimliliği konusunda farkındalık oluşturmayı ve endüstriyel tesislerde çevresel sürdürülebilirliği desteklemeyi amaçlayan bu tez, enerji verimliliği politikalarının geliştirilmesi ve enerji tüketiminin optimize edilmesi konusunda önemli bir katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Bu çalışmanın tamamlanmasında emeği geçen herkese teşekkür etmek isterim. Öncelikle, danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Mustafa NİL'e sabrı, rehberliği ve destekleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Beni bu çalışma boyunca yönlendirdiği için minnettarım.

Tez araştırmam boyunca fikirleriyle ve yönlendirmeleriyle bana destek olan tezime katkı sağlayan hocam Prof. Dr. Hayati MAMUR' a teşekkürlerimi borç bilirim.

Ayrıca, bu araştırmaya gönüllü olarak katılan ve değerli zamanlarını ayıran AGES Otomasyon yöneticisi Sn. Gökay AYMA'ya, çalışanlarına ve diğer paydaşlara teşekkür etmek isterim. Onların katkıları, bu çalışmanın başarılı bir şekilde tamamlanmasında önemli bir rol oynamıştır.

Son olarak, aileme ve sevdiklerime sonsuz destekleri ve anlayışları için teşekkür etmek isterim. Onların destekleri olmadan bu çalışma mümkün olmazdı.

Esra AKSAKAL

Manisa, 2024

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

ASP	Etkin Sunucu Sayfaları (Active Server Pages)
CAT6	Kategori 6 (Category 6)
CO₂	Karbondioksit (Carbon Dioxide)
CRC	Döngüsel Artıklık Kontrolü (Cyclic Redundancy Check)
DBMS	Veri tabanı Yönetim Sistemi (Database Management System)
ERP	Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning)
HTML	HiperMetin İşaretleme Dili (HyperText Markup Language)
IDS	Saldırı Tespit Sistemi (Intrusion Detection System)
IOT	Nesnelerin İnterneti (Internet Of Things)
IP	İnternet Protokolü (Internet Protocol)
IPS	Saldırı Önleme Sistemi (Intrusion Prevention System)
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı (International Organization for Standardization)
KWH	Kilo Watt Saat (Kilo Watt Hour)
MCU	Mikrodenetleyici Ünitesi (Microcontroller Unit)
MES	Üretim Yürütme Sistemi (Manufacturing Execution System)
MS SQL	Microsoft Yapılandırılmış Sorgu Dili (Microsoft Structured Query Language)
PDCA	Planla Uygula Kontrol Et (Plan Do Check Action)
PHP	Üstünyazı Önüşlemesi (Hypertext Preprocessor)
RS485	Önerilen Standart 485 (Recommended Standard 485)
RTU	Veri Şifreleme Standartı (Data Encryption Standard)
TCP	İletim Kontrol Protokolü/ (Transmission Control Protocol)
THD	Toplam Harmonik Bozulma (Total Harmonic Distortion)
TUIK	Türkiye İstatistik Kurumu
UI	Kullanıcı Arayüzü (User Interface)

SİMGELER

Hz	Hertz
-----------	-------

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Enerji İzleme Yazılımı Topolojisi.	24
Şekil 2.2. Giriş Ekranı.	29
Şekil 2.3. Çift yönlü doğrulama.	29
Şekil 2.4. Yetkilendirme Sayfası.	30
Şekil 2.5. Personel bilgi ekranı.	30
Şekil 3.1. RS485 Protokolü Topolojisi	34
Şekil 3.2. Modbus TCP/IP Protokolü Topolojisi	36
Şekil 3.3. PLC ile Veri Toplama.....	37
Şekil 3.4. Data Kayıt Cihazı Topolojisi	38
Şekil 3.5. Ethernet Switch Topolojisi	40
Şekil 3.6. Gösterge Paneli	42
Şekil 3.7. Günlük Enerji Tüketim Grafiği.....	43
Şekil 3.8. Karbon Salınım Değerleri	44
Şekil 3.9. Aylık Tüketim Analizi	44
Şekil 3.10. Aylık Enerji Tüketim Grafiği	45
Şekil 3.11. Alarm ve Destek Talebi	46
Şekil 3.12. Alarm Ayarları	47
Şekil 3.13. Elektrik İzlenebilirlik Ekranı	48
Şekil 3.14. Rapor Ekranı	48
Şekil 4.1. ATmega328P Şematik Çizim	49
Şekil 4.2. PCB Kart Tasarımı.....	51
Şekil 4.3. ENC28J60 Ethernet kontrolcüsü Şematik Çizim.....	51
Şekil 4.4. ENC28J60 Ethernet Kontrolcüsü Şematik Çizim 2.....	52
Şekil 4.5. MAX485 Entegre Devresinin Bağlantı Şeması	54
Şekil 4.6. MAX485 Entegre Devresinin Bağlantı Şeması 2	55
Şekil 4.7. Güç Kaynağı Düzenleme Devreleri	58
Şekil 4.8. Rapor filtreleme sayfası	59

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. ATmega328P Bileşenleri.....	50
Tablo 4.2. ENC28J60 Bileşenleri	53
Tablo 4.3. MAX485 Entegre Bileşenleri	56



BİRİNCİ BÖLÜM

1. Giriş

Enerji verimliliği, günümüzün en önemli çevresel ve ekonomik problemlerinden biridir. Küresel enerji tüketimi hızla artarken, enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği ve enerji israfının azaltılması büyük bir öncelik haline gelmiştir. Bu bağlamda, IoT (Internet of Things- Nesnelerin İnterneti) teknolojileri, enerji verimliliği sağlamak amacıyla yeni ve yenilikçi çözümler sunmaktadır. IoT tabanlı enerji izleme sistemleri, enerji tüketimini gerçek zamanlı olarak izlemeyi, analiz etmeyi ve yönetmeyi sağlayarak, enerji tasarrufu ve verimliliğini arttırmaktadır.

IoT teknolojilerinin enerji yönetiminde kullanımı, akıllı sensörler, veri iletim protokolleri ve ağ geçidi gibi bileşenlerden oluşur. Bu sistemler, enerji tüketim verilerini toplayarak merkezi bir yazılım platformuna iletir ve bu veriler üzerinde analizler yaparak enerji kullanımının izlenebilirliğini sağlar. Özellikle endüstriyel tesislerde, ticari binalarda ve akıllı evlerde IoT tabanlı enerji izleme sistemleri enerji maliyetlerini düşürmek ve çevresel etkileri azaltmak amacıyla kullanılmaktadır.

Endüstriyel tesislerde enerjinin takip edilmesi oldukça önemlidir. Enerji tasarrufunun yanı sıra makinelerin anlık akım düşüş ve yükselişleri takip edilerek makinenin bozulmasını da engelleyebilmektedir. Dijitalleşmek hem insan kontrolünde yaşanacak hataları hem de verilerin hızlı bir şekilde toplanarak analiz edilebilmesi için çok önemlidir. Fabrikalarda üretim adetleri, üretim saatleri, makinelerin sıcaklık bilgileri gibi birçok verinin yanına mutlaka enerji takibi de eklenmelidir.

Bu tez, fabrikalarda enerji verimliliğini artırmak amacıyla IoT tabanlı bir enerji izleme yazılımı geliştirmeyi ve bu yazılımın uygun fiyatlı bir ağ geçidi ile nasıl etkin bir şekilde çalışabileceğini incelemektedir. Bu çalışma sonucunda bir çalışanın ya da yöneticinin internet tarayıcısı üzerinden hızlıca giriş yaparak fabrikasındaki enerji verilerini izleyebilmesi, tek tuş ile raporlar çekebilmesi ve belirlemiş olduğu değerlerler dışına çıkıldığında alarm alması sağlanmıştır. İlk olarak, IoT tabanlı enerji izleme sistemlerinin temel bileşenleri ve veri aktarım protokolleri ele alınacak, ardından güvenlik önlemleri ve ağ geçidi seçimi konuları detaylandırılacaktır. Son olarak, geliştirilen sistemin performansı ve uygulanabilirliği gerçek senaryoları üzerinden değerlendirilecektir.

1.1.Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi

Enerji çağımızın yapı taşı oluşturmaktadır. İçinde bulunduğumuz teknolojik dünyanın en önemli gereksinimidir ve bu ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Artan talepler sonrasında enerjinin daha doğru yönetilmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalara göre Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) verileri göz önünde bulundurularak her fabrikanın üretimde kullandıkları enerjiden kaynaklı karbondioksit tüketimini takip etmeleri gerekmektedir. Bu değerler birkaç yıl içerisinde şartlandırılarak fabrikaların yenilenebilir enerjiye yönelmeleri sağlanacaktır. Enerji takibi sağlanan bir yazılım kullanarak bu verileri öngörebilir ve yatırım planlamalarını doğru analizler ile tamamlayabilirler.

Enerji verimliliği, enerji tüketimini son ürünün kalitesini değiştirmeden, uygulanan teknikler sayesinde aynı miktardaki işi daha az enerji ile gerçekleştirebilme yeteneğidir [1]. Enerji verimliliği, enerji kayıplarını azaltmayı, enerjiyi etkin bir şekilde kullanmayı, enerji verimini artırmayı ve kayıp enerjinin yeniden kullanılmasını hedefler. Kaliteyi düşürmeden üretim miktarını artırmak, enerji verimliliğinin temel amacıdır [2].

Enerji verimliliğini artırmanın en önemli yöntemlerinden biri, enerji yoğunluğunu azaltmaktır. Enerji yoğunluğu, enerji verimliliğinin bir göstergesi olarak, kişi başına tüketilen enerji miktarını veya sanayi üretiminde birim ürün başına harcanan enerji miktarını ifade eder. Bu gösterge, enerji kullanımının etkinliğini değerlendirmede önemli bir rol oynamaktadır [3].

Enerji yoğunluğu, enerji verimliliği verilerinin değerlendirilip kıyaslanmasında bir ölçüt olarak kabul edilir. Bununla birlikte, toplam tüketilen enerji miktarı da enerji verimliliğini değerlendirmede enerji yoğunluğu kadar önemli bir göstergedir [4].

Enerji verimliliği çalışmalarının temel hedeflerinden biri, enerjiye olan dışa bağımlılığı azaltmaktır. Ülkemizde artan nüfusla birlikte sanayileşme, tarım, ulaşım ve diğer sektörlerdeki gelişmeler, enerjinin daha dikkatli kullanılmasını ve enerji verimliliğinin artırılmasını zorunlu hale getirmiştir [5]. Gerekli enerji miktarı, yalnızca günümüzde sanayileşmenin bir göstergesi değil, aynı zamanda bir refah göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Gelişmişlik kavramı, enerji tüketim kapasitesi ile enerji kullanımının etkin ve verimli olmasıyla doğrudan ilişkilidir [6].

Enerji tüketimini daha verimli hale getirmek için kaynaklar çok iyi analiz edilmelidir. Bunun en iyi şekilde yapılabilmesi için enerjinin doğru şekilde ölçülüp kayıt altına alınması gerekir. Enerjiyi yönetmenin ilk adımı izlenebilirliğinin sağlanmasıdır.

1.2. Amaç ve Hedef

Bu tez, endüstriyel tesislerde enerji verimliliğini artırmak için IoT tabanlı enerji izleme sistemlerinin araştırılması ve sektöre uygulanabilir bir yazılımın tasarlanmasını amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda işletmelerin ağlarında güvenli bir şekilde verilerinin taşınmasını ve saklanmasını sağlayacak ağ geçidi cihazı tasarlanmıştır.

Bu sistemlerin kurulumu ve kullanımıyla enerji tüketiminin öncelikle izlenebilirliği sonrasında da yönetilmesi sağlanarak, enerji tüketiminin kontrol altında tutulması ve enerji verimliliği hedeflenmektedir.

IoT tabanlı enerji izleme sistemlerinin endüstriyel tesislerde etkin bir şekilde kullanılabileceği, bu sistemlerin enerji tüketimini izlemek ve yönetmek için önemli bir araç olduğu, enerji verimliliğinin artırılmasının, çevresel etkinin azaltılması ve ekonomik kalkınmanın desteklenmesinde kilit bir rol oynadığı sonuçlarına varılmıştır. Yazılım sayesinde kullanıcılar bir sonraki ay gelecek faturalarını öngörerek veya bir önceki fatura ile karşılaştırarak tüketim kontrolü sağlayacaktır.

Tezin Bölümleri; genel bilgilerin verildiği giriş bölümü, Enerji verimlilik politikalarının ve IoT teknolojileri ve enerji izleme sistemlerinin mevcut çalışmalarının incelendiği literatür derlemesi bulunan genel bilgiler kısmı, kullanılan yazılım ve tasarlanan algoritmayla alakalı bilgilerin yer aldığı materyal ve yöntemler bölümü sonrasında ise bulguların değerlendirildiği sonuç bölümü ve kaynaklar olarak bilginize sunulmaktadır.

1.3. Tezin Yapısı

Bu tez, nesnelerin interneti kavramının enerji izleme sistemlerindeki rolünü ve bu alanda bir yazılımın tasarlanması sürecini ele almaktadır. İlk bölümde, enerji izleme yazılımının gerekliliği ve enerji verimliliği açıklanarak tezin amacı ve yapısı anlatılmaktadır. İkinci bölümde, tezin temelini oluşturan enerji izleme yazılımının tasarımı ve gereksinimleri, ağ geçidi teknolojileri ve sistem mimarisi anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde, kullanılan ekipmanlar, kullanılan yazılım geliştirme platformu üzerinde durulmaktadır. Dördüncü bölümde ise deneysel çalışmalar, kart tasarımı

sürecine ilişkin detaylar ve tezin bulguları özetlenmekte ve gelecek çalışmalar için öneriler sunulmaktadır. Bu yapı, tezin genel akışını sağlamak ve okuyucuya çalışmanın hangi aşamalarının ele alındığı konusunda bir rehberlik sunmaktadır.



İKİNCİ BÖLÜM

2. Genel Bilgiler

2.1. Enerji Verimliliği ve Önemi

Enerji verimliliği, üretim seviyesini artırmak, kaliteyi yükseltmek, enerji tüketimini minimize etmek ve ekonomik kazanç sağlamak amacıyla, aynı miktarda işi daha az enerji ile gerçekleştirme kapasitesidir. Ayrıca, enerji verimliliği, enerji kayıplarını veya atık enerjiyi geri kazanma ve yeniden değerlendirme süreçlerini de kapsar [7].

Özellikle verimlilik çalışmalarında, yeni teknolojilerin kullanılarak üretim miktarını azaltmadan enerji tüketiminin azaltılması, sanayi verimlilik çalışmalarında en önemli metodolojik uygulama olarak öne çıkmaktadır [8]. Fosil enerji kaynaklarının sınırlı olması ve rezervlerin hızla tükenmesi, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımını önemli ölçüde artırmaktadır. Bu çerçevede, sanayide enerji verimliliği uygulamaları da stratejik bir planlama olarak sanayi kuruluşlarında hızla yaygınlaşmaktadır [9]. Ticari ve endüstriyel rekabetin etkisiyle, ülkelerde yeşil ve eko üretim artık üretim süreçlerinin bir parçası haline gelmiştir. Bu yaklaşım, verimlilik uygulamaları ile CO₂ emisyonlarının azaltılması gibi çevresel faydalar sağlamaktadır [10]. Dünya ülkelerinin sürdürülebilir ekonomik büyümeyi uzun vadede gerçekleştirebilmeleri için enerji verimliliğinde sağlanacak artışlar, sadece sanayi değil, ulusal düzeyde de büyük önem taşımaktadır. Enerji tüketiminde enerjinin verimli kullanılmaması, maliyetlerin yükselmesine yol açmaktadır [11].

Enerji verimliliği, ülkelerin ekonomik gelişmelerinin ve sosyal refahlarının oluşturulmasında belirleyici bir faktördür. Farklı sektörlerde gerçekleştirilen enerji verimliliği çalışmaları sonucunda, sanayi tesislerinde ve işletmelerde %5- 40 arasında enerji tasarrufu sağlanabileceği sonucuna varılmaktadır [12].

Dünyada enerji üretiminde birincil enerji kaynağı olarak kullanılan rezervler, nüfus artışı gibi sebeplerle hızla tükenmektedir. Enerji verimliliği bu sebeple yenilenebilir, enerji kaynakları kadar önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir [13].

Türkiye'nin uluslararası ticaret arenasında rekabetçi yerli üretiminin ucuz, kaliteli ve en iyi ürünlerle yer alması, ekonomik büyüme açısından büyük önem taşımaktadır. Ülkemizin enerji ihtiyacını karşılamak için dışa bağımlılıktan kurtulması ve enerji üretim potansiyelini artırması gerekmektedir. Enerji üretiminin etkinliği, mevcut kaynakların bilinçli ve verimli kullanımı ile artırılabilir.

Enerji verimliliğinde tüketim cihazlarının analiz edilmesi önem teşkil etmektedir. Verimlilik, tüketim tarafında yapılan doğru analizler ile üretim kapasitesi ile enerji tüketiminin ters orantısını arttırmaktır.

Üretim sahalarında kullanılan makinelerin ihtiyaç duydukları enerji sadece elektrik değildir. Doğalgaz, su, azot ve benzeri gazlar, buhar ve basınçlı hava da üretim proseslerinde ihtiyaç duyulan enerji kaynaklarıdır.

Tüketim tarafını doğru kaynaklar kullanarak yönetmek için verilerin analiz edilmesi gerekmektedir. Tüm bu enerji kaynaklarının tüketimi enerji izleme yazılımı sayesinde tek bir ekrandan takip edilebilir. Bu izlenebilirliği sağlamak için öncelikle bu kaynakların bir analizör, sayaç ve akış ölçer gibi cihazlarla takip edilmesi ardından bu cihazların enerji izleme yazılımı ile haberleşmesinin sağlanması gerekmektedir.

2.2. ISO 50001 Enerji Yönetmenliği

ISO 50001, enerji yönetim sistemleri için uluslararası bir standarttır. Bu standart, kuruluşların enerji performansını sürekli olarak iyileştirmelerine yardımcı olmak için bir çerçeve sunar. ISO 50001, enerji kullanımını takip etmek, enerji maliyetlerini azaltmak ve çevresel etkiyi azaltmak için bir sistem sağlar.

Bu standart, bir kuruluşun enerji politikasını belirlemesini, enerji tüketimini izlemesini, enerji tasarrufu fırsatlarını belirlemesini ve enerji performansını sürekli olarak gözden geçirmesini gerektirir. ISO 50001 ayrıca enerji yönetim sistemi oluşturmayı, uygulamayı, sürdürmeyi ve sürekli olarak iyileştirmeyi amaçlayan bir döngü olan PDCA (Plan-Do-Check-Act) yaklaşımını kullanır [14].

ISO 50001, enerji yönetim sistemleri için bir uluslararası standarttır ve fabrikaların enerji performanslarını iyileştirmelerini ve enerji verimliliğini artırmalarını hedefler. Bu standartları karşılamak için ilk adım, fabrikanın yönetimi

tarafından belirlenen bir enerji politikası oluşturmaktır. Bu politika, fabrikanın enerji performansını iyileştirme taahhüdünü ve belirlenen hedefleri içermelidir.

Fabrikalar, ISO 50001 gerekliliklerini yerine getirebilmek için enerji tüketimi ve performansını düzenli olarak izlemeli ve ölçmelidir. Bu süreç, enerji kullanımı ve verimliliği üzerindeki etkilerin anlaşılmasını sağlar ve iyileştirme alanlarını belirlemeye yardımcı olur.

Enerji tasarrufu fırsatlarının belirlenmesi de önemli bir adımdır. Fabrikalar, enerji kullanımını takip etmek için potansiyel tasarruf fırsatlarını belirlemeli ve bu doğrultuda yapılacak iyileştirmeleri ve yatırımları planlamalıdır. Bu hem ekonomik olarak fayda sağlayacak hem de çevresel etkileri azaltacaktır [15].

ISO 50001 gerekliliklerine uygun bir enerji yönetim sistemi oluşturulmalı ve etkin bir şekilde uygulanmalıdır. Bu sistem, enerji performansının sürekli olarak iyileştirilmesini sağlayacak bir çerçeve sunar ve fabrikanın ISO 50001 standartlarını sürdürülebilir bir şekilde yerine getirmesine olanak tanır [16].

ISO 50001 standartları, PDCA döngüsünü benimser. Bu nedenle, fabrikalar sürekli olarak enerji performanslarını gözden geçirmeli, iyileştirme fırsatlarını aramalı ve işletme içindeki süreçleri geliştirmelidir. Bu süreç, fabrikanın enerji maliyetlerini azaltmasına, kaynakları daha verimli kullanmasına ve çevresel etkilerini azaltmasına yardımcı olur, böylece sürdürülebilirliklerini artırır [17].

Bu adımları takip eden fabrikalar, ISO 50001'i benimseyerek enerji yönetimlerini iyileştirebilir, rekabet avantajı elde edebilir ve sürdürülebilirlik hedeflerini başarabilirler. Bu bilgilerden yola çıkarak bu tezde sunulan enerji izleme yazılımı tüm bu şartları sağlamaktadır.

2.3.ISO 50001 ve Enerji İzleme Yazılımı

Enerji yönetimi, günümüzde endüstriyel tesisler için önemli bir hedef haline gelmiştir. ISO 50001 standartları, enerji yönetim sistemlerini etkin bir şekilde uygulayan ve sürekli olarak iyileştiren fabrikalar sunar. Bu standartları karşılamak için fabrikalar, enerji performanslarını izlemek, ölçmek, analiz etmek ve raporlamak için özelleştirilmiş enerji takip yazılımlarına ihtiyaç duyarlar. Enerji takip yazılımları,

farklı enerji kaynaklarından (elektrik, doğal gaz, su vb.) gelen verileri gerçek zamanlı olarak toplayabilir ve görsel olarak sunabilir. Bu özellikler, kullanıcıların enerji tüketimini anlık olarak izlemelerine ve operasyonel verimliliği artırmalarına olanak tanır.

Ayrıca, enerji takip yazılımları toplanan verileri analiz ederek enerji tüketim grafiklerini ve trendlerini belirleyebilmelidir. Bu analizler, fabrikanın enerji verimliliği performansını değerlendirmesine ve iyileştirme potansiyellerini tanımlamasına yardımcı olur. Kullanıcılar, özelleştirilmiş raporlar oluşturarak belirlenen enerji hedeflerinin gerçekleşme durumunu izleyebilir ve yönetim kararlarını destekleyecek veriye erişebilirler. Fabrikaların el ile takip ettikleri excel dosyaları yazılıma entegre edilerek işçilikten verimlilik sağlanmalıdır.

Enerji yönetimi sürecinde belirlenen enerji performansı hedeflerini izlemek ve değerlendirmek, ISO 50001 standartlarının başarıyla uygulanmasının temel unsurlarından biridir. Bu nedenle, enerji takip yazılımları enerji hedeflerinin belirlenmesini desteklemeli ve gerçekleşme durumunu raporlayabilmelidir.

Enerji verimliliğini artırmak için öneriler sunan ve enerji tasarrufu fırsatlarını belirleyen bir enerji takip yazılımı, fabrikaların sürekli iyileştirme çabalarını destekler. Bu öneriler, enerji yönetim sürecinin yönetilmesine ve operasyonel maliyetlerin azaltılmasına katkı sağlar.

Entegrasyon yeteneği, enerji takip yazılımlarının mevcut sistemlerle uyumlu çalışmasını sağlayarak veri alışverişini kolaylaştırır. Bu, fabrikaların enerji verilerini etkin bir şekilde yönetmelerini ve farklı platformlar arasında veri bütünlüğünü sağlamalarını sağlar.

Enerji takip yazılımlarının güvenlik ve veri koruma standartlarına uygun olması önemlidir. Veri aktarımı ve depolama süreçleri, güvenli bir şekilde yönetilmeli ve gizlilik hakları korunmalıdır. Kullanıcıların veri güvenliği konusunda güvende hissetmeleri, yazılımın kabul edilme sürecinde kritik bir faktördür.

ISO 50001 şartlarına uygun bir enerji takip yazılımı, fabrikaların enerji yönetim süreçlerini iyileştirmelerine ve sürdürülebilirlik hedeflerini başarılı bir şekilde gerçekleştirmelerine yardımcı olur. Bu yazılımların kullanımı, fabrikaların enerji

maliyetlerini azaltmasına, kaynakları daha verimli kullanmasına ve çevresel etkilerini düşürmesine olanak tanır.

ISO 50001 belgesi, enerji yönetim sistemlerini etkin bir şekilde uygulayan ve sürekli iyileştirme hedefleri doğrultusunda hareket eden her türlü işletme veya kuruluş için uygun bir standarttır. Bu belgeyi elde etmeyi hedefleyen firmalar, enerji kullanımını azaltmak, enerji maliyetlerini azaltmak ve çevresel etkiyi azaltmak gibi stratejik hedeflerle enerji yönetim sistemlerini benimseyebilirler.

Örneğin, üretim sanayisinden fabrikalar, imalat tesisleri, otomotiv endüstrisi işletmeleri, kimyasal üretim tesisleri gibi çeşitli endüstriyel kuruluşlar ISO 50001 belgesini alarak enerji performanslarını artırabilir ve rekabet avantajı elde edebilirler. Aynı şekilde, hizmet sektöründen hastaneler, oteller, alışveriş merkezleri, ofis binaları gibi kuruluşlar da enerji yönetim sistemlerini benimseyerek operasyonel verimliliği artırabilir ve sürdürülebilirlik hedeflerini destekleyebilirler [18].

Enerji tedarik şirketleri de ISO 50001 belgesiyle müşterilerine daha verimli ve çevre dostu enerji hizmetleri sunmayı amaçlayabilirler. Taşımacılık ve lojistik sektöründen nakliye firmaları, limanlar, demiryolu işletmeleri, havayolu şirketleri ise enerji yönetim sistemlerini kullanarak işletme maliyetlerini düşürebilir ve karbon ayak izlerini azaltabilirler. Ayrıca, kamu kurumları da belediyeler, devlet kurumları, askeri tesisler, okullar, üniversiteler gibi ISO 50001 standartlarına uygun enerji yönetim sistemleri ile kamu hizmetlerini daha sürdürülebilir bir şekilde sunabilirler [19].

ISO 50001 belgesi, işletmelere enerji yönetimini sistematik bir şekilde iyileştirmeleri için bir çerçeve sunar. Bu süreç, enerji verimliliğini artırarak enerji maliyetlerini azaltmaya ve çevresel etkileri minimize etmeye yardımcı olur. Ancak belge almak zorunlu değildir; her işletme, ISO 50001'i benimsemek veya belge almak konusunda kendi stratejik tercihlerini yapabilir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte artan tüketimi azaltmak ve verimli hale getirmek için ana sanayi firmaları yan sanayi firmalarına bunu şart koymaktadır. Çünkü örnek olarak bir arabanın üretilirken toplam tükettiği enerjiyi ve karbondioksit salınımı raporlayabilmesi için yan sanayi firmalarındaki verilere de ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple önümüzdeki yıllar içerisinde bu tip enerji izleme yazılımların kullanılması zorunlu hale geleceği ön görülmektedir. Firmalarda bu verilerle daha az tüketim yaparak üretim yapmaya çalışacaktır.

2.4. Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi, bir bireyin, bir kuruluşun, bir ürünün veya bir etkinliğin sera gazı emisyonlarının miktarını ölçen önemli bir metriktir. Genellikle CO₂ eşdeğeri olarak ifade edilir ve bu emisyonlar insan etkinliklerinin çevresel etkisini değerlendirmek için kritik bir ölçüttür. Karbon ayak izi genellikle üç ana kaynaktan oluşur [20].

Birinci kaynak, doğrudan emisyonlar veya Kapsam 1 emisyonları olarak adlandırılır. Bu emisyonlar, bir organizasyonun veya bireyin doğrudan kontrolü altındaki kaynaklardan kaynaklanan sera gazı salımlarını içerir. Örneğin, fabrika bacalarından çıkan emisyonlar veya bir aracın egzozundan salınan gazlar bu kapsama girer.

İkinci kaynak, dolaylı enerji ilişkili emisyonlar veya Kapsam 2 emisyonlarıdır. Bu emisyonlar, bir organizasyonun faaliyetlerinden kaynaklansa da üçüncü taraf tedarikçiler tarafından üretilen enerji kaynaklarının kullanımı sırasında ortaya çıkar. Örneğin, satın alınan elektrik, ısı veya buharın üretimi sırasında meydana gelen emisyonlar bu kapsam altında değerlendirilir.

Üçüncü kaynak ise dolaylı diğer emisyonlar veya Kapsam 3 emisyonlarıdır. Bu emisyonlar, bir organizasyonun kontrolü dışındaki kaynaklardan kaynaklanan emisyonlardır. Tedarik zinciri, iş seyahatleri, atık yönetimi gibi faktörler bu kategoride yer alır ve genellikle hesaplaması daha karmaşıktır [21].

Karbon ayak izi hesaplama süreci, bir organizasyonun veya bireyin sera gazı emisyonlarına katkısını anlamak için kapsamlı bir yaklaşım gerektirir. Bu bilgi, çevresel etkileri azaltmak için stratejiler geliştirmek, enerji verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmek ve genel olarak sürdürülebilirlik çabalarını yönlendirmek için kritik bir temel sağlar.

Özellikle endüstriyel ve ticari işletmeler, karbon ayak izlerini hesaplayarak enerji kullanımını optimize edebilir, enerji maliyetlerini düşürebilir ve çevresel sürdürülebilirliklerini artırabilirler. Bu süreç, yüksek lisans tezine uygun bir şekilde, enerji yönetimi ve çevresel etkiler konusunda derinlemesine bir analiz ve stratejik öneriler geliştirme sürecini içerebilir.

Enerji tüketiminin belirlenmesi, karbon ayak izinin hesaplanmasında kritik bir ilk adımdır. Bu süreç, farklı enerji kaynaklarının tüketimini içerir ve genellikle elektrik, doğalgaz, benzin, petrol, kömür gibi kaynakları kapsar. Her bir enerji kaynağının tüketimi, karbon ayak izini etkileyen başlıca unsurlardan biridir.

Daha sonra, emisyon faktörlerinin belirlenmesi gelir. Bu faktörler, her enerji kaynağı için birim başına atmosfere salınan karbon dioksit veya diğer sera gazları miktarını temsil eder. Emisyon faktörleri, enerji kaynağının türüne ve ülke veya bölgeye göre değişiklik gösterebilir.

Karbon salınımının hesaplanması adımı, her enerji kaynağı için belirlenen emisyon faktörleri, o kaynağın tüketimi ile çarpılarak hesaplanır. Bu işlem, her bir enerji türü için ayrı ayrı gerçekleştirilir ve enerji tüketimine bağlı olarak atmosfere salınan toplam karbon miktarını belirler.

Son olarak, toplam karbon ayak izi hesaplaması yapılır. Bu hesaplama, belirlenen karbon salınım miktarlarının toplanmasıyla elde edilir. Örneğin, bir evin toplam karbon ayak izini hesaplamak için, evin yıllık elektrik, doğalgaz ve taşıt yakıtı tüketimleri belirlenir. Her bir tüketim için uygun emisyon faktörleri kullanılarak karbon salınımı hesaplanır ve bu değerler toplanarak evin toplam karbon ayak izi elde edilir.

Bu süreç, enerji tüketiminin analiz edilmesi ve karbon ayak izinin belirlenmesi için sistematik bir yaklaşım sağlar. Tez çalışmalarında, bu hesaplama süreçleri genellikle enerji yönetimi, çevresel sürdürülebilirlik ve sera gazı emisyonlarının azaltılması gibi konuları derinlemesine incelemek için kullanılır. Bu bilgi, stratejik kararların alınması ve sürdürülebilirlik hedeflerinin yönlendirilmesi için önemli bir temel sağlar.

2.5. IoT ve Enerji Sektöründeki Rolü

Teknoloji çağında en büyük rolü internet oynamaktadır. IoT alt yapısında internet ile tüm sistemler birbiri ile iletişim kurar. Enerji tüketiminde kayıt altına alınan veriler

internet ile tek bir kaynaktan toplanabilir. Kaynak üzerinden analiz edilebilir ve yönetilebilir.

Enerji izleme yazılımları günümüzde bilgisayar tabanlı olarak çalışmaktadır. İşletim sistemi üzerinde çalışanlar ve kurulu oldukları bilgisayar sisteminin depolama kaynaklarını kullanırlar. Bilgisayar teknolojileri enerji izleme yazılımlarında sınırları belirleyici rol oynar, en güncel yazılım dilleri kullanılarak kullanıcılara erişim kolaylığı sağlanmalıdır.

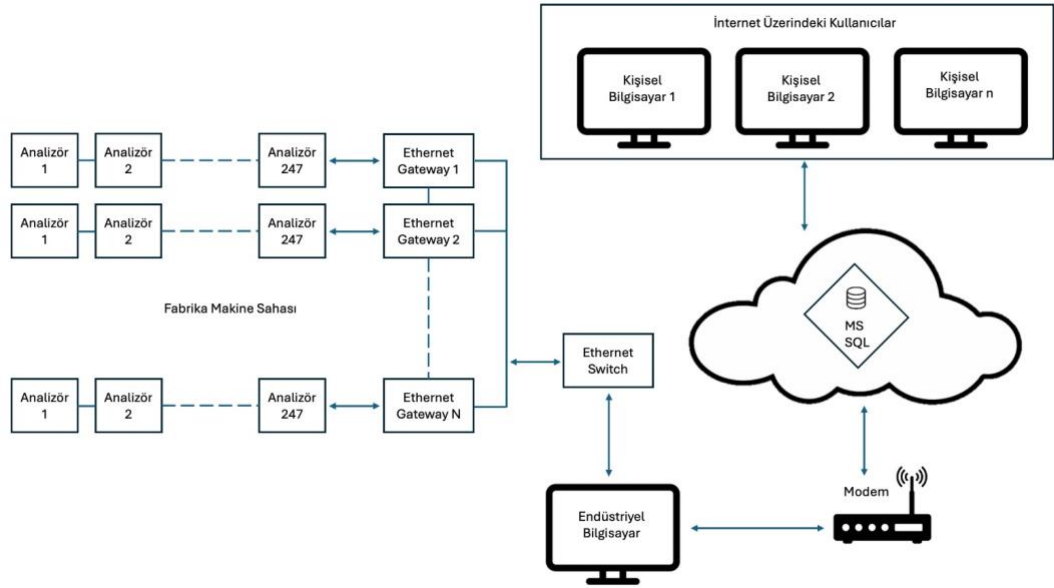
Tüm kullanıcıların ortak kullanımında olan tek platform şüphesiz internettir. İnternet tarayıcıları üzerinden geliştirilen yazılımlar herhangi bir kurulum gereksinimi olmadan kullanıcıların ulaşımına imkan tanır. Oluşturulan kullanıcı yetkileri ile yazılım güvenli bir şekilde yönetilebilir.

İnternet günümüzde sabit ve mobil tüm cihazlardan ulaşılabilir bir kaynaktır. Enerji izleme yazılımları internet tarayıcılar üzerinde çalıştırıldığında ulaşım alanı genişler ve yönetimi daha kolay hale gelir. Esnek tasarımlar geliştirilerek, yazılıma sadece bilgisayar ile değil, tablet, telefon gibi mobil cihazlarla da erişim sağlanabilir.

2.6. Ağ Geçidi Teknolojileri ve İşlevleri

Enerji izleme yazılımı firmaların yerel ağına kurulabileceği gibi dışardan satın alınan bir bulut sistemine de kurulabilir. Firmalar genel olarak sunucularına kurulmasını tercih etmektedir. Bunun sebebi bu tip sistemlerden alınan verilerin firma dışına çıkmasını güvenlik sebebiyle istememeleri ve bulut hizmeti veren firmaya bağımlı olmak istememeleridir. Fakat bazı firmalar kendi sunucularında depolama alanının olmamasından veya kendi sunucularına dışardan bir yazılım kurulmasını istememesinden dolayı çok fazla güvenlik problemi yaşanmayacak olan enerji ve üretim adeti gibi verileri bulut aracılığıyla takip etmeyi tercih edebilmektedir. Bu iki sistemden kurulumundan önce fabrikada bir keşif yapılması gerekir.

Bulut hizmeti almayı tercih eden firmalara bir adet endüstriyel bilgisayar tedarik etmek gerekir. Bulut sisteminin bir bilgisayar üzerinde sürekli açık kalması sağlanmalıdır. Enerji izleme yazılımı anlık olarak alarmlar üretebildiği için bir endüstriyel bilgisayar kullanılması şarttır. Bulut hizmeti alınacak şekilde tasarlanan bir sistemde fabrikada takibi sağlanacak makinelerin endüstriyel bilgisayara veri göndermesi sağlanmalıdır. Sistemin topolojisi şekil 2.1. gösterildiği gibidir.



Şekil 2.1. Enerji İzleme Yazılımı Topolojisi.

Firmaların kendi sunucularına kurulum taleplerinde, sunucu odasının konumu kritik öneme sahiptir. Öncelikle, farklı yazılımlar için veri toplamak amacıyla kullanılan ağ anahtarlarının varsa boş giriş-çıkış noktaları incelenir. Eğer boş giriş-çıkış noktaları bulunmuyorsa, daha fazla giriş-çıkışa sahip olan ağ anahtarları tercih edilebilir. Bu parametreler neticesinde MODBUS özellikli enerji analizörleri için ağ geçidi ihtiyacı belirlenir.

2.7. IoT Tabanlı Enerji İzleme Yazılımının Tasarımı

Modern sanayinin temel direklerinden biri, enerjinin kesintisiz ve uygun maliyetle temin edilmesidir. Enerji üretimi çoğunlukla yenilenemeyen ve giderek pahalılaşan enerji kaynaklarına dayanmaktadır. Bu enerji maliyetlerindeki artış, şirketleri daha yüksek maliyetle mal üretimine zorlamaktadır. Dolayısıyla, enerji verimliliği yalnızca çevre koruma açısından değil, aynı zamanda üretim yapan firmaların sürdürülebilir üretimi devam ettirebilmeleri açısından da büyük bir önem taşımaktadır [22].

Enerji verimliliğine maksimum faydanın sağlanabilmesi adına izlenebilirlik sistemlerinin uygun tasarlanması büyük rol oynar. Enerji izleme yazılımının ana

bileşeni gösterge paneli adı verilen ana gösterge alanıdır. Kullanıcıları yazılım üzerindeki bilgilere özet olarak eriştiği bölümdür. Gösterge paneli kullanıcı dostu olarak tasarlanmalıdır. Kullanıcılar ihtiyaçlarına kolayca ulaşabilmeli ve sistemi takip edebilmelidirler. Enerji izleme sistemlerinde aylık tüketim miktarlarının kıyaslanması ihtiyaç duyulan en önemli özelliklerden birisidir. Bu verilere gösterge panelinden ulaşılmalıdır. Enerji izleme yazılımı fabrikadaki tüm sistemlerin enerji dalgalanmalarına karşı korunmasında da rol oynamaktadır. Cihazların çektiği akım değerlerine ve şebeke voltajlarına eşik değerleri tanımlanıp alarm üretmesi sağlanabilir. Bu alarmlar gösterge panelinde gösterilebilir. Üretilen alarm mesajları kısa mesaj ve elektronik posta olarak kullanıcılara gönderilebilir.

2.7.1. Sistem mimarisinin tanımlanması

Katmanlı mimari, yazılım uygulamalarını yapılandırmak için kullanılan bir tasarım modelidir. Bu model, yazılımın farklı işlevsel bileşenlerini ayrıştırarak, her bir bileşeni daha bağımsız ve yönetilebilir hale getirir. Üç katmanlı mimari, genellikle kullanıcı arayüzü (UI), iş mantığı (business logic), ve veri erişimi (data access) katmanlarından oluşur.

1. Katman – Kullanıcı Ara Yüzü (ASP, PHP, HTML) bu katman, kullanıcının uygulama ile etkileşime geçtiği kısımdır. Kullanıcı arayüzü katmanı genellikle HTML, CSS ve JavaScript gibi web teknolojilerini kullanarak tasarlanır ve uygulanır. Bu katmanda kullanılan ASP (Active Server Pages) ve PHP (Hypertext Preprocessor) gibi sunucu tarafı diller, dinamik web sayfaları oluşturmak için kullanılır [23].

ASP, web sayfaları geliştirmek için tasarlanmış bir programlama dilidir. Microsoft tarafından üretilmiştir. Anlamı aktif sunucu sayfalarıdır. IIS (Internet Information Services) bünyesinde çalışır. İçerisinde nesneler ve kodlar mevcuttur. İstemci tarafından sayfalar istendiğinde, sunucu ASP içindeki kodları işleyerek istemciden istenen bilgiyi oluşturur ve gönderme işlemini yapar. Bilgi çoğu zaman HTML olarak gönderilir. HTML, web sayfalarının iskeletini oluşturan işaretleme dilidir. Metin, resim ve bağlantılar gibi sayfa içeriğinin yapısını tanımlar.

İnternet tarayıcısında çalışan enerji izleme yazılımı üzerinde işlem yapıldığı zaman devreye girer ve gerekli değişikliği yapar. Bağlanılan veri tabanındaki bilgileri alma, düzenleme, üstünde işlem yapıp daha sonra silme, yeni eklemeler yapma ve

kullanıcının istediği sonuçları gönderme işlemlerini yapar. Ayrıca ara yüzü kişiselleştirme işlemini de gerçekleştirir. Yazılan kodlar başkaları tarafından görüntülenemez. Sunucu kullanımını azaltarak trafik yoğunluğu azaltır.

2. Katman – İş Mantığı (C Sharp (C#)) İş mantığı katmanı, uygulamanın ana işlevlerini ve kurallarını yönetir. Bu katman, kullanıcının gerçekleştirdiği eylemleri işler, verileri işler ve sonuçları kullanıcı arayüzüne geri gönderir.

Sahada bulunan en yaygın veri toplama araçları olan ağ geçitleri ve PLC 'ler den verileri okumak için kullanılır. Okunan veriler veri tabanına yazılır.

C#, Microsoft tarafından geliştirilmiş ve sunucu ile gömülü sistemlerin çalıştırılması amacıyla tasarlanmış bir programlama dilidir. .NET Framework platformunda kullanılır. C#, web programlama alanında güçlü projeler üretmeye olanak tanıyan ve kullanımı kolay bir dildir. C# ile uygulamalar, Visual Studio ortamında geliştirildi.

C# dili, C ve C++ programlama dillerinden türetilmiştir. C, Java veya C++ dillerinden biriyle deneyimi olan yazılımcılar, C#'ın yapılarına kolayca uyum sağlayabilir. Gelişmiş hata ayıklama özellikleri sayesinde, yazılımcıların hataları hızlı bir şekilde tespit etmeleri kolaylaşır. Bu özellik, dizinlerdeki hataları özel bir ekran üzerinden göstererek yazılımcıların bu hataları daha çabuk bulmalarını sağlar. Tüm bu avantajları sayesinde, C# günümüzde arka plan yazılımcıları tarafından yaygın olarak tercih edilen bir programlama dili haline gelmiştir.

3. Katman – Veri Erişimi (MS SQL) Veri erişim katmanı, uygulamanın veri ile ilgili tüm işlemlerini yönetir. Bu katman, veri tabanına veri eklemek, güncellemek, silmek ve sorgulamak gibi işlemleri gerçekleştirir.

MS SQL sunucu, Microsoft tarafından geliştirilen veri tabanı yönetim sistemidir. Sunucu, büyük ölçekli veri depolama işlemi ve yönetimi için kullanılan sistemsel yazılım olarak ifade edilir. İşletmeler, kuruluşlar ve hatta bireysel kullanıcılar, verileri depolamak, yönetmek, güncellemek ve sorgulamak için MS SQL kullanabilir. Ayrıca MS, birden fazla uygulama tarafından kullanılması ile de öne çıkar [24].

Sunucu, özellikle büyük veri işleme, veri tabanı yönetimi ve iş zekâsı (BI) gibi işlemler için tercih edilir. SQL, yüksek performans, güvenlik, yedekleme, kurtarma ve

veri bütünlüğü özellikleri oldukça önemlidir. Bu sistem, çeşitli işletim platformlarında aktif çalışabilmesinin yanı sıra farklı cihazlar aracılığıyla da erişilebilirliği sağlar. Sistemi genellikle büyük ölçekli işletmeler, finans kuruluşları, sağlık kuruluşları, hükümet kurumları, e-ticaret siteleri ve perakende satış şirketleri gibi kuruluşlar aktif bir şekilde kullanır.

2.8. Veri Toplama ve İşleme Stratejileri

Veri toplama ve işleme stratejileri, IoT tabanlı enerji izleme sistemlerinin etkin ve verimli çalışmasını sağlamak için kritik öneme sahiptir. Bu stratejiler, verilerin nasıl toplanacağı, işleneceği ve analiz edileceği konusunda rehberlik eder.

Enerji izleme yazılımı tasarlarken, etkili veri toplama ve işleme stratejileri belirlemek, projenin başarısını doğrudan etkileyebilir. Veri toplama süreci, sensörlerden, cihazlardan ve mevcut sistemlerden gelen çeşitli veri kaynaklarını entegre etmeyi içermelidir. Bu süreçte, veri güvenilirliği, sıklığı ve formatı gibi faktörler titizlikle ele alınmalıdır. Veri işleme aşamasında, toplanan verilerin temizlenmesi, ölçeklenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Özellikle büyük ölçekli enerji verileriyle çalışılıyorsa, öngörücü analiz yöntemleri ve makine öğrenimi modelleri kullanılarak verilerin anlamlı içgörülere dönüştürülmesi önem kazanır.

Veri yönetimi altında, verilerin saklanması, erişimi, paylaşımı ve güncellenmesi gibi süreçler yönetilmelidir. Veri depolama çözümleri, performans, ölçeklenebilirlik ve maliyet etkinliği açısından dikkatlice seçilmelidir. Ayrıca, veri güvenliği stratejileri de kritik öneme sahiptir; veri şifreleme, erişim kontrolü ve güvenlik yedeklemeleri gibi yöntemlerle veri bütünlüğü ve gizliliği korunmalıdır. Bu önlemler, kullanıcıların ve kurumların verilere güvenle erişmesini sağlayarak güvenilirlik ve yasal uyumluluk sağlar.

Enerji izleme yazılımı tasarlarken, kapsamlı bir veri yönetimi ve güvenlik stratejisi ile sağlam veri toplama ve işleme süreçleri belirlemek hem operasyonel verimliliği artırır hem de karar verme süreçlerine oldukça katkı sağlar. Bu stratejilerin doğru uygulanması, uzun vadeli başarı için temel oluşturabilir.

2.8.1. Veri depolama ve yönetim

Veri depolama ve yönetim stratejileri, toplanan verilerin güvenli bir şekilde saklanmasını ve gerektiğinde erişilebilir olmasını sağlar. Bu stratejilerin temel

unsurları arasında Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (DBMS), bulut depolama ve dağıtık veri depolama bulunmaktadır. DBMS, verilerin organize bir şekilde depolanmasını ve yönetilmesini sağlayan yazılımlardır. Büyük miktarda veriyi etkin bir şekilde saklamak, erişmek ve işlemek için özel olarak tasarlanmıştır. Bulut depolama ise, verilerin internet üzerinden erişilebilen ve genellikle üçüncü taraf sağlayıcılar tarafından sunulan hizmetlerde saklanması anlamına gelir. Bu yöntem, ölçeklenebilirlik, esneklik ve yedekleme gibi avantajlar sağlar. Dağıtık veri depolama stratejisi ise, verilerin birden fazla fiziksel lokasyonda saklanmasını içerir. Bu yaklaşım, veri güvenliği ve erişilebilirlik açısından yüksek güvenlik sağlar ve tek bir nokta başarısız olduğunda sistem bütünlüğünü korur. Enerji izleme yazılımları ERP (Enterprise Resource Planning- Kurumsal Kaynak Planlama) ve MES (Manufacturing Execution System- Üretim Yürütme Sistemi) gibi sistemlerle birlikte çalışabilen sistemlerdir. Genellikle fabrikalar ERP ve MES sistemlerinde toplanan verilere erişimin güvenlik açısından dışarıya çıkmasını istememektedir. Bu yüzden yapılan saha ziyaretleri neticesinde firmaların bu tip yazılımları kendi ağlarına kurmak istedikleri sonucuna varılmıştır [25].

2.8.2. Veri güvenliği

Veri güvenliği, günümüz dijital çağında büyük önem taşıyan bir konudur. Organizasyonlar ve bireyler, hassas verilerinin yetkisiz erişim, değiştirme veya yok etme gibi tehditlere karşı korunmasını sağlamak için çeşitli güvenlik önlemleri almak zorundadır. Bu önlemler, teknolojik gelişmelerle birlikte sürekli olarak güncellenmekte ve iyileştirilmektedir.

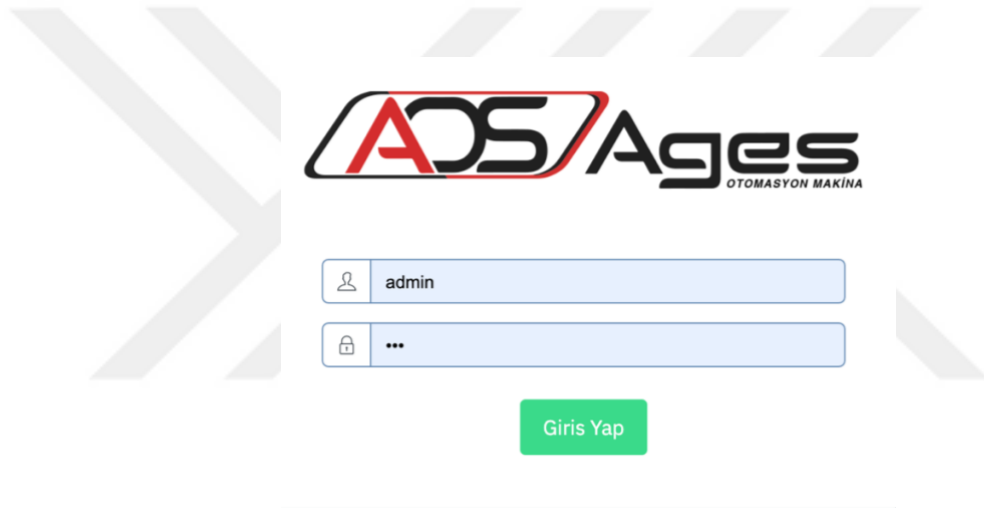
Veri güvenliğini sağlamanın ilk adımı, güçlü bir erişim kontrolü sistemine sahip olmaktır. Verilere sadece yetkili kullanıcıların erişebilmesini ve bu erişimin izlenebilir olmasını sağlamak, güvenliğin temelidir. Şifreleme teknolojileri, verilerin depolama ve iletim aşamalarında korunmasına yardımcı olurken, güvenlik duvarları ve saldırı tespit sistemleri (IDS/IPS) gibi güvenlik yazılımları da ağ güvenliğini artırmak için kullanılmaktadır.

Veri güvenliği stratejileri, sadece teknolojik önlemleri değil, aynı zamanda insan faktörünü de içermelidir. Personel eğitimleri ve farkındalık programları, sosyal mühendislik saldırılarına karşı savunmada kritik öneme sahiptir. Ayrıca, veri güvenliği

politikaları ve yönetmeliklere uyum, organizasyonların yasal sorumluluklarını yerine getirmesini sağlarken, güvenilirliklerini de artırır.

Sonuç olarak, veri güvenliği, bilgi teknolojileri altyapısının temel bir parçası olarak ele alınmalı ve sürekli olarak gözden geçirilerek güncellenmelidir. Organizasyonlar, potansiyel tehditlere karşı proaktif bir yaklaşım benimseyerek, verilerinin bütünlüğünü, gizliliğini ve erişilebilirliğini sağlamaya önem göstermelidirler.

Bu tezde tasarlanan enerji izleme yazılımında veri güvenliği önemsenmektedir. Şekil 2.2. ve Şekil 2.3. 'de görüldüğü gibi kullanıcı girişi ve çift yönlü doğrulama ile şifrelenmektedir.



Şekil 2.2 Giriş Ekranı.



Şekil 2.3. Çift yönlü doğrulama.

Şifreleme, verilerin hem aktarım sırasında hem de depolama esnasında şifrelenmesi, yetkisiz erişimlere karşı koruma sağlar.

Kimlik Doğrulama ve Yetkilendirme, verilere erişim yetkisi olan kullanıcıların kimliğinin doğrulanması ve yalnızca yetkili kullanıcıların belirli verilere erişebilmesi sağlar. Şekil 2.4. 'te örnek yetkilendirme sayfası bulunmaktadır. Bu fabrikadaki yetkilendirme sistemlerine göre optimize edilebilmektedir. Şekil 2.5.'te personel bilgileri doldurulmakta ve bilgilendirme tercihleri yapılmaktadır.

Tam Yetkilendirme ☐ Tam Denetim	Tank Transfer Yetkileri ☒ Tank Transfer Yönetici ☐ Tank Transfer Kullanıcı	Yazıcı Yetkileri ☐ Yazıcı Yönetici ☒ Yazıcı Kullanıcı	Laboratuvar Yetkileri ☒ Laboratuvar Yönetici ☐ Laboratuvar Kullanıcı
--	--	---	--

Şekil 2.4. Yetkilendirme Sayfası.

Kullanıcı Ekle

Personel Bilgileri

Ad: Esra, Soyad: Aksoyalı

Kullanıcı adı: admin, Telefon Numarası: 0505xxxxxxx, Email: esraaksoyal@gmail.com

Şifre: [password field]

Bilgilendirme

Email Gönder: ☐ SMS Gönder: ☐

Şekil 2.5. Personel bilgi ekranı.

Güvenlik Duvarları ve IDS/IPS (Intrusion Detection System - Saldırı Tespit Sistemi)/ (Intrusion Prevention System - Saldırı Önleme Sistemi), yetkisiz erişimlere karşı ağ trafiğini izleyen ve denetleyen güvenlik çözümleridir.

Bu stratejiler, IoT tabanlı enerji izleme sistemlerinin etkin ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar ve enerji verimliliğini artırmak için gerekli olan verilerin toplanması ve işlenmesine olanak sağlar.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. Materyal ve Yöntemler

3.1. Materyaller

3.1.1. Enerji analizörü

Enerji Analizörü üretim sahasında bulunan cihazların enerji tüketimlerini anlık olarak izlemek ve enerji tüketimini kayıt altına almak için kullanılan elektronik ekipmanlardır. Dahili hafızalarında kümülatif olarak enerji tüketimini kaydetme yeteneğine sahiptir. Bunun yanında enerji analizörleri ile tek faz ve üç faz gerilimleri, akım RMS değerleri, aktif ve reaktif güç değerleri, aktif ve reaktif enerji değerleri, güç faktörü, şebeke frekansı, ortalama ve maksimum güçler ölçülebilmektedir. Enerji analizörü dahili ekranı üzerinden bu değerler izlenebilir, sahip olduğu haberleşme protokolleri ile uzaktan izlenebilir, yönetilebilir ve bilgiler bilgisayar ortamına aktarılarak kayıt altına alınabilir. Piyasada birçok marka ve modelde enerji analizörü bulunmaktadır. Bu sebeple, kullanım alanına ve amacına uygun analizörün seçilmesi önemlidir. Enerji analizörlerinin teknik özellikleri incelendiğinde, en belirgin farklılıkların harmonik ölçme kapasitelerinde olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, enerji analizörlerinin harmonik ölçme kapasitelerinin önemi detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

Enerji dağıtım şebekelerinde, güç, akım ve gerilim gibi önemli büyüklüklerin değişimlerinin sürekli olarak izlenmesi ve bu değişimlerin hem geçici hem de sürekli halde çok kısa bir süre içinde fark edilmesi büyük önem taşır. Günümüzde elektrik şebekelerinin genişlemesi, çok sayıda cihaz ve birçok tüketiciyi içermesi izlemenin gerekliliğini artırmaktadır. Bu bağlamda, güç sistem mühendisleri ve enerji şirketleri için kaliteli enerji üretme ve dağıtma zorunluluğu kritik bir meseledir. Bunun sonucu olarak, özellikle dağıtım sistemlerinde bazı kalite faktörlerinin sürekli takip edilmesi gerekmektedir [26].

Özellikle enerji kalitesinin düşük olduğu dağıtım sistemlerinde, enerji izlemesi ve THD (Toplam Harmonik Distorsiyonu) ölçümleri oldukça önemli ve gereklidir. Enerji kalitesi standartları, akım ve gerilim için THD değerlerini belirli sınırlar içinde tutmaktadır. Bu nedenle hem dağıtım şirketleri hem de fabrika içi otomasyon için elektriksel büyüklüklerin izlenmesi ve bu izlemenin gerçek zamanlı olarak yapılması gerekmektedir [27].

Harmonikler, elektrik sistemlerinde bulunan temel frekansın (genellikle 50 Hz veya 60 Hz) katları olan frekanslardır. Temel frekansın katı olan bu frekanslar, enerji analizörlerinde ölçülerek elektrik kalitesi hakkında bilgi sağlarlar. Her bir harmonik, temel frekansın tam katıdır ve bu harmoniklerin sayısı, enerji sistemindeki distorsiyonu veya bozulmayı değerlendirmek için kullanılır.

Elektrik sistemindeki ana frekans, temel frekans (1. harmonik) olarak adlandırılır. Avrupa'da 50 Hz, Amerika'da ise 60 Hz olan bu frekans, sistemin çalışması için gereklidir. Temel frekansın 2 katı olan 2. harmonik (50 Hz için 100 Hz, 60 Hz için 120 Hz), genellikle doğrultucular veya anahtarlamalı güç kaynaklarından kaynaklanır ve simetri bozuklukları veya çift yarı dalga doğrultucularla ilişkilidir. Temel frekansın 3 katı olan 3. harmonik (50 Hz için 150 Hz, 60 Hz için 180 Hz), özellikle tek fazlı cihazlar ve floresan lambalar gibi doğrusal olmayan yüklerden kaynaklanır ve nötr iletkeninde aşırı akım oluşturabilir.

Temel frekansın 4 katı olan 4. harmonik (50 Hz için 200 Hz, 60 Hz için 240 Hz), genellikle aynı kaynaklardan gelir ancak etkileri daha az belirgindir. Temel frekansın 5 katı olan 5. harmonik (50 Hz için 250 Hz, 60 Hz için 300 Hz), endüstriyel motorlar ve değişken frekanslı sürücüler tarafından oluşturulabilir ve güç kalitesi problemlerine ve motor tork kayıplarına yol açabilir. Yüksek harmonikler (6. ve üzeri), genellikle daha karmaşık sistemlerde ve endüstriyel ortamlarda bulunur. Elektronik cihazlar, inverterler ve modern güç elektroniği cihazları bu harmonikleri üretebilir. Bu harmonikler, özellikle iletişim hatlarında parazitlere, transformatörlerde ek kayıplara ve motorlarda titreşim ve ısınma sorunlarına neden olabilir [28].

Bir enerji analizörü 63. harmoniğe kadar veri verebiliyorsa, bu cihaz temel frekansın 63 katına kadar olan frekansları ölçebilir. Örneğin, 50 Hz sistemde 63. harmonik 3150 Hz ($50 \text{ Hz} \times 63$) olur. Bu, çok geniş bir frekans yelpazesinde harmonik analiz yapabilme yeteneğini gösterir. Bu tür detaylı analizler, elektrik sistemindeki distorsiyonun kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar ve potansiyel problemleri tanımlamak için önemlidir.

Harmoniklerin elektrik sistemleri üzerinde çeşitli genel etkileri vardır. Harmonikler, elektrik sistemlerinde gerilim ve akım dalga formlarında bozulmaya neden olarak güç kalitesini düşürür. Motorlar, transformatörler ve diğer elektrikli cihazlar harmoniklerden olumsuz etkilenebilir; aşırı ısınma, titreşim ve verim kaybı

yaşayabilirler. Harmoniklerin varlığı, enerji sisteminde ek kayıplara yol açar, bu da enerji maliyetlerinin artmasına neden olabilir. Yüksek harmonikler, iletişim hatlarında ve elektronik cihazlarda parazite neden olabilir.

Sonuç olarak, harmonikler elektrik sistemlerinde dikkatle izlenmesi ve yönetilmesi gereken önemli faktörlerdir. Enerji analizörlerinin harmonik ölçüm kapasitesi, enerji kalitesini izleme ve potansiyel sorunları erken teşhis etme açısından kritik bir araçtır [29].

Birçok fabrika enerji analizörü kullanmaktadır. Bazı firmalar enerji izleme yazılımları kullanırken bazı firmalar ise panoların içine yerleştirmiş oldukları analizörlerden ölçümleri basit bir şekilde kaydederler. Sistemin uygulanabilir olması için tasarlanan enerji izleme yazılımı marka bağımsız çalışmaktadır.

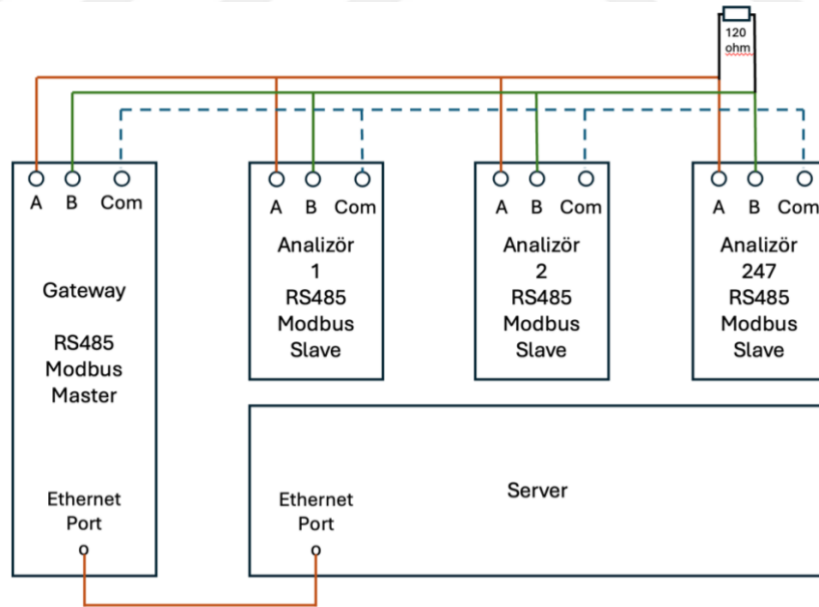
RS485 Modbus RTU protokolü, endüstriyel otomasyon sistemlerinde veri iletimi ve cihazlar arası iletişimde sıklıkla kullanılan bir protokoldür [30]. RS485, fiziksel katman standardı olarak yüksek gürültü bağışıklığı, uzun mesafe veri iletimi ve çok noktaya bağlantı yetenekleri ile öne çıkar. Diferansiyel sinyal kullanarak veri iletimi sağlar, bu da elektriksel parazitlere karşı yüksek bağışıklık sunar. RS485 hattına 32 cihaza kadar bağlanabilir ve 1200 metreye kadar veri iletimi yapabilir, bu da geniş alanlı endüstriyel tesislerde kullanımını ideal kılar [31].

MODBUS protokolü, Modicon şirketi tarafından 1979 yılında önerilmiştir (daha sonra Schneider tarafından satın alınmıştır). Endüstriyel alanlarda kullanılan dünyanın ilk yaygın veri yolu protokolüdür. 2004 yılı itibariyle, MODBUS kurulu düğüm sayısı 800 milyonu aşmıştır ve bu ürünlerin %75'i Schneider ürünleri dışındadır. MODBUS, dünya genelinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve endüstriyel veri yolu protokolü standardı haline gelmiştir [32].

RS485 fiziksel katmanı ve Modbus RTU protokolü, endüstriyel otomasyon uygulamalarında güvenilir ve verimli bir iletişim sağlar. RS485 Modbus RTU protokolü, cihazların güvenilir bir şekilde haberleşmesini ve verilerin doğru bir şekilde iletilmesini sağlar. Bu, özellikle geniş ve karmaşık endüstriyel sistemlerde kritik bir öneme sahiptir. Protokolün yüksek gürültü bağışıklığı, uzun mesafe iletim kapasitesi ve çok noktaya bağlantı yetenekleri, onu endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemlerinde vazgeçilmez kılar. Sonuç olarak, RS485 Modbus RTU protokolü,

endüstriyel otomasyon sistemlerinde veri iletimi ve cihazlar arası iletişimde kritik bir rol oynar, bu da onu modern endüstriyel uygulamalarda standart bir protokol haline getirir [33].

Modbus RTU, master-slave yapısı kullanarak çalışır; burada master cihaz, veri talebinde bulunur ve slave cihazlar bu taleplere yanıt verir. Mesaj çerçevesi belirli bir yapıdadır ve her mesaj bir başlangıç biti, adres, fonksiyon kodu, veri alanı ve hata denetim biti (CRC) içerir. [34] Fonksiyon kodları, belirli işlemleri tanımlamak için kullanılır; örneğin, 03 fonksiyon kodu belirli bir cihazdan veri okuma işlemini ifade eder. Enerji analizörleri Slave olarak üretilir, Master olarak kullanılan ağ geçidi cihazları ile haberleşirler. Slave cihazlar 247 adete kadar seri olarak bağlanabilirler. Master cihaz Slave cihazdan veri talebinde bulunur sonrasında istenilen veri Slave cihaz tarafından Master cihaza iletilir. Bu veriler birler ve sıfırlardan meydana gelen paketler aracılığı ile gönderilmektedir. Veri aktarımı bitler aracılığı ile sağlanır. Her bir bit, bir voltaj seviyesi olarak iletilir. Burada pozitif voltaj sıfırları, negatif voltaj ise birleri ifade eder. Bu veri aktarım hızı genel olarak 9600 bit/saniyedir. RS485 Modbus haberleşmenin çalışma topolojisi **Şekil 3.1.** de gösterilmektedir [35].



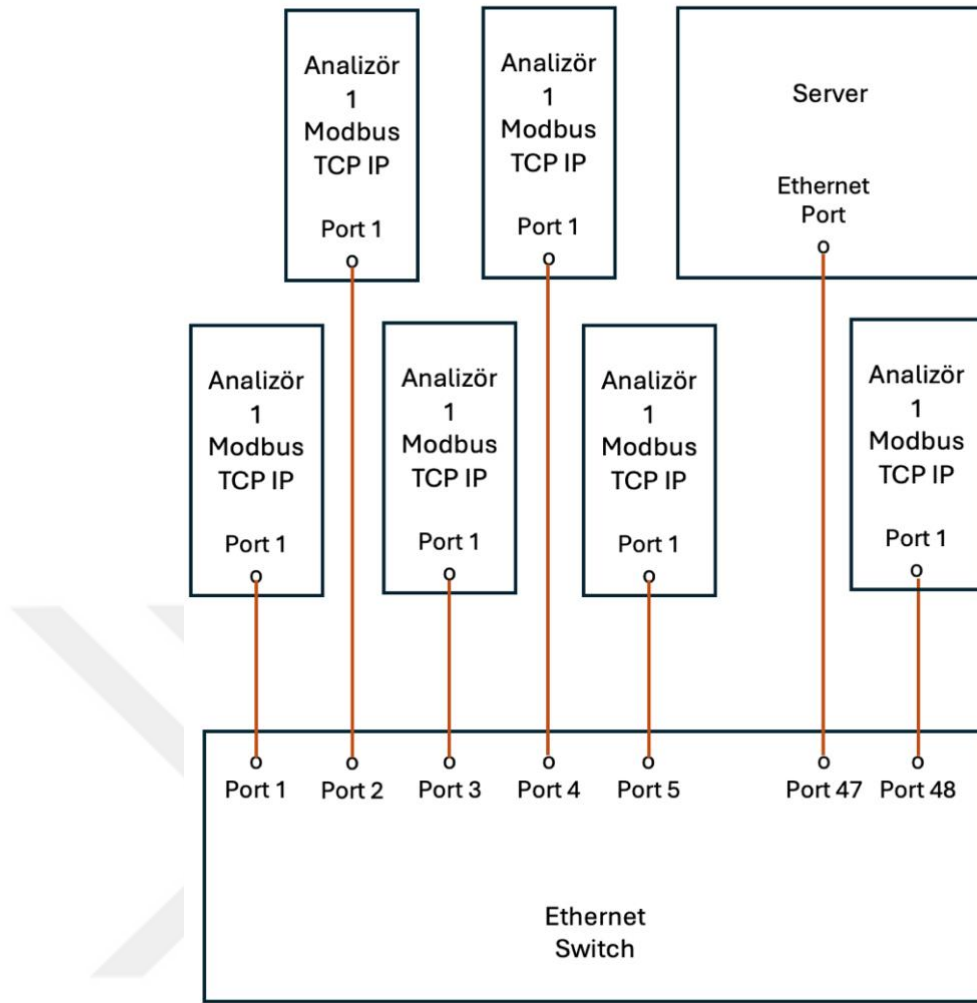
Şekil 3.1. RS485 Protokolü Topolojisi

Modbus TCP/IP Protokolü endüstriyel otomasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir iletişim protokolüdür. **Şekil 3.2.** de sisteme ait topoloji gösterilmektedir.

Ethernet üzerinden veri iletimini sağlayarak, daha önceki seri iletişim protokolleri olan RS485 ve RS232'ye kıyasla daha yüksek hızlar ve uzak mesafeler sunar. Bu özellikleri sayesinde, endüstriyel kontrol uygulamalarında geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Modbus TCP/IP protokolü, açık bir standart olması ve Ethernet tabanlı ağlarda kolay entegrasyon sağlamasıyla öne çıkar [36]. Bu özellikleri, endüstriyel otomasyon, enerji yönetimi ve bina otomasyonu gibi alanlarda güvenilir iletişim gereksinimlerini karşılamak için tercih edilen bir protokol yapar [37].

Enerji analizörlerinde günümüzde sıkça tercih edilmeye başlanan haberleşme protokolüdür. Modbus TCP Protokolüne sahip enerji analizörleri bir ağ geçidi master cihaza ihtiyaç duymazlar. Fabrika sahasında bulunan switchlere bağlanarak hızlı bir şekilde ağa dahil edilebilirler.

Standart kullanılan switchler ile 100 Mbps hızı ile veri aktarımı yapar [38]. TCP/IP protokolünde verilerin iletim hızı cihazlarda kullanılan işlemci ve ağ kartı türüne bağlı olarak değişmektedir. Şekil 3.2. 'de gösterilen Modbus TCP/IP Protokolü Topolojisinde gösterildiği gibi analizörlerden alınan bilgiler önce bir yerde toplanarak sonra sisteme aktarılmaktadır.

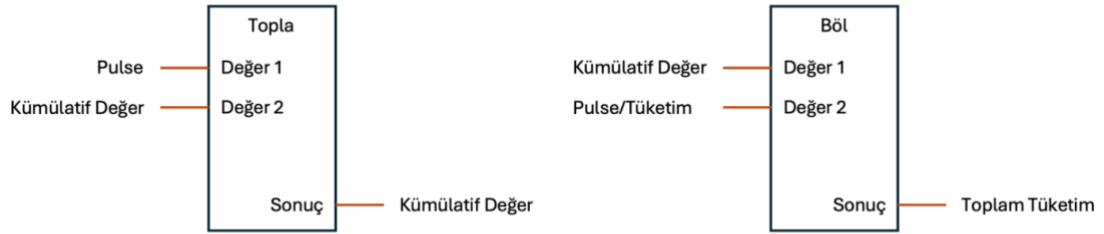


Şekil 3.2. Modbus TCP/IP Protokolü Topolojisi

3.1.2. PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)

PLC, üretim alanlarında veya makinelerin kontrolü gibi işlemlerde kullanılan otomasyon cihazıdır. Bu cihazın özelliklerinden enerji izleme sistemlerinde de faydalanılmaktadır. Sıkça karşılaşılan su ve doğalgaz tüketimi gibi değerlerin hat üzerinde bulunan mekanik sayaçlardan takip edilememektedir. Bu sayaçlar PLC 'nin hızlı girişlerine bağlanarak, tasarlanan lojik yazılımlar ile tüketim değerleri kümülatif olarak denetleyici hafızasına kaydedilir. Kayıtlar denetleyici hafızasından PC yazılımı ile Modbus TCP/IP protokolü üzerinden okunarak monitör edilir ve kaydedilir. Azot buhar gibi proses ihtiyaçları hatların üzerine bağlanan basınç sensörleri üzerinden de izlenebilir [39]. PLC analog girişlerine bağlanan sensörlerden gelen veriler, hat çapı ve yoğunluk gibi parametreler kullanılarak kontrolcü üzerinde yapılan matematiksel

işlemler tüketim miktarı hesaplanır. Şekil 3.3. de bu sisteme ait topoloji bulunmaktadır [40].



Şekil 3.3. PLC ile Veri Toplama

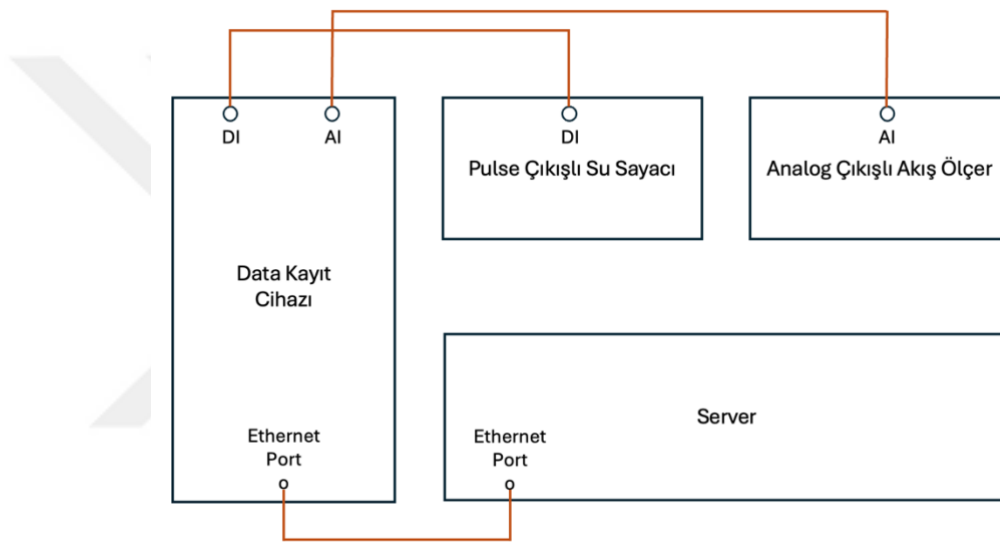
Proses otomasyonu için sistem entegrasyonu, saha cihazlarının fonksiyonlarına ve verilerine erişimi sağlayan teknolojileri teşvik etmiştir. Ayrıca, saha cihazlarından gelen veriler, cihaz teşhis ve önleyici bakımı çözmek için uygulanabilir [41]. Bu tez, saha cihazı, PLC denetleyici ve SCADA sisteminin entegrasyonuna odaklanan kontrol ve SCADA sistemi yapılandırma ve uygulama tekniklerini tanımlamaktadır.

3.1.3. Veri kayıt cihazı (Data Logger)

Data Logger, belirli bir zaman diliminde çeşitli fiziksel veya çevresel parametreleri otomatik olarak kaydeden elektronik cihazlardır. Sıcaklık, nem, basınç, voltaj gibi değişkenleri izlemek ve kaydetmek için kullanılan bu cihazlar, veri toplama ve analiz etme süreçlerinde büyük bir öneme sahiptir. Şekil 3.4. te veri kayıt cihazının topolojisine yer verilmiştir. Kökeni mekanik ve elektromekanik sistemlerden dijital ve kompakt cihazlara evrilen data loggerlar, endüstriyel otomasyondan enerji izlemeye kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır. Data loggerlar, genellikle sensörler, veri işleme birimi ve depolama biriminden oluşur [42]. Sensörler aracılığıyla ölçülen veriler, işleme biriminde dijital sinyallere dönüştürülerek depolanır. Bu veriler, daha sonra analiz edilmek üzere bilgisayarlara veya diğer analiz cihazlarına aktarılır. Kullanım alanları arasında meteoroloji, sağlık, çevre bilimi, endüstriyel süreç kontrolü ve tarım gibi birçok sektör bulunmaktadır. Data logger teknolojisi, IoT ile birleşerek daha da gelişmiş ve verimli hale gelmiştir, bu sayede gerçek zamanlı veri izleme ve analiz imkanı sunmaktadır. Data loggerların avantajları arasında hassas ölçümler yapabilme, uzun süreli veri kaydı, kullanıcı dostu arayüzler ve çeşitli uygulamalarda

esneklik sayılabilir. Ancak, bazı modellerin yüksek maliyeti ve karmaşık kurulum gerektirebilmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Gelecekte, data logger teknolojisinin daha da ilerleyerek, daha yüksek doğruluk, enerji verimliliği ve daha geniş uygulama alanları sunması beklenmektedir [43].

Bu tezde tasarlanan enerji izleme yazılımında kaydedilen veriler cihaz arayüz yazılımı ile ulaşılabilir. Kayıtlar cihaz hafızasından PC yazılımı ile Modbus TCP/IP protokolü üzerinden okunarak monitör edilir ve kaydedilir. Şekil 3.4. 'de veri kayıt cihazının bağlantısı şeması gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Data Kayıt Cihazı Topolojisi

3.1.4. Ağ geçidi (Gateway)

Ağ geçidi, farklı ağları ve protokolleri birbirine bağlayan ve aralarında veri alışverişine izin veren bir cihazdır. Ağlar arasında köprü ve dönüştürücü görevi görerek iletişimi ve veri alışverişini sağlar. Ağ geçitleri, farklı sistemler arasında tercüman görevi yapar ve veri toplama sistemlerinde en önemli rolü oynar.

Uzaktan Erişim, uzak cihazları yönetmek için kullanılır. IoT uygulamalarında, ağ geçitleri cihazların uzaktan erişimini ve yönetimini sağlar. Dijitalleşen bir toplumda uzaktan erişim zamandan ve enerjiden tasarruf edebilmek için çok önemlidir. Enerji izleme gibi uzaktan müdahale ile destek verilebilen sistemlerde uzak erişimi sağlamak oldukça önemlidir.

Protokol Dönüştürme, farklı ağların ve iletişim sistemlerinin kullandığı iletişim protokollerini birbirine dönüştürme işlemidir. Bu işlem, farklı ağlardan veya sistemlerden gelen verileri birbirleriyle uyumlu hale getirmeye yarar. Farklı ağlar arasında veya eski ve yeni sistemler arasında veri iletişimi sağlanması gerektiğinde kullanılır. Endüstriyel haberleşme protokolleri, endüstriyel cihazlar ve sistemler arasındaki veri alışverişini sağlayan standart diller olarak tanımlanır. Günümüzde sıkça kullanılan endüstriyel haberleşme protokolleri arasında FieldBus, ProfiBus, Modbus, CanBus, DeviceNet ve ControlNet yer alır. Ülkemizde en yüksek pazar payına sahip endüstriyel protokol ise Modbus'tır. Modbus protokolü, seri hat üzerinden (Modbus RTU ve Modbus ASCII) ve Ethernet üzerinden (Modbus TCP) haberleşmeyi sağlayan alt protokollere ayrılır.

Endüstriyel protokollerin çeşitliliğine rağmen, iki cihaz arasında veri alışverişi sağlanabilmesi için cihazların aynı endüstriyel protokol ile haberleşmeleri veya protokol dönüştürme işlemini gerçekleştirecek bir ağ geçidi cihazı kullanmaları gerekmektedir.

Bu çalışmada, Modbus RTU ve Ethernet TCP/IP protokolleri arasında protokol dönüştürme işlemini gerçekleştirmek amacıyla bir Ethernet ağ geçidi prototipi tasarlanmış ve test edilmiştir. Testler sonucunda, veri aktarımının doğru bir şekilde sağlandığı gözlemlenmiştir [44].

Güvenlik, ağ geçidi veri güvenliğinin sağlanmasında çok önemli bir rol oynar. Ağ trafiğini izler ve yetkisiz erişimi engelleyerek veya kötü amaçlı içeriği filtreleyerek güvenlik tehditlerini önlerler.

3.1.5. Akım trafosu

Enerji analizörünün yardımcı ekipmanıdır. Akım Trafosu, sekonder sargısında ölçülen akımla orantılı bir alternatif akım üretmek için tasarlanmış bir ölçü trafosudur. Akım transformatörleri yüksek akım değerlerini istenilen değere getirir. Böylece sistemimiz için tehlikeli değerlerde olan akım değerleri güvenli değerlere getirilir.

Akım trafoları, akım seviyelerini binlerce amperden, normal çalışma için 5 Amper veya 1 Ampere kadar bilinen bir orandaki standart çıkışa düşürebilir [45]. Böylelikle enerji analizörü ile binlerce akım güvenli bir şekilde ölçülebilir.

3.1.6. CAT6 Kablo

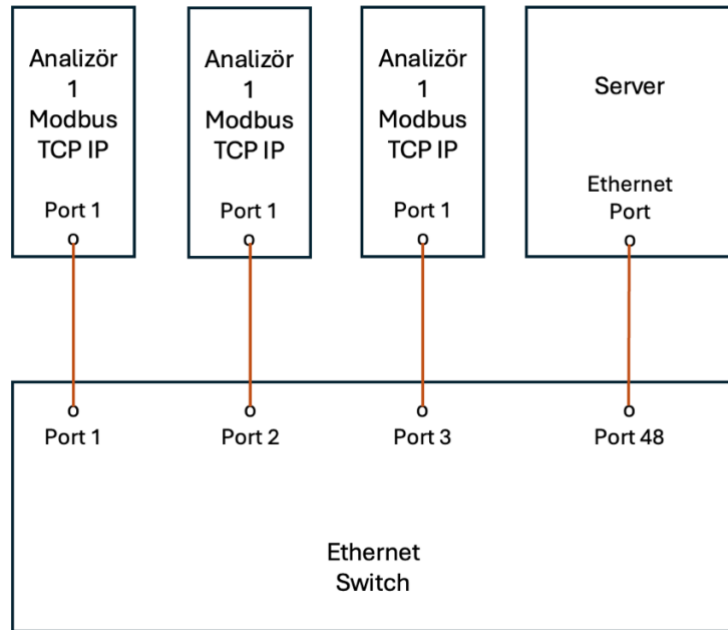
CAT6, Günümüzde genellikle internet bağlantısı için kullanılan kablo olarak bilinmektedir. Fabrikalarda Ethernet switch ve saha network ekipmanları arasında ağ iletişimini sağlamak için kullanılır. CAT6 kablo maksimum 55 metreye kadar kullanılmalıdır. Bu mesafe içerisinde CAT6 kablo ile 10.000 Mbps hızda veri transferi yapılabilir. 250 MHz frekans desteği ile yüksek hızda performans sunar [46].

3.1.7. Blendajlı (Ekranlı) kablolar

Fabrika sahasında buluna güç kablolarından geçen akımlar büyük olduğunda kablonun etrafında bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik alan sinyal kablolarında parazite neden olur, bu durumdan korunmak için Blendajlı kablolar tercih edilmelidir [47].

3.1.8. Ethernet switch

Ethernet switch üzerinde birçok porta sahip olan bir network anahtarlama cihazıdır. Bu portlara bağlı olan cihazların ağ paylaşımını ve güvenlik erişimlerini yönetmeye yarar. Bir çeşit port çoklayıcı olarak da düşünülebilir [48]. Yönetilebilir modeller ile hangi porta ne kadar veri erişimine sahip olacağını belirlemek mümkündür. Şekil 3.5. te ethernet switch protokolünü enerji izleme yazılımında nasıl kullanılacağını anlatan topoloji bulunmaktadır.



Şekil 3.5. Ethernet Switch Topolojisi

3.2. Yöntemler

Yazılım Ara Yüzünün Tasarımı

Bu tez kapsamında geliştirilen enerji izleme yazılımı, kullanıcıların enerji tüketimlerini anlık olarak izlemelerine ve detaylı analizler gerçekleştirmelerine olanak tanımaktadır. Yazılım, enerji tüketim verilerini gerçek zamanlı olarak toplamakta ve geçmiş verilerle karşılaştırmalı analizler sunmaktadır. Böylece kullanıcılar, hangi zaman dilimlerinde ve hangi cihazların daha fazla enerji tükettiğini tespit edebilir, enerji tüketim alışkanlıklarını optimize edebilirler. Yazılım, yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımını izleyerek, kullanıcıların karbon ayak izlerini azaltmalarına ve sürdürülebilir enerji hedeflerine ulaşmalarına katkı sağlamaktadır. Anlık uyarı sistemi sayesinde, enerji tüketiminde meydana gelen ani artışlar kullanıcıya hemen bildirilmekte ve gereksiz enerji harcamalarının önüne geçilebilmektedir. Detaylı raporlama özelliği, enerji yönetim süreçlerinin etkinliğini artırmakta ve kullanıcıların enerji tasarrufu konusundaki kararlarını veri odaklı bir şekilde almalarına yardımcı olmaktadır. Bu yazılım, maliyetlerin düşürülmesinin ötesinde, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik önemli bir araç sunmaktadır. Enerji tüketim alışkanlıklarının anlaşılması ve bu doğrultuda atılacak adımlar, uzun vadede büyük tasarruflar sağlamanın yanı sıra çevreye duyarlı bir yaklaşım sergilenmesini de mümkün kılmaktadır. Geliştirilen bu enerji izleme yazılımı, enerji yönetiminde yeni bir dönemin kapılarını aralamakta ve kullanıcıların geleceğe yönelik sürdürülebilir stratejiler geliştirmelerine olanak tanımaktadır.

3.2.1. Gösterge paneli (Dashboard)

Yazılımın ana ekranı olarak görüntülenir, sahada bulunan tüm analizör ve enerji izleme cihazlarının özet görüntülerini anlık olarak görüntüler. Kullanıcı sistemde tanımlanan eşik değerleri aşıldığında oluşan alarmları takip edebilir. Aylık toplam tüketimleri güncel olarak izleyebilir ve geçen ay toplam tüketim değeri ile karşılaştırabilir.

Enerji izleme yazılımının gösterge paneli, çeşitli enerji tüketim verilerini ve çevresel etkilerini görselleştirmek için kapsamlı bir şekilde tasarlanmıştır. Ekranın üst kısmında, aylık elektrik tüketimi grafiği yer almakta olup, ocak ayından aralık ayına

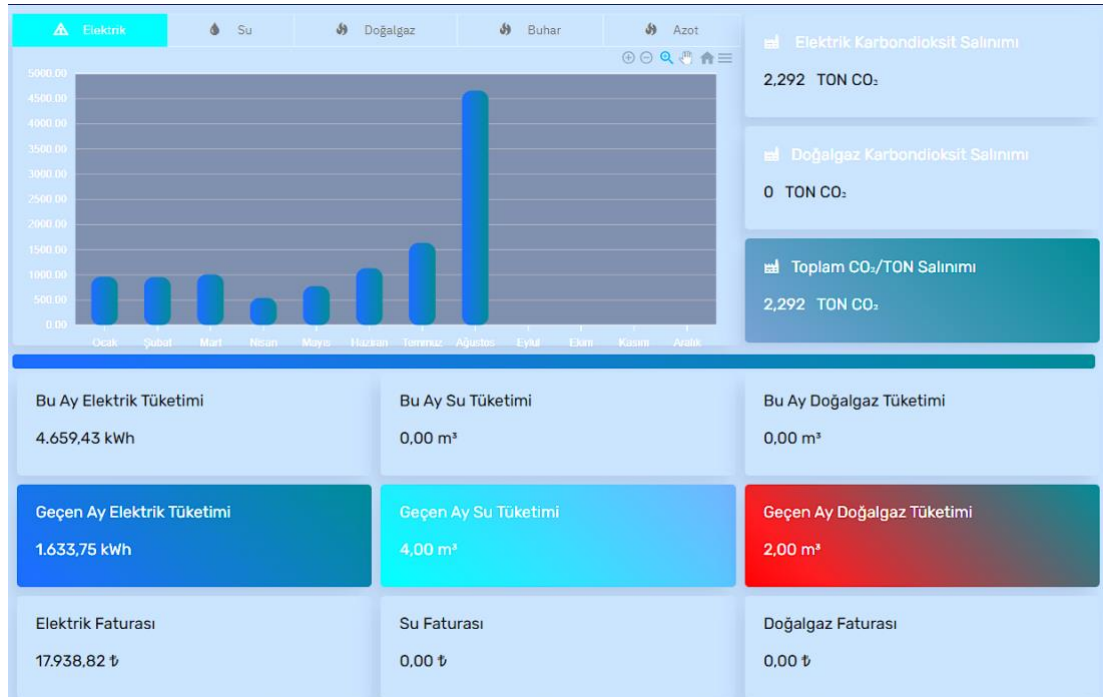
kadar olan elektrik tüketim miktarları sütun grafiklerle gösterilmektedir. Bu grafik sayesinde kullanıcılar, yılın farklı aylarındaki enerji tüketimlerini karşılaştırmalı olarak inceleyebilirler.

Orta kısımda, bu ay ve geçen ay için elektrik, su ve doğalgaz tüketim verileri yer almaktadır.

Sağ üst köşede, elektrik ve doğalgaz tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salınımı bilgileri bulunmaktadır. Bu bilgiler, kullanıcıların enerji tüketimlerinin çevresel etkilerini değerlendirmelerine olanak tanır.

Ekranın alt kısmında, enerji faturalarına ilişkin bilgiler yer almaktadır. Bu veriler, kullanıcıların enerji maliyetlerini detaylı bir şekilde görmelerini ve bütçelerini buna göre ayarlamalarını sağlar.

Genel olarak, bu gösterge paneli kullanıcıların enerji tüketimlerini, maliyetlerini ve çevresel etkilerini anlık olarak takip edebilmeleri için kullanıcı dostu ve bilgilendirici bir şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede, enerji verimliliği artırılabilir ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılabilir. Gösterge panelinin ekran görüntüsü şekil 3.6. da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Gösterge Paneli

Dashboard ekranında aylara göre tüketim gösterilmekte olup üzerine tıklandığında günlük tüketimleri görebilmeye olanak sağlamaktadır. Şekil 3.7. günlük tüketimleri gösteren yazılımdan alınan bir ekran görüntüsüdür.



Şekil 3.7. Günlük Enerji Tüketim Grafiği

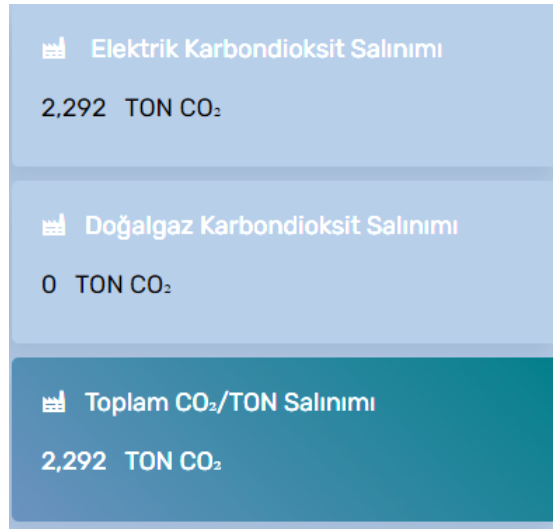
Tüm tüketim birimleri için toplu olarak yıl, ay ve gün bazında tüketim grafikleri görüntülenebilir.

Arka plan yazılımı MVC.net kütüphanesi kullanılarak c# dilinde geliştirilmiştir.

Görsel tasarımlar Bootstrap ile yapılmıştır. HTML, CSS ve JavaScript kullanılarak yazılmış, açık kaynaklı ve ücretsiz bir front-end kütüphanesidir. [49]

3.2.2. Karbon salınımı

Karbon ayak izi, enerji tüketimi sonucu atmosfere salınan karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazlarının toplam miktarını ifade eder. Enerji tüketimlerinden karbon ayak izi hesaplama işlemi, tüketilen enerji miktarının belirli bir emisyon faktörü ile çarpılmasıyla gerçekleştirilir. Şekil 3.8. de elektrik ve doğalgazdan açığa çıkan karbondioksit salınım değerlerinin ton cinsinde gösterildiği ekranın görüntüsü gösterilmektedir [50].



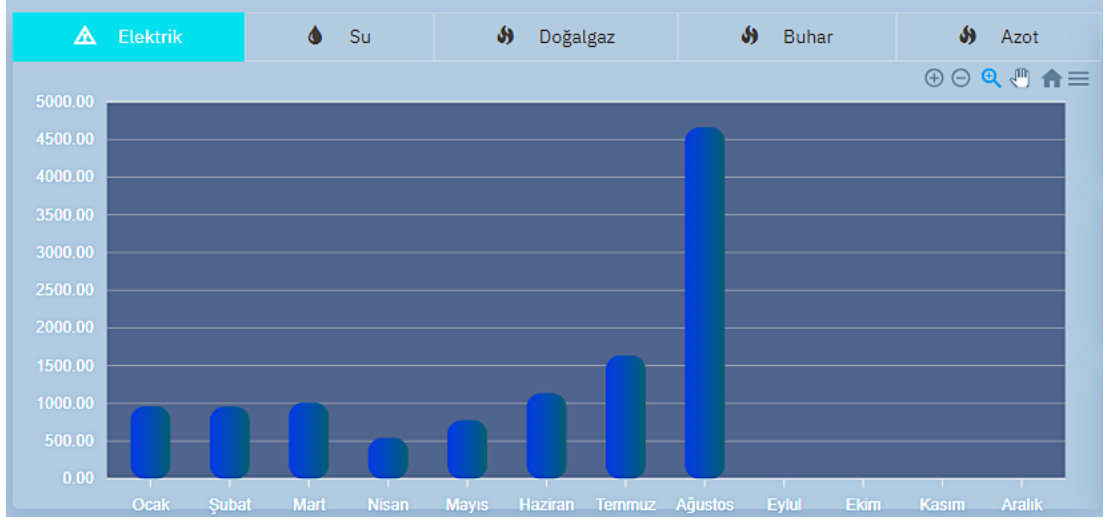
Şekil 6.8. Karbon Salınım Değerleri

3.2.3. Aylık toplam tüketim

Toplam tüketim değeri veri tabanına yazılan değerlerin toplamı ile hesaplanır. Arka plan yazılımında tüketim cihazları 15 dakika ara ile sorgulanır ve değerler SQL veri tabanına yazılır. Hazırlanan SQL sorgusu ile değer hesaplanır. Hesaplanan değer arka plan yazılımı ile ekranda görüntülenir [51]. Aylık toplam tüketimleri bir önceki ay ile karşılaştırmak için tasarlanan gösterge panelinin ekran görüntüsü şekil 3.9. da gösterilmektedir. Ayrıca aylık tüketimlerde şekil 3.10. da yer almaktadır.

Bu Ay Elektrik Tüketimi 4.659,43 kWh	Bu Ay Su Tüketimi 0,00 m³	Bu Ay Doğalgaz Tüketimi 0,00 m³
Geçen Ay Elektrik Tüketimi 1.633,75 kWh	Geçen Ay Su Tüketimi 4,00 m³	Geçen Ay Doğalgaz Tüketimi 2,00 m³
Elektrik Faturası 17.938,82 ₺	Su Faturası 0,00 ₺	Doğalgaz Faturası 0,00 ₺

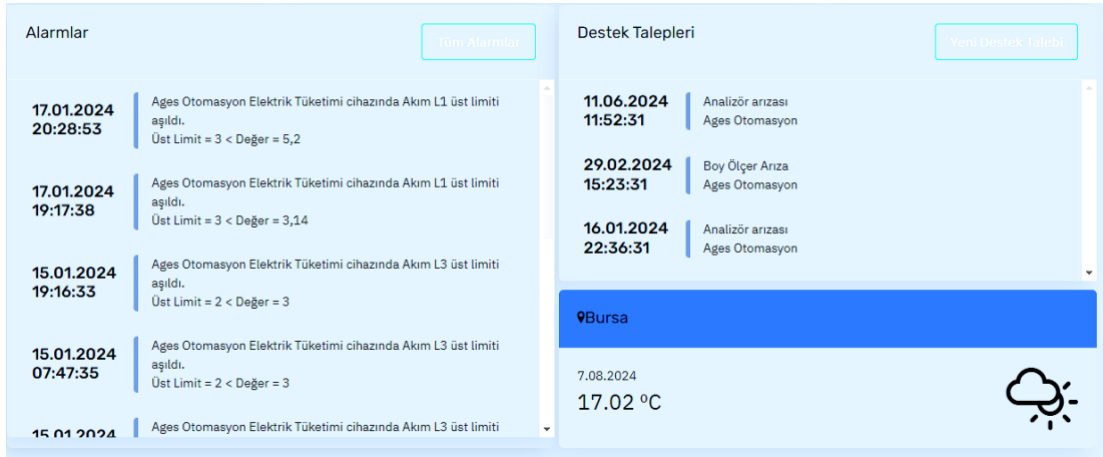
Şekil 3.9. Aylık Tüketim Analizi



Şekil 3.10. Aylık Enerji Tüketim Grafiği

3.2.4. Alarm ve destek talebi

Tasarlanan enerji izleme sisteminde alarm ve destek talebi kısmı izlenen verileri yönetebilmek için oldukça önemlidir. Alarmlar, sistemdeki değerlerin belirlenen limitlerin üzerine çıktığını ya da indiğini göstermektedir. Bu tür alarmlar, kullanıcıların anlık olarak enerji tüketimindeki anormallikleri tespit etmelerine ve hızlıca müdahale etmelerine olanak tanır. Şekil 3.11. incelendiğinde sağ tarafta bulunan destek talebi kısmında kullanıcıların enerji tüketimi ile ilgili yaşadıkları sorunlar ve bu sorunlara ilişkin destek talepleri yer almaktadır. Örneğin, doğalgaz hesaplanmaması, su sayacının çalışmaması veya network bağlantısı ile ilgili destek talepleri gibi konular listelenmiştir. Bu bölüm, kullanıcıların karşılaştıkları problemleri kayıt altına alarak ilgili birimlere iletmelerini sağlar ve böylece enerji yönetim süreçlerinde kesintisiz bir izleme ve çözümleme süreci sağlanır. Ayrıca, ekranın sağ alt köşesinde yer alan hava durumu bilgisi, enerji tüketimi ve yönetimi açısından önemli olabilecek dış etkenleri göz önünde bulundurmaya kolaylaştırır. Bu detaylı ve kullanıcı dostu arayüz, enerji izleme ve yönetimi süreçlerinin daha etkin bir şekilde yürütülmesine katkı sağlamaktadır. Enerji izleme yazılımının bu ekranı, kullanıcıların sistemdeki uyarıları ve destek taleplerini etkin bir şekilde yönetebilmeleri için tasarlanmıştır. Sol tarafta, çeşitli tarih ve saatlerde meydana gelen alarmlar listelenmiştir. Örneğin, "Ages Otomasyon Elektrik Tüketim cihazında Akım L1 üst limiti aştı" gibi alarmlar gösterilmektedir. Bu e-posta ya da sms yoluyla operatöre bildirilir bu şekilde erken müdahale sağlanmış olur. Alarm mesajlarının gösterildiği ekran görüntüsü şekil 3.11.' de gösterilmektedir [52].



Şekil 3.11. Alarm ve Destek Talebi

Alarm ayarları, enerji izleme yazılımının şekil 3.12. de gösterilen ekranı, kullanıcıların belirli cihazlar için enerji tüketim limitlerini özelleştirmelerine olanak tanıyan bir yapılandırma arayüzünü göstermektedir. Ekranın üst kısmında, kullanıcıların cihaz türünü ve cihaz adını seçebilecekleri açılır menüler bulunmaktadır. Bu örnekte, "Elektrik" cihaz türü ve "Ages Otomasyon Elektrik Tüketimi" cihaz adı seçilmiştir. Alt kısımda ise, belirli akım ve voltaj değerleri için üst ve alt limitlerin girilebileceği alanlar yer almaktadır. Kullanıcılar, Akım L1, L2 ve L3 için üst limitler ile Voltaj L1-L2, L2-L3 ve L3-L1 gibi çeşitli voltaj kombinasyonları için üst ve alt limitler belirleyebilirler. Ayrıca, aktif güç ve aktif enerji için de üst limitler ayarlanabilmektedir [53]. Bu limitlerin belirlenmesi, enerji yönetiminde önemli bir rol oynar; zira sistemin belirlenen limitlerin dışına çıkması durumunda kullanıcılar uyarılar alarak hızlıca müdahale edebilirler. Bu özellik, enerji tüketiminin kontrol altında tutulmasını ve olası anormalliklerin önceden tespit edilmesini sağlar. Ekranın sağ üst köşesinde bulunan "Kaydet" butonu, yapılan ayarların sisteme kaydedilmesini sağlar. Alarm ayar değerleri SQL veri tabanında tutulur. Arka plan yazılımı bu değerler ile anlık değerleri karşılaştırarak alarm durumunda tetik vererek alarm oluşturur. Bu arayüz, enerji yönetiminde kullanıcıların özelleştirilmiş ve etkin bir kontrol mekanizması kurmalarına yardımcı olur, böylece enerji verimliliği artırılır ve olası sorunları azaltır.

Alarmlar - Alarm Ayarları

Cihaz Türü: Elektrik Cihaz Adı: Ages Otomasyon Elektrik Tüketimi

Ages Otomasyon Elektrik Tüketimi

Kaydet

Akım L1 Üst Limit	0	Akım L2 Üst Limit	0	Akım L3 Üst Limit	0
Voltaj L1 L2 Alt Limit	0	Voltaj L2 L3 Alt Limit	0	Voltaj L3 L1 Alt Limit	0
Voltaj L1 L2 Üst Limit	0	Voltaj L2 L3 Üst Limit	0	Voltaj L3 L1 Üst Limit	0
Voltaj L1 N Alt Limit	0	Voltaj L2 N Alt Limit	0	Voltaj L3 N Alt Limit	0
Voltaj L1 N Üst Limit	0	Voltaj L2 N Üst Limit	0	Voltaj L3 N Üst Limit	0
Aktif Güç Üst Limit	0	Aktif Enerji Üst Limit	0		

Şekil 3.12. Alarm Ayarları

Destek talebi sistemsel yaşanan problemleri kullanıcıların yazılım ekibine bildirebilmesi için tasarlanmış bir yardım ekranıdır. Kullanıcılar yaşadıkları problemleri yazıp teknik ekipten destek talebinde bulunabilirler. Bu özelliği kullanılması için bulut hizmeti kullanılmalıdır. Firmalar destek taleplerini kendi içlerinde bir sistem oluşturarak ekip içi destek talebi de oluşturabilirler.

3.2.5. İzlenebilirlik ekranı

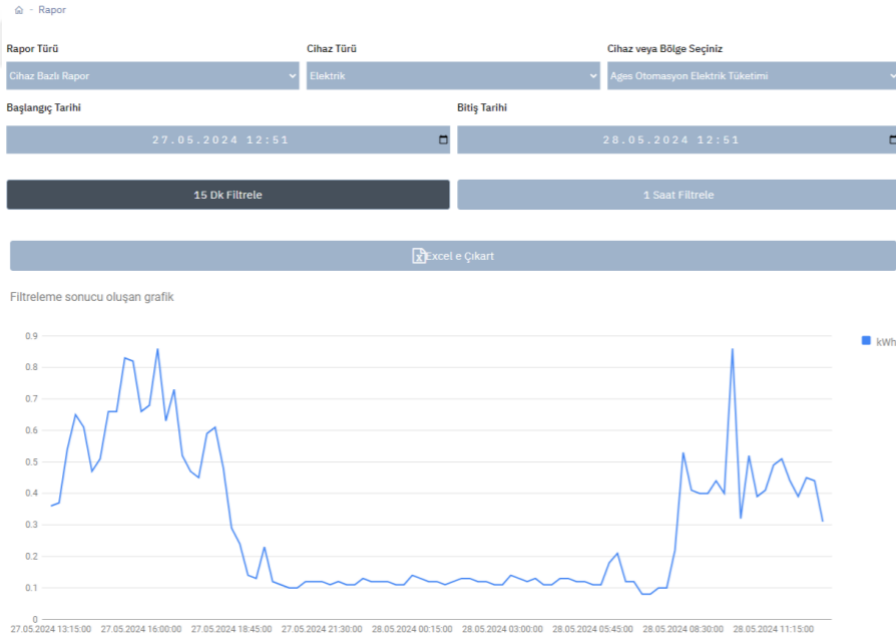
Sistem üzerindeki tüketim cihazlarının detaylı olarak izlendiği sayfadır. Bu sayfa üzerinden kullanıcılar detay bilgilere ulaşabilir. Anlık olarak tüm değerleri izleyebilir. Şekil 3.13. te izlenebilirlik ekranının ekran görüntüsü bulunmaktadır. Bu ekranda analizörlerden alınan farklı değerlerde gösterilebilir. Örnek olarak güç faktörü reaktif güç gibi değerler gösterilse kompanzasyon problemi yaşandığında hangi makinenin reaktif güç çektiği buradan tespit edilebilir [54].



Şekil 3.13. Elektrik İzlenebilirlik Ekranı

3.2.6. Rapor ekranı

Sistemde bulunan izleme cihazlarının ölçtüğü tüketim değerlerini tarih aralığı girerek görüntülediğiniz ekrandır. Arka plan yazılımı cihazlardan okunan verileri cihaz bazlı SQL veri tabanına kaydeder. Girilen tarih aralığında seçilen cihaza ait verileri SQL sorgusu ile rapor ekranına getirir. Şekil 3.14. 'de rapor ekranı gösterilmektedir. Buradan net olarak saatlik enerji düşümü görülmektedir.



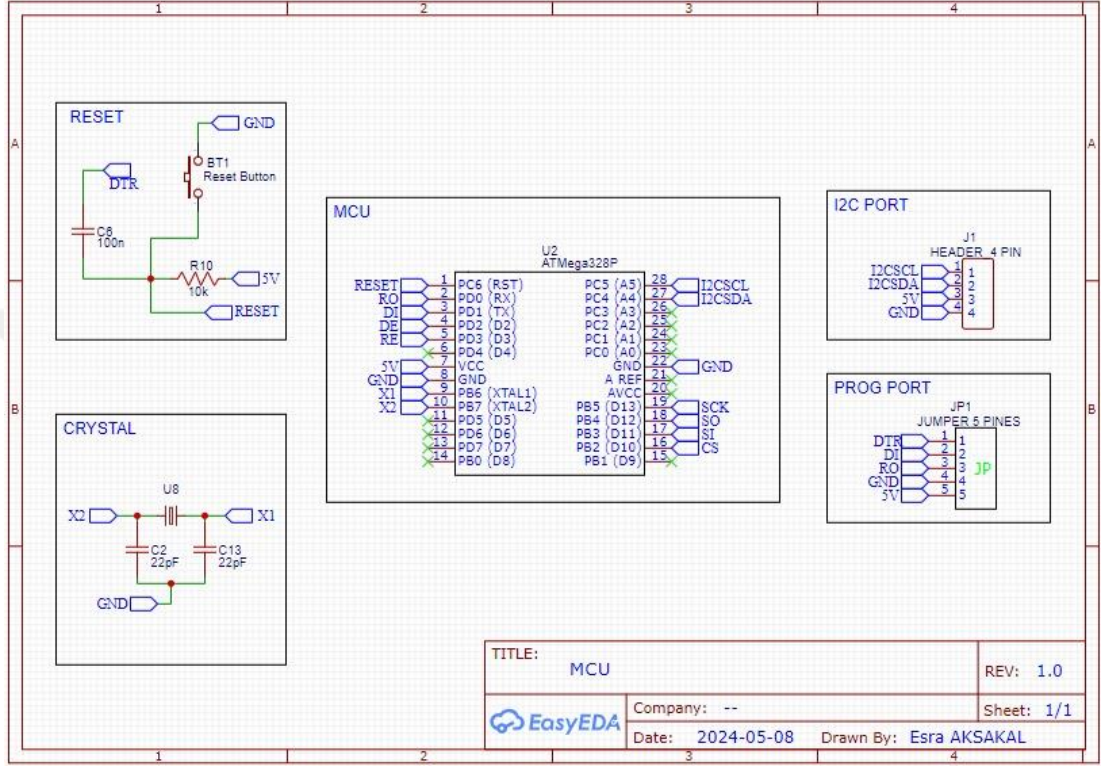
Şekil 3.14. Rapor Ekranı

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. Araştırma Bulguları ve Tartışma

4.1. Deneyisel (Uygulama) Çalışması

4.1.1. Mikrodenetleyici



Şekil 4.1. ATmega328P Şematik Çizim

Şekil 4.1. 'de, enerji izleme yazılımı için tasarlanan ağ geçidi 'in mikrodenetleyici ünitesinin (MCU) donanımsal bağlantıları ve bileşenlerinin şematik resmi gösterilmektedir. Bu şekil, ATmega328P mikrodenetleyici çipinin çeşitli bileşenlerle olan bağlantılarını içermektedir [55].

Mikrodenetleyici ünitesi (MCU), merkezi bileşen olarak ATmega328P mikrodenetleyici çipini kullanmaktadır. Şemada, çipin çeşitli pin bağlantıları ve her bir pinin fonksiyonu belirtilmiştir. Örneğin, PB0, PD1, A0 gibi pin isimleri ve bunların fonksiyonları detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

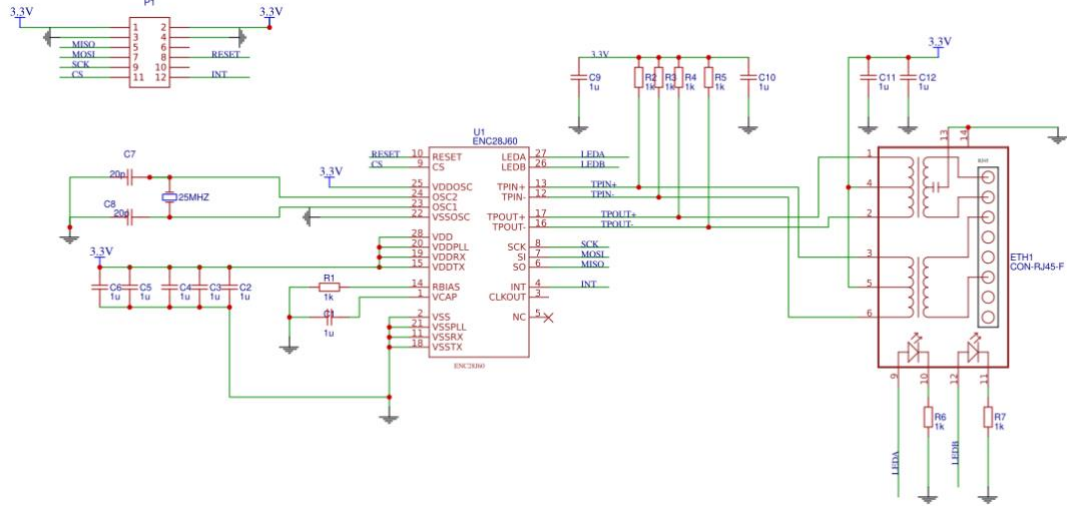
Tablo 4.1. ATmega328P Bileşenleri

BİLEŞEN	AÇIKLAMA	BAĞLANTILAR
RESET Devresi	Mikrodenetleyicinin sıfırlanması için kullanılan devre	
DTR	Data Terminal Ready	Mikrodenetleyici RESET pinine bağlı
BT1	Reset Butonu	Mikrodenetleyici RESET pinine bağlı
C8	100nF Kapasitör	Reset butonu ile bağlantılı, debounce için kullanılır.
R10	10kΩ Direnç	Çekme direnci olarak işlev görür, RESET pinini yüksek tutar.
Kristal Osilatör Devresi	Mikrodenetleyicinin saat kaynağı olarak kullanılan osilatör ve kapasitörler	
X1	16MHz Kristal Osilatör	XTAL1 ve XTAL2 pinlerine bağlı
C2, C13	22pF Kapasitörler	Kristal osilatör ile bağlantılı, stabiliteyi sağlar.
I2C Portu (J1)	I2C iletişim protokolü için bağlantı noktası	
I2CSCL	Saat Hattı (Clock Line)	Mikrodenetleyicinin I2C SCL pinine bağlı
I2CSDA	Veri Hattı (Data Line)	Mikrodenetleyicinin I2C SDA pinine bağlı
GND	Toprak Hattı	Sistemin toprak hattına bağlı
5V	Güç Hattı	Sistemin 5V güç hattına bağlı
Programlama Portu (JP1)	Mikrodenetleyicinin programlanması için kullanılan bağlantı noktası	
DTR	Data Terminal Ready	Programlama arayüzüne bağlı
RXD	Alıcı Verisi (Receive Data)	Programlama arayüzüne bağlı
TXD	Gönderici Verisi (Transmit Data)	Programlama arayüzüne bağlı
GND	Toprak Hattı	Sistemin toprak hattına bağlı
5V	Güç Hattı	Sistemin 5V güç hattına bağlı
Pinler ve Fonksiyonlar	Mikrodenetleyicinin giriş ve çıkış pinleri	
PC0- PC5	Analog Girişler (A0-A5)	Çeşitli sensör veya giriş sinyalleri için kullanılır.
PD0- PD7	Dijital Giriş/Çıkışlar (D0-D7)	Çeşitli dijital giriş/çıkış sinyalleri için kullanılır.
PB0- PB5	Dijital Giriş/Çıkışlar (D8-D13)	Çeşitli dijital giriş/çıkış sinyalleri için kullanılır.
AVCC ve AREF	Analog Voltaj Referans Pinleri	Analog işlemler için referans voltaj sağlamakta kullanılır.
XTAL1 ve XTAL2	Harici Kristal Osilatör Bağlantı Pinleri	Harici kristal osilatör bağlantısı için kullanılır.

4.1.2. Ethernet kontrolcüsü



Şekil 4.3.'de ENC28J60 Ethernet Kontrolcüsü ve onun çevresel bileşenleri gösterilmektedir. ENC28J60 Ethernet bağlantısı için kullanılan bir kontrolcü çipidir [57].



Şekil 4.4. ENC28J60 Ethernet Kontrolcüsü Şematik Çizim 2 [58].

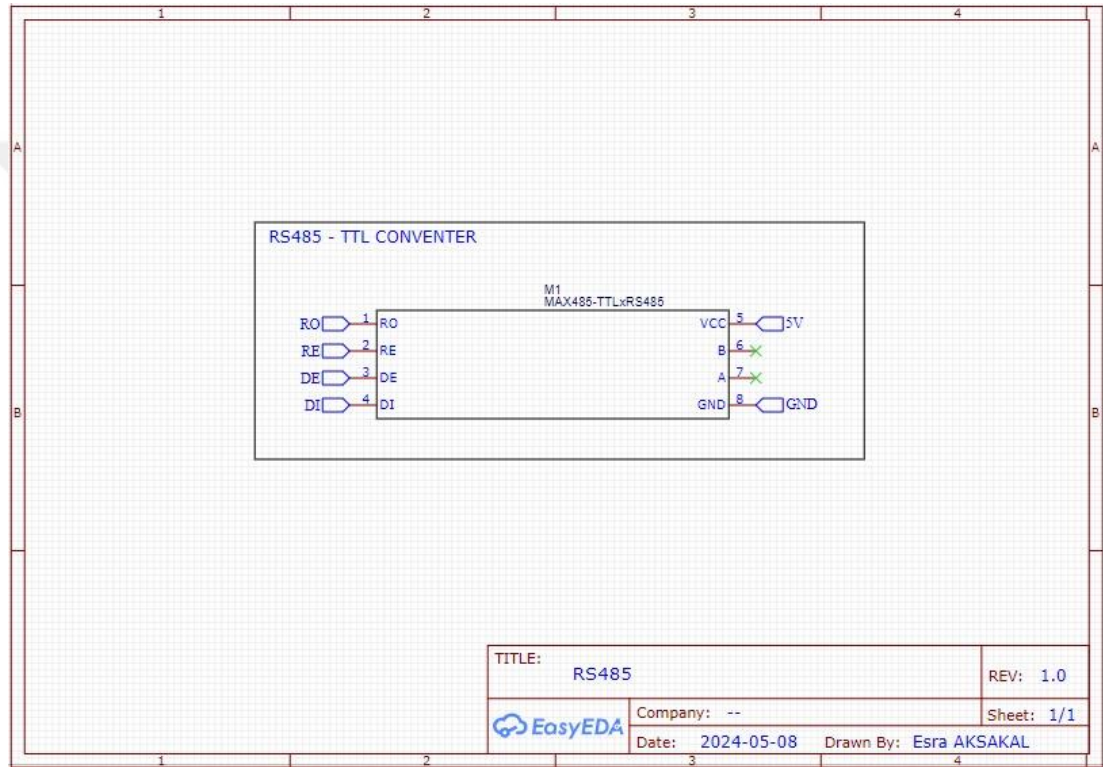
Tablo 4.2. ENC28J60 Bileşenleri

Bileşenler ve Devreler	Açıklama	Bağlantılar
Osilatör ve Zamanlama Devresi		
25 MHz Kristal Osilatör (Y1)	Mikrodenetleyicinin saat kaynağı	OSC1 ve OSC2 pinlerine bağlı
C7 ve C8 (20pF Kapasitörler)	Kristal osilatörün stabil çalışmasını sağlar	Kristal osilatör ile bağlantılı
Besleme ve Filtre Kapasitörleri		
3,3V Besleme Hattı	ENC28J60 çipi 3,3V ile beslenir	
C2, C3, C4, C5, C6 (1uF Kapasitörler)	Besleme hattındaki dalgalanmaları filtreler	Besleme hattına paralel bağlı
C9, C10, C11, C12 (1uF Kapasitörler)	Ekstra filtreleme için kullanılır	Besleme hattına paralel bağlı
ENC28J60 Bağlantıları		
Power Supply Pins (VDD, VSS)	Güç bağlantıları	VDD: 3,3V besleme hattına, VSS: GND hattına bağlı
Network Data Pins (TPIN+, TPIN-, TPOUT+, TPOUT-)	Ethernet veri hattı bağlantıları	RJ45 konektörü ile bağlantılı
Control Pins (SCK, SI, SO, INT, CLKOUT)	SPI arayüzü ve kesme pinleri	Mikrodenetleyiciye bağlı
LED Sürücü Pinleri (LEDA, LEDB)	Ethernet bağlantı durumunu gösteren LED'ler için çıkışlar	LED sürücü dirençlerine bağlı
Ethernet Bağlantı Noktası (RJ45)		
ETH1 (CON-RJ45-F)	Ethernet kablosu için kullanılan standart bağlantı noktası	
R6 ve R7 (1kΩ Dirençler)	LED sürücü dirençleri	LED sürücü pinlerine bağlı
Diğer Bileşenler		
R1 (1kΩ Direnç)	Besleme hattı için direnç	3,3V besleme hattına seri bağlı
C1 (1uF Kapasitör)	Filtre kapasitörü	Besleme hattına paralel bağlı
Detaylı Pin Açıklamaları		
RESET (Pin 10)	Kontrolcüğü sıfırlamak için kullanılır	Mikrodenetleyici RESET pinine bağlı
CS (Chip Select, Pin 9)	SPI iletişimi için çip seçme pini	Mikrodenetleyici CS pinine bağlı
SCK (Serial Clock, Pin 8)	SPI saat sinyali	Mikrodenetleyici SCK pinine bağlı
SI (Serial Input, Pin 7)	SPI veri girişi	Mikrodenetleyici MOSI pinine bağlı
SO (Serial Output, Pin 6)	SPI veri çıkışı	Mikrodenetleyici MISO pinine bağlı
INT (Interrupt, Pin 5)	Kesme sinyali	Mikrodenetleyici INT pinine bağlı
CLKOUT (Clock Output, Pin 4)	Saat çıkışı	Gerekirse harici bileşenlere bağlantı yapılabilir

Tablo 4.2. de mikrodenetleyici ünitesi ve diğer bileşenler için kullanılan ana bileşenler ve bu bileşenlerin bağlantıları özetlemektedir.

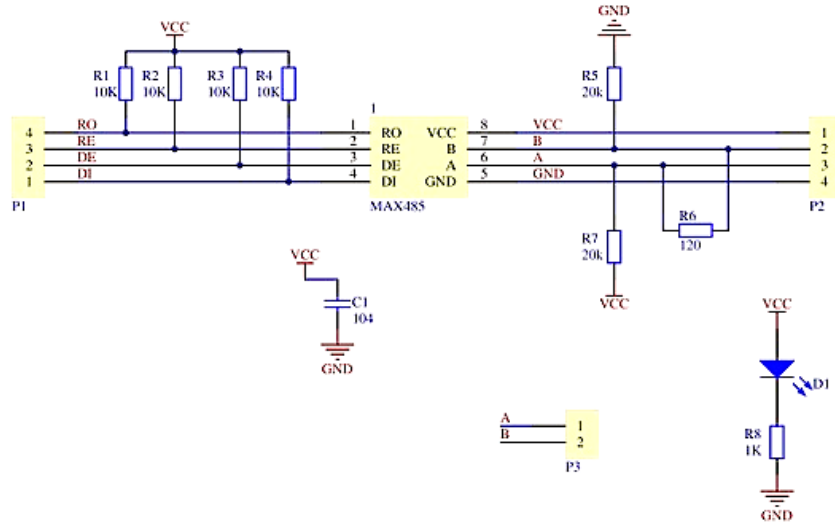
4.1.3. RS485 protokolü (MAX485)

Şekil 4.5. 'de RS-485 iletişim protokolü için kullanılan MAX485 entegre devresinin bağlantıları gösterilmektedir.



Şekil 4.5. MAX485 Entegre Devresinin Bağlantı Şeması

Şekil 4.6. 'da MAX485 Entegre Devresinin Bağlantı Şeması gösterilmektedir. Bağlantı şemasına göre literatür araştırması yapıp Tablo 4.3. yapılmıştır.



1/1

Şekil 4.6. MAX485 Entegre Devresinin Bağlantı Şeması 2

Tablo 4.3. MAX485 ve ilgili bileşenler için kullanılan ana bileşenleri ve bu bileşenlerin bağlantılarını özetlemektedir [59].

Tablo 4.3. MAX485 Entegre Bileşenleri

Bileşenler ve Devreler	Açıklama	Bağlantılar
Giriş/Çıkış Portları		
P1 (4-pin header)	Mikrodenetleyici veya diğer cihazlara bağlantı noktası	Pinler: RO (Receive Output), RE (Receive Enable), DE (Driver Enable), DI (Driver Input)
Dirençler		
R1, R2, R3, R4 (10kΩ dirençler)	Çeşitli sinyal hatları için pull-up/pull-down dirençler olarak işlev görür	Sinyal hatlarına bağlı
R5, R7 (20kΩ dirençler)	Veri hatları üzerinde biasing sağlamak için kullanılır	Veri hatlarına bağlı
R6 (120Ω direnç)	Hat sonlandırma direnci olarak işlev görür, sinyal yansımalarını önler	RS-485 veri hattına bağlı
R8 (1kΩ direnç)	LED için akım sınırlama direnci	LED devresine bağlı
Kapasitörler		
C1 (100nF kapasitör)	Güç kaynağındaki dalgalanmaları filtreler	Güç kaynağı hattına paralel bağlı
Bağlantılar ve Pinler		
MAX485	RS-485 alıcı-verici çip	
Pin 1 (RO)	Alıcı çıkışı	Mikrodenetleyiciye bağlı
Pin 2 (RE)	Alıcı etkinleştirme girişi	Mikrodenetleyiciye bağlı
Pin 3 (DE)	Sürücü etkinleştirme girişi	Mikrodenetleyiciye bağlı
Pin 4 (DI)	Sürücü girişi	Mikrodenetleyiciye bağlı
Pin 5 (GND)	Toprak hattı	GND hattına bağlı
Pin 6 (A) ve Pin 7 (B)	RS-485 farklılaştırılmış sinyal hatları	RS-485 veri hattına bağlı
Pin 8 (VCC)	Güç girişi	5V güç hattına bağlı
LED Göstergesi		
D1 (LED)	Çalışma durumu veya iletişim göstergesi	R8 üzerinden GND'ye bağlı
R8 (1kΩ direnç)	LED'in akımını sınırlamak için kullanılır	LED devresine bağlı
Çıkış Portları		
P2 (4-pin header)	RS-485 veri hattı bağlantısı	RS-485 veri hattına bağlı
P3 (2-pin header)	Ekstra bağlantı noktası	Gerektiğinde kullanılır
Detaylı Pin Açıklamaları ve Fonksiyonlar		
RO (Receive Output)	Veri alındığında mikrodenetleyiciye gönderilen çıkış	Mikrodenetleyiciye bağlı
RE (Receive Enable)	Alıcıyı etkinleştirir. Düşük olduğunda alıcı aktif olur	Mikrodenetleyiciye bağlı
DE (Driver Enable)	Sürücüyü etkinleştirir. Yüksek olduğunda sürücü aktif olur	Mikrodenetleyiciye bağlı
DI (Driver Input)	Mikrodenetleyiciden gelen veri girişi	Mikrodenetleyiciye bağlı

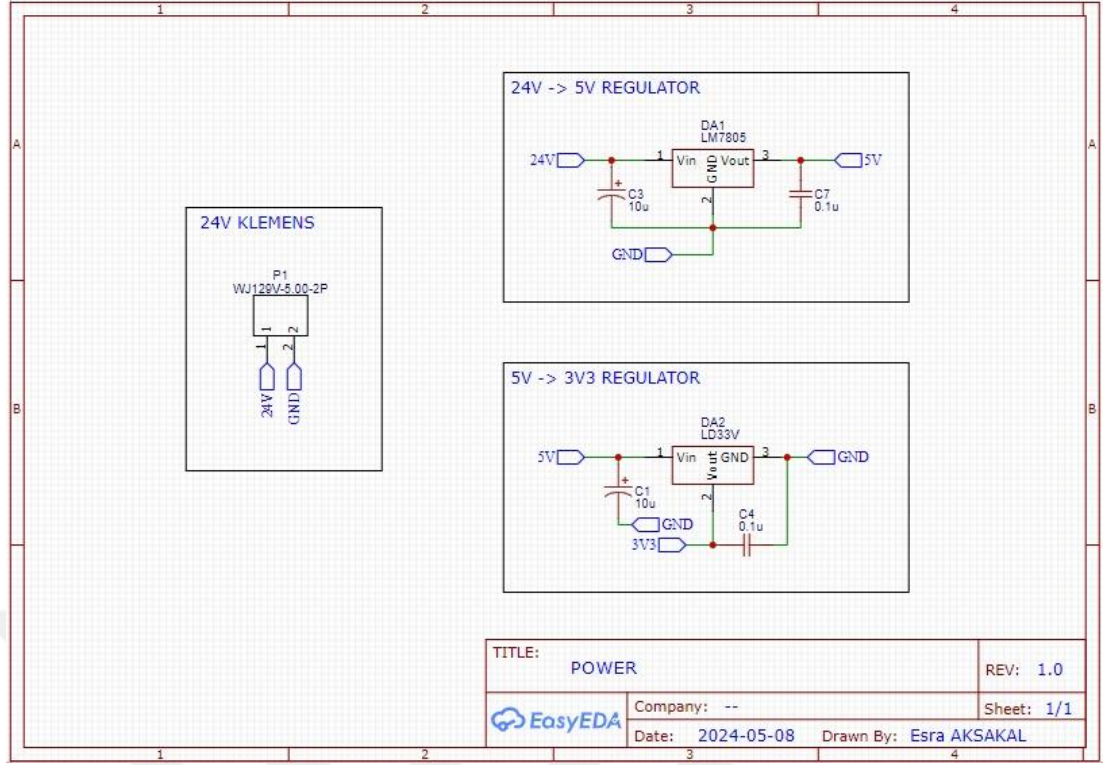
4.1.4. Güç kaynağı

Şekil 4.7. de gösterilen devre, 24 V giriş voltajını 5 V ve 3,3 V çıkış voltajlarına düşüren iki ayrı voltaj regülatörü içermektedir. LM7805 voltaj regülatörü 24 V giriş voltajını 5 V'ye düşürürken, LD33V voltaj regülatörü 5V giriş voltajını 3,3 V'ye düşürmektedir [60]. Her iki regülatörde de giriş ve çıkış voltajındaki dalgalanmaları azaltmak için uygun kondansatörler kullanılmıştır. Bu devre, enerji izleme sisteminin doğru ve güvenilir bir şekilde çalışabilmesi için gerekli olan voltaj seviyelerini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.

24 V giriş voltajını 5 V seviyesine düşürmek için LM7805 voltaj regülatörü kullanılmıştır. LM7805, sabit 5 V çıkış sağlayan ve giriş voltajı 7 V-35 V arasında olduğunda çalışan bir regülatördür. Bu regülatör, enerji izleme sisteminde kullanılan bileşenlerin 5V ile beslenmesini sağlamaktadır. Ayrıca, devrede giriş ve çıkış voltajındaki dalgalanmaları azaltmak için $10\mu\text{F}$ ve $0.1\mu\text{F}$ değerinde iki kondansatör kullanılmıştır.

5 V giriş voltajını 3,3 V seviyesine düşürmek için LD33V voltaj regülatörü kullanılmıştır. LD33V, sabit 3,3 V çıkış sağlayan ve giriş voltajı 3,8 V-15 V arasında olduğunda çalışan bir regülatördür. Bu regülatör, enerji izleme sisteminde kullanılan bileşenlerin 3,3 V ile beslenmesini sağlamaktadır. Devrede, giriş ve çıkış voltajındaki dalgalanmaları azaltmak için yine $10\mu\text{F}$ ve $0.1\mu\text{F}$ değerinde iki kondansatör kullanılmıştır [61].

Tasarlanan voltaj regülatör devresi, enerji izleme sisteminin ihtiyaç duyduğu farklı voltaj seviyelerini sağlamaktadır. Bu sayede sistem, 24 V giriş voltajından beslenerek güvenilir ve doğru bir şekilde çalışmaktadır.



Şekil 4.7. Güç Kaynağı Düzenleme Devreleri

4.2. Uygulama Çalışması Çıktıları

Bu çalışmanın enerji izleme yazılımı ve ağ geçidi tasarımı üzerine yaptığı katkılar hem akademik literatürde hem de endüstriyel uygulamalarda önemli bir yer tutmaktadır. Bu bölümde, çalışmanın çeşitli açılardan sağladığı katkılar detaylandırılacaktır.

Bu çalışma, enerji izleme yazılımları alanında literatüre önemli katkılar sağlamaktadır. Literatürdeki birçok çalışma, genellikle belirli bir markaya veya protokole odaklanırken, bu tezde geliştirilen yazılımın marka bağımsız ve çeşitli protokollerle uyumlu çalışabilmesi üzerine odaklanılmıştır. Bu yenilikçi yaklaşım, enerji izleme yazılımlarının esnekliğini artırmakta ve çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılabilirliğini genişletmektedir. Ayrıca, bu çalışmada geliştirilen ağ geçidi teknolojisi, farklı protokoller arasındaki uyumu sağlayarak literatürdeki diğer çalışmalara yeni bir perspektif sunmaktadır [62].

Bu çalışmanın endüstriyel katkıları, özellikle enerji izleme ve yönetimi konularında önemli yenilikler içermektedir. Geliştirilen yazılım, enerji tüketimini

izleme ve yönetme süreçlerinde önemli bir araç olarak kullanılabilir. Yazılımın marka bağımsız ve çeşitli protokollerle uyumlu çalışabilmesi, endüstriyel tesislerin mevcut sistemlerini değiştirmeden enerji izleme yazılımını entegre edebilmelerini sağlamaktadır. Bu, firmaların donanım maliyetlerini azaltarak, enerji yönetimi süreçlerinde daha verimli ve ekonomik çözümler sunmaktadır [63].

Ayrıca bu çalışma, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik alanında önemli katkılar sunmaktadır. Enerji izleme yazılımı, enerji tüketimini izleme ve analiz etme süreçlerinde sağladığı verilerle, enerji verimliliği stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Literatür araştırmasında birçok markanın enerji izleme yazılımı incelenmiştir. Çoğu yazılım verileri toplamak için başarılı olsa da analiz yeteneği olarak uygun olmadıkları konular tespit edilmiştir. Bu tip üretimden veri toplama gibi yazılımlarının otomasyon firmaları tarafından tasarlanması daha kullanıcı dostu bir arayüz sağlamaktadır. Örnek olarak çoğu firma 15 dakikalık ya da dakikalık verilerle raporlar sunmaktadır. Firmanın ilgilileri bu grafiklere bakarak saatlik tüketimini (KWh) kolayca yorumlayamamaktadır [64]. Bu yüzden bu tezde bahsedilen geliştirilmiş yazılımda Şekil 4.8. 'de gösterildiği gibi saatlik rapor filtreleme özelliği bulunmaktadır.

The screenshot displays a web-based report filtering interface. It features several dropdown menus and date/time pickers. The 'Rapor Türü' (Report Type) dropdown is set to 'Cihaz Bazlı Rapor' (Device-based Report). The 'Cihaz Türü' (Device Type) dropdown is set to 'Elektrik' (Electric). The 'Cihaz veya Bölge Seçiniz' (Select Device or Region) dropdown is set to 'Ages Otomasyon Elektrik Tüketimi' (Ages Automation Electricity Consumption). The 'Başlangıç Tarihi' (Start Date) is set to '27.05.2024 12:51' and the 'Bitiş Tarihi' (End Date) is set to '28.05.2024 12:51'. At the bottom, there are two buttons: '15 Dk Filtrele' (Filter 15 Dk) and '1 Saat Filtrele' (Filter 1 Saat).

Şekil 4.8. Rapor filtreleme sayfası

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. Sonuç ve Öneriler

5.1. Sonuçlar

Bu bölümde, enerji izlemenin sektörel bazda sonuçları ve katkıları ele alınacaktır. Günümüzde dijitalleşme, verimliliği yönetmenin temel gereksinimlerinden biridir. Verilerin tek bir sistemde toplanması, yönetim süreçlerinin hem daha hızlı hem de daha doğru bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Enerji verimliliğini artırmayı amaçlayan bu tez, devamında araştırmaların katkılarını, sınırlamalarını ve gelecekteki çalışmalar için önerileri detaylı bir şekilde açıklayacaktır.

5.1.1. Enerji izleme yazılımı sonuçları

Enerji izleme yazılımları, birçok marka tarafından geliştirilen ve çeşitli sektörlerde geniş uygulama alanı bulan sistemlerdir. Genellikle her firma, kendi markasına ait analizör ve sensörlerle haberleşebilen özel yazılımlar tasarlamaktadır. Bu yazılımlar, tekstil, otomotiv, ilaç, gıda, kauçuk, plastik ve savunma sanayi gibi birçok sektörde üretim yapan fabrikaların enerji tüketimlerini izlemelerine olanak tanımaktadır. Ancak, pek çok firmanın enerji verilerini izlemek için bir yazılıma sahip olmadığı ve manuel yöntemlerle enerji takibi yaptığı gözlemlenmiştir. Bu durum, fabrikaların mevcut sistemlerini yok sayarak sadece belirli bir marka ile uyumlu yazılımların entegre edilmesi durumunda donanım maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmanın başlangıcında yaklaşık 250 firma ziyaret edilerek enerji izleme yazılımlarına duyulan ihtiyaçlar tespit edilmiştir. Bu araştırma sonucunda, geliştirilen enerji izleme yazılımının marka bağımsız birçok protokol ile entegre olabilmesi gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca, uyumlu olmayan protokoller için bir ağ geçidi tasarlanmıştır. Bu ağ geçidi teknolojisi, önceki bölümlerde de açıklandığı üzere, protokol dönüşümünü sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Ağ geçidi tasarımının temel amacı, donanım maliyetlerini azaltmaktır.

Bu tezde tasarlanan ağ geçidi, endüstriyel üretime uygun olarak geliştirilmiş ve düşük maliyetlerle satışa sunulabilecek bir üründür. Donanım maliyetlerinin düşürülmesi, enerji izleme yazılımlarının daha geniş kitlelere yayılmasını

hızlandıracaktır. Yazılımın yaygınlaşması, firmaların enerji yönetimini daha etkin bir şekilde gerçekleştirmesine katkı sağlayacak ve küresel enerji verimliliğini destekleyecektir. Enerji izleme yazılımının yaygın kullanımı, enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynayacaktır. Ayrıca, firmaların enerji tüketimini daha verimli bir şekilde yönetmeleri hem maliyet avantajı sağlamalarına hem de çevresel etkilerini azaltmalarına yardımcı olacaktır.

Bu çalışmada geliştirilen yazılım ve ağ geçidi teknolojisi, mevcut enerji izleme sistemlerine kıyasla daha esnek ve ekonomik bir çözüm sunmaktadır. Marka bağımsız entegre olabilme özelliği, firmaların mevcut sistemlerine uyum sağlamasını kolaylaştırarak, ek donanım yatırımlarını minimize etmektedir. Böylece, enerji izleme yazılımlarının daha geniş bir kullanıcı tabanına ulaşması ve enerji yönetimi süreçlerinin uygulanabilirliği mümkün olacaktır. Bu yenilikçi yaklaşım, enerji izleme ve yönetiminde önemli bir adım olup, gelecekteki çalışmalar için de bir referans niteliği taşımaktadır [65].

5.2. Sınırlamalar ve Gelecek Çalışmaları İçin Öneriler

Bu tezde tasarlanan enerji izleme yazılımı yerli bir firma olan Ages Otomasyon iş birliği ile yapılmıştır. Son 1 yılda tasarlanan bu yazılım satışa sunulmuş ve birkaç tane firmaya kurulmuştur. Pazar payı olan bu çalışmanın önünde bazı engel bulunmaktadır. Firmalarda enerji izleme gibi birçok dijitalleşme projesi bulunmaktadır. Ve firmaların yönetimini kolaylaştırmak için tasarlanan bu yazılımların sayıları arttıkça çok fazla kullanıcı girişli ekranlar olmakta ve bunlar birbirine karışmaktadır. Bu sebepten firmalar bütün sistemlerini tek bir çatı altında toplamayı hedeflemektedir. Bu konuyla alakalı firmaların taleplerine göre yazılıma kestirimci bakım, makine izleme ve diğer endüstri 4.0 uygulamaları entegre edilerek tek çatı şeklinde bir yazılım firmalara sunulabilir [66].

Tasarlanan enerji izleme yazılımının yaygınlaşmasında bir başka engelde firma bilinirliğidir. Özellikle büyük çaplı firmalar yerli bir yazılım kullanmak istememektedir. Global firmalarla çalışarak yatırımlarını garantiye almak istemektedir. Bununla alakalı yerli yazılımlar için devlet destekleri verilmesi için

alışmalar yapılabilir ya da yerli olup bilinirliği artmış bir markanın çatısının altına girilerek bilinirlik arttırılır ve bu şekilde firmaların güveni sağlanabilir.

Yerli yazılımların bilinirliğini artırmak için yapılan çalışmalar ve devlet destekleri, yerli yazılım firmalarının global pazarda rekabet edebilirliğini arttıracaktır. Bu bağlamda, enerji izleme yazılımının yaygınlaşması hem yerel ekonomiye katkı sağlayacak hem de enerji verimliliği açısından önemli kazanımlar elde edilmesine yardımcı olacaktır. Dolayısıyla, yerli yazılım firmalarının desteklenmesi ve tanıtım faaliyetlerinin artırılması, enerji izleme yazılımının başarıyla yaygınlaşmasında kritik bir rol oynayacaktır.



KAYNAKÇA

- [1] Mushafiq, M., Arisar, M. M. K., Tariq, H., & Czapp, S. (2023). Energy efficiency and economic policy: Comprehensive theoretical, empirical, and policy review. *Energies*, 16(5), 2381-2403.
- [2] Islam, S., Ponnambalam, S. G., & Lam, H. L. (2016). Energy management strategy for industries integrating small scale waste to energy and energy storage system under variable electricity pricing. *Journal of Cleaner Production*, 127, 352-362.
- [3] Mobarakeh, M. R., & Kienberger, T. (2022). Climate neutrality strategies for energy-intensive industries: An Austrian case study. *Cleaner Engineering and Technology*, 10, 100545.
- [4] Vorayos, N., Vorayos, N., & Jaitiang, T. (2020). Energy-environmental performance of Thai's cement industry. *Energy Reports*, 6(2), 460-466.
- [5] Duzgun, B., & Komurgoz, G. (2014). Turkey's energy efficiency assessment: White Certificates Systems and their applicability in Turkey. *Energy Policy*, 65, 465-474.
- [6] Narciso, D. A. C., & Martins, F. G. (2020). Application of machine learning tools for energy efficiency in industry: A review. *Energy Reports*, 6, 1181-1199.
- [7] Zakari, A., Khan, I., Tan, D., Alvarado, R., & Dagar, V. (2022). Energy efficiency and sustainable development goals (SDGs). *Energy*, 239, 122365.
- [8] Saatçioğlu, C. ve Küçükaksoy, İ. (2001). Türkiye ekonomisinin enerji yoğunluğu ve önemli enerji taşıma projelerinin ekonomiye etkisi, T.C. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, 11: 8-9.
- [9] Zenk, H. (2018). Investigation of energy efficiency in Turkey. *International Journal of Engineering Engineering*, 93-96.
- [10] Patterson, M. G. (1996). What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy*, 24(5), 377-390.
- [11] Doğan, H., & Yılankırkan, N. (2015). Türkiye'nin enerji verimliliği potansiyeli ve projeksiyonu. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 3(1), 375-384.

- [12] Ünlü, O. (2009). Sanayide enerji tasarrufu çalışmalarının önemi ve buhar sistemleri ile ilgili uygulama örnekleri. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 5-16.
- [13] Yıldız, A., Akgül, S., & Güvercin, S. (2017). Sanayide enerji verimliliği ve uygulamaları. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 7, 1-14.
- [14] International Energy Agency. (2022). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. Erişim tarihi: 2 Mart 2024, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4719e321-6d3d-41a2-bd6b-461ad2f850a8/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf>
- [15] Alhurayess, S. S. (2016). Energy management in hospitals: A case study of the Saudi Ministry of Health (Doctoral dissertation). Brunel University London, London.
- [16] Teke, A., & Güzel, A. (2012). Sanayide enerji verimliliği ve bazı iyileştirme alanları [Sunum]. EMO Adana Şubesi. http://www.emo.org.tr/ekler/acc3855121caef4_ek.pdf (Ziyaret Tarihi: 02.06.2024).
- [17] Tic, W. J., & Guzialowska-Tic, J. (2023). A system of improving energy and ecological efficiency, using the example of fuel oil combustion in power plant boilers. *Energies*, 16(3), 1107.
- [18] Perry, S., Klemeš, J., & Bulatov, I. (2008). Integrating waste and renewable energy to reduce the carbon footprint of locally integrated energy sectors. *Energy*, 33(10), 1489-1497.
- [19] Yıldırım, A. (2022). Kamu kurumlarında ISO 50001 enerji yönetim sisteminin kurulması: Selçuk Üniversitesi örneği / The implementation of ISO 50001 energy management system in public institutions: A case study on Selçuk University (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- [20] Özsalman, E., & Derindağ, Ö. F. (2023). Modern tarife dışı engel olarak sınırda karbon düzenleme mekanizması. *Gümrük Ticaret Dergisi*, 31-42.
- [21] Carapellucci, R., & Giordano, L. (2021). Regenerative gas turbines and steam injection for repowering combined cycle power plants: Design and part-load performance. *Energy Conversion and Management*, 227, 113519.
- [22] Javied, T., Rackow, T., & Franke, J. (2015). Implementing energy management system to increase energy efficiency in manufacturing companies. *Procedia CIRP*.

- [23] Sesen, A. (2020, Haziran 20). HTML, CSS, JavaScript. Medium.
- [24] Microsoft. (n.d.). Creating a Data Access Layer (C#). Microsoft Docs. Retrieved June 17, 2024, from <https://learn.microsoft.com/tr-tr/aspnet/web-forms/overview/data-access/introduction/creating-a-data-access-layer-cs>.
- [25] Wikipedia contributors. (n.d.). Database management system. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved June 17, 2024, from https://en.wikipedia.org/wiki/Database_management_system.
- [26] Yılmaz, A. S. ., & Görmemiş, M. . (2006). ENERJİ ANALİZÖRLERİ İÇİN GELİŞTİRİLEN DELPHI TABANLI BİR ENERJİ İZLEME YAZILIMI. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(3), 359-368.
- [27] Görmemiş, M. (2006). Dağıtım Şebekelerinde Enerji Kalitesi Ölçümlerinde Haberleşme Uygulaması (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). K.Maraş.
- [28] Eroğlu, H. (2009). Bir dağıtım şebekesinin güç kalitesi ve harmonikler yönünden incelenmesi.
- [29] Şentürk, O. S., & Hava, A. M. (2007). Yüksek Harmonik Yalıtım Başarılı Tek-Faz Seri Etkin Süzgeç. Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 12. Ulusal Kongresi.
- [30] Irmak, E., Calpbinici, A., & Güler, N. (2012). Orta ölçekli bir işletmenin enerji izleme sisteminin tasarlanması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(2), 123-453.
- [31] Sönmez, M. (2006). Akıllı Binalardaki Tenkik-teknolojik Sistemler Ve Enerji İzleme Sisteminin Entegrasyonu.
- [32] Chen, G. (n.d.). ENC28J60 Ethernet board. OSHWLab. Retrieved July 16, 2024, from https://oshwlab.com/gerrychen/ENC28J60_Ethernet_Board-aKEVd7pHZ.
- [33] Maytek Enerji. (n.d.). Modbus Haberleşme Protokolü: Endüstriyel Sistemlerde Veri Etkileşimi. Retrieved June 19, 2024, from <https://www.maytekenerji.com.tr/tr/modbus-haberlesme-protokolu-endustriyel-sistemlerde-veri-etkilesimi/>.
- [34] Karnam, N. (2007). MODBUS Implementation Using A Serial L.

- [35] Parian, C., Guldemann, T., & Bhatia, S. (2020). Fooling the master: Exploiting weaknesses in the modbus protocol. *Procedia Computer Science*, 171, 2453-2458.
- [36] Voyiatzis, A. G., Katsigiannis, K., & Koubias, S. (2015, September). A Modbus/TCP fuzzer for testing internetworked industrial systems. In 2015 IEEE 20th conference on emerging technologies & factory automation (ETFA) (pp. 1-6). IEEE.
- [37] Maytek Enerji. (n.d.). Modbus Haberleşme Protokolü: Endüstriyel Sistemlerde Veri Etkileşimi. Retrieved June 19, 2024, from <https://www.maytekenerji.com.tr/tr/modbus-haberlesme-protokolu-endustriyel-sistemlerde-veri-etkilesimi/>.
- [38] Reviriego, P., Hernández, J. A., Larrabeiti, D., & Maestro, J. A. (2009). Performance evaluation of energy efficient ethernet. *IEEE Communications Letters*, 13(9), 697-699.
- [39] Kuang, Y. (2014, September). Communication between PLC and Arduino based on Modbus protocol. In 2014 fourth international conference on instrumentation and measurement, computer, communication and control (pp. 370-373). IEEE.
- [40] Thepmanee, T., Pongswat, S., Asadi, F., & Ukakimaparn, P. (2021). Implementation of control and SCADA system: Case study of Allen Bradley PLC by using WirelessHART to temperature control and device diagnostic. In 2021 8th International Conference on Power and Energy Systems Engineering (CPESE 2021), 10–12 September 2021, Fukuoka, Japan.
- [41] Singh, M., Sreejeth, M., Singh, P., Mathur, R., & Ranjan, R. (2016, December). Implementation and analysis of PLC SCADA controlled closed loop four quadrant speed control of chopper fed DC motor. In 2016 International Conference on Electrical Power and Energy Systems (ICEPES) (pp. 327-332). IEEE.
- [42] Tanış, Z., & Altıntaş, N. (2023). Elazığ İlinde Şebekeye Bağlı 1036, 8 kw Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Ölçülen ve Simüle Edilen Performans Verilerinin Analizi. *EMO Bilimsel Dergi*, 13(2), 71-80.
- [43] Mabrouki, J., Azrour, M., Dhiba, D., Farhaoui, Y., & El Hajjaji, S. (2021). IoT-based data logger for weather monitoring using arduino-based wireless sensor networks with remote graphical application and alerts. *Big Data Mining and Analytics*, 4(1), 25-32.

- [44] Akkaya, S., Akbatı, O., & Ergenc, A. F. Endüstriyel Sistemler için FPGA Tabanlı Modbus Gateway Tasarımı ve Uygulaması-Design and Application of a...
- [45] Yılmaz, A. S., & Görmemiş, M. Enerji Analizörleri İçin Geliştirilen Delphi Tabanlı Bir Enerji İzleme Yazılımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(3), 359-368.
- [46] Bayram, M. B. (2007). Fiber Optik Kablo İle Gigabit Ethernet Kartı Tasarımı (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- [47] Kalaycı, O. (2015). PLC ve CAN-Bus haberleşme protokolü ile bina enerji yönetimi uygulaması (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- [48] Kaya, B., Altıntaş, A., & Kök, Ü. (2015). ESNEK OTOMASYON SİSTEMLİ VERİ TAKİP SİSTEMİNİN TASARIM VE UYGULAMASI. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 7(2), 30-38.
- [49] Elkıran, H. (2020). Occ-Opencv kütüphanesi için blok tabanlı programlama aracı (Master's thesis, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Anabilim Dalı).
- [50] Kumaş, K., Akyüz, A. Ö., Zaman, M., & Güngör, A. (2019). Sürdürülebilir bir çevre için karbon ayak izi tespiti: MAKÜ Bucak Sağlık Yüksekokulu örneği. El-Cezeri, 6(1), 108-117.
- [51] Kaya, H. G., & Sağbaş, A. (2024). Müşteri İlişkileri Yönetiminde Büyük Veri ve Robotik Süreç Otomasyonu ile Süreç İyileştirme. European Journal of Engineering and Applied Sciences, 7(1), 44-53.
- [52] Aktürk, T. B., & Fidan, U. (2009). Buhar Kazanı Otomasyon Sistemi için Uzakta Görüntüleme Sistemi Tasarımı. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(1), 71-78.
- [53] Çolak, İ. (2006). Yüksek Akım, Düşük Gerilimli Düşürücü Tip Modüler Tam Köprü Çevirici (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [54] Çolak, İ., Kaplan, O., Bayındır, R., & Kundakoğlu, H. Reaktif Güç Kompanzasyonu Uygulamalarının Eğitim Amaçlı Benzetimi Simulation of the Reactive Power Compensation Applications for Educational Purpose.
- [55] Abdullah, R., Rizman, Z. I., Dzulkefli, N. N. S. N., Ismail, S., Shafie, R., & Jusoh, M. H. (2016). Design an automatic temperature control system for smart tudungsaji using Arduino microcontroller. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 11(16), 9578-9581.

- [56] Çiloğlu, T., Özeren, E., & Ustun, A. B. (2021). Mobil uygulama geliştirme, yayımlama ve ekonomik gelir etme aşamalarının incelenmesi: IOS ve Android sistemlerinin karşılaştırması. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 5(1), 60-77.
- [57] Jia, S., & Ma, C. (2011). The design of the embedded WEB server based on ENC28J60. *Procedia Engineering*, 15, 2670-2674.
- [58] Chen, G. (n.d.). ENC28J60 Ethernet board. OSHWLab. Retrieved July 16, 2024, from https://oshwlab.com/gerrychen/ENC28J60_Ethernet_Board-aKEVd7pHZ.
- [59] Gökdemir, V. (2017). Demiryolu balizlerinin durum takip sistemi tasarımı ve gerçekleştirilmesi.
- [60] Saikumar, M., Sai, K. K., Priyanka, B., & Vineetha, M. R. S. (2020). Phone Control Load Management System. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7.
- [61] Ersöz, B., & Özmen, M. (2020). Dijitalleşme ve bilişim teknolojilerinin çalışanlar üzerindeki etkileri. *AJIT-e: Academic Journal of Information Technology*, 11(42), 170-179.
- [62] Postolache, M., Neamtu, G., & Trofin, S. D. (2013, October). CAN-Ethernet gateway for automotive applications. In 2013 17th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC) (pp. 422-427). IEEE.
- [63] Mutlu, V., Özgür, C., & Bekaroğlu, Ş. Ş. K. (2018). Kauçuk endüstrisinde karbon ayak izinin belirlenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 139-146.
- [64] Çifçi, M. A., & Sönmez, F. Kablosuz Algılayıcı Ağlar Enerji-Verimli OEK Protokolleri. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(1), 56-68
- [65] PowerWatch 360. (2024). Enerji İzleme Yazılımı. AGES Otomasyon. <https://www.powerwatch360.com/>
- [66] Basit Veri. (2024). Dashboard/Index. AGES Otomasyon. <https://www.basitveri.com/Dashboard/Index>

EKLER

Ek-1 Gömülü Yazılım Kodları

```
#include <EtherCard.h>          // EtherCard kütüphanesi
#include <SPI.h>
#include <ModbusMaster.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <UIPEthernet.h>

// SoftwareSerial ve ModbusMaster nesneleri oluşturun
SoftwareSerial mb(2, 3);
ModbusMaster node;

#define MAX485_DE_RE 4

// Ethernet bağlantısı için gerekli IP, MAC ve gateway bilgileri
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
IPAddress ip(192, 168, 0, 10);
IPAddress serverIP(192, 168, 0, 111);
EthernetClient client;

void readAndAppendRegister(uint16_t address, uint8_t* dataBuffer, size_t bufferSize) {
    uint8_t result = node.readHoldingRegisters(address + 1, 1);
    uint16_t regVal;

    if (result == node.ku8MBSuccess) {
        regVal = node.getResponseBuffer(0);

        if (bufferSize >= 2) {
            dataBuffer[bufferSize - 2] = highByte(regVal);
            dataBuffer[bufferSize - 1] = lowByte(regVal);
        }
    } else {
        memset(dataBuffer, 0xFF, bufferSize);
    }
}

void tcp_datafill_cb(uint8_t *dataBuffer) {
    readAndAppendRegister(0x40000, dataBuffer, 2); // Voltage L1-N
    readAndAppendRegister(0x40002, dataBuffer, 4); // Voltage L2-N
    readAndAppendRegister(0x40004, dataBuffer, 6); // Voltage L3-N
    readAndAppendRegister(0x40008, dataBuffer, 8); // Voltage L1-L2
    readAndAppendRegister(0x4000A, dataBuffer, 10); // Voltage L2-L3
    readAndAppendRegister(0x4000C, dataBuffer, 12); // Voltage L3-L1
    readAndAppendRegister(0x4000E, dataBuffer, 14); // Current L1
    readAndAppendRegister(0x40010, dataBuffer, 16); // Current L2
    readAndAppendRegister(0x40012, dataBuffer, 18); // Current L3
    readAndAppendRegister(0x4001A, dataBuffer, 20); // Active power L1-N
    readAndAppendRegister(0x4001C, dataBuffer, 22); // Active power L2-N
    readAndAppendRegister(0x4001E, dataBuffer, 24); // Active power L3-N
    readAndAppendRegister(0x40026, dataBuffer, 26); //  $\Sigma$ Active Power +/- =  $\Sigma P = P1+P2+P3$ 
    readAndAppendRegister(0x40028, dataBuffer, 28); // Reactive power L1
    readAndAppendRegister(0x4002A, dataBuffer, 30); // Reactive power L2
    readAndAppendRegister(0x4002C, dataBuffer, 32); // Reactive power L3
    readAndAppendRegister(0x40038, dataBuffer, 34); //  $\Sigma$ Reactive Power +/- =  $\Sigma Q = Q1+Q2+Q3$ 
    readAndAppendRegister(0x40048, dataBuffer, 36); // Power Factor L1
    readAndAppendRegister(0x4004A, dataBuffer, 38); // Power Factor L2
    readAndAppendRegister(0x4004C, dataBuffer, 40); // Power Factor L3
    readAndAppendRegister(0x400EC, dataBuffer, 42); // Total Delivered Energy L1..L3
    readAndAppendRegister(0x400EE, dataBuffer, 44); // Total Delivered Energy L1..L3
}
```

Ek-2 PC Test Yazılım Kodları

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;
using System.Text;
using System.Threading;
using System.Windows.Forms;

namespace Ethernet2ModbusCircuit
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        private TcpListener server;
        private List<TcpClient> clients;
        private TcpListener tcpListener;
        private Thread listenThread;
        private List<TcpClient> connectedClients = new List<TcpClient>();

        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
            clients = new List<TcpClient>();
        }
    }
}
```

```
private void ListenForClients()
{
    while (true)
    {
        TcpClient client = null;
        try
        {
            // Yeni istemci bağlantısı kabul et
            client = tcpListener.AcceptTcpClient();
            connectedClients.Add(client); // İstemciyi listeye ekle
            string clientInfo = client.Client.RemoteEndPoint.ToString();
            UpdateListBox(clientInfo);

            NetworkStream stream = client.GetStream();
            byte[] buffer = new byte[1024];

            // İstemciden veri okuma döngüsü
            while (client.Connected)
            {
                int bytesRead = stream.Read(buffer, 0, buffer.Length);
                if (bytesRead > 0)
                {
                    // Gelen veriyi byte array olarak işle
                    byte[] data = new byte[bytesRead];
                    Array.Copy(buffer, data, bytesRead);
                    UpdateLabel(data); // Veriyi Label kontrolüne byte array olarak gönder
                }
            }
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show("Error handling client connection: " + ex.Message);
        }
    }
}
```