



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARI İÇİN GÖRÜNÜR IŞIK
HABERLEŞME ALTYAPISINI KULLANAN YENİLİKÇİ BİR
HABERLEŞME SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat DAŞ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

HAZİRAN 2024

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARI İÇİN GÖRÜNÜR IŞIK
HABERLEŞME ALTYAPISINI KULLANAN YENİLİKÇİ BİR
HABERLEŞME SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Murat DAŞ
(20278034063)
ORCID: 0000-0002-4967-4327**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Danışman: Doç. Dr. Gökay BAYRAK
ORCID: 0000-0002-5136-0829**

HAZİRAN 2024

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 20278034063 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Murat DAŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARI İÇİN GÖRÜNÜR IŞIK HABERLEŞME ALTYAPISINI KULLANAN YENİLİKÇİ BİR HABERLEŞME SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Gökay BAYRAK**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Alper YILMAZ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Cem HAYDAROĞLU.....
Dicle Üniversitesi

Teslim Tarihi :
Savunma Tarihi : 24 Haziran 2024



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Murat DAŞ

İmzası:





Aileme,

ÖNSÖZ

Elektrikli araçlar, çağımızın sürdürülebilir ulaşımına önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu dönüşümde, elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte şarj altyapısının geliştirilmesi ve verimliliğinin artırılması hayati öneme sahiptir. Bu tez, elektrikli araçların şarj altyapısında kullanılan iletişim teknolojilerinin etkin bir şekilde nasıl kullanılabileceğini araştırmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın oluşturulmasında emeği geçen herkese teşekkür etmek isterim. Özellikle, tez çalışmamın yönlendirilmesindeki destekleri için saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Gökay Bayrak'a teşekkür ederim. Ayrıca, aileme ve sevdiğlerime sonsuz destekleri için minnettarım.

Haziran 2024

Murat DAŞ
(Elektrik Elektronik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür Araştırması	2
1.2.1 Görünür ışık haberleşmesi ve teknolojik gelişmeler.....	2
1.2.2 LED Teknolojisi ve GIH.....	3
1.2.3 GIH uygulama alanları	3
1.2.4 Endüstri ve IoT uygulamaları	4
1.2.5 EA şarj istasyonları ve yenilikçi şarj yöntemleri	5
1.2.6 Sonuç.....	8
2. EA ŞARJ ÜNİTELERİ HABERLEŞME YÖNTEMLERİ.....	9
2.1 EA Şarj Yöntemleri	9
2.1.1 EA şarj cihazlarında DA şarj tipi	10
2.1.2 EA şarj cihazlarında AA şarj tipi	10
2.1.3 EA şarj cihazlarının bağlantı tipleri	10
2.2 EA Şarj Cihazlarında Haberleşme Yöntemleri	11
2.2.1 Temel haberleşme yöntemleri	12
2.2.2 Gelişmiş haberleşme yöntemleri	14
3. ÖNERİLEN GIH TABANLI HABERLEŞME YÖNTEMİ.....	15
3.1 Görünür Işık Nedir?	15
3.2 Görünür Işık Haberleşmesi.....	15
3.2.1 GIH Uygulamaları.....	16
3.3 Önerilen Sistemin Genel Blok Şeması	18
3.4 GIH Kontrol Sistemi	18
3.4.1 Işık yayan diyot (LED)	19
3.4.2 Fotodiyot	20
3.4.3 Yazılım ve alt sistemleri	21
3.4.3.1 LabVIEW	21
3.4.4 FPGA geliştirme kartı (MyRIO-1900).....	22
3.5 Geliştirilen Test Sistemi	24
3.6 Arayüz Yazılımı	27
3.6.1 Kullanıcı giriş ekranı.....	27
3.6.2 Önerilen GIH sistemi	28

3.6.3 Arıza Tespit Arayüzü	29
3.6.4 Şebeke ayarları	29
4. DENEYSEL SONUÇLAR.....	30
4.1 Aşırı Gerilim Koruma (AGK) Durumu	30
4.2 Düşük Gerilim Koruma (DGK) Durumu	32
4.3 Aşırı Frekans Koruma (AFK) Durumu	33
4.4 Düşük Frekans Koruma (DFK) Durumu	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
KAYNAKLAR	39
ÖZGEÇMİŞ.....	44



KISALTMALAR

AA	: Alternatif Akım
AFK	: Aşırı Frekans Koruması
AGK	: Aşırı Gerilim Koruması
CP	: Control Pilot
DA	: Doğru Akım
DFK	: Düşük Frekans Koruması
DGK	: Düşük Gerilim Koruması
EA	: Elektrikli Araç
EVSE	: Electric Vehicle Supply Equipment
FV	: Fotovoltaik
GFC	: Gain Feedback Control
GIH	: Görünür Işık Haberleşmesi
Hz	: Hertz
IoT	: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
Li-Fi	: Light Fidelity
PP	: Proximity Pilot
PLCC	: Power Line Carrier Communication
SGIH	: Suallı Görünür Işık Haberleşmesi
VLP	: Visible Light Positioning (Görünür Işık Konumlandırma)

SEMBOLLER

%	: Yüzde
T	: Periyot (ms)
t	: Zaman (sn)
V	: Gerilim (Volt)
f	: Frekans (Hertz)



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: EA ve EVSE durumları [44]	14
Çizelge 4.1 : Aşırı gerilim şebeke ve kesici durumları.....	32
Çizelge 6.1 : EA şarj ünitelerinde haberleşme yöntemlerinin karşılaştırılması.....	37



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : EA şarj istasyonları bağlantı yöntemleri	9
Şekil 2.2 : EA konnektör tipleri [42]	11
Şekil 2.3 : EA simulink modeli [44]	12
Şekil 2.4: Görev periyodu – Şarj gücü grafiği [47]	13
Şekil 2.5 : IEC standartlarına göre Tip-3 EA şarj modeli [48]	13
Şekil 3.1 : Görünür ışık spektrumu [51]	15
Şekil 3.2 : Li-Fi sisteminin genel prensip şeması [52]	16
Şekil 3.3 : Görünür ışık haberleşmesi genel prensip şeması	17
Şekil 3.4: Önerilen GIH sisteminin genel blok şeması.....	18
Şekil 3.5 : GIH koruma tabanlı EA şarj istasyonu sistem şeması	19
Şekil 3.6 : LED ve gösterimi	20
Şekil 3.7 : OPT101 ve pin diyagramı [55].....	21
Şekil 3.8 : myRIO-1900 geliştirme kartı [58].....	23
Şekil 3.9 : Sistem blok diyagramı.....	24
Şekil 3.10 Önerilen gerçek zamanlı GIH test sistemi	25
Şekil 3.11 : (a) Modülatör ve demodülatör osiloskop sinyalleri (b) GIH gerçek zamanlık osiloskop sonuçları	26
Şekil 3.12 : Geliştirilen GIH tabanlı izleme ve koruma sisteminin prensip şeması ..	27
Şekil 3.13 : Kullanıcı giriş ekranı arayüzü	28
Şekil 3.14 : Önerilen GIH sistemi arayüzü.....	28
Şekil 3.15 : Arıza Tespit Arayüzü	29
Şekil 3.16 : Şebeke ayarları ekranı	29
Şekil 4.1 : Aşırı gerilim durumu	31
Şekil 4.2 : LabVIEW aşırı gerilim durumu	31
Şekil 4.3 : (a) Düşük gerilim koruma grafiği (b) Düşük gerilim koruma arayüzü	33
Şekil 4.4: (a) Aşırı frekans koruma grafiği (b) Aşırı frekans koruma arayüzü.....	34
Şekil 4.5 : (a) Düşük frekans durumu (b) Düşük frekans koruma arayüzü	35

Elektrikli Araç Şarj İstasyonları İçin Görünür Işık Haberleşme Altyapısını Kullanan Yenilikçi Bir Haberleşme Sistemi Geliştirilmesi

ÖZET

Elektrikli araçlar günümüzde giderek daha fazla ilgi görmekte ve bu da şarj altyapısına olan ihtiyacı hızla artırmaktadır. Araştırmacılar, batarya değiştirme, kablosuz ve kablolu şarj gibi çeşitli yöntemleri incelemişlerdir. Ancak, elektrikli araçların uzun şarj süreleri, geleneksel araçlara kıyasla bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Batarya değiştirme istasyonları hızlı bir şarj imkanı sunsa da, tam şarj edilmiş batarya envanterine ihtiyaç duyulması lojistik zorluklarını beraberinde getirebilmektedir. Kablosuz şarj ise pratik olmasına rağmen diğer yöntemlere göre daha yavaş işlemektedir. Kablolu şarj ise halen en yaygın olanıdır ve AA ve DA modlarıyla kullanılmaktadır. Ancak, bu yöntemler özellikle MOD 1 şarjında bazı güvenlik endişelerine yol açmaktadır. Bununla birlikte görünür ışık haberleşmesi (GIH) teknolojisi, şarj sistemlerinde verimli ve güvenli veri iletimi için umut vadeden bir çözüm olarak ön plana çıkmaktadır. Yüksek veri hızları ve düşük güç tüketimi avantajlarıyla GIH, elektrikli araç (EA) şarj istasyonları için potansiyel faydalar sunmaktadır. Bu çalışmada, EA şarj üniteleri ile taşıtlar arasındaki iletişim sistemi incelenerek, GIH tabanlı yenilikçi bir şebeke izleme ve koruma sistemi geliştirilmiştir. Tezde öncelikle EA şarj altyapısında kullanılan haberleşme teknolojileri araştırılmış, analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, GIH teknolojilerinin EA şarj altyapısının güvenilirliğini artırmak amacıyla kullanılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, şebeke gerilimi ve frekansında meydana gelebilecek anormal değişimler nedeni ile EA şarj ünitelerinin güvenli bir şekilde devreye girmesi ve devreden çıkması amacı ile GIH altyapısı kullanılmıştır. GIH'nin modülatör ve demodülatör yapısı LabVIEW ile gerçek zamanlı olarak VHDL dilinde kodlanarak geliştirilmiştir. Şebekenin anormal gerilim ve frekans durumları (AGK, DGK, AFK ve DFK) GIH yardımı ile tespit edilerek, EA şarj ünitelerinin güvenilir bir şekilde IEEE 929-2000 standartlarında belirtilen sınırlar içinde çalışabilmesine imkan sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen GIH altyapısına dayalı izleme ve koruma sisteminin, EA şarj ünitelerinin şebekeye entegrasyonunda, mikroşebekelerde ve dağıtık üretim sistemlerinde güvenli bir şekilde pratikte de uygulanabileceğini göstermektedir. Ayrıca, geliştirilen GIH altyapısının, EA şarj ünitelerinin aşırı ısınma, aşırı yük talebi ve şebeke kaynaklı güç kalitesi problemleri için de geliştirilebilir bir yapıda olduğu düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Elektrikli araç şarj istasyonu, Görünür ışık haberleşmesi, Akıllı şebeke, Güç sistemlerinde koruma

Development of an Innovative Communication System Utilizing Visible Light Communication Infrastructure for Electric Vehicle Charging Stations

SUMMARY

Electric vehicles (EVs) are gaining increasing interest today, rapidly boosting the need for charging infrastructure. Researchers have explored various methods such as battery swapping, wireless charging, and wired charging. However, the long charging times of electric vehicles pose a disadvantage compared to conventional vehicles. Although battery swapping stations offer a quick charging solution, they bring logistical challenges due to the need for a fully charged battery inventory. Wireless charging, while convenient, is slower than other methods. Wired charging remains the most common method and can be used in AC and DC modes. However, these methods, particularly Mode 1 charging, raise some safety concerns. In this context, visible light communication (VLC) technology emerges as a promising solution for efficient and secure data transmission in charging systems. With its high data rates and low power consumption, VLC offers potential benefits for EV charging stations. This study develops an innovative VLC-based grid monitoring and protection system by examining the communication system between EV charging units and vehicles. The thesis first investigates, analyzes, and evaluates the communication technologies used in EV charging infrastructure. In this context, the use of VLC technology aims to enhance the reliability of EV charging infrastructure. The VLC infrastructure is employed to ensure the safe operation and disconnection of EV charging units due to abnormal voltage and frequency changes in the grid. The modulator and demodulator structure of VLC is developed in real-time using VHDL language coded in LabVIEW. Abnormal voltage and frequency conditions in the grid (over-voltage, under-voltage, over-frequency, and under-frequency) are detected with the help of VLC, enabling EV charging units to operate safely within the limits specified in the IEEE 929-2000 standards. The results show that the developed VLC-based monitoring and protection system can be practically applied in the safe integration of EV charging units into the grid, microgrids, and distributed generation systems. Additionally, the developed VLC infrastructure is considered to be adaptable for EV charging units' issues such as overheating, excessive load demand, and grid-related power quality problems.

Keywords: Electric vehicle charging station, Visible light communication, Smart grid, Protection in power systems

1. GİRİŞ

Elektrikli araçlara (EA) olan ilginin artması, şarj altyapısına olan ihtiyacı hızla artırmıştır. Araştırmacılar, batarya değiştirme, kablosuz ve kablolu şarj gibi çeşitli şarj yöntemlerini incelemişlerdir. Ancak, EA'lar, geleneksel araçlara kıyasla daha uzun şarj süreleriyle karşı karşıyadır. Batarya değiştirme istasyonları hızlı değişimlere olanak tanırken, tamamen şarj edilmiş bir batarya envanterini gerektirir ve bu da tedarik zinciri sorunlarına neden olur. Kablosuz şarj ise pratiklik sunmasına rağmen diğer yöntemlere kıyasla daha yavaştır [1]. Özellikle AA ve DA modlarını kullanan kablolu şarj, halen en yaygın olanıdır. Bu istasyonlar, araç ile güç kaynağı arasında doğrudan bir bağlantı içerir ve şarj kabloları kontrol devreleri ile donatılmıştır. Popülerliklerine rağmen, kablolu şarj teknolojileri özellikle MOD 1 şarjında güvenlik endişeleri taşımaktadır [2].

Görünür Işık Haberleşmesi (GIH) teknolojisi, şarj sistemlerinde verimli ve güvenli veri iletimi için umut vadeden bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Yüksek veri hızları ve düşük güç tüketimi avantajlarını kullanarak, GIH, EA şarj istasyonları için potansiyel faydalar sunar [3]. Ayrıca, hidrojen yakıt hücresi teknolojisi, EA gücü için bir alternatif sunar. Hidrojen yakıt hücreleri, hızlı yakıt dolun süreleri ve daha uzun sürüş mesafeleri sağlayarak, bazı EA kısıtlamalarını ele alır. Ancak, altyapı ve üretim gibi zorluklar geniş çapta benimsenmesini engeller [4].

EA talebi arttıkça, GIH ve hidrojen yakıt hücreleri gibi yenilikçi teknolojilerin şarj altyapısına entegre edilmesi hayati önem taşır. Bu ilerlemeler, şarj verimliliğini artırarak ve EA menzil endişelerini ele alarak sürdürülebilir ulaşım ekosistemlerine katkıda bulunur.

Bu çalışma, EA şarj üniteleri ile şebeke arasındaki koruma sistemlerini incelemektedir. EA şarj ünitelerinin elektrik şebekesine bağlanmasında, değişken şebeke koşullarına uygun bir koruma yapısı gerekmektedir. Bu kapsamda, frekans ve gerilim değişimlerinde cihazın, şebekenin ve insan sağlığının korunmasını sağlayacak, IEEE 929-2000 standartlarına uygun, GIH tabanlı bir şebeke izleme ve koruma sistemi

geliştirilmiştir. Bu yenilikçi sistem, temel ve gelişmiş koruma fonksiyonlarına alternatif olarak, şebekedeki hataları tespit ederek güvenli bir operasyon sağlamayı amaçlamaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında, EA şarj üniteleri ile taşıtlar arasındaki iletişim sistemi incelenerek, GIH tabanlı yenilikçi bir şebeke izleme ve koruma sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Tezde öncelikle EA şarj altyapısında kullanılan haberleşme teknolojileri araştırılmış, analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, GIH teknolojilerinin EA şarj altyapısının güvenilirliğini artırmak amacıyla kullanılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, şebeke gerilimi ve frekansında meydana gelebilecek anormal değişimler nedeni ile EA şarj ünitelerinin güvenli bir şekilde devreye girmesi ve devreden çıkması amacı ile GIH altyapısı kullanılmıştır. GIH'nin modülatör ve demodülatör yapısı LabVIEW ile gerçek zamanlı olarak VHDL dilinde kodlanarak geliştirilmiştir. Şebekenin anormal gerilim ve frekans durumları (AGK, DGK, AFK ve DFK) GIH yardımı ile tespit edilerek, EA şarj ünitelerinin güvenilir bir şekilde IEEE 929-2000 standartlarında belirtilen sınırlar içinde çalışabilmesine imkan sağlanmıştır. Bu çalışma ayrıca, EA kullanımının artmasıyla birlikte, yenilikçi haberleşme teknolojilerinin şebeke koruma fonksiyonlarına entegrasyonunu da araştırmayı hedeflemiştir.

1.2 Literatür Araştırması

1.2.1 Görünür ışık haberleşmesi ve teknolojik gelişmeler

Görünür Işık Haberleşmesi (GIH), LED sürücülerinin kullanımının hızla artmasıyla dikkat çekmektedir. 2018 yılında yapılan bir çalışmada, modülatör devreleri dört tipe ayrılmış ve lineer mod modülatörlerinin en yaygın olarak kullanıldığı belirtilmiştir. Anahtarlama modu temelli modülatörlerin ise son zamanlarda daha popüler hale geldiği belirtilmiştir [5]. 2019 yılında yapılan başka bir çalışmada, mevcut mobil cihazların parçaları kullanılarak bir GIH sistemi geliştirilmiş ve düşük hızlarda bile GIH ile güvenilir iletişim sağlandığı gösterilmiştir [6]. GIH teknolojisinin genel kullanım alanlarını ve mevcut uygulamalarını ele alan bir diğer çalışmada [7], GIH teknolojisinin karşılaştığı zorluklar ve diğer haberleşme metotlarıyla yapılan

karşılaştırmalar vurgulanmıştır. Aynı yıl yapılan başka bir çalışmada ise farklı düzenlerde yerleştirilmiş çoklu vericili odaların incelenmesiyle mobil kullanıcılar için kanal dürtü yanıtları ve kanal frekans yanıtları hesaplanmıştır. Çalışmada, yönlü aydınlatma veya dar görüş açılı detektör kullanımı gibi çözümlerle kanalın frekans seçiciliğinin azaltılabileceği belirtilmiştir [8].

1.2.2 LED Teknolojisi ve GIH

Katı hal aydınlatma cihazları, özellikle LED'ler, enerji verimliliği, uzun ömürleri ve hızlı anahtarlanabilmeleri nedeniyle aydınlatmayı tamamen yeniden yapılandırmaktadır. Bu gelişme, LED lambaların hem aydınlatma kaynağı hem de veri iletimi için kullanılmasını sağlayan GIH teknolojisinin ortaya çıkmasına yol açmıştır [9].

LED'lerin enerji verimliliği, uzun ömürleri ve hızlı anahtarlanabilme özellikleri sayesinde aydınlatmayı tamamen yeniden yapılandırdığı ve hem aydınlatma kaynağı hem de veri iletimi için kullanıldığı belirtilmiştir [9]. İç mekân uygulamalarına odaklanan bir çalışma, GIH tasarım, geliştirme ve değerlendirme teknikleri ile mevcut zorlukları ve önerilen çözümleri kapsamlı bir şekilde ele almıştır [9]. Ayrıca, beşinci nesil (5G) ağlara entegre edilen GIH ve Görünür ışık konumlandırma (VLP) teknolojilerinin Internet-of-Things (IoT) cihazlarının geniş kapsamlı bağlantı ve hizmet ihtiyaçlarını karşılama potansiyeli üzerinde durulmuştur [10]. Başka bir çalışmada [11], GIH teknolojisinin öne çıkan özellikleri ve uygulama alanları ele alınmış ve özellikle yarı polar mikro LED'ler ve mikro LED tabanlı dizilerin yüksek bant genişliği sağlayan GIH sistemlerindeki rolü vurgulanmıştır. Ayrıca, su altı optik kablosuz iletişimi gibi farklı GIH uygulamalarının zorlukları ve çözüm önerileri üzerinde durulmuştur.

1.2.3 GIH uygulama alanları

GIH teknolojisi, su altı optik kablosuz iletişimi gibi farklı uygulamalarda da kullanılmaktadır. 2020 yılında yapılan bir çalışmada, su altı iletişiminde GIH'nin potansiyeli incelenmiş ve karşılaşılan zorluklar ile çözüm önerileri üzerinde durulmuştur [11]. GIH, optik yoğunluk modülasyonuna dayanan kablosuz bir teknolojidir ve IoT bağlantısı için potansiyel bir oyun değiştirici olarak kabul edilmektedir. Ancak, görünür ışığın nüfuz etme derinliği sınırlı olduğundan, GIH'nin kullanımını engellenebilir. Bu zorluğun üstesinden gelmek için, "nearly (in)visible"

yakın kızılötesi (NIR, 700–1000 nm) bölgeye kadar çalışma aralığını genişletmek, biyolojik dokuda NIR yarı-şeffaflığı göz önüne alınarak bir çözüm sunar. Bu konu ile ilgili bir çalışmada, yüksek verimlilikte kızılötesi organik ışık yayan diyotlar (OLED'ler) kullanılarak gerçek zamanlı bir GIH kurulumu yapılarak 2.2 Mb/s veri hızı elde edilmiştir. Bu sonuç, IoT ve biyolojik algılama uygulamaları için gereksinimleri karşılamaktadır [12]. Bir diğer çalışmada [13], GIH ile ilgili mevcut çalışmaların kapsamlı bir incelemesi sunulmuştur. Bu çalışma ek olarak GIH'nin, aydınlatma ve veri iletişimini aynı anda sağladığı için enerji tüketimini önemli ölçüde azalttığını savunmuştur. Ayrıca radyo frekansı tabanlı haberleşme teknolojileri ile karşılaştırmalar yapmıştır. GIH için kullanılan mevcut cihazların, mimarilerin ve uygulamaların özeti çıkarılarak, led tiplerinin görünür ışık haberleşmesindeki etkilerine ait detaylı sonuçlar ise Referans 14'te paylaşılmıştır [14].

1.2.4 Endüstri ve IoT uygulamaları

Endüstriyel bir uygulama çalışmasında [15], kapalı mekanlarda GIH için doğrudan bağlantı iletim modeli kurulmuş ve optimal LED sayısı altında düzen tasarımı ile alınan ışık güç dağılımı arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Genetik algoritma ile optimize edilen ışık kaynağı düzeni, iletişim performansını optimize etmeyi amaçlamaktadır. Aynı yıl yapılan başka bir çalışmada, kapalı alan GIH sistemlerinde birden fazla gölgenin etkisi araştırılmış ve gölgelerin verimlilik ve kesinti performansına olan etkisi değerlendirilmiştir [16]. Bir diğer çalışmada [17], kapalı bir mekânda gerçekleşen ve doğrudan hedefe yönelen iletişim modellerini içeren simülasyonlar üzerinden, geleceğin ihtiyaçlarını karşılamak için 1 Gbps'ye kadar yüksek bir veri hızını dikkate alan bir yapı önerilmiştir.

Farklı bir çalışmada [18], Endüstri 4.0 ve Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) ortamlarında Operatör 4.0'a odaklanan yerelleştirme ve haberleşme teknolojilerine dayalı izleme çözümleri üzerine bir çalışma sunulmuştur. Akıllı fabrikalar ve işletmelerde insan-makine etkileşimlerini ve hassas yerelleştirmeyi desteklemek için GIH gibi gelecek vadeden teknolojilerin önemini vurgulanmıştır. Aynı yıl yapılan bir çalışmada, rölelerden daha verimli olan yeniden yapılandırılabilir akıllı yüzeylerin (RIS'lerin) potansiyelini ele almaktadır. Ayrıca, RIS teknolojisinin optik kablosuz iletişim (OWC) sistemlerine entegrasyonunu tartışarak kapalı mekan GIH sistemlerinde kullanımı incelenmektedir [19]. Diğer bir çalışmada, yüksek maliyetli

ve çevresel donanıma bağlı diğer su altı iletişim çözümlerine alternatif olarak, GIH teknolojisinin su altı iletişimdeki potansiyeli incelenmiştir. Tasarlanan GIH sistemi, ışığın doğrusal yönlülük özelliğini kullanarak hedeflenen alıcı ile iletişim kurmayı sağlamış ve gizli bir faz kaydırmalı anahtarlama yöntemi ile veriyi şifrelemiştir [20]. 2023 yılında paylaşılan bir çalışmada, kapalı bir alandaki konumu tahmin etmek için LED ışıkları ve farklı renk sıcaklıklarının frekans bileşenleri kullanılarak bir sistem önerilmiştir. Farklı renk sıcaklıklarına sahip üç farklı LED ışığı kullanılarak yapılan deneysel çalışmada, RGB sensörleriyle veri toplanmış ve bu verilerden kullanıcının konumu tahmin edilmiştir. Yapılan testlerde, tahminlerin çoğu durumda 0 ila 2 cm arasında bir hata payıyla ölçüldüğü gözlemlenmiştir [21]. Bir diğer çalışmada, su altı görünür ışık iletişimi (SGIH) sistemlerinde alıcıların mobilitesini desteklemenin ve iletişim mesafesinin dinamik aralığını artırmanın önemli olduğu vurgulanmaktadır. Önerilen SGIH sistemi, kazanç geri besleme kontrol (GFC) yöntemiyle hareketli alıcılar kullanarak dinamik eşik değeri ile önemli iyileştirmeler elde etmektedir. Yapılan deneylerde, 0.21 m/s hızla hareket eden alıcı-vericiler ile 5.0 Mb/s veri hızında çift yönlü mobil video iletimi ve 1.3 m ile 5.6 m mesafelerde 800 x 600 piksel çözünürlükte gerçek zamanlı çift yönlü video iletimi gerçekleştirilmiştir; GFC kullanılmayan sisteme kıyasla iletişim mesafesinin dinamik aralığı 10 ve 10.5 kat, görüş alanı açısı ise 1.9 kat artırılmıştır [22]. Farklı bir çalışmada, GIH ve konumlandırma teknolojilerinin çeşitli IoT sistemlerini ve uygulamalarını kolaylaştırmak için kullanılmasıyla ilgili seçilmiş konular gözden geçirilmiştir [23]. GIH teknolojisinin insansız hava araçlarında kullanılması durumunu ele alan bir çalışmada, bu konuda karşılaşılabilecek en önemli problemlerden biri olan araçtaki titreşime bağlı verici ve alıcı arasındaki haberleşmenin bozulması üzerine spesifik testler ve analizler gerçekleştirilmiştir [24].

1.2.5 EA şarj istasyonları ve yenilikçi şarj yöntemleri

Konu hakkında yapılan bir çalışmada, güç elektroniği elemanları kullanılarak EA'lar için şarj cihazı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Buna bağlı olarak deneysel ve teorik çalışmalar sunulmuştur [25]. Diğer bir makalede, geleneksel bir içten yanmalı motorlu aracın EA'ya dönüştürülmesi için elektrikli tahrik sistemi, enerji yönetim sistemi ve batarya yönetim sistemi geliştirilmiştir. Enerji yönetim sistemi, EA'nın güç tüketimini optimize etmek ve sürüş menzilini artırmak amacıyla tasarlanmış ve LabVIEW Real-Time yazılımı üzerinde çalışan bir CompactRIO gömülü denetleyicisine

uygulanmıştır. Ayrıca, bir grafik sürücü ara yüzü geliştirilmiş ve tablet PC ile TCP-IP bağlantısı aracılığıyla enerji yönetim sisteminin kontrolü ve uzaktan izlenmesi sağlanmıştır [26]. Farklı bir çalışmada, EA'ların artan kullanımıyla birlikte EA şarj istasyonlarının talep güçlerini öngörmek için olasılıksal bir model geliştirilmiştir. Geçmiş yıllara ait yüklenme verileri kullanılarak yapılan bu modelleme, EA şarj istasyonlarının dağıtım şebekesinin güvenilirlik indislerine olan etkilerini incelemektedir. Farklı tipte olasılıksal modelleme yaklaşımları kullanılarak gelecek senaryolar oluşturulmuş ve dağıtım sisteminin güvenilirliği incelenmiştir [27].

EA kullanımının karbon temelli yakıtlara olan bağımlılığı azaltma hedefiyle güneş ve rüzgâr enerjisiyle çalışan bütünleşmiş bir sistem önerildiği ve analiz edildiği bir çalışmada, enerji depolama konusu önemli bir konu olarak ele alınmış ve pillerin yanı sıra hidrojen ve amonyak gibi alternatif depolama ortamları değerlendirilmiştir [28]. Farklı bir çalışmada ise EA ve bataryaları incelenerek, temaslı ve temassız şarj yöntemleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir [29]. EA şarj istasyonlarında güvenli bir şarj süreci için gelişmiş elektronik devre kesici tekniklerinin sunulduğu bir çalışmada, şarj işleminin zamansal seyrine odaklanılarak, sabit durumun algılanması için özel algoritmalar önerilmiştir. FPGA kartı gibi esnek bir yapı kullanılarak, devre kesici için önerilen tetikleme algoritmalarının kolayca uyarlanabilir ve değiştirilebilir olduğu vurgulanmıştır [30]. Teknik bir raporda ise EA'ların şarj edilmesi hakkında yaygın terimleri ve standartları açıklayarak EA şarj türleri, seviyeleri/modları, fiş tipleri ve iletişim protokolleri üzerine bir inceleme sunulmuştur [31].

Farklı bir çalışmada, Hindistan'da yaygın olarak kullanılan araçların geleneksel enerji kaynaklarına bağımlı olduğunu ve bu durumun çevresel kirliliğe ve enerji tükenmesine neden olduğunu vurgulamaktadır. EA'ların daha enerji verimli ve çevre dostu olduğu göz önüne alındığında, bu çalışma, yenilenebilir ve geleneksel enerji kaynaklarını birleştiren bir hibrit güç modülü önermektedir. Tasarlanan akıllı kontrol devresi, farklı enerji kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamak için geliştirilmiştir ve sistemdeki batarya sağlık izleme, hizmetlerin kesintisiz sağlanmasını amaçlamaktadır [32]. EA'ların şarj istasyonları için gerekli güç kaynağını sağlayan bir şarj istasyonunun önemli bir altyapı olduğu vurgulandığı bir diğer çalışmada, mevcut yönetim süreçlerinin yüksek maliyetli endüstriyel bilgisayarlara aşırı bağımlı olduğu belirtilerek, bir test cihazı geliştirilmiştir. Bu cihaz, STM32 mikrodenetleyici kullanılarak geliştirilmiş ve veri alışverişini sağlamak için ana bilgisayar ile şarj cihazı

arasında bir ara yüz görevi görmüştür. Bu veri alışverişini sağlamak için bilgisayar ve şarj cihazı arasında geliştirilen ara yüz ise LabVIEW yazılımı kullanılarak geliştirilmiştir [33].

Türkiye'deki EA şarj istasyonu altyapısının 2020 yılı itibarıyla iller bazında niceliksel durumunun incelendiği ve değerlendirildiği bir çalışmada ise EA'ların yaygınlaşması için strateji belirleme ve altyapıyı geliştirme çalışmalarına yer verilmiştir. [34]. Bir diğer çalışmada, şarj etme tipleri (Mod1, Mod2 ve Mod3) ile şarj istasyonu tipleri (AA Şarj, DA Şarj ve Kablosuz Şarj) incelenerek, uygulama prensipleri ve şarj süreleri değerlendirilmiştir[35]. Farklı bir çalışmada, hem EA'ların batarya şarjı için kullanılan altyapısının mevcut durumu; hem iletken hem de temaslı (kablosuz) şarj teknolojileri kapsamlı bir şekilde değerlendirilmektedir. Kablosuz (indüktif) şarjın yanı sıra, gelecekteki zorluklar, fırsatlar ve akıllı kontrol ve iletişim teknikleri gibi yenilikçi konular da bu çalışmada ele alınmıştır [36]. Güç ve haberleşme verisinin aynı anda iletilmesini sağlayan PLCC ve SWIPT gibi uygulamalardan bahsedilen bir çalışmada ise, güç dönüştürücülerinin bilgi aktarımı için darbeler üretmek için kullanıldığı ve bu yaklaşımın Talkative Power Conversion (TPC) olarak adlandırıldığı vurgulanmıştır. TPC teknolojilerinin non-izole ve izole edilmiş dönüştürücülerde incelendiği ve potansiyel uygulamalarının yanı sıra güncel konuların da ele alındığı belirtilmiştir [37].

2024 yılında yayınlanan bir makalede, güneş enerjisi sistemlerinin ağ kapasitesini aşma sorununa yönelik bir çözüm önerisi sunulmuştur. EA'ların ağa şarj edilmesi için yeni bir akıllı şarj stratejisi geliştirilerek güneş enerjisi ve EA'lar arasındaki entegrasyon daha etkin hale getirilmeye çalışılmıştır. Bu öneri, güneş enerjisi sistemleri ve EA şarj istasyonlarını belirli kriterlere göre gruplandırarak, akıllı şarj stratejileri belirlemekte ve blok zinciri teknolojisinden yararlanarak ağ güvenliğini artırmaktadır. Bu yöntemlerin birleşimi, güneş enerjisi kullanımının artırılmasına ve enerji kısıtlamalarının azaltılmasına yönelik etkili bir yaklaşım sunmaktadır [38]. Diğer bir çalışmada, kapalı otoparklara yerleştirilen EA şarj istasyonlarının bekleme süresini azaltmak için bir tasarım yaklaşımı önerilmiştir. Gümüşhane il merkezindeki bir otoparkın bir yıllık araç giriş-çıkış verileri kullanılarak, en uygun şarj istasyonu sayısı ve tipi belirlenmiştir [39]. Bir diğer çalışmada ise EA'ların enerji gereksinimlerini karşılamak için şarj istasyon sistemlerinin dağıtım alt yapısından şarj ücretlendirilmesine kadar geniş bir süreç ele alınmıştır [40]. EA'ların

yaygınlaşmasıyla artan enerji talebine karşı çözüm olarak çift yönlü güç akışına sahip bir şarj istasyonu sisteminin geliştirildiği bir çalışmada, EA'ların şebekeye enerji sağlaması ve akıllı koruma fonksiyonlarıyla güvenli bir şekilde şebekeye bağlanması amaçlanmıştır [41].

1.2.6 Sonuç

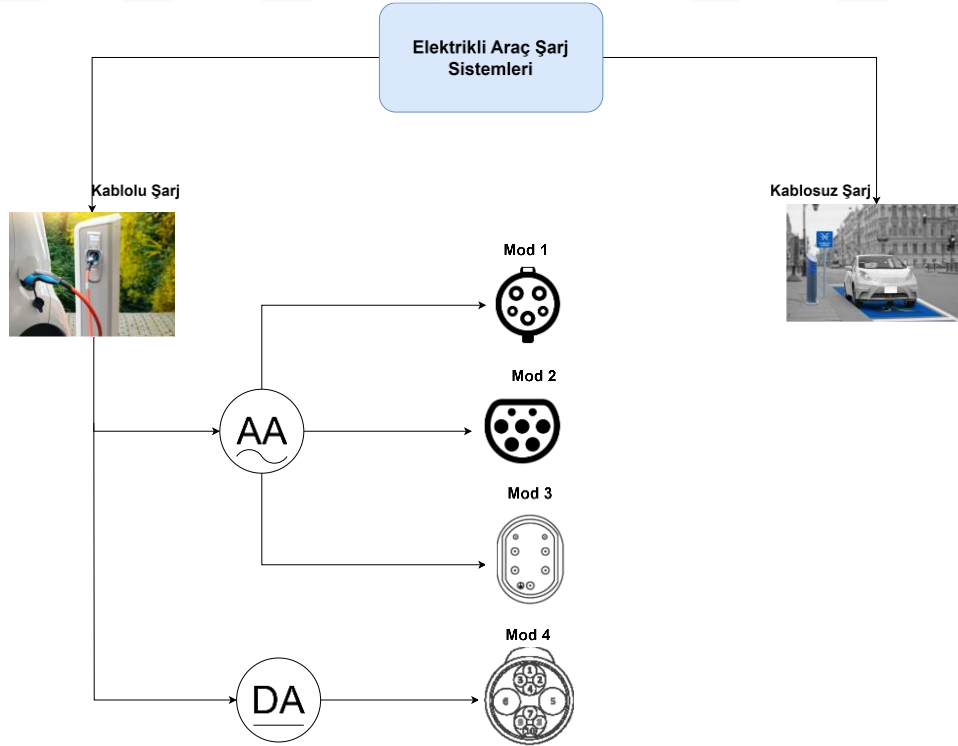
GIH alanında yapılan detaylı literatür taraması sonucunda EA şarj ünitelerinin şebekeye bağlantısında değişken şebeke çalışma koşullarına göre koruma sağlayan bir yapıya sahip GIH tabanlı bir şebeke izleme ve koruma sistemi ile ilgili literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu alanda yapılan araştırmalarda, EA'ların yaygınlaşmasıyla artan enerji talebine çözüm olarak çift yönlü güç akışına sahip bir şarj istasyonu sistemi geliştirildiği görülmektedir [37]. Ancak, incelenen literatürde, EA şarj ünitelerinde GIH teknolojisinin kullanılmasına dair bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla, EA'ların şebekeye bağlantısında değişken şebeke koşullarında koruma sağlayan bir GIH tabanlı şebeke izleme ve koruma sistemi geliştirilmesiyle ilgili literatürde bir boşluk bulunduğu görülmüştür. Bu nedenle tez çalışmasında, EA şarj ünitelerinin güvenli bir şekilde şebekeye bağlanmasını sağlayacak; frekans ve gerilim değişimlerinde cihazı, şebekeyi ve insan sağlığını koruyacak bir GIH tabanlı şebeke izleme ve koruma sistemi tasarlanması hedeflenmiştir.

2. EA ŞARJ ÜNİTELERİ HABERLEŞME YÖNTEMLERİ

EA şarj cihazları elektrik şebekesinden aldığı enerjiyi aracın bataryasına güvenli bir şekilde aktarmak üzere tasarlanmıştır. Araç, şarj cihazına bağlandıktan sonra haberleşme sistemi aracılığı ile belirli kontroller yapıldıktan sonra şarj işlemi başlatılır. Şarj işlemi sırasında bataryaya akım uygulanması ile kimyasal bir dönüşüm gerçekleşir. Bu sayede batarya enerji depolamaya hazır hale gelir [42].

2.1 EA Şarj Yöntemleri

EA Şarj cihazları çıkış gerilimlerine göre ikiye ayrılırlar. Bunlar DA ve EA şarj cihazlarıdır. EA Şarj cihazları şarj modlarına göre ise dörde ayrılırlar. Bunlar Mod 1, Mod 2, Mod 3 ve Mod 4 olarak adlandırılır. Mod 1, Mod 2 ve Mod 3 AA şarj moduna sahip iken, Mod 4 DA şarj modunda çalışır. [41] Bu haberleşme biçimleri Şekil 2.1’ de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.1 : EA şarj istasyonları bağlantı yöntemleri

2.1.1 EA şarj cihazlarında DA şarj tipi

DA şarj cihazları, Mod 4 şarj moduna sahiptir. Bu cihazlar yüksek güç seviyelerine sahiptir ve bataryalarını hızlı bir şekilde şarj ederler. Güç değerleri 25kW ile 400kW arasında değişmektedir. Şarj cihazı, bataryaya doğrudan bağlanır bu durum ise verimin maksimum seviyede olmasını sağlar. Şarj kontrol devresi EA servis ekipmanı (EVSE) ile iletişim kurarak güç hattı iletişimi (PLCC) veya denetleyici alan ağı (CAN) haberleşme protokolü ile yönetilir. Bu cihazlar birden fazla araç için uygundur.










2.1.2 EA şarj cihazlarında AA şarj tipi

AA Şarj cihazları üç kategoride bulunmaktadır. Bunlar Mod 1, Mod 2 ve Mod 3 olarak isimlendirilmiştir. Mod 1 cihazlar, duvar tipi olarak bilinir ve AA şeklindeki giriş ve çıkış gerilimlerine sahiptir. Maksimum güçleri 3.7 kW ve şarj işlemi ise daha yavaştır. Mod 2 modu, tek faz veya üç faz olarak mevcut olabilir. Tek fazda maksimum güç 3.7 kW iken, üç fazda bu değer 22 kW' a kadar çıkabilir. Şarj gücü, haberleşme protokolü aracılığı ile kontrolcü tarafından ayarlanabilir. Mod 3 şarj modunda ise 43kW' a kadar olan bir güç seviyesi bulunmaktadır. Yüksek gerilim ve hızlı şarj özelliklerine sahiptir ve uzaktan kontrol fonksiyonunu destekler. Ayrıca Vehicle-to-Grid (V2G) teknolojisi için uygun bir seçenek olmakla birlikte özel şarj soketleri bulundurmaktadırlar. Burada V2G, EA ile şebeke arasındaki güç iletişimini ifade eder. V2G şebekedeki enerji ile araç arasında bir köprü görevi görür. Şebekedeki enerjiyi yoğun olmayan saatlerde saklarken, yoğun saatlerde şebekeye geri döndürür. Elektrik şebekeleri için bu teknolojinin bir fırsat olabileceği düşünülmektedir. [42]

2.1.3 EA şarj cihazlarının bağlantı tipleri

EA'larda telefon ve dizüstü bilgisayar gibi bataryalı aletlere benzer şekilde şarj edilirler. Kablolu şarj işlemi için ise diğer cihazlarda olduğu gibi soketlere gereksinim vardır. Bu soketler bölgesel olarak farklılık göstermektedir. Avrupa'da Tip 2, CCS kullanılırken; Amerika'da Tip 1, Tip 2, CHAdeMO, CCS ve Tesla soketleri daha sık kullanılmaktadır. Çin'de GB/T soket tipi sıklıkla kullanılırken, Japonya'da CHAdeMO sıklıkla kullanılır. EA şarj soketleri, bölgesel olarak üretilen EA markalarına, araçların desteklediği soket tiplerine ve elektrik şebeke altyapısına bağlı olarak çeşitlilik gösterebilir. CCS, CHAdeMO ve Tesla soket tipleri, yüksek hızlı DA

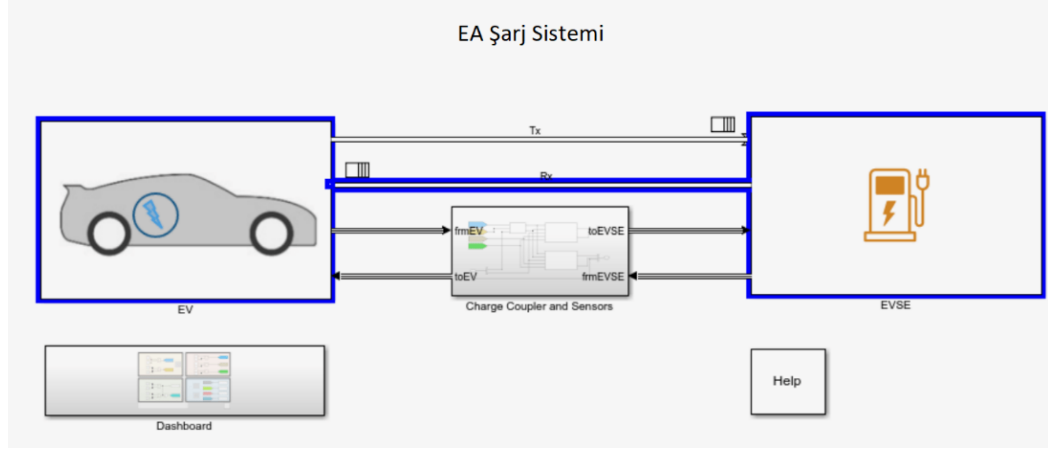
şarjı destekleyerek EA'ların hızlıca şarj edilmesini sağlar. Diğer yandan, Tip 1, Tip 2 ve GB/T soketleri AA şarjı sağlayarak daha yavaş şarj hızlarına uygun olabilirler. Soket tipleri ve kullanıldıkları bölgeler, EA'ların tercih edildiği yerlerde önemli bir rol oynar. EA şarj istasyonlarında kullanılan soket tipleri ve kullanıldıkları kategorik bölgeler Şekil 2.2' de verilmiştir.

	Kuzey Amerika	Japonya	Avrupa	Çin	Tüm Marketler
AA	 J1772 (Tip-1)	 J1772 (Tip-1)	 Mennekes (Tip-2)	 GB/T	 Tesla
DA	 CCS1	 CHAdeMO	 CCS2	 GB/T	

Şekil 2.2 : EA konnektör tipleri [42]

2.2 EA Şarj Cihazlarında Haberleşme Yöntemleri

EA ve şarj cihazları arasında güvenli güç iletimi için farklı haberleşme protokolleri kullanılır. Bu protokollerden başlıcaları; darbe genişlik modülasyonu (PWM), PLCC ve CAN olarak gösterilebilir. PWM protokolü, EA ile EVSE arasındaki düşük seviyeli iletişim için kullanılır. EVSE, EA'ları şarj etmek için kullanılan bir tür şarj ekipmanıdır. Kısaca EA şarj ekipmanı olarak da bilinir. EVSE'nin temel amacı, şarj edilmesini sağlamak ve bu işlemi güvenli aynı zamanda verimli bir şekilde gerçekleştirmektir. EVSE, şarj cihazı ile arasında bir ara yüz görevi görür [43]. EA şarj ünitelerinde kullanılan EVSE ve araç arasındaki bağlantıyı simüle eden MATLAB Simulink modeli Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3 : EA Simulink modeli [44]

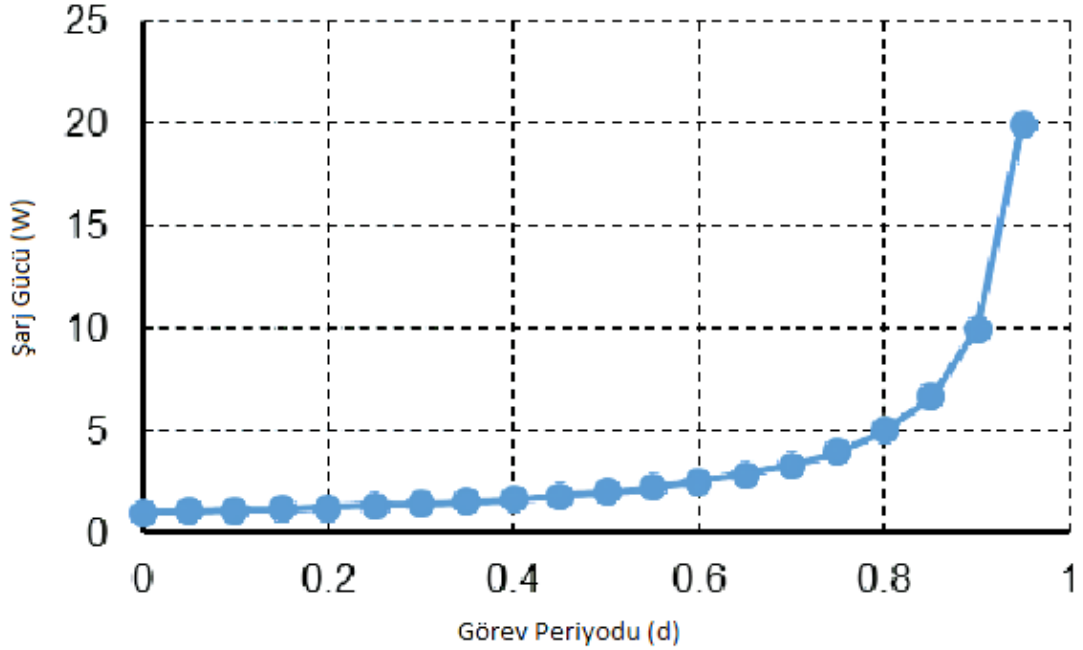
Farklı PWM tepe gerilimleri, EA'nın varlığını, EVSE'nin bağlı olup olmadığını ve şarjın hazır olup olmadığını belirler. PLCC haberleşmesi ise EA ile EVSE arasında IP protokoller kullanarak gerçekleşir ve özel fiziksel pinler (CP, PP) ile iletilir. Bu protokollede, veri akışı PWM sinyali üzerine modüle edilir. Aracın şarj kontrol modülünde, iletişim için bir iletim kontrol protokolü/internet protokolü (TCP/IP) kullanılır. CAN haberleşmesi ise otomotiv fabrika otomasyonunda hızlı seri veri alışverişi için kullanılan bir çoklu ana protokoldür. Bu çalışmada, haberleşme yöntemleri temel ve gelişmiş olarak ayrılmıştır. Temel yöntemler arasında PWM yer alırken, gelişmiş haberleşme yöntemleri PLCC ve CAN protokollerini bulundurur.

Bunun dışında literatürde kablosuz olarak gerçekleştirilen; 3G, WiFi, Bluetooth, ZigBee [44] gibi haberleşme yöntemleri üzerine de çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ise GIH, diğer mevcutta kullanılan haberleşme sistemleri ile karşılaştırılacaktır.

2.2.1 Temel haberleşme yöntemleri

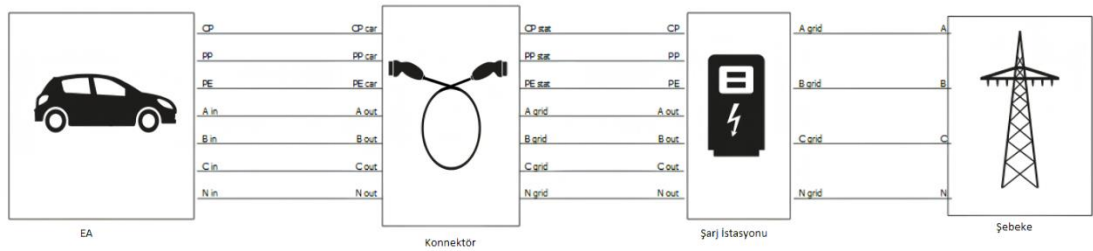
Son beş yılda üretilen EA'ların çoğu IEC61851 standardını destekleyen haberleşme biçimini EA ve şarj istasyonu arasında kullanmıştır. Bir EA şarj istasyonuna kablolu bağlantı sağladığı durumda, Tak Çıkart Proximity Pilot (PP) pini temas kurar ve ardından Control Pilot (CP) pini üzerinden iletişim kurulur. Güvenli bir bağlantı, CP pini belirli bir gerilim düşüşü algıladığında sağlanır. Burada CP üzerindeki gerilim seviyesi haberleşmenin önemli parametrelerinden birisidir. Ayrıca, kabloda ve araçta bulunan dirençler ve anahtarlar, kablonun güç bakımından derecelendirmesini ve şarj için hazırlık durumunu gösterir. Araçlar, kablonun desteklediği derecelere kadar şarj olabilirken mevcut standartlar şarj akımını PWM sinyali aracılığıyla kontrol eder. Bu

sinyal, IEC61851 standardını destekleyen kablolu şarj üniteleri için; şarj gücünü tanımlamak üzere bir üst sınır belirler, ancak araç o andaki şarj seviyesine bağlı olarak içerisinde bulunan kontrol algoritması yardımı ile ihtiyacı kadar şarj alır [45]. Buna bağlı sinyalin yüzdelik olarak görev periyodu ve şarj etme gücü grafiği Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Görev periyodu – Şarj gücü grafiği [47]

IEC 62196 standartlarına uygun olarak PWM haberleşmesi kullanılarak gerçekleştirilen EA şarj modeli ise Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5 : IEC standartlarına göre Tip-3 EA şarj modeli [48]

Bunların yanında EA ile araç arasında IEC tarafından belirlenmiş notasyonlar ve bu notasyonlara ait EVSE ve EA için durumlar bulunmaktadır. Bu durumlar kontrolcü her iki tarafın kontrolcüsü için ortak bir dil oluşturmaktadır. Bu durumlar Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1: EA ve EVSE durumları [44]

Durumlar	EA Durumu	EVSE Durumu
A1	Araç bağlı değil	EVSE hazır değil
A2	Araç bağlı değil	EVSE hazır
B1	Araç bağlı ancak enerji almaya hazır değil	EVSE enerji vermeye hazır değil
B2	Araç bağlı ancak enerji almaya hazır değil	EVSE enerji vermeye hazır
C1	Araç bağlı ve enerji almaya hazır/ EA havalandırma alanını değiştirmeye ihtiyaç duymamakta	EVSE enerji vermeye hazır değil
C2	Araç bağlı ve enerji almaya hazır/ EA havalandırma alanını değiştirmeye ihtiyaç duymamakta	EVSE enerji vermeye hazır
D1	Araç bağlı ve enerji almaya hazır/ EA havalandırma alanını değiştirmeye ihtiyaç duymakta	EVSE enerji vermeye hazır değil
D2	Araç bağlı ve enerji almaya hazır/ EA havalandırma alanını değiştirmeye ihtiyaç duymakta	EVSE enerji vermeye hazır
E	EVSE aracından ayrıldı / EVSE elektrik şebekesinden ayrıldı, EVSE'nin şebeke gücü kaybı veya kontrol pilotu kısa devre yapıldı.	
F	Diğer EVSE hataları meydana geldi	

2.2.2 Gelişmiş haberleşme yöntemleri

PLCC ve CAN haberleşmesi, şarj cihazlarının farklı çalışma koşullarına uygun olarak uygulanan iletişim yöntemleridir. EA şarj cihazları, AA veya DA olarak çalışabilir. AA modunda, PLCC yoluyla mesajlar, zamanla değişen sinyale eklenerek iletilir. Ancak, sinyalin zamanla değişen bir eğilimde olması durumunda, CAN haberleşmesi için ek gereksinimler bulunmaktadır. Öte yandan, IEC ve ISO standartları tarafından belirlenen yöntemlere göre, DA tipi şarj cihazlarında CAN haberleşmesi tercih edilir. Bu durumda, PLCC kullanılamaz, çünkü DA cihazlarında zamanla değişen bir sinyal bulunmamaktadır.

PLCC, EA'larla şarj istasyonları arasında yüksek seviyeli iletişim sağlamak için genellikle ISO 15118 standardında kullanılır. Bu protokol, EA'ların ve şarj istasyonlarının birbirleriyle iletişim kurmasını, şarj sürecini kontrol etmesini ve veri alışverişini mümkün kılar. Özellikle Vehicle-to-Grid (V2G) iletişimi için yaygın olarak kullanılır.

CAN haberleşmesi ise genellikle şarj istasyonunun içindeki kontrol ve izleme sistemleri arasında kullanılır. CAN bus, şarj istasyonu bileşenleri arasındaki veri alışverişini ve kontrol komutlarının iletilmesini sağlar. Bu genellikle şarj istasyonunun yerel kontrolü ve izlenmesi için kullanılır.

3. ÖNERİLEN GİH TABANLI HABERLEŞME YÖNTEMİ

3.1 Görünür Işık Nedir?

Görünür ışık, insan gözünün algılayabildiği elektromanyetik dalga aralığıdır. Bu ışığa genellikle "görünür ışık" veya bazen sadece "ışık" denir. Işık, uzayda elektromanyetik dalgalar şeklinde yayılır ve dalga boyu ile frekans özelliklerine sahiptir.

Dalga boyu, bir dalganın zirve noktaları arasındaki mesafeyi ifade ederken, frekans ise bu dalganın birim zamandaki salınım sayısını belirtir. Bir dalganın frekansı ile dalga boyunun çarpımı, ışığın yayılma hızını belirler.

Işık tayfi, ışık ışınlarının frekanslarına veya dalga boylarına göre sıralanmasıdır. İnsan gözü tarafından algılanabilen ışık, bu tayfin orta bölgesinde yer alır. İnsan gözünün görebildiği görünür ışığın dalga boyu genellikle 400 ile 700 nanometre arasındadır. Bu aralık, renkli ışıkların geniş bir yelpazesini kapsar ve görsel algılamada önemli bir rol oynar [46]. Şekil 3.1’de görünür ışık spektrumu gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Görünür ışık spektrumu [51]

3.2 Görünür Işık Haberleşmesi

Günümüzde iletişim teknolojilerinin hızlı gelişimi, kablosuz haberleşme alt dalının önemini giderek artırmaktadır. Bu alt dal, elektromanyetik spektrumun radyo frekans

bantlarına dayanır ve geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ancak, mevcut RF spektrumunun bazı önemli kısıtları bulunmaktadır. Özellikle, veri trafiğindeki hızlı artış, RF spektrumunun kapasite sınırlarını zorlamaktadır ve gelecekte daha da artması beklenmektedir. Gelecekte kullanılması planlanan sistemlerden biri olan Li-Fi sisteminin genel prensip şeması Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi odayı aydınlatan ışık kaynakları GIH kullanarak telefon, yazıcı ve bilgisayar gibi elektronik cihazlara veri göndererek internet erişimi sağlamaktadır. Gelecekte GIH’nin Wi-Fi sistemlerinin yerini alarak daha az elektromanyetik kirlilik olan bir ortam sağlanması öngörülmektedir.



Şekil 3.2 : Li-Fi sisteminin genel prensip şeması [52]

Bununla birlikte, iletişim sürecinde verinin güvenliği ve doğruluğu da büyük önem taşımaktadır. Özellikle, akıllı şebekeler gibi karmaşık sistemlerde, iletilen verinin gecikmesiz ve hatasız olması, sistemlerin güvenliği ve verimliliği için kritik bir faktördür.

Bu zorluklarla başa çıkmak için çeşitli çözümler önerilmiştir. Bu önerilerden biri de görünür ışık iletişimidir. Görünür ışık, elektromanyetik spektrumun bir bölümünü oluşturur ve geleneksel RF spektrumuna alternatif bir iletişim aracı olarak öne çıkmaktadır [47].

3.2.1 GIH Uygulamaları

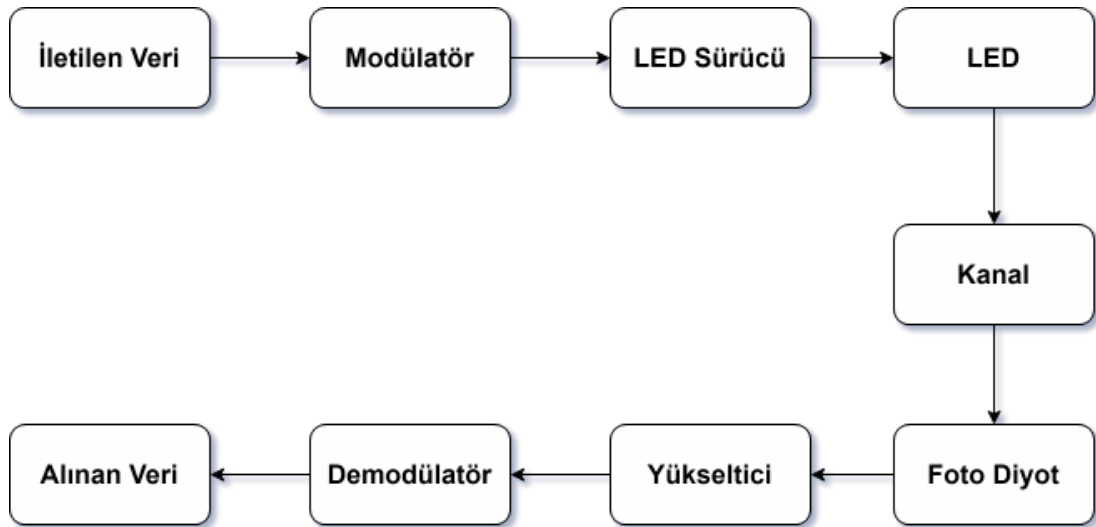
GIH deniz altı haberleşmesinden, otonom araçlara kadar birçok alanda yer alması planlanan bir alandır. Bu iletişim yöntemi, görünür ışığı iletişim için kullanarak,

adından da anlaşılacağı üzere, aydınlatma amacıyla kullanılır. Geleneksel fiber optik kabloların yerine, ışığın vericiden yayıldığı ve alıcı tarafından alındığı bir ortamı tercih eder. Bu ortam genellikle hava veya su altı gibi alanları kapsar. Ancak, bu ortamın kullanımı, ışığın yayılması ve yansımaları gibi etkileri beraberinde getirirken, çevredeki diğer ışık kaynaklarından gelen müdahaleleri de içerir. Bu nedenle, görünür ışık iletişim sistemleri, diğer kablosuz iletişim sistemleri ile karşılaştırıldığında bir dezavantaj olarak değerlendirilebilir.

Ancak, enerji verimliliği açısından bakıldığında, görünür ışık iletişim sistemleri, aydınlatma amaçları için kullanıldığından oldukça verimlidir ve ışık iletişimi sayesinde yüksek iletim hızlarına ulaşılabilir. Bu özellikler, bu iletişim yönteminin avantajları olarak vurgulanabilir.

Bu nedenle, görünür ışık iletişim sistemleri, iç mekân iletişimi, araçtan araca iletişim, su altı iletişimi, akıllı ev sistemleri, nesnelerin interneti, havacılık ve sağlık gibi çeşitli alanlarda uygulanabilir. Ayrıca, dijital dünyada büyük verilere hızlı erişim ihtiyacının artması, mevcut iletişim sistemlerinde yetersizliklere neden olur ve bu da görünür ışık iletişimine olan ilgiyi artırmaktadır [48].

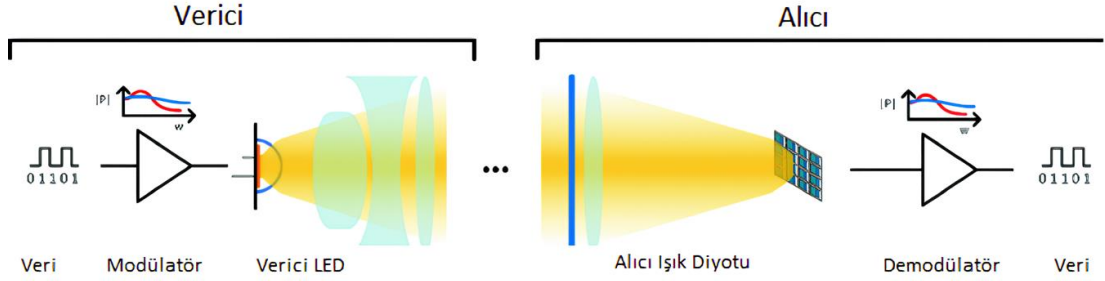
Görünür ışık iletişimde, düşük maliyeti ve yüksek enerji verimliliği nedeniyle genellikle LED ışıklar tercih edilir. Alıcı tarafında ise, ışığa duyarlı foto diyotlar ve LDR'ler gibi optoelektronik malzemeler, ayrıca amplifikatör ve regülatör devreleri kullanılır. Bir GIH sisteminin temel blok şeması Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 : Görünür ışık haberleşmesi genel prensip şeması

3.3 Önerilen Sistemin Genel Blok Şeması

Bölüm 3.1’de anlatıldığı üzere GIH sistemi görünür ışığı kullanarak LED alıcı devresine gönderdiği ışık sinyali aracılığı ile mesaj iletişimini sağlamaktadır. Bunu gösteren şema Şekil 3.4’te gösterilmiştir.



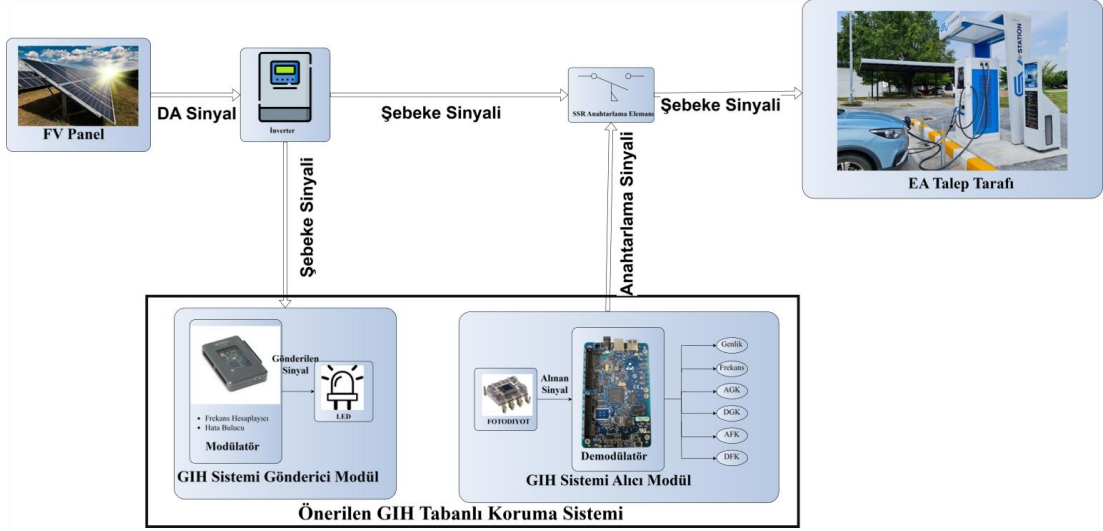
Şekil 3.4: Önerilen GIH sisteminin genel blok şeması

Şekil 3.4’te gösterilen sistemde iki ana bölüm bulunmaktadır. Bu bölümler verici ve alıcıdan oluşmaktadır. Verici kısımda üretilen mesaj modülör ile ışık sinyaline dönüştürülür, ışık sinyaline dönüştürülen mesaj ışığın anahtarlanması yolu ile alıcı taraftaki alıcı ışık diyotu tarafından kare dalga sinyallerine dönüştürülür. Kare dalga şeklinde bulunan sinyaller ise demodülör tarafından anlamlandırılarak gönderilen mesaj verisi elde edilir.

3.4 GIH Kontrol Sistemi

Kontrol sistemi ışık sinyalinin üretilerek gönderilmesinden alınarak geri mesaja çevrilmesine kadar olan haberleşme sistemidir.

Bu çalışmada, görünür ışık iletişim sistemi için planlanan kısım, Şekil 3.5’te gösterilmiştir. Bu bağlamda, EA şarj istasyonunu besleyecek şebekeden alınan sinyallerin görünür ışık aracılığıyla iletilmesi, yenilikçi bir iletişim yöntemi olarak geliştirilmiştir.



Şekil 3.5 : GIH koruma tabanlı EA şarj istasyonu sistem şeması

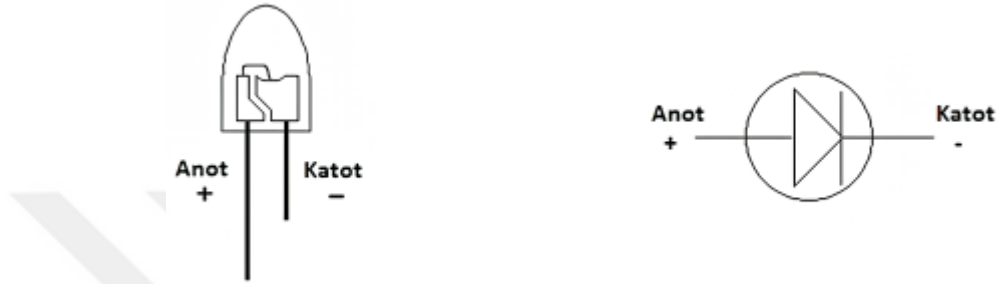
Tezde GIH teknolojisinin; EA şarj altyapısının güvenilirliğini artırmak amacıyla kullanılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, şebeke gerilimi ve frekansında meydana gelebilecek anormal değişimler nedeni ile EA şarj ünitelerinin güvenli bir şekilde devreye girmesi ve devreden çıkması amacı ile GIH altyapısı kullanılmıştır. GIH'nin modülatör ve demodülatör yapısı LabVIEW ile gerçek zamanlı olarak VHDL dilinde kodlanarak geliştirilmiştir. Şebekenin anormal gerilim ve frekans durumları (AGK, DGK, AFK ve DFK) GIH yardımı ile tespit edilerek, EA şarj ünitelerinin güvenilir bir şekilde IEEE 929-2000 standartlarında belirtilen sınırlar içinde çalışabilmesine imkan sağlanmıştır.

Görünür ışık haberleşmesinin şebeke ile şarj istasyonu arasında kullanılması için kurulan sistemdeki donanım ve yazılıma ait komponenteler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır:

3.4.1 Işık yayan diyot (LED)

Işık yayan diyot (LED), yarı iletken bir kaynaktır ve birçok cihazda gösterge lambası olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle teknolojik gereksinimleri artmaktadır. LED, elektron deliklerinin bir araya gelerek fotonlar şeklinde enerji açığa çıkardığı elektrolüminesans etkisiyle çalışır. LED'ler, havacılık aydınlatması, otomotiv aydınlatması, reklamcılık, genel aydınlatma ve trafik sinyalleri gibi çeşitli alanlarda kullanılır. LED'lerin hızlı anahtarlanabilmesi, yeni video ekranları, metin yazıları ve sensör geliştirme süreçlerinde öncü rol oynar. Bu çalışmada, LED'lerin hızlı açılıp kapanma yeteneklerinden dolayı beyaz ışık kullanılmıştır. Saydam LED'ler,

diğer renkli LED'lere göre daha hızlı anahtarlama yapabildiği için, veri iletiminde daha yüksek hız ve verimlilik sağlar. Bu nedenle, bu çalışmada LED mesajı gönderen tarafta ışığın üretimi için 5mm saydam LED kullanılmıştır. Bu LED'in çalışma gerilimi üretici tarafından 5V olarak belirlenmiştir. Şekil 3.6'da LED'in gerilim pinleri ve sembolü verilmiştir. Bağlantı doğası gereği anot ucuna pozitif katot ucuna negatif gerilim uygulanmıştır.



Şekil 3.6 : LED ve gösterimi

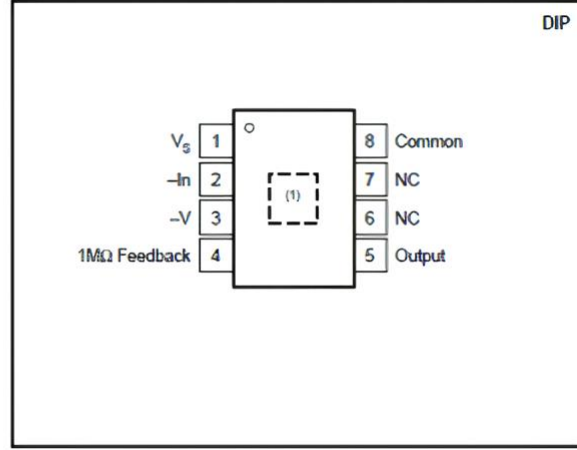
Bu çalışmada kullanılan LED tipinin saydam olarak seçilme sebebi şunlardır:

- **Yüksek Parlaklık ve Verimlilik:** Saydam LED'ler genellikle yüksek parlaklık ve verimlilik sağlar. Bu, veri iletiminin daha net ve hızlı olmasını sağlar.
- **Hızlı Anahtarlama:** Saydam LED'ler, diğer renkli LED'lere göre daha hızlı anahtarlama yapabilir. Bu, veri iletim hızının artırılmasına yardımcı olur.

3.4.2 Fotodiyot

Fotodiyot, ışığa bağlı yarı iletken bir cihazdır. Işık enerjisi ile çalışır ve gelen ışığın miktarına bağlı olarak elektrik akımı üretir. Işık düştüğünde fotodiyot içerisindeki yarı iletken sayesinde bir elektron-boşluk çifti oluşturur. Bu elektronlar diyotun bir ucuna, delikler ise bir ucuna hareket eder. Bu hareket sonucu oluşan akım sonucu ışığın miktarı ölçülebilir. Bu çalışmada ışığa duyarlı oluşan akım dirençler ve belirli devre ekipmanları yardımı ile gerilimi dönüştürülmüştür. Bunun sonucunda eşik geriliminin altındaki sinyaller düşük, üstündekiler ise yüksek olarak seviyelendirilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan fotodiyot ve pin diyagramı Şekil 3.7' de gösterilmiştir. Ürün OPT101 olarak bilinmektedir.



Şekil 3.7 : OPT101 ve pin diyagramı [55]

3.4.3 Yazılım ve alt sistemleri

Bu bölümde, sistemi oluşturan temel bileşenlerin genel yapıları ele alınacaktır. Bu bileşenler arasında kodlama, kodlama işlemlerinin gerçekleştirildiği ara yüz olan LabVIEW platformu, bu platformla entegre çalışan XILINX FPGA yazılım dili ve tüm bu kodların yüklendiği ve sistemin çalıştırıldığı bilgisayar olan MyRIO-1900 tanıtılmıştır.

3.4.3.1 LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench), National Instruments tarafından üretilen, oldukça kapsamlı bir sistem tasarım platformu ve geliştirme ortamıdır. İlk olarak 1986 yılında Apple Macintosh için piyasaya sürülen LabVIEW, daha sonra Microsoft, UNIX, Linux ve MAC OS X gibi çeşitli platformlar için de çeşitli sürümler geliştirilerek, veri toplama, cihaz kontrolü, test arayüzü ve endüstriyel otomasyon gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Geleneksel metin tabanlı programlama dillerinden farklı olarak, görsel bir programlama dilini temsil eder. LabVIEW programları, ön panel ve blok diyagramı olmak üzere iki ana kısımdan oluşur. Ön panel, kullanıcılar tarafından görülen arayüzü içerirken, arka planda ise düğümlerden oluşan bir blok diyagramı bulunur. Uygulama, programcının farklı fonksiyon düğümlerini oklarla birbirine bağladığı bir blok şemasıyla oluşturulur. Bir ok, birden fazla düğüme aynı anda gidebilir, bu nedenle program, doğası gereği paralel programlamayı destekler [49]. Bu çalışmada, çoklu işlem ve çoklu iş parçacığı yürütme yeteneğinden dolayı MyRIO-1900 kartı tercih

edilmiştir. Bu programın en büyük avantajı, paralel programlamaya olanak tanınmasıdır. Bu sayede aynı anda EA şarj istasyonuna giden şebeke sinyalinin tüm bilgileri izlenebilmiş ve arıza sinyali oluşması durumunda hızlı aksiyon alınarak cihazlara zarar vermesi önlenmiştir. Bunun yanında geliştirilen HDL/VHDL kodunun LabVIEW FPGA üzerinde konfigüre edilebilmesi özelliğinden dolayı bu geliştirme ortamı kullanılmıştır.

3.4.4 FPGA geliştirme kartı (MyRIO-1900)

Günümüzde yaygın olarak kullanılan FPGA'lar (Field-Programmable Gate Arrays), donanım yapısının istenilen fonksiyona göre kullanıcı tarafından değiştirilebilen entegre devrelerdir. Diğer entegrelerden farklı olarak, FPGA'ların donanım yapısı (iç konfigürasyonu) istenildiği gibi değiştirilebilir. Bu özelliği sayesinde, transistörler arasındaki bağlantılar sabit olmadığı için, FPGA'lar programlanabilir ve esnek bir yapı sunarlar.

FPGA'lar, programlanabilir mantık bileşenleri içerir ve bu bileşenler temel lojik kapıları veya daha karmaşık yapıdaki devre elemanlarını oluşturabilirler. Tasarım esnekliği, düşük maliyet ve hızlı üretim gibi avantajları sayesinde, FPGA'lar sayısal tasarım ortamlarında önemli bir yer edinmiştir. Ayrıca, paralel işlem yapabilme yetenekleri sayesinde birçok işlemi aynı anda gerçekleştirebilirler. Uygulama alanları arasında sayısal işaret işleme, kriptografi, uzay, görüntü işleme, savunma ve tıbbi görüntüleme bulunmaktadır.

FPGA'lar, donanım tanımlama dili (HDL) olarak adlandırılan dillerle tanımlanan kapı dizilerini gerçekleştirirler. Bu diller arasında en yaygın kullanılanlar VHDL ve Verilog'dur. Ayrıca, FPGA'lar mikroişlemci gibi tasarlanıp mikroişlemcilerin fonksiyonlarını gerçekleştirebilirler. Bu özellik sayesinde, FPGA'nın içindeki mantık hücrelerine ayrı ayrı fonksiyonlar atanarak farklı görevler verilebilir [50].

Gömülü donanımlar, işlemci veri yollarıyla birbirine bağlanan, bir veya daha fazla işlemci içeren, çevresel birimlerden ve hafıza bloklarından oluşan yapılar olarak tanımlanır. Bu donanımlar, dış dünya ile portlar yoluyla bağlantı kurabilirler. Bu bağlantılar ve işlemcilerin çokluğu karmaşıklığa neden olsa da, firmaların sunduğu geliştirme ortamları sayesinde bu tür karmaşıklıklar azaltılabilir. Bu sayede, istenilen dış birimlerle iletişim sağlanması kolaylaşır.

Bu çalışmada, NI firması tarafından geliştirilen myRIO-1900 adlı kart kullanılarak uygulama yapılacaktır. Şekil 3.8'de görülen myRIO-1900 kartında XILINX firmasının ürettiği Zynq®-7000 platformu kullanılmıştır. Bu platform, ARM firmasının Cortex-A9 işlemcisiyle merkezlenmiştir. ARM işlemcisi ve FPGA, birlikte olduğu tek yonga içinde yazılım, donanım ve giriş/çıkış programlanabilirliğini içeren bir sistem oluşturur.

Tezde, analog sinyal girişi için Analog 0 pini ve LED anahtarlama için Dijital 0 pini kullanılmıştır. Analog sinyal girişinden elde edilen veriler, VHDL kodu içerisinde belirlenen eşik değerlerine göre dijital sinyale dönüştürülmekte ve modülasyon işlemi gerçekleştirilmektedir.

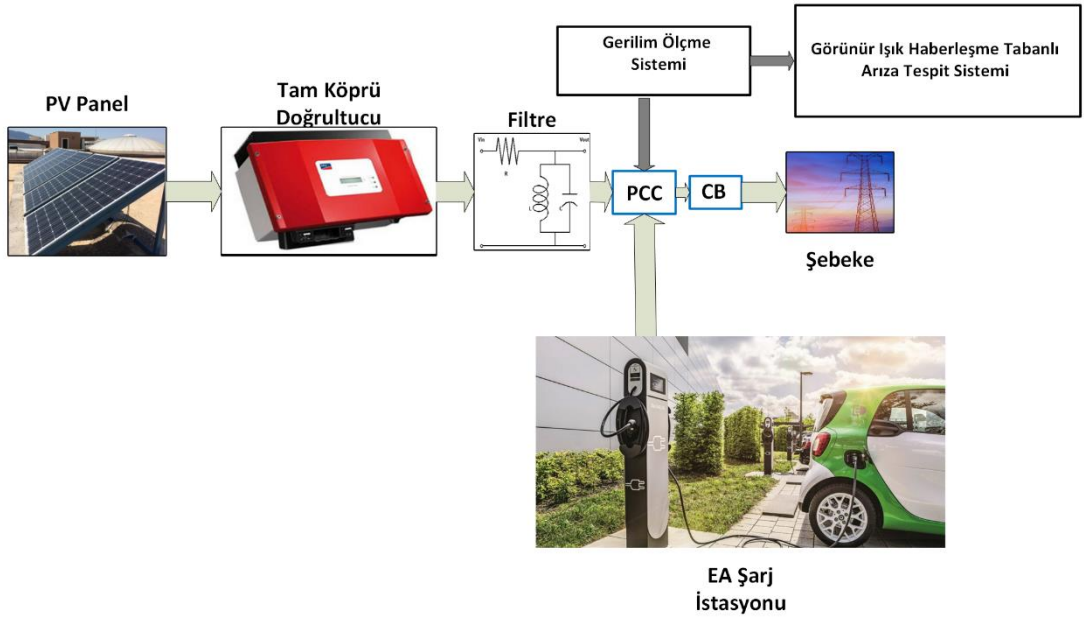


Şekil 3.8 : myRIO-1900 geliştirme kartı [58]

GIH sistemi, içerisinde kullanılan FPGA sayesinde şebekeden gelen tüm verileri eş zamanlı şekilde okuyacak ve mesajın ışık yoluyla iletilmesinden dolayı iletim kayıpları ışık hızında gerçekleşecektir. Bu sayede, oluşan anlık bir bozulmanın eş zamanlı anahtarlanmasına olanak tanıyarak yüksek maliyetli ekipmanların zarar görmesinin engellenmesi hedeflenmiştir.

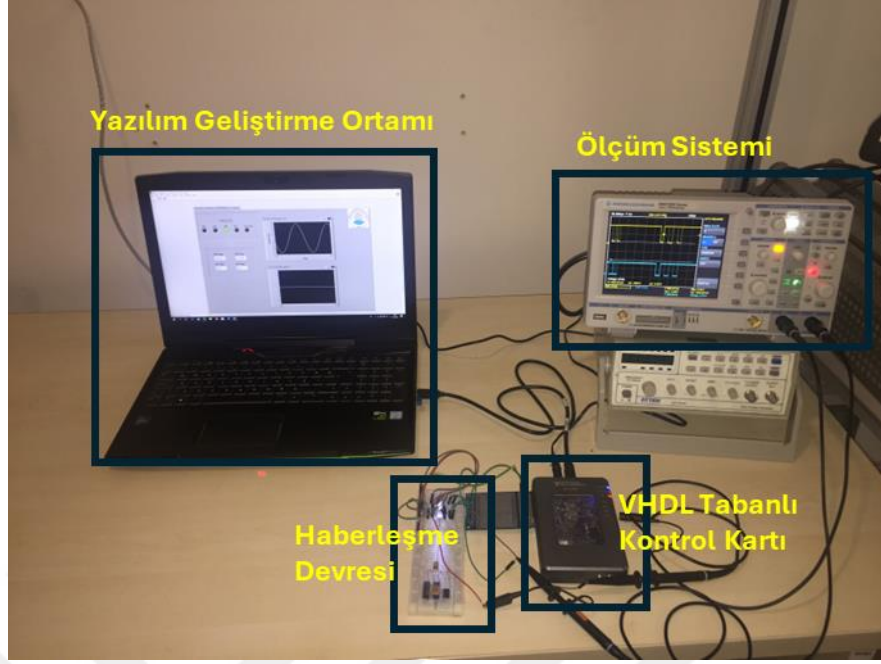
3.5 Geliştirilen Test Sistemi

Şekil 3.9’da gösterilen test sisteminde, şebeke gerilim sinyali geliştirilen elektronik ölçüm kartı ile MyRIO-1900 kontrol kartının girişine aktarılmıştır. 0-230 V arasında değişen tek fazlı şebeke gerilimi, elektronik ölçüm kartının çıkışında LV-25P gerilim sensörü ile 0-10 V arasında bir gerilime dönüştürülmektedir. Dönüştürülen bu gerilim MyRIO-1900 kartının girişine uygulanarak, şebekenin RMS değeri hesaplanmakta ve gerçek zamanlı olarak bu sinyal izlenmektedir. IEEE 929-2000 standartlarında belirtilen +/- %10 seviyelerinin üzerindeki gerilim ve/veya frekans değerlerinin dışına çıktığında ise geliştirilen GIH tabanlı koruma sistemi ile AGK/AFK ve DGK/DFK korumaları gerçekleştirilerek kesiciye açma sinyali gönderilmektedir. Bu sayede EA şarj ünitelerinin şebeke tarafında oluşabilecek gerilim ve/veya frekans değerlerindeki anormal durumlarda güvenli bir şekilde çalışabilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 3.9 : Sistem blok diyagramı

Bu çalışmada gerçekleştirilen test sistemi ise Şekil 3.10’da gösterilmiştir. Burada gönderilen ve alınan şebeke gerilim sinyali osiloskop yardımı ile izlenmiştir.

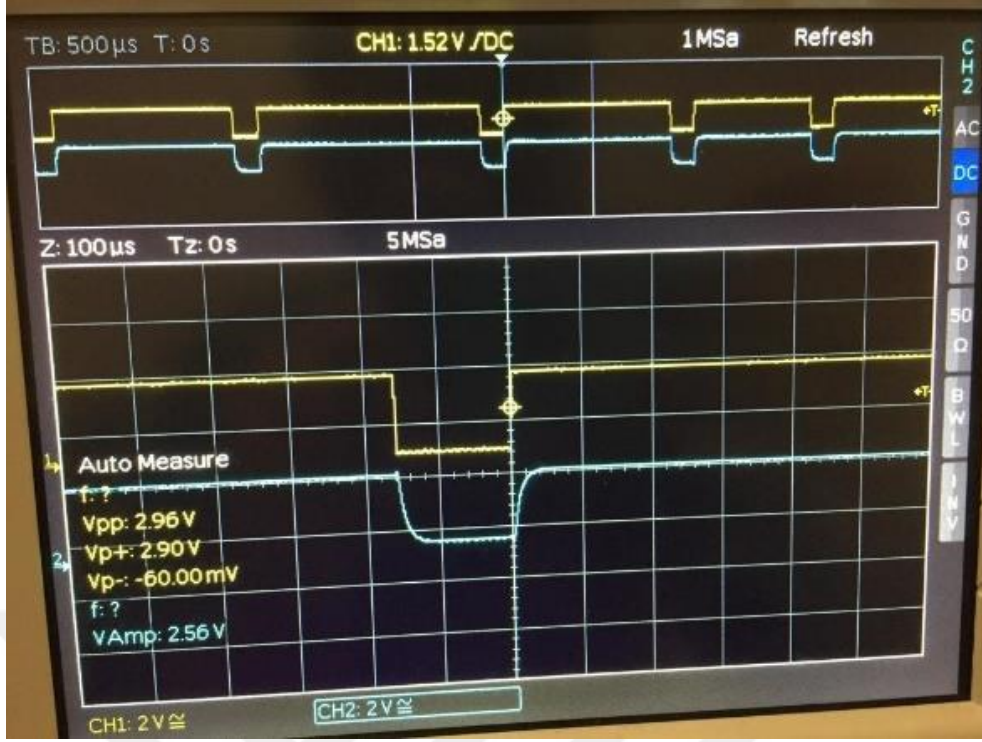


Şekil 3.10 Önerilen gerçek zamanlı GIH test sistemi

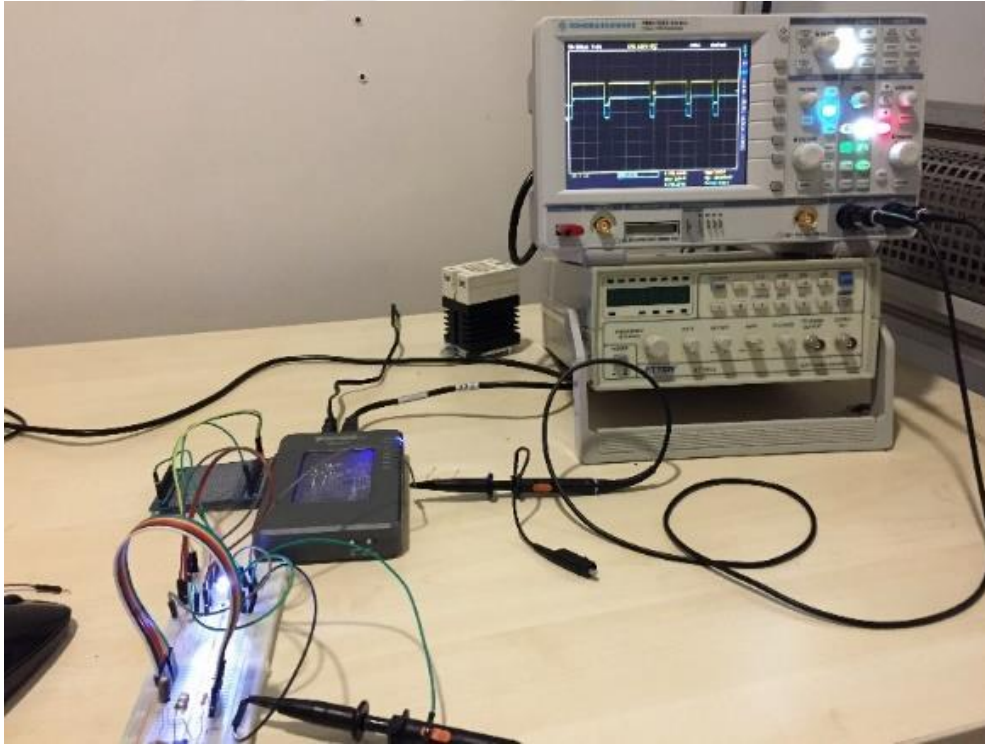
myRIO-1900 işlemcisinin analog girişinden alınan sinüs sinyali, LabVIEW arayüzü üzerinden modülör bloğuna yönlendirilir. Sinyalin modülasyonu ve demodülasyonu için VHDL dilinde yazılan kod satırları kullanılmıştır. Bu FPGA kodu (VHDL), XILINX'in Vivado tasarım aracıyla derlenerek LabVIEW uyumlu dosya formatına dönüştürülmüş ve hatalar giderilerek simüle edilmiştir. Oluşturulan kod, arayüze entegre edilmiş ve myRIO-1900 kartına yüklenmesi için LabVIEW FPGA bölümünde IP oluşturucu bloğu kullanılmıştır.

Şekil 3.11'de gönderici tarafından gönderilen sinyal girişi (LED girişi) ve alıcı tarafındaki çıkış sinyali (OPT 101 çıkışı) verilmiştir. Bu sinyallere ait detaylar şekildeki osiloskop üzerinde görülmektedir.

Osiloskop ekranında görülen sarı ve mavi sinyaller, alınan ve gönderilen mesajları temsil etmektedir. Sarı sinyal alıcı devresinin çıkışını, mavi sinyal ise gönderici devresinin çıkış sinyalini göstermektedir. Önemli olan nokta, her iki sinyaldeki düşüş ve yükseliş anlarıdır. Bu sistemde düşüş ve yükseliş süreleri arasında fark olmaması, sistemin en büyük avantajlarından biridir. Ayrıca, sinyaller her zaman birbirini takip etmekte ve analog sinyal üzerinde görüldüğü gibi faz farkı oluşmamaktadır.



(a)



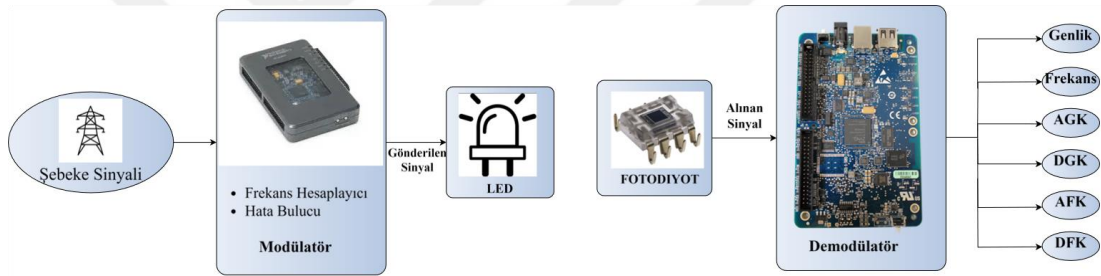
(b)

Şekil 3.11 : (a) Modülatör ve demodülatör osiloskop sinyalleri, (b) GIH gerçek zamanlı osiloskop sonuçları

Elektrik güç sistemlerinde enerji kalitesi, şebekenin gerilim ve frekansındaki değişimler ile şebekeden çekilen akımdaki dalga şekli bozukluklarının belirlenmesi

amacıyla kullanılır. Geleneksel elektrikli cihazlar genellikle şebeke gerilimi ve frekansındaki değişimlere karşı oldukça toleranslıdır. Ancak, son yıllarda yaygınlaşan elektronik devreler tarafından kontrol edilen cihazlar, enerji kalitesine son derece duyarlıdır.

Bu çalışmada, şarj istasyonları spesifik olarak seçilerek bunların elektrik güç sistemlerindeki büyük yük değişimlerinin şebeke gerilimine olan etkisi ve özellikle güç elektroniği devrelerinin neden olduğu dalga şekli bozukluklarının yol açtığı gerilim ve frekans değerlerindeki değişimlerin, geliştirilen GIH tabanlı izleme ve koruma sistemi ile giderilmesi amaçlanmaktadır. Geliştirilen GIH tabanlı izleme ve koruma sisteminin genel prensip şeması ise Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Geliştirilen bu yapı ile şebekeden okunan sinüs sinyalinin frekans ve genliğinin hata bulucu blok kullanılarak modüle edilmesi ve ardından bu değerlerin myRIO-1900 kartına iletilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 3.12 : Geliştirilen GIH tabanlı izleme ve koruma sisteminin prensip şeması

3.6 Arayüz Yazılımı

LabVIEW yazılımı kullanılarak geliştirilen GIH tabanlı izleme ve koruma sisteminin arayüz yazılımı dört sekmeden oluşmaktadır. Bu sekmelerin tamamı FPGA kısmında gerçekleştirilmiştir. Bu sekmelerin detayları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır:

3.6.1 Kullanıcı giriş ekranı

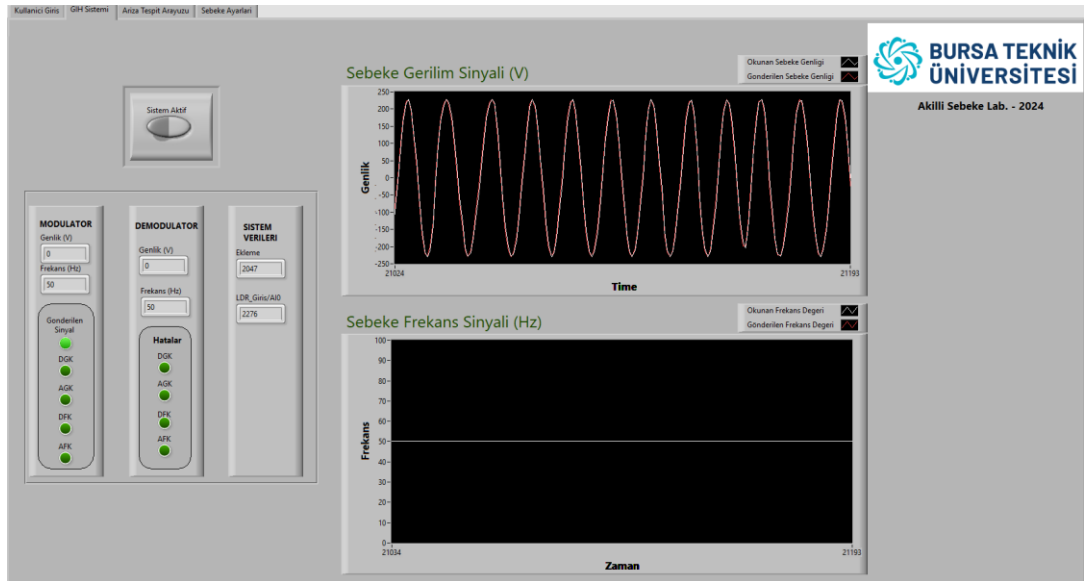
Şekil 3.13’te verilen bölüm kullanıcıyı karşılayan sistem sekmesidir. Bu bölümde tanımlayıcı olması açısından sistem blok diyagramı ve alıcı verici kısımları gösterilmiştir.



Şekil 3.13 : Kullanıcı giriş ekranı arayüzü

3.6.2 Önerilen GIH sistemi

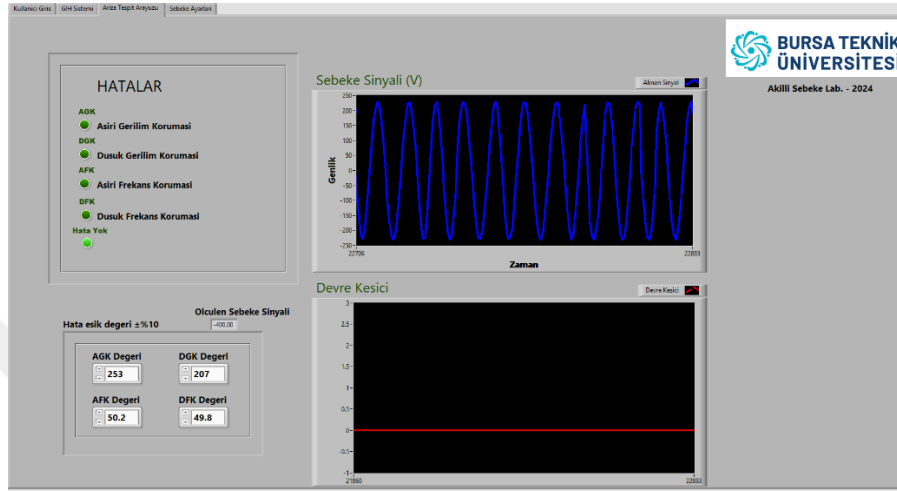
Şekil 3.14’te verilen GIH Sistemi sekmesi, ekranıyla ilgili tüm verileri içermektedir. Bu veriler arasında gönderilen ve alınan sinüs sinyali, sistem sayaç değeri, hataların lojik seviyesi, genlik ve frekansın modülör girişi ve demodülör çıkışları bulunmaktadır. Sinüs grafiğinde, gönderilen sinyal beyaz renkte ve alınan sinyal kırmızı renkte gösterilmiştir. Bu durum, sinyallerin üst üste bindiğini ve başarılı bir şekilde iletilmiş olduğunu göstermektedir. Bu kısımda özetle haberleşme birimleri kontrol edilmektedir.



Şekil 3.14 : Önerilen GIH sistemi arayüzü

3.6.3 Arıza Tespit Arayüzü

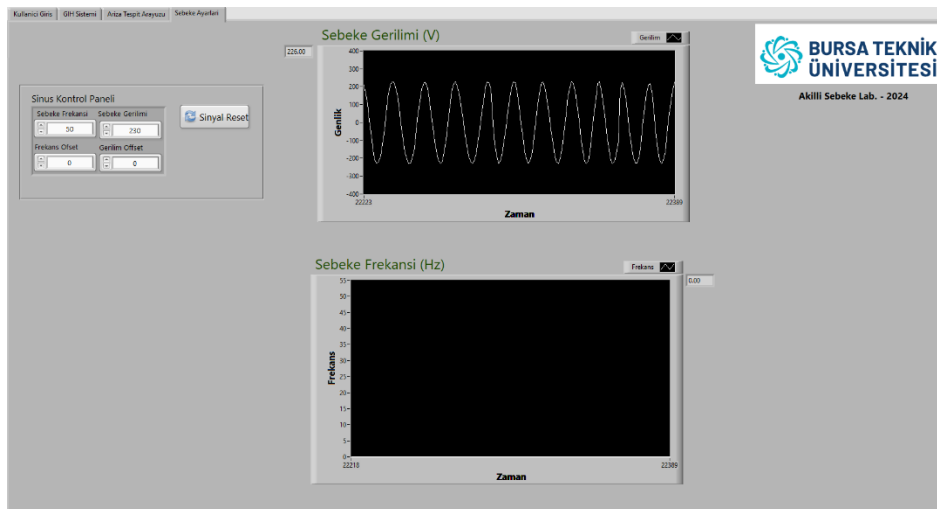
Bu kısımda alınan sinüs sinyali işlenerek referans sinyal ile karşılaştırılmaktadır. Genlik ve frekansta hata bulunması halinde hatanın türü ekranda gösterilmekte ve devre kesici aktif hale getirilmektedir. Şekil 3.15 aşırı gerilim durumunu göstermektedir. Bu kısımda verilen hata değerleri IEEE 919-2000 standartları [59] baz alınarak Türkiye’de kullanılan elektrik şebeke değerlerine göre hesaplanmıştır.



Şekil 3.15 : Arıza Tespit Arayüzü

3.6.4 Şebeke ayarları

Bu kısımda şebeke gerilim sinyalinin parametreleri belirlenmektedir. Bu değerler çalışmanın gerçekleştirildiği ülke olan Türkiye için uygulanmıştır. Bu parametrelere uygun sinüs sinyali myRIO-1900 tarafından elektronik ölçüm kartından gelen sinyale göre değerlendirilmektedir. Bunun yanında frekans ve gerilim durumları bu kısımda eşzamanlı olarak sunulmuştur. Şekil 3.16’da şebeke ayarları arayüzü gösterilmiştir.



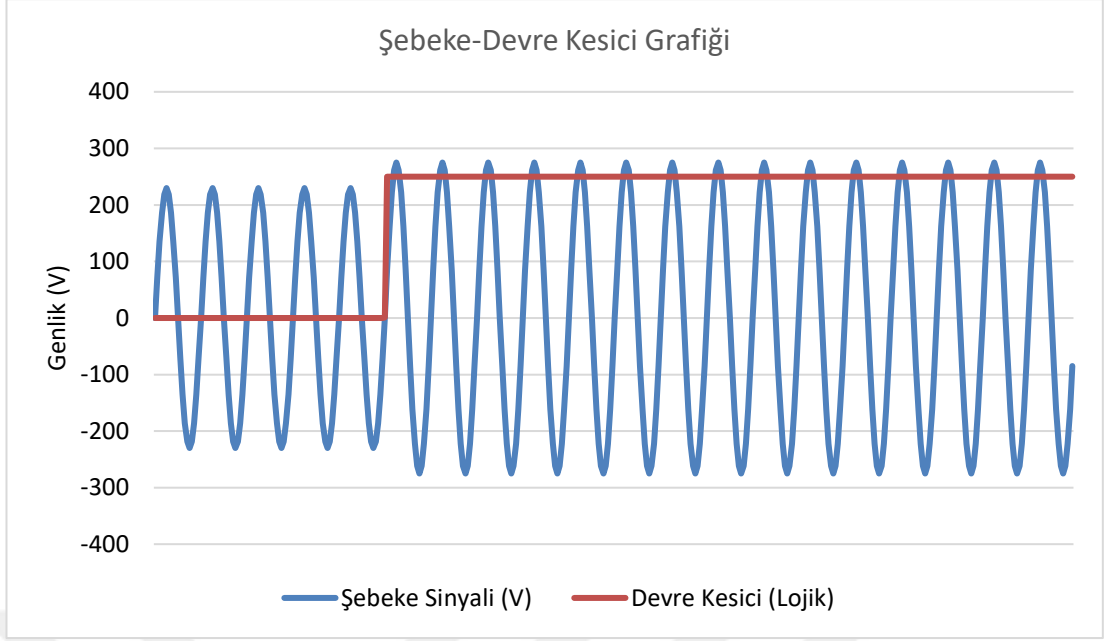
Şekil 3.16 : Şebeke ayarları ekranı

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu kısımda şebekeden alınan gerilim sinyalinin genlik ve frekansına bakılarak, GIH ile gönderilen şebeke değerlerinde belirlenen sınırların dışına çıkma durumu gerçekleşirse kesici devreye girerek sistemi korumaktadır. Bu çalışmada hata güvenlik katsayısı (tolerans) değeri şebeke gerilim değeri için IEEE 929-2000 standartlarına göre $\pm\%10$ olarak belirlenmiştir. Türkiye için şebeke nominal çalışma frekans değeri ise 49,8 Hz ile 50,2 Hz arasında değişmektedir. Tez çalışmasında AFK ve DFK korumaları için bu değerler dikkate alınmıştır.

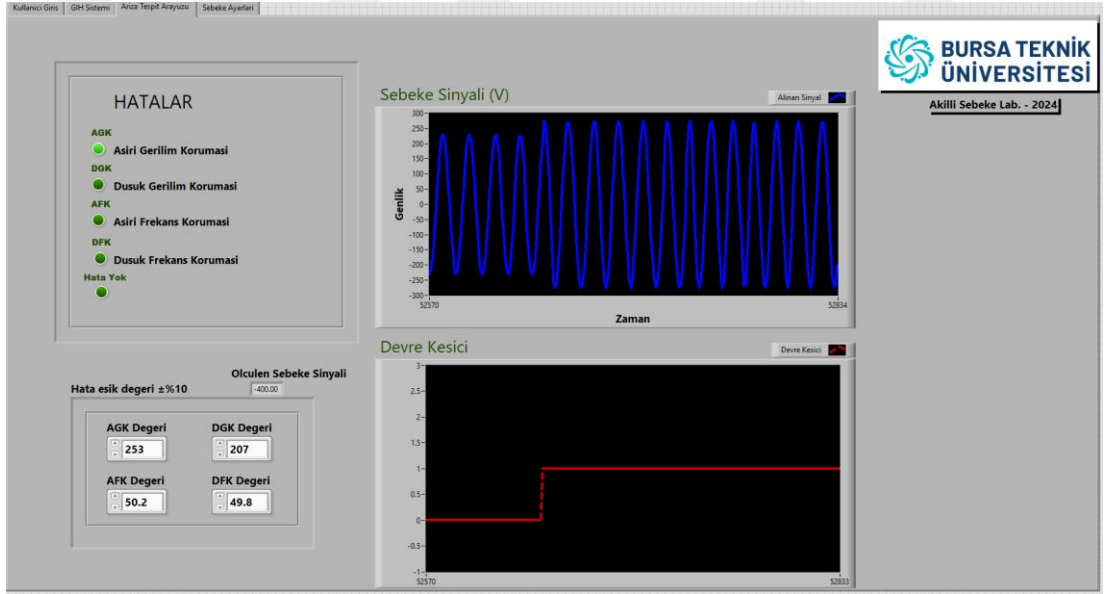
4.1 Aşırı Gerilim Koruma (AGK) Durumu

Aşırı gerilimler, anahtarlama olayları ve atmosferik olaylar gibi durumlar sonucunda gerilim yarı periyodunda meydana gelen yükselmelerdir. Bu tür bozucu etkiler genellikle şebeke veya tüketici tarafındaki kondansatörlerin devreye girmesi veya devreden çıkmasıyla ortaya çıkar. EA şarj ünitesinde ise bu durumun meydana gelmesi araçların değişiklik göstermesinden muhtemeldir. Tez çalışmasında laboratuvar ortamında kullanılan oto trafo ile gerilim seviyesi kontrollü şekilde artırılmış ve azaltılmıştır. Böylece gerilim yükselmesi ve gerilim düşmesi olayları gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilebilmiştir. Aşırı gerilim hata durumunun gerçekleşmesi için gerilim değeri 254V'a yükseltilmiştir. Bunun sonucunda gerilimin 254V RMS değerine yükseltilmesi durumundaki senaryoda devre kesicinin aktif hale gelmesine ait sonuçlar Şekil 4.1'de verilmiştir Sistem koruması için geçen süre hesaplandığında anahtarlama süresinin 1 ms olduğu görülmüştür.



Şekil 4.1 : Aşırı gerilim durumu

Bu çalışmada maksimum gerilim hata yüzdesi IEEE 929-2000 standartlarına göre \pm %10 olarak belirlenmiştir Şekil 4.2’de, şebeke geriliminin o an ölçülen değerinin \pm %10 sapması sonucunda kesicinin devreye girdiği bölüm gösterilmektedir. Bu bölümlere ait LabVIEW ekran görüntüleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Aşırı gerilim koruması durumu

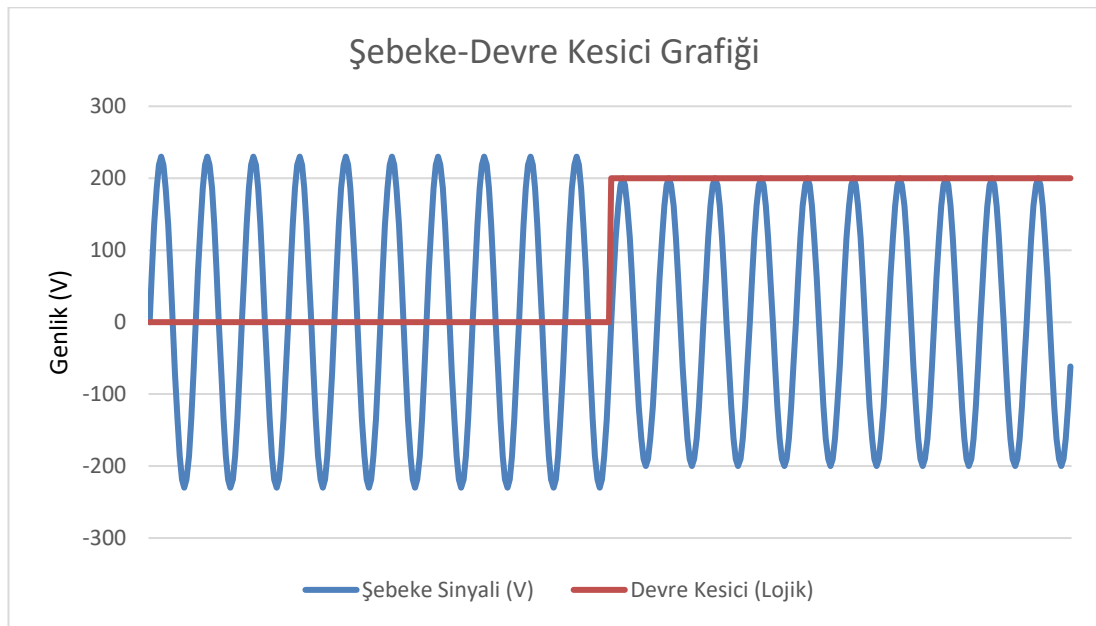
Sistemin çalışması sırasında, şebeke geriliminin genlik değeri ve kesicinin devreye girme durumu Çizelge 4.1’de verilmiştir. Kesici durumu, lojik 0 olduğunda kesicinin devrede olmadığını, lojik 1 olduğunda ise kesicinin devreye girdiğini göstermektedir.

Çizelge 4.1 : Aşırı gerilim şebeke ve kesici durumları

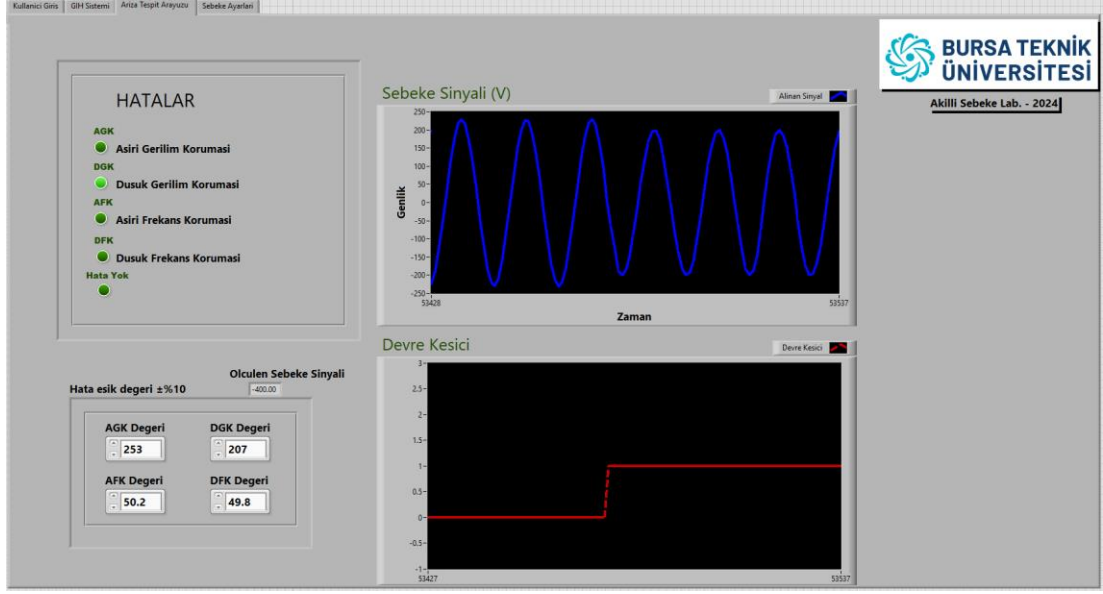
Zaman (s)	Şebeke Sinyali (V)	Şebeke Frekansı (Hz)	Devre Kesici (Lojik)
0	180	50	0
1	200	50	0
2	212	50	0
3	235	50	0
4	241	50	0
5	254	50	1
6	243	50	1
7	232	50	1
8	221	50	1
9	210	50	1

4.2 Düşük Gerilim Koruma (DGK) Durumu

Kısa süreli gerilim düşmeleri, birçok küçük tüketicinin yanı sıra büyük endüstriyel tüketiciler için önemli sorunlar teşkil etmektedir. Bu tür arızalar genellikle, elektriksel olarak uzak bir noktadaki kısa devre olaylarından kaynaklanmaktadır. Bu olumsuz etki, EA tarafında araca zarar verebilir. Düşük gerilim hata durumunun gerçekleşmesi için gerilim değeri oto trafo yardımıyla %89,5 oranına düşürülerek 206 volt RMS değerine ayarlanmıştır. Bunun sonucunda gerilimin 206 volt RMS değerine düşürülmesi durumundaki senaryoda AGK devreye girerek devre kesiciye açma sinyali göndermiştir. Bu duruma ait sonuçlar Şekil 4.2’de verilmiştir Sistem koruması için geçen süre hesaplandığında anahtarlama süresinin 1ms olduğu görülmüştür.



(a)



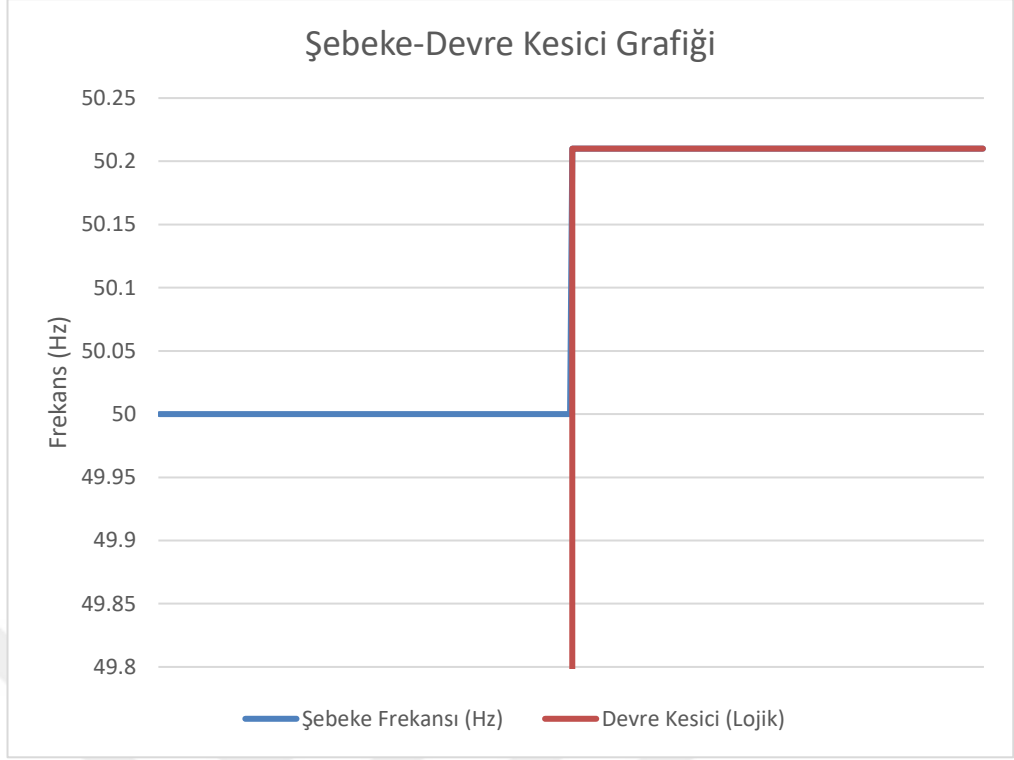
(b)

Şekil 4.3 : (a) Düşük gerilim koruma grafiği, (b) Düşük gerilim koruma arayüzü

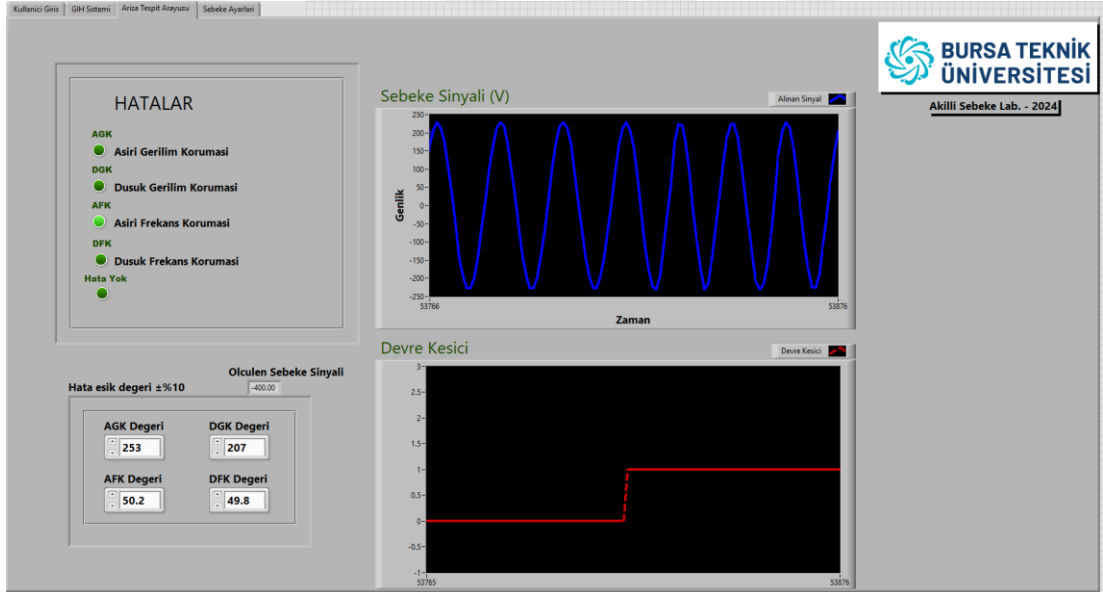
4.3 Aşırı Frekans Koruma (AFK) Durumu

Elektrik güç sistemlerinde, tüm enerji üretim merkezleri birbiriyle ve sistemle senkronize bir şekilde bağlanır. Bu nedenle, her biri aynı frekansa sahiptir. Bir güç sisteminin kararlı çalışabilmesi için frekansın sabit kalması önemlidir. Sistem dengesi bozulduğunda, frekans da değişmeye başlar. Çok fazla üretim frekansı artırırken, çok az üretim sistemin frekansını düşürür. Frekans, sürekli olarak standart değere göre kontrol edilir ve uzun süreli artış veya azalış eğilimi gösterdiğinde, üretim generatörlerinin çıkışları düzenlenerek uygun müdahaleler yapılır. Bu çalışmada, EA şarj istasyonuna verilen şebeke sinyalinde aşırı frekans durumunda kesici devreye alınarak müdahale edilmiştir. Frekans değişiminin büyük değişimleri gerçek zamanlı olarak şebekede mümkün olmadığından, elektronik ölçüm kartının girişindeki analog giriş sinyalinin değeri sinyal generatörü tarafından değiştirilerek frekans değerleri 0-10 V arasında değişecek şekilde ayarlanmıştır.

Bu çalışmada, maksimum frekans değeri 50.2 Hz olarak belirlenmiştir. Şekil 4.4'te, şebeke frekansının 50 Hz değerinden 50.21 Hz'e arttığı durumda kesicinin devreye girdiği kısım gösterilmiştir ve bu bölümlere ait LabVIEW ekran görüntüleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



(a)



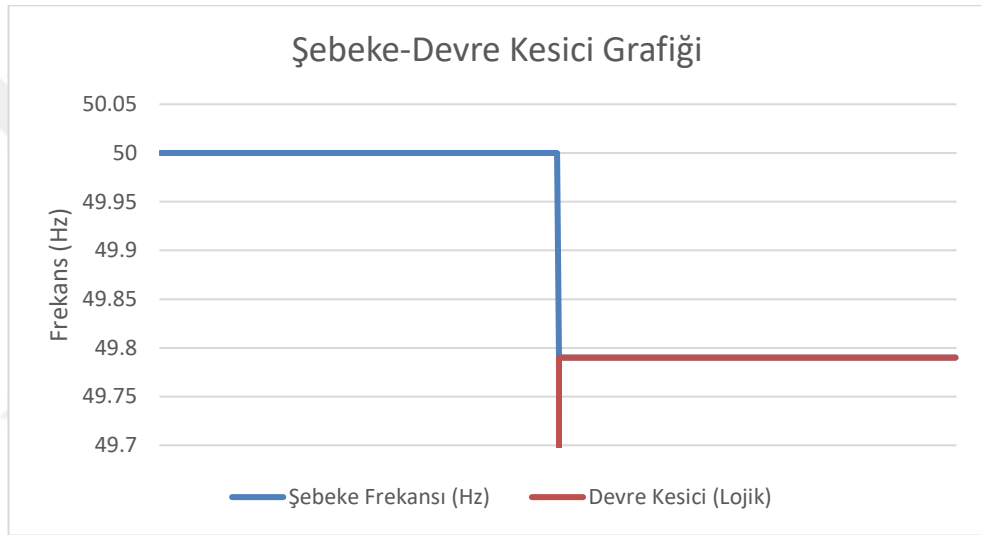
(b)

Şekil 4.4: (a) Aşırı frekans koruma grafiği (b) Aşırı frekans koruma arayüzü

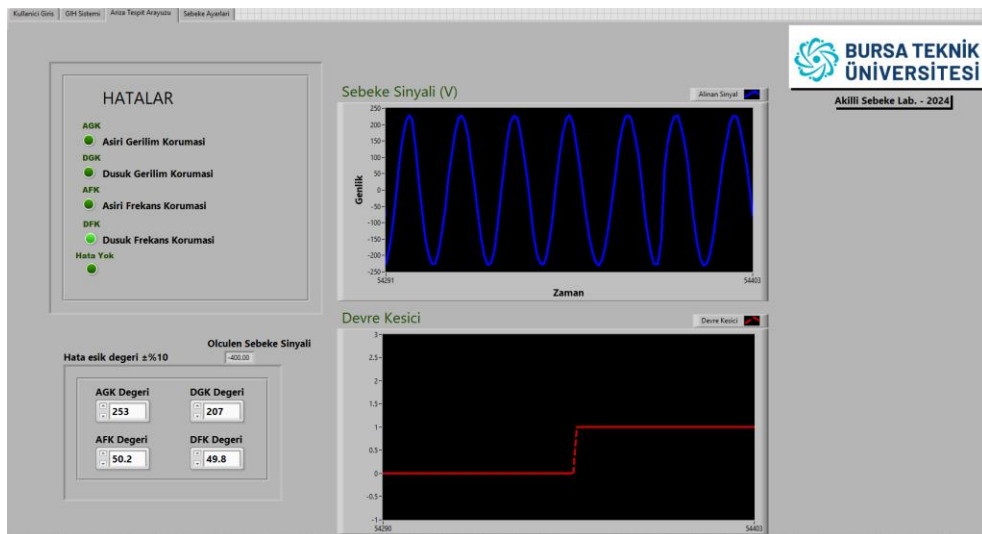
4.4 Düşük Frekans Koruma (DFK) Durumu

Elektrik güç sistemlerindeki enerji üretim merkezlerinin birbirine senkronize bir şekilde bağlı olması, frekansın sabit kalmasını gerektirir. Bu durum, bir güç sisteminin

kararlı bir şekilde çalışabilmesi için önemlidir. Ancak denge durumu bozulduğunda, sistem frekansı da değişmeye başlar. Bu durumda, çok fazla üretim frekansı arttırırken, çok az üretim ise sistem frekansını düşürebilir. Frekans, sürekli olarak standart değerlere karşı kontrol edilir ve uzun süreli düşme veya artış eğilimi gösterdiğinde, üretim generatörlerinin çıkışları düzenlenerek duruma uygun müdahaleler yapılır. Bu çalışmada, aşırı frekans durumunda EA şarj istasyonlarının devreye alınarak müdahale edilmesi de benzer bir prensibe dayanmaktadır. Bu çalışmada, minimum frekans değeri 49.8 Hz olarak belirlenmiştir. Şekil 4.5'te, şebeke frekansının 49,79 Hz'e düşmesi sonucunda kesicinin devreye girdiği kısım gösterilmiştir. İlgili LabVIEW ekran görüntüleri ise Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4.5 : (a) Düşük frekans durumu, (b) Düşük frekans koruma arayüzü

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde GIH teknolojisinin EA şarj altyapısının güvenilirliğini artırmak amacıyla kullanılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, şebeke gerilimi ve frekansında meydana gelebilecek anormal değişimler nedeni ile EA şarj ünitelerinin güvenli bir şekilde devreye girmesi ve devreden çıkması amacı ile GIH altyapısı kullanılmıştır. GIH'nin modülatör ve demodülatör yapısı LabVIEW ile gerçek zamanlı olarak VHDL dilinde kodlanarak geliştirilmiştir. Şebekenin anormal gerilim ve frekans durumları (AGK, DGK, AFK ve DFK) GIH yardımı ile tespit edilerek, EA şarj ünitelerinin güvenilir bir şekilde IEEE 929-2000 standartlarında belirtilen sınırlar içinde çalışabilmesine imkan sağlanmıştır.

Çalışmada, EA şarj altyapısında kullanılan iletişim teknolojilerinin etkin bir şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, GIH gibi teknolojilerin, mevcut sorunların çözümüne yönelik umut vadeden bir potansiyele sahip olduğu ve şarj verimliliğini artırabileceği üzerinde durulmuştur. Bunun yanında, EA şarj ünitelerinde kullanılan mevcuttaki diğer haberleşme yöntemleri de incelenmiştir. Bu çalışmada adı geçen tüm haberleşme yöntemlerinin önerilen yöntem olan GIH ile karşılaştırması Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

GIH sisteminin EA şarj ünitelerine kurulmasının maliyeti, uygulanabilirliği ve geleceğe dönük gelişimine de değinmek gerekir. Özellikle, bu yeni iletişim altyapısının mevcut şarj altyapısına entegrasyonu için ek maliyetler ve altyapı güncellemeleri göz önünde bulundurulmalıdır. GIH teknolojisinin şebeke izleme ve koruma amacıyla pratikte uygulanabilirliği ve kullanılabilirliği, EA şarj ünitesi sistemlerinin güvenilir ve şebeke ile kararlı bir şekilde çalışabilmesini sağlayacağından, yaygınlaştırılması sağlayabilir. Ayrıca mevcut yöntemlere göre GIH iletim kayıplarının neredeyse sıfır olması ve mekanik anahtarlama nedeni ile oluşan mekanik ve ısı kayıplarının GIH sisteminde olmaması, EA'ların koruma fonksiyonlarının geliştirilmesi açısından daha güvenilir bir yapının oluşturulmasına da imkan sağlamaktadır.

Çizelge 5.1 : EA şarj ünitelerinde haberleşme yöntemlerinin karşılaştırılması

Özellik	Görünür Işık Haberleşmesi (GIH)	Güç Hattı Haberleşmesi (PLCC)	CAN Haberleşmesi
Güvenlik ve Gizlilik:	Elektromanyetik parazitlere karşı doğal bir koruma sağlar. Veriler fiziksel erişim gerektirdiğinden daha güvenlidir.	Fiziksel kablolar aracılığıyla iletişim sağlar, dışarıdan müdahalelere karşı koruma sağlar. Ancak güvenlik açıkları olabilir.	Veri bütünlüğü için hata algılama ve düzeltme mekanizmaları kullanır. Doğrudan hattan erişim gerektirmediği için dış müdahalelere karşı savunmasız olabilir.
Veri Transfer Hızı ve Güvenilirlik:	Yüksek veri transfer hızlarına sahiptir, ancak optik engellerden etkilenebilir ve uzun mesafelerde iletişim zor olabilir.	Düşük veri transfer hızlarına ve sınırlı bant genişliğine sahiptir. Güvenilir bir iletişim sağlar.	Orta seviye veri transfer hızlarına sahiptir, genellikle araç içi iletişim için tercih edilir. Uzun mesafelerde güvenilirlik azalabilir.
Maliyet ve Uygulanabilirlik:	Başlangıç maliyetleri yüksektir, ekstra ekipman ve altyapıya ihtiyaç vardır. İç mekanlarda ve belirli kullanım senaryolarında kullanışlıdır.	Mevcut elektrik altyapısını kullanır, ekstra altyapı yatırımı gerektirmez. Ancak uyumluluk sorunları olabilir.	Düşük maliyetlidir, yaygın olarak kullanılır. Otomotiv endüstrisi ve endüstriyel otomasyon gibi alanlarda uygundur.

Özellikle EA şarj ünitelerinde ısınma problemleri nedeni ile uygulamada ortaya çıkan arıza durumları, EA'lardan kaynaklanan bağlantı problemleri, güç kalitesi olaylarının dikkate alınması, ada mod durumunda sistemin korumaya alınması vb. birçok arıza olayında da gelecekte GIH tabanlı izleme ve koruma sistemlerinin kullanılabilceği düşünölmektedir. Bu bakımdan, tez çalışmasında GIH tabanlı yenilikçi bir izleme ve koruma sisteminin EA şarj üniteleri için geliştirilmesinin, literatürde ilk defa konunun güç sistemlerine uygulanması açısından sonraki araştırmalara da yol gösterebileceği değerlendirilmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] **Baum, L., Darvish, S., & Schulz, D.** (2022). Mobile AC/DC test device for electric vehicle charging infrastructure communication, *e&i Elektrotechnik und Informationstechnik*, 139(2), 149-154.
- [2] **Johnson, J., Berg, T., Anderson, B., & Wright, B.** (2022). Review of electric vehicle charger cybersecurity vulnerabilities, potential impacts, and defenses, *Energies*, 15(11), 3931.
- [3] **SAFARALİEV, S., VAHAPLAR, K., & AYBAR, A.** LED'Lİ AYDINLATMA ARMATÜRLERİ İLE GÖRÜNÜR IŞIK HABERLEŞMESİ.
- [4] **Song, C.** Research on Power Line Carrier Communication between Electric Vehicle and Electric Vehicle Supply Equipment. *International Core Journal of Engineering*, 8(1), 556-566.
- [5] **Teixeira, L., Loose, F., Barriquello, C. H., & Dalla Costa, M. A.** On the LED efficacy and modulation design space for visible light communication. In 2018 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS) (pp. 1-6). IEEE.
- [6] **Ha, M. (2019).** Visible Light Communication (VLC) between Electronic Devices (Doctoral dissertation, The Ohio State University).
- [7] **Kimyacı, M., & Çürük, S. M.** (2021). Çoklu Vericili Görünür Işık Haberleşmesinde Kanal. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 9(1), 10-18.
- [8] Mapunda, G. A., Ramogomana, R., Marata, L., Basutli, B., Khan, A. S., & Chuma, J. M. **Indoor visible light communication: A tutorial and survey. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020(1), 8881305.**
- [9] **Yang, H., Zhong, W. D., Chen, C., & Alphones, A.** Integration of visible light communication and positioning within 5G networks for internet of things. *IEEE Network*, 34(5), 134-140.
- [10] Mapunda, G. A., Ramogomana, R., Marata, L., Basutli, B., Khan, A. S., & Chuma, J. M. **Indoor visible light communication: A tutorial and survey. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020(1), 8881305.**
- [11] **James Singh, K., Huang, Y. M., Ahmed, T., Liu, A. C., Huang Chen, S. W., Liou, F. J., ... & Kuo, H. C.** Micro-LED as a promising candidate for high-speed visible light communication. *Applied Sciences*, 10(20), 7384.
- [12] **Shaaban, K., Shamim, M. H. M., & Abdur-Rouf, K.** Visible light communication for intelligent transportation systems: A review of the

latest technologies. Journal of traffic and transportation engineering (English edition), 8(4), 483-492.

- [13] **Yu, T. C., Huang, W. T., Lee, W. B., Chow, C. W., Chang, S. W., & Kuo, H. C.** Visible light communication system technology review: Devices, architectures, and applications. *Crystals*, 11(9), 1098.
- [14] **Dou, C., Wang, C., Mi, T., Zhang, Z., Yang, J., & Ao, J.** (2021, September). Design and Simulation of light Source Layout of Indoor Visible Light Communication System. In 2021 4th International Conference on Information Communication and Signal Processing (ICICSP) (pp. 523-527). IEEE.
- [15] **Tang, T., Shang, T., & Li, Q.** (2020). Impact of multiple shadows on visible light communication channel. *IEEE Communications Letters*, 25(2), 513-517.
- [16] **Nashiruddin, M. I., Nurfadhilah, B., Pamukti, B., & Nugraha, M. A.** (2021, December). Performance Evaluation of Visible Light Communication System Design in Indoor Scenario. In 2021 4th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI) (pp. 275-280). IEEE.
- [17] **Danys, L., Zolotova, I., Romero, D., Papcun, P., Kajati, E., Jaros, R., ... & Martinek, R.** (2022). Visible Light Communication and localization: A study on tracking solutions for Industry 4.0 and the Operator 4.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 535-545.
- [18] **Aboagye, S., Ndjiongue, A. R., Ngatched, T. M., Dobre, O. A., & Poor, H. V.** (2022). RIS-assisted visible light communication systems: A tutorial. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25(1), 251-288.
- [19] **Atakan, S. G.** (2022). Su Altında Görünür Işık Haberleşmesi (Master's thesis, Bursa Uludag University (Turkey)).
- [20] **Jo, S. H., Woo, J., Kim, S. Y., & Jeong, J. H.** (2023). Development of positioning technology using led. *IEEE Photonics Journal*, 15(1), 1-7.
- [21] **Liu, J., Ma, L., & He, Z.** (2023). Underwater visible light mobile communication using a gain feedback control method with dynamic threshold. *IEEE Photonics Journal*, 15(6), 1-6.
- [22] **Pan, Z., Li, X., Hao, W., Miao, R., & Wang, A.** (2023, August). Visible Light Communication Based Smart IoT Technologies and Applications. In 2023 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT) (pp. 332-335). IEEE.
- [23] **Wang, S., Zhang, K., Zhu, B., Wang, W., & Zhang, Z.** (2023). Visible light communications for unmanned aerial vehicle: channel modeling and experimental validation. *IEEE Communications Letters*, 27(6), 1530-1534.
- [24] **ÖZKOP, Ö. G. D. E.** (2013). ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN ŞARJ CİHAZI.
- [25] **Mohd, S., Zulkifli, S. A., Rangkuti, R. G., Ovinis, M., & Saad, N.** (2013, November). Electric vehicle energy management system using National Instruments' CompactRIO and LabVIEW. In 2013 IEEE

International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA) (pp. 1-6). IEEE.

- [26] **Güneş, D., Tekdemir, İ. G., Şengül, M., & Alboyacı, B.** (2018). Elektrikli araç şarj istasyonu yüklerinin güvenilirlik indisleri üzerine etkilerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(3), 1073-1084.
- [27] **Al Wahedi, A., & Bicer, Y.** (2019). Assessment of a stand-alone hybrid solar and wind energy-based electric vehicle charging station with battery, hydrogen, and ammonia energy storages. *Energy Storage*, 1(5), e84.
- [28] **Durmuş, F. S., & Kaymaz, H.** (2020). Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3(2), 123-139.
- [29] **Stoychev, I., & Oehm, J.** (2016, December). Advanced electronic circuit breaker techniques for the use in electric vehicle charging stations. In 2016 IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS) (pp. 660-663). IEEE.
- [30] **Bahrami, A.** (2020). EV charging definitions, modes, levels, communication protocols and applied standards. *Changes*, 1, 1-10.
- [31] **Shrivastava, A., Ranga, J., Narayana, V. N. S. L., & Borole, Y. D.** (2021, September). Green Energy Powered Charging Infrastructure for Hybrid EVs. In 2021 9th International Conference on **Cyber and IT Service Management (CITSM)** (pp. 1-7). IEEE.
- [32] **Liu, Q., Yan, X., & Zhang, L.** (2021, August). Design of monitoring system for electric vehicle charging station based on LabVIEW and STM32. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2005, No. 1, p. 012207). IOP Publishing.
- [33] **Çakmak, R., & Turan, A.** (2022). Türkiye’de İller Bazında Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Altyapısı: Ölçevler Aracılığıyla Analizi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 246-268.
- [34] **Karapınar, F., & Daldaban, F.** (2022). Elektrikli Araçların Şarj Yöntemleri ve Şarj İstasyon Tipleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 38(3), 549-556.
- [35] **Dimitriadou, K., Rigogiannis, N., Fountoukidis, S., Kotarela, F., Kyritsis, A., & Papanikolaou, N.** (2023). Current trends in electric vehicle charging infrastructure; opportunities and challenges in wireless charging integration. *Energies*, 16(4), 2057.
- [36] **Liserre, M., Beiranvand, H., Leng, Y., Zhu, R., & Hoehner, P. A.** (2023). Overview of talkative power conversion technologies. *IEEE Open Journal of Power Electronics*, 4, 67-80.
- [37] **Saadatmandi, S., Chicco, G., Favenza, A., Mozzato, A., Giordano, F., & Arnone, M.** (2024). Smart electric vehicle charging for reducing photovoltaic energy curtailment. *Electric Power Systems Research*, 230, 110181.
- [38] **ÇAKMAK, R., & ÇİÇEK, M. H.** (2024). Kapalı Otoparklara Yerleştirilen Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarında Bekleme Süresini En Aza

İndirecek Bir Tasarım Yaklaşımı. International Journal of Engineering Research & Development (IJERAD), 16(1).

- [39] **Birleştirici, A., Şalci, M. S., Dikkulak, A., Güler, F., Turhan, E., Tic, G. E., & AŞ, S.** (2015). Elektrikli Araç şarj İstasyonlari. Tuzla, İstanbul.
- [40] **S. ÖNER**, Akıllı Arıza Koruma Ve Güç Akışı Kontrol Fonksiyonlarına Sahip Bir Elektrikli Araç Şarj Cihazının Şebekeden-Araca Ve Araçtan-Şebekeye Etkileşimli Şekilde Geliştirilmesi, 2023.
- [41] **Durmuş, F. S., & Kaymaz, H.** (2020). Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 3(2), 123-139.
- [42] **Url-1** <<https://www.evengineeringonline.com/what-is-the-difference-between-ac-and-dc-ev-charging>>, date retrieved 16.10.2023.
- [43] **Url-2** <<https://www.mathworks.com/help/autoblks/ug/charge-an-electric-vehicle.htm>>, erişim tarihi 12.02.2024.
- [44] **Chung, C. Y., Chu, P., & Gadh, R.** (2013). Design of smart charging infrastructure hardware and firmware design of the various current multiplexing charging system (No. DOE-UCLA-00192-5). City of Los Angeles Department.
- [45] **Chung, C. Y., Chu, P., & Gadh, R.** (2013). Design of smart charging infrastructure hardware and firmware design of the various current multiplexing charging system (No. DOE-UCLA-00192-5). City of Los Angeles Department.
- [46] **Pedersen, A. B., Martinenas, S., Andersen, P. B., & Meier, T.** (2015, November). A method for remote control of EV charging by modifying IEC61851 compliant EVSE based PWM signal. In 2015 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm) (pp. 539-544). IEEE.
- [47] **Pedersen, A. B., Martinenas, S., Andersen, P. B., & Meier, T.** (2015, November). A method for remote control of EV charging by modifying IEC61851 compliant EVSE based PWM signal. In 2015 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm) (pp. 539-544). IEEE.
- [48] **Url-3** < https://www.typhoon-hil.com/documentation/typhoon-hil-application-notes/References/electric_vehicle_ac_charging.html >, date retrieved 14.02.2024.
- [49] **M. DAŞ**, Güç Rölelerinin Anahtarlanmasının Görünür Işık Haberleşmesi Kullanılması İle Fpga Tabanlı Olarak Gerçekleştirilmesi, 2020.
- [50] **Url-4** < <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/isik-tayfi-nedir> >, date retrieved 10.02.2024.
- [51] **Url-5** <<https://yapayakademi.com/gorunur-isigi-kullanarak-haberlesmek/>>, date retrieved 01.02.2024.
- [52] **Sadi SAFARALİEV**, Led'li Aydınlatma Armatürleri İle Görünür Işık Haberleşmesi, 2020.
- [53] **Url-6** <<https://medium.com/t%C3%BCrkiye/g%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCr-i%C5%9Fme%C4%B1k-haberle%C5%9Fmesi-2babaf3fcb9/>>

- [54] **Url-7** <<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/opt101.pdf/>>, date retrieved 08.01.2024.
- [55] **Url-8** <<https://tr.wikipedia.org/wiki/LabVIEW/>>, date retrieved 02.04.2024.
- [56] **F. AKKOYUN**, FPGA Tabanlı Dokümanlı Ekranlı Kullanıcı Arabirim Tasarlanması Ve Gerçekleştirilmesi, 2011.
- [57] **Url-9** <<https://www.digikey.com.au/en/products/detail/ni/782693-01/16648121/>>, date retrieved 20.02.2024.
- [58] **E. Engineers**, "IEEE Standard for Digital Computer Clock Systems," 2000.
- [59] **Ismail, S. N., & Salih, M. H.** (2020, March). A review of visible light communication (VLC) technology. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2213, No. 1). AIP Publishing.
- [60] **E. Ö. Vehbi Yazıcı**, Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri, In V.Enerji Verimliliği Ve Kalitesi Sempozyumu Bildirileri, Kocaeli, 2013.
- [61] **Ma, H., Lampe, L., & Hranilovic, S.** (2013, March). Integration of indoor visible light and power line communication systems. In 2013 IEEE 17th International Symposium on Power Line Communications and Its Applications (pp. 291-296). IEEE.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Murat DAŞ

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2020, Bursa Teknik Üniversitesi, MDBF, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2024, Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- **Ekim 2020 – Kasım 2022**
Elektrik ve Elektronik Sistemler uzmanı, Ottonom Mühendislik, Bursa
- **Ağustos 2019 – Ekim 2020**
AR-GE Mühendisi, Eurobotik Otomasyon ve Görüntü İşleme Teknolojileri, Kocaeli
- **Aralık 2018 – Temmuz 2019**
Aday Mühendis, TUSAŞ, Bursa
- **Haziran 2018 – Temmuz 2018**
Yaz stajı ERMAKSAN, Bursa

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **M. Daş, G. Bayrak.** (2024). Developing A Visible Light Communication System for Grid Protection in a Green Hydrogen Powered EV Charging Station. In Proceedings of the 8th International Hydrogen Technologies Congress. ISBN: 978-605-70717-8-1. pp. 69-72