



**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**İLETİM HATTI HABERLEŞME ALT YAPILARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

**Buğrahan UZUN**

Danışman  
**Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL**

SAMSUN  
2021

**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**İLETİM HATTI HABERLEŞME ALT YAPILARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

**Buğrahan UZUN**

Danışman

**Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL**

SAMSUN  
2021

## TEZ KABUL VE ONAYI

**Buğrahan UZUN** tarafından, **Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL** danışmanlığında hazırlanan “**İletim Hattı Haberleşme Alt Yapılarının Karşılaştırılması**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 1.3.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	<b>Unvanı Adı Soyadı</b> <b>Üniversitesi</b> <b>Ana Bilim/Ana Sanat Dalı</b>	<b>İmza</b>	<b>Sonuç</b>
<b>Başkan</b> (Danışman)	Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL Ondokuz Mayıs Üniversitesi Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
<b>Üye</b>	Doç. Dr. Ünal KURT Amasya Üniversitesi Elektrik Makineleri Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
<b>Üye</b>	Dr. Öğrt. Üyesi Cenk GEZEGİN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT

Enstitü Müdürü

## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI**

Hazırladığım Dönem Projesi tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

... / ... / 2021  
Öğrenci Adı SOYADI  
Buğrahan UZUN

## **TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI**

**Tez Başlığı :** İletim Hattı Haberleşme Alt Yapılarının Karşılaştırılması

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 25.12.2020 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 10

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

... / ... / 2021  
Danışman Adı SOYADI  
Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL

## ÖZET

### İLETİM HATTI HABERLEŞME ALT YAPILARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Buğrahan UZUN  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Yüksek Lisans, Mart/2021  
Danışman: Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL

Günümüzde, geçmişe kıyasla insan sayısının ve ihtiyaçlarının artması dolaylı yoldan enerji kullanımını yani tüketimini de artırmıştır. Tüketiciyi iletim hatları üzerinden enerji ile buluşturmak, bu enerjinin sürekliliği ve tüketicinin can güvenliği çok önemlidir. Kullanılan sistemler çok büyük ve birbirine bağlı sistemler olduğu için hataların ortaya çıkma olasılığı da bir o kadar fazladır. Bu hatalara kurulu sistemlerin verdiği cevaplar hem insan sağlığı hem enerji sürekliliğini sağlamak adına çok önemlidir. Hataların önüne hızlı bir şekilde geçme isteği iletişim ve bilgi gönderme ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Bu tezde iletim hattı haberleşme yöntemleri karşılaştırılarak, daha üstün olan haberleşme yöntemi araştırılmıştır. İHH yöntemi ile kablosuz haberleşme yöntemleri artıları ve eksileri karşılaştırılmıştır. Haberleşme yöntemi olarak İHH seçildikten sonra iletim hattı üzerinden bilgi iletimi olumsuz etkileri olan gürültü, kanal empedansı ve işaret zayıflaması sorunları irdelenmiştir. OSOS, SCADA, PRIME ve G3 uygulamaları karşılaştırılmıştır. İletim hattı haberleşmesi için uygun olabilecek bindirim yöntemleri karşılaştırılmıştır. İletim hattı haberleşme sistemi benzetimi 2FKA metodu ile tasarlanmıştır. İletim hattı üzerinden iletilen 50Hz sıklığa sahip şebeke işaretine kıyasla çok yüksek sıklıklarda olan taşıyıcı işaret 2FKA işareti ile bindirime uğramıştır. İletilmek istenen bilgi işareti, iletim hattı üzerinden 2FKA bindirimi ile gönderilmiştir. İletim hattı çıkışında ise ayrıştırma işlemi uygulanarak girişteki bilgi işareti, çıkışta okunmuştur. İletim hattı boyunca giriş bilgi işareti, taşıyıcı işaretleri ve iletim hattı çıkışındaki bilgi işareti sonuçları PSIM programı ile gerçekleştirilmiştir. Bilgi işaretinin giriş ve çıkış PSIM sonuçları tezde yer almaktadır. Böylece iletim hattı üzerinden haberleşme işlemi sağlanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Enerji İletim Hattı, Haberleşme, Sıklık, Bindirim, 2FKA, İHH

## ABSTRACT

### COMPARISON OF POWER LINE COMMUNICATIONS INFRASTRUCTURE

Bugrahan UZUN  
Ondokuz Mayıs University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Electrical-Electronics Engineering  
Master, March/2021  
Supervisor: Prof. Dr. Okan OZGONENEL

Today, the development of technology and the increase in the number of people, the industrialization and the needs of people increase the importance of electricity consumption and thus the importance of transmission lines. It is very important to bring the consumer with energy through transmission lines, the continuity of this energy and the safety of the consumer. Since the systems used are very large and interconnected, the likelihood of errors is as high. And the response given by these systems is very important both for human health and to ensure energy continuity. The wish to quickly avoid mistakes has brought about the need to communicate and send information.

In this thesis, better advantageous communication method is investigated by comparing powerline communication methods. Pros and cons of PLC method and wireless communication methods are compared. After choosing PLC as the communication method, noise, channel impedance and signal weakening problems that have negative effects of data transmission over the transmission line are examined. OSOS, SCADA, PRIME, G3 methods were compared. Modulation methods that may be suitable for transmission line communication are compared. Transmission line communication system simulation is designed with BPSK modulation method. The carrier signal, which is at very high frequencies compared to the 50Hz frequency network signal transmitted over the transmission line, is modulated with the BPSK signal. The information signal to be transmitted is sent via BPSK modulation over the transmission line. At the transmission line output, the demodulation process is applied and the information signal at the input is read at the output. Input information signal, carrier signal and output information signal were carried out on PSIM program along the powerline. Input and output PSIM figure of data signals are included in this thesis. Thus, communication process is provided over the transmission line.

**Keywords:** Power Line, Communications, Frequency, Modulation, BPSK, PLC

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tüm bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, çalışmalarımı sabırla destekleyen, çalışmaktan onur duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL'e teşekkür ederim ve saygılarımı iletirim.

Hayatımın her anında yanımda olan, benim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan eşime, anneme, babama, kardeşime ve arkadaşlarıma da sonsuz teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLER DİZİNİ.....</b>	<b>viii</b>
<b>TABLolar DİZİNİ.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Kablolu Haberleşme.....	3
1.1.1 Haberleşme bantlarına göre .....	4
1.1.2 Kullanım amaçlarına göre .....	5
1.2 Kablosuz Haberleşme .....	5
1.2.1 Wi-Fi.....	6
1.2.2 ZigBee.....	6
1.2.3 Wimax.....	7
1.2.4 Bluetooth.....	8
1.2.5 Gsm/Gprs .....	8
<b>2. İLETİM HATTI HABERLEŞMESİ.....</b>	<b>10</b>
2.1 Yapılan Çalışmalar.....	10
2.2 Uygulama Alanları.....	12
2.3 İletim Hattı Üzerinden Bilgi İletimi Olumsuz Etkileri .....	12
2.3.1 Gürültü .....	13
2.3.2 Kanal empedansı.....	17
2.3.3 İşaret zayıflaması .....	17
<b>3. İHH BİNDİRİM TEKNİKLERİ .....</b>	<b>19</b>
3.1 Analog Bindirim Teknikleri.....	19
3.1.1 Genlik bindirimi .....	19
3.1.2 Faz bindirimi .....	19
3.1.3 Sıklık bindirimi .....	20
3.2 Sayısal Bindirim Teknikleri .....	20
3.2.1 GKA.....	21
3.2.2 SKA.....	22
3.2.3 FKA.....	23
3.2.3.1 2FKA.....	24
3.2.3.2 4FKA.....	25
3.2.3.3 8FKA.....	29
3.2.3.4 16FKA.....	30
3.2.4 16-4GB.....	30
<b>4. İHH UYGULAMALARI VE BENZETİMİ .....</b>	<b>32</b>



4.1 İHH Uygulamaları .....	32
4.1.1 OSOS .....	32
4.1.2 SCADA sistemi.....	37
4.1.3 PRIME-İHH sistemi.....	38
4.1.4 G3-İHH sistemi .....	39
4.2 2FKA Bindirimi ile İHH Benzetimi.....	42
4.2.1 2FKA Bindirimi .....	42
4.2.2 2FKA işaretinin iletim hattı üzerinden iletimi .....	45
4.2.3 2FKA işaretinin ayrışımı.....	47
<b>5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>	<b>48</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>54</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### SİMGELER

S (t)	İletilen İşaret
M (t)	Taşıyıcı İşaret
$\Pi$	$P_i$
F	Sıklık
C	Sığaç
T	Zaman
Q	Bilgi Girişi
I	Bilgi Girişi
T1	Gündüz Elektrik Tüketim Değeri
T2	Akşam Elektrik Tüketim Değeri
T3	Gece Elektrik Tüketim Değeri
V <sub>ph0</sub>	0° Faz Açılı Taşıyıcı İşaret
V <sub>ph180</sub>	180° Faz Açılı Taşıyıcı İşaret
V <sub>m</sub>	Bindirimli İşaret Gerilimi
W	Açısal Hız

## KISALTMALAR

İH	İletim Hattı
İHH	İletim Hattı Haberleşmesi
Hz	Hertz
KHz	Kilohertz
GKA	Genlik Kaydırmalı Anahtarlama
SKA	Sıklık Kaydırmalı Anahtarlama
FKA	Faz Kaydırmalı Anahtarlama
AKA	Açık Kapalı Anahtarlama
SSKA	Ses Sıklık Kaydırmalı Anahtarlama
ÇSKA	Çoklu Sıklık Kaydırmalı Anahtarlama
DB	Desibel
SGO	İşaret Gürültü Oranı
2FKA	İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama
4FKA	Karesel Faz Kaydırmalı Anahtarlama
8FKA	Sekizli Faz Kaydırmalı Anahtarlama
16FKA	On Altılı Faz Kaydırmalı Anahtarlama
16-4GB	Dörtlü Genlik Bindirimi
GSKA	Gauss Sıklık Kaydırmalı Anahtarlama
GMKA	Gauss Minimum Kaydırmalı Anahtarlama
KM	Kilometre
SN	Saniye
KB	Kilobayt
LOG	Logaritma
OSOS	Otomatik Sayaç Okuma Sistemi
EUS	Elektromanyetik Uyumluluk Sertifikası
SFK	Sürekli Faz Kiplenimi
KKA	Kaos Kaydırmalı Anahtarlama
FKKA	Farksal Kaos Kaydırmalı Anahtarlama
SBC	Sıklık Bölmeli Çoklama
DSBC	Dikey Sıklık Bölümleme Çoğullama
MBPS	Saniye Başına Megabayt
WMAN	Kablosuz Metropol Alan Ağı
DSDS	Doğrudan Sıralı Yayılı Spektrum
AG	Alçak Gerilim
OG	Orta Gerilim
QAM	Karesel Genlik Bindirimi
OOK	Açık Kapalı Anahtarlama
ASKA	Ses Sıklık Kaydırmalı Anahtarlama
BSKA	Birleşik Sıklık Kaydırmalı Anahtarlama
ÇTÇS	Çift Tonlu Çoklu Sıklık
SCADA	Merkezi Denetleme Denetim ve Bilgi Toplama
RTU	Uzak Terminal Birimi
CPU	Merkezi İşlem Birimi

## ŞEKİLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İletim Hattı İşaret Seviyesinin Zaman ve Sıklığa Bağlı Değişimi.....	1
Şekil 2.1. İşaret ve Gürültünün Birleşiminin Gösterimi .....	13
Şekil.2.2. İşaret ve Gürültünün Genel Gösterimi .....	13
Şekil 2.3. Tek Yönlü Gürültüsüz Sinüsoidal Dalga.....	14
Şekil 2.4. Tek Yönlü 1 Kat Gürültülü Sinüsoidal Dalga .....	14
Şekil 2.5. Tek Yönlü 2 Kat Gürültülü Sinüsoidal Dalga .....	15
Şekil 2.6. Tek Yönlü 5 Kat Gürültülü Sinüsoidal Dalga .....	15
Şekil 2.7. Tek Yönlü 10 Kat Gürültülü Sinüsoidal Dalga .....	16
Şekil 2.8. Tek Yönlü 100 Kat Gürültülü Sinüsoidal Dalga .....	16
Şekil 3.1. Genlik Bindirimi İşareti .....	19
Şekil 3.2. Faz Bindirim İşareti .....	20
Şekil 3.3. Sıklık Bindirim İşareti.....	20
Şekil 3.4. GKA Bindirimli İşaret .....	22
Şekil 3.5. ISIS SKA Bindirim Devresi.....	23
Şekil 3.6. ISIS SKA Bindirim Devresi Sonucu .....	23
Şekil 3.7. FKA Bindirimli İşaret .....	24
Şekil 3.8. PSİM'de 2FKA Bindirimli İşaret.....	25
Şekil 3.9. PSİM 4FKA Bindirimi Devresi .....	26
Şekil 3.10. PSİM 90° Faz Farklı Yüksek Sıklığa Sahip 4 Taşıyıcı İşaret.....	26
Şekil 3.11. PSİM İletilecek Olan Bilgi İşaretleri.....	27
Şekil 3.12. PSİM Taşıyıcı Açık-Kapalı Anahtarlama Durumları.....	28
Şekil 3.13. PSİM 4FKA Bindirimi Çıkış İşareti.....	29
Şekil 3.14. 16-4GB Bindirimi Bilgi Tablosu.....	31
Şekil 4.1. Sayaçtan Alınan Ham Bilgi.....	33
Şekil 4.2. Sayaçtan Alınan Düzenlenmiş Bilgi .....	33
Şekil 4.3. OSOS Sistemi Benzetimi .....	35
Şekil 4.4. Akım ve Gerilim Osiloskop Ekran Sonuçları.....	36
Şekil 4.5. Sayaç Değerleri Ekranı .....	37
Şekil 4.6. Scada Sistemi Bileşenleri.....	38
Şekil 4.7. OFBÇ Matlab Gösterimi.....	41
Şekil 4.8. OFBÇ Blok Diyagram .....	41
Şekil 4.9. PSİM Ortamında 2FKA Bindirimi Devresi.....	42
Şekil 4.10. 180° ve 0° Faz Açılı Taşıyıcı İşaretler .....	43
Şekil 4.11. Bilgi İşareti ve NAND Kapısı Çıkış İşareti .....	44
Şekil 4.12. 2FKA Bindirimi Çıkış İşareti.....	44
Şekil 4.13. Bilgi İşareti ve Bindirime Uğramış Hali .....	45
Şekil 4.14. 2FKA İşareti İletim Hattı Devresi .....	46
Şekil 4.15. İletim Hattı Çıkış İşareti.....	46
Şekil 4.16. Bilgi İşareti, Bindirimli İşaret ve İletim Hattı Çıkış İşareti .....	47
Şekil 4.17. 2FKA İşareti Ayrışımı.....	47
Şekil 4.18. Bilgi İşaretinin Bindirimli ve Ayrıştırılmış Hali .....	48
Şekil 5.1. IPv4 ve IPv6 Paket Veri Hızları (Dicle vd., 2003).....	50
Şekil 5.2. IPv4 ve IPv6 Paket Veri Gecikmeleri (Dicle vd., 2003) .....	51
Şekil 5.3. PRIME Gürültü Dayanıklılığı .....	51
Şekil 5.4. G3 Gürültü Dayanıklılığı .....	52

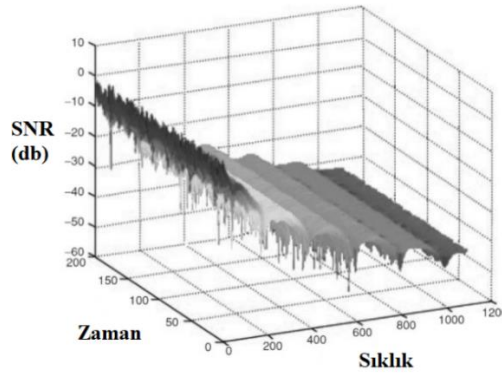
## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. İHH Kullanım Türlerine Göre Sınıflandırılması .....	2
Tablo 1.2. CENELEC Sıklık Bandı Kullanımı Sınıflandırılması .....	4
Tablo 2.1. Sıklık Bantları ve İşaret Seviyeleri .....	17
Tablo 3.1. 2FKA Bilgi İşareti Bitleri ve Taşıyıcı İşaret Faz Açıları .....	24
Tablo 3.2. QFKA Bilgi İşareti Bitleri ve Taşıyıcı İşaret Faz Açıları .....	25
Tablo 3.3. 8-FKA Bilgi İşareti Bitleri ve Taşıyıcı İşaret Faz Açıları .....	29
Tablo 3.4. 16FKA Bilgi İşareti Bitleri ve Taşıyıcı İşaret Faz Açıları .....	30
Tablo 3.5. 16-4GB Bitlere Karşılık Gelen Faz Açıları ve Genlikleri .....	31
Tablo 5.1. İletim Hattı Haberleşme Yöntemlerinin Karşılaştırılması .....	49
Tablo 5.2. G3 ve PRIME Karşılaştırılması .....	52

# 1. GİRİŞ

Ülkemizdeki teknolojik gelişmelerin çağımızdaki hızlı artışı enerji iletim hatlarının kullanımı, güvenliği ve analizi hususundaki çalışmalara altyapı oluşturmaktadır. Geçmişten günümüze bakıldığında, sadece elektriğin iletildiği bir ev veya cihaz ihtiyacının dışında, hızlı bir haberleşmeye ihtiyaç duyulmuştur. Bu durum hatasız, sürekli ve verimli bir enerjinin tüketiciye ulaşmasına ortam oluşturmaktadır. Teknolojik gelişmelerin yanı sıra, teknolojiye olan bağlılık da her geçen gün artmıştır. Bununla birlikte üretim sektörü, hizmet sektörü, telekomünikasyon sektörü başta olmak üzere tüm alanların elektrik enerjisine olan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Standartları belirlenmiş ve her ülke için çizgileri çekilmiş sıklık bandı kullanımı ile beraber ortaya çıkan yeni bindirim teknikleri Akıllı Şebekeler başta olmak üzere birçok yeni uygulamaya ortam hazırlamıştır (Albasha vd., 2015; Kim vd., 2011). Radyo sıklıklarının kullanımı ve yayılması, haberleşmenin gelişmesinde büyük rol oynamıştır. Kablolu ve kablosuz olarak karşımıza çıkan iki farklı haberleşme yönteminin, üstünlükleri ve eksiklikleri incelenerek, kullanım alanına ve amacına göre uygulanmaya başlanmıştır. Kablolu haberleşmede maliyet etkisi düşük olan enerji iletim hatları üzerinden bilgi alışverişi 1800'li yıllarda, dönemin bilim adamlarının çalışmaları ile ortaya çıkmış ve günümüze kadar gelmiştir.

Enerji iletim hatları üzerinden bilgi alışverişi empedans değişkenliği, gürültü seviyesinde artış ve işaret zayıflama sorunlarını ortaya çıkarır. Sıklık değeri arttıkça, çok yüksek işaret zayıflamalarının meydana geldiği Şekil 1.1'de benzetim üzerinde görülmektedir (Kabalcı vd., 2015).



Şekil 1.1. İletim Hattı İşaret Seviyesinin Zaman ve Sıklığa Bağlı Değişimi

Akıllı Şebekeler için beklenen özellikler aşağıdaki gibidir.

- Teknolojik gelişmelere karşı sistemin kolayca entegre olabilmesi,
- Enerjinin üretiminden başlayarak, tüketiciye kadar uzanan hat için bilgimin en üst seviyede tutulması ve kayıpların en aza indirilmesi,
- En alt tüketiciden başlayarak yük analizleri ile sistemin arz-talep dengesini doğru kurabilmesi,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının sistemle uyumlu çalışabilmesi,
- Enerji iletim hattının zaman, sıklık ve uzaklığa bağlı olarak meydana gelebilecek işaret zayıflamalarından en az şekilde etkilenmesi,
- Elektrik kesintilerine karşı otomatik işleyen bir B planı ortaya çıkararak, sistemi enerjisiz bırakmamasıdır.

Yukarıdaki beklentilerin gerçekleşebilmesi için çok sağlam işleyen bir haberleşme altyapısının etkin bir şekilde çalışıyor olması gereklidir. Mevcut iletim hattı üzerinden haberleşmeyi sağlayan İHH birçok alana göre sınıflandırılması Tablo 1.1’de görülmektedir (Yapıcı, 2019).

Tablo 1.1. İHH Kullanım Türlerine Göre Sınıflandırılması

Haberleşme Bantları	CENELEC	ARİB	FCC	Geniş Bant
Kullanım Amaçları	Akıllı Şebekeler	Ev Otomasyonu		
Bindirim Tipleri	FKA	GKA	SKA	

Enerji hattı üzerinden bilgi alışverişinde iletilmek istenen bilgi işareti, yüksek sıklığa sahip taşıyıcı işaret yardımıyla bindirime uğratarak, enerji iletim hattına uygulanır. İletim hattı üzerinden iletilen işaret daha sonra filtreler yardımıyla süzülür ve bilgi işareti alıcı tarafında görülür. Böylece haberleşme gerçekleşmiş olur. Hali hazırda iletim hattı kabloları yapılmış olduğundan dolayı enerji iletim hattı üzerinden haberleşme sisteminin en büyük artılarından biri kabloları ihtiyacı duyulmaması nedeniyle ekonomik bir yöntem olmasıdır. (Bayram, 2010)

Haberleşme hızında ise bant genişliği çok önemlidir. Sıklık değeri yükseldikçe bant genişliği de doğrudan artar. Hızlı haberleşme iletimlerinde yüksek sıklık değerleri tercih edilir. Yüksek sıklıklarda karşılaşılabilecek sorunlardan biri diğer haberleşme sistemleri ile aynı sıklık üzerinde meydana gelebilecek bilgi karmaşasıdır.

Bu durum haberleşme protokollerinde hatalara yol açacaktır. Bir uçağın hava navigasyon sistemini veya bir askeri birliğin telsiz haberleşme sistemini düşünecek olursak haberleşmede meydana gelebilecek hatalar büyük sorunlara neden olabilir. Bu da haberleşme sistemlerinin bir standart üzerinden ilerlemesi gerektiği durumu ortaya çıkarmıştır.

Enerji iletim hatları üzerinden haberleşmenin geçmişten günümüze çalışmaları 1838 yılında Londra ve Liverpool arasında gerçekleştirilen telgraf sistemi gerilim seviye denetimi ile başlamıştır. İngiliz bilim adamı Edward Davy bu alandaki ilk adımları atmıştır. 1838 yılındaki çalışmasından sonra yine İngiltere’de 1897 yılında elektrik sayaçlarının uzaktan okuma sistemi ile okunması konusunda çalışma yapmış ve patent almıştır. Daha sonra 1905 yılında İzlandalı mucit Chester Thordarson sayaç okuma sistemini ek bir iletim hattı ile sağlamanın patentini almıştır. 1930 yılında ise yüksek gerilim iletim hatları üzerinden ses iletimi çalışması yapılmıştır. 1950 yılında ise enerji iletim hattı temellerini atan dalgacık denetimi haberleşme sistemi ortaya çıkmıştır. Edward Davy ve Chester Thordarson’ un çalışmaları birkaç adım ileriye götürülmüş ve uzaktan açma kapama denetimi yapabilen sistemler ortaya çıkarılmıştır. Bu alandaki ilk dalgacık denetimi denemeleri 1960 yılında Fransa’da yapılmıştır. Daha sonra internet, akıllı ev otomasyonu ve denetim sistemleri alanında haberleşme çalışmalarına devam edilmiştir.

İşaretin sıfır geçişlerine bağlı işlem gören alıcı-verici sistemlere X10 protokolü adı verilir. Akıllı ev otomasyonlarında X10 protokolü kullanılmıştır. Fakat X10 sistemler gürültü ve işaret zayıflaması nedeniyle haberleşmenin uzak mesafelerde yapılmasını zorlaştırmaktadır.

Kaynaktan tüketiciye elektrik hatları üzerinden iletişimde kullanılacak olan iletişim protokolleri bilgi iletim hızına, bindirim tekniğine bağlı olarak seçilmektedir. İletim hatları üzerinden haberleşmede meydana gelen empedans değişkenliği ve gürültü bindirim ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Faz kaydırmalı, sıklık kaydırmalı ve genlik kaydırmalı olmak üzere analog bindirim tiplerinin olmasının yanı sıra, 4FKA, 2FKA, 4GKA vb. ileri sayısal bindirim teknikleri mevcuttur. Sayısal bindirim yöntemleri ile çok daha iyi bir bindirim işlemi ve haberleşme sağlanacaktır.

### **1.1 Kablolu Haberleşme**

İHH (İletim Hattı Haberleşmesi), mevcut iletim hatları üzerinden bilgi alışverişini sağlayan sistemlere denir. Günümüzde gelişen teknoloji ile beraber, enerji



altyapılarının da bunlara uyum sağlaması gerekmektedir. İHH, teknolojinin gelişmesi ile ortaya çıkan Akıllı Şebekeler için en uygun bilgi alışverişi yöntemlerinden biridir. Son yıllarda kullanımı hızla artan İHH tabanlı akıllı şebeke çalışmaları hızlanmıştır. İHH'ye sahip sistemler de kendi içinde farklılıklar göstermektedir. Oluşturulan çalışmalar sonucunda her özelliğin birbirine göre olumlu veya olumsuz durumlar yarattığı tespit edilmiştir. Bu nedenle ülkemizde meydana gelen, gerilim dalgalanmaları ve gürültünün önüne geçerek sorunsuz bir bilgi iletiminin sağlanması için en uygun sistemlerin seçilmesi gereklidir.

İHH'ler aşağıdaki özelliklerine göre sınıflandırılır.

- Haberleşme Bantları
- Kullanım Amaçları
- Bindirim Tipleri

### 1.1.1 Haberleşme bantlarına göre

İletim hatları haberleşmesinde kullanılan bantlar aşağıdaki gibidir.

- CENELEC
- ARİB
- FCC
- BROADBAND

1973 yılında kurulan CENELEC bandı iletim hattı haberleşmelerinde önemli rol oynamaktadır. Kullanım yerlerine ve amaçlarına göre sıklık bantlarını ilk standartlaştıran kuruluştur. “A, B, C ve D” bantları vardır. Bu bantlar elektrik üreticileri, genel kullanım, ev ağırları, alarm ve güvenlik için ayrılmıştır.

İletim hattı haberleşme işaretleri Avrupa'da kullanılan CENELEC EN-50065-1 standardı gereği CENELEC'e bağlı olmalıdır. Bu standarda bağlı olarak sıklık aralığı ve güç değerlerine, kullanım amaçlarına bağlı olarak özel uygulamalar ve genel kullanımlar birbirinden ayrılmıştır. İletilen bilgi kapasitesini artırmak için daha çok bant genişliğine gerek duyulmuş olsa da CENELEC bu konuda da taviz vermemiş ve sınırlandırmalara gitmiştir. Sıklık aralıkları Çizelge 1.2'de görülmektedir (Meng vd., 2004).

Tablo 1.2. CENELEC Sıklık Bandı Kullanımı Sınıflandırılması

BANT TİPİ	SIKLIK ARALIĞI	HEDEF KİTLE
-----------	----------------	-------------

A	3 kHz-95 kHz	Elektrik Üreticileri
B	95 kHz-125 kHz	Erişim Protokolsüz Kullanım
C	125 kHz-140 kHz	Ev Ağları
D	140 kHz-148,5 kHz	Alarm ve Güvenlik

### 1.1.2 Kullanım amaçlarına göre

İletim hatlarının haberleşme ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırması aşağıdaki gibidir.

- Akıllı Şebekeler
- Ev Otomasyonu

Son yıllarda bilgi haberleşmesinin yaygınlaşması ve gelişmesi ile adından sıkça söz edilen Akıllı Şebekeler gelenekselleşmiş elektrik kullanımının dışına çıkarak otomatik denetimi etkinleştirmiş ve kendi kendini düzeltebilen sistemler ortaya çıkarmıştır. Bir hata anında tüketicinin karşılaşılabileceği olumsuz durumlar önceden sisteme tanıtılmış ve kullanıcıyı bekletmeden enerjilendirme olanakları sağlanmıştır. Ev otomasyonu ile ise insanların günlük ihtiyaçlarına çözümler sunan elektrikli ev aletleri yaygınlaşmıştır. İnsanların hayatlarını kolaylaştırmakla kalmayıp, enerji tüketimini analiz ederek, gereksiz enerji kullanımını en aza indirmek amaçlanmıştır.

## 1.2 Kablosuz Haberleşme

Kablosuz haberleşme alt yapısının ortaya çıkmasının en önemli nedenlerinden biri kablo karmaşasından kurtularak, kablosuz şekilde haberleşme olanağı sağlamasıdır. İlk kablosuz haberleşme çalışmaları sonucunda kablosuz iletişim bilgi hızının oldukça düşük ve çevre şartlarından oldukça fazla etkilendiği gözlemlenmiştir. İlk denemeler, kısa mesafeler üzerinden haberleşme çalışmaları ile başlamıştır. Daha sonra kablosuz haberleşme bant yapıları ve haberleşme protokolleri geliştikçe, kablosuz haberleşmenin insanlar tarafından kullanımı artmıştır. Kablosuz haberleşme, insanlar için cazip konuma gelmiştir. Farklı kullanım alanlarına bağlı olarak kısa mesafeli, uzun mesafeli, hızlı, yavaş birçok özelliği içinde barındıran haberleşme sistemleri ortaya çıkmıştır. Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth, GSM bunlardan bazılarıdır (Sahroni vd., 2014).

### 1.2.1 Wi-Fi

Wi-Fi teknolojisi 2,4 GHz–5 GHz sıklık bandında çalışır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan haberleşme yöntemlerinden biridir.

- İletim hızı 1-54 Mbps arasında değişir. Diğer haberleşme yöntemleri ile kıyaslandığında ortaya çıkan en önemli özelliği hızlı haberleşme sağlamasıdır.
- Güç tüketimi oldukça yüksektir.
- Wi-Fi için gerekli alt yapıların sağlanması da bir hayli maliyetli bir iştir.
- Oldukça kısa bir pil ömrüne sahiptir.
- Kapsama alanı yaklaşık 50 metredir.
- Bindirim tekniği olarak DSBÇ ve DSDS kullanılır.
- Kullanımı ve kurulumu diğerlerine göre daha karışıktır.
- Güvenilirliği orta seviyedir.
- Ağ topolojisinde yıldız topolojisi kullanılır. Yıldız topolojide, tüm elemanlar merkezi olarak bir bileşene kablo vasıtasıyla bağlanmış durumdadır. İşaret anahtar üzerinden geçerek, kaynaktan hedefe ulaşmaktadır.

### 1.2.2 ZigBee

ZigBee, adını arıların hareketinden almıştır. Wi-Fi ve Bluetooth gibi kablosuz haberleşme teknolojilerinin kimi uygulamalarda elbilgişsiz olmaları nedeniyle, 1998 yılından itibaren ZigBee alanında çalışmalara başlanmıştır. Bu ağ tipinin öncelikli hedefi güvenilirliği yüksek, düşük maliyetli ve güç tüketimi yönetimi yapabilen bir sistem tasarlamaktır. ZigBee uygulaması bina otomasyonu, enerji yönetimi, endüstriyel denetim ve ev denetim sistemlerinde kullanılmaktadır. ZigBee'nin en önemli özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Güvenilirlik
- Düşük maliyet
- Uzun pil ömrü

Ev otomasyonunda, ısınma, havalandırma, ışıklandırma sistemleri, kapı kilit denetim mekanizması, müzik ve sinema sistemlerinde kullanılır. Güvenlik sistemlerinde yangın detektörlerinde, giriş-çıkış denetim sistemlerinde kullanılır. Sağlık sektöründe hastaların vücut fonksiyonlarını takip ve denetim etmede kullanılır. Araçlarda kabloların ulaşamadığı bölgelerde kullanılır. Araç lastik basıncı ölçümü

buna örnektir. Endüstriyel alanda ise üretim denetimi, enerji yönetimi ve endüstriyel cihazların denetiminde kullanılır (Sahroni vd., 2014).

- ZigBee, WiFi ve Bluetooth gibi pahalı ve zahmetli iletişim ağlarının aksine daha düşük maliyetli olarak işlevini yerine getirmekte olan bir kablosuz haberleşme tipidir. Özetle daha küçük bilgilerin, daha düşük hızlarda ve daha güvenli iletimini sağlamasıyla bilinir.
- Kapalı mekanlarda 30 metreye kadar, açık mekanlarda ise 80 metreden daha fazla iletim mesafesi vardır.
- ZigBee'nin diğer haberleşme teknolojilerine göre en güçlü özellikleri uzun pil ömrü, sınırsız ağ boyutu, kapsama alanı, düşük maliyeti ve dayanıklılığıdır.
- Bu haberleşme tipi, daha uzak mesafelere erişime olanak sağlar. Gürültüye karşı daha dayanıklı olması nedeniyle bina içi bilgi alışverişinde kullanılmaktadır.
- Haberleşme sırasında kullanılan 2FKA ve 4FKA bindirim tipleri çok fazla güç tüketmemektedir.

Eksikliği ise, Wi-Fi ve Bluetooth gibi bilgi akış hızı çok fazla değildir. Düşük bilgi iletim hızıyla ve daha az maliyetle iş yapma amacındadır. ZigBee, dijital radyoları kullanarak birimler arası haberleşmeyi sağlar. Bu ağ üzerinde koordinatör cihaz, yönlendirici cihazlar ve sonlandırıcı cihazlar bulunur. Bu ağ yapısına mesh ağı adı verilir. Ağ topolojileri içerisindeki en sağlam ve en sağlıklı olan yapıdır. Mesh topolojide her eleman, diğer elemana ayrı kablo ile bağlanır. Bu kablolanmanın amacı olası bir arıza anında bilgi transferinin diğer kablo üzerinden yapılmasıdır. Kablolanmanın fazla olması, kablo maliyetlerini de yanında getirir. Bu nedenle en sağlıklı yapı bu olsa da karmaşıklıktan dolayı bu ağlar kullanılmamaktadır.

### **1.2.3 Wimax**

Wimax, dünya üzerindeki en büyük geniş bant teknolojilerinden biridir. WMAN için tasarlanmıştır. Özellikleri aşağıdaki gibidir.

- IEEE 802.16 standardına bağlıdır.
- Kapsama alanı 50 km'dir.
- 30-50 mbps aralığında yüksek bir bilgi hızı ile iletim yapar.
- İstenilen SNR performansını optimize etmek için uyarmalı bindirim tekniği kullanılır.

- Wimax iyi geliştirilmiş güvenlik protokolleri, uygun bant genişliği, yüksek bilgi hızları ve uzak mesafelere erişim yapısı ile oldukça etkili bir haberleşme alt yapısı olmasına rağmen düşük maliyetli bir sistemdir.
- Sıklık bant değeri 10-66 Ghz aralığındadır.
- Bindirim tekniği olarak 4FKA kullanılır.

Wimax sıklıkları için gerekli olan özel donanım, küçük ölçekli dağıtım uygulamalarını çok maliyetli hale getirir (Devendra vd., 2014).

#### **1.2.4 Bluetooth**

Bluetooth, kısa mesafeler için geliştirilmiş bir haberleşme protokolüdür. İletim hızı çok fazla olmamasına rağmen, merkezi bir sistemden bağımsız olarak çalışması kullanımını artırmıştır. Özellikleri aşağıdaki gibidir.

- IEEE 802.15.1 standardına bağlıdır.
- Kapsama alanı 1-10m aralığındadır. Son çalışmalarla 100m'ye kadar çıkarılmıştır.
- 1mbps bilgi iletim hızına sahiptir.
- Yüksek güvenlidir. Güvenlik zafiyeti yok denecek kadar azdır.
- Sıklık bant aralığı 2,4 GHz'dir.
- Ağ topolojisi olarak yıldız topolojisini kullanır.
- Bindirim tekniği olarak GSKA kullanılır.
- Pil ömrü 1-7 gün arasında sürer.

#### **1.2.5 Gsm/Gprs**

GSM ve GPRS sistemleri günümüzde sesli aramalar, kısa mesaj gönderme ve konum saptamada kullanılır. Özellikleri aşağıdaki gibidir.

- GSM1900 ve sanal devre paket anahtarlama standardına bağlıdır.
- Kapsama alanı 0,5-35 km aralığında değişir.
- GSM 9,6-14,4 kb/sn aralığında değişirken, GPRS ise 115,2 kb/sn'de bilgi iletimi yapar.
- Sıklık bant aralığı 900-1800 MHz aralığındadır.
- Bindirim tekniği GMKA şeklindedir.

GSM ve GPRS sistemleri günümüzde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Konum belirleme, araç izleme, haberleşme ve denetim sistemlerinde yer etmiştir (Kraimeche, 2005).

Bu tez çalışmasında İHH yöntemleri incelenerek uygulama alanlarına ve özelliklerine göre üstünlükleri karşılaştırılmıştır. Uygulama alanına uygun olan İHH yöntemi için uygun bindirim ve ayrıştırma teknikleri seçilerek iletim hattı üzerinden haberleşme sağlanmıştır. OSOS uygulamasının proteus programı üzerinde devre şeması çıkarılmış ve kodlama işlemleri yapılarak benzetimi sağlanmıştır. SCADA, G3-İHH ve PRIME-İHH uygulamaları tanıtılmıştır. 2FKA bindirim yöntemi ile İHH haberleşmesi PSİM benzetim programı üzerinden sağlanmıştır. Bilgi işaretinin iletimden önce ve iletimden sonra grafikleri gösterilmiştir.

## 2. İLETİM HATTI HABERLEŞMESİ

İletim hattı haberleşmesinin, kablosuz haberleşmeye göre maddiyat, kurulum kolaylığı ve uyum süreci yönünden üstünlükleri daha ağır basmaktadır. Mevcutta bulunan iletim hatlarını kullanarak enerji iletimi ile aynı anda bilgi alışverişi sağlamak maddi açıdan olumlu bir durum yaratmaktadır. Ayrıca kablo karmaşası gibi durumlar da meydana gelmeyecektir. Gelişen teknoloji ile beraber kullanabilecek yer alanları da azalmaktadır. Bu nedenle şehir yerleşimlerine yeni haberleşme alt yapıları kurmak, zor ve maliyetli bir iştir. Bu durum iletim hattı haberleşmesi yöntemini öne çıkarmaktadır. Şehirden başlayarak, her ilçeye, köye, mahalleye, binaya, eve ve prizlere kadar erişimi sağlanmış durumda olan İHH, tüketiciye kolayca erişim imkânı sunmaktadır.

### 2.1 Yapılan Çalışmalar

Enerji hattı üzerinden haberleşme yıllardır süren araştırma ve geliştirmelere konu olmuştur. Günümüzde hala araştırmacıların üzerinde çalıştığı önemli bir konu olmaya devam etmektedir.

2000’li yıllarda haberleşme alanındaki gelişmeler ile birlikte yürüyen dalga yöntemi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Arıza anında yayılan dalganın arızanın başladığı noktadan bittiği noktaya doğru bir dalgalanma yarattığı ve bu da arıza yeri tespitinde önemli bir rol oynayacağı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Oluşan dalga formlarını fourier dönüşümü vb. matematiksel fonksiyonlar ile sinüs formuna sokarak arıza tespitini bulmayı kolaylaştırma mantığındadır (Xiangning vd., 2000; Gi-taek vd., 2001; Aggarwal vd., 2002; Kashyap vd., 2003; Youssef, 2004; Snider vd., 2005; Das vd., 2006; Peretto vd., 2007).

Arıza tespiti üzerine yapılan çalışmaların doğruluk oranları düşük olması sonrasında, bu alanda yapılan çalışmalar arıza yeri doğruluğunun artırılması üzerinde yoğunlaşmıştır. Yaşanan büyük çaplı elektrik kesintilerine karşı arızanın yerini en doğru şekilde belirleyebilmek önem arz etmektedir. Arıza yeri tayini hareket eden dalga içerisindeki kırılan dalgalar ile ilişkisi araştırılarak belirlenmeye çalışılmıştır (Zheng vd., 2011; Hui-Bin Jia vd., 2012). Aynı zamanda yapay sinir ağlarını ve dalgacık dönüşümünü kullanarak 3 fazlı iletim hatlarında hata yeri tespit çalışması yapılmıştır (Tabatabei vd., 2013). Yüksek gerilimli DC hatlarda yaşanan arızaların tespiti içinde dönüşüm noktalarına dalganın varış süresi senkronize ölçümler ile

kaydedilir. Oluşturulan algoritmalar yardımıyla dalganın varış süresi önceki ölçümler ile kıyaslama yapılarak doğru arıza yeri bulunmuş olur (Nanayakkara vd., 2013).

İletişim olanaklarının, modülasyon tiplerinin ve filtreleme algoritmalarının ortaya çıkmasıyla iletim hattı üzerinden sadece elektrik iletimi ile yetinilmemesi gerektiği fikirleri ortaya atılmıştır. Aynı iletim hattı üzerinden hem elektrik hem iletişim ihtiyaçlarının karşılanabileceği fikirleri ile birçok çalışma yapılmıştır. Öncelikle çalışmalar telekomünikasyon üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu alanda birçok elektrik ve telekomünikasyon şirketi İHH üzerine ticari denemeler yapmıştır (Uyanık, 2006).

İHH üzerinde yapılan çalışmalar bazı olumsuz etkileri ortaya çıkarmıştır. Gürültü, kanal empedansı ve işaret zayıflaması sorunlarının ortaya çıkması ile iletimin sorunsuz sağlanabilmesi için bu bozucu etkileri en aza indirmek amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Farklı bindirim yöntemleri ve filtrelemeler kullanılacak bozucu etkilerden en az şekilde etkilenilmesi amaçlanmıştır (Mengi vd., 2010; Mawali vd., 2010; Chariag vd., 2011).

İletim hattı haberleşmesi teknolojisinin gelişmesi ile beraber ev enerji yönetimi ve akıllı şebeke uygulamalarının iletim hattı üzerinden sağlanabileceği yönünde çalışmalar ortaya çıkmıştır. Enerji tüketiminin denetiminin yapılamaması enerjinin kontrolsüz kullanılmasına neden olmaktadır. Uzaktan sayaç okuma sistemlerinin ortaya çıkması ile tüketicinin enerji tüketim analizi yapılarak enerjinin kullanımının dengelenmesi ve gereksiz enerji tüketiminin önüne geçilmesi sağlanmıştır (Seong Ho Ju vd., 2011). Akıllı şebekeler teknolojisinin ortaya çıkması ile insanların günlük hayatlarını kolaylaştıracak birçok yenilik ortaya çıkmıştır. Ev veya ofis araç gereçlerinin uzaktan kontrolü hem enerji tüketimi hem zaman anlamında kazanç sağlamıştır (Yehezkel vd., 2012; Washiro, 2012; Barmada vd., 2013; Sebaali vd., 2015; Chehri, 2019).

Bilgi paylaşımının ve boyutunun her geçen gün daha çok artması ile birlikte geniş bant iletişim sistemleri ve çoklu giriş, çoklu çıkış sağlayan teknolojiler ortaya çıkmıştır. Geniş bant, dar bant sistemlere göre çok daha fazla boyutlu bilgiyi çok daha hızlı iletmeye olanak sağlar. Geniş bant teknolojisinin kullanımının artması CENELEC standardını ortaya çıkarmıştır. CENELEC kullanım alanına göre frekans kullanım aralıkları belirlemiştir. Çoklu giriş, çoklu çıkış teknolojisi ise dar bantlı sistemlerde iletilen bilgi boyutunu ve hızını artırmıştır (Achaichia vd., 2013; Nikfar vd., 2013; Sadamori vd., 2016)



Enerji tüketici sayısının gün geçtikçe artması ile birlikte sayaç okuma işlemi de yoğun zaman alan bir iş haline gelmiştir. Elektrik dağıtım şirketleri sayaç okuma işine ciddi zaman ve iş gücü kaybı yaşamaktadır. OSOS adı verilen sistem mikroişlemciler yardımıyla uzaktan sayaç okuma işlemi sağlar. Bu sistem sayacın yanına kadar gitmenin önüne geçerek araç yakıt tüketimini azaltmasının yanı sıra, sayaç okuma sırasında yaşanan hatalı okuma değerlerinin önüne geçer. İnsan hatasını en aza indirir (Süzer, 2006).

İletim hatlarında meydana gelen arızaların tüketiciyi enerjisiz bırakması ve dağıtım şirketleri ekiplerinin arızayı bulana kadar ve giderene kadar geçen ekstra zaman birçok tüketicinin enerjisiz kalmasına neden olmaktadır. İletim hattı üzerinde yaşanan herhangi bir arıza anında farklı bir fider üzerinden tüketicinin beslenmesi işlemi manuel olarak sağlanmaktaydı. Uzaktan kontrol amacıyla SCADA sistemleri tasarlandı. Uzaktan açma kapama işlemi yapabilen bu sistemler arıza anında tüketicinin en kısa sürede enerjilendirilmesi konusunda zamandan ve iş gücünden kazanç sağlamıştır (Asubay, 2018).

## **2.2 Uygulama Alanları**

Çift yönlü haberleşme sağlanması ile beraber endüstriyel uygulamalarda artmaya başlamıştır. Günümüzde ev otomasyonu, sayaç okuma, akıllı şebekeler vb. uygulamalarda görülmektedir. Daha detaya incek olursak aşağıdaki alanlarda kullanılmaktadır.

- Ev otomasyonu ile ev içi enerji yönetimi
- OG şebekesi üzerinden denetim amaçlı haberleşme
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının uzaktan yönlendirilmesi
- AG-OG hatlarda arıza tespiti ve en az hata ile giderilmesi
- Tüketici kayıp-kaçak yönetimi
- Uzaktan sayaç okuması

## **2.3 İletim Hattı Üzerinden Bilgi İletimi Olumsuz Etkileri**

İletim hattı haberleşmesinin ana sorunları gürültü, kanal empedansı ve işaret zayıflamasıdır. İletim hatları için bilgi alışverişi tahrip edici bir kanal etkisi gösterir. Değişen empedans ve meydana gelen gürültü, haberleşmenin etkisinin sorgulanmasına ve önemini kaybetmesine neden olmaktadır. Bu nedenle zamana, hıza ve işaret

seviyesine bağılı üçlü ilişkiye yeni çözüm önerileri getirmek gerekmektedir. Gürültü, kanal empedansı ve işaret zayıflaması durumları aşağıda incelenmiştir.

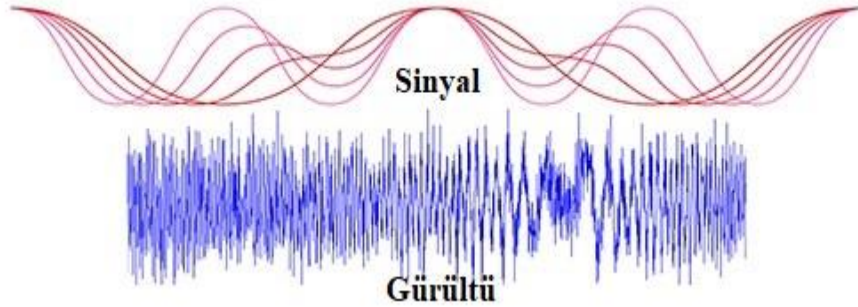
### 2.3.1 Gürültü

İletim hattı haberleşmesi veya herhangi bir haberleşme türünde, işaretler yardımıyla alıcı-verici arasında gönderilen ve alınan bilgiler mevcuttur. Bu sistemler, işaretler yardımıyla gönderilen komuta göre hareket ederler. Gönderilen işaret üzerinde oluşabilecek farklılıklar, sistemin yanlış çalışmasına neden olabilir. Gürültü de bu farklılıklardan biridir (Baycan, 2019).



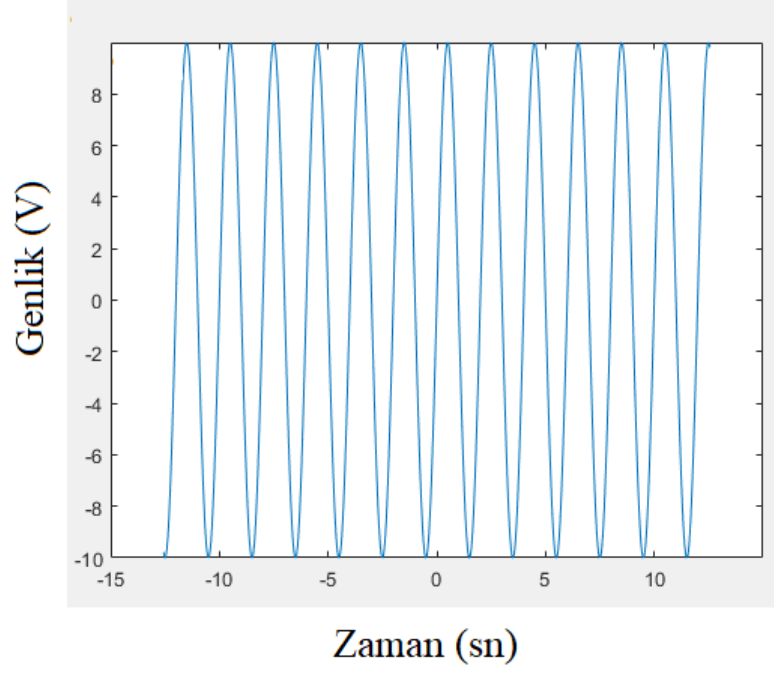
Şekil 2.1. İşaret ve Gürültünün Birleşiminin Gösterimi

İşaret ve gürültünün bir araya gelmiş hali Şekil 2.1’de görülmektedir. İşaret ve gürültü bir araya geldiğinde yaratmış olduğu olumsuz etkiler iletim hattı haberleşmesinin sağlıklı çalışmasını engelleyecektir. İşaret ve gürültünün genel gösterimi Şekil 2.2’de görülmektedir.

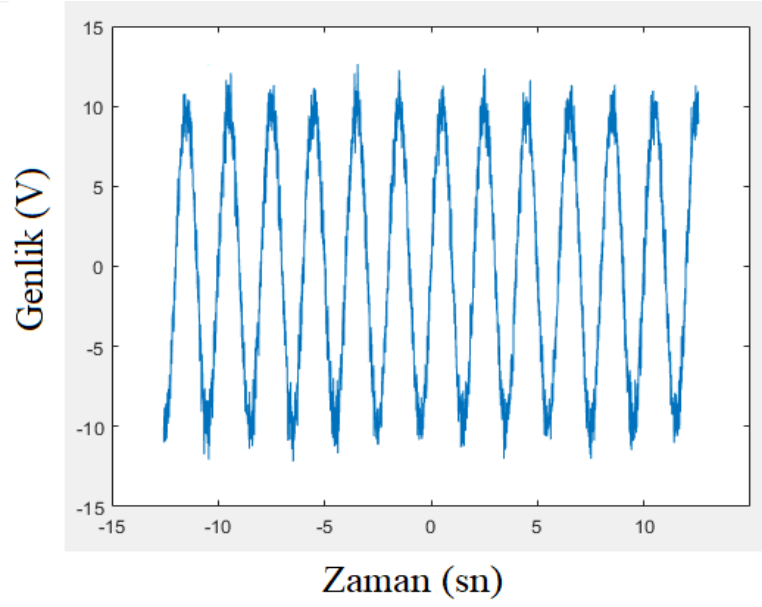


Şekil.2.2. İşaret ve Gürültünün Genel Gösterimi

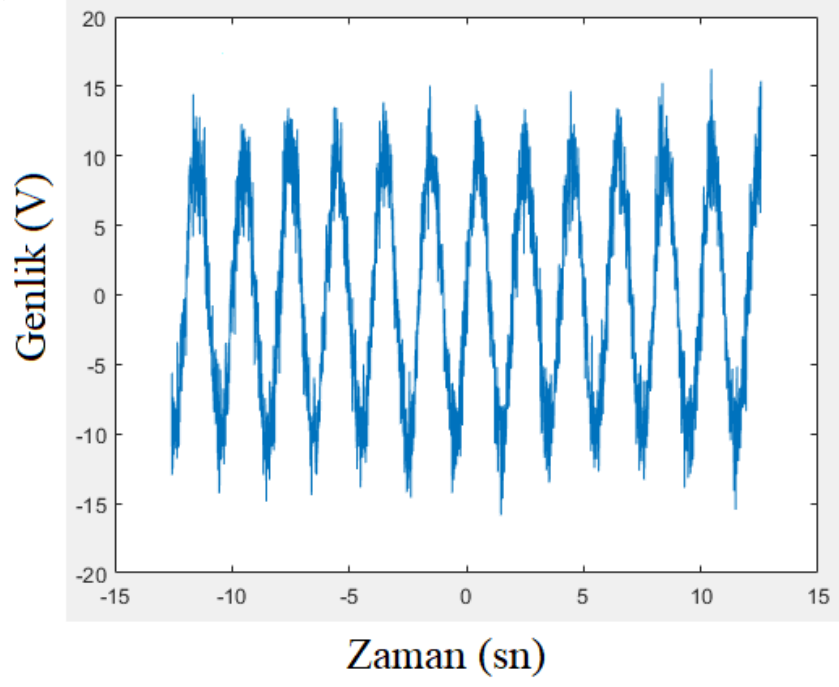
Gürültünün büyüklüğüne göre sinusoidal dalgada yaratacağı bozucu etki artar. Bozucu etkinin artması istenmeyen bir durumdur. Haberleşme sistemi işleyişine zarar verir. Gürültünün etkisinin olabildiğince azaltılması gerekmektedir. Matlab ortamında sinusoidal bir dalgaya 1 katlı, 2 katlı, 5 katlı, 10 katlı ve 100 katlı gürültü uyguladığımızda, işaretle meydana gelen değişimler Şekil 2.3, Şekil 2.4, Şekil 2.5, Şekil 2.6, Şekil 2.7 ve Şekil 2.8’de görülmektedir.



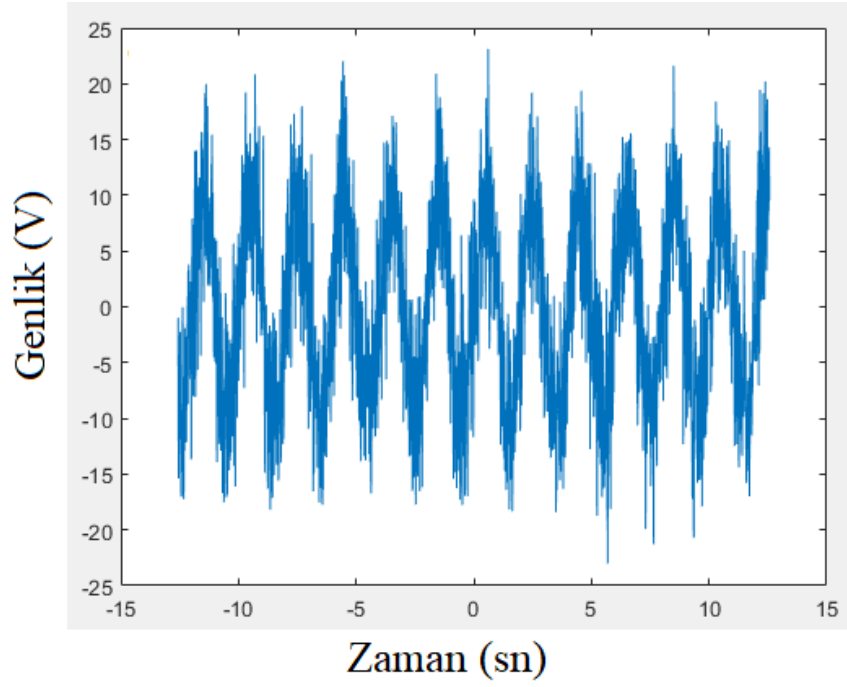
Şekil 2.3. Tek Yönlü Gürültüsüz Sinüsoidal Dalga



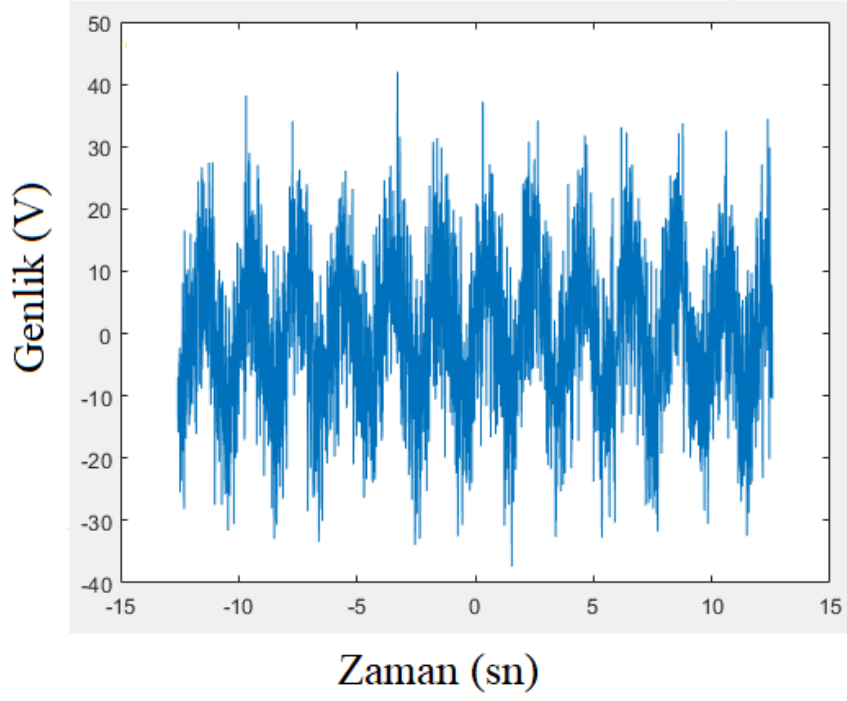
Şekil 2.4. Tek Yönlü 1 Kat Gürültülü Sinüsoidal Dalga



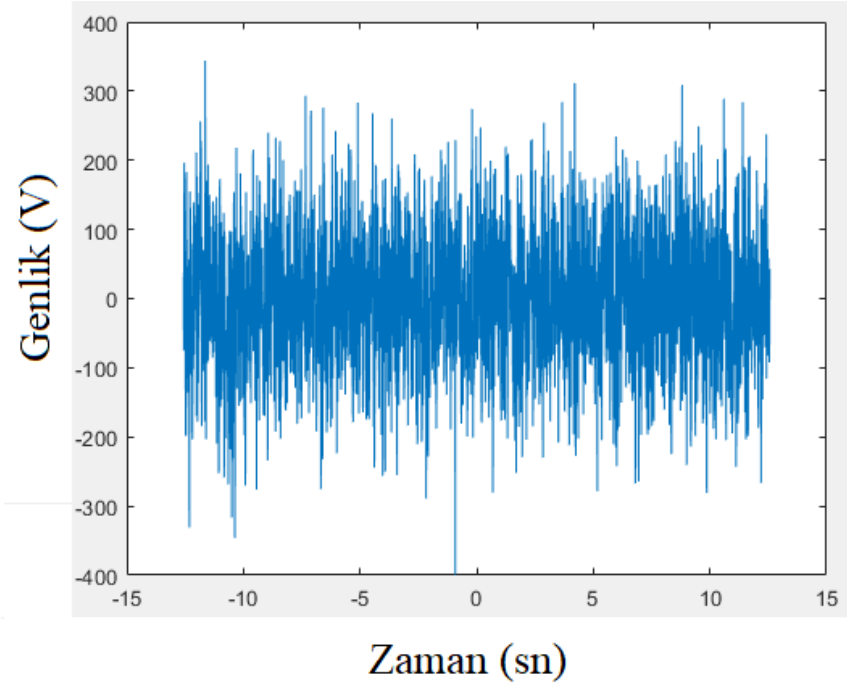
Şekil 2.5. Tek Yönlü 2 Kat Gürültülü Sinüsoidal Dalga



Şekil 2.6. Tek Yönlü 5 Kat Gürültülü Sinüsoidal Dalga



Şekil 2.7. Tek Yönlü 10 Kat Gürültülü Sinüsoidal Dalga



Şekil 2.8. Tek Yönlü 100 Kat Gürültülü Sinüsoidal Dalga

Matlab ortamında yapılan uygulama sonucunda, gürültü oranı yükseltilerek sinusoidal dalgada yarattığı etki gözlemlenmiştir. Gürültü oranı arttıkça, beklendiği gibi işaretimizde bozulmalar meydana gelmiştir. Gürültü ne kadar fazla ise işarettteki

bozulma o kadar artar. Bilgi alışverişinde alıcı sistemin kafası daha fazla karışır. Bu da güvenlik zafiyetine yol açabilir (Baycan, 2019).

### 2.3.2 Kanal empedansı

Elektrik şebekesi oldukça karmaşık ve birçok sistemi eş zamanlı olarak bir araya getiren bir yapıdır. Sisteme bağlı yüklerden ve dağıtım elemanlarından kaynaklı olarak meydana gelen kanal empedanslarındaki dengesizlik, bilgi alışverişini zorlaştırmaktadır. Kanal empedansında meydana gelen dengesizlik, çıkıştaki işaret gücünü olumsuz etkilemektedir. Bu da bilgici ve alıcı arasında başarısız bir haberleşme ortamına neden olmaktadır. Kanal empedansı bozukluğunun işaret üzerindeki etkisini araştırmak adına kırsal, kentsel ve endüstriyel alanlarda, Türkiye’de CENELEC A, B, C ve D bantları kullanılarak 10 ile 170 kHz arasında bir dizi ölçümler alınmıştır. Bu ölçümlere dayanarak kırsal alanlarda 3-17  $\Omega$ , kentsel alanlarda 1-17  $\Omega$  ve endüstriyel alanlarda 1-21  $\Omega$  değerleri saptanmıştır. Ayrıca bu bantlardaki işaret zayıflamaları farklı güç hatları için faz-nötr, faz-toprak ve nötr-toprak arası ölçümlere bakıldığında 4-30 dB olarak bulunmuştur. Güç hattı ile İHH arasında güç aktarımı için çıkış portları ile modem çıkış empedansı ve iletim hattı giriş empedansı uygun şekilde eşlenmelidir. Verimli bir modem tasarımı için, güç hattı empedansının bilinmesi gerekir. Enerji hattı empedansı enerji hatlarının konumuna göre değişmektedir. Zaman empedansı, iletim hatlarındaki yükler, gündüz veya gece güç talepleri olmak üzere birçok faktöre bağlıdır. Bu nedenle Avrupa’da bantlar, işaret seviyeleri ve prosedürler belirlenmiş ve CENELEC, EN-50,065-1 ortaya çıkmıştır. Kullanıcıya bağlı olarak belli sıklık bantları ve işaret seviyeleri Tablo 2.1’de yer almaktadır (Kabalıcı, 2015).

Tablo 2.1. Sıklık Bantları ve İşaret Seviyeleri

KULLANIM ALANI	SIKLIK BANDI	SİNYAL SEVİYESİ
Genel	3 Hz–95 kHz	116 dB
Özel Uygulamalar	95 kHz–148,5 kHz	134 dB

### 2.3.3 İşaret zayıflaması

İletim hattı üzerinde girişten gönderilen işaret ile çıkıştan alınan işaret üzerinde, farklılıklar olabilmekte ve işaret kalitesinde bozulmalar meydana gelebilmektedir. İletim hattı üzerindeki bu bozulmaların ana nedenleri aşağıdaki gibidir.

- İletim Ortamı Tipi

- İletim Hızı
- Haberleşme Mesafesi

İletimin bozulma nedenleri ise aşağıdaki gibidir.

- İşaret Zayıflaması
- Kısıtlı Bant Genişliği
- Gecikme Bozulması
- Gürültü

İşaret zayıflaması, işaret gücünün haberleşme mesafesine bağlı olarak azalması ile ortaya çıkar. İşaret güçlendirici veya tekrarlayıcı kullanılarak çözüm sağlanabilir. İşaret seviyesindeki bu değişim (2.1) nolu denklemdeki gibi gösterilebilir.

$$dB = 10 \log \left( \frac{\text{Sinyal Çıkış Gücü}}{\text{Sinyal Giriş Gücü}} \right) \quad (2.1)$$

Gürültünün işarete etkisinden bahsedecek olursak, karşımıza çıkan en önemli kıstaslardan bir tanesi SNR'dir. İşaretdeki zayıflamanın ne kadar olduğunu anlayabilmek için aşağıdaki formül kullanılır.

$$SNR(dB) = 10 \log \left( \frac{\text{Sinyal Gücü}}{\text{Gürültü Gücü}} \right) \quad (2.2)$$

İşaret zayıflaması, AG hatları için kilometre başına 100 dB olurken, OG hatları için ise kilometre başına 10 dB olur. Alçak Gerilim şebekelerinde daha fazla işaret zayıflaması görülür. 1 km'den daha düşük mesafelerde tekrarlayıcılar kullanılarak işaret zayıflamasının önüne geçilir.

### 3. İHH BİNDİRİM TEKNİKLERİ

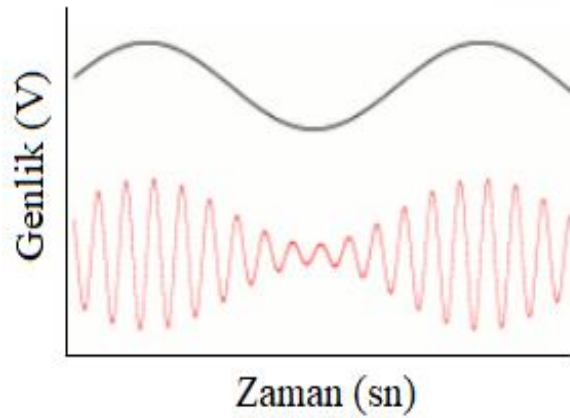
İletilmek istenen bilgi işaretinin iletim ortamına uygun şekilde değiştirilmesi işlemine “Bindirim” denir. İletim hattı üzerinden iletilecek düşük sıklığa sahip bir bilgi işareti, yüksek sıklığa sahip bir taşıyıcı işarete ihtiyaç duyar. Sıklığın iletimdeki etkisi, uzun mesafeli bilgi iletiminde ortaya çıkar. İletim hattı haberleşmesi bindirim işlemi, taşıyıcı işarete bindirilmiş bilgi işaretini ifade eder. Bindirim teknikleri, analog bindirim teknikleri ve sayısal bindirim teknikleri olmak üzere iki ana bölüme ayrılır.

#### 3.1 Analog Bindirim Teknikleri

İletim hatları haberleşmesinde analog bindirim genlik, sıklık ve faz bindirimi olmak üzere üçe ayrılır. Genlik bindirimi kullanılmış olan en eski bindirim tipidir. Kararlı bir sinüsoidal işaretin genliği iletilecek bilgi işaretinin genliğine uygun şekilde değiştirilir. Bir diğer bindirim çeşidi olan faz bindirimi ise sıklık bindirimine çok benzemektedir. Bu nedenden dolayı “Sıklık Bindirimi” adı verilir. Taşıyıcı işaretin faz açısı iletilecek olan bilgi işaretine uygun olarak bindirilir (Özden, 2015).

##### 3.1.1 Genlik bindirimi

Taşıyıcı işaretin, bilgi işaretine bağlı olarak sıklığının sabit kalarak genliğinin değişmesine “Genlik Bindirimi” denir (Yakut, 2007). Genlik bindirim işareti Şekil 3.1’de görülmektedir.



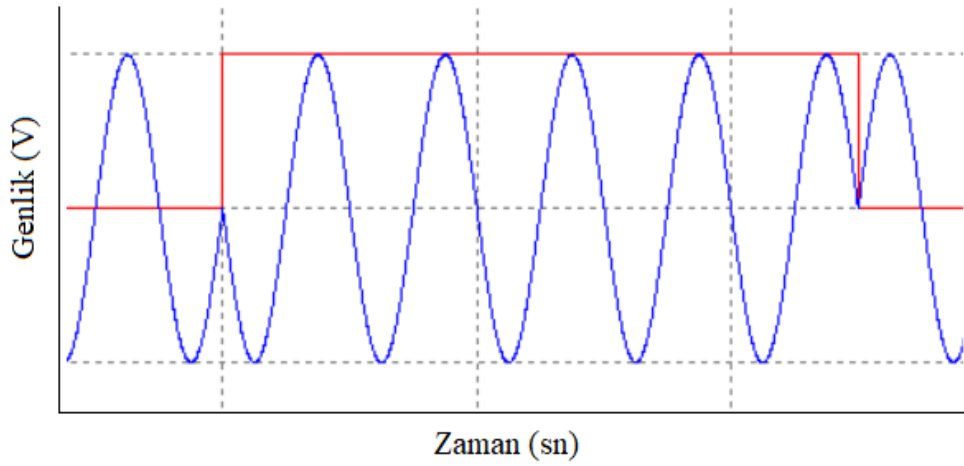
Şekil 3.1. Genlik Bindirimi İşareti

##### 3.1.2 Faz bindirimi

Taşıyıcı işaretin, bilgi işaretine bağlı olarak fazının değişmesine “Faz Bindirimi” denir. Bilgi işaretinin her sıfır noktasında taşıyıcı işaret üzerinde meydana gelen faz



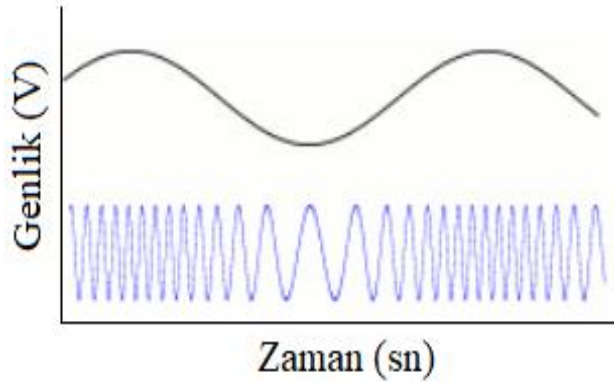
farkının giderilmesi işlemi bindirim işlemi olarak tanımlanır (Yakut, 2007). Faz bindirim işareti Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2. Faz Bindirim İşareti

### 3.1.3 Sıklık bindirimi

Taşıyıcı işaretin, bilgi işaretine bağlı olarak genliğinin sabit kalarak sıklık durumunun değişmesine “Sıklık Bindirimi” denir (Yakut, 2007). Sıklık bindirim işareti Şekil 3.3’de görülmektedir.



Şekil 3.3. Sıklık Bindirim İşareti

## 3.2 Sayısal Bindirim Teknikleri

Sayısal bindirim teknikleri temeli anahtarlama mantığına dayanır. İletilecek olan bilgi işaretine bağlı olarak hangi taşıyıcının açık, hangi taşıyıcının kapalı olacağını anahtarlama ile sağlayarak bilgi iletimi sağlanmış olur. Sayı ile ifade edilen bir bilginin, analog bir işarete dönüşümüne “Sayısal Bindirim” denir (Özden, 2015).

Sayısal bindirim GKA, SKA, FKA ve 4GM olarak 4 temel ana bölüme ayrılır.

- GKA
  1. AKA
- SKA
  1. SSKA
  2. ÇSKA
  3. ÇTÇS
- FKA
  1. 2FKA
  2. 4FKA
  3. 8FKA
  4. 16FKA
- 4GB

İletim hatları üzerinden haberleşmede ilk olarak FKA bindirimi kullanılmış olup, düşük iletişim hızlarında haberleşme gerçekleşmiştir. Meydana gelen olumsuz etkilerin azalması için çalışmalar yapılmıştır. Özellikle, düşük bilgi hızını artırmaya yönelik çalışmalar ön planda olmuştur. İletim bantlarının yoğunluk durumlarını algılayıp, hızın durumunu ölçebilen ve yönlendirebilen sistemler ortaya çıkmıştır. Ama istenilen seviyelerde başarı yakalanamamıştır. Sadece işaret zayıflaması ve gürültüyü azaltma konusunda başarılı olmuştur. İletim hatlarında meydana gelen olumsuzluklara çözüm olarak ortaya çıkan bindirim tiplerinden GKA, SKA ve PKA yöntemlerini incelediğimizde her birinin farklı özellikleri ortaya çıkmakta ve her biri farklı etkiler göstererek, farklı çözümler sunmaktadır. Bu tezde 2FKA bindirim yöntemi ile iletim hattı haberleşmesini sağlayacağız.

### 3.2.1 GKA

Genlik kaydırmalı anahtarlama diğer bindirim tiplerine kıyasla uygulaması daha basit bir bindirim tipidir. Temelinde sinüs dalgasının biri sıfır olan iki farklı genlik değerlerinde açık, kapalı şekilde anahtarlama ile meydana gelir (Rallapalli, 2019).

$$V_{ASK}(t) = [1 + V_m(t)] \cdot [A / 2 \cdot \cos(W_c \cdot t)] \quad (3.1)$$

İletilen Bilgi İşareti Lojik1 olduğunda  $V_m(t) = +1$  oluyor. Lojik 0 olduğunda ise  $V_m(t) = -1$  oluyor.

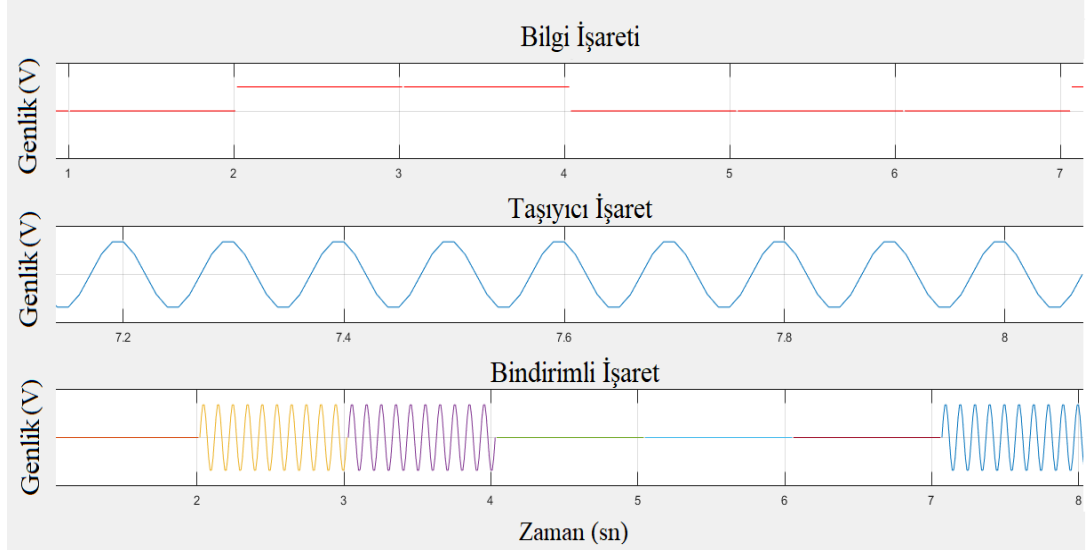
**Lojik1** için formülümüz aşağıdaki gibidir.

$$V_{ASK}(t) = A \cos(W_c \cdot t) \quad (3.2)$$

**Lojik0** için formülümüz aşağıdaki gibidir.

$$V_{ASK}(t) = 0 \quad (3.3)$$

Matlab programı üzerinde yapılan uygulama sonucunda Şekil 3.4'te görüldüğü üzere iletilen bilgi işaretinin 0'dan farklı olduğu durumda taşıyıcı işaret ile birleşen işaret, en alt tarafta bulunan bindirimli işaretini oluşturmuştur.



Şekil 3.4. GKA Bindirimli İşaret

### 3.2.2 SKA

Bir diğer bindirim ise SKA işlemidir. SKA bindirimi bilgi işaretindeki sıfır ve bir durumları taşıyıcı işaretin sıklığına aktarılır. Sayısal işaretler uzun mesafeli bilgi iletiminde kolayca bozulmalara ve zayıflamalara maruz kalırlar. Bu nedenle, işarete özel bir bindirim işlemi uygulanarak önceden belirlenmiş sıklık aralığında kaydırma işlemi yapılır (Wei Li vd., 2016).

$$V_{FSK}(t) = [V_c \cos] \cdot [2\pi[f_c + V_m(t)\Delta f]t] \quad (3.4)$$

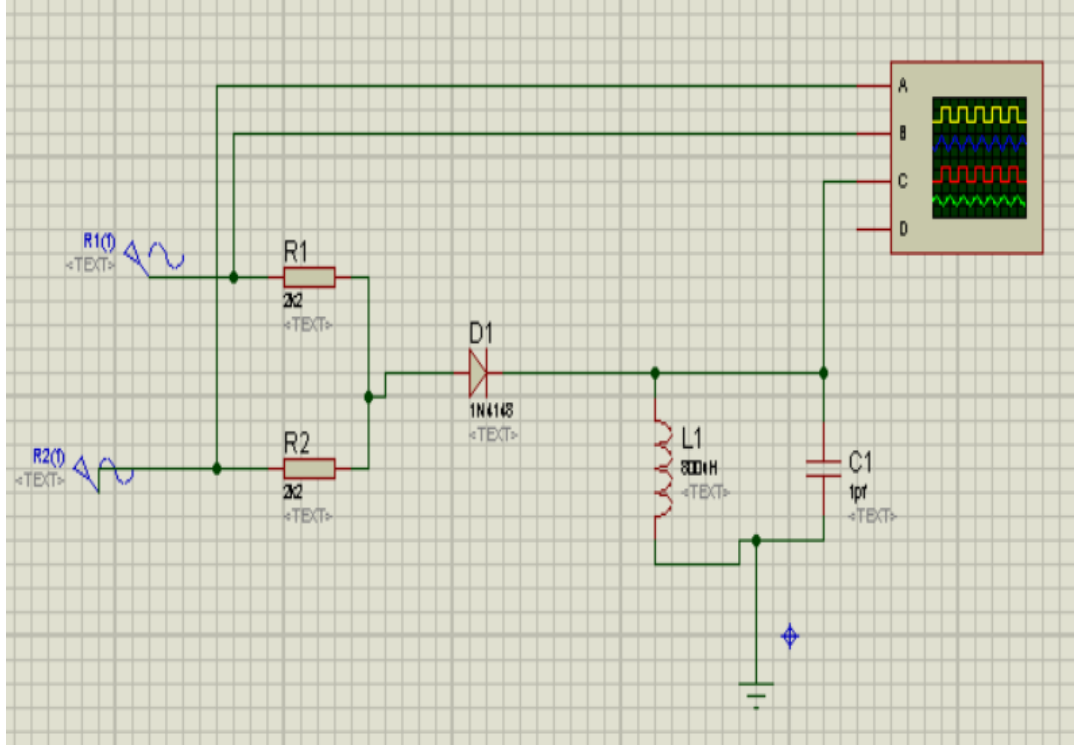
**Lojik1** için formülümüz aşağıdaki gibidir.

$$V_{FSK}(t) = [V_c \cos] \cdot [2\pi[f_c + \Delta f]t] \quad (3.5)$$

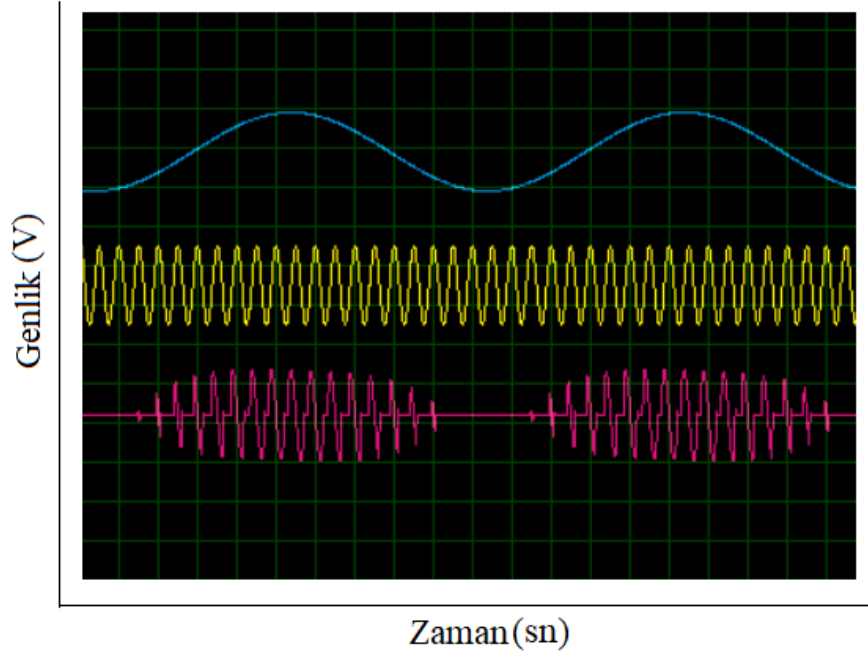
**Lojik0** için formülümüz aşağıdaki gibidir.

$$V_{FSK}(t) = [V_c \cos] \cdot [2\pi[f_c - \Delta f]t] \quad (3.6)$$

İSİS'te gerçekleştirdiğimiz SKA bindirim devresi ve sonuç grafiği Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da görüldüğü gibidir.



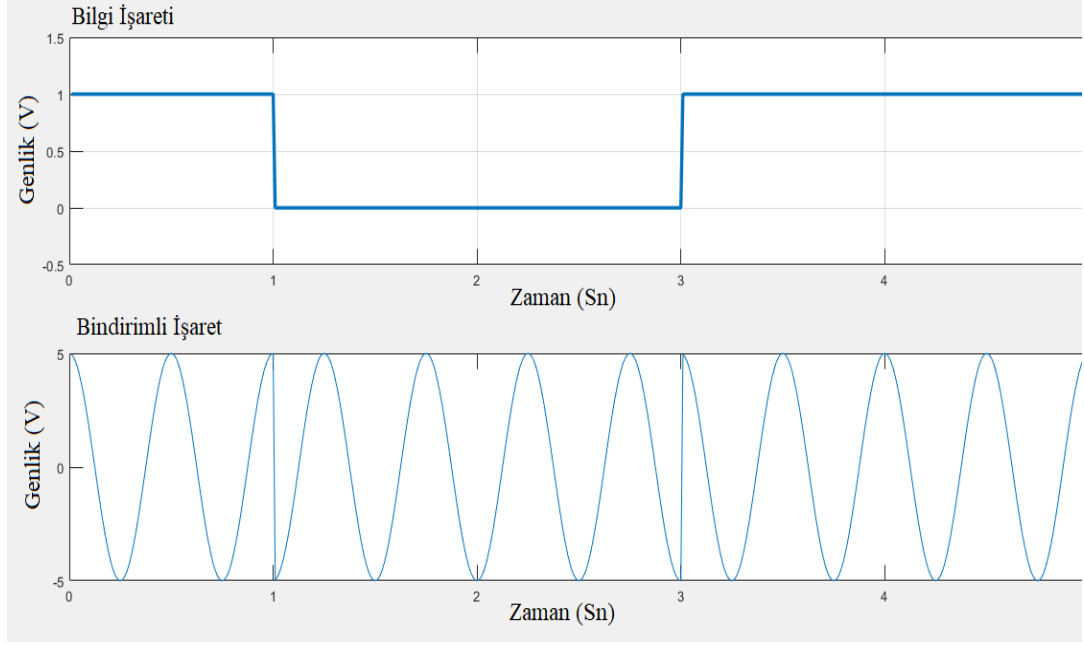
Şekil 3.5. ISIS SKA Bindirim Devresi



Şekil 3.6. ISIS SKA Bindirim Devresi Sonucu

### 3.2.3 FKA

Bir diğer bindirim ise FKA (Faz Kaydırmalı Anahtarlama) işlemidir. Uzun mesafeli iletimde oluşabilecek gürültüleri gidermede etkili bir yöntemdir. Taşıyıcı işaretin fazının, bilgi işaretine uygun olarak değiştirilmesi ile meydana gelir (Barış, 2017).



Şekil 3.7. FKA Bandwidth Modulation İşareti

Matlab üzerinde yapılan uygulama sonucunda görüldüğü üzere sinüsoidal taşıyıcı işaretinin fazı, iletilen bilgi işaretine uygun olarak değiştirilmiş ve bandwidth modulation uygulanmıştır. Bandwidth modulation işareti Şekil 3.7’de verilmiştir.

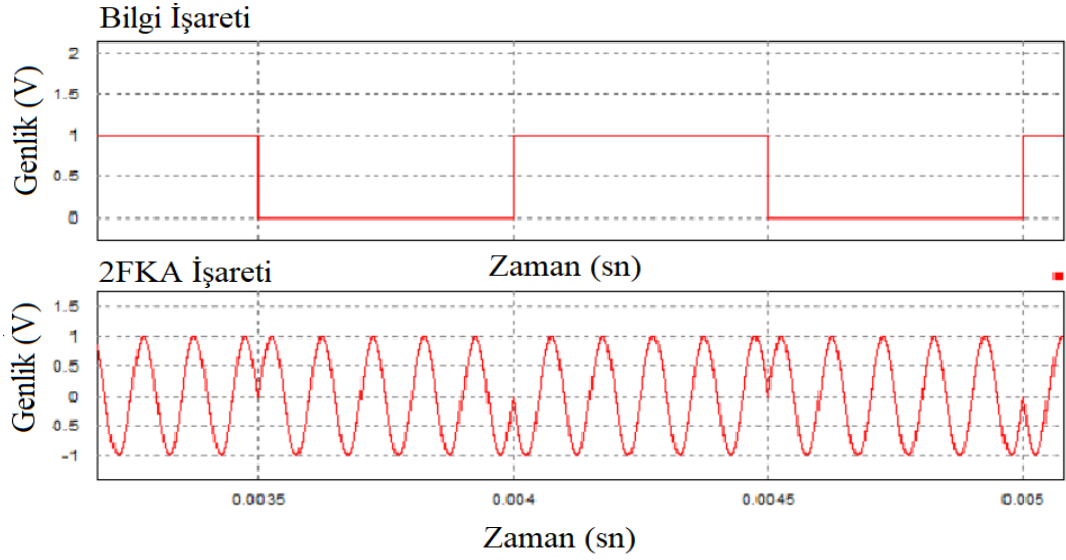
### 3.2.3.1 2FKA

2FKA bandwidth modulation bir sayısal bandwidth modulation tipidir. FKA faz kaydırmalı anahtarlama bandwidth modulation sınıfına girer. Girişte iletilecek olan bilgi işaretinin verdiği lojik1 ve lojik0 bilgilerini, aralarında  $180^\circ$  faz farkı olan 2 farklı ve yüksek sıklığa sahip taşıyıcı işaret yardımıyla iletilecek duruma hazır hale getirilmesi işlemine 2FKA bandwidth modulation denir (Warty, 2011).

İletim hattı haberleşmesi üzerinden bilgi iletimi bu bandwidth modulation tipi ile gerçekleşecektir. Bunun sebebi 2FKA, GKA ve SKA’ya göre çok daha iyi performans gösterir. Uzun mesafe iletimlerde daha üstündür. Daha anlaşılır ve uygulaması daha kolaydır. 2FKA bilgi işareti bitleri ve taşıyıcı işaret faz açıları Tablo 3.1’de verilmiştir. 2FKA bandwidth modulation işareti ise Şekil 3.8’de yer almaktadır.

Tablo 3.1. 2FKA Bilgi İşareti Bitleri ve Taşıyıcı İşaret Faz Açılı

BİT	FAZ
0	$0^\circ$
1	$180^\circ$



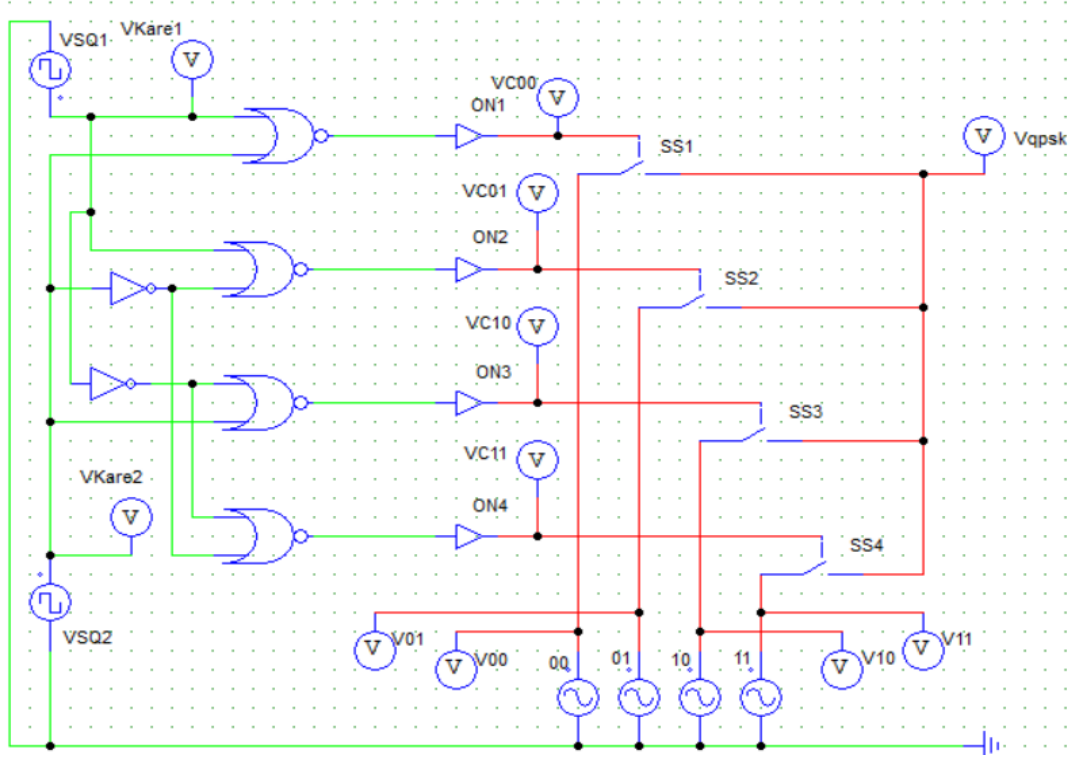
Şekil 3.8. PSIM’de 2FKA Bindirimli İşaret

### 3.2.3.2 4FKA

4FKA bindirimi, bir sayısal bindirim tipidir. FKA bindirim sınıfına girer. Girişte iletilecek olan 2 bitlik bilgi işaretinin verdiği lojik1 ve lojik0 bilgilerinin, aralarında  $90^\circ$  faz farkı olan dört farklı ve yüksek sıklığa sahip taşıyıcı işaret yardımıyla iletilmesi işlemine 4FKA bindirimi denir (Adeyemi, 2007). Bilgi işareti bitlerine bağlı taşıyıcı faz açıları Tablo 3.2’de yer almaktadır.

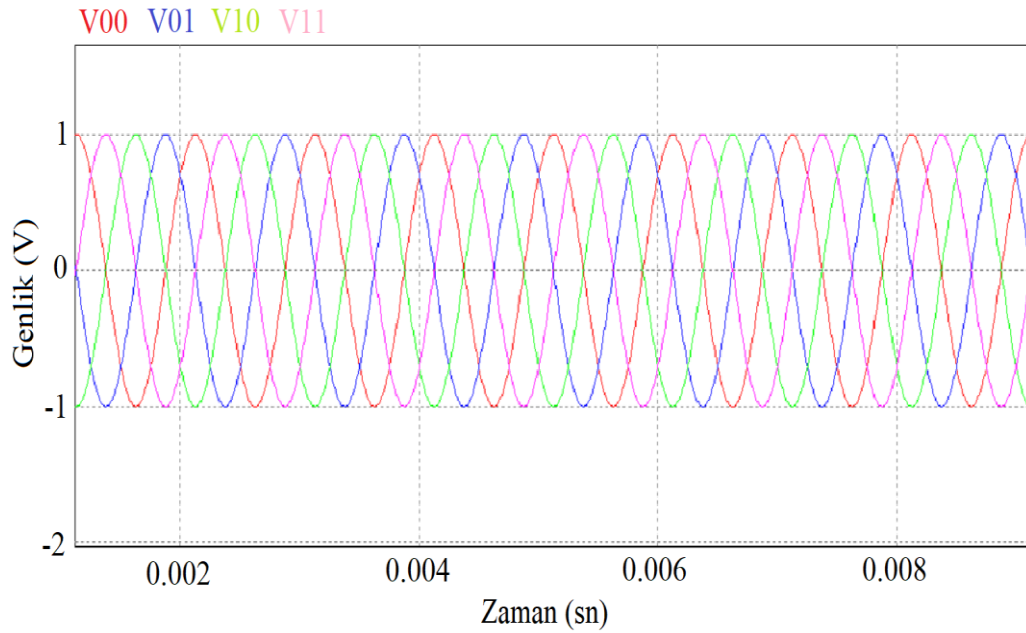
Tablo 3.2. QFKA Bilgi İşareti Bitleri ve Taşıyıcı İşaret Faz Açıları

BİT	FAZ
00	$45^\circ$
01	$135^\circ$
10	$225^\circ$
11	$315^\circ$



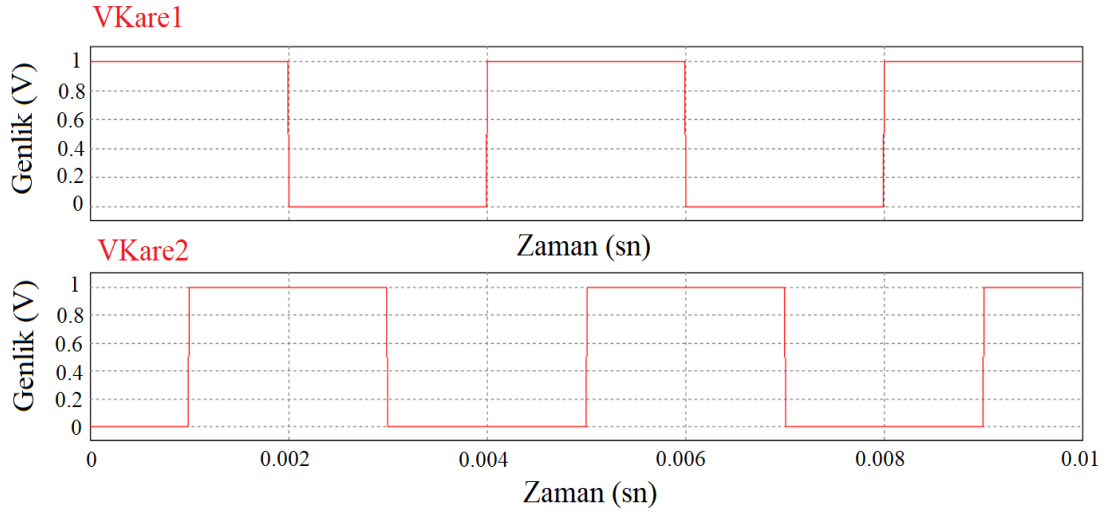
Şekil 3.9. PSİM 4FKA Bindirimi Devresi

Aralarında  $90^\circ$ 'lik faz farkı bulunan dört taşıyıcı işaret Şekil 3.9'da görüldüğü üzere 00, 01, 10, 11 olarak adlandırılmış yüksek sıklığa sahip sinüs işaretleridir. PSİM ortamında benzetime uğrayan taşıyıcı işaret grafiği aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.10. PSİM  $90^\circ$  Faz Farklı Yüksek Sıklığa Sahip 4 Taşıyıcı İşaret

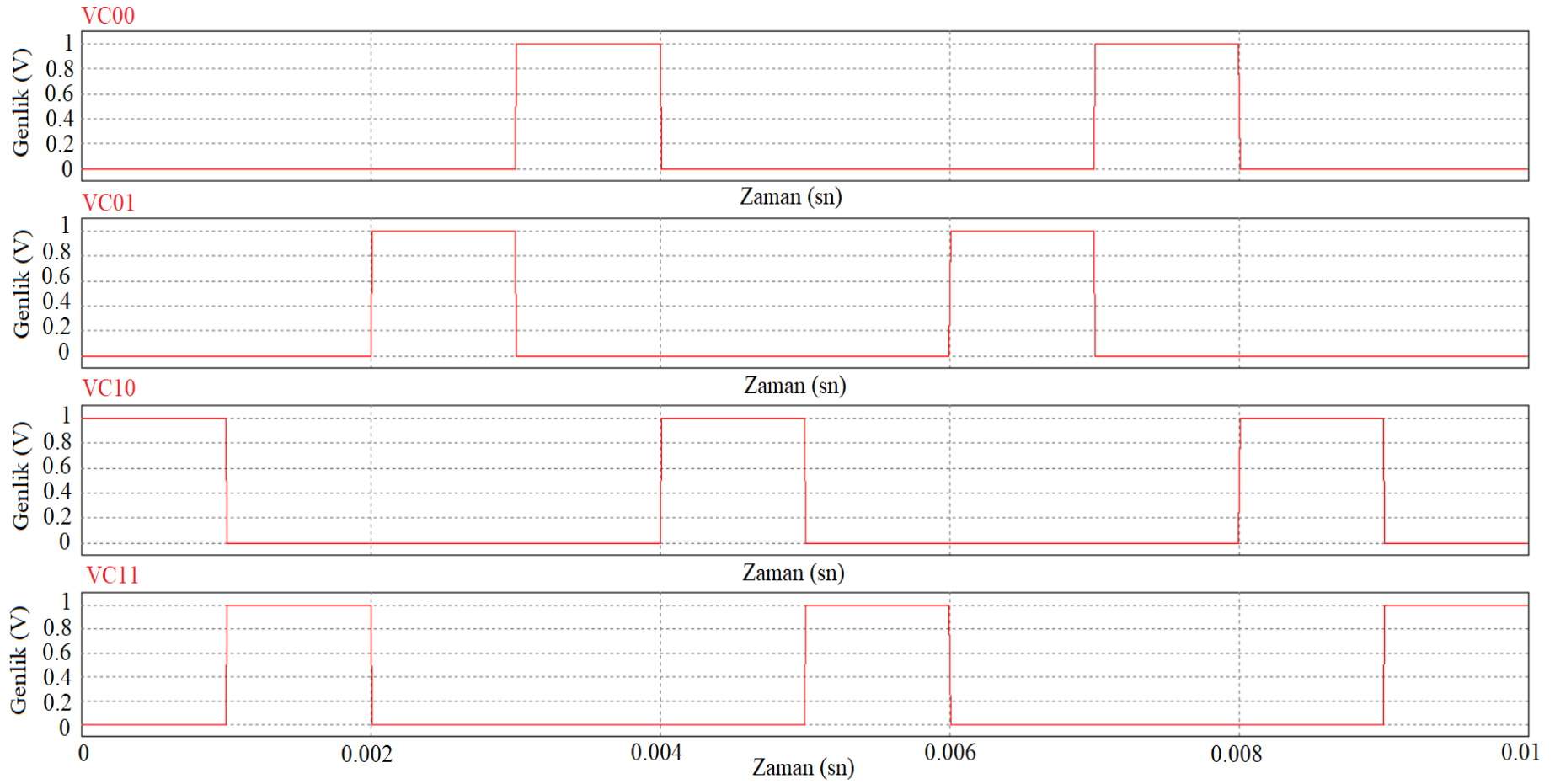
İletilecek bilginin 1 veya 0 durumuna göre 2 farklı kare dalgadan çıkan işaretin 1'den 0'a ve 0'dan 1'e geçiş noktalarında anahtarlama yardımıyla taşıyıcı işaretlerden sadece biri açık durumda kalarak diğerleri kapalı durumda çalışır. Böylece bindirime uğramış tek bir işaret görülür. Şekil 3.9'da ON ve SS elemanları yardımıyla bu anahtarlama sağlanarak, V4fka işareti Şekil 3.10'da görülmektedir. İletimi sağlanacak kare dalga grafikleri Şekil 3.11'de görülmektedir.



Şekil 3.11. PSİM İletilecek Olan Bilgi İşaretleri

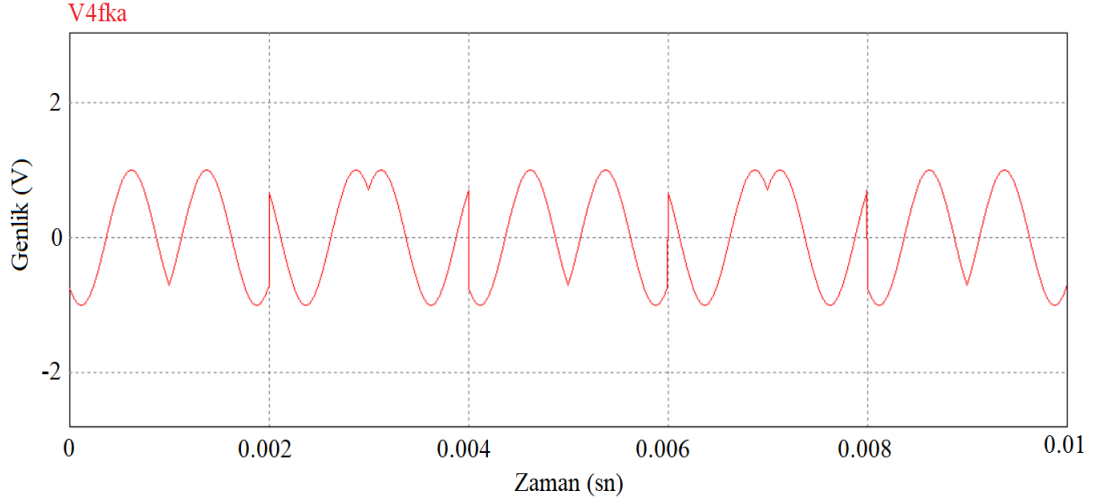
Şekil 3.11'de görüldüğü üzere Vkare1 ve Vkare2 elemanlarının 1 ve 0 durumlarına göre dört farklı taşıyıcı devreye girip çıkar. Kare dalgaların anahtarlama yaptığı taşıyıcıların açık-kapalı olma durumu Şekil 3.12'de görülmektedir. Belli zaman dilimi aralıklarında incelendiğinde her saniye aralığı için sadece tek taşıyıcı aktif durumdadır. Bilgi iletimi taşıyıcıların aktif olduğu zaman aralıkları için o taşıyıcı tarafından gerçekleştirilir. V4fka bindirim yöntemi için çalışma bu şekildedir.





Şekil 3.12. PSİM Taşıyıcı Açık-Kapalı Anahtarlama Durumları

Şekil 3.12’de görüldüğü üzere 4 farklı durum için 4 farklı çıkış şartı sağlanmış olur. Tablo 3.2’de görülmektedir. Şekil 3.13’de ise 4FKA bindirimli çıkış işareti görülmektedir.



Şekil 3.13. PSİM 4FKA Bindirimi Çıkış İşareti

### 3.2.3.3 8FKA

8FKA bir sayısal bindirim tipidir. FKA faz kaydırmalı anahtarlama bindirim sınıfına girer. Girişte iletilecek olan 3 bitlik bilgi işaretinin verdiği 1 ve 0 bilgilerini, aralarında  $45^\circ$  faz farkı olan 8 farklı ve yüksek sıklığa sahip taşıyıcı işaret yardımıyla iletilmesi işlemine denir (Yadav vd., 2017). 8FKA bilgi işareti bitleri ve taşıyıcı işaret faz açıları Tablo 3.3’de yer almaktadır.

Tablo 3.3. 8-FKA Bilgi İşareti Bitleri ve Taşıyıcı İşaret Faz Açıları

BİT	FAZ
111	22,5°
110	67,5°
100	112,5°
101	157,5°
001	202,5°
000	247,5°
010	292,5°
011	337,5°

### 3.2.3.4 16FKA

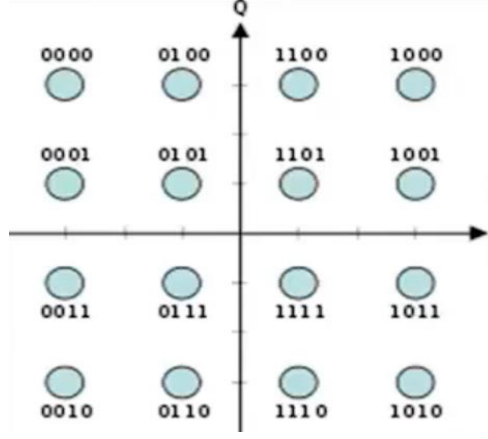
16FKA bir sayısal bindirim tipidir, FKA faz kaydırmalı anahtarlama bindirim sınıfına girer. Girişte iletilecek olan 4 bitlik bilgi işaretinin verdiği bir ve sıfır bilgilerini, aralarında  $22,5^\circ$  faz farkı olan 16 farklı ve yüksek sıklığa sahip taşıyıcı işaret yardımıyla iletilmesi işlemine denir (Yadav vd., 2017). 16FKA bilgi işareti bitleri ve taşıyıcı işaret faz açıları Tablo 3.4’de yer almaktadır.

Tablo 3.4. 16FKA Bilgi İşareti Bitleri ve Taşıyıcı İşaret Faz Açıları

BİT	FAZ
0000	$22,5^\circ$
0001	$45^\circ$
0010	$67,5^\circ$
0011	$90^\circ$
0100	$112,5^\circ$
0101	$135^\circ$
0110	$157,5^\circ$
0111	$180^\circ$
1000	$202,5^\circ$
1001	$225^\circ$
1010	$247,5^\circ$
1011	$270^\circ$
1100	$292,5^\circ$
1101	$315^\circ$
1110	$337,5^\circ$
1111	$360^\circ$

### 3.2.4 16-4GB

4GB, yeni nesil TV yayın uygulamalarında ve birçok bilgi iletişim uygulamasında yaygın olarak kullanılır. 16-32-64-128 ve 256 4GB çeşitleri vardır. İletilen bilgi boyutu ve hızı 16 4GB’den 256 4GB’ye doğru artarak ilerler. Aynı anda genlik ve faz bindirimi sağlar. Wimax, Wi-Fi, LTE vb. birçok alanda kullanılır (Farzamia vd., 2018) 16-4GB bindirimi bilgi tablosu Şekil 3.14’de görülmektedir.



Şekil 3.14. 16-4GB Bindirimi Bilgi Tablosu

Şekil 3.14'e baktığımızda Q-I düzlemi üzerinde belirlenmiş olan 4 bitlik bilgilerin genlikleri ve faz açıları Tablo 3.5'de yer almaktadır.

Tablo 3.5. 16-4GB Bitlere Karşılık Gelen Faz Açıları ve Genlikleri

<b>BİT</b>	<b>FAZ AÇISI</b>	<b>GENLİK</b>
0000	135	75%
0001	157,5	75%
0010	225	75%
0011	202,5	75%
0100	112,5	75%
0101	135	25%
0110	247,5	75%
0111	225	25%
1000	45	75%
1001	22,5	75%
1010	315	75%
1011	347,5	75%
1100	67,5	75%
1101	45	25%
1110	292,5	25%
1111	315	25%

## **4. İHH UYGULAMALARI VE BENZETİMİ**

İletim hattı haberleşmesi, mevcut elektrik hatlarını kullanarak ekonomik ve güvenli haberleşmeyi sağlayan yöntemdir. Günümüzde kullandığımız tüm elektronik cihazlar temelinde bir bilgi alışverişi, yani bir işaret iletimi ile çalışır. Bu alanda 1950'lerde başlayan çalışmalar günümüzde bazı ülkelerde internet iletimi, ülkemizde ise elektrik dağıtım şirketlerinin hat ve tüketici analizi yapmalarına olanak sağlamıştır.

### **4.1 İHH Uygulamaları**

İletim hattı haberleşmesi, teknolojinin gelişmesine paralel olarak akıllı şebekelere entegre uygulamaların ortaya çıkmasıyla beraber farklı bir hal almıştır. Bu uygulamalarla kullanılabilirliği ve faydaları en üst seviyelere çıkmıştır. Birçok yerel dağıtım şirketi yaptığı çalışmalarla enerji dağıtım ve denetim görevini üst seviyelere taşımış, müşterilerine kesintisiz şekilde enerji sağlamak için ARGE çalışmaları ve yatırımlar yapmıştır. Bu da bazı İHH uygulamalarının ortaya çıkmasını sağlamıştır.

#### **4.1.1 OSOS**

Otomatik sayaç okuma sistemi, Türkiye'de birçok ilimizde kullanılmakta olup, henüz tüm sayaçlarda uygulanamamıştır. Geçmişte bir görevli yardımıyla sayaç değerlerini alan dağıtım şirketleri, kayıp kaçak durumlarını tespit edememekteydi. Aynı zamanda hatalı tüketim değerleri girilmesi sonucunda müşterilere yüksek fatura bedelleri çıkmaktaydı. Dağıtım şirketleri, insan hatasını ortadan kaldırmak ve günümüz teknolojilerinden faydalanarak hatayı en aza indirmek amacıyla OSOS'u ortaya çıkarmıştır.

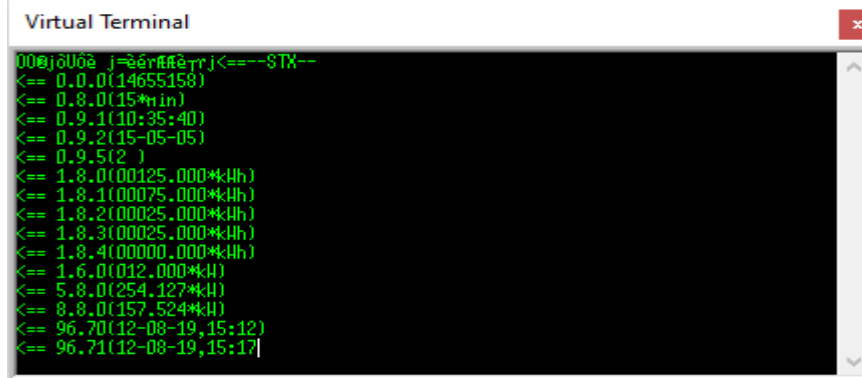
OSOS ile sayaçlardaki tüketim değerleri, kayıp-kaçak durumları, kompanzasyon güç tüketim takipleri, aktif-reaktif durumları takibi yapılabilmektedir. Müşterinin elektrik kesintisine erken müdahale için arıza tespiti veya meydana gelebilecek arıza durumlarının erken farkına varılması gibi birçok artısı vardır.

Haberleşme ünitelerinin sayaçlarla haberleşmesi ile toplanan bilgiler, bilgi toplama merkezine aktarılır. Özel yazılımlarla işlenen bilgiler neticesinde ortaya çıkan rapor yardımıyla kullanıcının enerji kullanım durumu anlık olarak takip edilip, aksiyon alınabilir.

İSİS üzerinden yaptığımız OSOS benzetiminde RS485 okuma kiti mikroişlemcisi ile sayaç RS485 seri haberleşme yardımıyla haberleşir. Okuma kiti üzerinden gönderilmiş olan /?! komutu, sayaç protokolü içinde sayaç içindeki gerekli

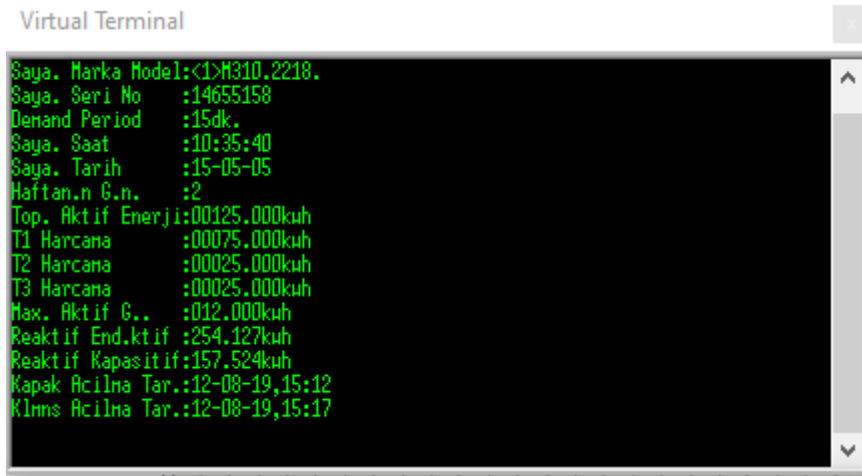
bilgilerin okuma kitine gönderilmesi komutudur. Sayaçtan alınan bilgiler aşağıdaki gibidir.

- Sayaç Marka Model
- Sayaç Seri No
- En Fazla Güç Çektiği Zaman
- Sayaç Saat
- Toplam Aktif Enerji
- T1, T2, T3 Harcama
- Endüktif ve Kapasitif Harcama



```
Virtual Terminal
00@j0U0è j=èèr#èèrj<==--$TX--
<== 0.0.0(14655158)
<== 0.8.0(15*min)
<== 0.9.1(10:35:40)
<== 0.9.2(15-05-05)
<== 0.9.5(2 )
<== 1.8.0(00125.000*kWh)
<== 1.8.1(00075.000*kWh)
<== 1.8.2(00025.000*kWh)
<== 1.8.3(00025.000*kWh)
<== 1.8.4(00000.000*kWh)
<== 1.6.0(012.000*kWh)
<== 5.8.0(254.127*kWh)
<== 8.8.0(157.524*kWh)
<== 96.70(12-08-19,15:12)
<== 96.71(12-08-19,15:17)
```

Şekil 4.1. Sayaçtan Alınan Ham Bilgi



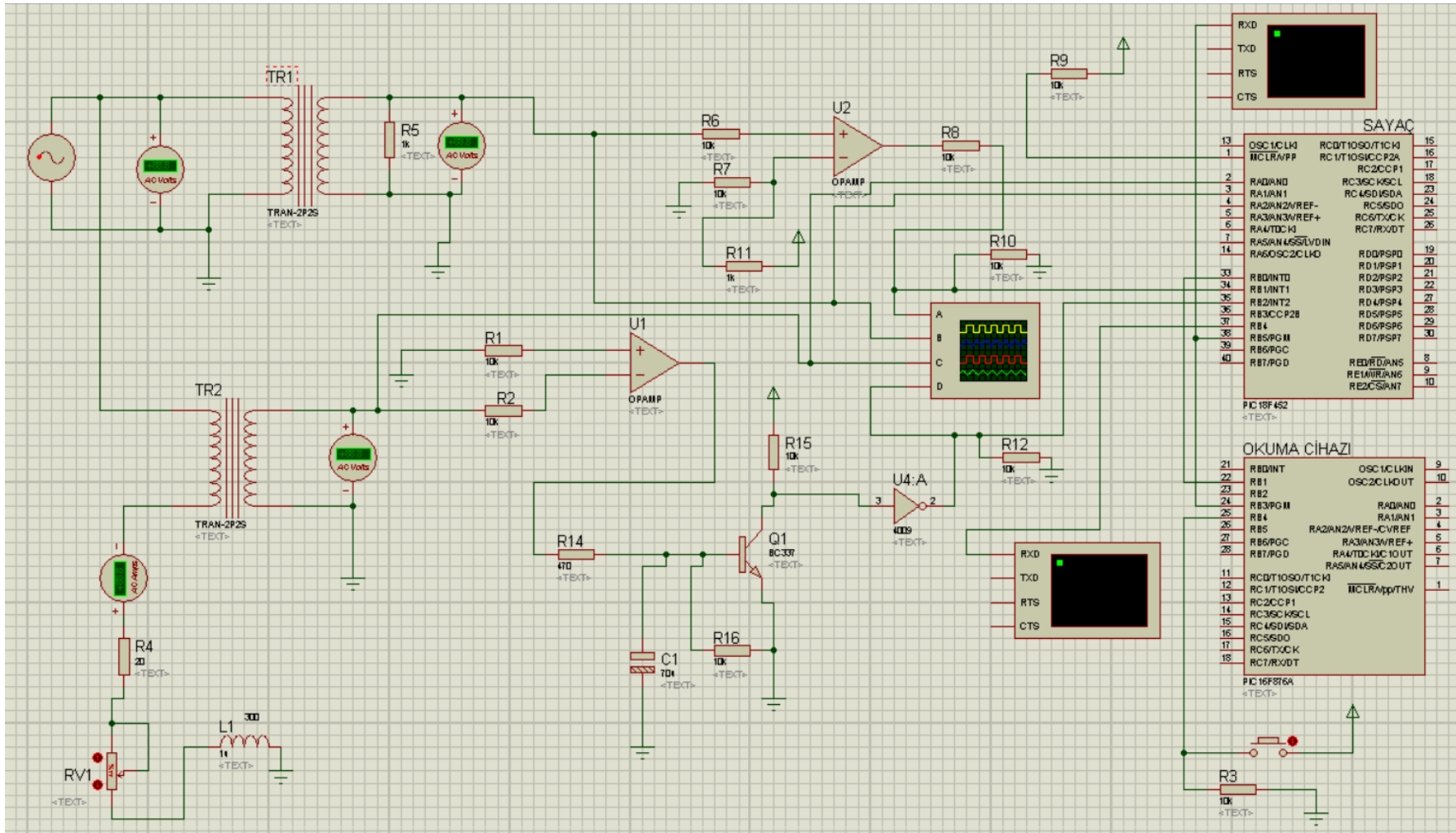
```
Virtual Terminal
Saya. Marka Model:<1>M310.2218.
Saya. Seri No :14655158
Demand Period :15dk.
Saya. Saat :10:35:40
Saya. Tarih :15-05-05
Haftan.n G.n. :2
Top. Aktif Enerji:00125.000kWh
T1 Harcama :00075.000kWh
T2 Harcama :00025.000kWh
T3 Harcama :00025.000kWh
Max. Aktif G.. :012.000kWh
Reaktif End.ktif :254.127kWh
Reaktif Kapasitif:157.524kWh
Kapak Acilna Tar.:12-08-19,15:12
Klms Acilna Tar.:12-08-19,15:17
```

Şekil 4.2. Sayaçtan Alınan Düzenlenmiş Bilgi

```
SerIn PORTB.3, 84,1000,basla ,[Wait("/?!"),serbilgi] 'gps alıcı  
periyodu
```

```
PORTB.1=1  
SerOut PORTB.2, 84, ["<==/MSY5<1>M310.2218.",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<==--STX--",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 0.0.0 (14655158) ",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 0.8.0 (15*min) ",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 0.9.1 (10:35:40) ",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 0.9.2 (15-05-05) ",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 0.9.5 (2 )",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 1.8.0 (00125.000*kWh) ",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 1.8.1 (00075.000*kWh) ",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 1.8.2 (00025.000*kWh) ",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 1.8.3 (00025.000*kWh) ",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 1.8.4 (00000.000*kWh) ",13,10]  
DelayMS zaman  
SerOut PORTB.2, 84, ["<== 1.6.0 (012.000*kW) ",13,10]  
DelayMS zaman
```

RS485 okuma kiti mikroişlemcisi tarafından gönderilen ("/?!") komut ile yukarıdaki sayaç bilgilerinin tamamını okuma kitine gönderir. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gözüktüğü üzere “Virtual Terminal” üzerinden gelen bilgiler gösterilir.

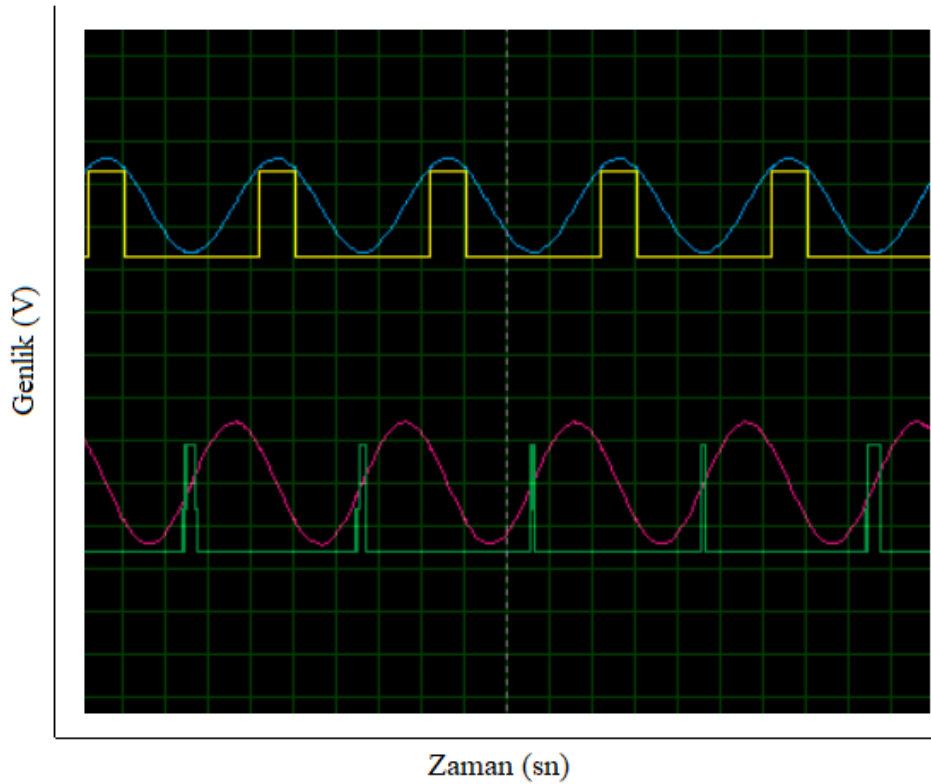


Şekil 4.3. OSOS Sistemi Benzetimi



Şekil 4.3'te İsis programı üzerinde OSOS sisteminin benzetimi yapılmıştır. TR1 gerilim trafosu ve TR2 akım trafosu ile 220V şebeke gerilimi PİC mikroişlemcilerinin çalışabileceği gerilim aralığı 0-5V arasına trafolar yardımıyla dönüştürülerek çalışması sağlanmıştır. Yükselteç elemanları ile sinüs işareti kare dalgaya dönüştürülerek kolayca tetikleme yapılması sağlanmıştır. Sıfır geçiş noktası belirlenerek yük durumundaki tüketicinin akım ve gerilim arasındaki faz farkı belirlenerek çektiği aktif güç, reaktif güç, T1, T2 ve T3 değerleri bulunabilir.

Akım trafosu tarafındaki transistör yardımıyla ise kare dalgaya zamanda daraltma işlemi yapılarak gerilim ile arasındaki faz farkı ilişkisi daha kolay bulunabilir hale getirilmiştir. Osiloskop'un A,B,C ve D uçlarına şebeke gerilimi sinüs sinyali, tüketici tarafı akım sinüs sinyali ve kare dalgaya dönüştürülmüş şekli girilmiştir. Osiloskop sonuç ekranı aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.4. Akım ve Gerilim Osiloskop Ekran Sonuçları

Akım ve gerilim kare dalga çıkış sinyallerinin sıfır geçiş noktaları arasındaki fark her bir kare sayılarak hesaplanır. Akım ve gerilim kare dalgalarının arasındaki zaman farkı her bir karenin 5ms olduğu bilindiğinde, yaklaşık 8ms olduğu Şekil 4.4'te görülmektedir.

$$T = \left(\frac{1}{f}\right) \quad (4.1)$$

$f=50\text{Hz}$  için çıkan  $T$  zaman değeri  $360^\circ$  tarama zamanına eşittir. 4.1 numaralı denklemden yola çıkarak tarama zamanının  $20\text{ms}$  olduğu bulunur.

$$\Phi = \left(\frac{t \cdot 360^\circ}{T}\right) \quad (4.2)$$

Yukarıda yer alan 4.2 numaralı formül ile faz farkı açısı değeri bulunur.  $T=20\text{ms}$  ve  $t=8\text{ms}$  olarak formüle eklendiğinde faz açısı değeri  $145^\circ$  bulunmuş olur. Sayaç mikroişlemcisi üzerinde yazılan kodlar yardımıyla aktif güç, reaktif güç değerleri bulunmuş olur.

$$P = I \cdot V \cdot \cos\Phi \quad (4.3)$$

Aktif güç 4.3 numaralı denklem, Reaktif güç 4.4 numaralı denklem ile bulunur.

$$Q = I \cdot V \cdot \sin\Phi \quad (4.4)$$

4.3 ve 4.4 numaralı denklemler yardımıyla Sayaç mikroişlemcisi üzerinde hesaplanan güç değerleri, okuma cihazına gönderilir ve ekrana yansıtılır.

Virtual Terminal

```

/?!
Saya Marka Model:<1>M310.2218.
Saya Seri No :14655158
Demand Period :15dk.
Saya Saat :10:35:40
Saya Tarih :15-05-05
Haftanın G^n^ :2
Top. Aktif Enerji:0.00166^k^kwh
T1 Harcana :0.00166^k^kwh
T2 Harcana :0.000^k^kwh
T3 Harcana :0.000^k^kwh
Max. Aktif G^ :012.000kwh
Reaktif End^ktif :254.127kwh
Reaktif Kapasitif:157.524kwh
Kapak Acilna Tar.:12-08-19,15:12
Klms Acilna Tar.:12-08-19,15:17

```

Şekil 4.5. Sayaç Değerleri Ekranı

Şekil 4.5'te yer alan değerler okuma cihazı butonuna basıldıktan sonra sayacın tüketicinin çektiği güç değerlerini ve diğer tüm bilgileri okuma cihazına gönderdiği bilgilerdir. Böylece OSOS sistemi benzetimi tamamlanmış olur.

#### 4.1.2 SCADA sistemi

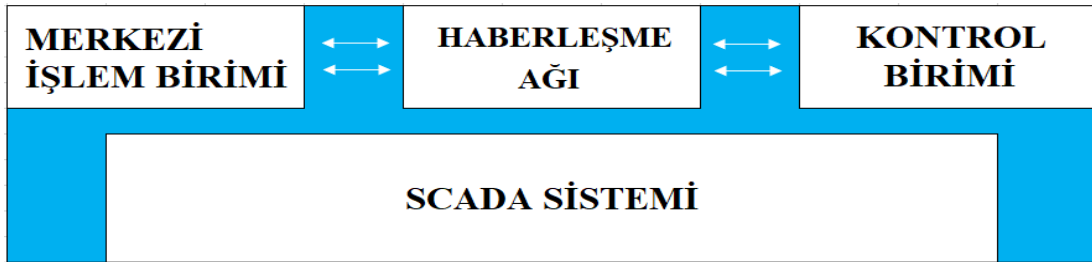
Scada sistemi karmaşık sistemlerin tek merkezden yönetildiği, merkezi denetleme denetim ve bilgi toplama olarak adlandırılır. Elektrik tesisleri başta olmak üzere birçok alanda kullanılan Scada sistemi enerji akışının anlık ve sürekli olarak izlenebilmesine olanak sunar. Aktif-Reaktif aşım meydana gelmesi durumunda bilgilendirme yaparak, tesisin cezalı duruma düşmesini engelleyebilir. Uzaktan açma-

kapama yaparak, tesisin arıza durumunda zarar görmesini engelleyebilir, birçok mali zararın önüne geçebilir.

Scada Sistemi RTU, iletişim sistemi ve denetim sistemi merkezi olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. RTU gelen bilgilerin depolamasını yapar. Denetim merkezi ise RTU’da depolanan bilgileri toplar. Sistemde entegre halde bulunan cihazların ekranlarına raporlama yapılarak yansıtılması işlemini yapar. Arıza veya beklenmedik durumlarda oluşan alarm durumunu bildirme, gerçekleşen işlemleri zaman sırasına göre kaydetme işlemlerini yapar.

Birçok sistemin birbirleriyle haberleşmesi durumu, haberleşme protokolleri ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Scada sistemleri entegrasyonunda RS232, RS422 ve RS485 kullanılmaktadır. Haberleşme protokollerinin sağlıklı işleyişi çok önemlidir. Scada sisteminin ortaya çıkma nedenleri aşağıdaki gibidir. Şekil 4.6’da Scada sisteminin bileşenleri verilmiştir.

- Farklı yerlerdeki bilgileri uzaktan toplayabilme ve uzaktan denetim edebilme,
- Sistemin geçmişe yönelik raporlama yapabilmesi,
- Arıza durumunda anlık SMS ile bilgi verebilme ve buna entegre olabilme.



Şekil 4.6. Scada Sistemi Bileşenleri

#### 4.1.3 PRIME-İHH sistemi

PRIME 2009 yılında 8 kurucu devlet tarafından oluşturuldu. 2011 yılında ilk kontrol birimi İspanya’da kuruldu. İlk PRIME denemeleri Avustralya’da 2012 yılında yapıldı. İlk açılış ve uygulama 2013 yılında 310.000 metre uzunluğundaki enerji iletim hattı üzerinde Polonya’da yapıldı. 2014 yılında Arjantin, Brezilya, Lübnan ve Romanya’da faydalı projelerde kullanıldı. 2016 yılında 12 milyon PRIME akıllı ölçer kurulu cihaz sayısına ulaştı. 2019 yılında ise kullanıcı sayısının 20 milyon kişiyi aştığı açıklandı. İletim hattı haberleşmesi alanında PRIME protokolü 2012 yılında uluslararası düzeyde standartlaştırılmıştır. Gürültü dayanıklılığı düşüktür. Uygulaması kolay ve hızlıdır. PRIME protokolü özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Sıklık bant aralığı 42 ile 89 kHz arasında yer almaktadır.
- Sıklık bant aralığında en fazla 96 adet OFBÇ taşıyıcısı bulundurabilmektedir.
- Farksal İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama, Farksal Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama ve Farksal Sekizli Faz Kaydırmalı Anahtarlama bindirim tekniklerini kullanabilmektedir.
- Ulaşabileceği en yüksek veri iletim hızı 128 kbit/sn seviyesindedir.
- İsteğe bağlı olarak hata ayıklama kodu kullanılabilir.
- IPv4 paket yapısını desteklemektedir.

PRIME akıllı sayaç okuma, hat kontrol ve üretim şebeke kontrol alanlarında kullanılır. Akıllı sayaç okuma işleminde PRIME sadece tüketim miktarlarını ölçmekle yetinmemektedir. Gün içinde tüketicilerin kullanım yoğunluğuna bağlı olarak belli zaman aralıklarına farklı fiyatlandırmalar sunabilmektedir. Ayrıca gerilim dalgalanmaları, harmonik oluşumu gibi güç kalitesi sorunlarını inceleyerek bu sorunların çözümlenmesine olanak tanır.

PRIME iletim hattı boyunca şebeke ve cihaz kontrolünü sağlar. Şebeke ve hat kontrol teknolojileri arıza tespitini en iyi şekilde tespit etmeye olanak sağlar. PRIME bu alanda yarattığı hızlı elektrik arızası tanımlama, raporlama ve önceden oluşturulan arıza planlarına bağlı olarak gerçekleştirilecek olan enerji dağıtım planlamaları enerji iletim sisteminin daha verimli çalışmasını sağlamaktadır.

PRIME elektrik sisteminin tüm parçalarını kontrol etmek amacıyla çalışır. Üretim ve tüketim birimlerinin detaylı incelemesini yaparak enerji kullanımının sistematik işleyişini sağlar. İletim hattında yer alan tüm koruma elemanlarının meydana gelebilecek tüm arıza olasılıkları dahilinde incelemesi yapılır. Ayrıca koruma elemanlarının bu arızaya karşı verecekleri cevaplar analiz edilir. Ve buna göre bir işleyiş oluşturularak sistemin arızaya karşı vereceği cevaplar belirlenir. Böylece enerjinin verimli kullanılması sağlanmış olur.

#### **4.1.4 G3-İHH sistemi**

İletim hattı haberleşmesi alanında son dönemin yeni teknolojisi olarak görülen G3-İHH, enerji maliyetini azaltma, tüketici kullanım ve iletim hattı arıza bilgilerine daha doğru, daha sağlıklı ulaşmak gibi faydalarının yanında diğer uygulamalara kıyasla daha uzak mesafelerde tekrarlayıcı kullanmadan bilgi alışverişine olanak sağlar. Gürültüye karşı direnci oldukça yüksektir. Daha iyi kapsama alanı sunar. Alçak gerilimde 1,7 km'ye kadar, orta gerilimde ise 11 km'ye kadar kapsama alanı

sunmaktadır. Sıklık bant genişliği ise 10 – 500kHz'dir. İletişim sağlanamayan bir elektrik hattı basit bir sistem olmaktan ileriye gidememektedir. Bir iletim hattının akıllı hale gelebilmesi için alıcı ve verici arasında çift yönlü güvenli bir iletişim sağlanmalıdır. G3-İHH sistemi mevcut iletim hattı üzerinden yüksek hızlı, güvenilir ve uzun mesafeli iletişimi mümkün kılmaktadır. İşleyişi kolaylaştırmaktadır.

G3-İHH çift yönlü iletişim alt yapısı ile iletim hattını izleme ve kontrol etme işlemlerini sağlamaktadır. İletim hattı sisteminin tamamını kontrol edebilen bu G3-İHH sistemi iletim hattı boyunca yer alan yüklerin toplam tüketimlerini anlık analiz ederek değişken tüketici tarife programları belirleyebilecek ve hattın gereğinden fazla elektrik tüketimi yapmasının önüne geçecektir. Böylece hat tüketimi dengeli bir şekilde ilerleyecektir. Mevcut kaynakları en akıllı şekilde kullanmayı hedeflemektedir. Aynı zamanda IPv6 paket yapısını desteklemektedir.

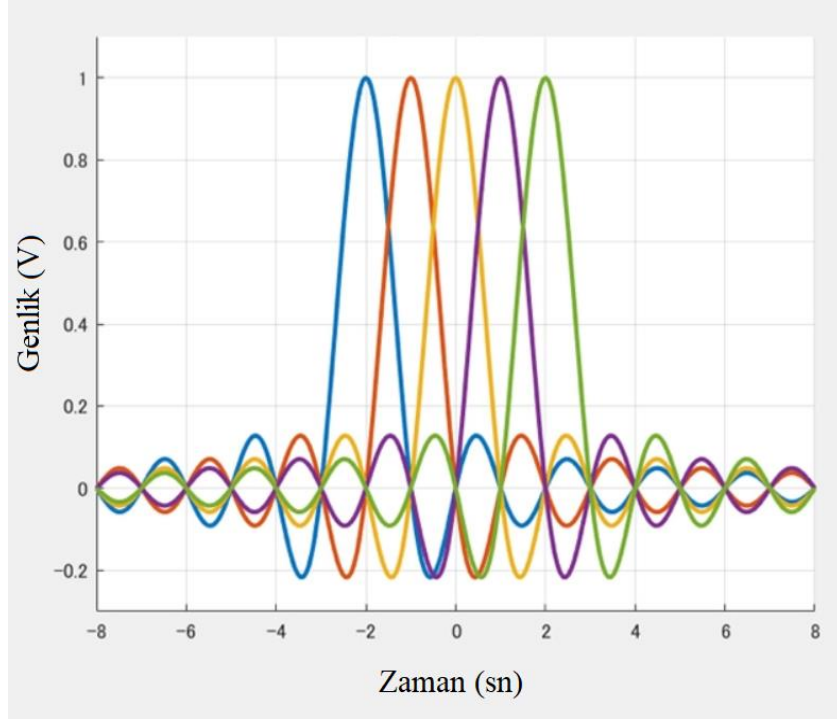
Yeni teknoloji G3-İHH, son yıllarda çok popülerleşen akıllı şebekeler ile daha hızlı, daha kolay, daha esnek ve sürdürülebilir bir iletişim kurmaya olanak sağlar. Çok büyük boyutlarda bilgi alışverişine izin verir. Wi-Fi, 4G gibi uygulamalarda da kullanılır.

OFBÇ tabanlı çalışan G3 diğer yöntemlere göre daha hızlı çalışır. Bilgiler 4MHz ile 21 MHz arasında değişen tam 84 farklı sıklık kanalında iletilir. Dikey sıklık bölmeli çoğullayıcı, ismi de buradan gelir. OFBÇ sayısal bilgileri çoklu taşıyıcı sıklıklarında uygulama yöntemidir.

OFBÇ'nin kullanıldıkları önemli uygulamalar aşağıdaki gibidir.

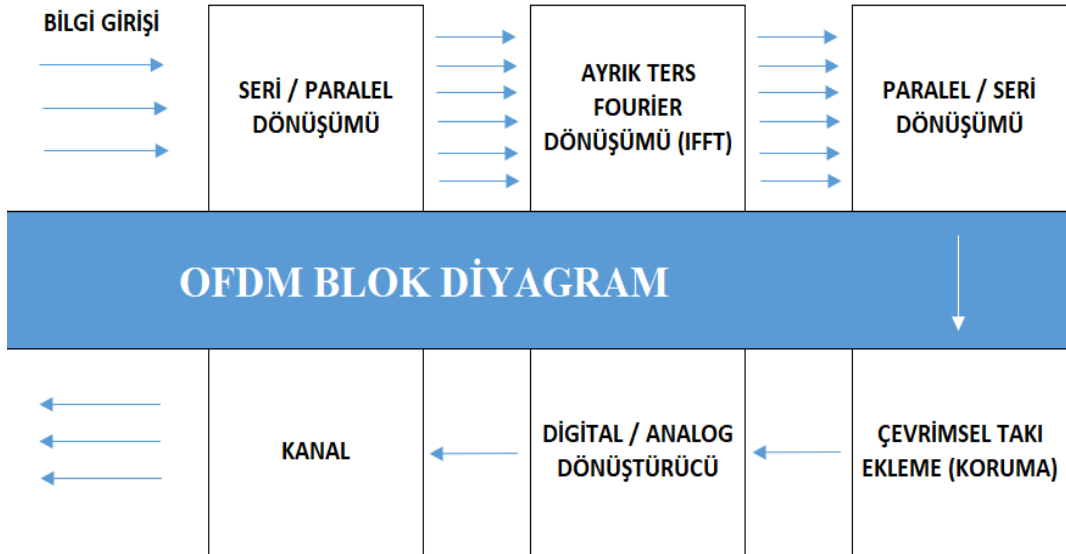
- Wi-Fi
- 4G ve 5G
- Wimax

OFBÇ'nin FBÇ'ye göre en büyük üstünlüklerinden biri bant genişliğini çok daha verimli kullanarak aynı süre içerisinde daha fazla bilgi gönderebilmesidir. Haberleşme anında birçok alt taşıyıcıya bölünen OFBÇ'de bir taşıyıcının genliğinin bir olduğu yerde diğer taşıyıcıların genlikleri sıfır noktasında kesişir. Bu şekilde birden çok işaret birbiri üzerine aynı mantık ile bindirilerek gönderilir. Alıcının kendini tekrar eden bu işaret kümesi üzerinden bilgi işaretini ayıklaması sağlanır. Şekil 4.7'de OFBÇ matlab gösterimi yer almaktadır.



Şekil 4.7. OFBÇ Matlab Gösterimi

OFBÇ'nin zaman ve sıklığa bağlı olması yaşanacak herhangi bir zaman veya sıklık kaymasında alıcıya karmaşık ve anlaşılması güç bir işaret iletilir. Bu iletimde bilgi işareti doğru bir şekilde algılanamayacak ve haberleşme doğru bir şekilde sağlanamayacaktır. OFBÇ blok diyagramı Şekil 4.8'de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. OFBÇ Blok Diyagram

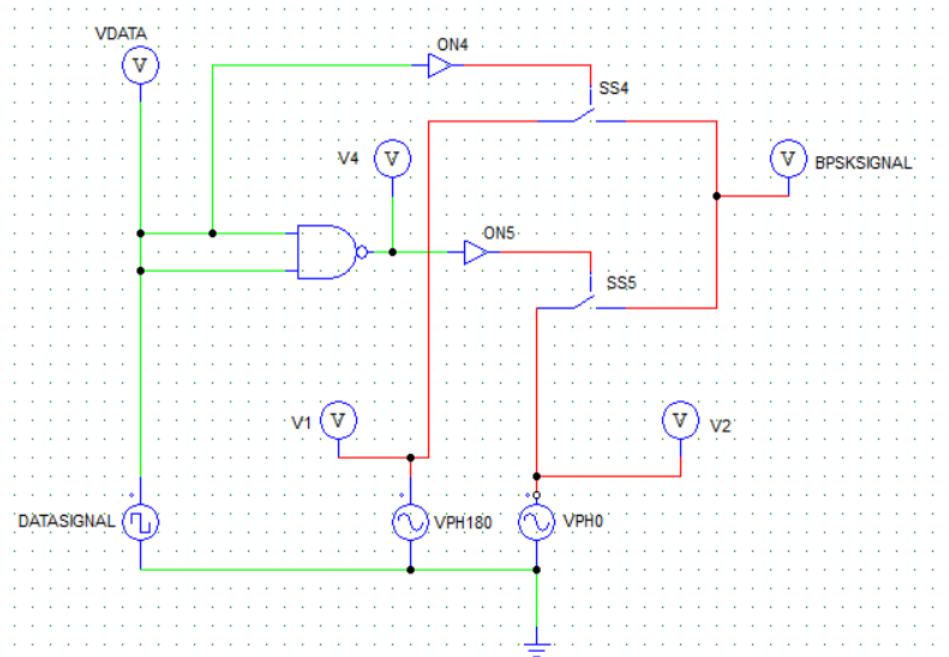
## 4.2 2FKA Bindirimi ile İHH Benzetimi

İletim hattı haberleşmesini gerçekleştirebilmek için, iletilmek istenen düşük sıklığa sahip bilgi işaretinin yüksek sıklığa sahip taşıyıcı işaret üzerinden bindirime uğraması gerekir. Böylece şebeke işareti sinüs benzeri ama daha yüksek sıklığa sahip, şebeke üzerinden iletme hazır bindirimli bir işaret ortaya çıkmış olur. Bindirim iletim mesafesini artırmak ve alıcıya gelen bilgi karmaşasını önleyerek bilgiyi kolayca çözümlmek için çok önemlidir.

### 4.2.1 2FKA Bindirimi

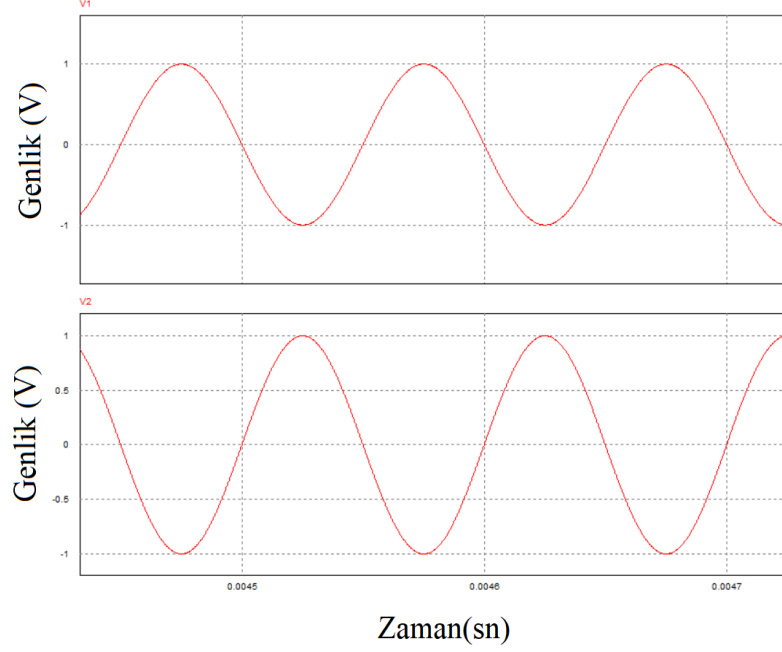
İletim hattı haberleşmesi bindirim teknikleri bölümünde yer alan sayısal bindirim teknikleri kısmında anlatıldığı üzere 2FKA diğer bindirim tiplerine göre uzun mesafe iletimlerde daha üstündür. Ayrıca daha çok bilgiyi daha kısa sürede taşıyabilir ve 4FKA'ye göre uygulanması daha anlaşılır, daha kolaydır.

2FKA bindirimi ile bilgi iletimini PSİM üzerinde oluşturduğumuz devreler ile gerçekleştireceğiz. Anahtarlama mantığıyla işlem gören 2FKA, farklı faz açılı ve aynı sıklığa sahip taşıyıcıların devreye açık-kapalı durumuna girip çıkması ile sağlanacaktır. Böylece iletilecek olan bilgi işaretinde süreklilik sağlanmış olacak ve sağlıklı bir haberleşme yapılmış olacaktır.



Şekil 4.9. PSİM Ortamında 2FKA Bindirimi Devresi

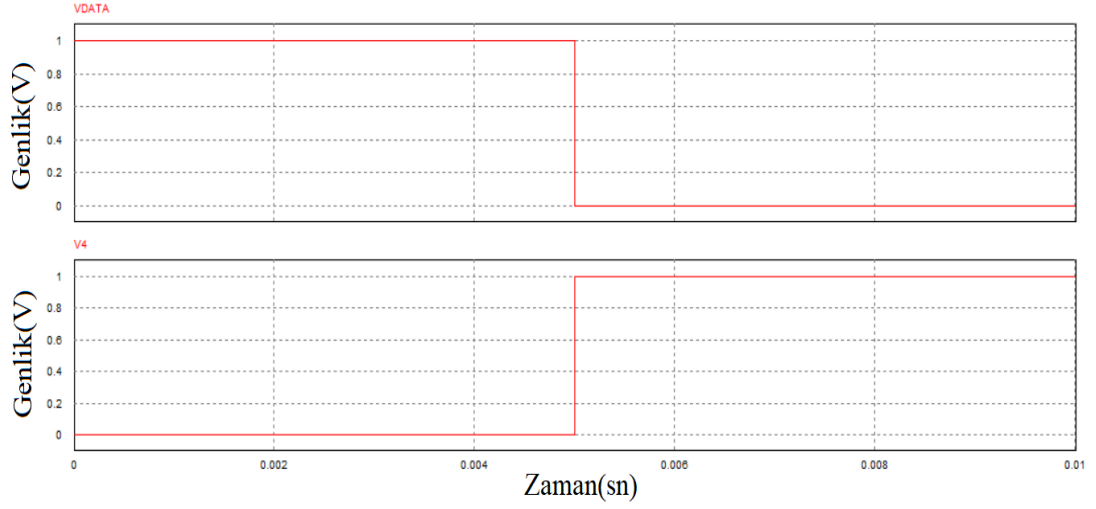
Yukarıdaki devrede yer alan iletilecek olan bilgi işareti 1 Volt ve 100 Hz sıklık değerindedir. VPH180, 10000 Hz 180° faz açılı bir taşıyıcı işarettir. Diğer taşıyıcı işaretimiz ise VPH0, 10000 Hz 0° faz açılı bir taşıyıcı işarettir. Devrede yer alan NAND kapısı ile bilgi işareti 1 ve 0 durumuna göre anahtarlama yaparak bindirimli işareti oluşturur. Taşıyıcı işaretler Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.10. 180° ve 0° Faz Açılı Taşıyıcı İşaretler

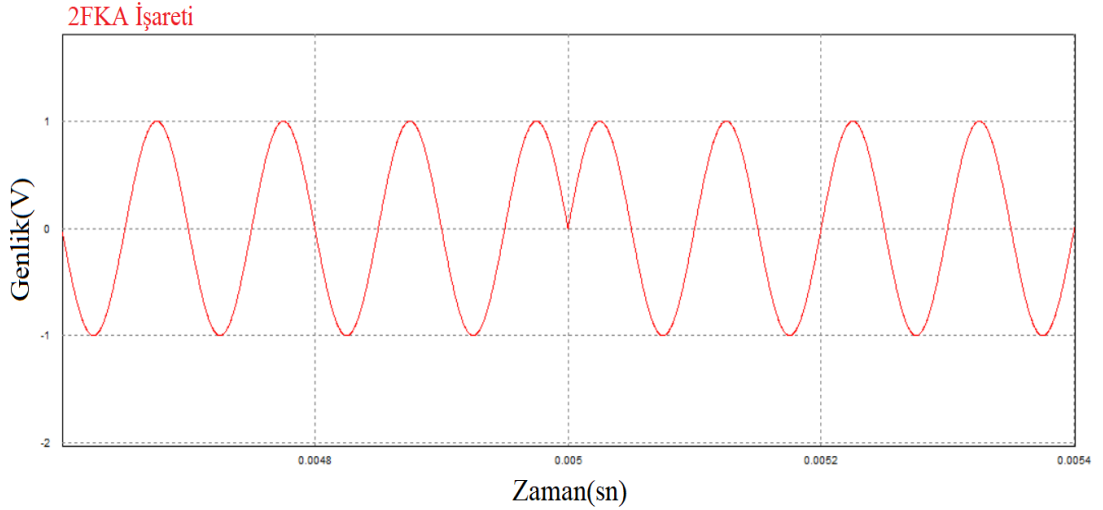
Şekil 4.9'da yer alan işaretlerden V1, 180° faz açılı işarettir. V2 ise 0° faz açılı işarettir. Bilgi İşaretinin 1 ve 0 durumlarına göre anahtarlama elemanları yardımıyla devreye girerler. V1, açık durumda iken V2, kapalı durumdadır. Bilgi İşaretinden gelen sayısal bilgi 1 iken 180° faz açılı taşıyıcı işaret iletme geçer. Bilgi İşaretinden gelen sayısal bilgi 0 iken ise NAND kapısı çıkışından 1 olarak çıkış alan 0° faz açılı taşıyıcı işaret iletme geçer. Böylece 1'den 0'a ve 0'dan 1'e geçen noktalarda işaret değişimleri rahatça görülebilir olduğu için alıcı tarafından iletilen bilginin durumu doğru ve kolay anlaşılabilir olur. Durum değişimi geçişlerinde bindirimli işaretin olağan yönde seyreden akışında yaşanan, ufak olağan dışı değişimler, bilginin içeriği hakkında alıcıya bilgi verecektir. Böylece haberleşme sağlanmış olur.





Şekil 4.11. Bilgi İşareti ve NAND Kapısı Çıkış İşareti

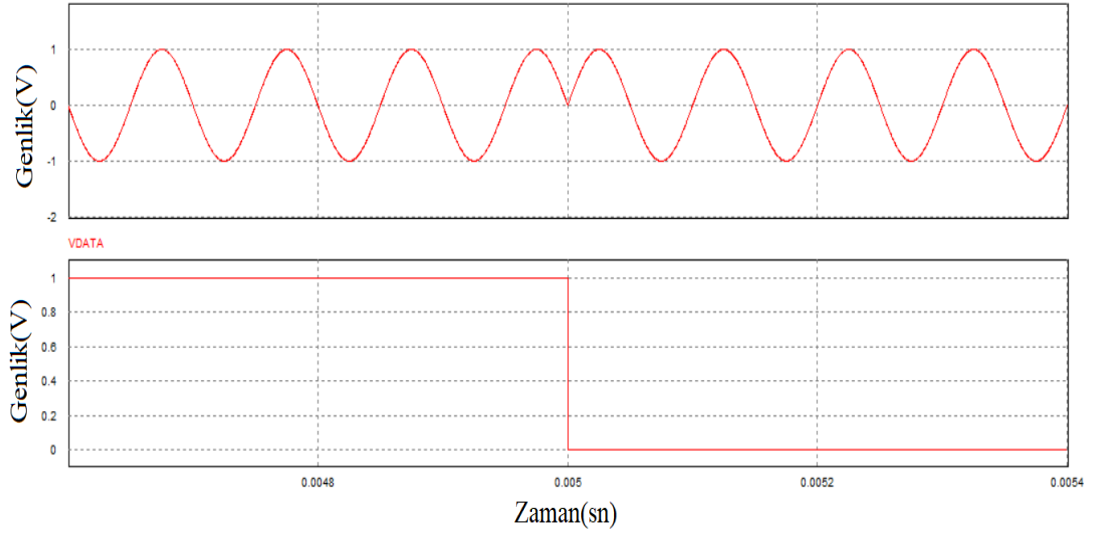
Yukarıda Şekil 4.11’de gözüktüğü üzere bilgi işaretinin 1 olduğu yerde VPH0’a 0 bilgisi yani kapalı durumda kalması iletiliyor. Bilgi İşaretinin 0 olduğu yerde ise VPH0’a 1 bilgisi yani iletme geçmesi gerektiği bilgisi iletiliyor. Böylece ufak bir anahtarlama yardımıyla 2FKA bindirimi sağlanmış oluyor.



Şekil 4.12. 2FKA Bindirimi Çıkış İşareti

Yukarıda Şekil 4.12’de gözüktüğü üzere olağan durumda pozitif ve negatif salınım yaparak ilerleyen sinüs işareti, time 0.005 süresinde olduğu yerde olağan dışı bir dönüş yaparak pozitif yönde hareket ediyor. Buradan işaret üzerinde sayısal bilgi değişimi olduğunu anlıyoruz.

Bilgi işaretini ve 2FKA bindirimli işaretin bir arada incelemesi aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.13. Bilgi İşareti ve Bindirime Uğramış Hali

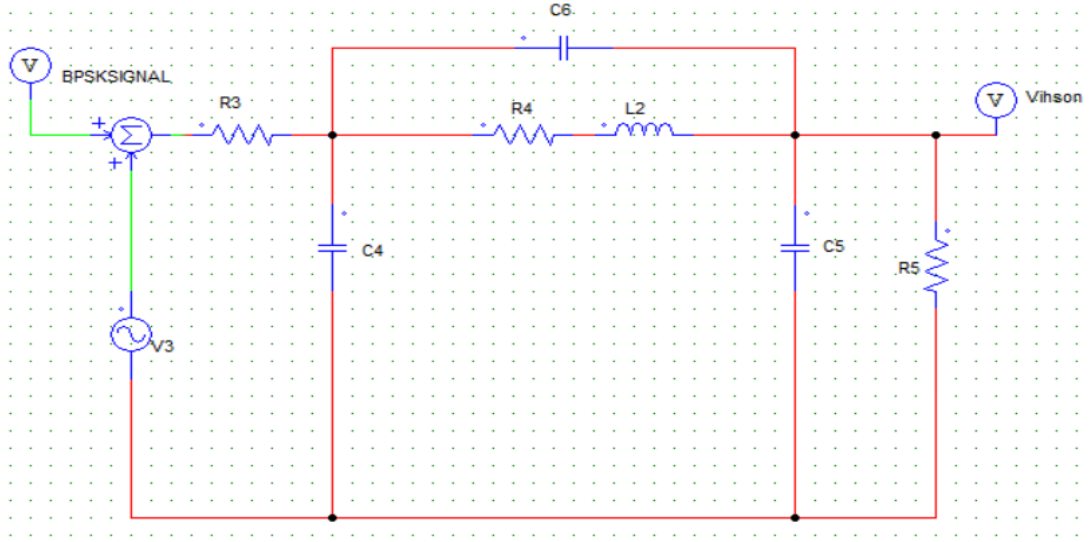
Şekil 4.13’de gözüktüğü üzere tam 0.005 anında bilgi işaretinin 1 durumundan 0 durumuna değiştiğini görüyoruz. Şekil 4.9’da gözüktüğü üzere bilgi işaretinin 0 durumunda NAND kapısı çıkışından 1 yani açık durumunu alan taşıyıcı işaret, faz açısı  $0^\circ$  olan VPH0’dır. Başlangıçtan 0.005 anına kadar VPH180 taşıyıcı işareti devrede iken, bilgi işareti durumunu 1’den 0 döndürünce VPH180 kapalı durumuna geçerken, VPH0 ise açık durumuna geçerek iletme giriyor. Olağan seyreden sinüs işareti bir anda yön değiştiriyor.

#### 4.2.2 2FKA işaretinin iletim hattı üzerinden iletimi

İletim hattı üzerinden iletmek istenen kare dalga işaretli bilgi işaretinin haberleşme için uygun bir formata dönüşümü 2FKA işareti bindirimi ile sağlanmış olur. Böylece uzun mesafe iletimi zorlayıcı etkilere sahip kare dalga işaretinden, şebeke işareti ile bire bir aynı formatta olan sinüs işareti dönüşümü gerçekleşmiş olur.

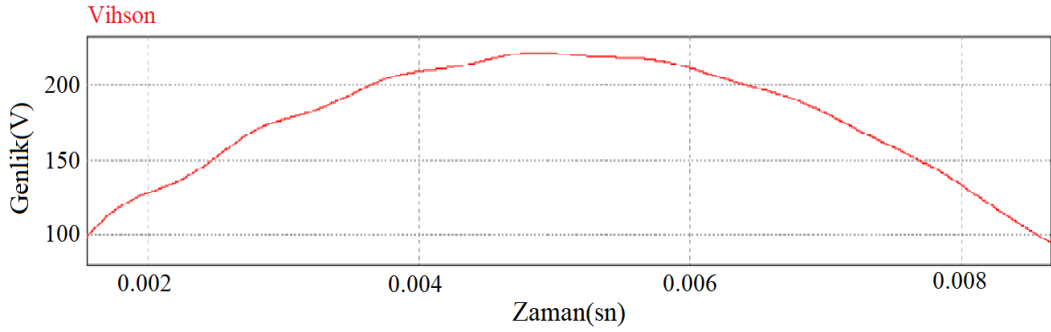
Bilgi işaretinin 2FKA bindirimine uğramış hali Şekil 4.16’da gösterilmiştir. Hem bilgi işareti hem de bindirime uğramış işaretin bir arada gösterimi ise Şekil 4.16’da yer almaktadır. Kare dalga işaretinde gerçekleşen 1’den 0’a veya 0’dan 1’e geçişleri, sinüs işareti üzerinde yer alan değişimlerden anlaşılabilir.

2FKA işaretinin iletim hattı üzerinden iletiminde PSİM üzerinde kurulmuş devre Şekil 4.14’te yer almaktadır.



Şekil 4.14. 2FKA İşareti İletim Hattı Devresi

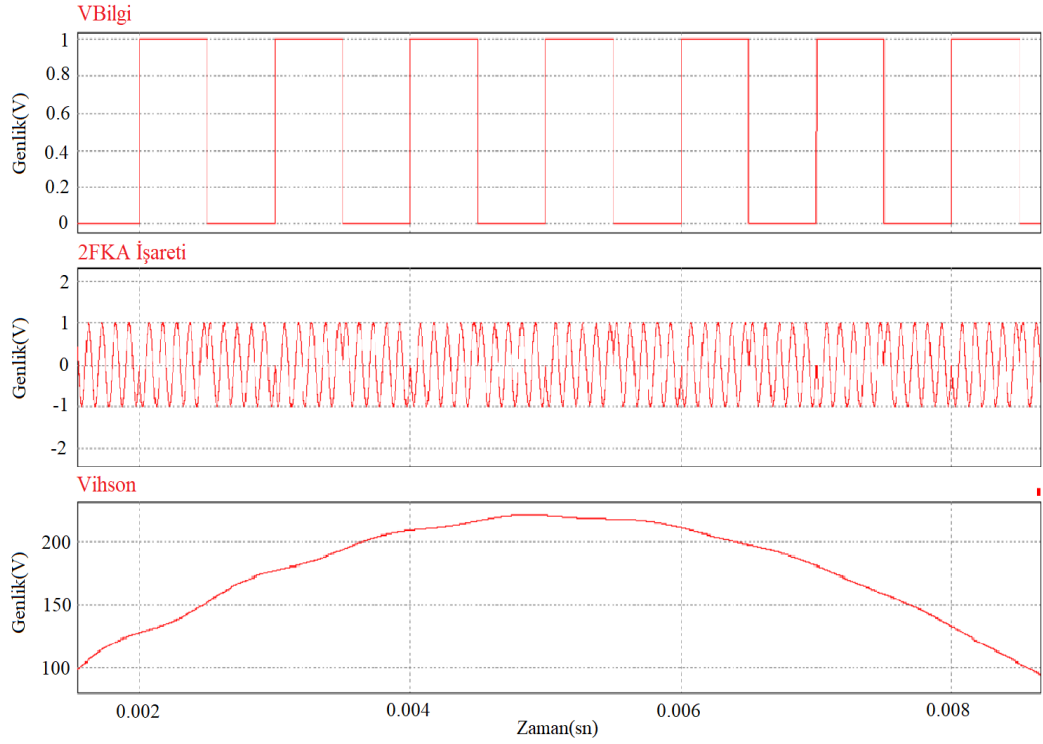
2FKA bindirimli bilgi işareti ile şebeke işaretinin birleşimi iletim hattına uygulanır. İletim hattı üzerinden iletimi tamamlandıktan sonra Vihson gerilim probu üzerinden geçen işaretin şekli aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.15. İletim Hattı Çıkış İşareti

2FKA işareti çok yüksek sıklığa sahip bir işaret olduğu için 220 Volt ve 50 Hz'lik bir şebeke işareti üzerinde daha hızlı ve kısa süreli değişimler gösterir. Bu nedenle şebeke işareti üzerinde ufak dalgalanmalar yarattığı Şekil 4.15'te görülmektedir.

Bilgi işaretinin kare dalga hali, bindirimli hali ve iletim hattı çıkışındaki görünüşü Şekil 4.14'te yer almaktadır.

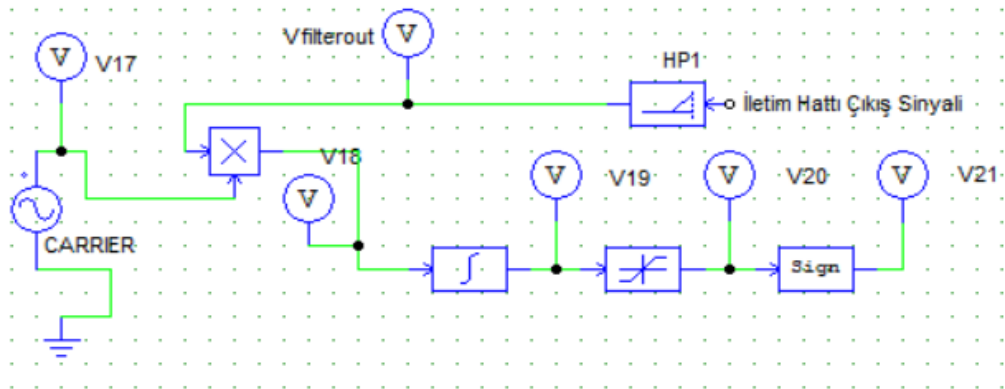


Şekil 4.16. Bilgi İşareti, Bindirimli İşaret ve İletim Hattı Çıkış İşareti

#### 4.2.3 2FKA işaretinin ayrışımı

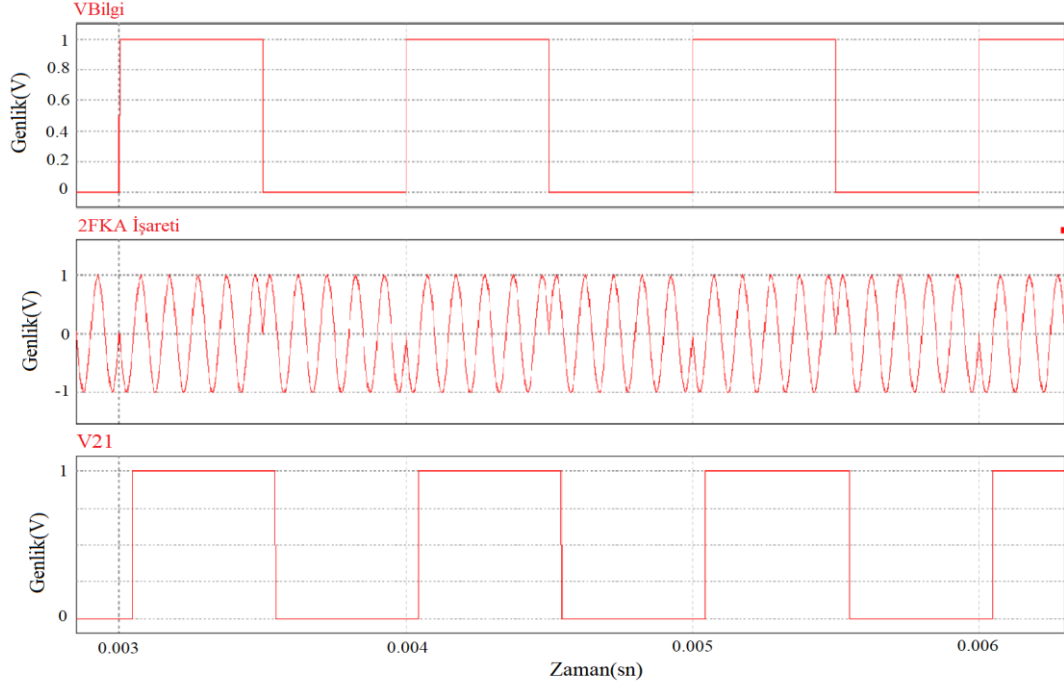
Bilgi işareti 2FKA bindirimine uğradıktan sonra iletim hattı üzerinden iletimi yapılır. Fakat iletim hattı çıkışından gözükten işaret bindirimli olduğu için sistem işaretin işlevini algılayamaz ve çalışmaz. Bu nedenle iletim hattı çıkışındaki bindirimli işaretin, ayrışım işlemine uğrayarak kare dalga formatına dönmesi gerekir. Böylece sistem doğru giriş-çıkış bilgilerini alarak çalışmasını sürdürür.

2FKA işareti ayrışım devresi Şekil 4.17’de yer almaktadır.



Şekil 4.17. 2FKA İşareti Ayrışımı

İletim hattından çıkan işaret yüksek geçiren filtre yardımıyla filtrelenir. Daha sonra taşıyıcı işaret ile birleştirilen işaretin sırasıyla integral ve türev fonksiyonları alınarak ayrışım işlemi tamamlanmış olur. Devrenin başında iletilmek istenen kare dalga, devre sonunda ayrışım işlemi ile kendi formunu bulmuş olur. Devre başı bilgi işareti, bindirimli ve ayrıştırılmış hali Şekil 4.18’de yer almaktadır.



Şekil 4.18. Bilgi İşaretinin Bindirimli ve Ayrıştırılmış Hali

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında iletim hattı haberleşmesi konusunda yapılan çalışmalar, uygulama alanları, iletim anında karşılaşılabilecek olumsuz etkiler ve bindirim teknikleri incelenmiştir. Bu bağlamda iletim hattı haberleşmesine örnek oluşturabilecek benzetim çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla İHH uygulamalarının birbirlerine göre üstünlükleri ve eksiklikleri Tablo 5.1’de karşılaştırılmıştır.

İletim hattı haberleşmesi uygulamaları birçok özelliğine göre birbirinden ayrılmaktadır. OSOS, SCADA, PRIME ve G3 iletim hattı haberleşme yöntemlerinin birbirlerine göre artıları ve eksileri aşağıda incelenmiştir.

OSOS uzaktan sayaç okuma uygulamasıdır. OSOS ile sayaçtaki tüketim değerleri uzaktan okunabilmektedir. Artılarına bakacak olursak bu uygulama ile personel giderleri azaltılmıştır. Tüketici tüketim değerlerinin okunması insan hatasına olanak vermeden daha doğru olarak yapılmaktadır. Kayıp kaçak takibi

yapılabilmektedir. Eksileri ise iletim hattı boyunca kontrol işlemi sağlayamaz. İletim hattı sisteminin bütünü ile ilgili kaynak ve tüketici arasında analiz yapamaz. Hat koruma elemanlarının oluşturabileceği kesinti durumlarını önceden belirleyip, anlık çözüm yolu sunamaz. Sayaçlardan alınan bilgileri birbirleri ile eşleştirip karşılaştırma yaparak geliştirme sunamaz. Arıza yer tespiti yapamaz. Arıza tespiti yapamadığı için kayıtlarını tutamaz.

SCADA sistemi karmaşık sistemli iletim hatlarının tek merkezden yönetildiği bir merkezi denetleme ve bilgi toplama uygulamasıdır. Uzaktan açma-kapama yapılabilir. Hat arıza durumunda iletim hattının farklı bir yerden beslenmesini kontrol edebilir. Elektrik iletim hattı boyunca yer alan tüm tüketicileri ve besleyicileri anlık izleyebilir. Arıza yer tespiti yapılabilir. Arızanın meydana geldiği yer ve saat kaydını tutabilir. Bu özellikleri ile incelediğimizde SCADA sisteminin OSOS sistemine göre çok daha üstün olduğu görülebilir.

Tablo 5.1. İletim Hattı Haberleşme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Özellikler	G3	PRIME	SCADA	OSOS
Sayaç Okuma	Var	Var	Var	Var
Hat Kontrolü	Var	Var	Var	Yok
Arıza Analizi	Var	Var	Var	Yok
Arıza Yer Tespiti	Var	Var	Var	Yok
Uzaktan Açma-Kapama	Var	Var	Var	Yok
Arıza Yönetim Senaryoları	Var	Var	Yok	Yok
PLC Tabanlı Yönetim	Var	Var	Yok	Yok

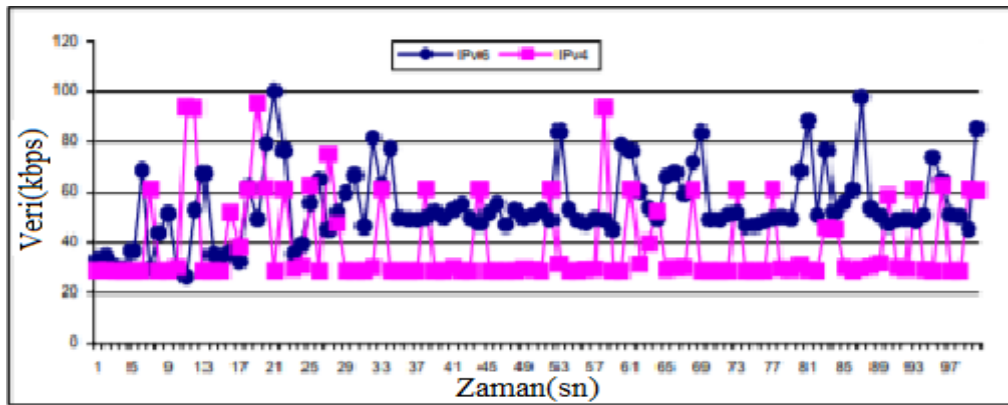
Tablo 5.1 incelendiğinde G3, PRIME, SCADA ve OSOS sistemlerinin özellikleri gösterilmiştir.

PRIME iletim hattı haberleşme sistemi OSOS ve SCADA ile karşılaştırıldığında iki uygulamanın taşıdığı özellikleri içinde barındırır. Sıklık bant aralığında 96 adet OFBÇ taşıyıcısı bulundurabilir. 128 kbit/sn veri iletim hızına kadar ulaşabilmektedir. IPv4 paket yapısını desteklemektedir. Uzaktan açma-kapama, hat arıza yeri tespiti yapabilmektedir. PRIME, OSOS sisteminden farklı olarak gün içinde tüketicilerin elektrik kullanım yoğunluğuna göre fiyatlandırılır.

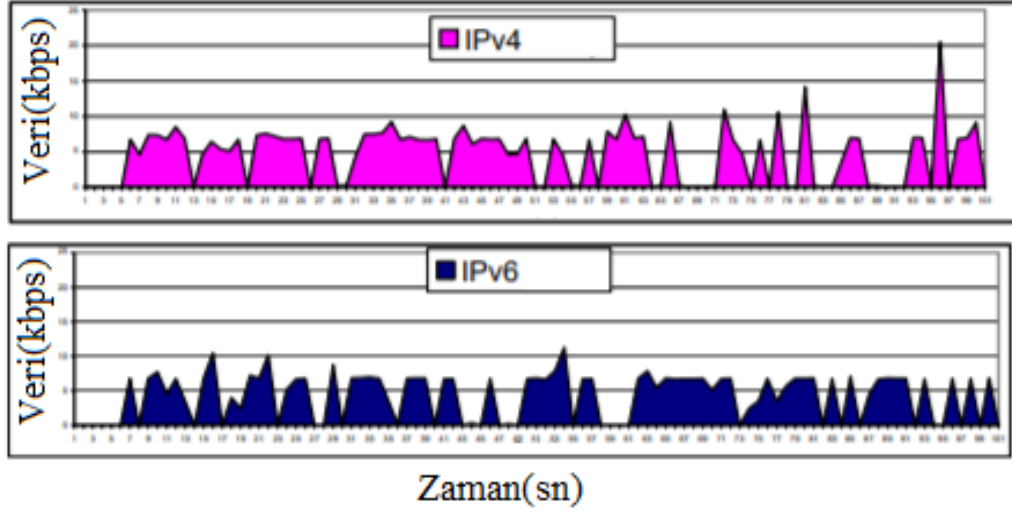
İletim hattı boyunca tüm şebeke ve cihaz kontrollerini sağlamaktadır. Arıza tespiti konusunda oldukça gelişmiş teknolojiler kullanmaktadır. Hızlı elektrik arızası tanımlama, raporlama ve geçmişte yaşanan arızaları analiz ederek oluşabilecek

kesintilere karşı dağıtım planlamalarını yaparak iletim hattının verimli çalışmasını sağlamaktadır. PRIME iletim hızı olarak diğer uygulamalara göre çok daha hızlıdır.

G3 iletim hattı haberleşme sistemi PRIME sisteminden sonra ortaya çıkmıştır. Son dönemin yeni teknolojilerinden olan G3, PRIME ile benzer özellikler taşımaktadır. Uzaktan açma-kapama ve hat arıza yeri tespiti yapabilmektedir. Şebeke analizi yaparak iletim hattı boyunca yer alan tüm sistemlerin kontrolünü sağlayabilmektedir. Koruma elemanlarının her arıza durumu için açma-kapama durumlarına bağlı farklı tüketici besleme senaryoları hazırlayabilmektedir. G3 iletim hızı olarak PRIME uygulamasından daha yavaştır. Gürültüye dayanıklılığının bir artışı olarak uzun mesafe iletimlerde daha çok G3 tercih edilir. PRIME, G3'e göre daha fazla taşıma kanalına sahiptir. G3, IPv6 paketini kullanır. PRIME ise IPv4 paketini kullanır. Bu nedenle IPv6 paketi kullanan G3, PRIME uygulamasına göre daha güvenli bir ağ ortamı sağlar. IPv6 ve IPv4 arasında başlık bilgisi yönünden farklar vardır. IPv4 paketi 20 ile 60 bayt arasında değişen başlık bilgisine sahiptir. IPv6 ise sabit olarak 40 bayt bir başlık bilgisine sahiptir. Başlık bilgisinin sabit olması başlık uzunluğunun algılanması için harcanan zaman ve güçten kazanç sağlamaktadır. Benzer şekilde adres verisi uzunluğunun IPv6'da 128 bit seçilmiş olması 128 bit bir işlemcinin zaman kazanmasını sağlamıştır. Bu gibi ayrıntılardan dolayı G3, PRIME uygulamasına göre veri yönlendirme hızı ve zaman açısından daha kazançlıdır (Dicle vd., 2003). Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de paket veri hızları gösterilmiştir.

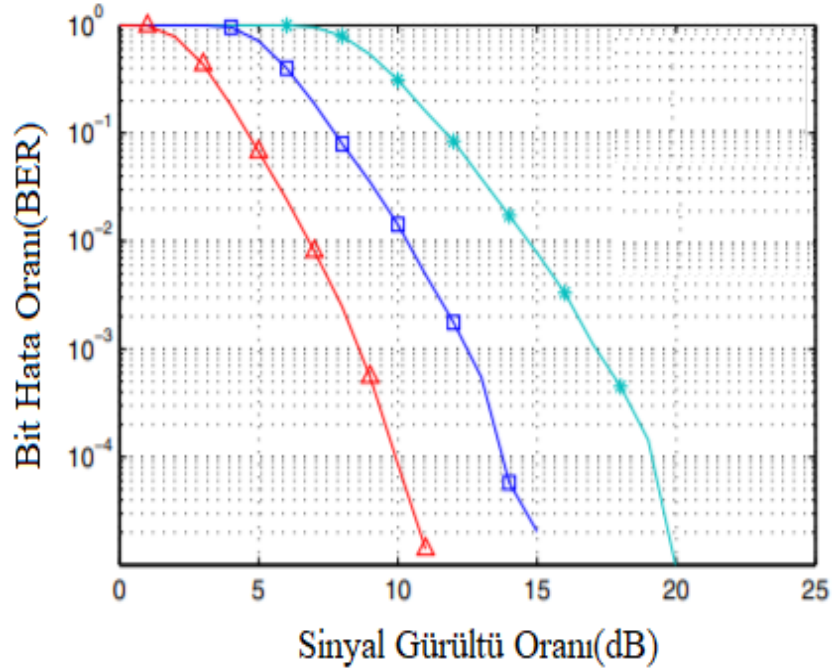


Şekil 5.1. IPv4 ve IPv6 Paket Veri Hızları (Dicle vd., 2003)



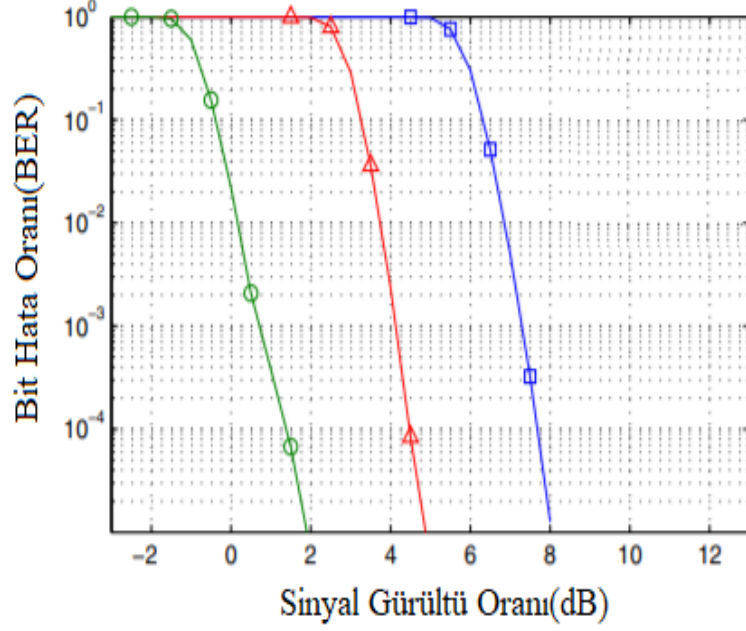
Şekil 5.2. IPv4 ve IPv6 Paket Veri Gecikmeleri (Dicle vd., 2003)

G3 yönteminin içerdiği örgüsel ağ özelliği karmaşık iletim hattı bölgeleri için uygulamaya daha uygundur. G3 bünyesinde en fazla 36 farklı taşıma kanalı bulundurulabilirken, PRIME ise 96 adet farklı taşıma kanalı bulundurulabilir. Bu da veri gönderimi yönünden farklı kanallar ile daha büyük verilerin gönderilmesine olanak sağlamaktadır. Gürültü dayanıklılığı yönünden ise G3 daha gelişmiştir. Gürültüye karşı gösterdiği etkilerin G3 ve PRIME için karşılaştırma benzetimi Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te yer almaktadır.



Şekil 5.3. PRIME Gürültü Dayanıklılığı





Şekil 5.4. G3 Gürültü Dayanıklılığı

Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te yer alan benzetim grafikleri incelendiğinde G3 sisteminin, PRIME sistemine göre gürültü dayanıklılığının daha fazla olduğu gözükmektedir. Bu da uzak mesafelerde haberleşme için kazanç sağlamaktadır.

Tablo 5.2. G3 ve PRIME Karşılaştırılması

Özellikler	G3	PRIME
İletim Hızı		✓
Gürültü Dayanıklılığı	✓	
İletim Mesafesi	✓	
Kararlılık	✓	
Güvenilirlik	✓	
Taşıma Kanalı Kapasitesi		✓
Veri Gönderim Büyüklüğü		✓

G3 ve PRIME yapılarının farklı özellikleri birbirlerine üstünlük sağlamaktadır. Tablo 5.2'de verilmiştir. Bu nedenle son dönemde yapılan çalışmalar bu iki yapının bir arada kullanılabileceği çok daha başarılı bir iletim hattı haberleşmesi yöntemi üzerine yoğunlaşmıştır. Uygun ortam koşullarına göre başarı kriteri yüksek olan yöntemin aktif olacağı ve ortam koşullarına göre birbirleri arasında kolayca geçiş yapabileceği bir sistem çok daha başarılı olacaktır.

Sonuç olarak bu tez alışması İHH alanında yapılacak çalışmalara kaynak olmak ve bu alanda daha ileri teknolojilerin ortaya çıkması konusunda faydalı olmak için hazırlanmıştır. Kullanım alanına bağlı olarak uygulamaların farklı özelliklerinden faydalanarak daha hızlı, daha güvenli, daha anlaşılır ve daha uzun mesafelerde iletim yapabilecek uygulamalar meydana getirilmesi mümkündür.

## KAYNAKLAR

- Asubay, M.B. (2018). SCADA Sistemlerinin Tanıtımı ve Kullanılan Haberleşme Protokolleri. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Achaichia, P., Le Bot, M., Siohan, P. (2013). Potential Impact of the CENELEC Spectral Mask on Broadband PLC Networks. IEEE.
- Al-Mawali, S., Al-Qahtani, S., Hussain, M. (2010). Adaptive Power Loading of OFBÇ-Based Power Line Communications Impaired by Impulsive Noise. IEEE.
- Adeyemi, A., Emanuel, O. (2007). An Agent-Based Adaptive BPSK/QPSK Modulation for Rice-Longnormal Channel. IEEE.
- Aggarwal, R.K., Johns, A.T., Chul-Hwan Kim, Hyun Kim, Young-Hun Ko, Sung-Hyun B. (2002). A Novel Fault-Detection Technique of High-Impedance Arcing Faults in Transmission Lines Using the Wavelet Transform. IEEE.
- Baycan, E. (2019). Akıllı Şebeke Uygulamalarında Enerji Hatları Üzerinden Haberleşme Teknolojisinin Kullanımı İçin Gürültü, Empedans ve Zayıflamanın Alan Ölçümleri. İstanbul Ticaret Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Barış, B. (2017). Toplamsal Gaussian Gürültüsü Altında Otomatik Sayısal Modülasyon Tanıma. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Barmada, S., Raugi, M., Tucci, M., Maryanka, Y., Amrani, O. (2013). PLC Systems for Electric Vehicles and Smart Grid Applications. IEEE.
- Ben-Yehzekel, Y., Gazit, R., Haidine, A. (2012). Performance Evaluation of Medium Access Control Mechanisms in High-Speed Narrowband PLC for Smart Grid Applications. IEEE.
- Bayram, R. (2010). Enerji Hatları Üzerinden Haberleşme Teknikleri. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Chehri, A. (2019). A Low Complexity Turbo Equalizer for Power-Line Communication with Applications to Smart Grid Networks. IEEE.
- Chariag, D., Guezgouz, D., Raingeaud, Y., Lebunetel, C. (2011). Channel Modeling and Periodic Impulsive Noise Analysis in Indoor Power Line. IEEE.
- Devendra, S., Verma, K., Barhai, P.K. (2014). Design and Development of WINGSNET System of Monitoring Air Pollution and Radiation Based on Wifi & WiMax Communication Network. IEEE.
- Das, D., Singh, N.K., Sinha, A.K. (2006). A Comparison of Fourier Transform and Wavelet Transform Methods for Detection and Classification of Faults on Transmission Lines. IEEE.
- Dicle, Z., Mocan, B., Kutay, M. (2003). IPv6 ve IPv4 İçin Karşılaştırmalı Bilgisayar Benzetimi. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Farzammia A., Hlaing, N.W., Mariappan, M., Haldar, M.K. (2018). BER Comparison of OFDM with M-QAM Modulation Scheme of AWGN and Rayleigh Fading Channels. IEEE.
- Gi-Taek Kim, Hyuck-Soo Kim, Hmg-Yong C. (2001). Wavelet Transform Based Power Transmission Line Fault Location Using GPS for Accurate Time Synchronization. IEEE.
- Hui-Bin Jia, Han-Bo Qian, Feng L. (2012). A Fault Location Method in Distribution Network with Use of Wavelet-Based Traveling-Wave. IEEE.
- H. Meng, S. Chen, Y. Guan, C. Law, P. So, E. Gunawan. (2004). Modeling of transfer characteristics for the broadband power line communication channel. IEEE Trans. Power Del., vol. 19, no. 3, pp. 1057-1064, Jul.
- Kabalıcı, Y., Sorgucu, U., Develi, İ. (2015). Haberleşme Ortamı Olarak Enerji Hatlarının Kullanımının İncelenmesi. Elektrik Mühendisleri Odası.
- Kraimeche, B. (2005). Performance of a GSM/GPRS System Subject to İnterference. IEEE.
- Kashyap, K.H., Shenoy, U.J. (2003). Classification of Power System Faults Using Wavelet Transforms and Probabilistic Neural Networks. IEEE.

- Lai, T.M., Snider, L.A., Lo, E., Sutanto, D. (2005). High-Impedance Fault Detection Using Discrete Wavelet Transform and Frequency Range and RMS Conversion. IEEE.
- Mengi, A., Han Vinck, A.J. (2010). Successive Impulsive Noise Suppression in OFDM. IEEE.
- Nugroho, E., Sahroni, A., Firdaus (2014). ZigBee and Wifi Network Interface on Wireless Sensor Network. IEEE.
- Nikfar, B., Han Vinck, A.J. (2013). Combining Techniques Performance Analysis in Spatially Correlated MIMO-PLC Sstems. IEEE.
- Nanayakkara, K., Rajapakse, A., Wachal, R. (2013). Travelling-Wave-Based Line Fault Location in Star-Connected Multiterminal HVDC Systems. IEEE.
- Özden, M. (2015). Sayısal Modülasyon Teknikleri ve Simülasyonu. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik -Elektronik Mühendisliği Bitirme Tezi.
- Peretto, L., Sasdelli, R., Scala, E., Tinarelli, R. (2007). Fault Location Method Integrating a Distributed Measurement System and Wavelet Analysis. IEEE.
- Shyam Kishore, G., Rallapalli, H. (2019). Performance Assessment of M-Ary ASK, FSK, PSK, QAM and FQAM in AWGN Channel. ICCSP.
- Sharma, A., Majumdar, S., Naugarhiya, A., Acharya, B., Majumder, S., Verma, S. (2017). VERILOG Based Simulation of ASK, FSK, PSK, QPSK digital Modulation techniques. I-SMAC.
- Sadamori, L., Hunziker, T., Dominiak, S. (2016). Gains and Limits of MIMO Technology for Safety-Critical PLC Applications. IEEE.
- Sebaali, G., Evans, L. (2015). Design Tradeoffs in Joint Powerline and Wireless Transmission for Smart Grid Communications. IEEE.
- Seong Ho Ju, Yong Hoon Lim, Moon Suk Choi, Jong-Mock Baek, Sang-Yeom L. (2011). An Efficient Home Energy Management System Based on Automatic Meter Reading. IEEE.
- Süzer, E.S. (2006). Uzaktan Sayaç Okuma Teknikleri ve Modbus-RTU. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Sönmez M. (2014). Alçak Gerilim Enerji Hatlarında Darband Haberleşme İçin Gürültülerin Sınıflandırılması, Modellenmesi ve Kanal Empedans Ölçümü. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 111, İstanbul.
- Tabatabaei, A., Mosavi, M.R., Farajiparvar, P. (2013). A Travelling-Wave Fault Location Technique for Three-Terminal Lines Based on Wavelet Analysis and Recurrent Neural Network Using GPS Timing. IEEE.
- Ustun Ercan, S., Ozgonenel, O., W. P. Thomas, D. (2018). Power line communication channel for smart grid. Smart Grids and Cities Congress and Fair (ICSG) 2018 6th International Istanbul, pp. 208-212.
- Uyanık, S. (2006). Enerji Hatları Üzerinden İletişim ve Uygulamaları. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans.
- Yapıcı, H. (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Akıllı Şebekelere Entegrasyonu İçin Yeni Bir Optimizasyon Metodunun Geliştirilmesi. Konya Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Yadav, P., Saini, L. (2017). Powerline FSK Communication Using Signal Wire Technique. IEEE.
- Y. El Haj, L. Albasha, A. El-Hag and H. Mir (2015). Data communication through distribution networks for smart grid applications. IET Sci. Meas. Technol., vol. 9, no. 6, pp. 774-781.
- Y. Kim, J. N. Bae and J. Y. Kim (2011). Performance of power line communication systems with noise reduction scheme for smart grid applications. IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 57, no. 1, pp. 46-52.
- Yakut, S.E. (2007). Analog Modülasyonlarda Dalgacık Dönüşüm Temelli Bir Akıllı Sınıflandırma Sistemi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Youssef, O.A.S. (2004). Combined Fuzzy-Logic Wavelet-Based Fault Classification Technique for Power System Relaying. IEEE.

- Wei Li, Ming Li, Ning Hua Zhu (2016). All optical generation of ASK, PSK and FSK radio-frequency signals. PIERS.
- Washiro, T. (2012). Applications of RFID Over Power Line for Smart Grid. IEEE.
- Warty, C., Wai Yu, R. (2011). Resource Allocation Using ASK, FSK and PSK Modulation Techniques with Varying M. Aerospace Conference.
- Xiangning Lin, Pei Liu, Shikie Cheng (2000). Effective Transmission Line Fault Detection During Power Swing With Wavelet Transform. IEEE.
- Zheng, X., Tao, Y. (2011). Analysis on using transmission lines travelling wave fault location based on fault information system. IEEE.