



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNDE HATA ALGILAMA  
VE ÇÖZÜMLEMESİNE YÖNELİK ALGORİTMİK BİR  
UYGULAMA**

**Ferit YETİŞ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı**

**Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL**

**BİLECİK, 2016**

**Ref. No: 10121173**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNDE HATA ALGILAMA  
VE ÇÖZÜMLEMESİNE YÖNELİK ALGORİTMİK BİR  
UYGULAMA**

**Ferit YETİŞ**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı**  
**Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL**

**BİLECİK, 2016**



**BILECİK SEYH EDEBALI UNIVERSITY**  
**Graduate School of Science**  
**Department of Energy Systems Engineering**

**IN ELECTRICAL ENERGY SYSTEMS, INTENDED FOR  
DETECTION AND SOLUTION OF FAULT, AN  
ALGORITHMIC APPLICATION**

**Ferit YETİŞ**  
**Thesis of Master Degree**

**Thesis Advisor**  
**Assist. Prof. Dr. Nazım İMAL**

**BILECİK, 2016**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS**  
**JÜRİ ONAY FORMU**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29.06.2016 tarih ve 35 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 21.07.2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Ferit YETİŞ'in "Elektrik Enerji Sistemlerinde Hata Algılama ve Çözümlemesine Yönelik Algoritmik Bir Uygulama" başlıklı tez çalışması Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

ÜYE (tez danışmanı) : Yrd.Doç.Dr.Nazım İMAL

ÜYE : Yrd.Doç.Dr.Gürhan ERTAŞGIN

ÜYE : Doç.Dr. İhsan PEHLİVAN

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI BAŞKANI:**

Doç. Dr. Metin KESLER

**ONAY**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
.../.../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

## TEŐEKKÖR

Çalıőmalarım süresince emek vererek katkıda bulunan tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL'a ve çalıőmalarımda desteğini esirgemeyen birim yöneticim Doç. Dr. Faruk AKIN'a teőekkürlerimi sunarım. Tez çalıőmalarımda yardımcı olan diğer arkadaşlarıma da ayrıca teőekkürlerimi sunarım.

Tez çalıőmam sırasında ihmal ettiğim oğlum Ömer EYMEN'e de anlayıőından dolayı teőekkürlerimi sunarım.

Ferit YETİŞ  
Temmuz, 2016

## ÖZET

Elektrik enerji sistemleri, farklı tipteki hatalarla sık sık karşılaşılabilen ortamlardır. Bu hatalar ve arızalar; kısa devre, aşırı akım, kaçak akım, düşük veya yüksek gerilim, frekans bozulması, nem ve olağan dışı fiziksel şartlar olabilir. Elektrik enerji sistemlerinde karşılaşılacak hata ve arızalara karşı farklı koruma sistemleri mevcuttur. Kullanılan koruma sistemi, mümkün olduğunca hızlı ve seçici davranarak, arızalı kısmı devre dışı bırakmalıdır. Burada amaç, elektrik enerji sistemindeki diğer kısımların, arızadan etkilenmeksizin çalışmaya devam etmesi olmalıdır.

Bu çalışmada, bir koruma sisteminde karşılaşılan genel hataların tümü dikkate alınarak, bir algoritma kapsamında ele alınmıştır. Bu algoritmaya uygun olarak geliştirilen yazılım, tasarlanan mikro işlemcili bir devre üzerinden, açma bobinli klasik bir şaltere uygulanmıştır. Böylece, basit yapılı açma mekanizmalarına, çok işlevlik kazandırıldığı gibi, günümüzde popüler olan yenilenebilir elektrik enerji sistemlerinin mikro yapıda gelişmiş koruma sistemlerine sahip olmaları amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrik enerji sistemi; Koruma; Yazılım; Yenilenebilir enerji;

## ABSTRACT

Electrical power systems are environments that are often faced with different types errors. These errors and failures; may short circuit, over current, leakage current, low or high voltage, frequency distortion, moisture and unusual physical conditions. Different protection systems are available against errors and failures where may encountered in the electric energy systems. Protection system is used, acting as possible as quickly and selective, defective part must be disabled. The goal here, is other parts of the electric energy system must continue to operate without being affected by the fault. In this study, taking into account all errors encountered in the general protection system, it is dealt with as an algorithm.

The software developed according to this algorithm was applied to a conventional switch that it has opening coil with designed a circuit that it has microprocessor. Thus, as they are gained a lot of functionality to simply opening mechanism, it has been aimed nowadays popular renewable energy systems have developed protection systems with micro-structure.

**Keywords:** Electric energy system; Protection; Software; Renewable energy;

## İÇİNDEKİLER

### JÜRİ ONAY SAYFASI

### TEŞEKKÜR

<b>ÖZET.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ .....</b>	<b>v</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ .....</b>	<b>vi</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Literatür Çalışması .....	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı .....	2
1.3. Çalışmanın Yöntemi .....	2
<b>2. ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİ.....</b>	<b>4</b>
2.1. Elektrik Enerjisinin Üretimi.....	4
2.1.1. Fosil yakıt kullanılan santraller.....	5
2.1.2. Yenilenebilir enerjili santraller .....	5
2.1.3. Hidroelektrik santraller .....	6
2.1.4. Rüzgâr santralleri .....	7
2.1.5. Güneş enerji santralleri .....	8
2.1.6. Jeotermal enerji santralleri .....	9
2.1.7. Hidrojen enerji santralleri .....	11
2.1.8. Biyokütle enerji kullanılarak elektrik enerjisi üretimi .....	12
2.2. Elektrik Enerjisinin İletimi.....	13
2.3. Elektrik Enerjisinin Dağıtımını .....	15
2.3.1. Elektrik şebekeleri.....	15
2.4. Elektrik Enerjisinin Tüketimi.....	18
<b>3. ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNDE HATALAR .....</b>	<b>21</b>
3.1. Elektrik Enerjisi Üretim Sistemlerinde Hatalar .....	22
3.2. Elektrik Enerjisi İletim ve Dağıtım Sistemlerinde Hatalar .....	22
3.3. Elektrik Enerjisi Tüketim Sistemlerinde Hatalar .....	23
3.4. Elektriksel Hataların Etkileri.....	24
3.4.1. Elektriksel hataların deformasyon etkileri .....	24
3.4.2. Elektriksel hataların fizyolojik etkileri.....	26
3.4.3. Elektriksel hatalara harmoniksel etki .....	31

3.5. Elektriksel Hataların Ekonomik Boyutu .....	32
<b>4. ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNDE HATALARIN ALGILANMASI VE ÇÖZÜMLENMESİ .....</b>	<b>34</b>
4.1. Primer Hata Algılama ve Çözümleme .....	35
4.2. Sekonder Hata Algılama ve Çözümleme .....	35
4.3. Koruma Koordinasyonu .....	35
<b>5. ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNDE HATA ALGILAMA VE ÇÖZÜMLEMESİNE YÖNELİK ALGORİTMİK BİR UYGULAMA .....</b>	<b>40</b>
5.1. Elektrik Enerji Sistemlerinde Sıklıkla Karşılaşılan Hatalar .....	40
5.1.1. Kısa devre.....	40
5.1.2. Kaçak akım.....	41
5.1.3. Düşük veya aşırı gerilim .....	41
5.1.4. Aşırı akım.....	41
5.1.5. Faz sırası bozulması .....	42
5.1.6. Frekans bozulması.....	42
5.1.7. Nem .....	42
5.1.8. Olağan dışı fiziksel şartlar.....	43
5.2. Mutlak ve Bağıl Hata Oranı .....	44
5.3. Uygulama Devresi.....	44
5.4. Uygulama Yöntemi .....	45
5.5. Kontrol Katında Kullanılan Mikroişlemci, 16F877A .....	46
5.6. Uygulama Sonuçları.....	51
5.7. Sistemin Fotovoltaik Bir Üniteye Uyarlanması .....	51
5.7.1. Fotovoltaik sistemlerde sıkça karşılaşılan hatalar.....	52
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>54</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>55</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### sayfa

<b>Çizelge 5.1.</b> Gerçekleştirilen uygulamalarda kullanılan elemanlar. ....	44
<b>Çizelge 5.2.</b> PIC 16F877A genel özellikleri. ....	47
<b>Çizelge 5.3.</b> Deneyden elde edilen sonuçlar. ....	51

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>sayfa</u>
Şekil 2.1. Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi, dağıtımı ve tüketimi. ....	4
Şekil 2.2. Basınçlı buhar ve basınçlı su ile türbin dişlilerinin hareketi.....	5
Şekil 2.3. Yenilenebilir enerji kaynakları. ....	6
Şekil 2.4. Hidroelektrik santral. ....	7
Şekil 2.5. Rüzgâr enerji santrali (ETKB, 2016).....	8
Şekil 2.6. Fotovoltaik paneller ile elektrik enerjisi üretimi. ....	9
Şekil 2.7. Termal sistem tekniği ile elektrik enerjisi üretmek (YEGM, 2016).....	9
Şekil 2.8. Jeotermal enerji dönüşümü (YEGM, 2016).....	11
Şekil 2.9. Biyokütle enerji dönüşümü (YEGM, 2016). ....	12
Şekil 2.10. Elektrik enerjisi üretim ve tüketiciler arası enerji iletim elemanları. ....	14
Şekil 2.11. Basit bir elektrik enerjisi taşıma sistemi. ....	16
Şekil 2.12. Generatör geriliminden daha yüksek bir gerilimle yapılan enerji nakli. ....	16
Şekil 2.13. Dal budak şebeke ve branşmanlar. ....	17
Şekil 2.14. Ring şebeke.....	17
Şekil 2.15. Bir yerden beslenen ve birkaç yerden beslenen ağ gözlü şebeke. ....	18
Şekil 2.16. Elektrik enerji sistemi. ....	19
Şekil 3.1. Elektrik enerji sisteminde karşılaşılan genel hatalar. ....	21
Şekil 3.2. Elektriksel hatalar ve sonucu. ....	21
Şekil 3.3. Korona hatası. ....	22
Şekil 3.4. İletim hattı delinme deşarjı. ....	23
Şekil 3.5. Elektriksel kısmi deşarj şematik gösterimi. ....	25
Şekil 3.6. Elektriksel ağaçlanma. ....	25
Şekil 3.7. Kısmi deşarj sonrası oluşan kısa devre problemi ve gerçekleşen patlama. ....	26
Şekil 3.8. Fibrilasyonun tetiklenmesi ve kan basıncının düşmesi. ....	28
Şekil 3.9. Akım şiddetinin etki süresine göre fizyolojik etkileri. ....	28
Şekil 3.10. Sınırlı akım süreleri için izin verilen en yüksek dokunma gerilimleri. ....	29
Şekil 3.11. Üç fazlı hata akımı devresi. ....	31
Şekil 3.12. Harmoniksel bozulma. ....	31
Şekil 4.1. Termik ve manyetik açma grafiği. ....	34

<b>Şekil 4.2.</b> Primer hata algılama ve çözümleme.....	35
<b>Şekil 4.3.</b> Sekonder hata algılama ve çözümleme.....	35
<b>Şekil 4.4.</b> Dal budak dağılımında koruma koordinasyonu.....	36
<b>Şekil 4.5.</b> Ring dağılımında koruma koordinasyonu.....	37
<b>Şekil 4.6.</b> Elektrik enerji sistemleri tek hat şeması.....	38
<b>Şekil 5.1.</b> Olağan dışı fiziksel şartların diyagramı.....	43
<b>Şekil 5.2.</b> Uygulama devresi ve bağlantı görüntüsü.....	45
<b>Şekil 5.3.</b> Uygulama akış devresi.....	46
<b>Şekil 5.4.</b> Deneyde kullanılan mikroişlemcinin yapısı.....	48
<b>Şekil 5.5.</b> Proteüs simülasyon şeması.....	50

**SİMGELER ve KISALTMALAR****Simgeler**

vd	:Ve diğlerleri
kg	:Kilogram
P	:Rüzgârın toplam gücü.
E	:Rüzgâr enerjisi.
t	:Zaman.
A	:Alan.
$\rho$	:Havanın yoğunluğu.
v	:Rüzgar hızı.
$\phi$	:Akı.
I	:Akım.
mA	:Miliamper.
V	:Gerilim, volt.
$\Delta X$	:Mutlak hata.
%H	:Bağıl hata.
X'	:Ölçülen değer.
X	:Normal değer.

## 1. GİRİŞ

Tüm fiziksel sistemlerde olduğu gibi, tüm elektrik enerji sistemleri de hatalara maruz kalabilir. Bu hataların önemli bir kısmı elektrik enerji sistemlerinin büyüklüğüne bağlı olarak, sistemin tolere edilebileceği seviyededir. Tolere edilemeyecek seviyede olan hatalar ise koruma sistemlerince giderilmektedir. Bu hatalar, devre dışı bırakılmadıklarında ise elektrik enerji sistemine ve bu sistemle bağlantılı diğer birimlerine zarar verirler.

Elektrik enerji sistemlerinde oluşabilecek hataların birçoğu için hatanın giderilme süresi, hatalı bölgeyi devre dışı bırakmaya göre daha uzun sürmektedir. Hatalara sebep olabilecek zararlar ise, çoğu kez bu süre içerisinde gerçekleşmiş olmaktadır. Bu sebeple elektrik enerji sistemlerinde hatayı ya da hatalı bölgeyi en kısa sürede elimine ederek, diğer kısımların çalışmaya devam ettirilmesi amaçlanır. Böylece hataların yol açabileceği zararların minimuma indirilmesi ve elektriksel enerji güvenliğinin maksimuma çıkarılması amaçlanır.

Bu çalışmada, elektrik enerji sistemlerinde karşılaşılabilecek hataları algılayarak uyarı ya da açma bilgisi oluşturacak bir kontrol modülü tasarımı gerçekleştirilmiştir. Termik manyetik kombi şalterlerde benzeri yapılar kısmen mevcut olsa da, bu tür akıllı yapılara sahip olmayan açıcı şalterlerin modernize edilerek akıllı koruma gerçekleştirebilmesi hedeflenmiştir. Elektrik enerji sistemlerinde karşılaşılabilecek hatalar, bir algoritma kapsamında ele alınarak, bu algoritmaya uygun bir akış şeması meydana getirilmiştir. Bu amaçla elektrik enerji sistemlerinde karşılaşılabilen aşırı gerilim, düşük gerilim, aşırı akım, faz sırası arızası, nem, sarsıntı, frekans bozulması vb. hatalar bir mikroişlemci uygulaması içerisinde değerlendirilmiştir. Gerek mikroişlemci uygulama devresi, gerekse uygulanan yazılımlar uygulama için özgün olarak geliştirilmiştir.

### 1.1. Literatür Çalışması

Elektrik enerji sistemleri ve hata algılama, günümüzün popüler konusu olmanın da etkisiyle, alanında birçok akademik ve bilimsel çalışmaya esas olmuştur. Burada, bu konuda yapılan birçok çalışmanın içerisinden, farklı tipte hataların elektrik enerji sistemlerine etkilerini ele alan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Baliga, vd. (1987), gerçekleştirdikleri “Modern power devices” adlı çalışmalarında, günümüzde yoğun olarak kullanılan kombine koruma sistemi ile ilgilenmişlerdir.

Nakamura, vd. (1991), gerçekleştirdikleri “Protection circuit for electrical appliance” adlı patentli çalışmalarında amplifikatör ve diferansiyel devrelerin, koruma sistemlerine uygulamalarından bahsetmişlerdir.

Hernández, vd. (2012), gerçekleştirdikleri “Electrical protection for the grid-interconnection of photovoltaic-distributed generation” adlı çalışmalarında, fotovoltaik esaslı ağ şebekelerde elektriksel korumadan bahsetmişlerdir.

Kojovic, vd. (2005), yılında gerçekleştirdikleri “Electrical Protection System” adlı çalışmalarında, koruma sistemlerinde hata algılama ve algılanan hata bilgisinin değerlendirilmesini ele almışlardır.

Calvo, vd. (2003), yılında gerçekleştirdikleri “Object-oriented based architecture for accessing remotely electrical protection relays” adlı çalışmalarında, elektriksel koruma rölelerine uzaktan ulaşım mimarisini ele almışlardır.

Elektriksel enerji koruma sistemleri üzerine çok sayıda çalışma olmasına rağmen, burada geliştirilen akıllı koruma modülüne yakın çalışmalara değinilmiştir.

## **1.2. Çalışmanın Kapsamı**

Elektrik enerji sisteminde, özellikle alçak gerilimde karşılaşılan elektriksel ve elektriksel olmayan hataları belirleyerek, bu hataları değerlendirmek çalışmanın ana kapsamını oluşturmaktadır. Değerlendirilen bu hatalar ile ya uyarı bilgisi ya da açma bilgisi oluşturulması hedeflenmiştir. Mevcut uygulamalardan farklı olarak, elektronik ve yazılımsal koruma özeliği taşımayan klasik koruma sistemlerine, bu özelliklerin kazandırılması amaçlanmıştır.

## **1.3. Çalışmanın Yöntemi**

Elektrik enerji sistemlerinde, farklı tipteki hatalarla sık sık karşılaşılabilen hatalar ve arızalar; kısa devre, aşırı akım, kaçak akım, düşük veya yüksek gerilim, frekans bozulması, nem ve olağan dışı fiziksel şartlar çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Elektrik enerji sistemlerinde karşılaşılabilecek bu hata ve arızalara

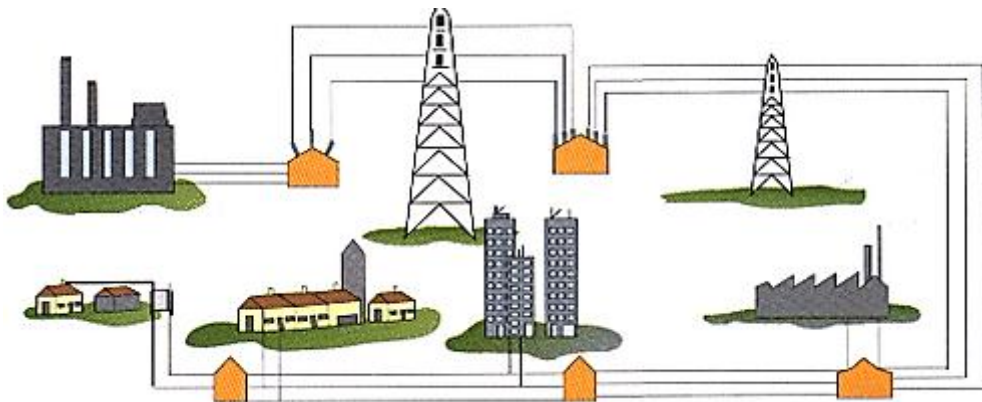
karşı mümkün olabildiğince hızlı ve seçici davranarak, arızalı kısmı devre dışı bırakma amaçlanmıştır.

Elektrik enerji sistemindeki diğer kısımların, hatadan etkilenmeksizin çalışmaya devam etmesini amaçlayan bir yaklaşımla, bir koruma sisteminde karşılaşılan genel hataların tümü dikkate alınarak, bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmaya uygun olarak geliştirilen yazılım, tasarlanan mikroişlemcili bir devre üzerinden, açma bobinli klasik bir şaltere uygulanmıştır. Böylece, basit yapılı bir açma mekanizmasına, çok işlevlik kazandırılmıştır. Çalışmada ayrıca, günümüzde popüler olan yenilenebilir elektrik enerji sistemlerinin mikro yapıda gelişmiş koruma sistemlerine sahip olmaları amaçlanmıştır.

## 2. ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİ

Elektrik enerji sistemleri, elektrik enerjisinin üretimi, iletimi, dağıtımı ve üretilmesinden tüketilmesine kadar olan bütün devreleri kapsamaktadır. Elektrik enerjisinin ne şekilde üretileceği, nasıl iletilip, tüketicinin hizmetine kesintisiz ve güvenli bir şekilde sunulacağı konularına ağırlık verilmektedir.

Fosil yakıtlarla üretilen enerjinin, maliyetinin yüksek olması, çevreye zararlı olması ve fosil kaynakların tükeniyor olması sebebiyle, fosil kaynaklarla üretilen enerji yerini hızla yenilenebilir enerji sistemlerine bırakmaktadır. Isıtmada, soğutmada, haberleşmede, ulaşımda, sağlık sektöründe, fabrikalarda, iş yerlerinde ve evlerimizde elektrik enerjisi ile çalışan makine ve cihazlar elektrik enerjisine olan bağımlılığımızı artırmaktadır. Bu düzeyde önemli olan elektrik enerjisinin üretilmesinden son tüketiciye kadar olan her evre, elektrik enerji sistemleri kapsamında ele alınmaktadır.



Şekil 2.1. Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi, dağıtımı ve tüketimi.

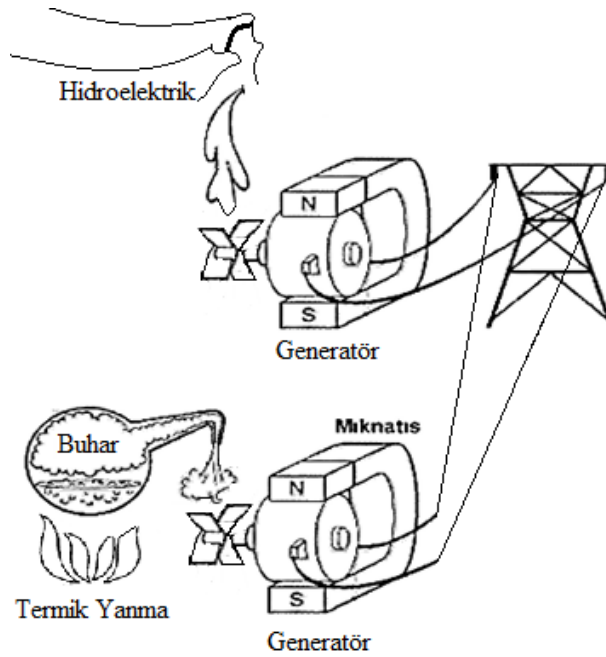
### 2.1. Elektrik Enerjisinin Üretimi

Şebekelerimizde tüketicilere arz edilen dinamik yapıllı elektrik enerjisi; bir mıknatıs içinde dönen iletken tellerin bulunduğu ve bu tellerin mıknatıs içerisinde dönmesi ile elektrik akımını oluşturan generatör yapıllar tarafından üretilir.

Elektrik enerjisinin üretiminin temeli, Michael Faraday tarafından 1830'ların başlarında atıldı. Elektrik enerjisi üretimi, generatör yapıllar dışında, miktar ve zaman sınırlamalı olarak farklı diğere kaynaklarla da üretilibilmektedir. Şebekelerimizde kullandığımız dinamik yapıllı elektrik enerjisini büyük miktarlarda elde etmek için ise, devasa generatörleri döndürecek büyük türbinli santrallere ihtiyaç vardır.

### 2.1.1. Fosil yakıt kullanılan santraller

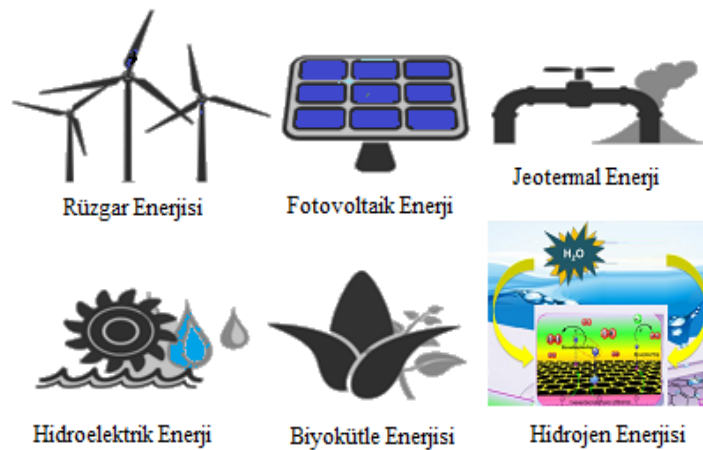
Birçok santralde türbin şaftını döndürmek için ısı kullanılır, üretilen ısı ile su buharlaştırılır ve bu buharın meydana getirdiği basınçla türbin şaftları döndürülür ve böylece generatör tarafından elektrik enerjisi üretilir. Fosil yakıt kullanan santraller doğal gaz, petrol ve kömürün yanmasıyla meydana çıkan ısı ile suyu buharlaştırırlar. Nükleer santraller ise suyu buharlaştıracak ısıyı elde etmek için uranyumu parçalayarak meydana çıkan yüksek dereceli ısıyı kullanırlar (Pak ve Suzuki, 1997).



Şekil 2.2. Basınçlı buhar ve basınçlı su ile türbin dişlilerinin hareketi.

### 2.1.2. Yenilenebilir enerjili santraller

Dünyanın enerji ihtiyacı büyük oranda fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Fosil yakıtların azalması, çevre ve canlılar için zararlı olması ve enerji ihtiyacının hızlı bir şekilde devamlı artması yenilenebilir yani doğada yok olmayan enerji kaynaklarının kullanımı ve geliştirilmesi önem kazanmıştır.



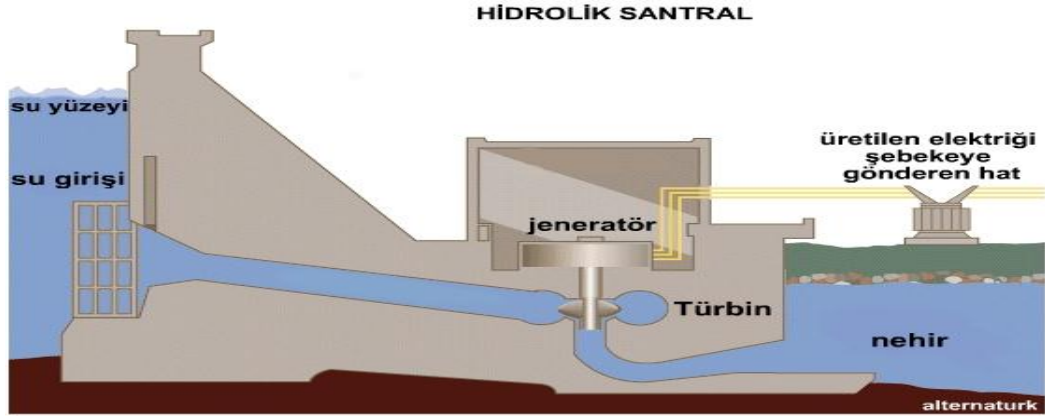
**Şekil 2.3.** Yenilenebilir enerji kaynakları.

Yenilenebilir enerji sistemleri günümüzde çok farklı alanlarda işletilmektedir. Bu sistemler genel olarak hidroelektrik santraller, rüzgâr santralleri, PV sistemler gibi alanlarda kendini göstermektedir.

### 2.1.3. Hidroelektrik santraller

Daha önceleri suyun kinetik enerjisinden faydalanılarak değirmenler ve benzeri sistemler kullanılmıştır. Şimdi ise akarsu yataklarına ve barajlara kurulan santrallerle yüksekten düşürülen suyun oluşturduğu kinetik enerji ile türbin çarkına bağlı generatörün dönmesi sonucu elektrik enerjisi üretilmektedir (Şekil 2.4.).

Hidroelektrik santraller fosil yakıtla çalışan termik santrallere ve nükleer santrallere göre üretim bazında düşük olsalar bile diğer birçok yönden avantajları vardır. Şöyle ki ilk kurulum maliyeti dışında ciddi bir masrafları yoktur ve yakıt gereksinimi duymazlar. Santral yataklarında biriken suyun sulamada kullanılması, sel ve su baskınlarına karşı durdurucu bir etken olması, çevreye zehirli bir atık salgılamaması, temiz ve su kaynakları kurumadığı sürece yenilenebilir olması, başlıca tercih sebeplerindendir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yarıdan fazlasını tek başına hidroelektrik santralleri karşılamaktadır ve dünyada en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynağıdır (ETKB, 2016).



Şekil 2.4. Hidroelektrik santral.

#### 2.1.4. Rüzgâr santralleri

Rüzgâr enerjisinin kaynağı güneştir. Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin yaklaşık %2'si rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Güneşten gelen ısı ile yer küre ve atmosfer aynı şekilde ısınmadığından dolayı sıcaklık ve basınç farkı meydana gelmektedir. Yüksek basınçlı bölgeden alçak basınçlı bölgeye akan hava akımı rüzgârları oluşturmaktadır. Rüzgâr enerjisi yenilenebilir ve temizdir, çevre dostudur, atmosferde serbest olarak bolca bulunur, hammaddesi tamamen mevcut bölge için yerlidir ve ücretsizdir.

Aslında rüzgâr enerjisi havanın hareket halindeki kinetik enerjisidir ve

$$E = A \cdot v \cdot t \cdot \rho \cdot \frac{1}{2} v^2 \quad (2.1)$$

formülü ile hesaplanır. Burada " $\rho$ " havanın yoğunluğu, " $v$ " havanın hızı, " $A$ " seçilen herhangi bir alan ve " $t$ " zamanı ifade eder. Rüzgârın toplam gücü ise;

$$P = E / t = A \cdot \rho \cdot \frac{1}{2} v^3 \quad (2.2)$$

şeklinde formülize edilir.

Daha önceleri yelkenli gemiler ve yel değirmenlerinde kullanılan rüzgâr enerjisi, günümüzde kurulan rüzgâr enerjisi santralleri ile elektrik üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Tasarlanan rüzgâr santralleri, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye daha sonrada bu mekanik enerjiden faydalanılarak generatör kullanımı ile elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Rüzgâr türbinleri yatay eksenli ve düşey eksenli olarak imal edilirler. En yaygın kullanılan türü yatay eksenli rüzgâr türbinleridir (Şekil 2.5.).

İlk kurulum maliyetleri yüksek olmasına ve ömürlerinin yirmi beş yıl civarında olmasına rağmen, tam verimde çalıştıklarında 1 yıl ile 2 yıl arasında, kurulum maliyetlerini amorti etmektedir. Çevreye zarar vermemeleri, devamlı ve ücretsiz olması gibi sebeplerden dolayı tercih edilmektedir. Kayıpların azaltılması, şebekeye kompanze edilmesi, veriminin artırılması gibi konularda çalışmalar devam ettikçe, devlet desteğinin ve teşvikinin artırılarak çevre dostu nesillerin de yetişmesiyle doğru orantılı bir şekilde rüzgâr santralleri kullanımı artacaktır.

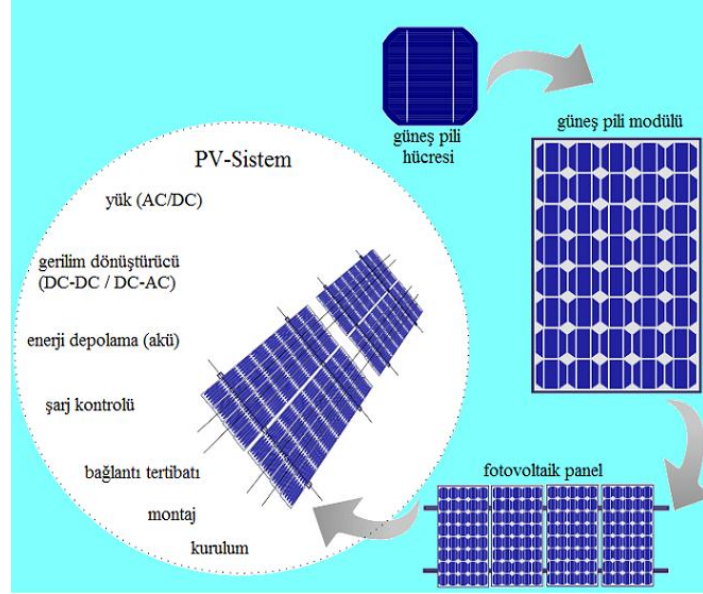


**Şekil 2.5.** Rüzgâr enerji santrali (ETKB, 2016).

### **2.1.5. Güneş enerji santralleri**

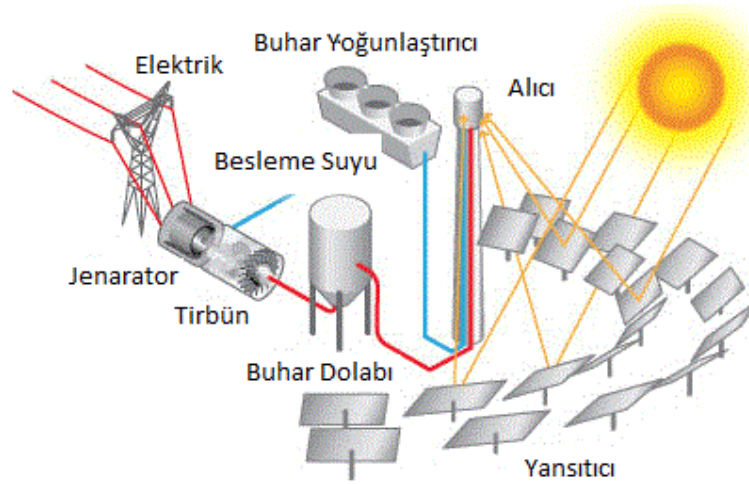
Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemi artan bir enerji kaynağıdır. Tükenmez olması, çevre dostu olması, son derece güvenli olması ve işletme maliyetinin düşük olması sebebi ile önemi giderek artmaktadır. Güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretilen sistemlerde genellikle akü grubu, akü şarj regülâtörü, eviriciler ve yardımcı elektronik devreler bulunur. Güneş olmadığı durumlarda akü grubu sisteme dâhil olur ve güneş ışınları sisteme tekrardan gelene kadar akü grubu sistemi besler. Akülerin aşırı şarj ve aşırı deşarj anlarında zarar görmelerini engellemek için akü şarj regülâtörü kullanılır. Güneş enerji santralleri farklı iki yapı ile çalışmaktadırlar. Bunlar fotovoltaik sistem ve termal sistemlerdir.

Fotovoltaik sistemde; güneş ışığından gelen radyasyon PV paneller kullanılarak enerjiye çevrilir, elde edilen bu doğru akım inverter yardımı ile alternatif akıma çevrilerek tüketicilerin kullanımına sunulur. Şekil 2.6.'da PV sistemlerin aşamaları görülmektedir.



**Şekil 2.6.** Fotovoltaik paneller ile elektrik enerjisi üretimi.

Termal sistemlerde; kullanılan özel aynalar yardımı ile güneş ışınları belli bir noktaya kadar iletilir ve bu noktada kontrollü bir şekilde hazır bulundurulmuş akışkan ısıtılır, tıpkı termik santrallerde olduğu gibi, ısıtılan bu akışkanın basınç ve buharından faydalanılarak mekanik enerji kinetik enerjiye çevrilir (YEGM, 2016). Şekil 2.7.'de sistemin çalışması görülmektedir.



**Şekil 2.7.** Termal sistem tekniği ile elektrik enerjisi üretmek (YEGM, 2016).

### 2.1.6. Jeotermal enerji santralleri

Jeotermal enerji yerin derinliklerinden gelen doğal ısı kaynağıdır. Sıcaklık değerleri olarak üç sınıfa ayrılırlar. Bunlar;

Düşük sıcaklık sahalar; 20°C -70°C

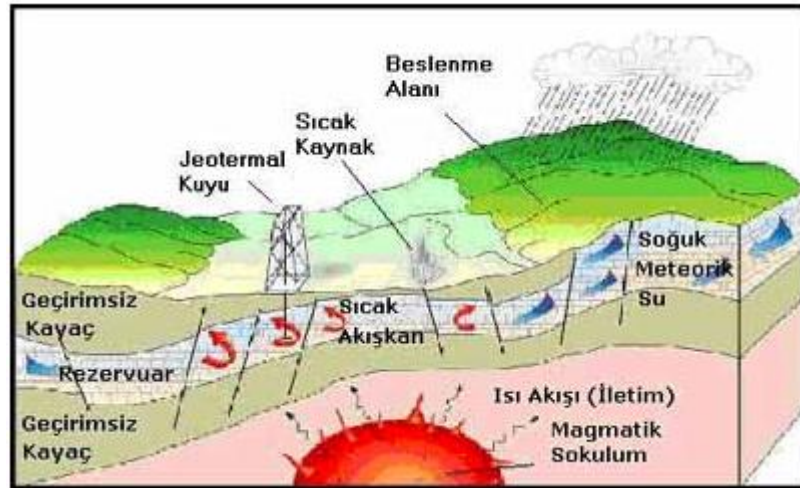
- Orta sıcaklık sahalar; 70°C -150°C
- Yüksek sıcaklık sahalar; >150°C

ısı değerlerine sahip sahalardır.

Önceki çağlarda sağlık amaçlı kullanılan jeotermal kaynaklar şimdilerde sağlık sektörünün yanı sıra, bölgesel ısıtma, elektrik enerjisi üretimi, seracılık, gıda kurutma gibi alanlarda kullanılmaktadır. En yaygın kullanım alanları içerisinde ısıtma, sağlık ve elektrik enerjisi üretimi gelmektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte hazne sıcaklığı 150°C' ye kadar olan akışkanlarla elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Temiz, yenilenebilir olması, yedi gün yirmi dört saat kesintisiz elektrik üretiminde kullanılabilmesi, işletme maliyetlerinin düşük olması, elektrik enerjisi üretimi ile ısı enerjisi üretimi için entegre bir şekilde kullanılabilmesi gibi sebeplerden elektrik enerjisi üretiminde tercih edilirler. Yatırım maliyetlerinin yüksek olması, rüzgâr ve güneş enerjisi gibi doğada çok fazla bulunmaması ve çevresel risklerden dolayı dünyadaki elektrik enerjisi üretiminde kullanımı arzu edilen seviyelere gelememiştir (YEGM, 2016).

Şekil 2.8.'de jeotermal enerji dönüşümü görülmektedir.



Şekil 2.8. Jeotermal enerji dönüşümü (YEGM, 2016).

### 2.1.7. Hidrojen enerji santralleri

Hidrojen, renksiz, kokusuz, havadan 14,4 kat daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Hidrojen  $-252,77^{\circ}\text{C}$ ' de sıvı hale getirilebilir. Sıvı hidrojenin hacmi, gaz haldeki hidrojen hacminin 1/700'ü kadardır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33 kat daha verimli bir yakıttır. Tam bir çevre dostudur, hidrojenden enerji üretimi sırasında çevreyi kirlenici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve kimyasal madde üretimi söz konusu değildir. Enerji üretimi esnasında çevreye bırakılan tek atık su buharıdır.

Hidrojen gazı doğal bir yakıt değildir, fosil yakıtlar, su ve biyokütle gibi hammaddelerden üretilen sentetik bir yakıttır. Üretilen hidrojen gazı boru hatları ile veya tankerlerle uzun mesafelere taşınabilir.

Hidrojen gazı ayrıştırılırken en çok kullanılan yöntemlerin başında doğalgaz kullanımı gelmektedir. Bu yöntem hem maliyeti artırmakta hem de çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Hidrojen ayırmada kullanılan en çevreci ve ucuz yöntem, güneş enerjisinden faydalanılarak elde edilmektedir. Hidrojenden yakma ve yakıt pili yöntemleri ile elektrik enerjisi üretilir.

Yakma yöntemi ile hidrojen de benzin ve doğal gaz gibi yakılabilir. Karbondioksit ve diğer zararlı gazların açığa çıkarmamasından dolayı benzin ve doğalgazdan üstün durumdadır.

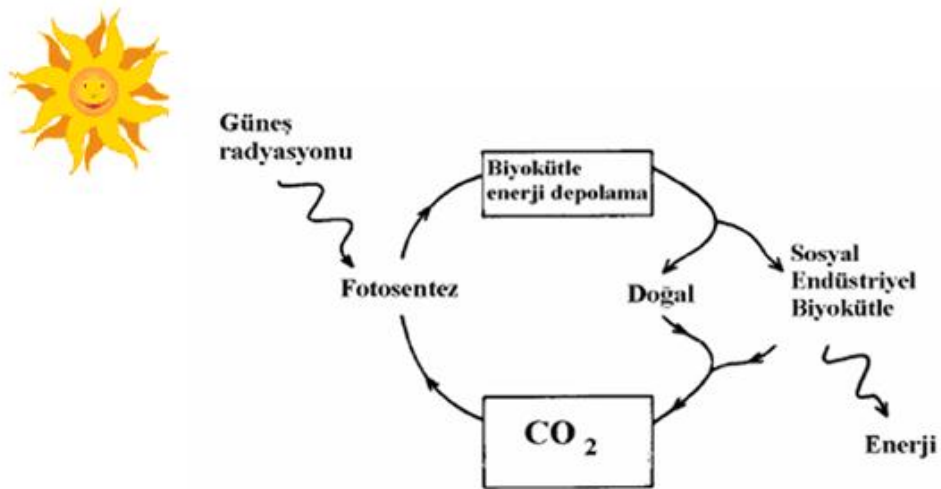
Yakıt pili ise, elektrolizin tersidir. Hidrojen ve havadaki oksijen birleştirilerek elektrik akımı elde edilir. Özellikle otomobiller olmak üzere bütün uygulamalarda

tercih edilen yöntemdir. Hidrojeni yakmaya göre daha verimlidir. Çevreye zararlı emisyonu yoktur.

### 2.1.8. Biyokütle enerji kullanılarak elektrik enerjisi üretimi

Biyokütle enerjisi; her yerde elde edilmesi, kaynağının tükenmez olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Biyokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler kaynak oluşturmaktadır (Şekil 2.9.). Petrol, kömür, doğal gaz gibi tükenmekte olan enerji kaynaklarının kısıtlı olması, ayrıca bunların çevre kirliliği oluşturması nedeni ile biyokütle kullanımı, enerji sorununu çözümü için önem kazanmaktadır. Bitkiler yalnız besin kaynağı değil, aynı zamanda çevre dostu tükenmez enerji kaynaklarıdır.



Şekil 2.9. Biyokütle enerji dönüşümü (YEGM, 2016).

Elektrik üretiminde biyokütle enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisinden sonra ikinci sırada gelmektedir. Kötü koku gibi büyük çevre sorunu meydana getiren atıklardan pirogazlaştırmaya dayalı teknolojiler ile elektrik enerjisi üretimi mümkündür. Kullanılan biyokütle hammaddesine göre pirogazlaştırma teknolojisi, istenilen potansiyelde enerji üretmek için optimize edilebilmektedir. Ana hedefi elektrik enerjisi üretmek olan biyokütle pirogazlaştırma tesisi 4 ana ünitenden oluşur; hammadde hazırlama, yağ ve gaz üretimi, kül işleme ve elektrik üretimi. Ana

ünitelerin dışında, ısıtma, soğutma gibi yardımcı işletmeler ve depolama sistemleri de mevcuttur.

Yüksek ısı değerine sahip ve gaz tanklarında jeneratörün ihtiyaç duyduğu debiye ve rejime kavuşturulmuş olan biyogaz jeneratöre gönderilerek elektrik üretilir (YEGM, 2016).

## 2.2. Elektrik Enerjisinin İletimi

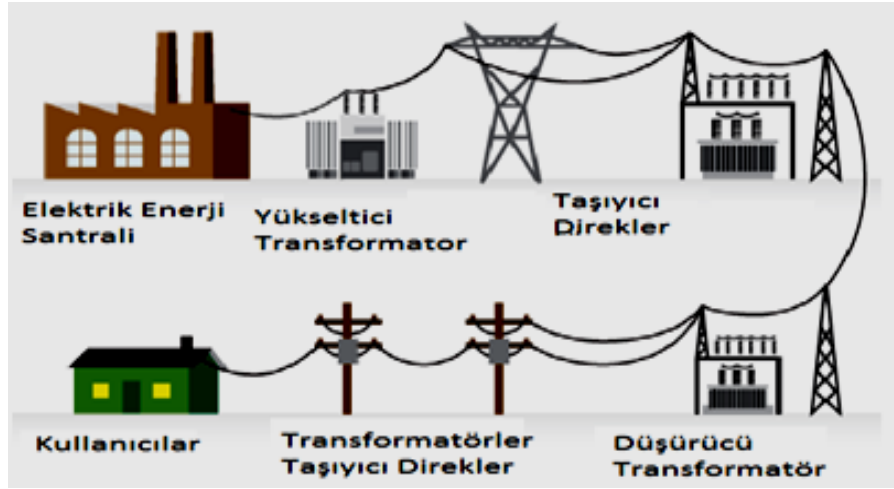
Günümüzde en kullanışlı ve yaygın olarak kullanılan enerji, elektrik enerjisidir. Elektrik enerjisi üreten santraller genellikle tüketim yerlerinden uzaklara inşa edilirler. Bunun en önemli sebepleri çevre kirliliği, hammaddeye olan mesafe, güvenlik vb. gibi unsurlardır.

Elektrik enerjisi genel olarak iletim hatlarından alternatif akımla taşınır. Bazı özel durumlarda doğru akımla da enerji taşınmaktadır. Doğru akımda transformatör kullanılmadığı için iletilen gerilimde ve taşınan güçte sınırlamalar vardır. Bu sebepten dolayı büyük güçlerin taşınmasında alternatif akımlar kullanılır.

Elektrik enerjisi, basit bir elektrik devresinde olduğu gibi elektrik enerjisi üreten santrallerden başlayıp evlere, işyerlerine, bir takım araç ve makinelere kadar uzanan ve oradan tekrar santrale dönen kapalı bir devrede taşınır (Şekil 2.10.). Elektrik enerjisi, kullanıldığı yerlere göre ışığa, sese, ısıya ve harekete dönüşür. Tüketim yerlerinden kilometrelerce uzağa inşa edilmiş üretim santrallerinden, elektrik enerjisini güvenli bir şekilde tüketim yerlerine iletilmesi enerji nakil hatları ile sağlanmaktadır. Enerji nakil hatları, toprak altında bulunan iletken tellerden ya da çelik direkler üzerinde bulunan iletken tellerden oluşur.

Enerji nakil hatlarında bakır veya alüminyumdan yapılan iletken teller tercih edilirken, demirden yapılan iletken teller tercih edilmez. Enerji nakil hatlarında demir iletkenlerin tercih edilmeme sebebi ise, bakır ve alüminyuma göre iletkenlik kat sayısının düşük olması ve esnek olmamasıdır. Ucuz olmasının yanı sıra hafif yapısından dolayı enerji iletim hatlarında genellikle alüminyumdan yapılmış iletken teller kullanılır. Enerji nakil hatlarında kullanılan direkler çelik yapıdadırlar ve iletkenlerdir. Elektrik enerjisinin taşınması sırasında iletken tellerin çelik direklere temas etmesi halinde elektrik enerjisi toprağa akar ve yüksek oranda enerji kaybı

meydana gelir. İletken tellerin çelik direklere temas etmesini önlemek için tellerin direklere bağlanan kısımlarında cam ve seramik yapıda olan izolatörler kullanılır.



**Şekil 2.10.** Elektrik enerjisi üretim ve tüketiciler arası enerji iletim elemanları.

Elektrik iletim hatları döşenmeden önce maliyet hesabı, arazinin coğrafik konumu, hattın geçeceği güzergâh, hattı işletme, arıza veya bakım gibi durumların kolaylığı, iletim hattında meydana gelecek gerilim düşümü hesabı, hattın doğa şartlarına göre dayanıklılığı, kapasitesi gibi hususlar hesaplandıktan ve planlandıktan sonra iletim hatları döşenir (TEDAŞ, 2016).

Elektrik enerjisinin abonelere ulaştırılmasında, işletme ve aboneler yönünden yerine getirilmesi gereken önemli birtakım görevler vardır. İşletmenin yerine getirmesi gereken görevleri şu şekilde sıralayabiliriz;

- Kesintisiz bir enerji akışı sağlanmalıdır.
- Şebekeler güvenilir, sağlam, basit ve anlaşılır olmalıdır.
- Şebekelerde oluşan arızalar aboneleri etkilememelidir.
- Enerjinin birim fiyatı ucuz olmalıdır.
- Gerilim ve frekans dalgalanmaları olmamalıdır.
- Şebekeler her türlü ihtiyaca cevap verebilmelidir.

Elektrik enerjisinin kesintisiz olması çok önemli bir husustur. Yirmi dört saat üretim yapan fabrikalarda enerjinin kesilmesi ciddi kayıplara yol açabilir. Bunun yanında hastanelerde, iletişim noktalarında enerji kesilmesi veya enerjide dalgalanmalar ciddi sorunlara yol açabilir. Bu sebepten şebekelerin kesintisiz bir şekilde enerji akışını sağlaması büyük önem arz etmektedir.

Şebekelerin güvenilirliği, iletim hatlarına yıldırım düşmesi veya kısa devre olması durumunda oluşan arızalardan abonelerin etkilenmemesi gerektiği için önem arz eden bir husustur. İletim hattına düşen yıldırım kaynaklı yüksek darbe geriliminin alıcılara ulaşması ciddi arızalara sebep olur. Tüketicileri bu tip istenmeyen olaylardan korumak için Enerji iletim hatları korunmalıdır (Ataman, 2010).

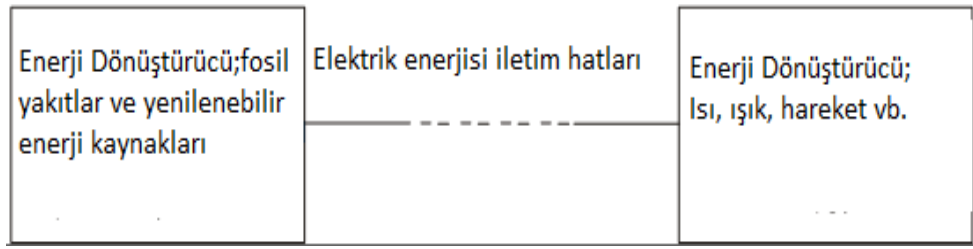
### **2.3. Elektrik Enerjisinin Dağıtımı**

Elektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisi, iletim sisteminden son kullanıcıya kadar ulaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Elektrik enerjisinin iletimi sırasında iletkenin göstermiş olduğu direnç nedeniyle ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesini yani enerji kaybını engellemek amacıyla elektrik akımının şiddeti azaltılır, gerilimi arttırılır. Elektrik akımının şiddetini değiştirmek için de transformatörler kullanılır. Eğer elektrik akımının şiddeti düşürülmüş olmasa idi daha kalın iletkenler kullanılması gerekir. Maliyet ve işçilik göz önünde bulundurulduğunda bu istenen bir durum değildir. Elektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisinin gerilim değeri 20.000 - 25.000 volt civarındadır. Bu gerilim değeri, santrallerdeki transformatörler ile 200.000 - 400.000 volta kadar yükseltilir ve enerji nakil hatları ile tüketici yerleşkelerine kadar taşınır. Santralde üretilip alıcılara kadar gelen elektrik enerjisinin gerilim değeri kullanılacağı yere göre yine transformatörler ile düşürülür.

Yerleşim birimleri ve sanayilerdeki cadde, yol, meydan ve geçitler boyunca döşenen hat parçalarının birbirine eklenmesinden, kollar ve kolların birbirine eklenmesinden de dağıtım şebekeleri meydana gelir (TEDAŞ, 2016).

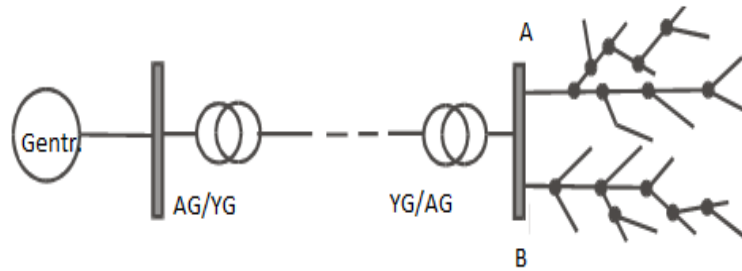
#### **2.3.1. Elektrik şebekeleri**

Santrallerde üretilen elektrik enerjisinin abonelere ulaşması için düzenlenen bütün elektrik devreleri elektrik şebekelerini meydana getirir. Basit bir elektrik enerjisi iletim sistemi Şekil 2.11.'de görüldüğü gibi, enerji generatör ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Elektrik enerjisi kullanılma yerlerine göre ısı, ışık, hareket ve benzeri enerji şeklinde kullanılabilir.



**Şekil 2.11.** Basit bir elektrik enerjisi taşıma sistemi.

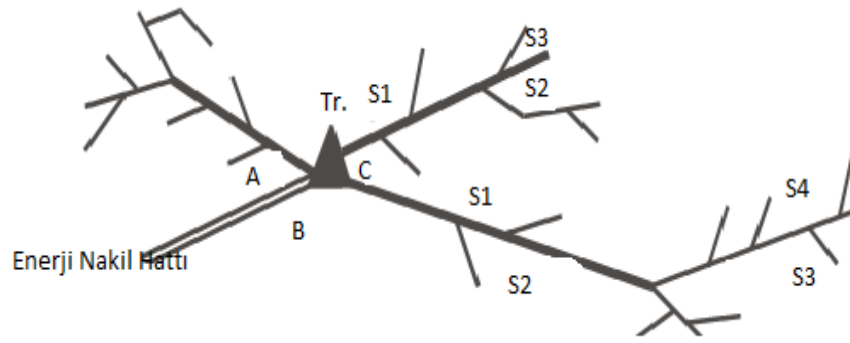
Elektrik enerji santrallerinde generatörler kullanılarak üretilen elektrik enerjisini doğrudan tüketim merkezlerine taşımak verimli olmadığı için Şekil 2.12.'de görüldüğü gibi iletim transformatörleri kullanılır ve generatör geriliminden daha yüksek gerilimle yapılan bir enerji dağıtım şekli görülmektedir. Generatör gerilimi santral yakınlarındaki bir transformatör ile yükseltilmekte, enerjinin kullanıldığı yerde ise alçak gerilime dönüştürülmektedir. Böylece elektrik enerjisi daha uzak mesafelere taşınmış olmaktadır. Generatörde üretilen elektrik enerjisi çok yüksek, yüksek ve alçak gerilimlerde değişik şebeke şekilleri ile düzenlenmektedir.



**Şekil 2.12.** Generatör geriliminden daha yüksek bir gerilimle yapılan enerji nakli.

Çok yüksek, yüksek ve alçak gerilimli şebekelerde dallı şebekeler, ring şebekeler ve enterkonnekte şebekeler ile enerji nakli sağlanmaktadır.

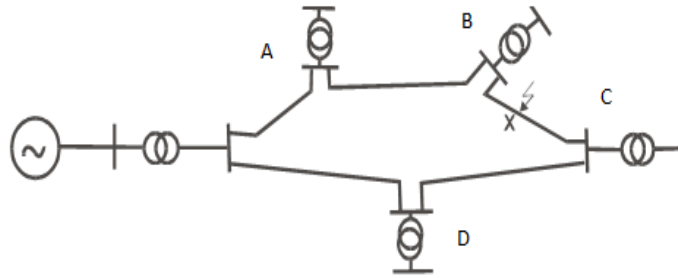
Dallı şebekelerde; besleme genelde tek kaynaktan yapılır. Şekil 2.13.'de dallı şeklinde düzenlenmiş iki ayrı şebeke görünmektedir. Bu tip şebekelerde enerji kaynağının arıza yapması durumunda tüketiciler enerjisiz kalmaktadır. Abonelerin enerjisiz kalmaması için dallı şebekeler birden fazla transformatör merkezlerinden beslenmelidir. Dallı şebekeler, şehir merkezleri, taşra ve bazı durumlarda da sanayi bölgelerinde kullanılmaktadır.



**Şekil 2.13.** Dal budak şebeke ve branşmanlar.

Ring şebekelerde; besleme bir yerden yapıldığı gibi birkaç yerden de yapılabilmektedir. Tüketim merkezlerinin enerji ihtiyacı devamlı sağlanabilmektedir. Şebekede işletme güvencesi fazladır. Besleme kaynağı ne kadar artarsa, elektrik enerjisinin sürekliliği de o oranda artar. Sistem Şekil 2.14.'de görülmektedir.

Ring şebekelerin gerilim düşümleri azdır, büyük güçte alıcılar bağlanabilir olmasının yanında maliyeti yüksektir ve bakımı zordur.

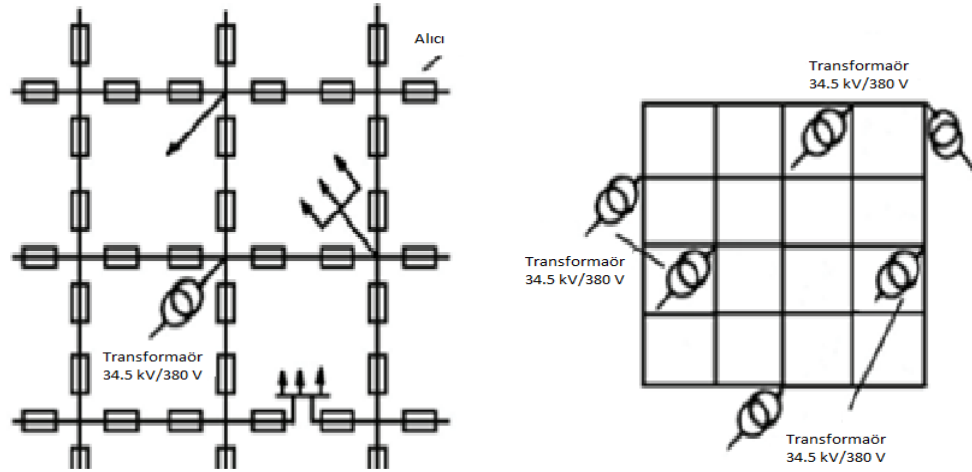


**Şekil 2.14.** Ring şebeke.

Ağ gözlü; şebekeler bir yerden besleme aldığı gibi birden fazla yerden de besleme alabilirler. Ring şebekeler de olduğu gibi beslemenin devamlı yapılabildiği, arıza durumunda sadece arıza olan yerin etkilendiği bir sistemdir (Şekil 2.15.). Şebeke bir arıza ile karşılaştığında arızalı kısım, sigortalar veya özel koruma elemanları ile güvenli bir şekilde devreden çıkartılır. Diğer kısımlarda ise enerji akışı kesintisiz devam eder. Bazı ağ şebekelerde besleme bir yerden yapılır. Beslemenin tek bir yerden yapıldığı durumda yine kesintisiz enerji verebilir. Fakat transformatör arıza yaparsa şebekenin tamamı enerjisiz kalır.

Ağ şebekelerinin; kesintisiz enerji alınması, gerilim düşümünün çok az oluşu, sisteme güçlü alıcıların bağlanabilmesi gibi avantajları vardır. Avantajlarına rağmen,

şebekelerin kuruluşları, bakım ve işletmeleri zordur. Kısa devre akımı etkisinin büyük olması diğer bir sakıncalı tarafıdır.



**Şekil 2.15.** Bir yerden beslenen ve birkaç yerden beslenen ağ gözlü şebeke.

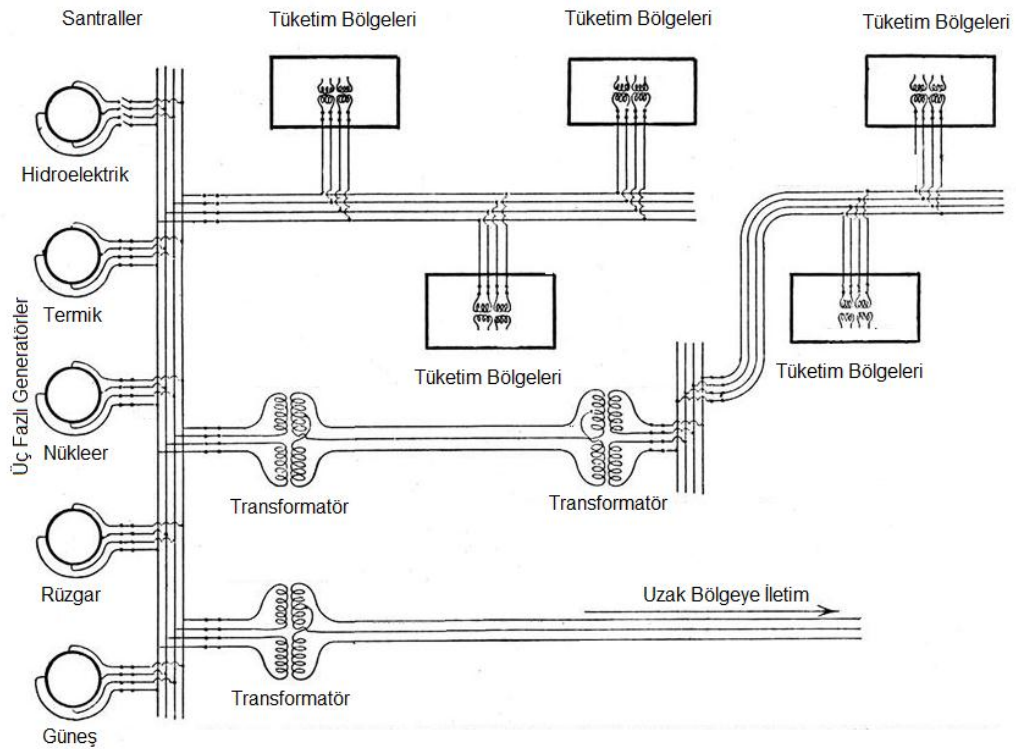
Enterkonnekte şebekeler, bir ülkenin, bölgenin veya ülkeler arası elektrik enerji ihtiyaçlarını karşılayabilen bir şebeke türüdür. Kurulu olduğu bölgenin veya ülkenin, termik veya hidroelektrik farkı gözetilmeksizin bütün santralleri, trafo ve iletim merkezleri ve alıcıların dâhil olduğu sistemdir. Çok önemli bir arıza olmadığı takdirde tüketim merkezlerine gelen elektrik enerjisinde kesinti söz konusu olmaz. Enterkonnekte sistemlerde enerji kesilmesi çok rastlanır bir durum değildir, verimleri yüksek ve maliyetleri uygundur. Bu avantajlarının yanında, sistemin kısa devre akımı çok fazladır, sistemin kısa devresi iyi hesaplanmazsa alıcılar ciddi sıkıntılarla karşılaşabilir ve sistemin kararlılığını sağlamak oldukça zor olması enterkonnekte şebeke sistemlerinin dezavantajlarıdır (TEDAŞ, 2016).

## 2.4. Elektrik Enerjisinin Tüketimi

Gelişen teknoloji ve insanların refah düzeylerinin artması, elektrik enerjisi kullanımını da artırmakta ve elektrik enerjisine olan ihtiyaç artmaktadır. Elektrik enerjisi kullanımının artması yeni enerji santrallerini ve yeni yöntemler geliştirmeye insanlığı yönlendirmektedir. Kurulacak yeni elektrik üretim santralleri ve geliştirilecek yeni yöntemler mali açıdan uygun olmasının yanında temiz ve güvenilir olmalıdır.

Unutulmaması gereken önemli bir husus vardır ki oda; en büyük üretim, enerji israfını önlemektir. İnsanoğlu yüzyıllardır hayatta kalmak, hayat kalitesini daha üst

seviyeye çıkartmak ve bu hayat kalitesini geliştirerek yeni nesillere aktarmak için sürekli kendini yenilemiştir. Ancak bu gelişimi yaparken dünya kaynaklarının sınırlı olduğu gerçeğini göz ardı etmiştir. Bugün insanoğlu dünya kaynaklarının sınırlı olduğunu ve yıllardır enerji üretmek için birincil olarak kullanılan fosil kaynakların iklim değişikliğinden toprak kirliliğine kadar birçok olumsuz etkisinin olduğunu fark etmiştir. Tüm dünyada toplam karbondioksit oranının yarıdan fazlasının enerji üretimi ve tüketiminin neticesinde olduğu unutulmamalıdır.



**Şekil 2.16.** Elektrik enerji sistemi.

Enerji üretim alışkanlıklarımızda yapacağımız doğa dostu seçimler ve tüketim alışkanlıklarımızda yapacağımız enerji tasarrufu ile iklim değişikliğinin engellenmesine, karbondioksit oranının azaltılmasına ve gelecek nesillere bırakacağımız dünyadaki yaşam kalitesinin artmasına büyük katkı sağlamış olacağız. Alınan önlemler elbette çevre ve tasarruf açısından sınırlı kalmamalıdır. Evlerimizde, işyerlerimizde, ulaşım araçlarımızda, endüstride ve daha birçok alanda alınacak tedbirler doğrudan veya dolaylı yoldan tasarruf sağladığı gibi, iş, işyeri ve bireysel kullanılan makine ve malzemelerin güvenliğini de sağlayacaktır. Şekil 2.16.'da santral ve tüketim birimlerinin yer aldığı elektrik enerji sistemi şeması görülmektedir.

Elektrik enerji sistemlerinin temel amacı, tüketim bölgelerindeki aboneleri kaliteli ve kesintisiz elektrik enerjisi ile besleyebilmek olmalıdır. Bu amaçla, hangi tür santrale ait generatörlerde üretilirse üretilsin; ana fiderlerde, enterkonnekte sistemde, yükseltici ve alçaltıcı transformatörlerde, enerji iletim hatlarında, enerji dağıtım sistemlerinde ve elektrik enerjisi tüketim birimlerinde elektriksel koruma yapılmalıdır. Gerçekleştirilen elektriksel koruma, mümkün olduğunca seçici ve güvenilir olmalıdır.

### 3. ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNDE HATALAR

Tüm fiziksel sistemler için olduğu gibi, elektrik enerji sistemleri de hatalara maruz kalabilir. Bu hataların önemli bir kısmı elektrik enerji sistemlerinin büyüklüğüne bağlı olarak, sistemin telafi edilebileceği seviyededir. Telafi edilemeyecek seviyede olan hatalar ise giderilmedikleri ya da devre dışı bırakılmadıklarında, elektrik enerji sistemine ve bu sistemle bağlantılı diğer birimlere zarar verirler.

Kısa Devre	Kaçak Akım	Aşırı Gerilim	Düşük Gerilim
Aşırı Akım	Frekans Bozulması	Faz Sırası Bozulması	Sinüs Bozulması
Aşırı Sıcaklık	Aşırı Soğukluk	Nem	Sarsıntı

**Şekil 3.1.** Elektrik enerji sisteminde karşılaşılan genel hatalar.

Elektrik enerji sistemlerinde oluşabilecek hataların birçoğu için hatayı giderme süresi, hatalı bölgeyi devre dışı bırakmaya göre daha uzun sürmektedir. Hataların sebep olabileceği zararlar ise, çoğu kez bu süre içerisinde gerçekleşmiş olmaktadır. Bu sebeple elektrik enerji sistemlerinde hatayı ya da hatalı bölgeyi en kısa sürede elimine ederek, diğer kısımların çalışmaya devam ettirilmesi amaçlanır. Böylece hataların yol açabileceği zararların minimuma indirilmesi ve elektriksel enerji güvenliğinin maksimuma çıkarılması amaçlanır (Burden 1976, Hernández 2012, Kojovic 2005).



**Şekil 3.2.** Elektriksel hatalar ve sonucu.

### 3.1. Elektrik Enerjisi Üretim Sistemlerinde Hatalar

Elektrik enerjisi üretim sistemlerinde karşılaşılan hatalar, elektriksel kaynaklı olabileceği gibi, farklı sebeplerden de kaynaklanabilir. Alternatörlerde karşılaşılabilecek sargı arızaları, döndürücü makine ve alternatörlerde oluşabilecek mekanik arızalar, döndürücü makineye enerji sağlayan sistemlerde oluşabilecek hatalar bu kapsamda ele alınır. Elektriksel kaynaklı hatalar, tüm elektrik sistemlerinde karşılaşılabilecek genel hataları kapsadığı gibi, geri güç, işletme toprak direnci hatası gibi özel hataları da içine alır (Hernández 2012).

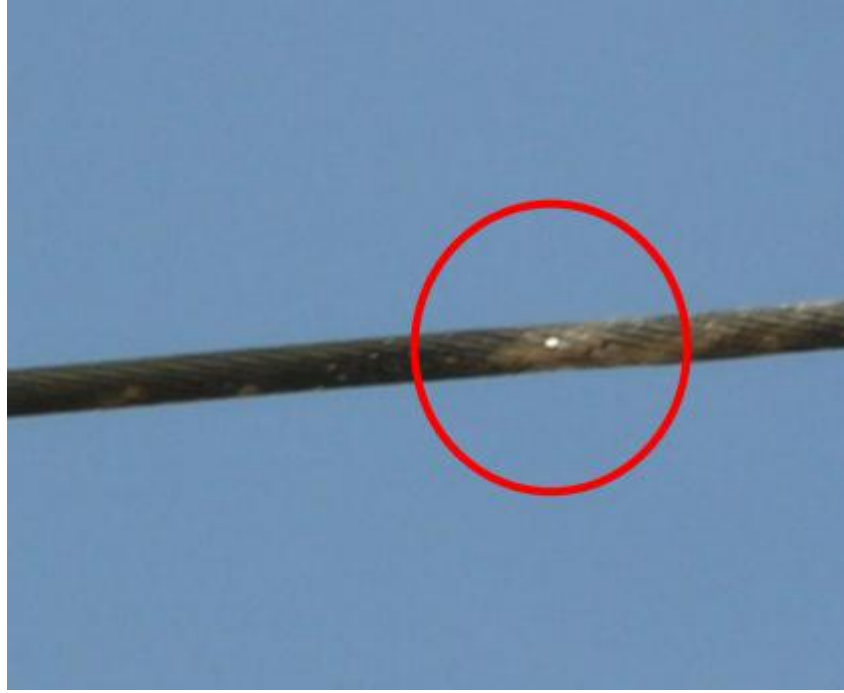
### 3.2. Elektrik Enerjisi İletim ve Dağıtım Sistemlerinde Hatalar

Elektrik enerjisi iletim ve dağıtım sistemlerinde karşılaşılan hatalar, genel elektrik sistemi hatalarını içerisine almakla beraber, yüksek gerilim ve transformatör esaslı olarak ele alınan farklı hataları da kapsar. Transformatörlerdeki yalıtım, ısınma ve yağ hataları; yüksek gerilimdeki korona (Şekil 3.3.) ve delinme deşarjları gibi hatalar, iletim ve dağıtım sistemlerinde karşılaşılan hatalar olarak ele alınır.



**Şekil 3.3.** Korona hatası.

Şekil 3.4.'de delinme hatası görülmektedir. Bu tür hataların oluşma sebepleri çeşitlidir. Bunlar fırtınalı havalarda ya da insan kaynaklı hatalardan oluşabilmektedir.



**Şekil 3.4.** İletim hattı delinme deşarjı.

### **3.3. Elektrik Enerjisi Tüketim Sistemlerinde Hatalar**

Elektrik enerji tüketici sistemleri, farklı tipteki hatalarla sık sık karşılaşılabilen ortamlardır. Bu hatalar ve arızalar;

- Kısa devre.
- Aşırı akım, kaçak akım.
- Düşük veya yüksek gerilim.
- Frekans bozulması.
- Nem ve olağan dışı fiziksel şartlar.

olarak özetlenebilir.

Elektrik enerjisi tüketim sistemlerinde ortaya çıkan hatalar giderilmediği takdirde, hatalar daha üst seviyelere giderek enerji dağıtımını, enerji iletimi ve enerji üretimi sistemlerini de etkileyecektir. Bu sebeple, özellikle elektrik enerjisi tüketim sistemlerindeki hataların giderilmesi çalışma kapsamında ele alınmıştır (Izquierdo 2011).

### 3.4. Elektriksel Hataların Etkileri

Bütün sistemlerde olduğu gibi elektrik enerji sistemlerinde meydana gelen hatalarda istenmeyen sonuçların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Elektriksel hataların kontrol ve denetim altına alınmaması sonucunda canlıların hayatı ve sağlıklarının tehlikeye maruz kalmasının yanında çevreye ve üretime de ciddi zararlar vermektedir. Elektriksel hataların minimuma indirilmesi, hata ve arıza durumuna hazırlıklı olunması, hata ve arıza ile karşılaşıldığında erken uyarı sistemleri ve hataları algılayan algoritmik uygulamalar yardımı ile elektriksel hataların, ekonomik, üretim ve sağlık açısından oluşturacağı kaygıların giderilmesine ve de ekonomik zararlar, can kaybı, hastalık ve sakatlanma, sonuçlanacak.

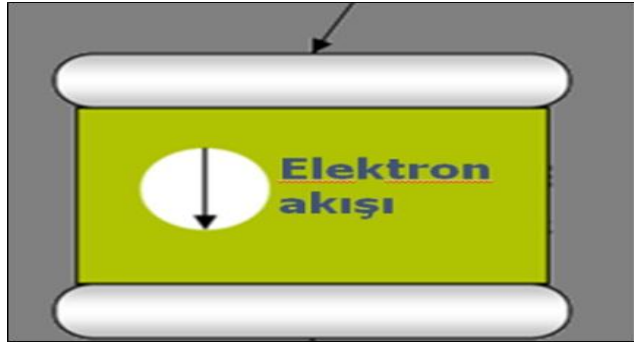
#### 3.4.1. Elektriksel hataların deformasyon etkileri

Elektrik enerji sistemlerinde kullanılan ekipmanların deformasyona uğraması başta ekonomik kayıp olmanın yanı sıra üretimin aksaması, canlıların ve çevrenin tehlikeye atılmasına da sebep olmaktadır.

Başta elektriksel kısmi deşarj olmak üzere doğal ve fiziksel durumlara karşı elektrik enerji sistemlerinin koruma altına alınmaması sonucu doğrudan veya dolaylı yoldan elektriksel hatalara sebep olmakta ve bu elektriksel hatalar sonucu deformasyon etkisi ile karşılaşılmaktadır.

Elektriksel kısmi deşarj; iki iletken elektrot arasındaki dielektrik malzemenin yapısındaki boşluklar ya da devamlılığındaki problemler sebebiyle tam bir köprü oluşturamaması sonucu oluşan elektriksel boşalma ya da kıvılcımlardır. Şekil 3.5.'te elektriksel kısmi deşarj hatası şematik olarak görülmektedir. Bütün gerilim kademelerinde meydana gelen deformasyon etkisi yüksek hataların çoğu elektrik kısmi deşarj kaynaklıdır. Dielektrik malzemeyi deforme edebilecek kadar güçlü elektrik alanının olduğu her yerde (şalterlerde, kanallarda, kablolarda, kablo başlıklarında, kablo eklerinde, transformatörlerde) elektriksel kısmi deşarj oluşabilir.

Elektriksel kısmi deşarj genelde 1 mikro saniyeden daha kısa süreli darbeler şeklinde görülür. Darbeler çok kısa süreli olmalarına karşın, darbe sırasında ortaya çıkan enerji, iletkeni saran dielektrik malzemenin bozulmasına, kontrol edilmeden bırakılması durumunda ise izolasyon hataları ile sonuçlanabilecek kadar güçlüdür.



**Şekil 3.5.** Elektriksel kısmi deşarj şematik gösterimi.

Elektriksel kısmi deşarj, yüksek gerilim ile çalışan ya da yüksek gerilim taşıyan cihaz ve malzemelerde normal çalışma koşullarında dahi, entropi kaynaklı bozulmalar, ısı ve aşırı elektriksel stresler, uygun olmayan kurulumlar, hatalı işçilik veya uygun olmayan tasarımlar sebebiyle oluşabilir. Dielektrik malzeme içinde ilerleyip büyümesi (Şekil 3.6.) sonucu, izolasyonu yeterince zayıflatıp 3 fazlı sistemlerde fazlar arası ya da faz-toprak arasında kısa devre ile sonuçlanabilir.



**Şekil 3.6.** Elektriksel ağaçlanma.

Elektriksel kısmi deşarj sonrası kısa devre problemi ile karşılaşılması Şekil 3.7. de görüldüğü gibi patlamalara yol açabilmektedir.

Elektriksel kısmi deşarj ve ilgili hataların tespiti, kısmi deşarj olayının kritik seviyede olup olmadığının karar verilmesi prensibine dayanır. Düşük seviyedeki kısmi deşarj olayı, kritik olmayan kısmi deşarj olarak kabul edilir (Calvo 2003).



**Şekil 3.7.** Kısmi deşarj sonrası oluşan kısa devre problemi ve gerçekleşen patlama.

### 3.4.2. Elektriksel hataların fizyolojik etkileri

Elektrik akımı bir madde içinden iletilirken, elektronların akışına karşı koyma (direnç), enerjinin çoğunlukla ısı biçiminde tüketilmesiyle sonuçlanır. Bu durum, canlı doku üzerinde elektriğin etkisinin en kolay göstergesidir.

Elektrik akımı ile meydana gelen kazalar, etki bakımından üç ana gruba ayırabiliriz.

- Elektrik akımının doğrudan doğruya sinirler, adaleler ve kalbin çalışması üzerine etkisi.
- Elektrik akımının sebep olduğu ısınmanın yaptığı zararlar.
- İnsan için zararlı olmayan küçük akımlarda, korku sebebi ile meydana gelen mekanik zararlar.

Elektrik akımının etkileri içerisinde en önemlisi sinirler ve adaleler üzerine direkt etkisidir. Elektrik enerjisinin insan üzerine etkilerinin birden fazla sebebi vardır.

Hata akımı birinci derecede devreye uygulanan gerilim değerine bağlıdır. Hata anında geçen akımın şiddeti devreye uygulanan gerilimin şiddetine bağlı olmasına rağmen hayati tehlikeye yol açan etken gerilim değil insan vücudundan geçen akımdır. Alçak gerilim tesislerinde çoğunlukla 380/220V kullanılır. Şebekede yıldız noktası topraklanmış olduğundan elektrik kazalarında çoğu elektrik kazalarında etkili olan gerilim değeri 220 voltur.

Elektrik akımı insan vücudu üzerinden geçtiğinde, sinir yolu ile adalelerin kasılmasına yol açar. Eli ile arızalı veya elektrik kaçağı olan bir cihazı tutan insan

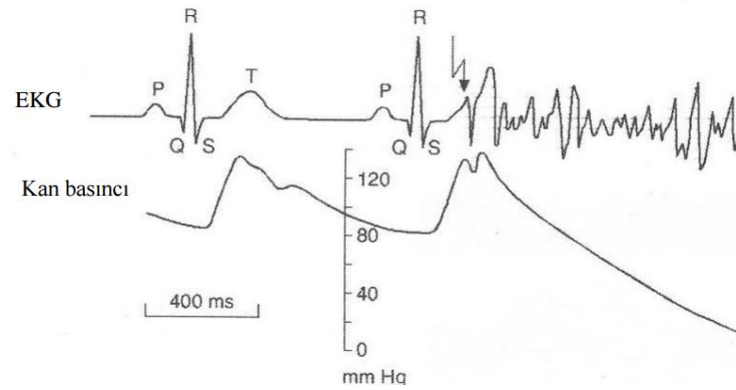
vücudundan geçen elektrik akımı belli bir değerden sonra adalelerin kasılmasına sebep olur ve tuttuğu cihazı elinden bırakamaz. Elektrik akımının en zararlı etkisi kalp adaleleri üzerine olan etkisidir. Bu sebepten insan vücudu üzerinden geçen hata akımı ile kalp üzerinden geçen kısmını etki bakımından birbirinden ayırmak gerekir.

Kalp elektrikle çalışan bir pompa gibidir ve kendi çalışması için gerekli olan gerilimi yine kendisi üretir ve kalp adaleleri belirli bir tempoda sıkışıp açılarak, iki devreli bir pompa gibi çalışarak insan vücudundaki kan dolaşımını sağlar.

Hata akımı devresini kalp üzerinden tamamlarsa hata akımının bir kısmı kalp üzerinden geçer ve vücudun diğer adaleleri gibi kalp adaleleri de kasılırlar ve kalbin kumanda sistemi bozulur. Kalp her ne kadar atmaya devam etse de düzenli değildir. Kalbin bu şekilde düzensiz ritimle çalışmasına fibrilasyon denir. Fibrilasyon halinde kalp normal çalışamaz ve kan pompalama görevini yerine getiremez. Kalbin düzensiz ritmi beynin kanla beslenmesini önler ve beyin ölümü gerçekleşir. Şekil 3.8.'de bir EKG de normal çalışmakta olan bir kalbin elektrik çarpması sonucu hassas bölgede fibrilasyonun tetiklenmesi ve kan basıncının düşmesi görülmektedir.

İnsan iç direnci dokunma gerilimine olduğu kadar, kişiden kişiye; dokunma noktalarının yeri ve durumuna göre değişiklikler gösterdiği için akım büyüklükleri ile hesap yapmak olanaksızdır. Bu sebeple dokunma gerilimi ve etki süresi büyüklüklerine bağlı olarak tehlike sınırları tarif edilmiştir. Dokunma gerilimi ve vücut akımı ile ilgili diğer bilgiler Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği Ek-C de bulunmaktadır.

Alçak gerilim için izin verilen dokunma gerilimi  $U_L = 50 \text{ V}$ 'u aşmayacaktır. Şantiyeler, tarım alanları v.b. yerlerde bu değer 25 V olarak sınırlanmıştır. 230/400 V alçak gerilim şebekelerinde hatalı devre genel olarak 5sn içerisinde kesilmelidir ve TN sistemde el aletleri ve portatif cihazlar için bu süre 0,4sn dir (Maslowski 2016).



**Şekil 3.8.** Fibrilasyonun tetiklenmesi ve kan basıncının düşmesi.

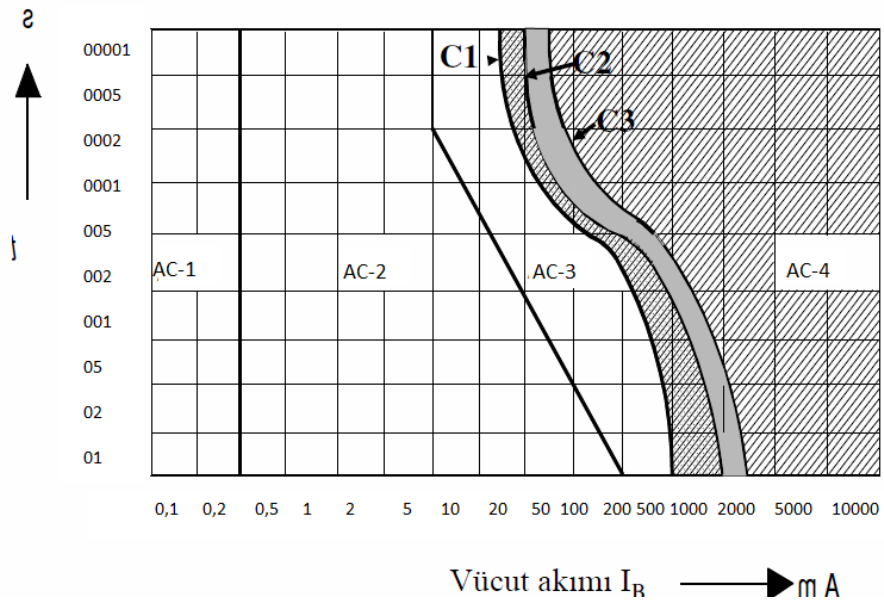
Elektrik akımının insan vücuduna fizyolojik etkileri Şekil 3.9.'da görülmektedir.

AC-1: Genellikle tepki yoktur.

AC-2: Zararlı fizyolojik etki yoktur.

AC-3: Kalp atışlarında aksaklıklar görünür.

AC-4: Tehlikeli fizyolojik etkiler ve ağır yanıklar görünür.

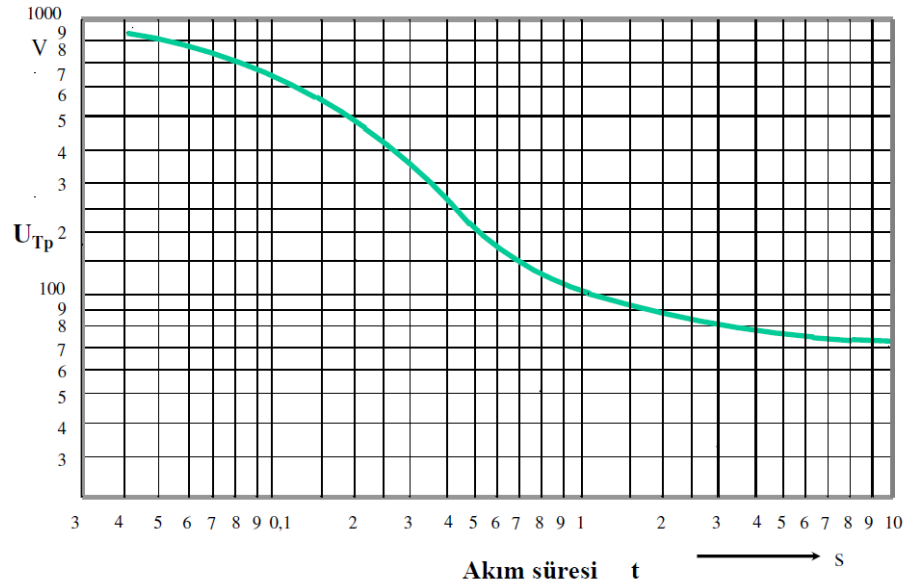


**Şekil 3.9.** Akım şiddetinin etki süresine göre fizyolojik etkileri.

İnsan vücudunun direnci ve insan vücudundaki akım yolu; İnsan vücudunun direnci hata akım devresinin en önemli büyüklüğüdür ve insan vücudundan geçen akım, bu direncin değerine bağlıdır. İnsan vücudunun direnci, temas yerinde ki derinin direnci

ile vücudun iç direncinden oluşur. Nasırlı derinin direnci çok büyükken ince, sıyrılmış ve nemli derinin direnci çok düşüktür. Derinin delinmesi durumunda geçiş direnci düşer ve geriye sadece vücudun iç direnci kalır. İnsan vücudunun iç direnci, vücut içerisindeki akım yoluna da bağlıdır. Elektrik akımına kapılan insan vücudunda en tehlikeli nokta ise kalbin akım yolu üzerinde bulunmasıdır.

İnsan vücudu 220V'da 1000 ohm ila 3300 ohm arasında direnç değeri göstermektedir.



**Şekil 3.10.** Sınırlı akım süreleri için izin verilen en yüksek dokunma gerilimleri.

Önemli noktalardan biriside deri direncinin gerilime bağlı oluşudur. 70V ve 100V arasında deride delinmeler başlar ve deri direnci sıfıra düşer. Bu olaydan sonra sadece vücudun iç direnci geçerli olur. Elektrik çarpmasında meydana gelen korku vücudun terlemesine ve direncin düşmesine sebep olan başka bir faktördür. Yüksek gerilim tesislerinde dokunma gerilimi sınırları Şekil 3.9.'da verilmiştir.

Akımın insan vücudundaki etkisi çok büyüktür. Kalp üzerinden 0,3 sn den daha uzun sürede 80 mA seviyesinde akım geçerse kalp adalelerinin kasılır ve çoğu zaman ölümlle sonuçlanan tehlikeli fibrilasyon başlar.

Kalbin normal çalışma periyodu 750 ms'dir. Eğer akımın kalp üzerinde etki süresi 200 ms mertebesinde ise, bunun zararı yoktur. 750 ms'den daha uzun süre etki eden akımlar tehlike arz eder.

Etki alanı, kalbin çalışma periyodu içinde elektrik akımının etki etmeye başladığı anda önemlidir. Elektrik akımının etkisine maruz kalan kalbin çalışması esas itibariyle şekil 3.8.'de görüldüğü gibi işaret edilen hassas bölgede sona erer. Hassas bölge T-impulsu başlamadan önceki 150 ms'lik süreye isabet eder (Maslowski 2016).

Şekil 3.11.'de verilen hata akım devresine göre insan vücudundan geçen hata akım yolu görülmektedir. Burada  $R_h$  değeri tamamen uzaklığa bağlıdır  $R_g$  geçiş direnci ise tamamen belirsizdir. İnsan vücudundan geçen akım, insan vücuduna uygulanan kısmı gerilim değerinden yararlanılarak hesaplanabilir,

$$I_b: \frac{U_t}{Z_b} \quad (3.1)$$

Burada  $U_t$  insan vücudu üzerinde meydana gelen gerilim düşümüdür ve dokunma geriliminin kendisidir.

Elektrik akımına maruz kalan kişiye yapılacak ilk yardım, üzerinden elektrik akımı geçerek elektrik akımına maruz kalan kişiye uygulanacak ilk yardım tedbirleri şunlardır;

- Kazazedenin maruz kaldığı akım devresi derhal kesilmelidir.
- Yardımcıların hayatı da tehlikeye düşmeyecek şekilde kazazede olay yerinden uzaklaştırılmalıdır.
- Ağızdan ağza veya ağızdan buruna nefes verme metodu ile suni teneffüs yapılmalıdır. Nefes verme dakikada 12 defa tekrarlanır. Kalbin durması durumunda suni teneffüsle birlikte kalp masajı da yapılmalı.
- Kazazedeyi hastaneye sevk etmek için ambulans çağrılmalıdır.
- Yangın başlangıcı varsa kazazede yere yatırılır ve önce yangın söndürülür.
- Yanık yaraları mikropsuz temiz bezle örtülür.
- Kazazede derhal hastaneye götürülür.



Harmonikler, adından her geçen gün daha çok bahsettiren, son yılların popüler güç kalitesi bozukluğudur ve birçok farklı tesiste farklı bozucu etkileri mevcuttur. Sabit genlik ve frekanstaki saf sinüsoidal dalga şekline sahip bir kaynak tarafından beslenen lineer elemanların bulunduğu bir elektrik sisteminde harmonikler bulunmazlar. Ancak, ilerleyen teknolojiye paralel şekilde artan güç elektroniği elemanları gibi lineer olmayan yükler kaynak üzerinden harmonikli akımlar çekerek kaynağı kirletmektedirler. Harmoniklerin yoğun olarak bulunduğu elektrik sistemlerinde, harmoniklerden kaynaklanan bazı olumsuzluklar meydana gelir.

Harmoniklerin bulunduğu sistemlerde, normal şartlar altında saf sinüsoidal formda olması beklenen akım ve gerilim dalga şekilleri bozulur. Dalga şeklinin bozulmasının genel olarak beraberinde getireceği problemler şu şekilde sıralanabilir;

- Kaynak gerilim dalga şeklinin bozulması.
- Hatlardaki rms akım artışına bağlı olarak iletim ve dağıtımda verim azalması.
- Kompanzasyon sistemlerinde arızaların gerçekleşmesi.
- Elektrik motorlarında ve trafolarda aşırı ısınmalar.
- Hassas elektronik cihazlarda, PLC ve CNC cihazlarında arızaların yaşanması.
- Ekipmanların yalıtım seviyelerinde zorlanmalar ve aşınmalar.
- Sistem içerisindeki kayıpların artması.
- Koruma ve kumanda sistemlerinde hatalı çalışmaların olması.
- Gerilim düşümlerinin artması.
- Sistemlerdeki yüksek frekanslarda rezonans risklerinin oluşması.

### **3.5. Elektriksel Hataların Ekonomik Boyutu**

Elektriksel hatalar, zamanında ve tahrip etkisi oluşturmadan giderilmelidir. Her ne kadar koruma sistemlerinin tesisi ve sarfiyatları da ekonomik olarak bir gider oluştursa da, bu hataların giderilmemesi durumunda karşılaşılabilecek ekonomik zararların karşısında, çok küçük kalmaktadır.

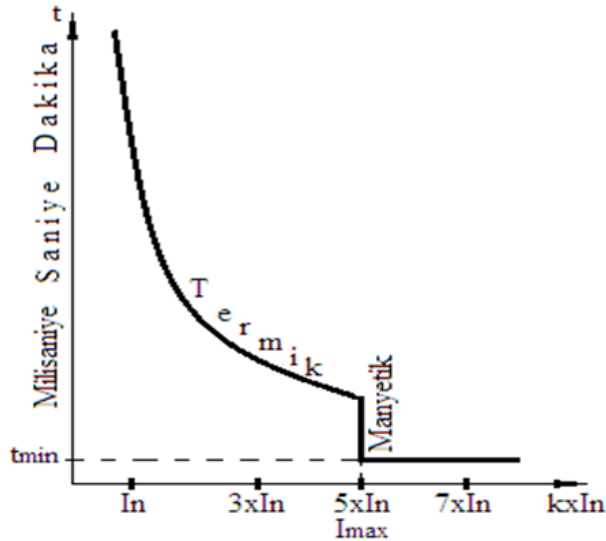
Elektriksel bir hatanın yapabileceği tahribat, elektriksel sistemlerde alt yapının yeniden tesisini gerektirebilecek boyutta olabilecektir. Elektriksel alt yapının tahribata uğraması ve kısa sürede onarılamayacak durumda olması ise, büyük iş gücü ve üretim süresi kayıplarına yol açabilecektir.

Örneğin 1000 işçi çalıştıran ve günde 100 bin TL katma değer üreten bir tesiste, elektrik enerjisinin 1 saat için kesilmesi, TL olarak negatif girdi şeklinde bilançoya yansıtacaktır.

#### 4. ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNDE HATALARIN ALGILANMASI VE ÇÖZÜMLENMESİ

Elektrik enerji sistemlerinde karşılaşılabilecek hatalar giderilmediğinde, sistemde kendi seçecekleri nokta ya da kısımlarda, tahribata yol açarak, açma gerçekleştirirler. Böyle bir tahribata yol açmamak için, elektrik enerji sistemlerinde hatanın mümkün olduğunca kısa sürede algılanması ve çözülmesi gerekir.

Elektrik enerji sistemlerinde hata olarak kabul edilen büyüklük oranlarını da iyi tespit etmek gerekir. Sınır değeri kısa süreli ve küçük bir miktarda geçen aşımalar hata olarak kabul edildiğinde, sık sık açma yapılması gerekecektir. Bu durumda, enerji transferi çok fazla kesintiye uğrayacağından, tüketiciler olumsuz etkilenecektir.

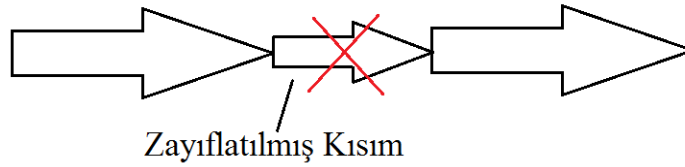


Şekil 4.1. Termik ve manyetik açma grafiği.

Aşırı akımlar için hata algılama sistemleri, yukarıdaki açıklamalar dikkate alınarak, gecikmeli ve ani açmalı olarak tasarlanırlar. İzin verilen akım sınırları içerisinde, termik açma özelliği ile gecikmeli açma sağlanır. Maksimum akım sınırında ise, termik açma özeliğine bağlı olmaksızın manyetik açma devreye girerek, daha fazla gecikme olmaksızın ani açma gerçekleşmesini sağlar. Termik ve manyetik açma ile açıklanan, gecikmeli ve ani açma özelliklerinin, aşırı akım dışındaki diğer hatalar içerisinde yer alması gerekir (Izquierdo., vd., 2011).

#### 4.1. Primer Hata Algılama ve Çözümleme

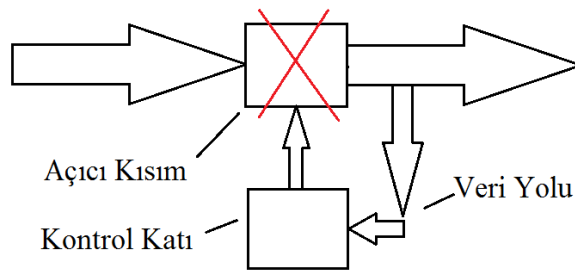
Elektrik enerji sistemlerinde karşılaşılan hatalar primer olarak algılanarak direkt giderilebilir. Enerji akış yoluna seri olarak bağlanan bu sistemler, aslında kasıtlı olarak zayıf bırakılmış noktalarlardır. Eriyen telli sigortalar, primer hata algılama ve çözümleme için iyi bir örnek olarak gösterilebilir. Şekil 4.2.'de zayıflatılmış kısım bulunduran bir primer hata algılama ve çözümleme sisteminin blok şeması görülmektedir.



Şekil 4.2. Primer hata algılama ve çözümleme.

#### 4.2. Sekonder Hata Algılama ve Çözümleme

Elektrik enerji sistemlerinde karşılaşılan hatalar sekonder olarak algılanarak indirekt olarak da giderilebilir. Enerji akış yoluna seri ya da paralel bağlanabilen bu sistemler, fiziksel büyüklükleri analiz ederek hataları tespit ederek uyarı ve açma dataları oluştururlar. Akım bilgisini akım transformatörlerinden alan açıcı şalterler sekonder hata algılama ve çözümleme için iyi bir örnek olarak gösterilebilir. Şekil 4.3.'de veri yolu, kontrol katı ve açıcı kısım bulunduran bir sekonder hata algılama ve çözümleme sisteminin blok şeması görülmektedir.

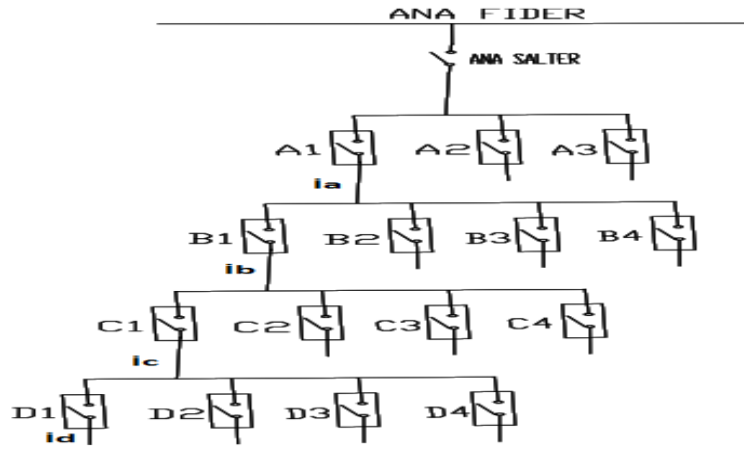


Şekil 4.3. Sekonder hata algılama ve çözümleme.

#### 4.3. Koruma Koordinasyonu

Bir koruma sistemi tasarlanırken, sistem üzerinde yerleşik algılayıcı ve açıcıların seçici bir koordinasyon sağlayacak şekilde yerleştirilmeleri gerekir. Seçici

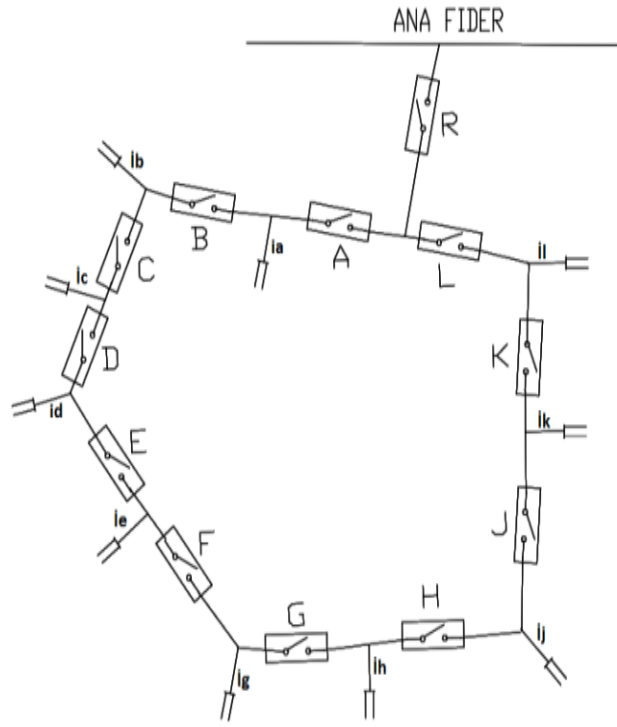
koordinasyon uygun biçimde sağlandığında, karşılaşılan bir hata durumunda minimum sayıda yük, bu hatadan etkilenecektir.



**Şekil 4.4.** Dal budak dağılımda koruma koordinasyonu.

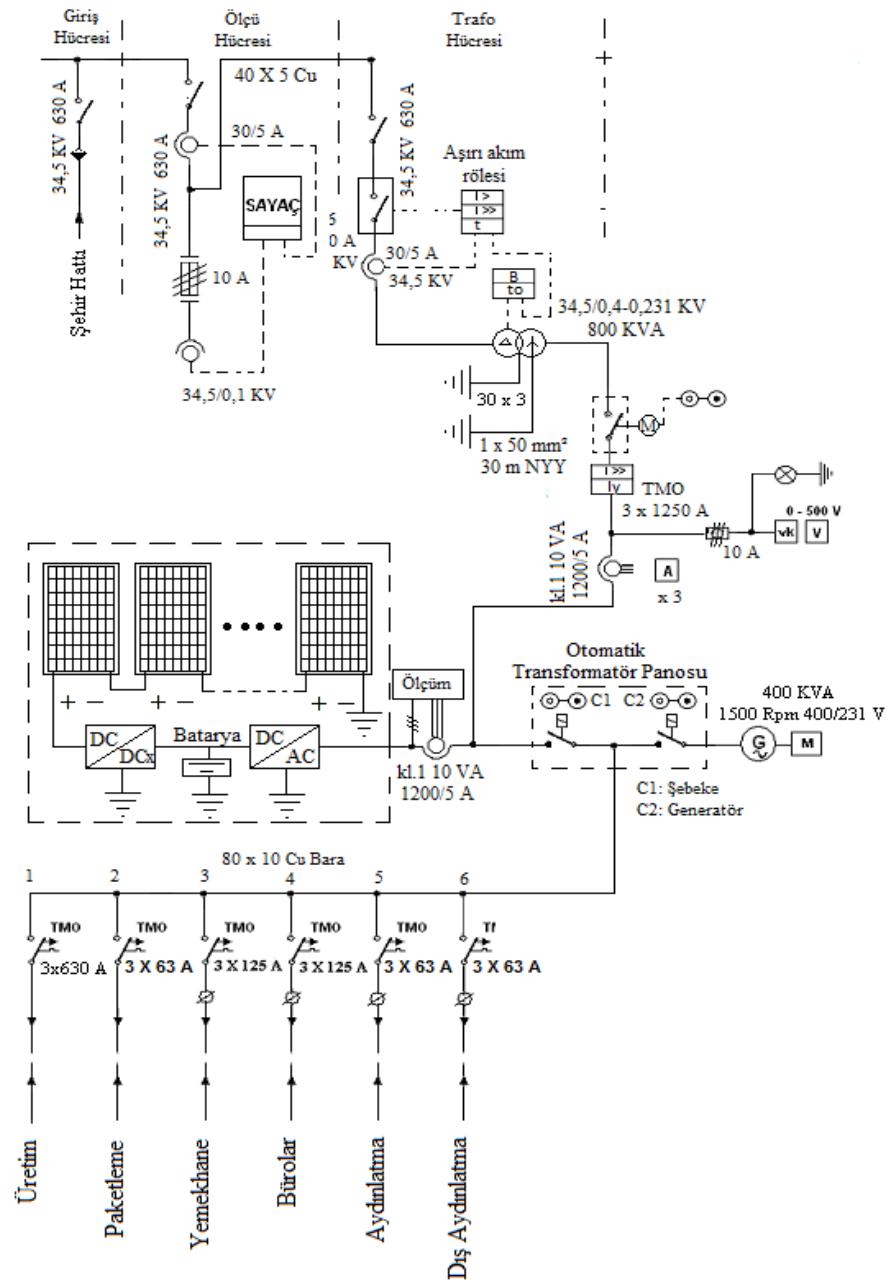
Dal budak dağılımda koruma koordinasyonu gerçekleştirilirken temel amaç, beslemenin alındığı çıkıştan ana fidere kadar olan tüm ara fiderlerler arasında, “ $I_k$ ” koruma akım seviyesindeki değişimin arttırılarak kademelendirilmesidir,

$$I_{kA} > I_{kB} > I_{kC} > I_{kD} \quad (4.1)$$



**Şekil 4.5.** Ring dağılımda koruma koordinasyonu.

Böylece, alt fiderlerin çıkış koruma seviyeleri, üst fiderlerin koruma seviyesinden daha küçük olacağından, hata ve hata sonunda gerçekleşecek açma, daha küçük bir alana hapsedilmiş olacaktır.



Şekil 4.6. Elektrik enerji sistemleri tek hat şeması.

Şekil 4.5.'de görülen ring yapısındaki bir şebeke için, koruma koordinasyonu tasarlanırken, sistemin çift taraftan beslenebildiği esas alınarak, hatasız bölgeleri mümkün olduğunca hatadan etkilememek gerekir.

Hata anında, mümkün olan en yakın noktalardan koruma açması sağlanarak, daha uzakta yer alan koruma sistemleri, ancak hataya yakın koruma sistemleri açmayı

sağlayamadıklarında devreye girmelidirler. İstenilen bu şart ancak, hata sonucu oluşan bilginin yanı sıra, hata noktasının açıcı röleye olan uzaklığının bir kontrol sistemi içerisinde değerlendirilmesi ile sağlanabilir (Calvo., vd., 2003).

## **5. ELEKTRİK ENERJİ SİSTEMLERİNDE HATA ALGILAMA VE ÇÖZÜMLEMESİNE YÖNELİK ALGORİTMİK BİR UYGULAMA**

Bu bölümde, elektrik enerji sistemlerinde en çok karşılaşılan hatalar üzerinde durularak, bu hataların algoritmik bir akış şemasına uygun biçimde mikroişlemci yazılımına uyarlanması ele alınmıştır. Bu kapsamda geliştirilen yazılım, 16F mikroişlemci ailesinden 16F877A üzerinde gerçekleştirilerek gerekli analizler yapılmıştır.

### **5.1. Elektrik Enerji Sistemlerinde Sıklıkla Karşılaşılan Hatalar**

Elektrik enerji sistemleri, farklı tipteki hatalarla sık sık karşılaşılabilen ortamlardır. Bu hatalar ve arızalar; kısa devre, aşırı akım, kaçak akım, düşük veya yüksek gerilim, frekans bozulması, nem ve olağan dışı fiziksel şartlar olabilir.

#### **5.1.1. Kısa devre**

Tüm fiziksel akışkanlarda olduğu gibi, elektrik akımı da birbirinin alternatifi olan iletken yollarla karşılaştığında, en kısa ve kolay olanı tercih eder. Elektrik enerji sistemlerinde de, direnci çok küçük iletken kısımları, asıl devreye paralel olarak gerilime maruz kaldığında, çok büyük akım çeker. Akımın asıl devreden normal olarak geçmesi yerine, kolay yoldan büyük değerde geçtiği bu durum kısa devre olarak adlandırılır. Kısa devre akımları çok çabuk bir şekilde sonlandırılmadığı takdirde, büyük tahribatlara yol açarlar.

Gerçekleştirdiğimiz uygulama, kısa devre akımlarına karşı da koruma gerçekleştirmekle beraber, çoğu şalterin kendi içyapısında yer alan manyetik açma özelliği için algılama ve açma işlevi toplam süresi sistemimize ait algılama ve açma işlevi toplam süresinden daha az olacaktır. Bu durumun sebebi, şalterin kendi içyapısından elde edilen manyetik açma bilgisinin, anında şalterin içyapısında açma işlevini sağlamasıdır. Aksi bir durumda, termik açma özelliğinin ya da gerçekleştirdiğimiz uygulama devresi gibi karmaşık sistemlerin, kısa devre açma yapması risk oluşturacaktır.

### 5.1.2. Kaçak akım

Elektrik enerji sistemlerinde, elektriksel akımların, faz ve nötr iletkenleri dışına geçişi, kaçak akım olarak adlandırılır. Başka bir ifadeyle kaçak akım, bir hata olarak elektrik enerji sisteminde sistem dışına çıkan akımdır. Yalıtkanın kalitesizliği, nemlenme, çarpılma v.b. olumsuz şartlar enerji kaybı oluşturarak kaçak akım meydana getirir. Klasik koruma sistemleri ile algılanamayan kaçak akım hatası,

$$I_R + I_S + I_T + I_{Mp} \neq 0 \quad (5.1)$$

şartı sağlandığında gerçekleşir. Kaçak akım koruma röleleri benzer biçimde, selenoid bir bobin içerisinden geçirilen faz ve nötr iletkenlerinin oluşturduğu,

$$\emptyset_R + \emptyset_S + \emptyset_T + \emptyset_{Mp} \neq 0 \quad (5.2)$$

toplam manyetik akı bileşkesini kullanarak hata bilgisi üretirler. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada da, benzer şekilde selenoid bir bobin içerisinden geçirilen faz ve nötr iletkenlerinin oluşturduğu kaçak akım bilgisi, mikroişlemci yazılımı tarafından değerlendirilmektedir. Birçok kaçak akım koruma rölesinin sahip olduğu 30 mA ve 300 mA akımlarından farklı olarak, uygulamamızda istenilen kaçak akım değerinde uyarı ya da açma işlevi yerine getirme özelliği mevcuttur.

### 5.1.3. Düşük veya aşırı gerilim

Alçak gerilim elektrik enerji sistemlerinde, elektriksel gerilimlerin yükler ve abonelerin gerektirdiği değerlerde olması istenir. Bu değerler ülkelerden ülkeye değişmekte olup, çoğunlukla faz/fazlar arası olmak üzere 110/190, 220/380, 240/415 V değerlerindedir. Bu değerlerin alabilecekleri alt ve üst limitler mevcut olup, bu limitleri aşan değerler düşük veya aşırı gerilim olarak adlandırılır. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada 220/380 V değerlerinin -/+ %3 sapmalarında düşük veya aşırı gerilim uyarı hata bilgisi, -/+ %5 sapmalarında ise düşük veya aşırı gerilim açma hata bilgisi belirlenerek uygulanmıştır.

### 5.1.4. Aşırı akım

Elektrik enerji sistemlerinde elektriksel akımların, yükler ve iletkenler ve elektrik akımı sağlayıcıların sınır değerlerini aşmaması istenir. Bu değerlerin

olabileceği üst limitler, koruma gerçekleştirilen kısma bağlı olsa da, genel olarak %10 sınırının aşımı kabul edilmez. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada da, normal çalışma akımının +%3 sapmalarında aşırı akım uyarı hata bilgisi, +%5 sapmalarında ise aşırı akım açma hata bilgisi belirlenerek uygulanmıştır.

#### **5.1.5. Faz sırası bozulması**

Alçak gerilim elektrik enerji sistemlerinde faz sırası, motor yüklerinin ve ölçme cihazlarının istenilen yönde ve güvenli çalışması için büyük önem arz eder. Bu sebeple, elektrik enerji sisteminde şebeke bağlantısı ile elde edilen faz sırası, sonradan değiştirilmemelidir. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada, başlangıç şartlarında bağlanan faz sırası normal kabul edilerek, faz sırası değişiminde direkt açma hata bilgisi elde edilmiştir.

#### **5.1.6. Frekans bozulması**

Elektrik enerji sistemlerinde, frekansın yükler ve abonelerin gerektirdiği değerlerde olması istenir. Bu değerler ülkelerden ülkeye değişmekte olup, çoğunlukla 50 ve 60 Hz değerlerindedir. Bu değerlerin olabilecekleri alt ve üst limitler mevcut olup, bu limitleri aşan değerler düşük veya aşırı frekans olarak adlandırılır. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada 50 Hz değerlerinin -/+ %3 sapmalarında düşük veya aşırı gerilim uyarı hata bilgisi, -/+ %5 sapmalarında ise düşük veya aşırı gerilim açma hata bilgisi belirlenerek uygulanmıştır.

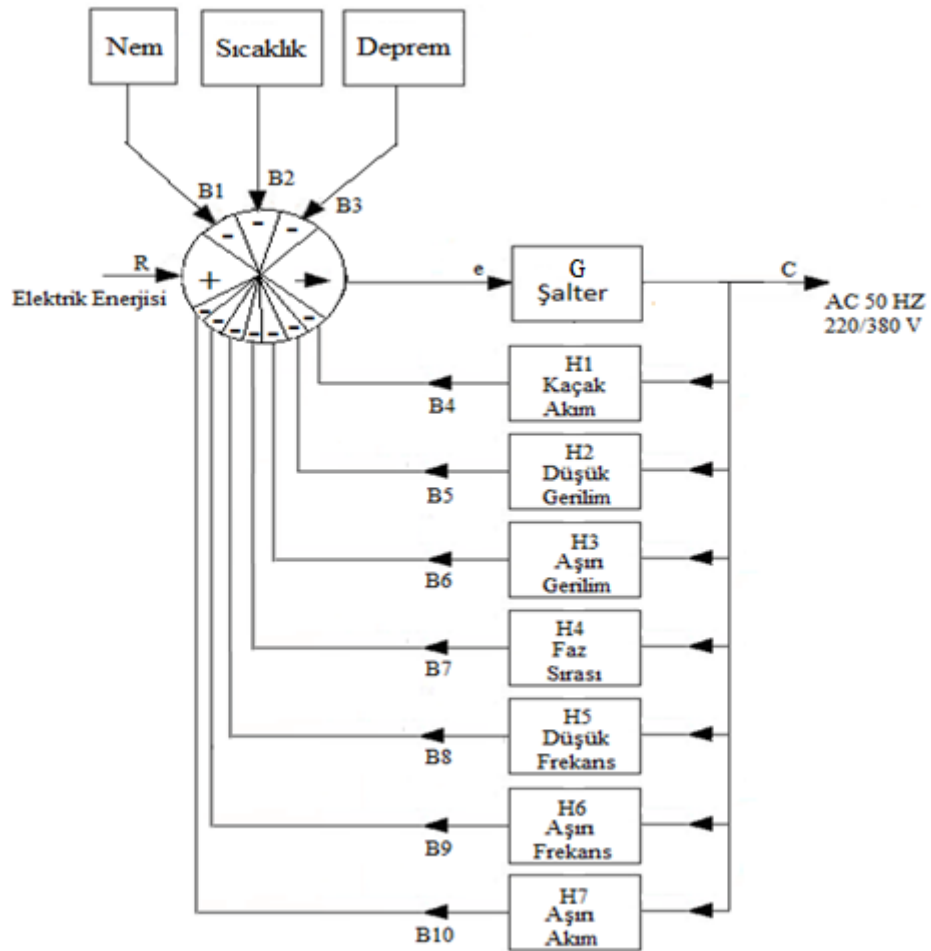
#### **5.1.7. Nem**

Dünyamız atmosferinde, nem az ya da çok miktarda her zaman mevcuttur. Nemin az olması, canlılar için sorun oluştururken, nemin fazla olması canlılardan daha fazla cihaz ve ekipmanlar için sorun oluşturur. Nem oransal olarak ölçülen bir büyüklük olup, %50 nem oranı ideal durum olarak kabul edilebilir. %100 nem oranının aşılması durumunda ise, sıcaklık şartlarına da bağlı olarak yoğunlaşma ve çığ meydana gelir.

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada %100 nem değeri maksimum kabul edilebilir değer olarak alınmış olup, bu değerinin +%3 üstündeki sapmalarda uyarı hata bilgisi, +%5 üstündeki sapmalarda ise, açma hata bilgisi belirlenerek uygulanmıştır.

### 5.1.8. Olağan dışı fiziksel şartlar

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada, yukarıda belirtilen hata bilgilerinin dışında olağan dışı fiziksel şartlar için de uyarı hata bilgisi ve açma hata bilgisi elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, deprem riskine karşı, oluşan sarsıntıları algılayarak hata bilgisi, yangın riskine karşı, oluşan sıcaklık artışlarını algılayarak hata bilgisi elde etme uygulamaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.1. Olağan dışı fiziksel şartların diyagramı.

Bu durumda gerçekleşen enerji akışı için enerji transfer fonksiyonu,

$$TF = \frac{G}{1 + G.(H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6 + H7)} \quad (5.3)$$

olarak yazılabilir.

## 5.2. Mutlak ve Bağıl Hata Oranı

Çalışmada, tüm ölçme sistemlerinde olduğu gibi mutlak hata,

$$\Delta X = X' - X \quad (5.4)$$

ve bağıl hata,

$$\%H = \frac{\Delta X}{X} = \frac{X' - X}{X} \quad (5.5)$$

bilgilerinden yararlanılmıştır. Deprem ve faz sırası hataları mutlak hata olarak değerlendirilerek direkt açma bilgisi elde edilirken; nem sıcaklık, aşırı akım, kaçak akım, düşük veya yüksek gerilim, frekans bozulması hataları bağıl hata olarak değerlendirilmiştir.

Tüm hata bilgileri mikroişlemcide değerlendirilmekle beraber; mutlak hata bilgileri sınır değeri aşınca direkt olarak, bağıl hata bilgileri ise, kademeli analog dijital dönüştürme uygulanarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, özel olarak farklı bildirilmedikçe; %5'i geçen bağıl hatalarda uyarı bilgisi, %7'yi geçen bağıl hatalarda ise açma bilgisi elde edilmesi amaçlanmıştır.

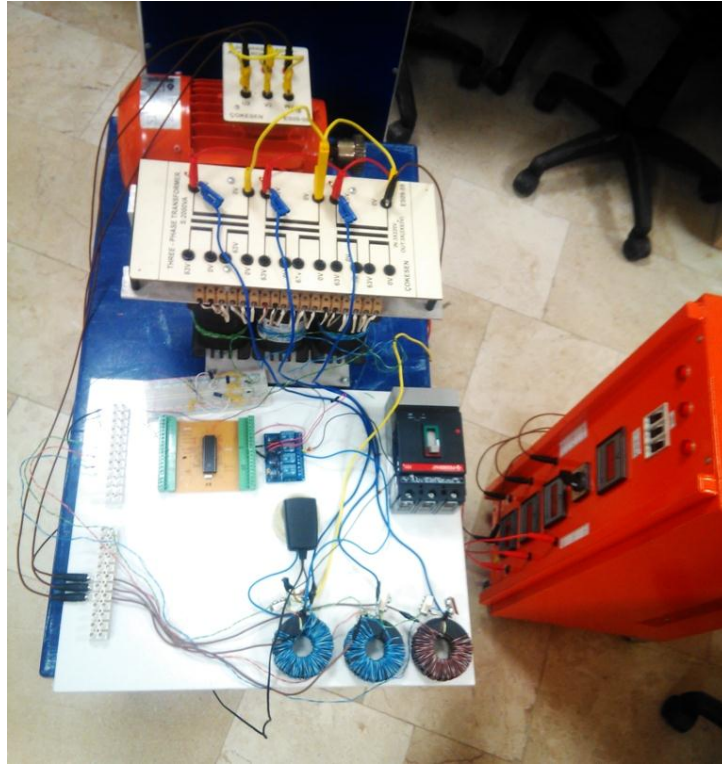
## 5.3. Uygulama Devresi

Gerçekleştirilen uygulamalarda mikroişlemci esaslı kontrol gerçekleştirilmiş olup, kullanılan elemanlar ve özellikleri Çizelge 5.1.'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.1.** Gerçekleştirilen uygulamalarda kullanılan elemanlar.

Eleman Adı	Özelliği
Açma Bobinli Şalter	400 V, 50 A, 35 KA
Akım Trafosu (3 Adet)	2,5/1 A
16 F877A Mikroişlemcili Kontrol Katı	16 F877A Pic Özellikli
Üç Fazlı Transformatör	380/110-55-3,3 V 5 KVA
<b>Üç Fazlı Ayarlı Varyak</b>	0-400 V 5 KVA
Sürücü Röle Devresi	5V/220V
Ampermetre (3 Adet)	Dijital Multimetre
Voltmetre (3 Adet)	Dijital Multimetre

Uygulamalarda kullanılan devre elemanları Şekil 5.2.'de gösterilmiş olup, şekilden de görüleceği gibi, gerçekleştirilen uygulama devresi farklı deneyler için uyumluluk sağlayabilecek biçimde tasarlanmıştır. Mikroişlemcili kontrol katında yer alan 16 F877A mikroişlemci pic, istenilen gömülü yazılımda çalıştırılarak farklı çalışma ve hata algılama karakteristiklerle sağlama avantajına sahiptir. Bu çalışmada, 16 F877A mikroişlemci pic, yukarıda detayları belirtilen hataları algılamak için programlanmış olup, bu hatalar karşısında uyarı ya da açma bilgileri üretebilmektedir.

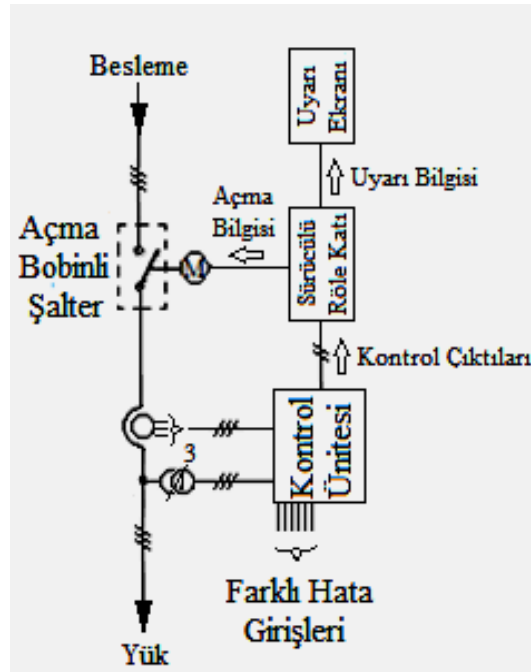


**Şekil 5.2.** Uygulama devresi ve bağlantı görüntüsü.

#### **5.4. Uygulama Yöntemi**

Uygulamalarda kullanılan devre ekipmanları Şekil 5.2.'de gösterilmiş olup, gerçekleştirilen uygulama devresi farklı deneyler için uyumluluk sağlayabilecek biçimde tasarlanmıştır. Mikroişlemcili kontrol katında yer alan 16 F877A mikroişlemci pic, istenilen gömülü yazılımda çalıştırılarak farklı çalışma ve hata algılama karakteristiklikleri sağlama avantajına sahiptir. Bu çalışmada, 16 F877A mikroişlemci pic, yukarıda detayları belirtilen hataları algılamak için programlanmış olup, bu hatalar karşısında uyarı ya da açma bilgileri üretebilmektedir.

Uygulama ekipmanları ile kurulan devrenin akış şeması devresi ise Şekil 5.3.'de görülmektedir. Bu devrede de görüleceği gibi, elektrik enerji sisteminde ortaya çıkan ve ekstra olarak oluşabilecek hatalar, kontrol ünitesinde değerlendirilmektedir. Kontrol ünitesi çıktıları sürücülü röle katı üzerinden uyarı ya da açma bilgisi oluşturabilmektedir.



Şekil 5.3. Uygulama akış devresi.

### 5.5. Kontrol Katında Kullanılan Mikroişlemci, 16F877A

Çalışmada, kontrol katı uygulamaları için PIC16F877A entegre chipi kullanma tercih edilmiştir. PIC16F877A entegre chipi,

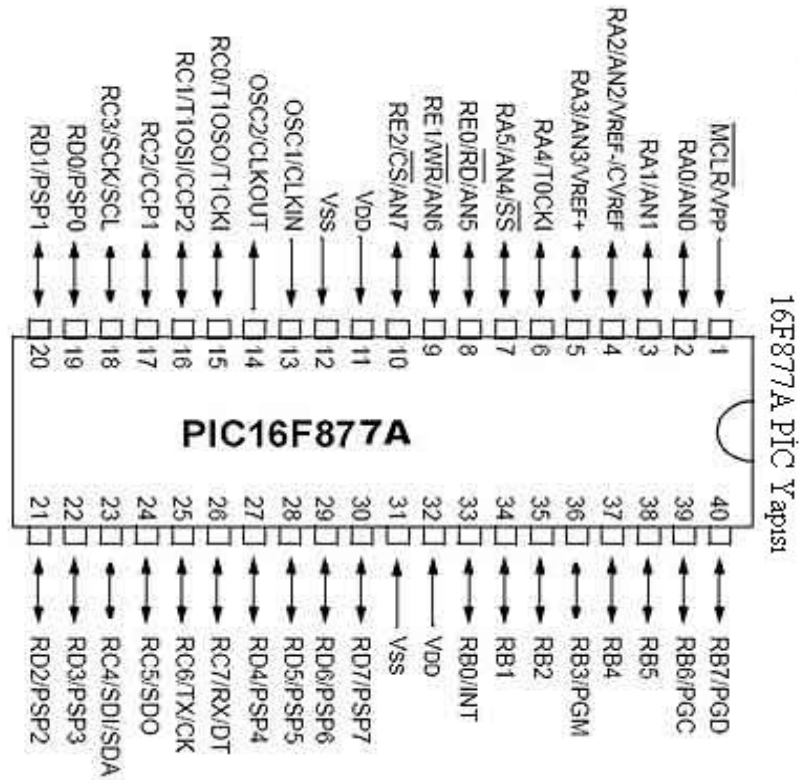
- Analog/sayısal dönüştürme özelliğine sahip olması.
- Maliyetinin uygun ve kolay bulunması.
- İstenilen yazılımın içerisine rahatlıkla gömülebilmesi.
- Giriş ve çıkış katında ara yüz gerektirmemesi.

Bakımlarından avantajlara sahiptir. Şekil 5.4' de Pic 16F877A'ya ait temel özellikleri, Şekil 5.5.'de ise uç adlandırmaları görülmektedir.

**Çizelge 5.2.** PİC 16F877A genel özellikleri.

<b>PİC 16F877A Genel Özellikleri</b>	
Çalışma hızı	DC-20MHz
Program belleği	8Kx14 word Flash ROM
EEPROM Veri belleği	256 byte
Kullanıcı RAM	368x8 byte
Giriş/Çıkış port sayısı	33
Timer	Timer0, Timer1, Timer2
	16 bit Capture
A/D çevirici	16 bit Compare
	10 Bit PWM çözünürlük
Seri çevresel arayüz	SPI (Master) ve 12C (Master/Slave) modunda SPI portu (senkron seri port)
Paralel slave port	8 bit, harici RD,WR ve CS kontrollü
USART/SCI	9 bit adresli

Şekil 5.4.'de pic portları görülmektedir.



**Şekil 5.4.** Deneyde kullanılan mikroişlemcinin yapısı.

Aşağıda, çalışmamızda mikroC programı kullanarak Pic 16F877A'ya gömülen yazılımın bir kısmı görülmektedir.

```
long int veri1 = 0;
```

```
long int veri2 = 0;
```

```
int a =0;
```

```
float akim=0;
```

```
float gerilim = 0;
```

```
unsigned freq=0;
```

```
unsigned count=0;
```

```
char txt[7];
```

```
char sayi=0;
```

```
void main() {
```

```
trisa = 0xff;
```

```
TRISC.RC2=1;
```

```
TRISB=0; PORTB=0;
```

```
adcon1 = 0b10000010;
```

```
ADC_Init();
```

```
T1CON.T1CKPS1=0; // Timer1
prescaler değeri 1:1 olarak
ayarlandı.
```

```
T1CON.T1CKPS0=0; //
```

```
T1CON.T1OSCEN=0; // Timer1
harici osilatör pasif edildi.
```

```
T1CON.TMR1CS=0; // Dahili saat
kaynağı seçildi.
```

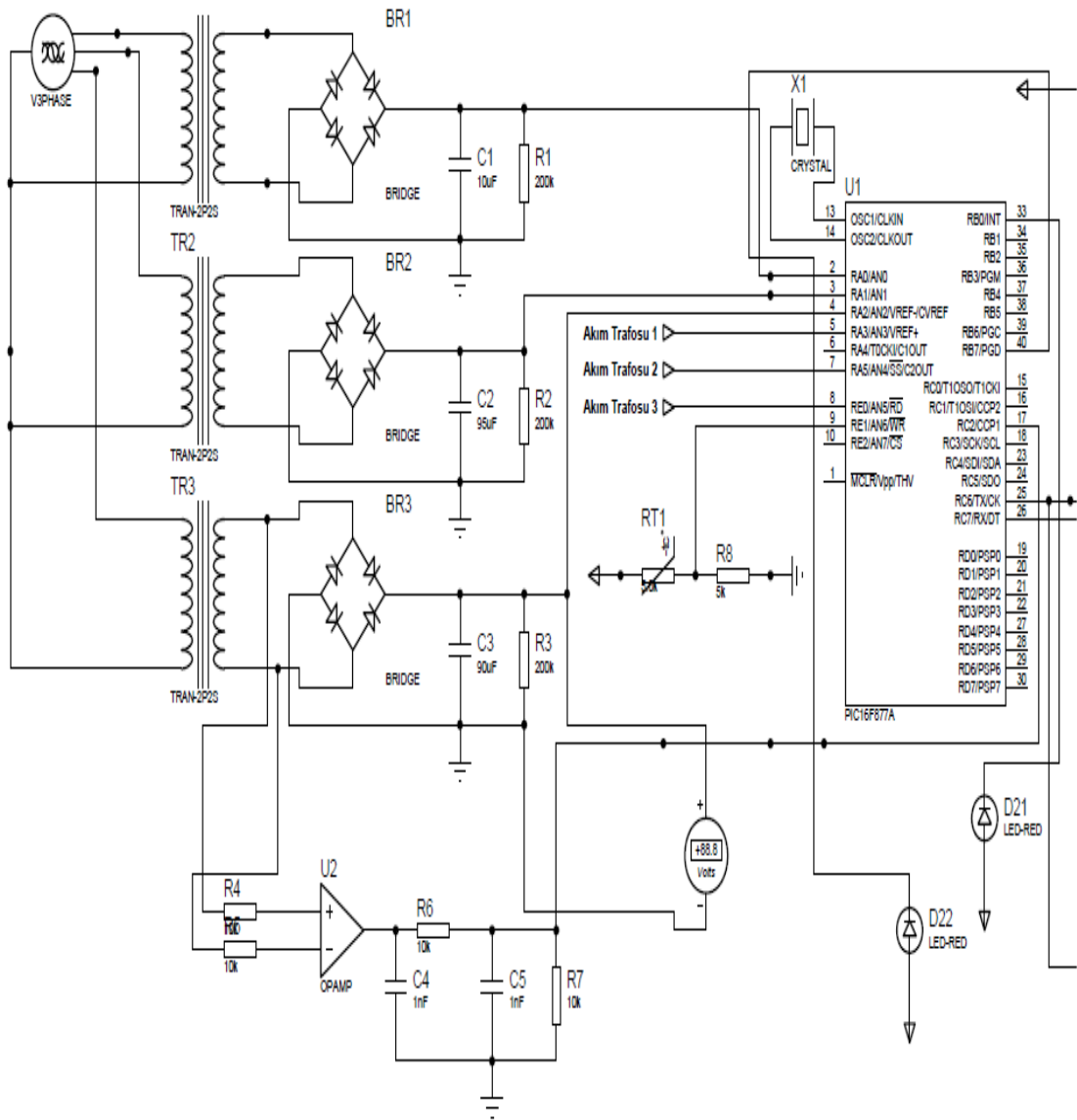
```

CCP1CON.CCP1M3=0; // Capture
Her yükselen kenarda kesme
oluşturacak.
CCP1CON.CCP1M2=1;
CCP1CON.CCP1M1=0;
CCP1CON.CCP1M0=1;
INTCON.PEIE=1; // Çevresel
kesmelere izin verildi.
INTCON.GIE=1; // Bütün
kesmelere izin verildi.
TMR1H=0; //16 bitlik Timer1 sayaç
registeri temizlendi.
TMR1L=0;
UART1_Init(9600);
Delay_ms(10);
PIE1.CCP1IE=1; // Capture
kesmesine izin verildi.
PIR1.CCP1IF=0; // Kesme bayrağı
temizlendi.
T1CON.TMR1ON=1; //timer1
çalışmaya başladı.

akim = (0.004887586*veri1);
gerilim = (0.004887586*veri2);
delay_ms(100) ;
freq=1000000/count; //Frekans
Hz cinsinden hesaplanıyor.
inttostr (freq,txt); //Hesaplanan
frekans 100ms'de bir uart üzerinden
gönderilecek.
Uart1_Write_Text(txt);
}
}
void Capture_Kesmesi() iv 0x0004
ics ICS_AUTO { //kesme
altprogramı
PIR1.CCP1IF=0; // kesme bayrağı
sıfırlanıyor.
TMR1H=0;TMR1L=0; // timer1
saya. registeri temizleniyor.
count=(CCPR1H<<8)+CCPR1L; //
CCPR1H ve CCPR1L registerları
birleştirilerek capish isimli
değişkene kaydediliyor.
}delay_ms(1000); // 1000
ms gecikme süresi
}
}
}
while(1){
veri1 = ADC_read(2);
veri2 = ADC_read(3);

```

Şekil 5.5.'da ise gerçekleştirilen çalışmanın Proteus Programı'nda simülasyon durumu görülmektedir.



**Şekil 5.5.** Proteüs simülasyon şeması.

Şekilde 5.5.'de görüldüğü gibi 4 nolu bacağa uyguladığımız aşırı akım yazılımında belirttiğimiz eşik değeri geçip röleyi kapalı konumdan açık konuma almıştır.

## 5.6. Uygulama Sonuçları

Deneyden alınan sonuçlar Çizelge 5.3.'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.3.** Deneyden elde edilen sonuçlar.

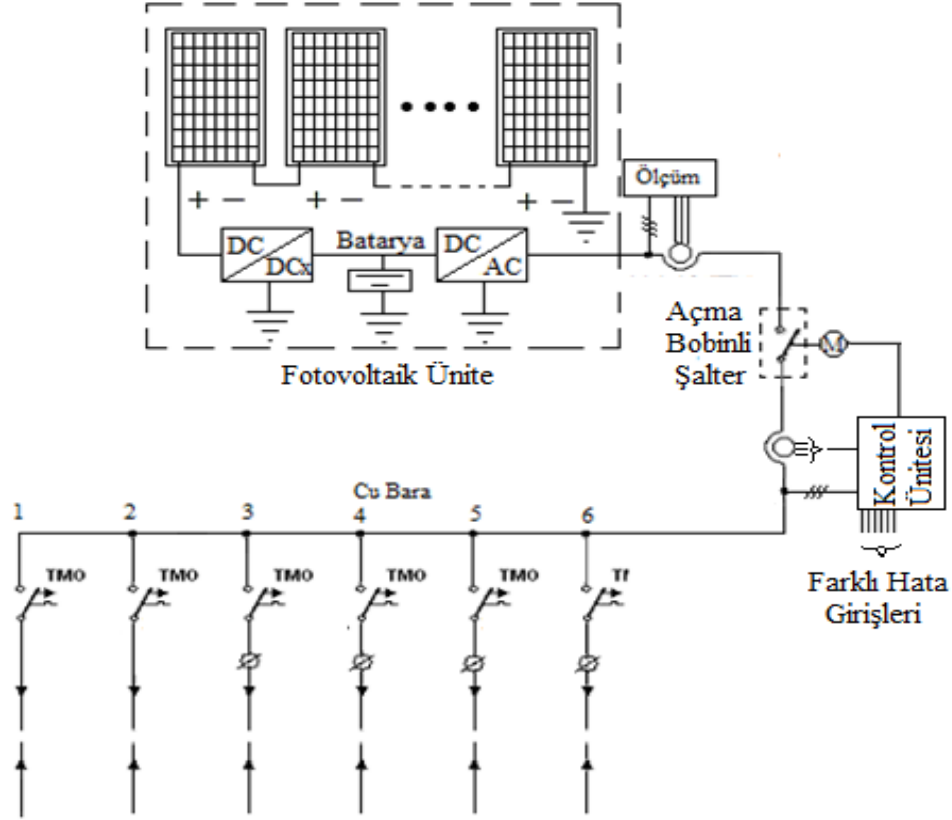
Ölçüm Verisi	Analog Genlik	Çıktı Bilgisi	Açıklama
$U > 225V$	$U_t > 3,47 V$	Uyarı Bilgisi	Aşırı gerilim
$U > 230V$	$U_t > 3,63 V$	Açma Bilgisi	
$U < 215V$	$U_t < 3,14 V$	Uyarı Bilgisi	Düşük gerilim
$U < 210V$	$U_t < 2,97 V$	Açma Bilgisi	
$I > 2,38 A$	$U_t > 3,47 V$	Uyarı Bilgisi	Aşırı akım
$I > 2,38 A$	$U_t > 3,63 V$	Açma Bilgisi	
$f > 50,5 Hz$	$U_t = 3,3 V$	Uyarı Bilgisi	Aşırı frekans
$f > 50,5 Hz$	$U_t = 3,3 V$	Açma Bilgisi	
$f < 49,5 Hz$	$U_t = 3,3 V$	Uyarı Bilgisi	Alçak frekans
$f < 49,0 Hz$	$U_t = 3,3 V$	Açma Bilgisi	
$> \% 105$	5 V	Uyarı Bilgisi	Nem
$> \% 110$	5 V	Açma Bilgisi	
$t > 65 ^\circ C$	5 V	Uyarı Bilgisi	Sıcaklık
$t > 90 ^\circ C$	5 V	Açma Bilgisi	
$> 1,5 m/sn^2$	5 V	Açma Bilgisi	Deprem

## 5.7. Sistemin Fotovoltaik Bir Üniteye Uyarlanması

Fotovoltaik sistemlerin kurulum amacı, sistemden mümkün olduğunca fazla elektrik enerji üretmek ve üretilen elektrik enerjisini alıcıların hizmetine en az hata ve düşük maliyetle sunmaktır. Fotovoltaik sistemler kurulurken, maksimum zaman aralığında güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmesi amaçlanmıştır. Fotovoltaik sistemlere uyarlanabilen çalışmamızın amacı, sistemde oluşması muhtemel hataların önceden tespit edilip, anında müdahale ile sürekli ve en fazla verimle çalışması kontrol altına alınacaktır.

Kurulması planlanan her bir fotovoltaik sistemin detayları hesaplanırken, kırk yıla kadar ömür biçilen fotovoltaik sistemlerin, hangi hatalarla karşılaşacağı ve bu hataların çözümlerinin ne kadar pratik ve düşük maliyetli olacağı da plana dâhil edilmelidir. Sistem kurulumunda öngörülmeyen hatalar ve çözümleri, daha sonraki süreçte tespit edilecek ve bu hataların çözümü hem yatırımcıyı hem de sisteme dâhil

olan alıcıları ciddi sıkıntılarla karşılaşmalarına sebep olacaktır. Şekil 5.6.'da sistemin fotovoltaik bir üniteye uygulanması görülmektedir.



Şekil 5.6. Sistemin fotovoltaik bir üniteye uygulanması.

### 5.7.1. Fotovoltaik sistemlerde sıkça karşılaşılan hatalar

Fotovoltaik enerji sistemlerinde sıkça karşılaşılan hatalar, anlık toplanan veriler ile teorik veriler karşılaştırılarak sistemin ne kadar verimli çalıştığını yaklaşık olarak hesaplamaktadır. Planlama ve montaj hatalarının olup olmadığını, hangi tür hataların ne sıklıkla tekrar ettiğini, hataların çözümleri için nelerin yapıldığını ve yapılması gerektiğini, oluşan hangi tür hataların sisteme ne ölçüde zarar verdiği vb. durumları kontrol altına alarak, oluşacak hatalara karşı gerekli önlemleri almamız mümkün hale gelecektir.

Fotovoltaik enerji sistemlerinde sık karşılaşılan hataları şu şekilde sıralayabiliriz;

- Modüllerde sıcaklık yükselmesi.
- Modüllerin birbirinden farklı elektriksel değerlikte olması.

- Gölgeleme.
- Nem.
- Sarsıntı.
- Montaj hatası.
- Rüzgâr şiddeti.
- Yıldırım düşmesi.
- Gerilim ve frekans dalgalanması.
- Seri bağlı modül dizininde, modüllerden birinin arızalanması veya veriminin düşmesi.

Yukarıdaki durumlar Şekil 5.6.'da görüldüğü üzere, fotovoltaik sistemlere uygulanacak sistem sayesinde, hata ve arıza durumunda sistemin zarar görmeden ya da en az zararla sistemin minimum sürede tekrar çalışmasını sağlayan uygulama ile sistem ve alıcıların güven ve kontrolü sağlanmış olacaktır.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elektrik enerji sistemlerinde; üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarını içeren birçok hatalar meydana gelebilir. Bu hataları ortaya çıkaran sebepler çok kısa bir sürede ortadan kalkmazsa, elektrik enerji sistemlerine ve bu sistemden beslenen elektriksel yüklere zarar verebilirler. Bu sebeple, elektrik enerji sistemlerinde ortaya çıkan hataların çok kısa bir sürede ve mümkün olan en dar bölgeyi etkileyecek şekilde giderilmesi gerekir.

Gerçekleştirilen tezde, bu amaçla elektrik enerji sistemlerinde hata algılama ve çözümlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar ile farklı hata tiplerini algılayarak uyarı ve açma bilgileri oluşturabilen bir model tasarımı hedeflenmiştir.

Tasarımı gerçekleştirilen model elektrik enerjisi tüketim sistemlerinde karşılaşılabilecek hataları algılama yeteneğinde olup, bu hatalar karşısında vereceği tepkiler yazılımsal olarak belirlenebilmektedir. Oluşturulan yazılımlar, mikroişlemci pic destekli bir kontrol katında değerlendirilmektedir. Yazılımın sabitleri ve değişkenleri için belirlenen eşik seviyelerinde değişimler yapılarak, hata algılama ve tepki türleri farklılaştırılabilir. Bu durum, gerçekleştirilen çalışmanın farklı durumlara uyarlanabilme yeteneğinden kaynaklanmaktadır. Gerçekleştirilen tasarım modelindeki değişken kavramları için, prototipi daha da geliştirerek, açma bobinli şalterlere fonksiyonel değişim özellikli kontrol ünitesi geliştirme yeteneği mevcuttur.

Tez kapsamında yapılan uygulama devresi ile, aşırı akım, gerilim ve frekans uyumsuzluğu gibi farklı elektriksel hatalardan elde edilen analog bilgiler PIC 16F877A'nın A/D dönüştürücü özelliği ile değerlendirilerek, uyarı yada açma bilgilerinin elde edilmesi sağlanmıştır. PIC 16F877A ile ayrıca sıcaklık, sarsıntı v.b. fiziksel aşırılıkların da değerlendirilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Böylece, yapılan çalışma ile açma bobinli şalterlere kombine koruma özelliği kazandırılması, ekonomik ve de uygulanabilir pratiklikte sağlanabilmiştir. Pic yapıların farklı üretimlerinde benzer karakteristikliklerin tam olarak elde edilememesi nedeniyle, benzer çalışmalarda farklı mikroişlemci yapılar tercih edilebilir.

## 7. KAYNAKLAR

- Baliga, J., "Modern power devices", *John Wiley and Sons Inc.*, New York, NY, (1987).
- Bulu, A., "Hidroelektrik Santrallerin Tasarım ve Hesap Esasları". *Okan Üniversitesi Yayınları* İstanbul, 210 (2011).
- Burden, D. M., Malaney, F. N., "Fused resistive electrical protection device" *US4047143 A* (1976).
- Calvo, I., Marcos M. ; Orive D., Huidobro A., "Object-oriented based architecture for accessing remotely electrical protection relays", *Emerging Technologies and Factory Automation Conference*, 2: 614-621 (2003).
- DSİ Genel Müdürlüğü, "Baraj Nedir?", <http://www.dsi.gov.tr/cocuk/cocuk.html> , (Mayıs, 2016).
- Esrām, T., Chapman, P.L., "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 2: 439-449 (2007).
- Fuhua, D., "Electrical Protection and Definite Values of DC Traction Power Supply System for Metro" *Urban Rapin Rail Transit*, (2005).
- Hamid, N. and Mohamed, H. B., "Monitoring and Diagnosis of Induction Motors Electrical Faults Using a Current Park's Vector Pattern Learning Approach", *IEEE Transactions on Industry Applications*, 36(3): 730-735 (2000).
- Hernández, J.C., De la Cruz J., Ogayar B., "Electrical protection for the grid-interconnection of photovoltaic-distributed generation", *Electric Power Systems Research*, 85-89 (2012).
- Izquierdo D., Barrado A., Raga C., Sanz M., "Protection Devices for Aircraft Electrical Power Distribution Systems": State of the Art, *IEEE Transactions on Aerospace*, 47: 3 (2011).
- Kojovic, L. A., Skendzic, V., Day, T. R., "Electrical Protection System" *US 6940702 B2* (2005).

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Maslowski, G., Wyderka, S., Ziemba, R., Karnas, G., Filik, K., “Measurements and modeling of current impulses in the lightning protection system and internal electrical installation equipped with household appliances”, *Electric Power Systems Research*, 35-317 (2016).
- Nakamura, I., “Protection circuit for electrical appliance”, *US5019935 A, Espacenet*, 7: 322-506 (1991).
- Pak, P. S., Suzuki, Y. “Exergetic Evaluation of Gas Turbine Cogeneration Systems for District Heating and Cooling”. *International Journal of Energy Research*, 21: 209-220 (1997).
- Stemme, H., "SingleBladedWindTürbine", *ModemPowerSystem*, 67 (1989).
- TEİAŞ, Ataman, B.,”Enerji İletim Hatları İle İlgili Genel Bilgiler “,**4.İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü**, <http://www.teias.gov.tr/eBulten/makaleler/2010/Sunu-4.iletim>, (Haziran, 2016).
- Thorsen, O. V., Coll B., Dalva M., “A survey of faults on induction motors in offshore oil industry, petrochemical industry, gas terminals, and oil refineries” *IEEE Transactions on Industry Applications*, 31: 5 (1995).
- Türkiye Başbakanlık Mevzuat “Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği Birinci Bölüm” <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.10392&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0> (Haziran 2016).
- Varol, Ö.E., “Düşey Yüzlü Kıyı Yapıları Üzerinde Kullanılabilecek Dalga Enerjisi Dönüştürücüsü Tasarımı”, Doktora Tezi, *İTÜ, Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Anabilim Dalı, Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Programı*, İstanbul (2013).
- Yafaoui, A., Wu, B., Cheung, R., “Implementation of Maximum Power Point Tracking Algorithm for Residential Photovoltaic Systems”, *2nd Canadian Solar Building Conference*, 10-14 (2007).
- YGEM, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, <http://www.eie.gov.tr/> (Haziran 2016).

## ÖZGEÇMİŞ



### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ferit YETİŞ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Niğde / 15.12.1986

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

### İş Deneyimi

Çalıştığı Kurumlar : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

### İletişim

Adres : Pazaryeri Meslek Yüksekokulu Pazaryeri/Bilecik  
Tel : 0228 214 17 39  
E-Posta Adresi : ferit.yetis@bilecik.edu.tr

### Akademik Çalışmaları:

Yetiş, F., “Fotovoltaik sistemler ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin çalışma uyumlulukları”, *V.Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi UGHEK’2016*, Eskişehir, 40(2016).

**Tarih:29/06/2016**