



T.C.

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ENERJİ SİSTEMLERİNDE MEYDANA GELEN GEÇİCİ
OLAYLARIN OTOMASYON SİSTEMLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİ**

Yüksek Lisans

Remzi ÇETİN

Çorum - 2023

**ENERJİ SİSTEMLERİNDE MEYDANA GELEN GEÇİCİ OLAYLARIN
OTOMASYON SİSTEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Remzi ÇETİN

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

Yüksek Lisans Tezi

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Mehmet Fatih IŞIK

Çorum 2023

KABUL ONAY SAYFASI

Remzi ÇETİN tarafından hazırlanan “Enerji Sistemlerinde Meydana Gelen Geçici Olayların Otomasyon Sistemleri Üzerindeki Etkileri” adlı tez çalışması .../.../..... tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mehmet Fatih IŞIK

.....

Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan TOZLU

.....

Dr. Öğr. Üyesi Salih ERMİŞ

.....

Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../..... tarih ve sayılı kararı ile Remzi ÇETİN'in Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Prof. Dr. Muhammed Asif YOLDAŞ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.



Remzi ÇETİN

ENERJİ SİSTEMLERİNDE MEYDANA GELEN GEÇİCİ OLAYLARIN OTOMASYON SİSTEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Remzi ÇETİN

ORCID: 0000-0003-0603-1708

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans Tezi

Ocak 2023

ÖZET

Bu tez çalışmamızda, elektrik enerji sistemlerinde meydana gelen geçici olayların otomasyon sistemleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve alınması gereken önlemler sunulmuştur. Enerji sistemlerindeki geçici olaylar anlık olarak oluşan olaylar olup çoğu zaman ciddi zararlara yol açabilmektedir. Bu zararlar bazen cihazlara zarar verirken bazen de canlılara da zarar verebilmektedir. Bu nedenle sistem kontrolünün üst düzeyde olması ve oluşabilecek zararlara karşı etkin bir yapı kurulması gerekmektedir. Bu süreçte öne çıkan en önemli sistem otomasyon sistemlerinin güvenliğidir. Şebekede meydana gelebilecek geçici olayların en büyük etkisi otomasyon sistemleri üzerine olmaktadır. Bu tez çalışmamızda bu durum detaylı bir şekilde irdelenmiş ve çözüm önerileri ortaya konulmuştur. Tez içeriği olarak, enerjinin tanımı yapılmış, enerji çeşitleri olan hidroelektrik enerjisi, termik enerji, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve nükleer enerji kaynakları hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca enerjinin iletimi ve dağıtımında kullanılan devre elemanları incelenmiştir. Bu iletim ve dağıtım hatları ile tesisleri etkileyen geçici olaylar araştırılmıştır. Bunun yanında geçici olayların otomasyon sistemleri üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. Durumun saha uygulaması olarak Çorum ilinde faaliyet gösteren bir tavuk çiftliği tesisindeki enerji sistemi ve otomasyon sistemi araştırılmış ve gerçekleştirilecek geçici olaylarda sistemlerin zarar görmemesi için alınması gereken önlemler detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Anahtar Kavramlar: Tesisat Teknolojisi, Elektrik Tesisleri, Yüksek Gerilim, Elektrik Enerjisi ve Güç Sistemleri, Elektrik Enerjisi ve Güç Sistemleri

Bilim Kodu: 92808,90513

THE EFFECTS OF TEMPORARY EVENTS OCCURING IN ENERGY SYSTEMS ON AUTOMATION SYSTEMS

Remzi ÇETİN

ORCID: 0000-0003-0603-1708

HITIT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL

Master of Science Thesis

January 2023

ABSTRACT

In this thesis, the effects of temporary events that occur in electrical energy systems on automation systems are examined and the precautions to be taken are presented. Temporary events in energy systems are instantaneous events and can often cause serious damage. While these damages sometimes damage devices, sometimes they can also harm living things. For this reason, it is necessary to have a high level of system control and to establish an effective structure against possible damages. The most important system that comes to the fore in this process is the safety of automation systems. The biggest impact of temporary events that may occur in the network is on automation systems. In this thesis, this situation has been examined in detail and solution suggestions have been put forward. As the content of the thesis, the definition of energy is given, and the information given about the energy types such as hydroelectric energy, thermal energy, geothermal energy, wind energy, solar energy and nuclear energy sources. In addition, the circuit elements used in the transmission and distribution of energy were examined. Temporary events affecting these transmission and distribution lines and facilities were investigated. In addition, the effects of temporary events on automation systems are presented. As a field application of the situation, the energy system and automation system in a poultry farm operating in Çorum province were investigated and the precautions to be taken in order not to damage the systems in case of temporary events were presented in detail.

Key Terms: Installation Technology, Electrical Installations, High Voltage, Electrical Energy and Power Systems

Science Code: 92808, 90513

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın hazırlanmasında ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, yoğun iş temposuna rağmen kıymetli vakitlerini bana ayıran öğrencisi olmaktan onur duyduğum değerli danışmanım Doç. Dr. Mehmet Fatih IŞIK' a, Enerji Sistemleri alanında katkıları olan hocalarım, eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen değerli eşim ve biricik oğluma, değerli iş arkadaşlarım Hacı ŞEKER, Mehmet ÖZEN ve Cem BİRVAR'a sonsuz teşekkür ederim.



Remzi ÇETİN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
RESİMLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

ENERJİNİN TANIMI VE ÇEŞİTLERİ

1.1. Hidrolik Enerji	3
1.2. Termik Enerji	4
1.3. Jeotermal Enerjisi.....	5
1.3.1. Kuru buhar enerji santralleri.....	5
1.3.2. Buharlaştırılmalı santraller	6
1.3.3. Binary çevrimli santraller	7
1.4. Rüzgâr Enerjisi	7
1.5. Güneş Enerjisi	8
1.6. Nükleer Enerji.....	9

2. BÖLÜM

ENERJİNİN İLETİMİ VE DAĞITIMI

2.1. Enerjinin İletimi	11
2.2. Enerji Dağıtımı.....	12
2.2.1. Trafolar	13

	Sayfa
2.2.2. Kesintisiz güç kaynakları	18
2.2.3. Jeneratörler	19
2.2.4. Termik manyetik şalterler	20
2.2.5. Otomasyon sistemleri	22

3.BÖLÜM

GEÇİCİ OLAYLAR

3.1. Geçici Olayların Etkileri	28
3.2. Orta Gerilimde Meydana Gelen Arızalar	28
3.3. Geçici Olaylara Sebep Olan Etkenler	29
3.3.1. Şebeke kaynaklı etkenler	29
3.3.2. Tesis kaynaklı etkenler	33

4.BÖLÜM

ÖRNEK TESİS

4.1. Tek Hat Şeması 1	36
4.2. Tek Hat Şeması 2	37
4.3. OG Hat Şeması.....	38
4.4. Tesis Özellikleri.....	39
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKÇA	49

TABLULAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
Tablo 1.1. Türkiye kurulu gücü kaynağının 2010-2020 yıllarına göre değişimi	3
Tablo 3.1. İletken Renk Standartları	24
Tablo 3.2. Basma Düğmesi Renkleri.....	24
Tablo 3.3. Koruma Seviyeleri.....	26



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1 Türkiye kurulu gücünün birincil enerji kaynaklarına göre gelişimi	2
Şekil 1.2. Su çevrimi	3
Şekil 1.3. Hidrolik santral	4
Şekil 1.4. Termik santral yapısı	4
Şekil 1.5. Jeotermal kaynak oluşumu ve kullanımı	5
Şekil 1.6. Kuru buhar santrallere ait genel prensip şeması	6
Şekil 1.7. Çift kademe buharlaştırma sistemi akış şeması	6
Şekil 1.8. Buharlaştırmalı ve ORC sistem akış şemaları	7
Şekil 1.9. Soma rüzgâr enerjisi santrali	8
Şekil 1.10. Güneş panelleri ön ve arka yüzleri	8
Şekil 1.11. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası	9
Şekil 1.12. Zincirleme nükleer reaksiyon	9
Şekil 1.13. Dünyanın ilk nükleer enerji santrali	10
Şekil 1.14. Ülkeler bazında nükleer enerjiden elektrik üretimi	10
Şekil 2.1. İletim hattı dağıtık modeli	11
Şekil 2.2. Havai iletim hat iletkenine etki eden çevresel faktörler	11
Şekil 2.3. Tipik elektrik şebekesinin tek hat şeması ve gerilim seviyeleri	12
Şekil 2.4. Enerji iletim ve dağıtım sistemleri yapısı	12
Şekil 2.5. Faraday'ın keşfi olan trafo	13
Şekil 2.6. Stanley'in keşfi olan trafo	13
Şekil 2.7. Elektrik enerjisinin üretim, dağıtım ve tüketimi	14
Şekil 2.8. Yük altında bir fazlı ideal trafo	14
Şekil 2.9. İdeal olmayan trafoya ait şematik diyagramı	14
Şekil 2.10. Bir fazlı ve üç fazlı çekirdek tip trafolar	15
Şekil 2.11. Bir faz ve üç faz mantel tip trafolar	15
Şekil 2.12. Yağlı tip dağıtım transformatorü ve elemanları	16
Şekil 2.13. Radyal şebeke	17
Şekil 2.14. Ring şebeke	17
Şekil 2.15. Kesintisiz güç kaynağı içyapısı	19
Şekil 2.16. Jeneratör	19
Şekil 2.17. Alternatörün prensip şeması	20
Şekil 2.18. TMS'nin çalışma prensibi.....	21
Şekil 2.19. Otomasyon sistemlerinin gelişimi	22
Şekil 2.20. Otomasyon Piramidi	23
Şekil 2.21. Otomasyon sistem panoları	23
Şekil 2.22. Örnek PLC panosu	25

Şekil 3. 1. Geçici durumda yük uçlarındaki gerilimin değişimleri	27
Şekil 3. 2. Büyük güçlü bir yükün meydana getirdiği gerilim çökmesi	29
Şekil 3. 3. CBEMA eğrisi	30
Şekil 3. 4. Trafo fiderinin açık şalt ve teçhizat bağlantıları	31
Şekil 3. 5. Fider yapısı örneği	32
Şekil 3. 6. Transformatör merkezlerinin genel topraklama şeması	32
Şekil 3. 7. OGM barası gerilimi, AG motor moment değişimi ve hızlanma eğrisi	34
Şekil 3. 8. Kontaktörün ilettime geçerken akım, gerilim ve güç değişimleri	35
Şekil 4. 1. Tek hat şeması 1.....	36
Şekil 4. 2. Tek hat şeması 2.....	37
Şekil 4. 3. OG hat şeması.....	38



RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Tesisin dış görünüşü.....	39
Resim 4.2. Trafo	39
Resim 4.3. Jeneratör 1	40
Resim 4.4. Jeneratör 2	40
Resim 4.5. Su pompaları.....	41
Resim 4.6. Havalandırma fanları.....	41
Resim 4.7. KGK cihazları.....	42
Resim 4.8. Kontrol panosu	42



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	Santigrat Derece
%	Yüzde

Kisaltmalar

HES	Hidroelektrik Santralleri
ORC Sistemi	Atık Isıdan Enerji Üretimi
kV	Kilovolt
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
VA	Voltamper
LPG	Likit Petrol Gazı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TMŞ	Termik Manyetik Şalter
PLC	Programlanabilir Mantık Denetleyici
PID	Proportional Integral Derivative
ERP	Kurumsal Kaynak Planlaması
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
OG	Orta Gerilim
KGK	Kesintisiz Güç Kaynakları
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
SCADA	Merkezi Denetim ve Veri Toplama Sistemi
DC	Doğru Akım
AC	Alternatif Akım

GİRİŞ

Enerji sistemleri günümüzde üzerinde en çok çalışılan alanların başında gelmektedir. Enerji sistemlerinin en önemli terimi şebeke olarak tanımlanmaktadır. Şebeke, enerjinin üretimi aşamasından son tüketiciye kadar olan kısım olarak bilinmektedir. Enerjinin son tüketiciye ulaşması aşamasına kadar olan kısımda kalite ve süreklilik öne çıkan kavramların başında gelmektedir. Sürekli ve kaliteli enerji ihtiyacı tüketiciler için son derece önemlidir. Tüketici olarak tanımlanan grupta meskenler, ticarethaneler ve sanayi kuruluşları bulunmaktadır. Bu grupların kendi özelinde ihtiyacı olan enerji seviyeleri farklılıklar göstermektedir. Ayrıca bu gruplarda kullanılan cihazlar da farklı yapılarda sunulmaktadır.

Meskenlerde, kullanıcı ve cihaz güvenliğini sağlamak için kullanılacak şalt malzemeleri ticarethane ve sanayi kuruluşlarına göre çok daha az olmaktadır. Ticarethane ve sanayi kuruluşlarının ihtiyacı olan güç değerleri daha fazla olduğundan kurulacak olan şalt sisteminin daha karışık bir yapıya sahip olması beklenmektedir. Bunun yanında ticarethane ve sanayi kuruluşlarında enerji sürekliliğinin sağlanması, hem dağıtım firması hem de müşteri özelinde değerlendirilmelidir. Enerji kesintilerinin bilgi dâhilinde kesilmesi müşteri gruplarının buna karşı önlem almasını sağlarken ani kesintiler tesislerde istenmeyen durumlara yol açabilmektedir. Bu kesintiler çoğu zaman hem müşteri hem de dağıtım firması tarafından bilinmemektedir. Meydana gelen ani enerji kesintileri çoğunlukla kesintisiz güç kaynakları veya jeneratör gibi cihazlar ile telafi edilebilmektedir.

Bunun yanında enerji sistemlerinde geçici olayların da olduğu bilinmektedir. Bu olaylar tesis güvenliği açısından ciddi sorunlar ortaya çıkartmaktadır. Ortaya çıkabilecek bu sorunlara karşı güvenlik önlemlerinin alınması ve güç hesaplamalarının bu doğrultuda yapılması birçok açıdan değerlendirildiğinde önemli avantajlar sunmaktadır.

Özellikle ticarethane ve sanayi kuruluşlarında kullanılan cihaz ve makinelerin nerdeyse tamamının kontrolü otomasyon sistemleri ile yapılmaktadır. Doğal olarak bu tip yerlerde mutlaka otomasyon panoları bulunmaktadır. Otomasyon panolarında meydana gelebilecek aksamalar tesislerde hem mal hem de can güvenliğini tehlikeye atacak durumların ortaya çıkmasına neden olacaktır.

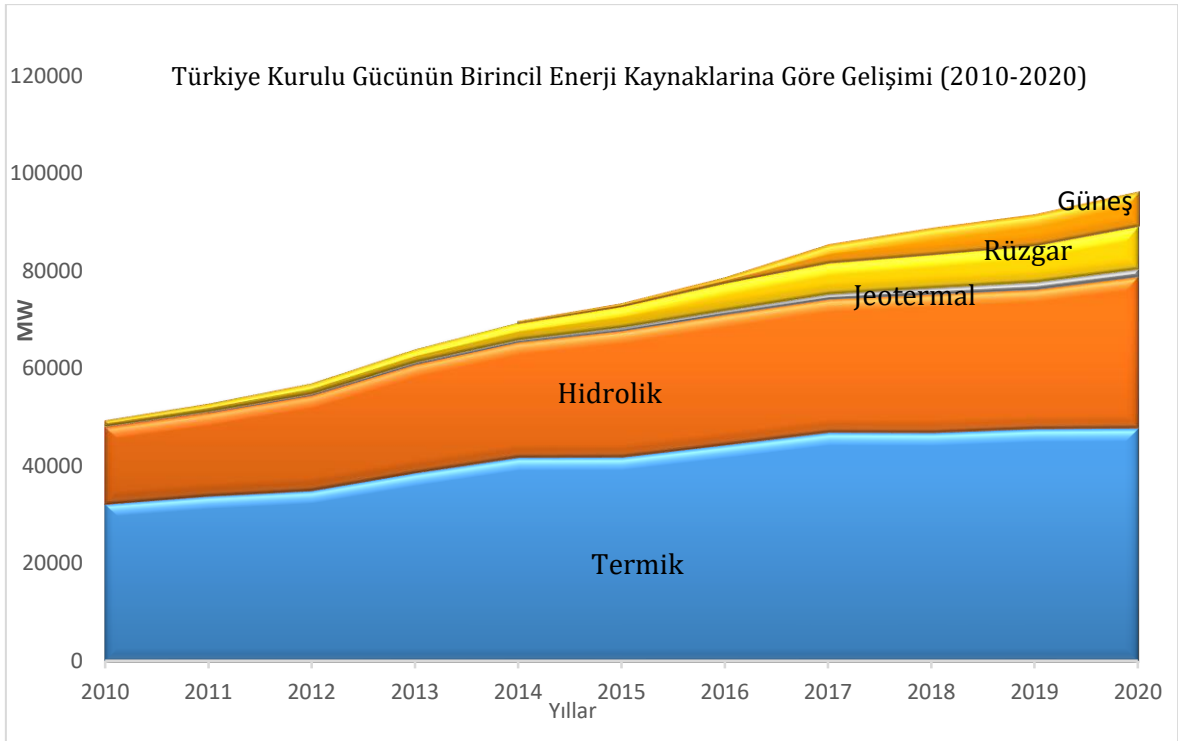
Çorum ili özellikle tavuk çiftlikleri konusunda ciddi yatırımların bulunduğu bir il konumundadır. Bu çiftliklerde tavuk yetiştiriciliğinin yanında yumurta üretimi de son derece yaygındır. Bu tip tesislerde can güvenliğinin en üst düzeyde tutulması beklenmektedir. Çünkü şebekede veya iç tesisatta meydana gelebilecek olumsuz bir durum ciddi zararlara yol açacaktır.

Bu tez çalışmamızda enerji sistemlerinde meydana gelen geçici olayların bir tavuk çiftliği özelinde ve bu tesisdeki otomasyon sistemlerinin kontrol edildiği pano üzerindeki etkileri incelenmiştir. Alınacak tedbirler önerilmiş ve ortaya çıkabilecek olumsuz durumların bertaraf edilmesi için izlenmesi gereken yöntemler ortaya konulmuştur.

1. BÖLÜM

ENERJİNİN TANIMI VE ÇEŞİTLERİ

Enerji genel anlamı ile iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanır. Enerji, mekanik enerji, elektrik enerjisi, kimyasal enerji, ısı enerjisi ve nükleer enerji olarak çeşitlendirilebilir. Mekanik Enerji; hareket sonucu ortaya çıkan enerjidir. Kimyasal Enerji; kimyasal tepkimeler ile ortaya çıkan enerjidir. Isı Enerjisi; yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan enerjidir. Nükleer Enerji; atomların parçalanması ile ortaya çıkan enerjidir. Elektrik Enerjisi ise atom yapısındaki elektronların hareket etmesi sonucu oluşan enerjidir. Elektrik enerjisi diğer enerji çeşitlerine dönüştürülebilir ve farklı enerji çeşitlerinden elektrik enerjisi üretilebilir (Ekinci,2011).



Şekil 1.1 Türkiye kurulu gücünün birincil enerji kaynaklarına göre gelişimi (Url-1, 2022)

Ülkemizde 2010 yılı ile 2020 yılındaki elektrik enerjisinin üretilen kaynaklara göre oranları tablo 1.1'de verilmiştir. Bu tabloya göre ülkemizde üretilen elektrik enerjisinde 10 yıl içerisinde neredeyse 2 katı kadar bir artış olduğu görülmektedir. Tabloda termik santrallerden üretilen elektrik enerjisinin oransal olarak gerilediği ve yenilenebilir enerjilerden rüzgâr ve güneş enerjisinde gözle görülür bir artış olduğu görülmektedir. Ayrıca jeotermal kaynaklardan üretilen elektrik enerjisinin 10 yıllık süre içerisinde 9 katına yakın bir artış olduğu görülmektedir.

Tablo 1.1. Türkiye kurulu gücü kaynağının 2010-2020 yıllarına göre değişimi (Url-1, 2022)

	Termik	Hidrolik	Jeotermal	Rüzgâr	Güneş	Toplam
2010	32.278,5	15.831,2	94,2	1.320,2	0,0	49.524,1
%	65,18	31,97	0,19	2,67	-	100,00
2020	47.793,7	30.983,9	1.613,2	8.832,4	6.667,4	95.890,6
%	49,84	32,31	1,68	9,21	6,95	100,00

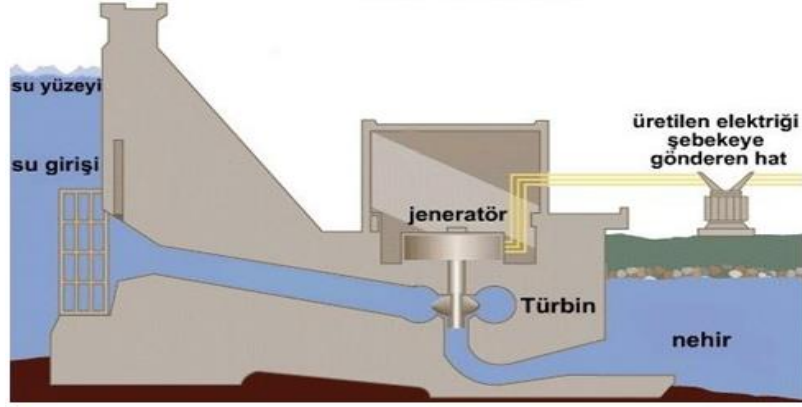
1.1. Hidrolik Enerji

Birçok enerjinin kaynağı olan güneş, hidrolik enerjisinin de oluşumunda dolaylı olarak rol oynamaktadır. Dünyamızda bulunan su kütleleri Şekil 1.2’de de gösterildiği gibi güneşin ısıtmasıyla buharlaşır, rüzgârın hareket ettirdiği su buharları sıvı veya katı hale dönüştüğünde yağmur ve kar olarak barajları oluşturan kaynaklara yağış olarak iner. Bu döngünün devamlılığından dolayı hidrolik enerji yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilir (Avcıoğlu,2017).



Şekil 1.2. Su çevrimi (Avcıoğlu,2017)

Akan suyun potansiyel enerjisi Hidroelektrik Santralleri (HES) elektrik enerjisine dönüştürür. Suyun debisi ve yüksekliği akan suyun enerji potansiyelini tayin eder. Büyük bir su kaynağından akan su yüksek miktarda enerji taşıdığı gibi çok yüksek bir noktadan düşürülen su da büyük miktarda enerji taşır. HES’ler bu iki durumu da kullanarak kanal veya borular içerisinde geçiren suyun kurulan türbinlerin pervanelerine çarptırılarak oluşan dönme etkisinin generatörler aracılığı ile elektriğe dönüştürürler (Url-11, 2022). Şekil 1.3’de basit yapıda bir hidroelektrik santralinin çalışma prensibi gösterilmektedir.

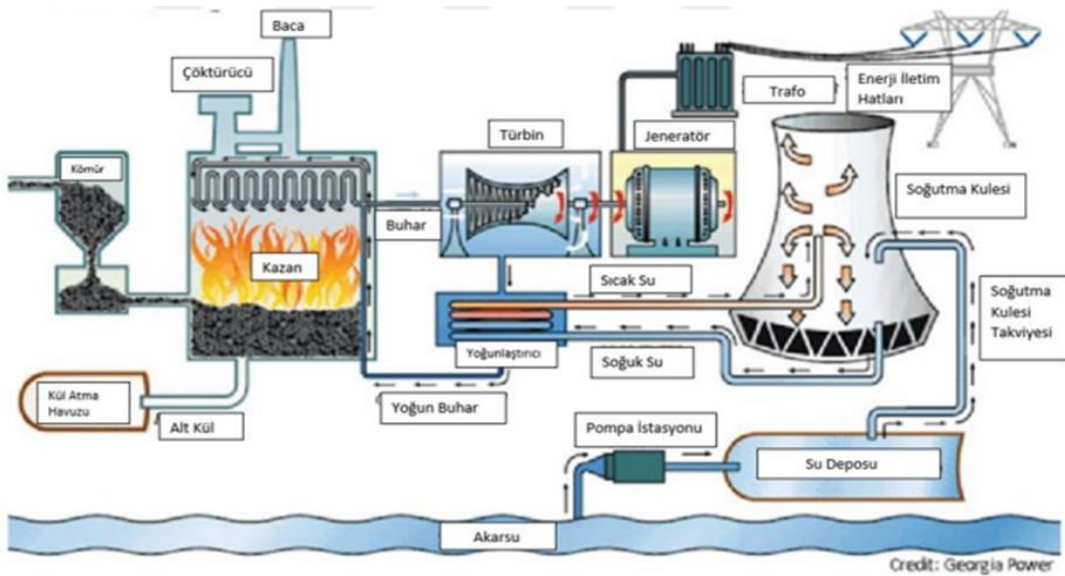


Şekil 1.3. Hidrolik santral (Url-11, 2022)

1.2. Termik Enerji

Doğada katı, sıvı ve gaz halinde bulunan yakıtların kimyasal enerjisini ısı enerjisine, ısı enerjisinin mekanik enerjiye ve mekanik enerjinin de elektrik enerjisine dönüşümünü yapan tesisler Termik Santrallerdir. Termik santrallerde girdi olarak kömür, motorin, fueloil ve doğalgaz gibi yakıtlar kullanılır. Termik santraller içinde en önemli ve güçlü olanı linyitli santrallerdir. Ülkemizde yerli enerji kaynakları içerisinde hemen hemen her yerde bulunan linyite dayalı termik santrallerin payı giderek artmaktadır (Coşkun vd., 2013).

Termik santral, kazanda yanan yakıtın ortaya çıkardığı ısı ile su yüksek basınçlı buhara dönüştürülür. Bu yüksek sıcaklıktaki basınçlı buhar türbinin yüksek basınçlı kısmına gönderilir. Daha sonra türbinin orta ve alçak basınçlı bölgelerinde genişleyen ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüşür. Mekanik enerjiye dönüşen ısı generatörler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu arada açığa çıkan buhar soğutularak tekrar su halinde kazana tekrar gönderilir (Çetin, 2022). Şekil 1.4'de tipik bir termik santralin yapısı gösterilmektedir.

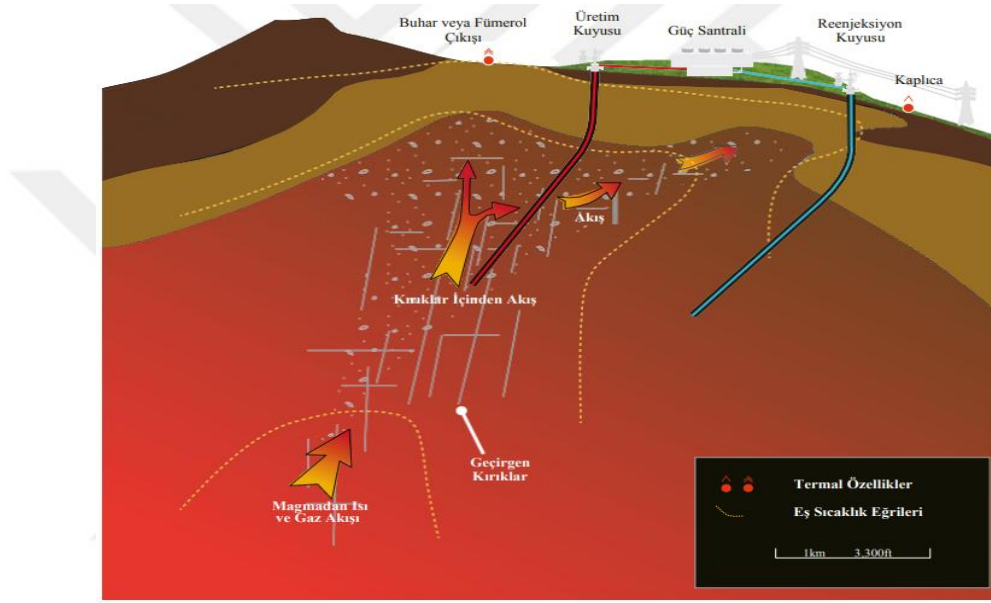


Şekil 1.4. Termik santral yapısı (Url-12, 2022)

1.3. Jeotermal Enerjisi

Isıtma ve elektrik üretme açısından alternatif enerji kaynakları içinde birçok açıdan en uygunu jeotermal enerjidir. Dünyada 41 ülke jeotermal enerji kaynağına sahiptir. Ülkemiz bu ülkeler arasında 4. sırada yer almaktadır (Koç vd., 2018).

Jeotermal enerji santralleri, yeraltı kaynaklarındaki sıcak suyun çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra santrallerin türbin ve generatörler aracılığı ile elektriğe çeviren yapılardır (Ankara Kalkınma Ajansı, 2021). Şekil 1.5'de jeotermal kaynağın oluşumu ve jeotermal santrallerde elektrik enerjisi üretiminde ve kaplıcalarda kullanımı gösterilmiştir.

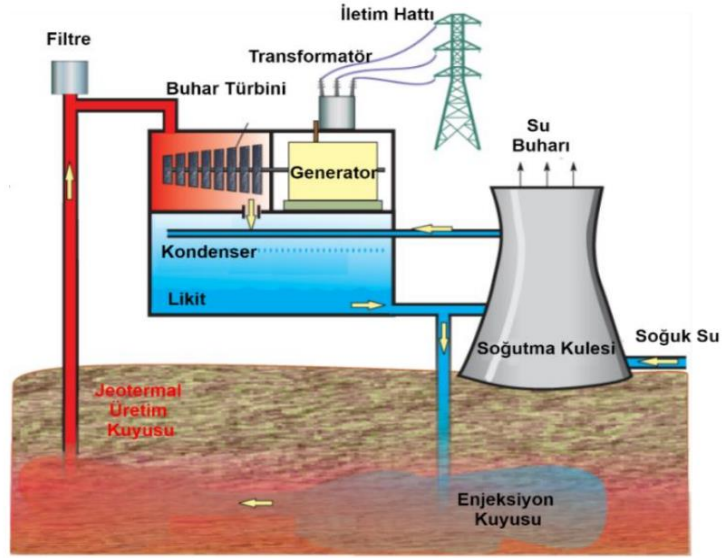


Şekil 1.5. Jeotermal kaynak oluşumu ve kullanımı (Dinçer ve Ezan,2020)

Jeotermal enerji santralleri kullandıkları sistemlere göre çeşitlilik gösterir. Bunlar; kuru buhar enerji santralleri, buharlaştırmalı enerji santralleri ve binary çevrim enerji santralleri olmak üzere üç sınıfta incelenebilir (Hekim, 2021).

1.3.1. Kuru buhar enerji santralleri

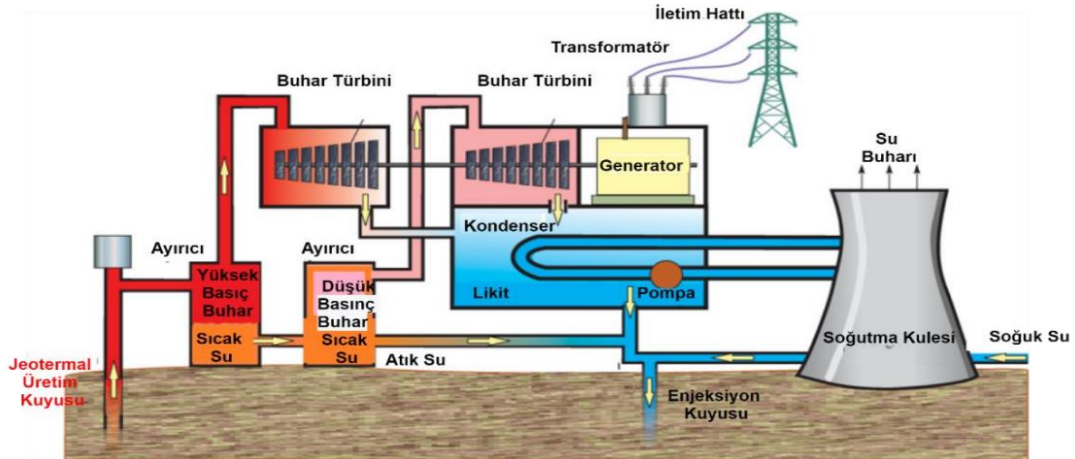
Jeotermal santraller arasında yapı bakımından en basitidir. Yeraltı kaynaklarından çıkan kuru veya kızgın buharın filtrelerden geçirilerek doğrudan türbin ve generatörlere iletilir. Mekanik enerjiye dönüşen buhar generatörler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Soğutma kulesine verilen soğuk su buharın sıvı hale gelmesini sağlar. Buradan çıkan su da reenjeksiyon kuyusuna aktarılır (Hekim, 2021). Şekil 1.6'da Kuru buhar santrallere ait genel prensip şeması verilmiştir.



Şekil 1.6. Kuru buhar santrallerine ait genel prensip şeması (Electrical Academia, 2021)

1.3.2. Buharlaştırılmalı santraller

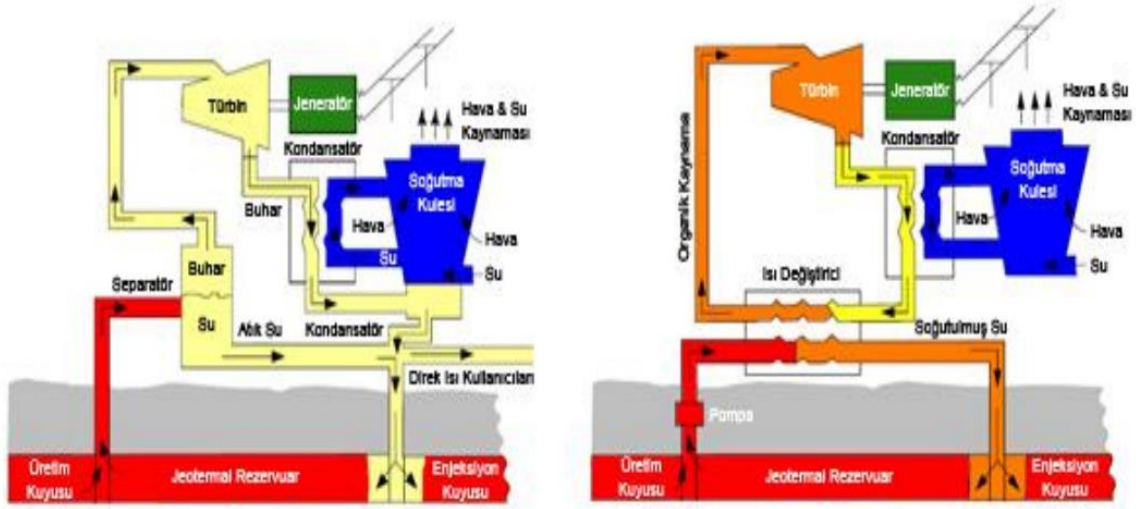
Bu tip santrallerde yeraltı kaynaklarından çıkarılan sıvı ayırıcılar yardımıyla ayrıştırılarak türbin ve generatöre buhar olarak gönderilir. Yeraltı kaynaklarındaki buhar az veya hiç yok ise buharlaştırılarak çevrime gönderilir. Santralde bulunan delikli plakalar, kaynaktan gönderilen buhar ve yüksek basınçlı su karışımını anında buhara flaş etmesini sağlar. Böylece akışkandan buhar ayrıldığından kuru buhar sistemindeki ile aynı şekilde çalışır (Hekim, 2021). Şekil 1.7’de Çift kademe buharlaştırma sistemi akış şeması verilmiştir.



Şekil 1.7. Çift kademe buharlaştırma sistemi akış şeması (Electrical Academia, 2021)

1.3.3. Binary çevrimli santraller

Bu tip santraller son teknoloji santrallerdir. Düşük sıcaklıktaki (100 °C civarı) yeraltı kaynağı, düşük sıcaklıkta buhar fazına geçebilen başka bir akışkana aktarılır. Bu sayede diğer jeotermal santrallere göre daha düşük sıcaklıklarda buhar fazına geçilerek elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Diğer jeotermal santrallere göre daha düşük sıcaklıklara maruz kaldığı ve doğrudan yeraltı kaynağı sıvıları içerisindeki metalürjik materyallere maruz kalmadığından santral ömrü ve verimi daha yüksektir.(Hekim, 2021) Şekil1.8'de buharlaştırıcı sistem ve atık ısıdan enerji üretimi (ORC) sistemlerinin akış şemaları verilmiştir.



Şekil 1.8. Buharlaştırıcı (solda) ve ORC sistem (sağda) akış şemaları (Özden ve Paul 2011)

1.4. Rüzgâr Enerjisi

Son yıllarda diğer enerji kaynaklarının olumlu veya olumsuz yanlarından dolayı rüzgâr ve güneş enerjisine ilgi artmaktadır. Rüzgâr enerjisinin diğer enerji kaynaklarına göre çevre dostu olması, az yer kaplaması, kurulumunun kısa sürede yapılabilmesi ve esnek yatırıma sahip olması gibi nedenlerden dolayı en etkili enerji kaynağı olarak görülmektedir. Fakat rüzgâr dengesizdir ve meteorolojik koşullardan etkilenir. Bu durumun üretilen gücün miktarının belirsizliğine neden olması gibi dezavantajları da vardır (Alafı, 2021).

Rüzgâr enerjisi santralleri diğer santraller gibi karmaşık yapılara sahip değildir. Yapı bakımından rüzgârdan aldığı mekanik gücü türbinler aracılığı ile jeneratörlere aktararak elektrik enerjisi üreten santrallerdir. Rüzgâr türbinleri, pervaneler, sepet, direk ve temelden oluşurlar. Türbinlerin kanat uzunluğu, gövde yüksekliği, kapasitesi ve türbin sayısı, teknik hesaplamalar yapılarak belirlenir (Emre, 2014). Şekil 1.9'da 240,1 MW kapasiteli Soma Rüzgâr Enerjisi Santrali görseli verilmiştir.



Şekil 1.9. Soma rüzgâr enerjisi santrali (Şenol 2017)

1.5. Güneş Enerjisi

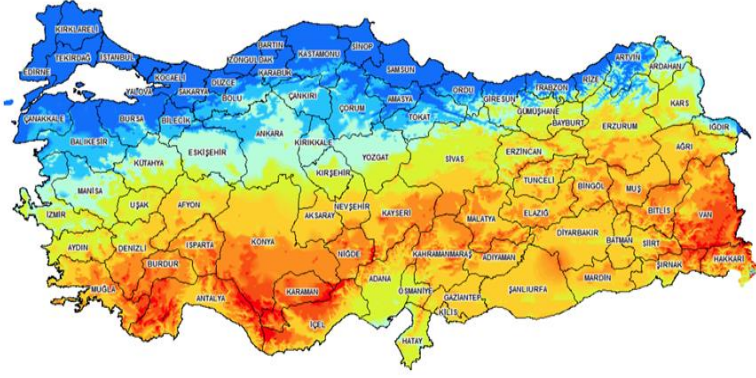
1970'lerden sonra çevresel açıdan temiz bir enerji kaynağı olduğu kabul gören güneş enerjisinden elektrik üretimi çalışmaları hız kazanmıştır. Ülkemizin güneşlenme süresi yıllık 2640 saat ve ışınlama şiddeti ise ortalama günde $3,6\text{kWh/m}^2$ olarak ölçülmüştür. Bu rakamlar ülkemizin güneş enerjisi ile elektrik üretimine elverişli olduğunu göstermektedir. Dünyadaki yakıtlar içinde nükleer yakıtlar haricindeki tüm yakıtların ana kaynağı güneştir (Çıtanak, 2014).

Güneş enerjisinden üç şekilde enerji üretilmektedir. Bunlar; güneş enerjisi ile sıcaklık elde edilmesi, dolaylı olarak elektrik elde edilmesi ve doğrudan elektrik üretilmesi şeklindedir. Güneş enerjisi ile sıcaklık elde edilmesi güneşin ısıtıcı etkisinin kullanılmasıdır. Dolaylı olarak elektrik üretilmesi de yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak güneşin ışınlarının odaklanması ile buhar oluşturulmasıdır. Doğrudan elektrik üretilmesi ise Fotovoltaik paneller ile yapılır. Fotovoltaik paneller, güneş ışınlarının elektronları hareket ettirmesini kullanarak elektrik üretimi sağlarlar (Yarar, 2019).

Şekil 1.10'da güneş enerjisi santrallerinde kullanılmakta olan güneş panellerinin ön ve arka yüzleri, Şekil 1.11'de de ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli haritası verilmiştir.



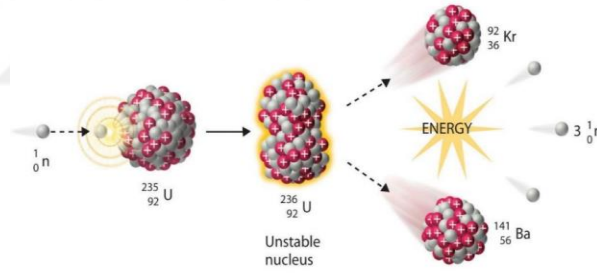
Şekil 1.10. Güneş panelleri ön ve arka yüzleri



Şekil 1.11. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası (Yarak, 2019)

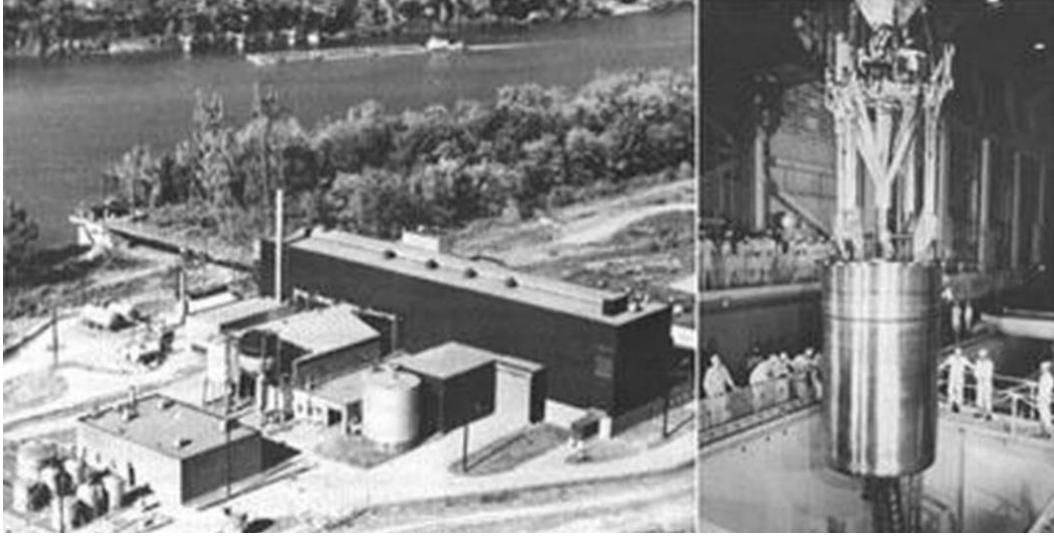
1.6. Nükleer Enerji

Nükleer reaktörler tarafından meydana getirilen zincirleme nükleer reaksiyon (bölünme) ile nükleer enerji üretilir. 1932 de nükleer reaksiyonun keşfi yapılmış ve atomların, hızlandırılmış protonlar ile çarpıştırılması ile nükleer dönüşümler üretilmiştir. Daha sonra Enrico Fermi bu çarpıştırma olayını nötronlar kullanarak gerçekleştirmiş ve daha büyük bir enerji (200 milyon eV) ile yeni nötronların da oluştuğunu göstermiştir (Bilgiç, 2016). Şekil 1.12’de zincirleme bir nükleer reaksiyon gösterilmiştir.

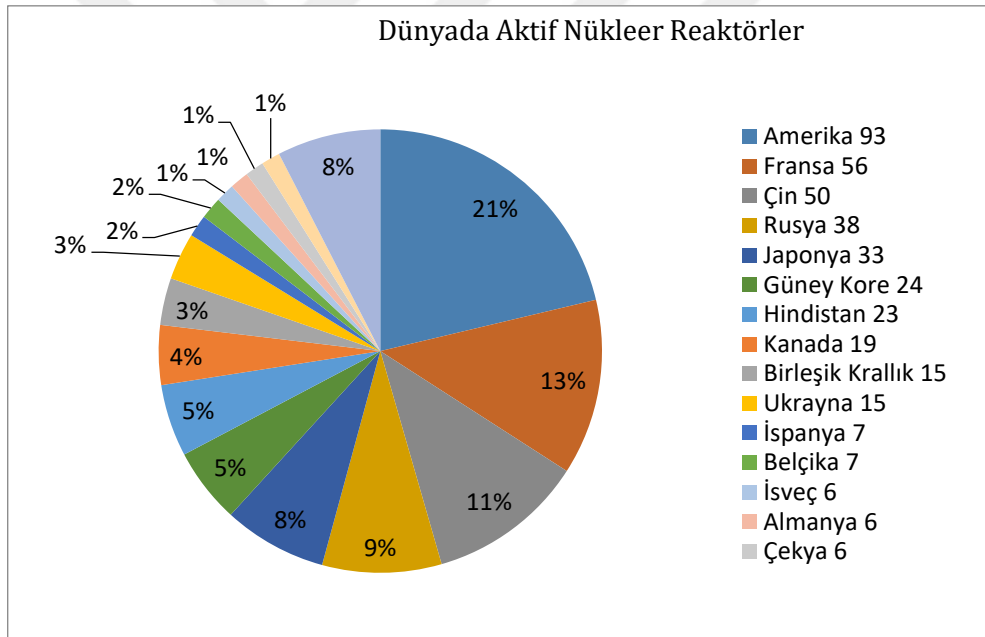


Şekil 1.12. Zincirleme nükleer reaksiyon (Url-13, 2022)

Atomlar proton, nötron ve elektrondan oluşmaktadır. Atomun çekirdeğinde proton ve nötronlar vardır. Bu çekirdeği de çevreleyen elektronlar bulunmaktadır. Atomdaki büyük miktardaki enerji çekirdekte bulunan bağlardadır. Bu bağların kırılması ile ortaya çıkan büyük güç de elektrik enerjisi üretmekte kullanılmaktadır (Harmanda, 2020). Şekil 1.13’de dünyada kurulan ilk nükleer enerji santralinin görseli ve Şekil 1.14’de de dünyada aktif nükleer reaktörler ile Elektrik Üretimi oranları verilmiştir.



Şekil 1.13. Dünyanın ilk nükleer enerji santrali



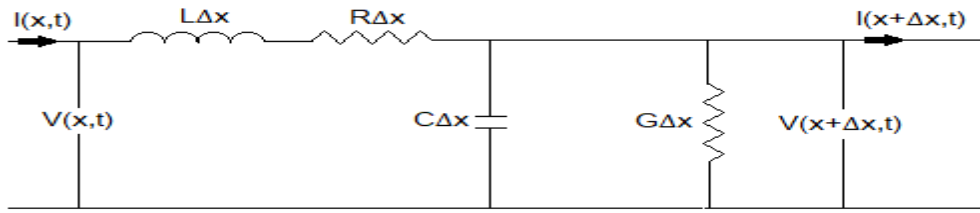
Şekil 1.14. Ülkeler bazında nükleer enerjiden elektrik üretimi (Url-14, 2021)

2. BÖLÜM

ENERJİNİN İLETİMİ VE DAĞITIMI

2.1. Enerjinin İletimi

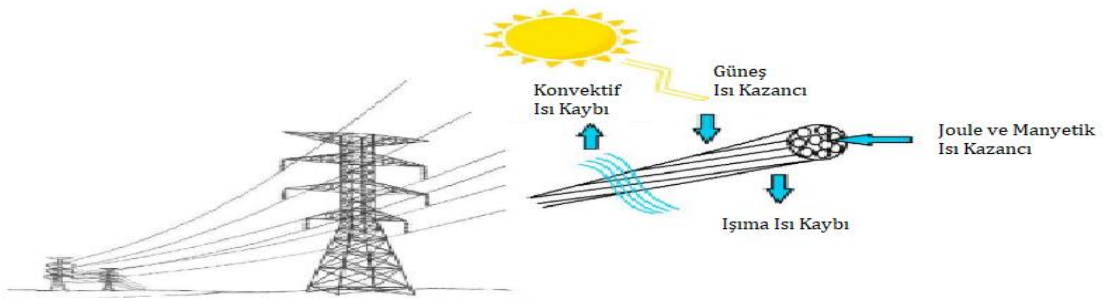
Enerji iletim hattı Şekil-2.1'de görüldüğü gibi küçük devre parçalarının bir araya gelmesi şeklinde ifade edilebilir. Hattın manyetik alan etkilerini seri endüktans temsil eder. Elektrik alan girişim etkilerini ise kapasitans temsil eder. Hattaki kayıplar seri ve paralel dirençler ile temsil edilir. Hat iletkenin sonlu iletkenliğini seri direnç, iletkenler arasındaki izolasyon direncini ise paralel direnç temsil eder. Devre değişkenlerini R, G, L ve C sabitleri tanımlar. Δx hattın her parçasının uzunluğunu tanımlar (Edwards, 2001).



Şekil 2.1. İletim hattı dağıtık modeli

Enerji kaynakları genellikle tüketim birimlerinden uzaktadırlar. Bu nedenle üretilen elektrik enerjisinin üretim santralinden tüketim birimine iletilmesi gerekmektedir. Bu iletim işlemi yapılırken olabildiğince düşük maliyetle güvenilir bir şekilde ve süreklilik arz edecek bir şekilde yapılmalıdır. Elektrik iletimi yeraltı kabloları veya havai iletim hatları ile yapılır. İletim hatlarında orta ve yüksek gerilim taşındığından havai hatların kullanımı tercih edilmektedir (Zuhur, 2021).

İletim hatlarının uzun olmasından dolayı hatta kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıplardan ısı kayıpları ilk sırada yer almaktadır. Isı kayıplarının en aza indirgenmesi için iletim hattının akımının düşürülmesi dolayısı ile gerilimin artırılması veya iletken kesitinin artırılması gerekmektedir. Kesitin artırılması maliyetlerin artması anlamına geldiğinden gerilimin artırılması yoluna gidilmektedir. Bu nedenle iletim hatlarında orta ve yüksek gerilim kullanılmaktadır (Lil, 2018). Şekil 2.2'de verildiği gibi iletim hatlarına konvektif ısı kaybı, güneş ısı kazancı, ışınma ısı kaybı ile joule ve manyetik ısı kazançları etki etmektedir.



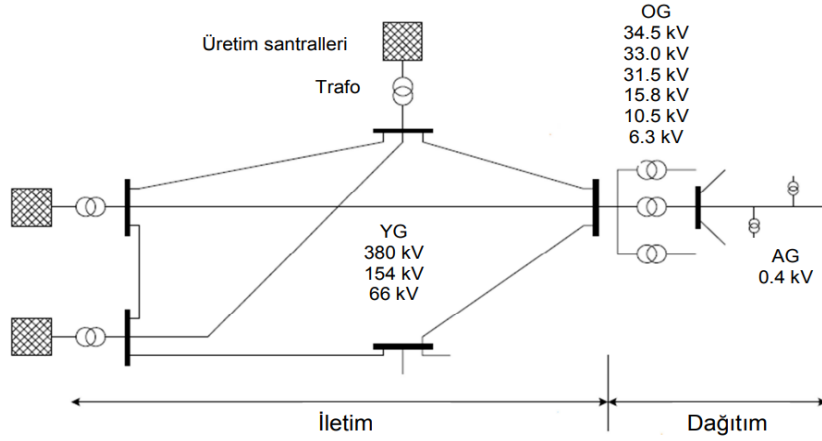
Şekil 2.2. Havai iletim hat iletkenine etki eden çevresel faktörler (Cigre, 2014)

2.2. Enerji Dağıtım

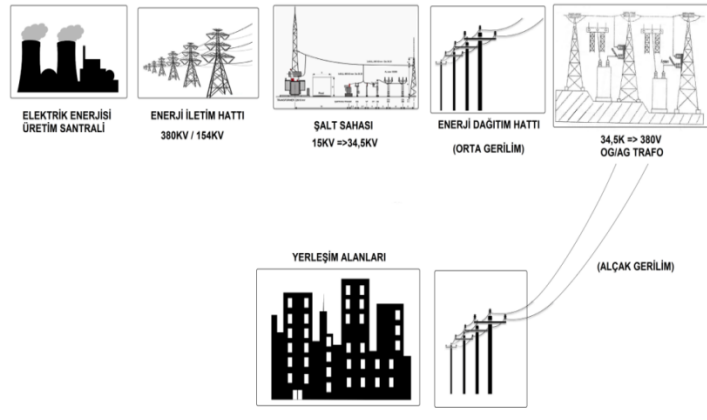
Dağıtım, elektrik enerjisinin 36 kV ve altındaki hatların nakli şeklinde tanımlanır. Enerji üretim santrallerine ait şalt sahalarının bittiği noktada bulunan nihayet direğinden, alçak gerilim seviyelerindeki tüketici yapı veya bina giriş noktalarına kadar olan tesis ve teçhizatlarının tümüne dağıtım hattı denilmektedir (T.C. Resmi Gazete, 2018).

Elektrik enerjisi üretim santrallerinden tüketici birimlerine yakın şalt sahalarına yüksek gerilimli iletim hatları ile ulaştırılır. Şalt sahalarından ise gerilim düşürülerek tüketici birime ulaştırılır. Bu hatlarda direkler, kesiciler, ayırıcılar, trafolar, parafudurlar, bobinler gibi birçok şalt tesisi elemanı kullanılır. Bu elemanlar değişik şekillerde kullanılarak dağıtım şebekelerini oluştururlar (Koçak, 2021).

Şekil 3.1'de basit elektrik şebekelerinin gerilim seviyeleri ve tek hat şeması ve Şekil 3.2'de de elektrik enerjisi iletim ve dağıtım sistemlerinin yapısı gösterilmektedir.



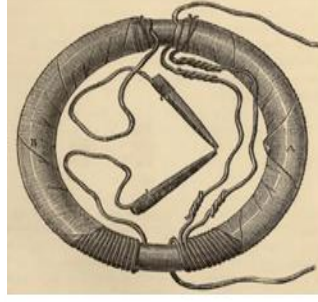
Şekil 2.3. Tipik elektrik şebekesinin tek hat şeması ve gerilim seviyeleri (Latran, 2012)



Şekil 2.4. Enerji iletim ve dağıtım sistemleri yapısı (Zuhur, 2021)

2.2.1. Trafolar

Trafolar elektrik enerjisini frekansta değişik yapmadan akım ve gerilim değerlerini istenilen değerlere göre yükseltip alçaltan makinalardır (Çilliyüz, 2014). 1831 yılında Faraday Şekil-3.3'de verilen ilk trafoyu keşfetmiş ve 1882 de Gibbs ve Gauland AC kullanarak Faraday'ın keşfini geliştirerek patentini almışlardır. 1886 da ise William Stanley Şekil-3.4'de verilen AC Trafo sistemini geliştirmiştir. Günümüzde kullanılan trafolar ise çok daha modern ve gelişmişler (Özüpak, 2020).



Şekil 2.5. Faraday'ın keşfi olan trafo(Özüpak, 2020)



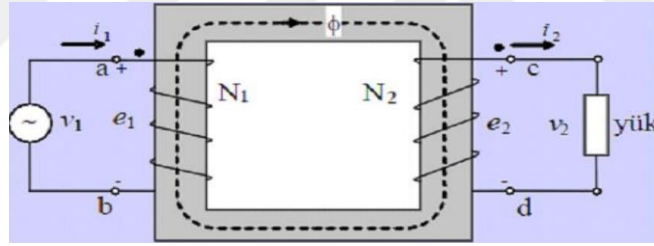
Şekil 2.6. Stanley'in keşfi olan trafo (Özüpak, 2020)

Trafolarda hareketli parça bulunmamaktadır. Bu nedenle bu makinalar çok yüksek verimlerde (%98 dolaylarında) çalışırlar. Trafolar silisli saclardan yapılmış gövde ile bu gövde üzerine sarılmış sargılardan oluşur. Bu sargılardan birincil sargıya primer ikincil sargıya ise sekonder adı verilir. Primer ve sekonder sargıları arasında elektriksel bir bağlantı yoktur. Gerilimin düşürülmesi gereken trafolarda primer sargısı ince kesitli, çok sarımlı ve sekonder sargısı kalın kesitli, az sarımlıdır. Gerilimin yükseltilmesi gereken yerlerde ise primer sargısı kalın kesitli, az sarımlı ve sekonder sargısı ince kesitli, çok sarımlıdır. Elektrik santralleri genellikle kullanılan yakıtı yakın yerlerde kurulduğundan tüketim yerlerine uzak mesafede bulunurlar. Bu nedenle elektrik enerjisinin iletiminin kolay olması açısından gerilimin santrallerde yükseltilmesi ve tüketim merkezlerinde düşürülmesi gerekmektedir. Bu elektrik enerjisinin yükseltme ve düşürme işleri trafolar ile yapılır (Çilliyüz, 2014). Elektrik enerjisinin üretim, dağıtım ve tüketimi Şekil 3.5'de aşamalı olarak gösterilmiştir (Özüpak, 2020).



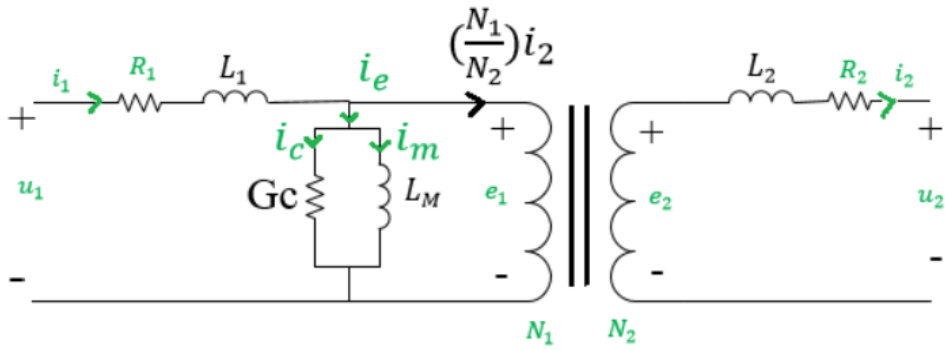
Şekil 2.7. Elektrik enerjisinin üretim, dağıtım ve tüketimi (Özupak, 2020)

İdeal trafolar Manyetik indüksiyon prensibine göre çalışan birincil ve ikincil sargılara sahip kayıpsız trafolar olarak adlandırılır. İdeal trafolar kapalı manyetik bir devredeki iki bobin arasındaki manyetik akı iletimi esasına dayanmaktadır. Şekil 3.6'da ideal trafonun yük altında çalışmasının şeması verilmiştir (Özupak, 2020).



Şekil 2.8. Yük altında bir fazlı ideal trafo (Özupak, 2020)

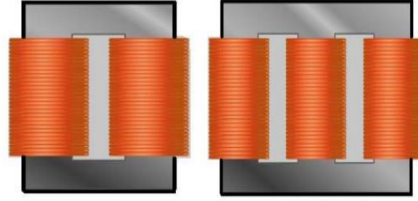
Günümüzde kullanılan yani ideal olmayan trafonun ise sargılarında direnç vardır ve akının tamamı nüveden geçmediği için akı kaybı vardır. Ayrıca trafonun sargılarında kapasitans vardır. Şekil 3.7'de ideal olmayan trafoya ait şematik gösterim verilmiştir (Özupak, 2020).



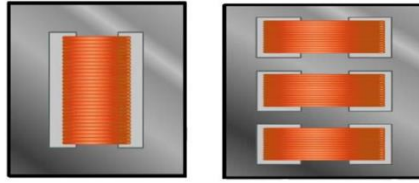
Şekil 2.9. İdeal olmayan trafoya ait şematik diyagramı (Özupak, 2020)

2.2.1.1. Trafo Çeşitleri

Trafo ların çeşitlendirilmesi kriterlere göre değişiklik gösterir. Trafolar gerilim değerine göre; alçak gerilim (0-1kV), orta gerilim (1-3-5-10-20-25-30kV), yüksek gerilim (45-60-110kV) ve çok yüksek gerilim (150-220-380-400kV) trafoları, nüve şekline göre; çekirdek nüve, mantel nüve, dağıtılmış ve ferrit nüveli trafolar, kuruluş yerine göre; iç ortam ve açık hava tip trafolar, soğutma şekline göre; kuru ve yağlı trafolar, sargı tipine göre; silindirik ve dilimli trafolar, kullanım amacına göre güç ve ölçüm trafoları, faz sayılarına göre ise Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da verilen bir fazlı ve üç fazlı trafolar olarak sınıflandırılabilir (Çilliyüz, 2014).



Şekil 2.10. Bir fazlı ve üç fazlı çekirdek tip trafolar (Özüpak, 2020)



Şekil 2.11. Bir faz ve üç faz mantel tip trafolar (Özüpak, 2020)

Trafolar güç değerlerine göre ise güç trafoları ve dağıtım trafoları olarak incelenebilir.

2.2.1.2. Dağıtım Trafoları

Su, kömür, doğalgaz, güneş, rüzgâr, nükleer gibi değişik kaynaklar kullanan elektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisinin uzak mesafelere taşınması için gerilim seviyesi güç trafoları ile TEİAŞ tarafından 49,8-50,2Hz aralığı frekansta sabit kalmak koşulu ile 10-15kV seviyesinden 154-380kV seviyesine yükseltilir. Ardından şehir merkezlerinde 6,3-15,8kV seviyelerine indirici güç trafoları ile düşürülerek güvenli gerilim elde edilir. Daha sonra tüketim merkezlerinde 0,4kV seviyelerine düşürülerek tüketici gerilimi elde edilir (EPDK, 2004).

Üretim santrallerinin iletim ve dağıtım sistemine dahil edilmesi sistemin kararlılığının kaybetmemesi açısından belirli kriterlere göre planlanır. Bu kriterler; iletim kapasitesi, arızadan önce sistemin kapasitesinin üzerine yüklenmemesi, gerilim ve frekans değerlerinin

belirlenen sınırlar dışına çıkmaması ve gerilim regülasyonunun yetersiz kalmamasıdır (EPDK, 2004).

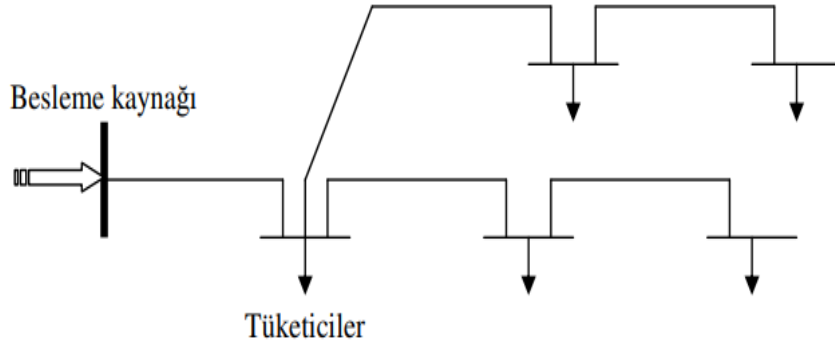
Dağıtım şebekesinde voltaj seviyesini düşürerek tüketim tesisine gönderen dağıtım trafolarının güçleri 200 MVA'dan daha düşüktür. Gerilim dereceleri 11-6,6-3,3 kV ile 440-220V gibi düşük gerilim seviyelerindedir. Bu trafoların primer sargıları alüminyum veya emaye kaplı bakır tel ile sarılıdır. Sekonder sargıları ise kalın bir alüminyum veya bakır şerit kullanılarak sarılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak ise yağ veya reçine emdirilmiş kâğıt kullanılır. Yağlı trafolarında soğutma, yalıtım ve nemden koruma işlerini de trafodaki yağ tarafından sağlanmış olur (Özüpak, 2020). Şekil 3.10'da yağlı tip dağıtım trafosu ve elemanları gösterilmiştir.



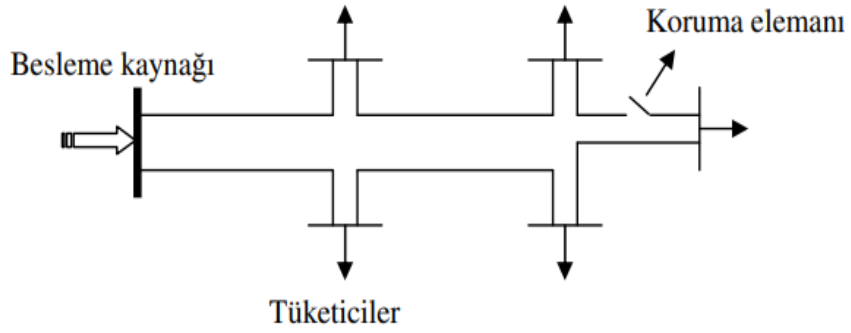
Şekil 2.12. Yağlı tip dağıtım transformatörü ve elemanları (Url-3, 2018)

Dağıtım trafolarının tipleri montaj yeri ve yalıtım tipine göre sınıflandırılır. Evsel amaçlı kullanılan dağıtım trafoları 440 ve 220 V voltaj aralığında olurken endüstrilerde kullanılan trafolar 33kV'a kadar olabilirler. Dağıtım trafoları %60-%70 verimlilikle çalışan trafolardır. Bu trafolar her zaman tam yük ile çalışmazlar ve gün boyu sabit yükte çalışmadığı için gündüz yüksek seviyede gece düşük seviyelerde yüklenirler. Bu nedenle de verimliliği net olarak hesaplanamaz. Boyutları küçük, kurulumu kolay ve düşük manyetik kayıpları vardır (Özüpak, 2020).

Dağıtım trafoları elektrik enerjisini üretim tesisinden alarak tüketicinin ihtiyacı olan gerilim seviyesine dönüştürerek tesislere enerji sağlarlar. Dağıtım sistemleri; yükün tipine, gücün büyüklüğüne, gerilim seviyesine, arazi yapısına ve bölgenin gelişimine göre farklılık gösterirler. En yaygın kullanılan şebeke tipi radyal (dallı) ve ring (halka) şebekelerdir. Bu şebekeler hem alçak hem de orta gerilimde kullanılırlar. Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de dağıtım trafolarının radyal ve ring şebekeye bağlantısı verilmiştir (Engin, 2008).



Şekil 2.13. Radyal şebeke (Engin, 2008)



Şekil 2.14. Ring şebeke (Engin, 2008)

2.2.1.3. Trafo Seçimi

Dağıtım trafosu seçiminde en önemli hususların başında yük tayini veya yük tahmini gelmektedir. Kullanılacak trafonun yükünü belirlemek trafo seçimini kolaylaştıracaktır. Bunun için öncelikle tüketimin belirlenmesi gerekmektedir. Tüketim gücü belirlendiğinde trafonun seçimi için hesaplamalar yapılmalıdır. Standart trafolar 25-40-63-80-100-125-160-200-250-315-400-500-630-800-1000-1250 ve 1600 kVA güçlerinde üretilirler (Url-6, 2022).

Trafo Gücü=Talep Güç/CosQ formülünden bulunur burada,

Talep Güç=Kurulu güç x Eş Zamanlılık Katsayısı formülü ile hesaplanır.

Trafonun kurulacağı tesislerde kompanzasyon olacağı değerlendirildiğinden Cosφ 0.9 alınır (Url-7, 2022).

Örnek bir trafo güç hesabı aşağıdaki şekilde yapılabilir.

40 adet 1 HP motor olan bir tesis için hesap yapılmak istenirse;

$$40 \times 0,736 = 29,44 \text{ kW}$$

Motorların eş zamanlı kullanım faktörü 0,75 olarak hesaplanırsa;

Toplam güç $29,44 \times 0,75 = 22,08 \text{ kW}$ olur.

Tesisin aydınlatma ve diğer cihazların gücü de 5 kW olsun.

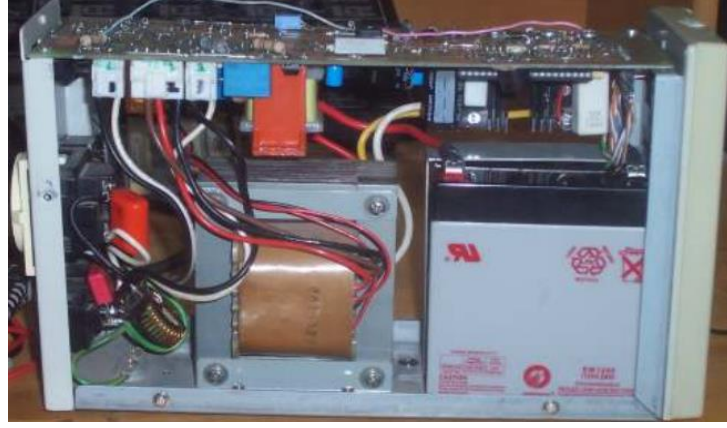
Toplam Aktif Güç = $5 + 22,08 = 27,08 \text{ kW}$ olur.

Burada Trafo Gücü = $(27,08 \times 1,1) / \cos\phi = 33,1 \text{ kVA}$ olarak hesaplanır. Seçilecek trafonun gücü bir üst olan 40 kVA'lık trafo olmalıdır. Fakat tesisin büyümesi, cihazların artması veya yükte artışlar olabileceği değerlendirilerek 63 kVA seçilmesi tesis için daha faydalı olacaktır.

2.2.2. Kesintisiz güç kaynakları

Sayısal elektronik alanlarındaki gelişmeler kesintisiz güç kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırmıştır. Öncelikle bilgisayar olmak üzere elektronik veri işleme ve veri iletim teknolojilerinin gelişimi sağlıklı ve kesintisiz enerji ihtiyacını zorunlu hale getirmiştir. Gelişmiş ülkelere göre alt yapısı yeterince gelişmemiş ülkelerde bu ihtiyaç daha da önem kazanmaktadır. Alt yapı sorunları; özellikle enerji üretimi ve dağıtımındaki sorunlar ile birlikte farklı birçok olumsuzluklardan kaynaklanabilmektedir. Bu olumsuzluklar ise sistemlerde çalışan elektronik cihazlar üzerinde büyük riskler oluşturmaktadır. Bu risklerin oluşturduğu kesintiler kullanıcılar tarafında sorunlara neden olabilmekte ve kesintisiz güç kaynağı kullanım ihtiyacı doğmaktadır (Aygül, 2018).

Kesintisiz güç kaynağı olmayan sistemlerde sorunlar en çok habersiz enerji kesilmelerinden kaynaklanmaktadır. 1991 yılında Business Week dergisi tarafından yapılan araştırmaya göre, elektrik kesintilerinden dolayı ABD ekonomisinin 26 milyar dolar zarara uğradığı görülmüştür. Habersiz gelişen enerji kesintilerinin yanında kullanıcıları etkileyecek çok riskli faktörleri içeren şebeke sorunları da önemli bir tehdit nedenidir. Kullanıcılar şebekelerinde meydana gelen şebeke harmonikleri, düşük ve yüksek gerilimler, gerilim dalgalanmaları, frekans değişiklikleri ve gerilim sıçramaları gibi geçici olayları tespit edemediklerinden beklenmedik zamanlarda çok büyük üretim kayıplarına neden olabilmektedir. Günümüzde kullanılan yarı gelişmiş kesintisiz güç kaynakları bu geçici olayları ortadan kaldırmakta ve kullanıcıya daha güvenilir bir enerji sağlamaktadır. Kesintisiz güç kaynakları gelen elektrik enerjisini öncelikle doğrultma ve ardından tekrar alternatif akıma dönüştürme metotlarında büyük gelişmeler sağlamıştır (Aygül, 2018). Şekil 3.12'de basit yapılı bir Kesintisiz güç kaynağının (KGK) içyapısı verilmiştir.



Şekil 2.15. Kesintisiz güç kaynağı içyapısı

2.2.3. Jeneratörler

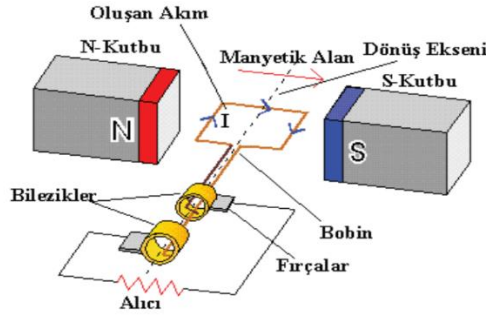
Elektrik enerjisi hattının bulunmadığı veya yetersiz kaldığı tesislerde ana enerji kaynağı, elektrik enerjisinin olduğu tesislerde ise yedek enerji kaynağı olarak jeneratörler yaygın olarak kullanılmaktadır (Ölmez, 2018). Şekil 3.14’de 700 kVA gücünde 3 fazlı bir jeneratör resmi verilmiştir.



Şekil 2.16. Jeneratör

Jeneratörler; motorların milinden alınan mekanik enerjiyi alternatöre aktararak alternatör aracılığı ile elektrik üretilmesini sağlayan elektromekanik cihazlardır. Kısaca jeneratörlerin çalışması elektromanyetik alan prensibine dayanmaktadır. Oluşan manyetik alanın bobinler ile kesilmesinden dolayı akımın meydana gelmesi olayı jeneratörün temelini oluşturmaktadır (Demir, 2015). İletkenin hareketini sağlayan veya değişken manyetik alanı oluşturan enerji mekanik enerjidir. Jeneratörler bu mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır (Arslan, 2017).

Elektrik alternatörü genel olarak manyetik alan içerisinde hareket eden bakır iletkenlerden meydana gelir. Alternatif akım alternatörlerinde manyetik alan hareketli, iletkenler ise sabittir. Doğru akım alternatörlerinde ise iletkenler hareketli, manyetik alan sabittir. Bu iki tip alternatörde de manyetik alan kuvvet çizgilerini kesen iletkenlerde gerilim üretilmesi metodu ile çalışırlar (Uzun, 2015). Şekil 3.15’de alternatörün prensip şeması verilmiştir.



Şekil 2.17. Alternatörün prensip şeması (url-10, 2022)

Genellikle şebeke enerjisine yedek güç olarak kullanılan jeneratörler, şebeke alt yapısı olmayan yerlerde ana enerji kaynağı olarak da kullanılabilir. Jeneratör seçiminde dört ana kritere dikkat edilmelidir. Bunlar; kullanılacak yakıt tipi, kullanılacağı yer, çalışma tipi ve taşınabilirlik.

- 1- Kullanılan yakıt tipi temin edilebilirlik ve ekonomik açıdan önem arz etmektedir. Jeneratörler dizel, benzinli, LPG’li veya doğal gazlı olarak üretilmektedir. Tesisin hangi yakıtı temin edebileceği ve yakıt maliyetleri yakıt seçiminde en önemli unsurlardan biridir.
- 2- Jeneratörlerin motorları çalışma esnasında ısı açığa çıkarır. Açığa çıkan bu ısının hava veya su aracılığı ile dışarı atılması ve motorun soğutulması gerekmektedir. Bu soğutma işlemi için kapalı devre suyla dolu bir soğutma sistemi kullanılır. Bu kapalı devredeki su radyatör aracılığıyla hava ile soğutuluyor ise kara tipi, bir eşanjör yardımı ile su ile soğutuluyor ise deniz tipi olarak adlandırılmaktadır.
- 3- TSE ISO 8528/1, ISO 3046/1 standartlarına göre jeneratörler anlık çalışma, sürekli çalışma ve santral tipi çalışma şeklinde sınıflandırılmaktadır. Seçilecek jeneratör bu standartlara göre tesisteki çalışma amacına göre seçilmelidir.
- 4- Seçilecek jeneratörün sabit tip, mobil tip veya portatif tip olarak mı kullanılacağı belirlenmeli ve buna göre seçim yapılmalıdır.

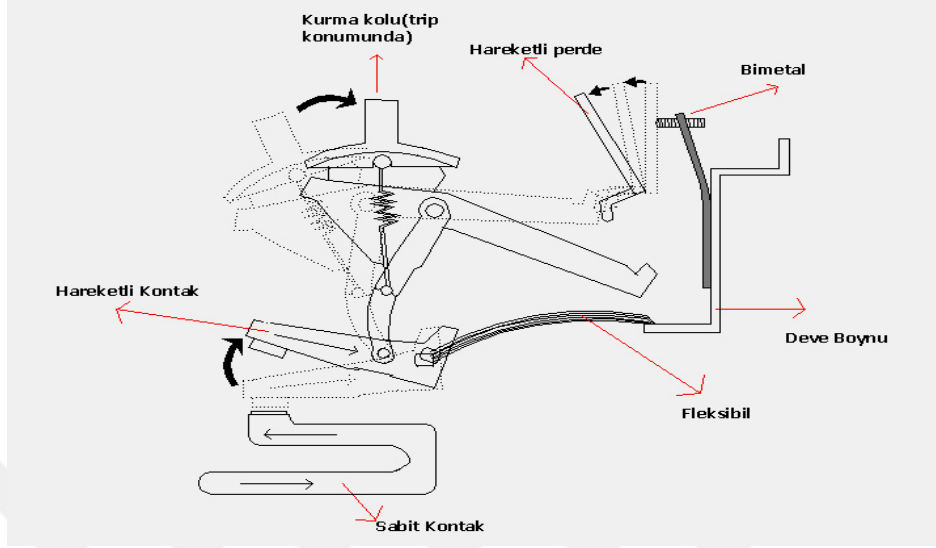
Bu kriterlere göre tesiste kullanılacak jeneratör tipi belirlendikten sonra yük analizi yapılmalı ve yük miktarına göre jeneratör gücü belirlenmelidir (Url-8, 2022).

2.2.4. Termik manyetik şalterler

Termik Manyetik Şalterler (TMŞ) dağıtım panolarından sonraki hayati önem taşıyan en önemli sistemlerden biridir. Bu TMŞ’ler kompakt şalter olarak da bilinirler.

Kompakt şalterler üzerinde termik ve manyetik koruma bulunan alçak gerilim devre kesicileri sınıfına girerler. Devre kesiciler, normal devre şartlarında devreyi açmada ve

kapamada kullanılırken normal olmayan devre şartlarında (kısa devre ve aşırı akım) ise devreyi keserek korumaya yarayan mekanik bir koruma düzeneği olarak kullanılırlar. Şekil 3.16'da Termik Manyetik Şalterin çalışma prensibi verilmiştir.



Şekil 2.18. TMS'nin çalışma prensibi

Nominal değerden büyük olan akım aşırı akımdır. Her devrenin ve devredeki her elemanın üzerinde taşıyacağı akımlara nominal akım denir. Devreyi aşırı akımlardan korumak için kompakt şalterlerde termik koruma devreye girer. Termik koruma; bimetal adı verilen sıcaklık karşısında uzama katsayıları farklı iki metalin preslenmesi ile oluşur. Uzama katsayısı fazla olan, uzama katsayısı az olana doğru bükülür ve perdeye temas ederek sistemi açtırır. Böylece devre korunmuş olur. Kısa devre akımı: Faz-faz arası veya faz-toprak arası temas olursa devreden büyük bir akım geçer. Ohm yasasına göre $V=I.R$, $I=V/R$ olur. Temas anında R (direnç) 0'a çok yakın olur. $I=V/R$ ifadesinde R 'yi yerine yazarsak akımın çok büyük olduğu görülür. Bu akım devrede büyük tahribatlara yol açar. Devreleri kısa devre akımlarından korumak için manyetik koruma devreye girer. Kısa devre akımına maruz kaldığında IEC (Uluslararası Elektrik Komisyonu) 60947-2'ye göre şalterlerin 30ms içerisinde devreyi açması gerekir.

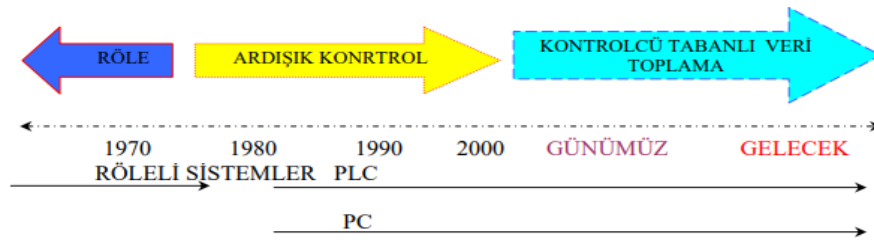
TMS'ler genel olarak 10 ile 1600 amper aralığındaki akım değerlerinde koruma sağlarlar. Özellikle aşırı yüklenme durumuna karşı sistemi koruma özelliği gösterirler. Genellikle fazla yük ile çalışan ticari ya da endüstriyel alanlarda kullanımı uygundur. Eğer, nominal akım 100 A'den daha yüksek olursa, kompakt şalter kullanımı önerilmektedir. TMS'ler üzerinde bir fazdan geçen akım değerine göre işlem yapılır. Üç fazın dengeli olduğu kabul edilir.

Genel olarak TMS'ler bir arıza durumunda (aşırı akım, kısa devre, toprak hatası) tribe düşerler. Ayrıca açtırma bobini ile kullanımda uzaktan açtırma ve kaçak akım korumada trip durumuna geçerler. TMS'lerin üzerinde termik ve manyetik açma sınırları ile zamanlarının ayarlanabildiği küçük anahtarlar yada yarı iletken teknolojisi ile yapılmış trip üniteleri mevcuttur. Bu durumun yük ve tesisata bağlı olarak ayarlanması gerekir.

Güç sistemlerinde koruma elemanları şebekede oluşabilecek istenmeyen durumlar (gerilim düşümü, kısa devre durumu vb.) için önlem alınması amacı ile kullanılmaktadırlar.

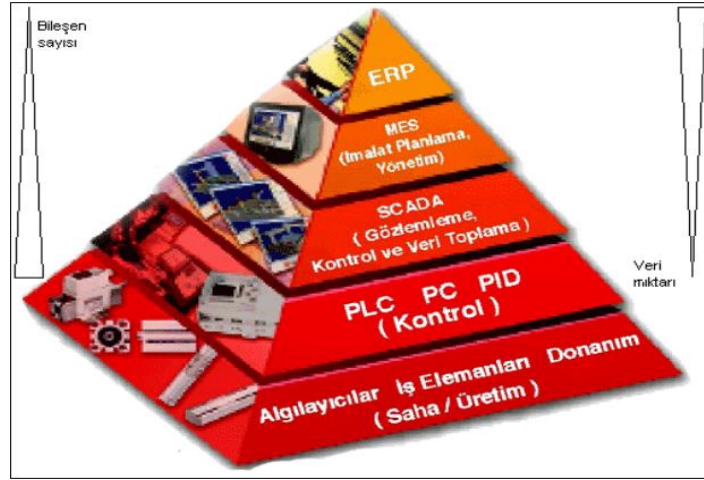
2.2.5. Otomasyon sistemleri

Üretim kapasitesi; çalışanların sayıları ve göstermiş oldukları performansla orantılı olduğu sistemlerde kalite sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu kalite sorunlarının giderilmesi için günümüzde otomasyon sistemleri geliştirilmiştir. Otomasyon sistemleri ilk zamanlarda kontaktörler, röleler, zamanlayıcılar ve sayıcılar gibi mekanik elemanlardan oluşmakta iken günümüzde yazılım bilgisayarları ve Programlanabilir Mantık Denetleyici (PLC) tabanlı otomasyonlar daha yaygın hale gelmiştir. Günümüz otomasyon sistemlerinin tek bir çatı altına toplayan sistemlerde farklı işlemler için tek tip çözümler üretilebilmiştir. Tesislerde meydana gelen elektrik enerjisindeki kısa süreli kesintiler işletmelerin yüksek maliyetler ile karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Mevcut personel ile daha fazla iş yapılabilmesini sağlayan otomasyon sistemleri kendi maliyetini kısa sürede karşılanabilmektedir (Özkan, 2005). Şekil 3.17’de Otomasyon sistemlerinin yıllara göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.19. Otomasyon sistemlerinin gelişimi (Özkan, 2005)

Endüstriyel otomasyon; endüstriyel sistemin gerçek zamanlı olarak ve planlanan sıra ile izlenmesi ve yönetilmesi olarak tanımlanabilir (Erciyas, 2011). Endüstrideki insan gücüne dayalı üretimde, insan gücü ve çalışan personel ihtiyacını azaltmak bunun yanında maliyeti ve hataları en aza indirmek adına tüm endüstriyel tesislerin otomasyon sistemlerinin araştırma ve geliştirmesine açık olması ve desteklemesi gerekmektedir. Şekil-3.18’de verildiği gibi otomasyon piramidinin en altında otomasyonun temelini oluşturan algılayıcılar ve iş elemanları bulunmaktadır. Bunun üzerinde de kontrolleri gerçekleştiren PLC, Personal Computer (PC) ve Proportional Integral Derivative (PID) bulunmaktadır. Kontrol katmanının üzerinde ise gözlemlene ve verilerin toplanması için Gözetleme, Kontrol ve Veri Toplama (SCADA) katmanı bulunmaktadır. Son katmandan önce İmalat Planlama ve Yönetim katmanı bulunmaktadır. Son katman olan Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) katmanında da tüm kaynaklar en fazla fayda sağlayacak şekilde yazılım ağırlıklı disiplin bulunur. Endüstriyel otomasyonda en sık kullanılan elemanlar; robotlar, konveyörler, algılayıcılar, PLC’ler, vibratörler, hidrolik-elektro hidrolik ve pnömatik-elektro pnömatikler ve elektrik makineleridir (Çalışkan, 2009).



Şekil 2.20. Otomasyon Piramidi (Çalışkan, 2009)

2.2.5.1. Otomasyon Sistem Panoları

Otomasyon panoları oluşturulurken kullanılacak sistem elemanları ihtiyaçlara göre uygun özelliklerde seçilmelidir. Bu elemanların pano içerisindeki konumu iyi ayarlanmalıdır. Sistem panolarının ileriye dönük gelişimi de göz önüne alınarak geliştirilebilir şekilde tasarlanmalıdır (Sarı, 2016). Şekil 3.19’da örnek otomasyon sistem panoları gösterilmektedir.



Şekil 2.21. Otomasyon sistem panoları (Url-9, 2022)

Otomasyon panolarını mekanik yapısı, elektriksel tasarımı, elektronik donanımı ile CPU ve giriş-çıkış modülleri ana başlıkları altında incelenebilir.

2.2.5.2. Otomasyon Sistem Panolarının Mekanik Yapısı

Pano kapağı üstüne etiket bilgileri olarak isim, imal tarihi, gerilim ve frekans bilgileri yazılmalıdır. Bu bilgilerin yazıldığı etiket kazımalı tipte, dış ortam koşullarından etkilenmeyecek şekilde olmalı ve vida veya perçin ile sabitlenmelidir. İç bölümde bulunan göstergelerin görünmesi için konulan pencerelerin camları mekanik ve kimyasal zorluklara dayanabilir malzemelerden yapılmalıdır. Panolar elektrostatik boyalı olmalıdır. Pano kapağı üzerinde bağlantı şemalarını koymak için cep bulunmalıdır (Yapıcı, 2011).

2.2.5.3. Otomasyon Sistem Panolarının Elektriksel Tasarım

Panoda kullanılan kablo ve bileşenleri TSE ve IEC normlarına uygun olarak imal edilmiş olmalıdır. Kablo kanalları, klemensler ve diğer plastik donanımlar alev almayan malzemelerden imal edilmiş olmalıdır. Pano içerisinde tüm giriş ve çıkış kabloları kolayca sökülemeyecek etiketler ile etiketlenmelidir. Pano içerisinde yapılan ekler klemensler aracılığı ile birden fazla kablo bağlanmayacak şekilde yapılmalıdır. Pano içerisinde kullanılan iletkenlerin renkleri tablo 3.1’de verildiği şekilde olmalıdır. Pano basma düğmeleri renkleri tablo-3.2’de verildiği şekilde olmalıdır. Operatörün dikkatinin çekilmesi veya bir durumun teyidi için gösterge ışıkları kullanılmalıdır (Yapıcı, 2011).

Tablo 2.1. İletken renk standartları

İLETKEN FONKSİYONU	TECİH EDİLEN	ÖNERİLEN	KULLANILMAZ
GÜVENLİK VE TOPRAKLAMA	YEŞİL/SARI	YEŞİL/SARI	-
NÖTR	AÇIK MAVİ	-	YEŞİL/SARI
AC VE DC GÜÇ DEVRELERİ	SİYAH	-	YEŞİL/SARI, AÇIK MAVİ
AC KONTROL DEVRELERİ	KIRMIZI	-	YEŞİL/SARI, AÇIK MAVİ
DC KONTROL DEVRELERİ	MAVİ	-	YEŞİL/SARI, AÇIK MAVİ
DIŞ KAYNAKTAN BESLENEN DEVRE	TURUNCU	-	YEŞİL/SARI, AÇIK MAVİ

Tablo 2.2. Basma düğmesi renkleri

	TECİH EDİLEN	ÖNERİLEN	İZİN VERİLEN	KULLANILMAZ
YOLVERME/DEVRE KAPALI BUTONLARI	BEYAZ	BEYAZ, GRİ, SİYAH	YEŞİL	KIRMIZI
DURDURMA/DEVRE KESİK BUTONLARI	SİYAH	SİYAH, BEYAZ, GRİ	KIRMIZI	YEŞİL
ACİL DURUM BUTONLARI	KIRMIZI	KIRMIZI	-	-
BAŞLANGIÇ KONUMUNA GETİREN BUTONLAR	MAVİ	MAVİ, BEYAZ, GRİ, SİYAH	-	YEŞİL

Panodan kapağa geçen kablolarda kablo spirali veya kablo çorabı kullanılmalıdır. Yıldırım nedeniyle gelebilecek aşırı gerilimlere karşı aşırı gerilim koruma cihazı kullanılmalıdır. Pano içerisinde bir adet 220V priz ve aydınlatma sistemi bulunmalıdır. Pano içinde veya panoya bağlı bilgisayar, PLC ve operatör paneli gibi bileşenlerin enerjisinin kesintisiz güç kaynaklarından alması tavsiye edilmektedir (Yapıcı, 2011).

2.2.5.4. Otomasyon Sistem Panolarının Elektronik Donanım

PLC ve kontrol ünitelerinden oluşur. Bu donanımlar %10 ile %90 arası nem seviyelerinde çalışabilir özellikte seçilmelidir. Ayrıca bu donanımlar IP20 gereksinimlerini karşılayacak özellikte olmalıdır. Ekipmanlar 2000 metre yüksekliğe kadar çalışabilecek özellikte olmalıdır. Geçici hafızalar yedek güç altında 300 saatten fazla ve nominal enerjilerde 1000 saatten fazla depolama yapabilmelidir (Yapıcı, 2011).

2.2.5.5. CPU ve Giriş-çıkış Modülleri

Giriş ve çıkış kanalı her enerjilendiğinde 1 durumunu gösteren LED veya lamba bulunmalıdır. Kontrol cihazları IEC standartlarında seçilmelidir. Panodaki tüm dijital çıkışlar birbirinden bağımsız yarı iletkenler veya mekanik PLC tipi röleler ile panodan yalıtılmış olmalıdır. Tesise gidecek sinyaller ile pano içerisine giden sinyaller için ayrı güç kaynağı kullanılmalıdır. Güç kaynaklarının giriş ve çıkışında uygun değerde bulunan ayrı ayrı sigortalar ile korunmalıdır. Ölçüm ve algılayıcılar için ayrı bir besleme kaynağı bulunmalıdır (Yapıcı, 2011). Şekil 3.20’de örnek bir PLC panosu verilmiştir.



Şekil 2.22. Örnek PLC panosu

2.2.5.6. Otomasyon Pano Standartları

Otomasyon panoları sistemlerin yönetildiği önemli ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu sebeple panoların belirli bir standartta yapılması sistemin güvenliği ve arızaların çözülebilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. Standartlara uyulmadan yapılan otomasyon panoları arızaların oluşmasına neden olacaktır. Bu arızalar canlı sağlığına zarar verebileceği gibi tesislerin de büyük zarar görmesine neden olabilecektir.

Etiket: Pano etiketi en az 1mm kalınlığında ve yazılar dış ortamdan etkilenmeyen özellikte kazımalı tipte olmalıdır. Pano etiketi alüminyum veya plastikten olmalı ve panonun ön kapısı üzerine perçin veya vida ile sabitlenmelidir. Etiket üzerinde pano ismi, imal tarihi, gerilim ve frekans bilgileri bulunmalıdır.

Pencere: Pano içerisindeki göstergelerin rahatlıkla görünebilmesi için yeterli büyüklükte olmalıdır. Pencere camı mekanik zorlamalara ve kimyasal etkilere dayanıklı polikarbonat malzemeden en az 3mm kalınlığında yapılmalıdır.

Kapı: Pano kapılarının açılma açısı minimum 95° , genişliği maksimum 90cm olmalıdır. Kapı çift kanatlı ise kapıların birbiri üzerine binmesi gerekmektedir.

Açıklıklar: Pano kablolarında kullanılan giriş çıkış aralıkları teçhizat için belirlenmiş koruma derecesini sağlayacak biçimde kapatılmalı ve kablo montajı istenildiğinde tekrar açılıp kapatılabilmelidir. Montaj amaçlı açılan delikler montaj sonrası yine belirlenmiş koruma derecesini sağlayacak biçimde kapatılmalıdır.

Havalandırma: Panoların kullanım koşullarına ve istenen IP koruma sınıfına bozmayan havalandırma tertibatı olmalıdır.

Boya: Panolar elektrostatik toz boya ile boyanmalıdır. Pano dış ortam panosu ise epoxy polyester dış ortam boyası kullanılmalıdır.

Koruma: Koruma sınıfı Toz ve Katı Maddelere Karşı en az 5. seviye ve sıvılara karşı ise en az 4. seviye olmalıdır(en az IP54). IP54 kodunda ilk hane olan 5 rakamı toz ve yabancı katı maddelere karşı koruma seviyesini gösterirken, ikinci hanedeki 4 rakamı ise sıvılara karşı koruma seviyesini gösterir. Tablo-3.3'de bu seviyeler verilmiştir (Yapıcı, 2011).

Tablo 2. 3. Koruma seviyeleri (Url-5, 2022)

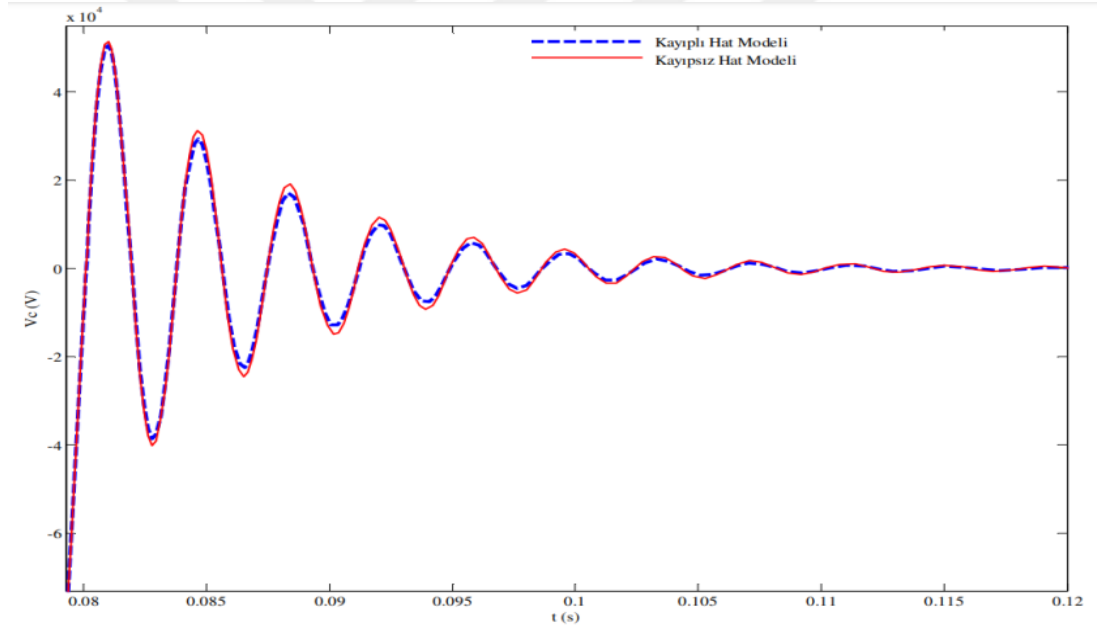
Toz ve Katı Maddelere Karşı	Sıvılara Karşı
0- Koruma yok	0- Koruma yok
1- 50 mm'nin üzerindeki katı maddelere karşı korumalı	1- Dikey düşen su damllarına karşı korumalı
2- 12,5 mm'nin üzerindeki katı maddelere karşı korumalı	2- 15° açı ile düşen su damllarına karşı korumalı
3- 2,5 mm'den büyük katı maddelere karşı korumalı	3- 60° açı ile düşen su damllarına karşı korumalı
4- 1 mm'nin üzerindeki katı maddelere karşı korumalı	4- Her açıdan düşen suya karşı korumalı
5- Tüm katı maddelere karşı sınırlı korumalı	5- Her açıdan düşen basınçlı su jetlerine karşı korumalı
6- Tamamen toz geçirmez ve katı maddelere karşı tam korumalı	6- Her açıdan düşen yüksek basınçlı su jetlerine karşı korumalı
	7- Geçici olarak suya batırılmalarına karşı korumalı
	8- Sürekli olarak suya batırılmalarına karşı korumalı

3. BÖLÜM

GEÇİCİ OLAYLAR

Enerji sistemlerinde gerilimin şebeke kaynaklı çok kısa süreli (mili saniyeler) fakat çok yüksek şiddetlerde bozulması olayına geçici olaylar denilmektedir. Bu olaylar enerji kalitesini bozmaktadır. Bunun yanında yıldırımlardan, büyük yüklerden ve reaktif yüklerden kaynaklı geçici olaylar da vardır.

Şekil 4.1’de geçici olay sonrasında kayıplı ve kayıpsız iki hat geriliminde meydana gelen değişimin grafiği verilmiştir. Grafikten anlaşıldığı gibi geçici olayın meydana gelmesinden sadece 10 milisaniye gibi bir süre sonunda gerilimin normale döndüğü görülmektedir. Bu çok kısa sürelerde meydana gelen gerilim değişiklikleri sistemler ve hatta canlılar üzerinde büyük sorunlara yol açmaktadır. Şekilde görüldüğü üzere geçici olayın ilk gerçekleştiği anda bu gerilim değişimi 40 kV seviyelerine kadar çıkabilmekte ve bu yüksek gerilim değişimi de sistemleri büyük oranda etkilemektedir.



Şekil 3. 1. Geçici durumda kayıplı ve kayıpsız hat modeli için yük uçlarındaki gerilimin değişimleri (Arıkan, 2009)

Elektrik enerjisi sistemlerinde meydana gelen ve sorun oluşturan birçok geçici olay bulunmaktadır. Bu geçici olaylardan bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz (Çolak vd., 2005);

1. Sistemde bulunan kesici veya ayırıcıların açma kapama yaptığı sırasında meydana gelen elektriksel değişim.
2. Yüksek gerilimli hatlardaki yalıtım bozuklukları gibi nedenlerden dolayı kıvılcım atlamalarının meydana getirdiği değişimler.
3. Yüksek gerilim tesislerinde çalışma esnasında oluşan şebeke frekanslı elektrik ve manyetik alan değişimleri.

4. Sitemin topraklamasındaki kısa devre akımlarının neden olduğu gerilim yükselmeleri.
5. Yıldırım gibi doğa olaylarından kaynaklanan gerilim yükselmeleri.
6. Alçak gerilimli cihazlardaki anahtarlama esnasında oluşan gerilim değişiklikleri.
7. Sistemlerdeki elektrostatik deşarjlar.
8. Radyo vericilerinden kaynaklanan frekans bozuklukları.
9. Güç kaynaklarının düşük frekanslı iletim sorunlarından kaynaklı frekans bozuklukları (Çolak vd., 2005).
10. Dağıtım trafolarının yüksüz devreye alınmalarından kaynaklanan değişimler.
11. Motorlar ve ısıtıcılar gibi büyük yüklerin devreye alınması gibi nedenlerden kaynaklı gerilim düşümünün meydana gelmesi.
12. Sistemlerde meydana gelen kısa devreler sonucu yüksek akımların devreden çekilmesinden kaynaklı değişimler.
13. Trafolar ile iletim hatlarının simetrik olmayan yapısından kaynaklanan bozukluklar.

3.1. Geçici Olayların Etkileri

Geçici olaylar, gerilim ve akım değerlerinin normal çalışma değerlerinin çok üstünde olması durumudur. Bu ani değişim durumları depolama elemanları üzerindeki etkisi en azdır. Depolama elemanları üzerindeki etkileri belirli bir süre sonra ortaya çıkmaktadır. Bu sürece geçici dönem süreci olarak adlandırılır. Enerji sistemlerinde kapasite elemanları ve endüktanslar enerji depo eden cihazlardır. Bu nedenle kapasite elemanları üzerindeki gerilim veya endüktans üzerinden geçen akım aniden değişmez (Ray, 2004). Belirli bir süre alan bu ani gerilim ve akım değişimi olayları salınımlı bir şekilde sona erer. Uzun çalışma süreleri göz önüne alındığında geçici olaylar çok kısa süreli değişimlerdir. Fakat oldukça önemli etkileri vardır. Ortaya çıkan yüksek akım ve gerilim, çalışan sistem elemanları üzerinde hasarlara neden olabilir. Bu hasarlar sistem elemanlarının özelliklerine ve geçici olayın büyüklüğüne göre değişiklik gösterir. Günümüzde kullanılan ve önemli işlevleri yerine getiren cihazların daha hassas ve mikro elektronik parçalardan oluşması, bu geçici olayların önemini daha da arttırmaktadır (Arıkan, 2009).

3.2. Orta Gerilimde Meydana Gelen Arızalar

Dağıtım hatlarında meydana gelen arızaları açık devre ve şönt arızalar olarak iki bölümde inceleyebiliriz. Açık devre arızalar hattın kopması olaylarıdır. Hatlarda faz-toprak, faz-faz ve faz-faz-toprak arasında kısa devre sonucu oluşan arızalar ise şönt arızalardır. Şönt arızalar yapılan araştırmalara göre 2-3 günde bir meydana gelebilmektedir. Şönt arızaların büyük çoğunluğu faz-toprak arasında meydana gelen kısa devre arızalarıdır (Gönen , 1986). Dağıtım hatlarındaki arızalara neden olan etkenleri üç gruba ayırabiliriz. Bunlar;

İç faktörler; iletkenlerin boyutu ve malzemelerin ekonomik ömürleri, dış faktörler; rüzgâr, yıldırım buzlanma, ağaçlar ve hayvanlar, insan faktörü ise trafik kazaları, çalışma ekibinden kaynaklı kazalar ve vandallık olaylarıdır (Çifci vd. , 2017).

3.3. Geçici Olaylara Sebep Olan Etkenler

3.3.1. Şebeke kaynaklı etkenler

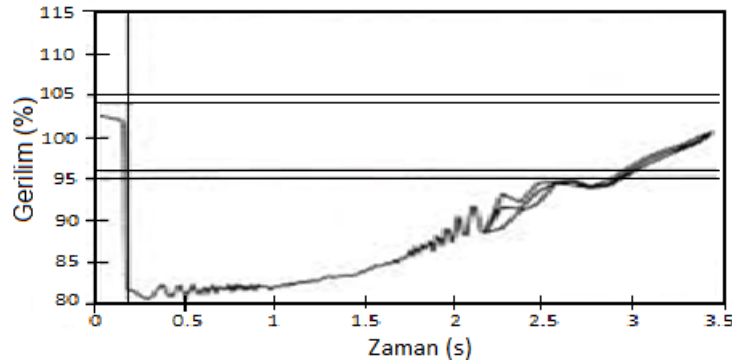
3.3.1.1. Kısa Devre Akımlarının Termik ve Elektrodinamik Etkileri

Tesisler üzerinde kısa devrenin etkileri çok farklı şekillerde olabilmektedir. Kısa devrenin ani şekilde darbe olarak etki etmesi durumunda tesiste bulunan cihazların üzerinde dinamik kuvvet oluşması ve malzemelerin mekanik olarak zorlanmasına neden olan durumlar gibi, kısa devrenin uzun süre etkili olması durumunda tesiste bulunan cihazların ısıl olarak zorlanmasına neden olan durumlar ile de karşılaşılabilir. Bu iki durumda da tesis kısmen veya tamamen devre dışı kalabilir ve bu arızaların neden olduğu hasarlar tesise yüksek onarım maliyetleri olarak geri dönebilmektedir (Küçük, 2005).

3.3.1.2. Yıldırım Düşmesi, Gerilim Çökmesi Ve Gerilim Düşmesi Gibi Etkenler

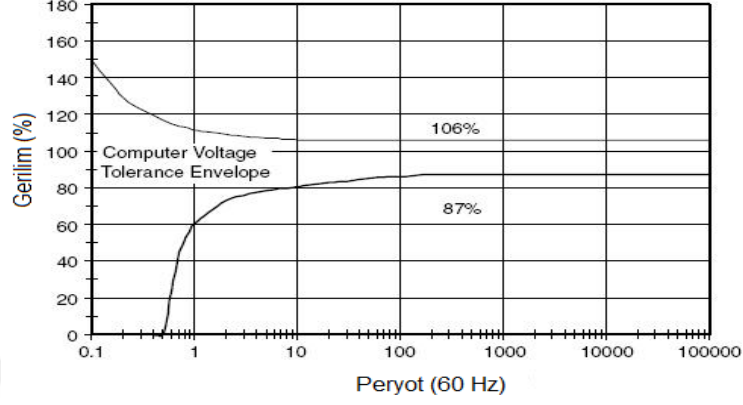
C.T.R Wilson yıldırım kanalının çevresinde oluşan elektrik alanını ölçmüş ve ilk defa yıldırımın elektriksel yükünü tahmin edebilmiştir. Aynı zamanda yıldırımın anlaşılmasında büyük katkı sağlayan iyonize radyasyonunun ölçümünde kullanılan Cloud Chamber (parçacık dedektörü) adında cihazı icat etmiş ve Nobel ödülü almıştır (Rakov vd., 2003). Yıldırım düşmesinin iletim hatlarına olan etkisi ve enerji kayıplarına neden olması bu konunun araştırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Kanada ve Amerika'da yapılan bir araştırma sonucunda 230 kV'luk bir hatta %65'lik oranda kayıplara neden olduğu gözlemlenmiştir. İngiltere'de yapılan bir araştırmada ise 33 kV'luk bir hatta 50.000 hata gözlemlenmiştir (Özcan, 2005). Yıldırımın elektrik hattına ile direğe düşmesi veya elektrik hattının yakınına düşmesi nedeniyle aşırı gerilim yükselmelerine sebebiyet vermektedir.

Normal frekanstaki gerilimin efektif değerinin anlık olarak düşmesi olayına gerilim çökmesi denir (Dugan, 2002 ve IEEE Standart (1346 – 1998)). Bu çökme, olayı büyük güçlü yüklerin kısa devre gücü düşük olan şebekelerde devreye alınması veya kısa devre arızalarının anahtarlama elemanları tarafından geç algılanması ile oluşur (Küçük vd., 2004). Şebeke efektif gerilimi sinüzoidal gerilimli şebekelerde yarım periyot veya tam periyot için hesaplanır (Bollen, 2000). Gerilim çökmesinin büyük güçlü bir yük tarafından gerçekleşmesi Şekil-4.2'de verilmiştir (Küçük vd., 2004).



Şekil 3. 2. Büyük güçlü bir yükün meydana getirdiği gerilim çökmesi

Cihazların sorunsuz çalışma bölgelerine bakılarak meydana gelen gerilim çökmesinden etkilenip etkilenmediği anlaşılabilir. Cihazların güvenli çalışma bölgesi gerilim değişimi ve süresine göre grafiği şekil 4.3'de verilmiştir (IEEE Standart 4446-1995). Güvenli ve güvensiz bölgeyi kesin bir şekilde ayıran bu eğriye CBEMA eğrisi de denilmektedir (Küçük vd., 2004).



Şekil 3.3. CBEMA eğrisi

Elektrik geriliminin bir dalgadan daha uzun sürede %80 oranından daha az bir değere düşmesi olayına gerilim düşmesi denilmektedir. Gerilim düşümüne şebekenin yetersizliği, kısa devreler, aşırı yüklenmeler gibi etkenler neden olabilmektedir (Url-4, 2022).

3.3.1.3. Hat ve Kapasitör Anahtarlamasının Etkileri

İki iletken boşluk, hava ya da bir yalıtkan ile ayrıldığında kapasitör oluşur. Bu sebeple iletim hatlarında da iletkenler arasında ya da iletken ile toprak zemin arasında kondansatör davranışı görülür. Bu kapasitans değeri, iletken ile toprak arası uzaklığa, iletkenler arası uzaklığa ve havanın dielektrik sabitine bağlı olarak değişir (Demir, 2013).

Frekans değeri f olan bir akım kondansatöre uygulandığında kapasitif reaktansı,

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \text{ olarak hesaplanır.}$$

1 kilometre uzunluğundaki, iletkenler arası mesafesi GMD metre olan, r metre yarıçaplı faz başına kapasitans değeri ise,

$$C = \frac{0.0242}{\log \frac{GMD}{r}} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Şebekeden çekilen yükler genellikle indüktif yüklerdir ve gerilim akıma göre ileri fazdadır. Bu durumda şebeke giriş ve çıkış gerilimleri arasında fark oluşmaktadır. Şebeke sonlarına kapasitör bağlanarak bu gerilim farkı azaltılmaktadır. Şebekenin kendi indüktansının fazla olması durumunda gerilim düşümünü engellemek üzere seri kapasitör bağlanır. Bu kapasitörler negatif reaktans oluşturarak şebeke hattının toplam empedansını düşürerek daha fazla güç transferi sağlanır. Bu işlem "maksimum güç transferi" olarak adlandırılır (Demir, 2013).

3.3.1.4. İletim Hatları ve Transformatörlerin Asimetrik Yapısındaki Dengesizliğin Etkileri

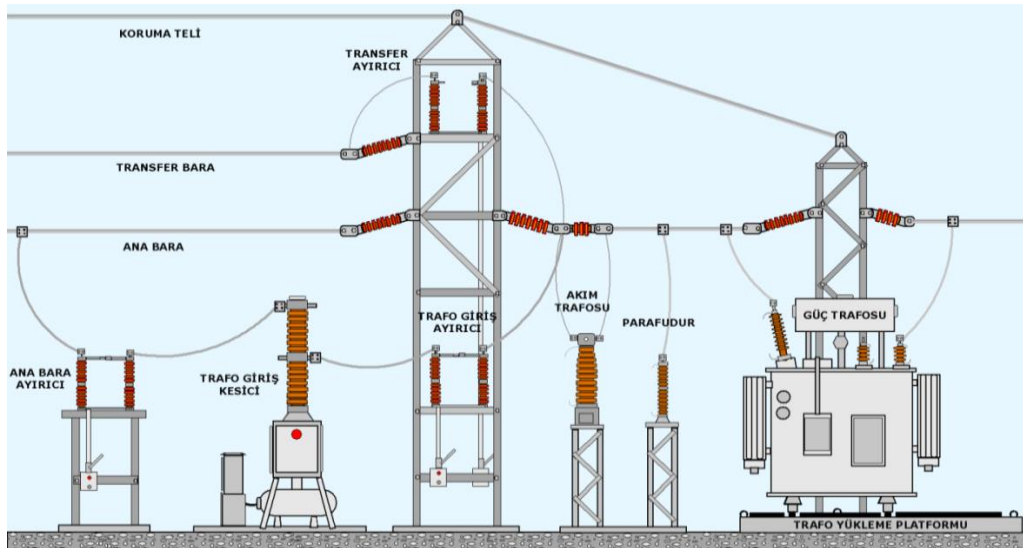
İletim hatlarının görevi; üretim sistemi ile dağıtım sistemi arasındaki enerji bağlantısını sağlamak ve uzun mesafelerde enerjiyi iletmektir (Kiessling vd., 2003 ve Unde vd., 2013). Güç sistemlerinde önemli bir yere sahip olan iletim hatları yüksek gerilim seviyelerinde işletilmektedir. İletim sistemlerinde meydana gelebilecek arızalar, enerjinin iletilmesinde aksaklığa yol açacağından birçok tüketici veya bölge enerjisiz kalabilecektir. Bu sebeple öncelikle iletim sisteminde enerjinin sürekliliği ve simetrik yapısının korunması çok önemlidir (Unde vd., 2013 ve Kutucu, 2009). Bu simetrik yapının korunmasında en etkili eleman transformatörlerdir. Transformatörlerin bakımları ve takipleri iyi yapılmalı ve arızaların önüne geçilmelidir.

3.3.1.5. Fider Üzerindeki Hatalardan Kaynaklı Etkenler

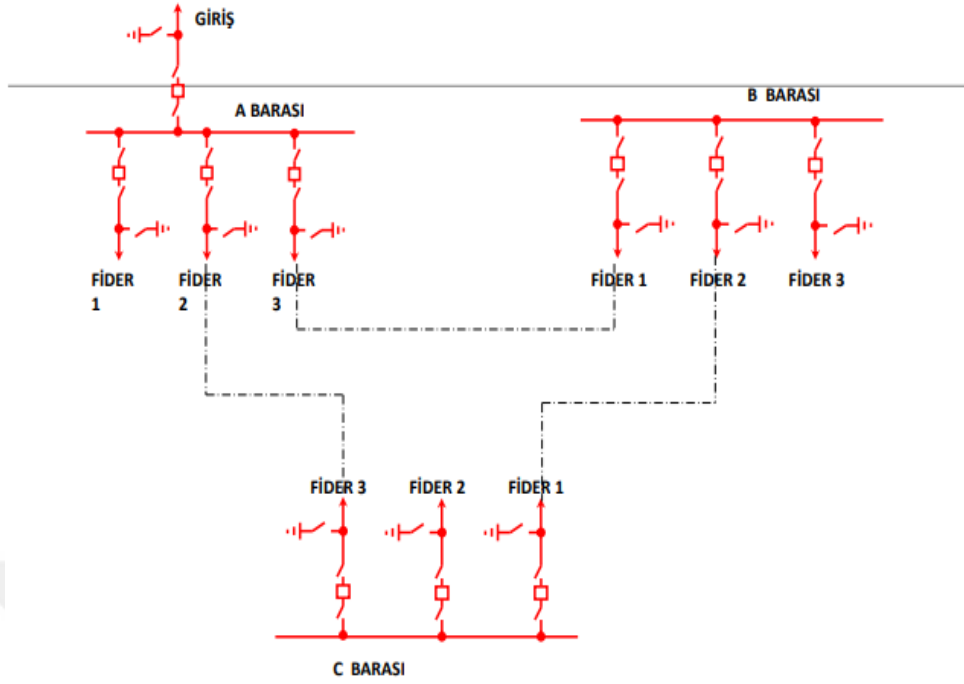
Fider, üretici barası ile tüketici arasındaki enerji besleme hattıdır. İletim hatlarındaki baralar üzerindeki enerji, fider yapıları ile dağıtılırlar. Dağıtım sistemindeki bara yapıları; tek bara sistem, çift bara sistem, transfer bara sistem ve By-Pass ayırıcılı sistemler olarak sıralanabilir. Dağıtımda en çok tek bara ve transfer bara sistemleri kullanılmaktadır (Url-2, 2022).

Fider üzerindeki hatalardan kaynaklı gerilim düşmesi, yükselmesi veya beslemenin tamamen kaybolması gibi etkiler ortaya çıkabilmektedir.

Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de bir fider trafo fiderinin açık şalt ve teçhizat bağlantıları ile örnek bir fider yapısı verilmiştir.



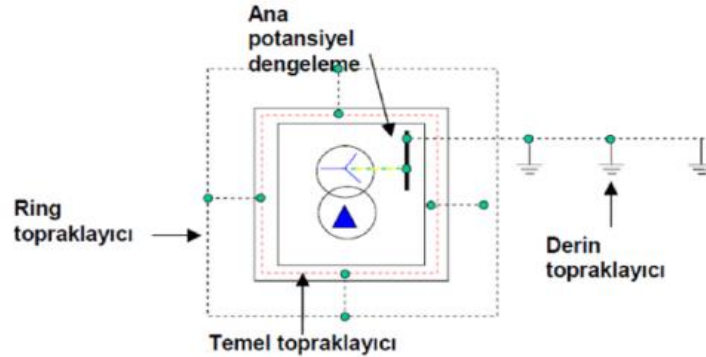
Şekil 3. 4. Trafo fiderinin açık şalt ve teçhizat bağlantıları (Url-2, 2022).



Şekil 3. 5. Fider yapısı örneği (Url-2, 2022)

3.3.1.6. Topraklama Sisteminin Durumundan Kaynaklı Etkiler

İnsanlar, diğer canlılar ve eşyalar elektrik akımından korunmak zorundadır. Tesislerde, direk veya dolaylı yoldan temasların etkilerinin en aza indirilmesi ancak etkili bir topraklama ile sağlanabilir. Topraklamanın iyi yapılmaması durumunda tesislerde meydana gelebilecek arıza veya hatalarda kaynaklı can ve mal kaybına yol açılabileceği de göz ardı edilmemelidir. Elektrik çarpmalarında tehlikeli gerilim, tüm elektrikle ilgili yönetmeliklerde ve TS HD 60364-5-54 standartlarında 50 V olarak kabul edilmiştir (Ural, 2021). Şekil 4.6'da bir trafo merkezinin genel topraklama şeması verilmiştir.



Şekil 3. 6. Transformör merkezlerinin genel topraklama şeması (ETTY, 2001)

3.3.2. Tesis kaynaklı etkenler

3.3.2.1. Kısa Devre Akımlarının Termik ve Elektrodinamik Etkileri

Elektrik tesislerinde kısa devrenin etkileri çok farklı olabilmektedir. Kısa devrenin ani şekilde darbe olarak gerçekleşmesi sistemden geçen yüksek kısa devre akımları sistemde bulunan devre elemanlarının dinamik kuvvetlere maruz kalmaları ve devre elemanlarının zorlanmalarına neden olurken, uzun süreli olan kısa devre akımları ise, devre elemanlarının termik olarak zorlanarak zarar görmesine neden olabilmektedir. Bu durumlar hem işletme personeli hem de devre elemanlarının zarar görmesi olarak sonuçlanabilir. Kısa devre akımları işletmelerin tamamen durmasına veya kısmen çalışamaz hale gelmesine neden olarak büyük onarım ve işletme masraflarına yol açabilmektedir (Küçük, 2005).

Bu sebeplerden dolayı tesisler çeşitli koruma elemanları ile mümkün olan şekilde koruma altına alınmalıdır. Kısa devre anında meydana gelen kısa devre akımı

$$E_y = \frac{E}{\sqrt{3}} \text{ olmak üzere,}$$

$$I_k = \frac{E_y}{\sum Z(1,2,0)} \text{ ifadeleri ile hesaplanır.}$$

Bu eşitlikte $Z(1,2,0)$ kısa devre hattı üstündeki elemanların doğru, ters ve sıfır bileşenlerin empedanslarını ifade etmektedir (Demir, 2012).

3.3.2.2. Yıldırım Düşmesi, Gerilim Çökmesi ve Gerilim Düşmesi Gibi Etkenler

Enerji iletim sistemlerinde yeterli korumanın sağlanması ve izolasyonun yönetimi için yıldırım düşmesinde oluşacak aşırı gerilimlerin bilinmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Enerjinin kesintisiz ve güvenilir bir şekilde iletilmesi için izolatör ve yalıtım sisteminin uygun olarak tasarlanarak kurulumların yapılması gerekmektedir (Kaygusuz, 2003).

Enerji iletiminin sürekliliğinde yıldırım düşmesi, gerilim çökmesi ve gerilim düşmesi gibi etkenler en önemli etkenler arasında yer almaktadır. İletim sisteminde bulunan koruma iletkeni, elektrik direği veya faz iletkenlerine yıldırım düşmesinde sistemde bulunan izolatörler üzerinde gerilim yükselmesi meydana gelir. Bu yüksek gerilimlerden kaynaklı atlamalar oluşabilmekte ve izolatörlerin kırılması, trafoların izolasyonlarının bozulması gibi arızalara neden olabilmektedir. Bunların yanında yıldırım düşmesi sonucu elektromanyetik dalgaların çevreye yayılması elektronik cihazların olumsuz etkilenmesine yol açabilmektedir (Greenwood, 1991 ve Papadoupoulos vd., 1992).

3.3.2.3. Hat ve Kapasitör Anahtarlama Etkileri

Enerji sistemlerindeki güvenilir ve sürekli iletimi etkileyen bir etken de anahtarlama etkenidir. Anahtarlama olayı esnasında aşırı gerilim ve bu gerilime bağlı aşırı akımlar meydana gelebilmektedir. Bu durum da enerji sistemindeki cihazların hasar görmesine ve sistemin

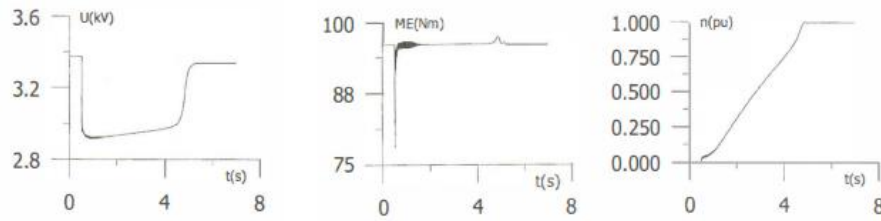
sorunlu çalışmasına neden olmaktadır. Bu anahtarlama işlemleri; hat anahtarlaması, yük anahtarlaması ve kapasitör anahtarlaması olarak sınıflandırılabilir (Arıkan, 2009).

3.3.2.4. Büyük Yüklerin Aniden Devreye Alınmasından Kaynaklı Gerilim Düşmesinin Etkileri

Gerilim düşmesi, çeşitli sebeplerle gerilim değerinde meydana gelen düşüşler olarak tanımlanabilir. Bu gerilim düşmelerinin sebepleri başında büyük yüklerin özellikle motorların ani devreye alınması gelmektedir (Zhang vd., 2000).

Motorlar direk olarak devreye alındığında nominal akımdan 6-8 kat arasında fazla akım çekmektedirler. Bu esnada oluşan gerilim düşümü yüzde 15'in altında olmalıdır (Das, 1990).

Motorların aniden devreye alınması esnasında aynı fiderde veya komşu fiderlerde bulunan yüklerin ve diğer motorların olumsuz olarak etkilenmesine yol açabilmektedir. Gerilim düşümlerinde yüklerin çeşitliliğine göre kayıplar yaşanabileceği gibi motorlar üzerinde yüksek akım çekme, yavaşlama ve moment değişimleri de meydana gelebilmektedir (Yılmaz vd., 1990).



Şekil 3. 7. OGM barası gerilimi, AG motor moment değişimi ve hızlanma eğrisi

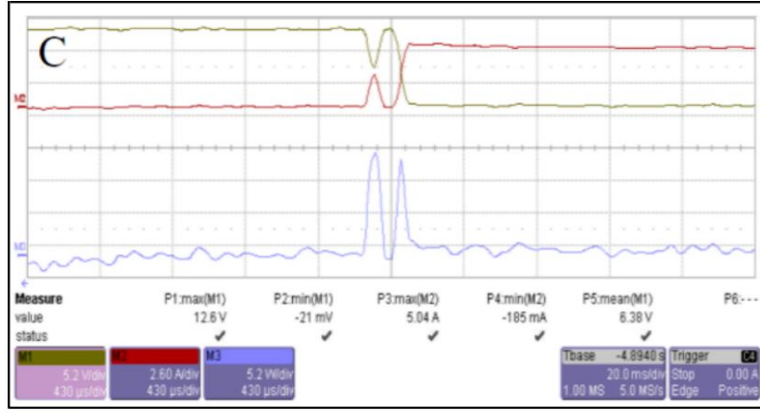
Şekil 4.7'de motorların devreye alınması esnasında enerji sistemlerinde meydana gelen gerilim düşümü ve motor eğrileri verilmiştir. Gerilim düşümleri sisteme bağlı her bir barada meydana gelebilmekte olsa da en büyük gerilim düşümü yol verilen motorun bağlı olduğu barada meydana gelmektedir (Yılmaz vd., 1990).

3.3.2.5. Kontaktörlerin veya Rölelerin Anahtarlamasından Kaynaklı Etkiler

Kontaktör ve röleler elektrik devrelerinde anahtarlama görevi yapan elemanlardır. Bu elemanlar iletimin sağlanması ya da kesilmesini sağlamak için birbiri ile temas edip ayrılan parçalardan meydana gelir (Swingler vd., 2008).

Kontaktörlerin açılıp kapanması esnasında yüzeyler arasındaki ortamın iletkenlik direncinin delinmesi sonucu oluşan elektrik sıçraması ark olarak adlandırılır. Ark esnasında sistem enerjisinde gerilim ve akım değerlerinde değişimler meydana gelmektedir (Zhou vd., 2015).

Şekil 4.8'de kontaktörün ilettime geçerken akım, gerilim ve güç değişimleri grafiği verilmiştir.



Şekil 3. 8. Kontaktörün iletme geçerken akım, gerilim ve güç değişimleri (Sav vd., 2021)

3.3.2.6. Tesis İçi Kısa Devrelerin Oluşturduğu Etkiler

Bir elektrik sisteminde farklı gerilimlerdeki 2 veya daha fazla noktanın düşük empedans üzerinden kasıtlı yada kaza ile bir birine temas etmesi olayına kısa devre denilmektedir. Kısa devre anında sistemde yeni bir devre oluşur ve bu devrenin empedansı çok küçüktür. Bu nedenle bütün besleme noktalarından kısa devre noktalarına doğru yüksek akımlar akar. Bu yüksek akımlardan kaynaklı tesisat elemanları dinamik ve termik açıdan zorlamaların etkisinde kalır. Tesisat elemanlarının zarar görmemesi adına kısa devre olan yerin mümkün olan en kısa zamanda devreden ayrılması gerekmektedir. Kısa devre akımının en yüksek olacağı değere darbe kısa devre akımı denir ve I_p ile gösterilir.

Darbe kısa devre akımı $I_p = \sqrt{2} \frac{E}{Z} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{X}\right)^2}} e^{\frac{R}{X} \left(\phi + \frac{\pi}{2}\right)} \right)$ formülü ile hesaplanır (İriz vd., 2022).

3.3.2.7. Topraklama Sisteminin Durumundan Kaynaklı Etkiler

Topraklama sistemi geniş alanları kapsayan ve karmaşık bir yapıya sahip olan bir sistemdir. Enerji sistemlerinde meydana gelebilecek geçici olaylardan kaynaklı darbe akımları oluşur. Bu akımların toprağa aktarılması hem insanlar için tehlike oluşmasını önlemek hem de tesisin korunmasının sağlamak açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle topraklama sisteminin kusursuz olması istenir (Mürtezoğlu, 1998).

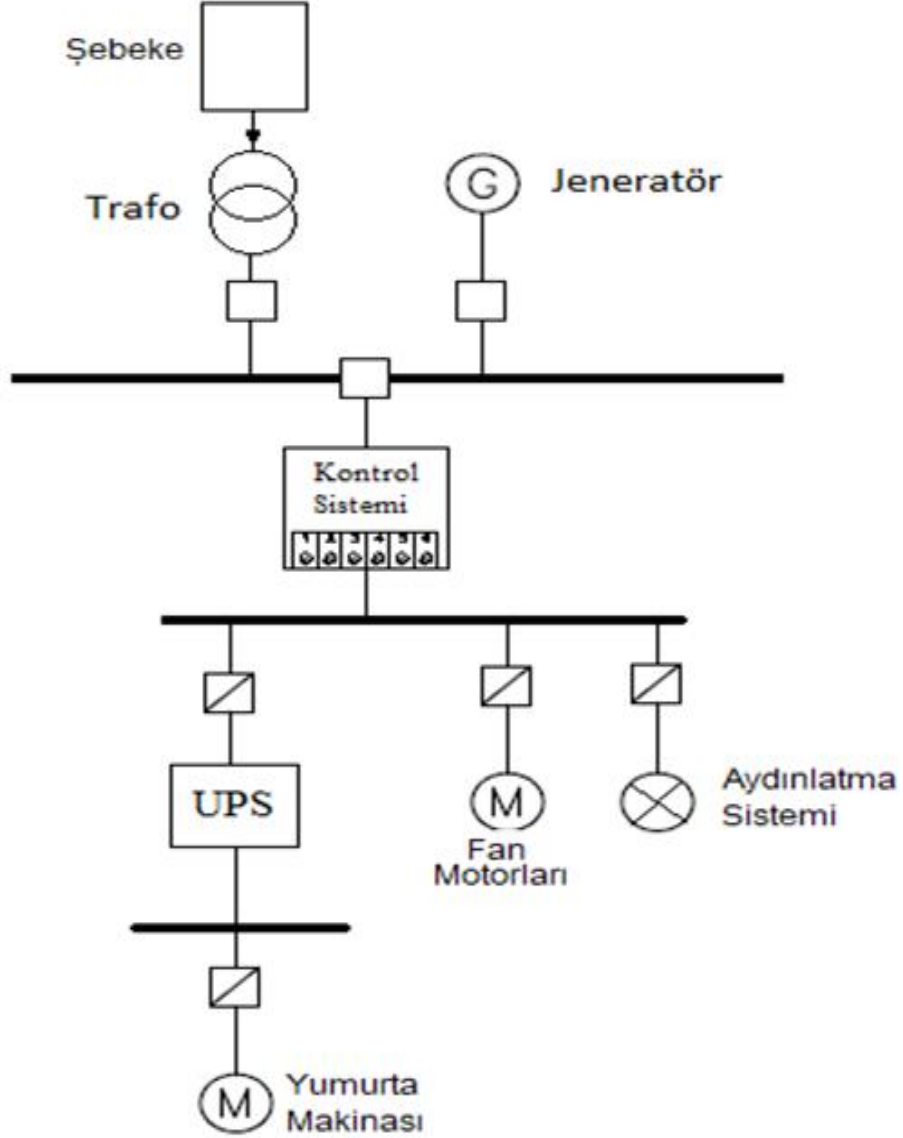
Yüksek gerilim sistemlerinde topraklama sistemi, topraklama ağı ve topraklama çubukları ile topraklama iletkenlerinden faydalanılarak oluşturulurlar (Gürsu Vd., 2007).

4.BÖLÜM

ÖRNEK TESİS

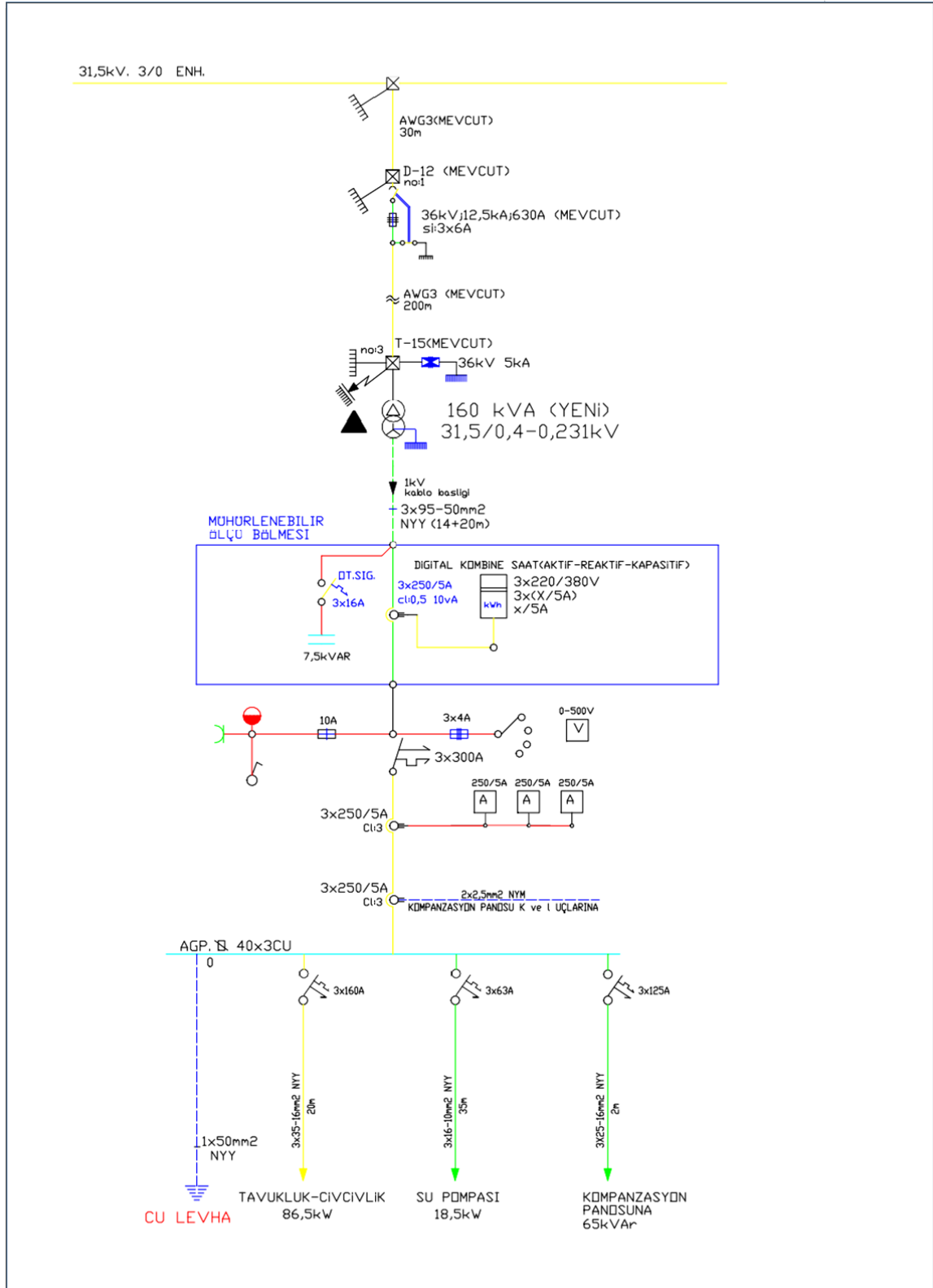
Bu araştırmamızda büyük ölçülerde örnek bir tavuk çiftliğini, tesisinin eksik yada tam olan yönleri ile yapılması gereken iş/işlemleri inceleyeceğiz.

4.1. Tek Hat Şeması 1



Şekil 4. 1. Tek hat şeması 1

4.3. OG Hat Şeması



Şekil 4. 3. OG hat şeması

4.4. Tesis Özellikleri

Tesisin 25000m² alan üzerinde 11200 m² kapalı alanı bulunmaktadır. Tesis tavuk ve yumurta üretimi yapmaktadır. Tesisin elektrik/elektronik elemanlarının özellikleri aşağıdaki şekildedir.



Resim 4.1. Tesisin dış görünüşü

Trafo: Tesis 160 kVA gücünde, 31.5/0.4-0.231 kV'luk, yağlı soğutma sistemli, 3 fazlı direk tipi bir trafodan enerjisini sağlamaktadır.



Resim 4.2. Trafo

Jeneratör1: Tesise asal gücü:297 kVA, bekleme gücü:330 kVA, çalışma gerilimi:400V, güç faktörü:Cosφ:0.8, çalışma frekansı:50Hz olan ve 2870 Kg ağırlığında 3 fazlı dizel jeneratör ile yedek enerji sağlanmaktadır.



Resim 4.3. Jeneratör 1

Jeneratör2: Tesise asal gücü:415 kVA, bekleme gücü:460 kVA, çalışma gerilimi:400V, güç faktörü:Cosφ:0.8, çalışma frekansı:50Hz olan ve 3390 Kg ağırlığında 3 fazlı dizel jeneratör ile 2. yedek enerji sağlanmaktadır.



Resim 4.4. Jeneratör 2

Su pompa motorları: Tesisin tavukluklar ve civcivliklerine soğuk ortamın sağlanması için 3'er adet gücü:745W, çalışma gerilimi:380V, 1.8 amperlik, debi maksimum kapasitesi:22 ton/s olan su pompaları kullanılmaktadır.



Resim 4.5. Su pompaları

Fan motorları: Tesisin tavukluklar ve civcivliklerine hava dolaşımını sağlanması için 30'ar adet gücü:1100-1270W aralıklarında, çalışma gerilimi: Δ 220V-Y380V/Y440V, 4,6A/2,7 amperlik, güç faktörü $\cos\phi$:0.8 olan fanlar kullanılmaktadır.



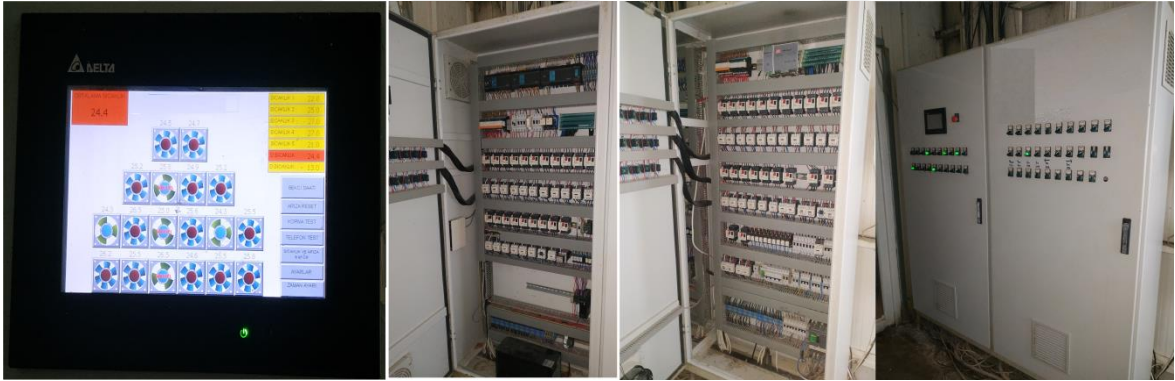
Resim 4.6. Havalandırma fanları

KGK: Tesisin yumurta toplama makinesi kısmında kesintisiz enerji sağlanması için gücü:30kVA, çalışma gerilimi:380V 3 faz, çalışma frekansı:50Hz olan Icc: 6 kilo amperlik, 110 kg ağırlığındaki, çalışma sıcaklığı:40°C olan kesintisiz güç kaynağı (KGK) kullanılmaktadır. Ayrıca otomasyon sisteminin kesintisiz çalışması için 2 kVA KGK kullanılmaktadır.



Resim 4.7. KGK cihazları

Kontrol Panosu: Tesisin kontrol panosunda 3 adet PLC ve 1 adet SCADA sisteminin yanında ikaz lambaları, sigortalar, şartlar, röleler/kontaktörler ile diğer pano elamanları bulunmaktadır.



Resim 4.8. Kontrol panosu

SONUÇ VE ÖNERİLER

Öneriler

Elektrik enerjisinin kalitesi kullanıcılar için önemlidir. Özellikle ticari tesislerde kullanılan enerjinin kaliteli olması tesiste kullanılan malzemelerin verimliliği ve ürünlerin sağlığı açısından önem arz etmektedir. Elektrik enerjisinin kaliteli olması tüketicinin kullandığı cihazların bakım maliyetini azaltacağı gibi tesiste üretilen ürünlerin de daha kaliteli olmasını sağlayacaktır.

Elektrik enerjisinin sürekli olması tesiste bulunan cihazların daha verimli çalışmasını sağlayacak ve cihazların ömürlerini de uzatacaktır. Tesiste bulunan cihazların harcadıkları güç seviyesi istikrarlı olduğu için kullanılacak olan diğer malzemeler ve ürünlerin de verimi artacaktır. Buda tesislerin daha verimli çalışmasını sağlayacağından enerji maliyetleri azalacaktır. Ayrıca seçilecek şalt malzemeler sistemlerin çalışma değerlerine göre seçileceğinden elektrik enerjisinin sürekliliği daha sağlıklı bir koruma sağlanması açısından önemli bir faktör olarak görülmektedir.

Sürekli ve bilinen kesintilerde kullanıcılar kendi önlemlerini almak durumundadırlar. Bu önlemlerin başında jeneratörler ve kesintisiz güç kaynakları gelmektedir. Jeneratörler ve kesintisiz güç kaynakları seçiminin doğru yapılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Şebeke enerjisinde meydana gelebilecek kesintilere karşı yedek güç olarak kullanılan jeneratörler seçilirken kullanılacak yakıt tipi, soğutma sistemi, çalışma tipi ve taşınabilirlik gibi kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca tesisin kurulu gücünün artması durumunda ihtiyaç duyulabilecek güç de göz önünde bulundurularak jeneratörün gücü belirlenmelidir. Örneğin kurulu gücü 2200kVA 0,4/0,23kV olan bir tesis mutlaka gücü en az 1100 kVA 0,4/0,23 kV olan 2 adet jeneratör ile yedeklenmelidir.

Tesislerde otomasyon sistemi ve sürekliliği sağlayan cihazlarda kesintisiz güç kaynağının kullanılması büyük önem arz etmektedir. Seçilecek kesintisiz güç kaynağının kesinlikle online özellikli seçilmesi gerekmektedir. Online kesintisiz güç kaynakları akımı üzerinden geçirdiği için enerjinin kalitesiz gelmesi durumlarında enerji kalitesini istenen seviyelere getirmektedir. Bu durum da bağlı cihazların zarar görmemesini ve daha verimli çalışmasını sağlayacaktır. Line kesintisiz güç kaynakları ise akımı üzerinden geçirmediği ve sadece akımın kesilmesi durumunda devreye girdiği için enerji sisteminde meydana gelen dalgalanmaları direk sisteme yansıtacağından otomasyon sistemi ve sürekliliği sağlayan cihazlarda kullanılmaması gerekmektedir. İhtiyaç duyulan güce uygun kapasitede bir kesintisiz güç kaynağı kullanılmalıdır. Örneğin 750 watt gücündeki bir sistemin ihtiyaç duyduğu gücü sağlaması için en az 1kVA gücünde online kesintisiz güç kaynağı seçilmelidir.

Geçici olaylarda tesiste mevcut olan cihazların ve ürünlerin zarar görmemesi için alınması gereken önlemler şunlardır.

- Tesisin bağı olduğu trafonun bakımları düzenli bir şekilde yapılmalıdır.
- Tesiste kullanılan şalt sistemin standartlara uygun, Ce belgeli ve güç seviyeleri göz önüne alınarak seçilmelidir.
- Otomasyon sistemlerinde ve sürekliliği sağlayan cihazlarda kullanılacak olan güç kaynaklarının online seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca güç faktörlerinin sistem gereksinimlerine göre uygun değerlerde seçilmesi gerekmektedir.
- Tesislerdeki kurulu gücün doğru bir şekilde hesaplanması ve tüm koruma elemanlarının buna göre seçilmesi gerekmektedir.
- Tesislerde kurulu gücün üzerine çıkıldığı takdirde kullanılmakta olan trafonun da kurulu güç artışına göre değiştirilmesi gerekmektedir.
- Tesislerde topraklama hattının Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliğine uygun şekilde yapılması ve en az 6 aylık aralıklarla topraklama ölçümleri yapılarak ölçüm sonuçlarına göre gerekli düzenleme ve önlemlerin alınması gerekmektedir.
- Tesislerde kullanılan motor ve benzeri bakım gerektiren makinelerin bakımlarının düzenli bir şekilde yapılması gerekmektedir.
- Ortamda oluşan sıcaklık ve nemin aralıklarla ölçülmesi ve buna göre iletkenlerin iç tesisat yönetmenliğe uygun ölçümlerinin yapılması gerekmektedir.
- Sigortalar, kaçak akım röleleri ve Termik Manyetik Şalterler gibi Koruma elemanlarının kurulu güç göz önüne alınarak uygun değerlerde seçilmesi ve test değerlerinin belgelenmesi gerekmektedir.
- Kullanılacak olan koruma elemanlarının gerektiğinde kullanıcıya hata mesajı gönderebilme özeline sahip olması gerekmektedir.
- Tesiste kullanılacak iletken çaplarının iç tesisat yönetmenliğe uygun bir şekilde seçilmesi ve olası kurulu gücün yükselmesi durumlarında kullanılan iletkenlerin çaplarının artırılması gerekmektedir.
- Panolara ve iletkenlere zarar verebilecek kemirici hayvanların ortamlara girmemesi için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.
- Tesislerin bağı olduğu fider hattındaki diğer tesislerle ilgili bilgi sahibi olması ve olağan dışı durumlarda enerji sağlayıcı ile iletişime geçilmesi gerekmektedir.
- Düzenli aralıklarla şalt malzemelerinin bakım ve temizlik işlemleri yapılmalıdır.

Sonuç

Enerjinin sürekli ve kaliteli olması tüketici açısından önemlidir. Özellikle büyük tesisler açısından sürekli ve kaliteli bir enerjinin sağlanması daha büyük önem kazanmaktadır. Enerjinin sürekliliği ve kalitesi tesislerde maliyeti yüksek cihazların zarar görmemesi, üretilen ürünün kalitesinin düşmemesi ve cihazların verimli çalışması açılarından önemlidir. Olası enerji kalitesinde düşme veya kesintiler meydana geldiği durumlarda tesiste kullanılan cihazların zarar görmesi dolayısı ile bu zarardan kaynaklı oluşacak kesintilerden dolayı üretim kısmında ürünlerin zarar görmesi veya kalitesinin düşmesi de söz konusu olmaktadır. Bu nedenle tesisin korunması adına sistemi kontrol edecek olan otomasyon panolarının önemi artmaktadır.

Şebekelerde geçici olaylar meydana gelebilmektedir. Bu olaylar tesislerde kullanılan motorlar ve kontrol panoları gibi birçok sistem ve cihazın arızalanmasına yol açabilir. Bu nedenle kullanılacak olan şalt sistemin de bu geçici olaylarda tesiste kullanılan diğer cihazların ve ürün kalitesinin korunması açısından önemlidir. Ayrıca şalt sistem tavuk çiftliği gibi canlı ürünlerin bulunduğu tesislerde canlı kaybını önlemek ve tesisin zararını en aza indirmek açısından da önemlidir. Geçici olaylarda tesislerin etkilenmemesi için şalt sistem ve otomasyon sistemleri ile gerekli güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir. Alınacak bu güvenlik önlemleri ile geçici olaylarda hem tesislerde bulunan cihazların zarar görmesi önlenecek hem de ürün kalitesi ve verimi etkilenmeyecektir.

Geçici olaylarda kullanıcıların zarar görmemesi ve daha kaliteli bir enerji sunulması açısından dağıtım firmalarının da sorumlulukları bulunmaktadır. Geçici olaylarda kullanıcıların zarar görmemesi ve daha kaliteli bir enerji alması açısından dağıtım firmalarının sorumlulukları bulunmaktadır.

- Fabrika, haberleşme sanayi, hastane ve gıda sanayisi gibi tesislerde enerji kesintisinden dolayı oluşacak zarar ve kayıplar büyük olacaktır. Bu nedenle enerji iletim ve dağıtım sistemleri çok iyi planlanmalı ve hatların kuruluşları sırasında azami özen gösterilmelidir.
- Doğal afetler yada benzeri durumlarda enerji iletiminin sürekliliğinin sağlanması için iletim ve dağıtım sistemlerinin güvenilir olması sağlanmalıdır.
- Hatlara yıldırım düşmesi veya bir nedenle hatlarda kısa devre meydana gelmesi durumlarında abonelerin kullandıkları cihazlar bundan etkilenerek arızalanabilmektedir. Bu nedenle enerji iletim hatları çeşitli arızalara karşı koruma önlemlerini almalıdır.
- Dağıtım şebekesi hattındaki tüm kullanıcılara aynı kaliteli elektrik enerjisi sağlamalıdır. Gerilimin yüksek olması aboneye ve cihazlara zarar verebilir. Gerilimin istenen değerden fazla olması, kullanılan cihazların ömrünü azaltmaktadır. Benzer şekilde düşük gerilimden kaynaklı da cihazların verimlerinde azalma meydana

gelmektedir. Bu şebeke kaynaklı durumlar için dağıtım firması kullanıcıların zarar görmemesi adına gerekli önlemleri almalıdır.

Bunların yanında geçici olaylarda zarar görülmemesi adına kullanıcıların da sorumlulukları bulunmaktadır.

Teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte ortaya çıkan kavramlardan biri de “Otomasyon Sistemleri”dir. Otomasyon sistemleri temel olarak kontrolcü, giriş-çıkış ve haberleşme birimlerinden oluşmaktadır. Kontrolcü olarak genellikle Programlanabilir Denetleyici (PLC) kullanılmaktadır. Otomasyon Sistemleri, sistemin denetimini sağlayan birimdir. Dolayısı ile koruma önlemlerinin çok iyi alınması zaruridir. Enerji sistemlerinde oluşacak olumsuz durumlar karşısında Anahtarlama Modlu Güç Kaynağı (SMPS-Switching Mode Power Supply) otomasyon sistemini korumaktadır.

Bunun yanında aşırı akım rölesi ile meydana gelebilecek sorunların sisteme zarar vermesi engellenmelidir. Ayrıca sisteme monte edilen sigortalar ile oluşabilecek akım değişimlerine karşı da önlem alınmalıdır. Bu sistemlerin tamamının toplandığı alana otomasyon panosu denilmektedir. Otomasyon panosuna ait aşağıda belirtilen şartlar kullanıcı tarafından sağlanmalıdır.

- Otomasyon panosunun koruma sınıfı en az IP 54 olmalı ve elektrostatik toz boya ile boyanmış olması gerekmektedir. Kullanım koşullarına ve istenen IP koruma sınıfını bozmayan havalandırma tertibatı olması gerekmektedir.
- Pano içerisinde kullanılan kablolar ve donatı bileşenleri TSE ve IEC normlarına uygun imal edilmiş olmalıdır.
- Şebekenin ve cihazların birbirinden yalıtılması için kontrol devresinin ihtiyacını karşılayacak güçte izolasyon transformatörü kullanılmalıdır.
- Klemens grubu ile sahadan gelen kabloların panoya giriş noktası arasındaki mesafenin en az 20 cm olması gerekmektedir.
- Bir terminale birden fazla kablo bağlanmamalı, kablo kesitine uygun kablo yüksüğü kullanılmalı ve pano içi montaja uygun dağıtım barası veya dağıtım klemens grubu kullanılmalıdır.
- Pano içindeki iletken kısımları doğrudan dokunmaya karşı izole etmek amacıyla tüm iletkenler şeffaf pleksiglaslı kapaklarla muhafaza altına alınması gerekmektedir.
- Yıldırım düşmesi sebebiyle meydana gelen aşırı gerilime karşı koruma sağlamak amacıyla Aşırı Gerilim Koruma Cihazı (parafudr) tesis edilmeli. Parafudrlar, besleme ile seri veya parafudr ile seri olacak şekilde NH veya silindirik buşonlu uygun kesme kapasitesinde gL tipi sigorta ile korunmalıdır.
- Kullanılan ekipmanların %10 - %95 arası bağıl nem seviyesi için uygun olması ve asgari olarak IP20 gereksinimlerini karşılaması gerekmektedir.
- PLC'ye ait CPU modülü üzerinde hata dışında CPU durumunu gösterir LED veya indikatör ekranı bulunması gerekmektedir.

- Programlanabilir kontrol cihazları Uluslararası Elektroteknik Komisyonu standartlarına (IEC 61131-1 ve IEC 61131-2) uygun olmalıdır.
- Tüm dijital çıkışlar kısa devre durumunda PLC'nin arızalanmaması için birbirinden bağımsız transistor veya mekanik PLC tipi röleler ile sahadan izole edilmiş olmalıdır.
- Pano içi ile sahaya gidecek sinyallere ayrı güç kaynağı kullanılması gerekmektedir.
- Güç kaynakları hem girişinde hem de çıkışında uygun değerde sigorta ile korunmalıdır.
- Saha ölçüm ve algılayıcı elemanlarının beslemeleri için ayrı bir güç kaynağı kullanılmalıdır.
- Pano içinde ve sahaya giden Analog ve Data Sinyallerinin taşınmasında LIYCY tipi blendajlı kablo kullanılmalı ve blendaj topraklamasının yapılması gerekmektedir.

Ayrıca herhangi bir sebeple enerji kesilmesi veya meydana gelebilecek dalgalanmaları önlemek amacı ile Kesintisiz Güç Kaynakları kullanılarak otomasyon sisteminin sürekliliği sağlanmalıdır. Kullanılacak Kesintisiz Güç Kaynakları online olarak tercih edilmelidir.

Çorum ilinde faaliyet gösteren bir tavuk çiftliği tesisindeki enerji sistemi ve otomasyon sistemi araştırıldığında gerçekleştirilecek geçici olaylarda sistemlerin zarar görmemesi için alınması gereken önlemler açısından şu verilere ulaşılmıştır.

- Tesiste kurulu gücün üzerine çıktığı için 36kVA olan trafonun 160 kVA gücünde yeni bir trafo ile değiştirildiği fakat iletken kesitlerinin artırılması konusunda bir çalışma yapılmadığı görülmüştür.
- Süreli ve bilinen kesintilerde tesisin kendi önlemlerini almak adına yeterli güçlerdeki doğru şartları taşıyan 2 adet yedekli çalışan jeneratör kullandığı görülmüştür.
- Tesisin yumurta toplama makinesi gibi sürekliliği sağlayan cihazlarda güç faktörü uygun online kesintisiz güç kaynağı kullanıldığı fakat otomasyon sistemlerinin de bulunduğu panoda line kesintisiz güç kaynağı kullanıldığı görülmüştür.
- Tesiste topraklama hattının Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliğine uygun şekilde yapıldığı fakat belirli aralıklarla yapılması gereken topraklama ölçümleri yapılarak ölçüm sonuçlarına göre gerekli düzenleme ve önlemlerin alınmadığı görülmüştür.
- Tesiste kullanılan motor ve benzeri bakım gerektiren makinelerin bakımlarının düzenli bir şekilde teknik personelce yapıldığı ve değişmesi gereken cihazların zamanında değiştirildiği görülmüştür.
- Belirli aralıklarla ölçülmesi gerektiği ortam sıcaklık ve neminin ölçülmediği ve buna göre alınması gereken önlemlerin alınmadığı görülmüştür.
- Sigortalar, kaçak akım röleleri ve Termik Manyetik Şalterler gibi Koruma elemanlarının kurulu güç göz önüne alınarak uygun değerlerde seçildiği fakat test ve CE belgelerinin bulunmadığı görülmüştür.

- Tesiste kullanılan SKADA sisteminin gerektiğinde kullanıcıya hata mesajı gönderdiği fakat koruma elemanlarının hata mesajı gönderebilme özeline sahip olmadığı görülmüştür.
- Panolara ve iletkenlere zarar verebilecek kemirici hayvanların ortamlara girmemesi için gerekli önlemlerin alındığı görülmüştür.
- Tesislerin bağlı olduğu fider hattındaki diğer tesislerle ilgili bilgi sahibi olunmadığı ve olağan dışı durumlarda enerji sağlayıcı ile iletişime geçilmesi adına herhangi bir çalışma yapılmadığı görülmüştür.
- Düzenli aralıklarla yapılması gereken şalt malzemelerinin bakım ve temizlik işlerinin yapılmadığı görülmüştür.
- Enerji sistemlerinde oluşacak olumsuz durumlar karşısında otomasyon sistemini koruma için Anahtarlama Modlu Güç Kaynağının kullanıldığı görülmüştür.
- Otomasyon panosunun koruma sınıfının IP 54 olduğu, panonun elektrostatik toz boya ile boyandığı, uygun şartları taşıyan havalandırma tertibatının bulunduğu görülmüştür.
- Pano içerisinde kullanılan kablolar ve donatı bileşenlerinin TSE ve IEC normlarına uygun olduğu fakat belgelerinin saklanmadığı görülmüştür.
- Şebekenin ve cihazların birbirinden yalıtılması için kontrol devresinin ihtiyacını karşılayacak güçte olması gereken izolasyon transformatörünün olmadığı görülmüştür.
- Bir terminale birden fazla kablo bağlanmamalı, kablo kesitine uygun kablo yüksüğü kullanılmalı ve pano içi montaja uygun dağıtım barası veya dağıtım klemens grubu kullanıldığı görülmüştür.
- PLC'nin arızalanmaması için birbirinden bağımsız transistör ve mekanik PLC tipi röleler ile sahadan izole edilmiş olduğu görülmüştür.
- Pano içi ile sahaya gidecek sinyallere ayrı güç kaynağı kullanıldığı ve hem girişinde hem de çıkışında uygun değerde sigorta ile korunduğu fakat saha ölçüm ve algılayıcı elemanlarının beslemeleri için ayrı bir güç kaynağı kullanılmadığı görülmüştür.
- Pano içinde ve sahaya giden Analog ve Data Sinyallerinin taşınmasında uygun blendajlı kablo kullanılmadığı görülmüştür.

Çorum ili özelinde yapılan bu saha uygulaması çalışmamız, ülkemizin benzer bölgelerinde kurulu bu tip tesisler için önemli bir referans olacaktır. Bu tip tesislerde meydana gelen olumsuz etkiler hem can hem de mal kaybına yol açmakta tesis ve dağıtıcı arasında hukuki süreçler oluşmasına neden olmaktadır. Bu çalışma ile tesis ve dağıtım firmasının sorumlulukları da net bir şekilde ortaya konulmuş, tesis açısından ortaya çıkan eksiklikler ve alınması gereken önlemler sunulmuştur.

KAYNAKÇA

Alafı B. (2021). *Hurst Üslü Ve İstatistiksel Parametreleri Kullanarak Rüzgar Enerjisi Sistemleri İçin Derin Öğrenme* (Tez No. 688423) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Ankara Kalkınma Ajansı., “Ankara İli Jeotermal Kaynaklı Elektrik Üretim Santrali”, Ön Fizibilite Raporu, Ankara, (2021).

Arıkan O. (2009). *Elektrik Güç Sistemlerindeki Anahtarlama Olaylarının Dinamik Analizi Ve Harmonik Bileşenlerin Bu Olaylar Üzerindeki Etkileri* (Tez No. 243596) [Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Arslan S. (2017). *Tüp Biçimli Doğrusal Jeneratör Tasarımı Ve Uygulaması* (Tez No. 460873) [Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Avcıoğlu A. (2017). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Teknolojileri Dersi 7*. <https://docplayer.biz.tr/61720925-Yenilenebilir-enerji-kaynaklari-ve-teknolojileri-dersi-7.html>

Aygül M. A (2018). *Çok Seviyeli Eviriciler Ve Kesintisiz Güç Kaynakları* (Tez No. 522082) [Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Bilgiç E. (2016). *Nükleer enerji santrali kazalarında ortaya çıkan radyasyonun atmosferik yayılımı* (Tez No. 438857) [Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Bollen M. H. J. (2000). *Understanding Power Quality Problems*, IEEE Press.

Çalışkan M. (2009). *Çok Bileşenli Fabrika Otomasyon Sistemlerinin Benzetimi* (Tez No. 238920) [Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çetin G. (2022). *Afşin-Elbistan B Termik Santrali'nin Yakma Ve Buhar Ünite Sistemlerinin Bazı Bölümlerinde Risk Değerlendirmesi* (Tez No. 709836) [Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çifci A., Altundağ E., Bulut Ö. ve Uysal H.H. (2017). *Burdur İli Elektrik Dağıtım Şebekesinde Meydana Gelen Arızalara Genel Bir Bakış ve Çözüm Önerileri*. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1: 44-55. <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufebed>

Cigre W. G. (2014). *Guide for Thermal Rating Calculations of Overhead Lines* Brochure Ref. 601.

Çilliyüz Y.(2014). *Güç Transformatörlerinin Yaşlanma Davranışının İncelenmesi ve Çeşitli Koşullar Altında Yüklenebilirlik Analizi* (Tez No. 379729) [Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çıtanak N. (2014). *Güneş Enerji Kaynağından Elektrik Enerjisi Üretimi* (Tez No. 355729) [Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çolak İ., Koşalay İ. ve Sefa İ. (2005). *Analysis Of Disturbance Sources Causing Electromagnetic Compatibility Problems In Electric Power Systems*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 18(3): 397-407. Ankara.

Coşkun A., Geredelioğlu Ç., Bolattürk A. ve Gökaslan M. Y. (2013). *Çayırhan Termik Santralinin Enerji Ve Ekserji Analizi*. 11. Ulusal Tesiat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

Das J.C. (1990). *Effects of Momentary V altage Dips on the Operation of Induction and Synchronous Motors*, IEEE Trans.

Demir B. T. (2015). *Jeneratör Seçimi ve Senkronizasyon*. 4. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi ve Sergisi, 21-24 Ekim 2015, İzmir.

Demir İ. (2012). *154 kV'lık Van Trafo Merkezinde Kısa Devre Akımlarının Analizi ve Simülasyonu* (Tez No. 387628) [Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Demir S. (2013). *Elektrik Enerjisi İletimi ve Dağıtımı*. 2. Hafta [Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi]. Erişim Tarihi:13.10.2022. <https://acikders.ankara.edu.tr/>

Dinçer, İ., Ezan M.A. (2020). TÜBA Jeotermal Enerji Teknolojileri Raporu Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları TÜBA Raporları No: 41, Ankara.

Dugan R. C. (2002) *Electrical Power Systems Quality*. McGraw – Hill.

Edwards M. L. (2001). *Distributed-Element Circuit Analysis Techniques*, Microwave and RF Circuits 2nd ed., Johns Hopkins University, Baltimore, 1-18.

Ekinci Z. (2011). *Termik Enerji Santrali İşletmeleri İçin Mali Fizibilite Çalışmaları, Yatırım Finansmanı Ve Örnek Bir Uygulama* (Tez No. 279459) [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Electrical Academia 2021.

Emre T. (2014). *Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin (RES) görelî etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi (VZA) ile ölçümü* (Tez No. 380095) [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Engin B. (2008). *Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Kompanzasyon Ve Enerji Kalitesi Sorunları* (Tez No. 223101) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

EPDK (2004) *Elektrik iletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalitesi Yönetmeliği*, Ankara.

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (Ocak 2011) *cilt 27, Sayı 1*.

ETTY (2001). *Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği*.

Gönen T. (1986). *Electric Power Distribution System Engineering*. Text Book, McGraw-Hill.

Greenwood A. (1991). *Electrical Transients in Power Systems*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Gürsu B. ve İnce M.C. (2007). *Genetik algoritmalar ile yüksek gerilim istasyonlarında optimum topraklama ağı tasarımı*. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19 (4) 511- 524.

Harmanda B.G. (2020). *Türkiye Ve Nükleer Enerji: Güvenlik Odaklı Strateji Tercihî* (Tez No. 615799) [Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Hekim M. (2021). *Jeotermal Santrallerde Atık Isıdan Termoelektrik Etki İle Enerji Geri Kazanımının İncelenmesi* (Tez No. 710061) [Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

IEEE Standart (1346 – 1998). *IEEE recommended practice for evaluating electric power system compatibility with electronic process equipment.*

IEEE Standart 4446 (1995). *IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications.*

İriz T. ve Aydın A. F. (2022). *Alçak Gerilim Tesislerinde Kısa Devre Hesapları*, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi. www.emo.org.tr

Kaygusuz A. (2003). *Uniform Olmayan İletim Hatlarında Yıldırım Aşırı Gerilimlerinin S-Domeni Kullanılarak Analizi* (Tez No. 134815) [Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Kiessling F., Nefzger P., Nolasco JF. ve Kaintzyk U. (2003). *Overhead Power Lines: Planning, Design, Construction*. Berlin, Germany.

Koç A., YAĞLI H., KOÇ Y. ve UĞURLU İ. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi, Mühendis ve Makina cilt 59, sayı 692, s. 86-114. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/798533>

Koçak A. (2021). *Dağıtım Hatlarında Yüksek Empedans Arızasının Simülasyonlu Analizi* (Tez No. 675847) [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Küçük F. ve Gül Ö. (2004). *Gerilim Çökmelerinin Enerji Kalitesine Etkisinin Bulanık Mantık Yardımıyla İncelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi. Erişim Tarihi:11.05.2022. <https://www.emo.org.tr/ekler>

Küçük S. (2005). *Elektrik Tesislerinde Arızalar*. TÜPRAŞ Türkiye Petrol Rafineleri A.Ş., İzmit.

Küçük S. (2005). *Elektrik Tesislerinde Arızalar*. TÜPRAŞ Türkiye Petrol Rafineleri A.Ş., İzmit.

Kutucu K. (2009). *Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Üç Boyutlu Elektrik Alan Analizi* (Tez No. 250998) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Latran M. B. (2012). *Uzun dağıtım hatlarının gerilim kalitesi sorunlarının statik var kompanzatör ile giderilmesi* (Tez No. 321396) [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Lil Y. (2018). *Improving the Performance of Power Transmission via Ultra High Voltage Direct Current (UHVDC)*, MATEC Web of Conferences 173.

Mürtezaoğlu K. (1998). *Yüksek gerilim istasyonlarında topraklama sistemi*(Tez No. 75149) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Ölmez U. (2018). *Dizel Jeneratörlerin Koherens Fonksiyonu İle Ses Ve Titreşim Analizi* (Tez No. 535504) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Özcan A. T. (2005). *Dağıtım şebekelerinde yıldırım aşırı gerilimlere karşı koruma* (Tez No. 196863) [Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Özkan A. (2005). *Endüstriyel Otomasyon Sistemlerinin Mekatronik Kontrol Yöntemleri Ve Mekatronik Sistem Uygulaması* (Tez No. 198212) [Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Özüpak Y. (2020). *Transformatörlerin elektromanyetik alan ve ısı analizlerinin sonlu elemanlar kullanılarak gerçekleştirilmesi* (Tez No. 650268) [Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Papadoupoulos D.P., Hamed M. ve Bendekas D.V. (1992). *A practical concept for evaluating the insulation level in overhead lines*. Journal of the Franklin Institute, Vol. 329, No. 2, pp. 273-281.

Rakov V. A. ve Uman M. A. (2003). *Lightning: Physics and effects*, Florida, 12.

Ray S. (2004). *An Introduction to High Voltage Engineering*, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi.

Sarı Y. (2016). *Elektronik ve Otomasyon Laboratuvarında Pratik Eğitim Amacıyla PLC Kontrollü Bir Sistem Uygulaması*. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 28 (1), 65-71. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/303259>.

Sav M. N., Fidan S. ve Ürgün S. (2021). *Kontaktörlerde Anahtarlama Sayısının Elektrik Ark Erozyonuna ve Kontaktör Yüzey Hasarlarına Etkileri*, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 27, S. 723-734.

Şenol Ü. (2017). *Rüzgar Enerjisi Ve Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tahmini*. (Tez No. 496130) [Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Swingler J. ve McBride J. W. (2008). *Micro-arcing and arc erosion minimization using a DC hybrid switching device*. IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, 31(2 SPEC. ISS.), 425-430. <https://doi.org/10.1109/TCAPT.2008.921640>

T.C. Resmî Gazete, 30 Mayıs 2018, Sayı:30436.

Unde MG. ve Kushare BE. (2013). *Analysis of electromagnetic fields of 1200 kV UHV-AC Transmission Lines*. 5th International Conference and Computational Intelligence and Communication Networks, Mathura, India, 27-29.

Ural İ. (2021). *Elektrik Tesislerinde Topraklama Sistemleri Ve Bir Yerleşim Bölgesinde Uygulaması* (Tez No. 684600) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Uzun S. (2015). *Gemi İnşa Sürecinde Ana Makine Ve Jeneratör Seçimi* (Tez No. 385863) [Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Yapıcı M. (2011). *Otomasyon Panolarının Teknik Özellikleri Dokümanı Hakkında Bir Çalışma*, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Otomasyon Komisyonu, Erişim Tarihi:11.05.2022. <https://www.emo.org.tr/ekler>

Yarar N. (2019). *Bir Güneş Santralinin Elektrik Şebekesine Entegrasyonunda Güç Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi* (Tez No. 543753) [Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Yılmaz A.S., Yanıkoğlu E. ve Demir Z. (2002). *Dağıtım Şebekelerinde Asenkron Motorlara Yol Verilmesi Sonucu Oluşan Kısa Süreli Gerilim Düşümleri*, SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6.Cilt, 2.Sayı.

Zhang L. ve Bollen, M.H.J. (2000). *Characteristics of Voltage Dips (Sags) in Power Systems*, IEEE Trans.

Zhou X., Cui X., Peng X. ve Zhai, G. (2015). Evaporation Erosion of Contacts under Static Arc by Gas Dynamics and Molten Pool Simulation. IEEE Transactions on Plasma Science, 43(12), 4149–4160. <https://doi.org/10.1109/TPS.2015.2497720>

Zuhur E. (2021). *Akıllı Elektrik Şebekeleri İçin İletim Hatlarının Dinamik Olarak İzlenmesi: Prototip Ölçüm Cihazı Tasarımı* (Tez No. 683972) [Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

İnternet Kaynakları

URL-1: *Türkiye kurulu gücü*, Erişim tarihi:17 Mart 2022. <https://www.teias.gov.tr/>

URL-2: *Fider üzerindeki hatalardan kaynaklı gerilim düşmesi, yükselmesi veya beslemenin tamamen kaybolmasının etkileri*, Erişim Tarihi: 29 Kasım 2022. [https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/atalayt/105449/II.%20SUNU%20ELEKTR%C4%B0K%20ENERJ%C4%B0%20DA%C4%9EITIMI%20\(%C5%9EEBEKE%20T%C4%B0PLER%C4%B0\)TA.pdf](https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/atalayt/105449/II.%20SUNU%20ELEKTR%C4%B0K%20ENERJ%C4%B0%20DA%C4%9EITIMI%20(%C5%9EEBEKE%20T%C4%B0PLER%C4%B0)TA.pdf)

URL-3: *Yağlı tip dağıtım transformatörü ve elemanları*, Erişim Tarihi:11 Ekim 2018. <https://docplayer.biz.tr/113271-Yüksek-gerilim-sebekesi.html>

URL-4: *TMMOB-EMO Diyarbakır Şubesi haber bülteni*, Erişim Tarihi:11 Ekim 2022. <https://www.emo.org.tr>

URL-5: *Koruma seviyeleri*, Erişim Tarihi:23 Mayıs 2022. <https://www.elektrikde.com/>

URL-6: *Trafo seçimi*, Erişim Tarihi:24 Mayıs 2022. <https://enerji360.com/agog-urun-ve-cozumler/elektrik-proje-cizimi-yuk-tahmini-trafo-gucu-secimi>

URL-7: *Güç hesabı*, Erişim Tarihi:24 Mayıs 2022. <https://elektrikprojeler.com/trafo-guc-hesabi/>

URL-8: *Jeneratör seçimi*, Erişim Tarihi:24 Mayıs 2022. https://www.emo.org.tr/ekler/cf3687b0b741b2f_ek.pdf

URL-9: *Otomasyon sistem panoları*, Erişim Tarihi:11 Mayıs 2022. <https://www.elektrikport.com/>

URL-10: *Alternatörün prensip şeması*, Erişim Tarihi:11 Mayıs 2022. <https://hbogm.meb.gov.tr/MTAO/3ElektrikBilgisi/unite23.pdf>

URL-11: *Hidroelektrik enerji nedir?*, Erişim tarihi: 12.04.2022. <https://www.enerjiportali.com/hidroelektrik-enerjisi-hes-nedir-nasil-elektrik-uretir/>

URL-12: *Termik santral yapısı*, Erişim tarihi: 12.04.2022.

<https://www.muhendisbeyinler.net/termik-santraller-nedir/>

URL-13: *Zincirleme nükleer reaksiyon*, Erişim tarihi:20.04.2022. <http://www.nuclear-power.net/nuclear-power/fission/>

URL-14: *Ülkeler bazında nükleer enerjiden elektrik üretimi*, Erişim tarihi:10.Mayıs 2021. <https://www.statista.com>

