

**T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE YÜKSEK
EMPEDANSLI ARIZALARIN ANALİZİ VE TESPİTİNE YÖNELİK
ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nur Bağnu POLAT

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi İlker DURSUN

Haziran 2023

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE YÜKSEK
EMPEDANSLI ARIZALARIN ANALİZİ VE TESPİTİNE YÖNELİK
ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nur Bağnu POLAT

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTİK-ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 15/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

| JÜRİ | BAŞARI DURUMU |
|---|---------------|
| Jüri Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi İlker DURSUN | BAŞARILI |
| Üye: Prof. Dr. Raşit KÖKER | BAŞARILI |
| Üye: Prof Dr. Mehmet Salih MAMIŞ | BAŞARILI |

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim

Nur Bağnu POLAT

15/06/2023

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi İlker DURSUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Akademik hayatımı her koşulda destekleyip bugünlere gelmemin mimarı olan Babam İlker, Annem Nihal ve Kardeşim Nagihan'a teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca akademik hayatımı destekleyen tüm arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | |
|-----------------------|------|
| BEYAN..... | ii |
| TEŞEKKÜR | i |
| İÇİNDEKİLER | ii |
| KISALTMALAR | iv |
| SİMGELER..... | vi |
| TABLolar LİSTESİ..... | vii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | viii |
| ÖZET..... | x |
| ABSTRACT..... | xi |

| | |
|--------------------|----------|
| BÖLÜM 1. | |
| GİRİŞ | 1 |

| | |
|---|----------|
| BÖLÜM 2. | |
| LİTERATÜR ARAŞTIRMASI | 5 |
| 2.1. Şebeke Arızaları | 5 |
| 2.2. Kısa Devre Arızaları..... | 8 |
| 2.2.1. Tek faz toprak arızası (1FTA)..... | 8 |
| 2.2.2. Faz-faz arızası (2FA) | 9 |
| 2.2.3. Faz-faz toprak arızası (2FTA)..... | 11 |
| 2.2.4. Üç faz toprak arızası (3FT) | 12 |
| 2.3. Alçak Gerilim Dağıtım Şebekeleri ve Koruma Elemanları..... | 13 |
| 2.3.1. TT şebekeler..... | 13 |
| 2.3.2. IT şebekeler..... | 14 |
| 2.3.3. TN şebekeler | 15 |
| 2.3.3.1. TN-S şebeke | 15 |
| 2.3.3.2. TN-C şebeke..... | 16 |
| 2.3.3.3. TN-C-S şebeke | 16 |
| 2.4. AG'de Direk Tipleri | 17 |
| 2.4.1. Gerilim seviyelerine göre direkler | 18 |
| 2.4.2. Fonksiyonlarına göre direkler | 18 |
| 2.4.3. Yapılarına göre direkler | 19 |
| 2.5. Alçak Gerilim Şebekelerinde Direk Başı Donanımları..... | 20 |
| 2.5.1. Travers ve konsollar | 20 |
| 2.5.2. İzolatörler | 21 |

| | |
|---|----|
| 2.5.2.1. Alçak gerilim izolatörleri | 23 |
| 2.6. Yapay Sinir Ağları | 24 |
| | 29 |
| 2.7. Arıza tespit yöntemleri | 31 |

BÖLÜM 3.

| | |
|---|-----------|
| MATERYAL VE YÖNTEM..... | 42 |
| 3.1. Şebeke Modellemesi ve Hesapları | 43 |
| 3.2. Arızanın Modellemesi ve YSA Eğitim Mimarisi..... | 51 |
| 3.3. YSA mimarisiyle arızanın tespiti | 54 |
| 3.4. Arıza Sınıflandırması | 58 |
| 3.5. Yüksek Empedanslı Arızanın Mesafe Tespiti..... | 61 |

BÖLÜM 4.

| | |
|-------------------------------|-----------|
| SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 65 |
|-------------------------------|-----------|

| | |
|------------------------|-----------|
| KAYNAKLAR | 67 |
|------------------------|-----------|

KISALTMALAR

| | |
|-------|--|
| AG | : Alçak Gerilim |
| ANFIS | : Uyarlanabilir Nöro-bulanık Çıkarım Sistemi |
| COIF | : Coiflet Dalgacığı |
| DB | : Daubechies Dalgacığı |
| DOCAS | : Ayrışmış Açma Kapama Alternatif Dizisi |
| DWT | : Ayrık Dalgacık Dönüşümü |
| DT | : Karar Ağacı |
| FT | : Fourier Dönüşümü |
| FLS | : Bulanık Mantık Tabanlı Sistem |
| GMR | : Manyetik Dirençli Sensör |
| HD | : Haar Dalgacığı |
| HHT | : Hilbert-Huang Dönüşümü |
| KNN | : K-en Yakın Komşu Algoritması |
| KSVM | : Çekirdek Destek Vektör Makinesi |
| SVM | : Destek Vektör Makineleri |
| ST | : Stockwell Dönüşümü |
| FNNN | : İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı |
| EMTP | : Elektromanyetik Geçici Akım Programı |
| MFSS | : Manyetik Alan Gücü Sinyali |
| MG | : Morfolojik Gradyan |
| MODWT | : Maksimum Örtüşme Ayrık Dalgacık Dönüşümü |

| | |
|------|-------------------------------------|
| PCA | : Temel Bileşenler Analizi |
| PNN | : Olasılıksal Sinir Ağı |
| PV | : Güneş Paneli |
| RF | : Rastgele Orman |
| PWT | : Paket Dalgacık Dönüşümü |
| RNN | : Tekrarlayan Sinir Ağı |
| SVR | : Destek Vektör Regresyonu |
| SWER | : Tek Telli Toprak Dönüşlü Şebeke |
| LSTM | : Kısa Süreli Bellek Ağı |
| TACS | : Kontrol Sisteminin Geçici Analizi |
| TVR | : İki Seri Zamanlı Değişen Direnç |
| VMD | : Değişken Mod Ayrışımı |
| YEA | : Yüksek Empedanslı Arıza |
| YSA | : Yapay Sinir Ağları |
| 1FTA | : Tek Faz Toprak Arıza |
| 2FA | : 2 Faz Arıza |
| 2FTA | : 2 Faz Toprak Arıza |
| 3FA | : 3 Faz Toprak Arıza |

SİMGELER

I_a, V_a, Z_a : Akım, Gerilim, Empedans

w_i : YSA ağırlıklar

X_i : YSA girişler

b : bias

Ω : Ohm

$\%e$: Yüzde Gerilim Düşümü

K : Öz iletkenlik

X_L : İndüktif direnç

TABLolar LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Tablo 1. 1: Elektrik Şebeke sınıflandırması..... | 2 |
| Tablo 2. 1: Kısa devre arızasına sebep olan iç ve dış arızalar..... | 6 |
| Tablo 2. 2 : Direk Çeşitleri..... | 18 |
| Tablo 2. 3: İzolatör türleri. | 22 |
| Tablo 2. 4: Tek katmanlı ve çift katmanlı YSA kıyaslaması. | 28 |
| Tablo 2. 5: Kullanılan algoritmaların sınıflandırması..... | 34 |
| Tablo 3. 1 : Elektrik mühendisleri odası alçak gerilim iletkenler Tablosu | 43 |
| Tablo 3. 2 : Best trafo katalog değerleri..... | 48 |
| Tablo 3. 3 : Arıza durumları..... | 52 |
| Tablo 3. 4 : YSA'ya giriş verileri olarak sağlanacak değerler. | 53 |
| Tablo 3. 5 : Arızanın varlığı ve yokluğu durumunda YSA çıkışı. | 55 |
| Tablo 3. 6 : Arıza Sınıflandırma. | 59 |
| Tablo 3. 7 : YSA eğitiminde elde edilmiş olan mesafe tahminleri. | 63 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1. 1:Elektrik şebekesinin temel gösterimi. | 1 |
| Şekil 2. 1 : Şebekelerde meydana gelen kısa devre arızaları. | 7 |
| Şekil 2. 2 :a) Tek faz toprak kısa devre arızası b) 2 faz toprak kısa devre arızası c) 2 faz arızası d) 3 faz toprak arızası..... | 7 |
| Şekil 2. 3 :Tek faz arızanın simetrik bileşen yöntemiyle elde edilmiş eş değer devre. | 9 |
| Şekil 2. 4 :İki faz arızası simetrik bileşen yöntemiyle elde edilmiş eş değer devre. . | 11 |
| Şekil 2. 5 :İki faz toprak arızası simetrik bileşen yöntemiyle elde edilmiş eş değer devre. | 12 |
| Şekil 2. 6 :Üç faz arıza simetrik bileşen yöntemiyle elde edilmiş eş değer devre. | 12 |
| Şekil 2. 7 :a) Faz iletkenleri (L1 L2 L3) b) Nötr iletkeni (N) c) Koruma iletkeni (PE) d) Birleşik koruma + Nötr iletkeni (PEN)..... | 14 |
| Şekil 2. 8 :TT şebeke..... | 14 |
| Şekil 2. 9 : IT şebeke..... | 15 |
| Şekil 2. 10 : TN şebeke. | 15 |
| Şekil 2. 11 : TN-S şebeke..... | 16 |
| Şekil 2. 12 : TN-C şebeke. | 16 |
| Şekil 2. 13 : TN-C-S şebeke..... | 17 |
| Şekil 2. 14 : Ağaç direkler a) 9-10 metre b) 11 metre c) 12 metre. | 19 |
| Şekil 2. 15 : Beton direkler. | 20 |
| Şekil 2. 16 : Travers (<i>Enton</i>). | 21 |
| Şekil 2. 17 : Konsol (<i>Enton</i>)..... | 21 |
| Şekil 2. 18 : İzolatör bölümleri. | 22 |
| Şekil 2. 19 : a) Porselen izolatörler b) Cam izolatörler c) Epoksi reçineli İzolatörler d) Silikon kompozit izolatörler. | 23 |
| Şekil 2. 20 : a) N95/2 b) N95 c) N80 d) Alpek Makara e) Alpek Makara..... | 23 |
| Şekil 2. 21 : Sinir hücresi yapısı. | 24 |
| Şekil 2. 22 : Sinir hücresi ve yapay sinir ağı benzetimi. | 25 |
| Şekil 2. 23 : YSA nöron modeli. | 25 |
| Şekil 2. 24 : a) Doğrusal fonksiyon b) Basamak fonksiyonu c) Sigmoid Fonksiyon d) Hiperbolik tanjant fonksiyonu..... | 27 |
| Şekil 2. 25 : a) tek katmanlı YSA b) çok katmanlı YSA. | 29 |
| Şekil 2. 26 : İleri beslemeli YSA. | 29 |
| Şekil 2. 27 : Geri beslemeli YSA. | 30 |
| Şekil 2. 28: Arıza tespit yöntemleri..... | 31 |
| Şekil 2. 29 : Yüksek empedanslı arızaların toprak geçiş dirençlerine göre değişimi | 33 |
| Şekil 2. 30 : 5 fiderden oluşan şebekede Emmanuel modeliyle arıza oluşturma..... | 35 |
| Şekil 3. 1 : Şebeke modeli..... | 42 |
| Şekil 3. 2 : Şebeke simülasyonu..... | 46 |
| Şekil 3. 3 : Şebekenin nominal akım ve gerilimi. | 47 |
| Şekil 3. 4 : Matlab/Simulink arıza bloğu. | 49 |

| | |
|---|----|
| Şekil 3. 5 : Tek faz arıza durumunda arıza akımı. | 50 |
| Şekil 3. 6 : YSA eğitim algoritması. | 51 |
| Şekil 3. 7 : YSA eğitiminde kullanılacak saniyeler. | 53 |
| Şekil 3. 8 : YSA katman mimarisi. | 55 |
| Şekil 3. 11 : 6-15-1 mimarisiyle elde edilmiş ortalama kare hata..... | 57 |
| Şekil 3. 12 : 6-15-1 mimarisiyle elde edilmiş regresyon. | 58 |
| Şekil 3. 13 : 6-35-4 YSA mimarisiyle elde edilmiş a) ortalama kare hata b) regresyon. | 60 |
| Şekil 3. 14 : 6-35-15-10-4 mimarisiyle ortalama kare hata performans. | 60 |
| Şekil 3. 15 : 6-35-15-10-4 mimarisiyle elde edilmiş regresyon..... | 61 |
| Şekil 3. 16 : 6-30-22-1 mimarisiyle elde edilmiş ortalama kare hata performansı. ... | 62 |
| Şekil 3. 17 : 6-30-22-1 mimarisiyle elde edilen regresyon sonuçları. | 63 |



ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE YÜKSEK EMPEDANSLI ARIZALARIN ANALİZİ VE TESPİTİNE YÖNELİK ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Elektrik şebekelerinde şebekenin enerji güvenliğini ve kesintisiz enerji sağlanması oldukça önemli bir konudur. Küresel dünyada elektrik su gibi temel bir ihtiyaç haline gelmiştir ve yokluğu ciddi sonuçlar doğurabilmektedir. Bu sebepten şebekelerde meydana gelen arızaların hızlıca farkedilip çözülmesi gerekmektedir. Şebekelerde meydana gelen arızaların birçoğu mevcutta bulunan şebeke koruma elemanları tarafından farkedilmemektedir. Koruma elemanları hem şebekenin hemde kullanıcıların güvenliğini sağlamaktadır. Elektrik şebekeleri uzaktan izleme sistemleriyle izlenebilmektedir, bu sistemler bize güç sisteminin sürekli olarak takip edilmesinde, kontrol edilmesinde, verilerin toplanmasında kolaylık sağlamaktadır. Uzaktan izleme sistemleri şebekede açma ve kapama yaparak şebekenin güvenliğe alınmasında oldukça önemli bir konudur. Şebekelerde meydana gelen arızalardan en sık karşılaşılan asimetrik arızalardır. Asimetrik arızaların içinde ise en sık yüksek empedanslı arıza olarak adlandırılan tek faz toprak arızaları meydana gelmektedir. Yüksek empedanslı arızalar şebekede iletkenin kopan bir fazının direk ya da toprakla temas etmesi anlamına gelmektedir. Yüksek gerilim hatlarında arıza akımının yükselmesi mevcut sistemler tarafından farkedilirken, alçak gerilim şebekelerinde arıza akımları şebekeden geçen nominal hat akımlarına yakın değerlerde olmaktadır. Bu tip arızalar Türkiye’de alçak gerilim şebekelerinde meydana gelen yüksek empedanslı arızalar olarak adlandırılır. Türkiye’de dağıtım şirketleri alçak gerilimde meydana gelen yüksek empedanslı arızaların tespitine ve çabucak giderilmesine yönelik termal kameralarla izleme, izolasyon testleri ve düzenli hat bakımları yöntemleriyle önlem almaya çalışsa da bu yöntemler yetersiz kalmaktadır. İletken kopup toprakla ya da direklerle temas ettiğinde bölgede bulunan canlıların, ekinlerin ve insanların kaybına yol açmaktadır. Böylesine önemli bir sorunun çözümü için farklı yöntemler geliştirilmektedir. Bu tez çalışmasında yüksek gerilim hatlarında meydana gelen yüksek empedanslı arızaların tespitine yönelik çalışmalar incelenmiştir. Literatürde yüksek empedanslı arızalarda en sık çalışılmış yöntemlerden biri olan Yapay Sinir Ağlarıyla (YSA) arıza tespiti ve sınıflandırılması alçak gerilim şebekelerinde uygulanmıştır. Bir alçak gerilim şebeke modellemesi yapılmıştır. Şebeke tasarımı Matlab/Simpower simülasyon programı üzerine aktarılmış ve bu model üzerinden YSA için gerekli veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler çalışmanın YSA eğitim ve test aşamalarında kullanılarak en uygun YSA mimarisine arızanın tespit edilmesi ve sınıflandırılması yapılmıştır. Çalışmada elde edilen başarı oranının ve performans kriterlerinin %90-95 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Alçak Gerilim Şebekesi, Yüksek Empedanslı Arıza, Yapay Sinir Ağları,

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR THE ANALYSIS AND DETECTION OF HIGH IMPEDANCE FAULTS IN ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORKS

ABSTRACT

Ensuring the energy security and uninterrupted energy supply of the grid in electricity networks is a very important issue. In the global world, electricity has become a basic need like water and its absence can have serious consequences. For this reason, faults occurring in the networks need to be quickly recognized and resolved. Most of the faults occurring in the networks are not recognized by the existing network protection elements. Protection elements ensure the safety of both the network and the users. Electricity networks can be monitored with remote monitoring systems, these systems provide us with the convenience of continuous monitoring, control and data collection of the power system. Remote monitoring systems are in a very important position in securing the network by switching on and off in the network. Asymmetric failures are the most common failures that occur in the networks. Among asymmetric faults, single phase ground faults, which are called high impedance faults, occur most frequently. High impedance faults mean that a broken phase of the conductor in the network comes into contact with the pole or the ground. While the increase in fault current in high voltage lines is recognized by existing systems, fault currents in low voltage networks are close to the nominal line currents passing through the network. These types of faults are referred to as high impedance faults in low voltage networks in Turkey. Although distribution companies in Turkey try to take measures to detect and quickly eliminate high impedance faults occurring in low voltage networks by monitoring with thermal cameras, insulation tests and regular line maintenance, these methods are insufficient. When the conductor breaks and comes into contact with the soil or poles, it causes the loss of living creatures, crops and people in the area. Different methods are developed to solve such an important problem. In this thesis, studies on the detection of high impedance faults in high voltage lines are analyzed. Fault detection and classification with Artificial Neural Networks (ANN), one of the most frequently studied methods for high impedance faults in the literature, is applied to low voltage networks. A low voltage network is modeled. The network design was transferred to Matlab/Simpower simulation program and the necessary data for ANN were obtained from this model. The obtained data was used in the ANN training and testing phases of the study to detect and classify the fault with the most appropriate ANN architecture. It was determined that the success rate and performance criteria obtained in the study were in the range of 90-95%.

Keywords: Low Voltage Network, High Impedance Fault, Artificial Neural Networks

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bir şebeke sistemi enerjinin üretildiği üretim santralleri, uzak mesafelere yükseltilerek taşındığı iletim hatları ve tüketiciler için hazır hale getirilip gerekli gerilim seviyelerine düşürülerek, dağıtıldığı dağıtım şebekelerinden oluşmaktadır. Yani elektrik şebeleri enerjinin üretilmesinden, uzak mesafelere taşınmasına, enerjinin sürekliliğinin ve güvenliğinin sağlanmasına kadar geniş bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 1. 1:Elektrik şebekesinin temel gösterimi.

Elektrik enerji üretim santralleri santral tipine bağlı olarak şehir merkezlerinden uzak yerlere kurulur. Enerjinin uzak mesafelere veriminin düşmeden, yani kaybının en az olacak şekilde taşınması şebekelerdeki en dikkat edilen hususlardandır, bu yüzden üretim tesislerinden elde edilen elektrik enerjisinin uzak mesafelere geriliminin yükseltilerek taşınması gerekmektedir. Transformatör merkezlerinde yükseltici transformatörlerle elektriğin gerilimi yükseltilir ve elde edilen bu yüksek gerilim uzun iletim hatlarıyla şehir merkezlerinin yakınına kadar taşınır. Elektriğin bu yüksek gerilimlerde taşındığı şebekelere iletim hatları denir. Yükseltilmiş olarak taşınan bu elektrik ihtiyaç duyulan bölgelere ulaştıktan sonra düşürücü transformatörler yardımıyla orta gerilim seviyelerine düşürülerek dağıtım hatlarıyla iletilir. En son olarak kullanıcıların ihtiyacı olan 380 V üç faz, 220 V tek faz şeklinde alçak gerilim şebekeleri adı altında tüketicilere sunulur.

Türkiyede yüksek gerilim sınıfı olarak 154 kV-380 kV kabul görürken, orta gerilim seviyesi 34.5 kV'tur. Alçak gerilim için tek faz 220 V, üç faz 380 V olarak kabul görmektedir (*Elektrik-sebekeleri-temel-tanim-ve-kavramlar*).

Türkiyede hatlar gerilim seviyelerine göre sınıflandırıldığı gibi dağıtım şekillerine göre de sınıflandırılmaktadır. Tablo 1.1' de gösterilen dağıtım şekillerine göre sınıflandırılmış olan şebekelerin birbirlerine göre üstünlükleri, avantajları ve dezavantajları mevcuttur (Ekici, 2007).

Tablo 1. 1: Elektrik şebeke sınıflandırması.

| GERİLİM SINIFLARINA GÖRE | DAĞITIM ŞEKİLLERİNE GÖRE |
|---------------------------|--------------------------|
| Alçak Gerilim Şebekeleri | Dallı Şebekeler |
| Orta Gerilim Şebekeleri | Ring Şebekeler |
| Yüksek Gerilim Şebekeleri | Ağ Gözlü Şebekeler |
| | Enterkonnekte Şebekeler |

Artan nüfus ve hızlanan teknoloji sebebiyle artan enerji talebi günden güne yeni şebeke sistemlerinin kurulmasına sebep olmaktadır. Şebeke ağının genişlemesi enerji altyapı sistemlerinin karmaşıklaşmasına sebep olmaktadır. Yeni şebekeler kurarken kullanılan ekipmanlar, direkler, kablolar, kesiciler, ayırıcılar ve koruma elemanları şebeke sistemlerini daha da karmaşık bir hale sokmaktadır çünkü şebekeyi oluşturan ekipmanların hepsi dinamiktir ve herhangi bir değişiklikten etkilenirler. Şebeke karmaşıklaştıkça, şebekede kullanılan bu elemanlar arttıkça şebekenin güvenliğini ve kontrolünü sağlamak da zorlaşmaktadır (Al-kes, 2016).

Şebekeyi oluşturan elemanlarda bozulmalar, şebekedeki akım dalgalanmaları, iletkenlerdeki ısınmalar, paslanmalar gibi birçok sebepten, farklı tipte arıza meydana gelebilir. Herhangi bir arıza durumunda şebekenin tekrar normalini yakalayabilmesi, arızanın hızlıca ortadan kaldırılması ve şebekenin sürekliliğinin sağlanması oldukça önemlidir.

Şebekede meydana gelen arızalar açık ve kısa devre arızaları olarak sınıflandırılmaktadır. Açık devre arızaları şebekede bulunan elemanların, özellikle iletkenlerin kopması ya da zarar görmesi sebebiyle oluşmaktadır ve arıza durumunda enerji akışı kesilir. Kısa devre

arızalarında ise şebekede bulunan elemanların birbiriyle ya da toprakla teması sonucunda meydana gelmesi sebebiyle şebekeden akım akmaya devam eder.

Kısa devre arızaları grubunda değerlendirilen tek faz toprak arızası, şebekede en sık rastlanan arızadır ve bir yüksek empedanslı arıza (YEA) sınıfındadır. Yüksek empedanslı arızalar iki türdür; birinci tür kopmuş iletkenin direkt toprağa temas etmesidir, ikinci türde ise kopan iletken bir ağaç ya da başka bir iletken aracılığıyla toprağa temas etmesidir (J. Chen et al., 2016).

Yüksek empedanslı arızaların şebekeler üzerinde ciddi bir etkisi yoktur çünkü arıza anındaki akımlar çok yüksek olmamaktadır fakat insanlara, canlılara ciddi zararlar verebilmektedir. Kopan iletkenin toprakla temasında enerji akışı devam ettiğinden bölgede bulunan canlılar enerjiye kapılarak ölebilir, ekinler yanabilir.

Bir dağıtım şebekesinde yüksek empedanslı arıza meydana geldiğinde, hata noktasında empedans yükselmesi olduğu için şebekede oluşan kısa devre akımı şebekeden geçen nominal akıma yakın olur ve mevcut koruma elemanları (sigortalar) tarafından tespit edilmesi zordur (Lavanya et al., 2022). Dağıtım şebekeleri koruma sistemlerinde kullanılan NH sigortalar tembel karakteristikli oldukları için yüksek empedanslı arızaların tespiti zorlaşmaktadır. Mevcuttaki koruma elemanları tarafından farkedilmeyen bu arıza akımı koruma elemanları tarafından nominal akımdan ayrılmadığı için enerji kesilmemektedir. Şebekede meydana gelen yüksek empedanslı arızaların sadece %17,5'i mevcut koruma elemanları tarafından tespit edilmektedir (Wang & Dehghanian, 2020). Bu sebeplerden yüksek empedans arızalarının tespitinde farklı yöntemler kullanmayı gerekmektedir.

Literatürde yapılan arıza çalışmalarının çoğunluğu yüksek empedans arızaları değil düşük empedans arızalarıdır (Sarlak & Shahrtash, 2013). Ancak düşük empedans arızalarının tespit edilmesinde kullanılan yöntemler yüksek empedanslı arızaların benzersiz özelliklerinin olması sebebiyle kullanılamamaktadır.

Tez çalışmasında literatürde çoğunlukla yüksek gerilim ve orta gerilim şebekelerinde çalışılmış olan bu yüksek empedanslı arıza sorununu alçak gerilim şebekelerinde çalışarak elektrik dağıtım şirketlerinin önüne geçmekte zorlandığı bu ciddi soruna çözüm bulmak hedeflenmiştir.

Tez çalışmasının içeriğiyle aynı olan bir Tübitak projesi de yazılmış ve onaylanmıştır. Tübitak projesinin ön aşaması olarak görülen bu tez, saha uygulamasına başlamadan önce şebeke altyapısını anlama, farklı senaryolar altında şebeke üzerindeki kısa devre durumlarını önce simülasyon programında analiz etmeyi hedeflemektedir. Projenin saha uygulamalarına geçmeden önce gerekli senaryoları tanımayı ve şebeke topoğrafisini simülasyon ortamında modelleyerek saha uygulamasına hazırlanmayı hedeflemektedir.

Tez çalışmasında dağıtım şebekelerinde yüksek empedanslı arızayı ele almak adına 900 metrelik bir alçak gerilim şebekesi tasarlanmıştır. Tasarım MATLAB/SİMULİNK ortamında modellenmiştir, analiz edilmiştir. Modelden elde edilen verilerin işlenmesi için Matlab'ın "nntool" olarak adlandırılan Yapay Sinir Ağları modellemesi için kullanılan bir araç kutusunda kullanılmıştır. Matlab üzerinde elde edilmiş olan simülasyon sonuçları YSA'da arızayı bulma ve sınıflandırmasını yapma ve arızanın meydana geldiği mesafenin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Tez çalışmasında YSA'da arızanın tespiti, arızanın sınıflandırılması ve mesafe bulunması olarak 3 gruba ayrılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Şebeke Arızaları

Elektrik şebekeleri bütünüyle simetriktir yani her fazdan geçen akım ve gerilim mutlak değer olarak eşittir bu da sistemi dengeli yapmaktadır. Herhangi bir arıza durumunda sistemin dengesi bozulduğundan şebekede bulunan arızanın tespiti şebekenin dengesizliklerinden çıkarılabilir (Güllüdereli, 2007).

Şebekede meydana gelen arızalar aktif ve pasif arıza olarak ikiye ayrılmaktadır. Aktif arıza bir iletkenin kopan ucunda elektrik arkının varlığı olarak tanımlanırken tespit edilmesi oldukça zordur literatürdeki çalışmalarda bu tip arızaların arklar tarafından oluşan harmoniklerden ya da harmonik olmayan frekanslardan tespit edilmesi şeklindedir. Pasif arızalar ise arkın olmaması olarak tarif edilirken, arkın varlığı farkedilmediği için aktif arızalardan daha tehlikelidir. Literatürde yapılan çalışmalarda pasif bir arıza tespiti için faz dengesizliği analizleri kullanılmaktadır (Mahanty & Gupta, 2004).

Ayrıca şebekede meydana gelen arızalar geçici ve kalıcı olarak ikiye ayrılır. Geçici arızadan sonra şebeke normal bir şekilde çalışır ve havai hatlarda meydana gelen arızaların çoğu geçici arıza sınıfındadır. Geçici bir arızanın uzun süre kalması durumunda kalıcı arızalara dönüşebilir ve iletkenlere, hat elemanlarına ve diğer elemanlara zarar verebilir. Geçici arızalara çabucak çözüm bulmak hem tüketiciler için hemde hattın korumada kalabilmesi için oldukça önemlidir. Fakat artan enerji ihtiyacı şebekelerin genişlemesine neden olmaktadır ve şebeke genişledikçe kısa devre akımları yükselecektir. Belki gelecekteki koruma elemanları bu beklentiyi karşılayamayacaktır ve yeni yöntemler geliştirilmesi gerekecektir (B. Yılmaz, 2016).

Şebekede meydana gelen arızalar dış etkenler, şebekeyi oluşturan elemanlardan, manevralardan, koruma elemanlarından kaynaklı oluşabilir. Şebekede herhangi bir arıza durumunda meydana gelen akım nominal akımın 5 ile 20 katına kadar yükselebilir (B.

Yılmaz, 2016). Bu yüzden şebeke koruma elemanları herhangi bir arıza durumunda oldukça hızlı açma yapıp enerjiyi kesmelidir. Fakat arızanın bulunması ve giderilmesi çevresel etkenlere, coğrafik ve iklimsel şartlara bağlı olduğu için bazen zorlaşabilir.

Şebekede meydana gelen arızalar, şebekenin yapısından kaynaklı, çevresel koşullardan kaynaklı oluşan açık devre ve kısa devre arızalarıdır. Bir elektrik sisteminde meydana gelen arızaların büyük ve önemli kısmı kısa devre arızalarıdır.

Bir kısa devre arızası ise en basit tabirle bir iletkenin başka bir iletkenle ya da yüzeyle temas etmesi olarak tasvir edilebilir. Kısa devre arızaları dış etkenlere bağlı olarak meydana gelebilir ve bu dış etkenlere örnek olarak kabloların ve iletkenlerin zedelenmesi, yıldırım düşmesi, kar, buz, sıcaklık gibi faktörler verilebilir. İç etkenlerin sebep olduğu arızalara da örnek olarak aşırı akımlar, malzemelerin yalıtkanlığının bozulması, atlama olayları verilebilir. Ayrıca iletkene ağaç düşmesi, bir kuşun çarpması, heyelan, izolatörlerin kırılması gibi mekanik sebepler, iletkene yıldırım düşmesi, iletkenlerin buzlanması gibi kaynağı atmosferik olan sebepler, tesisatta yapılan çalışmalar sebebiyle oluşan insani hatalar, şebekede meydana gelen geçici olaylar gibi farklı sebeplerden kısa devre arızaları meydana gelebilir.

Yani bir şebekede meydana gelen arızalar iç ve dış etkenlere bağlı olarak değişebilmektedir. Tablo 1.2’de iç ve dış faktörlere örnek durumların birkaçının örneği sunulmuştur.

Tablo 2. 1:Kısa devre arızasına sebep olan iç ve dış arızalar.

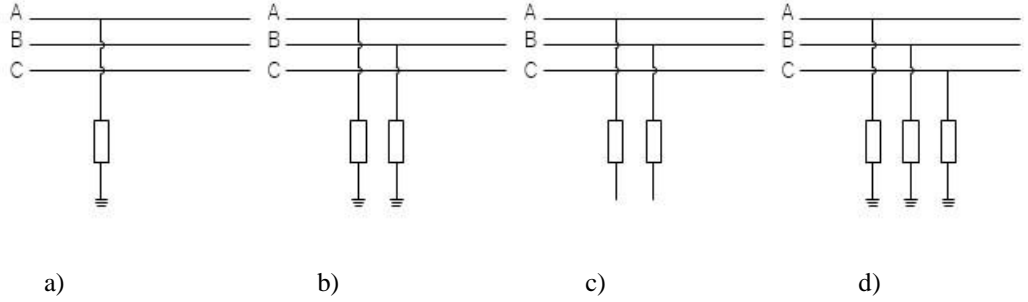
| KISA DEVRE ARIZASINA SEBEP OLAN FAKTÖRLER | |
|---|--|
| İç Faktörler | Dış Faktörler |
| Aşırı akımlar | Havai hatlara konan kuşlar |
| İletkenlerde aşınma | Kar, buz, sıcaklık, yıldırım düşmesi |
| Korona olayları | Malzemelerin kırılması |
| Malzemelerin eskimesi | Malzemelerin kirlenmesinden kaynaklı atlamalar |
| Malzemelerin kusurlu olması | İletken ve yalıtkan malzemelerde zedelenme |

Şebekede meydana gelen arızalar simetrik arızalar ve simetrik olmayan asimetric arızalar olmak üzere de gruplara ayrılır.



Şekil 2. 1 : Şebekelerde meydana gelen kısa devre arızaları.

Arızaların şebekede görülme sıklığı göz önüne alındığında en az yaşanan 3 faz arızası olduğu gibi şebekede meydana gelen arızaların %80'i tek faz toprak arızasıdır (Burke & David, n.d.) .



Şekil 2. 2 :a) Tek faz toprak kısa devre arızası b) 2 faz toprak kısa devre arızası c) 2 faz arızası d) 3 faz toprak arızası.

Şebekede meydana gelen arızalar Şekil 1.3'de görüldüğü gibi meydana geliş biçimlerine göre sınıflandırılırlar. Tek fazın kopup toprakla temas etmesi ya da direk gövdesiyle temas etmesi durumunda bu arızaya tek faz toprak arızası (1FTA), iki fazın kopması sonucunda oluşan arıza iki faz arızası (2FA), iki fazın kopup toprakla ya da direk temas etmesi durumunda iki faz toprak arızası (2FTA), üç fazında kopup toprakla ya da direk gövdesiyle temasına üç faz toprak arızası (3FTA) adı verilmektedir.

Bu sınıflandırmalarda arızalar farklı şekillerde matematiksel olarak modellenirler ve hesaplanırlar. Bu matematiksel modeller bize sistemlerin analiz edilmesini kolaylaştırma olanağı sağlar. Elde edilen modeller matematiksel (elle çözüm yöntemleriyle) yada farklı programlarla çözümlenerek arızanın meydana geldiği andan öncesi, arıza anı ve arızanın devam ettiği süreç hakkında bilgiler edinmemizi sağlar.

2.2. Kısa Devre Arızaları

Kısa devre arızaları daha önce gruplandırıldığı gibi kendi içinde dörde ayrılmaktadır. Bu tip arızaların çözümleri ve modellemeleri yapılarak arıza süreçleri hakkında bilgiler edinilmektedir.

2.2.1. Tek faz toprak arızası (1FTA)

Bu tip arızalar iletkenin sadece bir fazının toprakla temas etmesi sonucunda meydana gelmektedir. Şebekede en sık meydana gelen arızalardır. Arıza anında şebekeden geçen akım nominal akıma yakın olduğundan, arıza anı transformatör merkezindeki koruma elemanları tarafından farkedilememektedir.

Asimetrik arıza grubunda olan tek faz arızasının çözümünde simetrik bileşenler yöntemi kullanılır ve arıza öncesi akımları I_a , I_b , I_c olarak gösterilir ve tek faz toprak arızası durumunda sistemin boşa olduğu kabul edilir ve denklem 2.1’de verilmiştir (Güllüdereli, 2007).

$$I_a = 0, I_c = 0, V_a = 0 \quad (2.1)$$

Denklem 2.1’deki başlangıç koşulları kabul görür ve bileşen akımlar denklem 2.2-2.3’den bulunur (Güllüdereli, 2007).

$$\begin{pmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{I_a}{3} \quad (2.3)$$

$$\begin{pmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

Denklem 2.4'den arıza öncesi gerilim olan V_f hesaplanmalıdır.

$$V_{a0} = -Z_0 I_{a1} \quad (2.5)$$

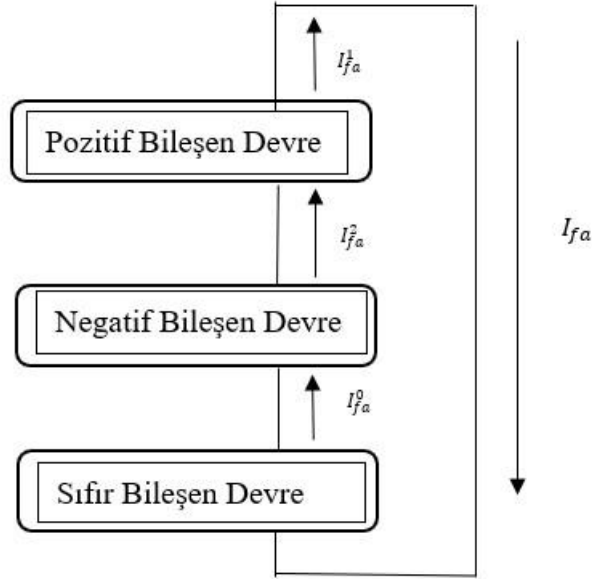
$$V_{a1} = V_f - Z_1 I_{a1} \quad (2.6)$$

$$V_{a0} = -Z_2 I_{a1} \quad (2.7)$$

Denklem 2.5, 2.6, 2.7 düzenlenip I_{a1} yalnız bırakılır ve denklem 2.8'de haline getirilir (Güllüdereli, 2007).

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (2.8)$$

Denklem 2.8 arıza anında devreden geçen kısa devre akımını verir ve bu arıza anında devrenin seri olarak arıza noktasından birbirine bağlı olması anlamına gelmektedir. Matematiksel modelin devre gösterimi şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2. 3 :Tek faz arızanın simetrik bileşen yöntemiyle elde edilmiş eş değer devre.

2.2.2. Faz-faz arızası (2FA)

Bu tip arızalar iletkenin ikisinin kopup birbirine temas sonucu meydana gelmektedir. Devrenin nasıl bağlanması gerektiğini belirlemek ve modelini çıkarmak için simetrik bileşenler yöntemiyle akım ve gerilimlerini bulmalıyız. Başlangıç koşulları;

$$I_b = -I_c, \quad V_a = 0 \quad (2.9)$$

denklem 2.9'da verildiği gibidir (Güllüdereli, 2007).

$$\begin{pmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} \quad (2.10)$$

Denklem 2.10'da gerekli düzenlemeler yapılırsa;

$$V_{a1} = V_{a2} \quad (2.11)$$

elde edilir.

$$\begin{pmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ -I_c \\ I_c \end{pmatrix} \quad (2.12)$$

Denklem 2.10 gerilimin simetrik bileşenlerini verirken denklem 2.12 akımın simetrik bileşenini verir (Güllüdereli, 2007). Denklem 2.12 çözüldüğünde;

$$I_{a0} = 0, \quad I_{a1} = \frac{I_c}{3}(a^2 - a), \quad I_{a2} = \frac{I_c}{3}(a - a^2) \quad (2.13)$$

$$I_{a0} = 0, \quad I_{a2} = -I_{a1}, \quad V_{a0} = 0 \quad (2.14)$$

Denklem 2.13 ve 2.14 elde edilmiş olur.

$$V_a = V_f - Z_1 I_{a1} \quad (2.15)$$

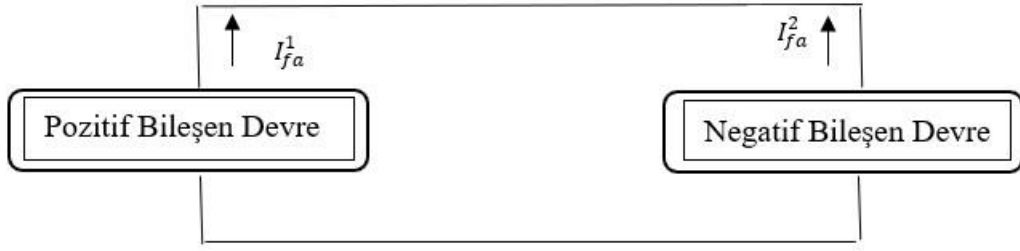
$$V_{a2} = -Z_2 I_{a1} \quad (2.16)$$

$$V_{a1} = V_{a2} \quad (2.17)$$

Denklem 2.15, 2.16, 2.17 çözüldüğünde arıza akımının;

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \quad (2.18)$$

Şeklinde denklem 2.18'den elde edildiği görülmektedir ve bu denkleme bakıldığında simetrik bileşenler yöntemiyle pozitif ve negatif devrelerin birbirine arıza noktasından paralel bağlanması gerektiği elde edilmektedir (Güllüdereli, 2007).



Şekil 2. 4 :İki faz arızası simetrlili bileşen yöntemiyle elde edilmiş eş değer devre.

2.2.3. Faz-faz toprak arızası (2FTA)

Bu arıza tipi iki fazın kopup toprakla teması sonucu meydana gelmektedir. Sistem yine boшта kabul edilir ve başlangıç şartları olarak denklem 2.19'daki gibi varsayılır;

$$V_b = V_c = 0, \quad I_a = 0 \quad (2.19)$$

ve sistemin gerilim ifadesi elde edilir (Güllüdereli, 2007).

$$\begin{pmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2.20)$$

$$V_{a0} = V_{a1} = V_{a2} = \frac{1}{3} V_a \quad (2.21)$$

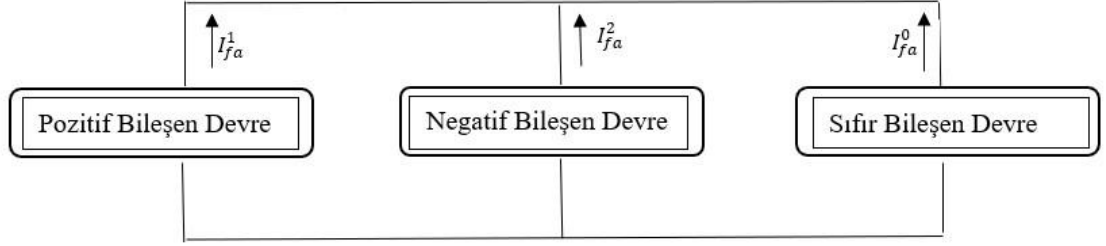
Denklem 2.4'te denklem 2.21 yerine konur,

$$\begin{pmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{pmatrix} \quad (2.22)$$

Elde edilen denklemler düzenlenip çözülürse;

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_0 + Z_2}} \quad (2.23)$$

elde edilir (Güllüdereli, 2007). Yani denklem 2.23 arıza anındaki akımı verir. Elde edilen bu son denkleme göre pozitif negatif ve sıfır bileşen devreler arıza noktalarından paralel bağlanmalıdır.



Şekil 2. 5 :İki faz toprak arızası simetrlili bileşen yöntemiyle elde edilmiş eş değer devre.

2.2.4. Üç faz toprak arızası (3FT)

Bu tip arıza kopan üç faz iletkenininde toprakla temas etmesiyle meydana gelmektedir.3 faz arızası; 3 fazın birbiriyle temas etmesiyle ve asimetrik arızanın büyümesiyle oluştuğu için şebekede en az rastlanan arıza tipi olarak bilinir. Bu arıza meydana geldiğinde şebekeden geçen kısa devre akımı çok yükseldiği için şebeke ciddi zararlar görür.

$$V_a = V_b = V_c = 0 \quad (2.24)$$

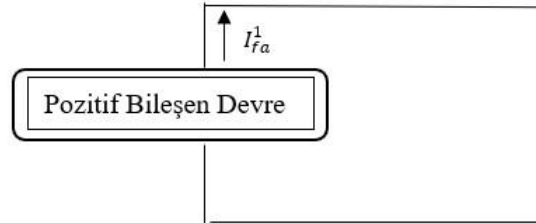
Denklem 2.24 denklem 2.20’de yerine konulursa,

$$V_{a0} = V_{a1} = V_{a2} = 0 \quad (2.25)$$

elde edilir. Denklem 2.25 denklem 2.22’de yerine konulup çözümlürse arıza akımı bulunur (Güllüdereli, 2007).

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (2.26)$$

Denklem 2.26’ya bakıldığında sadece pozitif bileşen devre kullanılmalıdır.



Şekil 2. 6 :Üç faz arıza simetrlili bileşen yöntemiyle elde edilmiş eş değer devre.

2.3. Alçak Gerilim Dağıtım Şebekeleri ve Koruma Elemanları

Alçak gerilim şebekeleri uluslararası standartlarda üç şekilde tanımlanmıştır. Bu standart kodlar TN, TT, IT şeklindedir (Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, 1998) (Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği, n.d.). TS-3394, Elektrik iç tesisler yönetmeliği ve Elektrik Tesislerinde Topraklama yönetmeliğine göre bu kodların birinci harfi güç sisteminin topraklamasını, yani transformatörün işletme topraklamasını temsil etmektedir.

T: Transformatörün yıldız noktasının toprağa doğrudan oldukça küçük bir empedansla bağlanmasını temsil etmektedir.

I: Gerilimli olan her bölümün topraktan ayrılması yani hiçbir toprak bağlantısı olmaması veya bir empedans üzerinden toprağa bağlanmasını temsil etmektedir.

Yönetmeliğe göre bu kodun ikinci harfi tesisatın açıkta kalan iletkenlerinin yani gövdelerin toprağa bağlanma şekillerini ifade etmektedir. Diğer bir adı koruma topraklamasıdır.

T: Sistemin topraklamasından bağımsız olarak diğer iletkenlerin doğrudan düşük empedansla topraklamasını ifade etmektedir.

N: Açıktaki iletkenlerin işletme topraklamasıyla aynı yere bağlanmasını ifade etmektedir.

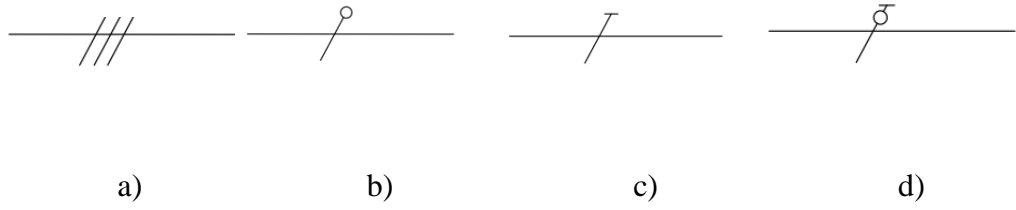
Yönetmeliğe göre bu iki harf dışında ekstra harfler varsa nötr ve koruma iletkenini temsil etmektedir.

S: Nötr ve topraklanmış hat iletkeninden ayrı bir koruma iletkeni bulunduğunu ifade etmektedir.

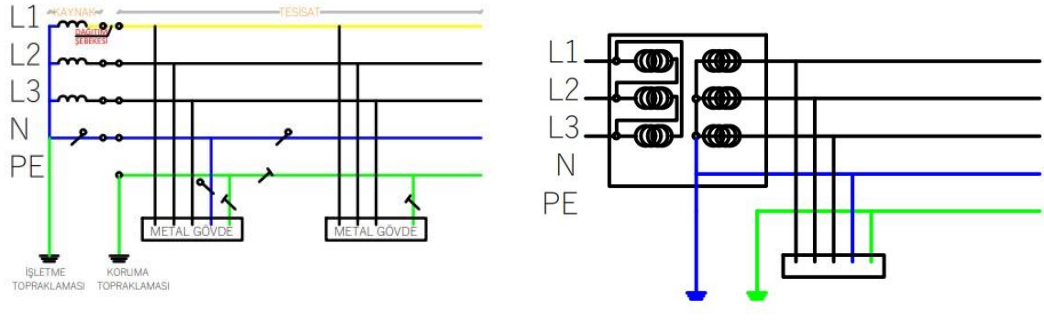
C: Nötr ve koruma iletkeninin tek iletken üzerinden yapılması durumunu ifade etmektedir.

2.3.1. TT şebekeler

TT şebekeler harflendirme yöntemiyle değerlendirilirse şebeke topraklamasının yani transformatörün yıldız noktasının ve gövdelerin birbirinden ayrı bir şekilde toprağa direkt olarak bağlı olduğu bir sistem olduğu görülür, şekil 2.7 ve 2.8' de gösterilmektedir (Kösoglu, 2000).



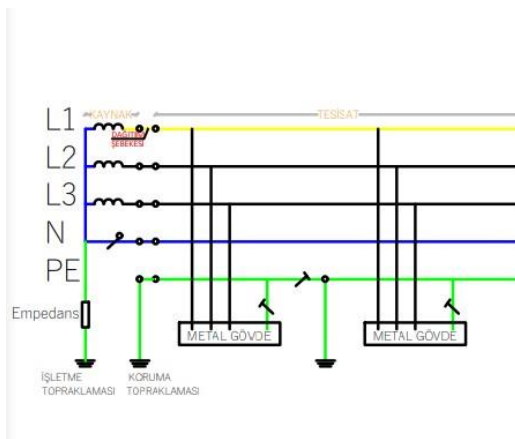
Şekil 2. 7 :a) Faz iletkenleri (L1 L2 L3) b) Nötr iletkeni (N) c) Koruma iletkeni (PE) d) Birleşik koruma + Nötr iletkeni (PEN).

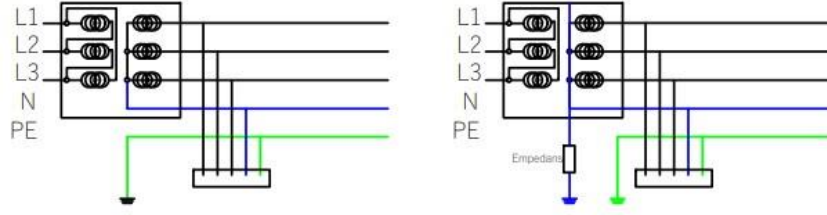


Şekil 2. 8 :TT şebeke.

2.3.2. IT şebekeler

İşletme topraklamasının ya hiç toprağa bağlı olmadığı ya da bir empedans üzerinden topraklandığı, koruma topraklaması amacıyla yapılan diğer iletkenlerin gövdelerinin birbirlerinden ayrı topraklandığı veya direnç, endüktans üzerinden topraklandığı sistemi ifade etmektedir ve şekil 2.9'da gösterilmektedir (Kösoglu, 2000).

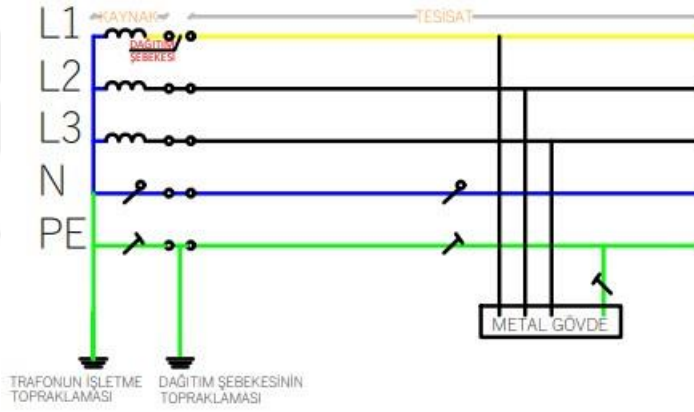




Şekil 2. 9 : IT şebeke.

2.3.3. TN şebekeler

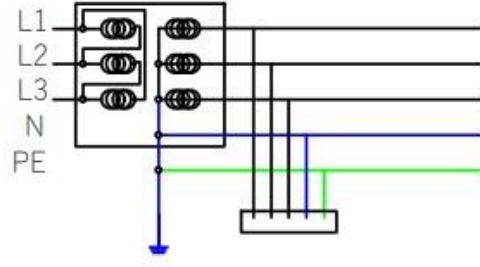
Bu tip şebekelerde doğrudan topraklanmış tek nokta bulunur ve diğer iletkenler bu noktaya bağlanır, şekil 2.10'da gösterilmiştir. TN şebekeler kendi içinde üçe ayrılır (Kösoglu, 2000).



Şekil 2. 10 : TN şebeke.

2.3.3.1. TN-S şebeke

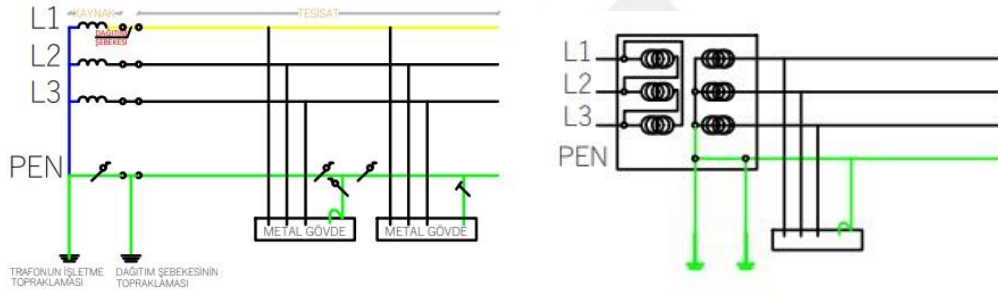
Koruma ve nötr iletkeni şebekenin tamamında ayrı ayrı çekilmektedir şekil 2.11'de gösterilmiştir (Kösoglu, 2000).



Şekil 2. 11 : TN-S şebeke.

2.3.3.2. TN-C şebeke

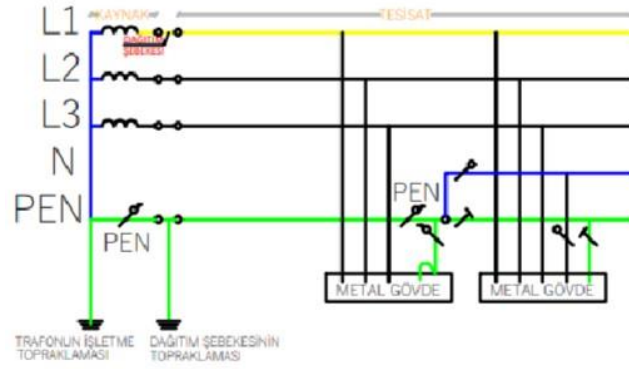
Koruma ve nötr iletkeni tek bir iletken üzerinden yapılmaktadır şekil 2.12’de gösterilmiştir (Kösoglu, 2000).



Şekil 2. 12 : TN-C şebeke.

2.3.3.3. TN-C-S şebeke

Koruma ve nötr iletkeni şebekenin bir bölümünde ortak bir bölümünde ayrı ayrı çekilmiştir, şekil 2.13 ‘de gösterilmiştir (Kösoglu, 2000).



Şekil 2. 13 : TN-C-S şebeke.

2.4. AG'de Direk Tipleri

Alçak gerilim şebekelerinde direklerle sadece üç faz iletkeni taşınmaz bu 3 faz iletkenine ek olarak nötr ve sokak aydınlatması iletkeni de taşınmaktadır. Alçak gerilim şebekelerinde direklerde bu duruma göre tasarlanır (Gençer, 2001). Direkler yangına dayanıklı olmalarının yanı sıra şartnamelerde bulunan hesaplama kriterlerine uygun yapılmalıdır. Direk topraklamaları da yine şartnamelerde tasarlanana direk özelliklerine göre yapılmalıdır (Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. Cam Elyafı Takviyeli Polyester Direk, Travers ve Konsollar Teknik Şartnamesi, n.d.).Bu bağlamda düşünüldüğünde direk tasarımları da iletkenin akım taşıma kapasitesi, gerilim düşümü gibi özel hesaplamalarla seçilmesi gerekmektedir. Direk tasarımlarında rüzgar yükü, buz yükü, iletkenlerin birbirine olan mesafesi, direklerin birbirine mesafesi gibi faktörler göz önünde bulundurularak tasarımlar yapılmaktadır Tablo 2.2'de şebekelerde kullanılan direk çeşitleri sınıflandırılmıştır (Ülker, n.d.).

Tablo 2. 2 : Direk Çeşitleri.

| DİREK ÇEŞİTLERİ | | |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| GERİLİM SEVİYELERİNE GÖRE | FONKSİYONLARINA GÖRE | YAPILARINA GÖRE |
| AG Direkler | Taşıyıcı Direkler | Ağaç Direkler |
| Müşterek Direkler | Durdurucu Direkler | Beton Direkler |
| Enerji Nakil Hattı (ENH) Direkleri | Son (Nihayet) Direkler | -Santrifüj |
| Aydınlatma Direkleri | Branşman Direkleri | -Vibre |
| | Tevzi Direkler | Demir Direkler |
| | | -Boyalı Kaynaklı |
| | | -Galvanizli Kaynaklı |
| | | -Çelik Poligon |
| | | -Galvanizli Civatalı |

2.4.1. Gerilim seviyelerine göre direkler

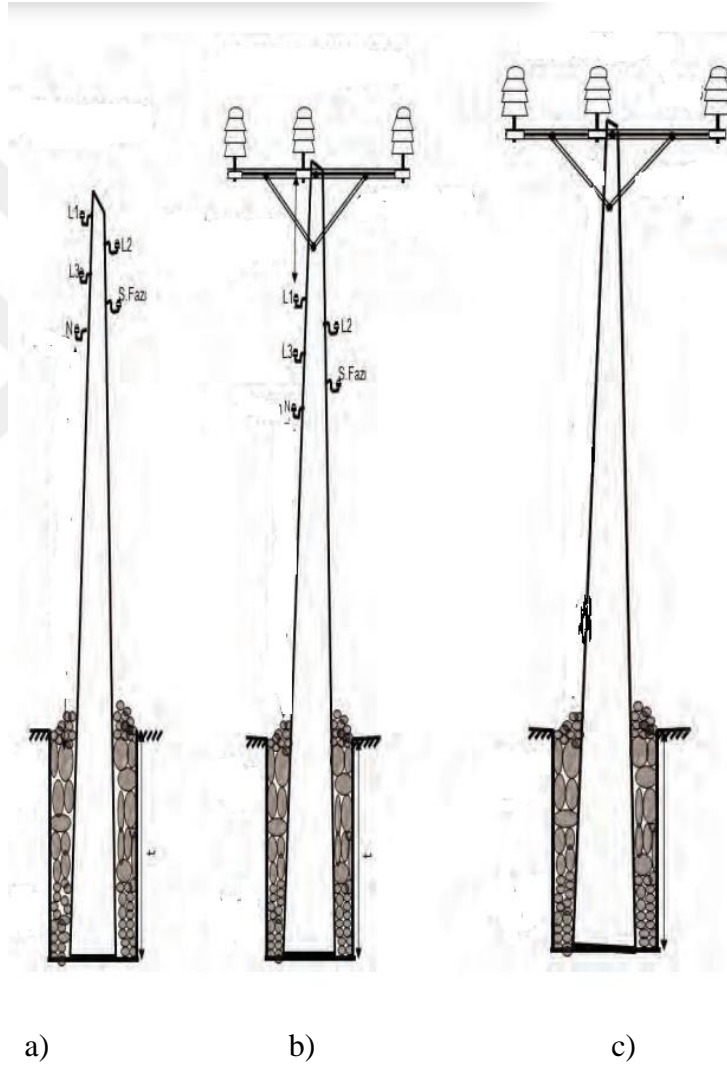
Alçak gerilim direkleri 0.4 kV enerji taşıırken, enerji nakil hattı direkleri sadece yüksek gerilimde kullanılır. Müşterek direkler hem alçak gerilim hem yüksek gerilimi taşımak için, aydınlatma direkleri adından anlaşıldığı gibi sadece aydınlatma amacıyla kullanılan direklerdir (elektrik-direklerinin-cesitleri-ve-ozellikleri).

2.4.2. Fonksiyonlarına göre direkler

Taşıyıcı direkler iletkenleri taşımak için doğrusal olarak kullanılırken, köşede taşıyıcı direkler hattın açtığı yerlerde kullanılır. Durdurucu direkler hattın baş veya sonunda tek yönlü çekme kuvvetine dayanacak şekilde tasarlanarak iletkenlerin izolatörlere bağlandığı direklerdir. Durdurucu direkler köşede durdurucu ve zaviye direkleri olmak üzere kendi içinde ikiye ayrılmaktadır. Branşman direk şebekenin başka kollara ayrılması gereken yerlerde kullanılırken, hattın üç ve üçten fazla kola ayrıldığı durumlarda ise tevzi direk adı verilen direkler kullanılmaktadır.

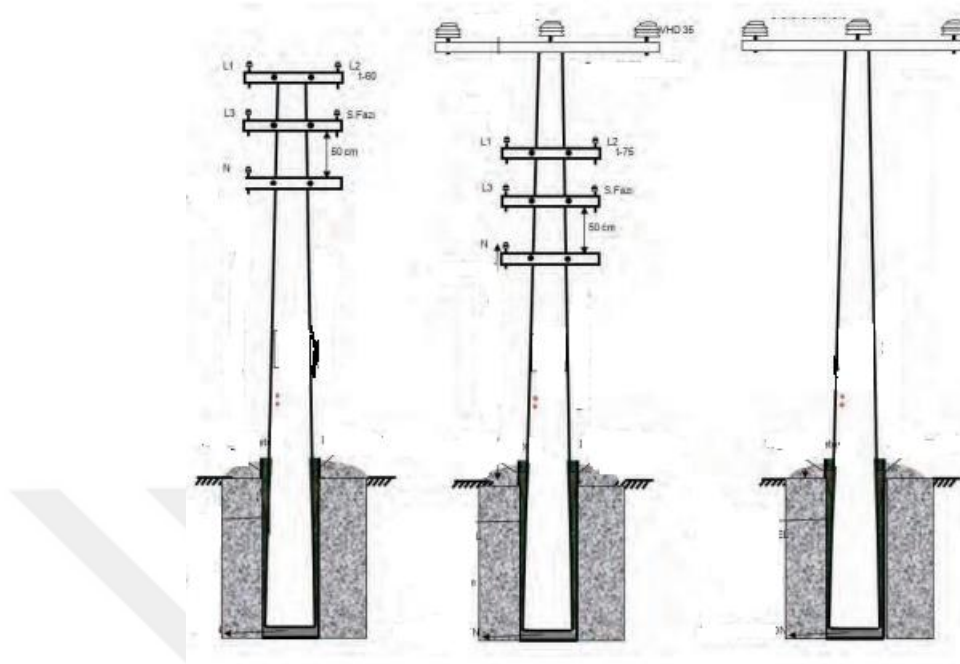
2.4.3. Yapılarına göre direkler

Ağaç direkler alçak gerilim ve orta gerilimde çapları 12 cm'den az olmayacak şekilde taşıyacakları yüke göre tasarlanırlar, genelde her türlü arazide kullanılabilirler fakat çürüme ihtimalleri olduğundan farklı yöntemlerle ömürlerini uzatmak gerekmektedir. AG şebekelerde genelde 9 ve 10 metrelik ağaç direkler kullanılmaktadır. 11 metrelik ağaç direkler müşterek direkli hatlarda kullanılırken 12 metrelik direkler enerji nakil hatlarında kullanılır (Üniversite, n.d.).



Şekil 2. 14 : Ağaç direkler a) 9-10 metre b) 11 metre c) 12 metre.

Beton direkler orta ve alçak gerilimde kullanılmasının yanı sıra yol aydınlatmalarında da kullanılır. Alçak gerilimde beton direkler 9-10 metre olurken, müşterek direkli hatlarda 11 metre, enerji nakil hatlarında ise 12 ve üstü boylarında olabilir.



Şekil 2. 15 : Beton direkler.

Demir direklerin ömrü ve ağırlığı bakımından beton direklere ve ağaç direklere göre üstünlüğü vardır fakat bakım ve işletme masrafı daha fazladır.

2.5. Alçak Gerilim Şebekelerinde Direk Başı Donanımları

2.5.1. Travers ve konsollar

Direk başı donanımları iletkenleri direkten veya birbirlerinden belli mesafede tutmaya yararlar. Çift taraflı olan tutucu elemana travers denirken, tek taraflı olana konsol denmektedir ve şekil 2.16, şekil 2.17' de gösterilmiştir. Traversler beton ve demirden imal edilirken, ağaç direklerde demir, demir direklerde demir, beton direklerde hem demir hem beton travers ve konsol kullanılmaktadır.

Alçak gerilim şebekelerinde beton traversler durdurucu ve taşıyıcı olmak üzere ikiye ayrılırken, demir traverslerde kullanılmaktadır (Yazıcı, n.d.).



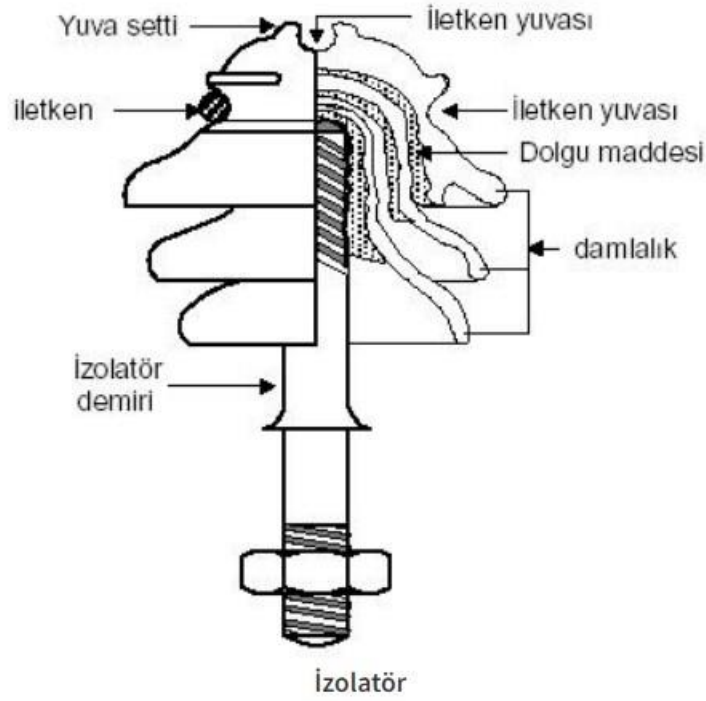
Şekil 2. 16 : Travers (Enton) .



Şekil 2. 17 : Konsol (Enton) .

2.5.2. İzolatörler

Temelde iki görevi vardır. Birincisi iletkenleri topraktan ayırırken yalıtım sağlamak, ikincisi iletkenlerin yüküyle birlikte oluşabilecek diğer yükleri taşımaktır. İmal edildikleri malzemelere göre ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırılırlar.

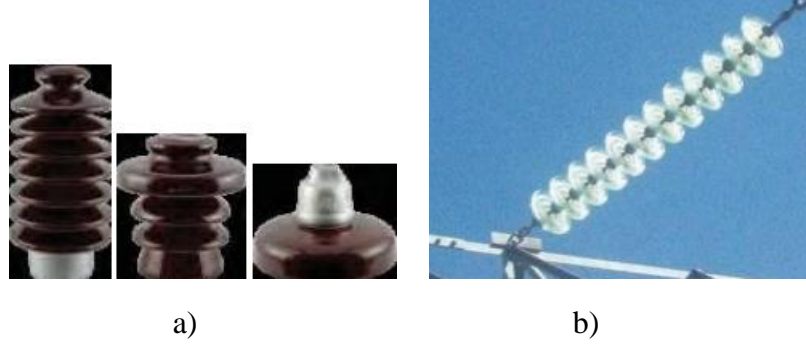


Şekil 2. 18 : İzolator bölümleri.

İzolatorlar, iletkeninin ve mesnet demirinin tutturulduğu gövdeden, izolator demirinin izolatore tutturulması için açılmış tutturma yuvasından, izolatore bağlanacak iletkenlerin yerleştirilmesini sağlamak için oluşturulmuş iletken yuvasından, izolatorün direncini arttırmak için gövdeye yerleştirilmiş bir veya daha fazla kanattan yani siper veya etekten, izolatorün direk, konsol ve traverse tutturulmasını sağlayan tutturma demirinden olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır (Milli eğitim bakanlığı, 2011).

Tablo 2. 3: İzolator türleri.

| Yapıldığı Malzemeye Göre İzolator Çeşitleri | Kullanım Amaçlarına Göre İzolator Çeşitleri |
|---|---|
| Porselen İzolatorler | Mesnet Tipi İzolatorler |
| Cam İzolatorler | Alçak Gerilim Mesnet İzolatorleri Ve Demirleri |
| Epoksi Reçineli İzolatorler | Yüksek Gerilim Mesnet İzolatorleri Ve Demirleri |
| Silikon (Kompozit) İzolatorler | Zincir Tipi İzolatorler |
| | Geçit İzolatorleri |



Şekil 2. 19 : a) Porselen izolatörler b) Cam izolatörler c) Epoksi reçineli İzolatörler d) Silikon kompozit izolatörler (Milli eğitim bakanlığı, 2011).

2.5.2.1. Alçak gerilim izolatörleri



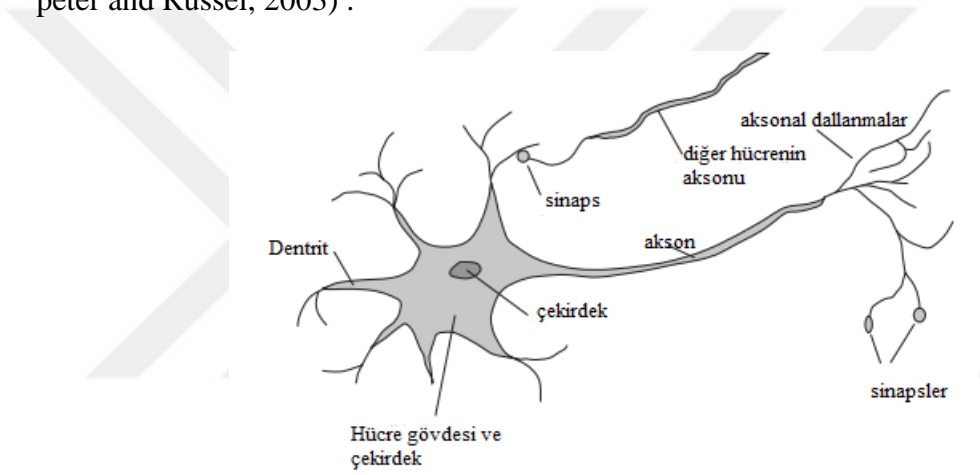
Şekil 2. 20 : a) N95/2 b) N95 c) N80 d) Alpek Makara e) Alpek Makara (Milli eğitim bakanlığı, 2011).

N80 tipli izolatörler rose iletkenlerde, N95 tipli izolatörler pansy ve aster iletkende taşıyıcı ve durdurucu olarak kullanılırken, nemli bölgelerde iletken kesiti farketmeksizin N95/2 tipli izolatörler kullanılmaktadır.

2.6. Yapay Sinir Ağları

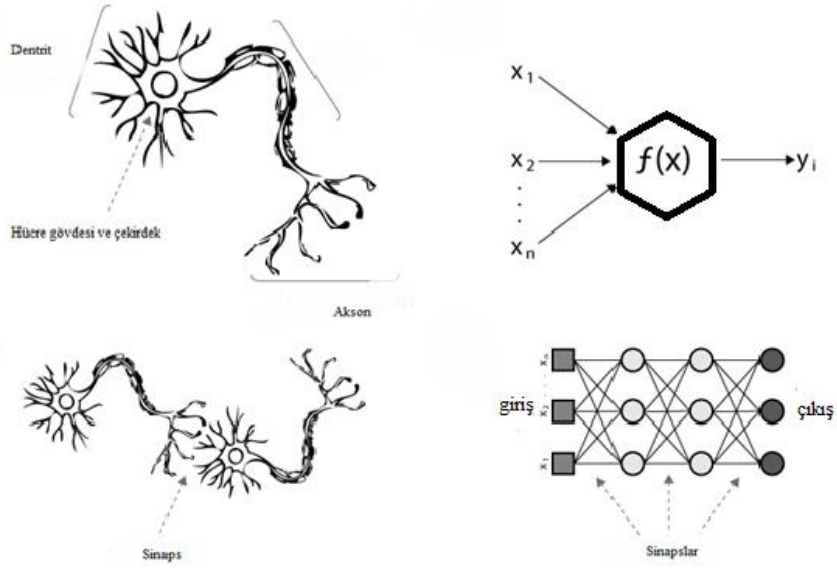
Sinirler sadece beynimizde değil bütün sinir sistemi üzerinden tüm vücudumuza yayılmış olan bütün hayati faaliyetlerimizi yürüttüğümüz en küçük yapı birimleridir (Şen, n.d.). Bir sinir hücresinde hücre çekirdeği, akson, dentrit ve sinaps olmak üzere dört bölüm bulunmaktadır. Aksonlar bir hücreden diğer hücreye iletilmesi gereken elektrokimyasal bilgiyi ya da girdileri taşır. Bu bilgiler, bilgi taşıyan hücrenin sinapsları sayesinde diğer hücrenin dentritlerine iletilir. Bu işlemin gerçekleşmesiyle bir sinir ağındaki bilgiler iletilmiş ve işlenmiş olur.

Literatürde bulunan YSA'nın tarihsel gelişimini anlatan çalışmalar mevcuttur (Norvig, peter and Russel, 2003) .



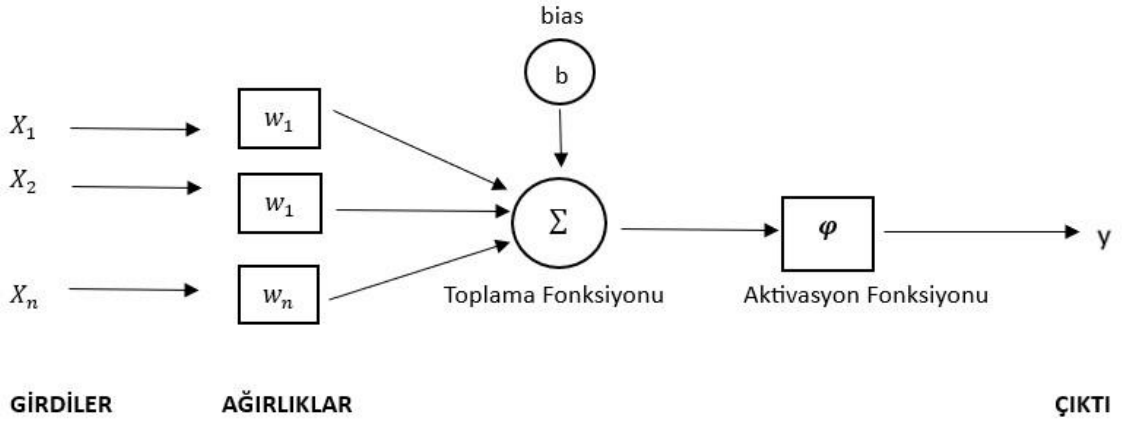
Şekil 2. 21 : Sinir hücresi yapısı.

Yapay sinir ağları bu beyin yapısından esinlenilerek öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesi ve elde edilen modelin farklı çalışmalarda uygulanması sonucu ortaya çıkmıştır (Ozturk & Şahin, 2018). YSA'lar karmaşık problemleri çözmek, sınıflandırmalar yapmak, desenleri tanımak ve tahminler yapmak gibi farklı çalışmalarda kullanılmaktadır.



Şekil 2. 22 : Sinir hücresi ve yapay sinir ağı benzetimi(Goncalves et al., 2013).

Şekil 2.23’de görüldüğü gibi girişler n şeklinde çoklu olabilir ve X_n şeklinde gösterilebilir. Bu matematiksel modelde girdiler dentritleri, aksonlar çıkışları ve sinapslarda ağırlıkları temsil etmektedir.



Şekil 2. 23 : YSA nöron modeli.

Bir YSA’da tıpkı insan beyninde olduğu gibi nöronlar girdileri alır ve bunları ağırlıklarla çarpar, aktivasyon fonksiyonuyla işler ve sonuçlar üretir. Bu işlem ağı her bir nöronunda tekrarlanır ve çıktılar diğer nörona iletilerek devam eder. Bias her bir nöronun çıktısına

eklenen sabit bir değerdir tıpkı ağırlıklar gibi rastgele başlangıç değeriyle başlatılır. Eğitim sũrecinde ağırlıklar birbiriyle çarpılır ve bias değeriyle toplanır. Bu toplama fonksiyonu çıkış değeri denklem 2.27'deki gibidir (Öztũrk, 2020).

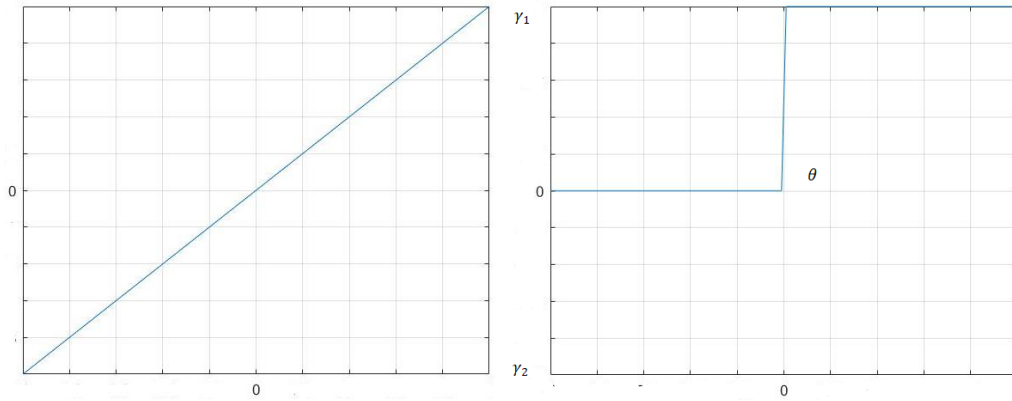
$$z = \sum_{i=1}^n w_i * X_i + b \quad (2.27)$$

X giriş değerlerini temsil ederken, w girişlerin herbirinin ağırlığını temsil etmektedir ve b değeri bias değeridir. Toplama fonksiyonundan elde edilen değerler bir aktivasyon fonksiyonuna iletilir ve nũronun çıkış değeri φ denklem 2.28'den elde edilir (Öztũrk, 2020).

$$y = \varphi(r) = \varphi \left(\sum_{i=1}^n w_i * X_i + b \right) \quad (2.28)$$

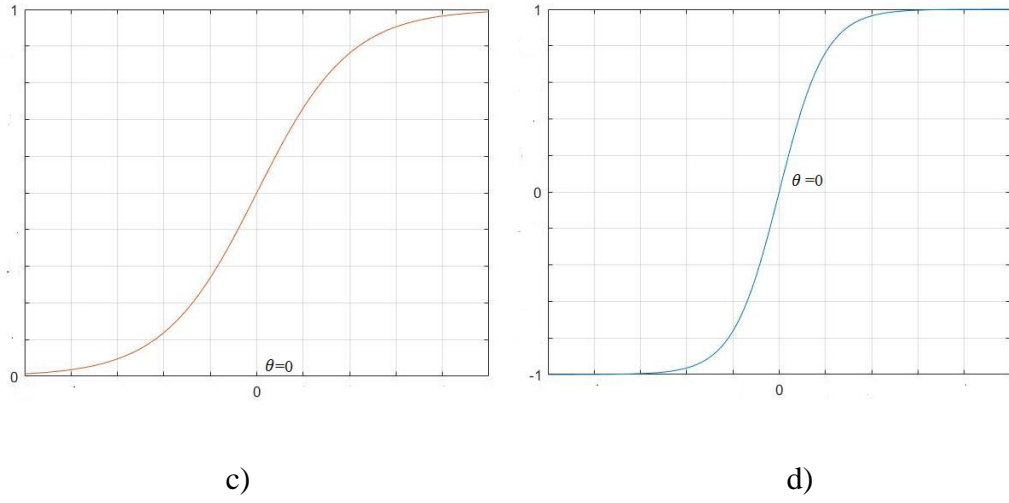
Ağın eğitim çıkışına ne kadar yakın olduğunu belirlemek için bir hata fonksiyonu kullanılır, yapay sinir ağı ağırlık ve biası bu hata fonksiyonuna gũre gũncelleyerek bu işlemi hata en az olana kadar devam ettirir.

Farklı problemleri çözmek için farklı aktivasyon fonksiyonları kullanılır problemin tanımına uygun aktivasyon fonksiyonu seçmek ağın eğitimi ve başarısı için oldukça önemlidir şekil 2.24'de sıklıkla kullanılan aktivasyon fonksiyonları verilmiş olup denklem 2.29, 2.30, 2.31, 2.32'de matematiksel ifadeleri sunulmuştur.



a)

b)



Şekil 2. 24 : a) Doğrusal fonksiyon b) Basamak fonksiyonu c) Sigmoid Fonksiyon d) Hiperbolik tanjant fonksiyonu.

$$f(x) = x \quad (2.29)$$

$$f(x) = \begin{cases} \gamma_2, & x < \theta \\ 0, & x = \theta \\ \gamma_1, & x \geq \theta \end{cases} \quad (2.30)$$

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2.31)$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^x} \quad (2.32)$$

Aktivasyon fonksiyonlarının özelliklerine göre en uygun olanı seçilerek YSA eğitiminde kullanılmaktadır.

Yapay sinir ağlarında öğrenme yöntemleri denetimli öğrenme, denimsiz öğrenme ve takviyeli öğrenme olarak üç gruba ayrılmaktadır.

Denetimli öğrenme sürecinde giriş ve çıkış olmak üzere veri kümeleri oluşturulmuştur ve bu verilerin ikisinde kullanıcı tarafından sisteme sağlanır. YSA bu giriş ve çıkış kümelerinden faydalanarak çıkışta elde etmesi gereken sonuca ulaşmayı hedeflemektedir.

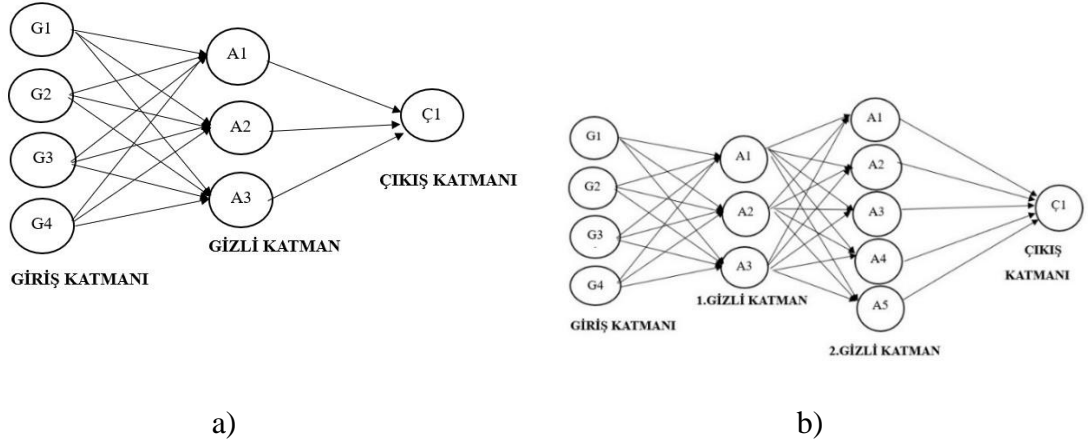
Eğitim s¼recinde elde ettiği ağ ağırlıklarını sonu¼ta elde etmeyi hedeflediği verilerle kıyaslayarak hatayı en aza indirecek Şekilde tekrarlar ve hata ihmal edilebilir seviyelere geildiğinde en iyi eğitim sağlanmış olur (Morales & Zaragoza, 2011).

Denetimsiz ¼đrenmede sadece giriş verileri bilinir yani YSA hedef değerleri hakkında bir bilgiye sahip değildir ¼đrenme s¼reci sadece giriş verileri arasında kurulan bağlantılardan sağlanır ve ¼ıkıŐta elde edilen hedef bu Şekilde sağlanır. Bu ¼đrenme tipinde se¼ilen ¼rnek k¼mesi ¼ok ¼nemlidir ¼¼nk¼ ¼ıkıŐlar giriŐlerin benzerliğini veya bağlantılarını yakalayarak elde edilmektedir (Morales & Zaragoza, 2011).

Takviyeli ¼đrenme sisteminde bir uzman bulunur, bu uzman denetimli ve denetimsiz ¼đrenmeden farklı olarak hedefe y¼nelik ¼đrenme, karar verme ve otomatikleŐmeye y¼nelik bir yaklaşım sağlar. Elde ettiği sonu¼lardan ceza veya ¼d¼l verdiği bir temele dayanmaktadır. Eğitim ağının amacı cezayı en k¼¼k seviyeye getirene kadar ¼d¼l¼ y¼kseltmektir (Morales & Zaragoza, 2011).

Tablo 2. 4: Tek katmanlı ve ¼ift katmanlı YSA kıyaslaması.

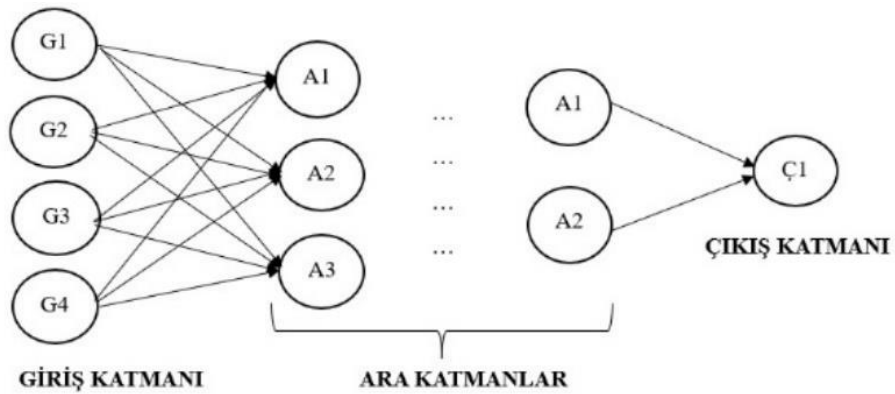
| TEK KATMANLI YSA | ¼OK KATMANLI YSA |
|--|--|
| Giriş- ¼ıkıŐ katmanı | Giriş- ¼ıkıŐ katmanı |
| Yalnızca bir tane gizli katman | En az bir gizli katman |
| Basit bir yapısı vardır | Daha karmaşık yapısı vardır |
| Basit sınıflandırma ve regresyon problemlerinde kullanılır | Daha karmaşık problemleri ¼özmede tek katmanlı YSA'dan daha iyi sonu¼lar verir |
| Eğitim s¼reci daha hızlı ve kolaydır | Eğitim s¼reci daha zor ve zaman alıcıdır. |



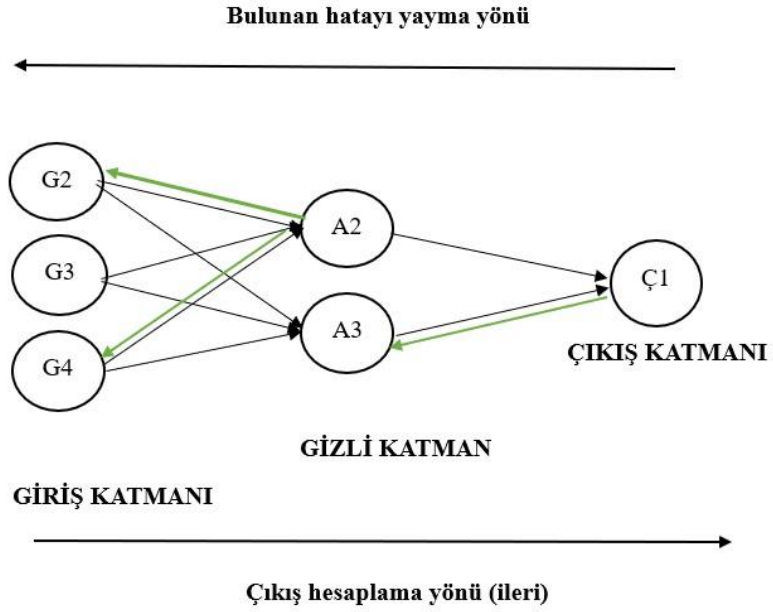
Şekil 2. 25 : a) tek katmanlı YSA b) çok katmanlı YSA.

Tek katmanlı ve çok katmanlı YSA'ların birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Tablo 2. 5'te bunların bazıları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Şekil 2.25'de ise tek katmanlı ve çok katmanlı YSA'ların gösterimleri mevcuttur.

İleri beslemeli YSA' da şekil 2.26'da görüldüğü gibi girişten çıkışa doğru sadece tek yönlü sinyal akışı varken geri beslemeli ağlarda şekil 2.27'de görüldüğü gibi sinyal eğitim süreci ileri ve geri beslemeli olarak devam etmektedir. Geri beslemeli ağlarda eğitim ileri doğru devam ederken hatalar geriye doğru yayılır ve öğrenme süreci elde edilir. Geri yayılım algoritmaları öğrenme sürecinin uzun olması sebebiyle çok katmanlı olarak tasarlanmaz (Asadollahfardi, 2015).



Şekil 2. 26 : İleri beslemeli YSA.

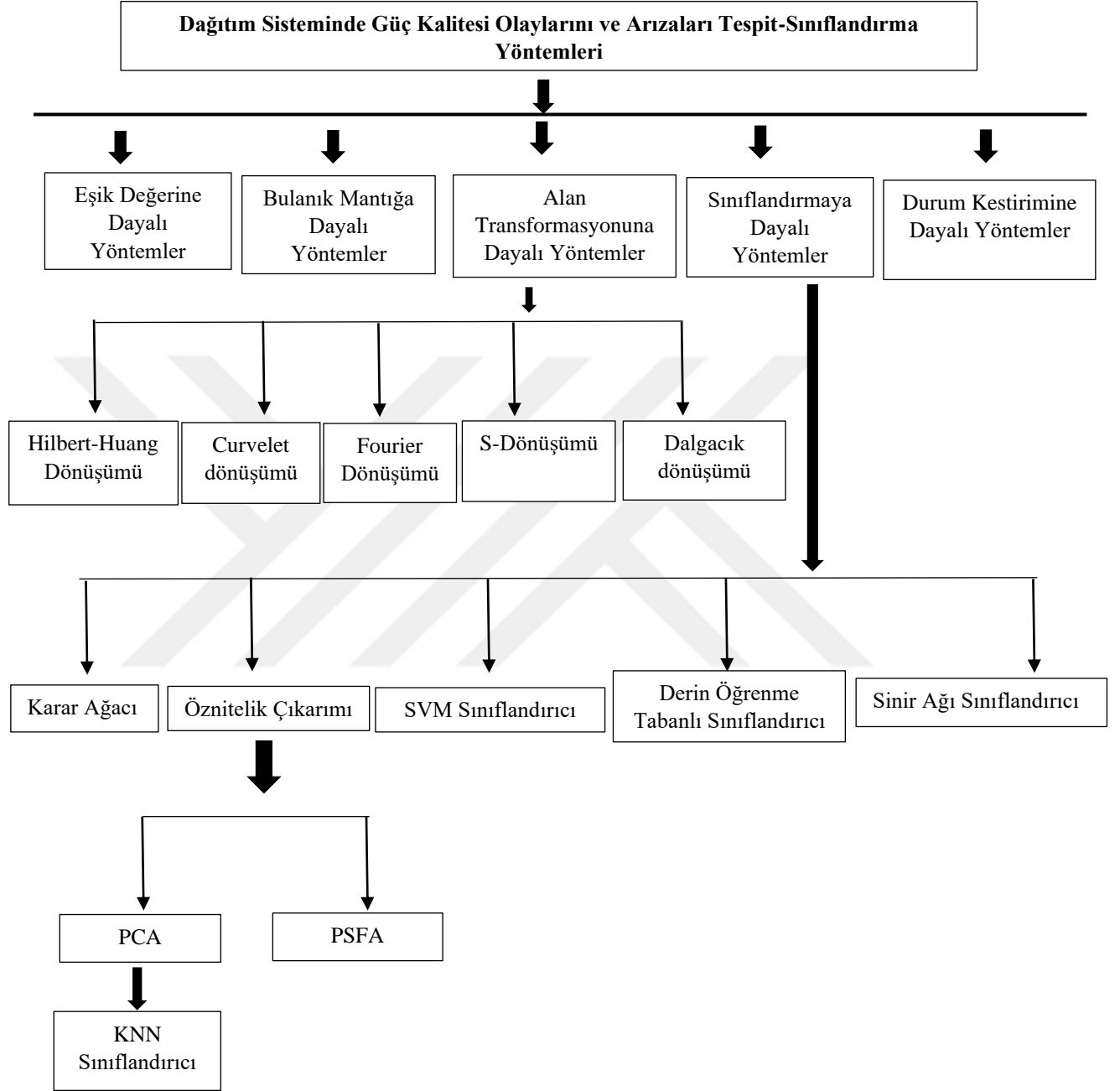


Şekil 2. 27 : Geri beslemeli YSA.

YSA giriş ve çıkış veri setini öğrenir ve öğrendiği veriler üzerinden genelleme yapar ve çıktılar üretir. Eğitimin başarısını hata kriteriyle belirler. Kullanıcılar tarafından en çok kullanılan ortalama kare hata performans kriteri bu eğitim veri seti üzerindeki tüm örneklerin hata miktarlarını hesaplar ve bunların ortalamasını alır. Kullanıcılar tarafından kullanılan diğer hata kriteri ortalama mutlak hatadır. Ortalama mutlak hata ise tahminde elde edilen değerlerle gerçek değerlerin arasındaki mutlak farkların ortalamasıyla bulunmaktadır.

YSA tasarımlarında kullanıcılar ihtiyaçlarına göre aktivasyon fonksiyonlarını, ileri ve geri beslemeli öğrenme süreçlerini ya da hata performans kriterlerini seçebilir.

2.7. Arıza tespit yöntemleri



Şekil 2. 28: Arıza tespit yöntemleri.

Şekil 2.28’de sunulmuş olan yöntemlerin birbirlerine göre üstünlüklerini ve eksikliklerini ortaya koyan birden çok çalışma bulunmaktadır. Farklı yöntemlerin birlikte kullanılarak

zenginleştirilmiş formları da literatürde kullanılmış olup hibrit yöntemlerle daha doğru sonuçlara ulaşılmıştır.

Kullanılan yöntemlerden Fourier dönüşümü bir sinyalin sadece harmonik bileşeni hakkında bilgi verirken zamanla durağan olan sinyalleri kullanır yani bir zaman bilgisi içermez dalgacık dönüşümü bunun tam aksine durağan olmayan sinyalleri kullanır yani hem frekans hem zaman bilgisi içerir (Yılmaz, Derya. Bayhan, 2019).

Bir başka yöntem olan ileri beslemeli sinir ağıyla (FFNN) yüksek empedanslı arıza tespiti olup bu yöntemin dezavantajı olarak eğitim için ek veri gerektirmesi örnek verilebilir (Alkes, 2016).

Yalnızca dalgacık dönüşümü ya da yapay sinir ağıları yöntemini kullanmaktansa ikisinin birlikte kullanılmasının avantajlarını ortaya koyan çalışmalarda literatürde mevcuttur (Eldin et al., 2007).

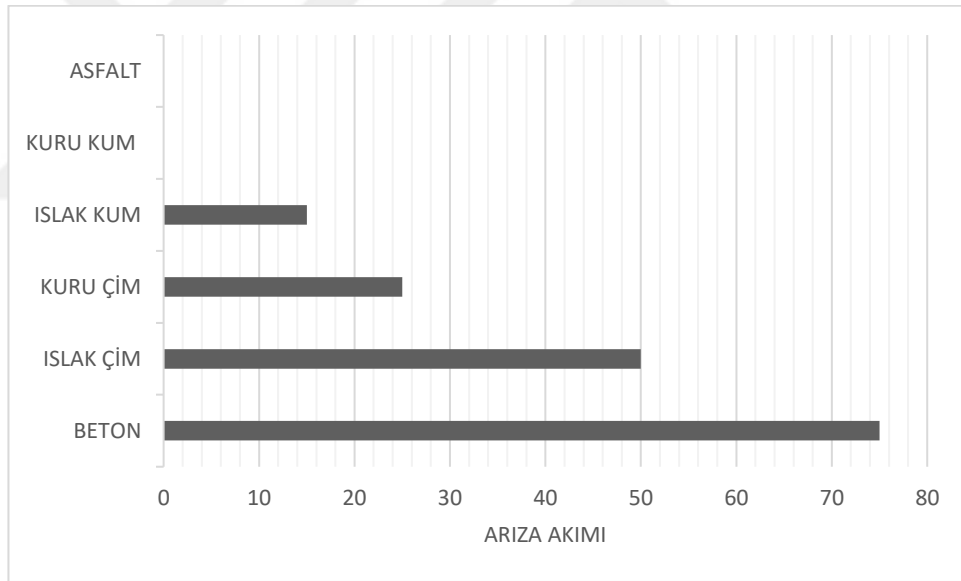
García, Henao ve arkadaşları literatürde en çok kullanılan dalgacık dönüşümü yöntemlerini de kendi içinde birbirleriyle kıyaslamıştır. Yüksek empedanslı arızaların konumlarını bulmak için literatürde en çok kullanılmış olan üç temel yöntemi kullandığı çalışmada;

1. Dalgacık modeli
2. Zaman alanında analiz
3. Frekans alanında analiz kullanmıştır.

Birinci yaklaşımda kullanılan ekipman miktarı oldukça fazladır ve masraflıdır. Bahsedilen çözümler en küçük arıza akımı değişiminden etkilenir. İkinci yaklaşım tek terminalde akım ve gerilim ölçümlerini kullanır. Üçüncü yaklaşımda yüksek empedans arızasının matematiksel yaklaşımını geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımda birinci ve üçüncü harmonikler referans alınarak arıza konumu bulunur. Çalışmada arıza konumunun dağıtım sistemi modeline bağlı olmadığını, önerilen metodun yüksek ve düşük empedans hatalarında kullanılabildiğini ortaya koymuştur. Bu çalışma üç yöntemin birbirine karşı üstünlüklerini ve eksiklerini ortaya koymaktadır (Doria-García et al., 2021).

Kopan telin toprağa temas ettiği yüzeyin toprak geçiş direnci, toprağın cinsinin (kum, çakıl, çamur) farklı olması sebebiyle arıza anındaki empedansı değiştirmektedir. Değişen empedans da yüksek empedanslı arızanın dinamik olmasına sebep olmaktadır. Hou

çalışmasında 20kHz' de akım ve gerilimleri örnekleyen topraklama sistemleri kullanarak farklı zeminlerde meydana gelen arızaların toprak geçiş dirençleri üzerinden yüksek empedanslı arızayı değerlendirmiştir. Toprak yapısının farklı olduğu durumları kaydetmek için bir veri toplama sistemi kullanarak test ettiği şebekenin normal ve arıza anındaki akım gerilimlerini kaydetmiştir. Yaptığı testlerde farklı parametreler üzerinde oynamalar yaparak verileri kıyaslamıştır. Bu testlere örnek olarak zemini sabit tutup arıza mesafesini değiştirmek, aynı zeminde ve aynı mesafede 3 ay arayla arıza gerçekleştirmek, ağaç dalı veya ıslak lastik gibi farklı malzemeler üzerinden arıza gerçekleştirmek, asfalt, çakıl, sürekli yağmur alan farklı zeminlerde arıza gerçekleştirmek gibi farklı senaryolarda arızaları incelemiştir. Ayrıca yazar aynı çalışmasında toprak geçiş dirençlerinin arızanın yapısını değiştirebildiğini ortaya koymuştur ve çalışmasında yüksek empedanslı arızanın tüm yönleriyle belirlenemeyeceğini göstermiştir (Hou, 2009).



Şekil 2. 29 : Yüksek empedanslı arızaların toprak geçiş dirençlerine göre değişimi (Hou, 2009).

Lauglo da farklı topraklama yöntemlerini, farklı hat tasarımlarını ve farklı toprak geçiş dirençlerini kıyasladığı çalışmasında arıza akımlarının bu farklılıklardan nasıl etkilendiğini analiz etmiştir. Çalışmada farklı koşullarada kıyasladığı verileri tablolar şeklinde sunmuştur ve havai hatlarda yüksek empedanslı bir arıza meydana geldiğinde mesafe koruma rölelerinin arızayı tespit etmede bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşmıştır (Lauglo, 1952) .

Yüksek empedans arızası problemini, arızanın doğasını, modellemesini, arıza tespit yöntemlerini derleme olarak sunduğu rehber niteliğinde çalışmasında yaklaşık 225 makale incelemiştir ve yüksek empedanslı arıza konusunu detaylıca ele almıştır. Çalışmasında yüksek empedanslı arızanın tespitine yönelik çalışmaları klasik yaklaşımlar ve sezgisel yaklaşımlar olarak iki ana gruba ayırmış ve her yönetime ait algoritmaları tanıtmıştır. Algoritmaların kullanım sıklığını içeren grafikler ve tabloları sunmuştur.

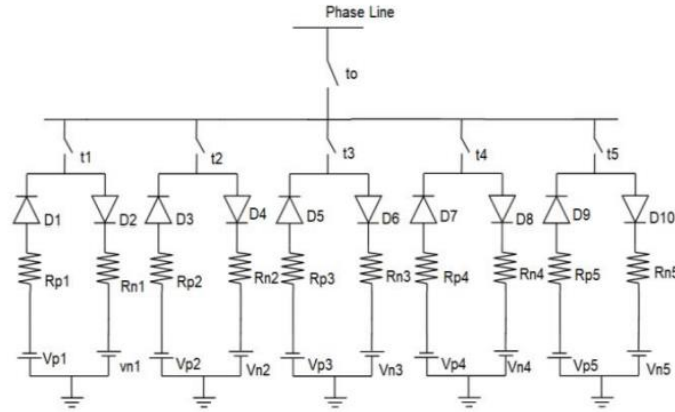
Tablo 2. 5: Kullanılan algoritmaların sınıflandırması.

| YÖNTEM | ALGORİTMA |
|---------------------------------|--|
| KLASİK YAKLAŞIMLAR | Faz Veye Doğal Arıza Büyüklüğü Akım ve Gerilim Ölçümü |
| | Düşük Dereceli Harmonikler ve Alt Harmonikler ve Düşük Frekans Spektrumu |
| | Yüksek Frekans Spektrumu |
| | Kalman Filtreleme ve Örüntü Tanıma |
| | Fraktal Teorem |
| | Dalgacık Teoremi |
| | Tepe Faktörü |
| | Arıza Akımı Titreme |
| | Cross-Winger-Ville Dağılımı |
| | Uzman Sistem |
| SEZGİSEL YAKLAŞIMLAR | Sinir Ağı |
| | Nöro-Bulanık Ağ |
| | Bulanık Mantık |
| | Sinir Ağı Ve Dalgacık Dönüşümü |
| | Bulanık Mantık, Genetik Algoritma ve Dalgacık Dönüşümü |
| | Nöro-Bulanık Ağ ve Dalgacık Dönüşümü |

2011 yılında Ayyagari 300 km'lik bir yüksek gerilim hattı tasarlamış ve yüksek empedanslı arıza verilerini simülasyon programında elde ettiği çalışmasında yapay sinir ağlarının mükemmel örüntü tanıma ve sınıflandırma özelliğinden faydalanarak hata konumunu ve arızanın sınıfını belirlemiştir. Bu çalışma hatayı algılama, sınıflandırma ve hatanın konumunu buldurma olmak üzere üç aşamadan oluşturulmuştur. Çalışmada farklı arıza durumlarında sistemi eğitmek için Matlab'da yapay sinir ağları araç kutusunu kullanmıştır (Ayyagari, 2011).

Lavanya ve arkadaşları 5 fiderden oluşan bir şebekeyi modelleyerek arızayı klasik Emmanuel Ark modelini kullanarak oluşturmuştur. Modellemede fiderlerdeki arıza

noktalarına göre direnç ve akım değerlerini kıyaslayarak empedans yükselmesi durumunda arıza akımının koruma ekipmanları tarafından farkedilmesinin zorluğunu ortaya koyarak gelecekte farklı koruma ekipmanlarına ihtiyaç duyulması ihtimalini vurgulamıştır (Lavanya et al., 2022).



Şekil 2. 30 : 5 fiderden oluşan şebekede Emmanuel modeliyle arıza oluşturma (Lavanya et al., 2022).

Emmanuel ark modeli bir yüksek empedans hatasını modelleme çalışması olup iki diyotla paralel iki dc kaynağı önerir. Model asimetrik arıza akımlarını temsil eden ve birbirinden farklı iki dirence sahiptir. Bu dirençler Rp ve Rn olarak adlandırılmış dirençlerdir ve bu direnç değerlerinin birbirinden farklı olması asimetrik arızanın simüle edilmesine olanak sağlar. Model aynı zamanda her yarım döngüde bir genliği değişen dc kaynaklardan oluşur (Khandare & Khatri, 2015).

Hat gerilimi pozitif dc gerilim Vn'den büyük olursa arıza akımı toprağa doğru akar; hat gerilimi negatif dc gerilim olan Vp'den büyük olursa az öncekinin tam tersine arıza topraktan geriye akar. Şebeke gerilimi Vp Vn arasında olursa arıza akımı akmaz sistem Vp ya da Vn ile dengelenir (Khandare & Khatri, 2015).

Nam, Park ve arkadaşları Kore elektrik dağıtım şirketinin verilerinden faydalanarak arızayı EMTP'de Kontrol sisteminin geçici analizi (TACS) tarafından kontrol edilen iki seri zamanla değişen (TVR) direnç olarak modellemiştir. Modelleme ve deney verileri sonuçlarının uyumlu olduğunu elde etmişlerdir (Nam et al., 2001).

Sekar ve Mohanty 2018'de yaptığı çalışmasında yüksek empedanslı arızaları ve yüksek empedanslı olmayan arızaları birbirinden ayırmak için morfolojik gradyanı (MG) filtesi

kullanmıştır. Bu MG filtresi mevcut sinyallerin istatistiksel özelliklerini çıkarmak için kullanılmıştır. Daha sonra elde ettikleri verilerle rastgele orman (RF) tabanlı bulanık mantık çözümü yapmışlardır. Rastgele orman algoritması ise makine öğrenmesi tabanlı bir sınıflandırma algoritmasıdır. Kullanılan bu yöntemle daha az işlem aşaması ve hesaplama süresi sağlanmıştır ve gerçek zamanlı uygulamalar için uygun bulunmuştur (Sekar & Mohanty, 2020).

Fabio ve Patricia Jota çalışmasında yüksek empedanslı arızaları bulanık mantık yaklaşımıyla tespit etmeye yönelik bir çalışma sunmuştur. Gerçek zamanlı sistemde bulunan bir fidere darbe dalgaları enjekte ederek daha önce veritabanında saklanan standart yanıtlarla, önerdikleri yaklaşımı karşılaştırmışlardır. Önerilen denetleyici sistemi gerçek zamanlı olarak test edilmiş ve sonuçları sunulmuştur. Çalışmanın sonucunda farklı fiderlerde meydana gelen sigortalardan uzak arızaların %95.6'sını doğru sınıflandırırken, sigortalara yakın olan yüksek empedanslı arızaların sadece %42'si doğru sınıflandırılmıştır. Çalışma sigortalara yakın yüksek empedanslı arızaların sınıflandırılmasında başka yöntemler denenmesi gerektiğini vurgulamıştır (Jota, Fabio. Jota, n.d.).

Chen, Phung ve arkadaşları 2014 yılında yaptığı çalışmasında bir deney düzeneği düzenleyerek ark akımları üretmişlerdir. Normal anahtarlama durumlarını simülasyon ortamında elde ederek dalgacık dönüşümü yöntemiyle analiz ettikleri bu çalışmada normal yük akımını yüksek empedans arızalardan ayırmışlardır (J. C. Chen et al., 2014).

Yılmaz ve Bayhan çalışmasında literatürde sıkça kullanılan yöntemlerden olan Fourier dönüşümü ve dalgacık dönüşümü arasındaki ayrımı sunduğu çalışmasında, şebekeden gerçek zamanlı verileri çektikleri bir kart tasarlamıştır. Elde ettikleri verileri MATLAB ortamına aktarmış dalgacık dönüşümü yöntemiyle analiz etmiştir. Dalgacık dönüşümünün zaman ve frekans bilgisini birlikte vermesi sebebiyle daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna varmıştır (Yılmaz, Derya. Bayhan, 2019).

Elkalashy ve arkadaşları kompanzasyonlu 20 kV, 5 fiderli orta gerilim şebekesini ATP/EMTP program kullanarak modellemiş olup ayırık dalgacık dönüşümü (DWT) kullanarak arızayı buldurmuştur (Elkalashy & Lehtonen, n.d.).

Sarлак ve Shahrtash'ın 2013 yılında yaptığı çalışma yüksek empedanslı arızaları tespit etmek için direklere monte edilecek olan bir arıza tespit mekanizması olmasıyla literatürdeki ilk örnek olma özelliğindedir. Çalışmada önerilen yöntem yüksek empedanslı arızalarla diğer arızaları birbirinden ayırmayı başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir (Sarлак & Shahrtash, 2013).

Veerasamy, Wahab ve arkadaşları 2012' de yaptıkları çalışmada IEEE 13 baralı güç sistemine 300 kW güneş paneli (PV) entegere edip yüksek empedanslı arıza çalışması yapmıştır. Çalışmada kondansatör anahtarlama, hatasız şebeke, yüksek empedanslı arıza durumunda elde ettiği veriler ayrık dalgacık dönüşümüyle (DWT) analiz edilmiştir. Elde edilen veriler farklı sınıflandırıcı yöntemleriyle eğitim tahminleri kıyaslanmıştır. Kıyaslanan yöntemlerden en başarılı olan ve çalışmada üstünde durulan tekrarlayan sinir ağı (RNN) tabanlı uzun kısa süreli bellek ağı (LSTM) yöntemi olmuştur. Ayrıca sınıflandırıcıların hatayı algılama sürelerinin de göz önünde bulundurularak en hızlı olanın da LSTM olduğunu ortaya koyulmuştur (Veerasamy et al., 2021).

Wang ve Dehghanian 2020 yılında yapay zeka gelişmelerinden yararlanan etkili bir çalışma geliştirmiştir. Önerilen çözümde hibrit yöntemlerden biri olarak Gabor dalgacığı ile evrişimli sinir ağını birleştirmiştir. Gabor dalgacığı 2 boyutlu örüntü tanıma süreçlerinde kullanılan bir yöntemdir (Wang & Dehghanian, 2020).

Chen ve arkadaşları 2016 yılında laboratuvar ortamında yüksek empedanslı arıza oluşturarak veri toplamış olup elde ettiği verileri dalgacık dönüşüm yöntemlerinden; Daubechies dalgacık (db3), haar dalgacığı ve coiflet dalgacık (Coif4) olmak üzere 3 farklı dalgacık yöntemi kullanarak analiz etmiştir ve sonuçları kıyaslamıştır. Elde edilen sonuçlardan en iyisinin en yüksek tespit oranına sahip olan Db4 olduğunu ortaya koymuştur (J. Chen et al., 2016).

Baqui ve arkadaşları dalgacık dönüşümüyle elde ettiği verileri yapay sinir ağlarında eğiten hibrit bir yöntemle yüksek empedans arızalarını düşük empedans arızalarından ayıran bir çalışma sunmuştur (Baqui et al., 2011).

Moloi ve arkadaşları 2019'da yaptığı çalışmada yine hibrit bit yöntem önermiştir. Çalışma matlab yazılımı üzerinde paket dalgacık dönüşümü (PWT), destek vektör makinesi (SVM) ve destek vektör regresyonu (SVR) uygulayarak özellik çıkarma,

sınıflandırma ve regresyon şemalarını kullanmaktadır. Ayrıca çalışmada, çalışmanın uygulanabilirliğini kontrol etmek için bir test ortamı yapılmıştır. Önerilen yöntem iyi bir sınıflandırma doğruluğu, minimum tahmin hatasını elde etmiştir (Moloi et al., 2019).

Arturo ve arkadaşları 2023'de yaptığı çalışmada dağıtık bir şebekede lineer düşük empedanslı ve non-liner yüksek empedanslı arızaların yerini tespit edebilmek için mevcut düşük empedans arıza sinyallerinin (1. ve 5. harmoniklerde) yapay sinir ağı kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmanın ana sonucunda elde edilen arıza mesafeleri tahminlerinin doğru karakterize edildiği gözlenmiştir (Bretas et al., 2006).

Kavi ve arkadaşları tek telli toprak dönüşlü (SWER) dağıtım şebekelerinde yüksek empedanslı arızayı ele almıştır. Swer sistemi az nüfusun olduğu bölgelerde tercih edilmektedir. Çalışmada Ayrışmış Açma Kapama Alternatif Dizi (DOCAS) isimli matematiksel morfolojiye dayalı bir algoritma sunmuştur. Tek telli toprak dönüşlü şebekelerde yüksek empedanslı arızaların tespitinin zor olduğunu ortaya koyan bu çalışmada DOCAS'la tespit etmiştir ve alarm ve uyarı veren sistemler kurulabileceği önerilmiştir (Kavi et al., 2016).

Lai ve arkadaşları yüksek empedanslı arıza çalışmalarında en çok kullanılan yöntem olan ayırık dalgacık dönüşümü (DWT) yöntemini kullanmıştır. Ayırık dalgacık dönüşümünün yanı sıra frekans aralığı ve rms dönüşümü de kullanmıştır. Sınıflandırıcı olarak K en yakın komşu algoritmasını (KNN) uygulayarak arızaları birbirinden ayırmıştır (Lai et al., 2005).

Veeratomy ve arkadaşları 2018'de yaptıkları çalışmada orta gerilim şebekesinde yüksek empedans arızasını ayırık dalgacık dönüşümü ve Uyarlanabilir Nöro-bulanık çıkarım sistemiyle (ANFIS) tespit edip sınıflandırmıştır. Çalışmanın sonunda önerilen yöntemde geleneksel bulanık mantık tabanlı (FLS) yöntemden daha iyi bir sınıflandırma elde edilmiştir (Veeratomy et al., 2018).

Sifat ve arkadaşları çoğunlukla orta gerilim şebekelerinde çalışılan yüksek empedanslı arıza konusunu alçak gerilim şebekelerinde çalışmıştır. Çalışmada düşük gerilim seviyesi için bir test tesisi tasarlanmış olarak gerçek zamanlı alçak gerilim dağıtım tesislerinin geometrisini içermektedir. Dev manyetik dirençli (GMR) sensörleri arıza tespitinde temel olarak kullanılmaktadır. Bu tip sensörler maliyetlerinin düşüklüğü, ölçüm doğrulukları ve

ufak boyutları sayesinde dikkat çekicidir ve uygulanan manyetik alan tarafından indüklenen büyük direnç düşüşleri nedeniyle uygun bulunmuştur (Sifat et al., 2019).

Uriarte yaptığı tez çalışmasında yüksek empedanslı arızayı modelleyip, konumunu tespit etmeyi hedefleyen bir çalışma yapmıştır. Çalışmada harmonik akım ve faz açısı analizini kullanarak arızaları tespit etmiştir (Uriarte, 2003).

Mitolo ve arkadaşları 2019' da yaptıkları çalışmada Avrupa ülkelerinde 400 V, ABD'de 240 V olan gerilim seviyesi içinde çalışmış olup hat iletkenlerinin altında direkte nötr tele bağlı metal bir kanca önermiştir. Çalışmanın temelindeki yöntemde hattın kopması durumunda iletken kancaya temas edeceği için hattın nötre bir kısa devre akımı meydana gelecektir ve bu da aşırı akım cihazlarını aktive edecektir ve enerji kesilecektir. Çalışma yüksek empedanslı arızaların tespiti ve çözümüne öneride bulunurken maliyet bilgileri de içermektedir (Mitolo et al., 2019).

Zamani ve arkadaşları mikroşebekelerde, mikroişlemciye dayalı bir koruma stratejisi önermiştir. Mevcut koruma elemanları efektif koruma sağlayan röleler ile değiştirilerek mikro-şebekelerde ada çalışma modunda koruma sağlanması hedeflenmiştir (Zamani et al., 2011).

Latran ve Teke çalışmasında gerilim çökme ve sıçrama olaylarının tespitini araştırmış ve tespiti için Daubechies-n (Dbn) dalgacıkları kullanmıştır (Latran & Teke, 2015).

Karegar ve Sobhani yüksek empedanslı arıza bulma ve sınıflandırma çalışmasında en çok kullanılan yöntem olan dalgacık dönüşümü yöntemini rüzgar türbinlerinde adalanma durumu için kullanmıştır. Adalama durumu dağıtık güç sistemlerinde bir yük elektriksel olarak izole edildiğinde meydana gelmektedir ve birçok sorun yaratmaktadır (Karegar & Sobhani, 2012).

Wu ve Liu yine literatürde en çok kullanılan yöntem olan ayırık dalgacık dönüşümünü içten yanmalı motorlarda arıza tespiti için kullanmıştır ve ekstra sinir ağıyla verileri işleyerek sınıflandırma yapmıştır (Wu & Liu, 2008).

Yılmaz ve Bayrak PV tabanlı mikro-şebekede arızaların üstesinden gelmek için kırılmamış dalgacık dönüşümü (UWT) tabanlı algoritmayı ilk defa önermiştir. Bu çalışma dalgacık dönüşümü yönteminin dezavantajlarının ve sınırlamalarının üstesinden gelecek yeni bir yöntem olarak önerilmiştir (A. Yılmaz & Bayrak, 2019).

Dash ve arkadaşları 2003'te güç kalitesi olaylarında kullanılan S-dönüşümünü kullanmıştır. Literatürde sıklıkla kullanılan ayırık dalgacık dönüşümüyle (DWT) kıyaslayarak tespit etme ve sınıflandırmada S-dönüşümünün çok daha avantajlı olduğunu savunmuştur (Panda, G. Dash, P.K. Panigrahi, 2002).

Upadhyaya ve Mohanty farklı güç kalitesi bozukluklarının tespiti ve konumunun bulunması için zaman serisi tabanlı maksimum örtüşme ayırık dalgacık dönüşümü (MODWT) dönüşümü tekniğini önermiştir. Çalışmada gerilim sinyalinin sarkma, şişme, kesilme, harmonik, ani yükselme gibi güç kalitesi olaylarını dalgacık dönüşümü (WT) ile analiz edilmiştir. Sinyalin herbiri MODWT ile dördüncü seviyeye kadar ayrıştırılmıştır ve karar ağacı (DT), vektör makinesi (SVM) gibi sınıflandırıcılarla özellik çıkarımı yapılmıştır. Çalışmanın sonunda karar ağacı yönteminin destek vektör makinesi yönteminden daha iyi sınıflandırma doğruluğu verdiği önerilmiştir ve karar ağacı yönteminin daha hızlı ve kolay olduğu da savunulmuştur (Upadhyaya & Mohanty, 2016).

Tang, Qui ve Arkadaşları Zhou güç kalitesi bozukluğunu sınıflandırmada (PQD) optimize edilmiş S-dönüşümünü (OST) kullanmayı önermiştir, sınıflandırma içinde çekirdek destek vektör makinesini kullanılmıştır (KSVM). Deneysel sonuçlarda optimize edilmiş S-dönüşümünün yüksek zaman çözünürlüğü ve yüksek frekans aralığında daha iyi frekans çözünürlüğüne sahip olduğunu ortaya konulmuştur. Farklı çekirdek fonksiyonlarının simülasyon sonuçlarında ise çekirdeklerin doğrusal kombinasyonunun tek bir çekirdeğe göre daha güçlü ayrılabilirliğe sahip olduğu ortaya konulmuştur (Tang et al., 2020).

Chaitanya, Yadav ve Pazoki dağıtılmış şebekelerde özellik çıkarmada değişken mod ayrışımı yöntemini kullanmış olup (VMD) yüksek empedanslı arıza tespiti için özellik çıkarmada destek vektör makinesi (SVM) tabanlı model kullanmıştır (Chaitanya et al., 2020).

Mauro, Neto ve arkadaşları arıza teşhisi için iki bulanık tabanlı yöntemi birbiriyle karşılaştırmıştır (Tonelli-Neto et al., 2017).

Moravej, Mortazavi ve arkadaşları Shahrtash arızaların özelliklerini çıkarmak için çift ağaç karmaşık dalgacık dönüşümünden (DT-CWT) yararlanmış olup sınıflandırma için olasılıksal sinir ağı (PNN) kullanmıştır. Çalışmada yüksek empedanslı arıza tespitini

yanında frekans takibi, kırık fiderde yüksek empedanlı arıza tespiti de yapılmıştır (Moravej et al., 2015).

Rai, Hojatpanah ve arkadaşları 2021’de yaptıkları çalışmalarında daha önce makine öğrenmesi ve sinyal işleme teknolojilerinin kullanıldığı çalışmaların yetersizliğini vurgulamış olup transformatör ağı ve evrişimli sinir ağını (CNN) içeren hibrit bir sistem önermiştir (T-CNN). Çalışmanın sonucunda bu yöntemin daha önce kullanılmış olan yöntemlerden daha iyi performans gösterdiği sunulmuştur (Rai et al., 2022).

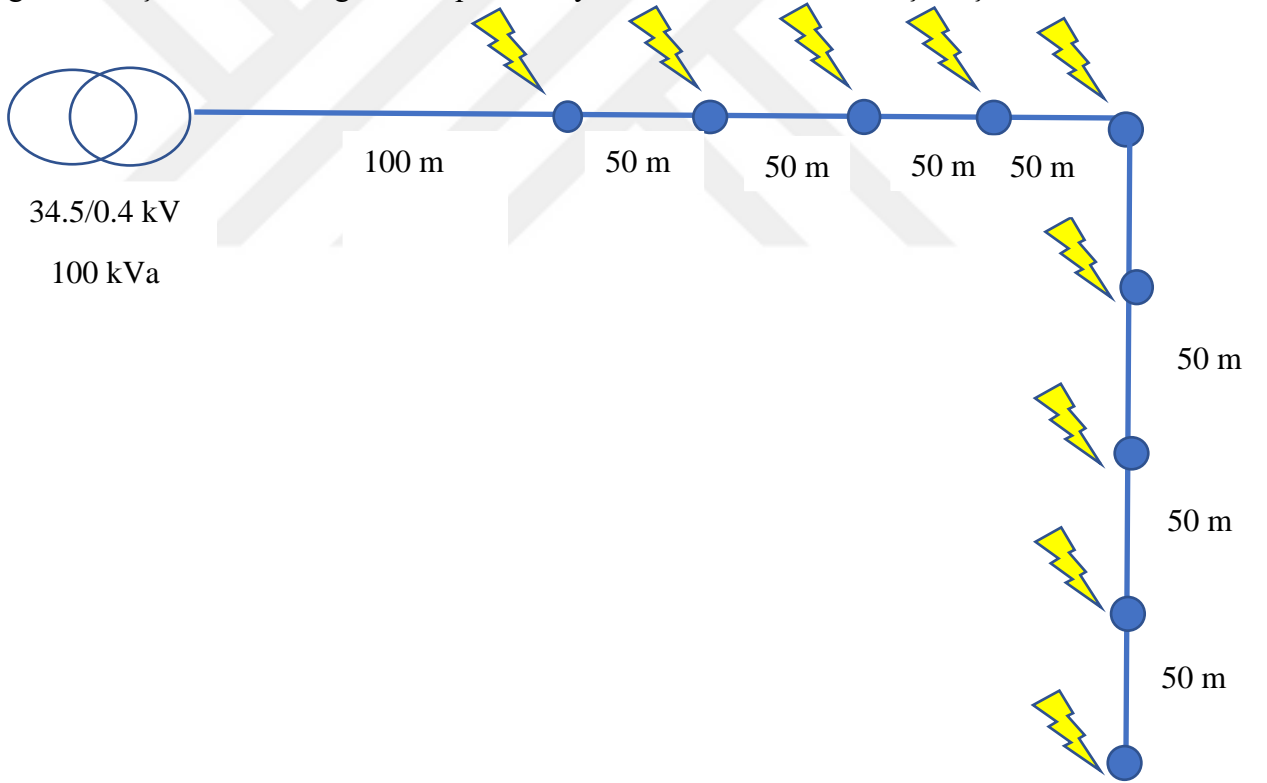
Bhongade ve Golhani yüksek gerilim enerji iletim hatlarında arıza yerinin hızlı ve doğru tahmin edilmesi için destek vektör makineleri (DWM) ve ölçülen akım gerilim sinyallerinin dalgacık dönüşümü kullanıldığı yeni bir yaklaşım getirmiştir (Bhongade & Golhani, 2017).

Bhatnagar, Yadav ve Swetapadma 2022’de arızanın tespiti ve sınıflandırılması için ayrık dalgacık dönüşümü ve bulanık çıkarım sistemi (FIS fuzzy inference system) yöntemlerinin hibrit olarak kullandığı çalışmasında test ettiği tüm arıza durumları için %100 başarı elde edip süreninde arıza tespitinde minimum olduğunu ortaya koydukları bir çalışma yapmıştır (Bhatnagar et al., 2022).

Lopes, Menezes ve arkadaşları 2022’de kapasitör anahtarlamaları trafo enerjilendirme, motor başlatma gibi durumları yüksek empedanslı arızadan ayırt etmek için Stockwell dönüşümü (ST) yöntemini kullanmıştır. Çalışma iletkenin düşme periyodunu dikkate alma özelliğiyle dikkat çekicidir yani yüksek empedans arızasının algılanmasının yalnızca iletkenin toprağa değdikten sonra gerçekleştiği üzerinde durulmaktadır (Lopes et al., 2022).

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmasında tek taraftan beslenen e 34.5 kV bir kaynaktan gelen elektrik 100 kVa bir transformatör yardımıyla 34.5/0.4 kV'a düşürülmüştür. Şebeke tipi dal budak şebekedir. Transformatörden ilk direğe kadar mesafesi 100 metrelik bir hattan oluşur, sonrasında her 50 metrede bir direkle tutturulmuş alçak gerilim dağıtım şebekesi modellenmiştir. Şebeke modellemesi Emo şartnamesinde gerilim düşümünün en fazla %5 olması gerektiği koşulu göz önünde bulundurularak tasarlanmış olup akım taşıma iletkeni gerilim düşümü kriterine göre hesaplanarak yine Emo Tablosundan seçilmiştir.



Şekil 3. 1 : Şebeke modeli.

3.1. Şebeke Modellemesi ve Hesapları

Çalışmada şebeke Matlab/Simulink Simpower programı kullanılarak modellenmiştir. Şebeke modelinde arıza anında toprak geçiş direnci ve arızanın olduğu yer değiştirilerek veriler simülasyon üzerinden toplanacaktır. Elde edilen veriler yapay sinir ağlarına eğitim ve test verileri olarak verilecek olup eğitim sağlanacaktır. Eğitim sonuçlarını değerlendirerek başarı performansı yorumlanacaktır.

Tablo 3. 1 : Elektrik mühendisleri odası alçak gerilim iletkenler Tablosu (Emo, n.d.).

| İLETKENİN ADI | ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER | | | | | YAPISAL ÖZELLİKLER | | |
|----------------|------------------------|----------|----------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------|------------------------------|
| | 1 (A) | 2 (A) | 3 (A) | R (20°C) $\frac{\Omega}{km}$ | X_L $\frac{\Omega}{km}$ | Kesit (s) mm^2 | Çap (d) mm | Birim ağırlığı (kg/km) |
| ROSE (R) | 110 | 140 | 150 | 1.3540 | | 21.140 | 5.880 | 0.058 |
| LİLY (L) | 125 | 160 | 170 | 1.0740 | | 26.660 | 6.610 | 0.073 |
| PANSY (P) | 165 | 200 | 230 | 0.6752 | | | 7.420 | 0.092 |
| POPY (P_0) | 193 | 230 | 270 | 0.5351 | | 42.370 | 8.330 | 0.116 |
| ASTER (A) | 225 | 260 | 300 | 0.4245 | | 67.45 | 9.360 | 0.146 |
| PHLOX (Ph) | 262 | 300 | 340 | 0.3366 | | 84.99 | 10.510 | 0.184 |
| OXLİP (O) | 306 | 370 | 400 | 0.2671 | | 107.30 | 11.800 | 0.232 |

Bir alçak gerilim şebekesinin 500 metredeki gerilim düşümünü hesaplayarak hattın tasarımında kullanılması gereken iletkenin cinsini belirlemeliyiz.

$$\%e = \frac{100 \cdot P \cdot L}{K \cdot S \cdot U_{LL}^2} \quad (3.1)$$

Denklem 3.1' den yüzde gerilim düşümüne göre iletken kesidi seçilmiştir (Küçük, n.d.). Denklemde P yük gücünü watt cinsinden ifade ederken, L hat uzunluğunu metre olarak ifade etmektedir. K öz iletkenlitiir bakır için 56, alüminyum için 35 kabul edilir. S kesit, U_{LL}^2 ise şebeke gerilimidir.

Tezde tasarlanan 900 metrelik hattın sonunda 50 kW olan yük bağlanmıştır. Öz iletkenlik Tablo 3.1'deki iletkenler alüminyum olduğu için 35 seçilmiş olup şebeke gerilimi alçak gerilim şebeke gerilim kabulü olarak 400 v alınmıştır. Alçak gerilim şebekelerinde hat sonu gerilim düşümü maksimum %5 olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

$$\%5 = \frac{100.50.10^3 * 500}{35.K.400^2} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2' de değerler yerine yerleştirilmiştir ve işlem yapılır.

$$K = 89.28 \quad (3.3)$$

İletken kesidi 89.28 mm^2 olarak bulunur. Tablo 3.1'den bu kesidi sağlayan iletkenin Phlox olduğu görülmektedir. Seçilen iletkenin gerilim düşümü toplam hat uzunluğu göz önünde bulundurulduğunda %5 gerilim düşümü koşulundan biraz daha fazla olmaktadır fakat çalışmanın ana noktası bu kısım olmadığı için ufak aşmalar ihmal edilmiştir.

Tablo 3.1'den Phlox iletkenin kilometre başına düşen direncinden 100 metredeki ve her 50 metredeki dirençlerini hesaplarız;

$$R_{100} = \frac{0.3366 . 100}{1000} = 0.03366 \Omega \quad (3.4)$$

Denklem 3.4'ten phlox iletkenin 100 metredeki direnci bulunmuştur.

Alçak gerilim şebeke sistemlerinde X_L oldukça küçük olduğu için işlemlerde ihmal edilir ve Tablo 3.1'deki Emo Tablosunda da bu sebepten X_L bulunmamaktadır.

Trafo çıkışından ilk baraya kadar olan 100 metrelik hattın direnci 0.03366 ohmdur denklem 3.4'te bulunmuştur.

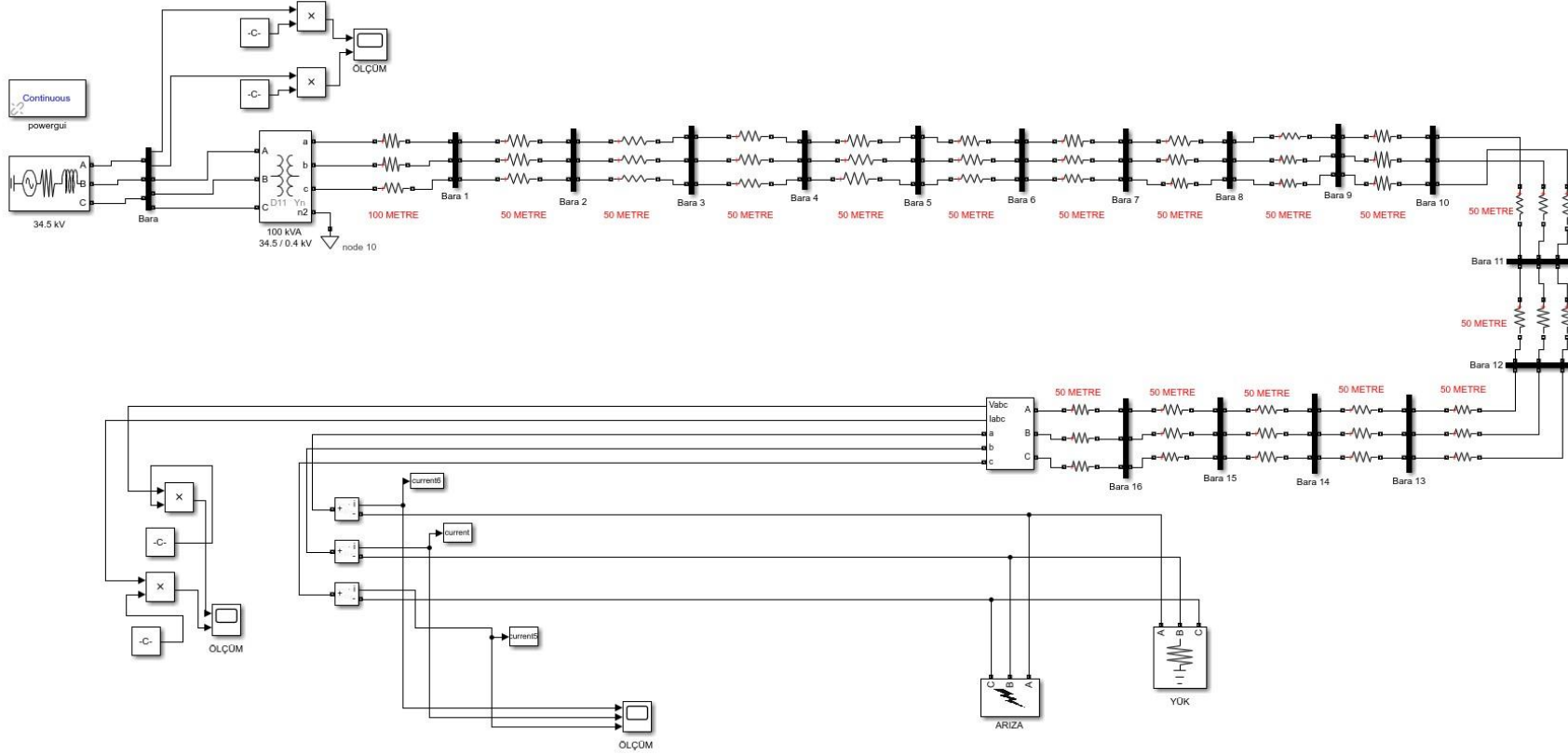
Hattın bundan sonraki her 50 metredeki direncini hesaplırsak;

$$R_{50} = \frac{0.3366 \cdot 50}{1000} = 0.01683\Omega \quad (3.5)$$

bulunur.

Hesaplanan değerler çalışmanın yapılacağı Matlab/Simulink programına aktarılmıştır. şebeke olarak üç fazlı 34.5 kv kullanılmış olup, gerilimi alçak gerilim seviyesine düşürmek için dşürc transformatör kullanılmıştır. Transformatör parametreleri 100 kVA 34.5/0.4 kV bağlantı grubu ΔY_n 'dir. Proje simlasyon dosyasında bara olarak gösterilen elemanlar gerçek şebekelerdeki direkleri temsil etmektedir.





Şekil 3. 2 : Şebeke simülasyonu.

Yüksek empedanslı arıza simülasyonuna başlamadan önce hattan geçen nominal akım hesaplanmıştır.

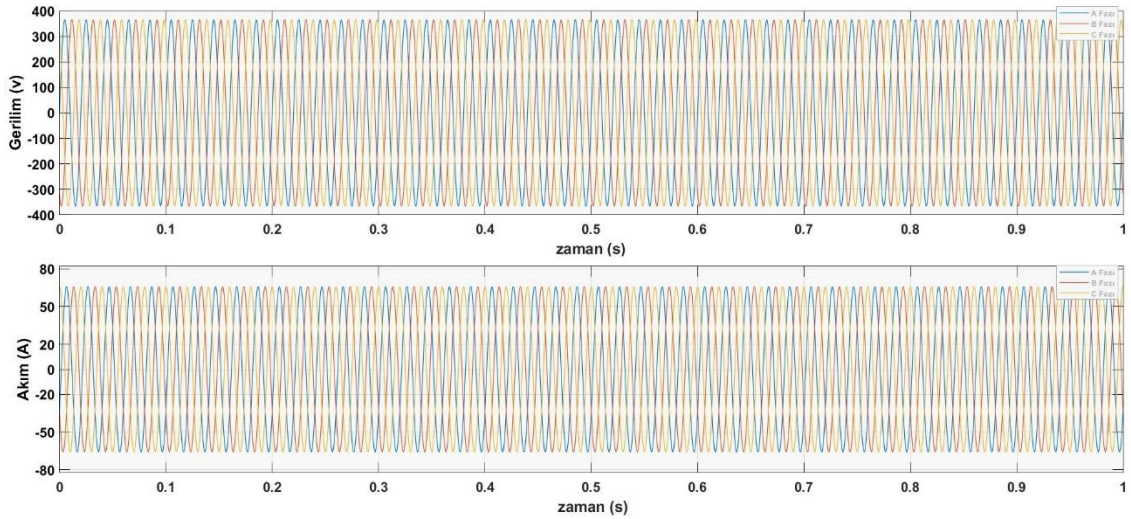
$$I = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3}} \quad (3.6)$$

P yük gücü, V şebeke gerilimini temsil etmektedir. Denklem 3.6'yla şebekeden geçen nominal akım hesaplanmaktadır. Elde edilen akımın daha önce seçilen iletkenin akım taşıma kapasitesine uygun olup olmadığına bakılmalıdır.

$$I = \frac{50 \cdot 10^3}{400 \cdot \sqrt{3}} \quad (3.7)$$

Denklem 3.7'teki işlem yapılır ve nominal hat akımı $I = 72.16 \text{ A}$ olarak bulunur.

İşlemlerle bulunan akımın daha önce seçilmiş olan phlox iletkeninin akım taşıma kapasite sınırlarına uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Seçilen phlox iletkenin akım taşıma kapasitesi ve gerilim düşümü tasarlanan şebeke için uygundur.



Şekil 3. 3 : Şebekenin nominal akım ve gerilimi.

İşlemlerle elde edilen sonuçlar simülasyon sonuçlarıyla kıyaslandığında akımın yaklaşık olarak 70 A seviyelerinde olduğu görülmektedir ve yine aynı iletken ölçüm ekranında gerilim düşümü seviyesini de 380 v civarlarında sağlamaktadır. Yani tasarlanan model ve yapılan işlemler doğru sonuçlar vermektedir.

Tablo 3. 2 : Best trafo katalog değerleri (*Best Trafo Katalog Değerleri*, n.d.).

| KAYIPLAR | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|
| GÜÇ (kVA) | BOŞTA (W) | YÜKTE (W) | KISA DEVRE GERİLİMİ | %U_k |
| 50 | 230 | 1050 | 4.5 | |
| 100 | 380 | 2100 | 4.5 | |
| 125 | 420 | 2400 | 4.5 | |
| 160 | 480 | 2800 | 4.5 | |
| . | | | | |
| . | | | | |
| 2500 | 3800 | 24000 | 6 | |

Tablo 3.2'ye göre transformatörün parametreleri hesaplanır .

$$Z_t = U_k \frac{U_n^2}{S_n} \quad (3.8)$$

Z_t ve R_t transformatörün hesaplanması gereken değerleri olmak üzere U_k kısa devre gerilimini, S_n transformatör gücünü, U_n şebeke gerilimini temsil ederken denklem (3.9) çözülür.

$$Z_t = 0.045 \frac{400^2}{100.10^3} = 0.072\Omega \quad (3.9)$$

$$R_t = P_{cu} \left(\frac{U_n}{S_n} \right)^2 \quad (3.10)$$

Denklem (3.10) da P_{cu} yükte güçtür. Tablo 3.2 'deki değer alınır ve yerine konur. Gerekli hesaplamalar yapılır.

$$R_t = 2100 \left(\frac{400}{100.10^3} \right)^2 = 0.0336\Omega \quad (3.11)$$

Transformatör değerleri;

$$X_t = \sqrt{Z_t - R_t} \quad (3.12)$$

denklem (3.12)'den hesaplanır (Gençer, n.d.). Hattın X_t değeri ihmal edilebilir alçak gerilim şebekelerinde oldukça küçük olduğu için ihmal edilmiştir.

$$Z_g = (R_t + R_{100} + 16 * R_{50}) \quad (3.13)$$

Denklem (3.13)'de toplam hat dirençleri ve transformatör empedansları hesaplanmıştır. Elde edilen Z_g hattın toplam empedansını temsil eder ve kısa devre akımını hesaplamak için kullanılır.

$$Z_g = 0.03366 + 0.03366 + 16 * 0.01683 = 0.33606\Omega \quad (3.14)$$

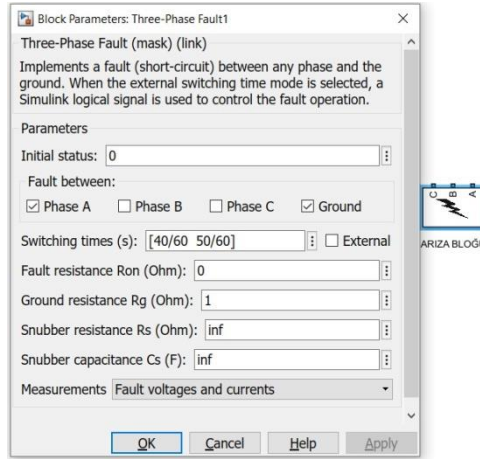
$$I''_k = \frac{105 * U_n}{\sqrt{3} * Z_g} \quad (3.15)$$

Denklem 3.15'ten kısa devre akımını hesaplanır. Hesaplamalarda toprak geçiş direni olarak 1Ω olarak kabul edilmiştir.

$$I''_k = \frac{105 * 400}{\sqrt{3} * 1.33606} = 181.49 A \quad (3.16)$$

Denklem 3.16'dan elde edilmiş olan değer tek faz arızası durumunda hattan geçen akımdır.

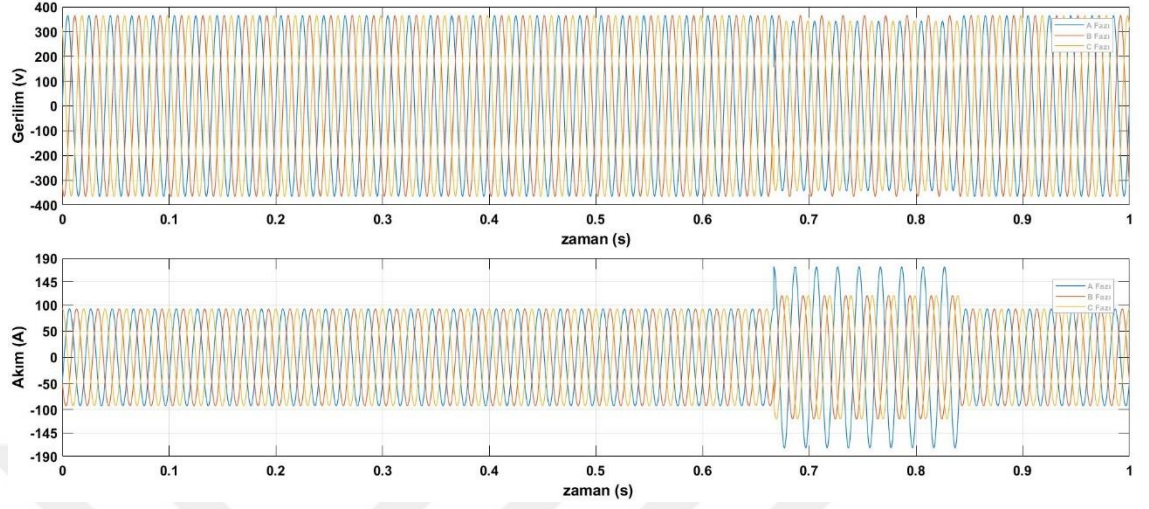
Matlabda arıza modellemesi için 3 faz arıza bloğu kullanılmıştır.



Şekil 3. 4 : Matlab/Simulink arıza bloğu.

Arıza bloğu Tek faz-Toprak, 2 Faz, 2 Faz-Toprak, 3 Faz-Toprak arızalarının simüle edilmesine olanak sağlamaktadır. Anahtarlama zamanı (s) arızanın meydana gelmesi istenen saniye aralığı olarak belirlenmiştir fakat external olarak seçilip farklı bir

anahtarlama da yapılabilir. Toprak geçiş direnci Şebeke modellemesinde 1Ω olarak kabul edilmiştir.

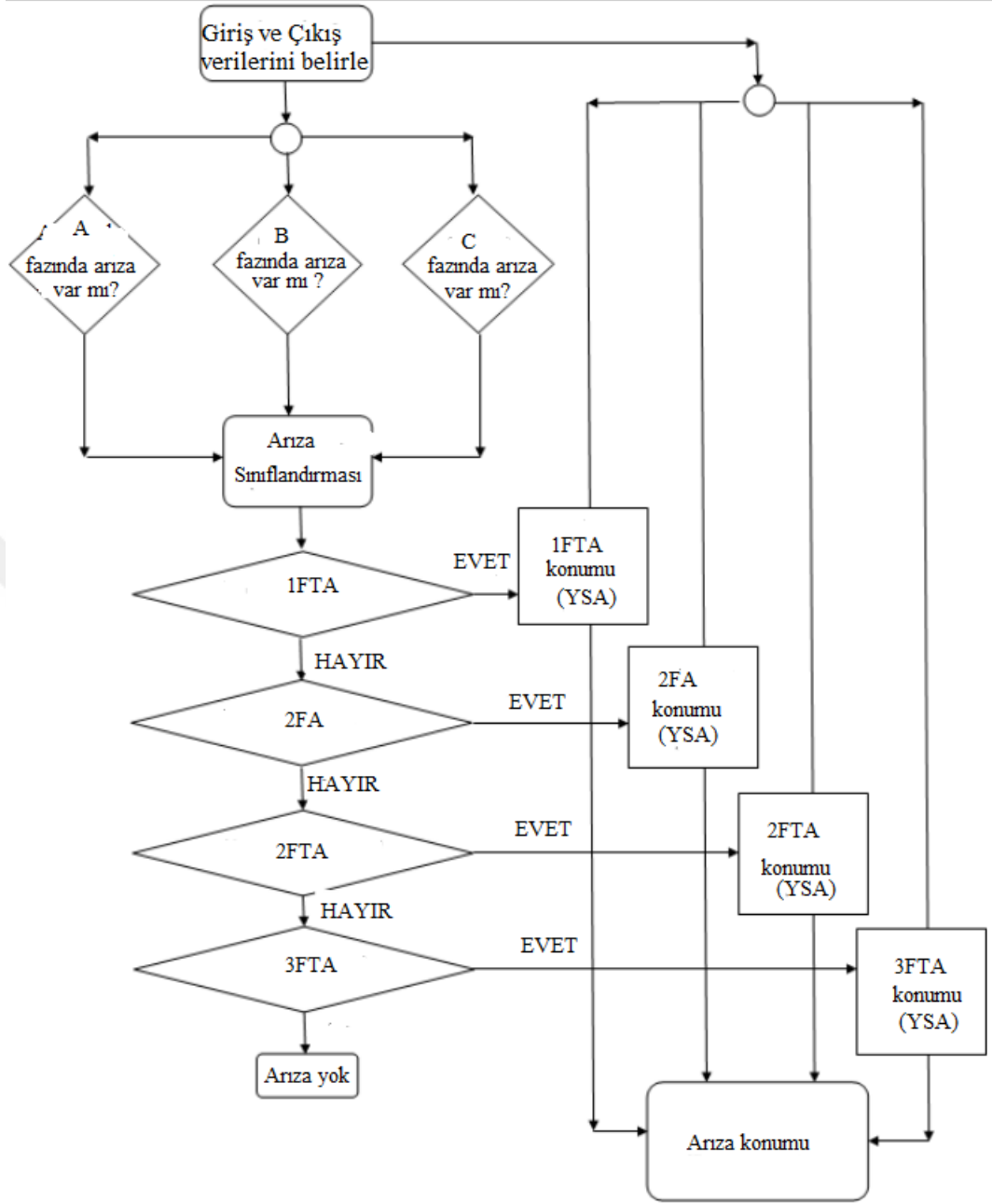


Şekil 3. 5 : Tek faz arıza durumunda arıza akımı.

Simölasyon ortamında tek faz toprak arızasını Őebekeye verdiğimizde elde ettiğimiz akım yükselmesi hesaptaki değerleri saĐlamıŐtır.

Çalışmanın bu bölümünde bir Şebeke modellemesi için gerekli işlemler yapılmıştır. Elde edilen veriler simölasyon ortamında kontrol edilmiştir.

Arızanın tespiti, sınıflandırılması ve arızanın meydana geldiği mesafenin bulunması için tasarlanan algoritma Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3. 6 : YSA eğitim algoritması.

3.2. Arızanın Modellemesi ve YSA Eğitim Mimarisi

Daha önce 1.1 başlığının altında şebekelerde oluşan kısa devre arıza tiplerinden bahsedilmişti. Bu arızaları simüle etmek için matlabda bulunan arıza bloğu kullanılacaktır. Şebeke sinyal verileri 1 saniyelik periyotta incelenmiştir. Arıza anı arıza

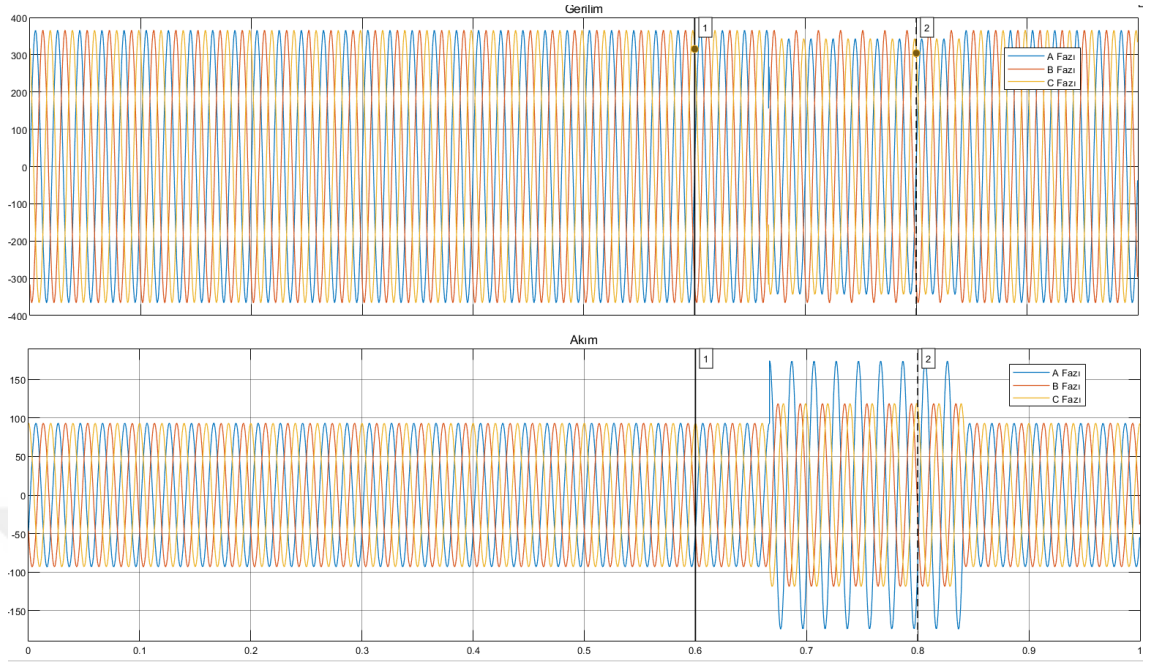
bloğunda 40/60 - 50/60 periyodunda yaklaşık olarak 0.67-0.83 saniye aralığında meydana gelecek şekilde ayarlanmıştır (Ayyagari, 2011).

Arıza transformatör çıkışında yani 0. metrede bir tane ve 100. metrede bir tane olmak üzere tasarlanmış olup 100. Metreden sonra her 25 metrede birer tane olacak şekilde modellenmiştir. Toplamda ise 34 farklı arıza noktasından veri alınmıştır. Ayrıca her arıza noktası için toprak geçiş dirençleri 0.25, 0.50, 0.75, 1, 1.5 olmak üzere 5 farklı durum oluşturulmuştur. Modelleneyecek olan arızalar ise 11 durum olarak belirlenmiştir. Arızalar belirlenmiş her mesafe ve her toprak geçiş direncinde farklı olacak şekilde tasarlanmıştır.

Tablo 3. 3 : Arıza durumları.

| | |
|-------------------------------|-------------|
| TEK FAZ-TORPAK ARIZASI | A-G ARIZA |
| | B-G ARIZA |
| | C-G ARIZA |
| 2 FAZ ARIZASI | AB ARIZA |
| | BC ARIZA |
| | AC ARIZA |
| 2 FAZ TOPRAK ARIZASI | AB-G ARIZA |
| | BC-G ARIZA |
| | AC-G ARIZA |
| 3 FAZ ARIZASI | ABC-G ARIZA |
| ARIZASIZ | |

YSA Eğitiminin giriş verileri için akım ve gerilim sinyallerinin herbir fazı için, arıza sonrası sinyal değerinin arıza öncesi sinyal değerine oranı şeklinde bir yöntem izlenmiştir (Ayyagari, 2011). Arıza öncesi değerleri için sinyalin 0.6. saniyesi kullanılırken arıza sonrası değer için sinyalin 0.8. anındaki değerler kullanılmıştır.



Şekil 3. 7 : YSA eğitiminde kullanılacak saniyeler.

Şekil 3.7’de gösterilen 1. çizgi 0.6. saniye yani arıza öncesi durumu temsil ederken 2. çizgi ise 0.8. saniye arıza sonrası sinyalini temsil etmektedir. Arıza sonrası akım gerilim değerleri ve arıza öncesi akım gerilim değerlerinin oranının sonucunda elde edilen veriler yapay sinir ağının eğitimine giriş verileri olarak kullanılmıştır.

Tablo 3. 4 : YSA'ya giriş verileri olarak sağlanacak değerler.

| ARIZA DURUMU | $\frac{VA_{8.sn}}{VA_{6.sn}}$ | $\frac{VB_{8.sn}}{VB_{6.sn}}$ | $\frac{VC_{8.sn}}{VC_{6.sn}}$ | $\frac{IA_{8.sn}}{IA_{6.sn}}$ | $\frac{IB_{8.sn}}{IB_{6.sn}}$ | $\frac{IC_{8.sn}}{IC_{6.sn}}$ | m | Ω |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----|----------|
| | | | | | | | | |
| A-G | - 32.0861 | 1.0054 | 0.9641 | 1.8762 | 0.5682 | 1.2234 | 900 | 1 |
| B-G | 35.1615 | 0.9621 | 1.0045 | 0.5741 | 1.8687 | 1.2202 | 900 | 1 |
| C-G | 0.9513 | 0.9207 | 0.9208 | 1.8695 | 1.8727 | 1.8708 | 900 | 1 |
| AB | -1.0011e-13 | 1.0051 | 1.0041 | 1.2485 | 0.7602 | 1.0047 | 900 | 1 |
| AC | -431.5992 | 0.4990 | -1.5421e-15 | 16.6646 | 0.9994 | 8.8441 | 900 | 1 |
| BC | 433.5260 | 0 | 0.5008 | 1.0006 | 16.4882 | 8.7311 | 900 | 1 |
| AB-G | 0 | 0.9834 | 0.9822 | 1.4811 | 0.9911 | 1.2366 | 900 | 1 |
| AC-G | -154.9182 | 0.4884 | 0 | 16.5549 | 1.2301 | 8.9065 | 900 | 1 |
| BC-G | 395.1820 | 0 | 0.4903 | 1.2320 | 16.3880 | 8.7966 | 900 | 1 |
| ABC-G | 0 | 0 | 0 | 11.6037 | 11.1536 | 11.3806 | 900 | 1 |
| ARIZASIZ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 900 | 1 |

Yapay sinir ağının eğitim için giriş verileri yukardaki Tablo 3.4’de gösterildiği gibi arıza mesafesi ve toprak geçiş direnci olmak üzere değiştirilerek 1790 veri elde edilmiştir.

Verilerin sinir ağına girdi olarak verildiği ve ağırlıklarına göre verileri güncellediği süreç eğitim sürecidir. Verilerin giriş verilerine karşılık öğrenmesi gereken bir de çıkış setine ihtiyacımız vardır. Bu çalışmada denetimli öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Yani giriş değerlerine ve çıkış değerlerine ihtiyaç duyulmuştur. Çıkış veri setleri ise arıza mesafesi ve arıza anında oluşan toprak geçiş direnci arızanın türü olarak belirlenebilir.

Çalışmada ileri beslemeli ağ ve Ortalama Kare Hata (MSE-OKH) performans kriteri kullanılmıştır. Ortalama kare hata performans kriterinde hata tatmin edici en düşük seviyeye inene kadar geri beslemeyle değerlerin yenilenmesi şeklinde çalışır. Amaç elde edilen hatanın en düşük seviyeye ulaşmasını sağlamaktır. Ortalama kare hatanın mümkün olduğunca sifıra yakın olması beklenir.

Eğitimden sonra elde edilen verilerin doğruluğunu kontrol etmek için bir test veri seti hazırlanır. Bu test setinin amacı girdileri ve sonuçları bilinen yeni bir veri seti sunarak çıkıştaki hatayı tespit etmektir. Test seti eğitim sürecinde kullanılmaz sadece eğitilen ağın performansını ölçmek için sonradan kullanılır. Test seti bütün veri havuzunu kapsayacak şekilde orantılı olarak seçilmelidir. YSA’nın performansını seçilen test setinin orantılı ve her durumdan örnek içeren şekilde seçilmesi etkilemektedir. Test veri seti eğitim veri setinin üstüne çalıştırılır ve test veri setinin başarısına bakarak öğrenmenin tahminlerinin ne kadar iyi sonuçlar verdiği değerlendirilir.

3.3. YSA mimarisiyle arızanın tespiti.

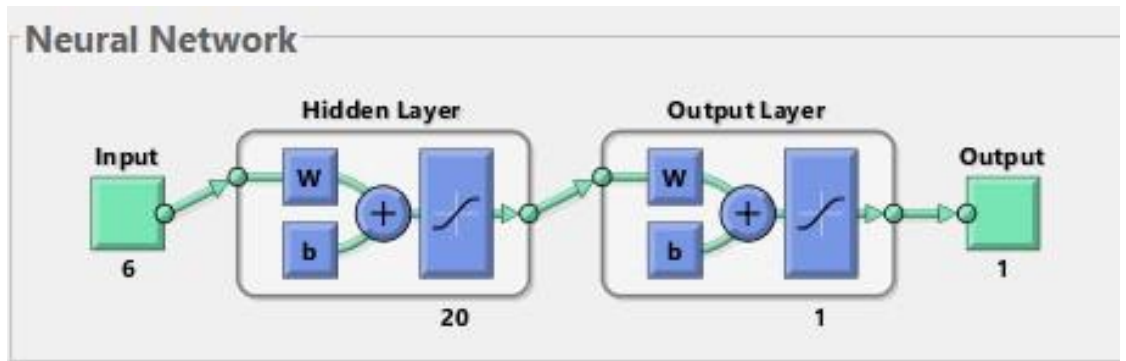
Bu YSA mimarisinde çıkış verileri için şebekede arızanın türü farketmeksizin sistemde arıza varsa 1, arıza yoksa 0 olma durumu tespit edilmiştir. Arızanın türü tek faz toprak arızası, üç faz toprak arızası ya da diğer arıza çeşitleri şeklinde sınıflandırılmamıştır ve veriler eğitime ve teste bu mimariyle verilmiştir ve Tablo 3.5’te bahsedilen durum gösterilmiştir.

Tablo 3. 5 : Arızanın varlığı ve yokluğu durumunda YSA çıkışı.

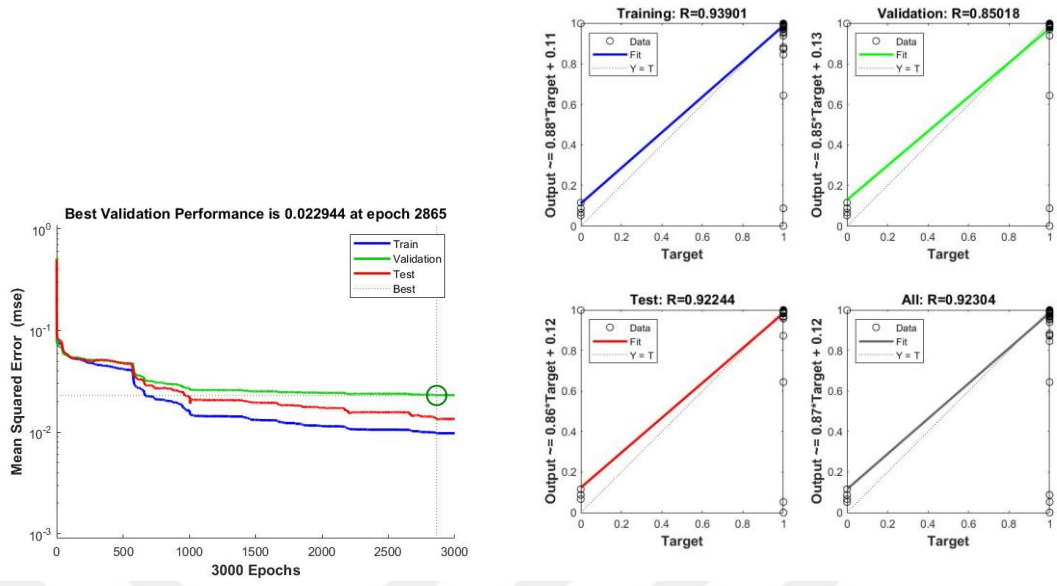
| ARIZA DURUMU | ÇIKIŞ |
|--------------|-------|
| A-G | 1 |
| B-G | 1 |
| C-G | 1 |
| AB | 1 |
| AC | 1 |
| BC | 1 |
| AB-G | 1 |
| AC-G | 1 |
| BC-G | 1 |
| ABC-G | 1 |
| ARIZASIZ | 0 |

Eğitim için en uygun fonksiyonun hangisi olduğuna eğitim için farklı fonksiyonlar kullanılarak karar verilmiştir. En uygun olan fonksiyonun Scaled Conjugate Gradient olduğuna karar verilmiştir. Hata performansı için literatürde en çok kullanılan ortalama kare hata performans kriteri kullanılmıştır. Çalışmanın her bölümü bu koşullar geçerli olacak şekilde yapılmıştır.

Eğitim giriş verileri daha sonraki bölümlerde gösterilmiş olan arıza sonrası akım gerilim değerlerinin, arıza öncesi akım gerilim değerlerine oranı şeklindedir. Yine arıza noktası mesafe olarak ilk 100 metre ve sonrasında her 25 metrede bir olmak üzere alınmış olup toprak geçiş dirençleri için 0.25, 0.50, 0.75, 1, 1.5 Ω olarak tasarlanmıştır. Toplamda 1790 veri kullanılmış olup veri setinin yaklaşık %5'i teste verilmiştir.



Şekil 3. 8 : YSA katman mimarisi.

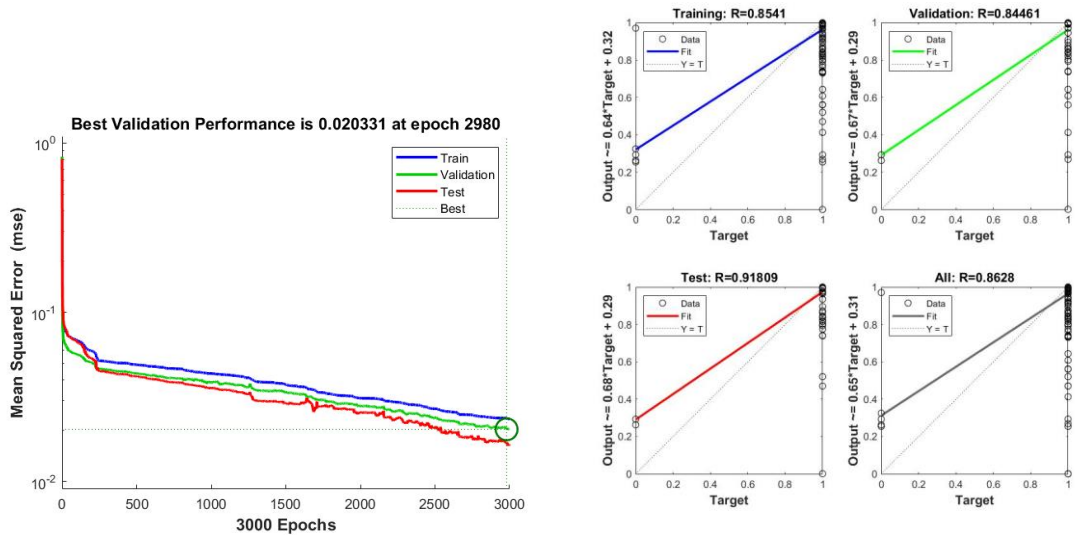


a)

b)

Şekil 3. 9: 6-30-8-1 mimarisıyla YSA a) ortalama kare hata b) regresyon.

Şekil 3.10' da 2 katmanlı, ilk katmanında 30 nöron, ikinci katmanında 8 nöron bulunan bir mimari sonucunda elde edilmiş ortalama kare hata performansı ve regresyon sonuçları verilmiştir. Elde edilen ortalama kare hatasının 0.022944 olduğu görülmüştür. Daha iyi sonuç veren bir YSA olup olmadığının kontrolü yapılmıştır.



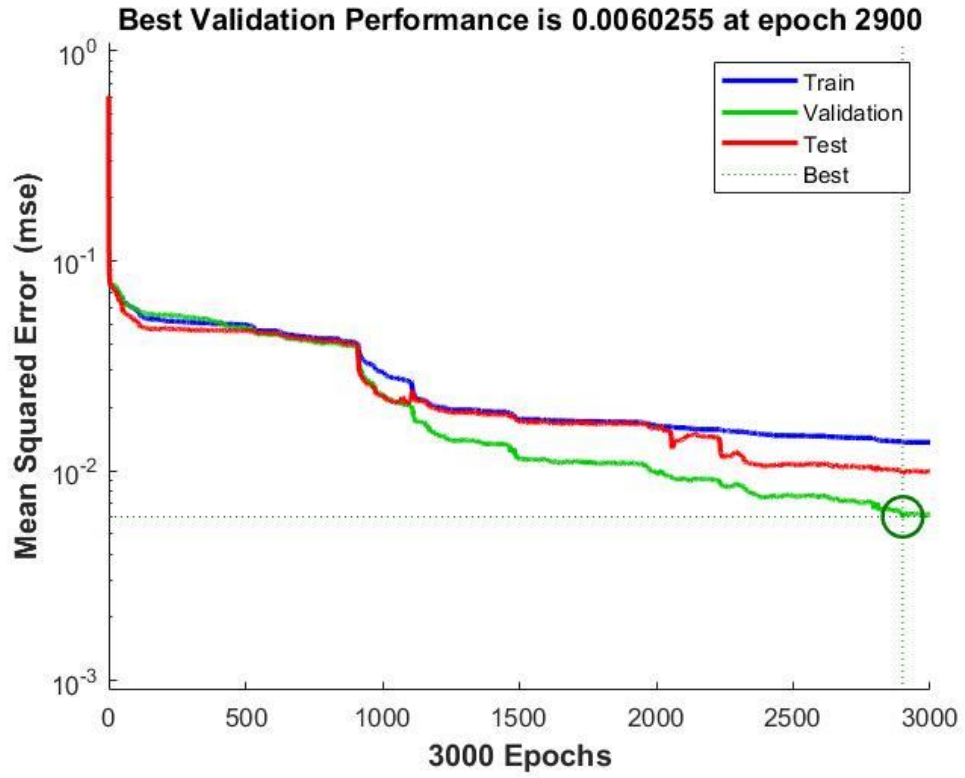
a)

b)

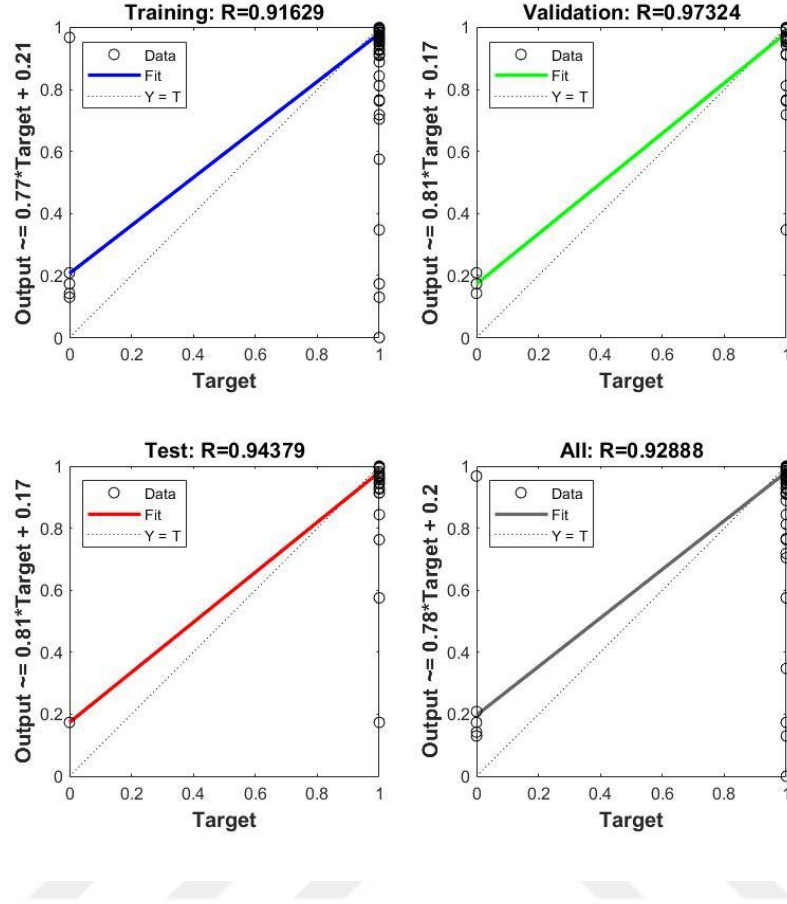
Şekil 3. 10 : Tek katman 20 nöron mimarisıyla elde edilmiş a) ortalama kare hata b) regresyon.

Şekil 3.10'da elde edilmiş ortalama kare hatanın 0.020331 olduğu gözlenirken elde edilen regresyon grafiğindeki eğitim, değer, test değerlerinin yeterli seviyede olmadığı görülmektedir. Daha iyi performans sağlayan bir mimari olup olmadığı değerlendirilmelidir.

Bu şekilde farklı katmanlar, farklı nöronlarla yapılmış çoklu denemelerin içinde en iyi eğitim sonucununun 6 giriş tek katman 15 nöron ve tek çıkış olduğu bulunmuştur.



Şekil 3. 9 : 6-15-1 mimarisiyle elde edilmiş ortalama kare hata.



Şekil 3. 10 : 6-15-1 mimarisiyle elde edilmiş regresyon.

Şekil 3.11' de elde edilmiş ortalama hatanın 0.0060255 olduğu görülmektedir. Elde edilmiş olan en küçük değer bu mimaride bulunmuştur. Şekil 3.11'de verilmiş regresyon grafiklerinin de uygun olduğu görülmektedir.

3.4. Arıza Sınıflandırması

Tezin bu aşamasında daha önce arızanın varlığı ve yokluğu durumu geliştirilerek arızanın hangi tip olduğu sınıflandırılacaktır. Arıza tipleri daha önce belirtildiği gibi;

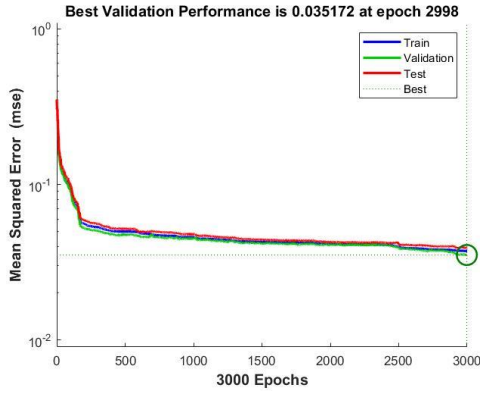
- Tek faz arıza,
- Çif faz arıza,
- Çift faz toprak arıza ,
- Üç faz arıza şeklindedir.

Arızaların YSA giriş verileri yine arıza sonrası sinyalin arıza öncesi sinyale oranı şeklindedir ve arızanın tespiti bölümünde kullanılmış olan giriş setiyle aynıdır. Eğitim için Scaled Conjugated Gradient ve Tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.

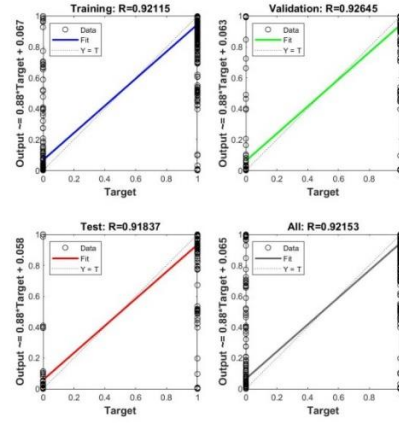
Tablo 3. 6 : Arıza Sınıflandırma.

| ARIZA TÜRÜ | A fazı | B fazı | C fazı | Toprak Fazı |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|
| A-Toprak | 1 | 0 | 0 | 1 |
| B Toprak | 0 | 1 | 0 | 1 |
| C Toprak | 0 | 0 | 0 | 1 |
| AB-Toprak | 1 | 1 | 0 | 1 |
| BC-Toprak | 0 | 1 | 1 | 1 |
| AC-Toprak | 1 | 0 | 1 | 1 |
| AB | 1 | 1 | 0 | 0 |
| BC | 0 | 1 | 1 | 0 |
| AC | 1 | 0 | 1 | 0 |
| ABC-Toprak | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Arızasız | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tablo 3. 6’da görüldüğü gibi arıza sınıflandırmasında arızanın bulunduğu faz için 1 değeri arıza olmayan faz için 0 değeri çıkış olarak alınmıştır. Sitemin yine en iyi eğitim veren YSA hücre mimarisi için denemeler yapılmıştır.



a)

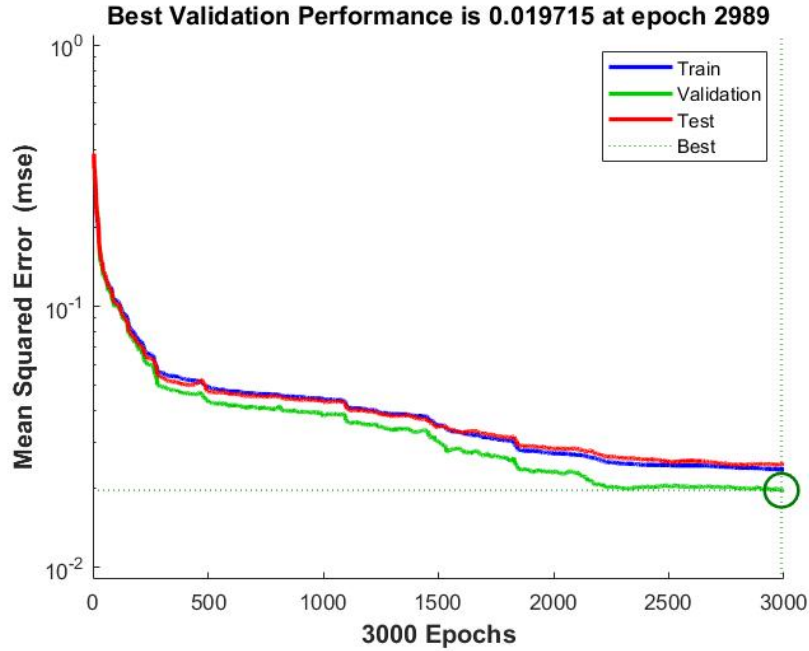


b)

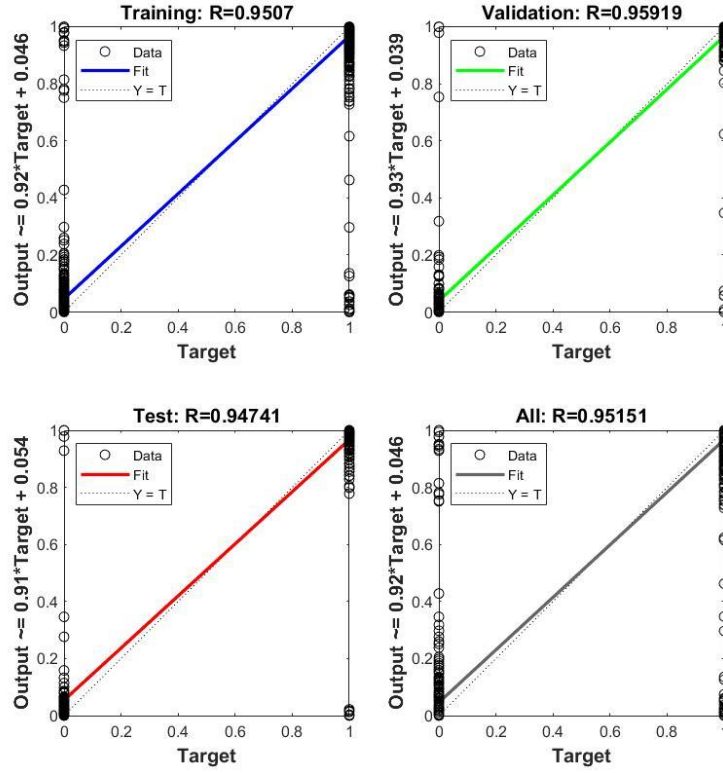
Şekil 3. 11 : 6-35-4 YSA mimarisıyla elde edilmiş a) ortalama kare hata b) regresyon.

6 giriş, tek katman 35 nöron ve 4 çıkış mimarisıyla tasarlanmış eğitimin ortalama kare hata performansının 0.035172 olduğu bulunmuştur. Elde edilen performanstan daha iyisi bulunana kadar farklı mimarilerde denemeler yapılmıştır.

Sınıflandırma için en iyi sonuç veren YSA mimarisinin 3 gizli katmandan oluştuğu görülmüştür şekil 3.14 ve şekil 3.15'te sunulmuştur. Gizli katmanların 35, 15, 10 nöron kullanıldığında, sınıflandırma için en iyi başarımın elde edildiği bulunmuştur.



Şekil 3. 12 : 6-35-15-10-4 mimarisıyla ortalama kare hata performans.



Şekil 3. 13 : 6-35-15-10-4 mimarisiyle elde edilmiş regresyon.

Çalışmada elde edilen sonuçların en iyisinin Şekil 3.13 ve şekil 3.14'te olduğu bulunmuştur. Ortalama kare hatanın 0.019715 seviyelerinde olduğu elde edilmiş olup regresyon grafiği incelendiğinde başarı oranının %95 seviyelerinde olduğu gözlenmiştir.

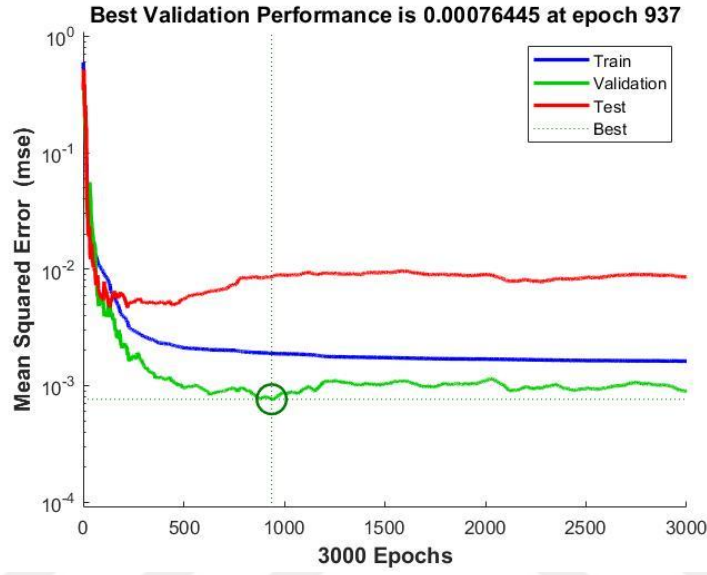
3.5. Yüksek Empedanslı Arızanın Mesafe Tespiti

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi alçak gerilim şebekelerinde meydana gelen arızaların büyük bir kısmı yüksek empedanslı arızalardır. Şebekede bu tip arızaların tespitinin zorluğu yüksek gerilim şebekelerinde meydana gelen akımlar kadar yüksek akımlar oluşmamaktadır. Çalışmanın bu bölümünde alçak gerilim şebekelerinde meydana gelen bu tip arızaların tespitinin klasik sigortalar dışında tespit edilmesi hedeflenmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde arızanın tespiti için sadece tek faz arıza olan;

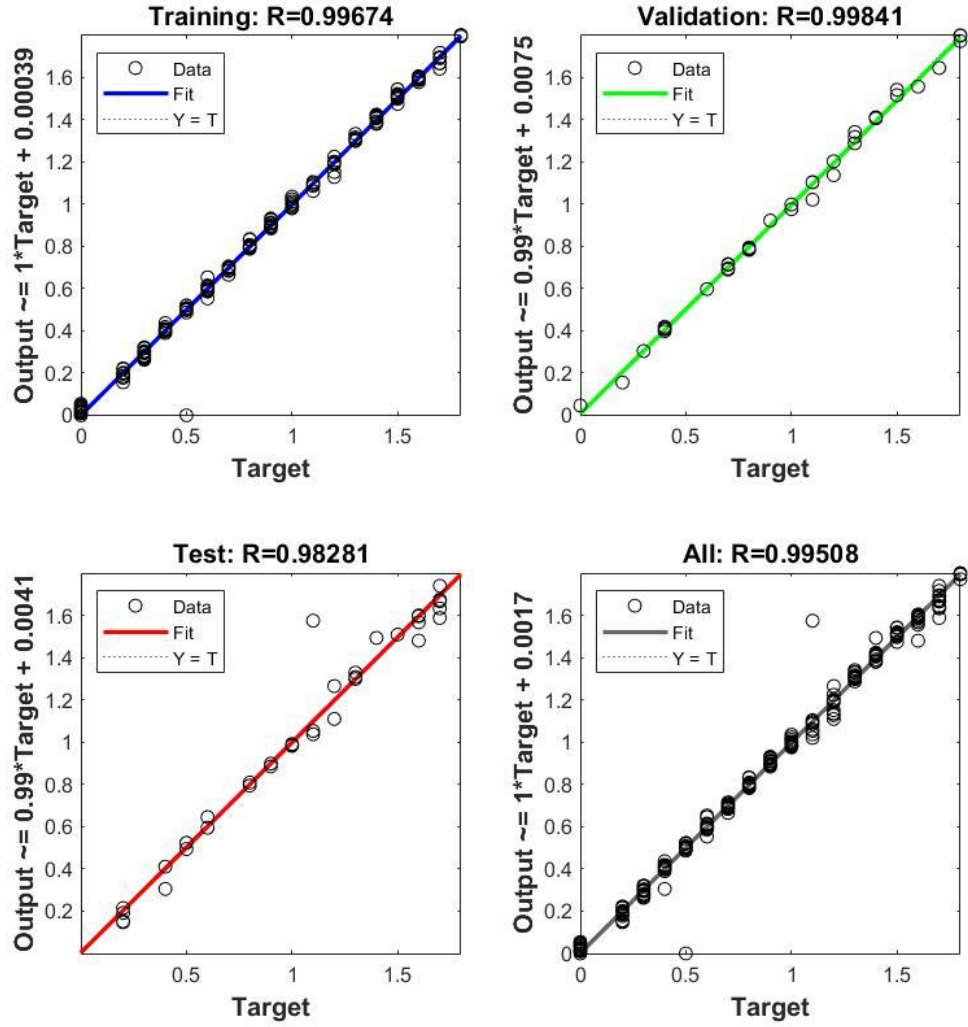
- A fazı toprak arızası,
- B fazı toprak arızası,
- C fazı toprak arızası şeklinde giriş verileri belirlenmiştir.

Çıkış verileri için arızanın meydana geldiği mesafeler alınmıştır. Farklı YSA mimarileri denenerek en uygunu bulunmuştur.



Şekil 3. 14 : 6-30-22-1 mimarisiyle elde edilmiş ortalama kare hata performansı.

Elde edilen tasarımlar içinde en uygun olanın 6 giriş 2 gizli katmandan oluşan tek çıkışlı bir YSA mimarisi olduğu bulunmuştur. Bu 2 gizli katmanın birinde 30 nöron diğerinde 22 nöron vardır. Elde edilen ortalama kare hata performansının 0.00076445 olduğu görülmektedir.



Şekil 3. 15 : 6-30-22-1 mimarisiyle elde edilen regresyon sonuçları.

Şekil 3.16' da görülen regresyon grafikleri değerlendirildiğinde başarı oranının oldukça iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3. 7 : YSA eğitiminde elde edilmiş olan mesafe tahminleri.

| Arıza Türü | Toprak Geçiş Direnci (Ω) | Arıza Mesafesi (m) | Tahmin Edilen Mesafe (m) |
|-----------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------------|
| B Fazı toprak arızası | 1 | 900 | 900.211658 |
| A fazı toprak arızası | 0.75 | 750 | 743.801652 |
| C fazı toprak arızası | 0.50 | 300 | 299.85 |
| A fazı toprak arızası | 1.5 | 400 | 401.25 |
| C fazı toprak arızası | 1 | 500 | 505.85 |

Tablo 3.7’den elde edilmiş olan sonuçlarında eğitim ve test verilerinin sapma miktarları değerlendirilmiş olup eğitimin sonuçlarının uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Sapmalar arıza mesafesinin tespit edilmesinde göz ardı edilecek seviyelerdedir eğitimin başarı performansının oldukça iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Değerler daha yakından incelenip eğitimin öğrenme gücünü yaşadığı herhangi bir durum varsa tespit edilip bu soruna yönelik çözümler alınabilir. Bahsi geçen yöntemlerden biri herhangi bir fazdaki arızanın varlığını YSA sürekli olarak görmüyorsa bunun çözümü olarak o arıza türünün örnekleme genişletilerek öğrenme süreci desteklenebilir. Spesifik olarak belli sorunlar tekrar ediyorsa bunlara yönelik alternatif çözümler aranabilir. Herhangi bir eğitim ve test uygulamasından sonra sonuç ve hata değerleri detaylıca incelenip değerlendirilebilir.

BÖLÜM 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında şebekelerde meydana gelen arızalardan yüksek empedanslı arıza sorununa alçak gerilim şebekeleri açısından bakılmıştır. Alçak gerilimde arıza anında akımların nominal akıma yakın çıkması sebebiyle mevcut koruma elemanları tarafından tespit edilemediği vurgulanmıştır. Yüksek empedanslı arızaların alçak gerilim şebekesinde tespit edilmesinde literatürde sıkça kullanılmış olan YSA yaklaşımı kullanılmıştır.

Tezin ilk aşamasında 900 metrelik bir alçak gerilim şebekesi tasarlanmış olup gerekli iletken seçimleri yapılmış akım ve gerilim değerlerinin yönetmeliğe uygunluğu kontrol edilerek Matlab/Simpower programında simülasyonu yapılmıştır.

İkinci aşama olarak YSA eğitimi için elde edilmesi gereken veriler arızanın mesafesi, arıza anındaki toprak geçiş dirençleri ve arıza türleri olarak değerlendirilerek değiştirilmiş ve bu senaryolar yine simülasyon programından elde edilmiştir.

Arızanın tespiti için geniş bir YSA mimarisi denenmiş sistemin katman sayısı, nöron sayısına tepkisine bakılarak ve sonuçları değerlendirilerek en küçük ortalama kare hatanın 0.0060255 olduğu ve regresyon değerlerinin 1'e en yakın olduğu tasarımın tek katman 15 nöronlu bir yapı olduğuna karar verilmiştir. Bir YSA modelinden beklenen ortalama kare hatanın sıfıra oldukça yakın olması istenirken regresyon grafiklerinin mümkün olduğunca 1'e yakın olması hedeflenmektedir. Elde edilen eğitim verileri test veri setinde kontrol edilmiştir ve uygun olduğu görülmüştür.

Şebekede arızanın sınıflandırılmasında arızaların türleri tek faz arızası, iki faz arızası, iki faz toprak arızası ya da üç faz toprak arızası olarak belirlenmiş ve yapılan YSA modelinden arızaların türlerinin birbirinden ayırma performansının en yüksek olanının bulunması hedeflenmiştir. Elde edilen çalışmalar sonucunda en iyi mimarinin 0.019715 ortalama kare hata değerinde 3 katmanlı bir YSA'dan elde edildiği bulunmuştur. Elde edilen regresyon ve ortalama kare hatadan daha iyisinin elde edilip edilmeyeceği veri

setinin genişletilerek denemesi yapılabilir eğitimin başarı performansının istenen seviyelerden düşük olmasında bu faktör etkili olabilir.

Arızanın tespiti ve sınıflandırılmasından sonraki aşama olarak belirlenmiş arızanın sadece yüksek empedanslı arıza durumunda mesafe tespitinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Yüksek empedanslı bir arıza meydana geldiğinde hangi mesafede iletken kopmuştur anlamak için çıkış verileri arızanın meydana geldiği mesafeler olarak belirlenmiştir. YSA tasarımlarından en uygun olanın yine 2 gizli katmandan oluşan bir yapıda olduğu görülmüştür. Eğitim ve test verileri incelenerek YSA'nın mesafeyi ne kadar sapmayla tespit edebildiği gözlemlenmiştir ve değerlerin sapma miktarları sunulmuştur. En iyi mimarinin ortalama kare hatası 0.00076445 bulunurken regresyon grafiklerinin 1'e oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Gelecek çalışmalarda daha farklı alçak gerilim şebekeleri tasarlanıp YSA eğitimiyle yüksek empedanslı arıza tespiti yapılabilir. Literatürde sıkça kullanılmış olan bulanık mantık yaklaşımı ya da birden çok yöntemin harmanlandığı yöntemler kullanılabildiği gibi sinyallerin özelliklerini çıkarmada en sık kullanılan matematiksel yöntemler kullanılarak tespit yöntemleri ve başarıları geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Al-kes, W. K. I. (2016). *The republic of turkey high-impedance faults detection by using*. (Yüksek Lisans Tezi), Bahcesehir University, İstanbul.
- Asadollahfardi, G. (2015). Artificial Neural Network. *International Conference on Recent Trends in Applied Sciences with Engineering Application*, 3(1), 77–91. https://doi.org/10.1007/978-3-662-44725-3_5
- Ayyagari, S. B. (2011). *Artificial Neural Network Based Fault Location for Transmission Lines*. Master's thesis, University of Kentucky, United States of America.
- Baqui, I., Zamora, I., Mazón, J., & Buigues, G. (2011). High impedance fault detection methodology using wavelet transform and artificial neural networks. *Electric Power Systems Research*, 81(7), 1325–1333. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2011.01.022>
- Best. (n.d.). *Trafo Katolog Değerleri*, <https://www.besttransformer.com/urunler>
- Bhatnagar, M., Yadav, A., & Swetapadma, A. (2022). Fuzzy based relaying scheme for high impedance faults in DG integrated distribution system. *Electric Power Systems Research*, 202(June 2021), 107602. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107602>
- Bhongade, S., & Golhani, S. (2017). HIF detection using wavelet transform, travelling wave and support vector machine. *International Conference on Electrical Power and Energy Systems, ICEPES 2016*, 151–156. <https://doi.org/10.1109/ICEPES.2016.7915922>
- Bretas, A. S., Moreto, M., Salim, R. H., & Pires, L. O. (2006). A novel high impedance fault location for distribution systems considering distributed generation. *2006 IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, TDC'06*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/TDCLA.2006.311623>
- Burke, J. J., & David, J. (n.d.). Type of Fult Recorded. *IEEE Transaction on Power Apparatus and System, PAS-103*(1), 1–6.
- Chaitanya, B. K., Yadav, A., & Pazoki, M. (2020). An Intelligent Detection of High-Impedance Faults for Distribution Lines Integrated with Distributed Generators. *IEEE Systems Journal*, 14(1), 870–879. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2019.2911529>
- Chen, J. C., Phung, B. T., Wu, H. W., Zhang, D. M., & Blackburn, T. (2014). Detection of high impedance faults using wavelet transform. *2014 Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC 2014 - Proceedings, October*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/AUPEC.2014.6966629>
- Chen, J., Phung, T., Blackburn, T., Ambikairajah, E., & Zhang, D. (2016). Detection of high impedance faults using current transformers for sensing and identification based on features extracted using wavelet transform. *IET Generation, Transmission*

- and Distribution, 10(12), 2990–2998. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2016.0021>
- Doria-García, J., Orozco-Henao, C., Leborgne, R., Montoya, O. D., & Gil-González, W. (2021). High impedance fault modeling and location for transmission line ☆. *Electric Power Systems Research*, 196(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107202>
- Ekici, S. (2007). *Elektrik güç sistemlerinde akıllı sistemler yardımıyla arıza tipi ve yerinin belirlenmesi*. (Doktora Tezi), Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Eldin, E. S. T., Ibrahim, D. K., Aboul-Zahab, E. M., & Saleh, S. M. (2007). High impedance faults detection in EHV transmission lines using the wavelet transforms. *2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting, PES*. <https://doi.org/10.1109/PES.2007.385458>
- Elkalashy, N. I., & Lehtonen, M. (n.d.). DWT-Based Detection of High Impedance Fault due to Leaning Trees in Compensated MV Networks. *International Conference on Electricity Distribution, 0174*, 21–24.
- Elektrik tesislerinde topraklamalar Yönetmeliği, 1.T.C. Resmi Gazete 24500, 21.08.2001
- Emo. (n.d.). *Emo AG hava hattı iletkenleri*. https://www.emo.org.tr/ekler/74f8f613332b27e_ek.xls?tipi=34&turu=X&sube=
- Gençer, N. C. (n.d.). *Alçak Gerilim Dağıtım Şebekelerinde Güvenlik ve Koruma Düzenliği*. https://www.emo.org.tr/ekler/d49872fc720d2f8_ek.pdf
- Gençer, N. C. (2001). *Alçak Gerilim Direklerinde İletken Tertipleri Mevzuatı ve Mevcut Uygulamalar*. https://www.emo.org.tr/ekler/a5c91fe77da9ff2_ek.pdf
- Goncalves, V., Maria, K., & da Silv, A. B. F. (2013). Applications of Artificial Neural Networks in Chemical Problems. *Artificial Neural Networks - Architectures and Applications*. <https://doi.org/10.5772/51275>
- Güllüdereli, M. (2007). *Enerji İletim Sistemlerinde Arıza Analizinin Otomasyonel Çözümleri*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Hou, D. (2009). High-Impedance Fault Detection—Field Tests and Dependability Analysis. *36th Annual Western Protective Relay Conference*, 1–10.
- Jota, Fabio. Jota, P. (n.d.). High Impedance Fault Identification Using a Fuzzy Reasoning System. *IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution, Vol 145*, 656–662. <https://doi.org/10.1049/ip-gtd:19982358>
- Elektrik iç tesisleri yönetmeliği, Rev Reprod 226765 (1998).T.C. Resmi Gazete 23400, 12.07.1998
- Karegar, H. K., & Sobhani, B. (2012). Wavelet transform method for islanding detection of wind turbines. *Renewable Energy*, 38(1), 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.07.002>
- Kavi, M., Mishra, Y., & Vilathgamuwa, D. M. (2016). Detection and identification of high impedance faults in single wire earth return distribution networks. *Proceedings of the 2016 Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC 2016*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/AUPEC.2016.07749341>

- Khandare, N., & Khatri, P. (2015). Analysis and Modeling of High Impedance Fault. *International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2(3), 1–5. <https://doi.org/10.14445/23488379/ijeee-v2i3p101>
- Kösoglu, H. (2000). *TT AG Dağıtım TN TN-C AG Şebekelerine verilen kodların anlamları* : (Issue M).
- Küçük, S. (n.d.). *Enerji dağıtımı çözümlü problemler* (pp. 105–140). <https://www.scribd.com/document/427972559/Enerji-Dagitimi-326-Sayfa#>
- Lai, T. M., Snider, L. A., Lo, E., & Sutanto, D. (2005). High-impedance fault detection using discrete wavelet transform and frequency range and RMS conversion. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 20(1), 397–407. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2004.837836>
- Latran, M. B., & Teke, A. (2015). A novel wavelet transform based voltage sag/swell detection algorithm. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 71, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.02.040>
- Lauglo, M. (1952). Ground Fault Relay Protection of Transmission Lines. In *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. Part III: Power Apparatus and Systems* (Vol. 71, Issue 1). Norwegian University of Science and Technology.
- Lavanya, S., Prabakaran, S., & Kumar, N. A. (2022). Behavioral Dynamics of High Impedance Fault Under Different Line Parameters. *International Journal of Electrical and Electronics Research*, 10(2), 370–374. <https://doi.org/10.37391/IJEER.100251>
- Lopes, G. N., Menezes, T. S., Santos, G. G., Trondoli, L. H. P. C., & Vieira, J. C. M. (2022). High Impedance Fault detection based on harmonic energy variation via S-transform. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 136(September 2021), 107681. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107681>
- Mahanty, R., & Gupta, P. (2004). Voltage stability analysis in unbalanced power systems by optimal power flow. *IEE Proceedings-Generation, Transmission and ...*, 151(3), 201–212. <https://doi.org/10.1049/ip-gtd>
- Milli eğitim bakanlığı. (2011). *Elektrik-elektronik teknolojisi izolatörler*.
- Mitolo, M., Musca, R., & Zizzo, G. (2019). A Cost-Effective Solution for Clearing High-Impedance Ground Faults in Overhead Low-Voltage Lines. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 55(2), 1208–1213. <https://doi.org/10.1109/TIA.2018.2884927>
- Moloi, K., Jordaan, J. A., & Hamam, Y. (2019). A hybrid method for high impedance fault classification and detection. *Proceedings - 2019 Southern African Universities Power Engineering Conference/Robotics and Mechatronics/Pattern Recognition Association of South Africa, SAUPEC/RobMech/PRASA 2019*, 548–552. <https://doi.org/10.1109/RoboMech.2019.8704765>
- Morales, E. F., & Zaragoza, J. H. (2011). An introduction to reinforcement learning. In *Decision Theory Models for Applications in Artificial Intelligence: Concepts and Solutions*. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-165-2.ch004>
- Moravej, Z., Mortazavi, S. H., & Shahrtash, S. M. (2015). DT-CWT Based Event Feature

- Extraction for High Impedance Faults Detection in Distribution System. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 25(12), 3288–3303. <https://doi.org/10.1002/etep.2035>
- Nam, S. R., Park, J. K., Kang, Y. C., & Kim, T. H. (2001). A modeling method of a high impedance fault in a distribution system using two series time-varying resistances in EMTP. *Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference*, 2(SUMMER), 1175–1180. <https://doi.org/10.1109/pess.2001.970231>
- Norvig, peter and Russel, S. (2003). *Artifical Intelligent a Modern Apporach*. Pearson.
- Öztürk, G. (2020). *Derin Evrişimsel Sinir Ağları Kullanılarak Araç, İnsan ve Trafik İşaretlerinin Tanınması*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü, Sakarya.
- Ozturk, K., & Şahin, M. (2018). Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekâ'ya Genel Bir Bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25–36.
- Panda, G. Dash, P.K. Panigrahi, B. . (2002). Power Quality Analysis Using S-Transform. *IEEE Power Engineering Review*, 22(7), 60. <https://doi.org/10.1109/MPER.2002.4312414>
- Rai, K., Hojatpanah, F., Ajaei, F. B., Guerrero, J. M., & Grolinger, K. (2022). Deep learning for high-impedance fault detection and classification: transformer-CNN. *Neural Computing and Applications*, 34(16), 14067–14084. <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07219-z>
- Sarлак, M., & Shahrtash, S. M. (2013). High-impedance faulted branch identification using magnetic-field signature analysis. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 28(1), 67–74. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2012.2222056>
- Sekar, K., & Mohanty, N. K. (2020). A fuzzy rule base approach for High Impedance Fault detection in distribution system using Morphology Gradient filter. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 32(3), 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2018.12.001>
- Sifat, A. I., Bailey, J., Hamilton, K., McFadden, F. J. S., Rayudu, R., & Hunze, A. (2019). A Facility for Physical Simulation of High Impedance Faults in Low Voltage Networks. *IEEE Power and Energy Society General Meeting, 2019-Augus*. <https://doi.org/10.1109/PESGM40551.2019.8973913>
- Tang, Q., Qiu, W., & Zhou, Y. (2020). Classification of Complex Power Quality Disturbances Using Optimized S-Transform and Kernel SVM. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(11), 9715–9723. <https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2952823>
- Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (2000), *Cam Elyafı Takviyeli Polyester Direk*, Travers ve Konsollar Teknik Şartnamesi. TEDAŞ-MLZ/2000-038
- Tonelli-Neto, M. S., Decanini, J. G. M. S., Lotufo, A. D. P., & Minussi, C. R. (2017). Fuzzy based methodologies comparison for high-impedance fault diagnosis in radial distribution feeders. *IET Generation, Transmission and Distribution*, 11(6), 1557–1565. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2016.1409>
- Ülker, N. (n.d.). Dağıtım Şebekeleri Proje Hazırlama. In *Emo*.

https://www.emo.org.tr/ekler/31bef974be23b27_ek.pdf

Üniversite, O. dokuz M. (n.d.). *Direkler ve özellikleri*.

Upadhyaya, S., & Mohanty, S. (2016). Localization and classification of power quality disturbances using maximal overlap discrete wavelet transform and data mining based classifiers. *IFAC-PapersOnLine*, 49(1), 437–442. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.093>

Uriarte, F. M. (2003). Modelling, Detection and Localization of High-Impedance Faults In Low-Voltage Distribution Feeders. In *MSc. thesis submitted to the faculty of the Virginia Tech Polytechnic Institute and State University*.

Veerasamy, V., Abdul Wahab, N. I., Ramachandran, R., Mansoor, M., Thirumeni, M., & Othman, M. L. (2018). High impedance fault detection in medium voltage distribution network using discrete wavelet transform and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Energies*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/en11123330>

Veerasamy, V., Wahab, N. I. A., Othman, M. L., Padmanaban, S., Sekar, K., Ramachandran, R., Hizam, H., Vinayagam, A., & Islam, M. Z. (2021). LSTM Recurrent Neural Network Classifier for High Impedance Fault Detection in Solar PV Integrated Power System. *IEEE Access*, 9, 32672–32687. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3060800>

Wang, S., & Dehghanian, P. (2020). On the Use of Artificial Intelligence for High Impedance Fault Detection and Electrical Safety. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56(6), 7208–7216. <https://doi.org/10.1109/TIA.2020.3017698>

Wu, J. Da, & Liu, C. H. (2008). Investigation of engine fault diagnosis using discrete wavelet transform and neural network. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 1200–1213. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.08.021>

Yazıcı, Ç. (n.d.). *Elektrik enerjisi iletim ve dağıtımı direk başı donanımları*. <https://slideplayer.biz.tr/slide/4172669/>

Yılmaz, Derya. Bayhan, S. (2019). Güç Sistemlerinde Meydana Gelen Dalga Şekli Bozukluklarının Dalgacık Dönüşümü Yardımıyla Tespiti. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 4(March 2009).

Yılmaz, A., & Bayrak, G. (2019). A real-time UWT-based intelligent fault detection method for PV-based microgrids. *Electric Power Systems Research*, 177(August). <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2019.105984>

Yılmaz, B. (2016). *Süperiletken Arıza Akımı Sınırlayıcıların İncelenmesi ve elektrik iiletim Sistemlerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Zamani, M. A., Sidhu, T. S., & Yazdani, A. (2011). A protection strategy and microprocessor-based relay for low-voltage microgrids. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 26(3), 1873–1883. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2011.2120628>

Url-1<<https://docplayer.biz.tr/61475703-Elektrik-sebekeleri-temel-tanim-ve-kavramlar.html>>, erişim tarihi: 11.01.2023

Url-2<<https://www.enton.com.tr/index.php?s=urun&k=8>>, erişim tarihi: 25.02.2023

Url-3<<https://play.google.com/books/reader?id=4CliEAAAQBAJ&pg=GBS.PT2>>,

erişim tarihi: 26.02.2023

Url-4<<https://www.etmd.org.tr/elektrik-direklerinin-cesitleri-ve-ozellikleri/>>,erişim tarihi: 26.02.2023

