T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK BAKIM ve ONARIMINDA YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANIMI

Ömer KAPLAN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Erkan ATMACA

II. DANIŞMAN
Unvan Ad SOYAD

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

Mayıs, 2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Ömer KAPLAN tarafından, **Doç. Dr. Erkan ATMACA** danışmanlığında hazırlanan **ELEKTRİK BAKIM ve ONARIMINDA YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANIMI** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından **29/04/2022** tarihinde yapılan sınav sonucunda **oy birliği** ile başarılı bulunarak **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

		İmza	**Sonuç**
DANIŞMAN	Doç. Dr. Erkan ATMACA İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı		☐ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Onur GÜLBAHÇE İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı		☐ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Doç. Dr. Cengiz Polat UZUNOĞLU İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı		☐ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Prof. Dr. Xxxx XXXX ..... Üniversitesi ..... Anabilim Dalı		☐ Kabul ☐ Ret

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve bilimsel etik kuralları içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve her türlü hukuki sorumluluğu aldığımı kabul ederim.

Ömer KAPLAN

(İmza)

Annem, Babam, Eşim ve Hocam Doç. Dr. Erkan ATMACA'ya ithaf ediyorum…

BÜTÇE DESTEKLERİ

ELEKTRİK BAKIM ve ONARIMINDA YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANIMI

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez hazırlama sürecinde yardımlarını esirgemeyen, bilgisi ve desteğiyle sürekli yönlendirmelerine ihtiyaç duyduğum Doç. Dr. Erkan ATMACA'ya katkılarından dolayı en derin saygı ve şükranlarımı sunarım. Hazırlamış olduğum tezde verilerin sağlanması konusunda yardımcı olan Bedaş Scada Ekip Lideri Mesut KÖROĞLU'na, Ayedaş Scada Takım Yöneticisi Göktuğ ERTEN'e ve Şebeke Yönetim Mühendisi Taner ESEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak bana olan inancını hiçbir zaman yitirmeyen ve her konuda desteklerini arkamda hissettiğim annem Ayfer KAPLAN, babam Ergin KAPLAN ve eşim Elif KAPLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2022 Ömer KAPLAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI ..... **ii**
BEYAN ..... **iv**
BÜTÇE DESTEKLERİ ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **viii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **x**
TABLO LİSTESİ ..... **xii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xiii**
ÖZET ..... **xiv**
ABSTRACT ..... **xvi**
1. GİRİŞ **1**
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE **3**
2.1. AŞIRI AKIMLAR 5
2.2. AŞIRI GERİLİMLER 7
2.2.1. İç Aşırı Gerilimler 7
2.2.2. Dış Aşırı Gerilimler 8
2.3. BAKIM 9
2.3.1. Periyodik Bakımlar 10
2.3.2. Ana bakımlar 10
2.3.3. Kestirimci Bakım 10
2.3.4. Arıza Bakımı 11
2.3.5. Yenileştirme ve Değiştirme Bakımı 12
2.4. ELEKTRİK TESİSLERİNDE ONARIM TEKNİKLERİ 12
2.4.1. Havai Hat Arızaları Giderme 12
2.4.2. Yer Altı Kablolarında Arızaları Giderme 13
2.4.3. Trafo Arızalarını Onarma 14
2.4.4. Koruma Sistemi Arızalarını Giderme 15
2.4.5. Kumanda Elemanları ve Pano Arızalarını Giderme 18

2.5. GÜÇ KORUMA SİSTEMLERİ 19
2.5.1. Sigortalar 19
2.5.2. Parafudrlar 21
2.5.3. Paratonerler, Faraday kafesi ve Franklin Çubuğu 21
2.5.4. Röleler 23
3. YÖNTEM 26
3.1. ELEKTRİK ÜRETİM SANTRALLERİ 26
3.2. İLETİM VE DAĞITIM ŞEBEKELERİ 27
3.2.1. Dallı (Radyal) Şebekeler 30
3.2.2. Ring Şebekeler 31
3.2.3. Gözlü (Ağ) Şebekeler 31
3.2.4. Enterkonnekte Şebekeler 32
3.3. YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ VE GÜÇ KORUMA SİSTEMİNDE KULLANIMI 33
3.3.1. Yapay Zeka 34
3.3.2. Uzman Sistemler 35
3.3.3. Genetik Algoritmalar 36
3.3.4. Bulanık Mantık 38
3.3.5. Yapay Sinir Ağları 39
4. BULGULAR 60
4.1. ÜÇ FAZLI AÇISIZ ARIZA DURUMU İÇİN SİMÜLASYON SONUÇLARI 60
4.2. TEPEÖREN 154/33,6 kV İNDİRİCİ MERKEZ 1003 DM - 1005 TM FİDERİ TEK FAZ TOPRAK ARIZA YERİ TAHMİNİ SİMÜLASYON SONUÇLARI 63
5. TARTIŞMA 66
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 67
KAYNAKLAR 69
EKLER 70
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI 71
ETİK KURUL İZİN YAZISI 72
KURUM İZNİ YAZILARI 73
ÖZGEÇMİŞ 74

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: İşletme gerilimi ve aşırı gerilimlerin zamana bağlı değişimlerinin şematik gösterimi. 9

Şekil 2.2: Termal kamera ile yapılan kestirimci bakım çalışmasına ait rapor. 11

Şekil 2.3: Havai hat bakım ve onarım çalışması. 13

Şekil 2.4: Yer altı kablo arıza onarma işlemi. 14

Şekil 2.5: Parafudr takılması. 16

Şekil 2.6: Toprak megeri cihazı ve topraklama direnci ölçümü. 17

Şekil 2.7: Direk ve pano tipi parafudrlar. 21

Şekil 2.8: Paratoner. 22

Şekil 2.9: Faraday kafesi ve franklin çubuğu. 23

Şekil 2.10: Kaçak akım rölesi çalışma prensibi. 24

Şekil 3.1: Senkron generatör çalışma prensibi. 26

Şekil 3.2: Elektrik üretim, iletim ve dağıtım sistemi. 29

Şekil 3.3: Dallı şebeke sistemi. 30

Şekil 3.4: Ring şebeke besleme sistemi. 31

Şekil 3.5: Gözlü (Ağ) şebeke sistemi. 32

Şekil 3.6: Enterkonnekte şebeke sistemi. 33

Şekil 3.7: Uzman sistemlerin genel yapısı. 35

Şekil 3.8: Genetik algoritmalar için genel akış diyagramı. 37

Şekil 3.9: Bulanık mantık işleyiş sistemi. 38

Şekil 3.10: Yapay sinir hücresi ve çok katmanlı yapay sinir ağının genel yapısı. 40

Şekil 3.11: Matlab'da oluşan arıza akımları grafiği. 42

Şekil 3.12: Eğitim ve çıkış verileri import arayüzü. 43

Şekil 3.13: Network2 ağı oluşturma arayüzü. 44

Şekil 3.14: Matlab'da oluşturulan network2 ağı. 44

Şekil 3.15: Network2 eğitim sekmesi. 45

Şekil 3.16: Eğitim durumu. 46

Şekil 3.17: Eğitim performansı. 46

Şekil 3.18: Regresyon analizi. 47

Şekil 3.19: Network2 eğitimi. 48

Şekil 3.20: Network2 ağını export etme arayüzü. 48

Şekil 3.21: 500. metredeki test arızasına ait akım grafiği. 49

Şekil 3.22: Tepeören indirici merkez 154 / 33,6 kV fideri tek hat şeması. 50

Şekil 3.23: Simülasyon güç kaynağı ve trafo parametre bloğu. 51

Şekil 3.24: Matlab trafo modeli (1600 kVA, 630 kVA, 400 kVA). 53

Şekil 3.25: Tepeören indirici merkez 154/33,6 kV fideri Matlab simülasyon modeli. 53

Şekil 3.26: Simüle hat modelinden elde edilen tek faz-toprak arıza akımı grafiği. 55

Şekil 3.27: Matlab hat modeli ve 5,60 ohm arıza direnci için arıza bloğu. 55

Şekil 3.28: 1003 DM-1005 TM fideri 04.10.2021 tarihli tek faz toprak arıza röle kaydı. 56

Şekil 3.29: 1003 DM-1005 TM fideri 04.10.2021 tarihli tek faz toprak arıza röle kaydı özet. 56

Şekil 3.30: 1003 DM-1005 TM fideri için YSA eğitim bloğu. 58

Şekil 3.31: 1003 DM-1005 TM fideri için YSA regresyon analizi. 59

Şekil 4.1: 500 m'de meydana gelen test arızası için YSA tahmin sonucu. 60

Şekil 4.2: 1500 m'de meydana gelen test arızası için YSA tahmin sonucu. 61

Şekil 4.3: 2500 m'de meydana gelen test arızası için YSA tahmin sonucu. 61

Şekil 4.4: 7500 m'de meydana gelen test arızası için YSA tahmin sonucu. 62

Şekil 4.5: 1003 DM-1005 TM fideri 10 ohm arıza direnci için 2 eğitim veri girişli YSA testleri ve arıza yer tahminleri. 63

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Başlangıç kısa devre akımı ve kısa devre güçlerine ait eşitlikler. 7

Tablo 2.2: Ayırıcı kontaklarına ait temas dirençleri. 18

Tablo 2.3: Dağıtım trafoları için YG sigorta seçim değerleri. 20

Tablo 3.1: Üretilen arızaların ilk 10 tanesine ait akım değerleri (ilk beş değer). 42

Tablo 3.2: İlk on arızanın gerçekleştiği mesafeler (m). 43

Tablo 3.3: Test arızasına ait ilk on akım (A) değerleri. 49

Tablo 3.4: Model OG hattına ait parametre hesap exceli. 51

Tablo 3.5: Trafo ve şebeke parametreleri hesap exceli. 52

Tablo 3.6: Tepeören 154/33,6 kV İM'e bağlı fiderlere ait gerçek arıza mesafeleri. 54

Tablo 3.7: 1003 DM-1005 TM fideri için YSA 2 girişli eğitim verileri. 57

Tablo 3.8: 1003 DM-1005 TM fideri için YSA 3 girişli eğitim verileri. 57

Tablo 4.1: YSA simülasyon sonuçları. 62

Tablo 4.2: 5,60 ohm arıza direnci için YSA simülasyon sonuçları. 64

Tablo 4.3: 10 ohm arıza direnci için YSA simülasyon sonuçları. 64

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

°C : Santigrat Derece
% : Yüzde
Cal : Kalori
Hz : Hertz
Un : Nominal Gerilim
sn : Saniye
Ω : Ohm

Kısaltmalar **Açıklama**

kV : Kilovolt
YSA : Yapay Sinir Ağı
DA : Doğru Akım
V : Volt
AYEDAŞ : Anadolu Yakası Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
BEDAŞ : Boğaziçi Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
DM : Dağıtım Merkezi
İM : İndirici Merkez
YG : Yüksek Gerilim
km : Kilometre
A : Amper
m : Metre
AG : Alçak Gerilim
OG : Orta Gerilim
kVA : Kilovoltamper

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK BAKIM VE ONARIMINDA YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANIMI

Ömer KAPLAN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

Danışman : Doç. Dr. Erkan ATMACA

II. Danışman : Unvan Ad SOYAD

Genel olarak elektrik üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinde elektriksel arızaları minimize etmek veya arızaları en hızlı ve doğru bir şekilde tespit edip onarmak kullandığımız enerjinin kesintisiz ve kaliteli olması için önemlidir. Geleneksel elektrik bakım ve onarım sistemlerinde arıza olduğunda devreye giren röle ve devre kesicilerle koruma sağlanmaktadır. Fakat bu yöntemde hem arızanın vermiş olduğu zarar hem de bakım süresi gibi kayıplar söz konusudur ki bu da enerji tedarikinde kesinti ve mali açıdan kayıplara sebep olmaktadır. Tezimizde yapay sinir ağları yöntemiyle sistemde oluşacak arızanın meydana geldikten sonra hızlı ve doğru bir şekilde tespiti, sınıflandırılması ve öngörülü bir bakım algoritması geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu tez kapsamında, yapay sinir ağlarının eğitiminde verili bir şebekenin elektriksel arızalara ilişkin veri setleri kullanılacaktır. Elektriksel arıza tipleri, mevcut bakım ve onarım yöntemleri genel olarak anlatılacak olup, yapay zeka yöntemleri hakkında da bilgiler verilmiştir. Söz konusu yöntemlerin elektriksel güç koruma sistemlerinde kullanılması ile ilgili olarak bir simülasyon ve uygulama çalışması yapılması planlanmaktadır. Bu sebeple, bir elektriksel sistemin mevcut işletme, bakım ve onarım programına ilişkin veriler alınarak (fabrika, elektrik dağıtım şirketi vb.) bu verilerin yapay sinir ağları simülasyonunda kullanılması ile sistemin bir kısmında yapay sinir ağları benzetiminden elde edilen sonuçlara göre öngörülü bir bakım programı uygulanması, sistemin diğer kısmında ise geleneksel bakım yöntemleri uygulanması sağlanmıştır. Sonuç kısmında ise elde edilen uygulama sonuçları doğrultusunda yapay sinir ağları ile yapılan elektriksel koruma yönteminin verimliliği analiz edilip yorumlanacaktır. Bu sayede sisteme zamanında bakım yapılarak sistem kesintiye

uğramadan kayıplar en aza indirilecek ve tüketicilere daha kaliteli enerji sağlanması hedeflenmektedir.

Nisan 2022 , 91 sayfa.

Anahtar kelimeler: elektrik bakım ve onarım, arıza analizi, yapay sinir ağları

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN ELECTRICAL MAINTENANCE AND REPAIR

Ömer KAPLAN

İstanbul University-Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Department of Electrical and Electronics Engineering

Programme of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Erkan ATMACA

Co-Supervisor: Academic Title Name SURNAME

In general, minimizing electrical faults in electricity generation, transmission and distribution systems or detecting and repairing faults in the fastest and most accurate way is important for the uninterrupted and high quality of the energy we use. In traditional electrical maintenance and repair systems, protection is provided by relays and circuit breakers that are activated when there is a malfunction. However, in this method, there are losses such as both the damage caused by the malfunction and the maintenance time, which causes interruptions in energy supply and financial losses. In our thesis, it is aimed to quickly and accurately detect, classify and develop a predictive maintenance algorithm after the malfunction that will occur in the system with the artificial neural networks method. In this thesis, datasets on electrical faults of a given network will be used in the training of artificial neural networks. Types of electrical failures, current maintenance and repair methods will be explained in general, and information about artificial intelligence methods is also given. A simulation and application study is planned for the use of these methods in electrical power protection systems. For this reason, a predictive maintenance program should be applied according to the results obtained from the artificial neural network simulation in a part of the system by taking data on the current operation, maintenance and repair program of an electrical system (factory, electricity distribution company, etc.) and using these data in artificial neural network simulation, in the other part of the system traditional maintenance methods are applied. In the conclusion part, the efficiency of the electrical protection method made with artificial neural networks will be analyzed and interpreted in line with the application results obtained. In this way, it is aimed

to provide timely maintenance to the system, minimizing losses without interrupting the system, and providing higher quality energy to consumers.

April 2022, 91 pages.

Keywords: Electric maintenace and repairing, analizing fault, artificial neural networks

1. GİRİŞ

Ülkemizde elektrik 380 kV veya 154 kV düzeyinde ve 50 Hz frekansında iletimi sağlanmaktadır. Ülkemizde enterkonnekte şebeke iletim ağıyla elektrik gücünün iletilmesi gerçekleştirilmektedir. Elektrik üretim santralinde senkron generatörlerden üretilen elektrik enerjisi gerilimi yükseltilerek uzak mesafelere taşınmaktadır. Üretilen elektrik, en son dağıtım bölgelerine iletilerek ve burada gerilimi düşürülerek şehir, ilçe veya kasabalara dağıtımı sağlanmaktadır. Trafo merkezleri ve iletim hatları enerjinin kaliteli ve kesintisiz iletilmesi amacıyla çeşitli koruma ekipmanları ile donatılmıştır. Bu ekipmanlardan en önemlisi rölelerdir. Scada merkezlerinde söz konusu rölelerden alınan bilgilere göre hat ve trafo merkezlerinde herhangi bir arıza olduğunda gerekli müdahale yapılmaktadır. Ülkemizde elektrik dağıtım şebekesinin enterkonnekte şebeke olmasının bir faydası da herhangi bir trafo merkezi veya iletim hattı, dağıtım hattında arıza olması halinde sistemin diğer trafo merkezlerinden beslenerek enerji kesintisi ve oluşacak mali kayıpların önüne geçmesidir. Tabi ki sistemin enerjisinin alternatif kaynaklardan sağlanmasının yanında hatta veya trafo merkezinde oluşan arızanın hızlıca tespiti ve bu arızanın giderilmesi son derece önemlidir. Arızanın hızlıca tespitinin faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Arızaların sebep olduğu ölüm ve tehlikeli yaralanmaların engellenmesine ve ya zarar düzeyinin azaltılmasına,
- Kaliteli ve kesintisiz elektrik sağlanmasına,
- İlgili güç koruma ekipmanlarının daha az zarar görmesine,
- Arızanın hızlı ve doğruya yakın yer tespiti yapılması, zaman, maliyet kaybı gibi olumsuz etkilerinde önüne geçerek yukarıda belirtmiş olduğumuz faydaları sağlayacaktır.

Yukarıda belirtilmiş olan maddeler göz önünde bulundurulduğunda, gelişen teknoloji ile beraber kaliteli ve kesintisiz enerji sağlamanın önemi büyük ölçüde artmıştır. Özellikle büyük enerji tüketimi yapılan üretimin yapıldığı endüstriyel tesisler, insan sağlığı açısından hastaneler, savunma sanayi, ülkemizin her alanda gelişmesinin sağlanması enerjinin sürekli ve

kaliteli olmasına önemli derecede bağlıdır. Bugün nerdeyse elektriksiz hiçbir şey yapılamaz hale gelmiş konumdadır. Herhangi bir büyük arıza olması durumunda bu arızaların üretim kaybı, mali kayıp, insan hayatını etkileyecek kayıplar şeklinde büyük zararları olması kaçınılmazdır. Bu nedenlerle enerji iletim hatları, trafo merkezleri ve dağıtım kablolarında arıza analizinin önemi artmış ve farklı yöntemler geliştirilmiştir. Devre analizi tabanlı yöntemler, yürüyen dalga yöntemi geleneksel yöntemler olarak sıralanabilir. Son yıllarda yapay zeka yöntemleri de arıza analizi veya arıza yer tespitinde diğer geleneksel yöntemler ile karşılaştırıldığında hızlı ve doğruluk payı yüksek olması nedeniyle kullanılmaya başlanmıştır. Tezimizde elektrik bakım ve onarımında arıza analizi ve yer tespiti açısından yapay zeka kullanımı ve faydaları işlenecek olup, simülasyon ve uygulama çalışmasıyla sonuçlar değerlendirilip analiz edilecektir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Son yıllarda, tüm dünya çapında elektrik enerjisi kullanımında çok hızlı bir artışın olduğunu görülmektedir. Bu durumun oluşmasında en önemli sebeplerinden bir tanesi teknolojinin çok hızlı gelişmesi ve buna bağlı olarak artan enerji talebi, elektrikli araçların yaygınlaşmaya başlaması, temel ihtiyaçlarımızın veya kullandığımız her malzemenin üretiminde elektriğin kullanılması elektriğe olan talebi daha da artırmaktadır. Bunların yanı sıra elektrik enerjisinin çevreci ve ucuz olması elektrik kullanımının her geçen gün çok daha hızlı bir şekilde artmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla bu sebepler elektrik üretiminde artışa neden olmakta ve bununla bağlantılı olarak elektriğin taşınması ve dağıtılması için enerji ve dağıtım hatlarının çok büyük miktarlarda artırılmasını gerektirmektedir. Elektrik üretim, iletim ve dağıtım aşamalarında tüketicilere kaliteli ve kesintisiz enerji sağlanması ise büyük önem arz etmektedir. Elektrik güç sisteminde, enerji kalitesini ve sürekliliğini etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi güç sistemindeki arızalardır. Genel olarak, sistem içinde aşırı akım ve gerilimlerin oluşma durumu elektriksel arıza olarak tanımlanmaktadır. Yani sistemin nominal çalışma akım ve gerilim değerlerinin anormal bir şekilde altına düşme veya üstüne çıkma durumları olarak nitelenebilir. Söz konusu arızalar insan hayatı açısından tehlikeli sonuçlar meydana getirebilmekte ve enerji kalitesi açısından olumsuzluklara sebep olabilmektedir. Bu arızaların bir kısmı doğal sebeplerden ötürü meydana geldiğinden ve insan kontrolünde olmadığından tamamen bu arızaları uzaklaştırmak mümkün değildir. Bu nedenle sistem içinde arızaya sebep olabilecek herhangi bir aşırı akım veya gerilim olduğunda arızanın hızlı ve doğru bir şekilde tespiti, sınıflandırılması sistemin korunması açısından son derece önemlidir. Arızalar genellikle röleler tarafından tarafından tespit edilir ki bu röleler sistemin korunmasını sağlayan Scada sistemine bilgiler göndererek kesici veya ayırıcı gibi güç koruma elemanlarının devreye girmesini sağlayarak akımı keser veya sistemin arızalı kısmını sistemin diğer kısmından ayırarak enerjisiz bırakır ve bu şekilde onarım işlemleri yapılarak sistemin sürekliliği sağlanır.

Elektrik bakım ve onarımında güç sisteminin sürekliliğini ve kaliteli bir enerji tedariki sağlamak için arızaların öncelikle belirlenmesi, sınıflandırılması ve yer tespiti son derece önemlidir. Arızalar genel olarak geçici, kalıcı, simetrik ve asimetrik arızalar olarak

sınıflandırılabilir. Bu arızalar her biri kendine özeldir. Sabit bir yer ve zaman tayin etmek zordur. Şu aşamada arızalar için ter tahmini yapılabilmekte fakat zaman tahmini yapmak çok zor bir süreçtir. Zaman tahmini sürecini birbirinden bağımsız sabit olmayan çok fazla sayıda etkileyen parametreler olması bu süreç için çok daha geniş kapsamlı ve uzun bir çalışmayı gerektirir. Ancak arıza zamanının tahmini için kabataslak teoremler üretilebilir ve belli bir bölgede arıza olma olasılığının artışı ile ilgili önceden tahmin yürütülebilir. Arızaların yer tespiti için evrensel bir yer bulma tekniği yoktur. Yüksek gerilim enerji iletim hatları dağıtım kablolarına göre arızaya maruz kalma ihtimali daha yüksektir. Çünkü söz konusu yüksek gerilim enerji hatları çıplak iletkenlerdir ve izolasyonu yoktur. Enerji iletim hatlarında arıza olmasının birkaç sebebi vardır. Hatlara ağaç düşmesi, kuş ve hayvan teması gibi birçok sebep sayılabilir. Bunların yanında yıldırım ve gök gürültülü sağanak yağmurlar gibi doğal olaylar da enerji iletim hatlarımda arızaya sebep olabilir. Güç sistemini korumak için yapılan araştırma ve çalışmaların çoğu enerji iletim hatları üzerindedir. Çünkü enerji iletim hatları göreceli olarak çok uzun ve farklı özellikteki arazilerin üzerinden geçmekte ve dış etkilere çok daha kolay maruz kalmaktadır. Hatların uzun olması sebebiyle herhangi bir arızayı tespit etmek birkaç saati alabilmektedir.

Güç iletim veya dağıtım sistemindeki arızların otomatik bir şekilde tespiti sistemin güvenilirliğini artıracaktır. Çünkü sistemi daha hızlı onarmak mümkün olacak ve bu noktada para ve zaman açısından ciddi kazançlar sağlanacaktır. Çoğu tesis, Scada sistemine bağlı röleler üzerinden güç sistemini izlemekte herhangi bir arıza olduğunda bu rölelerle kolay bir şekilde yer tahmini yapılmakta ve sistemi onarımı gerçekleştirilmektedir. Arıza bulma teknikleri aşağıdaki sıralanabilir:

- Empedans tabanlı yöntemler
- Yürüyen dalga tabanlı yöntemler
- Arıza tabanlı metotlar tarafından üretilen gerilim ve akımların yüksek frekans bileşenleri
- Yapay zeka tabanlı yöntemler

Son yıllarda, yapay zeka tabanlı yöntemler arıza tespiti ve yer tahmini sürecinde kullanılmaktadır. Aşağıda geniş bir şekilde kullanılan üç tane yapay zeka tabanlı yöntemler şu şekilde sıralanabilir:

- Fuzzy Logic Sistemleri
- Yapay Sinir Ağları
- Uzman Sistem Teknikleri

Tezimizde yukarıda sıralamış olduğumuz üç yöntem içerisinde elektrik iletim hatlarındaki arıza yer tahmini için yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır. Söz konusu YSA yöntemi diğer yöntemlerden farklı olarak bilgi tabanı istememektedir.

Çeşitli sebeplerle elektrik güç sisteminde akım ve gerilimin normal çalışma değerlerinin dışına çıkarak sistem işleyişinde meydana gelen bozulmalara arıza denir. Arızalar elektrik tesislerinde önemli can ve mal kayıplarına sebep olabilir. Arızalar elektrik güç sistemi için en önemli konulardan bir tanesidir. Elektrik iletim ve dağıtım sisteminin güvenilirliği, elektriğin kesintisiz ve kaliteli bir şekilde tüketicilere ulaştırılması, büyük ölçüde arızaların oluşmamasına veya hızlıca tespit edilmesi ve onarılmasına bağlıdır. Elektrik tesislerinde arızalara temel olarak neden olan faktörler aşağıdaki gibidir:

- Aşırı Akımlar
- Aşırı Gerilimler

2.1. AŞIRI AKIMLAR

Anma akının % 20'sinden fazla olan akımlardır. Sistemde meydana gelen aşırı akımlar elektrik tesis veya devrelerinde kısa devreler nedeniyle meydana gelir. Kısa devrelerin sebepleri şunlardır:

- Kablo veya hat yalıtımının bozulması
- Havai hatta ağaç değmesi, kabloya kepçe veya kazma vurulması, izolatör kırılması ve kirlenmesi, hatların birbirine teması, havai hatlara hattı koparacak cisimlerin düşmesi

- Hat üzerine yaklaşık 100 kV büyüklüğünde yıldırım düşmesi nedeniyle oluşan aşırı darbe gerilimleri

- Devre yükteyken ayırıcı açılması kısa devre akımlarına neden olabilir.

Elektrik sistemindeki arızaların çoğu asimetrik (dengesiz) olup, az bir bölümü simetriktir (dengeli). Kısa devre arızaları, faz-faz ve faz toprak arızalarıdır. Şebekelerdeki arızaların %70-%80'lik bölümü faz-toprak arızalarıdır.

Üç fazlı simetrik arızalar şebekede nadiren meydana gelir. Gerilim altındaki kısımların yanlışlıkla topraklanması gibi nedenler ile genellikle iletim hataları nedeniyle oluşur. Üç fazlı simetrik kısa devre arızaları doğru bileşen empedansları yardımıyla hesaplanabilirken, üç fazlı asimetrik kısa devre arızaları hesaplamak için doğru, ters ve sıfır bileşen empedansları ile hesaplama yapmak gerekir. Bu üç empedanstan hangisinin kullanılacağını arızanın tipi belirlemektedir.

Üç fazlı alternatif sistemler teorik olarak dengeli sistemlerdir. Fakat pratikte bu sistemler birkaç özel durum dışında dengeli sistem değillerdir. Simetrik arızalara ait hesaplamalar kolay iken, asimetrik arızalarda akım ve gerilim değerlerinin hesaplanması zordur (Tablo 2.1). Bu zorluğa Fortescue'nun simetrili bileşenler yöntemi ile çözüm geliştirilmiştir. Bu yönteme göre üç fazlı dengesiz bir arızanın her bir fazörü, kendi aralarında dengeli doğru, sıfır ve ters bileşenlerin vektörel toplamından meydana gelir.

Kısa devre arızaları neticesinde meydana gelen ve elektrik güç sisteminin işletme koşullarını bozan çeşitli durumları aşağıdaki sıralayabiliriz:

- Kesici arızaları

- Gerilim düşümü

- Kabloların aşırı ısınarak yanması
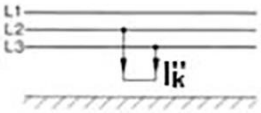
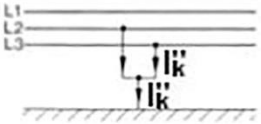
- Trafo sargılarının yanması

- Fazlarda akım ve gerilim dengesizliği

- Baralar ve bağlantılarda elektrodinamik kuvvetler

- İzolatörlerde ark olayı
- Güç akış sisteminde bozulmalar
- Kablolarda veya trafolarda yanmaya bağlı olarak çıkan yangınlar

Tablo 2.1: Başlangıç kısa devre akımı ve kısa devre güçlerine ait eşitlikler.

Arıza Tipi		Eşitlikler (IEC 909)
Üç-faz Arızası (toprak bağlantılı veya toprak bağlantısız)		$I_k^{"} = \frac{1.1U_n}{\sqrt{3}\lvert Z_1\rvert}$ $S_k^{"} = \sqrt{3}U_n.I_k^{"}$
Faz-faz Arızası (toprak bağlantısı yok)		$I_k^{"} = \frac{1.1U_n}{\lvert Z_1 + Z_2\rvert}$
İki-faz-toprak Arızası		$I_k^{"} = \frac{\sqrt{3}.1.1U_n}{\left\lvert Z_1 + Z_0 + Z_0.\frac{Z_1}{Z_2}\right\rvert}$
Faz-toprak Arızası		$I_k^{"} = \frac{\sqrt{3}.1.1U_n}{\lvert Z_1 + Z_2 + Z_0\rvert}$

2.2. AŞIRI GERİLİMLER

Elektrik şebekelerindeki nominal gerilim değerinin üzerinde olan ve cihazlar için tehlikeli düzeye sahip gerilimler aşırı gerilimler olarak adlandırılır (Şekil 2.1). Yüksek gerilimde aşırı gerilimler iki ana başlıkta incelenir:

2.2.1. İç Aşırı Gerilimler

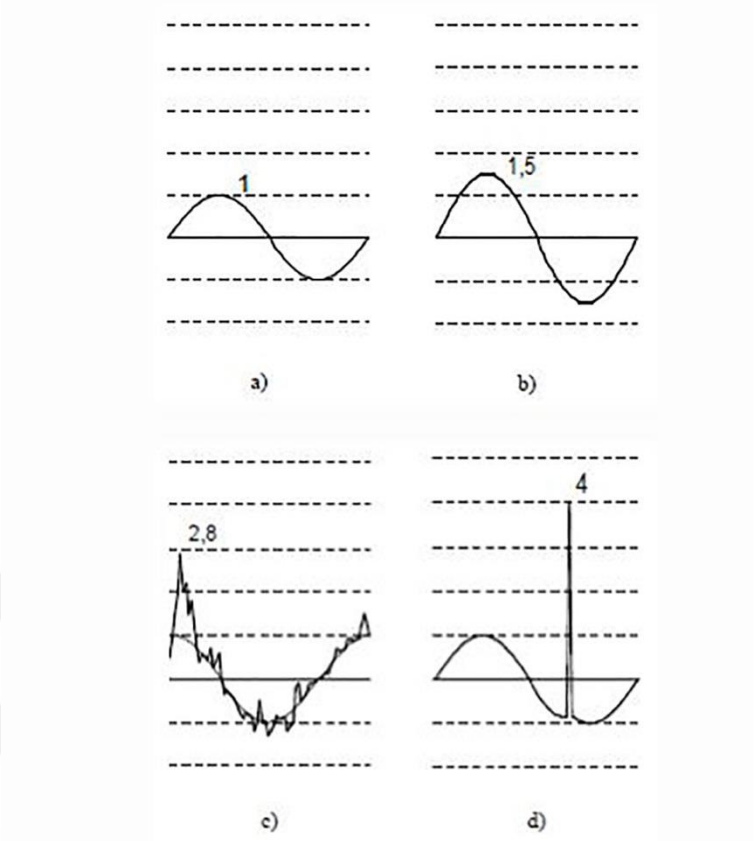
İç aşırı gerilimler normal işletme koşullarının ani olarak değişmesiyle meydana gelir. Kısa devre akımlarının engellenmesi, elektrik tesislerinde boşta çalışan iletim hattı veya transformatör gibi şebeke elemanlarının devreye alınıp devreden çıkarılması, yükün ani olarak artması ya da azalması gibi benzer devre değişimleri iç gerilim düzeyinin yükselmesine neden olan faktörlerdir. İç aşırı gerilim manevra gerilimi olarak da bilinmekte olup, meydana gelmesi durumunda gerilim değeri normal işletme değerinin üç katına kadar çıkabilir. Bu aşırı

gerilim, faz-toprak kısa devresi, dağıtım hatlarında sigorta atması ya da hat kopması gibi arıza durumlarında da meydana gelir. Aşırı gerilim frekansı da normal değerinin üstüne çıkar ve gerilim yükselmesi milisaniyeler mertebesinde sürer.

İç aşırı gerilimler yüksek gerilim izolatörleri, trafolar ve kesiciler gibi şebeke elemanlarının yalıtkanlığı için tehlike oluşturur. Örneğin tam yükte çalışan generatörün yüksek gerilim tarafındaki kesicinin açılması neticesinde kesicinin kontakları arasında aşırı potansiyel yükselmesi görülür. Yüksüz çalışan trafonun besleme akımının kesilmesi iç aşırı gerilime neden olur. İç gerilimin normal çalışma gerilimine oranı ise iç aşırı gerilim oranının verir ve bu oran iç gerilimin ne kadar yükseldiği hususunun sayısal olarak değerlendirilmesini sağlar. Aşırı gerilimler sonucunda bu oran 3 ile 4,5 arasında değişen değerlere sahip olabilir.

2.2.2. Dış Aşırı Gerilimler

Dış aşırı gerilimler, atmosferik olaylar ve güç sistemine yıldırım düşmesi veya sistem dışında başka bir noktaya yıldırım düşmesi sonucu oluşan gerilim yükselmeleridir. İç gerilimde olduğu gibi gerilim normal işletme değerinin üstüne çıkar. İç aşırı gerilim yükselmelerinde aletlerin izolasyonları bu gerilim yükselmelerine dayanacak şekilde üretilirler. Fakat dış aşırı gerilimlere karşı cihazların korunması için, uygun topraklama sistemi, parafudr ve eklatörler kullanılmaktadır. Topraklama iletkeninin kesiti çıplak olmalı, herhangi bir yıldırım düşmesi durumunda kısa devre akımını taşıyacak ve 3000ºC sıcaklığa dayanacak düzeyde olmalıdır.



Şekil 2.1: İşletme gerilimi ve aşırı gerilimlerin zamana bağlı değişimlerinin şematik gösterimi.

2.3. BAKIM

Elektrik tesislerinde bakım, güç sistemi koruma ve işletme elemanlarında olabilecek arızaları önlemek maksadı ile enerji kalitesinin ve sürekliliğinin sağlanmasına yönelik yapılan çalışmalar olarak tanımlanır. Elektrik tesislerinde çeşitli bakım şekilleri vardır. Bunlar aşağıdaki sıralanabilir:

- Periyodik Bakımlar
- Ana Bakımlar
- Kestirimci Bakım
- Arıza Bakımı
- Yenileştirme ve Değiştirme

2.3.1. Periyodik Bakımlar

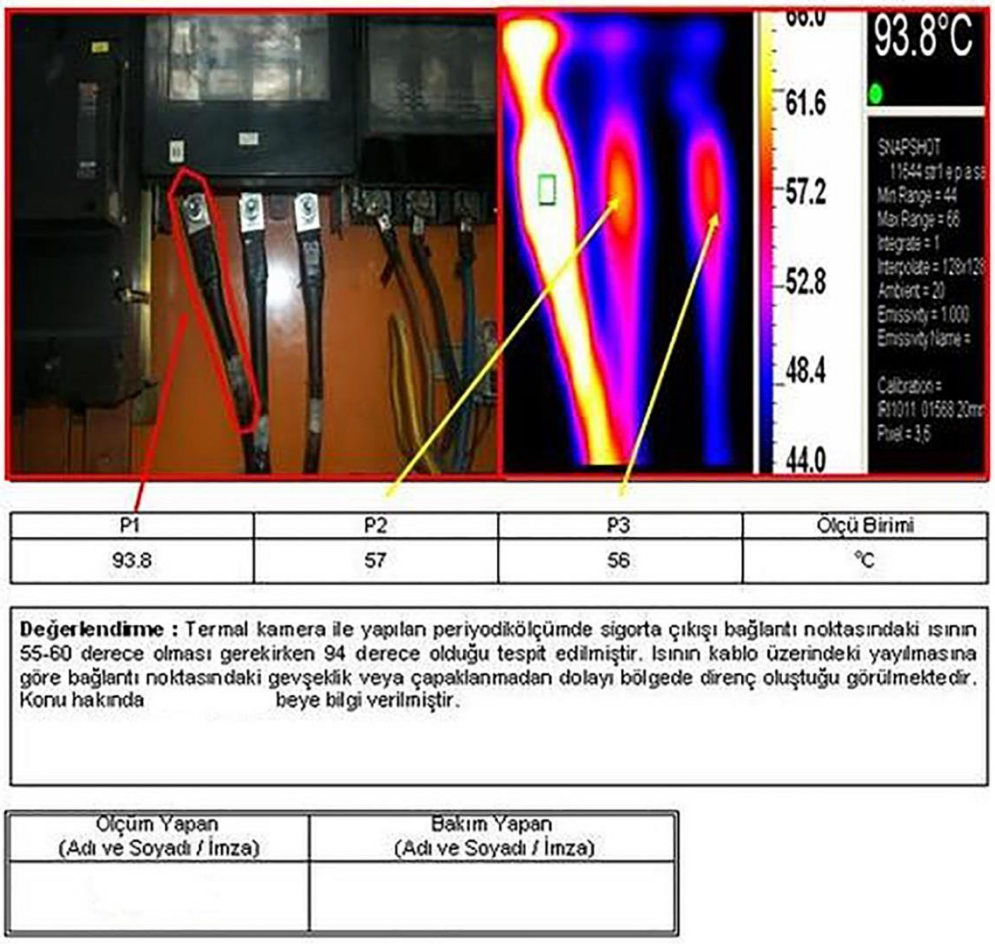
Elektrik tesislerinde ekipmanların gücü ve çalışma koşulları göz önünde bulundurularak altı aylık veya bir yıllık periyotlar ile yapılan bakım çalışmalarıdır.

2.3.2. Ana bakımlar

Güç sistemi ekipmanlarında imalatçı firmanın tavsiyeleri ve uluslararası standartlar göz önünde bulundurularak yapılan bakımlardır. Örneğin büyük güçlü trafolarda 10-15 yılda bir bakım yapılır. Büyük güçlü motorlar, baralar, kesiciler, ayırıcılar, enerji kabloları ve büyük güçlü şalterlerde 3 ve 5 senede bir yapılan bakımlardır.

2.3.3. Kestirimci Bakım

Elektrik şebekesinde işletme koşulları ve ekipmanların günlük ve saatlik kontrollerinde tespit edilen olumsuz değişikliklere yönelik arıza oluşmadan alınan tedbirler ve iyileştirmeler kestirimci bakım olarak tanımlanır. Örneğin bir fabrikada çalışan elektrik makinelerinden gelen rahatsız edici ses, vibrasyon veya gevşemeler muhtemel bir arızanın habercisidir. Bunun yanında güç sistemi elemanlarında termal kamera ile yapılan kontrollerde normalin değerlerin üzerinde görülen sıcaklık artışı da arıza olma ihtimalinin arttığı durumlardır. Anlatılan bu gibi durumlarda arıza olma durumu kestirilerek arıza olmadan ve herhangi bir mali kayba mahal vermeyecek şekilde uygun zamanda gerekli bakım yapılır. Sonuç olarak kestirimci bakım elektrik tesislerinde önemli olup, bu sayede sistem büyük zaman ve maliyet kayıplarından korunmuş olur. Aşağıda Şekil 2.2'de gösterildiği üzere termal kamera ile yapılan ölçüm neticesinde fazların birinde normalin üzerinde bir sıcaklık artışı tespit edilmiş ve gerekli tedbirler almak üzere raporlanmıştır.



P1	P2	P3	Ölçü Birimi
93.8	57	56	°C

Değerlendirme : Termal kamera ile yapılan periyodikölçümde sigorta çıkışı bağlantı noktasındaki ısının 55-60 derece olması gerekirken 94 derece olduğu tespit edilmiştir. Isının kablo üzerindeki yayılmasına göre bağlantı noktasındaki gevşeklik veya çapaklanmadan dolayı bölgede direnç oluştuğu görülmektedir. Konu hakında beye bilgi verilmiştir.

Ölçüm Yapan (Adı ve Soyadı / İmza)	Bakım Yapan (Adı ve Soyadı / İmza)

Şekil 2.2: Termal kamera ile yapılan kestirimci bakım çalışmasına ait rapor.

2.3.4. Arıza Bakımı

Arıza bakımı, güç sisteminde bakım ve iyileştirme çalışmalarından bağımsız olarak meydana gelen arızalar için yapılan bakımlardır. Bu tip arızalara sebep olan faktörler aşağıdaki gibidir:

- Yalıtım Hataları (%75)
- Malzeme kaynaklı hatalar (%5)
- Canlılardan kaynaklanan arızalar (%5)
- Doğal felaketler sebebiyle oluşan arızalar (%5)
- İşletme hataları (%10)

Yalıtım hataları, arızalara sebep olan faktörler arasında %75'lik bir paya sahiptir. En çok meydana gelen hata durumları olarak nitelenebilir. Yalıtım hatalarına; gerilime uygun

malzeme seçilmemesi, bağlantı yanlışlıkları, toz, nem, su, aşırı gerilimler ve aşırı akımlar neden olur.

2.3.5. Yenileştirme ve Değiştirme Bakımı

Elektrik işletmelerinde makine ve sisteme gerekli periyodik bakımların ve onarımların yapılmasına rağmen ekipmanlarda sık sık arızanın devam etmesi, bakım maliyetlerinin artması ve verimliliğinin azalması üzerine arızalı ekipmanların yenisi ile değiştirilerek yeni sistem parçaları üzerinde yapılan bakımlardır. Bir bölgede olumsuz ve ağır hava koşullarından dolayı sık sık arıza yapan havai enerji hatlarının, kayıpların artması üzerine ilgili hatların yeraltına alınması ile uzun vadede maliyet ve zaman açısından tasarruf edilerek yapılan bakım çalışmaları bu bakım tipine örnek olarak gösterilebilir.

2.4. ELEKTRİK TESİSLERİNDE ONARIM TEKNİKLERİ

2.4.1. Havai Hat Arızaları Giderme

Havai hat arızalarının giderilmesi için kullanılan malzemeler emniyet kemeri, merdiven, hat tüfeği, lastik eldiven, topraklama ıstakaları, hat rodarı, kablo arıza test cihazı ve hat ıstakalarıdır. Havai hatlarda, arıza tespiti yapıldıktan sonra arıza giderme işlemi aşağıdaki adımlar ile yapılır:

- Zedelenmiş iletken kısmı yuğun cihazlar ile bulunur
- İletkene uygun ek manşon ayarlanır
- Enerji kesilir
- Enerji kesikliği kontrolü yapılır
- Kısmi topraklama yapılır
- İletkene halat bağlanır
- İzolatör bağları sökülür
- Hat halat yardımıyla yere alınır
- Zedelenmiş yer onarılır

- Hat tekrar bağlanır, topraklama kaldırılır ve hatta enerji verilir.

Havai hat enerji nakil hatlarında konsol kırılması ve direk yıkılması gibi arızalarda faz telleri birbirine veya toprağa temas etmez ise koruma röleleri çalışmayacağı için arıza meydana geldiği anda tespit edilemeyecektir. Güç kontrol sisteminde röle tarafından bilgi alınamayacağı için hat arızasızmış gibi görünecektir. Bu tip arızalar genellikle bölgedeki halk tarafından yetkili kişilere haber verilmesi ile ya da periyodik kontrollerde ortaya çıkarılmaktadır. Havai hatlarda iş güvenliği kapsamında gerekli önlemler alınarak ve kontroller yapılarak arıza onarımı gerçekleştirilmelidir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Havai hat bakım ve onarım çalışması.

2.4.2. Yer Altı Kablolarında Arızaları Giderme

Yer altı enerji hatlarında genellikle hattın kopması veya patlaması şeklinde arızalar meydana gelmektedir. Bu tip arızalar elektronik bir cihazla arıza yerinin tespit edilmesi sonrasında kopan ve patlayan kablo bölümüne ek yapılmasıyla onarılır (Şekil 2.4). Söz konusu arızayı onarmak için kablo kesme ve soyma aletleri ve iş güvenliği araçları kullanılmaktadır. Harici tip kablo başlıklarının takılmasında da ek olarak OG üç damarlı ve tek damarlı harici kablo montaj seti kullanılmaktadır. Arıza gidermede aşağıdaki adımlar takip edilir:

- İş güvenliği kapsamında gerekli tedbirler alınmalı ve kontroller yapılmalıdır
- Yer altı kablosunda ek yapılacak kısım belirlenir

- Ek mufları kablo başlığı ile birleştirilir
- Sonra kablo hunisi vasıtasıyla ek muf kutusunda birleştirilen kablo ekinin üzerine reçine dökülerek kutunun içi doldurulur malzemenin sertleşmesi sağlanır.
- Kutu kapatıldıktan sonra yer altı hattı kullanıma hazır hale gelir.
- Onarım işleminden sonra ayırıcı ve kesiciler devreye alınarak hatta enerji verilir.



Şekil 2.4: Yer altı kablo arıza onarma işlemi.

2.4.3. Trafo Arızalarını Onarma

Sargı ve trafo soğutma sistemi arızaları trafoda meydana gelebilen arıza türleridir. Trafo arızalarının onarımında en önemli hususlardan bir tanesi yağ değişimidir. Trafo yağı trafo soğutmasını sağlayarak trafonun aşırı bir şekilde ısınmasını engeller ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. Zamanla trafo yağının değiştirilmesi gerekebilir. Eğer yağ değiştirilmez ise çeşitli arızalar meydana gelir. Bununla beraber trafoda oluşan kısa devre akımları yüksek elektromanyetik kuvvetler meydana getirerek trafoda mekanik açıdan bozulmalara neden olur. Trafo arızalarını onarmada aşağıdaki işlemler uygulanır:

- Enerji kesilir ve kısmi topraklamalar yapılır.
- Trafo yağından numune alınarak yağ değişimi yapılıp yapılmayacağına karar verilir.
- Vakum ile eski yağ çıkışı sağlanır ve trafoya yeni yağ koyulur.

- Yağ seviyesi kontrol edilir, topraklamalar kaldırılır, kesici kapatılır ve trafo devreye alınır.

Trafo arızalarını onarırken trafo yakınlarında enerjili alet bulunmamasına ve statik elektriklenmelere karşı topraklama yapılmasına dikkat edilmelidir.

2.4.4. Koruma Sistemi Arızalarını Giderme

Röleler ve parafudr, kesici, ayırıcı vs. elemanlardan oluşan sistem elektrik koruma sistemi olarak adlandırılmaktadır. Günümüzde röleler elektronik yapıda olduğundan her türlü rölenin röle test cihazıyla arızalarının ve çalışma açısından ne durumda olduğunun kontrol edilme imkanı vardır. Çünkü bu cihazlar bilgisayarlara bağlanabilmekte ve yardımcı yazılım vasıtasıyla rölede meydana gelen olumsuz durumlara ilişkin bilgi çıktısı sağlanabilmektedir. Rölelerde genelde ya elektronik kartlarında arıza meydana gelir ya da elektrik bağlantılarında gevşeme şeklinde bozulmalar olur. Elektronik kartın tamiri mümkünse yapılır; verimsiz olacak ise yenisi ile değiştirilir. Eğer sorun yine çözülmez ise röle tamamen değiştirilir. Vida gevşemesi ve kablo kopukları ise çalışan yetkili kişiler tarafından tamir edilerek sorun giderilir. Arıza giderilirken enerji kesilmeli ve iş güvenliği kurallarına dikkat edilmelidir.

Diğer bir güç koruma elemanı olan parafudrların arızalarının giderilmesi için genellikle tamir edilmesi yerine en sağlıklı olanı yenisi ile değiştirilmesidir. Parafudrlar tarafından üzerlerine gelen aşırı gerilimler toprağa akıtılarak sistem korunur. Parafudrlarda kırılma ve patlama şeklinde arızalar meydana gelir. Parafudrlar tamir edilirken meger ölçüm cihazı ile izolasyon dirençlerine bakılmalı ve çok düşük olanlar yenisi ile değiştirilmelidir. Parafudr yenilenirken;

- Enerji kesilir ve enerji kesikliği kontrol edilir
- Yerel topraklamalar yapılır
- Eski parafudr yerinden sökülerek yenisi yerine monte edilir
- Topraklama direnci ölçülür ve olması gereken değerde değilse levha eklemesi yapılır
- Topraklamalar kaldırılarak enerji verilir

Sigortalar kısa devre ve aşırı yüklenmelerde devreyi açarak koruma sağlayan devre elamanıdır. Sigortalarda da çeşitli sebeplerle bozulmalar olur. Sigortalardaki arızaları gidermek için sırasıyla enerji kesilir, enerji kesikliği kontrol edilir, mahalli topraklama yapılır

ve sigorta yenisi ile değiştirilir. Daha sonra topraklama kaldırılır, ayırıcı kapatılır ve gerekli kontrollerden sonra hatta enerji verilir. Her onarma işleminde olduğu gibi iş güvenliği kurallarına uyulur ve gerekli aletler iş esnasında hazır bulundurulur. Aşağıdaki Şekil 2.5'de parafudr takılmasına ilişkin çalışma gösterilmektedir.



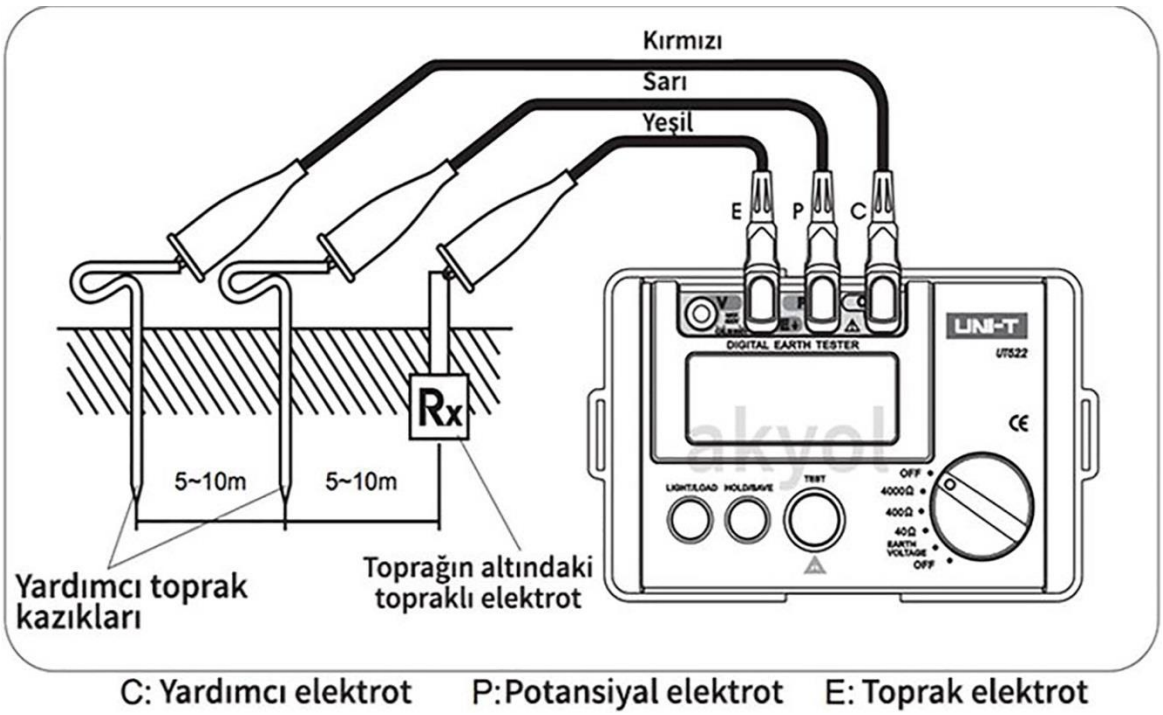
Şekil 2.5: Parafudr takılması.

Topraklama sistemleri, işletmede yıldız noktası ile toprak veya gerilim altında olmayan kısım ile toprak arasında iletken bağlantısı yapılarak sistemde meydana gelebilecek mal ve can kayıplarının önüne geçilmesi amacıyla yapılır. Topraklama sistemleri de koruma sistemlerine dahildir. Kaçak akım, aşırı akım veya aşırı gerilim durumlarına karşı sistem ve canlılar korunur. Topraklama sistemlerinde de çeşitli sebeplerden dolayı arızalar meydana gelir. Toprak iletkeninin ya da bağlantısının kesilmesi, toprak elektrotunun ve zeminin kendine ait özelliklerini yitirmesi bunlardan bazılarıdır. Topraklama iletken bağlantısı kopması durumunda topraklama işlevi gerçekleşmez. Toprağın veya toprak elektrotunun özelliğini yitirmesi durumunda ise topraklama direnci yükselerek koruma işlevinin geç gerçekleşmesine neden olabilir ki bu durum arızalı fazın sigortası devreyi kesene kadar geçen süre zarfında cihazların veya canlıların zarar görmesine neden olur. İletkenlerin birbirine ve toprağa göre yalıtkanlık dirençleri vardır. Meger adı verilen cihaz ile sistemin yalıtkanlık ve topraklama dirençleri ölçülerek arıza olup olmadığının tespiti yapılabilir. Topraklama arızaları tamir edilirken aşağıdaki işlemler uygulanır:

- Sistemde ilgili yerin meger cihazıyla topraklama direnci ölçümü yapılır (Şekil 2.6)

- Topraklama direnci istenilen değerde çıkar ise topraklamada olumsuz bir durum yok demektir

- Topraklama direnci istenilen değerde çıkmaz ise topraklama bağlantısı uzatılarak toprak direncinin istenilen değerde çıkacağı uygun zemin bulunur ve topraklama buraya yapılır



Şekil 2.6: Toprak megeri cihazı ve topraklama direnci ölçümü.

Koruma ve işletme topraklama direnç değerleri aşağıdaki olmalıdır:

- İşletme topraklaması $R_B < 2$ ohm

- Koruma topraklaması R_A (koruma düzeneğine göre)

- Dengeli şebekeler için $R_A < 2$ ohm

- Trafo merkezi ve direklerde $R_A < 4$ ohm

- Birleşik AG ve YG bağlama tesisleri için $R_A < 1$ ohm

- Parafudr için RA < 5 ohm

Topraklama arızalarını giderirken topraklama için kullanılacak ekipmanlar hazır olmalı ve tamir çalışmaları iş güvenliği kurallarına uygun bir şekilde alanında yetkin kişiler tarafından yapılmalıdır.

2.4.5. Kumanda Elemanları ve Pano Arızalarını Giderme

Ayırıcılar sistemde kendisinden sonraki kısmı gerilimsiz bırakan güç sistemi kumanda elemanlarından bir tanesidir. Ayırıcılarda çeşitli zamanla çeşitli arızalar meydana gelir. Kontakların oksitlenmesi, kilitleme tertibatı arızaları, mekanik bağlantılarda gevşemeler ve kontakların kötü temasına bağlı olarak geçiş direncinin artması (Tablo 2.2) bu arızalardan birkaçıdır.

Tablo 2.2: Ayırıcı kontaklarına ait temas dirençleri.

	İYİ TEMAS	KÖTÜ TEMAS
Kontak direnci	0,1 Ω	1 Ω
Geçen akım	400 A	400 A
Süre	1 sn	1 sn
Kaybolan ısı	3840 cal	38400 cal

Gözle veya ölçü aletleri ile tespit edilebilen ayırıcı arızaları onarımında iş güvenliği kuralları çerçevesinde kesici açılarak enerji kesilir ve mahalli topraklama yapılır. Enerji kesikliği kontrol edilir, arızalı kısım tamir edilir ve kontaklara vazelin sürülür. Ayırıcının çalışması boşta iki defa denendikten sonra topraklama kaldırılır. Sonrasında sırasıyla ayırıcı ve kesici kapatılarak hat devreye alınır.

Kesiciler hat devrede iken akımı gerekli olması halinde akımı kesen devre elemanıdır. Yani yükün devreden çıkmasını sağlanarak yük ve sistem korunur. Kesicilerde meydana gelen arızalar mekanik veya elektriksel olabilir. Örneğin, kesici açma kapamada sorun olabilir veya kesici yağının işlevinin kaybolması ile izolasyon ve ark söndürme gibi görevler yerine getirilmiyor olabilir. Arızanın tespit edilip onarılma veya değişim yapılıp yapılmayacağına karar verilir. Kesicilerde arızaları onarırken sırasıyla kesici ve ayırıcı açılır. Topraklama

ayırıcısı kapatılır ve yerel topraklama yapılır. Arızalı parça tespit edilir ve değiştirilir veya gerekli olması durumunda kesici yenilenir. Kesici yağına bakılır, yağ seviyesi eksikse eklenir veya bozulmuş ise yenisi ile değiştirilir. Sırasıyla ayırıcı ve kesici kapatılır. Topraklamalar kaldırılarak sisteme enerji verilir.

Elektrik güç sisteminde, ölçüm, kompanzasyon, AG dağıtm panoları ve OG modüler hücrelerinde meydana gelen arızalarda genel olarak arıza onarımı yapılırken öncelikle uygun cihazlar ve göz kontrolü ile arızanın tespiti yapılır. Arızalı kısma ait devre kesicisi açılır ve gerekli ise ana şalter de açılır. Arızalı nokta tamir edilir ve ana şalter kapatılır. Sonrasında devre kesiciler gücüne göre düşükten yükseğe doğru kapatılır. Sistem denenerek ilgili panonun çalışmasında olumsuz bir durum yoksa pano kapatılır.

2.5. GÜÇ KORUMA SİSTEMLERİ

Yüksek enerji hatlarında koruma elamanlarından oluşan sisteme elektrik güç koruma sistemi denir. Bu koruma elemanları tarafından sistem aşırı gerilim ve aşırı akımlara karşı korunarak sistemin güvenliği sağlanır. Bu elemanlar aşağıdaki gibidir:

- Parafudrlar
- Sigortalar
- Paratonerler
- Koruma Röleleri

2.5.1. Sigortalar

Elektrik güç sisteminde geçen akım belli bir değerin üstüne çıktığında devreyi kesen koruma elemanına sigorta denir. Sigortalar devreye seri olarak bağlanır ve farklı gerilim düzeylerinde çalışan sistemler için çekilen akımlar göz önünde bulundurularak standart değerlerde imal edilirler (Tablo 2.3). Örneğin 10 A'lik B tipi bir sigorta, devreden beyan akımının 1,45 katı büyüklükte sürekli bir yük akımı geçtiğinde (14,5 A) devreyi keser. Sigortalar söz konusu işleviyle sistemi oluşabilecek yanma, arızalar ve elektriği kaçağı halinde insanları elektrik çarpmasına karşı korur. Yapılarına göre üç çeşit sigorta vardır:

- **Telleri eriyen sigorta:** Devreden aşırı akım geçmesi halinde iletken tel ısınır ve kopar. Böylelikle elektrik geçişi engellenmiş olur. Fakat eriyen telden dolayı sigortaya yeni bir tel takılması gereklidir.

- **Manyetik Sigortalar:** Bu tip sigortalar elektromıknatıslanma ilkesine göre devreyi açarlar. Devrede kaçak veya aşırı akım oluştuğunda bobin mıknatıslanır ve meydana gelen elektromanyetik kuvvet kontakları çeker ve iletim kesilir.

- **Metal Çiftli Sigortalar:** Genleşme katsayısı farklı iki metalin birleşimini içeren bu sigorta tipinde devreden aşırı akım geçtiğinde genleşme katsayısı büyük olan küçük olanı kendine çekecek ve metal çiftinin eğilmesi ile kontaklar birbirinden ayrılarak elektrik iletimi kesilecektir.

Kulanım alanlarına göre elektrik sigorta çeşitleri aşağıdaki sıralanabilir:

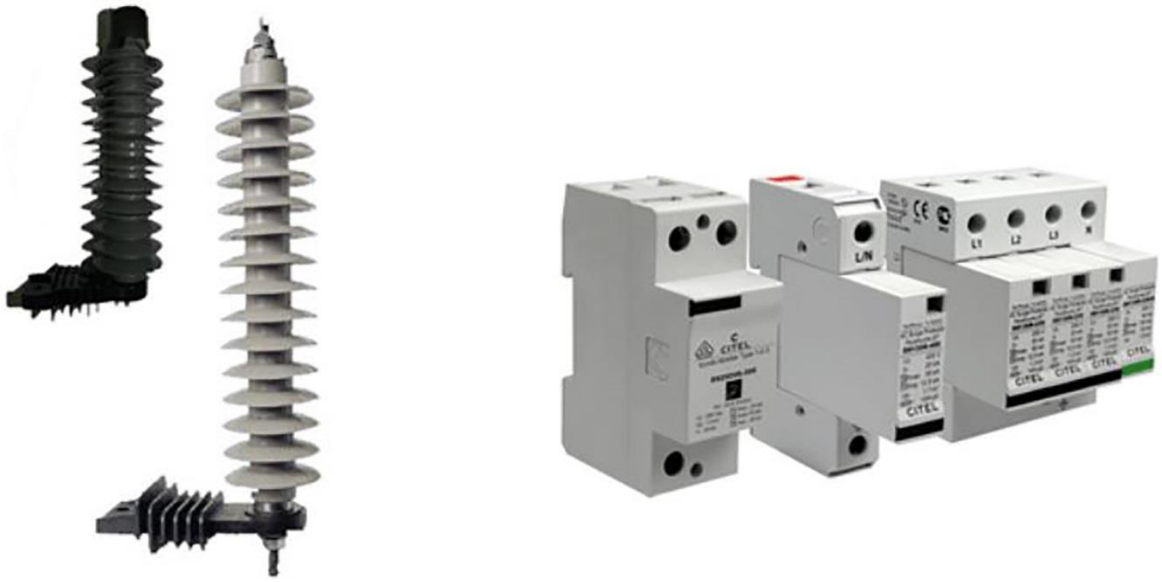
- Yüksek Gerilim Sigortaları
- Otomatik Sigorta
- Buşon Sigorta
- Bıçaklı Sigorta
- Cam Sigorta

Tablo 2.3: Dağıtım trafoları için YG sigorta seçim değerleri.

Nominal gerilim Un(prm): 10/12 kV.					Nominal gerilim Un(prm): 15/17,5 kV.				Nominal gerilim Un(prm): 30/36 kV.			
Trafo nominal gücü (kVA)	Trafo nominal akım		Y.G. Sigorta nominal akımı		Trafo nominal akımı		Y.G. Sigorta nominal akımı		Trafo nominal akım		Y.G. Sigorta nominal akımı	
	prm.(A)	sek.(A)	min.(A)	max.(A)	prm.(A)	sek.(A)	min.(A)	max.(A)	prm.(A)	sek.(A)	min.(A)	max.(A)
25	1,45	36	4	6	0,95	36	4	6	0,5	36	2	6
50	2,9	72	6	16	1,9	72	6	10	1	72	4	6
75	4,3	108	10	16	3	108	10	10	1,5	108	6	6
100	5,8	144	16	25	4	144	10	16	1,9	144	6	6
125	7,2	180	16	25	4,8	180	16	20	2,4	180	6	10
160	9,2	231	20	30	6,1	231	16	25	3,1	231	10	16
200	11,5	290	25	30	7,7	290	20	25	3,8	290	10	16
250	14,4	360	30	50	9,6	360	25	30	4,8	360	16	20
315	18,2	455	40	63	12,1	455	25	30	6,1	455	16	25
400	23,1	576	50	80	15,3	576	25	40	7,7	576	16	25
500	28,9	720	63	100	19,7	720	30	50	9,6	720	25	30
630	36,4	910	80	125	24,9	910	40	63	12,1	910	30	40
800	46,2	1160	100	125	30,8	1160	63	80	15,4	1160	40	50
1000	57,7	1440	125	160	38,6	1440	80	100	19,2	1440	40	50
1250	-	-	-	-	48,1	1800	100	100	24	1800	50	63
1600	-	-	-	-	61,6	2304	125	125	30,7	2304	63	80
2000	-	-	-	-	77	2880	160	160	38,5	2880	100	100

2.5.2. Parafudrlar

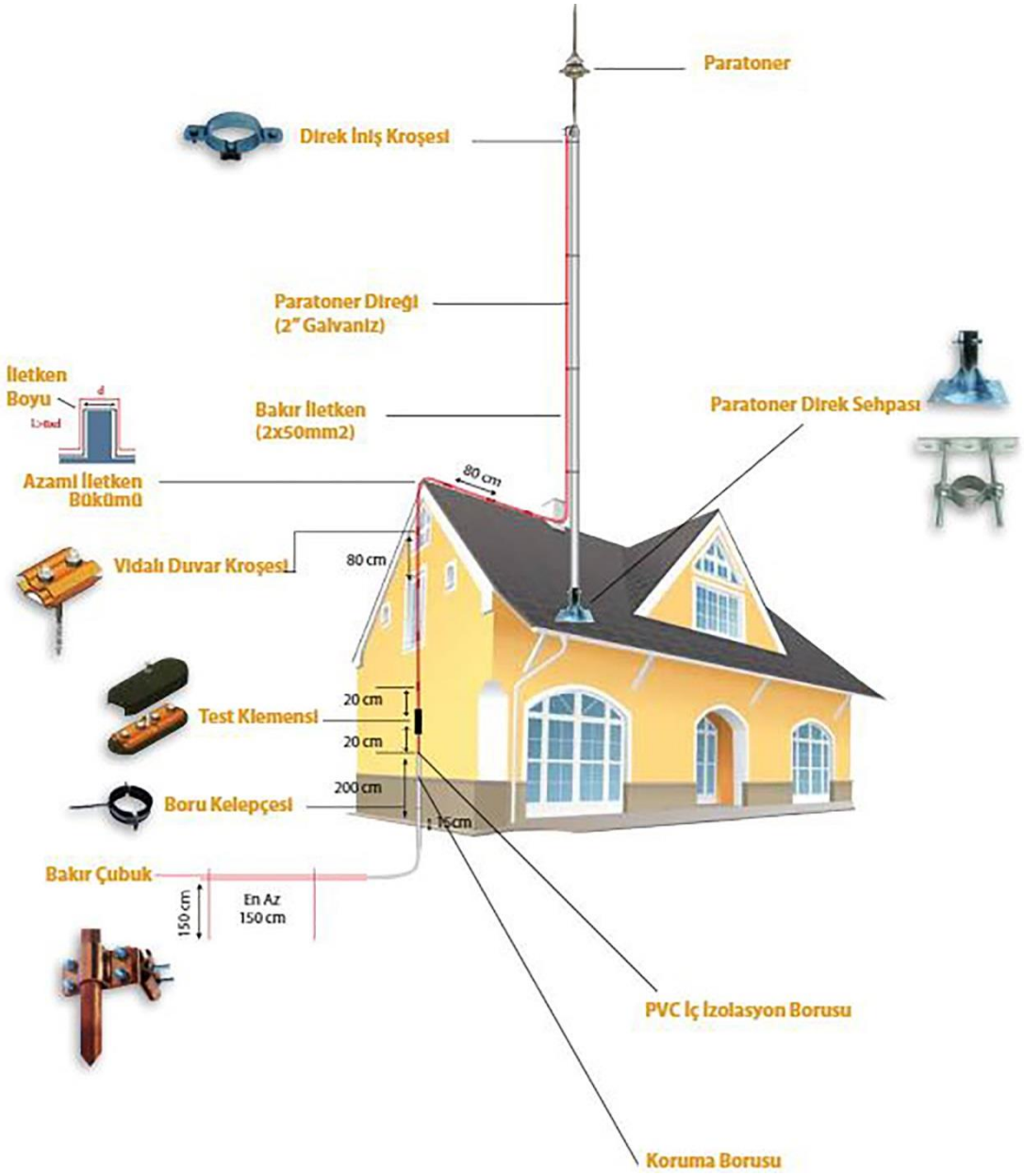
Parafudr, yüksek gerilim koruma elamanıdır. Yüksek gerilim iletkeni ile toprak arasında bağlı olup, üzerine gelen aşırı gerilimleri toprağa akıtır. Parafudrlar normalde yalıtkandır, fakat aşırı gerilim darbesi olduğu zaman iletime geçerek bu gerilimi toprağa aktarır. Parafudrlar sistemde hem dış hem de iç aşırı gerilime karşı koruma sağlarlar. Aşağıda direk ve pano tipi olmak üzere iki çeşit parafudr gösterilmiştir (Şekil 2.7).



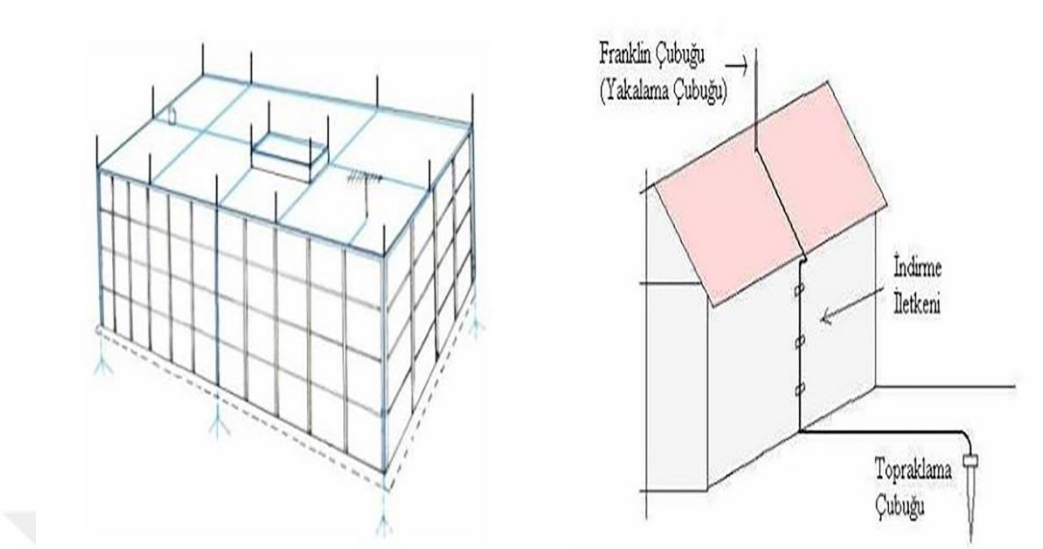
Şekil 2.7: Direk ve pano tipi parafudrlar.

2.5.3. Paratonerler, Faraday kafesi ve Franklin Çubuğu

Paratoner, faraday kafesi ve franklin çubuğu dış yıldırımlık koruma sistemleridir (Şekil 2.8 ve 2.9). Paratoner yıldırım nedeniyle oluşan aşırı gerilim deşarjlarını toprağa ileten koruma elemanıdır. Faraday kafesi bir binanın iletken kesiksiz tellerle yatay ve düşey olarak paket gibi sarılması ile elde edilir. Franklin çubuğu yönteminde ise konulacak yerin en yüksek noktasına sivri bir çubuk yerleştirilir ve bu çubuğun yıldırımı yakalaması sağlanarak aşırı gerilim darbesi toprağa iletilir. Franklin çubuğu topraklama iletkenine bağlıdır.



Şekil 2.8: Paratoner.



Şekil 2.9: Faraday kafesi ve franklin çubuğu.

2.5.4. Röleler

Güç koruma sisteminin en önemli elamanlarından bir tanesi röledir. Bir elektriksel devrenin açılmasını ya da kapanmasını sağlayan anahtar röle olarak adlandırılır. Röleler, üzerlerinden akım geçtiğinde genellikle belirli bir gecikme süresi sonunda aktif hale gelirler ve elektromanyetik alanın etkisiyle çalışırlar. Röle çeşitleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

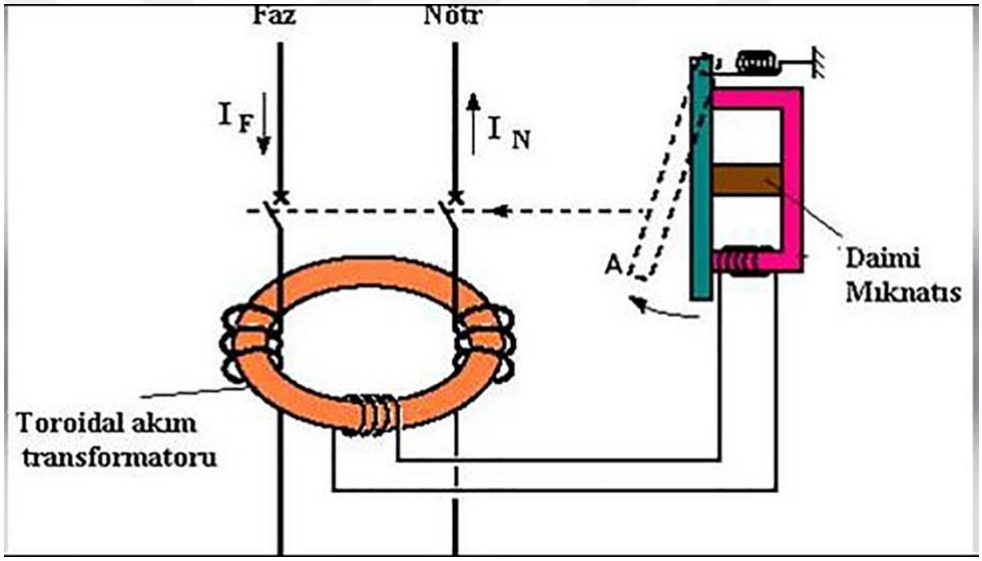
- Motor koruma rölesi
- Reaktif güç kontrol rölesi
- Kaçak akım rölesi
- Termik röleler
- Zaman röleleri
- Gerilim koruma rölesi
- Frekans koruma rölesi

Motor koruma rölesi, faz sargılarında herhangi bir hata olduğunda belirli bir gecikme sonunda motora giden enerjiyi keser ve motoru korur. Faz sargılarından birinin eksikliği, fazların

yanlış sırayla bağlanması, faz-nötr ve faz-faz gerilimlerinin belli bir oranla sapması, fazlarda yük dengesizliği gibi durumlar rölenin aktif olduğu durumlardır. Sayılan durumlar (motorun aşırı ısınması, ters çalışması vs.) sonuç olarak motora zarar verir. Röle, sistem normale döndüğünde devrede enerji akışına yol verir.

Reaktif güç kontrol rölesi, kompanzasyon yapılan tesislerde yük değişimi neticesinde kondansatörleri devreye alarak veya çıkararak güç çarpanını düzeltir.

Kaçak akım rölesi, yalıtım hatasından kaynaklı oluşabilecek kaçak akım oluştuğu anda devreyi keserek sistemin zarar görmesini engeller. Kaçak akım rölesi, devreye giren ve çıkan akımların eşitliği ilkesi ile çalışır. Yani giren ve çıkan akımların farkı sıfırdan farklı ise manyetik alan oluşur ve röle aktif hale gelir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Kaçak akım rölesi çalışma prensibi.

Termik röleler aşırı akıma karşı koruma sağlarlar. Ortamın ısısı belirli bir değerin üstüne çıktığında termik röle devreyi keser. Sistem aşırı akımlara karşı korunur. Termik röle bu işlevini içindeki bimetal adı verilen özel bir metal çifti ile yapar.

Elektrik devresinde akım ve gerilim değerinin sınır değerinin aşıldığı zaman her zaman o an devrenin enerjisinin kesilmesi istenmez. Sistem hemen normale dönerse gereksiz yere devreyi kesmek sistem için faydalı olmaz. Bu gibi durumlarda devrelerin ayarlı bir zaman sonrasında açılmasını veya kapatılmasını sağlayan röleler zaman röleleridir. Ayrıca zaman röleleri güç sistemi akışı içerisinde elemanların ayarlanan zaman göre sırayla devreye girip çıkmalarını sağlar.

Gerilim koruma rölesi, sistem gerilimini çeşitli sebeplerden kaynaklanan olumsuzluklara karşı koruyan ve gerilimin alt ve üst limitleri ayarlanabilen röle tipidir. Bu röle ile sistemde faz eksikliği ve faz sırası korumaları yapılır. Ayrıca gerilimin belirlenen alt ve üst limitlerin dışına çıkması engellenerek gerilim değerleri normal çalışma koşullarında tutulur.

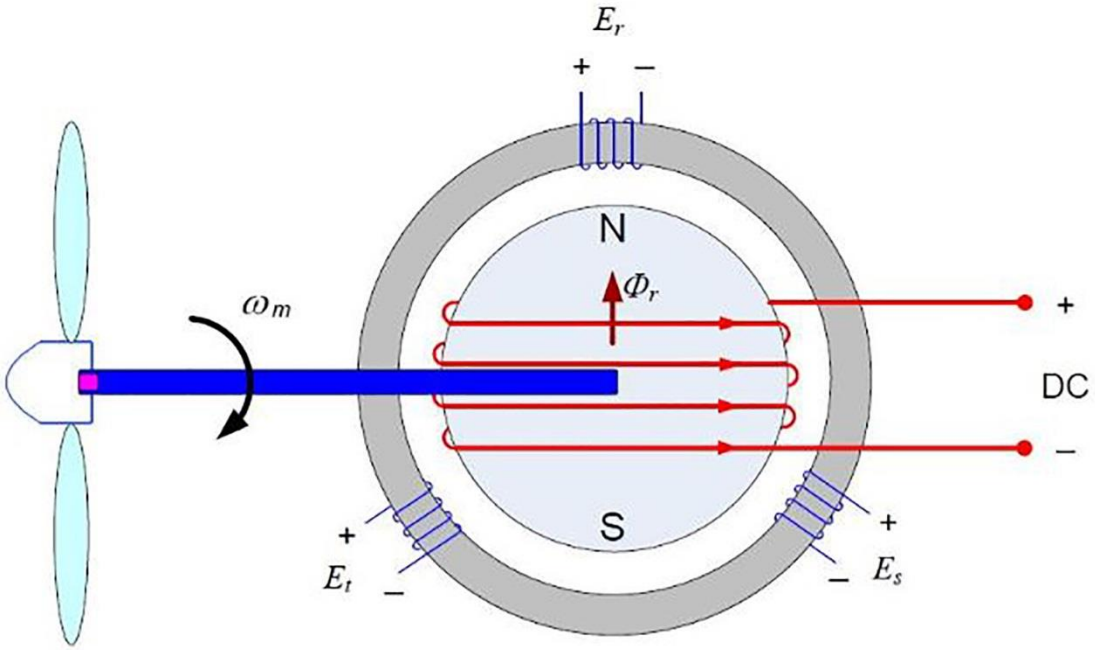
Frekans koruma rölesi ise sistem frekansının belirlenen alt ve üst limitlerin dışına çıktığında ayarlanan gecikme süresi sonunda devreyi keserek sistemi zararlı frekans değişimlerine karşı korur. Sistem ayarlanan normal frekans koşullarına geri döndüğünde röle devreyi kapatarak enerji akışına tekrar yol verir.

Güç koruma sistemi için kullanılan röleler arasında mesafe rölesi arıza tespiti için en uygun rölelerdir. Genellikle bu rölelerden bir çift röle iki terminalli iletim hattının koruması için kullanılır.

3. YÖNTEM

3.1. ELEKTRİK ÜRETİM SANTRALLERİ

Elektrik enerjisi keşfedildiği ilk zamandan itibaren günümüze kadar hayatımızın her alanında kullanılan en önemli enerji türlerinden birisi olmuştur. Teknoloji, sanayi, ticarethaneler ve konutlar vs. elektrik enerjisinin kullanıldığı temel alanlar olarak sayabilir. Elektrik enerjisi farklı özelliklere sahip santrallerde üretilir. Elektrik temel olarak; dışarıdan herhangi bir kuvvet ile tahrik edilen senkron generatörün rotorunda meydan gelen manyetik akı değişiminin generatörün stator sargılarında gerilim endüklenmesiyle üretilir. Burada rotor sargıları kutup sargılarıdır ve DC akımla beslenir. DC akım ise sabit manyetik alanı oluşturur. Rotorun tahriki ile sabit manyetik alan stator sargılarından farklı düzlemlerde geçer ve bu şekilde stator sargılarından üç fazlı alternatif elektrik enerjisi elde edilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Senkron generatör çalışma prensibi.

Tahrik edilme şekilleri elektrik üretim santrallerinin tipini belirler ve bu santraller aşağıdaki gibidir:

- Buhar Türbinleri

- Yanmalı (Gaz) Türbinler
- Su Türbinleri
- Pompalama Depolama
- Nükleer Üniteler
- Pistonlu Motorlar
- Mikro Türbinler
- Rüzgar Türbinleri
- Solar Üniteler

Elektrik enerjisi depolanamayan bir enerji türüdür. Bu sebeple ülke içindeki tüketim miktarı ve tüketim talepleri göz önünde bulundurularak elektrik üretimi yapılmalıdır.

3.2. İLETİM VE DAĞITIM ŞEBEKELERİ

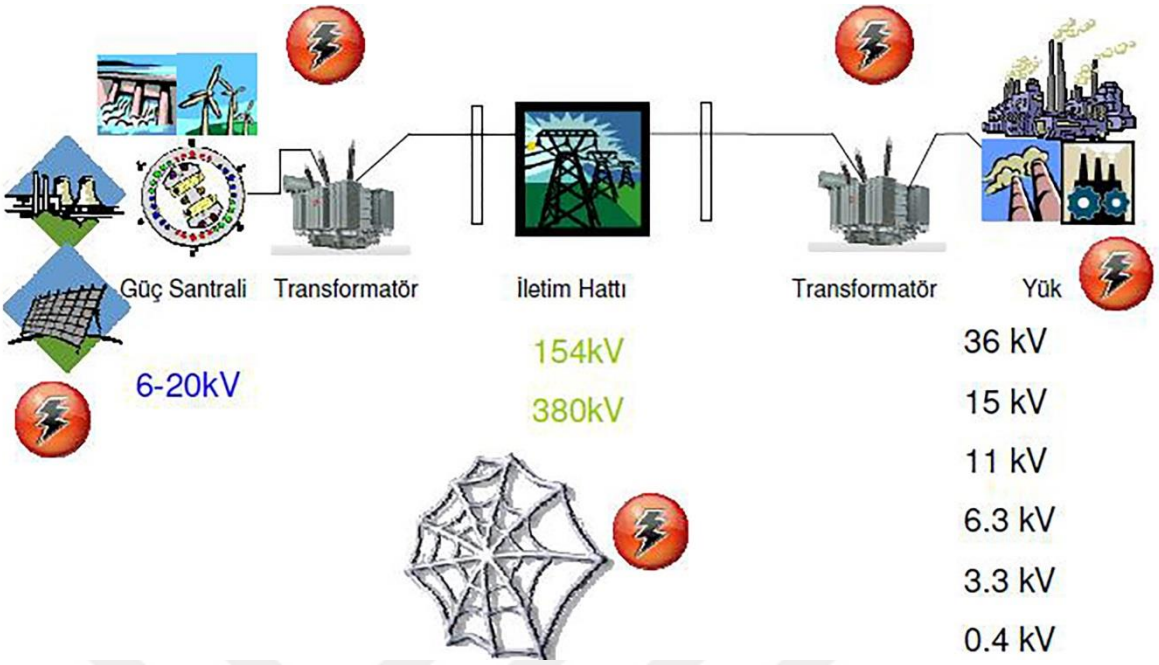
Elektrik üretim santralleri genel olarak tüketim merkezlerine uzak olarak kurulur. Elektriğin üretilmesi kadar tüketicilere iletilmesi ve dağıtılması da önemlidir. Elektrik üretim santrallerinde üretilen elektrik yüksek gerilim hatlarıyla iletilir, orta ve alçak gerilim hatları ile dağıtımı yapılır. Üretilen elektrik genellikle 10-20 kV arasındadır. Bu gerilim seviyesinde çok uzak mesafelere iletim yapılamaz. Çünkü bu gerilim seviyesinde ciddi enerji kayıpları oluşur. Bu kayıpları engellemek maksadı ile senkron generatörlerle üretilen elektrik gerilimi yükseltilerek uzak mesafelere iletimi sağlanır. Ülke içindeki uzak yerleşim birimleri arasındaki iletim enterkonnekte sistem ile sağlanır. Yüksek gerilim ile iletim sayesinde gerekli enerji hattı sayısı azalacağından hem iletim hattından hem de iletim hattı iletim için gerekli bakım masraflarından tasarruf edilir. Ayrıca enerji iletim hatlarının sayısının azalmasıyla hatların üzerinden geçeceği arazilerin sayısı da azaltılmış olur.

Elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri, hem geçeceği arazi miktarı hem de iletim ve dağıtım maliyetleri gibi etkenler göz önünde bulundurularak tesis edilirler. Enerji iletiminde genellikle havai hatlar, dağıtımında ise yeraltı kabloları tercih edilir. Havai hatlar tesis maliyetlerinin düşük olması, bakımlarının kolay olması, arızanın kolay bir şekilde tespit-tamir edilmesi ve

kısa zamanda tesis edilmeleri nedeniyle tercih edilirler. Fakat arızaya maruz kalma ihtimalleri yeraltı kabloları ile enerji dağıtımına göre çok daha fazladır. Çünkü dış etkenlerden direk etkilenirler. Yeraltı kabloları ile enerji dağıtımının tesis maliyetleri ise fazladır. Bakım masrafları yoktur, fakat arızanın tespit edilmesi ve onarılması zordur. Fakat bu hatlarda arıza olma ihtimali daha düşüktür ve güvenlidir. Ayrıca şehir içinde estetik açıdan kötü bir görüntü oluşturmazlar. Ülkemizde genellikle enerji iletim ve dağıtımında şehir içinde yeraltı kablo tesisi tercih edilirken, şehir dışında ise havai hat tesisi tercih edilmektedir.

Enerji iletim hatları elektriksel olarak enerji hattı uzunluğu, hatta ait omik direnç, endüktif ve kapasitif reaktans gibi hat sabiteleri ile değerlendirilir. Enerji iletim ve dağıtım sistemi genel olarak taşıyıcı direkler, gerilim dayanımı ve akım taşıma kapasitesine göre seçilmiş çıplak iletken veya dağıtım kabloları, koruyucu yalıtkan malzemeler ve topraklama elemanlarından oluşan sistemdir.

Elektrik enerjisi üretim santrallerinden; yükseltici, alçaltıcı ve dağıtım transformatörleri, izolatör, kesiciler, ayırıcılar, kondansatör, parafudr, iletim hatları ve topraklama elemanlarından oluşan sistemle Şekil 3.2'de gösterildiği gibi tüketicilere iletimi ve dağıtımı sağlanır. Santrallerde elektrik üretimi daha öncede belirttiğimiz üzere su, rüzgar veya kömür vs. ham enerji kaynaklarından mekanik tahrik kuvveti oluşturulmasıyla bu enerjinin generatörler ile elektrik enerjisine dönüşümü sağlandıktan sonra üretilen elektriğin gerilimi yükseltilerek enterkonnekte sistem ile çok uzak mesafelere iletilmesi ve sonrasında sanayi, işyeri ve konutlara yakındaki dağıtım merkezlerinden düşürülen gerilim ile dağıtımı yapılır. Enerji kalitesi ve sürekliliğinin sağlanması için koruma elemanları ile beraber güç akışı, Scada sistemi ile izlenilerek herhangi bir arıza durumunda gerekli tamiratlar yapılır. Scada, güç sisteminin takibini rölelerden aldığı bilgiler ile yapar. Ayrıca periyodik bakım programları ile sistemin enerji kalitesi artırılır.



Şekil 3.2: Elektrik üretim, iletim ve dağıtım sistemi.

Elektrik enerjisi iletim ve dağıtımı yapıldıktan enerji ihtiyacımıza göre üç faz (380 V) veya tek faz (220 V) olarak ev ve işyerlerinde kullanılır. Isıtma, aydınlatma, elektrik motorları en çok faydalanılan tüketim alanlarıdır. Ayrıca şehir içi aydınlatma, sinyalizasyon, raylı sistemler de elektrik enerjisinin aktif olarak kullanıldığı alanlardır.

Elektrik dağıtım şebekeleri kullanıldıkları gerilime göre dört kısma ayrılırlar:

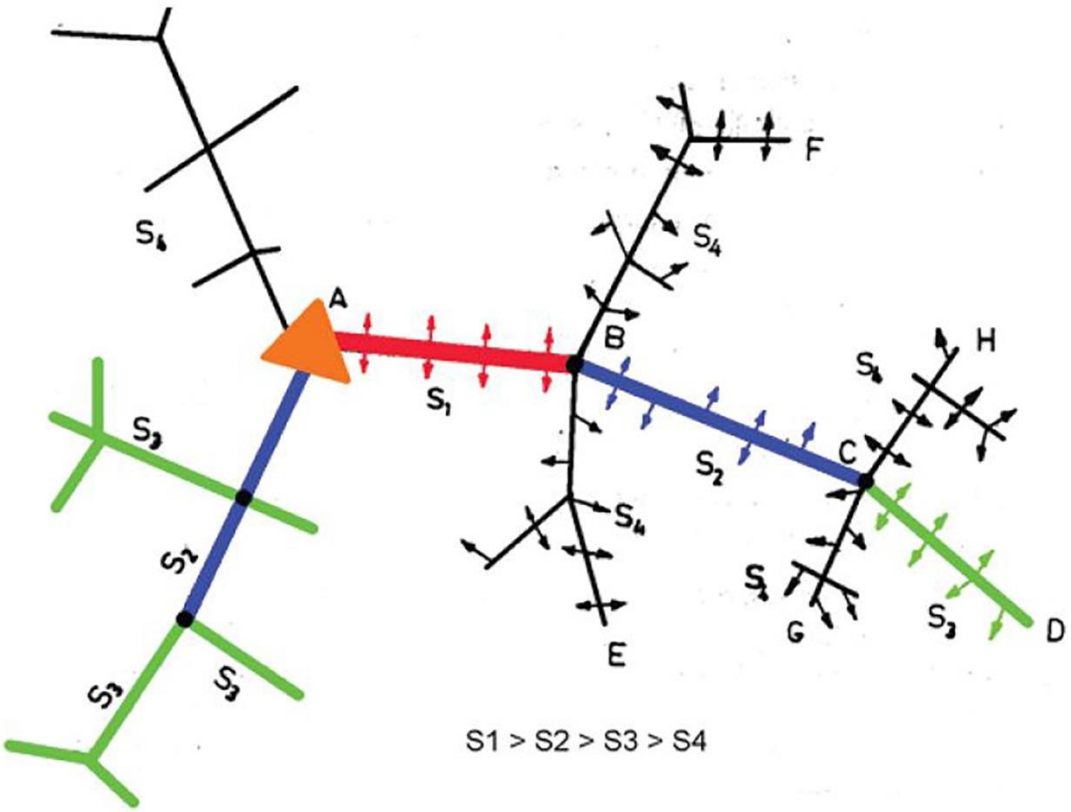
- Alçak gerilim şebekeleri (0 – 1 kV)
- Orta gerilim şebekeleri (1 – 35 kV)
- Yüksek gerilim şebekeleri (35 – 154 kV)
- Çok yüksek gerilim şebekeleri (154 kV ve üzeri)

Elektrik dağıtım sistemi, enerji iletildikten sonra dağıtım veya indirici merkezlerden sonra enerjinin tüketicilere dağıtılmasına ait sistemdir. Daha önce enerji iletiminin teknik ve mali açıdan yüksek gerilimde dağıtılmasının faydalarından bahsedilmiştir. Elektrik dağıtım sistemi ile enerjinin tüketiciye kaliteli ve ekonomik bir biçimde ulaştırılması son derece önemlidir. Bunu sağlamak için çeşitli elektrik dağıtım şebeke sistemleri geliştirilmiştir. Dağıtım şekillerine göre kullanılan şebeke sistemleri şunlardır:

- Dallı (Radyal) şebekeler
- Ring şebekeler
- Gözlü (Ağ) şebekeler
- Enterkonnekte şebekeler

3.2.1. Dallı (Radyal) Şebekeler

Genellikle tek kaynaktan yapılan ve enerjinin dağılım şekli bir ağacın dallarına benzeyen şebeke türüdür. Şehir merkezleri, köy ve kasaba beslemesinde kullanılır. Dallı şebekede trafodan çıkan hatlara ana hat, ana hatlardan sokak veya caddelere girerek dağılan hatlara yani dallara branşman hatları denir (Şekil 3.3).



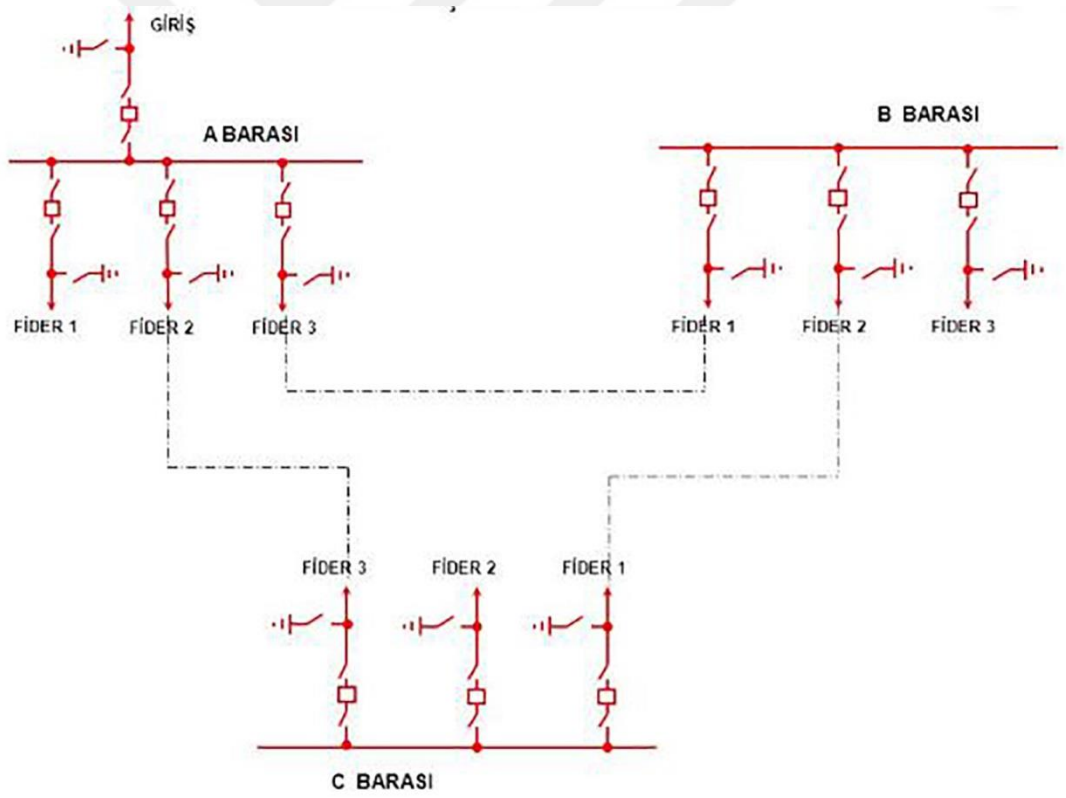
Şekil 3.3: Dallı şebeke sistemi.

Şekil 3.3'te ana hat kesitleri S1, S2, S3; branşman hat kesitleri ise S4 olarak gösterilmiştir. Dallı şebekeler bakım ve işletmelerinin kolay olması, maliyetlerinin ucuz olması gibi avantajlara sahiptirler. Ayrıca bu şebeke sisteminde oluşan arızları tamir etmek kolaydır. Fakat dal şebekelerin emniyeti azdır. Bir arıza olduğunda tek kaynaktan besleme olduğu için

çoğu enerjisiz kalabilir. Ayrıca dallı şebekeye ait her hattın aynı gerilime sahip olmaması ve trafodan uzaklaştıkça gerilimin trafoya uzak olan tüketicilere doğru düşmesi, bu şebeke sisteminin dezavantajlarındandır.

3.2.2. Ring Şebekeler

Ring şebeke sisteminde tüketiciler aynı noktadan çıkıp daha sonra bir yerde birleşen enerji dağıtım hatlarından beslenirler. Ring şebeke üzerinde birden fazla trafo olduğu için hat üzerinde herhangi bir arıza olduğunda sadece arızalı olan kısım enerjisiz kalır ve tüketiciler sistem üzerindeki diğer trafolardan beslenerek çok fazla abonenin enerjisiz kalması engellenmiş olur. Böylece enerji sürekliliği sağlanmış olur. Bu sayede tüketiciler arızanın tamir edilmesi için geçen süreyi beklemekten doğacak kayıpları yaşamazlar. Fakat, ring şebekenin tesis maliyeti yüksektir. Aşağıdaki Şekil 3.4'te ring şebeke sistemine ait şematik gösterim verilmiştir.

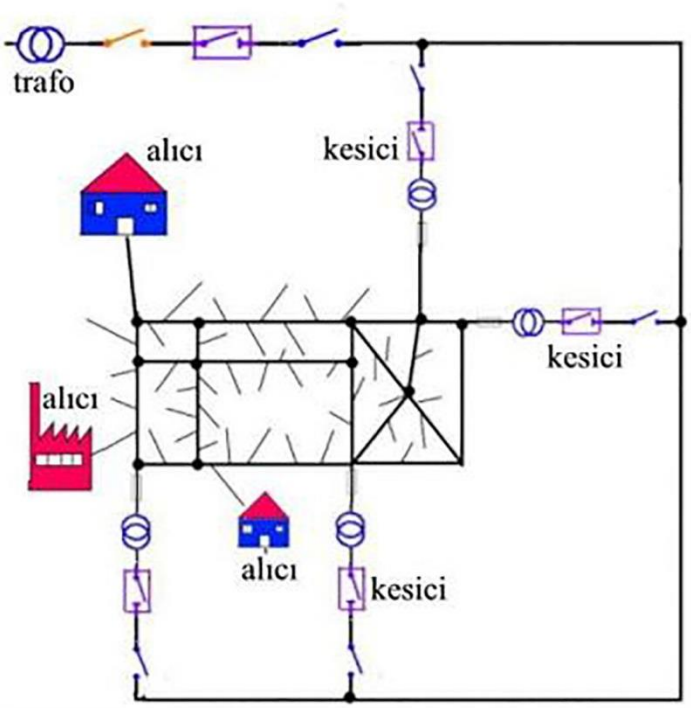


Şekil 3.4: Ring şebeke besleme sistemi.

3.2.3. Gözlü (Ağ) Şebekeler

Ağ gözlü şebeke sistemi ring şebeke sistemine benzer. Besleme birden fazla trafo ile yapılır. Dağıtım yapılan hatlar bir ağ gibi örülerek gözlerin oluşturulduğu şebeke türüdür (Şekil 3.5).

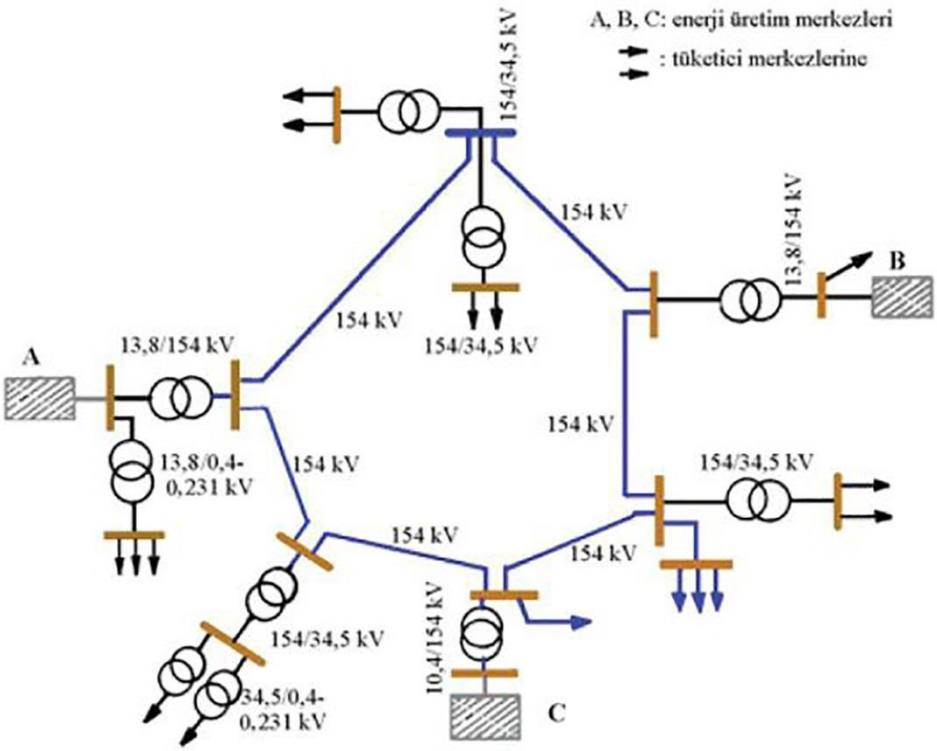
Arıza meydana geldiğinde sadece arızalı kısım enerjisiz kalır. Sisteme güçlü alıcılar bağlanabilir. İşletme ve bakımlarının zor olması ve kısa devre akımı meydana geldiği zaman etkisinin büyük olması sistemin olumsuz yönlerindendir.



Şekil 3.5: Gözlü (Ağ) şebeke sistemi.

3.2.4. Enterkonnekte Şebekeler

Bir ülke veya belirli bir bölgeye ait bütün enerji üretim ve tüketim merkezlerinin enerji iletim ve dağıtım hatlarıyla birbirine bağlı olduğu şebeke türüne enterkonnekte şebeke denir (Şekil 3.6). Enterkonnekte sisteminde herhangi bir bölge, köy ya da kasaba enerjisiz kaldığında sistemdeki diğer besleme kaynaklarından enerji tedariki sağlanır. Ayrıca bu sistemde maliyet ve zaman tasarrufu sağlanır. Bütün üretim ve tüketim merkezlerinin tek bir noktadan kontrolü sağlanır. Fakat enterkonnekte şebeke sisteminin olumsuz yönleri de vardır. Sistemde kısa devre akımı meydana geldiğinde etkisi büyük olur ve sistem kararlılığını sağlamak zorlaşır.



Şekil 3.6: Enterkonnekte şebeke sistemi.

Ülkemizde de enterkonnekte şebeke vardır. Sisteme bağlı toplam 350 elektrik santrali ve 40428,5 km uzunluğunda enerji iletim ve dağıtım hattı bulunmaktadır. Ayrıca İran, Bulgaristan gibi komşu ülkeler de sisteme dahil olup, bu ülkeler ile enerji alışverişi yapılmaktadır.

3.3. YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ VE GÜÇ KORUMA SİSTEMİNDE KULLANIMI

Bilgi veya veri olarak adlandırılan şeyler insanlık tarihi boyunca toplanmış, kaydedilmiş ve gerektiğinde kullanılmıştır. Ve nesilden nesile geliştirilerek aktarılmıştır. 1940'lı yıllardan itibaren teknolojinin hızla gelişmesi ve günümüzde çok daha hızlı bir şekilde gelişmesi veriyi çok daha önemli bir hale getirmiştir. Bugün artık çok büyük ve sayılar ile ifade edilemeyecek bir büyük veri ortamı meydana gelmiş durumdadır. Şahıs, devlet, kurumlar her türlü bilgiyi depolamakta ve kullanmaktadır. Mobilitenin artması, sosyal ağların kullanımının artması, kısaca şu aşamada yaptığımız her iş ile ilgili verilerin elektronik ortama taşınması ile birlikte hem üretilen verinin çeşitliliği hem toplanma hızı da ciddi oranlarda artmıştır. Elektronik devreler ve internet ağı sayesinde cihazların uzaktan izlenmesini ve denetlenmesini ve birbiri

arasında iletişim kurmasını sağlayan makineler arası iletişim hayatımızın her alanında varlığını göstermektedir. Bu teknolojiler sayesinde elde edilen verilerin analizi de bir gereklilik haline gelmiştir. İnternet ağı veya elektronik cihazlarla elde edilen bazı veriler değişken olabilmekte veya sabit kalabilmektedir. Aynı zamanda her geçen saniye verilerin depolandığı sisteme muazzam bir veri akışı olmaktadır. Sürecin bu şekilde işlemesi bu verilerin analizini daha da zorlaştırmaktadır. Bu nedenle büyük veri olarak adlandırdığımız bu olgunun nasıl analiz edileceği ve yönetileceği konusu günümüzün popüler konusu haline gelmiştir.

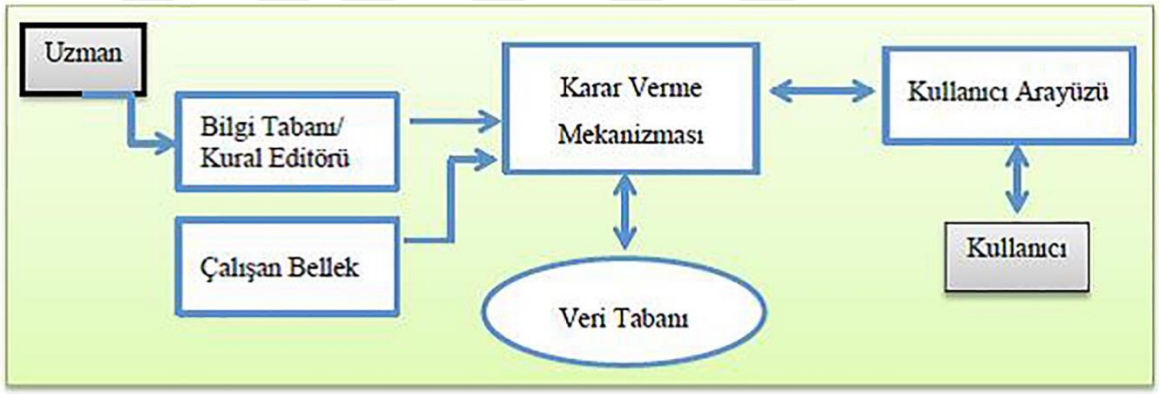
Büyük veri kısaca hacim, hız, çeşitlilik, doğrulama ve değer kavramları ile tasvir edilmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi büyük veri çok büyük hızda, hacim ve çeşitlilikte artmaktadır. Burada bizler için önemli olan bu kadar büyük bilgi deposundan işimize yarayacak verilerin ayıklanması olacaktır. Bu ayıklama ve anlamlı bilgiler çıkarma süreci ise "Büyük Veri veya Data Analizi" olarak adlandırılmaktadır.

3.3.1. Yapay Zeka

İnsan beynini veya çevremizdeki canlı varlıkların akıl veya zeka ile yaptıkları davranışlarını model olarak alan ve bunların bilgisayar ile yazılımlara aktarılarak yapay olarak elde edilmesi yapay zeka olarak tanımlanmaktadır. Nasıl ki kendi zekamız tarafından tahmin, sınıflandırma vs. işleri yapılıyorsa zekamızdaki bu sistemin model alınarak bilgisayarda yapay zeka olarak işletilme süreci, özellikle büyük veri olarak adlandırılan muazzam veri topluluğundan anlamlı bilgiler analiz edilmesini bizlere kolay bir hale getirmektedir. Zaten yapay zekanın ortaya çıkış süreci de buradan gelmektedir. Belli büyüklükteki verileri kendi zekamızla öğrenip, uygulayıp ve içinden ayıklayarak kendi işlerimize ait süreçler halledilebilmektedir. Fakat muazzam bir data setinden istenilen bilgilerin ayıklanması ve kullanılması bizim zeka kapasitemizin yapabileceği bir düzeyde değildir. Fakat yapay zeka eğitilerek bu büyük veri seti faydalı bir şekilde kullanılabilmektedir. Örneğin basit bir toplama, çıkarma veya çarpma işlemleri basit bir sıraya göre kendi aklımız ile yapılabilmektedir. Fakat milyonlar ile ifade edilecek sayı büyüklüklerini ve bu işlemlerin sırasının binler ve milyonlar düzeyde olacak şekilde sonuçlandırılma işi, bizlerin kendi zeka kapasitemizle yapılması mümkün olmamaktadır. Ancak zekamızın işleme modeli yapay zekada eğitilerek bu büyük işlemler kolaylıkla halledilebilir. Yapay zeka yöntemleri temel olarak uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar olarak sayılabilir.

3.3.2. Uzman Sistemler

Uzman sistemler, bir problemin çözümü için uzman bir kişinin sahip olduğu bilgi ve yöntemleri model alarak o problemi çözmeye çalışan veya uzman bir kişi gibi davranan sistemlerdir. Bu yapay zeka yönteminde uzman bir kişinin problemi muhakeme etme süreci bilgisayarın veya makinenin çalışma hızı ile birleştirilerek problem çözülmeye çalışılmaktadır. Uzman sistemler şu temel öğelerden oluşur (Şekil 3.7): Bilgi tabanı (kural tabanı), veri tabanı, çalışan bellek, çıkarım motoru ve kullanıcı arayüzü. Bilgi tabanı bilgilerin depolandığı ve bu bilgilerden yeni bilgiler çıkarılmasını sağlayan kısımdır. Veri tabanı bilgi tabanı ile sürekli irtibat halindedir. Kullanıcı arayüzü, hata ayıklama ve sistemin performansını değerlendirme gibi görevleri yerine getirir. Çıkarım motoru, isminden anlaşılacağı üzere değerlendirmelerden çıkarım yapan işlevi yerine getirir. Çalışan bellekte ise problem ile ilgili çözümler ve probleme ilişkin analiz edilen veriler saklanmaktadır.



Şekil 3.7: Uzman sistemlerin genel yapısı.

3.3.2.1. Elektrik Güç Sistemi Korumasında Uzman Sistemlerin Kullanımı

Koruma sitemlerinde, yapay zeka yöntemlerinden olan uzman sistemler genellikle elektrik bakım onarım mühendislerinin ve teknikerlerinin enerji koruma sürecinde sistemin daha güvenilir ve kaliteli enerji sağlama amacına yönelik daha hızlı aksiyon almalarında kullanılır. Sistemde bazı arızaların tespiti ve onarılması için yüksek tecrübeli bir uzman ve personel ekibinin uzun süreler harcayarak sorunu çözmeye çalışması gerekebilmektedir. Bunun sebebi ise sorunu çözmek için çok büyük miktarlarda bir data veya bilgilerin analiz edilme sürecidir.

Uzman sistem yönteminde, bu sistem tarafından koruma sistemi dizayn edilir. Güç iletim sistemindeki enerji iletim hatları, transformatör ve busbarlardaki rölelerden alınan veriler (arıza öncesi ve sonrası akım gerilim değerleri, arıza müddeti, akım ve gerilim dalga şekilleri vs. bilgiler) muazzam bir veri tabanı oluşturur. Uzman sistemler yönteminde, bu çok büyük

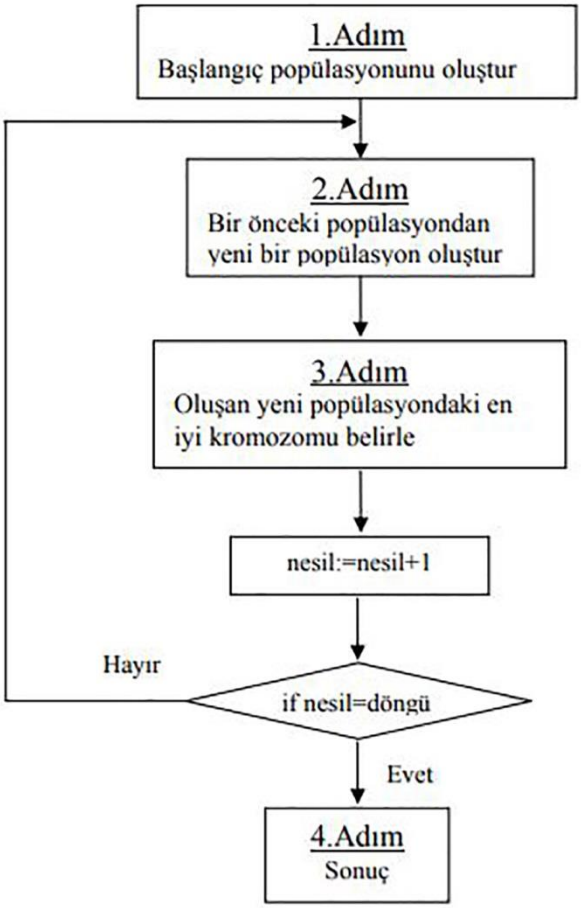
veri tabanı analiz edilerek çıkarımlar yapılır. Sonuç mekanizması, araştırma stratejisi ve kuralları kullanılarak bazı fonksiyonlar incelenir ve değerlendirilir. Belirsizlik durumunda da açıklama yapmak için çalışabilme yeteneği vardır. Kullanıcı arayüzü sayesinde kullanıcı yazılıma gerekli inputları girebilir. Bunun için koruma sitemi yazılımına bağlı koruma ekipmanlarından gelen kapsamlı bilgiler alınır.

Sistem koruması için karşılaşılan en büyük zorluk çok gelişmiş izleme sistemleri tarafından sağlanan çok büyük veri setinin analiz edilmesidir. Uzman sistemler bu analizi kolaylaştırmak için geliştirilmiştir. Dijital izleme sistemleri veya dijital röleler arıza anındaki verileri kaydeder. Uzman sistem geçmiş kaydedilen arızalardan hareketle kendi işleyişinde olan kurallar ile bir koruma sistemi ekipmanlarının davranışlarına ait tahmin yapar. Ve bunları sitemin gerçek davranışlarıyla karşılaştırır. Eğer bir uyumsuzluk görürse yolunda gitmeyen bir operasyon çıktısı verir.

Sistemdeki arızanın sınıflandırılması, yer tespiti ve koruma ekipmanları arasındaki iletişim için uzman sistemler önerilmektedir. Uzman sistemlerin güç koruma istemindeki kural işleyişi temel olarak üç kategoriye ayrılabilir. Seçme, koordinasyon ve yer bulma kuralları olarak sayılabilecek işleyiş kuralları birbirinden bağımsız olarak çalışır.

3.3.3. Genetik Algoritmalar

Genetik algoritmaların çalışma prensibi doğal seçilim olarak da bilinen bir problemin çözümü için oluşan çözüm önerilerinden ayıklama yapılarak en iyi çözümün seçilme sürecidir. Temel olarak basit bir genetik algoritmanın çalışma adımları; probleme ilişkin çözümlerin kromozomlarda kodlanması, bir fonksiyon ile bu kromozomların çözme başarısının hesaplanması ve buradan hareketle en uygun çözümün seçim kuralı ve durdurma operasyonu olarak sayılabilir (Şekil 3.8). Genetik algoritmalar normal çözüm yöntemleriyle çözülemeyen ve çözüm süresi çok uzun olan problemlerde en iyi çözüm veya en iyi çözüme yakın çözüm elde edilebilen bir yöntemdir.



Şekil 3.8: Genetik algoritmalar için genel akış diyagramı.

3.3.3.1. Elektrik Güç Sistemi Korumasında Genetik Algoritmaların Kullanımı

Genetik algoritmalar, hem aşırı akım röleleri hem de mesafe rölelerinin bölgeleri arasındaki koordinasyonu sağlamak üzere kullanılır. Bunu yaparken elimizdeki veri seti bir dizi parçalarla modellenir. Bu parçalar kromozomlardır. Bu kromozomlar üzerinde elimizdeki veri setleri kodlanır. Genetik algoritma daha sonra bu veri seti üzerinde seçilim, tekrar üretme ve mutasyon adımlarını kullanarak en iyi çözüme ulaşmaya çalışır.

Kodlanmış her bir kromozom sorunun muhtemel bir çözümlerinden bir tanesidir. Bulunmaya çalışılan çözüm röle içindeki en iyi akım ayarı ve diğer röleler ile en iyi koordinasyona yöneliktir. Her bir dizinin değeri akım veya zamanın eşik değerini ayarlanmaya yönelik çeşitliliğini ifade eder. Röle içindeki bu ayar için genetik algoritmalar tarafından oluşturulan her bir çözüm, yine algoritma içindeki fonksiyonlar ile değerlendirilir.

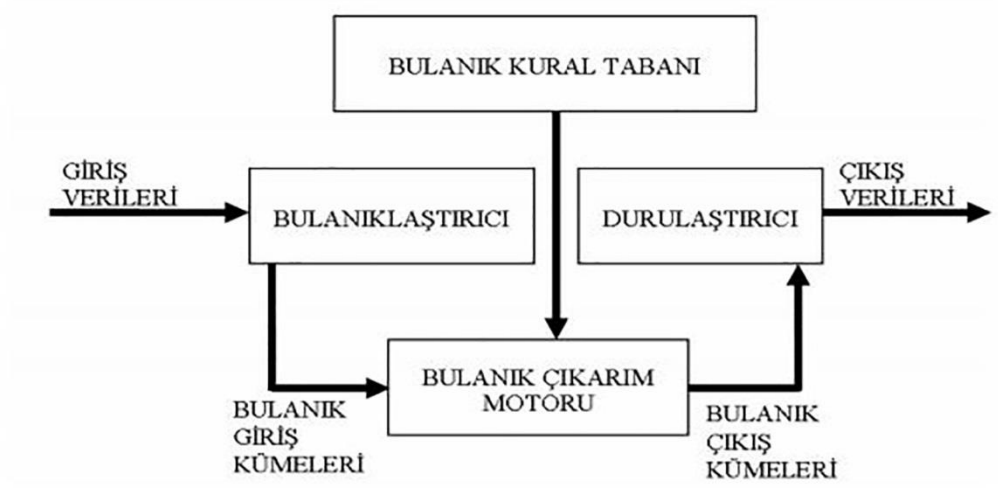
Özetle, genetik algoritmalar yönteminde kromozomlar yani dizilerde bulunan bilgiler üzerinde kombinasyonlar yapılarak tekrar bir çözüm seti oluşturulur. Oluşturulan her bir

çözüm seti problemin çözümü için en iyi sonucun yakalanılmasına yöneliktir ki bu süreç optimizasyon olarak adlandırılır.

3.3.4. Bulanık Mantık

Normal mantık sürecine bakıldığı zaman bir şey ya doğru ya da yanlış olarak kabataslak sınıflandırılır. Fakat böyle keskin aralıklar yapılması yerine doğruluk derecesi ile değerlendirme aralık sayısı artırıldığı zaman burada birbirinden farklı ve tartışmaya açık doğrular kümesi ortaya çıkarılmaktadır. İşte bu şekilde doğruluk derecesi birbirinden farklı fakat değerlendirme olarak birbiriyle kesişebilen yani kesin sınırlar ile birbirinden ayrılmayan çok sayıda aralıklarla oluşturulan mantığa Bulanık Mantık denir. Bu şekilde insan mantığındaki gibi bir sorun hakkında doğruluk dereceleri farklı ama birbirleri ile kesişebilen mantık yürütmeleri ile bu mantık yürütmelerini tasarlayabilen, karar verebilen ve eleme yapabilen bir sistem üretilmesi hedeflenmiştir. Bu hedefe ilişkin matematiksel modellemelerle beraber oluşturulan sistemler bulanık sistemler olarak adlandırabilir.

Bulanık mantıkta iki önemli faktör vardır. Bunlardan birincisi insan değerlendirmelerine göre çeşitlenen sözel yargılardır (yüksek, iyi, uzun vs.). İkincisi ise bulanık mantığın yapılandırıldığı olan eğer-öyleyse kuralıdır. Ayrıca gerçel sayılar yerine bulanık sayılar kullanılması ile sistem parametrelerinde belirsizlikler tanımlanabilir ki bu durum bulanık mantığı yanlışlıklar ve belirsizliklere karşı toleranslı hale getirir. Bulanık mantık temel olarak, bulanıklaştırıcı, durulaştırıcı, bulanık kural tabanı ve bulanık çıkarım motoru işlem adımlarıyla gelen kesin giriş verilerini çıkış kesin verilerine dönüştürür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Bulanık mantık işleyiş sistemi.

3.3.4.1. Elektrik Güç Sistemi Korumasında Bulanık Mantık Kullanımı

Bulanık mantık uygulamalarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Kararlılık analizi
- Güç sistemi kontrolü
- Arıza tespiti
- Güvenlik değerlendirmesi
- Yük tahmini
- Durum Tahmini
- Reaktif Güç Planlaması ve Kontrolü

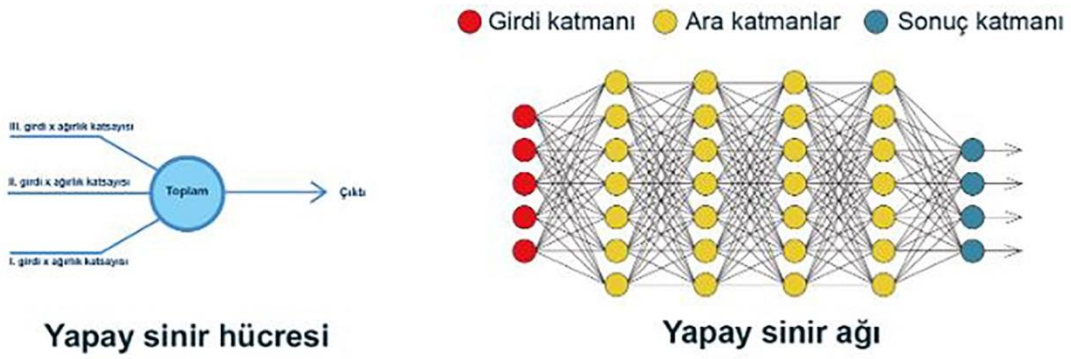
Elektrik güç sistemi kalitesini artırmak ve kayıpları azaltmak amacıyla yapılan reaktif güç kontrolünü sağlamada bulanık mantık kullanılabilir. Gerilim sapmaları ve kontrol değişkenleri bulanık mantık girdileri olarak alınır. Bu girdilere göre bulanık sistem şekillendirilir. Bulanık mantık, güç sisteminin fiziksel kısımlarını tasarlamada kullanılır. Küçük devrelerden büyük güç kontrol sistemlerine kadar olan bir alanda da bulanık mantık sisteminden faydalanılır. Bulanık mantık sistem bir yönüyle diğer yöntemlere göre dikkat çeker. Çünkü bulanık sistem kesin olmayan bilgi ile uğraşır. Yani, koruyucu ekipman tarafında alınan kararlar genelde doğru olmayan dataya dayalıdır. Fakat bulanık mantık bu dataları yorumlar ve faydalı bilgilere dönüştürür.

3.3.5. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insandaki sinir sisteminin en temel elemanı olan nöron ve nöronlar arası bağlantılara şekilsel ve işlevsel olarak benzerlik gösterir. Yapay sinir ağları, biyolojik sinir sistemini örnek olarak bilgiyi depolar, işler ve kullanır. Bu haliyle yapay sinir ağları sinir sistemimizin yapay bir matematik modelidir. Yapay sinir ağları bu matematik model ile ilgili verileri insan zekası gibi değerlendirip karar verebilen bir sistem sunmayı amaçlar.

Yapay sinir ağı yapay sinir nöronlarından ve katmanlardan oluşur. Girdi, çıktı ve gizli (ara) katmanlar olarak üç temel katmandan oluşur (Şekil 3.10). Her bir katmanda belli sayıda nöronlar vardır. Girdi ve çıktı katmanlarındaki nöron sayısı bağımsız ve bağımlı değişkenlerin

sayısına, gizli katmanlardaki nöron sayısı ise sistem için en iyi performansı verecek sayıya göre kullanıcı tarafından deneme yoluyla belirlenir. Yapay sinir ağı katmanlarında nöronlar vasıtasıyla toplama (birleştirme) ve transfer fonksiyonlarını gerçekleştirilerek girilen verilerden çıktı üretilir.



Şekil 3.10: Yapay sinir hücresi ve çok katmanlı yapay sinir ağının genel yapısı.

Yapay sinir ağı, bir probleme ait örnek olaylar ile eğitilerek yeni problemler karşısında genellemeler ve tahminler yapar. Yapay sinir ağı eğitilirken en iyi performansı verene kadar eğitilir. Ve buradan hareketle en iyi performansı gösteren yapay sinir ağı yapısı ve gizli katman sayısı belirlenir. Yapay sinir ağında bilgiler kendi ağırlıkları ile çarpılarak bir girdi fonksiyonu oluşturulur ve daha önce bahsedildiği gibi toplama ve aktivasyon fonksiyonları ile çıktı üretilir. Yapay sinir ağı ayrıca bilgilerin ağırlıklarını güncelleyerek de en iyi sonuca ulaşmaya çalışır. Fakat bu ağırlıkların yapay sinir ağı tarafından yorumlanması mümkün olmadığı durum bir dezavantajdır. Yani daha az faydalı ağırlıklar ayıklanamamaktadır. Sistemin yorumlama yeteneğinin olması problem için üretilen en iyi yapının üretilme süresini kısaltır.

3.3.5.1. Elektrik Güç Sistemi Korumasında Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı

Yapay sinir ağları en çok iletim hattı korumasında kullanılmaktadır. Koruma ekipmanlarından olan mesafe rölesinin performansını artırmaktadır. Mesafe rölesi herhangi bir arıza durumunda empedans, reaktans gibi hat sabitelerini hesaplar ve bulunan değerler hat terminalinden arıza noktasına orantılıdır. Yapay sinir ağları dört faktörden dolayı mesafe korumasını doğrudan etkiler:

- Arıza direnci, empedans ve arıza yeri gibi kontrol edilemeyen değişkenler

- Kaynağın X/R oranı
- Terminallerden olan beslemeler
- Arıza öncesi yük akışının röle tarafından görülen empedansı etkilemesi

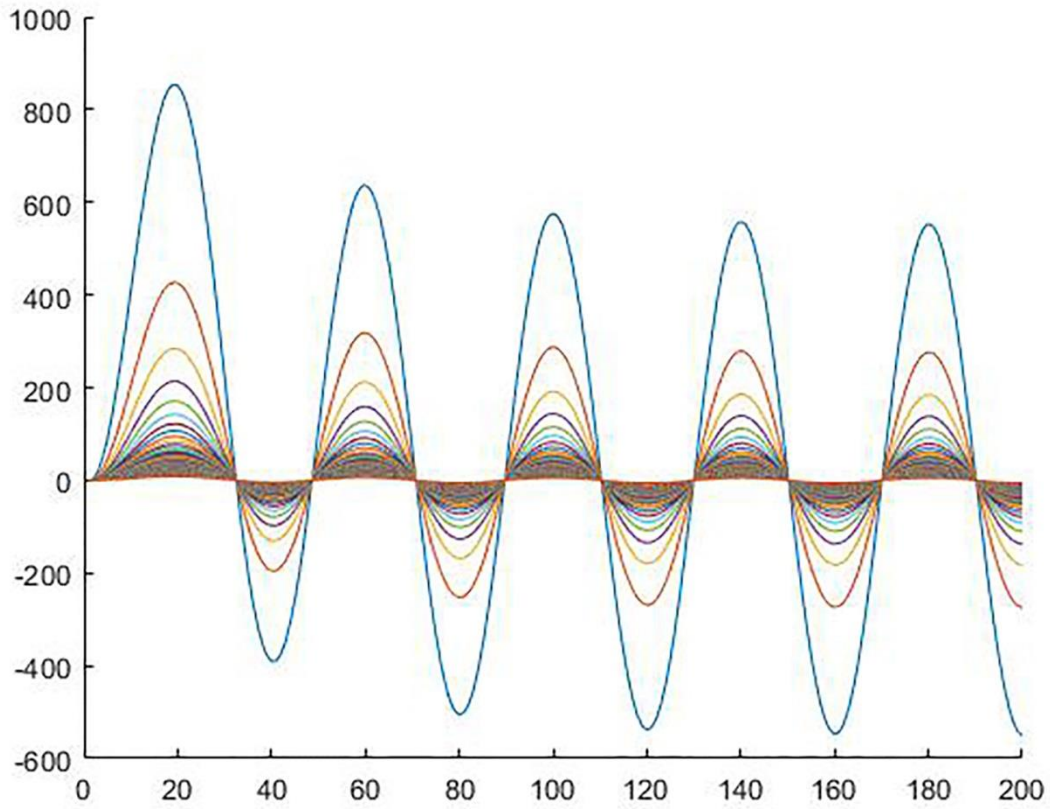
Yapay sinir ağları sayesinde, normal durumlarda veya dengesiz koşullarda enerji iletim hattının endüktans, kapasitans ve direnç tahmini sayısal olarak hesaplanabilir. Hesaplanan endüktans, kapasitans ve dirençler yapay sinir ağlarında girdi olarak kullanılabilir. Yapay sinir ağları bu bilgilerle eğitilerek yapılan tahminler ile hatlarda deri ve çevre etkisinin azaltılmasıyla sistemin kayıplarını azaltmak ve enerji kalitesini sağlamak konusunda faydalar sağlanabilir.

Bu çalışmada, enerji iletim veya dağıtım hattında arıza yeri tahmini yapılarak sistemin kayıplarını azaltmak ve enerji kalitesini sağlamak adına kullanılacak yapay zeka yöntemi yapay sinir ağları olacaktır. Yapay sinir ağları ile arıza yeri tahmini yapılırken gerekli malzemeler ve yapılacak işlemler aşağıda sıralanmıştır:

- Enerji hattına ait arıza akımları ve arızanın meydana geldiği mesafe
- Yapay sinir ağının kullanılacağı ve sonuçların simule edileceği Matlab programı

Öncelikle, Matlab'da yapay sinir ağı aracı kullanılırken iki çeşit veri setinin kullanılması gerekiyor. Enerji hattına ait arıza akımları giriş verileri olurken, arızanın meydana geldiği mesafeler çıkış verileri olacak. Çalışmada kullanılacak arıza verileri bir iletim veya dağıtım hattına ait üç fazlı açısız arıza akımları olacaktır. Arıza akımları yüz adet noktada oluşacak şekilde Matlab'da kod yazılarak elde edildi (EK.1).

İlgili kodlar yazıldıktan sonra yüz adet arıza noktasına ait arıza akım grafikleri aşağıda Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11: Matlab'da oluşan arıza akımları grafiği.

```
>> filename = 'GİRİSdata.xlsx';

>> xlswrite(filename,IF)
```

Yukarıdaki kodlar programda komut satırına yazılarak üretilen arıza akımlarına ait değerler excel dosyası haline getirildi ve Tablo 3.1'de bu arızaların ilk on tanesine ait akım değerleri verilmiştir.

Tablo 3.1: Üretilen arızaların ilk 10 tanesine ait akım değerleri (ilk beş değer).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.299853	1.649926	1.099951	0.824963	0.659971	0.549975	0.471408	0.412482	0.36665	0.329985
19.49741	9.748705	6.499136	4.874352	3.899482	3.249568	2.785344	2.437176	2.166379	1.949741
48.33272	24.16636	16.11091	12.08318	9.666545	8.055454	6.904675	6.04159	5.370303	4.833272
88.69167	44.34583	29.56389	22.17292	17.73833	14.78194	12.67024	11.08646	9.854629	8.869167

Daha sonra çıkışı verileri aşağıdaki kodlar ile elde edildi ve excele aktarıldı (Tablo 3.2).

```
>> MESAFE=[100:100:10000]

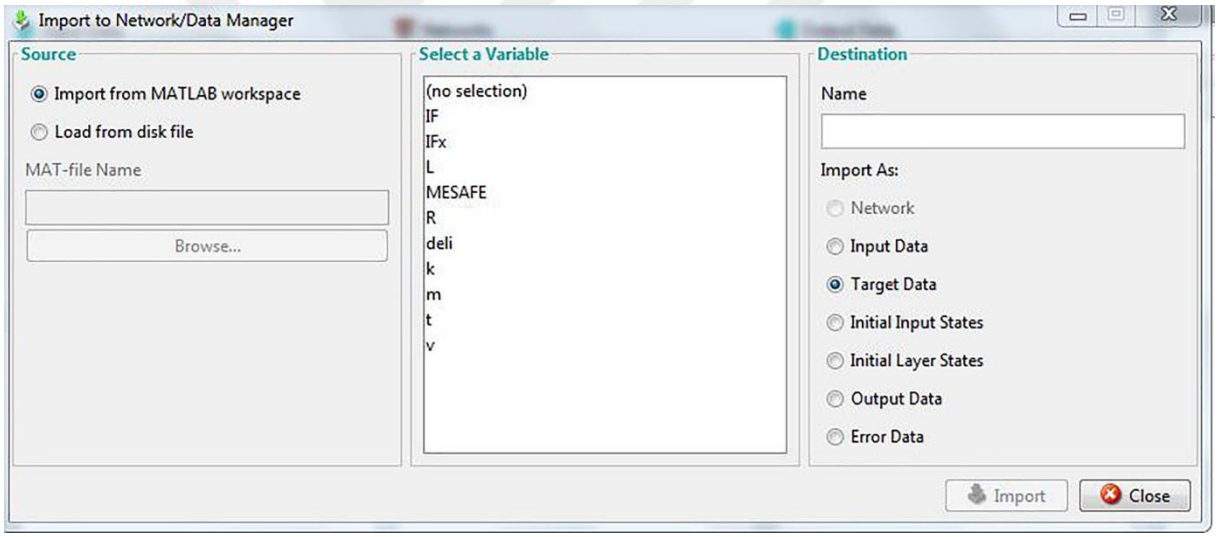
>> filename='CIKISdata.xlsx';

>>xlswrite(filename,MESAFE)
```

Tablo 3.2: İlk on arızanın gerçekleştiği mesafeler (m).

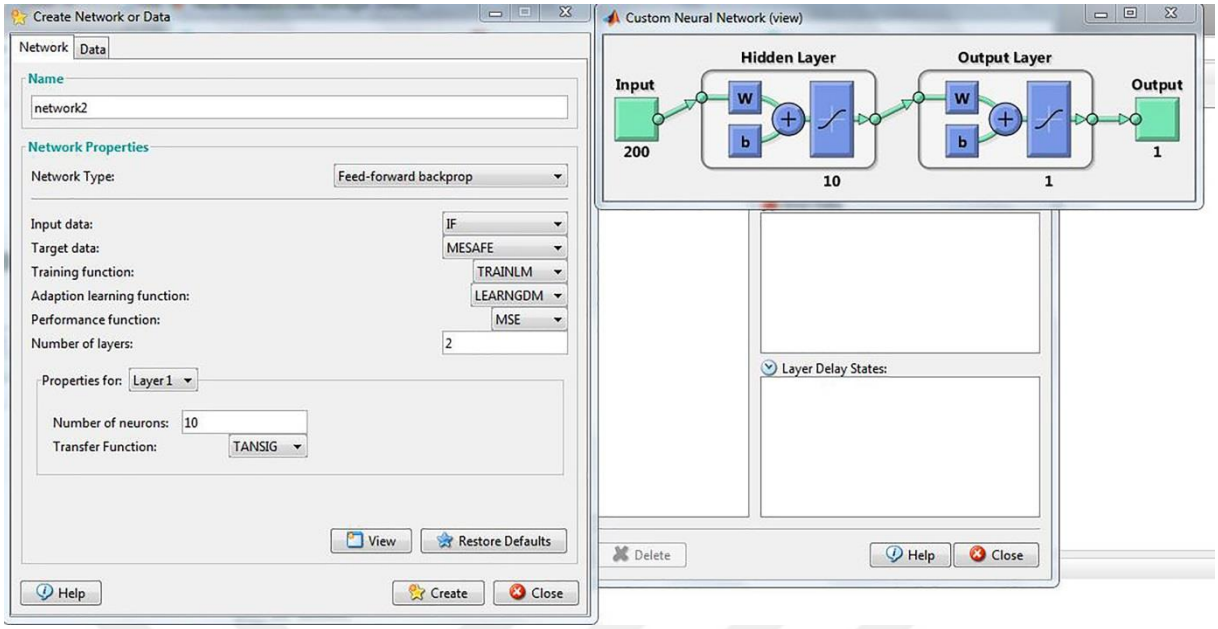
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000

Programda oluşturulan IF (arıza akımları eğitim verileri) ve MESAFE (arıza oluş noktaları çıkış verisi) olarak Matlab workspace alanına import seçeneği ile transfer edildi (Şekil 3.12).



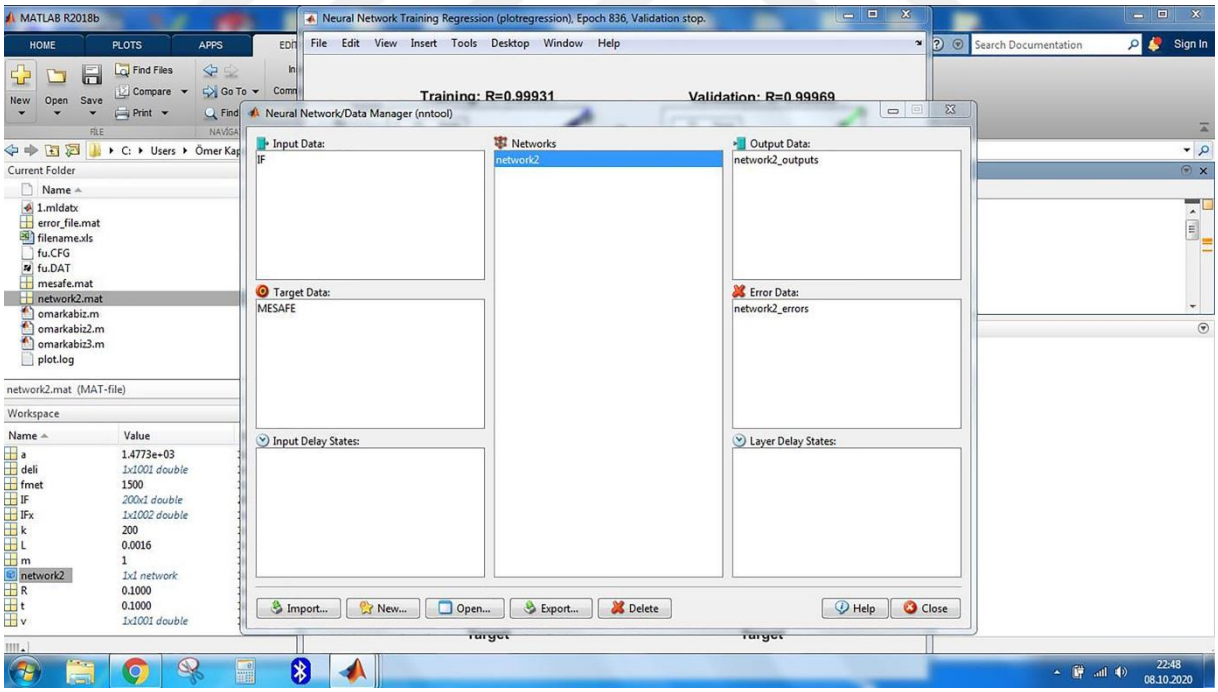
Şekil 3.12: Eğitim ve çıkış verileri import arayüzü.

Eğitim ve çıkış verileri import edildikten sonra eğitilecek ağ oluşturulacak. Network2 adı ile ağ oluşturulması için giriş ve çıkış verileri seçilerek on nöronlu bir katmanlı bir ağ oluşturuldu (Şekil 3.13).



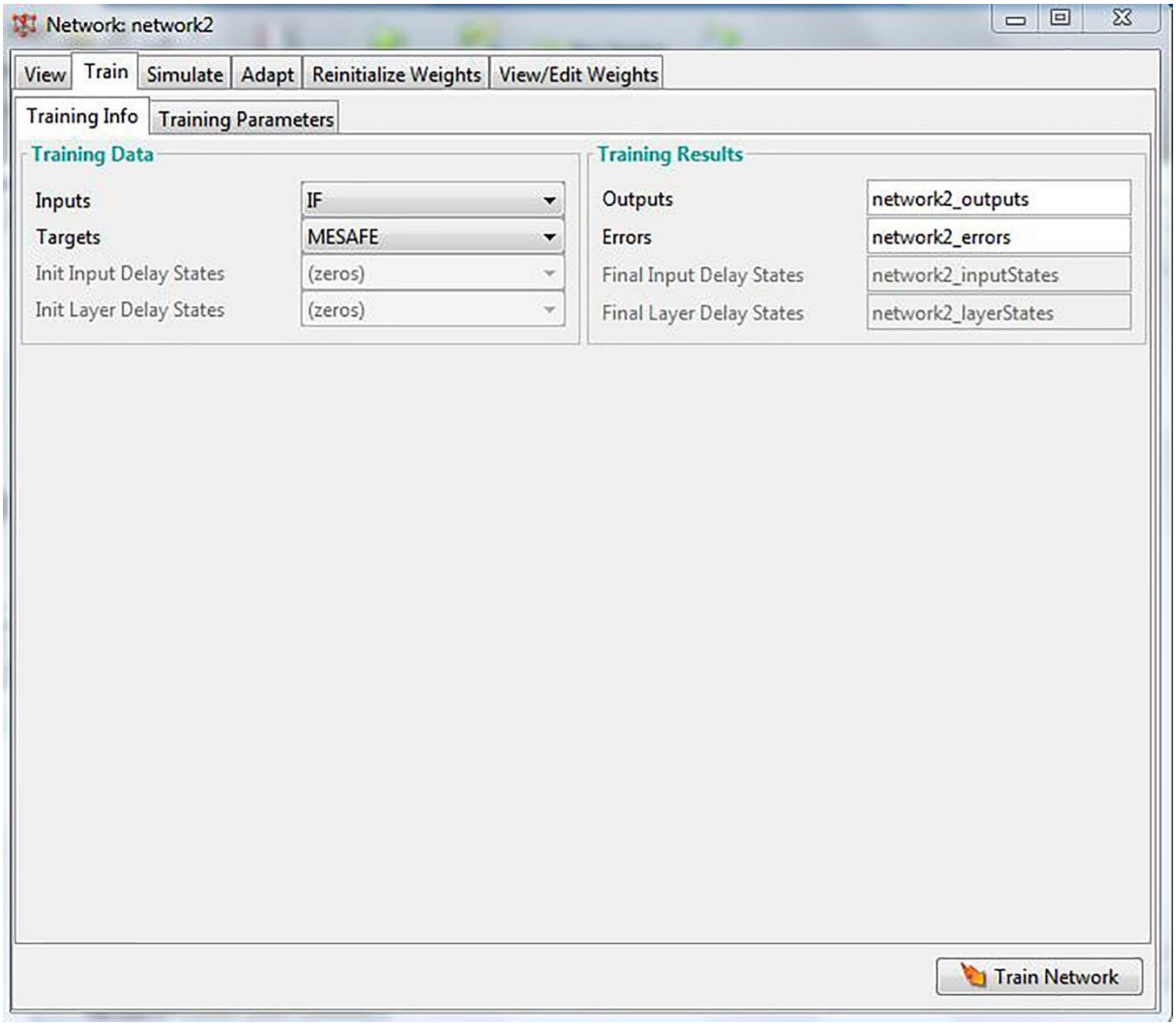
Şekil 3.13: Network2 ağı oluşturma arayüzü.

Programda oluşturulan network2 ağının (Şekil 3.14) üzerine tıklanarak eğitim süreci başlatılacaktır.



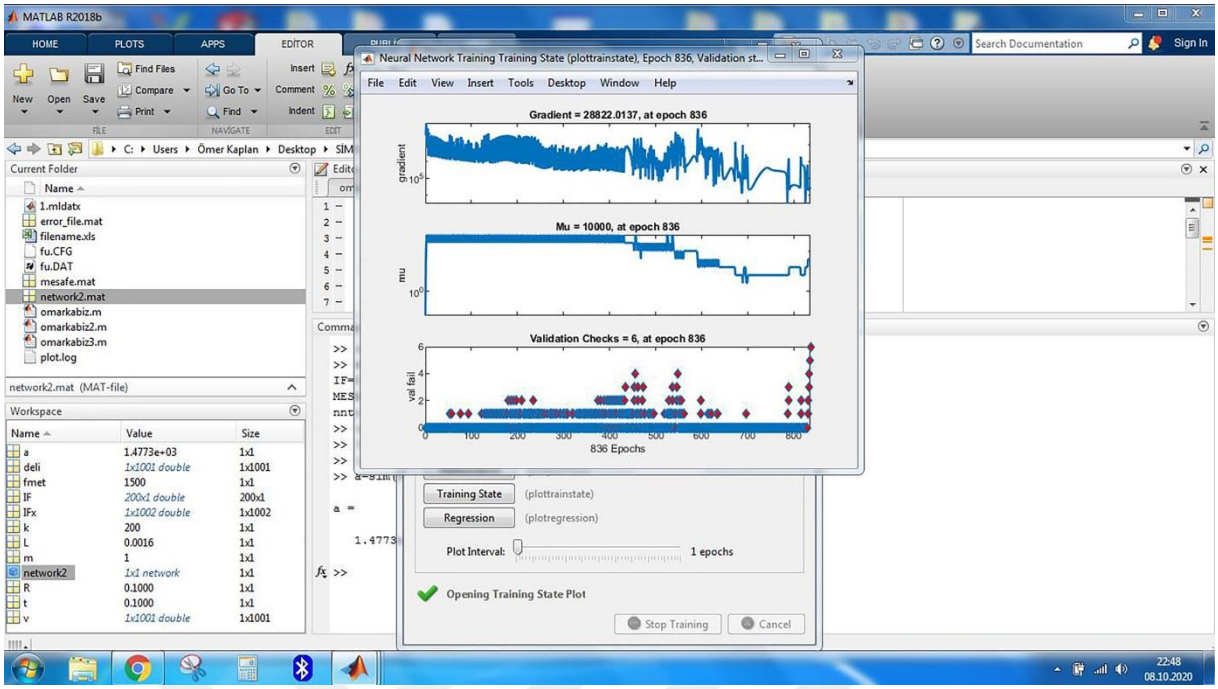
Şekil 3.14: Matlab'da oluşturulan network2 ağı.

Şimdi, oluşturulan bu ağ eğitilerek eğitim verileri ile çıkış verilerinin olabildiğince doğru oranda karşılaştırılması hedefleniyor. Train network sekmesine basılarak ağ eğitilmeye başlanılmaktadır (Şekil 3.15).

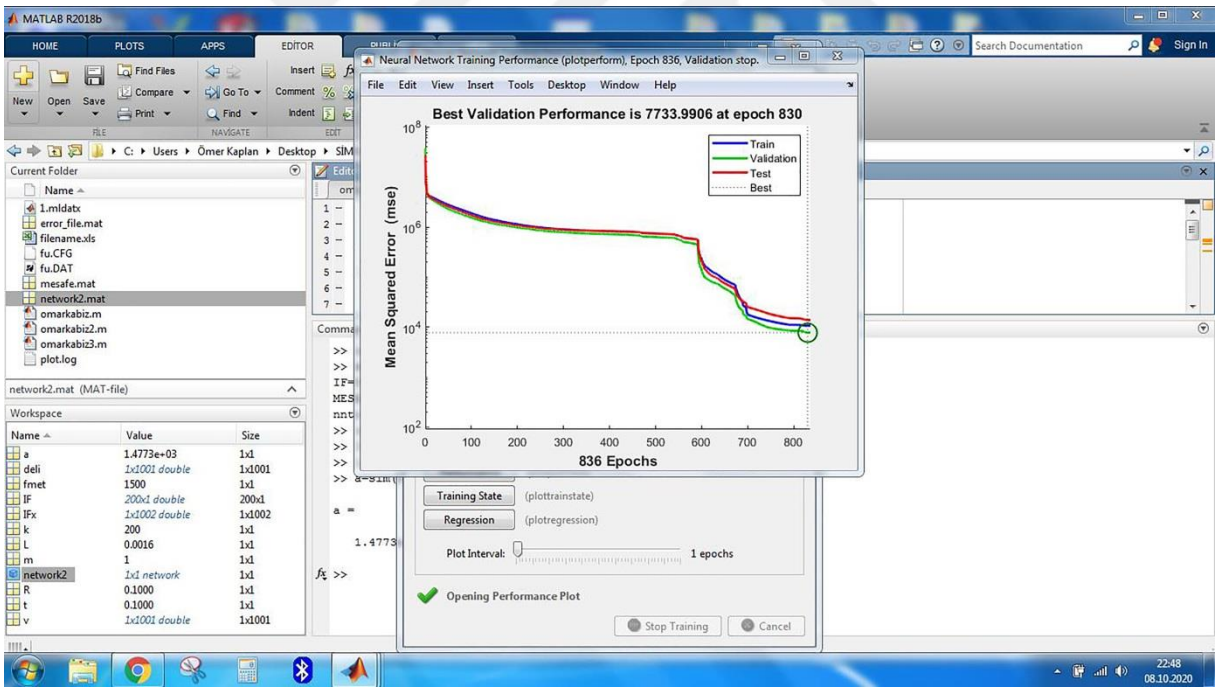


Şekil 3.15: Network2 eğitim sekmesi.

Eğitilecek bu ağın, doğruya yakın ve çok küçük hata oranları ile tahmin yapabilmesi çalışmanın temel hedefidir. Bunun sağlanabilmesi için programda eğitilen ağın doğru tahmin yapabilme yeteneğine ulaştığını gösteren parametreler bulunmaktadır. Bu parametrelere göre ağın iyi eğitilip eğitilmediği anlaşılabilmektedir (Şekil 3.16, 3.17).



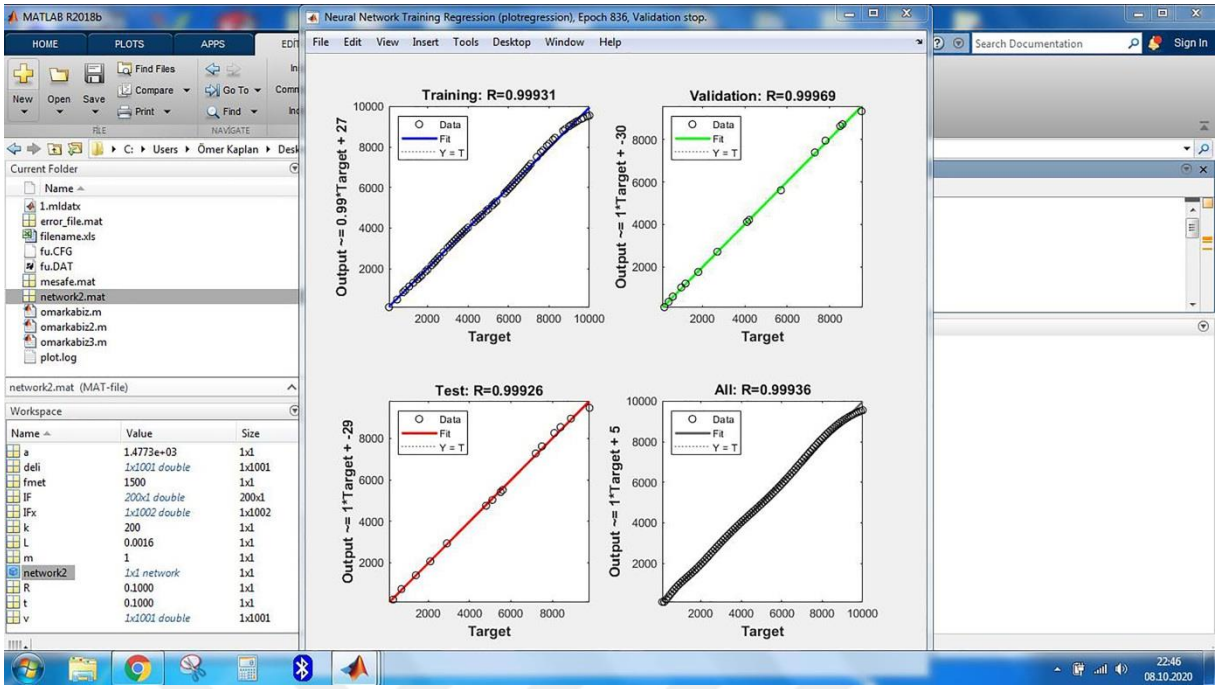
Şekil 3.16: Eğitim durumu.



Şekil 3.17: Eğitim performansı.

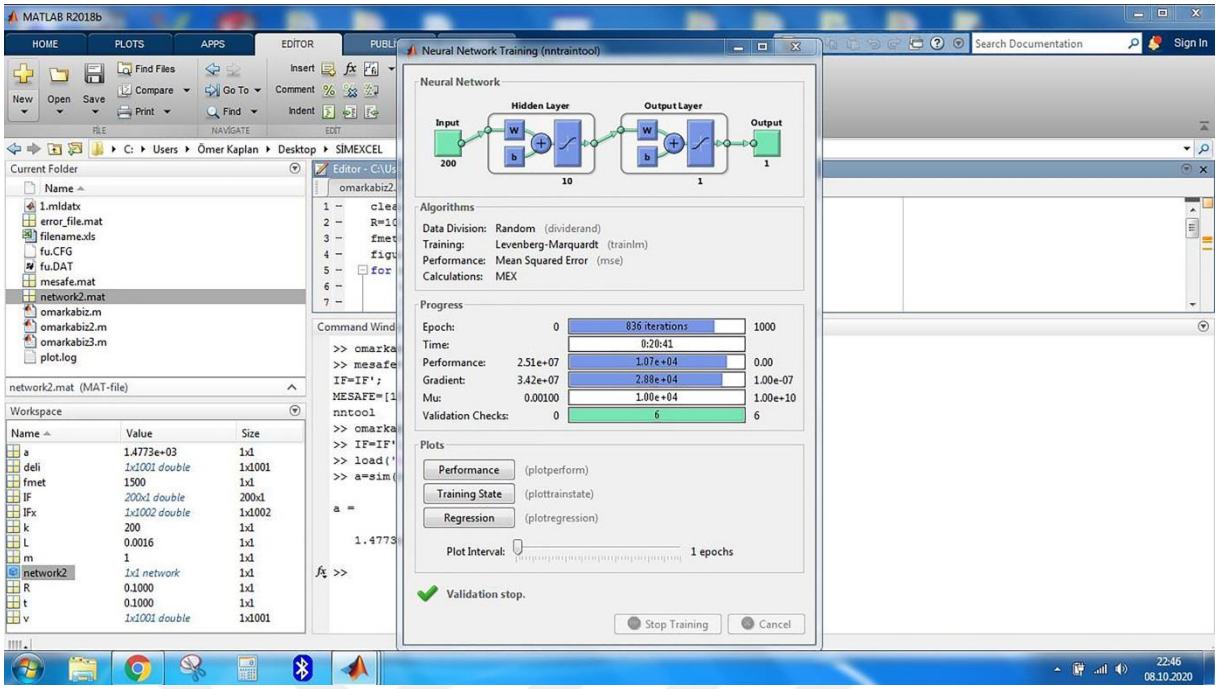
Örneğin programda regresyon analizine bakıldığında R=1'e ne kadar çok yakın olursa ağ o kadar iyi eğitilmiş ve doğruya yakın tahmin etme oranı o kadar iyi olacak demektir.

Yapılan çalışmada regresyon oranı R=0,9993 oranında çıkmıştır (Şekil 3.18).



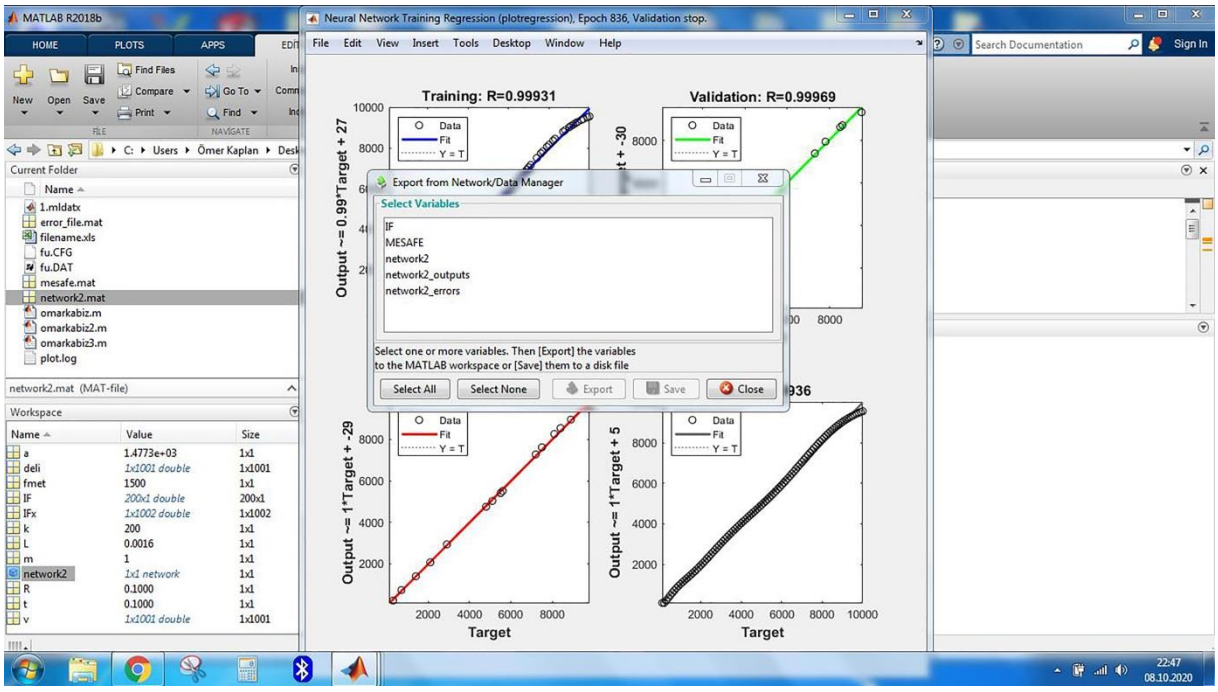
Şekil 3.18: Regresyon analizi.

Yapay sinir ağı simülasyonunda, regresyon oranını 1'e yaklaştırmak için iki şeye dikkat edilmesi gereklidir. Saklı katman ve nöron sayısı ile beraber eğitim iterasyon sayısı. Sistemin iyileştirilebilmesi için, saklı katman sayısı ve nöron sayıları değiştirilerek deneme yapılabilir. Bununla beraber iterasyon sayısı ne kadar çok olursa ağın tahmin etme oranı çok daha iyi olacaktır. Yapılan çalışmada 10 nöronlu ve 1 saklı katmanlı ağ yapısı oluşturuldu ve birkaç farklı iterasyon gerçekleştirildi. 836 iterasyon sonucunda eğitim durdu (Şekil 3.19). Yukarıda bahsedildiği gibi 836 iterasyon sonucunda R=0,9993 çıktı ve bu değer 1'e çok yakın olduğundan tahmin sonuçlarının da iyi çıkması beklenmektedir.



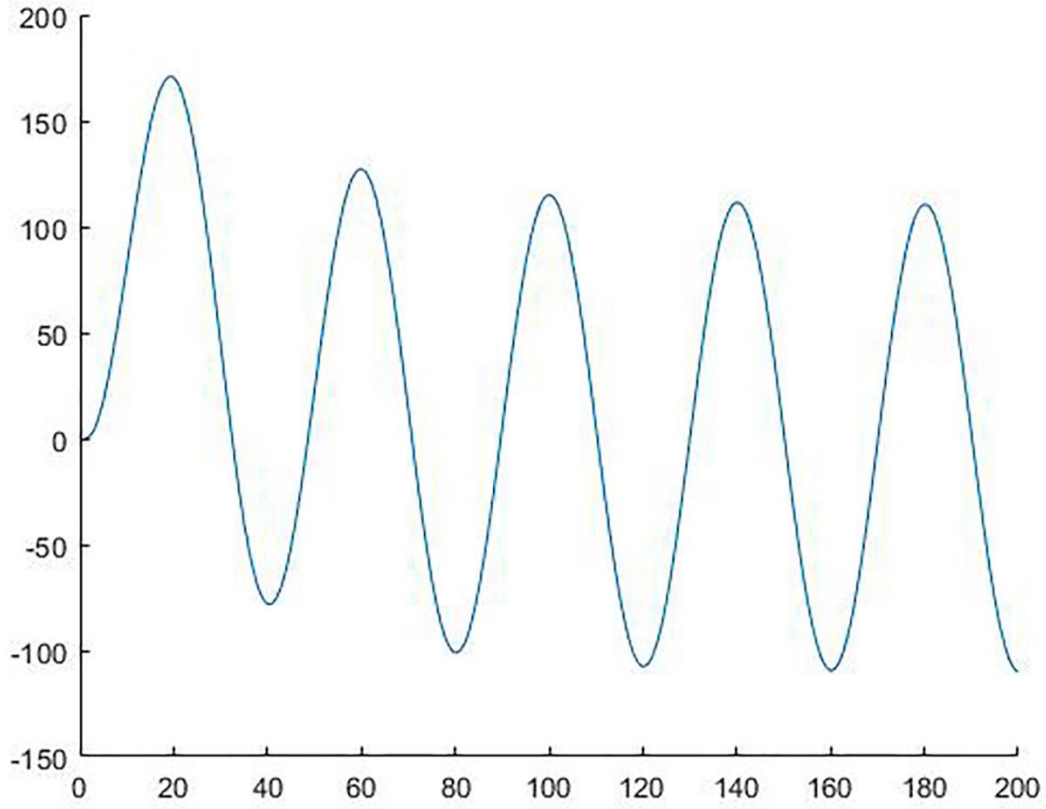
Şekil 3.19: Network2 eğitimi.

İterasyonlar sonucunda elde edilen eğitilmiş network2 ağı nntool aracından Matlab workspace alanına export edilmesi gerekiyor (Şekil 3.20). Bu ağ export edildikten sonra artık bir arıza noktasına ait test arıza verilerinin oluşturulup Matlab'da eğitilmiş ağ ile beraber simüle edilerek tahmin sonuçlarının doğruluk oranı görülecektir.



Şekil 3.20: Network2 ağını export etme arayüzü.

Programda aşağıdaki kodları yazılarak üç fazlı enerji iletim veya dağıtım sisteminde 500'üncü metrede meydana gelen arıza akımları elde edildi. Ayrıca arıza akım grafiği de aşağıda Şekil 3.21'de gösterilmiştir (EK.2).



Şekil 3.21: 500. metredeki test arızasına ait akım grafiği.

Programda kod yazılarak elde edilen 500. metrede meydana gelen test arıza akımlarından ilk 10 tanesi aşağıda Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

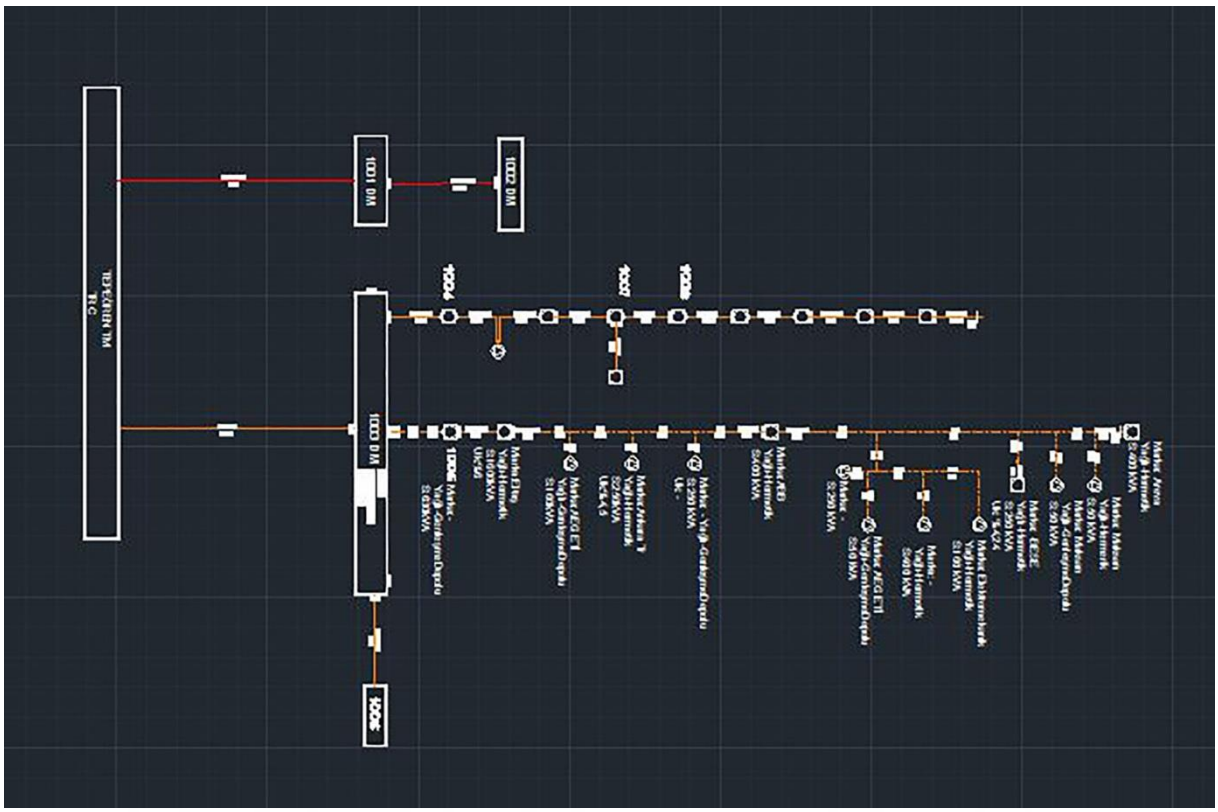
Tablo 3.3: Test arızasına ait ilk on akım (A) değerleri.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.659971	3.899482	9.666545	17.73833	27.83783	39.64055	52.78248	66.86892	81.48414

3.3.5.2. Anadolu Yakası Tepeören Trafo Merkezine Ait Fider Üzerinde Yapay Sinir Ağı Simülasyonu ile Yapılan Uygulama

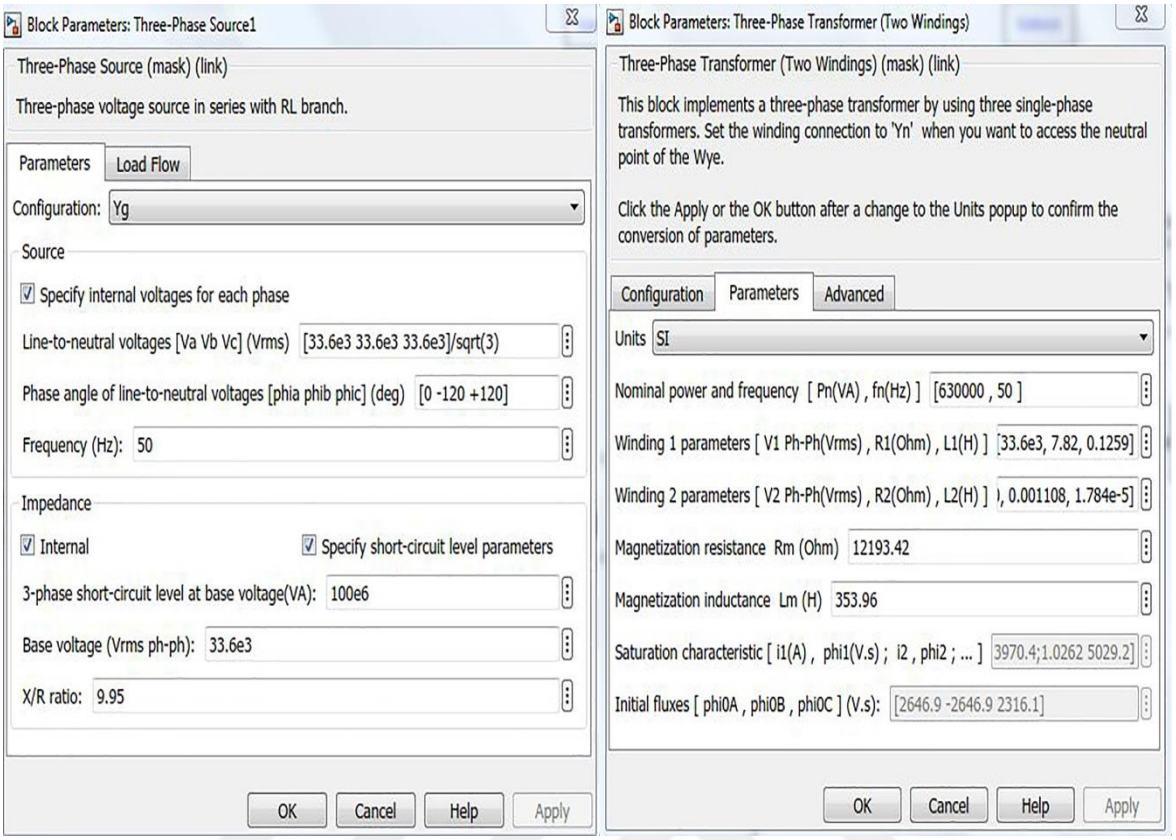
Bu simülasyon uygulamasında, 154 kV /33,6 kV indirici merkezden beslenen 1003 DM- 1005 TM fideri üzerinde tek faz toprak arızası üzerinden yapay sinir ağı yardımı ile arıza yeri tahmini yapılacaktır. Öncelikle, eğitim verilerinin oluşturulması gerekiyor. Bunun için

AYEDAŞ'tan alınan tek hatta (Şekil 3.22) seçilen 1003 DM-1005 fideri Matlab simülasyon programı üzerinde modellenecektir.



Şekil 3.22: Tepeören indirici merkez 154 / 33,6 kV fideri tek hat şeması.

Modelleme yapılırken tek hattaki güç kaynağı, hat ve trafoların endüktans ve direnç parametreleri simülasyon üzerinde ilgili yerlere girişi yapılacaktır (Şekil 3.23). Tablo 3.4'te seçilen fideri oluşturan 3(1x150) mm2 Cu, 3(1x95) mm2 Cu yeraltı ve Pigeon havai hattının ilgili kataloglardan birim endüktans ve direnç değerleri alınarak bir excel programı yardımıyla mesafelere bağlı toplam endüktans ve dirençlerinin hesaplanması gösterilmiştir.



Şekil 3.23: Simülasyon güç kaynağı ve trafo parametre bloğu.

Tablo 3.4: Model OG hattına ait parametre hesap exceli.

		ohm/km	mh/km flat	mh/km trefoil	uf/km
35 kV	1x95	0.193	0.68	0.44	0.15
	1x150	0.124	0.64	0.4	0.17

		ohm/m	H/m flat	H/m trefoil	F/m
35 kV	1x95	0.000193	6.80E-07	4.40E-07	1.50E-10
	100	0.0193	6.80E-05	4.40E-05	1.50E-08
	1x150	1.24E-04	6.40E-07	4.00E-07	1.70E-10
	2256	2.80E-01	1.44E-03	9.02E-04	3.84E-07

		R	XL
35 kV	pigeon	ohm/km	ohm/km
		0.3366	0.373

		R	XL	Lm
35 kV	pigeon	ohm/m	ohm/m	Ohm/m
		0.0003366	0.000373	1.1873E-06
	567	0.1908522	0.211491	0.000673197

		ohm/km	mh/km	uf/km
35 kV	3x95	0.193	0.4	0.15
	3x150	0.124	0.37	0.17

		ohm/m	H/m	F/m
35 kV	3x95	1.93E-04	4.00E-07	1.50E-10
	10	1.93E-03	4.00E-06	1.50E-09
	3x150	1.24E-04	3.70E-07	1.70E-10
	10	1.24E-03	3.70E-06	1.70E-09

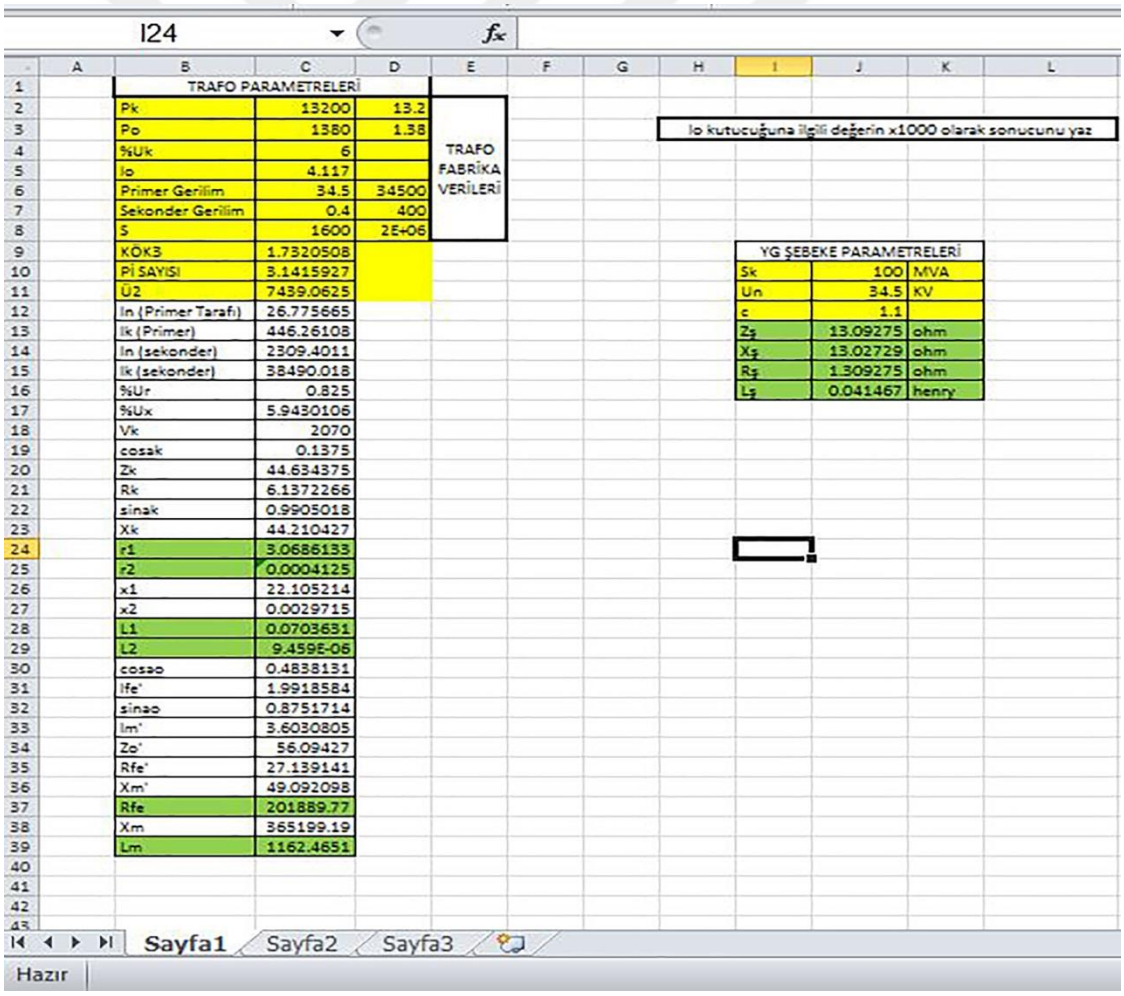
Bu fiderde beş adet trafo bulunmaktadır. Tek hatta bu trafolara ait bilgiler aşağıdaki gibidir:

- 1003 DM 630 kVA yağlı hermetik
- 1005 TM 630 kVA yağlı genleşme depolu

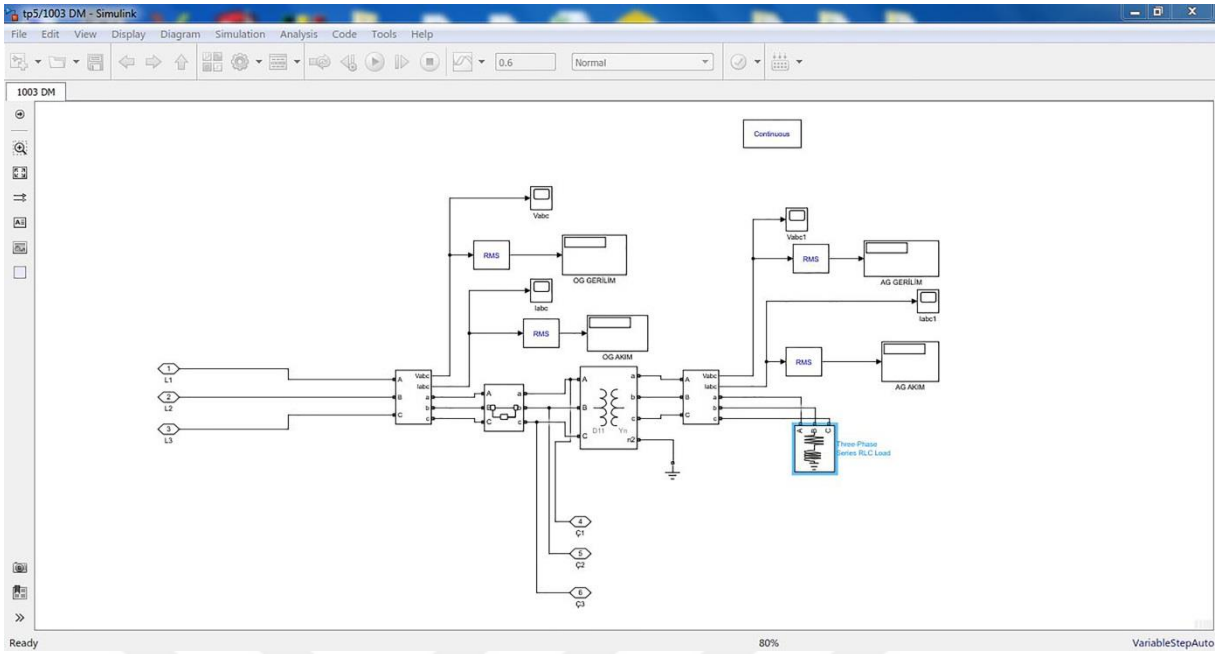
- TM-1 1600 kVA yağlı hermetik uk: %6 (Marka-ELTAŞ)
- TM-2 400 kVA yağlı hermetik (Marka-ABB)
- TM-3 400 kVA yağlı hermetik (Marka-AREVA)

Fiderde bulunan trafoların simülasyonda model girişi için gerekli direnç, endüktans, mıknatıslanma direnci ve endüktansı Tablo 3.5'te gösterildiği üzere trafo fabrika verileri trafo imalatçı markaların kataloglarından alınan %uk, Po (boşta çalışma kayıpları), Pk (yükte kayıplar), I_0 (boşta çalışma akım yüzdesi) bilgilerle excelde oluşturulan hesap programı yardımıyla her bir trafoya ait veriler hesaplanmıştır. Tablo 3.5'te aynı zamanda güç kaynağının YG şebeke parametreleri de hesaplanmıştır.

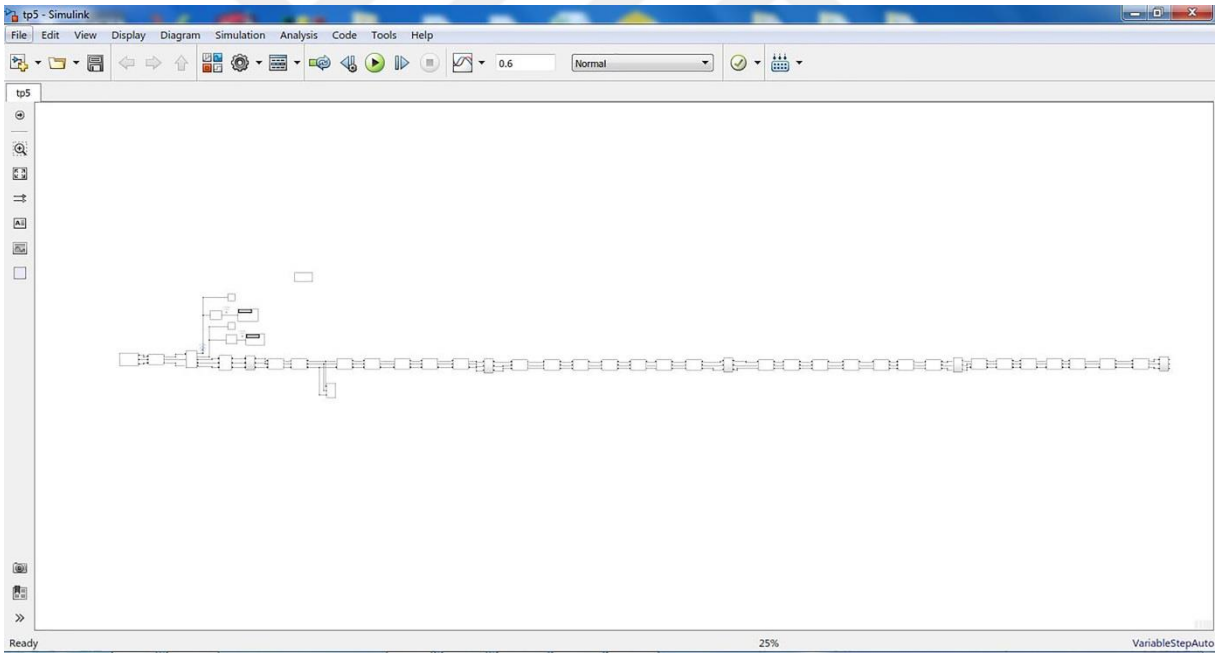
Tablo 3.5: Trafo ve şebeke parametreleri hesap exceli.



Fiderde bulunan trafoların endüktans ve direnç değerleri hesaplandıktan sonra Matlab'da simülasyon programında modellemesi yapılmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24: Matlab trafo modeli (1600 kVA, 630 kVA, 400 kVA).



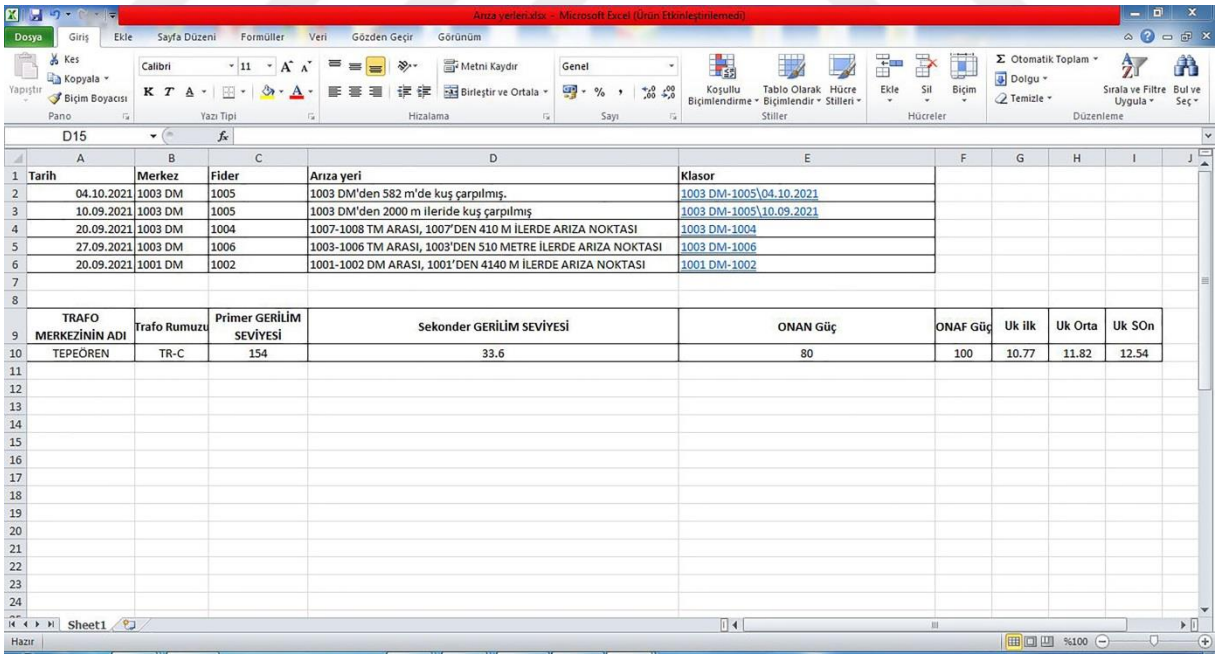
Şekil 3.25: Tepeören indirici merkez 154/33,6 kV fideri Matlab simülasyon modeli.

Son olarak uygulama yapılacak hattın bütün modeli Matlab Simulink yardımıyla oluşturulmuştur (Şekil 3.25). Arıza bloğunun tek faz toprak arızası olarak oluşturulup, topraklama, toprak özdirenci ve arıza direncinin belirlenmesi gerekmektedir. Mora-Florez ve diğ. [8] tarafından yapılan çalışmaya göre toprak özdirencinin, hat empedansını dolayısı ile arıza akımını etkilemediği gösterilmiştir.

Mora-Florez ve diğ. [8] tarafından yapılan çalışmada, Kolombiya'da bulunan 34,5 kV gerilim 157,8 MVA kısa devre kesme gücü kapasitesine sahip güç dağıtım sistemine ait gerçek alandan alınan ölçümler ile ortalama (11,4 ohm-metre) toprak özdirenci ile çeşitli arıza direncine bağlı olarak yapılan arıza yeri tahmin sonuçlarına göre arıza direnci çeşitliliğinin, arıza yeri tahmininde en fazla 500-550 metre arası gerçek değerinden saptırma etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçların elde edildiği sistem, çalışılacak güç dağıtım sistemi ile hemen hemen aynı olduğu için bu sonuçlar referans olarak kullanılmıştır.

AYEDAŞ'tan alınan bu fidere ait saha verileri doğrultusunda 1003 DM'den itibaren 582. metrede meydana gelen (Tablo 3.6) tek faz toprak arızası röle kaydından hareketle simülasyon sonuçları gerçeğe en yakın şekilde oluşturulmaya çalışılacaktır. 5,60 ohm arıza direnci, 582. metrede meydana gelen tek faz toprak arızasına en yakın grafiğin elde edilmesine yönelik deneme çalışmaları neticesinde elde edilmiştir. Bu değer, Mora-Florez ve diğ. [8] tarafından yapılan çalışmada kullanılan 5 ohm arıza direncine çok yakındır ve yine bu çalışma referans alınarak 10 ohm arıza direnci ile sistem simüle edilecek olup, yapay sinir ağı uygulaması için eğitim verileri elde edilecektir.

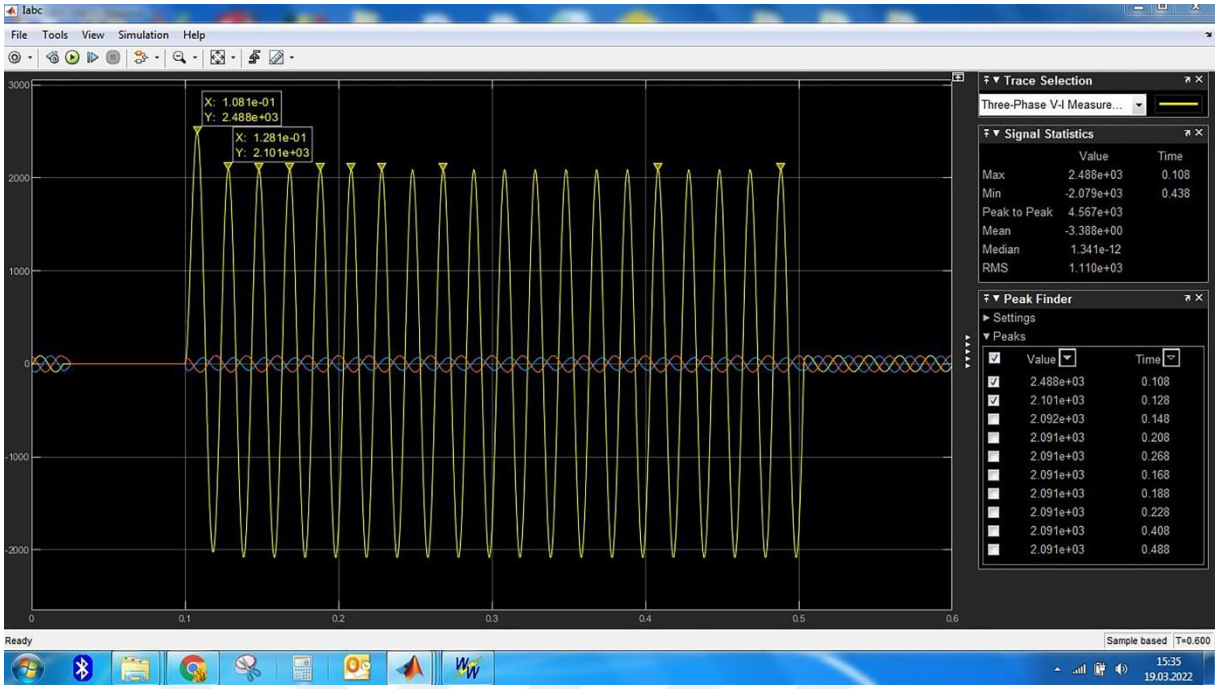
Tablo 3.6: Tepeören 154/33,6 kV İM'e bağlı fiderlere ait gerçek arıza mesafeleri.



Tarih	Merkez	Fider	Arıza yeri	Klasor
04.10.2021	1003 DM	1005	1003 DM'den 582 m'de kuş çarpılmış.	1003 DM-1005\04.10.2021
10.09.2021	1003 DM	1005	1003 DM'den 2000 m ileride kuş çarpılmış	1003 DM-1005\10.09.2021
20.09.2021	1003 DM	1004	1007-1008 TM ARASI, 1007'DEN 410 M İLERDE ARIZA NOKTASI	1003 DM-1004
27.09.2021	1003 DM	1006	1003-1006 TM ARASI, 1003'DEN 510 METRE İLERDE ARIZA NOKTASI	1003 DM-1006
20.09.2021	1001 DM	1002	1001-1002 DM ARASI, 1001'DEN 4140 M İLERDE ARIZA NOKTASI	1001 DM-1002

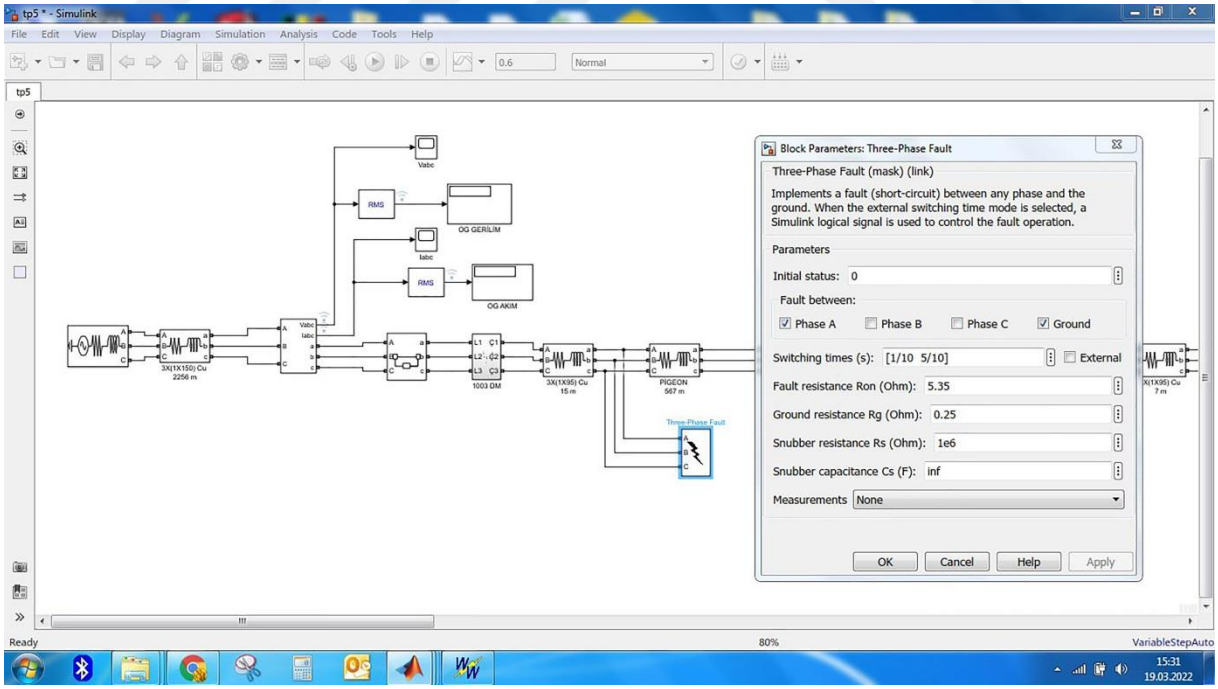
TRAFO MERKEZİNİN ADI	Trafo Rumuzu	Primer GERİLİM SEVİYESİ	Sekonder GERİLİM SEVİYESİ	ONAN Güç	ONAF Güç	Uk ilk	Uk Orta	Uk SOn
TEPEÖREN	TR-C	154	33.6	80	100	10.77	11.82	12.54

Oluşturulan simülasyon modeli üzerinden seçilen mesafelerde arıza direnci 5,60 ve 10 ohm için (Şekil 3.27) tek faz toprak arızası yaptırılarak 48 adet eğitim ve 8 adet test verisi elde edilecektir.



Şekil 3.26: Simüle hat modelinden elde edilen tek faz-toprak arıza akımı grafiği.

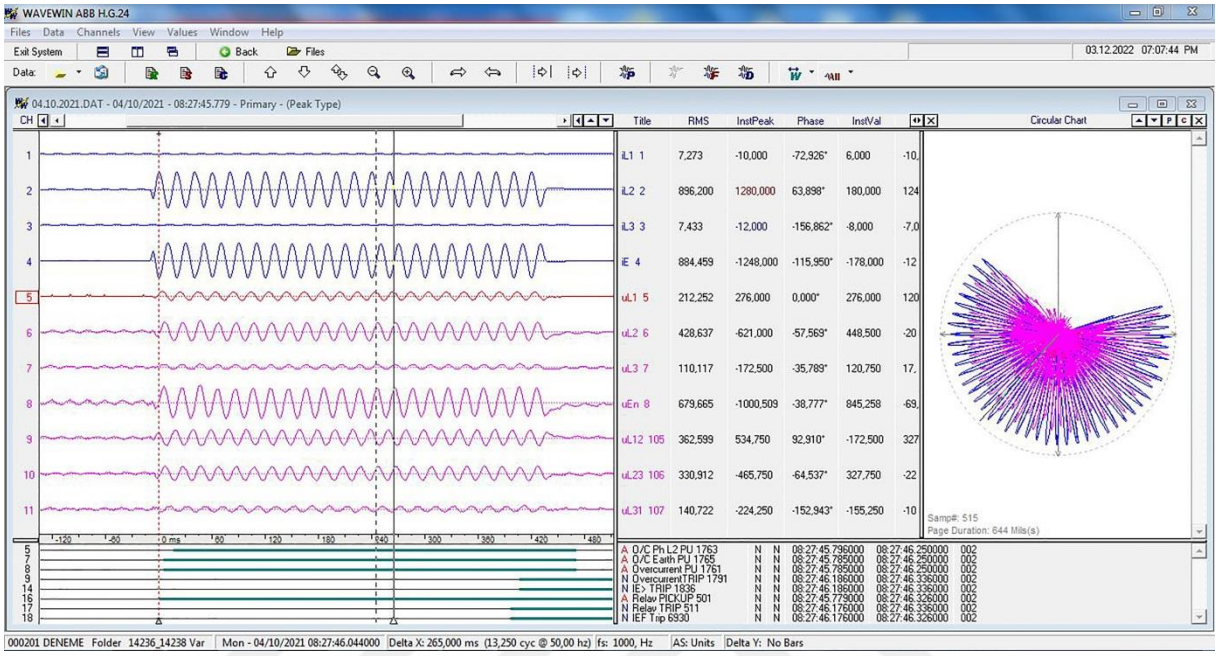
Şekil 3.26'da simülasyonda 1003 DM'den itibaren 15 metre sonra 5,60 ohm arıza direnci için elde edilen tek faz toprak kısa devre akım grafiği ve sinyal istatistik verileri bulunmaktadır.



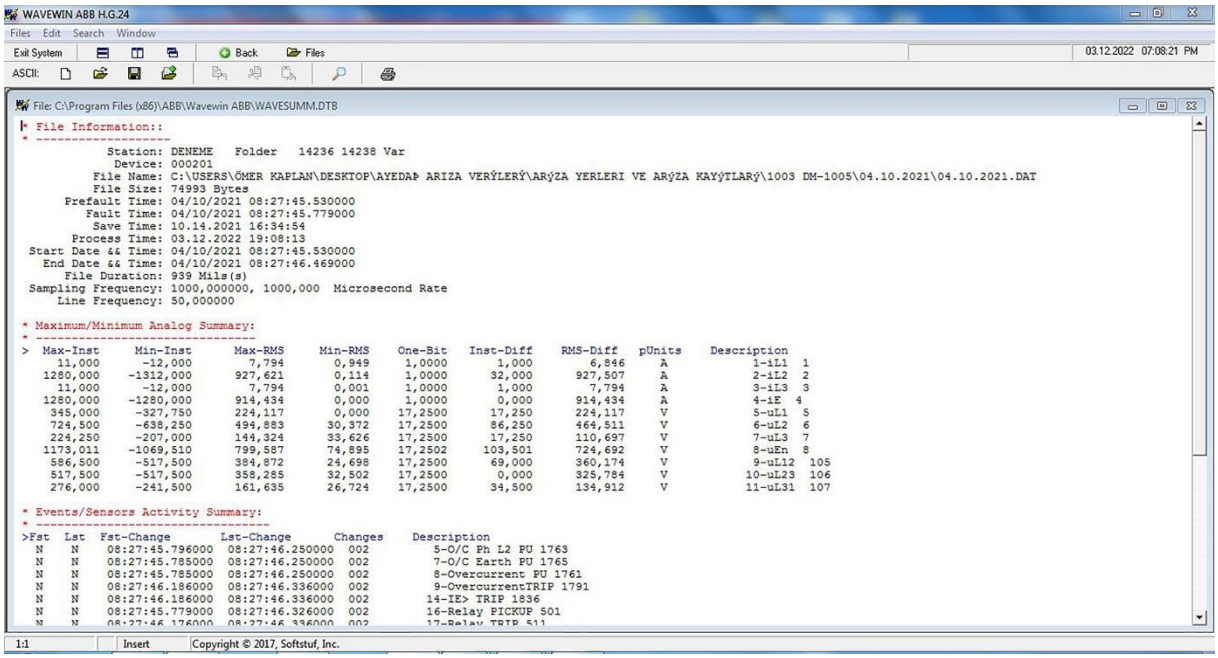
Şekil 3.27: Matlab hat modeli ve 5,60 ohm arıza direnci için arıza bloğu.

Ek olarak 2 adet test verisi de hatta ait gerçek röle kaydı olacaktır. Şekil 3.28 ve Şekil 3.29'da bu test verilerinden biri olan, 1003 DM-1005 TM fideri 582. metrede meydana gelen tek faz

toprak arızasına ait ayrı ayrı üç faz ve toprağın akım & gerilim dalga şekli, sinyal istatistik bilgisi, vektör grafiği ile beraber arıza sinyalinin maximum-minumum özet verileri yer almaktadır.



Şekil 3.28: 1003 DM-1005 TM fideri 04.10.2021 tarihli tek faz toprak arıza röle kaydı.

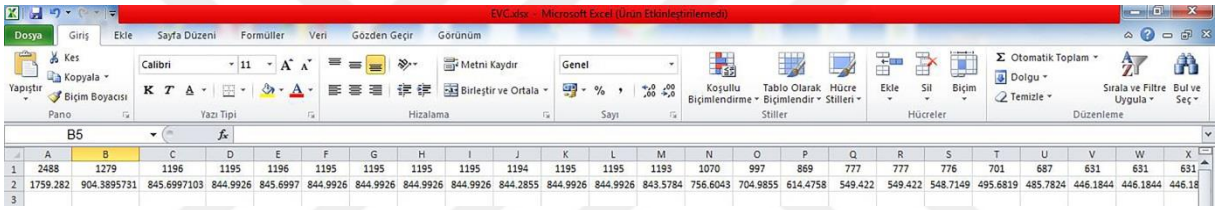


Şekil 3.29: 1003 DM-1005 TM fideri 04.10.2021 tarihli tek faz toprak arıza röle kaydı özet.

Matlab programı üzerinde nntool komutu yardımı ile yapay sinir ağı modellemesi yapılacaktır. YSA simülasyonunda sistem hangi veri yapısı ile eğitildi ise o veri yapısı ile test

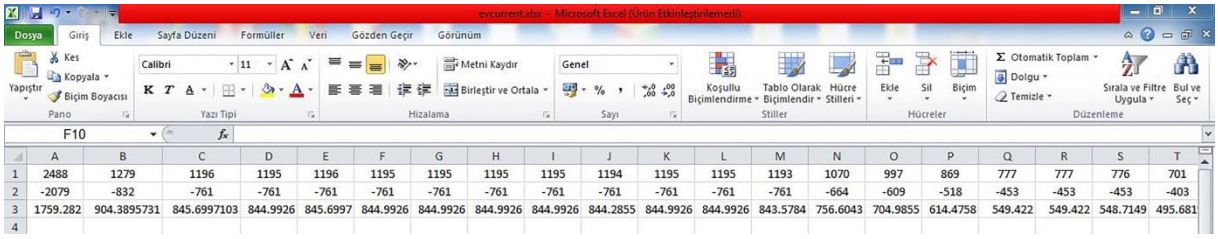
edilmesi gerekmektedir. Burada eğitim verileri girilirken 2 ve 3 giriş verili yapılar kullanılacaktır. Bunun sebebi, eğitim verisi elde edilmesi için belli mesafelerde simülasyon yolu ile oluşturulan arıza akımlarına ait sinyal istatistik ve röle kaydından çekilen arıza akımına ait bilgilerden; max, min ve max rms akım verilerinin ortak eğitim & test verisi olarak seçilebilmesidir. İki verili eğitim verisi modelinde max ve max rms akım değerleri kullanıldı. Üç verili eğitim modelinde max, min ve max rms akım değerleri kullanıldı. Arıza fazına ait tüm akım verisi şu aşamada röle kaydının açıldığı programdan Matlab YSA simülasyonun kullanacağı şekilde çekilememektedir. Tablo 3.7 ve Tablo 3.8'de birinci uygulamada 5,60 ohm arıza direnci için 2 ve 3 girişli eğitim verileri bulunmaktadır. İkinci uygulama olan 10 ohm arıza direnci için de bu veriler elde edilmiş, YSA modelinde eğitim verisi olarak kullanılmıştır.

Tablo 3.7: 1003 DM-1005 TM fideri için YSA 2 girişli eğitim verileri.

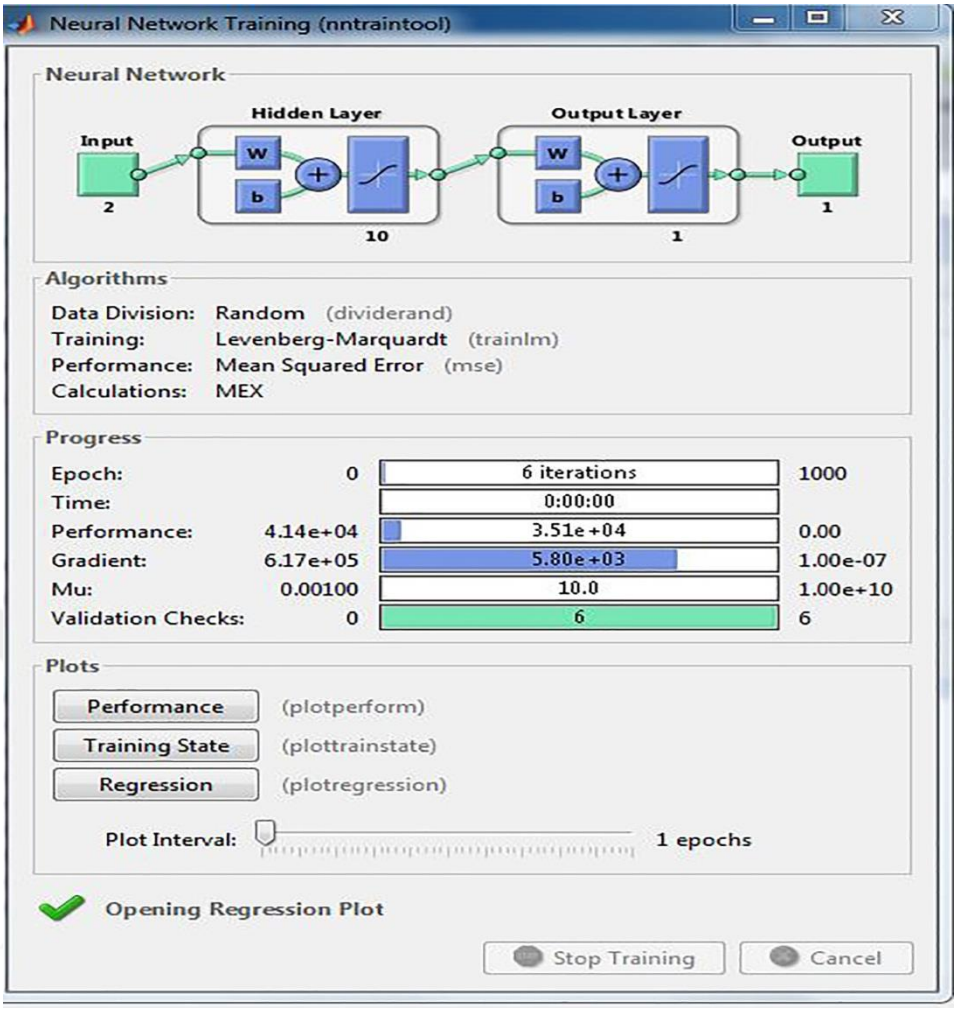


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	2488	1279	1196	1195	1196	1195	1195	1195	1195	1194	1195	1195	1193	1070	997	869	777	777	776	701	687	631	631	631
2	1759.282	904.3895731	845.6997103	844.9926	845.6997	844.9926	844.9926	844.9926	844.9926	844.2855	844.9926	844.9926	843.5784	756.6043	704.9855	614.4758	549.422	549.422	548.7149	495.6819	485.7824	446.1844	446.1844	446.18
3																								

Tablo 3.8: 1003 DM-1005 TM fideri için YSA 3 girişli eğitim verileri.

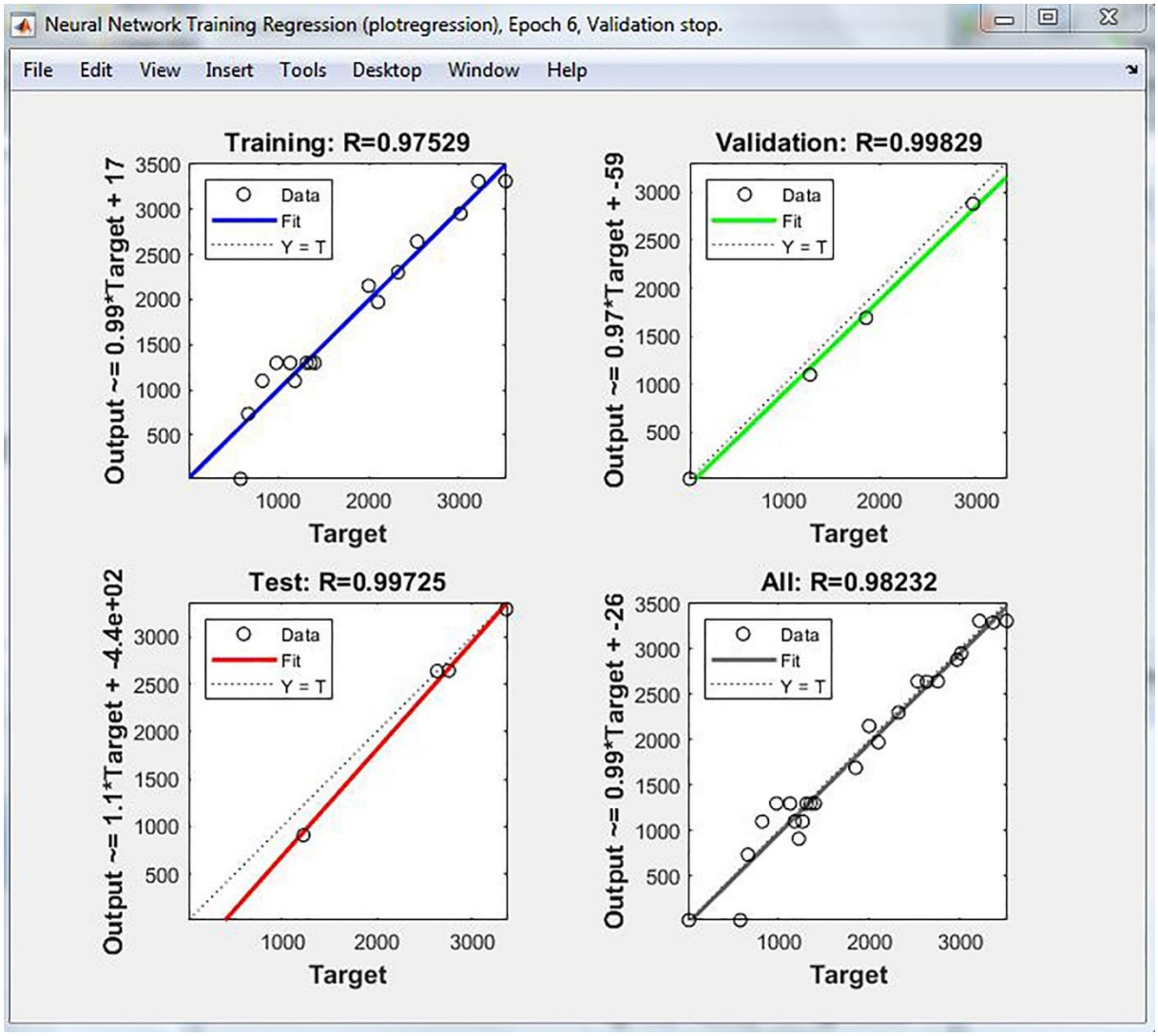


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	2488	1279	1196	1195	1196	1195	1195	1195	1195	1194	1195	1195	1193	1070	997	869	777	777	776	701
2	-2079	-832	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-761	-664	-609	-518	-453	-453	-453	-403
3	1759.282	904.3895731	845.6997103	844.9926	845.6997	844.9926	844.9926	844.9926	844.9926	844.2855	844.9926	844.9926	843.5784	756.6043	704.9855	614.4758	549.422	549.422	548.7149	495.681
4																				



Şekil 3.30: 1003 DM-1005 TM fideri için YSA eğitim bloğu.

Eğitim ve test verileri elde edildikten sonra Matlab workspace alanına kopyala yapıştır yapılarak aktarımı yapıldı. Sonrasında YSA bloğuna bu veriler import edildi. Ağ yapısı standart olarak 10 nöronlu 1 saklı ağ katmanlı seçildi (Şekil 3.30) . Farklı ağ katman kombinasyonları denenmedi. Çünkü veri sayısı az olduğu için eğitilen YSA sisteminin regresyon oranı hızlı bir şekilde 1'e yaklaştı (Şekil 3.31). Regresyon oranının 1'e yaklaşması, YSA ile yapılacak tahmin sonuçlarının doğruluk payının yüksek olacağını ifade etmektedir.



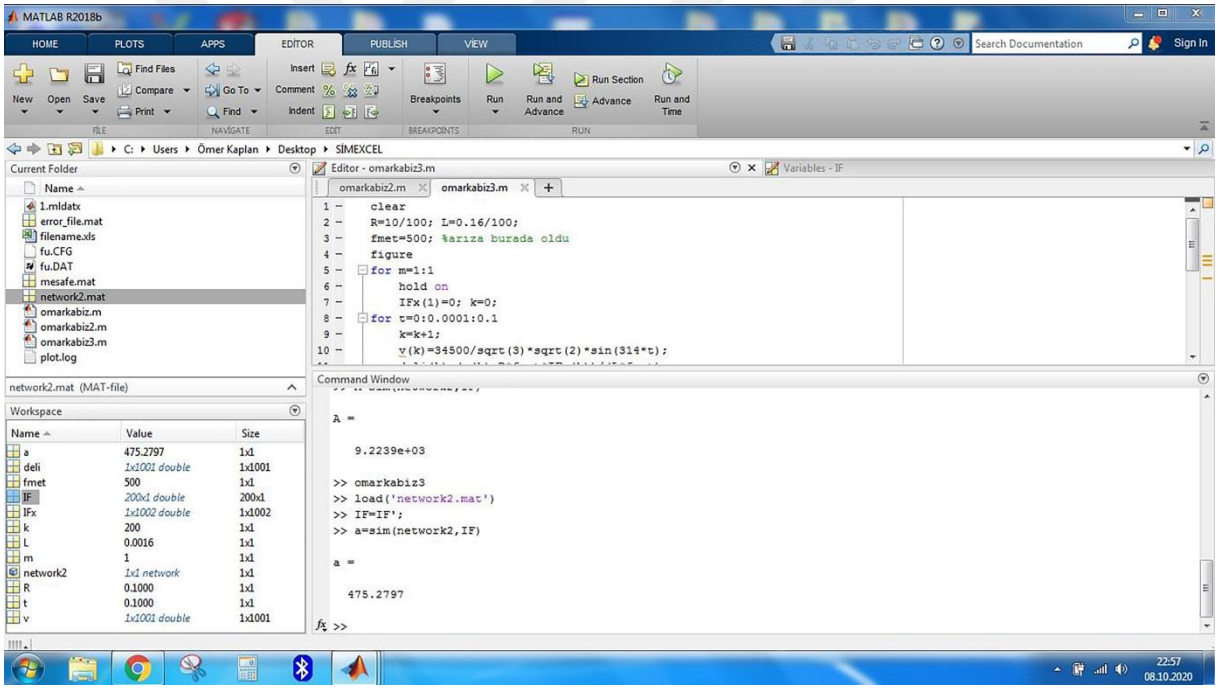
Şekil 3.31: 1003 DM-1005 TM fideri için YSA regresyon analizi.

4. BULGULAR

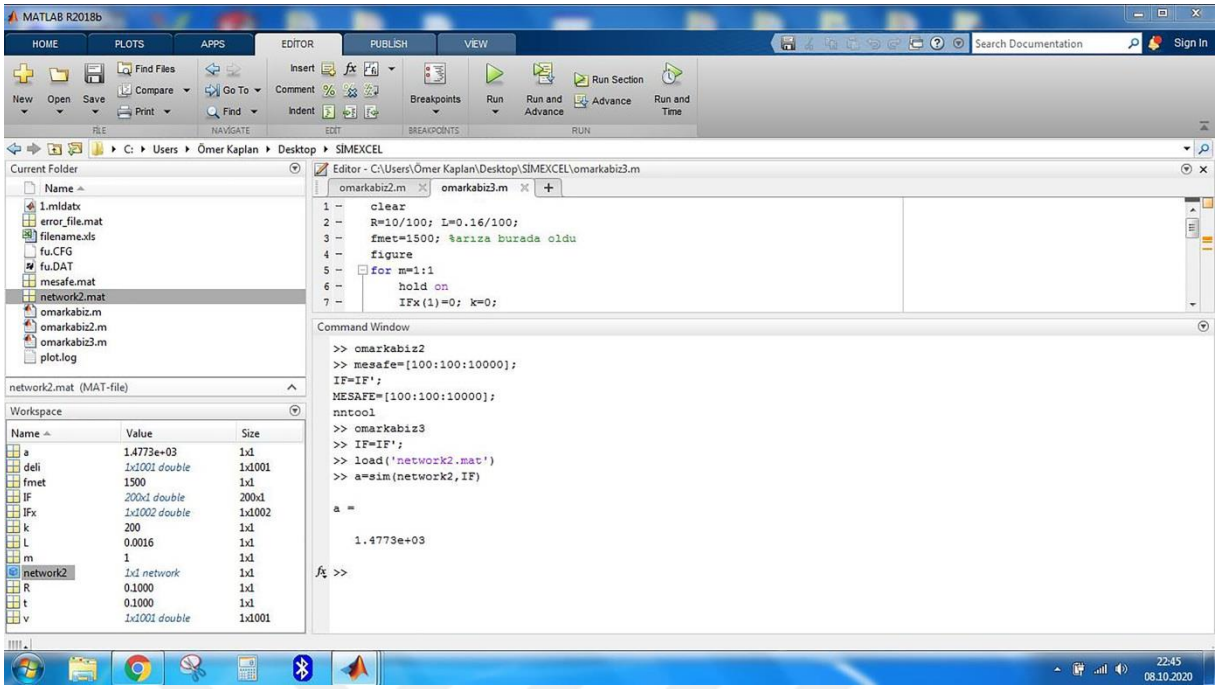
4.1. ÜÇ FAZLI AÇISIZ ARIZA DURUMU İÇİN SİMÜLASYON SONUÇLARI

Çeşitli mesafelerde arıza test verileri oluşturularak, bu veriler programda yapay sinir ağı ile eğitilen network2 ağı ile simüle edilip ilgili test arıza mesafelerinin tahmini gerçekleştirilecektir. Çıkan sonuçların gerçek mesafelere düşük bir hata oranı ile yakın çıkması çalışmanın temel hedefini oluşturmaktadır.

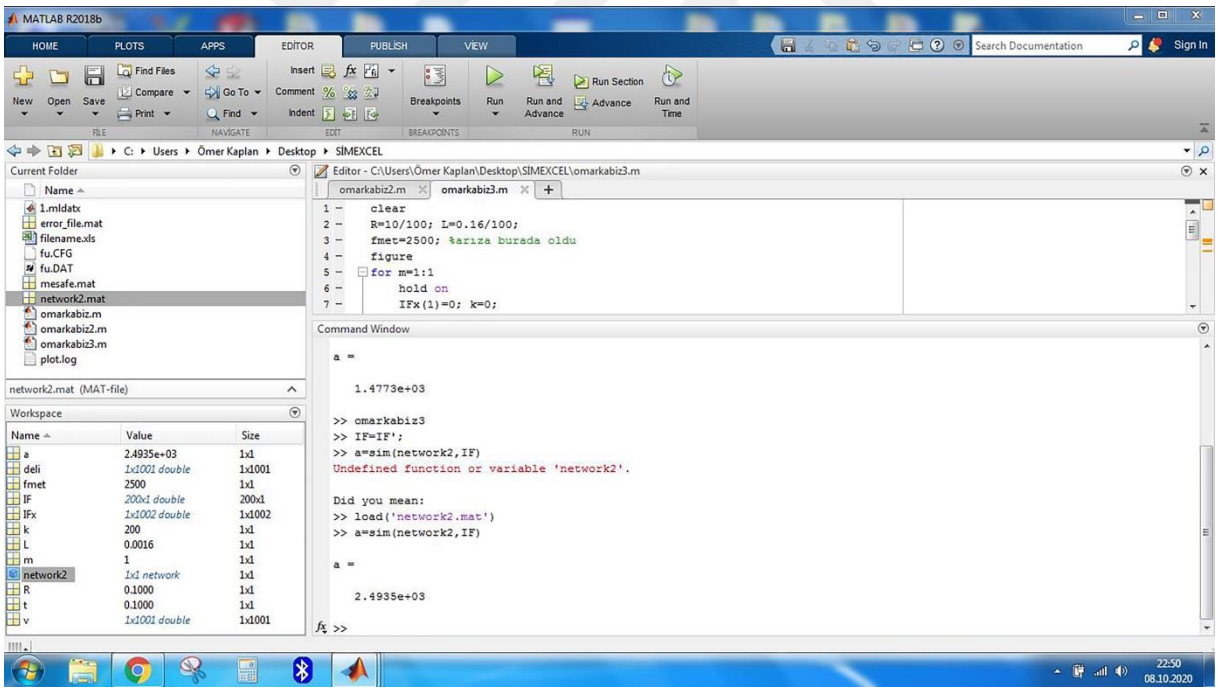
İlk test verileri 500 m'de meydana gelen arıza verileri olarak elde edilmişti. Bu mesafedeki test verileri, network2 ağı ile simüle edildiğinde çıkan sonuç 475 m'dir (Şekil 4.1). Sırasıyla arıza test verileri 1500, 2500, 7500 ve 9300 m mesafeleri için denenmiştir (Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4).



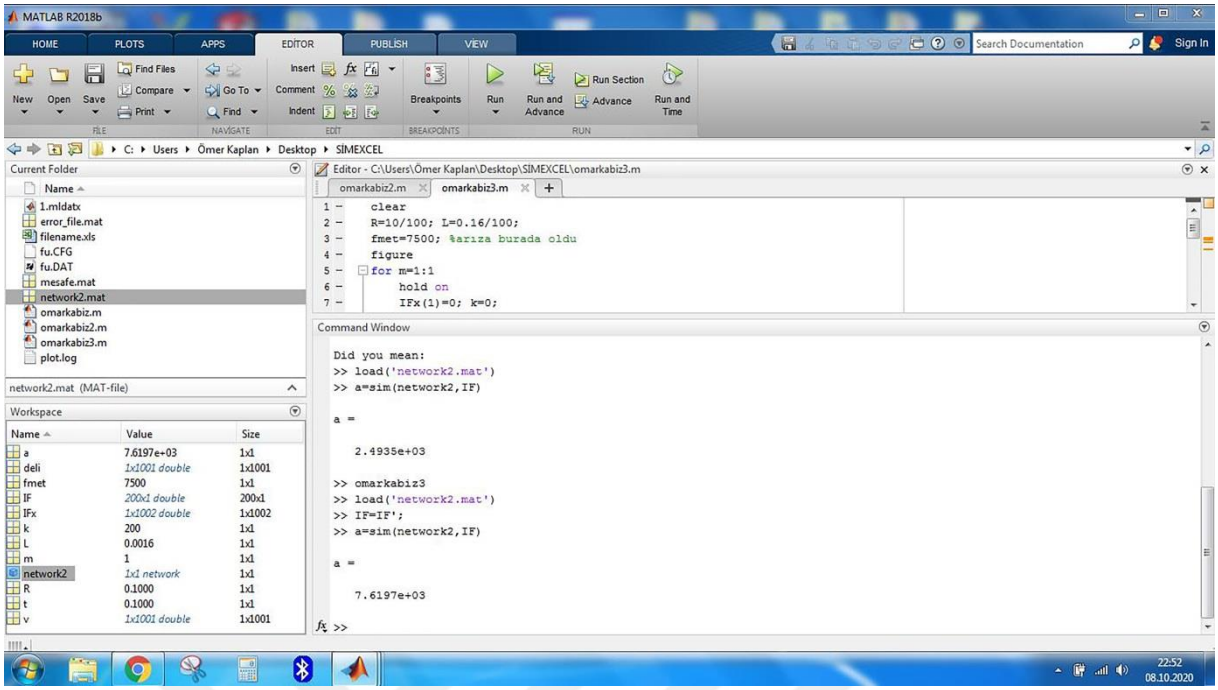
Şekil 4.1: 500 m'de meydana gelen test arızası için YSA tahmin sonucu.



Şekil 4.2: 1500 m'de meydana gelen test arızası için YSA tahmin sonucu.



Şekil 4.3: 2500 m'de meydana gelen test arızası için YSA tahmin sonucu.



Şekil 4.4: 7500 m'de meydana gelen test arızası için YSA tahmin sonucu.

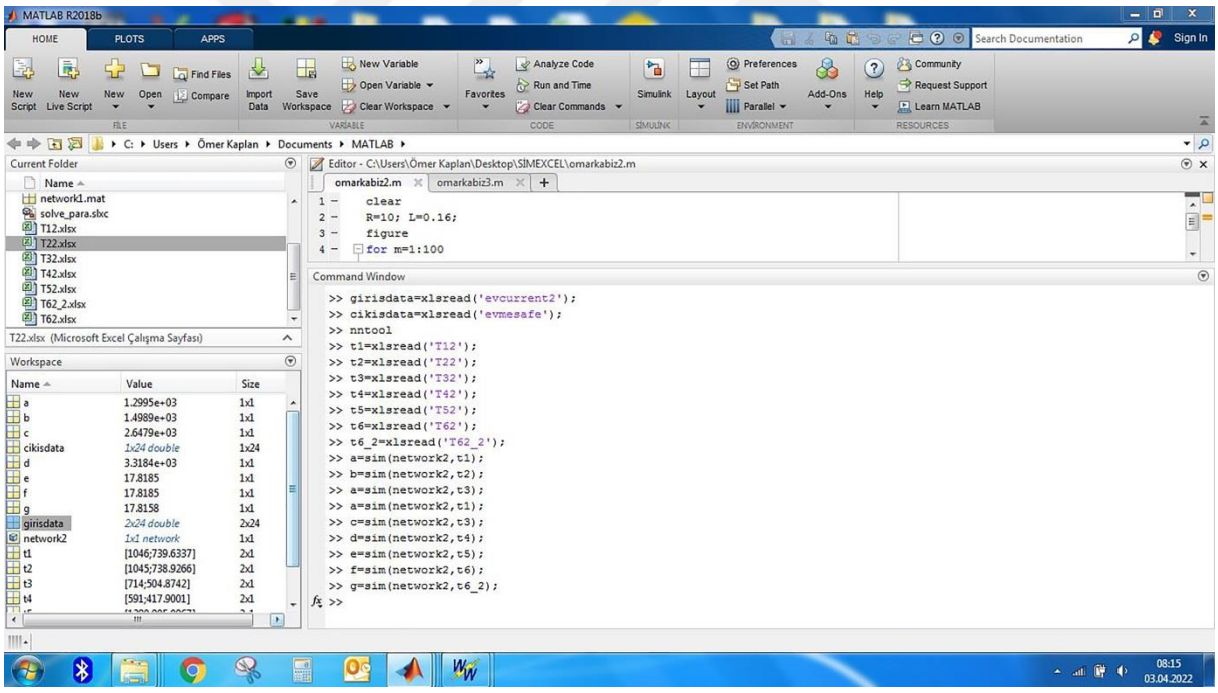
Aşağıda Tablo 4.1'de test arızalarına ait mesafeler ve yapay sinir ağı ile tahmin edilen arıza mesafeleri hata yüzdeleri ile beraber gösterilmiştir.

Tablo 4.1: YSA simülasyon sonuçları.

NETWORK2 İÇİN HESAPLANAN HATA YÜZDELERİ			
GERÇEK DEĞER (METRE)	HESAPLANAN DEĞER (METRE)	FARK (METRE)	% HATA
500	475	25	5
1500	1477	23	1.5
2500	2493	7	0.3
7500	7619	-119	1.6
9300	9223	77	0.8
		ORTALAMA	1.8

4.2. TEPEÖREN 154/33,6 kV İNDİRİCİ MERKEZ 1003 DM - 1005 TM FİDERİ TEK FAZ TOPRAK ARIZA YERİ TAHMİNİ SİMÜLASYON SONUÇLARI

İkinci uygulama çalışmasında, Anadolu Yakası Tepeören İndirici Merkez 154/33,6 kV hattı üzerinden beslenen 1003 DM-1005 TM fideri üzerinde tek faz toprak arızası üzerinden 5,60 ohm ve 10 ohm arıza direnci için simülasyon çalışması yapıldı. Yapay sinir ağı için eğitilecek ağda da eğitim verisi olarak 3 ve 2 giriş verili yapılar kullanıldı. Eğitilen ağın test edilmesi ve arıza yeri tahmini yapılabilmesi için Matlab'da modellenmiş olan hat üzerinde dört adet noktada test verisi elde edildi. İki adet test verisi ise bu fidere ait gerçek tek faz toprak arıza röle kayıtları olarak kullanıldı. Yani, gerçek bir arıza test edildi. İki arıza direnci ve iki çeşit eğitim giriş verisi için toplamda dört adet uygulama yapıldı. İlgili tabloda verilen test arızalarının ilk dört tanesi simülasyon modelinden elde edilmiş, 5. ve 6. test arızaları ise gerçek tek faz toprak arıza röle kayıtları olarak eğitilen yapay sinir ağında kullanılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: 1003 DM-1005 TM fideri 10 ohm arıza direnci için 2 eğitim veri girişli YSA testleri ve arıza yer tahminleri.

Tepeören 154/33,6 kV indirici merkeze bağlı 1003 DM-1005 TM fiderine ait yapılan simülasyon modeli üzerinden yapay sinir ağı yardımıyla elde edilen arıza direnci 5,60 ohm ve 10 ohm için elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir (Tablo 4.2 ve Tablo 4.3).

Tablo 4.2: 5,60 ohm arıza direnci için YSA simülasyon sonuçları.

5.60 OHM İÇİN UYGULAMA		GERÇEK ARIZA YERİ (METRE)	TAHMİN EDİLEN ARIZA YERİ (METRE)		FARK (METRE)		% HATA	
SIRA	UYGULAMA TİPİ	ORTAK	3 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ	2 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ	3 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ	2 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ	3 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ	2 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ
1	SİMÜLASYON	1137	1209	1204	-72	-67	-6.33	-5.89
2	SİMÜLASYON	1403	1209	1204	194	199	13.83	14.18
3	SİMÜLASYON	2645	2634	2677	11	-32	0.42	-1.21
4	SİMÜLASYON	3602	3366	3321	236	281	6.55	7.80
5	RÖLE KAYDI	582	3515	673	-2933	-91	-503.95	-15.64
6	RÖLE KAYDI	3509	3515	673	-6	2836	-0.17	80.82

Tablo 4.3: 10 ohm arıza direnci için YSA simülasyon sonuçları.

10 OHM İÇİN UYGULAMA		GERÇEK ARIZA YERİ (METRE)	TAHMİN EDİLEN ARIZA YERİ (METRE)		FARK (METRE)		% HATA	
SIRA	UYGULAMA TİPİ	ORTAK	3 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ	2 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ	3 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ	2 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ	3 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ	2 EĞİTİM GİRİŞ VERİLİ
1	SİMÜLASYON	1137	1295	1299	-158	-162	-13.90	-14.25
2	SİMÜLASYON	1403	1415	1498	-12	-95	-0.86	-6.77
3	SİMÜLASYON	2645	2755	2647	-110	-2	-4.16	-0.08
4	SİMÜLASYON	3602	3383	3318	219	284	6.08	7.88
5	RÖLE KAYDI	582	2810	17	-2228	565	-382.82	97.08
6	RÖLE KAYDI (MAX RMS HESAP)	3509	2658	17	851	3492	24.25	99.52

Modelden elde edilen ilk 4 adet test arıza verileri için yapay sinir ağında elde edilen arıza yeri tahmini oranı, 5,60 ohm arıza direnci ve 3 verili uygulama için ortalama % 3,62 ve 2 verili uygulama için ortalama % 3,72 oranında hata payı ile sonuçlanmıştır. Bu modelde 5. arıza test verisi (582. metrede gerçekleşen gerçek tek faz toprak arıza röle kaydı) için yapay sinir ağı tarafından 3 verili modelde verimli bir arıza yeri tahmini yapılmazken, iki verili modelde % 15 hata payı ile arıza yeri için iyi bir tahmin yapılmış ve arızanın olduğu iki merkez arası da doğru tahmin edilebilmiştir. 6. arıza test verisi için 3 verili modelde iki merkez arası doğru tahmin edilerek verimli bir sonuç elde edilirken, 2 verili modelde verimli bir sonuç elde edilememiştir.

10 ohm arıza direnci uygulaması için hat simülasyonundan elde edilen ilk dört test arızası için eğitimi yapılan yapay sinir ağının tahminleri 3 verili model için ortalama % 3,21 ve 2 verili model için ortalama % 3,30 hata payı ile sonuçlanmıştır. 5. arıza test verisi için 2 verili modelde yapılan arıza yeri tahmini arızanın olduğu gerçek noktayı içeren iki merkez arasında kalırken, 3 verili modelde verimli sonuç alınamamıştır. 6. arıza test verisi için yapılan 3 verili yapay sinir ağı arıza yeri tahmininde arızanın gerçekleştiği iki merkez arası doğru tahmin edilmiştir. 2 verili modelde ise verimli bir sonuç elde edilememiştir.

5. TARTIŞMA

İlk simülasyon çalışmasında beş adet arıza noktasında yapılan simülasyon sonuçları bulgular kısmında tablo halinde verildi. Tabloyu yorumlandığında en fazla % 5 hata oranı ile gerçek sonuca yaklaşım yapıldı. En az hata durumunda ise % 1'in altında sonuç elde edildi. Bu sonuçlar hata payı açısından oldukça düşük sonuçlar olarak kabul edilebilir.

Çalışma yapılırken ilk simülasyon uygulamasında, yapay sinir ağına giriş verisi olarak sadece arıza anına ait üretilen açısız akım verilerini kullanıldı. Mevcut literatürde bulunan ve yapılan çalışmalara bakıldığında [1,5,7] genellikle hem arıza öncesi hem de arıza sonrası akım ve gerilim verilerinin yapay sinir ağı simülasyonunda veri olarak kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, Jain [5] yaptığı çalışmasında iki taraftan beslemeli enerji iletim hattında yaptığı yapay sinir ağı yardımıyla arıza yeri belirleme simülasyonunda arıza sonrası akım ve gerilim verilerini kullanmıştır.

Jain [5] tarafından elde edilen sonuçlara bakıldığında arıza mesafesi tahmin hata oranının en yüksek % 7 'lere çıktığı ve en az % 0'a yaklaştığı görülmektedir. Bu çalışmaya ait hata payı yüzdelerinin, tez çalışması kapsamında ilk simülasyon uygulamasından elde edilen sonuçlar ile hemen hemen aynı aralık düzeyinde olduğu görülmektedir. Jain [5] tarafından yapılan çalışmada hem akım hem de gerilim verileri ile beraber 9 çeşit veri kullanılmıştır. Oysa tez çalışmasında sadece bir çeşit veri kullanıldı. Veri çeşidinin artması, veri sayısını artıracağı gibi yapay sinir ağı simülasyonunda sonuç alınacak süreyi de uzatacaktır.

İkinci simülasyon uygulamasında Tepeören İndirici Merkeze bağlı 154/33,6 kV 1003 DM-1005 TM fideri üzerinde gerçekleşen tek faz toprak arızaları için YSA yardımıyla arıza yeri tahmini yapıldı. AYEDAŞ ile yapılan görüşmeler neticesinde yapılacak arıza yeri tahmininin iki trafo merkezi arasında kalmasının bile kendileri için çok iyi bir sonuç olacağı bilgisi alınmıştır. Bu hatta ait elde edilen YSA tahmin sonuçları Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te belirtilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Arıza akımlarının maximum, minumun ve max rms değerlerinin mesafeye bağlı değişkenliği direnci yüksek olan pigeon (havai hat) iletkenlerde, bakır yeraltı kablolarına nazaran daha belirleyicidir. Bu sebeple sonuçlarda da görüldüğü üzere 3 veya 2 giriş verili yapay sinir ağı modelinin havai hatta uygulanması daha verimli olacaktır. Böylelikle daha az veri ile daha kısa sürede sonuca ulaşılabilecektir.

Yeraltı hatlarında veya (yeraltı-havai) hibrit hatlarda ise üç fazlı arıza simülasyonlarındaki sonuçlardan hareketle yapay sinir ağının arıza akımlarının tamamı ile eğitilmesi daha verimli sonuçlar verebilecektir. Çünkü yapılan simülasyonlarda görüldüğü üzere yeraltı bakır kablolarının direnci çok düşük olduğu için mesafeye bağlı bu hatlarda meydana gelen tek faz toprak arızalarının max ve min değerleri hemen hemen birbirine yakın değerlerde olmaktadır. Dolayısı ile bu durum, eğitilecek yapay sinir ağı modeli açısından verimli sonuçlara ulaşılmasını sonuçlardan da görüldüğü üzere zorlaştırmaktadır.

Yapay sinir ağının eğitileceği eğitim verilerinin elde edildiği simüle hat modelinde elde edilen tek faz toprak arıza grafiği ve max, min ve max rms değerleri ne kadar çok seçilen hattaki gerçek tek faz toprak arızası verilerine yaklaştırılırsa o kadar çok yapay sinir ağı ile yapılan tahmin sonuçlarında hata payının azaldığı ve verimli sonuçlar elde edildiği sonuçlarda görüldü.

Arıza direncinin mesafeye bağlı olarak değiştiği görüldü. Dolayısı ile bir fiderde arıza yeri tahminine yönelik YSA eğitimi için modellenen sistem farklı arıza dirençleri ile simüle edilmelidir. Fiderin farklı bölgelerinden ne kadar çok gerçek arıza röle kaydı elde edilirse, o kadar çok farklı arıza direnci ile sistem modellenebilecektir ve doğru sonuçlara gidilme ihtimali o kadar çok artacaktır. 6. test arıza akımının (röle kaydı) meydana geldiği yer tahminine yönelik eğitilen 10 saklı katmanlı yapay sinir ağı modelinde hem 5,60 ohm arıza direnci ile denenen uygulamada hem de 10 ohm arıza direnci ile yapılan çalışmada arızanın gerçekleştiği iki merkez arası doğru olarak tahmin edilebilmiştir. Her ne kadar bu arıza seçilen hattın lineer kısmında meydana gelmese de, yapay sinir ağının tahmin ettiği iki merkez arasındaki hattan beslenen 541 m uzaklıkta dal şebeke (pigeon havai hattı) kısmında

gerçekleşmiştir. Bahsedilen iki merkez (seçilen Tepeören indirici merkez 154 / 33,6 kV fideri üzerinde TM-2 ve TM-3) arasındaki bu hat 112 m 3(1x95) mm2 Cu yeraltı, 211 m pigeon, 47 m pigeon, 200 m pigeon ve 387 m 3(1x95) mm2 Cu yeraltı hatlarından meydana gelmektedir. 541 m'lik pigeon havai hattının toplam empedansı, bağlandığı noktadan (211 m'lik pigeon hattından sonra) itibaren hesap edildiğinde, yine empedans cinsinden yapay sinir ağının tahmin ettiği iki merkez arasına denk gelmektedir. Bu sebeple, 6. test arıza akımının (röle kaydı) yapay sinir ağı tarafından da tahmin edilen iki merkez arasında gerçekleştiği kabul edilebilir. Zaten bu arızanın meydana geldiği dal şebeke kısmından eğitim verisi elde edilmedi. Yani bu kısım, simülasyona dahil edilmedi. Çalışılan fiderin dal şebeke kısmındaki yapay sinir ağı ile arıza yeri tahmini ise ayrı bir çalışma konusudur.

Tez çalışmasında veri çeşidi sayısı bire indirgenerek diğer çalışmalara kıyasla;

- Kullanılacak veri sayısı azaltıldı.
- Yapay sinir ağının veri işleme ve değerlendirme hızı artırıldı ve böylece sonuca daha kısa sürede ulaşma olanağı elde edilmiş oldu.
- Veri çeşidi sayısının azalması ile simülasyon programı kapasitesinde bir çeşit veriden daha fazla kullanılması imkanı doğduğundan tahmin sonuçlarının daha hassas ve doğruya yakın çıkması öngörülmektedir.
- Orta gerilim dağıtım hattının yeraltı, havai veya hibrit olması durumlarına göre bu hatlarda arıza yeri tahminine yönelik yapay sinir ağı eğitimi için kullanılacak veri çeşidi ve sayısı optimizasyonu analiz edilmiş oldu.

Elektrik dağıtım ve iletim sisteminde yapay zeka tabanlı bu çalışmalar tez çalışmasında olduğu gibi geliştirildiği takdirde, enerji tabanlı arızalara en kısa sürede müdahale edilmesi, sistemin devamlılığının ve enerji kalitesinin sağlanması, bakım maliyetlerinin düşmesi ve tüketici memnuniyetinin daha da artırılması sağlanacaktır. Ayrıca bu konu üzerindeki Ar-Ge çalışmaları daha da ilerletilirse, yapay zeka tabanlı sistemler ile arızanın artık meydana gelmeden önce tahmini yapılabilmesi ve kaynağında yok edilmesi ile bu sayede arızanın yer tespiti ve onarımı gibi hususlar olmayacağından sistem için maliyet ve enerji kalitesi konularında çok daha büyük ve geniş çaplı faydalar ve sistem verimliliği elde edilmesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

[1]. R. Samin, "*Applications of Artificial Intelligence in Power Systems*" M.S. Thesis, Engineering and Applied Science Electrical Engineering, University of New Orleans, 2018.

[2]. A. A. Dutta, A.N. Kadu, R.U. Ghanmare, P.G. Shewane, "Novel Approach For Protecting Power System", *International Journal of Electrical Engineering and Technology*, Volume 5, Issue 1, pp. 01-09, January, 2014.

[3]. K.K. Ram, N. Soren, K. Ramesh, D.N. Vishwakarma, "An Overview- Protection Of Transmission Line Using Artificial Intelligence Techniques", *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT),* Vol. 2, Issue 1, pp. 1-9, January, 2013.

[4]. A. Yadav, A.S. Thoke, "Transmission line fault distance and direction estimation using artificial neural network", *International Journal of Engineering, Science and Technology*, Vol. 3, No. 8, pp. 110-121, 2011.

[5]. A. Jain, (3 January 2013), *Artificial Neural Network-Based Fault Distance Locator for Double-Circuit Transmission Lines*, Available: http://dx.doi.org/10.1155/2013/271865

[6]. L. Pothamsetty, S. Ranjan, M. K. Kirar, G. Agnihotri, "Power System Transıent Stabılıty Margın Estımatıon Usıng Artıfıcıal Neural Networks", *Electrical and Electronics Engineering: An International Journal (ELELIJ)*, Vol 3, No 4, November 2014.

[7]. S.B. Ayyagari, "*Artificial Neural Network Based Fault Location For Transmission Lines*" M.S. Thesis, University of Kentucky, 2011.

[8]. J. Mora-Florez, G. Garcia-Osorio, S. Perez- Londono, "Fault Resistance And Soil Resistivity Influence On The Impedance Based Methods For Locating Faults. A Comparatıve Analysıs", *DYNA*, Vol 77, No 163, July/Sept. 2010.

EKLER

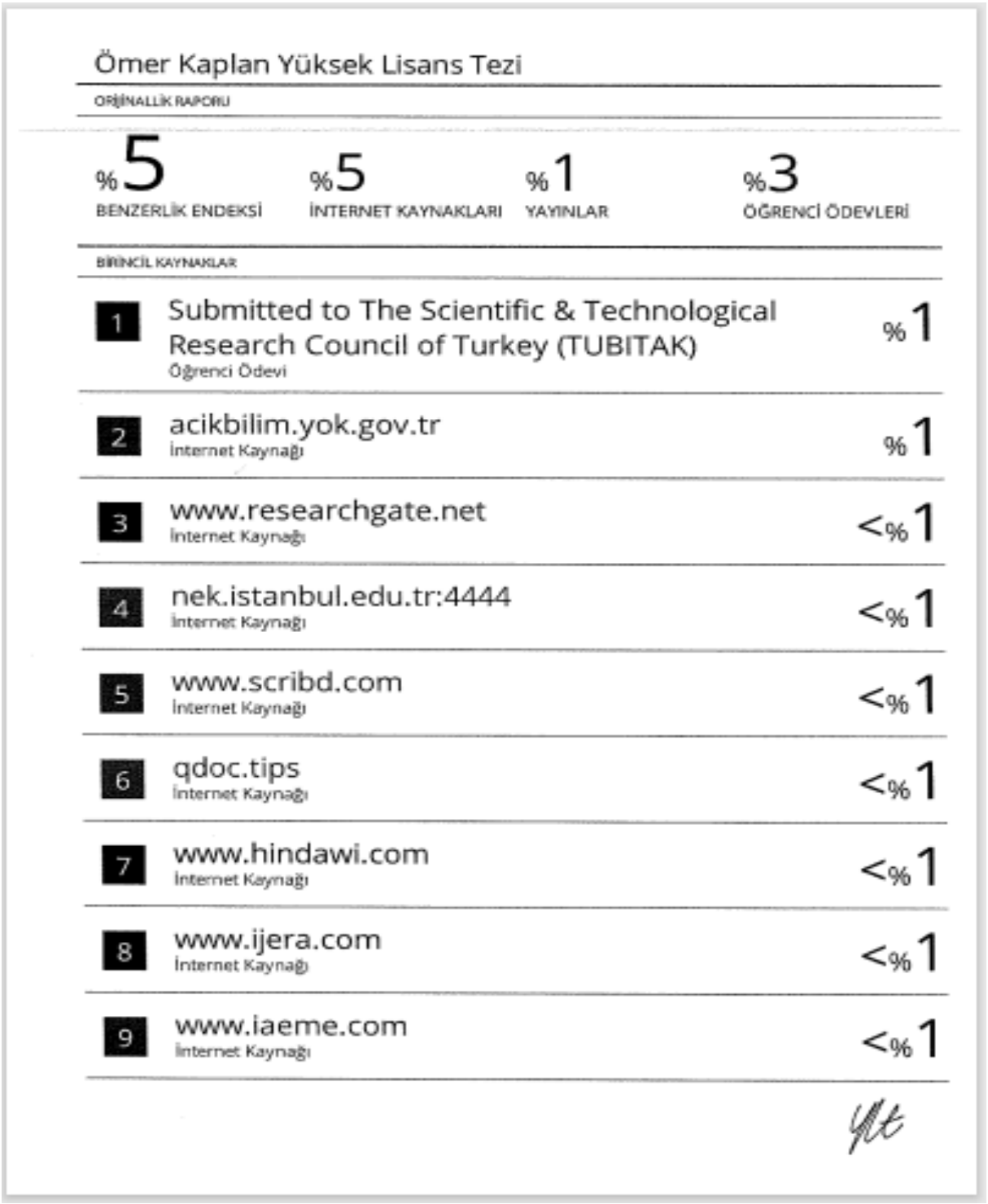
EK 1. Yüz adet noktada oluşturulan arıza akımlarına ait Matlab'da yazılan kodlar

```
clear
R=10; L=0.16;
figure
for m=1:100
    hold on
    IFx(1)=0; k=0;
for t=0:0.0001:0.1
    k=k+1;
    v(k)=34500/sqrt(3)*sqrt(2)*sin(314*t);
    deli(k)=(v(k)-R*m*IFx(k))/(L*m);
    IFx(k+1)=IFx(k)+deli(k)*0.0001;
end
IF(m,1)=IFx(1);
for k=2:200
    IF(m,k)=IFx(5*(k-1));
end
plot(IF(m,:))
end
```

EK 2. 500. Metrede meydana gelen arıza akımlarına ait Matlab'da yazılan kodlar

```
clear
R=10/100; L=0.16/100;
fmet=500; %arıza burada oldu
figure
for m=1:1
    hold on
    IFx(1)=0; k=0;
for t=0:0.0001:0.1
    k=k+1;
    v(k)=34500/sqrt(3)*sqrt(2)*sin(314*t);
    deli(k)=(v(k)-R*fmet*IFx(k))/(L*fmet);
    IFx(k+1)=IFx(k)+deli(k)*0.0001;
end
IF(m,1)=IFx(1);
for k=2:200
    IF(m,k)=IFx(5*(k-1));
end
plot(IF(m,:))
end
```

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI



Ömer Kaplan Yüksek Lisans Tezi

ORİJİNALLİK RAPORU

%5	%5	%1	%3
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	%1
2	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
3	www.researchgate.net İnternet Kaynağı	<%1
4	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	<%1
5	www.scribd.com İnternet Kaynağı	<%1
6	qdoc.tips İnternet Kaynağı	<%1
7	www.hindawi.com İnternet Kaynağı	<%1
8	www.ijera.com İnternet Kaynağı	<%1
9	www.iaeme.com İnternet Kaynağı	<%1

ETİK KURUL İZİN YAZISI

Uyarı: Canlı denekler üzerinde yapılan tüm araştırmalar için Etik Kurul Belgesi alınması zorunludur.

☐ **Etik Kurul izni gerekmektedir.**

☒ **Etik Kurul izni gerekmemektedir.**

Ömer KAPLAN
(İmza)

KURUM İZNİ YAZILARI

Uyarı: Canlı ve cansız deneklerle yapılan tüm çalışmalar için kurum izin belgelerinin eklenmesi zorunludur. Gizlilik ve mahremiyet içeren durumlarda kurum adı kapatılmalıdır.

☐ **Kurum izni gerekmektedir.**

☒ **Kurum izni gerekmemektedir.**

Ömer KAPLAN
(İmza)