T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ARIZA DURUMLARI DİKKATE ALINARAK ENERJİ İLETİM SİSTEMİ İÇİN EN UYGUN RÖLE AYAR DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

HİDAYET AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK MAKİNALARI VE GÜÇ ELEKTRONİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. OKTAY ARIKAN

İSTANBUL, 2017

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ARIZA DURUMLARI DİKKATE ALINARAK ENERJİ İLETİM SİSTEMİ İÇİN EN UYGUN RÖLE AYAR DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Hidayet AYDIN tarafından hazırlanan tez çalışması 26.05.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Oktay ARIKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Oktay ARIKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Altuğ BOZKURT

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Bülent ORAL

Marmara Üniversitesi _____

Bu çalışma, TÜBİTAK ile TEİAŞ arasında yürütülmekte olan İletim Sistemi Çerçeve Programı Projesi kapsamında desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Elektrik enerjisinin kaliteli, sürdürülebilir, güvenilir olarak iletimini sağlamak ve güçlü bir iletim sisteminin planlanmasını yapmak dünya enerji sektöründeki en önemli konularından birini oluşturmaktadır. İletim sistemlerinde koruma konusu, iletim sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olup gelişen teknoloji ile birlikte ele alınarak kaliteli bir hizmeti sunması beklenmektedir. İletim sistemlerinde gerçekleşebilecek farklı arıza durumlarında koruma sistemlerinin hızla devreye girerek arızalı bölgeyi sistemden ayırması gerekmektedir. Ayrıca, iletim sisteminin arızalardan en az etkilenmesi sağlanmalıdır. Bu sebeple, koruma yapan cihazlara en uygun koruma koordinasyon ayarlamasının yapılması gerekmektedir. Bu tezin amacı, iletim sistemlerindeki uygun korumanın sağlanmasına katkıda bulunmaktır.

Çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Oktay ARIKAN'a ve mesai arkadaşım Elk. Yük. Müh. Özgür GÜRSANLI'ya teşekkür ederim. Ayrıca, tezin her aşamasında bana destek olan sevgili eşime ve değerli ailemede çok teşekkür ederim.

Mayıs, 2017

Hidayet AYDIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ viii

KISALTMA LİSTESİ ix

ŞEKİL LİSTESİ x

ÇİZELGE LİSTESİ xii

ÖZET xiii

ABSTRACT xv

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 3

BÖLÜM 2

GÜÇ SİSTEMLERİNDE KORUMA RÖLELERİ 5

2.1 Koruma Rölelerinin Temel Amacı 6
2.2 Koruma Fonksiyonları 7
2.2.1 Mesafe Koruma (21) 9
2.2.2 Senkron Kontrol veya Senkronizasyon Koruma (25) 9
2.2.3 Düşük Gerilim Koruma (27) 10
2.2.4 Yönlü Güç Koruma (32) 10
2.2.5 Uyartım Alanı Kaybı Koruma (40) 10
2.2.6 Faz Dengesi Koruma (46) 10
2.2.7 Faz Sırası Gerilimi Koruma (47) 11
2.2.8 Termal Koruma (49) 11
2.2.9 Aşırı Akım Koruma (50, 51, 67) 11
2.2.9.1 Ani Aşırı Akım Koruma (50) 11
2.2.9.2 Tanımlı Zamanlı Aşırı Akım Koruma (50) 12
2.2.9.3 Zaman Gecikmeli (Ters Zamanlı) Aşırı Akım Koruma (51) 12

2.2.9.4 Yönlü Aşırı Akım Koruma (67) 14
2.2.10 Aşırı Gerilim Koruma (59) 15
2.2.11 Gerilim Dengesi Koruma (60) 15
2.2.12 Frekans Koruma (81) 15
2.2.13 Kilitleme Koruma (86) 15
2.2.14 Diferansiyel Koruma (87) 16
Aşırı Akım Diferansiyel Rölesi 16
Oransal Diferansiyel Rölesi 16
Yüksek Empedans Diferansiyel Rölesi 17
Pilot Diferansiyel Rölesi 17

BÖLÜM 3

GÜÇ SİSTEMLERİNİN KORUNMASINDA HABERLEŞME 18

3.1 Koruma Rölelerinde Haberleşme Protokolleri 19
3.1.1 Fiziksel Haberleşme Protokolleri 21
3.1.1.1 RS232 Protokolü 21
3.1.1.2 RS485 Protokolü 21
3.1.2 Katmanlı Haberleşme Protokolü 22
3.1.2.1 DNP3.0 Protokolü 22
3.1.2.2 IEC61850 Protokolü 22
3.1.2.3 LON Protokolü 23
3.2 Türkiye İletim Sisteminde Kullanılan Haberleşme Sistemleri 23
3.2.1 Enerji İletim Hattı Taşıyıcı Cihazları (Kuranportörler) 25
3.2.2 Mikro Dalga Sistemleri 25
3.2.3 Sabit ve Hareketli Telsiz Sistemleri 26
3.2.4 Uydu Sistemleri 26
3.2.5 Kiralık Kanallar 26
3.2.6 Fiber Optik Kanallar 27
3.3 Uzaktan Kontrol ve Veri Toplama (SCADA) 27
3.4 Uzaktan Koruma (Teleprotection) 28

BÖLÜM 4

TÜRKİYE ENERJİ İLETİM SİSTEMİ KORUMA FELSEFESİ 29

4.1 İletim Hatlarında Koruma 29
4.1.1 400 kV ve 154 kV Mesafe Koruma Rölesi 30
4.1.1.1 Genel Kademe Ayarları 30
Kademe 1 (Z1) 30
Kademe 2 (Z2) 31
Kademe 3 (Z3) 31
Kademe 4 (Z4) 32
Kademe 5 (Z5) 32
4.1.1.2 T Bağlantılı Hatlarda Kademe Empedansı ayarı 33
Kademe 1 (Z1) 33
Kademe 2 (Z2) 34
Kademe3 (Z3) 35

Kademe5 (Z5) 35
4.1.1.3 Başlatma Akımı 35
4.1.1.4 Yük Körleştirme Ayarı 35
4.1.2 400 kV Yönlü Toprak Koruma Rölesi 37
4.1.3 400 kV Aşırı Gerilim Koruma Rölesi 37
4.1.4 400 kV ve 154 kV Kablo Fideri Diferansiyel Koruması 37
4.1.5 154 kV Aşırı Yük Koruma Rölesi 38
4.2 Bara ve Kesici Arıza Koruma 38
4.3 Ototransformatörlerde Koruma 38
4.3.1 Ototransformatör Diferansiyel Koruma Rölesi 40
4.3.2 Ototransformatör 400 kV Tarafı Aşırı Yük Koruma Rölesi 41
4.3.3 Ototransformatör 400 kV Tarafı Aşırı Akım Koruma Rölesi 41
4.3.4 Ototransformatör 400 kV Tarafı Yönlü Toprak Koruma Rölesi 41
4.3.5 Ototransformatör 154 kV Tarafı Yönlü Toprak Koruma Rölesi 41

BÖLÜM 5

ENERJİ İLETİM HATLARININ AŞIRI AKIMA KARŞI KORUNMASI VE ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ 42

5.1 Aşırı Akım Koruma Rölelerinin Koruma Pratiğine Göre Ayarlanması 42
5.2 Mesafe Koruma Rölelerinin Koruma Pratiğine Göre Ayarlanması 46
5.3 Aşırı Akım Koruma Rölelerinin Önerilen Algoritma ile Ayarlanması 47

BÖLÜM 6

ÖRNEK UYGULAMA 52

6.1 Türkiye İletim Sisteminde Aşırı Akım Koruma Rölelerinin Ayarlanması Pratiğinin Örnek Modele Uygulaması 55
6.2 Önerilen Algoritmanın Örnek Modele Uygulaması 59

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER 62

KAYNAKLAR 65

EK-A

GELİŞTİRİLEN DPL KODLARI 69

EK-B

MEVCUT KORUMA PRATİĞİNE GÖRE AYARLANMIŞ AŞIRI AKIM RÖLELERİNİN KISA DEVRE SONUÇLARI 76

EK-C

GELİŞTİRİLEN ALGORİTMAYA GÖRE AYARLANMIŞ AŞIRI AKIM RÖLELERİNİN KISA DEVRE SONUÇLARI 80

ÖZGEÇMİŞ 89

SİMGE LİSTESİ

A	Amper
I	Akım
V	Gerilim
R	Direnç
X	Reaktans
Z	Empedans
ϴ	Açı
s	Saniye
t	Zaman

KISALTMA LİSTESİ

DNP	The Distributed Network Protocol
DPL	DigSilent Programing Language
EIA	Electronics Industry Association
GOOSE	Generic Object Oriented Substation
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	The Institute of Electrical and Electronic Engineers
KBS	Koruma Bilgi Sistemi
LON	The Local Operating Network
M	Başlatma Katsayısı
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
TDS	Time Dial Setting (Zaman Çarpanı)
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
YTBS	Yük Tevzi Bilgi Sistemi

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Kademeli Mesafe Koruma 9
Şekil 2. 2 Ani Aşırı Akım Eğrisi [34] 12
Şekil 2. 3 Tanımlı Zamanlı Aşırı Akım Eğrisi [34] 12
Şekil 2. 4 Eğri Karakteristik Örneği [35] 13
Şekil 2. 5 IEC Eğri Karakteristikleri 14
Şekil 2. 6 Diferansiyel Koruma Basit Çalışması [18] 16
Şekil 3. 1 Radyal ve Enterkonnekte İletim Sistemi 18
Şekil 3. 2 Koruma Rölelerinin RS232 Haberleşmesi [24] 21
Şekil 3. 3 Koruma Rölelerinin RS485 Haberleşmesi [24] 21
Şekil 3. 4 Basit Koruma Şeması 23
Şekil 4. 1 Kademe 1 Korunan Hat 31
Şekil 4. 2 Kademe 2 Korunan ve Komşu Kısa Hat 31
Şekil 4. 3 Kademe3 Korunan ve Komşu Uzun Hat 32
Şekil 4. 4 Kademe4 Korunan ve Komşu Uzun Hat 32
Şekil 4. 5 Koruma Rölesi ve Geri Hat 33
Şekil 4. 6 T Bağlantılı Hat 33
Şekil 4. 7 T Bağlantılı Hat Kademe 1 Ayarı 34
Şekil 4. 8 T Bağlantılı Hat Kademe 2 Ayarı 34
Şekil 4. 9 Ototransformatör Şeması [37] 39
Şekil 4. 10 Ototransformatör Görünümü [36] 39
Şekil 5. 1 Türkiye İletim Sistemi Koruma Pratiğine Göre 1272 MCM'lik İletim Hattını Koruyan Aşırı Akım Rölesinin Ters Zaman Eğrisi 43
Şekil 5. 2 DigSilent Aşırı Akım Rölesi Ters Zamanlı Koruma Bloğu 44
Şekil 5. 3 Türkiye İletim Sistemi Aşırı Akım Koruma Pratiği DigSilent Algoritmasına Ait Akış Diyagramı 45
Şekil 5. 4 Türkiye İletim Sistemi Mesafe Koruma Pratiği DigSilent Algoritmasına Ait Akış Diyagramı 46
Şekil 5. 5 Yedek Koruma Yapan Aşırı Akım Koruma Rölesinin Uygun Ayarlanması Sonucundaki Eğrisi 49
Şekil 5. 6 Geliştirilen Algoritmaya Ait Akış Şeması 51
Şekil 6. 1 48 Baralı Örnek Türkiye İletim Sistemi DigSilent Modeli 53
Şekil 6. 2 BusBar24-BusBar9 Hattının Tek Hat Görünümü 55
Şekil 6. 3 BusBar24-BusBar9 Hattını Koruyan Aşırı Akım Koruma Rölesinin Ayarları 56

Şekil 6. 4 BusBar24-BusBar9 Hattına Ait Karakteristik 56
Şekil 6. 5 BusBar24-BusBar9 Hattının %120'lik Aşırı Yüklenmesi Durumu 57
Şekil 6. 6 BusBar24-BusBar9 Hattının %85'lik kısmında Gerçekleşen Kısa Devre Durumu 58
Şekil 6. 7 BusBar24-BusBar9 Hattının %85'lik kısmında Önerilen Algoritmanın Uygulanmasında Sonraki Kısa Devre Durumu 59
Şekil 6. 8 Aşırı Akım Koruma Rölesine Ait Zaman-Mesafe Diyagramı 60

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Sık Kullanılan Koruma Fonksiyonu Numaraları [18] 7
Çizelge 2. 2 Sık Kullanılan Ek Koruma İbareleri [18] 8
Çizelge 2. 3 IEC Karakteristik Sabitleri [48] 17
Çizelge 3. 1 Röle Üreticilerine Ait Karşılaştırmalı Haberleşme Protokolleri [24] 20
Çizelge 3. 2 TEİAŞ Haberleşme Tiplerinin Karşılaştırılması [28] 24
Çizelge 4. 1 400 kV İletim Hatlarında İletkenlerin Tipleri ve Kapasiteleri [38] 36
Çizelge 4. 2 154 kV İletim Hatlarında İletkenlerin Tipleri ve Kapasiteleri [38] 36
Çizelge 4. 3 Kablo Diferansiyeli Hesaplama Kıstasları 37
Çizelge 4. 4 Bara Koruma Rölesi Hesaplama Kıstasları 38
Çizelge 4. 5 Kesici Koruma Rölesi Hesaplama Kıstasları 38
Çizelge 4. 6 Ototransformatör Diferansiyel Hesaplama Kıstasları 40
Çizelge 6. 1 İletim Hattı Anma Akımına Göre Akım Transformatörleri 52
Çizelge 6. 2 Mevcut Koruma Pratiğine Göre 3 Faz Arızası Cevabı 61
Çizelge 6. 3 Geliştirilen Algoritmaya Göre 3 Faz Arızası Cevabı 61
Çizelge 6. 4 Geliştirilen Algoritmaya Göre Tek Faz-Toprak Arızası Cevabı 61
Çizelge 6. 5 Geliştirilen Algoritmaya Göre 2 Faz-Toprak Arızası Cevabı 61

ÖZET

FARKLI ARIZA DURUMLARI DİKKATE ALINARAK ENERJİ İLETİM SİSTEMİ İÇİN EN UYGUN RÖLE AYAR DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Hidayet AYDIN

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Oktay ARIKAN

Yüksek gerilim enerji iletim sistemleri, günümüzde artan enerji talepleriyle birlikte sürekli büyüme göstermektedir. Üretim santrallerinin, tüketimin yapıldığı merkezlere uzak olması ve sayılarının her geçen gün artması iletim sisteminin büyümesinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, radyal şebeke yapısının yerine enterkonnekte şebeke yapısının kullanılması iletim sistemini daha karmaşık bir hale getirmektedir. Tüm bu sebepler, iletim sistemlerinin güvenilir bir şekilde işletilmesini güçleştirmektedir.

Bu çalışmada geliştirilen algoritmalarla, iletim sisteminde farklı arıza analizleri yapılmış ve aşırı akım rölelerinin ayar değerleri uygun olarak yeniden hesaplanmıştır. İletim sistemi modeli olarak Türkiye iletim sisteminden 48 baralı örnek bir bölge seçilmiştir. Bu örnek, model güç sistemi analiz programı DigSilent PowerFactory yazılımına aktarılmıştır. DPL (DigSilent Programlama Dili) programlama diliyle geliştirilen algoritmalar, gerçekleştirilen analizler ile doğrulanmıştır.

İletim sisteminde meydana gelen değişikliklere bağlı olarak koruma rölelerinin ayarlarının tekrar yapılması gerekmektedir. Günümüzde, üretilen koruma rölelerinin iletişim özellikleri uzaktan ayar okuma ve yazma imkânı sağlamaktadır. Haberleşme sistemleri ile koruma rölelerinin ayarlarının izlenmesi ve geliştirilen algoritmanın iletim sistemindeki değişiklikleri de göz önünde bulundurarak röle ayarlarını yeniden hesaplanması ve değiştirmesi daha güvenilir bir işletme sunacaktır.

Aşırı akım koruma röleleri, iletim hatlarında ana ve yedek koruma işlevini yerine getirmek için kullanılmaktadır. Türkiye iletim sisteminin koruma pratiği referans alınarak aşırı akım röle ayarları hesaplanmıştır. Sonrasında ise, geliştirilen algoritma ile tekrar hesaplamalar yapılmıştır. Her iki metoda göre set edilen aşırı akım rölelerinin arıza tepkileri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji İletim Sistemleri, Koruma Röleleri, Aşırı Akım Röleleri, Koruma Koordinasyon, DigSilent, DPL script

ABSTRACT

DETERMINING THE OPTIMUM RELAY SETTING VALUE FOR THE POWER TRANSMISSION SYSTEM BY TAKING INTO ACCOUNT THE DIFFERENT FAULT CONDITIONS

Hidayet AYDIN

Department of Electrical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Asst. Prof. Dr. Oktay ARIKAN

High voltage energy transmission systems are showing continuous growth with increasing energy demands today. The fact that production plants are far from the centers where consumption is made and its numbers are increasing every day play an important role in the growth of the transmission system. In addition, the use of interconnect network structure instead of radial network structure makes the transmission system more complex. For all these reasons, it is difficult to reliably operate the transmission system.

With the algorithms developed in this study, different fault analyzes were made and the setting values of the overcurrent relays were recalculated accordingly. As a transmission system model, a sample region with 48 buses was chosen from Turkey transmission system. This sample model has been transferred to the power system analysis program DigSilent PowerFactory software. The algorithms developed with the DPL (DigSilent programming language) have been verified with the analysis performed.

Depending on the changes in the transmission system, the settings of the protection relays need to be reset. Nowadays, the communication features of the produced protection relays provide remote setting read and write. Monitoring of the settings of the protection relays with the communication systems, setting exchange and re-

calculation of the relay settings taking into account the changes in the transmission system of the developed algorithm will provide a more reliable operation.

Overcurrent protection relays are used to perform for main and backup protection functions on transmission lines. Overcurrent relay settings were calculated with reference to the protection practice of the Turkish transmission system. Subsequently, the overcurrent relays were calculated again with the developed algorithm. The fault responses of the overcurrent relay is setting according to both methods are given comparatively.

Keywords: Energy Transmission Systems, Protection Relays, Overcurrent Relays, Protection Coordination, DigSilent, DPL script

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Güç sistemlerinin güvenilir şekilde işletilmeleri koruma sistemi ile sağlanmaktadır. Koruma sistemleri generatör, transformatör, kablo, hat, vb. şebeke elemanlarında oluşabilecek kısa devre ve/veya yalıtım hatası sonucu meydana gelebilecek arıza akımlarının ve aşırı gerilimlerin yol açabileceği zararları sınırlandırmaktadır. Koruma röleleri, işletme esnasında oluşabilecek arıza durumlarında büyük çapta hasarların oluşmasını önleyici rol üstlendiklerinden dolayı büyük önem taşımaktadır [1].

Güç sistemlerinin omurgasını oluşturan iletim hatlarında iyi bir koruma gerçekleştirmek için tüm koruma rölelerinin belirli bir koordinasyon içerisinde ayarlanmaları gerekmektedir. Koruma rölelerinin arasındaki bu koordinasyon ana ve yedek koruma şemasına dayanmaktadır. Ana korumayı yapan rölenin arızalı olması durumunda sırasıyla diğer yedek korumaların devreye girmeleri gerekmektedir. Aşırı akım koruma röleleri iletim sistemlerinde ana ve yedek koruma, dağıtım sistemlerinde ise ana koruma olarak görev yapmaktadır [2].

İletim sisteminde oluşan bir arızanın hızlı, seçici ve doğru şekilde sistemden temizlenmesi, güç sisteminin işletilmesi ve güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Aksi halde, büyük çaplı kesintilerin yaşanması ve ekonomik zararların oluşması kaçınılmazdır. Radyal şebeke yapısından, çok kaynaklı enterkonnekte (mash) şebeke yapısına geçilmesine bağlı olarak, geleneksel yöntemlerle iletim sisteminde optimum korumayı sağlamak zor bir hal almıştır. Enterkonnekte veya ring şebeke yapısında, yönsüz olarak kullanılmakta olan aşırı akım koruma rölelerinde arızanın

rölenin arkasında oluşması durumunda hatalı açmalar gerçekleşebilmektedirler. Bu durumun önüne geçmek için aşırı akım rölelerinin yönlü olarak kullanılması gerekmektedir. Büyük enterkonnekte sistemlerde yönlü aşırı akım rölelerinin geleneksel yöntemlerle yapılması zor bir hal almıştır. Bu yüzden, koruma rölelerinin koordinasyonunun optimize edilebilmesi için akıllı yöntemlerin kullanılması daha etkili olmaktadır [2-4].

Aşırı akım koruma rölelerinin koordinasyonunun iyileştirilmesi çalışmaları 2000'li yılların öncesine dayanmaktadır. Bu hususta, çeşitli algoritmalar geliştirilmiş ve güç sistemi yazılımlarından yararlanılmıştır. Nonlineer metoda dayalı genetik algoritma ile aşırı akım başlatma akımı (pick up) değeri ve uygun eğri karakteristiğinin seçimi iyileştirilmiştir [5], [6]. "Parçacık sürüsü optimizasyonu" metoduna dayalı olarak, mesafe rölelerinin ikinci ve üçüncü kademe zamanlarına göre aşırı akım koruma rölelerinin uygun başlatma akımı ve zaman gecikmesi çarpanı (Time Dial Setting TDS) seçimi yapılmıştır [7-9]. Bunların yanı sıra, lineer metoda dayalı birçok algoritmada geliştirilmiştir. Bu metoda göre, korunan bölge içerisinde kalan arızanın yakın veya uzak noktalardaki en yüksek ve en düşük arıza akımı değerlerine dayalı olarak aşırı akım koruma rölelerinin başlatma akımı ve TDS değerleri uygun şekilde ayarlanmaktadır [10-14].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, iletim hatlarını korumada aşırı akım rölelerinin farklı arıza ve aşırı yüklenme koşullarında optimum şekilde ayarlanmasını sağlayan algoritma geliştirilmesi hedeflenmiştir. Tez kapsamında, iletim sisteminde mevcut koruma mantığına göre aşırı akım rölesi ayarı yapabilen algoritma ile aşırı akım rölelerini mesafe koruma rölelerinin yedeği olarak kullanılabilmesini sağlayan algoritma geliştirilmiştir. Yedek koruma işlevini sağlayacak olan algoritmaya göre ana koruma işlevini yapan mesafe koruma röleleri Türkiye iletim sisteminin koruma pratiğine uygun olarak koordine edilecek olup, aynı fiderde bulunan ve yedek koruma yapan yönlü aşırı akım koruma rölelerini mesafe rölelerinin kademe 2'sinin gördüğü akım değerinden sonra açma yapacak şekilde ayarlayacaktır. Bu sayede ana koruma yapan rölenin arızalanması durumunda aşırı akım koruma rölesi devreye girerek arızanın şebekeyi en az etkileyecek şekilde

giderilmesini sağlayacaktır. İletim sistemlerindeki aşırı yüklenme empedansının büyüklüğünden dolayı diğer koruma röleleri aşırı yüklenmeyi sezememektedir. Geliştirilen bu algoritma aynı zamanda, aşırı akım rölelerini iletim sisteminde meydana gelen aşırı yüklenme durumlarına en uygun açmayı gerçekleştirecek şekilde ayarlayacaktır. Geliştirilen algoritmanın koruma rölelerine etki eden ayar sonuçları Ek-C'te ve geliştirilmiş olan algoritmanın DPL kodları Ek-A'te verilmiştir. Çalışma sonucunda, farklı arıza durumlarına karşı aşırı akım rölelerinin daha güvenilir çalıştırılmasını sağlayan bir algoritma geliştirilmiş olacaktır.

Önerilen algoritma ile aşırı akım röleleri güç sisteminde daha etkin kullanılarak, mesafe koruma rölelerine yedek koruma yapılacaktır. Bu sayede iletim sisteminin daha güvenilir çalışması sağlanacaktır. Türkiye iletim sisteminde kullanılan mevcut koruma felsefesindeki koruma rölelerinin ana ve yedek koruma yapısı ile önerilen aşırı akım rölesi ayarlama yönteminin karşılaştırılmasının yapılması planlanmıştır.

1.3 Hipotez

İletim sisteminde herhangi bir koruma rölesinin servis harici olması (arızalanması) veya güç sistemdeki arızayı tespit edememesi (yanlış çalışma) gibi durumlarda güç sistemindeki diğer koruma rölelerinin yedek koruma işlevini yerine getirmesi gerekmektedir. Günümüzde geleneksel olarak yapılan koordinasyon çalışmalarında, mesafe koruma röleleri kademeli koruma yapısına sahip olmaları sayesinde kendi aralarında ana ve yedek koruma yapabilmektedirler. Dolayısıyla, bir mesafe rölesinin çalışmaması durumunda yedek korumadaki başka bir mesafe rölesinin kesicisi açtırılmaktadır. 154 kV gerilim seviyesinde kullanılmakta olan aşırı akım röleleri ise aşırı yüklenme durumlarında devreye girmektedirler.

İletim hatlarında gerçekleşebilecek faz-faz ve faz-toprak gibi arıza durumlarında koruma yapan tüm rölelerin belirli bir koordinasyon çerçevesinde arızaya doğru cevap vermesi gerekmektedir. Ayrıca, bir arıza durumunda aynı anda birden fazla koruma rölesinde açtırma olayı gerçekleşmemelidir. Koruma sistemlerinin temel amacı arıza oluşan bölgenin, güç sisteminden en hızlı şekilde izole edilmesidir. Ancak, geleneksel koruma yapısında bir mesafe rölesinin ana koruma işlevini yerine getirememesi durumunda bir başka mesafe rölesinin açma olayını gerçekleştirmesi söz konusudur. Bu

durum, arızanın sebep olduğu kesintinin boyutunu büyütmektedir. Bu sebeple, ilgili mesafe rölesinin ana koruma işlevini yerine getirememesi durumunda aynı fiderde bulunan aşırı akım rölesinin arızayı yakalaması sağlanırsa, arızanın en iyi şekilde temizlenmesi gerçekleştirilmiş olacaktır. 154 kV gerilim seviyesinde aşırı yüklenme koruması yapan bu rölelerin uygun bir algoritma ile tekrar ayarlanması durumunda, hem ana koruma işlevi olan aşırı yüklenme korumasını hem de aynı fiderde bulunan mesafe rölesine yedek koruma yapması sağlanabilecektir.

BÖLÜM 2

GÜÇ SİSTEMLERİNDE KORUMA RÖLELERİ

Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electronics Engineers) rölenin tanımını, önceden tanımlanmış olan giriş bilgisine cevap vermek için tasarlanmış ve belirtilen koşulların yerine gelmesi durumunda elektrik kontağını ani olarak kapatan/açan kontrol devresi olarak yapmıştır. Giriş bilgisi genellikle elektriksel olsa da mekanik, termal ve bunların birkaçının bir araya gelmesi ile de oluşturulabilmektedir [15]. Röleler evlerde, iletişim sistemlerinde, bilişim sektöründe, ticari ve endüstriyel sistemlerde, elektrik devrelerinde, vb. hemen hemen tüm alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Konumuz itibariyle, bu bölümde elektrik güç sistemlerinde kullanılmakta olan koruma rölelerinden bahsedilecektir.

İletim sisteminde kullanılan koruma rölelerini IEEE, enerji iletim hatlarında ve güç sisteminde bulunan cihazlarda anormal veya tehlikeli durumları belirleyen ve uygun kontrol devresiyle arızalı durumu temizleyen cihazlar olarak tanımlamaktadır. Güç sistemlerindeki arıza durumları insan hatası, cihaz arızası, yalıtım hatası, yaşlanma veya doğa olayları kaynaklı olabilmektedir. Fiziksel temas, ekipman arızaları, kazalar, yanlış operasyonlar… vb. insan hatalarına örnek gösterilebilir. Yıldırım düşmesi, rüzgâr veya buz yükü, deprem, yangın, patlama, ağaç teması, kuş… vb. örneklerde doğal kaynaklı arızalara örnek olarak gösterilebilir [16].

Güç sistemlerinde kullanılan koruma rölelerinin yapıları itibariyle elektromekanik, analog, statik ve dijital mikroişlemcili tipleri olabilmektedir. Günümüzde üretilen tüm koruma röleleri dijital mikro işlemcilidir. Kullanılmakta olan birçok koruma rölesi ise

dijital mikroişlemcilidir. Az miktarlarda analog ve elektro mekanik röle ise kullanılmaya devam etmektedir [17].

2.1 Koruma Rölelerinin Temel Amacı

Güç sistemlerinde koruma röleleri sürekli izleme yapan ve arızayı tespit etmeye odaklanmış koruyucu cihazlardır. Sistemin sürekliliği ve güvenilir şekilde işletilmesi çok önemlidir. Bir güç sisteminde koruma rölelerinin temel amacı, aşırı yüklenmeye karşı koruma yapmak veya arıza akımının sistemden geçmesi durumunda sadece hatalı bölgenin sistemden izole edilmesini sağlamaktadır. Böylece, diğer ekipmanların servis harici olması veya hasar alması engellenmektedir. Arıza meydana geldiği zaman, koruma rölelerinin doğru çalışması, yanlış kesicileri açtırmaması ve rölenin çalışacağından emin olunması beklenen diğer özelliklerdir [18].

Koruma röleleri güç sistemi üzerindeki arızaları önleyemezler. Sistemi sürekli izleyerek arızanın olduğu bölgeyi izole ederler [17], [18], [23]. Bir koruma rölesinden beklenilen genel özellikler aşağıdaki sıralanmıştır.

- **Ekonomiklik;** en az maliyet ile en yüksek koruma sağlanmalıdır.
- **Güvenilirlik;** koruma sisteminin doğru zamanda gerektiği gibi çalışması gerekmektedir.
- **Hızlı çalışma;** arızalı durumun gerçekleşmesi durumunda arıza süresinin en az sürmesidir.
- **Basit tasarım;** mümkün olduğunca basit ve en az elemanlı olmalıdır.
- **Hassasiyet;** güç sistemini uygun hassasiyet ile izlemelidir.
- **Normal durumlara karşı duyarsız olması;** arızalı durum ile normal durumu birbirinden ayırmalı ve normal durumlarda çalışmamalıdır.
- **Sistemin en küçük kısmının izole olması için seçiciliği;** seçici davranarak sadece arızanın gerçekleştiği bölgenin veya cihazın devreden çıkartılması gerekmektedir.

- **Yedekli Çalışma;** koruma sisteminin ana işlevinin yanı sıra yedek koruma görevini de yerine getirmesidir. Sistemdeki bütün röleler ilgili diğer bir rölenin yedeği olarak da çalıştırılabilmektedir.

2.2 Koruma Fonksiyonları

"IEEE Std C37.2-1996" standardı, işlevlerine göre koruma fonksiyonlarına ortak kimlik numaraları vermiştir. Uygulanma yerine göre ise koruma fonksiyonlarının sonuna ek bir ibare daha düşürülmektedir. Yıllar içerisinde birçok koruma fonksiyonu geliştirilmiştir. Korunacak olan cihaza veya gerçekleştirilmek istenen koruma tipine göre koruma fonksiyonları belirlenmektedir. Çizelge 2.1'de sık kullanılmakta olan koruma fonksiyonları ve Çizelge 2. 2'de koruma ek ibarelerine ait listeler verilmiştir [18].

Çizelge 2. 1 Sık Kullanılan Koruma Fonksiyonu Numaraları [18]

Koruma Fonksiyonu Numaraları	**Açıklama**
21	Mesafe Koruma
25	Senkron Kontrol veya Senkronizasyon Koruma
27	Düşük Gerilim Koruma
32	Yönlü Güç Koruma
40	Uyartım Alanı Kaybı Koruma
46	Faz Dengesi (Dengeli akım, negatif sıra akımı) Koruma
47	Faz Sırası Gerilimi (Ters Faz Gerilimi) Koruma
49	Termal (Termal Aşırı Yük) Koruma
50	Ani Aşırı Akım Koruma
51	Zaman Gecikmeli (Ters Zamanlı) Aşırı Akım Koruma

Çizelge 2. 2 Sık Kullanılan Koruma Fonksiyonu Numaraları [18] (devamı)

59	Aşırı Gerilim Koruma
60	Gerilim Dengesi (İki Devre Arası) Koruma
67	Yönlü Aşırı akım Koruma
81	Frekans (Aşırı ve Düşük Frekans) Koruma
86	Kilitleme Koruma
87	Diferansiyel Koruma

Çizelge 2. 3 Sık Kullanılan Ek Koruma İbareleri [18]

Ek Koruma İbareleri	**Açıklama**
A	Sadece Alarm
B	Bara Koruma
GS	Toprak Hatası Koruması veya Generator Koruması
L	Hat Koruma
M	Motor Koruma
T	Faz Dengesi (Dengeli akım, negatif sıra akımı)
V	Faz Sırası Gerilimi (Ters Faz Gerilimi)

Koruma fonksiyonlarının kullanımına aşağıdaki gibi örnekler verebiliriz.

- 87L, İletim Hattı Diferansiyel Koruma Rölesi
- 51G, Toprak Koruması için Zaman gecikmeli aşırı Akım Rölesi
- 50M, Motor Aşırı Akım Koruma Rölesi

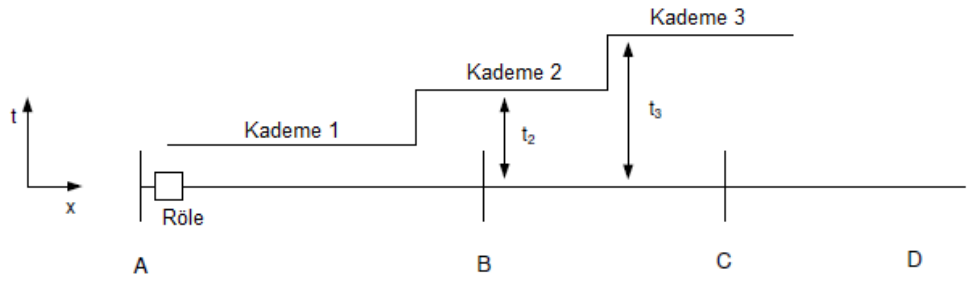
2.2.1 Mesafe Koruma (21)

Mesafe koruma röleleri iletim sisteminde yaygın olarak kullanılan rölelerdir. 34.5 kV'un üzerindeki gerilimlerde kullanılmaktadır. Bazı uygulamalarda generatörlerde ve büyük güçlü motorlarda yedek koruma olarak da kullanılmaktadır [18].

Mesafe koruma rölelerinin asıl kullanım alanı iletim hatlarıdır. Mesafe rölesinin çalışma prensibi, akım (I) ve gerilim (V) sinyali bilgilerini ölçü trafolarından alarak empedansı hesaplamak ve arıza noktasının yerini tespit ederek uygun açma süresini üretmektir. Mesafe rölelerine empedans röleside denilmektedir.

Mesafe koruma röleleri ölçüm transformatörlerinden aldıkları akım ve gerilim bilgileri ile güç sistemindeki direnç (R), reaktans (X), empedans (Z) ve açı (Θ) bilgilerini hesaplayabilmektedir. Mesafe koruma rölelerinin Empedans, Reaktans, Mho, Quadrilateral gibi farklı karakteristiklere sahip çeşitleri mevcuttur [19].

Mesafe rölesi koruma işlevini gerçekleştireceği hattın önceden tanımlanmış olan bölgelerinde çalışacak Şekilde ayarlanır. Röle ile arıza noktası arasında kalan ve hattın/hatların farklı kısımlarını izleyen arıza bölgeleri mesafe rölelerinde uygun çalışma değerleri kullanılarak belirlenmektedir. Şekil 2.1 'de kademeli mesafe koruma mantığı verilmiştir [20].



Şekil 2. 1 Kademeli Mesafe Koruma

2.2.2 Senkron Kontrol veya Senkronizasyon Koruma (25)

Senkronizasyon kontrol ve otomatik senkronizasyon röleleri iki veya daha fazla güç kaynağının ortak bir barada birleştirilmesi durumunda kullanılmaktadır. İki kaynak

arasındaki görünür gerilim, faz açısı ve frenkansın kabul edilebilir küçük farklılıkları ile birlikte bağlanabilinirliğini kontrol etmektedir. Her iki kaynağın senkron olması durumundan bağlanacak olan kaynakta bulunan kesicinin kapanmasına otomatik olarak karar vermekte veya elle kumanda edilmesine müsaade etmektedir. Senkronizasyonun kaybedilmesi durumunda ise iki kaynağı birbirinden ayırmaktadır. Genel kullanım yerleri büyük veya küçük ölçekli generatörlerdir [18].

2.2.3 Düşük Gerilim Koruma (27)

Düşük gerilim koruma röleleri, gerilimin ayarlanmış bir gerilim seviyesinin altına düşmesi durumunda kesiciye açmaya sinyali göndermektedir. Genel olarak, baralarda ve bara ile bağlantısı olan yüklerde ve motorlarda gerilimin istenilen seviyenin altına düşmesi durumunda kesicisinde açma yaptırmaktadır [18].

2.2.4 Yönlü Güç Koruma (32)

Yönlü güç koruma röleleri, bir güç kaynağına ait gerçek güç bileşeni (watt) yönünün önceden ayarlanmış olan sınır değerlerini aşması durumunda açma sinyali üretmektedir. Bu durumun önüne geçilmesi için koruma yapmaktadır [18].

2.2.5 Uyartım Alanı Kaybı Koruma (40)

Uyartım alanı kaybı koruma rölesi, senkron bir motor veya generatörün uyartım kaybı durumunda hasar almaması için kullanılmaktadır. Generatörlerde uyartımın azalması durumunda ısınma, büyük gerilim düşümleri ve dengesiz çalışma gibi durumlar meydana gelmektedir [18].

2.2.6 Faz Dengesi Koruma (46)

Faz dengesi koruma rölesi, motor ve generatör korumasında dengesiz faz akımlarına karşı kullanılmaktadır. Güç sistemindeki dengesiz yükler veya iletim ve dağıtım sistemindeki tek bir fazın anahtarlanması sonucunda dengesiz akımlar oluşabilmektedir. Bu gibi durumlarda açma yapmaktadır [18].

2.2.7 Faz Sırası Gerilimi Koruma (47)

Faz sırası gerilimi koruma rölesi alternatif akım (AC) makinelerini düşük/yüksek gerilimden ve başlatma anındaki ters faz sırasından korumak için kullanılmaktadır. Tek baraya bağlanmış olan motor grupları için de koruma yapmaktadır [18].

2.2.8 Termal Koruma (49)

Termal koruma röleleri motorları, generatörleri ve transformatörleri uzun süreli aşırı yüklenmelerden korumaktadırlar. Çalışma prensibi olarak aşırı akım röleleri ile benzerlik göstermektedir. Aralarındaki en önemli farklılık Termal (Aşırı Yüklenme) korumada açma sürelerinin daha uzun olmasıdır. Aşırı akım korumada açma sürelerinin daha kısa olması istenmektedir [18].

2.2.9 Aşırı Akım Koruma (50, 51, 67)

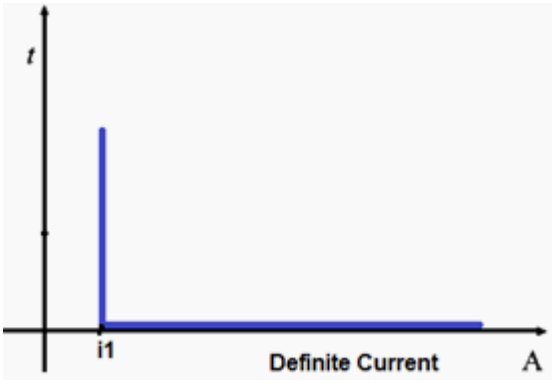
Aşırı akım koruma röleleri iletim, dağıtım ve üretim sisteminde en çok kullanılan röle tiplerinden biridir. Aşırı yüklenme ve/veya kısa devre koruması yapmaktadır. Bu koruma tipi akımın genlik değeri ile ilgilenmektedir. Yönlü aşırı akım rölesi hariç, akım bileşenleri hesaba katmaz buna göre bir açma süresi üretmez.

Aşırı akım röle tipleri aşağıdaki gibidir:

- Ani Aşırı Akım Rölesi
- Tanımlı Zamanlı Aşırı Akım Rölesi
- Ters Zamanlı Aşırı Akım Rölesi
- Yönlü Aşırı Akım Rölesi

2.2.9.1 Ani Aşırı Akım Koruma (50)

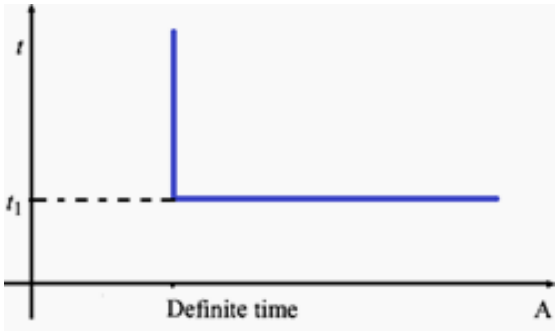
Ani aşırı akım koruma röleleri önceden ayarlanmış olan başlatma akımı değerine ulaştığı zaman ani olarak çalışmaktadırlar. Ayarlanmış olan başlatma akımı değerinin altındaki değerlerde herhangi bir açma süresi üretmezler. Şekil 2.2 ‘de ani aşırı akım eğrisi görülmektedir [18], [21], [22].



Şekil 2. 2 Ani Aşırı Akım Eğrisi [34]

2.2.9.2 Tanımlı Zamanlı Aşırı Akım Koruma (50)

Tanımlı zamanlı aşırı akım koruması ile ani aşırı akım koruması "IEEE Std C37.2-1996" 'e göre aynı koruma sınıfındadır. Temelde iki röle tipinin de çalışma prensibi aynıdır. Tanımlı zamanlı aşırı akım rölesinin çalışması için iki şartın sağlanması gerekmektedir. Açma olayının gerçekleşebilmesi için, röleye girilmiş olan başlatma akımının üzerinde akım geçmesi ve en az önceden girilmiş açma süresi kadarlık zaman boyunca bu akıma maruz kalması gerekmektedir. Şekil 2.3'te tanımlı zamanlı aşırı akım eğrisi verilmiştir [18], [21], [22].



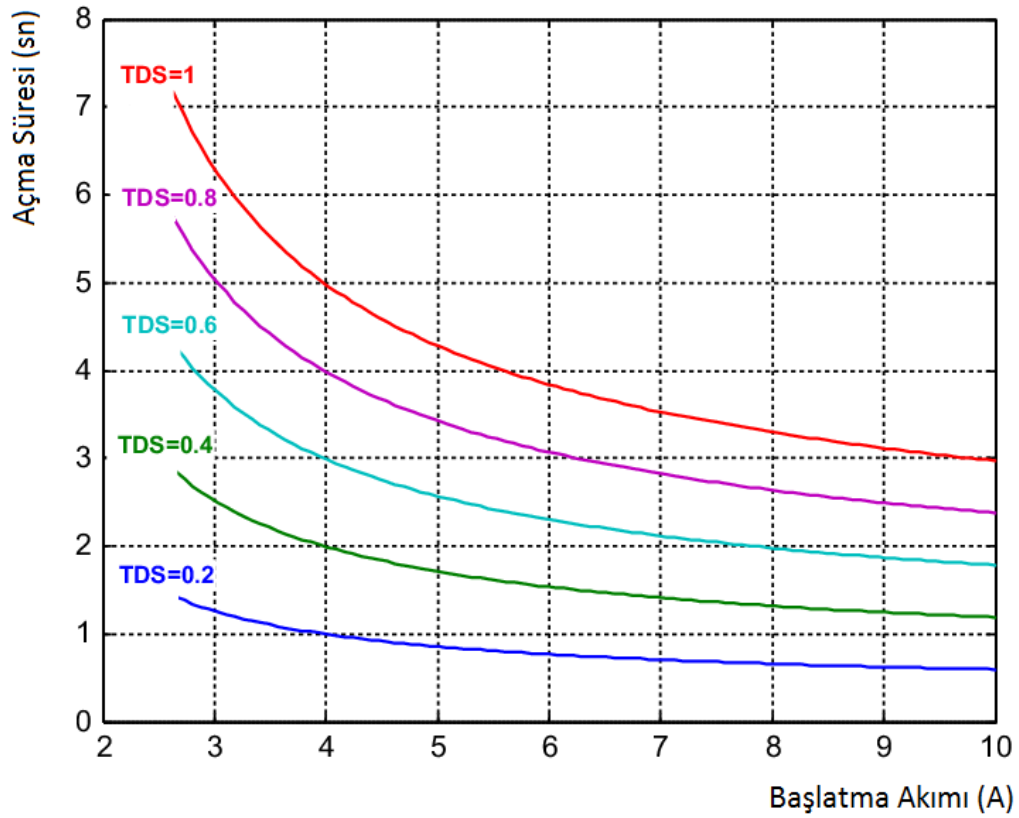
Şekil 2. 3 Tanımlı Zamanlı Aşırı Akım Eğrisi [34]

2.2.9.3 Zaman Gecikmeli (Ters Zamanlı) Aşırı Akım Koruma (51)

Ters zamanlı aşırı akım veya zaman gecikmeli aşırı akım rölesi olarak bilinmektedir. Bu koruma tipi, radyal yapıdaki iletim ve dağıtım sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Zaman gecikmeli aşırı akım rölesi, önceden ayarlanmış bir akım değerinin üzerinde akım gördüğü zaman, görülen akıma karşılık gelen farklı açma süreleri üretmektedir.

Akıma karşılık gelen açma süresi belli bir eğri karakteristiğine uygun olarak gerçekleşmektedir. Bu eğriye, zaman-akım eğri karakteristiği denilmektedir. Şekil 2.4'te ters zamanlı aşırı akım eğrisi görülmektedir [18], [21], [22].



Şekil 2. 4 Eğri Karakteristik Örneği [35]

Aşırı akımın büyüklüğü, daha önceden belirlenmiş akım değerini aştığında çalışır. Eğer arıza akımı $[I_f]$, rölenin başlatma akımı değeri [Ip] kabul edilirse;

- $[I_f] >\ [I_p]$ ise röle çalışarak kesiciyi açtırır,
- $[I_f] <\ [I_p]$ ise röle çalışmaz [24].

IEC standartları zaman ve akım değişkenlerini bir formül ile ifade etmiştir. Bu formülde bulunan sabitlere göre farklı eğri karakteristiklerinin cevapları simule edilebilmektedir. Formül aşağıdaki gibidir:

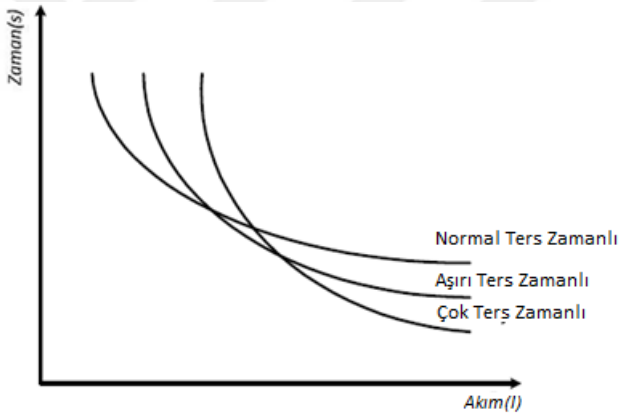
$$T_i = \frac{TDS\ x \propto}{(I/Ip)^{n-1}} \tag{1.1}$$

Burada, T rölenin operasyon süresi (sn), TDS zaman çarpanı, Ip operasyon başlatma eşiği, I röle akımıdır. α ve n sabit değerleri ise Çizelge 2.3'te gösterilmekte olan eğri

karakteristiklerine karşılık gelmektedir [25]. Şekil 2.5'te IEC eğri karakteristikleri verilmiştir.

Çizelge 2. 4 IEC Karakteristik Sabitleri [48]

Karakteristik Adı	**α**	**n**
Normal Ters Zamanlı	0.14	0.02
Çok Ters Zamanlı	13.5	1
Aşırı Ters Zamanlı	80	2
Çok Aşırı Ters Zamanlı	120	1



Şekil 2. 5 IEC Eğri Karakteristikleri

2.2.9.4 Yönlü Aşırı Akım Koruma (67)

Ters zamanlı ve ani aşırı akım koruma prensiplerine göre çalışmaktadır. Bu koruma özelliğine ek olarak, güç akışının yön bilgisini de göz önünde bulundurmaktadır. Ek olarak yön bilgisi de (ileri yönlü-geri yönlü) röleye tanımlanmaktadır. Dünyada enterkonnekte güç sistemlerinin kullanımının artmasına bağlı olarak yönlü aşırı akım rölelerinin kullanımı artmıştır. Radyal sistemlerde, üretim santralinden itibaren tüketimin gerçekleştiği tüm transformatör merkezleri ağaçlanarak devam etmektedir. enterkonnekte sistemde ise tüketimin gerçekleştiği transformatör merkezlerine birden fazla santralden enerji sağlanmaktadır [18], [22]. İletim hattın akım ve gerilim

ölçümlerinden alınan bilgilere göre gerilim polarizasyonlu ve akım polarizasyonlu iki tip yön ayarlaması bulunmaktadır [21].

2.2.10 Aşırı Gerilim Koruma (59)

Aşırı gerilim koruma röleleri bir anahtarlama ve kesici açması neticesinde baralarda ve generatörlerdeki gerilim seviyesinin yükselmesini kontrol etmektedir. Bazı uygulamalarda bara üzerindeki devamlı yüksek gerilime göre alarm ya da açma sinyali üretecek şekilde de kullanılmaktadır. Toprak hatası kontrolü de bir diğer uygulama alanıdır [18].

2.2.11 Gerilim Dengesi Koruma (60)

Gerilim dengesi koruma rölesi üç fazlı sistemlerde gerilimin dengesinin kaybolmasıyla durumunda çalışmaktadır. Örneğin, üç fazlı bir motorun tek bir fazında meydana gelen arıza sonucunda açma sinyali üretebilirler [18].

2.2.12 Frekans Koruma (81)

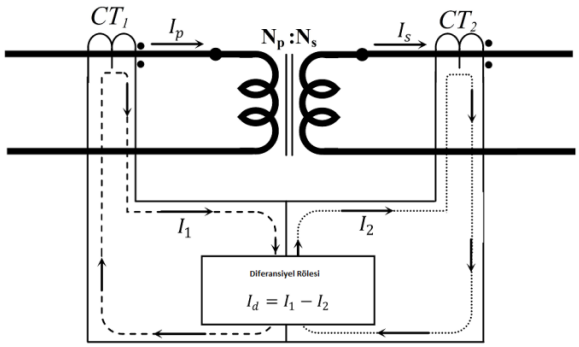
Frekans koruma röleleri, uygulamada önceden belirlenmiş olan nominal bir frekans değerinin gerçekte ölçülene göre altına düşmesi veya üstüne çıkması durumlarında veya frekans değişim oranına bakarak açma süresi üretilmektedir. Genel olarak ise, düşük frekans röleleri olarak bilinmekte ve kullanılmaktadırlar. Frekans röleleri üretim santrallerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ani olarak yük akımının artmasına bağlı olarak güç sisteminden yük atılmasında ve generatörün ani olarak devreden çıkartılmasında kullanılmaktadır [18].

2.2.13 Kilitleme Koruma (86)

Kilitleme rölesi direk olarak koruma rölesi olarak kullanılmaktadır. Röle bağlantı şemalarında yüksek hızlı, multi kontaktörlü manuel veya elektriksel resetlemeli yardımcı röle olrak kullanılmaktadır. Bu röle diferansiyel röleleriyle, transformatör veya bara koruma röleleri ile birlikte kullanılmaktadır. Genel kullanımında bir kesiciden gelen trip sinyaline göre başka bir bölgenin izole edilmesinde kullanılmaktadır [18].

2.2.14 Diferansiyel Koruma (87)

Diferansiyel koruma rölelerinin çalışması bir güç sisteminin girişi ile çıkışı arasındaki akım farkının kontrolüne dayanmaktadır. Bir sistemin giren akımları güç sisteminin içerisinde bir arıza ile karşılaşması durumunda çıkışında farklı görülecektir. Korunan bölgeye giren ve çıkan akımların yön ve genliklerini karşılaştırarak arıza akımını saptamaktadır [18]. Şekil 2.6'da Diferansiyel koruma rölesine ait tek fazlı bir transformatördeki basit çalışma görünümü verilmiştir.



Şekil 2. 6 Diferansiyel Koruma Basit Çalışması [18]

Diferansiyel röleleri, bir sistemdeki izolasyon hatalarının görülmesinde, iletim hatlarında, kablolarda, büyük motor ve generatörlerde, transformatörlerde ve baralarda koruma yapması için kullanılmaktadır [18]. Başlıca diferansiyel röle tipleri aşağıdaki gibidir.

Aşırı Akım Diferansiyel Rölesi

En az maliyetli ve en az hassas diferansiyel rölesidir. Akım transformatörü hatalarından etkilenmektedir. Akım farkı kontrolü yapmaktadır. Ayarlanmış olan başlatma akımı akım farkı ile açma olayı gerçekleşmektedir. Ucuza temin edilebilmesi bakımından motorlarda faz-faz ve generatörlerde faz-toprak koruması yapması için kullanılmaktadır. Oransal diferansiyel rölelerinin kullanımı çok daha yaygındır.

Oransal Diferansiyel Rölesi

Oransal diferansiyel koruma rölesi bara, motor, generatör ve transformatör korumalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu röle koruma bölgesi dışından gelen yüksek

değerli akımların, akım transformatörü üzerinde oluşturduğu hatalardan etkilenmemektedir. Korumasını yapmakta olduğu ekipmanı veya bölgeyi yüksek hassasiyet ile izlemektedir. Bu koruma rölesi kendi içerisinde sabit oranlı, değişken oranlı ve harmonik kısıtlamalı olmak üzere 3 tiptedir. Harmonik kısıtlamalı diferansiyel koruma rölesi genellikle transformatör korumalarında kullanılmaktadır.

Mesafe rölelerine kısa iletim hatlarında empedans ayarı yapmak oldukça zordur. Bir arıza durumunda mesafe rölesi kademeleri birbirine çok yaklaşacağı için rölenin yanlış kademeye girerek hatalı açma sinyali üretmesi durumu söz konusudur. Diferansiyel rölelerinin çalışma mantığı gereği arıza fark akımına göre açma sinyali üretmesi sayesinde daha güvenli koruma sağlanmış olmaktadır.

Yüksek Empedans Diferansiyel Rölesi

Yüksek empedans diferansiyel rölesinin başlıca kullanım yeri baralardır. Baralara giren ve çıkan yöndeki tüm akım transformatörlerinin ölçüm değerlerini toplar dengelilik durumunu kontrol eder. Bara üzerinde herhangi bir kısa devre yokken veya kısa devre koruma bölgesinin dışında iken akım transformatörlerinde herhangi bir fark akımı gözlenmemektedir. Ancak, bara üzerinde bir arıza meydana gelmesi durumunda dengesizlik akımı oluşmaktadır.

Pilot Diferansiyel Rölesi

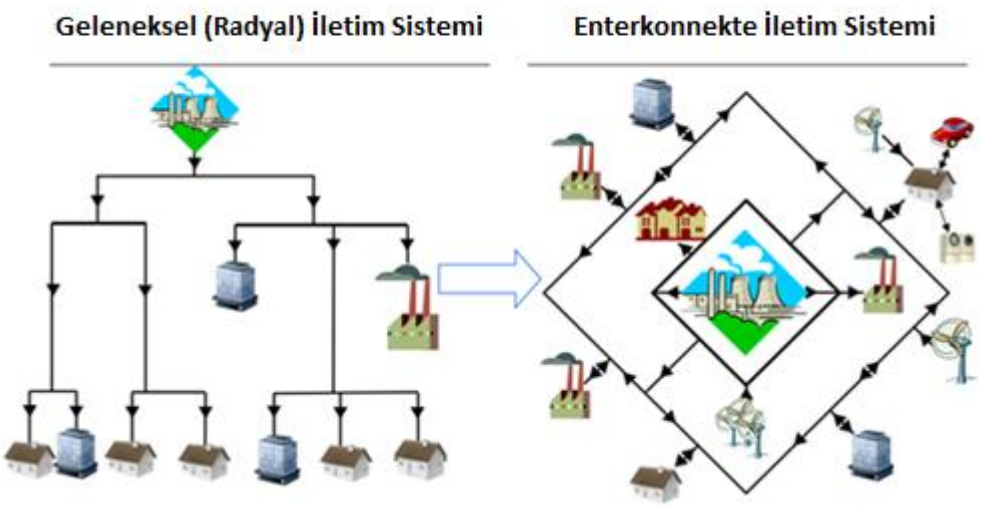
Pilot diferansiyel rölesi yüksek hızlı çalışmaktadır. İletim ve dağıtım sistemlerinde faz ve toprak koruması yapması için kullanılmaktadır. Genel olarak 40 km mesafenin altındaki hatlarda kullanılmaktadır. Uzun hatlarda ve kablolarda kullanılmamaktadır. Uzun hatlarda, hattın sonunda bulunan akım transformatörünün ölçüm sinyalinin hattın başına kadar taşınması gerekmektedir. Bu durum ölçüm problemlerine yol açmaktadır.

BÖLÜM 3

GÜÇ SİSTEMLERİNİN KORUNMASINDA HABERLEŞME

Ülkemizde ve dünyada güç sistemlerinin hızla büyümesine bağlı olarak sistemin güvenilir şekilde işletilmesi zorlaşmaktadır. Dolayısıyla, güvenilir bir güç sistemi işletimi için haberleşme sistemlerinin yaygınlaştırılmasına ihtiyaç da gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde haberleşme sistemlerinin güç sistemlerine uygulanması en kritik konulardan biridir. Hemen hemen tüm sistem işletmelerinin korunmasında; izleme, kontrol ve haberleşme sistemleri en önemli araçlardır [24].

Ülkemizde kullanılmakta olan iletim sisteminin enterkonnekte hale gelmesi ile enerjinin üretimi ve tüketimi iki yönlü olmuş ve koruma sistemlerinin birbirleri ile daha ektin şekilde haberleşmesi daha önemli hale gelmiştir. Şekil 3.1'de örnek gösterim verilmiştir.



Şekil 3. 1 Radyal ve Enterkonnekte İletim Sistemi

Bir haberleşme sistemi basit anlamıyla, en az bir alıcı ve bir vericinin bulunduğu iletişim kanalından oluşmaktadır. Güç sistemlerinin korunmasında iletişim sistemleri; hız, güvenilirlik ve hassasiyet gibi birçok avantaj sağlamaktadır [29].

Türkiye iletim sisteminin gelecekteki ihtiyaçlarını, sağlıklı işletilmesini ve korunmasını göz önüne alan Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), fiber optik haberleşme sistemlerinin yaygınlaştırılması çalışmalarını yapmaktadır. Ayrıca, Türk Telekomünikasyon A.Ş. ve Türksat Uydu Haberleşme A.Ş.'den kiralanan altyapılardan yararlanılması, az yoğunluklu bağlantılar için mevcut enerji iletim hattı taşıyıcı cihazı sisteminin kullanılması ve ekonomik olan güzergâhlarda mikrodalga sistemlerinden faydalanılması faaliyetlerini yürütmektedir [28].

3.1 Koruma Rölelerinde Haberleşme Protokolleri

İletişim protokolleri, bir ağ üzerinden iletişimin sağlandığı kurallar dizisidir. Kurulan ağ üzerindeki iletişimin bağlı olduğu cihazlar ile etkileşimini sağlamak ve kontrol etmekle sorumludur. İletişimde kullanılan sinyal tiplerini, hata tiplerini ve cihaza yetkili kullanıcının bağlandığı kuralları belirlemektedir.

Birçok koruma rölesi üreticisi ürünlerinde benzer iletişim protokollerini kullanmaktadır. Çizelge 3.1'te bazı üreticilerin koruma rölelerinde kullanmakta oldukları haberleşme protokolleri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Haberleşme protokollerini temel olarak fiziksel ve katmanlı olmak üzere iki tipte sınıflandırılabilir [24].

Çizelge 3. 1 Röle Üreticilerine Ait Karşılaştırmalı Haberleşme Protokolleri [24]

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">Koruma Rölesi Tipleri</td><td colspan="4">Üreticiler</td></tr>
<tr><td>GE</td><td>ABB</td><td>SEL</td><td>ALSTOM</td></tr>
<tr><td rowspan="5">İLETİŞİM PROTOKOLLERİ</td><td>Generatör Koruma</td><td rowspan="3">*RS232,
*RS485,
*IEC61850,
*ModBus TCP/IP,
*DNP3.0,
*IEC60870-5-104</td><td>*RS232,
*RS485,
*IEC61850-8-1
*IEC60870-5-103,
*DNP3.0,
*ModBus RTU/ASCII
*LON
*SPA</td><td rowspan="3">*ModBus TCP/IP,
*DNP,
*FTP,
*IEC61850,
*MIRROR BITS,
*EVMSG</td><td rowspan="4">*RS232,
*RS485,
*Courier/K-BUS,
*ModBus,
*IEC60870-5-103,
*DNP3.0,
*IEC61850</td></tr>
<tr><td>Diferansiyel Koruma</td></tr>
<tr><td>Mesafe Koruma</td><td>*RS232,
*RS485,
*DNP3.0,
*ModBus RTU/ASCII</td></tr>
<tr><td>Aşırı/Düşük Gerilim Koruma</td><td rowspan="2">*RS232,
*RS485,
*IEC61850,
*ModBus TCP/IP,
*IEC60870-5-103</td><td rowspan="2">*RS232,
*RS485,
*IEC61850-8-1
*IEC60870-5-103,
*SPA,
*DNP3.0,
*ModBus RTU/ASCII
*LON
*SPA</td></tr>
<tr><td>Aşırı Akım Koruma</td><td>*EIA485,
*ModBus RTU,
*EIA232</td></tr>
</table>

3.1.1 Fiziksel Haberleşme Protokolleri

Fiziksel haberleşme protokolleri farklı cihazların birbirleri ile uyumlu haberleşmeleri ve belirli bir mesafede bulunan bu cihazlara veri aktarımını başarıyla gerçekleştirmesi için kullanılmaktadır. Electronics Industry Association (EIA) tarafından üretilmiş olan RS232, RS422, RS423 ve RS485 protokolleri endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar koruma rölelerinde de yaygın kullanım alanı bulmuştur [24].

3.1.1.1 RS232 Protokolü

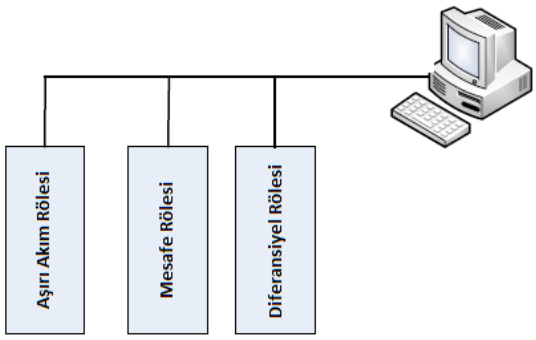
RS232 protokolü iki cihaz arasındaki en basit iletişim protokolüdür. Cihazların bağlantı yapılandırmasını kolayca sağlanmaktadır. İki cihaz arasında aynı anda bir verinin ya alınmakta ya da gönderilmekte olduğu tek yönlü veri aktarımı ve aynı anda iki yönlü veri aktarımı yapabildiği tipleri mevcuttur [24]. Örnek şema şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3. 2 Koruma Rölelerinin RS232 Haberleşmesi [24]

3.1.1.2 RS485 Protokolü

Bu protokol, RS232 ile benzerlik göstermektedir. Aynı anda birde fazla röle ile haberleşebilmektedir. RS485 Haberleşme protokolü rölelere önceden verilmiş olan adresler ile aynı anda tüm rölelere veya istenilen tek bir röleye veri aktarımını tek veya çift yönlü olarak yapabilmektedir [24]. Şekil 3.3'de şematik gösterimi sunulmuştur.



Şekil 3. 3 Koruma Rölelerinin RS485 Haberleşmesi [24]

3.1.2 Katmanlı Haberleşme Protokolü

Bir cihaza gönderilecek olan mesaj içerisinde bir veya daha fazla sayıda katman bulunabilmektedir. Bilginin bir cihaza aktarılması sırasında kullanılan her katman için, aktarılan mesaja ait bir adet özel başlık eklenmektedir. Aynı zamanda, bilginin şifrelenmesi de bu yolla sağlanmaktadır [26]. Bazı gelişmiş çok katmanlı haberleşme protokolü örnekleri aşağıda verilmiştir.

3.1.2.1 DNP3.0 Protokolü

The Distributed Network Protocol (DNP) 3.0 protokolü transformatör merkezleri arasındaki veri alış verişinin sağlanması için geliştirilmiştir. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemlerinde, uzak terminal birimlerinde (RTU) ve akıllı elektronik aygıtların arasındaki iletişimi sağlamak için kullanılmaktadır. Bu haberleşme protokolünün içerisinde gömülü olarak senkronize zaman bilgisi bulunmaktadır [30].

3.1.2.2 IEC61850 Protokolü

IEC61850 protokolü, International Electrotechnical Commission (IEC) tarafından geliştirilmiştir. Bu protokol, hız ve veri güvenliği bakımından yüksek performans göstermektedir. Diğer protokollere göre daha fazla bilgiyi rölelere aktarabilmektedir. Bu protokol, yeni nesil üretilen hemen hemen tüm rölelerde, olay kayıtları, röle ayarları gibi bilgilerin aktarılmasında kullanılmaktadır. IEC61850'nin alt protokolü olarak çalışan Generic Object Oriented Substation (GOOSE) ile bir rölede gerçekleşen olay kayıtları yüksek hız ve doğrulukta diğer bir röleye aktarılabilmektedir. Dünyada kullanılmakta olan geleneksel teleprotection sistemlerinin yerini GOOSE koruma mesajı protokolü almaktadır. [31], [32].

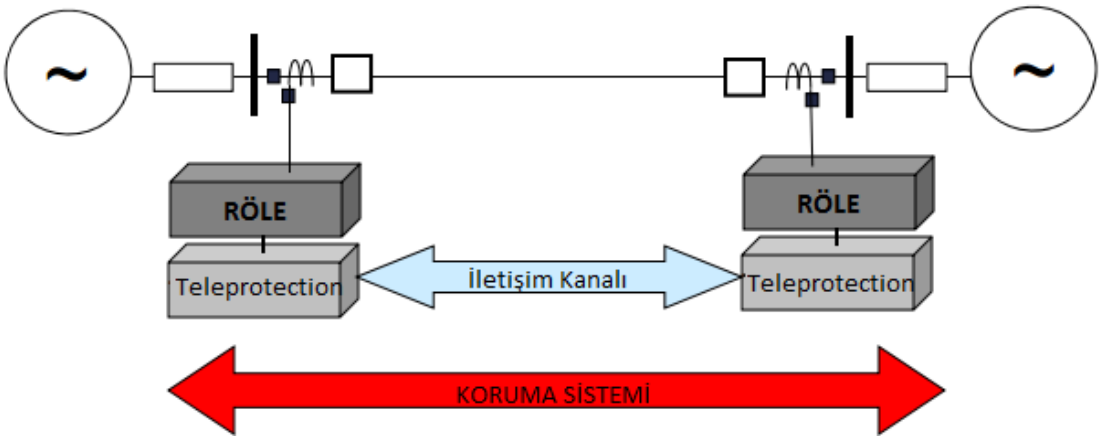
- **TCP/IP;** Röle kayıtları, raporlar, ayarlar, vb.
- **GOOSE;** Koruma Mesajı
- **Ölçüm Örneklemeleri;** Bara ölçüm değerleri

3.1.2.3 LON Protokolü

The Local Operating Network (LON) protokolü sadece güç sistemi uygulamaları için değil aynı zamanda fabrika otomasyonu, süreç kontrolü, bina… vb. sistemler için de ağ iletişimi kurma yeteneğine sahiptir. LON protokolü bilgi aktarımı için yedi katman içerdiğinden dolayı DNP3.0 gibi modellere kıyasla daha düşük hızlı veri aktarımı sağlar [33].

3.2 Türkiye İletim Sisteminde Kullanılan Haberleşme Sistemleri

Enerjinin güvenilir ve ekonomik olarak üretilmesini ve iletilmesini, arızaların incelenmesini ve büyümeden giderilmesini, yük dağıtımının sağlıklı ve doğru olarak yapılabilmesini sağlamak için ülkemizde ki koruma sistemlerinde iletişimin rolü çok önemlidir. Güç sistemlerindeki temel koruma şeması şekil 3.4'de görüldüğü gibidir[27].



Şekil 3. 4 Basit Koruma Şeması

İletişim ve kontrol için gerekli işlevler hiyerarşik bir yapıda yerine getirilir. Bu amaç için, bilgilerin her iki yönde ve hiyerarşik yapıya uygun olarak iletilmesi gerekmektedir. Bu da tüm merkezleri kapsayan yaygınlıkta, her an kullanılabilir, bilginin çok yüksek doğrulukla iletildiği, gerçek zamanda gözlem ve kontrol yapılabilmesi için kısa transfer zamanlı, emniyetli ve yüksek bilgi transferinin yapılabildiği yeterli hızda ve kapasitede veri iletişim sistemi gerektirir. Bu özellikte bir iletişim hizmeti genel haberleşme şebekesi ile yapılamayacağı için TEİAŞ'ın özel iletişim şebekesi kullanması

gerekmektedir. Çizelge 3.2'de TEİAŞ'ın kullanmakta olduğu iletişim sistemleri ve birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları verilmiştir [26-28].

Çizelge 3. 2 TEİAŞ Haberleşme Tiplerinin Karşılaştırılması [28]

Haberleşme Tipi	Avantajları	Dezavantajları
Enerji İletim Hattı Taşıyıcı Cihazları (Kuranportörler)	TransformatörMerkezleri arası en ekonomik iletişim şeklidir.	Sınırlı mesafe ve band genişliğine sahiptirler.
Mikro Dalga Sistemleri	Mali açıdan güvenilir ve uygundur. Yüksek kanal kapasitesine sahiptir.	Yüksek bakım maliyeti ve özel test donanımları gerektirir. Sinyal sönümlenmesi olabilmektedir.
Sabit ve Hareketli Telsiz Sistemleri	Belirli bir alan içerisinde uygun maliyetli olarak kullanılabilmesidir.	Gürültü, kanallarda parazitlilik, hız, veri aktarını esnasındaki kanal değiştirme ve güvenlik eksikliği vardır.
Uydu Sistemleri	Uygun maliyetli haberleşme imkânı sunması ve mesafeden bağımsız olmasıdır.	Sürekli kiralama maliyeti vardır. Veri gecikmeleri yaşanabilmektedir.
Kiralık Kanallar	İhtiyaçların karşılanması hususunda etkin bir çözüm olmasıdır.	Uzun dönemli kiralama bedellerinin yüksek oluşu ve çok kanallı uygulamalarda maliyetin yükselmesi
Fiber Optik Kanallar	İşletilmesinin uygun olması, yüksek band genişliğine sahip olması, elektromanyetik girişimden etkilenmemesidir. Farklı iletişim sistemlerinin (SCADA, video, ses, röle bilgisi, vb.) fiber altyapıyı kullanabilmesidir.	Pahalı test ekipmanları gerektirmesi ve arızalanması durumunda tamirinin zor olması

3.2.1 Enerji İletim Hattı Taşıyıcı Cihazları (Kuranportörler)

İletişim ortamı olarak enerji iletim hatlarını kullanan kuranportör sistemleri 1950'lerden bu yana kullanılmaktadır. Başlangıçta sadece konuşma ve koruma amacı ile kullanılan kuranportörler, teknolojik gelişme ve ihtiyaçlar doğrultusunda gelişerek konuşma, koruma ve veri iletişimi işlevlerini aynı anda sağlayacak özelliğe ulaşmışlardır.

Enerji İletim Hatlarının ulaştığı her noktaya ulaşabilmeleri, ucuz ve güvenilir olmaları bu sistemlerin en büyük avantajıdır [28].

Ancak, hat arıza ve manevralarından etkilenebilmeleri, dar bantlı olmaları, 40 - 500kHz arasında kısıtlanmış bir frekans bandında kullanılabilmeleri gibi nedenlerle veri iletişim ihtiyaçlarının ve dolayısı ile hızlı ve geniş bantlı uygulamaların gerektiği ihtiyaçlar karşısında bu sistemler yetersiz kalmaktadır [27], [28].

Kuranportör sistemlerinin, ihtiyaçlara cevap verebilecekleri yerlerde ana iletişim kanalları olarak, diğer yerlerde ise yedek veya artçı kanallar olarak kullanılmaya devam edilmektedir [27], [28].

TEİAŞ kuranportör ihtiyacını kendi üretim tesislerinde ürettiği analog kuranportörler (duplex veya simplex) ile sağlamaktadır. Fiber optik kablo bulunmayan, analog kuranportör bandının yeterli olmadığı merkezler için ihale yolu ile temin edilen sayısal kuranportörler kullanılmaktadır [27], [28].

3.2.2 Mikro Dalga Sistemleri

Yük Tevzi için gerekli bilgi iletişimi, uzaktan kumanda ve bilgisayarlar arası veri iletişimi gibi geniş bant gerektiren uygulamalar için gelişmiş enerji işletmeleri, ana iletişim kanalı olarak kendilerine ait mikrodalga sistemleri kurmuşlardır [27].

İlk yatırımı pahalı olan, kısıtlı frekans bandı nedeniyle Telekomünikasyon Kurumundan frekans tahsisi alınması gereken ve arazi yapısına bağımlı olarak yaklaşık 40 km.de bir tekrarlama gerektiren bu sistemler henüz kullanılmamaktadır. Geniş band gerektiren ve fiber optiğe göre ekonomik olan yerlerde kullanımı düşünülmektedir. Fiber optik sistemlerin gelişmesi ile radyolink yatırımların azaldığı gözlenmektedir [28].

3.2.3 Sabit ve Hareketli Telsiz Sistemleri

Taşra ve merkez bakım-onarım ekiplerinin kendi aralarında ve bakım onarım merkezleri ile haberleşmeleri gerekmektedir. Bu işleve yönelik olarak belirli kapsama alanlarına sahip VHF bandında çalışan el, araç, sabit ve tekrarlayıcı telsizlerden oluşan bir telsiz sistemi kullanılmaktadır. Her bir bölgede bir veya birkaç tekrarlayıcı merkez vasıtasıyla bölgesel olarak tüm ekipler sahadan merkezlere ulaşmaktadırlar. Hareketli bakım-onarım ekipleri için de bu haberleşme imkânı kullanılmaktadır. Telsiz sistemlerinin büyük çoğunluğu Aselsan imali 4000 serisi telsizlerden oluşmaktadır [27], [28].

3.2.4 Uydu Sistemleri

Uzun yıllar boyunca maliyet nedeniyle uydu haberleşmesi, noktadan noktaya kıtalararası telefon, TV gibi uygulamalarda kullanılmıştır. Ancak, teknik gelişmeler, kurallarda esneklik sağlanması ve Milli haberleşme uydularının kullanıma sokulması sonucunda çok küçük antenli terminallerin (Very Small Aperture Terminals) uygulamasının yaygınlaşmaya başlaması ile bu sistemler de farklı iletişim ortamından yedekleme ihtiyacı olan merkezler için kullanılmaya başlanmıştır [28].

Coğrafi olarak bütün noktaları kapsayabilmesi, mesafeden bağımsız iletişim maliyeti, radyolinklere göre daha iyi link kalitesi, kolay ve esnek tesis imkânları, bu sistemlerin avantajıdır. Ancak, atmosferik koşullara duyarlılığı ve iletim süresinin büyüklüğü (yaklaşık 250 ms gidiş-dönüş süresi) sistemin ana dezavantajıdır [27].

3.2.5 Kiralık Kanallar

Türk Telekomünikasyon A.Ş. veya alt yapı işletme lisansına sahip özel şirketlerden hat veya kanal kiralayarak ihtiyaçların giderilmesi yöntemi dünyada olduğu gibi TEİAŞ tarafından da kullanılmaktadır. Ancak, bu uygulamada kalite ve güvenilirlik açısından kiralayan tarafa bağımlı kalındığı ve kira ücretleri de tek taraflı olarak belirlendiği için uygulama kısıtlı olarak başka alternatiflerin olmadığı hizmetler için kullanılmaktadır [28].

Fiber optik kablo bulunmayan, 2 Mbps kanal kiralanmasının ekonomik olmadığı, ses ve veri trafiği yoğun merkezlerde ise Türk Telekomünikasyon A.Ş. TDM altyapısından kiralanan 64 kbps sistemler kullanılmaktadır [27], [28].

3.2.6 Fiber Optik Kanallar

Sağladığı geniş bant, elektromanyetik girişimlerden etkilenmeme, kolay yalıtım ve yüksek güvenilirlik gibi nedenlerle elektrik enerjisi iletim sistemlerinde fiber optik kullanımı, 1980'lerden bu yana dünyada büyük bir hızla yaygınlaşmaktadır[27].

Enerji iletim hattı koruma iletkenleri içinde tesis edilen fiber optik kablolar ucuz ve oldukça yüksek kanal kapasitesi sağlamaktadırlar. Ayrıca, direkler arasına metalsiz fiber optik kablo ya da yer altı Enerji İletim Kabloları ile birlikte çekilen fiber optik kablolar da kullanılmaktadır[27].

Fiber optik haberleşmenin başlıca özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir[28].

- Yüksek hızlıdır.
- Uzun tekrarlama aralıklarına olanak sağlar.
- Kanal başına maliyet düşüktür.
- Bilgi çalınması oldukça güçtür.
- Elektromanyetik etkilerden bozulmaz.
- Karışma sorunu yoktur.
- Alış ve veriş uçlarında elektriksel yalıtım vardır.
- Değişik çevre koşullarında güvenli olarak kullanılabilir.
- Ek ve bakımda özen gerektirir.

3.3 Uzaktan Kontrol ve Veri Toplama (SCADA)

Uzaktan izleme ve kontrol sistemleri merkezi olarak bilginin toplandığı ve uzaktan kontrolün yapıldığı yerlerdir. İletim sistemindeki bölgelerden sisteme ait güç, akım, gerilim gibi bilgiler ile kesici, ayırıcı gibi şebeke elemanlarının durum bilgileri ve alarmların uzaktan izlenmesi yolu ile bilgi toplanması sağlanmaktadır. Bu bilgilerin

kontrol merkezlerinde yer alan bilgisayar sistemleri ile değerlendirilmesi, ekran veya mimik panolarda gösterilmesi yapılmaktadır. Bilgisayar sistemlerindeki değerlendirmeler sonucunda manuel veya otomatik olarak kontrol merkezlerinden iletilecek komutlar ile uzaktan kumanda edilmesinin sağlanmasını kapsamaktadır [28].

3.4 Uzaktan Koruma (Teleprotection)

İletim hatlarında veya transformatör merkezindeki primer teçhizatta oluşa arızaların, sistemde yayılmadan hızla izole edilmesi için yerel bir arızanın nedeninin belirlenip komşu hatlardan sadece gerekli olanın hızla açtırılması, diğerlerinin ise yanlış açmalarının önlenmesi gerekmektedir. Bu işlevin yerine getirilmesi, transformatör merkezlerindeki koruma rölelerinin komşu rölelere hızlı bir şekilde aç veya açmana gerek yok komutlarını iletebilmesi ile mümkündür. TEİAŞ koruma sinyalizasyon ihtiyacını kendi tesislerindeki koruma cihazları ile gerçekleştirmektedir [28].

Bu bilgilerin iletilmesinde merkezler arasında ve tüm iletim hatları için iletişim kanallarına ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut koruma sisteminde kanal hız ve kapasitesi oldukça düşüktür. Ancak, fiber optik altyapıların gelişmesi ile koruma sinyalizasyon arayüzünün fiber optik teçhizat üzerinden gönderilmesine başlanmıştır [27].

Hız, doğruluk, güvenilirlik ve emniyetin çok önemli olduğu, ayrıca her transformatör merkezinde bulunma zorunluluğu nedeni ile uzaktan koruma TEİAŞ'ın özel iletişim şebekesi ile yapılmaktadır [28].

BÖLÜM 4

TÜRKİYE ENERJİ İLETİM SİSTEMİ KORUMA FELSEFESİ

İletim güç sistemlerinde, elektrik enerjisi santrallerinde üretilen enerjinin dağıtım sistemlerine taşınmasında kullanılan hayati öneme sahip bölümüdür. Sürekli büyüyen iletim sistemlerinin arızalara karşı korunması ve kesintisiz güç aktarımının sağlanması önemli çalışma konularından biridir. İletim sistemlerinin radyal tipten enterkonnekte tipe geçmesi, elektrik enerjisi üretiminin artık dağıtık olarak da yapılması ve iletim sisteminin çeşitli noktalarında üretim ve tüketimin beraber gerçekleşmesi iletim sisteminin korunmasını zorlaştırmakta ve karmaşıklaştırmaktadır. Koruma rölelerinin kullanılmaya başlandığı zamandan günümüze kadar geçen sürede birçok koruma rölesi tipi geliştirilmiştir.

Türkiye enerji iletim sisteminde birçok tipte koruma rölesi bulunmaktadır. Koruma yapılan ekipmana göre koruma rölesinin tipi değişmektedir. Koruma rölelerinin ayarlanmasında kullanılan hesaplamalar ve izlenen metotlar ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Bu bölümde, Türkiye'deki enerji iletim sisteminde koruma rölelerinin ayarlamasında kullanılan hesaplama metotları ve kabuller anlatılacaktır. Sırasıyla iletim hatlarında koruma, bara ve kesici arıza koruma, ototransformatör korumada kullanılan rölelerin tipleri ve hesaplama yöntemleri açıklanacaktır. Bu hesaplama yöntemleri ve kabuller TEİAŞ personeli ile yapılan görüşmeler doğrultusunda derlenmiştir.

4.1 İletim Hatlarında Koruma

İletim hatlarında kullanılan koruma röleleri gerilim seviyesine ve koruma amacına göre farklı tiplerdedir. İletim hatlarında kullanılan başlıca röle tipleri,

- Mesafe Koruma Rölesi,
- Aşırı Akım Koruma Rölesi,
- Diferansiyel Koruma Rölesi,

olarak sıralanabilir.

4.1.1 400 kV ve 154 kV Mesafe Koruma Rölesi

Mesafe koruma röleleri iletim hatlarında kademeli koruma yapmaktadırlar. Kademeli mesafe koruması, ana ve yedek koruma için kullanılmaktadır. Mesafe röleleri arızanın ayarlanan bölgenin dışında kalıp kalmadığını tespit edebilecek Şekilde tasarlanmışlardır. Türkiye iletim sisteminde 400 kV ve 154 kV iletim hatlarında kullanılmakta olan mesafe rölelerinde kademe ayarlama karakteristiği hem faz-toprak hem de faz-faz arızaları için dikdörtgen (quad) olarak yapılmaktadır. Kademe hesaplama kuralları alt bölümlerde anlatılmıştır.

4.1.1.1 Genel Kademe Ayarları

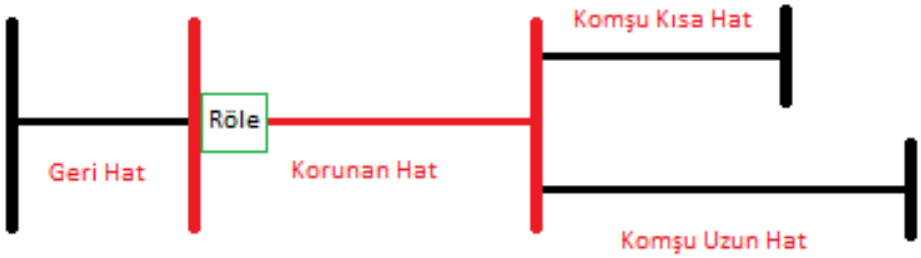
Genel kademe ayarlaması, özel durumlar olmaksızın normal bir hatta uygulanan ayarlama kurallarıdır. Mesafe koruma rölelerinde Kademe 1, Kademe 2, Kademe 3 ve Kademe 5 her zaman kullanılmaktadır. Kademe 4 ise bazı durumlarda kullanılmaktadır.

Kademe 1 (Z1)

Mesafe rölelerinde Kademe 1 ayarı ana koruma yapmaktadır. Kademe 1 ayarı için hattın uzunluğuna bağlı olarak farklı hesaplama tipleri yapılmaktadır.

- Korunan hat uzunluğu 5 km ve altında ise empedans değeri korunan hattın empedansının %70'ine ayarlanır.
- Korunan hat uzunluğu 5 km ile 20 km arasında ise empedans değeri korunan hattın empedansının %80'ine ayarlanır.
- Korunan hat uzunluğu 20 km'den büyük ise empedans değeri korunan hattın empedansının %85'ine ayarlanır.

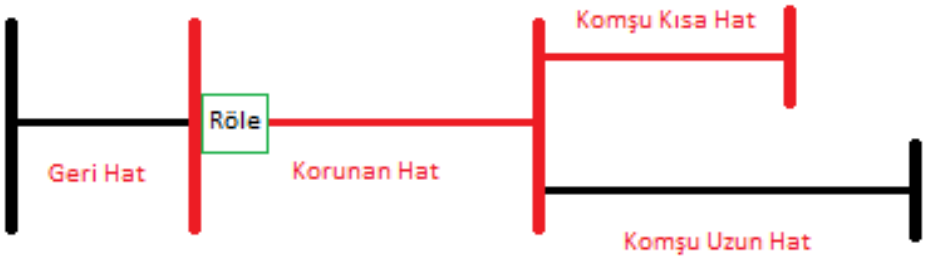
Kademe 1 zaman gecikmesi 0 saniyedir. Şekil 4.1'de kademe 1 ile korunan hat verilmiştir.



Şekil 4. 1 Kademe 1 Korunan Hat

Kademe 2 (Z2)

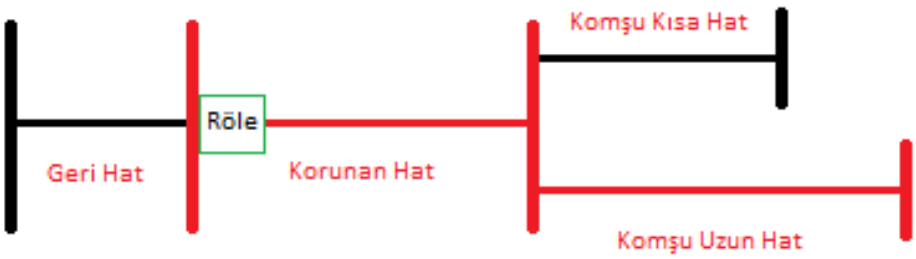
Mesafe rölelerinde Kademe 2 ayarı yedek koruma yapmaktadır. Korunan hattın empedansı ile karşı baradan devam eden komşu kısa hattın empedansının %50'sinin toplam empedansına ayarlanmaktadır. Kademe zaman gecikmesi 0,4 saniyedir. Şekil 4.2'te Kademe 2ile korunan ve komşu kısa hat verilmiştir.



Şekil 4. 2 Kademe 2 Korunan ve Komşu Kısa Hat

Kademe 3 (Z3)

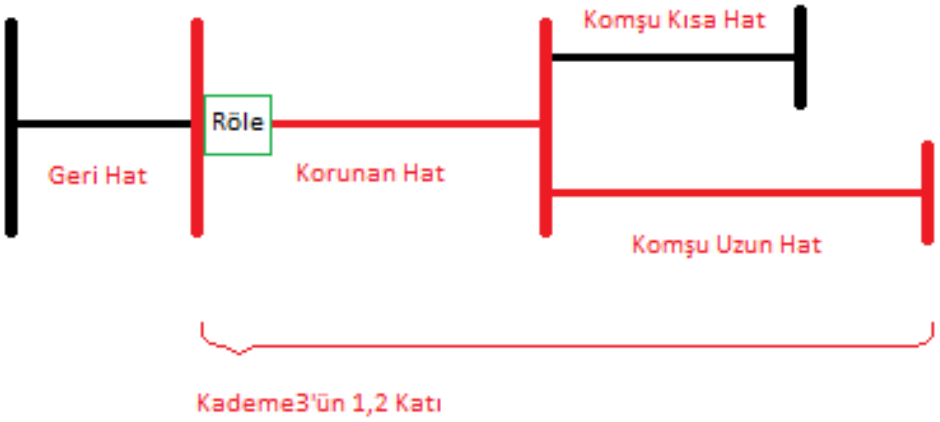
Mesafe rölelerinde Kademe 3 ayarı yedek koruma yapmaktadır. Korunan hattın empedansı ile karşı baradan devam eden komşu uzun hattın empedansının toplam empedansına ayarlanmaktadır. Kademe zaman gecikmesi 0,8 saniyedir. Şekil 4.3'te Kademe 3 ile korunan ve komşu uzun hat verilmiştir.



Şekil 4. 3 Kademe3 Korunan ve Komşu Uzun Hat

Kademe 4 (Z4)

Mesafe rölelerinde Kademe 4 ayarı yedek koruma yapmaktadır. Kademe 3 değerinin 1,2 katı olarak ayarlanmaktadır. Genel olarak tüm mesafe rölelerinde kademe 4 ayarlanmamaktadır. Sadece gerekli görülen yerlerde bu ayar girilmektedir. Kademe zaman gecikmesi 1,2 saniyedir. Şekil 4.4'te kademe 4 korunan ve komşu uzun hat verilmiştir.



Şekil 4. 4 Kademe4 Korunan ve Komşu Uzun Hat

Kademe 5 (Z5)

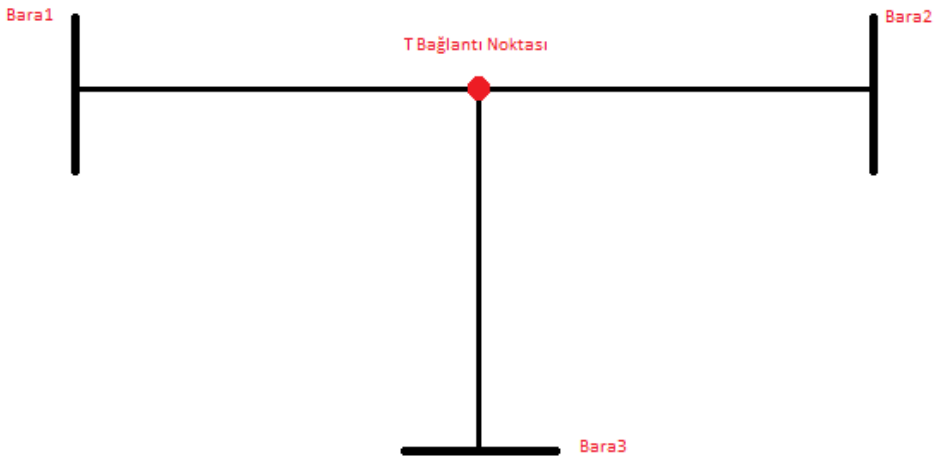
Mesafe rölelerinde Kademe 5 ayarı yedek koruma yapmaktadır. Rölenin bağlı olduğu hattın barasına göre geride olan en uzun hattın empedansının 1,2 katına göre ayarlanmaktadır. Kademe zaman gecikmesi 1,5 saniyedir. Şekil 4.5'te kademe 5 koruma rölesi ve geri hat verilmiştir.



Şekil 4. 5 Koruma Rölesi ve Geri Hat

4.1.1.2 T Bağlantılı Hatlarda Kademe Empedansı ayarı

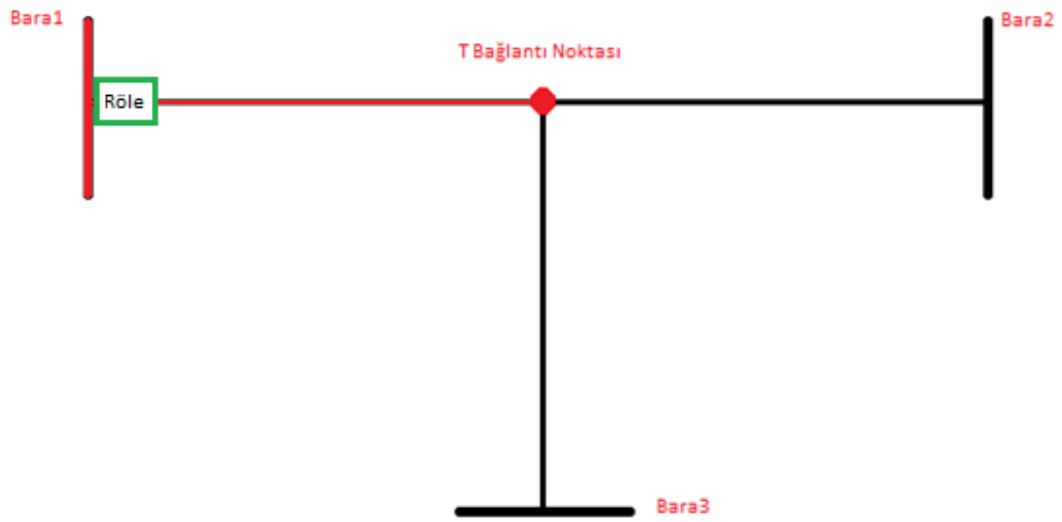
T bağlantılı hatlar, üretim santrali bağlantıları ve iletim sisteminden doğrudan enerji almakta olan müşteriler için kullanılmaktadır. Türkiye iletim sisteminin bazı bölgelerinde T bağlantılı hatlar olarak bilinen bir diğer adıyla saplama noktaları mesafe koruma rölelerinin ayarlanmasında özel durum teşkil etmektedir. Şekil 4.6'da T bağlantılı hat görünümü verilmiştir.



Şekil 4. 6 T Bağlantılı Hat

Kademe 1 (Z1)

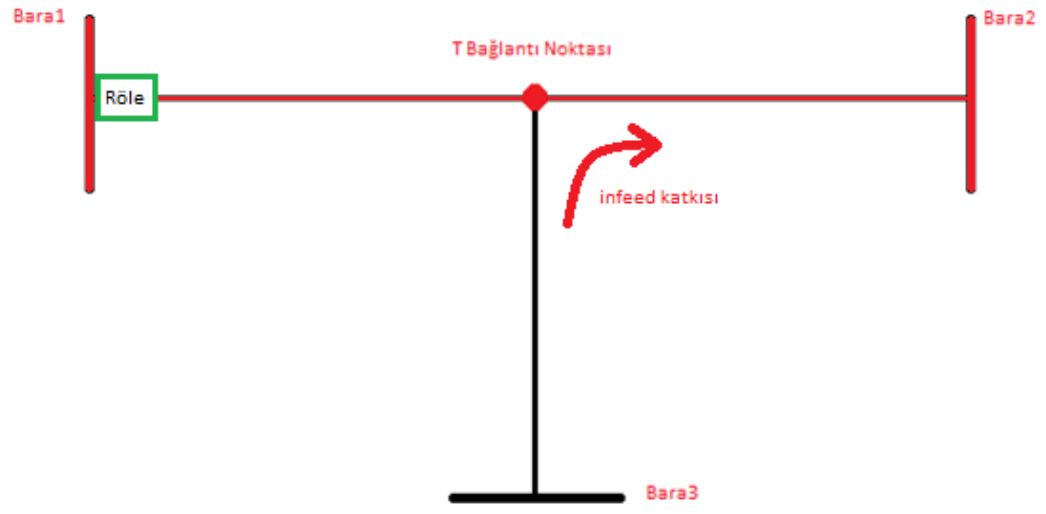
Korunan hattın T noktasına kadar olan empedansının %85'i referans alınır. Şekil 4.7'da T bağlantılı hat için kademe 1 ayar görünümü verilmiştir.



Şekil 4. 7 T Bağlantılı Hat Kademe 1 Ayarı

Kademe 2 (Z2)

T noktasından sonra devam eden uzun hattın empedansı infeed katsayısı ile çarpılır. Bulunan sonuç T noktasına kadar olan empedans ile toplanır. Infeed katsayısı değerinin bilinmediği durumlarda bu katsayı 2 olarak kabul edilir. Şekil 4.8 T bağlantılı hat için kademe 2 ayar görünümü verilmiştir.



Şekil 4. 8 T Bağlantılı Hat Kademe 2 Ayarı

Kademe3 (Z3)

T bağlantılı hatlarda koruma yapan mesafe rölelerinde kademe 3 değeri, kademe 2 değerinin 1,2 katı alınır.

Kademe5 (Z5)

T bağlantılı hatlarda koruma yapan mesafe rölelerinde normal bir mesafe rölesi gibi kademe 5 geri kademe olarak ayarlanmaktadır. Kademe 5 Kademe 3 empedans değeri ile aynı ayarlanır.

4.1.1.3 Başlatma Akımı

400 kV Mesafe koruma rölelerinde genel başlatma eşik değeri 300-320 A olarak ayarlanmaktadır.

154 kV Mesafe koruma rölelerinde genel başlatma eşik değeri 200-240 A olarak ayarlanmaktadır.

4.1.1.4 Yük Körleştirme Ayarı

Yük körleştirme ayarının mesafe röleleri için göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İletim hatlarının aşırı yüklenmesi durumu ile kısa devre durumlarının birbirinden ayrılmasında kullanılmaktadır.

$$Z_{y\ddot{u}k} = \frac{U_{FN}\ x\ 0.9}{I_{max}\ x\ 1.5\ x\ k}\ x\ cos\theta \qquad (5.1)$$

Bu eşitlikte bulunan değişkenler aşağıdaki gibidir.

- **ϴ:** Yük açısı
- **Ufn:** Sistemin faz-nötr gerilimidir.
- **Imax:** Hattın en yüksek yüklenme akım kapasitesi
- **k:** Emniyet katsayısıdır genel olarak 1,15 seçilmektedir.

İletim hatlarının en yüksek taşıma kapasiteleri dış faktörlere bağlı olarak mevsim şartlarından ve sıcaklıktan etkilenmektedir. Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilen

tablolarda 400 kV ve 154 kV seviyesinde kullanılmakta olan iletkenlerin mevsim şartlarına bağlı akım taşıma kapasiteleri verilmiştir.

Çizelge 4. 1 400 kV İletim Hatlarında İletkenlerin Tipleri ve Kapasiteleri [38]

Tip	Toplam İletken Alanı (mm^2)	MCM	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yazlık Kapasite (MVA)*	Bahar/ Sonbahar Kapasite (MVA)**	Termik Kapasite (MVA)***
2B, Rail	21917	22354	22155	832	1360	995
2B, Cardinal	21947	22354	22165	845	1360	1005
3B, Cardinal	31947	32354	32165	1268	2070	1510
3B, Pheasant	32126	32672	32325	1524	2480	1825

(*) iletken sıcaklığı, 80°C, hava sıcaklığı: 40°C, rüzgâr hızı: 0,1m/s

(**) iletken sıcaklığı, 80°C, hava sıcaklığı: 25°C, rüzgâr hızı: 0,5m/s

(***) iletken sıcaklığı, 80°C, hava sıcaklığı: 40°C, rüzgâr hızı: 0,25m/s

(2B ve 3B ikili ve üçlü iletken demetlerini temsil eder)

Çizelge 4. 2 154 kV İletim Hatlarında İletkenlerin Tipleri ve Kapasiteleri [38]

Tip	Toplam İletken Alanı (mm^2)	MCM	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yazlık Kapasite (MVA)*	Bahar/ Sonbahar Kapasite (MVA)**	Termik Kapasite (MVA)***
Hawk	281	477	496	110	180	132
Drake	468,4	795	683	153	250	182
Cardinal	547	954	765	171	280	204
2B, Cardinal	21947	22354	22165	342	560	408
Pheasant	726	1272	925	206	336	247

(*) iletken sıcaklığı: 80°C, hava sıcaklığı: 40°C, rüzgâr hızı: 0,1m/s

(**) iletken sıcaklığı: 80°C, hava sıcaklığı: 25°C, rüzgâr hızı: 0,5m/s

(***) iletken sıcaklığı: 80°C, hava sıcaklığı: 40°C, rüzgâr hızı: 0,25m/s

(2B ikili iletken demetini temsil eder)

4.1.2 400 kV Yönlü Toprak Koruma Rölesi

Yönlü toprak koruma rölelerinde başlatma akımı olarak ileri yönlü 300-320A değeri, IEC 255-3 standart eğrisi ve TDS 0,3 değeri seçilmektedir.

4.1.3 400 kV Aşırı Gerilim Koruma Rölesi

Aşırı gerilim rölelerinde başlatma akımı gerilimi olarak nominal gerilimin (400 kV) 1,2 katı alınmaktadır. Açma süresi olarakta 2,5 saniye veya üzeri ayarlanmaktadır. Burada iki şartında sağlanması gerekmektedir. Ayarlanan gerilimin ve sürenin üzerinde değerlerde açma olayı gerçekleşir.

4.1.4 400 kV ve 154 kV Kablo Fideri Diferansiyel Koruması

Çizelge 4.3'te kablo diferansiyel rölesine ait ayarlama kıstasları verilmiştir.

Çizelge 4. 3 Kablo Diferansiyeli Hesaplama Kıstasları

Idiff>	0,2 pu
Idiff>>	8 pu
Slope 1 Taban Ayarı	0 pu
Slope 1 Eğri	%30
Slope 2 Taban Ayarı	1,2 pu
Slope 2 Eğri	%70

4.1.5 154 kV Aşırı Yük Koruma Rölesi

Türkiye iletim sisteminde aşırı akım koruma röleleri, hatlarda gerçekleşebilecek aşırı yüklenmelere karşı koruma yapacak şekilde ayarlanmaktadır. Hatların aşırı yüklenme ölçütü olarak, hattın anma akımının %100'üne veya %120'si kadar olan akım değerleri referans alınmaktadır. Eğri olarak IEC 255-3 standart eğrisi ve TDS 0,5 değeri seçilmektedir. Çizelge 3.2'de hat tiplerine ait akım taşıma kapasiteleri verilmiştir.

4.2 Bara ve Kesici Arıza Koruma

Bara koruma rölesi olarak diferansiyel rölesi ve kesici koruma rölesi olarakta aşırı akım rölesi kullanılmaktadır. Ayarlama kısıtları Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4. 4 Bara Koruma Rölesi Hesaplama Kıstasları

Id>	0,2-1 pu
Slope 1 Eğri	%60
Fark Akımları Hatası	0,05 x In -0,1 x In Zaman gecikmesi 10 saniyedir.
Slope 2 Eğri	%70

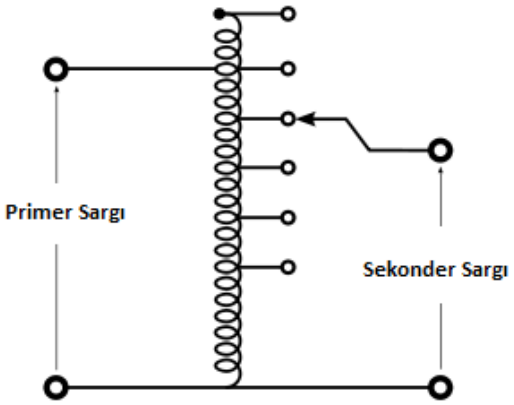
Çizelge 4. 5 Kesici Koruma Rölesi Hesaplama Kıstasları

Başlatma akımı akımı	0,2-0,5 In
T1 Süresi	120 ms
T2 Süresi	240 ms

4.3 Ototransformatörlerde Koruma

Primer sargısının bir kısmı veya tamamının sekonder sargı olarakta kullanıldığı ve aynı manyetik alanın etkisinde kalan tip transformatörlerdir. Normal transformatörlerde primer ve sekonder olmak üzere iki ayrı sargı bulunur. Ototransformatörlerde ise tek

bir sargı bulunur. Primer ve sekonder sargı görevini yaparlar. Şekil 4.9'da ototransformatör şeması verilmiştir.



Şekil 4. 9 Ototransformatör Şeması [36]

Sargı sayısı bire düşürüldüğünde kaçak reaktansları azalmıştır. Ototransformatörlerde dışarıya çok sayıda uç cıkartılarak farklı değerlerde gerilim elde edilir. Bu bakımdan oto transformatörleri potansiyometre gibi kullanılır. İletim sisteminde ototransformatörler 400 kV/154 kV gerilim dönüşümlerinde kullanılmaktadır. Bu sayede bara gerilim seviyeleri dengelenmektedir. Şekil 4.10'da iletim sisteminde kullanılmakta olan bir ototransformatör görünümü yer almaktadır.



Şekil 4. 10 Ototransformatör Görünümü [37]

İletim sisteminde kullanılmakta olan ototransformatör koruma röle tipleri,

- Diferansiyel Koruma Rölesi,
- Aşırı Akım Koruma Rölesi,
- Yönlü (Toprak)Aşırı Akım Koruma Rölesi,

olarak sıralanabilir.

4.3.1 Ototransformatör Diferansiyel Koruma Rölesi

Ototransformatörlerinin her iki tarafında 400 kV ve 154 kV, direfansiyel koruma rölesi bulunmaktadır. İletim hatlarında kullanılmakta olan hat direfansiyel koruma rölelerinden farklı olarak, ototransformatör diferansiyel koruma rölelerinde harmonik blokajları kullanılmaktadır. Ototransformatör diferansiyel koruma rölesi ile 2. ve 5. harmonik blokajları lojik olarak birbirlerine bağlıdırlar. Harmonik blokaj ayarı yüzde sınırına kadar olan harmonikli akımların sebep olduğu akım farklarının diferansiyel koruma rölesi tarafından açmaya sebebiyet vermemesi için kullanılmaktadır. Harmonik blokaj ayarı, belirtilen yüzde sınırının üzerinde ise açma gerçekleştirmektedir. Ayarlama kısıtları Çizelge 4.6'te verilmiştir.

Çizelge 4. 6 Ototransformatör Diferansiyel Hesaplama Kıstasları

Idiff>	0,3 pu
Idiff>>	8 pu
Slope 1 Taban Ayarı	0 pu
Slope 1 Eğri	%30
Slope 2 Taban Ayarı	1,2 pu
Slope 2 Eğri	%70
2.Harmonik Blokaj	%15
5.Harmonik Blokaj	%35

4.3.2 Ototransformatör 400 kV Tarafı Aşırı Yük Koruma Rölesi

Ototransformatörlerde aşırı yük rölesi olarak aşırı akım rölesi iki kademeli olarak kullanılmaktadır. Birinci kademesi alarm, ikinci kademesi açtırmadır. Ototransformatörünün %90 yüklenmesi durumunda 5 saniye sonra alarm vermesi ve %140 yüklenmesi durumunda 5 dakika sonra açma yapması istenmektedir.

4.3.3 Ototransformatör 400 kV Tarafı Aşırı Akım Koruma Rölesi

Ototransformatörlerde aşırı akım koruma yapılırken, röle koordinasyonu çerçevesinde, mesafe rölesi Kademe 2'den sonra ve mesafe rölesi Kademe 3'ten önce açma yapacak şekilde ayarlanmaktadır.

4.3.4 Ototransformatör 400 kV Tarafı Yönlü Toprak Koruma Rölesi

Ototransformatörlerin 154 kV tarafında gerçekleşen en yüksek tek faz-toprak arızasında bir saniye içerisinde açma gerçekleşecek şekilde ayarlama yapılmaktadır.

4.3.5 Ototransformatör 154 kV Tarafı Yönlü Toprak Koruma Rölesi

Ototransformatörlerin 400 kV tarafında gerçekleşen en yüksek tek faz-toprak arızasında bir saniye içerisinde açma gerçekleşecek şekilde ayarlama yapılmaktadır.

BÖLÜM 5

ENERJİ İLETİM HATLARININ AŞIRI AKIMA KARŞI KORUNMASI VE ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ

Güç sistemlerinde aşırı akım röleleri büyük rol oynamaktadır. İletim sistemlerinde kullanılmakta olan en eski ve en yaygın koruma rölesi tipi aşırı akım röleleridir. Aşırı akım rölelerinin yaygın olmasındaki en büyük faktör karmaşık bir yapıya sahip olmamaları ve uygun şekilde ayarlanmaları durumunda koruma sistemlerindeki görevlerini güvenilir şekilde yerine getirebilmeleridir. İletim güç transformatörlerinde, ototransformatörlerde, baralarda, iletim hatlarında, vb. hemen her yerde aşırı akım röleleri kullanılmaktadır.

5.1 Aşırı Akım Koruma Rölelerinin Koruma Pratiğine Göre Ayarlanması

Bölüm 4'te anlatıldığı gibi Türkiye iletim sisteminde koruma pratiği olarak benimsenmiş olan aşırı akım koruma pratiği, 154 kV sistemde kullanılan aşırı akım röleleri faz korumasında yön kontrolü yapılmaksızın aşırı yük rölesi olarak kullanılmaktadır. 154 kV iletim sisteminde bulunan aşırı akım rölelerinde faz-toprak veya faz dengesizliği korumasıda yapılmamaktadır. Bu durumda, dijital çok fonksiyonlu koruma yapabilen bir aşırı akım rölesinin diğer fonksiyonlarından tam anlamıyla yararlanılamamaktadır. 154 kV iletim sisteminde kullanılan aşırı akım rölelerinde zaman çarpanı (TDS) olarak 0,5 değeri, eğri karakteristiği olarak IEC 255-3 Ters zamanlı eğri ve başlatma akımı olaraktan hattın anma akımının %120'si alınarak ayarlama yapılmaktadır.

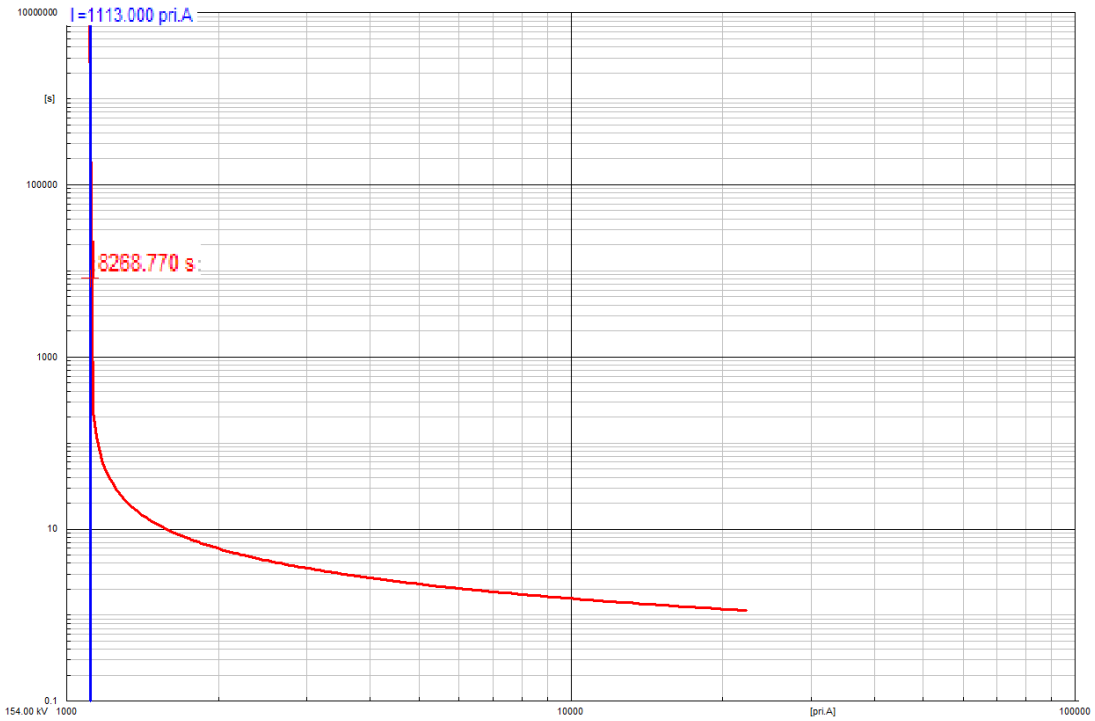
Şekil 5.1'de Türkiye iletim sisteminde bulunan 1272 MCM'lik ve 0.927 kA taşıma kapasiteli bir iletim hattını koruyan aşırı akım rölesinin Bölüm 4'te anlatılan Türkiye

iletim sistemi koruma pratiğine göre ayarlanmış eğrisi bulunmaktadır. Ayarlanma adımları aşağıdaki gibidir.

- İletim Hattının akım taşıma kapasitesi 0.927 kA olduğu için 1000/5 A'lik akım transformatörü kullanılmıştır.
- Hattın aşırı akım yüklenme sınırı %120'dir. Arıza başlatma akımı olarak,

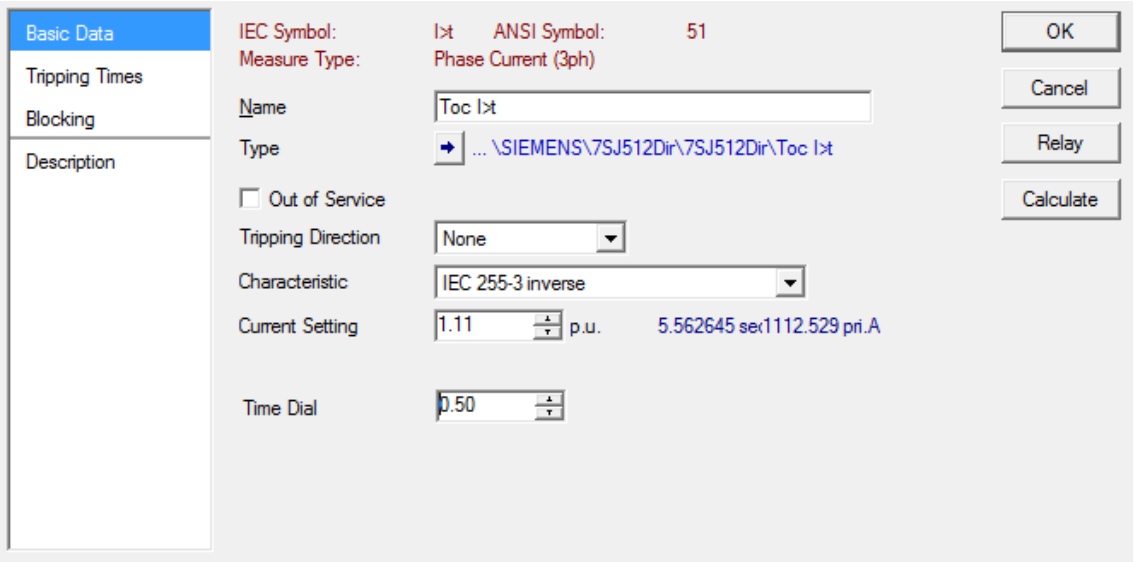
  $İletim\ Hattı_{Anma\ Akımı}\ x\ Max.Yüklenme\ Sınırı = 927\ x\ 1.2 = 1112.4\ A$

  hesaplanmıştır. Bu değerde röleye girilmiş oluyor. Eğer başlatma akımını p.u.(per unit) cinsinden yazarsak 1112.4/1000 = 1.11 p.u. değerini elde etmiş oluruz.
- TDS olarak 0.5 sabit olarak seçilerek giriliyor.
- Eğri karakteristiği olarak IEC 255-3 Ters zaman eğrisi seçiliyor.



Şekil 5. 1 Türkiye İletim Sistemi Koruma Pratiğine Göre 1272 MCM'lik İletim Hattını Koruyan Aşırı Akım Rölesinin Ters Zaman Eğrisi

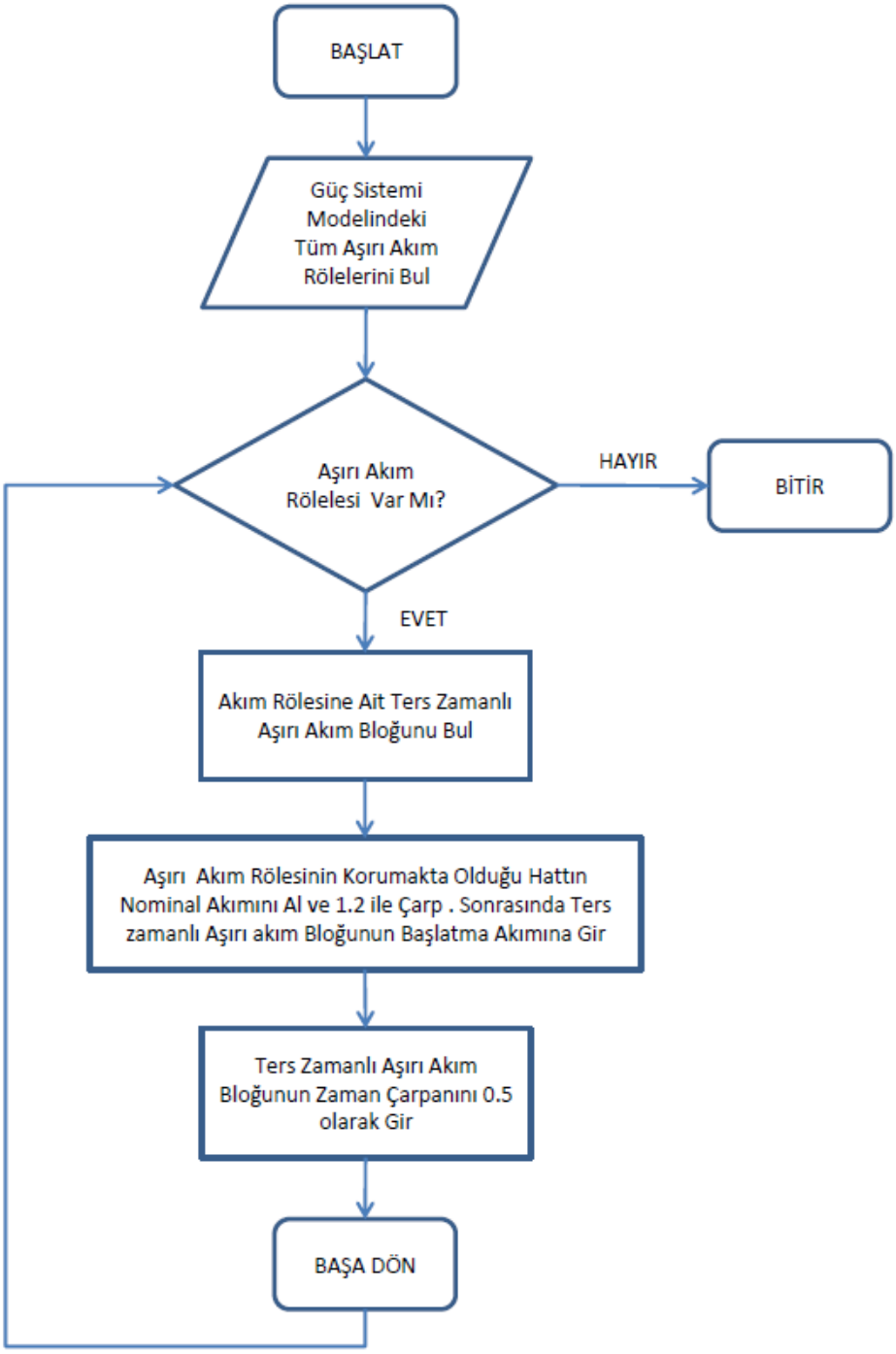
Şekil 5.2'de yukarıda anlatılmış olan hesaplama yönteminin, aşırı akım koruma rölesinin ters zamanlı koruma bloğuna (Toc I>t) ayarlarının girilmiş halinin DigSilent yazılımındaki görünümü verilmiştir.



Şekil 5. 2 DigSilent Aşırı Akım Rölesi Ters Zamanlı Koruma Bloğu

Aşrı akım koruma rölelerinde yönlü koruma işlevi 2000'li yıllara yaklaşırken tüm dünyada benimsenmeye başlanmıştır. İletim sistemlerinin radyal olmasına bağlı olarak üretim merkezinden tüketim merkezine doğru tek bir yük akışı olmaktaydı. Ancak, ülkemizde ve dünyada iletim sistemlerinin radyal yapıdan enterkonnekte hale dönüşmesine bağlı olarak güç sistemi üzerinde gerçekleşen arızaların yön kontrollü olarak tespit edilmesi önemli hale gelmiştir. Türkiye iletim sistemindeyse, sadece 400 kV iletim hatlarında aşırı akım röleleri yönlü olarak kullanılmaktadır. 154 kV iletim hatları enterkonnekte sistemin önemli bir bölümünü oluşturmasına rağmen aşırı akım rölelerinin yön özelliğinden yeterince yararlanılmamaktadır.

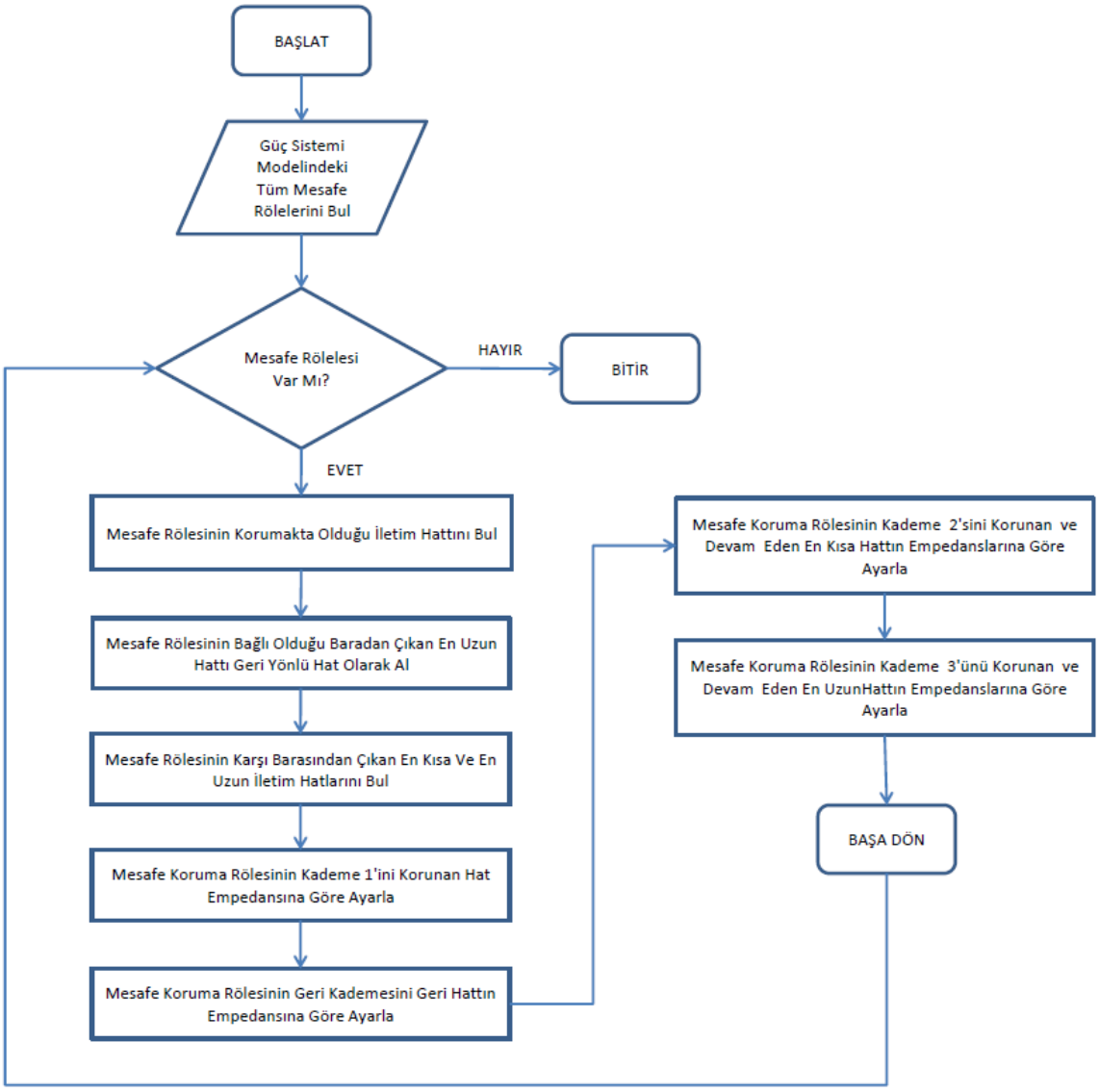
Türkiye iletim sisteminde, aşırı akım koruma rölelerinin ayarlanmasında kullanılan koruma pratiği DigSilent ortamında algoritma haline getirilmiştir. Bu sayede Türkiye iletim sistemini yansıtan bir model üzerindeki aşırım akım koruma rölelerinin ayarlanması mümkün hale gelmiştir. Şekil 5.3'de Türkiye iletim sistemi aşırı akım koruma pratiğine ait algoritmanın akış şeması verilmiştir.



Şekil 5. 3 Türkiye İletim Sistemi Aşırı Akım Koruma Pratiği DigSilent Algoritmasına Ait Akış Diyagramı

5.2 Mesafe Koruma Rölelerinin Koruma Pratiğine Göre Ayarlanması

Bölüm 4.1.1'de ayarlama detayları verilmiş olan Türkiye iletim sistemi koruma pratiğine dayalı olarak mesafe koruma rölelerinin DigSilent yazılımı üzerinden ayarlanmasını sağlayacak olan algoritma yazılmıştır. DigSilent kendi içerisinde mesafe koruma rölelerini ayarlayabilecek araçları sunmaktadır. Ancak, bu araçların koruma pratiğine uygun olarak mesafe rölelerini ayarlamakta yetersiz kalmıştır. Bu doğrultuda mesafe koruma rölelerinin DigSilent ile tüm model üzerinde otomatik ayarlanabilmesi için aşağıda Şekil 5.4 akış şeması verilen algoritma geliştirilmiştir.



Şekil 5. 4 Türkiye İletim Sistemi Mesafe Koruma Pratiği DigSilent Algoritmasına Ait Akış Diyagramı

5.3 Aşırı Akım Koruma Rölelerinin Önerilen Algoritma ile Ayarlanması

Günümüzde üretilmekte olan tüm koruma röleleri dijital çok fonksiyonlu koruma röleleridir. Türkiye iletim sisteminde kullanılmakta olan koruma rölelerinin büyük çoğunluğu ise dijital çok fonksiyonlu koruma röleleridir. Çok fonksiyonlu koruma özelliğine sahip aşırı akım koruma rölelerinde faz-faz ve faz-toprak koruma fonksiyonları beraber bulunmaktadır. Dünyada koruma rölelerinin kullanımı incelendiği zaman, koruma rölelerinin ana koruma fonksiyonunun yanı sıra diğer koruma fonksiyonları ile beraber aktif kullanıldığı görülmektedir. Türkiye iletim sisteminde koruma rölelerinin kullanım şekli olarak, aşırı akım rölelerinin tek bir koruma fonksiyonunun aktif çalıştırılması ve diğer aşırı akım koruma fonksiyonlarının kapatılması benimsenmiştir. Bu durumda aşırı akım koruma rölelerinden tam anlamıyla yararlanılmamaktadır. Önerilen kullanım şekli ise aşırı akım koruma rölelerinde faz-faz koruması yapan koruma özelliği ile faz-toprak koruması yapan iki bloğun beraber kullanılması şeklindedir. Aynı zamanda, aşırı akım koruma röleleri yönlü olarak kullanılacaktır. Bu durumda geri yönde gerçekleşen arızaların gelmesi durumunda koruma yapılan bölgenin dışındaki arıza algılanmayacaktır. Önerilen algoritma dinamik olan olarak şebeke bilgisinin geldiği bir yapı üzerine inşa edilmiştir. Mevcut aşırı akım rölesi ayarları ile değişen şebeke modeli birleştirilerek geliştirilen algoritmanın koşturulması ve yeni hesaplanan sonuçların aşırı akım rölelerine tekrar gönderilmesiyle iletim güç sistemi herzaman başarıyla korunmuş olmaktadır.

Türkiye iletim sisteminde 154 kV gerilim seviyesinde aşırı akım koruma röleleri sadece hatların aşırı yüklenmesine göre ayarlanmaktadır. Önerilen algoritma aşırı akım koruma röleleri, hatların aşırı yüklenmelere karşı korunmasının yanı sıra kendisi ile aynı hücrede bulunan ve ana koruma yapan mesafe koruma rölesine yedek koruma yapacaktır.

Aşırı akım koruma rölesinin başlatma akımı değeri, korunan hattın anma akımının %120'sine göre ayarlanmaktadır. Bu sayede hattın anma akımının %120'si ve üzeri bir arıza akımında rölenin açma süresi üretmesi beklenmektedir. Böylece, Türkiye iletim sistemi koruma pratiğine uygun olarak iletim hatlarının aşırı yüklenme koruması sağlanmaktadır. Bir diğer ayarlanacak olan parametre ise TDS'dir. TDS değerinin uygun

olarak hesaplanması durumunda iletim hattında gerçekleşecek olan bir arızada ana koruma yapan mesafe koruma rölesinden sonra aynı hücrede bulunan aşırı akım koruma rölesinin devreye girmesi amaçlanmaktadır. Böylece iletim hattı üzerinde gerçekleşen bir kısa devre arızası durumunda aşırı akım koruma rölesi yedek koruma olarak çalışmaktadır.

İletim hattını koruyan mesafe koruma rölesinin koruma sınırları gereği, iletim hattının %85'ine kadar Kademe 1 olarak ani açması ve korunan hat boyunca %85-%100 arası ile devam eden kısa iletim hattının %50'sine kadar Kademe 2 olarak 0,4 saniye gecikmeli açmalı olarak koruması gerekmektedir. Türkiye iletim sistemi mesafe koruma rölesi ayarlama pratiğine dayanarak, aşırı akım koruma rölesini ayarlamak için korunan hattın %85'lik kısmında kısa devre arızası yapılmaktadır. Aşırı akım koruma rölesine, korunan hattın %85'inde gerçekleştirilen kısa devre arızasından elde edilen kısa devre akımına göre 0,4 saniyede açma süresi üretecek şekilde TDS değeri belirlenir. Bu ayarlama methoduna göre artık korunan hattın %85'nin altında gerçekleşen arızalarda aşırı akım koruma rölesi 0 ile 0,4 saniye arasında açma süresi üretecek ve %85'in üzerinde gerçekleşen arızalarda 0,4 saniyeden büyük açma süresi üretecektir. Yapılan bu koordinasyonla aşırı akım koruma rölesi, mesafe koruma rölesine kısa devre durumlarında yedek koruma yapmaktadır. Kısa devre akımının başlatma akımına oranı başlatma katsayısını vermektedir. Korunan hattın %85'indeki kısa devre sonucu (I) ile korunan hattın anma akımı (Ip) bilindiği için başlatma katsayısı (M) önceden bilinmektedir. Başlatma katsayısı aşağıda 5.1 numaralı denklemde verilmiştir.

$$M = \frac{I}{I_p} \tag{5.1}$$

Önerilen algoritmada, Türkiye iletim sisteminde kullanılmakta olan IEC'nin standart ters zaman karakteristik eğrisi kullanılmaktadır. Uygun TDS'nin hesaplanması için kullanılan IEC 255-3 denklemini düzenlersek sırasıyla aşağıdaki adımları elde ederiz.

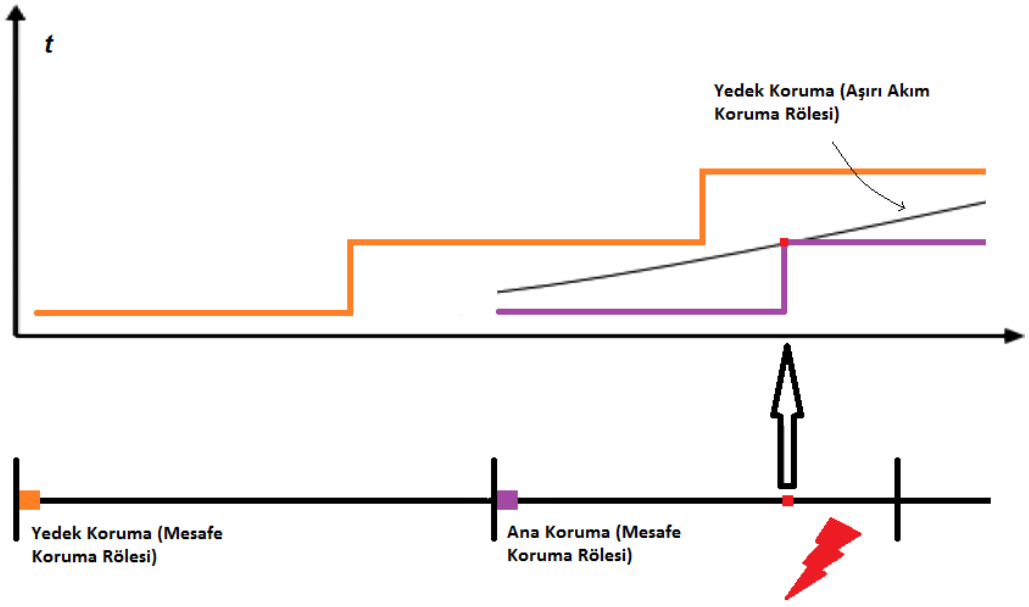
$$TDS = \frac{(M^{n}-1)x\ T}{\propto} \tag{5.2}$$

$$TDS = \frac{(M^{0.02}-1)x\ 0.4}{0.14} \tag{5.3}$$

$$TDS = (M^{0.02}-1)x\ 2.8571 \tag{5.4}$$

Burada, M başlatma katsayısı, T rölenin operasyon süresi, TDS zaman çarpanı, Ip iletim hattına ait anma akımı, I iletim hattının %85'inde gerçekleşen arıza akımıdır. α ve n sabit değerleri ise Çizelge 2.3'te gösterilmekte olup normal ters zamanlı eğri karakteristiğine karşılık gelmektedir.

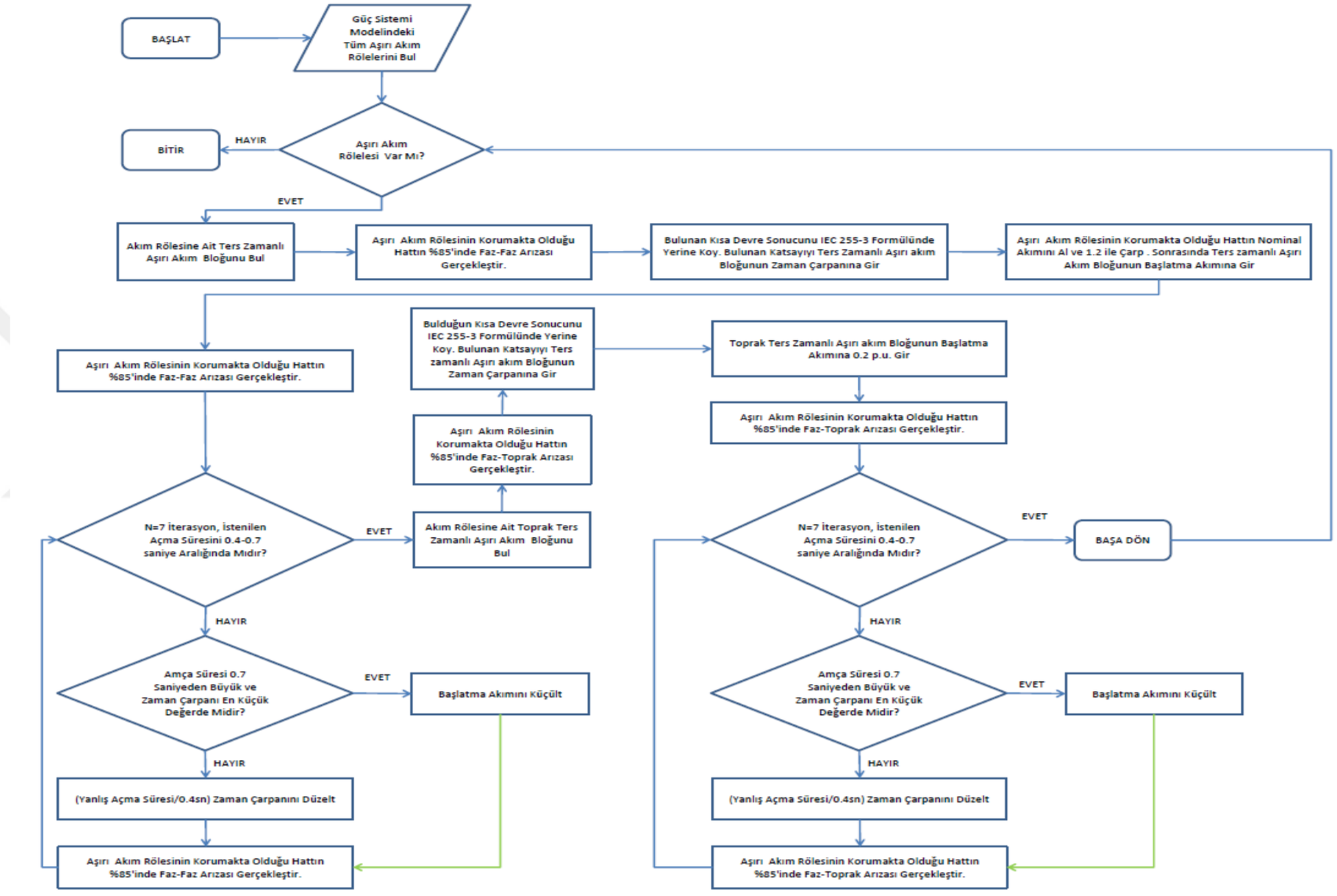
5.5 numaralı denklem lineer bir ifade olarak elde edilmektedir. Her bir aşırı akım koruma rölesi için hattın %85'inde yapılan kısa devre akımı ve korunan hattın anma akımının tespit edilmesiyle ile M hesaplanmaktadır. 5.5'te verilen denklemin çözülmesiyle uygun TDS hesaplanmaktadır. Hesaplanan TDS ve başlatma akımı bilgilerinin röleye girilmesi durumunda Şekil 5.5'de verilen eğri elde edilir.



Şekil 5. 5 Yedek Koruma Yapan Aşırı Akım Koruma Rölesinin Uygun Ayarlanması Sonucundaki Eğrisi

Geliştirilen algoritma ile uygun olarak ayarlanan TDS değeri, ilgili aşırı akım koruma rölesinin eğrisini, hattı koruyan ana ve yedek koruma yapan mesafe koruma rölelerinin arasına yerleştirmektedir. Ters zaman eğrisinin yeniden düzenlenmesi, aşırı akım koruma rölesine ait faz-faz ve faz-toprak koruma fonksiyonları için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Faz-faz koruma fonksiyonu için iletim hattının %85'inde üç faz arızası ve faz-toprak koruma fonksiyonu için tekfaz-toprak arızası analizleri yapılmaktadır.

Geliştirilen algoritma ile hesaplanan uygun ayar parametreleri aşırı akım koruma rölesinin ilgili koruma fonksiyonlarına yazıldıktan sonra tekrar arıza analizi yapılarak sonuçların doğrulanması sağlanmıştır. Uygun TDS ve başlatma akımının tespit edilebilmesi için 7 kere iterasyon yapılmaktadır. Geliştirilen algoritmaya ait akış şeması Şekil 5.6'te verilmiştir. Ek-A'te önerilmekte olan algoritmaya ilişkin DPL kodları verilmiştir. Geliştirilen algoritmada hattın %85'indeki arıza iterasyonlarıyla, 0,4 saniyeye yakın ancak 0,4 saniyeden büyük ve 0,7 saniyeden küçük sonuçlar üretecek şekilde TDS değerini yakınsaması amaçlanmıştır. Mesafe koruma rölelerinde 0,8 saniye açma süresi Kademe 3 için üst sınırı oluşturmaktadır. Dolaysıyla, aşırı akım koruma rölelerinde Hattın %85'indeki kısa devre arızasında üretilen açma süresine 0,7 saniye üst sınırı konulmuştur.



Şekil 5. 6 Geliştirilen Algoritmaya Ait Akış Şeması

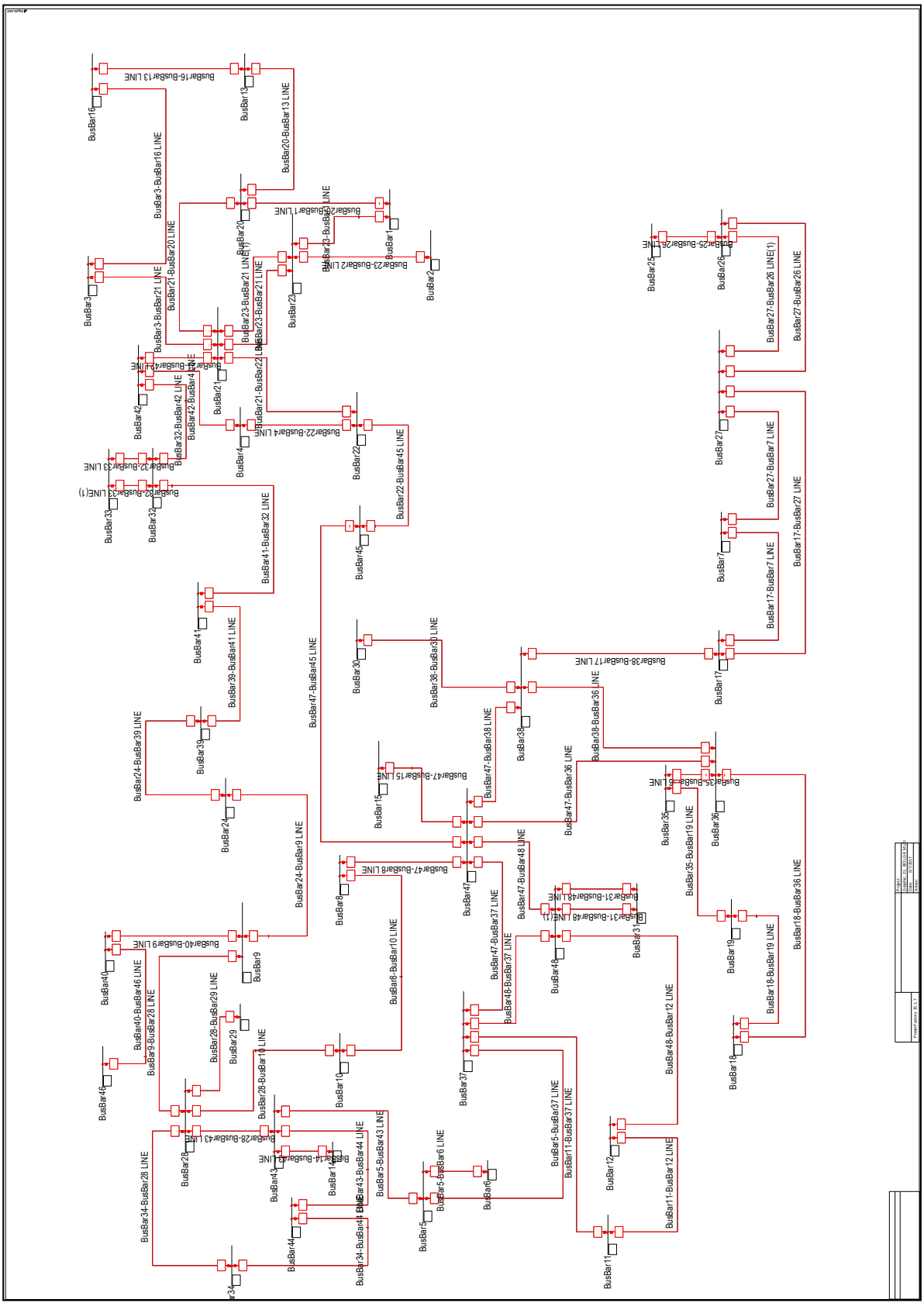
BÖLÜM 6

ÖRNEK UYGULAMA

Türkiye iletim sistemine ait 48 baralı örnek bir bölge DigSilent yazılımında modellenmiştir. Örnek bölge için DigSilent yazılımında oluşturulan modelin tek hat görünümü Şekil 6.1'de verilmiştir. Örnek modelde bulunan gerilim transformatörleri Türkiye iletim sisteminin uygulamasında olduğu gibi, 154kV/0.1kV'luk orana sahip olup akım transformatörleride iletim hattının anma akımına uygun olarak seçilmiştir. Çizelge 6.1'de örnek modelde kullanılan hatların tiplerine uygun olarak seçilmiş olan akım transformatörleri verilmiştir.

Çizelge 6. 1 İletim Hattı Anma Akımına Göre Akım Transformatörleri

Hat Tipi	**Anma Akımı**	**Akım Transformatörü oranı**
477 MCM	0.495 kA	500/5
795 MCM	0.683 kA	800/5
22195 MCM	1.366 kA	1500/5
954 MCM	0.766 kA	800/5
1272 MCM	0.927 kA	1000/5



Şekil 6. 1 48 Baralı Örnek Türkiye İletim Sistemi DigSilent Modeli

Türkiye iletim sisteminde, bir iletim hattı fiderine ait hücre panosunun içerisinde, temel koruma fonksiyonunu yerine getiren her röleden bir adet kullanılmaktadır. Bunun sebebi, bir rölede gerçekleşebilecek problem durumunda fiderdeki tüm koruma özelliklerini kaybetmemektir. Dolayısıyla yapılan çalışmada, gerçek uygulamada olduğu gibi, aşırı akım koruma rölesi ayrı bir röle olarak simülasyonlarda incelenecektir. Örnek iletim modelinde, Türkiye iletim sisteminde yaygın olarak kullanılan bir aşırı akım koruma rölesi seçilmiştir. Bu röle, yönlü aşırı akım ve yönlü toprak aşırı akım koruması yapabilen SIEMENS 7SJ612'dir.

Koruma rölelerinin bilgisayar ortamında her zaman en uygun değerde ayarlanabilmesi için dinamik bir güç sistemi modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Güç sistemi modelinin, sistemdeki yük akışı, üretim ve tüketim büyüklükleri, kısa devre katkıları, yeni gelen iletim hattı ve transformatör merkezi bilgileri, sistemde kullanımı sona eren iletim hattı ve transformatör, vb. gibi dinamik değişikliklere göre tekrar tekrar oluşturulması gerekmektedir. Bu ihtiyaç doğrultusunda, Türkiye iletim sisteminin saatlik olarak şebeke modelini oluşturan Yük Tevzi Bilgi Sistemi (YTBS) adlı veri tabanı geliştirilmiştir. YTBS iletim sistemindeki yeni eklenen ve devre dışı bırakılan tüm ekipmanların, üretim ve tüketim bilgilerinin saatlik olarak tutulduğu bir bilgi sistemidir. Güç sistemi bilgilerinin saatlik bazda bilgisayar ortamına aktarılmasının yanı sıra güncel koruma rölelerine ait ayar değerlerinin de bilgisayar ortamına aktarılması gerekmektedir. Türkiye iletim sisteminin koruma rölesi ayar bilgilerinin bulunduğu diğer bir sistem ise Koruma Bilgi Sistemi (KBS) adı verilen veri tabanı geliştirilmiştir. Bu iki veri tabanı sayesinde mevcut güç sistemi üzerinden güncel ve en uygun koruma rölesi ayarlarını hesaplamak mümkündür.

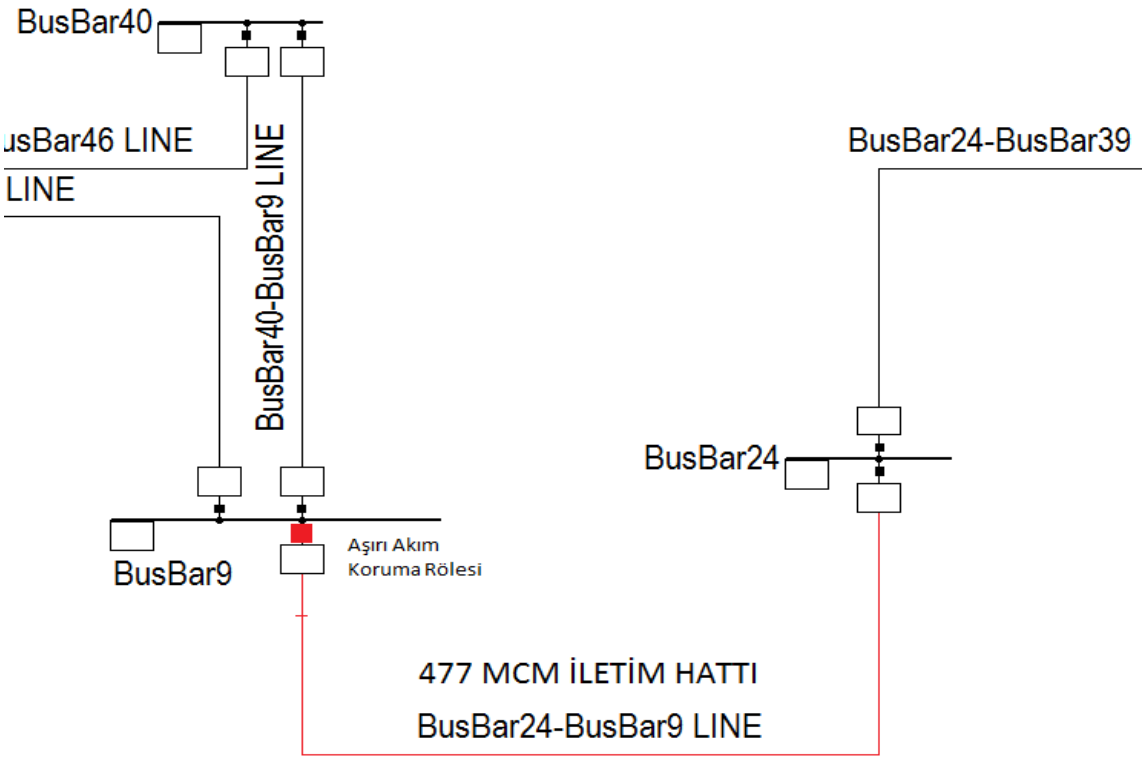
Bölüm 3'te anlatılan günümüz Türkiye iletim sistemindeki haberleşme altyapısı ile koruma rölelerin merkezi olarak izlenmesi ve uzaktan bilgi transferinin yapılması mümkün hale gelmiştir. Dolayısıyla bilgisayar destekli olarak tekrar ayarlanmış olan koruma rölelerinin ayar değerlerinin sahada bulunan koruma rölelerine gönderilmesi mümkün hale gelmiştir.

Simülasyon çalışmaları kapsamında, Türkiye iletim sistemi 154 kV iletim hatlarında aşırı akım koruma rölelerinin ayarlanması pratiği ve önerilen algoritma ile yapılan analizler iki bölüm olarak ele alınacaktır.

6.1 Türkiye İletim Sisteminde Aşırı Akım Koruma Rölelerinin Ayarlanması Pratiğinin Örnek Modele Uygulaması

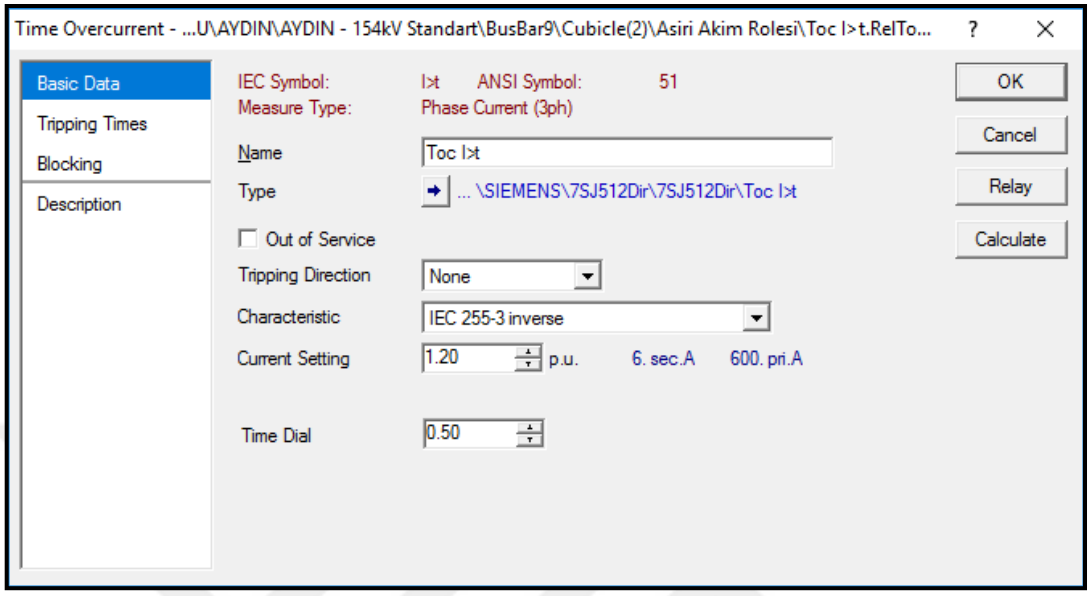
154 kV iletim hatlarında aşırı akım koruma pratiğine dayanarak röleler ayarlanacaktır. Sonrasında, 154 kV iletim hatlarındaki aşırı akım koruma pratiğinde sadece aşırı yüklenmeye karşı koruma yapıldığı için 3 faz arızası durumundaki cevapları incelenecektir. Türkiye iletim sistemi koruma pratiğine göre 154 kV iletim hatlarındaki aşırı akım koruma röleleri toprak arızalarına göre ayarlanmamaktadır.

Bölüm 5.1'de verilen algoritmayla, Türkiye iletim sistemi koruma pratiğine göre aşırı akım koruma röleleri örnek model üzerinde otomatik olarak ayarlanmıştır. Şekil 6.2'de örnek model içerisinde incelenen "BusBar24-BusBar9 LINE" hattına ait tek hat şeması verilmiştir.

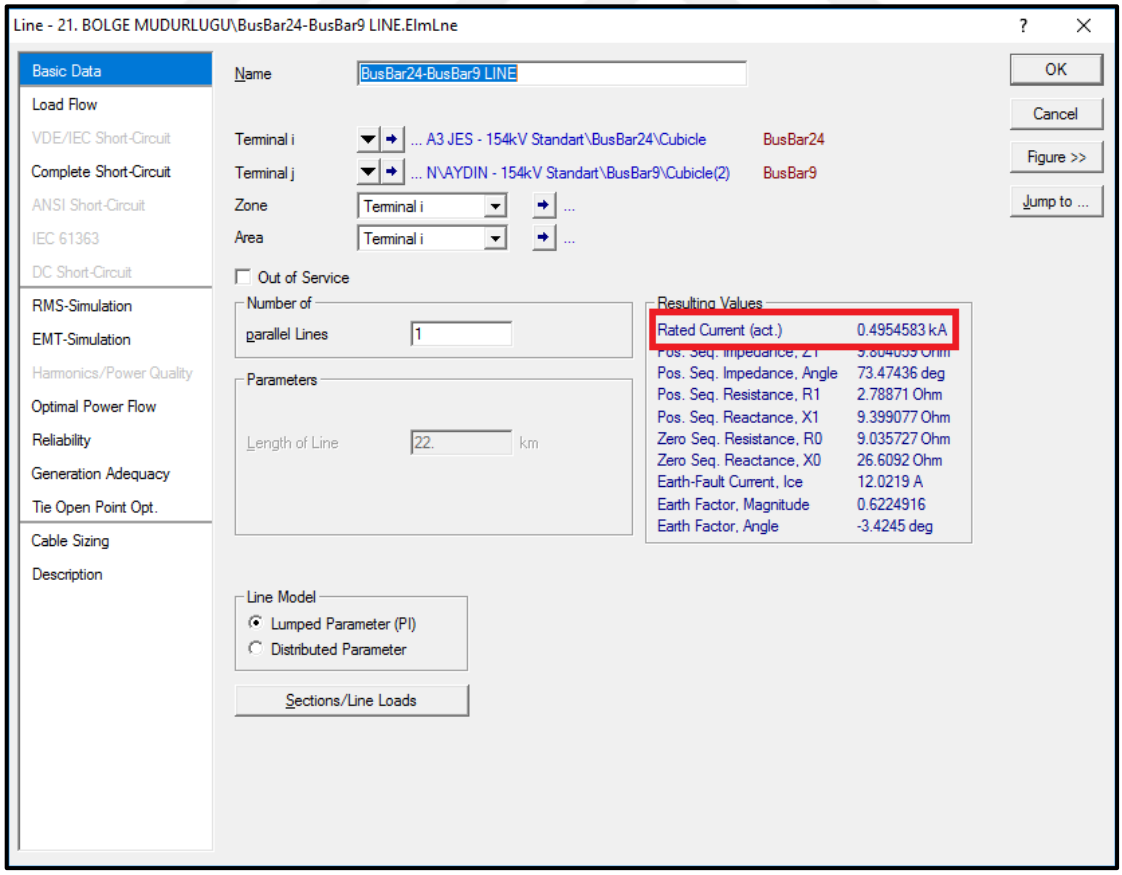


Şekil 6. 2 BusBar24-BusBar9 Hattının Tek Hat Görünümü

Örnek model üzerindeki “BusBar24-BusBar9 LINE” hattını koruyan aşırı akım koruma rölesinin ayar değerleri Şekil 6.3’teki gibidir. Şekil 6.4’teyse bu iletim hattına ait hat karakteristikleri verilmiştir.



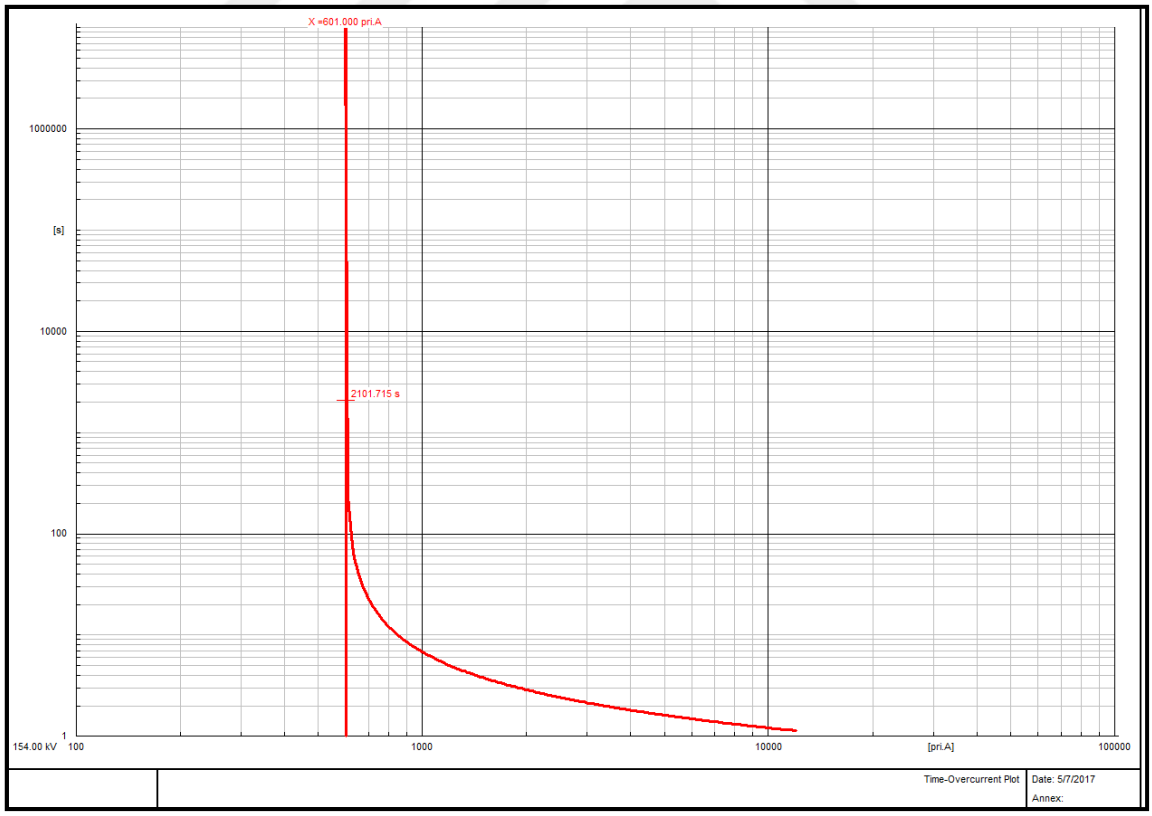
Şekil 6. 3 BusBar24-BusBar9 Hattını Koruyan Aşırı Akım Koruma Rölesinin Ayarları



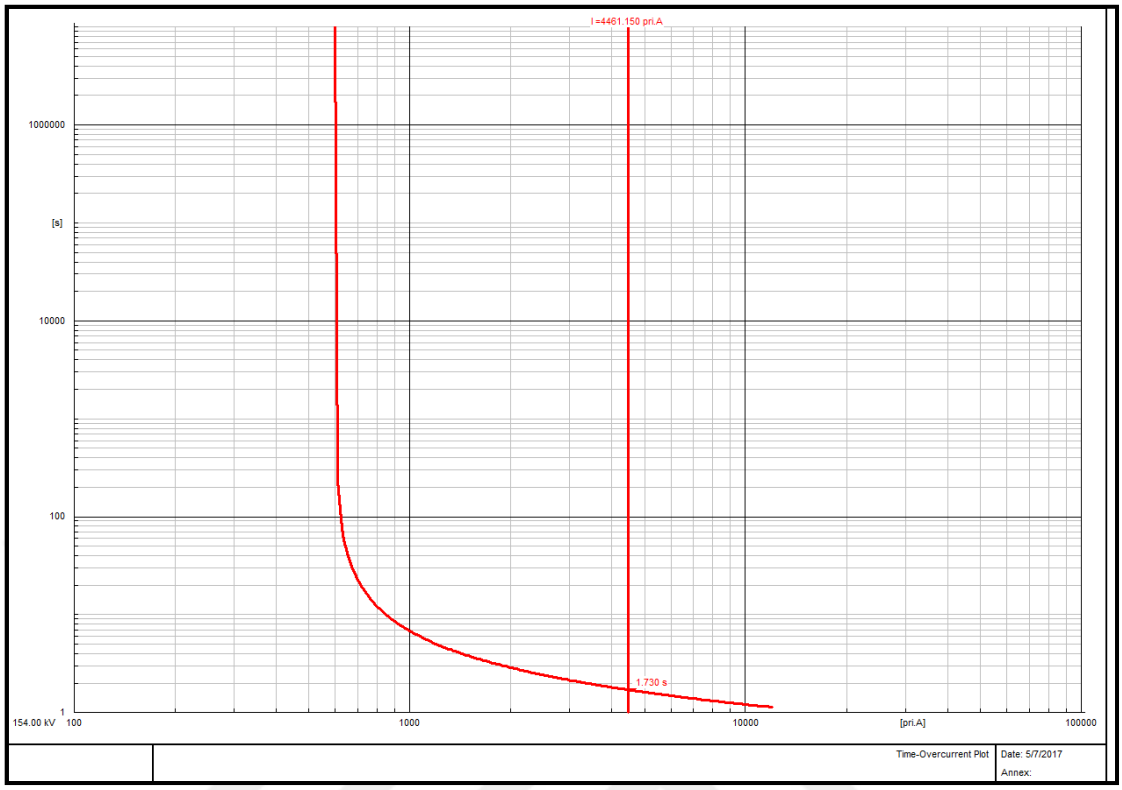
Şekil 6. 4 BusBar24-BusBar9 Hattına Ait Karakteristik

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi “BusBar24-BusBar9 LINE” hattı 0.495 kA değerinde anma akımına ve 22 km uzunluğa sahiptir. İletim hattı anma akımının %120’sine göre başlatma akımını ayarlarsak 495A x 1.2 = 594 A hesaplanmaktadır. Akım transformatörü ve koruma rölesinin %1’lik hatalı dönüştürmesi neticesinde başlatma akımı 600A olarak bulunmaktadır. 0.495 kA’lik taşıma kapasitesine ait bir hattın ölçümünde kullanılacak olan akım transformatörü 500/5 oranına sahiptir. İlgili değerler Çizelge 6.4’de verilmiştir. Aşırı akım koruma rölesinin koruma bloğuna hesaplanmış olan başlatma akımını girdiğimiz zaman 1.2 p.u. değerini buluyoruz. Şekil 6.2’de current setting değerine girilmiş olan değerdir.

“BusBar24-BusBar9 LINE” hattının %120 yüklenmesi durumunda Şekil 6.5’te verilmiş olan ters zamanlı eğri grafiğini elde etmekteyiz. Ancak, aynı hat üzerinde kısa devre arızası gerçekleştirildiği zaman aşırı akım koruma rölesi yüksek zamanlarda açma süresi üretmektedir. Şekil 6.6’da bu iletim hattının %85’ine denk gelen mesafe üzerinde gerçekleşen kısa devre sonucuna ait ters zamanlı eğrinin görünümü verilmiştir.



Şekil 6. 5 BusBar24-BusBar9 Hattının %120’lik Aşırı Yüklenmesi Durumu



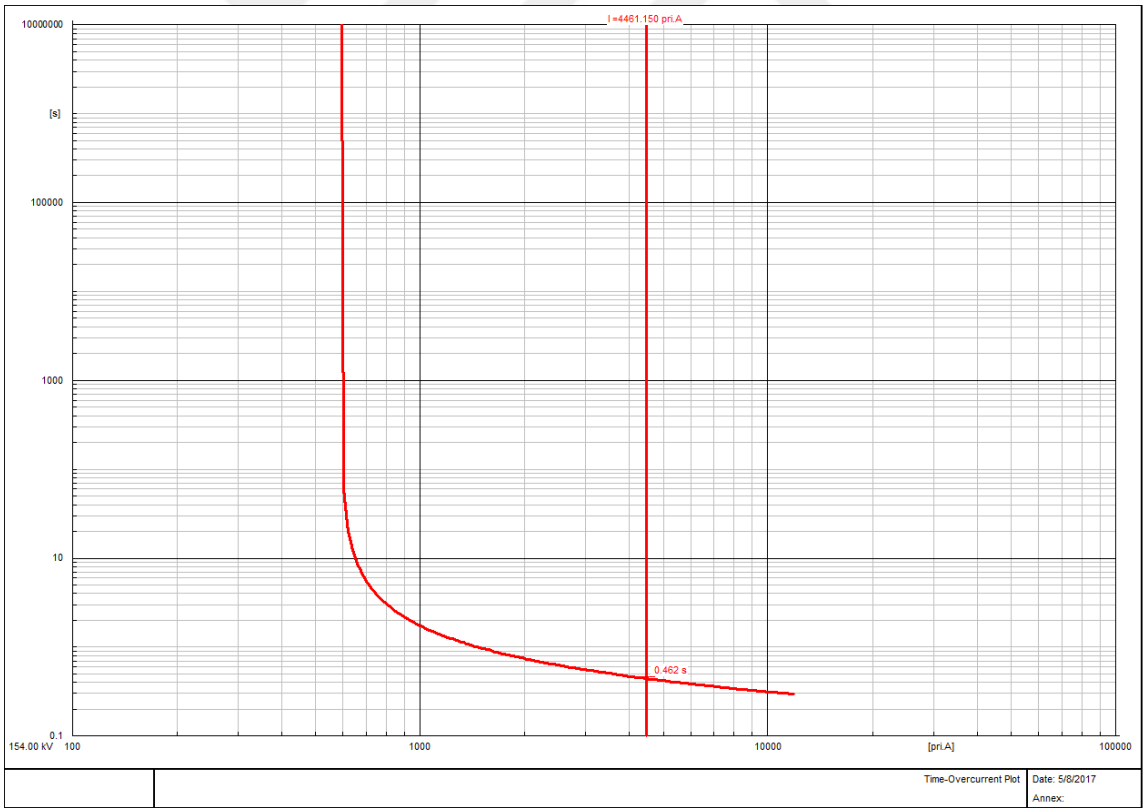
Şekil 6. 6 BusBar24-BusBar9 Hattının %85'lik kısmında Gerçekleşen Kısa Devre Durumu

"BusBar24-BusBar9 LINE" hattını koruyan aşırı akım koruma rölesinin zaman çarpanın sabit ve 0.5 olarak alınmasından dolayı kısa devre anında bu röle yüksek açma süreleri üretmektedir. Dolayısıyla bu ayarlama metoduyla, bir kısa devre anında bu aşırı akım rölesi ile aynı hücrede bulunan mesafe veya diferansiyel rölesinin arızalı, servis dışı veya yanlış hesaplama yapması durumlarında iletim sistemindeki diğer koruma rölelerinin açma yapmasına yol açılmaktadır. İletim sisteminde kısa devre analizi yapılmaksızın zaman çarpanlarının sabit girilmelerine bağlı olarak ilgili iletim hattında bir arıza gerçekleşmesi durumunda aşırı akım koruma röleleri birbirlerinden farklı ve büyük sürelerde açma zamanları üretecektir. Örnek modelin tamamında bulunan aşırı akım koruma rölelerinin koruma yapmakta oldukları iletim hatlarının %10, %50 ve %90'nında yapılan 3 faz kısa devre arızalarında ürettikleri açma sürelerinin sonuçları EK-B'de verilmiştir.

6.2 Önerilen Algoritmanın Örnek Modele Uygulaması

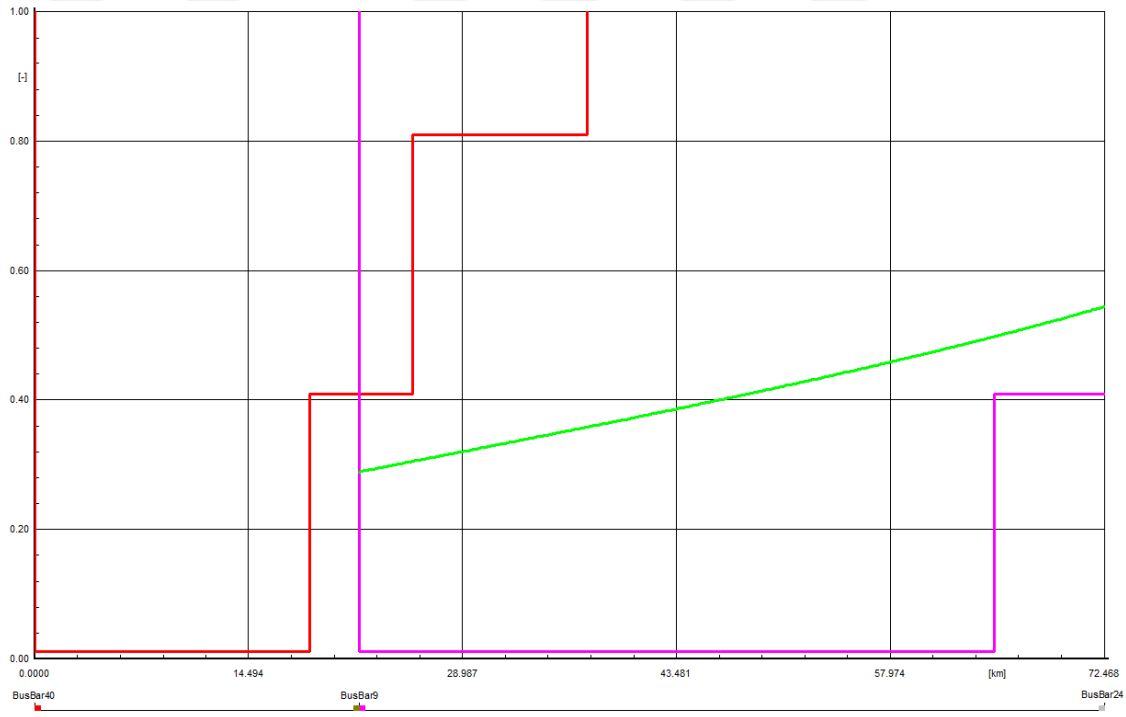
Önerilmiş olan algoritmanın temel amacı aşırı akım koruması yapan rölenin, aynı fiderde bulunan mesafe koruma rölesine yedek koruma yapacak şekilde ayarlanmasıdır. Aynı hücrede bulunan aşırı akım koruma ve mesafe koruma rölelerinin arasında bu sayede koordinasyon kurulmaktadır. Ayrıca önerilen algoritmayla, aşırı akım koruma rölelerinin korumakta oldukları iletim hatlarında aşırı yüklenme olması durumlarındaysa ana koruma olarak çalışması özelliği korunmuştur.

Önceki bölümde örnek model üzerinde "BusBar24-BusBar9 LINE" hattını koruyan aşırı akım koruma rölesinin Türkiye iletim sistemi koruma pratiğine göre yapılmıştı. Aynı örneği geliştirilen algoritma aracılığı ile yaptığımız zaman korunan iletim hattının %85'inde gerçekleşen 3 faz arızası sonucu rölenin cevabı Şekil 6.7'de ters zamanlı eğri grafiğinde verilmiştir.



Şekil 6. 7 BusBar24-BusBar9 Hattının %85'lik kısmında Önerilen Algoritmanın Uygulanmasında Sonraki Kısa Devre Durumu

Elde edilen sonuç, önerilen algoritmaya göre ayarlanmış olan aşırı akım koruma rölesi, kendisi ile aynı fiderde bulunan mesafe rölesine yedek koruma yapacak şekilde ayarlanmış olduğunu göstermektedir. Aşırı akım koruma rölesi, korunan iletim hattının %85'i ile %100'ü arasında gerçekleşen bir arıza durumunda 0,4 saniyeden büyük 0,8 saniyeden küçük açma süresi üretmektedir. Yani kendisi ile aynı hücrede bulunan mesafe rölesinin Kademe 2 ile Kademe 3'ü arasında kalan zamanda mesafe koruma rölesine yedek koruma yapmaktadır. Aynı zamanda aşırı akım koruma rölesi, korunan iletim hattının başı ile %85'lik kısmı arasında ortalama 0,3 saniye ile 0,4 saniye arasında açma süresi üretmektedir. Bu sayede mesafe rölesinin Kademe 1 ani açmasından sonra açma süresi üretmektedir. Şekil 6.8'de aşırı akım koruma rölesine ait zaman-mesafe diyagramı verilmiştir.



Şekil 6. 8 Aşırı Akım Koruma Rölesine Ait Zaman-Mesafe Diyagramı

Örnek model üzerinde incelenmekte olan "BusBar24-BusBar9 LINE" iletim hattını korumakta olan aşırı akım koruma rölesine ait geliştirilen algoritmaya göre yapılan %10, %50 ve %90 arıza analizi sonuçları, 3 faz, tek faz-toprak ve 2 faz-toprak arıza tipleri için, Çizelge 6.3, Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5'te verilmiştir. Aynı hat üzerinde mevcut koruma pratiğine göre sadece 3 faz arızası yapılabilmektedir ve Çizelge 6.2'de

sonuçları verilmiştir. Mevcut koruma pratiğine göre sadece 3 faz arızası durumlarında koruma yapılmaktadır.

Çizelge 6. 2 Mevcut Koruma Pratiğine Göre 3-Faz Arızası Cevabı

Rölenin Bağlı Olduğu Bara	Korunan İletim Hattı	Rölenin Karşı Barası	%10 Arızası Süresi (s)	%50 Arızası Süresi (s)	%90 Arızası Süresi (s)
BusBar24	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar9	2.186463318	2.360836705	2.547194504

Çizelge 6. 3 Geliştirilen Algoritmaya Göre 3 Faz Arızası Cevabı

Rölenin Bağlı Olduğu Bara	Korunan İletim Hattı	Rölenin Karşı Barası	%10 Arızası Süresi (s)	%50 Arızası Süresi (s)	%90 Arızası Süresi (s)
BusBar24	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar9	0.307702653	0.338718636	0.471835331

Çizelge 6. 4 Geliştirilen Algoritmaya Göre Tek Faz-Toprak Arızası Cevabı

Rölenin Bağlı Olduğu Bara	Korunan İletim Hattı	Rölenin Karşı Barası	%10 Arızası Süresi (s)	%50 Arızası Süresi (s)	%90 Arızası Süresi (s)
BusBar24	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar9	0.307702653	0.338718636	0.471835331

Çizelge 6. 5 Geliştirilen Algoritmaya Göre 2 Faz-Toprak Arızası Cevabı

Rölenin Bağlı Olduğu Bara	Korunan İletim Hattı	Rölenin Karşı Barası	%10 Arızası Süresi (s)	%50 Arızası Süresi (s)	%90 Arızası Süresi (s)
BusBar24	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar9	0.307702653	0.338718636	0.471835331

Örnek model üzerinde bulunan tüm aşırı akım koruma rölelerine 3-faz, 2-faz toprak ve tek faz-toprak arızaları, korunmakta olan iletim hatlarının %10, %50 ve %90'nında gerçekleştirilerek istenilen zamanlarda açma süresi ürettikleri doğrulanmıştır. Hesaplama sonuçları Ek-B ve Ek-C'de verilmiştir.

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

İletim hatlarında oluşabilecek bir arıza durumunda, tüm koruma röleleri önceden ayarlanmış bir koordinasyon çerçevesinde arızayı algılamaktadırlar. Arızanın doğru, seçici ve güvenilir olarak algılanması ve arızanın oluştuğu yerde temizlenmesi koruma rölesi koordinasyonlarının iyi hesaplanmış ve uygulanmış olmasına bağlıdır. Bir arıza durumunda aynı anda birden fazla koruma rölesi açmamalı ve arızalı bölgenin hızla sistemden ayrılması gerekmektedir. Aksi halde büyük çaplı kesintilerin yaşanması ve ekonomik zararların oluşması kaçınılmazdır.

Röle koordinasyonunda karşımıza ana ve yedek koruma olmak üzere iki kavram çıkmaktadır. Ana koruma, güç sistemindeki arızayı ilk algılaması gereken röledir. Yedek korumalar ise bir veya birden çok olabilmektedir. İletim hatlarında oluşabilecek kısa devre arızalarında ana koruma olarak mesafe koruma rölesi ve yedek koruma olarak bir geride bulunan mesafe koruma rölesi kullanılmaktadır. Aşırı akım koruma röleleri ise aşırı yüklenme durumları için ana koruma işlevini yerine getirmektedir.

Bir iletim hattını kısa devre arızası ve aşırı yüklenmeye karşı koruyan aşırı akım ve mesafe koruma röleleri aynı hücre içerisindedir. Mesafe rölesi ile aynı hücre içerisinde bulunan bu aşırı akım rölelerinin doğru ayarlanması neticesinde asli vazifeleri olan aşırı yüklenme ile birlikte bu mesafe rölelerine yedek koruma yapabilmektedirler. 154 kV gerilim seviyesinde mevcut koruma yapısıyla bir iletim hattında kısa devre olması durumunda, iletim hattını koruyan mesafe rölesinin çalışmaması veya arızayı yanlış algılaması bir gerisinde bulunan mesafe rölesinin açma sinyali üretmesine yol açmaktadır. Bu durum bir kısa devre arızası durumunda birden fazla iletim hattının

devre dışı kalmasına yol açmaktadır. Ancak, DigSilent güç sistemi analiz programı ile geliştirilmiş olan algoritma sayesinde aşırı akım koruma rölelerinin aşırı yüklenmelere karşı ana koruma ve kısa devre durumlarına kendisi ile aynı hücrede bulunan mesafe rölesine yedek koruma yapması mümkün hale getirilmiştir. İletim sistemindeki koruma rölelerinin koordinasyonlarının optimum seviyeye getirilmesi çalışması için Türkike iletim sisteminde örnek bir bölge ele alınarak geliştirilen algoritma ile koruma röleleri tekrardan ayarlanmıştır. Yapılan 3 faz, 2 faz-toprak ve tek faz-toprak kısa devre arıza analizleriyle algoritmanın çalışması doğrulanmıştır. Geliştirilen algoritma ile aşırı akım koruma rölelerinin yönlü olarak kullanılmasının yanı sıra faz koruması yapan koruma özelliği ile faz-toprak koruması yapan iki bloğun doğru bir şeklide ayarlanarak kullanılması sağlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar öncelikle Türkiye iletim sistemindeki mevcut koruma pratiğini anlamak ve analiz etmek üzerine kurulmuştur. Bunun neticesinde mevcut koruma pratiğine uygun olarak aşırı akım koruma ve mesafe koruma rölelerinin otomatik olarak DigSilent programı üzerinden ayarlanmasını sağlayan algoritmalar geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde aşırı akım koruma rölelerinin güç sistemi üzerinde daha etkin kullanımına yönelik olarak ayarlanma methodolojisi DigSilent programı platformunda algoritmik olarak geliştirilmiştir. Bu çalışmalardan yola çıkılarak önerilen aşırı akım koruma rölesi ayarlama algoritması hazırlanmıştır. Sonrasında, yapılan farklı arıza analizlerine görede aşırı akım koruma rölelerinin optimum olarak ayarlandığı doğrulanmıştır.

Radyal şebeke yapısından, çok kaynaklı enterkonnekte şebeke yapısına geçilmesiyle mevcut yöntemlerle iletim sisteminde optimum korumayı sağlamak zor bir hal almıştır. Dolayısıyla, koruma rölelerinin hem sayısı artmış hem de iletim sistemindeki bir arıza durumunda arıza birçok kaynaktan beslenmektedir. Bu durumlardan dolayı artık koruma rölelerinin ayarlanmasında bilgisayar ve haberleşme teknolojilerinden yararlanılması zorunluluk haline gelmiştir. İletim sistemindeki koruma rölelerinin ayarlarının, güç sistemindeki değişimlere bağlı olarak koruma rölelerinden alınması tekrar hesaplanması ve koruma rölelerine geri yüklenmesi gerekmektedir. Bu sayede iletim sisteminde her zaman en iyi koruma koordinasyon ayarı bulundurulmuş olacaktır.

Gelecek çalışmalarda, yönlü ve toprak koruma özelliği ile kullanılmış olan aşırı akım koruma rölelerinin eğri karakteristiklerinin iletim hattı için en uygun değerde seçilmesi, yüksek iterasyonlarla en doğru ayar değerlerinin algılanması, hızlı sonuca varan yeni bir yöntem geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, güç sistemi üzerindeki mesafe ve aşırı akım koruma rölelerinin ayarlarının birbirleri ile etkileşimde olacakları yeni bir yapı ile tek bir algoritmanın, hem sistem üzerindeki aşırı akım koruma rölelerini hemde mesafe koruma rölelerini aynı anda ayarlayacak ve koordinasyonunu sağlayacak çalışmaların yapılması arzu edilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Arikan, O., Aydin, H. ve Gursanli, O., (2016). "Yüksek Gerilim Enerji İletim Hatlarını Koruma Uygulaması", 2. Güç Sistemleri Konferansı (CİGRE), 15-16 Kasım 2016, İstanbul/TÜRKİYE.

[2] Mahari, A. ve Seyedi, H, (2013). "An analytic approach for optimal coordination of overcurrent relays", The Institution of Engineering and Technology, 7(7): 674 – 680.

[3] Moirangthem, J., Krishnanand, K. R., Dash, S. S. ve Ramaswami, R., (2013). "Adaptive differential evolution algorithm for solving non-linear coordination problem of directional overcurrent relays" The Institution of Engineering and Technology, 7(4): 329 - 336.

[4] Sadeh, J., Amintojjar, V. ve Bashir, M., (2011). ''Coordination of Overcurrent and Distance Relays Using Hybrid Particle Swarm Optimization'' The International Conference on Advanced Power System Automation and Protection, International Conference on Advanced Power System Automation and Protection (APAP), 16-20 Ekim 2011, Beijing.

[5] Abyaneh, H. A., Kamangar, S. S. H., Razavi, F. ve Chabanloo, R. M., (2008). "A New Genetic Algorithm Method for Optimal Coordination of Overcurrent relays in a Mixed Protection Scheme with Distance Relays", UPEC 43rd International Universities Power Engineering Conference, 1-4 Eylül 2008, Padova.

[6] Chabanloo, R. M., Abyaneh, H. A., Kamangar, S. S. H., ve Razavi, F., (2008). "A New Genetic Algorithm Method for Optimal Coordination of Overcurrent and Distance Relays Considering Various Characteristics for Overcurrent Relays", 2nd IEEE International Conference on Power and Energy (PECon 08), 1-3 Aralık 2008, Johor Bahru.

[7] Asadi, M. R., ve Kouhsari, S. M., (2009). "Optimal Overcurrent Relays Coordination Using Particle Swarm Optimization Algorithm", IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition, 15-18 Mart 2009, Seattle.

[8] Bashir, M., Taghizadeh, M., Sadeh, J. ve Rajabimashadi, H., (2010). "A New Hybrid Particle Swarm Optimization for Optimal Coordination of Overcurrent relays", International Conference on IEEE Power System Technology (POWERCON), 13 Aralık 2010, Hangzhou.

[9] Sadeh, J., Aminotojari, V. ve Bashir, M., (2011). "Optimal Coordination of Overcurrent and Distance Relays with Hybrid Genetic Algorithm", 10th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 8-11 Mayıs 2011, Rome.

[10] Noghabi, A. S., Sadeh, J. ve Mashhadi, H. R., (2009). "Considering different network topologies in optimal overcurrent relay coordination using a hybrid ga", IEEE Transactions on Power Delivery, 24(4): 1857 – 1863.

[11] So, C. W. ve Li, K.K., (2000). "Overcurrent relay coordination by evolutionary programming", Electric Power Systems Research, 53(2):83-90.

[12] Zeineldin, H., El-Saadany, E., Salama, M., (2006). "Optimal coordination of overcurrent relays using a modified particle swarm optimization", Electric Power Systems Research, 76(11):988-995.

[13] Urdaneta, A. J., Restrepo, H., Marquez, S. ve Sanchez, J., (1996). "Coordination of directional relay timing using linear programming", IEEE Transactions on Power Delivery, 11(1):122-129.

[14] Ralhan, S. ve Ray, S., (2013). "Directional Overcurrent Relays Coordination using Linear Programming Intervals: A Comparative Analysis", IEEE India Conference (INDICON), 13-15 Aralık 2013, Mumbai.

[15] IEEE C37.90, (2005). IEEE Standard for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus, Revision of ANSI/IEEE Std C37.90-1989, New York.

[16] IEEE 100, (1996). The IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms, Sixth Edition, New York.

[17] Blackburn, J. L., (2006). Protective Relaying: Principles and Applications, Second Edition, CRC Press, Toledo.

[18] IEEE 242, (2001). "Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems", Revision of IEEE Std 242-1986, New York.

[19] Ziegler G, (2011). "Numerical Distance Protection: Principles and Applications", Fourth Edition, Publicis Publishing, Erlangen.

[20] Pangolino, V., Basic Princibles of Distance Protection Devices, https://pangonilo.com/?sdmon=files/Basic_Principles_of_Distance_Protection.pdf, 06 Mart 2017.

[21] Eldin, A. S., Practical Introduction to Power System Protection and Control., https://tr.scribd.com/doc/17380179/Practical-Introduction-to-Power-System-Protection-Control, 20 Mart 2017.

[22] Phadke, A. G. ve Thorp, J, S., (1988), "Computer Relaying for Power Systems" , Second Edition, John Wiley & Sons, West Sussex.

[23] Tatar, A. (2007). İletim Sistemlerinde Yapay Sinir Ağları İle Mesafe Koruması Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

[24] Leelaruji, R. ve Vanfretti L., Power System Protective Relaying: Basic Concepts, İndustrial-Grade Devices, And Communication Mechanisms Internal Report, http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:464427/fulltext01.pdf, 20 Mart 2017.

[25] Chabanloo, R. M., Abyaneh, H. A., Kamangar, S. S. H., ve Razavi F., (2011). "Optimal Combined Overcurrent and Distance Relays Coordination Incorporating Intelligent Overcurrent Relays Characteristic Selection" IEEE transactıons on power delivery, 26(3): 1381 – 1391.

[26] Strauss C., (2003). Practical Electrical Network Automation and Communication Systems, 1st Edition, Newnes, Perth.

[27] Fink, D. G. ve Beaty H. W., (2006). Standard Handbook for Electrical Engineers, Sixteenth Edition, McGraw-Hill, New York.

[28] Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), İletişim Altyapısı, http://www.teias.gov.tr/PROJELER/TEİAŞ_İiletişimAltYapısı.doc, 20 Mart 2017.

[29] Schweitzer, E. O., Behrendt, K. ve Lee, T., (2001). "Digital Communications for Power System Protection: Security, Availability, and Speed", Seventh International Conference on (IEE), 9-12 Nisan 2001, Amsterdam.

[30] Schweitzer, E. ve Whitehead, D., (2008). "Real-Time Power System Control Using Synchrophasors", 61st Annual Conference for Protective Relay Engineers, 1-3 Nisan 2008, Texas.

[31] SIEMENS, IEC61850 V Legacy Protocols, http://aunz.siemens.com/Events/Documents/Benefits%20of%20IEC61850%20over%20Legacy%20Protocols.pdf, 06 Mart 2017.

[32] Kalkitech intelligent energy systems, IEC 61850, http://www.kalkitech.com/offerings/solutions-iec_61850_offerings-iec_61850 overview/, 06 Mart 2017.

[33] LonMark International, Introduction to LON-Setting the Standards for Open Control Systems, http://www.lonmark.org/connection/presentations/Realcomm2007/Introduction%20to%20LON.pdf, 06 Mart 2017.

[34] Sharaf, H., Zeineldin, H. H., Ibrahim, D. K. ve El-Zahab, M. A., (2015). "A Proposed Coordination Strategy For Meshed Distribution Systems With Dg Considering User-Defined Characteristics Of Directional İnverse Time Overcurrent Relay", International Journal of Electrical Power & Energy Systems 65:49–58.

[35] Electrical Engineering Portal, Types and Applications Of Overcurrent Relay, http://electrical-engineering-portal.com/types-and-applications-of-overcurrent-relay-1, 06 Mart 2017.

[36] Electronics Tutorials, The Autotransformer, http://www.electronics-tutorials.ws/transformer/auto-transformer.html, 20 Mart 2017.

[37] Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), İletim' de İyileştirme ve Bakim Çalışmaları, http://www.teias.gov.tr/eBulten/haberler/2012/12iletim-Sanliurfa-IsletmeBakimMud-Calismalari-2012/Sanliurfa-IsletmeBakimMud-Calismalari-2012.htm, 20 Mart 2017.

[38] Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), Mevcut Enterkonneksiyon Hatlarinin Net Transfer Kapasiteleri Duyurusu, http://www.teias.gov.tr/Dosyalar/NetTransferKapasiteleri.doc, 20 Mart 2017.

EK-A

GELİŞTİRİLEN DPL KODLARI

```
set cases, ffShcs, relays;
object studyCase, case1, ffShc, faultWork, faultWork2, relay, line, toc, tocEarth;
string category_na;
int category_check, priCt, priSec, relayIss, remoteIss, eRelayIss, eRemoteIss, tms, tmse, ratedCurrent;
int itrr, itrrLimit, flag1, flag2;
studyCase = GetProjectFolder('study');
cases = studyCase.GetContents('.IntCase', 0);
case1 = cases.First();
ffShcs = case1.GetContents('faultPhPh.ComShc', 1);
ffShc = ffShcs.First();
if(ffShc = NULL){
   case1.AddCopy(fault);
   case1.AddCopy(fault2);
}
faultWork = GetCaseObject('faultPhPh.ComShc');
faultWork:shcobj = NULL;
faultWork2 = GetCaseObject('faultPhEarth.ComShc');
ClearOutput();
ResetCalculation();
EchoOff();
relays = AllRelevant('.ElmRelay');
for(relay = relays.First(); relay; relay = relays.Next()){
```

```
category_na = relay:c_category;
category_check = strcmp(category_na, 'Overcurrent');
   if (category_check = 0 .and. relay:outserv = 0){
   printf('%o', relay);
   toc = relay.GetSlot('Toc I>t');
   tocEarth = relay.GetSlot('Toc I>t Earth');
   toc:outserv = 0;
   tocEarth:outserv = 0;
   line = relay:cbranch;
   ratedCurrent = (line:Inom_a)*1000*1.2;
   printf('    %o', line);
   printf('Line Rated Current: %.3f A', ratedCurrent);
   priCt = relay:e:cctprim;
   priSec = relay:e:cctsec;
      if(line:e:bus1 = relay:fold_id){
         faultWork:shcobj = line;
         faultWork:ppro = 85;
         faultWork.Execute();
         relayIss = line:m:Ikss:bus1;
         remoteIss = line:m:Ikss:bus2;
         printf('Relay Iss Bus1: %.3f kA', relayIss);
         printf('Remote Iss Bus2: %.3f kA', remoteIss);
         faultWork2:shcobj = line;
         faultWork2:ppro = 85;
         faultWork2.Execute();
         eRelayIss = line:m:Ikss:bus1;
         eRemoteIss = line:m:Ikss:bus2;
      }
      else if(line:e:bus2 = relay:fold_id){
         faultWork:shcobj = line;
         faultWork:ppro = 15;
         faultWork.Execute();
         relayIss = line:m:Ikss:bus2;
```

```
    remoteIss = line:m:Ikss:bus1;
    printf('Relay Iss Bus2: %.3f kA', relayIss);
    printf('Remote Iss Bus1: %.3f kA', remoteIss);
    faultWork2:shcobj = line;
    faultWork2:ppro = 15;
    faultWork2.Execute();
    eRelayIss = line:m:Ikss:bus2;
    eRemoteIss = line:m:Ikss:bus1;
  }
  else{
    printf('Bir hata gerçekleşti(Hatta ait fider baraları içerisinde röle bulunmamaktadır).');
    exit();
  }

  toc:Ipset = ratedCurrent/priCt;
  printf('New Current Setting: %.1f A', toc:Ipsetr);

  tms = (pow((relayIss*1000/ratedCurrent), 0.04)-1)*stepTime/(0.14);
  range_fix.Execute(tms, 0.05, 10, 0.01); !0.05-10;0.01
  tms = range_fix:value;
  toc:Tpset = tms;
  printf('New Time Dial: %.3f', toc:Tpset);
  tocEarth:Ipset = 0.2;
  printf('New Earth Current Setting: %.1f A', tocEarth:Ipsetr);
  tmse = (pow((eRelayIss*1000/(0.2*priCt)), 0.04)-1)*stepTime/(0.14);
  range_fix.Execute(tmse, 0.1, 4, 0.01);!0.1-4.;0.01
  tmse = range_fix:value;
  tocEarth:Tpset = tmse;
  printf('New Earth Time Dial: %.3f', tocEarth:Tpset);

  printf('\ceCheking Setting');
  itrrLimit = 7;
```

```
for(itrr = 0; itrr<itrrLimit; itrr=itrr+1){
  !!!Normal yonlu
   if(line:e:bus1 = relay:fold_id){
     faultWork:shcobj = line;
     faultWork:ppro = 85;
     faultWork.Execute();
     relayIss = line:m:Ikss:bus1;
     remoteIss = line:m:Ikss:bus2;
     if(0.7 >= toc:s:yout .and. toc:s:yout >= 0.4){
       printf('\cmToc Trip Time: %.3f', toc:s:yout);
       flag1 = 0;
     }
     else if(toc:s:yout < 0.4){
       tms = toc:Tpset/(toc:s:yout/0.4);
       range_fix.Execute(tms, 0.05, 10, 0.01); !0.05-10;0.01
       printf('>>yeni tms %.3f', tms);
       toc:Tpset = tms;
       faultWork:ppro = 85;
       faultWork.Execute();
       printf('\ccToc Trip Time: %.3f', toc:s:yout);
       flag1 = 1;
     }
     else if(10 > toc:s:yout .and. toc:s:yout > 0.7){
       tms = toc:Tpset/(toc:s:yout/0.4);
       range_fix.Execute(tms, 0.05, 10, 0.01); !0.05-10;0.01
       printf('>>yeni tms %.3f', tms);
       toc:Tpset = tms;
       faultWork:ppro = 85;
       faultWork.Execute();
       printf('\ccToc Trip Time: %.3f', toc:s:yout);
       flag1 = 1;
     }
     else if(toc:s:yout > 9999){
```

```
        faultWork:ppro = 99.99;
        faultWork.Execute();
        relayIss = line:m:Ikss:bus1;
        remoteIss = line:m:Ikss:bus2;

        toc:Ipset = relayIss/priCt;
        printf('Iteration%i Current Setting: %.1f A', (itrr+1), toc:Ipsetr);

        tms = (pow((relayIss*1000/ratedCurrent), 0.04)-1)*stepTime/(0.14);
        range_fix.Execute(tms, 0.05, 10, 0.01); !0.05-10;0.01
        tms = range_fix:value;
        toc:Tpset = tms;
        printf('Iteration%i Time Dial: %.3f', (itrr+1), toc:Tpset);
        flag1 = 1;
      }
      else{
        printf('\ccToc Trip Time: %.3f', toc:s:yout);
        flag1 = 1;
      }

      faultWork2:shcobj = line;
      faultWork2:ppro = 85;
      faultWork2.Execute();
      eRelayIss = line:m:Ikss:bus1;
      eRemoteIss = line:m:Ikss:bus2;
      if(0.8 > tocEarth:s:yout .and.  tocEarth:s:yout >= 0.4){printf('\cmToc Earth Phase-Earth Trip Time: %.3f', tocEarth:s:yout); flag2 = 0;}
      else{printf('\ccToc Earth Phase-Earth Trip Time: %.3f', tocEarth:s:yout); flag2 = 1;}
    }
    !!!Diger yonlu
    else if(line:e:bus2 = relay:fold_id){
      faultWork:shcobj = line;
      faultWork:ppro = 15;
```

```
faultWork.Execute();
relayIss = line:m:Ikss:bus2;
remoteIss = line:m:Ikss:bus1;
if(0.7 >= toc:s:yout .and. toc:s:yout >= 0.4){
  printf('\cmToc Trip Time: %.3f', toc:s:yout);
  flag1 = 0;
}
else if(toc:s:yout < 0.4){
  tms = toc:Tpset/(toc:s:yout/0.4);
  range_fix.Execute(tms, 0.05, 10, 0.01); !0.05-10;0.01
  printf('>>yeni tms %.3f', tms);
  toc:Tpset = tms;
  faultWork:ppro = 15;
  faultWork.Execute();
  printf('\ccToc Trip Time: %.3f', toc:s:yout);
  flag1 = 1;
}
else if(10 > toc:s:yout .and. toc:s:yout > 0.7){
  tms = toc:Tpset/(toc:s:yout/0.4);
  range_fix.Execute(tms, 0.05, 10, 0.01); !0.05-10;0.01
  printf('>>yeni tms %.3f', tms);
  toc:Tpset = tms;
  faultWork:ppro = 15;
  faultWork.Execute();
  printf('\ccToc Trip Time: %.3f', toc:s:yout);
  flag1 = 1;
}
else if(toc:s:yout > 9999){
  faultWork:ppro = 0.01;
  faultWork.Execute();
  relayIss = line:m:Ikss:bus2;
  remoteIss = line:m:Ikss:bus1;
  toc:Ipset = relayIss/priCt;
```

```
          printf('Iteration%i Current Setting: %.1f A', (itrr+1), toc:Ipsetr);
          tms = (pow((relayIss*1000/ratedCurrent), 0.04)-1)*stepTime/(0.14);
          range_fix.Execute(tms, 0.05, 10, 0.01); !0.05-10;0.01
          tms = range_fix:value;
          toc:Tpset = tms;
          printf('Iteration%i Time Dial: %.3f', (itrr+1), toc:Tpset);
          flag1 = 1;
        }
        else{
          printf('\ccToc Trip Time: %.3f', toc:s:yout);
          flag1 = 1;
        }
        faultWork2:shcobj = line;
        faultWork2:ppro = 15;
        faultWork2.Execute();
        eRelayIss = line:m:Ikss:bus2;
        eRemoteIss = line:m:Ikss:bus1;
        if(0.8 > tocEarth:s:yout .and.  tocEarth:s:yout >= 0.4){printf('\cmToc Earth Phase-Earth Trip Time: %.3f', tocEarth:s:yout); flag2 = 0;}
        else{printf('\ccToc Earth Phase-Earth Trip Time: %.3f', tocEarth:s:yout); flag1 = 1;}
      }
      else{
        printf('Bir hata gerçekleşti(Hatta ait fider baraları içerisinde röle bulunmamaktadır).');
        exit();
      }
      if(flag1 = 0 .and. flag2 = 0){break;}
    }
  }
}
EchoOn();
```

MEVCUT KORUMA PRATİĞİNE GÖRE AYARLANMIŞ AŞIRI AKIM RÖLELERİNİN KISA DEVRE SONUÇLARI

Rölenin Bağlı Olduğu Bara	Korunan İletim Hattı	Rölenin Karşı Barası	3 Faz Arıza Süreleri (s)		
			%10 Arızası	%50 Arızası	%90 Arızası
BusBar1	BusBar20-BusBar1 LINE	BusBar20	1.319248192	1.553834963	1.821702472
BusBar1	BusBar23-BusBar1 LINE	BusBar23	17.40150585	9999.999	9999.999
BusBar10	BusBar8-BusBar10 LINE	BusBar8	1.774870697	2.101835491	2.495079
BusBar10	BusBar28-BusBar10 LINE	BusBar28	2.446822352	3.019324545	4.13569829
BusBar11	BusBar11-BusBar12 LINE	BusBar12	3.482673994	3.673501997	3.884813281
BusBar11	BusBar11-BusBar37 LINE	BusBar37	2.58843021	3.876567871	13.81964858
BusBar12	BusBar11-BusBar12 LINE	BusBar11	2.65812935	2.781021581	2.912054914
BusBar12	BusBar48-BusBar12 LINE	BusBar48	4.364435004	8.158286793	9999.999
BusBar13	BusBar16-BusBar13 LINE	BusBar16	1.748282615	2.145819045	2.595000935
BusBar13	BusBar20-BusBar13 LINE	BusBar20	8.224237721	12.79770483	87.36158862
BusBar14	BusBar14-BusBar43 LINE	BusBar43	1.995036145	2.516758355	3.249570629
BusBar15	BusBar47-BusBar15 LINE	BusBar47	1.271165303	1.80119777	2.476738262
BusBar16	BusBar3-BusBar16 LINE	BusBar3	2.85633399	3.508799194	4.510842177
BusBar16	BusBar16-BusBar13 LINE	BusBar13	3.476057843	4.427712567	6.504024647
BusBar17	BusBar17-BusBar7 LINE	BusBar7	2.432570914	2.874582738	3.460740585
BusBar17	BusBar17-BusBar27 LINE	BusBar27	2.013980035	2.590204492	3.681868253
BusBar17	BusBar38-BusBar17 LINE	BusBar38	2.675296593	3.265708781	3.979823943
BusBar18	BusBar18-BusBar19 LINE	BusBar19	4.984802452	5.416320997	5.938656104
BusBar18	BusBar18-BusBar36 LINE	BusBar36	5.128045507	28.85621063	9999.999
BusBar19	BusBar18-BusBar19 LINE	BusBar18	3.773959479	4.010003439	4.27761676
BusBar19	BusBar35-BusBar19 LINE	BusBar35	4.668514054	13.77159102	9999.999
BusBar2	BusBar23-BusBar2 LINE	BusBar23	2.178883605	9999.999	9999.999
BusBar20	BusBar20-BusBar1 LINE	BusBar1	2.654624233	3.616101596	7.94151629
BusBar20	BusBar20-BusBar13 LINE	BusBar13	1.353554078	1.487841807	1.619718841
BusBar20	BusBar21-BusBar20 LINE	BusBar21	1.592186708	2.056343778	3.653355497
BusBar21	BusBar3-BusBar21 LINE	BusBar3	1.229855465	1.580935498	1.924036071
BusBar21	BusBar21-BusBar20 LINE	BusBar20	1.243960044	1.589776689	2.056793468
BusBar21	BusBar21-BusBar22 LINE	BusBar22	1.306598218	1.416196876	1.534253931
BusBar21	BusBar21-BusBar42 LINE	BusBar42	1.343615894	1.625485598	2.009561885
BusBar21	BusBar23-BusBar21 LINE	BusBar23	1.441813719	1.924469415	3.837811924
BusBar21	BusBar23-BusBar21 LINE(1)	BusBar23	1.441813719	1.924469415	3.837811924
BusBar22	BusBar21-BusBar22 LINE	BusBar21	2.466217944	2.932924539	3.852711995
BusBar22	BusBar22-BusBar4 LINE	BusBar4	1.500851815	1.979130101	2.93315611

BusBar22	BusBar22-BusBar45 LINE	BusBar45	1.303988607	1.477668087	1.646040425
BusBar23	BusBar23-BusBar1 LINE	BusBar1	1.144124908	1.200333741	1.25544797
BusBar23	BusBar23-BusBar2 LINE	BusBar2	1.269590125	1.899862677	2.653627093
BusBar23	BusBar23-BusBar21 LINE	BusBar21	1.238948572	1.58170782	2.24139355
BusBar23	BusBar23-BusBar21 LINE(1)	BusBar21	1.238948572	1.58170782	2.24139355
BusBar24	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar9	2.186463318	2.360836705	2.547194504
BusBar24	BusBar24-BusBar39 LINE	BusBar39	2.097216752	2.376682286	2.687246446
BusBar25	BusBar25-BusBar26 LINE	BusBar26	1.919335744	9999.999	9999.999
BusBar26	BusBar25-BusBar26 LINE	BusBar25	2.481134635	2.548319398	2.617145908
BusBar26	BusBar27-BusBar26 LINE	BusBar27	2.983883757	5.35758839	9999.999
BusBar26	BusBar27-BusBar26 LINE(1)	BusBar27	2.983883757	5.35758839	9999.999
BusBar27	BusBar17-BusBar27 LINE	BusBar17	2.411474193	3.288437855	6.318171176
BusBar27	BusBar27-BusBar7 LINE	BusBar7	3.211222231	5.077142547	13.23947515
BusBar27	BusBar27-BusBar26 LINE	BusBar26	2.365360142	3.537974802	8.322961944
BusBar27	BusBar27-BusBar26 LINE(1)	BusBar26	2.365360142	3.537974802	8.322961944
BusBar28	BusBar9-BusBar28 LINE	BusBar9	1.113700638	1.442513611	1.789447498
BusBar28	BusBar28-BusBar10 LINE	BusBar10	1.043743534	1.398565164	1.744708042
BusBar28	BusBar28-BusBar29 LINE	BusBar29	1.188809662	1.215446882	1.241936837
BusBar28	BusBar28-BusBar43 LINE	BusBar43	1.153678164	1.284989413	1.492945731
BusBar28	BusBar34-BusBar28 LINE	BusBar34	1.014858689	1.322916975	1.643186448
BusBar29	BusBar28-BusBar29 LINE	BusBar28	1.24837455	1.58170782	9999.999
BusBar3	BusBar3-BusBar21 LINE	BusBar21	5.277700134	8.991064028	9999.999
BusBar3	BusBar3-BusBar16 LINE	BusBar16	2.11698195	2.572842985	3.132188356
BusBar30	BusBar38-BusBar30 LINE	BusBar38	1.229855465	3.467186903	9999.999
BusBar31	BusBar31-BusBar48 LINE	BusBar48	1.741757655	2.36919575	149.074448
BusBar31	BusBar31-BusBar48 LINE(1)	BusBar48	1.741757655	2.36919575	149.074448
BusBar32	BusBar32-BusBar33 LINE	BusBar33	1.295534309	1.489173966	1.843825101
BusBar32	BusBar32-BusBar33 LINE(1)	BusBar33	1.295534309	1.489173966	1.843825101
BusBar32	BusBar32-BusBar42 LINE	BusBar42	1.82692971	1.908909026	1.985436371
BusBar32	BusBar41-BusBar32 LINE	BusBar41	1.456490931	1.689091061	1.922044874
BusBar33	BusBar32-BusBar33 LINE	BusBar32	1.722986501	2.445235008	14.12668699
BusBar33	BusBar32-BusBar33 LINE(1)	BusBar32	1.722986501	2.445235008	14.12668699
BusBar34	BusBar34-BusBar28 LINE	BusBar28	2.171798958	2.920698569	8.309588133
BusBar34	BusBar34-BusBar44 LINE	BusBar44	1.682239573	1.866111189	2.070999727
BusBar35	BusBar35-BusBar19 LINE	BusBar19	1.969058918	2.815259194	4.447345737
BusBar35	BusBar35-BusBar36 LINE	BusBar36	2.738490044	9999.999	9999.999
BusBar36	BusBar18-BusBar36 LINE	BusBar18	1.791467187	2.619997503	4.179044767
BusBar36	BusBar35-BusBar36 LINE	BusBar35	1.647073735	1.716317034	1.787382056
BusBar36	BusBar38-BusBar36 LINE	BusBar38	3.761130797	5.556538576	11.53000546
BusBar36	BusBar47-BusBar36 LINE	BusBar47	3.258222034	6.432708957	9999.999
BusBar37	BusBar5-BusBar37 LINE	BusBar5	1.304186532	1.713649755	2.172973943
BusBar37	BusBar11-BusBar37 LINE	BusBar11	1.271165303	1.80119777	2.476738262
BusBar37	BusBar47-BusBar37 LINE	BusBar47	1.692353013	2.187181612	3.45009027
BusBar37	BusBar48-BusBar37 LINE	BusBar48	1.365137279	1.697262379	2.251031474

BusBar38	BusBar38-BusBar17 LINE	BusBar17	1.515863378	1.989449103	2.491338791
BusBar38	BusBar38-BusBar30 LINE	BusBar30	1.384717042	1.701208235	2.014952855
BusBar38	BusBar38-BusBar36 LINE	BusBar36	1.690177695	2.2723109	3.036681705
BusBar38	BusBar47-BusBar38 LINE	BusBar47	2.496007372	3.151204352	5.419633032
BusBar39	BusBar24-BusBar39 LINE	BusBar24	2.910699632	3.294235633	3.74181875
BusBar39	BusBar39-BusBar41 LINE	BusBar41	2.005900952	2.209894416	2.425245398
BusBar4	BusBar22-BusBar4 LINE	BusBar22	1.607500422	2.147907912	3.473161579
BusBar4	BusBar42-BusBar4 LINE	BusBar42	3.489146833	3.651862151	3.839103955
BusBar40	BusBar40-BusBar9 LINE	BusBar9	2.547255398	3.467186903	5.635691661
BusBar40	BusBar40-BusBar46 LINE	BusBar46	2.382188717	2.664804504	3.013526076
BusBar41	BusBar39-BusBar41 LINE	BusBar39	1.723373805	1.919335744	2.120720244
BusBar41	BusBar41-BusBar32 LINE	BusBar32	1.963449394	2.205632546	2.466757435
BusBar42	BusBar21-BusBar42 LINE	BusBar21	1.778629137	2.260892955	3.471724745
BusBar42	BusBar32-BusBar42 LINE	BusBar32	1.407359315	1.48287989	1.563850366
BusBar42	BusBar42-BusBar4 LINE	BusBar4	1.454716353	1.476486857	1.498541587
BusBar43	BusBar5-BusBar43 LINE	BusBar5	1.524851912	2.050769492	2.694952987
BusBar43	BusBar14-BusBar43 LINE	BusBar14	1.304917339	1.390833667	1.476739043
BusBar43	BusBar28-BusBar43 LINE	BusBar28	1.649851923	1.944085895	2.638837012
BusBar43	BusBar43-BusBar44 LINE	BusBar44	1.344262466	1.460633461	1.56787737
BusBar44	BusBar34-BusBar44 LINE	BusBar34	1.547665803	1.707873911	1.895948301
BusBar44	BusBar43-BusBar44 LINE	BusBar43	1.929596214	2.083886122	2.305456499
BusBar45	BusBar22-BusBar45 LINE	BusBar22	2.811650711	3.066773405	3.386176451
BusBar45	BusBar47-BusBar45 LINE	BusBar47	1.839954429	2.533864134	3.613538706
BusBar46	BusBar40-BusBar46 LINE	BusBar40	1.646532979	1.843802137	2.057073132
BusBar47	BusBar47-BusBar8 LINE	BusBar8	1.036378533	1.383044088	1.729597405
BusBar47	BusBar47-BusBar15 LINE	BusBar15	1.153678164	1.241517803	1.412108743
BusBar47	BusBar47-BusBar37 LINE	BusBar37	1.118413816	1.457258296	1.850117549
BusBar47	BusBar47-BusBar38 LINE	BusBar38	1.00906344	1.273442494	1.534094731
BusBar47	BusBar47-BusBar45 LINE	BusBar45	1.201635467	1.858266266	2.558079485
BusBar47	BusBar47-BusBar48 LINE	BusBar48	1.069230998	1.574575717	2.347179293
BusBar47	BusBar47-BusBar36 LINE	BusBar36	1.229030149	2.178883605	3.666533791
BusBar48	BusBar31-BusBar48 LINE	BusBar31	1.164625464	1.348908516	1.581067693
BusBar48	BusBar31-BusBar48 LINE(1)	BusBar31	1.164625464	1.348908516	1.581067693
BusBar48	BusBar47-BusBar48 LINE	BusBar47	1.287599307	1.844536872	3.352349758
BusBar48	BusBar48-BusBar12 LINE	BusBar12	1.316058394	1.824236459	2.441947191
BusBar48	BusBar48-BusBar37 LINE	BusBar37	1.24837455	1.549182586	1.970514958
BusBar5	BusBar5-BusBar6 LINE	BusBar6	1.455920391	1.478187969	1.500495706
BusBar5	BusBar5-BusBar37 LINE	BusBar37	1.995036145	2.516758355	3.249570629
BusBar5	BusBar5-BusBar43 LINE	BusBar43	2.341720151	3.082919159	4.216880143
BusBar6	BusBar5-BusBar6 LINE	BusBar5	1.295534309	1.489173966	1.843825101
BusBar7	BusBar17-BusBar7 LINE	BusBar17	44.62690764	9999.999	9999.999
BusBar7	BusBar27-BusBar7 LINE	BusBar27	4.06283596	7.669020101	9999.999
BusBar8	BusBar8-BusBar10 LINE	BusBar10	1.902345453	2.261353579	2.670901944
BusBar8	BusBar47-BusBar8 LINE	BusBar47	2.738490044	3.413469267	4.835383545

BusBar9	BusBar9-BusBar28 LINE	BusBar28	2.336184724	2.996720966	4.820703752
BusBar9	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar24	1.430429995	1.59091027	1.749656177
BusBar9	BusBar40-BusBar9 LINE	BusBar40	1.42266868	1.91492182	2.524378753

EK-C

GELİŞTİRİLEN ALGORİTMAYA GÖRE AYARLANMIŞ AŞIRI AKIM RÖLELERİNİN KISA DEVRE SONUÇLARI

Rölenin Bağlı Olduğu Bara	Korunan İletim Hattı	Rölenin Karşı Barası	3 Faz Arıza Süreleri (s)		
			%10 Arızası	%50 Arızası	%90 Arızası
BusBar1	BusBar20-BusBar1 LINE	BusBar20	0.364657764	0.384412142	0.491760824
BusBar1	BusBar23-BusBar1 LINE	BusBar23	0.369999845	0.399999845	0.499999845
BusBar10	BusBar8-BusBar10 LINE	BusBar8	0.378202882	0.379939581	0.507228066
BusBar10	BusBar28-BusBar10 LINE	BusBar28	0.339247108	0.393677269	0.51961494
BusBar11	BusBar11-BusBar12 LINE	BusBar12	0.315216011	0.335040094	0.456776173
BusBar11	BusBar11-BusBar37 LINE	BusBar37	0.27791337	0.373172622	0.702439579
BusBar12	BusBar11-BusBar12 LINE	BusBar11	0.350311865	0.36896598	0.488729321
BusBar12	BusBar48-BusBar12 LINE	BusBar48	0.345999845	0.399999845	0.499699845
BusBar13	BusBar16-BusBar13 LINE	BusBar16	0.32963908	0.370469183	0.480325618
BusBar13	BusBar20-BusBar13 LINE	BusBar20	0.357884057	0.36223581	0.873855739
BusBar14	BusBar14-BusBar43 LINE	BusBar43	0.399999845	0.399999845	0.499999845
BusBar15	BusBar47-BusBar15 LINE	BusBar47	0.257419604	0.353431181	0.614342254
BusBar16	BusBar3-BusBar16 LINE	BusBar3	0.301500269	0.365672458	0.46380667
BusBar16	BusBar16-BusBar13 LINE	BusBar13	0.36245739	0.385684725	0.657508463
BusBar17	BusBar17-BusBar7 LINE	BusBar7	0.359232507	0.376934937	0.491510567
BusBar17	BusBar17-BusBar27 LINE	BusBar27	0.297662977	0.377368559	0.527721346
BusBar17	BusBar38-BusBar17 LINE	BusBar38	0.336387426	0.386146766	0.490238058
BusBar18	BusBar18-BusBar19 LINE	BusBar19	0.303473903	0.395701889	0.573140915
BusBar18	BusBar18-BusBar36 LINE	BusBar36	0.399999845	0.399999845	0.499999845
BusBar19	BusBar18-BusBar19 LINE	BusBar18	0.306137913	0.325963266	0.447925925
BusBar19	BusBar35-BusBar19 LINE	BusBar35	0.399999845	0.399999845	0.499999845
BusBar2	BusBar23-BusBar2 LINE	BusBar23	0.399999845	0.399999845	0.455999845
BusBar20	BusBar20-BusBar1 LINE	BusBar1	0.313473343	0.355572609	0.746885319
BusBar20	BusBar20-BusBar13 LINE	BusBar13	0.318607531	0.358593955	0.497835421
BusBar20	BusBar21-BusBar20 LINE	BusBar21	0.239167729	0.303531004	0.52380512

BusBar21	BusBar3-BusBar21 LINE	BusBar3	0.309399582	0.393038216	0.474628701
BusBar21	BusBar21-BusBar20 LINE	BusBar20	0.312762692	0.395142506	0.506159907
BusBar21	BusBar21-BusBar22 LINE	BusBar22	0.323490139	0.356612294	0.49207992
BusBar21	BusBar21-BusBar42 LINE	BusBar42	0.338998895	0.394107676	0.491310641
BusBar21	BusBar23-BusBar21 LINE	BusBar23	0.225073916	0.291283466	0.538353098
BusBar21	BusBar23-BusBar21 LINE(1)	BusBar23	0.225073916	0.291283466	0.538353098
BusBar22	BusBar21-BusBar22 LINE	BusBar21	0.306392014	0.357046466	0.453488628
BusBar22	BusBar22-BusBar4 LINE	BusBar4	0.268805348	0.345124733	0.491899824
BusBar22	BusBar22-BusBar45 LINE	BusBar45	0.358252082	0.376527819	0.473286834
BusBar23	BusBar23-BusBar1 LINE	BusBar1	0.355739539	0.376854357	0.497497745
BusBar23	BusBar23-BusBar2 LINE	BusBar2	0.261392597	0.377263622	0.511001428
BusBar23	BusBar23-BusBar21 LINE	BusBar21	0.285119783	0.356652112	0.490808909
BusBar23	BusBar23-BusBar21 LINE(1)	BusBar21	0.285119783	0.356652112	0.490808909
BusBar24	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar9	0.307702653	0.338718636	0.471835331
BusBar24	BusBar24-BusBar39 LINE	BusBar39	0.363680548	0.387151669	0.454742064
BusBar25	BusBar25-BusBar26 LINE	BusBar26	0.293544968	0.309330278	0.525625033
BusBar26	BusBar25-BusBar26 LINE	BusBar25	0.350948592	0.361246571	0.471725704
BusBar26	BusBar27-BusBar26 LINE	BusBar27	0.257419604	0.353431181	0.814342254
BusBar26	BusBar27-BusBar26 LINE(1)	BusBar27	0.257419604	0.353431181	0.814342254
BusBar27	BusBar17-BusBar27 LINE	BusBar17	0.257622399	0.344023372	0.639530542
BusBar27	BusBar27-BusBar7 LINE	BusBar7	0.320687766	0.347441853	0.7275699
BusBar27	BusBar27-BusBar26 LINE	BusBar26	0.278150853	0.385877808	0.724978443
BusBar27	BusBar27-BusBar26 LINE(1)	BusBar26	0.278150853	0.385877808	0.724978443
BusBar28	BusBar9-BusBar28 LINE	BusBar9	0.311695738	0.396147076	0.483700362
BusBar28	BusBar28-BusBar10 LINE	BusBar10	0.309466959	0.362566636	0.490121477
BusBar28	BusBar28-BusBar29 LINE	BusBar29	0.369158698	0.379002916	0.488776058
BusBar28	BusBar28-BusBar43 LINE	BusBar43	0.382777004	0.383392498	0.489454034
BusBar28	BusBar34-BusBar28 LINE	BusBar34	0.325210693	0.393259138	0.501830138
BusBar29	BusBar28-BusBar29 LINE	BusBar28	0.399999845	0.399999845	0.474999845
BusBar3	BusBar3-BusBar21 LINE	BusBar21	0.399999845	0.399999845	0.549999984
BusBar3	BusBar3-BusBar16 LINE	BusBar16	0.35363208	0.385680588	0.513852644
BusBar30	BusBar38-BusBar30 LINE	BusBar38	0.282154127	0.383086864	0.504056409
BusBar31	BusBar31-BusBar48 LINE	BusBar48	0.182852108	0.238063095	2.605507876
BusBar31	BusBar31-BusBar48 LINE(1)	BusBar48	0.182852108	0.238063095	2.605507876
BusBar32	BusBar32-BusBar33 LINE	BusBar33	0.263609962	0.314601925	0.50721509
BusBar32	BusBar32-BusBar33 LINE(1)	BusBar33	0.263609962	0.314601925	0.50721509
BusBar32	BusBar32-BusBar42 LINE	BusBar42	0.351551217	0.371034499	0.489214584
BusBar32	BusBar41-BusBar32 LINE	BusBar41	0.36340894	0.388773662	0.474155607
BusBar33	BusBar32-BusBar33 LINE	BusBar32	0.214920524	0.288296939	1.032492552
BusBar33	BusBar32-BusBar33 LINE(1)	BusBar32	0.214920524	0.288296939	1.032492552
BusBar34	BusBar34-BusBar28 LINE	BusBar28	0.259148396	0.330693655	0.724204292
BusBar34	BusBar34-BusBar44 LINE	BusBar44	0.28404848	0.324125485	0.468738361
BusBar35	BusBar35-BusBar19 LINE	BusBar19	0.238844573	0.32093598	0.461580759
BusBar35	BusBar35-BusBar36 LINE	BusBar36	0.399999845	0.399999845	0.556999845

BusBar36	BusBar18-BusBar36 LINE	BusBar18	0.260855492	0.359118757	0.523878361
BusBar36	BusBar35-BusBar36 LINE	BusBar35	0.288596872	0.383086864	0.460642293
BusBar36	BusBar38-BusBar36 LINE	BusBar38	0.328392563	0.338063095	0.685037799
BusBar36	BusBar47-BusBar36 LINE	BusBar47	0.29165841	0.338063095	0.551629363
BusBar37	BusBar5-BusBar37 LINE	BusBar5	0.218451547	0.314601925	0.498529724
BusBar37	BusBar11-BusBar37 LINE	BusBar11	0.282154127	0.383086864	0.504056409
BusBar37	BusBar47-BusBar37 LINE	BusBar47	0.259648455	0.326636276	0.490174827
BusBar37	BusBar48-BusBar37 LINE	BusBar48	0.33161938	0.381920691	0.513942738
BusBar38	BusBar38-BusBar17 LINE	BusBar17	0.317956213	0.3918064	0.511014268
BusBar38	BusBar38-BusBar30 LINE	BusBar30	0.346311429	0.371656024	0.496224687
BusBar38	BusBar38-BusBar36 LINE	BusBar36	0.299241893	0.390988982	0.507406362
BusBar38	BusBar47-BusBar38 LINE	BusBar47	0.290771358	0.351682289	0.535944604
BusBar39	BusBar24-BusBar39 LINE	BusBar24	0.354661127	0.395455932	0.442092012
BusBar39	BusBar39-BusBar41 LINE	BusBar41	0.315062509	0.355413321	0.497964424
BusBar4	BusBar22-BusBar4 LINE	BusBar22	0.247989007	0.321381432	0.493067494
BusBar4	BusBar42-BusBar4 LINE	BusBar42	0.3158915	0.332801404	0.452093446
BusBar40	BusBar40-BusBar9 LINE	BusBar9	0.295677519	0.3797125	0.551629363
BusBar40	BusBar40-BusBar46 LINE	BusBar46	0.295568523	0.340194425	0.495168712
BusBar41	BusBar39-BusBar41 LINE	BusBar39	0.293017496	0.335719275	0.479557468
BusBar41	BusBar41-BusBar32 LINE	BusBar32	0.306660035	0.354570741	0.506161312
BusBar42	BusBar21-BusBar42 LINE	BusBar21	0.271451197	0.336470517	0.492887441
BusBar42	BusBar32-BusBar42 LINE	BusBar32	0.334632292	0.357116957	0.481214421
BusBar42	BusBar42-BusBar4 LINE	BusBar4	0.268208551	0.374752274	0.481373883
BusBar43	BusBar5-BusBar43 LINE	BusBar5	0.301777393	0.309451807	0.518186884
BusBar43	BusBar14-BusBar43 LINE	BusBar14	0.22298068	0.348964016	0.474828032
BusBar43	BusBar28-BusBar43 LINE	BusBar28	0.312078849	0.364544116	0.488108933
BusBar43	BusBar43-BusBar44 LINE	BusBar44	0.215839765	0.350494467	0.482412625
BusBar44	BusBar34-BusBar44 LINE	BusBar34	0.285118838	0.323241539	0.467954792
BusBar44	BusBar43-BusBar44 LINE	BusBar43	0.299958119	0.330493361	0.474301251
BusBar45	BusBar22-BusBar45 LINE	BusBar22	0.307936617	0.343109911	0.487080041
BusBar45	BusBar47-BusBar45 LINE	BusBar47	0.273544228	0.369585837	0.518335319
BusBar46	BusBar40-BusBar46 LINE	BusBar40	0.376261367	0.389265	0.465707456
BusBar47	BusBar47-BusBar8 LINE	BusBar8	0.307497217	0.398566412	0.486364321
BusBar47	BusBar47-BusBar15 LINE	BusBar15	0.275450579	0.373922217	0.49151946
BusBar47	BusBar47-BusBar37 LINE	BusBar37	0.312916548	0.399900228	0.498850615
BusBar47	BusBar47-BusBar38 LINE	BusBar38	0.323526579	0.399310799	0.471991248
BusBar47	BusBar47-BusBar45 LINE	BusBar45	0.232002541	0.349249773	0.473768658
BusBar47	BusBar47-BusBar48 LINE	BusBar48	0.242203697	0.340609786	0.481486842
BusBar47	BusBar47-BusBar36 LINE	BusBar36	0.195353828	0.325526876	0.517183355
BusBar48	BusBar31-BusBar48 LINE	BusBar31	0.362303607	0.387223738	0.48633713
BusBar48	BusBar31-BusBar48 LINE(1)	BusBar31	0.362303607	0.397223738	0.48633713
BusBar48	BusBar47-BusBar48 LINE	BusBar47	0.226397398	0.308631905	0.509471735
BusBar48	BusBar48-BusBar12 LINE	BusBar12	0.270065603	0.3635589	0.473959944
BusBar48	BusBar48-BusBar37 LINE	BusBar37	0.334951712	0.375963112	0.501782127

BusBar5	BusBar5-BusBar6 LINE	BusBar6	0.383508031	0.39015046	0.49678945
BusBar5	BusBar5-BusBar37 LINE	BusBar37	0.330057185	0.381865279	0.496698106
BusBar5	BusBar5-BusBar43 LINE	BusBar43	0.292676483	0.373075821	0.490483238
BusBar6	BusBar5-BusBar6 LINE	BusBar5	0.268440126	0.375062551	0.481775296
BusBar7	BusBar17-BusBar7 LINE	BusBar17	0.299999845	0.399999845	0.629999845
BusBar7	BusBar27-BusBar7 LINE	BusBar27	0.328297756	0.354301625	0.867627954
BusBar8	BusBar8-BusBar10 LINE	BusBar10	0.359314793	0.366777508	0.479861133
BusBar8	BusBar47-BusBar8 LINE	BusBar47	0.313768316	0.375006396	0.492027354
BusBar9	BusBar9-BusBar28 LINE	BusBar28	0.292064647	0.36387884	0.550403941
BusBar9	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar24	0.385301738	0.396696655	0.467610279
BusBar9	BusBar40-BusBar9 LINE	BusBar40	0.311574482	0.354033675	0.51228295
Rölenin Bağlı Olduğu Bara	**Korunan İletim Hattı**	**Rölenin Karşı Barası**	**Tek Faz Toprak Arıza Süreleri (s)**		
			%10 Arızası	**%50 Arızası**	**%90 Arızası**
BusBar1	BusBar20-BusBar1 LINE	BusBar20	0.364657764	0.374412142	0.491760824
BusBar1	BusBar23-BusBar1 LINE	BusBar23	0.399999845	0.399999845	0.499999845
BusBar10	BusBar8-BusBar10 LINE	BusBar8	0.378202882	0.387939581	0.507228066
BusBar10	BusBar28-BusBar10 LINE	BusBar28	0.339247108	0.393677269	0.51961494
BusBar11	BusBar11-BusBar12 LINE	BusBar12	0.315216011	0.335040094	0.456776173
BusBar11	BusBar11-BusBar37 LINE	BusBar37	0.27791337	0.373172622	0.772439579
BusBar12	BusBar11-BusBar12 LINE	BusBar11	0.350311865	0.36896598	0.488729321
BusBar12	BusBar48-BusBar12 LINE	BusBar48	0.299999845	0.399999845	0.499999845
BusBar13	BusBar16-BusBar13 LINE	BusBar16	0.22963908	0.300469183	0.480325618
BusBar13	BusBar20-BusBar13 LINE	BusBar20	0.357884057	0.36223581	0.673855739
BusBar14	BusBar14-BusBar43 LINE	BusBar43	0.333473343	0.345572609	0.746885319
BusBar15	BusBar47-BusBar15 LINE	BusBar47	0.358252082	0.366527819	0.473286834
BusBar16	BusBar3-BusBar16 LINE	BusBar3	0.301500269	0.365672458	0.46380667
BusBar16	BusBar16-BusBar13 LINE	BusBar13	0.36245739	0.375684725	0.657508463
BusBar17	BusBar17-BusBar7 LINE	BusBar7	0.339232507	0.356934937	0.491510567
BusBar17	BusBar17-BusBar27 LINE	BusBar27	0.297662977	0.377368559	0.527721346
BusBar17	BusBar38-BusBar17 LINE	BusBar38	0.336387426	0.366146766	0.490238058
BusBar18	BusBar18-BusBar19 LINE	BusBar19	0.303473903	0.335701889	0.573140915
BusBar18	BusBar18-BusBar36 LINE	BusBar36	0.358392563	0.36290966	0.685037799
BusBar19	BusBar18-BusBar19 LINE	BusBar18	0.306137913	0.325963266	0.447925925
BusBar19	BusBar35-BusBar19 LINE	BusBar35	0.312916548	0.399900228	0.498850615
BusBar2	BusBar23-BusBar2 LINE	BusBar23	0.259999845	0.328999845	0.499999845
BusBar20	BusBar20-BusBar1 LINE	BusBar1	0.313473343	0.385572609	0.746885319
BusBar20	BusBar20-BusBar13 LINE	BusBar13	0.318607531	0.358593955	0.497835421
BusBar20	BusBar21-BusBar20 LINE	BusBar21	0.239167729	0.303531004	0.52380512
BusBar21	BusBar3-BusBar21 LINE	BusBar3	0.309399582	0.393038216	0.474628701
BusBar21	BusBar21-BusBar20 LINE	BusBar20	0.312762692	0.395142506	0.506159907
BusBar21	BusBar21-BusBar22 LINE	BusBar22	0.223490139	0.356612294	0.49207992
BusBar21	BusBar21-BusBar42 LINE	BusBar42	0.338998895	0.384107676	0.491310641
BusBar21	BusBar23-BusBar21 LINE	BusBar23	0.225073916	0.291283466	0.538353098
BusBar21	BusBar23-BusBar21 LINE(1)	BusBar23	0.225073916	0.291283466	0.538353098

BusBar22	BusBar21-BusBar22 LINE	BusBar21	0.306392014	0.357046466	0.453488628
BusBar22	BusBar22-BusBar4 LINE	BusBar4	0.268805348	0.345124733	0.491899824
BusBar22	BusBar22-BusBar45 LINE	BusBar45	0.328252082	0.386527819	0.473286834
BusBar23	BusBar23-BusBar1 LINE	BusBar1	0.355739539	0.376854357	0.497497745
BusBar23	BusBar23-BusBar2 LINE	BusBar2	0.261392597	0.377263622	0.511001428
BusBar23	BusBar23-BusBar21 LINE	BusBar21	0.285119783	0.356652112	0.490808909
BusBar23	BusBar23-BusBar21 LINE(1)	BusBar21	0.285119783	0.356652112	0.490808909
BusBar24	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar9	0.307702653	0.338718636	0.471835331
BusBar24	BusBar24-BusBar39 LINE	BusBar39	0.363680548	0.397151669	0.454742064
BusBar25	BusBar25-BusBar26 LINE	BusBar26	0.27791337	0.373172622	0.772439579
BusBar26	BusBar25-BusBar26 LINE	BusBar25	0.350948592	0.361246571	0.471725704
BusBar26	BusBar27-BusBar26 LINE	BusBar27	0.257419604	0.353431181	0.814342254
BusBar26	BusBar27-BusBar26 LINE(1)	BusBar27	0.257419604	0.353431181	0.814342254
BusBar27	BusBar17-BusBar27 LINE	BusBar17	0.257622399	0.344023372	0.639530542
BusBar27	BusBar27-BusBar7 LINE	BusBar7	0.320687766	0.337441853	0.4275699
BusBar27	BusBar27-BusBar26 LINE	BusBar26	0.278150853	0.385877808	0.724978443
BusBar27	BusBar27-BusBar26 LINE(1)	BusBar26	0.278150853	0.385877808	0.724978443
BusBar28	BusBar9-BusBar28 LINE	BusBar9	0.311695738	0.396147076	0.483700362
BusBar28	BusBar28-BusBar10 LINE	BusBar10	0.309466959	0.382566636	0.490121477
BusBar28	BusBar28-BusBar29 LINE	BusBar29	0.269158698	0.379002916	0.488776058
BusBar28	BusBar28-BusBar43 LINE	BusBar43	0.282777004	0.323392498	0.489454034
BusBar28	BusBar34-BusBar28 LINE	BusBar34	0.225210693	0.313259138	0.501830138
BusBar29	BusBar28-BusBar29 LINE	BusBar28	0.22963908	0.301469183	0.480325618
BusBar3	BusBar3-BusBar21 LINE	BusBar21	0.294999845	0.399339984	0.499999845
BusBar3	BusBar3-BusBar16 LINE	BusBar16	0.35363208	0.395680588	0.513852644
BusBar30	BusBar38-BusBar30 LINE	BusBar38	0.315301738	0.366696655	0.467610279
BusBar31	BusBar31-BusBar48 LINE	BusBar48	0.182852108	0.238063095	2.605507876
BusBar31	BusBar31-BusBar48 LINE(1)	BusBar48	0.182852108	0.238063095	2.605507876
BusBar32	BusBar32-BusBar33 LINE	BusBar33	0.363609962	0.384601925	0.50721509
BusBar32	BusBar32-BusBar33 LINE(1)	BusBar33	0.363609962	0.384601925	0.50721509
BusBar32	BusBar32-BusBar42 LINE	BusBar42	0.351551217	0.371034499	0.489214584
BusBar32	BusBar41-BusBar32 LINE	BusBar41	0.36340894	0.398773662	0.474155607
BusBar33	BusBar32-BusBar33 LINE	BusBar32	0.214920524	0.388296939	0.624925522
BusBar33	BusBar32-BusBar33 LINE(1)	BusBar32	0.214920524	0.388296939	0.632492552
BusBar34	BusBar34-BusBar28 LINE	BusBar28	0.259148396	0.330693655	0.724204292
BusBar34	BusBar34-BusBar44 LINE	BusBar44	0.33404848	0.394125485	0.468738361
BusBar35	BusBar35-BusBar19 LINE	BusBar19	0.238844573	0.32093598	0.461580759
BusBar35	BusBar35-BusBar36 LINE	BusBar36	0.297662977	0.377368559	0.527721346
BusBar36	BusBar18-BusBar36 LINE	BusBar18	0.260855492	0.359118757	0.523878361
BusBar36	BusBar35-BusBar36 LINE	BusBar35	0.328596872	0.344469317	0.460642293
BusBar36	BusBar38-BusBar36 LINE	BusBar38	0.358392563	0.36290966	0.685037799
BusBar36	BusBar47-BusBar36 LINE	BusBar47	0.29165841	0.302211396	0.480325618
BusBar37	BusBar5-BusBar37 LINE	BusBar5	0.318451547	0.375327278	0.498529724
BusBar37	BusBar11-BusBar37 LINE	BusBar11	0.282154127	0.383086864	0.504056409

BusBar37	BusBar47-BusBar37 LINE	BusBar47	0.259648455	0.326636276	0.490174827
BusBar37	BusBar48-BusBar37 LINE	BusBar48	0.33161938	0.381920691	0.513942738
BusBar38	BusBar38-BusBar17 LINE	BusBar17	0.317956213	0.3718064	0.511014268
BusBar38	BusBar38-BusBar30 LINE	BusBar30	0.346311429	0.391656024	0.496224687
BusBar38	BusBar38-BusBar36 LINE	BusBar36	0.299241893	0.390988982	0.507406362
BusBar38	BusBar47-BusBar38 LINE	BusBar47	0.290771358	0.351682289	0.535944604
BusBar39	BusBar24-BusBar39 LINE	BusBar24	0.354661127	0.395455932	0.442092012
BusBar39	BusBar39-BusBar41 LINE	BusBar41	0.315062509	0.355413321	0.497964424
BusBar4	BusBar22-BusBar4 LINE	BusBar22	0.247989007	0.321381432	0.493067494
BusBar4	BusBar42-BusBar4 LINE	BusBar42	0.3158915	0.332801404	0.452093446
BusBar40	BusBar40-BusBar9 LINE	BusBar9	0.295677519	0.3797125	0.551629363
BusBar40	BusBar40-BusBar46 LINE	BusBar46	0.295568523	0.340194425	0.495168712
BusBar41	BusBar39-BusBar41 LINE	BusBar39	0.293017496	0.335719275	0.479557468
BusBar41	BusBar41-BusBar32 LINE	BusBar32	0.306660035	0.354570741	0.506161312
BusBar42	BusBar21-BusBar42 LINE	BusBar21	0.271451197	0.336470517	0.492887441
BusBar42	BusBar32-BusBar42 LINE	BusBar32	0.357884057	0.36223581	0.673855739
BusBar42	BusBar42-BusBar4 LINE	BusBar4	0.268208551	0.374752274	0.481373883
BusBar43	BusBar5-BusBar43 LINE	BusBar5	0.308777393	0.384451807	0.518186884
BusBar43	BusBar14-BusBar43 LINE	BusBar14	0.32298068	0.348964016	0.474828032
BusBar43	BusBar28-BusBar43 LINE	BusBar28	0.312078849	0.364544116	0.488108933
BusBar43	BusBar43-BusBar44 LINE	BusBar44	0.286999845	0.399999845	0.469459984
BusBar44	BusBar34-BusBar44 LINE	BusBar34	0.285118838	0.383241539	0.467954792
BusBar44	BusBar43-BusBar44 LINE	BusBar43	0.299958119	0.330493361	0.474301251
BusBar45	BusBar22-BusBar45 LINE	BusBar22	0.207936617	0.343109911	0.487080041
BusBar45	BusBar47-BusBar45 LINE	BusBar47	0.273544228	0.369585837	0.518335319
BusBar46	BusBar40-BusBar46 LINE	BusBar40	0.326261367	0.379265	0.465707456
BusBar47	BusBar47-BusBar8 LINE	BusBar8	0.307497217	0.398566412	0.486364321
BusBar47	BusBar47-BusBar15 LINE	BusBar15	0.336387426	0.366146766	0.490238058
BusBar47	BusBar47-BusBar37 LINE	BusBar37	0.312916548	0.399900228	0.498850615
BusBar47	BusBar47-BusBar38 LINE	BusBar38	0.323526579	0.399310799	0.471991248
BusBar47	BusBar47-BusBar45 LINE	BusBar45	0.232002541	0.349249773	0.473768658
BusBar47	BusBar47-BusBar48 LINE	BusBar48	0.242203697	0.340609786	0.481486842
BusBar47	BusBar47-BusBar36 LINE	BusBar36	0.195353828	0.325526876	0.517183355
BusBar48	BusBar31-BusBar48 LINE	BusBar31	0.362303607	0.397223738	0.48633713
BusBar48	BusBar31-BusBar48 LINE(1)	BusBar31	0.362303607	0.397223738	0.48633713
BusBar48	BusBar47-BusBar48 LINE	BusBar47	0.226397398	0.308631905	0.509471735
BusBar48	BusBar48-BusBar12 LINE	BusBar12	0.270065603	0.3635589	0.473959944
BusBar48	BusBar48-BusBar37 LINE	BusBar37	0.284951712	0.395963112	0.501782127
BusBar5	BusBar5-BusBar6 LINE	BusBar6	0.182852108	0.238063095	0.605507876
BusBar5	BusBar5-BusBar37 LINE	BusBar37	0.330057185	0.361865279	0.496698106
BusBar5	BusBar5-BusBar43 LINE	BusBar43	0.292676483	0.373075821	0.490483238
BusBar6	BusBar5-BusBar6 LINE	BusBar5	0.268440126	0.375062551	0.581775296
BusBar7	BusBar17-BusBar7 LINE	BusBar17	0.286999845	0.399999845	0.469459984
BusBar7	BusBar27-BusBar7 LINE	BusBar27	0.328297756	0.354301625	0.667627954

BusBar8	BusBar8-BusBar10 LINE	BusBar10	0.299314793	0.316777508	0.479861133
BusBar8	BusBar47-BusBar8 LINE	BusBar47	0.313768316	0.375006396	0.492027354
BusBar9	BusBar9-BusBar28 LINE	BusBar28	0.292064647	0.36387884	0.550403941
BusBar9	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar24	0.285301738	0.386696655	0.467610279
BusBar9	BusBar40-BusBar9 LINE	BusBar40	0.211574482	0.376033675	0.51228295
Rölenin Bağlı Olduğu Bara	**Korunan İletim Hattı**	**Rölenin Karşı Barası**	**2 Faz Toprak Arıza Süreleri (s)**		
			%10 Arızası	**%50 Arızası**	**%90 Arızası**
BusBar1	BusBar20-BusBar1 LINE	BusBar20	0.364657764	0.384412142	0.491760824
BusBar1	BusBar23-BusBar1 LINE	BusBar23	0.214920524	0.288296939	1.032492552
BusBar10	BusBar8-BusBar10 LINE	BusBar8	0.278202882	0.337939581	0.507228066
BusBar10	BusBar28-BusBar10 LINE	BusBar28	0.339247108	0.393677269	0.51961494
BusBar11	BusBar11-BusBar12 LINE	BusBar12	0.315216011	0.335040094	0.456776173
BusBar11	BusBar11-BusBar37 LINE	BusBar37	0.27791337	0.373172622	0.772439579
BusBar12	BusBar11-BusBar12 LINE	BusBar11	0.306392014	0.357046466	0.453488628
BusBar12	BusBar48-BusBar12 LINE	BusBar48	0.288596872	0.383086864	0.460642293
BusBar13	BusBar16-BusBar13 LINE	BusBar16	0.32963908	0.340469183	0.480325618
BusBar13	BusBar20-BusBar13 LINE	BusBar20	0.257884057	0.36223581	0.873855739
BusBar14	BusBar14-BusBar43 LINE	BusBar43	0.259648455	0.326636276	0.490174827
BusBar15	BusBar47-BusBar15 LINE	BusBar47	0.33161938	0.381920691	0.513942738
BusBar16	BusBar3-BusBar16 LINE	BusBar3	0.301500269	0.365672458	0.46380667
BusBar16	BusBar16-BusBar13 LINE	BusBar13	0.26245739	0.355684725	0.657508463
BusBar17	BusBar17-BusBar7 LINE	BusBar7	0.359232507	0.396934937	0.491510567
BusBar17	BusBar17-BusBar27 LINE	BusBar27	0.297662977	0.377368559	0.527721346
BusBar17	BusBar38-BusBar17 LINE	BusBar38	0.336387426	0.386146766	0.490238058
BusBar18	BusBar18-BusBar19 LINE	BusBar19	0.303473903	0.335701889	0.573140915
BusBar18	BusBar18-BusBar36 LINE	BusBar36	0.309466959	0.362566636	0.490121477
BusBar19	BusBar18-BusBar19 LINE	BusBar18	0.306137913	0.325963266	0.447925925
BusBar19	BusBar35-BusBar19 LINE	BusBar35	0.293017496	0.335719275	0.479557468
BusBar2	BusBar23-BusBar2 LINE	BusBar23	0.306660035	0.354570741	0.506161312
BusBar20	BusBar20-BusBar1 LINE	BusBar1	0.313473343	0.365572609	0.746885319
BusBar20	BusBar20-BusBar13 LINE	BusBar13	0.359232507	0.378593955	0.497835421
BusBar20	BusBar21-BusBar20 LINE	BusBar21	0.239167729	0.303531004	0.52380512
BusBar21	BusBar3-BusBar21 LINE	BusBar3	0.309399582	0.393038216	0.474628701
BusBar21	BusBar21-BusBar20 LINE	BusBar20	0.312762692	0.395142506	0.506159907
BusBar21	BusBar21-BusBar22 LINE	BusBar22	0.323490139	0.356612294	0.49207992
BusBar21	BusBar21-BusBar42 LINE	BusBar42	0.338998895	0.384107676	0.491310641
BusBar21	BusBar23-BusBar21 LINE	BusBar23	0.225073916	0.291283466	0.538353098
BusBar21	BusBar23-BusBar21 LINE(1)	BusBar23	0.225073916	0.291283466	0.538353098
BusBar22	BusBar21-BusBar22 LINE	BusBar21	0.306392014	0.357046466	0.453488628
BusBar22	BusBar22-BusBar4 LINE	BusBar4	0.268805348	0.345124733	0.491899824
BusBar22	BusBar22-BusBar45 LINE	BusBar45	0.378252082	0.386527819	0.473286834
BusBar23	BusBar23-BusBar1 LINE	BusBar1	0.355739539	0.376854357	0.497497745
BusBar23	BusBar23-BusBar2 LINE	BusBar2	0.261392597	0.377263622	0.511001428
BusBar23	BusBar23-BusBar21 LINE	BusBar21	0.285119783	0.356652112	0.490808909

BusBar23	BusBar23-BusBar21 LINE(1)	BusBar21	0.285119783	0.356652112	0.490808909
BusBar24	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar9	0.307702653	0.338718636	0.471835331
BusBar24	BusBar24-BusBar39 LINE	BusBar39	0.363680548	0.397151669	0.454742064
BusBar25	BusBar25-BusBar26 LINE	BusBar26	0.330057185	0.381865279	0.496698106
BusBar26	BusBar25-BusBar26 LINE	BusBar25	0.250948592	0.361246571	0.471725704
BusBar26	BusBar27-BusBar26 LINE	BusBar27	0.257419604	0.353431181	0.814342254
BusBar26	BusBar27-BusBar26 LINE(1)	BusBar27	0.257419604	0.353431181	0.814342254
BusBar27	BusBar17-BusBar27 LINE	BusBar17	0.257622399	0.344023372	0.639530542
BusBar27	BusBar27-BusBar7 LINE	BusBar7	0.320687766	0.337441853	0.7275699
BusBar27	BusBar27-BusBar26 LINE	BusBar26	0.278150853	0.385877808	0.724978443
BusBar27	BusBar27-BusBar26 LINE(1)	BusBar26	0.278150853	0.385877808	0.724978443
BusBar28	BusBar9-BusBar28 LINE	BusBar9	0.311695738	0.396147076	0.483700362
BusBar28	BusBar28-BusBar10 LINE	BusBar10	0.309466959	0.362566636	0.490121477
BusBar28	BusBar28-BusBar29 LINE	BusBar29	0.339247108	0.393677269	0.51961494
BusBar28	BusBar28-BusBar43 LINE	BusBar43	0.352777004	0.393392498	0.489454034
BusBar28	BusBar34-BusBar28 LINE	BusBar34	0.325210693	0.393259138	0.501830138
BusBar29	BusBar28-BusBar29 LINE	BusBar28	0.27791337	0.373172622	0.702439579
BusBar3	BusBar3-BusBar21 LINE	BusBar21	0.350311865	0.36896598	0.488729321
BusBar3	BusBar3-BusBar16 LINE	BusBar16	0.32363208	0.355680588	0.513852644
BusBar30	BusBar38-BusBar30 LINE	BusBar38	0.292064647	0.36387884	0.550403941
BusBar31	BusBar31-BusBar48 LINE	BusBar48	0.182852108	0.238063095	2.605507876
BusBar31	BusBar31-BusBar48 LINE(1)	BusBar48	0.182852108	0.238063095	2.605507876
BusBar32	BusBar32-BusBar33 LINE	BusBar33	0.263609962	0.314601925	0.50721509
BusBar32	BusBar32-BusBar33 LINE(1)	BusBar33	0.263609962	0.314601925	0.50721509
BusBar32	BusBar32-BusBar42 LINE	BusBar42	0.351551217	0.371034499	0.489214584
BusBar32	BusBar41-BusBar32 LINE	BusBar41	0.26340894	0.318773662	0.474155607
BusBar33	BusBar32-BusBar33 LINE	BusBar32	0.214920524	0.288296939	1.032492552
BusBar33	BusBar32-BusBar33 LINE(1)	BusBar32	0.214920524	0.288296939	1.032492552
BusBar34	BusBar34-BusBar28 LINE	BusBar28	0.259148396	0.330693655	0.724204292
BusBar34	BusBar34-BusBar44 LINE	BusBar44	0.28404848	0.324125485	0.468738361
BusBar35	BusBar35-BusBar19 LINE	BusBar19	0.238844573	0.32093598	0.461580759
BusBar35	BusBar35-BusBar36 LINE	BusBar36	0.359232507	0.376934937	0.491510567
BusBar36	BusBar18-BusBar36 LINE	BusBar18	0.260855492	0.359118757	0.523878361
BusBar36	BusBar35-BusBar36 LINE	BusBar35	0.328596872	0.344469317	0.460642293
BusBar36	BusBar38-BusBar36 LINE	BusBar38	0.358392563	0.36290966	0.685037799
BusBar36	BusBar47-BusBar36 LINE	BusBar47	0.328297756	0.354301625	0.867627954
BusBar37	BusBar5-BusBar37 LINE	BusBar5	0.318451547	0.375327278	0.498529724
BusBar37	BusBar11-BusBar37 LINE	BusBar11	0.282154127	0.383086864	0.504056409
BusBar37	BusBar47-BusBar37 LINE	BusBar47	0.259648455	0.326636276	0.490174827
BusBar37	BusBar48-BusBar37 LINE	BusBar48	0.33161938	0.361920691	0.513942738
BusBar38	BusBar38-BusBar17 LINE	BusBar17	0.317956213	0.3518064	0.511014268
BusBar38	BusBar38-BusBar30 LINE	BusBar30	0.346311429	0.371656024	0.496224687
BusBar38	BusBar38-BusBar36 LINE	BusBar36	0.299241893	0.390988982	0.507406362
BusBar38	BusBar47-BusBar38 LINE	BusBar47	0.290771358	0.351682289	0.535944604

BusBar39	BusBar24-BusBar39 LINE	BusBar24	0.354661127	0.395455932	0.442092012
BusBar39	BusBar39-BusBar41 LINE	BusBar41	0.315062509	0.355413321	0.497964424
BusBar4	BusBar22-BusBar4 LINE	BusBar22	0.247989007	0.321381432	0.493067494
BusBar4	BusBar42-BusBar4 LINE	BusBar42	0.3158915	0.332801404	0.452093446
BusBar40	BusBar40-BusBar9 LINE	BusBar9	0.295677519	0.3797125	0.551629363
BusBar40	BusBar40-BusBar46 LINE	BusBar46	0.295568523	0.340194425	0.495168712
BusBar41	BusBar39-BusBar41 LINE	BusBar39	0.293017496	0.335719275	0.479557468
BusBar41	BusBar41-BusBar32 LINE	BusBar32	0.306660035	0.354570741	0.506161312
BusBar42	BusBar21-BusBar42 LINE	BusBar21	0.271451197	0.336470517	0.492887441
BusBar42	BusBar32-BusBar42 LINE	BusBar32	0.334632292	0.357116957	0.481214421
BusBar42	BusBar42-BusBar4 LINE	BusBar4	0.368208551	0.384752274	0.481373883
BusBar43	BusBar5-BusBar43 LINE	BusBar5	0.308777393	0.394451807	0.518186884
BusBar43	BusBar14-BusBar43 LINE	BusBar14	0.32298068	0.348964016	0.474828032
BusBar43	BusBar28-BusBar43 LINE	BusBar28	0.312078849	0.364544116	0.488108933
BusBar43	BusBar43-BusBar44 LINE	BusBar44	0.247989007	0.350494467	0.482412625
BusBar44	BusBar34-BusBar44 LINE	BusBar34	0.355118838	0.383241539	0.467954792
BusBar44	BusBar43-BusBar44 LINE	BusBar43	0.299958119	0.330493361	0.474301251
BusBar45	BusBar22-BusBar45 LINE	BusBar22	0.307936617	0.343109911	0.487080041
BusBar45	BusBar47-BusBar45 LINE	BusBar47	0.273544228	0.369585837	0.518335319
BusBar46	BusBar40-BusBar46 LINE	BusBar40	0.376261367	0.399265	0.465707456
BusBar47	BusBar47-BusBar8 LINE	BusBar8	0.307497217	0.398566412	0.486364321
BusBar47	BusBar47-BusBar15 LINE	BusBar15	0.305450579	0.333922217	0.49151946
BusBar47	BusBar47-BusBar37 LINE	BusBar37	0.312916548	0.399900228	0.498850615
BusBar47	BusBar47-BusBar38 LINE	BusBar38	0.323526579	0.399310799	0.471991248
BusBar47	BusBar47-BusBar45 LINE	BusBar45	0.232002541	0.349249773	0.473768658
BusBar47	BusBar47-BusBar48 LINE	BusBar48	0.242203697	0.340609786	0.481486842
BusBar47	BusBar47-BusBar36 LINE	BusBar36	0.195353828	0.325526876	0.517183355
BusBar48	BusBar31-BusBar48 LINE	BusBar31	0.312303607	0.357223738	0.48633713
BusBar48	BusBar31-BusBar48 LINE(1)	BusBar31	0.322303607	0.357223738	0.48633713
BusBar48	BusBar47-BusBar48 LINE	BusBar47	0.226397398	0.308631905	0.509471735
BusBar48	BusBar48-BusBar12 LINE	BusBar12	0.270065603	0.3635589	0.473959944
BusBar48	BusBar48-BusBar37 LINE	BusBar37	0.334951712	0.365963112	0.501782127
BusBar5	BusBar5-BusBar6 LINE	BusBar6	0.383508031	0.39015046	0.49678945
BusBar5	BusBar5-BusBar37 LINE	BusBar37	0.330057185	0.371865279	0.496698106
BusBar5	BusBar5-BusBar43 LINE	BusBar43	0.292676483	0.373075821	0.490483238
BusBar6	BusBar5-BusBar6 LINE	BusBar5	0.268440126	0.375062551	0.781775296
BusBar7	BusBar17-BusBar7 LINE	BusBar17	0.214920524	0.288296939	1.032492552
BusBar7	BusBar27-BusBar7 LINE	BusBar27	0.328297756	0.354301625	0.867627954
BusBar8	BusBar8-BusBar10 LINE	BusBar10	0.259314793	0.316777508	0.479861133
BusBar8	BusBar47-BusBar8 LINE	BusBar47	0.313768316	0.375006396	0.492027354
BusBar9	BusBar9-BusBar28 LINE	BusBar28	0.292064647	0.36387884	0.550403941
BusBar9	BusBar24-BusBar9 LINE	BusBar24	0.385301738	0.396696655	0.467610279
BusBar9	BusBar40-BusBar9 LINE	BusBar40	0.311574482	0.384033675	0.51228295

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Hidayet AYDIN

Doğum Tarihi ve Yeri :03.09.1986, EDİRNE

Yabancı Dili :İngilizce

E-posta :hidayet.aydin@outlook.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Elektrik Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	-
Lisans	Elektrik Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2011
Lise	Fen Bilimleri	Dr. Sadık Ahmet Lisesi	2003

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2013-halen	Tübitak MAM Enerji Enstitüsü	Araştırmacı
2012-2013	Analiz Otomasyon Ltd.Şti.	Elektrik Müh.
2011-2012	Türk Silahlı Kuvvetleri	Elektrik Müh.

YAYINLARI

Makale

1. Arikan, O., Gursanli, O. ve Aydin, H., (2016). “An Algorithm for Transmission Distance Relay Setting Calculation under Network Topology Change”, International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering, 4(5):508-513.

Bildiri

1. Arikan, O., Aydin, H. ve Gursanli, O., (2016). “Yüksek Gerilim Enerji İletim Hatlarını Koruma Uygulaması”, 2. Güç Sistemleri Konferansı (CİGRE), 15-16 Kasım 2016, İstanbul/TÜRKİYE.