T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE HATLARIN KISA DEVRE VE GÜÇ SALINIMINA KARŞI NÜMERİK MESAFE RÖLELERİ İLE KORUNMASININ İNCELENMESİ VE DİNAMİK SİMÜLASYONUNUN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

ENES ÖZEVİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK TESİSLERİ PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. RECEP YUMURTACI

İSTANBUL, 2015

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE HATLARIN KISA DEVRE VE GÜÇ SALINIMINA KARŞI NÜMERİK MESAFE RÖLELERİ İLE KORUNMASININ İNCELENMESİ VE DİNAMİK SİMÜLASYONUNUN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Enes ÖZEVİN tarafından hazırlanan tez çalışması 15.04.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Recep YUMURTACI

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Recep YUMURTACI

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Celal KOCATEPE

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Osman KILIÇ

Marmara Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Yaklaşık üç yıldır üzerinde çalıştığım ve geçtiğimiz Haziran ayından itibaren planlı olarak yazmaya başladığım yüksek lisans tezimi bitirmiş olmanın mutluluğunu yaşamaktayım. Çalışmam süresince bana yol gösteren, işlerimin yoğun olduğu durumlarda azami anlayış gösteren tez danışmanım Doç. Dr.Recep Yumurtacı hocama teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam esnasında bana bilgi ve cihaz desteği sağlayan halen çalışanı olduğum, 4A Elektrik Elektronik Teknoloji San. Ltd. Şti.'ndeki müdürlerime, çalışma arkadaşlarıma ve tüm hayatım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir zaman üzerimden eksik etmeyen değerli aileme teşekkürü borç bilirim. Son olarak bitirmiş olduğum tez çalışmamın ülkeme yararlı olmasını dilerim.

Nisan, 2015

Enes Özevin

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ ix

KISALTMA LİSTESİ xi

ŞEKİL LİSTESİ xiii

ÇİZELGE LİSTESİ xvi

ÖZET xvii

ABSTRACT xix

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 3

BÖLÜM 2

TİPİK MESAFE KORUMASI 4

2.1 Giriş 4
2.2 Mesafe Koruma ile ilgili Parametreler ve Ekipmanlar 5
2.2.1 Tek Bara 138kV Örnek Trafo Merkezi 5
2.2.2 Çift Bara 380kV Örnek Trafo Merkezi 6
2.2.3 Bağlantı Ekipmanları 7
2.2.4 Açma Devresi 7
2.2.5 Ölçme Prensibi 8
2.3 Empedans Hesaplama Yöntemleri 10
2.3.1 Faz Arası Arızalar 10
2.3.2 Faz-Toprak Arızaları 11
2.4 Mesafe Rölelerinin Karakteristikleri 12
2.4.1 Empedans Rölesi 12
2.4.2 Mho (Admitans) Rölesi 13

2.4.3 Dörtgen (Quadrilateral) Röle 14
2.4.4 Diğer Röle Karakteristikleri 15
2.5 Polarizasyon Yöntemleri 17
2.5.1 Polarizasyonun Önemi 17
2.5.2 Bellek İşlemi 18
2.5.3 Polarizasyon 19
2.5.3.1 Kendinden Polarizasyon(Self-Polarization) 20
2.5.3.2 Çapraz Polarizasyon(Cross-Polarization) 20
2.5.3.3 Geri Faz Polarizasyonu(Lagging Phase Polarization) 23
2.5.3.4 İleri Faz Polarizasyonu(Leading Phase Polarization) 23
2.5.3.5 Pozitif-Sequence Gerilim Polarizasyonu 23
2.6 Arıza Türünü Belirleme 25
2.7 Yük Aşma Fonksiyonu 26
2.8 Mesafe Koruma Düzenleri ve Uygulamaları 27
2.8.1 Mesafe Röleleriyle İletim Hatlarının Korunması 27
2.8.2 Kademeli Mesafe Koruma Düzenleri 28
2.8.2.1 1. Bölge 29
2.8.2.2 Genişletilmiş 1.Bölge 30
2.8.2.3 2. Bölge 30
2.8.2.4 3. Bölge 32
2.8.2.5 Geri Yönlü 3. Bölge 33
2.8.3 3.Bölge ve Yedek Koruma Teçhizatları 34
2.8.3.1 Aküler 34
2.8.3.2 Röleler 34
2.8.3.3 Transdüserler 35
2.8.3.4 Kesiciler 35
2.8.3.5 Bara Yapıları 35
2.9 Bölge Ayarlama Çeşitleri 36
2.9.1 Mho Karakteristiği Açı Ayarı 37
2.9.2 Mho Karakteristik Öteleme(Offset) 37
2.9.3 Karakteristik Biçimlendirme 37
2.9.4 Yük Aşımı Karakteristiği 38
2.10 Kaynak Empedans Oranı (SIR: Source Impedance Ratio) 38
2.11 Mesafe Korumasında Hat Uzunluğunun Önemi 39
2.12 İletişim Destekli Mesafe Koruma 41
2.12.1 1. Bölge Uzatma Düzeni 43
2.12.2 Transfer Açma Düzeni 47
2.12.2.1 Doğrudan Düşük Menzil Transfer Açtırma Düzeni 47
2.12.2.2 Müsaadeli Düşük Menzil Transfer Açma Düzeni(PUP) 48
2.12.2.3 Müsaadeli Düşük Menzil Hızlandırma Düzeni 51
2.12.2.4 Müsaadeli Aşırı Menzil Transfer Açma Düzeni(POP) 52
2.12.2.5 Zayıf Besleme Koşulları 55
2.12.3 Aşırı Menzil Kilitleme Düzeni 57
2.12.3.1 Pratik Kilitleme Düzeni 59
2.12.3.2 2. Bölge elemanını kullanan aşırı menzil kilitleme koruma düzeni .. 59
2.12.3.3 2. Bölge elemanlarını kullanan aşırı menzil kilitleme düzeni 62

2.12.3.4 Zayıf Besleme Koşulları 62
2.12.4 Yön Karşılaştırmalı Kilitleme Düzeni 63
2.12.5 Transfer Açma ve Kilitleme Düzeni Karşılaştırması 64

BÖLÜM 3

MESAFE KORUMA RÖLELERİ İLE GÜÇ SALINIMI KORUMASI 65

3.1 Giriş 65
3.2 Güç Salınımı Esnasında Sistemde Oluşabilecek Tehlikeler 66
3.2.1 Kesici Arızasına Neden olan Geçici Kurtarma Gerilimi(TRV) 66
3.2.2 Tüketim(Yük) ve Üretimi Ayırma 66
3.2.3 Ekipman Hasarları 67
3.2.4 Hattaki Geçişli Açmalar 67
3.2.5 Üretim Ünitelerinin İstenmeyen Geçişli Açmaları 67
3.3 Güç Sistemi Stabilitesi 67
3.3.1 İki Eşdeğer Kaynak Arasında Güç Transferi 68
3.3.2 Güç Açısı Eğrisi 69
3.3.3 Arıza Esnasında İletim Empedansı 69
3.3.4 Geçici Kararlı ve Kararsız Sistemler 71
3.4 Senkronizasyon Kaybı Karakteristiği 73
3.4.1 Güç Salınımı Esnasında Mesafe Koruma Rölesi Tarafından Ölçülen Empedans 74
3.4.2 İletim Hattı Rölelerinde ve Röle Sistemlerinde Güç Salınımı Etkisi 76
3.5 Güç Salınımı Koruma Prensibi 78
3.5.1 Güç Salınımı Tespit Yöntemleri ve Düzenleri 79
3.5.2 Güç Salınımı Koruma Fonksiyonları 80
3.5.3 Güç Salınımı Açma ve Blokaj Fonksiyonları 81
3.5.4 Güç Salınımı Fonksiyonlarının Uygulaması 81
3.6 Güç Salınımındaki Arızalar Esnasında Mesafe Koruması 84
3.6.1 Güç Salınımı Esnasında Mesafe Koruma Gereksinimleri 84
3.6.1.1 Hız: Güç Salınımı esnasında mesafe elemanları bir zaman gecikmesiyle açma yapabilirler. 84
3.6.1.2 Selektivite: Mesafe elemanları güç salınımı esnasında tek faz-toprak arızalar için üç kutuplu açma yapabilirler. 85
3.6.1.3 Güvenilirlik: Güç salınımı esnasında tüm iç arızalarda mesafe elemanları açma yapmalıdır. 85
3.6.1.4 Güvenlik: 85
3.6.2 Güç Salınımında Dış Arızalara karşı Güvenlik 86
3.6.3 Güç Salınımlarında Arızalı Faz Seçimi 90

BÖLÜM 4

SAYISAL UYGULAMALAR VE RÖLE AYARLARI 93

4.1 Tipik Mesafe Koruma Hesabı 93
4.1.1 Genel Bilgiler 93
4.1.2 Sistem Bilgileri ve Kabuller 94
4.1.3 Hat Empedanslarının Hesaplanması 95
4.1.3.1 MOSB-Tepeören Hat Empedansı Hesaplaması 96
4.1.3.2 Tepeören-Paşaköy Hat Empedansı Hesaplaması 97
4.1.3.3 Tepeören-Adapazarı Hat Empedansı Hesaplaması 97
4.1.3.4 MOSB-Adapazarı T Hat Empedansı Hesaplaması 98
4.1.4 k0(0 sequence düzeltme faktörü) Hesaplanması 98
4.1.5 Ark Direnci(R_{arc}) Hesabı 99
4.1.6 Arıza Direnci (R_f) Hesabı 100
4.1.6.1 Faz-Toprak Arıza direnci (R_f) 100
4.1.6.2 Faz-Faz Arıza direnci (R_f) 100
4.1.7 Koruma Bölgelerinin Belirlenmesi 101
4.1.7.1 1.Bölge empedans hesabı 102
4.1.7.2 2.Bölge empedans hesabı 103
4.1.7.3 3.Bölge empedans hesabı 103
4.1.7.4 4.Bölge empedans hesabı 104
4.1.7.5 5.Bölge empedans hesabı 104
4.1.8 Röle Ayarları(SEL-421) 105
4.1.8.1 Global Ayarlar 105
4.1.8.2 Grup Ayarları 106
4.1.8.3 Röle Koruma Fonksiyonları Ayarları 110
4.1.9 Açma Lojik Denklemi ve Kontrol Çıkışları 114
4.2 Güç Salınımı Koruma Uygulamaları ve Röle Ayarları 116
4.2.1 Genel Bilgiler 116
4.2.2 Güç Salınımı Kilitleme 117
4.2.2.1 Faz Mesafe Elemanı Kilitleme 117
4.2.2.2 Kademe 6 ve Kademe 7 Empedans Ayarları 119
4.2.2.3 Güç Salınımı Kilitleme Gecikmesi 122
4.2.2.4 Güç Salınımı Kilidini Kenetleme 125
4.2.2.5 Güç Salınımı Kilidini Çözme 125
4.2.3 Güç Salınımı Açma 130
4.2.3.1 Faz Mesafe Elemanını Kilitleme 131
4.2.3.2 Kademe 6 ve Kademe 7 Empedans Ayarları 132
4.2.3.3 Güç Salınımı Açma ve Kilitleme 133
4.2.3.4 Güç Salınımı Açma Zamanı 133
4.2.3.5 Güç Salınımı Kilitleme Gecikmesi 135
4.2.3.6 Açma Lojik Denklemi 136

BÖLÜM 5

SİMÜLASYON VE PROJE UYGULAMALARI 138
5.1 Giriş 138
5.2 Projelendirme Yöntemi 139
5.2.1 Proje Yazılımı 139
5.3 Simülasyon Yöntemi 140
5.3.1 Simülasyon Cihazı 140
5.3.2 Simülasyon Yazılımı 141
5.4 Olay Analiz Yöntemi 141
5.4.1 Olay Kayıt Yazılımları 141
5.4.2 Olay Kaydı Röle Ayarları 142
5.5 Tipik Mesafe Koruma Analizleri 146
5.5.1 Projelendirme 146
5.5.2 Sistem Simülasyonu 152
5.5.3 Arıza Kayıtları ve Yorumlar 155
5.5.3.1 Üç Fazlı Arızalar 156
5.5.3.2 Faz-Faz Arızaları 163
5.5.3.3 Faz-Toprak Arızaları 168
5.5.3.4 Trifaze Sistemlerde Asimetrik Arızalar 173
5.6 Güç Salınımı Açma ve Blokaj Analizleri 175
5.6.1 Projelendirme 175
5.6.2 Sistem Simülasyonu 181
5.6.3 Arıza Kayıtları ve Yorumlar 184
5.6.3.1 Güç Salınımı Blokaj Testi 184
5.6.3.2 Güç Salınımı Açma Testi 186

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER 190

KAYNAKLAR 192

ÖZGEÇMİŞ 194

SİMGE LİSTESİ

U	Gerilim
I	Akım
Z	Empedans
R	Direnç
X	Reaktans
P	Aktif Güç
V	Volt
A	Amper
W	Watt
Hz	Hertz
ϕ	Polarizasyon Faz Yer değiştirme Açısı
km	Kilo Metre
Ω	Ohm
Z1X	Mesafe Koruma Genişletilmiş 1.Bölge Menzili
t	Zaman
Z1	Mesafe Koruma 1.Bölge Menzili
Z2	Mesafe Koruma 2.Bölge Menzili
Z3	Mesafe Koruma 3.Bölge Menzili
Z4	Mesafe Koruma 4.Bölge Menzili
Z5	Mesafe Koruma 5.Bölge Menzili
δ	Güç Açısı
P_0	Mekanik Güç
E_S	Kaynak Gerilimi
32QF	Negatif Sequence Yön Lojik Elemanı
50Q	Negatif Sequence Aşırı Akım Lojik Elemanı
MPP	Faz Mesafe Lojik Elemanı
k_0	0 Sequence Düzeltme Faktörü
32QG	Negatif Sequence Gerilim Polarlamalı Yön Lojik Elemanı
32QI	0 Sequence Gerilim Polarlamalı Yön Lojik Elemanı
32I	0 Sequence Akım Polarlamalı Yön Lojik Elemanı
TPA	Mesafe Koruma A Faz Arıza Sinyali Röle Lojik Elemanı
TPB	Mesafe Koruma B Faz Arıza Sinyali Röle Lojik Elemanı
TPC	Mesafe Koruma C Faz Arıza Sinyali Röle Lojik Elemanı

s	Saniye
I_{LMAX}	Maksimum Yük Akımı
Z_{Lmin}	Minimum Yük Empedansı
f	Frekans
Z_T	Aktarım(Transfer) Empedansı
tan	Tanjant
cos	Kosinüs
atan	Arktanjant
f_{nom}	Nominal Frekans
f_{slip}	Kayma Frekansı
R_TRIG	Yükselen Kenar Röle Lojik Elemanı
F_TRIG	Düşen Kenar Röle Lojik Elemanı
a	Simetrili Bileşen Vektör Elemanı
cyc	cycle

KISALTMA LİSTESİ

52AEND	52A Pole Open Time Delay
AC	Alternating Current
ATO	Akım Trafosu Oranı
BID1	Breaker 1 Identifier
BK1TYP	Breaker 1 Trip Type
CLOEND	Close Enable Delay
CTRW	Current Transformer Ratio—Input W
DC	Direct Current
DCB	Institute of Electrical and Electronics Engineers
DCUB	Directional Comparison Unblocking
DTT	Direct Transfer Trip
EADVS	Enable Advanced Settings
ECOMM	Enable Communications-Assisted Tripping
EFLOC	Enable Fault Location
EHV	Extra High Voltage
ELOAD	Enable Load Encroachment
ELOP	Enable Loss-of-Potential
EOOS	Enable Out-of-Step
EOOST	Enable Out-of-Step Trip
ER	Event Report
ESOTF	Enable Switch–Onto Fault
EVRST	Enable Switch-Onto-Fault Voltage Reset
FAT	Factory Acceptance Test
FSA	Fault-Type Selection A Phase
GTO	Gerilim Trafosu Oranı
HMI	Human Machine Interface
IIR	Infinite Impulse Response
IN	Input
IRIG-B	Inter Range Instrumentation Group mod B
LER	Length of Event Report
LL	Line Lenght
MOSB	Makine Organize Sanayi Bölgesi
NERC	North American Electric Reliability Corporation

NFREQ	Nominal System Frequency
NUMBK	Number of Breakers in Scheme
OOS	Out-of-Step
OOSDET	Out-of-Step Condition Detected
OSB	Out-of-Step Block
OSBD	Out-of-Step Block Time Delay
OSBLTCH	Latch Out-of-Step Blocking
OST	Out-of-Step Trip
OSTD	Out-of-Step Trip Delay
OSTI	Incoming Out-of-Step Trip
OSTO	Outgoing Out-of-Step Trip
OTK	Otomatik Tekrar Kapama
OUT	Output
PHROT	System Phase Rotation
POP	Permissive Over-reach Transfer Trip
POTT	Permissive Overreaching Transfer Trip
PRE	Length of Pre-Fault
PTRY	Potential Transformer Ratio—Input Y
PTRZ	Potential Transformer Ratio—Input Z
PUP	Permissive Under-reach Transfer Trip
PUTT	Permissive Underreaching Transfer Trip
RID	Relay Identifier
SAT	Site Acceptance Test
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SCV	Swing Centre Voltage
SEL	Schweitzer Engineering Laboratories Inc.
SID	Station Identifier
SIR	Source Impedance Ratio
SOTFD	Switch-Onto-Fault Enable Duration
SRATE	Sample Rate of Event Report
SSCB	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
TOWI	Trip-On-The-Way-In
TOWO	Trip-On-The-Way-Out
TR	Trip
TRV	Transient Recovery Voltage
UBD	Negative-Sequence Current Unblock Delay
UBOSBD	Out-of-Step Angle Unblock Delay
UBOSBF	Out-of-Step Angle Unblock Rate
USB	Universal Serial Bus
VNOMY	Potential Tranformer Nominal Voltage (L-L)—Input Y
VNOMZ	Potential Tranformer Nominal Voltage (L-L)—Input Z

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Tek baralı trafo merkezi 6
Şekil 2.2 Çift baralı trafo merkezi 7
Şekil 2.3 İletim hattının mesafe koruması 8
Şekil 2.4 Koruma rölesinden görülen arızalı hat empedans bölgesi 10
Şekil 2.5 R-X düzleminde empedans rölesinin çalışma karakteristiği 13
Şekil 2.6 Mho rölesi çalışma karakteristiği 14
Şekil 2.7 Dörtgen röle çalışma karakteristiği 15
Şekil 2.8 Eliptik karakteristik 16
Şekil 2.9 Peanut karakteristik 16
Şekil 2.10 Mercek karakteristik 16
Şekil 2.11 Bellek işlemi R-C devresi 18
Şekil 2.12 B-C arızalarında çalışma ve polarizasyon sinyalleri 21
Şekil 2.13 A faz-toprak arızalarında çalışma ve polarizasyon sinyalleri 22
Şekil 2.14 Yük aşma karakteristiği 27
Şekil 2.15 Kademeli mesafe koruma bölgeleri 29
Şekil 2.16 Zaman kademeli mesafe koruma örneği 32
Şekil 2.17 K terminalindeki 3.bölgenin hat 4 arızası için ayarlanması 33
Şekil 2.18 Elektrik sistem yapıları 36
Şekil 2.19 Konvansiyonel mesafe rölesi düzenleri 41
Şekil 2.20 1.Bölge uzatma düzeni 44
Şekil 2.21 Otomatik tekrar kapama ile ilişkili 1.bölge uzatma düzeni 46
Şekil 2.22 Doğrudan düşük menzil transfer açtırma düzeni 47
Şekil 2.23 Müsaadeli düşük menzil transfer açma düzeni 49
Şekil 2.24 Çift devrede beslemeye yakın arızada müsaadeli düşük menzil transfer açma düzeni 50
Şekil 2.25 Müsaadeli düşük menzil hızlandırma düzeni 52
Şekil 2.26 Müsaadeli aşırı menzil transfer açma düzeni 53
Şekil 2.27 Akım tersleme koruma mantığı- müsaadeli aşırı menzil düzeni 55
Şekil 2.28 Zayıf besleme eko lojik devresi 56
Şekil 2.29 İdeal mesafe koruma kilitleme düzeni 58
Şekil 2.30 BOP Z2 düzeni sinyal lojiği 59
Şekil 2.31 Ters yönlü rölelerle kilitleme düzeni 61

Şekil 3.1 İki kaynaklı sistem 69
Şekil 3.2 Güç açısı eğrisi 69
Şekil 3.3 m noktasında arıza gerçekleşen iki kaynaklı sistem 70
Şekil 3.4 Farklı tip arızaların sequence eşdeğer devreleri 70
Şekil 3.5 Arızalı sistemin yıldız-üçgen eşdeğeri 70
Şekil 3.6 Farklı arıza tiplerinde ve normal koşullarda enerji iletim grafiği 71
Şekil 3.7 Geçici kararlı sistem 72
Şekil 3.8 Geçici kararsız sistem 73
Şekil 3.9 Senkronizasyon kaybı esnasında akım ve gerilim 74
Şekil 3.10 ES ile ER arasındaki eşitliğe göre Z1 güç salınımı(OOS) gezeneği 75
Şekil 3.11 Mesafe koruma rölesi karakteristiği 77
Şekil 3.12 Yön karşılaştırmalı blokaj düzeni karakteristiği 77
Şekil 3.13 Farklı çift körleştirici OSB karakteristikleri 80
Şekil 3.14 Blokaj fonksiyonlu ve zaman gecikmeli mesafe elemanları 86
Şekil 3.15 Güç salınımı için örnek sistem 87
Şekil 3.16 Kaynak gerilim değerlerine göre güç salınım bölgeleri 88
Şekil 3.17 Paralel hatlı sistem 89
Şekil 3.18 Güç salınımı esnasında POTT kullanımı için örnek sistem 89
Şekil 3.19 Güç salınımı esnasında mesafe koruma elemanları 90
Şekil 3.20 Güç salınımında arızalı faz seçimi lojiği 91
Şekil 4.1 Tepeören fideri tek hat şeması 93
Şekil 4.2 Genel merkez yerleşimi 96
Şekil 4.3 Arıza dirençli faz-toprak arızası eşdeğer devresi 100
Şekil 4.4 Arıza dirençli faz-faz arızası eşdeğer devresi 101
Şekil 4.5 Mho faz empedans diyagramı 110
Şekil 4.6 Örnek 500kV güç sistemi 116
Şekil 4.7 Güç salınımı karakteristiği ayar parametreleri 118
Şekil 4.8 R1R7 ayarı için empedans diyagramı 121
Şekil 4.9 Güç salınımı gezingesi 123
Şekil 4.10 İç körleştiriciler 126
Şekil 4.11 Güç salınımı açma karakteristikleri 130
Şekil 5.1 Artes 460 röle test cihazı 140
Şekil 5.2 Olay rapor sistemi 143
Şekil 5.3 Proje-1 kapak sayfası 147
Şekil 5.4 Proje-1 akım devresi 148
Şekil 5.5 Proje-1 gerilim devresi 149
Şekil 5.6 Proje-1 röle akım-gerilim devresi 150
Şekil 5.7 Proje-1 koruma-besleme devresi 151
Şekil 5.8 Hat fideri simülasyonu-akım,gerilim trafo bilgileri 152
Şekil 5.9 Hat fideri simülasyonu-hat empedans bilgileri 152
Şekil 5.10 Hat fideri simülasyon-koruma parametreleri 153
Şekil 5.11 Hat fideri simülasyon-trip kontakları,akım gerilim çıkışları 153
Şekil 5.12 Tipik mesafe koruma simülasyon düzeni 154
Şekil 5.13 Arıza türleri 156
Şekil 5.14 1.Bölge üç faz arıza kaydı 157
Şekil 5.15 2.Bölge üç faz arıza kaydı 158

Şekil 5.16 3.Bölge üç faz arıza kaydı 158
Şekil 5.17 4.Bölge üç faz arıza kaydı 159
Şekil 5.18 5.Bölge üç faz arıza kaydı 159
Şekil 5.19 Üç fazlı arızalar için akım-gerilim fazör diyagramları 160
Şekil 5.20 Üç faz simülasyon testi 161
Şekil 5.21 Arıza yeri tespit değerleri 162
Şekil 5.22 1.Bölge B-C faz-faz arızası 163
Şekil 5.23 2.Bölge B-C faz-faz arızası 164
Şekil 5.24 3.Bölge B-C faz-faz arızası 164
Şekil 5.25 4.Bölge B-C faz-faz arızası 165
Şekil 5.26 5.bölge B-C faz-faz arızası 165
Şekil 5.27 B-C faz-faz simülasyon testi 166
Şekil 5.28 B-C faz-faz arıza yeri tespit değerleri 167
Şekil 5.29 1.Bölge A faz-toprak arızası 168
Şekil 5.30 2.Bölge A faz-toprak arızası 169
Şekil 5.31 3.Bölge A faz-toprak arızası 169
Şekil 5.32 4.Bölge A faz-toprak arızası 170
Şekil 5.33 5.Bölge A faz-toprak arızası 170
Şekil 5.34 A faz-toprak simülasyon testi 171
Şekil 5.35 A faz-toprak arıza yeri tespit değerleri 172
Şekil 5.36 Faz-toprak arızaları için akım-gerilim fazör diyagramları 174
Şekil 5.37 Faz-faz arızaları için akım-gerilim fazör diyagramları 174
Şekil 5.38 Proje-2 kapak sayfası 176
Şekil 5.39 Proje-2 akım devresi 177
Şekil 5.40 Proje-2 gerilim devresi 178
Şekil 5.41 Proje-2 röle akım-gerilim devresi 179
Şekil 5.42 Proje-2 koruma-besleme devresi 180
Şekil 5.43 Proje-2 simülasyonu-akım,gerilim trafo bilgileri 181
Şekil 5.44 Proje-2 simülasyon-hat empedans bilgileri 181
Şekil 5.45 Proje-2 simülasyon-koruma parametreleri 182
Şekil 5.46 Proje-2 simülasyon-trip kontakları,akım gerilim çıkışları 182
Şekil 5.47 Proje-2 mesafe koruma simülasyon düzeni 183
Şekil 5.48 Güç salınımı blokaj empedans diyagramı 184
Şekil 5.49 Güç salınımı blokaj test noktaları 185
Şekil 5.50 Güç salınımı blokaj rampa fonksiyonu 185
Şekil 5.51 Güç salınımı blokaj arıza kaydı 186
Şekil 5.52 Güç salınımı açma empedans diyagramı 187
Şekil 5.53 Güç salınımı açma test noktaları 187
Şekil 5.54 Güç salınımı açma rampa fonksiyonu 188
Şekil 5.55 Güç salınımı açma arıza kaydı 189

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Faz-faz arızaları sırasında ölçülen akım ve gerilimler 11
Çizelge 2.2 Faz-toprak arızaları sırasında ölçülen akım ve gerilimler 11
Çizelge 2.3 Mho elemanı polarizasyon yöntemleri 24
Çizelge 2.4 Farklı mesafe koruma düzenlerinin karşılaştırması 64
Çizelge 4.1 Akım-gerilim trafosu bilgileri 94
Çizelge 4.2 Varsayılan değerler 94
Çizelge 4.3 Hat direnç-reaktans değerleri 95
Çizelge 4.4 Mesafe koruma bölgeri 102
Çizelge 4.5 LOP seçenek işlevleri 109
Çizelge 4.6 Güç sistemi parametreleri 116
Çizelge 4.7 Güç salınımı kilitleme röle ayarları 129
Çizelge 4.8 Güç salınımı açma röle ayarları 137
Çizelge 5.1 Bağlantılı olay raporu ayarları 144
Çizelge 5.2 Lojik eleman açıklamaları 145

ÖZET

ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE HATLARIN KISA DEVRE VE GÜÇ SALINIMINA KARŞI NÜMERİK MESAFE RÖLELERİ İLE KORUNMASININ İNCELENMESİ VE DİNAMİK SİMÜLASYONUNUN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Enes Özevin

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Recep Yumurtacı

Değişen dünya politikaları ve gelişen teknolojinin sonucu olarak elektrik enerjisi tüm devletler için vazgeçilmez bir ihtiyaç ve gelişmişlik göstergesi olmuştur.Ülkemizde de son yıllarda enerji alanında büyük yatırımlar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Ülkelerin elektrik enerjisi kapasitesinin artmasıyla birlikte güç sistemlerinde kalite konusu daha önemli hale gelmiştir.Bunun sonucunda enerji iletiminde süreklilik,güvenlik,seçicilik,basit yapılılık ve ekonomi gibi temel talepleri iyileştirmeye yönelik çalışmalar hız kazanmıştır.Böylelikle elektrik tesislerinde koruma konusu elektrik mühendisliği alanında oldukça önemli bir yere gelmiştir.

Özellikle son otuz yılda dijital koruma rölelerinin piyasaya sürülmesi koruma mühendisliği çalışmalarını hızlandırmıştır.Mesafe koruma,diferansiyel koruma,aşırı akım koruması gibi temel koruma yöntemleri bu çalışmalarla birlikte oldukça verimli hale getirilmiş ve getirilmeye devam edilmektedir.Bu tez çalışmamda ilk olarak iletim hatlarının korunmasında çok büyük önem arz eden mesafe koruma teorik ve pratik olarak incelenmiştir.Sonra hesaplanan değerlere ve ayarlara göre yapılan dinamik test sonrasında röleden çekilen arıza kayıtları incelenmiştir.Aynı şekilde güç salınım blokaj ve açma fonksiyonları analiz edilmiştir.Böylece farklı arıza koşullarında rölenin dinamik cevapları görülmüştür.

Tipik mesafe koruma testlerinde koruma kriterleri gözetilerek 5 kademeli koruma yapılmıştır.Doğru hesaplamalar ve röle atamalarıyla uygun gecikmelerle rölenin açma sinyali gönderebildiği görülmüştür.Ayrıca arıza türlerine göre oluşan simetrili bileşenler ve empedansla orantılı arıza yeri tespit değerlerinin teoriye uyumlu olduğu gösterilmiştir.Güç salınımı blokaj ve açma uygulamasında ise empedans tabanlı eş-merkezli düzen hesaplaması ve simülasyonu yapılmıştır.Eş-merkezli düzenin doğru bir kararlılık analiziyle rahatlıkla uygulanabilmesine karşın aşırı yüklü ve uzun hatlarda yük aşımından dolayı kullanıma uygun olmadığı görülmüştür.

Bu tez çalışmasında koruma sisteminin sekonder projelendirmesi için Eplan,sistem arıza simülasyonu ve test uygulaması için Artes 460 test cihazı ve bilgisayar yazılımı, hesaplanan koruma ayar yüklemesi ve arıza kaydının alınabilmesi için Sel-421 mesafe koruma rölesi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nümerik mesafe rölesi, güç salınımı açma, güç salınımı blokaj kararlılık, seçicilik

ABSTRACT

ANALYSING PROTECTION OF LINES WITH NUMERICAL DISTANCE RELAYS AGAINST SHORT CIRCUIT AND POWER SWING IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS AND IMPLEMENTING ITS DYNAMIC SIMULATION

Enes Özevin

Department of Electrical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc.Prof.Dr. Recep YUMURTACI

As a consequence of changing world policies and developing technology, electric energy has been an indispensable requirement and development mark for all countries.In recent years, major investments have been made and continued for the energy sector in our country.Because of the country's increasing capacity of electricity,electrical power system quality has become more important.Hence, improvement works for main demands such as continuity, safety, selectivity, being simple-structured and being economic continue to increase.So, the power-system protection has become a more important topic in the engineering branch.

Especially, launching digital protection relays in last 30 years has increased protection engineering works.Basic protection functions such as distance,differential, overcurrent protection,have become more effective and continue to develop with these works.In this thesis study, main distance protection functions which are very important for protecting transmission lines, have been studied practically and theoretically.Then, event reports which were acquired from relay after dynamic testing according to calculated values or settings, were analyzed.In the same way, out-of-step blocking and tripping functions were analyzed.Thus, relay dynamic responses for different fault conditions were observed.

In typical distance protection tests, five stepped protection was applied by considering protection criteria.With correct calculations and relay settings,it was seen that the relay can send tripping signals with suitable time delays. Also,it was shown that existing symmetric components and calculated fault location zones in proportion to impedance are matched up with theory.In out-of-step blocking and tripping applications,calculation and simulation were made for an impedance-based concentric scheme.It was seen that,in spite of easily applying a concentric scheme with correct stability studies,because of the load encroachment, it is not applicable for long and heavy loaded lines.

In this thesis study,Eplan software was used for protection system secondary design;Artes 460 relay test system and its software were used for testing the relay and fault simulation; also Sel-421 distance protection relay was used for setting the relay and getting the event reports.

Keywords: Numerical distance relay, out-of-step tripping, out-of-step blocking, stability, selectivity

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Röleler güç sistemlerinin korunmasında oldukça büyük öneme sahiptir.19.asrın başlarından itibaren yapılan çalışmaların sonucunda 1835 yılında Amerikalı bilim adamı Joseph Henry tarafından icat edilen ilk röleden bu yana geçen bir buçuk asırdan fazla sürede teknolojik gelişmeler hızlanarak devam etmiştir.[1]Elektromekanik, statik , programlanabilir rölelerden sonra seksenli yılların başında geliştirilen akıllı(nümerik) röleler elektrik tesislerinde koruma tekniği çalışmalarında çığır açmıştır.[2]

İlk olarak 1904 yılında piyasa sürülen mesafe koruma rölesi günümüzde güç sistemlerinin seçici korunması açısından en önemli rölelerden bir tanesidir.[3]Fakat güç sistemlerinde mesafe koruma hesaplamaları yapılırken yük aşımı, güç salınımı gibi etkin durumlar göz ardı edilirse rölede pek çok yanlış çalışma görülebilir ve bu durum geniş çaplı elektrik kesintilerine neden olabilir.Bu yüzden yeni üretilen pek çok mesafe rölesinde güç salınımı koruması(Out-of Step),yük aşımı(Load Encroachment) gibi özel koruma fonksiyonları bulunmaktadır.

Ağustos 2013'te NERC(North American Electric Reliability Corporation) tarafından Amerika'da meydana gelen en etkili altı kesinti incelenmiş ve mesafe rölelerinde güç salınımı açma ve blokaj fonksiyonlarının önemi belirtilmiştir. Bunun yanı sıra güç salınımları için sadece akım ölçümüne dayalı korumanın yeterli olmadığı ve empedans ölçümünün gerekliliği vurgulanmıştır.[4]Ayrıca 2009 yılında Laurie Martuscello, Edward Krizauskas, Juergen Holbach ve Yuchen Lu Kuzey Amerika'da 14 Ağustos 2003'te

meydana gelen arızayı analiz etmişler ve güç salınımı koruması olmadan mesafe koruma rölelerinin yanlış açmalar yapabileceği sonucuna varmışlardır.[5]

Sistemde güç salınımlarını tespit etmek için önerilen ve kullanılan pek çok yöntem bulunmaktadır.Eş merkezli,tek-çift körleştirici,R-dot yöntemleri, temel yöntemlerken sürekli empedans ölçümü,kayma bölgesi gerilimi ve senkro-fazör yöntemleri de literatürde yeni olarak görülebilecek yöntemlerdir.[6]Güç salınımı tespitinde karşılaşılabilecek en önemli sorun sistemin kararlılık analizinin tam olarak yapılamamasıdır. 2005 yılında Joe Mooney ve Norman Fischer güç salınımı koruma uygulaması için kararlılık çalışmalarının gerektiğini vurgulamışlardır.[7]2006 yılında Hugo Davilla tarafından yapılan çalışmada sistemin önemli bölgelerinde oluşan salınımın kaydedilmesinin salınımların niteliğinin ve bu salınımların mesafe koruma empedansına olan etkisinin anlaşılması açısından önemli olduğu belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada sistem kararlılığının modellenmesi açısından şebekenin farklı noktalarından zaman senkronizasyonlu kayıtların önemi belirtilmiştir.[8]2012 yılında Normann Fischer, Gabriel Benmouyal, Daqing Hou, Demetrios Tziouvaras, John Byrne-Finley, ve Brian Smyth temel yöntemle (dual-quadrilateral), kayma bölgesi gerilim(SCV) yöntemini kıyaslamış her iki yöntemin de başarıyla güç salınımı açma ve blokaj uygulamasını yaptığını göstermiştir.[9]

1.2 Tezin Amacı

Ülkemizde ve dünyada enerji iletim hatlarının mesafe koruma röleleriyle korunması oldukça yaygın bir uygulamadır. Mesafe koruma sisteminin yanlış açma yapması maddi ve hayati pek çok zarara neden olmaktadır.Yük empedansı, güç salınımı gibi etkin faktörler dikkate alınarak yapılacak doğru bir hesaplama ve zaman koordinasyonlarıyla mesafe koruması doğru olarak çalışabilir.

Bu tez çalışmasında, Makine Organize Sanayi Bölgesi Trafo Merkezi'ndeki Tepeören Hat Fideri için mesafe korunması sürecinde gerçekleştirilen hesaplama çalışması, sekonder devre projelendirmesi,sistemin simule edilmesi ,test cihazıyla rölenin test edilmesi ve test sonrası analizlerin yapılması hedeflenmektedir. Bunların yanında güç salınımı açma

ve blokaj sistemi de, belirtilen parametreler dikkate alınarak eş-merkezli düzenin kullanımıyla analiz edilecektir.

1.3 Hipotez

Literatürde mesafe koruma rölesiyle güç salınımı tespiti hakkında pek çok çalışma mevcuttur. Buna karşın halen çoğu rölede temel tespit yöntemlerinden olan eş-merkezli düzen kullanılmaktadır. [10,11,12,13] Bu düzende koruma yapılacak bölgeleri kapsayacak şekilde iki karakteristik belirlenir. Bu karakteristik yöntemi sistemin yüklü durumu göz önüne alınarak ve zaman gecikmeli olarak uygulanmaktadır. Zaman gecikmesi kullanılmasının nedeni normal bir arızanın başlangıcından sonra, empedans değerinin işletme noktasından hemen mesafe koruma karakteristiği içindeki devre empedansına sıçramasıdır. Oysa güç salınımı durumunda empedans bu kadar hızlı ilerlememektedir.[14]

Eş-merkezli düzen doğru bir kararlılık analiziyle başarılı sonuç vermesine karşın, çok uzun ve aşırı yüklü hatlarda uygulanması oldukça zordur. Bu gibi durumlarda özel ölçü düzenleri gerekmektedir. Bu çalışmada doğru çalışan bir güç salınımı açma ve blokaj düzeni dinamik olarak test edilecektir. Ayrıca çok uzun ve aşırı yüklü hatlarda salt olarak bu düzenin yetersiz olduğu teorik olarak gösterilecektir.

BÖLÜM 2

TİPİK MESAFE KORUMASI

2.1 Giriş

Mesafe koruması geniş kapsamlı bir kısa devre korumasıdır. Mesafe koruma sisteminin çalışması kısa devre empedans ölçümüne dayanır.Arıza anında ölçülen bu empedans korunan hattın uzunluğuyla orantılıdır ve arıza yerinin tespit edilmesini sağlar. Mesafe koruma uygulamaları iletim hatlarında ve enterkonnekte dağıtım şebekelerinde uygulanmaktadır. Mesafe koruması havai hatlar, kablolarda ana koruma olarak uygulanırken, baralar, transformatörler ve uzaktaki fiderler için de back-up(yedek) koruma olarak uygulanabilmektedir.

Mesafe koruması, aşırı akım korumasına göre daha hızlı ve daha seçici bir uygulamadır. Ayrıca kaynak empedansı değişmelerine ve sistem durumlarına göre hassasiyeti daha azdır.Nümerik mesafe korumasının bir diğer avantajı ise arıza yerinin belirlenmesidir.Bundan dolayı mesafe koruması radyal şebekelerde de uygulanmaktadır.[14,15]

Mesafe korumasında 1.bölge için açma zamanı 50Hz için ortalama 20-40 ms'dir. Genellikle 1.bölge korunan hattın %80'i civarındadır.2.bölge için açma zamanı 300-400 ms kadardır. Mesafe korumasında 2.bölgenin kullanılmasıyla hattın tamamı korunmuş olur. Diğer koruma bölgeleri ise uzun açma süreleri ile komşu hatlar için yedek koruma sağlamaktadır.

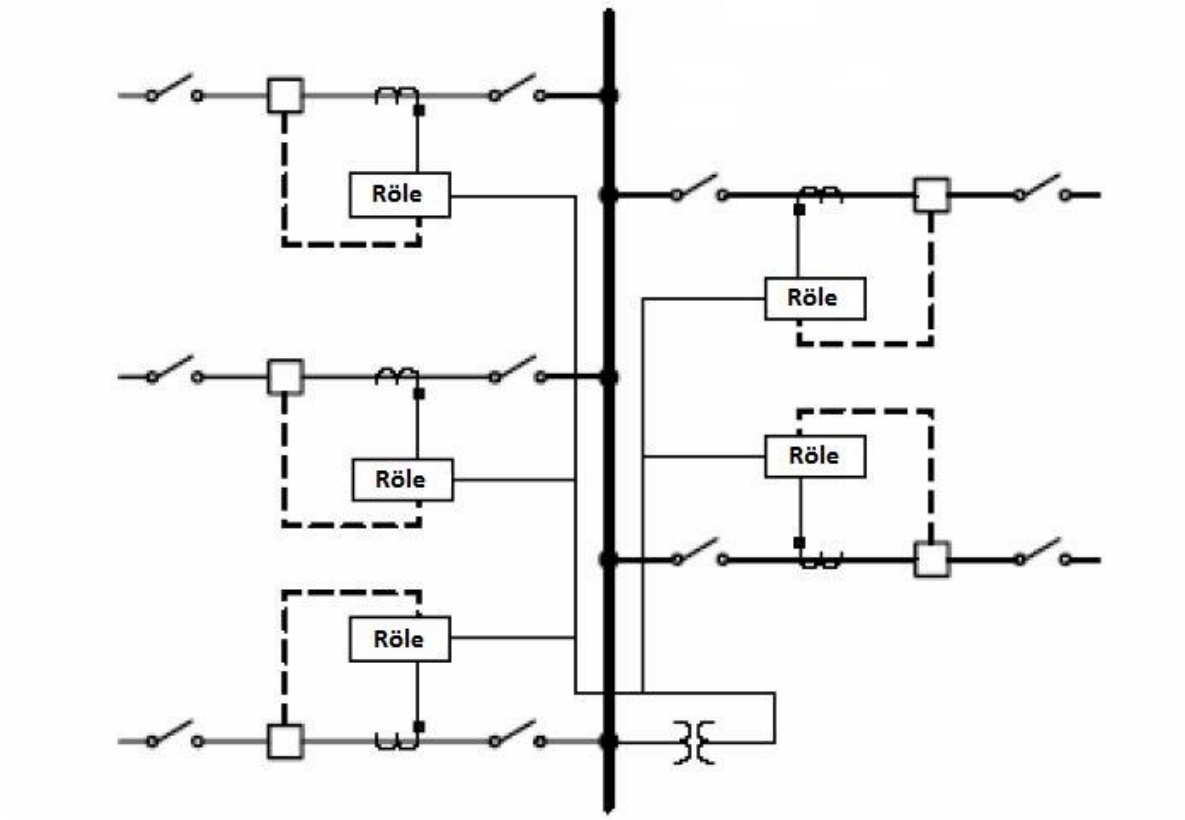
İki hat arasındaki iletişim kanalları ile(pilot kablolar , enerji nakil hattı taşıyıcıları, radyo bağlantısı veya fiber optik kablolar) mesafe koruma sistemlerinde daha iyi hız ve seçicilik sağlanabilmektedir.Bu tür uygulamalar ilgili hattın tamamında korumayı gerçekleştirir.Mesafe koruma iletişim bağlantısı sadece dar bant genişliği ister yani 'GİT/GİTME' sinyalleri alınır. Mesafe koruması iletişim düzenleri uygulama durumlarına göre farklılık göstermektedir. (DCB,POTT,PUTT,DCUB,DTT)

2.2 Mesafe Koruma ile ilgili Parametreler ve Ekipmanlar

Mesafe röleleri ile korunan hat ve ekipmanın işletme gerilimini genellikle kV mertebesindedir, buna ek olarak sistem arızaları veya bozulma sırasında ekipmandaki akım binlerce Amper mertebesindedir. Primer sistem geriliminin ve akımının seviyeleri; çalışanları ve ekipmanları yüksek gerilimden korumak ve röleler, ölçü aletleri ve diğer araçlar için uygun yalıtımı sağlamak adına gerilim ve akım transformatörleri kullanılarak azaltılmaktadır. Gerilimlerin indirgenmiş seviyeleri 120 V, 230 V veya bir başka benzer değerdir. Primer devrede nominal akım dolaşırken, sekonder devrede akımların indirgenmiş seviyeleri dolaşır.(5A veya 1A).Gerilim ve akım transformatörleri röleler ve güç devreleri arasında bağlantı olarak görev görmektedirler. Şekil 2.1 ve 2.2'deki tek hat diyagramlarında tek bara 138 kV trafo merkezi ve çift bara 380 kV trafo merkezi bağlantıları gösterilmiştir.

2.2.1 Tek Bara 138kV Örnek Trafo Merkezi

Şekil 2.1'de 138 kV devrelerin karşılaştığı üç fazlı trafo merkezinin tek hat şeması gösterilmektedir. Bu şekilde bara, devreler, kesiciler, izolatörler, akım trafoları, gerilim trafoları ve devreleri korumak için kullanılan röleler gösterilmiştir. Baraya bağlı olan üç gerilim trafosu primer gerilimleri faz arası efektif 120 V veya 230 V değerine düşürmektedir. Sekonder gerilimler bütün rölelere ve ilgili elemanlara uygulanır. Her bir hattın, alt iletim seviyeli trafo merkezinde kendi gerilim trafosuna veya kapasitif gerilim trafosuna sahip olması sık rastlanılan bir durumdur.Üç adet akım trafosu her bir devrede bulunmaktadır. Sekonder akımlar rölelerin yanı sıra ilgili elemanlara da uygulanmaktadır.

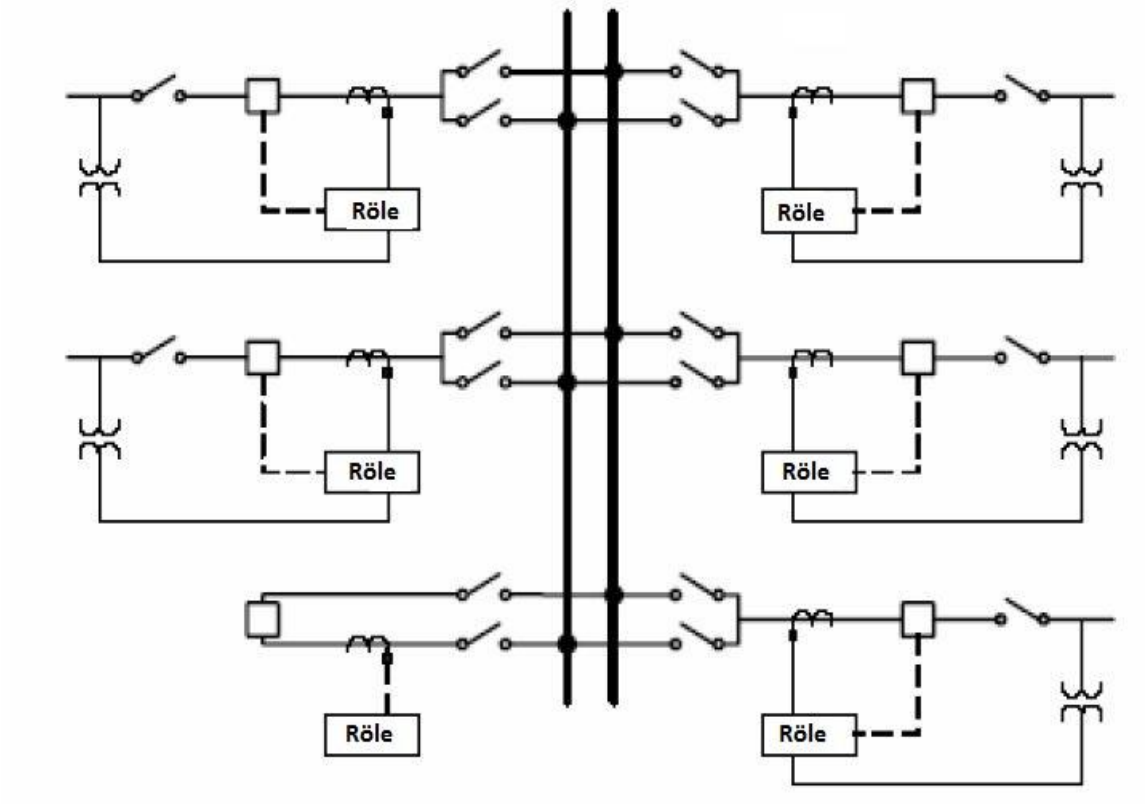


Şekil 2.1 Tek baralı trafo merkezi

Bara gerilim seviyeleri düşer ve etkilenen devrelerdeki akımlar sistem arızaları ve bozulmalar esnasında yükselir. Her bir röle, kontrol ettiği kesiciyi açıp açmayacağı konusunda karar vermek için sistemden gelen bilgiyi kullanır. Kesicinin açılma şartları aktif olduğunda, röle kesicinin açma bobinini enerjileyen devreyi tamamlar.

2.2.2 Çift Bara 380kV Örnek Trafo Merkezi

Şekil 2.2'de üç fazlı 380 kV çift bara trafo merkezinin tek şeması gösterilmektedir. Bu şekilde bara, devreler, kesiciler, izolatörler, akım trafoları, gerilim trafoları gösterilmiştir. Şekilde ayrıca, iletim hatlarını korumak için kullanılan röleler, rölelere tanımlanan giriş ve çıkış da ayrıca gösterilmiştir Bu sistemin Şekil 2.1'de gösterilen koruma sisteminden temel farkı, her bir hattın kendisine ait, onu koruyan rölelere hat gerilimi sağlayan gerilim trafosuna (her bir faz için bir tane) sahip olmasıdır.



Şekil 2.2 Çift baralı trafo merkezi

2.2.3 Bağlantı Ekipmanları

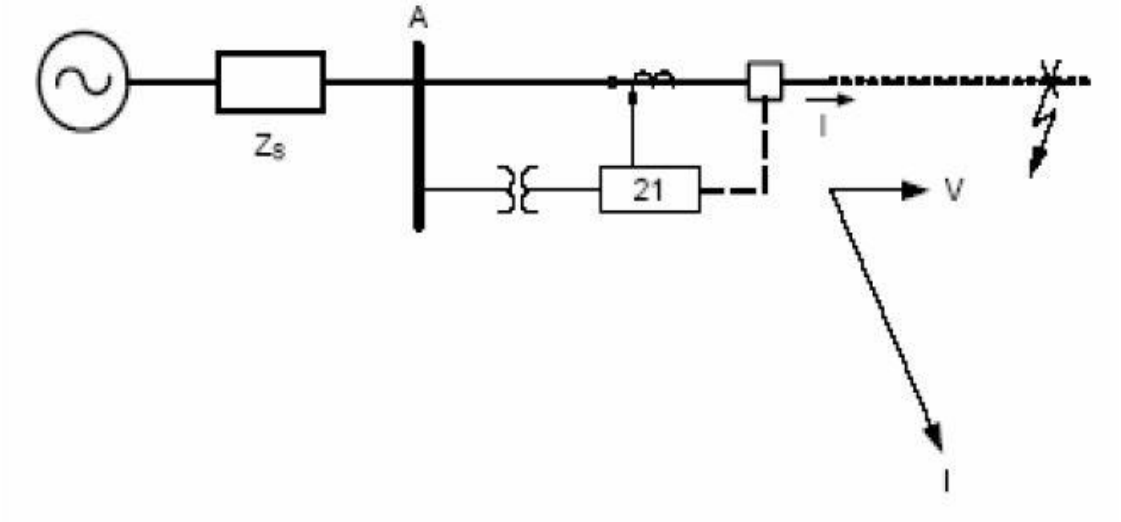
Genellikle güç sistemleri elektromanyetik transformatörler ve kapasitif gerilim bölücü (kuplaj kapasitif gerilim trafosu) ile röleleri senkronize etmek için iki tür gerilim trafosu kullanılmaktadır. Bu transformatörlerin sekonder sargıları çoğunlukla yıldız bağlıdır. Bununla birlikte bazı uygulamalarda, açık üçgen bağlantısı da kullanılmaktadır. Koruma uygulamalarında elektromanyetik akım trafoları kullanılmaktadır. Klasik gerilim trafolarının sekonder sargıları, uygulamaya bağlı olarak ya yıldız bağlıdır ya da üçgen bağlıdır. Bunların yanında opto-elektronik gerilim trafoları ve akım transdüserleri yakın zamanda piyasaya sürülmüştür.

2.2.4 Açma Devresi

Bir koruma rölesi arıza ihbarı verdiğinde, normalde açık kontağını kapatarak kesici açma bobinini enerjilendirir ve kesici açılır. Bazı koruma sistemlerinde koruma rölesi kesici açma sinyalinin bir yardımcı röle üzerinden kesici açma bobinine iletir.

2.2.5 Ölçme Prensibi

"Bir hattın empedans yeri" mesafe koruma terimi olarak sıklıkla kullanılmaktadır ve mesafe koruma sistemlerinde kullanılan temel prensibi açıklamaktadır. Şekil 2.3'te üç fazlı bir arıza oluşan iletim hattında mesafe koruma rölesi gösterilmiştir. Arıza akımı kaynak tarafından beslenmekte olup, genellikle normal işlem süresince oluşan akımlardan çok daha fazladır. Röleye uygulanan gerilim ve akımlar; bara gerilimleri ,gerilim trafosu ve akım trafosu oranlarıyla indirgenen hat akımlarıdır. Röleye uygulanan faz gerilimleri ve hat akımları (2.1) ve (2.2) bağıntılarındaki gibidir.



Şekil 2.3 İletim hattının mesafe koruması [16]

$$V_{rA} = V_A / N_{vt} \quad (2.1)$$

$$I_{rA} = I_A / N_{ct} \quad (2.2)$$

Semboller şu anlamlara gelmektedir:

V_A = Bara A faz gerilimi

V_{rA} = Röleye uygulanan A faz gerilimi

N_{vt}=Gerilim trafosu oranı

I_A =Hat A faz akımı

I_{rA} =Röleye uygulanan A faz akımı

N_{ct} =Akım trafosu oranı

Denklem (2.3)'te rölenin kendisine uygulanan A faz gerilimi ve akımının oranı hesaplanmaktadır Bu oran empedans değerini vermektedir.

$$V_{rA}/I_{rA} = (N_{ct}/N_{vt}) \,.\, (V_A/I_A) \qquad (2.3)$$

$$= N_r \,.\, m \,.\, Z_l$$

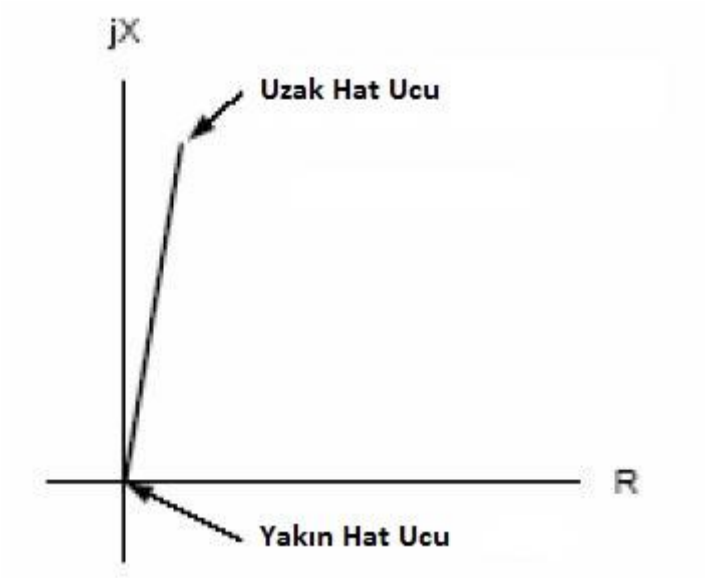
Semboller şu anlamlara gelmektedir:

m = Bara ile arıza yeri arasındaki mesafe[km]

Z_1 = Hattın empedansı[Ω/km]

N_r = Röle tarafından hesaplanan empedans oranı

Röle için, N_r sabittir çünkü akım ve gerilim trafosu oranları tasarım sırasında belirlenir ve değişiklik göstermez. Korumalı hattın homojen olması halinde, hat empedansı, yani Z_1 de sabittir. Çünkü N_r ve Z_1 sabittir, hattaki arızalar için rölenin hesapladığı empedans mesafeye bağlıdır. Arıza akımı genellikle, hattın karakteristiğine bağlı olarak gerilimin 60-85^0 gerisindedir. Bu sebeple, hesaplanan empedanslar endüktiftir ve karmaşık R-X koordinat düzleminde ilk çeyrek(1.Bölge) düzleminde bulunmaktadır. Bu düzleme göre, empedanslar, hattın empedans yeri olarak belirtilen düz bir hattı tarif etmektedirler. Bir yüksek gerilim hattı için bu yer Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Rölenin hat kısmında arıza oluştuğunda röleler tarafından görülen empedansların 1.bölgede olduğunu unutulmamalıdır.



Şekil 2.4 Koruma rölesinden görülen arızalı hat empedans bölgesi

2.3 Empedans Hesaplama Yöntemleri

Belirli bir fazın gerilimi ve akımı kullanılarak ölçülen empedans, eğer üç fazlı bir arıza varsa röle konumundan arıza noktasına kadar olan hat empedansıdır. Bununla birlikte, eğer arıza tek faz-toprak arızası ise, ölçüm hat empedansına eşit değildir. Tutarlı ölçümler elde etmek için, farklı türdeki arızalar için farklı yöntemler kullanılmalıdır.

2.3.1 Faz Arası Arızalar

Bu fazlardaki fazlar arası gerilimler ve akımlar arasındaki farklılıklar, fazlar arası arızalar sırasında empedansları ölçmek için kullanılmaktadır. Kullanılan gerilim ve akımlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Faz-faz arızaları sırasında ölçülen akım ve gerilimler

	Uygulanan Gerilim	**Uygulanan Akım**	**Rölenin Arıza Sinyali**
Röle Elemanı 1	Va – Vb	Ia – Ib	A-B Faz-Faz Arızası A-B iki Faz-Toprak Arızası
Röle Elemanı 2	Vb – Vc	Ib – Ic	B-C Faz-Faz Arızası B-C iki Faz-Toprak Arızası
Röle Elemanı 3	Vc – Va	Ic – Ia	C-A Faz-Faz Arızası C-A iki Faz-Toprak Arızası

2.3.2 Faz-Toprak Arızaları

Tek faz-toprak arızası oluştuğunda,arızalı fazın gerilimi ve arızalı fazdaki akım kullanıldığı zaman; ölçülen empedans arızadan röle noktasına kadar olan hat empedansına eşit olmaz. Tutarlı ölçümler elde etmek için, Çizelge 2.2'de listelen gerilim ve akım ölçümleri kullanılır. Burada k_0 sıfır sequence düzeltme faktörünü ve I_0 sıfır sequence akım bileşenini temsil etmektedir.

Çizelge 2.2 Faz-toprak arızaları sırasında ölçülen akım ve gerilimler

	Uygulanan Gerilim	**Uygulanan Akım**	**Rölenin Arıza Sinyali**
Röle Elemanı 4	V_a	$Ia + k_0.3.I_0$	A Faz-Toprak Arızası
Röle Elemanı 5	V_b	$Ib + k_0.3.I_0$	B Faz-Toprak Arızası
Röle Elemanı 6	V_c	$Ic + k_0.3.I_0$	C Faz-Toprak Arızası

Bu denklemlerde sabit k_0 şu şekilde elde edilir:

$$k_0 = (Z_0 - Z_1)/(3 \, . \, Z_1) \quad (2.4)$$

Semboller şu anlamlara gelmektedir:

Z_0 = Hattın sıfır sequence empedansı

Z_1 = Hattın pozitif sequence empedansı

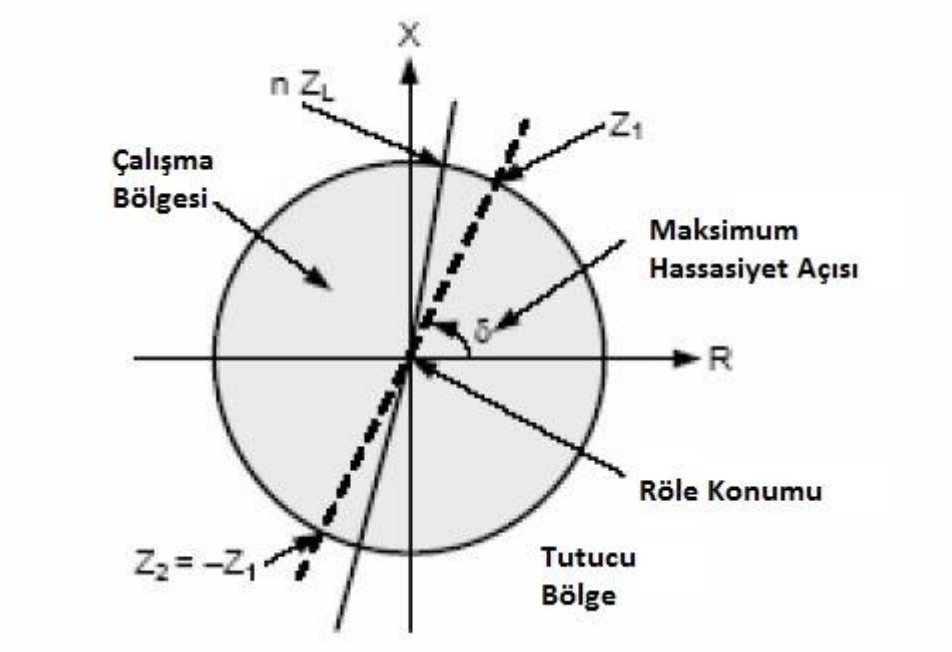
2.4 Mesafe Rölelerinin Karakteristikleri

Birçok mesafe rölesinin çalışma karakteristikleri empedans ve empedans bileşenleri üzerinden açıklanabilir. Dikdörtgen koordinatlar üzerine yerleştirildiklerinde (R direnci apsis ve X reaktansı ordinat) oluşan karakteristikler geometrik şekilleri oluşturmaktadır.

2.4.1 Empedans Rölesi

Hat uçlarındaki rms gerilimini ve hatta dolaşan rms akımını baz alan röleler empedans röleleri olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bu rölelerde, ölçülen empedans değeri, belirli bir değer(genellikle hat empedansının %80-90'ı) ile karşılaştırılır. Ölçülen empedansın büyüklüğü belirlenen empedanstan daha az ise, röle arızanın korumalı bölgede olduğuna işaret eder.

Bir empedans rölesinin tipik karakteristikleri Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Bu şekil, ölçülen empedansın dört çeyrek düzlemin herhangi birinde olması halinde, rölenin çalıştığını göstermektedir. Empedansın röle karakteristiklerinde olması durumunda, komşu hatlardaki arızalar sırasında ölçülen empedanslar (aynı baradan çıkan diğer hatlar), üçüncü çeyrek düzlemde olurdu ve röle çalışırdı. Şekil 2.5'te gösterilen röle karakteristiği yönsüzdür.

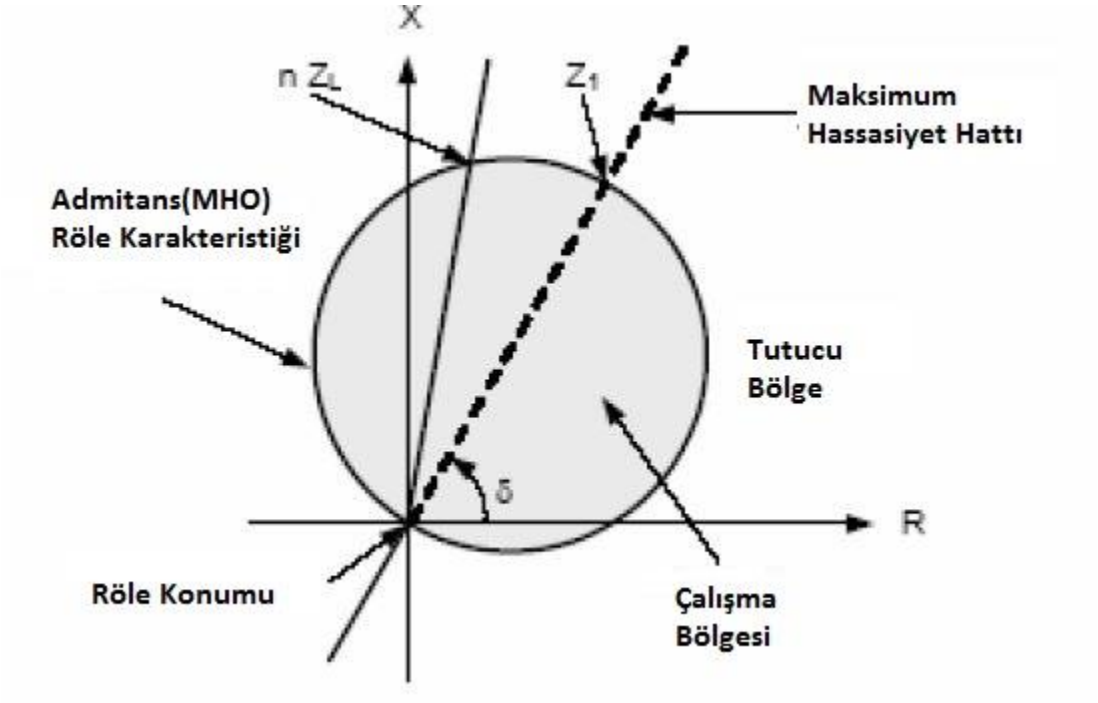


Şekil 2.5 R-X düzleminde empedans rölesinin çalışma karakteristiği

Komşu bir hatta oluşan arıza sırasında rölenin çalışmaya devam etmesi için, empedans röleleri ile birlikte yönlü bir röle kullanılmaktadır. Arıza hat kısmında ise, empedans rölesinin hat kesicisinin açmasına izin verilir. Arıza rölenin bara kısmında ise, empedans rölesinden gelen açma sinyali bloke edilir. Bu işlem yönlü rölenin ve empedans rölesinin açma kontaklarının seri bağlanmasıyla sağlanabilir.

2.4.2 Mho (Admitans) Rölesi

Admitans rölesi olarak da bilinen, bir mho mesafe rölesinin çalışma karakteristikleri, Şekil 2.6'da gösterildiği üzere, R-X düzleminin orijininden geçen bir dairedir. R-X düzleminin üçüncü çeyreği rölenin çalışma karakteristikleri dışında olduğu için, bara kısmındaki arızalar bu röle tarafından görülmez. Mho rölelerini iletim hattı koruması için kullanmanın bir başka yararı da; aynı hattı korurken R ekseni boyunca menzillerinin büyük ölçüde empedans rölesinden daha fazla olmasıdır.Bu avantajlar sebebiyle, mho rölelerini kullanmak empedans rölelerine göre daha çok tercih edilmektedir.

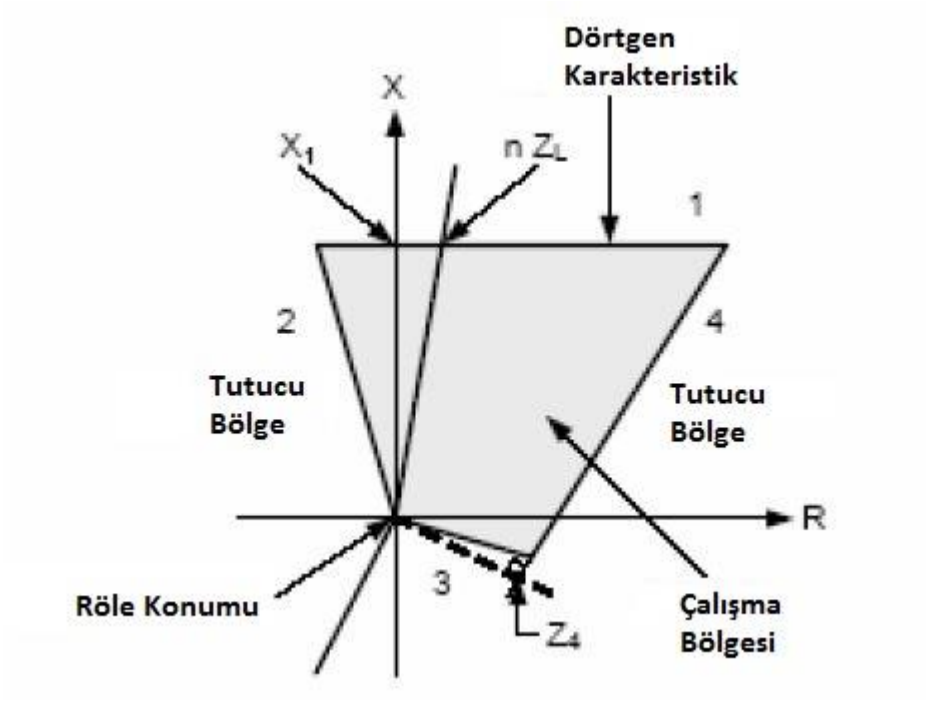


Şekil 2.6 Mho rölesi çalışma karakteristiği

2.4.3 Dörtgen (Quadrilateral) Röle

Mesafe rölelerinin dairesel ve düzlemsel karakteristikleri temel olarak elektromekanik teknolojinin kullanılması ile geliştirilmiştir. Rölelerin dairesel şekilleri bu teknolojinin doğal bir sonucudur. Düzlem özel türde bir dairedir; sonsuz radyanların oluşturduğu çemberdir.

Analog elektrik teknolojisi geçerli olduğu zaman, daire dışındaki röle karakteristikleri geliştirmek mümkün hale gelmiştir. Bu alandaki en önemli gelişme Şekil 2.7'de gösterilen dörtgen karakteristiğin getirilmesi olmuştur. Bu rölelerin geliştirilmesinde iki yöntem kullanılmıştır. İlk yöntem dörtgeni tanımlayacak ve bunları uygulayacak özel bir denklem geliştirmektir. İkincisi ise, analog elektrik devrelerine dayalı operasyonel amplifikatörü kullanarak dört blokaj karakteristiğinin tasarımını sisteme dahil etmektir. Bu düzenin bir avantajı rölenin R ve X yönlerindeki menzilinin bir şekilde bağımsız olarak kontrol edilebilmesidir.

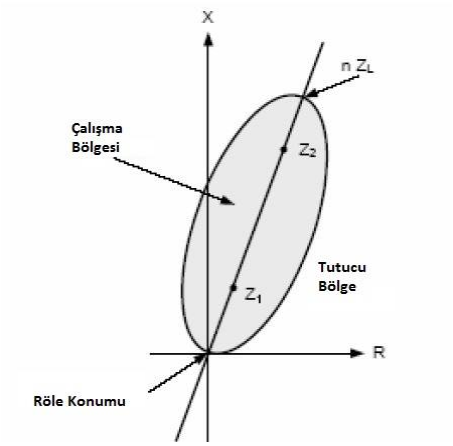


Şekil 2.7 Dörtgen röle çalışma karakteristiği

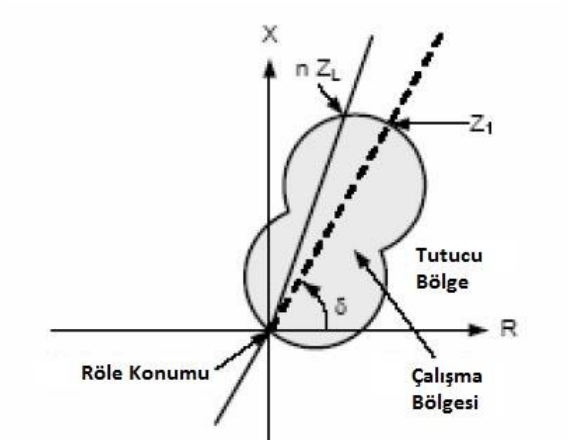
2.4.4 Diğer Röle Karakteristikleri

Bilinen karakteristiklerin yanı sıra bunlara ek olarak birçok röle karakteristiği mevcuttur. Bunlardan en önemli olan üç tanesi şunlardır: eliptik karakteristikli, yer fıstığı(peanut) karakteristikli ve mercek karakteristikli. Bu karakteristikler R ekseni doğrultusunda rölenin menzilini azaltmaktadırlar. Bu sebeple röleler uzun iletim hatlarının korunmasında kullanılmaktadırlar.

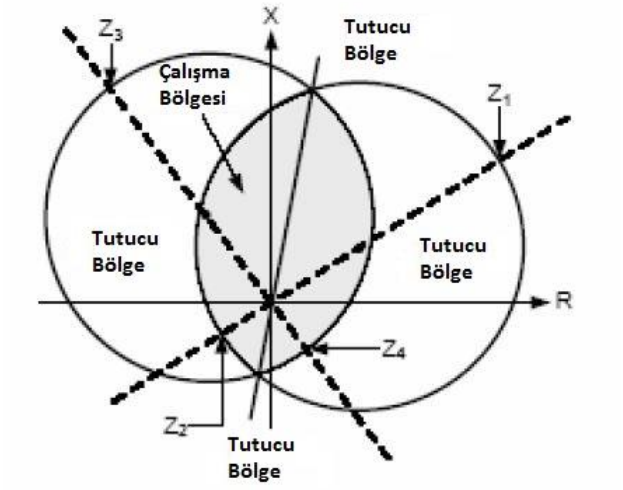
Eliptik karakteristik (Şekil 2.9) SSCB ve Doğu Avrupa ülkelerinde bir süreliğine kullanılmıştır fakat Kuzey Amerika'da kullanılmamıştır. Lens karakteristik (Şekil 2.10) Avrupa'da tanıtılmış ve Kuzey Amerika'da sınırlı olarak kullanılmıştır.



Şekil 2.8 Eliptik karakteristik



Şekil 2.9 Peanut karakteristik



Şekil 2.10 Mercek karakteristik

2.5 Polarizasyon Yöntemleri

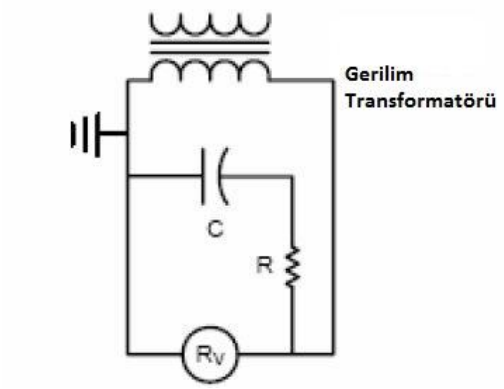
2.5.1 Polarizasyonun Önemi

Komparatör temelli mesafe elemanları, yön ayrımı için düzgün güvenilir bir açı hesaplamak adına polarizasyon özelliğine ihtiyaç duymaktadırlar. Bir arıza oluşması halinde, bu açı değeri sabit olmalı ve arıza giderilene kadar koruma elemanını sürekli olarak çalıştırdığını garanti etmek için yeteri kadar uzun olmalıdır. Aşağıdakiler polarizasyon özelliği için temel gerekliliklerdir.

- Bütün bölge içi arızalar için güvenilir çalışmayı sağlama.
- Bütün dış arızalar için güvenli olma.
- Tek kutbun açık olduğu zaman sabit çalışma sağlama.
- Arıza direncini tolere etme.
- İleri ve geri yönlü yakın ters arızalar arasında yön ayrımı yapabilmek için, mesafe koruma fonksiyonları polarizasyona ihtiyaç duymaktadırlar. Röle gerilimi sıfıra düştüğünde ya da sıfıra yakın olduğunda, kapama arızası durumunda kendinden kutuplu bir mho mesafe rölesi elemanı gerektiği zaman çalışamayabilir veya yakın ters arıza oluşturacak şekilde yanlış çalışabilir. Bu durumu telafi edecek yöntemler arasında, öteleme(offset) mho, öteleme merceksel(lenticular) veya çapraz kutuplu ve bellek kutuplu yönlü empedans karakteristikleri gibi doğrusal olmayan empedans karakteristikleri bulunmaktadır.[16]

2.5.2 Bellek İşlemi

Elektromekanik ve katı haldeki rölelerde, R-C devresi her bir gerilim transformatörünün sekonder sargısı boyunca bağlanmıştır. Sistemin gerilimi çöktüğünde, R-C devresi ve rölenin gerilim bobini, yaklaşık olarak nominal güç sistemi frekansına tekabül eden bir rezonans frekansına sahip bir devre (Şekil 2.11) oluşturur. Normal çalışma sırasında, devreler enerjili kalırlar. Bir arıza oluştuğunda ve gerilim aniden düştüğünde; arızanın yönünü tespit etmek için röleye bir referans gerilimi sağlamak için gerilim bobininde dolaşan akım korunur. Rezonans devresinin çıkışı zamanla azalır ve bu sebeple, bellek işlemi sınırlı bir zaman için kullanıma uygundur.



Şekil 2.11 Bellek işlemi R-C devresi

Mikro-işlemci tabanlı röleler için bellek polarizasyon tekniklerinden sıklıkla görülen türler Sonsuz Darbe Cevaplı(IIR: Infinite Impulse Response) filtrelerdir. IIR filtresi bellek zaman sabiti veya polarize bellek uzunluğunun seçimi her zaman için kritik bir tasarım konusudur. Zaman sabitini seçme sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır.

- İç ve dış sıfır-gerilimli arızaları maksimum giderme süresi.
- Röle geriliminin uzak arızalar için bile çok ufak olabileceği durumlarda yüksek SIR sistemlerinin arıza yedekleme alanlarının giderilme süresi.
- Seri kompanzasyon kapasitörlerinin baypas anahtar işletim süresi.

Seri-kapasitörlü düzeltilmiş hatlar üzerinde, gerilimin ters dönmesi mho menzil elemanlarının yön güvenliğini tehlikeye atar. Bu tarz uygulamalarda, belleği polarize etme; arıza giderilinceye, ark aralığı koruması çalışıncaya veya kapasitör baypas anahtarı gerilim azalmasını giderinceye değin, doğru ve sabit menzil elemanını sağlayacak kadar uzun olmalıdır.

2.5.3 Polarizasyon

Faz karşılaştırıcılarında, çalıştırma ve kutuplaştırma sinyalleri korunan bölgedeki bir arızayı saptamak için kullanılmaktadır. Örneğin, bir B-C arızası için işletme gerilimi (IB – IC)ZR – (VB – VC)'dir ve polarize gerilim ise (VB-VC)'dir. Bu kendinden polarize bir röledir. Genellikle, dış polarizasyonun üç türünden biri kullanılmaktadır. Bunlar çapraz polarizasyon, ileri faz polarizasyonu ve geri faz polarizasyonudur.

Çapraz polarizasyon faz arızasında çalışan rölelerinin yanı sıra toprak arızasında çalışan rölelerde de kullanılmaktadır. İleri ve geri faz polarizasyonu, tek faz-toprak arızalarında çalışan röleler için kullanılmaktadır. Daha yakın zamanlarda, pozitif-sequence gerilim polarizasyonu kararlı durumda ve nümerik mesafe rölelerinde kullanılmaya başlanmıştır. Mesafe korumasında kullanılan polarizasyon yöntemleri aşağıda özetlenmiştir.

- Kendinden polarizasyon, arızalı faz çevrim gerilimini polarizasyon ölçütü olarak kullanır. Sonuçta ortaya çıkan mho karakteristiği sıklıkla statik bir mho olarak ifade edilir çünkü sistem durumu, arıza hali veya zamana bağlı olarak değişiklik göstermez.

- Çapraz polarizasyon sağlıklı faz (arıza bulunmayan) çevrim gerilimlerini polarizasyon ölçütü olarak kullanırlar. Ortaya çıkan mho karakteristiği birçok mho şeklinde adlandırılır çünkü çeşitleri farklı sistem ve arıza koşullarına göre şekillenmektedir. Çapraz polarize mho karakteristiği zamana bağlı olarak değişmez

- Bellek polarizasyonu belleğe kaydedilmiş kendinden veya çapraz polarizasyonu, polarizasyon ölçütü olarak alır. Bellek polarizasyonu ile ortaya çıkan mho karakteristiği dinamik mho olarak da adlandırılır çünkü bellek zaman içerisinde sıfırlandığından mho karakteristik büyüklüğü de değişmektedir.

- Birleşik polarizasyon, en önemli birleşik polarizasyon planı, bellekli pozitif sequence gerilim polarizasyonudur. Pozitif-sequence geriliminin kendisi kendinden ve çapraz polarizasyonun bir kombinasyonunu sağlamaktadır.

2.5.3.1 Kendinden Polarizasyon(Self-Polarization)

Polarizasyonun en eski ve en basit türü olan kendinden polarizasyon birçok dezavantaja sahiptir. Kendinden polarizasyon yeteri kadar arıza direnç kapsamı sağlamaz, belirli akım yüküne sahip dış arızalar için güvenli değildir ve sıfır gerilim arızaları için çalışmaz.

2.5.3.2 Çapraz Polarizasyon(Cross-Polarization)

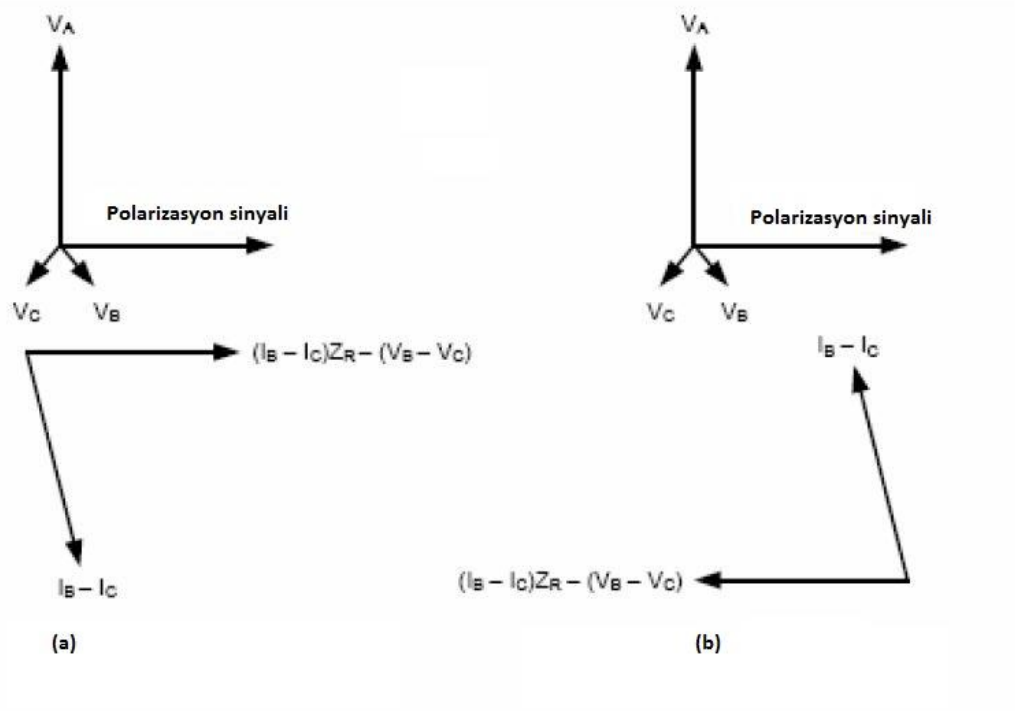
Çapraz kutuplama faz arızalarında çalışan röleler ile kullanılmaktadır. Örneğin, B ve C fazları arasında bir arıza oluşması halinde, kendinden polarize B-C faz mesafe rölesinin çalışması (2.5) bağıntısındaki gibi oluşur.

$$k_1[(I_B - I_C)\,.\,Z_R - (V_B - V_C)]\,.\,(V_B - V_C)\,.\cos\Phi - k_2 \geq 0 \qquad (2.5)$$

ϕ açısı çalışan ve polarize sinyaller arasındaki fazların yer değiştirmesidir. Çapraz polarize mesafe rölelerinde, B ve C fazları arasındaki arızayı saptamak için -90^0 ile kaydırılan A faz geriliminin bir parçası, kendinden polarize rölelerde kullanılan polarizasyon gerilimine eklenir. Bu şekilde röle (2.6) eşitsizliğine göre çalışır.

$$k_1[(I_B - I_C)\,.\,Z_R - (V_B - V_C)]\,.\,[(V_B - V_C) + kV_A\angle - 90^0]\cos\Phi - k_2 \geq 0 \qquad (2.6)$$

Polarizasyon gerilimi, arızanın rölenin hat kısmında mı yoksa bara kısmında mı gerçekleştiğine karar vermede yardımcı olur, çünkü B-C faz gerilimi yakındaki arızalar için pratik olarak sıfırdır. Röle bölgesinde hat kısmı ve bara kısmında oluşan arıza boyunca çalışma ve polarizasyon sinyalleri Şekil 2.12'de gösterilmiştir. C ve B fazları arasındaki arızaları saptamak için kullanılan röle, faz kaymalı A faz gerilimi kullanılarak çapraz kutuplanır. Benzer şekilde, A ve B fazları arasındaki arızları saptamak için kullanılan röleler, faz kaymalı C faz gerilimi ile çapraz kutuplanmaktadırlar.



Şekil 2.12 B-C arızalarında çalışma ve polarizasyon sinyalleri
(a)hat tarafı (b)bara tarafı

Kendinden polarize tek faz-toprak arızasında röle (2.7) eşitsizliği sağlandığında çalışır.

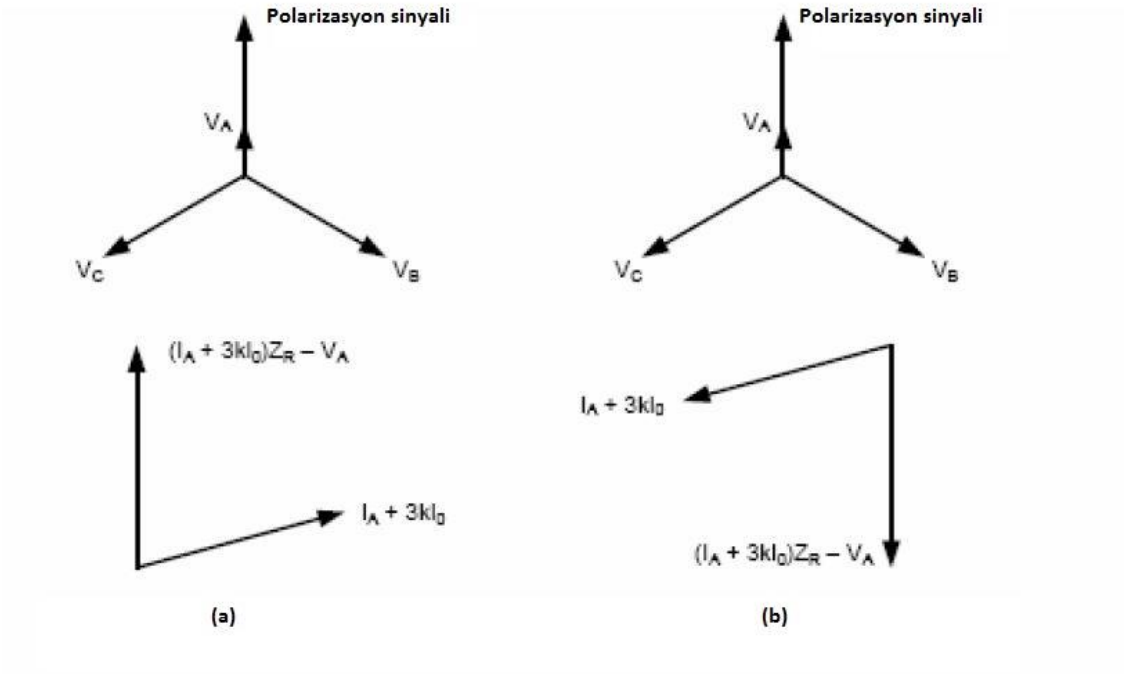
$$k_1[(I_A + k_0 \,.\, 3I_0)\,.\; Z_R - (V_A)]\,.\,(V_A)\,.\cos\Phi - k_2 \geq 0 \qquad (2.7)$$

Röle bölgesine yakın yerlerde oluşan arızalarda A faz gerilimi çökerse, röle bir arıza tespit etmeyecektir. B ve C faz gerilimleri yakın arızalar sırasında tork geliştirmek için kullanılmaktadır. Röle (2.8) eşitsizliğinin sağlanması halinde çalışacaktır.

$$k_1[(I_A + k_0 \,.\, 3I_0)\,.\; Z_R - (V_A)]\,.\;[k_3\,.(-V_B + V_C)\angle - 90^0]\cos\Phi - k_2 \geq 0 \qquad (2.8)$$

A faz gerilimi gerçekte yakın arızalarda sıfır olduğundan, polarize gerilim arızanın, rölenin hat kısmında mı yoksa bara kısmında mı olduğunu belirlemeye yardım eder. Rölenin hat ve bara kısmındaki arızalar esnasında çalışma ve polarizasyon sinyalleri Şekil 2.13'te gösterilmiştir. B faz-toprak arızasını belirlemek için kullanılan röle, A ve C fazları arasında faz kaymalı gerilim kullanılarak çapraz polarize edilir. Benzer şekilde, C faz-toprak arızasını belirlemek için kullanılan röle, A ve B fazları arasında faz kaymalı gerilim kullanılarak çapraz polarize edilir.

Bazı referanslar, A faz-toprak arızlarını belirlemek için kullanılan röleler tarafından kullanılan polarizasyon geriliminin k3(VB – VC) $+90^0$ olduğunu belirtmektedir. Bir sinyal farklılaştırılarak faz ileri düzeye gelebilir. Bu pek iyi bir uygulama değildir çünkü bir sinyali değiştirmek gürültüyü artırmaktadır. Diğer bir yandan, k3(VB – VC) +90° sinyalini polarize etme, gerilimin entegrasyonu yapılarak uygulanır ve bu uygulama da gürültüyü bastıracaktır.



Şekil 2.13 A faz-toprak arızalarında çalışma ve polarizasyon sinyalleri
(a)hat tarafı (b)bara tarafı

2.5.3.3 Geri Faz Polarizasyonu(Lagging Phase Polarization)

Röle bölgesine yakın bir noktada faz-toprak arızası oluştuğu zaman, arızalı fazın gerilimi büyük oranda düşük değerlere indirilir. Bu durum da röle için arızanın hat kısmında mı yoksa bara kısmında mı olduğunu belirlemesi noktasında problem oluşturur. Olası yaklaşımlardan bir tanesi geri faz gerilimini bir polarizasyon sinyali olarak kullanmaktır. Mesela, A fazında böyle bir arıza oluşmuşsa, B faz geriliminin bir bölümü polarizasyon sinyali olarak kullanılır. Bu polarizasyonda röle (2.9) bağıntısındaki şart sağlandığında çalışmaktadır.

$$k_1[(I_A + k_0 \,.\, 3I_0)\,.\; Z_R - (V_A)]\,.\,[k_3\,.\,(-V_B)\angle - 60^0]\cos\Phi - k_2 \geq 0 \qquad (2.9)$$

2.5.3.4 İleri Faz Polarizasyonu(Leading Phase Polarization)

İleri faz polarizasyonu, arızalı fazın ilerisindeki fazın geriliminin polarizasyon için kullanılması dışında geri faz polarizasyonuna benzerdir. Örneğin, A fazında böyle bir arıza görülürse, C faz geriliminin bir bölümü polarizasyon sinyali olarak kullanılır. Bu polarizasyonda röle (2.10) bağıntısındaki şart sağlandığında çalışmaktadır.

$$k_1[(I_A + k_0 \,.\, 3I_0)\,.\; Z_R - (V_A)]\,.\;[k_3(-V_C)\angle + 60^0]\cos\Phi - k_2 \geq 0 \qquad (2.10)$$

Günümüzde ileri ve geri faz polarizasyonu endüstride kullanılmamaktadır. Ayrıca, tek faz-toprak arızası sırasında, çapraz polarizasyonun ileri ve geri faz polarizasyonun kombinasyonu olduğu unutulmamalıdır.

2.5.3.5 Pozitif-Sequence Gerilim Polarizasyonu

Mho elemanları (Z.I – V) ile Vp arasındaki açıyı karşılaştırır. Polarizasyon gerilimi Vp için birçok seçenek mevcuttur. Nümerik rölelerin kullanılmaya başlanması ile birlikte, pozitif sequence gerilim polarizasyonlarının kullanımı uygun hale gelmiştir. Bu gerilim, üç fazlı yakın arızalar dışındaki her arıza için geçerli ve güvenilirdir. Söz konusu arızalar için, bellek işlemi kullanılmaktadır. Pozitif sequence bellek polarizasyonlu elemanlar genellikle şu sebepler yüzünden tercih edilmektedir.

- Çok geniş direnç kapsamı imkanı sağlar. Bu elemanlar her zaman kaynağın gerisine doğru genişlerler.

- Her çeşit arıza türü için bellek işlemi sağlarlar. Üç fazlı yakın arızalar için bu özellik çok önemlidir.

- Tüm mesafe ölçüm döngüleri için genel bir polarizasyon referansı sunarlar. Kutup açık süresi boyunca tek kutuplu açma için bu çok önemlidir.

Çizelge 2.3 şu sıralar endüstride kullanılan mho polarizasyon tekniklerinin bir özetini sunmaktadır.

Çizelge 2.3 Mho elemanı polarizasyon yöntemleri[16]

Çalışma	**Polarizasyon Elemanı/Açıklama**		**Özellikler**
$Z_R.I_{XY} - V_{XY}$	V_{XY}	XY = AB, BC, CA Z_R=Özellik	• Genişleme yok • Yön denetimi gerekli
$Z_R.I_{XY} - V_{XY}$	$-jV_Z$	XY = AB, BC, CA Z = C, A, B Z_R=Özellik	• Faz-faz arızalarında direnç kapsamı iyi • Yön denetimi gerekli • Sıfır gerilim arızalarında güvenli değil
$Z_R.I_{XY} - V_{XY}$	$-jV_{Z_MEM}$	XY = AB, BC, CA Z = C, A, B	• Faz-faz arızalarında direnç kapsamı iyi • Polarizasyon belleği sona erene kadar sıfır gerilim arızalarında güvenli
$Z_R.I_{XY} - V_{XY}$	jV_{Z1_MEM}	XY = AB, BC, CA Z = C, A, B Z_R=Özellik	• En iyi direnç kapsamı • Faz-faz ve üç fazlı arızalarda uygun • Polarizasyon belleği sona erene kadar sıfır gerilim arızalarında güvenli

Çizelge 2.3 Mho elemanı polarizasyon yöntemleri[16] (Devamı)

$Z_R.(I_X + kI_R) – V_{XG}$	V_{XG}	X = A, B, C $I_R = I_A + I_B + I_C$ $k = (Z_0 – Z_1)/3Z_1$	• Genişleme yok • Rezidüel toprak ($I_R = 3I_0$) karşılaması • Tek faz-toprak arızaları için güvenli değil
$Z_R.(I_X + kI_R) – V_{XG}$	jV_{YZ}	X = A, B, C YZ = BC, CA, AB $I_R = I_A + I_B + I_C$	• Direnç kapsamı iyi • Rezidüel toprak ($I_R = 3I_0$) karşılaması • Sıfır gerilim tek faz-toprak arızalarında güvenilir çalışma
$Z_R.(I_X + kI_R) – V_{XG}$	V_{X1_MEM}	X = A, B, C Z_R=Özellik Pozitif-Sequence Bellek Polarizasyonu	• En iyi direnç kapsamı • Rezidüel toprak ($I_R = 3I_0$) karşılaması • Sıfır gerilim tek faz-toprak arızalarında güvenilir çalışma

2.6 Arıza Türünü Belirleme

Güvenlik açısından, mesafe koruma röle düzenlerinin genel sistem, yük ve arıza durumları altında altı arıza türünün de(AG, BG, CG, AB, BC ve CA) koşullarını belirleyebilmesi gerekmektedir.(A,B,C fazları ve G toprağı göstermektedir.)

L hattı ve G toprağı göstermek üzere iki temel faktör vardır:

- Toprak mesafe elemanları hat-hat-toprak arızaları(LLG) için çalışabilir.
- Faz mesafe elemanları yakın hat-toprak (LG) arızaları için çalışabilir.

İlk faktör genellikle bütün uygulamalarda problem olarak ele alınır. İkinci faktör tek kutuplu açma uygulamalarında problemdir ve üç kutuplu açma uygulamalarında ise problemin belirtisidir. Düzgün bir dijital röle tasarımı, istenmeyen açmaların veya blokajların bütün korumanın performansına etkilerini güvenli bir biçimde azaltmayı amaçlar. Bu amaçla ilk çözüm, güvenli bir arıza türü seçim algoritmasıdır. Örneğin; arıza bir A faz-toprak arızasında AB ve CA elemanlarını üç kutuplu açmanın bir faz-toprak arızasında çalışmasını önlemek için kilitleme algoritması kullanılabilir. Arıza BC(faz-faz) arızası ise; B faz-toprak ve C faz-toprak elemanları bloke edilebilir.

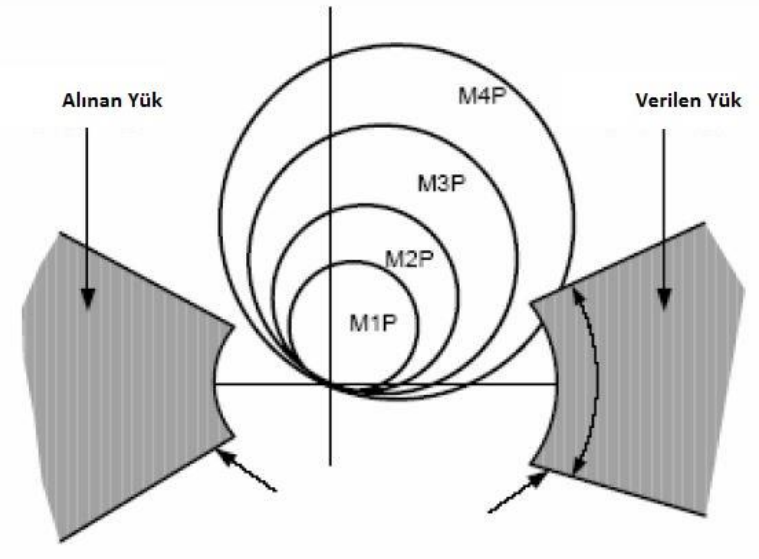
2.7 Yük Aşma Fonksiyonu

Aşırı yüklerin empedansı gerçekte bazı arızaların yükünden daha az olabilir. Fakat koruma yük ve arıza durumlarını birbirinden ayırt edecek kadar seçici olmalıdır. Dengesizlik durumu; üç fazlı arızalar haricinde bütün arızalarda seçicilik için belirleyici faktördür. Daha iyi bir yük atma için genel olarak kullanılan yöntemler merceksel veya eliptik şekilli karakteristiklerdir. Fakat bu karakteristikler arıza direnç kapsamını daraltmaktadır. Buna alternatif olarak, empedans-düzlem kapsama alanını sınırlamak ve açma karakteristiklerinden yükü hariç tutmak veya yüklü durumu belirleyebilen dörtgen karakteristikler oluşturmak için iletim hattı karakteristiğine paralel körleştiriciler yapmak için ek komparatörler kullanılabilir. Bütün bilinen çözümler sistem yüklü durumda ve arıza yokken rölenin çalışmasını yani kesiciye açma sinyali göndermesini engellemeyi amaçlamaktadır. Geleneksel çözümler iki temel dezavantaja sahiptir:

- Röle karakteristiklerinin kapsamını daraltmak, rezistif arızalara karşı rölenin hassasiyetini azaltır. Yük aşımının az bir kısmını önlemek sıklıkla arıza kapsamının çok büyük bir kısmını feda etmeyi gerektirmektedir.

- Kullanıcı açısından, şekiller daha karmaşık hale geldikçe fonksiyonların tanımlaması ve rölelerin kurulumu daha zor olur.

Modern dijital tasarımlar, doğrudan röle karakteristiği şeklini modifiye etmez. Bunun yerine, Şekil 2.14'te gösterildiği gibi ölçülen empedans yük bölgelerinden birinde ise, empedans düzleminde yük bölgelerini saptar ve mesafe elemanlarına kilitleme işlemi uygular.



Şekil 2.14 Yük aşma karakteristiği

2.8 Mesafe Koruma Düzenleri ve Uygulamaları

Mesafe koruma, birçok güç sistem elemanının korunması için uygulanan basit bir birim koruma sistemidir. Ayrıca koruma sistemlerinin arasında en yüksek hız sınıfındandır ve ekipmanların hem temel hem de yedek korunmasını sağlar. Mesafe koruma, yüksek hızlı koruma ve otomatik tekrar kapama gerektiren önemli iletim hatlarının korunmasını uygun hale getiren iletişim kanallarıyla birlikte ünite sistem korumasıyla tasarlanabilir.[16]

2.8.1 Mesafe Röleleriyle İletim Hatlarının Korunması

İletim hatlarının temel görevi, elektrik enerjisini generatör bölgesinden yük merkezine iletmektir. Bu sebeple, iletim hatlarının korunması çok önemli bir meseledir. Çünkü ana iletim hattının devre dışı kalması başka hatlarda da devre dışı kalmaya, yük kaybına ve büyük olasılıkla kararlılığın bozulmasına sebebiyet verebilir. İletim hattı korumasının temel amacı, hat arızalarının seçicilik faktörleri gözetilerek yüksek hızla giderilmesidir.

Selektivite bağlamında, diferansiyel koruma mesafe korumasından önce gelmektedir. Bununla birlikte, mesafe koruma ilkesi kesicinin açma kararını lokal ölçüm değerleri ile verilebilmesi avantajına sahiptir ve zaman gecikmeli yedek koruma işlevi sağlayarak, dış arızalara karşı da koruma sağlayabilmektedir. Mesafe koruması, dünyada birçok ülkede havai hatlarda temel koruma işlevi olarak kullanılmaktadır.

Eskinin elektromekanik rölelerinden bugünün modern nümerik rölelerine olan gelişim muazzamdır. Modern nümerik mesafe röleleri, eski statik ve elektromekanik mesafe röleleri ile karşılaştırıldıklarında, birçok teknik ve fonksiyonel özelliklere sahiplerdir. Mesafe koruma bölgeleri, elektromekanik ve statik rölelerde sınırlıdır, bunun temel sebebi fiziki boyut ve elemanların maliyetidir. Nümerik teknoloji, kullanıcıya daha geniş kapsamlı parametreleri daha rahat bir şekilde ayarlama imkânı sunmaktadır.

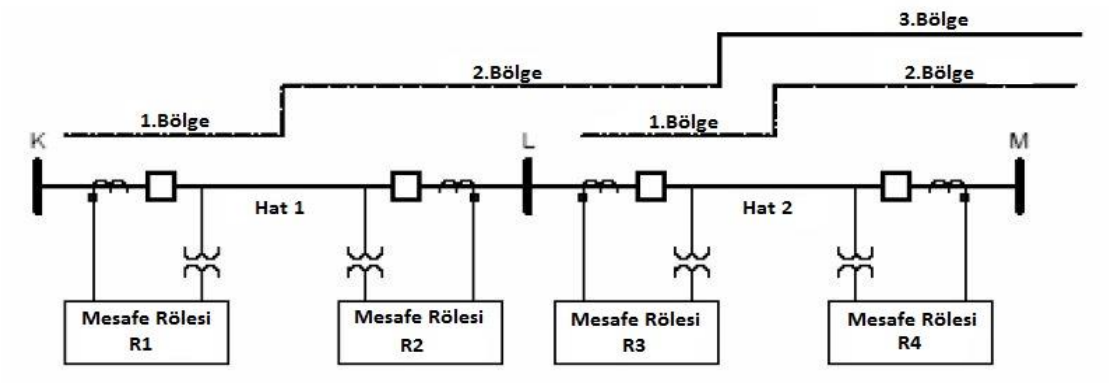
2.8.2 Kademeli Mesafe Koruma Düzenleri

Kademeli mesafe koruma, yüksek hızlı tekrar kapama sistemine gerek duyulmayan ve hat sonu bölge arızalarının giderilmesi ile ilgili kısa süreli gecikmenin göz ardı edilebildiği iletim hatlarının temel ve yedek koruması için kullanılmaktadır. Mesafe röleleri üretim ve sistem durumundaki değişikliklerden aşırı akım rölelerine göre daha az etkilenmektedirler. Bu sebeple, mesafe röleleri hat koruması için aşırı akım rölelerine nazaran daha fazla tercih edilmektedirler.

Tipik bir mesafe rölesi, röle konumu ve ayarlanabilir koruma bölgesi menzili arasında görülen arızaları giderebilecek ve bu bölgenin dışında kalan arızaları dış arıza olarak algılayabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Mesafe koruma rölesi bir iletim hattının empedansını önceden ayarlanmış noktaya kadar veya istenilen menzile dek ölçebilme kapasitesine sahiptir ve çoğunlukla iletim hatlarının koruması için uygulanmaktadır, çünkü empedansları hat uzunluklarına göre orantılıdır. Faz ve toprak mesafe röleleri, bir hat ucundaki gerilim ve akımları ölçmektedirler ve röle ile arıza bölgesi arasındaki pozitif sequence empedansını hesaplamaktadırlar.

2.8.2.1 1. Bölge

Bir kademeli mesafe koruma düzeni,iki ya da üç koruma bölgesini kullanarak yarar sağlamaktadır. Bir güç sistemindeki mesafe röleleri arasındaki düzgün koordinasyon; mesafe koruma rölelerinin menzil ayarları ve ölçümün farklı bölgelerinin açma zamanlarının denetlenmesi ile gerçekleştirilmektedir.1.bölge belirli bir gecikme olmaksızın, yüksek hızlı, zaman gecikmesiz yani ani bir bölgedir ve normalde korunan hattın %80-85'i kadar bölgeyi koruma altına almak için ayarlanmıştır (Şekil 2.15). Bunun sonucunda oluşan %15-20'lik boşluk; transformatör arızaları, hat empedans değerlerinin birbirini tutmaması ve röle ölçüm hataları sebebiyle komşu hat kısımları üzerinde yüksek hızda çalışan koruma cihazları ile ayrım yapılmamasını engelleyerek korunan hattın uzak uçtaki terminalinde veya onun ötesinde arızalar için aşırı menzil riskinin olmadığından emin olunmasını sağlamaktır. Hat uzunluğunun geriye kalan %15-20'lik kısmı zaman gecikmeli 2.bölge mesafe elemanı tarafından korunmaktadır. 1.bölge uzak baranın ötesine kesinlikle geçmemelidir.



Şekil 2.15 Kademeli mesafe koruma bölgeleri

2.8.2.2 Genişletilmiş 1.Bölge

Bölge 1 genişleme fonksiyonu herhangi bir iletişim kanalının mevcut olmadığı yerlerde veya iletişim kanalının çöktüğü yerlerde otomatik tekrar kapama işlevi ile birlikte kullanılmak amacıyla tasarlanmıştır. Bu düzen tipik olarak radyal dağıtım fideri alt iletim şebekeleri üzerinde daha çok kullanılırken, genellikle kritik iletim hatları üzerinde daha az kullanılır.

Mesafe koruma rölesi 2.bölge elemanlarının iki ayarı vardır. Bu ayarlardan biri, temel mesafe düzeninde de olduğu gibi korunan hat uzunluğunun %75-80 oranını kapsayacak menzil ayarıdır. "Genişletilmiş 1. Bölge ya da Z1X" olarak bilinen bir diğer ayar ise, korunan hattın yüzde %20-30 oranında aşırı menzil eklenmesidir. Z1X menzili içerisinde herhangi bir noktada arıza meydana gelmesi üzerine, röle anında çalışır (1.bölge süresinde yani ani olarak), kesiciye açma sinyali gönderir ve otomatik tekrar kapamayı başlatır. Otomatik tekrar kapama sinyali, kesici kapama bobinini enerjilendirmeden önce; 1.bölge menzili, normal 1.bölge değerinin yüzde %80-85'ini sıfırlar. Ağ şebekelerde Z1X düzeni, uygun röle ayarı ya da modern nümerik mesafe rölelerindeki farklı bir ayar grubunun seçimi ile iletişim kanalının hasarı üzerine otomatik olarak devreye sokulur. Eğer arıza geçici ise, açma sinyali gönderilen kesici başarıyla kapanacaktır.

1.Bölge uzatma düzeninin dezavantajı, rölenin Z1X menzili içerisindeki dış arızaların, kesicilere açma sinyali gönderilmesi ve son kullanıcıya iletimde potansiyel transient kayıpların görülmesi ile sonuçlanmasıdır.

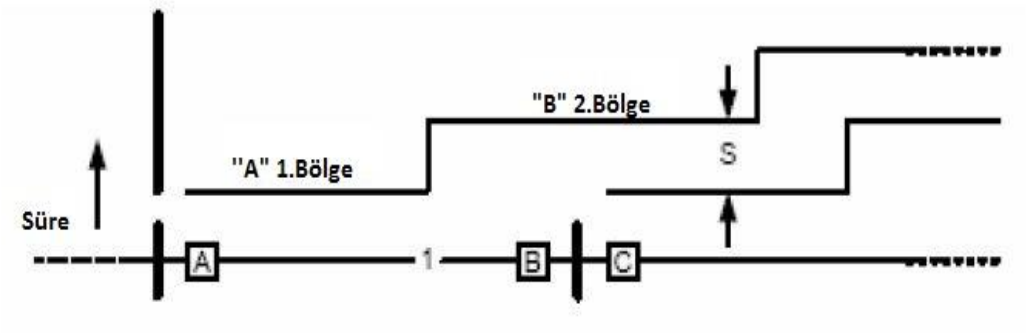
2.8.2.3 2. Bölge

2.bölge, korunan hattın(Hat 1, KL) ve Şekil 2.15'teki L barasının sağındaki komşu hattın bir kısmını (Hat 2, LM) kapsayan zaman gecikmeli yönlü koruma bölgesidir. 2.bölgenin temel amacı, 1.bölge menzilinin dışında korunan Hat 1'deki arızaların giderilmesidir. Ayrıca 2. Bölge, hem korunan Hat 1 hem de bitişiğindeki Hat 2'de arızalı 1.bölge için bir yedek koruma sağlar.

2.bölge menzil ve zaman gecikme ayarları, komşu hat bölümleri ve bu bölümlerin koruma düzenleri ile istenilen yedek koruma ve koordinasyon koşullarına göre belirlenir. 2.bölge mesafe elemanlarının menzil ayarı, korunan hat ile beraber uzak baradaki en kısa komşu hattın %50'sinden ya da hangisi büyükse korunan hattın %120'sinden fazlasını kapsayacak şekilde ayarlanır. Eğer Bara L'de akım beslemesi varsa, bu durum 2.bölge menzilini azaltacaktır. Ancak her durumda 2.bölge, kendisinin ilk amacı olan Hat 1'i koruyacaktır. Aşırı menzil 2.bölge elemanlarının, koordinasyon bozukluğunu önlemek için uzak baradaki komşu hat bölümlerinin 1.bölge elemanlarının herhangi birinin menzilini aşmaması önemlidir. 2. bölge gecikme süresi; sonraki hat bölümünün birincil korumasının çalışma süresi, kesici çalışma süresi ve kesici arıza çalışma süreleri ile koordine olacak şekilde ayarlanmalıdır. 2.bölge zaman gecikmesi, genelde güç sistemi frekansının 20-30 çevrim olarak (50Hz için 400-600ms) ayarlanır.

Aşırı menzil mesafe bölgeleri, (yani 2. Bölge ve 3. Bölge) hem kademe-mesafe hem de yüksek hızlı örnek düzende kullanılır. Kademeli mesafe düzeninde bu bölgeler, menzil aşımı yaptıkları uzak merkez bölgeleri ile doğru orantılı olarak artan zaman gecikmeleri ile ayarlanır.Örneğin, lokal 2. bölge rölesi, 2. bölgeden önce uzak terminalin açma göndermesini sağlamak için uzak terminal 1.bölge rölesi ile koordine olabilmek için zaman gecikmelidir. Benzer şekilde, uzak terminaldeki 2. bölge, lokal terminaldeki 3.bölgeden önce açma göndermelidir.

Mesafe koruma elemanı koordinasyonunun bir örneği, Şekil 2.16'da gösterilmektedir. A kesicisindeki röle, 1.bölgenin içindeki arızalar da anında açma sinyali göndermek için ayarlanır. C kesicisinin altındaki arızaların ani olarak bu rölenin ve kesicinin çalışmasıyla giderildiği varsayılmaktadır. Eğer C kesicisi 1. bölgedeki arızayı gidermede başarısız olursa, A kesicisi 2. bölge zaman aşımına uğradığında arızayı gidermek için ayarlanır. A kesicisi, 1 noktasında ve 2. bölge zamanındaki B kesicisi arasında meydana gelen arızaları giderir. Selektivite gecikmesi S, C kesicisinin çalışma zamanı,uzak barada arıza görüldüğünde lokal kesici arıza zamanının ve bazı ufak güvenlik faktörü zamanlarının toplamıdır.



Şekil 2.16 Zaman kademeli mesafe koruma örneği

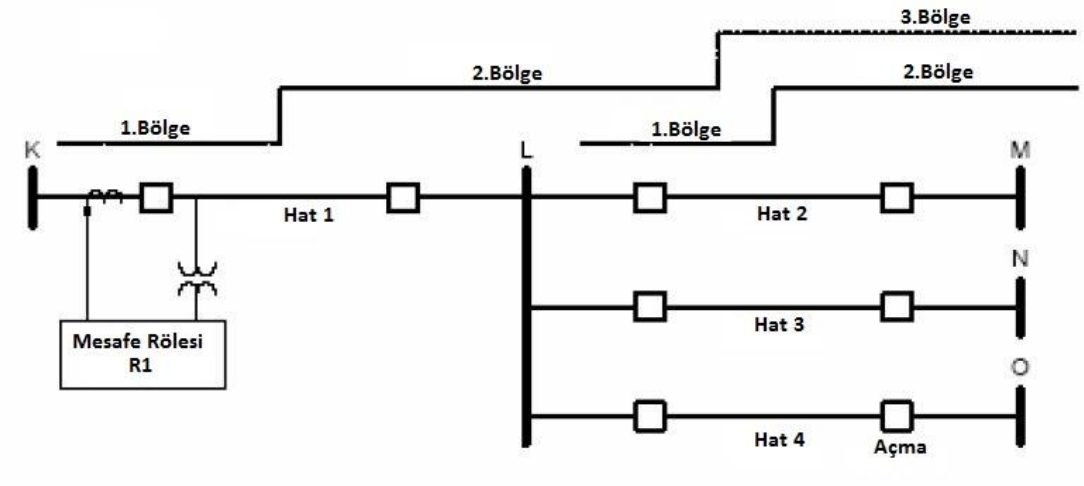
2.8.2.4 3. Bölge

Bilindiği üzere, kademeli mesafe koruma düzenindeki 3. bölge elemanı, uzak istasyondaki ana korumanın çalışmaması veya arızalanması durumunda zaman gecikmeli uzaktan yedek koruma görevi yapar. 1. ve 2. bölgeler can kaybını önlemek, servis ve sistem kararlılığını korumak için uygulanır. 3.bölge, ekipmanın ve personelin zarar görmesini önlemek için uygulanır. 3. bölge, Şekil 2.15'teki Hat 2'yi tamamen koruyacak şekilde ayarlanmalıdır. 1. ve 2. bölgeler, Hat 2'nin menzilini hiçbir zaman aşmamalıdır ve 3. bölge de hiçbir zaman menzil dışında(altında) olmamalıdır. 3. bölge, L barasında aşırı besleme koşulları ile M barasındaki arıza için ayarlanırken, 1. ve 2. bölgeler Hat 1'in gerçek empedansını kullanarak ve L barasındaki akım beslemesini hesaba katmayarak ayarlanır.

Enterkonnekte güç sistemlerinde, uzak baradan beslenen arıza akımı(Şekil 2.15'te L barası) her iki hat empedansı yani Hat 1 (KL) ve Hat 2'nin (LM) toplamından daha büyük olan 3. Bölge mesafe elemanı empedansına neden olacaktır. 3. bölge mesafe elemanları ayarlanırken bunun dikkate alınması gerekmektedir. Şekil 2.15'teki L barasındaki uzak bara akım besleme arızasının çeşitleri, bazen uzaktan yedek 3. bölge mesafe elemanının uygulanmasını önleyebilir. 3. bölge mesafe elemanı, nadiren çalışması için yönlendirilir; fakat aşırı yüklenme koşulları, gerilimli güç sistemi koşulları ya da düşük güç sistemi salınımları sırasında çalıştırılmamalıdır. Aşırı menzil 3. bölge mesafe röle elemanları, gerilimli sistem koşulları sırasında geçmişte yanlış bir şekilde kullanılmıştır ve bu istenmeyen 3. bölge açması, genellikle geniş çaplı kesintilere sebebiyet vermiştir. Söz konusu durumlarda 3.bölgenin çalışmasını önlemek adına;

mesafe rölesinde düzgün şekillendirilmiş mesafe karakteristikleri veya bir yük aşımı özelliği ve güç salınımı koruma özelliği kullanılmalıdır.

Genellikle 3. bölge menzili, Şekil 2.15'teki ikinci hat bölümü M barasının ucundaki arıza için mesafe rölesinin koruduğu hat empedansının %120'sine ayarlanır. Alternatif olarak, 3. bölge Şekil 2.17'de gösterildiği gibi uzak uç kesicinin açılması ile uzak istasyon hat sonu arızası için en yüksek görünen empedansın %120'sine göre ayarlanabilir. 3. bölge zaman gecikmesi, genellikle zaman koordinasyonunu sağlamak amacıyla 2. bölgenin (40-60 cyc) iki katıdır.



Şekil 2.17 K terminalindeki 3.bölgenin hat 4 arızası için ayarlanması

2.8.2.5 Geri Yönlü 3. Bölge

Şekil 2.15'te yer alan K noktasındaki mesafe rölesi, Hat 2 için 3. bölge yedek koruması yapmaktadır. R2 mesafe koruma rölesi ayrıca bu yedek koruma fonksiyonunu 3. bölgeyi tersleyerek sağlamaktadır. Bir başka deyişle, mesafe koruma rölesinin ilerideki hatlar yerine arkada kalan hatları korumak için 3. bölge korumalarını ters yöne çevirmek ayrıca yedek koruması sağlayabilmektedir. Aynı seviyede yedek koruma da sağlanabilmektedir, fakat 3. bölge elemanının menzili daha kısadır ve yüklü çalışmada veya güç salınımları esnasında işletme riskini azaltmaktadır. Geri yönlü 3. bölge yedek korumalarının dezavantajı yedek korumasını yaptığı bölge ile aynı DC kaynağına sahip olmasıdır ve aynı sebepten ötürü arıza yaşaması olasılığıdır.

2.8.3 3.Bölge ve Yedek Koruma Teçhizatları

İyi bir mühendislik uygulaması, olası koruma ekipmanı arızalarını göz önünde bulundurur ve gerekli çözümlerini de sunar. Bütün arızları kapsayabilme yetisine sahip bir yedek koruma düzeni her zaman düşünülmelidir. 3.bölge gibi uzaktan yedekleme sistemleri, deprem veya fırtınalar gibi etkilerin sebep oldukları yıkıcı fiziki arızalar sebebiyle zarar görebilecek trafo merkezleri veya tesisleri için yedek koruma sağlamaktadır. Yanlış ayarlama veya bakım sırasında ekipmanların çalışmaması gibi insani sebeplerden oluşan hatalar da ayrıca yıkıcı bir arıza olarak düşünülebilir. Yedek koruma sistemleri aküleri, röleleri, transdüserleri, kesicileri ve baraları kapsamaktadır.

2.8.3.1 Aküler

Trafo merkezindeki akülerden birinin uygun olması halinde SCADA sistemi akü bozuksa düzeltme işlemini yürütmesi için işletme bölümüne alarm verir. Daha yüksek gerilim seviyelerinde, çift akülü sistemler nadiren görülür.Bu durumda akü arızası için yedek koruma sağlamak gerekli olmayabilir. Bununla birlikte, yalnızca bir akü varsa SCADA uyarı alarmı olsa bile; akünün kolaylıkla erişilmeyen bir bölgede olması ve onarım personelinin sorunu hızlıca düzeltecek zamanı olmayacak bir bölgede bulunması halinde uzak istasyonlarda bir 3.bölge koruma ayarlaması tavsiye edilmektedir.

2.8.3.2 Röleler

Düşük gerilim seviyelerinde, yedek koruma sağlamak için ek bir röle ilave edilmez ve bu nedenle lokal koruma düzenindeki arızalar 3. bölge uzak yedek koruması gerektirebilir. Daha yüksek gerilimlerde, lokal kesici arıza koruma düzenleri de dahil olmak üzere yedek koruma görevi yapan röle bulunur. Bu yüzden, uzak yedek korumasının gereksiz olabileceği düşünülebilir fakat çoklu rölelerin alımı içerisinde genel bir üretim arızası olmadığından emin olmak gerekir.

2.8.3.3 Transdüserler

Düşük gerilim seviyelerinde, transdüserler tek olarak kullanılır ve gerilim veya akım transformatörlerindeki bir arıza fark edilemeyerek çalışmaya devam edilebilir ve açma arızasına sebebiyet verebilir. Bu durumda, 3. bölge uzak yedek koruması gereklidir. Yüksek gerilim seviyelerinde, akım trafosunda sekonder sargılar çiftlenir veya her biri farklı röleler için daha fazla akım trafoları oluşturulabilir.

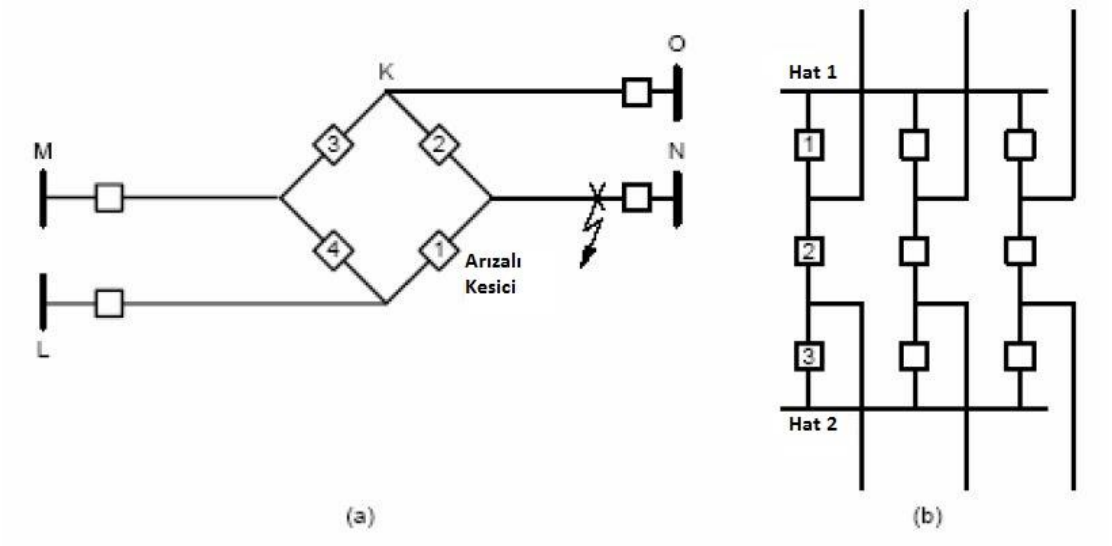
2.8.3.4 Kesiciler

Kesiciler sistemde çoğaltılamazlar. Herhangi bir arızayı gidermek için kesicinin arızalanması göz önünde bulundurulmalıdır. Kesici arızası açma düzeleri, sistem ve istasyon yapılarına karşı hassastırlar. Bazı durumlarda, bir kesici arızasını saptamak üzere arızaya katkıda bulunan bütün lokal kesicileri açmak yeterli olur. Fakat bazı durumlarda, trafo merkezinin yapısına bağlı olarak arızayı gidermek için bu yeterli gelmez, kesicileri uzaktan kontrol etmek için doğrudan iletim açma düzeni(direct transfer trip scheme) gerekir. Bu da, bazı bölgelerde doğrulanamayan iletişim teçhizatları için masrafları beraberinde getirir ve bu durumda da uzaktan bir 3.bölge koruması gerekli olmaktadır.

2.8.3.5 Bara Yapıları

Şekil 2.18(a)'da EHV (aşırı yüksek gerilim) merkezlerinde tipik bir ring bara yapısı gösterilmektedir. K istasyonundaki 1. kesici arızayı gösteremediğinde. K istasyonundaki kesici arıza koruma düzeni, 4. kesiciyi açacaktır ve arızayı gidermek için L istasyonundaki uzaktan kontrollü kesiciye doğrudan bir açma sinyali gönderecektir. Transfer açma düzeni bu istasyon için doğrulanamıyorsa, arıza L istasyonunda 2.bölgedeki mesafe rölesinin menzili dışında kalmış olabilir ve arızayı gidermek için L istasyonunda bir 3.bölge korumasına ihtiyaç duyulabilir.

Şekil 2.18(b)'de, belki de en yaygın EHV(aşırı yüksek gerilim) bara düzenlemesi olan 1.5 kesicili sistem gösterilmiştir. 2. kesicisi çalışmayan Hat 1'deki bir arıza için, uzaktan kontrol edilen Hat 2 kesicileri doğrudan, iletişim kanalı gerektiren bir transfer trip sinyali ile açtırılırken; 3. kesici lokal kesici arıza düzeni tarafından açtırılır. Alternatif olarak, Hat 2'nin en ucunda bulunan bir 3. bölge, iletişim kanalının yokluğunda Hat 1'in sonundaki arızaları kapsayacak şekilde ayarlanmalıdır.



Şekil 2.18 Elektrik sistem yapıları (a)ring, (b)bara

2.9 Bölge Ayarlama Çeşitleri

Geleneksel mho karakteristiği gibi mesafe karakteristikleri için, aşırı menzil bölgesinin aşırı yük alma hassasiyeti genellikle mesafe (empedans ayarı) arttıkça artar. Mho karakteristiği, sistemin geçici yük dalgalanmalarına yanıt verme olasılığına sahiptir. Özellikle yükün aşırı ve endüktif olduğu durumlarda karakteristik tarafından kararlı hal yükü de tespit edebilir. Bir yük durumuna istenmeyen bir biçimde yanıt veren, hassas bir şekilde belirlenmiş mesafe bölgesinin hassasiyetini düşürmek amacıyla farklı yöntemler uygulanmaktadır.

2.9.1 Mho Karakteristiği Açı Ayarı

Mho karakteristiğinin yük durumlarına yanıt verme hassasiyetini azaltan en kolay ayarlama, maksimum tork (hassasiyet) açısının yükseltilmesidir. Buna karşın, böyle bir ayarlama arıza direnci kapsamını daraltmaktadır. Hem düşük menzil hem de aşırı menzil bölgeleri uygulandığında, menzil altı bölge için daha düşük bir maksimum tork açısı ve aşırı menzil bölgesi için daha yüksek maksimum tork açısı istenir. Bu düzenleme, aşırı yüklenme durumları ve güç salınımları altında arızalı işlemlere karşı daha az hassasiyet sağlarken, yakın arızalara karşı direnç kapsamını optimize etmektedir.

2.9.2 Mho Karakteristik Öteleme(Offset)

Mesafe rölesinin yük hassasiyetini azaltacak diğer bir yöntem ise mho mesafe rölesi karakteristiğinin ötelenmesidir. İleri öteleme, mho dairesini korunan hat yönünde hareket ettirmektedir. İleri öteleme, hassas bir şekilde belirlenmiş aşırı menzil bölgesini tahmin edilen kararlı hal aralığının ve geçici yük empedansı konumlarının ötesine hareket ettirmek için uygulanabilir. İleri öteleme mho karakteristiği ile korunmasız bırakılan hattın yakın bölümünü korumak amacıyla daha kısa menzilli bir mesafe bölgesine bağlı kalınmalıdır. Geri öteleme ise, rölenin konumunu çevrelemek amacıyla, kararlı haldeki mho karakteristiğini ana ileri menzilden geri çekmektedir.

2.9.3 Karakteristik Biçimlendirme

Mercek tipi bir karakteristiğin, standart bir mho karakteristiğine kıyasla güç salınımları veya kararlı hal yükü sırasında çalışma eğilimi daha düşüktür. Diğer yandan, mercek tipi karakteristiğinin arıza direnci kapsamı düşüktür. Mesafe rölesinin aşırı yüklenme koşullarında veya güç salınımlarında çalışma eğilimini azaltacak diğer mesafe rölesi karakteristik şekilleri de uygulanmıştır. Buna karşın bütün bu karakteristiklerin, röle sisteminin rezistif arızaları tespit etmesine olumsuz etkisi vardır.

2.9.4 Yük Aşımı Karakteristiği

Çoğu zaman sistemin yüklenme kapasitesindeki artış rezistif arıza kapsamında azalmalara neden olmuştur. Bazı modern hat koruma cihazları, yük aşımı olarak ifade edilen yük ve arıza durumlarının ayrımı için çok daha uygun bir yöntem sunmaktadır. İletim sistemi üzerindeki yükün esasen dengeli ve üç fazlı olması nedeniyle, denetim kısıtlamaları yalnızca üç faz mesafe elemanlarının çalışmasına ilişkin olarak getirilmektedir. Yük aşımı özelliği faz-faz, faz-toprak ve iki faz-toprak arızalarını tespit etme yeteneğinden hiçbir şekilde ödün vermemektedir. Özellik mevcut olduğunda, kullanıcı hem ileri hem de geri yönlerde özel yük bölgeleri belirleyebilir. Röle, ölçülen faz miktarlarından pozitif sequence gerilimini ve akımını hesaplamakta ve bunlardan da pozitif sequence empedansın büyüklüğünü ve faz açısını hesaplamaktadır. Hesaplanan pozitif sequence empedansının tanımlanan yük aşımı bölgesi içerisinde bulunması halinde, üç fazlı mesafe elemanının çalışması engellenir. Bu denetim kapsamında, yalnızca yük bölgesinde pozitif sequence empedansına karşılık gelen rezistif üç fazlı arızalar (meydana gelme olasılığı çok düşük) tespit edilemeyecektir.

2.10 Kaynak Empedans Oranı (SIR: Source Impedance Ratio)

SIR (kaynak empedans oranı), röle bölgesinin gerisindeki kaynak empedansının hat empedansına daha doğrusu mesafe rölesi menzili ayar değerine oranıdır. SIR, röle tarafından görülen arızalı kapalı devre geriliminin büyüklüğü için efektif bir ölçüdür. Yüksek arıza düzeyleri, düşük SIR'lara, düşük arıza düzeyleri ise yüksek SIR değerlerine tekabül etmektedir.

Genel bir kural olarak, düşük SIR sistemleri daha yüksek seviyede arıza akımı üretmektedir; bu da, sistem kararlığını muhafaza etmek ve tesiste meydana gelmesi olası hasarları azaltmak amacıyla hızlı arıza giderme sürelerini gerektirmektedir.

Bir mesafe rölesinin her menzil noktasındaki arıza için doğru ölçüm yapma yeteneği, röle konumunun belirtilen belirli bir gerilimin üzerinde olduğu bu koşul altındaki minimum gerilimine bağlıdır. Bu gerilim genellikle röle tasarımına bağlıdır ve eşdeğer maksimum ZS/ZL veya SIR ile ifade edilebilir. Mesafe röleleri, menzil noktası gerilim kriterinin karşılanması koşuluyla, rölelere yakın arızaların mesafe rölesinin çalışmasını engellemesini önleyecek şekilde tasarlanmıştır.

Bellek gerilim polarizasyonu bulunan mesafe rölesi bölge karakteristiklerinin dinamik genişleme miktarı SIR değerine bağlıdır. Düşük SIR değeri bulunan sistemlerde kullanılan röleler, dinamik koşullar altında karakteristiklerin boyutunda büyük bir artış göstermeyecekken, bunun tam tersi yüksek SIR değerleri bulunan sistemlerde kullanılan röleler için bu artış geçerli olacaktır.

Bazı rölelerin uyguladığı ölçüm teknikleri, özellikle SIR çok yüksek ve çok düşük olduğunda doğru ölçüm yapmada güçlük çekebildiği için mesafe röleleri genellikle rölenin uygulandığı belirli şebekelerde rastlanabilen çeşitli SIR koşulları için test edilmelidir.

2.11 Mesafe Korumasında Hat Uzunluğunun Önemi

İletim hatlarının uzunluğu, 1 km'den az ve 450 km'den fazla değerler arasında değişiklik gösterebilmektedir. Çok kısa hatlar mesafe koruma uygulaması için tam anlamıyla uygun değildir ve birim tipi korumanın uygulanması daha etkilidir. Temel engelleyici faktörler aşağıda belirtildiği gibidir.

- Özellikle düşük menzil bölgesinde rölenin etkin bir şekilde gerekli düşük empedans değerine ayarlanamaması
- Düşük direnç kapsamı
- Koruyucu bölgelerin yük aşımı sorunlarıyla karşılaşmadan ayarlanmasında yaşanan güçlük

Kısa hatlar aynı zamanda SIR değerleri büyük olmaktadır. Yaklaşık olarak dört veya daha fazla olan SIR değerleri genellikle kısa hatları tanımlamaktadır. Orta uzunluktaki hatlar 4 ve 0.5 arasında değişiklik gösteren SIR değerlerine sahiptir. Uzun hatlar ise 0.5'ten daha küçük SIR değerlerine sahip olan hatlardır.

Belirli bir hat uzunluğu için birim başı(p.u.) empedansın ohm empedansına kıyasla hattın nominal gerilimi ile çok daha fazla değişiklik gösterdiğine dikkat edilmelidir. Farklı gerilim seviyelerinde farklı kısa devre empedansları ile birlikte bu faktör, bir hattın nominal geriliminin SIR üzerinde önemli bir etkisi olduğu anlamına gelmektedir.Örneğin, 0.332 Ω/km pozitif sequence reaktansına sahip 500 kV'luk bir hat, 100 MVA ve 500 kV bazında 0.0013 p.u./km eşdeğer reaktansa sahiptir. Rölenin gerisindeki kaynak empedansının birim başına 0.01 p.u. değerine denk gelen 10,000 MVA'lık bir arıza seviyesi olması halinde, aşağıdakiler geçerli olmaktadır:

- 19 km'den daha kısa hatlar, dörtten büyük bir SIR değerine sahip olacaktır ve kısa hatlar olarak kabul edilebilirler.

- 150 km'den daha uzun hatlar, 0.5'ten daha az bir SIR değerine sahip olacaktır ve uzun hatlar olarak kabul edilebilirler.

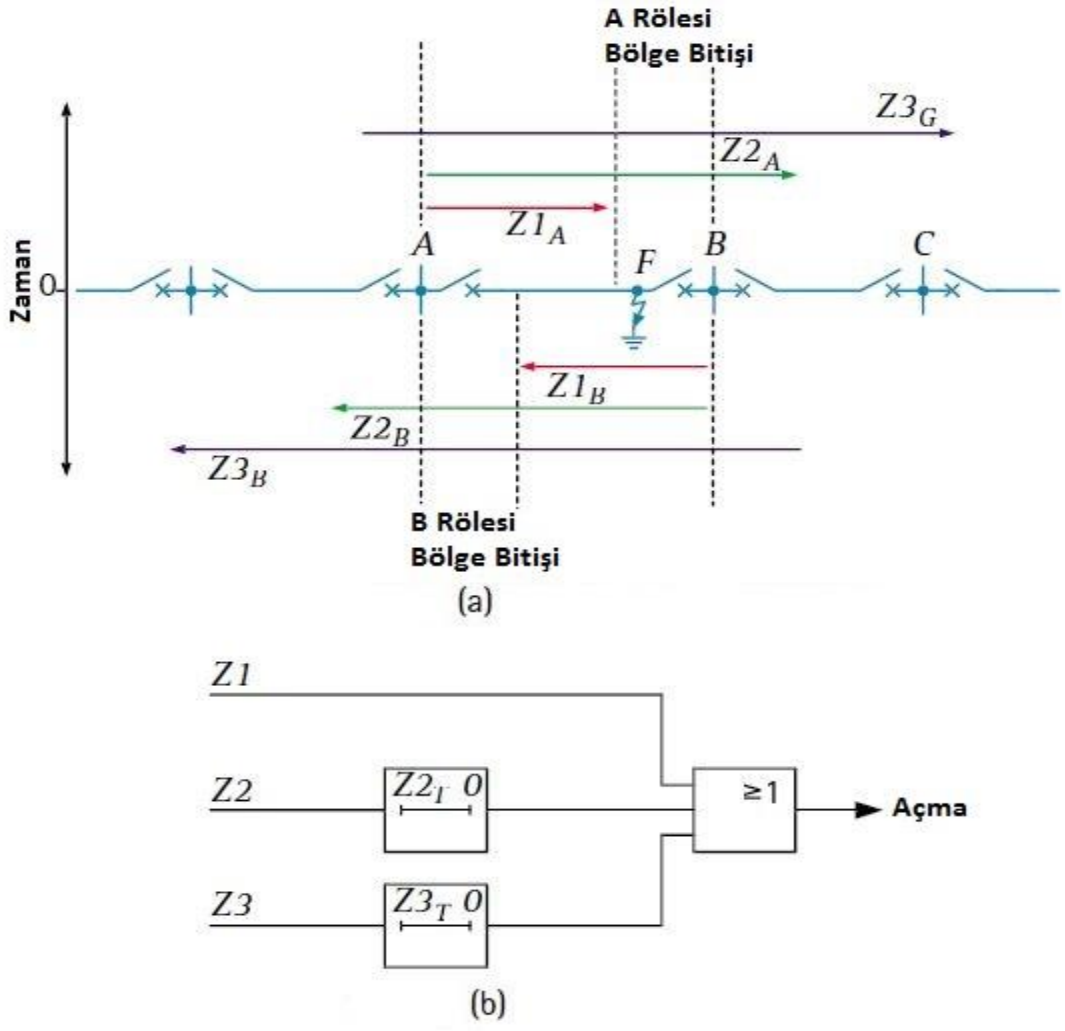
Diğer bir yandan, 0.53 Ω /km pozitif sequence reaktansına sahip 69 kV'luk bir hat, 100 MVA ve 69 kV bazında 0.015 p.u./km eşdeğer reaktansa sahiptir. Rölenin gerisindeki kaynak empedansın birim başına 0.1 p.u. değerine denk gelen 1000 MVA'lık bir arıza seviyesi olması halinde, aşağıdakiler geçerli olmaktadır:

- 1.7 km'den daha kısa hatlar, dörtten büyük bir SIR değerine sahip olacaktır ve kısa hatlar olarak kabul edilebilirler.

- 1.4 km'den daha uzun hatlar, 0.5'ten daha az bir SIR değerine sahip olacaktır ve uzun hatlar olarak kabul edilebilirler.

2.12 İletişim Destekli Mesafe Koruma

Konvansiyonel zaman kademeli mesafe koruma, Şekil 2.19'da gösterilmiştir. Bu düzenin en önemli dezavantajlarından biri, korunan hattın her bir ucundaki anlık 1.bölge korumasının şebeke uzunluğunun tamamını kapsayacak şekilde değil de genellikle hat uzunluğunun yaklaşık %80'ini kapsayacak şekilde ayarlanmış olmasıdır. Bu da geriye her biri korumalı hat uzunluğunun yaklaşık %20'si kadar iki "uç bölge" bırakır. Bu bölgelerdeki arızalar, hattın bir ucundaki koruma ile 1. bölge zamanında ve hattın diğer ucundaki koruma ile 2. bölge (genellikle 0.25 ila 0.4 saniyede) zamanında giderilir.[17]



Şekil 2.19 Konvansiyonel mesafe rölesi düzenleri
(a)kademeli zaman/mesafe karakteristiği,(b)açma devresi

Bu durum şu iki ana nedenden dolayı bazı uygulamalarda göz ardı edilemez:

- Hattın 2. bölge korumasına kalan arızalar, sistemin kararsız hale gelmesine neden olabilir.

- Yüksek hızlı otomatik tekrar kapamanın kullanılması durumunda, arızalı kısmın her iki ucundaki devre kesicilerinin eş zamanlı olarak açılmaması, arızanın giderilmesi ve iyonize gazların temizlenmesi için otomatik tekrar kapama devresi sırasında "ölü zaman" oluşmaması ile sonuçlanır. Bu da, geçici arızanın her bir hat bölümünün ucundaki kesicilerin geçici olarak kilitlenmesine neden olabilir.

Kararsızlığın oluşmadığı durumlarda bile bu arızanın artan süresi, güç kalitesi sorunlarına yol açabilir ve ekipman hasarı ile sonuçlanabilir. Korunan hattın her iki ucundaki koşulları eş zamanlı olarak karşılaştıran koruma düzenleri, arızanın korumalı bölümün içerisinde mi yoksa dışarısında mı olduğunu tam olarak belirler ve tüm fider için yüksek hızlı koruma sağlar. Bu avantaj, koruma düzeninin mesafe düzeni tarafından komşu hat yedek koruması yapmamasına göre dengelenir.

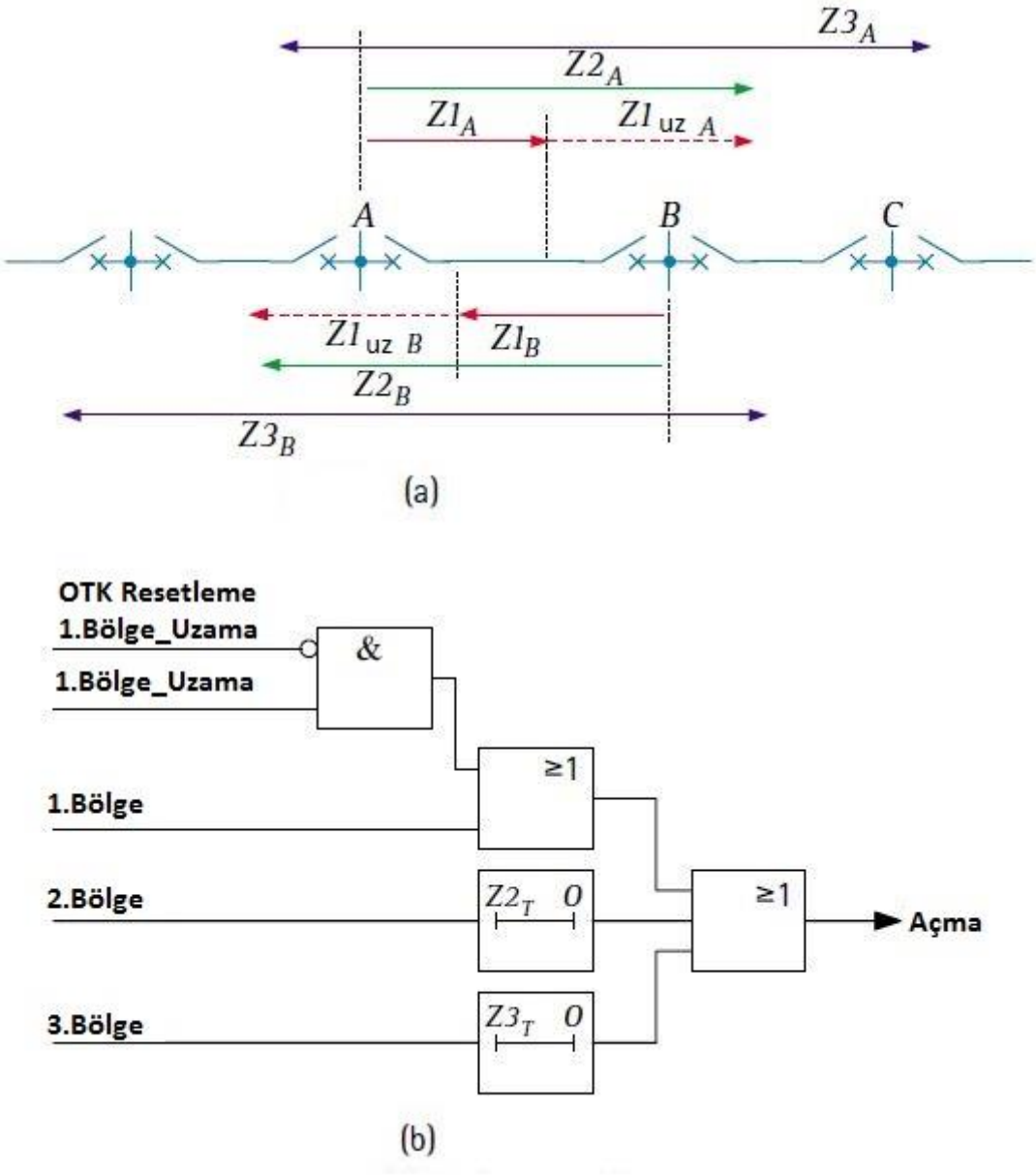
En çok istenilen düzenin, her iki düzenlemenin en iyi özelliklerinin bir arada bulunması olduğu oldukça bellidir. Bu durum tüm hat boyunca ani açma yapılması ve komşu hatlarda yedek koruma yapılmasıdır. Bu düzen, korunan hattın her iki ucundaki mesafe koruma rölelerinin bir iletişim kanalı ile birbirine bağlanması ile elde edilebilir.

İletişim kanalının amacı, uzaktan kesicinin çalışması ya da açma kilitlemeleri de dahil olmak üzere korunan hattın bir ucundan diğer bir ucuna sistem koşulları hakkında bilgi iletmektir. İlk düzenleme genellikle "transfer açma düzeni(transfer tripping scheme)" olarak bilinirken, diğer düzenleme ise genellikle "kilitleme düzeni(blocking scheme)" olarak bilinir. Ancak çeşitli düzenler uygulamaya göre büyük farklılıklar gösterebilir.

2.12.1 1. Bölge Uzatma Düzeni

Bu düzen, otomatik tekrar kapamayla birlikte herhangi bir iletişim kanalının mevcut olmadığı ya da kanalın arızalandığı durumlarda kullanılmak için tasarlanmıştır. Böylece bakım ya da geçici arızadan kaynaklanan iletişim kanalının mevcut olmaması durumunda, bu düzen yedek devre olarak radyal dağıtım fiderleri ya da enterkonnekte hatlar üzerinde kullanılabilir. Düzen, Şekil 2.19'da gösterilmiştir.

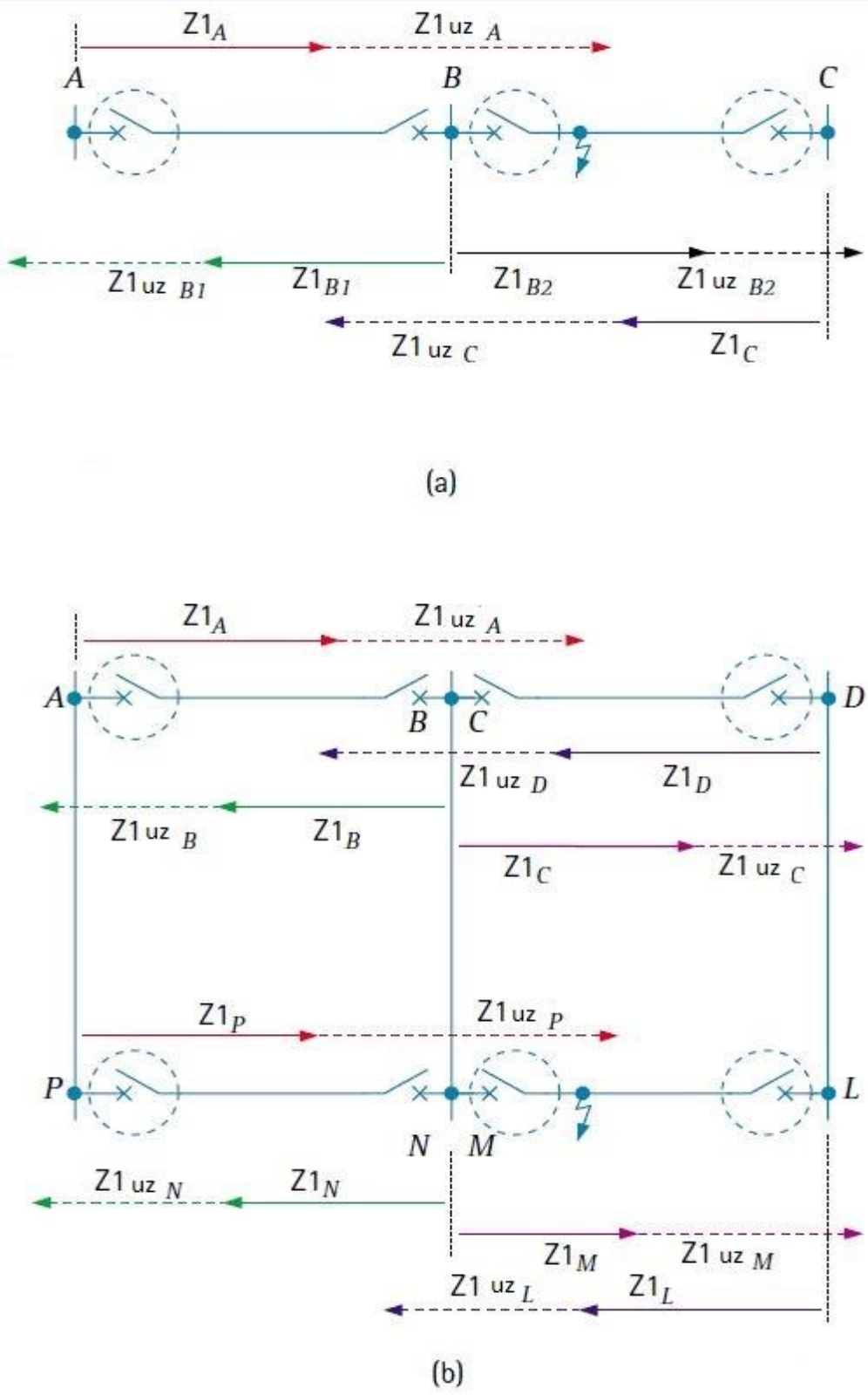
Mesafe rölesi 1. Bölge elemanlarının, iki düzenlemesi vardır. Bunlardan biri, temel mesafe düzenindeki olduğu gibi korunan hattın %80'ini kapsayacak düzendir. "Genişletilmiş 1. Bölge ya da Z1X" olarak bilinen diğer düzenleme ise, ortak olan korunan hattın %120'sini aşacak şekilde ayarlanmaktadır. 1.Bölge menzili, genelde Z1X düzenlemesi tarafından kontrol edilir ve otomatik tekrar kapama rölesinden bir komut alındığında, temel 1.bölge ayarlarına göre yeniden belirlenir.



Şekil 2.20 1.Bölge uzatma düzeni
(a)mesafe/zaman karakteristikleri,(b)basitleştirilmiş lojik

Z1X menzil içerisinde herhangi bir noktada bir arıza meydana gelmesi üzerine röle, 1.bölge zaman aralığında çalışır, kesiciye açma sinyali gönderir ve otomatik tekrar kapamayı başlatır. Mesafe rölesinin 1.bölge menzili, kesiciye gönderilen kapama sinyalinin otomatik tekrar kapamaya gitmeden önce tam değerinin %80'ine tekrar ayarlanır. Bu durum otomatik tekrar kapama devre dışı olduğunda meydana gelmelidir. Z1X menzil ayarına dönüş, yalnızca geri kazanım süresi sonunda meydana gelir. Komşu hatlar için Z1X düzeni, uygun röle ayarı seçilerek iletişim kanalının hasarının üzerine (otomatik ya da manüel olarak) kurulur. Eğer arıza geçiciyse, açma yapan kesiciler başarılı bir şekilde kapanacaktır, ama aksi durumda bu kesicilerin geri kazanım süresinde açma yapması, normal 1. bölge ve 2. bölge ayarları ile elde edilen ayrıma tabidir.

1.bölge uzatma düzeninin dezavantajı, rölenin Z1X menzili içerisindeki dış arızaların, bazı tüketiciler için kesicilerin gerekli bakım miktarını ve gereksiz geçiş kaybı teminini artırarak kesicilerin hatalı bölümün dışında açma yapması olasılığıdır. Bu durum, üç adet kesicinin çalıştığı tek devre hattı için Şekil 2.21 (a)'da ve beş adet kesicinin çalıştığı çift devre hattı için 2.21 (b)'de gösterilmiştir.



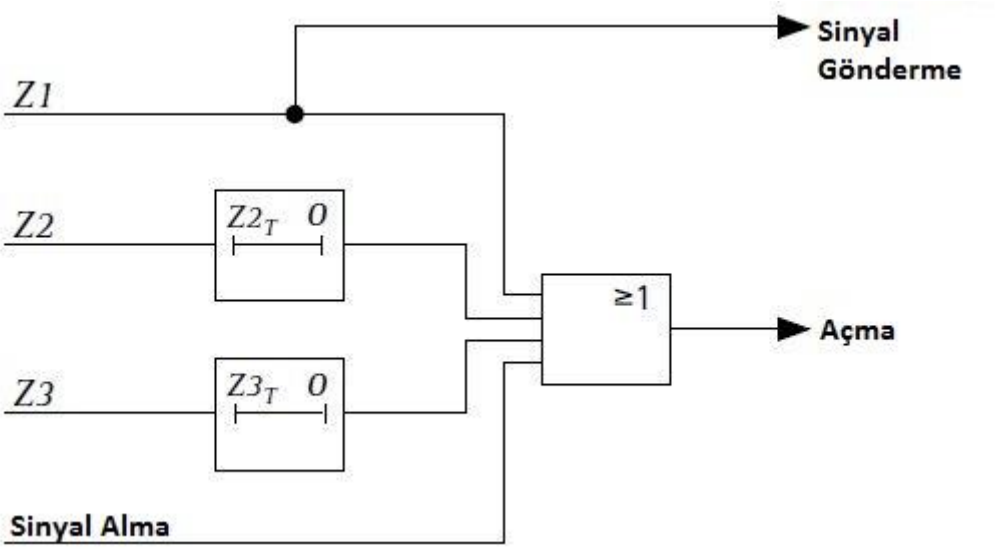
Şekil 2.21 Otomatik tekrar kapama ile ilişkili 1.bölge uzatma düzeni
(a)tek devre 1.bölge arızası,(b)çift devre 1.bölge arızası

2.12.2 Transfer Açma Düzeni

Bu düzenlerin birkaçı aşağıda belirtildiği gibi kullanılabilir. Doğru bir düzenin seçimi, korunan sistemin gereksinimlerine bağlıdır.

2.12.2.1 Doğrudan Düşük Menzil Transfer Açtırma Düzeni

2. bölge süresindeki uç bölge arızasını gideren terminaldeki arıza giderim süresini azaltmanın en basit yolu, Şekil 2.22'de gösterilen doğrudan transfer açma ya da iç arıza tekniğinin mantığını benimsemektir.



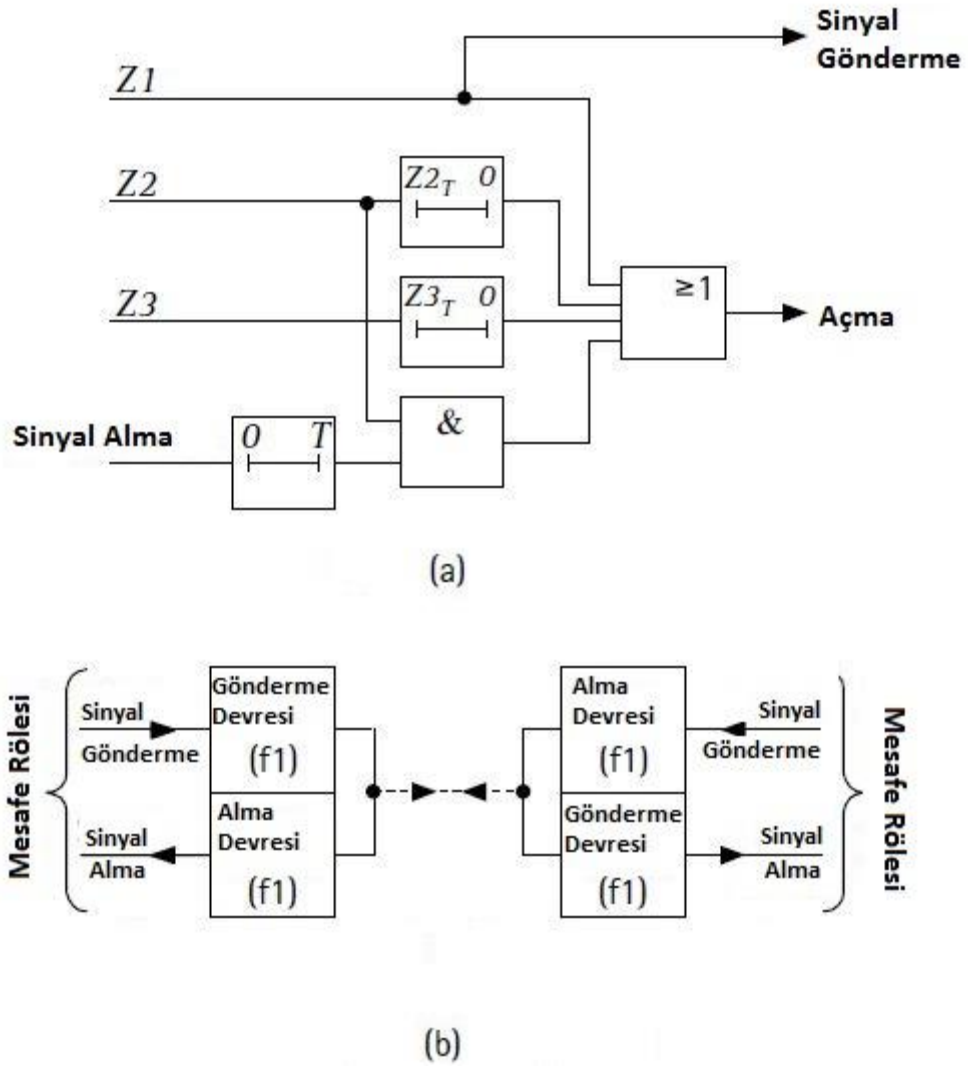
Şekil 2.22 Doğrudan düşük menzil transfer açtırma düzeni

1.Bölge röle elemanı tarafından çalıştırılan kontak, açma isteyen uzak röleye sinyal göndermek için ayarlanmıştır. Bu düzen,1.bölge röle elemanlarının hattın tamamını kapsamadığından ‘doğrudan düşük menzil karşıdan açtırma düzeni’, ‘transfer açma düşük menzil düzeni’, ya da ‘iç arıza düşük menzil mesafe koruma düzeni’ olarak adlandırılabilir.

Şekil 2.19 (a)'da B noktasının sonundaki uç bölgede oluşan arıza, 1.bölgedeki rölenin çalışması ve B noktasının sonundaki kesicinin açılması ile sonuçlanır. Açma sinyali A noktasının sonundaki röleye de gönderilir. A noktasında sinyalin alımı açmayı hemen başlatır, çünkü alıcı röle kontağı, açma rölesine doğrudan bağlıdır. Bu düzenin dezavantajı, iletişim kanalı üzerinde sinyalizasyon cihazlarının yanlışlıkla çalıştırılması ya da hatalı işlem yapması ya da karışıklık oluşması nedeniyle istenmeyen açma yapma olasılığıdır. Bunun bir sonucu olarak da bu düzen sık kullanılmaz.

2.12.2.2 Müsaadeli Düşük Menzil Transfer Açma Düzeni(PUP)

Doğrudan düşük menzil transfer açma düzeni, Şekil 2.23'te gösterildiği gibi ani bir açmaya izin vermeden önce 2.bölge röle elemanının çalışması ile alınan sinyalin denetlenmesi yolu ile daha güvenli hale getirilir. Uzak uç rölesinin 1.bölge zamanında açma yapmasına izin verilmeden önce her iki rölenin de arızayı saptaması gerektiğinden düzen 'müsaadeli düşük menzil karşıdan açtırma düzeni' (bazen PUP Z2 düzeni olarak da kısaltılır) ya da 'müsaadeli düşük menzil mesafe koruma' olarak da bilinir.

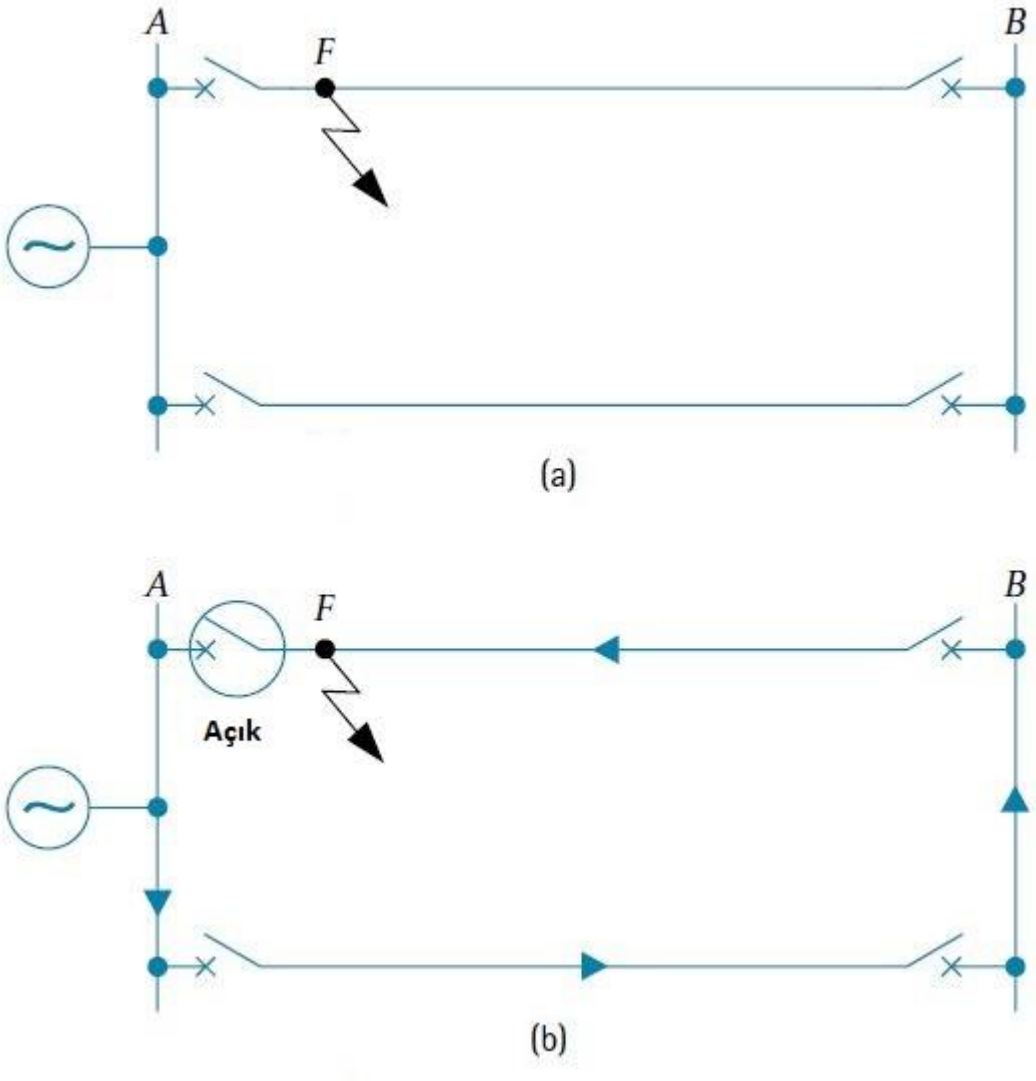


Şekil 2.23 Müsaadeli düşük menzil transfer açma düzeni
(a)sinyal mantığı, (b)sinyalizasyon düzeni

Bazı rölelerde bu düzenin bir başka şekli olarak ileri yönde arızayı kapsayan 2.bölge menzilinin yanı sıra 3.bölge elemanının çalışması ile açma yapılmasına izin verilir. Bu düzen PUP-Fwd düzeni olarak da isimlendirilir.

"Sinyal alındı" elemanlarının zaman gecikme ayarı, arıza hattın tek bir ucuna yakın bir yerde oluştuğunda, paralel besleyici devrenin tek uç beslemeli arızalı hattın her iki ucunda rölelerin açma yapmaya zamanlarının olmasını sağlamak için gereklidir. Örneğin Şekil 2.24'te gösterildiği gibi çift devre doğrultusunda bir F arızası olduğu varsayılsın. Arıza, A noktasının sonuna yakındır, bu nedenle F noktasında arıza meydana geldiğinde, B noktasının sonunda gereksiz bir besleme meydana gelir.

B noktasındaki koruma, ancak kesici A noktasının sonunda açıldıktan sonra, 2. bölgedeki hatayı tespit edebilir. A noktasında 1.bölge elemanının sıfırlanması mümkündür, böylece B kesicisine gönderilen müsaadeli sinyal kaldırılır ve B noktasında 2.bölge korumasını çalıştırmadan önce, B noktasında "sinyal alındı" elemanının sıfırlanmasına neden olur. Bu nedenle, B noktasının sonunda yüksek hızlı açma sağlamak için, "sinyal alındı" elemanının sıfırlanmasının geciktirilmesi gereklidir.



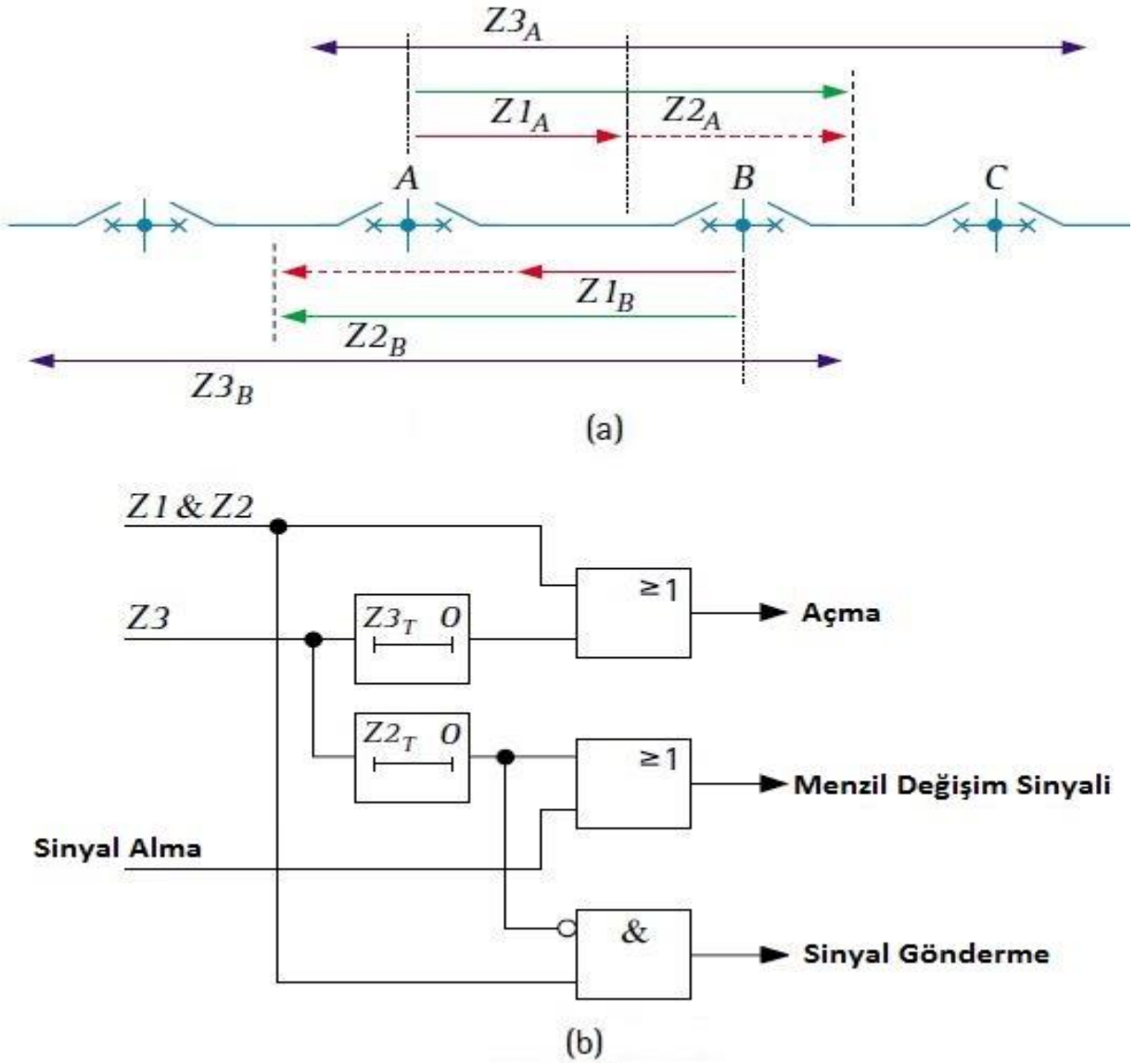
Şekil 2.24 Çift devrede beslemeye yakın arızada müsaadeli düşük menzil transfer açma düzeni (a) bara gerilimi düşük-B ucundaki akım ihmal edilebilir.(b)A ucundaki röle arızayı giderir ve akım B noktasından beslenmeye başlar.[17]

PUP düzeni, kanal düşük menzil 1. bölge elemanlarına bağlı olduğundan, hat uçları arasında iki yönlü sinyaller için tek bir iletişim kanalı gerektirir. Kesici tek bir uçta açık olduğunda ya da ilgili röle elemanını çalıştırmayan zayıf bir besleme olduğunda, diğer özellikler dahil edilmedikçe, “kesici açık” terminaline yakın uç bölge arızaları için anlık açma sağlanamaz.

2.12.2.3 Müsaadeli Düşük Menzil Hızlandırma Düzeni

Bu düzen, 1.bölge ve 2.bölge için aynı ölçme elemanlarını kullanan kilitlemeli bölge mesafe röleleri için mümkündür. Bu rölelerde, ölçüm elemanlarının menzili, 2.bölge gecikmesinden sonra yerine hemen bir dizi sinyal vasıtasıyla 1.bölgeden 2.bölgeye uzatılır. Bu, aynı zamanda “hızlandırılmış düşük menzil mesafe koruma düzeni” olarak da adlandırılır.

Düşük menzil 1.bölge koruması, lokal kesicinin açma yapmasının yanı sıra hattın karşı ucuna sinyal göndermek için düzenlenmiştir. Röle kontak ataması, 1.bölgeden 2.bölgeye ölçüm elemanları menzilinin genişletilmesi için düzenlenmiştir. Bu, 1.bölge ve 2.bölge menzili arasında bir bölgede oluşan arızalar için karşı uçtaki arızanın giderilmesini hızlandırır. Bu düzen, Şekil 2.25'te gösterilmiştir. Modern mesafe röleleri, kilitlemeli ölçme elemanlarını çalıştırmaz, bu nedenle bu düzenin kullanımdan kaldırılması muhtemeldir.

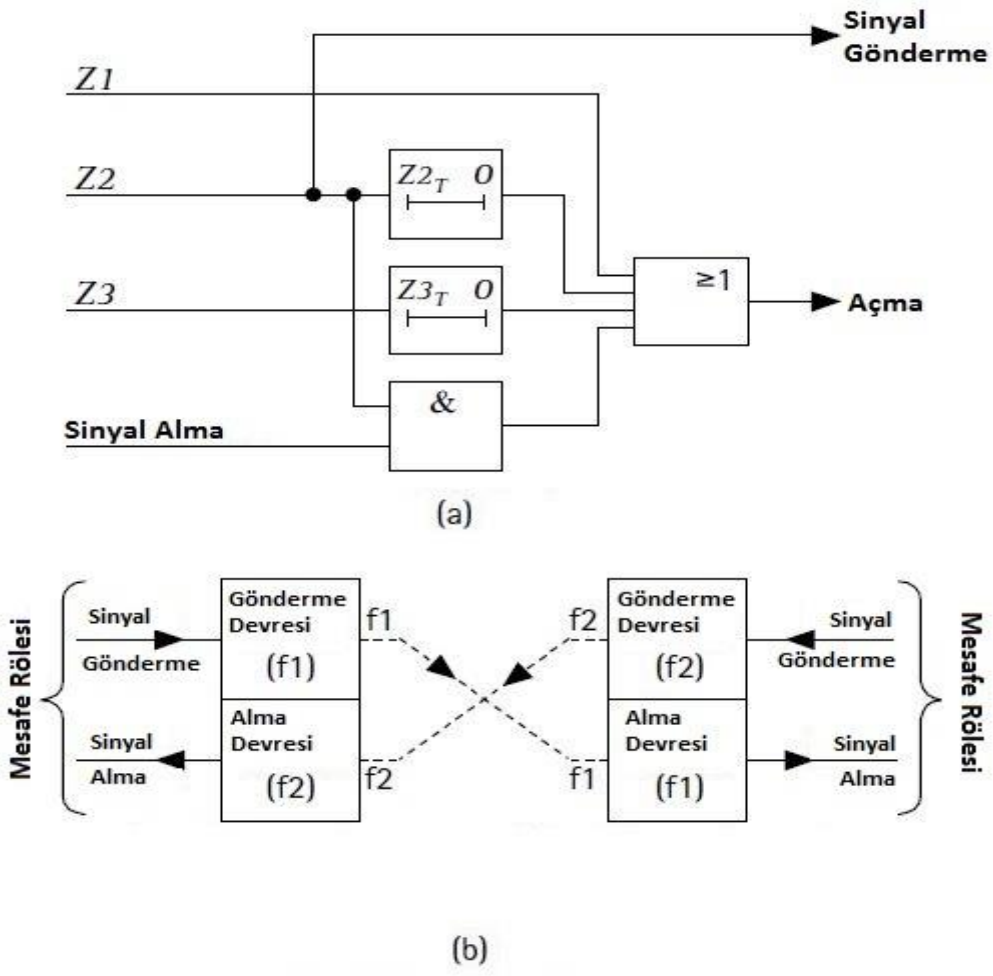


Şekil 2.25 Müsaadeli düşük menzil hızlandırma düzeni
(a)mesafe/zaman karakteristikleri,(b)sinyal lojiği [17]

2.12.2.4 Müsaadeli Aşırı Menzil Transfer Açma Düzeni(POP)

Bu düzende, korunan hattı kapsayacak kadar menzili uzun seçilen mesafe röle elemanı, uzak uca iç arızalı sinyal göndermek için kullanılır. Ancak arıza, korumalı bölümün içinde olmadığından açmanın gerçekleşmeyeceğinden emin olmak için yönlü röle kontağı tarafından röle kontağının denetlenmesi gerekmektedir.(Şekil 2.26) 2.bölge korumasının ani kontağı, sinyal göndermek için ayarlanmıştır ve 2. bölge elemanları tarafından denetlenen sinyal, açma devresini harekete geçirmek için kullanılır. Bu düzen, “müsaadeli aşırı menzil transfer açma düzeni” (bazen ‘POP’ olarak kısaltılabilir),

"yön karşılaştırmalı düzen" ya da "müsaadeli aşırı menzil mesafe koruma düzeni" olarak da bilinmektedir.[17]



Şekil 2.26 Müsaadeli aşırı menzil transfer açma düzeni
(a)sinyal mantığı, (b)sinyalizasyon düzeni

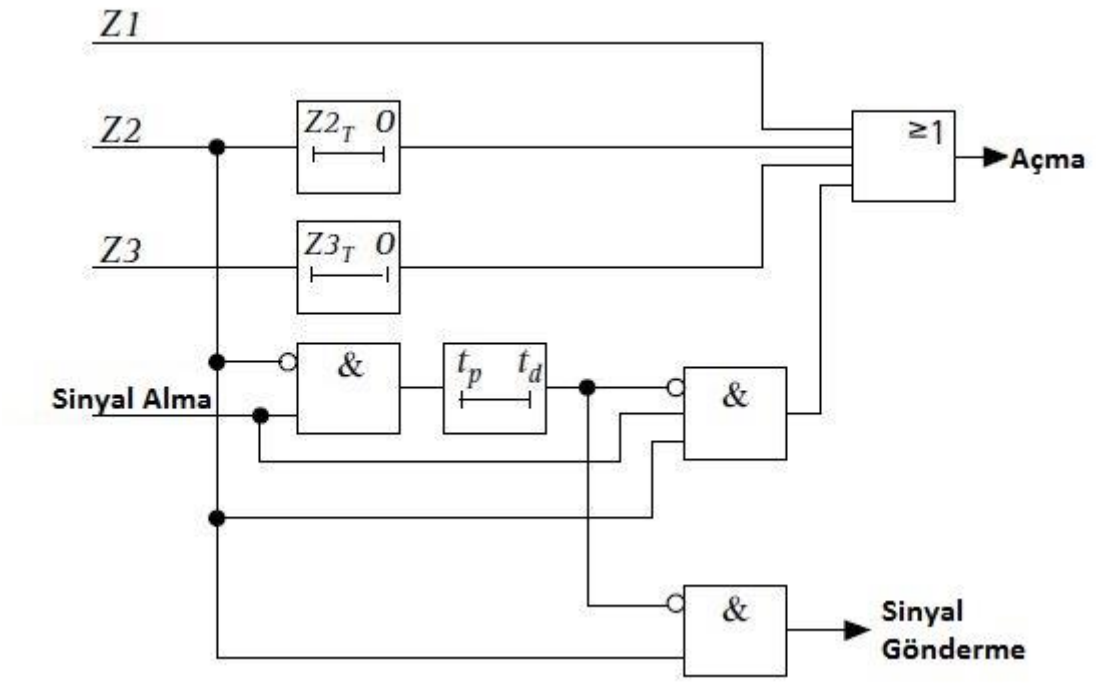
Sinyalizasyon kanalı, aşırı menzil 2.bölge elemanlarına bağlı olduğundan, düzen sinyalizasyonun her bir yönü için çift yönlü iletişim kanalı ve tek frekans gerektirir.

Eğer mho karakteristikli mesafe röleleri kullanılırsa düzen, kısa hatları korumak için müsaadeli düşük menzil düzeninden daha avantajlı olabilir, çünkü 2.bölge biriminin direnç kapsama alanı 1.bölgeden daha büyük olabilir.

Paralel bir fider devresinde ters akım koşullarında çalışmayı engellemek için, 2.bölge elemanlarının ileri yönlü açmalarını engelleyecek, akımı tersine çeviren zaman koruyucusunun kullanılması gereklidir. Aksi halde ters akım koşulları altında düzen yanlış çalışabilir. Bu durum yalnızca 2.bölge menzili, korunan hat empedansının %150'sinden daha büyük olarak ayarlandığında gereklidir.

Zamanlayıcı Şekil 2.27'de gösterildiği gibi müsaadeli açma ve sinyal gönderme devrelerini bloke etmek için kullanılır.Eğer sinyal alınırsa ve 2.bölge elemanları için herhangi bir işlem yoksa, zamanlayıcı harekete geçer. Başlatma zamanı olan tp için ayarlanabilir gecikme süresi, genellikle 2.bölgenin olası yavaş çalışması dikkate alınarak dahili bir arızanın gerçekleşmesi için ani açmaya izin verecek şekilde ayarlanmıştır. Zamanlayıcı, akım terslemesi oluşana kadar "müsaadeli açma" ve "sinyal gönderme" devrelerini çalıştıracak ve kilitleyecektir.

Eğer 2.bölge elemanları çalışmaz ya da "sinyal alındı" elemanları sıfırlanırsa, zamanlayıcı harekete geçmez. Zamanlayıcının sıfırlama gecikme süresi td, sağlıklı bir fiderde akım tersine döndüğünde, 2. bölge elemanlarının uzak uçta çalışma ve sinyal sıfırlamasından kaynaklanan zaman içinde herhangi bir çakışmayı kapsamak için ayarlanmıştır. Zamanlayıcının bu şekilde kullanılması, dahili bir arıza için hiçbir ekstra zaman gecikmesinin müsaadeli açma devresine ilave edilmeyeceği anlamına gelir.



Şekil 2.27 Akım tersleme koruma mantığı- müsaadeli aşırı menzil düzeni

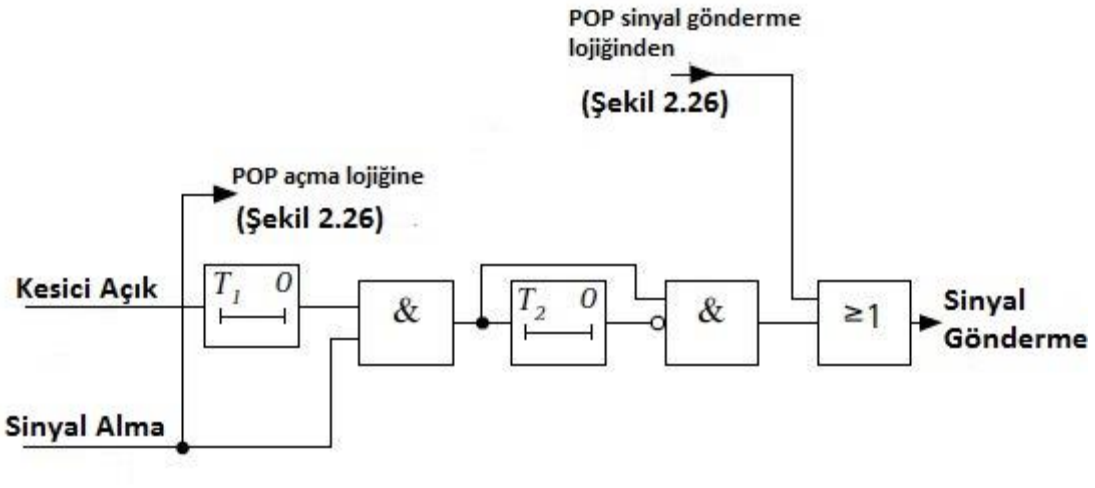
2.bölge röle elemanlarını kullanan yukarıdaki düzen, genellikle POP Z2 düzeni olarak adlandırılır. 2. bölge yerine 1.bölge elemanlarını kullanan bir alternatif vardır ve bu alternatif POP Z1 düzeni olarak adlandırılır.

2.12.2.5 Zayıf Besleme Koşulları

Müsaadeli düşük menzil düzeninde olduğu gibi, standart müsaadeli aşırı menzil düzeninde de zayıf besleme ya da kesicinin açık koşulları altında uç kademe arızaları için ani arıza giderme elde edilemez. Bu dezavantajın üstesinden gelmek için, iki yöntem mevcuttur.

Bazı koruma rölelerinde mevcut olan Zayıf Besleme Eko(Echo) özelliği, uygun uzak röle elemanları çalıştırılamasa bile uzak rölenin açma sinyalini, gönderme rölelerine geri yansıtmasına izin verir. Bu, zayıf beslemeye ya da kesici açık durumuna sahip olan uzak uç için koşullar sağlar, bu nedenle ilgili uzak röle elemanı çalışmaz. Bu arızaların hızlı bir şekilde giderilmesi, hattın her iki ucunda da elde edilmektedir. Bu mantık, 2.28'de gösterilmiştir.Baraya bağlı diğer fiderler ile ilişkili bara koruma ya da kesici arıza koruması tarafından açma yapıldığında, uzak uç devre kesicinin açma yapmasını

önlemek için eko devresinde bir zaman gecikmesi (T1) gereklidir. Zaman gecikmesi, ekolanan sinyal uca ulaşana kadar uzak uç 2. bölge elemanının sıfırlanmasını sağlamaktadır. [17]



Şekil 2.28 Zayıf besleme eko lojik devresi

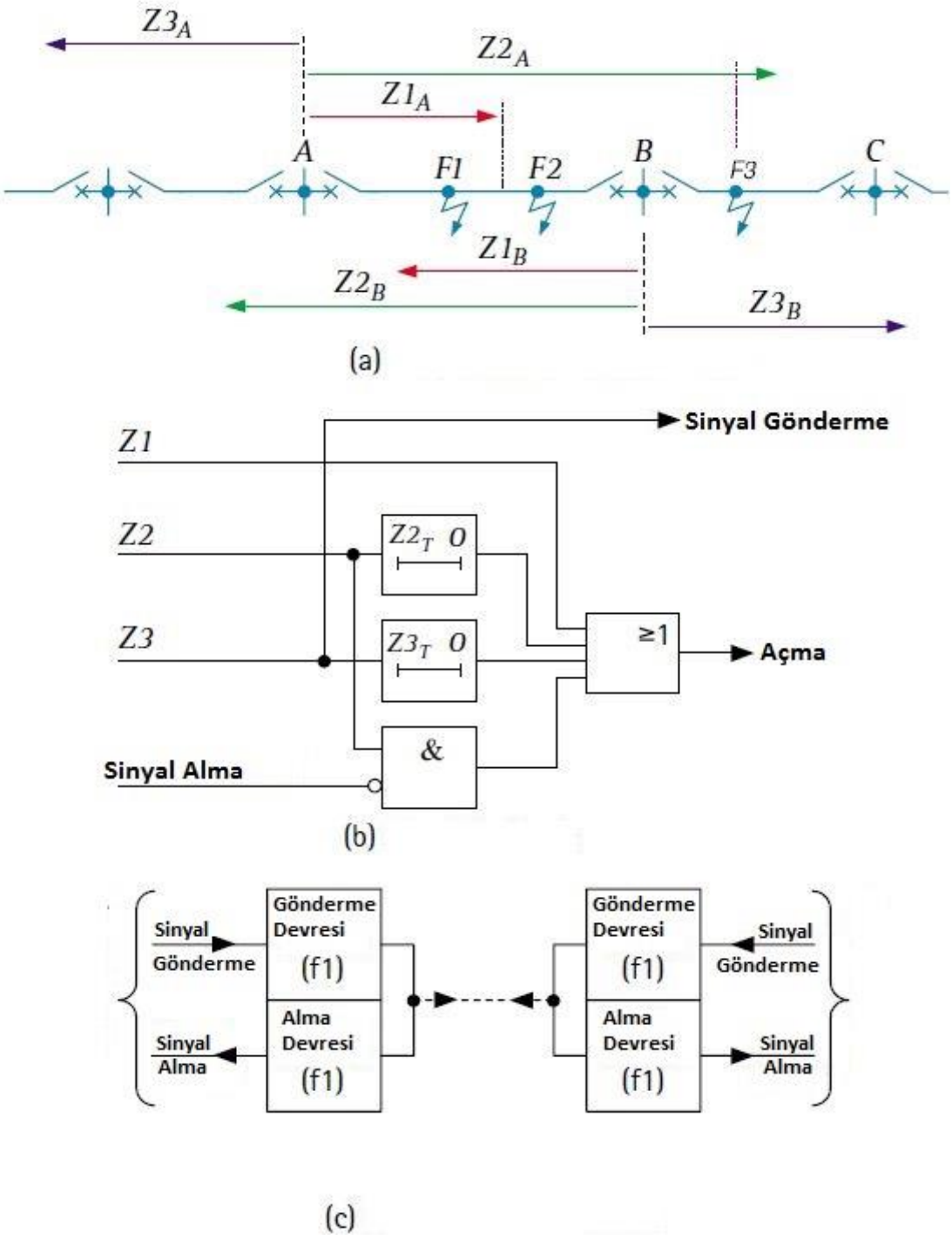
Sinyal iletimi, uzak uçtaki kesici açıldıktan sonra bile gerçekleşebilir. Bu, her iki sinyalin de kilitlenmesi nedeniyle sürekli sinyal iletimi olasılığını ortaya çıkarır. Zamanlayıcı T2 bu durumu önlemek için kullanılır. Bu zaman gecikmesinden sonra, 'sinyal alındı' bloke edilir.

Zayıf Besleme Eko özelliklerinden bir diğeri, arıza nedeniyle düşük gerilim durumunun oluşmasını sağlayarak önceden bahsedilen koşullar altında uzak rölenin açılmasına izin vermektedir. Bu, Zayıf Besleme Açma özelliği olarak da bilinir ve eğer uygun koşullar sağlanırsa, her iki ucun da açılmasını sağlar.

2.12.3 Aşırı Menzil Kilitleme Düzeni

Şu ana kadar bahsedilen düzenlemeler, açma işlemini iletmek için sinyalizasyon kanallarını kullanmıştır. Eğer sinyalizasyon kanalı arızalanırsa ya da zayıf besleme özelliği sağlanmazsa, uç bölge arızalarının giderilmesi daha fazla zaman alabilir.

Aşırı menzil kilitleme düzenleri, aşırı menzil mesafe düzenini ve ters mantığı kullanır. Sinyalizasyon, yalnızca dış arızalar için başlatılır ve sinyalizasyon iletimi sağlıklı bir hat bölümü üzerinde gerçekleşir. Hiçbir sinyal alınmadığında ve hat çalışmasını inceleyen aşırı menzil 2. bölge mesafe ölçme elemanları bulunmadığında, hızlı arıza giderme meydana gelir. Sinyalizasyon kanalı, geri yönlü mesafe elemanlarına bağlıdır.(Şemadaki Z3 bölgesi, kullanılan özel röleye bağlı olarak ayarlanmıştır.) İdeal bir kilitleme düzeni, Şekil 2.29'da gösterilmiştir. Blokaj sinyali, korumalı bölümün herhangi bir ucunda başlatıldığında, tek frekanslı sinyalizasyon kanalı, hem lokal hem de uzak alıcı röleleri çalıştırır.[17]



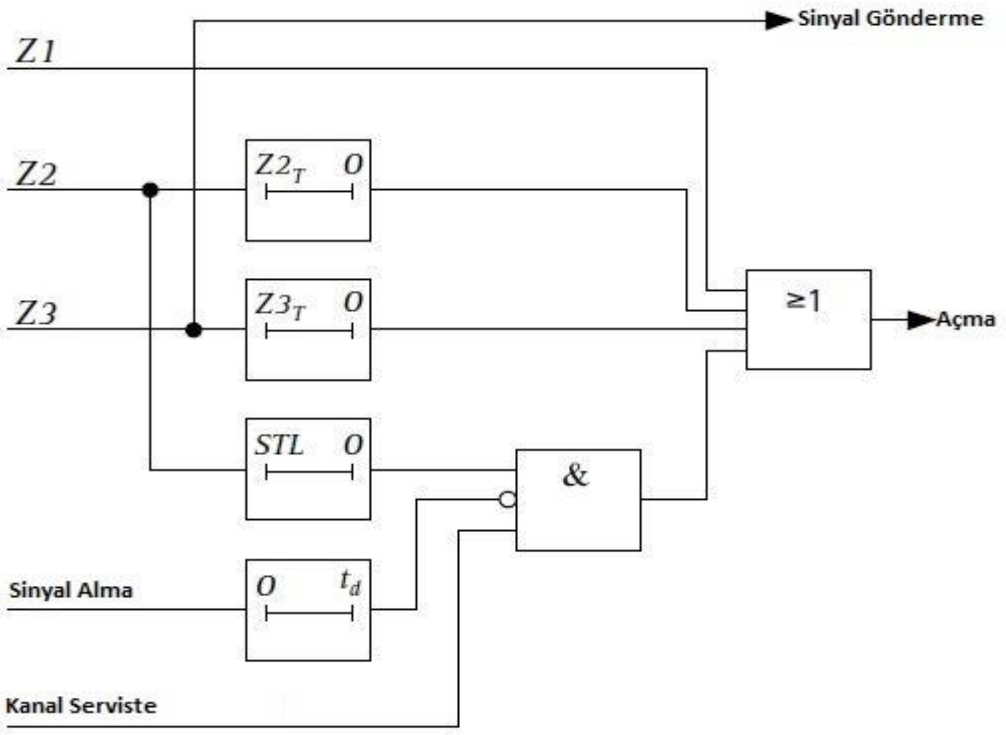
Şekil 2.29 İdeal mesafe koruma kilitleme düzeni
(a)mesafe/zaman karakteristikleri,
(b)basitleştirilmiş lojik, (c)sinyalizasyon düzeni [17]

2.12.3.1 Pratik Kilitleme Düzeni

Kilitleme komutunun, korunan bölümün dışındaki 2.bölge arızaları için uzak rölenin açılmasını önlemek üzere geri yönlü röle elemanları tarafından gönderilmesi gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmek için, geri yönlü elemanlar ve sinyalizasyon kanalının, ileri yönlü elemanlardan daha hızlı çalışması gerekir. Uygulamada, bu durum nadiren bu şekildedir ve ayrımı sağlamak için kısa bir zaman gecikmesi genellikle kilitleme modu açma devresinde başlatılır. Hem 2. bölge hem de 1.bölge elemanları, düzenin iki değişik yoldan oluşmasına sebebiyet veren ileri yönlü elemanlar olarak da kullanılabilir.

2.12.3.2 2. Bölge elemanını kullanan aşırı menzil kilitleme koruma düzeni

Bu düzen (BOP Z2 olarak kısaltılabilir) Şekil 2.29'daki ideal kilitleme düzenini temel alır, ancak Şekil 2.30'da gösterilen sinyal mantığı da vardır. Bu düzen, ayrıca "yön karşılaştırmalı kilitleme düzeni" ya da "aşırı menzil kilitlemeli mesafe koruma düzeni" olarak da bilinir.



Şekil 2.30 BOP Z2 düzeni sinyal lojiği

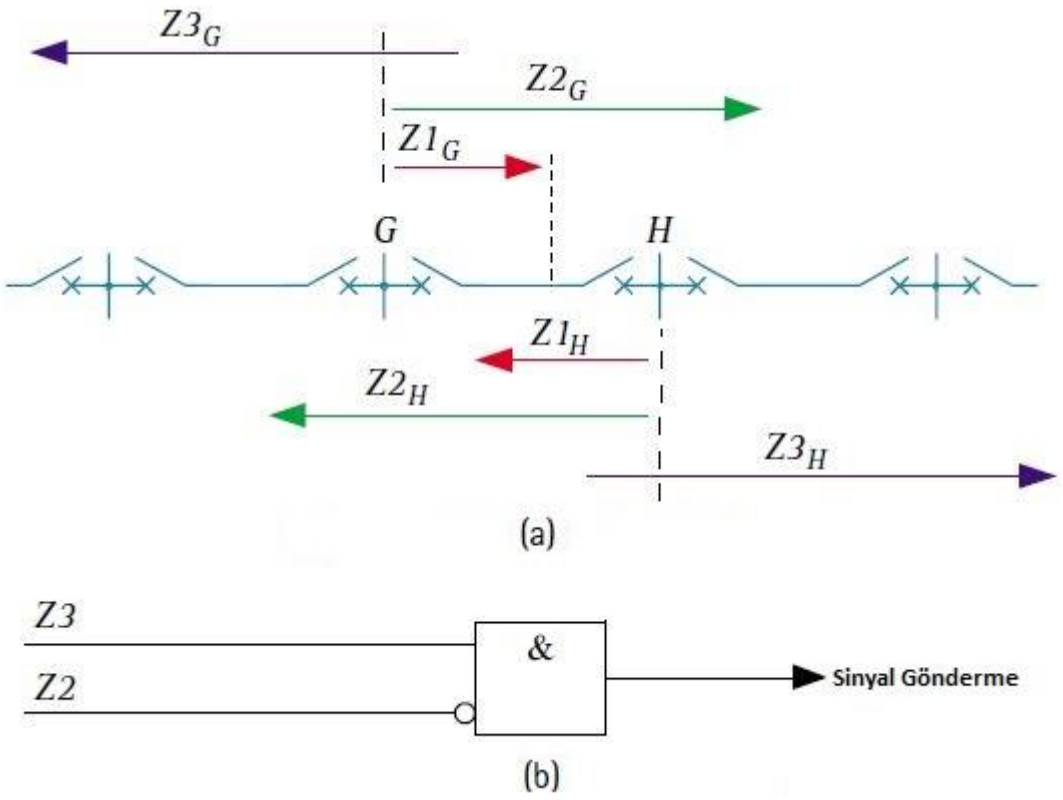
Düzenin çalışması, Şekil 2.30'daki sinyal mantığıyla birlikte Şekil 2.29'daki F1, F2 ve F3 noktalarında gösterilen arızalar dikkate alınarak anlaşılabilir. F1'deki arıza,A ve B uçlarındaki 1.bölge elemanlarının her ikisi tarafından görülür; bunun sonucu olarak arıza, korunan hattın her iki ucunda da giderilir. Sinyalizasyon, korumalı bölgeden başka bir yere bakan Z3 elemanları tarafından kontrol edilir, bu nedenle iletim oluşmaz, böylece ileri yönlü 1.bölge elemanları aracılığıyla hızlı açma sağlanır.

F2 noktasındaki arıza, her iki A ve B uçlarındaki ileri yönlü 2.bölge elemanları ve B ucundaki 1.bölge elemanları tarafından görülür. Arıza içeride olduğundan ve arıza giderme B ucunda 1. bölge zamanında ve kısa süreli bir gecikmeyle A ucunda görüldüğünden, hiçbir sinyal iletimi gerçekleşmez. F3 noktasındaki bir arıza B ucundaki geri yönlü Z3 elemanları tarafından ve A ucundaki ileri yönlü 2. bölge elemanları tarafından görülür. B-C hattı bölümü ile ilişkili olan B ucundaki 1.bölge elemanları, normal olarak F3 noktasındaki arızayı giderir. A ucundaki Z2 elemanlarının açma yapmasını önlemek için, B ucundaki geri yönlü 3. bölge elemanları A ucuna kilitleme sinyali gönderir. Eğer arıza B-C hat bölümü üzerindeki koruma tarafından anında giderilmez ise, Z3 zaman gecikmesinden sonra A-B bölümü için B ucunda bir açma sinyali verilecektir.

Geri yönlü 3. bölge elemanlarının ayarı, fiderin uzak ucundaki 2. bölge elemanlarından daha büyük olmalıdır, aksi takdirde 2.bölge elemanları çalışmaya başlamaz ve geri yönlü 3.bölge elemanları hatayı görmede başarısız olabilir. Bu durum, dış arıza için ani açma ile sonuçlanacaktır. Sinyal kanalı, yukarıdaki durumda olduğu gibi sinyali stabilize etmek için kullanıldığında, eğer güç hattı taşıyıcısı (PLC) kullanılırsa, iletim sağlıklı bir hat bölümünün üzerinde gerçekleşir. Sinyal kanalı, açma modundan ziyade kilitleme modunda kullanıldığında daha güvenilir olur.

Çeşitli rölelerin çalışma sürelerinin, tüm sistem koşulları için iyi bir şekilde düzenlenmesi önemlidir, böylece besleyicinin uzak ucundan kilitleme sinyalinin alınması için her zaman yeterli bir süreye sahip olunur. Bu doğru yapılmadığı takdirde düzen, harici bir arıza ya da bunun alternatifi için açma yapabilir, uç kademe açma süreleri gereğinden fazla uzayabilir.

Eğer sinyal kanalı arızalanırsa, düzenin konvansiyonel temel mesafe korumaya dönüştürülmesi için ayarlanması gerekir. Genelde, kilitleme modu açma devresi "kullanılır durumda kanal" kontağı tarafından denetlenmektedir, bu nedenle kanal, Şekil 2.30'da gösterildiği gibi servis dışı olduğunda kilitleme modu açma devresi izole edilir. [17]



Şekil 2.31 Ters yönlü rölelerle kilitleme düzeni
(a)mesafe/zaman karakteristikleri, (b) gönderme devresi lojiği[17]

Pratik uygulamada ise geri yönlü röle elemanları, bölge zaman gecikmesinden sonra bara arızaları için yedek korumayı önlemek üzere ileri öteleme özellikleri ile düzenlenir. Bu durum, dahili arızalar için gönderilen kilitleme sinyalini durdurmak için gereklidir. Buna, Şekil 2.31'de gösterildiği gibi ileri yönlü 2.bölge elemanlarının çalışmaması üzerine "sinyal gönderildi" devresine bağlı olarak ulaşılabilir.

Müsaadeli aşırı menzil düzeni gibi kilitleme düzenleri, çift devre hattı üzerinde oluşan bir arıza nedeniyle sağlıklı bir fiderdeki ters akım tarafından da etkilenebilir. Mevcut ters koşullar oluşursa, sağlıklı bir hat üzerinde kesicinin hatalı işleminin meydana gelmesi mümkün olabilir. Bunu önlemek için, kilitleme düzeninde sağlanan "sinyal alındı" elemanının ayarı zaman gecikmeli olarak düzenlenir.

Gecikme ayarlı zamanlayıcı td, geri yönlü 3.bölge elemanları ve sinyalizasyon kanalının maksimum sıfırlama zamanı arasındaki zaman farkını karşılamak için ayarlanmıştır. Bu nedenle, ters akım durumlarında kilitleme sinyalinin anlık kaybı olursa, zamanlayıcının açma devresini sıfırlamak için zamanı olmaz ve hiçbir yanlış açma gerçekleşmez.

2.12.3.3 2. Bölge elemanlarını kullanan aşırı menzil kilitleme düzeni

Bu düzen, 2.bölge elemanları yerine lojikte kullanılan 1.bölge aşırı menzil elemanlarının haricinde, yukarıda bahsedilen BOP Z2 düzenine benzer. Bu düzen aynı zamanda BOP Z1 düzeni olarak da bilinir.

2.12.3.4 Zayıf Besleme Koşulları

Kilitleme sinyali zayıf beslemeli terminal ucundan alınmadığından dolayı, güçlü beslenme terminalindeki koruma iç arızalar için çalışacaktır. Zayıf besleme terminali gerisindeki dış arıza durumunda, uçtaki geri yönlü elemanlar uzak uca bir kilit sinyali göndermeye başlayarak güçlü besleme terminalinden beslenen arıza akımını görecek ve çalışacaktır. Güçlü besleme ucundaki röle, herhangi bir ek devreye gerek olmadan doğru bir şekilde çalışır. Zayıf besleme ucundaki röle, iç arızalar için çalışmaz ve bu nedenle kesicinin açma yapması yalnızca güçlü bir kaynak ucunda doğrudan oluşan bir iç arıza vasıtasıyla mümkündür.

2.12.4 Yön Karşılaştırmalı Kilitleme Düzeni

Müsaadeli aşırı menzil düzeni, sinyalizasyon ekipmanında ek devre sağlayarak yön karşılaştırmalı kilit çözme prensibi üzerinde çalışır şekilde düzenlenebilir. Bu düzende (kilit açma aşırı menzil koruma düzeni olarak da adlandırılabilir), sürekli bir kilit sinyali iletilir. Aşırı menzil mesafe elemanları çalıştığında, iletilen sinyalin frekansı, "kilit çözme" frekansına kaydırılır. Kilit çözme frekans sinyalinin alınması ve aşırı menzil mesafe elemanlarının çalışması, koruma bölgesi içerisinde arızalar için hızlı açma meydana gelmesine olanak sağlar. Prensip olarak bu düzen, müsaadeli aşırı menzil düzenine benzemektedir.

Bu düzen, alıcı ekipmanında ek devreler temin edilerek standart müsaadeli aşırı menzil düzeninden daha güvenli yapılır. İletilen kilit çözme sinyali, arıza yoluyla kısa devre edilmiş olsa bile bu devreler dahili arızaların giderilmesi için açmaya izin verir. Bu, hem kilitleme hem de kilit açma frekans sinyallerinin kaybından sonra kısa bir zaman aralığında, genellikle 100 ila 150 milisaniyede destekli açma sağlanarak elde edilir. Bu zaman aralığından sonra, destekli açma blokajına yalnızca kilit çözme frekans sinyali alındığında izin verilmektedir.

Eğer bir arıza kanal arıza zaman gecikmesini aşarak gerçekleşirse, sadece bu durumda dış arızlarda açma görülebilir. Bundan dolayı, bu zaman ayarlaması kilitleme düzeni için geliştirilmiş bir güvenlik sağlar. Böylece bu düzen, kilitleme düzeninin güvenirliğine ve müsaadeli aşırı menzil düzeninin güvenliğine sahiptir. Bu düzen, genellikle güç hattı taşıyıcısı kullanıldığında, sinyalin sürekli iletiminin kabul edilemez olmasının dışında tercih edilir.

2.12.5 Transfer Açma ve Kilitleme Düzeni Karşılaştırması

Normal iki uçlu hatlarda, daha önce bahsedilen sinyalizasyon kanalının güvenirliğinin dışında düzenin seçiminde ana belirleyici faktörler, çalışma hızı ve sistemin çalışma yöntemidir. Çizelge 2.4'te farklı düzenlerin karşılaştırması yapılmaktadır.

Çizelge 2.4 Farklı mesafe koruma düzenlerinin karşılaştırması[17]

Kriter	**Transfer Açma Düzeni**	**Kilitleme Düzeni**
Çalışma Hızı	Daha Hızlı	Hızlı
Servis Testindeki Hızı	Yavaş	Yavaş
Tekrar Kapamaya Uygunluğu	Uygun	Uygun
Akım Terslemesi	Ek Özellik Gerekli	Ek Özellik Gerekli
İletişim Kopukluğu	Zayıf	İyi
Zayıf Besleme/Açık Kesici	Ek Özellik Gerekli	Ek Özellik Gerekli

Modern dijital ya da nümerik mesafe röleleri, aynı rölede değişik düzenlere olanak sağlar. Böylece düzen seçimi röle seçiminden büyük ölçüde bağımsız olur ve kullanıcı, değişen sistem koşulları ile başa çıkmak için rölenin tüm gerekli özelliklerle mevcut olması garanti edilir.

BÖLÜM 3

MESAFE KORUMA RÖLELERİ İLE GÜÇ SALINIMI KORUMASI

3.1 Giriş

Güç sistemlerinde bozulmalar, önemli ölçüde üretim ve yük kaybına neden olur. Bu bozulmalar müşterilere dolayısıyla ekonomiye çok ciddi zararlar verir. Genelde bu bozulmalar, sistem aşırı yüklendiğinde ve kısa süreler içinde çok sayıda kesinti olduğunda görülür ki, bu kesintiler komşu sistemler arasında güç salınımlarına, düşük şebeke gerilimlerine, açısal ve gerilimsel düzensizliğe neden olur.

Güç sistemini, nadir görülen sürekli kesintiler ve bunların sonuçlarından tamamen korunacak halde dizayn etmek oldukça pahalı bir işlemdir. Bu bozulmaların etkisini azaltmak için genel uygulama, özel koruma sistemleri veya iyileştirici uygulama düzenleri sağlamaktır.Bu özel koruma sistemleri, gerilimsel veya açısal düzensizliklerden korunmak ve bozulma etkilerini en aza indirmek için dizayn edilirler.Bu sistemler; düşük frekans,düşük gerilim yük atma düzenlerini, doğrudan yük ve üretim açmalarını ve diğer düzenleri içerir.

Güç sistemi kararlılığı elektrik güç sisteminin; arızalardan, yük atmalardan, hat değişimlerinden ve uyarma kayıplarından dolayı oluşan bozulmalardan sonra işletme koşullarındaki durumu yeniden kazanabilme kabiliyetidir. Güç sistemi bütünlüğü, pratikte tüm sistem yükten ve generatörden kaynaklanabilen arızalara maruz kalmadığında korunur.

Bazı güç sistem bozulmaları, generatör ile sistemin geri kalanında veya enterkonnekte güç sisteminde komşu sistemler arasında senkronizasyon kaybına yol açabilir. Böyle bir senkronizasyon kaybı durumunda, asenkron çalışan generatör veya sistem bölgelerinin, geniş alana yayılabilecek kesintilerden ve teçhizatlarda meydana gelebilecek tehlikelerden korunmak için hemen ayrılması zorunludur. Güç salınımı(Out-of-Step) koruması özel koruma sistemleri içinde en verimli olanıdır. Kontrollü sistem ayırımı, belirlenmiş şebeke bölgelerinde güç salınımı açma (Out-of-Step Trip:OST) ile sağlanabilir.Güç salınımı sistemleri, mesafe koruma rölelerinde blokaj (Out-of-Step Blocking:OSB) fonksiyonuyla tamamlanmalıdır veya diğer röle fonksiyonları kararsız güç salınımlarında çalışmaya uygun olmalıdır.Güç Salınımı Blokaj(OSB) fonksiyonu ise belirlenen bölge dışında başka bölgelerin ayrılmasını önler.[18]

3.2 Güç Salınımı Esnasında Sistemde Oluşabilecek Tehlikeler

Elektrik güç sistemleri, güç salınımı esnasında zararlı etkilere maruz kalmaktadırlar. Sistem güvenliğini sağlayabilmek için, bu tehlikeleri tanıyarak yok edilmesini veya azaltılmasını sağlamak gerekmektedir.[6]

3.2.1 Kesici Arızasına Neden olan Geçici Kurtarma Gerilimi(TRV)

Bir güç salınımı olayı**,** kesici açma işlemi için TRV ile tehlike arz edebilir. Özellikle, kesici salınım esnasında açma yaparsa, önemli oranda geçici kurtarma gerilimi üretilir.Açma işlemi sırasında kesici kontaklarındaki sistem gerilimlerinin 180^0 faz dışında olması çok büyük tehlike arz eder. Eğer bu faz dışı anahtarlama uygulaması, faz açısı açma düzenlemesi gibi yollarla tanımlanamazsa, açma işlemi başarısız olur ve kesici arıza durumu ile sonuçlanır.

3.2.2 Tüketim(Yük) ve Üretimi Ayırma

İletim sistemi kararsız bir güç salınımı ile karşılaştığında koruma düzenleri, kesicilerin açmasını veya üretim ve tüketim dengesinin olduğu önemli bölgelerde elektrik adalarını ayırabilmek için kesicilerin tekrar kapama yapmasını engelleyici rol oynamalıdır. Fakat bu durum her zaman uygun olmayabilir. Üretim ve tüketim dengesizliğinin olduğu bölgeleri belirlemek için kullanılan üretim ve tüketim yöntemleri

üretimi hatta tutabilecek ve geniş çaplı kesintilerden kaçınabilecek şekilde geliştirilmelidir.

3.2.3 Ekipman Hasarları

İletimde belli oranda bozulmalar senkron generatörde kutup kaymasına yol açabilir. Bu olay, türbin-generatör grubunda, makineyi kullanılamaz hale getirecek ve can güvenliğini tehdit edebilecek mekanik ve termal etki yaratabilir.

3.2.4 Hattaki Geçişli Açmalar

Etkili bir güç salınımı koruma düzeni olmadan, kararlı salınımlarda çalışmaya duyarlı bazı röleler, ayrım gözetmeksizin kesicinin açmasına neden olacaklardır. Ayrıca bu gereksiz açmalar diğer rölelerin çalışmalarını etkileyerek ve ek sistem kararlılık problemleri yaratarak da sisteme zarar verebilirler.

3.2.5 Üretim Ünitelerinin İstenmeyen Geçişli Açmaları

Bağlı bir generatörün kutup kayması ile sonuçlanan, kararsız güç salınımı esnasında açmanın yapılamaması muhtemelen bu generatörün kaybedilmesiyle sonuçlanacaktır. Kararsız güç salınımının tespit edildiği noktada sistemin ayrılması, sistemi gereksiz üretim kaybından koruyabilir.

3.3 Güç Sistemi Stabilitesi

Kararlı hal durumunda güç sistemleri nominal frekansa çok yakın çalışırlar.Kararlı hal durumlarında, her generatör için mekanik giriş gücü ile elektriksel çıkış gücü arasında bir denge vardır.Güç sistemine bağlı tüm senkron makineler aynı sabit hızda çalışırlar. Generatör hız regülatörleri, makine hızını nominal değere yaklaştırır. Sistem kararsız duruma geldiğinde dönen cisim hareket yasalarına göre senkron makinelerin rotorlarında hızlanma veya yavaşlama sonucunda bu denge bozulur. Eğer bir generatör diğerinden daha hızlı çalışırsa, bu generatörün rotorunun açısal pozisyonu, daha yavaş makineninkine göre daha ileride olacaktır. Elde edilen açısal fark, güç açısı bağıntısına göre yavaş makineden hızlı makineye doğru yük geçişini meydana getirir.Böylece hız

farkı ve açısal ayrım azaltılmış olur.Belirli bir sınırın ötesinde, açısal farktaki artış, güç transferindeki azalmayla ilişkilidir.

Genel olarak , güç sisteminin kararlı halde çalışması durumunda, üretilen ve tüketilen aktif güç arasında bir denge vardır.Yük ve sistem yapısında sürekli değişiklikler olur ve bu durum güç sisteminde küçük bozulmalara yol açar.Güç sisteminin yüklenme esnasındaki bu küçük ve yavaş değişiklikler altında stabiliteyi koruma kabiliyeti; kararlı hal stabilitesi veya rotor açı stabilitesinde küçük bozulmalardır.Rotor açı stabilitesinde küçük bozulmalar genellikle salınımların yeteri kadar giderilememesiyle ilişkilidir.Küçük bozulma stabilitesinde bu işlem 10 ila 20 saniye arasındadır.

Güç sistem arızaları, hat anahtarlaması, generatör kopukluğu, kayıplar; elektriksel güçteki ani değişikliklerin sonuçlarıdır. Oysa generatörün giriş mekanik gücü buna nazaran sabit kalır. Bu önemli sistem bozulmaları, makine rotor açısında şiddetli salınımlara ve güç akışlarında önemli salınımlara yol açar. Geçici kararlılık, güç sisteminin büyük bozukluklarla karşılaştığında senkronizasyonu koruma kabiliyeti ile ilişkilidir. Geçici stabilite işlemi süresi bozulmayı takiben 3 ila 5 saniye arasındadır. Senkronizasyon kaybı generatör ile sistemin geri kalanı arasında görülebileceği gibi; generatör grupları arasında da görülebilir.Her generatör grubunda zamansal ayrım varsayılarak ve güç sisteminde üretimin dengeli olduğu noktalarda, senkronizasyon korunabilir.[18]

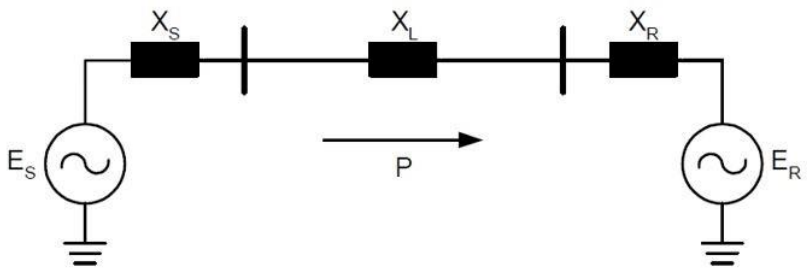
3.3.1 İki Eşdeğer Kaynak Arasında Güç Transferi

Şekil 3.1'de, iki eşdeğer generatörün bağlı olduğu basit kayıpsız iletim hattı gösterilmektedir.İki generatör arasında transfer edilen aktif güç P (3.1) bağıntısıyla hesaplanabilir.

$$P = (E_S \,.\, E_R \,.\sin\delta)/X \tag{3.1}$$

Burada E_S hat başı gerilimini, E_R hat sonu gerilimini, δ iki kaynak arasındaki açı farkını ve X de (3.2) bağıntısında verilen iletim hattının ve iki kaynağın toplam reaktansını göstermektedir.

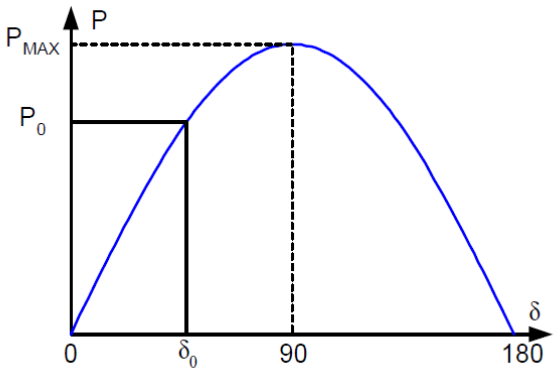
$$X = X_S + X_L + X_R \tag{3.2}$$



Şekil 3.1 İki kaynaklı sistem

3.3.2 Güç Açısı Eğrisi

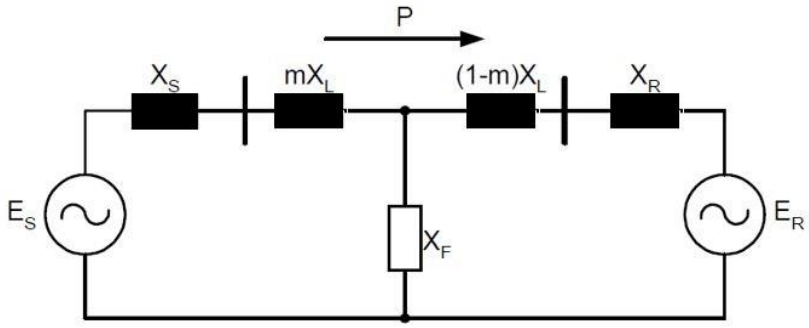
E_S , E_R ve X sabit değerleri ile birlikte, P ve δ arasındaki ilişki "Güç Açısı Eğrisi" ile ifade edilir.Güç açısı eğrisi Şekil 3.2'de gösterilmiştir. $\delta=0^0$ değerinden başlayarak transfer edilen güç; δ açısının artmasıyla artar.İki kaynak arasında transfer edilen güç; $\delta=90^0$ olduğunda en yüksek değerine (P_{MAX}) ulaşır.Bu noktadan sonra açıdaki artış, güç transferinde azalmaya neden olacaktır.Kayıplar ihmal edilerek üretim sisteminin normal çalışma koşullarında, mekanik güç P_0, elektriksel güce çevrilir ve iletim hattı üzerinden iletilir.Bu koşulda açı farkı δ_0 olur.



Şekil 3.2 Güç açısı eğrisi[18]

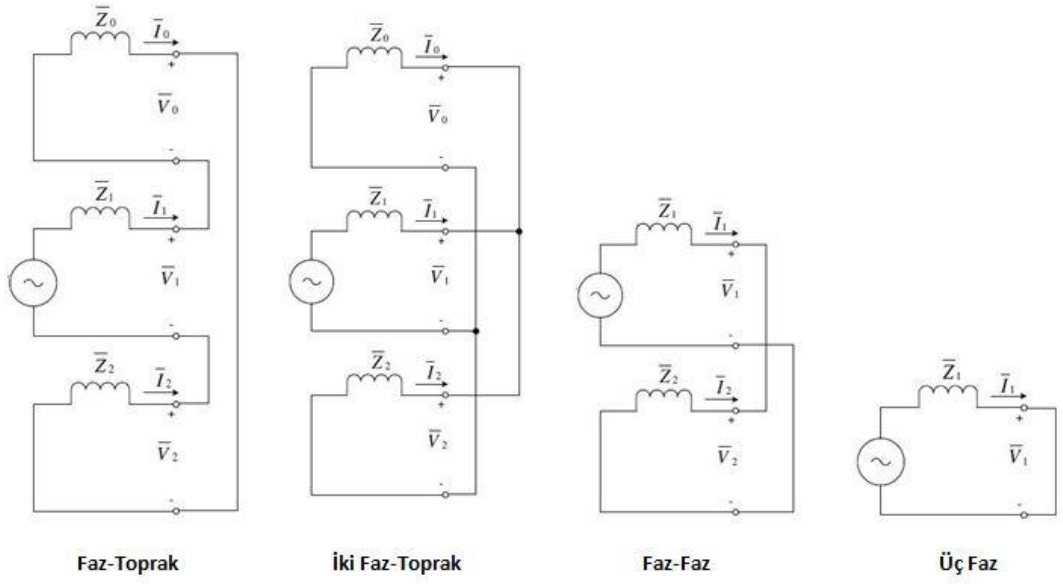
3.3.3 Arıza Esnasında İletim Empedansı

E_S kaynağından "m" birim mesafe uzaklıktaki iletim hattında arıza meydana geldiğinde, iki kaynak arasındaki etkin iletim reaktansı, sistemdeki arızanın tipine göre artacaktır. Genelde, arıza noktası ile toprak arasında X_F şönt reaktans olarak modellenen arıza Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

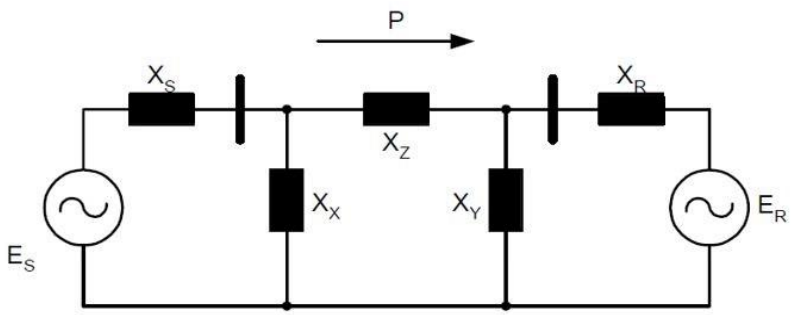


Şekil 3.3 m noktasında arıza gerçekleşen iki kaynaklı sistem

Tek faz-toprak, faz-faz, iki faz-toprak ve üç faz arızaları için X_F reaktansı, Şekil 3.4'teki sequence devrelerde arıza direncinin ihmal edilmesi ile hesaplanabilir. Şekil 3.4'te 0,1,2 indisleri sırasıyla sıfır, pozitif ve negatif sequence empedans değerleridir.



Şekil 3.4 Farklı tip arızaların sequence eşdeğer devreleri[19]

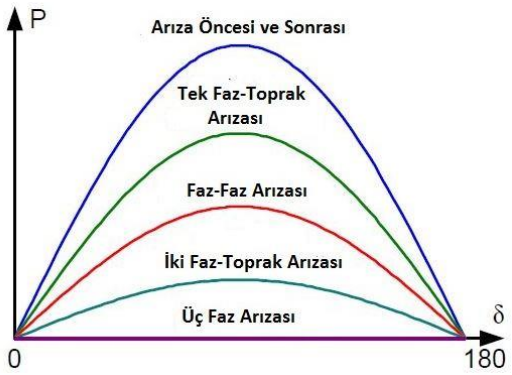


Şekil 3.5 Arızalı sistemin yıldız-üçgen eşdeğeri

$$X_Z = \frac{m \cdot X_L \cdot (1-m) \cdot X_L + m \cdot X_L \cdot X_F + (1-m) \cdot X_L \cdot X_F}{X_F} \quad (3.3)$$

Şekil 3.3'teki sistem;(3.3) bağıntısı yardımıyla etkin iletim reaktansı X_F'nin gösterilmediği Şekil 3.5'teki yıldız-üçgen eşdeğerine dönüştürülebilir. Üç faz arızaları iki kaynak arasında güç iletimini engellemektedir.Bu durumda genel olarak tek faz-toprak arızalarının, eşdeğer iletim reaktansına minimum etkisi vardır.

Arızanın geçici olduğu varsayılırsa, koruma rölesinin açma yapması ve tekrar kapama yaptırmasının ardından iletim sistemi işlemini sürdürür.Şekil 3.6'da arıza öncesi,arıza anı ve arıza sonrası durumlarında farklı tipteki arızalar için eşdeğer iletim empedansının güç açısı eğrisi üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

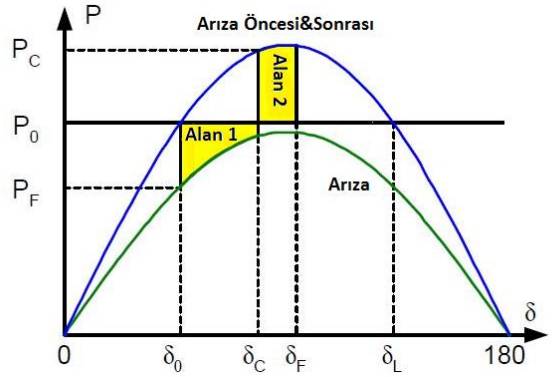


Şekil 3.6 Farklı arıza tiplerinde ve normal koşullarda enerji iletim grafiği

3.3.4 Geçici Kararlı ve Kararsız Sistemler

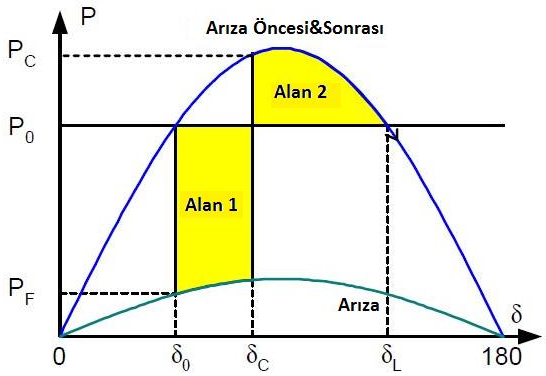
Generatörün normal çalışma koşullarında, generatörün elektriksel güç çıkışının ürettiği elektriksel tork ile generatörün rotor miline uygulanan mekanik tork dengelidir. Bu yüzden generatör rotoru elektriksel ve mekanik torkun dengede olduğu sabit bit hızda çalışır. Eğer herhangi bir arıza güç iletim miktarını azaltırsa, elektriksel tork mekanik torkun tersine azalacaktır. Bu esnada mekanik güç azalmazsa, mekanik torkun artışıyla orantılı olarak generatör rotoru hızlanacaktır.

Şekil 3.1'deki iki kaynaklı güç sisteminin başlangıçta δ_0 denge noktasında çalıştığı transfer edilen gücün P_0 olduğunu varsayalım. Bir arıza sonrası, çıkış gücü P_F değerine düşer, generatör rotoru hızlanmaya başlar ve δ artmaya başlar.Arıza giderildiği zaman açı farkı δ_C değerine ulaşır,bu durumda rotor üzerine etki eden tork azalır çünkü δ_C değerindeki çıkış gücü P_C, giriş mekanik gücü P_0'dan daha büyüktür.Fakat rotor sisteminin ataletinden dolayı, fark açısı hemen δ_0 değerine gelmez.Daha doğrusu Alan 2 deki yavaşlama süresince oluşan enerji kaybı, Alan 1 deki hızlanma süresince oluşan enerji kazancı birbirine eşit olduğunda fark açısı δ_F değerine doğru artmaya devam eder.Alan 1 ve Alan 2 de gerçekleşen bu eşitlik "Eşit Alan Kriteri" olarak isimlendirilir.



Şekil 3.7 Geçici kararlı sistem

Şekil 3.7'de görülen δ_F açısı δ_L den küçük olursa sistem geçici kararlı olur.Yeterli sönümlemeyle, iki kaynak arasındaki fark açısı ilk denge noktası δ_0 değerine gelir.Fakat, açı değeri δ_L değerine ulaştığı zaman Alan 2, Alan 1'den küçük olursa δ açısındaki artış; giriş mekanik gücünden küçük olan çıkış elektriksel gücün oluşmasına sebep olacaktır.Bu yüzden rotor tekrar hızlanmaya başlayacak ve δ geri dönüşü olmaksızın artacaktır. Bu durum Şekil 3.8'de gösterilen geçici kararsız durumdur. Bir güç sisteminde bu kararsız durum meydana geldiğinde, bu sistemdeki eşdeğer generatör sistemdeki diğer generatörden farklı bir hızda döner.Bu duruma güç sisteminde senkronizasyon kaybı veya güç salınımı durumu denmektedir.

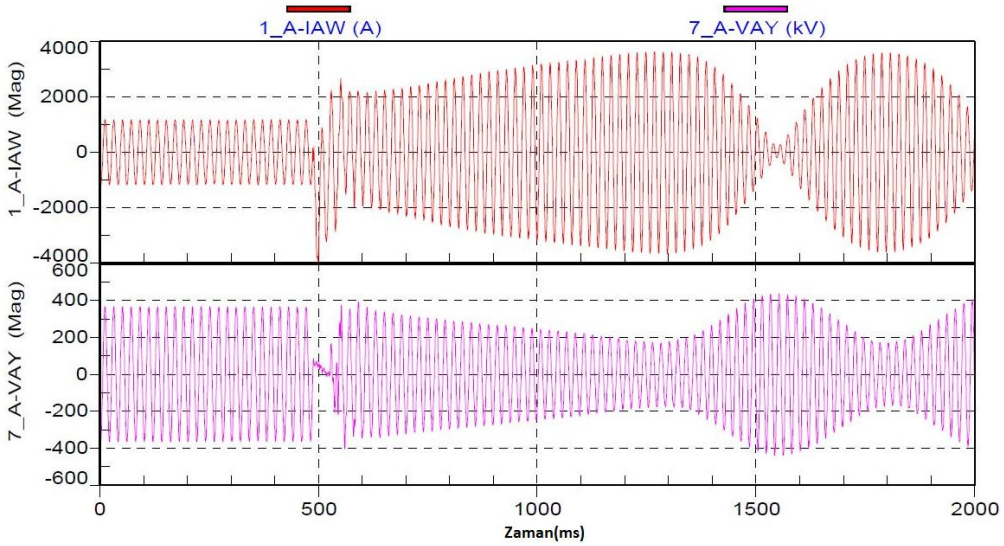


Şekil 3.8 Geçici kararsız sistem

3.4 Senkronizasyon Kaybı Karakteristiği

Güç sisteminin bozulmaya karşı tepkisi hem sistemin ilk çalışma durumuna hem de bozulmanın seviyesine bağlıdır.Güç sisteminin kritik bir bölgesinde meydana gelen bir arıza; güç akışlarında, şebeke bara gerilimlerinde ve makine rotor hızında değişikliklere sebep olacaktır.Gerilimdeki değişiklikler gerilim regülatörlerini harekete geçirecek, generatör hızındaki değişiklikler de ana taşıyıcı regülatörleri harekete geçirecektir.

Bozulmanın seviyesine, koruma rölesinin işlemlerine ve güç sistem kontrol mekanizmalarına göre sistem kararlı kalabilir ve kararlı güç salınımı olarak adlandırılan yeni denge durumuna dönebilir. Diğer yandan, sistem geçici kararsız olursa, generatör rotor açısında büyük değişiklikler, güç akışlarında büyük salınımlar, gerilimlerde ve akımlarda büyük dalgalanmalar görülür. Ayrıca generatör gruplarında veya komşu sistemler arasında da senkronizasyon kaybı oluşur.Bir enterkonnekte güç sisteminin iki bölgesinde senkronizasyon kaybedildiğinde, güç sistemi boyunca akımlar ve gerilimlerde büyük değişiklikler görülür.İki bölge de faz içindeyse, gerilimler maksimum, akımlar minimum olur.Bu durumun tersi olarak, iki bölge 180^0 faz dışındaysa, gerilimler minimum, akımlar maksimum durumdadır.Bu durum Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Senkronizasyon kaybı esnasında akım ve gerilim[18]

3.4.1 Güç Salınımı Esnasında Mesafe Koruma Rölesi Tarafından Ölçülen Empedans

Sistemde bir güç salınımı sırasında mesafe koruma rölesi, güç salınımı yörüngesi rölenin çalışma karakteristiğine girerse bu salınımı faz arızası olarak tespit edebilir.Bu durumu göstermek açısından basit iki kaynaklı bir sistemi inceleyebiliriz.

Hat sonundaki R kaynağını referans olarak kullandığımızda, E_S yi hat başındaki kaynak olarak ifade edebiliriz. Bu durumda hattan akan akım (3.4) bağıntısındaki gibi hesaplanabilir.

$$I = (E_S \angle \delta - E_R)/X \tag{3.4}$$

Hat sonundaki baradan ölçülen gerilim (3.5) bağıntısıyla bulunabilir.

$$V = E_S \angle \delta - X_S \,.\, I \tag{3.5}$$

Bu durumda ölçülen empedans (3.6) daki gibi bulunabilir.

$$Z1 = V/I = -X_S + (X \,.\, E_S \angle \delta)/(E_S \angle \delta - E_R) \tag{3.6}$$

E_S=E_R özel durumunda oluşan empedans (3.7) de bulunabilir.

$$Z\,1 = -X_S + X\,.\frac{1}{1-1\angle-\delta}$$

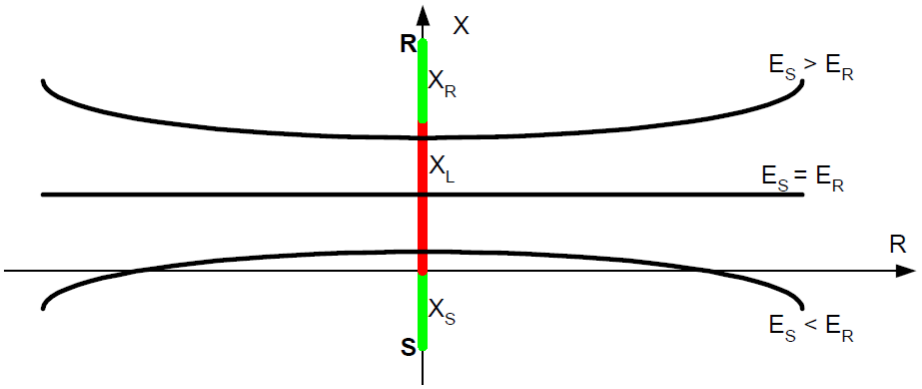
$$= -X_S + X\,.\frac{1+\angle\delta}{(1-\angle-\delta).(1+\angle\delta)}$$

$$= -X_S + X\,.\frac{1+\cos\delta+j\sin\delta}{2.j\sin\delta}$$

$$= -X_S + X\,.\left[\frac{1}{2} - j(\frac{1+\cos\delta}{2\sin\delta})\right]$$

$$= \left(\frac{X}{2} - X_S\right) - j(\frac{X}{2} - \cot\frac{\delta}{2}) \qquad (3.7)$$

Bu sonuç, güç salınımı esnasında δ açısı 0^0 den 360^0 arasında değiştiği zaman, Z1 empedans yörüngesi (X/2-X_S) merkezinden R eksenine paralel olarak uzanır ve toplam X reaktansına dik olur. Bu Z1 yörüngesi saf reaktans sistemi için Şekil 3.10'da gösterilmiştir. E_S≠E_R olduğunda,Z1 yörüngesi daire grupları şeklinde oluşur.



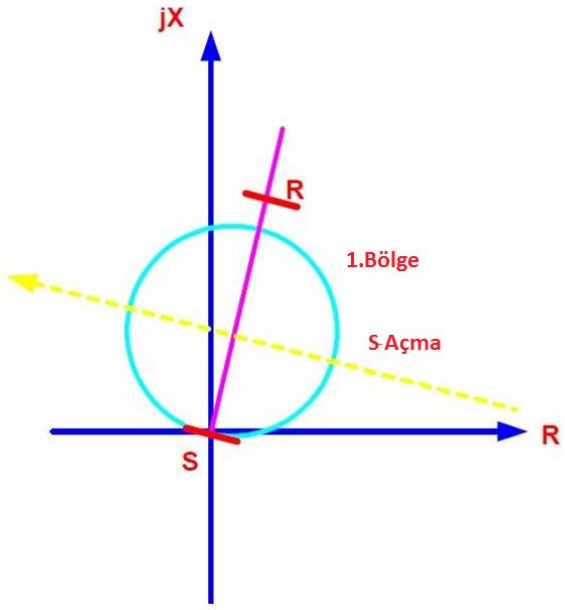
Şekil 3.10 ES ile ER arasındaki eşitliğe göre Z1 güç salınımı(OOS) gezeneği[18]

3.4.2 İletim Hattı Rölelerinde ve Röle Sistemlerinde Güç Salınımı Etkisi

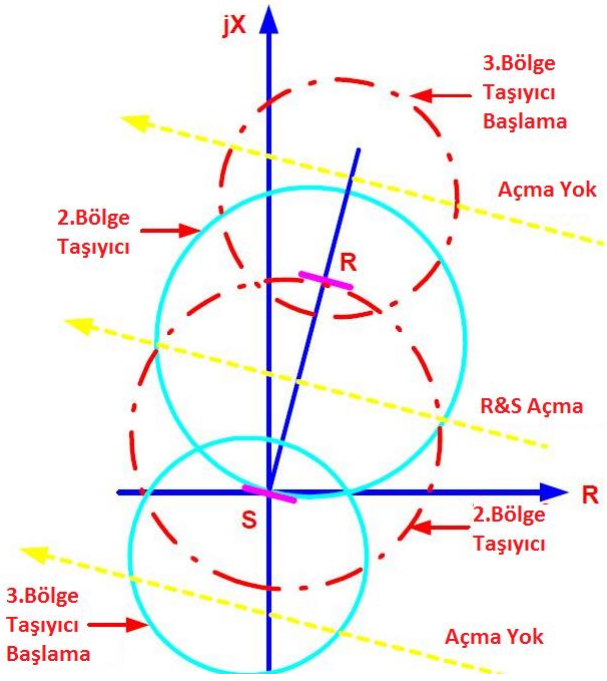
Güç sistemlerinde veya güç sistemleri ile bir generatör arasında senkronizasyon kaybı iletim hattı rölelerini ve sistemlerini çeşitli yollardan etkilerler. Ayrılmış hat diferansiyel gibi bazı röle sistemleri güç salınımına tepki göstermezler. Aşırı akım, yönlü aşırı akım mesafe röleleri ise gerilim, akım ve bunların faz açısı değişikliklerine karşı cevap verebilirler. Yani bu röleler sistemin düzeltilmesi ve kararlı kalabilmesi için kararlı güç salınımlarında dahi çalışabilirler.

Ani faz aşırı akım röleleri, salınım esnasındaki hat akımı rölenin minimum çalışma ayar değerine erişirse, güç salınımı durumunda çalışırlar. Benzer şekilde salınım akımı rölenin minimum çalışma ayar değerine ulaştığında ve salınım boyunca polarize ve çalışma sinyalleri doğru faz ilişkisine(yön koşuluna uygun) sahip olduğunda yönlü ani aşırı akım röleleri çalışabilir. Ters zamanlı aşırı akım röleleri muhtemelen çalışmayacaktır, fakat bunun nedeni salınım akım değerine ve röle zaman gecikmesi ayarına bağlıdır.

Faz mesafe koruma röleleri, üç faz ve iki faz arızalarını belirlemek için pozitif sequence empedansını ölçerler. Daha önce belirtildiği gibi güç salınımı esnasında hat ucundan ölçülen pozitif sequence empedansı, iki eşdeğer sistemin kaynak gerilimleri arasındaki fark açısı δ ye bağlı olarak değişir. Kararlı ve kararsız güç salınımları esnasında salınım gezeneği mesafe koruma rölesi çalışma karakteristiğine girerse, mesafe koruma rölesinin elemanları çalışacaktır. Ani olarak çalışan 1.bölge mesafe koruma elemanları, güç salınımda çalışmaya en yatkın elemanlardır. Ayrıca blokaj veya müsaadeli tip kontrol röle sistemlerinde kullanılan 2.bölge mesafe koruma elemanları da güç salınımlarında çalışmaya oldukça yatkındır. Geri yönlü mesafe koruma bölgesi(back-up) genel olarak salınımlar esnasında çalışmaz. Bunun nedeni bölgenin zaman gecikme ayarının salınım empedans gezeneğinin röle karakteristiğine geçmesini sağlayacak kadar uzun olmasıdır.Şekil 3.11, 1.bölgede mesafe koruma rölesinin, salınım gezeneği çalışma karakteristiğinden geçmesi esnasında çalışmasını göstermektedir.Şekil 3.12 ise yön karşılaştırmalı blokaj düzenini ve salınım gezeneğine karşı çalışmasını göstermektedir.



Şekil 3.11 Mesafe koruma rölesi karakteristiği



Şekil 3.12 Yön karşılaştırmalı blokaj düzeni karakteristiği

Mesafe korumasının güç salınımı esnasında çalışıp çalışmadığını tespit etmede, rölenin polarize hafızası ile ölçülen gerilim ve akım arasındaki ilişkinin kilit rol oynamaktadır. Modern mikro işlemci tabanlı mesafe rölelerinde diğer önemli faktör ise, mesafe koruma rölesinin sistem frekansını izlemek için frekans izleme algoritmasına sahip olmasıdır. Bu algoritmaya sahip olmayan röleler ölçülen gerilim ve akımlara göre gerilim polarizasyon hafıza rotasyonuyla karşılaşacaktır. Bunların dışında korunan hattın bağıl büyüklüğü ve eşdeğer sistem kaynak empedansı da güç salınımı esnasında mesafe rölesinin performansını etkileyen faktörlerdir. Eğer pozitif sequence empedansı sistem empedansından büyükse, mesafe koruma elemanları kararsız salınımların yanı sıra güç sistemin düzelebileceği ve kararlı kalabileceği salınımlarda da çalışabilir.

3.5 Güç Salınımı Koruma Prensibi

Güç akışlarını, gerilimleri ve akımları izleyen koruma röleleri, sistem gerilimlerindeki değişikliklere cevap verebilir ve ek ekipmanların açmasına böylece sistemin zayıflamasına, basamaklı kesintilerin oluşmasına ve sistemin en önemli bölümlerin kapanmasına sebep olabilirler. Koruma röleleri, kararlı veya kararsız güç salınımlarına karşı korumaya ve istenmeyen açmalara neden olma eğilimindedir.

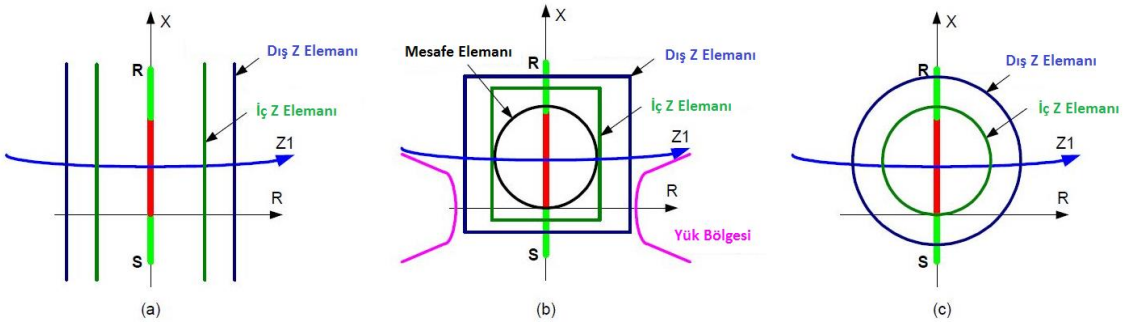
Güç salınımı koruma uygulamasının amacı kararlı salınımlar sırasında güç sistemi elemanlarının yanlış açmasını önlemektir. Bunun yanında güç sistemini kararsız güç salınımlarında korumaktır. Güç sisteminde herhangi iki bölge veya iki enterkonnekte sistem senkronize durumunu kaybettiğinde, ekipman hasarlarını ve güç sisteminin önemli bölümlerinde kesintileri önlemek için hızlı ve otomatik olarak birbirinden ayrılmalıdır. Güç salınımı durumunda kesicilerin kontrolsüz açmaları, ekipmanların hasarlarına neden olur, personel için bir sorun yaratmaz. Bundan dolayı, güç sistem elemanlarının kontrollü açtırılmasının amacı ekipman hasarlarını,geniş çaplı kesintileri engellemek ve bozulmanın etkisini minimize etmektir.[18]

3.5.1 Güç Salınımı Tespit Yöntemleri ve Düzenleri

Güç salınım koruma fonksiyonları kararlı güç salınımlarını tespit eder. Güç salınımı durumu, salınım esnasında akım ve gerilimdeki değişimler izlenilerek saptanır.Güç salınımı esnasındaki bu değişiklikler kademeli olarak gerçekleşir.Güç salınımları ve arızaların ikisi de ölçülen pozitif sequence empedansının mesafe rölesinin çalışma karakteristiğine girmesine neden olabilir.Kısa devre, kısa bir sürede gerçekleşen elektromanyetik geçici bir olaydır.Kısa devrede görünen empedans milisaniyeler gibi çok kısa bir zamanda arıza öncesi değerden arıza değerine ulaşır.Diğer yandan güç salınımı ise arıza süresinden biraz daha uzun bir sürede meydana gelen elektromekanik bir olaydır.Güç salınımı esnasında pozitif sequence empedans değişimi kayma frekansına bağlı olarak arızaya göre daha yavaş gerçekleşir.Örneğin, elektromekanik salınım frekansı 1 Hz civarında olursa ve empedans gezeneğinin röle karakteristiğine girmesi yarım periyot (δ açısının 0^0 ile 180^0 arasında değişimi) civarında gerçekleşirse, empedans değişikliği 0,5 saniye civarında meydana gelir. Güç salınımı sırasında δ açısı 180^0 ye yaklaşırsa, ölçülen empedans belirli bir iletim hattı için mesafe koruma rölesinin çalışma karakteristiğine iner. Ölçülen empedans faz arızasından güç salınımını ayırmak için kullanılamayabilir.Bu ayırımı yapmak için temel yöntem ölçülen empedansın takibidir.

Empedans değişim oranındaki fark, empedansın koruma rölesinin çalışma karakteristiğine girmeden önce mesafe korumasının çalışmasının engellenmesini ve güç salınım durumunun tespiti için kullanılır. Empedans değişimi ölçümünün fiili uygulaması normalde zamanlamalı iki empedans ölçüm elemanıyla gerçekleştirilir.Eğer ölçülen empedans önceden belirlenen zaman içinde iki empedans ölçüm elemanı arasında kalırsa, güç salınım durumu belirlenir ve mesafe koruma elemanlarını bloke eden güç salınım sinyali aktif hale gelir.Empedans ölçüm elemanları zamana göre farklı şekillerde olabilir.Bu şekiller Şekil 3.13'te çift körleştirici(a),eş merkezli çokgenler(b) ve eş merkezli daireler(c) olarak gösterilmiştir.

Güç salınımı durumu tespit edildikten sonra yeterli süre içinde mesafe koruma elemanlarını bloke etmeyi garanti etmek için, güç salınım tespit lojiğinin iç empedans ölçüm elemanı, bloke edilmesi gereken en dıştaki mesafe koruma bölgesinin dışında yer almalıdır.Güç salınım tespiti için kullanılan dış empedans ölçüm elemanı, aşırı yükten kaynaklanan güç salınım blokaj lojik elemanının istenmeyen çalışmasından korunmak için, yük bölgesinden uzakta olmalıdır.Bu empedans ölçüm elemanları Şekil 3.13 (b)'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13 Farklı çift körleştirici OSB karakteristikleri
a)çift körleştiricili, b)eş merkezli çokgen,c)eş merkezli daire

3.5.2 Güç Salınımı Koruma Fonksiyonları

Güç salınımı koruma fonksiyonu güç sistemi koruma uygulamalarında sıkça kullanılan bir uygulamadır.Bu özelliğe sahip röle sistemleri öncelikle güç salınımını saptar,sonrasında ilgili sistem bölgelerini ayırır,yük kaybını minimize eder ve sistem sürekliliğini sağlar.

Güç salınımı korumasında güç salınımı açma ve blokaj olmak üzere iki temel fonksiyon vardır. Güç salınımı açma fonksiyonu, gerçekleşen salınımın kararlılık durumunu tespit eder ve duruma göre koruma işlemini başlatır. Güç salınımı blokaj fonksiyonu ise sistemde gerçekleşen durumun güç salınımı mı arıza mı olduğunu saptar.Sistemdeki arıza durumunda bu fonksiyon güç salınım koruma fonksiyonlarını devre dışı bırakır ve mesafe koruma elemanlarının çalışmasına izin verir.[18]

3.5.3 Güç Salınımı Açma ve Blokaj Fonksiyonları

Güç salınımı açma işleminin uygulama amacı sistemde kararlılığı sağlamaktır. Sistemde kararsız durumlarda, kararsız generatörleri veya daha büyük güç sistemi bölgelerini birbirinden izole ederler. Bunu gerçekleştirmek için, güç salınımı açma sistemleri şebeke elektrik sistemlerine yakın olan bölgelerde uygulanmalıdır. Güç sisteminin ayrımı denge durumunun korunduğu belirli noktalarda olmalıdır. Fakat önceden belirtildiği üzere, birçok röle sistemi güç salınımı durumlarında sistemin farklı noktalarında çalışma eğilimindedir ve bu durum istenmeyen açmalara neden olabilir. Bu nedenle, güç salınımı açma sistemleri, blokaj fonksiyonlarıyla tamamlanmalıdır. Bu durum istenmeyen açmalardan korunmanın yanı sıra ekipman hasarlarından da korunmayı sağlar.Bunlara ek olarak güç sistemi blokaj fonksiyonu, yanlış bölgelerde açmadan ve sistemde tümüyle kesintilerden korunmak için farklı bölgelerde de kullanılmalıdır.

Genellikle, güç salınımı açma röle sistemlerinin bulunduğu bölge, senkronizasyon kaybı esnasında ada modunun oluşacağı bölgeyi tespit etmektedir. Fakat bazı sistemlerde güç sistemi açma sisteminin kurulu olduğu bölgenin dışında bir bölgede şebeke ayrımı gerekli olabilmektedir.Bu durum transfer açma düzeniyle sağlanır.Güç salınımı açma sistemlerinde ayrıca sistemler arası açı 180^0 ye yakın olduğunda açma yapılması istenmez.Bu durumda gerçekleşen açma kesiciyi yüksek gerilime maruz bırakır ve kesicinin tekrar çalışmasına,hasar görmesine sebep olur.

3.5.4 Güç Salınımı Fonksiyonlarının Uygulaması

Güç Salınımı koruma sistemleri teoride basitken, pratikte güç sisteminin büyüklüğü, karmaşıklığı ve farklı çalışma koşullarından dolayı sisteme entegre edilmesi oldukça zordur.En iyi geçici kararlılığın elde edildiği güç salınımı açma sistemlerinin uygulaması için şebekedeki bölge seçimi olası bütün çalışma koşullarında çalışabilir.Genellikle maksimum kayma, kararlı çalışmada zamana göre değişimden tahmin edilir.Bunların yanında güç salınımı açma sistemlerinin doğru şekilde tasarlanması için gereken koşullar maddeler halinde verilmiştir.

- Pek çok çalışma koşullarına ve gerilimli sistem çalışma durumlarına göre sistem kararlılık sınırlamalarını belirlemek için çalışan sistem geçici kararlılığını sağlamalıdır. Kararlı çalışmalar, güç sisteminin açısal kararlılık sınırına dayanan bölgelerin ve sistem bozulmalarında güç salınımlarına eğilimli generatörlerin saptanmasına yardımcı olur. Röleden ölçülen görünen empedans; iletim hatlarında akan aktif(MW) ve reaktif(MVar) güçlerin fonksiyonu olduğu için, kararlılık çalışmalarının sonucu güç salınımı açma ve blokaj röle sistemleri için en uygun yerin bulunmasına yardımcı olur.

- Farklı sistem koşulları esnasında salınım bölgeleri ve güç salınımı açma koruma fonksiyonunu uygulamak için en uygun bölge belirlenmelidir.Güç salınım durumlarının tespiti için en uygun bölgeler sistemin elektrik merkezleridir.Fakat, tespit işlemlerini kolaylaştırmak açısından bu bölgelerde empedans durumu bilinmelidir.

- Güç salınımı sırasında sistem ayrılması için en uygun bölge belirlenmelidir.Bu belirleme, adalar arası empedansa,yük/üretim dengesi sağlama potansiyeline ve ayrılma sonrası kararlı çalışma bölgeleri oluşturma kabiliyetine bağlıdır.Belirli bir adada üretimi ve yükü sınırlamak için,adanın yük ihtiyacını dengelemek için her adanın makul üretim kapasitesine sahip olması gerekir.Genellikle sistem bölgeleri arasındaki yüksek empedans yolları şebeke ayrımı için uygun bölgelerdir.

- Güç salınımı zaman özelliği gereksinimleri ve minimum ileri,geri menzil özellikleri için sistemler arası kayma frekansı belirlenmelidir.Belirli bir güç sistemi bölgesinin veya generatör grubunun salınım frekansı sabit kalmaz.Otomatik gerilim regülatörleri gibi generatör kontrol sistemlerinin dinamik cevabı ve yüklerin veya diğer güç sistemi cihazlarının dinamik davranışı güç salınımları koruma aygıtları tarafından ölçülen empedans değişim oranını etkileyebilirler.

- Güç salınımı blokaj düzenleri için, güç salınım mantığı iki eş çokgen,bir dış bölge ve bir iç bölge kullanır.Güç salınımı iç ve dış bölge empedans değerlerini iki faktör etkiler.Bunlardan birisi bloke edilmek istenen en dıştaki faz mesafe bölgesidir.Diğeri ise beklenen maksimum yük esnasında rölenin ölçtüğü yük empedansıdır.İç bölge en dıştaki faz mesafe bölgesini kapsayacak şekilde ayarlanmalıdır. Minimum beklenen yük empedans bölgesi gibi dış bölge iç bölgeyi de kapsamalıdır.Güç salınımı blok zaman gecikmeleri ise iç,dış direnç körleştiricilerine ve en hızlı kararlı salınım frekansına bağlıdır.

- Güç salınımı açma düzenleri için iç bölge, güç sisteminin kararlılığı tekrar kazanamayacağı noktalar boyunca belirlenmelidir.Dış bölge de minimum beklenen yük empedans bölgesi gibi en dış bölge olmalıdır.Güç salınımı açma zamanı, iç,dış bölge direnç körleştiricilerine ve geçici kararlı çalışmadan belirlenen en hızlı güç salınım frekansına bağlıdır.Salınım yörüngesi en dış güç salınımı bölgesine girdiğinde,güç salınım açma ve blokaj zamanlayıcıları saymaya başlarlar.Güç salınımı blokaj süresi dolmadan önce,güç salınımı açma süresi dolar ve pozitif sequence empedans yörüngesi güç salınımı açma iç bölgesine girerse,röle mantığı bir güç salınımı açma olayı tespit eder.Güç salınım açma mantığı iç veya dış açmaya izin verir.Zamanlayıcı süreleri dolduktan sonra; salınım pozitif sequence empedansı güç salınımı açma iç bölgesine girerse bu durumda iç açma, empedans iç bölgeye girer ve sonra iç bölgeden çıkarsa bu durumda da dış açma seçilir.İki eşdeğer gerilim kaynağı faz arasına yakın olacağı zaman kesicilerin açma kumandası aldığı durumlarda, güç salınımı için en genel uygulama dış açmadır.Nadir durumlarda da iç açma uygulanabilir.

  Kesicilere açma kumandası verildiğinde iki eşdeğer gerilim kaynağı faz dışına yakın olursa bu gibi durumlarda dikkatli olunmalıdır.Bundan dolayı kullanıcılar kesicide hasar meydana getirecek ve personel güvenliğini tehdit edecek durumlarda kesicinin açma yeterliliğini önemsemelidirler.

- Son olarak doğru bir güç salınımı koruma uygulaması, matematiksel model ve geçici kararlı durumda çalışma karakteristiklerini içermelidir.

3.6 Güç Salınımındaki Arızalar Esnasında Mesafe Koruması

Bir güç sistemi salınım durumunda ise, bara gerilimleri ve hat akımları büyük oranlarda değişim gösterir. Sistem güç salınımı esnasında kesici,iletim hattı gibi güç sistemi ekipmanları, aşırı akım ve gerilim değerlerinde çalışırlar.Eğer bu ekipmanlar koruma teçhizatlarıyla korunmazsa,atlamalar gerçekleşir ve daha ileri durumlarda komple sistem çökmesi görülebilir.Güç salınımı durumlarında sistemde arızaların görünmesi çok küçük bir olasılık olsa da,yine de bu arızalara karşı koruma kontrollü sistem ayrılması ve sistemin kalan bölümünün çalışmaya devam etmesi için oldukça önemlidir.

Teorik olarak, sistemde bir güç salınımı durumunda rölenin performansı sistemde normal koşullardaki hız, selektivite, güvenilirlik ve hassasiyeti sağlamalıdır. Fakat güç salınımı altında mesafe rölesi elemanlarının çalışmasından dolayı, mesafe elemanlarının normal arızalardaki performansın aynısını göstermesi imkansızdır.

3.6.1 Güç Salınımı Esnasında Mesafe Koruma Gereksinimleri

Güç sisteminde salınımın karmaşık olması ve ender görülmesinden dolayı, bir çok kuruluş güç salınımı esnasında gerekli korumayı sağlayamaz. Mesafe elemanları güç salınımı esnasında sistemi detaylı olarak inceleyemez.Zayıf enterkonnekte sistemli bölgelerdeki kuruluşlar, güç salınımı esnasında kısa devre gibi arızalarda bu korumaya daha fazla ihtiyaç duyarlar.Normalde bu kuruluşların güç salınımı esnasında mesafe koruması için daha kesin performans gereksinimlerine ihtiyaçları vardır.

3.6.1.1 Hız: Güç Salınımı esnasında mesafe elemanları bir zaman gecikmesiyle açma yapabilirler.

Mesafe rölesi sistemde bir güç salınımı durumu saptadığında, mesafe elemanlarının çalışmasını engelleyen blokaj fonksiyonu devreye girer.Bu mesafe elemanları, dengesiz arızalarda veya blokaj fonksiyonunu sıfırlayan arıza esnasında sadece negatif sequence aşırı akım elemanı aktif olmuşsa, tekrar çalışacak duruma gelir.Genel olarak,belli bir zaman gecikmesiyle birlikte negatif sequence akımları blokaj durumunu sıfırlar.Bu zaman gecikmesi, korunan hat bölümündeki bir dış arızada diğer koruma elemanlarını koordine etmek için gereklidir.Aşağıdaki bölümde, güç salınım merkezi sistemde bir

bölgede kalmadığında,basit bir zaman gecikmesinin koordinasyonu garanti etmediği gösterilmiştir.Ayrıca zaman gecikmesi, paralel hat sistemlerinde, dış arızalarda açma yapmaktan mesafe rölelerini engellemek için kullanılmaya uygun değildir.Güç salınımında açma düzenlerinde, koordinasyon için zaman gecikmesi gerekli değildir.

3.6.1.2 Selektivite: Mesafe elemanları güç salınımı esnasında tek faz-toprak arızalar için üç kutuplu açma yapabilirler.

Dengesiz arızalarda negatif sequence akım elemanları blokaj fonksiyonunu sıfırladığında, tüm mesafe arızası ölçüm döngüleri aynı zamanda koruma bölgelerinin dışına çıkacaktır. Güç salınım bölgesi korunan hatta geldiğinde ve büyük bir δ açısında arıza görüldüğünde bu menzil dışı durum olarak algılanır.Bu yüzden mesafe rölesi için daima, güç salınımı sırasında tek faz-toprak arızalarında tek kutuplu açma yapmak uygun değildir.

3.6.1.3 Güvenilirlik: Güç salınımı esnasında tüm iç arızalarda mesafe elemanları açma yapmalıdır.

Güvenilirlik durumu,güç salınımında ve dengesiz arızalarda rölenin negatif sequence akım tespit etme hassasiyetidir.Bazen güç salınım aşamasında arıza görüldüğünde akım minimum ve gerilim maksimum olduğunda,blokaj fonksiyonunu sıfırlamak için negatif sequence aşırı akım elemanını aktive etmek zor olabilir.Negatif sequence akımlarının ortaya çıkmadığı üç faz arızaları için, mesafe rölesinin güç salınımı sırasında olası üç faz arızaları tespit eden empedans oran değişim elemanı bulunmalıdır.

3.6.1.4 Güvenlik:

- Mesafe koruma elemanları, güç salınımı sırasında üç faz arızalar dışındaki tüm dış arızalarda güvenli olmalıdırlar.
- Mesafe koruma elemanları tarafından güç salınımı durumu tek kutup açık iken görülürse tüm dış arızalarda açma yaptırabilir.

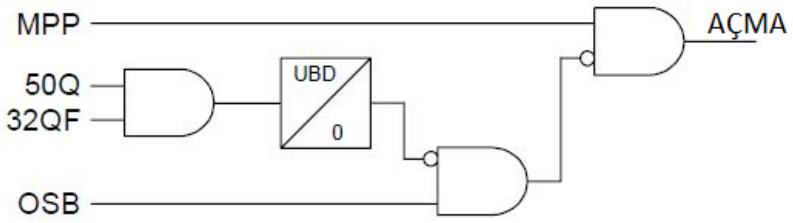
Genel olarak dış arızalara karşı güvenlik, güç salınım blokaj fonksiyonunu başlatmak için kullanılan negatif sequence aşırı akım elemanının koordinasyon gecikme zamanlayıcısı kullanılarak kazanılabilir.Bir dış arıza oluştuğunda diğer uygun röleler tarafından arıza giderildiğinde bu zamanlayıcı hazır durumda olur.Fakat güç salınım merkezi sistemde hareketli ise, böyle bir zamanlayıcının güvenliği sağlaması imkansızdır.Ayrıca paralel hat iletim sisteminde de koordinasyon zamanlayıcısını kullanmak olanaksızdır.

Tek kutup açma uygulamalarında güç sistemi, koruma elemanlarının tek faz toprak arızasını başarılı bir şekilde giderdikten sonra ve sistemin bir kutup açık durumu süresince kararsız hale gelebilir.Aslında böyle durumlar altındaki arızalar için kutup açma işlemi süresince mesafe rölesinin güç salınım durumunu güvenilir bir şekilde algılamasını sağlayan güvenlik gereksinimlerindeki açıklar, hatayı ayırt edebilirler ve sonra kalan mesafe elemanlarının çalışmasına izin vermek için OSB elemanını sıfırlarlar.

3.6.2 Güç Salınımında Dış Arızalara karşı Güvenlik

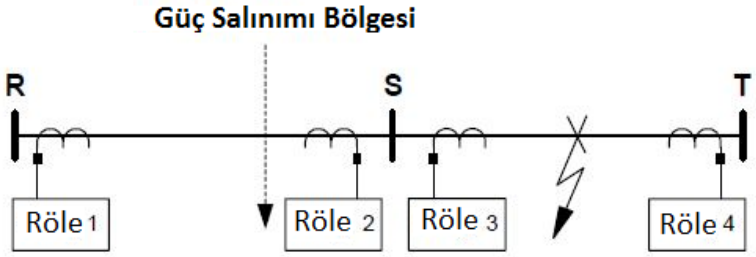
Şekil 3.14, bir yönlü negatif sequence aşırı akım elemanının güç salınımı blokaj fonksiyonunu sıfırlayan gecikmeli zamanlayıcısının lojik diyagramını göstermektedir. MPP faz mesafe elemanıdır. Güç salınımı blokaj elemanı OSB güç salınımını tespit eden lojik diyagramdan elde edilmektedir. OSB elemanı mesafe koruma rölesinin kullanıcı tarafından belirtilen durumlarda güç salınımını tespit ettiğini gösterir ve mesafe elemanlarını bloke eder.[18]

Negatif sequence yön elemanı 32QF, 50Q negatif sequence aşırı akım elemanını koordinasyon gecikmeli zamanlayıcı başlamadan önce denetler.32QF denetleme elemanı, rölenin ileri yönde bir arıza algıladığında OSB elemanını sıfırlamaya yarar.



Şekil 3.14 Blokaj fonksiyonlu ve zaman gecikmeli mesafe elemanları

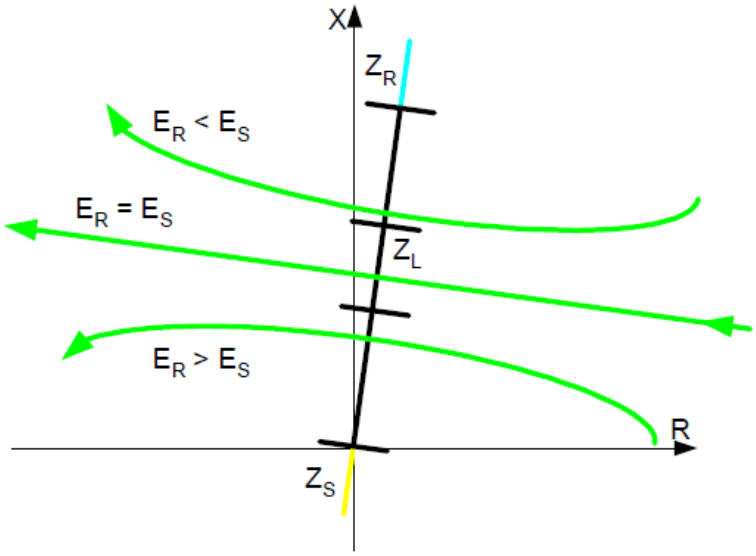
Şekil 3.15 güç salınım blokaj elemanını, güç salınımı esnasında dış arızalarla birlikte koordine etmek için tekrar hazır hale getirme işleminde gecikmeli blokaj kaldırma elemanı UBD zamanlayıcısının kullanımını göstermektedir. Sistem güç salınım bölgesi R ve S merkezleri arasında bir yere geldiğinde, R merkezindeki Röle 1, güç salınımı durumunda S ile T arasındaki hat bölgesinde görünen bir dış arızayı aşırı menzil olarak görebilir.Röle 1'e göre arıza ileri yönde olduğundan,negatif sequence aşırı akım elemanı OSB blokaj elemanını sıfırlar.Makine açısı δ büyük bir değerde iken güç salınımı durumunda bir arıza görülürse, Röle 1'in 1.bölge mesafe koruma elemanı UBD zamanlayıcısını beklemeden ani olarak aktif olabilir ve aynı anda hatta açma komutu gönderir.Bu tip arıza senaryolarında doğru işlemi gerçekleştirmek için,Röle 1 OSB elemanını sıfırlamasından ve mesafe elemanlarının çalışmasına izin vermesinden önce Röle 3 ve 4'ün arızayı giderme olanağı olması için UBD zamanlayıcısı başlatılır.Rölelerde UBD zamanlayıcısı,rölelerin 1.bölgede gördüğü güç salınımı zamanı,dış arıza giderme zamanından uzun olacak şekilde ayarlanmalıdır.1. koruma bölgesinde güç salınımını görmeyen röleler için,UBD gecikme süresi kritik değildir.Bu yüzden bu süre bu bölgedeki arızalardaki işlemleri hızlandırmak için kısa tutulur.



Şekil 3.15 Güç salınımı için örnek sistem

Güç sistemindeki salınım bölgesinin saptanması için hem sistem empedansı hem de iki eşdeğer kaynağın gerilim büyüklüğü gereklidir. Şekil 3.16'da sabit sistem empedansının yanında, kaynak geriliminin değişmesiyle farklı bölgelerde iletim hattını kesen salınım merkezi gösterilmiştir. Salınım merkezindeki değişimler, dış arızaları koordine eden UBD zamanlayıcısının işlevini engelleyebilir. Örneğin, Şekil 3.15'te, Röle 1 ve 2 için UBD süresi, bu röleler OSB blokaj fonksiyonunu sıfırlamadan önce menzil içindeki arızaları gidermeye olanak verir. Röle 3 ve 4 için UBD süresi sadece negatif sequence

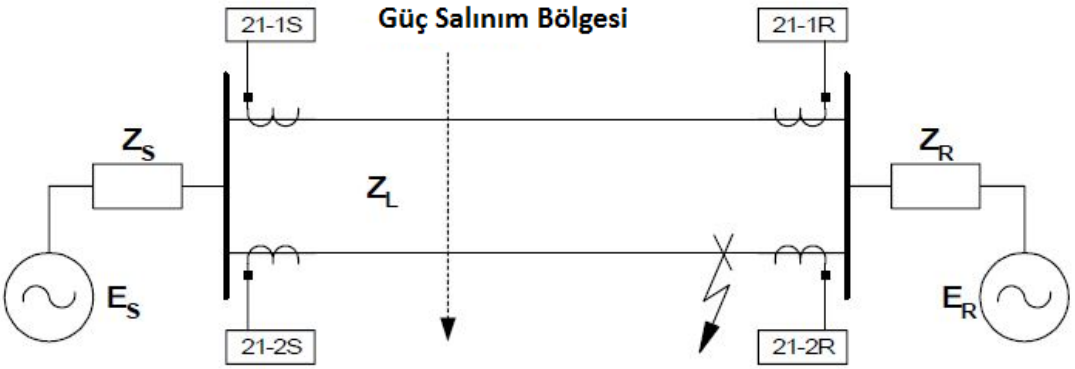
büyüklüklerinin geçici durumlarını filtrelemeyi engellemek için 1/50(1 çevrim) saniyeye ayarlanabilir.



Şekil 3.16 Kaynak gerilim değerlerine göre güç salınım bölgeleri[18]

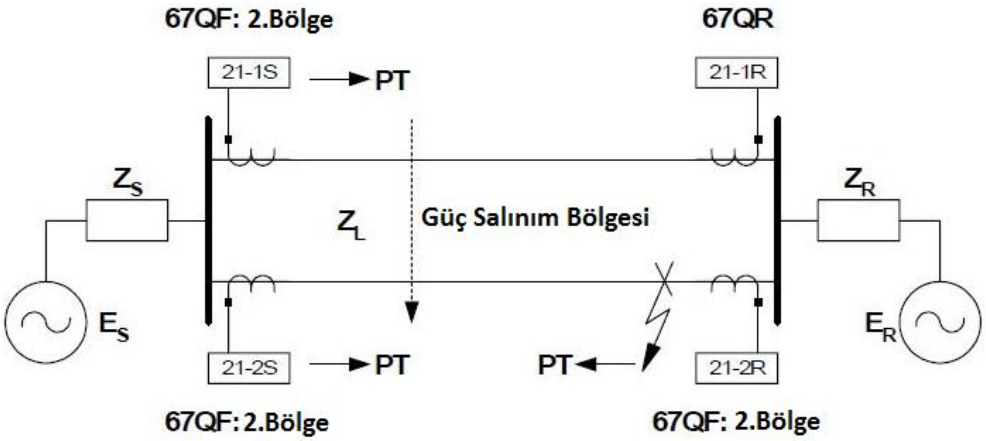
Fakat, kaynak gerilimindeki dalgalanmalar, S ve T merkezleri arasındaki bölgelerde güç salınım merkezinin yerinin değişmesine sebep olursa,bu durumda ayarlanan süre amacına ulaşamaz.Bu süre içinde R-S arasındaki hatta bir arıza görülürse, Röle 4, 1 çevrim içinde OSB fonksiyonunu sıfırlar ve sonrasında röle 1 ve 2'ye OSB fonksiyonlarını sıfırlayıp, arızayı gidermesine fırsat vermeden kendisi bu dış arızayı gidermeye çalışır.

Şekil 3.17'de gösterilen paralel hat sisteminde,dış arızaları koordine etmek için UBD süresini kullanmak imkansızdır.Paralel hatlı sistemlerde meydana gelen herhangi bir arıza bir hattaki röle için iç arıza,diğer hattaki için dış arızadır.Şekil 3.17'deki örnekte güç salınımı merkezi paralel hatları kesmekte ve 2. hatta dengesiz bir arıza görülmektedir.Bu durumdaki en iyi senaryo, 1.hattaki rölelerin UBD süresinin, 2.hattaki rölelerin UBD süresi ve arıza giderme süresinin toplamından fazla bir süreye ayarlanmasıdır.Buna rağmen, dengesiz arızanın 1.hatta görülme olasılığı vardır,bundan dolayı UBD fonksiyonunun böyle durumlarda çalışmaması istenir.



Şekil 3.17 Paralel hatlı sistem

Güç salınımı sırasındaki dış arızalarda güvenliği sağlamak için yapılabilecek farklı işlemler de vardır. Bu işlemlerden birisi, 1.bölge mesafe elemanlarının ani aşırı menzil tehlikelerinden korumak için, OSB fonksiyonunu sıfırlamamaktır.Bunun yerine güvenliği sağlamak için 2.bölgeyle birlikte Seçmeli Aşırı Menzil Transfer Trip (POTT) düzenini uygulamak gerekir.



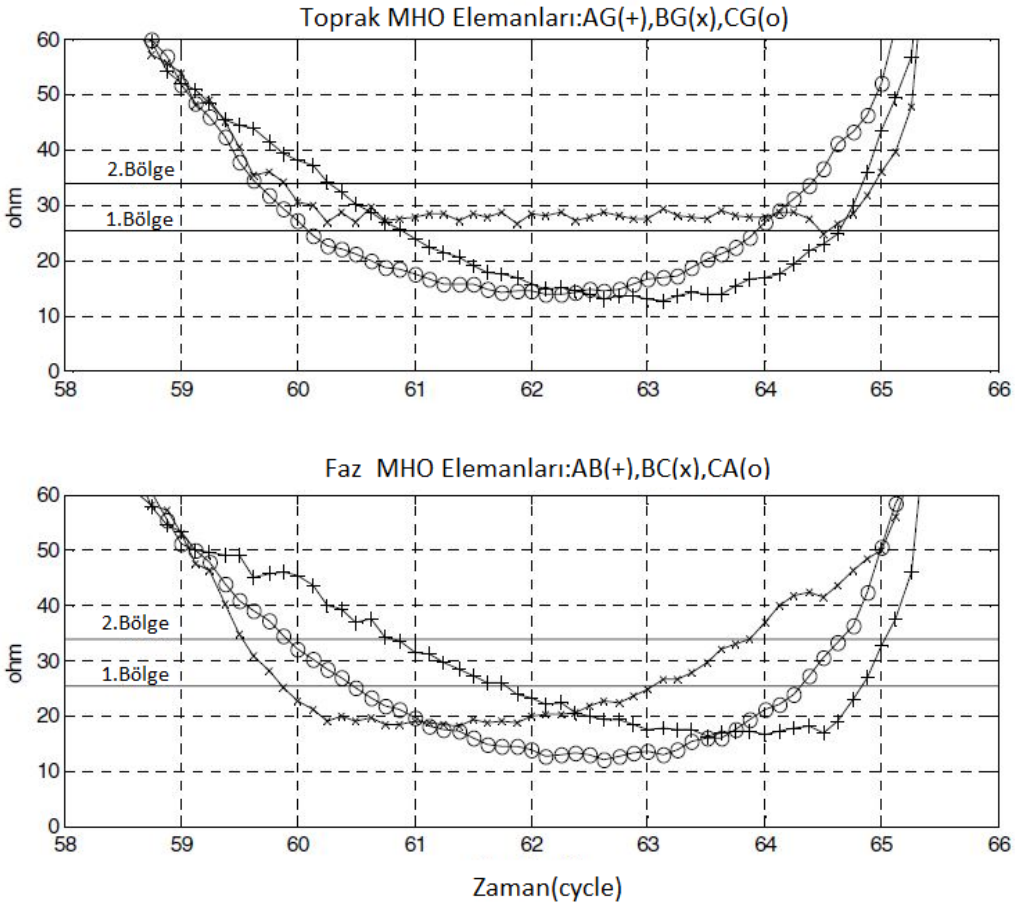
Şekil 3.18 Güç salınımı esnasında POTT kullanımı için örnek sistem

Şekil 3.18, güç salınımı sırasında POTT düzeninin nasıl çalıştığını göstermektedir. Arızanın görüldüğü 2.hattaki iki röle de, ileri negatif sequence aşırı akım elemanı OSB'yi sıfırladıktan sonra bu arızayı 2.bölgede tespit edecektir.POTT düzeninde ise rölenin 2.bölge elemanı diğer röleye POTT sinyali gönderir ve aynı anda bu röleden sinyal almışsa lokal açma yapar.Bunun sonucunda,2. hattaki röleler doğru çalışır ve iç arızaları izole ederler.1.hattaki rölelerden S noktasındaki röle arızayı 2.bölgede ileri yönde görür ve R noktasındaki röleye POTT sinyali gönderir.Fakat R noktasındaki röle bu arızayı geri yönde tespit etmediği ve POTT sinyali göndermediğinden aldığı sinyali önemsemez.Bu şekilde 1.hat, 2.hatta gerçekleşen dış arızadan korunmuş olur.

Güç salınımları sırasında bu tür POTT düzenlerini sisteme uygulamak için mesafe rölesinin 1. ve 2.bölge mesafe elemanları için OSB fonksiyonunu sıfırlayan iki adet yönlü aşırı akım elemanının bulunması gerekir. 1.bölge için OSB fonksiyonunu reset eden bu yönlü negatif sequence aşırı akım elemanının kullanıcıya başka uygulamalarda zorluk çıkarmaması için resetlemeyi engelleyen bir tork kontrol işlevi bulunmalıdır.

3.6.3 Güç Salınımlarında Arızalı Faz Seçimi

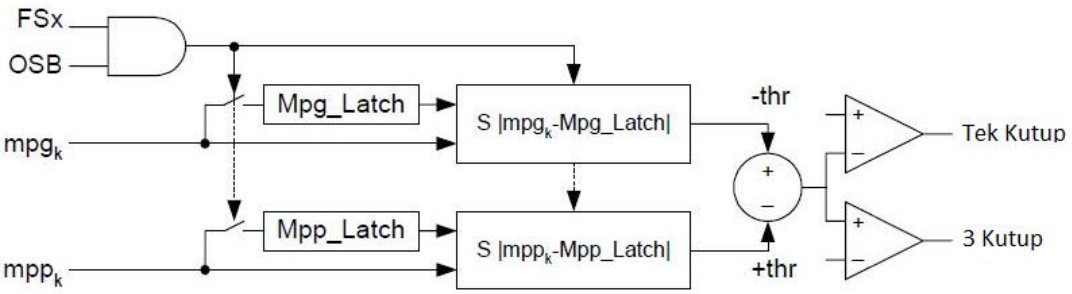
Tek kutup açma yöntemi, tek faz toprak arızadan sonra güç sisteminde oluşan etkiyi en aza indirmek için önemlidir. Güç salınımı esnasında arızalı bölümün kontrollü bir şekilde ayrılmasını sağlayabilmek için, mesafe rölelerinin güç salınımı esnasında tek kutup açma yapabilmesi çok önemlidir. Fakat, mesafe elemanları için salınım esnasında arızalı fazı ayırt etmek zor bir işlemdir.



Şekil 3.19 Güç salınımı esnasında mesafe koruma elemanları

Bir hattın sonundaki B faz-toprak arızası için Şekil 3.19'da üstteki grafik A,B ve C faz elemanları için mesafe hesaplamalarını göstermektedir. Arızalı B faz mesafe hesabı, doğru bir şekilde arıza empedansının elde edilmesini sağlar. Sağlam fazlar için mesafe hesapları, makinenin δ açısı 180^0 ye yaklaştığında 1. ve 2. bölgeye girerler. Şekil 3.19'da alttaki grafik faz elemanlarının mesafe hesaplarını göstermektedir. Güç salınımı sırasında makinenin δ açısı 180^0 ye yaklaştığında tüm mesafe elemanları koruma bölgelerine girerler.

Herhangi bir mikro işlemci tabanlı röle arıza faz tespiti için, negatif ve sıfır sequence akımlardaki açı farkını kullanır. Faz açı düzlemi, -60^0 ile 60^0 arası A faz bölgesi, 60^0 ile 180^0 arası B faz bölgesi ve -60^0 ile -180^0 arası C faz bölgesi olacak şekilde üç parçaya ayrılır. Örneğin, negatif ve sıfır sequence akımlardaki açı farkı -60^0 ile 60^0 arasına düşerse, arıza tipi belirleme lojiği FSA'yı yani A faz seçimi lojiğini etkin kılar. Fakat FSA etkin durumu hem A faz-toprak hem de BC iki faz-toprak anlamına gelebilir.Güç salınımı durumu yok iken normal bir arıza için, mesafe elemanlarından sadece biri çıkış verir ve röleye açma izni verir. Fakat örnek bir B faz toprak arızasında görüldüğü gibi röle FSB lojiğini etkin kıldığında bu durum hem B faz-toprak hem de CA faz mesafe elemanlarını etkin kılar ve tek faz toprak arızası için üç kutup müsaadeli ve lokal açma ister.



Şekil 3.20 Güç salınımında arızalı faz seçimi lojiği

Şekil 3.20'de güç salınımı esnasındaki bir arızada arızalı fazı seçebilen bir lojik gösterilmektedir. Güç salınımı esnasında röle faz seçimi lojiği etkin olduğu anda, röle toprak ve faz mesafe hesaplamalarını kilitler. Sonra röle mesafe elemanları, toprak ve faz mesafe elemanları için kilitlenmiş değerler arasındaki farkları birleştirir. Eğer toprak mesafe fark birleşimi, faz mesafe fark birleşiminden az ise, röle arıza tipini tek faz-toprak arızası olarak belirler ve toprak mesafe elemanına tek kutup açma çıkışı üretmesi için izin verir. Aksi halde röle çok fazlı bir arıza belirler ve üç kutuplu müsaadeli ve lokal açmaları başlatır.[18]

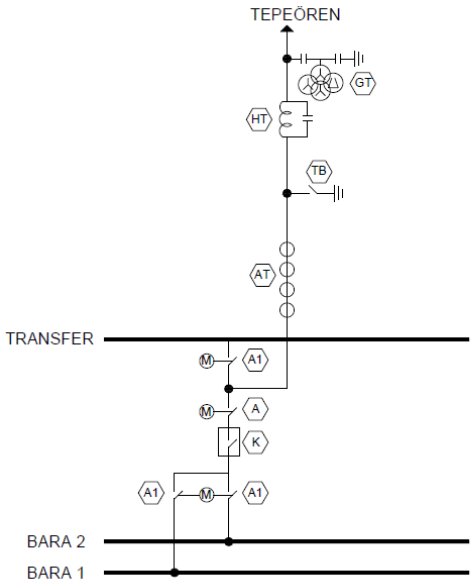
BÖLÜM 4

SAYISAL UYGULAMALAR VE RÖLE AYARLARI

4.1 Tipik Mesafe Koruma Hesabı

4.1.1 Genel Bilgiler

Sayısal uygulama için Kocaeli Gebze'de bulunan Gebze Makine OSB 380kV Trafo Merkezi seçilmiştir. Bu trafo merkezi iki ana bara ve bir transfer barasından oluşmaktadır. Şalt sahasında Tepeören ve Adapazarı olarak iki adet hat fideri bulunmaktadır. Bu fiderlerden Şekil 4.1'de tek hat şeması görülen Tepeören hat fideri, uygulama örneğinde kullanılacaktır.



SEMBOL	AÇIKLAMA	TEKNİK ÖZELLİKLER
A	Pantograf Ayırıcı	420kV, 2000A, 50kA (Mot. Kum.)
A1	Bıçaklı Ayırıcı	420kV, 2000A, 50kA (Mot. Kum.)
K	Kesici	420kV, 3150A, 50kA
TB	Toprak Bıçağı	420kV,50kA
AT	Akım Trafosu	420kV, 1000-2000/1-1-1-1A, 50kA, Sn:0.5Fs5+5P20+5P20+5P20, 5+60+60+60VA
GT	Gerilim Trafosu	420kV, 380/V3: 0.1/V3: 0.1/V3: 0.1/3kV, Sn:0.5+3P+3P 4500pF, 10+50+50 VA
HT	Hat Tıkacı	420kV, 2000A, 0.5mH, 50kA

Şekil 4.1 Tepeören fideri tek hat şeması

4.1.2 Sistem Bilgileri ve Kabuller

Hesaplama sürecinde gerekli bilgiler aşağıdaki gibidir.

- Ana hat ve ilgili komşu hatların uzunlukları ve kablo tipleri
- Kablo tiplerinin km başına direnç ve reaktans değerleri
- Akım ve gerilim trafosu dönüştürme oranları
- Direk toprak direnci
- Hat açıklığı
- Ark akımı

Hatların uzunlukları ve kablo tipleri, hat empedans değerlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Direk toprak direnci, hat açıklığı ve ark akımı ise ark direncinin hesaplanmasında kullanılır. Akım ve gerilim trafo oranları ise sekonder değerlerin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Çizelge 4.1,Çizelge 4.2,Çizelge 4.3'te ilgili değerler verilmiştir. Uygulamanın yapılacağı SEL-421 rölesinin nominal akım değeri 5A olduğundan hesaplama akım trafo oranı 2000/5 A olduğu varsayılarak yapılacaktır.

Çizelge 4.1 Akım-gerilim trafosu bilgileri

Açıklama	**Primer**	**Sekonder**	**Dönüştürme Oranı**
Akım Trafosu	2000 A	1 A **(5 A)**	2000**(400)**
Gerilim Trafosu	380 kV	0,1 kV	3800

Çizelge 4.2 Varsayılan değerler

Açıklama	**Değer**
Ark Akımı	1000 A
Hat açıklığı	7 m
Direk toprak direnci	10 Ω

Çizelge 4.3 Hat direnç-reaktans değerleri

İletken Tipi	r_1 (Ω/km)	x_1 (Ω/km)	r_0 (Ω/km)	x_0 (Ω/km)
3x1272 MCM	0,01589844	0,26299572	0,3010018	0,99999888
3X954 MCM	0,02089468	0,26599924	0,30299452	0,99100276
2X954 MCM	0,0314924764	0,3219968752	0,3000050284	1,0294664996

4.1.3 Hat Empedanslarının Hesaplanması

Hatların empedansları hesaplanırken, hat uzunlukları ve kullanılan iletkenlerin tipi göz önüne alınır. Hat empedansı hesabı için (4.1),(4.2),(4.3) bağıntıları kullanılır. (4.1) bağıntısında; $\mathbf{R_h}$ hat direncini, **r** hatta kullanılan iletkenin km başına direncini, **L** hat uzunluğunu sembolize etmektedir. Benzer şekilde (4.2) ve (4.3) bağıntılarında $\mathbf{X_h}$ hat reaktansını ve $\mathbf{Z_H}$ hat empedansını göstermektedir.

$$\mathrm{R_H}[\Omega] = \mathrm{r}[\Omega/\mathrm{km}].\,\mathrm{L}[\mathrm{km}] \tag{4.1}$$

$$\mathrm{X_H}[\Omega] = \mathrm{x}[\Omega/\mathrm{km}].\,\mathrm{L}[\mathrm{km}] \tag{4.2}$$

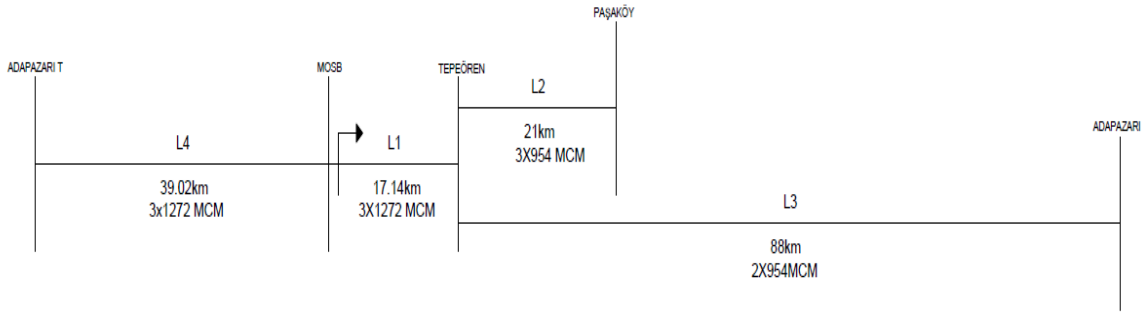
$$\mathrm{Z_H}[\Omega] = \mathrm{R_H}[\Omega] + \mathrm{j}\,\mathrm{X_H}[\Omega] \tag{4.3}$$

Bu bağıntılar yardımıyla hesaplanan primer değerler,(4.4) bağıntısı yardımıyla sekonder değerlere dönüştürülür. Böylece bulunan sekonder değerler, mesafe koruma rölesi için menzil hesaplamalarında kullanılabilir.

$$\mathrm{Z_{Sekonder}} = \mathrm{Z_{Primer}}\,.\,(\mathrm{ATO}/\mathrm{GTO}) \tag{4.4}$$

Burada; ATO akım trafosu oranı,GTO gerilim trafosu oranıdır.

Şekil 4.2'de mesafe koruma hesabı için gerekli olan, Tepeören hat fideri ve komşu hatların yerleşimi,uzunlukları,kullanılan iletken tipleri gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Genel merkez yerleşimi

4.1.3.1 MOSB-Tepeören Hat Empedansı Hesaplaması

$$R_{11MOSB-Tepeören}[\Omega] = r_{3x1272MCM}[\Omega/km].L_{MOSB-Tepeören}[km] \quad (4.5)$$

$$R_{11MOSB-Tepeören} = 0{,}01589844.17{,}14$$

$$R_{11MOSB-Tepeören} \approx 0{,}2725\ [\Omega]$$

$$X_{11MOSB-Tepeören}[\Omega] = x_{3x1272MCM}[\Omega/km].L_{MOSB-Tepeören}[km] \quad (4.6)$$

$$X_{11MOSB-Tepeören} = 0{,}26299572.17{,}14$$

$$X_{11MOSB-Tepeören} \approx 4{,}5077\ [\Omega]$$

$$Z_{11MOSB-Tepeören}[\Omega] = R_{11MOSB-Tepeören}[\Omega] + jX_{11MOSB-Tepeören}[\Omega] \quad (4.7)$$

$$Z_{11MOSB-Tepeören} = 0{,}2725 + j4{,}5077$$

$$Z_{11MOSB-Tepeören} \approx 4{,}5159\ \angle 86{,}54^0[\Omega]$$

$$Z_{12MOSB-Tepeören} = Z_{11MOSB-Tepeören}.(ATO/GTO) \quad (4.8)$$

$$Z_{12MOSB-Tepeören} = (0{,}2725 + j4{,}5077).(400/3800)$$

$$Z_{12MOSB-Tepeören} \approx 0{,}02868 + j0{,}4745 \approx 0{,}4754\ \angle 86{,}54^0[\Omega]$$

4.1.3.2 Tepeören-Paşaköy Hat Empedansı Hesaplaması

$$R_{11Tepeören-Paşaköy}[\Omega] = r_{3x954MCM}[\Omega/km].\, L_{Tepeören-Paşaköy}[km] \quad (4.9)$$

$$R_{11Tepeören-Paşaköy} = 0{,}02089468\,.\,21$$

$$R_{11Tepeören-Paşaköy} \approx 0{,}4388\ [\Omega]$$

$$X_{11Tepeören-Paşaköy}[\Omega] = x_{3x954MCM}[\Omega/km].\, L_{Tepeören-Paşaköy}[km] \quad (4.10)$$

$$X_{11Tepeören-Paşaköy} = 0{,}26599924\,.\,21$$

$$X_{11Tepeören-Paşaköy} \approx 5{,}5860\ [\Omega]$$

$$Z_{11Tepeören-Paşaköy}[\Omega] = R_{11Tepeören-Paşaköy}[\Omega] + jX_{11Tepeören-Paşaköy}[\Omega] \quad (4.11)$$

$$Z_{11Tepeören-Paşaköy} = 0{,}4388 + j5{,}5860$$

$$Z_{11Tepeören-Paşaköy} \approx 5{,}6032\ \angle 85{,}51^0[\Omega]$$

$$Z_{12Tepeören-Paşaköy} = Z_{11Tepeören-Paşaköy}\,.\,(ATO/GTO) \quad (4.12)$$

$$Z_{12Tepeören-Paşaköy} = (0{,}4388 + j5{,}5860)\,.\,(400/3800)$$

$$Z_{12Tepeören-Paşaköy} \approx 0{,}0462 + j0{,}588 \approx 0{,}59\ \angle 85{,}51^0[\Omega]$$

4.1.3.3 Tepeören-Adapazarı Hat Empedansı Hesaplaması

$$R_{11Tepeören-Adapazarı}[\Omega] = r_{2x954MCM}[\Omega/km].\, L_{Tepeören-Adapazarı}[km] \quad (4.13)$$

$$R_{11Tepeören-Adapazarı} = 0{,}0314924764\,.\,88$$

$$R_{11Tepeören-Adapazarı} \approx 2{,}7713\ [\Omega]$$

$$X_{11Tepeören-Adapazarı}[\Omega] = x_{2x954MCM}[\Omega/km].\, L_{Tepeören-Adapazarı}[km] \quad (4.14)$$

$$X_{11Tepeören-Adapazarı} = 0{,}3219968752\,.\,88$$

$$X_{11Tepeören-Adapazarı} \approx 28{,}3357\ [\Omega]$$

$$Z_{11Tepeören-Adapazarı}[\Omega] = R_{11Tepeören-Adapazarı}[\Omega] + jX_{11Tepeören-Adapazarı}[\Omega] \quad (4.15)$$

$$Z_{11Tepeören-Adapazarı} = 2{,}7713 + j28{,}3357$$

$$Z_{11Tepeören-Adapazarı} \approx 28{,}471\ \angle 84{,}41^0[\Omega]$$

$$Z_{12Tepeören-Adapazarı} = Z_{11Tepeören-Adapazarı}\,.\,(ATO/GTO) \quad (4.16)$$

$$Z_{12Tepeören-Adapazarı} = (2{,}7713 + j28{,}3357)\,.\,(400/3800)$$

$$Z_{12Tepeören-Adapazarı} \approx 0{,}2917 + j2{,}9827 \approx 2{,}9969\ \angle 84{,}41^0[\Omega]$$

4.1.3.4 MOSB-Adapazarı T Hat Empedansı Hesaplaması

$$R_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}}[\Omega] = r_{3x1272\text{MCM}}[\Omega/\text{km}].\, L_{\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}}[\text{km}] \quad (4.17)$$

$$R_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}} = 0{,}01589844\,.\,39{,}02$$

$$R_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}} \approx 0{,}6234\ [\Omega]$$

$$X_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}}[\Omega] = x_{3x1272\text{MCM}}[\Omega/\text{km}].\, L_{\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}}[\text{km}] \quad (4.18)$$

$$X_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}} = 0{,}26299572\,.\,39{,}02$$

$$X_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}} \approx 10{,}262\ [\Omega]$$

$$Z_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}}[\Omega] = R_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}}[\Omega] + jX_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}}[\Omega] \quad (4.19)$$

$$Z_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}} = 0{,}6234 + j10{,}262$$

$$Z_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}} \approx 10{,}2809\ \angle 86{,}52^0[\Omega]$$

$$Z_{12\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}} = Z_{11\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}}\,.\,(\text{ATO}/\text{GTO}) \quad (4.20)$$

$$Z_{12\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}} = (0{,}6234 + j10{,}262)\,.\,(400/3800)$$

$$Z_{12\text{MOSB}-\text{Adapazarı T}} \approx 0{,}0656 + j1{,}0802 \approx 1{,}0822\ \angle 86{,}52^0[\Omega]$$

4.1.4 k0(0 sequence düzeltme faktörü) Hesaplanması

Mesafe koruma rölesi k0 değerini dikkate alarak faz-faz arıza empedansı ile faz-toprak arıza empedansı arasındaki farkı belirler. Bir başka deyişle,mesafe koruma rölesinde, faz-faz arıza ile faz-toprak menzili aynı değer olarak girildiğinde, k0 katsayısı yadımıyla arıza cinsi belirlenir.k0 katsayısı (4.21) bağıntısıyla hesaplanır.Buradaki önemli nokta, empedans değerleri ana hat içindir.

$$k_0 = \frac{Z_0 - Z_1}{3\,.Z_1} \quad (4.21)$$

Buna göre öncelikle 0 sequence empedans değeri hesaplanmalıdır.

$$R_{01\text{MOSB}-\text{Tepeören}}[\Omega] = r_{3x1272\text{MCM}}[\Omega/\text{km}].\, L_{\text{MOSB}-\text{Tepeören}}[\text{km}] \quad (4.22)$$

$$R_{01\text{MOSB}-\text{Tepeören}} = 0{,}3010018.\,17{,}14$$

$$R_{01\text{MOSB}-\text{Tepeören}} \approx 5{,}1592\ [\Omega]$$

$$X_{01MOSB-Tepeören}[\Omega] = x_{3x1272MCM}[\Omega/km].L_{MOSB-Tepeören}[km] \quad (4.23)$$

$$X_{01MOSB-Tepeören} = 0{,}99999888.17{,}14$$

$$X_{01MOSB-Tepeören} \approx 17{,}14\ [\Omega]$$

$$Z_{01MOSB-Tepeören} = 5{,}1592 + j17{,}14$$

$$Z_{01MOSB-Tepeören} \approx 17{,}8996\ \angle 73{,}25^0[\Omega]$$

$$Z_{02MOSB-Tepeören} = Z_{01MOSB-Tepeören}.(ATO/GTO) \quad (4.25)$$

$$Z_{02MOSB-Tepeören} = 17{,}8996\ \angle 73{,}25^0.(400/3800)$$

$$Z_{02MOSB-Tepeören} \approx 1{,}8842\ \angle 73{,}25^0[\Omega]$$

Bu durumda MOSB-Tepeören hattın 0 sequence empedans değeri bulunmuş oldu.(4.8) bağıntısıyla bulunan empedans değerini (4.26) bağıntısında yerine koyulduğunda k0 değeri hesaplanmış olur.

$$k_0 = \frac{Z_{02MOSB-Tepeören} - Z_{12MOSB-Tepeören}}{3.Z_{12MOSB-Tepeören}} \quad (4.26)$$

$$k_0 = \frac{1{,}8842\angle 73{,}28^0 - 0{,}4754\angle 86{,}54^0}{3.\ 0{,}4754\angle 86{,}54^0} = 0{,}99961\angle -17{,}65^0[\Omega]$$

4.1.5 Ark Direnci(R_{arc}) Hesabı

Ark direnci hesabı için pek çok formül kullanılabilir.Bu formüller A.Warrington,Goda,Terzija-Koglin,Blackburn-Domin ve Mason formülleridir.Bunlar arasında en çok kullanılan ve bilinen A.Warrington'un 1931 yılında açıkladığıdır.[20] Bu formül 4.27'de verilmiştir.Burada L hat açıklığı,I kısa 6, devre akımıdır.Çizelge 4.2 'de verilen ilgili değerler bu bağıntıda yerine konularak ark direnci hesaplanmış olur.

$$R_{Arc}[\Omega] = \frac{28707{,}35.L[m]}{I^{1,4}[A]} \quad (4.27)$$

$$R_{1Arc}[\Omega] = \frac{28707{,}35.7}{1000^{1,4}} \approx 12{,}6782\ [\Omega]$$

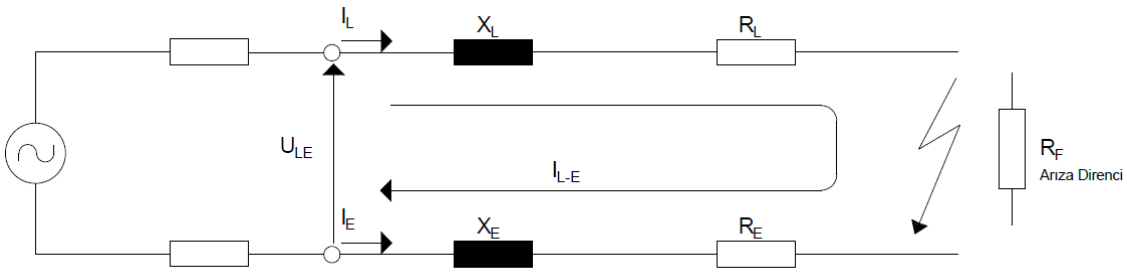
$$R_{2Arc}[\Omega] = 12{,}6782.(400/3800) \approx 1{,}3345\ [\Omega]$$

4.1.6 Arıza Direnci (R_f) Hesabı

Mesafe koruma hesaplarında arıza direnci; fazlar arası ve tek faz arıza durumlarına göre incelenmektedir.

4.1.6.1 Faz-Toprak Arıza direnci (R_f)

Faz-toprak arızalarındaki arıza direncine; ark direncinin yanısıra, faz iletkenlerine temas ederek toprakla bağlantı oluşturacak olan ekipmanların direnci de etki eder.Bu ekipmanların direncini Çizelge 4.2'de yer alan direk toprak direnci temsil eder.Şekil 4.3'te faz-toprak arızası için eşdeğer devre verilmiştir.Bu devreye göre 4.28 bağıntısından da anlaşılacağı üzere kısa devre hat gerilimi hesaplanırken hat empedansı, ark direnci ve direk toprak direnci dikkate alınır.



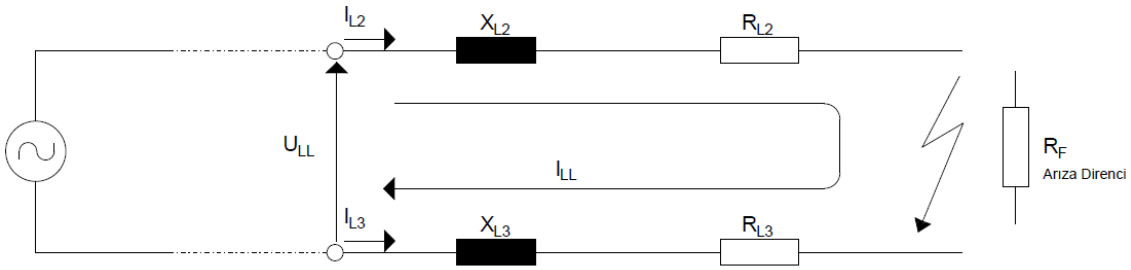
Şekil 4.3 Arıza dirençli faz-toprak arızası eşdeğer devresi

$$U_{LE} = I_L \,.\, (R_L + jX_L) + I_E \,.\, (R_E + jX_E) + I_L \,.\, R_F \qquad (4.28)$$

$$Z_{Arıza-FT} = R_{2Ark} + R_{2Direk-Toprak} = 1{,}3345 + 10 \,.\, (400/3800) \approx 2{,}387\ [\Omega]$$

4.1.6.2 Faz-Faz Arıza direnci (R_f)

Faz-faz arızalarında, arıza direnci tamamen ark direncinden meydana gelmektedir. Şekil 4.4'te faz-faz arızası için eşdeğer devre verilmiştir.Bu devreye göre 4.29,4.30,4.31 bağıntısından da anlaşılacağı üzere tek faz kısa devre hat gerilimine, hat empedansı ve ark direncinin yarısı ilave edilir.



Şekil 4.4 Arıza dirençli faz-faz arızası eşdeğer devresi

$$U_{LL} = U_{L2} - U_{L3} = 2\,.\,(R_L + jX_L) + R_F\,.\,I_L \quad (4.29)$$

$$I_L = I_{L3} = -I_{L2} \rightarrow Z_{L2-L3} = \frac{2.(R_L+jX_L)+R_F\,.\,I_L}{2\,.I_L} \quad (4.30)$$

$$Z_{L2-L3} = R_L + (R_F/2) + jX_L \quad (4.31)$$

$$Z_{Arıza-FF} = \frac{R_{2Ark}}{2} = \frac{1{,}3345}{2} = 0{,}66725\ [\Omega]$$

4.1.7 Koruma Bölgelerinin Belirlenmesi

Tepeören hat fideri için uygulanan mesafe koruma uygulamasında beş bölge kullanılacaktır.1.,2.,4. ve 5. bölgeler ileri yönde 3.bölge de geri yönde koruma yapılacaktır. Çizelge 4.4'te koruma bölgeleri ve empedans yüzdeleri verilmiştir.

Çizelge 4.4 Mesafe koruma bölgeri

1.Bölge(İLERİ)	Korunan hattın %85' i	0,85 . $Z_{MOSB\text{-}Tepeören}$
2.Bölge(İLERİ)	Korunan hattın tamamı ve devam eden kısa hattın %50'si	$Z_{MOSB\text{-}Tepeören}$ + 0,5 . $Z_{Tepeören\text{-}Paşaköy}$
3.Bölge(GERİ)	Geri yöndeki hattın %100'ü	$Z_{MOSB\text{-}Adapazarı\ T}$
4.Bölge(İLERİ)	Korunan hat ve komşu uzun hattın tamamı	$Z_{MOSB\text{-}Tepeören}$ + $Z_{Tepeören\text{-}Adapazarı}$
5.Bölge(İLERİ)	4.Bölgenin %120'si	1,2 . Z_4

4.1.7.1 1.Bölge empedans hesabı

1.bölge empedansı için korunan hattın %85'i alınır.

$$X_1 = 0{,}85 \,.\, X_{12MOSB-Tepeören} \tag{4.32}$$

$$X_1 = 0{,}85 \,.\, 0{,}4745 \approx 0{,}4033\ [\Omega]$$

$$R_{1faz-faz} = 0{,}85 \,.\, R_{12MOSB-Tepeören} + R_{Arıza-FF} \tag{4.33}$$

$$R_{1faz-faz} = 0{,}85 \,.\, 0{,}02868 + 0{,}66725 \approx 0{,}6916\ [\Omega]$$

$$R_{1faz-toprak} = 0{,}85 \,.\, R_{12MOSB-Tepeören} + R_{Arıza-FT} \tag{4.34}$$

$$R_{1faz-toprak} = 0{,}85 \,.\, 0{,}02868 + 2{,}387 \approx 3{,}2657\ [\Omega]$$

$$Z_1 = 0{,}85 \,.\, Z_{12MOSB-Tepeören} \tag{4.35}$$

$$Z_1 = 0{,}85 \,.0{,}4754\angle 86{,}54^0 \approx 0{,}4041\angle 86{,}54^0\ [\Omega]$$

4.1.7.2 2.Bölge empedans hesabı

2.bölge empedansı için korunan hattın tamamı ve komşu hattın yarısı alınır.

$$X_2 = X_{12MOSB-Tepeören} + 0{,}5 \,.\, X_{12Tepeören-Paşaköy} \quad (4.36)$$

$$X_2 = 0{,}4745 + 0{,}5 \,.\, 0{,}588 \approx 0{,}7694[\Omega]$$

$$R_{2faz-faz} = R_{12MOSB-Tepeören} + 0{,}5 \,.\, R_{12Tepeören-Paşaköy} + R_{Arıza-FF} \quad (4.37)$$

$$R_{2faz-faz} = 0{,}02868 + 0{,}5 \,.\, \; 0{,}0462 + 0{,}66725 \approx 0{,}719\ [\Omega]$$

$$R_{2faz-toprak} = R_{12MOSB-Tepeören} + 0{,}5 \,.\, R_{12Tepeören-Paşaköy} + R_{Arıza-FT} \quad (4.38)$$

$$R_{2faz-toprak} = 0{,}02868 + 0{,}5 \,.\, \; 0{,}0462 + 2{,}387 \approx 2{,}4388\ [\Omega]$$

$$R_2 = R_{12MOSB-Tepeören} + 0{,}5 \,.\, R_{12Tepeören-Paşaköy} \quad (4.39)$$

$$R_2 = 0{,}02868 + 0{,}5 \,.\, 0{,}0462 \approx 0{,}0518[\Omega]$$

$$Z_2 = R_2 + jX_2 \quad (4.40)$$

$$Z_2 = 0{,}0518 + j0{,}7694 \; \approx 0{,}771\angle 86{,}14^0\ [\Omega]$$

4.1.7.3 3.Bölge empedans hesabı

3.bölge empedansı için geri yöndeki konşu hattın tamamı alınır.

$$X_3 = X_{12MOSB-Adapazarı\,T} \quad (4.41)$$

$$X_3 = 1{,}0802\ [\Omega]$$

$$R_{3faz-faz} = R_{MOSB-Adapazarı\,T} + R_{Arıza-FF} \quad (4.42)$$

$$R_{3faz-faz} = 0{,}0656 + 0{,}66725 = 0{,}73285\ [\Omega]$$

$$R_{3faz-toprak} = R_{MOSB-Adapazarı\,T} + R_{Arıza-FT} \quad (4.43)$$

$$R_{3faz-toprak} = 0{,}0656 + 2{,}387 \approx 2{,}4526\ [\Omega]$$

$$Z_3 = Z_{12MOSB-Adapazarı\,T} \quad (4.44)$$

$$Z_3 = 1{,}0822\angle 86{,}52^0\ [\Omega]$$

4.1.7.4 4.Bölge empedans hesabı

4.bölge empedansı için korunan hat ile komşu uzun hattın tamamı alınır.

$$X_4 = X_{12MOSB-Tepeören} + X_{12Tepeören-Adapazarı} \quad (4.45)$$

$$X_4 = 0{,}4745 + 2{,}9827 = 3{,}4572[\Omega]$$

$$R_{4faz-faz} = R_{12MOSB-Tepeören} + R_{12Tepeören-Adapazarı} + R_{Arıza-FF} \quad (4.46)$$

$$R_{4faz-faz} = 0{,}02868 + 0{,}2917 + 0{,}66725 \approx 0{,}9876\ [\Omega]$$

$$R_{4faz-toprak} = R_{12MOSB-Tepeören} + R_{12Tepeören-Adapazarı} + R_{Arıza-FT} \quad (4.47)$$

$$R_{4faz-toprak} = 0{,}02868 + 0{,}2917 + 2{,}387 \approx 2{,}7074\ [\Omega]$$

$$Z_4 = R_4 + jX_4 \quad (4.48)$$

$$Z_4 = (0{,}02868 + 0{,}2917) + j(0{,}4745 + 2{,}9827)$$

$$Z_4 = 0{,}32 + j3{,}4572 \approx 3{,}472\angle 84{,}705^0\ [\Omega]$$

4.1.7.5 5.Bölge empedans hesabı

5.bölge empedansı için korunan hat ile komşu uzun hattın tamamının(4.bölge empedansı) 1,2 katı alınır.

$$X_5 = 1{,}2\ .\ X_4 \quad (4.49)$$

$$X_5 = 1{,}2\ .\ 3{,}4572 \approx 4{,}1486\ [\Omega]$$

$$R_{5faz-faz} = 1{,}2\ .\ R_4 + R_{Arıza-FF} \quad (4.50)$$

$$R_{5faz-faz} = 1{,}2\ .\ 0{,}32 + 0{,}66725 \approx 1{,}0512\ [\Omega]$$

$$R_{5faz-toprak} = 1{,}2\ .\ R_4 + R_{Arıza-FT} \quad (4.51)$$

$$R_{5faz-toprak} = 1{,}2\ .\ 0{,}32 + 2{,}387 \approx 2{,}771\ [\Omega]$$

$$Z_5 = 1{,}2\ .\ Z_4 \quad (4.52)$$

$$Z_5 = 1{,}2\ .\ 3{,}472\angle 84{,}705^0 \approx 4{,}1664\angle 84{,}705^0[\Omega]$$

4.1.8 Röle Ayarları(SEL-421)

4.1.8.1 Global Ayarlar

Genel Global Ayarlar

SEL-421, genel tanıtım ayarlarına sahiptir.Bu ayarlarla röleye saha ismi (SID), röle ismi(RID),kesici 1 ismi(BID1),faz sırası(PHROT) ve anma frekansı(NFREQ) girilebilir.

SID := MOSB-Tepeoren Fideri

RID := SEL-421 Rölesi

MOSB-Tepeören hat fiderinde, Şekil 4.1'deki tek hat şemasından da görüleceği üzere bir adet kesici yer almaktadır.

NUMBK := 1 Sistemdeki Kesici Sayısı (1, 2)

BID1 := Kesici 1

Röle için, hem anma frekansı hem de faz sırası seçilebilir.

NFREQ := 50 (50, 60 Hz)

PHROT := ABC (ABC, ACB)

Akım ve Gerilim Kaynağı Seçimi

Akım ve gerilim kaynağı seçimi, bir kesici içindir. ESS = N ayarı yapılmışsa; röle, hat akım kaynağını IW akım girişinden sağlar.

ESS := **N** Akım ve Gerilim Kaynağı Seçimi (Y, N, 1, 2, 3, 4)

Röle, hat koruma için VY gerilim girişini ve IW akım girişini kullanır; VAZ gerilim girişi, senkron-denetim içindir.

Kesici İzleme

Kesici 1'in tek faz açmalı bir kesici olduğunu göstermek için bu ayarın yapılması gerekir.

BK1TYP := 1 Kesici 1 Açma Tipi (Bir Faz = 1, Üç Faz = 3)

Kesicinin açık veya kapalı olduğunu belirlemek için, kesicinin normalde açık bir yardımcı kontağı kullanılabilir.

52AA1 := IN101 A Fazı N/A Kontak Girişi -BK1 (SELOGIC Denklemi)

52AB1 := IN102 B Fazı N/A Kontak Girişi -BK1 (SELOGIC Denklemi)

52AC1 := IN103 C Fazı N/A Kontak Girişi -BK1 (SELOGIC Denklemi)

4.1.8.2 Grup Ayarları

Hat tanımlama

SEL-421, rölenin ölçtüğü sekonder akım ve gerilimleri primer değerlere çeviren dört transformatör sarım oranı ayarına sahiptir. Bu ayarlar, akım ve gerilim transformatör oranları, CTRW, CTRX, PTRY ve PTRZ'dir. Y gerilim girişini hat koruması için ve Z gerilim girişini senkron-denetim için kullanılabilir. W akım girişini hat koruması için kullanılabilir.VNOMY ve VNOMZ ayarları, gerilim transformatörlerinin anma sekonder faz-faz gerilimini belirtir

CTRW := 400 Akım Transformatör Oranı–Giriş W (1–50000)

PTRY := 3800 Gerilim Transformatör Oranı–Giriş Y (1–10000)

VNOMY := 100 GT Anma Gerilimi (F–F)–Giriş Y (60–300 V sekonder)

PTRZ := 3800 Gerilim Transformatör Oranı–Giriş Z (1–10000)

VNOMZ := 100 GT Anma Gerilimi (F–F)–Giriş Z (60–300 V sekonder)

Korunan hattın pozitif bileşen empedansının sekonder değerleri girilir.

Z1MAG := 0,4754 Pozitif Bileşen Hat Empedansı Büyüklüğü (0.05–255 Ω sekonder)

Z1ANG := 86.54 Pozitif Bileşen Hat Empedansı Açısı (5.00–90 derece)

Korunan hattın sıfır bileşen empedansının sekonder değerleri girilir.

Z0MAG := 1,8842 Sıfır Bileşen Hat Empedansı Büyüklüğü (0.05–255 Ω sekonder)

Z0ANG := 73,25 Sıfır Bileşen Hat Empedansı Açısı (5.00–90 derece)

Arıza yeri tespiti için EFLOC fonksiyonunu etkinleştirilir.

EFLOC := Y Arıza Yeri Tespiti (Y, N)

LL ayarı, hat uzunluğu içindir. Bu değer için bir birim tanımlanmamıştır. Hat uzunluğu, mil, km, ohm vb. olarak ayarlanabilir.

LL := 17,14 Hat Uzunluğu (0.10–999)

Arıza yeri tespit fonksiyonu, Z1MAG, Z1ANG, Z0MAG, Z0ANG ve LL için girilen değerleri kullanır.

Röle Koruma Fonksiyonlarının Seçimi

Faz mho (E21P), toprak mho (E21MG) ve toprak dört kenarlı (E21XG) mesafe korumanın sıfırdan beşe kadar faz kademeleri seçilebilir. Her tip mesafe koruması için, kademe sayısı bağımsız olarak seçilebilir.

E21P := 5 Mho Faz Mesafe Kademeleri (N, 1–5)

E21MG := 5 Mho Toprak Mesafe Kademeleri (N, 1–5)

E21XG := N Dört Kenarlı Toprak Mesafe Kademeleri (N, 1–5)

Eğer SIR (Kaynak Empedansı Oranı) beşten küçükse, KGT tranzient tespiti gerekmez. SIR,lokal kaynak empedansının röle menziline oranıdır. Bir dış arızada Kademe 1 mesafe korumanın aşırı menzil ölçme yapması istenmediği için, bu oranı, Kademe 1 menzili esas alınarak yapılır.

ECVT := N KGT Tranzient Tespiti (Y, N)

İletim hattı, seri kompanzasyonsuz normal bir hattır.

ESERCMP := N Seri Kompanzasyonlu Hat Mantığı (Y, N)

Faz ve toprak mesafe koruma için, her kademe için ortak bir kademe zamanı veya bağımsız kademe zamanları seçilebilir. Eğer bağımsız zaman seçilmişse, gelişen arızalar (örneğin bir fazdan çok faza değişen arızalar) zamanlayıcının sıfırlanmasına ve sonuçta ek süreye sebep olur.

ECDTD := Y Mesafe Elemanı Ortak Zamanı (Y, N)

SOTF mantığı, kesicinin kapatılmasının ardından, belirtilen koruma elemanlarının ayarlanır bir süre kadar ani açma yapmalarına izin verir.

ESOTF := Y Arıza-Üzerine-Kapama (Y, N)

Güç salınımı açma/blokaj uygulaması bu uygulamada kullanılmayacaktır.

EOOS : = N Güç Salınımı (Y, N)

Görünen minimum yük empedansı mho faz mesafe karakteristiklerinin dışında olduğu için, yük aşma mantığını etkinleştirilmeyecektir.

ELOAD := N Yük Aşma (Y, N)

Arıza üzerine kapama koruması(SOTF) için, bir kademeli ani faz aşırı akım elemanı kullanılacaktır.

E50P := 1 Faz Ani/Sabit Zamanlı Aşırı Akım Elemanları (N, 1–4)

Bu uygulamada rezidüel toprak aşırı akım koruması(E50G), negatif bileşen aşırı akım elemanı(E50Q) ve yüksek dirençli toprak arızalarında artçı koruma sağlamak için ters zamanlı aşırı akım koruması(E51S) kullanılmayacaktır.

E50G := N Rezidüel Toprak Ani/Sabit Zamanlı Aşırı Akım Elemanı(N, 1–4)

E50Q := N Negatif Bileşen Ani/Sabit Zamanlı Aşırı Akım Elemanı (N, 1–4)

E51S := N Seçilebilir Ters zamanlı Aşırı Akım Elemanı (N, 1–3)

Röle, E32 ayarındaki seçimle toprak yön elemanı (32G) ayarlarını otomatik olarak hesaplayabilir.

E32 := AUTO Yön Kontrolü (Y, AUTO)

İletişim destekli açma düzenleri kullanılmayacaktır.

ECOMM := N İletişim Destekli Açma (N, DCB, POTT, POTT2, POTT3, DCUB1,DCUB2)

Gerilim transformatörlerinin sekonder sargıları, çoğu kez minyatür kesiciler veya sigortalar ile korunur. Bir veya daha fazla sigorta veya minyatür kesici kutbunun çalışması(atması), rölenin bir polarizasyon gerilim girişi kaybına yol açar. Bir veya daha fazla faz gerilimi kaybı da rölenin arıza mesafesini veya yönünü yanlış ölçmesine sebep olur.Gerilim transformatörü sekonder devre arızaları önlenemez, ancak tespit edilebilir. Röle bir gerilim kaybı durumunu tespit ettiğinde, röle, mesafe elemanının

çalışmasını kilitleyebilir, ileri yön aşırı akım elemanlarını kilitleyebilir veya etkinleştirebilir ve gerçek gerilim kaybı durumu için bir ikaz verebilir.

Bu uygulama için, ELOP = Y olarak ayarlanacaktır.Çizelge 4.5'te de görüleceği üzere bu seçenek mesafe elemanlarını etkisiz bırakırken aşırı akım elemanlarının çalışmasına izin veri.

ELOP := Y Gerilim kaybı (Y, Y1, N)

Çizelge 4.5 LOP seçenek işlevleri

Seçenek	**İşlev**
N	LOP mantığı çalışır; ancak gerilim polarmalı yön elemanları, mesafe elemanları ve ileri yön aşırı akım elemanları etkin kalır. Bu seçenek, yalnız ihbar almak için kullanılır.
Y	Röle, tüm gerilim polarmalı yön elemanlarını ve mesafe elemanlarını etkisiz kılar; ancak ileri yön aşırı akım elemanları etkin kalır. Bu elemanlar, fiili olarak yönsüz olur ve gerilim kaybı sırasında aşırı akım koruma sağlar.
Y1	Röle tüm gerilim polarmalı yön elemanlarını ve mesafe elemanlarını etkisiz kılar. Röle, gerilim polarmalı yön elemanları ile denetlenen aşırı akım elemanlarını da etkisiz kılar.

Son olarak bu uygulama için gelişmiş ayarlarda etkisiz bırakılacaktır.

EADVS := N Gelişmiş Ayarlar (Y, N)

4.1.8.3 Röle Koruma Fonksiyonları Ayarları

Faz Mesafe Elemanları (21P)

Mesafe koruma menzil değerleri hesaplara uygun olacak şekilde girilir ve 'Graphical Setting Editor' empedans diyagramı görülebilir.(Şekil 4.5)

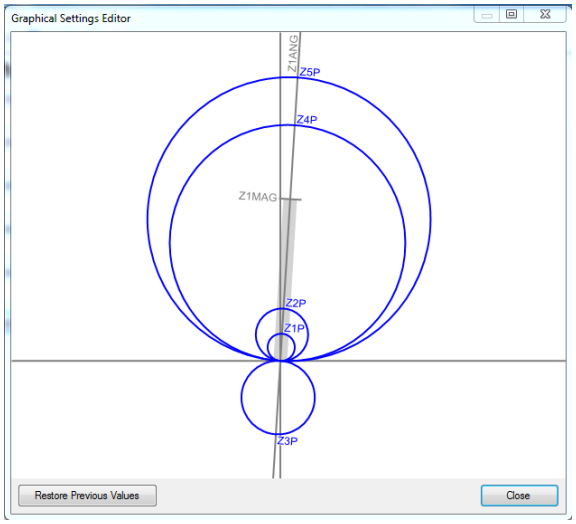
Z1MP := 0,40 Bölge 1 Menzil Değeri (OFF,0,25-320 Ω sekonder)

Z2MP := 0,77 Bölge 2 Menzil Değeri (OFF,0,25-320 Ω sekonder)

Z3MP := 1,08 Bölge 3 Menzil Değeri (OFF,0,25-320 Ω sekonder) **(Geri Yönlü)**

Z4MP := 3,47 Bölge 4 Menzil Değeri (OFF,0,25-320 Ω sekonder)

Z5MP := 4,17 Bölge 5 Menzil Değeri (OFF,0,25-320 Ω sekonder)



Şekil 4.5 Mho faz empedans diyagramı

Toprak Mesafe Elemanları (21MG)

Mesafe koruma menzil değerleri hesaplara uygun olacak şekilde girilir.

Z1MG := 0,40 Bölge 1 Menzil Değeri (OFF,0,25-320 Ω sekonder)

Z2MG := 0,77 Bölge 2 Menzil Değeri (OFF,0,25-320 Ω sekonder)

Z3MG := 1,08 Bölge 3 Menzil Değeri (OFF,0,25-320 Ω sekonder) **(Geri Yönlü)**

Z4MG := 3,47 Bölge 4 Menzil Değeri (OFF,0,25-320 Ω sekonder)

Z5MG := 4,17 Bölge 5 Menzil Değeri (OFF,0,25-320 Ω sekonder)

0 Sequence Düzeltme Faktörü(k0M1-k0A1)

Eğer her bölge için faz ve toprak menzilleri eşit ayarlanmışsa (örneğin, Z1P = Z1MG),k0 bileşeni, faz ve toprak mesafe elemanlarının aynı menzile sahip olmasını sağlar. Toprak mesafe elemanlarının, arıza empedansını yalnız pozitif bileşen empedansına göre ölçmesi gerekir. k0M1 = AUTO ayarı yapılmışsa, röle, kademe 1 k0 bileşenini (4.26) bağıntısındaki gibi otomatik olarak hesaplar.Gelişmiş ayarlar etkisiz kılındığı için tüm bölgeler için aynı k0 bileşeni kullanılır.

k0M1 := 1 Kademe 1 k0 Katsayısı Büyüklüğü (AUTO, 0.000–10)

k0MA := -17,65 Kademe 1 k0 Katsayısı Açısı (–180.0°'den +180.0°'ye kadar)

Mesafe Koruma Elemanları Çalışma Zamanları (ZXD)

Mesafe koruma zaman gecikmesi ayarları 1.bölge zaman gecikmesiz ve geri yön (3.bölge) menzili en geç çalışacak şekilde ayarlanmalıdır.

Z1D := 0.000 Kademe 1 Zamanı (OFF, 0.000–16000 çevrim)**---0s**

Z2D := 20.000 Kademe 2 Zamanı (OFF, 0.000–16000 çevrim)**---0,4s**

Z3D := 100.000 Kademe 3 Zamanı (OFF, 0.000–16000 çevrim)**---2s**

Z4D := 40.000 Kademe 4 Zamanı (OFF, 0.000–16000 çevrim)**---0,8s**

Z5D := 75.000 Kademe 5 Zamanı (OFF, 0.000–16000 çevrim)**---1,5s**

(1 çevrim=0,02 saniye)

Arıza Üzerine Kapama Düzeni(SOTF)

SOTF (Arıza-Üzerine-Kapama) mantığı, kesici kapatıldığında etkinleştirilir. Bu mantık, diğer koruma (TR ve TRCOMM SELOGIC denetim denklemlerinden açma gibi) hazır oluncaya kadar kısa bir süre için (SOTFD ayarı) koruma sağlar. TRSOTF SELOGIC denetim denklemi, SOTF tertibi aktif olduğunda hangi koruma elemanlarının açma yaptıracağını tanımlar. TRSOTF'ye atanmış olan koruma elemanlarının SOTFD süresi içinde etkinleştirilmesi, rölenin ani açma yapmasına sebep olur.

SOTF fonksiyonu, koruma için hat tarafı gerilimler kullanılıyorsa uygulanmalıdır. Yakın arızaları temizlemek için, yönsüz aşırı akım koruması yapılır. Ayrıca; hat boyunca arızaları temizlemek için, ani aşırı menzil mesafe koruması kullanılır. TRSOTF denetim denklemine, ani kademe 2 mho faz(M2P) toprak mesafe koruma(Z2G) ve düzey 1 faz aşırı akım elemanı(50P1) atanmalıdır.Ayrıca burada SOTF koruması üç kutup için yapılmaktadır.

TRSOTF := M2P OR Z2G OR 50P1 Arıza-Üzerine-Kapama Açma (SELOGIC Denklemi)

ESPSTF := Y Bir Faz Arıza-Üzerine-Kapama (Y, N) Gerilim Resetlemesi

Gerilim resetleme mantığı, etkinleştirilmesinin ardından en az 5 çevrim içinde, ancak henüz SOTFD zamanı dolmadan etkinleşme süresi sıfırlanacak şekilde biçimlendirilebilir. SOTF periyodunu bu süreden önce hızla sıfırlamak için, rölenin, pozitif bileşen gerilimin, nominal gerilimin %80'inden büyük olduğunu algılaması gerekir.Hızlı sıfırlamayı etkinleştirmek için, EVRST (Arıza-Üzerine-Kapama Gerilim Resetlemesi) ayarı kullanılır. SOTF korumanın hızla sıfırlamanın yararı, SOTF periyodu içinde bitişik hatlarda olacak arızalarda istenmeyen açmaların önlenecek olmasıdır. Eğer TRSOTF SELOGIC denetim denkleminde ani Kademe 2 mesafe koruma elemanları ayarlanmışsa, bu açmalar olabilir.

EVRST := Y Arıza-Üzerine-Kapama Gerilim Resetlemesi (Y, N)

VRSTPU:= 0,80 Arıza-Üzerine-Kapama Reset Gerilimi (p.u) (0,60-1,00)

Arıza üzerine kapama(SOTF) mantığı,kesicinin kapatıldığını gösteren normalde açık yardımcı kontak 52a durumunda bir değişiklik veya kesici kapama barasına atanmış röle kontrol girişinin etkinleşmesi durumlarında çalışır. 52A yöntemi, hem bir hem de

çok kesicili uygulamalarda daha iyi çalışır ve kapama barasından bir girişi gerektirmez. Ancak; kapama barası yöntemi, kesici kapama komutunun hemen ardından SOTF korumasını etkinleştirir.Bu 52A yöntemi kullanılacaktır.

CLOEND := OFF CLSMON veya Bir Kutup Açık Gecikmesi (OFF, 0.000–16000çevrim

Bu uygulama için kapama barası seçeneği aktif olacak ve kapama etkinleştirme gecikmesini (CLOEND) en kısa tekrar kapama açık kutup aralığından daha küçük bir değere ayarlanacaktır.Kesici kapama sinyali de rölenin IN102 kontağına bağlanacaktır.

SOTFD := 10.000 Arıza-Üzerine-Kapama Etkinleştirme Süresi (0.500–16000 çevrim)

52AEND := OFF 52A Açık Kutup Gecikmesi (OFF, 0.000–16000 çevrim)

Faz Ani/Sabit Zamanlı Aşırı Akım Elemanları

SOTF koruması için, bir yönsüz yüksek ayar faz aşırı akım elemanı olarak Düzey 1 faz ani aşırı akım elemanı (50P1) kullanılabilir. Hat tarafı gerilim transformatörleri ile; lokal kesici yakın üç faz tam kısa devre bir arıza üzerine kapatılacak olursa, faz mesafe elemanları için polarizasyon gerilimi sıfır olacağı için mesafe koruma çalışmaz. Bu durumda, 50P1 elemanı, polarizasyon gerilimini kullanmadığı için kesiciyi hızla açar.

50P1P := 2 Düzey 1 Başlatma (OFF, 0.25–100 A sekonder)

Bu uygulamada, 50P1 ani aşırı akım elemanı olarak kullanılmıştır; dolayısıyla bir zaman gecikmesi gerekmez.Ayrıca burada fonksiyon yönsüz aşırı akım elemanıdır bu yüzden herhangi bir şart koymaya(tork kontrol) gerek yoktur.

67P1D := 0.000 Düzey 1 Zamanı (0.000–16000 çevrim)

67P1TC := 1 Düzey 1 Tork Kontrolü (SELOGIC Denklemi)

Yön Kontrolü

SEL-421, toprak arızası koşullarında toprak mesafe elemanlarını ve rezidüel yönlü aşırı akım elemanlarını denetlemek için bir dizi yön elemanı kullanır. İç mantık, negatif bileşen gerilim polarmalı yön elemanı (32QG), sıfır bileşen gerilim polarmalı yön elemanı (32V) ve sıfır bileşen akım polarmalı yön elemanı (32I) arasından en iyi toprak yön elemanı seçeneğini (32G) otomatik olarak seçer. Röle ayarı ORDER, toprak yön kararlarını sağlamak için rölenin yön elemanları seçimindeki sırayı belirler. ORDER ayarı, Q, V ve I'nın herhangi bir birleşimi ile yapılabilir. Bu elemanların listelenen sırası, toprak yön kararını sağlamak için bu elemanların çalışma önceliğini belirler. Herhangi bir anda yalnız bir eleman çalışabilir. Yön elemanı sınıflandırması, aşağıdaki gibidir:

Q–Negatif bileşen gerilim polarmalı yön elemanı

V–Sıfır bileşen gerilim polarmalı yön elemanı

I–Sıfır bileşen akım polarmalı yön elemanı

ORDER := QV Toprak Yön Elemanı Önceliği (Q, V, I birleşimi)

V veya I toprak mesafe elemanlarının ve rezidüel yönlü aşırı akım elemanlarının yön kontrolünü etkinleştirmek için, SELOGIC denetim denklemi E32IV mantıksal 1'e ayarlanmalıdır.

E32IV := 1 Sıfır Bileşen Akım ve Gerilim Etkinleştirme (SELOGIC Denklemi)

4.1.9 Açma Lojik Denklemi ve Kontrol Çıkışları

Tepeören hat fiderinde kullanılan kesici tek kutupludur. Bu yüzden her faza ayrı açma sinyalleri gönderilecektir. Her faza ayrı açma sinyali gönderilmesinin nedeni herhangi bir sistemde meydana gelen arızaların büyük çoğunluğunun tek fazlı olmasıdır. Tüm sistem arızalarının sadece %2 ila %3'lük kısmı üç fazlıdır.[21] Tek faz açma uygulamasıyla arızaların yaklaşık %60'lık bölümü temizlenmektedir. Bunların yanında tek kutup açma, arıza sırasında meydana gelen kesintilerin büyüklüğü üç faza nazaran daha az olur ve sonuç olarak kesintinin müşterilere etkisi de azalır.

SEL-421 rölesi 1.bölge arızalarında sadece arızalı fazı açtırmaktadır. Zaman gecikmesi içeren bölgeler için ise üç faza da açma sinyali gönderilir. TPA,TPB ve TPC lojik elemanları üç faz için de ayrı olarak arızaları içermektedir.

TR := Z1T OR Z2T OR Z3T OR Z4T OR Z5T Açma (SELOGIC Denklemi)

OUT201 := TPA Çıkış OUT201 (SELOGIC Denklemi)

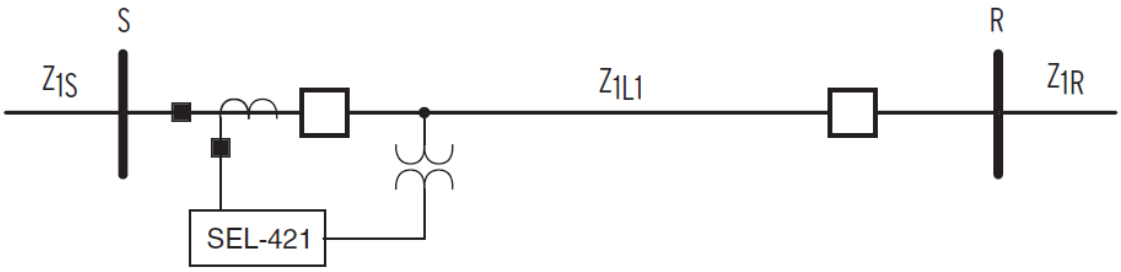
OUT202 := TPB Çıkış OUT202 (SELOGIC Denklemi)

OUT203 := TPC Çıkış OUT203 (SELOGIC Denklemi)

4.2 Güç Salınımı Koruma Uygulamaları ve Röle Ayarları

4.2.1 Genel Bilgiler

SEL-421 mesafe koruma rölesiyle güç salınımı açma(OST) ve güç salınımı blokaj(OSB) uygulamaları yapılabilmektedir. Güç salınımı blokaj fonksiyonu güç salınımlarında faz mesafe ve Kademe 1 toprak mesafe elemanlarını kilitlemektedir.Güç salınımı açma mantığı ise, kararsız salınımlarda kesiciyi veya kesicileri açtırmaktadır.Şekil 4.6'da güç salınımı koruma uygulamaları yapılacak olan 500 kV güç sisteminin tek hat şeması görülmektedir. Çizelge 4.6 da sistemin parametrelerini göstermektedir.[11]



Şekil 4.6 Örnek 500kV güç sistemi

Çizelge 4.6 Güç sistemi parametreleri

Parametre	Değer
Hat Empedansı:Z1L1	$8\angle 87{,}6^0$ [Ω] Sekonder
2.Bölge Faz Mesafe Menzili:Z2P	9,60[Ω] Sekonder
S Kaynak Empedansı:Z2S	$8{,}8\angle 88^0$ [Ω] Sekonder
R Kaynak Empedansı:Z2R	$3{,}52\angle 88^0$ [Ω] Sekonder
Nominal Röle Akımı	5 A Sekonder
Nominal Frekans	60 Hz
Hat Uzunluğu	100 mil(≈160,9 km)

4.2.2 Güç Salınımı Kilitleme

Bu örnekte, güç salınım kilitlemesi için fonksiyon ayarları gösterilecektir. Bu uygulama, yanlış mesafe elemanı açmalarını önlemek amacıyla, güç salınım koşulları ile arızaları birbirinden ayırmak için kullanılır. Bu uygulama örneğinde, mho faz-faz mesafe elemanı Kademe 2 menzilinin ayarlandığı varsayılmıştır. İlk olarak, OOS mantığını etkinleştirilir. Sonra, Kademe 6 ve 7 empedans menzili ayarları (R1R6, R1R7, X1T6 ve X1T7) hesaplanır ve daha sonra OSBD (Güç Salınımı kilit gecikmesi) belirlenir.Aşağıda SEL-421 rölesinde güç salınım mantığını etkinleştirmek için ayarlar gösterilmektedir.

EOOS := Y Güç Salınımı (Y, N)

Bu uygulama örneğinde gelişmiş ayarlara ve güç salınımı açma uygulamasına gerek yoktur.

EADVS := N Gelişmiş Ayarlar (Y, N)

EOOST := N Güç Salınımı Açma (N, I, O)

4.2.2.1 Faz Mesafe Elemanı Kilitleme

OSB (Güç Salınımı Kilitleme) mantığı; bir güç salınımında, ölçülen pozitif bileşen empedans, faz mesafe elemanlarının çalışma karakteristikleri içine girdiğinde faz mesafe korumayı kilitler. Uygulamada, tüm kademelerin kilitlenmesi gereksizdir. Bu uygulama örneğinde, OSB mantığı, ani açma üreten kademeleri kilitler. OSB mantığı, ani Kademe 1 ve Kademe 2'yi kilitler.(Kademe 2,iletişim destekli açma düzeniyle ani açma yapabilir.)

OSB mantığı, genellikle ileri yön Kademe 1 ve 2'yi denetler; çünkü bu iki kademenin çalışma zamanı genelde bir güç salınımının bu koruma kademeleri içinde kaldığı süreden daha küçüktür. Örneğin; Eğer bir salınımın süresi 1.5 s ise, OSB mantığı, ani Kademe 1 ve iletişim destekli Kademe 2'yi denetlemelidir.

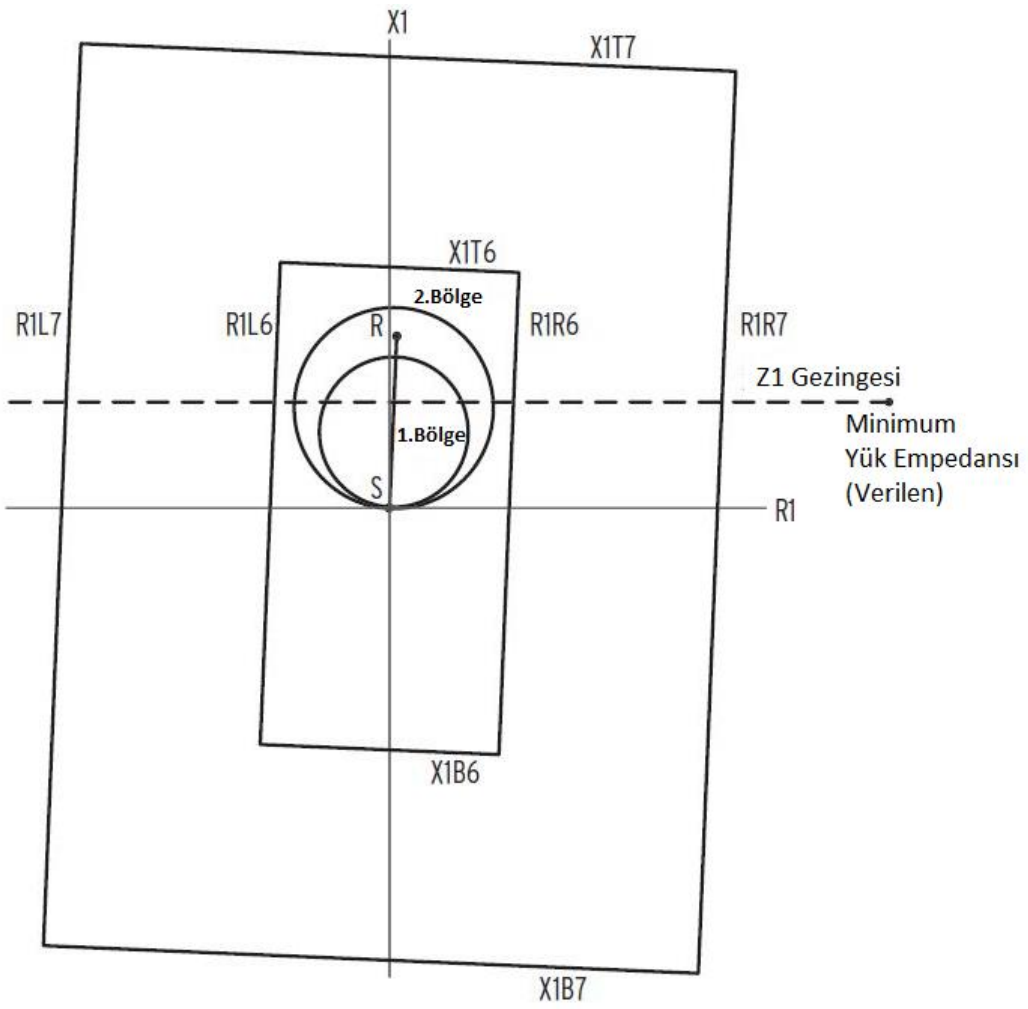
Bir güç salınımı sırasında, röle normalde gecikmeli açma sağlayan aşırı menzil kademelerini kilitlemez. Ancak; geri yön Kademe 3, DCB (yön karşılaştırmalı kilitleme) düzeninde bir başlatma elemanı olarak görev yapıyorsa veya POTT (müsaadeli aşırı menzil transfer açma) düzeni için akım terslenmesi koruması yapıyorsa, bu kademeyi

kilitlenmemelidir. Örneğin; lokal rölenin gerisinden geçen salınımlar sırasında OSB mantığı DCB kilitleme sinyalini engellerse, uzak uçta aşırı menzil açma olabilir. Eğer bir güç salınımı hem lokal geri yön Kademe 3'ün hem de uzak aşırı menzil Kademe 2'nin içine girerse, OSB mantığı lokal Kademe 3 elemanının DCB tertibi kilitlemesini kaldıracağı için uzak uçta yüksek hızlı açma olur. Bu yüzden mesafe koruma rölesi Kademe 1 ve Kademe 2'yi kilitleyecek şekilde ayarlanmalıdır. Şekil 4.7'de güç salınım karakteristiği ayar parametreleri gösterilmiştir.

OOSB1 := Y Kademe 1 Kilitleme (Y, N)

OOSB2 := Y Kademe 2 Kilitleme (Y, N)

OOSB3 := N Kademe 3 Kilitleme (Y, N)



Şekil 4.7 Güç salınımı karakteristiği ayar parametreleri

4.2.2.2 Kademe 6 ve Kademe 7 Empedans Ayarları

Güç salınım mantığı, ortak merkezli iki kademeyi, dış Kademe 7 ve iç Kademe 6 poligonlarını kullanır. Röle, Kademe 6 ve Kademe 7'yi güç salınımları ile arızaları birbirinden ayırt etmek amacıyla güç salınım zaman ölçümü için kullanır. Röle, bir güç salınımı veya arıza olduğunda, Kademe 6 ve Kademe 7'de bir gezer pozitif bileşen empedans gezeneğini (Z1) ölçer. Kademe 6 ve Kademe 7 empedans ayarlarını iki faktör etkiler.

- Kilitlenecek olan faz mesafe korumanın en dış aşırı menzil kademesi
- Maksimum yük sırasında rölenin ölçtüğü yük empedansı (minimum yük empedans eğrisi)

İçteki Kademe 6 (X1T6, R1R6, X1B6 ve R1L6) faz mesafe korumanın güç salınım kilitlemesi için seçilen en dış kademesini içine alacak şekilde ayarlanmalıdır. Kademe 7 ise tüm yük koşullarında en yakın minimum yük empedans gezeneği, Kademe 7'nin dışında kalacak şekilde ayarlanır.

Direnç Körleştiricilerinin Hesabı

Kademe 2, bu uygulama için en dıştaki karakteristiktir. Bu karakteristiğe güvenlik payı olarak %20 oranında ekleme yapılır.

$$\mathrm{R1R6} = 1{,}2\,.\,\frac{\mathrm{Z2MP}}{2\,.\sin(\mathrm{Z1ANG})} \tag{4.53}$$

$$\mathrm{R1R6} = 1{,}2\,.\,\frac{9{,}60}{2\,.\sin(87{,}6^{0})} \approx 5{,}765\ [\Omega]$$

Burada Z2MP,kademe 2 mho faz mesafe elemanıdır.

R1R6 := 5.77 Kademe 6 Direnci–Sağ (0.05–70 Ω sekonder)

Kademe 7 dış direnç körleştiricileri, maksimum yüke göre ayarlanmalıdır. Bir başka deyişle, Kademe 7 dış sağ taraf direnç körleştirici ilgili minimum yük empedansına ait gezeneğin (maksimum yük gezeneğinin) tam iç tarafına göre ayarlanmalıdır. Maksimum yük akımı, yük etütlerinden 2.41 A sekonder bulunmuştur. S istasyonunda

maksimum yükte faz-nötr gerilim 61.44 V sekonderdir.Bu bilgiler baz alınarak rölenin ölçtüğü minimum yük empedansı 4.54 bağıntısının yardımıyla hesaplanabilir.

$$Z_{Lmin} = V_{LN}/I_{LMAX} \quad (4.54)$$

$$Z_{Lmin} = \frac{61,44}{2,41} \approx 25,49\ [\Omega]$$

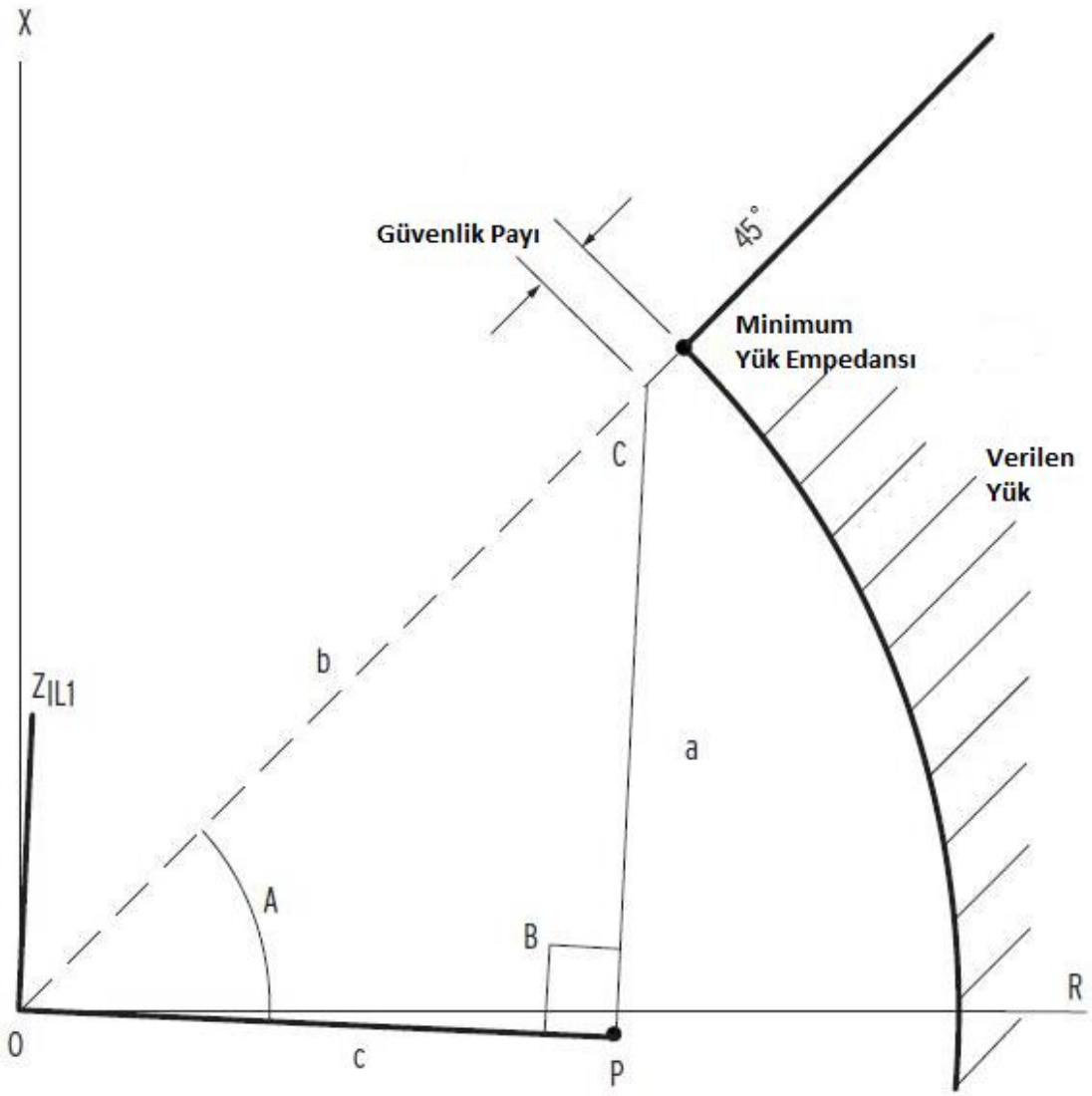
Maksimum yük açısının $\pm 45^0$ olduğunu varsayılarak Şekil 4.8'de trigonometri yardımıyla R1R7, OP çizgisi boyunca orijinden sağ taraf direnç körleştiriciye olan mesafe (dik üçgenin c kenarı) 4.55 bağıntısındaki gibi hesaplanabilir. Direnç körleştiriciler, açısı ayar Z1ANG olan hat karakteristik empedansı Z1L1'e paraleldir.

$$\cos(A) = c/b \quad (4.55)$$

$A=45^0+(90^0-Z1ANG)$

$b=Z_{Lmin}$

c=R1R7



Şekil 4.8 R1R7 ayarı için empedans diyagramı

R1R7 dış körleştiricisi 0,9 güvenlik payıyla 4.56 bağıntısıyla hesaplanabilir.

$$\mathrm{R1R7} = 0{,}9\,.\,\mathrm{Z_{Lmin}}\,.\cos(\mathrm{A}) \qquad (4.56)$$

$$= 0{,}9\,.\,\mathrm{Z_{Lmin}}\,.\cos[45 + (90 - \mathrm{Z1ANG})]$$

$$= 0{,}9\,.\,25.49\,.\cos[45 + (90 - 87{,}6)]$$

$$= 0{,}9\,.\,25.49\,.\cos(47{,}4)$$

$$\mathrm{R1R7} \approx 15{,}53\ [\Omega]$$

R1R7 := 15.53 Kademe 7 Direnci–Sağ (0.05–70 Ω sekonder)

Reaktans Çizgileri Hesabı

Kademe 6 iç reaktans çizgileri X1T6 ve X1B6, bir güç salınımı sırasında açma olmaması istenen mesafe korumanın en dış bölgesini tamamen kapsamalıdır. Hesaplama yapılırken %20 oranında bir güvenlik payı da katılmalıdır.

$$\mathrm{X1T6} = 1{,}2\,.\,\mathrm{Z2P} \tag{4.57}$$

$$\mathrm{X1T6} = 1{,}2\,.\,9{,}60 = 11{,}52\ [\Omega]$$

Burada Z2P kademe 2 mho faz mesafe elemanı menzilidir.

X1T6 := 11.52 Kademe 6 Reaktansı–Üst (0.05–96 Ω sekonder)

Kademe 6 ve 7 üst reaktans çizgileri arasındaki mesafe, Kademe 6 ve 7 sağ taraf direnç körleştiricileri arasındaki mesafeye eşit olmalıdır.

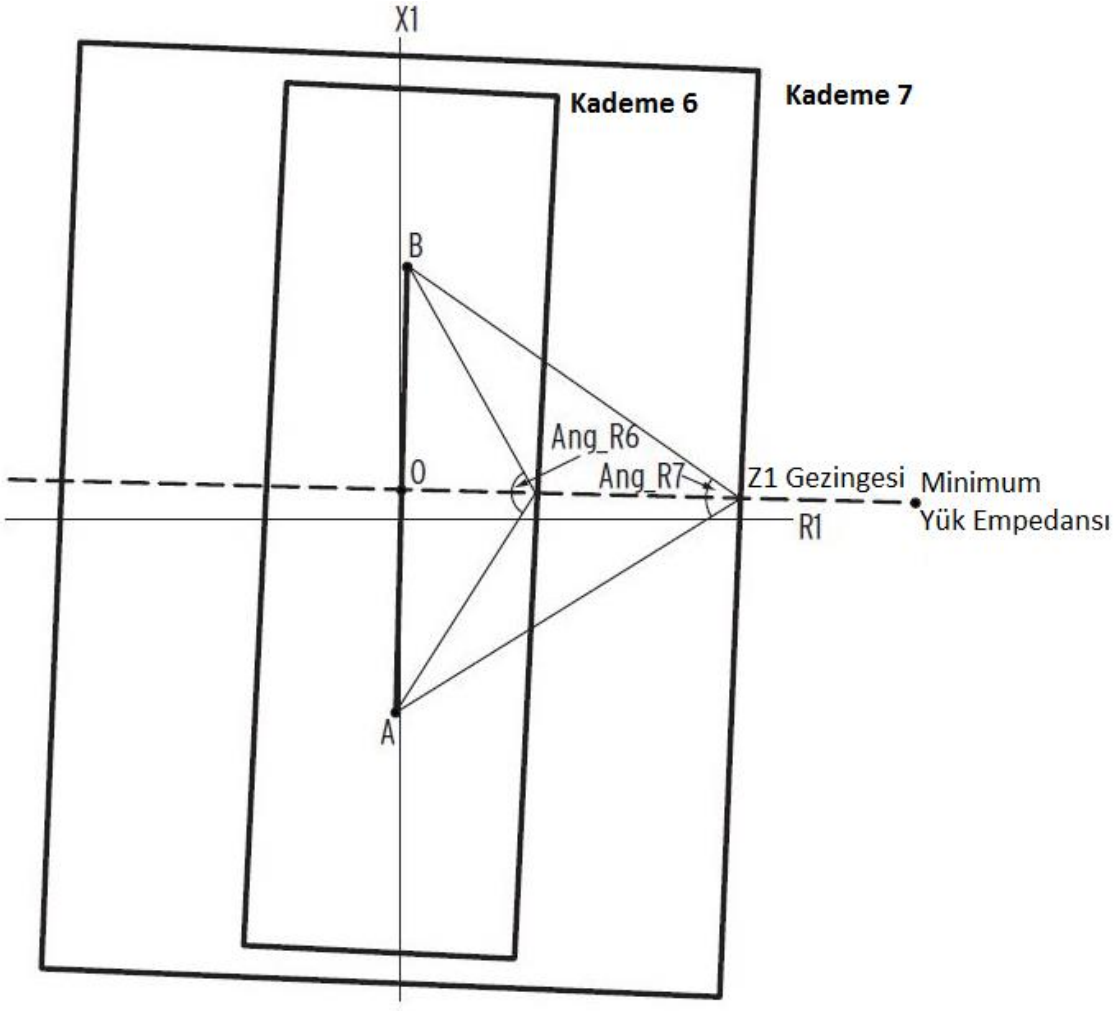
$$\mathrm{X1T7} = \mathrm{X1T6} + (\mathrm{R1R7} - \mathrm{R1R6}) \tag{4.58}$$

$$\mathrm{X1T7} = 11{,}52 + (15{,}53 - 5{,}76) = 21{,}29\ [\Omega]$$

X1T7 := 21.29 Kademe 7 Reaktansı–Üst (0.05–96 Ω sekonder)

4.2.2.3 Güç Salınımı Kilitleme Gecikmesi

Z1 empedans gezeneği ilk olarak Kademe 7 içine girdiğinde, röle OSBD (Güç Salınımı kilit gecikmesi) zamanlayıcısını başlatır. Şekil 4.9'da |EA| = |EB| durumu için Z1 empedans gezingesi gösterilmiştir.(EA Düğüm A ve EB Düğüm B'deki gerilimlerdir) OSBD zamanlayıcısı yavaş salınımları tespit eder. Eğer Z1 gezingesinin Kademe 6 içine girmesinden önce OSBD zamanlayıcının süresi dolarsa, röle bir güç salınımı kilitleme durumunu tespit



Şekil 4.9 Güç salınımı gezingesi

OSBD zaman ayarını hesaplamak için Şekil 4.9'dan çıkarılmış olan (4.59),(4.60),(4.61) ve (4.62) bağıntıları kullanılabilir. AB doğru parçası, aktarım empedansı, ZT empedansıdır. Yatay kesikli çizgi, AB doğrusuna dik olan güç salınım gezingesini gösterir. Gezinge, AB doğru parçasının orta noktasından geçer.

$$Z_T = Z_{1S} + Z_{1L1} + Z_{1R} \quad (4.59)$$

Burada Z_T aktarım empedansı, Z_{1S} pozitif bileşen kaynak empedansı, Z_{1L1} Hat 1 için pozitif bileşen empedansı ve Z_{1R} uzak uç bileşen empedansıdır.

$$\text{Ang_R6} = 2\,.\,\text{atan}[\frac{|Z_T|/2}{\text{R1R6}}] \tag{4.60}$$

$$\text{Ang_R6} = 2\,.\,\text{atan}\left[\frac{\frac{|8{,}8\angle 88^0 + 8\angle 87{,}6^0 + 3{,}52\angle 88^0|}{2}}{5{,}77}\right] \approx 120{,}9^0$$

$$\text{Ang_R7} = 2\,.\,\text{atan}[\frac{|Z_T|/2}{\text{R1R7}}] \tag{4.61}$$

$$\text{Ang_R7} = 2\,.\,\text{atan}\left[\frac{\frac{|8{,}8\angle 88^0 + 8\angle 87{,}6^0 + 3{,}52\angle 88^0|}{2}}{15{,}53}\right] \approx 66{,}4^0$$

Tipik kararlı bir güç salınım frekansı 5 Hz değerindedir.

$$\text{OSBD} = \frac{(\text{Ang_R6} - \text{Ang_R7})\ .f_{nom}}{360\ .f_{slip}}\ [\text{cycle}] \tag{4.62}$$

$$\text{OSBD} = \frac{(120{,}9 - 66{,}4)\ .60}{360\ .5} \approx 1{,}82\ [\text{cycle}]$$

Burada f_{nom} güç sistemi anma frekansı, f_{slip} maksimum kayma frekansıdır. OSBD zamanlayıcı ayarı 0,125 çevrimlik adımlarla arttığından, röle ayarında hesapta bulunan değere en yakın kat alınır.

OSBD := 1.875 Güç Salınımı Kilit Gecikmesi (0.500–8000 çevrim)

4.2.2.4 Güç Salınımı Kilidini Kenetleme

Eğer pozitif bileşen empedans gezeneği Kademe 7 nin içinde iken güç salınımı kilitleme (OSB) mantığı iki saniyeden daha uzun süre etkin kalırsa, SEL-421, OSB mantığını otomatik olarak sıfırlar. Kararsız bir güç salınımı sırasında, salınım empedansının Kademe 7 yi her terk edişinde, röle güç salınımı kilitleme mantığını sıfırlar. Güç salınımı empedans gezeneğinin Kademe 7 nin dışına çıktığı ve sonraki salınım çevriminde tekrar Kademe 7'nin içine girdiği kararsız bir güç salınımı sırasında, mesafe elemanlarının kilidini sürdürmek için, OSB mantığı kenetlenebilir. Eğer kenetlenmişse, güç sistemindeki salınımın durmasından bir saniye sonra OSB mantığı sıfırlanır. OSB mantığını kenetleme, kararsız güç salınım empedansı Kademe 7 nin dışında iken bir arıza olursa, rölenin, denetimsiz mesafe elemanı çalışmalarını kilitlemesini sağlar. Röle elemanları, bir güç salınımı sırasında olabilecek iç arızaları tespit eder ve uygun önlemi alır yani kilidi çözer.

OSBLTCH := Y Güç Salınım Kilidini Kenetleme (Y, N)

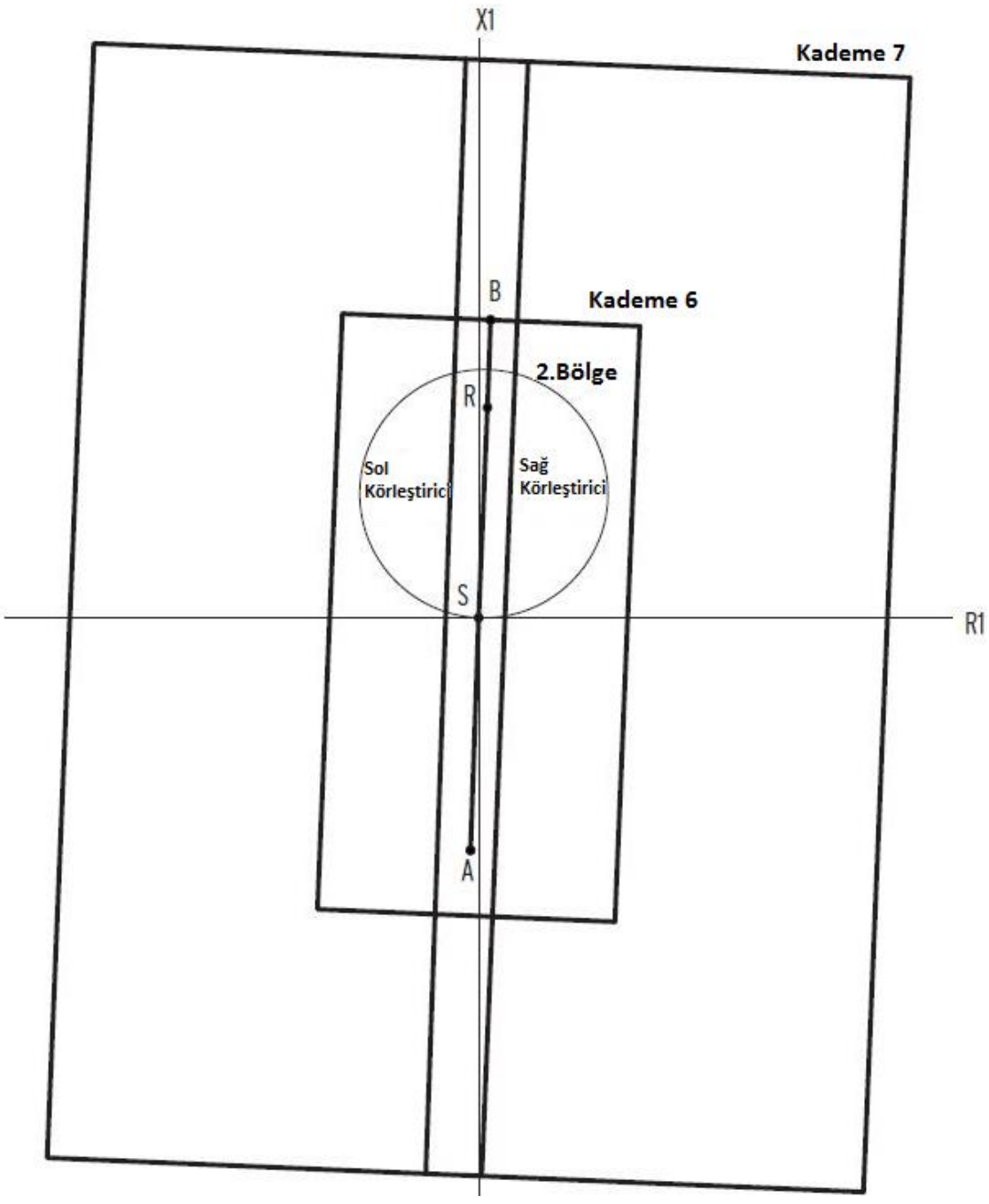
4.2.2.5 Güç Salınımı Kilidini Çözme

Bir güç salınımı sırasında bir arıza olursa, röle, güç salınımı kilitlemeyi otomatik olarak etkisiz kılar. Bu sayede, mesafe koruma, tüm arıza tiplerini başarıyla tespit eder ve iç arızalarda kesiciyi (kesicileri) açtırır.

Üç Fazlı Arızalarda Güç Salınım Kilidini Çözme

Hem üç fazlı bir arıza hem de bir güç salınımı yalnız pozitif bileşen büyüklüklerinden (V1 ve I1) oluştukları için, her iki durum için de empedans gezingeleri faz mesafe elemanlarına aynı görünür. Dolayısıyla, eğer bir güç salınımı bir iç üç faz arızasına gelişirse, tipik OSB mantığı, dengeli üç fazlı arızaları tespit edemez. İç üç faz arızayı doğru tespit etmek için, SEL-421, ek iç körleştiriciler seti içerir (Şekil 4.10). Eğer pozitif bileşen empedansı belirli bir süre bu körleştiriciler arasında kalırsa, OSB mantığının kilidi çözülür. Röle güç salınımı Kademe 7 içinde girdiği her zaman bu süreyi (UBOSBD) hesaplar. Hızlı salınımlar için kısa süreli bir zamanlayıcı ayarı uygun olacaktır; ancak yavaş salınımlarda röle daha uzun süreli bir zamanlayıcı ayarına gerek duyar. Örneğin;

bir yavaş salınım sırasında eğer pozitif bileşen empedansı iki iç körleştirici arasından çok yavaş geçerse, kısa bir zamanlayıcı ayarı istenmeyen açmalara sebep olabilir.



Şekil 4.10 İç körleştiriciler

UBOSBD zamanlayıcı uzunluğu, iç körleştiriciler içinde güç salınımın beklenen süresidir. Röle, hesaplamayı, salınımın iç körleştiricilere girmesi öncesinde Kademe 7 den Kademe 6 ya geçmesi için gerekli olan gerçek zamana dayandırır. Eğer salınım UBOSBD den daha uzun bir süre iç körleştiriciler içinde kalırsa, bir kilit çözme sinyali etkinleştirilir. UBOSBD zamanlayıcı hesabı, UBOSBF ayarının katları olarak artırılabilir. Eğer UBOSBF bir 1 çarpanı ise, röle iç körleştiriciler içinden geçmek için beklenen süreyi salınımın Kademe 7 den Kademe 6 ya hareket ettiği hıza dayalı olarak hesaplar. Benzer şekilde; eğer UBOSBF bir 4 çarpanı ise, röle UBOSBD'yi dörtle çarpar.

Dengesiz Arızalarda Güç Salınım Kilidini Çözme

SEL-421, Kademe 1 faz ve toprak mesafe elemanlarını, diğer kademelerin faz mesafe elemanlarından farklı olarak ele alır. Bir güç salınımını müteakip dengesiz bir arıza olduğunda, iki negatif bileşen yön elemanından, 67QUBF (ileri yön) veya 67QUBR (geri yön) herhangi birinin çalışması, OSB mantığını bastırır ve faz mesafe elemanlarının (Kademe 1 elemanları hariç) kilidini çözer. Bu sayede, dengesiz bir iç arıza POTT tertipte çalışan faz mesafe koruma ile yüksek hızda temizlenir. Artçı koruma fonksiyonlarını başlatmak için, ilgili kademelerin gecikmeli elemanları da zaman saymayı başlatır. 67QUBF elemanı ileri yön kademelerinin ve 67QUBR de geri yön kademelerinin kilidini çözer. Röle, negatif bileşen başlatma ayarı 50QUBP ile, 67QUBF ve 67QUBR elemanlarını denetler. 50QUBP başlatma düzeyi için 'OFF' dışında bir ayar yapılmışsa, negatif bileşen akım düzeyi, 50QUBP ayar eşiğini aşar ve röle geçerli bir yön kararı alır (32 elemanları); röle, gecikme ayarı UBD süresi dolduktan sonra 67QUBF veya 67QUBR yön elemanını etkinleştirir. Bu şekilde; dengesiz arızalarda Kademe 1 elemanları dışındaki faz mesafe elemanlarının güç salınım kilitlemesini kaldırır.

50QUBP ayarı gelişmiş bir ayardır ve korunan hattın mesafe koruması ile koordine edilmelidir. UBD ayarı da bir gelişmiş ayardır; UBD zamanlayıcıyı, korunan hattın dışındaki korumayla koordinasyonu sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Dengesiz arızalarda güç salınım kilit çözme için ilk olarak rölede gelişmiş ayarlar serbest bırakılır.(EADVS:=Y)Daha sonra 50QUBP (Negatif Bileşen Akım Denetimi) ayarıyla, negatif bileşen kilit çözme elemanı başlatması ayarlanır.Burade hat mesafe koruma ile koordinasyon göz önünde bulundurulmalıdr.Son olarak da negatif bileşen akım kilit çözme zamanlayıcısı UBD ayarlanır ki; burada da korunan hat dışındaki koruma ile koordinasyon gereklidir.

Eğer bir güç salınımın merkezi korunan hatta ise,OSB kaldırılmışsa hattın bir ucundaki veya her iki ucundaki Kademe 1 mesafe elemanları çalışabilir. Örneğin; bir kararsız salınım sırasında, Şekil 4.6'da karşı R istasyonunun ötesinde bir A fazı toprak arızası olursa, her iki uçtaki A fazı toprak mesafe elemanları doğru olarak çalışır; yani, A fazı mesafe elemanı, S istasyonunda Kademe 2 de ve R istasyonunda geri yön Kademe 3 te başlatma alır. Ancak; salınım merkezi Kademe 1 menzili içinde ise ve bir negatif bileşen aşırı akım elemanı da OSB kilidini kaldırmışsa, her iki uçtaki Kademe 1 faz ve toprak mesafe elemanlarının hepsi çalışabilir. Bir dış A fazı-toprak arızasında Kademe 1 elemanlarının istenmeyen çalışmaları, her iki ucun da üç faz açmasına yol açabilir. SEL-421, Kademe 1 mesafe elemanlarının güç salınım kilitlemesini denetlemek için bir yönlü negatif bileşen elemanını (67Q1T) kullanır. 67Q1T, Kademe 1 dışındaki mesafe elemanlarının güç salınım kilitlemesini etkisiz kılmak için kullanılan 67QUBF ve 67QUBR den bağımsızdır. Bu ayrım, bir kararsız salınım durumunda size Kademe 1 eleman çalışmalarını kontrol etme seçeneği sağlar.

Bir güç salınımı sırasında rölenin yalnız iç arızalarda açma yapması istenirse, 50Q1P := OFF veya E50Q := N ayarı ile 67Q1 elemanı etkisiz kılınmalıdır. Bu yolla, Kademe 1 mesafe elemanları her zaman OSB mantığı ile kilitlenir. Röle, iç arızalarda yüksek hızlı açma yapması için, POTT tertibi ile birlikte Kademe 2 aşırı menzil elemanlarına güvenir.

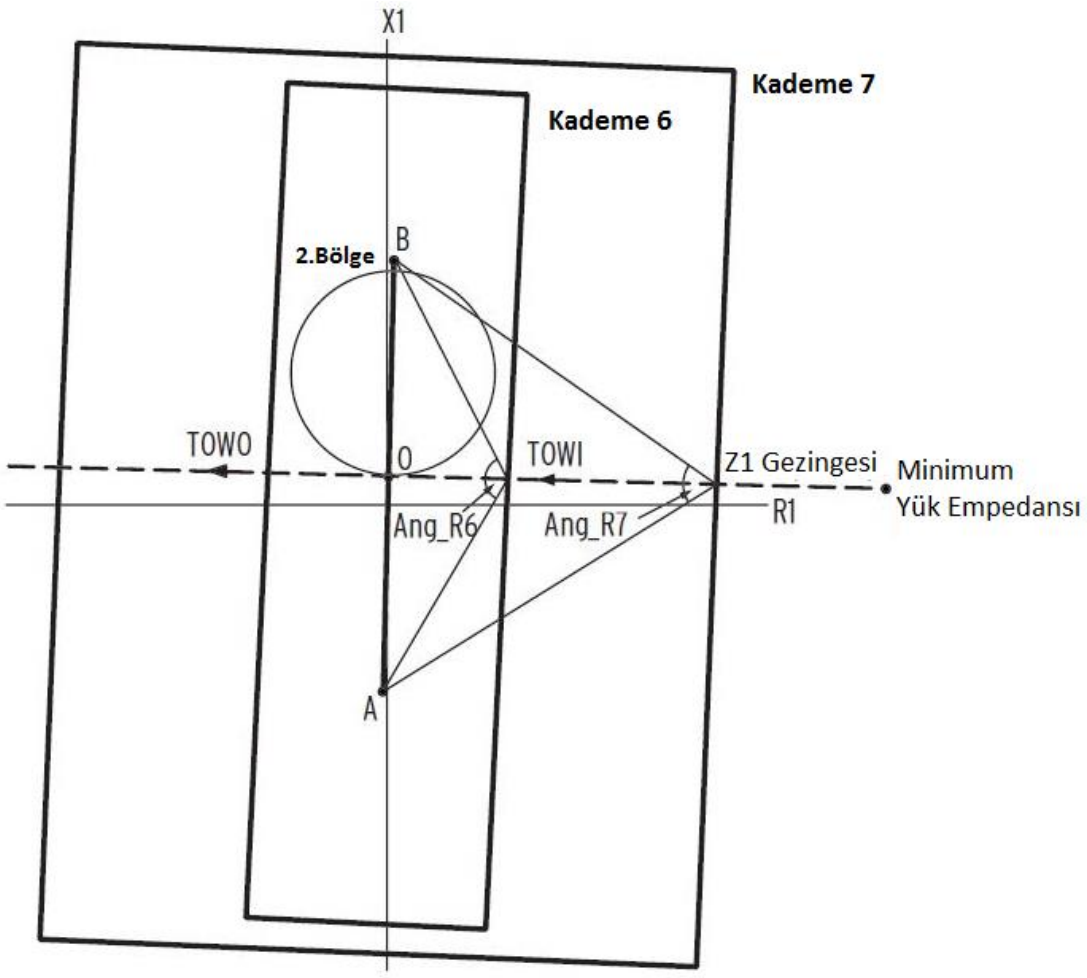
Çizelge 4.7’de güç salınımı kilitleme uygulaması için SEL-421 rölesindeki ayarlar sıralanmıştır.

Çizelge 4.7 Güç salınımı kilitleme röle ayarları

Ayar	Açıklama	Girilen Değer/Komut
EOOS	Güç Salınımı	Y
EADVS	Gelişmiş Ayarlar	N
OOSB1	Kademe 1 Kilitleme	Y
OOSB2	Kademe 2 Kilitleme	Y
OOSB3	Kademe 3 Kilitleme	N
OSBD	Güç Salınımı Kilit Gecikmesi	1.875[cyc]
OSBLTCH	Güç Salınım Kilidini Kenetleme	Y
EOOST	Güç Salınımı Açma	N
X1T7	Kademe 7 Reaktansı–Üst	21.29[Ω]
X1T6	Kademe 6 Reaktansı–Üst	11.52[Ω]
R1R7	Kademe 7 Direnci–Sağ	15.53[Ω]
R1R6	Kademe 6 Direnci–Sağ	5.77[Ω]
X1B7	Kademe 7 Reaktansı–Alt	-21.29[Ω]
X1B6	Kademe 6 Reaktansı–Alt	-11.52[Ω]
R1L7	Kademe 7 Direnci–Sol	-15.53[Ω]
R1L6	Kademe 6 Direnci–Sol	-5.77[Ω]
50ABCP	Pozitif Bileşen Akım Denetimi	1[A]
50QUBP	Negatif Bileşen Akım Denetimi	OFF
UBD	Negatif Bileşen Akımı Kilit Çözme Gecikmesi	0.500[cyc]
UBOSBF	Güç Salınımı Açısı Kilit Çözme Hızı	4
67Q1P	Düzey Başlatma	OFF
67Q1D	Düzey 1 Zamanı	0.000[cyc]
67Q1TC	Düzey 1 Tork Kontrolü	1

4.2.3 Güç Salınımı Açma

Bu örnekte, OST (güç salınımı açma) fonksiyonunun nasıl ayarlanacağı gösterilecektir. OST mantığı, bir kararsız güç salınımını tespit ederek lokal ucu açmak için kullanılır. OST mantığı ile, bir OST koşulu olduktan sonra önceden belirlenen yerlerde güç sistemi ayrılabilir. OST mantığı için Kademe 6 ve Kademe 7 ayarları, güç salınımın pozitif bileşen empedans (Z1) gezingesine bağlıdır (Şekil 4.11). İçteki Kademe 6 , güç sisteminin yeniden kararlı olamayacağı gezinge boyunca bir noktaya ayarlanır. Kademe 7 ise maksimum yük empedansı Kademe 7 karakteristiğinin dışında olacak şekilde ayarlanır.[11]



Şekil 4.11 Güç salınımı açma karakteristikleri

Güç salınımı mantığını güç salınımı açma olarak biçimlendirmek için, OOS mantığı etkinleştirilmelidir. Daha sonra, Kademe 6 ve 7 için empedans menzil ayarlarını (R1R6, R1R7, X1T6 ve X1T7) hesaplanın ve son olarak OSTD (güç salınımı açma gecikmesi) ve OSBD (güç salınımı kilit gecikmesi) ayarlarını belirlenir.

EOOS := Y Güç Salınımı (Y, N)

EADVS := N Gelişmiş Ayarlar (Y, N)Pozitif bileşen empedansı gezeneği

Kademe 7 içine girdiğinde, her iki OOS mantığı zamanlayıcısı (OSBD ve OSTD) saymaya başlar (Şekil 4.11). Eğer OSBD süresi dolmadan ve Kademe 6 etkinleşmeden önce OSTD'nin süresi dolarsa, röle bir güç salınımı açma durumunu bildirir. Bir kararsız salınım sırasında açma için iki yöntemden biri seçilebilir. Eğer OSTD süresi dolar ve pozitif bileşen empedans gezeneği Kademe 6 içine girerse, röle açma yapmak için etkinleştirilebilir; bu yöntem Girişte-Açma(TOWI: Trip-On-Way-In) yöntemidir. İkinci bir yöntem olarak; eğer OSTD süresi dolar ve pozitif bileşen empedans gezeneği Kademe 6 içine girip çıkarsa röle açma yapmak için etkinleştirilebilir; bu yöntem, Çıkışta-Açma(TOWO: Trip-On-Way-Out) yöntemidir. Bu örnekte girişte açma kullanılacaktır.

EOOST := I Güç Salınımı Açma (N, I, O)

I = Güç Salınımı Açma Etkinleştirme (Girişte-Açma)

O = Güç Salınımı Açma Etkinleştirme (Çıkışta-Açma)

N = Güç Salınımı Açmayı Etkisiz Kılma

4.2.3.1 Faz Mesafe Elemanını Kilitleme

Kararsız bir güç salınımı sırasında pozitif bileşen empedansı gezeneği Kademe 1 ve Kademe 2 mesafe koruma karakteristikleri içine girdiğinde, açmayı önlemek için OSB fonksiyonu etkinleştirilir. Dolayısıyla; bu uygulama örneğinde, Z1 empedans gezeneği Kademe 6 karakteristiğinden çıktığında (Kademe 6 bıraktığında) röle açma yapacaktır. Güç salınımları sırasında Kademe 1 ve Kademe 2 mesafe koruma elemanlarını kilitlenir.

OOSB1 := Y Kademe 1 Kilitleme (Y, N)

OOSB2 := Y Kademe 2 Kilitleme (Y, N)

OOSB3 := N Kademe 3 Kilitleme (Y, N)

4.2.3.2 Kademe 6 ve Kademe 7 Empedans Ayarları

Direnç Körleştiricilerin Hesabı

Eğer güç salınımı Z1 gezingesinin açısı aktarım empedansını 120^0 geçerse, güç sistemi toparlanamaz. Aktarım empedansı, güç sisteminin toplam empedansıdır.(Şekil4.11'de AB doğrusu). Kademe 6 sağ iç direnç körleştirici R1R6 yı, Ang_R6 = 120^0 olacak şekilde ayarlanmalıdır.

$$\mathrm{R1R6} = \frac{|\mathrm{Z_T}|/2}{\tan(\mathrm{Ang_R6}/2)} \tag{4.63}$$

$$\mathrm{R1R6} = 2\,.\left[\frac{\frac{|8{,}8\angle 88^0 + 8\angle 87{,}6^0 + 3{,}52\angle 88^0|}{2}}{\tan(\frac{120}{2})}\right] \approx 5{,}87\ [\Omega]$$

R1R6 := 5.87 Kademe 6 Direnci–Sağ (0.05–70 Ω sekonder)

Kademe 7 sağ direnç körleştiricileri hesaplarken minimum yük empedansını % 90 güvenlik payı ölçütü koyulur.

$$\mathrm{R1R7} = 0{,}9\,.\,\mathrm{Z_{Lmin}}\,.\cos[45 + (90 - \mathrm{Z1ANG})] \tag{4.64}$$

$$= 0{,}9\,.\,25.49\,.\cos[45 + (90 - 87{,}6)]$$

$$= 0{,}9\,.\,25.49\,.\cos(47{,}4)$$

$$\mathrm{R1R7} \approx 15{,}53\ [\Omega]$$

R1R7 := 15.53 Kademe 7 Direnci–Sağ (0.05–70 Ω sekonder)

Reaktans Çizgileri Hesabı

Rölenin röle yerinden çok uzaktaki salınımları tespit edebilmesi için, reaktans çizgileri maksimum değerlere eşit ayarlanmalıdır.

Kademe 7 üst reaktans çizgisi, maksimum ayara eşit olarak ayarlanır.

X1T7 := 96 Kademe 7 Reaktansı–Üst (0.05–96 Ω sekonder)

Buna göre Kademe 6 reaktansı da maksimum ayarın 1 Ω düşüğüne ayarlanır.

$$\mathrm{X1T6} = \mathrm{X1T7} - 1 \tag{4.65}$$

$$\mathrm{X1T6} = 95\ [\Omega]$$

X1T6 := 95 Kademe 6 Reaktansı–Üst (0.05–96 Ω sekonder)

4.2.3.3 Güç Salınımı Açma ve Kilitleme

OOS mantığı, eş merkezli poligonlardan iki kademe kullanır. Bu kademeler dış Kademe 7 ve iç Kademe 6'dır. Röle, OOS kilitleme koşulları, OOS açma koşulları ve arızaları birbirinden ayırt edecek OOS mantığı zaman ayarları için Kademe 6 ve Kademe 7'yi kullanır. Röle, bir güç salınımı veya arızası olduğunda Kademe 6 ve Kademe 7'de gezen bir pozitif bileşen empedans gezeneğini (Z1) ölçer. Empedans gezeneği ilk olarak Kademe 7'nin içine girdiğinde, iki OOS mantık zamanlayıcı başlatılır. Bir OOS zamanlayıcısı, OOS kilitleme koşullarını (OSBD), diğeri ise OOS açma koşullarını (OSTD) tespit eder.

Eğer pozitif bileşen empedans gezeneği Kademe 6 içine girmeden OSBD süresi dolarsa, OOS mantığı bir kilitleme durumunu bildirir.OSTD süresi dolar ve pozitif bileşen empedans gezeneği OSBD süresi dolmadan Kademe 6 içine girerse, mantık bir açma durumunu bildirir.

4.2.3.4 Güç Salınımı Açma Zamanı

OSTD ayarı (4.66), (4.67) ve (4.68) bağıntıları kullanılarak hesaplanabilir. Bu bağıntılar Şekil 4.11'de görülen empedans gezingesinden türetilebilir. AB doğru parçası, ZT aktarım empedansıdır. Yatay kesik çizgi, AB doğrusuna dik güç salınım gezingesini gösterir. Gezinge, AB doğru parçasının ortasından geçer.

$$\mathrm{Z_T} = \mathrm{Z_{1S}} + \mathrm{Z_{1L1}} + \mathrm{Z_{1R}} \tag{4.66}$$

Z_T = aktarım empedansı

Z_{1S} = pozitif bileşen kaynak empedansı

Z_{1L1} = Hat 1 için pozitif bileşen empedansı

Z_{1R} = Uzak uç pozitif bileşen empedansı

$$\text{Ang_R7} = 2.\text{atan}\left[\frac{\frac{|Z_T|}{2}}{\text{R1R7}}\right] \tag{4.67}$$

$$= 2\,.\text{atan}\left[\frac{\frac{|8{,}8\angle 88^0 + 8\angle 87{,}6^0 + 3{,}52\angle 88^0|}{2}}{15{,}53}\right] \approx 66{,}4^0$$

Güç salınımı açma zamanını(OSTD) hesaplanırken kayma frekansı bilinmelidir. Bu örnekte kayma frekansı 10Hz olarak alınmıştır.

$$\text{OSTD} = \frac{(\text{Ang_R6} - \text{Ang_R7})\ .f_{\text{nom}}}{360\ .f_{\text{slip}}}\ [\text{cyc}] \tag{4.68}$$

$$= \frac{(120-66{,}4)\ .60}{360\ .10} \approx 0{,}89[\text{cyc}]$$

fnom = anma güç sistemi frekansı (Hz)

fslip = maksimum kayma frekansı (Hz)

OSTD zamanlayıcı ayarları, 0.125 çevrimlik adımlarla artırılır, en yakın geçerli röle ayarına tamamlanır.

OSTD := 0.875 Güç Salınımı Açma Gecikmesi (0.500–8000 çevrim)

Bu durumda güç salınımı açma için etkin kayma hızı (4.69) bağıntısı ile bulunabilir.

$$f_{\text{slip}} = \frac{(\text{Ang_R6} - \text{Ang_R7})\ .f_{\text{nom}}}{360\ .\text{OSTD}}\ [\text{Hz}] \tag{4.69}$$

$$= \frac{(120-66{,}4)\ .60}{360\ .0{,}875} \approx 10{,}2[\text{Hz}]$$

4.2.3.5 Güç Salınımı Kilitleme Gecikmesi

Güç salınımı kilitleme gecikmesi açma gecikmesinden büyük olmalıdır.

$$\text{OSBD} = \text{OSTD} + 0{,}5 + \text{Zaman Adımı} \tag{4.70}$$

$$\text{OSBD} = 0{,}875 + 0{,}5 + 0{,}125$$

$$\text{OSBD} = 1{,}5[\text{cyc}]$$

OSBD := 1.500 Güç Salınımı Kilit Gecikmesi (0.500–8000 çevrim)

Bu durumda güç salınımı açma için etkin kayma hızı (4.71) bağıntısı ile bulunabilir.

$$f_{slip} = \frac{(\text{Ang_R6} - \text{Ang_R7})\ .f_{nom}}{360\ .\text{OSBD}}\ [\text{Hz}] \tag{4.71}$$

$$= \frac{(120 - 66{,}4)\ .60}{360\ .1{,}5} \approx 5{,}5[\text{Hz}]$$

Röle, 5.5 Hz'e kadar güç salınımı kayma frekansları için OOS kilit durumlarını ve 5.95 Hz'den 10.2 Hz'e kadar OOS açma durumlarını tespit eder. Bu OSB ve OST durumlarında Kademe 1 ve Kademe 2 elemanları kilitli kalır. Eğer OSTD ve OSBD zamanları dolmadan Z1 empedans gezeneği Kademe 7 ve Kademe 6'dan geçerse, olay bir salınım durumu değildir. Röle, bu olayı bir arıza durumu olarak belirler.

Tüm salınım çevrimi boyunca kilit durumunu sürdürmek için, güç salınımı kilitlemeyi etkin tutulmalıdır.

OSBLTCH := Y Güç Salınım Kilidini Kenetleme (Y, N)

4.2.3.6 Açma Lojik Denklemi

Lokal güç salınımı açma için ve güç salınım durumunun uzak bildirimi için röle kontrol çıkışları programlanır. Doğrudan açma SELOGIC denetim denklemi TR'ye Röle Sözcüğü biti OST eklenir.Ayrıca güç salınımı açma uzak bildirim için kontrol çıkışı atanabilir.

TR := M1P OR Z1GT OR M2PT OR Z2GT OR OST Açma (SELOGIC Denklemi)

OUT201 := Z1T OR Z2T Çıkış OUT201 (SELOGIC Denklemi)

OUT202 := OST Çıkış OUT202 (SELOGIC Denklemi)

Çizelge 4.8'de güç salınımı açma uygulaması için röleye uygulanacak ayarlar gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 Güç salınımı açma röle ayarları

Ayar	Açıklama	Girilen Değer/Komut
EOOS	Güç Salınımı	Y
EADVS	Gelişmiş Ayarlar	N
OOSB1	Kademe 1 Kilitleme	Y
OOSB2	Kademe 2 Kilitleme	Y
OOSB3	Kademe 3 Kilitleme	N
OSBD	Güç Salınımı Kilit Gecikmesi	1.500[cyc]
OSBLTCH	Güç Salınım Kilidini Kenetleme	Y
OSTD	Güç Salınımı Açma Gecikmesi	0,875[cyc]
EOOST	Güç Salınımı Açma	I
X1T7	Kademe 7 Reaktansı–Üst	96.00[Ω]
X1T6	Kademe 6 Reaktansı–Üst	95.00[Ω]
R1R7	Kademe 7 Direnci–Sağ	15.53[Ω]
R1R6	Kademe 6 Direnci–Sağ	5.87[Ω]
X1B7	Kademe 7 Reaktansı–Alt	-96.00[Ω]
X1B6	Kademe 6 Reaktansı–Alt	-95.00[Ω]
R1L7	Kademe 7 Direnci–Sol	-15.53[Ω]
R1L6	Kademe 6 Direnci–Sol	-5.87[Ω]
50ABCP	Pozitif Bileşen Akım Denetimi	1[A]
50QUBP	Negatif Bileşen Akım Denetimi	OFF
UBD	Negatif Bileşen Akımı Kilit Çözme Gecikmesi	0.500[cyc]
UBOSBF	Güç Salınımı Açısı Kilit Çözme Hızı	4
67Q1P	Düzey Başlatma	OFF
67Q1D	Düzey 1 Zamanı	0.000[cyc]
67Q1TC	Düzey 1 Tork Kontrolü	1
TR	Açma (SELOGIC Denklemi)	M1P OR Z1GT OR M2PT OR Z2GT OR OST

BÖLÜM 5

SİMÜLASYON VE PROJE UYGULAMALARI

5.1 Giriş

Bu bölümde Bölüm 4'te mühendislik hesapları yapılmış olan iki örnek sistemin projelendirmeleri ve simülasyon testleri yapılacak ve analiz edilecektir. Herhangi bir elektrik sistemin sekonder projesi röle koruma sinyalleri dışında pek çok sinyal barındırmaktadır.(SCADA sinyalleri vb.) Simülasyon testleri gerek fabrika kabul testlerinde (FAT:Factory Acceptance Test) gerekse saha kabul testlerinde (SAT:Site Acceptance Test) müşteriler tarafından talep edilmektedir.Simülasyon testinin amacı özel bir test cihazı yardımıyla sahada meydana gelebilecek arıza vb. durumları oluşturup röleye uygulayarak rölenin fonksiyonlarının doğru çalışıp çalışmadığını belirlemektir.

Bu çalışmada örnek sistemlerin gerilim,akım bağlantıları ve röleden kesicilere giden açma sinyallerini barındıran projeler Eplan programı yardımıyla oluşturularak, devrelerin çalışması açıklanacaktır.Simülasyon bölümünde ise Bölüm 4'te belirtilen ayarları yapılmış olan Sel-421 mesafe koruma rölesinin, Artes 460 röle test cihazı ile arıza koşulları oluşturularak tipik mesafe koruma,güç salınımı açma ve blokaj testleri yapılacaktır.Daha sonra rölelerden olay kayıtları(event report) Acselerator Quickset yazılımıyla alınacak ve Acselerator Analytic Assistant programının yardımıyla görsel olarak analiz edilecektir.

5.2 Projelendirme Yöntemi

Herhangi bir sistemin sekonder projelendirilmesi esnasında ilgili saha koşullarının iyi bilinmesi gereklidir. Koruma projelendirmesi müşteri tarafından verilen teknik şartname ve tek hat diyagramına göre yapılmaktadır. Bu uygulamada yapılacak röle mesafe koruma sekonder projesi için hatta bağlı bulunan akım ve gerilim trafolarının dönüştürme oranları , açma sinyallerinin gönderileceği kesicinin projesi ve gerekirse saha ile pano arasındaki bağlantıyı sağlayan saha dağıtım panosu projesi gerekmektedir.

5.2.1 Proje Yazılımı

Sekonder proje çizimlerinde pek çok farklı yazılım kullanılabilir. Bu uygulamada Eplan P8 2.2 yazılımı kullanılmıştır. Eplan programı dünyada ve ülkemizde mühendislik alanında oldukça yaygın olarak kullanılan bir proje yazılımdır.

Eplan yazılımı sekonder proje çizimlerinde kullanıcıya pek çok kolaylık sağlamaktadır. Proje devre çizimlerinde T-node, interruption point gibi özelliklerle çizim işlemi hızlanmaktadır. Programın içinde sık kullanılan otomat, klemens gibi malzemelerin özellikleri tanımlanarak part oluşturulabilir ve bu durum da çizim işlemini hızlandırır ve standart hale getirir. Bunların yanısıra antet oluşturma aşamasında da hazır formlar vasıtasıyla kullanıcıya kolaylık sağlanmaktadır. Proje oluşturulduktan sonra malzeme listeleri, pano kablaj listeleri, klemens bağlantı listeleri gibi önemli dökümanlar da program aracılığıyla proje içine işlenebilmekte ve Excel gibi farklı platformlarda çıkartılabilmektedir.[22]

5.3 Simülasyon Yöntemi

Koruma röleleri için arıza gibi sahada meydana gelmesi olası durumların önceden simule edilmesi elektrik tesislerinde yanlış açmalar, blokajlar gibi istenmeyen durumların oluşmasını engellemek içindir.Bu simülasyon ve test sistemi diğer bir deyişle rölenin ayarlarının doğrulanması işlemi için gereklidir.Koruma röleleri için simülasyon dinamik olarak ya da sadece Matlab gibi bilgisayar yazılımları yardımıyla yapılabilir.Yazılım destekli simülasyonlarla rölelerin pek çok fonksiyonu minimum maliyetlerle ve risksiz olarak test edilebilir.[23] Dinamik testte ise test cihazı ve bilgisayar yazılımı ile hem rölenin tüm fonksiyonları hem de rölenin donanımı test edilebilir.Bu çalışmada Artes 460 test cihazı ve bilgisayar yazılımı kullanılmıştır.

5.3.1 Simülasyon Cihazı

Artes 460 röle test cihazı, koruma rölelerinin dinamik testinde kullanılmaktadır.Bu cihaz Artes yazılımıyla birlikte mesafe, diferansiyel, aşırı akım, tekrar kapama testleri gibi test devreye alma uygulamalarında sıklıkla yapılan testleri simule edebilmektedir. İki adet nötr çıkışıyla birlikte üç faz akım kanalı bulunmaktadır. Gerilim çıkışı olarak üç faza ek olarak bir faz ve bir nötr olmak üzere beş çıkışı bulunmaktadır.

Koruma rölesinden input ve output bilgilerini alan dijital ve analog çıkışların yanında DC çıkışı da bulunmaktadır. Test cihazı, üzerindeki ekran vasıtasıyla kumanda edilebileceği gibi RS232, Ethernet ve USB kablo aracılığıyla bilgisayar üzerinden de kumanda edilebilir.[24]



Şekil 5.1 Artes 460 röle test cihazı

5.3.2 Simülasyon Yazılımı

Artes 460 röle test cihazı Artes yazılımı ile bilgisayar üzerinden ayarlanabilmektedir. Bu yazılım ile istenen saha, arıza simülasyonu ayarı test cihazına aktarılabilir. Röle ayarlarının da yazılım üzerine tanımlanmasıyla birlikte test düzeni çalışmaya hazır duruma getirilir. Bu işlemlerden sonra test yapıldığında röle test cihazı röleye verdiği arızalarda rölenin tepkilerini inceler ve buna göre yazılımda rölenin doğru çalışıp çalışmadığı görülebilir. Bunların yanı sıra elde edilen test sonuçları pdf gibi farklı dosya türlerinde rapor olarak alınabilmekte ve program içine kaydedilebilmektedir. Ayrıca yazılımda yapılan koruma simülasyonları da kaydedilebilir ve daha sonra hazır şekilde uygulanabilir.

5.4 Olay Analiz Yöntemi

Bir olay, belli bir zaman aralığı için güç sisteminin işletme koşullarının gösterimidir. Olaylar, bir röle açması, güç sisteminde bir röle elemanını tetikleyen anormal bir durum veya bir olay yakalama komutu olabilir. Elektrik güç sistemlerinde gerçekleşen arıza gibi olaylar çok kısa sürelerde meydana gelmektedir. Arızaların nedenlerini öğrenmek için arızaların veya görülmesi istenen olayların kayıt altına alınması gerekli ve önemlidir. Piyasadaki pek çok koruma rölesinde olay kayıt özelliğini görmek mümkündür.

5.4.1 Olay Kayıt Yazılımları

Sel rölelerinin kendi içinde röle modeline ve serisine göre rölenin olay kayıt özelliği değişkenlik göstermektedir. Olay kayıtlarının alınarak analiz edilebilmesi için yine aynı firma tarafından sağlanan Acselerator Quickset ve Acselerator Analytic Assistant programları kullanılmaktadır. Bu programlar aracılığıyla elde edilen olay raporları; güç sisteminin anlık görüntülerini, açma ve tetikleme bilgilerini, olay tarihi ve süresini, örneklenmiş analog bilgileri, input-output durumlarını, röle elemanlarını ve dijital sinyallerini içermektedir.[25]Quickset programı ile röleye önceki bölümlerde gösterildiği üzere ayarlar yüklenilir ve var olan ayarlar, olay kayıtları formatında çekilir. Acselerator Analytic Assistant programı ile de çekilen olay kayıtları farklı biçimlerde görsel olarak incelenebilir.

Bu çalışmada kullanılan Sel-421 rölesinde olay kayıt özelliği mevcuttur. Olay kayıtları önceki bölümde belirtilmiş olan tüm özellikleri sağlamaktadır. Fakat uygun zaman senkronizasyonu için ek teçhizata ve donanıma ihtiyaç vardır. Sel-421 rölesi yüksek doğrulukta zamanlama için bir IRIG-B saat girişi ile donatılmıştır. Uygun bir dış saat (Örneğin Sel-2407) kullanıldığında, Sel-421, veri toplama sistemini alınan saate eşler. Bu şekilde gerçek zamanlı kayıt alınabilir.[25]

5.4.2 Olay Kaydı Röle Ayarları

Acselerator Quickset programı yardımıyla Report bölümünde rölede tüm olay kayıt ayarları yapılabilir. Sel-421 rölesinde olay kayıt ayarı yapılırken ilk olarak istenilen olay kaydının örnekleme hızı ve aralığı belirlenir. Olay kaydı etkin örnekleme hızı için SRATE ayarı 1,2,4,8kHz değerlerinden biri olarak seçilebilir. Bu değer ayarına göre arıza öncesi kayıt uzunluğu (PRE) ve toplam arıza kayıt uzunluğu (LER) farklılık göstermektedir. Çizelge 5.1'de örnekleme durumuna göre kayıt uzunlukları gösterilmiştir. Bu değerler belirtildikten sonra olay kayıtlarında görülmesi istenen elemanlar 'Event Reporting Digitals' bölümüne tanımlanır. Son olarak da açma lojik denklemlerinin yazıldığı Trip Logic bölümünde olay raporu tetikleme denklemi olan ER ayarına olay kayıt başlangıç denklemi yazılır. Röle olay kaydını bu denklemdeki şartlardan herhangi biri sağlandığı zaman başlatır.Bu ayara yazılan koşullarda genellikle yükselen kenar tetikleme elemanı(R_TRIG) kullanılır.Özellikle mesafe koruma gibi gecikmeli kademeleri olan korumalarda bu yöntem gecikmeyi teyit etmek açısından çok önemlidir.Bazı durumlarda düşen kenar tetikleme elemanı (F_TRIG) da kullanılabilir.Uygulama esnasında Sel-421 rölesine girilen ayarlar aşağıdaki gibidir.Görüldüğü gibi güç salınımı koruma simülasyonu için etkin örnekleme hızı 8kHz ve mesafe koruma simülasyonu için 4kHz'dir.Güç salınımı koruma kayıtlarında hassas ölçümler yapabilmek için (1,875 cycle gibi) örnekleme hızı maksimum olmalıdır.Diğer yandan mesafe koruması için maksimum gecikme süresi 2 saniye olduğu için arıza başlangıcı ve açma sinyali de göz önünde bulundurularak örnekleme hızı 4kHz'e ayarlanarak olay raporunun 3 saniye olması sağlanmıştır.Çizelge 5.2'de denkleme yazılan röle lojik elemanlarının açıklamaları verilmiştir.

ER := R_TRIG M1P OR R_TRIG Z1G OR R_TRIG M2P OR R_TRIG Z2G OR R_TRIG M3P OR R_TRIG Z3G OR R_TRIG M4P OR R_TRIG Z4G OR R_TRIG M5P OR R_TRIG Z5G OR R_TRIG OSB OR R_TRIG OOSDET OR R_TRIG OSTI OR R_TRIG OSTO OR R_TRIG X6ABC OR R_TRIG X7ABC Olay Raporu Tetikleme Denklemi (SELOGIC Denklemi)

-Güç salınımı koruması olay raporu röle ayarları

SRATE := 8 Olay Raporu Etkin Örnekleme Hızı (1, 2,4,8 kHz)

LER := 2 Olay Raporu Süresi (0,25-2 Saniye)

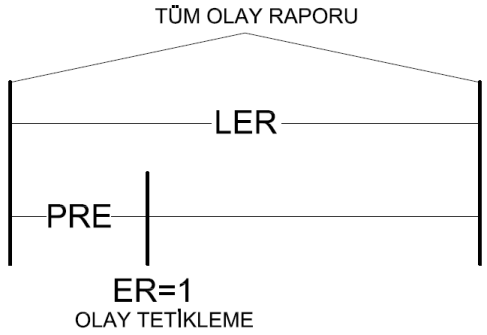
PRE := 0,1 Arıza Öncesi Süre (0,05-1,95 Saniye)

-Mesafe koruması olay raporu röle ayarları

SRATE := 4 Olay Raporu Etkin Örnekleme Hızı (1, 2,4,8 kHz)

LER := 3 Olay Raporu Süresi (0,25-3 Saniye)

PRE := 0,1 Arıza Öncesi Süre (0,05-2,95 Saniye)



Şekil 5.2 Olay rapor sistemi

Çizelge 5.1 Bağlantılı olay raporu ayarları

Ayar Fonksiyonu	Tanım	Aralık	Varsayılan
SRATE	Etkin Örnekleme Hızı	1-2-4-8 kHz	2 kHz
SRATE = 8 kHz			
LER	Toplam Rapor Süresi	0,25-2,00 saniye	0,5 saniye
PRE	Olay Öncesi Kayıt Süresi	0,05-1,95 saniye	0,1 saniye
SRATE = 4 kHZ			
LER	Toplam Rapor Süresi	0,25-3,00 saniye	0,5 saniye
PRE	Olay Öncesi Kayıt Süresi	0,05-2,95 saniye	0,1 saniye
SRATE = 2 kHZ			
LER	Toplam Rapor Süresi	0,25-4,00 saniye	0,5 saniye
PRE	Olay Öncesi Kayıt Süresi	0,05-3,95 saniye	0,1 saniye
SRATE = 1 kHZ			
LER	Toplam Rapor Süresi	0,25-5,00 saniye	0,5 saniye
PRE	Olay Öncesi Kayıt Süresi	0,05-4,95 saniye	0,1 saniye

Çizelge 5.2 Lojik eleman açıklamaları

Röle Lojik Elemanı	Açıklama
M1P	Mesafe Koruma 1.Bölge Faz-Faz Elemanı Başlatma
M2P	Mesafe Koruma 2.Bölge Faz-Faz Elemanı Başlatma
M3P	Mesafe Koruma 3.Bölge Faz-Faz Elemanı Başlatma
M4P	Mesafe Koruma 4.Bölge Faz-Faz Elemanı Başlatma
M5P	Mesafe Koruma 5.Bölge Faz-Faz Elemanı Başlatma
Z1G	Mesafe Koruma 1.Bölge Faz-Toprak Elemanı Başlatma
Z2G	Mesafe Koruma 2.Bölge Faz-Toprak Elemanı Başlatma
Z3G	Mesafe Koruma 3.Bölge Faz-Toprak Elemanı Başlatma
Z4G	Mesafe Koruma 4.Bölge Faz-Toprak Elemanı Başlatma
Z5G	Mesafe Koruma 5.Bölge Faz-Toprak Elemanı Başlatma
OOSDET	Güç Salınımı Belirleme
OSB	Güç Salınımı Blokaj
OSTO	Güç Salınımı Çıkışta Açma
OSTI	Güç Salınımı Girişte Açma
X6ABC	Empedans Gezeneği 6.Bölge İçinde
X7ABC	Empedans Gezeneği 7.Bölge İçinde

5.5 Tipik Mesafe Koruma Analizleri

Bu bölümde Bölüm 4.1'de hesabı yapılmış olan Gebze Makine OSB Tepeören hat fiderinin tipik mesafe koruma projelendirmesi ve simülasyonu yapılacaktır.

5.5.1 Projelendirme

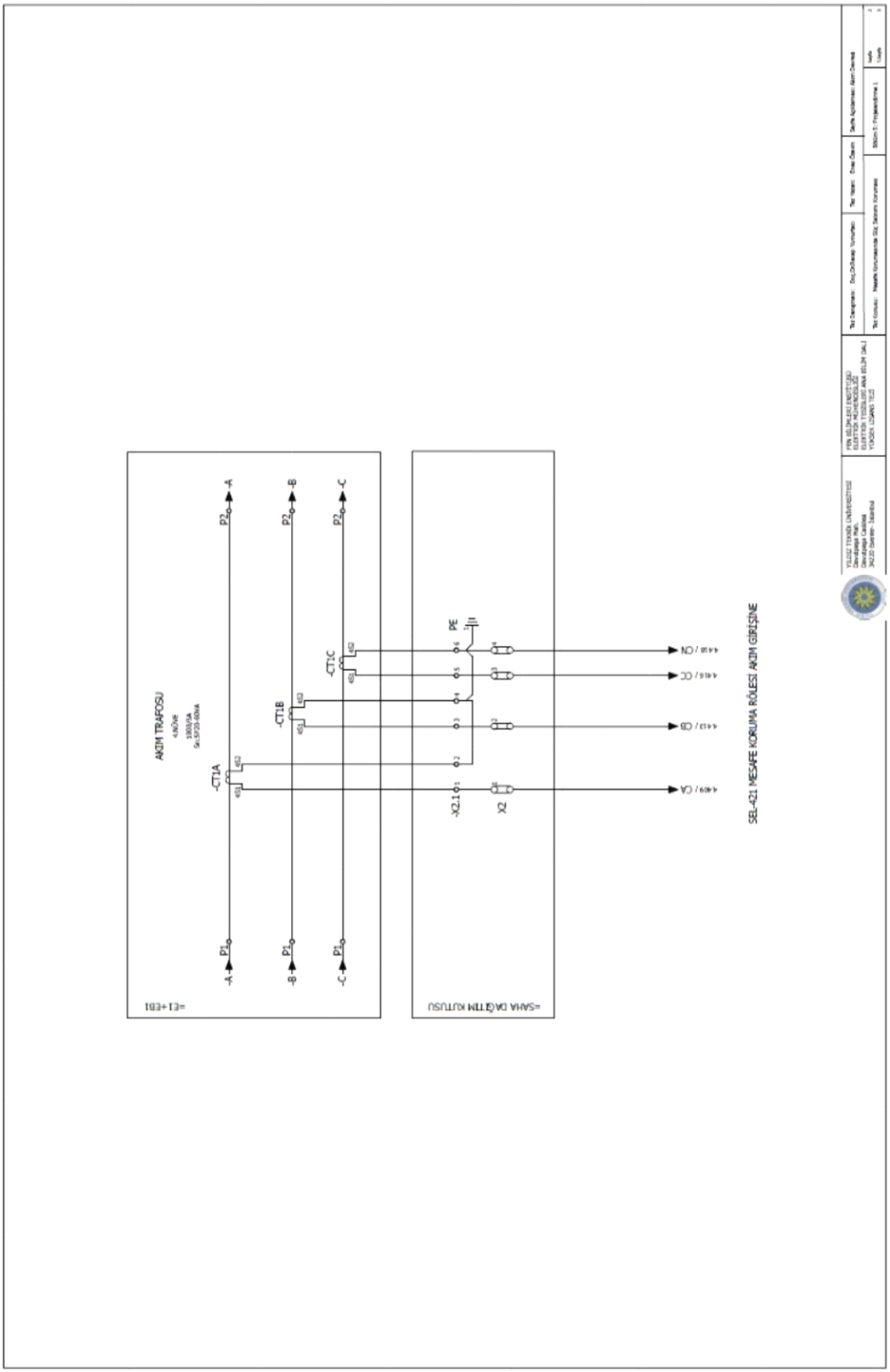
Gebze Makine OSB Tepeören hat fiderinin tipik mesafe koruma projelendirmesi Şekil 5.3,5.4,5.5,5.6 ve 5.7'de gösterilmiştir. Şekil 5.3'te proje kapak sayfası yer almaktadır.Şekil 5.4 ve 5.5'te =E1+EB11 olarak gösterilen bölüm trafo merkezini yani sahayı göstermektedir.Saha dağıtım kutusu ise saha ile röle panoları arasında bağlantı görevi yapan panodur. Şekil 5.6'da Sel-421 mesafe koruma rölesine saha dağıtım kutusundan gelen akım ve gerilim devrelerinin bağlantısı gösterilmektedir.

Şekil 5.7'de ise sekonder koruma açma ve besleme devresi gösterilmektedir. DC dağıtım panosundan +,- 110V DC beslemesi 2 kutuplu 6 A F11 otomatına gelir ve oradan da U101 Sel-421 rölesi besleme uçlarına bağlanır. XDC- klemensinden trip röleleri KA,KB,KC'nin ve hat kesicisinin – bağlantısı yapılır.XDC+ klemensinden ilk olarak U101 rölesinin trip kontakları OUT201,OUT202,OUT203 uçlarına besleme verilir.Aynı + hattı trip rölelerinin 3 nolu ortak uçlarına ve kesicinin + ucuna bağlanır.

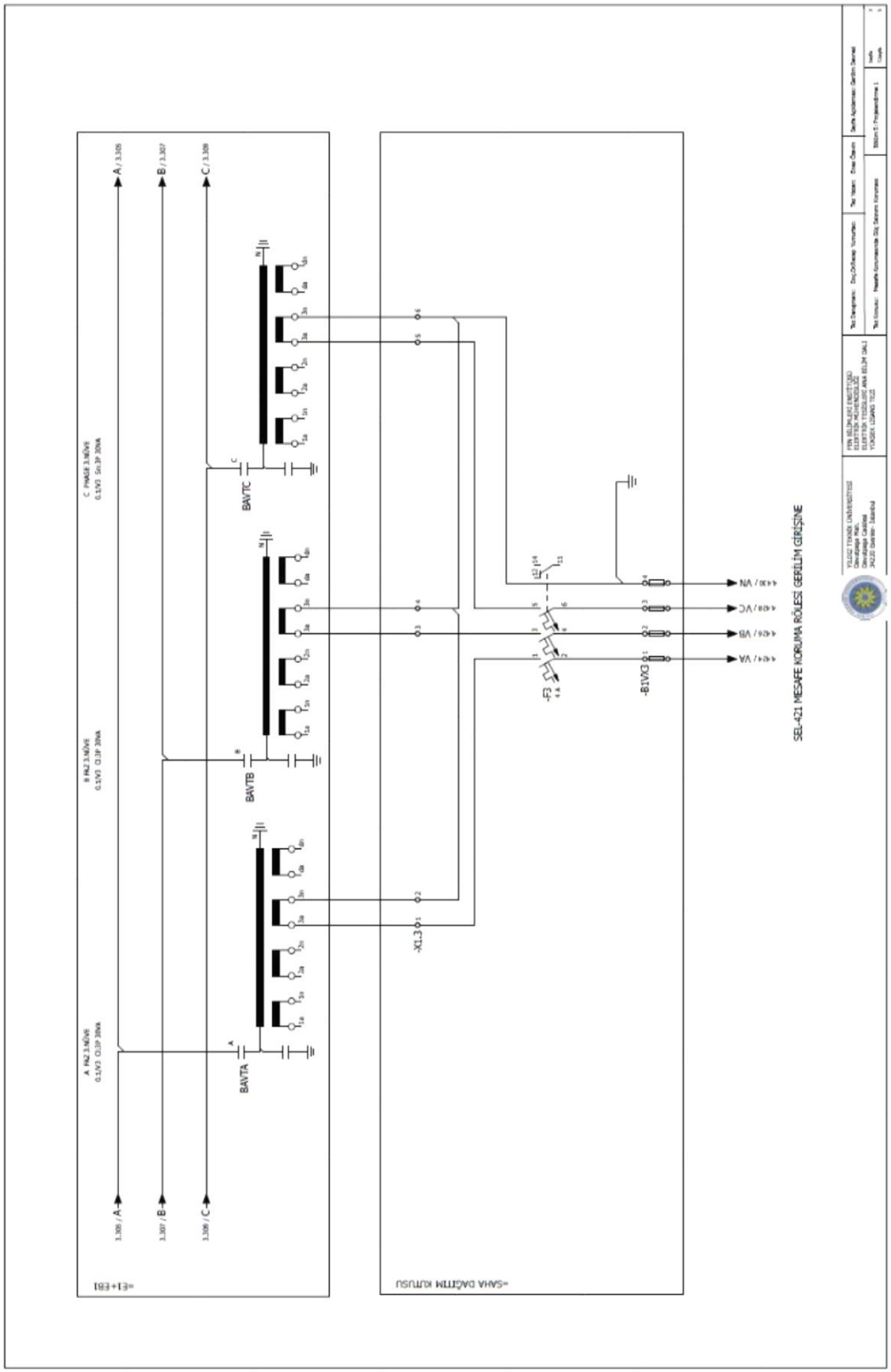
Mesafe koruma rölesi 1.bölgede bir arıza algılandığında ilgili faza ait trip kontağını kapatır. Örneğin A faz-toprak arızası olduğunda OUT201 kontağı kapanır ve + beslemesi KA trip rölesini enerjilendirir.Bu enerjilenmeyi takiben KA kontağı 11 pozisyonundan 7 pozisyonuna geçer ve kesicinin A faz açma bobinine giden hatta + beslemesi göndermiş olur.Bu durumda da kesicinin A fazına ait kutbu açılır.Mesafe koruma rölesi 2.,3.,4. ve 5.bölgelerdeki arızalar için faz seçiciliği uygulamaz.Örneğin 2.bölgede bir faz-toprak arızası görse dahi üç faza da açma sinyali gönderir.



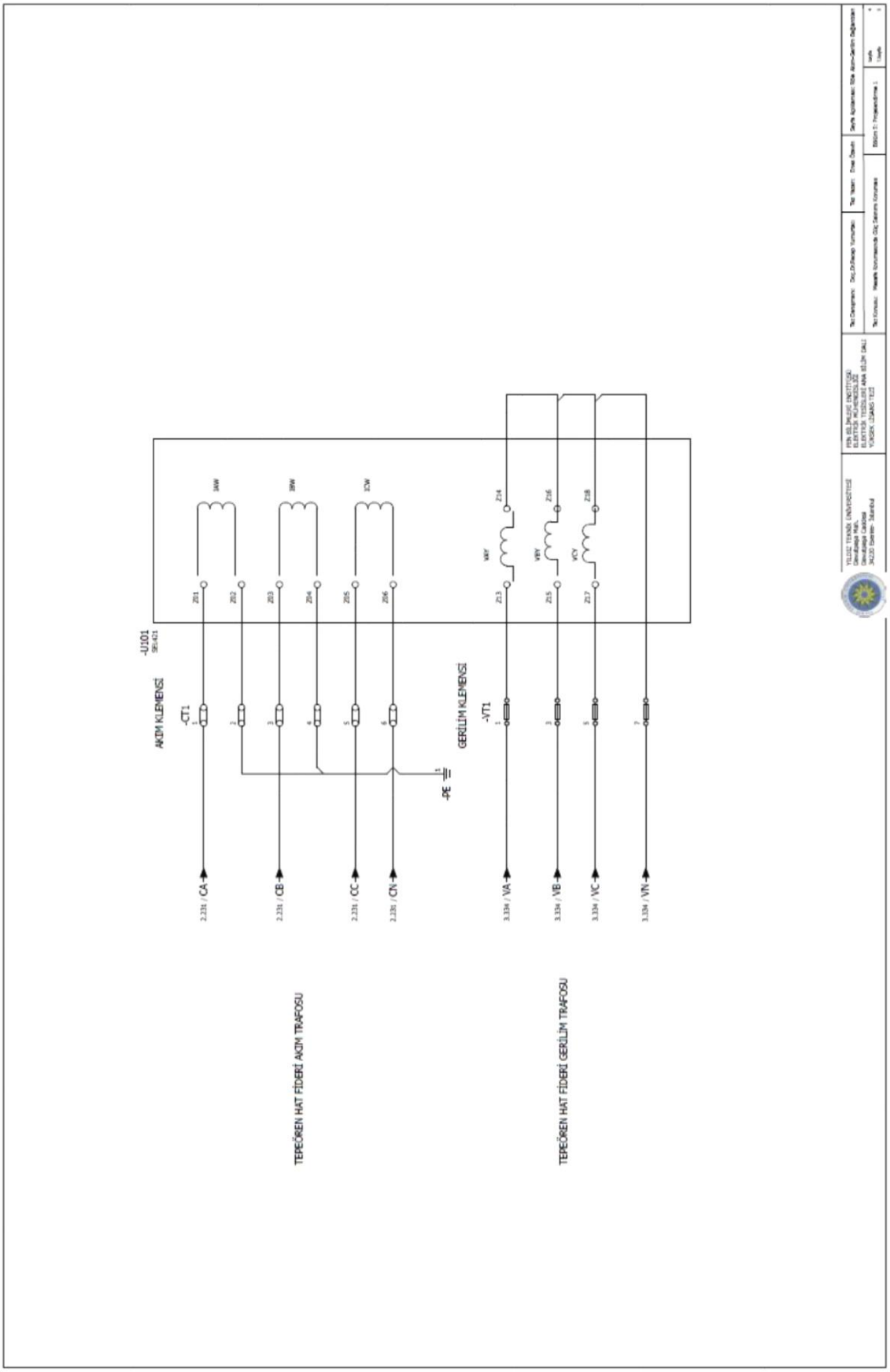
Şekil 5.3 Proje-1 kapak sayfası



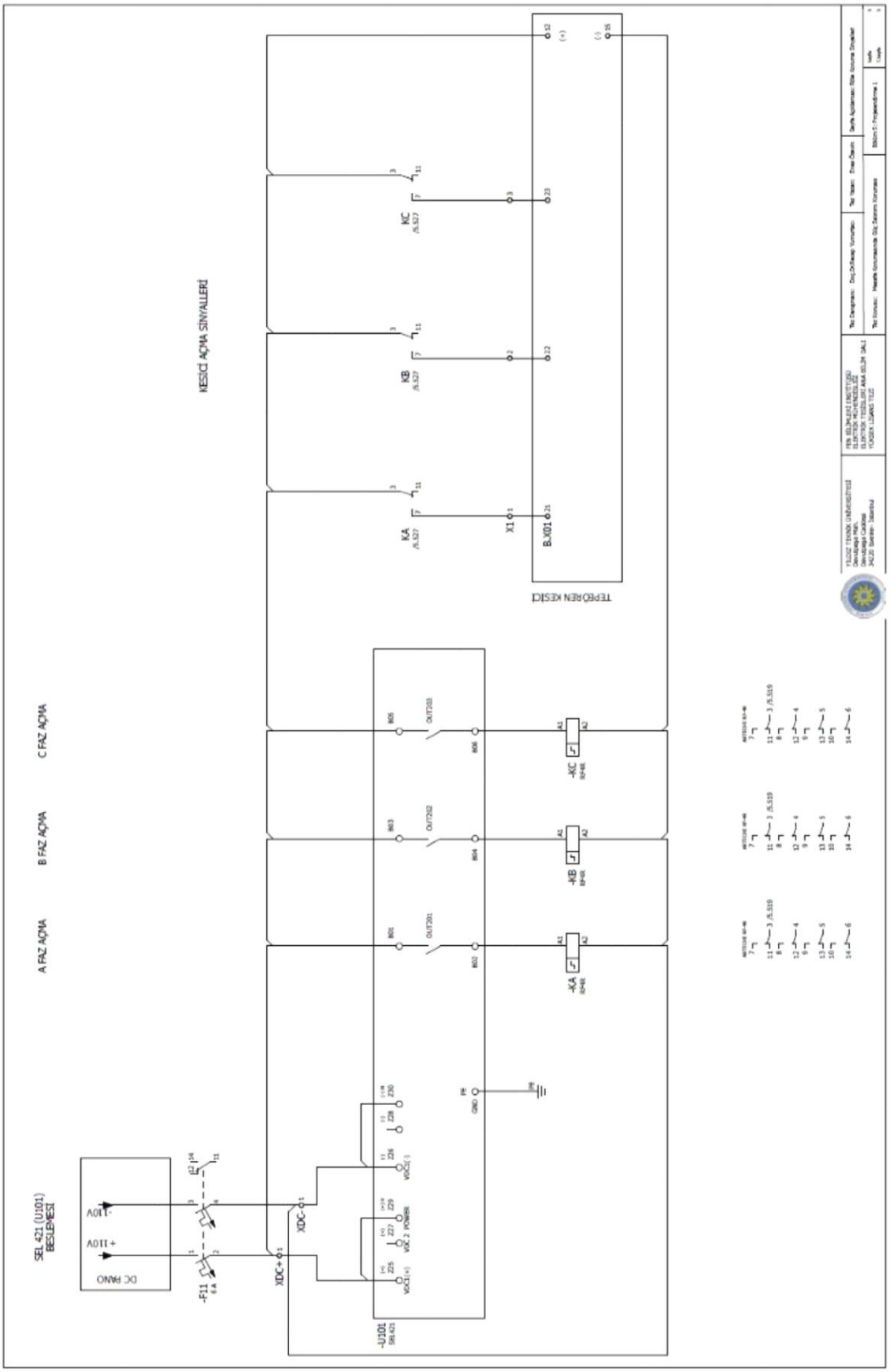
Şekil 5.4 Proje-1 akım devresi



Şekil 5.5 Proje-1 gerilim devresi



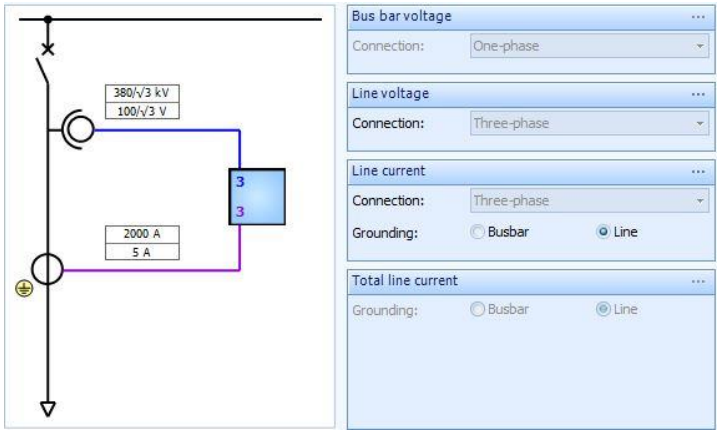
Şekil 5.6 Proje-1 röle akım-gerilim devresi



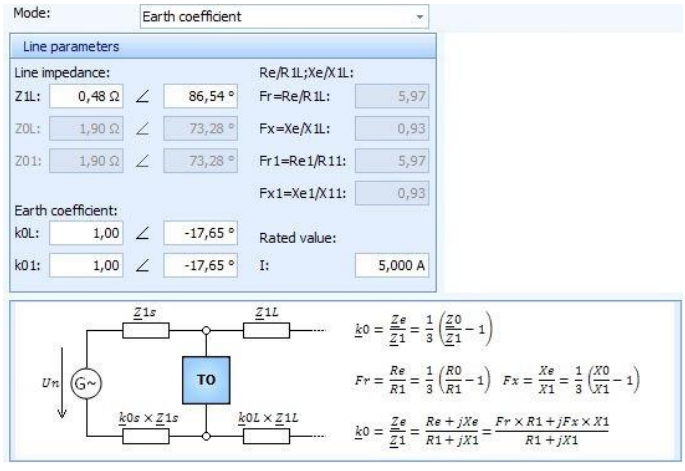
Şekil 5.7 Proje-1 koruma-besleme devresi

5.5.2 Sistem Simülasyonu

Projelendirmesi ve röle ayarları yapıldıktan sonra sistemin çalışmasını doğrulamak amacıyla simülasyon yapılmaktadır. Öncelikle Artes yazılımına korunacak olan hat parametreleri girilerek saha koşulları tanımlanır. Daha sonra mesafe koruma ayar parametreleri ve empedans diyagramı yazılıma tanıtılır. Şekil 5.8'de korunan hat fiderindeki akım ve gerilim trafo bilgilerinin yazılıma tanımlanmış hali gösterilmektedir. Şekil 5.9'da ise korunan hat değerlerinin tanımlandığı bölüm gösterilmektedir. Bölüm 4.1'de hesaplanan hat empedans ve açı değerleri ile k0 düzeltme faktörü bu bölüme girilmiştir. Bu iki aşamayla birlikte sistemin tanımlanması başarıyla gerçekleştirilmiş olur.

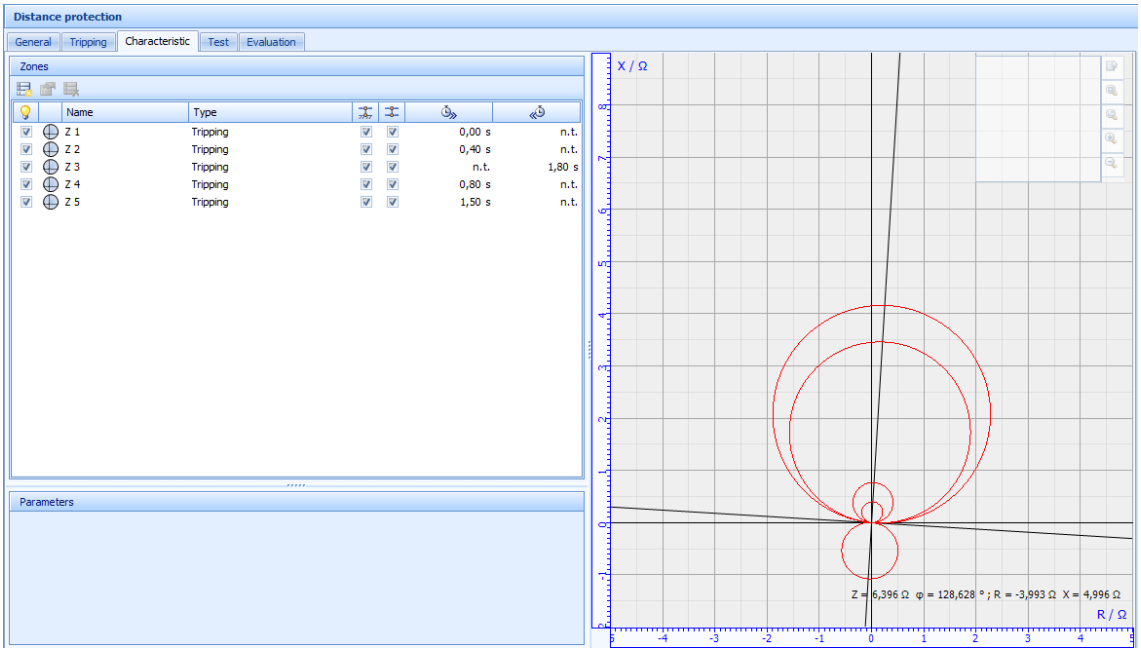


Şekil 5.8 Hat fideri simülasyonu-akım,gerilim trafo bilgileri

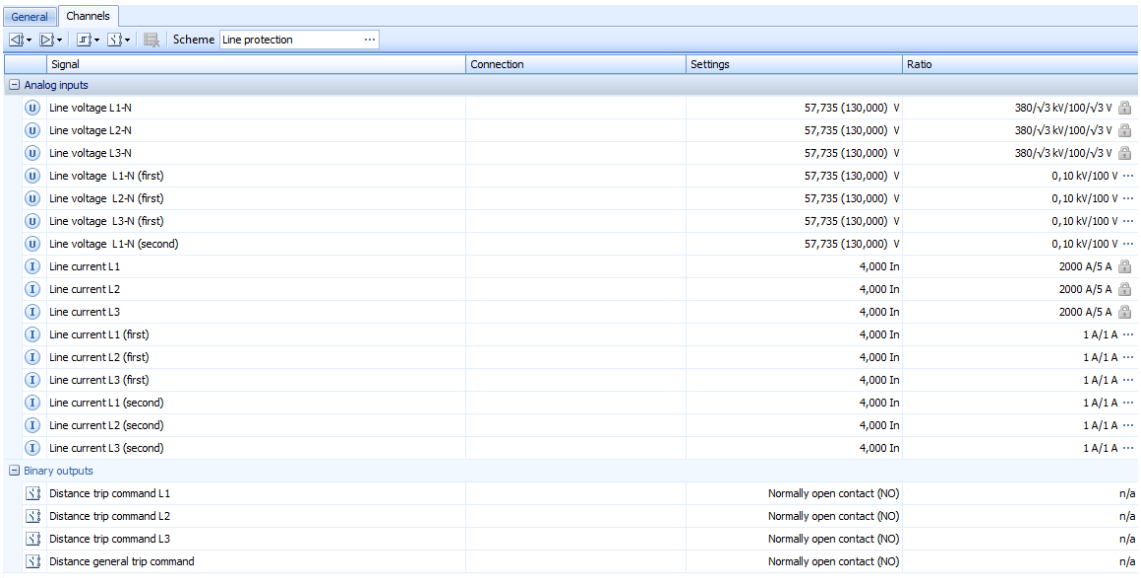


Şekil 5.9 Hat fideri simülasyonu-hat empedans bilgileri

Saha tanımlamaları yapıldıktan test yazılımına koruma ayarları yapılmalıdır. Koruma bölgeleri,gecikme süreleri,trip kontaklarının tanımlanması gerekmektedir.Şekil 5.10'da koruma bölgesi ayarlarının ve gecikme süresi ayarlarının yapıldığı bölüm gösterilmektedir.Şekil 5.11'de trip kontaklarının tanımlanması ve akım gerilim çıkış parametreleri gösterilmektedir.

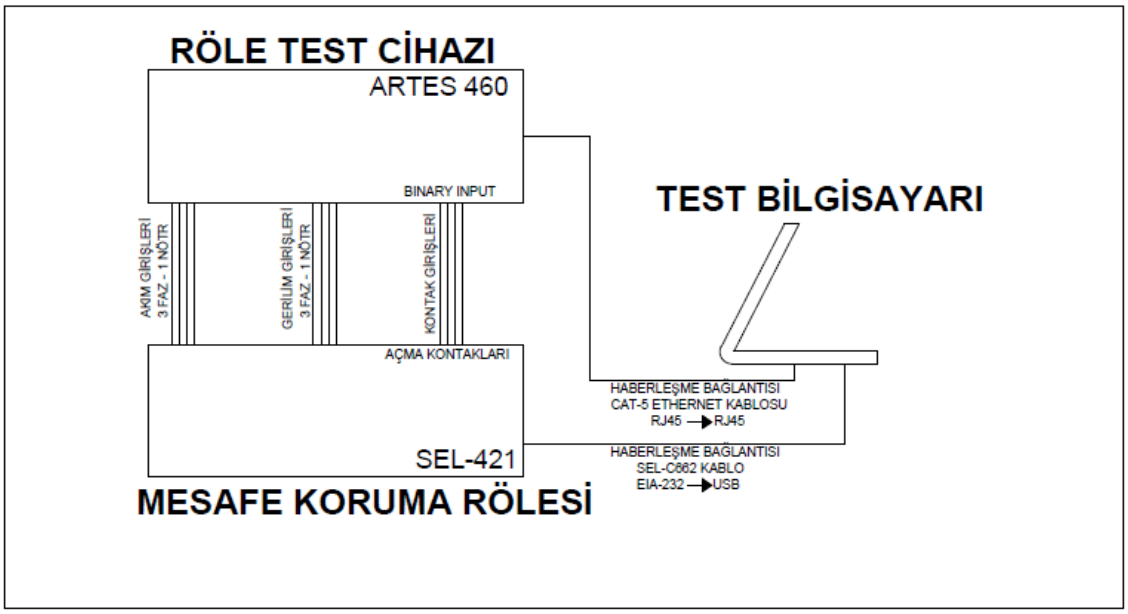


Şekil 5.10 Hat fideri simülasyon-koruma parametreleri



Şekil 5.11 Hat fideri simülasyon-trip kontakları,akım gerilim çıkışları

Tüm tanımlamalar yapıldıktan sonra test cihazına bağlanıldığında Artes 460 cihazı otomatik olarak ayarları algılar. Test esnasında bilgisayar aracılığıyla test cihazı kumanda edilebilir ve ayarlar değiştirilebilir.En doğru test sonuçlarını alabilmek açısından röleye bağlı olmak önemlidir.HMI özelliğiyle rölenin tüm kontak bilgileri ve alınan akım gerilim büyüklükleri hakkında gerçek zamanlı veriler elde edilebilir.Bu aşamalar gerçekleştirildikten sonra simülasyon uygulanmaya hazır duruma gelir. Şekil 5.12'de simülasyon düzeni gösterilmektedir.



Şekil 5.12 Tipik mesafe koruma simülasyon düzeni

5.5.3 Arıza Kayıtları ve Yorumlar

Elektrik sistemlerini veya ekipmanlarını meydana gelebilecek tüm olası arızaları giderecek biçimde dizayn etmek pratikte oldukça zordur. Sistemde meydana gelen arızalar genel olarak "Pasif Arıza" ve "Aktif Arıza" olarak iki ana gruba ayrılırlar.

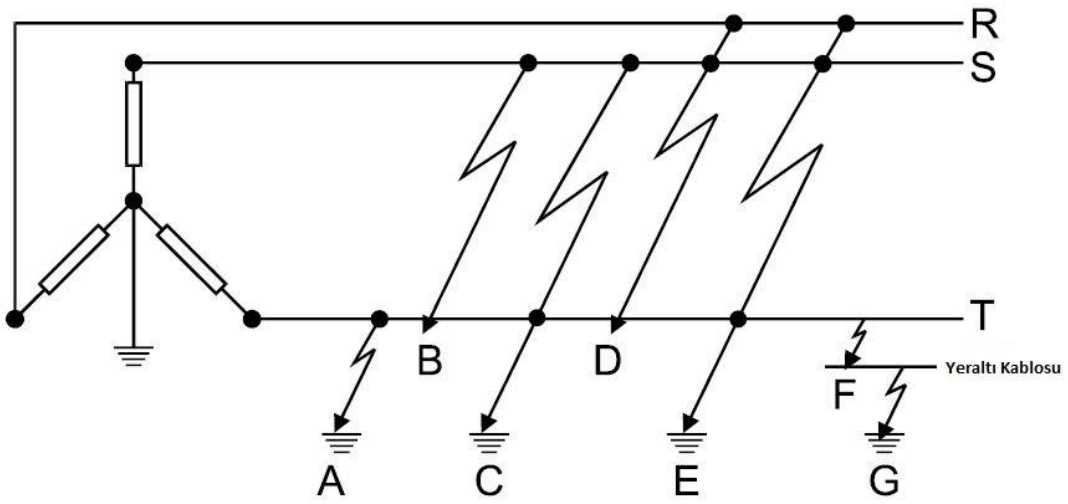
Aktif arızalarda aktif akım bir iletkenden diğer iletkene(faz-faz arızası) veya bir iletkenden toprağa(faz-toprak arızası) doğru akar. Aktif arızalar yeraltı kablolarının ezilmesi,iletkenlerin köprülenmesi gibi fiziksel koşullar nedeniyle oluşur ve büyük hasarlara yol açan yüksek akımlara neden olabilirler.Bu arızalar ani olarak giderilemediği takdirde hayati ve maddi kayıplara sebebiyet verebilir.

Pasif arızalar ise gerçek anlamda arızadan ziyade sistemi taşıyabileceği kapasitesinin üzerinde gerilim veya yük altında tutarak sistemde gerçek arızaların oluşmasına neden olan bozulmalardır. Örnek olarak güç salınımlarının generatörü zorlayarak senkronizasyon kaybına neden olması, aşırı yüklerin yalıtımda aşırı ısınmaya neden olması verilebilir. Düşük frekans ve aşırı gerilim de pasif arızalar kategorisine girmektedir.

Tipik mesafe korumasında meydana gelen arızalar aktif arızalardır. Üç faz arızalarında tüm fazlar arıza akımına maruz kalırken,fazlar arası ve faz-nötr arızalarda ise sadece ilgili fazlar arıza akımına maruz kalır.[26] Şekil 5.13'te üç fazlı bir sistemde meydana gelebilecek tüm arızalar gösterilmiştir. (F ve G kodlu arızalar yeraltı kablolarının kullanıldığı sistemler için geçerlidir.) Mesafe korumasınının aşırı akım korumasına göre en belirgin ve efektif özelliği hattan akım bilgisinin yanında gerilim bilgisini de alarak ölçtüğü empedansla doğru orantılı olarak arıza yerini saptaması ve ilgili kesiciyi açtırmasıdır. Bu şekilde seçicilik sağlanmış olur.

Bölüm 4.1'de tipik mesafe koruma hesap bölümünde açıklandığı üzere simülasyon yapılan Sel-421 mesafe koruma rölesinin sekonder akım girişi 5 A'dir ve hesaplama 2000/5A akım trafosuna göre yapılmıştır. Ayrıca simülasyon için kullanılan Artes 460 röle test cihazının verebileceği maksimum akım değeri 16A'dir.Bu durumda dinamik test esnasında röleye maksimum nominal akımın 3,2 katı(16/5) oranında arıza akımı verilebilmektedir. Bu bilgiler esnasında dinamik test esnasında mesafe koruma rölesine arıza kayıtlarından da anlaşılacağı üzere 15-16A değerleri uygulanmıştır.(3 faz arızalar

için 15A ve diğer arızalar için 16A).Bu durumda arıza akımının primer değeri 6-6,4 kA civarında simule edilmiştir. Gerçek arıza koşullarında arıza akım değeri nominal değerin 5-10 katı civarında seyredebilir. Ayrıca test cihazında oluşturulan arızalar esnasında akım değeri 15-16A değerlerinde sabit tutulduğundan 4. ve 5.bölgelerdeki arıza empedanslarını sağlayabilmek için gerilim değerleri artarak nominal değere yakın veya büyük değerlerde oluşmuştur. Mesafe koruma rölesinin empedans tabanlı çalıştığı ve açma yaptığı göz önüne alınarak rölenin doğru zaman gecikmeleriyle açma yaptığını göstermek amacıyla bu bölgelerin kayıtları da gösterilmiştir. Sonuç olarak röle sekonder giriş akımı değeri 1A olduğu zaman gerçek bir arızaya çok daha yakın simülasyon yapılabilmektedir.

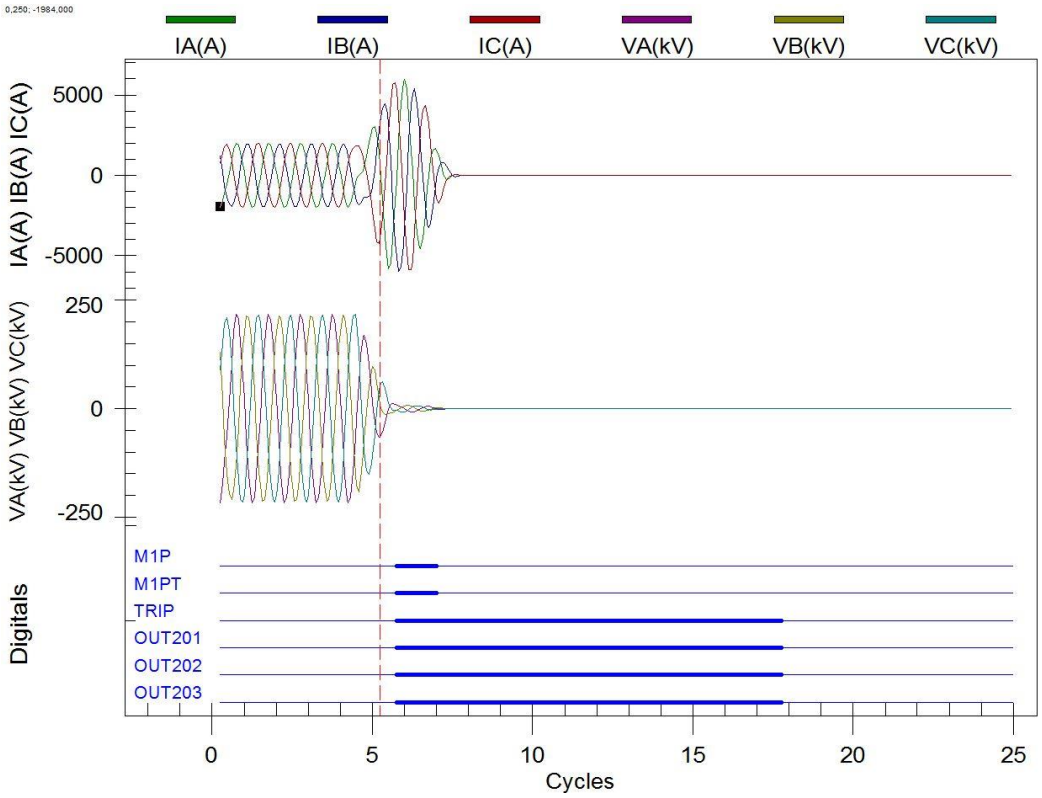


Şekil 5.13 Arıza türleri; A)faz-toprak, B)faz-faz, C)iki faz-toprak, D)üç faz, E)üç faz-toprak, F)faz-kablo,G)kablo-toprak

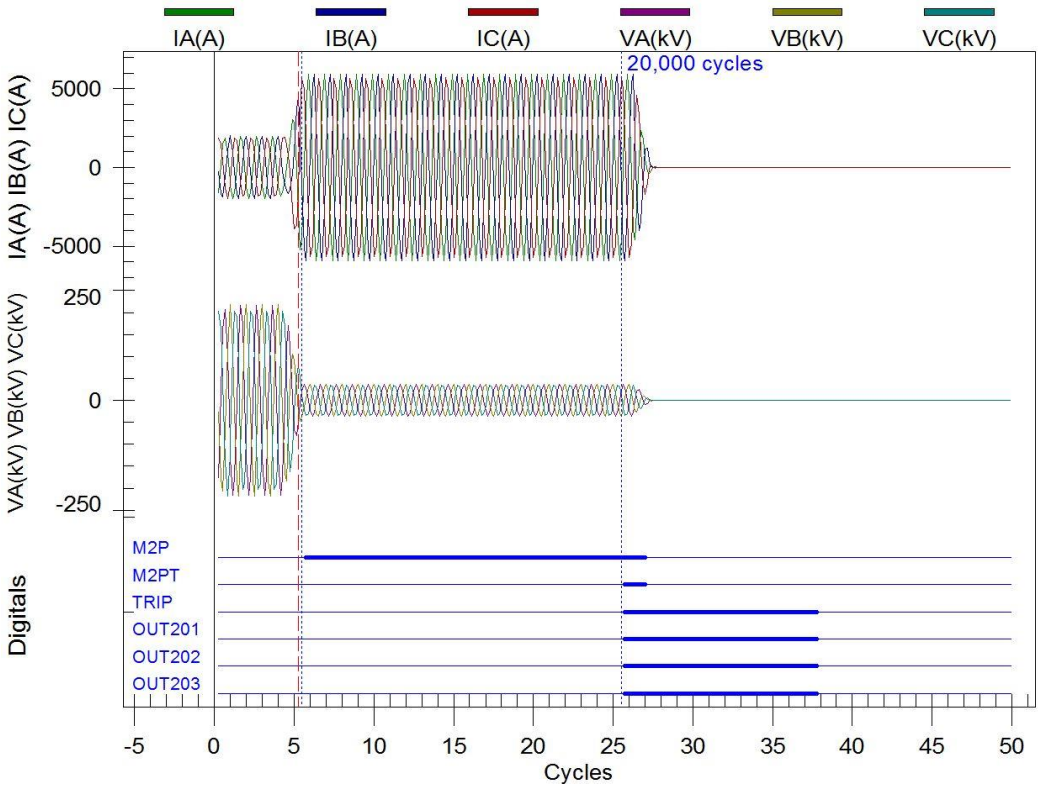
5.5.3.1 Üç Fazlı Arızalar

Üç fazlı arızalar Şekil 5.13(D)'den de anlaşılacağı üzere üç fazın da arıza akımına maruz kaldığı arızalardır.Şekil 5.14,5.15,5.16,5.17 ve 5.18 sırasıyla 1.,2.,3.,4. ve 5. bölge için üç faz arıza kayıtlarıdır.Röle ilgili bölgede arızayı algıladığı zaman röle zaman gecikmesine kadar bekler ve süre dolduğunda açma yapar. Arıza olduktan sonra açma kontaklarının çekili kalma süresi röle ayarında değiştirilebilir. Bu çalışmada bu değer kesicinin arızayı giderme süresi de dikkate alınarak 9 çevrim(cycle) olarak ayarlanmıştır. Ani açma yapmaya ayarlanmış olan 1.bölgenin haricindeki diğer bölgeler için koruma rölesi arıza algılandıktan sonra gecikme süresi kadar bekler ve sonrasında arıza kontaklarını

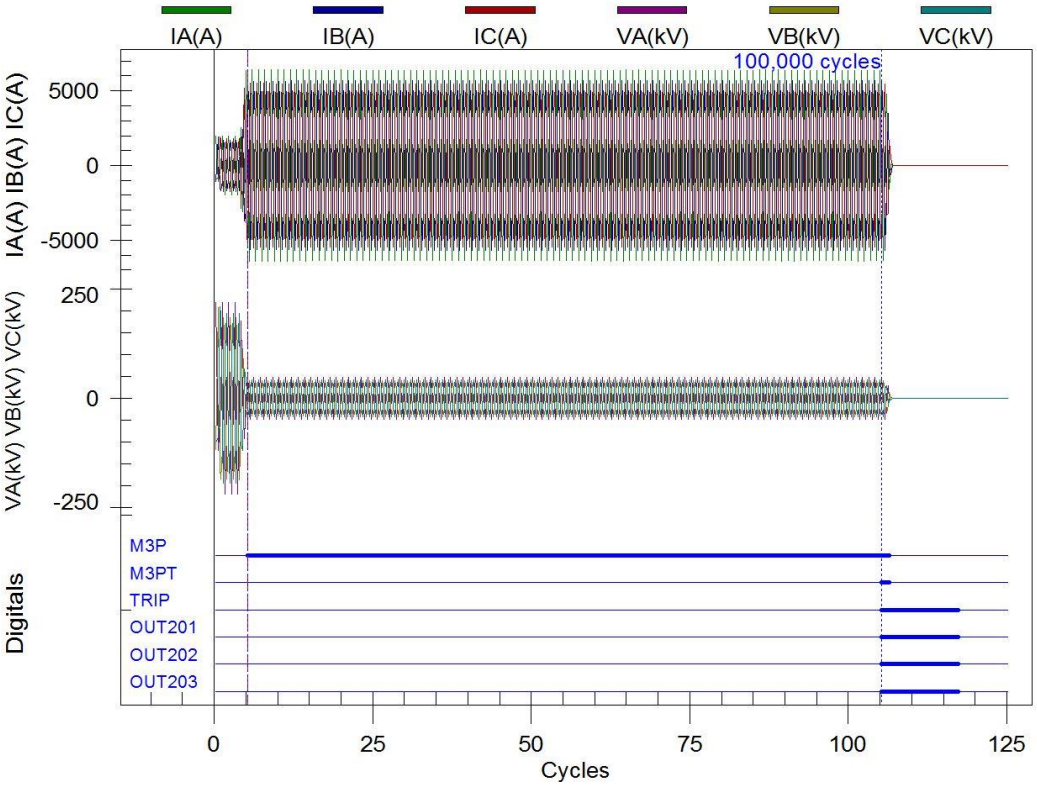
kapatarak kesiciye sinyal gönderir. Şekil 5.15,5.16,5.17 ve 5.18'de arıza başlangıç anı ile rölenin arıza kontaklarının kapattığı süre ölçülmüştür ve ayarlanan değerlerle eşdeğer olduğu görülmektedir. Şekil 5.19'da ise her bölge için arıza esnasında rölenin arıza kayıtlarından alınan akım ve gerilim fazör diyagramları gösterilmektedir. Buna göre 3.bölge ters bölge koruması yaptığından arıza akımı diğer bölge arıza akımlarına göre ters yöndedir.



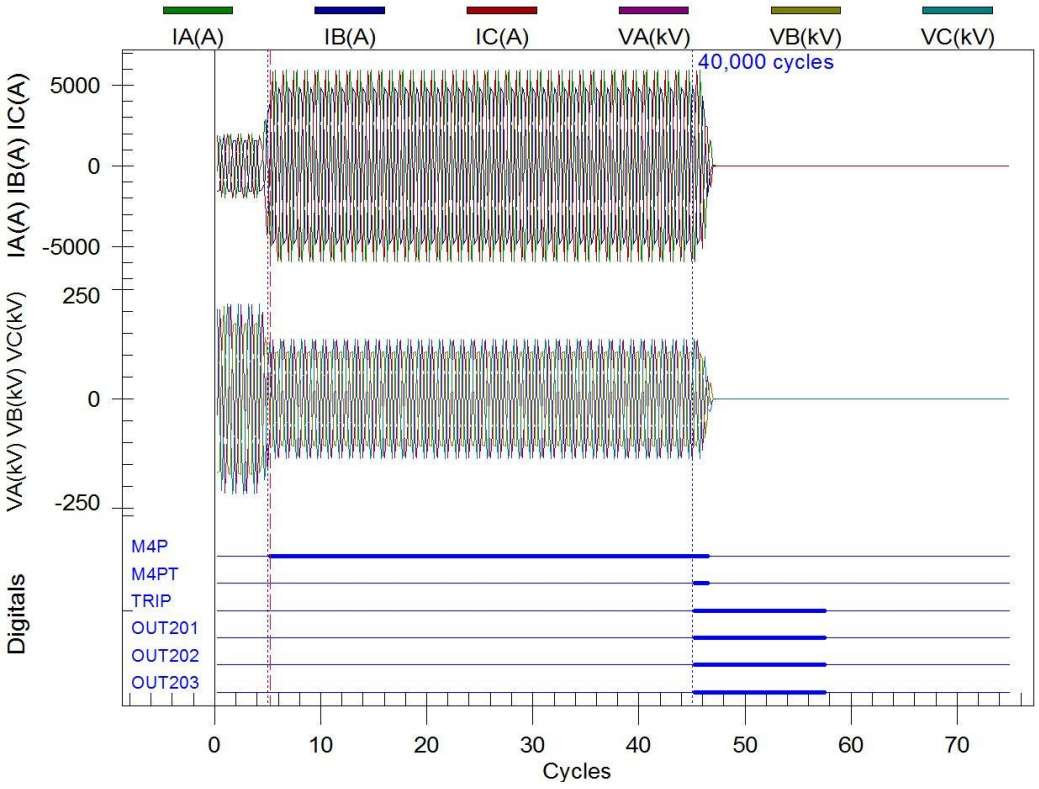
Şekil 5.14 1.Bölge üç faz arıza kaydı



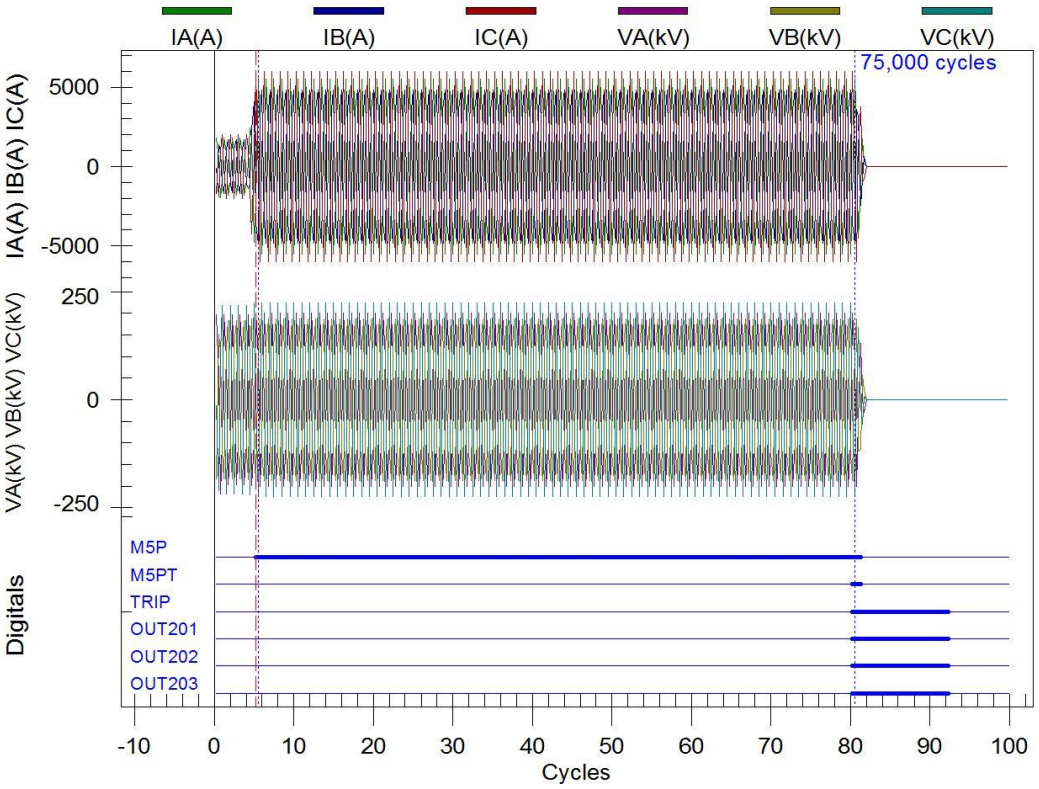
Şekil 5.15 2.Bölge üç faz arıza kaydı



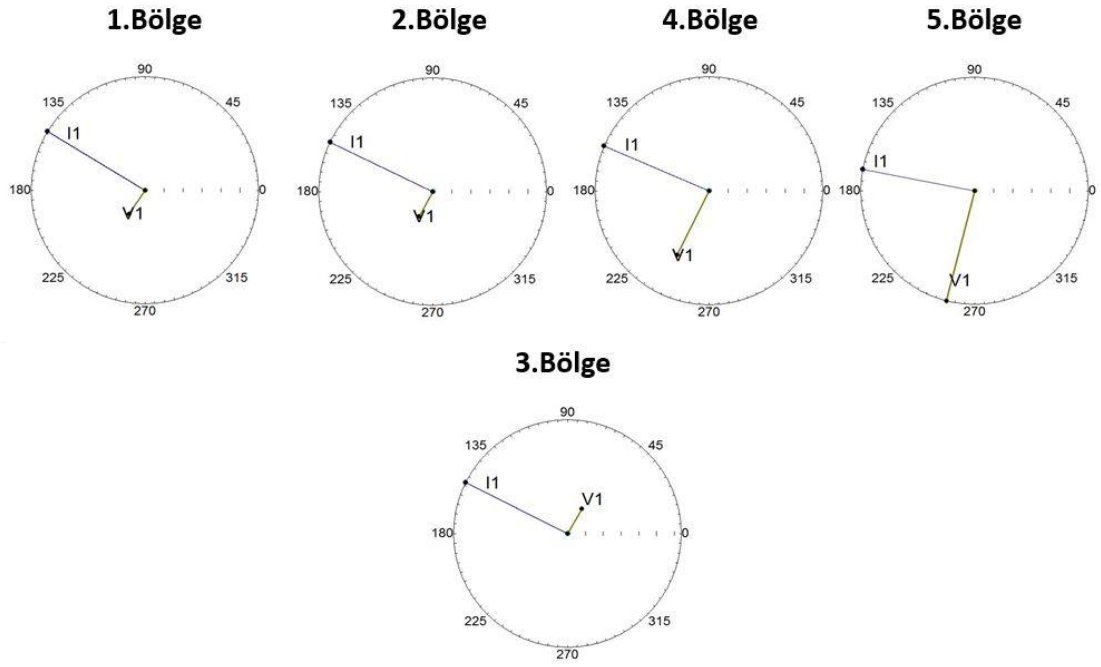
Şekil 5.16 3.Bölge üç faz arıza kaydı



Şekil 5.17 4.Bölge üç faz arıza kaydı



Şekil 5.18 5.Bölge üç faz arıza kaydı



Şekil 5.19 Üç fazlı arızalar için akım-gerilim fazör diyagramları

Üç faz arıza simülasyon testi esnasında röle test cihazı da test ettiği rölenin açma kontaklarının bilgisini (binary input girişlerine kablo bağlantısı yoluyla) almaktadır. Bu sayede arıza olayını simule ettiği sürede açma kontaklarının gecikmesini kontrol etmekte ve kabul edilebilir hata oranıyla kıyaslamaktadır. Bu çalışmada açma kontak gecikmesi hata oranı %10 olarak ayarlanmıştır. Buna göre röleden alınan değer ile yazılıma girilen değer arasında %10'u geçmeyen bir sapma varsa test cihazı rölenin ilgili simülasyondan başarıyla çıktığını bildirmektedir. Şekil 5.20'de Artes yazılımının test esnasındaki ara yüz resmi gösterilmektedir. Buna göre sağ taraftaki empedans diyagramında her bölge için nokta şeklinde belirtilen bölgeler için röleye arıza akım ve gerilimi uygulanmıştır. Sol tarafta ise belirlenen bölgelerdeki empedans değeri ve açısı gösterilmiştir. Ayrıca röleden alınan gerçek açma kontak kapanma süresi(Actual),ideal açma kontak kapama süresi(Reference),yüzde hata oranı ve hata akım farkı gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere Sel-421 mesafe koruma rölesi istenen bölgelerde hata oranını aşmayacak şekilde açma kontaklarını kapatmıştır. Koruma bölgelerinin dışında ise açma kontakları olması gerektiği gibi pasif kalmıştır. Şekil 5.20'deki testlerle ilgili olarak Şekil 5.21'de yine rölenin arıza kaydından alınan empedans değerleriyle orantılı arıza yerleri gösterilmektedir.

Şekil 5.20 Üç faz simülasyon testi

1.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10003
EVENT	ABC T
LOCATION	5.03
NFREQ	50

2.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10002
EVENT	ABC T
LOCATION	22.61
NFREQ	50

3.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10000
EVENT	ABC T
LOCATION	-28.32
NFREQ	50

4.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10001
EVENT	ABC T
LOCATION	86.04
NFREQ	50

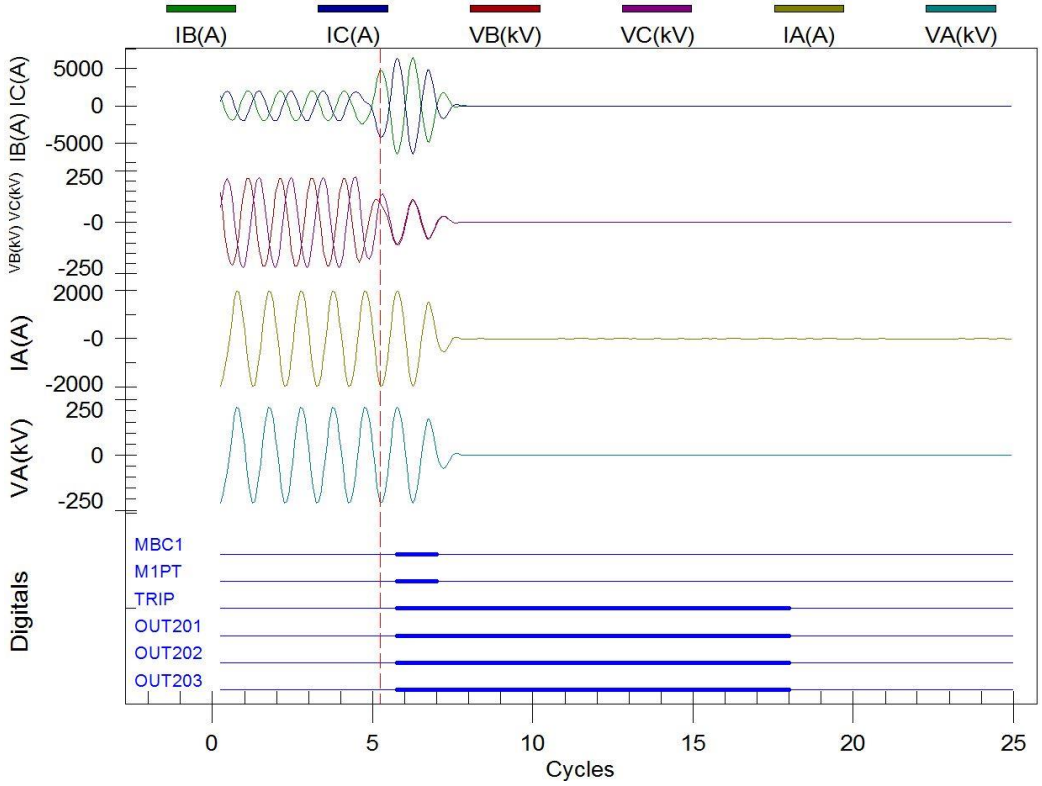
5.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10000
EVENT	ABC T
LOCATION	140.35
NFREQ	50

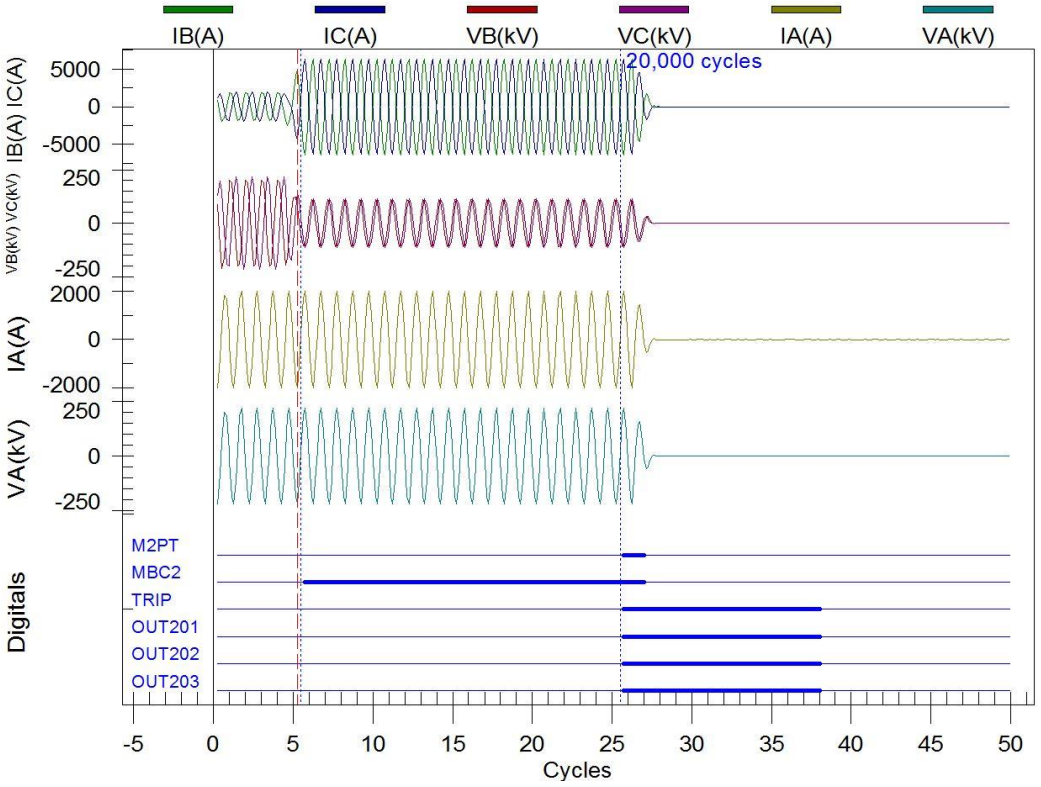
Şekil 5.21 Arıza yeri tespit değerleri

5.5.3.2 Faz-Faz Arızaları

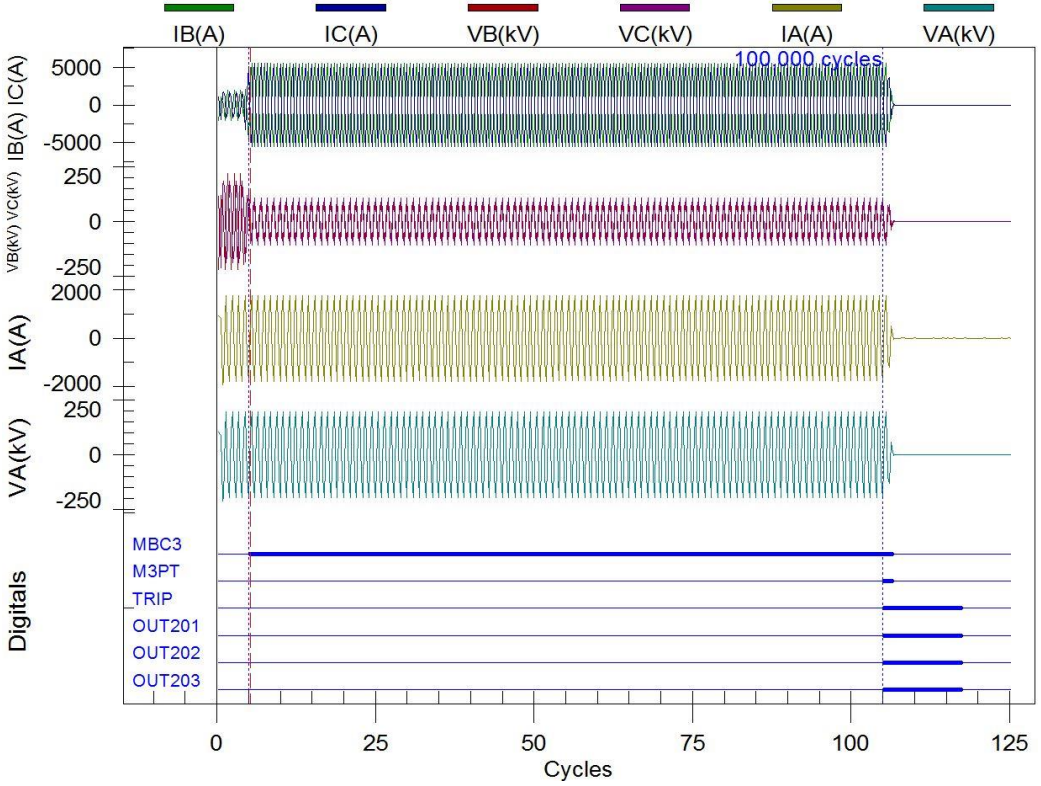
Fazlar arasındaki arızalar Şekil 5.13(B)'den de anlaşılacağı üzere ilgili iki fazın arıza akımına maruz kaldığı arızalardır. Şekil 5.22,5.23,5.24,5.25 ve 5.26 sırasıyla 1.,2.,3.,4. ve 5. bölge için B-C faz arası arıza kayıtlarını göstermektedir.Üç faz arıza testinde olduğu gibi rölenin arızayı algılama anı ile açma kontaklarına arıza sinyali gönderme süresi ölçülmüş ve gecikme süresi ayarlarına göre doğrulanmıştır.Fazlar arası arıza esnasında mesafe koruma rölesi faz seçiciliği gözetmez yani sağlıklı faz için de açma sinyali gönderir. Şekil 5.22,5.23,5.24,5.25 ve 5.26'da A faz açma sinyal kontağı OUT201 de arıza esnasında diğer arızalı faz kontakları gibi kesiciye sinyal gönderir. Şekil 5.27'de Artes röle test yazılımının B-C fazlar arası arıza testi esnasında ara yüz resmi gösterilmektedir. Şekil 5.28'de ise röleden alınan arıza yeri tespit değerleri gösterilmektedir.



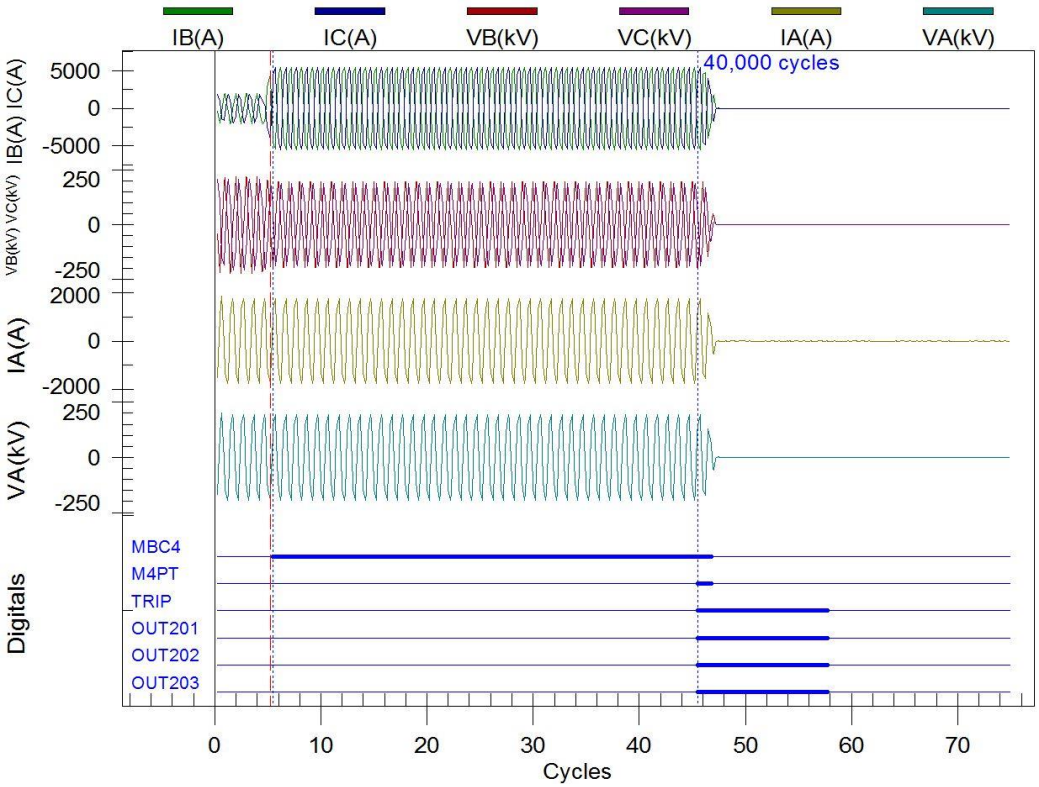
Şekil 5.22 1.Bölge B-C faz-faz arızası



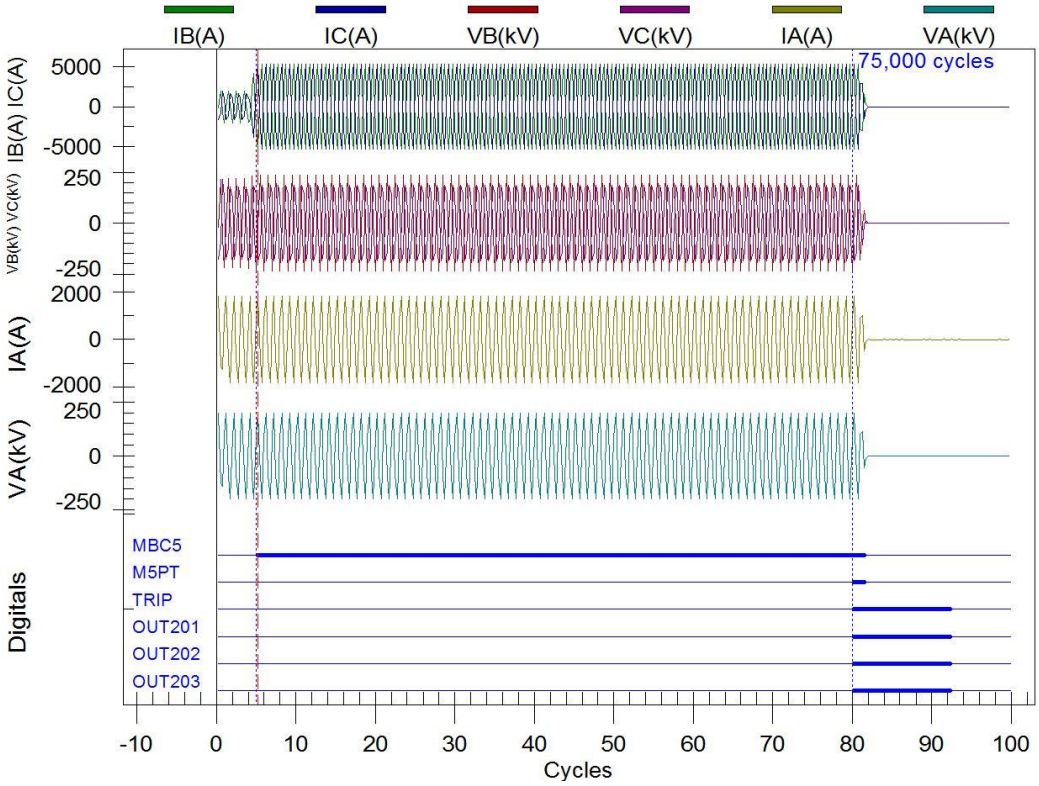
Şekil 5.23 2.Bölge B-C faz-faz arızası



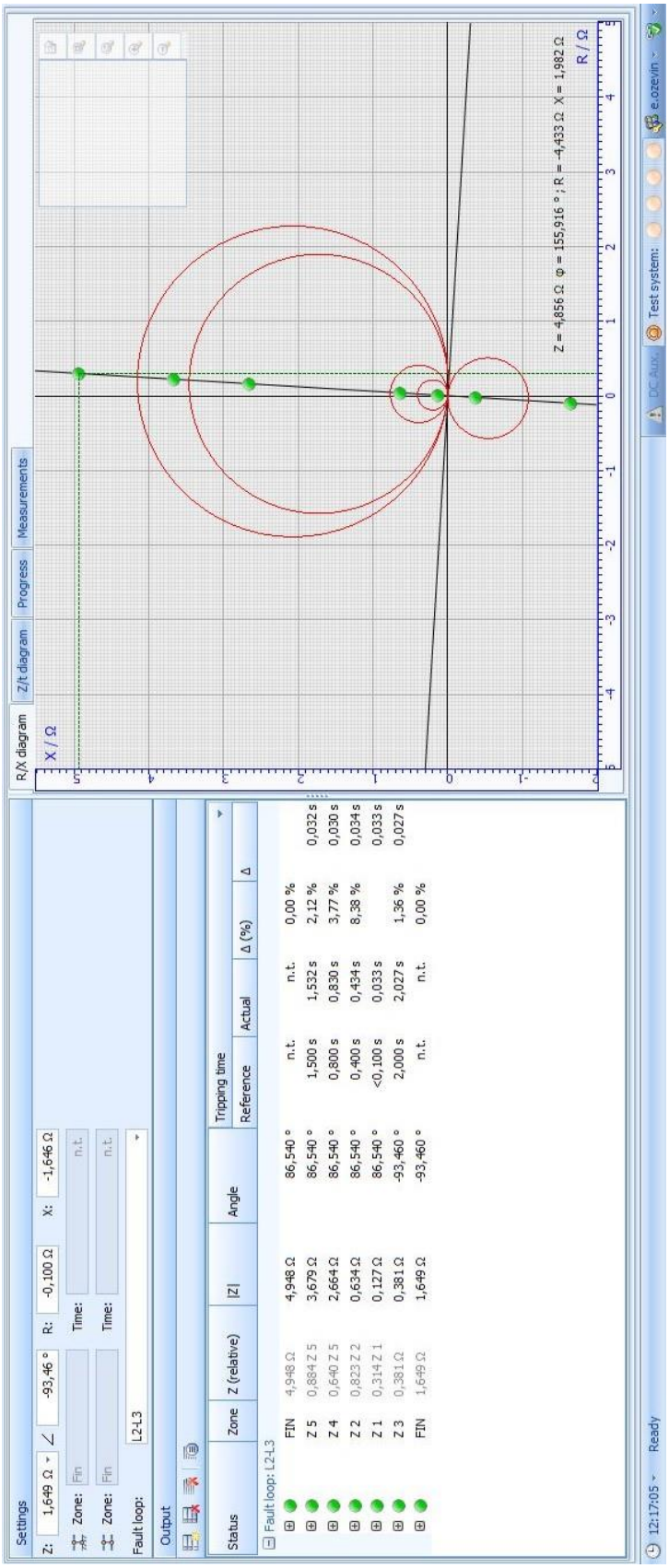
Şekil 5.24 3.Bölge B-C faz-faz arızası



Şekil 5.25 4.Bölge B-C faz-faz arızası



Şekil 5.26 5.bölge B-C faz-faz arızası



Şekil 5.27 B-C faz-faz simülasyon testi

1.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10002
EVENT	BC T
LOCATION	4.52
NFREQ	50

2.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10001
EVENT	BC T
LOCATION	22.60
NFREQ	50

3.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10003
EVENT	BC T
LOCATION	-13.57
NFREQ	50

4.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10000
EVENT	BC T
LOCATION	94.96
NFREQ	50

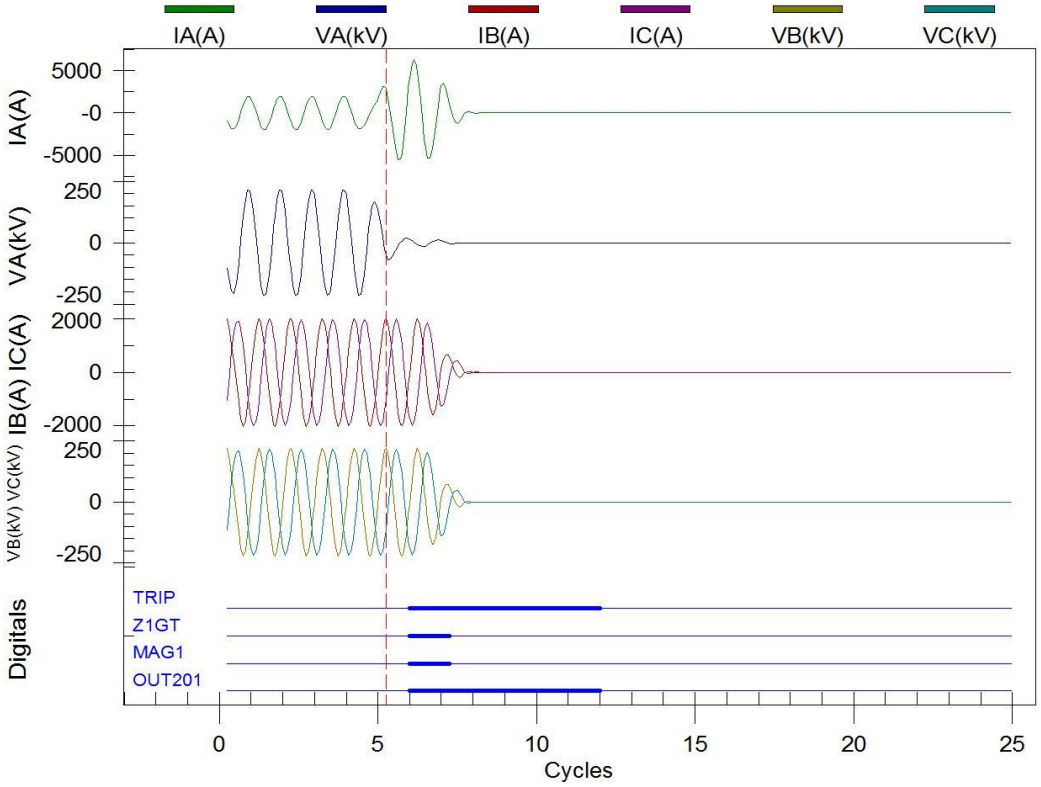
5.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10000
EVENT	BC T
LOCATION	131.14
NFREQ	50

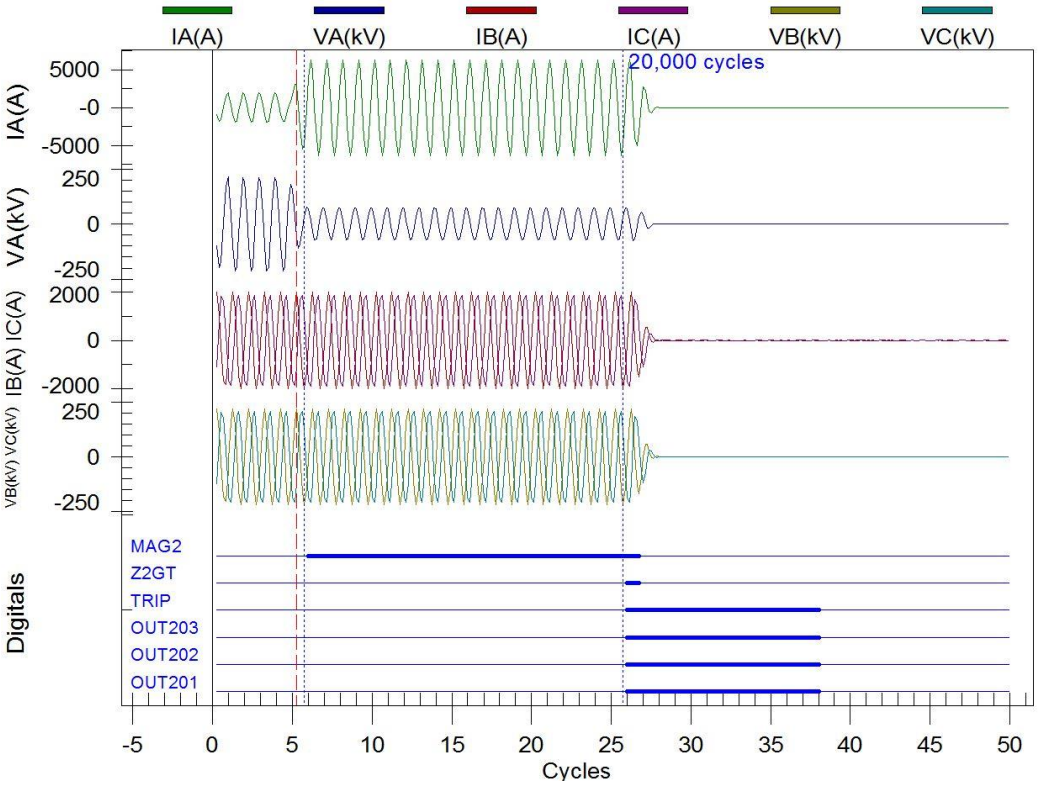
Şekil 5.28 B-C faz-faz arıza yeri tespit değerleri

5.5.3.3 Faz-Toprak Arızaları

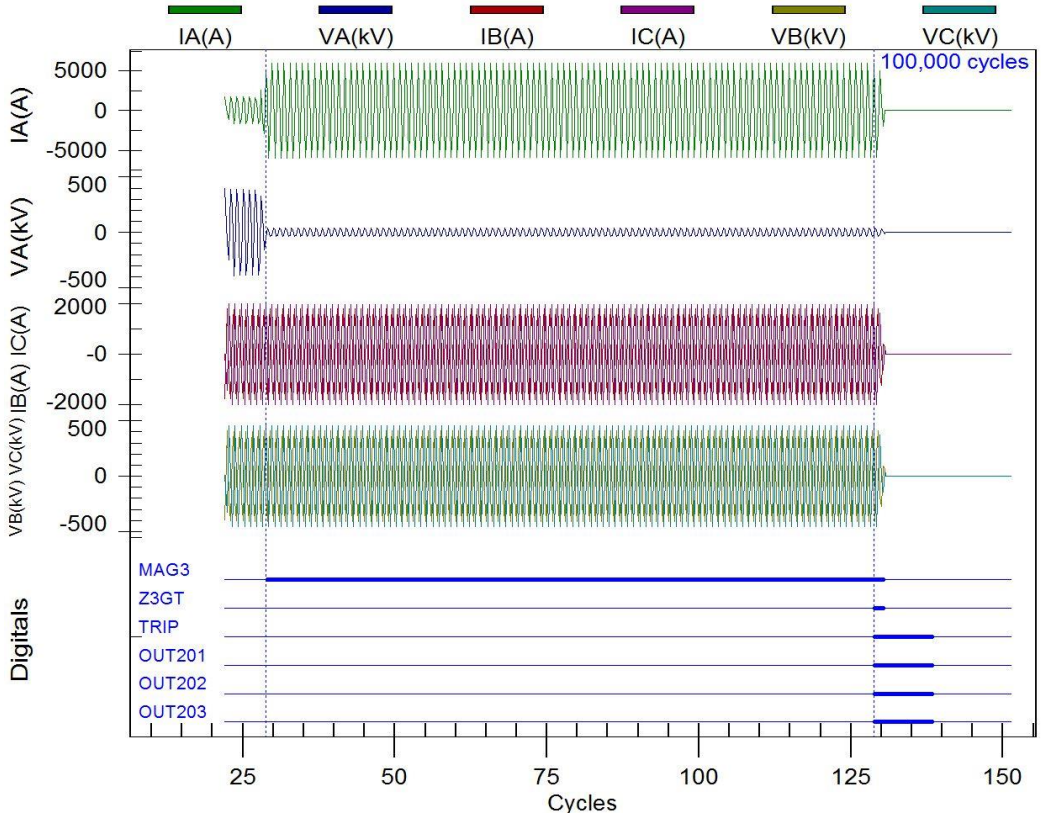
Faz-toprak arızaları Şekil 5.13(A)'dan da anlaşılacağı üzere sadece ilgili fazın arıza akımına maruz kaldığı arızalardır. . Şekil 5.29,5.30,5.31,5.32 ve 5.33 sırasıyla 1.,2.,3.,4. ve 5. bölge için A faz-toprak arıza kayıtlarını göstermektedir.Diğer arıza testlerinde olduğu gibi rölenin arızayı algılama anı ile açma kontaklarına arıza sinyali gönderme süresi ölçülmüş ve gecikme süresi ayarlarına göre doğrulanmıştır.Faz-toprak arızası esnasında mesafe koruma rölesi ani açma yapan 1.bölge için faz seçiciliği yapar. Şekil 5.28'de görüldüğü üzere 1.bölge arızasında sadece A fazı açma sinyal kontağı OUT201 kapanmış, diğer faz sinyal kontakları OUT202 ve OUT203 pasif kalmıştır. Diğer gecikmeli arızalar için ise tüm faz açma sinyalleri kesiciye gönderilmiştir. Şekil 5.34'te Artes röle test yazılımının A faz-toprak arıza testi esnasında ara yüz resmi gösterilmektedir. Şekil 5.35'te ise röleden alınan arıza yeri tespit değerleri gösterilmektedir.



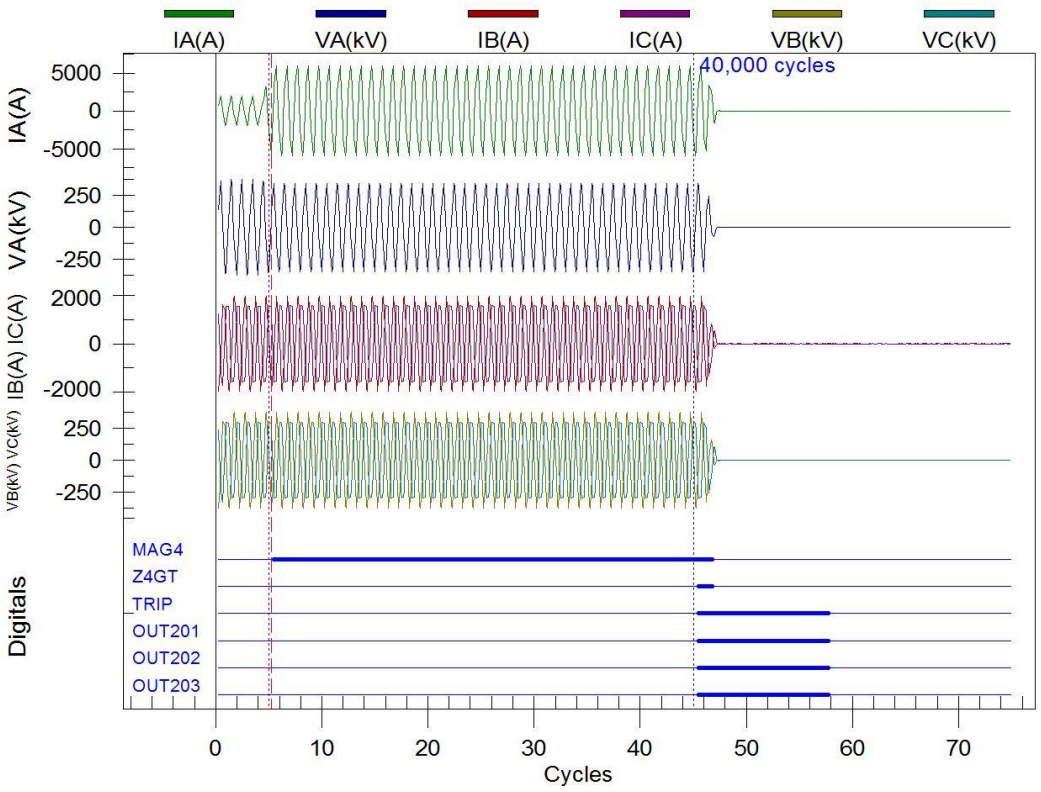
Şekil 5.29 1.Bölge A faz-toprak arızası



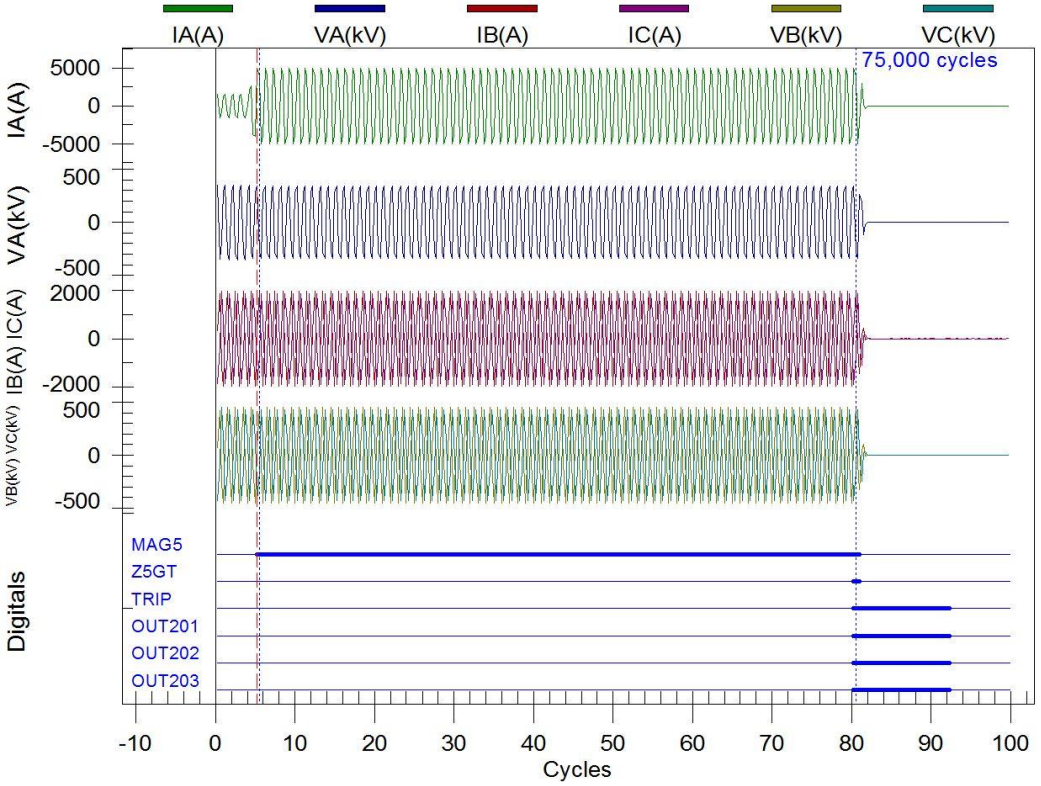
Şekil 5.30 2.Bölge A faz-toprak arızası



Şekil 5.31 3.Bölge A faz-toprak arızası



Şekil 5.32 4.Bölge A faz-toprak arızası



Şekil 5.33 5.Bölge A faz-toprak arızası

Şekil 5.34 A faz-toprak simülasyon testi

1.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10001
EVENT	AG T
LOCATION	4.74
NFREQ	50

2.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10000
EVENT	AG T
LOCATION	23.88
NFREQ	50

3.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10002
EVENT	AG T
LOCATION	-12.11
NFREQ	50

4.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10004
EVENT	AG T
LOCATION	109.99
NFREQ	50

5.BÖLGE

RID	SEL-421 Rolesi
SID	MOSB-Tepeoren Fideri
EVENT_NUM	10000
EVENT	AG T
LOCATION	138.68
NFREQ	50

Şekil 5.35 A faz-toprak arıza yeri tespit değerleri

5.5.3.4 Trifaze Sistemlerde Asimetrik Arızalar

Güç sistemlerinde tüm fazları etkileyen üç fazlı arızalar simetrik arıza olarak isimlendirilirken, belirli fazların etkilendiği faz-faz ve faz-toprak arızaları ise asimetrik arıza olarak isimlendirilir. Güç sistemlerinde gerçekleşen arızalar çoğunlukla faz-toprak arızalardır. Bölüm 4.1.9.3'te de bahsedildiği gibi arızaların sadece %2,%3'lük kısmı üç fazlı arızalardır. Bu durumda asimetrik arızaların analizi mühendislik uygulamalarında oldukça önemli hale gelir. 1918'de Fortescue tarafından geliştirilen 'Simetrili Bileşenler Yöntemi' günümüzde hala geçerliliğini sürdürmektedir. Simetrik bileşenler belirli hat gerilimleri ve akımlarının dönüşümlerinden çıkarılan parametrelerdir.[27] Bu bileşenler, iletim hatları, motorlar ve generatörler gibi şebeke elemanlarının analizlerinde kullanılmaktadır. Analiz sisteminin temelinde üç faz akım ve gerilim değerlerinin iki kademede dönüştürülmesi vardır. Bir "a" vektörü yardımıyla bu dönüşüm yapılabilir. (5.1) bağıntısında a vektörünün değeri gösterilmiştir. (5.2),(5.3),(5.4),(5.5),(5.6) ve (5.7) bağıntılarında ise sequence gerilim ve akım bileşen denklemleri gösterilmektedir.

$$\mathrm{a} = 1\angle 120^0 = -\frac{1}{2} + \mathrm{j}\frac{\sqrt{3}}{2} \tag{5.1}$$

$$\mathrm{V_0} = \frac{(\mathrm{V_a}+\mathrm{V_b}+\mathrm{V_c})}{3} \tag{5.2}$$

$$\mathrm{V_1} = \frac{(\mathrm{V_a}+\mathrm{aV_b}+\mathrm{a^2V_c})}{3} \tag{5.3}$$

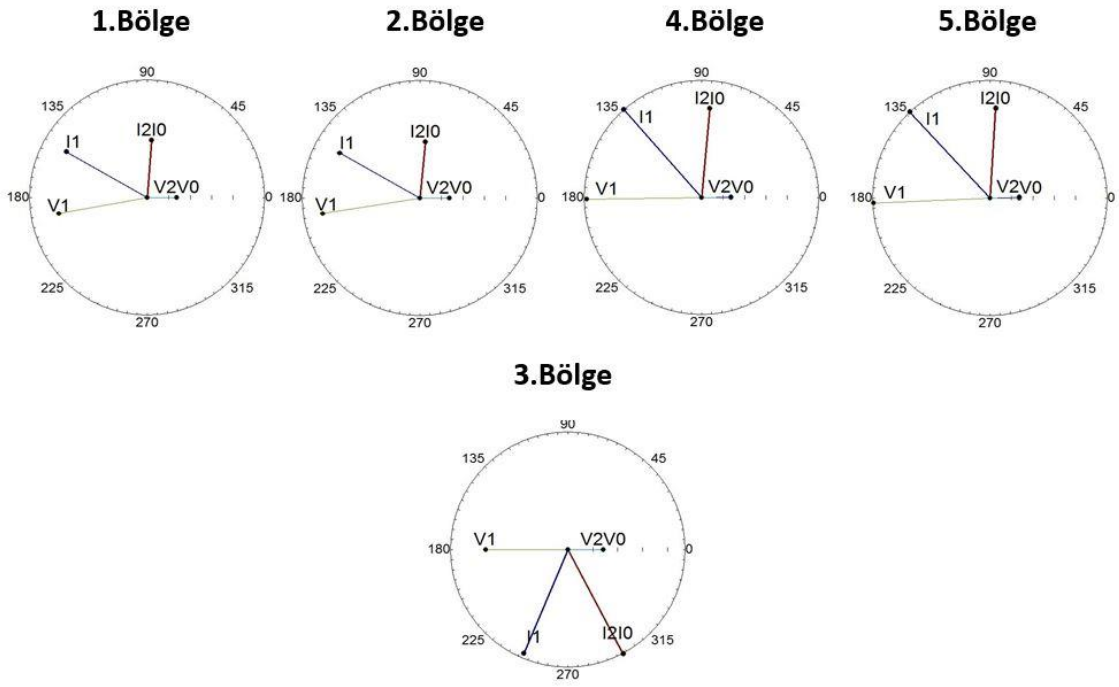
$$\mathrm{V_2} = \frac{(\mathrm{V_a}+\mathrm{a^2V_b}+\mathrm{aV_c})}{3} \tag{5.4}$$

$$\mathrm{I_0} = \frac{(\mathrm{I_a}+\mathrm{I_b}+\mathrm{I_c})}{3} \tag{5.5}$$

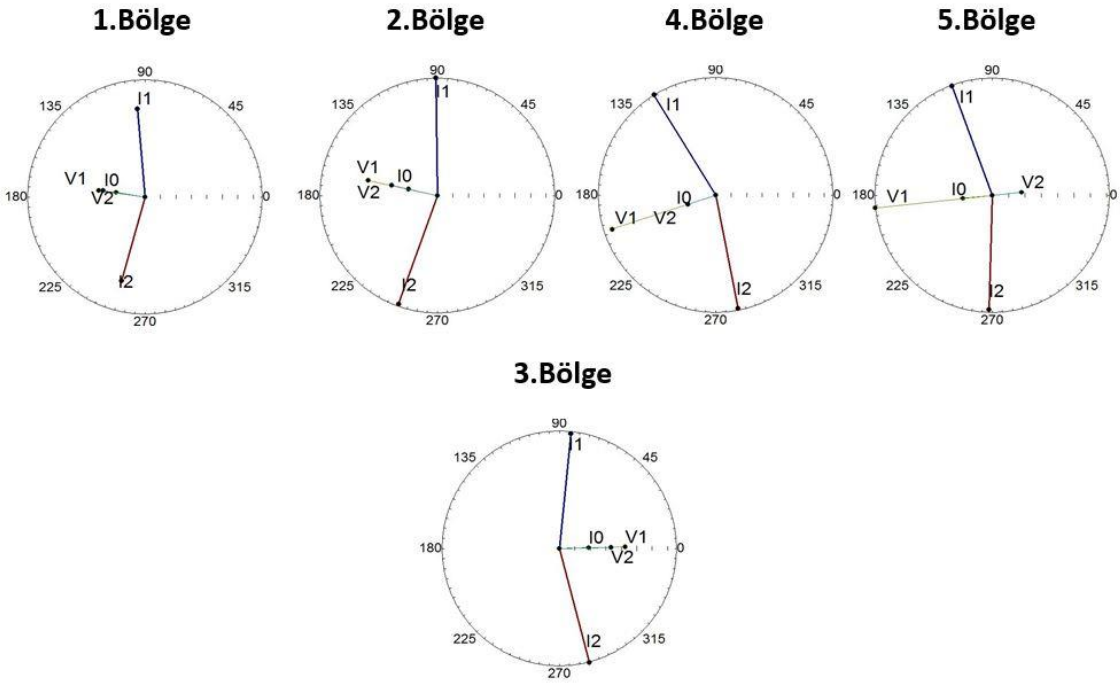
$$\mathrm{I_1} = \frac{(\mathrm{I_a}+\mathrm{aI_b}+\mathrm{a^2I_c})}{3} \tag{5.6}$$

$$\mathrm{I_2} = \frac{(\mathrm{I_a}+\mathrm{a^2I_b}+\mathrm{aI_c})}{3} \tag{5.7}$$

Şekil 5.19'da görüldüğü gibi üç faz dengeli arızalarda negatif ve sıfır sequence bileşenler görülmemektedir. Şekil 5.36 ve 5.37'de koruma rölesinden alınan arıza kayıtlarından da görüldüğü gibi diğer arızalarda negatif ve sıfır sequence bileşenler görülmektedir.



Şekil 5.36 Faz-toprak arızaları için akım-gerilim fazör diyagramları



Şekil 5.37 Faz-faz arızaları için akım-gerilim fazör diyagramları

5.6 Güç Salınımı Açma ve Blokaj Analizleri

Bu bölümde Bölüm 4.2'de hesabı yapılmış olan örnek 500 kV güç sisteminin güç salınımı koruma fonksiyonlarının projelendirmesi ve simülasyonu yapılacaktır.

5.6.1 Projelendirme

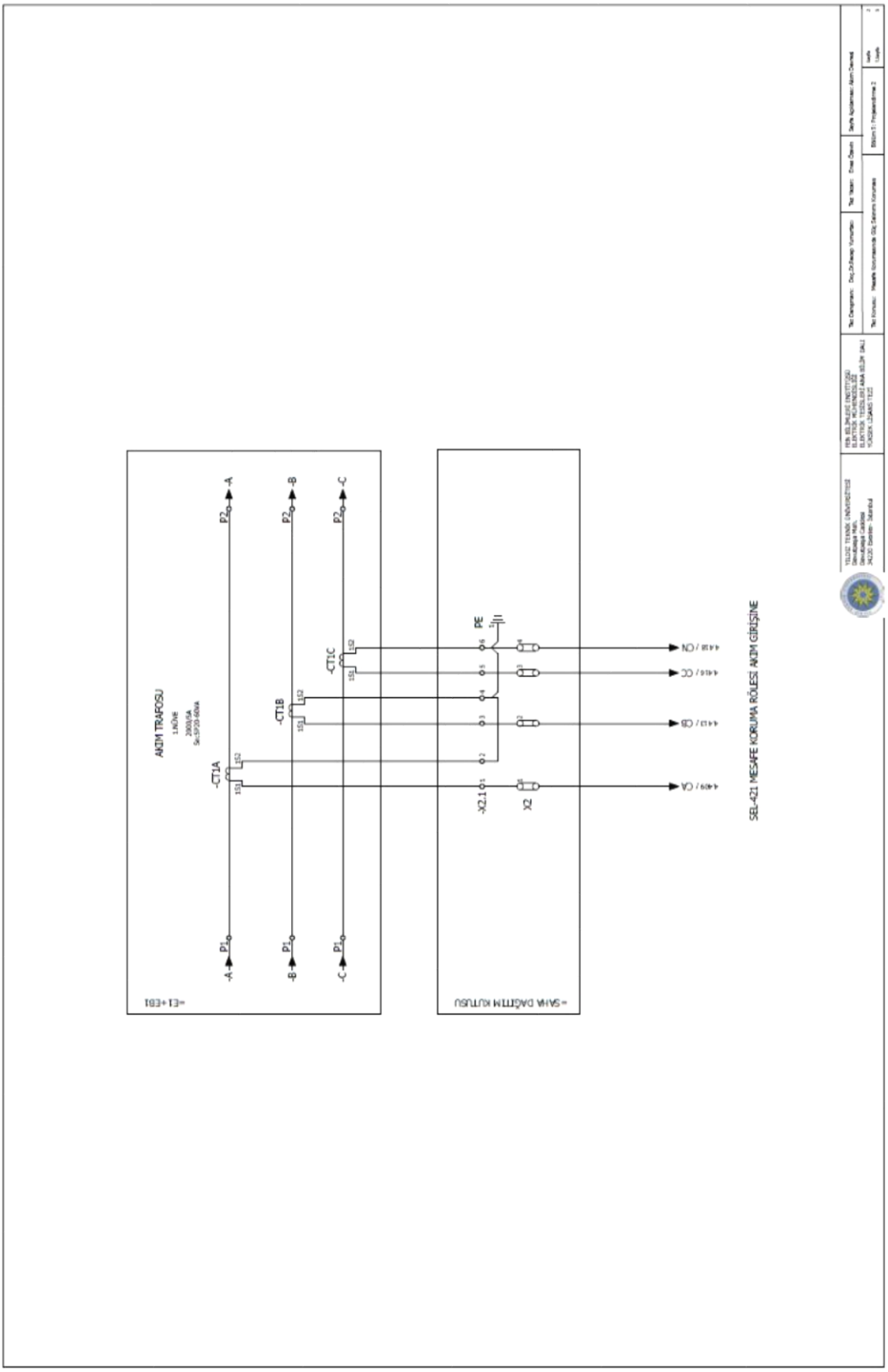
500kV güç sisteminin güç salınımı ve mesafe koruma fonksiyonları için temel projesi Şekil 5.38,5.39,5.40,5.41 ve 5.42'de gösterilmiştir. Şekil 5.38'de proje kapak sayfası yer almaktadır.Şekil 5.39 ve 5.40'ta =E1+EB11 olarak gösterilen bölüm merkezi yani sahayı göstermektedir.Saha dağıtım kutusu ise saha ile röle panoları arasında bağlantı görevi yapan panodur. Şekil 5.41'de Sel-421 mesafe koruma rölesine saha dağıtım kutusundan gelen akım ve gerilim devrelerinin bağlantısı gösterilmektedir.

Şekil 5.42'de ise sekonder koruma açma ve besleme devresi gösterilmektedir. DC dağıtım panosundan +,- 110V DC beslemesi 2 kutuplu 6 A F11 otomatına gelir ve oradan da U101 Sel-421 rölesi besleme uçlarına bağlanır. XDC- klemensinden trip röleleri KM,KOST'nin ve hat kesicisinin – bağlantısı yapılır.XDC+ klemensinden ilk olarak U101 rölesinin trip kontakları OUT201,OUT202 uçlarına besleme verilir.Aynı + hattı trip rölelerinin 3 nolu ortak uçlarına ve kesicinin + ucuna bağlanır.

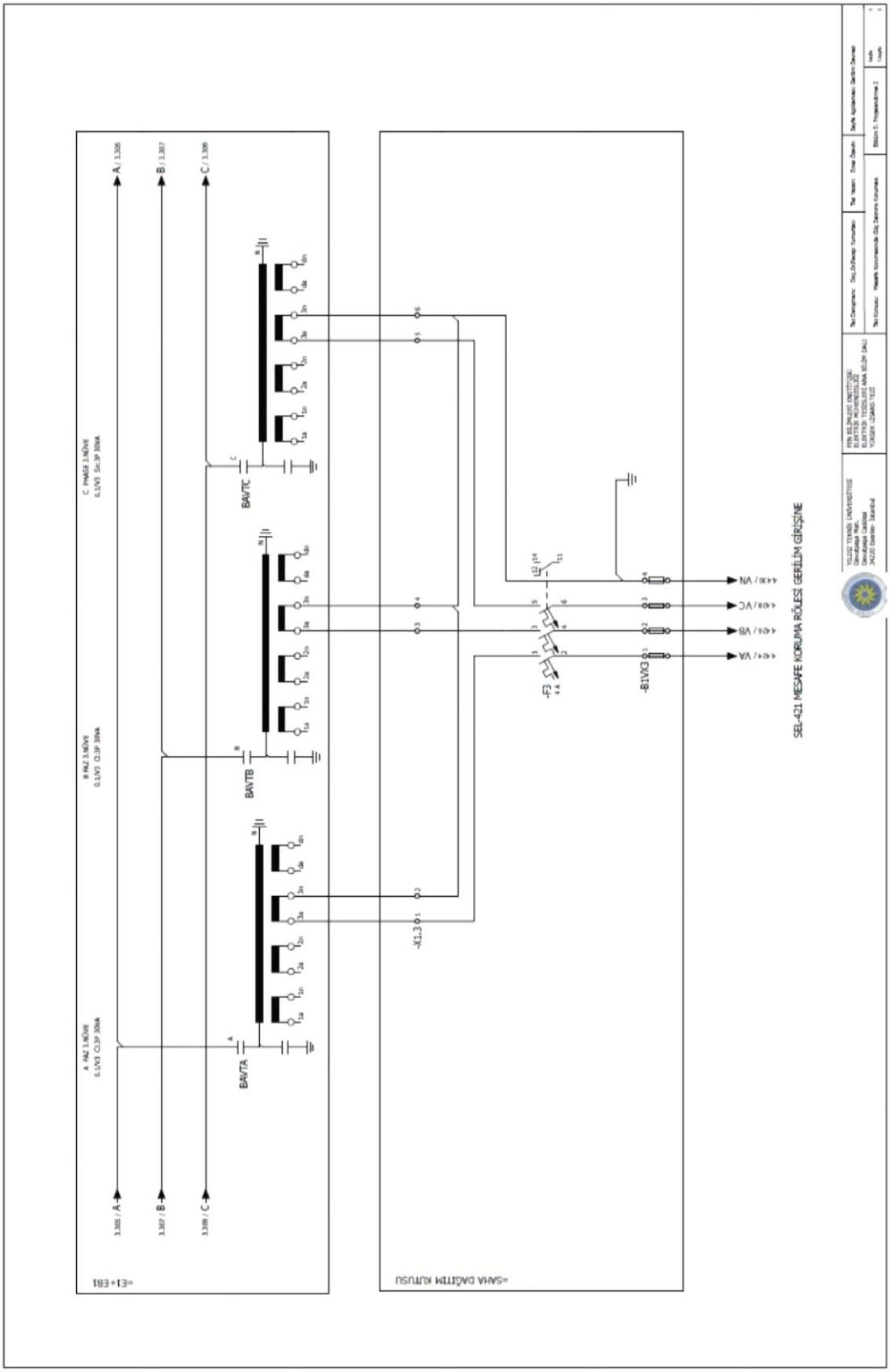
Mesafe koruma rölesi 1. veya 2.bölge içinde bir arıza algılandığında OUT201 trip kontağını kapatır ve bu durumda KM bobini enerjilenir. Bu enerjilenmeyi takiben KM kontağı 11 pozisyonundan 7 pozisyonuna geçer ve kesicinin açma bobinine giden hatta + beslemesi gönderilmiş olur. Benzer bir şekilde mesafe koruma rölesi güç salınımı arızası algılandığında da OUT202 trip kontağını kapatır ve KOST trip rölesinin enerjilenmesiyle KOST kontakları pozisyon değiştirir. Bu işlemlerin sonucunda da kesiciye açma sinyali gönderilmiş olur.

Güç salınımı blokaj fonksiyonu kesicinin yanlış açmasını engelleyici bir rol üstlenmektedir ve kesiciye sinyal gönderen bir koruma uygulaması değildir. Yani rölenin bir iç koruma fonksiyonudur. Bu yüzden tipik mesafe koruma devresi dışında herhangi ek devrenin tasarlanmasına ihtiyaç yoktur.

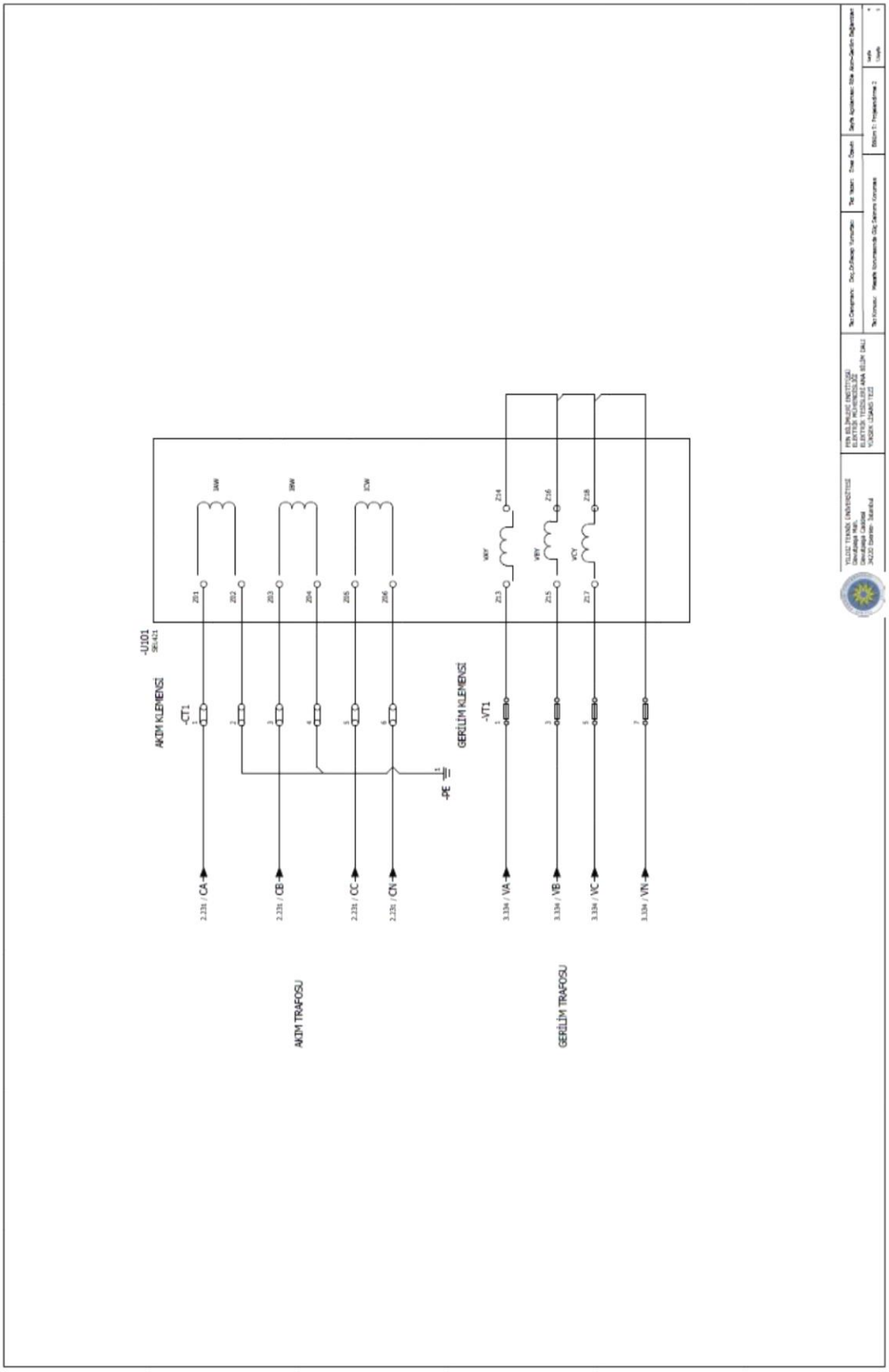
Şekil 5.38 Proje-2 kapak sayfası



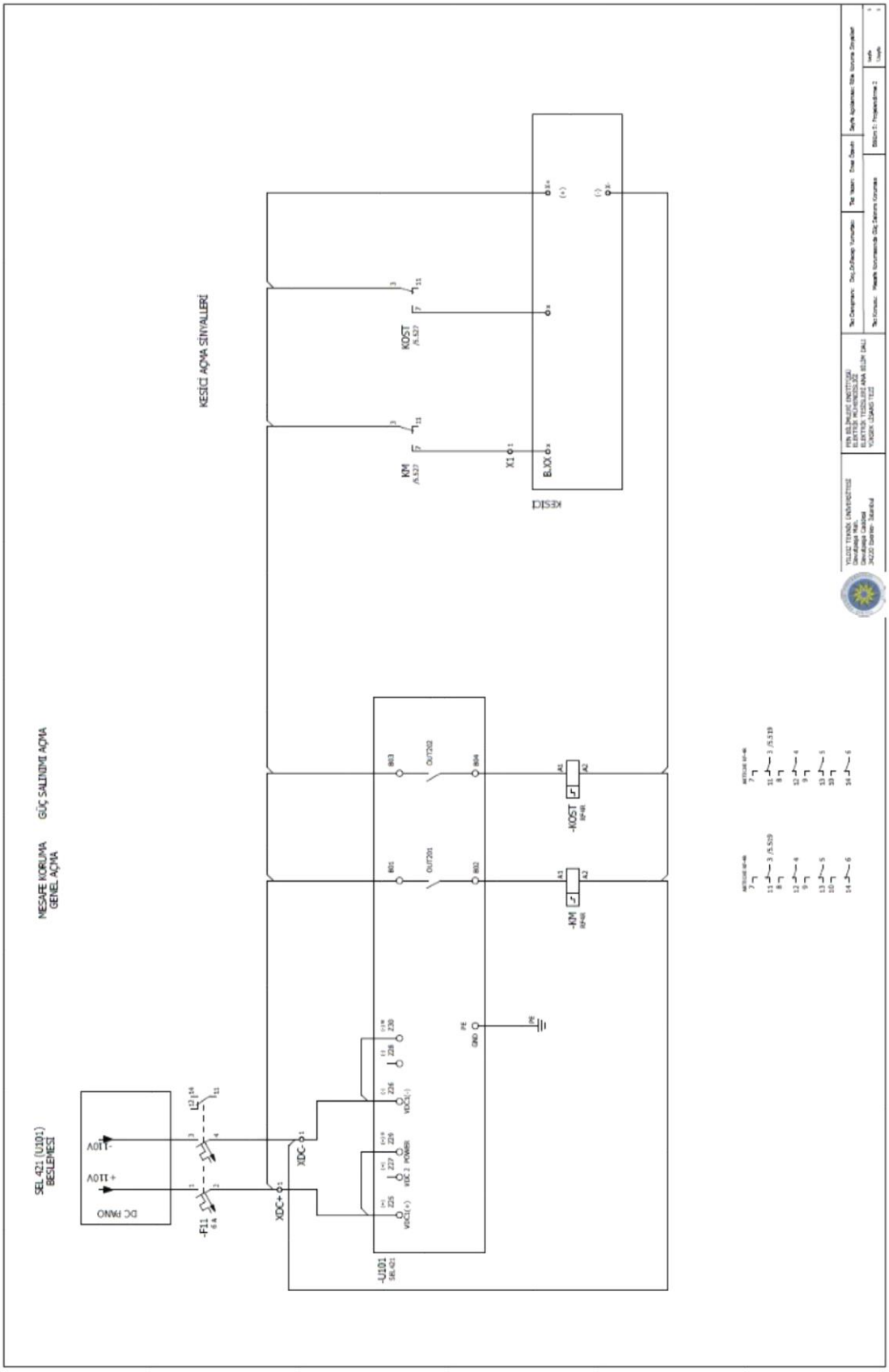
Şekil 5.39 Proje-2 akım devresi



Şekil 5.40 Proje-2 gerilim devresi



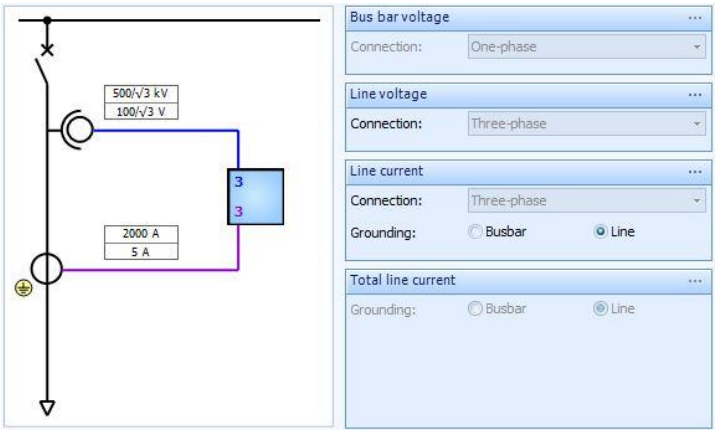
Şekil 5.41 Proje-2 röle akım-gerilim devresi



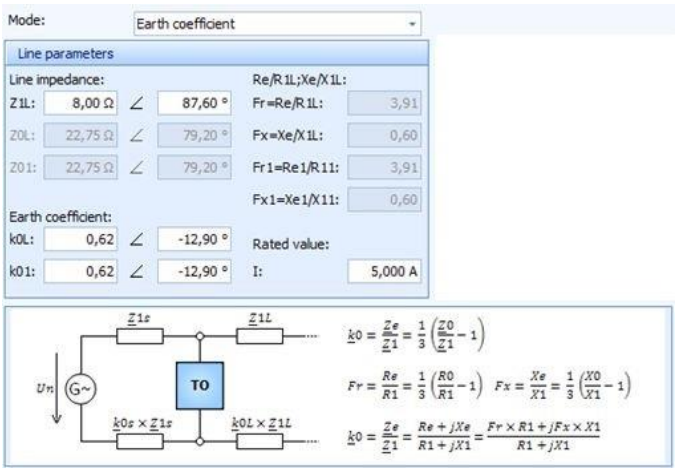
Şekil 5.42 Proje-2 koruma-besleme devresi

5.6.2 Sistem Simülasyonu

Projelendirmesi ve röle ayarları yapıldıktan sonra sistemin çalışmasını doğrulamak amacıyla simülasyon yapılmaktadır. Öncelikle Artes yazılımına korunacak olan hat parametreleri girilerek saha koşulları tanımlanır. Daha sonra mesafe koruma ayar parametreleri ve empedans diyagramı yazılıma tanıtılır. Şekil 5.43'te korunan hat fiderindeki akım ve gerilim trafo bilgilerinin yazılıma tanımlanmış hali gösterilmektedir. Şekil 5.44'te ise korunan hat değerlerinin tanımlandığı bölüm gösterilmektedir. Bu iki aşamayla birlikte sistemin tanımlanması başarıyla gerçekleştirilmiş olur.

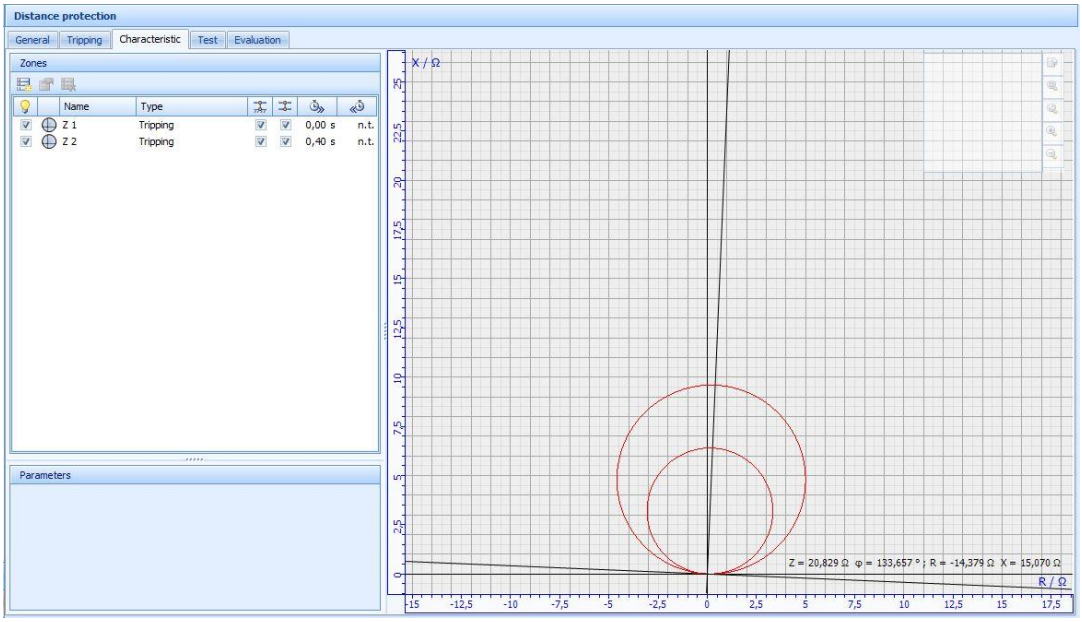


Şekil 5.43 Proje-2 simülasyonu-akım,gerilim trafo bilgileri

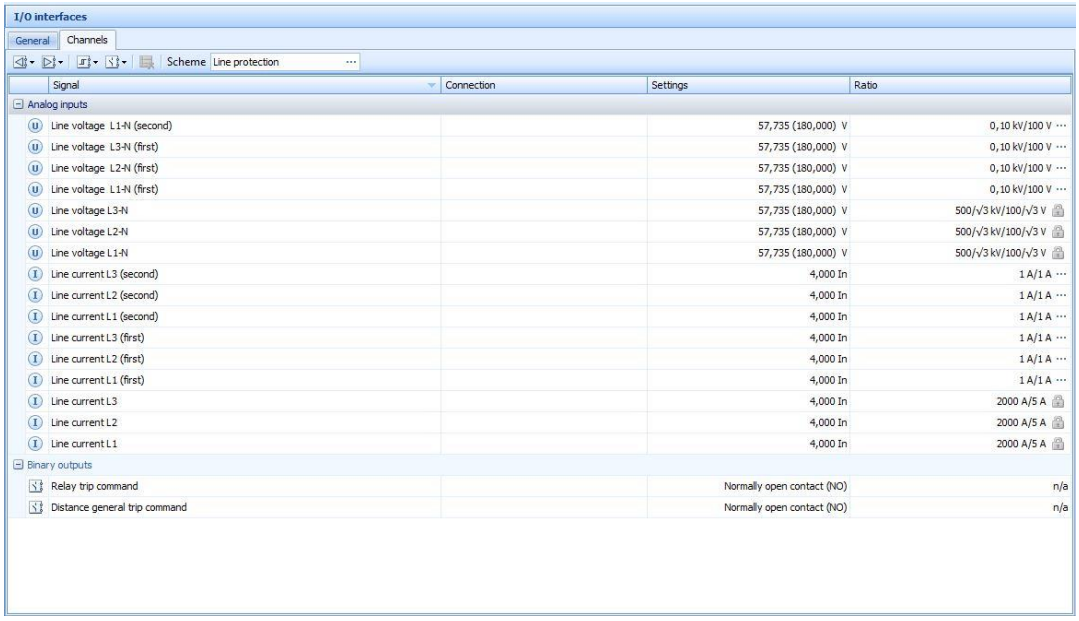


Şekil 5.44 Proje-2 simülasyon-hat empedans bilgileri

Saha tanımlamaları yapıldıktan test yazılımına koruma ayarları yapılmalıdır. Koruma bölgeleri, gecikme süreleri, trip kontaklarının tanımlanması gerekmektedir. Şekil 5.45'te koruma bölgesi ayarlarının ve gecikme süresi ayarlarının yapıldığı bölüm gösterilmektedir. Şekil 5.46'da trip kontaklarının tanımlanması ve akım gerilim çıkış parametreleri gösterilmektedir.

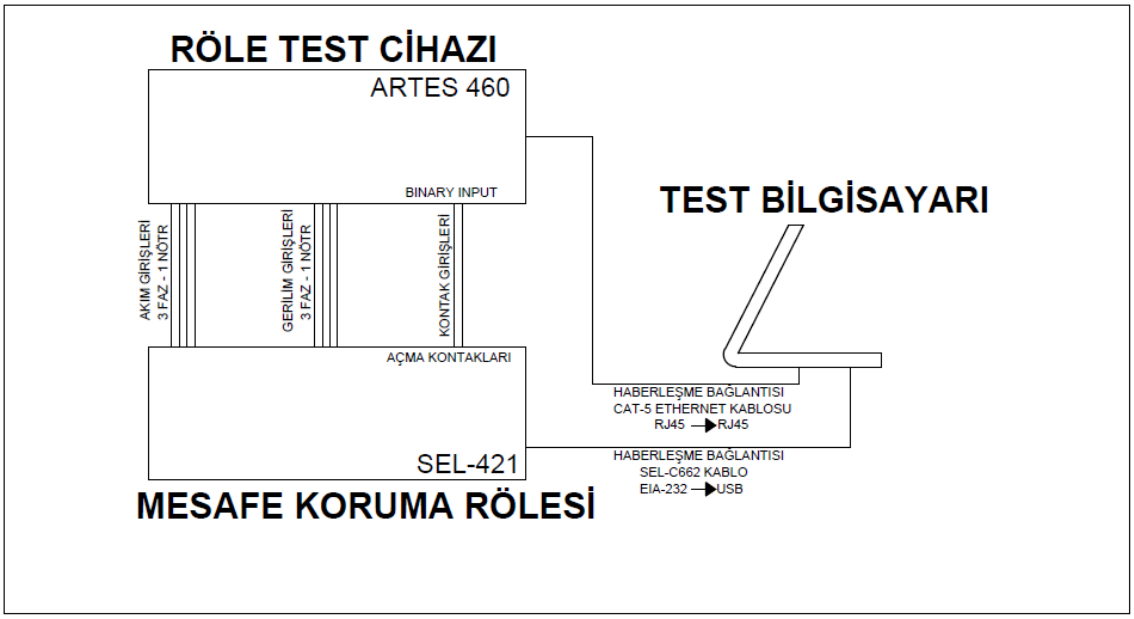


Şekil 5.45 Proje-2 simülasyon-koruma parametreleri



Şekil 5.46 Proje-2 simülasyon-trip kontakları,akım gerilim çıkışları

Tüm tanımlamalar yapıldıktan sonra test cihazına bağlanıldığında Artes 460 cihazı otomatik olarak ayarları algılar. Test esnasında bilgisayar aracılığıyla test cihazı kumanda edilebilir ve ayarlar değiştirilebilir. En doğru test sonuçlarını alabilmek açısından röleye bağlı olmak önemlidir.HMI özelliğiyle rölenin tüm kontak bilgileri ve alınan akım gerilim büyüklükleri hakkında gerçek zamanlı veriler elde edilebilir.Bu aşamalar gerçekleştirildikten sonra simülasyon uygulamaya hazır duruma gelir. Şekil 5.47'de simülasyon düzeni gösterilmektedir.



Şekil 5.47 Proje-2 mesafe koruma simülasyon düzeni

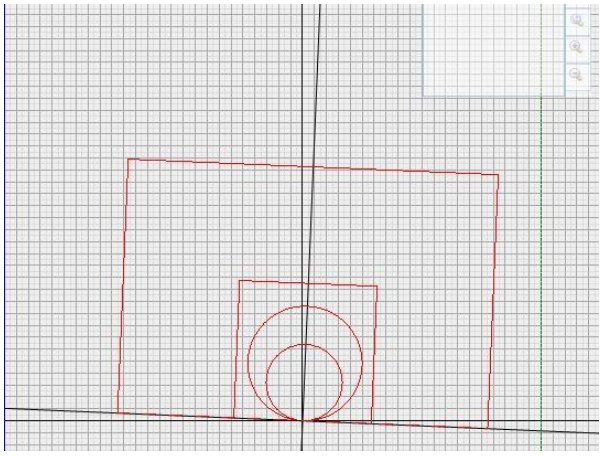
5.6.3 Arıza Kayıtları ve Yorumlar

Güç salınımı açma ve blokaj röle fonksiyon testleri yapılırken Bölüm 5.6.2'de gösterilen genel simülasyon saha tanımlarının yanında empedans diyagramına minimum yük empedansına ve en dıştaki koruma bölgesine göre Kademe 6 ve Kademe 7 olarak iki kademe eklenmektedir. Bölüm 4.2'de bu koşullara göre yapılan ve röleye atanan ek kademe ayarlarını test yazılımında da belirtmek gerekir.

Güç salınımı açma ve blokaj testleri yapılırken Artes test yazılımının rampa fonksiyonu kullanılabilir. Bu fonksiyonla röleye uygulanan akım,gerilim,açı,frekans gibi değerlerin belirtilen iki sınır arasında büyüklükleri ve sınırlar arası geçiş süreleri ayarlanabilir.Güç salınımı analizinde Bölüm 4.2'de anlatıldığı üzere ilgili koruma fonksiyonuna göre röleye belirli sürelerde belirli kademeler arasında değişik değerler uygulanarak röle fonksiyonları incelenmiştir.

5.6.3.1 Güç Salınımı Blokaj Testi

Güç salınımı blokaj testi için öncelikle ek kademe ayarları test yazılımına koruma bölgesi tanımlama şeklinde işlenir. Şekil 5.48'de Bölüm 4.2.2.2'de hesaplanan ek kademelerin olduğu empedans diyagramı gösterilmektedir.



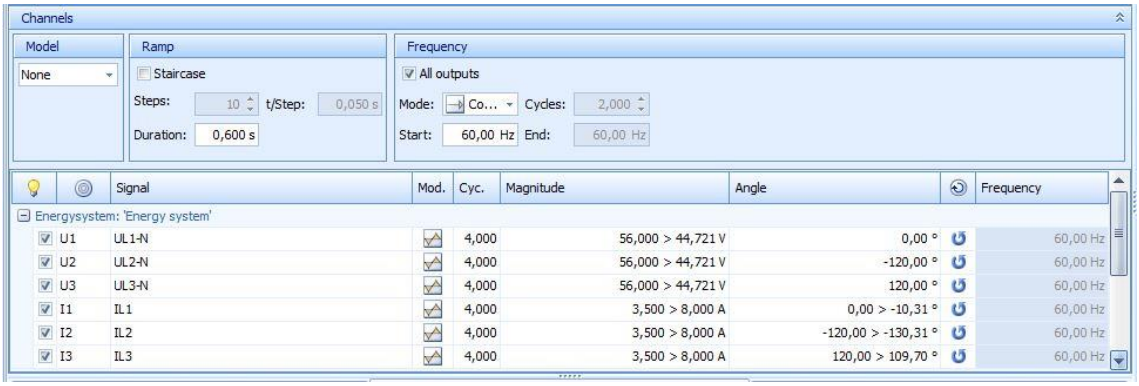
Şekil 5.48 Güç salınımı blokaj empedans diyagramı

Empedans diyagramı ayarlandıktan sonra ek kademelerden geçecek iki nokta belirlenmelidir. Şekil 5.49'da empedans diyagramında güç salınımı tespiti için biri Kademe 7'nin dışında yük bölgesinde, diğeri ise Kademe 6'nın içinde güvenlik marjı bölgesinde olmak üzere iki nokta seçilmiştir.



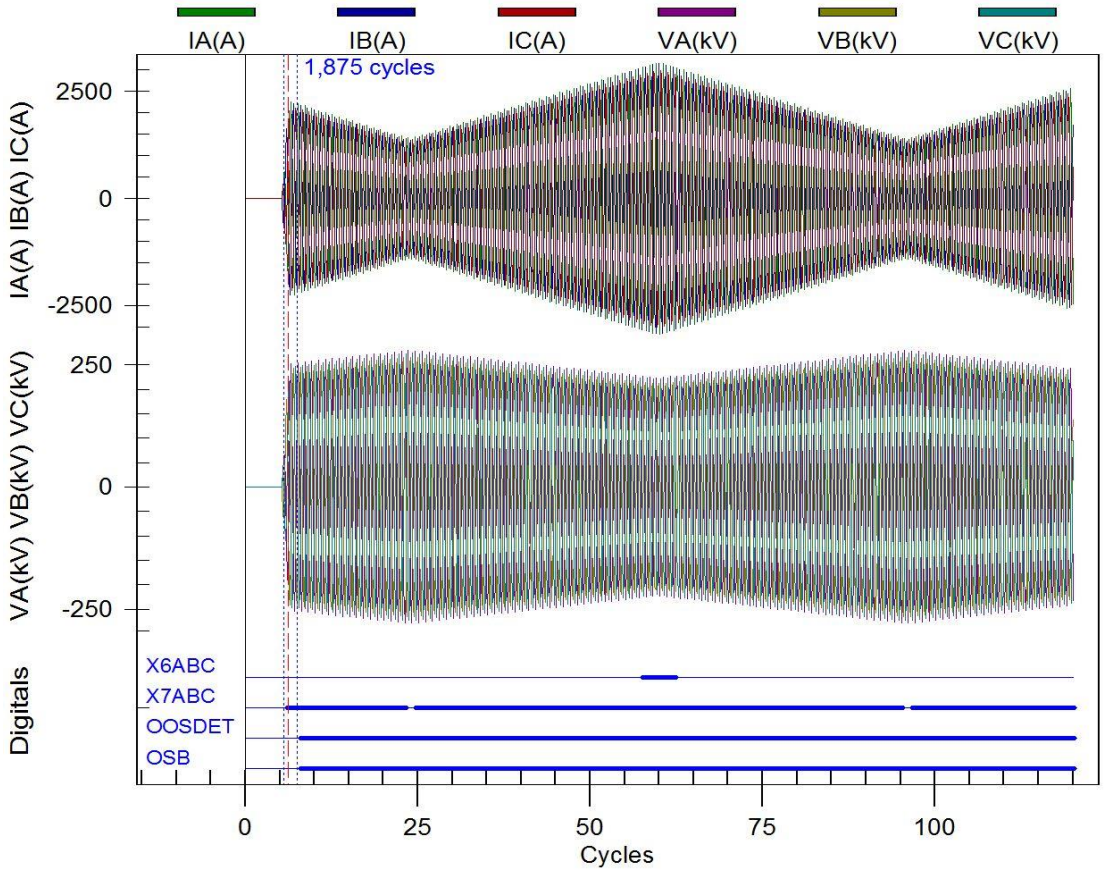
Şekil 5.49 Güç salınımı blokaj test noktaları

Bu iki nokta belirlendikten sonra bu noktalara karşılık gelen akım, gerilim ve açı değerleri test yazılımının rampa fonksiyonuna girilir.Şekil 5.50'de yazılımın rampa fonksiyon ara yüzü gösterilmektedir.Bu ara yüzde akım,gerilim ve açı limit değerleri işlenmiştir.Bu değerler yine ara yüzden 0,6 s aralıkta iki limit arasında geçiş yapacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 5.50 Güç salınımı blokaj rampa fonksiyonu

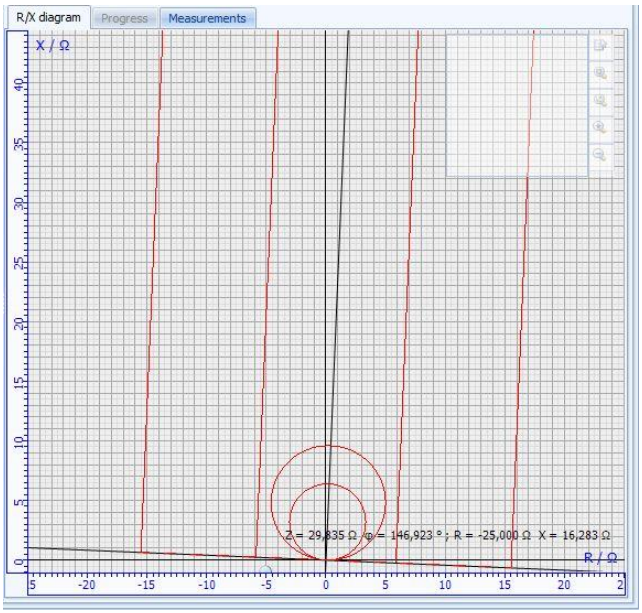
Şekil 5.50'deki değerler röleye uygulandığı zaman Sel-421 mesafe koruma rölesi güç salınımı blokaj sinyali vererek mesafe koruma elemanlarını pasif bırakmıştır. Şekil 5.51'de Sel-421 koruma rölesinden çekilen arıza kaydı gösterilmektedir. Bu şekilden görüleceği gibi empedans kademe 7 içine girdiği zaman rölenin iç zamanlayıcısı Bölüm 4'te (4.62) bağıntısında hesaplanan 1,875 çevrim boyunca sayar ve süre dolduğunda güç salınım durumunu bildirerek mesafe koruma elemanlarını kilitler.



Şekil 5.51 Güç salınımı blokaj arıza kaydı

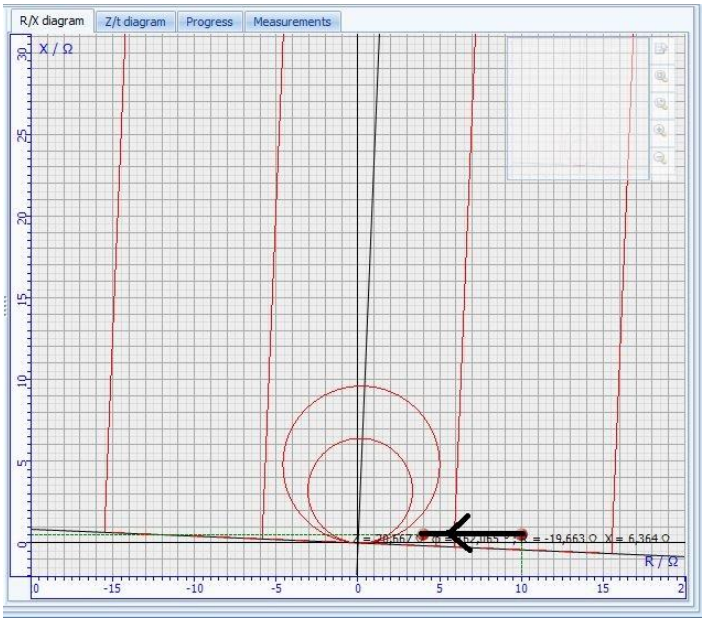
5.6.3.2 Güç Salınımı Açma Testi

Güç salınımı açma testi için de güç salınımı blokaj testindeki gibi ek kademe ayarları test yazılımına koruma bölgesi tanımlama şeklinde işlenir. Şekil 5.52'de Bölüm 4.2.3.2'de hesaplanan ek kademelerin ekli olduğu empedans diyagramı gösterilmektedir.



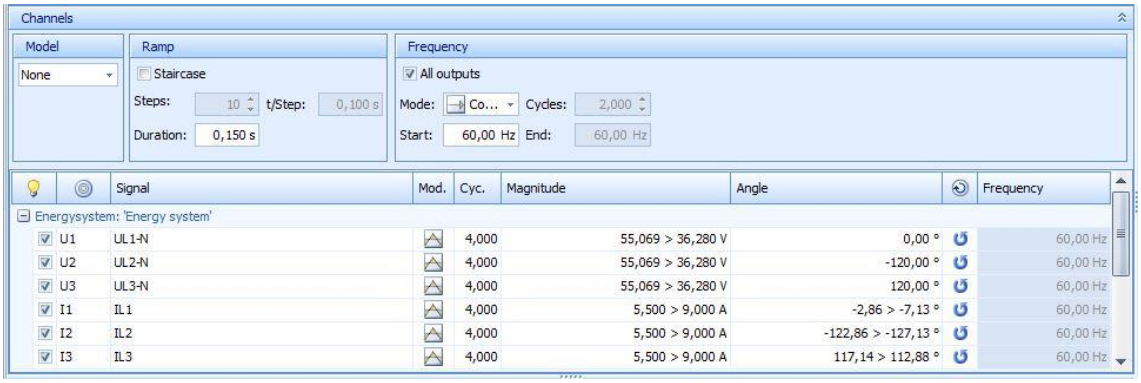
Şekil 5.52 Güç salınımı açma empedans diyagramı

Empedans diyagramı ayarlandıktan sonra ek kademelerden geçecek iki nokta belirlenmelidir. Bölüm 4.2.3'te belirtildiği gibi kararsız bir güç salınımı açma için Sel-421 rölesinde girişte açma(OSTI) veya çıkışta açma(OSTO) fonksiyonu seçilebilir. Bu uygulamada röleye atanan girişte açma fonksiyonu test edilmiştir. Şekil 5.53'te girişte açma testi için empedans diyagramı gösterilmektedir.



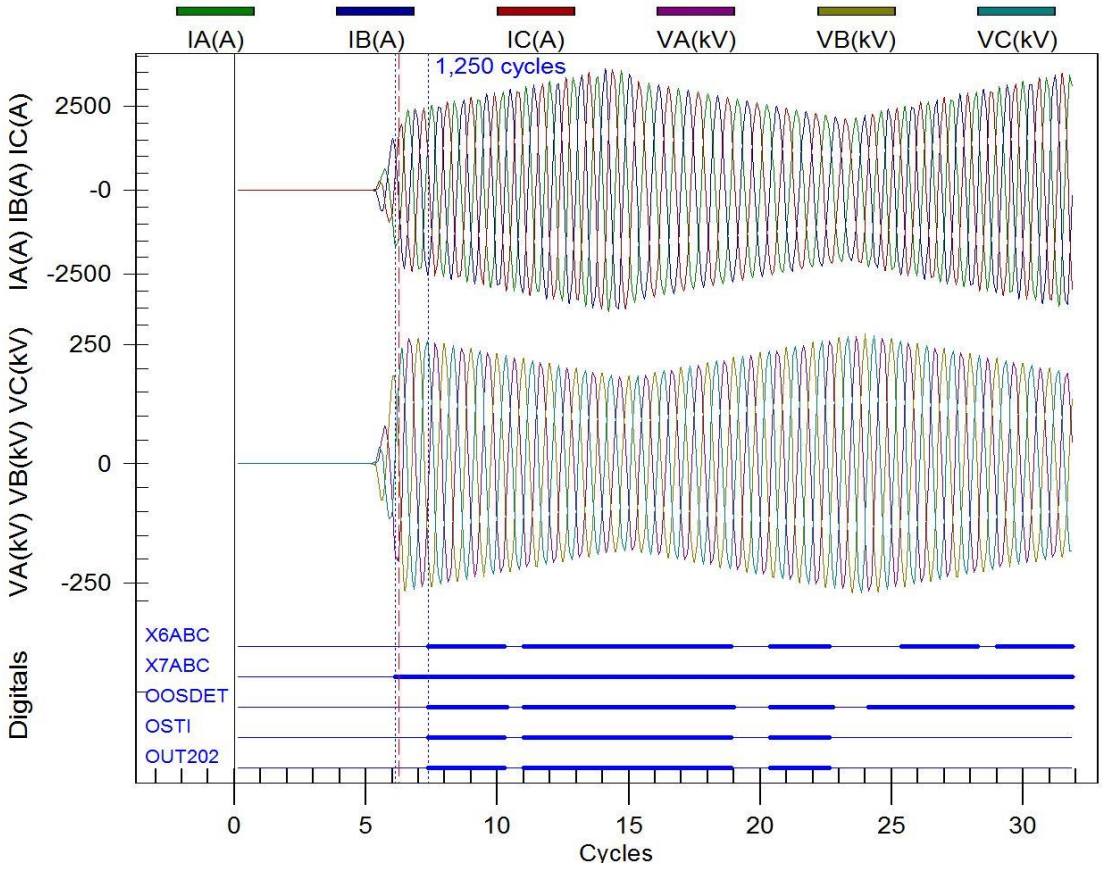
Şekil 5.53 Güç salınımı açma test noktaları

Şekil 5.54'te test cihazı yazılımına girilen salınım rampa fonksiyon değerleri verilmektedir. Girişte açma simülasyon test uygulamasındaki amaç empedansı Kademe 7 içine sokup açma gecikme süresinden(OSTD) uzun, blokaj gecikme süresinden(OSBD) kısa olacak şekilde Kademe 6 içine girmesini sağlamaktır.



Şekil 5.54 Güç salınımı açma rampa fonksiyonu

Şekil 5.55'te koruma rölesinden çekilen güç salınımı arıza kaydı gösterilmiştir. Bölüm 4.2.3.4'te hesaplanan açma gecikme süresi (OSTD) 0,875 çevrim ve Bölüm 4.2.3.5'te hesaplanan blokaj gecikme süresi 1,5 çevrimdir. Arıza kayıtlarından da görüldüğü üzere empedansın Kademe 7'den Kademe 6'ya geçme süresi bu gecikme sürelerinin arasındadır.(1,250 cyc) Böylece güç salınımı girişte açma koşulları sağlanmış olur ve röle girişte açmayı tespit ettiği sürece(OSTI=1) güç salınım açma kontağı OUT202 kesiciye sinyal vermek için kapalı konumda kalır.



Şekil 5.55 Güç salınımı açma arıza kaydı

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir elektrik güç sisteminin koruması yapılırken; yapılan korumanın hızlı, seçici, ekonomik, güvenli ve basit yapılı olması istenmektedir. Koruma alanında yapılan tüm araştırmalar ve çalışmalar bu temel özellikleri en üst seviyeye ulaştırmak içindir. Yaklaşık otuz yıldır koruma mühendisliği alanında kullanılan dijital röleler de koruma sisteminin en önemli elemanlarından bir tanesidir.

Bu çalışmada hesaplama ve koruma uygulaması yapılırken kullanılan mesafe koruma rölesi de yukarıda anlatılan koruma sisteminden istenen temel özellikleri sağlamada oldukça başarılıdır. Tipik mesafe koruma simülasyonlarında mesafe koruma rölesinin hesaplamalarla elde edilen arıza bölgelerine göre ani ve gecikmeli açmalarda oldukça hızlı ve güvenilir olduğu ortaya konulmuştur. Bunun yanı sıra arıza bölgelerini doğru olarak saptayıp açma gecikmesi sağlayabilmesi de seçicilik kriterine uygundur. Bundan dolayıdır ki; iletim hatlarının koruma uygulamalarında gerek ülkemizde gerekse dünyada vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Fakat doğru bir şekilde bu koruma kriterlerini sağlayabilmek için hat empedans değeri, akım-gerilim trafosu dönüştürme oranları, hat açıklığı, direk toprak direnci gibi değerlerin doğru olarak elde edilmesi veya hesaplanmasının gerekliliği de görülmüştür. Bunların yanı sıra mesafe koruma rölesinden alınan fazör diyagramlarından simetrili bileşenler incelenmiş ve teoriyle örtüştüğü görülmüştür.

İletim hatlarının mesafe koruma röleleriyle doğru olarak korunması esnasında saha parametrelerinin dışında da etkenler mevcuttur. Bunların en önemlilerinden bir tanesi de güç salınımlarıdır. Özellikle güç salınımı blokaj uygulamasının yapılmadığı mesafe korumalarında yanlış açmaların görülme ihtimali vardır. Günümüzde pek çok dijital mesafe koruma rölesinde bu özellik mevcut olup yanlış açma yapılmasının önüne geçilebilir. Pratikte halen sıklıkla kullanılan geleneksel empedans tabanlı güç salınımı tespit ve koruma uygulamaları bu çalışmada da görüldüğü üzere yoğun kararlılık analizleri gerektirmektedir. Bu çalışmada yapılan hesaplamalarda kaynak empedansı, minimum yük empedansı gibi bilgiler doğru şekilde elde edildiğinde güç salınımı koruması yapmanın mümkün olduğu görülmüştür. Ayrıca empedans tabanlı konsantirik güç salınımı korumasında kullanılan ek empedans karakteristiklerinin yük ile sınırlı olmasının bu yöntemin en büyük dezavantajı olduğu ortaya konulmuştur. Bunun sonucu olarak da uzun ve aşırı yüklü iletim hatlarının korunması için problem olduğu görülmüştür.

Empedans tabanlı güç salınımı korumasının zorluklarından dolayı farklı yöntemlerle güç salınımı tespiti ve koruması yapmak için çalışmalar günümüzde halen devam etmektedir. Bu çalışmalarda temel amaç kullanıcıyı yoğun kararlılık analizlerinden kurtararak basit röle ayar komutlarıyla korumayı gerçekleştirmek olmalıdır. Bunun yanında kararlılık analizlerini basitleştiren çeşitli bilgisayar yazılımlarıyla veya algoritmalarıyla empedans tabanlı güç salınımı koruması geçerliliğini kolaylıkla sürdürebilir.

KAYNAKLAR

[1] Lipton, J.R. , (2010).The P=NP Question and Gödel's Lost Letter,2010 Edition, Springer,Atlanta.

[2] Sachdev,M.S. vd., (2009). "Understanding Microprocessor-Based Technology Applied to Relaying", Reports of Working Group I-01 of the Relaying Practices Subcommitee, January 2009, Atlanta.

[3] Schossig,W.,(2008),Distance Protection: The Early Developments, https://www.pacw.org/issue/winter_2008_issue/history/distance_protection_the_early_developments.html, 10 Ocak 2015.

[4] NERC, (2013). ,"Protection System Response to Power Swings", 19 August 2009, Atlanta.

[5] Martuscello, L., Krizauskas, E., Holbach, J. ve Lu, Y., (2009). "Tests of Distance Relay Performance on Stable and Unstable PowerSwings Reported Using Simulated Data of the August 14th 2003 System Disturbance", The Power Systems Conference, 10-13 March 2009, Clemson.

[6] McDonald, M. vd. , (2005). "Power Swing and Out-of-Step Considerations on Transmission Lines", A report to the Power System Relaying Committee Of the IEEE Power Engineering Society,July 2005.

[7] Mooney, J. ve Fischer ,N. , (2005). "Application Guidelines for Power Swing Detection on Transmission Systems",SEL Publications.

[8] Davilla, H., (2006). "Benefits of Power Swing Recording", Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America,15-18 August 2006,Caracas.

[9] Fischer ,N. vd. , (2012). "Tutorial on Power Swing Blocking and Out-of-Step Tripping", Western Protective Relay Conference,16-18 October 2012,Washington.

[10] Siemens, (2000). 7SA522 Manual, C53000-G1176-C119-2, Germany.

[11] SEL, (2013). SEL-421 Relay Instruction Manual, USA.

[12] GE, (2013). D60 Line Distance ProtectionSystem UR Series Instruction Manual, 1601-0089-AA1, Canada.

[13] ALSTOM, (2011). Technical Manual Fast Multifunction Distance Protection Relays, P44y/EN M/C21, France.

[14] Gençaydın, E., (2006). Enerji İletim Hatlarının Nümerik Mesafe Röleleri ile Korunması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[15] Ziegler, G. , (2008). Numerical Distance Protection Principles and Applications, Third Edition, Publicis Corporate Publishing, Erlangen.

[16] Pangonilo,V.,Basic Principles of Distance Protection Devices, http://s.pangonilo.com/?...of_Distance_Protection,20 Aralık 2014.

[17] ALSTOM, (2011). Network Protection and Automation Guide, ISBN: 978-0-9568678-0-3.

[18] Tziouvaras, D.A. ve , Hou ,D. , (2003). "Out-of-Step Protection Fundemantals and Advancements", SEL Publications.

[19] Marx, S. ve Bender D. , (2013). "An Introduction to Symmetrical Components, System Modeling and Fault Calculation", 30th Annual Hands-On Relay School,11-15 March 2013,Washington.

[20] Calero, F. , Guzmán, A. ve Benmouyal, G. ,(2009). "Adaptive Phase and Ground Quadrilateral Distance Elements", SEL Publications.

[21] Hataway, G. ve Moxley, R. ,(2009), Distribution Single Phase Tripping and Reclosing,http://www.pacw.org/fileadmin/doc/SpringIssue09/single_phase_spring09.pdf ,7 Ocak 2015.

[22] EPLAN Québec Canada Inc., (2007).Eplan Electric P8 Getting Started, Canada.

[23] Sherwali, H. ve Abdlrahem, A. , (2010).Simulation of Numerical Distance Relays, http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/11615.pdf,4 Ocak 2015.

[24] KOCOS, (2009).Artes 460&560 Automatic Relay Test Systems, Germany.

[25] SEL, (2014). SEL-751/A Feeder Protection Relays – APP 751, USA.

[26] IDC Technologies, Faults Types & Effects, http://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/electrical_engineering/Power%20Protection.pdf, 5 Şubat 2015.

[27] Kirtley, J.L. , (2011). Massachusetts Institute of Technology Department of Electrical Engineering and Computer Science 6.061 Introduction to Power Systems Class Notes Chapter 4 Introduction To Symmetrical Components, http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-061-introduction-to-electric-power-systems-spring2011/readings/MIT6_061S11_ch4.pdf ,7 Şubat 2015.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Enes ÖZEVİN

Doğum Tarihi ve Yeri : 12.04.1990 Fatih/İstanbul

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : ozevin_ens@windowslive.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Yüksek Lisans	Elektrik Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2015
Lisans	Elektrik Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2012
Lise	Fen Bilimleri	Haydarpaşa Anadolu Lisesi	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2013	4A Elektrik	Sekonder Proje Mühendisi