

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN
ANALOG VE DİJİTAL MESAFE RÖLELERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI

Elektrik Müh. Kerem MORAL

F.B.E. Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yrd.Doç.Dr. Tuncay UZUN

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ferit ATTAR

Doç. Dr. Nurettin UMURKAN



29/12/1

İSTANBUL, 1998

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

79121



İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TEŞEKKÜR	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. ELEKTRİK TESİSLERİNDE KORUMA	3
2.1 Korumanın Önemi.....	3
2.2 Ana ve Yedek Koruma	6
2.2.1 Ana koruma	6
2.2.2 Yedek koruma	7
2.3 Koruma Sisteminden Beklenen Özellikler	8
2.3.1 Seçicilik.....	8
2.3.2 Hızlı çalışma.....	10
2.3.3 Güvenilirlik	11
2.3.4. Koruma sistemi yapısının basit olması.....	12
3. KORUMA ELEMANI RÖLELERİN TEMEL YAPILARI VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ	14
3.1 Rölenin Tanımı ve Temel Kavramlar.....	14
3.2. Yapısına Göre Röleler	18
3.2.1 Elektromekanik röleler	18
3.2.1.1 Elektromagnetik röleler	19
3.2.1.1.1 Dalgıç armatürlü röle.....	20
3.2.1.1.2 Menteşe armatürlü (clapper) röleler	21
3.2.1.1.3 Polarize röleler	22
3.2.1.1.4. Terazi kollu (dengeli kirişli) röleler	23
3.2.1.2 Magnetik indüksiyon röleleri	26
3.2.1.2.1 Disk tipi indüksiyon röleleri.....	26
3.2.1.2.2 Silindir tipi indüksiyon röleleri	30
3.2.1.3 Termik röleler.....	32
3.2.1.4 Magnetik amplifikatörlü röleler	33
3.2.1.4.1 Doyma reaktörünün çalışma prensibi	35
3.2.1.4.2 Magnetik amplifikatörlerin rölelerde kullanılması.....	40
3.2.2. Statik (Yarı iletken) röleler.....	40
3.2.2.1 Statik rölelerin sınıflandırılması.....	41
3.2.2.2 Statik rölelerin temel yapısı.....	42
3.2.2.2.1 Dönüştürme elemanı (Konverter).....	43
3.2.2.2.2 Ölçme elemanı.....	44
3.2.2.2.3 Çıkış elemanı	45
3.2.2.2.4 Besleme elemanı.....	45
3.2.2.3 Statik rölelerin avantajları	46

3.2.2.4 Statik rölelerin koruma uygulamalarında kullanılması	47
3.2.3 Dijital röleler	49
3.2.3.1 Dijital rölelere ait blok diagram	52
3.2.3.2 Dijital rölelerin avantajları	55
4. MESAFE RÖLELERİ	56
4.1. Mesafe Rölelerine Giriş.....	56
4.2 Mesafe Rölelerinin Çalışma Karakteristikleri	58
4.2.1 Empedans rölesi	63
4.2.2 Reaktans rölesi	69
4.2.3 Admittans (Mho) rölesi	70
4.2.4 Offset Mho (Değiştirilmiş empedans) rölesi	73
4.2.5 Ohm rölesi	74
4.3 Mesafe Rölelerin Yapısı.....	75
4.3.1 Uyarma (Başlatma) elemanı	75
4.3.1.1 Aşırı akımla uyarma	75
4.3.1.2 Düşük empedansla uyarma	78
4.3.2 Yön elemanı	81
4.3.3 Ölçme elemanı.....	86
4.3.3.1 Empedans ölçme organı	88
4.3.4 Zaman elemanı	91
4.4. Pratikte Kullanılan Mesafe Rölesi Tipleri.....	92
4.4.1 Brown Boveri (LZ3) Elektromekanik mesafe rölesi	92
4.4.1.1 Esas özellikler ve çalışma şekli	92
4.4.1.2 LZ3 Elektromekanik mesafe rölesinin yapısı.....	93
4.4.1.2.1 Empedans rölesi	93
4.4.1.2.2 IE Toprak arıza rölesi	95
4.4.1.2.3 Mesafe ve yön ölçme sistemi (M + PU).....	96
4.4.1.2.4 Akım trafosu SH1	99
4.4.1.2.5 Benzetme empedansı M	100
4.4.1.2.6 Ara trafosu HG8	100
4.4.1.2.7 Zaman - kademe rölesi T.....	101
4.4.1.2.8 W Seçici anahtarı.....	102
4.4.1.3 Mesafe - zaman karakteristiği	102
4.4.1.4 LZ3 Elektromekanik mesafe rölesinin ayarlanması	104
4.4.1.4.1 Başlatma elemanlarının ayarı	104
4.4.1.4.2 Kademe reaktanslarının ayarı	106
4.4.2 AEG (SD 135) Statik (Elektronik) mesafe rölesi	107
4.4.2.1 Rölenin başlatma karakteristiği	108
4.4.2.1.1 Düşük empedans başlatması (I. Bölge)	108
4.4.2.1.2 Aşırı akım başlatması (II. Bölge)	108
4.4.2.2 AEG (SD 135) Elektronik mesafe rölesinin ayarı	112
4.4.3 Siemens (7SA 511) Dijital mesafe rölesi	112
4.4.3.1 Rölenin çalışma prensibi	114
4.4.3.2 Mesafe koruma	117
4.4.3.2.1 Başlatma	117
4.4.3.2.1.1 Toprak başlatma	117
4.4.3.2.1.2 Aşırı akım başlatma.....	118
4.4.3.2.1.3 Empedans başlatma	119
4.4.3.2.1.4 Gerilim kontrollü (Düşük empedans) başlatma.....	120

4.4.3.3 Arıza empedansının hesaplanması	122
4.4.3.4 Yön belirleme	124
4.4.3.5 Açma karakteristiği	127
4.4.3.6 Rölenin açma mantığı.....	130
4.4.3.7 Dijital mesafe rölesi 7SA 511'in ayar hesabı	135
5. ELEKTROMEKANİK VE DİJİTAL MESAFE RÖLELERİNİN AYARLARINA AİT SAYISAL ÖRNEK	136
5.1 LZ3 Elektromekanik Mesafe Rölesinin Ayarı.....	136
5.1.1 Kademe reaktanslarının ayarı	136
5.1.2 Başlatma elemanlarının ayarı	139
5.2 7SA 511 Dijital Mesafe Rölesinin Ayarı.....	140
5.2.1 Kademe reaktanslarının ayarı	141
5.2.2 Başlatma elemanlarının ayarı	143
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	145
KAYNAKLAR.....	147
ÖZGEÇMİŞ.....	149

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Koruma rölesinin elektrik güç sistemine bağlanması (Bir faz için).....	4
Şekil 2.2 Elektrik güç sisteminin koruma bölgelerine ayrılması.....	5
Şekil 2.3 Kesici çevresindeki koruma bölgelerinin kesiştirilme prensibi	7
Şekil 2.4 Y.G şebekesinde seçici koruma	9
Şekil 2.5 Hatanın ortadan kaldırılma süresinin fonksiyonu olarak sistemde iletilebilecek güç değişimi.....	10
Şekil 3.1. Röleler.....	15
Şekil 3.2 Kontak çeşitleri	16
Şekil 3.3 Dalgıç armatürlü röle	21
Şekil 3.4 Menteşe armatürlü röle	22
Şekil 3.5 Polarize röleler	23
Şekil 3.6 Terazı kollu (dengeli kirişli) röle	24
Şekil 3.7 Terazı kollu rölenin geliştirilmesi	25
Şekil 3.8 Disk tipi indüksiyon rölesi	27
Şekil 3.9 Gölgeleme halkasının akılar üzerine etkisi	29
Şekil 3.10 Diskte meydana gelen gerilimlerin vektöriyel gösterimi	30
Şekil 3.11 Silindir tipi indüksiyon rölesi.....	31
Şekil 3.12 Termik rölenin temel yapısı	32
Şekil 3.13 Doyma reaktörünün prensip ve bağlantı şeması.....	33
Şekil 3.14 Karşıt endüktansı azaltmak için kullanılan iki çekirdekli reaktör.....	34
Şekil 3.15 Üç bacaklı kapalı doyma reaktörü.....	34
Şekil 3.16 Reaktörlerin grafik ve şematik sembolleri	35
Şekil 3.17 Nc Kontrol sargısı kumanda prensibi.....	36
Şekil 3.18 Magnetik devre satürasyon (doyma) eğrisi	36
Şekil 3.19 Magnetik kontrol prensibi	38
Şekil 3.20 Doyma reaktörünün çalışma grafiği.....	39
Şekil 3.21 Magnetik amplifikatörlü mesafe rölesi prensip şeması.....	40
Şekil 3.22. Koruma rölelerinin temel blok diyagramı	43
Şekil 3.23 İki girişli temel gerilim ve akım karşılaştırıcı	44
Şekil 3.24 Üç girişli temel gerilim karşılaştırıcı.....	44
Şekil 3.25 Analog / Binary sinyal dönüştürücü (Schmitt Trigger).....	45
Şekil 3.26 Statik röle ile faz açısının ölçülmesi	47
Şekil 3.27 Sabit zamanlı aşırı akım rölesi	48
Şekil 3.28 Ters zamanlı elektronik aşırı akım rölesinin blok diyagramı.....	49
Şekil 3.29 Parça sayısına bağlı olarak cihaz güvenilirliğinin değişimi	50
Şekil 3.30 Çeşitli kriterlerin analog ve dijital rölelerde değişimi.....	51
Şekil 3.31 Dijital koruma rölesine ait blok diyagram.....	53
Şekil 3.32 Yıllar itibarı ile yapılarına göre röle üretim değişimi.....	54
Şekil 4.1 İletim hattının π eşdeğer devresi	56
Şekil 4.2 İki taraftan beslenen hatlarda yönlü koruma	58
Şekil 4.3 İki bara arasındaki hattın mesafe rölesi ile korunmasına ait basitleştirilmiş devre... ..	59
Şekil 4.4. a) R noktasında mesafe rölesi bulunan güç sisteminin tek hat şeması b) Hat sonunda üç fazlı arıza meydana gelmesi durumunda eşdeğer devre	60
Şekil 4.5 Empedans tipi mesafe rölesinin çalışma zamanı empedans diyagramı.....	62
Şekil 4.6 Empedans rölesinin karakteristiği	64
Şekil 4.7 Yön üniteli üç bölgeli mesafe rölesinin bir faz bağlantı devresi.....	65
Şekil 4.8 Empedans tipi yönlü mesafe rölesinin çalışma ve zaman gecikme karakteristiği	66
Şekil 4.9 Empedans rölesi tipleri A) Toprak rölesi B) Faz rölesi	68

Şekil 4.10 Reaktans rölesinin karakteristiği	70
Şekil 4.11 Mho rölesinin karakteristiği	71
Şekil 4.12 Üç bölgeli admittans rölesinin çalışma karakteristiği	72
Şekil 4.13 Offset - mho rölesi karakteristiği	73
Şekil 4.14 Ohm rölesinin güç salınımlarında kullanılması sonucu oluşan karakteristik.....	74
Şekil 4.15 Yıldız noktası yalıtılmış şebekelerde aşırı akımla uyarma.....	76
Şekil 4.17 Bir aşırı akım rölesi ve bir düşük gerilim rölesinden meydana gelen düşük empedans uyarma elemanı.....	78
Şekil 4.18 Elektromekanik terazi kollu rölenin düşük empedans uyarma elemanı olarak kullanılması.....	80
Şekil 4.19 (a) Elektromagnetik (b) Elektrikli terazi kollu rölenin düşük empedans elemanı olarak kullanılması.....	81
Şekil 4.20 Hat arızasında yönlü koruma.....	81
Şekil 4.21. Elektrodinamik yön elemanı:	82
Şekil 4.22 Ferraris tipi endüksiyonlu yön rölesi.....	83
Şekil 4.23 Mekanik tipten terazi kollu yön rölesi	84
Şekil 4.24. Elektrikli tip terazi kollu yön rölesinin prensip şeması.....	85
Şekil 4.25 Tek fazlı üç kademeli ölçme elemanının prensip devresi	87
Şekil 4.26. Empedans ölçen mesafe ölçme organının Z düzleminde çalışma diyagramı.....	89
Şekil 4.27. Karakteristiği bir daire olan elektrikli terazi kollu empedans rölesi	90
Şekil 4.28. Empedans rölesine ait devre bağlantısı	94
Şekil 4.29 Toprak arıza rölesi IE'ye ait devre bağlantısı.....	95
Şekil 4.30 Faz - faz arası kısa devre olan örnek bir hat devresi	96
Şekil 4.31 PU faz rölesi ile mesafe ve yön ölçme sistemi.....	98
Şekil 4.32 Çeşitli ayar değerlerine ait HG8 trafosu üzerindeki tep ayarları	101
Şekil 4.33 Hat üzerinde selektif olarak çalışan mesafe röleleri.....	103
Şekil 4.34 AEG (SD 135) statik mesafe rölesine ait başlatma karakteristikleri	109
Şekil 4.35 AEG (SD 135) statik mesafe rölesine ait üniteler	111
Şekil 4.36 7SA 511 Dijital mesafe rölesinin donanım yapısı.....	116
Şekil 4.37 Toprak akımı kontrol elemanı - Başlatma eşik karakteristiği	118
Şekil 4.38 Empedans arıza başlatma karakteristiği	120
Şekil 4.39 Temel akım / gerilim karakteristiği	121
Şekil 4.40 Faz-faz kısa devresi gerçekleşmiş bir hat.....	122
Şekil 4.41 Faz-toprak kısa devresi gerçekleşmiş bir hat	123
Şekil 4.42 Yön tesbiti için referans gerilimler	124
Şekil 4.43 7SA 511 mesafe rölesine ait yön karakteristiği.....	125
Şekil 4.44 Kaynak empedansına bağlı yön karakteristiği.....	125
Şekil 4.45.a Yüklü bir hatta toprak arızası için gerilim vektör diyagramı	126
Şekil 4.45.b.c Yük akımı ve kaynak empedanslı yön karakteristiği.....	126
Şekil 4.46 7SA 511 rölesine ait açma karakteristiği	129
Şekil 4.47 Dijital mesafe koruma rölesinin açma mantığına ait blok şema	133
Şekil 4.48 Dijital mesafe rölesi 7SA 511'e ait bağlantı diyagramı	134
Şekil 5.1 Röle ayar hesapları yapılacak sistemin tek hat şeması.....	136
Şekil 5.2. LZ3 Elektromekanik mesafe rölesi	140
Şekil 5.3 7SA 511 Dijital mesafe rölesi	144

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamı yaparken beni yönlendiren, her türlü destek ve yardımını esirgemeyen tez danıőmamı değerli hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Ferit Attar bey'e, araőtırmalarımda bana yardımcı olan Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ő Batı Röle ve l Aletleri Müdürlüęünden röle grubu baő mühendisi Sn. Hikmet Durak, T.E.A.Ő Davutpaşa istasyon röle grubu mühendisi Sn. Asker Yeőilyurt, Siemens koruma sistemleri koordinatörü Sn. Alparslan Ok ve AEG enerji sistemleri müdürü Doç. Dr. Tuncay aylı bey'e teőekkürlerimi sunarım.



ÖZET

Elektrik güç sistemlerinde meydana gelen arızaları tamamen yok etmek olanaksızdır. Arızaların çok kısa bir sürede giderilmesi sistemin sürekliliği açısından gereklidir. Bu nedenle koruma çok önemlidir. Elektrik güç sistemlerinde koruma fonksiyonu için koruma düzeneklerinden yararlanır. Koruma düzenekleri sürekli olarak güç sistemini izlemeli ve herhangi bir arıza anında kesicilerin doğru olarak çalışmasını sağlayabilmelidir. Güç sistemlerini korumak amacıyla kesicilerle beraber koruma rölelerinden yararlanır. Koruma röleleri sistemdeki arızayı saptar ve kesicilere açma komutu verir. Sistemin bir parçası olan enerji iletim hatlarını kısa devrelere karşı korumak için mesafe röleleri kullanılır. Mesafe röleleri, iletim hattı empedans değerinin kendi ayar değerinin altına düşmesi sonucu çalışan koruma elemanıdır. Mesafe röleleri sırasıyla mekanik, statik ve dijital olarak üretilmiştir. Tez çalışmasında öncelikle koruma fonksiyonu, yapısına göre röleler ve genel olarak mesafe rölesi konuları incelenmiştir. Ayrıca uygulamada yer alan mekanik ve dijital mesafe röleleri araştırılıp aralarındaki farklar ortaya konulmaktadır. Bu çalışma için öncelikle literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırmasından sonra uygulamada kullanılan mesafe rölelerini incelemek amacıyla enerji dağıtım istasyonları ziyaret edilmiştir. Araştırmalar sonunda dijital mesafe rölesinin, birden fazla fonksiyonu tek bir donanım içerisinde bulunduran, otomasyona yönelik, kullanımı kolay, bakım ve tedarik maliyetlerinin düşük, seçiciliği ve dayanımı fazla, arıza temizleme süresinin kısa, güvenilirliği ve ölçüm hassasiyeti yüksek, pano içinde az yer kapladığı sonuçları elde edilmiştir. Bu tür özelliklerden dolayı dijital mesafe röleleri mekanik mesafe rölelerine göre uygulamada tercih edilmektedir.

Anahtar kelimeler: Dijital mesafe rölesi, Mekanik mesafe rölesi, Farklar, Ayarlar
Özellikler.

ABSTRACT

In electrical power systems, it is impossible to eliminate the power failures completely and it is also necessary to remove them quickly for the continuity of the system, so that protection has a great importance. This function is achieved by protection devices. These devices shall be capable of tracing power systems and obtaining proper operation of circuit breakers in case of a failure. In order to protect the power systems, protection relays are used together with the circuit breakers. These relays detect the failures and send cut-off signal to the circuit breakers.

As a part of the system, distance relays are used to protect the transmission lines against short-circuits. It functions when the transmission line impedance falls down the preset value of the relay. They are produced in various types such as mechanical, static and numerical respectively.

In this paper, protection function, relay structures and distance relays were studied in first place. Application of both mechanical and numerical distance relays are also studied and main differences were explained. This study is consist of mainly two phases, which are publication research and technical visit to the power distribution stations to observe distance relays in use.

Consequently it is seen that numerical distance relays are easy-to-use, robust, adaptive for automation, and multi functional. They have lower maintenance costs, more selectivity, shorter fault removal time, high measurement sensitivity, reliability and need less space for installation. Numerical distance relays are more preferable in terms of mechanical distance relays in use.

Key words: Numerical Distance Relay, Mechanical Distance Relay, Differences, Adjustments, Specifications.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. GİRİŞ

Elektrik tesislerinin işletilmesi sırasında ortaya çıkan hataların ve bunların sonuçları olan arıza ve zararların tamamen ortadan kaldırılması olanaksızdır. Elektrik tesislerinin iyi hesaplanması, planlanması ve yetkili kişiler tarafından işletilmesi ile hataların meydana gelme olasılıkları azaltılabilir. Hatanın ortaya çıkması tam olarak önlenemediğine göre üzerinde durulması gereken husus, hatanın yol açabileceği arıza ve zararı olanaklar dahilinde küçük tutabilecek önlemler almaktır. elektrik tesislerinde koruma bu nedenle çok büyük önem kazanmaktadır. Güç sistemlerinde yer alan elemanları, arıza sonucunda zarara uğramalarını önlemek amacıyla koruma düzenleri kullanılır. Elektrik koruma düzenleri sürekli olarak güç sistemini izlemeli ve herhangi bir arıza anında kesicilerin doğru olarak çalışmasını sağlayabilmelidir.

Güç sisteminin korunması açısından yalnız başına kesiciler yeterli değildir. Kesicilerin çalışması için öncelikle sistemde bir hatanın varlığını saptamak gerekir. Elektrik koruma düzeneği içinde bu görevi koruma röleleri yerine getirmektedir. Koruma röleleri sistemde bir arıza olup olmadığını tesbit eder ve arıza var ise kesicilere açma komutu verir.

Yüksek gerilim kablolarının kısa devrelere ve aşırı yüklerle karşı korunmaları gerekmektedir. Bu amaçla aşırı akım rölesi, aşırı gerilim rölesi veya mesafe röleleri kullanılabilir. Özellikle yüksek gerilimli uzun iletim hatlarını kısa devreye karşı korumak amacıyla mesafe röleleri kullanılmaktadır. Mesafe röleleri iletim hattı empedansının bir kısa devre sonucu kendi ayar empedansının altına düşmesi sonucu başlatma alan ve bulunduğu nokta ile arıza noktası arasındaki uzaklıkla doğru orantılı bir gecikmeyle çalışan koruma röleleridir. Mesafe röleleri ilk olarak 1960'lı yıllarda elektromekanik tipte üretilmiştir. 1970'li yıllardan itibaren rölenin elektronik tipide üretilip tesislerde yer almaya başlamıştır. Son onbeş yılda ise mikroişlemci teknolojisinin gelişimi sonucu dijital mesafe röleleride koruma röleleri pazarında yerini almıştır.

Tez çalışmasının amacı, elektromekanik ve dijital mesafe rölelerinin incelenerek aralarında ki farklılıkların ortaya konulmasıdır. Bu amaçla ilk olarak elektrik tesislerinde korumanın üzerinde durulmuştur. Elektrik tesislerinde korumanın önemi ve korumanın

özellikleri belirtildikten sonra koruma elemanı röleler anlatılmaktadır. Rölelerin yapısal bakımdan incelenmesinin ardından genel olarak mesafe röleleri incelenip uygulamada kullanılmakta olan elektromekanik ve dijital mesafe röleleri yapıları, özellikleri ve ayar hesapları açısından araştırılmıştır.

Bu araştırma için öncelikle literatür incelemesi yapılmıştır. Uygulamada yer alan röleleri hem yerinde incelemek hem de rölelerle ilgili geniş bilgiler almak amacıyla Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş Batı Röle Ölçü ve Aletleri Müdürlüğüne, T.E.A.Ş Davutpaşa istasyonu Röle Grup Başmühendisliğine, Siemens ve AEG firmalarına ziyaretler yapılarak yetkililerle görüşülmüştür.



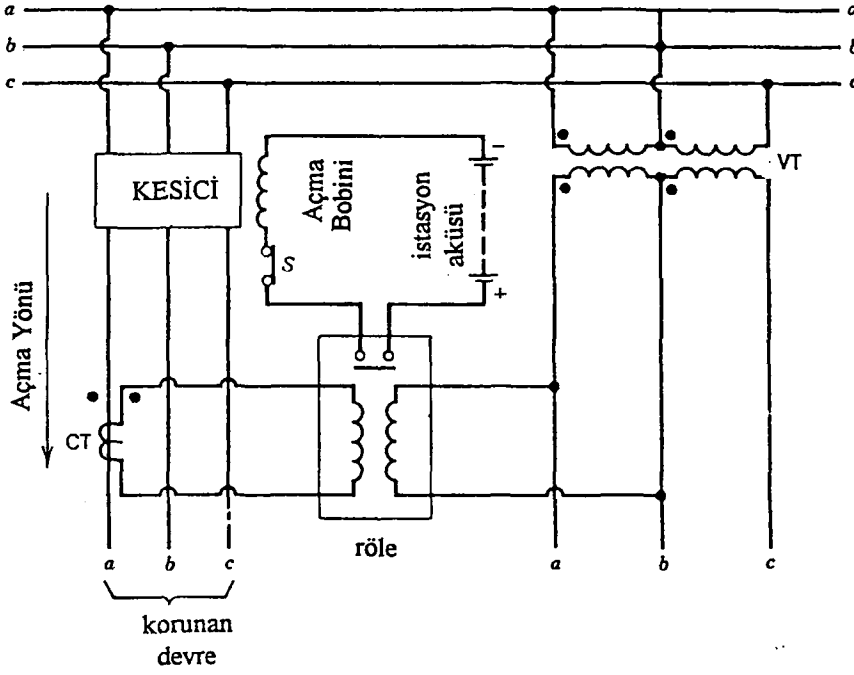
İKİNCİ BÖLÜM

2. ELEKTRİK TESİSLERİNDE KORUMA

2.1 Korumanın Önemi

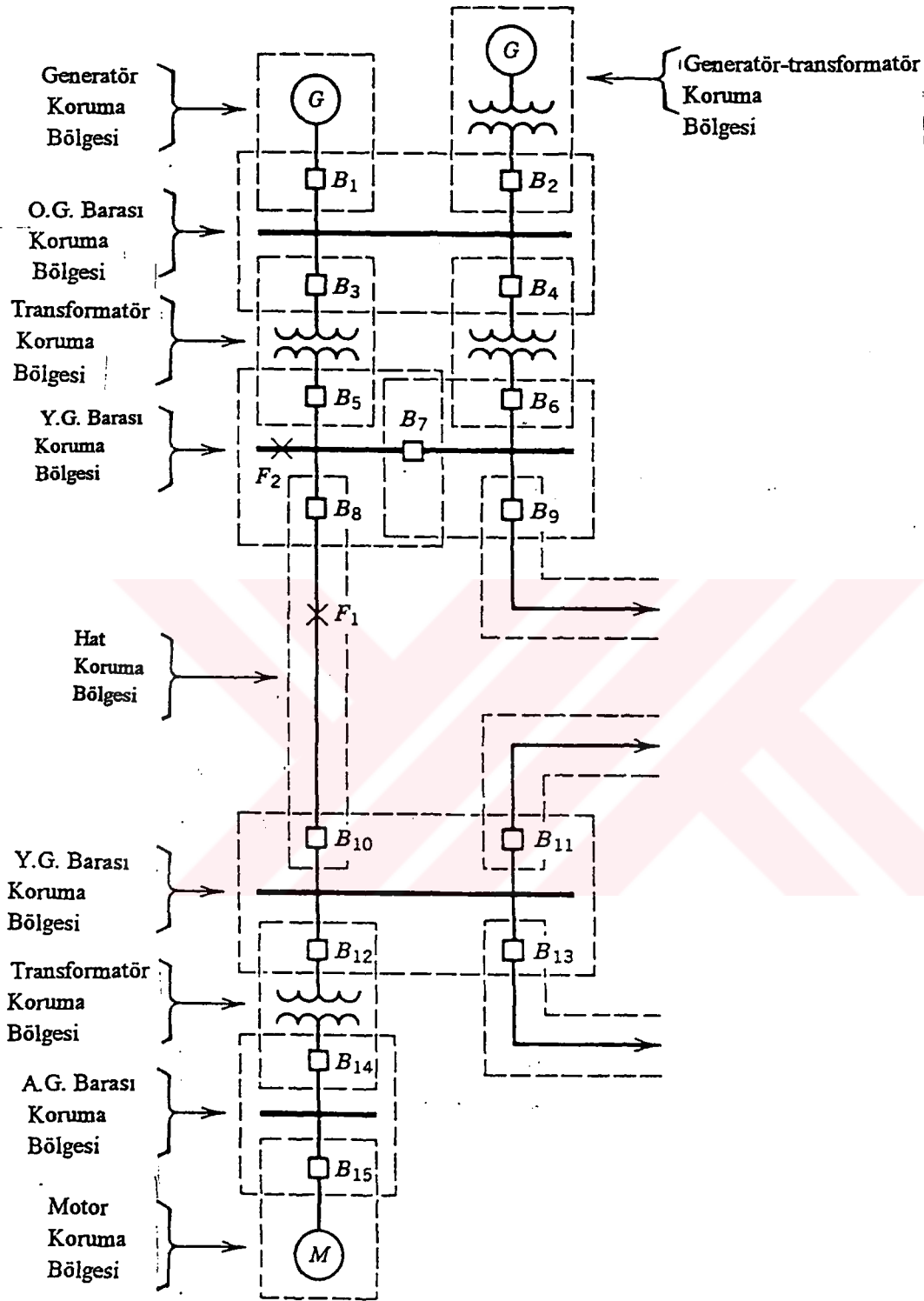
Elektrik işletme elemanları, tesisleri ve şebekeler, elektrik enerjisinin olanaklar nisbetinde kesintisiz üretilebileceği, iletilebileceği ve dağıtılabileceği şekilde yapılır ve işletilir. Bu uygun yapıma ve işleme rağmen gerek elektrik tesisleri gerekse şebekeler istenmeyen durumlarla karşı karşıya kalabilirler. Bu istenmeyen durumlar neticesinde elektrik tesislerinde ortaya çıkabilecek sorunlar tesisi ve tesise bağlı olan tüketicileri yakından etkiler. Örneğin bir elektrik tesisinden gelen enerjiyle beslenen bir sanayi bölgesi o tesiste oluşan bir arıza sonucu belki birkaç saat belki de birkaç gün enerjisiz kalabilir. Bu durum hem o sanayi bölgesinde yer alan fabrikalar hem de ülke ekonomisi açısından zararlıdır. Bu örnekten de anlaşılacağı gibi elektrik tesislerinde koruma oldukça önemlidir.

Meydana gelen arızalarda nominal işletme durumundan farklı değerler alan elektriksel büyüklükleri değerlendirip korunan elemanın zarara uğramasını önleyen düzenler elektrik koruma düzenleridir. Elektrik koruma düzenlerinin kullanımı sonucu elektrik güç sistemlerinde koruma, sürekli olarak güç sistemini gözleyerek bir hatanın varlığını saptama ve kesicilerin doğru olarak açılmasını sağlama tekniğidir. Bununla birlikte yalnız başına kesiciler, sistemdeki hatanın ortadan kaldırılmasında yeterli değildir. Bu amaçla kesiciler koruma röleleriyle donatılırlar. Koruma röleleri hatanın varlığını tesbit etmek için gereklidir ve bir hata meydana geldiği zaman bu hatayı ortadan kaldırmak için hangi kesicilerin hangi sırayla açılacağını tesbit ederler.



Şekil 2.1 Koruma rölesinin elektrik güç sistemine bağlanması (Bir faz için)
Kaynak:T.Çaylı, (1980), "Koruma Tekniği", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Koruma sistemi, akım transformatörleri (CT), gerilim transformatörleri (VT) ve sistemin a.c kısımları olarak bilinen röle bağlantıları ile istasyonun bataryalarından beslenen ve istasyon bataryası ile kesici açtırma bobinini birbirine bağlayan, sistemin d.c kısmı olarak bilinen koruma rölelerinden meydana gelir. Genel olarak bütün koruma röleleri iki pozisyonlu olur. (1) Kontak devresinin genellikle açık olduğu normal pozisyon, (2) Kontak devresinin kapalı olduğu hata pozisyonu. Şekil 2.1'de bir koruma rölesinin temel bağlantıları gösterilmiştir. Şekil 2.1'deki devrede kesici açıldıktan sonra kesicinin S ile gösterilen yardımcı kontağı açılır, böylece endüktansı oldukça yüksek olan kesici açtırma bobininin enerjisi kesilir, kesici elle veya otomatik olarak tekrar kuruluncaya kadar kesici açık kalır.



Şekil 2.2 Elektrik güç sisteminin koruma bölgelerine ayrılması
Kaynak:T.Çaylı, (1980), "Koruma Tekniği", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

2.2 Ana ve Yedek Koruma

2.2.1 Ana koruma

Ana korumada kesiciler güç sistem elemanlarının sisteme bağlandıkları noktalara yerleştirilir. Böylece sistemde bir hata olduğunda sadece hatalı eleman devreden çıkarılır. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi sistemde bir hata durumunda minimum enerji kesintileriyle uygun bir koruma sağlamak amacıyla elektrik güç sistemi aşağıda belirtilen koruma bölgelerine ayrılır.

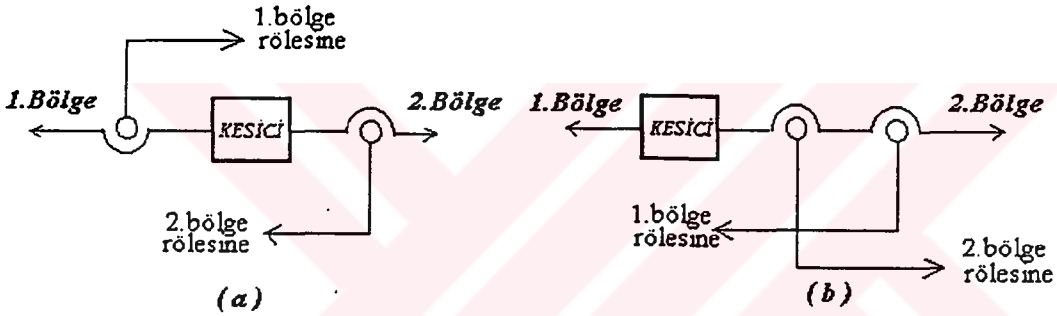
1. Generatörler (Generatör ; Transformatör grubunda olabilir.)
2. Transformatörler
3. Baralar
4. İletim hatları
5. Motorlar

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi her koruma bölgesinin bu bölgede meydana gelen arızaları tesbit etmek için kendine ait koruma röleleri ve yine bu bölgedeki arızayı sistemden ayırmak için kendi kesicileri vardır. Bu nedenle koruma bölgesi bir koruma sistemi ile korunan bir güç sisteminin parçası olarak tanımlanabilir.

Tasarımı iyi yapılmış bir koruma sisteminde bir koruma bölgesi içinde meydana gelen hatada bu bölgedeki bütün kesiciler açılacaktır. Ana koruma, normal olarak korunan bir bölgedeki hataya karşı cevap olarak çalışması beklenen koruma sistemi olarak tanımlanabilir. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi korunmayan bölge kalmaması için herbir koruma bölgesi diğer bir koruma bölgesi ile kesiştirilir. Akım transformatörlerinin bağlantıları yardımıyla bir kesici etrafındaki koruma bölgelerinin birbiriyle kesiştirilme prensibi Şekil 2.3’de gösterilmiştir. Şekil 2.3.a ve 2.3.b’de kesicilerin canlı tank ve ölü tank bağlantıları gösterilmiştir. Her iki bağlantı türü de yüksek gerilimli enerji iletim sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Akım transformatörleri arasında meydana gelen herhangi bir hatada birinci ve ikinci bölge rölelerinin her ikisi de çalışacaktır ve her iki bölgedeki tüm kesiciler açılacaktır. Örneğin Şekil 2.2’de F1 noktasında bir hata meydana gelirse B8 ve B10 kesicilerinin açılması gerekir. F2 noktasında bir hata meydana gelirse B5, B7 ve B8 kesicileri açılmalıdır.

2.2.2 Yedek koruma

Ana koruma sisteminde koruma rölesi veya kesicinin işletme sırasında arızalanması durumunda arızalı bölgeyi sistemden ayırmak için yedek koruma sisteminden yararlanır. Yedek koruma ana korumanın çalışmadığı yer ve durumlarda çalışarak hatalı güç sistemi kısmını sistemden ayıran koruma türü olarak tanımlanabilir. Gerekli olan yedek koruma düzeni genellikle bir sonraki komşu istasyona yerleştirilir. Ana ve yedek koruma düzenlerinin farklı yerlere yerleştirilmesi büyük arıza akımları sebebiyle ana ve yedek koruma düzenlerinin aynı anda bozulmasını önleyecektir. Böyle yerleştirme yapıldığı zaman bu tip yedek koruma düzenine “uzaktan yedek koruma” denir. Uzaktan yedek koruma düzeni yavaş çalışır ve güç sisteminin hatalı olan kısmından fazlasını devreden çıkarır.



Şekil 2.3 Kesici çevresindeki koruma bölgelerinin kesiştirilme prensibi
Kaynak:T.Çaylı, (1980), “Koruma Tekniği”, Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Örneğin şekil 2.2’de sistemde hat koruması mesafe röleleriyle yapıldığında B8 kesicisine yakın yerdeki bir hatada yedek koruma sisteminin arızayı ortadan kaldırması 0.25 ile 0.50 saniye arasında değişir. Oysa B10 kesicisi yakınındaki bir hatanın ortadan kaldırılma süresi 1 ile 3 sn. arasında değişir. Yedek koruma düzeni aşırı akım röleleriyle gerçekleştirilirse bu süreler daha da uzar. Ana ve yedek koruma sistemini koordine etmek için gerekli olan gecikme zamanına “koordinasyon zaman gecikmesi” denir. Bugün enterkonnekte şebekelerin çok karmaşık olması sebebiyle koruma rölelerini koordine etmek için en uygun koordinasyon durumunun bulunması bilgisayar programıyla sağlanır.

Şekil 2.2’de F2 noktasında bir hatada B8 kesicisinin açılması gerekirken bu kesici açılmazsa B8 kesicisinin yerine B10 kesicisi açılır. Birçok uygulamada yedek koruma görevi

yapan kesiciler, ana koruma görevi yapan kesicilerin önce açılması için yeteri kadar zaman gecikmeli olarak çalışacak şekilde donatırlar.

Genel olarak yedek koruma, ana koruma sistemi ve kesicilerin arızalı olması durumunda gereklidir. Koruma rölelerinin arızalanarak çalışmama sebepleri şunlardır: Rölenin kendisi arızalı olabilir, yardımcı cihazlar arızalı olabilir, akım ve gerilim transformatörleri ile bunların bağlantıları arızalı olabilir. Kesicinin arızalanarak çalışmama sebepleri ise; kesicinin güç kontaklarının açma - kapama sırasında arızalanması, açma mekanizmasının arızalanması veya kesici açtırma bobinini besleyen d.c kaynağın arızalı olmasıdır.

2.3 Koruma Sisteminden Beklenen Özellikler

Koruma düzenlerinin görevi, işletme elemanları ile elektrik tesis ve şebekelerinde ortaya çıkan hataları ve bunların çeşitlerini gözlenen elektrik büyüklükleri yardımıyla çabuk ve güvenilir olarak tesbit etmek ve gerektiğinde hatalı işletme elemanını devre dışı bırakarak enerjinin olanaklar içinde sürekli olmasını sağlamaktır. Bu görevi yerine getirmesi beklenen bir koruma sisteminin;

1. Seçicilik
2. Hızlı çalışma
3. Güvenilirlik
4. Koruma sisteminin yapısının basit olması
5. Ekonomik olma

özelliklerine sahip olması gerekir. Elektrik enerjisine ve bunun güvenilir biçimde kullanılmasına duyulan gereksinimin sürekli olarak hızla artması, gerek santrallerin kurulu güçlerinin ve gerekse iletim ve dağıtım şebekelerinin çok hızlı bir şekilde büyümesine neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak yukarıda sayılan özelliklerin önemi giderek artmakta ve bunların tolerans sınırları daralmaktadır.

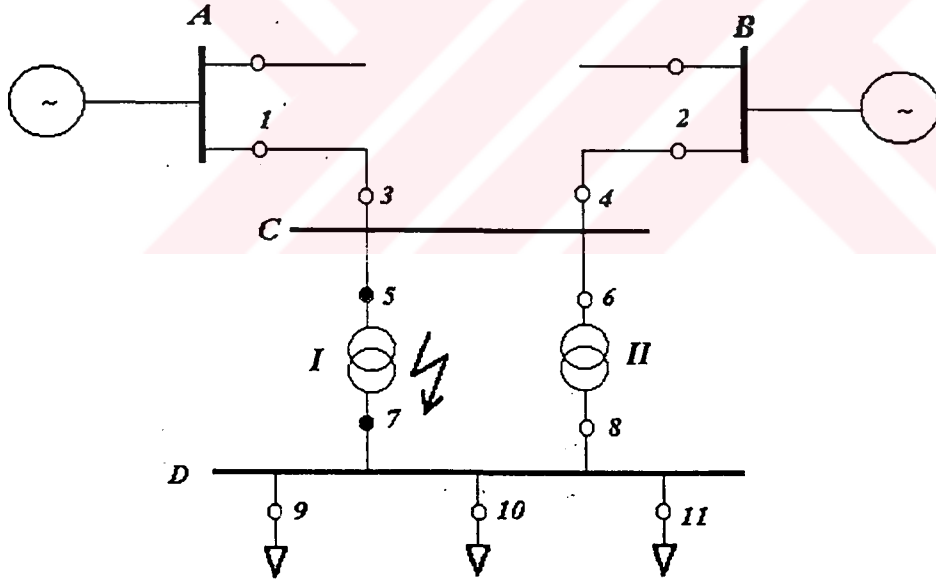
2.3.1 Seçicilik

Korumanın seçici olması; hatanın, çeşidi ve yerine göre doğru tesbit edilmesinden sonra açma işleminin çok az bir tesis kısmı, hatta yalnız hatalı işletme elemanı devre dışı kalacak ve güç sisteminin diğer kısımlarında işletmeye devam edilebilecek şekilde yapılması demektir.

Ekonomik işletme dolayısıyla hemen her elemanı güçleri seviyesinde yüklenen günümüzün gelişmiş dağıtım şebekelerinde seçici olmayan bir koruma sisteminin gerçekleştirdiği açma işlemi kolaylıkla aşırı yüklenmelere ve şebekenin çökmesine neden olabilmektedir.

Korumanın seçicilik özelliğinden beklenen diğer bir görev kısa süreli kesintiler için hatalı iletken tesbitidir. Y.G. şebekelerindeki bir kutuplu toprak kısa devrelerinde koruma düzeni, hatalı iletkeni tesbit ettikten sonra yalnız bu iletkenin kısa bir süre (100-300 ms) gerilimsiz kalmasını sağlar. Bir kutuplu kısa devreler çoğu kez bir ark ile oluştuğundan gerilimsiz bırakılan süre içinde, hata yerindeki iyonlaşmanın dağılmasıyla arkın tekrar tutuşması önlenmiş olur. Seçici korumada hatalı iletkenin dolayısıyla hata çeşidinin tesbiti, koruma düzeninin uyarma devresi tarafından yapılır.

Seçicilikle ilgili olarak Şekil 2.4'de gösterilen örnekte, Y.G. şebekesinde D barasından çıkan hatlar I ve II transformatörleri üzerinden beslenmektedir. Gerekli enerji transformatörlerinin primer taraflarındaki A ve B baralarına bağlı santrallerden sağlanmaktadır.



Şekil 2.4 Y.G şebekesinde seçici koruma

Kaynak: T.Çaylı, (1980), "Koruma Tekniği", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

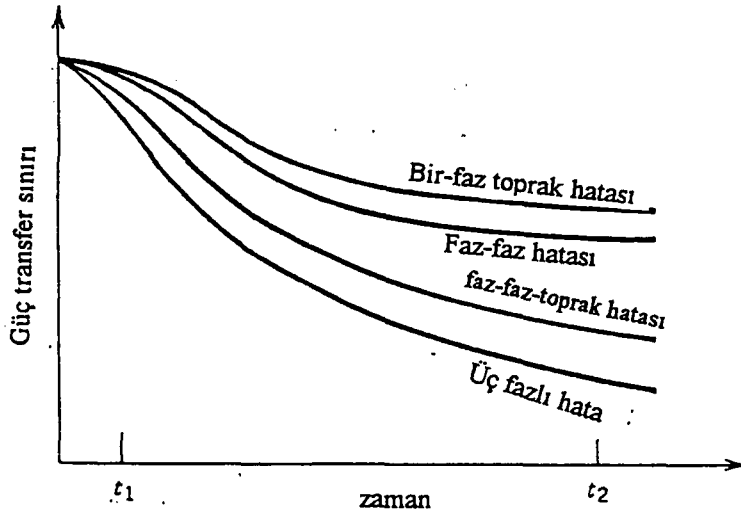
- o Röle ve Kesiciler
- Açma yapan röle ve kesiciler

I transformatöründe meydana gelen bir iç arızada korumadan istenen yalnız hatalı I transformatörünün, 5 ve 7 kesicileri tarafından devre dışı edilmesidir. Bu durumda C ve D baralarının gerilimleri kesilmediği için santrallerin paralel işletilmesi ve tüketicinin beslenmesinin sürekliliği sağlanmış olur. 5 ve 7 kesicilerinden örneğin 7 kesicisinin herhangi bir nedenle çalışmaması ve açma yapmaması durumunda hata yerinin beslenmesi ancak D barasının gerilimsiz bırakılmasıyla sağlanabilir. Bunun için 6 ve 8 kesicilerinden biri belli bir gecikme ile açmalıdır.

9, 10, 11 kesicileri üzerinden hata yerinin beslenmesi olanaksız olduğundan bu kesiciler kapalı kalabilir. Sonuç olarak C barası gerilimsiz kalmamış ve en azından santrallerin paralel çalışması etkilenmemiş olur. Eğer 7 kesicisi yerine 5 kesicisi çalışmayıp açma işlemini yapmayacak olursa, C barası ya 3 ve 4 veya 1 ve 2 kesicileri tarafından gerilimsiz bırakılmalıdır. Bu durumda seçici korumadan, hiç olmazsa A ve B baralarının gerilim altında tutulması istenir.

2.3.2 Hızlı çalışma

Korumadan beklenen ikinci bir özellik hızlı çalışmadır. Herhangi bir işletme elemanındaki hata çok çabuk tesbit edilir ve bu işletme elemanı devre dışı bırakılırsa, büyük kısa devre güçlerine rağmen ortaya çıkacak arızalar ve bunların onarımı için geçecek zamanla, yapılacak masraflar azalır. Ayrıca hatanın kısa sürede ortadan kaldırılması şebekenin dinamik kararlılığının devamını sağlar ve hata tüketiciler tarafından farkedilmez.



Şekil 2.5 Hatanın ortadan kaldırılma süresinin fonksiyonu olarak sistemde iletilebilecek güç değişimi

Kaynak: T.Çaylı, (1980), "Koruma Tekniği", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Koruma sisteminin bir hata durumunda minimum zaman içinde ve hata sebebiyle donanımına gelecek zararda minimum olacak şekilde mümkün olduğu kadar çabuk olarak hatalı elemanı sistemden ayırma yeteneğine “koruma sisteminin hızlı çalışması” denir. Koruma röleleri istenen uygun hızda çalışabilmelidir. Rölenin hızı, ne donanımın hata sebebiyle zarar göreceği kadar yavaş ne de geçici hatalarda istenmeyen açmalara sebep olacak kadar da hızlı olmalıdır. Koruma düzeninin çalışma hızı, güç sisteminin kararlılığını da doğrudan etkiler. Sistemde herhangi bir hatanın ortadan kaldırılma süresi kısaldıkça, sistemde senkronizasyonu kaybetmeden verilen noktalar arasında güç iletilebilir.

Şekil 2.5’de çeşitli hata tipleri için, sistemde iletilebilecek gücün hatanın ortadan kaldırılma süresine göre değişimi gösterilmiştir. Şekilde de açıkça görüldüğü gibi hatanın ortadan kaldırılma sürelerinden t_1 süresi t_2 süresinden daha kısadır ve t_1 süresinde iletilen güç daha büyüktür. Güç sistemlerinde hatanın ortadan kaldırılma süresi oldukça küçüktür. (60 Hz. temel frekansında yaklaşık 3 periyod) bu nedenle sistemde güç aktarımı maksimumdur. Şekil 2.5’de görüldüğü gibi aynı t_1 süresi için iletilen gücün en az olduğu dolayısıyla en şiddetli hata tipi üç fazlı hatadır. İletilen gücün en fazla olduğu bir başka deyişle en hafif hata tipi bir faz toprak hatasıdır.

Korumanın yukarıda açıklanan seçicilik ve hızlı çalışma özellikleri bazı durumlarda birbirlerine ters düşerler. Koruma planı hazırlanırken bu iki özellikten birine öncelik vermek gerekebilir. Bu durumda korunacak işletme elemanının özellikleri ve bununla birlikte çalıştığı diğer tesis elemanları ile işletme koşulları gözönünde bulundurulmalıdır. Pratikte genellikle seçiciliğe öncelik tanınır. Korumanın seçici, fakat hızlı olamayacağı durumlarda ek düzenlerle bu iki özelliğin birbiriyle uyuşması sağlanabilir.

2.3.3 Güvenilirlik

Bir cihazın veya tesisin güvenilirliği, onun işletme süresi boyunca kalitesini belirler. Bu tanıma göre koruma düzenleri de röleleri, yardımcı besleme devreleri, açma devreleri, güç şalterleri ve kesicileri ile birlikte güvenilir olarak çalışmalıdır. Sayılan her bir cihazın güvenilirliği koruma düzeninin toplam güvenilirliğini belirler. Toplam gözlem süresi içinde koruma sisteminin yanlış açma sayısının, bu sürede ortaya çıkan toplam hata oranı korumanın

güvenilirliği hakkında bir fikir verebilir. Bir koruma düzeninin yanlış çalışma durumları üç grupta toplanabilir.

1. Gereksiz açma: Ortada herhangi bir hata olmadığı halde rölenin açma işlemi yaptırmasıdır.
2. Hata durumunda yanlış açma: Rölenin yanlış ölçme yapması veya yanlış ayarlanması durumunda seçici olmayan açma işlemidir.
3. Açma yapmama: Hata ortaya çıktığı halde rölenin açma kumandası vermemesidir.

Hatalı çalışma durumlarının nedenleri çeşitli teknik arızaların yanısıra rölelerin hesabı, yapılışı, bağlantısı ve ayarı sırasında yapılabilecek hatalar olabilir.

Bir koruma işleminin güvenilirliği, aynı koruma işlemi yapan farklı metodlarla çalışan iki hatta üç ayrı koruma düzenini paralel çalıştırarak artırılabilir. Ekonomik bakımdan bu çareye, ancak korunan elemanın önemi gözönünde tutularak başvurulabilir. Diğer taraftan bu önlem, gerektiğinde açmama durumlarını azaltırken gereksiz açma durumlarını arttırmamalıdır. Bunu gerçekleştirmek için paralel çalışan iki koruma sisteminin her ikisinin birden veya üç koruma sisteminden en az ikisinin açma kumandası vermesi halinde son açma işleminin yapılması yoluna da gidilmiştir. Paralel çalışan koruma düzenlerine örnek olarak hatlarda diferansiyel ve mesafe rölelerinin beraber çalışmaları gösterilebilir. Paralel çalışan koruma düzenleri tamamen bağımsız çalışmalı, yani ölçü transformatörleri, yardımcı besleme devreleri v.b. her koruma sistemi için ayrı olmalıdır.

2.3.4. Koruma sistemi yapısının basit olması

Koruma sisteminin minimum eleman ve devre ile meydana getirilmiş olması bu sistemin tasarımının iyi yapılmış olduğunun bir belirtisidir. Bununla beraber en az sayıda elemanla gerçekleştirilmiş ve maliyeti de son derece düşük, yapısı basit olan bir koruma sisteminin güvenilirliği az ise, koruma sisteminin koruduğu donanımda büyük hasarlar meydana geliyorsa o zaman bu koruma düzeni ekonomik olmaz. Bu taktirde koruma sisteminin yapısının basit olması ile güvenilir olması arasında optimum bir çözüm bulmak gerekir. Ancak şu da unutulmamalıdır ki; bir koruma sistemi az elemandan oluşmuş, sistemin yapısı

basit ise bu sistemde arıza olma olasılığı da daha az olur ve sistemin bakım ve kontrolü ile işletme esnasında sistemde meydana gelen arızaların giderilmesi de çabuk olur.

2.3.5. Koruma sisteminin ekonomik olması

Koruma sisteminin ekonomik olması, minimum maliyet ile maksimum korumanın sağlanmasıdır. Maliyeti çok yüksek fakat çok güvenilir bir koruma sistemi tasarımı yapmak mümkündür. Ancak ideal olan mümkün olduğu kadar ucuza malolan ve güvenilirliği de yüksek olan bir koruma sistemi gerçekleştirmektir.

Güç sistemi normal çalıştığı zaman korumaya gerek yoktur. Koruma sadece sistemde bir hata meydana geldiği zaman gereklidir. Başlangıçta koruma sisteminin tesis edilmesine ve daha sonra da işletme sırasında sistemin bakımına yatırılan para, bir hata durumunda sistemin karalılığının bozulması ve sistemde hata sebebiyle meydana gelecek zararın minimuma indirilmesi ile geri dönecektir. Koruma sisteminin maliyeti, korunan sistemdeki elemanların toplam bedeline göre oldukça düşüktür. Sonuç olarak; koruma düzenleriyle donatılmış elektrik güç sistemlerinde koruma için harcanan para oranında tüketicilere verilen enerjinin sürekli olması sağlanır ve iş gücü kaybı azaltılır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. KORUMA ELEMANI RÖLELERİN TEMEL YAPILARI VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

3.1 Rölenin Tanımı ve Temel Kavramlar

Röleler, giriş uçlarındaki elektriksel büyüklüklere bağlı olarak çıkış uçlarındaki bir elektrik devresine kontakları ile kumanda eden koruma elemanlarıdır. Bir arıza durumunda rölelerin çalışma işlemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

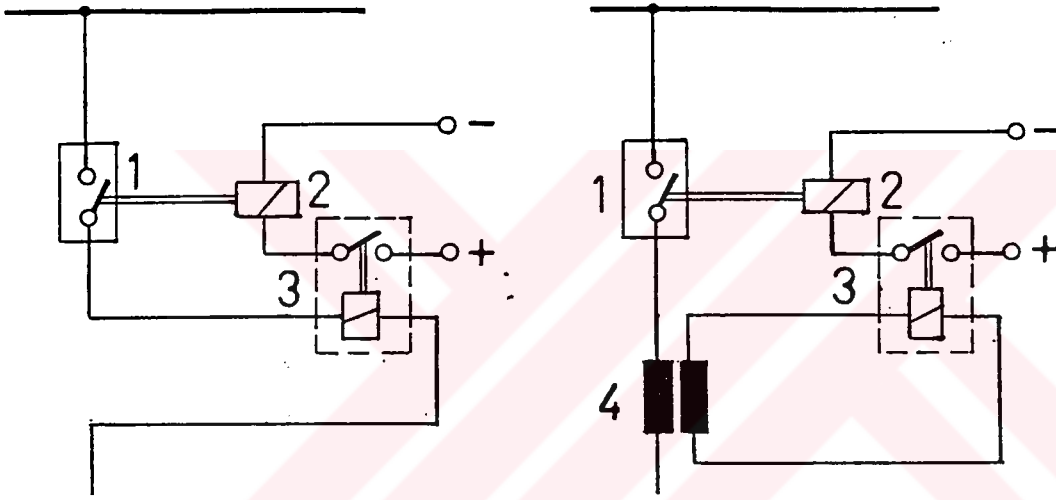
1. Hatanın tesbiti ve faaliyete geçme
2. Hata çeşidinin (hatalı iletkenin) seçilmesi
3. Gecikme (öngörülümüşse)
4. Açma kumandası verme
5. Sükunet konumuna geri dönme

Bu sıraya göre hata ortaya çıktığı anda rölenin çalışmaya başlaması gerekir. Bu sırada hatayı belirleyen kriter ve ölçü büyüklükleri tesbit edilir. Bu büyüklüklerle hatalı iletkenin bulunmasında mümkündür. Eğer açma işlemi için bir gecikme öngörülümüşse bu sürenin geçmesi beklenir. Daha sonra açma kumandası verilerek güç anahtarının açması sağlanır. Açma işlemi sonunda korunan elektrik devresi enerjisiz kaldığı için röle bobinleride enerjisiz kalıp sükunet konumuna geri döner.

Kontrol edilmek istenen elektriksel büyüklüklerin, koruma rölelerine doğrudan veya bir gerilim yada akım ölçü transformatörü üzerinden uygulanmasına göre röleler primer ve sekonder röleler olmak üzere ikiye ayrılır. Primer röleler, elektriksel büyüklüklerin röle girişlerine doğrudan doğruya uygulandığı rölelerdir. Bu rölelerde arada bir dönüştürme elemanı (ölçü transformatörü) olmadığı için hata azdır. Ancak bu rölelerin izolasyon problemleri ve personelin güvenliği nedeniyle yüksek gerilim sistemlerinin korunmasında kullanılması zor olduğu için kullanım alanları azdır.

Elektriksel büyüklüklerin ölçü transformatörleri üzerinden uygulandığı rölelere sekonder röleler denir. Şekil 3.1.b'de gösterilen bir sekonder rölenin ana akım devresinden ölçü transformatörleri ile ayrıldığı görülmektedir. Sekonder rölelerin kullanılmasındaki faydalar şöyle sıralanabilir:

1. Yüksek gerilim, koruma düzeneklerinden ayrılmıştır. Böylece röleler ana akım devresinin manyetik tesiri ile termik ve dinamik zorlanmalardan korunmuş olur.
2. Ana akım devresini kesmeden rölenin ayarlanması, değiştirilmesi veya bağlantılarının yapılması ve muayene edilmesi mümkündür.
3. Ölçü büyüklükleri küçük değerli olduğundan bu röleler ucuz olarak imal edilebilirler.
4. Daha hassas elemanlarla ölçüm doğruluğu artırılabilir.



Şekil 3.1. Röleler
a) Primer röle
b) Sekonder röle

1. Kesici
2. Kesici açma bobini
3. Koruma rölesi
4. Akım transformatörü

Kaynak: J. Blackburn., (1987), Protective Relaying, Mareel Dekker Inc., Taiwan.

Röle tekniğinde en önemli terimlerden biri **faaliyete geçme** terimidir. Ölçülen büyüklüğün (faaliyete geçme büyüklüğü) belirli bir değer olması halinde faaliyete geçme işlemi başlar ve röle sükunet konumundan faaliyet konumuna geçer. Bu büyüklüğün herhangi bir nedenle eski değerini alması üzerine röle çalışma konumundan sükunet konumuna geri döner. Buna **geri dönüş** adı verilir. Geri dönüş değerinin faaliyete geçme değerine oranı geri

dönüş oranı olarak tanımlanır. Bunun tersi **tutma oranı**'dır. Ölçülen büyüklüğün belirli bir büyüklüğü aşması ile faaliyete geçen ölçme rölelerinde tutma oranı daima 1'den büyük olup 1,05 - 1,3 arasında değişir.

Koruma rölelerinde önemli olan diğer bir zaman terimi **kumanda zamanı**'dır. Bu terim ölçme büyüklüğünün rölenin ayar büyüklüğünü aştığı andan itibaren; rölenin kontakları vasıtasıyla açma kumandası verdiği ana kadar geçen zamanı tanımlar. En kısa kumanda zamanı çeşitli röle kısımlarının faaliyete geçme zamanlarına olduğu kadar ölçülen büyüklüğün faaliyete geçme anındaki değerine de bağlıdır. Rölelerin kumanda zamanları mekanik veya elektronik elemanlarla geciktirilebileceği gibi (gecikmeli röleler), ek olarak kullanılan zaman röleleriyle de ayar edilebilir.

Hatanın ortadan kalkması bakımından önemli olan diğer bir zaman terimi **toplam açma zamanı**'dır. Bu zaman, koruma için tesbit edilmiş faaliyete geçme değerinin ortaya çıkmasından hata akımının güç anahtarı tarafından kesildiği anın sonuna kadar geçen süre olup rölenin kumanda zamanı ile anahtarın açma zamanının toplamından ibarettir.

Röleler çıkış uçlarındaki kontaklar vasıtasıyla bir elektrik devresini kumanda ederler. Röle kontaklarının çeşitleri şekil 3.2'de gösterilmiştir. Bunlar mekanik olarak yapılabileceği gibi transistör, tristör, triak v.b. gibi elektronik elemanlarla da gerçekleştirilebilir.

	DIN	BS	ANSI	IEC
a				
b				
c				

Şekil 3.2 Kontak çeşitleri

- a) Çalışma kontağı (Normalde açık) b) Sükunet kontağı (Normalde kapalı)
c) Durum Değiştirme kontağı

Kaynak: J. Blackburn., (1987), Protective Relaying, Mareel Dekker Inc., Taiwan.

Çalışma kontağı; röle faaliyete geçmeden önce açık olan, kumanda zamanı sonunda kapanan kontak çeşididir. Sükunet kontağı; röle faaliyete geçmeden önce kapalı olan, kumanda zamanı sonunda açılan kontak çeşididir. Durum değiştirme kontağı, çalışma ve sükunet kontaklarının biraraya gelmesiyle ortaya çıkar ve kumanda zamanı sonunda sükunet kontağı açılır, çalışma kontağı kapanır.

İlk zamanlar ortaya çıkarılan ve bugün de bazı elektrik güç sistemlerinde kullanılan elektromekanik rölelerin yanısıra, rölenin hızlı çalışmasını sağlamak amacıyla vakumlu tüpler kullanılarak röle ve röle sistemleri geliştirilmiştir ancak bunlar hiçbir zaman elektrik devrelerinin korunmasında kabul görmedi. Vakumlu tüplerin çalışması sırasında zaman zaman görülen yanmalar, tecrübeler sonucunda belirlenmiş olan çalışma esnasında tüpün karakteristiklerinin sabit kalmayarak değişmesinden kaynaklanan belirsizlikler bu rölelerin güç sistemlerinin korunmasında kullanılmasını imkansız hale getirmişti. Daha sonraları güç sistemlerinin korunmasında kullanılan son derece hızlı ve kullanışlı olan statik röleler de denilen yarı-iletken röleler geliştirilmiştir. Röleyi oluşturan elemanların karakteristiklerinde sıcaklık değişimleri ve elemanın yaşlanmasından dolayı oluşan değişimlerden kendi çalışma karakteristikleri hiç etkilenmeyen devre tasarımları yapılmıştır. Yarı iletken rölelerin cevap süresi istenildiği kadar kısa yapılabilir ancak pratikte yarı iletken rölelerin temel elemanlarının cevap süresi o kadar kısa olur ki, başka bir deyişle bu elemanlar o kadar hızlı çalışırlar ki, çoğu zaman güç sistemlerindeki geçici olaylardan dolayı yanlış çalışmaları önlemek için ilave bir zaman geciktirme devresine ihtiyaç duyulur. Röle uygulamalarında ihtiyaç duyulan değişik fonksiyonlar; her biri farklı olarak tasarlanmış ve yarı iletken elemanlarla gerçekleştirilmiş devrelerden elde edilir. Entegre devreler daha büyük güvenilirlik ve esneklikle bu devrelerde yer almaktadır.

Röle teknolojisindeki bu değişimi, mikroişlemci teknolojisinde görülen hızlı gelişimin sonucu ortaya çıkan ve elektrik güç sistemlerinde kullanılmaya başlanan dijital röleler izlemiştir. Gerek elektromekanik gerekse statik röleler analog çalışan koruma röleleridir. Analog olarak ölçülen büyüklükler, ayar büyüklükleri ile analog olarak karşılaştırılmaktadır. Dijital tekniğinde ise sayısal ölçme tekniğinden yararlanılmaktadır. Ölçü büyüklüklerinden alınan ani değerler analog dijital çeviriciler ile dönüştürülmekte, hafızaya yerleştirilmiş bir programa göre işlem görmekte ve bu işlem sonunda verilen açma veya açma yapmama kararına göre dijital - analog çeviriciler üzerinden kumanda verilmektedir. Bu rölelerle

istenilen açma karakteristiği kolaylıkla elde edilebileceği gibi kumanda zamanlarının daha da küçültülebileceği tasarlanmaktadır. Mikroişlemci teknolojisi sayesinde, diğer tip rölelere ayrı modüllerle eklenebilen fonksiyonlar dijital rölelerde tek bir donanım içinde gerçekleştirilebilmiştir. Dijital rölelerle; güvenlik ve emniyet artırılmış ve kullanıcıya daha basit kullanım olanakları sağlanmıştır. Dijital rölelerde, statik koruma rölelerinden daha kısa açma zamanı elde etmek için tamamen yeni ölçüm metodları yapılması mümkün olduğu halde açma zamanının daha fazla kısalması güvenilirlik nedeniyle uygun bulunmamıştır.

3.2. Yapısına Göre Röleler

3.2.1 Elektromekanik röleler

Koruma röleleri genel olarak yapılarına, gerçekleştirdikleri fonksiyonlarına ve uygulama alanlarına göre sınıflandırılır. Röleler yapılış şekillerine göre elektromekanik, yarı iletken (statik) ve dijital olmak üzere üç gruba ayrılır. Ölçülen büyüklüğün rölenin demir çekirdeği üzerine etkittiği F kuvvetini bir mekanik kuvvetle (örneğin yay kuvveti) karşılaştıran elektromekanik röleler sağlam ve ucuzdurlar ancak bu rölelerin konusunda uzmanlaşmış personel tarafından düzenli olarak bakım ve kontrollerinin yapılması gerekir. Ayrıca elektromekanik rölelerin tasarımı, elde edilen karakteristiklere, ayarlara ve yük kapasitelerine göre sınırlıdır. Buna karşın statik rölelerde, lojik kapıların yanısıra, analog devrelerde vardır ve bu röleler yardımıyla istenen çıkış karakteristiği elde edilebilir. Ayrıca statik röleler; elektromekanik (konvensiyonel) rölelerden daha küçük, hızlı ve güvenli yapılabilir. Statik röleleri mekaniki darbelere karşı dayanıklı ve çok az bakım gerektirecek şekilde imal etmek mümkündür. Ayrıca bu röleler yüksek duyarlılıkları sebebiyle daha küçük güçteki akım transformatörlerinin kullanılmasına ve daha gelişmiş karakteristiklerin elde edilmesine imkan sağlar. Statik röleler elektromekanik rölelerin aksine, herhangi bir kontağın herhangi bir fiziksel hareketi olmaksızın elektronik elemanların yalıtım durumundan iletim durumuna geçmesiyle yada bunun tersiyle devrede bir anahtarlama etkisi meydana getirirler. Anahtarlama etkisinin meydana gelmesinde, bir kontağın açılması veya kapanması gibi fiziksel bir hareket olmadığı için statik rölelerin ölçü transformatörlerinden gelen herhangi bir hata bilgisine karşı cevap süresi elektromekanik rölelere göre çok kısadır.

Dijital röleler ise kullanılan mikroişlemci teknolojisi sayesinde sayısal ölçme tekniklerini kullanarak diğer iki tip röleden hem daha güvenli ve emniyetli hem de kullanımı daha kolaydır. Sayısal ölçüm teknikleri daha büyük ölçüm doğruluğunu sağlar ve hatalara karşı kararlı bir şekilde korumayı gerçekleştirir. Elektromekanik koruma teknolojisinde kullanılan birçok ek (yardımcı) fonksiyonlar, dijital koruma teknolojisinde tek bir teçhizatta meydana getirilmiştir. Böylelikle donanım yapısı elektromekanik röleden çok daha küçüktür. Elektromekanik rölenin personel tarafından sık sık kontrol edilmesi gerekirken dijital koruma rölesinin kendi kontrolü sayesinde bakım masraflarında oldukça düşürülmektedir. Herhangi bir hata bilgisine karşı cevap süresi elektromekanik röleye göre çok daha kısadır.

Bu çalışmada elektromekanik röleler; elektromagnetik röleler, magnetik indüksiyon röleleri, termik röle ve magnetik amplifikatörlü röleler olmak üzere dört kısımda incelenecektir.

3.2.1.1 Elektromagnetik röleler

Prensip olarak elektromagnetik röleler, bir bobinin içinde bulunan magnetik bir devre ve karşısındaki bir paletten meydana gelir. Palet magnetik malzemeden yapılmış olup hareketli kontakları kumanda eder. Palet, kontakların hareketini engelleyecek yönde kuvvet uygulayacak bir yay yardımıyla belirli bir konumda tutulur. Magnetik alanı meydana getiren bobinden geçen akım belirli bir değere yükseldiği zaman meydana gelen çekme kuvveti yayın ters yönde palete uyguladığı kuvveti yenerek paleti çeker ve palete mekanik olarak bağlı olan kontaklar açılır veya kapanır. Bu düzenek hala pek çok yerde kullanılmaktadır. Kullanılma sebebi ise bu düzenin imalatının kolay olması, hızlı oluşu ve sarfiyatının az olmasıdır. Ayrıca bu rölelerde geri dönüş oranı diğer elektromekanik röle tiplerine nazaran daha büyüktür. Rölenin çalışmasını sağlayacak minimum akıma çalışma akımı denir. Bobinden akım geçmesi sonucu çalışarak kontağı konum değiştirmiş olan bir rölenin bobininden geçen akım sürekli olarak azaltılır. Bu azalan akım sonucu rölenin kontağını bıraktığı anda bobinden geçen akıma geri dönüş akımı denir. Bu akım çalıştırma akımından küçüktür.

Özellikle darbeli akım çekilen yerlerde rölenin geri dönüş akımının çalışma akımına yakın olması yani ikisi arasındaki farkın az olması istenir. İdeal durum çalışma ve dönüş akımlarının birbirine eşit olması halidir. Fiderden herhangi bir şekilde darbeli akım çekildiği

zaman bu akımın genliği aşırı akım rölesini çalıştıracak kadar yüksek olabilir. Darbe akımı kısa süre sonra çalıştırma akımının % 90'na kadar düşse, eğer rölenin geri dönüş akımı çalışma akımının % 80'ni ise röle kontağı çekili kalacak ve arıza olmadığı halde röle kontağının kapalı olması sonucu belirli bir zaman sonra kesicisini yanlış bir şekilde açtırıp o bölgenin enerjisiz kalmasına neden olacaktır. Mevcut elektrik güç sistemlerinde bu tip arızalarla çok karşılaşmaktadır.

Magnetik elemanın hareketli armatürünün çekme kuvveti aşağıdaki (3.1) formül ile ifade edilebilir.

$$F = \frac{2\pi(NI)^2}{A\left(R_0 + \frac{X}{A}\right)^2} \quad (3.1)$$

F	: Çekme kuvveti	N
N	: Bobinin sarım sayısı	
I	: Bobinden geçen akım	A
A	: Kutup yüzeyi	m ²
Ro	: Demir nüvenin relüktansı.....	A / Wb
X	: Kutup merkezindeki hava aralığı	m

Rölenin kontağı çekmemiş iken; açık konumda R_0 , $\frac{X}{A}$ 'ya göre çok küçük olduğu için

R_0 ihmal edersek (3.1) bağıntısı (3.2) bağıntısı haline gelir.

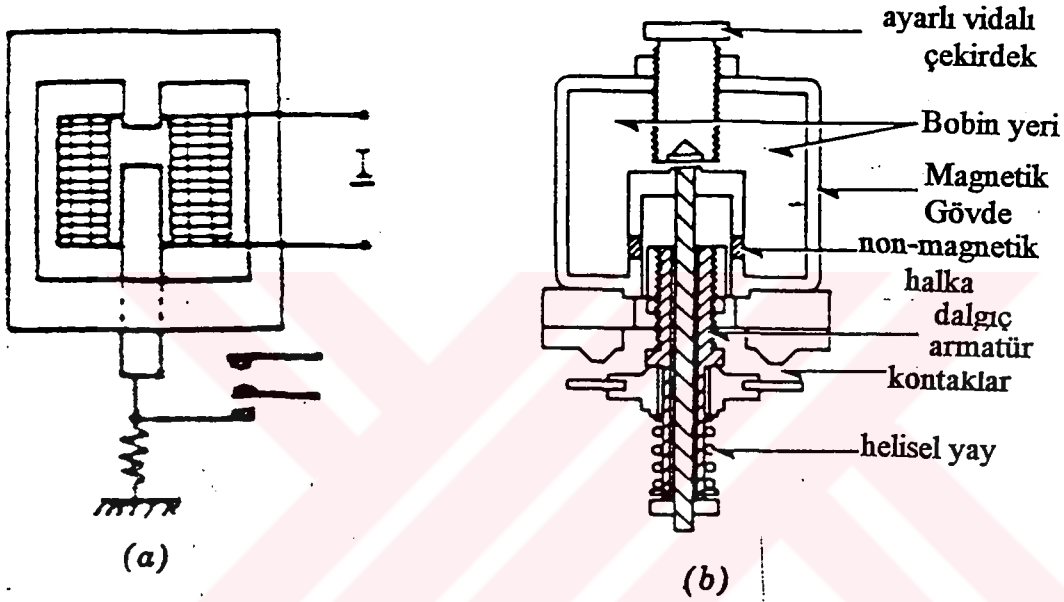
$$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot (NI)^2 \cdot A}{X^2} \quad [N] \quad (3.2)$$

3.2.1.1.1 Dalgıç armatürlü röle

Dalgıç armatürlü rölenin yapısı şekil 3.3 b'de gösterilmektedir. Bu yapı, bir dış magnetik yapılı silindirik bobin ve bir merkez dalgıç armatürden ibarettir. Bobine uygulanan gerilim veya akım, rölenin kontaklarını harekete geçirecek çalışma değerinden daha büyük olduğu

zaman dalgıç armatür kontak takımını harekete geçirmek için yukarı doğru hareket eder. Dalgıç armatürü harekete geçirmek için gerekli olan kuvvet bobinden geçen akımın karesi ile orantılıdır.

Dalgıç armatürlü röleler 5-50 msn. olan çalışmaya geçiş zamanlarıyla ani röleler olarak kabul edilir. Şekil 3.3 b'de gösterilen dalgıç armatürlü röle, enerjilendikten sonra röleyi enerjisiz hale getirerek kontağı bıraktırmak için gerekli olan geri dönüş akımı oldukça yüksek olan yani çalışma ve geri dönüş akımları birbirine çok yakın olan bir ani aşırı akım rölesi olarak kullanılır.



Şekil 3.3 Dalgıç armatürlü röle

a) Basit olarak yapısı

b) Dalgıç armatürlü röle kesiti (Westinghouse)

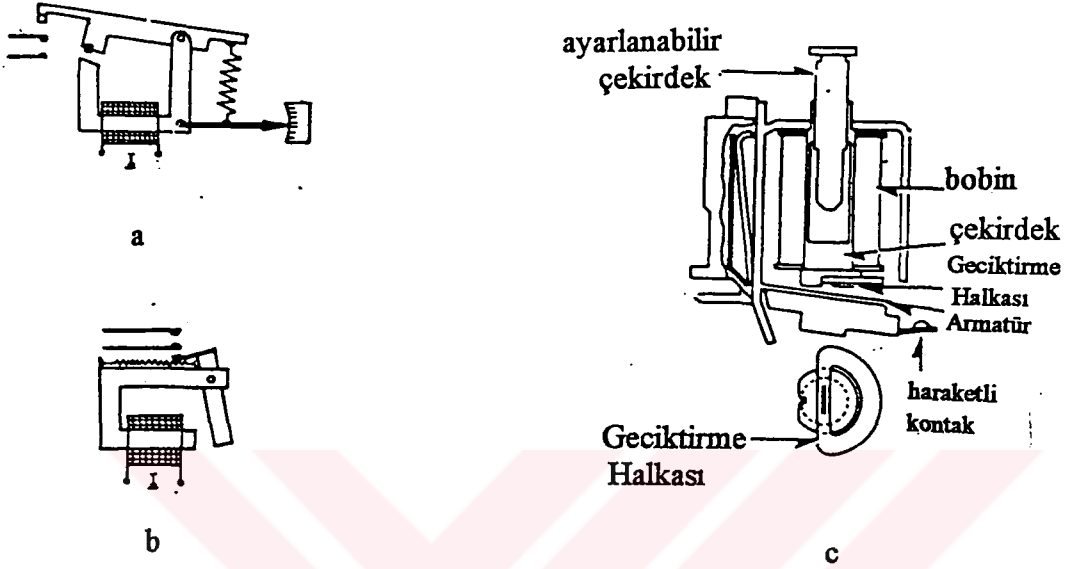
Kaynak: Westinghouse Electric Corp. Relay-Instrument Division, (1976), "Applied Protective Relaying".

3.2.1.1.2 Mentеше armatürlü (clapper) röleler

Menteşe armatürlü röle, U- şeklindeki bir magnetik gövde ve bu gövdenin açık uçları arasında hareketli bir armatür bulunan bir yapıya sahiptir. Şekil 3.4'te görüldüğü gibi armatür bir uçtan menteşeli olup, diğer uçtan da bir yay ile engellenmiştir. Bobin enerjilendiği zaman, armatür bobin akımının karesiyle orantılı bir momentle hareket ederek açılan veya kapanan bir kontak takımının sabit kontağına temas eder. Bu rölelerin kontağının konum değiştirmesi için

gerekli olan çalışma akımının değeri ile rölenin kontağını bırakması için gerekli geri dönüş akımı arasındaki fark, dalgıç armatürlü rölelere göre daha fazladır.

Bu tip röleler genel olarak yardımcı röle olarak kullanılır. Şekil 3.4 c'deki röle ani aşırı akım veya ani açma ünitelerinde kullanılır.

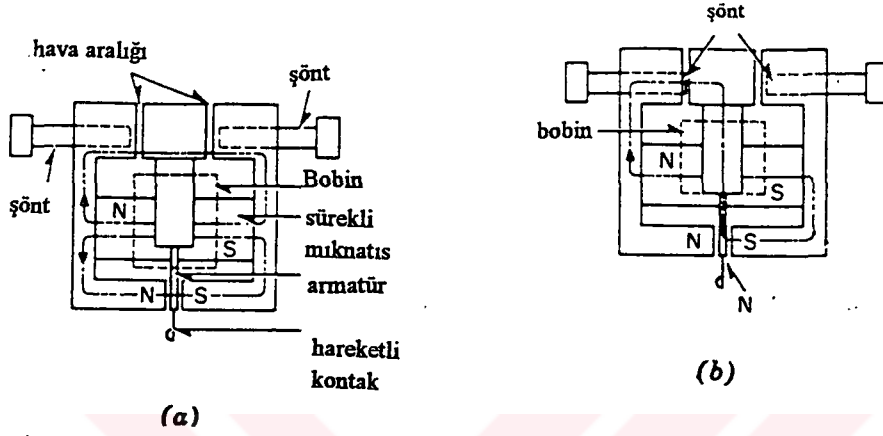


Şekil 3.4 Mentşe armatürlü röle
a,b) Basit olarak yapısı c) Mentşe armatürlü röle kesiti (Westinghouse)
Kaynak: Westinghouse Electric Corp. Relay-Instrument Division, (1976), "Applied Protective Relaying".

3.2.1.1.3 Polarize röleler

Polarize röleler, içlerinden geçen akımın yönüne göre kontaklarını hareket ettiren röleler olup magnetik yapının merkezinde hareket edebilecek şekilde monte edilmiş olan armatürün etrafında dönen bir bobinden doğru akım geçirilmesi ile çalışırlar. Şekil 3.5 a ve b'de görüldüğü gibi magnetik yapının uçları arasındaki sürekli mıknatıs, armatürün geçtiği boşluğun iki yanını kutuplandırır. Magnetik gövdenin arkasına yerleştirilen ve magnetik olmayan malzemeden yapılmış iki ara halkası ayarlanabilir iki magnetik şönt ile köprülenmiştir. Bu tertip magnetik akı yolu yardımıyla kontak ayarını kolaylaştırır. Şekil 3.5.a'da görüldüğü gibi dengelenmiş hava aralıklarıyla armatür enerjisiz bobinle birlikte merkezde asılı kalır. Şekil 3.5. b'de ise dengesiz aralıklarla akımın bir kısmı paralel olarak armatürden geçer. Bu nedenle sonuçta meydana gelen polarizasyon enerjisiz bobinli bir kutba

karşı armatürü tutar. Bobin akımı armatürün önceki polarizasyonu arttırarak veya azaltarak armatürü N veya S olarak kutuplandırır. Bu polarizasyon tasarım veya ayarlamaya bağlı olabilir. Şekil 3.5. b’de gösterilen soldaki aralığın ayarı çalışma akımının değerini, sağdaki aralığın ayarı da geri dönüş akımının değerini kontrol eder. Şekil 3.5’de polarize tipi dengeli hava aralıklı ve dengesiz hava aralıklı rölelerin şekli gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Polarize röleler

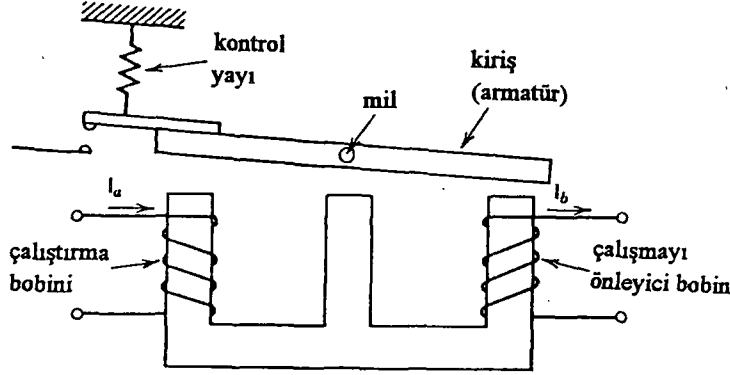
a) Dengeli hava aralıklı b) Dengesiz hava aralıklı

Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

3.2.1.1.4. Terazı kollu (dengeli kirişli) röleler

Bu rölelerde dengelenmiş bir kirişin iki ucunda birer adet bobin bulunur. Bobinlerin kirişe uyguladıkları momentler birbirine zıt yönlüdür. Kontak hareket ettirerek kapama yönünde moment uygulayan bobine çalışma bobini, aksi yönde moment uygulayan bobine de durdurucu bobin denir. Bu röle menteşeli konstrüksiyonun özel bir şekli olarak kabul edilebilir. Kiriş (armatür) genellikle iki akım veya bir akım ve bir de gerilim olan uygun parametrelerle çalışan elektromagnetler tarafından çekilir. Röle kontaklarının çalışmasının istenmediği zamanlarda kontak sabit kalmasını sağlamak amacıyla bir kontrol yayı yardımıyla kirişe hafif bir kuvvet uygulanmıştır. Bazı röle ünitelerinin çalışma bobininden akım geçtiği zaman, kirişin ucunda bulunan ve sabit pozisyonda bobinin içine çekilen ayrı bir armatür vardır. Bu röleler için çeşitli kontak ve yay düzenleri geliştirmek mümkündür. Dengeli kiriş ünitesinde, çalışma bobininin bulunduğu kısımda kiriş ile kutup arasındaki hava aralığı durdurma bobininin bulunduğu yerdeki hava aralığından daha büyük olduğu için

çalıştırma akımı durdurma akımından daha büyüktür. Kirişin her iki yanındaki kuvvet, hava aralığındaki akımın karesiyle orantılıdır. Hava aralığındaki akı akım ile doğru orantılı ve yaklaşık olarak magnetik devredeki toplam hava aralığı boyunun karesi ile ters orantılıdır.



Şekil 3.6 Terazı kolları (dengeli kirişli) röle

Kaynak: J. Blackburn., (1987), Protective Relaying, Mareel Dekker Inc., Taiwan.

Dengeli kirişli rölelerde yaygın olarak kullanılan diğer bir yapı, bir rotor üzerine birbirine göre ters yönde etki eden iki aşırı akım elemanı bulunan indüksiyon tipi bir röledir. Bu tip rölelerde moment denklemi şu şekilde ifade edilebilir.

$$T = k_a \cdot I_a^2 - k_b \cdot I_b^2 \quad (3.3)$$

(3.3) denkleminde k_a ve k_b tasarım sabitleridir. Rölenin çalışmaya başladığı anın başlangıcında net moment sıfır olup, bu nedenle

$$k_a \cdot I_a^2 = k_b \cdot I_b^2$$

Bu durumda çalışma karakteristiği aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\frac{I_a}{I_b} = \left(\frac{k_b}{k_a} \right)^{1/2} = K \quad (3.4)$$

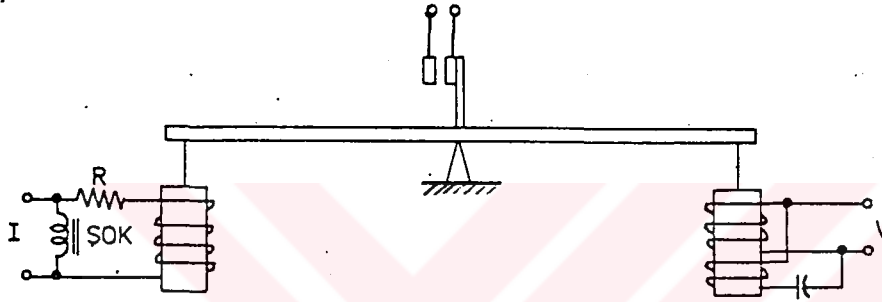
(3.4) denkleminde K bir sabittir. Eğer çalışma büyüklükleri V gerilim ile I akımı ise, armatürler elektromagnetiler tarafından $(k_a \cdot V^2)$ ve $(k_b \cdot I^2)$ momentleriyle çekilir. Bu röle ünitesinde, rölenin kontağı kapatmasını sağlayacak çalışma koşulu aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$k_a.V^2 > k_b.I^2 \quad (3.5)$$

$$\left(\frac{k_b}{k_a}\right)^{1/2} > \frac{V}{I} \quad (3.6)$$

$$\left(\frac{k_b}{k_a}\right)^{1/2} > Z \quad (3.7)$$

(3.7) eşitliği rölenin önceden belirlenmiş empedanstan daha küçük değerli bir Z empedansı ölçtüğü zaman çalışacağını göstermektedir. Bu koşul aynı zamanda hatların korunmasında kullanılan mesafe rölesinin temel çalışma prensibidir.



Şekil 3.7 Terazi kollu rölenin geliştirilmesi

Kaynak:J. Blackburn., (1987), Protective Relaying, Mareel Dekker Inc., Taiwan.

Terazi kollu rölelerde çalıştırma ve durdurma momentlerinin oranı faz durumuna çok bağlıdır. Bu rölelerde geri dönüş oranı çok yüksek olduğu için yanlış açmalar olabilir. Yukarıda da anlatıldığı gibi hava aralığındaki akının, magnetik devrenin toplam hava aralığının yaklaşık olarak karesi ile ters orantılı olarak azalır. Böylece çalıştırıcı ve durdurucu momentlerin oranı lineer değişmez ve röle yanılabilir.

Terazi kollu röleler çok hızlı çalışabilirler. Fakat faz açısına bağlı olarak ve geçici rejimlerde meydana gelen D.C bileşenden dolayı yanlış açmalara neden olabilirler.

Faz hatasından dolayı meydana gelen yanlış açmaları önlemek için şekil 3.7' de görüldüğü gibi gerilim bobini parçalı veya üç bacaklı olarak yapılabilir. Parçalı kutuplarda her iki kısmın akılarının genlikleri eşit ve aralarında yaklaşık olarak 90° faz farkı olacak şekilde bir tasarım yapılır. Üç fazlı sistemlerde akılar arası 120° faz farkı bulunur.

Terazi kollu rölede, çalışma ve geri dönüş değerleri arasındaki farkı kısmen azaltmak için denge kolunun hareketi engellenir. Kolun hareketi sebebiyle reaktansın toplam değişimi azaltmak amacıyla akım kutbunun magnetik devresi içinde hava aralığı meydana getirilir. Geçici olaylardan kaynaklanan arızalarda D.C bileşenin sebep olacağı hatayı azaltmak için şekil 3.7 'de görüldüğü gibi yüksek değerli bir şönt kullanılır.

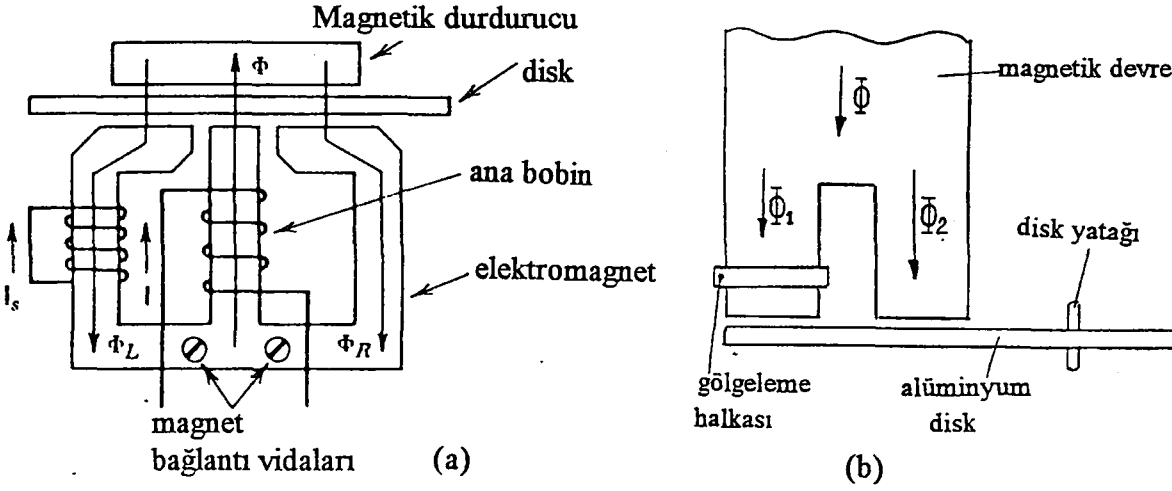
3.2.1.2 Magnetik indüksiyon röleleri

Magnetik indüksiyon röleleri; disk tipi indüksiyon röleleri ve silindir tipi indüksiyon röleleri olmak üzere iki gruba ayrılır.

3.2.1.2.1 Disk tipi indüksiyon röleleri

İndüksiyon disk ünitesi, bir elektromagnetik kutup yüzeyleri arasında dönen bakır veya alüminyumdan yapılmış bir metalik diskten meydana gelmiştir. (Şekil 3.8.a)

Bu röleler, döner disk düzleminde indüklenen akımlar ile bir elektromagnet tarafından üretilen akıların birbirini etkilemesinden ortaya çıkan moment ile çalışır. Şekil 3.8.a'da görülen indüksiyon ünitesinde diskin bir tarafında üç kutup ve bunun karşı tarafında ortak bir magnetik tutucu vardır. Ana bobin magnetik devrenin merkez bacağındadır. Ana bobindeki akım hava aralığından diske ve diskten de magnetik durdurucuya geçer ve Φ akısını oluşturur. Φ akısı sol bacadan Φ_L ve sağ bacadan Φ_R olmak üzere ikiye bölünür. Sol bacaktaki kısa devre edilmiş geciktirici bobin, Φ_R ve Φ 'nin her ikisini de geciktirmek için Φ_L 'nin farklı fazlı bir motor hareketi meydana getirmesine neden olur. Φ_L akısı kısa devre edilmiş geciktirme bobininde aynı fazda akan I_s akımı ile V_s gerilimini endükler. Φ_T akısı ana bobinin I akımının oluşturduğu toplam akıdır. Bu üç akı hava aralığından geçer ve diskte girdap akımlarını indükler. Sonuçta bu girdap akımları birbirine zıt akımlar meydana getirir ve iki akı birbirini etkileyerek diski döndüren momenti oluşturur.



Şekil 3.8 Disk tipi indüksiyon rölesi

a) Çift bobinli (Westinghouse) indüksiyon disk

b) Gölgeleme halkalı (Westinghouse) indüksiyon disk

Kaynak: Westinghouse Electric Corp. Relay-Instrument Division, (1976), "Applied Protective Relaying".

Şekil 3.8.b yardımıyla disk tipi indüksiyon rölelerini biraz daha detaylı inceleyelim. Bu rölelerin çalışma prensibi elektrik sayaçlarına benzer. Yapısı iki ucu yataklanmış bir mile tesbit edilmiş endüksiyon disk ve elektromıknatıstan meydana gelir. Disk tipi indüksiyon rölelerinin diğer tiplere göre üç büyük avantajı vardır. Bunlar:

1. Rölede sarf edilen VA için daha büyük moment elde edilir.
2. Tek bobinli olduğu için kalın kesitli iletken kullanılabilir.
3. Diferansiyel röle uygulamalarında aynı diske iki elektromıknatıs ve bir damping mıknatısı bağlanabilir.

Rölelerin imalat ve tasarımında düşük sarfiyat ile büyük kontak basıncı istenmektedir. Kontak basıncının artması arkı dolayısıyla da kontak tahribatını azaltmaktadır. Diskli rölelerde bu özellik rahatlıkla elde edilebilmektedir. Kalın kesitli bobin kullanılmasıyla kuvvetli kısa devrelerde rölenin tahrip olması önlenebilir.

İndüksiyon rölelerinde dönme momenti faz farklı iki akının meydana getirdiği dönel alanla elde edilir. Moment iki kutup çifti tarafından meydana getirilen ϕ_1 ve ϕ_2 akıları ve bunların arasındaki α elektrik faz açısına bağlı olarak $[|\phi_1| \cdot |\phi_2| \cdot \sin\alpha]$ çarpımı ile orantılıdır. Akılar arasındaki elektrik faz farkını elde etmek için genellikle kutbun yarısını halkalayan gölgeleme halkası veya yardımcı ara transformatörü kullanılmaktadır. Şekil 3.8. b'de gölgeleme halkası kullanılmıştır.

Şekil 3.8. b'de görüldüğü gibi ϕ akısı ϕ_1 ve ϕ_2 kısımlarına ayrılmıştır. ϕ_1 akısının aktığı kısımdaki tek taraflı gölgeleme halkası bir transformatörün uçları kısa devre edilmiş sekonder sargısına eşdeğerdir. Gölgeleme halkası içinden alternatif bir akı aktığı için burada e_s gerilimi endüklenir. Bu gerilim ϕ_1 akısından 90° geri fazdadır. e_s geriliminden dolayı halkada I_s akımı akar. Bu iletkenin empedansı ihmal edilmezse I_s akımı e_s geriliminde λ açısı kadar geri fazdadır. Tek sarımdan ibaret olan gölgeleme halkasının magneto motor kuvveti;

$$F_{st} = \text{Sarımların Sayısı} \times I_s \quad \text{Amper'dir.}$$

Kaçakları çıkarıldıktan sonra gölgeleme halkasının efektif magneto motor kuvveti F_s elde edilir. Kutbun magneto motor kuvveti:

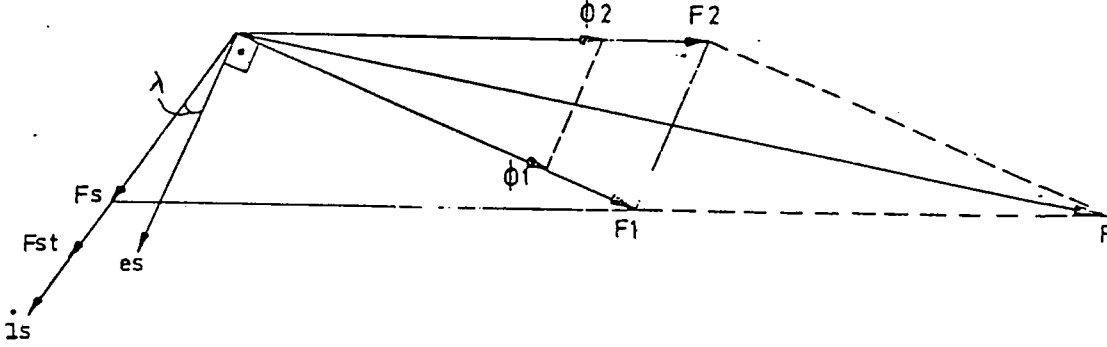
$$F_1 = F_2 + F_s \text{ olarak bulunur. (Şekil 3.9.'a bakınız.)}$$

Şekil 3.9'da görüldüğü gibi F_s , F_1 'e göre zıt yönde ($F_s \cdot \sin\lambda$) bileşenini içerir. Bu bileşen azda olsa F_1 'in değerini azaltır. ϕ_1 ve ϕ_2 akıları indüksiyon diskinde 90° faz farklı e_1 ve e_2 gerilimlerini indükler. (Şekil 3.10'a bakınız.) e_1 ve e_2 gerilimleri diskte i_1 ve i_2 fuko akımlarının akmasına neden olurlar. Diski döndürecek moment, akıların herbirinin diğer akı tarafından diskte endüklenen akıma etkisi ile meydana gelir. Bu moment vektöriyel çarpım olarak;

$$T = k \cdot (\phi_1 i_2 - \phi_2 i_1) \quad (3.9)$$

şeklinde elde edilir. (3.9) denkleminde akılar ayrı elektromıknatıslar tarafından meydana getiriliyorsa bu durumda moment ifadesi:

$$T = k \cdot N \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \sin\theta \cdot \cos\lambda \quad (3.10)$$



Şekil 3.9 Gölgeleme halkasının akılar üzerine etkisi

Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

(3.10) denkleminde k tasarım sabitidir. I_1 ve I_2 hava aralığındaki magnetik alanı meydana getiren bobinlerden akan akımların efektif değeridir. θ , I_1 ve I_2 arasındaki açıdır. λ , disk empedansının faz açısıdır.

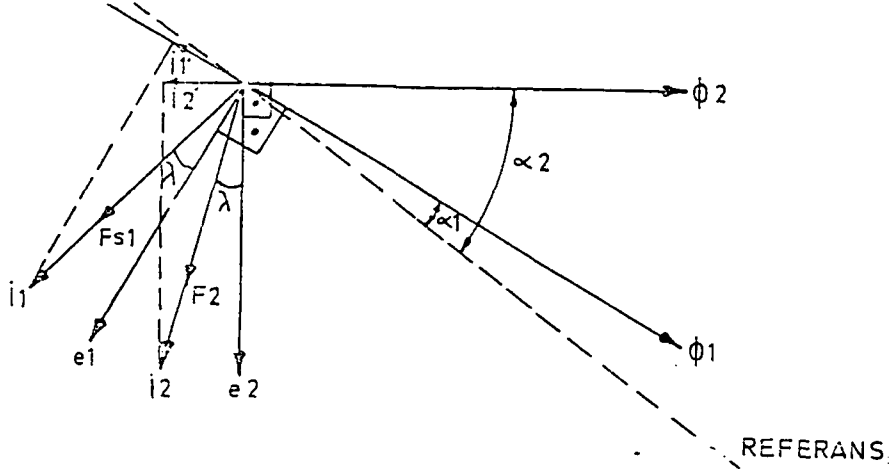
Gölgelenmiş magnetik kutuplarda akılar aynı bobin tarafından meydana getirildiği için (3.10) denklemi:

$$T = k \cdot N \cdot I^2 \cdot \sin\theta \cdot \cos\lambda \quad (3.11)$$

şeklini alır. $\cos\lambda$ sabit değeride k katsayısının içine alınırsa moment:

$$T = k' \cdot N \cdot I^2 \cdot \sin\theta \quad (3.12)$$

şeklinde ifade edilir.



Şekil 3.10 Diskte meydana gelen gerilimlerin vektöriyel gösterimi
 Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

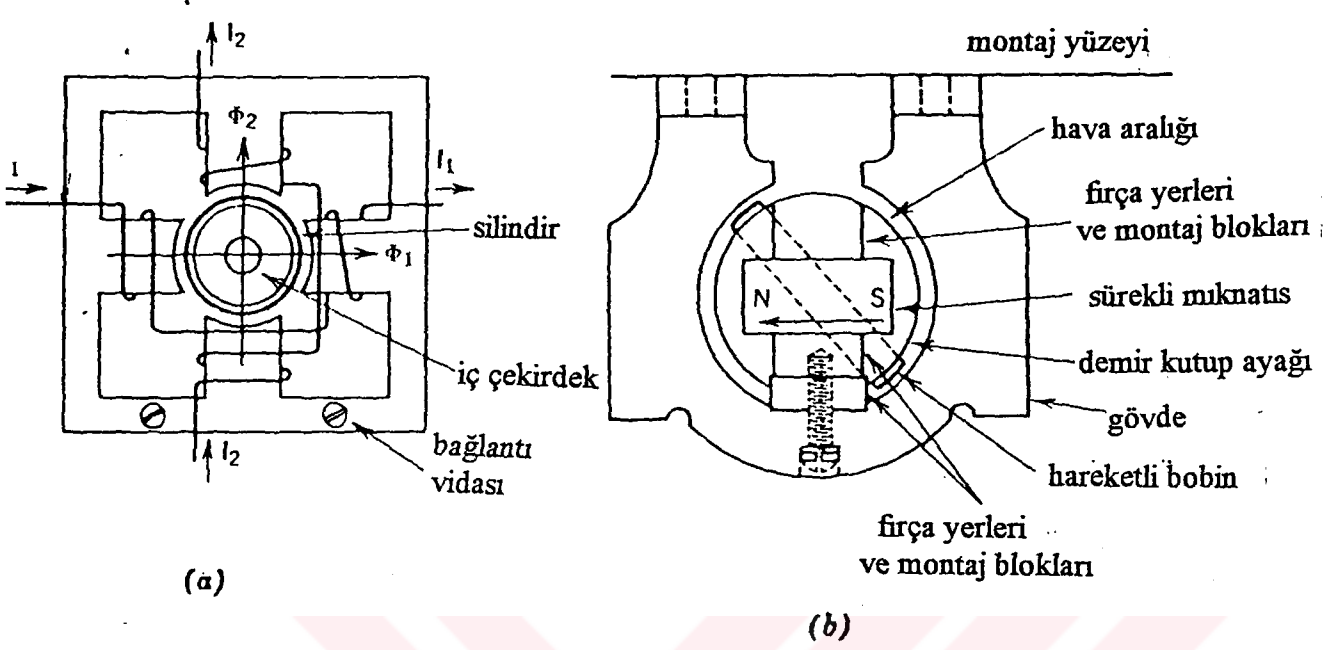
3.2.1.2.2 Silindir tipi indüksiyon röleleri

Silindir tipi indüksiyon rölesi, bir ucu çan şeklindeki kapak ile kapatılmış, elektromagnetik kutup yüzeyleri arasındaki halka şeklinde ki hava aralığında dönen bir metalik silindir ve bir merkez çekirdeğinden oluşmuştur. Bu rölenin çalışması çıkık kutuplu bir indüksiyon motorunun çalışmasına benzediği için bu röleye çan tipi indüksiyon rölesi de denir. Şekil 3.11'a kare şeklinde bir elektromagnetin merkezinde bulunan hava aralığında dönen ince alüminyum silindir ile çevrelenmiş bir iç çelik çekirdeği olan röleye ait temel yapıyı gösterir.

Kontak, bağlantılı durma noktaları ve durdurma momentini oluşturan spiral yay tarafından silindirin hareketi birkaç derece ile sınırlandırılmıştır. Çalışma momenti, iki çalışma akımının çarpımının ve aralarındaki akının kosinüsüne bağlıdır. Bu durumda moment ifadesi

$$T = kc \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos(\theta_{12} - \phi) - ks \quad (3.13)$$

şeklindedir.



Şekil 3.11 Silindirik tip indüksiyon rölesi

a) Silindirik (çan) tipi b) D Arsonval tipi

Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

Moment ifadesinde yer alan;

kc = Tasarım sabiti

ϕ = Tasarım sabiti

I_1 = 1. bobinden geçen akım

I_2 = 2. bobinden geçen akım

ks = Durdurucu yay momenti

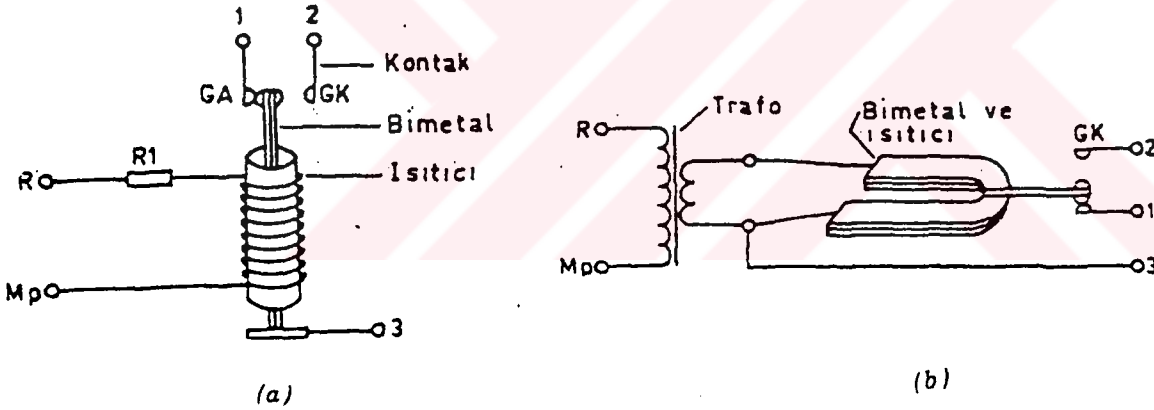
Çan tipi silindirik indüksiyon ünitesinin dönen parçalarının eylemsizliği az olduğu için rölelerin yüksek hızla çalışma özelliği vardır. Bu yüzden röleler ani çalışma gerektiren fonksiyonların elde edilmesi için kullanılabilir. Kutup sayısının fazla olması birden fazla elektriksel büyüklüğün ölçümüne imkan vermektedir.

Şekil 3.11 b'de manyetik bir yapıya ve iki kutuplu silindirik çekirdek şeklinde bir sürekli iç mıknatısa sahip D' Arsonval tipi röle gösterilmiştir. Hava aralığındaki hareketli bir bobin

halkası dönme momentini oluşturmak için hava aralığındaki akıya reaksiyon gösteren doğru akımla enerjilendirilmiştir.

3.2.1.3 Termik röleler

Termik röle, bir ucu sabitlenmiş diğer ucu serbest olan bir bimetal şerit veya bir bobin oluşturmak üzere birlikte kaynak edilmiş, sıcaklık uzama katsayıları birbirinden farklı iki metal tabakasından meydana gelmiştir. Sıcaklık değiştiği zaman iki metalin sıcaklıkla değişme katsayısının farklı olması şerit veya bobinin serbest ucunun hareket etmesine neden olur ve bu hareketle bir kontak açılacak veya kapanacaktır. Bu tip röleler genellikle aşırı akım koruması için kullanılır.



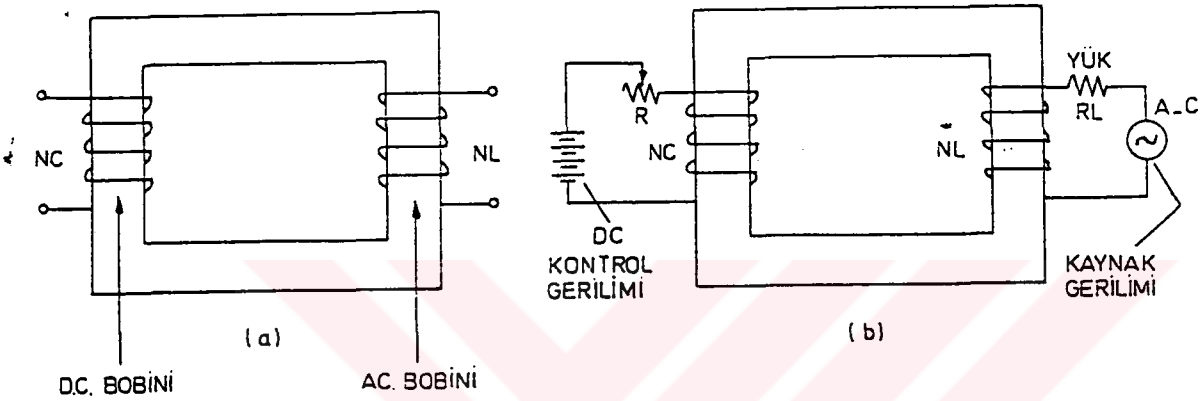
Şekil 3.12 Termik rölenin temel yapısı

- a) Endirekt ısıtmalı termik röle
- b) Direkt ısıtmalı termik röle

Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

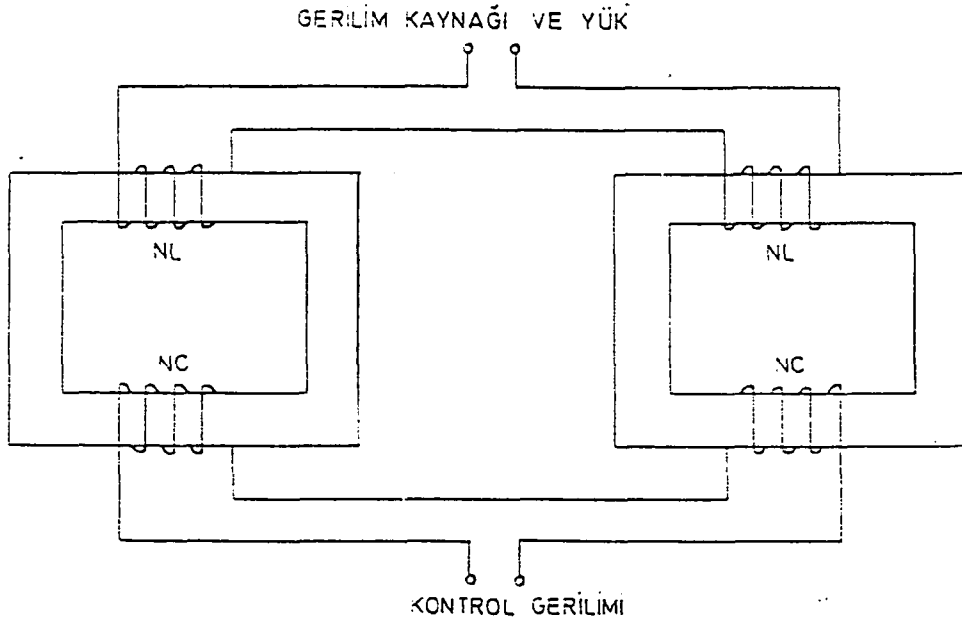
3.2.1.4 Magnetik amplifikatörlü röleler

Magnetik amplifikatörlü rölelerin açıklanmasından önce doyma reaktörlerinin ve magnetik amplifikatörlerin çalışma prensibinin incelenmesi faydalı olacaktır. En basit doyma reaktörü, kontrol ve yük sargısı ile bir magnetik devreden meydana gelir. Genellikle yük sargısı N_L ve kontrol sayısı N_c ile gösterilir. Doyma reaktörünün ferromagnetik çekirdeği dikdörtgen veya daire şeklinde olabilir. Reaktörün prensip ve bağlantı şemaları şekil 3.13'de görüldüğü gibidir.



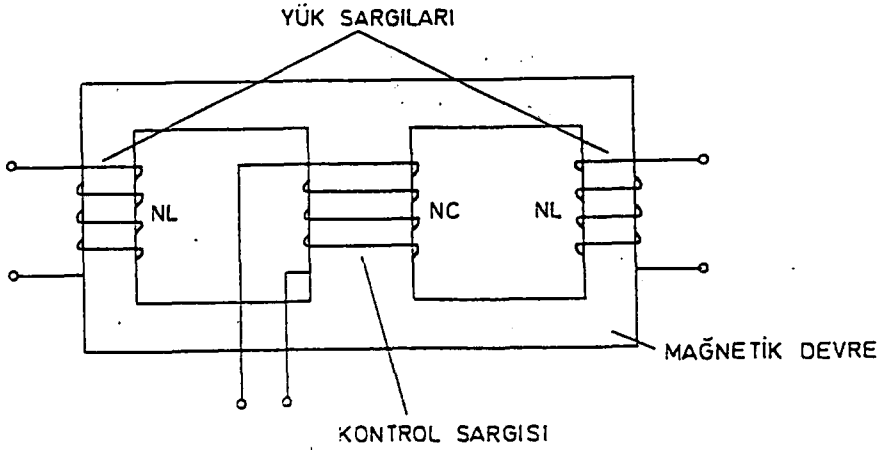
Şekil 3.13 Doyma reaktörünün prensip ve bağlantı şeması
Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

Kontrol sargısı N_c d.c kontrol kaynağına ve yük sargısı N_L 'de yük ve a.c kaynak ile seri bağlıdır. Yük sargısı N_L 'de magnetik devrenin doymamış halinde akan a.c bir akı meydana getirir. N_c kontrol sargısı içerisinde bu akının dolaşımı alternatif bir gerilim endükleme. D.C kontrol devresi gerilimi üzerine endüklenen a.c gerilimin süperpoze olması bazen sakıncalıdır. Bu etkiyi önlemek için genellikle magnetik devreler birbirinin benzeri iki parçadan meydana getirilir. Şekil 3.14'de görüldüğü gibi bu tür bir yapıda; yük sargıları seri, kontrol sargıları ise yük akımından dolayı meydana gelen a.c gerilimleri etkisiz hale getirmek üzere ters seri bağlıdır.



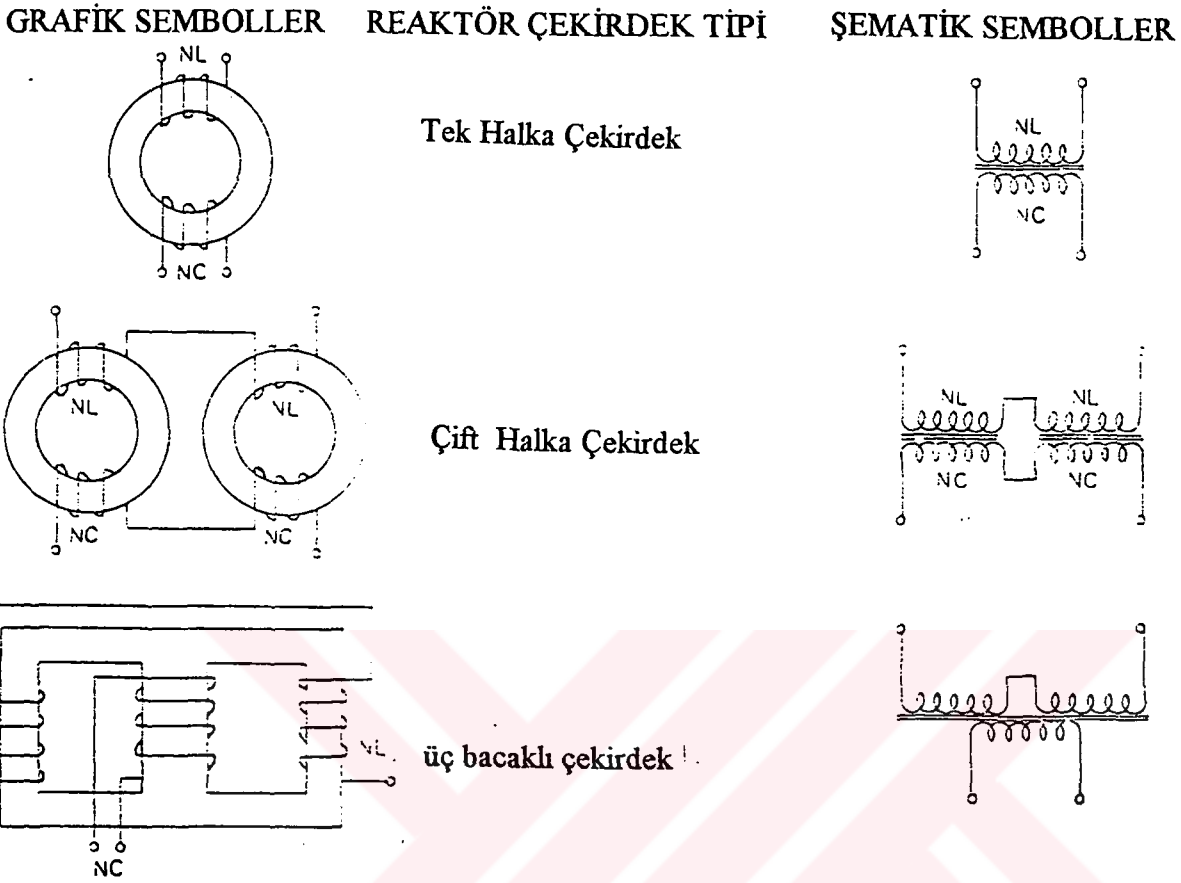
Şekil 3.14 Karşıt endüktansı azaltmak için kullanılan iki çekirdekli reaktör
Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

Reaktörler imalat kolaylığından dolayı genellikle üç bacaklı kapalı tip yapılmaktadır. Orta bacak yaklaşık olarak dış bacakların iki misli kesittedir. Şekil 3.15'de görüldüğü gibi dış bacaklara sarılan bobinler yük sargısını, orta bacağa sarılan sargılar kontrol sargısını meydana getirir. Nc kontrol sargısı diğer sargılara göre daha fazla sarım sayısı içerir.



Şekil 3.15 Üç bacaklı kapalı doyma reaktörü
Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

Reaktörlerin grafik ve şematik sembolleri şekil 3.16'da görülmektedir.

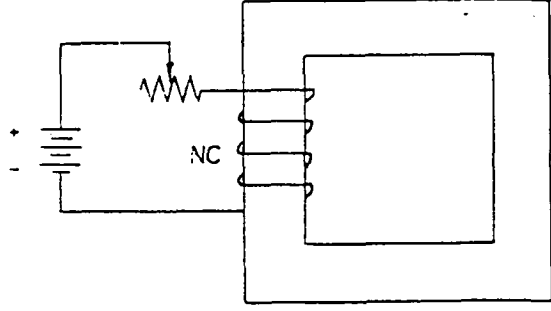


Şekil 3.16 Reaktörlerin grafik ve şematik sembolleri

Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

3.2.1.4.1 Doyma reaktörünün çalışma prensibi

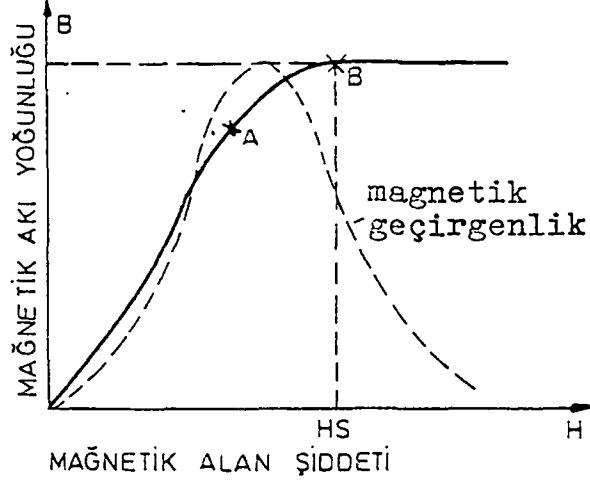
Şekil 3.13 b'deki prensip şemasında Nc kontrol sargısından geçen akım sıfırdan itibaren sürekli olarak arttırılırsa şekil 3.18'de görülen tek yönlü bir histerezis eğrisi elde edilir.



Şekil 3.17

Nc Kontrol sargısı kumanda prensibi

Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.



Şekil 3.18

Magnetik devre satürasyon (doyma) eğrisi

Bobinin sarım sayısı N , bobinden geçen akım I ve l ortalama akı yolu olmak üzere H magnetik alan şiddeti:

$$H = \frac{N \cdot I}{l} \quad (3.14)$$

H magnetik alan şiddeti ile B magnetik akı yoğunluğu arasında

$$B = \mu \cdot H \quad (3.15)$$

bağıntısı vardır. Bu bağıntıda μ malzemenin magnetik geçirgenliği olarak adlandırılır. H arttığı zaman belirli bir noktadan sonra μ azalır. B ile H arasındaki ilişki analitik bir fonksiyonla ifade edilemediği için bir eğri ile verilir. Bu eğriye satürasyon (doyma) veya mıknatıslanma eğrisi denir. Şekil 3.18'de A noktasına kadar B 'nin H 'a bağlı olarak değişimi yaklaşık olarak lineer kabul edilebilir. A noktasından itibaren eğrinin lineerliğini kaybettiği görülmektedir. Bu noktadan itibaren ferromanyetik malzeme doymaya başlamıştır. Yani H 'ın arttığı kadar B artmamaktadır. Eğri üzerinde B noktasına gelindiğinde eğimin sıfır olduğu yani mıknatıslanma eğrisinin apsise paralel olduğu görülür. Bunun anlamı malzeme tamamen

doymuştur ve H magnetik alan şiddeti bu noktaya karşılık gelen Hs değerinden itibaren artırılmaya devam edilse bile magnetik akı yoğunluğu artmaz.

Magnetik geçirgenliği μ olan bir ferromagnetik çekirdek üzerine sarılmış toroidal sargının self endüktansı:

$$L = \frac{N \cdot \phi}{I} \quad (3.16)$$

Toroid halkanın kesiti S ise magnetik akı:

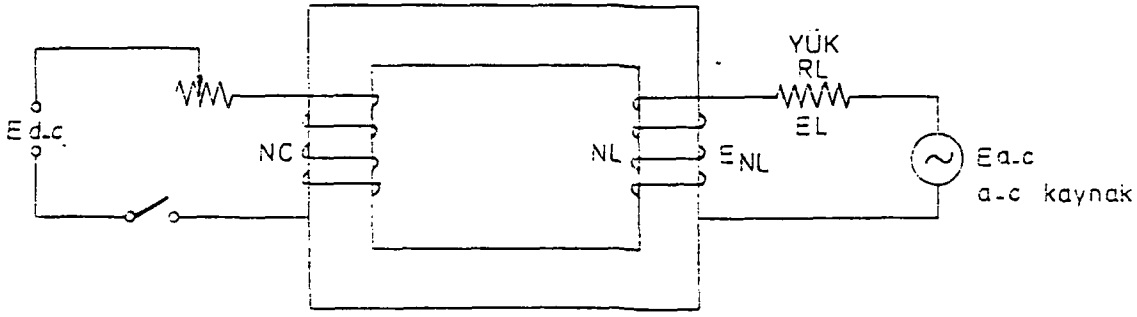
$$\phi = B \cdot S \quad (3.17)$$

Buradan toroidal sargının self endüktansı:

$$L = \frac{N \cdot B \cdot S}{I} = \frac{N \cdot \mu \cdot H \cdot S}{I} = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot S}{l} \quad (3.18)$$

olarak bulunur. (3.18) denkleminde self endüktansın değeri, doğrudan doğruya μ magnetik geçirgenliği ile orantılı olarak değiştiği görülür. Malzeme doymaya yaklaştığı zaman μ azalacağı için self endüktansı da azalır. Bu nokta magnetik amplifikatörlerin temel prensibidir.

Nc kontrol sargısından geçen d.c kontrol akımının meydana getirdiği akı ve magnetik alan şiddeti ile ferromagnetik malzemedeki yapılmış toroid şeklindeki çekirdeğin μ magnetik geçirgenliği değiştirilebilir. Magnetik geçirgenliğin değişmesi ile sargının self endüktansında değişmesi sağlanabilir. Self endüktandaki değişme yük sargısının empedansı ve dolayısıyla a.c kaynaktan akan yük akımının bu empedans üzerine düşürdüğü gerilim düşümünde değişir ve bu a.c gerilim düşümü μ geçirgenliğe dolayısıyla d.c kontrol akımına bağlıdır.



Şekil 3.19 Magnetik kontrol prensibi

Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

Şekil 3.19'da görüldüğü gibi a.c kaynak gerilimi E_{ac} , yükün uçlarındaki gerilim düşümü E_L ve yük sargısındaki gerilim düşümü E_{NL} 'dir.

Vektörel olarak:

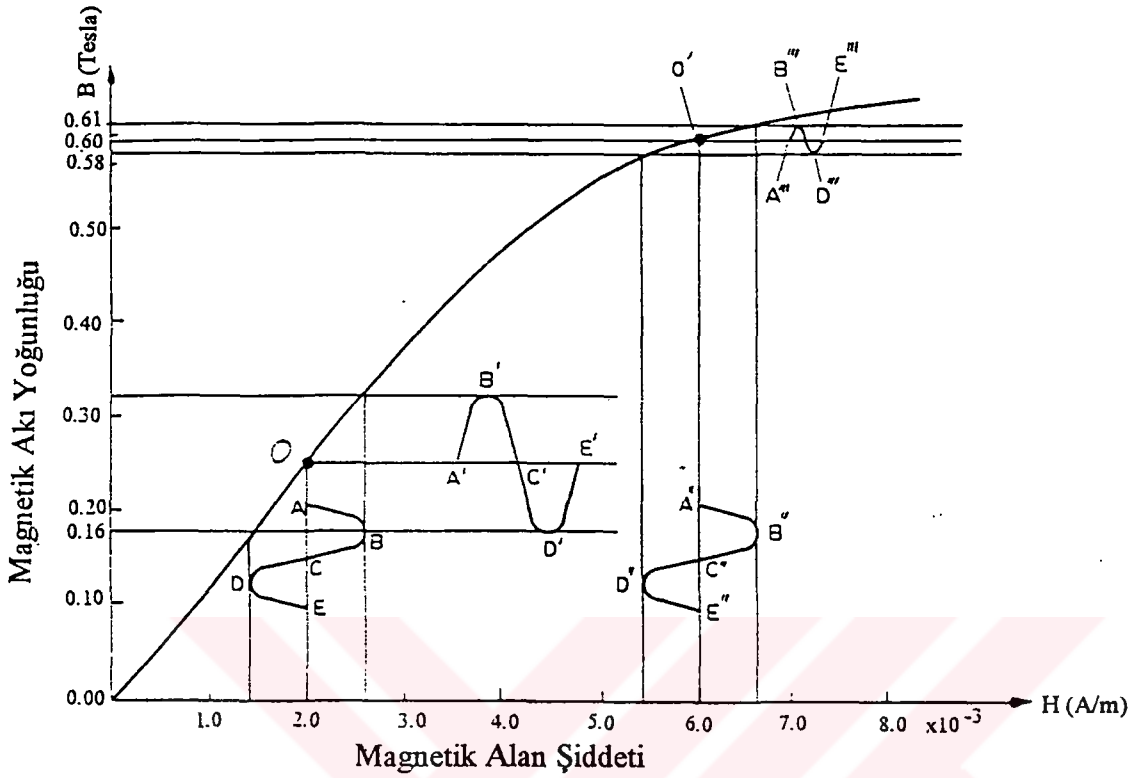
$$E_{ac} = E_L + E_{NL} \quad (3.19)$$

olur. Buradan yük uçlarındaki gerilim:

$$E_L = E_{ac} - E_{NL} \quad (3.20)$$

olur.

Kaynak gerilimi sabit kabul edilirse yükün uçlarındaki gerilim doğrudan doğruya yük sargısındaki gerilim düşümüne bağlı olarak değişir. Böylece kontrol sargısındaki d.c akımı değiştirilerek a.c yükün uçlarındaki gerilim geniş sınırlar içinde kolaylıkla değiştirilebilir. Reaktörün çalışmasını daha ayrıntılı açıklamak için şekil 3.20'de ki mıknatıslanma eğrisini inceleyelim:



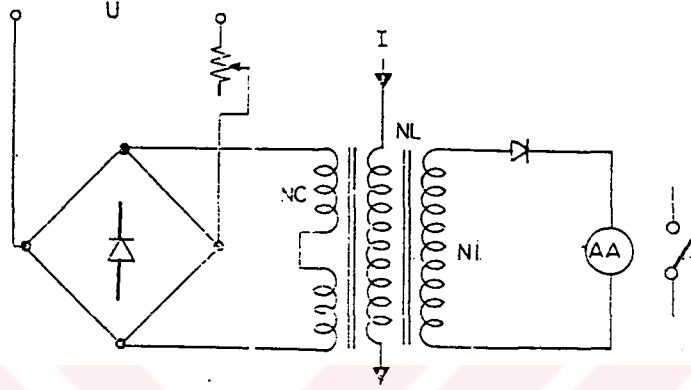
Şekil 3.20 Doyma reaktörünün çalışma grafiği

Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

Reaktörün çalışma noktasının O olduğunu kabul edelim. Kontrol sargısından akan akımın çekirdeğin içindeki akıyı $0,0005 \text{ A/m}$ arttırdığımızı kabul edelim. Yük sargısındaki A.C akım meydana getirdiği magnetik alan şiddeti ABCDE sinüs dalgası ile değişirse bu sinüsün $0,001 \text{ A/m}$ 'lik genliğe karşılık B magnetik akı yoğunluğunda A' B' C' D' E' sinüsü ile belirtilen $0,155 \text{ Tesla}$ 'lık akı yoğunluğu elde edilir. İkinci durumda kontrol sargısından akan D.C akımın bir miktar daha arttığını kabul edelim. İkinci çalışma noktası $0,006 \text{ A/m}$ olsun. Mıknatıslanma eğrisinde çalışma noktası O noktasından O' e yükselmiştir. Yine yük sargısı N_L 'de akan a.c akımın meydana getirdiği $0,001 \text{ A/m}$ genlikli magnetik alan sinüsü A'' B'' C'' D'' E'' ne karşılık $0,03 \text{ Tesla}$ genlikli A''' B''' C''' D''' E''' magnetik akı yoğunluğu elde edilir. Buradan da görüldüğü gibi aynı alan şiddeti değişimi için O ve O' noktalarından magnetik akı yoğunlukları birbirinden çok farklıdır. O noktasındakine göre magnetik akı yoğunluğu $0,125 \text{ Tesla}$ azalmıştır.

3.2.1.4.2 Magnetik amplifikatörlerin rölelerde kullanılması

Şekil 3.21'de RXAP 6000 serisi tipi bir mesafe rölesine ait prensip şeması görülmektedir. Kontrol sargısı gerilim transformatöründen alınan doğrultulmuş akımla beslenir. Yük sargısı akım transformatöründen beslenir.



Şekil 3.21 Magnetik amplifikatörlü mesafe rölesi prensip şeması
Kaynak: A. Kaya, (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K. Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

N_c kontrol sargısına uygulanan gerilim şebeke gerilimi ile orantılıdır. Kontrol akımı gerilim ile orantılı olarak magnetik devrenin μ magnetik geçirgenliğini değiştirir. N_L sargısından akan I alternatif akımı hat akımı ile orantılıdır ve bu sargıda meydana gelen alternatif akı ise μ 'ye dolayısıyla hat gerilimine bağlı olup, N_L sargısının meydana getirdiği alternatif akı N_i sargısında U/I ile orantılı olarak bir gerilim endüktür. Bu gerilim doğrultularak magnetik çekmeli tip bir aşırı akım rölesine uygulanır. Rölenin çalışma değeri kontrol sargısına seri bağlı bir potansiyometre ile değiştirilebilir.

3.2.2. Statik (Yarı iletken) röleler

Mevcut olan koruma sistemi ve bu sistemdeki elemanların ihtiyacı karşılamada yeterli olması; teknolojik araştırma gelişimleri etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Koruma sistemlerinde elektromekanik rölelerden sonra kullanılmaya başlanan diğer röle tipi statik olanlardır. Bu tip rölelere elektronik röleler adı da verilmektedir. İlk önceleri koruma devrelerinin güvenilirliği ve çalışma hızı indüksiyon diski, hareketli bobin ve menteşe armatür

elemanlarını karakteristiklerine bağılı idi. Daha sonraları aşağıda belirtilen özellikler statik rölelerin gelişimini ve bu rölelere duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Bu özellikler:

- (a) Statik rölelerin performans ve karakteristikleri elektromagnetik rölelerden daha iyidir. Statik rölelerin önemli uygulama alanlarından birisi olan statik mesafe rölelerinde daha yüksek doğruluk ve duyarlılıkla birlikte çalışma hızı da yüksektir.
- (b) İmalatta standartlaşmayı sağlamak daha kolaydır.
- (c) İmalatı daha kolay ve bakım süresi daha kısadır.
- (d) Elektronik röleler daha küçük ve hassas yapılabilmektedir.
- (e) Ölçme sırasında harcadıkları güç daha az olup doğrulukları daha iyi, kumanda zamanları daha kısa, montajları kolaydır.
- (f) Rölelerin açma karakteristiklerinin elektronik elemanlarla kolayca ayarlanması ve istenilen açma karakteristiğinin gerçekleştirilebilmesi mümkündür.

Yukarıda belirtilen faydalı tarafların yanında elektronik rölelerin kullanımında önemle dikkat edilmesi gereken durumlarda vardır. Elektronik elemanlar aşırı gerilimlere karşı çok hassas olduğundan bu gerilimlerin ölçme iletkenleri üzerinden elektronik rölelere ulaşmaları önlenmelidir. Açık kapama olayları sırasında ortaya çıkan aşırı gerilimler birkaç kV mertebesinde olabilirler. Enerji bakımından oldukça zayıf oldukları halde bu gerilimler elektronik elemanlara zarar verebilecek büyüklüktedir. Bu sakıncayı gidermek için elektronik röleler kuvvetli akım devrelerinden uzak tutulmalı, ekranlı kablolar kullanılmalı, topraklamaları iyi yapılmalı ve uygun giriş filtreleri kullanılmalıdır. Diğer bir husus ise endüktif yüklerin devreye sokulup çıkarılmaları sırasında ortaya çıkan gerilim sıçramalarının etkisini engellemek için elektronik röleleri besleyen yardımcı gerilim kaynağının diğer tüm yardımcı gerilim kaynaklarından tamamen ayrılmasının gerektiğidir.

3.2.2.1 Statik rölelerin sınıflandırılması

Transistör, tristör ve diyot gibi yarı iletken elemanlardan yapılan rölelere statik röle denir. Bu tip rölelerin karşılaştırma ve ölçme fonksiyonları; hareketli parçalar içermeyen statik devreler tarafından gerçekleştirilir. Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) kararına göre statik röleler üç kısma ayrılmıştır.

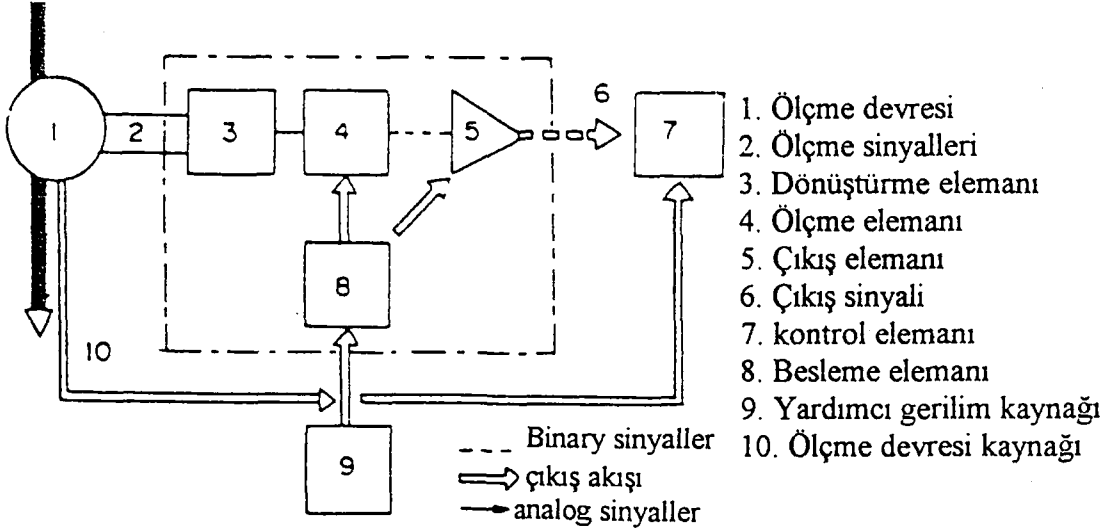
a) Statik röle: Ölçme kısmına gelen ve rölenin ayar değerini aşan akım veya gerilim değerine mekanik bir hareket olmaksızın, elektronik, magnetik veya diğer elemanlar yardımıyla cevap veren röledir.

b) Çıkış kontaklı statik röle: Çıkış devresinde bir ya da birden fazla kontak olan röledir. Daha önceleri bu rölelere yarı statik röle denmiştir.

c) Çıkış kontaklı statik röle: Çıkış devresinde kontağı olmayan röledir. Önceden bu röleye de tam statik röle denilmiştir.

3.2.2.2 Statik rölelerin temel yapısı

Koruma röleleri, koruma fonksiyonlu analog / binary (ikili) sistem dönüştürücüleridir. Akım, gerilim, frekans ve faz açısı gibi değişkenler ile diferansiyel, integral ve diğer matematiksel işlemlerle türetilen değerler ölçüm ünitesinin girişine analog sinyaller olarak gelir. Daima çıkış bir binary sinyaldir. Röle kesiciyi açtırmayacaksa çıkış sinyali açık (OFF) sinyalidir. Eğer röle kesiciyi açtıracaksa çıkış sinyali kapalı (ON) olur. Bu çıkış sinyalleri bir sonraki kontrol elemanı tarafından değerlendirilir. Bir koruma rölesi şekil 3.22'de gösterilen temel blok diyagrama göre burada yer alan elemanların sırayla birleştirilmesinden meydana gelir. Bir akım veya gerilim ölçü transformatörü olan ölçme elemanından alınan ve sürekli değişken formda olan değerler koruma rölesindeki dönüştürücü (konverter) üniteyi besler. Ölçme devresinden (1) alınan sinyaller dönüştürücüde (3) işlenecek hale getirilir ve şekildeki gibi ölçme elemanı tarafından değerlendirilir. Ölçme elemanı girişindeki sinyaller rölenin çalışması için gerekli olan eşik değeri aştığı zaman ölçme elemanı çıkışında kapalı bir sinyal elde edilir. Çıkış elemanı (5) ölçme elemanlarından alınan zayıf binary sinyali kuvvetlendirerek bir veya daha çok kontrol elemanına (7) iletir. Kontrol elemanı (7) bir besleme elemanı (8) tarafından ölçme veya çıkış elemanına verilen güç yardımıyla bir kesiciyi açtıracak şekilde bir anahtarlama fonksiyonu oluşturur. Kesiciyi açtıracak olan anahtarlama fonksiyonu için gerekli olan güç ya bir yardımcı gerilim kaynağından (8) ya da direkt olarak ölçme devresinden (1) temin edilir.



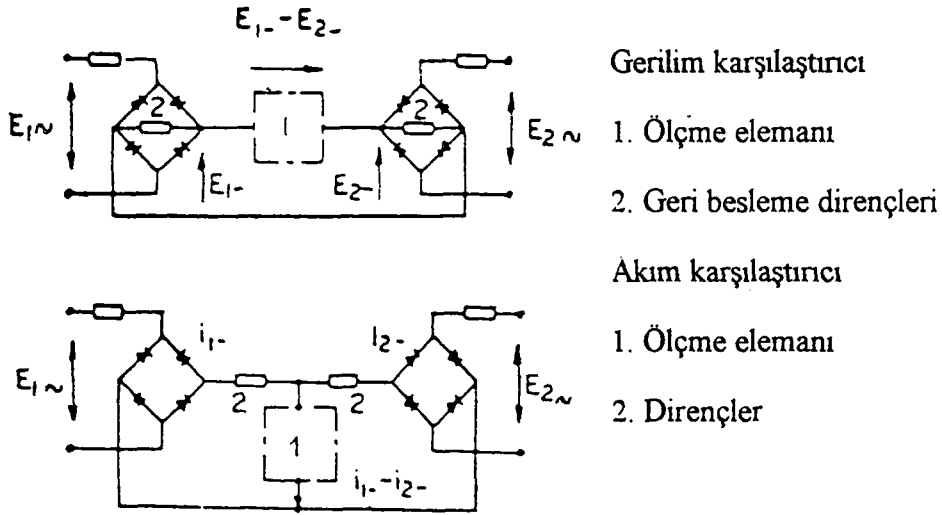
Şekil 3.22. Koruma rölelerinin temel blok diyagramı

Kaynak: T. Rao, (1992), Power System Protection Static Relays, Mc. Graw Hill, New Delhi.

3.2.2.2.1 Dönüştürme elemanı (Konverter)

Bu eleman çıkışında istenen genlikte sinyaller elde etmek amacıyla eleman içine uygunlaştırıcı transformatörler yerleştirilir. Akım veya gerilimle çalışmak üzere yapılan bir koruma rölesi bu elektriksel büyüklüklerden birisi ile beslenir. Uygunlaştırıcı transformatör çıkışından alınan A.C akım veya gerilim bir köprü diyot yardımıyla doğrultularak D.C akım veya gerilime dönüştürülür. Sabit ve değişken değerli dirençler, kırpma diyotları vs. gibi elemanları olan devrelerin ayarı sırasında rölenin çalışma hızı çok önemli değilse, ölçülen büyüklük bir harmonik filtresinden geçirilir. Bazı rölelerde dalgalanmaları süzmek için düzgünleştirici filtreler kullanılır.

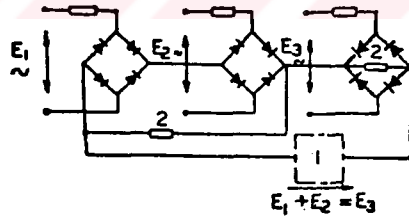
İki elektriksel büyüklükle çalışan rölelerde dönüştürme elemanı, röle girişlerindeki iki elektriksel büyüklükle beslenir. Her durumda akım veya gerilime dönüştürülen iki sinyal arasında genlik veya faz karşılaştırılması yada bunların her ikisi yapılabilir. Darbe karşılaştırılması yapılması durumunda değişkenlerden biri sıfırdan geçtiği zaman bir iğne darbeye dönüşür ve diğer değişken dikdörtgensel blok haline dönüştürülerek iğne darbesiyle blok çakıştığı zaman karşılaştırıcı devre çıkışında kapalı bir sinyal oluşur. Bu işlem son derece kısa bir cevap süresi oluşturur.



Şekil 3.23 İki girişli temel gerilim ve akım karşılaştırıcı

Kaynak: T. Rao, (1992), Power System Protection Static Relays, Mc. Graw Hill, New Delhi.

Üç veya daha fazla elektriksel büyüklükle çalışan rölelerde dönüştürme elemanı bu giriş büyüklükleri ile beslenir. Şekil 3.24'de iki ölçme köprüsü arasındaki geri besleme direnci üçüncü köprü ile birleştirilmiştir.



Şekil 3.24 Üç girişli temel gerilim karşılaştırıcı

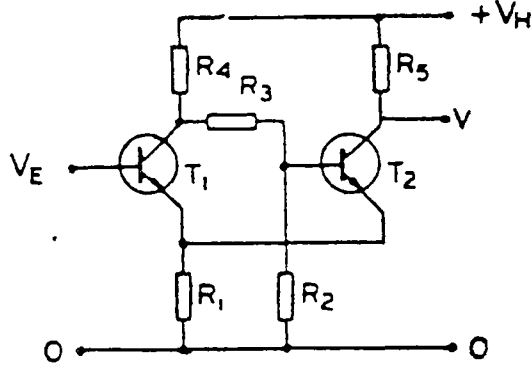
1. Ölçme elemanı 3. Geri besleme direnci

Kaynak: T. Rao, (1992), Power System Protection Static Relays, Mc. Graw Hill, New Delhi.

3.2.2.2.2 Ölçme elemanı

Ölçme elemanı, ölçme fonksiyonlu bir analog / binary dönüştürücüdür. En basit statik ölçme devresi şekil 3.25'de gösterilen bir Schmitt Trigger devresidir. Schmitt Trigger devresi son derece hızlı polarize olabilen bir röle ve bir seviye dedektörü gibi çalışır. Bu devrede

transistörlerin emiterleri şaseye bağlı olduğu için (ortak emiter montajı) devrenin giriş direnci ve akım kazancı çok yüksektir. Giriş gerilimi belli bir değeri aştığı zaman seviye dedektörü çıkış verir.



Şekil 3.25 Analog / Binary sinyal dönüştürücü (Schmitt Trigger)

Kaynak: T. Rao, (1992), Power System Protection Static Relays, Mc. Graw Hill, New Delhi.

3.2.2.2.3 Çıkış elemanı

Çıkış elemanı, ölçme elemanından gelen çıkış sinyalini kuvvetlendirir, gerekirse katlarını alır, bu sinyali diğer sinyallerle birleştirebilir ve gerekirse bir zaman gecikmesi oluşturur. Çıkış elemanı sadece binary sinyalleri işlemek zorunda olduğu için bu devrenin çok hassas olması gerekli değildir, çıkış devresinde yardımcı röleler ve kontaktörler bulunabilir. Bu durum kontrol edilen devreyle kontrol eden devrelerin birbirinden bağımsız ve farklı değerdeki gerilimlerle çalışmasını sağlar. Çıkış devresi iki kararlı (bistable), tek kararlı (monostable) devrelerden oluşabilir. Gerekirse çıkış sinyali VE, VE DEĞİL lojik kapıları ve zamanlama elemanlarıyla modüle edilebilir. Çıkış elemanında kesicilerin açma bobinlerine kumanda edilmesi gibi büyük güçlerin söz konusu olduğu yerlerde tristörler kullanılır.

3.2.2.2.4 Besleme elemanı

Bu elemanın görevi devrelerin çalışması için gerekli besleme gücünü temin etmektir. Besleme gücü ya tekrar şarj edilebilen Ni-Cd pillerden oluşan yardımcı kaynaktan yada akümülatör bataryalarından elde edilir. Birçok koruma rölesinde bu güç doğrudan ölçme

devresinin kendisinden temin edilir. Statik rölelerde ölçme doğruluğunun bozulmaması için statik devreleri besleyen besleme elemanı stabil bir gerilim vermelidir. Statik röleler ortaya çıkıp gelişmeye başladığı zaman ilk aşamada özellikle İngiltere’de imal edilen statik rölelerde buton piller olarak da bilinen ve tekrar şarj edilebilen Ni - Cd piller kullanılmış ancak zamanla tecrübeler sonucu bu pillerin güvenilirliğinin az olduğu görülmüştür. Bugün bunların yerine uygun gerilimlerde ara uçlar çıkartılmış olan sabit akümülatörler kullanılmaktadır. Bazı rölelerde besleme kaynağı doğrudan akım veya gerilim ölçü transformatörünün kendisidir. Böyle rölelerde sadece hata dedektörü tarafından bir hata tesbit edildiği zaman güç kaynağı röleye bağlanır.

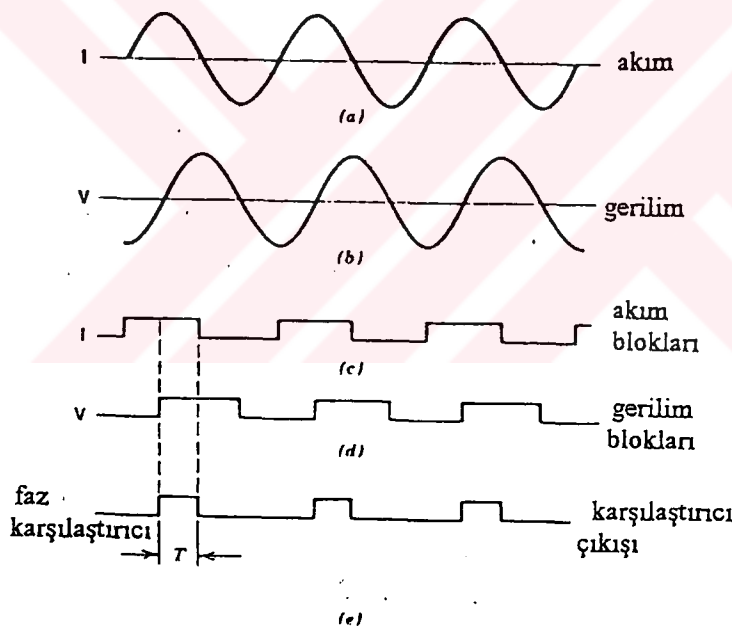
3.2.2.3 Statik rölelerin avantajları

Statik rölelerin elektromekanik rölelere göre avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Statik rölenin çalışması için gereken güç yardımcı bir kaynaktan sağlanır. Bu nedenle bu tip röleler akım ve gerilim transformatörlerini daha az yüklerler.
2. Çalışma hızları elektromekanik rölelere göre daha yüksek olup ömürleri de daha uzundur.
3. Statik rölelerde hareketli parçalar bulunmadığı için mekanik eylemsizlik yoktur ve hızlı açma-kapama yapan kontaklardan dolayı meydana gelen parazitler oluşmamaktadır. Ayrıca mekanik rölelerdeki gibi hareketli parçaların sürtünmesi ve teması sebebiyle aşınma olmaz ve bu nedenle daha az bakıma ihtiyaçları vardır, bakımları daha kolaydır.
4. Rölenin geri dönüş (reset) hızı elektromekanik tipe göre çok kısadır.
5. Rölenin ölçme kısmına gelen korunacak olan akım ve gerilim değerleri çok küçük olsa bile amplifikatör devreleri yardımıyla bunlar kolaylıkla kuvvetlendirilebilir, bu nedenle daha yüksek duyarlılık elde edilebilir.
6. Statik rölelerde temel karakteristiklere sahip birçok devre birleştirilerek istenen ideal karakteristiğe çok yakın bir karakteristik elde etmek mümkündür.
7. Yarı iletken elemanlardan oluşan ölçme devrelerinin enerji ihtiyacının çok düşük olması nedeniyle röle boyutları çok küçültülebilir.

3.2.2.4 Statik rölelerin koruma uygulamalarında kullanılması

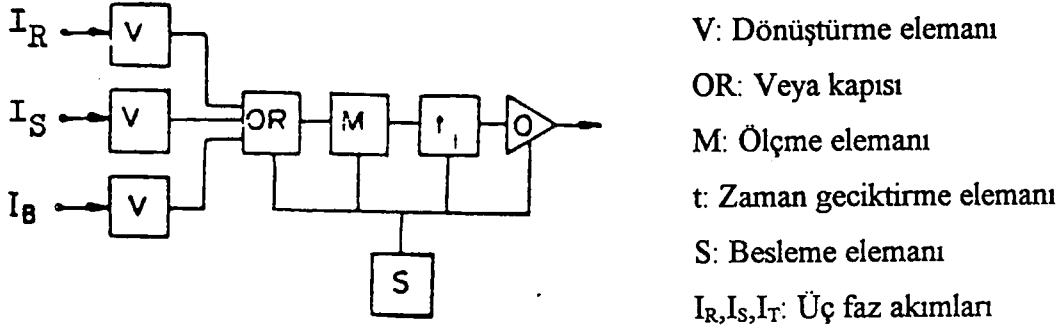
Statik röleler hareketli parçalarının bulunmayışının sonucu olarak, çok hızlı çalışırlar ve cevap süreleri de çok kısadır. Statik röleler yapılarında bulunan çok yüksek güvenilirlikteki performansa sahip silikon planer transistörler nedeniyle güvenilirliği son derece yüksek olan rölelerdir. Statik rölelerde akım ve gerilim büyüklükleri ile faz açılarını saptamak için uygun devre tasarımları yapılır. Şekil 3.26'da statik rölede akım ve gerilim arasındaki faz açısının nasıl ölçüldüğü gösterilmiştir. Şekil 3.26 a ve b'de görülen sinüsoidal değişim gösteren akım ve gerilim dalgaları, sinüs dalgalarını kare dalgaya çeviren ve negatif yarım periyod boyunca sıfır çıkış veren kare dalga amplifikatörünün girişine uygulanır. (Şekil 3.26 c. ve d) Genel olarak kare dalgalara blok adı verilir ve bu bloklar sadece akım ve gerilim blokları çakıştığı zaman çıkış veren bir karşılaştırıcı devreye gönderilir. Karşılaştırıcının çıkışı akım ve gerilimin bir fonksiyonudur.



Şekil 3.26 Statik röle ile faz açısının ölçülmesi

Kaynak: T. Rao, (1992), Power System Protection Static Relays, Mc. Graw Hill, New Delhi.

Statik rölelerde kullanılan lojik devreler (1) hata algılama ve bilgi işleme lojik üniteleri (2) lojik kuvvetlendirme üniteleri ve (3) yardımcı lojik üniteler olarak sınıflandırılabilir. Birinci tip lojik devrelerde hataları tesbit etmek için karşılaştırıcılar kullanılır. Ani ve ters zamanlı aşırı akımları tesbit etmek için genlik karşılaştırıcıları kullanılır. Şekil 3.27 a'da bir fazlı belirli zamanlı aşırı akım rölesinde kullanılan elemanlar gösterilmiştir. Bu devrede A.C akım orantılı olarak D.C gerilime çevrilerek sabit bir D.C gerilim seviyesi ile



Şekil 3.28 Ters zamanlı elektronik aşırı akım rölesinin blok diyagramı

Kaynak: A.R. Warrington, (1976), Protective Relays: Their Theory and Practice, Chapman & Hall Inc, London.

3.2.3 Dijital röleler

Elektromekanik ve statik rölelerden sonra son yıllarda elektrik tesislerinde kullanılmaya başlanan diğer bir röle tipi ise, mini ve mikro kompütürlerle gerçekleştirilen dijital rölelerdir. Gerek elektromekanik gerekse statik röleler analog çalışan koruma röleleridir, yani analog olarak ölçülen büyüklükler ayar büyüklükleri ile yine analog olarak karşılaştırılmaktadır. Mikroişlemci tekniğinde ise sayısal ölçme tekniğinden yararlanılır. Ölçü büyüklüklerinden alınan ani değerler analog - dijital çeviriciler ile dönüştürülmekte, hafızaya yerleştirilmiş bir programa göre işlem görmekte ve bu işlem sonunda varılan açma veya açma yapmama kararına göre dijital - analog çeviriciler üzerinden kumanda verilmektedir.

Sayısal ölçme tekniğinin kullanımıyla diğer tip rölelere nazaran güvenlik, emniyet ve kullanıcıya kullanım kolaylığı sağlayan fonksiyonların artırılması avantajlardan bazılarıdır. Elektromekanik koruma röleleri tek tek koruma modüllerinin birleşmesiyle meydana getirilirken, mikroişlemci tabanlı dijital rölelerde ise tek bir donanım içinde tüm koruma fonksiyonları yerine getirilebilir.

Dijital rölelerin bir başka avantajıda yapısında bulunan haberleşme terminalleri vasıtasıyla diğer dijital rölelerle haberleşme yeteneğinin olmasıdır. Bu terminaller vasıtasıyla hem dijital rölelere dışarıdan bir PC yardımıyla müdahale edilebilir hem de koruma rölesinin kendisinden çok uzakta olan bir merkezle haberleşmesi sağlanabilir. Bu durum kullanıcılara büyük kolaylık sağlamaktadır. Dikkat çeken diğer bir husus mikroişlemci teknoloji sayesinde dijital rölelerin kullanıcılara olduğu kadar üreticilerde büyük kolaylık sağlamasıdır.

Mikroişlemci yazılımlarında yapılan ufak bir değişiklik sonucu cihazların işlevleri kolayca arttırılabileceği gibi cihazlara yeni işlevler de kazandırılabilir.

Statik rölelerin içerdiği parça sayısı elektromekanik rölelerden çok daha fazladır. Dijital rölelerle bu parça sayısı azaltılma yoluna gidilmiştir. Bir koruma cihazının güvenilirlik oranı cihazı oluşturan her bir parçanın ortalama güvenilirlik oranı ile yakından ilgilidir.

Şekil 3.29'da bir koruma cihazının güvenilirlik oranının o koruma cihazını oluşturan parça sayısına göre değişimi gösterilmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi bünyesinde fazla sayıda parça bulunduran cihazların üreticileri (dijital koruma röleleri elektromekanik rölelerden daha fazla, statik rölelerden daha az parçadan oluşur.) güvenilirliği yüksek tutmak için parça sayısında optimizasyona yönelmek ve daha kaliteli, güvenilir parçalar kullanmak zorundadırlar.



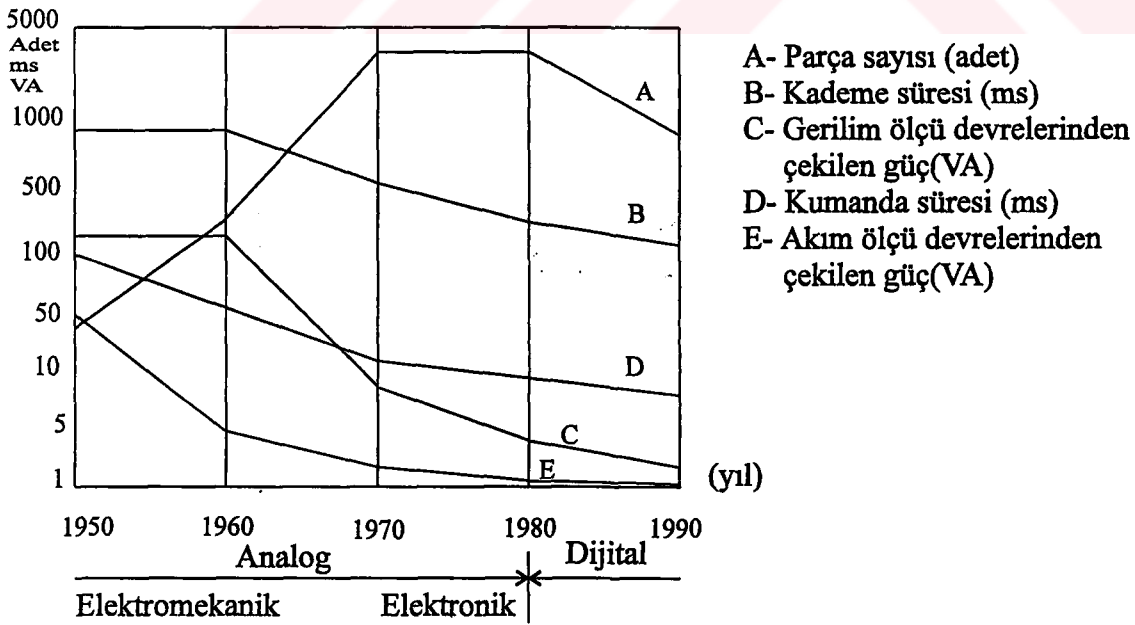
Şekil 3.29 Parça sayısına bağlı olarak cihaz güvenilirliğinin değişimi

Kaynak: A. Ok, (1995), "Dijital Koruma Rölelerine İlişkin Genel Bilgiler", Kaynak Elektrik Dergisi, İstanbul.

Mikroişlemci teknolojisinin koruma tekniğinde kullanılmasıyla koruma rölelerine yeni yetenekler kazandırılmaktadır. Bu yeteneklerden biri de alınan akım ve gerilim değerlerinden aktif güç, reaktif güç, $\cos\phi$ ve sayaç değerleri gibi kullanıcı için büyük önem taşıyan değerlerin hesaplanabilirliğidir. Tüm bu hesaplamalar çift sekonder çıkışlı ölçü transformatörünün koruma çıkışından alınan değerlerle yapılır.

Koruma tekniğinin başlıca görevlerinden biri de bir arıza halinde tehlike altında olan tesis kısımlarının en kısa sürede devre dışı edilmesidir. Böylece olası hasarın azaltılması sağlanmaktadır. Bu nedenle koruma rölelerinin açtırma süreleri kısaltılmaya çalışılmıştır. Dijital rölelerin açtırma zamanı elektromekanik rölelere göre daha kısa olup günümüzde, teknolojik alt sınır olan 20 ms'ye kadar düşülmüştür. Daha kısa zamanlara inmek mümkün ama sakıncalıdır. Bunun nedeni 50 Hz'lik bir frekansta alternatif akımın bir periyot süresi olan 20 ms'nin açma kararının güvenilirliği açısından gerekliliğidir. Bir arıza halinde enerji akışının kesilmesi için gereken süreyi koruma rölesinin yanısıra kesicinin açma süresi de etkiler. Toplam enerji kesilme süresi, koruma rölesi açtırma süresi ile kesici açma süresinin toplamına eşittir. Günümüzde kullanılan kesicilerin açma süreleri 100 msn olduğunu düşünürsek, koruma rölesinin açtırma süresi ne kadar kısa olursa olsun kesici açma süresi toplam süreyi etkileyen ana faktördür.

Mikroişlemci ve yarı-iletken elemanlardan meydana gelen dijital koruma rölelerinde, elektromekanik ve statik rölelere göre hem akım ölçü devrelerinden hem de gerilim ölçü devrelerinden çekilen güç daha azdır. Şekil 3.30 Analog (Elektromekanik, Elektronik) ve dijital koruma rölelerini parça sayısı, kademe süresi (ms), kumanda süresi (ms), gerilim ölçü devrelerinden çekilen güç ve akım ölçü devrelerinden çekilen güç kriterlerine göre karşılaştırılması sonucu ortaya çıkan grafikleri göstermektedir.



Şekil 3.30. Çeşitli kriterlerin analog ve dijital rölelerde değişimi

Kaynak: A. Ok, (1995), "Dijital Koruma Rölelerine İlişkin Genel Bilgiler", Kaynak Elektrik Dergisi, İstanbul.

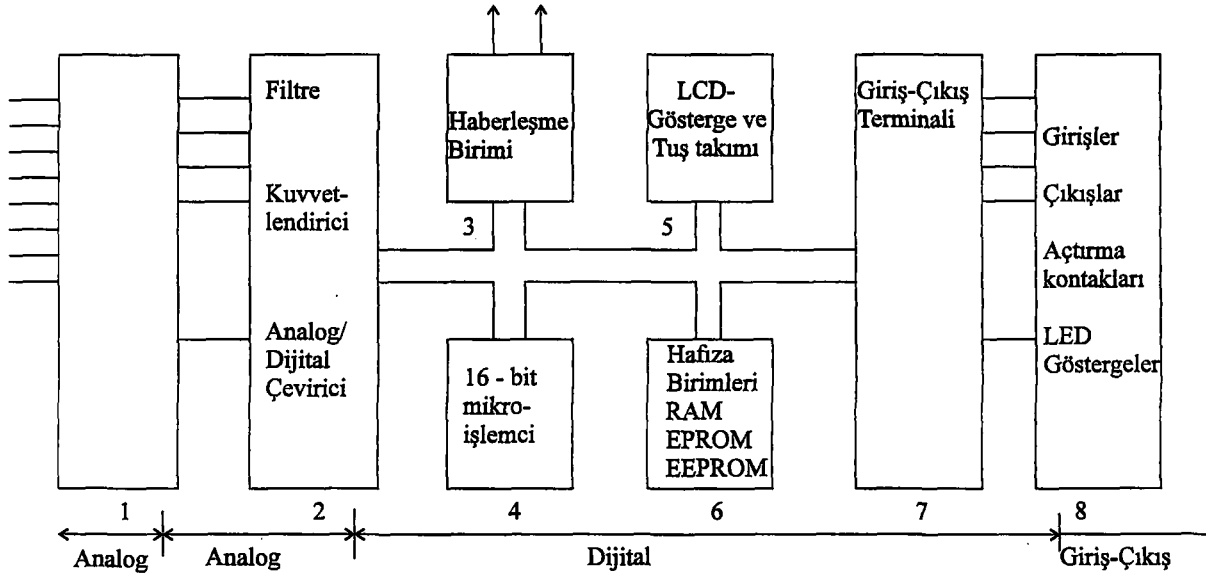
Dijital koruma rölelerinin kullanıcılara getirdiği bir başka kolaylık birden fazla koruma fonksiyonunun tek bir cihaz tarafından sağlanabilirliğidir. Tek bir cihaz geçmiş teknolojilerle üretilmiş birçok cihazın görevini üstlenebilmektedir. Böylece karmaşık, dolayısıyla da pahalı montaj gerektiren ayrıcada fazla yer kaplayan koruma düzenekleri yerlerini dijital koruma rölelerine bırakmışlardır. Böylece kazanılan bir başka fayda da belirli koruma fonksiyonlarının birbiriyle ilişkilendirilerek daha üstün bir koruma işlevinin sağlanabilirliğidir. Örneğin generatör koruma tekniğinde dijital teknik kullanılarak frekansla orantılı düşük gerilim koruması yapılabilmekte ve bu sayede generatörler daha güvenilir çalıştırılabilmektedir. Oysa ki geçmiş teknolojilerle frekans koruması ayrı gerilim koruması ayrı yapılabilmekte ve pahalı çözümlere gereksinim duyulmaktadır.

İlk olarak üretilen dijital koruma röleleri tek bir koruma fonksiyonuna sahipti ve bunun sonucu olarak analog-elektronik koruma rölelerinden daha pahalı idi. Bunun üzerine üreticiler açısından çok fonksiyonlu dijital koruma rölesi üretimine gidilmiş ve fiyatları da cazip tutulmuştur. Örneğin piyasada sadece aşırı akım-zaman koruma fonksiyonuna sahip dijital koruma rölesi oldukça azdır. Ancak aşırı akım-zaman fonksiyonuyla birlikte birkaç koruma fonksiyonuna daha sahip dijital röleler temin edilebilir.

Enerji tesislerini dijital koruma cihazları üzerinden uzaktan kontrol ve kumanda etmeyi amaçlayan kullanıcılar, bu cihazlara sahip olmakla dijital koruma düzeneklerinin bünyesinde yer alan birkaç koruma fonksiyonundan, haberleşebilme ve analog değerlerin izlenebilme özelliklerinden faydalanabileceklerdir.

3.2.3.1 Dijital rölelere ait blok diagram

Dijital koruma rölelerinin farklılıklarının ortaya çıkarılması ve daha iyi değerlendirilmesi amacıyla sahip olduğu ana birimler blok diyagram olarak şekil 3.31’de gösterilmektedir.



Şekil 3.31 Dijital koruma rölesine ait blok diyagram

Kaynak: A. Ok, (1995), "Dijital Koruma Rölelerine İlişkin Genel Bilgiler", Kaynak Elektrik Dergisi, İstanbul.

1) Ölçüm değerleri giriş arabirimi :

Bu birim koruma rölesini, ölçü devrelerinde olabilecek arızalara karşı korur.

2) Ölçüm değerleri algılama birimi :

Bu birim üç kısımdan oluşur. Bunlar filtre, kuvvetlendirici ve analog / dijital çeviricilerdir.

Filtre; özellikle harmoniklerin süzülmesi görevini üstlenir.

Kuvvetlendirici; filtre çıkışı analog değerlerin kuvvetlendirilmesini sağlar.

Analog / dijital çevirici; Analog değerlerin dijital hale çevrilmesi işlemini üstlenir.

3) Haberleşme terminali :

Dijital rölenin başka dijital sistemlerle haberleşebilmesini sağlar. Haberleşebilme dijital rölelerin ayırt edici özelliklerinden biridir.

4) 16 - bit mikroişlemci :

Dijital rölenin ana işlevlerinin gerçekleştirildiği birimdir.

5) LCD - Gösterge ve tuş takımı :

Cihazın kullanıcı arabirimidir. Buradan koruma tekniği ile ilgili bilgiler (ayar değerleri, açma eğrileri v.s) koruma rölesine aktarılır. İşletme çalışmasında ölçüm değerleri, arıza halinde ise çeşitli ihbarlar (zaman sırasıyla) ve ölçüm değerleri LCD göstergeden okunabilir.

6) Hafıza birimleri :

Koruma tekniğine ilişkin cihaz yazılımı, kullanıcıya özel parametre değerleri ve arızalara ilişkin ölçüm değerleri ile ihbarlar bu hafızalarda tutulur. Cihaz beslemesinin kesilmesi halinde bu hafıza birimleri içeriklerini yitirmeyecek şekilde tasarlanmışlardır.

7) Giriş - çıkış terminali :

Mikroişlemci ve çevre donanımının,

- Giriş devrelerinde olabilecek arızalardan korunması (bahsedilen giriş devreleri koruma rölesinin çeşitli fonksiyonlarının kilitlenmesi veya aktive yada reset edilmesi gibi işlemlerin konvansiyonel teknikle uzaktan yapılmasını olanaklı kılar.)

- Çıkış devrelerinde olabilecek arızalardan korunması (bahsedilen çıkış devreleri, koruma rölelerinin olağan dışı işletme şartlarının ihbar edilmesi veya bir başka cihazın çeşitli fonksiyonlarının kilitlenmesi gibi işlemlerin yapılmasını olanaklı kılar)

- Kesici açtırma kontaklarının güvenilir çalışması

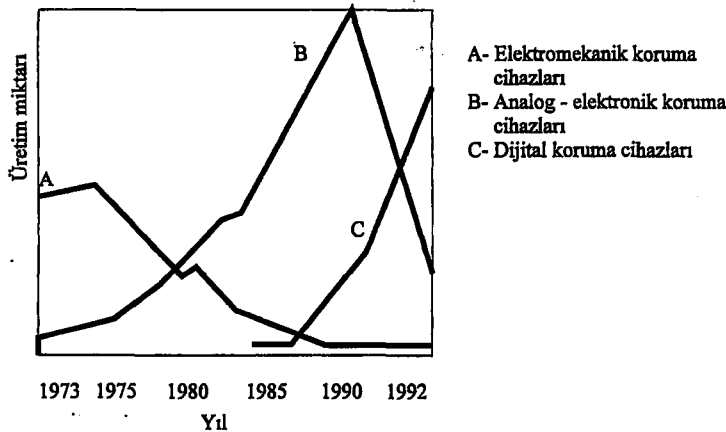
- Cihaz üzerindeki gösterge lambalarının yönlendirilmesini sağlar.

Koruma rölelerinin donanım birimleri güvenlik sebebiyle de ikiden fazla gerilim seviyesinde (± 5 V, ± 15 V, 24 V) birbirlerinden galvanik ayrılmış olarak beslenmektedir. Bu gerilimler dahili bir kaynaktan elde edilirler.

8) Giriş - çıkış birimi :

Koruma rölesinin tesisle olan arabirimidir. Özellikle kesici açtırmasının yapıldığı kontaklar aşırı yüklenmelere dayanıklı olarak tasarlanır.

Şekil 3.32’de görülebileceği gibi dijital koruma röleleri, zaman içerisinde elektromekanik ve elektronik rölelerin yerini almış ve koruma tekniğinin vazgeçilmez unsuru haline gelmiştir.



Şekil 3.32 Yıllar itibarı ile yapılarına göre röle üretim değişimi

Kaynak: A. Ok, (1995), "Dijital Koruma Rölelerine İlişkin Genel Bilgiler", Kaynak Elektrik Dergisi, İstanbul.

3.2.3.2 Dijital rölelerin avantajları

Dijital rölelerin, elektromekanik rölelere göre avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Tek bir donanım içerisinde birden fazla koruma fonksiyonu yerine getirilir. Bunun sonucu olarak da koruma rölesinin kullanıldığı yerde kapladığı alan oldukça azalır.

2. Dijital koruma röleleri yapısında bulunan haberleşme terminalleri vasıtasıyla diğer dijital sistemlerle haberleşebilir. Bu terminaller vasıtasıyla röleye bir PC yardımıyla dışarıdan müdahale edilebilir, hem de rölenin kendisinden çok uzakta olan bir merkezle haberleşmesi sağlanabilir.

3. Rölenin yapısında bulunan mikroişlemcinin yazılımını değiştirmek suretiyle röleye ek fonksiyonlar ilave edilebilir.

4. Bir arıza durumunda dijital rölelerin kesicileri açtırma süresi elektromekanik rölelerden daha kısadır.

5. Dijital rölenin yapısında yer alan yarı iletken elemanlar nedeniyle, gerilim ve akım ölçü devrelerinden çekilen güç elektromekanik rölelere göre daha azdır.

6. Dijital koruma röleleri yapısal büyüklük bakımından elektromekanik rölelerden daha küçüktür.

7. Dijital koruma röleleri, herhangi bir arıza durumunda; arıza anı ve öncesi akım gerilimleri kaydeden ve geçici olmayan bir hafızaya sahiptir.

8. Dijital koruma rölelerinin en önemli avantajlarından biride rölenin kendi kontrolüdür. Rölenin sürekli olarak kendi yazılımını ve donanımı kontrolü bakım maliyetlerini azaltarak önemli bir avantaj sağlar.

9. Dijital koruma rölelerinde, mikroişlemci teknolojisinden yararlanılarak güvenilirlik ve ölçüm doğruluğu arttırılmıştır.

10. Menu-tabanlı çalışmanın sonucu olarak basit ve güvenilir kullanım söz konusudur. Dijital koruma rölesinin sahip olduğu LCD ekran sayesinde arıza olayı ile ilgili mesajlar, arıza değerleri rahatlıkla izlenebilir. Bu değerler PC ile beraber kullanılan bir yazıcı vasıtasıyla kolaylıkla kağıda aktarılabilir.

11. Dijital röleler dayanımları bakımından diğer tip rölelere göre daha uzun ömürlüdür.

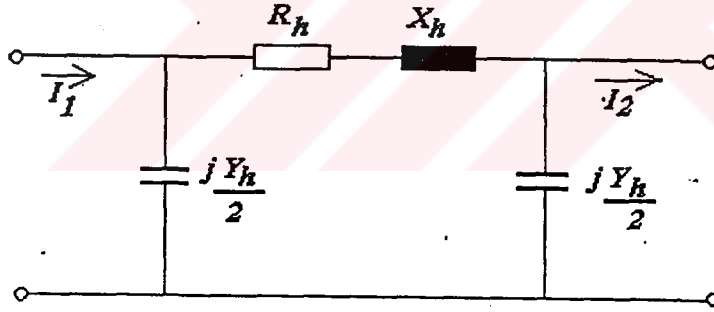
12. Dijital rölelerde elektromekanik rölelere göre seçicilik daha fazla, arızanın temizlenme süresi ise daha kısadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. MESAFE RÖLELERİ

4.1. Mesafe Rölelerine Giriş

Elektrik tesislerini, özellikle orta ve yüksek gerilimli enerji nakil hatlarını ve şebekeleri kısa devreye karşı korumak için mesafe röleleri kullanılmaktadır. Mesafe röleleri ile koruma, hattın başındaki gerilimin hattan hata noktasına doğru akan akıma oranının yani hatalı olan hat kısmının empedansının, hat başında rölenin bulunduğu yer ile hata noktası arasındaki uzunlukla orantılı olması prensibine dayanır. Bir şebekede, bir noktadan şebekeye doğru bakıldığında $Z = U/I$ empedansı görülür. Bir kısa devrede akım büyüdüğü ve gerilim küçüldüğü için Z empedansı da küçülür. Gerçekten hattın empedansı hattın uzunluğu ile orantılı olduğundan kısa devrede mesafenin azalması ile empedansın azalması aynı anlama gelir. Şekil 4.1'de iletim hattının π eşdeğer devresi görülmektedir.



Şekil 4.1 İletim hattının π eşdeğer devresi

Hattın km. başına direnci r (Ω/km), km başına empedansı x (Ω/km) ise bu hattın empedansı;

$$Z_h = R_h + j.X_h \quad (4.1)$$

$$R_h = r.l \quad (4.2)$$

$$X_h = x.l \quad (4.3)$$

(4.2) ve (4.3) eşitlikleri 4.1'de yerine konursa

$$Z_h = r.l + j.x.l \quad (4.4)$$

$$Z_h = (r + jx).l$$

haline gelir.

$$z = r + j. x \quad (4.5)$$

$$Z_h = z.c \quad (4.6)$$

haline gelir.

(4.6) eşitliğinden de görüldüğü gibi hattın empedansı hattın uzunluğu ile orantılıdır. Bu nedenle mesafe rölesinin en önemli özelliklerinden biri karşımıza çıkar. Bu özellik şebekede bir arıza meydana gelince, bir güç anahtarı yardımı ile arıza yerinin beslenme noktasından ayrılması için geçen zamanın, yani açma süresinin, örneğin aşırı akım rölelerindeki gibi sabit olmayıp arıza yerinden rölenin bulunduğu yere kadar olan uzaklığa yani mesafeye bağlı olmasıdır. Mesafenin ölçüsü olarak, korunacak olan hattın empedansından veya bunun bileşikleri olan reaktansından veya ohmik direncinden faydalanılır. Arıza yeri röleden ne kadar uzaksa, ölçülen direnç o kadar büyüktür ve rölenin açma zamanıda o kadar uzundur. Bu durum kısa devre olayının fiziki esaslarına uygundur çünkü kısa devre yolunun empedansı ne kadar büyükse, kısa devre akımı da o kadar küçüktür ve bu sebeple açma süresi o kadar uzun olabilir.

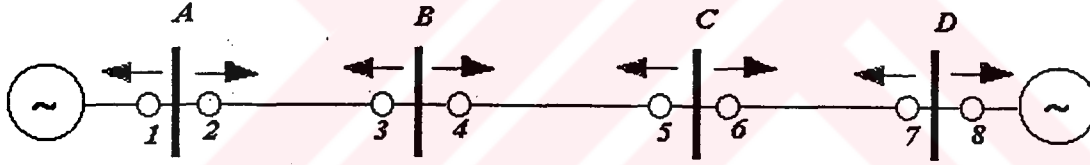
Modern rölelerde açma zaman karakteristiği kademelidir. Zaman kademesi ayarlanabilir olup hat empedansına göre tespit edilir. Mesafe röleleri, yerleştirildikleri yerin yakınında meydana gelen hatalarda kısa açma süresi ile uzaktaki hatalarda uzun açma süresi ile çalışırlar. Hata yeri, röle hata yeri arasındaki hattın empedansı ile sabit bir referans empedans değerinin karşılaştırılması ile tespit edilir.

Bir şebeke kısa devresinde, kısa devre yolunda bulunan tüm mesafe rölelerinin ikaz elemanları faaliyete geçerler ve hata noktasına kadar olan empedans ile referans empedansı karşılaştırırlar. Ancak arıza yerine en yakın olan röle en küçük empedansı, yani en kısa hata mesafesini ölçer ve en kısa açma zaman kademesinde ilk olarak bu röle açma kumandası verir ve uzakta bulunan rölelerin kumanda süreleri daha uzun olduğundan bunlar açma kumandası veremez. Böylece arızalı yer buna en yakın istasyondan ayrılır ve geri kalan tesisler normal işletmeye devam edebilirler. Eğer açma kumandası vermesi gereken bu röle herhangi bir nedenle açmazsa, bundan sonraki röle zaman karakteristiği gereğince daha uzun bir süre sonra

açma kumandası verir. Bu nedenle mesafe koruması aynı zamanda bir de yedek koruma teşkil eder.

Bazı durumlarda, örneğin düğüm noktalarında aynı istasyona yerleştirilen veya arıza yerine aynı uzaklıkta bulunan röleler, aynı arıza mesafesini ölçtüklerinden hepsi aynı zamanda açma kumandası verebilirler. Normal olarak üzerinde kısa devre enerjisi baradan, yani besleme noktasından arıza yönüne doğru geçen rölelerin açma kumandası vermesi ve buna karşılık bara yönünde geçen kısa devre enerjisi ile rölelerin çalışmaması gerektiğinden, mesafe röleleri bir de yön elemanı ile donatılır.

Örneğin şekil 4.2’de B ve C baraları arasındaki hat parçasında meydana gelen üç fazlı kısa devre hatasında 2, 4, 5, 7 nolu röleler seçici koruma yapar ve rölelerin koordinasyonu iyi yapılmışsa önce 4 ve 5 nolu röleler çalışarak kesicilere açma kumandası verir. Bu röleler çalışmazsa bu durumda 2 ve 7 no’lu röleler belirlenen bir zaman gecikmesiyle çalışarak seçici ve yedek koruma sağlarlar.



Şekil 4.2 İki taraftan beslenen hatlarda yönlü koruma

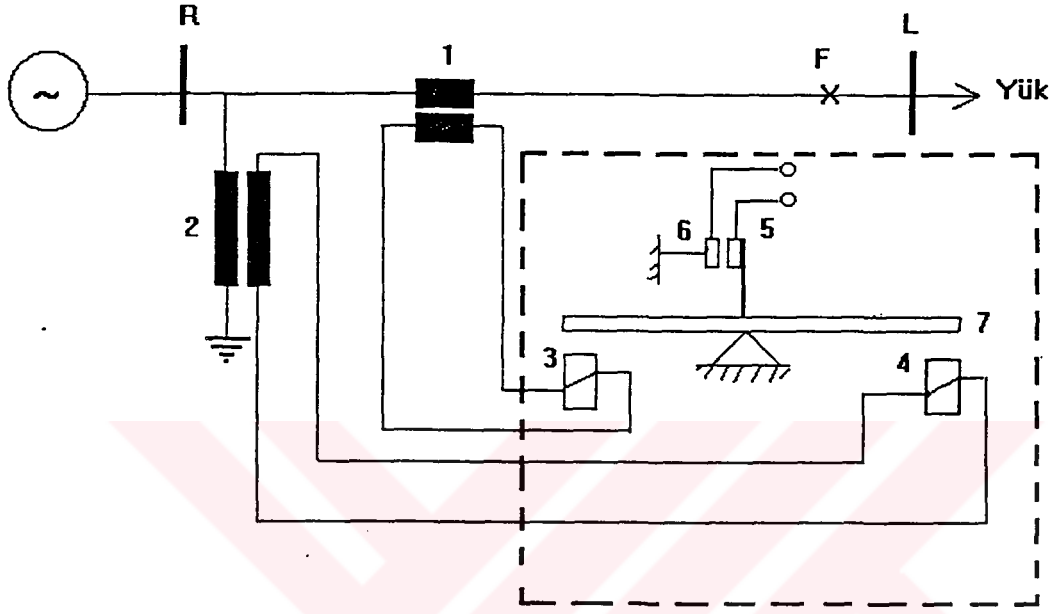
Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), “Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması”, Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

4.2 Mesafe Rölelerinin Çalışma Karakteristikleri

Bir önceki kısımda da açıklandığı gibi mesafe rölesi, rölenin bulunduğu yer ile arıza noktası arasındaki uzaklığın bir fonksiyonu olan ve röle girişlerine uygulanan elektriksel büyüklüklerle kesici veya kesicileri açtırmak üzere bir kumanda kontağının açılarak veya kapanarak pozisyon değiştirmesi suretiyle cevap veren koruma elemanıdır. Mesafe rölesi, yalnızca rölenin bulunduğu yer ile seçilen nokta arasında yer alan arızalarda çalışacak şekilde dizayn edilir. Bu nedenle mesafe rölesi bir arıza meydana geldiğinde arıza yerinin rölenin

çalışma bölgesinin içinde mi yoksa dışında mı olduğunu belirlemek için güç sisteminin akım ve gerilimini karşılaştırır ve hattın farklı kısımları arasında yer alan arızaları tespit eder.

Şekil 4.3'de gösterilen bir iletim hattını göz önüne alalım, Elektromagnetik yapılı dengeli-kirişli tip (terazi tipi) mesafe rölesi R barasına yerleştirilmiştir.



Şekil 4.3 İki bara arasındaki hattın mesafe rölesi ile korunmasına ait basitleştirilmiş devre (Bir bölge koruma)

- 1 Akım ölçü transformatörü
- 2 Gerilim ölçü transformatörü
- 3 Mesafe rölesi akım bobini (çalıştırma bobini)
- 4 Mesafe rölesi gerilim bobini (engelleme bobini)
- 5 Hareketli kontak
- 6 Sabit kontak
- 7 Kontakları sabit eden giriş armatür
- F Arıza noktası

Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

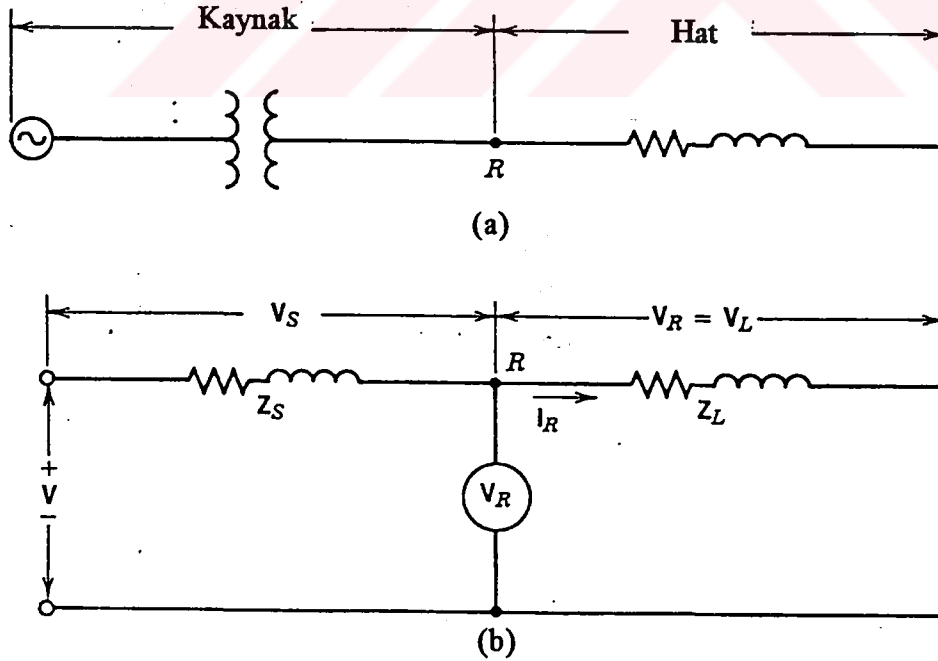
Şekil. 4.3'de R barasına yerleştirilen mesafe rölesinin akım bobinine akım transformatörünün sekonderinden alınan ve primerdeki eşdeğer arıza akımıyla orantılı akım, gerilim bobinine de gerilim transformatörünün sekonderinden arıza akımının oluşturduğu

primerdeki gerilimle orantılı bir gerilim geldiğini kabul edelim. R barasından hattın F arıza noktasına kadar olan kısmın empedansı,

$$V_F = Z_F \cdot I_F \quad (4.7)$$

olur.

Rölenin gerilim bobini çalışmayı engelleyici momenti, akım bobini de rölenin çalışmasını sağlayan momenti oluşturur. Hatta herhangi bir hata yok iken her iki bobininde amper sarımları birbirine eşit olduğu için röle çalışmaz. Bu noktaya rölenin denge noktası denir. Herhangi bir hata anında gerilim bobininin amper sarımında bir değişiklik olmaksızın akım bobininin amper sarımındaki akımın artması sebebiyle ortaya çıkan herhangi bir değişiklik kirisin dengesinin bozulmasına, dolayısıyla rölenin çalışmasına neden olacaktır. (U / I) oranı daha önceden belirlenen değerin üzerinde ise engelleyici moment daha büyük olur ve röle çalışmaz. Rölenin akım bobini ile gerilim bobini arasındaki amper-sarım dengesinin değiştirilmesi ile rölenin çalışma empedansı değiştirilir. Çalışma ve engelleyici momentlerin eşit olduğu noktalar yardımıyla R - X düzlemi üzerinde mesafe rölesinin sınır karakteristiği çıkarılır.



Şekil 4.4. a) R noktasında mesafe rölesi bulunan güç sisteminin tek hat şeması
b) Hat sonunda üç fazlı arıza meydana gelmesi durumunda eşdeğer devre

Şekil 4.4'de görüldüğü gibi hat başına V gerilimi uygulanmış ve hat sonunda üç fazlı arıza meydana gelmiştir. Şekil 4.4 b'de gösterilen eşdeğer devredeki V gerilimi hatanın tipine bağlı olarak güç sisteminin yıldız ve üçgen açık devre gerilimi olabilir. Mesafe rölesi R noktasına yerleştirilmiştir. Bu noktada akım I_R ve gerilim V_R 'dir. Z_S kaynak Z_L ise hat empedanslarıdır. Şekil 4.4 b'deki eşdeğer devreye göre:

$$V_R = Z_L \cdot I_R \quad (4.8)$$

olur. Ancak geçen I_R akımı V gerilimine bağlıdır.

$$I_R = \frac{V}{Z_L + Z_S} \quad (4.9)$$

(4.8) ve (4.9) eşitliklerinden V_R gerilimi ,

$$V_R = \frac{Z_L}{Z_S + Z_L} \cdot V \quad \text{veya} \quad (4.10)$$

$$V_R = \frac{1}{\left(1 + \frac{Z_S}{Z_L}\right)} \cdot V \quad (4.11)$$

olarak elde edilir. Ancak faz arızalarında; V gerilimi faz arası gerilim ve (Z_S / Z_L) oranı pozitif - sequence kaynak empedansının pozitif sequence hat empedansına oranıdır. Bu nedenle V_R gerilimi,

$$V_R = \left[\frac{1}{\left(1 + \frac{Z_{S1}}{Z_{L1}}\right)} \right] \cdot V_{F-F} \quad (4.12)$$

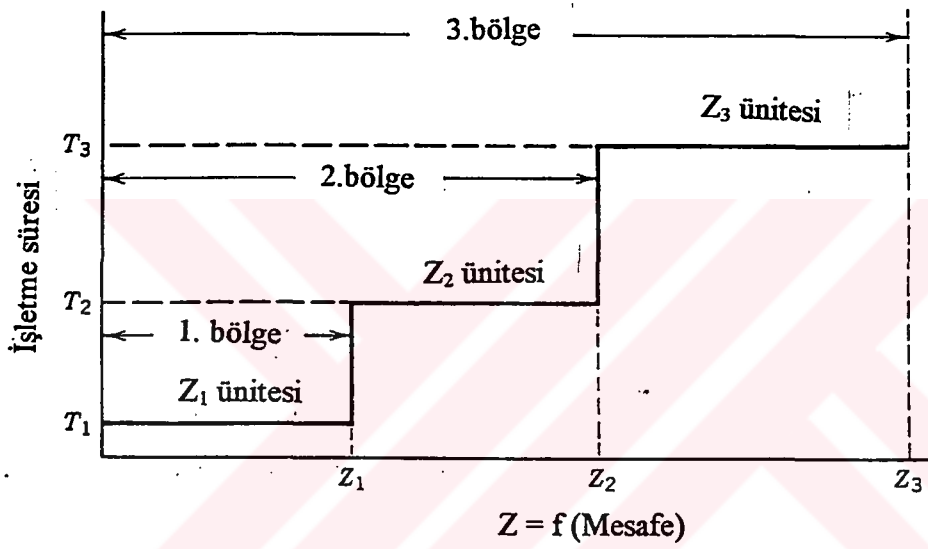
olarak bulunur. (4.12) eşitliğinde Z_{S1} ve Z_{L1} kaynak ve hat empedanslarının pozitif sequence bileşenleridir. Ancak toprak hatalarında V gerilimi faz-nötr gerilimi ve (Z_S / Z_L) ise pozitif, negatif, sıfır sequence empedanslarının bileşiminden elde edilir. Bu durumda V_R röle gerilimi,

$$V_R = \left[\frac{1}{\left(1 + \frac{Z_S}{Z_L}\right)} \right] \times V_{F-N} \quad (4.13)$$

$$Z_S = Z_{S1} + Z_{S2} + Z_{S0} \quad (4.14)$$

$$Z_L = Z_{L1} + Z_{L2} + Z_{L0} \quad (4.15)$$

olarak bulunur.



Şekil 4.5 Empedans tipi mesafe rölesinin çalışma zamanı empedans diyagramı
Kaynak: Westinghouse Electric Corp. Relay-Instrument Division, (1976), "Applied Protective Relaying".

Normal koşullarda mesafe rölesi hatta bağlı yükün empedansını da ölçtüğü için koruduğu hattın empedansından daha büyük bir empedans ölçer. Bir toprak arızasında yük kısa devre olacağı için röle sadece arıza noktasına kadar olan empedansı ölçer. Oysa arıza toprak arızası değilse, örneğin bir ark arızası ise, arıza empedansı ile yükün empedansı paralel olur ve röle arızayı gerçekte olduğu yerden daha uzaktaymış gibi tespit eder. Bu durum rölenin koruma mesafesini küçültür. Kısmen bu nedenle ve kısmende rölenin % 100 doğrulukta imal edilememesi nedeniyle hattın bir sonraki baraya yakın ucunda koruma sağlamak için ikinci bir mesafe ölçüm ünitesi kullanılır. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi bir sonraki hat bölgesinde ilk iki üniteye yedek koruma sağlamak için üçüncü bir ünite daha kullanılır.

Mesafe rölesi terimi, girişine gelen U ve I büyüklükleri yardımıyla bir empedans veya empedans bileşeni ölçen röle topluluğu için kullanılır. Mesafe röleleri akım ve gerilimden oluşan iki elektriksel giriş büyüklüğünü R-X diyagramı üzerinde doğru, dairesel veya çokgen şekilli karakteristikleri elde etmek üzere genlik ve faz açısı yönünden karşılaştırır. Başlıca mesafe rölesi tipleri;

1. Empedans rölesi
2. Reaktans rölesi
3. Admitans (Mho) rölesi
4. Offset veya düzeltilmiş empedans rölesi
5. Ohm rölesi

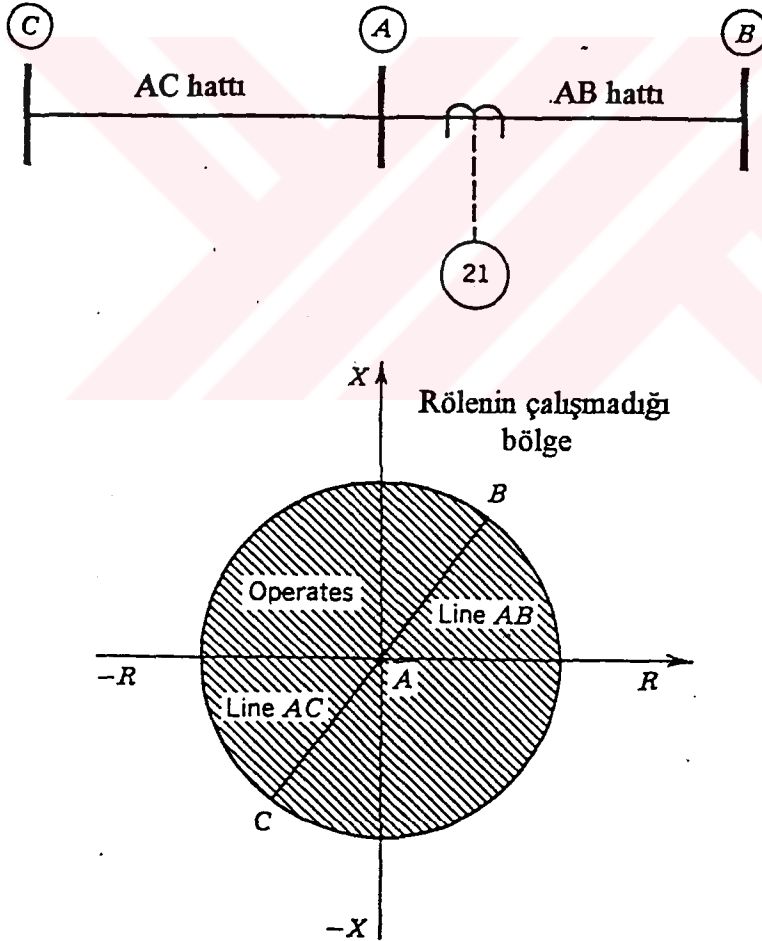
Şimdi bu röle tiplerinin çalışma karakteristiklerini inceleyelim.

4.2.1 Empedans rölesi

Empedans röleleri kendisine uygulanan akım ve gerilim arasındaki faz açısını dikkate almaz. Bu nedenle şekil 4.6 b'de gösterildiği gibi R-X düzlemi üzerine çıkarılan empedans rölesi karakteristiği, yarıçapı ayarlandığı empedans değerine eşit ve merkezi koordinatların orijininde olan bir dairedir. Röle ayarlandığı empedanslardan küçük olan bütün empedanslarda çalışır. Yani rölenin çalışması için hattın empedansı dairenin içindeki bölgede olmalıdır.

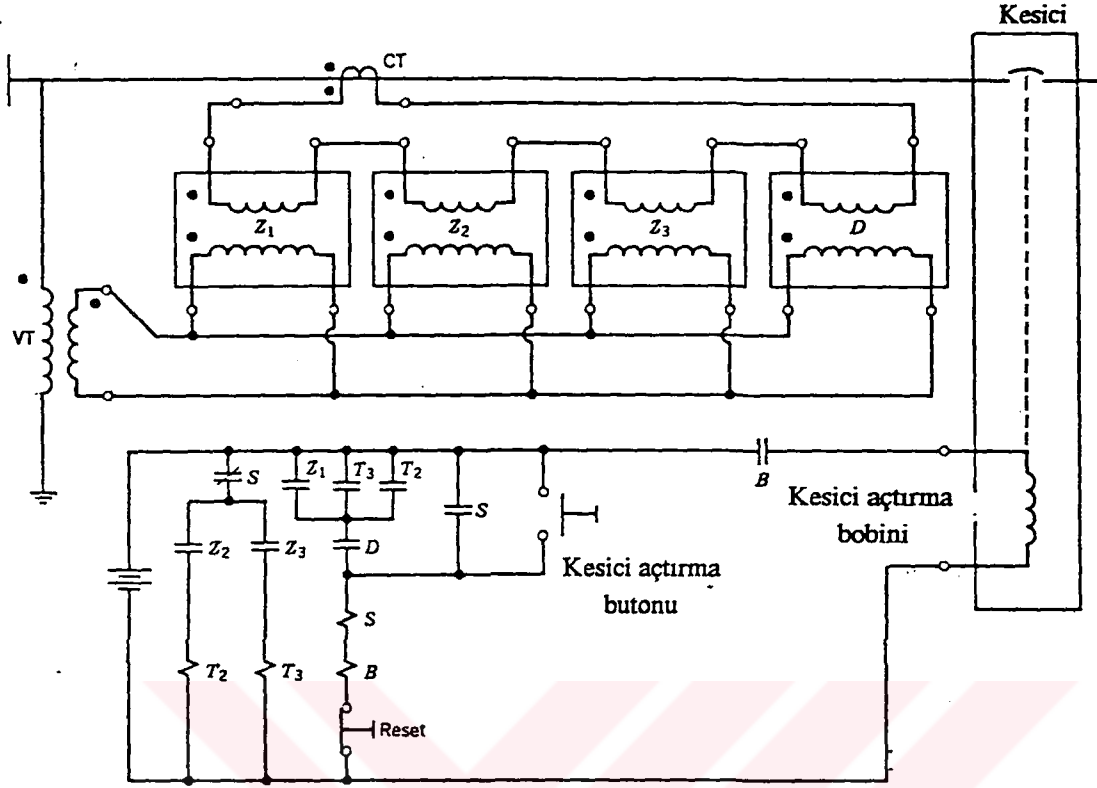
Şekil 4.6'da gösterildiği gibi mesafe rölesi A barasına yönsüz olarak yerleştirilmiştir. AB vektörü boyunca bütün arızalarda ve A barasının gerisinde de AC empedansına kadar röle çalışır. Şekil 4.6'da mesafe rölesi A barasına yerleştirilmiştir. Şekil 4.6 b'deki karakteristik eğri, rölenin yönlü olmadığını göstermektedir. Bara ve hatlarda geride kalan kısımdaki arızalara karşı bölgeyi duyarlı yapmak için yön kontrolü esas çözümdür. Bu sorun bir yön ünitesi ilavesi ile çözülebilir. Şekil 4.7'de enerji iletim hattını korumak için yönlü ve üç bölge bir mesafe koruma rölesinin bir faz devresinin bağlantısı gösterilmiştir. Yönlü rölenin empedans karakteristiği R-X düzleminde bir doğru şeklindedir. Yön ünitesinin ve mesafe rölesinin birleştirilmiş karakteristiği şekil 4.8'de gösterilen yarım dairedir. Z_1 , Z_2 ve Z_3 üç bölgenin empedans röleleridir. Birleştirilmiş bölgelere koruma bölgeleri denir. Pratik uygulamalarda standart olarak 1. bölge rölesi hat empedansının % 80 veya % 85'ne ayarlanır ve zaman gecikmesiz olarak ani çalışır. Bu nedenle birinci bölgeye "Düşük Etki Sahası"

(under-reach) denir. 2. ve 3. bölge röleleri daha uzun mesafelere etkir ve zaman gecikmelidir. Örneğin 2.bölge rölesinin etki sahası hat terminalinin arkasına, hatta uzaktaki baraya bağlı hatlara kadar uzanır. Bu nedenle 2. bölgeye “Aşırı Etki Sahası” (over-reach) denir. Genel olarak 2. bölge rölesi % 120 uzağa ve bu rölenin etki sahası T_2 zaman gecikmeside 12-18 peryoda ayarlanabilir. Herhangi bir olayda 2. bölge rölesinin etki sahası, yanyana hat bölümlerindeki hat rölelerinin, hattın diğer ucundaki barada transformatörün diferansiyel röleleri veya hattın diğer ucundaki barada bulunan diferansiyel rölelerin en yavaş çalışanı ile seçicilik sağlayacak kadar uzun olmalıdır. 3. bölge yanyana hat bölümlerinin yedek koruma bölgesi olduğu için ark arızası gibi empedansı yüksek, dolayısıyla ölçülen mesafeninde uzun olduğu arızalarda bile en sondaki hattın ardına kadar ulaşarak yedek koruma sağlayacak kadar etki sahası uzun olmalıdır. 3. bölge rölesi korunan iletim hattının % 250’ne ayarlanabilir ve T_3 zaman gecikmesi 60 periyot olabilir.



Şekil 4.6 Empedans rölesinin karakteristiği

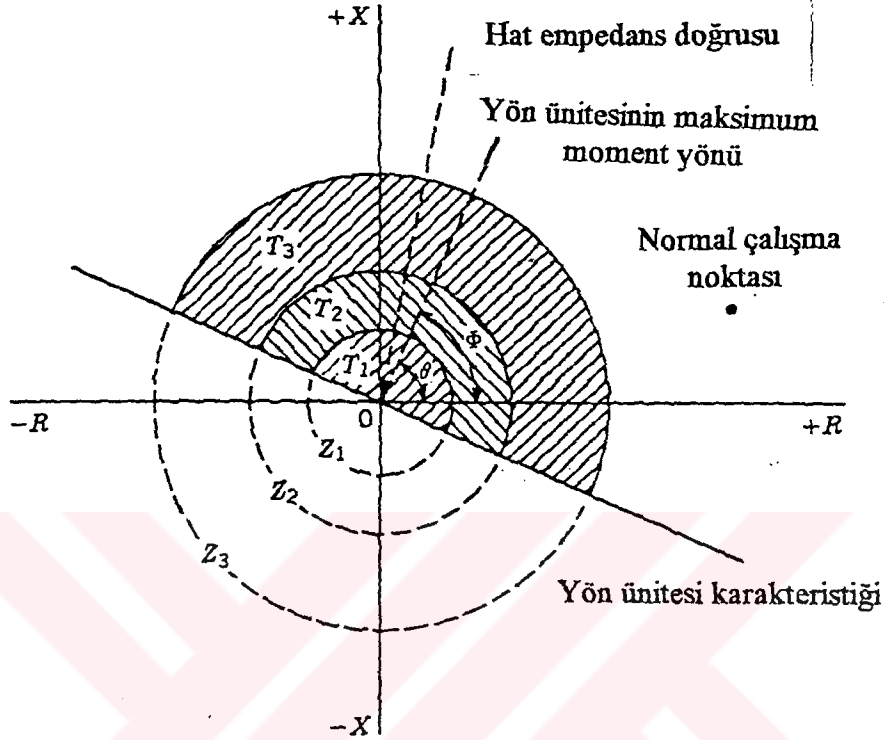
Kaynak: C. Mason, (1956), *The Art and Science of Protective Relaying*, John Wiley Sons Co, New York.



- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Z_1 = 1. bölge mesafe rölesi | T_2 = 2. bölge zaman elemanı |
| Z_2 = 2. bölge mesafe rölesi | T_3 = 3. bölge zaman elemanı |
| Z_3 = 3. bölge mesafe rölesi | B = Kesici açtırma rölesi |
| D = Yön rölesi | S = Kesici kilitleme rölesi |

Şekil 4.7 Yön üniteli üç bölge mesafe rölesinin bir faz bağlantı devresi
 Kaynak: C. Mason, (1956), The Art and Science of Protective Relaying, John Wiley Sons Co,
 New York.

Şekil 4.8'de Φ açısı yön rölesinin maksimum açısı ve θ açısı da hat empedans açısıdır. Bu orijin röle yerleşimini temsil eder. Belirli bir hat kısmı için Z_1 ve Z_2 ana (esas) koruma sağlar. Z_1 ve Z_2 yanyana bara ve hat bölümleri için yedek koruma sağlar.



Şekil 4.8 Empedans tipi yönlü mesafe rölesinin çalışma ve zaman gecikme karakteristiği
Kaynak: C. Mason, (1956), The Art and Science of Protective Relaying, John Wiley Sons Co, New York.

Empedans rölelerinin bazı dezavantajları vardır. Bunlar;

1. Yön özelliği yoktur. Bu nedenle empedans rölesi bulunduğu noktanın ilerisindeki ve gerisindeki arızaları tespit eder. Bu sorunu ortadan kaldırmak için mesafe rölesinin bir yön ünitesine ihtiyacı vardır.
2. Korunan hat üzerinde ark şeklinde meydana gelen arızalarda arıza süresince ark direncinden etkilenir.
3. Empedans dairesinin büyük bir alanı kaplaması yüzünden güç salınımlarına karşı duyarlılığı yüksektir.

Empedans röleleri faz arası gerilimlerden (üçgen gerilimleri, $V_b - V_c$ gibi) ve hat akımları arasındaki fark akımlara (üçgen akımlar, $I_b - I_c$ gibi) göre çalışacak şekilde yapıldıysa bunlara "Faz Röleleri" denir. Şekil 4.9'da üçgen bağlantı da denilen böyle bir faz rölesi bağlantısı gösterilmiştir. Faz röleleri şu empedansları tespit ederler:

$$Z_{ab} = \frac{V_{ab}}{I_{ab}} \quad (4.16)$$

$$Z_{bc} = \frac{V_{bc}}{I_{bc}} \quad (4.17)$$

$$Z_{ca} = \frac{V_{ca}}{I_{ca}} \quad (4.18)$$

Yukarıdaki empedansların tespit edilmesi için gerilim ve akımlar şöyle belirlenmelidir:

$$V_{ab} = \frac{1}{\sqrt{3}}(V_{an} - V_{bn}) \quad (4.19)$$

$$V_{bc} = \frac{1}{\sqrt{3}}(V_{bn} - V_{cn}) \quad (4.20)$$

$$V_{ca} = \frac{1}{\sqrt{3}}(V_{cn} - V_{an}) \quad (4.21)$$

$$I_{ab} = \frac{1}{\sqrt{3}}(I_a - I_b) \quad (4.22)$$

$$I_{bc} = \frac{1}{\sqrt{3}}(I_b - I_c) \quad (4.23)$$

$$I_{ca} = \frac{1}{\sqrt{3}}(I_c - I_a) \quad (4.24)$$

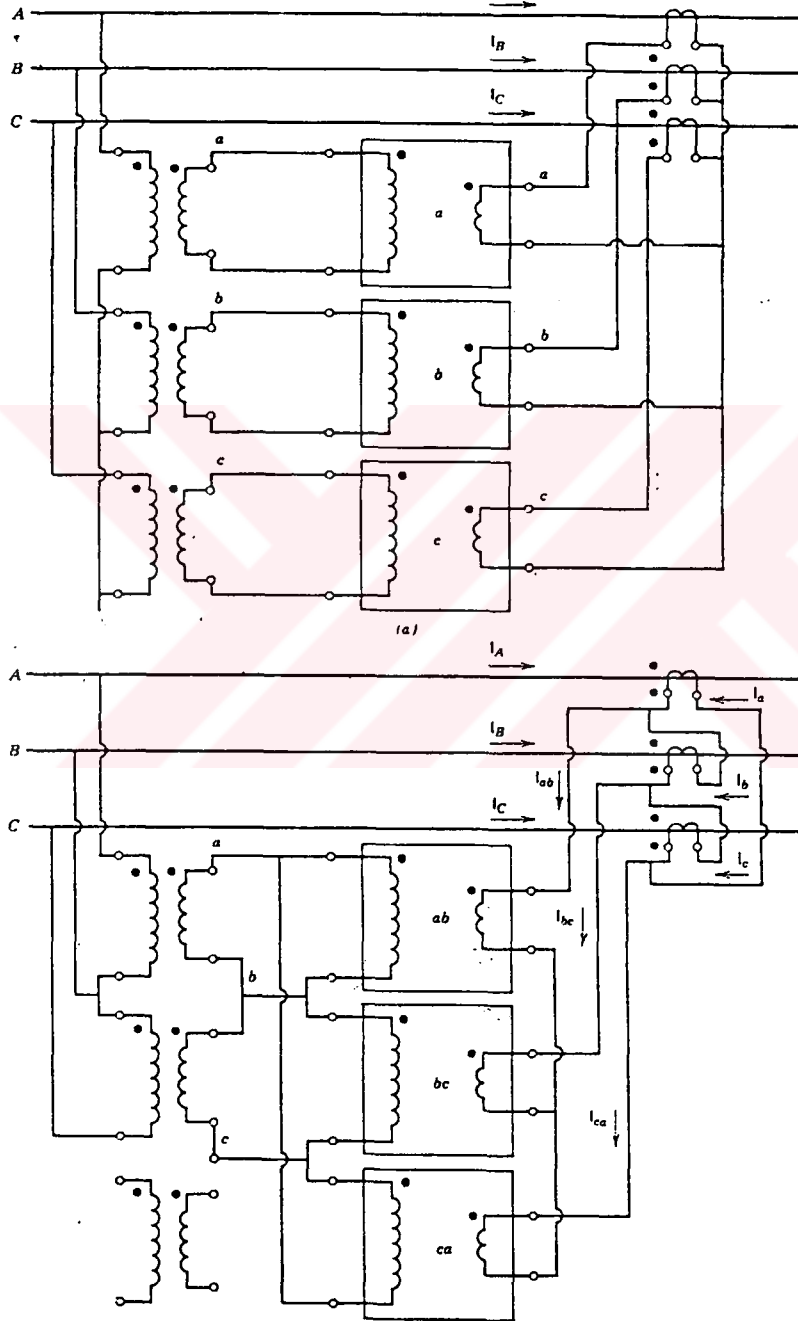
Faz röleleri üç faz arızalarına, bütün iki faz arızalarına ve faz-faz toprak arızalarına uygun olarak çalışır. Yalnızca sadece faz arası akım ve gerilim değerleriyle çalıştıkları için faz-toprak arızalarında çalışamazlar. Böyle arızalar için faz-nötr gerilimlerini, hat akımlarını ve sıfır - sequence akımlarını kullanan üç adet ilave röleye ihtiyaç vardır. Bu rölelere "Toprak röleleri" denir. Şekil 4.9 a'da "Yıldız bağlantı"da denilen böyle bir toprak rölesi bağlantıları gösterilmiştir. Yıldız değerlerinin simetrik bileşenlerini kullanarak yapılan arıza incelemelerinden okunabilecek şekilde yıldız değerlerinin elde edileceği durumda toprak rölesi şunları tespit edebilir.

$$Z_a = \frac{V_a}{I_a} \quad (4.25)$$

$$Z_b = \frac{V_b}{I_b} \quad (4.26)$$

$$Z_c = \frac{V_c}{I_c} \quad (4.27)$$

Toprak röleleri yalnızca bir faz-toprak arızasında değil, üç fazlı arıza ve iki faz-toprak arızasında da uygun şekilde çalışır. Yalnızca faz-faz arızasında çalışmaz.



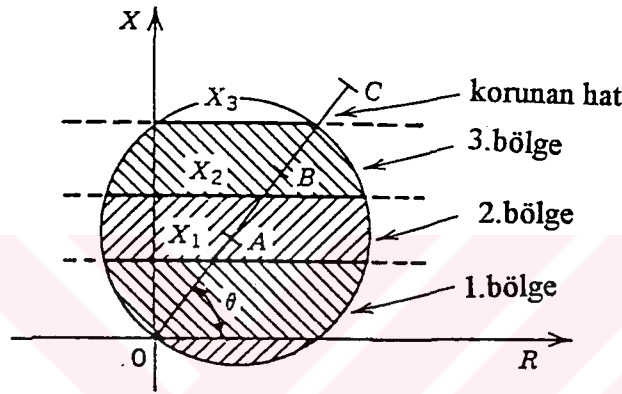
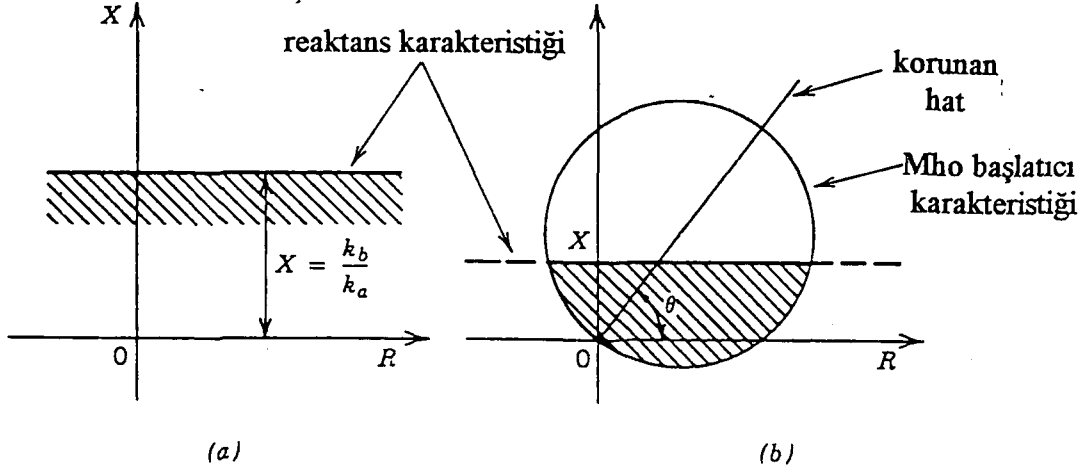
Şekil 4.9 Empedans rölesi tipleri A) Toprak rölesi B) Faz rölesi

Kaynak: C. Mason, (1956), The Art and Science of Protective Relaying, John Wiley Sons Co, New York.

4.2.2 Reaktans rölesi

Reaktans rölesinin karakteristiği şekil 4.10'da gösterildiği gibi R-X düzlemi üzerinde R yatay eksenine paralel bir doğru ile gösterilir. Reaktans rölesinin karakteristiği dirençten bağımsızdır. Röle sadece empedansın reaktans bileşenine tepki gösterir. Böylece röle, çalışma karakteristiğinin altındaki herhangi bir noktanın R ekseninin altında veya üstünde olmasına bakılmaksızın çalışır. Şekil 4.8'de görülebilen Φ açısı reaktans rölesinde $\pi/2$ ise karakteristik doğru çizgi şeklinde olur fakat, $\Phi \neq \pi/2$ ise karakteristik R eksenine paralel olmayacaktır. Böyle bir röleye "Empedans - açı rölesi" denir.

Reaktans rölesi sistem empedansının sadece reaktif bileşenine cevap verdiği için bir arızada oluşan ark direncinden etkilenmez. Ancak ark direncinin değeri yüksek olursa arıza akımı ile yük akımı aynı seviyede olur ve bu durumda rölenin çalışma noktası, yükün değeri ve güç faktörü ile değişebilir. Böylece çalışma noktası koruma bölgesinin içine veya dışına getirilebilir. Bu nedenle yön seçmek ve normal koşullar altında rölenin yanlış yere çalışmasını önlemek için röleye bir gerilim tutucu ünite (mho rölesi) ilave edilir. Şekil 4.10 b'de böyle bir mho ve reaktans karakteristiğinin birleşimi gösterilmiştir. Şekil 4.10 c reaktans rölesinin bir bölgeyi korumak üzere kullanılmasını göstermektedir. Bu şekilde (O) rölenin bulunduğu yer, OA hattın birinci bölgesi, AB ikinci bölge, BC üçüncü bölge olup, θ empedans açısıdır.



Şekil 4.10 Reaktans rölesinin karakteristiği

(a) R - X düzleminde

(b) Mho ve reaktans karakteristiklerinin birleştirilmesi

(c) Bölgesel koruma uygulaması

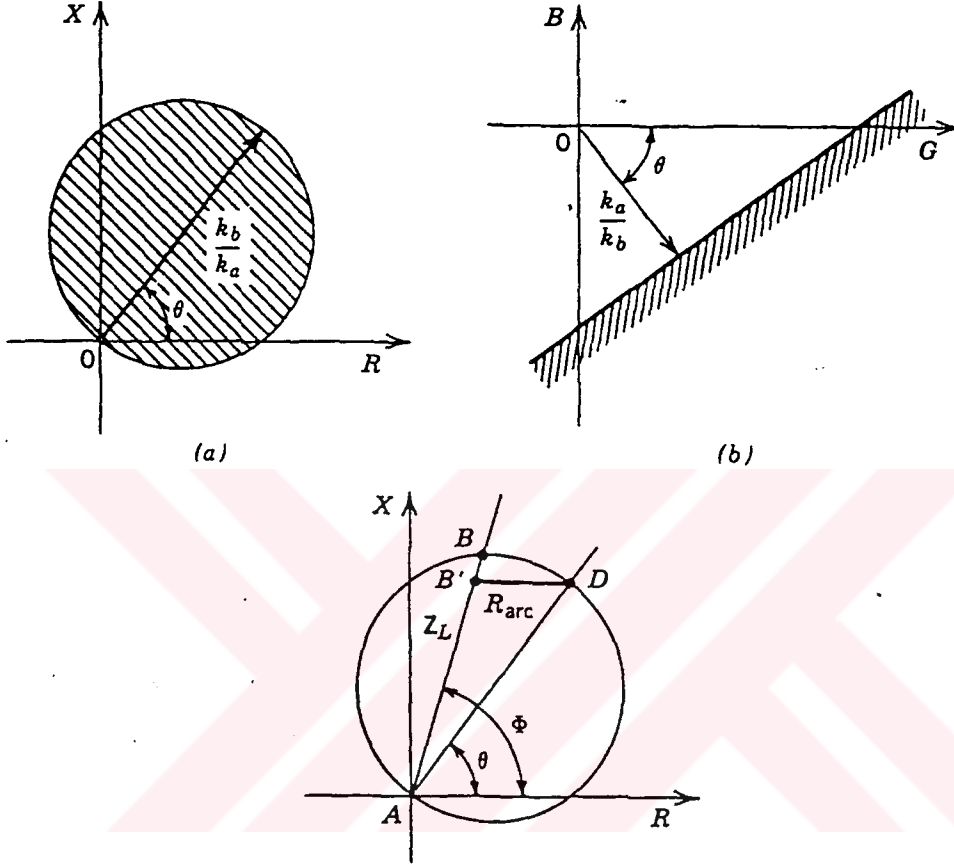
Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

4.2.3 Admittans (Mho) rölesi

Mho rölesinin karakteristiği şekil 4.11 a'da gösterildiği gibi R - X düzleminde çizilirse, orijinden (0,0) geçen bir daire elde edilir. Şekil 4.11 b'de mho rölesine ait karakteristiğin, admittans düzleminde (G - B) bir doğru şeklinde olduğu görülmektedir.

Şekil 4.11 c'de elde edilen mho rölesinin karakteristik dairesinin orijinden geçmesi doğal olarak rölenin yön özelliğine sahip olmasını sağlar. Bu nedenle mho karakteristikli bir röle sadece bir yönde mesafe koruması yapar. Bu sayede röle ayrıca yön ünitesine gerek duymaz. Mho rölesinin koruma sınırlarının ayarı, bütün açılar için empedans ölçümünün olmaması gerçeğinden dolayı arıza açısıyla değişir. Bu yüzden arıza açısı, R ve X'in bağlı değerlerine

bağlıdır. Bir ark arızasında; arıza açısının değişimine neden olan R ark direncinin değerine bağlı olarak R değeri artacaktır. Bu durum koruma bölgesinin daralmasına neden olacaktır. Bu nedenle pratikte rölenin karakteristik hattın açısına göre ayarlanır. Böylece şekil 4.11 c'de görüldüğü gibi koruma bölgesi daralmadan ark direnci gözönüne alınabilir.



Şekil 4.11 Mho rölesinin karakteristiği

(a) R - X düzleminde (b) G - B düzleminde

(c) Arıza ark direncinin rölenin çalışma karakteristiğini daraltması

Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Warrington tarafından çıkarılan bir ampirik formülle ark direncinin değeri yaklaşık olarak belirlenebilir.

$$R_{\text{ark}} = \frac{8750.1}{I^{1.4}} \quad [\Omega] \quad (4.28)$$

I: Durgun havadaki ark boyu [feet]

I: Ark akımı [A]

Ark boyu, hatlar arasındaki arızalarda iletkenler arasındaki mesafeye, hat-toprak arızalarında ise iletken ile direk arasındaki mesafeye eşittir. 2. ve 3. bölgelerdeki gibi bir bölgede arızanın ortadan kaldırılması geciktiği zaman karşı yönden gelen rüzgarın etkisiyle ark direnci ihmal edilemeyecek bir şekilde artar. Böylece özellikle 2. ve 3. bölgelerde yüksek hızlı rüzgarlar rölenin koruma bölgesinin daralmasına neden olabilirler. Bu durumda ark direnci aşağıda verilen ve Warrington tarafından çıkarılan ampirik formül yardımıyla hesaplanır.

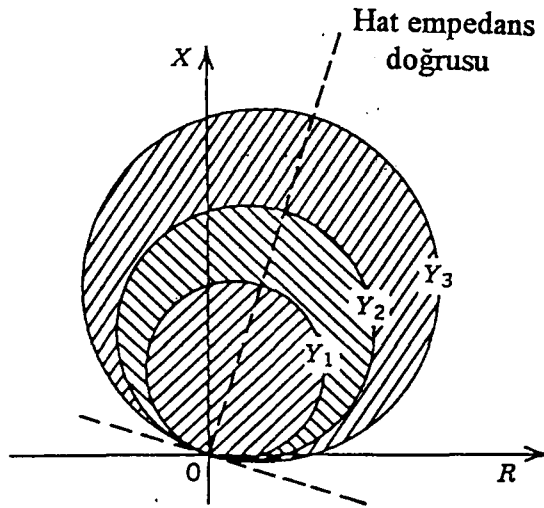
$$R_{ark} = \frac{8750 \cdot (d + 3vt)}{I^{1.4}} \quad [\Omega] \quad (4.29)$$

d: İletkenler arası açıklık [feet]

v: Rüzgar hızı [mil/saat]

t: Süre [saniye]

Kısa hatlarda ve gece olduğu gibi, hatlardan az akım çekildiği zamanlarda ve arıza akımları 2000 A'den az olduğu durumlarda ark direncinin etkisi çok önemlidir. Şekil 4.12'de admittans rölesi ile bölge koruması gösterilmiştir. Rölenin ani çalışma bölgesinde (1. bölge) oluşan ark rölenin orta seviyedeki zamanla çalışmasına (2. bölge), orta zamanlı çalışma bölgesindeki (2. bölge) ark rölenin yedek zamanlı çalışmasına (3. bölge) ve yedek koruma bölgesindeki (3. bölge) ark ise rölenin tamamen çalışmamasına neden olur.



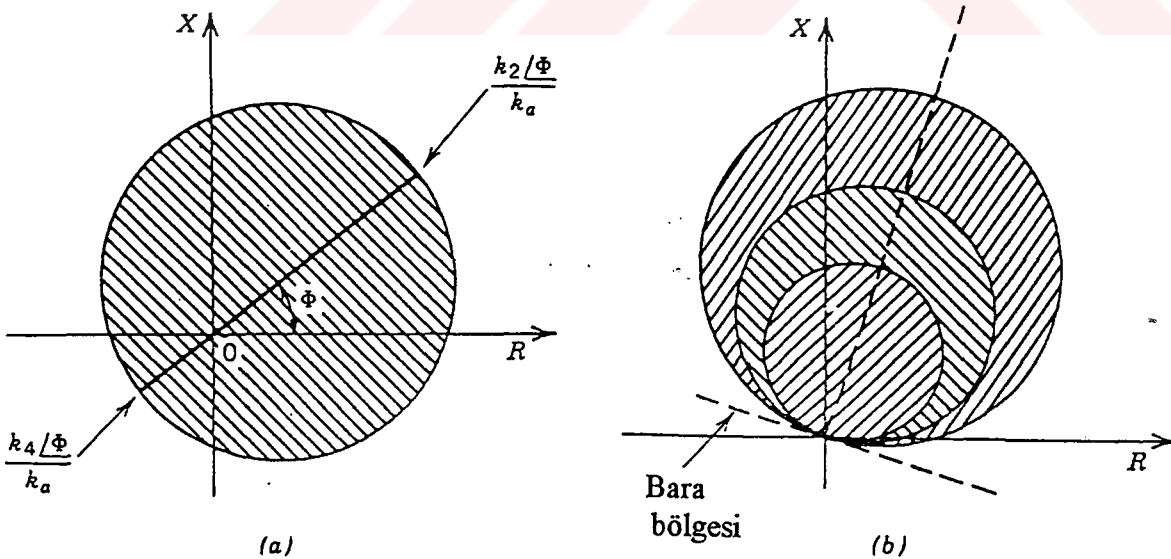
Şekil 4.12 Üç bölgeyi admittans rölesinin çalışma karakteristiği

Kaynak: C. Mason, (1956), The Art and Science of Protective Relaying, John Wiley Sons Co, New York.

Rölenin ani çalışma bölgesi olan 1. bölgede bir ark arızası meydana gelirse, rölenin ani olarak çalışıncaya kadar ark önemli miktarda uzayabilir ve bu nedenle ark direnci artar. Rölenin çalışması açısından ark direncinin başlangıç değeri önemlidir.

4.2.4 Offset Mho (Değiştirilmiş empedans) rölesi

Offset mho rölesine ait çalışma karakteristiği şekil 4.13'de gösterilmektedir. Besleme noktasına yakın bir yerdeki arıza durumunda admittans (mho) rölesine sıfır veya sıfıra yakın bir gerilim uygulandığı zaman gerilim devresinden bir akım geçmedikçe röle hatalı çalışabilir. Bu nedenle şekil 4.13 a'da gösterildiği gibi mho karakteristiği orijin noktasını içine alacak şekilde kaydırılır. Offset ve mho ünitesi, mho ölçme üniteleriyle birlikte arıza dedektörü ve 3. bölge ölçüm ünitesi olarak kullanılır. Geri yönde bara bölgesini de kapsayacak şekilde rölenin koruma bölgeleri genişleterek şekil 4.13 b'de görüldüğü gibi offset mho ünitesi bara arızaları için yedek koruma imkanı sağlar. Ancak reaktans ölçme ünitesinin, bara arızalarında ana koruma bölgeleri arasındaki ayırımın ortadan kalkmasına sebep olarak ani çalışmalarından dolayı yukarıdaki özellik reaktans üniteli devrelerde görülmemektedir.

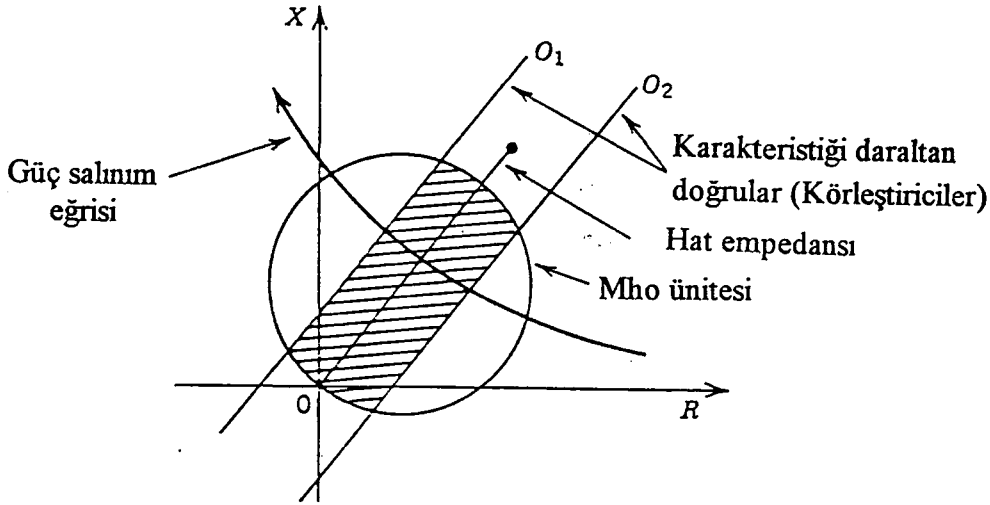


Şekil 4.13 Offset - mho rölesi karakteristiği

Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

4.2.5 Ohm rölesi

Ohm rölesi karakteristiği $R - X$ diyagramı üzerinde bir doğru şeklindedir. Buradan hareketle reaktans rölesinin ohm rölesinin özel hali olduğu söylenebilir. Empedans - açma rölesinde denilen bu röleler uzun hatlardaki şiddetli güç salınımları sebebiyle mesafe rölelerinin kesicileri açtırmalarını önlemek için körleştirici eleman olarak kullanılırlar. Sistemden kaynaklanan şiddetli salınımlar süresince salınım kaynağını sistemden ayırmadıkça tüketiciye iyi hizmet verilemez. Sistemdeki bozulmaları minimuma indirmek için ohm ünitelerine sahip bir açma düzeni kullanılır. Şekil 4.14'de görüldüğü gibi bu düzen, karakteristikleri her iki yönden empedans vektörüne paralel olan iki adet ohm ünitesi içerir. Salınım süresince empedans değiştiği için, ohm üniteleri çalışmaya başladıktan sonra empedansı temsil eden nokta O_1 ve O_2 doğruları arasında güç salınım eğrisi üzerinde hareket eder. Güç salınımı olmadığı zaman empedans vektörünün dışında koruma olmadığından bu düzen arıza durumlarında çalışmaz, sadece güç salınımı süresince çalışır.



Şekil 4.14 Ohm rölesinin güç salınımlarında kullanılması sonucu oluşan karakteristik
Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik
Mecmuası, İ.T.Ü.

4.3 Mesafe Rölelerin Yapısı

Mesafe röleleri, çeşitli fonksiyonları olan çeşitli rölelerin biraraya getirilmesi ile meydana gelen bir röle kompleksidir. Mesafe rölesinin görevi, elektrik tesislerinde bir kısa devre meydana geldiğinde arıza yerinin besleme noktasından olan uzaklığına bağlı bir açma süresi ile kısa devre enerjisinin akış yönüne uygun olarak devreyi açmaktır. Mesafe rölesi bu görevini aşağıda anlatılan elemanlar yardımıyla gerçekleştirir.

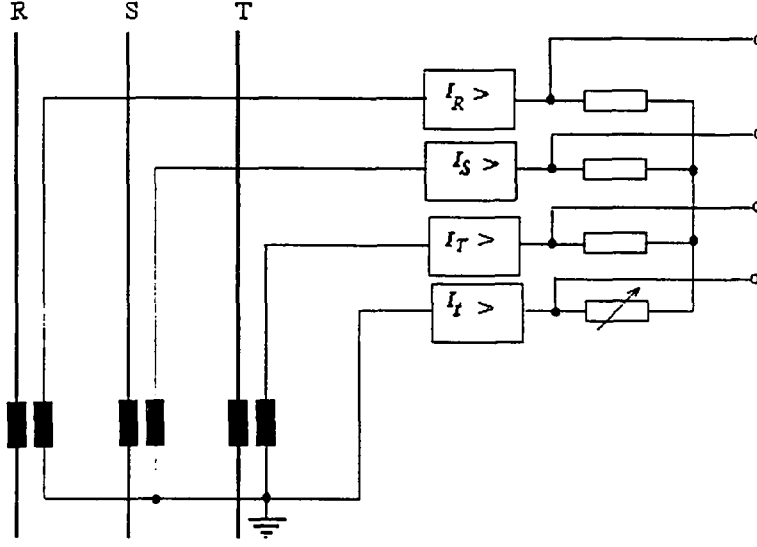
4.3.1 Uyarma (Başlatma) elemanı

Uyarma elemanının görevi, bir arıza halinde röleyi faaliyete geçirmektir. R, S, T fazları arasında meydana gelebilecek olan toprak temaslı veya toprak temassız her türlü kısa devre halinde uyarma elemanının gecikmesiz olarak faaliyete geçip mesafe ölçme elemanının doğru bir şekilde arıza devresine bağlanmasını, yön elemanı ile zaman elemanının faaliyete geçmesini ve arızanın hangi fazda olduğunu tespit eder. Çeşitli hata hallerine göre ölçme için gerekli gerilim ve akım değerlerini de uyarma elemanı sağlar.

Yapılış ve çalışma tarzı bakımından çeşitli tipte uyarma elemanlarından yararlanılır ve tesisin yapılışına, işletme tarzına uygun olan bir uyarma elemanı seçilir. Belli başlı uyarma yolları aşırı akımla veya düşük empedansla uyardır.

4.3.1.1 Aşırı akımla uyarma

En küçük kısa devre akımı her zaman ve kesin bir şekilde en büyük işletme akımından büyük ise, hat akımının kontrolü yeterlidir ve buna "aşırı akımla uyarma" adı verilir. Bu durumda uyarma elemanı olarak bir aşırı akım rölesi kullanılabilir. Genel olarak yıldız noktası direkt topraklanmış şebekelerde kullanılan mesafe rölelerinde R, S, T fazlarında üç adet ve endüktif topraklanmış şebekelerde kullanılan mesafe rölelerinde ise yalnız R ve T fazlarından iki adet aşırı akım uyarma elemanı bulunur.

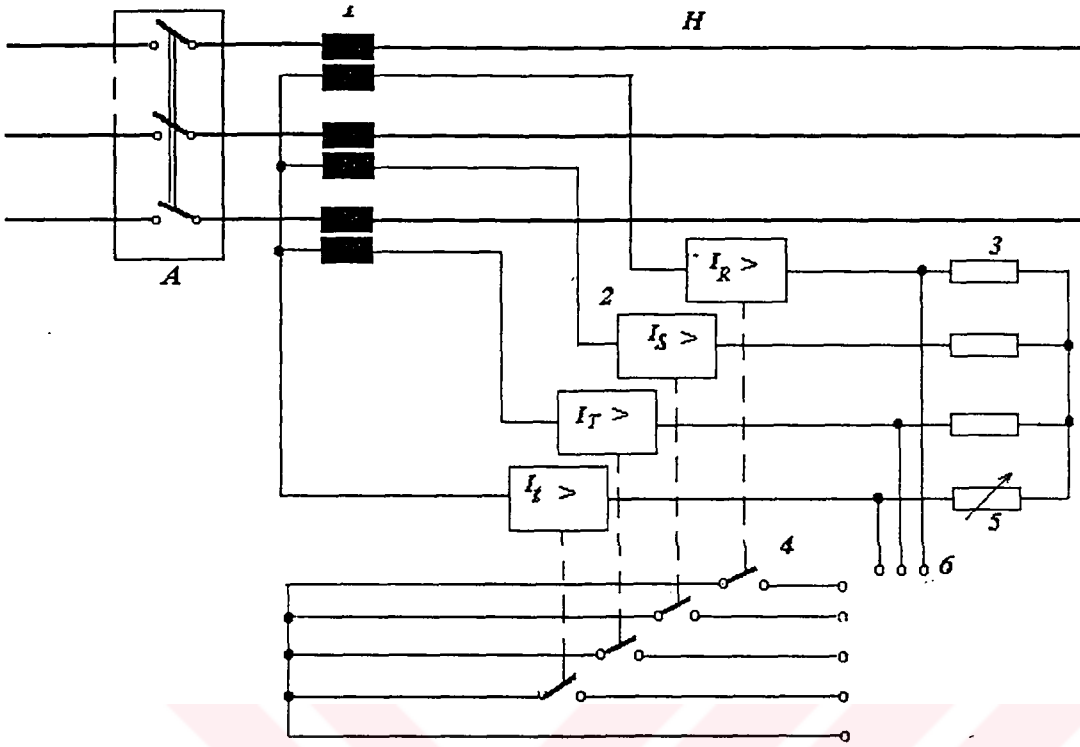


Şekil 4.15 Yıldız noktası yalıtılmış şebekelerde aşırı akımla uyarma

Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Yıldız noktası yalıtılmış veya peterson bobini üzerinden topraklanmış O.G şebekelerinde çift toprak temalarının tespiti için R ve T fazlarındaki iki akım transformatörü toplam akım yolu üzerine bağlanır. Yıldız noktası direkt topraklanmış şebekelerde her üç iletken ile toplam akım yolu üzerine birer akım transformatörünün bağlanması gerekir.

Aşırı akımla uyarmanın ayarlanmasında rölelerin faaliyete geçme ve geri dönüş değerlerini dikkate almak gerekir. Normal olarak uyarma elemanı düşük değerlere ayarlanarak hattın iletebileceği güç gereksiz yere küçültülmemelidir. Akım transformatörleri sürekli olarak 1,2.In, büyük transformatörler ise 2.In değerine kadar aşırı yüklenebilir. Örneğin, paralel hatlarda hatlardan birinin açılmasıyla bütün güç devrede kalan hat üzerinden iletilebilir. Bu durumda uyarma elemanları gereksiz yere faaliyete geçmemelidir. Aşırı akım uyarma rölelerinin ayar bölgeleri normal olarak 1-2.In değerleri arasındadır.



Şekil 4.16. Yıldız noktası direkt topraklanmış şebekede aşırı akım uyarma elemanlarının bağlanması

- | | |
|---|---|
| H | Korunacak hat |
| A | Kesici |
| 1 | Ana akım transformatörleri |
| 2 | Aşırı akım transformatörleri |
| 3 | Yük dirençleri |
| 4 | Kumanda kontakları |
| 5 | Topraktan geçen akımla orantılı gerilim elde etmeye yarayan ayarlı direnç |
| 6 | Mesafe ölçme elemanını ve yön elemanını beslemek için hata akımı ile orantılı gerilim |

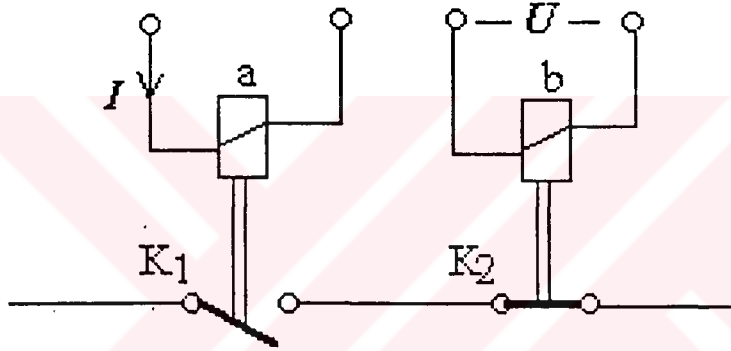
Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Akım transformatörlerinin yıldız noktasına bağlanan iletken üzerinde de toplam akım uyarma elemanı bulunuyorsa, bu rölenin ayar bölgesi 0.4-1. In arasındadır. Şekil 4.15 ve 4.16'da görüldüğü gibi aşırı akım uyarma röleleri birer direnç ile seri bağlanmıştır. Bu dirençler kısa devre akımlarıyla orantılı gerilim büyüklüklerinin elde edilmesi için kullanılır.

4.3.1.2 Düşük empedansla uyarma

Kısa devre akımı, örneğin gece saatlerinde küçük güç ile çalışan bir tesiste olduğu gibi normal işletme akımından çok büyük değilse, bu durumda bir kısa devre ancak düşük empedans uyarma elemanı ile tesbit edilebilir.

Düşük empedansla uyarma elemanı çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir. Bunlardan en basiti bir aşırı akım rölesi ile düşük gerilim rölesinden meydana gelen bağlama tarzıdır. Bu bağlantıda, aşırı akım rölesinin açık kontağı ile düşük gerilim rölesinin kapalı kontağı seri bağlanmıştır. Şekil 4.17’de bu uyarma tarzı şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.17 Bir aşırı akım rölesi ve bir düşük gerilim rölesinden meydana gelen düşük empedans uyarma elemanı.

Kaynak: Westinghouse Electric Corp. Relay-Instrument Division, (1976), “Applied Protective Relaying”.

Şekil 4.17’de gösterilen düşük empedans uyarma elemanında örnek olarak (a) ile gösterilen aşırı akım rölesi 0,5.In değerine ve (b) ile gösterilen düşük gerilim rölesi 0,75.Un değerine göre ayarlanmıştır. I akımı normal olduğu zaman K_1 kontağı açık ve U gerilimi normal olduğu zaman ise düşük gerilim rölesi enerjilenerek K_2 kontakını açmış olur. Bir kısa devre durumunda I akımı yükselir ve K_1 kontağı kapanır ve arıza sebebiyle U geriliminin düşmesiyle K_2 kontağı kapalı kalır. K_1 ve K_2 kontakları seri olduğundan uyarma devresi kısa devre sebebiyle bir kumanda sinyali verir.

En çok kullanılan düşük empedansla uyarma elemanı elektromekanik veya elektrikli terazi kollu röledir. Şekil 4.18’de elektromekanik ve şekil 4.19’da da elektrikli terazi kollu

röle gösterilmiştir. Terazi kollu rölelerde akım ve gerilimin mutlak değeri birbiri ile karşılaştırılır. Şekil 4.18'de gösterilen elektromekanik rölede, terazi kolu orta noktasında hareket edecek şekilde yataklanmıştır. Kolun bir ucundaki gerilim bobininin bulunduğu mıknatıs

$$T_u = k_u \cdot U^2 \quad (4.30)$$

momentini ve kolun diğer ucundaki akım bobininin bulunduğu elektromıknatıs,

$$T_i = k_i \cdot I^2 \quad (4.31)$$

momentini meydana getirir. Denge durumunda

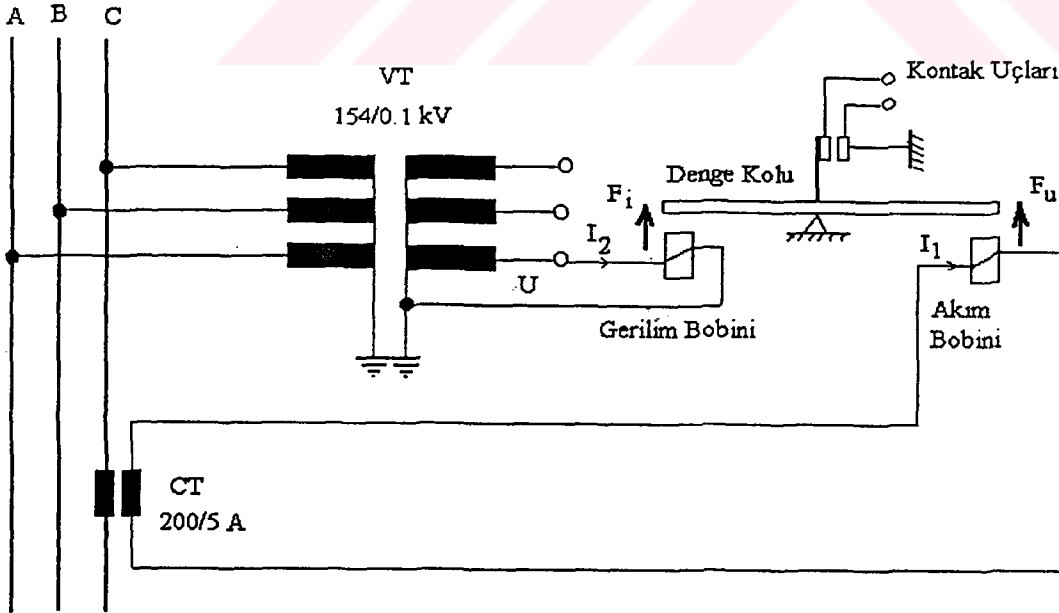
$$T_u = T_i \quad (4.32)$$

$$k_u \cdot U^2 = k_i \cdot I^2 \quad (4.33)$$

olur. Buradan rölenin faaliyete geçme empedansı:

$$Z_f = \frac{U}{I} = \sqrt{\frac{k_i}{k_u}} \quad (4.34)$$

elde edilir. Burada k_i ve k_v bobinlerle ilgili sabitlerdir.

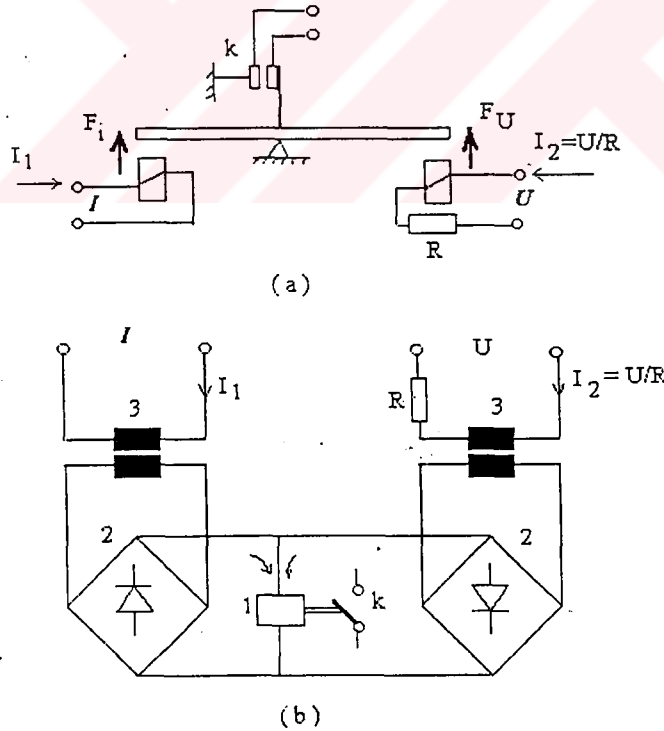


Şekil 4.18 Elektromekanik terazi kollu rölenin düşük empedans uyarma elemanı olarak kullanılması

Kaynak: A.R. Warrington, (1976), Protective Relays: Their Theory and Practice, Chapman & Hall Inc, London.

- VT : Gerilim ölçü transformatörü (154 / 0.1 kv)
 CT : Akım ölçü transformatörü (200 / 5A)
 I_2 : Gerilim bobininden geçen akım
 I_1 : Akım bobininden geçen akım
 F_i : Akım bobininin oluşturduğu, röleyi çalıştıran kuvvet
 F_u : Gerilim bobininin oluşturduğu, çalışmayı engelleyen kuvvet

Bir arıza halinde $T_u < T_i$, yani $Z_f < \sqrt{k_i / k_u}$ olduğundan terazi kolunun dengesi bozulur ve röle kumanda kontağını kapatır. Mekanik terazi kolu yerine istenen karşılaştırma elektriksel olarak da yapılabilir. Şekil 4.19'da elektrikli terazi kollu rölenin yapısı gösterilmiştir. Bu düzende iki adet küçük yardımcı ölçü transformatörlerinin sekonder taraflarında primer akım ve primer gerilimle orantılı akım ve gerilim değerleri köprü doğrultucular tarafından doğrultulur ve diferansiyel bağlantıda birbiriyle karşılaştırılır. Köprü doğrultucularının diferansiyel bağlantı elde etmek amacıyla ters paralel bağlı olan d.c çıkışlarına paralel olarak bir polarize röle bağlanmıştır. Köprü kollarından hangisinin akımı daha büyük ise röle o yönde sapar. Rölenin akım yönünde saptması ile uyarma kumandası verilmiş olur.



Şekil 4.19 (a) Elektromagnetik (b) Elektrikli terazi kollu rölenin düşük empedans eleman olarak kullanılması

1. Döner bobinli röle 2. Köprü doğrultucular 3. Yardımcı ölçü transformatörleri

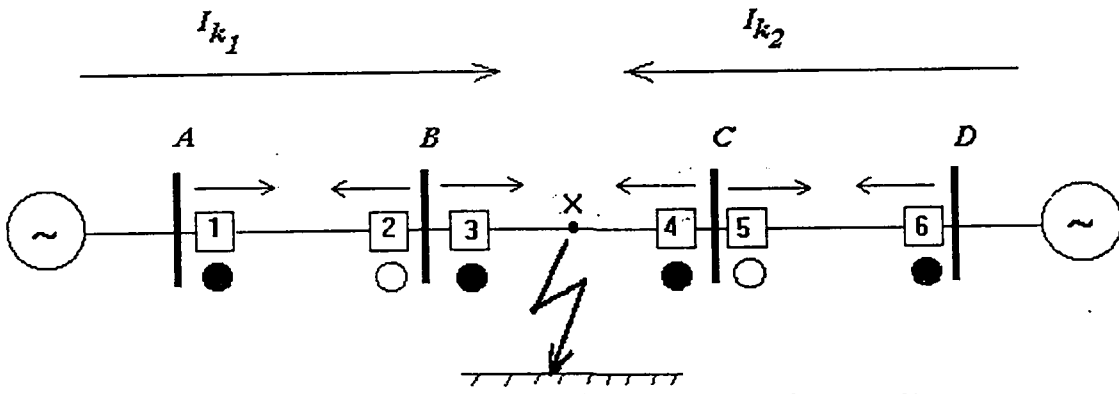
Kaynak: A.R. Warrington, (1976), Protective Relays: Their Theory and Practice, Chapman & Hall Inc, London.

4.3.2 Yön elemanı

Mesafe rölesi ile korunan bir elektrik güç sisteminde bir arıza meydana geldiğinde, arıza hat üzerinde baranın hangi tarafında olursa olsun rölenin uyarma elemanı çalışır. Oysa seçici korumanın sağlanabilmesi için arızalı hattın belirlenerek yalnızca o hattın sistemden ayrılarak servis dışı edilmesi gerekir. Bu amaca yönelik olarak kullanılan elemanlardan biri de yön elemanıdır.

Yön elemanı, hattın akımın, rölenin çalışması istenilen yönde akması halinde çalışır ve kontağı kapatır. Bu bölümün başında şekil 4.2'de örnek olarak çift yönlü beslenen bir şebekede santral ve transformatör merkezlerinde bulunan yön elemanlarının çalışma yönleri gösterilmiştir. Santral ve transformatör merkezleri A, B, C, D harfleriyle belirtilmekte, santrallerde hatların çıkışlarında, transformatör merkezlerinde ise hat giriş ve çıkışında birer mesafe koruma rölesi ve bu rölelere ait yön ünitesi bulunmaktadır.

Söz konusu yön elemanları 1-2-3-4-5-6 gibi sayılarla temsil edilmiş olup, her yön elemanının kontağını kapatması gereken akım akış yönleri de ok ile gösterilmiştir. Örneğin hat akımı akış yönü A santralinden B transformatör merkezine doğru ise, 1 nolu yön elemanının kontağı kapanmaktadır. Yön elemanının kontakları, akım akış yönü karşı merkeze doğru ise kapanmaktadır.



Şekil 4.20 Hat arızasında yönlü koruma

● Enerjili röleler

○ Enerjisiz röleler

I_{k1} , I_{k2} : Kısa devre akımları

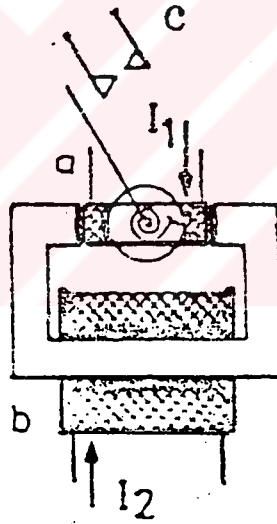
A, B, C, D : Santral ve transformatör merkezleri

1.....6 : Yön röleleri ve hat kesicileri

Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Şekil 4.20'de bir güç sisteminde hattın X noktasında bir arıza meydana gelmesi durumunda arıza akımının akış yönü gösterilmiştir. Burada her iki santralinde arıza akış yönüne göre 1-3-4-6 no'lu yön rölelerinin kontakları kapanır ve böylece yönlü koruma sağlanır.

Yön elemanı yardımıyla akım kaynağı (veya bara) yönündeki hatalar, hat (yani şebeke) yönündeki hatalardan ayırt edilir. Akım kaynağı yönündeki bir hatada yardımcı röle uyarılır ve bu röle mesafe ölçme elemanının devresini keserek bir empedansın ölçülmesine engel olur. Böylece mesafe rölesinin açma kumandası vermesi önlenir. Sonuç olarak koruma işleminin sadece akım kaynağına göre hata yerinden evvelki röleler tarafından yapılması sağlanır. Bir şebeke kısa devresinde gücün yönü bir veya birkaç periyod içinde (10 - 30 ms) bir güç rölesi tarafından tesbit edilir ve mesafe ölçme elemanına ait kumanda devresi tamamlanarak kesiciye açtırma kumandası verilir.



Şekil 4.21. Elektrodinamik yön elemanı:

a. Akım bobini b. Gerilim bobini c. Kumanda kontağı

I_1 Hata akımı ile orantılı akım

I_2 Röle gerilimi ile orantılı akım

Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

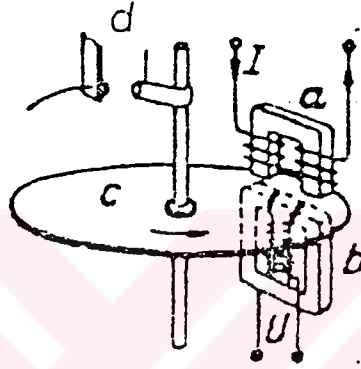
Yön elemanı Wattmetrik bir elemandır. Hareketli bobine hata akımı ile orantılı bir akım ve sabit bobine de hata gerilimi ile orantılı bir gerilim uygulanır. Şekil 4.21'de elektrodinamik yön elemanı görülmektedir. Elektrodinamik rölenin biri sabit biri hareketli olmak üzere iki bobini vardır. Bu bobinlerden geçen akımların efektif değerleri I_1 ve I_2 aralarındaki faz açısı

φ ve hareketli bobinin sapma açısı α ise rölede meydana gelen dönme momentinin zaman bakımından ortalama değeri,

$$T = k. I_1. I_2. \cos\varphi . \sin\alpha \quad (4.35)$$

ile bulunur. Burada k rölenin yapısına ait bir sabittir.

Ferraris tipi endüksiyonlu rölelerde yön elemanı olarak kullanılabilir. Şekil 4.22’de bu tipi bir röle görülmektedir.

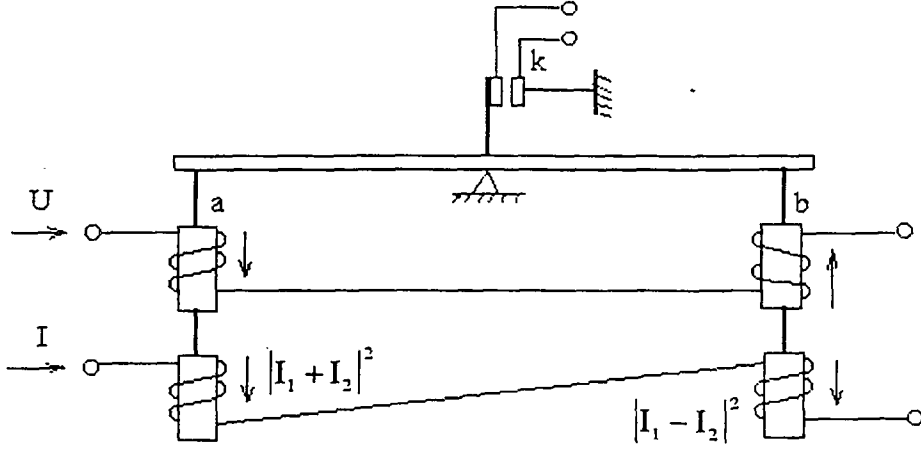


Şekil 4.22 Ferraris tipi endüksiyonlu yön rölesi

(a) Akım bobini (b) Gerilim bobini (c) Ferraris diski (d) Kumanda kontağı

Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), “Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması”, Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Mesafe rölelerinde en çok terazi kollu röleler yön elemanı olarak kullanılmaktadır. Şekil 4.23’da mekanik, şekil 4.24’de elektrikli tip terazi kollu yön röleleri prensip şekilleri gösterilmiştir. Şekil 4.23’deki mekanik tipte her kolda bir akım için ve bir de gerilim için olmak üzere toplam dört bobin vardır. Her iki bobinin birbirine eşit ikişer sargısı vardır. Akım bobinlerinden akım ile orantılı I_1 , gerilim bobinlerinden ise gerilimle orantılı I_2 akımı geçer. Sargılar o şekilde bağlanmıştır ki, terazinin bir kolunda vektörel toplam olarak $(I_1 + I_2)^2$ ile diğerinde ise $(I_1 - I_2)^2$ ile orantılı momentler meydana gelir. Her bir koldaki çekme kuvveti akımların karesi ile orantılı olduğundan kuvvetlerin farkı da güç ile orantılıdır. Terazinin sağ tarafı açma ve kumanda tarafıdır.



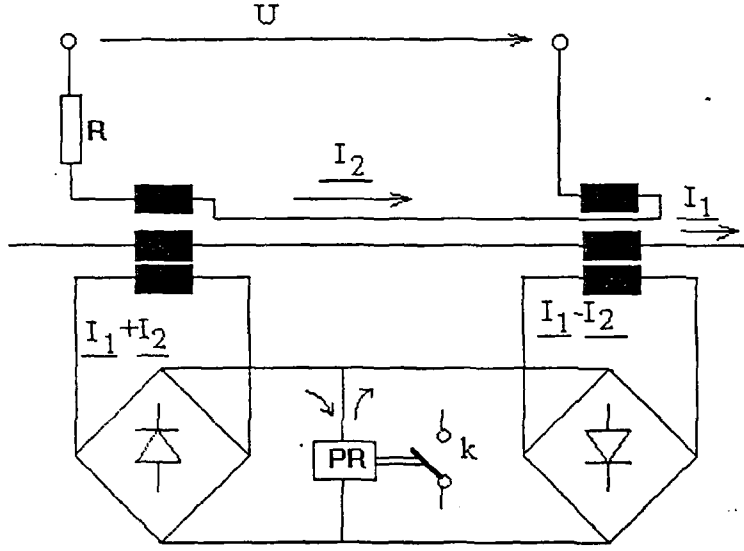
Şekil 4.23 Mekanik tipten terazi kollu yön rölesi
a Toplam akım bobini, b Fark akım bobini, k Kumanda kontağı

I_1 Hata akımı ile orantılı akım

I_2 Hata gerilimi ile orantılı akım

Kaynak: A.R. Warrington, (1976), Protective Relays: Their Theory and Practice, Chapman & Hall Inc, London.

Şekil 4.24'de gösterilen elektrikli tip terazi kollu yön rölesinde, mekanik terazi kollu yön rölesindeki her iki bobin yerine iki adet üçer sargılı ölçü transformatörü kullanılmıştır. Sargılardan birinin üzerinden akımla orantılı I_1 akımı ve ikincisinden gerilimle (U) orantılı I_2 akımı geçer. Ancak gerilim sargısının ikincisi ters bağlandığından buradan geçen I_2 'nin yönü ($- I_2$) terstir. Üçüncü sargılardan birincisinde akımların geometrik toplamı ($I_1 + I_2$) ve ikincisinden ise geometrik farkı ($I_1 - I_2$) elde edilir. Bu akımlar bir doğrultucuda doğrultularak bir köprü bağlaması ile birbiriyle karşılaştırılır ve bir polarize röle yardımıyla ölçülür.



Şekil 4.24. Elektrikli tip terazi kollu yön rölesinin prensip şeması

I_1 Ana akım ile orantılı akım

I_2 Gerilim ile orantılı akım

PR Polarize röle

k kumanda kontağı

Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Şekil 4.24'deki elektrikli tip terazi kollu yön rölesindeki polarize röle bir doğru akım rölesidir ve bir sürekli mıknatıs alanı ile polarize edilmiştir. Bu röle doğrultulan akımların hangisinin mutlak değerinin büyük olduğunu tesbit eder ve ona göre sağa veya sola saparak kumanda verir. Eğer akımlar birbirine eşitse,

$$|I_1 + I_2| = |I_1 - I_2| \quad (4.36)$$

$$I_1^2 + 2I_1I_2 \cdot \cos\varphi + I_2^2 = I_1^2 - 2I_1I_2 \cdot \cos\varphi + I_2^2 \quad (4.37)$$

Bu denklemin sağlanabilmesi için,

$$I_1 I_2 \cos\varphi = 0 \quad (4.38)$$

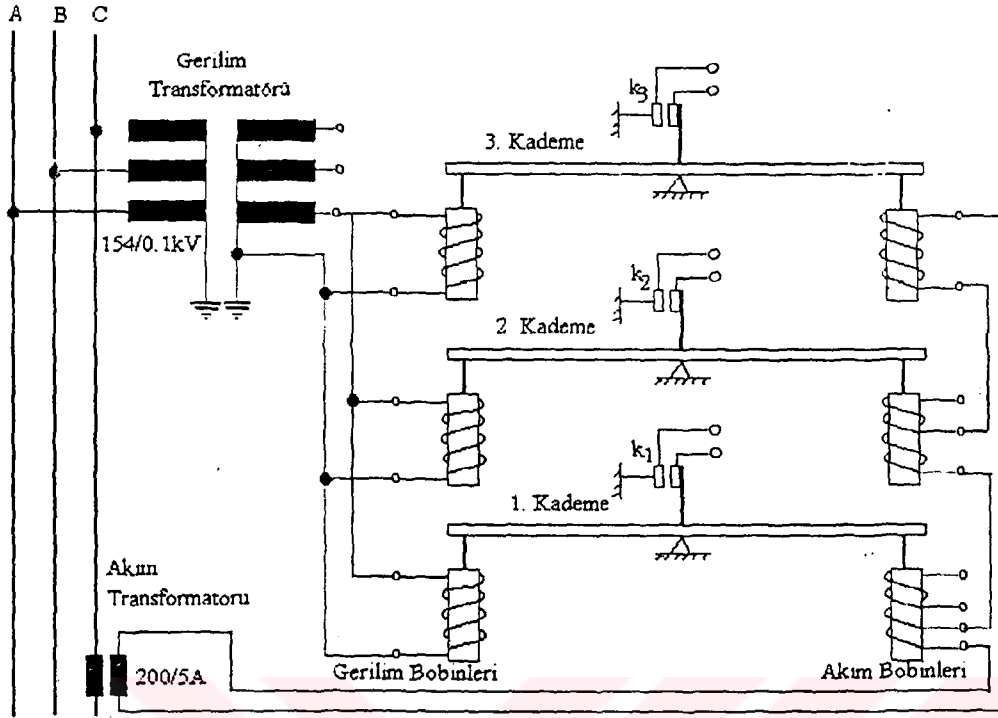
olmalıdır. Bu durumda doğru akım devresi dengededir. Polarize röle üzerinden akan fark akım, her iki koldan geçen akımların mutlak değerleri arasındaki farka eşittir. ΔI fark akımı olmak üzere,

$$\Delta I = |I_1 + I_2| - |I_1 - I_2| = I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi \quad (4.39)$$

Fark akımı φ açısına bağlıdır. Örneğin $\varphi = 90^\circ$ için $\Delta I = 0$ olur. Böylece bu köprü bağlantısı wattmetrik röle gibi çalışır. Polarize rölelerin kontağı çok küçük bir yay kuvveti ile kapalı durumda tutulur. Eğer yön rölesi uyarılır ve kontrol edilen enerji yönü de baradan şebekeye doğru ise, söz konusu kontak daha kuvvetli olarak kapalı durumda kalmaya devam eder. Enerji yönü ters ise bu kontak açılır.

4.3.3 Ölçme elemanı

Mesafe koruma rölesinin seçici koruma işlevini yerine getirebilmesi için uyarma (başlatma) ve yön tayininden sonra ölçme fonksiyonunu da yerine getirmesi gerekir. Bunu sağlayan ölçme elemanıdır. Ölçme elemanı hata yeri ile röle arasındaki mesafeyi ölçer. Eğer hata, rölenin koruma bölgesi içinde ise, yön elemanının da yardımı ile zaman elemanı tarafından tayin edilen bir süre sonra hat çıkışındaki kesiciye açma kumandası gider. Böylelikle arızalı hat parçası, üçüncü aşama olan ölçme elemanının çalışması sonunda servis dışı kalmış olur.



Şekil 4.25 Tek fazlı üç kademeli ölçme elemanının prensip devresi

Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Şekil 4.25'de tek fazlı ve üç kademeli ölçme elemanının prensip devresi görülmektedir. Kademe elemanlarının gerilim bobinlerine aynı gerilim uygulandığı halde, akım bobinlerinin sarım sayıları değiştirilerek her kademelerin farklı bir empedans değerinde çalışması sağlanmaktadır. 3. kademelerin çalışma empedansı, 1. ve 2. kademelerin çalışma empedanslarından daha büyüktür. Yani 3. kademe ölçme elemanı, 1. ve 2. kademe ölçme elemanlarına göre daha uzak mesafedeki arızayı belirleyebilmektedir.

Aynı şekilde 2. kademe ölçme elemanı, 1. kademe ölçme elemanına göre daha uzak mesafedeki arızayı koruma bölgesi içine alır. Bunun sonucunda, 1. kademelerin çalışacağı her arızada 2. ve 3. kademe ölçme elemanında çalışır. Ancak 1. kademe ani çalışmalı, 2. ve 3. kademeler sabit bir zaman gecikmeli olabilir.

4.3.3.1 Empedans ölçme organı

Mesafe ölçme organının çalışma durumu R - X düzleminde bir diyagram ile gösterilebilir. Bu diyagram tarafından R - X düzlemi iki bölgeye ayrılır. Bu bölgelerden birindeki ölçme değerlerinde ölçme organı sükunette kalır ve ikinci bölgedeki ölçme değerlerinde ise faaliyete geçer. Rölenin faaliyete geçtiği sınır değerlerin geometrik yeri bir doğru, daire veya çokgen oluşturabilir.

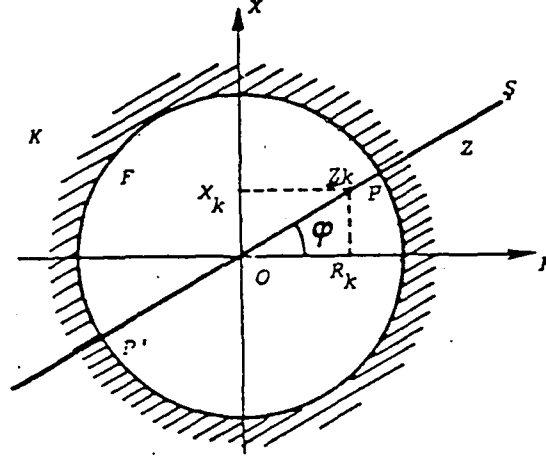
Burada tesir büyüklüğü olarak empedans gözönüne alınacaktır. Rölenin ölçtüğü ve tam faaliyete geçtiği empedans Z_f ile gösterilirse, bundan küçük ($Z_k < Z_f$) değerlerde yani yer eğrisinin içinde kalan bölgede röle faaliyete geçme kumandası verir, bunun dışında kalan bölgede ($Z_k > Z_f$) ise röle açma kumandası vermez. Z_f faaliyete geçme empedansının tüm ohmik ve reaktif bileşenleri için,

$$Z_F = R_F + j \cdot X_F \quad (4.40)$$

veya

$$Z_F = Z_F \cdot e^{j\phi} \quad (4.41)$$

ifadelerine göre yer eğrisi, yani empedans ölçümünün karakteristiği merkezi orijinde (o)'da olan bir dairedir. Bu daire empedans dairesi olarak adlandırılır. Şekil 4.26 Z_f empedans diyagramı ile bir hattın empedans doğrusunu göstermektedir.



Şekil 4.26. Empedans ölçen mesafe ölçme organının Z düzleminde çalışma diyagramı

- O : Rölenin bulunduğu istasyonun yeri
- Z : Korunacak olan hat (Ş: şebeke tarafı , B: bara tarafı)
- Z_f : Faaliyete geçme empedansının yer eğrisi
- Z_k : Kısa devre empedansı
- φ : Kısa devre açısı
- F : Faaliyet bölgesi (Dairenin içi)
- K : Kapatma bölgesi (Dairenin dışı)

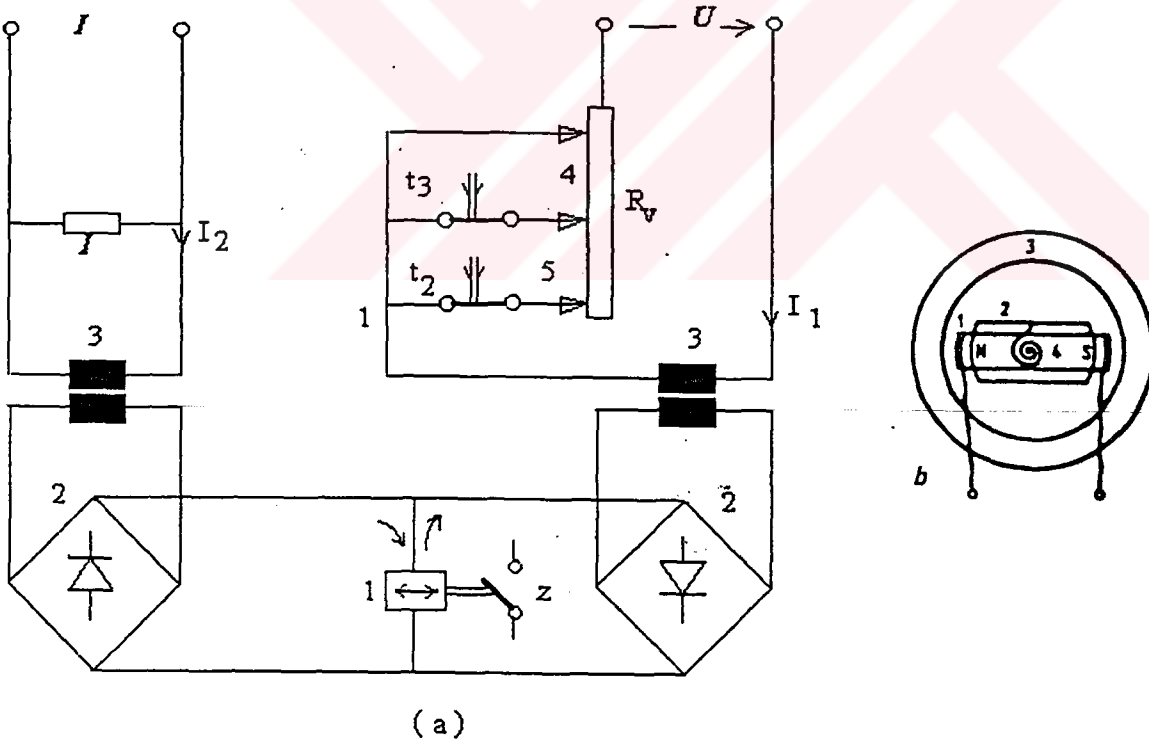
Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Hattın empedans doğrusu ile rölenin Z_f faaliyete geçme empedans eğrisinin kesiştiği P noktası, mesafe ölçme organının açma kumandası verebileceği en büyük sınır uzaklığı gösterir. Şu halde dairenin dışında ölçülen empedans değerlerinde yani dairenin dışında kalan hat parçası üzerinde meydana gelen hatalarda röle açma kumandası vermez. Buna karşılık O noktası ile P kesişme noktası arasında hattın dairenin içinde kalan kısmında herhangi bir yerde bir hata meydana gelirse mesafe ölçme organı faaliyete geçerek açma kumandası verir. Ancak yön elemanının da aracılığı ile bu açma kumandası yalnız X ekseninin sağında kalan bölgede verilebilir. Şu halde yön elemanı empedans dairesinin sol yarısını keser ve faaliyet bölgesi olarak sağ yarı daire kalır. Onun için empedans doğrusu ile dairenin kesiştiği ikinci P' noktası faaliyet noktası değildir.

Mesafe rölelerinde kademeli zaman karakteristiğine göre empedans dairesinin yarıçapı, zaman elemanı tarafından kademe kademe büyütülerek ölçme organının faaliyet bölgesi kademeli olarak genişletilebilir.

Empedans ölçme organında aynen düşük empedans uyarma organı gibi mekanik veya elektrikli terazi kollu rölelerle gerçekleştirilebilir. Şekil 4.18'de de gerilimle akımın karelerinin oranını alan mekanik terazi kollu empedans rölesi gösterilmiştir. Burada akım bobininin olduğu taraf kumanda kontağını kapamaya buna karşılık gerilim tarafı kontağı açık tutmaya çalışır.

Şekil 4.27'da empedans ölçümü için karakteristiği, merkezi O noktasında bulunan bir daire olan elektrikli terazi kollu empedans rölesinin şeması verilmiştir. Bunun yapısı şekil 4.19'da verilen röleyle tamamen aynıdır.



Şekil 4.27. Karakteristiği bir daire olan elektrikli terazi kollu empedans rölesi
Kaynak: M. Bayram, (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

- (a) Empedans ölçme elemanı
1 Döner bobinli röle
2 Doğrultucu
3 Ara ölçü transformatörü

- (b) Döner bobinli röle
1 Döner bobinli röle
2 Sürekli mıknatıs
3 Magnetik devre

4 Faaliyete geçme değerini ayarlayan direnç
5 Zaman elemanına ait gecikmeli kontak
Z Kumanda kontağı

4 Yay

4.3.4 Zaman elemanı

Mesafe koruma röleleri, aşırı akım zaman rölelerinde olduğu gibi, önceden tesbit edilmiş belirli bir açma zamanı yoktur. Burada açma zamanı, rölenin yerleştirilmiş bulunduğu istasyon ile hatanın meydana geldiği yer arasındaki hat uzunluğuna bağlı olarak değişir ki bu mesafe koruma rölesinin en önemli özelliklerinden biridir. Bu sayede selektif bir koruma sağlanmış olur ve rölenin bulunduğu istasyona yakın hatalar kısa zamanda, uzak olan hatalar ise daha uzun zamanda açılırlar. Böylece daha şiddetli olan arızaların daha kısa zamanda açılmaları sağlanır.

Hata mesafesine bağlı bir açma-zaman karakteristiği elde etmek için ölçme elemanlarının bir zaman elemanı ile donatılmaları gerekir. Ölçme elemanları kısmında açıklandığı gibi ölçme organının sabitesi belirli bir direnç değerine ve böylece belirli bir hat uzunluğuna karşılık gelir, yani hat üzerinde belirli bir noktayı tesbit eder. Röle istasyonundan bu belirli noktaya kadar olan hat üzerinde meydana gelen hatalar bu röle tarafından ölçülürler. Bu noktanın ilerisindeki hatalarda röle faaliyete geçmez. Eğer ölçme organının sabitesi zamana bağlı değiştirilirse, örneğin empedans ölçme organında Z_f değerinde zamana bağlı olarak değişir.

Bunun sonunda hat üzerindeki o belirli nokta aynı şekilde zamana bağlı olarak hat üzerinde kayar. Şu halde röle faaliyet noktasını zamana bağlı olarak hat üzerinde kaydırarak gerçek hata noktasını kendi faaliyet bölgesi içine alır. Bu nedenle uzaklık arttıkça açma zamanında uzar. Terazı kollu rölelerde açma sabitelerini zamana bağlı olarak değiştirebilmek için üç metod kullanılır. Bunlardan birincisinde akım sabittir, gerilim zamana bağlı olarak değiştirilir. İkincisinde gerilim sabittir, akım tarafının çekme kuvveti zamana bağlı olarak artırılır. Üçüncüsünde ise akım ve gerilim sabit tutulur fakat manevela kolları zamana bağlı olarak değiştirilir. En çok kullanılan metod birincisi olup bu metod elektrikli tip rölelerde kolaylıkla uygulanabilir.

4.4. Pratikte Kullanılan Mesafe Rölesi Tipleri

4.4.1 Brown Boveri (LZ3) Elektromekanik mesafe rölesi

4.4.1.1 Esas özellikler ve çalışma şekli

Brown Boveri LZ3 elektromekanik mesafe rölesi, reaktansı direncinden daha büyük olan orta ve yüksek gerilim hatlarının korunmasında kullanılmaktadır. Bu röle fazlar arası ve üç faz kısa devrelerini tesbit etmekle beraber nötrü direkt topraklanmış sistemlerde tek veya çok fazlı toprak arızalarını ve nötrü izole veya empedans üzerinden topraklanmış sistemlerde ikili toprak arızalarının tesbitini de gerçekleştirir. Röle empedans akımının veya rezidüel akımın ölçülmesiyle başlatma alır.

Arızanın tipine göre ilgili akım ve gerilim değerleri; ZR , ZS ve ZT olarak adlandırılan üç adet empedans başlatma rölesinden geçecek CR, CS, CT kontaktörleri vasıtasıyla M + PU mesafe ölçü sistemine gelir. Bu rölelerin çekmesi için gerekli empedans değerleri geniş bir alan içinde kademesiz olarak ayarlanır. Toprak arızalarında IE toprak-arıza rölesi çeker. Bu rölenin çekmesiyle empedans rölelerinin gerilim devreleri ve M + PU mesafe ölçme sisteminin arıza gerilimi, yardımcı kontaktör CE ile faz gerilimine dönüştürülmüş olur. Aynı anda bu kontaktör vasıtasıyla rezidüel akımın ayarlanan k_0 faktörü ile çarpılmış miktarı M benzetme empedansından geçirilir ve faz akımına ilave edilir. Burada k_0 faktörü, hat ve toprak çevrimi arasındaki empedans gözönüne alınarak ayarlanmalıdır.

LZ3 elektromekanik mesafe rölesinde gerek mesafe gerekse yön aynı ünite de belirlenir. Bu ünite M benzetme empedansı, PU faz mukayese rölesi ve uygulama trafosundan meydana gelir. Bu sistem M + PU mesafe ölçme sistemi olarak isimlendirilir. Bu sistem ile elde edilen çalışma karakteristiklerinin şekli daireseldir. Dairenin merkezi ve yarıçapı arızanın tipine ve kaynağın empedansına bağlıdır. Şebeke frekansındaki değişmeler ölçümlere etki etmez. Daima hattın pozitif bileşen empedansı ölçülür, bu ölçümler esnasında geçici akımlar ile yük akımlarının tipi önemsizdir. Ark meydana geldiği takdirde, ark üzerindeki gerilim düşümü veya yüksek bir direnç üzerinden meydana gelen toprak arızalarındaki gerilim düşümü mesafe ölçmelerine etki etmemektedir.

Mesafe - zaman karakteristiği kademelendirilmiştir. Bu şekilde herhangi bir mesafedeki arızada en kısa açma zamanı temin edilmiş olur. İşletme şeklinde dört zaman kademesi vardır.

Bu kademelerden dördüncüsü yönüzdür. Her kademe 0,1 ile 5 sn arasında ayarlanabilir. LZ3 rölesi tekrar kapamalı sistemler içinde uygundur. Mesafe koruma ile kesici açtırdıktan sonra tekrar kapama kumandası, kesici kontrol ünitesi veya yarı bir tekrar kapama ünitesi tarafından verilmelidir.

4.4.1.2 LZ3 Elektromekanik mesafe rölesinin yapısı

4.4.1.2.1 Empedans rölesi

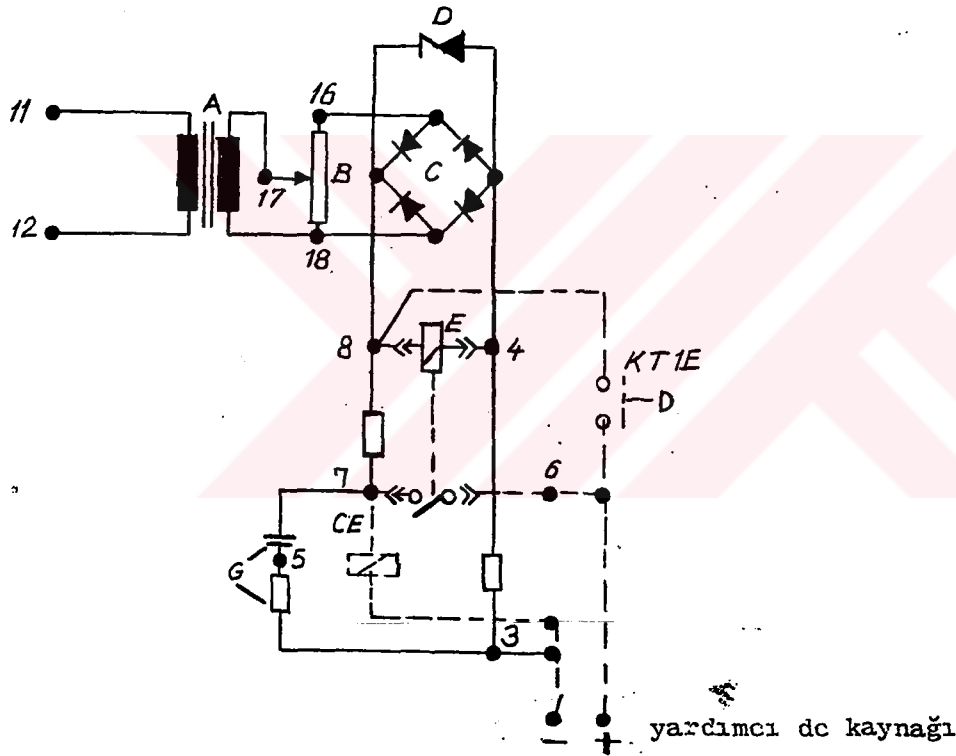
Başlatma elemanı olarak, her fazda bir adet dolayısıyla bütün mesafe rölesinde üç adet empedans rölesi vardır. Ayarlanan mesafenin içinde bir arıza meydana geldiğinde, arıza ile ilgili fazlardaki empedans düşümünü ve arıza tipini bu röleler görür. Bunlar çektiği zaman yardımcı kontaktörleri (CAR ve / veya CAS ve / veya CAT) enerjilerler. Bu kontaktörler arızanın tipi ile ilgili akım ve gerilimleri mesafe ve yön ölçme sistemi M + PU'ya aktararak açma devrelerini hazırlarlar. Basit bir akım rölesine göre empedans rölesi başlatma sisteminin üstünlüğü, azami yük akımından daha küçük seviyelerdeki akımların seçilebilmesidir. Bunlara ilaveten aşırı yüklü zamanlarda hatalı başlatmalar da (voltajda büyük düşme olmadığında) önlenmiş olmaktadır.

Empedans rölesinin ana parçaları şekil 4.28'de görülmektedir. Bu parçalar; akım ve gerilim devreleri, doğrultucu devresi, duyar eleman olarak da bir döner bobinli sistemdir.

Gerilim devresinde (C, D, Eu) gerilimle orantılı olarak meydana gelen akım doğrultulduktan sonra döner bobinli sisteme (A) tutucu etki yapar. Aynı şekilde akımda doğrultulur, ancak bunun polaritesi döner bobinli sistemi çektirici yöndedir. Korunan hattın empedans değeri, yapılan ayardan büyük ise gerilim devresi hakimdir ve döner bobin sükunet durumunda kalır. Ancak empedans ayarlanmış değer altına düşerse akım devresi (B, Ei) hakimdir ve döner bobinli röle kontaklarını kapar. Gerilim devresinin girişindeki gerilim sıfır olduğundan, Z rölesi basit bir akım rölesi gibi çalışır. Gerilim devresinde bulunan bir potansiyometre (D) yardımı ile istenilen çekme empedans değeri nominal akım ve gerilime bağlı olarak ayarlanabilir. RC devresi (G) döner bobinli rölenin kontaklarında ark söndürücü vazifesini görür.

4.4.1.2.2 IE Toprak arıza rölesi

Toprak arıza rölesi IE'nin görevi, empedans rölesi ve ölçme sistemi M + PU'ye gelen faz-faz gerilimlerini önceden ayarlanmış değerden daha büyük bir sıfır bileşen akımı meydana geldiğinde faz gerilimlerine aktarmaktır. Bu aktarma CE kontaktörüyle olur. Toprak arıza rölesinin ana parçaları şekil 4.29'da görüldüğü gibi ayar ve redresör sistemleri ile duyar eleman olarak döner bobinli sistemdir.



Şekil 4.29 Toprak arıza rölesi IE'ye ait devre bağlantısı

- A : Yardımcı akım trafosu
- B : Çekme değerini ayarlamak için potansiyometre
- C : Diyot köprüsü
- CE : Röle için yardımcı kontaktör
- D : Aşırı gerilim koruması
- E : Döner bobinli röle
- F : Kontak basıncını artırmak için direnç
- G : Ark söndürücü RC devresi
- KTIE : IE rölesi için test butonu

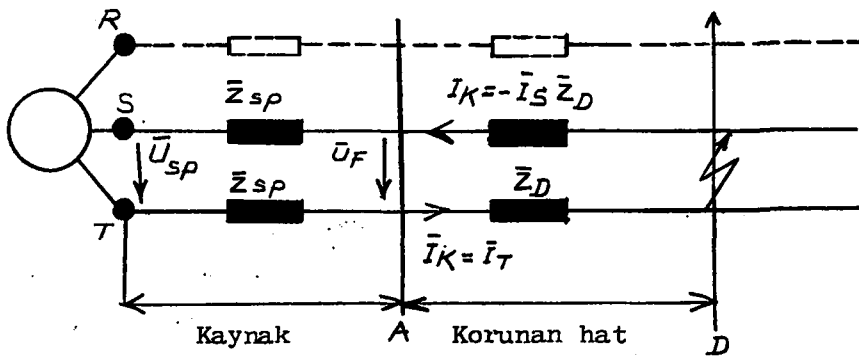
Kaynak: T.E.K. Röle ve Ölçü Aletleri Grup Müdürlüğü, (1975), "Brown Boveri LZ3 Elektromekanik Mesafe Rölesi Kataloğu", Ankara.

Akım doğrultulduktan sonra döner bobin sistemine (E) girer. Bu döner bobin bir yay ile sükunette durur. Elektrodinamik moment, yay momentini yendiğinde kontaklar 6 - 7 kapanır. IE rölesinin ayarı asla 0,5. In'den aşağı olmamalıdır. Bunun nedeni, iki faz ve üç faz şiddetli kısa devrelerde veya ölçü trafolarının eş değer olmayan hatalarından dolayı ana yüksek gerilim devresinde olmayan sıfır bileşen akımlarının röleye gelmesi halinde meydana gelecek yanlış çalışmaların önlenmesidir.

Rezidüel akımın küçük olması nedeniyle IE rölesinin göremediği gerçek toprak arızalarını görmesi için artçıl IB rölesi kullanılmaktadır. Artçıl röle özellikle karşı istasyon baralarındaki veya uzun hatların sonundaki toprak arızaları için kullanılır. IB rölesi ayar sınırları dışında IE toprak arıza rölesi ile prensipte aynıdır. IB rölesinin ayar sınırı 0,1 ile 1. In arasındadır. Artçıl toprak rölesi çektiğinde zaman gecikmeli PTaE yardımcı kontaktörünü enerjiler. PTaE'nin gecikmesi esnasında mesafe rölesi şiddetli kısa devre arızalarını temizleyebilir.

4.4.1.2.3 Mesafe ve yön ölçme sistemi (M + PU)

Mesafe ve yön ölçme sistemi, bir M benzetme empedansı ve PU faz ölçme rölesinden meydana gelir. Bu sistemin çalışması aşağıdaki örnekle ortaya konulabilir. Şekil 4.30'da görüldüğü gibi S ve T fazları arasında kısa devre olduğu ve ilgili Z başlatma rölelerinin çekerek kendi CA kontaktörlerini enerjilemiş olsun. Koruması yapılan (A - D) hattının empedansı Z_D olsun. Rölenin bağlı olduğu A noktasına kadar olan hat empedansı ve generatör empedansı da Z_{sp} olsun. Generatörün faz-faz arası nominal gerilimi U_{sp} 'dir.



Şekil 4.30 Faz - faz arası kısa devre olan örnek bir hat devresi

D noktasında bir kısa devre olduğunu düşünürsek kısa devre akımı

$$I_K = \frac{U_{SP}}{2(Z_{SP} + Z_D)} \quad (4.42)$$

olur.

S ve T fazlarındaki akımlar aynı genlikte fakat ters yöndedir.

$$I_T = -I_S = I_K \quad (4.43)$$

Arıza ile ilgili fazların A noktasındaki gerilimi arıza gerilimi U_F 'dir ve

$$U_F = I_K \cdot 2 Z_D \quad (4.44)$$

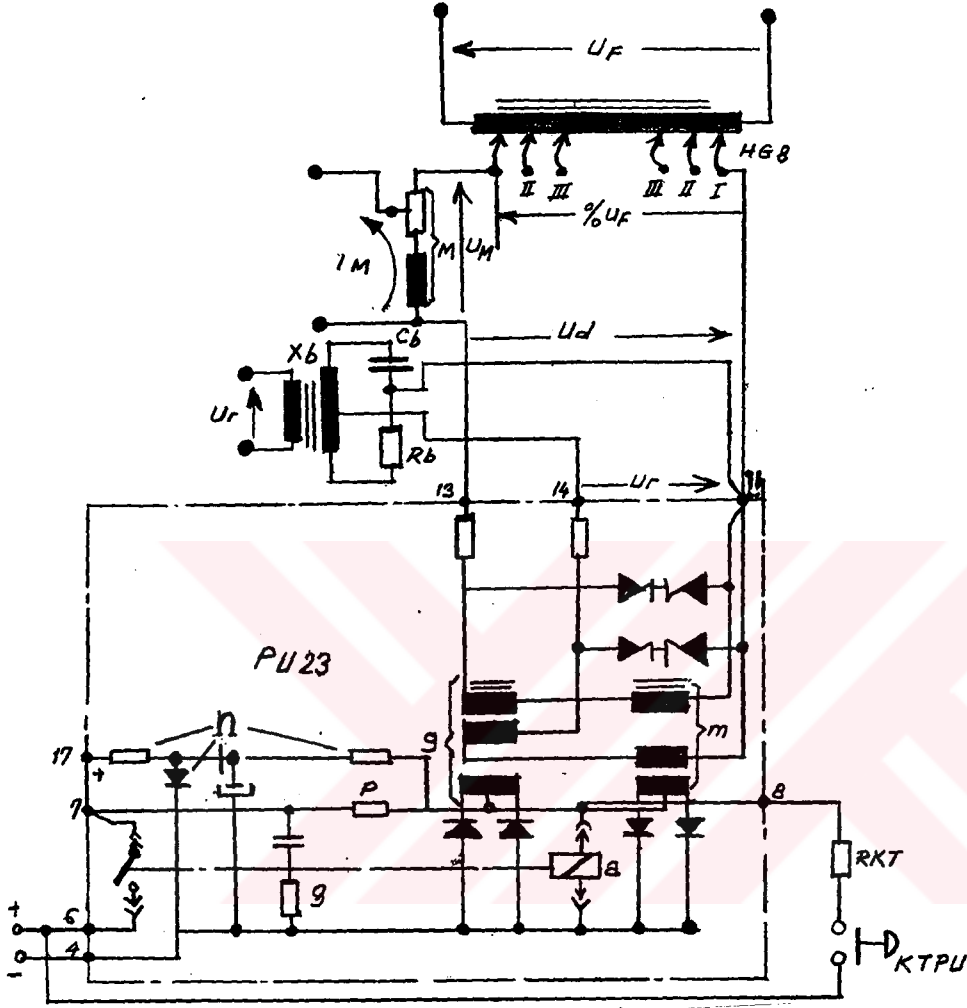
olarak gösterilir. I_K akımı dönüştürme oranı I / i olan akım trafoları W_{1S} ve W_{1T} 'den geçer. Hat benzetme empedansı M 'in faz açısı Φ_m korunan hattın kısa devrelerdeki faz açısı Φ_0 'ye eşit alınır. Birleşik sekonder akım $i_M = i_T - i_S$, empedans üzerinde $Z_M \cdot i_M = U_M$ gerilim düşümünü meydana getirir. Arıza gerilimi U_F 'in belirli bir oranı mesafe rölesindeki U_M gerilim düşümüne ters yönde bağlanır. Bunun nedeni ölçme sistemindeki "fark devresini" oluşturmaktır. Uygulama trafosu HG8'in dönüştürme oranı V/u , korunan A-D hattının D ucundaki kısa devrede aşağıdaki denklemi verecek şekilde seçilirse mesafe rölesi A-D kısmındaki kısa devreleri görecektir şekilde ayarlanmış olur.

$$U_d = Z_m \cdot i_M - U_F \cdot u/V = 0 \quad (4.45)$$

4.45 nolu denklem ölçme sistemindeki "fark devresinin" gerilim ilişkilerini göstermektedir. Kısa devre D noktasından daha başka bir yerde meydana gelirse $U_d \neq 0$ olur. Kısa devre mesafe rölesi ile D noktası arasında ise $Z_F < Z_D$ olur. Z_F arıza noktasına ait empedansı göstermektedir. Dolayısıyla U_F azalır ve I_K artar. 4.45 nolu denkleme göre fark gerilimi U_d , referans gerilimi U_F 'ye göre pozitif olur ve röle çeker.

Kısa devre röleye göre D noktasından uzakta ise $Z_F > Z_D$ olurken U_F artar I_K düşer. U_d gerilimi U_F 'ye göre negatif olur ve röle çekmez. Bu durumda U_d 'nin U_F 'ye göre yönü arızanın uzaklığı ve yönü hakkında bilgi verir.

$\Phi_m = \Phi_0$ olduğunda korunan hatta ait empedansın aynı olan benzetme empedansı M sayesinde, frekans değişikliklerinde veya harmoniklerin meydana gelmesi durumunda bile ölçmeler hatasız yapılabilir.



Şekil 4.31 PU faz rölesi ile mesafe ve yön ölçme sistemi

- a : Döner bobinli röle
- CB : Faz kaydırıcının kapasitörü
- HG8 : Uygulama trafosu
- KTPU : Test butonu
- M : Benzetme empedansı
- n : Yardımcı açma devresi elemanları
- p : Kontak basıncını arttırmak için direnç
- q : ark söndürme devresi
- RKT : Test devresi direnci
- g : g devresinin gerilim trafosu
- m : m devresinin gerilim trafosu
- I_m : M benzetme empedansından geçen akım

- u_F : arıza gerilimi
 u_M : m benzetme empedansı üzerinde gerilim düşümü
 u_d : fark gerilimi

Kaynak: T.E.K. Röle ve Ölçü Aletleri Grup Müdürlüğü, (1975), "Brown Boveri LZ3 Elektromekanik Mesafe Rölesi Kataloğu", Ankara.

Ara trafosu HG8 ve benzetme empedansı M ile faz rölesi PU gerekli olan yön ve empedans ölçme sistemini meydana getirir. PU rölesi C_B ve R_B faz kaydırıcıları ile tamamlanarak U_r referans geriliminin faz açısından yararlandırılması gerekir. Benzetme empedansı M ve ara trafosu HG8 fark devresini meydana getirirler. PU faz rölesi, iki eş gerilim ve bir döner bobinli sistemden meydana gelir. g olarak bilinen gerilim devresi çalıştırıcı, m olarak bilinen gerilim devresi ise tutucu olarak görev yapar. Arıza geriliminin belli bir oranı $\% U_F$, U_M 'den çıkarılırsa elde edilen fark olarak kalan U_d gerilimi arıza gerilimi ile ya aynı yönde ya da ters yönde olur. Burada yönü tayin eden faktör $\% U_F$ 'nin U_M 'den büyük veya küçük olmasıdır. Eğer arıza geriliminin belli bir oranı $\% U_F$, benzetme empedansı üzerindeki gerilim düşümü U_M 'den büyükse arıza korunan hattın sağındadır.

4.4.1.2.4 Akım trafosu SH1

Mesafe rölesinin yapısında bulunan üç adet SH1 akım trafosu, aşağıda belirtilen amaçlar için benzetme empedansı M'i besler;

- Akım ölçme devrelerinde düşük sarfiyat ve akım aktarmalarında düşük kapasiteli kontak kullanabilmeyi sağlamak için sekonder devrelerde küçük genlikte akım dolaştırılması
- Hatasız mesafe ölçmek için sekonderleri birbirinden izole ederek gerekli akım kombinasyonu temininde
- Gerektiği gibi rezidüel akımı tatbik etmekte

Hatasız mesafe ölçmesi yapabilmek için rezidüel akımı faz akımının üzerine eklemeye akım trafosu SH1'den yararlanılır. Ne miktarda rezidüel akımın ekleneceğini numerik olarak hesaplamak için ko faktörü, tepler vasıtasıyla seçilir. "ko" faktörü aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir.

$$k_0 = \frac{1}{3} \left[\frac{X_0}{X} - 1 \right] = \frac{X_M}{X} \quad (4.46)$$

X_0 = sıfır bileşen reaktans

X = pozitif bileşen, reaktans / faz

X_M = hat ve toprak arasındaki ortak reaktans

Nümerik olarak hesaplanan k_0 faktörü, (+) ve (-) işaretli kablo pabuçları teplere bağlanması sonucu röleye yüklenebilir.

4.4.1.2.5 Benzetme empedansı M

Benzetme empedansı M; arıza akımıyla orantılı U_m gerilimini meydana getirir. Normal olarak benzetme empedans açısı Φ_m hattın empedans açısı Φ_u 'ye eşit olarak ayarlanır. Benzetme empedansı yapı bakımından hava boşluklu bir nüveye sarılmış bobin ve sürgülü bir dirençten meydana gelir. 50 Hz'de bobinin mutlak empedansı 50 ohm'dur. Sürgülü direnç sayesinde empedans açısı $\cos\phi - 0.1$ ile 0.8 arasında kademesiz olarak ayarlanarak hat empedansına eşitlenir.

4.4.1.2.6 Ara trafosu HG8

Arıza gerilimi U_F 'nin % 0,5 ile % 200 arası herhangi bir yüzdesi HG8 ara trafosundan elde edilir. U_F 'nin değişmesi sonucu fark gerilimi U_d 'de değişeceği için korunan mesafe ayarları rahatlıkla değiştirilebilir. Kısacası HG8 ara trafosu üzerinde bulunan tepler değiştirilerek ölçme sistemi M + PU tarafından korunan mesafeler ayarlanır.

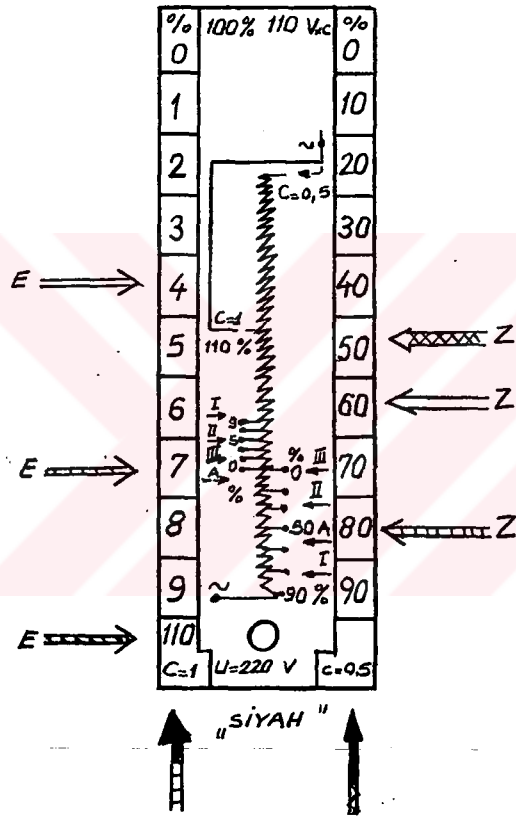
HG8 ara trafosu üzerinde 4 + 4 adet ucu pabuçlu esnek kablo vardır. Bu kablonun 4 adedi onlar hanesi, 4 adedi de birler hanesi içindir. Bu 4 çift kablo ile üç kademeli mesafe ayarı ve istenirse kademe uzatma ayarlamaları yapılabilir. Her onlar ve birler hanesi kabloları kolay ayırım yapılabilmesi için renklendirilmişlerdir. Bu pabuçlu kablolar ara trafosu HG8'in yüzde teplerine bağlanarak gerekli mesafe kademeleri ayarlanır.

Şekil 4.32'de HG8 ara trafosu üzerinde yapılan kademe ayarlarına ilişkin örneklere yer verilmektedir.

Ayar değeri % 64 olsun. Birlik kablo % 4, onluk kablo % 60 olarak bağlanır, siyah kablo $c = 1$ terminaline bağlıdır.

Ayar değeri % 160 olsun. Birlik kablo % 110 tepine, onluk kablo % 50 tepine bağlanır. Siyah kablo yine $c = 1$ terminaline bağlıdır.

Ayar değeri % 43,5 olsun. Birlik kablo % 7, onluk kablo % 80 bağlanırken, siyah kablo $c = 0,5$ terminaline bağlanması gerekir.



Şekil 4.32 Çeşitli ayar değerlerine ait HG8 trafosu üzerindeki tep ayarları
Kaynak: T.E.K. Röle ve Ölçü Aletleri Grup Müdürlüğü, (1975), "Brown Boveri LZ3 Elektromekanik Mesafe Rölesi Kataloğu", Ankara.

4.4.1.2.7 Zaman - kademe rölesi T

Bir veya daha fazla empedans başlatma rölesi çektiği anda zaman rölesi çalışmaya başlar. HG8 trafosunda yapılan yüzdeli ayarlar ile gerçekleştirilmiş olan mesafe kademelerine ait arıza gerilimleri sırasıyla ve ayarlanabilir sürelerle mesafe ölçme sistemi M + PU'ya zaman

rölesi vasıtasıyla aktarılır. Böylelikle kademeler şeklinde koruma mesafesi genişletilmiş olur. Rölenin başlaması, bir d.c selonoidin çekmesiyle olur. Bu selonoid bir kamsaftı süren yayı serbest bırakır. Yaylı sistem kullanmakla, yardımcı gerilimde meydana gelecek değişikliklerin zaman hassasiyetini bozması engellenmiş olur. Arıza geçtiği anda Z röleleri sükunete geçeceğinden, kamlarda derhal sükunet haline dönerler. Röle üzerinde bulunan somun gevşetilerek beş kam ayrı ayrı ayarlanarak zaman ayarları gerçekleştirilebilir.

4.4.1.2.8 W Seçici anahtarı

LZ3 elektromekanik mesafe rölesinin bünyesinde yer alan W anahtarı, tekrar kapama cihazının şeklini belirlemek için kullanılır. W anahtarı dört pozisyonda çalışabilir.

Pozisyon 1 + 3 ph: Tek ve üç fazlı otomatik tekrar kapama olup tek fazlı arızalarda yani toprak arızalarında; sadece arızalı fazdaki kesici açılır ve kapatılır. Arıza iki veya üç fazda ise her üç fazda açma ve tekrar kapama yapılır.

Pozisyon 3 ph: Üç fazlı otomatik tekrar kapama olup, her türlü arıza kesicinin her üç fazını açtırıp kapatır.

Pozisyon 1 ph: Toprak arızalarında sadece arızalı fazın kesicisi açar ve tekrar kapar. İki ve üç fazlı kısa devreler bütün fazları bir defada nihai açmaya götürür.

Pozisyon İptal: Tekrar kapama iptal edilmiştir. Herhangi bir arızada bütün fazlardaki kesiciler bir defada nihai açma yaparlar.

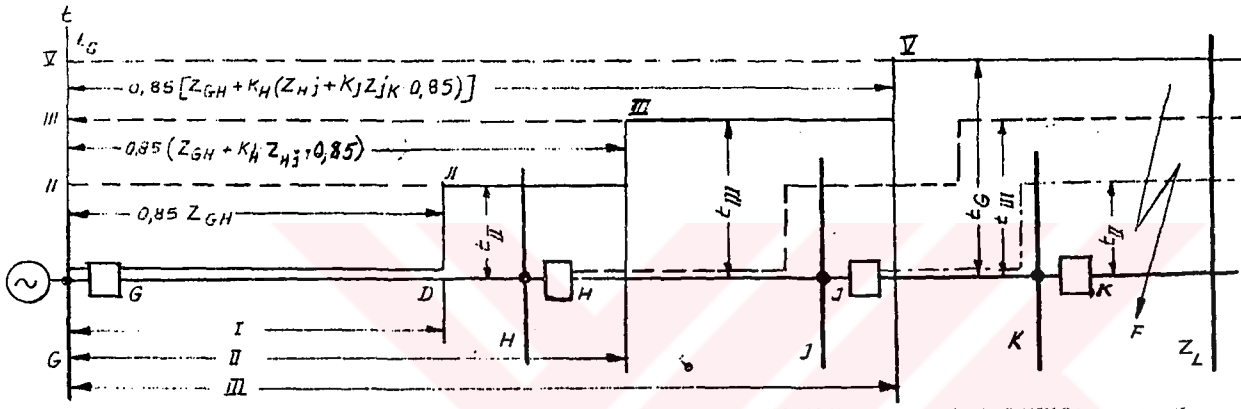
Mesafe rölesinin içinde bulunan diğer parçalar,

- zaman gecikmeli yardımcı kontaktörler PTa ve PTr
- C tipi menteşeli armatürlü kontaktörler CAR. CAS. CAT. CE ve CD'dir.

4.4.1.3 Mesafe - zaman karakteristiği

Mesafe rölesinden beklenen en önemli özelliklerden birisi de selektif çalışabilme, yani rölenin sadece koruyacağı bölgelerdeki arızalarda çalışmasıdır. Selektif çalışmayı tam olarak

sağlayabilmek için şekil 4.33'de ki gibi D sınırı bir miktar azaltılır. Bu azaltma G - H hattına ait empedansın yaklaşık % 85-90 kadarını alarak yapılır. Bu durumda röle G-D içindeki arızalara ani açma ile cevap verir. Bu durumda birinci kademe ani açmalı olur. Hattın D-H kısmının da korunması için zaman rölesi T, başlatma rölesi Z'nin çekmesiyle enerjilenir. Ayarlı bir zamanın dolmasıyla (ikinci kademe için genellikle 0,5 - 0,7 sn) M + PU'ya başlangıçtan daha düşük bir % U_F arıza gerilimi tatbik edilir. Bunun üzerine U_d (fark gerilimi) = 0 noktasının ileriye kayması temin edilerek D - H kısmında korunması yapılmış olur.



Şekil 4.33 Hat üzerinde selektif olarak çalışan mesafe röleleri

- I : Birinci kademe, ani açmalı
- II : İkinci kademe
- III : Üçüncü kademe

Kaynak: T.E.K. Röle ve Ölçü Aletleri Grup Müdürlüğü, (1975), "Brown Boveri LZ3 Elektromekanik Mesafe Rölesi Kataloğu", Ankara.

Arızanın başlaması ile enerjilenen zaman rölesi T, hat üzerindeki istasyonlarda bulunan mesafe rölelerinin topluca artçıl olarak çalışmalarını temin eder.

Örnek olarak F noktasında bir arızanın meydana geldiği ve en yakın besleme K'da bulunan koruma röleleri ve kesicilerin herhangi bir sebeple yaklaşık olarak 0,5 sn. içinde bu arızayı temizleyemediği ele alınırsa, G'den K'ya bütün mesafe rölelerindeki T zaman röleleri koruma sınırlarını büyültürler. Mesafe röleleri o şekilde ayarlanmışlardır ki, her röle kendi bölgesinin % 85'ine ilaveten komşu hattın $k \times \% 85$ 'ini kaplar. k faktörü uygulamada 1 alınır. (örneğin H için H - J) Bu durumda rölede U_d pozitif olduğunda arızanın bir yanındaki J barasındaki rölede röle açma yapar.

J'de bir açma olmadığı takdirde zaman rölesi çalışmaya devam ederek M + PU sisteminin alanını, zaman III'ün dolması üzerine bütün rölelerde daha da uzatır. Şimdi her röle kendini ve komşu hattın % 85'ini artı k x bir ötedeki hattı korumaktadır. Bu sonuçlar G rölesi için şekil 4.33'da gösterilmektedir. Aynı hesaplar H ve J röleleri içinde geçerlidir. H rölesindeki fark gerilimi Ud pozitif olur ve röle açar. Arıza hala temizlenmemişse zaman röleleri T'de, V. zamanın dolması üzerine bütün röleler (özellikle G'deki) kesicilere şartsız açma kumandası verirler. Bu açma kumandası enerji akış yönüne bağlı değildir.

4.4.1.4 LZ3 Elektromekanik mesafe rölesinin ayarlanması

4.4.1.4.1 Başlatma elemanlarının ayarı

Başlatma elemanlarının ayarı ile mesafe rölesinin başlama alanı (görmez alanı) belirlenmiş olur. Bu alanın üst sınırını aşağıdaki şartlar tayin eder.

1. Arızalı hatlar açıldıktan sonra komşu hatlarda Z rölelerinin uyarmaları kesilmelidir.
 2. Paralel hatlarda, bir hattın devreden çıkması ile diğer hattın aşırı yüklenebileceği unutulmamalıdır.
 3. Toprak arızalarında, sağlam fazlardaki Z röleleri çekmemelidir.
- Başlatma rölelerinin üst sınırları aşağıdaki formüllerle hesaplanabilir:

İzole sistem veya empedans üzerinden topraklı sistemde;

$$Z = \frac{V_{F-F}}{2 \times 1,25 \times I_B} \quad \Omega / \text{faz} \quad (4.47)$$

Direkt topraklı sistemlerde

$$Z = \frac{V_{F-F} \cdot 0,85}{2 \times \sqrt{3}(I_B + I_A)} \quad \Omega / \text{faz} \quad (4.48)$$

V_{F-F} = Minimum faz-faz arası işletme gerilimi

$$\frac{V_{F-F} \cdot 0,85}{\sqrt{3}} = \text{Toprak arızası esnasında sağlam fazlardaki minimum faz-nötr gerilimi}$$

I_B = Max yük akımı

I_A = Toprak arızası esnasında sağlam fazlardaki max - dengeleme akımı

1.25 = Düzeltme faktörü

Empedansın primer değerini (Z_p), rölenin ölçtüğü sekonder değere (Z_s) çevirmek gerekir.

$$Z_s = \frac{Z_p}{N_z} \quad \Omega / \text{faz} \quad (4.49)$$

Z röleleri bu Z_s değerine ayarlanmalıdır.

Mesafe rölesini besleyen hat akım trafosunun dönüştürme oranı;

$$N_i = \frac{\text{no min al primer akım}}{\text{no min al sekonder akım}} = \text{ATO} \quad (4.50)$$

Mesafe rölesini besleyen hat gerilim trafosunun dönüştürme oranı,

$$N_u = \frac{\text{no min al primer gerilim}}{\text{no min al sekonder gerilim}} = \text{GTO} \quad (4.51)$$

$$N_z = \frac{N_u}{N_i} = \frac{\text{G.T.O}}{\text{A.T.O}} \quad (4.52)$$

Toprak arıza rölesi IE, topraklı sistemlerde toprak arızalarında ve izole veya kompanze edilmiş şebekelerde ise ikili toprak arızalarında çekecek şekilde ayarlanmalıdır. Genel olarak $0,8 - 1 \times I_n$ olarak ayarlanır. Toprak arıza artçıl rölesi IB ise normal olarak $0,15 \times I_n$ değerine ayarlanır.

4.4.1.4.2 Kademe reaktanslarının ayarı

Mesafe koruma rölesinde kaç kademe varsa o kadar kademe reaktansı hesaplamak gerekir. Şayet benzetme empedansının açısı, hat empedans açısına eşit alınırsa kademeler hat empedansı yerine hat reaktansı ile hesaplanır. Genellikle birinci kademe (ani açmalı kademe) ilk istasyona olan mesafenin % 85 - 90'nı kapsayacak şekilde ayarlanır.

$$X_{IP} = X_1 \cdot (\text{Hattın \% 85'i}) \text{ 'dir.} \quad (4.53)$$

Değeri sekondere indirgemek gerekir.

$$X_{IS} = \frac{X_{IP}}{N_Z} \quad \Omega / \text{faz} \quad (4.54)$$

bulunur. Sekonderdeki bu reaktans değeri, röledeki HG8 trafosu SH akım trafoları üzerinde ayarlanır. Ayar bağlantısı ise,

$$\%N_1 = \frac{W_L \cdot 100}{X_{IS} \cdot C} \quad (4.55)$$

N_1 = 1 kademe için HG8 trafosunda ayarlanarak % top değeri

W_L = SH1 akım trafosu üzerinde ayarlanacak, PU rölesinin ölçme reaktansının değeri. Bütün kademeler için aynı benzetme empedansı geçerlidir. W_L değeri tablolardan seçilir.

X_{IS} = Sekondere indirgenmiş 1. kademe reaktansı

C = HG8 üzerinde yapılacak ana tap ayarı

Ölçme ve yön elemanı PU'nun hassasiyetinden tam istifade edebilmek için W_L mümkün olduğu kadar büyük alınmalı ve C değeri $100 \geq N_1 \geq 50$ olacak şekilde seçilmelidir. Birinci kademe $N_1 > \% 100$ bulunursa (kısa hatlarda) ; N_1 % 110 ile % 200 arasında % 10'luk kademelerle ayarlanabilir.

Mesafe rölesinin ikinci kademesi komşu hattın rölesinin birinci kademesine artçılık (yedek koruma) yapar. Buna göre rölenin ikinci kademe reaktansı;

$$X_{IIp} = 0,85 (X_I + X_{II} \cdot 0,85) \quad (4.56)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Bu bağıntıda parantez içindeki X_{II} 0,85 ifadesi, ikinci rölenin birinci kademe ayar reaktansı; parantez dışında gelen 0,85 ise birinci rölenin ikinci kademe ayarındaki emniyet katsayısıdır. X_I ise toplam reaktans olup bundan sonraki aşamalar bir üstteki gibi gelişir.

$$X_{IIIp} = 0,85 (X_I + X_{II} + 0,85 X_{III}) \quad (4.57)$$

bağıntısından üçüncü kademe primer reaktansı hesaplanır. Primer reaktans, sekondere indirgenir ve diğer işlemler üsttekiler gibi sürdürülür.

Bu hesaplamaların haricinde, toprak arızalarında rezidüel akımın mesafe ölçmelerdeki katkısı SH1 akım trafosundaki ko tepleri ile ayarlanır.

$$k_0 = \frac{1}{3} \left(\frac{X_0}{X} - 1 \right) = \frac{X_M}{X} \quad (4.58)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Bu denklemde primer veya sekonder reaktanslar kullanılabilir.

Zaman rölesi T içinse; T_I normalde kontakları daima kapalı olacak şekilde ayarlanır. T_{II} süresi, yaklaşık olarak 0,4 ile 0,5 sn. arasındadır. T_{III} süresi $2 \times T_{II}$ olarak alınabilir. T_{IV} normal olarak 0,3 sn. civarındadır. T_v ise $3-4 \times T_{II}$ veya biraz daha uzun olarak ayarlanabilir.

4.4.2 AEG (SD 135) Statik (Elektronik) mesafe rölesi

AEG (SD 135) elektronik mesafe koruma rölesi, yüksek hızlı bir röle olup, yüksek gerilimli havai hat ve kabloların korunmasında kullanılır. Bağlı olduğu sistemlerin doğrudan topraklı, direnç veya peterson bobini üzerinden topraklı veya yalıtılmış olması hallerinde çalışacak şekilde dizayn edilmiştir. Rölede dört adet yönlü ve bir adet de yönsüz olmak üzere beş kademe vardır. İlk üç kademesi yönlü empedans ölçmeli, dördüncü kademesi de sadece akıma bağlı yönlü aşırı akım ünitesi gibi çalışmaktadır. Beşinci kademesi ise yönsüz başlatma

şeklindedir. İlk dört kademe, röleye verilen programa bağlı olarak ileri veya geri yöne alınabilmektedir.

4.4.2.1 Rölenin başlatma karakteristiği

4.4.2.1.1 Düşük empedans başlatması (I. Bölge)

Birinci bölgedeki başlatma hem gerilime hem de akıma bağlıdır. Rölenin başlatma olabilmesi için gerekli koşullar;

$$\frac{U_F}{U_N} \text{ (Fazlar arası)} < \text{Ayar değeri}$$

$$U_F = \text{Arıza gerilim}$$

$$I_F = \text{Arıza akımı}$$

$$\frac{U_F}{U_{N/\sqrt{3}}} \text{ (Faz-toprak)} < \text{Ayar değeri}$$

$$U_N = \text{Nominal gerilim}$$

$$\frac{I_F}{I_N} > \text{Ayar değeri}$$

$$I_N = \text{Nominal akım}$$

kriterlerine bağlıdır.

Rölenin fazlar arası arıza başlatma sınırı; arıza geriliminin nominal gerilimin % 50'si ile % 95'i arasındaki bir değerdir. Faz-toprak arıza başlatma sınırı içinde aynı değerler geçerlidir. Arıza akımı, nominal akımın % 20 ile ona eşit bir değer arasında ise de röle başlatma alır.

4.4.2.1.2 Aşırı akım başlatması (II. Bölge)

Röle üzerinde bulunan $\frac{I_{DK}}{I_N}$ oranı, aşırı akım ayarını gösterir ve en düşük ayarı 1 yapılabilir. II. bölgedeki çalışma, gerilim değerine bağlı değildir. Röleye uygulanan gerilim normal değerinde olsa dahi, içinden geçen fazlar arası veya faz toprak arıza veya yük akımının değeri, ayar değerini aştığı takdirde röle yine başlatma alacaktır.

$$\frac{I_{DK}}{I_N} = 1 \text{ seçilmişse, } I_{DK} > I_N \text{ geçerse gerilime bağlı olmaksızın röle başlatma alacaktır.}$$

a) Aynı zamanda $\frac{I_{DL}}{I_{DK}} = 1$ olarak seçilmişse, 0° - 360° 'lik bir açı diliminde bu başlatma

geçerlidir. I_{DK} yarıçaplı dairenin dışındaki $I_{DL} > I_{DK}$ akımında röle başlatma alır.

b) $\frac{I_{DL}}{I_{DK}} > 1$ seçilmişse

($+35^\circ$ ile $+140^\circ$) ve (-145° ile -40°) bölgelerde $\frac{I_{DL}}{I_{DK}} > \text{Ayar değerlerinde}$

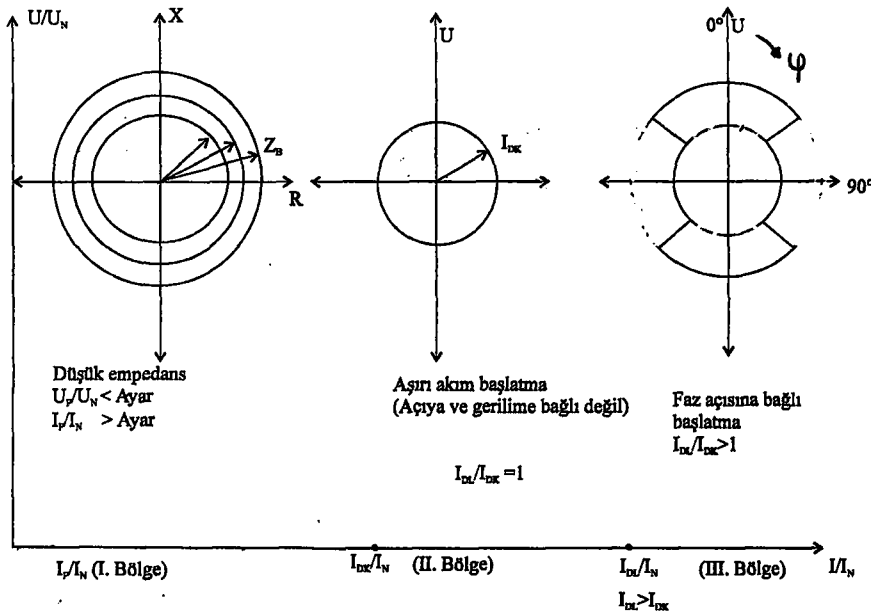
röle başlatma alır. Çalışma şekli faz açısına bağlı değişmektedir.

Örneğin; röleye verilen gerilimler normal değer olsun. $\frac{I_{DK}}{I_N} = 1.2$

$\frac{I_{DL}}{I_{DK}} = 2$ olarak ayarlansın. Rölenin nominal akımı $I_N = 5 \text{ A}$ 'dır.

O halde $I_{DK} = 6 \text{ A}$, $I_{DL} = 12 \text{ A}$ olur.

Röleden geçen akımla gerilim arasında ($+35^\circ$ ile $+140^\circ$)'lık faz açısı varsa, geçen akımın değeri $> I_{DK} > 6 \text{ A}$ olduğu takdirde, röle aşırı akım gibi başlatma olacaktır. Eğer bu açı (0° ile $+35^\circ$) arasında ise, rölenin başlatma alması için içinden geçecek akım $I > I_{DL} = 12 \text{ A}$ den büyük olması gerekir. $\frac{I_{DL}}{I_{DK}} > 1$ seçilmekle, arıza ile aşırı yük akımları ayırt edilebilmektedir. Şekil 4.34 statik mesafe rölesine ait başlatma karakteristiklerini göstermektedir.



Şekil 4.34 AEG (SD 135) statik mesafe rölesine ait başlatma karakteristikleri.

Kaynak: T.E.K. Batı Röle ve Ölçü Aletleri Grup Müdürlüğü, (1988), "AEG SD 135 Statik Mesafe Rölesi Kataloğu", İzmir.

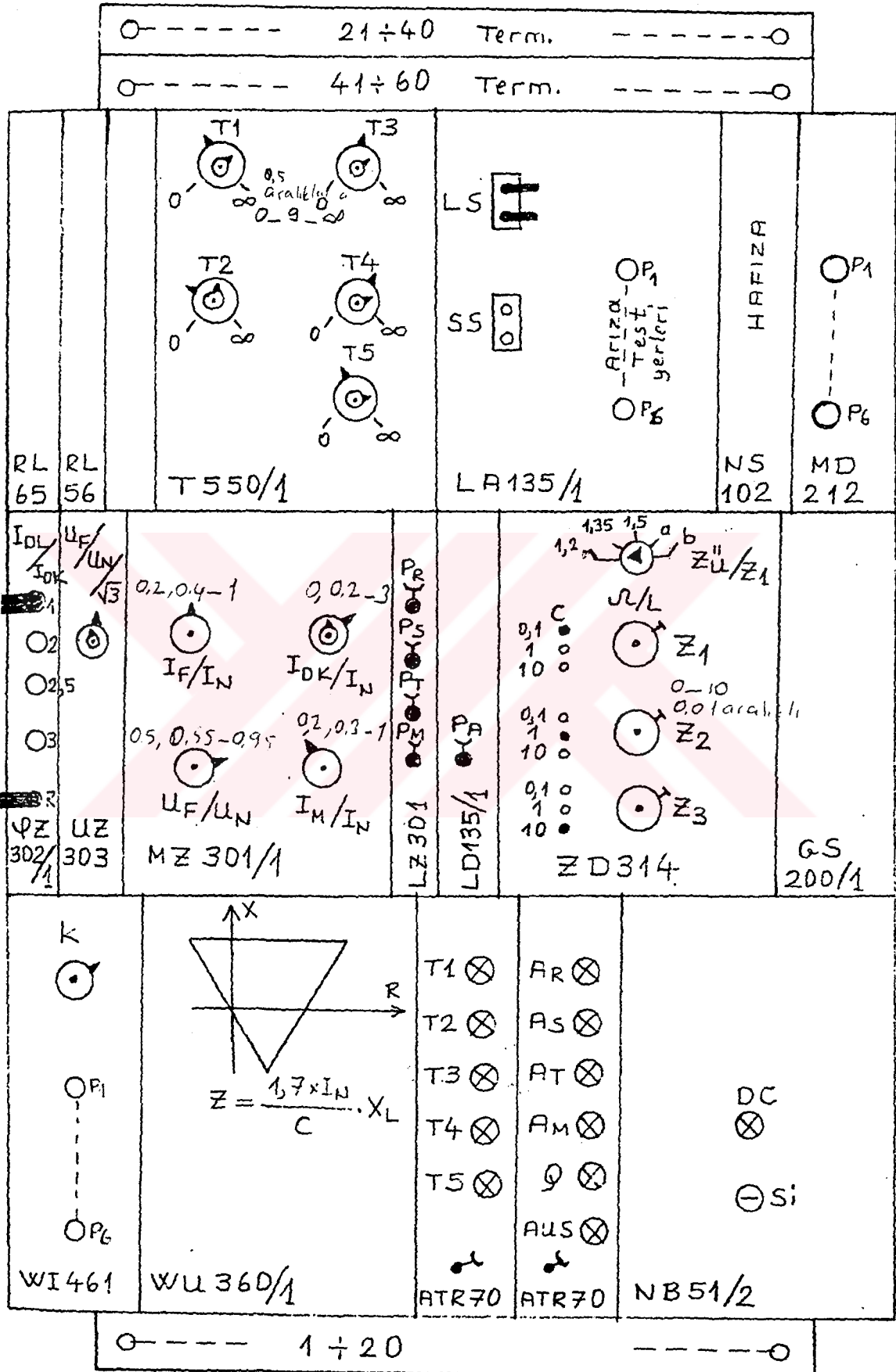
Eğer hattın belirli bir yük akımının üzerinde devrede kalması istenmiyorsa, dairesel karakteristik (şekil 4.34) II. bölge seçilir. $\frac{I_{DL}}{I_{DK}} = 1$ ve $\frac{I_{DK}}{I_N}$ oranını geçen yük akımında röle aşırı akım gibi çalışacaktır.

Hattan geçen yük akımında sınırlanma istenmiyorsa veya sınırlama için ayrı aşırı akım röleleri varsa (Şekil 4.34) III. bölge seçilmelidir. $I_{DL} / I_{DK} > 1$ yapılabilir.

AEG (SD 135) statik tip mesafe rölesi dört adet yönlü bir adet de yönsüz olmak üzere toplam beş adet kademeye sahiptir. Kademelerin programlanması için röle üzerinde bulunan programlama ünitesi çıkarılır ve içinde çeşitli köprüler yapılarak kademeleri ileri veya geri yönlerde çalışacak şekilde seçilir. Böylelikle röle istenilen biçimde programlanmış olur. Sistem özelliklerine göre rölenin sahip olduğu 8 adet programdan birisi seçilir.

Şekil 4.35 AEG (SD 135) statik mesafe rölesinin ünitelerini göstermektedir.

WI 461	Akım giriş ünitesi
WU 360 / 1	Gerilim giriş ünitesi
LA 135 / 1	Yön seçme ünitesi
MZ 301 / 1	Aşırı akım ünitesi
UZ 303	Min. Empedans başlatma ünitesi
φZ 302	Açısal başlatma ünitesi
MD 212	Ölçme ve yön elemanı
ZD 314	Empedans ayarı ünitesi
NS 102	Hafıza ünitesi
T 550 / 1	Zaman ayar ünitesi
LD 135 / 1	Programlama ünitesi
ATR 70	Sinyal üniteleri
RL 56	Röle kartı
NB 51 / 2	DC / DC konvertör ünitesi
GS 200 / 1	Gerilim stabilizatörü ünitesi



Şekil 4.35 AEG (SD 135) statik mesafe rölesine ait üniteler
 Kaynak: T.E.K. Batı Röle ve Ölçü Aletleri Grup Müdürlüğü, (1988), "AEG SD 135 Statik Mesafe Rölesi Kataloğu", İzmir.

4.4.2.2 AEG (SD 135) Elektronik mesafe rölesinin ayarı

Rölenin ayarı yapılırken öncelikle bir hat üzerindeki istasyonlar arası sekondere indirgenmiş reaktanslar hesaplanır. Örneğin,

$$1. \text{ istasyon reaktansı } X_{1S} = \%85 \cdot X_1 \frac{A.T.O}{G.T.O} \quad (4.59)$$

$$2. \text{ istasyon reaktansı } X_{2S} = \%85 (X_1 + \%85 X_2) \times \frac{A.T.O}{G.T.O} \quad (4.60)$$

$$3. \text{ istasyon reaktansı } X_{3S} = \%85 (X_1 + \%85 (X_2 + \%85 X_3)) \times \frac{A.T.O}{G.T.O} \quad (4.61)$$

formülleriyle hesaplanır. Bu hesapların ardından başlatma ayarlarının seçimi gerçekleştirilir. U_F / U_N ; $U_F / U_{N/\sqrt{3}}$, I_F / I_N değeri belirlenir.

Bu işlemden sonra sıra kademe ayarlarının hesabına gelmektedir. Rölede kullanılacak program belirlendikten sonra kademe ayarları aşağıdaki formüle göre yapılır.

$$Z_n = \frac{1,7 \cdot I_N}{C} X_{ns} \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (4.62)$$

Z_n = n. kademe ayarı

X_{ns} = n. istasyona ait sekondere indirgenmiş reaktans.

C = katsayı olup hassas bir ölçüm için 10 alınır.

Kademe ayarlarının ardından, zaman röleleri vasıtasıyla herbir kademe için zaman ayarları yapılır. Bu şekilde röle ayarı gerçekleştirilmiş olur.

4.4.3 Siemens (7SA 511) Dijital mesafe rölesi

Dijital hat koruma rölesi Siemens (7SA 511); ağ şebekelerin herhangi bir tipinden ring yada radyal tek veya çok beslemeli havai hat ve kablolarda, toprak ve faz arızalarının tüm çeşitlerinin hızlı, güvenilir ve selektif olarak giderilmesini sağlar. Sistemin yıldız noktası düşük dirençle topraklı, izole veya kompanze edilmiş olabilir. Dijital hat koruma rölesi, hat besleme devresinin korunması için tüm fonksiyonları içerir ve böylelikle her yerde

uygulanabilir. Bu röle; transformatörler, generatörler, busbarlar ve hatlara ait diferansiyel koruma sistemleri için zaman aşamalı artçıl koruma gibi de kullanılabilir.

Rölenin temel fonksiyonu; empedans ölçümüyle kısa devre mesafesinin tesbitidir. Bu temel fonksiyona, güç salınımı ilavelerini, toprak arızası bulma (izoleli veya kompanze edilmiş şebekeler için), yüksek duyarlılıklı yönlü toprak arıza koruması (topraklı şebekeler için), otomatik tekrar kapama (havai hatlar için) ve arıza yerini saptamayı sağlayan opsiyonel fonksiyon modülleride eklenebilir. Bu gibi ek fonksiyonlar rölenin yapısındaki mikroişlemci yazılımının değiştirilmesi sonucu sağlanabileceğinden, diğer tip röleler gibi dış aksesuarlar gerekmemektedir.

Röle içinde ölçülen değerlerin devamlı kontrolü, ölçü transformatör devrelerinde herhangi bir arızanın hızlı olarak bildirilmesini sağlar. Rölenin yapısında bulunan seri haberleşme yolları ile diğer dijital kontrol ve depolama düzenekleriyle iletişim kurulabilir ve röleye dışarıdan bir PC yardımıyla müdahale edilebilir. Bu nedenle röle otomasyona yönelik rahatlıkla kullanılabilir. Siemens 7SA 511 dijital mesafe koruma rölesinin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 16 bit - mikroişlemci,
- Kesici için verilen açma ve kapama kararına kadar ölçülen değerlerin dijitalleştirilmesi, bu değerlerin işlemi ve kontrolü
- Analog giriş transdüserleri, binary giriş ve çıkış modülleri ; DC çevirici ekranlanmış sistemin; ölçüm, kontrol ve kaynak devrelerinden galvanik ve güvenilir ayırımı
- Yüksek gerilim besleme devresinin korunması için gereken fonksiyonların tamamıyla yer alması
- Aşırı akım veya gerilim kontrollü (U / I) başlatma
- Toprak arızaları için ayrı direnç ayarlı, direnç ve reaktans eksenini boyunca bağımsız olarak ayarlanabilen çokgen açma karakteristiği,
- Seçilebilir geniş ek fonksiyonlar,
- Çalışma süresince ölçülen değerlerin devamlı hesabı ve ekranda gösterimi,
- Kişisel bir bilgisayara bağlanarak veya ortak bir çalışma paneli üzerinden işletilme ve basit ayar,
- Arıza kaydı için bir arıza süresince, ani değerlerin ve arıza bilgisinin depolanabilmesi,
- Seri terminaller vasıtasıyla merkezi kontrol ve depolama düzenekleriyle iletişim

Dijital mesafe koruma rölesi 7SA 511'in sahip olduğu fonksiyonlar ise,

- Mesafe koruması
- Güç salınımları tesbiti
- Aşırı akım koruması
- Toprak arıza taraması (opsiyonel)
- Arıza mesafesinin tesbiti
- Otomatik tekrar kapama fonksiyonu
- D.C devrelerin, açma röleleri akım ve gerilim transformatörlerinin sürekli kontrolü, bunun sonucu elde edilen max geçerlilik ve doğruluk,
- Normal yük durumları altında ölçüm ve test,
Yük akımları ve çalışma gerilimlerinin ölçümü
Güç ve frekans ölçümü
- Gerçek zaman (real - time) saatli, son üç şebeke arızası için ihbar kaydı.
- Arıza kayıtlarının iletimi ve bilgi depolanması.
Hızlı arıza analizleri, detaylı arıza kayıtları
- Arıza bilgisinin kaydı gibi açma ve kapama emirlerinin sayımı,
- Yön tahkiki ve kesici hayat testi gibi ilave yardımlar.

4.4.3.1 Rölenin çalışma prensibi

Dijital hat koruma rölesi 7SA511, 16 bitlik güçlü bir mikroişlemci ile teçhiz edilmiştir. Bu yapı ölçülen değerlerin gerekli veri yapısına dönüştürülerek açma sinyalleri üretilmesine kadar tüm işlemlerin sayısal olarak gerçekleştirilmesini sağlar. Şekil 4.36 dijital hat koruma rölesi 7SA 511'in temel yapısını göstermektedir. Ölçü girişlerindeki transdüserler yardımıyla ölçü trafolarından gelen (ME) akım ve gerilim bilgileri dahili işletim seviyelerine dönüştürülür. Giriş trafoları galvanize ve düşük sığalı izole yapıyı oluşturur. Filtreler her tür bozucu etkinin ölçülen değerler üzerindeki etkisini ortadan kaldırır. Filtreler ölçülen değerlerin göreceği işlemlere uygun band genişliği ve hızına uygun olarak tasarlanmıştır. Uygun seviyelere dönüştürülmüş analog bilgiler daha sonra analog giriş ünitesine (AE) aktarılır.

Analog giriş ünitesi (AE) giriş yükselticileri, herbir giriş için örnekleme ve tutma elemanları, analog-dijital çeviricileri ve mikroişlemciye veri transferi için gerekli hafıza

devrelerinden oluşmuştur. Mikroişlemci ölçülen değerlerin denetim ve gözlenmesi yanında gerekli koruma fonksiyonlarını da yerine getirir. Özetle:

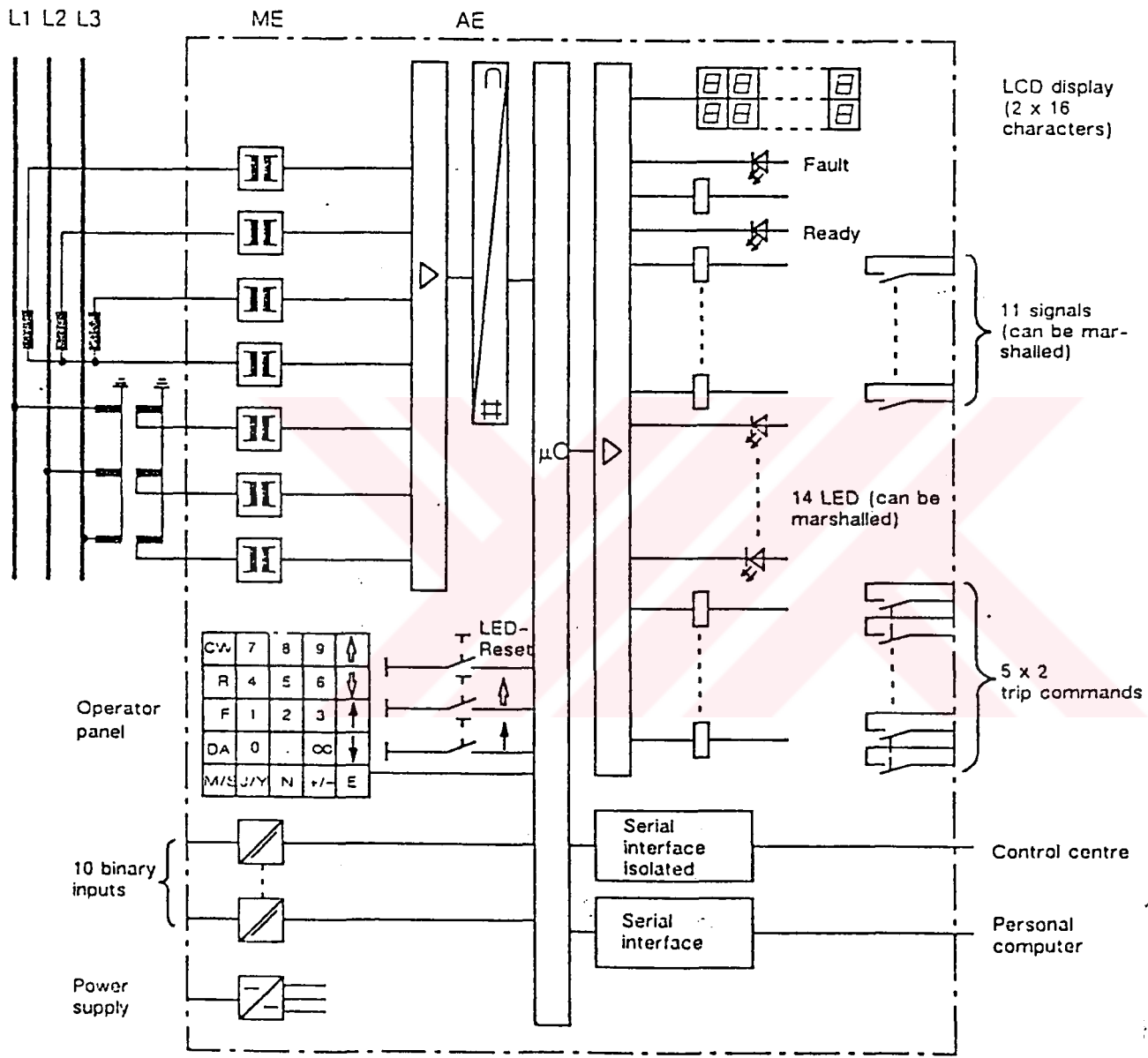
- Ölçülen değerlerin filtrelenmesi ve biçimlendirilmesi
- Başlatma için gerekli olan ölçülen değerlerin ayar değerleriyle karşılaştırılması için gerekli her tür hesaplama (sürekli olarak),
- Arıza sırasında arızalı fazların tesbiti,
- Sınır değerlerin ve zaman sıralarının sürekli taranması
- Açma kararı,
- Analiz için arıza sırasında anlık akım ve gerilim bilgilerinin hafızaya alınması.

Mikroişlemciye ait ikil (binary) giriş ve çıkışlar, giriş / çıkışlarla şalt sahası bilgilerini veya karşı taraftaki röleden gerekli bilgileri alır. Çıkışlardan aynı zamanda kesiciye açma bilgisi, panoya sinyaller veya röle üzerindeki göstergeye yazılı bilgiler de iletilir.

Röle üzerinde bulunan tuş takımı ve LCD gösterge yardımıyla röleyle iletişim kurulabilir. Röle üzerindeki tuş takımı yardımı ile bütün işletim verileri (ayar değerleri, sistem bilgileri v.b) röleye verilebilir. Yine aynı pano yardımıyla röle üzerindeki ayar değerlerine, arıza olduysa arızaya ait bilgilere erişilebilir. Röle ile iletişim kurmak için bu panodan yararlanılabileceği gibi seri arabirim aracılığıyla bilgisayar bağlantısı yapılarak bilgisayar üzerinden de iletişim kurulabilir.

İkinci (isteğe bağlı) seri arabirim aracılığı ile arıza verileri merkezi işleme ünitesine aktarılabilir. Normal işletme şartlarında da yük akımı gibi ölçülen değerler merkezi işleme ünitesine aktarılabilir.

Açıklanan fonksiyon birimlerine uygun gerilim seviyelerinde gerilim üreten yardımcı güç kaynağı mevcuttur. Röle çıkışı için + 24V kullanılır. Analog girişler için ± 15 V, mikroişlemci ve mikroişlemci ile doğrudan bağlantılı elemanlar içinse ± 5 V gerekir.



Şekil 4.36 7SA 511 Dijital mesafe rölesinin donanım yapısı
Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

4.4.3.2 Mesafe koruma

Mesafe koruma, rölenin ana fonksiyonudur. Verilen şebeke karakteristiklerine göre yüksek doğruluğa sahip ölçüm ve istenen her türlü bilgiyi elde etmeye elverişli hesaplama karakteristiğindedir. Fonksiyonları yardımcı fonksiyonlarla genişleyebilme özelliğine sahiptir.

4.4.3.2.1 Başlatma

Başlatma fonksiyonu, şebekede bir arıza meydana geldiğinde bu arızayı tespit etme ve arızanın seçici bir şekilde temizlenmesi için gerekli işlem basamakları başlatma olarak nitelendirilir;

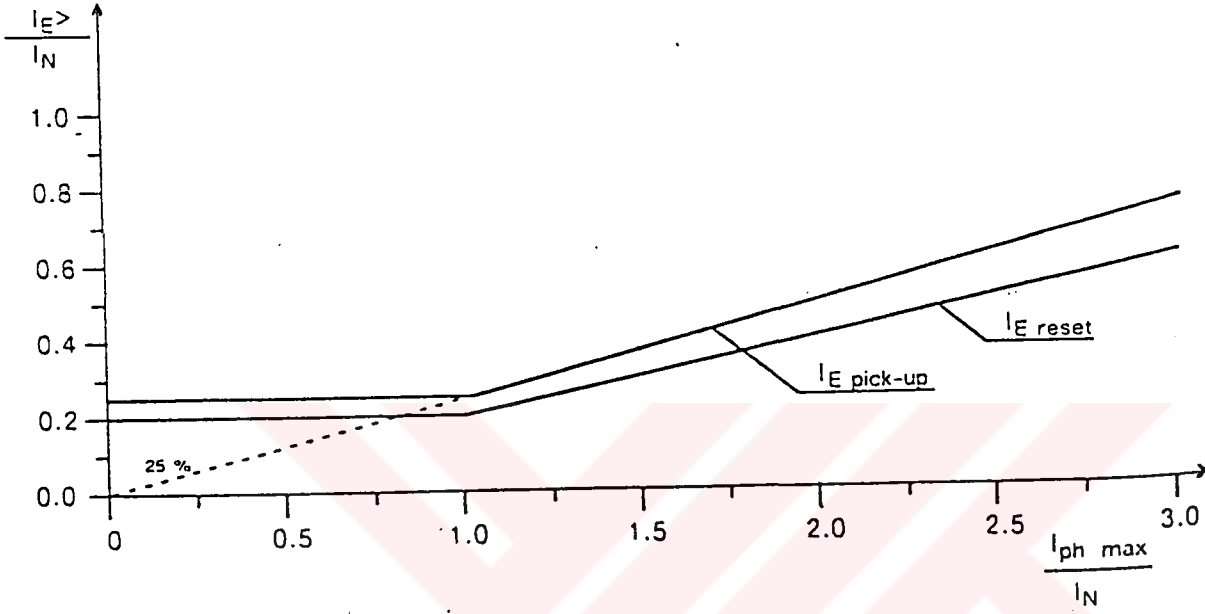
- Zaman gecikmelerini başlatma,
- Ölçülen değerlerin seçilmesi
- Empedans hesaplamaları ve yön tayini işlemlerinin başlatılması
- Açma komutunun üretilmesi,
- Yardımcı fonksiyonların başlatılması
- Arızaya ait bilgilerle ilgili sesli, ışıklı çıkış bilgilerinin üretilmesi

Mesafe koruma rölesi çeşitli başlatma fonksiyonlarına sahiptir. Sistemin, şebekenin özelliklerine göre en uygunu seçilir. Aşırı akım başlatma yüksek mertebeli kısa devre akımlarında çalışır. Eğer sistemde yük akımı ile kısa devre akımı arasında çok fark yoksa düşük empedans ya da empedans başlatmanın seçilmesi daha uygundur. Dijital mesafe koruma rölesi 7SA 511'in başlatma seçenekleri, toprak başlatma, aşırı akım başlatma, empedans başlatma, gerilim kontrollü (düşük empedans) başlatma olarak sıralanabilir.

4.4.3.2.1.1 Toprak başlatma

Bir arıza meydana geldiğinde bunun toprak arızası olup olmadığı ölçüm yapılacak loop'un (çevrimin) belirlenmesi açısından önemlidir. 7SA 511 rölesi, düzenli toprak akımı ölçümüyle birlikte fark (rezidüel) gerilimi de ölçebilecek şekilde tasarlanmıştır. Toprak akımı kontrol elemanı, toplam faz akımının temel dalgasını ($I_E = 3I_O$) eşik değerle karşılaştırır. Söz konusu toprak akımı; asimetrik normal çalışma akımı veya faz-faz arızalarında (topraksız

arızalarda) akım trafolarının farklı doyma karakteristiklerinden kaynaklanan bozulmuş sekonder akımları sebebiyle rölenin hatalı başlatma almamasını sağlama amacıyla faz akımı arttıkça otomatik olarak başlatma eşik değeri de artacak şekilde ölçümlere dahil edilir. Şekil 4.37 toprak akımı kontrol elemanına ait başlatma eşik karakteristiğini göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi 0,25 ayar değeri için yatay eksen uygun değişik ayar değerleri için kaydırılmıştır. Bırakma değeri başlatma değerinin % 95’dir.



Şekil 4.37 Toprak akımı kontrol elemanı - Başlatma eşik karakteristiği
Siemens, (1993), “7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue”, Germany.

Fark (rezidüel) gerilimini denetleyen ünite fark gerilimi ($U_E = \sqrt{3} U_0$) temel dalgasını ayarlanan eşik değeriyle karşılaştırır. Bırakma değeri başlatma değerinin % 95’dir. Doğrudan veya direnç üzerinden topraklı şebekelerde toprak akımını veya fark gerilimini denetleyen ünitelerin başlatma alması rölenin genel başlatma alması anlamını taşımaz, sadece diğer başlatma ünitelerinin denetimini başlatır. İzole sistemlerde ise, fark gerilimi denetleme ünitesi doğrudan toprak başlatma olarak kullanılır.

4.4.3.2.1.2 Aşırı akım başlatma

Aşırı akım başlatma, faz seçmeli arıza başlatmadır. Her faza ait akım bilgileri filtrelerden geçirilmiş, dolayısıyla da her tür bozucu etkiden arındırılmış olarak ayarlanan eşik değerleriyle sürekli karşılaştırılarak denetlenir. Hangi faz veya fazlara ait eşik değerleri aşılmışsa bu

bilgiyle birlikte röle başlatma olarak sinyal üretir. Aşırı akım ünitesinin başlatma almasına neden olan akım değeri eşik değerin % 95'nin altına düştüğünde aşırı akım başlatma ünitesi sıfırlanır.

4.4.3.2.1.3 Empedans başlatma

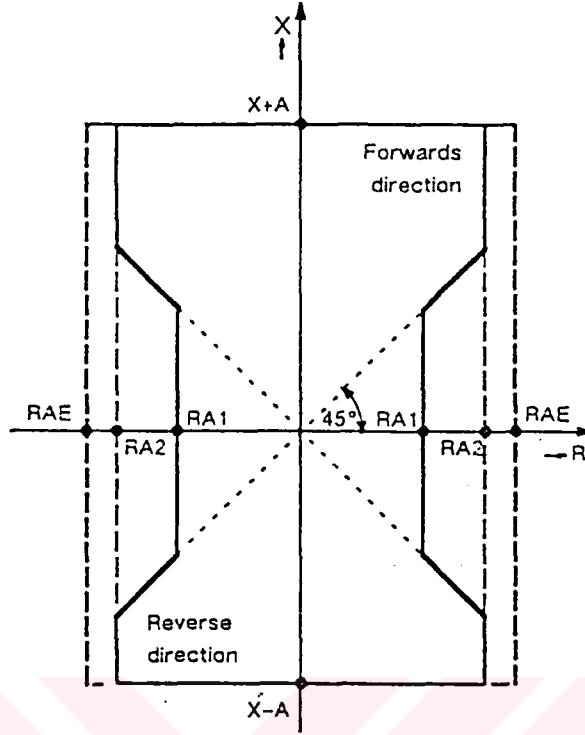
Empedans başlatması loop seçmeli başlatmadır. Loop empedansının hesaplanması için en azından arızalı bir faza ait akımın, loop akımını oluşturan fark akımında olduğu gibi ayarlanabilen minimum $I_{ph} >$ ile gösterilen eşik değeri aşmış olması gerekir. Empedansı oluşturan R ve X değerleri her bir peryot zamanında ayrı ayrı hesaplanır ve ayar değerleriyle karşılaştırılır. Şekil 4.38'de R / X düzleminde çizilmiş örnek bir empedans başlatma karakteristiği gösterilmektedir. Koyu renk kesikli çizgiler empedans başlatma poligonunun şeklini belirleyen, ayarlanan parametrelerce tanımlanmaktadır.

X eksenindeki kesim noktaları rölenin ileri ($X + A$) (hat tarafında) ve geri ($X - A$) (bara tarafında) yön menzillerini belirtmektedir. Poligonal karakteristiğin R eksenindeki kesim noktaları faz-faz loopları için RA1 ve faz-toprak loop'ları için RAE olmak üzere ayrı ayrı ayarlanabilmektedir. Böylelikle faz-toprak arızaları için olası ark direnci için daha geniş bir tolerans sağlanmış olur. (Şekil 4.38'de kalın kesikli çizgilerle belirlenen bölge) Özellikle uzun ve yüklü hatlar için yük koşullarıyla, arıza durumunun garantili bir şekilde ayırımının yapılabilmesi faz-faz arızalarına ait poligon karakteristiğinin kesim noktalarının faz açısına bağlı olarak ayarlanmasıyla sağlanabilir. R eksenindeki RA2 değeri 45° 'den büyük faz açıları için, RA1 değeri ise 45° 'den küçük faz açıları için geçerlidir.

Empedans vektörü başlatma poligonu içine girmesiyle röle başlatma alır ve hesaplamalara başlar. Birden fazla loop'a ait başlatma söz konusu olursa röle söz konusu geçerli loop'lara ait en küçük empedans değerinin % 150'den büyük empedansa sahip loop'ları dikkate alır. Bu sayede küçük kaynak empedansına sahip koşullarda arıza akım ve geriliminin arızasız loop'lara etkisiyle rölenin hatalı başlatma alması önlenmiştir.

Faz-toprak arızalarında empedans başlatma, aşırı akım başlatma ile yedeklenmiştir; arızalı loop bir önceki paragrafta açıklandığı gibi eğer elenmişse aşırı akım ile rölenin başlatma alması sağlanır. Yüksek akımlı birden fazla faz-toprak arızalarında eğer ilgili

loop'lar yine yukarıda açıklandığı gibi elenmiş olsa bile aşırı akım başlatması ile rölenin başlatma alması garantelenmiş olur.



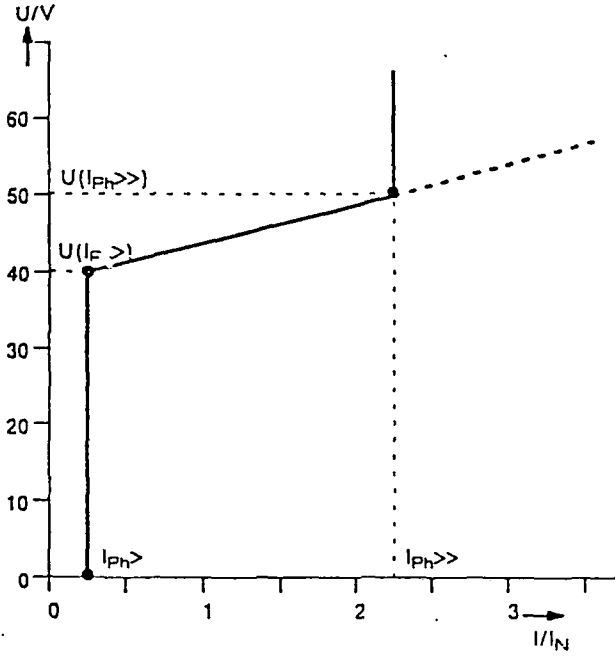
Şekil 4.38 Empedans arıza başlatma karakteristiği
Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

Empedans başlatma sadece toprak arızaları içinde kullanılabilir. Bu durumda, ölçümleri toprak başlatma ile tetiklenir ve faz-faz arızaları için empedans başlatma etkisizdir. Bunun yerine aşırı akım başlatma etkilidir. Bu tür başlatma programı, kısa devre akımının faz-faz arızalarında aşırı akım başlatma için yeterli olup, faz-toprak arızaları için ise yetersiz olduğu direnç üzerinden topraklı sistemler için avantajlıdır.

4.4.2.1.4 Gerilim kontrollü (Düşük empedans) başlatma

Gerilim kontrollü başlatma loop bilgilerini de değerlendiren faz seçmeli başlatmadır. Rölenin başlatma alması loop geriliminin büyüklüğüne bağlı olarak faz akımlarının eşik değerini aşmasıyla gerçekleşir. Şekil 4.39'da temel akım / gerilim karakteristiği görülmektedir. Her faza ait başlatma için gerekli ilk koşul en küçük faz akımı " $I_{ph} >$ " 'ın aşılmasıdır. Bu akım değerinin üzerindeki akımlar için, eğimi $U (I >)$ ve $U (I \gg)$ ile tanımlanan gerilim kontrollü aşırı akım başlatma devreye girer. Bir faza ait başlatma eğer

İlgili faza ait akım nominal değerinin % 95'nin altına düşer veya gerilim nominal değerinin % 105'nin üzerine çıkarsa reset (sıfırlama) olur.



Şekil 4.39 Temel akım / gerilim karakteristiği
Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

Röle yukarıda anlatıldığı gibi faz-toprak veya faz-faz gerilimlerince denetlenen üç ayrı başlatma ünitesine sahiptir. Rölede ayarlanan parametreler, rölenin faz-toprak gerilimini ya da faz-faz gerilimini kontrol ederek mi yoksa toprak başlatmaya bağlı olarak mı başlatma alacağı belirlemede kullanılır. Bu ise sistem koşullarına en uygun başlatma seçeneğini belirleyebilme konusunda esneklik sağlar. En uygun koruma yönteminin seçimi ağırlıklı olarak sistemin yıldız noktasının doğrudan, direnç veya bobin üzerinden topraklı ya da izole olmasına bağlıdır.

U_{ph-E} faz-toprak gerilimi ile başlatma denetimi topraklı arızalarda rölenin çok hassas davranmasını sağlar ve bu nedenle direkt topraklı sistemler için avantajlıdır. Başlatma için U_{ph-ph} faz-faz gerilimi denetimi seçilmişse rölenin faz-faz arızaları için hassasiyeti daha artar. Bu ise kompanze sistemler için avantajlıdır.

Gerilim loop'larının toprak başlatmaya bağlı olma seçeneği kullanılacaksa, röle faz-toprak arızalarında çok hassas olup faz-faz arızalarında ise hassasiyet bakımından ikinci planda yer verir. Bu temelde yıldız noktasının nasıl olduğundan bağımsızdır, röle her türlü toprak arızası için bölüm 4.4.3.2.1.1'de belirtilen toprak başlatma koşullarının yerine getirildiğini kabul eder.

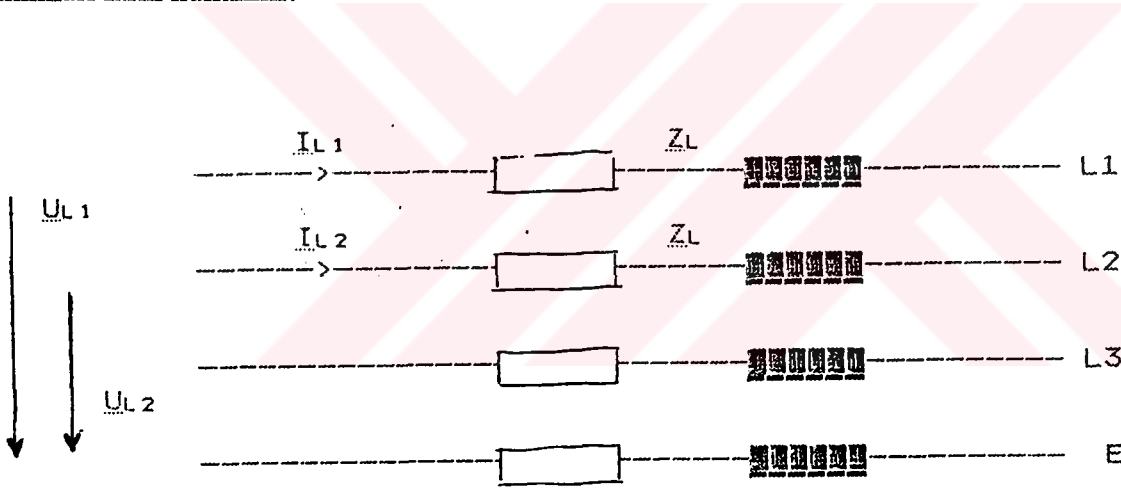
4.4.3.3 Arıza empedansının hesaplanması

Röle ölçülen değerlerin belirlenmesi yardımıyla arıza loop'una ait R ve X değerlerini ayrı ayrı hesaplar. Başlatma elemanı işleme başladığı andan itibaren hesaplamalar kesintisiz olarak yapılmaya başlanır. Arıza öncesi en son yarı peryottan itibaren anlık akım ve gerilim bilgileri hesaplamalarda kullanılır.

Hesaplama hat tanımının toplamıdır:

$$L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i = u \quad (4.63)$$

Bu ise rölenin açma karakteristiği ayar değerlerinden bağımsız olarak, kısa devre loop'una ait R ve X değerlerinin ayrı ayrı belirlenmesine olanak sağlar. Şekil 4.40'da görülen faz-faz kısa devresinde faz-faz loop'una ait hesaplamalar için anlık faz-faz gerilimi ve faz akımları farkı kullanılır.

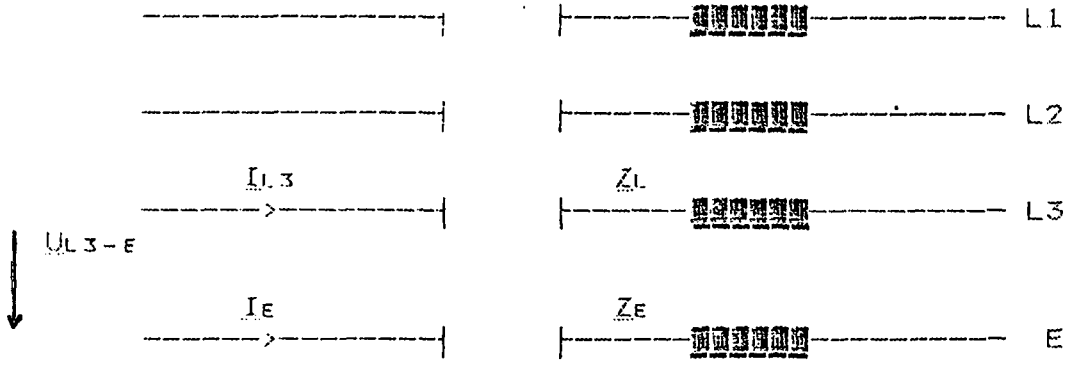


Şekil 4.40 Faz-faz kısa devresi gerçekleşmiş bir hat
Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

L = X'i göstermek üzere

$$L \cdot \left(\frac{dI_{L1}}{dt} - \frac{dI_{L2}}{dt} \right) + R (I_{L1} - I_{L2}) = U_{L1} - U_{L2} \quad (4.64)$$

Şekil 4.41'de görülen faz-toprak kısa devresinde faz-toprak loop'una ait hesap;



Şekil 4.41 Faz-toprak kısa devresi gerçekleşmiş bir hat

$$I_{L3} R + L \cdot \frac{dI_{L3}}{dt} - R_E \cdot I_E - L_E \cdot \frac{dI_E}{dt} = U_{L3-E} \quad (4.65)$$

$$R_E \text{ yerine } R_E = \frac{R_E}{R_L} \cdot R \quad L_E \text{ yerine } L_E = \frac{X_E}{X_L} \cdot L \text{ konulursa 4.65 eşitliği;}$$

$$L \left(\frac{dI_{L3}}{dt} - \frac{X_E}{X_L} \cdot \frac{dI_E}{dt} \right) + R \left(I_{L3} - \frac{R_E}{R_L} I_E \right) = U_{L3-E} \quad (4.66)$$

eşitliği haline gelir ve bu eşitlik kullanılır. R ve L ($L = X$) empedans bileşenlerine ihtiyaç vardır. Hesaplanan X_L reaktansı arıza noktasına kadar olan hat reaktansıdır. Bununla arızanın yeri belirlenir. Direnç değeri ise iletken direnç değeri R_F 'den oluşmuştur.

Not:

R_E / R_L ve X_E / X_L faktörleri fiziksel anlamı olmayan matematiksel büyüklüklerdir ve hat karakteristiklerinden kolayca hesaplanabilirler.

$$\frac{R_E}{R_L} = \frac{1}{3} \left(\frac{R_0}{R_1} - 1 \right) \text{ ve } \frac{X_E}{X_L} = \frac{1}{3} \left(\frac{X_0}{X_1} - 1 \right) \text{ dir.}$$

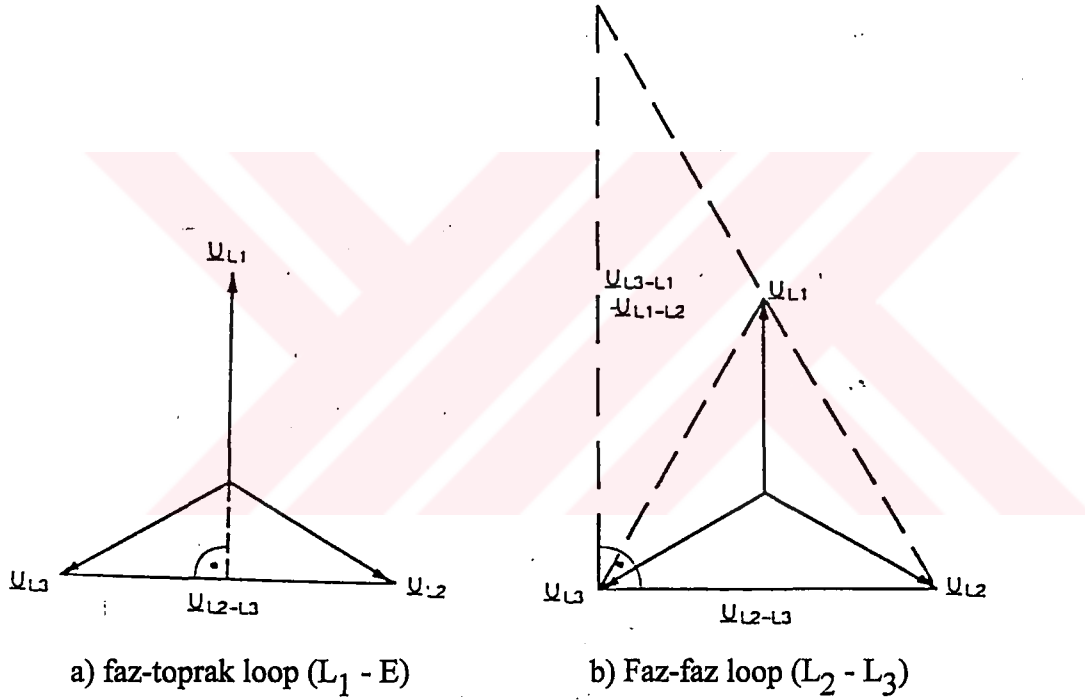
R_0, X_0 = Hat empedansının sıfır bileşenleri

R_1, X_1 = Hat empedansının pozitif bileşenlerini göstermektedir.

4.4.3.4 Yön belirleme

Arızanın yönü, arızanın yerinin hesaplanmasına benzer şekilde belirlenir. Yön belirlemede polarize ve hafızaya alınan arıza öncesi referans gerilimi kullanılır. Empedans gerilimi tamamıyla sıfırlansa bile röle yukarıda belirtilen özelliği sayesinde her tür arızada yönü doğru olarak tayin eder.

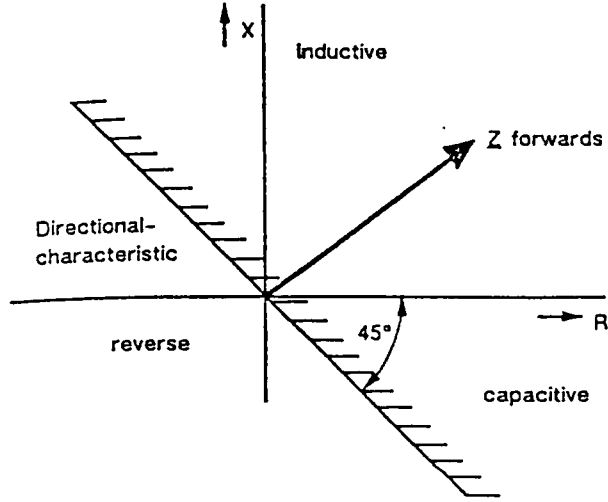
Faz-toprak ve faz-faz loop'una ait referans gerilimi ile kısa devre gerilimi arasında her zaman 90° vardır. (Şekil 4.42) Bu hesaplamalarda yön vektörü olarak düşünülür. Şekil 4.43 ise teorik hat yönünü göstermektedir. Pratikte yön karakteristiğinin konumu arıza öncesi hat tarafından çekilen yük akımına bağlı olduğu gibi kaynak empedansında bağlıdır.



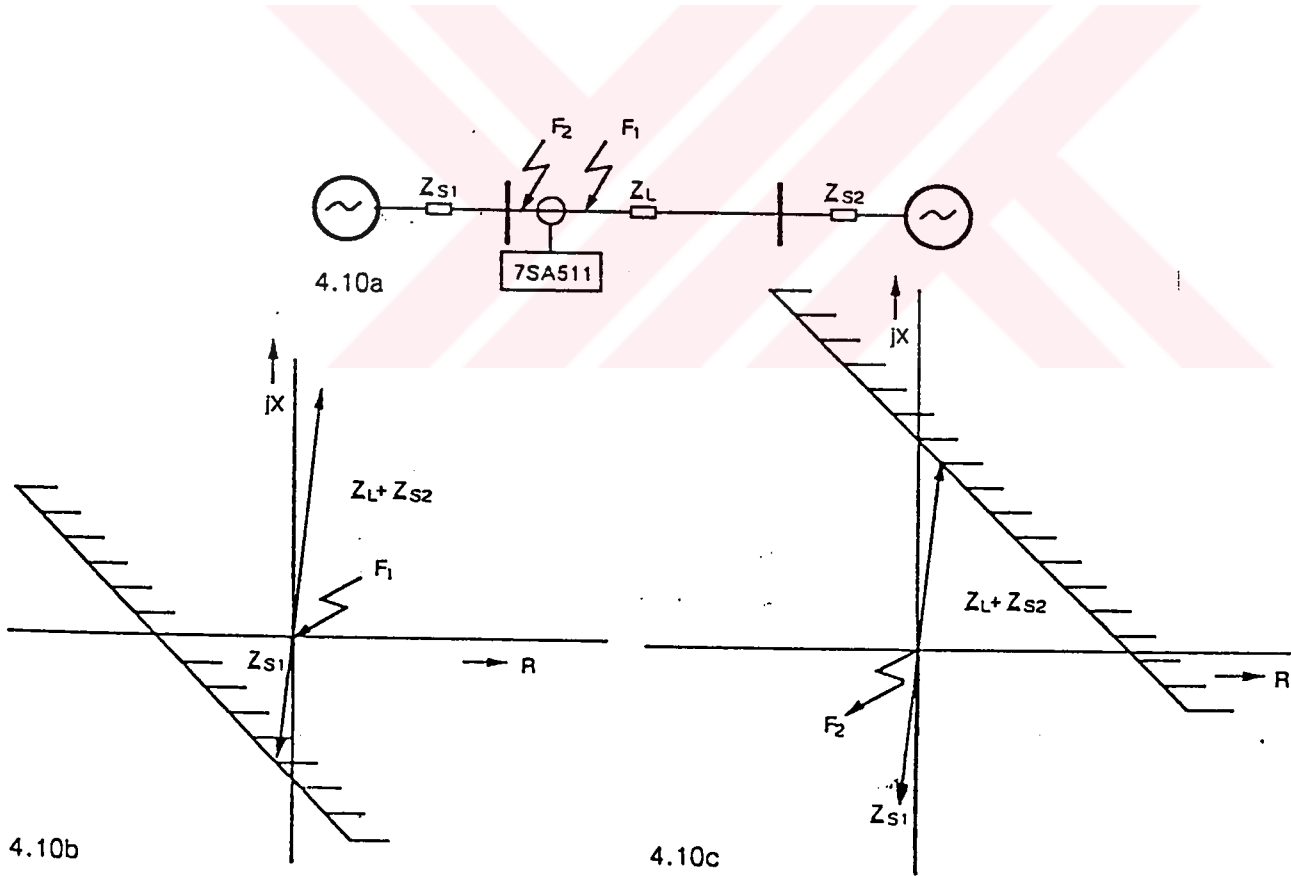
Şekil 4.42 Yön tesbiti için referans gerilimler

Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

Şekil 4.44'de yük akımı dikkate alınmadan sadece kaynak empedansına bağlı yön karakteristiği görülmektedir. Görüldüğü gibi arızasız gerilim kaynak gerilimine eşittir ve arıza sonrasında da değişmez. Aynı şekilde (şekil 4.44) yön karakteristiğinin empedans (R , X) düzleminde kaynak şekil 4.44.a'da görüldüğü üzere F_1 arızası yeri ileri yöndeysse kaynak empedansı geri yöndedir. Rölenin bulunduğu yerin önündeki tüm arızalar ileri yön olarak algılanır. (şekil 4.44.b) Akım ters yönden akmaya başladığı anda yön karakteristiği de yer değiştirir. (şekil 4.44.c) Kaynak empedansı $Z_{S2} + Z_L$ tarafından belirlenen ters akım, akım trafosuna (ölçüm noktasına) doğru akmaya başlar.



Şekil 4.43 7SA 511 mesafe rölesine ait yön karakteristiği
Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

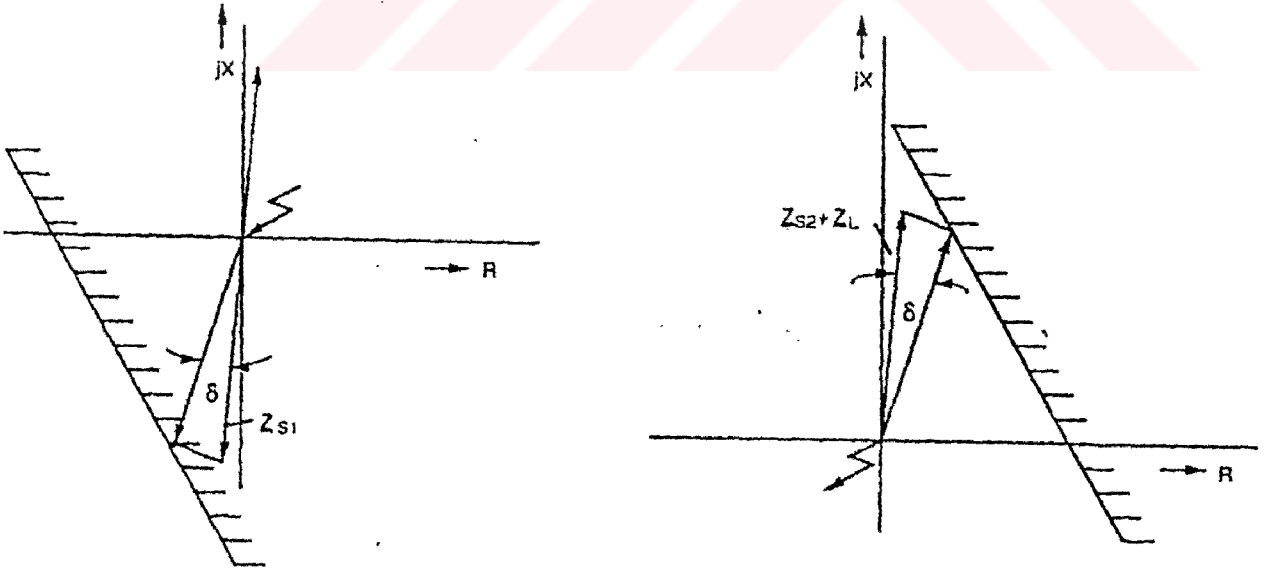


Şekil 4.44 Kaynak empedansına bağlı yön karakteristiği
Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

Eğer hat bir yükü beslemekteyse, bu kaynak empedansı tarafında bir gerilim düşümüne neden olur. (şekil 4.45.a) Ölçüm noktasında ölçülen gerilim bu durumda U gerilimi olup kaynak gerilimi E değildir ve yön karakteristiği yük açısı (δ) kadar döner. (Şekil 4.45.b ve 4.45.c)



Şekil 4.45.a Yüklü bir hatta toprak arızası için gerilim vektör diyagramı
Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.



Şekil 4.45.b.c Yük akımı ve kaynak empedanslı yön karakteristiği
Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

4.4.3.5 Açma karakteristiği

Dijital mesafe koruma rölesi 7SA 511'in açma kademeleri poligonal karakteristiktir. Poligon karakteristiğin yön karakteristiği ve her kademeye ait reaktans ve direnç sınırları vardır. Reaktans eksenini kesim noktaları (X) ve direnç eksenini kesim noktaları (R) birbirinden bağımsız olarak röle üzerinde ayarlanabilir. Ayrıca direnç eksenini kesim noktaları toprak arızalarında olası yüksek toprak dirençli arızalar için rölenin performansını artırmak amacıyla istenirse faz-faz ve faz-toprak arızaları için ayrı ayrı ayarlanabilmektedir. Şekil 4.46 rölenin açma karakteristiğini göstermektedir. R1, R2, R3 faz-faz arızaları için, R1E, R2E, R3E ise faz-toprak arızaları için direnç ayar değerleridir.

Röle aşağıda anlatılan birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilen kademelere sahiptir:

1. Kademe (ani kademe) Z1 ayar parametreleri;

X1 reaktans = menzil

R1 faz-faz arızası için direnç ayarı

R1E faz-toprak arızası için direnç ayarı

T1 $T1 = 0$ veya gecikmeli, ayrıca isteğe bağlı olarak tek faz arızaları için ayrı,

birden çok fazlı arızalar için aynı zamanlar ayarlanabilir.

2. Kademe (gecikmeli artçıl koruma kademesi) Z2 ayar parametreleri,

X2 reaktans = menzil

R2 faz-faz arızası için direnç ayarı

R2E faz-toprak arızası için direnç ayarı

T2 gecikme zamanı

3. Kademe (gecikmeli artçıl koruma kademesi) Z3 ayar parametreleri:

X3 reaktans = menzil

R3 faz-faz arızası için direnç ayarı

R3E faz-toprak arızası için direnç ayarı

T3 gecikme zamanı

Bu üç bağımsız kademelerin yanısıra gerektiği durumlarda aktif hale getirilebilen iki adet kontrollü kademe daha mevcuttur. Bu kademeler;

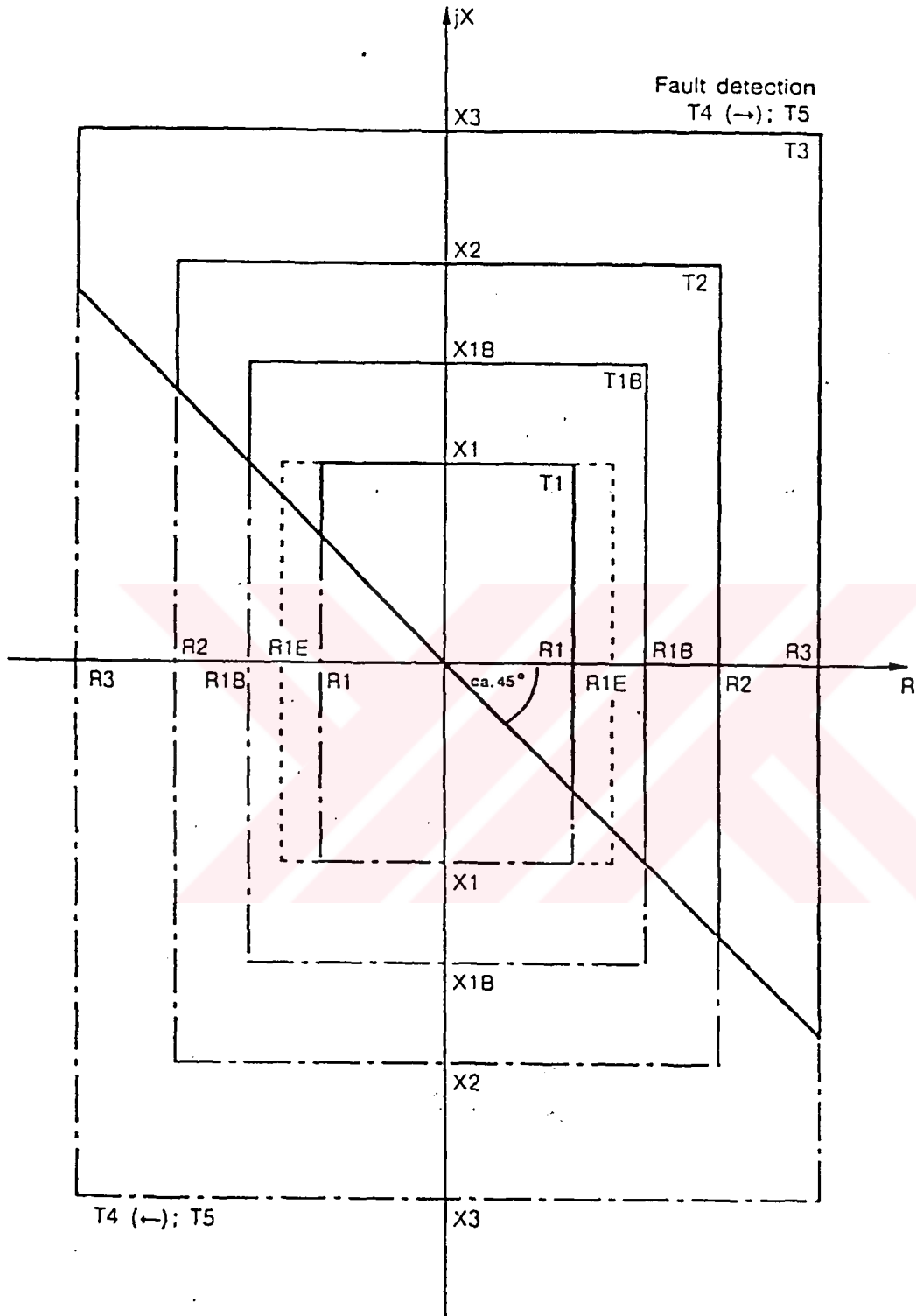
- Menzil uzatma amacına yönelik (kuranportörlü koruma, otomatik tekrar kapama için kullanılabilir) aşırı menzil Z1B kademesi ayar parametreleri:

- X1B reaktans = menzil
- R1B faz-faz arızaları için direnç ayarı
- R1BE faz-toprak arızaları için direnç ayarı
- T1B T1B = 0 veya gecikmeli olabilir.

- Birden fazla otomatik tekrar kapama (2. ve daha sonraki periyotlarda oluşan, gecikmeli otomatik tekrar kapama - DAR) ile aktif hale getirilebilen Z1L aşırı menzil kademesi ayar parametreleri:

- X1L reaktans = menzil
- R1L faz-faz arızaları için direnç ayarı
- R1LE faz-toprak arızaları için direnç ayarı
- T1L T1L = 0 veya gerekirse gecikmeli

Tüm bu kademeler ileri yöne, geri yöne ve yön­süz olarak ayarlanabilmektedir. Karakteristik şekli ve menzil ayarları başlatma seçeneklerinden hangisinin seçildiğine bağlı olarak tanımlanır. Örneğin empedans başlatmanın mevcut olduğu modellerde ZA başlatma kademesi mevcuttur.



Şekil 4.46 7SA 511 rölesine ait açma karakteristiği
Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

4.4.3.6 Rölenin açma mantığı

Röle başlatma aldığı anda gecikme zamanı saymaya başlar. Seçilen arızalı loop empedansı ayarlanan kademe eşik değerleriyle karşılaştırılır. Ölçülen empedans hangi kademe içine düşüyorsa, o kademeye ait ayarlanan gecikme zamanı dolduğunda, arızanın yönü ayarlanan yön ile aynı ise açma gerçekleşir. Kademe 1 yani Z1 (ve Z1B) için gecikme zamanı sıfır olup arızanın bu kademe içine düştüğü teyid edildiği anda açma gerçekleşir. Baraya çok yakın arızalarda herhangi bir tranziyent aşırı menzil olmasının önlenmesi amacıyla ölçümler otomatik olarak tekrarlanır. Bu durum rölenin tepki zamanında çok az bir gecikmeye neden olabilir.

Kademe Z1 ve Z1B içine düşen tek faz arızalarında tek kutup açtırılabilir. Şebeke işletmesinde tek kutup otomatik tekrar kapama kullanıldığı durumlar için bu özellik önem kazanır. Birden fazla faz arızaları her zaman üç kutup açtırmayla temizlenir. Tek kutup otomatik tekrar kapama devrede değilse her tür arızanın temizlenmesi üç kutup açtırmayla gerçekleşir.

Açma komutunu yerine getirecek olan kesiciye açma komutunu iletecek uygun röleler seçilmiştir ve bu rölelerin herbirinin iki kapama kontağı mevcuttur. Başlatma reset olursa veya arıza akımı kesilirse açma röleleri otomatik olarak reset olur. Şekil 4.47 mesafe korumaya ait açma mantığının blok şemasını göstermektedir. Bu şemada yer alan;

Fault direction = Algılanan arıza yönünü

Direction 1,2,3, 1B, 1L = Ayarlanan yönleri

R_n , X_n ($n = 1,2,3,1B,1L$) = Ayarlanan empedans ve direnç değerlerini

R , $X = 0$ an için ölçülen değerleri

BI = Röleye açma ve kesiciye manuel açtırma gibi rölenin kontrol edilebileceği binary input girişlerini

TP (Tele - protection) = Diğer bir rölenin aç ihbarı vermesini

RAR (Rapid Auto - reclose) = Hızlı otomatik tekrar kapama ihbarını

DAR (Delayed Auto - reclose) = Gecikmeli otomatik tekrar kapama ihbarını

MC = Manuel kapama emrini

Direction F.D = Herhangi bir arıza yönünü

General fault = Mesafe arızası hariç herhangi bir arıza tipini

$[\geq 1]$ lojik OR kapısını $[\&]$ lojik AND kapısını $[=]$ lojik EX-NOR kapısını

ifade etmektedir. Örneğin; algılanan arıza yönü ile ayarlanan yön aynı ise “and” kapısına lojik 1 gelir. O an ölçülen direnç ve reaktans değerleri, ayarlanan direnç ve empedans değerlerinin altına düşmüşse and kapısına tekrar lojik 1 gelir. Daha sonra arıza tek kutuplu ve örneğin L1 fazında ise L1 fazındaki arızayı röle ihbar eder ve kesiciye açma komutu verilir. Rölenin açma mantığına ait diğer işlemlerde benzer şekilde yerine getirilebilir.

Şekil 4.48 7SA 511 dijital mesafe rölesine ait bağlantı diyagramını göstermektedir. Rölenin sahip olduğu terminalleri inceleyecek olursak röle yapısının solundaki terminaller röleye komut girişlerinin yapıldığı sağındaki terminaller ise röleden bilgi çıkışlarının gerçekleştiği terminallerdir.

Röleye komut girişlerinin yapıldığı terminaller,

- Akım ve gerilim trafoları ile irtibatlı terminaller
- D.C güç kaynağı ile irtibatlı terminal
- Rölenin sahip olduğu iki adet seri terminal
- 10 adet binary giriş terminallerinden oluşmaktadır. Diyagram üzerinde görülen binary (ikili) giriş terminallerini tek tek incelersek;

(Binary input 1) Remote reset LED: LED’lerin uzaktan kumandası resetlenerek röle üzerinden kumanda edilebilir.

(Binary input 2) V.T. m.c.b trip : Aşırı akım, arıza v.b. durumlarda gerilim trafosu tarafında gerilim sıfıra denk olursa, direnç oldukça düşer hatta sıfıra yaklaşır. Bu nedenle gerilim trafosundaki herhangi bir arıza sonucu rölenin yanlış açmasını önlemek amacıyla röle otomatikla bloke edilir. Bu terminalle otomatın açması sağlanabilir.

(Binary input 3) CB Aux . contact (Position ON) : Kesicinin yardımcı kontaklarını devreye alınabilmesini sağlayan terminaldir.

(Binary input 4) Manuel close : Kesiciye açma / kapama emrinin manuel olarak verilmesini sağlayan terminaldir.

(Binary input 5) Carrier receive; Rölenin bir başka röleden bilgi aldığı terminaldir.

(Binary input 6) Carrier receive faulty: Bilgi alımında herhangi bir arıza olduğunu bildiren terminaldir.

(Binary input 7) CB ready : Kesicinin hazır olmasını sağlayan terminaldir.

(Binary input 8) AR block : Otomatik yeniden kapamayı en baştan bloke etme terminalidir.

(Binary input 9) AR ON: Otomatik yeniden kapamanın devrede olmasını sağlayan terminaldir.

(Binary input 10) AR OFF: Otomatik yeniden kapamanın belli bir sayıda açma / kapama sonrası bloke olmasını sağlayan terminaldir.

Röleden bilgi çıkışlarının alındığı terminaller ise röle ile ilgili ihbar ve kesiciye açma-kapama komutlarını veren röle terminallerinden meydana gelir.

Bu terminalleri incelersek,

(Alarm relay 1) Carrier send: Diğer rölelere bilgi gönderiminin sağlandığı röledir.

(Alarm relay 2) AR inoperative: Otomatik tekrar kapamanın çalışmadığını ihbar eden röledir.

(Alarm relay 3) CB Alarm suppressed: Kesicinin kendi iç arızası olduğunu ihbar eden röledir.

(Alarm relay 4) Group annunciation 1: Her tür mesafe arızası (tek faz, üç faz v.b.) için grup ihbarlarının yapıldığı röledir.

(Alarm relay 5) Device operative: Düzeneğin tam olarak çalıştığını ihbar eder.

(Alarm relay 6) General trip signal: Her türlü arızayı (mesafe, aşırı akım v.b.) ihbar eden röledir.

(Alarm relay 7) Fault detection L1: L1 fazında arıza olduğunu ihbar eden röledir.

(Alarm relay 8) Fault detection L2: L2 fazında arıza olduğunu ihbar eden röledir.

(Alarm relay 9) Fault detection L3: L3 fazında arıza olduğunu ihbar eden röledir.

(Alarm relay 10) Fault detection E: Toprak arızası olduğunu ihbar eden röledir.

(Alarm relay 11) Reverse direction: Ters yön arıza ihbar rölesidir.

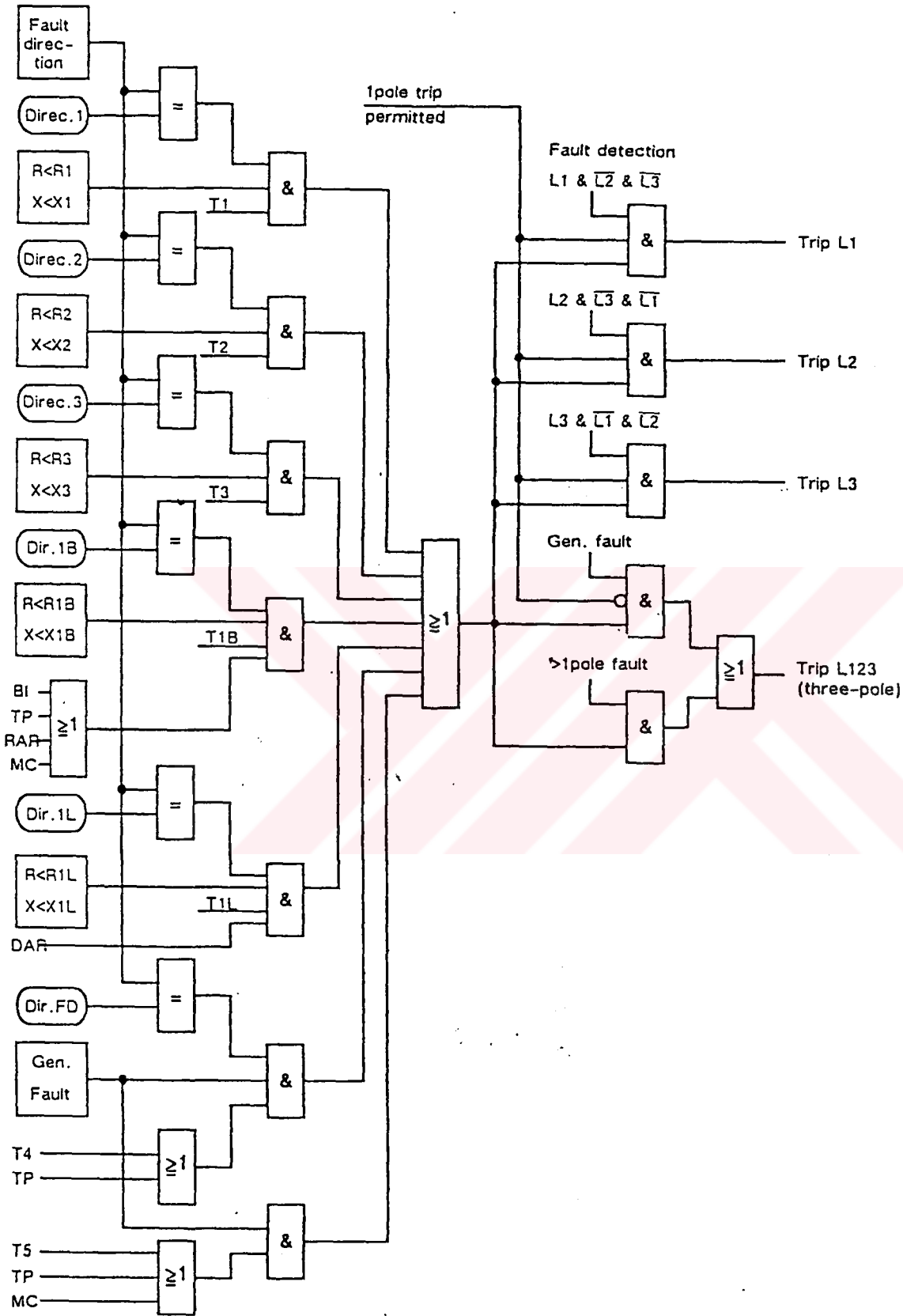
(Command relay 1) Reclose command: Yeniden kapama komutu veren röledir.

(Command relay 2) General fault detection: Herhangi bir arıza başlatması için komut veren röledir.

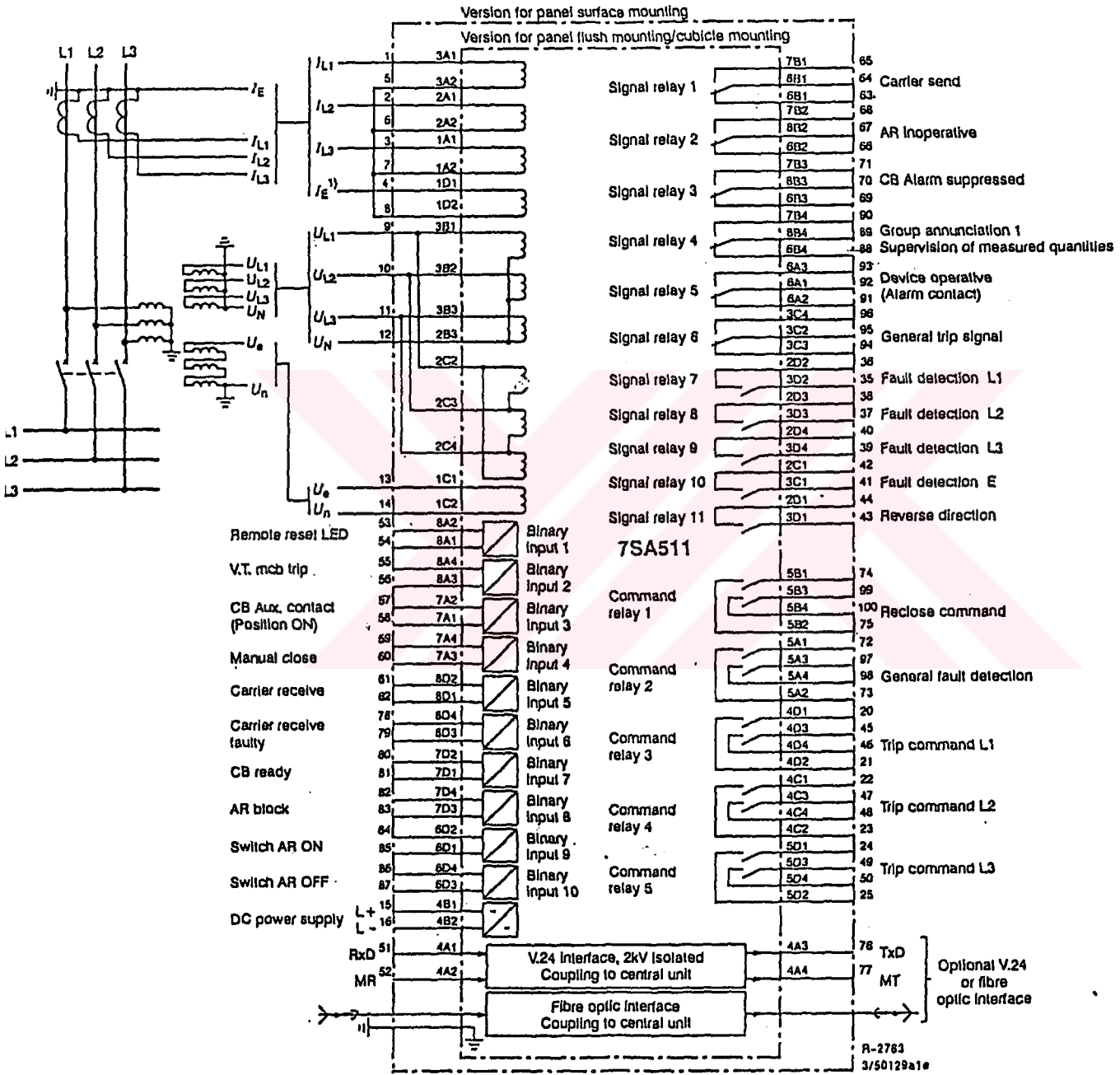
(Command relay 3) Trip Command L1: L1 fazındaki kesiciye açma emri veren röledir.

(Command relay 4) Trip Command L2: L2 fazındaki kesiciye açma emri veren röledir.

(Command relay 5) Trip Command L3: L3 fazındaki kesiciye açma emri veren röledir.



Şekil 4.47 Dijital mesafe koruma rölesinin açma mantığına ait blok şema Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.



Şekil 4.48 Dijital mesafe rölesi 7SA 511'e ait bağlantı diyagramı
Siemens, (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

4.4.3.7 Dijital mesafe rölesi 7SA 511'in ayar hesabı

Dijital mesafe rölesinin ayar hesabı, hem elektromekanik hem de elektronik tip röleye benzemektedir ancak dijital mesafe rölesinde sadece reaktans hesabı yapılmayıp herbir kademe için faz-faz ve faz-toprak direnç değerleride hesaplanmaktadır. Böylelikle röle performansı diğer tiplere göre arttırılabilir.

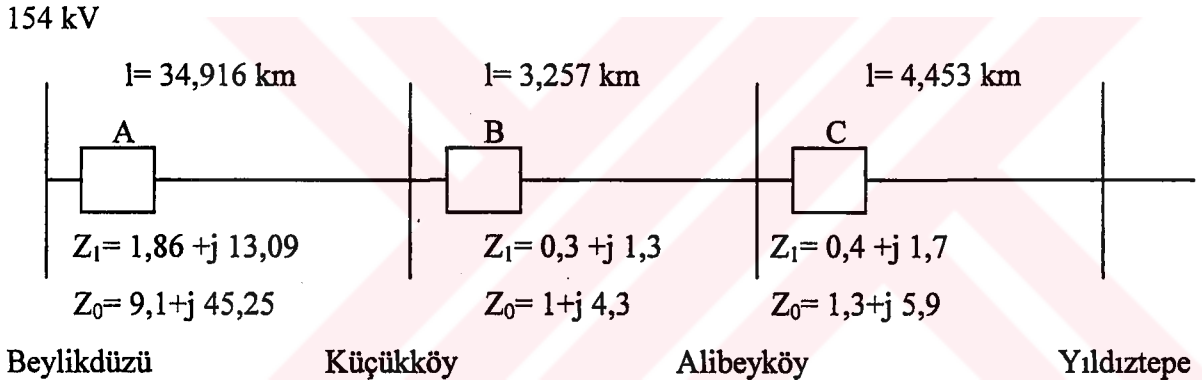
Dijital mesafe rölesinde ilk olarak bağımsız mesafe kademeleri (Kademe 1, Kademe 2, Kademe 3) için sekondere indirgenmiş reaktans değeri ve faz-faz, faz-toprak direnç değeri hesaplanır. Bu hesaplamaların ardından rölede ne tip bir başlatma gerçekleştirileceğine karar verilir. Genellikle bu tip empedans başlatmadır. Bu belirlemenin ardından rölenin ileri ($X + A$) (hat yönünde) , geri ($X - A$) (bara yönünde) yön menzilleri belirlenir. Faz-faz loopları için RA1, RA2 ve faz-toprak loopları için RAE başlatma değerleri tespit edilir. Son olarak da bağımsız mesafe kademeleri ve son kademeler (yönlü başlatma, yönsüz başlatma) için gecikme süreleri ayarlanır. Rölenin yapısında bulunan mikroişlemci röleye ait ayarların yapılabilmesi için fonksiyon bloklarını içerir. Hesaplamalar sonucu elde edilen değerler röle üzerindeki hareket tuşları yardımıyla ilgili bloklara gidilerek hafızaya alınır. Böylelikle rölenin ayarlanma işlemi de gerçekleştirilmiş olur.

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. ELEKTROMEKANİK VE DİJİTAL MESAFE RÖLELERİNİN AYARLARINA AİT SAYISAL ÖRNEK

Bu bölümde 154 kV sistemde kullanılan LZ3 Elektromekanik ve 7SA 511 Dijital mesafe rölesinin ayarlarına ait birer sayısal örneğe yer verilmiştir. Her iki röle için uygulamada da yer almış oldukları gibi Beylikdüzü; Küçükköy; Alibeyköy; Yıldıztepe enerji nakil hattı dikkate alınmıştır.

5.1 LZ3 Elektromekanik Mesafe Rölesinin Ayarı



Gerilim trafo oranı : 154000 / 100 V

Akım Trafo oranı = 800 / 5 A

Şekil 5.1 Röle ayar hesapları yapılacak sistemin tek hat şeması

5.1.1 Kademe reaktanslarının ayarı

Mesafe koruma rölesinde kaç kademe varsa o kadar kademe reaktansı hesaplamak gerekir. LZ3 elektromekanik mesafe rölesinde benzetme empedansının açısı, hat empedans açısına eşit alınırsa, kademeler hat empedansı yerine hat reaktansı ile hesaplanır.

a) Rölenin 1. kademede, Beylikdüzü - Küçükköy hattının tamamını koruması gerekir. Ancak ölçme hatası nedeniyle 1. kademeyi hesaplarken hattın % 85'ni almak daha uygun olmaktadır.

$$X_{IP} = \% 85 (X_{bey - küç}) = 0,85 \cdot 13,09 = 11,126 \Omega/f$$

Hesaplanan bu değeri sekondere indirgemek gerekir. Bunun için U_Z dönüşüm oranı kullanılır.

$$U_Z = \frac{\text{Geri lim trafo oranı}}{\text{Akım trafo oranı}} = \frac{154000 / 100}{800 / 5} = 9,625$$

$$X_{Is} = \frac{X_{IP}}{U_Z} = \frac{11,126}{9,625} = 1,16 \Omega / f$$

bulunur. Sekonderdeki bu reaktans değeri röledeki HG8 trafosu ve SH1 akım trafoları üzerinden ayarlanır. Ayar bağlantısı için,

$$\% N_1 = \frac{W_L \cdot 100}{X_{Is} \cdot C} \text{ formülünden yararlanılır.}$$

N_1 : 1. kademe ayarı için HG8 trafosunda ayarlanacak % tep değeri

W_L : SH1 akım trafosu üzerinde ayarlanacak, PU rölesinin ölçme reaktansının hat benzetme empedans değeri olup tüm kademeler için geçerlidir.

C : HG8 üzerinde yapılacak ana tep ayarı ($C = 1$ ve $C = 0,5$ alınır)

Hesaplanan sekonder reaktans değeri dikkate alınarak röle katalogunda yer alan tablodan W_L değeri seçilir. Tablolardan ;

$$W_L = 0,4 \Omega / faz \quad C = 0,5 \text{ seçilerek,}$$

$$\% N_1 = \frac{0,4 \cdot 100}{1,16 \cdot 0,5} = 68,96 \quad N_1 = \%69 \text{ bulunur.}$$

Bulunan tep değeri; HG8 trafosu üzerinde kablolarla gerekli bağlantılar yapılarak ayarlanır. Böylelikle rölenin 1. kademe ayarı bitirilmiş olur.

b) Mesafe rölesinin ikinci kademesi, komşu hattın rölesinin birinci kademesine artçıl (yedek koruma) yapar. Beylikdüzü - Küçükköy çıkışındaki A rölesi, Küçükköy - Alibeyköy çıkışındaki B rölesine yedek koruma yapacaktır. Küçükköy - Alibeyköy arasındaki arızalarda

B rölesi çalışmazsa A rölesi arızayı ikinci kademedede temizleyecektir. Buna göre A rölesinin ikinci kademe reaktansı;

$$X_{2P} = \%100 \left[(X_{\text{bey-küç}}) + \%85 (X_{\text{küç-ali}}) \right]$$

$$X_{2P} = 1. \left[(13,09) + 0,85.(1,3) \right] = 14,195 \Omega / f$$

$$X_{2S} = \frac{X_{2P}}{U_z} = \frac{14,195}{9,625} = 1,474 \Omega / f$$

$$\%N_2 = \frac{0,4.100}{1,474.0,5} = 54,27 \quad N_2 = \%55 \text{ seçilir.}$$

c) A rölesi üçüncü kademedede B rölesinin ikinci kademesine artçılık yapacaktır. Yani Alibeyköy - Yıldıztepe arasındaki arızada, C rölesi birinci kademe içinde B rölesi ikinci kademedede çalışmazsa, arıza A rölesi tarafından üçüncü kademedede temizlenecektir. Buna göre rölenin üçüncü kademe rektans değeri,

$$X_{3P} = \%100 \left[(X_{\text{bey-küç}}) + \%80 (X_{\text{küç-ali}}) + \%85 (X_{\text{ali-yıld}}) \right]$$

$$X_{3P} = 1. \left[(13,09) + 0,8.(1,3) + 0,85(1,7) \right] = 15,28 \Omega / f$$

$$X_{3S} = \frac{X_{3P}}{U_z} = \frac{15,28}{9,625} = 1,587 \Omega / f$$

$$\%N_3 = \frac{0,4.100}{1,587.0,5} = 50,37 \quad N_3 = \%51 \text{ seçilir.}$$

d) geri yöndeki arızalar için geri kademe (A kademesi) reaktans değeri,

$$X_{AP} = \%80 (X_{\text{küç-bey}}) = 0,8. 13,03 = 10,472 \Omega / f$$

$$X_{AS} = \frac{10,472}{9,625} = 1,088 \Omega / f$$

$$\%N_A = \frac{0,4.100}{1,088.0,5} = 73,52 \quad N_A = \%73 \text{ seçilir.}$$

5.1.2 Başlatma elemanlarının ayarı

Başlatma elemanlarının ayarı ile mesafe rölelerinin başlatma anı tayin edilmiş olur. 154 kV sistemimiz direkt topraklı olduğundan başlatma elemanlarının ayarı için aşağıdaki bağıntı kullanılacaktır.

$$V = 1,028 \text{ p.u (SE - 80 / 2)}$$

Not: SE - 80 / 2 , Tek Sistem Araştırma Kontrol Müdürlüğü'nün 1980 yılına ait sistem etüdüdür.

Gerilimin kV olarak değeri,

$$V_{F-F} = 1,028 \cdot 154 \text{ kV}$$

$$I_A + I_B = 1,196 \text{ p.u (SE - 80 / 4)}$$

154 kV ve 100 MVA için baz akımı,

$$I = \frac{N}{\sqrt{3}V_{F-F}} \Rightarrow I = \frac{100 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 154 \times 10^3} = 375 \text{ A'dır.}$$

Direkt topraklı sistemlerde;

$$Z = \frac{V_{F-F} \times 0,85}{2 \times 1,25 \times I_3} \quad \Omega / \text{faz 'dır. Bu formüle göre}$$

$$Z_P = \frac{154 \cdot 10^3 \times 1,028 \times 0,85}{2 \times \sqrt{3} \times 1,196 \times 375} = 86,7 \Omega \text{ 'dur.}$$

Primer empedans değerini rölenin ölçtüğü sekonder değere çevirirsek

$$Z_S = \frac{86,7}{9,625} = 9 \Omega$$

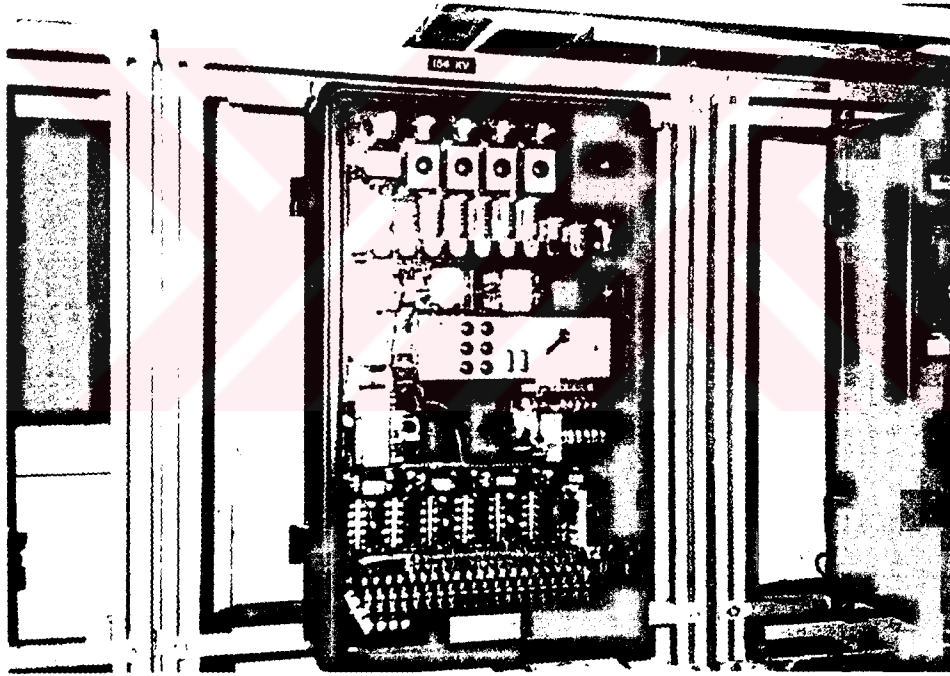
Buna göre her üç fazdaki başlatma elemanları 9 Ω ayarlanacaktır.

$$Z_R = Z_S = Z_T = 9 \Omega / \text{faz}$$

Faz - toprak arızalarında duyarlılığı artırmak için rölede kullanılan “ko” toprak katsayısı ise;

$$k_0 = \frac{1}{3} \left(\frac{Z_0}{Z} - 1 \right) = \frac{1}{3} \left(\frac{46,6}{13,22} - 1 \right) = 0,83 \text{ bulunur.}$$

Gecikme süreleri ise; $t_1 = 0$ sn. (gecikmesiz)
 $t_2 = 0,4$ sn ile $0,7$ sn arasında
 $t_3 = 1$ sn ile $1,5$ sn arasında
 $t_A = t_3$ ayarlanabilir.



Şekil 5.2. LZ3 Elektromekanik mesafe rölesi

5.2 7SA 511 Dijital Mesafe Rölesinin Ayarı

Dijital mesafe rölesinin ayar bakımından elektromekanik röleden ayırt eden en büyük fark reaktans değerlerinin yanında faz-faz ve faz-toprak direnç değerlerinin ayrı ayrı hesaplanmasıdır. Ayar kriterlerinin artırılmış olması rölenin performansını arttırmaktadır.

$$U_Z = \frac{A.T.O}{G.T.O} \cdot 5 = \frac{800/5}{154000/100} \cdot 5 = 0,519$$

Faz-toprak arızaları için direnç hesabında,

$$R_{1 \text{ ark}} = 12 \Omega \quad R_{\text{direk}} = 20 \Omega$$

faz-faz arızaları içinse,

$$R_{2 \text{ ark}} = 12 \Omega \text{ sabit değerleri kullanılır.}$$

5.2.1 Kademe reaktanslarının ayarı

a) Röle 1. kademe Beylikdüzü - Küçükköy hattının % 85'ni korumaktadır.

Rölenin 1. kademe reaktansı (X_1);

$$X_1 = X_{1P} \times U_Z$$

$$X_1 = \% 85 \cdot [(X_{\text{bey-küç}})] \times 0,519 = 0,85 \times 13,09 \times 0,519$$

$$X_1 = 5,77 \Omega / f$$

Rölenin faz-toprak arızaları için 1. kademe direnç değeri (R_{1E}),

$$R_{1E} = R_{1EP} \times U_Z = (\% 85 R_{1 \text{ hat}} + R_{1 \text{ ark}} + R_{\text{direk}}) \times U_Z$$

$$R_{1E} = (0,85 \times 1,86 + 16 + 20) \cdot 0,519 = 19,5 \Omega / f$$

Rölenin faz-faz arızaları için 1. kademe direnç değeri (R_1)

$$R_1 = R_{1P} \times U_Z = (\% 85 R_{1 \text{ hat}} + \frac{1}{2} R_{2 \text{ ark}})$$

$$R_1 = (0,85 \times 1,86 + \frac{1}{2} \cdot 12) \times 0,519 = 3,93 \Omega / f \text{ bulunur.}$$

b) Mesafe rölesinin 2. kademesi, komşu hattın birinci kademesine yedek koruma yapar.

Rölenin 2. kademe reaktansı (X_2);

$$X_2 = X_{2P} \times U_Z = [\% 100 (X_{\text{bey-küç}}) + \% 85 (X_{\text{küç-ali}})] \times U_Z$$

$$X_2 = [1 \cdot (13,09 + 0,85 \times 1,3)] \times 0,519 = 7,36 \Omega / f$$

Rölenin faz - toprak arızaları için 2. kademe direnç değeri (R_{2E});

$$R_{2E} = R_{2EP} \times U_Z = \% 100 (R_{2 \text{ hat}} + R_{1 \text{ ark}} + R_{\text{direk}})$$

$$R_{2\text{hat}} = R_{1 \text{ hat}} + \% 85 (X_{\text{küç-ali}}) = [1,86 + (0,85 \times 0,3)] = 2,11 \Omega / f$$

$$R_{2E} = [1. (2.11 + 16 + 20)] \times 0,519 = 19,78 \Omega / f$$

Rölenin faz-faz arızaları için 2. kademe direnç değeri (R_2);

$$R_2 = R_{2P} \times U_Z = [\% 100 (R_{2 \text{ hat}} + \frac{1}{2} R_{2 \text{ ark}})] \times U_Z$$

$$R_2 = 1 \times (2,11 + \frac{1}{2} \times 12) = 8,11 \Omega / f \text{ bulunur.}$$

c) A rölesi üçüncü kademe B rölesinin ikinci kademesine yedek koruma yapar.

Rölenin 3. kademe reaktansı (X_3);

$$X_3 = X_{3P} \times U_Z = \% 100 [(X_{\text{bey-küç}}) + \% 80 [(X_{\text{küç-ali}})] + \% 85 (X_{\text{ali-yıld}})] \times U_Z$$

$$X_3 = 1 \times [13,09 + 0,8 \times (1,3 + 0,85 \times 1,7)] \times 0,519 = 7,93 \Omega / f$$

Rölenin faz-toprak arızaları için 3. kademe direnç değeri (R_{3E});

$$R_{3E} = [\% 100 (R_{3 \text{ hat}} + R_{1 \text{ ark}} + R_{\text{direk}})] \times U_Z$$

$$R_{3 \text{ hat}} = (X_{\text{bey-küç}}) + \% 80 [(X_{\text{küç-ali}}) + 0,85 (X_{\text{ali-yıld}})]$$

$$R_{3 \text{ hat}} = 1,86 + 0,8 (0,3 + 0,85 \times 0,4) = 2,37 \Omega / f$$

$$R_{3E} = 1 \times (2,37 + 16 + 20) \times 0,519 = 19,92 \Omega / f$$

Rölenin faz-faz arızaları için 3. kademe direnç değeri (R_3);

$$R_3 = R_{3P} \times U_Z = \% 100 (R_{3 \text{ hat}} + \frac{1}{2} R_{2 \text{ ark}}) \times U_Z$$

$$R_3 = 1 \times (2,37 + \frac{1}{2} \times 12) \times 0,519 = 4,34 \Omega / f \text{ bulunur.}$$

d) Aşırı menzil kademesi hattın % 120'ne ayarlanabilir.

Rölenin aşırı menzil kademesi reaktansı (X_{1B});

$$X_{1B} = X_{1BP} \times U_Z = \% 120 (X_{\text{bey-küç}}) \times U_Z$$

$$X_{1B} = (1,2 \times 13,09) \times 0,519 = 8,15 \Omega / f$$

Rölenin faz-toprak arızaları için aşırı menzil kademesi direnç değeri (R_{1BE});

$$R_{1BE} = R_{1BEP} \times U_Z = [(\%120 R_{1 \text{ hat}}) + R_{1 \text{ ark}} + R_{\text{direk}}] \times U_Z$$

$$R_{1BE} = [(1,2 \times 1,86) + 16 + 20] \times 0,519 = 19,8 \ \Omega / f$$

Rölenin faz-faz arızaları için aşırı menzil kademesi direnç değeri (R_{1B});

$$R_{1B} = R_{1BP} \times U_Z = (\% 120 R_{1 \text{ hat}} + \frac{1}{2} R_{2 \text{ ark}}) \times U_Z$$

$$R_{1B} = (1,2 \times 18,6 + \frac{1}{2} \times 12) \times 0,519 = 4,27 \ \Omega / f \text{ bulunur.}$$

e) Rölenin diğer bir kontrollü aşırı menzil kademesi ($Z1L$), diğer kademe $Z1B$ 'den % 30 daha büyük olarak ayarlanır.

$$X_{1L} = \% 130 \times X_{1B} = 1,3 \times 8,13 = 10,6 \ \Omega / f$$

$$R_{1LE} = \% 130 \times R_{1BE} = 1,3 \times 19,8 = 25,74 \ \Omega / f$$

$$R_{1L} = \% 130 \times R_{1B} = 1,3 \times 4,27 = 5,55 \ \Omega / f \text{ bulunur.}$$

Hesaplanan tüm bu değerler, fabrikada programlanmış olan mikroişlemcinin ilgili fonksiyonlarına girilerek röle ayarı yapılmış olunur.

5.2.2 Başlatma elemanlarının ayarı

Rölenin ileri yön menzili ($X + A$) ; üçüncü kademenin % 150'ne ayarlanabilir.

$$(X + A) = \% 150. X_3 = 1,5 \times 7,93 = 11,90 \ \Omega / f$$

Rölenin geri yön menzili ($X-A$) ; birinci kademenin % 200'ne ayarlanabilir.

$$(X - A) = \% 200 X_1 = 2 \times 5,77 = 11,54 \ \Omega / f$$

faz-faz loopları için başlatma değeri R_{A1} ve R_{A2} ;

$$R_{A1} = 3 \times R_3 = 3 \times 4,34 = 13,02 \ \Omega / f$$

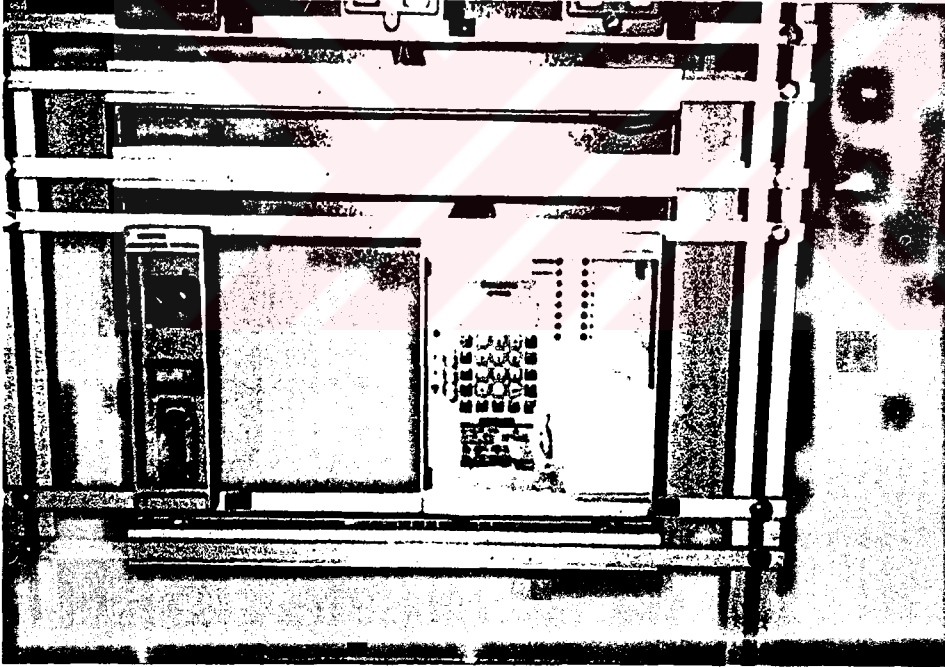
$$R_{A2} \text{ ise } R_{A1}'\text{den biraz büyük } R_{A2} = 15 \ \Omega / f$$

faz-toprak loop'u için başlatma değeri R_{AE} ;

$$R_{AE} \text{ ise } R_{A2}'\text{den biraz büyük } R_{AE} = 18 \ \Omega / f \text{ seçilir.}$$

1. Kademe açma zamanı $T1 : 0$ sn.
2. Kademe açma zamanı $T2 = 0,5$ sn.
3. Kademe açma zamanı $T3 = 1$ sn.
- ZIB kademesi zamanı $T1B = 0$ sn.
- Z1L kademesi zamanı $T1L = 0$ sn. seçilir.

Seçilen tüm bu değerler ilgili fonksiyon bloklarının içine kaydedilmek suretiyle ayar işleminin başlatma basamaklarında tamamlanmış olmaktadır.



Şekil 5.3 7SA 511 Dijital mesafe rölesi

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elektrik güç sistemlerinde meydana gelen arızaların çok kısa sürede ortadan kaldırılabilmesi için koruma düzeneklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Güç sisteminin bir parçası olan enerji iletim hatlarında kısa devre, aşırı akım gibi işletme sırasında bir takım arızalar meydana gelebilmektedir. Özellikle yüksek gerilim taşıyan enerji iletim hatlarının kısa devrelere karşı korunmasında mesafe röleleri kullanılmaktadır. Tez çalışmasında, uygulamada kullanılan dijital ve elektromekanik mesafe röleleri incelenmesi sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Dijital mesafe rölesi tek bir donanım içerisinde birden fazla koruma fonksiyonunu yerine getirebilir. Oysa ki elektromekanik mesafe rölesi bu fonksiyonları gerçekleştirebilmek için ek ekipmanlara ihtiyaç duyar. Bunun sonucu olarak da dijital mesafe rölesinin bir pano içerisinde kapladığı alan mekanik mesafe rölesine göre daha azdır. Uygulamada yer alan dijital mesafe rölesinin ağırlığının 9,5 kg., mekanik olanın ise 44 kg. olduğuna dikkat edilirse bu fark açıkça ortaya konulmaktadır.

2. Dijital mesafe rölesi yapısında bulunan seri haberleşme terminalleri vasıtasıyla diğer dijital sistemlerle haberleşebilir. Bu terminaller sayesinde röleye bir PC yardımıyla dışarıdan müdahale edilebilir ve rölenin kendisinden çok uzakta olan bir merkezle (örneğin milli yük tevzii merkezi) haberleşmesi sağlanabilir. Böylece dijital mesafe röleleri otomasyona yönelik olarak rahatlıkla kullanılabilir.

3. Dijital mesafe rölesinin yapısında bulunan mikroişlemcinin yazılımını değiştirmek suretiyle röleye ek fonksiyonlar kazandırılabilirken elektromekanik mesafe rölesinde böyle bir olanak söz konusu değildir.

4. Herhangi bir arıza durumunda dijital mesafe rölesinin minimum açtırma zamanı mekanik rölelere göre daha kısadır. Tezde incelenen dijital mesafe rölesinin minimum açtırma zamanı yaklaşık olarak 25 msn. iken mekanik mesafe rölesinde bu zaman 45 msn'dir. Bunun sonucu olarak dijital mesafe rölelerinde seçicilik fazla, arızaların temizlik süresinin de daha kısa olduğu söylenebilir.

5. Elektromekanik mesafe rölesi yapısında çok fazla eleman bulundurması nedeniyle dijital mesafe rölesine göre hem akım devresinde hem de gerilim devresinde daha fazla güç harcar. Uygulamada incelenen mekanik mesafe rölesi akım devresinde; normal çalışma esnasında 0,9 VA , tek-faz toprak arızalarında 4,2 VA güç harcarken dijital mesafe rölesi; normal çalışma esnasında 0,1 VA, tek-faz toprak arızasında 0,3 VA güç harcamaktadır.

6. Dijital mesafe rölesinin ayar hesabı yapılırken reaktans, faz-toprak direnci ve faz-faz direnç değerleri ayrı ayrı hesaplanır. Elektromekanik mesafe rölesinde ise yalnızca reaktans değerleri belirlenir. Dijital mesafe rölesinde hesaplanan değerlerin çokluğu rölenin ölçüm duyarlılığını artırır.

7. Dijital mesafe rölelerinde, harmoniklerin etkisini önlemek amacıyla filtreler yer almaktadır.

8. Dijital mesafe röleleri, herhangi bir arıza durumunda, arıza öncesi ve o anda akımı, gerilimleri kaydeden ; sürekli hesap yapan ve geçici olmayan bir hafızaya sahiptir.

9. Dijital mesafe rölesinin mekanik mesafe rölesine göre en önemli avantajlarından biri de rölenin devamlı kendi kontrolüdür. Rölenin sürekli olarak kendi yazılımını ve donanımını kontrolü bakım maliyetlerini azaltarak önemli bir avantaj sağlar.

10. Dijital mesafe rölesinde mikroişlemci teknolojisinden yararlanılarak güvenilirlik ve ölçüm doğruluğu arttırılmıştır.

11. Dijital mesafe rölelerinin dayanımı elektromekanik mesafe rölelerine göre daha fazladır. İncelenen dijital mesafe rölesinin aşırı akımlar açısından sürekli dayanabildiği akım değeri nominal akımın 4 katı, 1sn. dayanabildiği aşırı akım değeri ise nominal akımın 100 katıdır. Mekanik mesafe rölesinin ise dayanabildiği sürekli aşırı akım değeri nominal akımın 2 katı, 1 sn. dayanabildiği aşırı akım ise nominal akımın 60 katıdır.

12. Dijital mesafe rölesi zaman ayarları açısından da mekanik mesafe rölesine göre daha geniş bir toleransa sahiptir. Tezde incelenen dijital mesafe rölesinde zaman ayar aralığı 0-32 sn arasında değişirken mekanik mesafe rölesinde bu aralık 0-5 sn arasındadır.

13. Dijital mesafe rölesinde menu-tabanlı çalışmanın sonucu olarak basit ve güvenilir kullanım söz konusudur. Dijital mesafe rölesinin sahip olduğu LCD ekran sayesinde arıza olayı ile ilgili mesajlar, arıza değerleri rahatlıkla izlenebilir. Bu değerler PC ile beraber kullanılan bir yazıcı vasıtasıyla kolaylıkla kağıda aktarılabilir.

14. Dijital mesafe rölesinde test fonksiyon sayısı mekanik mesafe rölesine göre daha fazladır. Test süreleri her iki tip röle içinde kullanılan test setine göre değişir. Mekanik mesafe rölesinde test işlemi röle üzerinde bulunan test soketlerine yapılan kablo bağlantıları sonucu gerçekleştirilir. Dijital mesafe rölesinde ise rölenin yanında bulunan ek bir ekipman test konumuna alınarak test işlemi gerçekleştirilebilir.

15. Dijital mesafe rölelerinde empedans, aşırı akım, düşük empedans v.b. başlatma seçeneklerinin bulunması nedeniyle istenen çalışma karakteristikleri rahatlıkla elde edilebilir. Ayrıca dijital mesafe rölesi aşırı akım rölesi gibi de görev yapar. Mekanik mesafe rölesinde ise bu görev için ek olarak aşırı akım röleleri bulunmaktadır. Mekanik mesafe röleleri içinde bulunan ek teçhizatların çokluğu nedeniyle dijital rölelere göre hem daha fazla yer kaplar hem de maliyet açısından daha pahalıdır.

Güç sistemleri içersinde yer alan enerji iletim hatlarını arızalara karşı korumak amacıyla mesafe rölelerinin kullanacak olan yetkililer; birden fazla fonksiyonu tek bir donanım içersinde bulunduran, otomasyona yönelik, kullanımı kolay, bakım ve tedarik maliyetleri düşük, seçiciliği ve dayanımı fazla, arıza temizleme süresi kısa, güvenilirliği ve ölçüm hassasiyeti yüksek, pano içinde az yer kaplayan dijital mesafe rölelerini tercih edebilirler.

KAYNAKLAR

Arun, G.P., (1988), Computer Relaying for Power Systems, John Wiley & Sons Co, New York

Bayram, M., (1980-1981), "Mesafe Rölesi ve Mesafe Koruması", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Blackburn, J., (1987), Protective Relaying, Mareel Dekker Inc., Taiwan

Bozaki, B., (1995), "A New Directional Element For Numerical Distance Relays", IEEE Power System Relaying Committee, 10:40-45

Çaylı, T., (1980), "Koruma Tekniği", Elektroteknik Mecmuası, İ.T.Ü.

Gönen, T., (1988), Modern Power System Analysis, Wiley Interscience Publication, California.

Kaya, A., (1971), Teori ve Tatbikatlarıyla Röle Teknolojisi, T.E.K Eğitim Müdürlüğü, Adapazarı.

Koch, G. and Renz, K., (1985), "Fully Microprocessor - Based Algorithm", Siemens EV Report, 3:174-177

Krebs, R. and Lemmer J., (1993), "In search of Best Algorithm", Siemens EV Report, 1:13-22

Mainka, M. and Ziegler, Gerhard., (1994), "20 Years of Digital Protection", Siemens EV Report, 4:10-13

Mason, C., (1956), The Art and Science of Protective Relaying, John Wiley Sons Co, New York.

Ok, A., (1995), "Dijital Koruma Rölelerine İlişkin Genel Bilgiler", Kaynak Elektrik Dergisi, 2:73-80

Rao, T., (1992), Power System Protection Static Relays, Mc. Graw Hill, New Delhi.

Rouse, C., (1992), "A Digital Multifunction Protective Relay", IEEE Power System Relaying Committee, 7:92-96

Siemens., (1993), "Numerical Protection Equipment Catalogue", Germany.

Siemens., (1993), "7SA 511 Numerical Line Protection Relay Catalogue", Germany.

T.E.K Röle ve Ölçü Aletleri Grup Müdürlüğü., (1975), "Brown Boveri LZ3 Elektromekanik Mesafe Rölesi Kataloğu", Ankara.

T.E.K Batı Rôle ve Ölçü Aletlerin Grup Müdürlüğü., (1988), "AEG SD135 Statik Mesafe Rölesi Kataloğu", İzmir.

Warrington, A.R., (1976), Protective Relays: Their Theory and Practice, Chapman & Hall Inc, London.

Westinghouse Electric Corp. Relay-Instrument Division., (1976), "Applied Protective Relaying", 4:25-45

Ziegler, G., (1990), "Microcomputer On The March", Siemens EV Report. 2:14-15



ÖZGEÇMİŞ

- Doğum tarihi** : 10.01.1975
- Doğum yeri** : Samsun
- Lise** : 1988-1991 Samsun Ondokuzmayıs Lisesi
- Lisans** : 1991-1995 Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
- Yüksek Lisans** : Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilimdalı Elektrik Mühendisliği Programı
- Çalıştığı kurum** : 1997-1998 E.A.E Elektrik Sanayi A.Ş



T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
NOKURAMERKEZİ