

T.C.  
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ  
BÖLÜMÜ

TEZİN ADI

AŞIRI AKIM VE AKIM KESİNTİLERİ KORUMASI

TEZ SORUMLUSU

DOÇ. DR. RAFAEL HUSEYNOV

TEZİ HAZIRLAYAN

ARŞ.GÖR. DİDEM ALTUN

2006  
SİVAS

AŞIRI AKIM VE AKIM KESİNTİLERİ KORUMASI

Arş. Gör. Didem ALTUN  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI  
2006

AŞIRI AKIM VE AKIM KESİNTİLERİ KORUMASI

Arş. Gör. Didem ALTUN  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN : DOĐ .DR. RAFAEL HUSEYNOV

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE**

Bu çalışma, jürimiz tarafından Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

Üye :

Üye :

**ONAY**

Yukarıda imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../ 2006

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

PROF. DR. HALİL GÜRSOY

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayınlanan “Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu” adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>I</b>
Özet	V
Summary	VI
Teşekkürler	VII
Şekiller Dizini	VIII
Semboller Dizini	X
<b>GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>BÖLÜM – 1: AŞIRI AKIM VE AKIM KESİNTİLERİ KORUMASI</b>	<b>2</b>
1.1 KORUMA SİSTEMİNİN GENEL PRENSİPLERİ	2
1.1.1 Koruma Sisteminde Olması Gereken Şartlar	2
1.1.2 Rölelerde Olması Gereken Nitelikler	3
1.1.2.1 Sistemde bir hatanın varolma kriterleri	4
1.1.2.2 Şebeke üzerinde bir hatanın varoluş kriterini kuran etkenler	4
1.2 KORUMA SİSTEMİ KOORDİNASYONU	5
1.2.1 Koordinasyon İşlemleri	5
1.2.2 Koruma Koordinasyonu İçin Gerekli Veriler	6
1.2.3 Koruma Koordinasyon Prosedürü	6
1.2.4 Koordinasyon Zaman Aralıkları	7
1.3 KORUMA SİSTEMLERİNDE SEÇİCİLİK	7
1.3.1 Zaman Karakteristikli Seçicilik	7
İşletme tarzı	8
Avantajları	9
Sakıncaları	9
Uygulama	9
1.3.2 Akım Karakteristikli Seçicilik	9
İşletme tarzı	10
Avantajları	10
Sakıncaları	11
Uygulama	11
1.3.3 Lojik Seçicilik	11
İşletme tarzı	11
Avantajları	12
Sakıncaları	13
Uygulama	13
1.3.4 Yönlü Koruma Seçiciliği	13
İşletme tarzı	13
1.3.5 Diferansiyel Koruma Seçiciliği	14
Avantajları	16

Sakıncaları	16
Uygulama	16
1.3.6 Kombine Seçici Sistemler	17
1.3.7 Toprak Hata Yönlü Koruma	17
Karakteristik açısı	18
<b>BÖLÜM – 2: ŞEBEKE KORUMASI</b>	<b>22</b>
2.1. KORUMA SİSTEMİ GEREKLİLİKLERİ	22
2.1.1 Genel Olarak Koruma Sistemi Gereklilikleri	22
2.2 AŞIRI AKIM KORUMASI	22
2.3. ORTA GERİLİM ŞEBEKELERİNDE HATLARIN KISA DEVREYE KARŞI KORUNMASI	24
2.3.1 Hatların Kısa Devreye Karşı Korumak İçin Uygulanan Koruma Sistemleri	24
2.3.1.1 Faz aşırı akım koruması	25
2.3.1.2 Fark akım koruması	25
2.3.1.3 Mesafe koruması	25
2.3.1.4 Zaman karakteristikleri	26
2.3.1.5 Sabit zaman karakteristiği	26
2.3.1.6 Ters akım-zaman karakteristiği	26
2.3.2 Karakteristiklerin Uygulama Özellikleri Ve Uygulama Yerleri	27
2.3.2.1 Normal ters akım-zaman karakteristikleri	27
2.3.2.2 Fazla ters akım-zaman karakteristikleri	27
2.3.2.3 Çok fazla ters akım-zaman karakteristikleri	27
2.3.2.4 Uzun gecikmeli ters akım-zaman karakteristikleri	27
2.3.2.5 Seçicilik	28
2.3.3 Radyal Şebekelerde Faz Aşırı Akım Korumasının Ayarlanması	28
2.3.3.1 Akım değerlerinin ayarlanması	28
2.3.4 Nötrü Doğrudan Topraklı Orta Gerilim Radyal Şebekelerde 3-fazlı Hatların Korunması	29
2.3.5 Nötrü doğrudan topraklı orta gerilim gözlü şebekelerde 3-fazlı hatların korunması	29
2.3.6 Nötr yüksek empedans üzerinden topraklı orta gerilim sistemleri	30
2.3.7 Toprağa İki Kat Kapanmada Aşırı Akım Koruması	31
2.3.8 İki Fazlı Doğru Operatif Akım Koruması	32
2.3.8.1 Bağımsız karakteristikli koruma	32
İki röleli şema	32
Bir röleli şema	33
2.3.8.2 Bağımlı karakteristikli koruma	34
<b>BÖLÜM – 3 TRANSFORMATÖR KORUMASI</b>	<b>35</b>

3.1. TRANSFORMATÖRÜ ETKİLEYEN ANA HATALAR	35
3.2. TRANSFORMATÖRÜN DEVREYE ALINMASI SIRASINDA MEYDANA GELEN GEÇİCİ OLAYLAR	37
3.2.1 Aşırı Yükler	37
3.2.1.1 Trafoların aşırı yük korumaları	37
3.2.2 Kısa Devreler	38
3.3. TRANSFORMATÖRDE 3-FAZ AŞIRI AKIM KORUMASI	39
3.4 KISA DEVRE KORUMASI	40
3.4.1 Trafolarda İç ve Dış Kısadevreler	41
3.4.1.1 Genel özellikler	41
3.4.2 Trafoların Aşırı Akım Korumaları	42
3.4.2.1 İki sargılı aldatıcı trafolar	42
3.4.2.2 Ard arda gelen ters akım koruması	42
3.4.2.3 Ard arda gelen sfır akım koruması	43
3.5 TRANSFORMATÖR DİFERANSİYEL KORUMA	44
3.5.1 Akım Kesilmesiyle Oluşan Diferansiyel Koruma	46
3.5.2 Oran Diferansiyel Rölesi ve Akımların Etkisi	50
3.5.3 Toprak Hata Akımının Büyüklüğü	53
3.5.4 Transformator Termik Aşırı Yük Koruması	56
3.5.5 Gaz Etkisiyle Çalışan Röleler	56
3.5.5.1 Buchholz rölesi	56
3.5.5.2 Ani basınç rölesi	57
3.5.5.3 Gaz etkisi ile çalışan rölelerde ortaya çıkan problemler	57
3.5.5.4 Transformator korumaları ile ilgili örnekler	58
<b>BÖLÜM – 4 ELEKTRONİK ELEMANLAR İLE KORUMA VE KONTROL DEVRELERİ</b>	<b>60</b>
4.1 MOSFETLERLE AŞIRI AKIM KORUMASI	60
4.2 OPTOKUPLÖR – FOTOTRANSİSTÖR İLE KONTROL DEVRELERİ	61
4.2.1 Optokuplör – Fototransistör ile Röle veya Motor Kontrolü	62
4.2.2 Optokuplör – Fototransistör ile Röle Kontrolü	63
<b>BÖLÜM – 5: ELEKTRONİK ELEMANLAR İLE AŞIRI AKIM KORUMA DEVRELERİ TASARIMI</b>	<b>65</b>
5.1 ELEKTRONİK ELEMANLAR İLE RÖLE KONTROLÜ VE AŞIRI AKIM KORUMASI	65
ELEKTRONİK ELEMANLAR İLE MOTOR KONTROLÜ İLE AŞIRI AKIM KORUMASI	66
<b>BÖLÜM – 5 SONUÇLAR</b>	<b>69</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>70</b>



**ÖZGEÇMİŞ**

**Özet****Yüksek Lisans Tezi****AŞIRI AKIM VE AKIM KESİNTİLERİ KORUMASI****Arş. Gör. Didem Altun****Yüksek Lisans Tezi****Elektrik Elektronik Mühendisliği****Anabilim Dalı****Aralık 2006****Danışman : Doç. Dr. Rafael Huseynov**

Aşırı akımın oluşma nedenleri ve oluşum esnasında şebeke ve trafo sistemlerine verdiği zararlar incelendi. Aşırı akımdan elektrik tesislerinin korunmasında röle ve röle koordinasyonunun önemi ve uygulamaları araştırıldı. Röle koordinasyonunda röle çeşitleri, rölelerin bağlanma şekilleri ve koruma prensipleri araştırıldı. Bu araştırmalara bağlı kalınarak mekanik aşırı akım koruma devreleri yerine daha hassas, hızlı ve uzun ömürlü elektronik tabanlı koruma devreleri teorik olarak oluşturuldu.

**Anahtar Kelimeler:** Aşırı Akım, Arıza Akımları, Röleler, Röle Koordinasyonu, Elektronik Röleler.

**Summary****Msc Thesis****Overcurrent And The Protection Of Current Cutoff****Didem Altun****Cumhuriyet University Graduate School Of Naturel And Applied Sciences Department Of****Electrical And Electronic Engineering****December 2006****Adviser: Assoc. Prof. Dr. Rafael Huseynov**

The reasons of overcurrent formation and the damage occurring during the formation of system and transformer systems examined. The importance and application of relay coordination and relays in the prevition of overcurrent in electric systems is inspected. Relay types in relay coordination and the safety and binding types of relays are examined. According to these researches more sensible, faster and more long life electronic based defence circuit instead of mechanical overcurrent defence circuit is formed.

**Key Words:** Overcurrent, Damage Current, Relays, Relay Coordination, Electronic Relays.

## TEŐEKKÖRLER

Bu konu üzerinde alıŐma yapmama olanak sağlayan ve alıŐmalarım süresince hibir yardımımı benden esirgemeyen;

Sayın Hocam, Do. Dr. Rafael HUSEYNOV'a,  
Ve EŐim, Kenan ALTUN'a

TeŐekkür Ederim.

Didem ALTUN

## Şekiller Dizini

- Şekil – 1.1 : Genel Güç Üretim, İletim Ve Dağıtım Sistemi
- Şekil – 1.2: Zaman Karakteristikli Seçicilik
- Şekil – 1.3: Akım Karakteristikli Seçicilik
- Şekil – 1.4: Lojik Seçici Açtırma Çalışması
- Şekil – 1.5: Yönlü Koruma Seçiciliği
- Şekil – 1.6: Yönlü Koruma Sisteminin Çalışması
- Şekil – 1.7: Diferansiyel Koruma Prensi Şeması
- Şekil – 1.8: Diferansiyel Koruma Çalışma Şekli
- Şekil – 1.9: Kombine Seçici Sistemler
- Şekil – 1.10: Toprak Hatasının İzlenmesi
- Şekil – 1.11: Nötrü İzole Sistemlerde Yönlü Watmetrik Rölelerin Kullanılışı
- Şekil – 1.12: Bir Adet Yönlü Watmetrik Röle Yardımıyla Birden Fazla Fiderde Hata İzlenmesi
- Şekil – 2.1: Radyal Şebekelerde Tek Taraflı Beslemeli Aşırı Akım Koruması
- Şekil – 2.2: Bağımsız Zaman Beklemeli 3 Fazlı Aşırı Akım Koruması
- Şekil – 2.3: Akıma Bağımlı Zaman Beklemeli 3 Fazlı Akım
- Şekil – 2.4: Çift Devre Radyal Şebekelerde Aşırı Akım Koruması
- Şekil – 2.5: Çift Devre Radyal Şebekelerde Diferansiyel Koruma
- Şekil – 2.6: Yalıtılmış Nötrlü Şebekede Trafoların 2 Fazlı Aşırı Akım Koruması
- Şekil – 2.7: Aşırı Akım Korumalarının Şemaları
- a. İki Röleli
- b. Bir Röleli
- Şekil – 3.1: Trafolarda Gaz Rölesinin Bağlanması
- Şekil – 3.2: Transformator Sargısının Yıldız Olması Durumuna Göre Toprak Hata Akımının Değişimi
- Şekil – 3.3: İki Sargılı Trafonun Aşırı Akım Koruması
- Şekil – 3.4: Trafonun Yüksek Akıma Göre Korumasının Yapılması
- Şekil – 3.5: Yükseltici Trafolarda Ters Yaklaşımlı Akım Koruması
- Şekil – 3.6: Yükseltici Trafonun Sıfır Yaklaşımlı Akım Koruması
- Şekil – 3.7: Diferansiyel Korumada Akımın Dağılımı Ve Fazör Diyagramı
- Şekil – 3.8: Diferansiyel Korumanın Basit Şeması
- Şekil – 3.9: İki Fazlı Yapımda Diferansiyel Kesinti
- Şekil – 3.10: Diferansiyel Koruma
- Şekil – 3.11: Oran Diferansiyel Korumanın Prensi Şeması
- Şekil – 3.12: Diferansiyel Röle İşletme-Bias Karakteristiği
- Şekil – 3.13: İç Toprak Hatasında Toprak Hata Akımının Dağılımı
- Şekil – 3.14: Dış Toprak Hatasında Toprak Hata Akımının Dağılımı
- Şekil – 3.15: Isınma Eğrileri

- Şekil – 3.16: Düşük Güçlü Og/Ag Transformatör Koruması
- Şekil – 3.17: Yüksek Güçlü Og/Ag Transformatör Koruması
- Şekil – 3.18: Düşük Güçte Yg/Og Transformatör Koruması
- Şekil – 3.19: Yüksek Güçlü Yg/Og Transformatör Koruması
- Şekil – 4.1: 3 Girişli Gerilim Regülatörleri için Aşırı Akım Koruma Devresi
- Şekil – 4.2: Optokuplör – Fototransistörün Çeşitli Bağlantı Şekilleri
- Şekil – 4.3: Optokuplör – Fototransistör Röle ve Motor Kontrolü
- Şekil – 4.4: Optokuplör – Fototransistör İle Motor Kontrolü
- Şekil – 4.5: Optokuplör – Fototransistör İle Röle Kontrolü
- Şekil – 5.1: Elektronik Elemanlarla Röle Kontrolü ve Aşırı Akım Koruması
- Şekil – 5 .2: Elektronik Elemanlar ile Aşırı Akım Koruması

### Semboller Dizini

$U_{L1}$ ;  $L_1$  linyesine ait faz – nötr gerilimi  
 $U_{L2}$ ;  $L_2$  linyesine ait faz – nötr gerilimi  
 $I_{L1}$ ;  $L_1$  linyesine ait faz – nötr akımı  
 $I_{L2}$ ;  $L_2$  linyesine ait faz – nötr akımı  
**X**; Reaktans  
**R**; Direnç  
 $t_c$ ; Alt kesiciye ait cevap süresi  
**dt**; Gecikme toleransı  
 $t_r$ ; Üst kesicinin harekete geçme süresi  
**m**; Emniyet faktörü  
 $\Delta t$ ; İki ünite arasındaki geçikme süresi  
 $I_{sA}$ ,  $I_{sB}$ ,  $I_{sC}$ ; A, B, C ünitelerine ait koruma akım değerleri  
 $t_A$ ,  $t_B$ ,  $t_C$ ; A, B, C ünitelerine ait harekete geçme süreleri  
 $I_n$ ; Nominal akım değerleri  
 $I_{scmin}$ ; Minimum kısa devre akımı  
 $I_{scmax}$ ; Maximum kısa devre akımı  
 $V_{ref}$ ; Referans Gerilimi  
**F**; Rezidüel değişkeni  
**A**; Aşırı akım rölesi  
**Z**; Zaman Rölesi  
**Ar**; Aralık rölesi  
**G**; Gösterge rölesi  
**AB**; Aralık bobini  
**t**; Çalışma süresi  
**k**; Ayarlanabilir ters zaman faktörü  
**I**; Ölçülen akım  
 $I_>$ ; Rölenin ayarlanan aşırı akım eşik değeri  
 $\alpha$ ; Cebrik fonksiyonu karakterize eden indeks  
 $\beta$ ; Röleyi karakterize eden sabit  
**IEC**; International Electrotechnical Commission  
 $k$ ; Rölenin resetleme faktörü  
 $I_{max}$ ; Maximum akım değeri  
 $I_{CK}$ ; Çalışma akımı  
 $I_{YM}$ ; Maximum yük akımı  
 $I_{PU}$ ; Akım çekme eşik değeri  
**IDMT**; Institute for Digital Media Technology  
**ANSI 26**; American National Standards Institute  
**AG**; Alçak gerilim  
**OG**; Orta gerilim  
**YG**; Yüksek gerilim  
 $I_D$ ; Diferansiyel akım  
 $I_P$ ; Transformator primer akımı  
 $I_S$ ; Transformator sekonder akımı  
 $I_r$ ; Sınırlandırılmış akım  
 $I_m$ ; Transformator mıknatıslanma akımı  
 $I_2$ ; Besleme (bias) akımı  
 $I_B$ ; Akım transformatörünün sekonder tarafında görünen nominal akım  
 $I_N$ ; Transformatörün nominal akımı  
**R<sub>CT</sub>**; Akım transformatörlerinde sekonder sargı direnci  
**R<sub>L</sub>**; Akım transformatörü ile röle arasındaki bağlantı iletkeninin direnci  
 $n_s$ ; Sekonder sarım sayısı  
 $n_p$ ; Primer sarım sayısı  
**A**; Transformatörün gücüne bağlı bir sabite

## **GİRİŞ**

Elektrik tüketimi son yıllarda teknolojinin de gelişmesiyle hızla artmıştır. Elektrik kullanımı gelişmişliğin bir göstergesi olarak anımsanmaktadır. Bu nedenlerden dolayı elektrik enerjisine olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Şehirlerde, beldelerde ve hatta köylerde bile birkaç saatlik elektrik kesintisi insanların hayatını felç etmekte günlük yaşam çekilmez bir hal almaktadır.

Bu nedenlerden dolayı elektrik teknik personellerinin yani biz elektrik mühendislerinin görevi enerjinin üretilip dağıtılmasından ziyade herhangi bir arıza durumunda insanların bu olumsuz durumdan daha az bir kısmının etkilenmesini sağlamaktır. Arızanın gelen ünitelerden diğer ünitelere zarar vermeden en hızlı ve güvenli bir şekilde enterkonnekte sistemden çıkarılması gerekmektedir.

Arıza ünitelerinin enterkonnekte sisteminden çıkarılması için mekanik röleler yerine daha hızlı, daha duyarlı ve daha hassas elektronik devreler oluşturulmalıdır. Ancak bu devrelerle arıza durumlarında etkilenen popülasyon azaltılabilir. Bu amaçlardan yola çıkılarak karşılaştırmalı elektronik devrelerle sınırlandırılmış akım değerleri transistör ve tristör gibi anahtarlama elemanları ile kesici motorunun devreye alınması tasarlanmıştır. Bunların sonucunda mekanik röleler yerine tasarlanmış olunan elektronik devrelerin kullanımı önerilmiştir.



## BÖLÜM – 1: AŞIRI AKIM VE AKIM KESİNTİLERİ KORUMASI

### 1.1 KORUMA SİSTEMİNİN GENEL PRENSİPLERİ

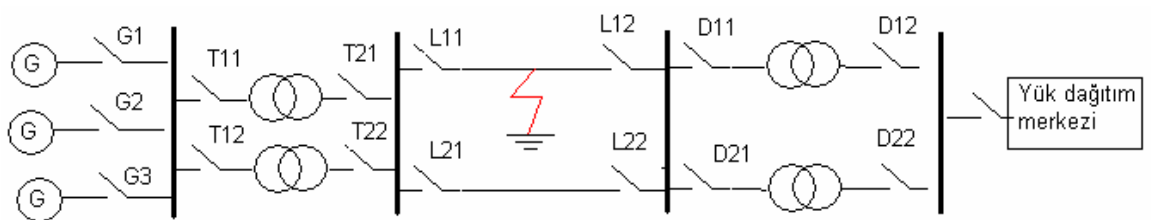
Generatör, transformatör, kablo, hat gibi şebeke elemanlarının birinde kısa devre veya izolasyon hatası sonucunda ark veya arıza akımlarının ve aşırı gerilimlerin yol açabileceği zararları sınırlandırmak veya en aza indirmek ve sürekli bir kısa devrenin şebekenin genel işletmesi ve özellikle stablitesi üzerindeki etkileri ortadan kaldırmak için hatalı elemanın olabildiğince çabuk devre dışı edilmesi gerekmektedir.

Hatalı elemanın otomatik olarak devre dışı etmek işlemi koruma sistemleri vasıtasıyla gerçekleştirilir. Söz konusu koruma sistemleri başlıca şebekenin hat, kablo, generator veya transformatör gibi şebekenin bir bölümünü devamlı olarak gözetilen ve şebekedeki akım ve bu akım tarafından beslenmekte olan röleler topluluğunu kapsamaktadır. Gözetilen kısımda hata oluştuğunda ayarlanan değerlerin üstünde röleler işletmeye girer ve bu durumda düzenlenmesi göz önüne alınan sisteme bağlı kontaklar dizisi açılıp veya kapanarak elemanı devreye bağlayan anahtarları açarak hatalı bölümün devre dışı olması sağlanır.

Koruma sistemlerinin iletim dağıtım şebekesinde olduğu gibi endüstriyel şebekelerin güvenilir bir şekilde işletilip korunmasında da çok önemli bir yeri vardır.

#### 1.1.1 Koruma Sisteminde Olması Gereken Şartlar

1. Güvenilir bir şekilde yapılmış bir koruma sistemi hatanın meydana geldiği şebeke bölümünü kesinlikle devreden çıkarmalı hatalı bölümden başka, şebekenin diğer kısımları devrede kalarak işletmeye devam etmelidir. Kısaca diğer bölümlere ait anahtarlar kapalı olarak devrede kalma şartıyla sadece hatalı cihazı veya bölümü çevreleyen anahtarlar açılmalıdır.



Şekil – 1.1 : Genel Güç Üretim, İletim ve Dağıtım Sistemi

Şekil – 1.1 'de sadece L11 ve L12 hatlarında kısa devre olursa L11 ve L12 anahtarlarının açılması gerekir. Koruma sistemindeki diğer anahtarlardaki açılma gereksiz açma olacaktır. Koruma sisteminin sadece hatalı elemanı seçmeyi başarır ise bu koruma sistemine seçici koruma sistemi denir. Bir koruma sistemi güvenilir olmalı yani gerekli olan durumların hepsinde çalışabilmeli ve aynı zamanda seçici nitelikte olmalıdır.

2. Koruma sisteminin olabildiğince kısa süre içinde çalışması gerekmektedir. Oluşabilecek zararların en aza indirilmesi için arklı kısa devrelerin açılma sürelerini olabildiğince azaltmak gerekir. Bundan başka çoğu kez 1-faz toprak arasında başlayan arkın gelişerek başka fazlara da geçmeye zaman bulmasını önlemek gerekir. Özellikle kısa devrelerin çabuk giderilmesi iletim şebekelerinde stabiliteyi sağlamada en etkin yol olmaktadır.

3. Bir koruma sisteminin davranışı, şebekenin yapısından olabildiğince bağımsız kalmalı, manevra serbestliği sağlamalı ve ayar değişiklikleri gerektirmeden kublajlara, paralel bağlamalara besleme değişikliklerine elverişli olmalıdır. Koruma sistemlerini şebeke yapısının değişimlerine olabildiğince duyarsız yapmaya çaba göstermelidir.

4. Sistemlerin belirlenen değerlerden ve sürelerden fazla olmamak kaydıyla aşırı yüklerle duyarsız kalması istenir. Eğer aşırı yüklenme süresi uzar ve cihazlarda tahribatlara yol açabilecek termik ısınmalar meydana gelmesi durumunda bu ısınma ani açmalı röleler değil de termik koruma röleleri tarafından izletmeli ve gerekli açma kumandası verdirilmelidir.

5. Koruma sistemi kısa devre akımlarının şiddetleri, cinsi ve hata yeri nerede olursa olsun işlemek zorundadır. Bazı durumlarda kısa devre akımının değeri normal akım değerinden daha düşük olabilmektedir. Hata yeri nerede olursa olsun şebekenin her türlü işletme şartları altında hatanın giderilmesini sağlamak için sistemin duyarlılığının yeterli seviyede olması gerekmektedir. Bununla beraber röleleri minimum kısa devre altında duyarlı yapmak verimsiz ve üstelik çok az yarar sağlamaktadır.

6. İşletmenin devreye almasını uzatan, güç kılan ve hiç bir fayda sağlamayan bir şebeke parçalanmasına yol açmamak için senkronizma dışındaki bir işleme sırasında gerilimler, akımlar ve güçlerde kendini gösteren salınımlara duyarsız kalınması gerekir.

### **1.1.2 Rölelerde Olması Gereken Nitelikler**

1. Olabildiğince basit ve sağlam olmak,
2. Hızlı olmak,
3. Oldukça az bir tüketimi olmalıdır. Bu özellik rölelerin şebekeye bağlantısını sağlayan transformatörler üzerinde büyük etkileri vardır.
4. Bir kısa devre anında ortaya çıkabilen en küçük akımlar ve en düşük gerilimler etkisinde bile doğru çalışmak için yeterli duyarlılığa sahip olmak,
5. Açtırma işlemlerini tehlikeden uzak kontaklarla gerçekleştirmek.

### 1.1.2.1 Sistemde bir hatanın varolma kriterleri

Çeşitli koruma sistemleri ile bu sistemleri meydana getiren rölelerin sağlaması gereken şartların belirlenmesinden sonra bunların gerçekleştirilmesinden önce rölelerin korudukları kısım üzerindeki bir kısa devreyi veya hatayı ortaya çıkarabilmeleri için duyarlı olmak zorunda kalacakları büyüklük veya büyüklükleri belirlemekle işe başlanır.

Bir hatanın meydana gelmesi doğal olarak göz önüne alınan elemana ait gerilim ve akımları az yada çok değiştirdikleri görülür. Üç fazlı bir cihazda şebeke durumunun niteliğini belirlemekte kullanılan sadece 3-faz – nötr gerilimi 3-faz arası gerilimi ve fazlardaki 3-akım olduğundan rölelerin üzerine etki yapan büyüklüklerin bu akımlar ve gerilimlere zorunlu olarak bağlı kalmaları gerekir.

### 1.1.2.2 Şebeke üzerinde bir hatanın varoluş kriterini kuran etkenler

1. Bir kısa devre, aşırı akımlar ve gerilim düşmeleri ile anlaşılır. Bu iki etken yeterince güvenilir kriterler oluşturamamaktadır. Her hata aşırı akımlara yol açmaz. Aşırı akımlar ve gerilim düşmeleri motorların yol alması veya transformatörü enerjilendirilmesi gibi durumlarda hiç bir hata yok iken kendini gösterebilir.

2. Bir devre elemanının görünen empedansındaki değişme değerlendirilerek yukarıdaki iki etken birleştirilebilir. Örneğin L1 fazına ait faz-nötr gerilim ve akım  $U_{L1}, I_{L1}$  ve L2 fazına ait faz-nötr gerilim ve akım  $U_{L2}, I_{L2}$  olduğunda 1 ve 2 fazlarına ait empedanslar  $\frac{U_{L1} - U_{L2}}{I_{L1} - I_{L2}}$  ile belirlenir.

Bir hata halinde görünen empedans yük değişimi sonucu olabilenlerden daha büyük, ani bir azalmaya uğrar. Bu kriter hata var oluş kriteri olarak benimsenmektedir.

3. Her dengesiz arıza, gerilimler ve akımlarda doğru, ters ve sıfır bileşenler ortaya çıkarmaktadır. Hatalı fazlardaki gerilim düşmesine karşılık gerilimlerin ters ve sıfır bileşenleri hata yerinde maksimum değerler almaktadır.

4. Genel olarak hatasız şebekenin bir elemanındaki kapasite akımları ve mıknatıslanma akımları gibi paralel akımlar işletme akımları ve kısa devre akımları yanında küçüktür. Normal çalışmada bir elemanın veya devrenin çıkışındaki  $I_2$  akımı girişteki  $I_1$  akımına (bazı durumlarda çevirme oranı farkı ile yakın olacaktır. Buna karşılık bir elemanda veya devrede bir hata meydana gelirse  $I_2$  ile  $I_1$  akımlarının geometrik farkı büyük olacak ve bu özellik bir hatanın belirlenmesi için kullanılacaktır.

5. Giriş ve çıkış arasındaki güç yönünün değişmesi

## 1.2 KORUMA SİSTEMİ KOORDİNASYONU

Elektrik güç üretim taşıma ve dağıtım sistemlerinde besleme noktası ile hatanın olduğu nokta arasında iki veya daha fazla koruma cihazının bağlı olduğu durumlarda hata yerine en yakın koruma cihazının çalışarak sadece hatalı bölümü devre dışı etmesi gerekir. Hatalı noktanın üst yani besleme tarafındaki koruma cihazları hatalı bölümü kesmesi gereken koruma cihazının herhangi bir nedenle açma yapmadığı durumlarda destek korumasını sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir. Bu koruma tarzı seçici koruma olarak adlandırılır. Sistemdeki gerekli koruma şartlarını sağlamak için koruma cihazları seçicilik gereklilikleri göz önüne alınarak minimum kısa devre akım değerlerine ve minimum sürede açtırma yapacak şekilde dizayn edilirler.

Koruma hassasiyeti ile seçicilik çoğu zaman birbirine ters düşer. Projejinin sorumluluğu optimum koordinasyon ve koruma hassasiyeti için dizayn yapmaktır.

### 1.2.1 Koordinasyon İşlemleri

Koordinasyon işlemleri yükten güç beslemesine kadar seri bağlı tüm koruma cihazlarının seçimini ve ayarlarını kapsar. Seçimde ve ayarda sistemde kullanılacak cihazların aşırı akımın çeşitli seviyelerinde cevap sürelerini karşılaştırmaktır. Burada dikkat edilecek en önemli özellik koruma sisteminin güvenilirliği açısından bir koruma sisteminde kullanılacak cihazların aynı imalatçı firmasından hatta aynı imalat tipinde olması gerekir. Yeni veya koruma sistemi değiştirilecek mevcut sistemlerinin koordinasyon işlemlerinde olabilecek kısa devre akımlarının maksimum ve minimum değerlerinin bilinmesi gerekmektedir.

Elektrik güç sistemlerinde koruma röleleri koordinasyonundaki problem uygun ayarların seçiminde olur. Öyle ki bunların temel koruma fonksiyonu hassasiyet, seçicilik, güvenilirlik ve hız gereksinimlerine uygun olmalıdır (Zeineldin, 2006)

Koruma işleminde öncelikli işlemlerin başında kullanılacak koruma cihazlarına ait açtırma eğrilerinin aynı logaritmik kağıda çizilerek koordinasyonun hazırlanmasıdır.

1. Akım-Zaman karakteristik eğrileri: Logaritmik koordinat ve skala sisteminde zaman düşey eksene yani ordinat eksenine, akım ise yatay eksene yani apsis eksenine işlenir. Karakteristik eğrinin alt ve sol tarafına düşen akım değerlerinde koruma sistemi çalışmaz, karakteristik eğrinin sağ veya üst tarafına düşen akım değerlerinde koruma sistemi çalışır.

2. Koordinasyon sistemi için gerekli veriler aşağıda belirtilen verilerin sağlanması koordinasyon işlemi için mutlaka sağlanmalıdır.

- Koordinasyonu yapılacak sistemin tek hat diyagramı
- Sistemdeki gerilim seviyesi
- Giriş güç verileri

- a) Şebeke ve besleme sistemine ait empedans ve kısa devre güç değerleri(MVA)
- b) X/R oranı
- c) Mevcut sisteme ait rölelerin cinsleri ve ayar değerleri
- d) Generator güçleri ve empedans değerleri
- e) Transformatör güçleri ve empedans değerleri

### 1.2.2 Koruma Koordinasyonu İçin Gerekli Veriler

1. Transformatörün değerleri (gerilimler ve güç değerleri) ve empedansları
2. Sistemin bağlanacağı şebekenin kısa devre güçleri ve gerilim değerleri
3. Motor değerleri ve empedansları
4. Koruma cihazlarının açtırma ve kesme değerleri
5. Koruma cihazlarına ait akım-zaman karakteristik eğrileri
6. Akım transformatörlerinin çevirme oranları, uyarma karakteristik eğrileri, sargı dirençleri ve kayıp değerleri
7. Döner makineler ve kabloların  $I^2t$  eğrileri
8. İletken kesit ve uzunlukları
9. Kısa devre ve yük akımı değerleri
  - İlk periyoddaki yani geçici toplam maksimum ve minimum kısa devre akım değerleri
  - 5 periyot ve yukarısı geçen süre için maksimum ve minimum (geçici) kısa devre akım değerleri
  - Ana baralarda oluşabilecek arklı veya metalik toprak hata akımlarının maksimum ve minimum değerleri
  - Maksimum yük akımları
  - Motorların yol alma akımları ve yol alma süreleri
  - Transformatör koruma noktaları

### 1.2.3 Koruma Koordinasyon Prosedürü

1. Uygun bir gerilim baz gerilimi seçilerek koruma akım zaman eğrisindeki akımlar ve diğer akımlar baz gerilimdeki değerlerine çevrilir. Normal olarak sistemdeki en düşük gerilim seviyesi baz gerilimi olarak seçilir. Fakat bu uygulama bir kural değil kolaylıktır.
2. Kısa devre akımları logaritmik kağıdın yatay eksenine işaretlenir.

3. En büyük yük akımları (motorların yol alma esnasında sistemden çekilen toplam akımlar) işaretlenir.
4. Koruma noktaları işaretlenir, bunlara büyük transformatörlerin yol alma akımları dahildir.
5. Koruma rölelerinin çekme aralıkları işaretlenir.

#### 1.2.4 Koordinasyon Zaman Aralıkları

Genel olarak röle koordinasyon problemleri bir parametrik optimizasyon problemi olarak ifade edilir. Birincil rölelerin uygulama sürelerinin hedef fonksiyonu yardımcı röle koordinasyonunun işletme korumasına bağlılığını minimize etmektir. (Abdellaziz, Talaat and Nosseir 2002)

Koruma sistemlerinin karakteristikleri logaritmik kağıda çizilirken koruma cihazlarına ait akım-zaman karakteristikleri arasında yeterli seviyede zaman aralıkları bulunmalı ve söz konusu karakteristik eğriler birbirlerine teğet olmamalı veya kesişmemelidir.

1) Koordinasyon alçak gerilim sistemlerinde çalışma hızı yüksek olan akım sınırlandırıcı sigortalarla kolayca yapılabilir. İmalatçı tarafından verilen akım-zaman eğrileri ve seçicilik oranlarını veren karakteristik eğrileri her hangi bir zaman hesabı yapmaya gerek kalmadan hem aşırı yük hem de kısa devre şartları altında koordinasyon için kullanılırlar.

2) Ters akım-zaman karakteristikli aşırı akım röleleri ile koordinasyon yapıldığında bunların zaman aralığının yaklaşık olarak 0,3 -0,4 saniye olması gerekir. Zaman aralığı aşağıda verilen bileşenleri kapsar

- Kesicinin açılma süresi(5 periyot) 0,08 saniye
- Rölenin hareket süresi 0,10 saniye
- Akım transformatörün doymasına ve ayar hatalarından dolayı emniyet faktörü 0,22 saniye

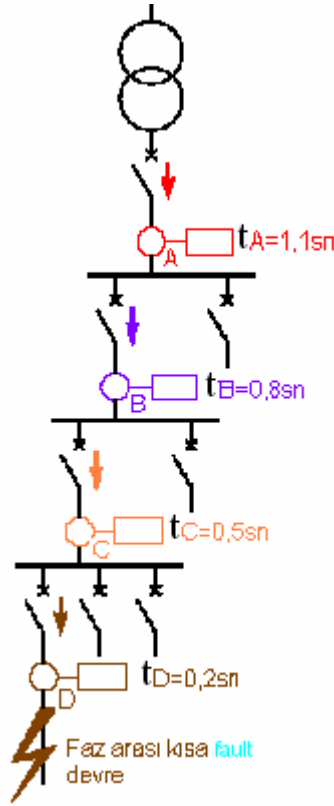
3) Zaman aralığı bileşenlerinden emniyet faktörü sahada gerekli ayar, kalibrasyon ve testler yapılarak azaltılabilir.

4) Elektronik röle kullanıldığında zaman bileşenlerinden röle hareket süresi ortadan kalkar ve bu süreden ibaret olan gecikme kadar çalışma süresi azalır. Söz konusu röleler de zaman aralığı dikkatli bir kalibrasyon yapıldığında 0,25 saniyeye kadar düşer.

### 1.3 KORUMA SİSTEMLERİNDE SEÇİCİLİK

#### 1.3.1 Zaman Karakteristikli Seçicilik

Şekil – 1.2’de görüldüğü gibi güç sistemi boyunca aşırı akım koruma ünitelerinin açma sürelerini, gereken şekilde farklı değerlere ayarlama esasına dayanır.



Şekil – 1.2: Zaman Karakteristikli Seçicilik

### İşletme tarzı

Şekil – 1.2’ de görülen hata A-B-C-D aşırı akım koruma üniteleri tarafından aynı anda algılanır. Ancak koruma ünitelerinin harekete geçme süreleri sistemde aşağıdan yukarıya doğru geciktirerek ayarlandığından en önce D ünitesi açma yaptırır ve A-B-C üniteleri stand-by pozisyonuna geri döner.

Her iki ünitenin arasında işleme süresi arasındaki farklılık seçicilik aralığı olarak tanımlanır ve  $\Delta t = tc + tr + 2.dt + tm$  ifadesi ile belirlenir.

$tc$  Alt kesiciye ait cevap süresi ve ark sönmeye süresi dahil toplam kesme süresi

$dt$  gecikme toleransı

$tr$  Üst kesicinin harekete geçme süresi

$tm$  Emniyet payı

Genellikle  $\Delta t = 300msaniye$  alınır.

### Avantajları

- Koruma sistemi kendi kendini yedekler. Koruma sistemi arızadan dolayı aktif hale geçemeyip açtırma yapamazsa  $\Delta T$  süre sonra C ünitesi aktif hale geçerek arızalı bölümü devreden çıkartır.

### Sakıncaları

- Kademe sayısı fazla olduğunda en üst kademedeki koruma ünitesi en uzun süreye sahip olacağından arıza temizleme süresi ekipmanın kısa devre dayanımı açısından uygun olmayabilir.

### Uygulama

Zaman karakteristikli, seçici sistemde sistemden geçen akım rölenin ayarlanan akım eşik değerini aştığında zaman rölesinin zaman mekanizması aktif hale geçer. İki tip zaman karakteristikli röle vardır.

#### 1. Sabit zamanlı röleler;

Uygulama şartları  $I_{sA} > I_{sB} > I_{sC}$  ve  $t_A > t_B > t_C$  dir. Seçici zaman aralığı ise genellikle 300 milisaniye alınır.

#### 2. Ters Zamanlı Röleler;

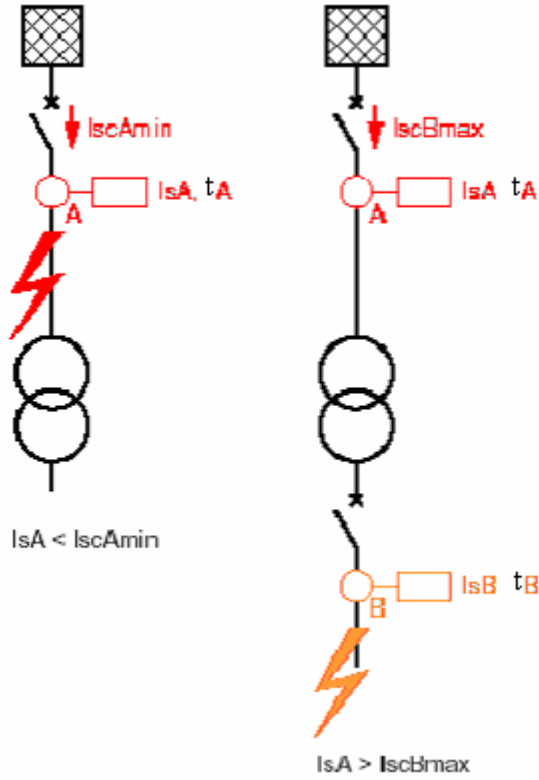
Rölelerin akım eşik değerleri  $I_n$  nominal akım değerlerine ayarlanırsa bu tip aşırı yük röleleri aynı zamanda kısa devre koruması da sağlar.

Zaman gecikmeleri alt taraftaki koruma rölesinde görülen maksimum akım için  $\Delta T$  seçici zaman aralığı göz önüne alınarak yapılacaktır. Eğrilerin çakışmaması için aynı tip zaman eğrileri kullanılacaktır.

### 1.3.2 Akım Karakteristikli Seçicilik

Akım karakteristikli seçicilik güç sistemi içinde kaynaktan uzaktaki hatada yani kaynakla hata yeri arasında hata akımının değerini ayarlanabilir bir şekilde azaltacak empedansların (transformatör, uzun enerji taşıma hatları gibi.) bulunması durumunda uygulanır.





Şekil – 1.3: Akım Karakteristikli Seçicilik

### İşletme tarzı

Akım koruma üniteleri her bir bölümün başlangıcına yerleştirilir. Açırma akım eşik değeri izlenen bölümün yani üst bölümün minimum kısa devre akımından büyük değere alt bölümde meydana gelen maksimum kısa devre akımından büyük değere ayarlanır.

### Avantajları

- Ayarlanan açırma akım eşik değerlerinde her bir koruma cihazı kendi koruduğu bölümde hata meydana geldiğinde aktif hale geçer. Koruduğu bölümün dışında meydana gelen hatalara karşı duyarlı değildir.
- Transformatör tarafından ayrılmış hatların bölümleri için bu sistemi kullanmak basitliği yanında, hızlı açmayı sağladığı gibi maliyetlerinde düşük olmasını sağlar

### Sakıncaları

- Şekil 1.3' deki A ünitesi altta bulunan B ünitesi için yedek koruma sağlamaz. Alt ünitenin koruma sistemi çalışmadığı durumlarda A ünitesi söz konusu bölüm için koruma yapmaz.
- Pratikte seri bağlı iki ünite için ayar değerleri belirlemek zordur. Arada transformatörün bulunmadığı orta gerilim sistemlerinde kullanılması çok zordur.

### Uygulama

Aşırı akım değerleri ayarlaması için  $1,25 I_{scBmax} < I_{sA} < 0,8 I_{scAmin}$  şartının sağlanması iki ünite arasında seçici ayırmayı gerçekleştirebilir.

### 1.3.3 Lojik Seçicilik

Bu sistem zaman karakteristikli seçici sistemin sakıncalarını ortadan kaldırmak için geliştirilmiştir. Bu metot hata giderilme süresi ne kadar olacağı belirlendikten sonra kullanılır.

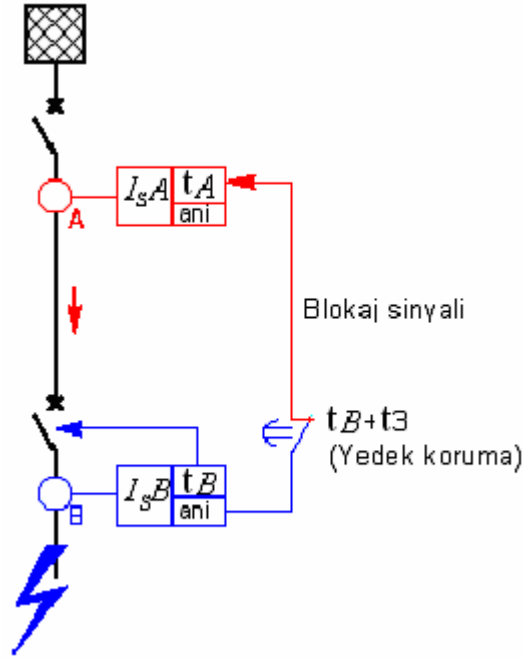
### İşletme tarzı

Koruma üniteleri arasındaki lojik hataların düzenlenmesi seçici zaman aralıklarına ihtiyaç duyulmasını ortadan kaldırır. Böylece kaynağa yakın kesicinin açma süresinde dikkate değer bir azalma olur.

Radyal güç sistemlerinde, sadece hata yerinin üst tarafına yani besleme tarafına yerleştirilen kesici aktif hale gelir hata yerinin altındaki kesici aktif hale gelmez.

Hata nedeniyle aktif hale gelen kesici aşağıda belirtilen kontrol sinyallerini gönderir.

- Kendisinden üst seviyede bulunan kesiciye açtırma süresini bu kesicinin açtırma süresini artırmak için blokaj sinyali gönderir.
- Alt seviyedeki kesiciden blokaj sinyali almamışsa ilgili kesiciye açtırma kumandası gönderir. ( Bu prensip Şekil – 1.4'de gösterilmektedir )



Şekil – 1.4: Lojik seçici açtırma çalışması

- B alt tarafta hata meydana geldiğinde B deki koruma ünitesi A'daki koruma ünitesini bloke eder.
- Sadece B deki koruma ünitesi  $t_B$  gecikmesini müteakip açtırmayı tetikler
- Aradaki açtırma ünitesi için blokaj sinyalinin süresi  $t_B + t_3$  ile sınırlandırılmıştır.  $T_3 \geq t_B$  kesicisine ait çalışma ve ark sönmeye süresi olup tipik olarak 200 milisaniyedir.
- Eğer B kesicisi herhangi bir nedenle açtırma yaptırmazsa A kesicisi  $t_A$  süresi sonunda ait olduğu kesicide açtırma yaptırır.
- A ve B arasında hata meydana geldiğinde A kesicisi  $t_A$  süresi sonunda açtırma yapar.

### Avantajları

Açtırma süreleri seçicilik zinciri içinde hatanın yeri ile ilgili değildir. Bunun anlamı şudur ; seçiciliğin sağlanması kısa süre gecikmeli üst taraftaki koruma ünitesi ile uzun süre gecikmeli alt taraftaki koruma ünitesi arasında gerçekleştirilebilir.

Sistem destek yani artı koruma yapar.

## Sakıncaları

Koruma ünitelerinin farklı seviyeleri arasında lojik sinyallerin gönderilmesi gerektiğinden ilave bağlantı hatları tesis edilmelidir. Bu ise kontrol üniteleri birbirinden uzaksa dikkate değer zorluklar meydana gelir.

## Uygulama

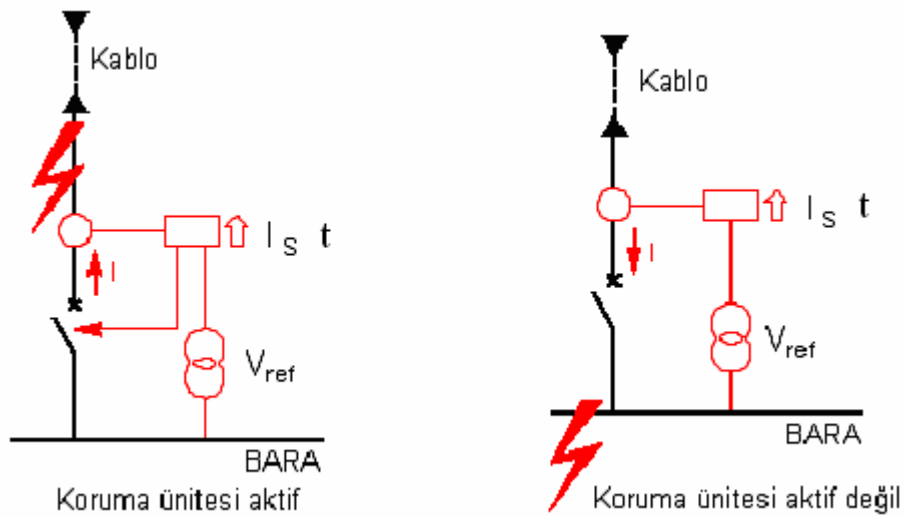
Bu prensip birden fazla seçicilik seviyeli ve radyal branşmanları haiz orta gerilim güç sistemlerinde sıklıkla kullanılır.

### 1.3.4 Yönlü Koruma Seçiciliği

Gözlü güç sistemlerinde, her iki taraftan beslenen hatalarda hata akımının akış yönüne duyarlı olan bir koruma ünitesi gereklidir. Hata yerini seçici olarak belirleme ve hatalı kısmı ayırmak için yönlü aşırı akım koruma üniteleri kullanılır.

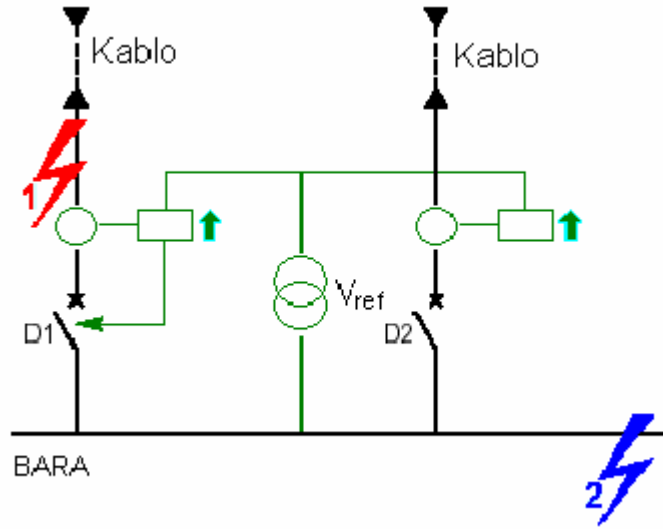
Basit problemlerde koordinasyon problemi için mesafe rölelerini hesaba katmaksızın yönlü aşırı akım rölelerinin kurulumunda daha basit hesaplara ihtiyaç duyulur ve daha uygundur. Yani çözümü mümkündür. Fakat bu durumda röle kurulumunun hesapları ile koruma şeması rölelerinin her ikisi de etkidiği için seçici olmayabilir. Yönlü aşırı akım röleleri ve mesafe röleleri koordine edilmez (Urdaneta, 2000)

### İşletme tarzı



Şekil – 1.5: Yönlü Koruma Seçiciliği

Şekil 1.5’de görüldüğü gibi akım yönüne göre rölenin hareketleri farklıdır. Koruma ünitesinin çalışma sistemi Şekil 1.6’da gösterilmektedir.



Şekil – 1.6: Yönlü Koruma Sisteminin Çalışması

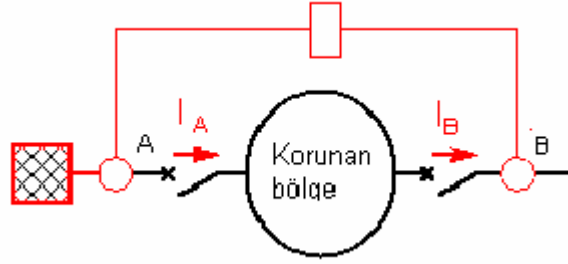
Yönlü aşırı akım röleleri genellikle güç sistemleri koruması için ekonomiklik anlamında kullanılır. Bu tip rölelerin uygulamasında seçicilik güç sistemlerindeki hata etkisini azaltmada önemli bir rol oynar (Zeineldin, 2006).

D1 ve D2 kesicileri baradan kabloya akım akışı halinde aktif hale gelen yönlü koruma üniteleri ile donatılmıştır.

- 1 noktasında hata meydana geldiğinde sadece D1 ünitesi aktif hale gelir. D2 ünitesi akım yönünü algıladığından D2 ünitesi hatayı algılamaz. Sadece D1 ünitesi açtırma yaptırır.
- 2 noktasında hata meydana gelmesi durumunda her iki durumda hata algılanmaz ve D1, D2 kesicileri kapalı kalır. Diğer koruma üniteleri baraya koruma açtırması yaparlar

### 1.3.5 Diferansiyel Koruma Seçiciliği

Bu koruma üniteleri Şekil 1.7’de görüldüğü gibi güç sisteminin her iki ucundaki giriş ve çıkış akımlarının karşılaştırılma esasına dayanır.



Şekil – 1.7: Diferansiyel Koruma Prensi Şeması

Korunan bölgede hata meydana geldiğinde giriş ve çıkış akımları arasında farklılıklar görülür. Bu akım farkından dolayı diferansiyel koruma ünitesi harekete geçer ve bu koruma ünitesi korunana bölgenin dışında meydana gelen hatalara karşı hassas olmadığından diferansiyel koruma yapısı itibarıyla seçici bir korumadır.

Diferansiyel korumanın düzgün çalışması ve dış hatalardan dolayı yanlış açma yapmaması ve şebeke davranışından etkilenmemesi için her iki uçtaki akım transformatörleri özel boyutlandırılır.

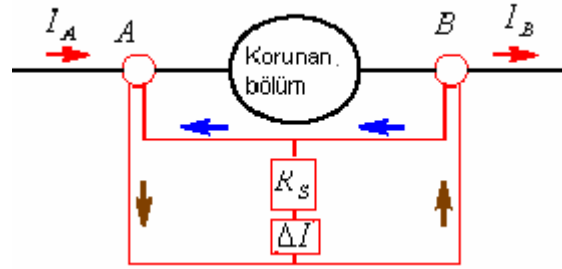
Diferansiyel koruma sisteminde ani açma  $I_A - I_B \neq 0$  olduğunda meydana gelir.

Aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı diferansiyel koruma sistemi hata olmadığı halde yanlış açma yapar:

- Transformatörün mıknatıslama akımı. Özellikle transformatörü devreye alırken akım darbeleri meydana getirir.
- Hat kapasitif akımları özellikle nötrü yalıtılmış veya yüksek direnç üzerinden topraklanmış şebekelerde şebekenin herhangi bir yerinde toprak hatası oluştuğunda ortaya çıkar.
- Akım transformatörlerinin farklı saturasyona uğraması sonucu ortaya çıkan durumdur.

Diferansiyel koruma sistemlerinde yukarıda sayılan nedenlerle hatalı açmayı önlemek ve stabil çalışmayı sağlamak için iki metot vardır:

- Yüksek empedanslı diferansiyel koruma ünitesi kullanmak. Şekil – 1.8’de görüldüğü gibi diferansiyel röle seri olarak  $R_C$  stabilizasyon direncine bağlanır.



Şekil – 1.8: Diferansiyel Koruma Çalışma Şekli

- % oransal diferansiyel koruma sistemi  $I_A$  ve  $I_B$  akımları arasındaki fark oransal olarak belirlenir ve nominal akım değerine bağlı bir blokajla sağlanır.

#### Avantajları

- Hata akımı koruma hassasiyeti korunan akımın nominal değerinden küçüktür. Rölenin açtırma akım eşik değeri korunan ekipmanın nominal akımının değerinden düşük değere ayarlanır.
- Koruma ani açma olarak gerçekleştirilebilir.

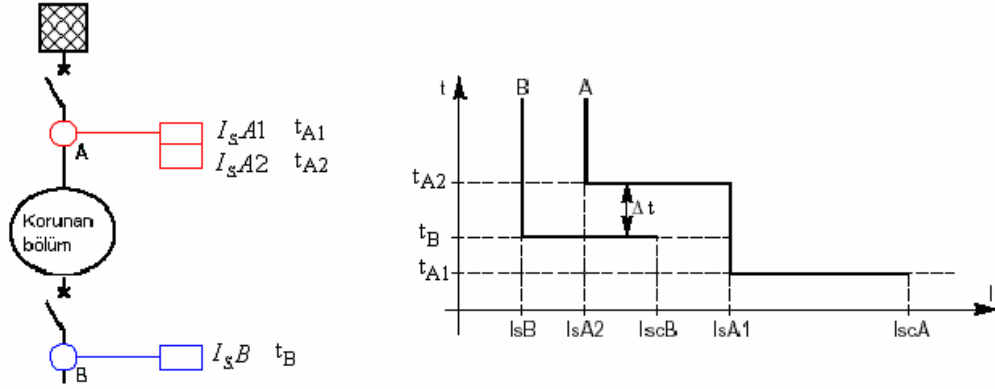
#### Sakıncaları

- Tesis edilme maliyeti yüksektir.
- Aşırı akım koruması tarafından desteklenmelidir.

#### Uygulama

Yüksek güç değerlerine sahip önemli motorlar, generatorlar, transformatörler, baralar, kablolar ve hatlar için kullanılırlar.

### 1.3.6 Kombine Seçici Sistemler



Şekil – 1.9: Kombine Seçici Sistemler

Şekil – 1.9’de görüldüğü gibi

- Akım karakterli seçicilik A1 ve B koruma üniteleri arasında
- Zaman karakterli seçicilik A2 ve B üniteleri arasında
- A tarafındaki ünite B de bulunan ünite için destek ünitesidir.

### 1.3.7 Toprak Hata Yönlü Koruma

Toprak hata korumasında polarizasyon miktarı olarak sık sık kullanılan rezidüel akım ve rezidüel gerilim ölçülür.

Herhangi bir 3-fazlı sistemde  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$  büyüklükleri arasında dengesizlik olması halinde simetrik bileşenler teorisine göre

- Sıfır bileşeni  $\vec{F}_h = \frac{1}{3} \cdot (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3)$  olarak ifade edilir.
- Rezidüel değişken ise  $\vec{F}_r = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$  ile ifade edilir. İfadeden anlaşılacağı üzere rezidüel değişken sıfır bileşen değişkeninden 3 kat daha büyüktür.

Rezidüel akım ya 3 adet akım transformatörüyle veya 3-faz iletkeni içine alan toroidal transformatör yardımıyla ölçülür.

3-adet transformatör kullanmanın güvenilir ve yüksek akımları ölçmek gibi avantajlarının yanında, kısa devre anında satüre olması ve transformatörün devreye girmesi anında hatalı rezidüel



akımlar üretmesi ve pratikte eşik değerinin transformatörün nominal akımının ancak %10 değerinin altında ayarlanabilmesi gibi sakıncaları vardır.

Toroidal akım transformatörlerin çok yüksek hassasiyet avantajının yanı sıra düşük izolasyon seviyesinde imal edilebilmesi en büyük sakıncasıdır.

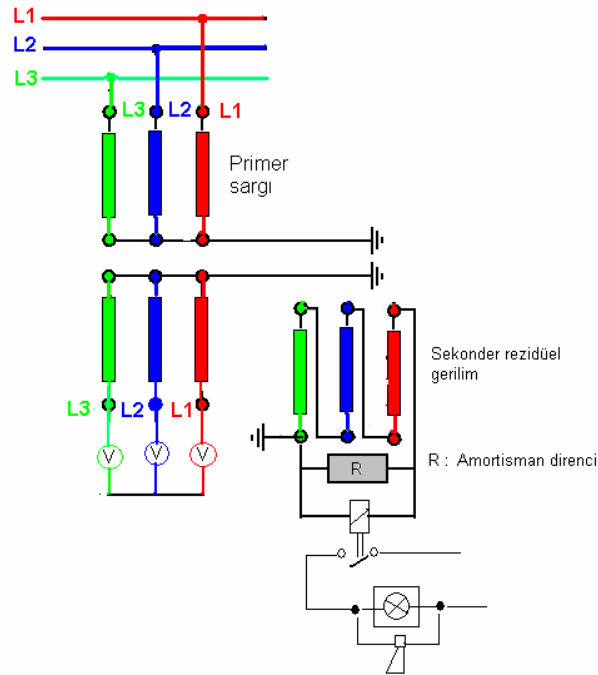
Rezidüel 3-adet gerilim transformatörüyle ölçülür. Genellikle iki sekonder sargı kullanılır. Birinci sargı yıldız bağlı olup faz-nötr ve faz-faz gerilimleri ölçülür, diğer sargı ise açık üçgen olarak tertip edilerek rezidüel gerilim ölçülür.

Rezidüel gerilim toprak hata yönlü rölesinde polarizasyon değişkeni olarak sık kullanılır.

### Karakteristik açı

Hatanın yönünü belirlemek için koruma ekipmanı akım ile polarizasyon akım değişkeni arasındaki faz deplasmanını ölçer. Eğer polarizasyon değişkeni istenen röle hareketinin simetri ekseninde değilse karakteristik açı ayarlanarak faz kaydırması yapılır.

Sistemin toplam işletme kapasitesi değeri düşük olan toprak hata akımının 10 A geçmediği nötrü yalıtılmış küçük tesislerde toprak hatası Şekil - 1.10'da görülen sistem yardımıyla izlenir. Tehlikeli gerilimlerin meydana gelmediği sistemde hatalı bölüm işletmeye devam eder. Uygun bir zamanda hatalı kısım tespit edilerek arıza giderilir.



Şekil – 1.10: Toprak Hatasının İzlenmesi

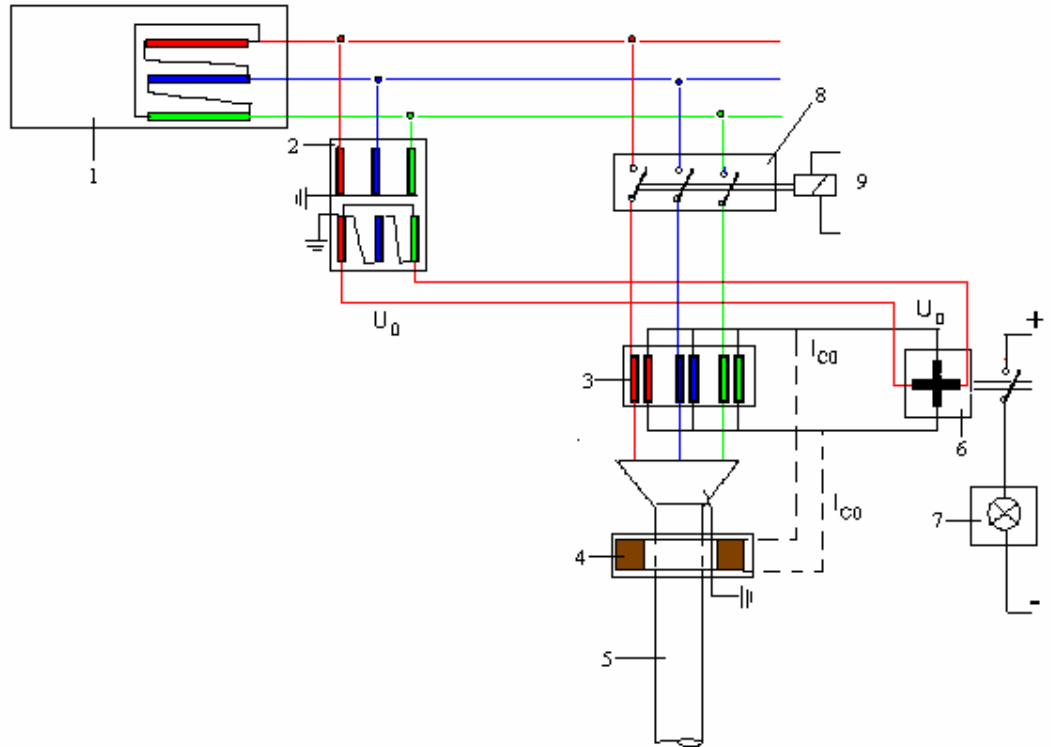
İzleme, gerilim transformatörünün açık üçgen sargısına yerleştirilen sıfır gerilim bileşen rölesi yardımıyla görüntülü ve sesli ihbar şeklinde olur. Sistemde toprak hatası meydana geldiğinde hatalı fazın faz toprak gerilimi toprak potansiyeline düşer ve sağlam fazlara ait gerilimler yükselir.

Açık üçgen sargılardaki gerilimlerin toplamı artık sıfır olmayacağından sıfır gerilim bileşen rölesi çalışarak görüntülü ve sesli ihbar verir.

Bu sistemde hangi fiderde hatanın olduğu belirlenemez . Ancak gerilim transformatörünün yıldız bağlı sargılarına bağlanan voltmetreler yardımıyla hangi fazda toprak hatasının meydana geldiği belirlenebilir. Yıldız sekondere bağlı voltmetrelerde gerilim değerini az gösteren fazda toprak arızası olduğu faz-toprak gerilimini faz arası gerilim değerinde gösteren voltmetrelere ait fazların sağlam olduğu anlaşılır.

Çıkış fiderlerinin fazla olduğu yüksek kapasite değerine haiz büyük sistemlerde arızanın kısa sürede hangi fiderde olduğunun tespiti ve gerekiyorsa ait olduğu kesiciyi açtırarak devreden ayrılması gerekebilir. Özellikle ana dağıtım transformatörünün sekonder sargısı üçgen olan ve suni topraklama transformatörü üzerinden topraklanan yüksek işletme kapasitesine ait geniş şebekelerde çok gereklidir.

Hatalı çıkışın tespiti wattmetrik röleler vasıtasıyla yapılır. Nötrü izole sistemlerde kapasitif akımlar devrelerini sağlam çıkışların devrelerinden tamamladığı için wattmetrik rölelerin yönlü olması gerekir. Bunun için Şekil 1.11’de gösterilen bağlantı kullanılır.



Şekil – 1.11: Nötrü İzole Sistemlerde Yönlü Wattmetrik Rölelerin Kullanılışı

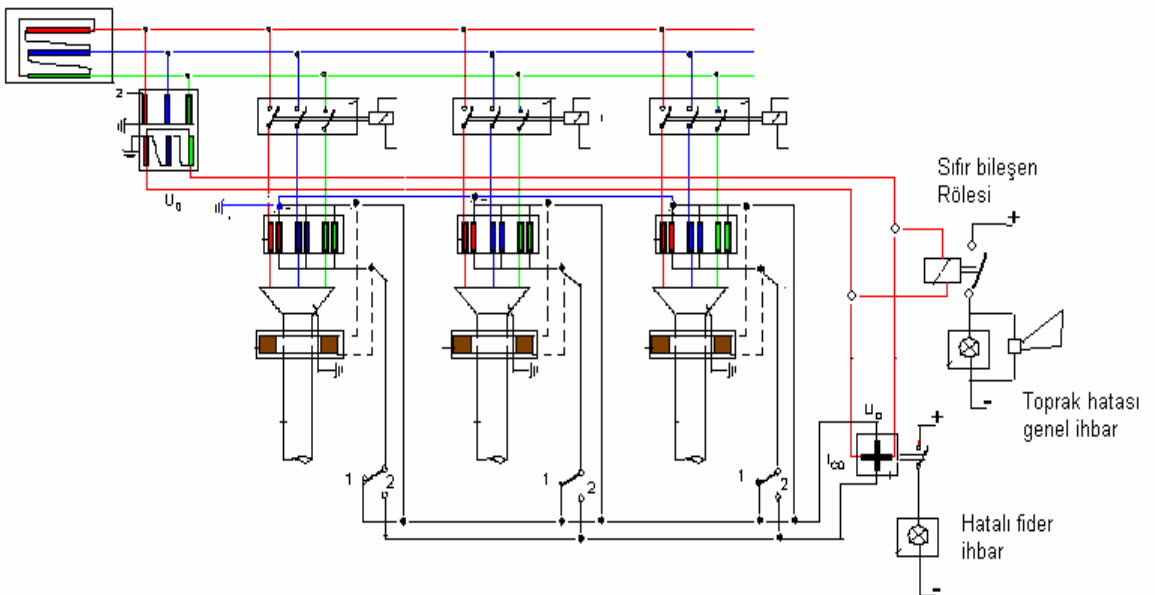
Şekil 1.11'de gösterilen rakamlar

1. Dağıtım transformatörü,
2. Sekonderi açık üçgen sargılı gerilim transformatörü
3. Bara tipi akım transformatörü,
4. Toroidal akım transformatörü,
5. Kablo,
6. Yönlü watmetrik röle,
7. Toprak hatası ihbar lambası,
8. Kesici ,
9. Kesici açma bobini göstermektedir.

Fiderde meydana gelen hata sonucunda yüksek salınımların meydana gelmesi söz konusu ise ihbarla birlikte hatalı çıkışın kesicisi watmetrik rölenin kumandası vasıtasıyla açtırılır. Bunun için her çıkış yönlü watmetrik röle ile donatılmalıdır. Watmetrik rölenin akım bağlantısı Şekil 1.11 ve 1.12'de görüldüğü şekilde bara tipi akım transformatörleri vasıtasıyla yapılacağı gibi Şekil 1.11 ve 1.12'de görüldüğü gibi kablo üzerine yerleştirilen toroidal akım transformatörü üzerinden de yapılır. Gerekli akım hassasiyetini elde etmek için toroidal akım transformatörü üzerinden yapılması tercih edilir.

Eğer besleme çıkışlarında toprak hatası meydana geldiğinde sistemde meydana gelebilecek salınımlar daha önceden tayin edilen sistem izolasyon seviyesinden düşük değerde ise izleme suretiyle hatalı çıkış tespit edilir ve hatalı bölümün işletilmesine izin verilir ve uygun bir zamanda hata giderilir.

Bu gibi sistemlerde ekonomik sebeplerle her çıkışa bir adet yönlü watmetrik röle yerleştirmeye gerek yoktur. Bütün bir sistem için bir adet yönlü watmetrik röle kullanılır ve bunun için Şekil 1.12'de görülen uygulama yapılır.



Şekil – 1.12: Bir Adet Yönlü Watmetrik Röle Yardımıyla Birden Fazla Fiderde Hata İzlenmesi

Şekil 1.12’de gösterilen tertipte Yönlü Watmetrik rölenin akım devresi bara veya içinden kablo geçirilen toroidal akım transformatörü üzerinden, gerilim bağlantısı ise gerilim transformatörünün açık üçgen sargısı üzerinden yapılmaktadır. Bu sistemde de akım bağlantısı için toroidal akım transformatörleri tercih edilmelidir. Açık üçgen sargı üzerine toprak hatası ön ihbarını yapacak toprak hatası genel ihbarını çalıştırmak için sıfır gerilim bileşen rölesi konulmuştur.

Akım transformatörleri seçici anahtar üzerinden genel bir bağlantı ile yönlü watmetrik rölenin akım devresi uçlarına bağlanır. Anahtarların başlangıç konumu akım transformatörlerinin sekonder sargı uçlarını kısa devre edecek konumdadır.

Genel arıza ihbarı alındığında akım transformatörü için konulan anahtarlar sırasıyla 2 pozisyonuna alınır. Hatalı fider ışıklı ikazı hangi fidere ait anahtar 2 pozisyonuna alındığında ihbar verirse söz konusu fiderde faz-toprak hatası meydana gelmiştir

## **BÖLÜM – 2: ŞEBEKE KORUMASI**

### **2.1. KORUMA SİSTEMİ GEREKLİLİKLERİ**

#### **2.1.1 Genel Olarak Koruma Sistemi Gereklilikleri**

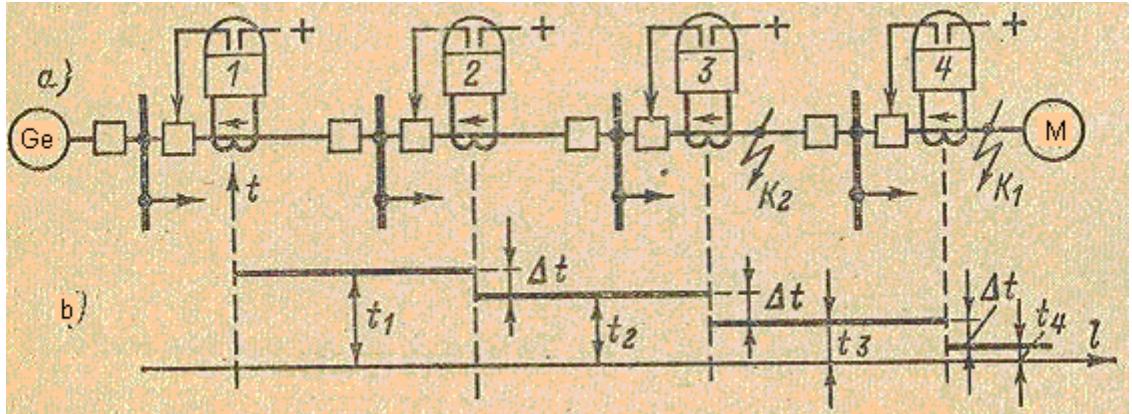
- Koruma sistemi yüksek derecede bağımsız olmalıdır. Bunun anlamı hatalı devrenin açılmasında sistemin çalışmama riski çok az olmalıdır. Bu nedenle çalışmama riskini ortadan kaldırmak için destek veya yedek koruma mutlaka göz önüne alınmalıdır.
- Koruma sistemi yüksek derecede güvenilir olmalıdır. Bunun anlamı ise röle istenmeyen gereksiz açmaları yapmamalıdır.
- Hata açma süresi ekipman hasarlarını sınırlandırmak ve personelin yaralanma riskini minimuma indirmek için minimum olmalıdır.
- Koruma sistemi yüksek dirençli hataları dahi algılayabilecek ve koruma açtırması yapabilecek seviyede hassas olmalıdır.
- Hatada açması seçici olmalı ve sadece hatalı bölümü devreden çıkarmalı ve sağlam bölümler işletmeye devam etmelidir.

#### **2.2 AŞIRI AKIM KORUMASI**

Kısa devreler oluşumlarına göre değişik karakteristikler gösterirler. Üç fazın birden kısa devre olması, iki fazın kısa devre olması, herhangi bir fazın nötrle kısa devre olması, toprak hattının herhangi bir fazla kısa devre olması gibi. Tüm üç fazı birden kapsamına alan devreler simetrik hata olarak tanımlanır. Diğer kısa devreler ise asimetrik olarak adlandırılır (Haktanır, 2001).

2 veya 3-faz aşırı-akım zaman röleleri yüksek empedans üzerinden topraklanan şebekelerde transformatörleri, kablo hatlarının ve enerji nakil hatlarının faz arası kısa devre akımlarına karşı korumak için kullanılırlar. 3-fazlı aşırı akım röleleri nötrü doğrudan topraklı radyal şebekelerde faz-faz kısa devre akımlarının yanında faz-toprak kısa devre akımlarına karşı transformatör, kablo hatları ve enerji nakil hatlarını korumak için kullanılır (Çernobrovov, 1974).

Bir taraflı beslenen şebekelerde aşırı akım koruması hattın başlangıcında gerilim kaynağı tarafına uygulanır. (Şekil 2.1 - a)



Şekil – 2.1: Radyal Şebekelerde Tek Taraflı Beslemeli Aşırı Akım Koruması, (Çernobrovov, 1974)

Koruma bu tür uygulandığında her hattın özel koruması olduğundan hattın kendisinde veya ondan beslenen trafo merkezinin şinlerinde kazalar oluştuğunda hat açılır. Şebekenin herhangi bir noktasında örneğin  $K_1$  noktasında kısa devre olursa kısa devre akımı şebekenin açık kaynağı ve kısa devre olan yer arasında geçer ve 1, 2, 3, 4 korumalarının açılmasına neden olur. Ancak seçim şartına göre açmaya yalnız kısa devre hattına yerleştirilen 4 koruması tepki göstermelidir.

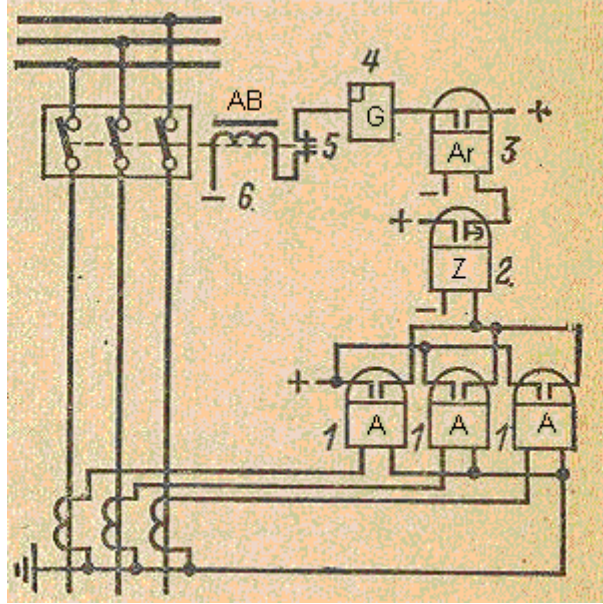
Bahsettiğimiz seçimi temin etmek için aşırı akım korumaları, Şekil 2.1 b' de gösterildiği gibi tüketiciden kaynağa doğru artan süre beklentileri ile yapılmalıdır (Çernobrovov, 1974). Bu durum yerine getirildiği zaman  $K_1$  noktasındaki kısa devreye en çabuk 4 koruması tepki gösterecek ve hasarlı hattı açacaktır. Eğer kısa devre  $K_2$  noktasında olsaydı 3 koruması daha erken tepki verecek ve hattı açacaktır. Diğer korumaların çalışması için daha uzun süre gerektiğinden diğer korumalar kazaya tepki göstermeyeceklerdir.

Aşırı akım koruma sistemleri sadece hatanın yerini göstermek için kullanılır. Fakat hata akımı hata tipine ve sürekli durum işletmeleri ön hatasına bağlıdır. Bunun yanında maksimum yük akımı minimum hata akımının büyüklüğü ile aynı olabilir (Enriquez and Martinez, 2006).

Aşırı akım korumalarında diğer bir problem minimum hata akımı durumları için yüksek yardımcı zamandır, ki koordinasyon kriteri sadece maksimum hata akımları için tayin edilmiştir. Diğer korumalarda farklı yük akımları minimum hata akımı için zaman eğrisinde yüksek bir ayrıma neden olur. Ana ve yardımcı aşırı akım koruma sistemleri farklı zaman eğrilerine sahip olduklarında uygun zaman koordinasyonları zordur. Bu durumda aşırı akım rölelerinin zaman sınırlaması minimum hata akımı ve farklı zaman eğrilerinin her ikisi için yüksektir (Enriquez and Martinez, 2006).

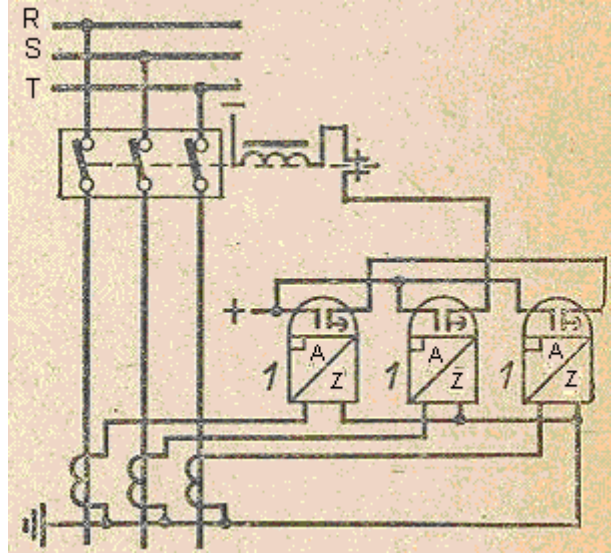
## 2.3. ORTA GERİLİM ŞEBEKELERİNDE HATLARIN KISA DEVREYE KARŞI KORUNMASI

### 2.3.1 Hatların Kısa Devreye Karşı Korumak İçin Uygulanan Koruma Sistemleri



Şekil – 2.2: Bağımsız Zaman Beklemeli 3 Fazlı Aşırı Akım Koruması, (Çernobrovov, 1974)

Üç fazlı koruma devrelerinde akım trafoları ve akım rölelerinin sargıları tam yıldız bağlıdır (Çernobrovov, 1974). Şekil 2.2' deki koruma şemasını inceleyelim; kısa devre akımı korumanın işi bırakma elemanı olan 1 akım rölesini ve 2 zaman rölesini çalıştırır. Kısa devre zamanı kısa devre akımının geçtiği fazın akım rölesi çalışır ve 2 zaman rölesinin elektrik devresi kapanır. Şunu söylemeliyiz ki; faza akım röleleri paralel bağlandığından akım rölelerinin her hangi birinin çalışması sonucunda 2 zaman rölesi de çalışacaktır. Önceden ayarlanmış süreden sonra zaman rölesi kapanır ve 3 aralık rölesini çalıştırır. Bu röle ani çalışır ve akımın 6 açma bobinine verilmesini sağlar. Zaman rölesinin kontakları büyük akıma göre zayıf olduğundan 3 aralık rölesi kullanılır. Açma bobini ile aynı anda 4 gösterge rölesi de çalışmaya başlar ve göstergesi iner. Böylelikle açma bobini devresine akımın verilmesini ve aşırı akım korumasının işe başlamasını belirler. Açıcının 5 nolu blokaj kontağı açma bobininin akımının kesilmesini sağlamak içindir. Çünkü aralık rölesinin kontakları bu elektrik devresinin açılması için hesaplanmamaktadır. Blokaj kontağı aralık rölesinin geri dönmesinden önce ayrılmalıdır (Çernobrovov, 1974). İncelenen korumanın çalışma süresi zaman rölesinin yardımı ile belirlenir. Bunlar bağımsız karakteristikli korumalardır.



Şekil – 2.3: Akıma Bağımlı Zaman Beklemeli 3 Fazlı Akım Koruması, (Çernobrovov, 1974)

Şekil 2.3' de gösterilen üç fazlı aşırı akım koruma şemaları her türlü kısa devreye tepki gösterdiği için bir fazlı ve fazlar arası kısa devrenin mümkün olduğu nötrü topraklanmış şebekelerde de kullanılır.

#### 2.3.1.1 Faz aşırı akım koruması

- Ani açtırmalı koruma
- Sabit zaman açtırmalı koruma
- Akıma bağlı açma gecikmeli koruma (ters akım-zaman karakteristikli koruma)
- Ani açtırmalı, sabit zamanlı ve ters zamanlı korumaların herhangi bir kombinasyonu
- Yönlü /yönsüz koruma

#### 2.3.1.2 Fark akım koruması

- Fazları ayırarak
- Faz ayırmasız (yardımcı toplam akım transformatörü ile)

#### 2.3.1.3 Mesafe koruması

- Faz faz kapalı devresinin ölçümü
- Faz-toprak kapalı devresinin ölçümü



### 2.3.1.4 Zaman karakteristikleri

Seçici hata açmasını gerçekleştirebilmek için farklı koruma sistemleri ve kademeler değişik zaman gecikmelerine sahip olmalıdır. Bir çok farklı zaman gecikmeleri vardır.

Genel kural; Eğer gerekli değilse aynı sistem içinde değişik zaman karakteristikleri kullanılmamalıdır.

### 2.3.1.5 Sabit zaman karakteristiği

İşleme süresi hata akımının büyüklüğüne bağlı olmayıp işletme akım eşik değerini aşan büyüklüğü ne olursa olsun her hata akımında ayarlanan sürede çalışır. Seri bağlı röleler arasındaki zaman koordinasyonu ters zamanlı rölelerden daha kolaydır. Ancak bir kaç koruma rölesinin seri bağlandığı durumlarda koordinasyonda gecikme süreleri gereksiz olarak uzayabilir. Sabit zamanlı röleler kullanıldığında kısa devre gücü çok fazla değişmemelidir. Zira Hat akımı kısa devre gücünün azaldığı durumlarda meydana gelebilecek hata akımının röle açtırma akım eşik değerinin altında değere sahip olma riski vardır. Böyle durumlarda rölenin çalışmama riski ortaya çıkar.

### 2.3.1.6 Ters akım-zaman karakteristiği

Burada çalışma zamanı hata akımının büyüklüğüne bağlıdır. Röleler arasındaki koordinasyonu için ters akım-zaman karakteristiği yararlıdır.

IEC standartlarında normal, ters, çok ters ve çok fazla ters olmak üzere 3-tip ters akım-zaman karakteristiği belirlenmiştir (Güler, 1985).

IEC 60255 e uygun olarak akım ve zaman arasındaki bağlantılar aşağıda verilen ifade yardımıyla belirlenir.

$$t = \frac{k \cdot \beta}{\left(\frac{I}{I >}\right)^\alpha - 1}$$

Bu ifadede

t: çalışma süresi (saniye)

k: ayarlanabilir ters zaman faktörü

I: ölçülen akım

I>: Rölenin ayarlanan aşırı akım eşik değeri

$\alpha$  : cebrik fonksiyonu karakterize eden indeks

$\beta$  : röleyi karakterize eden sabit

Özellikle  $\alpha$  ve  $\beta$  kesin değer olarak imalatçı firma tarafından alınmakla beraber aşağıda verilen değerlerde göre gerekli işlem yapılabilir.

Karakteristik	$\alpha$	$\beta$
Normal ters	0,02	0,14
Fazla ters	1,0	13,5
Çok fazla ters	2,0	80
Uzun gecikmeli ters	1,0	120

### 2.3.2 Karakteristiklerin Uygulama Özellikleri Ve Uygulama Yerleri

#### 2.3.2.1 Normal ters akım-zaman karakteristikleri

Farklı kısa devre yerlerinde kısa devre hata akımlarının değerlerinin değişimi fazla ise normal ters akım-zaman karakteristikleri bu tip sistemlerde uygun olmaktadır.

#### 2.3.2.2 Fazla ters akım-zaman karakteristikleri

Bu karakteristik tipinde işleme süresi doğrudan hata akımının büyüklüğüne bağlıdır. Fazla ters akım zaman karakteristik eğrileri normal ters akım-zaman karakteristik eğrilerinden daha diktir ve özellikle gözlü sistemlerde giriş ve çıkış göz bağlantıları arasındaki hata akımlarının küçük farklılıklarında başarılı bir seçicilik sağlar.

#### 2.3.2.3 Çok fazla ters akım-zaman karakteristikleri

İşleme zamanı hata akımının büyüklüğüne bağlıdır. Bu karakteristik dağıtım veya endüstriyel şebekelerde sigortalı koordinasyonları gerçekleştirmek için kullanılır. Devreye alma geçici akımlarının problem olduğu yerlerde aşırı yüklenme kapasite kullanımının yüksek olmasını gerektirdiği durumlarda sigorta kullanılır.

#### 2.3.2.4 Uzun gecikmeli ters akım-zaman karakteristikleri

Bu karakteristik fazla ters akım karakteristiklerindeki aynı akıma sahiptir. Ancak açma süreleri daha uzun olup daha uzun geçme istenen yerlerde kullanılır.

### 2.3.2.5 Seçicilik

Radyal şebekelerdeki seçiciliğin başarılı bir şekilde sağlanması için

- Şebekedeki seri bağlı kesicilerin seçici açtırmalarını sağlamak için, gecikme sürelerini besleme noktasına doğru her kademede arttırmak şarttır. Bunun anlamı besleme noktasına yakın yerleştirilen aşırı akım rölelerinin açtırma süreleri daha uzun olacak ve buna karşılık bu noktalarda meydana gelen hata akımlarının büyüklüğü daha fazla olacaktır.
- Bundan dolayı farklı seçici kademelerindeki zaman aralıkları aşağıda verilen faktörlere bağlı olarak mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır.
- Rölelerin çekme sürelerindeki farklılıklar, kesici açma süresi ve röle resetleme süresi ,
- Sabit akım-zaman karakteristikleri kullanılacaksa aynı tip röleler kullanıldığında zaman aralıklarının 0,3 saniye olması genellikle tavsiye edilir.

Radyal şebekelerde farklı korumalar arasında seçiciliği sağlamak için aralarında minimum zaman farkı olması gerekir.

### 2.3.3 Radyal Şebekelerde Faz Aşırı Akım Korumasının Ayarlanması

#### 2.3.3.1 Akım değerlerinin ayarlanması

Aşırı akım korumasını çalıştıran akımın en önemli özellikleri şunlardır. Koruma arıza durumunda güvenli çalışmalıdır. Yükün aşırı akımlarında elektrik makinelerinin işe başlamasında oluşan kısa zamanlı itişler, tüketici yüklerinin değişmesi ve bu gibi nedenler söz konusu olduğunda çalışmamalıdır. Çünkü aşırı hassasiyet tehlikesiz aşır yüklenme durumlarında gereksiz açılmalara neden olur. Bu da tüketicilere zarar verir. Buna dayanarak şöyle diyebiliriz; aşırı hassas olan korumanın kendisi arıza kaynağı olur ve tüketicilerin beslenmesinde düzensizlik oluşur. Bu durumda söylemek gerekir ki; çalışma akımının seçilmesinde esas problem korumanın yük akımlarına göre güvenli düzenlenmesidir. Bu sonuca ulaşmak için aşağıdaki iki koşulu gerçekleştirmek gerekir:

1. Korumanın akım röleleri akımın maksimum değerlerinde çalışmamalıdır. Buna göre korumanın çalışma akımı  $I_{ÇK}$ , maksimum yük akımından  $I_{YM}$  büyük olmalıdır.

$$I_{ÇK} > I_{YM}$$

2. Kısa devre durumunda çalışan akım röleleri kısa devre aradan kaldırıldıktan sonra ilk durumlarına dönmelidirler.

Ters aşırı akım-zaman rölelerinin çekme akımı veya sabit aşır akım-zaman rölelerinin en düşük akım kademesinin röleyi faaliyete geçirmeyecek en yüksek muhtemel yüküne tekabül eden

akım değerine ayarlanması şarttır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli özellik rölenin çalışmasına neden olmayacak aşırı akımın kısa süreli tepe değeri olarak tanımlanan röle reset akımının göz önüne alınması gerekir.

En düşük ayar değeri

$$I_{PU} \geq 1,2 \cdot \frac{I_{\max}}{k}$$
 ifadesi ile belirlenir

Bu ifadede

1,2; emniyet faktörü

$k$ ; rölenin resetleme faktörü

$I_{\max}$ ; maksimum yük akımı

Hat üzerindeki maksimum yük akımı tahmin edilebilir.

Minimum kısa devre akımı  $I_{SC \min}$  olmak üzere akım çekme eşik değeri

$$I_{PU} \leq 0,7 \cdot I_{SC \min}$$

Özet olarak zaman aralığı içinde rölenin çekme akım eşik değeri

$$1,2 \cdot \frac{I_{\max}}{k} \leq I_{PU} \leq 0,7 \cdot I_{SC \min}$$
 ifadesi yardımıyla elde edilen değerlere uygun olmalıdır.

### 2.3.4 Nötrü Doğrudan Topraklı Orta Gerilim Radyal Şebekelerde 3-fazlı Hatların Korunması

Bir çok durumlarda yönsüz aşırı akım rölelerinin kullanılması yeterlidir. Burada aşırı akım koruması 3-faz için yapılır ve uygulanır. Eğer paralel rezidüel aşırı akım koruması varsa Faz aşırı akım koruması 3-fazın iki fazı ölçülerek yapılabilir. Akım-zaman karakteristiği şebekede ortak uygulamaya uygun olarak seçilir. Normal olarak şebekede fazların hepsi için aynı akım-zaman karakteristiği kullanılır. Eğer şebeke sadece şebekenin besleme tarafında nötrü doğrudan topraklanmışsa aşırı akım rölesi faz-toprak hatası koruması olarak da çalışır. Ancak yüksek dirençli toprak hatalarında bu korumada yeterli algılama ve açtırma hassasiyetine ulaşmak çok zordur. Bu durumlarda akım ayar değeri toprak hata akımı hesabı yapılarak korunan hattın yük akım değerinden aşağıda tutulur.

### 2.3.5 Nötrü doğrudan topraklı orta gerilim gözlü şebekelerde 3-fazlı hatların korunması

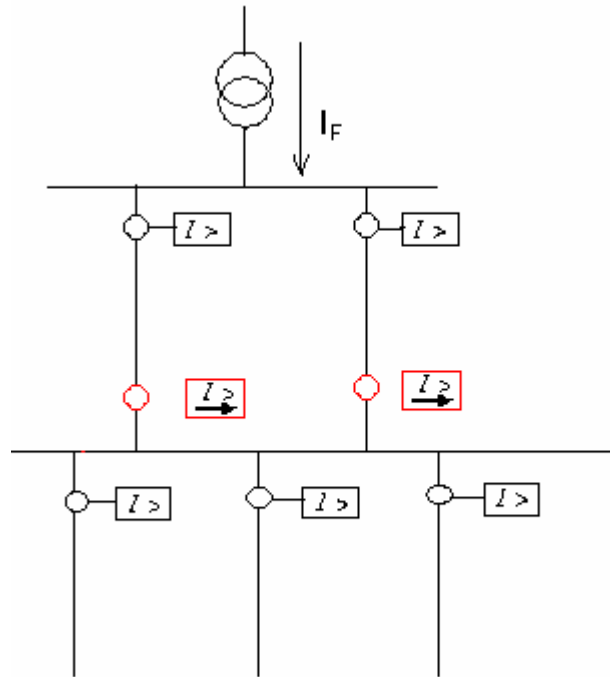
Bir fazlı ve iki faz – toprak kısa devreleri nötr noktası topraklanmış, gerilimi 110 KV' den yüksek ve gerilimi 1KV' den düşük olan şebekelerde oluşabilir (Şerifoğlu, 2006). Gözlü şebekelerde aşırı akım röleleri kısa devreye karşı kullanılabilir. Ancak gözlü şebekelerin kısa devreye karşı

korunmasında ayarların doğru ve güvenilebilir olarak yapılabilmesi için şebeke kısa devre akımları hesabının hassas ve detaylı bir şekilde yapılması şarttır. Zira bu tip şebekelerde yüksek kısa devre akımları meydana gelir.

Gözlü şebekelerde kısa devre koruması için en uygun seçim mesafe koruması esasına dayanan koruma sistemi kullanmaktır. Mesafe koruması hem faz arası gözün ve hem de faz-toprak arası gözün ölçümlerini yapabilmektedir.

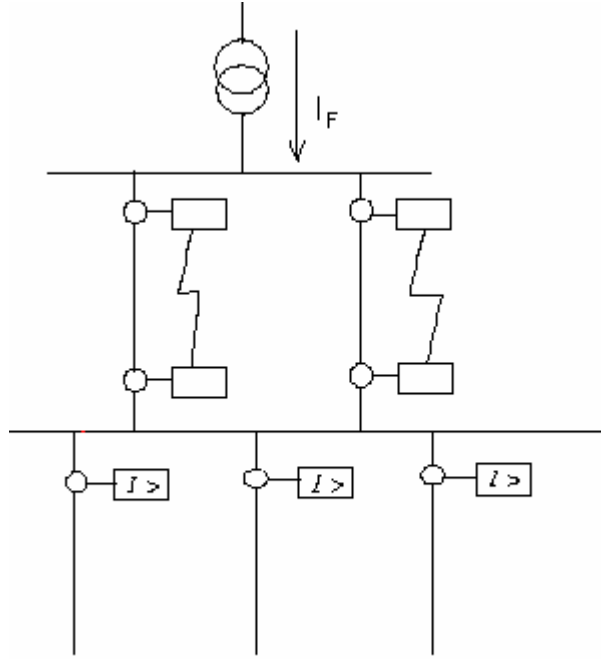
### 2.3.6 Nötr yüksek empedans üzerinden topraklı orta gerilim sistemleri

Kısa devre koruması için birçok durumlarda yönsüz aşırı akım röleleri kullanmak yeterli olmaktadır. Akım-zaman karakteristikleri şebekedeki ortak uygulamaya göre seçilir (Güler ve Gürel, 1977). Normal olarak şebekedeki aşırı akım röleleri aynı karakteristiğe sahip olmalıdır. Radyal şebekelerde bazı durumlarda paralel hatlar kullanılır. Bu durumda bazı terminallerde Şekil 2.4'de görüldüğü gibi yönlü aşırı akım röleleri kullanmak zorunluluğu ortaya çıkar.



Şekil – 2.4: Çift Devre Radyal Şebekelerde Aşırı Akım Koruması

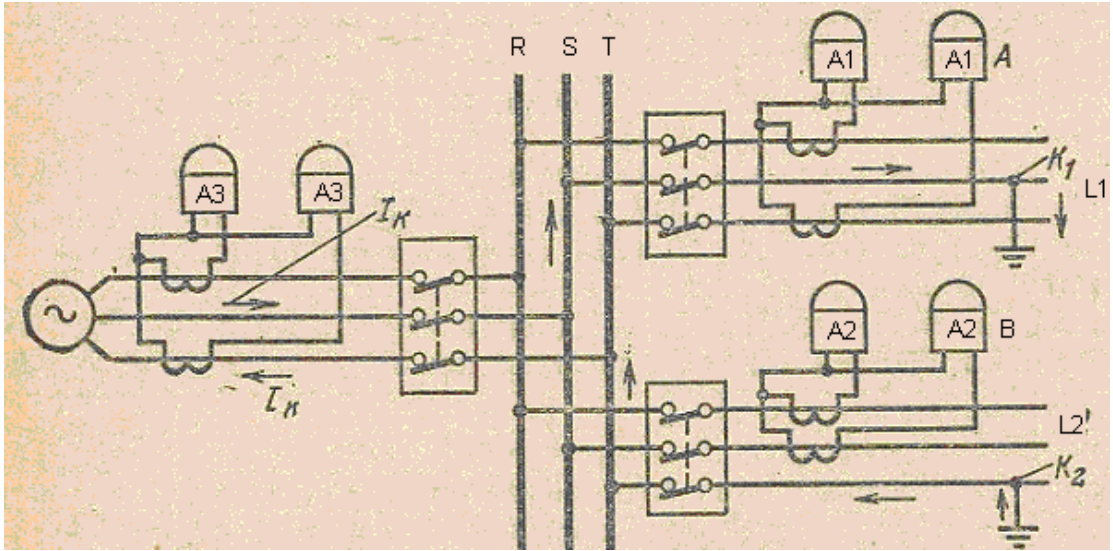
Daha iyi bir koruma şekli ise Şekil 2.5'de görüldüğü gibi diferansiyel korumadır.



Şekil – 2.5: Çift Devre Radyal Şebekelerde Diferansiyel Koruma

### 2.3.7 Toprağa İki Kat Kapanmada Aşırı Akım Koruması

Yalıtılmış nötrlü şebekelerde farklı fazların aynı zamanda toprağa iki noktada kapanması mümkündür (Şekil 2.6). Bu durumda her iki arızalı hattın aynı anda açılması istenmez. Yalnız bir hattın açılması ile tüketiciler için daha az zararlı kısa devre aradan kaldırılmış olur. Kalan diğer bir fazlı kapanma ( $K_1$  veya  $K_2$ ), tüketicilerin beslenmesini diğer gerilim kaynağına sevk ettikten sonra el ile açılır.



Şekil – 2.6: Yalıtılmış Nötrlü Şebekede Trafoların 2 Fazlı Aşırı Akım Koruması, (Çernobrovov, 1974)

Toprağa iki kat kapanmaların seçim ile aradan kaldırılması çok zordur. Akım trafoları rastgele yerleştirilirse koruma hatalı çalışacaktır. Eğer toprağa her iki kapanmada akım trafosunun bağlanmadığı fazda olursa (Şekil 2.6) arızalı hatların korumaları çalışmayacak ve şebekenin besleme kaynağı seçimsiz olarak açılacaktır (Çernobrovov, 1974).

Eğer korumanın akım trafoları her yerde aynı adlı fazlarda (R,T gibi) bağlanmışsa seçimsizlik halleri aradan kaldırılacaktır.

### 2.3.8 İki Fazlı Doğru Operatif Akım Koruması

Bağımlı ve bağımsız aşırı akım koruma röleleri; enerji dağıtım sistemlerinde, transformatör, jeneratör, enerji nakil hattı gibi ekipmanları kısa devre ve toprak kaçağına karşı korumak için kullanılır. Bu koruma işlemini gerçekleştirirken göz önüne alınacak en önemli kural “selektif koruma” şartını sağlamaktır. Selektif korumanın amacı şebekenin herhangi bir bölümünde meydana gelen arızalı bölümü en kısa zamanda devre dışı etmektir (Gençoğlu ve Türkoğlu, 1998)

#### 2.3.8.1 Bağımsız karakteristikli koruma

##### *İki röleli şema*

Bu korumanın akım devreleri tam olmayan yıldız bağlıdır. Koruma devrelerinin elemanları ve onların görevleri Şekil 2.7 a’da ki üç fazlı şemadaki gibidir.

İki röleli şemanın avantajları aşağıda verilmiştir.

- Şema hatlardaki fazlar arası kısa devreye tepki gösterirler.

- Yalıtılmış nötrlü şebekelerin herhangi iki noktasının toprakla kısa devre olması durumunda seçmeli çalışırlar.
- Üç fazlı şemalara göre daha ekonomiktir. Çünkü bunun yapımı için daha az eleman ve kablo kullanılır.

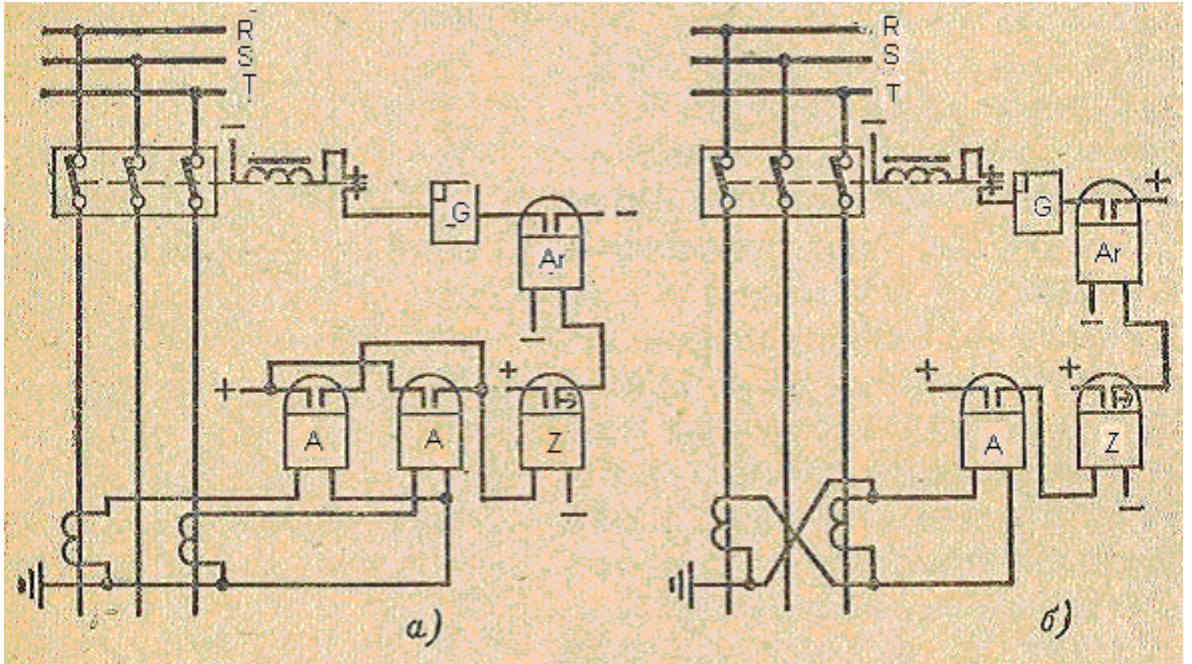
İki fazlı sistemlerin dezavantajı ise üç fazlı sistemlere göre hassasiyetlerinin düşük olmasıdır. İki fazlı aşırı akım koruma şemaları Şekil 2.7'de bir ve iki röleli olarak verilmiştir.

Yukarıda bahsettiğimiz avantajlarına göre iki fazlı koruma yalıtılmış nötrlü şebekelerde yaygın olarak kullanılır. Çünkü bu şebekelerde yalnız fazlar arası kısa devre mevcuttur.

#### **Bir röleli şema**

Şekil 2.7 a şemasında kullanılan elemanlar bu koruma şemasında da kullanılır. Ancak bu şemada bir akım rölesi (A) kullanılır ve o röle R ve T olmak üzere iki faz akımının farkıyla ( $I_F = I_R - I_T$ ) çalışır. Tam ve tam olmayan yıldız bağlantılarda her türlü kısa devreye hassasiyet gösterir (Çernobrovov, 1974).

Bu şemanın avantajı bir akım rölesinin ve bağlantı kablolarının daha az olmasıdır. Şemanın dezavantajları ise aşağıda belirtilmiştir.



Şekil – 2.7: Aşırı Akım Korumalarının Şemaları, (Çernobrovov, 1974)

- İki Röleli
- Bir Röleli



- RS ve ST fazları arasındaki kısa devrelere gösterdiği hassasiyet iki röleli şemalara göre daha düşüktür.
- Sargıları  $\Delta/\Delta$  bağlanmış trafolarında  $I_F = I_r - I_t$  olduğunda oluşan üç mümkün kısa devreden biri halinde koruma çalışmamaktadır.
- Tek akım rölesinin veya onu akım trafosu ile bağlayan kablunun arızası durumunda koruma bunu kısa devre olarak değerlendirmez.

Bir röleli şemalar 6-10 kV dağıtıcı şebekelerde ve elektrik makinelerinin korunmasında kullanılır. 35 kV ve daha yüksek gerilimli şebekelerde yukarıda bahsettiğimiz sebeplerden dolayı bu koruma kullanılmaz.

### 2.3.8.2 Bağımlı karakteristikli koruma

Bu korumanın akım devreleri bağımsız karakteristikli korumalarda olduğu gibidir. Koruma şemaları Şekil 2.7 a-b'deki gibi olup zaman rölesi ve gösterici röleleri yoktur. İki fazlı bağımsız karakteristikli devreler için geçerli olan kanunlar bağımlı karakteristikliler için de geçerlidir.

## BÖLÜM – 3 TRANSFORMATÖR KORUMASI

### 3.1. TRANSFORMATÖRÜ ETKİLEYEN ANA HATALAR

- Aşırı yük
- Kısa devre
- Tank hataları

**Aşırı Yükler:** Transformatörde aynı anda beslenen yük miktarlarının transformatör nominal gücünün üstüne çıkması halinde meydana gelir. Aşırı yüklenmede uzun süren akım çekilmesi sonucu sargı ve transformatörde izolasyonun tahrip olması veya eskimesi ile sonuçlanabilecek kalıcı hasarlar meydana getiren ısı yükselmesi olur.

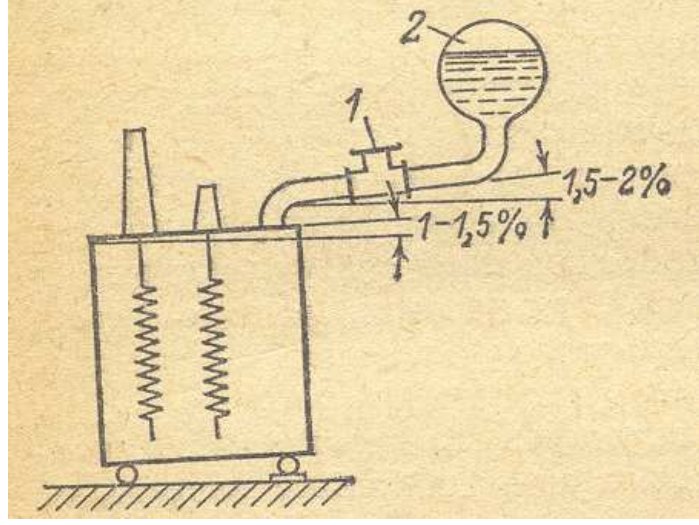
**Kısa Devre Hataları:** Transformatörün içinde ve dışında meydana gelebilir. İç kısa devreler farklı faz iletkenlerine ait faz sargıları arasında veya faz sargıları ile transformatör yağ tankı arasında ve aynı sargının sarımları arasında meydana gelebilir. Arklı meydana gelen hatalar transformatörü tahrip ettiği gibi yangının oluşmasında sebebiyet verirler. Ark hatalarda yanıcı gaz çıkışı olur. Hafif hatalarda düşük gaz çıkışı olur ancak birikmesi halinde büyük yangın tehlikeleri meydana gelir.

Ark hatasız güçlü bir kısa devrede eğer koruma cihazı vasıtasıyla transformatörün beslemesi gerekli sürede kesilmezse kazan içindeki yağ kaynar.

Dış kısa devreler transformatörün sekonder yani enerji çıkış tarafındaki kısa devrelerdir. Bu kısa devreler transformatör sargılarını mekanik ve termik yönden etkileyecek ve hasara uğratabilecek büyük elektrodinamik ve termik zorlamalara neden olur. Eğer hatalı bölüm gereken sürede devre dışı edilmezse transformatörde iç kısa devre hataları meydana getirir.

**Tank Hataları:** Trafoların iç arızalarının büyük duyarlılıkla çalışmalarını sağlamak için gaz korumaları yaygındır. Tankın içinde trafonun arızalanması nedeni ile trafonun içinde ark oluşur veya elemanların yanmasından transformatörlerin yağı ve izolasyon malzemesi bozulur (Alparslan, 1978). Sonuçta uçan gazlar oluşur.

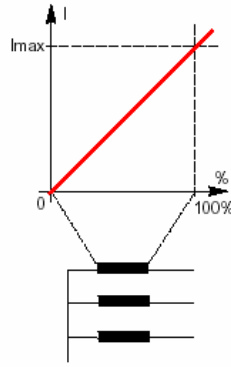
Gaz yağdan daha hafif olduğundan trafo yağı genleşme haznesine dolar. Genleşme haznesi trafonun en üstündedir (Şekil 3.1) ve hava ile temas halindedir. Bu durum devam ettiği sürece oluşan gazlar genleşme haznesi yardımı ile dışarı atılır.



Şekil – 3.1: Trafolarında Gaz Rölesinin Bağlanması, (Çernobrovov, 1974)

Tank hatalarında, tank ile faz sargıları arasında veya bunların yerleştirildiği manyetik çekirdek arasında kısa devre meydana gelir. Hata akımlarının büyüklüğü transformatörün primer ve sekonder sargılarının ve nötr topraklamalarının düzenleme şekline bağlıdır.

- Transformatör sargı şekli yıldız ise tank hata akımı Şekil 3.2’ de görüleceği gibi 0 ile hatanın nötrde faz sargısının sonunda oluşuna bağlı olarak maksimum değer arasında değişir.



Şekil – 3.2: Transformatör Sargısının Yıldız Olması Durumuna Göre Toprak Hata Akımının Değişimi

- Üçgen tertipte tank hata akımı hatanın sargı ortasında veya her iki ucunda oluşumuna göre %50-%100 arasında değişir.

### 3.2. TRANSFORMATÖRÜN DEVREYE ALINMASI SIRASINDA MEYDANA GELEN GEÇİCİ OLAYLAR

Transformatör devreye alınırken zaman sabiti 0,1-0,7 saniye arasında değişen ve büyüklüğü nominal akımın 20 katına ulaşabilen geçici enerjilendirme darbe akımları meydana gelebilir. Akımların oluş sebebi yüksek mıknatıslama akımı üreten magnetik devrenin satüre olmasıdır. Darbe akımlarının en yüksek değeri gerilim sıfırdan geçerken transformatörün enerjilenmesi esnasında oluşur ve dalga şekli 2. harmoniğin önemli bir miktarını ihtiva eder.

Söz konusu geçici olay transformatörlerin devreye alınması sırasında her zaman meydana gelebilecek olay olup koruma üniteleri tarafından bir hata olarak algılanmamalıdır.

#### 3.2.1 Aşırı Yükler

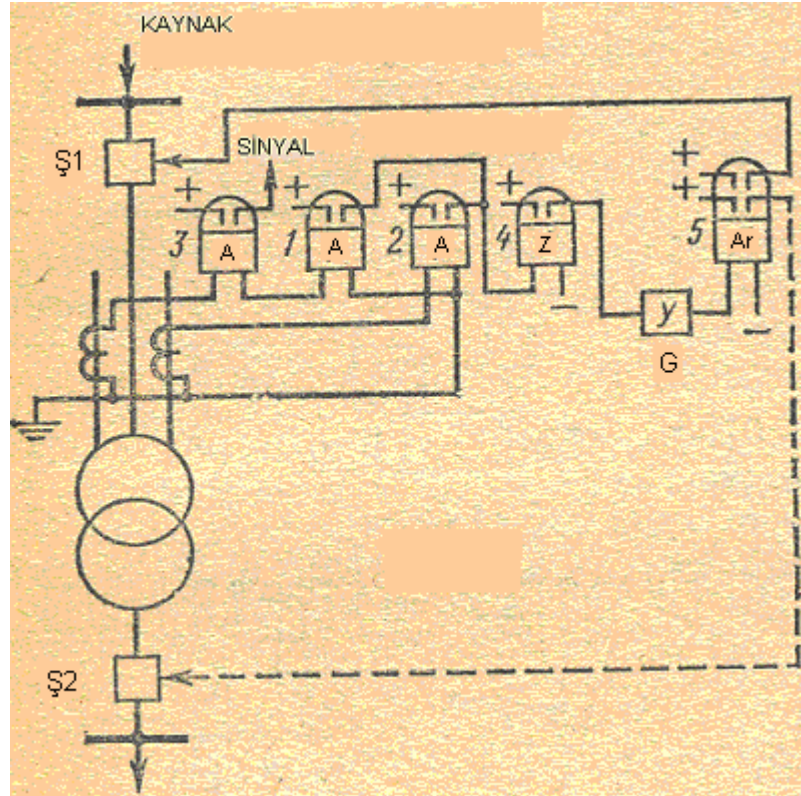
Uzun süreli aşırı akımlar sabit zamanlı veya IDMT gecikmeli aşırı akım koruma üniteleri (ANSI 51) tarafından algılanmalı sekonder koruma ünitelerine uygun seçicilik sağlanmalıdır.

Dielektrik sıcaklık (ANSI 26) ile yağlı transformatör için ve (ANSI 49T) ile kuru tip transformatörler için izlenmelidir.

Termik aşırı yük koruması (49RMS) aşırı yüklerden dolayı sargıların sıcaklığının daha hassas izlenmesi için kullanılır. Bu izleme metodu transformatörün termal ataletine ve akıma bağlı sıcaklık yükselmesinin simülasyonu esasına dayanarak tespit edilir.

##### 3.2.1.1 Trafoların aşırı yük korumaları

Şekil 3.3'de gösterilmiş 3 rölesi sinyale tepki göstererek çalışır. Bu röle bir faza bağlanır. Çünkü aşırı yük fazların hepsinde aynı zamanda olmaktadır (Çernobrovov, 1974). Korumanın güvenli çalışması için zaman rölesi kullanılmıştır ve akımın daha uzun süre geçmesinden sonra koruma devreye girer.



Şekil – 3.3: İki Sargılı Trafonun Aşırı Akım Koruması, (Çernobrovov, 1974)

### 3.2.2 Kısa Devreler

- Yağlı transformatörlerde sargı veya sarım kısa devresinin neden olduğu gaz çıkışına veya yağ hareketine hassas cihazlar (ANSI 63)

1. Yağ tankına sahip transformatörler için BUCHHOLZ röleleri
2. Hermetik transformatörler için gaz ve basınç detektörleri

- Transformatörlerde diferansiyel koruma (ANSI 87T) faz-faz kısa devre hatalarına karşı hızlı korumadır. Tesis için çok önemli olan yüksek güçlü transformatörlerde kullanılır ve çok hassastır. Gereksiz açmalardan sakınmak için transformatör devreye alınırken 2.harmonik tutuculuk ve aşırı akım durumlarında 5. harmonik tutuculuk özelliğine sahip olması gerekir.

- Ani aşırı akım açtırma ünitesi (ANSI 50) etkili kısa devre akımlarına karşı transformatörü korumak amacıyla transformatörün primer tarafına bağlanır. Akım açtırma eşik değeri akım bazlı seçiciliği sağlamak amacıyla sekonder sargılarda meydana gelen kısa devre akımından daha büyük değere ayarlanır.

- Yüksek gerilim sigortaları nominal güçleri düşük transformatör için kullanılır.

### 3.3. TRANSFORMATÖRDE 3-FAZ AŞIRI AKIM KORUMASI

Faz iletkenleri veya faz iletkeni toprak arasında izolasyonun bozulması sonucu kısa devre veya faz-toprak kısa devresi meydana geldiğinde hata akımları transformatörlerin sargılarında ve demir çekirdeğinde ciddi hasarlara neden olurlar. Bundan başka yüksek akım değerine haiz hata akımı yağlı transformatörlerde yağı bozarak gaz çıkışına neden olur sonuçta transformatör tankında yüksek gaz basıncı meydana gelir (Tedaş). Eğer gaz basıncı çok yüksekse transformatör tankı zarar görür.

Bu nedenle hata akımının büyüklüğüne bağlı olarak hatalı transformatör gerekli sürede aşırı akım koruma sistemi tarafından devre dışı edilmelidir.

Transformatörün dışında şebekede bir hata meydana geldiğinde yüksek hata akımları transformatör üzerinden akar ve transformatörler üzerinde yüksek ısınmalar meydana gelir. Devre gerekli sürede aşırı akım koruma elemanları tarafından açılmazsa transformatörlerin bakır kayıplarının hata akımlarının karesi ile artmasından dolayı transformatörde aşırı ısınmalar meydana gelecek ve transformatör hasara uğrayacaktır.

Transformatörde meydana gelen hata akımlarının büyüklüğü

- Şebekenin kısa devre kapasitesine (kısa devre gücüne)
- Sistem topraklamasına
- Transformatörün kaçak reaktansına
- Sargı boyunca hata yerine ve pozisyonuna bağlıdır.

Fazlar arası kısa devreler önemli büyüklükte kısa devrelere sebep olurlar. Bu akımların büyüklüğü önemli oranda kaynak empedansına ve transformatör kaçak reaktansına bağlıdır.

Toprak hatası topraklanan bölümle sargı arasında (örneğin demir çekirdekle tank arasında ark kontağı veya metalik kontakla meydana gelebilir. Toprak hata akımının gerçek değeri hata devresindeki empedansa ve sargı boyunca hatanın yerine ve pozisyonuna bağlıdır. Nötrü doğrudan topraklanmış sistemlerde ortaya çıkan toprak hatası yeterli seviyede toprak hata akımı meydana geleceğinden aşırı akım koruma sistemleri vasıtasıyla kolaylıkla algılanır. Nötr noktasının durumları için toprak hata akımlarının değerleri çok düşük olabilir ve bazı durumlarda aşırı akım koruma sistemlerinin bu hatayı algılaması zor veya mümkün olmayabilir.

Aynı sargıların sarımları arasındaki metalik kontak veya arklı kontak transformatörde bir iç hataya sebep olur. Sarım kısa devresinde hata akımı çok yüksek olmasına rağmen bunun transformatörlerin çıkış faz akımları üzerine yansımaları çok küçük olacaktır. İç hataları transformatörün dışında ve girişine bağlı koruma cihazlarının algılaması çok zordur. Bazı durumlarda algılama imkanı olmayabilir. Bu nedenle iç hataları kesinlikle algılayan ve gerekli koruma kumandası veren sadece yağ rezervuarlı tanklara sahip transformatörlerde buchholz ve hermetik transformatörlerde ani basınç röleleridir.

Faz aşırı akım korumaları aslında faz hatalarına karşı koruma olup, toprak hatası meydana geldiğinde toprak hata akımı büyüklüğü rölenin açtırma eşik değerinin üstünde ise toprak hata koruması da yapar.

Diferansiyel rölelerden daha yavaş ve daha az hassasiyete sahip olan aşırı akım koruma sistemleri küçük güçteki transformatörlerde birinci derecede koruma elemanı olarak kullanılırlar.

Büyük güçteki OG/AG ve YG/OG transformatörlerde aşırı akım koruması iç hatalar için geri yani yedek koruma olarak ve güç transformatörünün beslediği ana baralar için birinci derece ana koruma olarak kullanılırlar.

### 3.4 KISA DEVRE KORUMASI

Faz aşırı akım korumaları pahalı olmayıp basittir ve hatayı algılaması güvenilirdir. Bu nedenle bazı transformatörlerin korunması için ana koruma sistemi olarak kullanılırlar. Ancak Transformatörün devreye girme akımlarının büyüklüğü nedeniyle aşırı akım koruma cihazlarının hassasiyeti azaltılır ve çalışma süresi uzatıldığından hassas ayarlama aynı zamanda hızlı çalışmayı aşırı akım koruma elemanlarıyla gerçekleştirmek mümkün olmaz.

Aşırı akım koruma ünitelerinde ters zaman gecikme karakteristikleri transformatörün aşırı yük kapasitelerinin üstünde akım çekmesine belirli süre için izin verilen (motorların yol alması ve diğer ekipmanların devreye girmesi esnasında çekilen kapama akımları) ve güç sistemlerinin diğer ekipmanları arasında seçiciliğin sağlanması gereken yerlerde kullanılır.

Sabit zamanlı aşırı akım üniteleri ya dış hata halinde maksimum kısa devre akımından veya transformatörün devreye girmesi esnasında meydana gelen geçici akım değerinden biraz yüksek akım değerinde açma yaptıran sabit zaman gecikme elemanlarına sahiptir. Sabit zamanlı gecikme elemanları kullanılarak ana fonksiyonu ağır iç hatalar meydana geldiğinde çalışma hızı artırılabilir.

Dijital aşırı akım koruma röleleri performansları yüksek olan cihazlardır. Dijital filtreler doğru akım bileşenlerini ve devreye girme sırasında çekilen ani akımların neden olduğu harmonikleri ortadan kaldırır. Dijital sistemin geçici yanılgıları çok küçüktür. Koruma değerleri bundan dolayı normal tiplere göre çok daha hassas değerlere ayarlanabilir.

Transformatör birden fazla kısa devre yerini beslerse aşırı akım koruma cihazları iyi bir seçicilik ve koruma sağlamak için yön elemanları ile donatılır. Bazı uygulamalarda transformatörlerin hem primer ve hem de sekonder taraflarına yönlü aşırı akım koruma cihazları yerleştirilir. Her iki korumada koruma yönü transformatöre doğrudur. Yönlü aşırı akım koruma elemanı sadece hatalı girişi devre dışı eder. Hatanın yönü akım akışının yönü veya diğer bir deyimle akım ve gerilim arasındaki deplasmanı ölçülerek algılanır.

Yönlü koruma röleleri özellikle faz arası kısa devresi veya faz-toprak hatası sonucu güç akış yönü değişmesi muhtemel tüm şebeke elemanları için gerek seçicilik ve gerekse hızlı çalışma için kullanılması gereken koruma cihazlarıdır

Faz yön koruma rölesi paralel gözlü veya iki besleme kaynağı tarafından beslenen şebeke elemanlarını korumak için kullanılır.

Toprak hata rölesinin yönü toprak hata akımının toprağa akış yönüdür. Toprak hata akımının birkaç topraklama sistemine bölüdüğü yerlerde kullanılır. Akım akışı sadece diğer fiderlerin faz-toprak kapasitanslarına ve nötr direncinin değerine bağlı olarak nötrüne doğru olmayıp söz konusu kapasitanslar üzerinden de devresini kapatırlar.

Rezidüel yönlü aşırı akım rölesinde sıfır bileşen aktif güç korumasında olduğu gibi hata akımı büyüklüğünde kapasitif akım kullanılır.

Rezidüel aşırı akım rölesi (2) karşı yönden akım akmadıkça açtırma yaptırmaz

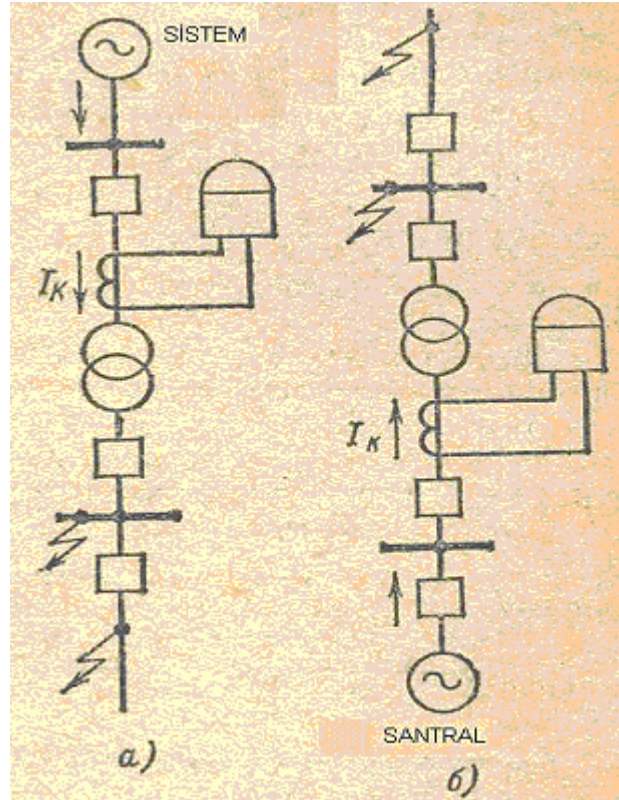
Yönlü röleler aşırı akım korumasını tamamlayan ve şebekenin hatalı bölümünün seçici olarak ayrılmasını sağlayan koruma elemanlarıdır.

### **3.4.1 Trafolarda İç ve Dış Kısadevreler**

#### **3.4.1.1 Genel özellikler**

Dış kısa devre korumaları Şekil 3.4' da gösterildiği gibi yapılıdır. Baraları veya baralardan çıkan hatları dış kısa devre korumaları kontrol eder. Bu koruma bahsettiğimiz elemanların şalterleri veya korumaları çalışmadığı zaman çalışır. Dış kısa devreler aynı zamanda trafonun kendi arızalı durumunda da kullanılır. Bu korumalar zaman beklemelidir (Çernobrovov, 1974). Bu nedenle küçük güçlü trafo arızalarında kullanılır. İç arızalar için özel korumaları olan trafolarda bu koruma yedek koruma olarak kullanılır. Dış kısa devre koruması için aşırı akım koruması kullanılır. Eğer aşırı akım korumasının hassasiyeti yeterli olmazsa daha hassas korumalar kullanılır.





Şekil – 3.4: Trafonun Yüksek Akıma Göre Korunmasının Yapılması, (Çernobrovov, 1974)

### 3.4.2 Trafoların Aşırı Akım Korumaları

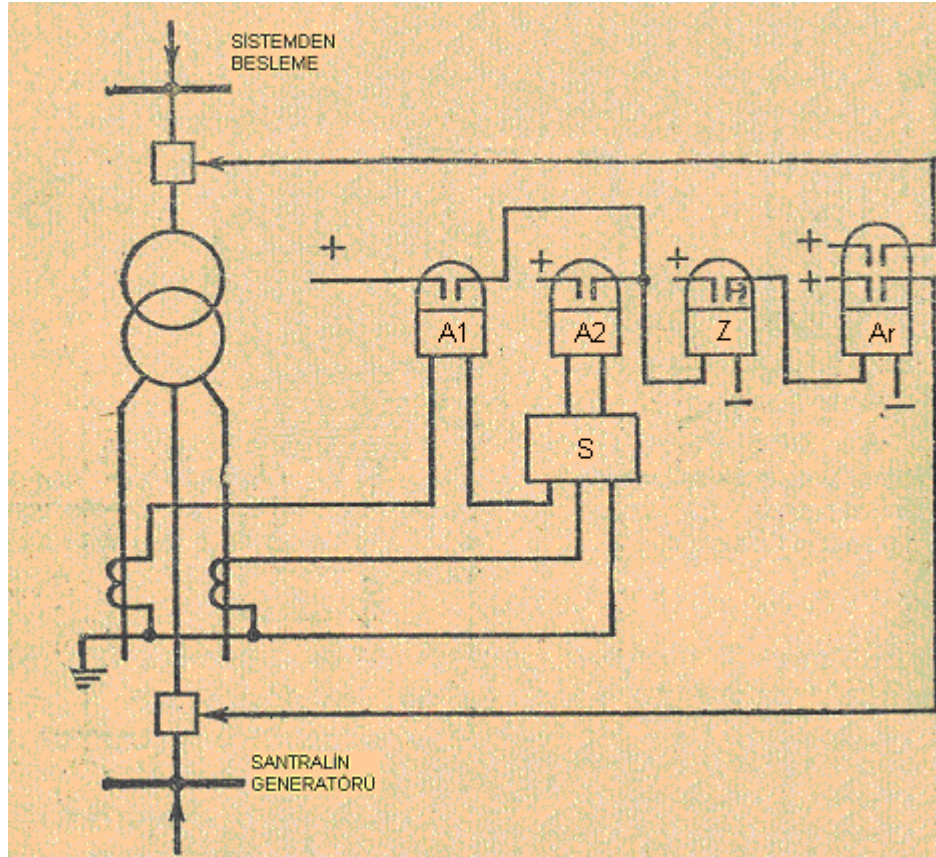
#### 3.4.2.1 İki sargılı aldatıcı trafolar

Bunlar için Şekil 3.3' deki koruma kullanılır. Trafoyu da korumanın etki alanına sokmak için koruma gerilim kaynağı tarafında olmalıdır. Aşırı akım korumasının etki alanını genişletmek için akım trafoları şalterlere yakın bağlanırlar. Tek taraflı kaynaklı iki sargılı trafolarla koruma gerilim kaynağı tarafındaki  $\mathcal{S}_1$  şalterini etkiler. Güvenilirlik bakımından trafonun her iki tarafında olan  $\mathcal{S}_1$  ve  $\mathcal{S}_2$  şalterlerini açmak daha güvenli olur.

Koruma belli kısa devrelerin hepsine tepki göstermelidir. Nötrü topraklanmış şebekelerde koruma 3 fazlı devre, yalıtılmış nötrlü şebekelerde ise tam olmayan yıldız bağlı devrelerle yapılır.

#### 3.4.2.2 Ard arda gelen ters akım koruması

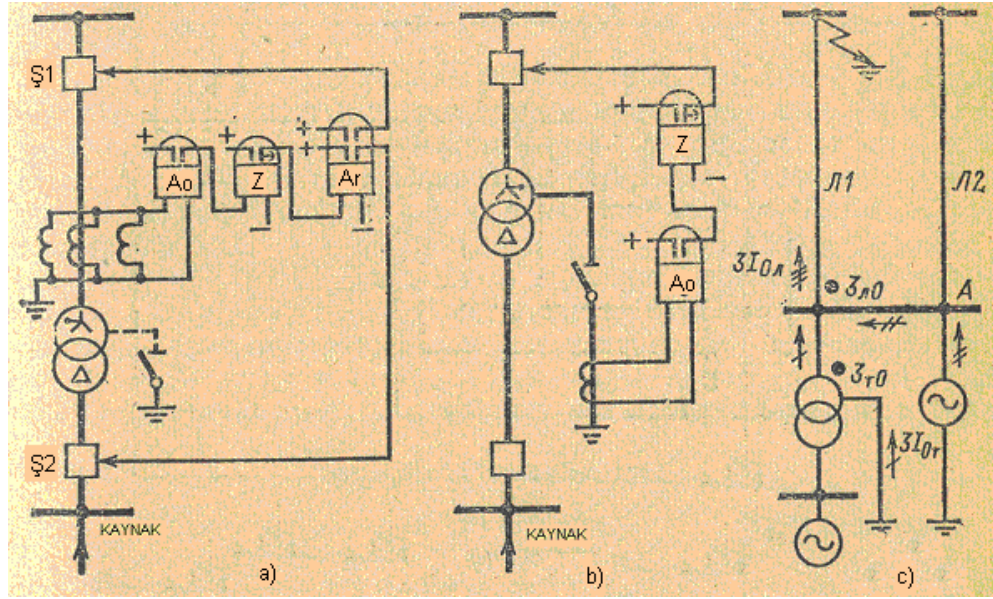
Koruma dışarıda ve transformatörde olan asimetrik durumlardan oluşan ters ard arda akımlarına tepki göstermektedir ve Şekil 3.5' de gösterilmektedir. Koruma rölesi  $A_2$  ters ard arda gelen S süzgeci ve Z zaman rölesinden sonra bağlanmıştır.



Şekil – 3.5: Yükseltici Trafolarda Ters Yaklaşımlı Akım Koruması, (Çernobrovov, 1974)

### 3.4.2.3 Ard arda gelen sıfır akım koruması

Bu koruma dış kısa devreler sonucu trafoda oluşan  $I_0$  akımına tepki gösterir. Bu koruma trafonun iç kısa devresini de korumaktadır. Bu koruma şekli yükseltici trafolarında kullanılır. Yüksek veya orta gerilim trafolarında etki etmektedir (Çernobrovov, 1974). Koruma Şekil 3.6 a-b'de gösterilmiş olduğu gibi iki şekilde yapılmaktadır. Her iki şekilde akım rölesi  $A_0$  ard arda gelen  $I_0$  akımına tepki gösterir.

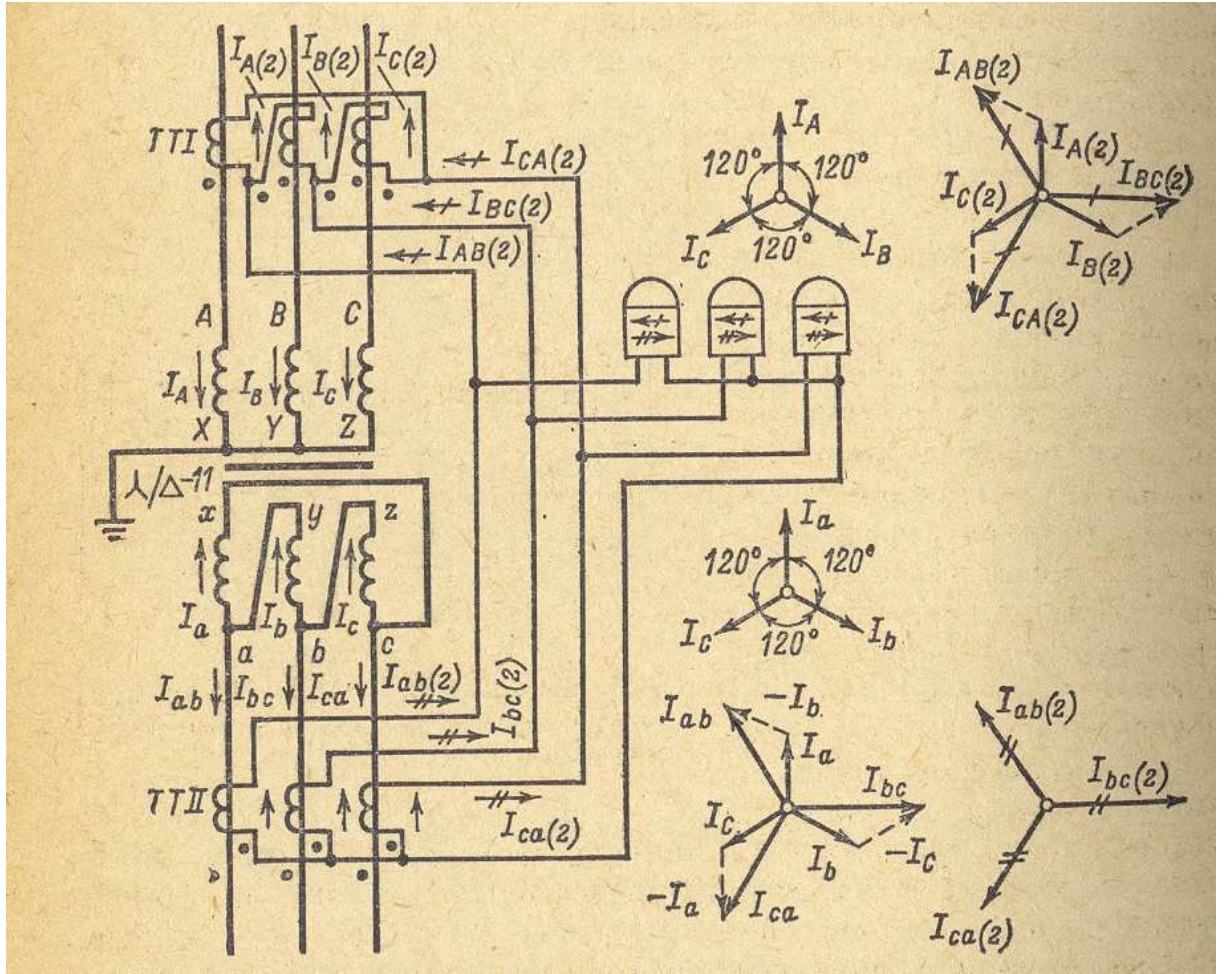


Şekil – 3.6: Yükseltici Trafonun Sıfır Yaklaşım Akım Koruması, (Çernobrovov, 1974)

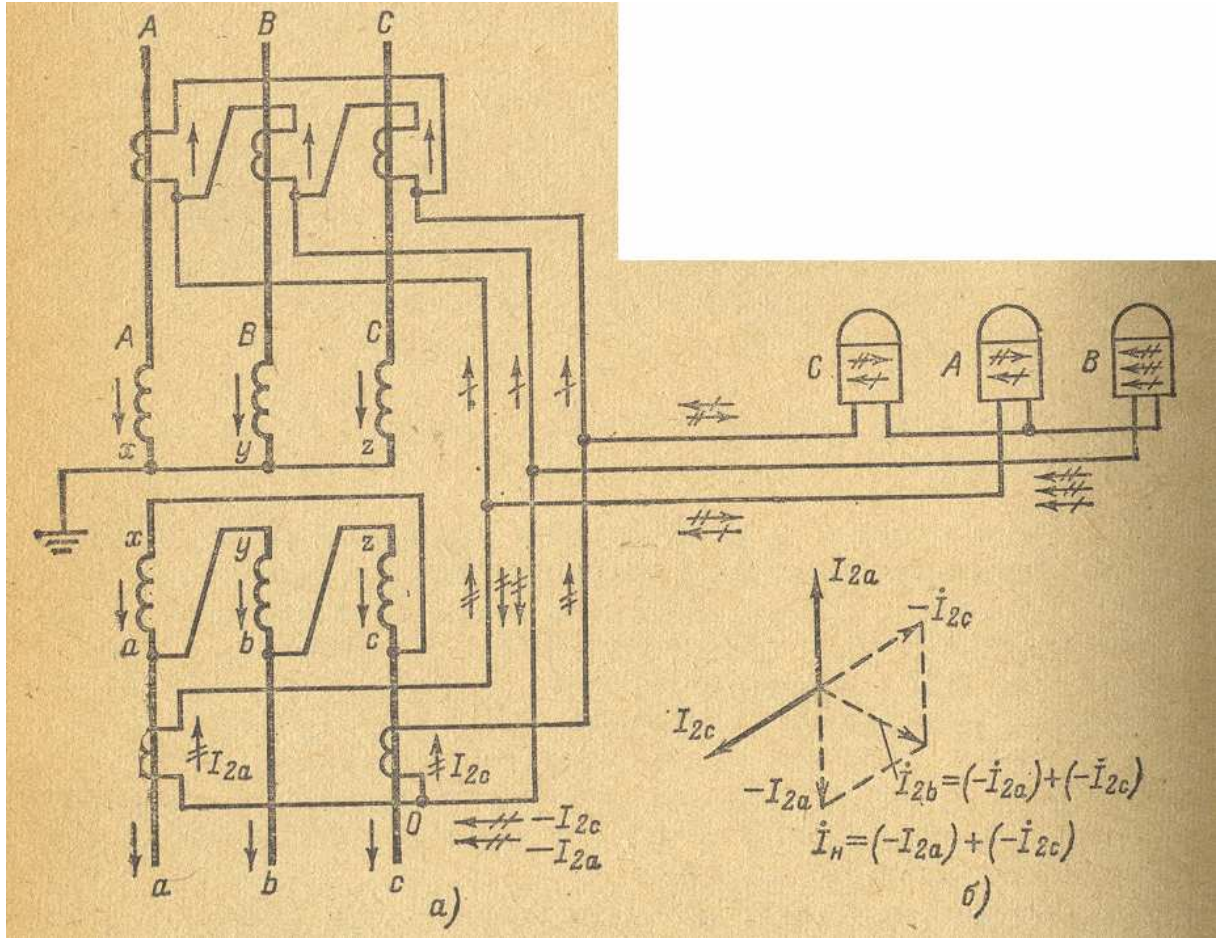
### 3.5 TRANSFORMATÖR DİFERANSİYEL KORUMA

Trafoaların korumasının akım devreleri yıldız üçgen bağlantıda iki şekilde yapılır.

1. Şekil 3.7’de gösterilmiş 3 röleli tam 3 fazlı devrelerle,
2. Şekil 3.8 a’da gösterilmiş A ve C röleli basitleştirilmiş 2 fazlı devrelerle,



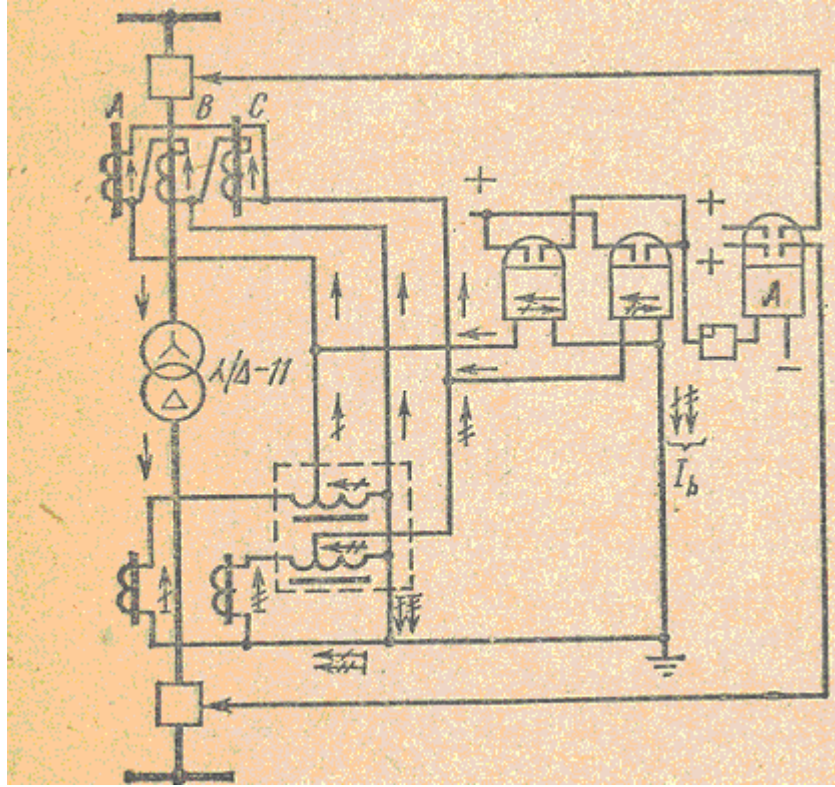
Şekil – 3.7: Diferansiyel Korumada Akımın Dağılımı ve Fazör Diyagramı, (Çernobrovov, 1974)



Şekil – 3.8: Diferansiyel Korumanın Basit Şeması, (Çernobrovov, 1974)

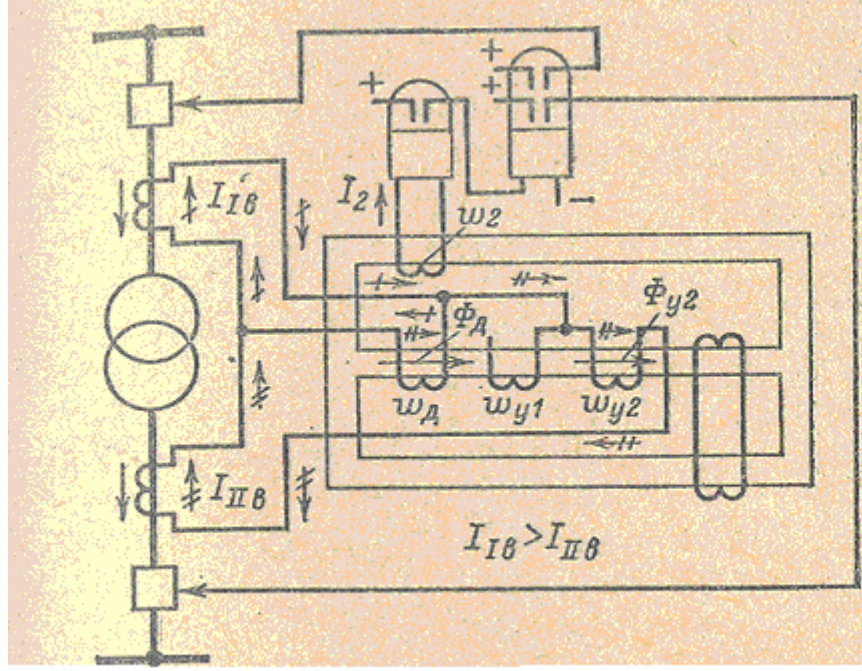
### 3.5.1 Akım Kesilmesiyle Oluşan Diferansiyel Koruma

Bu şekilde koruma Şekil 3.9' da gösterilmiştir. Bu devre basit akım rölelerinden oluşturulmuştur ve açmada zaman gecikmesi istenmemektedir.



Şekil – 3.9: İki Fazlı Yapımda Diferansiyel Kesimi, (Çernobrovov, 1974)

Hızlı doymalı trafoların yardımı ile oluşturulan diferansiyel koruma Şekil 3.10' da gösterilmiştir. Bu koruma akım röleleri yardımı ile oluşturulmuştur.



Şekil – 3.10: Diferansiyel Koruma, (Çernobrovov, 1974)

Trafoaların diferansiyel korumalarının avantajları onların hızlı ve seçmeli açmalarıdır. Bu arızalar trafoların içinde, dışında ve trafonun şalterlerine giden akım geçiren bölümlerinde arıza olduğu durumda çalışır (Altın, Üstünel ve Kızılgedik, 2001). Küçük güçlü trafoların basit olması nedeni ile diferansiyel akım kesmeli korumalar kullanılır.

Diferansiyel koruma genellikle 10 MVA gücünden yukarı ve özel öneme sahip transformatörlerde kullanılan çok önemli bir koruma sistemidir (Çernobrovov, 1974). Basit olarak transformatörün giriş ve çıkış terminallerindeki akımların karşılaştırılması esasına dayanan yüksek güvenilirliğe sahip koruma şeklidir.

Diferansiyel koruma ünite koruması olup ana koruma fonksiyonu olarak transformatör sargılarında meydana gelen hatalarda çalışır. Diferansiyel koruma bölgesi her iki uçta tesis edilen akım transformatörlerinin arasında bulunan transformatör, baralar ve kablolardır. Ancak buşing tipi akım transformatörleri kullanıldığında kesici ve transformatör arasındaki baralar ve kablolar korunan sisteme dahil olmazlar.

Transformatörün elektriksel iç hataları çok önemli olup ciddi hasarlara sebep olurlar. Sargı ve terminaller üzerindeki toprak hataları ve kısa devreler genellikle diferansiyel koruma vasıtasıyla algılanabilirler (Altın, Üstünel ve Kızılgedik, 2001). Aynı sargıya ait iletkenler arasında sarım hataları diferansiyel koruma vasıtasıyla gerçekleştirilir. Sarım hataları elektriksel koruma sistemlerinde en zor algılanan hatalardır.

Birkaç sarımdan ibaret sarım hatası toprak hatası olarak gelişinceye kadar hata akım miktarı algılanamaz. Bundan dolayı herhangi bir dış hatada istenmeyen açmaya neden olmamak kaydıyla yüksek hassasiyetli diferansiyel koruma kullanılır. Hatalı transformatörün mümkün olduğu kadar hızlı devre dışı edilmesi gerekir. Koruma bölgesi dışındaki hatalarda ise diferansiyel koruma sistemi çalışmaz.

Diferansiyel koruma teorik olarak sarım oranı ve faz kayması kompanze edilmemişse normal yük ve dış hata halinde çalışmaz. Ancak iç hata meydana gelmeden transformatörlerin farklı davranışlarından dolayı meydana gelen diferansiyel akımlar diferansiyel koruma sisteminde istenmeyen hatalı açtırmalar meydana getirir (Altın, Üstünel ve Kızılgedik, 2001).

İç hataların algılanması  $I_D = I_P - \left( \frac{n_S}{n_P} \right) I_S$  ifadesiyle belirlenen diferansiyel akımın

değerlendirilmesine dayanır ( $I_P$  transformatörün primer akımı,  $I_S$  transformatörün sekonder akımı,  $n_S$  transformatörün sekonder sarım sayısı,  $n_P$  transformatörün primer sarım sayısı).  $I_D$  diferansiyel akım sıfıra eşitse transformatör sürekli çalışma şartlarına sahiptir.

Ancak genellikle  $\frac{n_S}{n_P}$  transformatörün çevirme oranı sekonder gerilim regülasyonunu

sağlamak amacıyla bir kademe değiştirici vasıtasıyla ayarlandığından röle düzeltilmiş değerin bilgisine sahip olmayabilir. Hatta kademe değiştirici olmasa dahi transformatörün mıknatıslanma akımından dolayı bir ölçme hatası daima vardır. Bu tipten hataları önlemek amacıyla  $I_D$  diferansiyel

akımı  $I_r = \frac{1}{2} \left( I_P + \left( \frac{n_S}{n_P} \right) I_S \right)$  ifadesiyle belirlenen sınırlandırılmış akımla karşılaştırılır.

Bu durumda diferansiyel rölenin açtırma şartları

$$|I_D|_1 > k |I_r|_1, \quad |I_D|_1 > I_m$$

$k$  kademe değiştirici karakteristiklerine ve ölçü hassasiyetine bağlı olarak belirlenen ayar değeri,  $I_m$  transformatörün mıknatıslanma akımıdır.

İstenmeyen diferansiyel akımları meydana getiren transformatör davranışları aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- Gerilim ayar kademesinin farklı pozisyonundan dolayı meydana gelen uyumsuzluk
- Akım transformatörünün yük ve işletme şartlarının farklı karakteristikte olması
- Güç transformatörünün yalnız bir tarafında sıfır bileşen akımlarının akması Bu ise Yd ve Dy sargı bağlantılı transformatörlerde görülen bir durumdur.
- Transformatörün normal mıknatıslanma akımları
- Mıknatıslanma darbe akımları

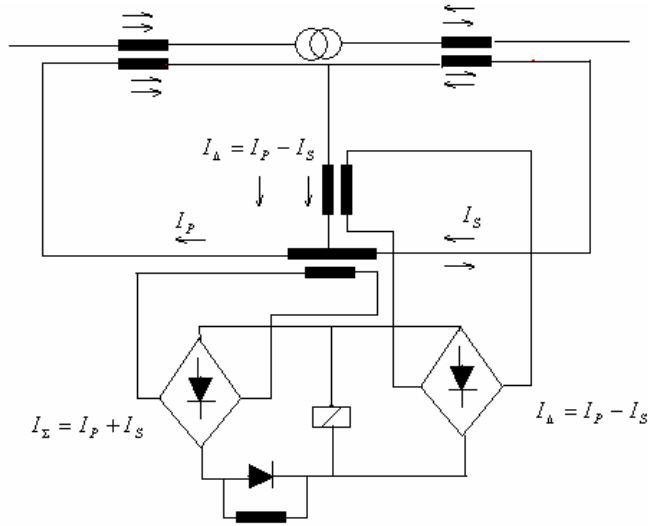


- Aşırı uyarma mıknatıslama akımları

Akım transformatörlerinin polariteleri dış hatalarda ve nominal yükte röleden akım geçmeyecek şekilde seçilmiştir. Röle sargısı endüklenen akımların vektörel toplamlarını alır. Normal halde bu akımlar sıfırdır. Transformatörde meydana gelen iç arızada bu denge bozulur ve röle çalışır.

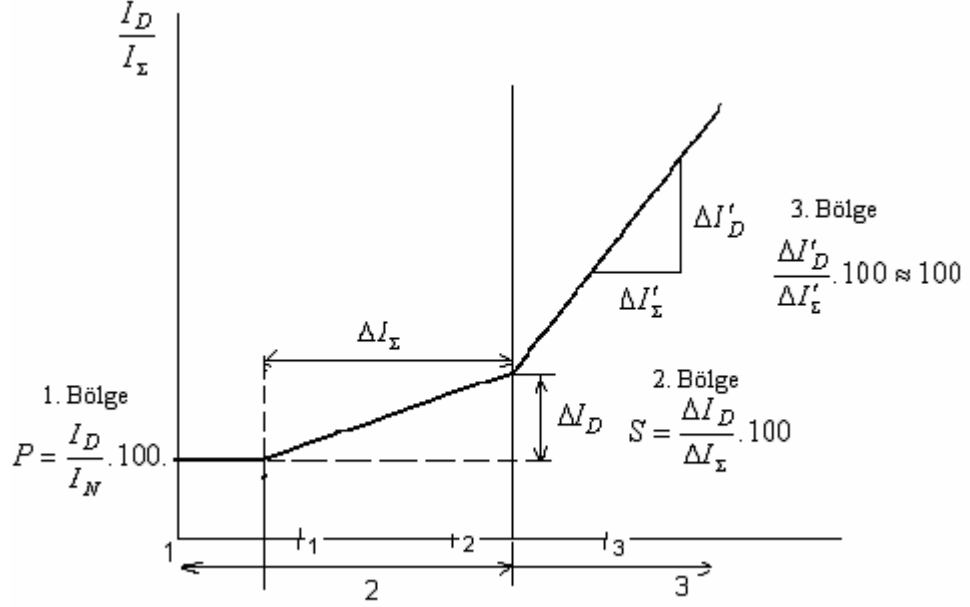
Pratikte basit haldeki diferansiyel korumanın hatalı açma yapma nedenleri yukarıda açıklanmış olup diferansiyel rölenin stabilizasyonu için oran diferansiyel röleleri imal edilmektedir. Devreye girme akımlarından dolayı yanlış açmayı önlemek için röleye devreye girme akımının harmonik bileşenlerine dayalı bir stabilizasyon sağlanmaktadır.

### 3.5.2 Oran Diferansiyel Rölesi ve Akımların Etkisi



Şekil – 3.11: Oran diferansiyel korumanın prensip şeması

Akım transformatörlerinin karakteristik farklılıkları veya güç transformatörünün kademe değiştirilmesi sonucu akım transformatörlerinin sekonderlerinde akan akımlar arasındaki fark yada dengesizlik hat akımının artması ile artar. Faaliyete geçme akımı hat akımının yüzdesi olan bir röle hatalı açma tehlikesi olmaksızın hassas bir şekilde düşük değerde faaliyete geçme akımına ayarlanabilir. Rölenin stabilizasyon derecesi hata boyunca besleme akımının seviyesine bağlıdır. Şekil 3.11' de oran diferansiyel korumasının prensip şeması görülmektedir.



Şekil – 3.12: Diferansiyel Röle İşletme-Bias Karakteristiği

$$\text{Bias akımı } I_{\Sigma} = \frac{1}{2} \cdot (I_P + I_S)$$

$I_P$  : Transformatörün primer akımı,

$I_S$  : Transformatörün sekonder akımı,

$I_N$  : Transformatörün nominal akımı,

$$\text{pu olarak bias akımı} = \frac{I_{\Sigma}}{I_N}$$

1. Bölge: Bu aralıklar içinde bias akımı sıfırdan  $I_{\Sigma} = 0,5 \cdot I_N$  arasında değişir. Röle işletmesi için gerekli olan diferansiyel akım seviyesi sabittir. Bu değer rölenin temel ayar değerleriyle aynıdır.

2. Bölge: Bias akımın  $0,5 \cdot I_N < I_{\Sigma} \leq 2,5 \cdot I_N$  değerleri arasında rölenin bias değerleri vasıtasıyla stabilizasyon ayarları yapılır. Böylece  $S = \frac{\Delta I_P}{\Delta I_{\Sigma}}$  değerleri göz önüne alınarak yapılan

ayarda rölenin çalışmasına sebep olan diferansiyel akımlar bias akımlarının çeşitli kademelerinde belirlenir. Şekil 3.12' de de görülmektedir.

3. Bölge: Bias akımın  $I_{\Sigma} > 2,5I_N$  değerleri için stabilizasyon derecesi sabit olup % 100 dür.

Diferansiyel korumada üçgen-yıldız bağlı transformatörlerde üçgen taraftaki akım transformatörleri yıldız, yıldız taraftaki akım transformatörleri üçgen bağlanarak hat akımları arasındaki faz kayması düzeltilir.

Faz kayması ana transformatörle aynı bağlama grubundan bir ara transformatörle giderilebilir.

Devreye girme akımlarından dolayı meydana gelen hatalı açmaları önlemek amacıyla devrede harmonik blokajı sağlayan sistemin bulunması gerekir.

Akım transformatöründe satürasyonun başladığı noktadaki gerilim

$$V_K = A.I_B.(R_{CT} + 2.R_L)$$

$I_B$  : Güç transformatörünün veya akım transformatörünün sekonder tarafından görünen nominal akım değeri,

$R_{CT}$  : Akım transformatörünün sekonder sargı direnci,

$R_L$  : Akım transformatörü ile role arasındaki bağlantı iletkeninin direnci,

$A$  : Transformatörün gücüne bağlı bir sabite,

$$2MVA < S_{TN} < 14MVA \dots \dots A = 30$$

$$15MVA < S_{TN} < 39MVA \dots \dots A = 24$$

$$40MVA < S_{TN} < 70MVA \dots \dots A = 16$$

değerlerini alır.

Örnek

$$S_T = 50MVA \quad A = 16$$

Kullanılan akım transformatörleri

$$I_{P1} = 600A \dots \dots U_1 = 63kV \dots \dots I_{S1} = 1A$$

$$I_{P2} = 3000A \dots \dots U_2 = 11kV \dots \dots I_{S2} = 1A$$

Faz iletkeni ve toprak arasında izolasyon bozulması nedeniyle nötrü doğrudan topraklı veya düşük empedans üzerinden topraklanmış yüksek ve orta gerilim sistemlerinde büyük değerlerde toprak hata akımları meydana gelir. Ayrıca Transformatör sargıları ile transformatörün demir çekirdeği veya tankı arasında izolasyon bozulması nedeniyle sargılar ve demir çekirdekte ağır hasarlara neden olacak büyüklükte toprak hata akımları meydana gelir. Bununla beraber yüksek gaz çıkışı transformatörün hasarlanmasına neden olacaktır.

Güç transformatörlerinin sargılarındaki toprak hatalarının hızlı ve hassas bir şekilde algılanması nötrü doğrudan veya düşük değerli empedans üzerinden topraklı sistemlerde gerçekleştirilebilir. Ancak söz konusu akımların koruma sistemi tarafından açtırma süresi boyunca hasarları ortadan kaldırmak veya azaltmak için toprak hata akımlarının sınırlandırılması gerekir. Yapılabilecek işlem güç transformatörlerinin sargılarının yıldız bağlanması durumunda yıldız noktasını toprağa direnç veya yıldız noktası transformatörü bağlayarak bunun sekonder sargı çıkışlarına direnç bağlamak suretiyle ve sargıları üçgen bağlanan transformatörlerde ise ayrı bir topraklama transformatörü kullanarak bunun yıldız noktasını direnç üzerinden topraklamaktır.

Sınırlandırılmış toprak hata koruması bir ünite koruması gibidir ve transformatörün sargılarını toprak hatalarına karşı korur.

Transformatörün diferansiyel koruması aşağıda belirtilen hata durumlarında yeterli değildir.

- Empedans üzerinden topraklanmış transformatörlerde, sargı toprak hatalarında
- Nötrü doğrudan topraklanmış transformatörlerde sargıdaki toprak hata yeri yıldız noktasına yakın olduğunda

Her iki hata tipinde de sınırlandırılmış toprak hata koruması transformatör sargıları için en hızlı ve en hassas koruma şeklidir.

Toprak hata koruma sistemi aşağıda belirtilen nedenlerden etkilenmeyecek yapıda ve ayarında olmalıdır.

- Mıknatıslanma darbe akımları
- Aşırı uyarma mıknatıslama akımları
- Yükte kademe değiştirici
- Toprak temassız iç ve dış faz hataları
- Simetrik aşırı yüklenme durumu

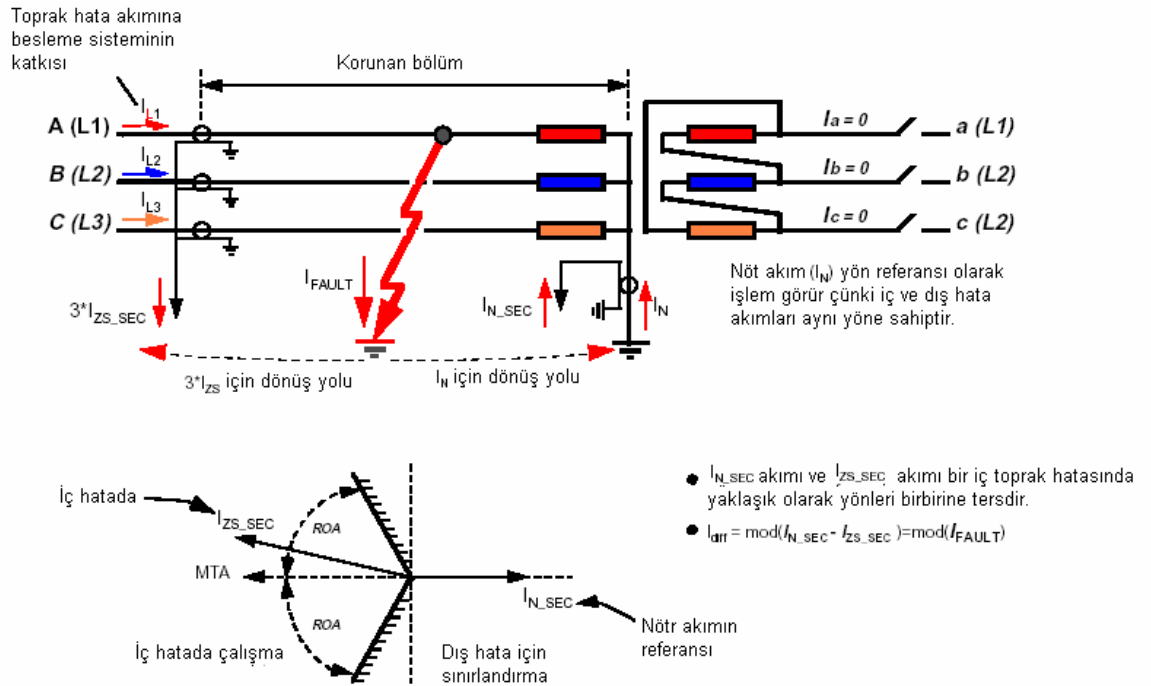
### 3.5.3 Toprak Hata Akımının Büyüklüğü

Transformatör sargılarında toprak hata akımının büyüklüğü sadece kaynak empedansı ve nötr toprak empedansı tarafından belirlenmez. Bunların yanında güç transformatörünün kaçak reaktansı ve sargı üzerindeki hata yeri ve pozisyonuna göre ortaya çıkan tam sistem gerilim değerinden daha küçük değerlerde meydana gelen hata gerilimi de toprak hata akımının büyüklüğüne etki eder.

Transformatörün üçgen sargı tertibinde toprak hatası sargı terminallerinde oldu ise toprak hata akımı maksimum değer alacaktır. Bu durumda toprak hata akımının maksimum değeri güç şebekesinin topraklama tipine bağlı olacaktır. Üçgen tertip sargılarda toprak hatasının sargının orta yerinde olması durumunda toprak hata akımının değeri minimum olacak ve bu değer maksimum toprak hata akımının %50 si kadar olacaktır.

Nötrü doğrudan topraklı transformatörün yıldız sargı tertibinde sargı terminallerinde toprak hatasında toprak hata akımı maksimum değer alacaktır. Toprak hata akımının değeri yıldız noktasına yakın hatalarda hızla azalacak ve yıldız noktasında meydana gelen toprak hatasında değeri sıfıra yakın olacaktır.

Nötrü düşük empedans üzerinden topraklı transformatörün yıldız sargı tertibinde sargı terminallerinde meydana gelecek toprak hatasında toprak hata değeri maksimum olacaktır. Toprak hata akımının maksimum değeri nötre bağlanan topraklama empedansının değeri ile sınırlandırılır. Toprak hatası yeri yıldız noktasına kaydıkça azalacak ve yıldız noktasında meydana gelen toprak hatasında hata akımının değeri sıfıra yakın olacaktır.

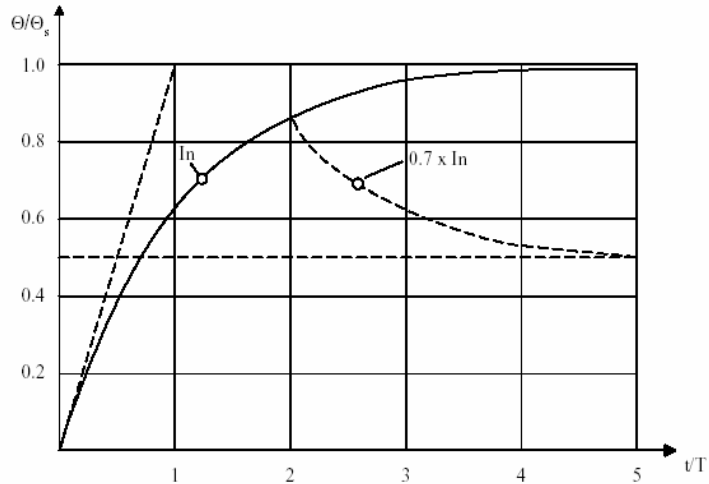


Şekil – 3.13: İç Toprak Hatasında Toprak Hata Akımının Dağılımı



### 3.5.4 Transformatör Termik Aşırı Yük Koruması

Transformatörün faz iletkeninin izolasyonu sargılardaki sıcaklık dizayn sınır değerlerinin üzerine çıkarsa hızla eskir. Isı, transformatörün  $I^2R$  ifadesiyle verilen ve ısıya dönüşen aktif kayıpları nedeniyle yükselir. Sıcaklık artışları Şekil 3.15’de gösterildiği gibi zamanın fonksiyonu olarak gelişir (Gürsel ve Kültür, 1997).



Şekil – 3.15: Isınma Eğrileri, (Gürsel ve Kültür, 1997)

### 3.5.5 Gaz Etkisiyle Çalışan Röleler

Kötü bağlantılar ve sac paket yalıtım bozuklukları, yerel ısınmalara neden olmaktadır. Transformatör yağı 210<sup>0</sup>C sıcaklıkta ayrışarak gaz ortaya çıkarması bu durumu tespit eden rölelerin imal edilmesini sağlamıştır.

#### 3.5.5.1 Buchholz rölesi

Transformatörün içinde bir arıza yavaşça ortaya çıkarsa yerel ısınmalar meydana gelerek katı ve sıvı malzemeleri ayrıştırması sonucu yanıcı gazlar meydana getirir. Buchholz rölesinde belirli bir miktar gaz biriktiğinde alarm sistemi çalışır. Rölede toplanan gazın analizi arıza cinsi ve yeri hakkında bir göstergedir (Altın, Üstünel ve Kızılgedik, 2001). Toplanan gazın cinsi hidrojen ve asetilen yapı parçaları ve yağda ark, hidrojen asetilen ve metan ise pertinaks yalıtımında bozulma sonucu ark (örneğin kademe değiştiricide), hidrojen asetilen ve etilen ise sac paket bağlantılarında sıcak nokta, hidrojen asetilen ve propilen ise sargılarda sıcak nokta olduğu sonucuna varılır.

Buchholz rölesi ile bulunan diğer arızada demir çekirdekte meydana gelen akımların kendilerine yol bulmaları ile demir parçalar arasında ark oluşmasıdır. Bu çeşit arklar demirin hasara uğramasına sebep olduğu gibi yağın ağırlaşıp çamurlaşmasına da yol açar.

Transformatör ilk servise girdiği zaman eğer yağ doldurulması sırasında yeterli vakum uygulanmamış ise sargılar arasında sıkışan hava Buchholz rölesinde toplanarak yanlış açmalara sebep olur. Eğer toplanan gaz yanıcı değilse rölenin yanlış açtığı kanaatine varılır.

Yağ içinde bir sargı arızası olursa ark çok hızlı bir şekilde gaz üretir (Özkaya, 1996). Üretilen bu gaz yağ içerisinde bir yürüyen dalga oluşturur (Alparslan, 1978). Buchholz rölesi alt kontaklarının bağlı olduğu klape bu dalgadan etkilenerek açma kumandası verir.

Buchholz rölesinde alt klape ayrıca şamandıra ile donatılmıştır. Bu şamandıra yağın birden akıp gitmesi halinde açma yaptıracağı gibi, yağ pompalarının çalışmasında ortaya çıkan yağ dalgalarının sönmülendirmesine edilmesine de yardımcı olur (Altın, Üstünel ve Kızılgedik, 2001).

### 3.5.5.2 Ani basınç rölesi

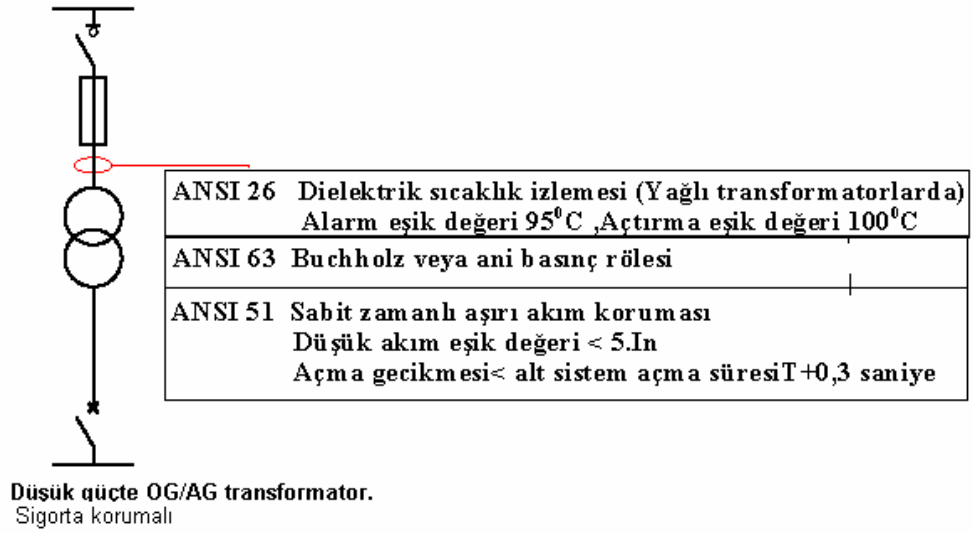
Yağ genişleme kazanı yerine azot gazından gaz yastığı olan hermetik transformatörlerde Buchholz rölesi kullanmak imkansız olduğu için yağ kazanına monte edilen ve basıncın artma hızı esasına göre çalışan ani basınç röleleri kullanılır. Diyaframın iki tarafındaki basınç alttaki delik ile eşit hale getirilmiştir. Ani basınç artmasında diyaframa gelen darbe etkisi ile kontaklar kapanır. Burada etkili olan yağ basıncı değil basıncın artma hızıdır. Ani basınç rölesinde diyafram transformatörden metal körük ile ayrılmış ve silikon yağı içerisine yerleştirilmiştir. Böylece elde edilen sistem basınç yükselmesi ile ters orantılı bir açma karakteristiğine sahiptir. Bu karakteristik ile mekanik darbeler halinde yanlış açmalar önlenmiş olur. Bu koruma üniteleri bakım şartları göz önüne alınarak kazanın alt bölümüne yerleştirilmiştir.

### 3.5.5.3 Gaz etkisi ile çalışan rölelerde ortaya çıkan problemler

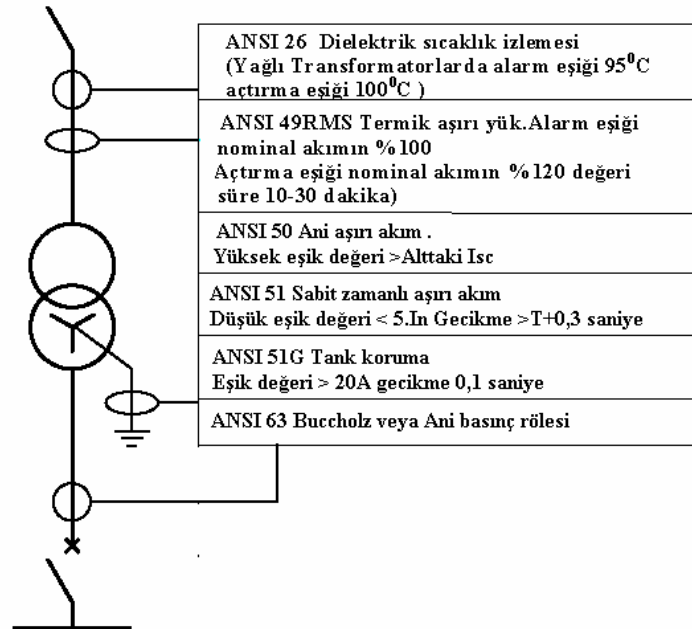
- Civa kontakların çok hassas ayar edilmesi halinde boruya yapılan mekanik darbeler, yer sarsıntısı kademe değiştirici çalışması ve büyük dış arızalarda, ayrıca magnetik akımın sebep olduğu titreşimler yanlış açmalara neden olabilir.
- Buchholz rölesinde en küçük çalışma süresi 0,1 saniye ve ortalama 0,25 saniyedir. Bazı haller için bu süre yavaş sayılır. Ani basınç röleleri sadece büyük arızalarda Buchholz rölesinden daha hızlıdır



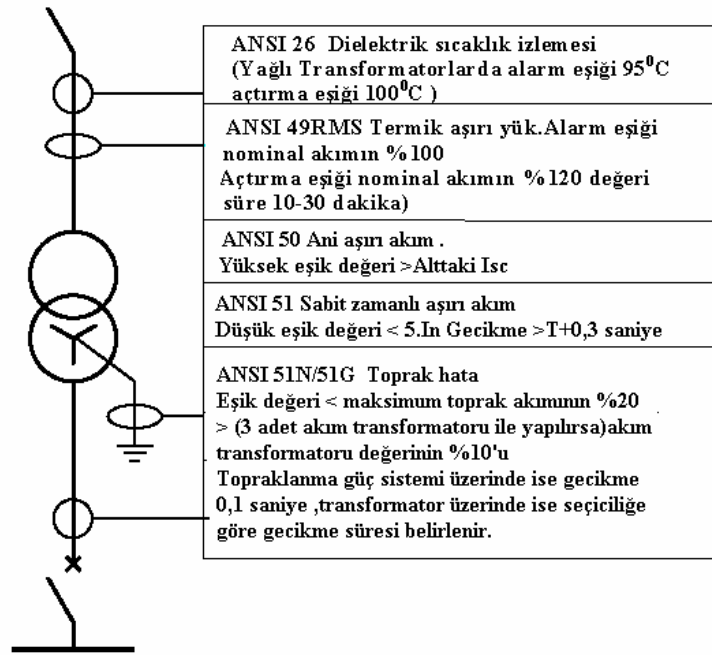
### 3.5.5.4 Transformatör korumaları ile ilgili örnekler



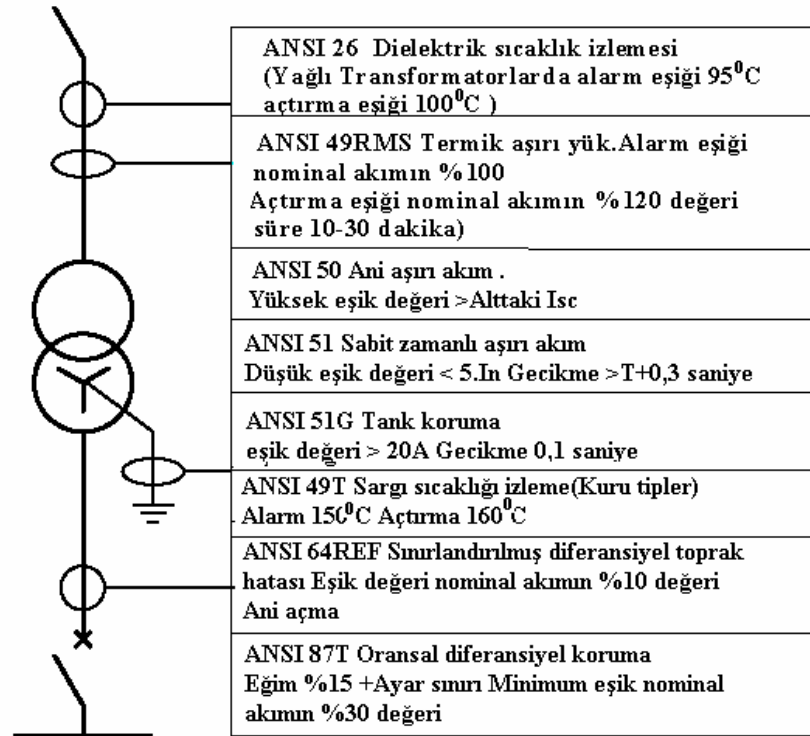
Şekil – 3.16: Düşük Güçlü OG/AG Transformatör Koruması



Şekil – 3.17: Yüksek Güçlü OG/AG Transformatör Koruması



Şekil – 3.18: Düşük Güçte YG/OG Transformatör Koruması



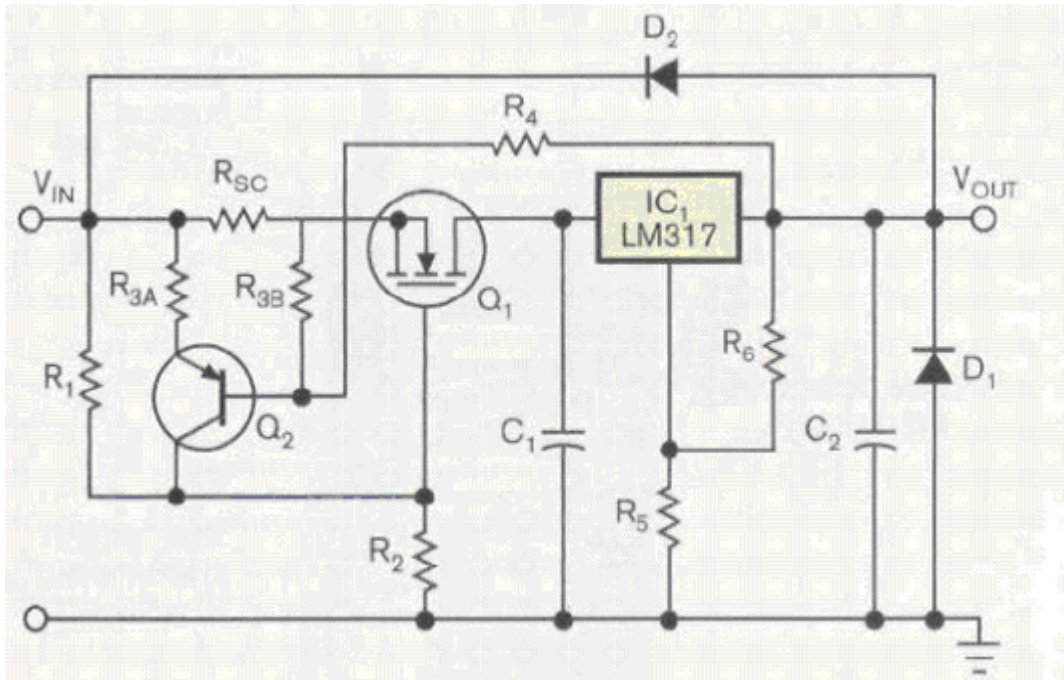
Şekil – 3.19: Yüksek Güçlü YG/OG Transformatör Koruması

## BÖLÜM – 4 ELEKTRONİK ELEMANLAR İLE KORUMA VE KONTROL DEVRELERİ

### 4.1 MOSFETLERLE AŞIRI AKIM KORUMASI

Birkaç amper ya da daha düşük akımlı güç kaynağı gerektiren birçok uygulamada LM317 gibi 3 girişli ayarlanabilir çıkışlı, doğrusal voltaj regülatörü kullanılır. Bunların kullanımı kolay ve ucuzdur. Ayrıca bu elemanların önüne eklenen birkaç elektronik eleman ile de maruz kalınan aşırı akım sınırlandırılarak gerekli koruma sağlanır. Bu akım sınırlayıcı, maksimum çıkış akımını  $I_{max}$ 'ı sabit bir seviyede tutarak regülatörün zarar görmesini engeller (Hulselman, 2005).

Bir hata meydana geldiğinde geçiş transistöründe harcama güç yaklaşık olarak  $V_{IN} \times I_{MAX}$ ' a eşit olur. Aşırı yük altında çalışabilen bir regülatörün dizaynında çıkışta ya geri besleme katında bir arıza meydana gelirse aşırı yükte çalışabilen bir parça gerekir (Galinski, 2002).

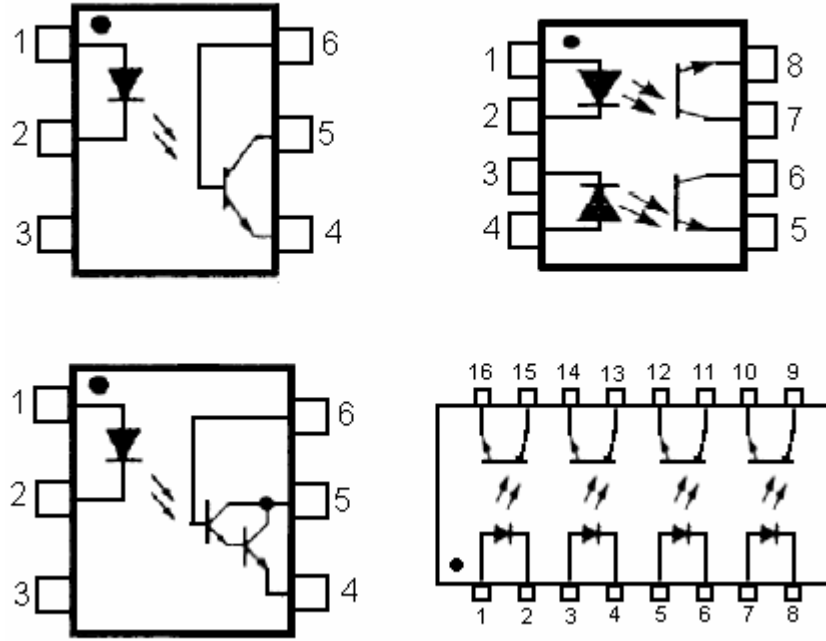


Şekil – 4.1: 3 Girişli Gerilim Regülatörleri için Aşırı Akım Koruma Devresi (Hulselman,2005)

Şekil 4.1' deki devreye göre  $R_4$  geri besleme direnci ile geçiş transistörünü korumak için akım sınırlaması yapan bir ek devre kullanılır. Normal şartlarda  $Q_2$  transistörü iletimde değildir.  $R_1$  ve  $R_2$  dirençleri iletimde olan  $Q_1$  mosfetini besler. Çıkışta aşırı yüklenme meydana geldiğinde  $Q_2$  iletime geçer,  $Q_1$ ' e uygulanan gerim azalır ve böylece drain ve source arası direnç artar ve LM317 regülatörü üzerindeki aşırı akımı sınırlanır.

#### 4.2 OPTOKUPLÖR – FOTOTRANSİSTÖR İLE KONTROL DEVRELERİ

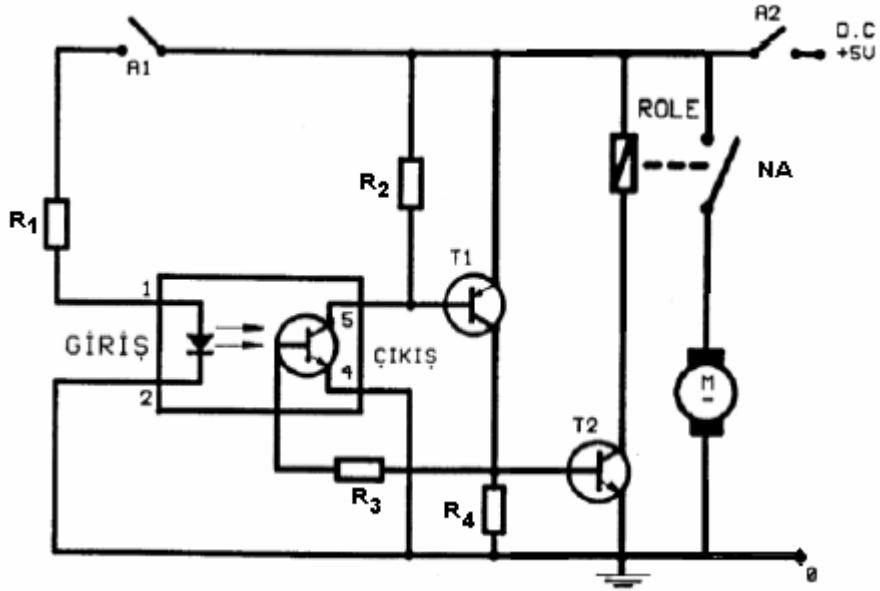
Optokuplörler, led – fotodiyot, led – fototransistör, led – foto tristör ya da led – foto triyak çiftinin bir paket içerisinde kullanılması ile elde edilen elemanlardır. Şekil 4.2’ de optokuplör fototransistörün çeşitli bağlantı şekilleri gösterilmiştir.



Şekil – 4.2: Optokuplör – Fototransistörün Çeşitli Bağlantı Şekilleri

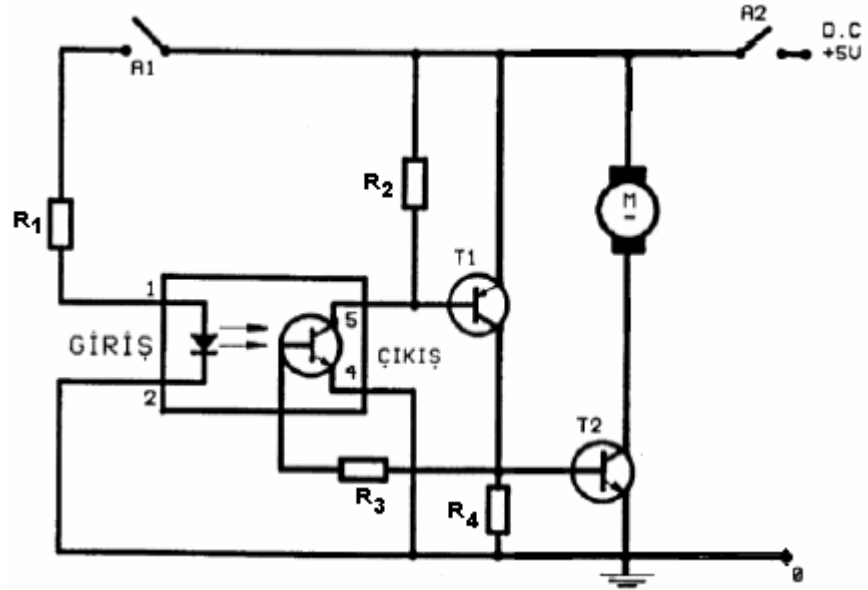
Fototransistör – optokuplör bir paket içerisinde yerleştirilmiştir. Bağlantı uç numarasına göre lede gerilim uygulandığında transistörün bazı paket içerisinde ışık alacağından transistör iletme geçer ve çıkış verir.

#### 4.2.1 Optokuplör – Fototransistör ile Röle veya Motor Kontrolü



Şekil – 4.3: Optokuplör – Fototransistör Röle ve Motor Kontrolü

$A_1$  ve  $A_2$  anahtarları kapatıldığında optokuplör çıkış verir. ( $T_1$ ) transistörün bazına (-) negatif sinyal gelir. ( $T_1$ ) transistörü ilettime geçer. ( $T_2$ ) bazınada (+) pozitif sinyal geleceğinden, ( $T_2$ ) transistör ilettime geçer ve röle çalışır. Rölenin normalde açık uçlarına bağlanan motor rölenin enerjilenerek durum değiştirmesi sonucunda çalışır. Eğer bu devrede kullanılan direnç değerleri ( $T_2$ ) transistörünün çıkışını çok büyük değerlere kadar artırabilecek değerler seçilirse Şekil 4.3' deki gibi motor direk transistör üzerinden enerjilendirilerek çalıştırılabilir (Çelik). Fakat koruma devrelerinde kullanılan kesici motorlarını çalıştırmak için yeterli olamayacağı düşünülerek röle üzerinde sürülmesi daha güvenilir ve hassas sonuçlar doğuracaktır.



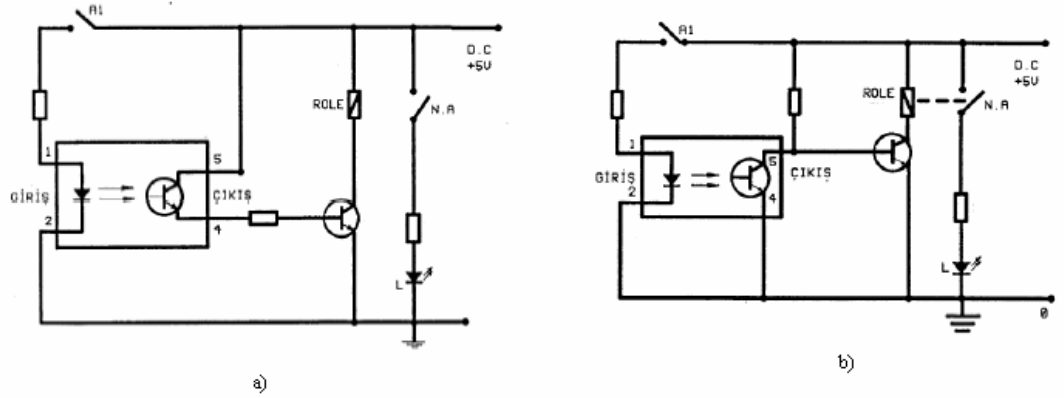
Şekil – 4.4: Optokuplör – Fototransistör İle Motor Kontrolü

$A_1$  ve  $A_2$  anahtarları kapatıldığı zaman optokuplör – fototransistör çıkış verir. ( $T_1$ ) transistörün bazına (-) negatif sinyala gelir. ( $T_1$ ) transistörü iletime geçer. ( $T_2$ ) transistörünün bazına da (-) negatif sinyala geleceğinden ( $T_2$ ) iletime geçer ve motor çalışır.

Devreden yük fazla akım çektiğinde optokuplör – darlington fototransistör kullanılabilir. Çalışma prensibi olarak optokuplör – fototransistörden farkı yoktur. İletime geçen optokuplör triyaka tetikleme gerilim sağlar. Devredeki güç fazla olduğundan yük akımı da büyük olacaktır. Devrede kullanılan direncin wattlı olması ve triyakında soğutucuya bağlanması öngörülür (Çelik).

#### 4.2.2 Optokuplör – Fototransistör ile Röle Kontrolü

Şekil 4.5 a' da optokuplör – fototransistör ile rölenin enerjilendirilerek sistemin çalıştırılması görülmektedir. Şekil 4.5 b' de ise optokuplör – fototransistör ile rölenin enerjisinin kesilerek kontrolü görülmektedir.



Şekil – 4.5: Optokuplör – Fototransistör İle Röle Kontrolü

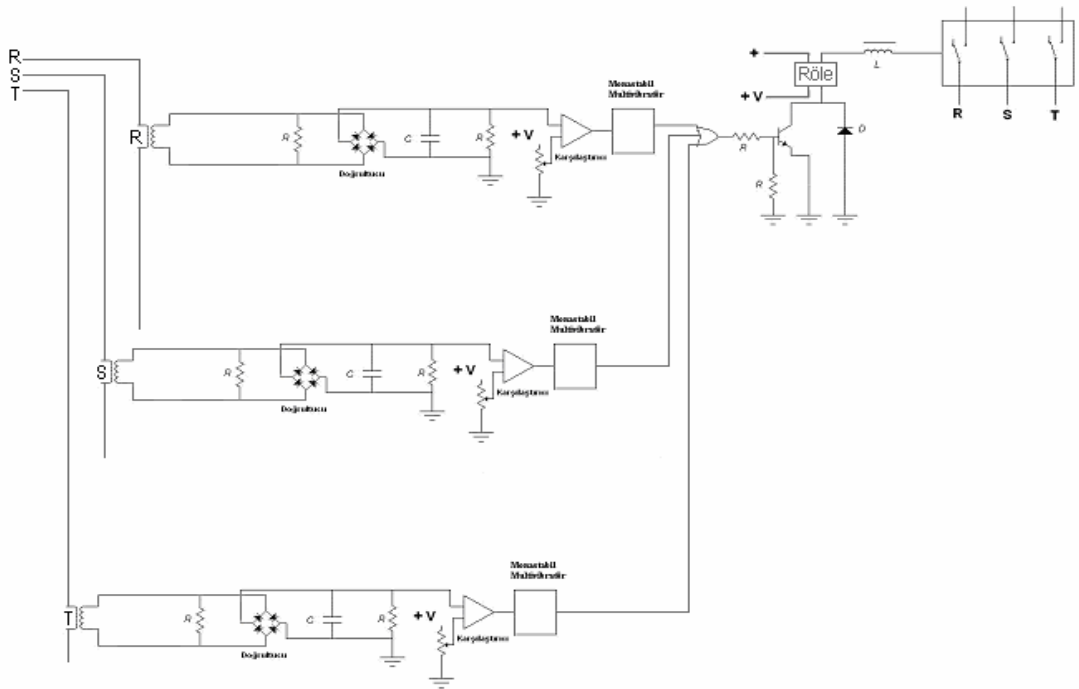
Şekil 4.5 a'da  $A_1$  anahtarı kapandığı zaman +5V' luk kaynak optokuplör içindeki ledin ışık vermesini ve böylece fototransistörün iletme geçmesine sebep olur. Transistör iletme geçerek rölenin enerjilenmesini sağlar. Röle normalde açık kontağını kapatır ve led ışık verir.

Şekil 4.5 b' de ise Şekil 4.5 a' nın tam tersi görülmektedir.  $A_1$  anahtarı açık iken (optokuplör çıkış vermez) transistörün bazına gerilim uygulanır, transistör iletme geçerek rölenin enerjilenmesini sağlar. Röle normalde açık kontağını kapatarak ledi devreye sokar.  $A_1$  anahtarı kapatıldığı zaman optokuplör çıkış verir. Akım dirençlerden geçerek topraktan devresini tamamlar. Transistör baz gerilimi sıfır olur. Böylece transistör kesime gider. Röle enerjisini kaybeder, kontağını açar ve ledi söndürür (Çelik).

## BÖLÜM – 5: ELEKTRONİK ELEMANLAR İLE AŞIRI AKIM KORUMA DEVRELERİ TASARIMI

### 5.1 ELEKTRONİK ELEMANLAR İLE RÖLE KONTROLÜ VE AŞIRI AKIM KORUMASI

Şekil 5.1’ de elektronik elemanlardan oluşan bir aşırı akım koruması görülmektedir. Bu devre yardımı ile mekanik röle sistemleri ile oluşturulan aşırı akım korumalarının dezavantajı olarak kabul edilen bazı durumlarının ortadan kaldırılabileceği öngörülmüştür.



Şekil – 5.1: Elektronik Elemanlarla Röle Kontrolü ve Aşırı Akım Koruması

Bu devrenin tasarlanmasındaki amaç aşırı akımdan kaynaklanan arızalarda mekanik sistemlerden daha hızlı, hassas, maliyeti düşük ve kullanımı kolay bir sistem oluşturmaktır. Bundan önce ki bölümlerde mekanik rölelerin harekete geçmelerine yönelik bilgiler verilmişti. Bunlara dayanarak ve elektronik bir elemanın çalışma hızının ne kadar düşük olduğu göz önüne alınarak, elektronik elemanlarla oluşturulan koruma devreleri mekanik röle koordinasyonu ile oluşturulan koruma devrelerine göre daha verimli olması sonucu çıkarılabilir.

Şekil 5.1’ deki devreden görüldüğü gibi akım trafosunun sekonder sargısı üzerine düşen aşırı akım bir köprü doğrultucu devresinden geçerek DC bir işaret elde edilir. Kondansatör yardımı ile filtreleme amaçlanmıştır. Elde edilen doğru işaret ikinci bir R direnci üzerinden gerilime



dönüştürülmektedir. Yine bir potansiyometre yardımı ile oluşturulan ikinci bir gerilim değeri karşılaştırmacı devremizde kıyaslanır. Bu direncin değeri elde etmek istenilen gerilim değerine göre ayarlanır. Bu gerilim değeri de hattın özelliklerinde göre hesaplanan koruma değeri göre seçilir. Yapılan karşılaştırma sonucunda elde edilen sonuç bir monostabil multivibratör vasıtasıyla OR kapısına gönderilir. Monostabil multivibratör kullanılmasındaki amaç or kapısına gönderilecek bilginin her seferinde yenilenmesidir. OR kapısına korumasını yapmak istediğimiz her fazdan birer çıkış gelmektedir. Çıkışlardan gelen işaretler or kapısından geçtiğinde hatlardan birinde ya da daha fazlasında bir aşırı akım söz konusu olduğunda or kapısının çıkışı “1” olacaktır. Çıkışın “1” olması durumunda da transistörün beyzi tetiklenecek ve transistör iletime geçecektir. İletime geçen transistör rölenin enerjilenmesini sağlayacak ve röle kontaklarına bağlanmış olan bobin enerjilenerek faza ait açmayı yapacaktır. Böylece dört fazın korumasının tek bir röle ile yapılabileceği önerilmektedir. Diğer mekanik sistemlerde bir röleyi tetiklemek için birkaç tane röle kullanıldığı gördük. Ama bu devrede tek bir röle daha hızlı bir şekilde tetikleniyor. Bunun yanında maliyette avantajları olduğu gibi işçi gereksinimini minimuma indirmek, daha hassas sonuç elde etmek, koruma sistemlerinde daha az yer kaplamak gibi koruma sisteminde oluşabilecek bir aşırı akım durumunda oluşabilecek kötü durumları en aza indirmek hedeflenmiştir.

## **5.2 ELEKTRONİK ELEMANLAR İLE MOTOR KONTROLÜ İLE AŞIRI AKIM KORUMASI**

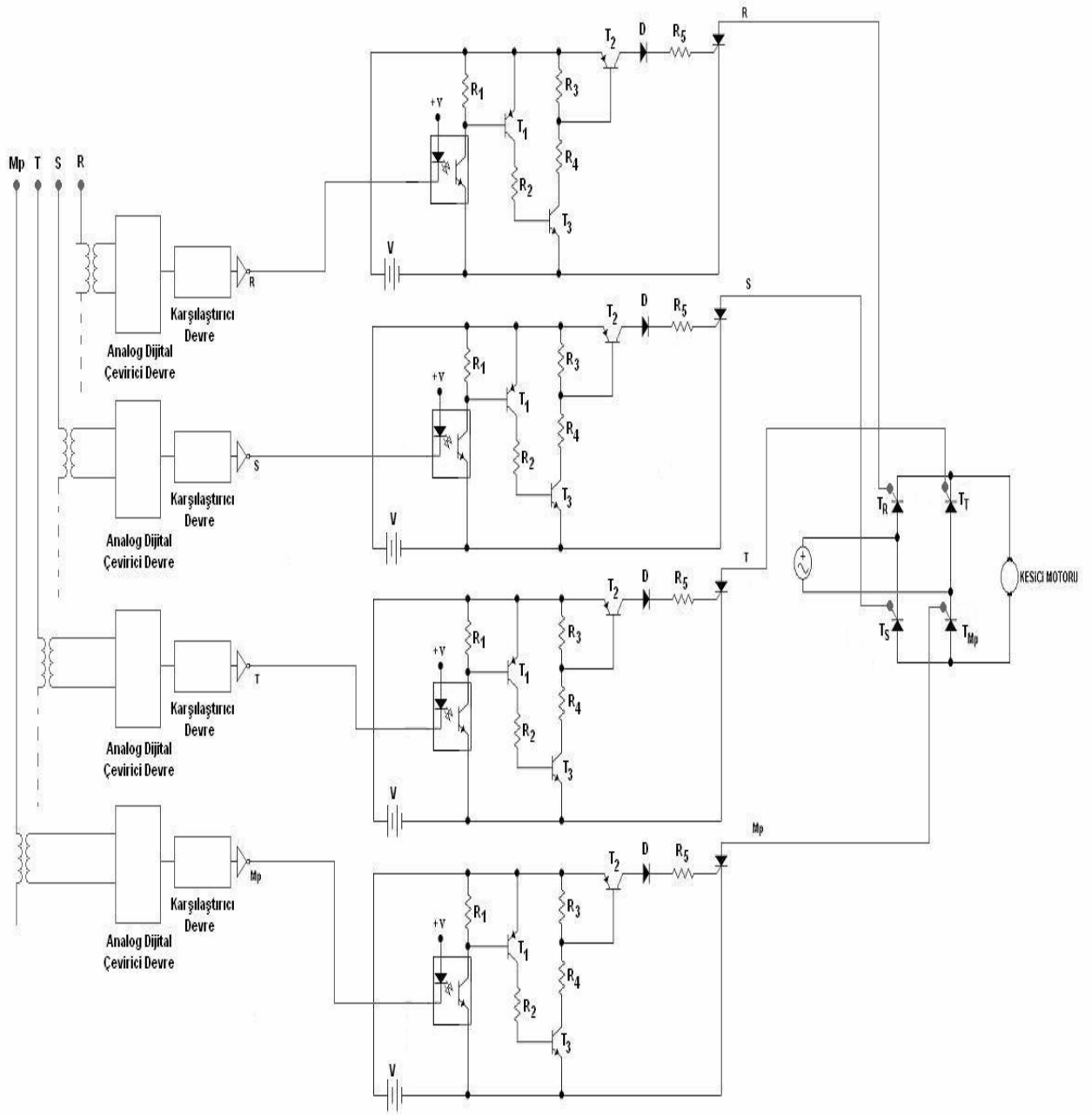
Şekil 5.2’ de görülen devredeki amaç bir koruma devresinde her zaman göz önünde bulundurulması gereken şartları en yüksek verimi alarak sağlamaktır. Bir koruma sisteminde en başta gelen özellik tabii ki güvenilirliktir. Şekil 5.2’ deki devre röle koordinasyonlarından oluşan koruma sistemlerine göre çok daha güvenilir olması beklenmektedir. Mekanik röle guruplarının koordinasyonlu bir şekilde çalışmasıyla oluşan sistemler bu devreye göre çok daha büyüktür. Bu durumun neticesinde röle sistemlerinde bir hata ile karşılaşma olasılığı yüksektir. Bu hatanın tespiti ve onarımı elektronik devreye göre daha zordur.

Bir enerji sisteminin korunmasında göz önünde bulundurulması gereken en önemli noktalardan biri de koruma sisteminin olabildiğince hızlı çalışmasıdır. Mekanik rölelerden oluşan koruma sistemlerinde hareket süresi kesicini açma süresine (5 periyot, 0,08 saniye), rölenin hareket süresine (0,1 saniye), akım transformatörünün doyma değerine ve ayar hatalarına dayalı eminiyet faktörüne (0,22 saniye) bağlıdır. Şayet kullanılan röle mekanik değil de elektronik ise harekete geçme süresi rölenin harekete geçme süresi (0,1 saniye) kadar kısaldır (Güray). Ama yine de ani denilebilecek kadar kısa bir sürede açma söz konusu olamaz. Şekil 5.2’ deki elektronik koruma devresinde ise bu süre oldukça kısaltılabilir. Ayrıca bu devre Şekil 5.1’ deki elektronik ve mekanik elemanlar kullanılarak tasarlanılan devreye göre de daha hızlı çalışacağı düşünülmektedir. Çünkü bu devre tamamen elektronik elemanlardan oluşmaktadır. Şekil 5.1’ deki devrede kullanılan mekanik röle

yerini tamamen elektronik elemanlara bırakmıştır. Bunun sonucunda da daha hızlı çalışma beklenilmektedir.

Koruma sistemlerinde hassasiyetin de büyük bir önemi vardır. Sistemdeki koruma elemanı, akım değeri daha önce “aşırı akım değeri” olarak belirlenen değerden büyük bir değer aldığı anda harekete geçmelidir. Fakat bu değerın altındaki akım değerlerinde de açma yapmamalıdır. Aksi takdirde bu durum hem enerji sistemi elemanları için hem de tüketiciler için istenmeyen durumlar meydana getirebilir. Böyle bir durumu önlemek amacıyla Şekil 5.2’ deki devrede analog – dijital çevirici devrenin sonrasında bir karşılaştırıcı devre bulunmaktadır. Bu devre daha önce hattın özelliklerine bağlı olarak hesaplanan kısa devre akım değerine göre bir karşılaştırma yaparak 1 ya da 0 şeklinde bir çıkış vermesi düşünülmüştür. Böylece hattın korunması istenilen değerden büyük değerli bir hata oluştuğunda devremizin çalışması, küçük değerli bir hata oluştuğunda ise hattın çalışmasına devam etmesi beklenilmektedir. Böylelikle hattın korunmasındaki hassasiyet artırılabilir.

Şekil 5.2’ deki devrede sürekli çalışmakta olan bir analog – dijital çevirici devre bulunmaktadır. Enerji sistemindeki bir hattın akım trafosunun sekonderine bağlanan bu devrenin analog akım değerini dijitalle çevirerek karşılaştırıcı devreye göndermesi tasarlanmıştır. Analog – dijital çeviriciden gelen akım değeri önceden belirlenen değerden büyükse karşılaştırıcı devrenin çıkışı 1 olacaktır. Not kapısının giriş değeri olan “1” çıkışta “0” değerini alır. Böylece optokuplör devresinin topraklaması sağlanır. Optokuplördeki led bu topraklama sonucunda ışık vermeye başlar. Bu ışık şiddeti ile de optokuplör devresindeki fototransistör iletime geçer. İletime geçen fototransistör  $T_1$ ,  $T_2$  ve  $T_3$  transistörlerinde iletime geçmesini sağlar.  $T_2$  transistörünün iletime geçmesi ile beraber  $D_1$  diyodunun iletim yönünde akım geçişi olur. Böylece R tristörünün gate – katot uçları arasında gate pozitif olacak şekilde bir akım uygulanmasıyla tristör iletime geçer. Gate akımı arttıkça anot – katot gerilimi düşer, üzerinden akan akım kesici motorunu çalıştırabilecek kadar artabileceği düşünülmüştür. Böylece kesici motoru çalışmaya başlar ve enerji sistemini açabilir.



## BÖLÜM – 5 SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında enerji nakil hatlarında ve avadanlıklarında çeşitli sebeplerle oluşabilen aşırı akımlardan korunmak için geliştirilen sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerin neredeyse tamamının elektromekanik rölelerin koordinasyonlu bir şekilde çalışmasıyla oluştuğu görülmüştür.

Bir enerji dağıtım sisteminin aşırı akımlara karşı korunmasında istenilen bazı özellikler vardır. Bu özelliklerin başında seçicilik gelir. Seçicilik ile enerji dağıtım sistemin oluşabilecek bir arızada sadece hasarlı kısım hattan ayrılır. Diğer kısımlar çalışmalarına devam ederler. Elektromekanik rölelerle yapılan koruma sistemleriyle seçicilik sağlanır. Fakat her hattan gelebilecek arızalar göz önüne alındığında sistemin koordineli bir şekilde çalışması zordur. Röle guruplarının koordineli çalışmasını sağlamak çalışanlara zorluklar yaşatır. Fakat elektronik olarak tasarlanmış olunan devrelerde seçicilik gayet basit elemanlarla, zorlanmadan sağlanabileceği öngörülmektedir.

Koruma sistemlerinde oluşabilecek zararları ortadan kaldırmak için aşırı akım durumlarında devre büyük bir hızla açılmalıdır. Çağdaş enerji sistemlerinde kararlılığı korumak için kısa devre çok hızlı açılmalıdır. 300-500 kV hatlarda açılma süresi 0,1–0,125 sn. , 110–220 kV için 0,15-0,3sn.'dir. 6 ve 10 KV'luk dağıtım şebekelerinde ise 1,5-3 sn. kadardır (Şerifoğlu,2006). Çünkü bu hatlar elektrik santrallerinden uzak oldukları için generatör gerilimlerinin tehlikeli değerlere kadar inmesine sebep olmaz, bu da sistemin kararlılığını etkilemez. Açılma süresinin kesin değeri özel hesaplarla bulunur. Hızlı korumaları uygulayabilmek için önce noktanın gerilimini tayin etmek gerekir. Eğer gerilim nominal değerden %60 düşükse sistemin kararlılığını korumak için hızlı koruma kullanılmalıdır. Elektromekanik rölelerle oluşturulan koruma sistemlerinde harekete geçme süresinin saniye mertebelerine geçmektedir. Fakat elektronik elemanlarla oluşturduğumuz koruma sistemlerinde bu sürenin saniye mertebesinin çok çok altına kadar düşebileceği tahmin edilmektedir. Bu da arızalı hatlarda açmanın hızını artıracak ve böylece hattaki arıza daha büyük hasarlara neden olmadan sistemden ayrılacaktır.

Hassasiyette koruma sistemlerinde göz önünde bulundurulması gereken bir başka noktadır. Koruma sistemi çalışma alanındaki aşırı akımlara karşı belirli bir hassasiyet göstermelidir. Fakat bu hassaslık özel hesaplarla belirlenen sınırları geçmemelidir. Aksi takdirde sistem an küçük akım dalgalanmalarında bile açılacak ve istenmeyen durumlara neden olacaktır. Röle koordinasyon sistemlerinde bu sınır belirlense bile tam değerlerde koruma yapmak mümkün değildir. Fakat bu çalışmada önerilen elektronik elemanlarla oluşmuş koruma devrelerinde kullanılan karşılaştırma devreleri ile belirlenen sınırlarda tam olarak koruma sağlanabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak tez çalışmamın amacı olan daha hızlı, daha hassas, daha güvenli çalışan ve aynı zamanda maliyeti daha düşük elektronik devre tasarımı teorik olarak yapıldı. Bu çalışmanın gerçekte uygulanması ile elektrik tesislerindeki arızalardan daha az bir popülasyonun etkileneceği öngörülmektedir.

**KAYNAKLAR**

1. Çernobrovov, N.B., 1974. Röle Korumaları. Enerji Yayınevi, 679, Moskova.
2. Üstünel, M., Altın, M., Kızılgedik, M., 2001. Endüstriyel Elektronik. OSTİM Mesleki Eğitim Merkezi, 195, Ankara.
3. Üstünel, M., Altın, M., Kızılgedik, M., 2001. Endüstriyel Elektronik. OSTİM Mesleki Eğitim Merkezi, 212, Ankara.
4. Şerifoğlu, N., Soysal, O., 2006. Elektrik Enerji Sistemleri Cilt II. Papatya Yayıncılık, 215, İstanbul.
5. Özkaya, M., 1996. Yüksek Gerilim Tekniği Cilt I. Birsen Yayınevi, 332, İstanbul.
6. Alparslan, Y., 1978. Yüksek Gerilim Tekniği. 147, Ankara.
7. Güler, N., 1985. Röleler. Tek Eğitim Müdürlüğü Foto – Film ve Baskı Üniteleri, 45, Ankara.
8. Gürsel, G., Kültür, D., 1997. EMO, 176, İzmir.
9. Haktanır, D., 2001. Yüksek Gerilimde Kısa Devre ve Kısa Devrelerin Üniter Hesabı. MASHRAE, Mınst. D, TCEE, MAIEE, Emobilim, Cilt 1, Sayı 2, s. 8 – 13.
10. Gençoğlu, M.T., Türkoğlu, İ., 1998, Mikrobilgisayar Kontrollü Röle Tasarımı. V. Bilgisayar ve Haberleşme Sempozyumu. S. 37- 40.
11. Tedaş, 2001. Elektrik Dağıtım Sistemi Temel Eğitimi. 238, Ankara.
12. Çelik, Enstrimantasyon. Mersin Üniversitesi. S. 49 – 53.
13. Zeineldin, H.H., 2006. Optimal Coordination of Overcurrent Relays Using a Modified Particle Swarm Optimization. Electric Power Systems Research 76 pp. 987 – 995.
14. Abdelaziz A.Y., Talaat, H.E.A., 2002. An Adaptive Protection Scheme for Optimal Coordination of Overcurrent Relays. Electric Power Systems Research 61 pp. 1 – 9 .
15. Urdaneta, A.J., 2000. Presolve Analysis and Interior Point Solution of the Linear Programming Coordination Problem of Directional Overcurrent Relays. Electric Power and Energy Systems 23 pp. 819 – 825.
16. Enriquez A.C., 2006. Enhanced Time Overcurrent Coordination. Electric Power Systems Research 76 (2006) pp. 457 – 465.
17. Hulselman, Herb., 2005. MOSFET Enhances Voltage Regulator's Overcurrent Protection. EDN,pg 74.
18. Galinski, Martin., 2002. Circuit Folds Back Current During Fault Conditions.,EDN,pg 102.

## ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Sivas'da doğdu. İlk, orta ve Lise öğrenimini 1998 yılında tamamladı. 1999 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Elektrik – Elektronik Mühendisliği bölümünü kazandı ve aynı bölümden 2003 yılında mezun oldu. 2003 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünü Elektrik Tesisleri Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve halen bu görevi sürdürmektedir.