

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

116664

ELEKTRİK ŞEBEKELERİNDEKİ SEKONDER
RÖLELERİN BİLGİSAYAR ORTAMINDA
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

İlhami AYGİN

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

116664

ELAZIĞ

2002



T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK ŞEBEKELERİNDEKİ SEKONDER
RÖLELERİN BİLGİSAYAR ORTAMINDA
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

İlhami AYGİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez/...../2002 Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından Oybirliği/ Oyçokluğu ile Başarılı/ Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)
Danışman

(İmza)
Üye

(İmza)
Üye

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Kurulu'nun/...../2002 tarih vesayılı kararıyla onaylanmıştır.



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELEKTRİK ŞEBEKELERİNDEKİ SEKONDER RÖLELERİN BİLGİSAYAR ORTAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

İlhami AYGEN

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

2002, Sayfa:61

Bu tezde, güç sistemlerinde kullanılan sekonder rölelerin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesi ile ilgili bir metot sunulmuştur. Güç sistemlerinde röleler çok önemlidir; bu rölelerin uzaktan kontrolü bu tür uygulamalarda çok kullanışlıdır.

Uzaktan kontrol metodunda, akım trafosunun çıkışı sayısal bilgiye dönüştürülerek bu bilgi terminallere gönderilir ve terminaldeki bilgisayar yardımıyla işlenir. Bu aşamadan sonra yapılan bilgisayar programı, bu bilgilerden rölenin açma zamanını hesaplayarak, rölenin açıp açmayacağını veya ne kadar sürede açacağını röleye bildirir.

Güç sistemlerinde yapılan deneysel sonuçlar önerilen metodun doğruluğunu tasdik eder. Bu sonuçlar önerilen metodun performansının iyi olduğunu göstermektedir.

ABSTRACT

Master Thesis

TO REALIZE THE POWER SYSTEM SECONDER RELAYS IN COMPUTER ENVIRONMENT

İlhami AYGEN

Firat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Computer Engineering

2002, Page:61

This thesis presents a method for realize the computer support for seconder relays which are used in power systems. In power systems relays are very important; and remote control of this relays are very useful for this kind of applications.

In this remote control method, the output of current transformer is transduced the digital data and then this data transferred to terminals and in terminals, computers take this data and execute it. After this phase computer program calculate the turn on time of relay and send this information to relay.

Experimental results on tested power systems are presented to validate the proposed method. This results show that the performance of the new method is good.

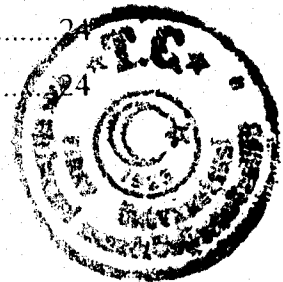
ÖNSÖZ

Bu çalışma süresince yardımlarını esirgemeyen başta tez hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Yetkin TATAR'a, A.Bedri ÖZER'e, Mehmet KARAKÖSE'ye, Alper KILIÇ ve diğer hocalarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER VE TABLOLAR LİSTESİ	VI
1.GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı.....	1
1.2. Tezin Yapısı.....	2
2. AŞIRI AKIM KORUMA	3
2.1. Çalışma Özellikleri.....	3
2.2. Şebekeye bağlanması.....	4
2.3. Aşırı Akım Rölesinin ayarı.....	7
2.4. T.E.A.Ş' ta Kullanılan Röle Örnekleri.....	8
2.4.1. CO Rölesinin Prensip Şeması ve Çalışması	9
2.4.2. CO Rölelerinde Geciktirme (zaman ayarı).....	9
2.4.3. CO Rölesinin İç Yapısı	10
3. DİFERANSİYEL KORUMA	13
3.1. Yanlış Çalışma Önlemleri Ve Alınacak Önlemler.....	15
3.2. Trafo Bağlantı Gruplarının Önemi.....	16
3.3. Diferansiyel Röle Bağlantı Örnekleri.....	17
3.4. Pilot Diferansiyel Koruma.....	18
3.5. Trafolar İçin Diferansiyel Koruma.....	20
4. RTU (REMOTE TERMİNAL UNİTE)	23
4.1. Veri İletişimi.....	23
4.2. Protopkoller.....	23
4.3. Veri Tabanı Yapısı.....	24
4.4. Veri Toplama.....	24
4.5. Ölçümler.....	24



4.6. Durum Bilgileri.....	25
4.7. Alarm Sinyalleri.....	25
4.8. Data Input (Veri Girişi).....	28
4.9. Sayısal/Analog Dönüştürme.....	30
4.10. Transducer'ler (Dönüştürücüler) İçin 154 kV Analog Bilgilerinin Değerlendirilmesi.....	31
4.11. Transducer'ler için 380 kV Analog Bilgilerinin Değerlendirilmesi	32
4.12. RTU' larda MW Değerinin Ölçümü.....	32
4.13. RTU'larda kV Değerinin Ölçümü.....	33
5. YÜKSEK GERİLİM HATLARINDA İLETİM YÖNTEMLERİ.....	34
5.1. Fiber Optik Kullanılarak Bilgi İletişimi.....	35
5.2. RTU İletimi Kullanılarak Uzaktan Kontrol.....	36
6. ELEKTRİK ŞEBEKELERİNDEKİ SEKONDER RÖLELERİN BİLGİSAYAR ORTAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLMESİ.....	38
7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	46
8. KAYNAKLAR.....	47
EK-1	
EK-2	
EK-3	

ŞEKİLLER VE TABLolar LİSTESİ

Şekil 1- Basit bir sekonder röle prensip şeması.....	3
Şekil 2- Aşırı akım koruma prensip şeması.....	4
Şekil 3 – Üç fazlı aşırı akım koruma rölesi.....	5
Şekil 4 – İki faz bir nôtür aşırı akım koruma.....	6
Şekil 5 a- Faz toprak arızasında aşırı akım röle bağlantısı.....	6
Şekil 5b - Faz toprak arızasında aşırı akım röle bağlantısı.....	7
Şekil 6- CO tipi aşırı akım koruma rölesinin iç yapısı.....	10
Şekil 7- Diferansiyel rölenin prensip bağlantı şeması.....	13
Şekil 8- Diferansiyel koruma prensip şeması.....	14
Şekil 9- Pilot diferansiyel koruma.....	18
Şekil 10- Pilot diferansiyel koruma.....	19
Şekil 11- Diferansiyel röle akım diyagramı.....	21
Şekil 12 - Sargı akımlarının fazör diyagramı.....	22
Şekil 13- Akım teplerine göre oluşturulan 12 ayrı aşırı akım röle eğrisi.....	34
Şekil 14- Kuranportörde (0-4Khz) işaret bandı.....	35
Şekil 15- A Trafo merkezinin Keban YTM'den Uzaktan Kontrolü.....	36
Şekil 16- Akım teplerine göre oluşturulan 12 ayrı aşırı akım röle eğrisi.....	38
Şekil- 17-22 (0.5- 1- 2- 3- 4- 5-) akım tepli eğrilerin denklemleri	39
Şekil- 23-28 (6- 7- 8- 9- 10- 11-) akım tepli eğrilerin denklemleri.....	40
Şekil 29 - Aşırı akım rölesinin ara yüzü.....	41
Şekil 30 – Aşırı Akım Koruma Rölesi Akış Diyagramı.....	43
Şekil 31- Diferansiyel röle arayüzü.....	44
Şekil 32- Diferansiyel Koruma Rölesi Akış Diyagramı.....	45
 Tablo 1 (CO-L23H) tipi aşırı akım rölesinin akım zaman değerleri.....	 11
Tablo 2 CO L-13 H aşırı akım rölesinin akım zaman değerleri	12

1.GİRİŞ

Yüksek gerilim hatlarında hat teçhizatını ve insanları koruyan koruma sistemlerinin ana yapısını röleler oluşturmaktadır. Röleler aldığı akım gerilim empedans v.b. gibi bilgilere göre kesicinin açma veya kapalı kalma durumunu belirler. Arıza esnasında arızanın önemine göre çok kısa bir sürede açma yaptırması gerekmektedir. Açma yaptıktan sonra rölenin tekrar bekleme konumuna geçmesi kısa bir sürede olmalıdır. Fakat günümüzde kullanılan büyük firmaların röleleri (ABB, SIEMENS v.b.) gibi birkaç açma komutundan sonra arızaya geçmektedir. Röleye müdahale edilene kadar veya yenisi ile değişene kadar eski konumuna dönmemektedir. Avrupa'da uzaktan kumanda edilen trafo merkezleri mevcut iken, Türkiye'de henüz uzaktan kumandalı (GİS) merkezler mevcut değildir. İlk olarak İstanbul bölgesinde bir uzaktan kumandalı TM'ni (trafo merkezi) devreye alma çalışmaları devam etmektedir. Uzaktan kumandalı TM'ler çok iyi bir program ve güzel bir iletişim ortamı ile mümkün olabilir. Ayrıca kullanılacak hat teçhizatlarının da uzaktan kumandaya uygun olması gerekir (Hat ayırıcıları, kesiciler ve trafolar gibi).

1.1. Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında, rölelerin büyük arızalarının kısa sürede giderilmesi ve maliyetlerinin de daha ucuza mal edilmesi için gerekli program ve alt yapının oluşturulması amaçlanmıştır. Bir TM'de çalışması gereken insan sayısını azaltmak ve insan hatasından oluşacak arızaları en aza indirmek için; korumaların hem TM'den hem de uzaktan kontrolünü yapmak gerekmektedir. Bunu yapabilmek için iyi bir iletişim ve program gerekmektedir. Yapılan bilgisayar programına sürekli zamanda girilen bilgilerin kaybı en az olacak şekilde değerlendirilmelidir. Büyük maliyet gerektiren yüzlerce rölenin kaldırılması ve korumaların yapılabilmesi için gerekli bilgisayar programlarının yapılması bu çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır.

1.2. Tezin Yapısı

Bu tez çalışmasında, aşırı akım rölesi ve diferansiyel koruma rölesinin dubleks bir iletişim ortamında bilgisayar programı ile gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Bu çalışma, ileride yapılacak olan uzaktan, insansız bir trafo merkezinin kontrol ve kumandasına imkan kılacaktır. İlk olarak, aşırı akım koruma ve diferansiyel korumanın çalışma prensipleri ve hat teçhizatlarının çalışma sırasının iyi bilinmesi ve yapılacak programlarda bu karakteristiklerin iyi bulunması gerekmektedir. Bilgisayara yapılacak bu röle programlarına çalışmasını mümkün kılacak verilerin sürekli zamanda taşınması ve yapılacak programın değerlendirilip, yapacağı işin kısa sürede olmasını sağlamak gerekmektedir.



2. AŞIRI AKIM KORUMA

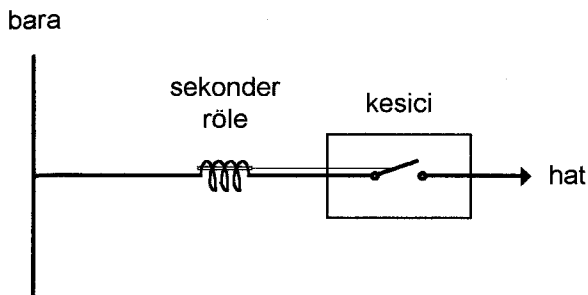
Bağlı olduğu şebekenin fazlarında yada nötründe oluşan aşırı akımı tespit edip şebekeyi buna karşı korumak, aşırı akım korumanın görevidir.

Bir elektrik şebekesinde, aşırı akımın oluşmasının başlıca nedeni faz arası yada faz-toprak kısa devreleridir.

En basit aşırı akım koruma cihazı, sigortalardır. Bu gün, artık sadece, kesinti süresi önemli olmayan veya pek seyrek arızalanan şebeke bölümlerinin korumasında kullanılmaktadır. Daha gelişmiş aşırı akım koruma elamanları rölelerdir. Bunlarda primer ve sekonder aşırı akım röleleri olarak iki guruba ayrılır, çalışmalarındaki istikrarsızlık ve güvenilirliklerinin az oluşu nedeni ile önemsiz şebeke bölümlerinin korunmasında kullanılan primer röleler, esasen çalışma sahamızın dışında kaldıkları için sekonder röleler incelenmiştir.

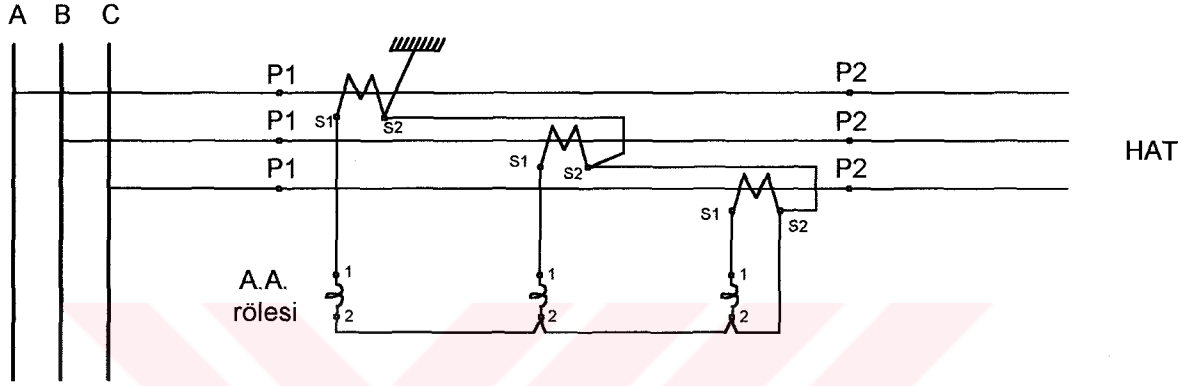
2.1. Çalışma Özellikleri

Primer aşırı akım rölesi, primer devrede kesici üzerinde bulunan bir eleman olduğu için bu adı alır. Şekil 1' de görüldüğü gibi baradan hatta akan akım, primer rölenin bobininde de geçmektedir. Röle, bobin içindeki nüve, maksimum yük akımında bile harekete geçmeyecek şekilde ayarlanır.



Şekil 1- Basit bir sekonder röle prensip şeması.

akım trafosunun sekonder sargısını; 1 ve 2 noktaları arasında kalan sargı ise, A.A. rölesinin akım bobinini göstermektedir. Primer sargıda, akım, P1 den girerse sekonder sargıda s1 den çıkar. Rölelerin akım bobinlerine ,akımın 1 nolu uçtan yada 2 nolu uçtan girmesi önemli değildir. Bu yüzden primer tarafta da P1 ucunun hat yada bara tarafında olması önemli değildir.

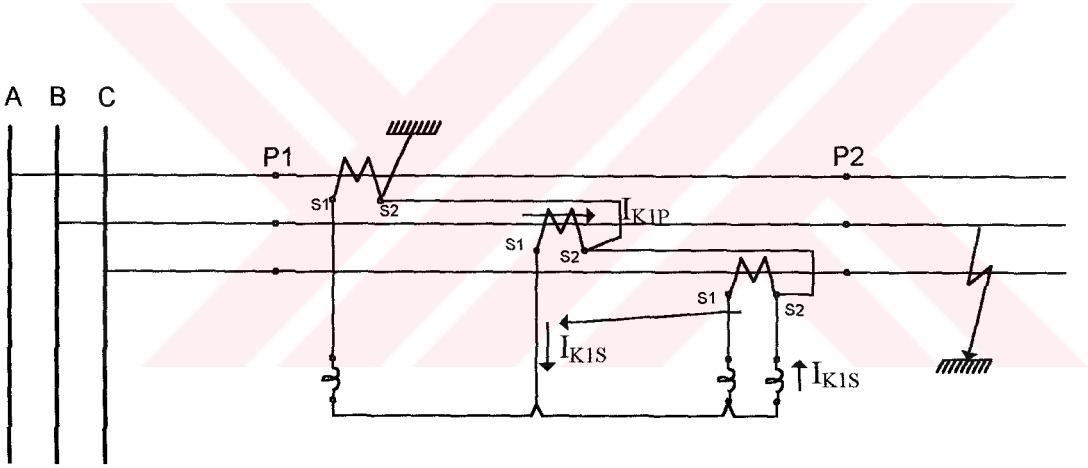


Şekil 3 – Üç fazlı aşırı akım koruma rölesi.

Şekil 4' deki gibi iki faza ve nötr devresine birer adet aşırı akım rölesi konulmak sureti ile gerçekleştirilen, aşırı akım koruma şeması verilmiştir.

Şekil 5 a ve Şekil 5 b' de ise, farklı fazlardaki faz - toprak arızaları için (2 faz artı nötr) aşırı akım koruma şemasında bağlı rölelerin çalışması gösterilmiş olup yük akımları şeklin çiziminde dikkate alınmamıştır. 3 aşırı akım koruma şemasında; bir faz - toprak arızalarında, sadece arızalı fazdaki aşırı akım rölesi çalışır. Faz-faz arızasında iki; üç faz kısa devresinde ise üç aşırı akım rölesi çalışır. C fazı toprak arızası; bu arızada, C fazı ve nötr aşırı akım röleleri çalışır.

(2 faz +1 nötr) aşırı akım koruma şemasında; bir faz - toprak arızasında, arıza, röle bulunmayan fazda ise, sadece nötr aşırı akım rölesi, aksi taktirde, nötr ile birlikte faz aşırı akım rölelerinden biride çalışır. Topraksız faz-faz arızalarında bir veya iki faz aşırı akım rölesi; üç faz arızalarında, iki faz aşırı akım rölesi çalışır. İki faz-toprak arızasında ise, nötr aşırı akım rölesi ile birlikte bir yada iki faz aşırı akım rölesi çalışır. B fazı-toprak arızası; bu arızada ,sadece nötr aşırı akım rölesi çalışır.



Şekil 5b - Faz toprak arızasında aşırı akım röle bağlantısı.

2.3. Aşırı Akım Rölesinin Ayarı

Bir aşırı akım rölesi, kullanılacağı yere ve kullanma gerekçesine göre, belli akım ve zaman değerlerine ayarlanır. Aynı röle bir tüketici fiderinde kullanılırken başka, bir trafo giriş fiderinde kullanılırken başka değere ayarlanır. Röle

imalatçıları, bu gereksinimi gözönünde bulundurarak, bir röleyi çeşitli çalışma akımı ve zaman gecikme değerlerine ayarlanabilecek şekilde imal ederler. Çalışma akımı ayar imkanı, çeşitli prizlerden birine sokulabilen bir fişle veya kesintisiz hareket eden bir ibreyle ya da bir eksen etrafında dönebilen bir düğmeyle sağlanmıştır. Fişli tertibat, sürekli ayar imkanı tanımaz. Sadece prizlerin hizasında yazılı değerlere ayar yapmak mümkündür. Ayar sahasını genişletmek için, iki kısımdan oluşan akım bobinini, seri veya paralel bağlamaya yarayan (ayar sahası böylece iki katına çıkar) priz ve vida tertibatına sahip röleler vardır. Akımın ayar değerleri ya amper veya röle nominal akımın katları olarak verilir. Çalışma zamanı ayarı, ani rölelerde zaten söz konusu değildir.

Sabit zamanlı rölelerde, ya akım elamanı ile aynı kutuda yada ayrı bir kutuda bulunan zaman rölesinin üzerindeki bir ibare ile, zaman gecikmesi ayarlanabilir. Zaman gecikmesi, plaka da zaman çarpanı verilmemiş ise, ibarenin hizasındaki değerdir. Ters zamanlı rölelerde, genellikle, üzerinde yüzde değerler bulunan bir eksen etrafında döne bilen zaman skalası ve ona bitişik sabit bir ibreden oluşan zaman tertibatı vardır. İbrenin hizasında bulunduğu yüzde değer, rölenin zaman ayarıdır. Ayar değerinin, çalışma akımının 1,5-2-3-5 ve bunun gibi katlarında, hangi zaman gecikme değerlerine karşı düştüğünü, rölenin plakası üzerinde yada katalogunda verilen eğrilerden anlaşılır.

2.4. T.E.A.Ş' ta Kullanılan Röle Örnekleri

Çalışma akımı ayar değerlerine göre: RSA tipi aşırı akım rölelerinde;

0,8 – 1 - 1,2 - 1,4 - 1,6 - 1,8 - 2A tepleri olan bir çeşit,

2,5 – 3 – 4 – 5 – 6 – 8 - 10 A tepleri olan bir başka çeşit aşırı akım röleleri vardır.

T.E.A.Ş Akköprü imalatı, ters zamanlı aşırı akım rölelerinde;

2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 - 8 A tepleri (TA tipinde),

0,6 - 0,8 – 1 - 1,2 - 1,4 - 1,6 - 1,8 A tepleri (TT) tipinde vardır.

Çalışma zamanı ayar değeri; ICM 21 tipi ters zamanlı aşırı akım rölesinde;

çalışma akımının 5 katında, %100 eğrisi için 4,3 sn, %50 eğrisi için 2,15 sn zaman gecikmesi olur.

RSA 200 tipi ters zamanlı aşırı akım rölesinde;

Çalışma akımının 2 katında, 8 sn eğrisi için 2,8 sn, 4 sn eğrisi için 1 sn zaman gecikmesi olur. Bazı tip aşırı akım rölelerinde (Örneğin, RSA) akım ayar prizindeki fiş, yeni bir prize takılmak üzere çıkartıldığında, otomatik olarak, en büyük ayar prizi üzerinden akım devresi kapanır. Bazı tiplerde (Örneğin, IACE), rölenin alt kısmındaki tarak, dışarıya çıkarılınca, akım röle dış terminalinde, otomatik olarak kısadevre olur. Diğer bazı tiplerde (Örneğin, Japon yapısı CO tipi) ise önce, röle ön yüzündeki bir prize takılı yedek fiş çıkarılıp yeniden ayar prizine takılır, sonra eski ayar prizindeki fiş yedeğe alınır. Böylece akım devresi açık kalmadan, çalışma akımı ayar değişimi yapılmış olur.

2.4.1. CO Rölesinin Prensip Şeması ve Çalışması

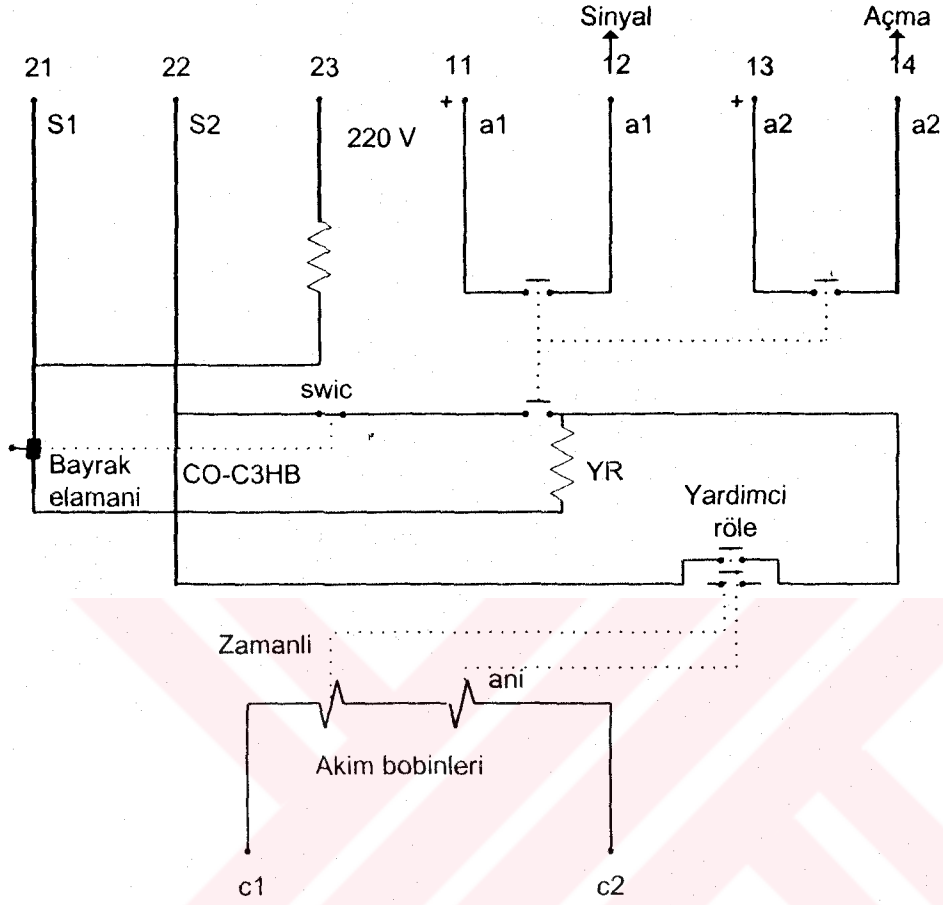
CO rölesi endüksiyon disk prensibine göre çalışan ters zamanlı bir röledir. Sistemde aşırı akım ve toprak rölesi olarak kullanılır. Ayar kademesi küçük olanlar toprak rölesidir. Bu rölelerin bir kısmında ani açma elamanı mevcuttur. Disk dönmesi için faz kayması sac nüvenin bir ayağına sarılmış bakır iletken (gölge kutup) temin edilir. Toprak rölesi olarak kullanılan CO rölesi aşırı akım rölesi olarak kullanılan CO rölesiyle müşterek çalışır.

Aşırı akım olarak kullanılan akım tarafından toprak rölesi olarak kullanılan akım tarafından yıldız noktasından ve aşırı akım rölesinin yıldız nötründen beslenir.

2.4.2. CO Rölelerinde Geciktirme (zaman ayarı)

Zaman ayarı cetvelindeki ibrenin gösterdiği değeri değiştirmek suretiyle yapılır(sabit kontak) ile hareketli kontağın arasındaki mesafe azaltılıp çoğaltılmış olur. Zaman ayarı tutmazsa, hassas ayar ibrenin yuvasındaki boşlukta yerini değiştirerek, kaba ayar ise sabit mıknatısa dişli olarak akable edilen zaman ayar elamanı ile yapılır (Japon aşırı akım röleleri için teknik özellikler ve nihai özellikler Atalay Kaya 1968).

2.4.3. CO Rölesinin İç Yapısı



Şekil 6- CO tipi aşırı akım koruma rölesinin iç yapısı.

Ani elamanı olan CO rölelerinin anisi sadece ayarlı olduğu ani akım değerinde açar.

CO rölesi açma zamanlarına göre değişik tipte üretilmektedirler. Aşağıda CO rölesinin sık kullanılan bazı tipleri görülmektedir:

CO – C3H CO – L13H CO-C3HB CO-123H

Tip: COC3H COC3HB

Akım ayar sınırı: 3-12A 2-12A

Ani ayar sınırı: 10-40A 10-40A

Zaman ayar sınırı: 0-10g 0-10 eğ

Tip: CO-L23H

Akım ayar sınırı: 0,8-2A

Ani ayar sınırı: 1.5-10A

Zaman atar sınırı: 0-10 eđ.

Tip: CO-L13H

Akım ayar sınırı: 0.8-2A

Ani ayar sınırı: 1.5-10A

Zaman ayar sınırı: 0-10 eđ.

Tablo 1- (CO-L23H) tipi aşırı akım rölesinin akım zaman değerleri

Akım Iç	ZAMAN TEPLERİ										
	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	t=8	t=9	t=10	t=0
Icx1.5	3.32	7.7	10.75	13.9	16.75	20.6	24	25.9	28.3	30.8	-
Icx2	1.4	2.8	4.2	5.6	7	8.4	9.8	11.2	12.6	14	-
Icx3	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	7	-
Icx4	0.45	0.9	1.35	1.8	2.25	2.7	3.15	3.6	4.05	4.5	-
Icx5	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3	-
Icx6	0.24	0.48	0.72	0.96	1.20	1.44	1.68	1.92	2.16	2.4	-
Icx7	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2	-
Icx8	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2	-
Icx9	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2	-
Icx10	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2	-



$I_c = 0.8-1-1.2-1.4-1.6-1.8-2$ Amper

$t = 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10$ Tepleri

$I_a = 1.5-5-7.5-10$ Amper

Tablo 2- CO L-13 H aşırı akım rölesinin akım zaman değerleri

Akım	ZAMAN TEPLERİ										
I_{ϕ}	T=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	T=7	t=8	t=9	t=10	t=11
$I_{\phi x1.5}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	-
$I_{\phi x2}$	0.55	1.1	1.65	2.2	2.75	3.3	3.85	4.4	4.95	5.5	-
$I_{\phi x3}$	0.36	0.72	1.08	1.44	1.8	2.16	2.51	2.87	3.25	3.6	-
$I_{\phi x4}$	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	-
$I_{\phi x5}$	0.26	0.54	0.78	1.04	1.3	1.56	1.82	2.08	2.34	2.6	-
$I_{\phi x6}$	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2.	2.25	2.5	-
$I_{\phi x7}$	0.24	0.48	0.72	0.96	1.20	1.44	1.68	1.92	2.16	2.4	-
$I_{\phi x8}$	0.23	0.46	0.69	0.92	1.15	1.38	1.61	1.84	2.07	2.3	-
$I_{\phi x9}$	0.22	0.44	0.66	0.88	1.1	1.32	1.54	1.76	1.98	2.2	-
$I_{\phi x10}$	0.21	0.42	0.63	0.84	1.05	1.26	1.47	1.68	1.89	2.1	-

Aşırı akım : $I_c = 3-4-5-6-8-10-12$ Amper

$t = 0.5-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10$ Tepi

$I_a = 10- 20- 30-40$ Amper

Toprak : $I_c = 0.8- 1 -1.2- 1.6 -1.8 -2.0$ Amper

$t = 0.5-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10$ Tepi

$I_a = 1.5-5-7.5-10$ Amper

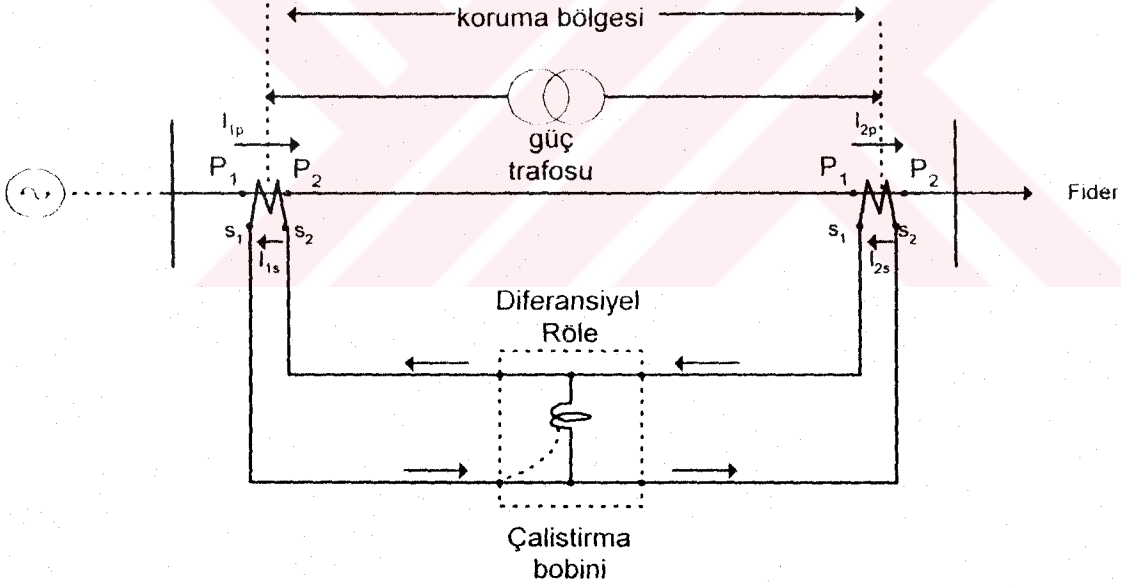


3. DİFERANSİYEL KORUMA

Diferansiyel röleler, sınırları belirli bir bölgede koruma yaparlar. Trafoların diferansiyel korumasında, trafonun primer ve sekonderinde bulunan akım trafoları arasında kalan bölgeye, diferansiyel koruma bölgesi denir. Röle, bu bölge içinde kalan arızalarda koruma yapar.

Diferansiyel rölenin çalışma prensibi, güç trafolarının her iki tarafındaki akımların büyüklüğünün kıyaslanmasına dayanır. Bunun için, normal işletme koşullarında, her iki taraftan röleye gelen akımların eşit ve 180^0 faz farkı olması sağlanır. Yani bir taraftan röleye gelen akım, öbür tarafta çıkmalıdır.

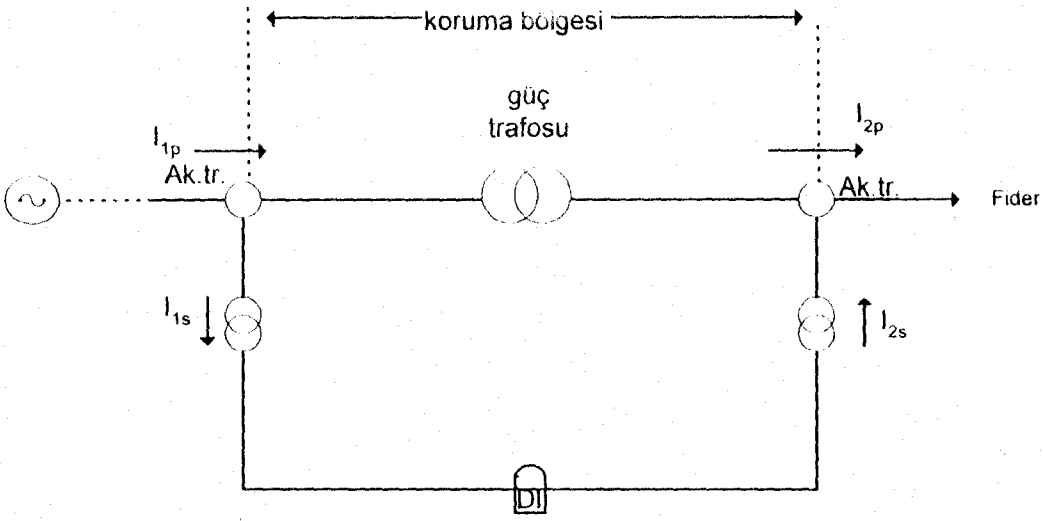
Diferansiyel röleye gelen akımların, büyüklüklerinin eşitlenmesi ve 180^0 faz farklı hale getirilmeleri, ana akım trafolarının ve gerektiğinde yardımcı akım trafolarının oranla bağlantı gurubu seçilmeye sağlanır.



Şekil 7- Diferansiyel rölenin prensip bağlantı şeması.

Şekil 7' de bir trafoyu koruyan diferansiyel rölenin prensip bağlantı şeması verilmiştir. Koruma bölgesi, açıkça görülebileceği gibi her iki taraftaki ana akım trafolarının arasında kalan bölgedir. Yani röle bu bölgedeki arızalarda çalışır.





Şekil 8- Diferansiyel koruma prensip şeması.

Şekil 8’de prensip şeması görülen diferansiyel rölenin koruma bölgesi, iki taraftaki akım trafoları arasında kalan bölgedir.

Diferansiyel koruma rölesi, akım trafoları aracılığı ile güç trafosunun her iki tarafındaki akımları kıyaslar. Akım trafolarının oranı, her iki tarafta röleye gelen akımları eşitleyecek şekilde seçilir. Akım trafolarının bağlantıları da şekilde olduğu gibi bir tarafta polarite ucu diğer tarafta polarite olmayan uca yapılarak aynı fazın sekonder akımları röleye bir tarafta girerken diğer tarafta çıkacak şekilde bağlanır. Böylece röle çalıştırma bobininden geçen fark akımı normalde sıfırlanır. Trafodaki bir arızada akımların eşitliği bozulacağından, meydana gelen fark akımı, diferansiyel röleyi çalıştırır.

Uygulamada diferansiyel rölelerin çeşitli yanlış çalışmalarıyla karşılaşılacaktır.

a) Mıknatıslanma akımının ilk birkaç periyodu çok büyük değerlere ulaşır.

Çoğunlukla nominal akımdan büyük olan ilk periyotlardaki genlik, çeşitli şartlara bağlı olarak bazen nominal akımın 8-10 katına ulaşabilir. Güç trafosunun sekonder tarafından röleye her hangi bir akım gelmediği için bu akım, rölenin çalışma bobini çektirecektir. Soruna çözüm olarak gelişmiş rölelerde, bu akımın içindeki 2. ve 3.

harmonikleri bloke eden filitre devreleri kullanılır. İşletmede, eski tip diferansiyel rölelerin filitre devreleri olmadığı için zaman zaman trafoları devreye alırken mıknatıslanma akımından dolayı yanlış çalıştığı görülmektedir.

b) Diferansiyel Koruma Bölgesinin Dışındaki Arızalar:

Farklı gerilim seviyelerinde (154kV ve 34.5kV gibi) kullanılan akım trafolarının doyma eğrileri farklı ise; röleye giren akımlar, nominal yükte eşit oldukları halde, diferansiyel koruma bölgesinin dışındaki arızalarda, sekonder akımlar arasında sayılır. Farklılık ve buda diferansiyel röleyi yanlış çalıştırabilir.

c) Akım Trafo Oranı:

Güç trafolarının primer ve sekonder taraflarındaki akım trafolarının oranı, nominal primer ve sekonder akımlara göre seçilir. Kademe değiştiricinin pozisyonuna göre, nominal yükte bile sekonder akımlarının eşitliği bozulabilir ve çalıştırma bobininden fark akımı akar. Nominal şartlarda, bu fark akımı küçüktür ve hatalı çalışmaya neden olmaz.

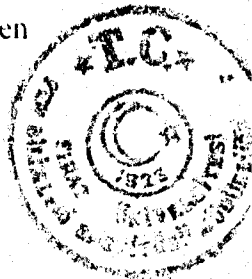
d) Normal işletmede akım trafo sekonderleri ile diferansiyel röle arasındaki kablolardan birinin herhangi bir nedenle klemenden çıkması bir faz devresi açık kalır, bu fark akım akmasına ve diferansiyel rölenin gereksiz yere çalışmasına neden olabilir.

3.1. Yanlış Çalışma Nedenleri Ve Alınacak Önlemler

Diferansiyel rölenin doğru bağlanması, güç trafosunun her iki tarafında gelen akımların genliğinin akım trafosuyla eşitlenip 180^0 faz farkıyla röleye verilerek, normal şartlarda çalıştırıcı bobinden fark akımı akmasının sağlanması, diferansiyel koruma bölgesindeki arızalarda ise toplam akım akmasının sağlanması olarak tanımlanabilir. Uygulamada, üç esas sorundan dolayı, diferansiyel rölenin, bu basit prensiple, istenilen şekilde çalışması mümkün olmayabilir.

a) Akım Trafolarının Karakteristikleri:

Diferansiyel röleyi besleyen akım trafolarının doyma karakteristiklerinin aynı olmayışı, nominal yükte akımlar eşit olduğu halde dış arızaları da röleye giren sekonder akımlarda büyük farklılığa neden olur.



b) Kademe Değiştirmeden Dolayı Oran Değişimi:

Büyük güç trafolarının tamamı yük altında kademe değiştirici ile donatılır. akım trafolarının oranı, kademe değiştiricinin belli kademede (nominal gerilim kademesi), akımları eşitleyecek şekilde seçildiğinden diğer kademelerde, röleden fark akımı akar.

Uygulamada bu iki sorunun çözümü için yüzdeli diferansiyel röleler geliştirilmiştir ve bütün büyük güç trafolarının korumasında kullanılmaktadır. Yüzdeli diferansiyel rölelerin (tutucu bobinli de denilmektedir) şekilde görüldüğü gibi ayrı ayrı her iki tarafın akımlarıyla beslenen ve çalıştırma bobininkinden daha az sargısı olan tutucu bobini vardır. Trafo diferansiyel korumalarında 5;0.1 ile 0,5(yani %10 ile %50) arasında değişir. Yüzdeli röleler, büyük yük akımları ve dış arıza akımlarında tutucu bobinlerle kararlı hale getirilir. Yüzdeli diferansiyel rölelerde ,dış arızalarda fark akım büyürken tutucu bobinlerden geçen toplam akım da büyür ve şekil de görüldüğü gibi karakteristiğin alt kısmından kalınır. Role açma yapmaz.

c) Mıknatıslama Akım Darbesi:

Güç trafolarının her boşta enerjilenişinde trafo primer sargısı,darbe mıknatıslama akıma maruz kalır. Bu akım, röle devresine, güç trafosunun, primer tarafından geldiği ve sekonder tarafından bunu dengeleyecek herhangi bir akım gelmediği için rolenin çalıştırıcı bobininden akar ve arıza akım görülür. Diferansiyel rölelerin, mıknatıslanma akımı darbelerinde yanlış çalışmasını önlemek için röle, filtre devresi ile donatılır. Filtre devresi mıknatıslanma akımı içindeki 2. harmoniği röleye girmesini önler. Arıza akımlarında, eğer akım trafoları doymaya gitmezse 2. harmonik bileşenine rastlanmaz. Bunun için akım trafoları diferansiyel bölgedeki arızalarda doymaya gitmeyecek şekilde seçilmelidir.

3.2. Trafo Bağlantı Gruplarının Önemi

Eğer güç trafosunun bağlantı grubu, primer ve sekonderindeki aynı faz akımları arasında en az 30° faz farkı olacaktır. Akım trafolarının sekonder terminalleri uygun



şekilde bağlanarak röleye giren aynı faz akımları arasındaki faz farkının 180^0 olması sağlanır.

Uygulamada akımları eşitlemek ana akım trafo oranı seçimi ile mümkün olmuyorsa, sekonder devreye adaptör akım trafoları konarak bu eşitlik sağlanır.

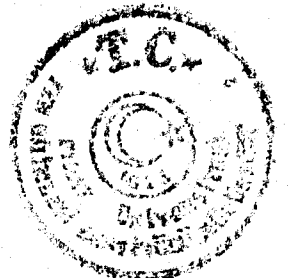
Yıldız-üçgen bağlı güç trafolarında yıldız sargı tarafındaki ya ana yada adaptör akım trafolarının röle tarafındaki sargıları üçgen bağlanır. Koruma bölgesi dışındaki faz - toprak arızalarında güç trafosunun yıldız sargılarından akan sıfır bileşen akımları, üçgen bağlanmış olan akım trafosunun sargıları içinde dolaşır. Yeni röleye girmez. Bu durumu gösteren akım dağılımında. Yıldız-yıldız bağlı güç trafolarında sırf bu nedenle ana yada adaptör akım trafolarının röle tarafındaki sargıları üçgen bağlanır.

3.3. Diferansiyel Röle Bağlantı Örnekleri

Diferansiyel rölenin bağlantısında dikkat edilecek başlıca husus aynı faz akımının röleye her iki tarafının eşit büyüklükte ve 180^0 faz farkıyla girmesini sağlamaktır. Bu, hat akım trafolarının oran ve bağlantı grubu seçimi ile sağlamaya çalışır. Eğer mümkün olmazsa devreye adaptör akım trafoları konulur. Adaptör akım trafoları yıldız-üçgen (YdI) bağlanarak sıfır bileşen akımlarının röleye girmesi önlenmiştir. Akımları eşitlemede açısından ana akım trafoları yeterli olsaydı, onların sekonderi üçgen bağlanır ve adaptör A.T. konulmazdı.

Aynı faz akımları arasında, 180^0 açı farkı sağlamak için ya 154 yada 34.5 kv luk tarafındaki akım trafoları ters polarite bağlanır. Örneğin, 154 kv tarafında doğru polarite, 34.5 kv tarafta ters tarafta bağlanmıştır.

Normal işletmede, güç trafosunun nominal yükünde, diferansiyel röleye, nominal akımın (genellikle 5 Amper) girmesi gerekir. Adaptör akım trafolarının oranını seçerken buna dikkat edilir. Bazı firmalar, rölenin hassasiyeti açısından, güç trafosunun nominal yükünde bu akımları, röle nominal akımının 0,7 katından daha az olması gerektiğini belirtmektedir.

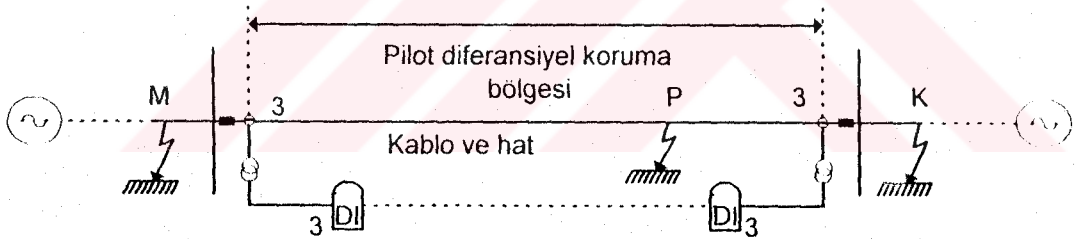


Bağlantı grubu yıldız-üçgen olan trafolardan, fazları çakıştırmak için 154 kv devreye bağlı olan ana akım trafolarının bağlantı grubu güç trafosunun bağlantı grubu aynı yapılır.

3.4. Pilot Diferansiyel Koruma

10 Km ve daha kısa havai hat ve yer altı kablolarının diğer rölelerle korumasında seçiciliğinin zorluğunda dolayı pilot diferansiyel koruma kullanılır.

Bu korumada , faz akımları dirençlerden geçirilerek dirençler üzerine düşen gerilimler kıyaslanır. Diferansiyel bölgeyi oluşturan fiderin başı ve sonu arasında P noktasında bir arıza olursa gerilimlerin eşitliği bozulacağından koruma devresinde fark gerilimi oluşur ve her iki taraftaki diferansiyel röleler çalışarak kendi kesicilerini açtırır. Koruma bölgesi dışındaki K ve M noktalarındaki arızalarda ise, diferansiyel koruma sisteminde fark gerilimleri meydana gelmez. Bu durum şekil 9' da prensip olarak verilmiştir.



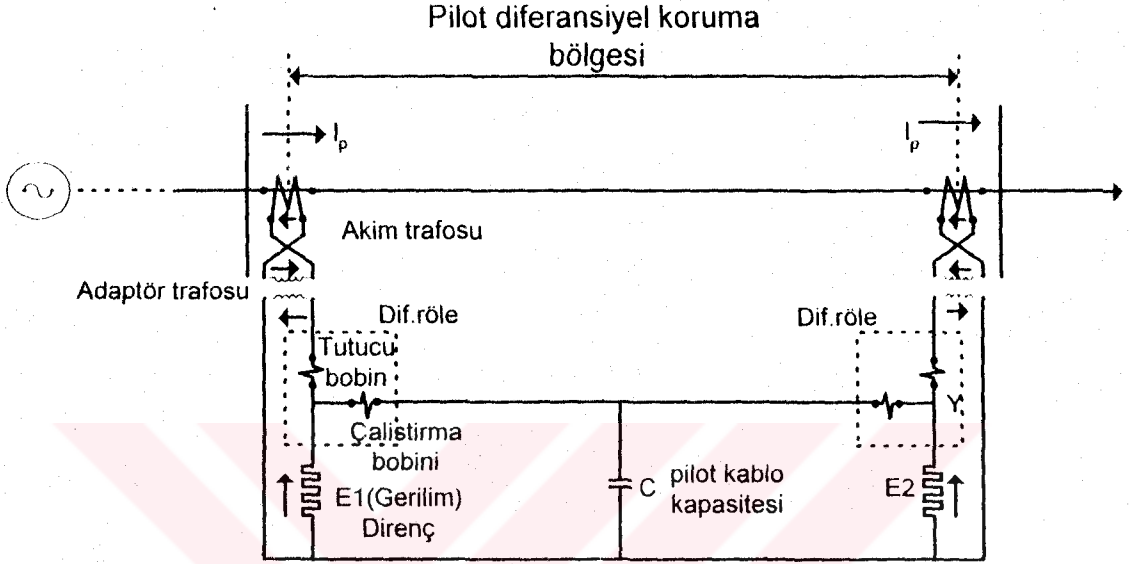
Şekil 9- Pilot diferansiyel koruma.

Röle, bu korumada, fider başı ve sonundaki akım trafoları arasında kalan diferansiyel koruma bölgesindeki arızalarda çalışır. Diferansiyel koruma bölgesi uzunluğunun çok fazla olması nedeni ile, fark akım prensibine göre çalışan röleler kullanıldığında, şu sakıncalar ortaya çıkar:

- Üç faza ait 3 iletken, nötr iletkeni ve 2 tane D.A. iletkeni olarak 6 iletken kullanmak gerekir.



- b) Akım trafolarının yükü artacağından hata olasılığı büyür.
- c) Pilot kablolar arasındaki şarj akımının etkisi girer.
- d) Plot kablolarında büyük gerilim düşümü meydana gelir.



Şekil 10- Pilot diferansiyel koruma.

Plot diferansiyel korumada bu yüzden akımlar kıyaslanamaz. Şekil 10'da görüldüğü gibi, akımlar şönt dirençlerden geçirilerek gerilimler kıyaslanır. Arızasız şartlarda gerilim düşümleri eşit ve aynı yöndedir. Koruma bölgesi içinde bir arıza meydana gelince X ve Y noktaları arasındaki gerilimlerin farklılığından dolayı rölelerin seri bağlı çalıştırma bobinlerinden bir akım akarak röleleri çalıştırır.

Arızalarda plot kablo üzerindeki gerilim düşümünün küçük olması için adaptör akım trafolarıyla, sekonder akımlar, örneğin 0,2 A gibi küçük bir mertebeye indirilir. Rölelerin minimum ayarı, plot kablonun ilk yüklendiğinde çektiği akımdan (Güç trafolarında mıknatıslanma akımı gibi) büyük yapılır. Bu akımda, rölelerin çalışması için yeni rölelerde, filtre konulmuştur.

Bu olmadığı takdirde rölenin trip devresine 0,2 - 0,3 sn lik bir zaman gecikme tertibi bağlanır, geçici rejimlerde yanlış açmalar önlenir.



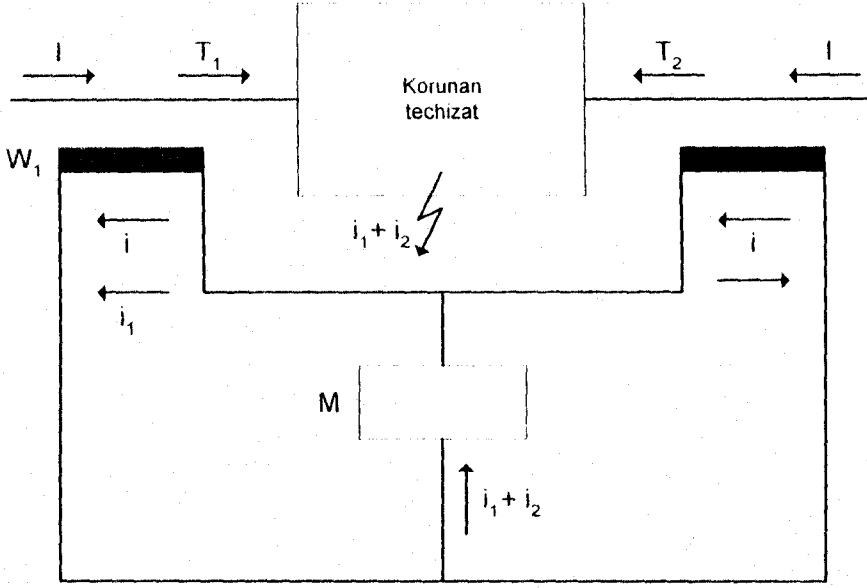
3.5. Trafolar İçin Diferansiyel Koruma

Diferansiyel koruma sistemleri akım mukayesesi ilkesine göre çalışır ve bundan dolayı akım dengeleme sistemi olarak da bilinir. Bu sistemleri normalde korunan nesneden çıkan (noktalı) I akımının şekilde görüldüğü gibi bu nesneye giren akımla aynı olması olgusuna dayanır. Ölçülen herhangi bir dengesiz akımı, korunan bölge içersinde bir yerde bir arıza olduğunun kesin göstergesidir. Aynı dönüştürme oranını haiz CT1 ve CT2 akım trafolarının sekonder sargıları şekil 11'de görüldüğü gibi içerisinde I akımlarının aktığı kapalı bir devre oluşturacak şekilde bağlanır. Elektriksel denge noktasına bir ölçme elamanı M bağlanır. Normal işletme koşullarında M ölçme elamanı üzerinden akım akmaz. Akım trafoları arasındaki bölümde bir arıza olması durumunda korunan bölgenin uçlarındaki akımlar artık birbirine eşit olmayacağından ölçme elamanı içeri doğru akan arıza akımlarının $I_1 + I_2$ toplamıyla orantılı $I_1 + I_2$ akımına maruz kalır. Eğer bu $I_1 + I_2$ akımı M elamanı tarafından algılanabilecek büyüklükte ise bu basit sistem söz konusu korunan nesne için seçici bir koruma imkanı sağlayacaktır.

Harici bir arıza, korunan bir bölge içerisinde büyük akımların geçmesine sebep olursa; doyma koşulları altındaki akım trafolarının mıknatıslanma karakteristiklerindeki farklılıklar, ölçme elamanı M üzerinden önemli bir akımın akmasına sebep olur. Bu akımın büyüklüğü de tepki eşik değerinin üzerinde ise sistem bir açma sinyali üretir. Tutuculuk böyle hatalı çalışmaları önlemek için kullanılır.

Ölçülen değerlerin eşleştirilmesi: Trafolarda; güç trafosu üzerinden bir akım aktığında genellikle akım trafolarının sekonder akımları birbirine eşit değil, bilakis güç trafosunu bağlantı gurubuna ve dönüştürme oranına ve de akım trafolarının anma akımlarına bağlı olarak bu akımlar az veya çok birbirinden farklı olur. Bu sebeple bu akımların birbiriyle karşılaştırılmada önce eşleştirilmeleri gerekir.



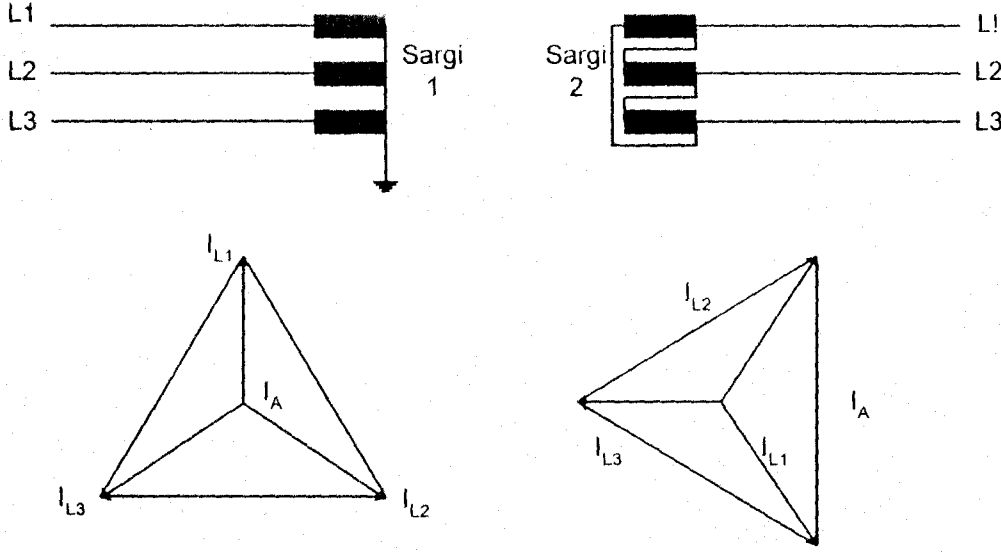


Şekil 11- Diferansiyel röle akım diyagramı.

Değişik güç ve akım trafolarının dönüştürme oranlarına eşleştirme ve korunan trafonun vektör gurubuna göre faz kaymasının eşleştirilmesi tamamen matamatiksel olarak yapılır. Genelde adaptör akım trafolarının kullanılmasına gerek duyulmaz.

Giriş akımları, güç trafosunun anma akımına oranlanır. Bu anma güç; anma gerilim ve akım trafolarının anma primer akımı gibi anma trafo verilerinin koruma birimine girilmesi ile gerçekleştirilir. Bir defada güç trafosunun vektör gurubu girildimi koruma birimi artık belli bir formüle göre akım mukayesesi yapabilecektir.





Şekil 12 - Sargı akımlarının fazör diyagramı.

Sıfır bileşen akımları elimine edilmesi bir dezavantajı korunan bölgedeki bir toprak arızasında korumanın 2/3 oranında daha az duyarlı kılınmasıdır. İzole ve ark kompanzasyonlu sistemlerde korunan trafonun yıldız noktası topraklı değilse sıfır bileşen akımların giderilmesi gerekli değildir. Yıldız sargısı için matris denklemi bu defa şöyle olacaktır.

Korunan bölge içerisinde iki fazlı ve tek toprak temaslı bir toprak arızasında şebekenin toprak arıza önceliğine bakılmaksızın trafo daima devre harici edilir. Topraklı sistemlerde eğer korunan bölge içerisinde bir topraklanma noktası mevcutsa sıfır bileşen akımları mutlaka elimine edilmelidir. Bu durumda eğer yıldız noktası akımı mevcutsa yani yıldız noktası ile toprak arasına bir akım trafosu bağlanmışsa daha yüksek bir toprak arıza duyarlılığı elde edilebilir. Bu düzeltme ile harici toprak arızalarında sıfır bileşen akımları elimine edilirken dahili toprak arızalarında tamamıyla hesaba dahil edilir.



4. RTU (REMOTE TERMİNAL UNİTE)

Mevcut Telekontrol şebekesinde, 380/154 kV'luk trafo merkezleri ile ana hidrolik ve termik santrallarda bulunan 70 adet RTU (Westinghous 4F tipi) bulunmaktadır. Bu RTU'lar Adapazarı, Çarşamba, Keban, İzmir ve Gölbaşı Bölgesel kontrol merkezlerine (BKM) PLC kanalları ile bağlıdır. Gölbaşı BKM ile Milli Kontrol Merkezi (MKM Gölbaşı - Ankara) kabloyla doğrudan, diğer BKM'ler ise MKM 'ye PLC kanalları ve F/O hat terminal teçhizatları ile bağlanmıştır.

Her BKM'de ve MKM'de iletişim RTU'su adı verilen ve kontrol merkezlerindeki iletişim teçhizatı, güç kaynakları durumu hakkında bilgi toplayan yerel RTU'lar ile mimik panoyu süren mimik RTU'lar mevcuttur.

İNTEL 8085 mikroişlemcili mevcut RTU'ların temel özellikleri aşağıda verilmiştir.

Maksimum giriş/çıkış kapasitesi ;

512 sayısal giriş ,

64 örneksel giriş ,

16 örneksel çıkış,

16 enerji sayaç girişi.

Örneksel sinyal işleme :

12 bit A/D çevirme

4.1. Veri İletişimi

RTU içindeki çift asenkron FSK modem vasıtasıyla 200 bps hızındadır (en büyük hız 600 bps).

4.2. Protokoller

WESDAC 4F4 (microtelemetry , versiyon 2) ana/uydu protokolu dışında başka bir protokole uygun değildir.



4.3. Veri Taban Yapısı

RTU veri girişı MKM ve BKM seviyesinde yapılabilir. Daha sonra RTU bağı bulunduğu BKM den uzaktan yüklenerek konfigüre edilir. Bu yüklemde sadece tarama periyodu, jitter faktörü gibi özellikler yüklenir, tanımlar yüklenmez.

4.4. Veri Toplama

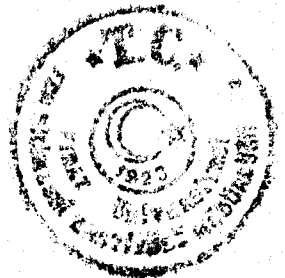
İstasyonların ve santrallerin 380kV ve 154kV kısımlarında veri toplamaktadır. OG (35kV, 15kV, vs.) kısımların sadece bara gerilimleri ve 154/OG trafoların ve genaratör ünitelerinin aktif ve reaktif güçleri ölçülmektedir.

Aşağıdaki ölçümler, durum bilgileri (Çift sinyaller) ve alarımlar (tek sinyaller) mevcut RTU lar ile toplanıp kontrol merkezlerine gönderilmektedir.

4.5. Ölçümler

Genel olarak Türkiye Elektrik Kurumlarında bulunan RTU'larda aşağıdaki ölçümler yapılmaktadır;

- 380kV ve 154 kV hat fiderlerinin aktif ve Reaktif güç akışları
- Bütün 380 kV , 154 kV ve OG bara gerilimleri
- 380/154 kV trafoların (154 kV taraf) aktif ve reaktif güçleri
- Bütün santrallerde her generatör ünitesinin orta gerilim tarafındaki (154 kV , 10 kV v.s.) aktif ve reaktif güçleri.
- 154 /OG kV trafoların (OG taraf) aktif ve reaktif güçleri
- Termik santrallerde her generatör ünitesinin yüksek gerilim tarafında (380 kV veya 154 kV) aktif ve reaktif güçleri.
- Bağlantı hatlarındaki aktif ve reaktif güçleri
- Seri kapasitör akımları
- Bazı baralarda frekans



- 380/154 kV ve 154/OG trafoların yükte kademe değıştirci (YKD) pozisyonları
- Bağlantı hatlarının ve bazı santrallerin enerji ölçümleri

4.6. Durum Sinyalleri

RTU'da yukarıdaki analog ölçümlerin dışında aşağıdaki statüs ölçümlerde yapılır. Şebeke topolojisinin tanımlanması için gerekli her durum sinyali control merkezlerine transfer edilmektedir.

- 380 kV ve 154 kV kesici ve ayırıcılar
- Generatör ünitelerinin ve üç sargılı trafoların OG tarafındaki kesici ve ayırıcılar.
- 380 kV ve 154 kV seçilmiş toprak ayırıcıları

4.7. Alarm Sinyalleri

Aşağıdaki alarm ve sinyaller (tek sinyaller) mevcut RTUlar ile toplanıp kontrol merkezine gönderilmektedir.

- Kesici otomatik tekrar kapama çalıştı alarımı
- Bara gerilim durumu sigorta alarmları
- İletişim cihazları (PLC , PAX , Optik Hat Terminal Birimi v.s.) alarmları
- DC redresör alarmları
- Generatör üniteleri senkron Kompansatör modu sinyalleri
- AGC arabirim cihazı alarmları ve modları

LMIC (YFK ara birimi mikroişlemci durumu)

LMAX (Santrallerin maksimum YFK sınırı)

LMIN (Santrallerin minimum YFK sınırı)

LPWR (Yerel güç uyumsuzluğu)

LRPD (Geçersiz uzak güç talebi)



LREM (YFK arabirimi uzak modu)

LLOC (YFK arabirimi yerel modu)

LMAN (YFK arabirimi manuel modu)

Her santralin kendi özel durumuna bağılı olarak bazı ilave alarımlar ve verilerin gerekebileceğine dikkat edilmelidir.

Milli Yük Tevzi merkezindeki 2 adet VAX 11/780 bilgisayar, şebekenin kontrolünde kullanılan karmaşık hesaplamaları gerçekleştirirler. Bilgisayarlar, Yük Tevzi mühendislerinin, şebekenin durumunu ekrandan izleyebilmeleri ve üretim merkezlerinin otomatik kontrolünü yapabilmesi için SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) telemetre sistemi vasıtasıyla uzak istasyonlardan elde edilen verileri kullanarak veri işleme, yük frekans kontrolü, güç akışı analizlerini, güvenlik analizlerini ve enerji yönetim programlarını yaparlar.

Ayrıca Adapazarı, Çarşamba, Keban, İzmir ve Gölbaşındaki Bölge Kontrol Merkezlerinde (Regional Control Centres) mevcut 2 adet VAX 11 / 730 bilgisayarlar; uzak istasyonlardan veri toplayarak veri işleme programları yaparlar, Milli Yük Tevzi merkezine (National Control Centre) veri aktarırlar ve alırlar, kendi bölgelerindeki üretim cihazlarını denetlerler.

SCADA sistemi, 50 üretim ve dağıtım istasyonuna yerleşmiş olan uzak terminaller (Distribution RTU's) vasıtasıyla verileri toplar. Veri toplama işi bölgesel yapılmaktadır ve kesici, ayırıcı konumlarını, alarm durumlarını frekans, voltaj, akım, aktif güç, reaktif güç ve enerji akış ölçümlerini içermektedir.

Milli Yük Tevzi merkezinde hesaplanmış ayar noktaları SCADA sistemi vasıtasıyla Yük Frekans Kontrol sisteminde yer alan uzak üretim merkezlerine gönderilir.

MYT merkezi, BKM' ler ve RTU' lar arasındaki haberleşme MODEM' ler (Modülasyon – Demodülasyon) vasıtasıyla enerji nakil hatları üzerinden çalışan taşıyıcı kanallarla sağlanır. İlave olarak haberleşme sistemi şebeke içerisinde telefon ve teleks linkleri de sağlar. Ayrıca fiber optik kanallar üzerinden de gönderilir daha sağlıklı olarak gönderilmektedir.

I / O highway kontrolcusundan seri olarak gelen sayısal sinyaller frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK) tekniği kullanılarak TX taşıyıcı sinyallerine



dönüştürülür. Böylece bir mesaj ihtiva eden her bir bit, belirli bir zaman aralığında tanımlanmış belirli bir frekansın iletimi ile temsil edilir.

Modem, ENH taşıyıcı sistemleri üzerinden 4 telli haberleşme sağlar. Her bir RTU için 2 ayrı kanal tahsis edilmiştir. Her bir kanal için bağımsız bir modem kullanılır. (Main ve St/By).

Kanallar arasındaki değişim bölge kontrol merkezindeki bilgisayar vasıtasıyla yapılır. RTU, bölge kontrol merkezinden gelen mesajları her iki kanaldan da alabilir. Ve hangi kanaldan alıyorsa o kanaldan cevap verir.

Her iki kanalın devamlı olarak kontrolü BKM (Bölge Kontrol Merkezi)'deki ev sahibi bilgisayar tarafından periyodik olarak anahtarlanarak denenir. Eğer BKM, RTU'dan cevap alamaz ise otomatik olarak mesajı diğer kanaldan yeniden gönderir. Eğer kanallardan biri şüpheli ise BKM sadece tam çalışan kanaldan gönderme yapılması talimatını verebilir.

Kontrol Merkezi ve uzak terminaller arasındaki iki yönlü seri haberleşme, Wesdac Mikro Telemetry Linkleri vasıtasıyla gerçekleştirilir. Her bir mikro telemetry linki kontrol merkezindeki bir Master Terminal Unit (ana terminal ünitesi) ve Enerji nakil hatları taşıyıcı cihazları vasıtasıyla haberleştiği RTU'lardan oluşur.

Her bir RTU'deki APL 10/618/0/027 I / O Highway Mikrokomputer, I / O Highway Kontrolcüsü olarak haberleşme linklerini denetlemek ve I / O Highway olaylarını kontrol etmek için programlanmıştır.

İki haberleşme kanalından bir tanesi, Modeminin seri kapısı vasıtasıyla I / O Highway mikrokomputer'e bağlanmıştır. (Main kanaldır).

İkinci haberleşme kanalı ise seri kapısı vasıtasıyla hafıza genişletici devre üzerinden I/O Highway mikrokomputer'e bağlıdır. (St/By kanal).

I / O Highway kontrolcu, kontrol merkezinden gönderilen mesajları seri mesaj olarak alır. Gönderilen bütün mesajlar WESDAC V2 mikrotelemetry protokoluna uygundur.



Bu protokol, standart mesaj tiplerini ve mesajı ihtiva eden bilgi bitlerini standart yapısını tanımlar. Tipik mesajlar;

Any changes to report: (rapor edilecek değişiklik varmı)

Request data : (veri talebi)

Send data : (veri gönderilmesi)

Polling I / O card enable or disable : (giriş çıkış kartlarının bayraklarının etkili olup olmaması) I/O Highway kontrolcü ve hafıza genişletici kartlarında işletme programını yüklemek için EPROM entegreler veri yüklemek içinde RAM entegreler kullanılmıştır.

4.8. Data Input (Veri Girişi)

16 bitlik kelimeler şeklinde ve sekiz kelimeye kadar istasyon verileri,yüksek hızlı durum çoklayıcı (High Speed Status Multiplexer) vasıtasıyla bu alt sisteme girerler.

İstasyonun kesici ve ayırıcılar gibi durum bilgilerinin yardımcı kaynakları ile RTU' nun besleme kaynağı arasında ızalasyon sağlamak amacıyla; istasyonun durum bilgileri, kontaklı terminaller (Termiswitch) vasıtasıyla girerler. Sistemimizde akım kanallı analog çoklayıcılar kullanılmaktadır.

Analog/Sayısal dönüştürücü kartı, ilk analog çoklayıcı karta şerit bir kablo vasıtasıyla bağlanır. Daha sonra tüm çoklayıcı kartlar papatya zinciri gibi birbirine bağlanırlar. Bu bağlantılar çoklayıcı kartlara bir analog seçici kanal adres bus'ı ve analog /sayısal dönüştürücü karta ise bir seçilmiş "analog bus"sağlarlar.

Bir analog değerin sayısallaştırılması talebi olduğu zaman analog sayısal dönüştürücü kart arzu edilen analog değerin 7 bitlik kanal adresini adres bus'a çıkartır . Çoklayıcı kart adres tanır ve istenilen analog girişi analog bus'a bağlayarak cevap verir. Daha sonra analog/sayısal dönüştürücü kart analog değeri sayısal'a dönüştürür.

Bir analog bilgiyi sayısala dönüştürmek için , analog/sayısal dönüştürücüden çıkan 7 bitlik kanal adres bitleri I/O Highway kart /kelime adres bitleri olan CA3....CA0 ve WA2....WA0 bitleri tarafından sürülür.



Analog/Sayısal dönüştürücü kart 3 farklı işletme modunda çalışabilir, kullanılacak mod kart üzerindeki anahtarlar vasıtasıyla seçilir ve I/O Highway kontrolcü tarafından değiştirilemez.

Bir Analog /Sayısal dönüştürücü kartın analog girişlerinin maksimum sayısı 128 'dir. Ayrıca her bir kart adres 8 analog değer için kullanılır ve herbir kelime adresi bir analog girişi seçer.

I/O Highway kontrolcü, belirli bir analog değerın sayısallaştırılmasını talep eder.Buda arzu edilen analog değerın kart ve kelime adreslerini bir "I/O Highway oku"talimatıyla birlikte highway kontrolcü tarafından I/O Highway'e çıkartılmasıyla gerçekleştirilir.

Analog /Sayısal dönüştürücü, analog kanalının seçimini yapar,sayısallaştırır ve sayısallaştırılmış değer, kazancı, maksimum değeri ve polaritesiyle I/O Highway'e çıkartır.

Sayısallaştırılacak analog kanallar , kart üzerindeki anahtarlarla başlama ve bitiş kart adresleriyle tanımlanmışlardır. Her bir kart adresinin 8 kelimeden oluşan analog adresine uygun olarak başlama ve bitiş anahtarlarının ayar değerleri arasındaki analog kanallar sayısala dönüştürülürler.

Sayısallaştırılan herbir analog kanal değeri; kazancı, maksimum değeri ve polaritesiyle saklanır.

Kart üzerindeki bir anahtar, kartın bütün analog değerleri sayısallaştırıldıktan sonra I / O highway kesme yapmasına imkan tanır.

Kesmeye cevap verilme durumunda veya kesmenin seçilmemesi halinde bile I/O highway kontrolcu herbir kart,kelime adreslerini sırasıyla tarıyarak I/O highway kayıt oku talimatıyla sayısala dönüştürülmüş verileri rutin olarak bütün I/O kartlarından alır. Bu çalışma modun da I/O highway'e çıkmış sayısallaştırılmış değer daima bu kart/kelime adresi için Analog/Sayısal dönüştürücü kartın hafızasında tuttuğu son değerdir.

Yukardaki şekilde Analog girişlerin, Analog multiplexer (yol seçici) ADC (Analog / Sayısal dönüştürücü) kartlarında ne gibi işlemlere tabi tutuldukları blok olarak gösterilmiştir. Olayın akış şekli , akış diyagram şemasında anlatılmıştır.

Analog /Sayısal dönüştürücü kartı kendi kendine test imkanınıda sağlamaktadır.Bu imkanı kullanmak için bir Terminal, kartın RS422 veya 20 mA



akım döngü seri kapısına bağlanarak bakım talimatlarının girilmesi ve test sonuçlarının gösterilmesi sağlanabilir. Terminal, keza kartın kontrolünde ve sayısallaştırılmış analog değerleri almakta I/O highway kontrolcu gibi davranılabilir.

4.9. Sayısal/Analog Dönüştürme

Sayısal / Analog çevirme, örneğin İKO gibi sayısal bir koda gösterimlinmiş bir büyüklüğü bu büyüklüğe orantılı gerilim yada akım cinsinden analog bir elektriksel işarete dönüştürmeyi amaçlar.

SAD(Sayısal analog dönüştürücü)'ye giren sözcükler 4 bitli olduğuna göre 16 değişik durum söz konusudur ve dolayısıyla çıkış geriliminde 16 farklı değer olabilir.

Örneğin 5 bitli bir sayısal/analog dönüştürücünün giriş sözcüğü 00001 olduğunda çıkış gerilimi 0,2 V olsun. Giriş sözcüğü 10101 ve 11111 olduğunda çıkış geriliminin ne olacağını inceleyelim. Bu SAD'ın çıkış gerilimleri (0,2, 0,4 ,.....6,2)V değerlerinden biri olacaktır. Dolayısıyla $10101=21$ olduğunda çıkış gerilimi $21 \times 0,2 = 4,2V$, sözcük $11111=31$ olduğunda ise çıkış $31 \times 0,2 = 6,2 V$ olacaktır.

Sayısal /analog dönüştürücüler çeşitli devrelerle gerçekleştirilebilir. Bunlardan biri bir OPAMP ile sayısal kodun basamak ağırlıklarını temsil eden değerlerde dirençlerden oluşan bir devredir.

Aşağıda bu tür bir 4 bitli SAD çizilidir; Burada anahtarlar giriş sözcüğünün 4 bitini anahtarlayan transistörleri temsil etmektedir.Opamp'ın giriş direnci çok yüksek olduğundan ters çeviren girişi 0 V mertebesinde ve V_{cc} çıkış gerilimi R_g geri besleme direnci üzerinden geçen akınla orantılıdır. R_g üzerinden geçen akım ise giriş yollarındaki dirençler üzerinden gelen akımlarının toplamına eşit olur.

Örnek verecek olursak: Aşağıdaki 4 bitli SAD'ın girişine uygulanacak ikili bir sözcüğün her basamağına karşılık gelen çıkış gerilimini hesaplayalım (mantık bir düzeyi 5 v olsun) . Her bir basamağın çıkış gerilimini ayrı ayrı hesaplayabiliriz. Ters çeviren giriş 0V'a eşit olduğundan giriş dirençlerinin herbiri üzerinden geçen akım 5V'un dirence bölümüyle bulunur.



Böylece :

$$I_0 = 5V/200k\Omega = 0,025mA$$

$$I_1 = 5V/100k\Omega = 0.05mA$$

$$I_2 = 5V/50k\Omega = 0.1mA$$

$$I_3 = 5V/25k\Omega = 0.2mA \text{ bulunur. Opamp'ın giriş direnci çok yüksek}$$

olduğundan bu akımların tümü R_g geri besleme direncinden akar . Bu direncin bir ucu hemen hemen 0V olduğundan, R_g üzerindeki gerilim düşümü çıkış gerilimine eşit olur.

$$V_0 = (10k\Omega).(-0.025mA) = -0.25V$$

$$V_1 = (10k\Omega).(-0.05mA) = -0.5V$$

$$V_2 = (10k\Omega).(-0.1mA) = -1V$$

$$V_3 = (10k\Omega).(-0.2mA) = -2V$$

Dört bitli giriş sözcüğü 0001 olduğunda çıkış gerilimi -0.25 V,1111 olduğunda ise -3.75 V olacaktır.

4.10. Transducer'ler (Dönüştürücüler) İçin 154 kV Analog Bilgilerinin Değerlendirilmesi

Trafo merkezlerinde akım trafolarının çıkışına transdüser konularak akım trafosu çıkışındaki akım değeri küçültülür (mA seviyesine düşürülür). 154 kV 'luk hatlarda kullanılan transducer'ler için aşağıdaki ölçümler yapılır.

154 kV için Alt limit ; 123.200kV = AVO ile ölçülen 0 mA

Üst limit ; 184.800kV = AVO ile ölçülen 10mA

Örneğin transducer çıkışında 3 mA ölçülürse bunun kaç kV' a karşılık geldiğini hesaplayacak olursak;

$$184.800 - 123.200 = 61.600 \text{ kV } (10mA'e \text{ karşılık gelir})$$

$$1mA'e \ 61.600/10 = 6.16kV'a \text{ karşılık gelir.}$$

$$3 \times 6.16 = 18.48 \text{ kV bulunur.}$$

$$123.200 + 18.48 \text{ KV} = 141.680 \text{ kV bulunur.}$$



4.11. Transducer'ler İçin 380 kV Analog Bilgilerinin Değerlendirilmesi

380 kV için Alt limit ; 304.000kV = AVO ile ölçülen 0 mA

Üst limit ; 456.000kV = AVO ile ölçülen 10mA

Örneğin transducer çıkışında 3 mA ölçülürse bunun kaç kV 'a karşılık geldiğini hesaplayacak olursak;

$456.000 - 304.000 = 152.000 \text{ kV}$ (10mA'e karşılık gelir)

1mA'e $152.000/10 = 15.2 \text{ kV}$ 'a karşılık gelir.

$3 \times 15.2 = 45.6 \text{ kV}$ bulunur.

$304.000 + 45.6 \text{ kV} = 349.600 \text{ kV}$ bulunur.

4.12. RTU' larda MW Değerinin Ölçümü

RTU giriş terminalleri	Watch-dog (decimal)	değer
140 mV	575	250MW
185mV	761	331MW
240 mV	985	428MW
1000 mV	4095	1780MW
$1780/1000 = 1.78$ çarpan		

Girişte ölçülen mV değeri $\times 1.78 =$ gerçek MW değerleri bu ölçümlerden bulunur.

RTU girişlerinde. RTU transducer'den aldığı bilgileri; Analog bilgileri analog kartta dijitala çevirir. Modemi aracılığı ile karşı TM'ye gönderir. Karşı istasyonda alınan bilgi RTU ile tekrar analoğa çevrilerek bilgisayarda kaydeder.



4.13. RTU' larda KV Değerlerinin Ölçümü

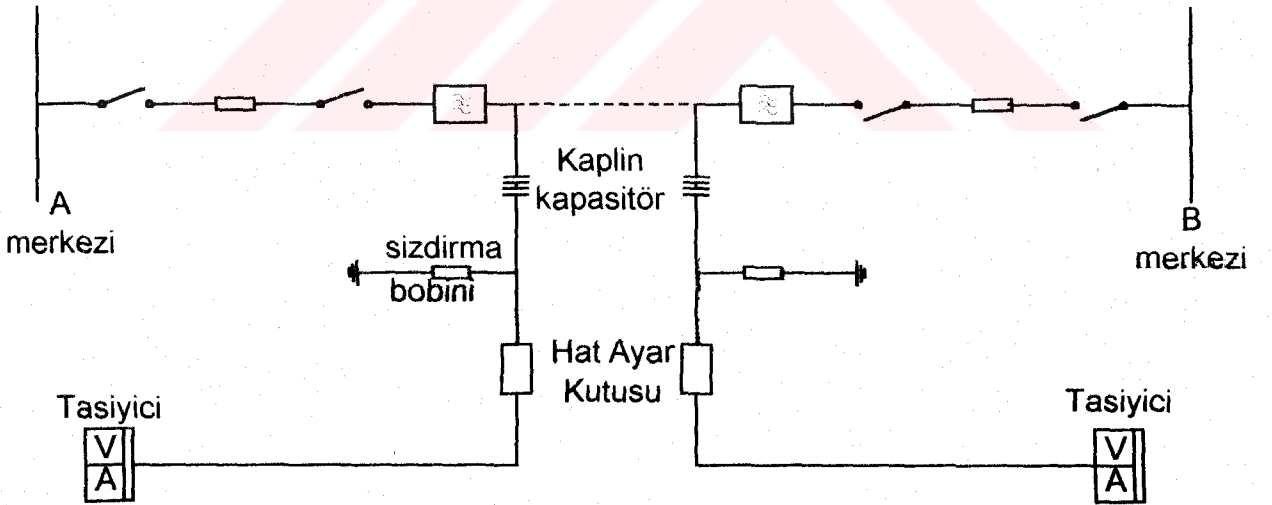
RTU transducer'den aldığı kV bilgilerini; Analog bilgileri analog kartta dijitalle çevirir.

RTU giriş terminalleri	Watch-dog (decimal)	değer
1000	4095	kk
700	2867	410kV
650	2662	403
620	2541	398
600	2459	395
550	2252	387
520	2133	383
500	2055	380
400	1643	365
100	416	326

5. YÜKSAK GERİLİM HATLARINDA İLETİM YÖNTEMLERİ

Üretim merkezlerinde üretilen elektrik enerjisini dağıtım merkezlerine oradan da kullanıcılara güvenli bir şekilde ulaştırmak için EİH (enerji iletim hattı) ve EDH (elektrik dağıtım hattı)'ları kullanılır. Enerji iletiminde güvenlik ve sürekliliği sağlamak için frekansları 50 kHz – 500 kHz arasında olan iletişim sistemleri kullanılır bu sistemlere EİH Taşıyıcı (PLC yada kuranpörtör) sistemleri denir. Bu cihazlar " Taşıyıcı "adını her türlü bilgi ve ses işaretini RF 'li işaret üzerine bindirilerek ilgili yerlere taşıdıklarından alırlar.

Elektrik enerjisini taşınması amacı ile yapılan EİH' lerin radyo frekanslı bir iletişim ortamı olarak kullanılması oldukça ekonomiktir. Ancak böyle bir iletişim ortamında taşıyıcı sisteminin çalışması için maliyeti artırıcı yönde de olsa ilave bazı elemanları kullanmak gerekir. Örneğin (hat tıkaçı, kaplin kapasitör, sızdırma bobini, tuner vs.). Güvenlik yönünden bu iletişim ortamının enerji iletimi için daima hazır durumda olması (arıza durumları hariç) iletişimin sürekliliğini sağlar. Taşıyıcı sisteminin iletim hattına bağlantı zinciri kısaca Şekil13 deki gibidir.



Şekil 13 Bir taşıyıcı sisteminin hatta bağlantısı

T30.00 muhabere sistemi enerji iletim hatları üzerinden aynı anda konuşma ve teleoperasyon işaretlerini çift yönlü olarak taşıyabilmek amacıyla geliştirilmiştir.

1-Konuşma kanalı(telefon)

2-Bilgi Kanalları (Teleoperasyon)

a)Telemetre

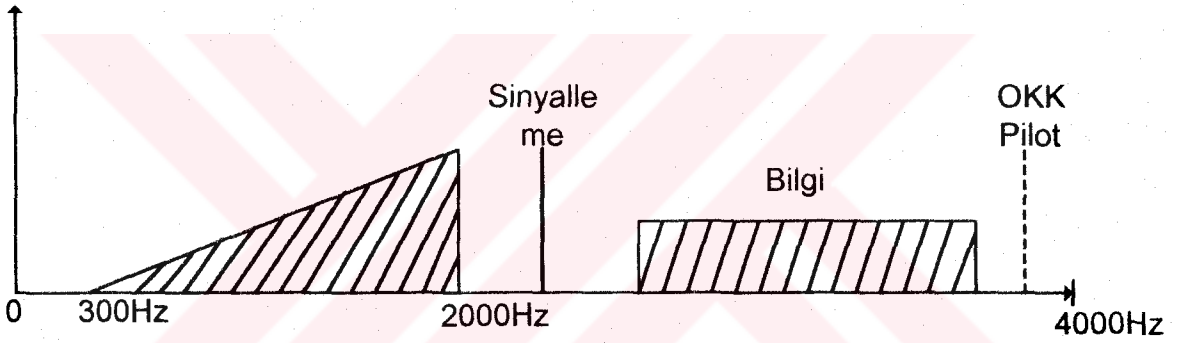
1) Çağrı (İşaretleşme)

2) Bilgi kanalları

3) OKK (Otomatik kazanç kontrol) pilot frekansları da gelerek birleşir ve

aşağıdaki gibi (0-4Khz) işaret bandı oluşur (şekil 14)

Buradaki bilgi kanal sayısı ve bant genişliği hıza göre değişir.(50,100,200,600 Baud)



Şekil 14 (0-4Khz) işaret bandı

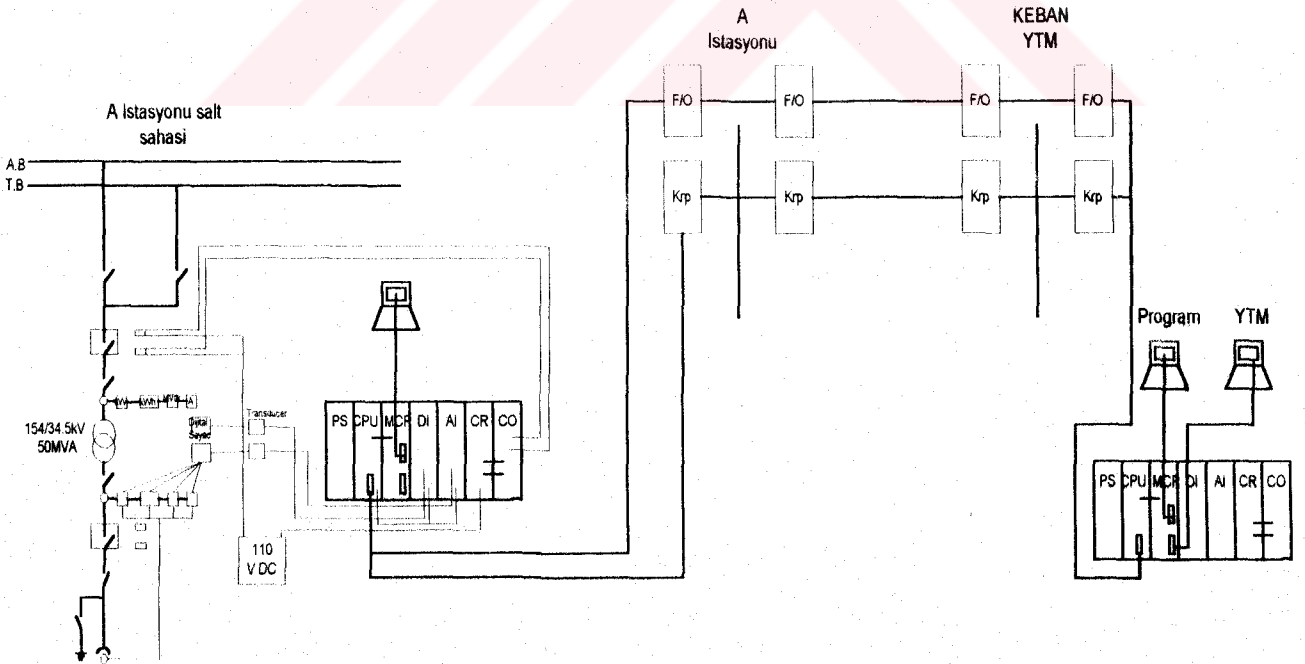
5.1 Fiber Optik Kullanılarak Bilgi İletimi

TEAŞ'ta iletim cihazı olarak Kuranportör cihazlarının haricinde koruma iletkeni içerisinden taşınan Fiber Optik kablolarda kullanılmaktadır. Bakır kabloların işaret iletimine çok uygun olmalarının yanı sıra sebep oldukları bazı maliyet artışları haberleşme dünyasının yeni arayışlara zorlamıştır. Ayrıca elektromanyetik alanların metalik iletkenleri etkilemesi metalik iletkenleri çok ağır olması, dünya üzerindeki kaynakların hızla tükenmekte olması gibi başka nedenlerde yeni arayışları hızlandırmıştır. Metalik iletkenlerin tüm bu olumsuz özelliklerine karşılık optik

fiberlerin belirli üstünlüklere sahip olması sebebiyle ilk olarak çok modlu fiberler kullanılmış, daha sonra gerekli geliştirmeler yapılarak tek modlu fiberler kullanılmaya başlanmıştır. Optik fiber liflerinde bilgi iletimi için kızıl ötesi dalga boyları kullanılır. Optik fiber yalıtkan bir maddeden (cam)' dan üretildiği için elektromanyetik alanlardan etkilenmez. Böylece aynı kablo içinde olan ayrı liflerde birbirini etkilemezler ve ideal dekoplay ortamı sağlanır. Diğer bir önemli üstünlük ise alıcı ve verici arasında hiçbir elektriksel bağlantı olmamasıdır.

5.2. RTU İletimi Kullanılarak Uzaktan Kontrol

Bu tez çalışmasında Keban YTM'den bir trafo merkezinin uzaktan kontrol ve kumandası yapılmıştır. Şekil 15' de görüldüğü gibi A istasyonunda bulunan RTU cihazı o istasyona ait tüm bilgileri toplar. Simplex haberleşme cihazları olan ve ayrıca bilgi kanallarını taşıyabilen hat terminal teçhizatları kuranportör cihazı ile yüksek gerilim hatları üzerinde bulunan koruma iletkeni içerisinde taşıdığımız fiber optik linkleri üzerinden karşı istasyona istasyonundan toplanan bilgiler gönderilir.



Şekil 15 A Trafo merkezinin Keban YTM'den Uzaktan Kontrolü

Keban YTM (Yük Tevzi Merkezi)'de bulunan kuranpörtör ve fiber optik teçhizatı aldığı bilgiyi istasyonda bulunan RTU' nun modemine girer. CPU (Control Process Unit)' dan alınan bilgi MCP (MultiFunctional Processor) 'a buradan'da RS 232 portundan program yapılan bilgisayara ve RS 424 ile de bağlı bulunduğu kontrol birimi yani YTM 'ye gönderilir. YTM diğer istasyonlarda olan güç akışı ve arıza hallerini anında gördüğü için yük akışı ve kontrolünü, frekans dengeleme işlemini organize bir şekilde yapar. Program bilgisayara alınan verileri yapmış olduğumuz programda (Aşırı akım koruma ve diferansiyel koruma) değerlendirir. Herhangi bir arıza anında program çalışır A istasyonundaki ilgili kesiciyi açmak için; B istasyonundaki uzaktan kontrol kartları üzerinde bulunan ilgili CR (Command Relase Modüle) ve CO (Command Output Module) kartı kontaklarını kapatır. CPU aracılığı ile karşı istasyonda bulunan RTU' ya açma komutunu taşır. A istasyonunda bulunan RTU CO kartı yardımı ile kesicinin kapalı kontağını açacak ve program görevini yapacaktır. Arıza giderildikten sonra B istasyonunda bulunan operatör bilgisayardan ilgili kesiciye kapama komutu gönderir. A istasyonundaki RTU bu komutu ilgili kesiciye verir kesici açık kontağını kapatır.

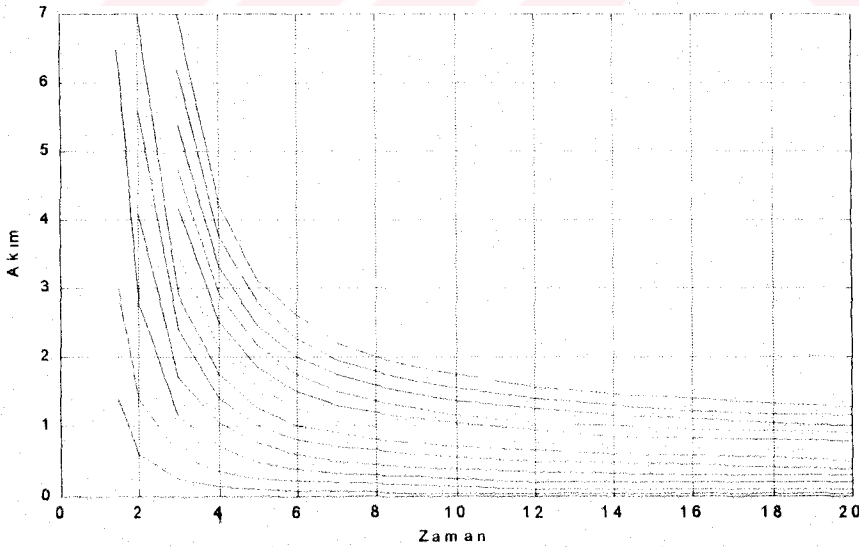
Aynı işlemleri trafo kademesini değiştirken, ayırıcı ve kesicilerin açma kapama işlemlerini yaparken başka bir uzak istasyondan yapabiliriz.

6. ELEKTRİK ŞEBEKELERİNDEKİ SEKONDER RÖLELERİN BİLGİSAYAR ORTAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Elektrik şebekelerinde uzaktan kumandalı röleler kullanılması son yıllarda popülerdir. Bu çalışmada da aşırı akım ve diferansiyel koruma rölesinin bilgisayar yardımı ile uzaktan kontrolü ve kumandası yapılmıştır.

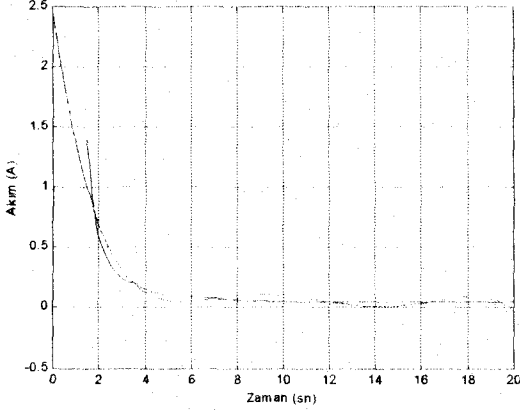
İlk olarak aşırı akım koruma rölesi ve diferansiyel koruma rölesinin çalışma prensipleri incelenmiştir. Daha sonra modellenecek rölelerin karakteristikleri kataloglardan alınarak derlenmiştir.

İlk olarak aşırı akım rölesi bilgisayar ortamında gerçekleştirildi. Bu rölenin karakteristikleri kullanarak röleleri modellemek için Matlab 5.3' da yazılan program (M-file) kullanılarak gerekli denklemler enterpolasyon metoduyla bulunmuştur. Röle kataloglarından CO-9 aşırı akım rölesini modelleyen genel bir denklem yoktur, bu yüzden bu rölenin katalogunda verilen 12 akım tepinin verilerinden faydalanarak bu röleyi modellemek için bir denklem uydurulmuştur. Denklem uydurulurken 5. dereceden polyfit kullanılmıştır. Bu yöntemin çalışma prensibi en küçük kareler metodudur. Yapılan denklem uydurma işlemini gerçekleştiren M-file ek-1'de verilmiştir. CO-9 rölesi için yapılan 12 tep değeri için verilerden elde edilen Matlab 5.3' çıktısı şekil 16'da verilmiştir.

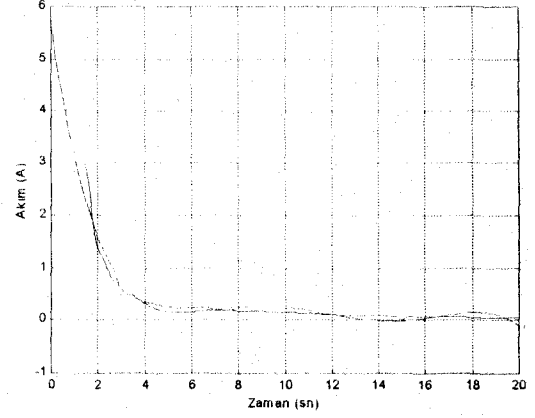


Şekil 16- Akım teplerine göre oluşturulan 12 ayrı aşırı akım röle eğrisi.

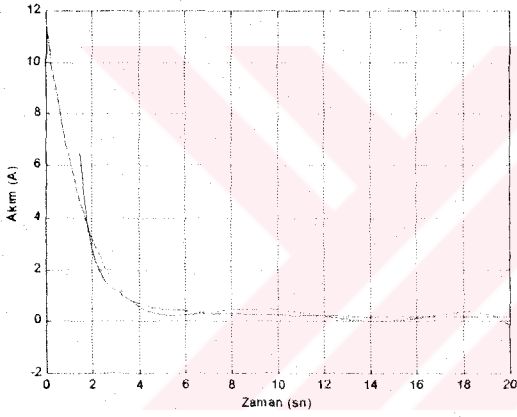
Şekil (17-28) her bir tep için gerçek akım zaman eğrileri ile uydurulan denklemlerden elde edilen akım zaman eğrilerini göstermektedir.



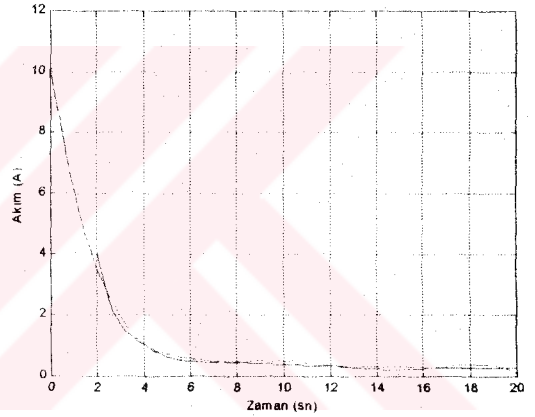
Şekil 17- CO-9 rölesi 0.5 tepli eğri interpolasyonu



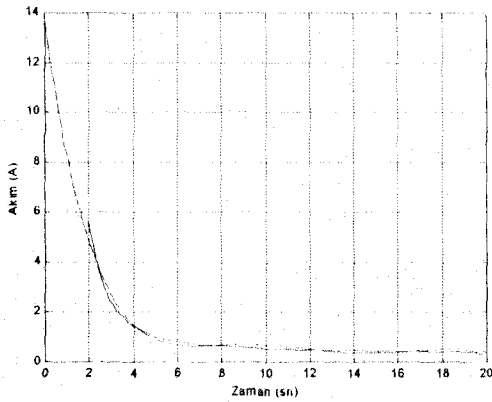
Şekil 18- CO-9 rölesi 1 tepli eğri interpolasyonu



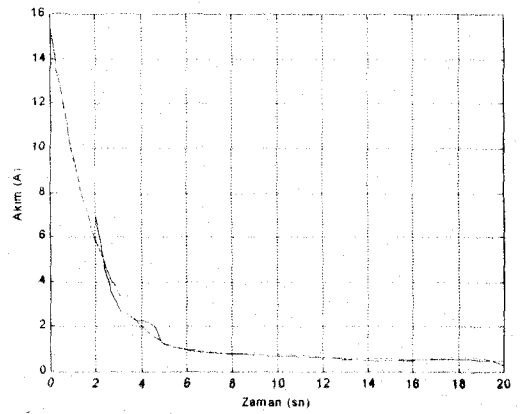
Şekil 19- CO-9 rölesi 2 tepli eğri interpolasyonu



Şekil 20- CO-9 rölesi 3 tepli eğri interpolasyonu

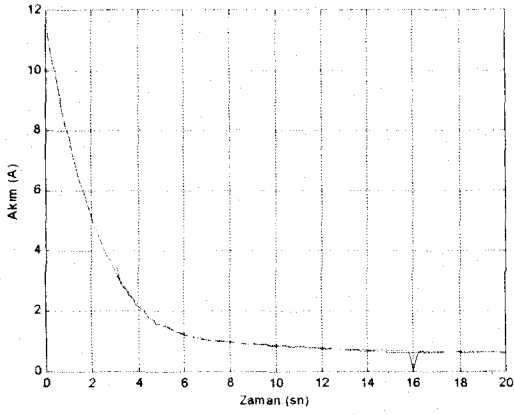


Şekil 21- CO-9 rölesi 4 tepli eğri interpolasyonu

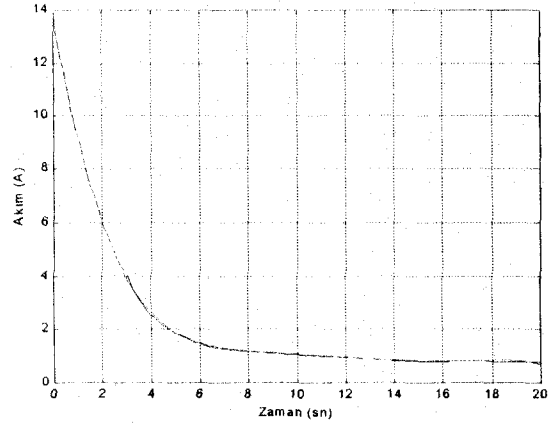


Şekil 22- CO-9 rölesi 5 tepli eğri interpolasyonu

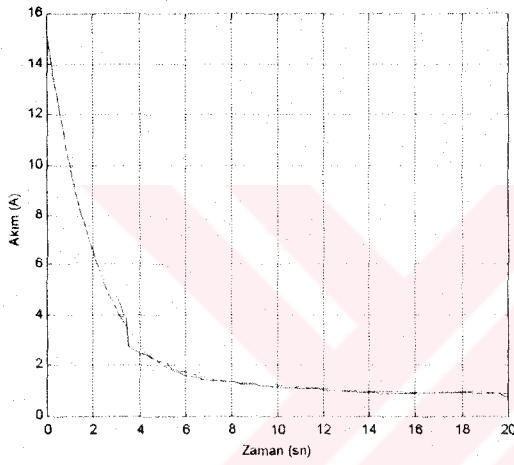
Şekil- 17-22 (0.5- 1- 2- 3- 4- 5-) akım tepli eğrilerin denklemleri.



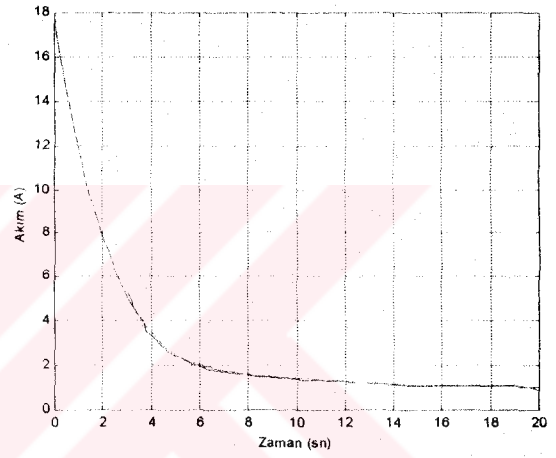
Şekil 23- CO-9 rölesi 6 tepli eğri enterpolasyonu



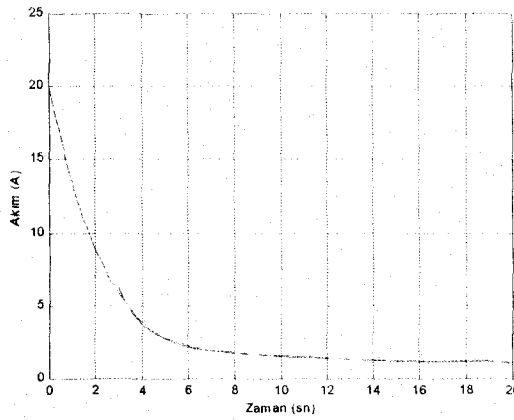
Şekil 24- CO-9 rölesi 7 tepli eğri enterpolasyonu



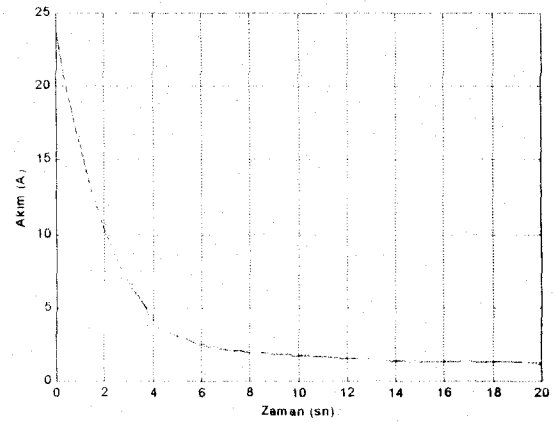
Şekil 25- CO-9 rölesi 8 tepli eğri enterpolasyonu



Şekil 26- CO-9 rölesi 9 tepli eğri enterpolasyonu



Şekil 27- CO-9 rölesi 10 tepli eğri enterpolasyonu



Şekil 28- CO-9 rölesi 11 tepli eğri enterpolasyonu

Şekil 23-28 (6- 7- 8- 9- 10- 11-) akım tepli eğrilerin denklemleri.

Bu yöntemle elde edilen eğri denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 t_1 &= -2074.10^{-8}.I^5 + 12.10^{-4}.I^4 - 270.10^{-4}.I^3 + 2802.10^{-4}.I^2 - 1,3463.I + 2,4671 \text{ (sn)} \\
 t_2 &= -47678.10^{-9}.I^5 + 28.10^{-4}.I^4 - 624.10^{-4}.I^3 + 6459.10^{-4}.I^2 - 3,0935.I + 5,6705 \text{ (sn)} \\
 t_3 &= -95959.10^{-9}.I^5 + 56.10^{-4}.I^4 - 1255.10^{-4}.I^3 + 1,3009.10^{-4}.I^2 - 6,2505.I + 11,4408 \text{ (sn)} \\
 t_4 &= -59932.10^{-9}.I^5 + 36.10^{-4}.I^4 - 846.10^{-4}.I^3 + 9308.10^{-4}.I^2 - 4,8626.I + 10,1698 \text{ (sn)} \\
 t_5 &= -79098.10^{-9}.I^5 + 48.10^{-4}.I^4 - 1124.10^{-4}.I^3 + 1,2421.I^2 - 6,5237.I + 13,7429 \text{ (sn)} \\
 t_6 &= -74872.10^{-9}.I^5 + 46.10^{-4}.I^4 - 1101.10^{-4}.I^3 + 1,2528.I^2 - 6,8679.I + 15,4395 \text{ (sn)} \\
 t_7 &= -38881.10^{-9}.I^5 + 25.10^{-4}.I^4 - 634.10^{-4}.I^3 + 7694.10^{-4}.I^2 - 4,564.I + 11,6174 \text{ (sn)} \\
 t_8 &= -48261.10^{-9}.I^5 + 31.10^{-4}.I^4 - 769.10^{-4}.I^3 + 9237.10^{-4}.I^2 - 5,4285.I + 13,7593 \text{ (sn)} \\
 t_9 &= -60499.10^{-9}.I^5 + 38.10^{-4}.I^4 - 920.10^{-4}.I^3 + 1,0751.10^{-4}.I^2 - 6,1327.I + 15,1446 \text{ (sn)} \\
 t_{10} &= -62227.10^{-9}.I^5 + 40.10^{-4}.I^4 - 987.10^{-4}.I^3 + 1,1847.10^{-4}.I^2 - 6,9738.I + 17,7779 \text{ (sn)} \\
 t_{11} &= -67558.10^{-9}.I^5 + 44.10^{-4}.I^4 - 1088.10^{-4}.I^3 + 1,3163.I^2 - 7,8089.I + 20,0362 \text{ (sn)} \\
 t_{12} &= -86961.10^{-9}.I^5 + 55.10^{-4}.I^4 - 1367.10^{-4}.I^3 + 1,6296.10^{-4}.I^2 - 9,5004.I + 23,8296 \text{ (sn)}
 \end{aligned}$$

Ilhami Aygen

Röle Tipi

400/5A Akım Trafosu

Kesici Açma Süresi

Sekonder Çıkış Akımı

HESAPLA

50 A akım değeri D4 röle tipi için hesaplanıyor...

İçkiş değeri nominal değerine oranı hesaplanıyor...

Hesaplanan değer=10

D4 rölesi için Açma Süresi Hesaplanıyor

D4 rölesi için Açma Süresi= 0.0306

Şekil 29- Aşırı akım rölesinin ara yüzü.

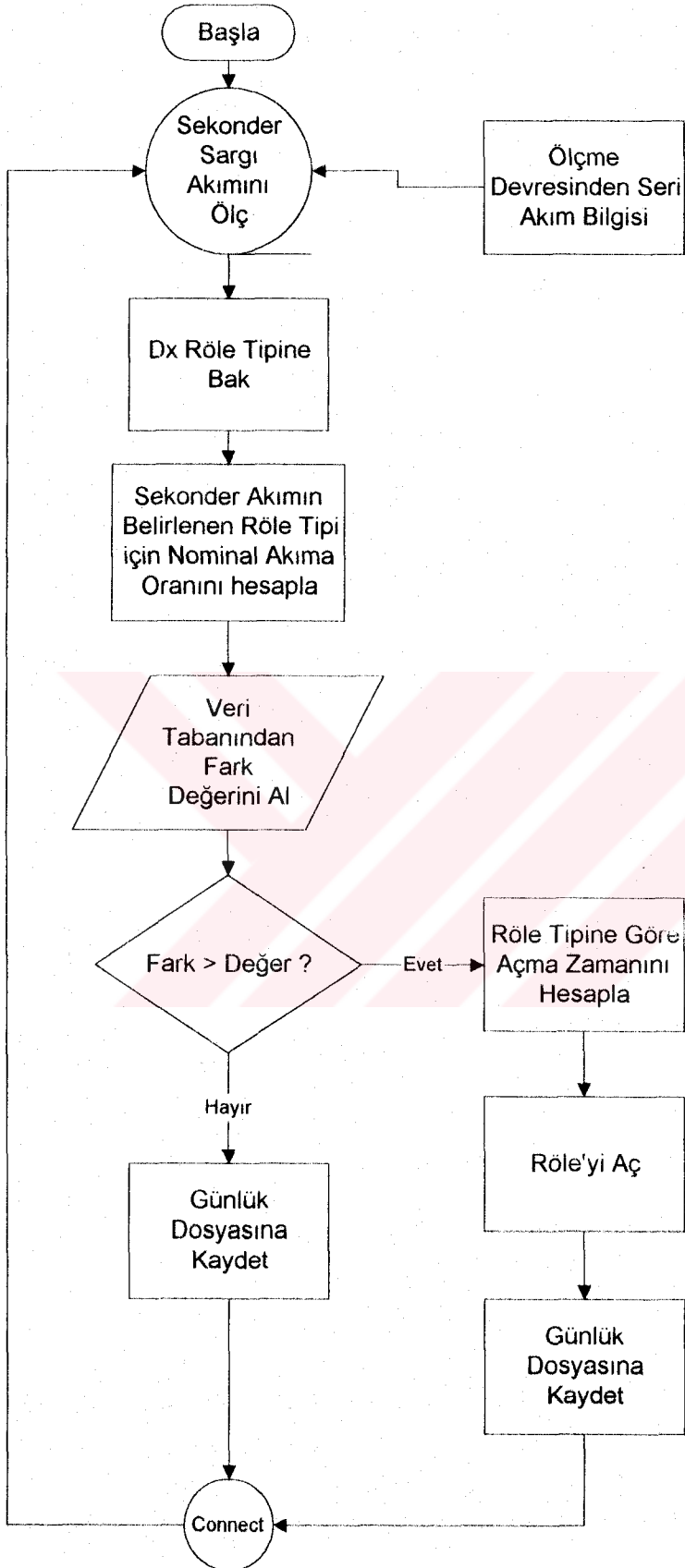
154 KV'luk Ferrookrom Trafo Merkezi (TM), F-1 (Fider-1; Elazığ-II Hat-II)'ın akım bilgisi RTU yardımıyla sürekli zamanda akım bilgisi, bilgisayarın seri giriş portuna verilmiştir. RTU, fiderin çıkışındaki akım trafosundan alına sürekli akım bilgisini transducer (dönüştürücü) yardımıyla alarak dijitale dönüştürüp, modem vasıtasıyla uzak noktalara taşımaya yarar. RTU'dan gelen dijital akım bilgisi bilgisayarın seri portuna girilerek yapılan program (Ek-2) yardımıyla değerlendirilip gerekli çıkış bilgisi geri gönderilmiştir. Burada çift yönlü bir iletişim söz konusudur.

Yapılan programın ara yüzü şekil 29' da gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi CO-9 tipi rölenin hangi akım tepinin seçileceği programa verilmiştir. Yapılan program Ek-2'de verilmiştir. Bilgisayar RTU'dan aldığı akımı da göz önüne alarak gerekli açma süresini hesaplayacak ve kesiciye uygun olan açma süresini gönderecektir.

Ayrıca programa istenilen akım eğrisinin seçilebilmesi imkanı sağlanmıştır. Programın çalışması için hattın sürekli akım değerlerinin gelmesi gerekmektedir. Akım trafosunun sekonder ucundan alınan akım bilgisi amper olarak alınır. Alınan akım bilgisi transdücerden geçerek mA seviyesine dönüştürülür ve RTU'da işlenebilecek seviyeye getirilir. Bölüm 4'de anlatmış olduğumuz RTU aldığı sürekli akım bilgisini dijitale çevirir. İletim ortamına uygun hale getirilen bilgi modem aracılığı ile uzak uçta bulunan bilgisayara ulaştırılır.

Bilgisayardan alınan bilgi programda değerlendirilir. Alınan verilere göre açma olacaksa kesiciye tekrar modem aracılığı ile açma gönderir. Uygulama olarak Ferrookrom TM'nin Elazığ II çıkışı Hat II alınmış program burada çalıştırılmıştır.

Aşırı akım koruma için yapılan programın akış diyagramı şekil 30'da gösterilmiştir.



Şekil 30 Aşırı Akım Koruma Rölesi Akış Diyagramı

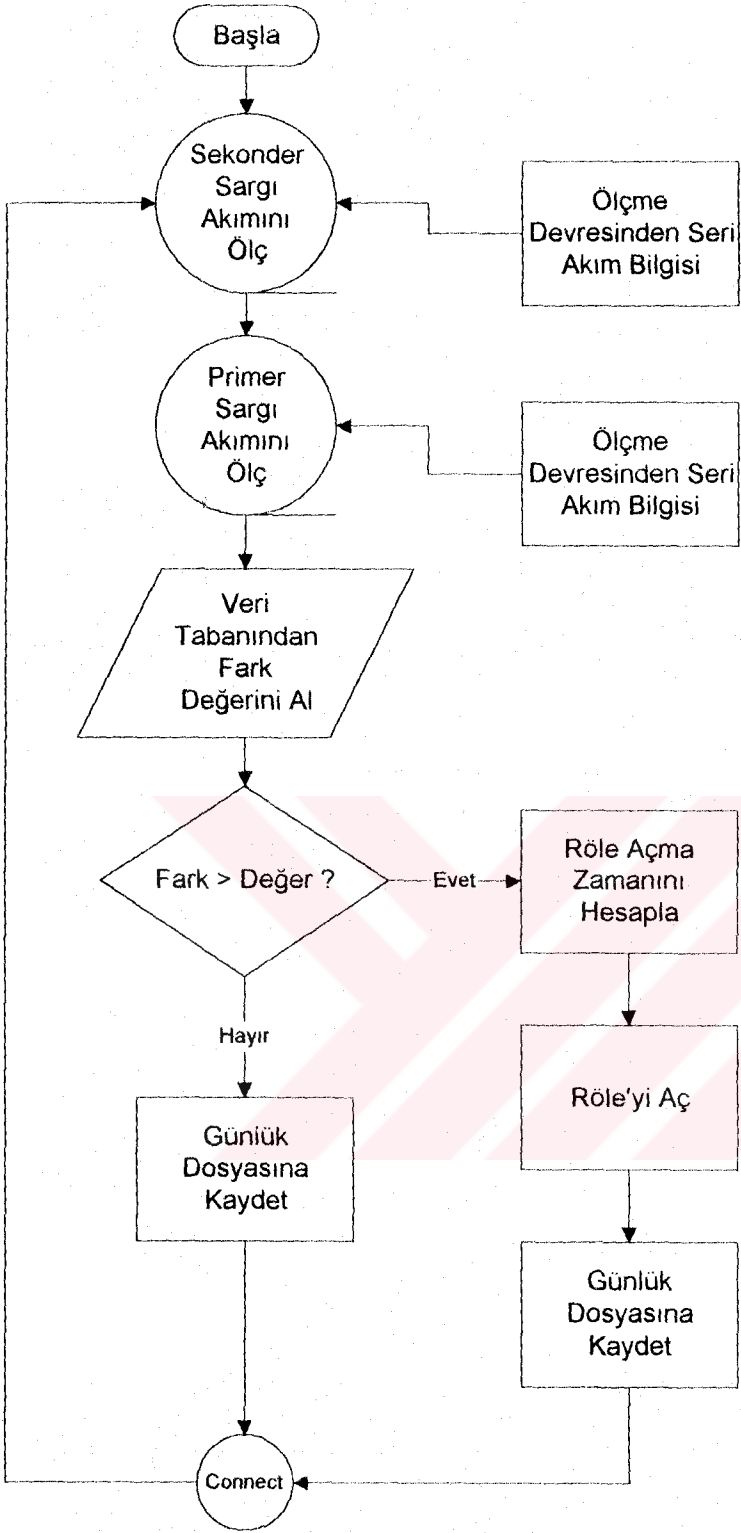
Projenin ikinci kısmında diferansiyel koruma incelenmiş olup. Trafo korumalarında önemli bir yeri olan diferansiyel korumanın prensip şemaları incelenmiştir.

Şekil 31’de diferansiyel röle için yapılan program ara yüzü görülmektedir.

Şekil 31- Diferansiyel röle arayüzü.

Program yapılmadan önce diferansiyel koruma rölesinin çalışması incelendi primer ve sekonder röle arasındaki fark akımına göre çalışan röle, Primer ve sekonder akımların faz açılarında bir değişiklik olduğu anda açacak şekilde ayarlanır. Uygulamada Ferrokröm TM’de bulunan 50MVA’lık A trafo seçilmiştir.

Primer tarafda bulunan akımtrafosu 400/5A’lık ve sekonderde bulunan akımtrafosu 2000/5 amperdir. Şekil 27 de arayüzü verilmiş olan diferansiyel koruma rölesinin programı Ek 3’de verilmiştir. Diferansiyel röle prensip olarak fark akımları prensibine göre çalışır. Bir önceki koruma rölesinde olduğu gibi akım sekonder akım bilgisinin gerçek zamanda taşınmasının haricinde birde primer den sürekli akım bilgisini senkronize bir şekilde taşımak gerekmektedir. İki akım bilgisi arasında zaman farkı olmamalıdır. Bunu da RTU yapmaktadır Primer ve sekonder de bulunan akım trafolarının çıkışından alınan akım bilgisi RTU yardımı ile bilgisayara taşınır. Program iki akımı kıyaslar akım farkı %5 ve %10 olarak ayarlanır. Bu çalışmada



Şekil 32 Diferansiyel Koruma Rölesi Akış Diyagramı

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması, elektrik şebekelerindeki sekonder rölelerin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesi konusunda teorik, bilgisayar benzetimi ve uygulamalı araştırmaları incelenmektedir. Tez çalışması sonucunda, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Rölelerin gerçek çalışma verileri bilgisayar programına uygun hale getirilmiş ve Aşırı akım koruma ve diferansiyel röle koruma röle programla yapılmış uzak uç terminali olan RTU ile akım her faza bağlı akım trafosu çıkışından alınan sürekli akım bilgisi bilgisayra taşınmıştır.

Bilgisayar programının doğru sonuç vermesinden sonra sistemin pratik uygulamasına geçilmiştir. Uygulamada Ferrokrom TM Elazığ II çıkışından alınan veriler RTU ile bilgisayara taşınmış programda değerlendirilen veriler arıza esnasında istenilen zamanda (röle kataloklarda belirtilen) açtığı gözlenmiştir. Diferansiyel koruma olarakta ferrokrom TM nin trafo giriş ve çıkış akım bilgisi sürekli zamanda yaptığımız programa taşınarak ve dengesizlik (arıza) anında çalıştığı ve kesiciye açma gönderdiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak geliştirilen yöntem ile 154 ve 380 kV'luk trafo merkezlerinin büyük bir sıkıntısı olan röle kablağı ve önemli röle arızalarında hattın devreye alınmasının aşırı zaman alması ve hatta o rölenin orijinal röle ile değiştirilmesi büyük maliyet çıkarmaktadır. Yaptığımız bu çalışma ileride TEAŞ' ın kullanacağı insansız trafo merkezlerinin bir ön çalışması olmuştur. Bu tezde en önemli çalışma olarak yapılan programlı röleler ile uzak bir merkezden bir trafo merkezinin rölelerini kesicilerini ve güç akışın v.b. gibi açma kapama ve devreye alma işlemleri pratik ve maliyetsiz yapılabilecektir.

8. KAYNAKLAR

- 1- Tsoukalas, L.H., Uhrig, R.E Power System Protection. Edited by The Electricity Training Association. Wiley-Interscience Publication,1997.
- 2- Ben-brahim, L., Kawamura, A.,Electrical Transmission and Distribution Reference Book. IEEE Trans. On Ind. Elect., Vol 39, No 3, June.
- 3- Soto, G.G., Mendes, E., Razek, A., Umanand, L., Bhat, S.R., 1995, Online Estimation of Resistance of an generators
- 4- Data Communications . Larry Hughes, Mc Graw-Hill,1992
- 5- Barbieri,S., Remote control of HV stations and MV substations in Milan Electricity Distribution, 2001. Part 1: Contributions. CIRED. 16th International Conference and Exhibition on (IEE Conf. Publ No. 482) , vol.3 , Page(s): 4 pp.
- 6- Trabulus,S., General configuration of automation system within a high voltage power substation Electrical and Computer Engineering, 2000 Canadian Conference Vol.2 P.1167.
- 7- Çalışkan, K.; Pak, H. ve Kök, F., Orta Gerilim Elektrik Tesislerinde Koruma ve Kontrol, TEK yayınları, 1990.
- 8- BBC Diferansiyel koruma röle kataloğu,
- 9- Kültür, D., Sistem Etüdü ve Arıza Akımlarının Hesaplanması, TEK yayınları,1997.
- 10- Çalışkan, K., Trafo Merkezlerinde Koruma ve Kumanda Devrelerinde Kullanılan Semboller ve Tip Şemalar, 1990.

EK-1

Matlab 5.3 'de denklem uydurma yöntemi ile CO-9 rölesinin denklem ve eğrilerinin çıkartılması:

i1=[1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 3.9 4 4.1 4.2 4.3 4.4 4.5 4.6 4.7 4.8 4.9 5 5.1 5.2 5.3 5.4 5.5 5.6 5.7 5.8 5.9 6 6.1 6.2 6.3 6.4 6.5 6.6 6.7 6.8 6.9 7 7.2 7.4 7.6 7.8 8 8.2 8.4 8.6 8.8 9 9.2 9.4 9.6 9.8 10 10.2 10.4 10.6 10.8 11 11.2 11.4 11.6 11.8 12 12.2 12.4 12.6 12.8 13 13.2 13.4 13.6 13.8 14 14.2 14.4 14.6 14.8 15 15.2 15.4 15.6 15.8 16 16.2 16.4 16.6 16.8 17 17.2 17.4 17.6 17.8 18 18.2 18.4 18.6 19 19.2 19.4 19.6 19.8 20];

i2=[2 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 3.9 4 4.1 4.2 4.3 4.4 4.5 4.6 4.7 4.8 4.9 5 5.1 5.2 5.3 5.4 5.5 5.6 5.7 5.8 5.9 6 6.1 6.2 6.3 6.4 6.5 6.6 6.7 6.8 6.9 7 7.2 7.4 7.6 7.8 8 8.2 8.4 8.6 8.8 9 9.2 9.4 9.6 9.8 10 10.2 10.4 10.6 10.8 11 11.2 11.4 11.6 11.8 12 12.2 12.4 12.6 12.8 13 13.2 13.4 13.6 13.8 14 14.2 14.4 14.6 14.8 15 15.2 15.4 15.6 15.8 16 16.2 16.4 16.6 16.8 17 17.2 17.4 17.6 17.8 18 18.2 18.4 18.6 19 19.2 19.4 19.6 19.8 20];

i3=[3 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 3.9 4 4.1 4.2 4.3 4.4 4.5 4.6 4.7 4.8 4.9 5 5.1 5.2 5.3 5.4 5.5 5.6 5.7 5.8 5.9 6 6.1 6.2 6.3 6.4 6.5 6.6 6.7 6.8 6.9 7 7.2 7.4 7.6 7.8 8 8.2 8.4 8.6 8.8 9 9.2 9.4 9.6 9.8 10 10.2 10.4 10.6 10.8 11 11.2 11.4 11.6 11.8 12 12.2 12.4 12.6 12.8 13 13.2 13.4 13.6 13.8 14 14.2 14.4 14.6 14.8 15 15.2 15.4 15.6 15.8 16 16.2 16.4 16.6 16.8 17 17.2 17.4 17.6 17.8 18 18.2 18.4 18.6 19 19.2 19.4 19.6 19.8 20];

t1=[1.40 1.18 0.9 0.8 0.7 0.6 0.55 0.48 0.43 0.4 0.35 0.33 0.3 0.28 0.26 0.25 0.23 0.22 0.21 0.205 0.2 0.195 0.185 0.17 0.16 0.15 0.14 0.135 0.13 0.125 0.122 0.12 0.107 0.104 0.101 0.1 0.099 0.098 0.097 0.096 0.095 0.094 0.093 0.092 0.091 0.09 0.089 0.088 0.087 0.086 0.085 0.084 0.083 0.082 0.081 0.08 0.075 0.072 0.07 0.065 0.06 0.058 0.056 0.054 0.052 0.050 0.0499 0.0498 0.0497 0.0496 0.0495 0.0494 0.0493 0.0492 0.0491 0.0490 0.0489 0.0488 0.0487 0.0486 0.0485 0.0484 0.0483 0.0482 0.0481 0.0480 0.0479 0.0478 0.0477 0.0476 0.0475 0.0474 0.0473 0.0472 0.0471 0.0470 0.0469 0.0468 0.0467 0.0466 0.0465 0.0464 0.0463 0.0462 0.0461

0.0460 0.0459 0.0458 0.0457 0.0456 0.0455 0.0454 0.0453 0.0452 0.0451 0.0450
0.0449 0.0448 0.0447 0.0446];

$t_2 = [3 \ 2.6 \ 2.2 \ 1.8 \ 1.6 \ 1.40 \ 1.3 \ 1.2 \ 1.1 \ 0.98 \ 0.9 \ 0.8 \ 0.75 \ 0.8 \ 0.65 \ 0.60 \ 0.54 \ 0.51 \ 0.48$
0.47 0.45 0.41 0.38 0.37 0.36 0.35 0.33 0.32 0.31 0.305 0.3 0.29 0.28 0.27 0.26 0.25
0.248 0.243 0.24 0.238 0.234 0.233 0.232 0.231 0.2305 0.23 0.229 0.228 0.227 0.226
0.225 0.224 0.223 0.222 0.221 0.20 0.196 0.193 0.19 0.185 0.18 0.178 0.175 0.17
0.165 0.16 0.158 0.157 0.155 0.153 0.15 0.147 0.14 0.135 0.13 0.125 0.121 0.119
0.115 0.111 0.10 0.098 0.096 0.094 0.092 0.090 0.088 0.086 0.084 0.082 0.080 0.078
0.076 0.074 0.072 0.0071 0.070 0.069 0.068 0.067 0.066 0.065 0.064 0.063 0.062
0.061 0.06 0.059 0.058 0.057 0.056 0.055 0.054 0.053 0.052 0.051 0.05 0.049 0.048
0.047];

$t_3 = [6.50 \ 5.2 \ 4.4 \ 3.7 \ 3.28 \ 2.8 \ 2.48 \ 2.2 \ 2 \ 1.8 \ 1.6 \ 1.5 \ 1.4 \ 1.3 \ 1.25 \ 1.15 \ 1.12 \ 1.102 \ 0.95$
0.9 0.87 0.82 0.8 0.76 0.73 0.70 0.67 0.65 0.62 0.61 0.59 0.52 0.51 0.5 0.49 0.48
0.475 0.465 0.458 0.445 0.43 0.42 0.415 0.41 0.403 0.4 0.392 0.383 0.373 0.367 0.36
0.35 0.34 0.331 0.323 0.32 0.315 0.31 0.308 0.304 0.3 0.29 0.283 0.278 0.275 0.27
0.265 0.261 0.257 0.253 0.25 0.245 0.24 0.23 0.228 0.225 0.223 0.221 0.218 0.205
0.2 0.199 0.198 0.197 0.196 0.195 0.194 0.193 0.192 0.191 0.19 0.189 0.188 0.187
0.186 0.185 0.184 0.183 0.182 0.181 0.18 0.179 0.178 0.177 0.176 0.175 0.174 0.173
0.172 0.171 0.17 0.169 0.168 0.167 0.166 0.165 0.164 0.163 0.162 0.161];

$t_4 = [4.10 \ 3.8 \ 3.4 \ 3.1 \ 2.8 \ 2.5 \ 2.3 \ 2.1 \ 1.95 \ 1.82 \ 1.7 \ 1.62 \ 1.52 \ 1.42 \ 1.37 \ 1.3 \ 1.22 \ 1.18$
1.12 1.09 1.05 1.02 0.96 0.93 0.91 0.83 0.81 0.8 0.78 0.76 0.75 0.73 0.71 0.7 0.68
0.650 0.63 0.62 0.61 0.606 0.6 0.58 0.57 0.56 0.55 0.54 0.53 0.52 0.515 0.508 0.5
0.49 0.48 0.47 0.46 0.45 0.445 0.44 0.43 0.425 0.42 0.416 0.408 0.4 0.39 0.38 0.378
0.373 0.37 0.365 0.36 0.359 0.358 0.357 0.356 0.35 0.345 0.34 0.338 0.334 0.33
0.328 0.326 0.324 0.322 0.32 0.318 0.316 0.314 0.312 0.31 0.309 0.307 0.305 0.302
0.3 0.299 0.298 0.297 0.296 0.285 0.294 0.293 0.292 0.291 0.29 0.289 0.288 0.287
0.286 0.285 0.284 0.283 0.282 0.281];

$t_5 = [5.60 \ 5.1 \ 4.6 \ 4.1 \ 3.8 \ 3.5 \ 3.2 \ 2.9 \ 2.75 \ 2.5 \ 2.4 \ 2.3 \ 2.1 \ 2.05 \ 1.9 \ 1.89 \ 1.72 \ 1.63 \ 1.54$
1.5 1.4 1.38 1.36 1.3 1.22 1.18 1.13 1.1 1.07 1.04 1 0.98 0.96 0.94 0.92 0.9 0.88 0.86
0.84 0.82 0.8 0.79 0.78 0.77 0.76 0.75 0.74 0.73 0.72 0.71 0.7 0.69 0.68 0.67 0.66
0.65 0.64 0.63 0.62 0.61 0.6 0.59 0.58 0.57 0.56 0.55 0.543 0.54 0.537 0.53 0.526
0.52 0.512 0.51 0.503 0.5 0.498 0.496 0.494 0.492 0.49 0.488 0.486 0.484 0.482 0.48

0.478 0.475 0.472 0.47 0.467 0.462 0.46 0.457 0.452 0.45 0.448 0.446 0.442 0.44
0.438 0.432 0.43 0.428 0.423 0.42 0.418 0.416 0.414 0.412 0.41 0.408 0.405 0.401
0.4];

$t_6 = [7 \ 6.5 \ 5.8 \ 5.1 \ 4.6 \ 4.2 \ 4.0 \ 3.55 \ 3.3 \ 3.1 \ 2.9 \ 2.7 \ 2.65 \ 2.6 \ 2.56 \ 2.5 \ 2.4 \ 2.35 \ 2.32 \ 2.31$
 $2.3 \ 2.28 \ 2.27 \ 2.25 \ 2.2 \ 2.1 \ 2 \ 1.8 \ 1.6 \ 1.36 \ 1.25 \ 1.24 \ 1.21 \ 1.18 \ 1.12 \ 1.1 \ 1.08 \ 1.07 \ 1.03$
 $1.01 \ 1 \ 0.996 \ 0.993 \ 0.98 \ 0.97 \ 0.96 \ 0.95 \ 0.93 \ 0.91 \ 0.903 \ 0.9 \ 0.89 \ 0.87 \ 0.85 \ 0.82 \ 0.8$
 $0.779 \ 0.776 \ 0.775 \ 0.76 \ 0.75 \ 0.74 \ 0.73 \ 0.72 \ 0.705 \ 0.7 \ 0.698 \ 0.694 \ 0.693 \ 0.69 \ 0.68$
 $0.67 \ 0.665 \ 0.662 \ 0.655 \ 0.65 \ 0.648 \ 0.644 \ 0.641 \ 0.636 \ 0.63 \ 0.62 \ 0.615 \ 0.611 \ 0.605 \ 0.6$
 $0.598 \ 0.596 \ 0.594 \ 0.592 \ 0.59 \ 0.588 \ 0.586 \ 0.584 \ 0.582 \ 0.58 \ 0.576 \ 0.573 \ 0.57 \ 0.567$
 $0.563 \ 0.56 \ 0.559 \ 0.556 \ 0.553 \ 0.55 \ 0.545 \ 0.542 \ 0.54 \ 0.53 \ 0.525 \ 0.52 \ 0.515 \ 0.51 \ 0.5];$

$t_7 = [3.5 \ 3.4 \ 3.15 \ 2.9 \ 2.75 \ 2.7 \ 2.5 \ 2.45 \ 2.4 \ 2.2 \ 2.10 \ 2.08 \ 2.02 \ 1.95 \ 1.85 \ 1.8 \ 1.72 \ 1.68$
 $1.6 \ 1.58 \ 1.55 \ 1.53 \ 1.5 \ 1.48 \ 1.45 \ 1.42 \ 1.33 \ 1.3 \ 1.29 \ 1.26 \ 1.25 \ 1.23 \ 1.21 \ 1.19 \ 1.16 \ 1.15$
 $1.13 \ 1.12 \ 1.08 \ 1.06 \ 1.05 \ 1.035 \ 1.02 \ 1.01 \ 1 \ 0.98 \ 0.96 \ 0.94 \ 0.92 \ 0.91 \ 0.90 \ 0.89 \ 0.88$
 $0.87 \ 0.86 \ 0.85 \ 0.84 \ 0.83 \ 0.82 \ 0.81 \ 0.805 \ 0.8 \ 0.79 \ 0.77 \ 0.76 \ 0.75 \ 0.749 \ 0.744 \ 0.74$
 $0.738 \ 0.735 \ 0.731 \ 0.73 \ 0.728 \ 0.725 \ 0.72 \ 0.718 \ 0.713 \ 0.71 \ 0.705 \ 0.7 \ 0.695 \ 0.693 \ 0.69$
 $0.685 \ 0.68 \ 0.675 \ 0.671 \ 0.67 \ 0.668 \ 0.665 \ 0.661 \ 0.66 \ 0.658 \ 0.653 \ 0.65 \ 0.649 \ 0.648$
 $0.647 \ 0.646 \ 0.645 \ 0.644 \ 0.643 \ 0.642 \ 0.641];$

$t_8 = [4.20 \ 4 \ 3.7 \ 3.5 \ 3.3 \ 3.15 \ 3 \ 2.9 \ 2.77 \ 2.63 \ 2.50 \ 2.48 \ 2.4 \ 2.3 \ 2.2 \ 2.15 \ 2.1 \ 2.02 \ 2 \ 1.92$
 $1.85 \ 1.83 \ 1.8 \ 1.77 \ 1.72 \ 1.7 \ 1.63 \ 1.61 \ 1.58 \ 1.53 \ 1.50 \ 1.48 \ 1.45 \ 1.43 \ 1.41 \ 1.40 \ 1.39$
 $1.37 \ 1.33 \ 1.31 \ 1.30 \ 1.28 \ 1.26 \ 1.24 \ 1.22 \ 1.20 \ 1.18 \ 1.16 \ 1.14 \ 1.12 \ 1.10 \ 1.09 \ 1.08 \ 1.07$
 $1.06 \ 1.05 \ 1.04 \ 1.03 \ 1.02 \ 1.01 \ 1 \ 0.99 \ 0.98 \ 0.97 \ 0.96 \ 0.95 \ 0.94 \ 0.93 \ 0.92 \ 0.91 \ 0.90$
 $0.89 \ 0.88 \ 0.87 \ 0.86 \ 0.85 \ 0.849 \ 0.847 \ 0.843 \ 0.842 \ 0.84 \ 0.838 \ 0.835 \ 0.832 \ 0.831 \ 0.83$
 $0.827 \ 0.825 \ 0.821 \ 0.820 \ 0.817 \ 0.813 \ 0.81 \ 0.807 \ 0.802 \ 0.8 \ 0.798 \ 0.796 \ 0.794 \ 0.792$
 $0.79 \ 0.787 \ 0.784 \ 0.781 \ 0.78];$

$t_9 = [4.75 \ 4.6 \ 4.4 \ 4.1 \ 3.9 \ 2.75 \ 2.66 \ 2.61 \ 2.58 \ 2.56 \ 2.50 \ 2.48 \ 2.47 \ 2.45 \ 2.4 \ 2.35 \ 2.3$
 $2.25 \ 2.2 \ 2.17 \ 2.15 \ 2.11 \ 2.1 \ 1.98 \ 1.9 \ 1.87 \ 1.83 \ 1.79 \ 1.77 \ 1.76 \ 1.75 \ 1.72 \ 1.7 \ 1.68 \ 1.62$
 $1.6 \ 1.58 \ 1.55 \ 1.53 \ 1.51 \ 1.50 \ 1.47 \ 1.41 \ 1.39 \ 1.37 \ 1.35 \ 1.31 \ 1.29 \ 1.27 \ 1.26 \ 1.25 \ 1.24$
 $1.22 \ 1.2 \ 1.18 \ 1.15 \ 1.14 \ 1.13 \ 1.12 \ 1.11 \ 1.1 \ 1.09 \ 1.08 \ 1.07 \ 1.06 \ 1.05 \ 1.04 \ 1.038 \ 1.035$
 $1.03 \ 1.027 \ 1.02 \ 1.01 \ 1.005 \ 1.002 \ 1 \ 0.995 \ 0.99 \ 0.987 \ 0.98 \ 0.975 \ 0.97 \ 0.962 \ 0.96$
 $0.953 \ 0.95 \ 0.948 \ 0.945 \ 0.942 \ 0.94 \ 0.938 \ 0.933 \ 0.93 \ 0.927 \ 0.923 \ 0.92 \ 0.918 \ 0.915$
 $0.913 \ 0.911 \ 0.91 \ 0.908 \ 0.904 \ 0.901 \ 0.9];$

```
t10=[5.40 5.22 4.95 4.6 4.35 4.2 4.1 3.9 3.48 3.42 3.3 3.2 3.1 3.02 2.9 2.8 2.72 2.6
2.52 2.48 2.45 2.41 2.4 2.3 2.25 2.2 2.19 2.13 2.1 2.06 2 1.99 1.97 1.965 1.95 1.92
1.87 1.85 1.82 1.78 1.75 1.72 1.69 1.63 1.6 1.58 1.53 1.5 1.48 1.47 1.45 1.43 1.41 1.4
1.38 1.35 1.34 1.33 1.32 1.31 1.3 1.29 1.28 1.27 1.26 1.25 1.24 1.23 1.22 1.21 1.20
1.19 1.18 1.17 1.16 1.15 1.148 1.14 1.133 1.13 1.123 1.12 1.117 1.11 1.105 1.1 1.097
1.09 1.083 1.08 1.077 1.07 1.064 1.06 1.053 1.05 1.045 1.04 1.033 1.03 1.027 1.02
1.011 1.01 1];
```

```
t11=[6.2 5.9 5.5 5.2 5 4.8 4.4 4.32 4.12 4 3.75 3.62 3.5 3.41 3.3 3.2 3.1 3 2.9 2.83 2.8
2.75 2.7 2.63 2.6 2.58 2.5 2.47 2.4 2.3 2.25 2.2 2.15 2.14 2.12 2.1 1.99 1.98 1.97 1.96
1.95 1.91 1.88 1.85 1.81 1.78 1.76 1.73 1.7 1.68 1.65 1.63 1.6 1.58 1.55 1.53 1.52
1.50 1.49 1.47 1.46 1.44 1.43 1.42 1.41 1.40 1.39 1.38 1.37 1.36 1.35 1.34 1.33 1.32
1.31 1.3 1.292 1.283 1.28 1.271 1.267 1.26 1.25 1.24 1.23 1.22 1.218 1.212 1.21
1.205 1.2 1.197 1.192 1.19 1.185 1.18 1.179 1.172 1.170 1.168 1.165 1.161 1.16
1.153 1.15];
```

```
t12=[7 6.8 6.4 6.05 5.8 5.5 5.2 4.9 4.6 4.3 4.25 4.17 4.05 3.85 3.73 3.6 3.4 3.33 3.2
3.15 3.1 3.07 3 2.93 2.9 2.85 2.8 2.72 2.7 2.63 2.6 2.58 2.52 2.5 2.47 2.44 2.4 2.33
2.3 2.21 2.20 2.17 2.12 2.1 2.03 2 1.98 1.95 1.92 1.89 1.85 1.84 1.82 1.8 1.77 1.75
1.74 1.73 1.72 1.7 1.69 1.65 1.62 1.59 1.57 1.55 1.54 1.53 1.52 1.51 1.5 1.49 1.48
1.47 1.46 1.45 1.445 1.44 1.432 1.43 1.427 1.42 1.413 1.41 1.403 1.4 1.395 1.39 1.38
1.37 1.36 1.35 1.34 1.33 1.325 1.32 1.318 1.312 1.31 1.303 1.3 1.292 1.29 1.287
1.28];
```

```
figure(1)
```

```
plot(i1,t1,i1,t2,i1,t3,i2,t4,i2,t5,i2,t6,i3,t7,i3,t8,i3,t9,i3,t10,i3,t11,i3,t12)
```

```
grid
```

```
xlabel('Zaman (sn)')
```

```
ylabel('Akım (A)')
```

```
drc=5;
```

```
d1=polyfit(i1,t1,drc);
```

```
d2=polyfit(i1,t2,drc);
```

```
d3=polyfit(i1,t3,drc);
```

```
d4=polyfit(i2,t4,drc);
```

```
d5=polyfit(i2,t5,drc);
```

```

d6=polyfit(i2,t6,drc);
d7=polyfit(i3,t7,drc);
d8=polyfit(i3,t8,drc);
d9=polyfit(i3,t9,drc);
d10=polyfit(i3,t10,drc);
d11=polyfit(i3,t11,drc);
d12=polyfit(i3,t12,drc);
j=1;
for i=0:1:20
    tt1(j)=d1(1)*i^5+d1(2)*i^4+d1(3)*i^3+d1(4)*i^2+d1(5)*i^1+d1(6)*i^0;
    tt2(j)=d2(1)*i^5+d2(2)*i^4+d2(3)*i^3+d2(4)*i^2+d2(5)*i^1+d2(6)*i^0;
    tt3(j)=d3(1)*i^5+d3(2)*i^4+d3(3)*i^3+d3(4)*i^2+d3(5)*i^1+d3(6)*i^0;
    tt4(j)=d4(1)*i^5+d4(2)*i^4+d4(3)*i^3+d4(4)*i^2+d4(5)*i^1+d4(6)*i^0;
    tt5(j)=d5(1)*i^5+d5(2)*i^4+d5(3)*i^3+d5(4)*i^2+d5(5)*i^1+d5(6)*i^0;
    tt6(j)=d6(1)*i^5+d6(2)*i^4+d6(3)*i^3+d6(4)*i^2+d6(5)*i^1+d6(6)*i^0;
    tt7(j)=d7(1)*i^5+d7(2)*i^4+d7(3)*i^3+d7(4)*i^2+d7(5)*i^1+d7(6)*i^0;
    tt8(j)=d8(1)*i^5+d8(2)*i^4+d8(3)*i^3+d8(4)*i^2+d8(5)*i^1+d8(6)*i^0;
    tt9(j)=d9(1)*i^5+d9(2)*i^4+d9(3)*i^3+d9(4)*i^2+d9(5)*i^1+d9(6)*i^0;
    tt10(j)=d10(1)*i^5+d10(2)*i^4+d10(3)*i^3+d10(4)*i^2+d10(5)*i^1+d10(6)*i^0;
    tt11(j)=d11(1)*i^5+d11(2)*i^4+d11(3)*i^3+d11(4)*i^2+d11(5)*i^1+d11(6)*i^0;
    tt12(j)=d12(1)*i^5+d12(2)*i^4+d12(3)*i^3+d12(4)*i^2+d12(5)*i^1+d12(6)*i^0;
    yy(j)=i;
    j=j+1;
end
figure(2)
plot(i1,t1,yy,tt1)
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Akım (A)')
plot(i1,t2,yy,tt2)
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Akım (A)')
plot(i1,t3,yy,tt3)

```

```
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Akım (A)')
plot(i2,t4,yy,tt4)
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Akım (A)')
plot(i2,t5,yy,tt5)
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Akım (A)')
plot(i2,t6,yy,tt6)
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Akım (A)')
plot(i3,t7,yy,tt7)
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Akım (A)')
plot(i3,t8,yy,tt8)
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Akım (A)')
plot(i3,t9,yy,tt9)
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Akım (A)')
plot(i3,t10,yy,tt10)
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Akım (A)')
plot(i3,t11,yy,tt11)
plot(i3,t12,yy,tt12)
grid
```

EK- 2

CO - 9 rölesi için yapılan program

```

unit Unit1;
interface
uses
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, ComCtrls;
type
TForm1 = class(TForm)
Edit1: TEdit;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
ComboBox1: TComboBox;
Label4: TLabel;
Button1: TButton;
ListBox1: TListBox;
ProgressBar1: TProgressBar;
GroupBox1: TGroupBox;
Label5: TLabel;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
private
{ Private declarations }
public
{ Public declarations }
end;
var
Form1: TForm1;
implementation
{$R *.DFM}

```

```

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var i:longint;
j:byte;
x,sure:real;
label son,
begin
GroupBox1.Visible:=false;
listbox1.Clear;
ListBox1.Items.Add(edit1.text+' A akım değeri '+ComboBox1.Text+' röle tipi için
hesaplanıyor...');
for j:=0 to 100 do
begin
for i:=0 to 150000 do begin end;
ProgressBar1.Position:=j;
end;
ListBox1.Items.Add('İçkiş değerin nominal değerine oranı hesaplanıyor...');
for j:=0 to 100 do
begin
for i:=0 to 150000 do begin end;
ProgressBar1.Position:=j;
end;
x:=strtfloat(edit1.text)/5;
ListBox1.Items.Add('Hesaplanan değer='+floattostr(x));
if (((ComboBox1.Text='D1') or (ComboBox1.Text='D2') or
(ComboBox1.Text='D3'))and (x<1.5)) then
begin
ListBox1.Items.Add('İçkiş değeri '+ComboBox1.text+' rölesi için normal . ');
goto son;
end;
if (((ComboBox1.Text='D4') or (ComboBox1.Text='D5') or
(ComboBox1.Text='D6')) and (x<2)) then
begin

```

```

ListBox1.Items.Add('İçikış değeri '+ComboBox1.text+' rölesi için normal...');
goto son;
end;
if (((ComboBox1.Text='D7') or (ComboBox1.Text='D8') or (ComboBox1.Text='D9')
or (ComboBox1.Text='D10') or (ComboBox1.Text='D11') or
(ComboBox1.Text='D12')) and (x<3)) then
begin
ListBox1.Items.Add('İçikış değeri '+ComboBox1.text+' rölesi için normal...');
goto son;
end;
ListBox1.Items.Add(ComboBox1.text+' rölesi için Açma Süresi Hesaplanıyor ');
if ComboBox1.text='D1' then
begin
sure:=(0-0.00002074)*x*x*x*x*x+0.0012*x*x*x*x-0.0270*x*x*x+0.2802*x*x-
1.3463*x+2.4671;
if x>=9 then sure:=0.005;
end;
if ComboBox1.text='D2' then
begin
sure:=(0-0.000047678)*x*x*x*x*x+0.0028*x*x*x*x-0.0624*x*x*x+0.6459*x*x-
3.0935*x+5.6705;
if x>=12 then sure:=0.10;
end;
if ComboBox1.text='D3' then
begin
sure:=(0-0.000095959)*x*x*x*x*x+0.0056*x*x*x*x-0.1255*x*x*x+1.3009*x*x-
6.2505*x+11.4408;
if x>=12 then sure:=0.20;
end;
if ComboBox1.text='D4' then
begin

```

```

sure:=(0-0.000059932)*x*x*x*x*x+0.0036*x*x*x*x-0.0846*x*x*x+0.9308*x*x-
4.8626*x+10.1698;
if x>=16 then sure:=0.30;
end;
if ComboBox1.text='D5' then
begin
sure:=(0-0.000079098)*x*x*x*x*x+0.0048*x*x*x*x-0.1124*x*x*x+1.2421*x*x-
6.5237*x+13.7429;
if x>=18 then sure:=0.42;
end;
if ComboBox1.text='D6' then
begin
sure:=(0-0.000074872)*x*x*x*x*x+0.0046*x*x*x*x-0.1101*x*x*x+1.2528*x*x-
6.8679*x+15.4395;
if x>=18 then sure:=0.50;
end;
if ComboBox1.text='D7' then
begin
sure:=(0-0.000038881)*x*x*x*x*x+0.0025*x*x*x*x-0.0634*x*x*x+0.7694*x*x-
4.5640*x+11.6174;
if x>=18 then sure:=0.65;
end;
if ComboBox1.text='D8' then
begin
sure:=(0-0.000048261)*x*x*x*x*x+0.0031*x*x*x*x-0.0769*x*x*x+0.9237*x*x-
5.4285*x+13.7593;
if x>=18 then sure:=0.78;
end;
if ComboBox1.text='D9' then
begin
sure:=(0-0.000060499)*x*x*x*x*x+0.0038*x*x*x*x-0.0920*x*x*x+1.0751*x*x-
6.1327*x+15.1446;

```

```

if x>=18 then sure:=0.92;
end;
if ComboBox1.text='D10' then
begin
sure:=(0-0.000062227)*x*x*x*x*x+0.0040*x*x*x*x-0.0987*x*x*x+1.1847*x*x-
6.9738*x+17.7779;
if x>=18 then sure:=1.00;
end;
if ComboBox1.text='D11' then
begin
sure:=(0-0.000067558)*x*x*x*x*x+0.0044*x*x*x*x-0.1088*x*x*x+1.3163*x*x-
7.8089*x+20.0362;
if x>=18 then sure:=1.15;
end;
if ComboBox1.text='D12' then
begin
sure:=(0-0.000086961)*x*x*x*x*x+0.0055*x*x*x*x-0.1367*x*x*x+1.6296*x*x-
9.5004*x+23.8296;
if x>=18 then sure:=1.28;
end;
ListBox1.Items.Add(ComboBox1.text+' rölesi için Açma Süresi= '+floattostr(sure));
GroupBox1.Visible:=true;
Label5.Caption:=floattostr(sure)+' saniye';
son:
end;
end.

```

EK- 3

Diferansiyel koruma rölesinin programı

```
unit difUnit1;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
```

```
StdCtrls, ExtCtrls;
```

```
Type
```

```
TForm1 = class(TForm)
```

```
Edit1: TEdit;
```

```
Label1: TLabel;
```

```
Edit2: TEdit;
```

```
Label2: TLabel;
```

```
Panel1: TPanel;
```

```
Label3: TLabel;
```

```
Label4: TLabel;
```

```
Panel2: TPanel;
```

```
Panel3: TPanel;
```

```
Label5: TLabel;
```

```
Label6: TLabel;
```

```
GroupBox1: TGroupBox;
```

```
Listbox1: TListBox;
```

```
RadioGroup1: TRadioGroup;
```

```
RadioButton1: TRadioButton;
```

```
RadioButton2: TRadioButton;
```

```
Timer1: TTimer;
```

```
Button1: TButton;
```

```
Button2: TButton;
```

```
procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
```

```
procedure Button1Click(Sender: TObject);
```

```
procedure Button2Click(Sender: TObject);
```

```

private
{ Private declarations }
public
{ Public declarations }
end;

```

```

var
Form1: TForm1;
coun:integer;
implementation
{$R *.DFM}
procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
var fark:real;
begin
coun:=coun+1;
if coun>9 then begin
coun:=0;
ListBox1.Clear;
end;

```

```

fark:=abs((strtofloat(edit1.text)-strtofloat(edit2.text)));
if fark>0.25 then
begin
RadioButton1.Checked:=true;
ListBox1.Items.add('Trafo Koruma Çalıştı:...'+DateToStr(date)+'--'+TimeToStr(time));
end;

```

```

if fark<0.25 then
begin
RadioButton2.Checked:=true;
ListBox1.Items.add('Trafo Normal:...'+DateToStr(date)+'--'+TimeToStr(time));

```

end;

end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);

begin

Timer1.Enabled:=true;

end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);

begin

Timer1.Enabled:=false;

end;

end.