

PLC YARDIMIYLA ORTA GERİLİM ENERJİ DAĞITIM TALİ HATLARINDA ARIZA
ANALİZİ

Şebnem TÜRE

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Yard. Doç. Dr. Yılmaz ASLAN

Haziran - 2005

KABUL VE ONAY SAYFASI

Şebnem TÜRE'nin YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "PLC YARDIMIYLA ORTA GERİLİM ENERJİ DAĞITIM TALİ HATLARINDA ARIZA ANALİZİ" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

...../...../.....

Üye :

Üye :

Üye :

Fen Bilimleri Enstitüsünün Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

PLC YARDIMIYLA ORTA GERİLİM ENERJİ DAĞITIM TALİ HATLARINDA ARIZA ANALİZİ

Şebnem TÜRE

Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2005

Tez Danışmanı : Yard.Doç.Dr. Yılmaz ASLAN

ÖZET

Bu çalışmada, havai enerji dağıtım hatlarında programlanabilir mantıksal kontrolör (Programmable Logic Controller ; PLC) ve Bileşenler Farkı yöntemi kullanılarak şönt arızalar tespit edilmiş ve transformatör merkezine olan mesafeleri hesaplanmıştır. Geliştirilen yöntemde tali hatlardan elde edilen akım bilgileri PLC kullanılarak gözlemlenmekte ve hat başında bulunan ana bilgisayar ile ekranlanmış (Shielded Twisted Pair ; STP) kablo yardımıyla devamlı haberleşme sağlanmaktadır. Geliştirilen yöntemde çeşitli arıza tipleri, arıza dirençleri ve hat sonu kaynak kapasiteleri için Electro-Magnetic Transients Benzetim Programı (EMTP) kullanılarak test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıza yeri bulma, Bileşenler Farkı Yöntemi, Enerji Dağıtım Hatları, Programlanabilir Mantıksal Kontrolör (PLC)

**A DIGITAL FAULT LOCATION AND MONITORING TECHNIQUE
USING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) FOR
OVERHEAD POWER DISTRIBUTION SYSTEMS**

Şebnem TÜRE

Electrical and Electronic Engineering, M. S. Thesis, 2005

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yılmaz ASLAN

SUMMARY

In this study, a digital fault location and monitoring technique using Programmable Logic Controller (PLC) for overhead power distribution lines is presented. This technique employs pre- and post-fault current and voltage information along with data from laterals. In this method a knowledge based algorithm is incorporated to the superimposed components based fault location and monitoring algorithm to locate shunt faults in radial power distribution lines with sub-feeders. By transferring current information from sub-feeders to the substation, through Shielded Twisted Pair (STP) cables the possibility of multiple fault point locations are eliminated. The effectiveness of this method is tested with Electro-magnetic Transients Program (EMTP) simulations.

Key Words: Fault Location, Programmable Logic Controllers, Power Distribution Feeders, Superimposed Components,

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmalarında yardımlarından ve değerli bilgilerinden istifade ettiğim kıymetli hocam ve tez danışmanım Sayın Yard. Doç. Dr Yılmaz ASLAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Kaynak araştırmalarında yardım aldığım Arçelik A.Ő. 'ye manevi desteklerini hissettiğim tüm dostlarıma, yüksek lisans derslerinde bilgilerinden faydalandığım tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanması sırasında, tüm hayatım boyunca desteklerini ve teşviklerini esirgemeyen anne ve babama şükranlarımı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ DAĞITIM TALİ HATLARINDA ARIZA ANALİZİ VE BİLEŞENLER FARKI YÖNTEMİ.....	5
2.1. Giriş	5
2.1.1. Ana ve tali hatlardan oluşmuş enerji dağıtım hattı	10
2.2. Bileşenler Farkı Yöntemi	11
2.2.1. Yöntemin 3 fazlı dağıtım hattına uygulanması	12
2.2.2. Admitans matrislerinin elde edilmesi	14
2.2.3. Tali hat başlarında akım ve gerilimler	18
2.3. Tali Hatlarda Arıza Bulma Algoritması	18
2.3.1. Akım ve gerilim fazörlerinin elde edilmesi ve arayüz hataları	19
2.3.2. Arıza oluş zamanı tespiti	21
2.4. Akım Sensörü	22
3. PLC'DE HAZIRLANAN PROGRAMIN TANITILMASI VE PLC İLE HABERLEŞME	23
3.1 Programlanabilir Mantıksal Kontrolör (PLC)	23
3.1.1. Temel yapısı	24
3.1.2. Ana birimleri	25
3.1.3. Çalışma biçimi	26
3.1.4. Programlama biçimleri	26
3.1.5. PLC'lerin uygulama alanları	27
3.2. Hazırlanan Programın Çalışma Mantığı	27
3.3. Haberleşme İle İlgili Temel Bilgiler	29
3.3.1. Veri iletim hatları	30
3.3.2. Asenkron ve senkron veri iletimi	30

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.4. PLC Ve Hazırlanan Programın Tanıtılması	31
3.4.1. PLC portunun kullanıma ayarlanması	32
3.4.2. PLC ile bilgisayar mesaj alım ve iletim kontrolü.....	34
3.4.3. Karşılaştırma programının hazırlanması	36
3.5. Visual Basic Programı İle Hazırlanan Arayüz	40
3.6. PLC İle Bilgisayarın Haberleşmesi	44
3.7. Haberleşme Topolojileri Ve Uygulamada Kullanılan Protokol	46
3.7.1. Fiziksel topoloji çeşitleri	46
3.7.2. Haberleşme protokolleri	48
4. ÖRNEK UYGULAMA	50
4.1. Ana Hattta Oluşturulan Arıza	50
4.2 Tali Hatlarda Oluşturulan Arıza	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR DİZİNİ	59

EKLER

Ek A. Uygulamada hazırlanan Visual Basic Programı

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Ana hat ve tali hatlardan oluşmuş OG dağıtım hattı	6
2.2. Arıza anında hat başından elde edilen gerilim dalga şekli	6
2.3. Arıza anında hat başından elde edilen akım dalga şekli	7
2.4. Ana hat ve tali hatta oluşan faz ‘a’-toprak arızası	7
2.5. 1. Tali hat başlangıç noktasında oluşturulan faz ‘a’-toprak arızası a) Gerilim Eğrisi b) Akım Eğrisi	8
2.6. 1. Tali hatta oluşturulan faz ‘a’-toprak arızası a) Gerilim Eğrisi b) Akım Eğrisi	9
2.7. OG Enerji dağıtım tali hattına bağlı tali hat başlarındaki akım sensörleri	10
2.8. Arızalı sistem modelinin arıza öncesi ve bileşenler farkı devrelerine ayrıştırılması .	11
2.9. Üç fazlı arızalı (faz ‘a’-toprak) dağıtım hattı modeli	13
2.10. Hatta gerilim farklarının uygulanması	14
2.11. Radyal enerji dağıtım hattı	15
2.12. Tali hat modeli	15
2.13. $[Y_{ER}]$ ve $[Y_{ES}]$ matrislerinin elde edilmesi	16
2.14. 6.3 kV’luk arızalı enerji dağıtım hattı a) Gerilim Eğrisi b) Akım Eğrisi	19
2.15. DAK tarafından elde edilen akım ve gerilim fazörleri	20
2.16. Arıza oluş zamanı tespiti	21
2.17. Akım sensörü blok diyagramı	22
3.1. Programlanabilir Mantıksal Kontrolör (PLC)	23
3.2. Bir PLC’nin iç yapısı	24
3.3. S7-200 Mikro PLC	28
3.4. EM231 Analog Genişleme Modülü	28
3.5. PLC’nin iletişim port kullanımının ayarlanması	34
3.6. Mesaj alım interrupt’ının programlanması	35
3.7. Zaman kontrol interrupt’ının programlanması ve gönderimbitti interrupt programı.	36
3.8. PLC’nin analog giriş değerlerinin adreslenmesi	37
3.9. Analog giriş değerlerinin PLC’de ayrı olarak hesaplanması	38
3.10. Bilgisayardan girilen eşik değerlerinin PLC’ye aktarılması	39

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.11. Arıza tespiti için karşılaştırma programı	40
3.12. Enerji dağıtım hat modelinin bilgisayar ortamında şematik gösterimi	
a) 2. tali hatta oluşan arıza	42
b) 1. ve 4. tali hatta oluşan arıza	43
3.14. A.T ve PLC'nin tali hatlardaki şematik gösterimi	45
3.15. PC/PPI Kablosu	45
3.16. STP Kablo	46
3.17. LAN Topolojileri	47
3.18. NNI iletişim ağı	49
4.1. EMTP OG dağıtım hattı modeli	50
4.2. Faz 'a'-toprak arızası	
a) $R_A = 2\Omega$	
b) $R_A = 50\Omega$	51
4.3. Arıza direnci $R_A = 2\Omega$ için arıza yok akımları değişimi	
a) Faz 'a'-'b' arızası	
b) Faz 'a'-'b'-toprak arızası	52
4.4. 34.5 kV Enerji dağıtım sistemi	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 3 numaralı bağlantı noktasında oluşan arızalar için ölçülen ve hesaplanan arıza akımları	53
4.2. 3 numaralı bağlantı noktasında oluşan arızalar için hassasiyet analizi	53
4.3. 1 numaralı tali hatta meydana gelen şönt arızalar için gerçek hesaplanan arıza yerleri (hat sonu kaynak yok)	54
4.4. 2 numaralı tali hatta meydana gelen şönt arızalar için gerçek hesaplanan arıza yerleri.....	55
4.5. 3 numaralı tali hatta meydana gelen şönt arızalar için gerçek hesaplanan arıza yerleri.....	55
4.6. 3 numaralı tali hatta meydana gelen şönt arızalar için gerçek hesaplanan arıza yerleri (hat sonu kaynak SCL 10 MVA)	56
4.7. 3 numaralı tali hatta meydana gelen şönt arızalar için gerçek hesaplanan arıza yerleri (hat sonu kaynak SCL 100 MVA)	56

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A	Arıza noktası
I_j	Ana hattın j. kısmından akan akım
I_{Li}	yük akımı
I_P	Hat başından elde edilen akım fazörü
$I_{Pön}$	P ucundan (hat başından) kaydedilen arıza öncesi akım fazörü
I_{Pson}	Arıza sırasında kaydedilen akım fazörü
$I_{Pa,b,c}$	3 fazlı dağıtım hattında P ucunda kaydedilen akım fazörü
I_{Ti}	i. tali hattın akımı
$I'_{Aa,b,c}$	3 fazlı dağıtım hattında arıza noktasına uygulanan gerilimler farkı
I'_P	P ucunda ki (hat başındaki) akım farkı
$I'_{Pa,b,c}$	Arıza noktasından P noktasına akan akım farkı
$I'_{Qa,b,c}$	Arıza noktasından Q ucuna akan fark akımları
L	Kilometre olarak hattın uzunluğu
l_i	Tali hattın uzunluğu
P	Hat başındaki akım ve gerilim fazör değerlerinin okunduğu nokta
R_A	Omik arıza direnci
U	Birim matris
V_P	Hat başından elde edilen gerim fazörü
$V_{Pön}$	P ucundan (hat başından) kaydedilen arıza öncesi gerilim fazörü
V_{Pson}	Arıza sırasında kaydedilen gerilim fazörü
$V_{Pa,b,c}$	3 fazlı dağıtım hattında P ucunda kaydedilen gerilim fazörü
V'_A	Arıza noktasındaki gerilimler farkı
$V'_{Aön}$	Arıza noktasındaki arıza öncesi gerilim fazörü
V'_{Ason}	Arıza noktasındaki arıza sonrası gerilim fazörü
$V'_{Aa,b,c}$	3 fazlı dağıtım hattında arıza noktasına uygulanan gerilimler farkı
V'_P	P ucunda ki (hat başındaki) gerilim farkı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
V_{Ti}	<i>i.</i> tali hat bağlantı noktasındaki gerilim
V_{Li}	<i>i.</i> tali hattına bağlı yükün gerilimi
$[Y_{Ei}]$	<i>i.</i> tali hattın ana hat bağlantı noktasından görünen admitans matrisi
$[Y_{ER}]$	Hat sonu kaynak noktasından (Q noktasından) görünen admitans matrisi
$[Y_{ES}]$	Hat başı kaynak noktasından (P noktasından) görünen admitans matrisi
$[Y_{ERi}]$	<i>i.</i> tali hat bağlantı noktasından hat sonuna doğru görülen empedans
Y_{Li}	Tali yüke ait admitans matrisi
$[Y_{SR}]$	Hat sonu kaynak admitans matrisi
$[Y_{SS}]$	Hat başı kaynak admitans matrisi
$[Y_{Ti}]^{-1}$	<i>i.</i> tali hattın empedans matrisi (Ω /birim uzunluk)
Z_j	İki tali hat arasında kalan ana hattın empedans matrisi
Z_L	Hat empedansı
Z_{SP}	P ucu kaynak empedansı
Z_{SQ}	Q ucu kaynak empedansı
Z_{Ti}	<i>i.</i> tali hattın empedans matrisi (Ω /birim uzunluk)
$[Z_{abc}]$	Hat birim empedans matrisi (ohm/kilometre)
$[Z_{SR}]$	Hat sonu kaynak empedans matrisi
$[Z_{SS}]$	Hat başı kaynak empedans matrisi
Q	Hat sonu kaynak noktası
α	Arıza noktasının P noktasına olan uzaklığı
β	Varsayılan arıza noktasının P ucuna mesafesi (kilometre)
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
ADC	Analog Dijital Devirici

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

Kısaltmalar	Açıklamalar
ASCII	Amerikan Standart Kodu
AT	Akım Transformatörü
CPU	Merkezi İşlem Birimi
ÇNI	Çok noktalı iletişim
DAK	Dijital Arıza Kaydedici
DP	Dağıtılmış Giriş/Çıkışlar
GT	Gerilim Transformatörü
LAN	Yerel Alan Ağı
LSB	İlk gönderilen bit
MSB	Son gönderilen bit
MVA	Megavolt Amper
NNI	Noktadan noktaya iletişim
OG	Orta Gerilim
PC	Kişisel Bilgisayar
PLC	Programlanabilir mantıksal kontrolör
RAM	Rasgele erişimli bellek
RCV	Mesaj Alım Fonksiyonu
ROM	Salt okunur bellek
SMB	Özel Hafıza Biti
STP	Kaplamalı Dolanmış Çift

1.GİRİŞ

Orta gerilim (OG) havai enerji dağıtım hatları, elektrik enerjisinin üretim merkezinden tüketicilere ulaştırılmasında önemli bir işleve sahiptirler. OG hatları, ana hat ve bu hatta bağlı tali hatlardan meydana geldikleri için enerji iletim hatlarına göre daha çok karmaşık bir yapıya sahiptir. Dağıtım hatlarının sonunda kojenerasyon bulunması, hattan çekilen enerjinin günün belli saatlerine göre değişiklik göstermesi, hat konfigürasyonunun ana ve tali hatlar için farklı olması arıza akımlarının hesaplanmasını daha da karmaşık hale getirmektedir [6].

Dağıtım hatlarında meydana gelen arızalar şönt ve açık devre olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Açık devre arızalar, hattın kopması sonucunda meydana gelirler. Şönt arızalar ise faz-toprak, faz-faz ve faz-faz-toprak kısa devre sonucu oluşurlar. Bu hatlarda yapılan ölçümler şönt arızaların 2-3 günde bir meydana geldiğini göstermektedir. Şönt arızaların yaklaşık olarak %75'ini faz-toprak arızaları oluşturmaktadır [11].

Enerji dağıtım hatlarında arıza tespiti konusunda yapılan çalışmalar oldukça fazla ihtiyaç olmasına rağmen yetersiz kalmıştır. Bununla beraber dağıtım hattında arızaların yerinin bulunması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Arıza yeri bulma teknikleri, hareketli dalgalar ve yüksek frekans bileşenlerine dayanan arıza yeri bulma tekniği, temel frekans akımlara ve voltajlara dayanan arıza yeri bulma tekniği ve bilgi tabanlı yaklaşımlara dayanan arıza yeri bulma tekniği olmak üzere üç kategoride incelenebilir. Bu yöntemlerden bazıları aşağıda özet olarak verilmektedir [31].

Clarke ve Horn yeni bir sensör kullanarak havai enerji dağıtım hatlarında yönsel arıza yeri tespiti yapmışlardır. Havai enerji dağıtım hattında her direğe monte edilen sensör kullanılarak, her bir fazdan elde edilen akım ve gerilim bilgileri ile çalışmışlardır. Uygulama için geliştirilen sensörde, hem akım hem gerilim ölçümleri için faz başına sadece bir yüksek gerilim arabirimi gerektirmektedir. Sinyaller, alüminyum bir kutuyla kaplanmış sensörden ekranlanmış bir kablo ile direk üzerine monte edilen temel mantık devrelerine gönderilir. Elde edilen gerilim ve akım vektörleri arasındaki faz açısının ölçümüyle arızanın yönü tespit edilir. Sensörler belirli aralıklarda direkler üzerine yerleştirilmiştir. Yerleştirilen sensörler 12kV ile 36kV arasındaki gerilimlerde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak, sensörler düzenli aralıklarla dağıtım hattının başından sonuna kadar yerleştirileceğinden, monte etme maliyetleri oldukça yüksektir. Diğer bir dezavantajı ise arızanın meydana gelmesinden sonra arızalı noktayı tespit etmek için sensör birimlerini incelemek için bir ekip gönderilerek arıza yerinin

tespit edilmesi gereklidir. Buda enerji şirketleri için arıza tespitinde ilave maliyet ve zaman kaybına neden olmaktadır [7].

El-Hami, Lai, Daruvvalla, Johns çalışmalarında 11 kV dağıtım sistemleri üzerinde arızaların yerini bulmaya çalışmışlardır. Bu teknikte güç frekans bileşenlerinden daha ziyade yüksek frekans bileşenleri kullanılmıştır. Bunlar arıza tarafından hatta uygulanan ve hat boyunca her iki yönde ve arıza noktasından her iki yöne doğru yayılan dalgalardır. Arıza yeri bulucular, yönsel arıza tespiti için arızanın oluşturduğu yüksek frekans bileşenlerini gözlemek için dağıtım hattı boyunca uygun ve düzenli aralıklarla yerleştirilirler. Bu teknikte hat tıkaçları ve filtreler kullanılarak arızanın oluşturduğu belirli bandın üzerindeki yüksek frekans bileşenleri elde edilerek arızanın yönü tespit edilmektedir. Bu metot karmaşıktır ve özellikle ayarlanmış filtreler gerektirir. Bununla birlikte yönsel arıza yer bulucuları, gözlü dağıtım şebekelerinde yararlı olmasına rağmen uzun radyal dağıtım hatlarında ilk kurulum maliyetleri oldukça yüksek olacaktır [9 ve 19].

Girgis tarafından geliştirilen yöntemde, yerel enerji dağıtım hatlarında görünür empedansa dayanarak arıza yeri tespiti yapılmıştır. Bu teknik görünür empedansın genel kavramı üzerine dayanır. Akım ve gerilim bilgileri, tek noktada sağlanır. Bu teknikte ana hatta bağlı olan tali hatlar da dikkate alınarak akım ve gerilim değerleri her tali hat noktası için hesaplanmaktadır. Aslında bu metot, arıza tipinin sınıflandırılmasına dayanır. Gerilim-akım çifti arıza bilgisinden görünen empedansı hesaplamak için seçilir. Bu metot arızalı faz ve arıza tipine göre seçilmiş gerilimin akıma oranı olan görünen empedansa dayanır. Buradan bulunan empedans ölçüm yeri ile arıza noktasının arasındaki mesafeyi vermektedir. Bu teknikte Elektromagnetic Transients Simülasyon Programı (EMTP) kullanılarak oldukça iyi sonuçlar elde edilmesine karşılık, hat sonuna bağlanması olası kojenerasyon kaynak, ölçüm hataları, arayüz hataları gibi hatalar dikkate alınmamıştır [10].

Zhu, Lubkeman ve Girgis çalışmalarında, hat başında ölçülen temel frekanstaki gerilim ve akım örneklerine dayanan dijital arıza yeri bulma ve teşhis tekniği geliştirmişlerdir. Bu teknikte radyal sistemler için tali hatlar hesaplamada dikkate alınmıştır. Arıza yeri bulma algoritması, kararlı durum (steady-state) arıza koşulunu tanımlayan denklemlere tekrarlı çözüm üzerine dayanır. Bu algoritmada, radyal enerji dağıtım sistemi için iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bilgisayar benzetimlerinde, dinamik yüklerin varlığı ve hat sonu besleme kaynağın etkileri dikkate alınmamıştır [31].

Das, Sachdev, Sidhu çalışmalarında, radyal enerji dağıtım hatlarında şönt arızaları hesaplamak için çeşitli teknikler geliştirmişlerdir. Bu metotta, hat başından ölçülen gerilim ve

akımların temel bileşenleri kullanılmaktadır. Bu teknikte homojen olmayan hat yapısı, kapasitör yükleri ve dinamik yükler dikkate alınmıştır. Bir arıza tespit edildiğinde, güç frekansındaki arıza öncesi gerilim ve akım fazörleri hat başında kaydedilir. Arıza anında ve öncesinde terminalde sıra gerilimleri ve akımları hesaplanarak arızanın tipi belirlenir. Yükler dikkate alınarak, arızanın tam olarak yeri öteleme yoluyla hesaplanmaktadır. Bu teknikte hat sonuna bağlı kojenerasyon kaynağın varlığı, yük tahmin hataları, arayüz ve kuantalamadan kaynaklanan hatalar dikkate alınmamıştır. Yapılan testlerde, 5Ω ile 25Ω arasındaki arıza dirençleri için tatminkar sonuçlar elde edilmesine rağmen daha yüksek dirençlerde oluşacak arızalar irdelenmemiştir [8].

Kakimoto, et al., dağıtım sistemlerinde arıza yeri bulma ve bu bölgeyi izole etme konulu bir çalışma yapmışlardır. Bu teknik ile, faz-toprak arızalar her bir direkte kullanılan ve topraklama iletkeni üzerinden bağlanan bir sensör ile tespit edilir. Hatta optik kablo kullanılmasıyla arıza anında tüm sistemin enerjisini kesmeden arızalı hat izole edilmektedir. Bu teknik faz-toprak arızaları kapsamaktadır. Bunun dışında her bir direkte akım sensörünün kullanılması ve direkler ile istasyon arasına haberleşmede fiber optik kablonun kullanılmasından dolayı maliyetleri yüksektir [21].

Tenschert çalışmasında karmaşık dağıtım sistemleri üzerinde arızaların yerini tespit etmek için bir teknik geliştirmiştir. Bu tip sistemler havai hatları ve yer altı kablolarından oluşmaktadır. Bu teknikte dijital mesafe röleleri ve empedans hesabı ile arıza yeri bulunmaktadır. Bununla birlikte arıza ark direnci, dağıtım hatlarının lineer olmayan yapısı, dağıtım hatları üzerindeki hat sonu kaynağın varlığı arıza yerini bulmada hataya neden olmaktadır. Bu teknik ile, radyal şebekelerde arıza ark direnci tarafından oluşan hata sadece arıza empedansının ölçülen reaktansın hesaplanmasıyla ortadan kaldırılır. Elde edilen reaktans tablosu hat boyunca oluşturulur ve bilgisayarda saklanır. Bilgisayar, ekran üzerinde mümkün olan arıza yerlerini ve tüm hat parçalarını bir listeden seçer. Röle tarafından ölçülen reaktans eğer hat sonunda ve başlangıcındaki reaktans arasında yer alıyorsa, bu kısım olası arıza noktasını göstermektedir. Uygulanan metot hat sonu kaynağın olmadığı radyal sistemlerde sınırlıdır. Bunun dışında teknikte sadece arıza sonrası gerilim ve akımlar kullanılır ve yük bağlantı noktalarının etkileri hesaba katılmaz. Geliştirilen metotta yüksek kapasiteli yüklerin varlığı yüksek hatalara sebep olmasından dolayı hesaba katılmamıştır [29].

Aslan, yaptığı doktora tezinde Bileşenler Farkı Yöntemi kullanarak OG havai enerji dağıtım hatlarında oluşabilecek şönt arızalar ve arıza yerlerini tespit etmiştir. Dijital röle akım ve gerilim verileri kullanarak arıza oluş zamanı, arıza tipi ve arıza noktasındaki arıza yol

akımlarının hesaplanmasını göstermiştir. Hesaplamalarda elde edilen sonuçları EMTP benzetim programı kullanarak gerçekleştirilen enerji dağıtım hattından okunan değerlerle karşılaştırmıştır. Çalışmasında elde ettiği sonuçlarla yöntemin enerji dağıtım hatlarında etkili bir şekilde kullanılabilirliğinden bahsetmiştir [1 ve 3].

Yapılan çalışmada, ilk önce arıza yerini bulmak için kullanılan hesaplamalardan, enerji dağıtım tali hatlarında arıza analizi ve Bileşenler Farkı Yönteminden bahsedilmiştir. Tezin üçüncü kısmında akım sensörü algoritmasının PLC'ye uygulanması anlatılmış ve PLC de hazırlanan program tanıtılmıştır. Daha sonra bilgisayar ile PLC arasındaki haberleşme sistemleri alt başlıklar halinde anlatılarak PLC'deki giriş değerlerinin görselliğe dayandırılması için hazırlanan Visual Basic (VB) bilgisayar programıyla tespit edilmiştir.

Dördüncü bölümde, elde edilen örnek uygulama sonuçları verilmiştir. Beşinci bölümde ise, sonuç ve önerilerden bahsedilmiştir.

2. ENERJİ DAĞITIM TALİ HATLARINDA ARIZA ANALİZİ VE BİLEŞENLER FARKI YÖNTEMİ

2.1.Giriş

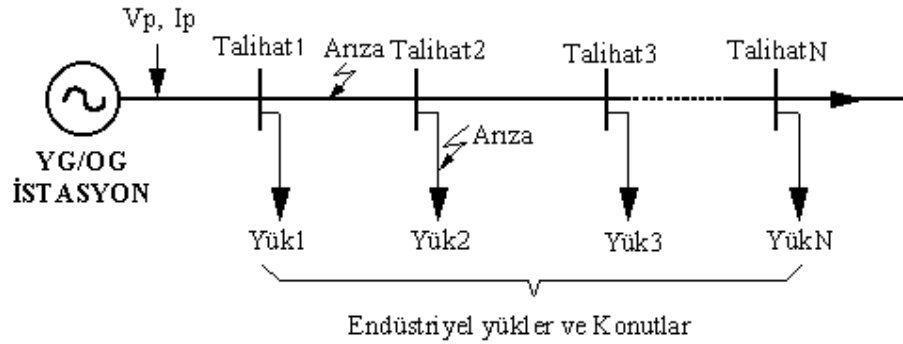
Enerji dağıtım sistemleri ana dağıtım hattı ve bu hatta bağlı tali hatlardan oluşmaktadır. OG enerji dağıtım sistemleri, fiziksel yapı itibariyle enerji iletim hatlarına göre önemli farklılıklar göstermektedir. Özellikle dağıtım hattına bağlı çok sayıdaki tali hatların varlığı, dağıtım hatlarını daha kompleks bir yapıya sokmaktadır.

Havai enerji dağıtım hatlarında klasik arıza yeri tespiti, arızalı hattın bir ekip tarafından kontrol edilmesi, uzun dağıtım hatlarında ise araç veya helikopter yardımıyla hattın gözle incelenmesi şeklinde yapılmaktadır. Bu yöntemde daimi şönt arızalar tespit edilmekte fakat geçici arızalar anlaşılmamaktadır. Son yıllarda ilerleyen teknoloji ile birlikte enerji dağıtım hatlarında oluşabilecek geçici veya daimi şönt arızaların kısa sürede test edilip arıza yerinin belirlenmesi giderek önem kazanmaktadır. Dağıtım hatlarında oluşabilecek çok kısa süreli kesintiler bile hassas elektronik sistemlerde bile çeşitli arıza ve aksaklıklara, endüstride ise zaman ve işgücü kaybına yol açmaktadır [32].

Hatta bir arıza meydana geldiğinde, hatlarda kesici devreyi açar ve zaman gecikmesi ile kapatır. Eğer arıza bu işlemle temizlenirse sistem normal çalışmasına devam eder. Arızanın sürmesi durumunda birkaç kez yapılan açma-kapama işleminden sonra kesici devreyi açar ve arıza giderilene kadar kilitlet. Meydana gelen arızalar 30-50 milisaniyeden kısa süreli ise herhangi bir devre kesici operasyonuna yol açmazlar [10].

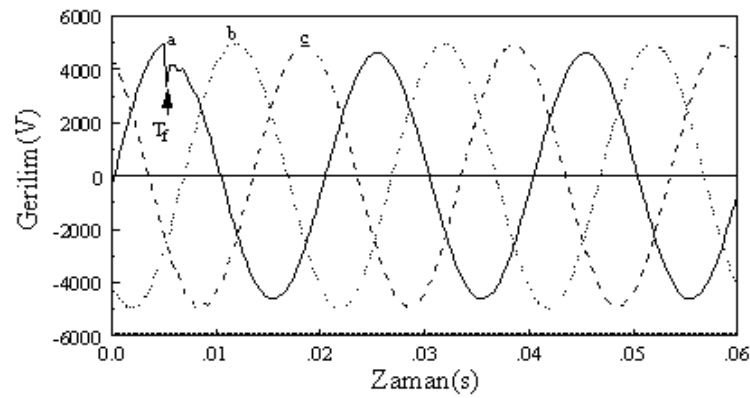
OG dağıtım hatlarında, gerilim regülasyonu ve güç kompanzasyonu için kapasitörlerin kullanımı ve harmonik üreten doğrusal olmayan yüklerin varlığı rezonansa sebep olabilir. Buna bağlı olarak akım ve gerilim dalga şekilleri bozulabilir. Dağıtım sisteminin otomasyonunda bu faktörlerin göz önünde tutulması gerekir [8 ve 10].

Şekil 2.1'de endüstriyel yük veya konutlara ayrılmış bölgelerin oluşturduğu tali hatlardan ve ana hattan oluşmuş OG dağıtım hattı gösterilmiştir. Şekilde V_p ve I_p hat başından elde edilen gerilim ve akım değerlerini göstermektedir. Şekilde ana hatta veya tali hatların herhangi birinde arızalar oluşturularak elde edilen gerilim ve akım dalga şekilleri sırasıyla Şekil 2.2. ve Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Bu şekiller 6.3 kV OG enerji dağıtım hattından elde edilmiştir.



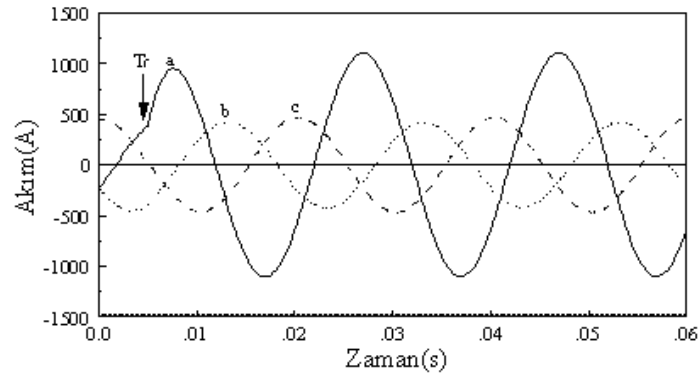
Şekil 2.1. Ana ve tali hatlardan oluşmuş OG dağıtım hattı

Şekil 2.2'deki gerilim dalga şeklinde faz 'a'-toprak arızasından dolayı geriliminde bir düşme meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 2.2. Arıza anında hat başından elde edilen gerilim dalga şekli

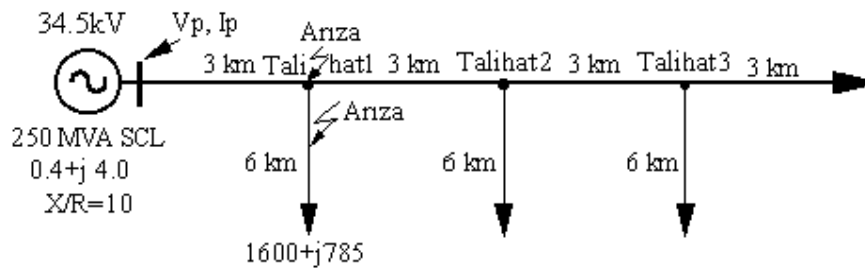
Şekil 2.3'de aynı arıza için akım dalga şekli verilmektedir. Hatta arıza meydana geldiğinde faz açısında bir kayma oluşmuş ayrıca arıza oluştuğundan sonra akım değerinde yükselme meydana gelmiştir.



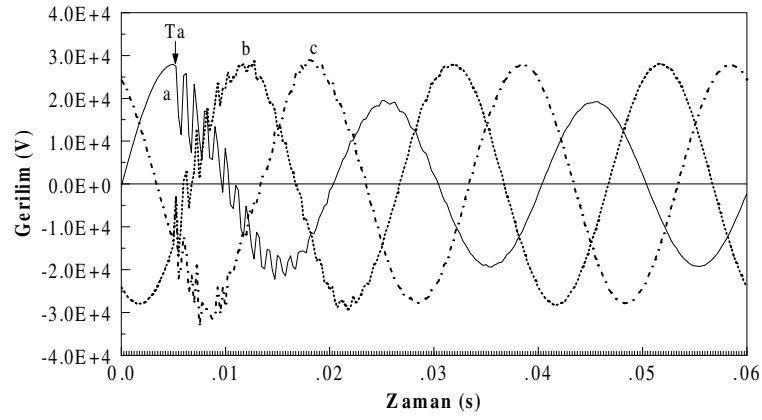
Şekil 2.3. Arıza anında hat başından elde edilen akım dalga şekli

Ana hatta oluşan şönt arızaların yerleri çeşitli arıza yeri tespit yöntemleri ile bulunmaktadır [7,8,9,10,19,21,29,31,32]. Dağıtım sistemlerinde genellikle hat sonu ve hat başından alınan akım ve gerilim bilgilerine dayanılarak geliştirilen arıza yeri bulma teknikleri güvenilir ve hassas sonuçlar vermektedir. Fakat bu durumda hat başından ve sonundan elde edilen verilerin haberleşme kanalları yardımıyla bir araya getirilmesi gerekmektedir.

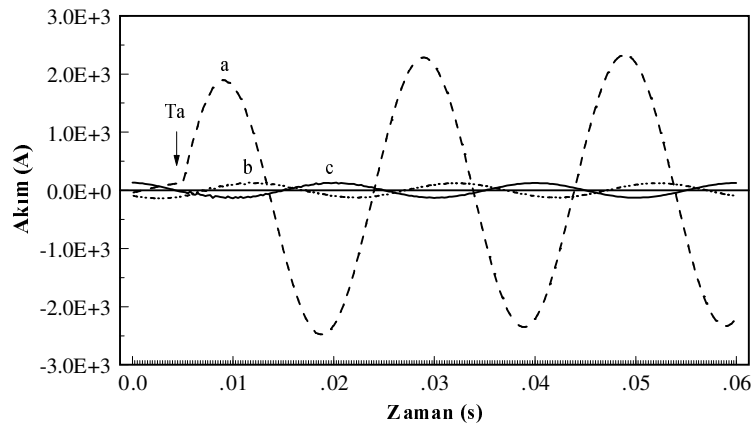
Şekil 2.4'te görülen 34.5 kV'luk OG enerji dağıtım hattı EMTP benzetim programı kullanılarak modellenmiştir. Şekilde görüldüğü gibi 1. tali hat başlangıç noktasında ve tali hat yük noktasında faz 'a'-toprak arızası oluşturulmuştur. Buna bağlı olarak şekil 2.5'te arıza anında hem ana hem de tali hatta elde edilen akım ve gerilim dalga şekilleri gösterilmiştir. Ana hat ve tali hatta oluşturulan akım ve gerilim dalga şekillerine bakıldığında oluşan arızanın ana hat veya tali hatta olduğunun anlaşılması oldukça zordur.



Şekil 2.4. Ana hat ve tali hatta oluşan faz 'a'-toprak arızası



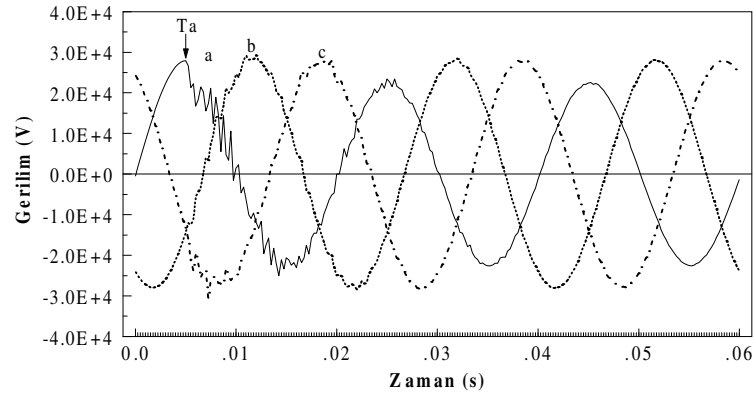
(a)



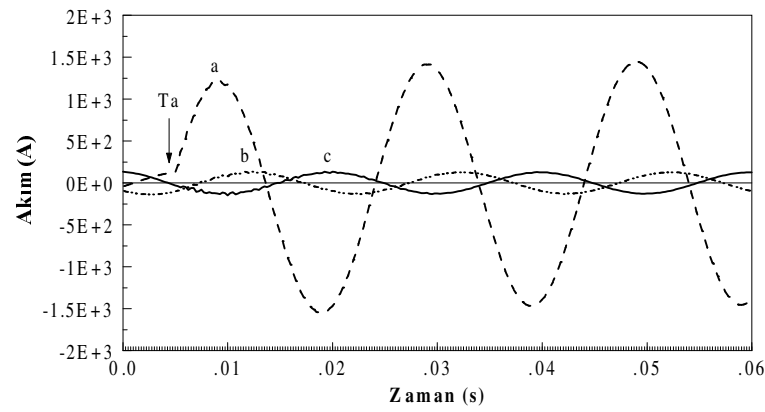
(b)

Şekil 2.5. 1.tali hat başlangıç noktasında oluşturulan faz 'a'-toprak arızası

a) Gerilim Eğrisi b) Akım Eğrisi



(a)



(b)

Şekil 2.6. 1. Tali hatta oluşturulan faz 'a'-toprak arızası

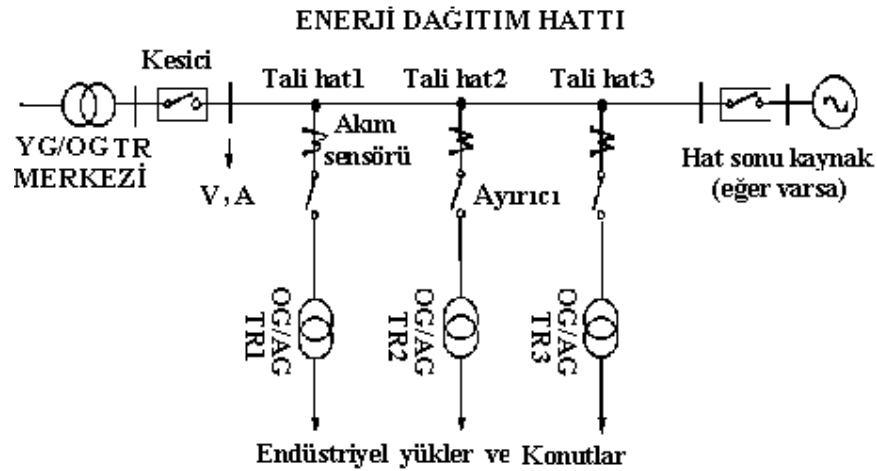
a) Gerilim eğrisi b) Akım eğrisi

Tek noktadan ölçülen akım ve gerilim bilgisini kullanarak geliştirilen ve empedans ölçümüne dayanan arıza bulma yöntemlerinde enerji dağıtım hatlarındaki tali hatlarda oluşan şönt arızaların tespitinde görünür empedansa dayalı tespit yöntemlerinin oluşturduğu empedanslar dağıtım sistemlerinde birden fazla noktaya denk gelebilmektedir. Bu durumda tali hatlara bağlı sigorta ve tekrar kapayıcı gibi elemanların dağıtım karakteristikleri incelenerek tali hatlarda oluşan arızaların yeri tespit edilebilir. Ancak enerji hatlarının yer altı kablosu ile havai hatlardan oluşması, tekrar kapayıcı kullanılmaması, kullanılan sınırlı sayıda sigorta ve koruma elemanı karakteristiklerinin birbirine yakın veya aynı olması tali hatlarda oluşacak arızaların

saptanmasını iyice zorlaştırmaktadır. Bu durumda arızanın ana veya tali hatta olduğunu belirlemek için bir sensör kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir [4]

2.1.1. Ana ve tali hatlardan oluşmuş enerji dağıtım hattı

Şekil 2.7’de ana ve tali hatlardan oluşan enerji dağıtım hattındaki tali hat başlarına yerleştirilen akım sensörleri gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tali hatların başlarında bulunan akım sensörleri yardımıyla arızalı olan tali hat bulunur ve o anki akım ve gerilim örnekleri Dijital Arıza Kaydedici (DAK) tarafından kaydedilir. Bu değerler kullanılarak arızalı tali hattın başındaki akım ve gerilim fazörleri hesaplanır. Hattın sonunda herhangi bir kaynak bulunması durumunda hattın sonundaki kesiciye ani açtırma yaptırılarak hat sonu kaynak akımının etkisi ortadan kaldırılmıştır. Arızalı tali hat başındaki akım ve gerilim fazörlerine *Bileşenler Farkı Yöntemi* uygulanarak tali hatta arızanın yeri bulunur. Bu metot ile arıza yeri tespiti hesabında, arıza öncesi yük akımlarından kaynaklanan hatalar yok edilmiştir [3,20 ve 26].

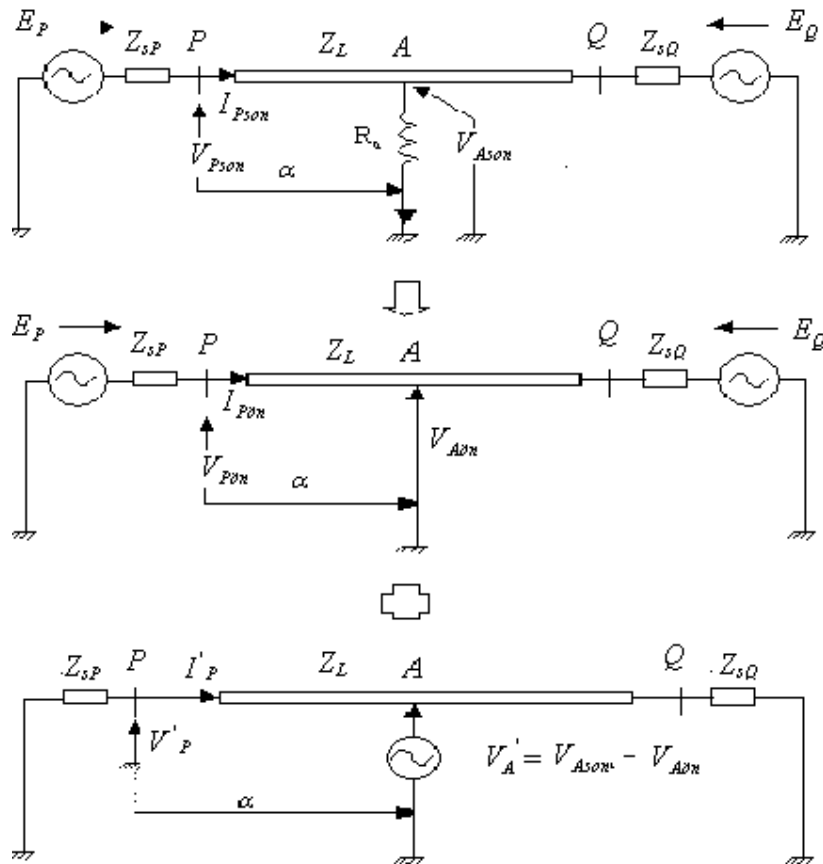


Şekil 2.7. OG enerji dağıtım hattına bağlı tali hat başlarındaki akım sensörleri

Bu çalışmada, ana ve tali hatlardan oluşan bir radyal enerji dağıtım hattındaki tali hatlarda meydana gelen şönt arızaların yerlerinin tespiti hedeflenmiştir. Tali hatlardaki arızayı tespit edebilmek için akım sensörü yerine PLC kullanılmıştır. Bileşenler Farkı Yöntemi kullanılarak Orta Gerilim (OG) havai enerji dağıtım hatlarında oluşabilecek arızaların analizi yapılmıştır.

2.2. Bileşenler Farkı Yöntemi

Bileşenler farkı yöntemini daha iyi açıklayabilmek için Şekil 2.1' de tali hat ve yüklerin ihmal edildiği bir dağıtım hattının modeli verilmiştir. Bu modelde hat sonunda bulunması olası kojenerasyon kaynağı da dikkate alınmıştır. Dağıtım sistemini sadeleştirmek için modelde tali hatlar ve yükler ihmal edilmiştir. Arızalı dağıtım sistemine süperpozisyon prensibi uygulanmış ve *arıza öncesi bileşenler* ile kaynakların kısa devre edildiği *bileşenler farkı devresi* olmak üzere iki devreye ayrılmıştır. Şekil 2.8' de, A arıza noktasını, α arıza noktasının P ucuna uzaklığını, Z_L hat empedansını, R_a omik arıza direncini, Z_{sP} P ucu; Z_{sQ} ise Q ucu kaynak empedanslarını göstermektedir. Arıza akımları hesabında, bileşenler farkı kullanılarak, arıza öncesi yük akımlarından kaynaklanan hatalar yok edilmiştir [2,3,20 ve 23].



Şekil2.8 Arızalı sistem modelinin arıza öncesi ve bileşen farkı devrelerine ayrıştırılması [17].

Ölçümler tek noktadan (P ucundan) yapılarak akım ve gerilim fazörleri elde edilmektedir. Bu arada V_{Pson} ve $I_{Pön}$ P ucundan kaydedilen arıza öncesi gerilim ve akım fazörleri, V_{Pson} ve I_{Pson} ise arıza sırasında kaydedilen (kesici operasyonundan hemen önce) gerilim ve akım fazörleridir. P ucundaki gerilim ve akım farkı V'_P ve I'_P ise;

$$V'_P = V_{Pson} - V_{Pson} \quad (2.1)$$

ve

$$I'_P = I_{Pson} - I_{Pön} \quad (2.2)$$

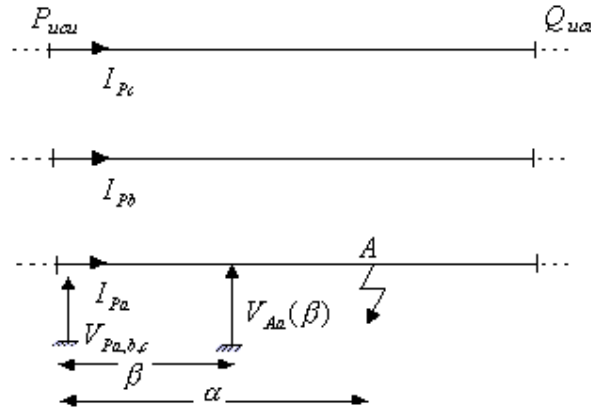
olarak hesaplanabilir. Şekil 1.1'deki bileşenler farkı modelinde arıza noktası A'da, gerilimler farkı V'_A ;

$$V'_A = V_{Ason} - V_{Aön} \quad (2.3)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada V_{Ason} ; arıza noktasındaki arıza sonrası, $V_{Aön}$ ise; arıza öncesi gerilim fazörlerini göstermektedir. Bulunan V'_A gerilimi bileşen farkı modeline arıza noktası A'ya uygulandığında örneğin faz 'a'-toprak arızası için, $I'_{A(b,c)}$ değerlerisıfır veya sıfıra yakın değer alırken, arızalı 'a' fazına ait $I'_{A(a)}$ değeri arıza akımını göstermektedir.[2]

2.2.1 Yöntemin 3 fazlı dağıtım hattına uygulanması

Şekil 2.9'da tali hat ve yüklerin ihmal edildiği bir dağıtım hattının modeli verilmiştir. Burada A arıza noktasını, α arıza noktasının P ucuna uzaklığı, β varsayılan arıza noktasının P ucuna mesafesini (kilometre) $I_{Pa,b,c}$ ve $V_{Pa,b,c}$ sırasıyla P ucundan kaydedilen akım ve gerilim fazörlerini göstermektedir [2].



Şekil 2.9 Üç fazlı arızalı (faz 'a'- toprak) dağıtım hattı modeli [2]

Arıza anında, P ucundan kaydedilen akım ve gerilim örnekleri kullanılarak β ' daki arıza öncesi gerilim;

$$V_{Aa,b,c(\text{ön})}(\beta) = -\beta[Z_{abc}] I_{Pa,b,c(\text{ön})} + V_{Pa,b,c(\text{ön})} \quad (2.4)$$

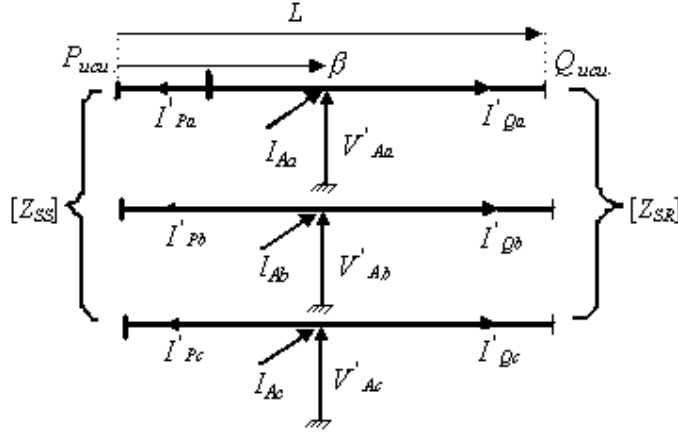
şeklinde bulunabilir. $V_{Aa,b,c(\text{ön})}(\beta)$; β noktasındaki arıza öncesi gerilim fazörlerini, $[Z_{abc}]$ hat birim empedans matrisini (ohm/kilometre), $V_{Pa,b,c(\text{ön})}$ ve $I_{Pa,b,c(\text{ön})}$ sırasıyla hat başında kaydedilen arıza öncesi akım ve gerilim fazörlerini göstermektedir. β 'daki arıza anındaki gerilim;

$$V_{Aa,b,c(\text{son})}(\beta) = -\beta[Z_{abc}] I_{Pa,b,c(\text{son})} + V_{Pa,b,c(\text{son})} \quad (2.5)$$

olarak bulunabilir. $V_{Aa,b,c(\text{son})}$ ve $I_{Pa,b,c(\text{son})}$ sırasıyla P ucunda arıza anında kaydedilen gerilim ve akım fazörlerini göstermektedir. β noktasında hatta uygulanacak gerilimler farkı $V'_{Aa,b,c}$;

$$V'_{Aa,b,c}(\beta) = V_{Aa,b,c(\text{son})}(\beta) - V_{Aa,b,c(\text{ön})}(\beta) \quad (2.6)$$

eşitliği ile bulunabilir. Şekil 2.10'da arıza noktasına gerilim farklarının uygulanması gösterilmiştir., Burada $V'_{Aa,b,c}$ Arıza noktası β ya uygulanan gerilim farklarını, $I'_{Pa,b,c}$ β noktasından P ucuna akan akım farkı, $I'_{Aa,b,c}$ β noktasındaki arıza fark akımlarını, $I'_{Qa,b,c}$ ise β noktasından Q ucuna akan fark akımlarını göstermektedir [2].



Şekil 2.10. Hatta gerilim farklarının uygulanması [2]

β noktasından P ucuna akan akım farkı $I'_{Pa,b,c}$;

$$I'_{Pa,b,c} = I_{Pa,b,c(son)} - I_{Pa,b,c(ön)} \quad (2.7)$$

ve Q ucuna akan akım farkı $I'_{Qa,b,c}$ ise ;

$$I'_{Qa,b,c} = [(L-\beta)[Z_{abc}] + [Z_{SR}]]^{-1} [V'_{Aa,b,c}(\beta)] \quad (2.8)$$

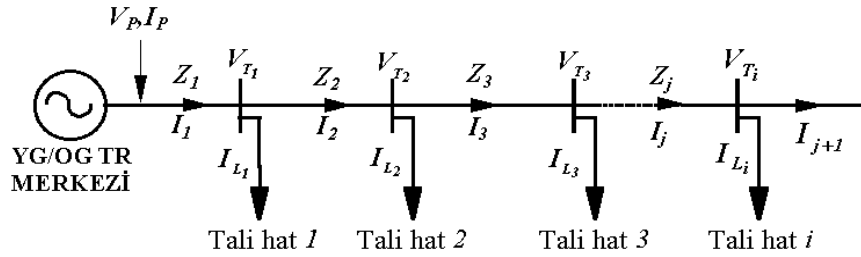
şeklinde bulunur. Burada, L kilometre olarak hattın uzunluğunu ve $[Z_{SR}]$ hat sonu kaynak empedans matrisini göstermektedir. β noktasındaki arıza yol akımları;

$$I'_{Aa,b,c} = I'_{Pa,b,c} + I'_{Qa,b,c} \quad (2.9)$$

olarak yazılabilir. Geliştirilen yönteme göre β arıza noktası sistematik olarak kaydırılarak $I'_{Aa,b,c}$ değerleri kontrol edilmektedir [2].

2.2.2 Admitans matrislerinin elde edilmesi

Şekil 2.11' de bir radyal enerji dağıtım hattı ve bu hatta bağlı tali hatlar görülmektedir. Burada V_p ve I_p hat başından elde edilen akım ve gerilim fazörlerini, V_{T_i} i . tali hat bağlantı noktasındaki gerilimi, I_{L_i} i . Tali hattın akımını, I_j ise ana hattın j . kısmından akan akımını, Z_j ise iki tali hat arasında kalan ana hattın empedans matrisini göstermektedir.



Şekil 2.11. Radyal enerji dağıtım hattı [10]

Enerji dağıtım hattında bir arıza meydana geldiğinde varsayılan arıza noktasından hattın her iki ucuna doğru görülen empedanslar, hat sonuna bağlanması olası kojenerasyon kaynağında dikkate alınmalıdır [2]. Şekil 2.12' de ise dağıtım hattına bağlı bir tali hat modeli görülmektedir. Burada, V_{Li} ; i . tali hattına bağlı yükün gerilimini, I_{Li} akımını, Y_{Li} bu yüke ait admitans matrisini, l_i ise tali hattın uzunluğunu göstermektedir.

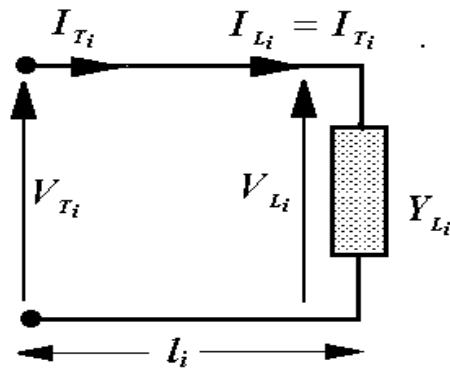
Tali hat başındaki gerilim V_{Ti} ;

$$[V_{Ti}] = I_i [Z_{Ti}] [I_{Li}] [V_{Li}] \quad (2.10)$$

şeklinde bulunur. Burada $[Z_{Ti}] = [Y_{Ti}]^{-1}$ olmak üzere i . tali hattın empedans matrisidir (Ω /birim uzunluk). Yük akımı I_{Li} ;

$$[I_{Li}] = [I_{Ti}] = [Y_{Li}] [V_{Li}] \quad (2.11)$$

olarak eşitlik (2.10)' da yerine konulduğunda;



Şekil 2.12. Tali hat modeli [31]

$$[V_{Ti}] = [U + I_i[Z_{Ti}][Y_{Li}]] [V_{Li}] \quad (2.12)$$

şeklinde bulunur. Eşitlik (12)' den V_{Li} çekilip eşitlik (11)' de yerine konulursa i . tali hat akımı I_{Ti} ;

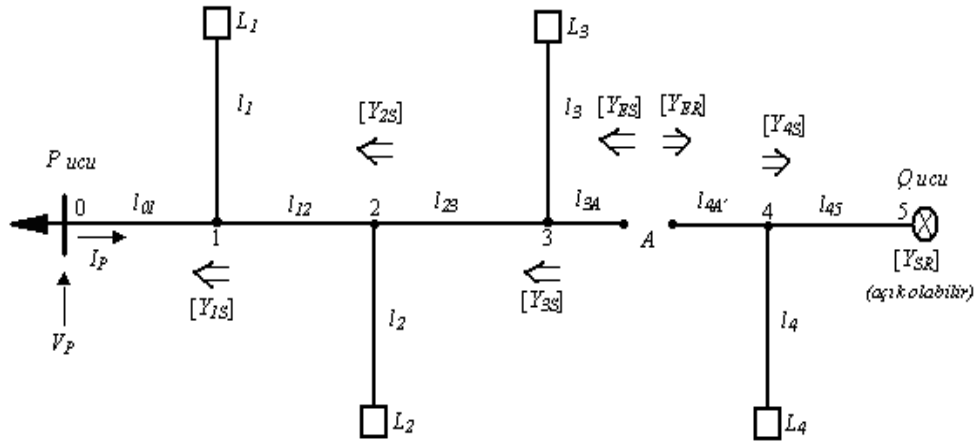
$$[I_{Ti}] = [Y_{Li}][U + I_i[Z_{Ti}][Y_{Li}]]^{-1}[V_{Ti}] = [Y_{Ei}][V_{Ti}] \quad (2.13)$$

elde edilir. Burada i . tali hattın ana hat bağlantı noktasından görünen admittans matrisi,

$$[Y_{Ei}] = [Y_{Li}] [U + I_i[Z_{Ti}][Y_{Li}]]^{-1} \quad (2.14)$$

olarak yazılabilir [31]

Şekil 2.13'de ana ve tali hatlardan oluşan, hat sonunda kojenerasyon kaynak bulunan bir dağıtım hattı modellenmiştir. Arıza noktası 'A' da fark akımlarının bulunabilmesi için P ve Q uçlarına doğru görülen $[Y_{ES}]$ ve $[Y_{ER}]$ admittans matrislerinin çıkarılması gerekir.



Şekil 2.13. $[Y_{ER}]$ ve $[Y_{ES}]$ matrislerinin elde edilmesi [2]

Burada l_i ; i tali hattının uzunluğunu, l_{ij} ; i ve j bağlantı noktaları arasındaki ana hat parçasının uzunluğunu, L_i ; i . yükü, $[Y_{SS}]$; P ucu kaynak admittans matrisini, $[Y_{SR}]$; Q ucu kaynak admittans matrisini göstermektedir. 4 nolu noktadan Q ucuna doğru görülen eşdeğer admittans $[Y_{4S}]$;

$$[Y_{4S}] = [Y_{E4}] + [Y_{45}] \quad (2.15)$$

şeklinde. Burada 4 numaralı tali hat eşdeğer admittans matrisi $[Y_{E4}]$ ve 4 numaralı bağlantı noktasından Q ucuna göre tali hat hariç eşdeğer admittans matris $[Y_{E4S}]$ 'in hesaplanması sırasıyla (2.16) ve (2.17)'de gösterilmiştir.

$$[Y_{E4}] = [Y_{L4}] [U + l_4 [Z] [Y_{L4}]]^{-1} \quad (2.16)$$

ve

$$[Y_{E4S}] = [Y_{SR}] [U + l_{4S} [Z] [Y_{SR}]]^{-1} \quad (2.17)$$

Eşitlik (2.16), $[Y_{L4}]$, L_4 yükünün admittans matrisini, $[Z]$ hat empedans matrisini, U ise birim matrisi göstermektedir. Arıza noktası 'A' dan Q ucuna göre eşdeğer admittans $[Y_{ER}]$;

$$[Y_{ER}] = [Y_{4S}] [U + l_{4A} [Z] [Y_{4S}]]^{-1} \quad (2.18)$$

olarak yazılabilir. Burada l_{4A} arıza noktası A ile 4 nolu bağlantı noktası arasındaki mesafedir.

Arıza noktası 'A' dan P ucuna bakan admittans $[Y_{ES}]$ 'in bulunabilmesi için önce 1 numaralı bağlantı noktasından P ucuna bakan eşdeğer admittans $[Y_{IS}]$ 'in aşağıdaki gibi hesaplanması gerekir.

$$[Y_{IS}] = [Y_{EI}] + [Y_{OI}] \quad (2.19)$$

Buradaki $[Y_{EI}]$ ve $[Y_{OI}]$ matrislerinin değerleri (2.20) ve (2.21) eşitliklerinde verilmiştir.

$$[Y_{EI}] = [Y_{L1}] [U + l_1 [Z] [Y_{L1}]]^{-1} \quad (2.20)$$

$$[Y_{OI}] = [Y_{SS}] [U + l_{O1} [Z] [Y_{SS}]]^{-1} \quad (2.21)$$

2 nolu bağlantı noktasından P ucuna göre eşdeğer admittans $[Y_{2S}]$;

$$[Y_{2S}] = [Y_{E2}] + [Y_{2I}] \quad (2.22)$$

ve benzeri şekilde 3 nolu bağlantı noktasından P ucuna göre eşdeğer admittans $[Y_{3S}]$;

$$[Y_{3S}] = [Y_{E3}] + [Y_{23}] \quad (2.23)$$

olarak yazılabilir. Eşitlik (32) ve (33)'teki $[Y_{E2}]$, $[Y_{I2}]$, $[Y_{E3}]$, $[Y_{23}]$, matrisleri (2.20) ve (2.21) eşitliklerine benzerdir.

Arıza noktası 'A' dan P ucuna göre eşdeğer admittans $[Y_{ES}]$;

$$[Y_{ES}] = [Y_{3S}] [U + l_{3A} [Z] [Y_{3S}]]^{-1} \quad (2.24)$$

olarak bulunur. Burada l_{3A} arıza noktası A ile 3. bağlantı noktası arasındaki mesafeyi göstermektedir [2].

2.2.3 Tali hat başlarında akım ve gerilimler

Şekil 2.11.'de görülen dağıtım sisteminde tali hat i başındaki gerilimler;

$$[V_{T_i}] = [V_P] - \sum_{j=1}^i [Z_j] [I_j] \quad (2.25)$$

olarak yazılabilir. Tali hatlar arasında kalan ana dağıtım hattından geçen akım ise yük akımları dikkate alınarak eşitlik (2.26)'daki gibi hesaplanabilir.

$$[I_i] = [I_P] - \sum_{j=1}^{N-1} [I_{L_j}] \quad (2.26)$$

Arızasız tali hatlardaki arıza öncesi ve sonrası akımlar;

$$[I_{L_i}] = [I_j] - [I_{j+1}] \quad (2.27)$$

şeklinde ve herhangi bir tali hatta arıza olması durumunda arıza anındaki hat akımı ise;

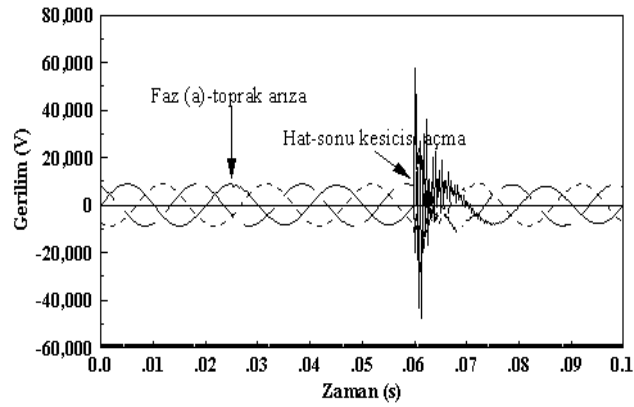
$$[I_{L_i}] = [I_i] - [V_{T_i}] [Y_{ER_i}] \quad (2.28)$$

olarak bulunur. Yukarıdaki eşitlikte Y_{ER_i} i . tali hat bağlantı noktasından hat sonuna doğru görülen empedansı (bu noktadaki tali hat empedansı hariç) göstermektedir [31].

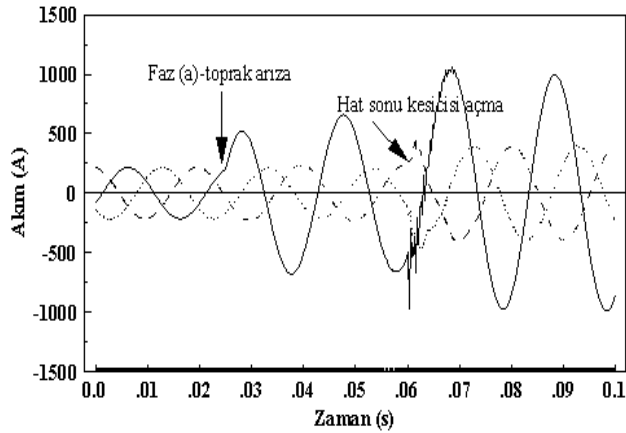
2.3. Tali Hatlarda Arıza Bulma Algoritması

Enerji dağıtım hatlarında arıza yeri bulma ve teşhis teknikleri, çeşitli çalışmalarda açıklanmıştır. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda, arıza yeri bulma algoritmalarında iletim sistemlerinde geliştirilmiş radyal dağıtım şebekelerinde uygun değildir. Yapılan çalışmalarda dağıtım şebekeleri için kullanılabilen algoritmalar adresleme yapamamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bilgiye dayalı yaklaşımlar kullanılarak arıza teşhis sistemi üzerine odaklanmıştır. Bu teknikler daha çok SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) alarmları, fider ölçümleri, yük voltaj sensörleri gibi harici bilgiye dayanır.

Şekil 2.14(a) ve 2.14(b)' de arıza anında hat başından DAK tarafından kaydedilen akım ve gerilim dalga şekilleri görülmektedir. Arıza yeri tespitinde; arıza öncesinde, arıza anında ve sonrasında kaydedilen toplam 200 ms' lik akım ve gerilim örnekleri kullanılmaktadır [26].



(a)



(b)

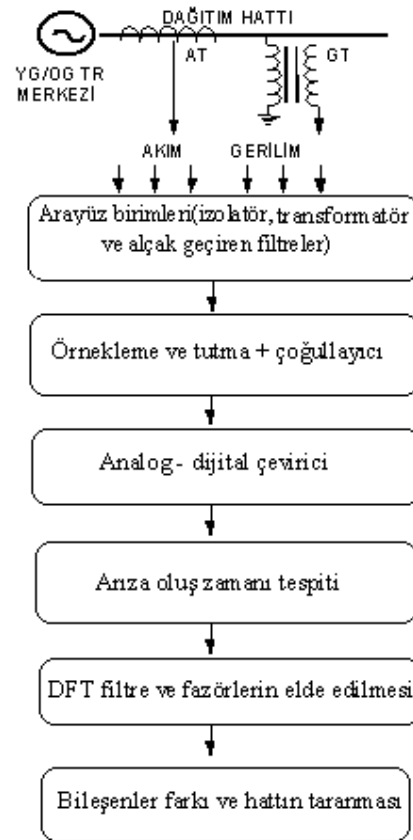
Şekil 2.14. 6.3 kV'luk arızalı enerji dağıtım hattı [4]

a) Gerilim dalga şekli b) Akım dalga şekli

2.3.1. Akım ve gerilim fazörlerinin elde edilişi ve arayüz hataları

Geliştirilen metot, ölçüm yapılan baradan alınan akım ve gerilim örneklerinden elde edilecek fazörler ile çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 2.15'de DAK blok diyagramı

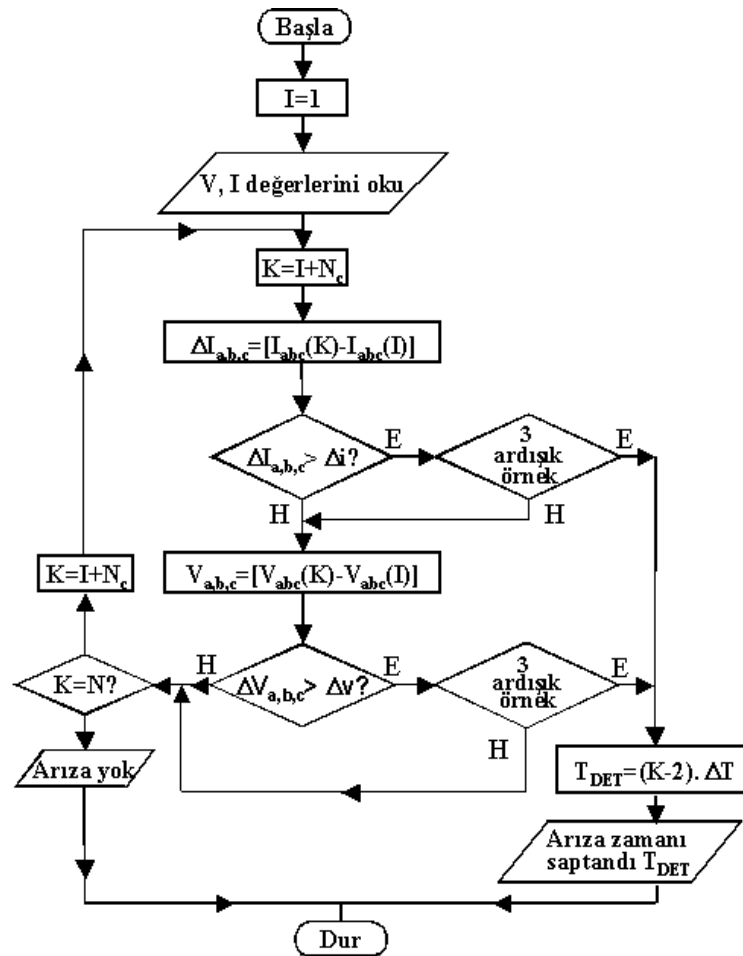
verilmektedir. Akım ve gerilim transformatörlerinden (AT ve GT) elde edilen altı analog işaret mikroişlemci tabanlı donanım sayesinde devamlı olarak kaydedilmektedir. Bu aşamada analog-dijital çevirici (ADC) analog işaretleri ayırık zamanlı değerlere dönüştürülmektedir. Arıza anında, DAK tarafından kaydedilen (3 periyotluk arıza öncesi ve 3 periyotluk arıza sonrası) akım ve gerilim bilgileri kullanılarak arıza oluş zamanı, arıza tipi ve arıza yol akımları hesaplanmaktadır. Uygulamada AT ve GT 'lerin frekans tepkileri ile analog arayüz birimlerinden kaynaklanan hatalar, antialiasing filtrelerinin tepkileri ile analog-dijital çevrimden kaynaklanan kuantalama hataları, bu birimlerin modelleri bilgisayar benzetimine dahil edilmek suretiyle dikkate alınmıştır. EMTP bilgisayar benzetiminden elde edilen akım ve gerilim verileri 4 kHz de örneklenmiştir. Böylece elde edilen sonuçların daha gerçekçi olması sağlanmıştır [1].



Şekil 2.15. DAK tarafından elde edilen akım ve gerilim fazörleri

2.3.2. Arıza oluş zamanı tespiti

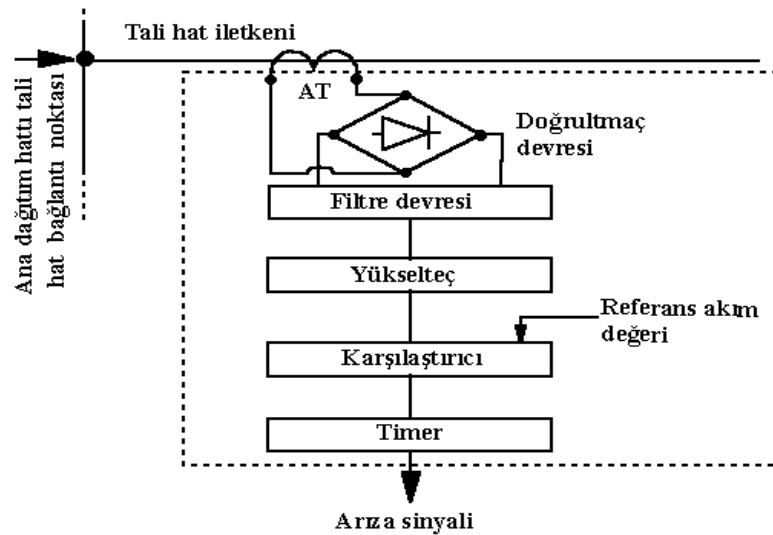
OG hattının bağlı olduğu dağıtım istasyonundaki DAK, akım ve gerilim sensörlerini kullanarak akım ve gerilim değerlerini sürekli kaydetmektedir. DAK'daki buffer 10 periyotluk bilgiyi sürekli olarak muhafaza etmektedir. Şekil 2.16'da arıza oluş zamanı algoritması görülmektedir. Arıza oluş zamanının tespiti için bir periyotluk akım örnekleri sürekli olarak bir önceki periyottaki akım örnekleri ile karşılaştırılmaktadır. Ardışık iki periyottaki karşılıklı üç akım örneği için değişim %40 ve daha fazla ise aynı işlem gerilim örneklerine de uygulanmakta ve arıza oluş zamanı belirlenmektedir. Şekilde N toplam örnek sayısı, N_c periyottaki örnek sayısı, Δv , Δi ve I için eşik seviyesi, ΔT zaman aralığını ifade etmektedir [1].



Şekil 2.16. Arıza oluş zamanı tespiti

2.4. Akım sensörü

Tali hatlarda oluşan arızaların bulunması ve toprak arızası için geliştirilen akım sensörü kullanılmıştır. Bu amaçla aşırı akım röleleri veya tekrar kapayıcı gibi koruma elemanları için daha önce hatta bağlanan akım transformatörlerinden yararlanılmıştır. Şekil 2.17.'de görüldüğü gibi, aşırı akım sensöründe akım transformatöründen elde edilen giriş akımı doğrultulup filtre edildikten sonra referans akım değeri ile karşılaştırılmaktadır. Sensör giriş akım değeri belirli bir süre (20 ms) referans akımı seviyesinden yüksek kalıyorsa, bağlı bulunduğu tali hat için ana istasyona bir arıza sinyali gönderir. Yapılan çalışmada akım sensörü yerine PLC kullanılmıştır. Gelen sinyale göre ana hat başında bulunan DAK tarafından kaydedilen arıza akım ve gerilim örnekleri kullanılarak arızalı tali hattın başındaki akım ve gerilim değerleri hesaplanır. Bu değerler Bileşenler Farkı Yöntemiyle değerlendirilerek tali hattaki arıza yeri bulunur. Böylece ana istasyondan kaydedilen veriler kullanılarak sinyalin gönderildiği tali hat başındaki akım ve gerilim fazörleri hesaplanır [21].



Şekil 2.17. Akım sensörü blok diyagramı [21]

3. PLC'DE HAZIRLANAN PROGRAMIN TANITILMASI VE PLC İLE HABERLEŞME

Bu bölümde PLC'lerin genel çalışma prensibi, haberleşme ile ilgili temel bilgilerden ve PLC ile bilgisayar arasındaki haberleşmede kullanılan prosedürlerinden bahsedilmiştir. Ayrıca PLC'de hazırlanan program üzerinde durulmuş ve yazılan Visual basic programı anlatılmıştır. PLC ile bilgisayar arasındaki haberleşme için hazırlanan Visual Basic programı Ek-A' da verilmiştir.

3.1. Programlanabilir Mantıksal Kontrolör (PLC)

PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör), algılayıcılardan aldığı bilgiyi kendine verilen programa göre işleyen ve iş elemanlarına aktaran mikro işlemci tabanlı bir cihazdır.

Aynı zamanda, endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçeklemeye uygun yapıda giriş-çıkış birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan bir endüstriyel bilgisayardır. Şekil 3.1'de PLC çeşitleri görülmektedir [15 ve 22].



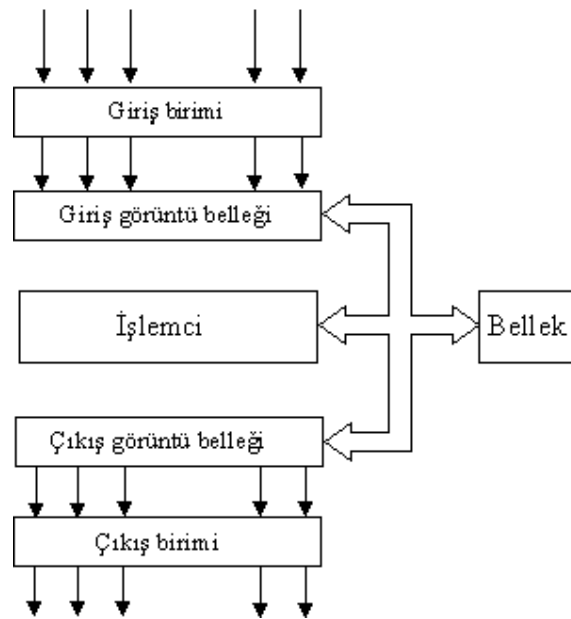
Şekil 3.1. Programlanabilir Mantıksal Kontrolör [15]

Günümüzde üretilen PLC'ler ise, lojik işlemlere ek olarak aritmetik ve özel matematiksel işlemlerin yapılmasını sağlayan komutları da içerirler. Komut kümesinin genişlemesi sonucu daha karmaşık kumanda ve kontrol işlevleri gerçekleştirilmektedir. Bir çok üretici firma, bu kontrolörlerin hem lojik temelli kumanda devrelerinde hem de geri beslemeli kontrol sistemlerinde kullanılmaları nedeniyle, PLC yerine, programlanabilir yada programlanabilir kontrolör adını kullanmayı daha uygun bulmuş ve kişisel bilgisayarlardan ayırmak amacıyla, kısaca PC (Programmable Controller) olarak tanımlamıştır. Bazı üretici firmalar ise ilk sunulduğu andaki PLC adını kullanmayı sürdürmektedirler [22].

3.1.1. Temel yapısı

Bütün sayısal bilgisayarlar gibi PLC; bir işlemci, bellek ve giriş-çıkış arabirimlerinden oluşur. Bir PLC' nin iç yapısı şekil 3.2'de daha açık bir şekilde görülmektedir. Buna göre;

Sayısal işlemci, PLC sistem programı altında kullanıcı programını yürüten, PLC'nin çalışmasını düzenleyen ve bu işlemleri yapmak için gerekli birimleri bulunan bir elemandır [22].



Şekil 3.2. Bir PLC' nin iç yapısı [22]

Bellek, sistem programının bulunduğu sistem belleği, kullanıcı programının bulunduğu program belleği ve veri belleği gibi bölümlerden oluşur. Sistem belleği ve PLC' ye ilişkin değiştirilmeyen veriler için salt okunur bellek (ROM); program belleği ve veri belleği için rasgele erişimli bellek (RAM) kullanılır. Veri belleği, giriş-çıkış işaret durumlarının tutulduğu giriş-çıkış görüntü belleği ve kullanıcıya ayrılmış bellek alanlarından oluşur.

Sistem belleği, üretici firmanın geliştirdiği PLC işletim sistemi programının yüklü olduğu bellek alanı, program belleği ise kullanıcı tarafından yazılan programın yüklendiği bellek alanıdır. Veri belleği alanında bulunan giriş görüntü belleği, programın yürütülmesi sürecinde, giriş birimindeki noktaların işaret durumlarının (Var-Yok: 0-1) saklandığı bellek

alanı; çıkış görüntü belleği ise kullanıcı programının yürütülmesi sürecinde, çıkış noktalarına ilişkin hesaplanan değerlerin saklandığı bellek alanıdır [22].

3.1.2. Ana birimleri

Bir PLC' nin ana birimleri ;

- Bir sayısal işlemci ve bellek
- Giriş ve çıkış birimleri
- Programlayıcı birimi
- Besleme güç kaynağı gibi temel kısımlardan oluşur.

Ayrıca programı yedeklemek ve başka bir PLC' ye aktarmak için kalıcı bellek birimi, giriş-çıkış sayısını arttırmak için genişleme birimi, enerji kesilmeleri durumunda PLC' yi besleyen yedek güç kaynağı ve iletişim arabirimi gibi elemanlar da bulunur [22].

- **Giriş birimi**

Kontrol edilen sistemle ilgili algılama ve kumanda elemanlarından gelen elektriksel işaretleri lojik gerilim seviyelerine dönüştüren birimdir. Gerilim seviyesi 24 VDC, 48 VDC, 100 VAC-120 VAC veya 200 VAC-240 VAC değerlerinde olabilir [22].

- **Çıkış birimi**

PLC'de üretilen lojik gerilim seviyelerindeki işaretleri, kontrol edilen sistemdeki kontaktör, röle, selenoid gibi kumanda elemanlarını sürmeye uygun elektriksel işaretlere dönüştüren birimdir. Ana işlem birimi giriş verilerini, belirlenmiş programa göre işler, daha sonra çıkış birimi ilgili denetim için gerekli kontrol sinyallerini üretir. Bir motorun çalışmasını sağlama, bir cisim itme ve çekme, ışık yayma ve alarm verme gibi bir çok örnek verilebilir [13 ve 15].

- **İşlem birimi ve diğer birimler**

İşlem birimi, giriş biriminden aldığı bilgiyi kendine verilen programa göre işleyen ve sonucu çıkış bilgisi olarak aktaran ana işlem birimidir. PLC' lerde yukarıda açıklanan giriş ve çıkış birimleri dışında, , analog giriş (ADC) ve analog çıkış (DAC) gibi giriş-çıkış birimleri de bulunur [15 ve 22].

- **Programlayıcı birim**

İşlem birimi tarafından uygulanacak programların oluşturulduğu birimdir. Kumanda ve kontrol amacıyla yazılan bir programın PLC program belleğine yüklenmesi bir programlayıcı birimi ile sağlanır. Programlayıcı birimi mikroişlemci tabanlı özel bir el aygıtı olabileceği gibi genel amaçlı kişisel bir bilgisayara yüklenmiş bir yazılım da olabilir. Bu birim; programın yazılması, PLC' ye aktarılması ve çalışma anında giriş/çıkış veya saklayıcı durumlarının gözlenmesi ya da değiştirilmesi gibi olanakları da sağlar. PLC' leri programlamak için geliştirilmiş olan yazılımlar, özellikle kumanda devreleri ile ilgili kişilerin kolayca kullanabilecekleri veya uyum sağlayabilecekleri editör-derleyici programlarıdır [15 ve 22].

3.1.3. Çalışma biçimi

PLC' leri diğer mikroişlemci sistemlerden ayıran en önemli özelliklerden biri de çalışma biçiminin bir sistem programı ile düzenlenmesidir. Bütün PLC sistemlerinde birbirine çok benzeyen sistem programları bulunur. Bu programlar üretim aşamasında kalıcı bir bellek alanına yüklenir. Genel olarak sistem programı aşağıdaki işlemleri yerine getirir.

- Kullanıcı programı yürütür,
- Kesmeli çalışma ve iletişim olaylarını düzenler,
- Sistem çalışma durumlarını kontrol eder [22].

3.1.4. Programlama biçimleri

- Genel olarak üç türlü programlama biçimi kullanılır. Bunlar;
- Komut kullanımı ile programlama (Statement list)
- Merdiven diyagramı gösterimi ile programlama (Ladder programming)
- Diğer programlama yöntemleri (Lojik kapı, kontrol akış gibi).

Bu programlama yöntemlerinden deyim listesi ve merdiven diyagramı ile programlama, genellikle el programlayıcılarında kullanılır. Kişisel bilgisayarlarda her üç yöntemi de kullanmak mümkündür [22 ve 24].

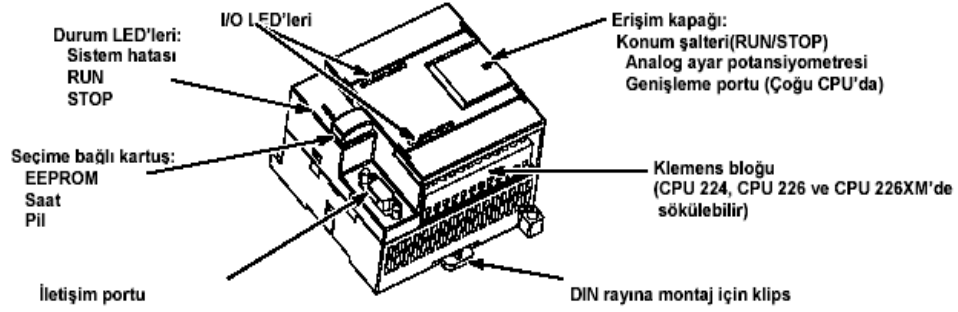
3.1.5. PLC' lerin uygulama alanları

1. Sıra denetimi ile ilgili uygulamalar, yapılacak işlerin belirli bir sırayla yapılmasını denetler. Asansörlerin hangi katlara hangi sırayla uğrayacağını denetlenmesi, bir üretim bandında belirli bir konumda çalışan makinelerin sırasını belirleme,
2. Hareket denetimi ile ilgili uygulamalara; metal kesme, metal şekillendirme, montaj makinelerinde denetim sağlama,
3. Süreç denetimi ile ilgili uygulamalara; sıcaklık, basınç, nem, hız, debi gibi parametrelerin denetlenmesini gerektiren uygulamalarda kullanılabilmesi,
4. Veri yönetimi ile ilgili uygulamalara; bir işletmede yer alan her türlü süreçte oluşabilecek verilerin toplanması ve süreçlerin gerektiği şekilde yönlendirilmesi, süreç içerisinde yer alan çeşitli makine ve benzeri teçhizat hakkında veri toplanması, toplanan verilerin referans veriler ile karşılaştırılması, incelenmesi, izlenmesi, raporlanması amacıyla başka bir aygıtta aktarılması örnek olarak verilebilir [15].

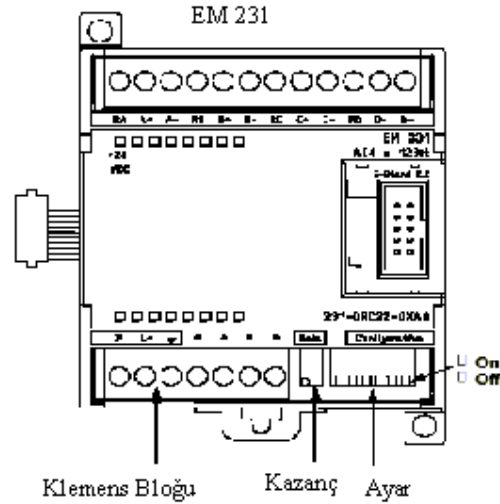
3.2. Hazırlanan Programın Çalışma Mantiği

Yapılan çalışmada, Siemens marka S7-200 PLC kullanılmıştır. S7-200 serisi, mikro programlanabilir otomasyon cihazlarını (mikro PLC) tanımlayan bir serinin adı olup, farklı uygulamalarda kumanda etme yeteneğine sahip birimleri içermektedir [28].

S7-200 PLC'nin 222 CPU birimi kullanılmıştır. CPU'nun işlevleri dijital modüller, analog modüller, akıllı modüller ve diğer modüller kullanılarak arttırılabilir [26]. Toplam 8 giriş ve 6 çıkıştan oluşan PLC'ye, üzerinde 4 adet analog giriş bulunan EM231 genişleme modülü ilave edilerek analog girişler oluşturulmuştur. Analog giriş gerilimi maksimum 10 V'tur. Şekil 3.3'te Siemens S7-200 PLC, Şekil 3.4'te EM231 analog genişleme modülü gösterilmektedir.



Şekil 3.3. S7-200 Mikro PLC (Siemens 2002)



Şekil 3.4. EM231 Analog Genişleme Modülü (Siemens 2002)

Programın tasarımında öncelikle PLC'nin CPU (Central Processing Unit; Merkezi İşlem Birimi) birimi programlanmıştır. Akım sensörü mantığına göre transformatörün çıkışından elde edilen değerler PLC'de ayarlanan eşik değeri ile karşılaştırılır.

.Her tali hat için bir faz başına bir analog giriş tahsis edilmiştir. Modellenen sistemde tali hat başlarında her faz için bir adet akım transformatörü kullanılmıştır. Transformatörlerin çıkış akımları gerilime çevrilip doğrultularak PLC'nin analog girişlerine uygulanmakta ve faz akımları eşik değerleri ile sürekli karşılaştırılmaktadır. Programda her giriş bir fazı göstermektedir. Hazırlanan programa göre görsellik için her giriş bir tali hat gibi gösterilmiştir.

Kullanılan genişleme modülünün özelliğine bağlı olarak analog girişe maksimum 10 V değerinde bir gerilim uygulanabilmektedir. Burada 10 V'luk gerilim hattan çekilebilecek maksimum akıma karşılık gelmektedir. Analog girişlere tahsis edilen ayarlı direnç sayesinde analog giriş değeri 0 V ile 10 V arasında değiştirilmiştir. PLC'ye uygulanan gerilim eşik değerinde veya daha düşük olduğunda bu fazda bir arızanın olmadığı, büyük olduğu zaman arızanın olduğu kabul edilmiştir.

3.3. Haberleşme İle İlgili Temel Bilgiler

İletişim terimi bilgiyi elektriksel yollarla göndermeye, almaya, işlemeye karşılık gelir. İletişimin amacı, herhangi bir biçimdeki bilginin zaman ve uzay içinde kaynak olarak adlandırılan bir noktadan, kullanıcı denilen başka bir noktaya aktarılmasıdır. Modern bir iletişim sistemi bilgi göndermeden önce, onun sıraya koyulmasıyla, işlenmesiyle ve korunmasıyla ilgilenir.

Bir noktadan diğer bir noktaya dijital veya ikili (binary) bilgilerin iletilmesi işlemine “veri iletimi” denir. Veri iletim sistemleri, bilgisayar-bilgisayar ve bilgisayar-terminal arasında veri iletimini sağlar. Dijital tekniklerin verimliliği yüksek, maliyetleri oldukça düşüktür. Bu nedenle, dijital veri iletim sistemleri oldukça kullanışlıdır. Binary bilgilerin bir yerden başka bir yere transferinde paralel ve seri veri iletimi olmak üzere iki temel yöntem kullanılır [13].

Dijital olarak kodlanmış bilginin, tüm bitleri aynı anda transfer ediliyorsa, buna “paralel veri iletimi” denir. Verinin alıcıya gönderilmesi sırasında, verinin her biti için ayrı bir hat kullanılır. Ayrıca veri iletimi çok kablolu bir hattın kullanımını gerektirir.

Seri veri iletiminde ise bir veri içindeki bitlerin, aynı hat üzerinden art arda gönderilmesidir. Her bit belli bir zaman aralığında gönderilir. Seri veri iletiminde başlangıç noktasının belirlenmesi için başlama noktası, iletişimde veri aktarım işlemi sırasında oluşabilecek bozulmaları ortaya çıkarmak için parity biti kullanılır ve başlangıç alıcıya belirtildiği gibi bitişte belirtilmelidir. Bu durumda stop biti kullanılır. Seri veri iletiminde bir kerede karakterin sadece bir biti iletilir. Alıcı makine doğru haberleşme için karakter uzunluğunu, başla-dur (start-stop) bitlerini ve iletim hızını bilmek zorundadır. Seri şekilde bağlantıyla iki tür iletim sağlanır. Birincisi direk seri bağlama, ikincisi yerel alan ağları (Local Area Network; LAN) aracılığı ile bağlanma örnek olarak gösterilebilir [13].

3.3.1. Veri iletim hatları

Hatlar dijital bilginin iletiildiği ortamlardır. Genelde haberleşme hatları, Tek Yönlü İletişim (Simplex), Yarım-Çift Yönlü İletişim (Half-duplex), Çift Yönlü İletişim (Full-Duplex) olmak üzere 3 tipte incelenir [27].

- **Tek yönlü (Simplex) iletişim :** En basit sinyal iletim tekniği simplex yöntemidir. Veri sadece tek yönde iletilecekse bu yöntem kullanılır. Yalnızca veri gönderme veya yalnızca veri almanın gerekli olduğu durumlar için uygundur. Bu kanal tipi dizaynlarının kurulması kolay ve ucuzdur. Sinyalin hedeften geriye dönmesi istenildiği durumlarda üreticiler tarafından bu yöntem kullanılır [14 ve 23].
- **Yarım çift yönlü (Half-Duplex) iletişim :** Half-Duplex modun iletimi, devre üzerinde her iki yönde sağlanır. Fakat bir zamanda sadece tek yöndedir. Bu tip iletim veri işlem uygulamalarında geniş bir şekilde kullanılır. Bu haberleşme tekniği tek kanalda her iki yönde simplex haberleşmesi sağlar. Bu yöntem bağlı iki aygıtın sırayla veri alışverişinde bulunmaları istendiğinde kullanılır. Cihazlardan ancak biri diğerinden bir isteğe cevap olarak veri gönderiyorsa bu iletişim yöntemi kullanılır [23 ve 27].
- **Çift Yönlü (Full – Duplex) İletişim :** Aynı anda her iki yönde veri akışı sağlayabilen hatlardır. Hatların aynı kanal paylaşılarak ve sinyal akışı her iki yönde sağlanarak üreticiler kanal genişliğini arttırmadan kapasiteyi arttırmışlardır. En fazla terminal ve mikrobilgisayarlar çift yönlü iletişim de çalışmak için ayarlanır [13 ve 23].

3.3.2. Asenkron ve senkron veri iletimi

Bilgisayarların ve terminallerin haberleşmesi için iletimden önce birbirlerini uymaları gerekir. Verici 1 bit göndermeden önce alıcıyı uyarmazsa, alıcı gelen bit serisi için gerekli zamanı ayıramaz. Bu nedenle zamanlama çok önemlidir. Sinyal alıcı tarafından yanlış zamanda incelenirse gelen bilgi yanlış yorumlanabilir. Bilginin uygun zamanda incelenmesine “senkronizasyon” adı verilir. Senkronizasyonu sağlamak için saat (clock) sinyali kullanılır. Saat sinyalinin iki görevi vardır.

- Veri tamamen ulaşmadan önce alıcıyı ilettime senkronize eder.
- Alıcıyı giren veri bitleriyle senkron halde tutar.

Seri veri iletimi saat sinyalinin iletilmesine göre senkron ve asenkron veri iletimi olmak üzere ikiye ayrılır.

Asenkron iletim metodu, genelde iletilecek data gelişigüzel aralıklarda oluşturulduğu zaman kullanılır. Bu tip bir iletişimde kullanıcı birbirini takip eden karakterleri daha uzun ve gelişigüzel zaman aralıklarıyla tuşlar. Buda, iletişim hattındaki sinyalin karakterler arasında uzun süreli zaman aralıklarıyla boşta olmasıdır. Asenkron iletime çoğu zaman start-stop iletimi de denilmektedir. Kısaca avantajları ise, gönderilen veya alınan her karakter kendi senkronizasyon bilgisini durma ve başlama bitleri aracılığıyla içermesi ile karakterlerin düzenli veya düzensiz zaman aralıklarıyla gönderilmesinin hiçbir önemi yoktur. Bunların dışında asenkron veri iletiminin dezavantajları ise, senkronizasyon sadece bilinen “başlama” ve “durma” bitlerine bağlı olduğundan, herhangi bir gürültü sinyalinin bu bitleri bozması durumunda iletişimde hatalar oluşacaktır. Ayrıca çok fazla sayıda karakteri hızlı bir şekilde göndermek için gönderilecek mesajda bilgi taşımayan çok sayıda biti de mesaja eklemiş olur.

Senkron iletimde ise veri bloğunun başındaki ve sonundaki bildiri karakterleri dışında alıcı ve verici arasında saat sinyali taşıyan ayrı bir hat vardır. Bu hattan uygulanan saat sinyali alıcı ve vericinin aynı bit zamanında çalışmasını sağlar. Senkron iletimde iletim sonunda “mesaj sonu” sinyali gönderilir. Senkron iletimin avantajları kısaca iletilen bilginin senkronizasyon bilgisine oranı çok daha fazladır ve iletim daha hızlıdır. Dezavantajları ise, bir senkronizasyon hatası olursa, tüm veri bloğu kaybolacağından bu veri bloğunun yeniden gönderilmesi gerekecektir ve senkron iletimde alıcı ve vericiyi senkron halde tutmak için ayrı hat gerekmektedir. Bu yüzden uzun mesafelerde senkron iletim dezavantaj oluşturmaktadır [13,14 ve 27].

3.4. PLC ile Hazırlanan Programın Tanıtılması

Hazırlanan programda Siemens tarafından PLC için özel olarak geliştirilen Step7-Micro/WIN programlama paketinden yararlanılmış ve yazılan program merdiven diyagramı (Ladder Diagram) kullanılarak oluşturulmuştur. S7-200 PLC’de hazırlanan programda analog girişleri tarayarak girişlerdeki sinyal seviyesini okur, kontrol lojiğini değerlendirerek program çalıştıkça verileri günceller ve çıkışlara yazmaktadır. PLC’nin programlanmasından sonra VB programının görsel olmasından yararlanılarak ana ve tali hatlardan oluşan OG gerilim dağıtım hattı tasarlanarak tali hatlar taranmaktadır.

3.4.1. PLC portunun kullanıma ayarlanması

PLC ile bilgisayar arasında seri ve asenkron veri iletimi kullanılmaktadır. Bununla birlikte haberleşme için uygun olan protokol seçilmiştir.

Geliştirilen programda ilk olarak PLC'nin CPU biriminin iletişim port ayarı yapılmıştır. Bu şekilde bilgisayar ile iletişim için PLC hazırlanmış olur. Yazılan programda, seri iletişim portu üzerinden iletişim kurmak ve iletişim portunu kontrol etmek için Freeport konumu kullanılmıştır. Freeport, CPU'nun iletişim portunun yazılan program tarafından kontrol edilmesine denmektedir. Bu bölümde tali hat başına konacak olan PLC ile tali hattı taramak için hazırlanan program parça parça ele alınarak anlatılacaktır.

S7-200 PLC'nin programlanmasında kullanılan özel hafıza bitlerinden (Special Memory Byte; SMB) yararlanılmıştır. Bu bitler PLC'nin durum ve kontrol işlevlerini sağlayarak CPU ile yazılan program arasında iletişimi gerçekleştirir.

Şekil 3.5(a) ve Şekil 3.5(b) PLC iletişim portunun ayarlanması için hazırlanmış bir programın parçaları verilmektedir. Şekil 3.5(a)'da PLC portunun haberleşmesi için hazırlanan programın bir parçası görülmektedir. Şekilde PLC ile PC iletişimi için SMB30 baytı kullanılmıştır. Bu bayt ayrıca freeport kumanda kütüğü olarak adlandırılabilir. Bu bayt kullanılarak iletişim portu, iletim hızı, parite ayarları ve veri biti sayısı ayarlanmaktadır. Buna ayarları yapabilmek için SMB30 baytı 16#09 olarak kodlanmıştır. Bu kod ile PLC'nin iletişim portu sıfır, iletim hızı 9600 baud, parite seçiminde ise parite yok ve karakter başına veri biti 8 olarak seçilmiştir. Hazırlanan 16#09 kodu MOV_B komutu ile SMB30 kütüğüne taşınmaktadır.

Kullanılan diğer durum baytları ise mesaj alımı kontrolü için kullanılan SMB87 ve SMB89 baytlarıdır. SMB87 baytında 16#B0 kodunun kullanılmasıyla mesaj alım fonksiyonunu (RCV ; Receive) devreye sokar ve mesaj bitiş karakteri saptanmaktadır. RCV komutu, iletişim portu üzerinden belli karaktere veya zaman aralığına bağlı olarak bir mesajın başlatılmasını veya bitirilmesini sağlamaktadır. SMB89 baytında ise mesaj bitiş karakterini seçmek için kullanılmıştır. Programda mesaj bitiş karakteri FF olarak seçilmiştir.

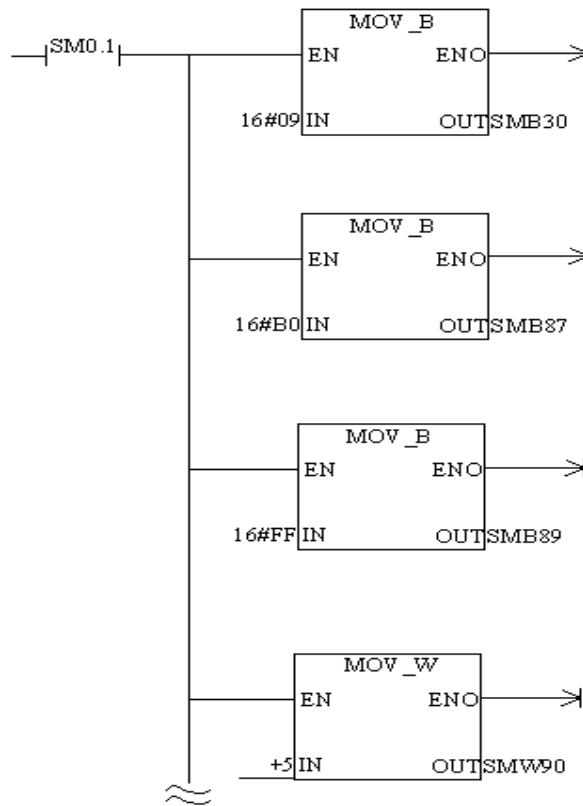
Kullanılan SMW90 özel hafıza baytı ise SMB87'ye bağlı olarak kullanılmıştır. Bu bayt ayrıca mesaj arası boşluk zamanını belirlemek için kullanılır. Programda boş hat süresi 5ms olarak ayarlanmıştır. İletişim hattında 5ms boyunca sessizlik varsa alım işlemi başlatılır.

Şekil 3.5(b) ise Şekil 3.5(a)'nın devamı olarak verilmiştir. Şekil 3.5(b)'de alman maksimum karakter sayısını belirlemek için SMB94 baytı kullanılmıştır. Programda her faz

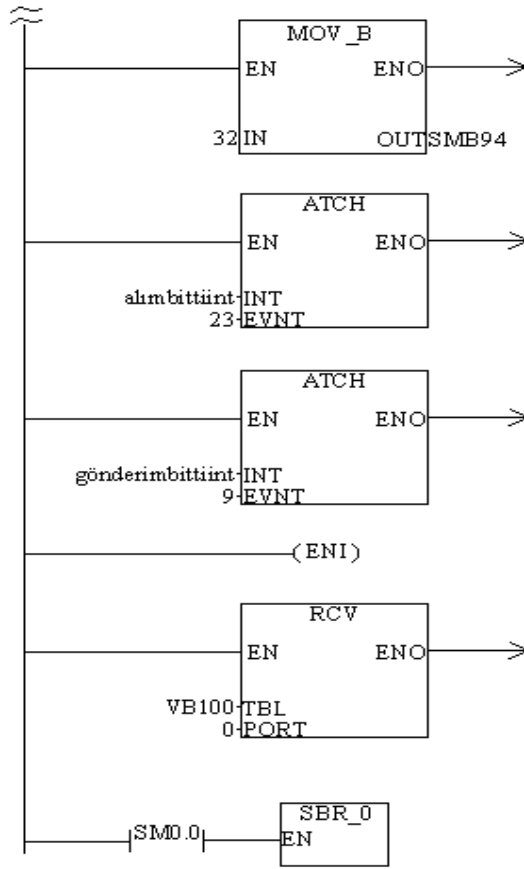
için 8 karakter kullanılmak suretiyle 3 faz için toplam 24 karakter maksimum 32 karakter sayısı belirlenmiştir.

Şekil 3.5(b)'de alım ve gönderim olarak iki farklı isim kullanılmıştır. Buna bağlı olarak bilgisayardan PLC'ye aktarılan veriler *alım*, PLC'den bilgisayara aktarılan veriler ise *gönderilen* olarak ifade edilmiştir. Bunun için mesaj alımı tamamlandığı zaman tamamlandı olgusu bir interrupt ile ilişkilendirilir. Bu interrupt 23 olgusu ile belirtilmiştir. Son karakterin alımı tamamlanınca alım bitti olarak belirtilir. Şekil 3.5(b)'de *alimbittiint* ifadesini interrupt 23 ile *gönderimbitti* ifadesini interrupt 9 ile ATCH komutu kullanılarak ilişkilendirilmiştir.

PLC'nin iletişim portunun gerekli alt yapısı tamamlandıktan sonra PLC'nin sıfır iletişim portundan alınan mesajlar VB100 adresinden itibaren yazılır.



(a)



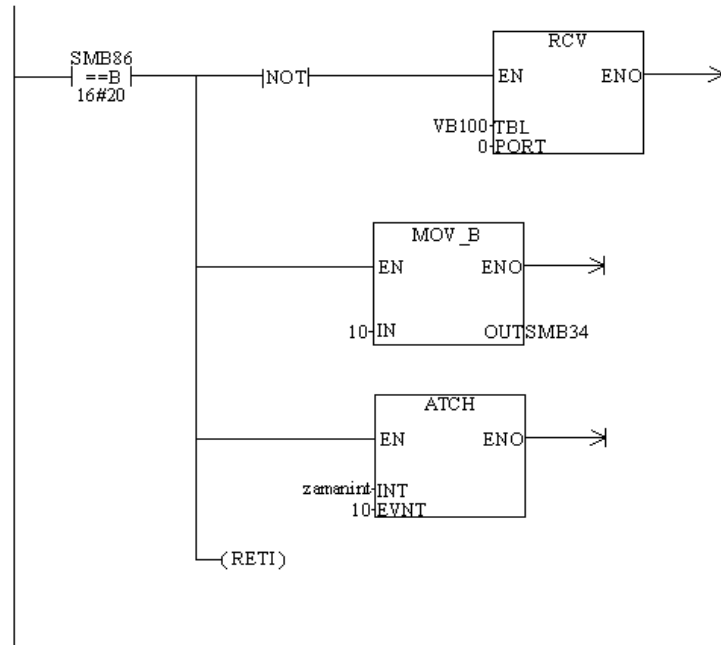
(b)

Şekil 3.5(a) ve Şekil 3.5(b). PLC iletişim port kullanımının ayarlanması

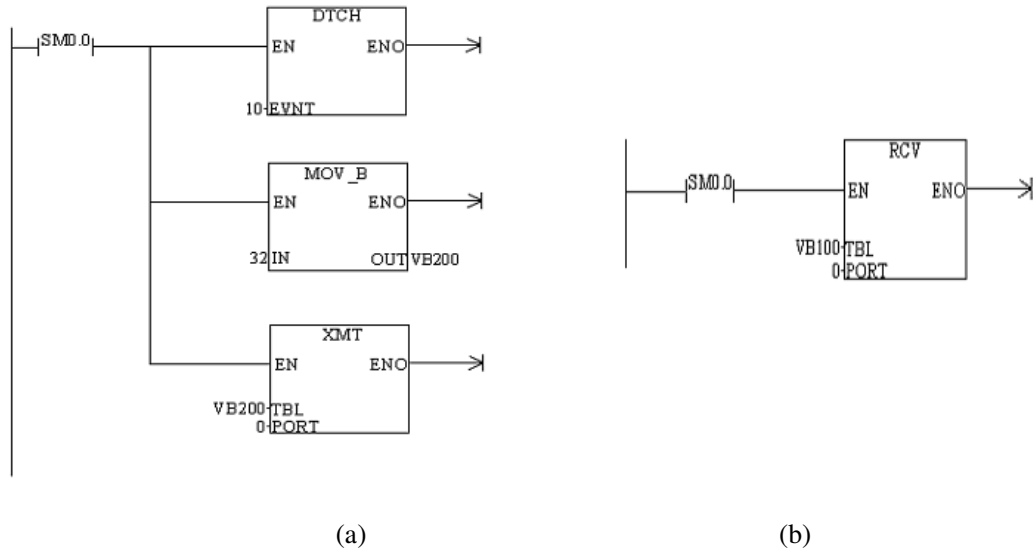
3.4.2. PLC ile bilgisayar arasında mesaj alım ve iletim kontrolü

Bu bölümde alınan ve gönderilen mesajların durumunu kontrol etmek için bazı alt programlar ile interruptlar (kesmeler) hazırlanmıştır. Şekil 3.6'da mesaj alım interruptı gösterilmiştir. Mesaj alımının bitip bitmediğinin anlaşılması için SMB86 mesaj alımı durum baytı kullanılmıştır. Bitiş karakteri alındı anlamı 16#20 ifadesi ile kodlanmıştır. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi bitiş karakteri alınmadıysa mesaj almaya devam edecek, karakter alındıysa zaman kontrol interruptının kullanımı için zaman kontrol baytı SMB34 programda kullanılmaktadır. Bitiş karakteri alındıktan sonra veri iletimi için 10ms'lik bir zaman değeri girilmiştir. Ayarlanan 10ms'lik bir süre veriler arasında karışıklık olmaması için kullanılmıştır.

Şekil 3.7(a)'da ve Şekil 3.7(b)'de zaman kontrol interruptının programlanması ve gönderimbitti interrupt'ının programı görülmektedir. Hazırlanan bu programda; mesaj alımı bittikten sonra bu sürekliliğin sağlanması için mesaj alım interruptı işlemden çıkarılmaktadır (DTCH). Mesaj alımının tamamlanmasından sonra PLC girişine aktarılan 32 karakter sayısı 10ms bekleddikten sonra VB200 adresinden başlayarak sıfır portun'dan bilgisayara gönderilmeye başlar. Daha sonra zaman interrupt'da uygulanan süre bitince tekrar gönderimbitti interruptına gelerek VB100 adresinden itibaren tekrar almaya başlayacaktır.



Şekil 3.6. Mesaj alım interruptının programlanması

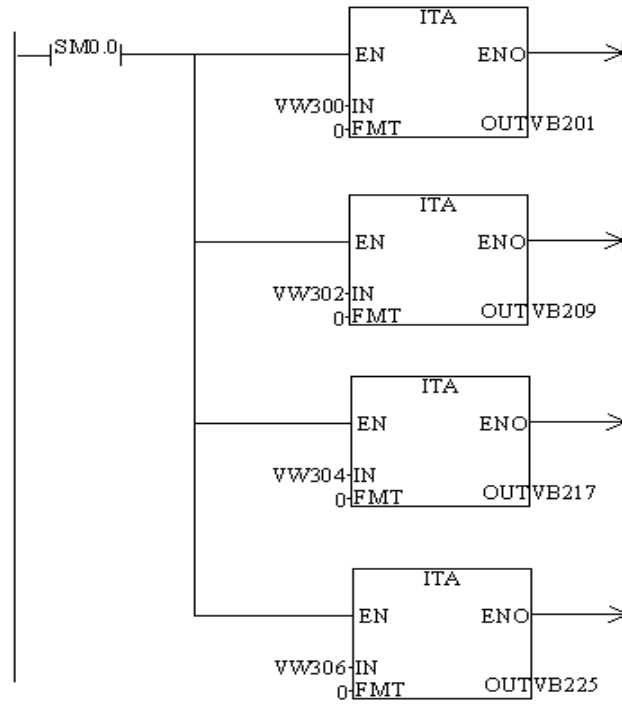


Şekil 3.7. Zaman kontrol interruptının programlanması ve gönderimbitti interrupt programı

3.4.3. Karşılaştırma programının hazırlanması

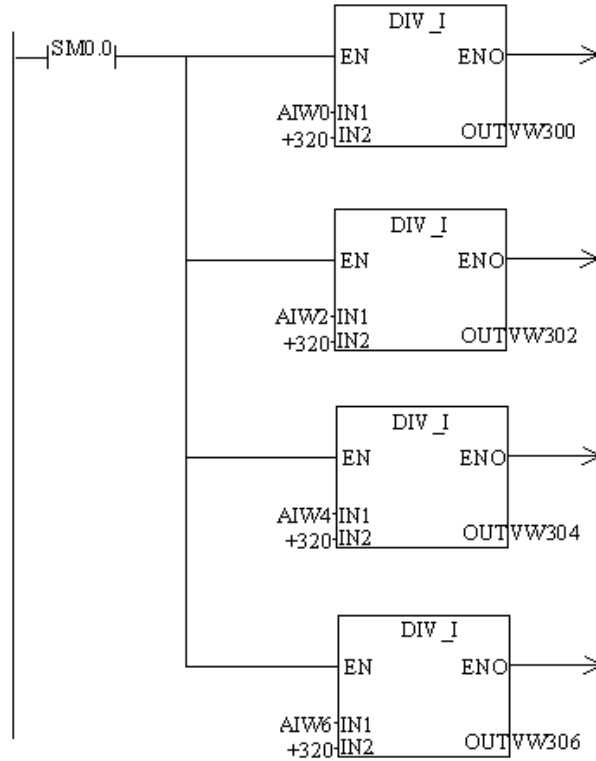
Hazırlanmış olan bu programda ise, her tali hatta faz başına konacak olan akım transformatörünün çıkışında doğrultulmuş değerlere göre hangi fazda arıza olduğunu anlayabilmek için bir karşılaştırma yapılması gerekmektedir. Buna göre bu karşılaştırma programı bu bölümde bahsedilecektir.

Şekil 3.8’te PLC’nin analog giriş değerlerinin adreslenmesi verilmektedir. Şekildeki programda PLC’nin analog girişine verilen gerilim değerlerini algılayabilmesi için kullanılan analog genişleme modülünün bütün girişleri kullanılarak 4 giriş adresi belirlenmiştir. Bu adresler VW300, VW302, VW304 ve VW306 olarak verilmiştir. Bu analog değerler tam sayıdan ASCII’ye dönüştürme komutu (Integer to ASCII ; ITA) kullanılarak VB201 adresinden başlayarak yazılır.



Şekil 3.8. PLC'nin analog giriş değerlerinin adreslenmesi

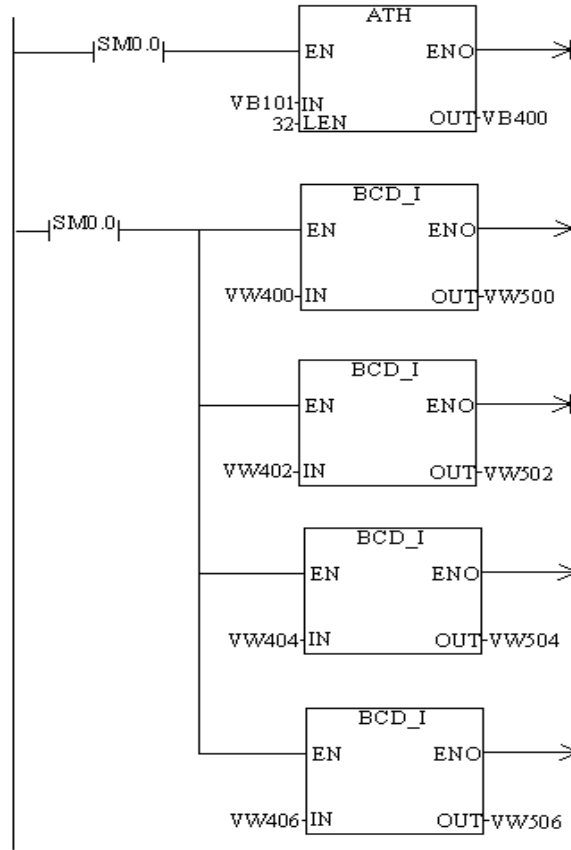
Şekil 3.9'da analog giriş değerlerinin PLC'de bazı aritmetik işlemde geçtiğini ifade eden bir program gösterilmiştir. Bu programda kullanılan analog genişleme modülünde giriş gerili maksimum 10 V verilebilir. PLC içerisinde 10 V gerilim yada 10 ifadesi 32000 ile eşdeğerdedir. Şekil 3.9'da hazırlanan alt program ile görebileceğimiz değerlere dönüştürülmektedir. Bu programda AIW giriş değerlerini göstermektedir. Bununla birlikte DIV_I komutu ise CPU içindeki 32000 değerinin 320 sayısına bölünerek 3 basamaklı bir sayı göstermek için kullanılmıştır. Bu şekilde analog giriş değerleri 0 V ile 10 V arasında değişebilmektedir.



Şekil 3.9. Analog giriş değerlerinin PLC’de ayrı olarak hesaplanması

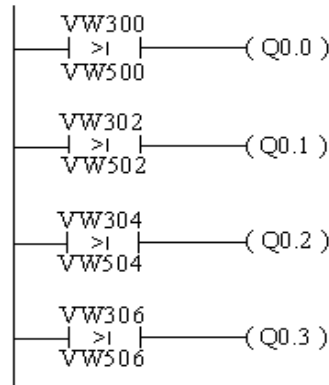
Şekil 3.10’da bilgisayardan girilen değerlerin PLC’ye aktarılması için hazırlanan program gösterilmiştir. Bu programda PLC’nin girişine uygulanan gerilim ile karşılaştırılacak olan eşik gerilim değerinin adreslenmesi yapılmıştır. PLC’ye VB101 adresinden başlayarak 4 analog girişi içeren 32 karakter uzunluğu VB400 adresine 16lık (Hexadecimal) sisteme dönüştürülerek aktarılmıştır. ASCII’den 16’lık sisteme dönüşüm (ASCII To Hexadecimal ; ATH) komutuyla gerçekleşmiştir.

Tali hattan geçen akım ile karşılaştırılacak olan eşik değerleri VW400, VW402, VW404 ve VW406 olarak adreslenerek PLC ‘nin giriş değerleri ile aynı sayısal özellikte olması için tamsayı (Integer) sisteme dönüştürülerek VW500 adresinden yazmaya başlar.



Şekil 3.10. Bilgisayardan girilen eşik değerlerinin PLC'ye aktarılması

Şekil 3.11'de her fazdan geçen akım ile PLC'de ayarlanan eşik değerinin karşılaştırılması ile arıza tespiti için hazırlanan program verilmiştir. Programda VW300, VW302, VW304 ve VW306 adresleri PLC'nin analog girişine uygulanan transformatör çıkışındaki değişken akım değerlerini göstermektedir. VW500, VW502, VW504 ve VW506 adresleri ise bilgisayardan girilen ve analog giriş değerleri ile karşılaştırılacak olan akımın eşik değerlerini ifade etmektedir. Eğer transformatör çıkışındaki akım değeri ana hattaki arıza oluşturmayacak maksimum eşik değerinden büyük ise PLC'ye bir sinyal göndererek arıza çıkışını PLC'ye yazmaktadır.



Şekil 3.11. Arıza tespiti için karşılaştırma programı

3.5. Visual Basic Programı İle Hazırlanan Arayüz

Hazırlanan PLC programından sonra sistemin taranması ve arıza tespiti için görsellik ön plana çıkarılarak Visual Basic programı kullanılmıştır. Şekil 3.12’de ve Şekil 3.13’de VB kullanılarak OG ana ve tali hatlardan oluşan radyal enerji dağıtım hattı gösterilmiştir.

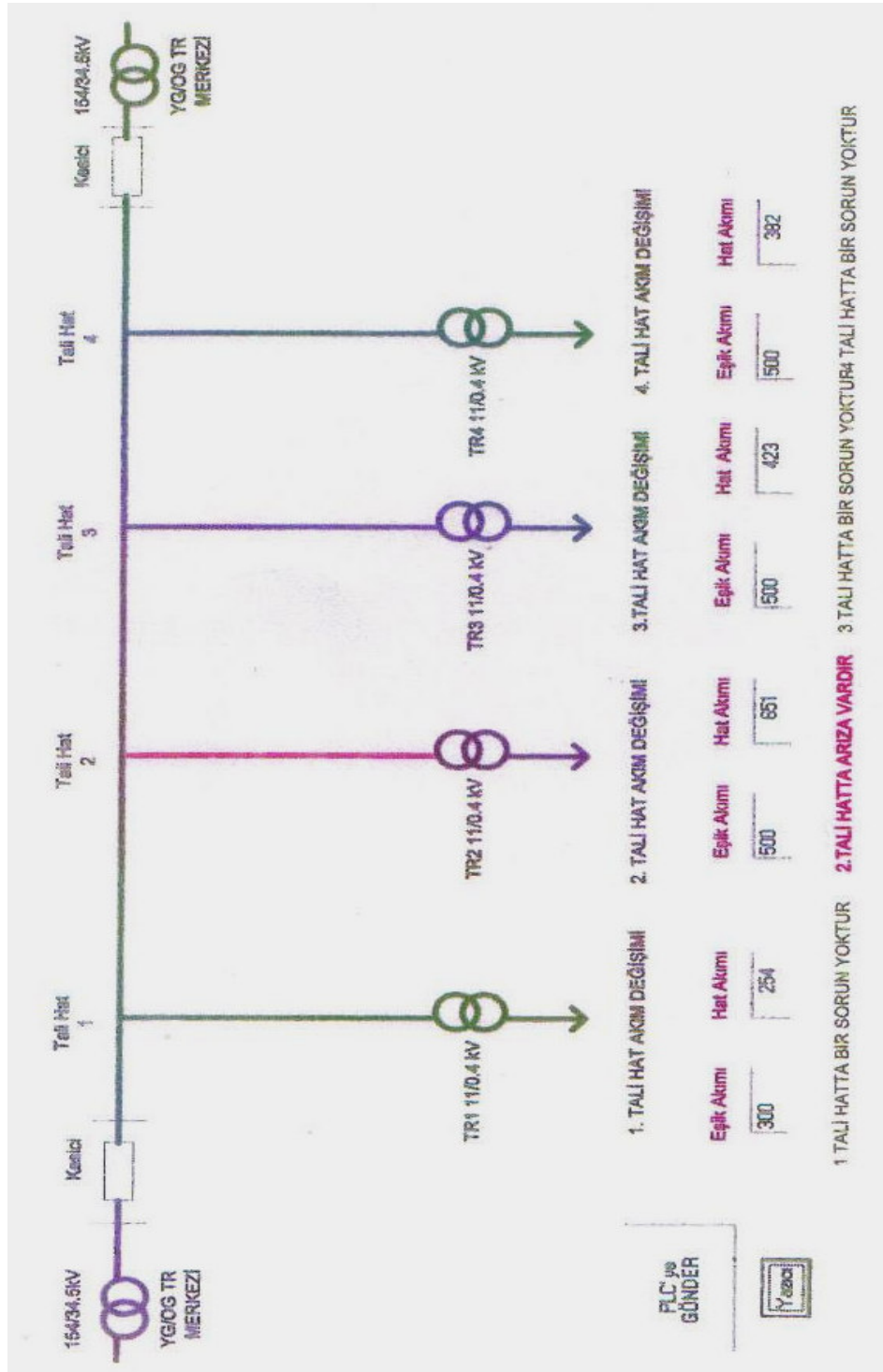
Uygulamada 154/34.5kV ve 4 adet tali hattın oluşan bir enerji dağıtım hattı hazırlanmıştır. Eşik akımı hattın taşıması öngörülen nominal çalışma akımını, hat akımı ise tali hattın o anda geçen akım değişimini vermektedir. Programdaki PLC’ye gönder butonu, tali hattaki eşik akımının PLC’nin algılaması için kullanılan bir butondur. Eşik akımının değeri hattın durumuna göre program kullanıcısı tarafından girilmektedir. Hattın geçen akım PLC tarafından algılanarak program kullanıcısına haberleşme ile gelmektedir.

Şekil 3.12(a)’da 1. tali hattın eşik akımı 300 A, 2. 3. ve 4. tali hatların eşik akımları maksimum 500 A olarak girilmiştir. Buna bağlı olarak PLC’nin analog girişlerindeki akım değişimleri yani hat akımları ise 1. tali hatta 254 A, 2. tali hatta 651 A, 3. tali hatta 423 A ve 4. tali hatta 382 A olarak görülmektedir. Anlaşılacağı gibi alınan ve gönderilen akım verilerine göre 2. tali hatta eşik akımı 500 A iken hattın geçen akım 644 A’ye ulaştığında (500 A’lik eşik değeri geçtiği için) hatta bir değişim söz konusu olmaktadır. Hattın rengi kırmızıya dönerek hatta bir arıza meydana geldiğini göstermektedir.

Şekil 3.12(b)’de Şekil 3.12’de olduğu gibi hattın geçen akım değerleri değiştiğinde dağıtım hattının durumu görülmektedir. Tali hatlardan geçen eşik değerleri Şekil 3.12(a)’daki eşik değerleri ile aynı olarak PLC’ye gönderilmiştir. Bununla birlikte PLC’nin giriş değerleri değiştirilmiştir. Buna bağlı olarak 1. tali hat akımı 385 A, 2. tali hat akımı 372 ve 3. tali hat akımı

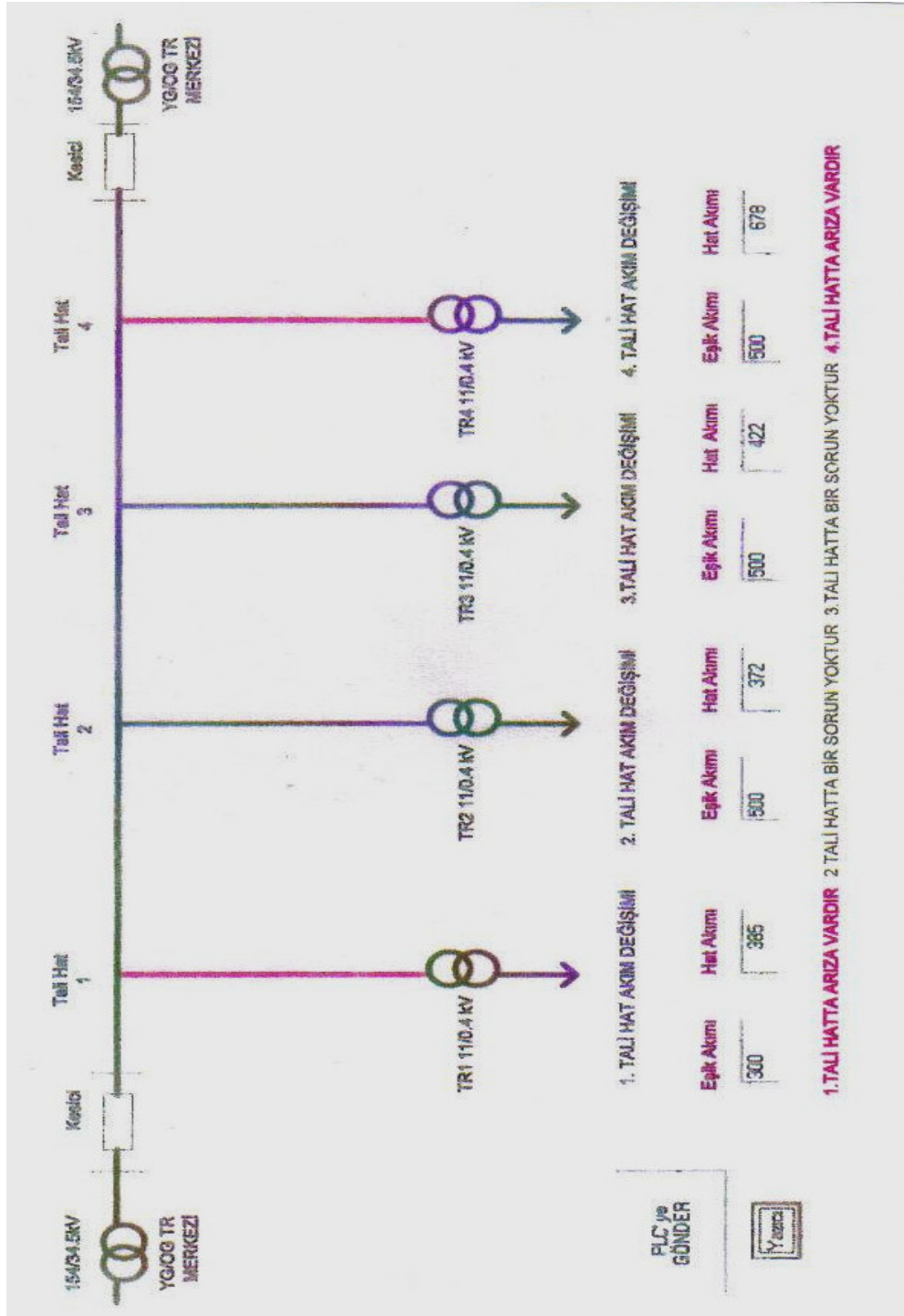
422 A ve 4. tali hat akımı 678 A olarak okunmuştur. Şekilde de görüldüğü gibi 1. tali hat ile 4. tali hatta geçen hat akımlarının eşik değerlerinden büyük olması bu tali hatlarda arıza olduğunu göstermektedir.

Bu şekilde arızalı olan tali hat seçilerek bileşenler farkı yönteminin kullanılmasıyla arızalı tali hattaki arıza yeri bulunmaktadır. Arızalı olan tali hat EMTP benzetim programı kullanılarak test edilmesi Bölüm 4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Enerji dağıtım tali hat modelinin bilgisayar ortamında şematik gösterimi

a) 2. Tali hatta oluşan arıza



Şekil 3.12. Enerji dağıtım tali hat modelinin bilgisayar ortamında şematik gösterimi

b) 1. ve 4. Tali hatta oluşan arıza

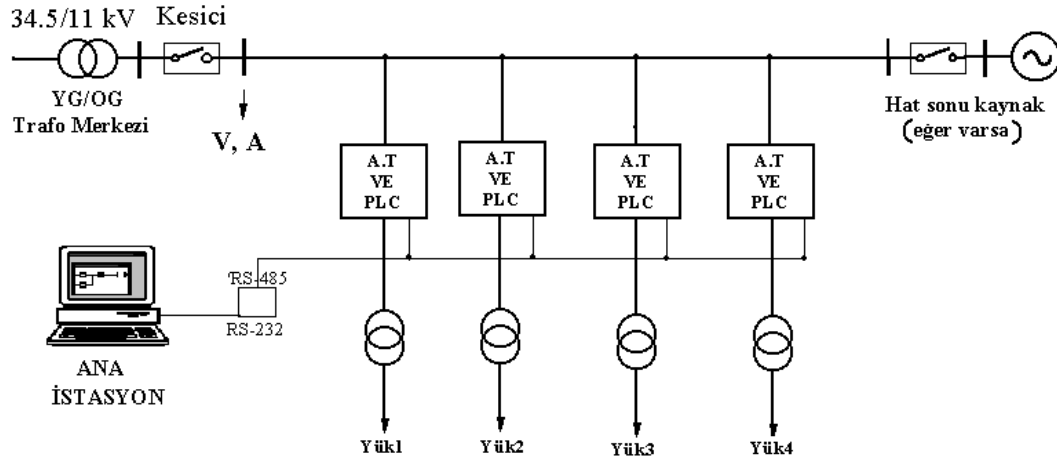
3.6. PLC ile Bilgisayarın Haberleşmesi

VB programında haberleşme için bir kod hazırlanmıştır. Bilgisayar ile PLC arasındaki iletişimi sağlayan bilgisayar yazılım şekli; `MSComm1.CommPort=1`, `MSComm1.Settings=9600,n,8,1` ve `MSComm1.PortOpen = True` olarak tanımlanmıştır. `Comm1` bilgisayar ile PLC arasındaki iletişimi sağlayacak olan port seçimi olup burada port 1 olarak ayarlanmıştır. Bilgisayar ile PLC arasındaki haberleşmenin gerçekleşmesi için PLC'deki hazırlanan port ayarının aynı durumu bilgisayarda da aynı olması gerekir. VB programında haberleşme için PLC'de olduğu gibi veri hızı, veri sayısı ve stop bitinin kullanımı yapılmıştır. Burada `MSComm1.Settings=9600,n,8,1` ifadesiyle yukarıda bahsedilen ayarlar belirtilmiştir. Programda ayrıca `MSComm1.PortOpen = True` ifadesi ise port'un haberleşme için kullanılabilir durumda olduğunu göstermektedir. Bilgisayarda haberleşme için kullanılan port RS-232 iken PLC'de kullanılan haberleşme portu RS-485'dir.

RS-232 iletişim protokolü, seri asenkron olarak gönderilen verinin alınması veya iletilmesini gerçekleştiren cihazlar arasında haberleşmenin sağlanabilmesi için geliştirilmiş seri bağlantı standartıdır. RS-232 düşük veri oranları ve kısa mesafelerde veri iletmeyi sağlamaktadır [18 ve 25].

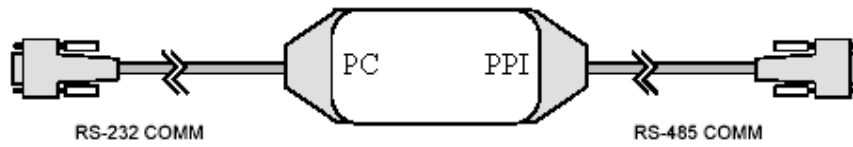
RS-485 iletişim protokolü, RS-232'nin mesafe yönünden oluşturduğu dezavantajı azaltmak için geliştirilmiş bir protokoldür. Bu protokol ile 32 adet alıcı vericinin tek bir kablo ile veri iletişimi sağlanabilmektedir ve ayrıca uzak mesafeler arası haberleşme için kullanılabilir [16,17,18 ve 25].

Şekil 3.14'de akım transformatörü ile PLC'nin tali hatlardaki şekli şematik olarak gösterilmektedir. Burada RS-485 PLC'nin portuna RS-232 ise bilgisayarın portuna denk gelmektedir. Bunun için bilgisayardaki ve PLC'deki veri iletişimi için RS-232/RS-485 dönüştürücüler kullanılmaktadır.



Şekil 3.14 A.T ve PLC'nin tali hatlardaki şematik gösterim

Şekil 3.15'de uygulama da PLC ile bilgisayar arasındaki haberleşme için kullanılan PC/PPI kablosunun şekli görülmektedir. Bu kablo PLC'nin programlanması ve bilgisayar ile haberleşmesi için kullanılan en yaygın kablo çeşididir.

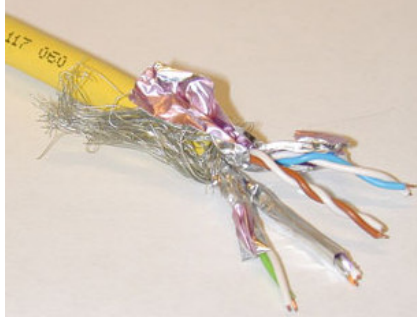


Şekil 3.15. PC/PPI Kablosu [28]

PC/PPI kablosunda, bilgisayarın seri portuna bağlanan kısım PC, PLC'nin portuna bağlanan kısım ise PPI olarak gösterilmektedir. RS-232 konnektörü PC, RS-485 konnektörü ise PLC tarafından. İletişimde veriler RS-232 portundan RS-485 portuna gönderilirken kablo iletim konumunda, bunun tersi durumda alım konumundadır. Kablo hat üzerinde dönüş süresi olarak tanımlanan bir süre kadar (yaklaşık 2.0 ms) boşluk gördüğünde alım konumuna geçmektedir. PC/PPI kablosu, 1200 baud ila 115.2 kbaud arasındaki iletişim hızlarını desteklemektedir [26]. Kullanılan PC/PPI kablosu ile yaklaşık olarak 1.5 km'ye kadar haberleşme sağlanmaktadır. Bunun yanında şebeke içinde tekrarlayıcı kullanıldığında alıcı verici arasındaki mesafe 12km'ye kadar çıkabilmektedir.

Uygulamada kaplamalı dolanmış çift (Shielded Twisted Pair-STP) tipi kablo kullanılmıştır. Şekil 3.16'da STP kablo çeşidi görülmektedir. Bu tip kabloda dolanmış tel

çiftleri koaksiyel kabloda olduğu gibi metal bir zırh ile kaplanmıştır. En dıştaki metal zırhın elektromanyetik alanlardan geçerken kablo içindeki sinyalin bozulmasına engel olması beklenir [25].



Şekil 3.16. STP kablo

3.7. Haberleşme Topolojileri Ve Uygulamada Kullanılan Protokol

Ağ topolojisi ağların geometrik bakımdan birbirlerine olan konumları anlamına gelmektedir. Yani ağ topolojisi, ağı oluşturan bilgisayarların birbirlerine fiziksel bağlantılarının nasıl yapılacağını belirler. Ağ sistemlerinde pek çok topoloji mümkündür. Bunlar arasındaki en önemli fark maliyet ve iletişim hızı olmaktadır [12].

3.7.1. Fiziksel topoloji çeşitleri

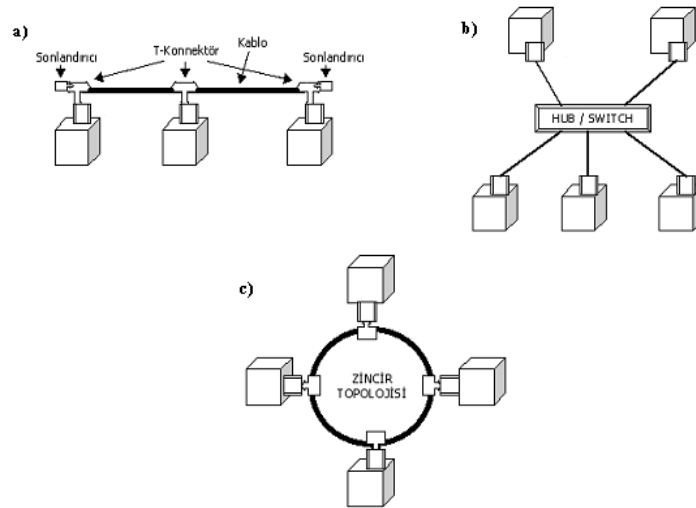
Bir ağın fiziksel topolojisi kabloların, bilgisayarların ve diğer çevre birimlerinin konfigürasyonunu belirler. Fiziksel topoloji kararını verirken maliyet, kullanılacak kablo metrajı, ağın büyümesi ve kablo tipi gibi parametreler incelenmelidir. Coğrafi konuma göre iletişim sistemleri yerel alan ağları (LAN) ve geniş alan ağları (WAN) olarak ikiye ayrılır. Yerel alan ağlarında yoğun olarak veri yolu, yıldız veya halka topolojileri kullanılır [5 ve 25].

Veri yolu (bus) topolojisi; Veri yolu topolojisinde bir kablo boyunca tüm terminallerin doğrusal lineer kabloya bağlanmasıdır. Veri bir uçtan diğerine iletilir ve döner. İletişim hattının sonunda bir sonlandırıcı (terminatör) bulunur. Bu topolojik yapı dağıtılmış kontrol sistemlerinde ilk kullanılan olup en basit, en ekonomik yapıdır [21,23 ve 30].

Yıldız topolojisi; birden fazla bilgisayarın anahtar ile birbirine bağlanması ile oluşan tek merkezli bir topolojidir. Merkezi anahtar düğümü diğer ağ düğümleri arasındaki veri iletişimini

kontrol eder ve veri yolu topolojisine göre daha performanslıdır. Herhangi bir düğüm çalışmaz hale gelirse, otomatik olarak devre dışı kalır. Yıldız topolojisinin en büyük avantajı ise; tesisi ve kablolanmanın kolay olmasıdır. Ayrıca ağdan bir terminalin çıkarılması veya eklenmesi ağın tamamını etkilemez ve problemlerin tespiti çok kolaydır. Diğer taraftan veri yolu topolojisi ile karşılaştırıldığında daha fazla kablo kullanılır [5].

Halka (Ring) topolojisi; Kuyruk yapısındaki bir ağdan sonlandırıcıların çıkarılarak iki ucunun birleştirilmesiyle oluşan ağ yapısıdır. Halka yapısındaki ağlarda tek bir iletişim bağlantısıyla düğümler ağa dahil edilir ve veriler halka boyunca dönerler. Burada ağa dahil olan bir bilgisayarın devre dışı kalmasının sistem üzerine bir etkisi yoktur. Bilgi gönderildikten sonra, alıcıya gelene kadar halka etrafında dolaşır. Elektriksel sinyal birimden birime tek bir yönde iletilir. Her birim, gelen kabloda alıcı, giden kabloda gönderici işlevi görür. Sinyal her birimde kuvvetlendirildiği veya yeniden oluşturulduğu için zayıflama en alt düzeydedir ve performansı yüksektir Şekil 3.17’de iletişim sistemleri için LAN topolojileri görülmektedir.[12 ve 24].



Şekil 3.17. LAN topolojileri [12]

a) Bus topolojisi b) Yıldız topolojisi c)Halka topolojisi

3.7.2. Haberleşme protokolleri

PLC ve bilgisayar arasında bağlantı şekillerine ve kullanılacak alıcı–verici sayısına göre haberleşmedeki protokol şekli değişmektedir. PLC’ler master-slave tarzı çalışan iletişim ağını desteklemektedirler. Master olan bir cihaz başka bir cihazlarla iletişim başlatabilir. Master ile slave arasındaki fark ise, master cihaz hem slave hem de master cihazların taleplerini yanıtlarken slave olarak tanımlanan cihaz ise yalnızca master cihazdan gelen talepleri yanıtlayabilir.

PLC ile ana istasyon arasındaki haberleşmeyi sağlamak amacıyla farklı haberleşme protokolleriyle bir çok alternatif bulunmaktadır. Uygulamanın gerektirdiği işlevsellik ve performansa bağlı olarak aşağıdaki iletişim seçenekleri kullanılabilir.

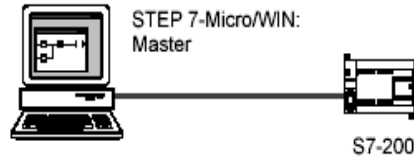
- Noktadan Noktaya İletişim (NNİ)
- Çok Noktalı İletişim (ÇNİ)
- PROFIBUS

İletişim paketleri, özel başlangıç ve bitiş karakteri, kaynak ve hedef istasyon adresleri, paket boyutu ve kontrol bilgisinden oluşur. Her protokol için iletişim hızı aynı olduğu sürece, bu protokoller aynı iletişim ağında birbirlerini etkilemeksizin aynı anda çalışabilirler [28].

Uygulamada kullanılan tüm cihazlar yani bilgisayar ve PLC tek bir hat üzerinden haberleştiği için uygulamada bus bağlantısı kullanılmıştır. Bununla birlikte PLC ile bilgisayar arasındaki iletişimde ise noktadan noktaya haberleşme protokolü kullanılmıştır.

- **Noktadan noktaya iletişim (NNİ)** : NNİ protokolü, bir master – slave protokolüdür. Master cihaz slave cihaza talep gönderir ve slave cihaz ise bu talebi yanıtlar. Master cihaz ile slave cihazlar ile NNİ protokolü tarafından yönetilen paylaşımlı bağlantı ile iletişim kurarlar. NNİ, bir slave ile bağlantı kurabilecek master sayısını kısıtlamaz, fakat ağda en fazla 32 adet master bulunabilir [28].

Şekil 3.18’de bir NNİ iletişim ağı görülmektedir. Burada, bilgisayarda PLC’yi kontrol etmek amacıyla kullanılan STEP7-Micro/WIN yada bilgisayar master cihazı, kontrol edilen PLC ise slave cihazı temsil etmektedir.



Şekil 3.18. NNI İletişim Ağı (Siemens 2002)

Uygulama dışında kullanılan PLC sayısı birden fazla ve uzak mesafeler için kullanılacaksa NNI iletişim protokolünün yanında ÇNİ ve PROFIBUS protokolleri kullanılabilir.

ÇNİ ise hem master – master, hemde slave – slave iletişimine izin veren iletişim protokolüdür. Bu protokole ayrıca Multi-Drop topolojisi de denmektedir. Ayrıca RS-485 seri haberleşme standartını desteklemektedir. Buna bağlı olarak 32 adet alıcı-vericinin tek bir kablo ile veri iletişimini sağlamaktadır. Uzak mesafelerde haberleşme için uygun olan bir protokoldür.

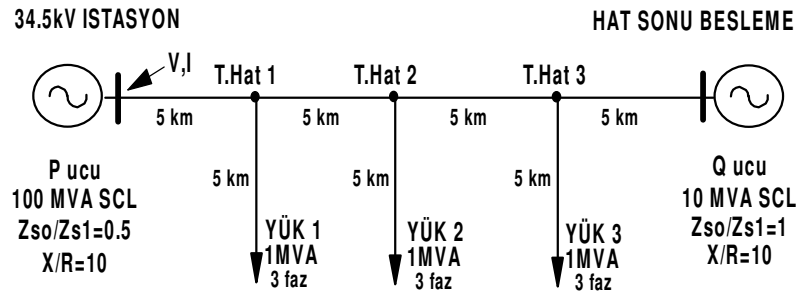
PROFIBUS protokolünde uzakta yer alan dağıtılmış giriş/çıkış birimleri hızlı haberleşme için tasarlanmış bir protokoldür. PROFIBUS ağlarında tipik bir master ve birden çok giriş/çıkış cihazı yer almaktadır. Master hangi adreste ne tarz slave cihazın bulunduğunu bilecek şekilde ayarlanır ve slave cihazların ayarlamalara uygun olduğunu kontrol eder [28].

4. ÖRNEK UYGULAMA

Bu bölümde hem ana hatta hem de tali hatta çeşitli arızalar oluşturulmuş ve benzetimden elde edilen akım ve gerilim örnekleri kullanılarak arızalı tali hattın ana istasyona olan mesafesi hesaplanarak tali hattaki arıza yeri hesaplanmıştır. Yöntemin güvenilirliği değişik kaynak kapasiteleri, arıza tipleri ve arıza direnci için test edilmiştir.

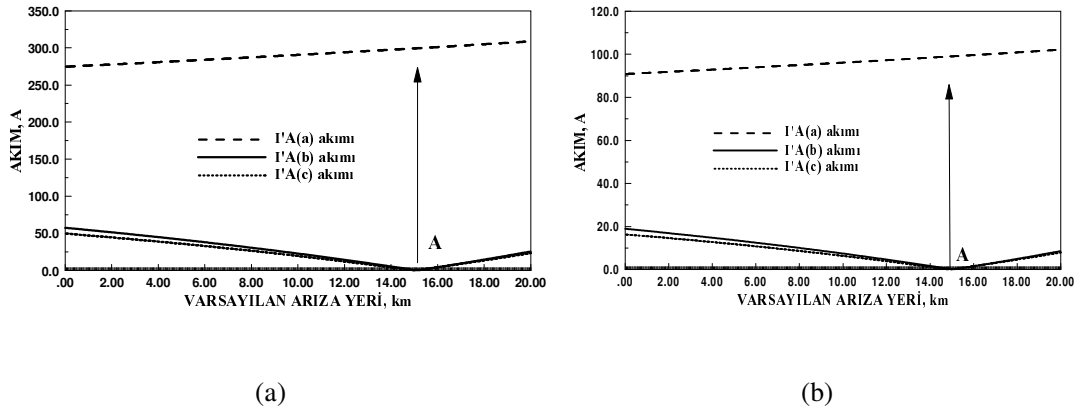
4.1. Ana Hattın Oluşturulan Arıza

Şekil 4.1’de görülen OG dağıtım hattı EMTP simülasyon paketi kullanılarak modellenmiştir. Modellenen sistemde P ucundan 15 km uzaklıkta faz ‘a’-toprak arızası oluşturulmuştur.



Şekil 4.1. EMTP OG dağıtım hattı modeli

P ucundan kaydedilen arıza öncesi ve sonrası akım ve gerilim örnekleri kullanılarak varsayılan arıza noktalarında (50 m. aralıklarla) hesaplanan $I_{A(a,b,c)}$ arıza yol akımlarının değişimleri farklı arıza dirençleri için hesaplanarak şekil 4.2’de verilmiştir. Şekil 4.2’de arıza direnci 2Ω ve 50Ω olarak alınmıştır.

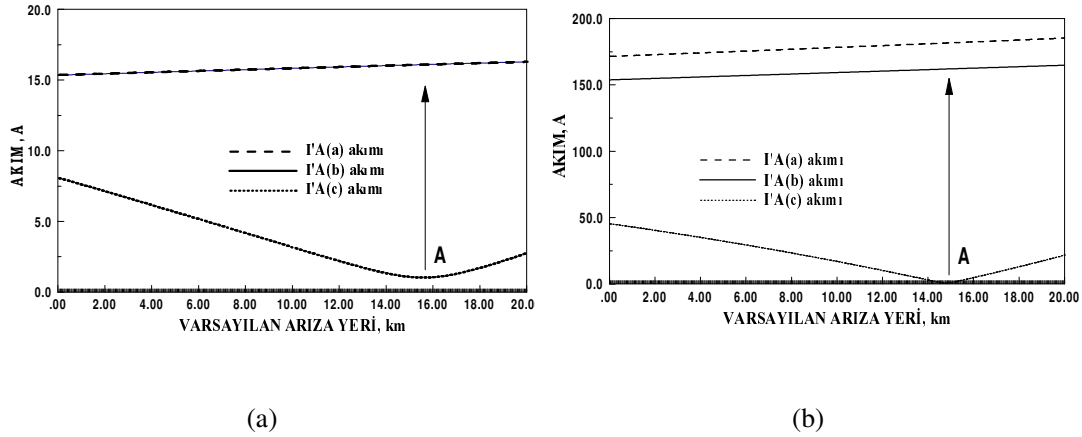


Şekil 4.2. Faz 'a'-toprak arızası

a) $R_A=2\Omega$, b) $R_A=50\Omega$

Şekil 4.2(a)'da görüldüğü gibi arıza direnci $R_A=2\Omega$ için faz 'a'-toprak arızası oluşturulmuştur. 'a' fazına ait arıza yol akımı (a fazından toprağa akan akım) $I'_{A(a)}$ gerçek arıza noktası 'A' da yüksek bir değer alırken, arızasız 'b' ve 'c' fazları yol akımları (b ve c fazlarından toprağa akan akımlar) $I'_{A(b,c)}$ sifıra yakın değerler almıştır. Bu noktadan sonra gerilimler farkı uygulanan noktalarda arıza yol akımları gerçek değerden uzaklaşmakta ve artmaktadır. Bu artışın diğer bir nedeni hat sonuna yaklaşıldıkça hat sonu kaynağın varlığından dolayı empedansın azalmasıdır.

Şekil 4.2(b)'de arıza direnci $R_A=50\Omega$ için arıza yol akımları değişimi verilmiştir. Burada arıza direncinden dolayı varsayılan arıza noktalarında arıza yol akımları önemli ölçüde düşmüştür. Bu durumda arayüz ve örneklemeden kaynaklanan hataların etkilerinin artmasına rağmen gerçek arıza noktası 'A' da arızalı 'a' fazının aldığı yüksek değer büyük hassasiyetle hesaplanmaktadır.



Şekil 4.3. Arıza direnci $R_A=2\Omega$ için arıza yol akımları değişimi

a) Faz 'a'-'b' arızası b) Faz 'a'-'b'-toprak arızası

Şekil 4.3(a)'da faz 'a'-'b' arızası için arıza yol akımlarının değişimi görülmektedir. Arızasız 'c' fazı fark akımı $I'_{A(c)}$ arıza noktası 'A' da sıfıra yakın değer alırken 'b' ve 'c' fazlarına ait $I'_{A(b,c)}$ arıza yol akımları eşit ve yüksek değerler almıştır. Bu arıza tipinde faz-faz arızasının en belirgin özelliği olarak arızalı fazların yol akımları eşit ve zıt yönlü olduğu halde şekilde sadece büyüklük olarak gösterilmiştir.

Şekil 4.3(b)'de ise faz 'a'-'b'-toprak arızası için arıza yol akımlarının değişimi görülmektedir. Şekilden görüldüğü üzere arıza noktası 'A' da 'a' fazından toprağa akan $I'_{A(a)}$ ve 'b' fazından toprağa akan $I'_{A(b)}$ akımları birbirinden farklı ve yüksek değerler almışlardır. Arızasız 'c' fazı arıza yol akımı $I'_{A(c)}$ ise 'A' noktasında sıfıra yakın değer almıştır. Faz-faz-toprak arızasının en belirgin özelliği, arızalı fazlara ait arıza yol akımlarının birbirine yakın ve yüksek değer almaları şeklinde ortaya çıkmaktadır. Toprak direnci yükseldikçe bu arıza faz-faz arızasına benzemekte ve buna bağlı olarak arızalı faz akımları birbirine yaklaşık olarak eşit ve zıt olmaktadır.

Şekil 4.1'de 15. km de oluşturulan , faz 'a'-toprak (a-e) arızası, faz 'a'-'b'-toprak arızası (a-b-e) ve faz 'a'-'b' (a-b) gibi çeşitli arıza tipleri için ölçülen ve hesaplanan arıza yol akımları Çizelge 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. 3 numaralı bağlantı noktasında oluşan arızalar için ölçülen ve hesaplanan arıza akımları

Arıza tipi	(R_A) Arıza direnci (Ω)	Ölçülen arıza akımı (A)			Hesaplanan arıza akımı (A)		
		$I_{A(a)}$	$I_{A(b)}$	$I_{A(c)}$	$I_{A(a)}$	$I_{A(b)}$	$I_{A(c)}$
a-e	2,0	1485,0	0,0	0,0	1495,0	0,0	0,0
a-e	20,0	950,0	0,0	0,0	950,9	0,0	0,0
a-e	50,0	491,9	0,0	0,0	495,4	0,0	0,0
a-b-e	2,0	1794,3	1614,0	0,0	1815,1	1620,3	0,0
a-b	2,0	1591,5	-1591,5	0,0	1610,0	-1609,5	0,0

Ancak uygulamada, hat sonu besleme, hat konfigürasyonu ve sensörlerden kaynaklanan hatalar ile yük güçlerinin tahminine bağlı hatalar bulunabilir. Bu nedenle hatta bağlı yüklerin ve hat sonuna bağlanabilecek kaynağın güçlerine çeşitli tahmin hataları uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.2’de özetlenmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi, yük ve kaynak kapasitelerinin tahmininde %20 gibi büyük bir hata durumunda dahi arıza yol akımları, %2.67 gibi küçük bir hata ile hesaplanmaktadır.

Çizelge 4.2 3 numaralı bağlantı noktasında oluşan arızalar için hassasiyet analizi

Arıza tipi	(R_A) arıza direnci (Ω)	Kaynak ve yük tahmin hatası	Ölçülen arıza akımı (A)	%hata
a-e	2,0	% \pm 0	1495,0	0,00
a-e	2,0	% \pm 5	1505,0	0,67
a-e	2,0	% \pm 10	1514,0	1,27
a-e	2,0	% \pm 20	1535,0	2,67

4.2. Tali Hatlarda Oluşturulan Arızalar

Bu bölümde Şekil 4.4’de görüldüğü gibi ana ve tali hatlardan oluşan 34.5kV enerji dağıtım hattı modellenmiştir. Benzetimi yapılan dağıtım sisteminde yatay hat düzeni kullanılmış

oluşturulduğunda elde edilen değerler Çizelge 4.4 ve 4.5'te verilmiştir. Çizelge 4.4'den görüleceği gibi özellikle faz-toprak arızasında arıza direncinin artmasıyla birlikte ölçümdeki hatanın artmasının beklenmesine karşılık, arıza noktasında sağlam faz arıza yol akımlarının minimum olduğu değerler birbirinden uzaklaşmaktadır. Bu noktaların aritmetik ortalaması alındığında hata düşebilmektedir. Faz-faz arızasında ise hatanın nispeten yüksek çıkmasının nedeni sağlam fazlar için hesaplanan arıza yol akımlarının çok düşük seyretmesi ve arayüz ile çevrim hatalarından daha çok etkilenmeleridir.

Çizelge 4.4. 2 numaralı tali hatta meydana gelen şönt arızalar için gerçek ve hesaplanan arıza yerleri

Arıza tipi	(R_A)Arıza Direnci (Ω)	Gerçek mesafe (km)	Hesaplanan mesafe (km)	% Hata
a-e	2,00	3,00	3,20	3,33
a-e	20,00	3,00	3,15	2,50
a-e	50,00	3,00	2,92	1,33
a-b-e	2,00	3,00	3,10	1,65
a-b	2,00	3,00	2,70	5,00

Çizelge 4.5. 3 numaralı tali hatta meydana gelen şönt arızalar için gerçek ve hesaplanan arıza yerleri

Arıza tipi	(R_A)Arıza Direnci (Ω)	Gerçek mesafe (km)	Hesaplanan mesafe (km)	% Hata
a-e	2,0	3,0	3,23	3,83
a-e	20,0	3,0	3,30	5,00
a-e	50,0	3,0	3,55	9,15
a-b-e	2,0	3,0	3,30	5,00
a-b	2,0	3,0	2,50	8,33

Şekil 4.4.'deki dağıtım hattı sonundaki kaynak kısa devre seviyesi (Short Circuit Level ; SCL) sırasıyla 10 MVA ve 100 MVA değerlerine çıkarılarak arızalar tekrar edildiğinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6 ve 4.7'de verilmiştir. Sonuçlardan aynı tür arızalar için ölçme

hatalarının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bunun nedeni arıza anında hat sonundaki kesiciye ani açtırma yaptırılarak hattın sonundaki kaynak devre dışı edilmektedir. Dolayısıyla hattın sonundaki kaynağın arıza akımlarına yapacağı etki ortadan kaldırılmaktadır. Yapılan testler, hat sonu kaynak devre dışı edildikten en az 40 ms sonra arıza sonrası akım ve gerilim ölçümlerinin yapılması gerektiğini göstermiştir.

Çizelge 4.6. 3 numaralı tali hatta meydana gelen şönt arızalar için gerçek ve hesaplanan arıza yerleri (Hat sonu kaynak SCL 10 MVA)

Arıza tipi	(R_A) Arıza Direnci (Ω)	Gerçek mesafe (km)	Hesaplanan mesafe (km)	% Hata
a-e	2,00	3,00	3,25	4,15
a-e	20,00	3,00	3,30	5,00
a-b-e	2,00	3,00	3,30	5,00
a-b	2,00	3,00	2,50	8,33

Çizelge 4.7. 3 numaralı tali hatta meydana gelen şönt arızalar için gerçek ve hesaplanan arıza yerleri (Hat sonu kaynak SCL 100 MVA)

Arıza tipi	(R_A) Arıza Direnci (Ω)	Gerçek mesafe (km)	Hesaplanan mesafe (km)	% Hata
a-e	2,00	3,00	3,28	4,65
a-e	20,00	3,00	3,33	5,50
a-b-e	2,00	3,00	3,30	5,00
a-b	2,00	3,00	2,50	8,33

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında ana ve tali hattın oluşan OG enerji dağıtım hattında arıza analizi yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan bileşenler farkı yöntemi ile arıza yeri bulma analizi örnek sistemler üzerinde denenmiştir. Tezde ilave olarak OG dağıtım hattında arızanın tali hatta olması durumunda tali hat başına konacak olan akım sensörleri ile PLC kullanılarak arızalı tali hat bulunup uzak noktadaki ana istasyon ile haberleşmesi sağlanmıştır. Daha sonra hat başından arıza öncesi ve sonrası elde edilen akım ve gerilim değerleriyle bileşenler farkı yöntemi kullanılarak tali hattaki arıza yeri tespit edilmiştir. PLC ile uzak istasyon arasındaki haberleşmede görselliği ön plana çıkarmak için Visual Basic programı yazılmıştır.

Yöntemde kullanılan PLC ile herhangi bir tali hattaki arıza çok rahat bir şekilde seçilirken PLC ile bilgisayar arasındaki haberleşme herhangi bir gecikme olmaksızın ana ve tali hat sürekli gözlemlenebilmektedir. Bunun yanında arıza yeri bulma yönteminde kullanılan interaktif yaklaşım, enerji dağıtım hattı üzerinde çeşitli yük noktaları ve hat sonu beslemesi bulunması durumunda karşılaşılan çeşitli sistem ve arıza şartlarında yüksek doğrulukla arıza yerini saptamaktadır.

Geliştirilen bu yöntemin, özellikle tali hat uzunluklarının ana hat uzunluğu ile kıyaslanabilir olan dağıtım sistemlerinde daha işlevsel olarak uygulanabileceği görülmektedir. Uygulanan algoritma çevrim dışı (off-line) olduğu için arıza anında haberleşme kanallarından kaynaklanabilecek gecikmeler sakınca yaratmayacaktır.

Akım sensörü olarak PLC'nin kullanımı dış etkenlere karşı dayanıklılığı, programlanmasının kolay olması, kumanda özelliğinin arttırılabilmesi, uzun süre bakım gerektirmemesi, hacim olarak az yer kaplaması, yüksek performansı ve olumsuz ortamlarda (nem, sıcaklık vs) çalışabilme özelliği ve günümüz teknolojisine ayak uydurarak sürekli yenilenmesi ve uzun süre kullanılması PLC'yi avantajlı kılabilir.

Enerji dağıtım sisteminin sinyallerini bir kumanda merkezine transfer etmek için, uygun biçimde dağıtılmış PLC'ler kullanılabilir. Bu şekilde sistemin sinyallerinin uzak mesafelerden kontrol edilmesi daha rahat ve güvenilir olabilir. Bununla birlikte; zamandan iş gücünden tasarruf sağlanabilir ve güvenilirlik arttırılabilir. Arızalardan anında haberdar olunarak gecikmelerin önlenmesi ve kayıpların en aza indirgenmesi sağlanabilir.

Arıza direncinin yüksek olduğu durumlarda akımın düşmesi ile sensör bu durumu algılayamayabilir. Bunun için matematiksel işlemleri yapabilmesinden dolayı PLC'nin seçimi bu sorunu ortadan kaldırabilir. Ayrıca PLC'nin kullanılabilen genişleme modüllerinden dolayı, bir noktada birden çok tali hat olması durumunda kullanılması daha avantajlı sayılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Aggarwal, R.K., Coury, A.T., Kalam, A. and Johns., 1993, A practical approach to accurate fault location on extra high voltage teed feeders, IEEE Transactions on Power Delivery, vol: 8, No: 3, pp:874-883.
- [2] Aggarwal, R.K., Aslan, Y., Johns, A.T., 1997, A New Concept in Fault Location for Overhead Distribution Systems Using Superimposed Components, IEE Proc. C, May, 144 (3), pp: 309-316.
- [3] Aslan, Y., Aggarwal, R.K., Johns, A.T., 1995, Fault Location in Overhead Distribution Systems using Superimposed Components, 30th Universities Power Engineering Conference 1995 at University of Greenwich, UK.
- [4] Aslan, Y., Türe, Ş., 2004, Orta Gerilim Enerji Dağıtım Tali Hatlarında Arıza Analizi, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Aralık, s: 16-20
- [5] Best Dergisi, 2003, Enerji Yönetim ve İzleme, Sayı 22
- [6] Cook, V., 1986, Fundamental Aspects of Fault Location Algorithm Used in Distance Protection, IEE Proceeding , No.133, Pt.5, pp359-368
- [7] Clarke, G.J., Horn, H.E., 1985, Monitoring and protection system suited distribution systems, Proc. Third Int. Conference Developments in Power Systems Protection, pp: 199-203
- [8] Das, R., Sachdev, M.S., Sidhu, T.S., 1995, A Technique for estimating location of shunt faults on distribution lines, Proc IEEE
- [9] El-Hami, M., Lai, L.L., Daruvvalla, D.J., 1994, A new travelling-wave based scheme for fault detection on overhead power distribution feeders, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol:17, No: 4, October, pp 1825-1833
- [10] Girgis, A.A., Fallon, M.C., Lubkeman, D.L, 1993, A Fault location technique for rural distribution feeders, IEEE Transactions on Industry Applications, vol:. 29, No: 6, November pp: 1170-1175.
- [11] Gönen, T., 1986, Electric Power Distribution System Engineering, Text Book, McGraw-Hill
- [12] <http://www.akademik.maltepe.edu.tr>.
- [13] <http://www.fortunecity.com>
- [14] <http://www.gençbilim.com>

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- [15] <http://www.inet-tr.org.tr>
- [16] <http://www.itcofe.web.cern.ch>
- [17] <http://www.plcprogramlama.com>
- [18] <http://www.rs485.com>
- [19] Johns, A.T., Lai, L.L., El-Hami, M., Daruvala, D.J., 1991, A new approach to directional fault locator for overhead power distribution feeders, IEE Proc, Vol: 138, July, pp: 351-357
- [20] Johns, A.T., Moore, P.J., Whittard, R., 1995, New Technique for the Accurate Location of Earth Faults on Transmission Systems, IEE Proc. C, March, 142 (2), pp: 119-127
- [21] Kakimoto, H., Hayashi, T., Handa, H., Yukihiro, K., Okamura, Y., and Odaka, N., 1995, Development of Automatic Fault Point Locating and Sectional Isolating System for Power Distribution Line, Electrical Engineering in Japan, Vol: 115, No: 5, pp:75-87.
- [22] Kurtulan, S., 2001, PLC ile Endüstriyel Otomasyon, Birsen Yayınevi, İstanbul, 223s.
- [23] Moore, P.J., 1997, Power System Protection, Vol.4, Digital protection and signalling, The Institution of Electrical Engineers.
- [24] Nihat, A., 2003, Plc-Scada Sistemleri Dcs ile Karşılaştırılması ve Orta Ölçekli Bir Proseste Uygulaması, DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- [25] Örencik, B., Çölkesen, R., 1999, Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri, 389s.
- [26] Redfern, M.A., Usta, Ö., 1995, A New Microprocessor based islanding protection algorithm for dispersed storage and generation units, IEEE Transactions on Power Delivery, vol: 10, No: 3.
- [27] Schoroeder, A., Ramos, E., Simpson, L., 1992, Data Communications And Networking Fundamentals, Maxwell-Macmillan International editions, 473p.
- [28] Siemens., 2002, Programlanabilir otomasyon cihazı, S7 200, 437s.
- [29] Tenschert, W., 1994, Fault location in Radial Networks, Third quarter
- [30] Tunçalp, K., 2002, SCADA sistemleri yapıları yaraları ve uygulamaları örnekleri, WIN 2002, 50s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- [31] Zhu, J., Lubkeman L.D., Girgis A.A., 1996, Automated Fault Location and Diagnosis on Electric Power Distribution Feeders, IEEE Winter Meeting
- [32] Westinghouse Electric Corporation, Electrical Transmission and Distribution Reference Book, 1964, East Pittsburgh

Ek-A PLC'deki Giriş Değerlerini Kontrol Etmek İçin Hazırlanan Bilgisayar Programı

```
Dim alınan As String
Dim gönderilen As String
```

```
Private Sub Frame1_DragDrop(Source As Control, X As Single, Y As Single)
```

```
End Sub
```

```
*****
```

```
Private Sub Command1_Click()
Dim h, a, k As Integer
```

```
For h = 0 To 3
If Len(Text1(h)) = 1 Then
Text1(h) = "000" + Text1(h)
End If
Next h
```

```
For a = 0 To 3
If Len(Text1(a)) = 2 Then
Text1(a) = "00" + Text1(a)
End If
Next a
```

```
For k = 0 To 3
If Len(Text1(k)) = 3 Then
Text1(k) = "0" + Text1(k)
End If
Next k
```

```
gönderilen = Text1(0) + Text1(1) + Text1(2) + Text1(3)
```

```
End Sub
```

```
*****
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
MSComm1.CommPort = 1
MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
MSComm1.PortOpen = True
```

```
Text1(0) = 0
```

```
Text1(1) = 0
Text1(2) = 0
Text1(3) = 0
Text2(0) = 0
Text2(1) = 0
Text2(2) = 0
Text2(3) = 0

End Sub

*****

Private Sub Text1_keypress(Index As Integer, keyascii As Integer)

If IsNumeric(Chr(keyascii)) = False Then keyascii = 0

End Sub

*****

Private Sub Timer1_Timer()
On Error Resume Next
alman = MSComm1.Input

Text2(0) = Mid(alman, 1, 8)
Text2(1) = Mid(alman, 9, 8)
Text2(2) = Mid(alman, 17, 8)
Text2(3) = Mid(alman, 25, 8)

If Text1(0) < Int(Text2(0)) Then

Line6(0).BorderColor = &HFF&

Label8(0).Caption = "1.TALİ HATTA ARIZA VARDIR"
Label8(0).ForeColor = &HFF&

Else

Line6(0).BorderColor = &H80000001

Label8(0).Caption = "1.TALİ HATTA BİR SORUN YOKTUR"
Label8(0).ForeColor = &HC000&

End If

If Text1(1) < Int(Text2(1)) Then

Line6(1).BorderColor = &HFF&

Label8(1).Caption = "2.TALİ HATTA ARIZA VARDIR"
Label8(1).ForeColor = &HFF&

Else

Line6(1).BorderColor = &H80000001

Label8(1).Caption = "2.TALİ HATTA BİR SORUN YOKTUR"
Label8(1).ForeColor = &HC000&
```

End If

If Text1(2) < Int(Text2(2)) Then

Line6(2).BorderColor = &HFF&

Label8(2).Caption = "3.TALİ HATTA ARIZA VARDIR"

Label8(2).ForeColor = &HFF&

Else

Line6(2).BorderColor = &H80000001

Label8(2).Caption = "3.TALİ HATTA BİR SORUN YOKTUR"

Label8(2).ForeColor = &HC000&

End If

If Text1(3) < Int(Text2(3)) Then

Line6(3).BorderColor = &HFF&

Label8(3).Caption = "4.TALİ HATTA ARIZA VARDIR"

Label8(3).ForeColor = &HFF&

Else

Line6(3).BorderColor = &H80000001

Label8(3).Caption = "4.TALİ HATTA BİR SORUN YOKTUR"

Label8(3).ForeColor = &HC000&

End If

MSComm1.Output = gönderilen + Chr(255)

End Sub