

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ İLETİM HATLARI İÇİN MATLAB/GUI TABANLI
BİR ARIZA ANALİZ PROGRAMI GELİŞTİRME**

Savaş KOÇ

Tez Yöneticisi:
Yrd. Doç. Dr. Zafer AYDOĞMUŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ 2008

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ İLETİM HATLARI İÇİN MATLAB/GUI TABANLI
BİR ARIZA ANALİZ PROGRAMI GELİŞTİRME**

Savaş KOÇ

Tez Yöneticisi:
Yrd. Doç. Dr. Zafer AYDOĞMUŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez,tarhinde aşığıda belirtilen jüri tarafından oy birliğı/oy çokluğu ile başarılı/başarısız olarak değeriendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Zafer AYDOĞMUŞ

Üye: Doç. Dr. İbrahim TÜRKOĞLU

Üye : Yrd.Doç.Dr. Selçuk YILDIRIM

Üye :

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

TEŐEKKÖR

Bu çalıřmada, bilgisiyle ve verdiđi gŰven duygusuyla her tŰrlŰ konuda yardımlarını benden esirgemeyen deđerli danıřmanım Sayın Yrd. Doç. Dr Zafer AYDOĐMUŐ 'a teőekkŰrlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalıřması boyunca manevi desteklerini benden esirgemeyen deđerli niřanlım Suzan TANRIKULU'na ve deđerli aileme teőekkŰr ederim

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
ÇİZELGELER(TABLOLAR) LİSTESİ	VII
SİMGELER VE SEMBOLLER LİSTESİ	VIII
ÖZET	IX
ABSTRACT.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. GÜÇ SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ.....	3
2.1. Güç Sisteminin Tek Hat Diyagramı	4
2.2. Güç Sisteminin Reaktans Diyagramı	4
2.3. Per-Unit Değerler	5
2.4.1. Per-Unit Değerler İçin Baz Seçilmesi	5
Problem 2.1	6
Çözüm	6
3. SİMETRİLİ BİLEŞENLER YÖNTEMİ	8
3.1. Asimetrik Fazörlerin Simetrik Bileşenler Cinsinden İfadesi	8
3.1.1. Bileşenlerin Dengeli Grupları	8
3.1.2. a Operatörü.....	9
3.2. Asimetrik Fazörlerin Simetrik Bileşenleri	9
3.3. Simetrik Bileşenlerde Güç İfadesi	11
3.4. Devre Elemanlarının Dizi Empedansları.....	11
3.4.1. Doğru Dizi Empedansı (Z_1).....	11
3.4.2. Ters Dizi Empedansı (Z_2).....	11
3.4.3. Sıfır Dizi Empedansı (Z_0).....	12
3.5. Güç Sistemi Modelinin Dizi Devreleri	12
3.5.1. Doğru Dizi Devresi	12
3.5.2. Ters Dizi Devresi	12
3.5.3. Sıfır Dizi Devresi	13
4. GÜÇ SİSTEMLERİNDE ARIZALAR	15
4.1. Tek Faz-Toprak Arızası	19
Problem 4.1	23
Çözüm	23
4.2. Faz-Faz Arızası	26

Problem 4.2	30
Çözüm	30
4.3. İki Faz-Toprak Arızası	32
Problem 4.3	35
Çözüm	35
4.4. Üç Faz Kısa Devre Arızası	37
Problem 4.4	39
Çözüm	39
5. MATLAB GUI İLE KULLANICI ARAYÜZÜ TASARLAMA	41
5.1. GUI Editörü	41
5.2. GUIDE İle GUI Tasarlamanın Avantajları	41
5.3. GUIDE Editörünün Başlatılması	42
5.4. GUI bileşenlerini Oluşturma Ve Düzenleme	43
5.5. GUI Bileşenleri Ve Özellikleri	43
5.6. Bileşenlerin Düzenlenmesi	44
5.7. Bileşenlerin Programlanması	45
6. KDAH VE EGITIM PROGRAMLARI	49
6.1. Programların Amaçları	49
6.2. KDAH Ve EGITIM Programlarının Genel Görünümleri	49
6.3. Dosya Menüsü Ve Özellikleri	55
6.3.1. Yeni Menüsü	55
6.3.2. Aç Menüsü	55
6.3.3. Kaydet Menüsü	55
6.3.4. Yazdır Menüsü	56
6.3.5. Sayfa Ayarları Menüsü	56
6.3.6. Sayfa Önizleme Menüsü	57
6.3.7. Yazı Tipi Menüsü	57
6.3.8. Renk Ayarları Menüsü	58
6.4. KDAH Ve EGITIM Programlarında Kullanılan Değerler	58
6.5. KDAH İle Arıza Hesaplanması	59
6.5.1. Üç Fazlı Arızanın Hesaplanması	59
6.5.2. Tek Faz-Toprak Arızasının Hesaplanması	60
6.5.3. Faz-Faz Arızasının Hesaplanması	61
6.5.4. İki Faz-Toprak Arızasının Hesaplanması	62
6.6. EGITIM Programıyla Arızanın Hesaplanması	62

6.6.1. Üç Fazlı Arızanın Hesaplanması.....	63
6.6.2. Tek Faz-Toprak Arızasının Hesaplanması.....	63
6.6.3. Faz-Faz Arızasının Hesaplanması.....	64
6.6.4. İki Faz-Toprak Arızasının Hesaplanması.....	65
7. SONUÇ.....	66
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Güç sistemini meydana getiren generatör ve motorun Çeşitli diyagramlarda kullanılan eşdeğer devreleri ve standart sembolleri	3
Şekil 2.2 Güç sistemini meydana getiren transformatör ve iletim hattının çeşitli diyagramlarda kullanılan eşdeğer devreleri ve standart sembolleri	3
Şekil 2.3 Güç sistemi modelinin tek hat diyagramı	4
Şekil 2.4 Güç sistemi modelinin reaktans diyagramı.....	5
Şekil 2.5 Problem 2.1 için sistemin tek hat diyagramı.....	6
Şekil 2.6 Sisteme ait reaktans devresi.....	7
Şekil 3.1 Üç dengesiz fazın, dengeli üç grup fazdan meydana gelen simetrik bileşenleri	8
Şekil 3.2 Benzetim devresinin doğru dizi devresi.....	12
Şekil 3.3 Benzetim devresinin ters dizi devresi	13
Şekil 3.4 Benzetim devresinin sıfır dizi devresi	13
Şekil 3.5 Üç fazlı dengeli sistemde simetrik bileşen devre gösterimi	14
Şekil 4.1 Arıza şartları için eşdeğer devreler	17
Şekil 4.2 Kısa devre oluştuğunda arıza noktasına akan akımların ölçülmesi	18
Şekil 4.3 Kısa devre oluştuğunda arıza noktasında faz-toprak gerilimlerinin ölçülmesi.....	18
Şekil 4.4 Kısa devre oluştuğunda iletim hattından geçen hat akımların ölçülmesi	19
Şekil 4.5 İletim hattında tek faz-toprak kısa devre gösterimi	19
Şekil 4.6 Tek faz-toprak kısa devresi akımlarının değişimleri	20
Şekil 4.7 Tek faz-toprak kısa devresi faz-nötr gerilimlerinin değişimi	20
Şekil 4.8 Tek faz-toprak kısa devresi anında iletim hattından geçen akımların değişimi.....	21
Şekil 4.9 Tek faz-toprak kısa devresi için arıza devresi	22
Şekil 4.10 Problem 4.1 için kullanılan güç sisteminin tek hat diyagramı.....	23
Şekil 4.11 Sistemin doğru dizi bileşen devresi	23
Şekil 4.12 Sistemin doğru dizi bileşenine ait Thevenin eşdeğer devresi	23
Şekil 4.13 Sistemin ters dizi bileşen devresi.....	23
Şekil 4.14 Sistemin ters dizi bileşenine ait Thevenin eşdeğer devresi.....	24
Şekil 4.15 Sistemin sıfır dizi bileşen devresi	24
Şekil 4.16 Sistemin sıfır dizi bileşenine ait Thevenin eşdeğer devresi.....	24
Şekil 4.17 Sistemin tek faz-toprak kısa devresine ait arıza devresi	26
Şekil 4.18 İletim hattında faz-faz kısa devre gösterimi	26
Şekil 4.19 Faz-faz kısa devresi noktasına akan akımların değişimi	27
Şekil 4.20 Faz-faz kısa devresi noktasında faz-nötr gerilimlerinin değişimi.....	27

Şekil 4.21 Faz-faz kısa devresi anında iletim hattından geçen hat akımlarının değişimi	28
Şekil 4.22 Faz-faz kısa devresi için arıza devresi	30
Şekil 4.23 Problem 4.2' nin arıza devresi	31
Şekil 4.24 İletim hattında iki faz-toprak kısa devre gösterimi	32
Şekil 4.25 İki faz-toprak kısa devresi noktasına akan akımların değişimi	32
Şekil 4.26 İki faz-toprak kısa devresi noktasında oluşan gerilimlerin değişimi	33
Şekil 4.27 İki faz-toprak kısa devresi anında iletim hattından geçen hat akımlarının değişimi	33
Şekil 4.28 İki faz-toprak kısa devresi için arıza devresi	35
Şekil 4.29 Problem 4.3 için iki faz-toprak arıza devresi	37
Şekil 4.30 İletim hattında üç faz kısa devre gösterimi	37
Şekil 4.31 Üç faz kısa devresi noktasına akan akımların değişimi	37
Şekil 4.32 Üç faz kısa devresi noktasında oluşan gerilimlerin değişimi	38
Şekil 4.33 Üç faz kısa devresi anında iletim hattından geçen hat akımlarının değişimi	38
Şekil 4.34 Üç faz kısa devresi için arıza devresi	39
Şekil 4.35 Problem 4.4 için üç faz arıza devresi	40
Şekil 5.1 Matlab Gui editörünün genel görünümü	41
Şekil 5.2 Gui bileşenlerinin yüzey üzerindeki görünümü	43
Şekil 5.3 Aling Objects öğesinin genel görünümü	44
Şekil 5.4 Grid and Rulers öğesinin genel görünümü	45
Şekil 5.5 Property Inspector aracının görünümü	46
Şekil 6.1 KDAH programının genel görünümü	50
Şekil 6.2 EGITIM programının genel görünümü	50
Şekil 6.3 Programların akış diyagramı	51
Şekil 6.4 KDAH giriş kısmının görünümü	53
Şekil 6.5 EGITIM programı giriş kısmının görünümü	53
Şekil 6.6 Arıza seçeneklerinin görünümü	53
Şekil 6.7 KDAH çıkış kısmının görünümü	54
Şekil 6.8 EGITIM programının çıkış kısmı görünümü	54
Şekil 6.9 Aç penceresinin görünümü	55
Şekil 6.10 Kaydet penceresinin görünümü	56
Şekil 6.11 Standart yazdır penceresinin görünümü	56
Şekil 6.12 Sayfa ayarları penceresinin görünümü	57
Şekil 6.13 Yazı tipi penceresinin görünümü	57
Şekil 6.14 Renk ayarları penceresinin görünümü	58
Şekil 6.15 KDAH için kullanılan güç sistemi devresi	58

Şekil 6.16 KDAH ile üç faz arızası hesabının görünümü	60
Şekil 6.17 KDAH ile tek faz-toprak arızası hesabının görünümü	61
Şekil 6.18 KDAH ile faz-faz arızası hesabının görünümü.....	61
Şekil 6.19 KDAH ile iki faz-toprak arızası hesabının görünümü	62
Şekil 6.20 EGITIM programıyla üç faz arızası hesabının görünümü	63
Şekil 6.21 EGITIM programıyla tek faz-toprak arızası hesabının görünümü	64
Şekil 6.22 EGITIM programıyla faz-faz arızası hesabının görünümü.....	64
Şekil 6.23 EGITIM programıyla iki faz-toprak arızası hesabının görünümü	65

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 4.1 Akım sabitlerinin simetrik bileşenleri ve arıza akımları	16
Tablo 4.2 Senkron makinelerinin ortalama sabit değerleri.....	17
Tablo 6.1 KDAH programında kullanılan reaktans değerleri	59
Tablo 6.2 EGİTİM programında kullanılan reaktans değerleri.....	59

SİMGELER VE SEMBOLLER LİSTESİ

A	: Katsayı matrisi
a	: Saat yönünün tersine 120 derece döndüren operatör
B	: Bara
B_n, B_o	: Yeni ve eski baz
E_g, E_m	: Generatör ve motor emk değerleri
F	: Arıza noktası
G	: Generatör
I	: Akım (A)
I_a, I_b, I_c	: a, b ve c fazı akımları
I_{a1}, I_{a2}, I_{a0}	: a fazı akımının simetrik bileşenleri
I_{b1}, I_{b2}, I_{b0}	: b fazı akımı simetrik bileşenleri
I_{c1}, I_{c2}, I_{c0}	: c fazı akımı simetrik bileşenleri
L, H	: İletim hattı
$L(t)$	: t anındaki endüktans değişimi
$L(0)$	: t = 0 anındaki endüktans değeri
M	: Motor
P	: Aktif güç (W)
Q	: Reaktif güç (Var)
R, r	: Direnç(ohm)
S	: Görünür güç (VA)
T	: Transformatör
V	: Gerilim (V)
V_a, V_b, V_c	: a, b ve c fazı gerilimleri
V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}	: Fazlar arası gerilim değerleri
V_{a1}, V_{a2}, V_{a0}	: a fazı geriliminin simetrik bileşenleri
V_{b1}, V_{b2}, V_{b0}	: b fazı geriliminin simetrik bileşenleri
V_{c1}, V_{c2}, V_{c0}	: c fazı geriliminin simetrik bileşenleri
V_f	: arıza noktasındaki faz-nötr gerilimi
V_{LL}	: Faz-faz gerilimi
V_{LN}	: Faz-nötr gerilimi
X	: Reaktans
Y	: Admitans
Z_1, Z_2, Z_0	: Simetrik dizi devre empedansları

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENERJİ İLETİM HATLARI İÇİN MATLAB/GUI TABANLI BİR ARIZA ANALİZ PROGRAMI GELİŞTİRME

Savaş KOÇ

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

2008, Sayfa: 71

Enerji iletim hatlarında kısa devre sonucu oluşan arızalar, asimetrik ve simetrik olarak iki bölümde incelenir. Üç fazlı arıza simetrik; tek faz-toprak, faz-faz ve iki faz-toprak arızaları da asimetrik arıza olarak tanımlanır. Simetrik ve asimetrik arızalarının analizini yapmak amacıyla geliştirilen yöntemlerden birisi de simetrik bileşenler yöntemidir. Bu çalışmada, simetrik bileşenler yöntemiyle arızaların hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Hesaplama arıza şartlarını belirlemek amacıyla bir model devrenin benzetimi kullanılmıştır. MATLAB/GUI tabanlı bir arıza hesaplama programı geliştirilmiştir. Bu ara yüz üzerinde, devrede bulunan elemanların dizi reaktanslarının girilmesi için kısımlar oluşturulmuş ve arıza seçenekleriyle arıza akım ve gerilimleri hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, ara yüz kullanılarak asimetrik ve simetrik arızalarının hesaplanması ve sinyallerin çizdirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, ara yüzlerin kullanımı basit olduğundan bir eğitim materyali olarak da kullanılabilir şekilde hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arıza, Simetrik Bileşenler Yöntemi, Grafik Kullanıcı Ara Yüz

ABSTRACT

Master's Thesis

DEVELOPMENT OF A MATLAB/GUI BASED FAULT ANALYZER FOR ENERGY TRANSMISSION LINES

Savaş KOÇ

Firat University

Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical Education

2008, Paper: 71

Due to short circuits, unsymmetrical or symmetrical faults may investigate in two parts in energy transmission lines. Three-phase faults are named symmetrical, single phase-ground, phase-phase and double phase-ground faults are called unsymmetrical. Method of symmetrical components is one of developed methods for analyzing of symmetrical or unsymmetrical faults. In this study, symmetrical components method was used for calculation of faults. A MATLAB/GUI based Fault Calculation program was developed. In this interface, suitable input boxes have been developed to input sequence reactances of circuit elements and to calculate the fault currents and voltages due to the fault choices.

As result, interface was implemented for unsymmetrical and symmetrical fault calculation and for drawing signals. Furthermore, due to the interface is user friendly, it can be used as educational material.

Keywords: Faults, symmetrical components method, graphical user interfaces

1.GİRİŞ

Bir güç sisteminde, iletim hatlarında herhangi bir noktaya konulacak kesicinin açma gücünün hesaplanması ve bu hesaba uygun olarak kesici seçilmesi, bir arıza anında oluşacak olayları tahmin etmek amacıyla hesaplama yapılması oldukça önemlidir. Bu hesaplama yapılırken güç sistemi modelinde herhangi bir nokta üzerinde arızanın var olduğu kabul edilir. Arıza değerlerinin hesaplanmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar; çevre akımları yöntemi kullanılarak oluşturulan bara empedans matrisi veya düğüm gerilimleri yöntemi kullanılarak oluşturulan bara admitans matrisinin kullanılması ve asimetrik fazlara ait simetrik bileşenlerinin kullanılmasına dayanan simetrik bileşenler yöntemidir. Bu çalışmada simetrik bileşenler yöntemi kullanılarak arıza tespiti yapılmıştır.

Simetrik bileşenler oluşturulmadan önce kullanılacak güç sistemi modelinin tek hat diyagramı çizilir. Tek hat diyagramı sisteme dâhil olan cihazların eşdeğer devreleri yerine, bunlar için düşünülmüş standart semboller kullanılarak sistemin sadece 1 fazı içeren bir hat olarak ifade edilmesidir. Tek hat diyagramı üzerinde arızanın oluşma noktası seçilir. Devre üzerindeki elemanların gerçek akım ve gerilim değerleri yerine, gerçek değerlerin baz değerlerine oranı sonucu oluşan per – unit değerler kullanılmaktadır. Sistemde bulunan cihazların doğru, ters ve sıfır bileşenleri bulunur. Doğru bileşeni 1 indisiyle, ters bileşeni 2 indisiyle ve sıfır bileşeni 0 indisiyle tanımlanmaktadır. Sistemi oluşturan devre elemanlarının doğru, ters ve sıfır bileşenleri kendi aralarında devreye uygun bir şekilde birbirine bağlanır. Doğru bileşenlerin kendi aralarında bağlanması sonucu doğru dizi devresi, ters bileşenlerin kendi aralarında bağlanması sonucu ters dizi devresi ve sıfır bileşenlerinin kendi aralarında bağlanması sonucu sıfır dizi devresi oluşturulur (Çakır, 1986).

Sisteme ait oluşturulan bu devrelerin arıza türüne göre bağlanmasıyla hesap yapılmaktadır. Her bir devrenin kendisine eşdeğer olarak kabul edilen Thevenin eşdeğer devresi kullanılmaktadır. Bu değerlerin bulunmasıyla arıza noktasına akan akım ve üzerine düşen gerilim değerleri hesaplanmış olur.

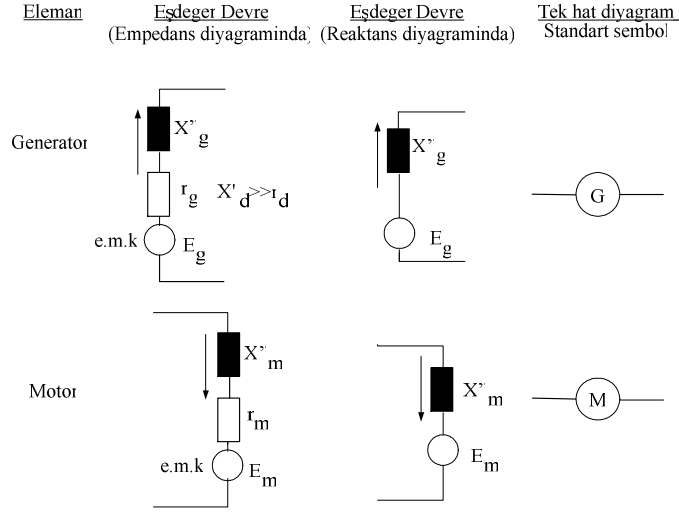
Fazları birbirine göre simetrik olan güç sistemlerinde kısa devre akım hesaplamaları, simetrik hatalar ve simetrik olmayan hatalar olarak iki ayrı başlık altında incelenir. Üç fazlı kısa devre arızası simetrik bir arıza türüdür. Simetrik olmayan (asimetrik) hatalar ise; bir faz toprak arızası, iki fazlı toprak temassız kısa devre ve iki fazlı toprak temaslı kısa devre hata türleridir. Hata türünün simetrik olarak adlandırılmasının nedeni, hata esnasında sistemde dolaşan akımların fazlara göre genliklerinin değişmemesidir. Simetrik olmayan hatalarda ise hata akımlarının genlikleri fazlara göre değişir (Arifoğlu, 2002).

Arıza hesaplanmadan önce arıza şartları belirlenmesi gerekmektedir. Bu şartları belirlemek amacıyla MATLAB/SIMULINK programı kullanılarak arıza modellenmesi yapılmıştır. Arıza şartlarını belirlemede arıza noktasına akan akımlardan ve arıza hattı üzerine düşen gerilimlerden hangilerinin sıfır olduğunu ampermetre ve voltmetre kullanılarak belirlenmiştir

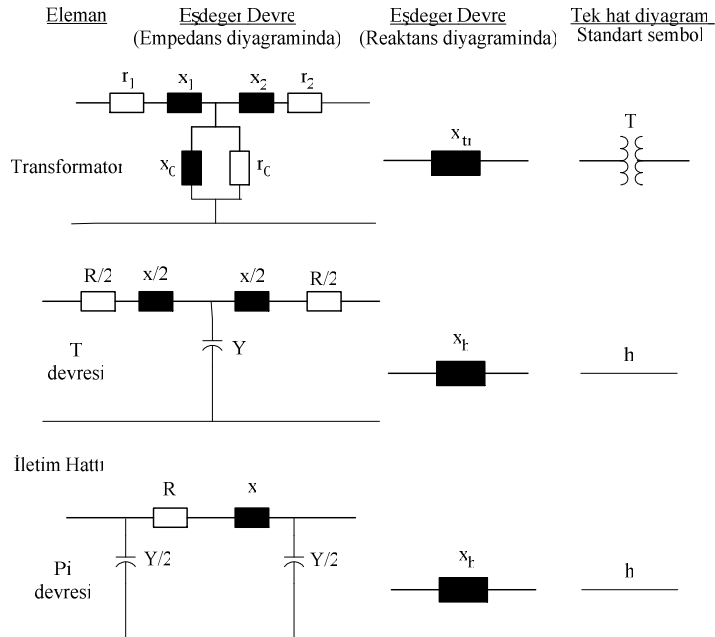
Arıza hesaplanmasını gösteren arıza ara yüzünü, MATLAB/GUI programı kullanılarak oluşturulmuştur. Ara yüz üzerinde devre modelinde kullanılan devre elemanlarının simetrik bileşenlerinin yazılması için giriş alanları ve arıza hesaplanmasının sonucunu gösteren çıkış alanları oluşturulmuştur.

2.GÜÇ SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Güç sistemi modelini incelerken arıza türünü belirlemek ve hesaplamayı kolaylaştırmak için sistemi temsil eden çeşitli diyagramlar çizilir. Sistemi temsil eden bu diyagramlar tek hat, empedans ve reaktans diyagramlarıdır. Güç sistemi modelinin bu diyagramları arıza noktasına göre çizilmelidir. Bu diyagramlar sistemin eşdeğeri kabul edilmektedir. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de güç sistemlerinde kullanılan bazı devre elemanlarının diyagramlarda kullanılan eşdeğer ve standart sembolleri gösterilmiştir. Diyagramlar, bu eşdeğerlerden yararlanılarak çizilir.



Şekil 2.1 Güç sistemini meydana getiren generator ve motorun çeşitli diyagramlarda kullanılan eşdeğer devreleri ve standart sembolleri.

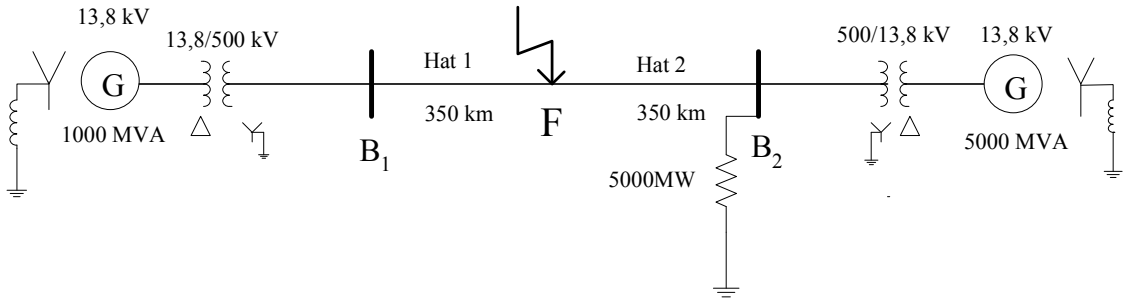


Şekil 2.2 Güç sistemini meydana getiren transformator ve iletim hattının çeşitli diyagramlarda kullanılan eşdeğer devreleri ve standart sembolleri.

Bir devre diyagramı çiziminde kullanılacak transformatör ve iletim hattının eşdeğer devresi ve standart sembolleri Şekil 2.2 'de gösterilmiştir. İletim hattının empedans diyagramındaki eşdeğeri T veya Pi devresiyle gösterilebilir.

2.1. Güç Sisteminin Tek Hat Diyagramı

Bir güç sistemi modelini göstermek için sisteme dâhil olan cihazların eşdeğer devreleri yerine, bunlar için düşünülmüş standart semboller kullanılarak, sadece bir fazı içeren bir hat olarak ifade edilen diyagramdır (Sulaiman, Mat Isa, 2003). Sisteme ait bilgilerin açık bir şekilde belirtilmesi önemlidir. Sistemin hangi noktadan topraklandığı bu diyagram üzerinde gösterilmesi gerekir. Toprakla ilgili dengesiz arızalar meydana gelmesi halinde geçen akımı hesaplayabilmek için, sistemin topraklandığı noktaların tek hat diyagramı üzerinde belirlenmesi gerekmektedir. Bir sistemin topraklanması, o sisteminin yıldız noktalarının toprakla birleştirilmesi demektir. Bu birleştirme direkt, dirençli veya reaktanslı olmak üzere üç tiptir. Direnç veya reaktansın konmasının sebebi, olabilecek bir kısa devre arızasında toprak akımını sınırlandırmaktır. Tek hat diyagramındaki semboller ve bilgiler, problemin şekline ve bunu hazırlayanın düşüncesine göre değişebilmektedir (Çakır,1986). Benzetim devresinde kullanılan güç sistemi modelinin tek hat diyagramı Şekil 2.3 'de gösterildiği gibidir.



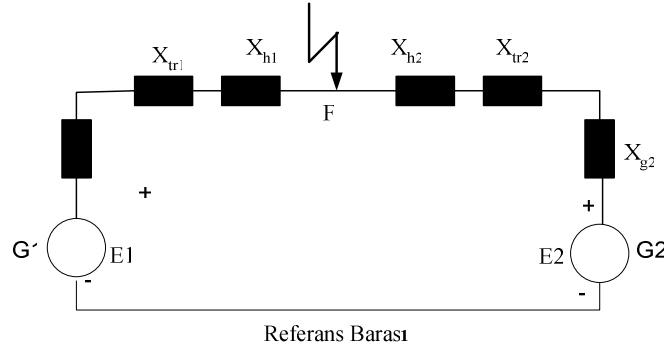
Şekil 2.3 Güç sistemi modelinin tek hat diyagramı

Güç sistemi modeli iki generatör tarafından beslenen iki iletim hattından oluşmaktadır. Generatörlerden üretilen gerilim yükseltici trafolar tarafından yükseltilerek elektrik iletim hatlarına verilmektedir. Bu çalışmada, iki iletim hattı arasında arızanın oluştuğunu kabul etmektedir.

2.2. Güç Sisteminin Reaktans Diyagramı

Arıza hesapları yapılırken, endüktif reaktansın değeri dirence göre çok büyük olduğu için dirençler ihmal edilebilir. Direnç ve reaktans vektörel olarak toplanacağından reaktans, empedansa yakın bir değer olur (Sulaiman, Mat Isa, 2003). Arıza hesapları için bütün statik

yükleri, dirençleri, transformatörlerin mıknatıslanma akımlarını ve taşıma hatlarının kapasitif akımlarını ihmal ederek reaktans diyagramı Şekil 2.4 'deki gibi çizilir.



Şekil 2.4 Güç sistemi modelinin reaktans diyagramı.

2.3. Per – Unit Değerler

Devre hesapları gerçek değerlerle yapıldığı gibi, bunları temsil eden per-unit değerlerle de yapılabilir. Hesaplamaların herhangi bir kademesinde istenilirse per-unit değerlerden gerçek değerlere geçilebilir (Sulaiman, Mat Isa, 2003).

Devre hesaplamalarında herhangi bir büyüklüğün birçok değerlerine rastlanabilir. Örnek olarak, hesaplamalarda gerilim büyüklüğünün 75, 100 ve 125 kV değerleri bulunsun. Bu gerilim değerlerinden 100 kV 'u baz seçersek, 75, 100 ve 125 kV 'luk gerilimlerini sırasıyla 0.75, 1.00 ve 1.25 per-unit veya %75, %100 ve %125 yüzde değerleriyle gösterilebilir.

Bir devrede gerilim, akım ve kVA büyüklükleri arasında belli bağıntılar vardır. Bunlardan herhangi ikisi için baz değer seçilmesi yeterlidir. Genellikle kV ve kVA için baz değerler seçilerek, diğer büyüklüklerin baz değerleri hesaplanarak bulunur (Çakır, 1986).

2.4.1. Per-unit Değerler İçin Baz Seçilmesi

Öncelikle devrenin herhangi bir kısmı için baz kV ve kVA değerleri belirlenir. Bu baz değerleri ve transformatörlerin çevirme oranları kullanılarak diğer kısımların baz değerleri belirlenebilir.

Tek fazlı bir devrede baz değerlerinin seçimi için aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.

$$\text{Baz Akım } A = \frac{\text{Baz kVA}_{1\phi}}{\text{Baz Gerilim, kV}_{LN}} = \frac{\text{kVA}_{1\phi B}}{\text{kV}_{LNB}} \quad (2.1)$$

$$\text{Baz Empedans} = \frac{\text{Baz Gerilim, } V_{LN}}{\text{Baz } A} = \frac{(\text{Baz Gerilim, } V_{LN})^2}{\text{Baz, VA}} = \frac{V_{LNB}^2}{VA_B} \quad (2.2)$$

$$\text{Baz Güç, } W_1 = VA_1 \quad (2.3)$$

$$\text{Bir devre elemanının per - unit empedansı} = \frac{\text{Gerçek Empedans, } \Omega}{\text{Baz Empedans, } \Omega} \quad (2.4)$$

Üç fazlı bir devrede baz değerlerinin seçimi için aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.

$$\text{Baz Akım } A = \frac{\text{Baz kVA}_3}{\sqrt{3} \cdot \text{Baz Gerilim, kV}_{LL}} = \frac{\text{kVA}_{3B}}{\sqrt{3} \cdot \text{kV}_{LL}} \quad (2.5)$$

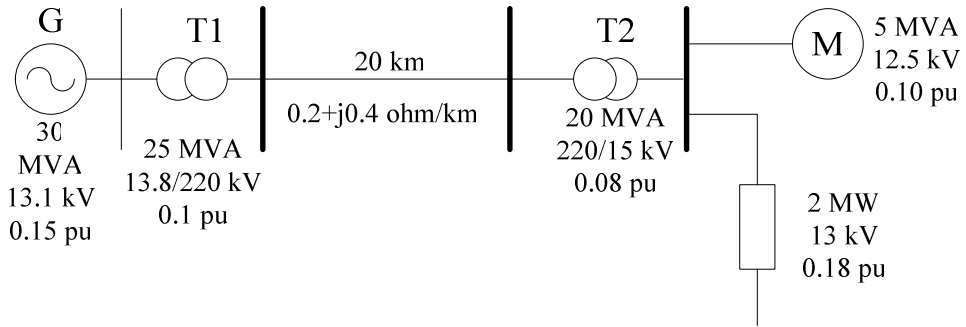
$$\text{Baz Empedans} = \frac{\text{kV}_{LLB}^2}{\text{MVA}_{3B}} \quad (2.6)$$

Per-unit değerlerde bazın değiştirilmesi ise aşağıdaki bağıntıyla yazılabilir.

$$Z_{\text{pun}} = Z_{\text{puo}} \cdot \left(\frac{V_{Bo}}{V_{Bn}} \right)^2 \cdot \left(\frac{S_{Bo}}{S_{Bn}} \right) \quad (2.7)$$

Problem 2.1.

Şekil 2.5 'deki sistemde 50 MVA ve 220 kV baz değerlerine göre devre elemanlarının per-unit değerlerini hesaplayarak reaktans diyagramı üzerinde gösteriniz?



Şekil 2.5 Problem 2.1 için sistemin tek hat diyagramı

Çözüm:

T1 için

$$X_{T1} = 0.10 \left(\frac{220}{220} \right)^2 \frac{50}{25} = 0.20 \text{ pu} \quad (2.8)$$

T2 için

$$X_{T2} = 0.08 \left(\frac{220}{220} \right)^2 \frac{50}{20} = 0.20 \text{ pu} \quad (2.9)$$

G için

$$X_G = 0.15 \left(\frac{13.1}{13.8} \right)^2 \frac{50}{30} = 0.2253 \text{ pu} \quad (2.10)$$

Hat için

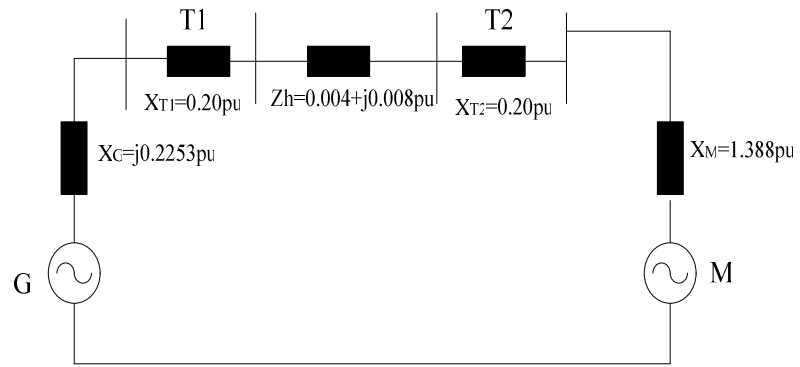
$$Z_H = 20(0.2 + j0.4) = 4 + j8 \Omega \quad (2.11)$$

$$Z_H = (4 + j8) \frac{50}{220^2} = (0.004 + j0.008) \text{ pu} \quad (2.12)$$

Motor için

$$X_M = 0.10 \left(\frac{12.5}{15} \right)^2 \frac{50}{5} = 1.388 \text{ pu} \quad (2.13)$$

Sisteme ait reaktans devresi Şekil 4.3 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Sisteme ait reaktans devresi

3. SİMETRİLİ BİLEŞENLER YÖNTEMİ

3.1. Asimetrik Fazörlerin Simetrik Bileşenler Cinsinden İfadesi

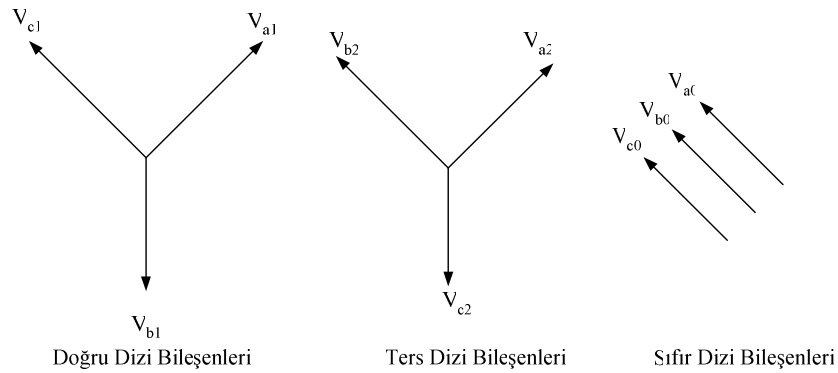
n fazdan meydana gelen dengesiz bir sistem, dengeli fazlardan meydana gelen bir sistem içinde yeniden çözülebilir. Bunlar orijinal fazörlerin simetrik bileşenleri olarak adlandırılır. Bileşenlerinin her bir grubunun n fazı eşit uzunlukta ve grup içindeki bitişik fazlar arasındaki açılar da birbirine eşittir. Simetrik bileşenler metodu çok fazlı sistemlere uygulanmaktadır (Fortescue, 1918).

3.1.1. Bileşenlerin Dengeli Grupları

1- Doğru dizi bileşenleri Şekil 3.1 'de gösterildiği gibi üç eşit büyüklükteki fazdan meydana gelir. Bu fazlar arasındaki faz farkı 120° 'dir. Fazlar orijinal fazların faz sırasındadır (Yu, Flinn, Chen, Ramasamy, 1995).

2- Ters dizi bileşenleri Şekil 3.1 'de gösterildiği gibi üç eşit büyüklükteki fazdan meydana gelir. Fazlar arasındaki faz farkı 120° 'dir. Fazların sırası orijinal fazlara tam ters faz sırasındadır (Yu, Flinn, Chen, Ramasamy, 1995).

3- Sıfır dizi bileşenleri Şekil 3.1' de gösterildiği gibi üç eşit büyüklükteki fazlardan meydana gelir. Fazlar arasındaki faz farkı 0° dir (Yu, Flinn, Chen, Ramasamy, 1995).



Şekil 3.1 Üç dengesiz fazın, dengeli üç grup fazdan meydana gelen simetrik bileşenleri.

Simetrik bileşenler metoduyla bir problemin çözümünde, sistemin üç fazı a, b ve c olarak gösterildiğinde sistemdeki gerilimler ve akımların faz sırası abc olarak alınır. Böylece; dengesiz fazörlerin doğru dizi bileşenlerinin faz sırası abc ve ters dizi bileşenlerinin faz sırası da acb olur (Fortescue, 1918).

Orijinal fazların gerilimleri V_a , V_b ve V_c olarak gösterilir. 3 grubun simetrik bileşenlerinde, harflerin altına doğru dizi bileşenleri için 1 indisi, ters dizi bileşenleri için 2 indisi ve sıfır dizi bileşenleri için de 0 indisi kullanılır. V_a , V_b ve V_c 'nin doğru dizi bileşenleri

V_{a1} , V_{b1} ve V_{c1} ; ters dizi bileşenleri V_{a2} , V_{b2} ve V_{c2} ve sıfır dizi bileşenleri de V_{a0} , V_{b0} ve V_{c0} olarak ifade edilmektedir. Orijinal dengesiz fazörlerin her biri simetrik bileşenlerinin toplamıdır (Iravani, Karimi-Ghartemani, 2003).

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} \quad (3.1)$$

$$V_b = V_{b0} + V_{b1} + V_{b2} \quad (3.2)$$

$$V_c = V_{c0} + V_{c1} + V_{c2} \quad (3.3)$$

3.1.2. a Operatörü

Bir güç sisteminde, simetrik bileşenler metoduna göre fazlar arası faz farkının 120° olduğu kabul edilmektedir. Bunlar arasındaki faz farkını belirtmek için bir a operatörü geliştirilmiştir. a operatörünü karmaşık sayılarda aşağıdaki gibi ifade edilir (Sedraoui, 2004).

$$a = 1\angle 120^\circ = 1.e^{j2\pi/3} = -0.5 + j0.866 \quad (3.4)$$

Herhangi bir fazı a operatörüyle çarpmak demek o fazın saat ibresinin tersi yönünde 120° derece döndürmek demektir. a operatörü bir faza iki kere uygulanırsa faz saat ibresinin tersi yönünde 240° derece dönmüş olur (Gimeno-Sales, Segui-Chilet, Orts, Alcaniz, Masot, Calvo, Fuster, 2005).

$$a^2 = 1\angle 240^\circ = 1.e^{j4\pi/3} = -0.5 - j0.866 \quad (3.5)$$

$$a^3 = 1\angle 360^\circ = 1 \quad (3.6)$$

$$a + a^2 = 1\angle 180^\circ = -1 \quad (3.7)$$

$$1 + a + a^2 = 0 \quad (3.8)$$

3.2. Asimetrik Fazların Simetrik Bileşenleri

a operatörü kullanılarak üç faz bileşenleri, tek faz bileşenleri cinsinden ifade edilir. V_a bileşenleri ve a operatörü kullanılarak V_b ve V_c bileşenlerini V_a 'nın bileşenleri cinsinden yazılabilir (Iravani, Karimi-Ghartemani, 2003).

$$V_{b1} = a^2 V_{a1} \quad (3.9)$$

$$V_{c1} = a V_{a1} \quad (3.10)$$

$$V_{b2} = a V_{a2} \quad (3.11)$$

$$V_{c2} = a^2 V_{a2} \quad (3.12)$$

$$V_{b0} = V_{a0} \quad (3.13)$$

$$V_{c0} = V_{a0} \quad (3.14)$$

Bu eşitlikleri bileşenlerinin yerlerine yazarsak

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} \quad (3.15)$$

$$V_b = V_{a0} + a^2 V_{a1} + a V_{a2} \quad (3.16)$$

$$V_c = V_{a0} + a V_{a1} + a^2 V_{a2} \quad (3.17)$$

Bu ifadeler matris formunda yazılırsa

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

Burada;

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \quad (3.19)$$

Fortescue matrisi olarak tanımlanırsa

A^{-1} kolayca hesaplanır. (Sedraoui, 2004)

$$A^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

(3.18) denkleminin her iki tarafını A^{-1} ile çarparsak

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

olur. Gerilimler için yazılan denklemler akımlar içinde yazılabilir. Bu eşitlikler akımlar için de kısaca ifade edilirse

$$I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} \quad (3.22)$$

$$I_b = I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2} \quad (3.23)$$

$$I_c = I_{a0} + a I_{a1} + a^2 I_{a2} \quad (3.24)$$

Matris formunda yazılırsa

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

veya

$$\begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

olarak yazılabilir. Üç fazlı bir sistemde hat akımlarının toplamı nötr iletkeninden dönen I_n akımına eşittir.

Böylece;

$$I_n = I_a + I_b + I_c = 3I_{a0} \quad (3.27)$$

3.3. Simetrik Bileşenlerde Güç İfadesi

a, b ve c fazlarından meydana gelen üç fazlı bir devrede karmaşık güç

$$S_{3\phi} = P_{3\phi} + jQ_{3\phi} = V_a I_a + V_b I_b + V_c I_c \quad (3.28)$$

olarak bilinmektedir. Simetrik bileşenlerdeki ifadesi ise

$$S_{3\phi} = P_{3\phi} + jQ_{3\phi} = 3V_{a0} I_{a0} + 3V_{a1} I_{a1} + 3V_{a2} I_{a2} \quad (3.29)$$

olur.

3.4. Devre Elemanlarının Dizi Empedansları

3.4.1. Doğru Dizi Empedansı (Z_1)

Bu empedans, dengeli bir gerilim sisteminin, dengeli yüklenmesi halindeki işletme empedansıdır. Bu sebeple hatların faz empedansı, transformatörlerin kısa devre empedansı ve kısa devre anında generatörlerin empedansına eşit olan empedanstır (Çakır,1986, Kojovic, Witte, 2001).

3.4.2. Ters Dizi Empedansı (Z_2)

Bu empedans, dengeli gerilim sisteminin ters dönmesi halinde değişmeyeceğinden transformatörlerde, hatlarda ve bobinlerde doğru dizi empedansa eşittir. Generatör ve motorlarda ters dizi akımın stator sargılarında meydana getirdiği alan, daha çok amortisman sargılarında akımlar meydana getirir. Bu akımların meydana getireceği alan ters dizi akımlarının meydana getireceği alanın bir kısmını kompanse edeceğinden, ters dizi empedans doğru dizi empedanstan küçük olur. Kısa devre hesaplamalarında generatörlerin direnci ihmal edilir (Çakır,1986, Kojovic, Witte, 2001).

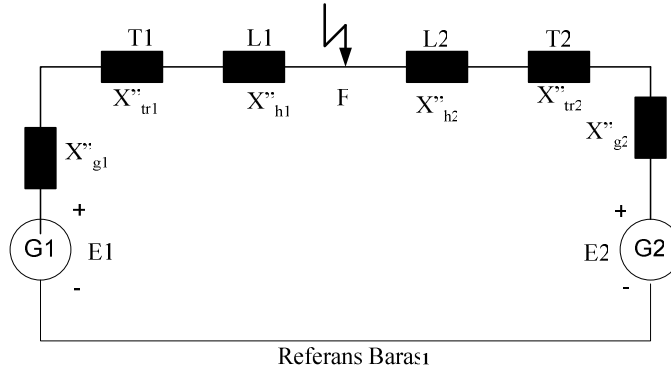
3.4.3. Sıfır Dizi Empedansı (Z_0)

Hatların Sıfır dizi empedansları havai hat veya kablo oluşlarına göre toprak iletkenliğine bağlıdır. Havai hatların sıfır dizi empedansı iletken kesitine ve tanzim şekline bağlı olarak doğru dizi empedanstan 3 – 3,5 kat daha büyüktür. Yeraltı kablolarında tek iletkenli ve 3 – 5 iletkenli kablolar için $Z_0 / Z_1 = 1 - 1,5$ 'dir. Alternatörlerde, başlangıç reaktans değerlerinden çok küçük olup onun 1/3 ile 1/6 'sı kadardır. Transformatörlerde ise bu değer bağlantı şekline göre değişir. Ayrıca transformatörlerin bağlantı şekilleri, yıldız noktasının topraklı olup olmamasına bağlı olarak sıfır dizi devreleri değişebilmektedir (Çakır,1986, Kojovic, Witte, 2001).

3.5. Güç Sistemi Modelinin Dizi Devreleri

3.5.1. Doğru Dizi Devresi

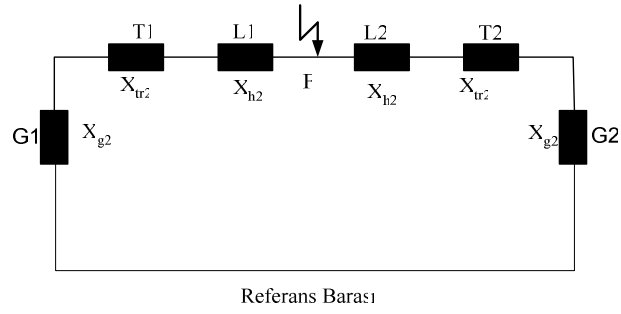
Kısa devre hesaplamalarında dirençleri ihmal ettiğimizden, dizi devre çizimlerinde sadece devre elemanlarının reaktans değerleri kullanılır. Bundan dolayı devrede sadece reaktanslar gösterilmiştir. Kullanılan benzetim devresine ait doğru dizi devresi Şekil 3.2 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Benzetim devresinin doğru dizi devresi

3.5.2. Ters Dizi Devresi

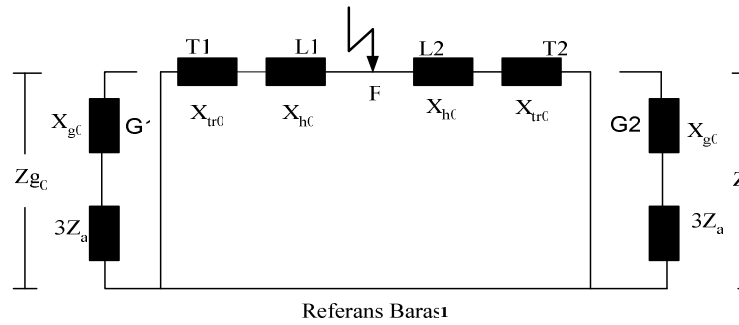
Ters dizi devresinin doğru dizi devresinden tek farkı, motor ve generatörlerde emk değerlerinin bulunmamasıdır. Ters dizi devresini çizerken doğru dizi devresinde bulunan motor ve generatörlerin kısa devre edilmesi yeterlidir (Backman, Wolpert, 2001). Kullanılan benzetim devresine ait ters dizi devresi Şekil 3.3 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Benzetim devresinin ters dizi devresi

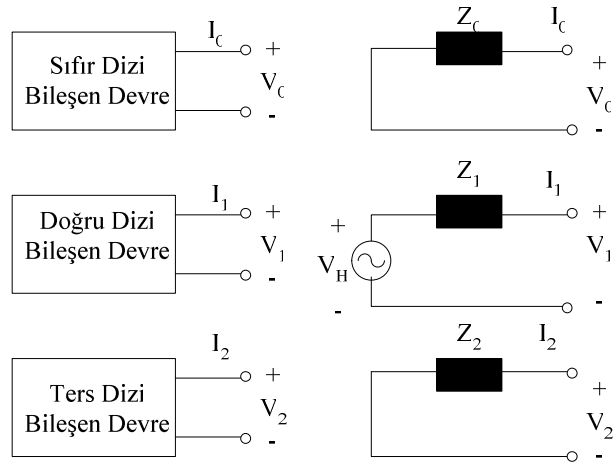
3.5.3. Sıfır Dizi Devresi

Bir güç sistemi modelinin sıfır dizi devresi çizilirken generatör, motor ve transformatörlerin yıldız noktasının toprakla bağlantısı dikkate alınmalıdır. Toprakla bağlantı varsa nasıl olduğuna bakılarak devre çizilmelidir (Backman, Wolpert, 2001). Kullanılan benzetim devresine ait sıfır dizi devresi Şekil 3.4 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Benzetim devresinin sıfır dizi devresi

Şekil 3.5 'de bileşen devrelerin hata noktalarından bakıldığında görülen Thevenin eşdeğeri gösterilmiştir. Şekil3.5 'de görüldüğü gibi yalnızca doğru bileşen devresinde, değeri hata öncesi gerilim değeri V_H ' ye eşit olan gerilim kaynağı vardır. Sistemde bir kısa devre meydana geldiğinde verilen eşdeğer devreler birbirilerine hata noktalarında bağlanırlar. Bu bağlantının biçimi hata türüne göre değişir (Arifoğlu, 2002).



Şekil 3.5 Üç fazlı dengeli sistemde simetrik bileşen devre gösterimi
a) Simetrik bileşen devreleri b) Hata uçlarından görülen Thevenin eşdeğeri

4. GÜÇ SİSTEMLERİNDE ARIZALAR

Enerji sisteminde yıldırım düşmesi ve açma kapama olayları sebebiyle meydana gelen aşırı gerilimler, üzerinde gerilim bulunan sistem parçalarını elektriksel olarak zorlar. Eğer zorlama gerilim yalıtım seviyesini aşarsa kısa devre meydana gelir. Nem, kir ve benzeri etkiler de sistemde yalıtım seviyesini azaltan ve sonuçta kısa devre olaylarına sebep olan faktörler arasında sayılabilir. Ayrıca mekanik hatalar da kısa devreye sebebiyet verebilirler (Arifoğlu,2002).

Elektrik tesislerinde akım kaynağı ile tüketicilere kadar olan her türlü işletme aracında yalıtımının bozularak, iletkenlerinin birbirleriyle teması sonucu kısa devre oluşur. Tüketicuyu besleyen hat üzerinde bir kısa devre olunca, tüketici devreden çıkar, geriye sadece akım kaynağının iç empedansı ile faz empedansından ibaret bir devre kalır ki, bunun toplam empedansı çok küçük olduğundan ohm kanunu gereğince devreden çok büyük akım geçer; buna kısa devre akımı denir (Çakır, 1986).

Hatlardaki kısa devreye sebep olan yalıtkan hatası iç ve dış tesirlerle meydana gelir. Hatların çıplak iletkenlerinin birbiriyle temas etmesine neden olan iç tesirler, elektriksel bakımından meydana gelir. Aşırı akım ve aşırı yüklenme sonucunda iletkenlerin aşırı derecede ısınması ile yalıtkan malzeme zarar görür. Aşırı gerilimler yalıtımda delinmeye ve atlamaya sebep olabilirler. Yalıtım malzemesinin eskimesi veya yalıtım malzemesindeki bir malzeme hatası da zamanla kısa devreye yol açabilir. Yalıtım arızasına neden olan dış tesirler ise örneğin; kabloların veya yalıtılmış iletkenlerin üzerine vurulması, yalıtım tabakasının ezilmesi, havai hat izolatörlerinin kırılması, yıldırım düşmesi, fırtına, kar ve buz yükü, ağaç dalları ve yanlış bağlama manevralarıdır. Buna göre üç fazlı bir sistemde, her üç faz iletkeninin birbiriyle temas etmesi ile üç fazlı simetrik arıza; sadece herhangi iki faz iletkeninin birbiriyle temas etmesi sonucu oluşan faz-faz arızası; sadece nötrü topraklanmış üç fazlı sistemlerde herhangi bir faz iletkeninin nötr hattı veya toprakla temas etmesiyle oluşan tek faz- toprak arızası, yine nötr noktası topraklanmış üç fazlı sistemlerde herhangi iki faz iletkeninin birbiriyle nötr hattı veya toprakla teması sonucu oluşan iki faz-toprak arızası meydana gelebilir (Çakır, 1986).

Simetrik hatanın incelenmesi diğerine göre kolaydır. Üç fazlı kısa devrede sistemin yalnızca doğru dizi bileşeni kullanılır. Üç fazlı kısa devre hesaplamalarında hesap kolaylaştırıcı bazı kabuller yapılır. Çoğunlukla kullanılan kabuller şunlardır (Arifoğlu, 2002).

- Transformatörlerin yalnızca reaktans değerleri göz önüne alınır, sarım dirençleri, şönt admitans değerleri ve faz kayması göz önüne alınmaz.
- İletim hatlarının yalnızca doğru bileşen devre reaktansları hesaba katılır, seri dirençleri ve şönt admitansları hesaba katılmaz.

- Senkron makine, geçici darbe reaktansının gerisindeki sabit gerilim kaynağı ile temsil edilir. Armatür direnci, çıkık kutup etkisi ve doyma ihmal edilir.
- Tüm dönmeyen yüklerin empedansları ihmal edilir.
- 50 beygir gücünden az asenkron motorlar göz önüne alınmaz ya da senkron makine gibi temsil edilirler. Üç fazlı bir arıza durumunda tüketici tamamen gerilimsiz kalır ve enerji üretimi ve nakli kesilmiş olur. İki fazlı veya tek faz arıza halinde arızasız faz veya fazlar üzerinden tüketicinin kısmen beslenmesine devam edilir. Tek faz-toprak ve iki faz-toprak arızasında, sistemin nötr noktası topraklanmış ise, toprak üzerinden de bir akım geçer. Fakat nötr noktası yalıtılmış ise bu taktirde tek-faz arıza hali söz konusu olmayacağı gibi iki faz-toprak arızada da topraktan bir akım geçmez.

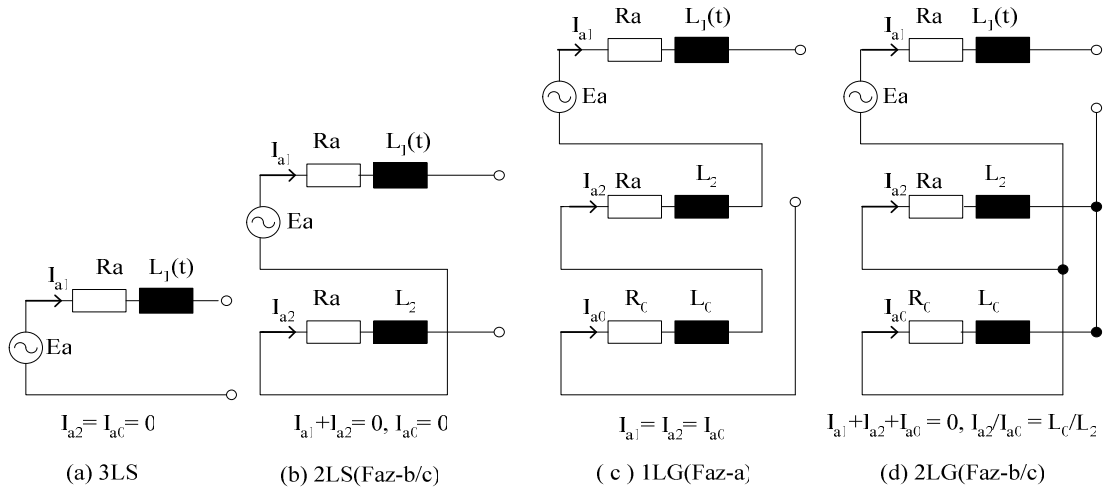
Kısa devrenin darbe şeklinde ani olarak baş göstermesi ile devreden geçen büyük darbe kısa devre akımları, tesis elemanları üzerinde dinamik kuvvetlerin tesir etmesine ve bunların mekanik yoldan zorlanmasına sebep olur. Devreden uzun zaman geçen sürekli kısa devre akımları ise tesis elemanlarının ısınmasına ve malzemenin termik bakımından zorlanmasına neden olur. Dinamik ve termik zorlanmaya maruz kalan tesis elemanları kullanılamaz hale gelebilir (Çakır, 1986).

Güç sistemlerinde oluşan arızalara ait a fazı akımının simetrlili bileşenlerinin arıza türüne göre değişimi Tablo 4.1’ de verilmiştir. Simetrlili dizi devrelerinin arıza türüne göre bağlanması Şekil 4.1’ de verilmiştir(Kai, Takeuchi, Funabashi, Sasaki, 1997).

Tablo 4.1 Akım sabitlerinin simetrlili bileşenleri ve arıza akımları

Arıza Adı	Devre Sabiti		Arıza Akımları Simetrlili Bileşenleri		
	R	L(t)	I_{a1}	I_{a2}	I_{a0}
3LS	R_a	$L_1(t)$	$\frac{E_a}{j\omega L(t)} - \frac{\sqrt{2} V_f }{j\omega L(0)} e^{j\theta} e^{-\frac{t}{T_a}}$	0	0
2LS	$2R_a$	$L_1(t)+L_2$		$-I_{a1}$	0
1LG	$2R_a+R_0$	$L_1(t)+L_2+L_0$		I_{a1}	I_{a1}
2LG	$R_a + \frac{R_a.R_0}{R_a + R_0}$	$L_1(t) + \frac{L_2.L_0}{L_2 + L_0}$		$-\frac{L_0}{L_0 + L_2} I_{a1}$	$-\frac{L_2}{L_0 + L_2} I_{a1}$

Not ; $T_a = \frac{L(0)}{R}$, $X_2 = \omega L_2$, $X_0 = \omega L_0$, $E_a = \sqrt{2}|V_f|e^{j(\omega t + \theta)}$



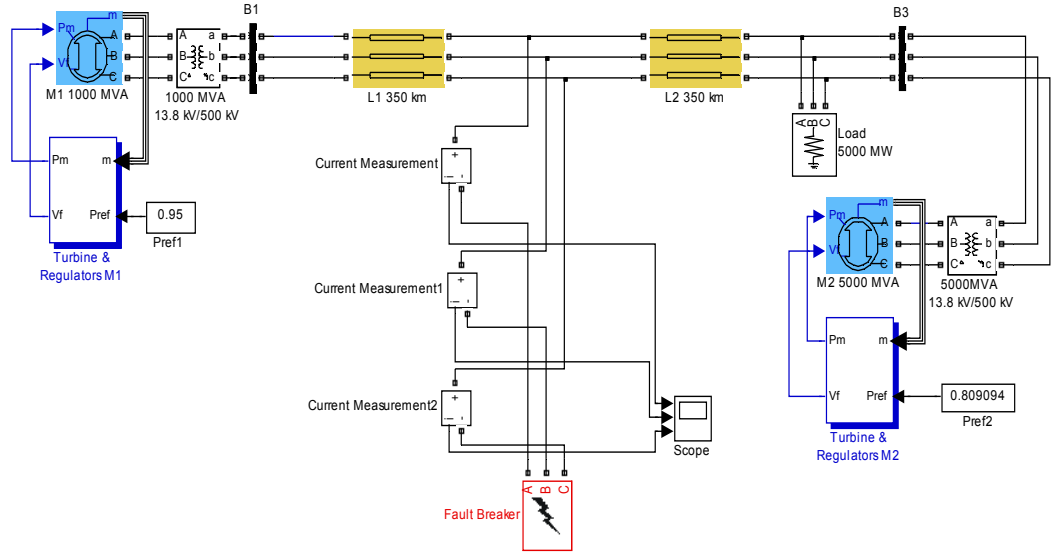
Şekil 4.1 Arıza şartları için eşdeğer devreler

Güç sistemlerinde kullanılan senkron makinalarının ortalama sabit değerleri Tablo 4 1 'de verilmiştir (Arifoğlu, 2002).

Tablo 4.2 Senkron makinelerin ortalama sabit değerleri

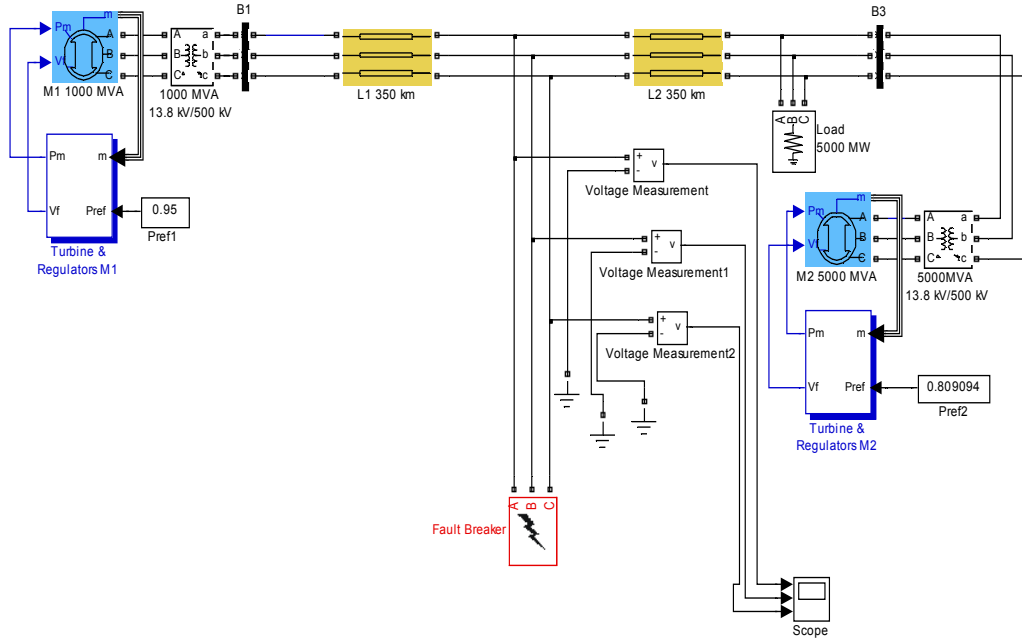
Sabitler	Tip	Sembol	Yuvarlak Rotorlu	Çıkık Kutuplu	Senkron motor
Reaktanslar (Birim Değer)	Senkron	X_d	1.1	1.15	1.2
		X_q	1.08	0.75	0.9
	Geçici	X_d'	0.23	0.37	0.35
		X_q'	0.23	0.75	0.9
	Alt Geçici	X_d''	0.12	0.24	0.3
		X_q''	0.15	0.34	0.4
	Ters bileşen	X_2	0.13	0.29	0.35
	Sıfır Bileşen	X_0	0.05	0.11	0.16
Dirençler (Birim Değer)	Doğru Bileşen	$r(da)$	0.003	0.012	0.01
	Ters Bileşen	r_2	0.035	0.01	0.06
Zaman Sabiteleri (Saniye)	Geçici	T_{do}'	5.6	5.6	6
		T_d'	1.1	1.8	1.4
	Alt Geçici	$T_d'' = T_q''$	0.035	0.035	0.036
	Armatür	T_a	0.16	0.15	0.15

Bu çalışmada arıza noktasındaki akım ve gerilim değerlerinden hangisinin sıfır olduğunu ve aralarındaki bağıntıları belirlemek için benzetim devreleri kullanılmıştır. Şekil 4.2 'deki devre arıza noktasına akan akımları ölçen benzetim devresidir. Bu devrenin kullanım amacı arıza noktasında arıza oluşurken arıza noktasına akan akımların belirlenmesidir. Hesaplamaları kolaylaştırmak için arıza şartlarında sıfır olan akımları ölçmektedir.



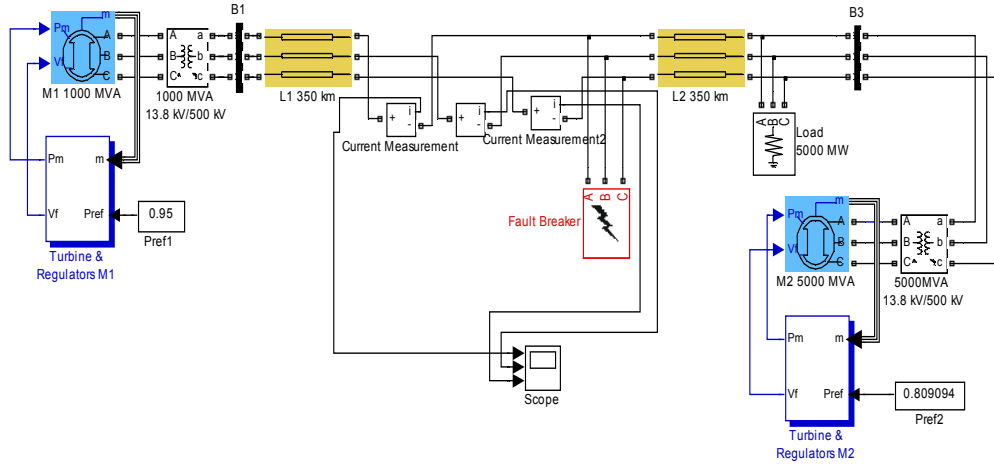
Şekil 4.2 Kısa devre oluştuğunda arıza noktasına akan akımların ölçülmesi

Şekil 4.3 'deki devre faz toprak gerilimleri ölçen benzetim devresini göstermektedir. Bu benzetimin amacı arıza oluşumunda arıza noktasına düşen faz toprak gerilimlerinden hangilerinin sıfır olduğunu belirlemektir. Böylece arıza anında hesaplamaları kolaylaştıracak değerler belirlenebilir.



Şekil 4.3 Kısa devre oluştuğunda arıza noktasında faz-toprak gerilimlerinin ölçülmesi

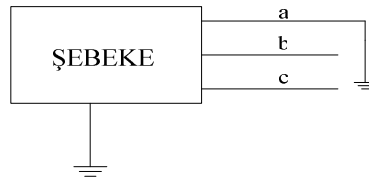
Şekil 4.4 'deki devre arıza oluşumu anında iletim hattından geçen akımların değişimini gösteren benzetim devresidir.



Şekil 4.4 Kısa devre oluştuğunda iletim hattından geçen hat akımlarının ölçülmesi

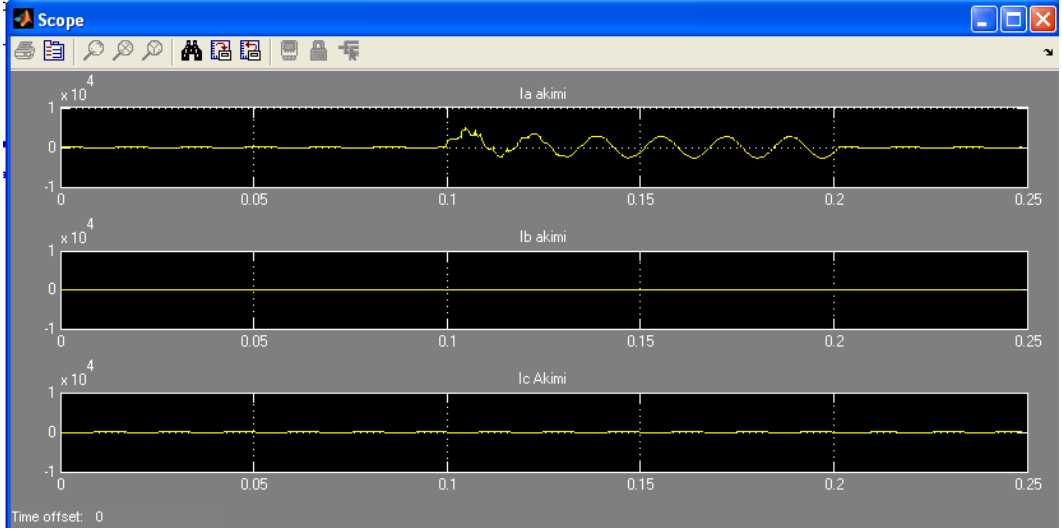
4.2. Tek-faz Toprak Arızası

Arıza esnasında genel bir şebekede akım ve gerilimlerin simetrik bileşenleri için denklemlerin çıkarılmasında; a, b ve c fazlarından orijinal dengeli sistem dışına akan akımları I_a , I_b ve I_c olarak gösterilmektedir. Arıza meydana geldiği yerde, üç fazlı sistemin hatlarından akan akımları I_a , I_b ve I_c akımları Şekil 4.5 'deki gibi gösterilebilir. Buradaki hayali hatların uygun bağlantıları arıza tipine göre belirlenir. Bu şekilde, arızanın a fazında olduğu kabul edilmektedir. Bu tip arıza için, geliştirilen ifadeler sadece a fazında bir arıza olduğu kabul edilmektedir. Fakat fazlar keyfi işaretlendiğinden ve herhangi bir faz a fazı gibi gösterilebileceğinden bu durum bir zorunluluk olmaktan çıkar (Çakır, 1986, El-Hawary, 2002).



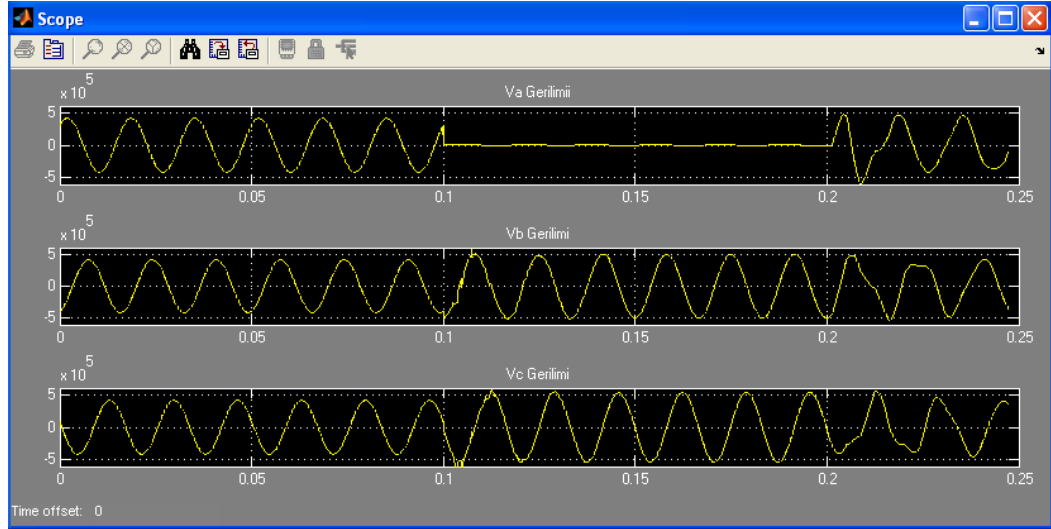
Şekil 4.5 İletim hattında tek faz – toprak kısa devre gösterimi.

Arıza hesaplamalarda arıza noktasına akan akımlar ile oluşan gerilimlerden hangilerinin sıfır olduğu bilinmesi hesaplamaları kolaylaştırmaktadır. Benzetim devresinde alınan tek faz-toprak kısa devresi akımlarının değişimleri Şekil 4.6 'de gösterilmiştir. Kısa devre arızasının 0.1-0.2 s arasında meydana geldiği göz önüne alınmıştır.



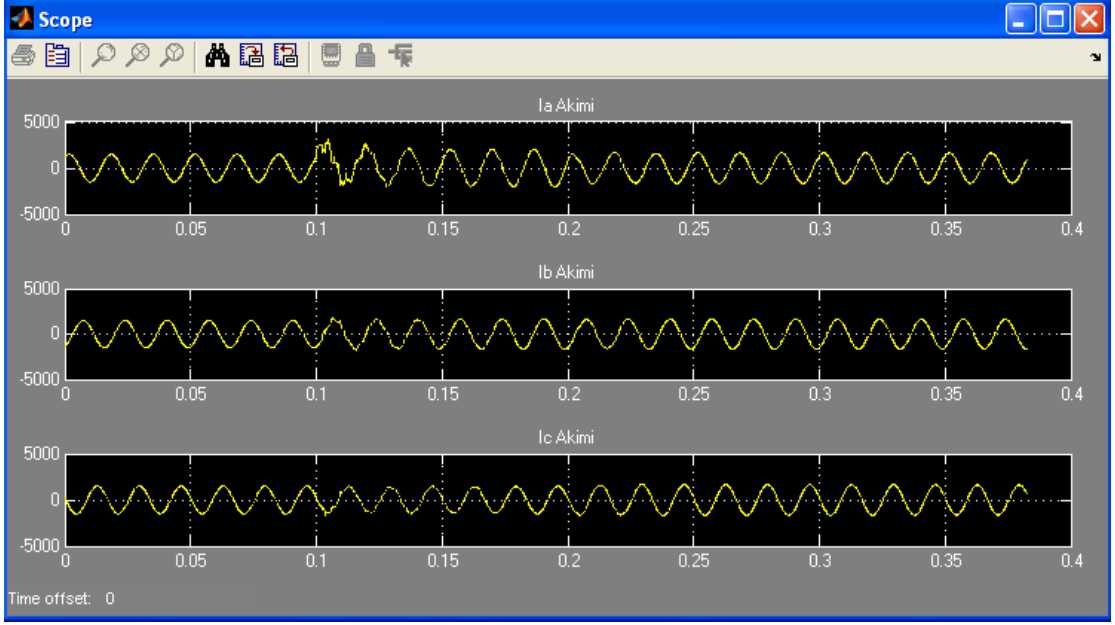
Şekil 4.6 Tek faz-toprak kısa devresi akımlarının değişimleri

Benzetim devresinden alınan tek faz-toprak kısa devresinin faz-toprak gerilimlerinin değişimleri Şekil 4.7 'da gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Tek faz-toprak kısa devresi faz-nötr gerilimlerinin değişimi

Benzetim devresinde, Tek faz-toprak arızası oluşumunda iletim hattından geçen akımların değişimi Şekil 4.8 'da gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Tek faz-toprak kısa devresi anında iletim hattından geçen hat akımlarının değişimi

Arıza şartları:

Benzetim devresi kullanılarak kısa devre noktasına akan akımlardan ve arıza noktasında oluşan gerilimlerden değeri sıfıra eşit olanlar arıza şartı olarak seçilebilir.

$$I_b = 0 \quad (4.1)$$

$$I_c = 0 \quad (4.2)$$

$$V_a = 0 \quad (4.3)$$

$I_b = 0$ ve $I_c = 0$ ile a fazındaki akımın simetrik bileşenleri(Sulaiman, Mat Isa, 2003);

$$\begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{I_a}{3} \quad (4.5)$$

bulunur.

I_{a0} ve I_{a2} yerine I_{a1} yazılırsa;

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a1} \\ I_{a1} \\ I_{a1} \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

olur. Denklem (4.4) yeniden düzenlenirse

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 I_{a1} \\ Z_1 I_{a1} \\ Z_2 I_{a1} \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

olur. Buradan

$$V_{a0} = -Z_0 I_{a1} \quad (4.8)$$

$$V_{a1} = V_f - Z_1 I_{a1} \quad (4.9)$$

$$V_{a2} = -Z_2 I_{a1} \quad (4.10)$$

olur. Bu ifadeler taraf tarafa toplanırsa,

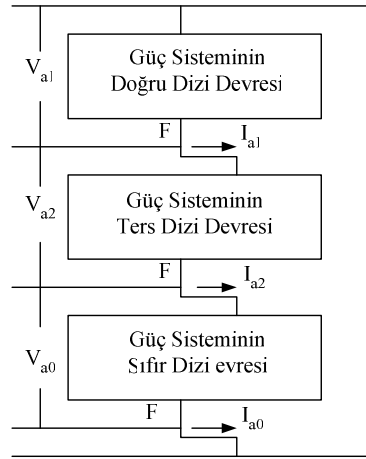
$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = -Z_0 I_{a1} + V_f - Z_1 I_{a1} - Z_2 I_{a1} = 0 \quad (4.11)$$

Bunun sonucunda I_{a1} ' e göre denklem düzenlenirse

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (4.12)$$

Bulduğumuz bu denklemler bir güç sistemi modelinde oluşan tek faz-toprak arızası için özel ifadelerdir. Bu ifadeleri kullanarak arıza noktasındaki bütün akım ve gerilimlerin simetrik bileşenlerini bulabiliriz (El-Hawary, 2002).

Devre bağlantısı a fazına ait akım ve gerilimin simetrik bileşenlerine bakılarak yapılır. Tek faz- toprak arızasında a fazı akım bileşenlerinin eşit olması devrenin seri olduğunu gösterir. Seri devrede kollardan geçen akımlar birbirine eşit, gerilimler empedans değerlerine göre değişmektedir. Bunun için çizilecek arıza devresinde doğru, ters ve sıfır dizi devreleri seri bağlanarak çizilebilir (El-Hawary, 2002). Tek faz-toprak arızası için kullanılabilir arıza devresi Şekil 4.9 'de gösterilmiştir.

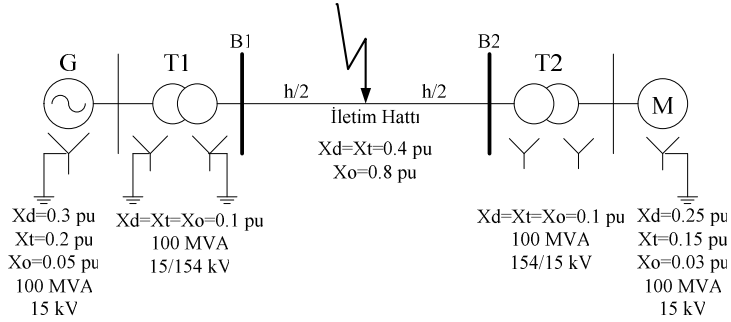


Şekil 4.9 Tek faz-toprak kısa devresi için arıza devresi

Arıza devresi bu şekilde çizildikten sonra her bir dizi devresinin Thevenin eşdeğer devresi çıkarılır. Diğer simetrik bileşenler devre üzerinden hesaplama yapılarak bulunur. Hesaplamalarda bu noktadaki arıza devresinin a fazına ait simetrik bileşenleri kullanılarak devrenin fazlarına ait akım ve gerilim değerleri bulunabilir. Gerilim değerlerini hesaplarken

hem faz-nötr arası olarak bilinen faz gerilimleri ve iki faz arası gerilim olarak bilinen faz-faz gerilimleri bulunabilir (Çakır,1986, Kojovic, Witte, 2001).

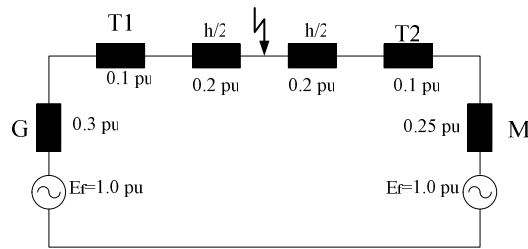
Problem 4.1: Şekil 4.10 'daki sistemde iletim hattında tek faz- toprak arızası meydana geldiğinde arıza noktasına akan akımları ve düşen gerilimleri belirleyiniz?



Şekil 4.10 Problem 4.1 için kullanılan güç sisteminin tek hat diyagramı

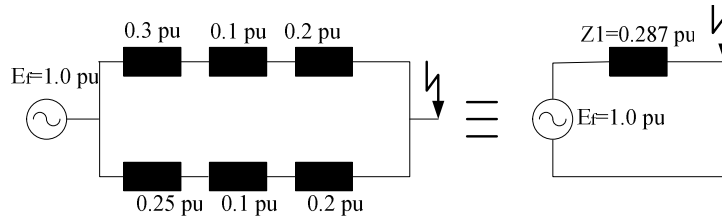
Çözüm:

Doğru dizi devresi için



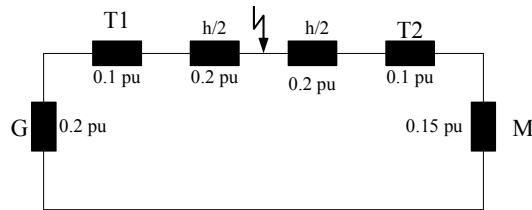
Şekil 4.11 Sistemin Doğru dizi bileşen devresi

Şekil 4.11' nin Thevenin eşdeğer devresi Şekil 4.12 'de gösterilmiştir.



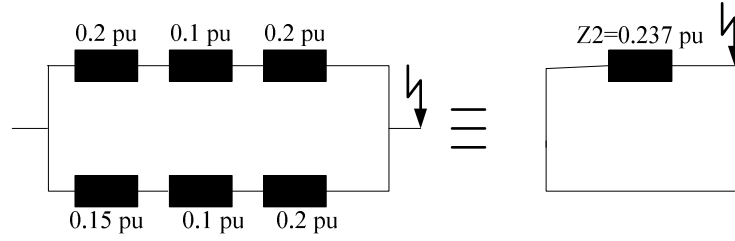
Şekil 4.12 Sistemin doğru dizi bileşenine ait Thevenin eşdeğer devresi

Ters dizi devresi için



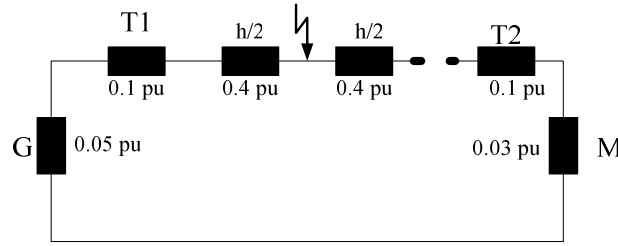
Şekil 4.13 Sistemin ters dizi bileşen devresi

Şekil 4.13 'nin Thevenin eşdeğer devresi Şekil 4.14 'de gösterilmiştir.



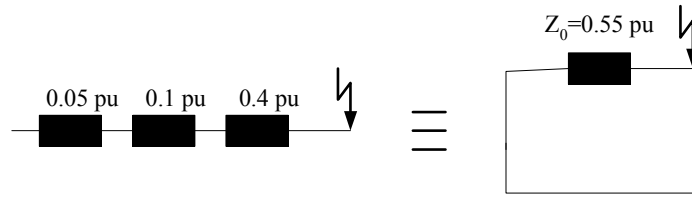
Şekil 4.14 Sistemin ters dizi bileşenine ait Thevenin eşdeğer devresi

Sıfır dizi devresi için



Şekil 4.15 Sistemin sıfır dizi bileşen devresi

Şekil 4.15 'nin Thevenin eşdeğer devresi Şekil 4.16 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.16 Sistemin sıfır dizi bileşenine ait Thevenin eşdeğer devresi

Sistemin doğru, ters ve sıfır dizi bileşenleri hesaplandıktan sonra arıza türüne göre arıza noktasına akan akım ile üzerine düşen gerilim değerleri belirlenebilir.

Arıza noktasına akan a fazı akımının simetrik bileşenleri

$$I_{a1} = \frac{E_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{1.0}{j0.287 + j0.237 + j0.55} = -j0.931 \text{ pu} \quad (4.13)$$

$$I_{a0} = -j0.931 \text{ pu} \quad (4.14)$$

$$I_{a2} = -j0.931 \text{ pu} \quad (4.15)$$

Faz akımları

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -j0.931 \\ -j0.931 \\ -j0.931 \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

$$I_a = 3.(-j0.931) = -j2.8 \text{ pu} \quad (4.17)$$

$$I_b = -j0.931 - a^2 j0.931 - a j0.931 = 0 \quad (4.18)$$

$$I_c = -j0.931 - aj0.931 - a^2 j0.931 = 0 \quad (4.19)$$

a fazı geriliminin simetrik bileşenleri

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.0 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} j0.55 & 0 & 0 \\ 0 & j0.287 & 0 \\ 0 & 0 & j0.237 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -j0.931 \\ -j0.931 \\ -j0.931 \end{bmatrix} \quad (4.20)$$

$$V_{a1} = 1.0 - 0.267 = 0.733 \text{ pu} \quad (4.21)$$

$$V_{a2} = -0.22 \text{ pu} \quad (4.22)$$

$$V_{a0} = -0.512 \text{ pu} \quad (4.23)$$

Faz-toprak gerilimleri

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -0.512 \\ 0.733 \\ -0.22 \end{bmatrix} \quad (4.24)$$

$$V_a = -0.512 + 0.733 - 0.22 = 0 \quad (4.25)$$

$$V_b = -0.512 + (-0.5 - j0.866)(0.733) + (-0.5 + j0.866)(-0.22) = -0.772 - j0.84 \text{ pu} \quad (4.26)$$

$$V_c = -0.512 + (-0.5 + j0.866)(0.733) + (-0.5 - j0.866)(-0.22) = -0.772 + j0.84 \text{ pu} \quad (4.27)$$

Faz-faz gerilimleri

$$V_{ab} = V_a - V_b = 0.772 + j0.84 \text{ pu} = 1.14 \angle 47.41^\circ \text{ pu} \quad (4.28)$$

$$V_{bc} = V_b - V_c = -0.722 - j0.84 - (-0.722 + j0.84) = -j1.68 = 1.68 \angle 270^\circ \text{ pu} \quad (4.29)$$

$$V_{ca} = V_c - V_a = -0.772 + j0.84 \text{ pu} = 1.14 \angle 132.58^\circ \text{ pu} \quad (4.30)$$

Faz akımlarının gerçek değerleri

$$I_B = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 154 \cdot 10^3} = 375.47 \text{ A} \quad (4.31)$$

$$I_a = (2.81 \angle 270^\circ)(375.47) = 1055.07 \angle 270^\circ \text{ A} \quad (4.32)$$

$$I_b = 0 \quad (4.33)$$

$$I_c = 0 \quad (4.34)$$

Gerilimlerin gerçek değerleri

$$V_a = 0 \quad (4.35)$$

$$V_b = 1.14 \angle \frac{154}{\sqrt{3}} = 101.5 \angle 227.41^\circ \text{ kV} \quad (4.33)$$

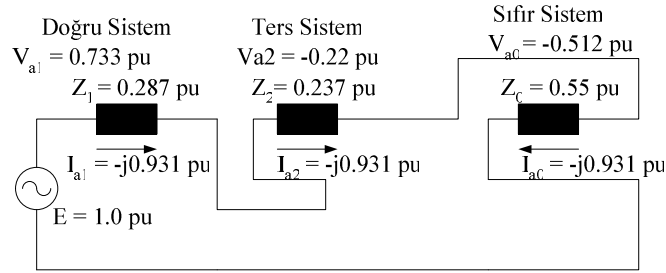
$$V_c = 1.14 \angle \frac{154}{\sqrt{3}} = 101.5 \angle 132.58^\circ \text{ kV} \quad (4.33)$$

$$V_{ab} = 1.14 \angle \frac{154}{\sqrt{3}} = 101.5 \angle 47.41^\circ \text{ kV} \quad (4.34)$$

$$V_{bc} = 1.68 \angle 270^\circ \frac{154}{\sqrt{3}} = 149.54 \angle 270^\circ \text{ kV} \quad (4.35)$$

$$V_{ca} = 1.14 \angle \frac{154}{\sqrt{3}} = 101.5 \angle 132.58^\circ \text{ kV} \quad (4.36)$$

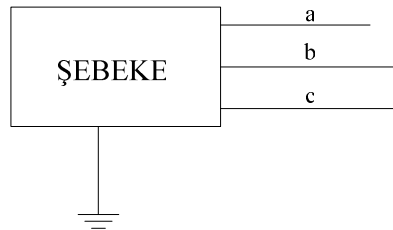
Bulunulan bu değerlere göre tek faz-toprak arıza devresi Şekil 4.17' daki gibi çizilebilir.



Şekil 4.17 Sistemin Tek faz-toprak kısa devresine ait arıza devresi

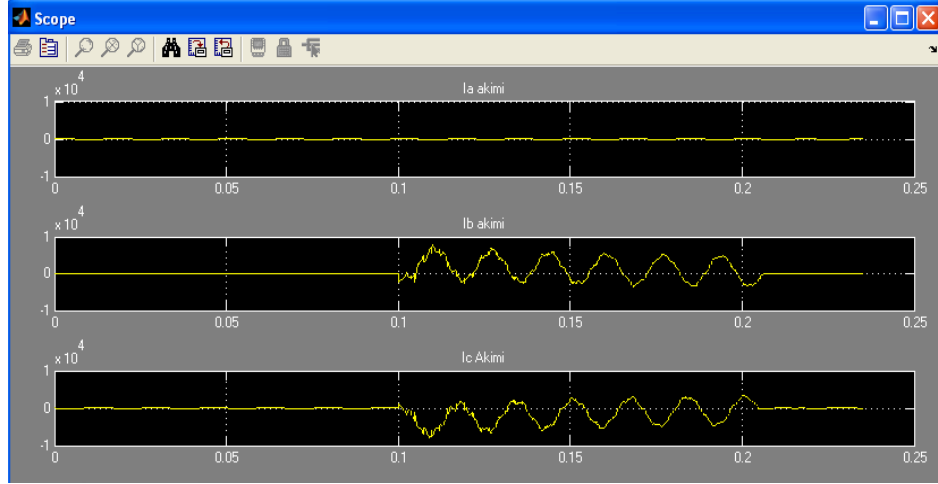
4.3. Faz- Faz Arızası

Faz – faz arızasına ait hayali hattı Şekil 4.18' de gösterilmiştir. Şekil üzerinde faz- faz arızayı hattın b ve c fazlarının kısa devre olmasıyla gerçekleşmektedir. Bu seçimi yaparken seçilen fazlar bir keyfi seçimden ibarettir. İki faz arasında herhangi bir nedenden dolayı oluşan kısa devre arızasıdır. Hesaplamalar yapılırken b ve c fazlarında kısa devre varmış gibi kabul edilir. Diğer bileşenler bu arıza üzerinden hesaplanır. (El-Hawary, 2002)



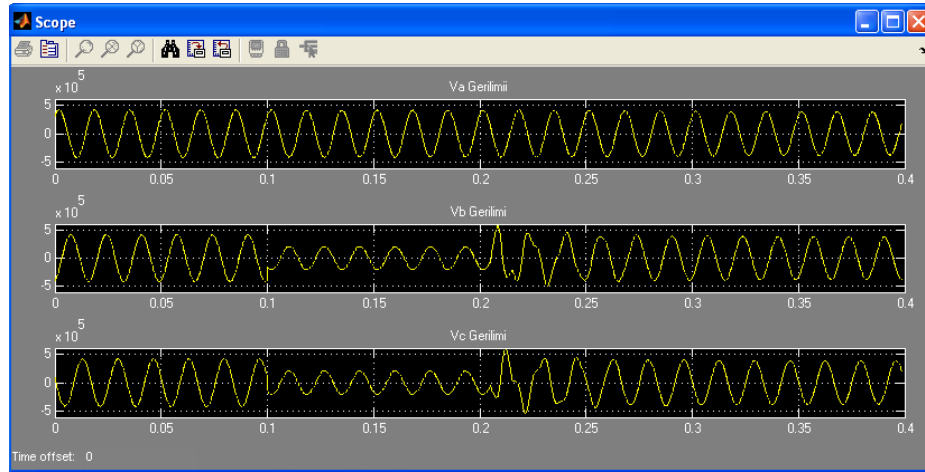
Şekil 4.18 İletim hattında faz - faz kısa devre gösterimi

Arıza hesaplamalarında, arıza noktasına akan akımlar ile oluşan gerilimlerden hangilerinin sıfır olduğu bilinmesi hesaplamaları kolaylaştırmaktadır. Benzetim devresinde alınan faz-faz kısa devresi akımlarının değişimleri Şekil 4.19' da gösterilmiştir.



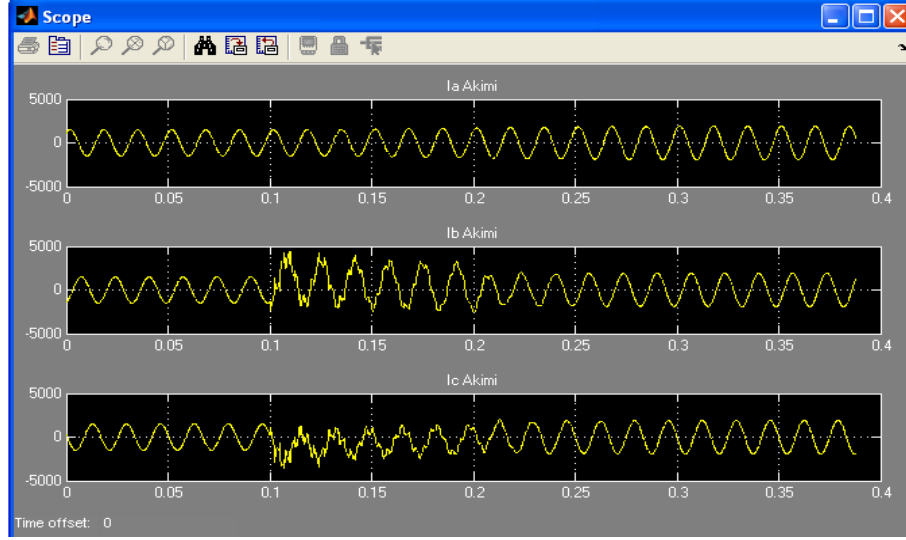
Şekil 4.19 Faz-faz kısa devresi noktasına akan akımların değişimi

Benzetim devresinden alınan tek faz toprak kısa devresi faz-nötr gerilimlerinin değişimi Şekil 4.20 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 Faz-faz kısa devresi noktasında faz-nötr gerilimlerinin değişimi

Tek faz-toprak arızası oluşumunda iletim hattından geçen akımların değişimi Şekil 4.21 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Faz-faz kısa devresi anında iletim hattından geçen hat akımlarının değişimi

Arıza şartları

Benzetim devresi kullanılarak kısa devre noktasına akan akımlardan ve arıza noktasında oluşan gerilimlerden değeri sıfıra eşit olanlar ve aralarındaki bağıntılar arıza şartı olarak seçilebilir.

$$V_b = V_c \quad (4.37)$$

$$I_a = 0 \quad (4.38)$$

$$I_b = -I_c \quad (4.39)$$

$V_b = V_c$ Alınarak gerilimin simetrik bileşenleri;

$$\begin{vmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{vmatrix} = \frac{1}{3} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{vmatrix} \quad (4.40)$$

Buradan;

$$V_{a0} = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c) = \frac{1}{3}V_a + \frac{2}{3}V_b \quad (4.41)$$

$$V_{a1} = \frac{1}{3}(V_a + aV_b + a^2V_c) = \frac{1}{3}V_a + \frac{V_b}{3}(a + a^2) = \frac{1}{3}V_a - \frac{1}{3}V_b \quad (4.42)$$

$$V_{a2} = \frac{1}{3}(V_a + a^2V_b + aV_c) = \frac{1}{3}V_a + \frac{V_b}{3}(a + a^2) = \frac{1}{3}V_a - \frac{1}{3}V_b \quad (4.43)$$

Yukarıdaki formüllerde görülüyor ki,

$$V_{a1} = V_{a2} \quad (4.44)$$

olur.

$I_b = -I_c$ ve $I_a = 0$ olduğundan akımın simetrik bileşenleri

$$\begin{vmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{vmatrix} = \frac{1}{3} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 \\ -I_c \\ I_c \end{vmatrix} \quad (4.46)$$

$$I_{a0} = \frac{1}{3}(-I_c + I_c) = 0 \quad (4.47)$$

$$I_{a1} = \frac{1}{3}(-aI_c + a^2I_c) = \frac{I_c}{3}(a^2 - a) \quad (4.48)$$

$$I_{a2} = \frac{1}{3}(-a^2I_c + aI_c) = \frac{I_c}{3}(a - a^2) \quad (4.49)$$

olur ve burada görüldüğü gibi

$$I_{a0} = 0 \quad (4.50)$$

$$I_{a2} = -I_{a1} \quad (4.51)$$

$I_{a0} = 0$ olduğundan $V_{a0} = 0$ olmaktadır.

$$\begin{vmatrix} 0 \\ V_{a1} \\ V_{a1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 \\ I_{a1} \\ -I_{a1} \end{vmatrix} \quad (4.52)$$

$$\begin{vmatrix} 0 \\ V_{a1} \\ V_{a1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} 0 \\ Z_1 I_{a1} \\ -Z_2 I_{a1} \end{vmatrix} \quad (4.53)$$

$$V_{a1} = V_f - Z_1 I_{a1} \quad (4.54)$$

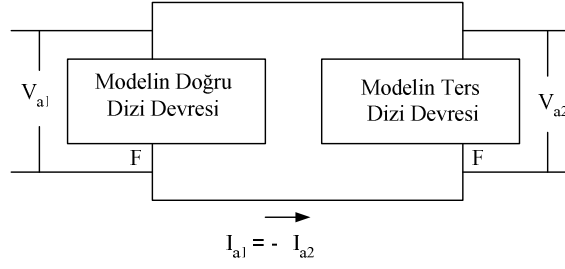
$$V_{a1} = Z_2 I_{a1} \quad (4.55)$$

Olur. Bu iki denklemden

$$V_f - Z_1 I_{a1} = Z_2 I_{a1} \quad (4.56)$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \quad (4.57)$$

Bulduğumuz bu denklemler faz-faz arızasına ait özel denklemlerdir. Doğru ve ters dizi devresinin gerilim bileşenleri birbirine eşit çıktığından iki dizi devresinin birbirine paralel bağlanmasının uygun olabileceği söylenilebilir. Arızada toprak bağlantısı olmadığından sıfır dizi bileşeninin sıfır bulunduğu görülebilir. Buda; bir arıza meydana geldiğinde ve arıza değerlerini simetrik bileşenler yöntemiyle çözümlendiğinde sıfır bileşeninin hesaplanmadan sıfır kabul edilebileceğini göstermektedir (Çakır,1986, Kojovic, Witte, 2001). Devrede iki faz arıza olması durumunda kullanılacak arıza devresi Şekil 4.22 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.22 Faz-faz kısa devresi için arıza devresi

Problem 4.2. Problem 4.1 'i faz-faz arızası için tekrar çözelim.

Çözüm:

a fazı akımının simetrik bileşenleri

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} = \frac{1.0}{j0.287 + j0.237} = \frac{1.0}{j0.524} = -j1.9 \text{ pu} \quad (4.58)$$

$$I_{a2} = -I_{a1} \quad (4.59)$$

$$I_{a0} = 0 \quad (4.60)$$

Faz akımları

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -j1.9 \\ j1.9 \end{bmatrix} \quad (4.61)$$

$$I_a = 0 \quad (4.62)$$

$$I_b = (a - a^2)(j1.9) = -3.3 \text{ pu} \quad (4.63)$$

$$I_c = (a^2 - a)(j1.9) = 3.3 \text{ pu} \quad (4.64)$$

a fazı geriliminin simetrik bileşenleri

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.0 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} j0.55 & 0 & 0 \\ 0 & j0.287 & 0 \\ 0 & 0 & j0.237 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -j1.9 \\ j1.9 \end{bmatrix} \quad (4.65)$$

$$V_{a0} = 0 \quad (4.66)$$

$$V_{a1} = 1.0 - 0.5453 = 0.4547 \text{ pu} \quad (4.67)$$

$$V_{a2} \cong 0.4547 \text{ pu} \quad (4.68)$$

Faz-toprak gerilimleri

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0.4547 \\ 0.4547 \end{bmatrix} \quad (4.69)$$

$$V_a = 0.4547 + 0.4547 = 0.9094 \text{ pu} \quad (4.70)$$

$$V_b = (a + a^2)(0.4547) = -0.4547 \text{ pu} \quad (4.71)$$

$$V_c = (a + a^2)(0.4547) = -0.4547 \text{ pu} \quad (4.72)$$

Faz-faz gerilimleri

$$V_{ab} = V_a - V_b = 0.9094 + 0.4547 = 1.4487 \text{ pu} \quad (4.73)$$

$$V_{bc} = V_b - V_c = 0 \quad (4.74)$$

$$V_{ca} = V_c - V_a = -0.4547 - 0.9094 = -1.4487 \text{ pu} \quad (4.75)$$

Faz akımlarının gerçek değerleri

$$I_B = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 154 \cdot 10^3} = 375.47 \text{ A} \quad (4.76)$$

$$I_a = 0 \quad (4.77)$$

$$I_b = (-3.3)(375.47) = 1238.64 \angle 180^\circ \text{ A} \quad (4.78)$$

$$I_c = (3.3)(375.47) = 1238.64 \angle 0^\circ \text{ A} \quad (4.79)$$

Gerilimlerin gerçek değerleri

$$V_a = (0.9094) \frac{154}{\sqrt{3}} = 80.95 \angle 0^\circ \text{ kV} \quad (4.80)$$

$$V_b = (-0.4547) \frac{154}{\sqrt{3}} = 40.47 \angle 180^\circ \text{ kV} \quad (4.81)$$

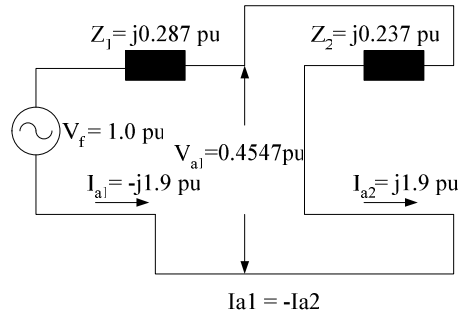
$$V_c = (-0.4547) \frac{154}{\sqrt{3}} = 40.47 \angle 180^\circ \text{ kV} \quad (4.82)$$

$$V_{ab} = (1.4487) \frac{154}{\sqrt{3}} = 128.96 \angle 0^\circ \text{ kV} \quad (4.83)$$

$$V_{bc} = 0 \quad (4.84)$$

$$V_{ca} = (-1.4487) \frac{154}{\sqrt{3}} = 128.96 \angle 180^\circ \text{ kV} \quad (4.85)$$

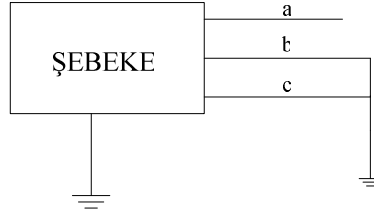
Bulunan bu değerlere göre sisteme ait faz-faz arıza devresi şekil 4.23 'deki gibi olur.



Şekil 4.23 Problem 4.2 'nin arıza devresi

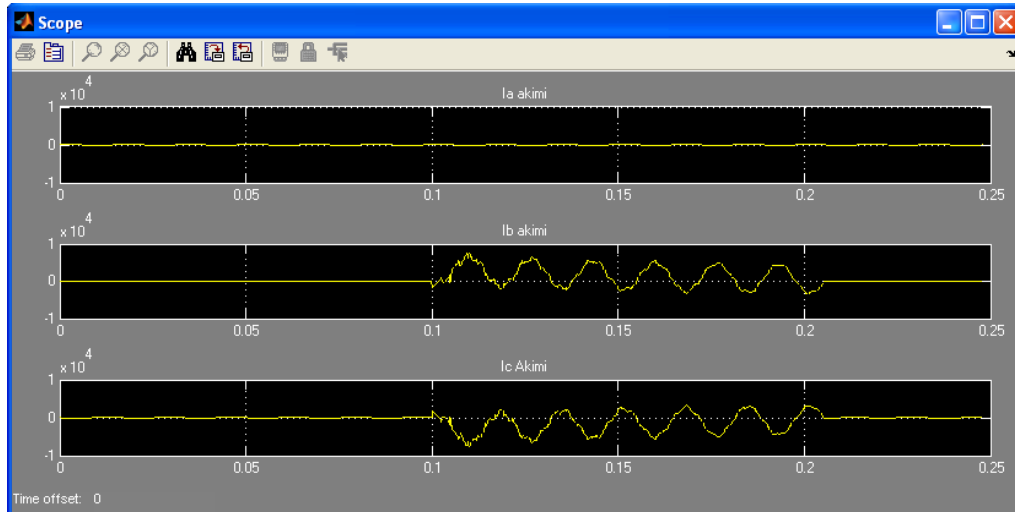
4.4. İki Faz-Toprak Arızası

Şekil 4.24 'de görüldüğü gibi, b ve c fazlarının kendi aralarında ve toprakla teması sonucu oluşan arızayı iki faz-toprak arızası olarak tanımlanabilir. Faz-faz arıza da olduğu gibi burada seçilen fazlar keyfidir. Herhangi iki faz olabilir. Fazları seçerken dikkat edilmesi gereken en önemli faktör, fazlara ait simetrik bileşenlerdir. Kısa devre olmuş fazlara göre seçilen simetrik bileşen ifadeleri doğru sonucu bulmamıza yardımcı olacaktır. (Arifoğlu, 2002)



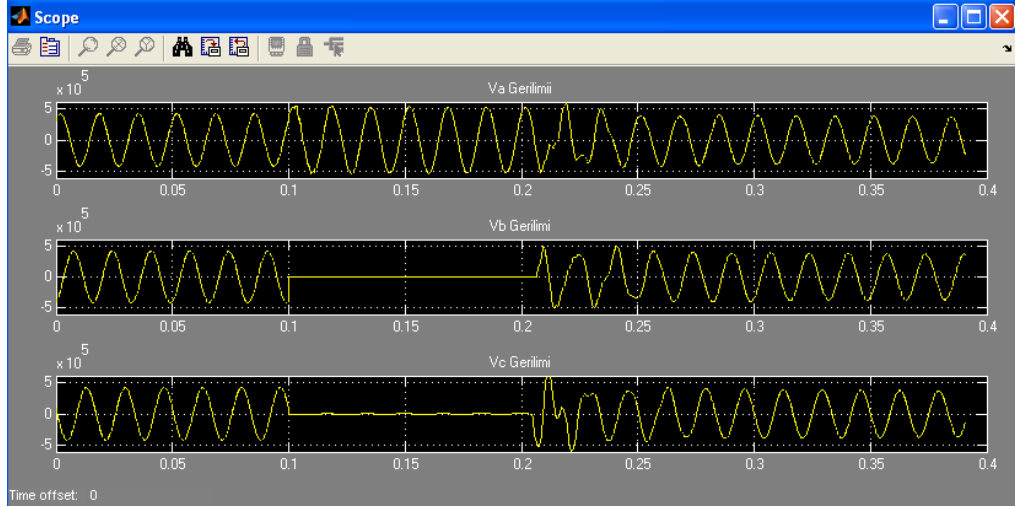
Şekil 4.24 İletim hattında iki faz-toprak kısa devre gösterimi

Arıza hesaplamalarında arıza noktasına akan akımlar ile oluşan gerilimlerden hangilerinin sıfır olduğu bilinmesi hesaplamaları kolaylaştırma açısından önemlidir. Benzetim devresinde alınan iki faz-toprak kısa devresi akımlarının değişimleri Şekil 4.25 'de gösterilmiştir.



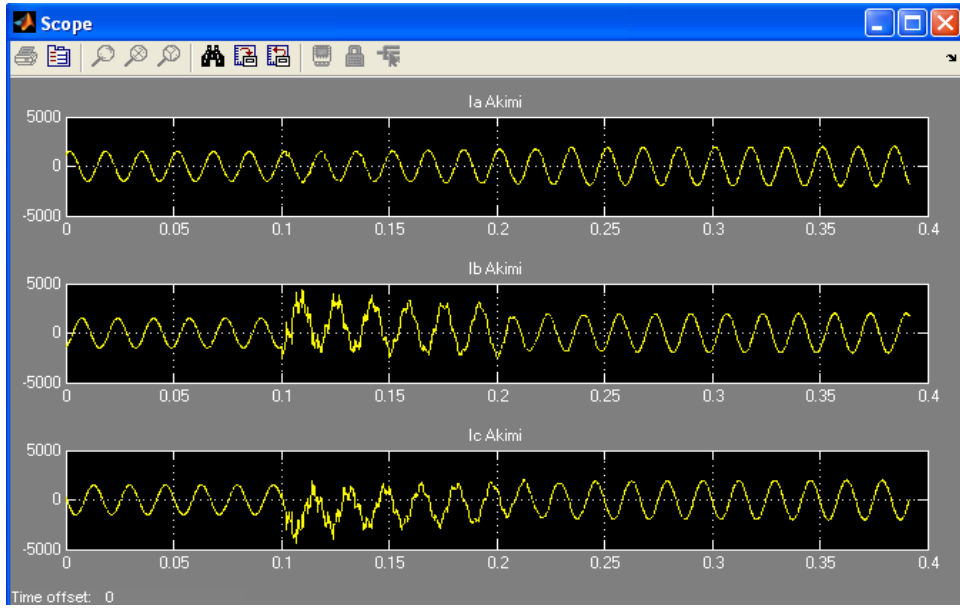
Şekil 4.25 İki faz-toprak kısa devresi noktasına akan akımların değişimi

Benzetim devresinden alınan iki faz-toprak kısa devresinde oluşan gerilimlerinin değişimleri Şekil 4.26 'da gösterilmiştir



Şekil 4.26 İki faz-toprak kısa devresi noktasında oluşan gerilimlerin değişimi

Tek faz-toprak arızası oluşumunda iletim hattından geçen akımların değişimi Şekil 4.27’de gösterilmiştir.



Şekil 4.27 İki faz-toprak kısa devresi anında iletim hattından geçen hat akımlarının değişimi

Arıza şartları

$$V_b = 0 \quad (4.86)$$

$$V_c = 0 \quad (4.87)$$

$$I_a = 0 \quad (4.88)$$

Gerilimin simetrlili bileşenleri

$$\begin{vmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{vmatrix} = \frac{1}{3} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} V_a \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad (4.89)$$

ifadesinden

$$V_{a0} = V_{a1} = V_{a2} = \frac{1}{3} V_a \quad (4.90)$$

bulunur.

$$\begin{vmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{vmatrix} \quad (4.91)$$

Denklem (4.91) 'de

$$V_{a0} = V_{a1} = V_{a2} = V_f - I_{a1} Z_1 \quad (4.92)$$

(4.92) (4.91)' deki yerine yazılırsa

$$\begin{vmatrix} V_f - I_{a1} Z_1 \\ V_f - I_{a1} Z_1 \\ V_f - I_{a1} Z_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{vmatrix} \quad (4.93)$$

Denklem (4.93) 'ün her iki tarafını

$$Z^{-1} = \begin{vmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{vmatrix}^{-1} = \begin{vmatrix} 1/Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/Z_2 \end{vmatrix} \quad (4.94)$$

İle çarparsak

$$\begin{vmatrix} 1/Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/Z_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} V_f - I_{a1} Z_1 \\ V_f - I_{a1} Z_1 \\ V_f - I_{a1} Z_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1/Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/Z_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{vmatrix} \quad (4.95)$$

Elde edilir. Buradan da

$$\frac{1}{Z_0} (V_f - I_{a1} Z_1) = -I_{a0} \quad (4.96)$$

$$\frac{1}{Z_1} (V_f - I_{a1} Z_1) = \frac{1}{Z_1} V_f - I_{a1} \quad (4.97)$$

$$\frac{1}{Z_2} (V_f - I_{a1} Z_1) = -I_{a2} \quad (4.98)$$

Denklemleri taraf tarafa toplarsak

$$\left(\frac{1}{Z_0} + \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right) (V_f - I_{a1} Z_1) = \frac{1}{Z_1} V_f - (I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}) \quad (4.99)$$

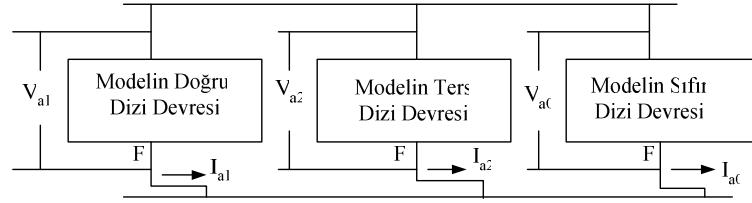
$$I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} = 0 \quad (4.100)$$

olduğundan

$$I_{a1} = \frac{V_f(Z_0 + Z_2)}{Z_1 Z_2 + Z_0 Z_1 + Z_0 Z_2} = \frac{V_f}{Z_1 + (Z_0 Z_2 / (Z_0 + Z_2))} \quad (4.101)$$

bulunur.

Bu denklemler iki faz-toprak arızası için kullanabileceğimiz özel formüllerdir. Bu denklemlere bakarak arıza devresi çizilir. Gerilimin simetrik bileşenleri eşit olduğundan dizi devrelerimiz paralel olarak bağlanır. Devrede iki faz-toprak arızası meydana geldiğinde kullanılacak arıza devresi Şekil 4.28 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.28 İki faz – toprak kısa devresi için arıza devresi

Problem 4.3. Problem 4.1' i iki faz-toprak arızası için tekrar çözelim.

Çözüm:

a fazı akımına ait simetrik bileşenler

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_0 Z_2}{Z_0 + Z_2}} = \frac{1.0}{j0.287 + \frac{(j0.237)(j0.55)}{j0.237 + j0.55}} = \frac{1.0}{j0.287 + j0.165} = -j2.212 \text{ pu} \quad (4.102)$$

$$I_{a0} = -\frac{Z_2}{Z_0 + Z_2} I_{a1} = -\frac{j0.237}{j0.55 + j0.237} (-j2.212) = j0.66 \text{ pu} \quad (4.103)$$

$$I_{a2} = -\frac{Z_0}{Z_0 + Z_2} I_{a1} = -\frac{j0.55}{j0.55 + j0.237} (-j2.212) = j1.546 \text{ pu} \quad (4.104)$$

Faz akımları

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j0.66 \\ -j2.212 \\ j1.546 \end{bmatrix} \quad (4.105)$$

$$I_a = j0.546 - j2.212 + j0.66 \cong 0 \quad (4.106)$$

$$I_b = j0.66 - a^2 j2.212 + a j0.66 = -3.31 + j1.033 \text{ pu} \quad (4.107)$$

$$I_c = j0.66 - a j2.212 + a^2 j1.546 = 3.31 + j1.033 \text{ pu} \quad (4.108)$$

a fazı gerilimine ait simetrik bileşenleri

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.0 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} j0.55 & 0 & 0 \\ 0 & j0.287 & 0 \\ 0 & 0 & j0.237 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j0.66 \\ -j2.212 \\ j1.546 \end{bmatrix} \quad (4.109)$$

$$V_{a0} = -(j0.55)(j0.66) = 0.363 \text{ pu} \quad (4.110)$$

$$V_{a1} = 1.0 - (j0.287)(-j2.212) = 0.363 \text{ pu} \quad (4.111)$$

$$V_{a2} = -(j0.237)(j1.546) = 0.363 \text{ pu} \quad (4.112)$$

Faz gerilimleri

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.363 \\ 0.363 \\ 0.363 \end{bmatrix} \quad (4.113)$$

$$V_a = 3.(0.363) = 1.089 \text{ pu} \quad (4.114)$$

$$V_b = 0.363 + a^2 0.363 + a 0.363 = 0 \quad (4.115)$$

$$V_c = 0.363 + a 0.363 + a^2 0.363 = 0 \quad (4.116)$$

Faz-faz gerilimleri

$$V_{ab} = V_a - V_b = 1.089 \text{ pu} \quad (4.117)$$

$$V_{bc} = V_b - V_c = 0 \quad (4.118)$$

$$V_{ca} = V_c - V_a = -1.089 \text{ pu} \quad (4.119)$$

Akımların gerçek değerleri

$$I_B = \frac{100.10^6}{\sqrt{3}.154.10^3} = 375.47 \text{ A} \quad (4.120)$$

$$I_a = 0 \quad (4.121)$$

$$I_b = (-3.31 + j1.033)(375.47) = -1242.8 + j387.86 = 1301.92 \angle 162.66^\circ \text{ A} \quad (4.122)$$

$$I_c = (3.31 + j1.033)(375.47) = 1242.8 + j387.86 = 1301.92 \angle 17.33^\circ \text{ A} \quad (4.123)$$

Gerilimlerin gerçek değerleri

$$V_a = 1.089 \frac{154}{\sqrt{3}} = 96.94 \angle 0^\circ \text{ kV} \quad (4.124)$$

$$V_b = 0 \quad (4.125)$$

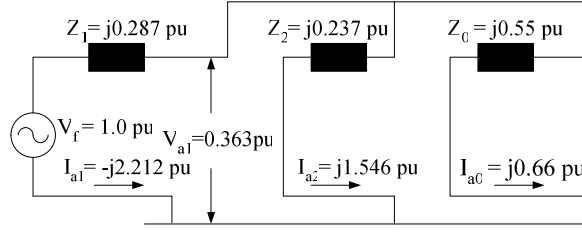
$$V_c = 0 \quad (4.126)$$

$$V_{ab} = 1.089 \frac{154}{\sqrt{3}} = 96.94 \angle 0^\circ \text{ kV} \quad (4.127)$$

$$V_{bc} = 0 \quad (4.128)$$

$$V_{ca} = (-1.089) \frac{154}{\sqrt{3}} = 96.94 \angle 180^\circ \text{ kV} \quad (4.129)$$

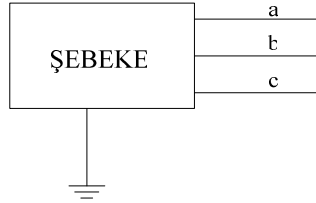
Bulunan bu değerlere göre iki faz-toprak arıza devresi şekil 4.29 'daki gibi çizilebilir.



Şekil 4.29 Problem 4.3 için iki faz-toprak arıza devresi

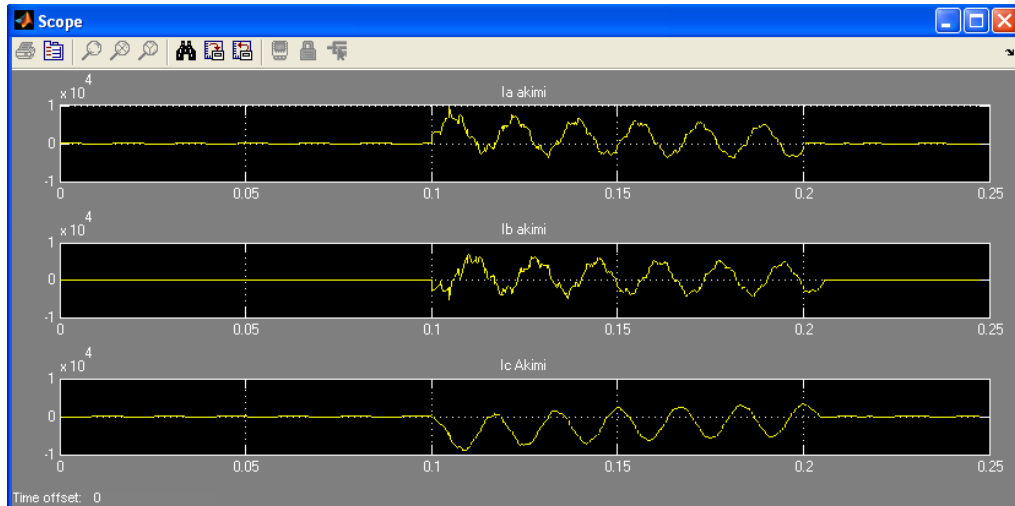
4.5. Üç Faz Kısa Devre Arızası

Şebekenin bir noktasında Şekil 4.30 'da gösterildiği gibi üç fazlı bir kısa devrenin oluşması durumunda a, b ve c fazlarına ait gerilim ve akım değerleri hesaplamaları yapılırken öncelikle arıza öncesi şartlar belirlenmektedir.



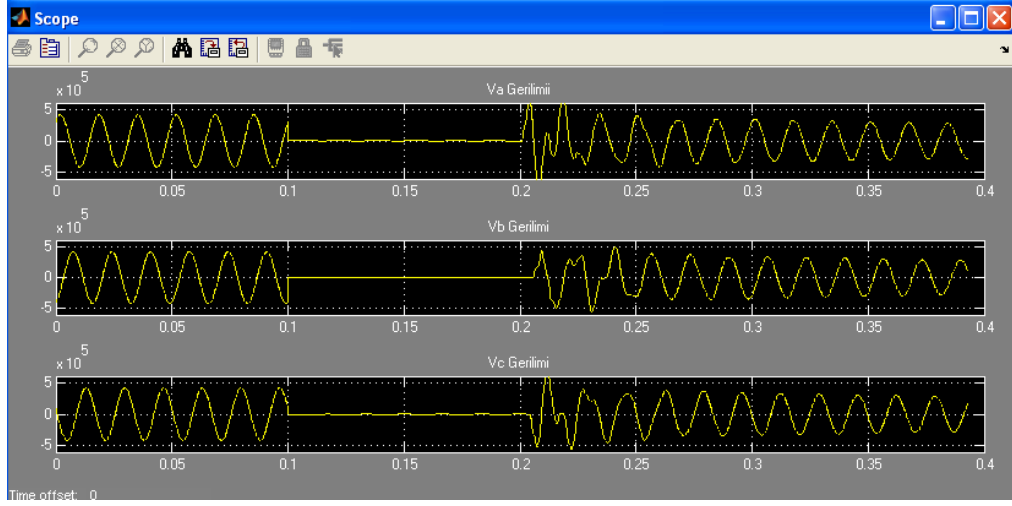
Şekil 4.30 İletim hattında üç faz kısa devre gösterimi

Arıza hesaplamalarının yapılabilmesi için arıza noktasına akan akımlar ile oluşan gerilimlerden hangilerinin sıfır olduğu bilinmesi gerekmektedir. Benzetim devresinde alınan üç faz kısa devresi akımlarının değişimleri Şekil 4.31 'de gösterilmiştir.



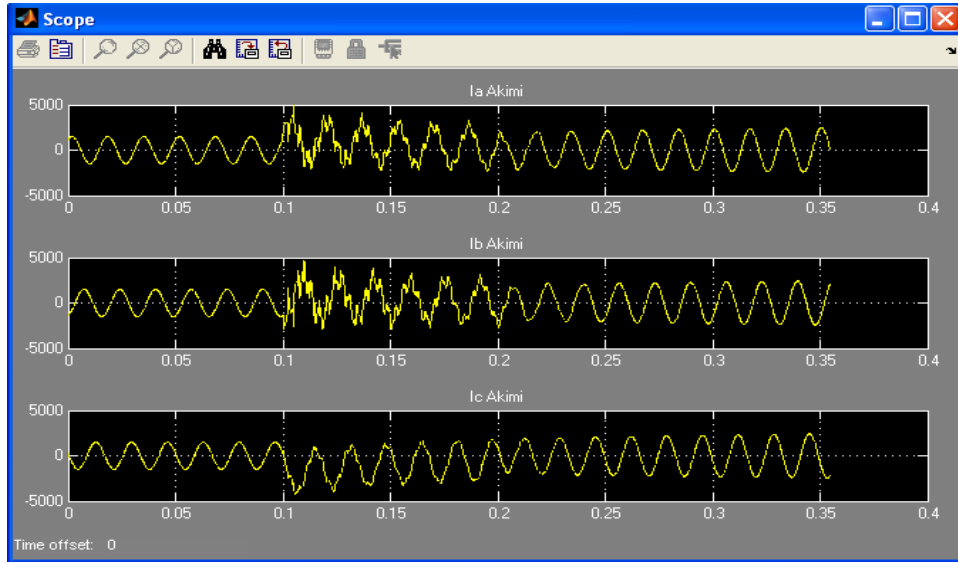
Şekil 4.31 Üç faz kısa devresi noktasına akan akımların değişimi

Benzetim devresinden alınan üç faz kısa devresinde oluşan gerilimlerinin değişimleri Şekil 4.32 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.32 Üç faz kısa devresi noktasında oluşan gerilimlerin değişimi

Tek faz-toprak arızası oluşumunda iletim hattından geçen akımların değişimi Şekil 4.33’de gösterilmiştir.



Şekil 4.33 Üç faz kısa devresi anında iletim hattından geçen hat akımlarının değişimi

Arıza Şartları

$$V_a = 0 \quad (4.130)$$

$$V_b = 0 \quad (4.131)$$

$$V_c = 0 \quad (4.132)$$

Gerilimin simetrik bileşenleri

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.133)$$

Denklem (4.133) 'e göre

$$V_{a0} = V_{a1} = V_{a2} = 0 \quad (4.134)$$

Akımın simetrlili bileşenleri

$$V_{a0} = -I_{a0}Z_0 \quad (4.135)$$

ise

$$I_{a0} = 0 \quad (4.136)$$

$$V_{a2} = -I_{a2}Z_2 \quad (4.137)$$

ise

$$I_{a2} = 0 \quad (4.138)$$

$$V_{a1} = V_f - I_{a1}Z_1 \quad (4.139)$$

ise

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1} \quad (4.140)$$

Faz akımları

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ I_{a1} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.141)$$

Bulunan bu denklemler bir güç sisteminde oluşan üç faz kısa devre arızası için özel ifadelerdir. Bu ifadeleri kullanarak arıza noktasındaki bütün akım ve gerilimlerin simetrlili bileşenlerini bulabiliriz. Simetrlili bileşenlerinde sadece doğru dizi devresinin akımı sıfır olmadığından arıza devresi doğru dizi devresinden ibaret olur. Üç faz kısa devresine ait doğru dizi devresi Şekil 4.34' de gösterilmiştir.



Şekil 4.34 Üç faz kısa devresi için arıza devresi

Problem 4.4. problem 4.1 'i üç faz arıza için tekrar çözelim.

Çözüm:

a fazı akımının simetrlili bileşenleri

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{1.0}{j0.287} = -j3.48 \text{ pu} \quad (4.142)$$

$$I_{a2} = 0 \quad (4.143)$$

$$I_{a0} = 0 \quad (4.144)$$

Faz akımları

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -j3.48 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.145)$$

$$I_a = -j3.48 \text{ pu} = 3.48 \angle 270^\circ \text{ pu} \quad (4.146)$$

$$I_b = a^2(-j3.48) = 3.48 \angle 150^\circ \text{ pu} \quad (4.147)$$

$$I_c = a(-j3.48) = 3.48 \angle 30^\circ \text{ pu} \quad (4.148)$$

Faz-toprak gerilimleri

$$V_a = 0 \quad (4.149)$$

$$V_b = 0 \quad (4.150)$$

$$V_c = 0 \quad (4.151)$$

Faz-faz gerilimleri

$$V_{ab} = V_a - V_b = 0 \quad (4.152)$$

$$V_{bc} = V_b - V_c = 0 \quad (4.153)$$

$$V_{ca} = V_c - V_a = 0 \quad (4.154)$$

Faz akımlarının gerçek değerleri

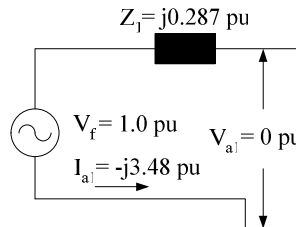
$$I_B = \frac{100 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 154 \cdot 10^3} = 375.47 \text{ A} \quad (4.155)$$

$$I_a = (3.48 \angle 270^\circ)(375.47) = 1308.26 \angle 270^\circ \text{ A} \quad (4.156)$$

$$I_b = (3.48 \angle 150^\circ)(375.47) = 1308.26 \angle 150^\circ \text{ A} \quad (4.157)$$

$$I_c = (3.48 \angle 30^\circ)(375.47) = 1308.26 \angle 30^\circ \text{ A} \quad (4.158)$$

Bulunulan bu değerlere göre üç faz arıza devresi şekil 4.35 ' deki gibi çizilebilir.



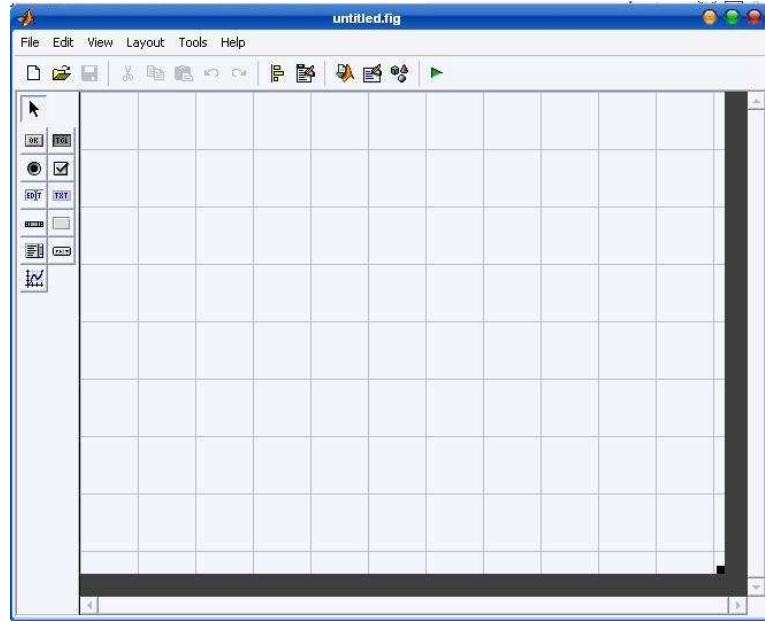
Şekil 4.35 Problem 4.4 için üç faz arıza devresi

5. MATLAB GUI İLE KULLANICI ARAYÜZÜ TASARLAMA

5.1. GUI Editörü

Matlab programı ile GUI tasarlamının en pratik yolu Guide editörünü kullanmaktır. Guide editörü, görünüm tasarımını ve tasarlanan bileşenlerin özelliklerinin belirlenmesini sağlayan bir editördür. Guide editörü GUI 'yi kaydetmek ve çalıştırmak için iki dosya kullanır:

- Grafik dosyası (Dosya adı. fig) : GUI' nin genel görünümü ile ilgili kod ve açıklamaları, komponentleri ve komponentlerin özellik değerlerini içeren grafik dosyasıdır.
- M dosyası (Dosya adı. m) : GUI' yi çalıştırmak için kullanılan ve komponentlerin işlevlerinin alt fonksiyonlar halinde kaydedildiği bir fonksiyon dosyasıdır.



Şekil 5.1 Matlab GUI Editörünün genel görünümü

5.2. GUIDE ile GUI Oluşturmanın Avantajları

Guide editörü, GUI uygulamalarının iskeletini oluşturan m-dosyalarını otomatik olarak oluşturur. M dosyalarının avantajları şunlardır:

- M dosyaları, birçok yararlı özelliğin eklenmesi için kodlar içerir.
- M dosyaları, komponentlere eklenen uzantıların callback (çağrı) çalıştırılmasını sağlar.
- M dosyaları, GUI ile ilgili bütün kodların görüntülenmesini ve değiştirilmesini sağlar.

5.3. GUIDE Editörünün Başlatılması

Guide editörü, komut penceresinde ‘guide’ yazılarak ya da MATLAB penceresinde ‘File’ menüsünden ‘New’ ve daha sonra ‘GUI’ seçilerek açılır.

Guide editöründe öncelikle tasarlanacak olan GUI’nin temel yapısı belirlenir. Bunun için Guide editör penceresinden ‘Tools’ menüsü ve sonra ‘GUI Options’ seçilir.

‘**Application Options**’ ile belirlenecek seçeneklerden ‘**Resize behaviour**’ yani boyutlandırma özelliği, aşağıdaki üç seçenek arasından seçim yapılmasını sağlar:

- **Non-resizable:** Bu özellik seçildiğinde kullanıcı GUI penceresinin boyutlarını değiştiremez.
- **Proportional:** GUI penceresinin boyutunu kullanıcının değiştirebilmesini sağlar ve otomatik olarak pencere ile orantılı şekilde ayarlar.
- **User-specified:** GUI penceresinin, kullanıcının isteğine göre boyutlarını değiştirebilmesini sağlar. Bu özellik için m-dosyasında ayrılmış **ResizeFcn** bölümüne, yeni seçilen boyuta göre komponentlerin boyutlandırılmasını ve yerlerinin belirlenmesini sağlayacak bir ‘callback’ fonksiyonu yazılmalıdır.

‘**Command-line accessibility**’ yani komut satırının geçerliliği özelliği, MATLAB komut penceresinde yapılan grafik işlemlerinin, GUI ekranında nasıl görüntüleneceği ile ilgili seçenekler içerir. MATLAB programı, grafik işlemleri için normalde tek bir figür penceresi kullanır. GUI’ de bir figür penceresi olduğu için komut penceresindeki grafik işlemlerinin sonucu GUI penceresinde görüntülenir. Bu ekranda kullanıcıya dört seçenek sunulur:

- **Callback:** GUI’nin sadece ‘callback’(çağrı) fonksiyonları için geçerli figür penceresi olmasını sağlar ve GUI, kullanıcının komut penceresindeki grafik işlemlerinden etkilenmez.
- **Off:** GUI’nin komut penceresindeki grafik işlemlerinden etkilenmemesini sağlar.
- **On:** Komut penceresindeki grafik işlemlerinin GUI’de görüntülenebilmesini sağlar.
- **Other:** GUI’nin ‘Property Inspector’ özellik menüsü kullanılarak, daha ayrıntılı şekilde ayarların yapılmasına imkan sağlar.

“**Application Options**” penceresinden, Guide editöründe tasarlanacak olan GUI için yalnızca bir grafik dosyası (*.fig) ya da m- dosyası (*.m) ile grafik dosyasının birlikte oluşturulması sağlanabilir.

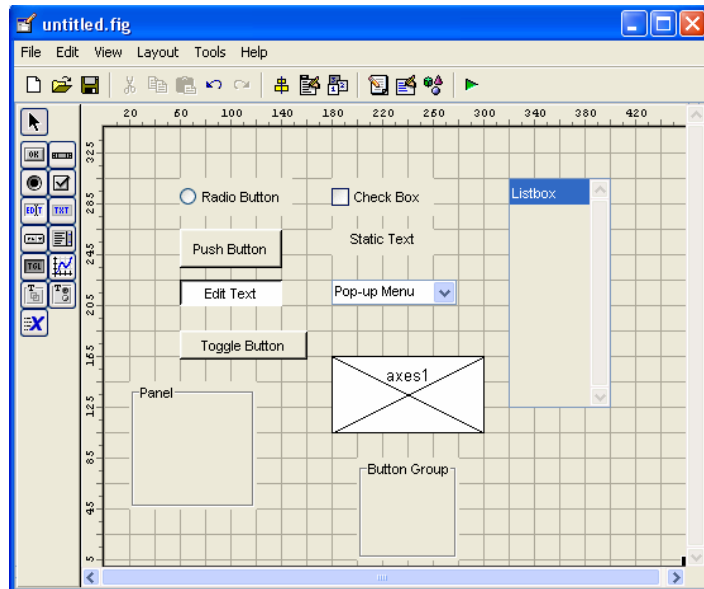
“**Generate .fig file only**” opsiyonu seçildiğinde Guide editörü, oluşturulan GUI için fonksiyonları içeren m - dosyasını oluşturmaz. Tasarlanan GUI kaydedildiğinde, Guide bir grafik dosyası oluşturur. Bu seçenek seçildiğinde, GUI’nin istenilen şekilde çalışması için komponentlerin ‘callback’ fonksiyonları yerine uygun bir ifade ya da komponentle ilgili

fonksiyon içeren bir m - dosyasının ismi yazılmalıdır. Bu seçenek, Guide editörünün otomatik olarak oluşturduğu m - dosyasından farklı yapıda bir program yapısı oluşturmak için kullanılır.

“Generate .fig file and .m file” opsiyonu seçildiğinde GUIDE editörü hem m- dosyası hem de grafik dosyası oluşturur.

5.4. GUI Bileşenlerini Oluşturma Ve Düzenleme

GUI oluşturmak için kullanılabilecek elemanları, Guide editörü penceresinin sol tarafında yukarıdan aşağıya bir palet şeklinde hazır bulundurur. Bu elemanları, GUI’nin bileşenleri haline getirmek için fare kullanılır. Bileşeni istenen büyüklükte yerleştirmek için yüzey üzerinde fare ile tıklanarak bileşenin bir köşesi belirlenir ve basılı tutulan fare gezindirilerek bileşenin karşı köşesi olarak tayin edilen noktada fare bırakılır.



Şekil 5.2 GUI bileşenlerinin yüzey üzerindeki görünümü

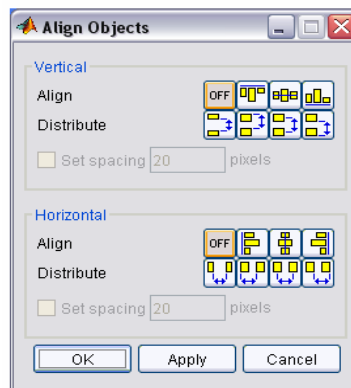
5.5. GUI Bileşenleri Ve Özellikleri

- I. **Push Button:** Fare ile üzerine tıklandığında basılmış görünümü alan, fare bırakıldığında eski konumuna dönen, yaylı buton özelliğindeki bileşendir. Basılı konumdan normal konuma dönerken “callback” fonksiyonu işleme konulur.
- II. **Toogle Button:** Fare ile üzerine tıklandığında basılı konuma geçen, tekrar tıklandığında eski konumuna dönen buton özelliğindeki bileşendir. Üzerine tıklandığında yani her konum değişiminde “callback” fonksiyonu işleme koyulur.
- III. **Radio Button:** Tıklandığında yuvarlak kutucuğa işaret koyan, tekrar tıklandığında işareti kaldıran bileşendir. GUI çıktısını, işaretlenen duruma göre sonuçlandırmak için kullanılır.

- IV. Checkbox:** Tıklandığında işaret koyan, tekrar tıklandığında işareti kaldıran işaretleme butonudur. İşaretleme butonlarına atanan özellikler, işaretli olduğunda işleme konulur, aksi durumda işleme konulmaz.
- V. Edit Text:** Kullanıcının karakter dizisi girmesini sağlar. Kullanıcının metin girmesi gereken yerlerde kullanılır.
- VI. Static Text:** Başlık atamak, isim vermek ya da açıklama yapmak için kullanılan ve kullanıcı tarafından değiştirilemeyen kutucuklardır.
- VII. Slider:** Fare ile oklara veya çubuğa tıklanarak yukarı-aşağı ya da sağa-sola hareket edilmesini sağlayan, görüntüyü nümerik değerlere karşılık gelecek şekilde kaydıran bileşendir.
- VIII. Frame:** “Axes” haricindeki bileşenleri çerçeve içine alarak gruplandırmaya yarayan bileşenlerdir. İşlem yaptırılan “callback” fonksiyonları yoktur.
- IX. Listbox:** Kullanıcı için birçok seçeneği kutucuk içinde görüntülemeyi sağlayan bileşendir. Kullanıcının bir seçeneği veya birkaç seçeneği aynı anda seçmesi sağlanabilir.
- X. Popup Menü:** Ok bölümüne tıklandığında birçok seçeneğin görüntülediği, menü düzenindeki bileşendir. Farklı gruplarda ve birbiriyle bağlantılı seçeneklerin, yer tasarrufu yaparak görüntülenmesine imkan sağlar.
- XI. Axes:** Grafiklerin görüntülenmesi için kullanılan, eksenleri ve grafik alanı içeren bileşendir.

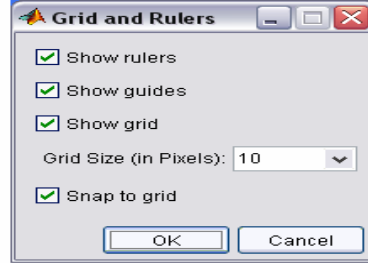
5.6. Bileşenlerin Düzenlenmesi

GUI üzerine gelişigüzel yerleştirilmiş olan bileşenleri düzenlemek için Guide editöründeki “**Align Objects**” kısayolu kullanılır. Guide editöründeki “Tools” menüsü ile de ilgili kısma girilebilir. Bu pencere açıldığı zaman aşağıda görüldüğü gibi istenilen değişiklikler yapılabilir ve “Apply” butonuna basılır.



Şekil 5.3 Align Objects öğesinin genel görünümü

Bileşenleri düzenlerken ayrıca aşağıda görülen “Grid and Rulers” aracı da kullanılır. Bu araca ulaşmak için “Tools” menüsü kullanılır.



Şekil 5.4 Grid and Rulers öğesinin genel görünümü

Show rulers: GUI tasarım bölümünün çevresine cetvel görünümü sağlar.

Show guides: GUI tasarım bölümünün sol ve üst sınırlara fare ile tıklanıp çekilen, mavi renkli sınır çizgilerinin kullanımını etkinleştirir.

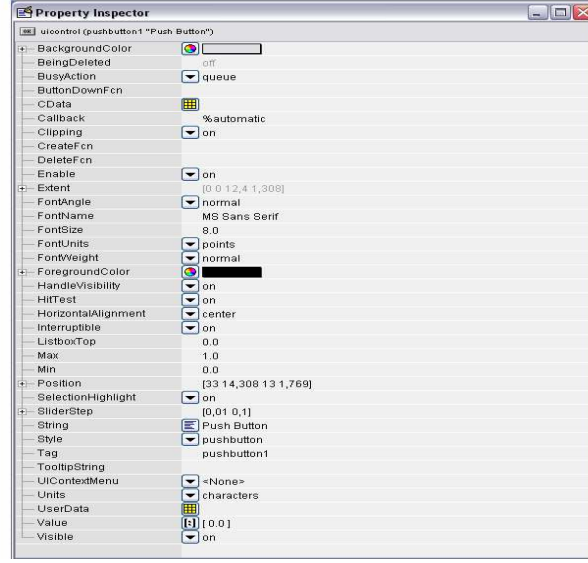
Show grid: GUI tasarım bölümünü karelere ayıran çizgilerin görüntülenmesini sağlar. “Grid Size (in Pixels)” özelliği ile “grid” çizgilerinin arasına, istenen değer kadar boşluk bırakılır.

Snap to grid: Pozisyonu değiştirilen bir komponent “grid” çizgilerine 9 piksel yakınlıkta bir alana yerleştirilmek istendiğinde, komponentin yakınındaki grid çizgisine bitişik görüntülenmesini sağlar. Bu seçenek, Guide editörü penceresindeki “Layout” menüsü yardımıyla da etkin duruma getirilebilir.

5.7. Bileşenlerin Programlanması

Guide editöründe oluşturulan, bileşenleri programlamak ve özellik kazandırmak için komponent üzerinde sağ tıklanarak “Property Inspector” araç kutusuna ulaşılır. Burada örnek olarak sadece “Push Button” incelenmiştir. Diğer bileşenlerde benzer şekilde programlanabilir.

“Push Button” objesi GUI ekranına yerleştirildikten sonra, üzerinde sağ tıklanır ve aşağıdaki ekran görüntülenir.



Şekil 5.5 Property Inspector aracının görünümü

Şekil 5.5 'de görülen “Property Inspector” aracının içerisinde bulunan ifadelerin anlamları şu şekildedir:

- **BackgroundColor:** Bileşenin yüzey rengini belirlemek için kullanılır.
- **Busy Action:** GUI 'deki işlemlerin üst üste gelmesi durumunda, bileşenin davranışını belirler.
 - **queue:** GUI programı işlem yapmaktayken ayrıca bileşene tıklandığında, bu işlem ilk işlem sonlandırıldıktan sonra gerçekleştirir.
 - **cancel:** GUI işlem yapmaktayken, bileşenin de işlem yapması istendiğinde, komponente yaptırılmak istenen işlem iptal edilir.
- **ButtonDownFcn:** Bileşen üzerinde veya bileşene beş piksel yakınlıkta, fare ile tıklandığında çalıştırılacak olan fonksiyonu m-dosyasından çağırın komutun girildiği bölümdür.
- **CData:** Bileşenin yüzeyinin alacalı renkler almasını sağlayan özelliktir. MATLAB komut penceresinde oluşturulan matrissel bir değişken “Enter Expression” yerine kullanılabilir. Yalnız bu özellik kullanıldığı zaman bileşen üzerindeki yazı görüntülenemez.
- **Callback:** Guide editöründe hazırlanan GUI kaydedildikten sonra, GUI'nin tüm kodlarını içeren m-dosyasının içine, bileşenin gerçekleştireceği işlemleri içeren “callback” fonksiyonun çatısı oluşturulur. GUI çalıştırılıp bileşen etkin kılındığında, bu bölüme girilen komut ile m-dosyasındaki bileşenin “callback” fonksiyonu içindeki komutlar işleme konulur. Guide editörünün bu bölüme otomatik olarak girdiği satır şu şekildedir :

deneme1('pushbutton_Callback',gcbo,[],guidata(gcbo))

- *deneme1* : GUI ile oluşturulan dosyanın ve aynı zamanda m-dosyasının adı
- *pushbutton2_Callback* : Tag bölümüne girilen “callback” fonksiyonunun adı
- *gcbo* : Tag bölümüne girilen komponent üzerine dönen bir komuttur.
- *[]* : İstenirse sonradan kullanılmak üzere boş bırakılan “eventdata” ifadesi
- *guidata(gcbo)* : “handles” yapısına dönen bir komuttur.

- **Clipping:** Bu bileşen üzerinde etkisi yoktur.
- **CreateFcn:** Bileşen oluşturulduğunda MATLAB programının çalıştırdığı “callback” fonksiyonudur. Yeni oluşturulacak bileşen için bu fonksiyon çalıştırılır.
- **DeleteFcn:** Bileşen silinmeden önce MATLAB programı tarafından çalıştırılan “callback” fonksiyonudur.
- **Enable:** Bileşenin aktif olup olmamasını sağlar.
- **FontAngle:** Bileşenin üstündeki metnin hafif yatık ya da çok yatık görüntülenmesini sağlar.
- **FontName:** Guide editörünün otomatik olarak kullandığı yazı cinsidir.
- **Font Size:** Bileşenin üstündeki yazı boyutunu belirlemek için kullanılır.
- **FontWeight:** Bileşen üstündeki metnin kalın, koyu veya ince görüntülenmesini sağlar.
- **FontUnits:** Bileşenin üstündeki yazının büyüklüğünün santimetre, inch, pixel, point, gibi birimlerle ifade edilmesini sağlar.
- **ForegroundColor:** Bileşenin üstündeki yazı rengini belirlemek için kullanılır. Ayrıca bileşenin seçili olduğunu belli eden ve bileşeni çevreleyen siyah çerçevenin rengini değiştirmek için kullanılır.
- **HandleVisibility:** GUI ile ilgili “handle” (kulp) fonksiyonlarının komut penceresinden görüntülenip görüntülenmemesini ayarlamak için kullanılır.
- **HitTest:** Bu bileşen üzerinde etkisi yoktur.
- **HorizontalAlignment:** Bileşenin üzerindeki yazının, “Position” özelliğinde belirtilen alan içinde, yatay olarak ne şekilde görüntüleneceğini belirlemek için kullanılır.
- **Interruptible:** “No” seçeneği seçilirse, bu bileşene tıklandıktan sonra işlem sürmekte iken başka bir bileşene işlem yaptırılmak istenildiğinde, ilk işlem sonlandırılır ve sonra ikinci işleme geçilir. ”Yes” seçeneği seçilirse, önce ikinci işlemi sonlandırır daha sonra birinci işleme döner ve birinci işlemi sonlandırır.
- **ListBoxTop:** Bu bileşen üzerinde etkisi yoktur.
- **Max:** “Value” bölümüne girilmesine izin verilen maksimum değeri belirtir.
- **Min:** “Value” bölümüne girilmesine izin verilen minimum değeri belirtir.

- **Position:** Bileşenin GUI üzerindeki yerinin, koordinatlar cinsinden ve boyutlarının da sayısal olarak belirlenebilmesini sağlar.
- **SelectionHighlight:** “On” seçeneği seçildiğinde, bileşen ile işlem yaptırıldıktan sonra bileşenin etrafı belirginleştirici siyah bir kutucuğa dönüşür. ”Off” seçeneği seçildiğinde ise işlem yaptırıldıktan sonra bileşen siyah çerçeve içine alınmaz.
- **SliderStep:** GUI çalıştığında bileşen üzerinde, “Slider” çubuğunun, oka her tıklandığında yatay veya düşey eksenlerde girilen değerler kadar hareket etmesini sağlar.
- **String:** Bileşenin üzerindeki “Push Button” yazısı yerine görüntülenecek olan metnin görüntülenmesini sağlar.
- **Style:** Bileşenin cinsini değiştirmek için kullanılır.
- **Tag:** Bu bölüme girilen metin, bileşenin m-dosyasındaki “callback” alt fonksiyonunun ismi olarak atanır. Guide editörünün oluşturduğu “handles” yani GUI’de kullanılan bütün bileşenlerin “handle” kulplarını içeren yapıya girilen metni de ekler. ”Callback” fonksiyonunun m-dosyasındaki yapısı şu şekildedir:

function varargout = pushbutton2_Callback(h, eventdata, handles,varargin)

- *Pushbutton2_Callback:* “Tag” bölümüne girilen “pushbutton2” metninin sonuna belirgin olması için “_Callback” eklenerek, bu fonksiyonun adı olarak kaydedilir.
- *h :* Komponentin kulpu.
- *varargin :* Fonksiyona atanan değerleri içeren değişkendir.
- **TooltipString:** GUI penceresinde fare, bileşen üzerinde bekletildiğinde beliren ve komponentle ilgili açıklamayı içeren metnin görüntülenmesini sağlar.
- **UIContextMenu:** Bileşenin üzerinde farenin sağ tuşuna tıklandığında belirmesi istenen menünün, “Menu Editör” ile oluşturulan “Context” menüleri arasından seçilmesini sağlar.
- **Units:** “Position” bölümüne girilen değerlerin birimini belirlemeye yarar.

6. KDAH VE EGITIM PROGRAMLARI

6.1. Programların Amaçları

KDAH (Kısa Devre Arıza Hesabı) adlı hazırlanan program, elektrik güç sistemlerinde oluşan simetrik ve asimetrik arıza anında arıza noktasına akan akımlar ile arıza noktasında oluşan gerilimlerin simetrik bileşenler metoduyla hesaplanmasını yapan ve arıza noktasına akan akımlara ile arıza noktasında oluşan gerilimlere ait sinyallerin çizdirilmesidir. Bu programda model olarak bir güç sistemi devresi kullanılmıştır.

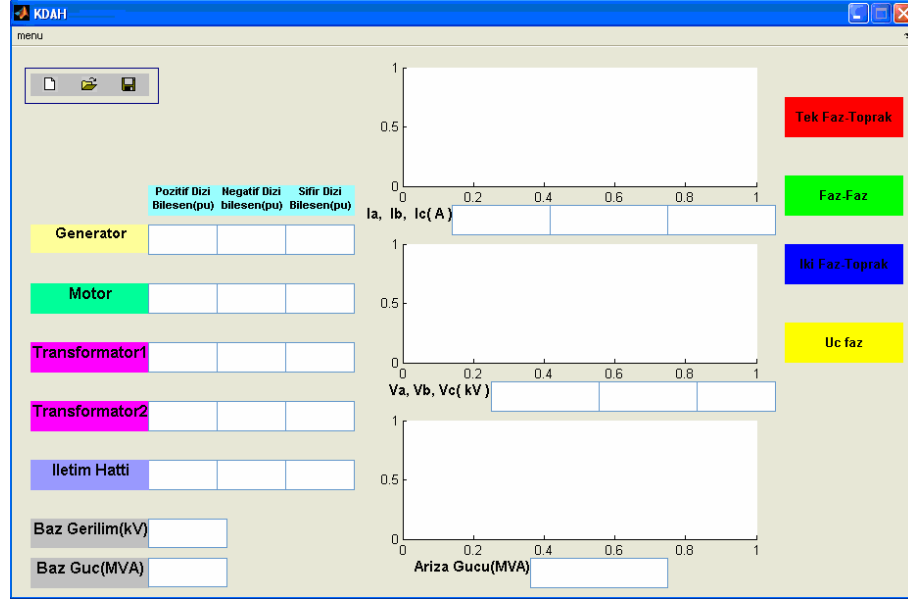
EGITIM adlı program ise güç sistemlerinde meydana gelen simetrik ve asimetrik arızalarda, sistemin doğru, ters ve sıfır dizi bileşenlerini hesaplayarak programın giriş kısmına değerlerin yazılmasıyla akımların ve gerilimlerin değerleri hesaplanıp sinyallerinin çizilmesi amaçlanmıştır.

İki program da, güç sistemlerinin eğitimi için kullanılabilecek bir materyal oluşturmayı amaçlamaktadır. KDAH tek model üzerinde oluşturulduğu için modeldeki generatör, transformatörler, iletim hattı ve motorun dizi bileşen değerlerini programın giriş bölümüne girilerek akım ve gerilim değerleri hesaplanmaktadır. EGITIM programı ise genel olarak tüm modellere uygulamayı amaçlamaktadır.

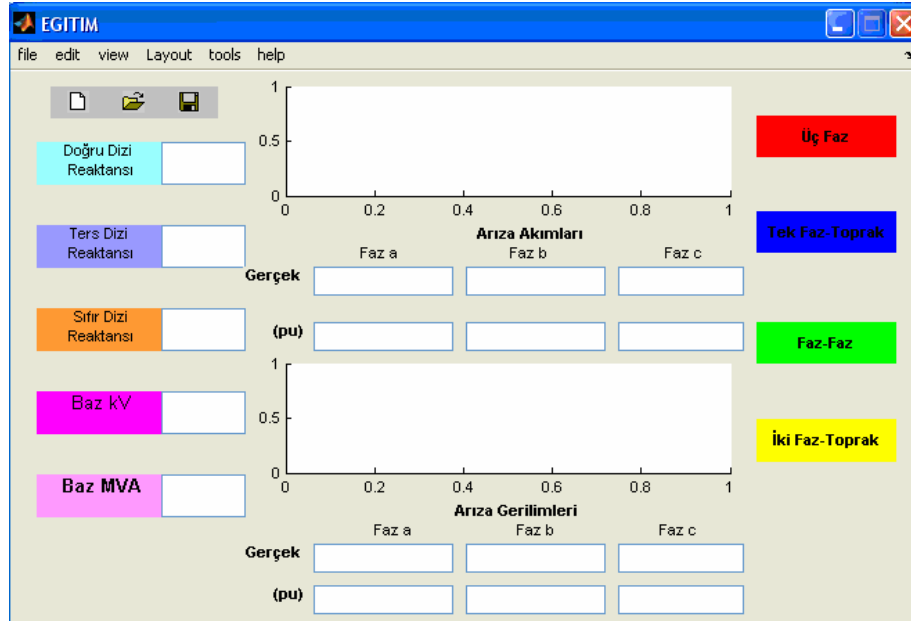
Programların tasarlanması için teknik programlama dili olan MATLAB 7.0.4 'den yararlanılmıştır. Programların oluşturulması, MATLAB içerisinde bulunan ve grafiksel bir ortamda program yazmayı ve düzenlemeyi sağlayan GUIDE editöründe yapılmıştır. Programın yazılmasında 5. bölümde anlatılan GUI bileşenlerinden yararlanılmıştır. Bu bileşenler daha sonra amaca uygun olarak programlanmıştır.

6.2. KDAH ve EGITIM Programlarının Genel Görünümleri

KDAH ' ın genel görünümü Şekil 6.1 'de gösterilmiştir. EGITIM programının genel görünümü de Şekil 6.2 'de gösterilmiştir.

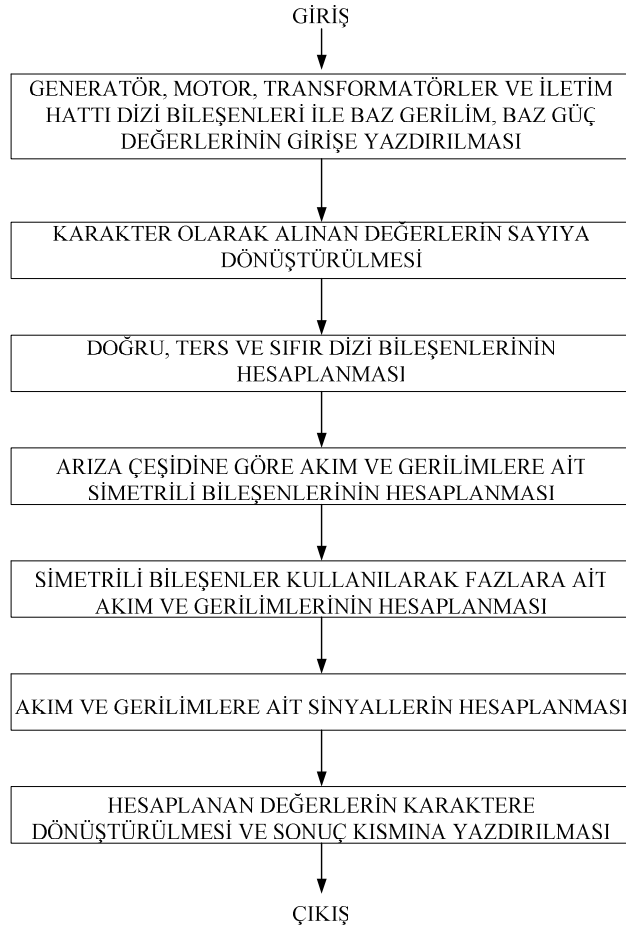


Şekil 6.1 KDAH programının genel görünümü



Şekil 6.2 EGITIM Programının Genel Görünümü

KDAH ve EGITIM programlarının işleyişleri Şekil 6.3’ de verilen akış diyagramlarıyla açıklamak mümkün olabilir. İki program arasında biraz farklılık gösterse de genel olarak bu akış diyagramı kullanılabilir. Bu farklılık KDAH ’da devre elemanlarının dizi bileşenlerini alıp sistemin dizi devresine ait bileşeni programın kendisi hesaplıyor. EGITIM ’de ise sistemin dizi bileşenlerini kullanıcı hesaplayıp giriş kısmına yazdıracaktır.



Şekil 6.3 Programların akış diyagramı

Programda kullanılan genel değişkenler anlamlarıyla birlikte verilmiştir.

- AKIM B : Arıza noktasının baz akımı
- Ea : Arızadan önceki a fazının gerilim değeri
- Ia0 : a fazına ait akımın sıfır dizi bileşeni
- Ia1 : a fazına ait akımın doğru dizi bileşeni
- Ia2 : a fazına ait akımın ters dizi bileşeni
- Ia : a fazının akımı
- Ib : b fazının akımı
- Ic : c fazının akımı
- MVAB : arıza noktasının baz güç değeri
- Ta : Sistemin zaman sabiti
- Va0 : a fazına ait gerilimin sıfır dizi bileşeni
- Va1 : a fazına ait gerilimin doğru dizi bileşeni
- Va2 : a fazına ait gerilimin ters dizi bileşeni

Va	: a fazının gerilimi
Vb	: b fazının gerilimi
Vc	: c fazının gerilimi
Xg0	: t = 0 anındaki generatörün reaktansı
Xg1	: t anındaki generatorün reaktans değeri
Xm0	: t = 0 anındaki motorun reaktans değeri
Xm1	: t anındaki motorun reaktans değeri
Z0	: Sistemin sıfır dizi devresinin empedansı
Z1	: Sistemin doğru dizi devresinin empedansı
Z2	: Sistemin ters dizi devresinin empedansı
ZG0	: Generatörün sıfır dizi bileşeni
ZG1	: Generatörün doğru dizi bileşeni
ZG2	: Generatörün ters dizi bileşeni
ZH0	: İletim hattının sıfır dizi bileşeni
ZH1	: İletim hattının doğru dizi bileşeni
ZH2	: İletim hattının ters dizi bileşeni
ZM0	: Motorun sıfır dizi bileşeni
ZM1	: Motorun doğru dizi bileşeni
ZM2	: Motorun ters dizi bileşeni
ZTR10	: Birinci transformatörün sıfır dizi bileşeni
ZTR11	: Birinci transformatörün doğru dizi bileşeni
ZTR12	: Birinci transformatörün ters dizi bileşeni
ZTR20	: İkinci transformatörün sıfır dizi bileşeni
ZTR21	: İkinci transformatörün doğru dizi bileşeni
ZTR22	: İkinci transformatörün ters dizi bileşeni

KDAH ve EGITIM çalışmalarında devre elemanlarına ait doğru, ters ve sıfır dizi bileşenlerinin, programların giriş kısmına yazılmaları için programlar üzerinde giriş bölümleri oluşturulmuştur. Giriş kısımlarının boş bırakılmaması gerekir. Eğer değeri 0 ise giriş kısmına sıfır yazılmalıdır. Çünkü giriş kısmına sıfır yazılmazsa programlarda hata oluşacaktır. KDAH 'nda kullanılan model devresinde bulunan generatör, motor, transformatör ve iletim hattının doğru, ters ve sıfır dizi reaktansları Şekil 6.4 'de görülen giriş kısmına yazdırılmalıdır.

	Pozitif Dizi Bilesen(pu)	Negatif Dizi bilesen(pu)	Sifir Dizi Bilesen(pu)
Generator			
Motor			
Transformator1			
Transformator2			
iletim Hatti			
Baz Gerilim(kV)			
Baz Guc(MVA)			

Şekil 6.4 KDAH giriş kısmının görünümü

EGITIM 'de modelin doğru, ters ve sıfır dizi bileşenlerine ait reaktans değerleri hesaplandıktan sonra, reaktanslar Şekil 6.5 'de gösterilen giriş kısmına yazdırılmalıdır.

Doğru Dizi Reaktansı	
Ters Dizi Reaktansı	
Sıfır Dizi Reaktansı	
Baz kV	
Baz MVA	

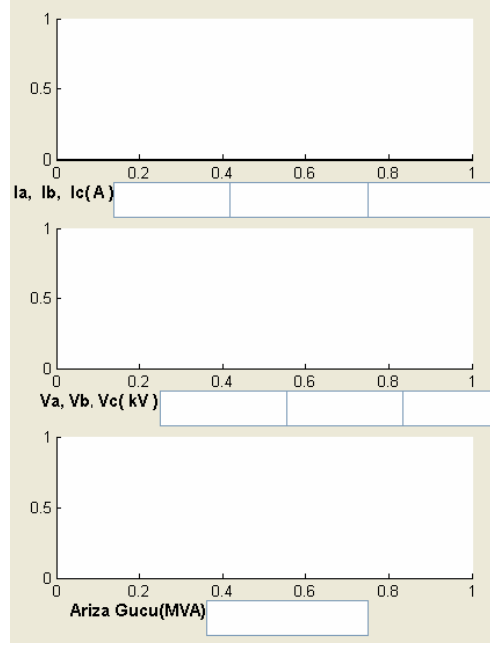
Şekil 6.5 EGITIM programı giriş kısmının görünümü

Bu çalışmada kullanılan iki program üzerinde Şekil 6.6 'da görülen arıza türlerinin hesaplanılmasını sağlayan dört seçenek bulunmaktadır. Her bir seçenek üzerinde bir arıza türünün ismi yazılmıştır.

Tek Faz-Toprak
Faz-Faz
İki Faz-Toprak
Uc faz

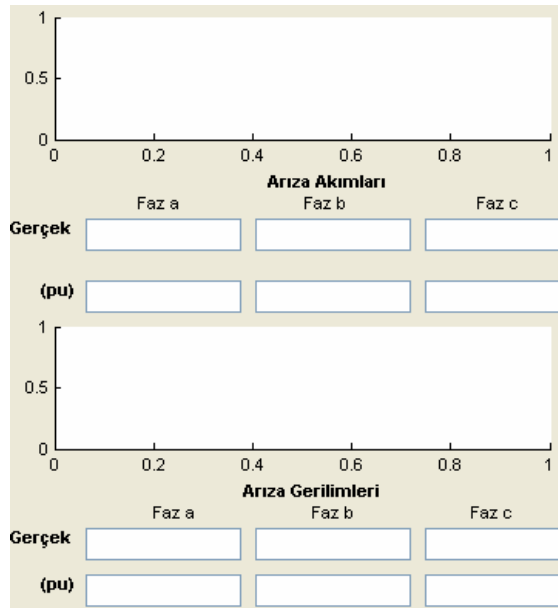
Şekil 6.6 Arıza seçeneklerinin görünümü

KDAH çalışmasında, Arıza türü tıklanınca Şekil 6.7 'de görülen çıkış kısmında, arızaya ait akım, gerilim ve güce ait gerçek değerlerin sonuçları yazılır ve arızaya ait sinyaller belirlenen kısımlara çizilir.



Şekil 6.7 KDAH çıkış kısmının görünümü

EGITIM çalışmasında, giriş kısmına sisteme ait reaktanslar girildikten sonra hangi arıza türü tıkladırsa arıza noktasından geçen akımlar ve oluşan gerilimler Şekil 6.8 'de gösterilen çıkış kısmında gerçek ve per-unit değer cinsinden hesaplanmakta ve bu değerlere ait sinyaller belirlenen kısımlara çizilir.



Şekil 6.8 EGITIM programının çıkış kısmı görünümü

6.3 Dosya Menüsü ve Özellikleri

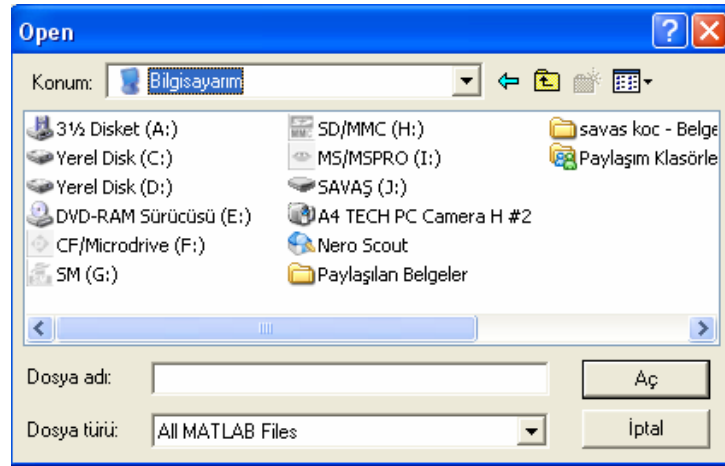
Bu menü içerisinde sırasıyla yeni, aç, kaydet, yazdır, sayfa yapısı ayarları, sayfa önizleme, yazı tipi ayarları ve renk ayarları alt menüleri bulunmaktadır.

6.3.1 Yeni Menüsü

Kullanılan programda yeni çalışma sayfası açmak için kullanılır. Bu menü tıklanıldığında, yeni bir çalışma yapmak için programın ön sayfasını gösterir menüdür.

6.3.2 Aç Menüsü

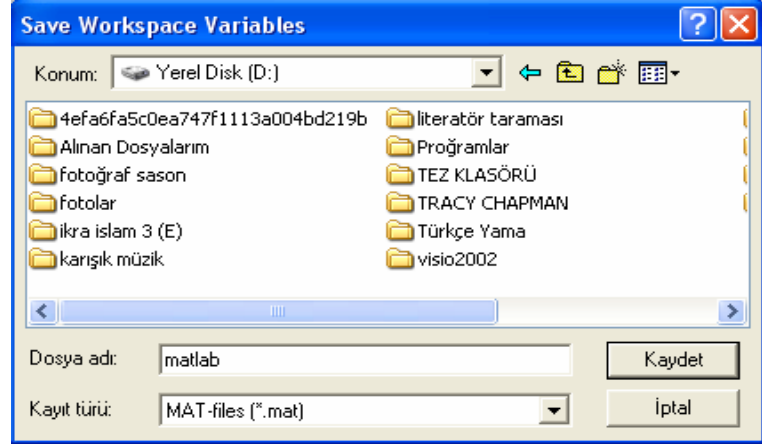
Bu menü tıklanıldığında MATLAB içerisinde bulunan standart aç penceresi görüntülenir. Şekil 6.9’ da bu butona tıklanıldığında alınan ekran görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 6.9 Aç penceresinin görünümü

6.3.3 Kaydet Menüsü

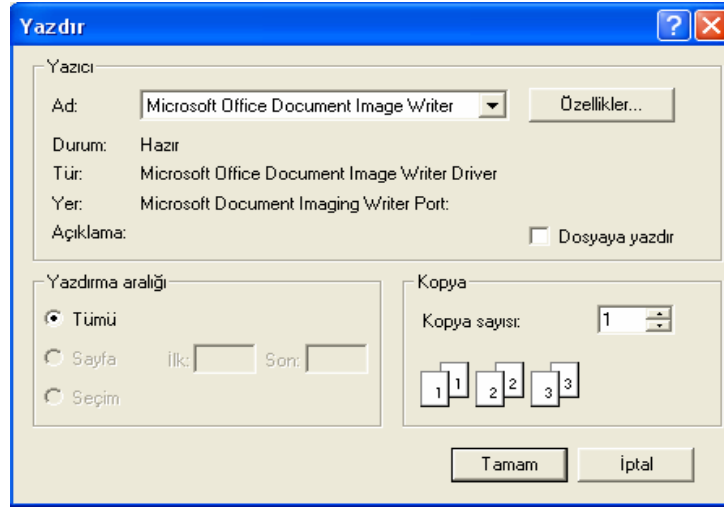
Bu menü tıklanıldığında MATLAB içerisinde bulunan standart kaydet penceresi görüntülenir. Bu menü yardımıyla yapılan çalışmalar kaydedilir. Standart kaydet penceresinin görünümü Şekil 6.10’ da gösterilmiştir.



Şekil 6.10 kaydet penceresinin görünümü

6.3.4 Yazdır Menüsü

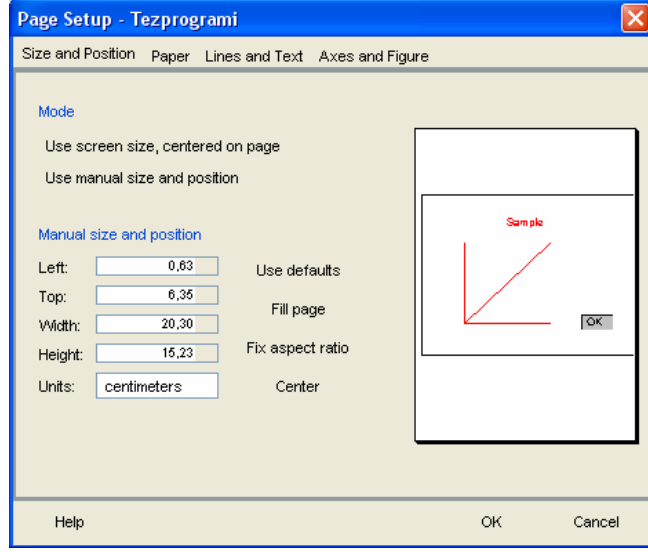
Yazdırma penceresini görüntüleyen menüdür. Bu menüye tıklanıldığında yazdırma penceresi açılarak yapılan çalışmaların çıktısının alınmasını sağlar. Standart yazdırma penceresinin görünümü Şekil 6.11’ de gösterilmiştir.



Şekil 6.11 Standart yazdır penceresinin görünümü

6.3.5 Sayfa Ayarları Menüsü

Sayfa ile ilgili düzenlemelerin yapılacağı diyalog kutusunu görüntüleyen menüdür. Bu menüden sayfa ile ilgili gerekli düzenlemeler yapılır. Şekil 6.12’ de bu menünün görünümü yer almaktadır.



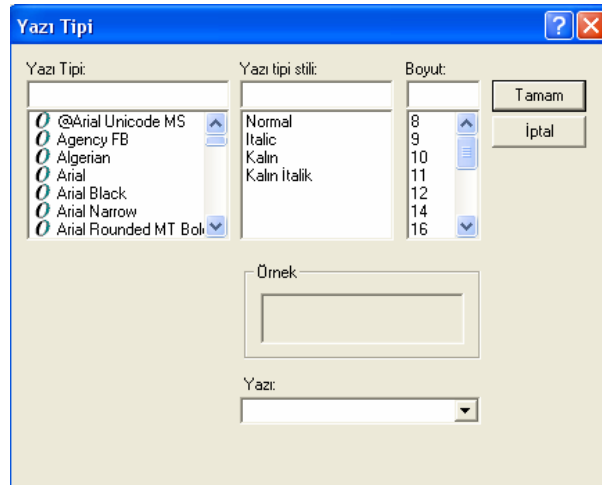
Şekil 6.12 Sayfa ayarları penceresinin görünümü

6.3.6 Sayfa Önizleme Menüsü

MATLAB programında bulunan sayfa önizleme menüsünü görüntüler. Çalışma yapılan sayfanın nasıl görüldüğünü görüntülemek için kullanılır.

6.3.7 Yazı Tipi Menüsü

Yazı tipi penceresini açmak için kullanılır. Bu pencere kullanılarak yazının tipini, puntosunu ve görünümünü ayarlamak için kullanılır. Bu menü tıklanıldığında Şekil 6.13’ de gösterilen pencere ekrana gelir.



Şekil 6.13 Yazı tipi penceresinin görünümü

6.3.8 Renk Ayarları Menüsü

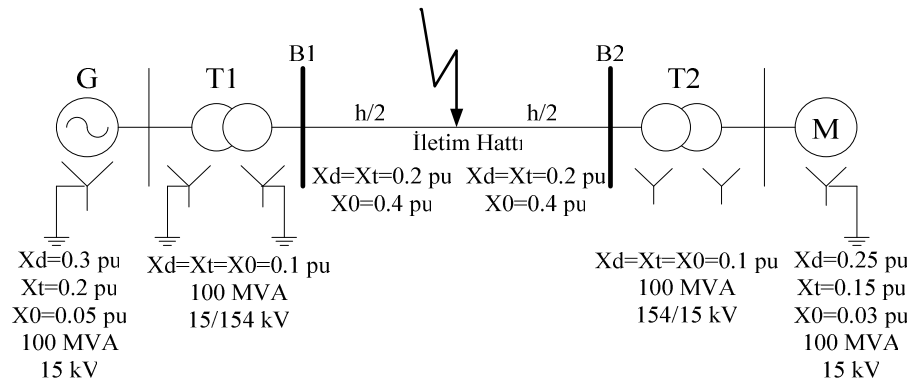
Bu menü kullanılarak renk ayarları yapılmaktadır. Renklerin değiştirilmesi, ayarlanması ve renk verilmesi bu menü kullanılarak yapılır. Bu menü tıklanıldığında Şekil 6.14’ de görünen pencere ekrana gelir.



Şekil 6.14 Renk ayarları penceresinin görünümü

6.4 KDAH ve EGITIM Programlarında Kullanılan Değerler

KDAH çalışmasında kullanılan modeli gösteren sistem şekil 6.15’ gösterilmiştir. Devrede kullanılan generatör, motor, transformatörler ve iletim hattına ait doğru, ters ve sıfır dizi reaktansları Tablo 6.1’ de verilmiştir. Devre elemanlarına ait reaktans değerleri, program üzerinde giriş kısmına yazılır.



Şekil 6.15 KDAH için kullanılan güç sistemi devresi

Tablo 6.1 KDAH programında kullanılan reaktans değerleri

Devre Elemanının Adı	Dizi Bileşen Adı	Sembolü	Değeri
Generatör	Doğru Dizi Reaktansı	ZG1	0.30 pu
	Ters Dizi Reaktansı	ZG2	0.20 pu
	Sıfır Dizi Reaktansı	ZG0	0.05 pu
Motor	Doğru Dizi Reaktansı	ZM1	0.25 pu
	Ters Dizi Reaktansı	ZM2	0.15 pu
	Sıfır Dizi Reaktansı	ZM0	0.03 pu
Transformatör 1	Doğru Dizi Reaktansı	ZTR11	0.10 pu
	Ters Dizi Reaktansı	ZTR12	0.10 pu
	Sıfır Dizi Reaktansı	ZTR10	0.10 pu
Transformatör 2	Doğru Dizi Reaktansı	ZTR21	0.10 pu
	Ters Dizi Reaktansı	ZTR22	0.10 pu
	Sıfır Dizi Reaktansı	ZTR20	0.10 pu
İletim Hattı	Doğru Dizi Reaktansı	ZH1	0.20 pu
	Ters Dizi Reaktansı	ZH2	0.20 pu
	Sıfır Dizi Reaktansı	ZH0	0.40 pu
Baz Güç		MVAB	100 MVA
Baz Gerilim		kVB	154 kV

EGITIM programında ise kullanıcı tarafından güç sisteminin doğru, ters ve sıfır dizi devresinin reaktans değerleri hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değerler, program üzerinde arıza değerleri olarak kullanılmıştır. Bu değerleri programda giriş kısmı olarak tanımlanan yere yazılmalıdır. Bu programda giriş için kullanılan değerler Tablo 6.2’ de verilmiştir (Arifoğlu, 2002).

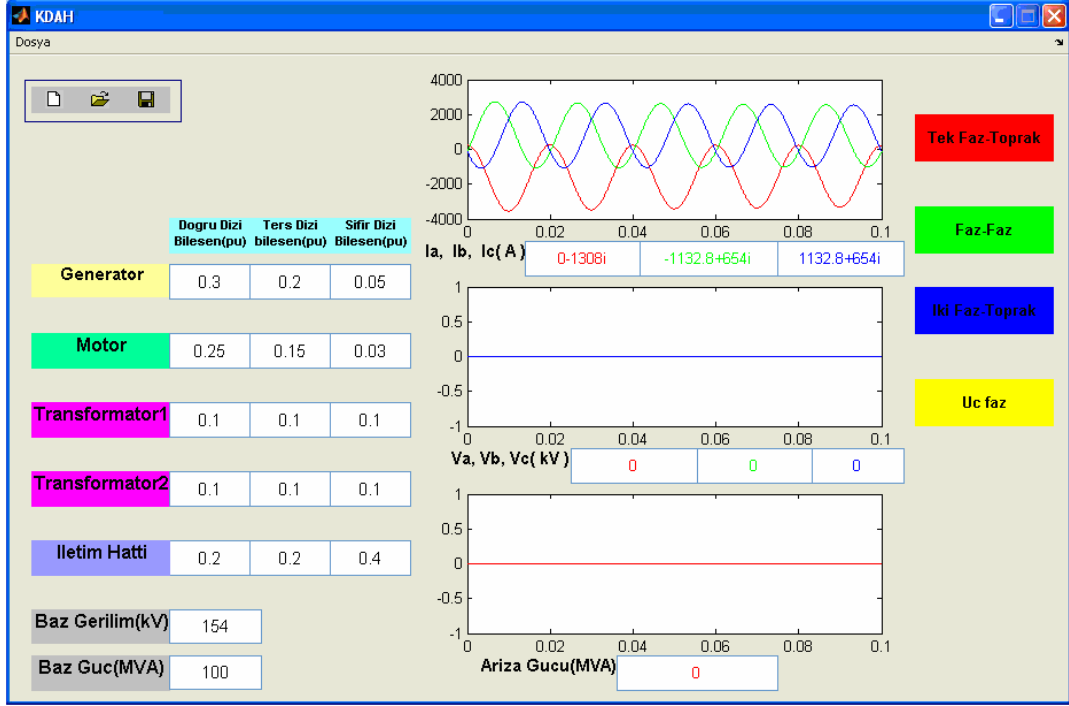
Tablo 6.2 EGITIM programında kullanılan reaktans değerleri

Değerin İsmi	Sembolü	Değeri
Doğru Dizi reaktansı (pu)	Z_1	0.603
Ters dizi reaktansı (pu)	Z_2	0.603
Sıfır dizi reaktansı (pu)	Z_0	0.089
Baz Gerilim (kV)	kVB	11
Baz Güç (MVA)	MVAB	50

6.5 KDAH İle Arıza Hesaplanması

6.5.1 Üç Fazlı Arızanın Hesaplanması

KDAH ile üç fazlı arızanın hesaplanmasında Bölüm 6.4 ’de verilen değerler kullanılmıştır. Üç fazlı arızanın hesaplanması sonucunda programın görünümü Şekil 6.16 ’da gösterilmiştir.

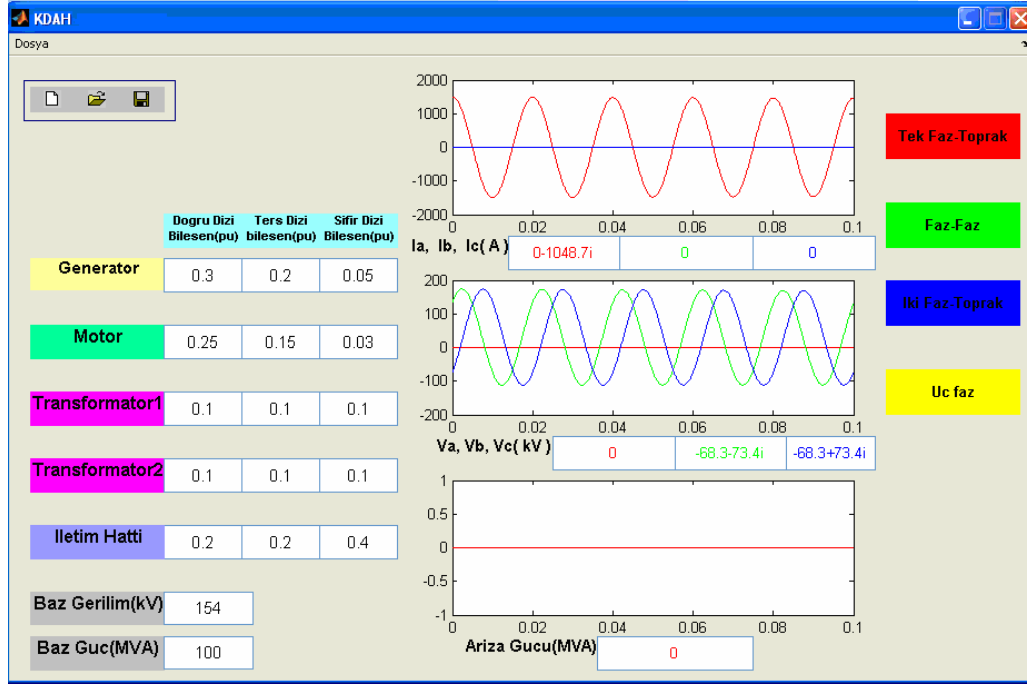


Şekil 6.16 KDAH ile üç faz arızası hesabının görünümü

Programı çalıştırmak için devrede giriş kısmı olarak belirlenen yerlere generatör, motor, transformatörler ve iletim hattının doğru, ters ve sıfır dizi reaktans değerleri; baz gerilim ve baz güç değerleri yazılmalıdır. Baz gerilim değeri kV cinsinden baz güç değeri de MVA cinsinden girilmelidir. Reaktans değerleri programda giriş kısmına yazılırken (j) kullanılmamalıdır. Bu ifade programın içerisinde hesaplama katılmıştır. Çıkış kısmında bulunan değerler, program tarafından hesaplanan akım ve gerilimler gerçek değerleriyle hesaplanmıştır. Akımlar amper cinsinden, gerilimler kV cinsinden hesaplanmıştır.

6.5.2 Tek Faz-Toprak Arızasının Hesaplanması

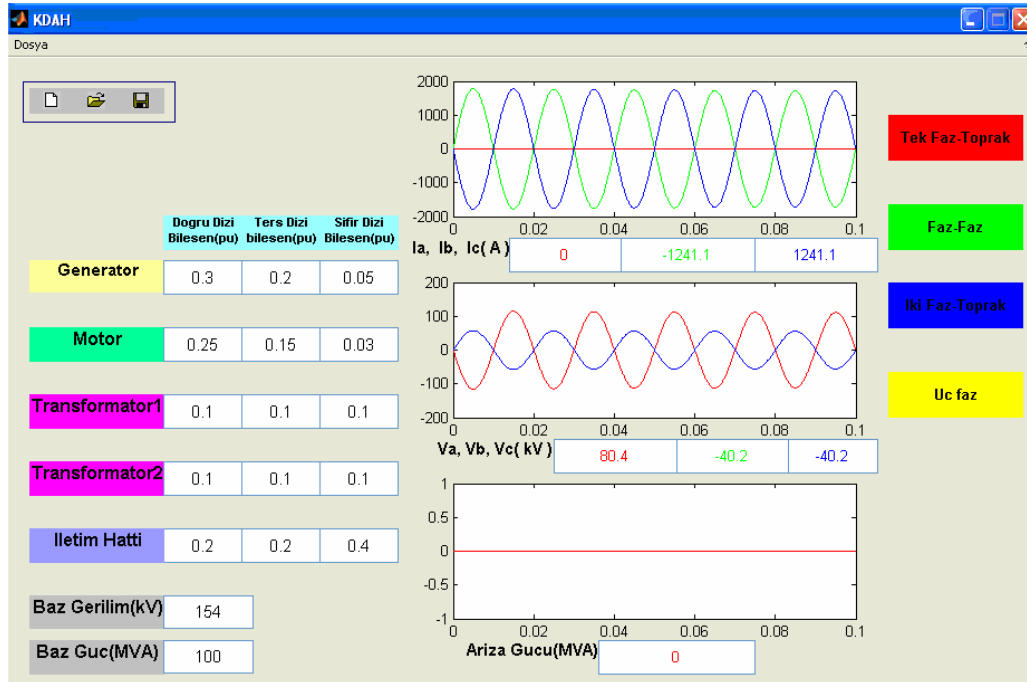
Tek faz-toprak arızasının hesaplanması sonucunda programın görünümü Şekil 6.17' de gösterildiği gibi olur.



Şekil 6.17 KDAH ile tek faz-toprak arızası hesabının görünümü

6.5.3 Faz-Faz Arızasının Hesaplanması

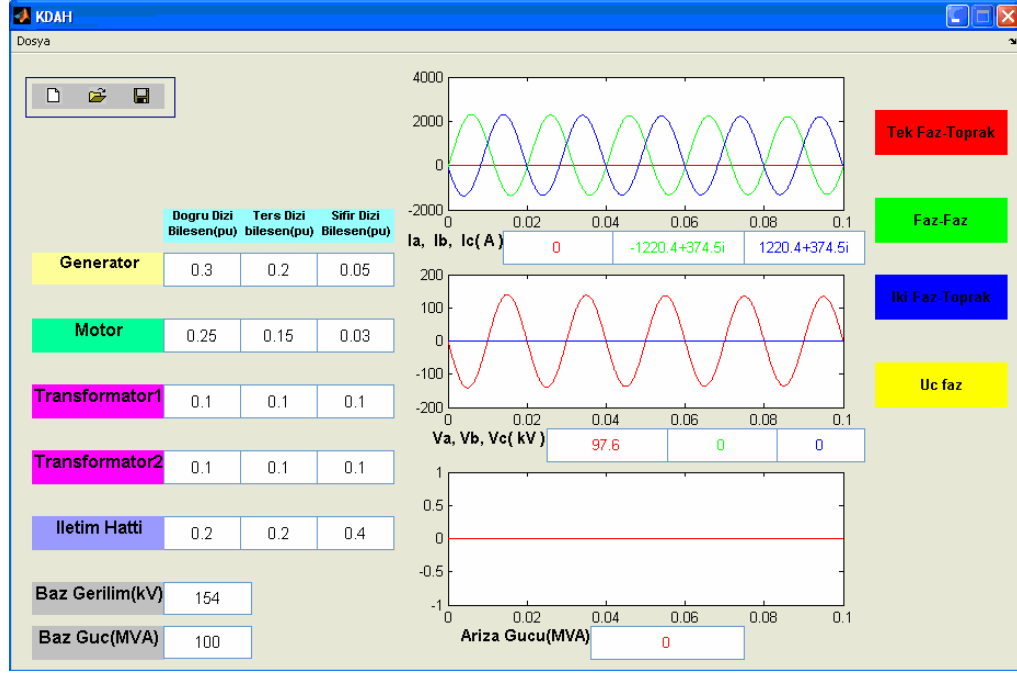
Faz-faz arızasının hesaplanması sonucunda programın görünümü Şekil 6.18 'de gösterilmiştir.



Şekil 6.18 KDAH ile faz-faz arızası hesabının görünümü

6.5.4 İki Faz-Toprak Arızasının Hesaplanması

İki faz-toprak arızasının hesaplanması sonucunda programın görünümü Şekil 6.17’ de gösterildiği gibi olur.



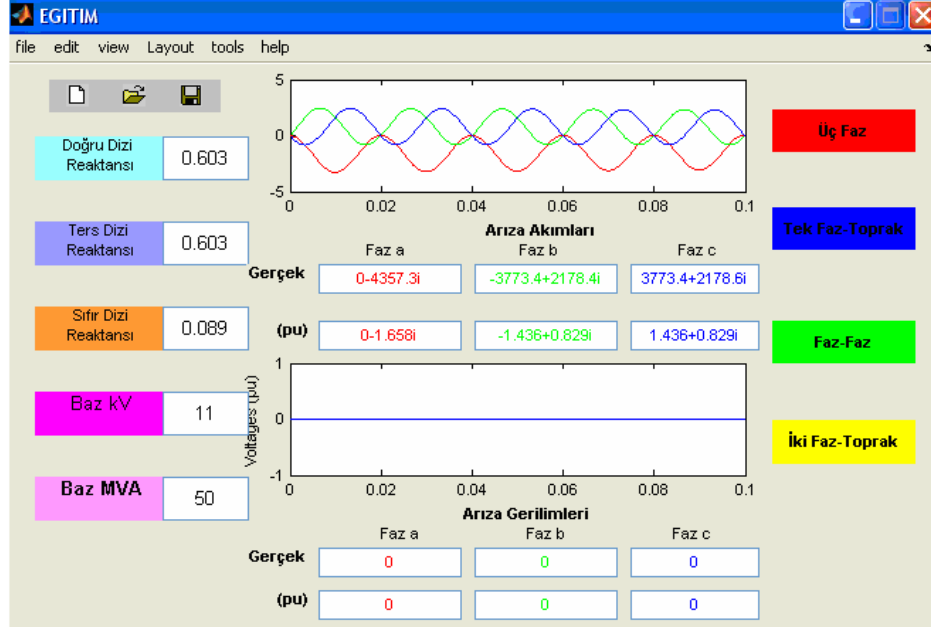
Şekil 6.19 KDAH ile iki faz-toprak arızası hesabının görünümü

6.6 EGITIM programı ile arızanın hesaplanması

EGITIM programı ile arızanın hesaplanmasında Tablo 6.2 ’de verilen reaktans değerleri kullanılmıştır. Kullanılan sistemin doğru, ters ve sıfır dizi bileşenlerine ait reaktans değerleri hesaplandıktan sonra programın giriş kısmında yazılmalıdır. Reaktans değerleri per-unit değer cinsinden ve (j) kullanılmadan giriş kısmına yazılmalıdır. Kompleks işlemler program içerisinde uygun şekilde hesaba katılmıştır. Baz gerilim değeri kV cinsinden ve baz güç değeri MVA cinsinden ilgili giriş kısımlarına yazılmalıdır. Programda, hesaplamaların sonucunu gösteren kısımda hem per-unit cinsinden hem de gerçek değer cinsinden verilmiştir. Hesaplamaadaki gerçek değerler, akım için Amper ve gerilim için kV birimi kullanılmıştır. Arıza türüne göre hesaplama yapılmak için ayrılan arıza türü seçeneklerinden herhangi birisini tıklarsa o arıza türüne göre hesaplama yapılarak akım ve gerilim değerlerine ait per-unit ve gerçek değerler sonuç için ayrılmış bölüme yazdırılır. Hesaplamaya ait sinyaller de ilgili kısma çizdirilir.

6.6.1 Üç Fazlı Arızanın Hesaplanması

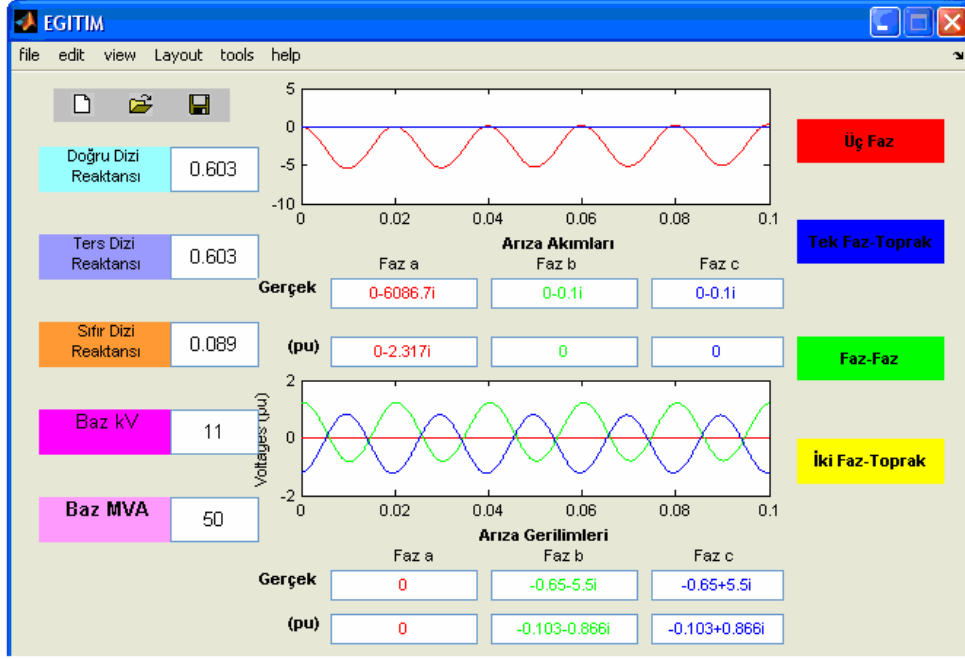
Üç fazlı arızanın doğru, ters ve sıfır dizi bileşenlerinin reaktansları hesaplanıp giriş kısmına yazıldıktan sonra üç faz seçeneği tıklanırsa, EGITIM programının görünümü Şekil 6.20 'de görüldüğü gibi olur.



Şekil 6.20 EGITIM programıyla üç faz arızası hesabının görünümü

6.6.1 Tek Faz-Toprak Arızasının Hesaplanması

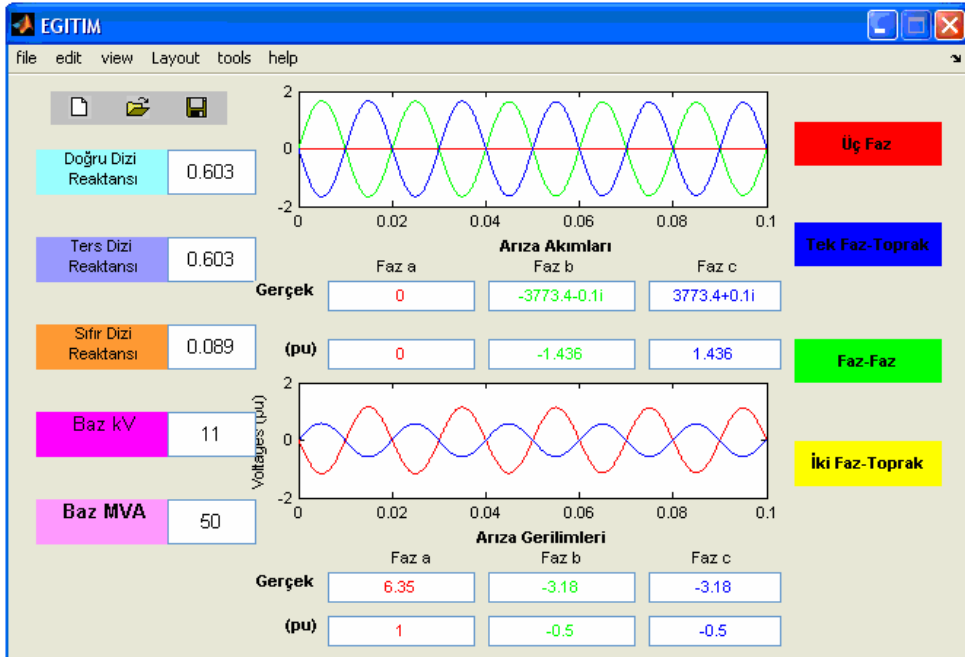
Tek faz-toprak arızasına ait reaktanslar hesaplanıp giriş kısmına yazıldıktan sonra tek faz-toprak seçeneği tıklanırsa, EGITIM programının görünümü Şekil 6.21 'de görüldüğü gibi olur.



Şekil 6.21 EGITIM programıyla tek faz-toprak arızası hesabının görünümü

6.6.1 Faz-Faz Arızasının Hesaplanması

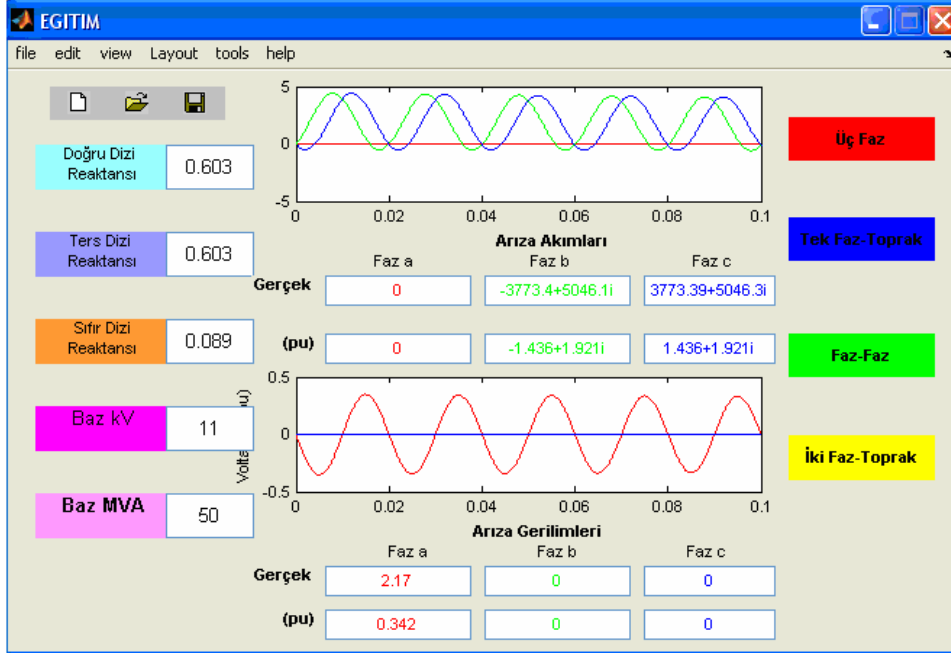
Faz-faz arızasının doğru, ters ve sıfır dizi bileşenlerinin reaktansları hesaplanıp giriş kısmına yazıldıktan sonra faz-faz seçeneği tıklanırsa, EGITIM programının görünümü Şekil 6.22 'de görüldüğü gibi olur.



Şekil 6.22 EGITIM programıyla faz-faz arızası hesabının görünümü

6.6.1 İki Faz-Toprak Arızasının Hesaplanması

İki faz-toprak arızasının doğru, ters ve sıfır dizi bileşenlerinin reaktansları hesaplanıp giriş kısmına yazıldıktan sonra iki faz-toprak seçeneği tıklanırsa, EGITIM programının görünümü Şekil 6.23’ de görüldüğü gibi olur.



Şekil 6.23 EGITIM programıyla iki faz-toprak arızası hesabının görünümü

6. SONUÇ

Bir güç sisteminde oluşan arızalar, asimetrik ve simetrik olmak üzere iki bölümde incelenebilir. Üç fazın kısa devre edilmesiyle oluşan üç fazlı arıza simetrik arıza olarak tanımlanır. Bir fazın toprakla teması sonucu oluşan tek faz toprak arızası, iki fazın kısa devre olması sonucu faz - faz arızası ve iki fazın kendi aralarında ve toprakla temas etmesi sonucu oluşan iki faz toprak arızası asimetrik arıza olarak tanımlanır. Bu arızaların oluşması esnasında arıza noktasına akan akım ve kollar üzerine düşen gerilimlerin hesaplanmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, arıza değerlerinin hesaplanması için fazlara ait simetrik bileşenler yöntemi kullanılmıştır. Dengesiz bir devrede, fazlara ait akım ve gerilim değerlerinin simetrik bileşenleri oluşturulabilir. Bu bileşenler doğru, ters ve sıfır bileşen olarak tanımlanabilir. Devrede arıza hesabını basitleştirmek için sadece bir faza ait simetrik bileşenler kullanılmıştır. Bu çalışmada a fazına ait simetrik bileşenler kullanılmıştır. Diğer fazların simetrik bileşenleri, a fazının simetrik bileşenleri cinsinden ifade edilmiştir. Arıza noktası ve arızanın olduğu fazlar keyfi olarak seçilmiştir.

Bu çalışmada, oluşabilecek arızalar için gerekli eşitlikler verilmiştir. Bu eşitlikler kullanılarak herhangi bir güç sistemi devresinde arıza noktasına akan akımları ve arıza kolları üzerine düşen gerilimleri hesaplama imkanı sağlamaktadır. Güç sistemine ait model MATLAB/Simulink kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan model üzerinde, arıza noktası ve arıza cinsini belirleyerek gerekli ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler, arıza değerleri hesabını kolaylaştırmış ve arıza şartları belirlemiştir. Arıza şartları belirlenirken değeri sıfır olan akım veya gerilimler ve birbirine eşit olan gerilimler seçilir. Seçilen bu değerler kullanılarak arıza hesabına nereden başlanılacağı belirlenmiştir. Bu arıza şartları kullanılarak elde edilen arıza hesabında, öncelikle devrenin doğru, ters ve sıfır dizi bileşeni ve a fazının arıza oluşmadan önceki faz-nötr gerilim değeri kullanılarak a fazı akımının doğru bileşeni hesaplanır. Bu değer kullanılarak diğer bileşenler hesaplanabilir. Hesaplamanın nasıl yapılacağı formüllerle birlikte verilmiştir. a fazı akımının doğru bileşeni yardımıyla ters ve sıfır bileşeni bulunmuştur. Akım bileşenlerini kullanarak akımların değerleri hesaplanmıştır. a fazı akımının simetrik bileşenleri kullanarak a fazı geriliminin simetrik bileşenleri bulunmuştur. a fazı geriliminin simetrik bileşenleri kullanılarak gerilimlerin değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sonucu bulunan akım ve gerilim değerleri baz akım ve baz gerilim değerleriyle çarpılarak, gerçek akım ve gerilim değerleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmada hazırlanan KDAH ve EGITIM programları, güç sistemlerinde oluşan asimetrik ve simetrik arızaların hesaplanmasında kullanılır. Bir güç sisteminde oluşabilecek

arızaların akım ve gerilim değerlerini, hem per-unit cinsinden hem de gerçek değer cinsinden hesaplanabilecek şekilde programlanmıştır. Bu programlar aynı zamanda güç sistemleri dersi için de eğitim amacıyla kullanılabilir. KDAH programını kullanmak için devre üzerinde bulunan generatör, motor, iletim hattı ve trafoların doğru, ters ve sıfır dizi bileşenleri programa giriş olarak verildikten sonra arıza türünü seçerek hesaplama yapılır. Bu hesaplama sonucunu çıkış kısmı olarak ayrılan yere yazdırılır ve sinyaller çizdirilir. EGITIM programı ise daha genel amaçlı olarak bütün devrelere uygulanabilir şekilde oluşturulmuştur. Programda arıza seçeneklerinden istenilen arıza seçilerek hesaplama yapılır. Hesaplanan değerlerin sonucu per-unit ve gerçek değer olarak hesaplanmıştır.

Hazırlanan bu programlar ile arıza hesaplamaları yapılmış ve güç sistemleri dersinde eğitim materyali olarak kullanılabilmesi gösterilmiştir. Bu programların kullanımı basit olup öğrenciler tarafından kolaylıkla kullanılabilir şekilde oluşturulmuştur.

KAYNAKLAR

- 1- Fortescue, C.L., 1918, Method Of symmetrical Coordinates Applied To Solution of polyphase Networks, Trans. AIEE, 37 (Part II)
- 2- Stevenson, W.D., 1982, Elements of Power Systems Analysis, (4.Ed.) McGraw Hill, New York , 892p
- 3- El- Hawary, M.E., 2002, Electrical Power Systems, IEEE Press, Power Systems Engineering Series, New York, 808p
- 4- Blackburn, J. L.,1993, Symmetrical Components for Power Systems Enginerring, CRC Press, 427p
- 5- Anderson, P.M., 1995, Analysis of Faulted Power Systems, Power Systems Enginerring Series, IEEE Pres, 393p
- 6- Amerika Milli Standartlar Enstitüsü ANSI ve Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü Elektrik Devreleri Standart Sembolleri
- 7- ARİFOĞLU, U., 2002, Güç Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Analizi , Alfa Yayınları, İstanbul, 464s
- 8- Arifoğlu, U.,2005 MATLAB 7.0.4 SIMULINK VE MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI, Alfa Yayınları , Sakarya.
- 9- Çakır, H.,1986, Elektrik Güç Sistemleri Analizi, Birsen Yayınevi, İstanbul, 337s
- 10- MATLAB 7.0.4 (Relaise 14 SP2), SIMULINK, Service Pack 2, january 29, 2005
- 11- Hwang, H.H., 1967, "Mathematical Analysis of Double-Line-to-Ground Short Circuit of an Alternator," IEEE Trans. vol. PAS-86, pp. 1254-57.
- 12- Gupta, D., 1969, Transient Analysis of One Type of Inductor Alternator under Unsymmetrical Short Circuits, IEEE Trans. vol. PAS-88 pp. 575-584.
- 13- Kai, T., Takeuchi, N., Funabashi, T. and Sasaki, H., 1997, A Simplified Fault Currents Analysis Method considering Transient of Synchronous Machine. IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 12, No. 3, pp 225-231
- 14- Wu, J., Schulz,N.N. and Gao, W., 2007, Distributed simulation for power system analysis including shipboard systems, Electric Power Systems Research, Volume 77, Issue 8, pp 1124-1131

- 15- Zhang, H. , Butler, K.L. , Sarma, N.D.R. , DoCarmo, H. , Gopalakrishnan, S. and Adediran, A., 2001, Analysis of Tools for Simulation of Shipboard Electric Power Systems, *Electric Power Systems Research* 58, pp 111-112
- 16- Azemi, A. and Yaz,E.E., 1999, Using Graphical User Interface capabilities of MATLAB in Advanced Electrical Engineering Courses, *Proceedings of &e 38th Conference on Decision & Control phoenix, Arizona USA*, pp 359-363
- 17- Sulaiman, M. And Isa, Z.M., 2003, A GUI based per-unit representation of power system with symmetrical components: an e-learning approach, *Research and Development, SCORED 2003. Proceedings. Student Conference on*, pp 257 – 261
- 18- Iravani, M.R. and Karimi-Ghartemani, M.,2003, Online estimation of steady state and instantaneous symmetrical components, *Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings- Volume 150, Issue 5*, pp 616 – 622
- 19- Backman, N. and Wolpert, T., 2001, The theory of symmetrical components helps solving problems in polyphase rectifiers, *Telecommunications Energy Conference, INTELEC 2001. Twenty-Third International*, pp 23 – 29
- 20- Yu, D.C., Chen, D., Ramasamy, S. and Flinn, D.G., 1995, A Windows based graphical package for symmetrical components analysis, *Power Systems, IEEE Transactions on Volume 10, Issue 4*, pp 1742 – 1749
- 21- Solimann, S.A., Mostafa, M.A., El-Hawary, M.A. and Al-Kandari, A.M., 2001, Two digital filtering algorithms for fast estimation of symmetrical components in power system: a static estimation approach, *Power Engineering, LESCOPE '01. Large Engineering Systems Conference on*, pp 125 – 130
- 22- Sedraoui, K., 2004, A practical approach of instantaneous power to control the unbalanced and nonsinusoidal three phase system, *Power Systems Conference and Exposition, IEEE PES, Vol 3*, pp 1429 - 1433
- 23- Fei-feng J., Khan, M.M. and Chen C., Static Var compensator based on rolling synchronous symmetrical component method for unbalance three-phase system, *Industrial Technology, 2005. ICIT 2005. IEEE International Conference on*, pp 621 – 626
- 24- Gimeno-Sales, F.J., Segui-Chilet, S., Orts, S., Alcaniz, M., Masot, R., Calvo, J. and Fuster, V., 2005 Shunt active power compensator/photovoltaic generator for delta loads

- using the symmetrical components transformation, Industrial Electronics, ISIE 2005. Proceedings of the IEEE International Symposium on, Vol 3, pp 1001-1006
- 25- Kojovic, L.A. and Witte, J.F., 2001, Improved protection systems using symmetrical components, Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2001, IEEE/PES, Vol. 1, pp 47-52
- 26- Özşarı, F., 2005, Sınır Elemanları Yöntemi İçin Otomatik Veri Üretimi Ve Elektrik Alan Problemlerine Uygulanması
Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 64s
- 27- www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/matlab/buildgui.pdf
- 28- Korkmaz, H., İzmir Fen Lisesi Matlab ders notları, İzmir
www.ifl.k12.tr/projedosyalar/MATLAB.pdf
- 29- Yalçın, H., 2006, MATLAB KULLANICI ARA YÜZÜ,
www.muhendisevi.com/Download.asp?DID=838283628

ÖZGEÇMİŞ

01.01.1977 yılında Batman'ın Kozluk İlçesi'ne bağlı Dövecik Köyü'nde doğdum. İlkokulu köyde, ortaokulu Silvan YİBO'da, liseyi de Batman Fatih Lisesi'nde bitirdim. 1998 yılında Dicle Üniversitesi Batman MYO Elektrik Programı'nı birincilikle bitirdim. 2000 yılında yapılan DGS(Dikey Geçiş Sınavı) sınavıyla Dicle Üniversitesi Batman Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik öğretmenliği programını kazandım. 2003 yılında mezun oldum. 2006 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans bölümünü kazandım. Halen devam etmekteyim.

20/06/2008

Savaş KOÇ