

KOCAELI UNIVERSITESI
MUHENDISLIK FAKULTESI

BILGISAYAR MUHENDISLIGI BOLUMU

LISANS TEZI

ILETIM HATLARINDA EMPEDANS TABANLI ARIZA YERI TESPITI
ICIN YENI BIR YAKLASIM

ALI EKEN

KOCAELI 2018

KOCAELI UNIVERSITESI
MUHENDISLIK FAKULTESI

BILGISAYAR MUHENDISLIGI BOLUMU

BITIRME PROJESİ

**İLETİM HATLARINDA EMPEDANS TABANLI ARIZA YERİ TESPİTİ İÇİN YENİ BİR
YAKLAŞIM**

ALİ EKEN

Prof.Dr.Nevcihan Duru

Danışman, Kocaeli Univ.

.....

Doc.Dr. Sevinc İLHAN OMURCA

Jüri Üyesi, Kocaeli Univ.

.....

Dr. Öğr. Üyesi Orhan AKBULUT

Jüri Üyesi, Kocaeli Univ.

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 01.06.2018

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması,.....a macıyla gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen, çalışmalarına yön veren, bana güvenen ve yüreklendiren danışmanım sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın tüm aşamalarında bilgi ve destekleriyle katkıda bulunan hocam..... teşekkür ediyorum.

Tez çalışmamda gösterdiği anlayış ve destek için sayın..... teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana güç veren en büyük destekçilerim, her aşamada sıkıntılarımı ve mutluluklarımı paylaşan sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs – 2018

Ali EKEN

Bu dokümandaki tüm bilgiler, etik ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilip sunulmuştur. Ayrıca yine bu kurallar çerçevesinde kendime ait olmayan ve kendimin üretmediği ve başka kaynaklardan elde edilen bilgiler ve materyaller (text, resim, şekil, tablo vb.) gerekli şekilde referans edilmiş ve dokümanda belirtilmiştir.

Oğrenci No: 170201025

Adi Soyadı: Ali EKEN

İmza:.....

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
GİRİS	1
1. SAYISAL KORUMADA TEMEL KAVRAMLAR	3
1.1. Ayrık İşaretlerin Fazörel Gösterimi	3
1.2. Arıza Tipinin Belirlenmesi	6
2. İLETİM HATLARINDA EMPEDANSA DAYALI ARIZA YERİ BULMA ALGORİTMALARI	12
2.1. Tek Bara Ölçümlerini Kullanan Arıza Yeri Bulma Algoritmaları	13
2.1.1. Basit reaktans algoritması.....	13
2.1.2. Takagi algoritması	13
2.1.3. Geliştirilmiş Takagi algoritması.....	14
2.2. İki Bara Ölçümlerini Kullanan Arıza Yeri Bulma Algoritmaları.....	14
2.1.1. Basit arıza gerilimi eşitliği algoritması.....	14
2.1.2. Asimetrik arıza yeri bulma algoritması	15
2.1.3. Negatif bileşenler ile arıza yeri bulma algoritması	16
2.1.4. Simetrik arıza yeri bulma algoritması.....	17
3. EMPEDANSA DAYALI ARIZA YERİ BULMA ALGORİTMALARININ FARKLI TEST SİSTEMLERİNDE UYGULANMASI	20
3.1. Homojen Test Sistemi	20
3.2. Homojen Olmayan Test Sistemi.....	24
3.3. Homojen Olmayan Test Sistemi (Orta Uzun Hat Modeli - Pi Eşdeğer Devresi)	28
4. SERİ KAPASİTÖRLÜ İLETİM HATLARINDA ARIZA YERİ TESPİTİ.....	33
5. SERİ KAPASİTÖRLÜ İLETİM HATLARI İÇİN PERFORMANSA DAYALI ARIZA YERİ BULMA ALGORİTMASI.....	37
5.1. Algoritmanın Temel Arıza Yeri Bulma Algoritmaları İle Karşılaştırması	41
5.2. Seri Kapasitörlü İletim Hatlarını Baz Alan Arıza Yeri Bulma Algoritmalarının Karşılaştırılması.....	45
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR.....	53
EKLER.....	59
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	68
ÖZGEÇMİŞ.....	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Yinelenen Fourier ifadesi.....	5
Şekil 1.2.	Simetrik bileşenlerin gösterimi a) pozitif bileşenler b) negatif bileşenler c) sıfır bileşenler	7
Şekil 1.3.	Şebekenin a) pozitif bileşen devresi b) negatif bileşen devresi c) sıfır bileşen devresi	8
Şekil 1.4.	Arıza öncesi, arıza anı ve arıza sonrası durum	9
Şekil 2.1.	İletim hattında arıza eşdeğer devresi	12
Şekil 3.1.	Homojen test sistemi	20
Şekil 3.2.	Homojen olmayan test sistemi	24
Şekil 3.3.	Homojen olmayan test sistemi(π modeli)	28
Şekil 5.1.	Seri kapasitörlü iletim hattı	37
Şekil 5.2.	Arıza yerinin S barası ve seri kapasitör arasında olma durumu	38
Şekil 5.3.	Performansa dayalı alınan algoritmanın akış diyagramı	41
Şekil 5.4.	Seri kapasitörlü test sistemi	42
Şekil 5.5.	MOV ve seri kapasitörde ki akım değişimi	43

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1.	Arıza tiplerine göre pozitif bileşen empedans eşitlikleri	10
Tablo 3.1.	Homojen test sisteminde farklı uzaklıklardaki çeşitli arıza tipleri için yüzde hata oranları	21
Tablo 3.2.	Homojen test sisteminde farklı arıza dirençlerindeki çeşitli arıza tipleri için yüzde hata oranları	23
Tablo 3.3.	Homojen olmayan test sisteminde farklı uzaklıklardaki çeşitli arıza tipleri için yüzde hata oranları	25
Tablo 3.4.	Homojen olmayan test sisteminde farklı arıza dirençlerindeki çeşitli arıza tipleri için yüzde hata oranları	26
Tablo 3.5.	Homojen olmayan test sisteminde (orta uzun hat modeli - π eşdeğer devresi) farklı uzaklıklardaki farklı arıza tipleri için yüzde hata oranları	29
Tablo 3.6.	Homojen olmayan π eşdeğer devreli test sisteminde farklı arıza dirençlerindeki çeşitli arıza tipleri için yüzde hata oranları	30
Tablo 4.1.	Seri kompanzasyonun etkileri ve sonuçları	33
Tablo 4.2.	Seri kompanze edilmiş iletim sistemleri için kullanılan bazı algoritmalar ve özellikleri	34
Tablo 5.1.	Test sistemi parametreleri	42
Tablo 5.2.	Test sisteminin simülasyon parametreleri.....	42
Tablo 5.3.	Test sisteminin farklı uzaklıklardaki çeşitli arıza tipleri için yüzde hata oranları	44
Tablo 5.4.	Test sisteminin farklı arıza dirençlerindeki faz-faz-toprak arıza tipi için yüzde hata oranları	45
Tablo 5.5.	Seri kapasitörü dikkate alan algoritmaların karşılaştırılması.....	46
Tablo 5.6.	Seri kapasitörü dikkate alan algoritmaların genel özellikleri	47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\alpha_{1,2,3}$: Eğim için alınan açı, ($^{\circ}$)
φ	: Açı, ($^{\circ}$)
θ	: Açı, (rad)
d	: Arıza noktasının referans baraya uzaklığı, (%)
d_{capS}	: Seri kapasitörün S barasına uzaklığı, (%)
d_{capR}	: Seri kapasitörün R barasına uzaklığı, (%)
d_S	: Arıza noktasının S barasına uzaklığı, (%)
d_R	: Arıza noktasının R barasına uzaklığı, (%)
f_0	: İşaretin frekansı, (Hz)
f_s	: Örnekleme frekansı, (Hz)
I^0	: Sıfır bileşen akımı, (A)
I^1	: Pozitif bileşen akımı, (A)
I^2	: Negatif bileşen akımı, (A)
I_a	: a fazı akımı, (A)
I_{ab}	: a fazı ve b fazı akımları farkı, (A)
I_b	: b fazı akımı, (A)
I_{bc}	: b fazı ve c fazı akımları farkı, (A)
I_c	: c fazı akımı, (A)
I_{ca}	: c fazı ve a fazı akımları farkı, (A)
I_{cap}	: Seri kapasitör üzerinden geçen akım, (A)
I_F	: Arıza noktasından geçen akım, (A)
I_{FR}	: Arıza noktasından geçen akımın R barasından gelen kısmı, (A)
I_{FS}	: Arıza noktasından geçen akımın S barasından gelen kısmı, (A)
$I_{önce}$: Arıza öncesi akım, (A)
I_R	: R barasından çıkan akımı, (A)
I_{ref}	: Alınan referans akım, (A)
I_S	: S barasından çıkan akımı, (A)
$I_{süp}$: Süperpozisyon akımı, (A)
$I_{süp}^*$: Süperpozisyon akımının eşleniği, (A)
R_F	: Arıza noktası empedansı, (Ω)
X_L	: Hat empedansının imajiner bileşeni, (Ω)
x_d''	: Senkron makinenin subtransientreaktansı, (pu)
V^0	: Sıfır bileşen gerilimi, (V)
V^1	: Pozitif bileşen gerilimi, (V)
V^2	: Negatif bileşen gerilimi, (V)
V_a	: a fazı gerilimi, (V)
V_{ab}	: a fazı ve b fazı gerilimleri farkı, (V)
V_b	: b fazı gerilimi, (V)
V_{bc}	: b fazı ve c fazı gerilimleri farkı, (V)
V_c	: c fazı gerilimi, (V)
V_{ca}	: c fazı ve a fazı gerilimleri farkı, (V)
V_{cap}	: Kapasitör öncesindeki bağlantı noktasının gerilimi, (V)
V_R	: R barası (uzak bara) gerilimi, (V)
V_{ref}	: Alınan referans gerilimi, (V)

V_S	: S barası (yakın/referans bara) gerilimi, (V)
V_F	: Arıza noktası gerilimi, (V)
Z_{Cap-F}	: Seri kapasitör ile arıza noktası arasındaki empedans, (Ω)
Z_L	: Hat empedansı, (Ω)
Z_R	: R barasından görülen thevenin empedansı, (Ω)
Z_S	: S barasından görülen thevenin empedansı, (Ω)

Kısaltmalar

AC	: AlternativeCurrent (Alternatif Akım)
ANN	: ArtificialNeural Networks (Yapay Sinir Ağları)
DDA	: DeterministicDifferentialApproach (Deterministik Diferansiyel Yaklaşım)
FACTS	: FlexibleAlternativeCurrentTransmissionSystem (Esnek Alternatif Akım İletim Sistemi)
IEEE	: TheInstitute of ElectricalandElectronicsEngineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
Im	: İmajiner
min	: Minimum
MOV	: Metal OxideVaristor (Metal Oksit Varistör)
PMU	: PhasorMeasurementUnit (Fazör Ölçüm Ünitesi)
R	: Receiving (Alan)
Re	: Reel
S	: Sending (Gönderen)
SC	: Series Capacitor (Seri Kapasitör)

A NEW APPROACH FOR IMPEDANCE BASED FAULT LOCATION ON TRANSMISSION LINES

OZET

Purpose of this study is to examine impedance based algorithms on transmission lines for fault location and to develop a new algorithm for series compensated lines.

First of all, one and two end basic fault location algorithms are described. At a sample test system, results of the basic fault location algorithms are compared by changing system and fault related parameters. The system parameters consist of the line model and the cases of the system being homogeneous or nonhomogeneous while the fault related parameters are considered as fault type, fault location and fault resistance.

In the series compensated transmission lines, inadequacy of the basic impedance based fault location algorithms and necessity of a new particular fault location algorithm are shown by a simulation. The particular algorithms are analyzed and summarized. Then a new performance based algorithm is developed for the series compensated transmission lines in this thesis.

The developed algorithm iteratively estimates the fault location based on the calculated fault voltage and current using two end measurements and the line parameters, the algorithm can compare all the samples to attain a single outcome with minimal error. On the various test systems, the proposed algorithm is examined with two algorithm type, the basic algorithms and the particular algorithms designed for series compensated lines and the results are compared. The test systems are modeled and analyzed on DigSILENT and the gained current and voltage information is used in MATLAB for coded algorithms.

Keywords: Fault Location Algorithms, Transmission Lines, MOV, PMU, Series Capacitor.

GIRIS

Güç sisteminde bir arıza oluştuğunda, maddi kayıp ve can kaybı oluşmasını önlemek için, arızalı kısmın/bölgenin sistemden en kısa zamanda ayrılması sağlanmalıdır. Arıza giderildikten sonra, arızaya neden olan etkeni belirleyebilmek için arıza yeri bulunmalıdır. Arıza yeri tespiti için, yakın ya da uzak baradan ölçülen akım ve gerilim değerleri kullanılır. Temel arıza yeri tespiti için, yıllar içerisinde birçok çalışma geliştirilmiştir [1-3]. İlk çalışmalar ağırlıkla, yürüyen dalga algoritmalarını baz almıştır [4-7]. Yürüyen dalga algoritmaları arıza tipi, arıza dirençleri, arıza başlangıç açıları ve kaynak empedansları gibi değişkenlerden etkilenmeyecek şekilde geliştirilmiştir. Ancak yüksek örnekleme frekansı gereksinimi, örnekleme penceresi seçiminde karşılaşılan zorluklar, arıza yeri ve uzak baradan yansıyan dalgaların birbirlerinden ayırt edilmesinde yaşanan zorluklar, yeni algoritma çalışmalarına zemin oluşturmuştur [8].

Yürüyen dalga algoritmalarında yaşanan zorluklar, tek bara ve iki bara ölçümlerini kullanan empedansa dayalı algoritmaları ön plana çıkarmıştır [9, 10]. Empedansa dayalı algoritmalar, basit olarak hat empedansını gerçek ve hesaplanan değerlerin karşılaştırılmasında baz alarak arıza yerini tespit etmeyi amaçlar [11].

Tek bara ölçümlerini kullanan algoritmalar basit, az maliyetli, uzak baranın etkilerinin arıza yeri tespiti sonuçlarını değiştirmeyeceği algoritmalarlardır. Ancak arıza yeri bulma doğruluğu, iki bara ölçümlerini kullanan algoritmaların altındadır [12, 13].

İki bara ölçümlerini kullanan algoritmalar, daha düşük arıza yeri tespiti hata oranına sahiptir, özel uygulamalar için (seri kapasitör, FACTS, transpoze olmamış hatlar gibi) daha kolaylıkla adapte edilebilirler [14-19].

Elektrik enerjisi talebinde, süregelen artış ve iletim hattının termal limitlerine kadar enerji transferi gerekliliği, iletim sistemlerinde hızlı gelişmelere yol açmıştır [20]. Bu durum, iletim hatlarında güç transferi kabiliyetini, iletim kayıplarını, güç sistemi kararlılığını ve gerilim kontrolünü iyileştirme amacıyla, seri kapasitörler kullanımı gerekliliğini doğurmuştur [21]. Ancak iletim hatlarında kullanılan seri kapasitör, temel arıza yeri bulma algoritmalarının arıza yerini yüksek hata ile tespit etmesine yol açmaktadır. Bunun nedeni, seri kapasitör ve seri kapasitöre paralel bağlı, doğrusal olmayan MOV'dur [22].

MOV ve seri kapasitörün, arıza durumundaki davranışlarından dolayı, seri kapasitörlü iletim hatları için özel algoritmalar geliştirilmiştir. Seri kapasitörlü iletim hatları için fazörel [3, 8, 14, 23-27], yürüyen dalga teorisi [28, 29] ve zaman domenli hat modeline dayalı [30-33] algoritmalar bulunmaktadır. Bu algoritmalara ek olarak hibrit yapay zeka uygulamaları [34-42] da vardır.

Empedansa dayalı algoritmalara genel örnekler verilerek, bu algoritmaların güç sistemlerindeki çalışma karakteristiğini görmek ve buna bağlı olarak kaynak empedansları, hat empedansı, arıza direnci, arıza tipi, arıza uzaklığı gibi değişkenlerinden doğacak etkiler yorumlanmıştır. Yapılan uygulamalar ile algoritmaların bu değişkenler altında gösterdiği hata oranları hesaplanarak, hangi sistemlerde ve hangi şartlarda kullanılabileceği, algoritmaların bu test sistemlerindeki sonuçları baz alınarak anlaşılır. Bölüm 1'de, sayısal koruma ve arıza analizinin temel konuları ele alınmıştır. Bölüm 2'de ise, yaygın olarak kullanılan temel bir ve iki bara ölçümlerini kullanan algoritmalar teorik olarak verilmiştir. Bölüm 3'te bu algoritmalar, farklı test sistemlerinde denenmiştir. Bölüm 4'te seri kapasitörlü iletim hatlarında, arıza yeri tespiti için kullanılan algoritmaların genel özellikleri verilmiştir. Bölüm 5'te ise, seri kapasitörlü iletim hatlarında kullanılmak üzere geliştirilen frekans domeninde çalışan performansa dayalı bir algoritma sunulmuştur. Ayrıca geliştirilen algoritma Bölüm 5.1'de, genel arıza yeri bulma algoritmaları ile bir test sisteminde denenerek, seri kapasitörlü iletim