

## 154 KV İLETİM HATLARINDA ARIZA TESPİTİ İÇİN MESAFE KORUMA RÖLESİ TASARIMI VE KOORDİNASYONU BENZETİMİ

**Ozan AKDAĞ<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0001-8163-8898)\***  
**Celeddin YEROĞLU<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-6106-2374)**

<sup>1</sup> İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

*Geliş / Received: 23.07.2017*  
*Kabul / Accepted: 20.09.2018*

### ÖZ

Elektrik, üretim santrallerinde üretildikten sonra iletim hatları ile tüketicilere ulaştırılır. İletim hatları bu yönü ile üretim ve dağıtım sistemini birleştiren güç teçhizatıdır. İletim hatlarının durumu, enerjinin sürekliliğinin sağlanması açısından oldukça önemlidir. İletim hatlarında bir arıza oluştuğunda, arızanın türünün ve yerinin belirlenip en kısa sürede güç sisteminden izole edilmesi gerekir. İletim hatlarında arızanın yerinin ve türünün belirlenmesi ile arızanın en hızlı şekilde bakım veya onarımı yapılarak, enerjinin sürekliliği sağlanmış olur. Güç sistemlerinde iletim hatlarının korunması çeşitli koruma röleleri ile yapılır. Ülkemizde iletim sistemlerinin korunmasında genelde mesafe koruma ve aşırı akım röleleri kullanılır. Bu çalışmada, mesafe koruma rölesi tasarımı yapılarak, 154 kV bir iletim sisteminin mesafe koruma koordinasyonu benzetimi yapılmıştır. Güç sisteminin modellenmesi ve mesafe röle tasarımı/koordinasyonu analizinde DigSilent güç sistemleri analiz programı kullanılmıştır. Sonrasında, güç sistemi modelinde oluşturulan farklı arıza senaryolarına karşı tasarlanan mesafe koruma rölelerinin tepkisi analiz edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Güç sistemleri analizi, mesafe koruma rölesi, modelleme, benzetim, koruma koordinasyonu

## DESIGN AND COORDINATION SIMULATION OF DISTANCE PROTECTION RELAY FOR FAULT DETECTION OF 154 KV TRANSMISSION LINES

### ABSTRACT

Electricity is produced in production plants and delivered to consumers through transmission lines. Hence, transmission lines are the power equipment that combines the production and distribution system. The state of the transmission lines is very important in terms of the continuity of the energy. When a fault occurs in the transmission lines, the type and location of the fault must be determined and bypassed from the power system as soon as possible. By determining the fault in the transmission lines, it can be possible to service or repair the fault in the fastest way. Thus, the continuity of the energy is ensured. The protection of transmission lines in power systems is provided by various protection relays. In our country, distance protection relays are generally used to protect transmission systems. In this study, distance protection relay is designed and used to simulate distance protection coordination of a 154 kV transmission system. Power system analysis and distance relay design / coordination analysis were conducted using the DigSilent power systems analysis software. The response of the distance protection relays, designed according to different fault scenarios created in the power system model, is analyzed.

**Keywords:** Analysis of power systems, distance protection relay, modeling, simulation, protection coordination

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel 5413108631; e-mail/e-posta: ozanakdag@live.com

## 1. GİRİŞ

Gelişen sanayi ve artan nüfus ile elektrik enerjisine talep giderek artmaktadır. Bu artan enerji talebi ile elektrik enerjisinin sürekliliği gittikçe önem kazanmaktadır. Enerjinin kesintisiz bir şekilde tüketicilere ulaştırılması iyi bir güç işletmeciliği ile mümkün olur. İyi bir güç işletmeciliğinin şartlarından birisi de güç sistemlerinde iyi bir koruma koordinasyonu yapılmasıdır. Güç sistemlerinde ortaya çıkacak bir arıza durumu enerjinin sürekliliğini yakından etkiler. Örneğin bir üretim santralinde üretilen elektrik enerjisi iletim hattı vasıtası ile organize sanayi bölgesine taşınırken, iletim hattında oluşan arıza durumunda organize sanayi bölgesi enerjisiz kalabilir. Güç sistemlerinde en fazla arıza iletim hatlarında meydana gelir. Bu yüzden iletim hatlarında koruma koordinasyonu konusu oldukça önemlidir. Ülkemizde genel olarak iletim hatları mesafe koruma ve aşırı akım röleleri ile korunur. Mesafe koruma röleleri, iletim hattındaki arızanın yeri ve türünü belirler. Bu özelliğinden dolayı kısa zamanda arızaya müdahale edilebilir. Mesafe koruma rölelerinin genel çalışma prensibi arıza noktasındaki empedans ile normal iletim hattı empedansının karşılaştırılması mantığına dayanır.

Güç sistemleri oldukça karmaşık bir görünümde olduğundan, güç sistemlerinde analizler yapmak zordur. Bu zorluğun üstesinden gelmek için mevcut güç sisteminin sanal ortamda modelini oluşturup, bu model sayesinde arıza ve işletme senaryoları ile benzetimini yapmak çok önemlidir [1]. Böylece güç sisteminde yapılacak işlemler önceden öngörülebilir. Son yıllarda birçok özel program paketleri güç sistemlerinin sanal ortamda modellerinin oluşturulmasına imkân sağlamaktadır. Güç sistemi modelleme programları ile yapılan bazı koruma koordinasyonu çalışmaları şöyle özetlenebilir.

Perdahçı ve Can, büyük bir tesisin röle koordinasyonu benzetimini PSS-SINCAL programı ile yapıp analiz etmişlerdir [2]. Gençaydın, 154 kV İstanbul güç sisteminin bir kısmını PSS-SINCAL programı ile modelleyip mesafe röle koordinasyonu yapmıştır [3]. Nuroğlu, dağıtım üretim içeren dağıtım şebekelerinde DigSilent programı ile merkezi röle koordinasyonu tasarımı yapmıştır [4]. Muangchareon ve arkadaşları, DigSilent programı yardımı ile bir güç sistemine eklenen dağıtılmış üretim sisteminin koruma koordinasyonuna etkisini incelemişlerdir. [5]. Bopp ve arkadaşları, PSS-SINCAL programı ile bir güç sistemini modellemişlerdir. Sonra bu model ile sistemin röle koordinasyonu hakkında yorumlarda bulunmuşlardır [6]. Lin ve arkadaşları, dağıtılmış üretim sistemlerinin bir güç sistemine dâhil olması durumunda olası sıkıntıları göz önüne alıp çözüm aramışlardır. Bu sıkıntılardan biriside mesafe koruma koordinasyonudur. Mesafe koruma koordinasyonunu tekrar düzenlemek için güç sisteminin modelini DigSilent programı ile yapmışlardır. Yaptıkları bu model sayesinde yeni bir mesafe koruma koordinasyonu önermişlerdir [7]. Muzi ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada dağıtılmış üretim sisteminin bir güç sistemine dâhil olması durumunda, arıza akım ayarlarının tekrar yapılması gerektiğini söylemişlerdir. Bir koruma koordinasyonu oluşturmak için dağıtılmış üretim sisteminin eklendiği fiderde aşırı akım röleleri ile yapılan korumanın mesafe koruma röleleri ile yapılmasının daha iyi koruma sağlayacağını belirtmişlerdir [8]. Bayrak ve Usta yaptıkları çalışmada bir güç sistemini modelleyerek benzetimini yapmışlardır. Daha sonra bu model ile güç sistemindeki frekans değişimlerinin mesafe rölelerindeki olumsuz etkisini azaltacak bir algoritma sunmuşlardır [9]. Rafa, PSCAD programı sayesinde bir güç transformatörünün diferansiyel röle ile korunmasını modelleyerek anlatmıştır [10]. Serrican, Petkim Petrokimya Aliğa Tesisinin elektrik sisteminin yük akışı ve kısa devre hesapları konusunda tez çalışması yapmıştır [1]. Türen, hall etkili dönüştürücü kullanan diferansiyel rölenin bir güç transformatöründe kullanılmasını Matlab programı yardımı ile modelleyerek yapmıştır [11]. Kezunoviç ve arkadaşları, bir dijital diferansiyel koruma rölesinin performansını değerlendirmişlerdir. Diferansiyel koruma rölesinin benzetimini EMTP/ATP programı kullanarak yapmışlardır [12]. Aktaibi ve Rahman yaptıkları çalışmada güç transformatörlerinde diferansiyel koruma rölesi ile koruma yapan bir model geliştirmişlerdir. Güç sistemi modeli ve diferansiyel koruma rölesi tasarımında Matlab-Simulink programı kullanmışlardır [13]. Mrehel ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bir mesafe koruma rölesi tasarımı yapmışlardır. Tasarımda Matlab-Simulink programı kullanmışlardır [14].

Bu yayında, DigSilent V.15.1.6 [15] güç sistemleri analiz programı yardımı ile mesafe koruma rölesi tasarımı ve örnek olarak seçilen Malatya 154 kV iletim sisteminde mesafe koruma koordinasyonu çalışması yapılmıştır. Bu program literatürde güç sistemi modellenmesi ve analizinde çok yaygın kullanılmaktadır [5], [7].

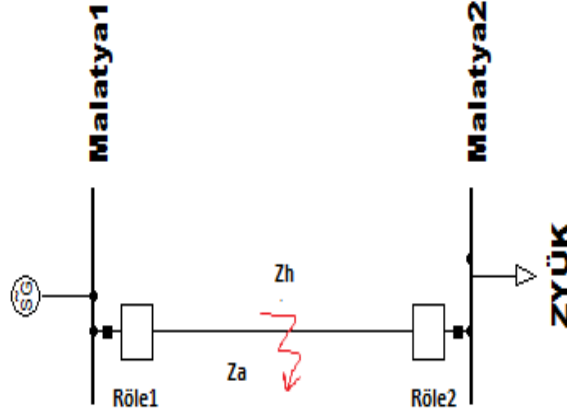
## 2. MATERYAL VE METOT

Bu yayında 154 kV Malatya ve civarı iletim sisteminin bir kısmı modellenenecektir. Daha sonra bu model yardımı ile iletim sisteminde koruma yapacak mesafe rölelerinin tasarlanması yapılarak, nasıl ayarlandığı detaylı bir şekilde analiz edilecektir.

## 154 KV İLETİM HATLARINDA ARIZA TESPİTİ İÇİN MESAFE KORUMA RÖLESİ TASARIMI VE KOORDİNASYONU BENZETİMİ

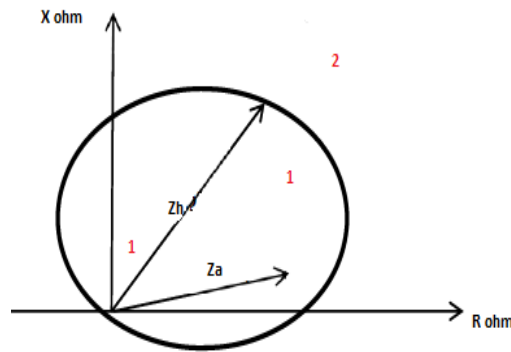
### 2.1. Mesafe Koruma Rölesi Hakkında Genel Bilgi

İletim sistemlerinde çeşitli arıza durumları oluşmaktadır. Bu arızalarda, arızalı iletim hattı derhal güç sisteminden izole edilmelidir. Mesafe koruma rölesi, arızanın olduğu noktada kısa devre akım ve gerilimini ölçerek, arıza noktasında empedans bulur ( $Z_a$ ). Arıza empedansı mevcut iletim hattının empedansı ile ( $Z_h$ ) karşılaştırılır. Eğer arıza empedansı mevcut iletim hattının empedansından küçük ise iletim hattında bir arıza oluştuğu anlamına gelir ve mesafe rölesi açma sinyali üretir [3]. Mesafe rölesinin çalışma prensibi Şekil 1'de görüldüğü gibidir.



Şekil 1. Mesafe rölesinin çalışma prensibi

Empedans ölçümünü temel olarak ölçüm yapan mesafe röleleri ülkemizde genel olarak 154/380 kV iletim sistemlerinin korunmasında tercih edilir. Bu röle tipi sekonder bazlıdır. Sekonder empedans ölçümünü, akım ve gerilim değerlerini, iletim hattına ait akım ve gerilim trafolarının dönüşüm oranları ile bulur. Mesafe koruma röleleri ile arıza noktasının mesafesi belirlenir. Bu işlemi röle şu şekilde hesaplar: Hattın tamamına ait empedans değerini hattın uzunluğuna oranlayarak bulduğu değeri arıza noktası empedans değeri ile çarpar ve arıza mesafesini bulur [16]. Mesafe koruma rölelerinin çalışmasını gözlemleyerek performansı hakkında yorum yapmak için  $X$ (reaktans)- $R$ (direnç) ekseninde empedans çizgisi incelenmelidir. Şekil 2'de bir iletim hattında arıza oluşması durumunda empedans diyagramı görülmektedir [17].



Şekil 2. Arıza anı iletim sisteminin empedansı [17]

Şekil 2'de empedans diyagramı incelenecek olursa 1 nolu noktalara arıza empedansı ( $Z_a$  gibi) düşmesi durumunda röle açma sinyali üretecektir. Çünkü mevcut iletim hattının empedans değeri arıza empedans değerinden büyük olacaktır. Ama 2 nolu noktada oluşan bir arıza empedansı  $Z_h$ 'dan büyük olacağı için röle açma sinyali üretmeyecektir.

Empedans mesafe röleleri bir arıza durumunda yanlış açma yapmaması için çeşitli kademe bölgelerine ayrılır. Örnek güç sisteminde iletim sisteminde genel olarak ayarlanan kademe bölgeleri şöyledir;

O. AKDAG, C. YEROĞLU

Kademe 1: Korunan hattın %85'ini kapsar. Bu kademedeki röle ani açar.

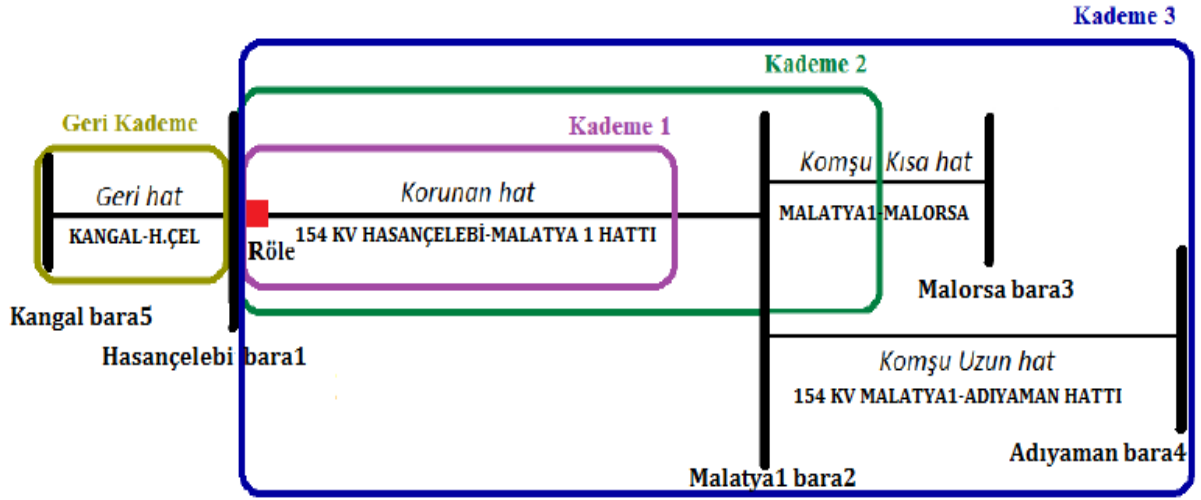
Kademe 2: Korunacak hattın %100'ü ile bu hatta komşu en kısa hattın %50'sini kapsar. Bu kademedeki röle 400 ms zaman gecikmesi ile açar.

Kademe 3: Korunacak hattın %100'ü ile bu hatta komşu en uzun hattın %100'ünü kapsar. Bu kademedeki röle 800 ms gecikme yaparak açar.

Kademe 4: Bu değer eğer ayarlanırsa genel olarak 3. kademedeki ayarlanan empedansın 2 katına ayarlanır.

Geri Kademe: Korunacak hattın geri yöndeki en uzun mesafesine sahip hattın %100'üne ayarlanır. Bu kademedeki gecikme diğer kademelere göre daha fazla bırakılarak ayarlanır.

Bu çalışmada 1-2-3 ve geri kademe röle ayarlamaları yapılmıştır. Şekil 3'de bu çalışmada ayarlanan kademeler görülmektedir.



Şekil 3.İletim sistemine ait mesafe koruma rölesinin kademe bölgeleri

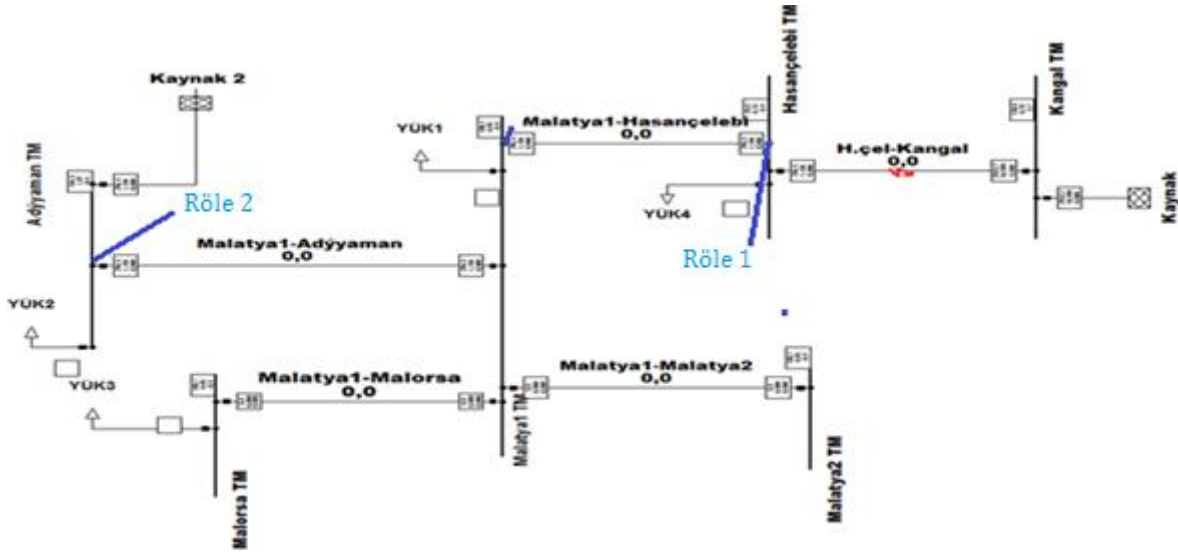
## 2.2. İletim sisteminin modellenmesi

Bu çalışmada 154 kV Malatya ve civarı iletim hattının bir bölümü modellenmiştir. Modelleme DigSilent güç sistemleri analiz yazılımı ile yapılmıştır. DigSilent ile modellenen iletim sisteminin tek hat şeması Şekil 4'de görüldüğü gibidir. Koruma koordinasyonunda kullanılacak ölçü trafolarının değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca koruma koordinasyonun anlatılacağı Şekil 4'deki iletim hatlarına ait veriler Tablo 2'de görüldüğü gibidir.

Tablo 1. Ölçü trafosu değerleri

	Sembol	Primer	Sekonder	Oran
Akım tr	ATO	600A	5A	120
Gerilim tr	GTO	154kV	100V	1540
ATO/GTO Dönüştürme faktörü	Zt	-	-	0,078

154 KV İLETİM HATLARINDA ARIZA TESPİTİ İÇİN MESAFE KORUMA RÖLESİ TASARIMI VE KOORDİNASYONU BENZETİMİ



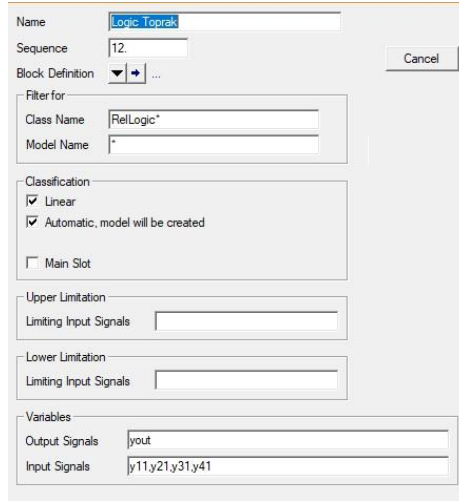
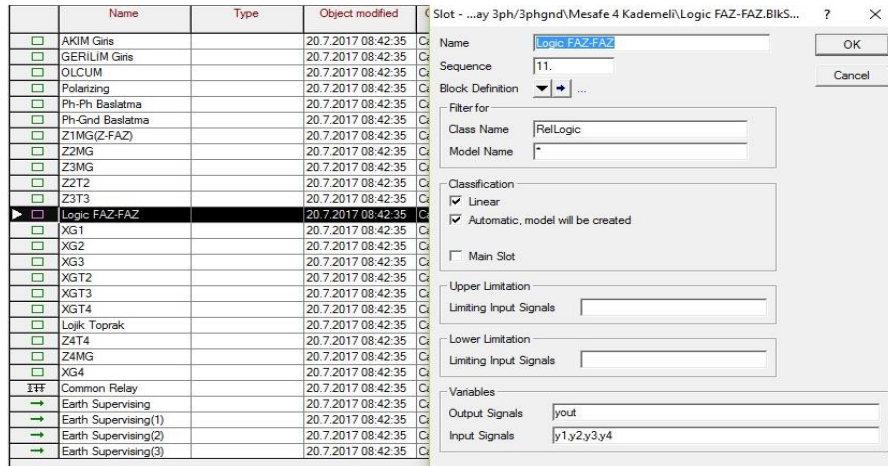
Şekil 4. DigSilent ile modellenmesi yapılan iletim hattının tek hat şeması

Tablo 2. 154 kV Malatya ve civarı iletim hattına ait gerçek veriler

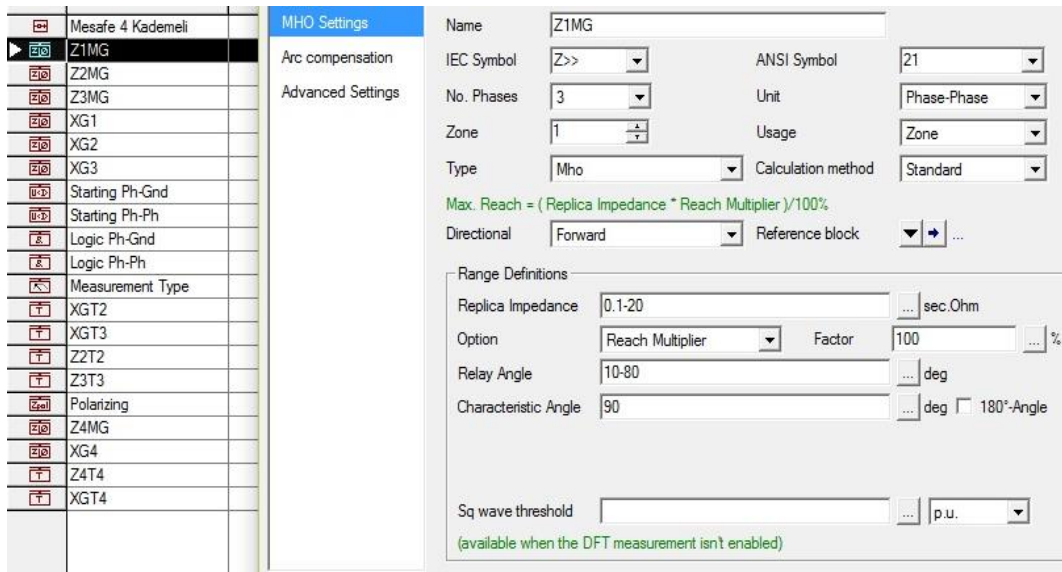
Hat ismi	Hat Açıklama	Hat Uzunluk	R+ OHM	X+ OHM	RO OHM	X0 OHM
Hasançelebi-Malatya1	Korunan hat (1)	87,228km	R1=11,72	X1=34,79	RO1=30,18	Xo1 =116,1
Malatya1-Malorsaa	Komşu kısa hat (2)	21,47km	R2=2,89	X2=9,18	Ro2 =8,99	Xo2 =25,97
Malatya1- Adıyaman	Komşu uzun hat (3)	74,619km	R3=10	X3=32,19	Ro3 =31,22	Xo3 =90,28
Hasançelebi-Kangal	Geri uzun hat (4)	51,964km	R4=6,98	X4=20,78	Ro4 =18	Xo4 =69,16

### 2.3. Mesafe Koruma Rölesinin Tasarlanması

Bu çalışmada DigSilent programında mesafe koruma rölesinin genel yapısı, karakteristik özellikleri hazır modüller yardımıyla tasarlanarak, modellenmesi yapılan güç sisteminde analiz edilmiştir. İlk olarak mesafe koruma rölesinin her bir ünitesinin oluşturulup, giriş çıkış sinyallerinin ataması yapılmıştır. Şekil 5’de örnek gösterim olarak ‘Lojic FAZ-FAZ’ ve Lojic Toprak’ ünitelerinin oluşturulması ve giriş/çıkış sinyallerinin ataması gösterilmiştir. Daha sonra her bir ünitenin karakteristiğinin ayarlanması yapılmıştır. Şekil 6’da Z1MG (1. Kademe faz-faz empedansı) ünitesinin karakteristik ayarları gösterilmiştir. Daha sonra tüm bu atamalar ve ayarlamalar doğrultusunda mesafe koruma rölesinin modellenmesi yapılmıştır. Şekil 7’de mesafe koruma rölesinin oluşturulan modeli görülmektedir. Şekil 5’ de Lojic FAZ-FAZ için y1 (1.kademe), y2(2. Kademe), y3 (geri kademe), y4 (3. Kademe) sinyallerinin her biri ilgili kademeye ait açma sinyalleridir. Bu sinyaller röle karakteristiğinde toplanarak (or kapısı), yout sinyalini oluşturmaktadır. Bu kademe sinyallerinden herhangi birinin gelmesi ile mesafe koruma rölesi açma sinyali oluşturacaktır. Aynı şekilde Lojic Toprak ünitesi için y11 (1.kademe), y21(2. Kademe), y31 (geri kademe), y41 (3. Kademe) her biri ilgili kademeye ait açma sinyalleridir.

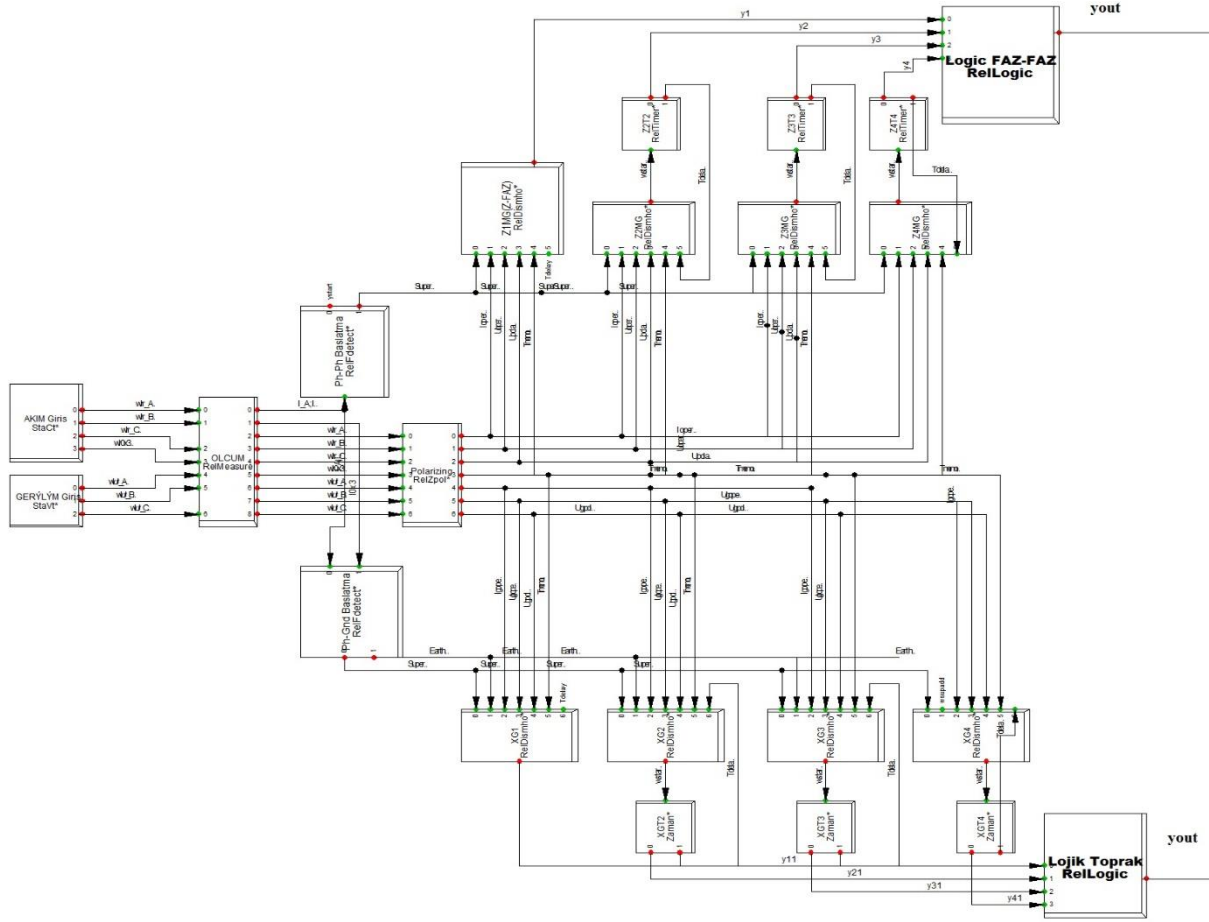


Şekil 5. Mesafe koruma rölesinin ünitelerinin oluşturulması



Şekil 6. Mesafe koruma rölesinin ünitelerinin karakteristik ayarları

154 KV İLETİM HATLARINDA ARIZA TESPİTİ İÇİN MESAFE KORUMA RÖLESİ TASARIMI VE KOORDİNASYONU BENZETİMİ



Şekil 7. Mesafe koruma rölesinin modeli

## 2.4 Mesafe koruma rölesi kademe ayarları

Bu çalışmada Hasaңcelebi barasında bulunan ve 154 kV Hasaңcelebi-Malatya1 iletim hattını koruyan mesafe koruma rölesinin ayarları yapılmıştır. Kademe ayarları, Tablo-1 ve Tablo-2'deki değerlerine uygun olarak yapılacaktır.

### 2.4.1 Kademe 1 ayarları

Mesafe koruma rölesi kademe 1'de hattın %85'ne göre ayarlanır. Açma zamanı 0 sn belirlenir. Kademe 1 faz-faz empedans değeri ( $Z1MG$ ), faz-toprak empedans değeri ( $XG1$ ) ve hattın açı değeri ( $\phi1$ ) sırasıyla, Denklem 1, 2 ve 3'ye göre hesaplanır.

$$Z1MG = \sqrt{R1^2 + X1^2}.Zt.0, \tag{1}$$

$$XG1 = \sqrt{Z1MG^2 + R^2} \tag{2}$$

$$\phi1 = \arctan\left(\frac{X1}{R1}\right) \tag{3}$$

Denklem 2'deki  $R$  değeri bu kademe için 5 ohm seçilir [18]. Bu değer TEİAŞ sistemine göre her kademede 1 ohm artış olacak şekilde belirlenir.

O. AKDAG, C. YEROĞLU

### 2.4.2 Kademe 2 ayarları

2.kademe; korunacak hattın %100'ü ile bu hatta komşu en kısa hattın %50'sini kapsar. Açma zamanı 0,4 sn belirlenir. Kademe 2 faz-faz empedans değeri ( $Z2MG$ ), faz-toprak empedans değeri ( $XG2$ ) ve hattın açi değeri ( $\varphi2$ ) sırasıyla Denklem 4, 5 ve 6'daki gibi hesaplanır.

$$Z2MG = \frac{\sqrt{R1^2 + X1^2} \cdot Zt}{2} + Z1MG \quad (4)$$

$$XG2 = \sqrt{Z2MG^2 + R^2} \quad (5)$$

$$\varphi2 = \arctan\left(\frac{X2}{R2}\right) \quad (6)$$

### 2.4.3 Kademe 3 ayarları

3.kademe; korunacak hattın %100'ü ile komşu en uzun hattın %100'nü kapsar. Açma zamanı 0,8 sn belirlenir. Kademe 3 değerleri ise Denklem 7, 8 ve 9'a göre hesaplanır.

$$Z3MG = \sqrt{R3^2 + X3^2} \cdot Zt + Z1MG(7)$$

$$XG3 = \sqrt{Z3MG^2 + R^2} \quad (8)$$

$$\varphi3 = \arctan\left(\frac{X3}{R3}\right) \quad (9)$$

### 2.4.4 Geri kademe ayarları

Geri kademe; korunacak hattın gerisinde bulunan en uzun hattın %100'ünü kapsar. Açma zamanı 2 sn belirlenir. Bu kademedeki değerlerde Denklem 10, 11 ve 12 ile hesaplanır.

$$Z4MG = \sqrt{R4^2 + X4^2} \cdot Zt \quad (10)$$

$$XG4 = \sqrt{Z4MG^2 + R^2} \quad (11)$$

$$\varphi4 = \arctan\left(\frac{X4}{R4}\right) \quad (12)$$

Denklem 1-12'ye göre hesaplanan değerler Tablo 3'te verilmiştir. Bu değerler DigSilent ile modellemesi yapılan güç sistemindeki mesafe koruma rölesine girilir. Diğer mesafe koruma rölelerinin kademe değerleri de benzer şekilde hesaplanabilir. Dolayısıyla Tablo 3'de bulunan veriler doğrultusunda Şekil 6'da Mesafe koruma rölesinin ünitelerinin karakteristik ayarları sınır değerleri belirlenir. Örneğin Tablo 3'de  $Z1MG$  için 2,43 ohm değeri bulunmuştur. Bu değer Şekil 6'da 0.1-20 ohm aralığında bırakılarak, Tablo 3'deki değere uygun olması sağlanmıştır. Bu sınır değerleri istenilirse tasarımcı tarafından daha geniş ya da daha dar bir aralıkta bırakılabilir.

**Tablo 3.**Bölüm 2.4'de hesaplanan kademe değerleri

Kademe Bölgesi	Faz-Faz Empedans Değerleri (ohm)	Faz-Toprak Empedans Değerleri (ohm)	Açı	Röle açma Zamanı (sn)
Kademe 1	$Z1MG = 2,43$	$XG1 = 5,55$	$\varphi1 = 71,38^0$	0 sn.
Kademe 2	$Z2MG = 3,24$	$XG2 = 6,81$	$\varphi2 = 72,53^0$	0,4 sn.
Kademe 3	$Z3MG = 5,49$	$XG3 = 8,64$	$\varphi3 = 72,74^0$	0,8 sn.
Geri yön	$Z4MG = 1,71$	$XG4 = 8,18$	$\varphi4 = 71,43^0$	2 sn.



## 154 KV İLETİM HATLARINDA ARIZA TESPİTİ İÇİN MESAFE KORUMA RÖLESİ TASARIMI VE KOORDİNASYONU BENZETİMİ

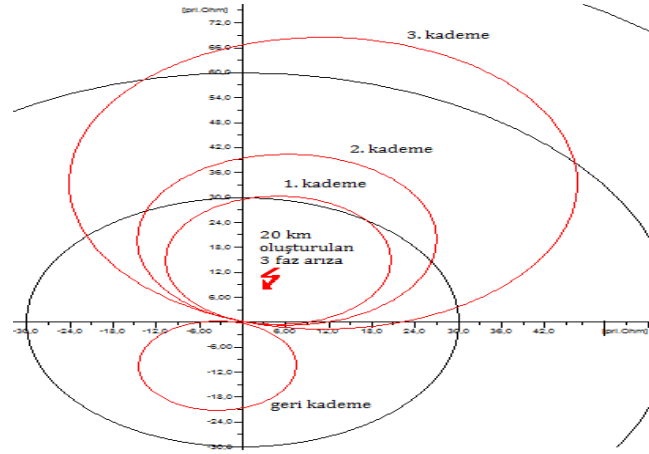
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1 Mesafe Koruma Röle Koordinasyonu

Bölüm 2.4’de hesaplanan röle ayar değerleri modellenmesi yapılmış güç sistemindeki Hasacelebi-Malatya1 hattını koruyan mesafe koruma rölesinin ayar kısmına girilir. Daha sonra güç sistemi modelinde arıza senaryoları oluşturularak, mesafe koruma rölesinin bu arızalara tepkisi detaylı şekilde incelenebilir. Bu bölümde 5 farklı arıza senaryosu oluşturularak oluşabilecek problemler analiz edilmiştir.

##### 3.1.1 Senaryo 1

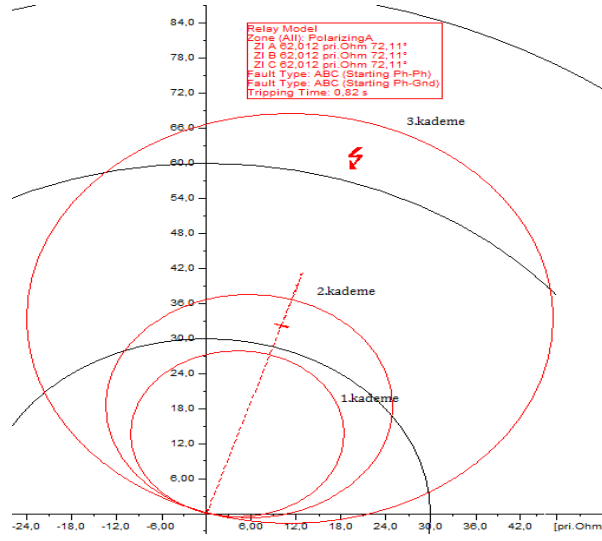
Bu senaryoda korunacak hattın kademe 1 bölgesi içerisinde oluşturulacak bir arızaya tepkisi incelenmiştir. Hasacelebi-Malatya1 iletim hattının, Hasacelebi TM’den 20 km uzaklıkta bir üç fazlı arıza senaryosu oluşturulsun. Bu arızayı bu hattı koruyan 1 nolu mesafe koruma rölesi, kademe 1 içinde 0 sn.’de görerek açma sinyali oluşturur. Bu durum 1 nolu rölenin, faz empedans diyagramında Şekil 8’de görüldüğü gibi olur.



**Şekil 8.** Bir nolu mesafe koruma rölesinin faz-faz açma bölgeleri ve senaryo 1 de oluşturulan arızaya tepkisi

Şekil 8 incelendiğinde rölenin açma bölgeleri görülmektedir. Senaryo 1’de oluşturulan 3-faz arıza, kademe 1 içinde kaldığından, röle ani trip sinyali oluşturmuştur. Böylece mesafe rölesi kademe 1 içerisinde istenilen şekilde çalışmıştır. Bu arızaya Adıyaman-Malatya1 hattını koruyan 2 nolu rölenin tepkisi ise Şekil 9’da görüldüğü gibi olur. Bu röle arızayı kademe 3’de görerek 0,8 sn’de açma sinyali üretmiştir. Örneğin 1 nolu rölenin devre dışı kaldığı bir durumda, 2 nolu röle bu arızayı kademe 3 içerisinde görüp temizleyecektir. Yani iletim hattında 1 nolu röle devre dışı kalsa bile 2 nolu röle bu arızayı görüp hattı güç sisteminden izole edecektir.

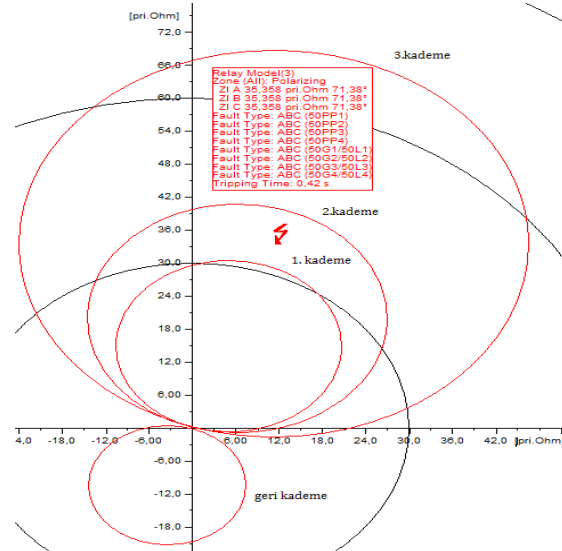
O. AKDAG, C. YEROĞLU



Şekil 9. İki nolu rölenin açma bölgeleri ve senaryo 1 de oluşturulan arızaya tepkisi

### 3.1.2 Senaryo 2

Senaryo 2’de korunacak hattın kademe 2 bölgesi içerisinde oluşturulacak bir faz-faz arızaya tepkisi incelenmiştir. Hasaңcelebi-Malatyal iletim hattının, Hasaңcelebi TM’den 84 km uzaklıkta üç fazlı arıza senaryosu oluşturulsun. Bu arızayı hattı koruyan 1 nolu röle kademe 2’de görerek, 0,4 sn de açma sinyali üretmiştir. Arızanın kademe 2’de görülmesinin nedeni kademe 1 de hattın sadece %85’nin korunmasıdır. Bu arızaya 1 nolu rölesinin tepkisi Şekil 10’da görülen empedans diyagramındaki gibi olur. Eğer 1 nolu röle devre dışı kalırsa bu noktadaki arızayı senaryo 1’deki gibi 2 nolu röle görerek açar.

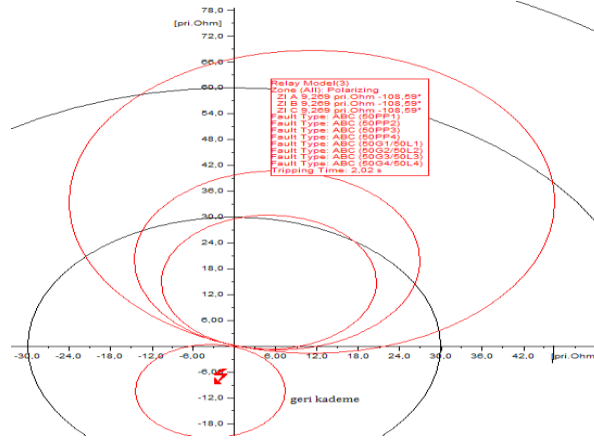


Şekil 10. Bir nolu rölenin senaryo 2’de oluşturulan arızaya tepkisi

154 KV İLETİM HATLARINDA ARIZA TESPİTİ İÇİN MESAFE KORUMA RÖLESİ TASARIMI VE KOORDİNASYONU BENZETİMİ

3.1.3 Senaryo 3

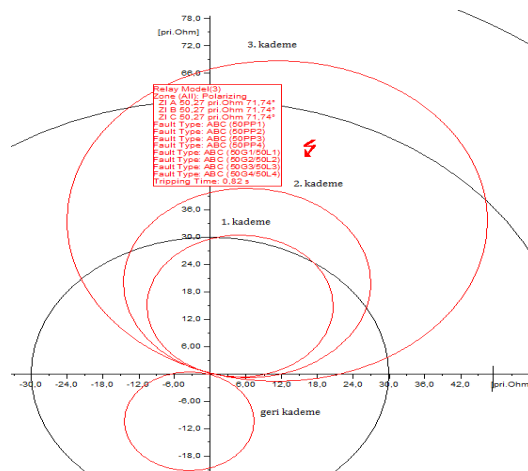
Senaryo 3'te, Hasançelebi TM'nin gerisinde bulunan Hasançelebi-Kangal hattının 30. km'sinde (Hasançelebi TM'den itibaren), üç fazlı arıza oluşturulsun. Bu arızayı 1 nolu röle geri kademede görerek 2 sn'de açma sinyali üretmiştir. 1 nolu rölenin oluşturulan arızaya tepkisi Şekil 11'de görülen empedans diyagramındaki gibi olur.



Şekil 11. Bir nolu rölenin senaryo 3'de oluşturulan arızaya tepkisi

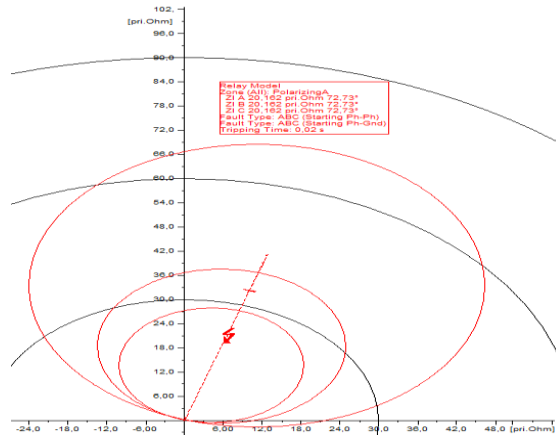
3.1.4 Senaryo 4

Bu arıza senaryosunda Adıyaman-Malatya1 iletim hattının, Adıyaman trafo merkezinden 30 km uzaklıkta 3-faz arıza oluşturulsun. Bu arızayı 1 nolu röle kademe 3 içinde görüp, 0,8 sn açma sinyali üretmiştir. 1 nolu rölenin bu arızaya tepkisi şekil 12'de görülen empedans diyagramındaki gibi olur. 2 nolu röle ise bu arızayı kademe 1 içerisinde görüp, ani açma sinyali oluşturur. 2 nolu rölenin bu arızaya tepkisi şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 12. Bir nolu rölenin senaryo 4'de oluşturulan arızaya tepkisi

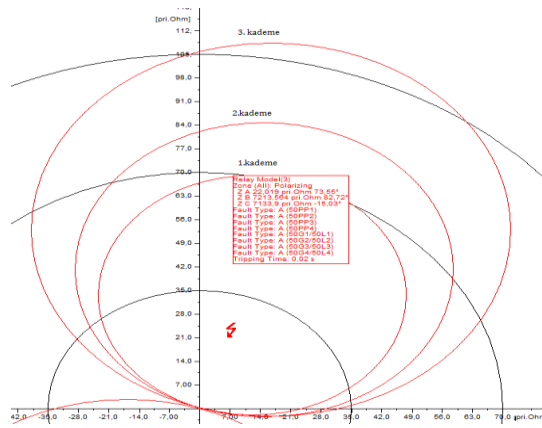
O. AKDAG, C. YEROĞLU



Şekil 13.İki nolu rölenin senaryo 4’de oluşturulan arızaya tepkisi

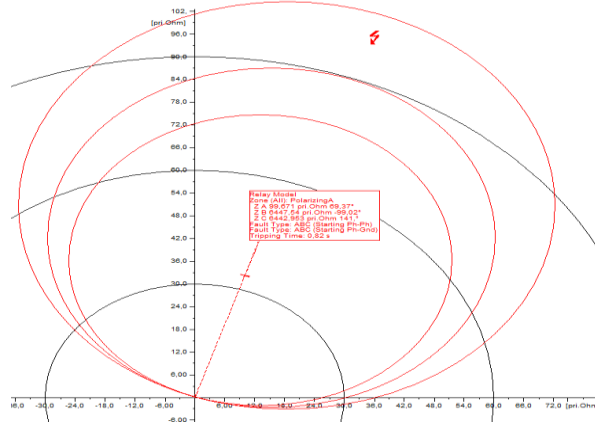
### 3.1.5 Senaryo 5

Bu arıza senaryosunda Hasaңcelebi-Malatyal iletim hattının, Hasaңcelebi TM’den 30 km uzaklıktaki bir mesafede bir faz-toprak arızası oluşturulsun. Bu arızayı 1 nolu röle kademe 1’de görür. Bu durum, 1 nolu rölenin faz-toprak empedans diyagramında Şekil 14’de görüldüğü gibi olur. 1 nolu röle kademe 1’de ani açarak açma sinyali üretmiştir. Aynı arızayı 2 nolu röle kademe 3 de görerek 0,8 sn açma sinyali üretmiştir. 2 nolu rölenin bu arızaya tepkisi şekil 15’de görülen empedans diyagramındaki gibidir.



Şekil 14.Bir nolu rölenin faz-toprak açma bölgeleri ve senaryo 5’de de oluşturulan arızaya tepkisi

## 154 KV İLETİM HATLARINDA ARIZA TESPİTİ İÇİN MESAFE KORUMA RÖLESİ TASARIMI VE KOORDİNASYONU BENZETİMİ



**Şekil 15.** İki nolu rölenin faz-toprak açma bölgeleri ve senaryo 5’de de oluşturulan arızaya tepkisi

Şekil 4’de Röle 1 ile gösterilen mesafe koruma rölesinin, 5 farklı senaryoda arıza durumlarına göstermiş olduğu, arıza akım ve gerilim değerleri Tablo 4’de verildiği gibidir.

**Tablo 4.** Senaryolarda oluşturulan arızalara Röle 1’in tepkisi

Arıza	Arıza Akımı	Arıza Gerilimi
Senaryo 1	8,17 kA	85,9 kV
Senaryo 2	11,7 kA	137 kV
Senaryo 3	4,12 kA	39,2 kV
Senaryo 4	0,58 kA	160,6 kV
Senaryo 4	2,7 kA	155,9 kV

## 4. SONUÇLAR

Enerji sürekliliği, güç sistemlerinde iyi bir koruma koordinasyonu ile sağlanır. Bu çalışmada; enerji iletim hatlarının mesafe röleleri ile korunması konusu irdelenmiştir. Çalışmanın modelleme bölümünde temel bir mesafe koruma rölesi tasarlanmıştır. Daha sonra örnek bir iletim sisteminin bir bölümünde, 154 kV gerilimli enerji iletim hatlarının bu röle ile korunması için gereken kademe ayar değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3’de görüldüğü gibidir. İletim hatları ve mesafe koruma rölelerinin modellenmesi yapıldıktan sonra, hatlar üzerinde çeşitli arıza durumları için 5 arıza senaryosu oluşturulmuş ve rölelerin her arıza için verdiği tepki analiz edilmiştir. Çalışma, sanal modelde oluşturulan arıza senaryoları ile yapılarak, gerçek güç sisteminde risk oluşturabilecek durumlar denenmiş ve risk alınmadan röle ayarlarının bulunması sağlanmıştır.

Mesafe koruma koordinasyonunun yanlış yapılması, güç sisteminde hatalı açmalara sebep olur. Hatalı açmalar maddi ve insan sağlığı açısından birçok zarara neden olabilir. Örneğin, koruma koordinasyonunun iyi bir şekilde sağlanamaması durumunda bir iletim hattındaki arıza domino etkisi yaparak, diğer iletim hatlarını da etkileyebilir. Bu durum, çok riskli ve istenilmeyen durum olan bölgesel inkitaya (bölgenin enerjisiz kalması) neden olabilir. Bu yüzden koruma koordinasyonunda yapılacak, doğru bir hesaplama ile mesafe koruması doğru olarak çalışabilir. Bu çalışmadaki gibi güç sistemlerinde modellemeler yaparak, gerçek sistemde risk almadan uygun mesafe koruma koordinasyonu ayarları bulunabilir.

**KAYNAKLAR**

- [1] SERRİCAN, C.A., Petkim Petrokimya Aliğa Tesisinin elektrik sisteminin yük akışı ve kısa devre hesapları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2007.
- [2] PERDAHÇI, C., CAN, İ. H., “Güvenirlilik Analizi için Digital Röle Koordinasyonu”, IV. Emo Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, 223-227, Kocaeli, Türkiye, 2011.
- [3] GENÇAYDIN, E., Enerji iletim hatlarının nümerik mesafe röleleri ile korunması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [4] NUROĞLU, F. M., Dağıtılmış üretim içeren dağıtım şebekelerinde merkezi koordinasyon rölesi tasarımı. Doktora Tez , Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmit, Türkiye, 2011.
- [5] MUANGCHAREON, S., NGAOPITAKKUL, A., BUNJONGJIT, S., LEELAJINDAKRAIRERK, M., POTHISARN, C., & NAWIKAVATAN, A., “Study of Coordination between protective devices comprising distributed generation in distribution system”, Energy and Power Eng., 584-588, 5(2013).
- [6] BOPP, T., GANJAVI R., KREBS, R., NTSİN B., DAURER M., JAEGER J., “Improving grid reliability through application of protection security assessme”, Developments in Power System Protection, 12th IET International Conference on, Birleşik Krallık, England, 2014.
- [7] LIN, H., LIU, C., GUERRERO, J. M., & VÁSQUEZ, J. C., “Distance protection for micro grids in distribution system”, In Industrial Electronics Society IECON 2015-41st Annual Conference of the IEEE, Yokohoma, Japan, 2015.
- [8] MUZI, F., DE SANCTIS, A., & PALUMBO, P., “Distance protection for smart grids with massive generation from renewable sources”, In IASME Int. Conf. On Energy & Enviroment, Washington, USA, 2011.
- [9] BAYRAK, M., USTA, Ö., “Adaptif mesafe rölesi”, 10. Ulusal Kongresi ve Elektirk / Elektronik Fuarı, Kocaeli, Türkiye, 2003.
- [10] RAFA, A. H. 2017. "Digital differential relay for electrical power transformer." Journal of Engineering Research (University of Tripoli, Libya) 23 2017.
- [11] TÜREN, M., “Hall etkili dönüştürücü kullanan diferansiyel rölenin transformatör korumasında kullanılması”. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 201s, Ankara, 2005.
- [12] KEZUNOVIC, M., & GUO, Y., “Modeling and simulation of the power transformer faults and related protective relay behavior.” IEEE Transactions on Power Delivery, 15(1), 44-50., 2001.
- [13] AKTAİBİ, A., & RAHMAN, M. A., “A software design technique for differential protection of power transformers.” In Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), 2011 IEEE International pp. 1456-1461, 2011.
- [14] MREHEL, OMAR, HASSAN ELFETORI, and ABDALLAH HAWAL. "Implementation and Evaluation a SIMULINK Model of a Distance Relay in MATLAB/SIMULINK." The International Conference on Electrical and Electronics Engineering, Clean Energy and Green Computing (EEECEGC2013). The Society of Digital Information and Wireless Communication, 2013.
- [15] <http://www.digsilent.de/index.php/downloads.html> (erişim tarihi 01.04.2017)
- [16] TATAR, A., “İletim sistemlerinde yapay sınır ağları ile mesafe koruması uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye
- [17] ÖZEVİN, E., “Elektrik güç sistemlerinde hatların kısa devre ve güç salınımına karşı nümerik mesafe röleleri ile korunmasının incelenmesi ve dinamik simülasyonun gerçekleştirilmesi”, Yüksek lisans tezi , Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2015.
- [18] Elektrik Şebeke Yönetmeliği, 2017.,
- [19] <http://www.epdk.org.tr/TR/DokumanDetay/Elektrik/Mevzuat/Yonetmelikler/Sebeke>, (son erişim tarihi 11.08.2017)