

# Yüksek Gerilim Enerji İletim Hatlarını Koruma Uygulaması

## Protection Application Of High Voltage Transmission Lines

Oktay Arıkan<sup>1</sup>, Hidayet Aydın<sup>2</sup>, Özgür Gürsanlı<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Elektrik Mühendisliği Bölümü  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
[oarikan@yildiz.edu.tr](mailto:oarikan@yildiz.edu.tr)

<sup>2</sup>Elektrik Mühendisliği Bölümü  
TÜBİTAK MAM  
[hidayet.aydin@tubitak.gov.tr](mailto:hidayet.aydin@tubitak.gov.tr)

<sup>3</sup>Elektrik Mühendisliği Bölümü  
TÜBİTAK MAM  
[ozgur.gursanli@tubita.gov.tr](mailto:ozgur.gursanli@tubita.gov.tr)

### Özet

Güç sistemlerinin güvenilir ve kararlı bir şekilde işletilmeleri koruma sistemi ile sağlanmaktadır. Koruma sistemi generatör, transformatör, kablo, hat gibi şebeke elemanlarının birinde kısa devre veya yalıtım hatası sonucunda oluşabilecek arıza akımlarının veya aşırı gerilimlerin yol açabileceği zararları sınırlandırmaktadır. Koruma röleleri, işletme esnasında oluşabilecek arıza veya aşırı yüklenme durumunda büyük çapta hasarların oluşmasını önleyici rol üstlendiklerinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Türkiye iletim sistemi koruma sistemi incelenmiştir. Simülasyon çalışmaları kapsamında Türkiye iletim şebekesine ait örnek bir bölge seçilmiştir. 154kV'luk örnek sistem 48 bara ve 62 iletim hattından oluşmaktadır. Örnek sistem Digsilent PowerFactory'de modellenmiştir. 124 mesafe rölesi ve 124 adet aşırı akım rölesi kullanılmıştır. Mesafe rölelerinin servis dışı kalma durumları incelenmiştir. Mesafe rölelerinin yedekli koruma yaptıkları görülmüştür. Bunun yanına aşırı akım rölelerinin sistemi aşırı yüklenmelere karşı koruduğu gösterilmiştir.

### Abstract

Protection system is provide to the reliable and stable operation of the power system. Protection system limited the damage because of the fault current or over voltage when a sort circuit or isolation fault occur on the system equipments such as generator, transformatör and cable. Protection relays have an important role in preventing the large-scale damages on the conditions that faulted or overloaded system operation. In this study, the protection of Turkish National Power Transmission System was investigated. The simulations runned on a selected area from the Turkish National Power Transmission System which comprises 154 kV 28 buses and 62 overhead lines. Modelling of the selected area carried out with Digsilent Powerfactory software. The power system model includes 124 distance protection relays and 124 overcurrent relays. The distance relays out of service cases were examined. It was seen that the distance relays supplies the back up protection. Besides, it was shown that the over

current relays protect the system against the overload conditions.

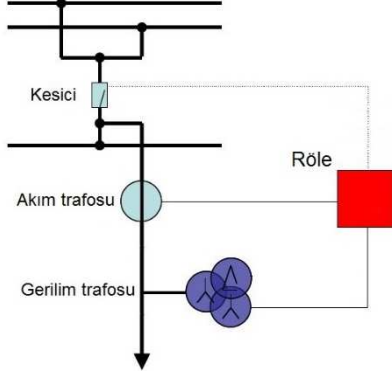
### 1. Giriş

Güç sistemlerinde koruma, sistemin oluşabilecek arızalara karşı mümkün olduğunca güvenli şekilde işletilmesini sağlamaktır[1]. Koruma sistemi sayesinde arıza hızlı bir şekilde temizlenerek şebekenin geri kalan kısmının düzgün şekilde işletilmesine devam edilebilmektedir. Sürekli bir kısa devrenin şebekenin genel işletmesi ve özellikle kararlılığı üzerindeki etkilerini ortadan kaldırmak için hatalı eleman olabildiğince çabuk devre dışı edilmelidir [2]. Bu sayede generatör, transformatör, kablo, hat gibi şebeke elemanlarının birinde kısa devre veya izolasyon hatası sonucunda oluşabilecek arıza akımlarının veya aşırı gerilimlerin yol açabileceği zararlar sınırlanabilmektedir. Güç sistemlerini yukarıda bahsedilen olumsuz durumlara karşı röleler korur. Koruma röleleri, işletme esnasında oluşabilecek arıza veya aşırı yüklenme durumunda büyük çapta hasarların oluşmasını önleyici rol üstlendiklerinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Koruma sisteminin görevi, işletme elemanları ile elektrik tesis ve şebekelerinde ortaya çıkan hataları ve bunların çeşitlerini ölçülen elektriksel büyüklükler yardımıyla çabuk ve güvenilir bir şekilde tespit etmek ve gerektiğinde arızalı elemanı (generatör, trafo, hat vb.) devre dışı bırakarak enerjinin mümkün olduğunca sürekli olmasını sağlamaktır. Bu görevleri yerine getirecek olan koruma sisteminin aşağıdaki özelliklere sahip olması beklenmektedir [3]:

- Güvenilirlik
- Seçicilik
- Uygun Hassasiyette Olması
- Hızlı Çalışma
- Yedekli Koruma
- Kararlı Olması

Koruma sistemleri genel olarak Şekil 1’ de görüldüğü üzere dört bileşenden oluşmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibidir:

- Ölçü (Akım ve Gerilim) Transformatörleri
- Kesiciler
- Koruma Röleleri



Şekil 1. Koruma sistemi elemanları

## 2. Koruma Röleleri

Enerji iletim hatlarının korunmasında aşırı akım, diferansiyel, mesafe gibi farklı tipte röleler kullanılmaktadır. Bununla birlikte, iletim hatlarını korumak için en yaygın olarak mesafe koruma ve aşırı akım koruma rölelerinden faydalanılmaktadır.

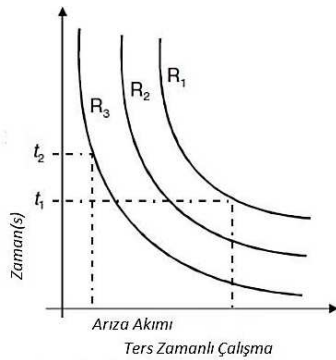
### 2.1. Aşırı Akım Rölesi

Geçmişten günümüze kadar en sık kullanılan koruma röleleri ters zaman-aşırı akım ve ani-aşırı akım röleleridir. Bu röleler hem ana koruma hem de yedek koruma olarak kullanılabilir ve sistemde her koruma bölgesinde uygulanabilir[4].

Zaman-aşırı akım röleleri hattın geçen akıma karşılık zaman gecikmesi karakteristiğine bağlı olarak istenilen bir zaman gecikmesinde açma yapması için seçilirken, ani aşırı akım röleleri hızlı şekilde açma yapması için seçilir[5].

Aşırı akımın büyüklüğü, daha önceden belirlenmiş akım değerini aştığında çalışırlar. Eğer arıza akımı  $[I_f]$ , rölenin çalışma(set, pick-up) değeri  $[I_p]$  kabul edilirse;

- $[I_f] > [I_p]$  ise röle çalışarak kesiciyi açtırır,
- $[I_f] < [I_p]$  ise röle çalışmaz[4].



Şekil 2. Aşırı akım ters-zaman eğrisi

IEC standartları zaman ve akım değişkenlerini bir formül ile ifade etmiştir. Bu formülde bulunan sabitlere göre farklı eğri karakteristiklerinin cevapları simüle edilebilmektedir. Formül aşağıdaki gibidir:

$$T_i = \frac{TDS \times \alpha}{(I/I_p)^{n-1}} \quad (1)$$

Tablo 1: IEC karakteristik sabitleri

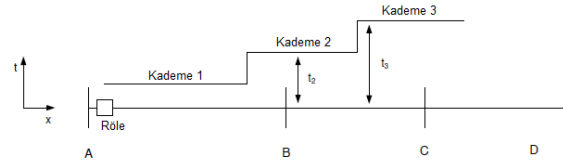
Karakteristik Adı	$\alpha$	$n$
Normally Inverse	0.14	0.02
Very Inverse	13.5	1
Extremely Inverse	80	2
Long Time Inverse	120	1

Burada, T rölenin operasyon süresi, TDS zaman gecikmesi çarpanı,  $I_p$  operasyon başlatma eşiği, I röle akımıdır.  $\alpha$  ve  $n$  sabit değerleri ise Tablo 1’de gösterilmekte olan eğri karakteristiklerine karşılık gelmektedir.[6]

### 2.2. Mesafe Rölesi

Mesafe röleleri, iletim ve dağıtım hatlarında ana ve yedek koruma olarak geniş bir kullanıma sahiptirler. İletim hatlarını korumak için en çok tercih edilen röledir. Temel olarak mesafe koruma röleleri gerilim ve akım değerlerini karşılaştırarak hattın empedansını  $Z=V/I$  eşitliğine göre belirlenmektedir. Rölenin ölçtüğü empedans değeri daha önceden röleye girilen ayar değerinden küçük ise röle çalışmaktadır. Mesafe koruma rölelerinin Empedans, Reaktans, Mho, Quadrilateral gibi farklı karakteristiklere sahip çeşitleri mevcuttur[7].

Mesafe rölesi koruma işlevini gerçekleştireceği hattın önceden tanımlanmış olan bölgelerinde çalışacak şekilde ayarlanır. Röle ile arıza noktası arasında kalan ve hattın/hatların farklı kısımlarını izleyen arıza bölgeleri mesafe röle içerisine ayarlanmaktadır. Şekil 3’te kademeli mesafe koruma mantığı verilmiştir[8].



Şekil 3. Kademeli mesafe koruması

## 3. Türkiye’deki Genel Koruma Kriterleri

Türkiye iletim şebekesinde ana koruma mesafe röleleriyle yapılmaktadır. Aşırı akım röleleri ise sistemi aşırı yüklenmelere karşı korumak için kullanılmaktadır.

### 3.1. Mesafe Rölesi Koruma Kriterleri

Mesafe koruma rölesi kademe ayar değerleri aşağıdaki kurallara göre hesaplanmaktadır. Röle kademeleri Şekil 4’de verilmiştir[9].

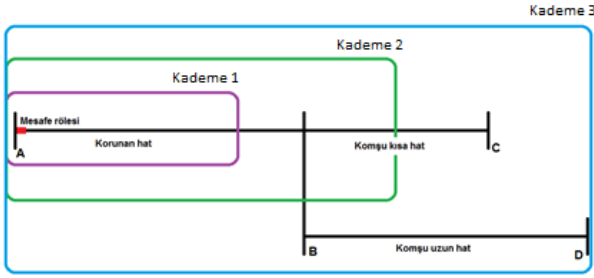
**Kademe 1** =  $0.85 \times Z_1$ : Korunan hattın empedansının %85 i alınarak hesaplanır, açma için zaman gecikmesi yoktur.

**Kademe 2** =  $Z_1 + 0.5 \times Z_{kk}$  : Korunan hattın empedansının tamamı ile komşu kısa hat empedansının %50 si toplanarak hesaplanır, açma 400 ms zaman gecikmeli olarak yapılmaktadır.

**Kademe 3** =  $Z_1 + Z_{ku}$  : Korunan hat empedansının tamamı ile komşu uzun hat empedansının tamamı toplanarak hesaplanır, açma 800 ms zaman gecikmeli olarak yapılmaktadır.

**Geri Kademe** =  $Z_g$  : Geri hatlardan en uzun olanın empedansının tamamı alınarak hesaplanır, açma 1.5 s zaman gecikmeli olarak yapılmaktadır.

$Z_1$  ; Korunan hattı,  $Z_{kk}$  ; Komşu kısa hattı,  $Z_{ku}$  ; Komşu uzun hattı,  $Z_g$  ; Geri uzun hattı ifade etmektedir.



Şekil 4. Mesafe rölesi kademeleri

### 3.2. Aşırı Akım Koruması Kriterleri

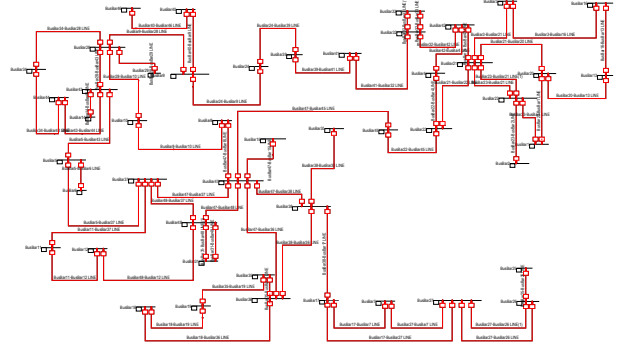
Aşırı akım röleleri Türkiye iletim sisteminde hatlarda gerçekleştirilecek aşırı yüklenmelere karşı koruma yapacak şekilde ayarlanmaktadır. Hatların aşırı yüklenme ölçütü olarak, hattın anma akımının %120'ne kadar olan akım değerleri referans alınmaktadır. Eğri olarak IEC Standart ters zamanlı 0,5 eğrisini seçmektedirler. Aşağıda Tablo 2'de iletim hattı tiplerine göre anma akımları gösterilmiştir.

Tablo 2. Hat tipleri ve akım taşıma kapasiteleri

Hat Tipleri	Anma Akımları	Akım Trafosu Oranları
477 MCM	0.495 kA	500/5
795 MCM	0.683 kA	800/5
2x795 MCM	1.366 kA	1500/5
954 MCM	0.766 kA	800/5
1272 MCM	0.927 kA	1000/5

## 4. Simülasyon Çalışmaları

Simülasyon çalışmaları kapsamında Türkiye iletim şebekesine ait örnek bir bölge seçilmiştir. 154kV'luk örnek sistem, 48 baralı ve 62 iletim hatlı olarak Digsilent PowerFactory'de modellenmiştir. 124 mesafe rölesi ve 124 adet aşırı akım rölesi kullanılmıştır. Mesafe rölesi olarak quadrilateral özellikli SIEMENS 7SA511 rölesi ve aşırı akım rölesi olarak SIEMENS 7SJ512 kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 5'te tek hat diyagramı verilmiştir.

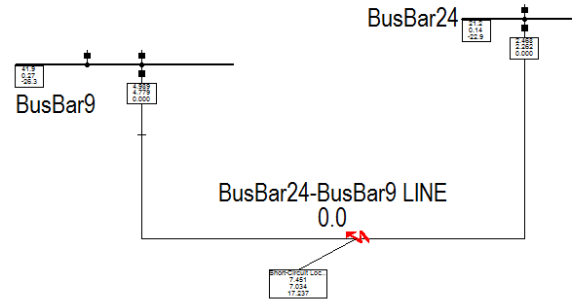


Şekil 5. Örnek 48 baralı sisteme ait tek hat şeması

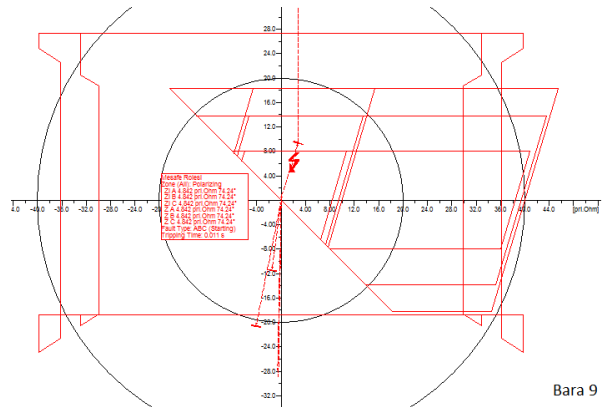
Sistemde bulunan tüm mesafe röleleri bölüm 3'te anlatıldığı gibi TEİAŞ koruma felsefesine uygun olarak geliştirilen bir algoritma ile ayarlanmıştır. Sistemde bulunan gerilim trafoları 154kV/0.1kV'luk orana sahiptirler. Akım trafoları(CTs) ise hattın akım taşıma kapasitesine uygun olarak seçilmiştir.

### 4.1. Tüm Mesafe Rölelerinin Çalışması Durumu

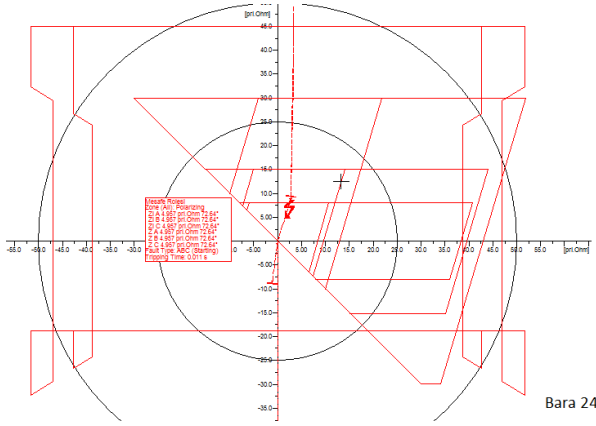
İletim sistemindeki hatlarda gerçekleştirilecek bir arıza durumunda mesafe röleleri ana koruma elemanı olarak devreye girmektedir. Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiş olan örnek sistemde Bara9 ile Bara24 arasındaki hattın ortasında yapılan arıza şekilleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 6. Bara9 ile Bara24 arasındaki hat üzerinde gerçekleşen %50 arızası



Şekil 7. Bara9 tarafındaki mesafe rölesine ait R-X diyagramı

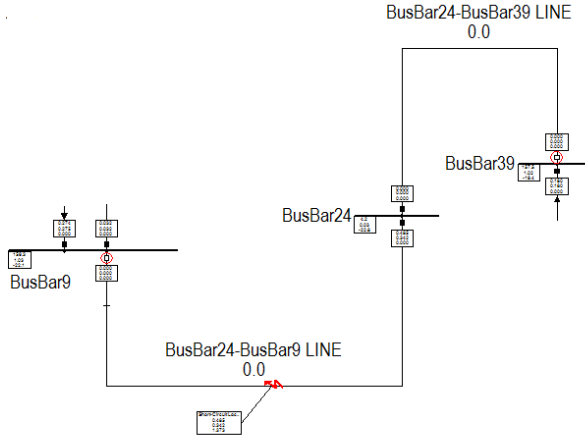


Şekil 8. Bara24 tarafındaki mesafe rölesine ait R-X diyagramı

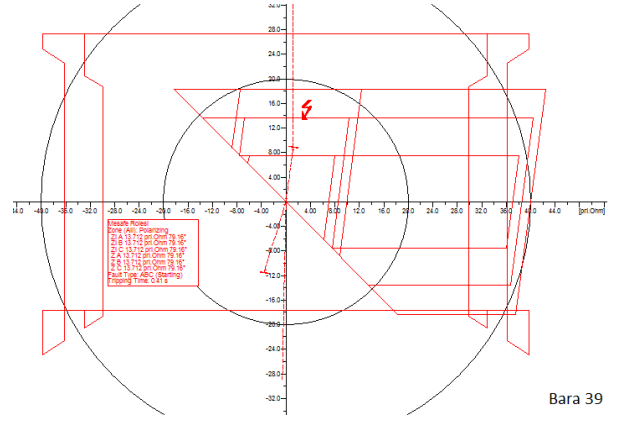
Hattın %50'lik kısmında bir arıza gerçekleşmesi durumunda Bara9 ve Bara24 tarafında kalan her iki mesafe röleside arızayı birinci kademelerinde görmüşlerdir. Bu durumda üretilen açma süresi 0.011sn'dir. Yukarıda Şekil 7 ve Şekil 8'de görüldüğü gibidir.

#### 4.2. Bir Mesafe Rölesinin Arızalanması Durumu

Bara 9 ile Bara24 arasında kalan hattın yine %50'sinde bir arıza gerçekleştirmemiz ve Bara24'de bulunan mesafe rölesinin arızalanması durumu aşağıdaki gibi incelenmiştir.



Şekil 9. Bara24 mesafe rölesi arızalı iken Bara9 ile Bara24 arasındaki hat üzerinde gerçekleşen %50 arızası

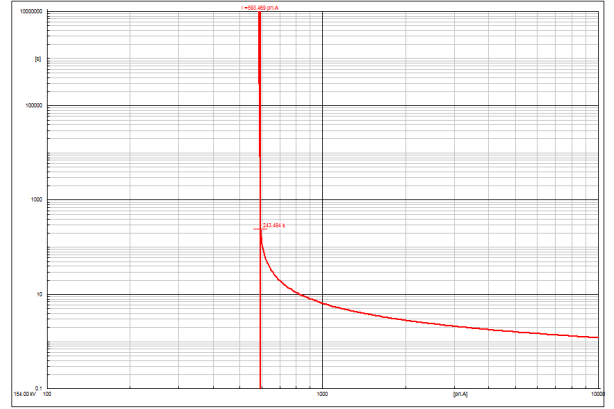


Şekil 10. Bara39'da bulunan mesafe rölesine ait R-X diyagramı

Yukarıda Şekil 9'da görüldüğü gibi Bara24'de bir arıza gerçekleşmesi durumunda Şekil 10'da görülen Bara39'da bulunan mesafe rölesi arızayı ikinci kademesinde görmüştür. Bu sebeple bara 24'te bulunan mesafe rölesine bara 39'daki mesafe rölesi yedek koruma gerçekleştirmiştir.

#### 4.3. Aşırı Akım Rölesinin Aşırı Yüklenmeye Göre Durumu

Bara9 ile Bara24 arasında kalan hattın %120 yüklenmesi durumunda sistemde bulunan tüm mesafe rölelerinin R-X diyagramları arıza durumunu görmemektedir. Bu durumda aşırı akım röleleri devreye girerek açtırma süresi üretmektedir. Aşağıda Şekil 11'de Bara9 ve Bara24'te bulunan aşırı akım rölelerinin ürettiği sürelerin 243,494sn oldukları gösterilmiştir.



Şekil 11. Bara9 ve Bara24 aşırı akım rölelerinin ürettiği açma süresi

## 5. Sonuçlar

Bu makalede Türkiye iletim sistemine ait koruma yapısı incelenmiştir. Mevcut aşırı akım koruma ayarlamaları hattın taşıma kapasitesinin %120'sine denk gelen aşırı yüklenme durumuna göre yapılmaktadır. Aşırı yüklenme durumunu mesafe röleleri algılamamakta ve aşırı akım röleleri devreye girmektedir. İletim sisteminde bulunan tüm rölelerin arıza durumlarına ürettikleri açma süreleri belirli bir koordinasyon çerçevesinde gerçekleşmelidir. Bu kapsamda, gelecek çalışmalarda aşırı akım rölelerinin yönlü olarak kullanılması, aşırı yüklenme durumunda aşırı akım rölelerinin uygun açma

süresi üretmesi ve mesafe rölelerine yedek koruma yapması beraber değerlendirilecektir. Yönlü aşırı akım rölesi ile aynı fiderde bulunan mesafe rölesinde kendi aralarında koordinasyon sağlanarak bu mesafe rölesinin çalışmaması durumunda yönlü aşırı akımın çalışabilmesi için yönlü aşırı akım rölelerini ayarlayan bir algoritma geliştirilecektir.

## 6. Kaynaklar

- [1] Introduction to practical power system protection [www.ece.uidaho.edu/ee/classes/ECE526S05/text/Ch1.PDF](http://www.ece.uidaho.edu/ee/classes/ECE526S05/text/Ch1.PDF)
- [2] C. Rusell Mason, "The Art & Science of Protection relaying".
- [3] J. L. Blackburn, Protective Relaying: Principles and Applications, M. O. Thurston and W. Middendorf, Eds. Marcel Dekker, Inc., 1987.
- [4] Rujiroj Leelaruji, Dr. Luigi Vanfretti " Power System Protective Relaying:basic concepts, industrial-grade devices, and communication mechanisms" Internal Report, July 2011
- [5] IEEE Std 242-2001 Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems
- [6] Reza Mohammadi Chabanloo, Hossein Askarian Abyaneh, Senior Member, IEEE, Somayeh Sadat Hashemi Kamangar, and Farzad Razavi "Optimal Combined Overcurrent and Distance Relays Coordination Incorporating Intelligent Overcurrent Relays Characteristic Selection" IEEE transactions on power delivery, JULY 2011
- [7] Ziegler G, "Numerical Distance Protection", Principles and Applications, Fourth Edition, 2011
- [8] Pangolino, V. Basiz Principles of Distance Protection Devices, <http://s.pangolino.com/?...of Distance Protection>, 20 Ağustos 2016.
- [9] Arikan O, Gursanli O, Aydın H and Yagmur A, "An Algorithm for Transmission Distance Relay Setting Calculation under Network Topology Change" IJIREEICE, Vol. 4, Issue 5, May 216