

Protection Modelling and Analysis of Energy Transmission Lines and Implementation for Ankara Region

*Mutlu SAYGILI¹, Süleyman Sungur TEZCAN²

¹Turkey Electricity Transmission Corporation, Operation and Maintenance Department, Protection Systems Division, 06520, Çankaya/ANKARA

²Gazi University, Faculty of Engineering, Department of Electrical Electronics Engineering, 06570, Çankaya/ANKARA

Graphical/Tabular Abstract

Article Info:

Received: 18/12/2018

Revision: 21/03/2019

Accepted: 02/04/2019

Highlights

- Analysis of distance protection
- Distance protection settings
- Detecting and clearing of short circuit faults

Keywords

Transmission system
 Protection relays
 Distance protection
 DIgSILENT
 Power system protection

In this study, settings of distance relays which are used in simulations are based on setting principles determined by transmission system operator. In simulations, different cases are investigated in terms of fault currents, behaviours of relays, lines became out of service. Analysis of Ankara Region is presented.

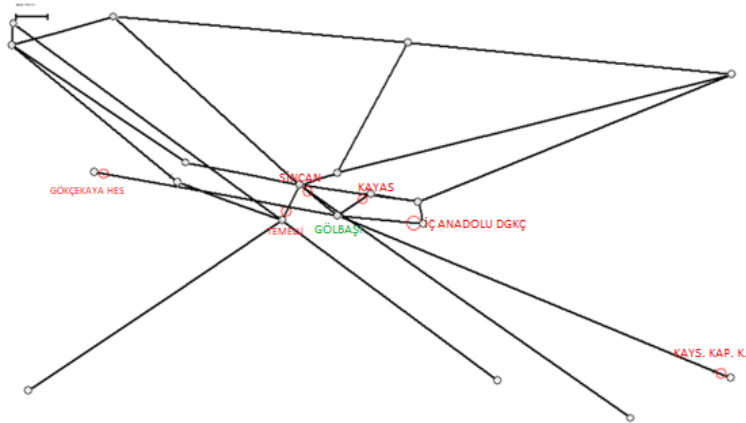


Figure A. Block schema of the Ankara Region

Purpose: Main purpose of this study is performing line protection analysis on simulation program in a regional base utilising real system parameters.

Theory and Methods: In this study, 400 kV transmission lines in Ankara have been modelled and simulated in DIgSILENT power system analysis program and protection analysis is performed. It is investigated how a fault is cleared from the power system in cases such that the relay could not detect the fault or not operate, malfunctioning of circuit breaker. Also it is inspected that effect of this situation on power system. Unlike other studies, real time load flow data and real bus systems are used for modelling. Settings of distance relays which are used in simulations are based on setting principles determined by transmission system operator.

Results: Simulation results show that, if a short circuit fault at transmission line could not be cleared by main protection, it is cleared by back up protection which is third zone of distance protection. Substation and lines connected that substation are became out of service.

Conclusion: In this study, it is used real system datas on power system analysis software to simulate energy transmission lines in one region in terms of protection. It is obtained important results and offered significant suggestions for field protection engineers. Whole power system shall also be analysed in future work.



Ankara Bölgesi İçin Enerji İletim Hattı Koruma Modellemesi Analizi ve Uygulaması

Mutlu SAYGILI¹*, Süleyman Sungur TEZCAN²

¹Türkiye Elektrik İletim A.Ş., İşletme ve Bakım Daire Başkanlığı, Koruma Sistemleri Müdürlüğü, 06520, Çankaya/ANKARA

²Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 06570, Çankaya/ANKARA

Öz

Elektrik enerjisinin sürekli, güvenilir ve kaliteli bir şekilde iletilmesini sağlamak, elektrik güç sistem işletmeciliğinin amacıdır. Bunu sağlamak için sistemde meydana gelen kısa devre arızalarının koruma röleleri tarafından tespit edilip arızalı bölgenin sistemden en hızlı şekilde izole edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, gerçek sistem verilerini kullanarak güç sistemi benzetim programı ile bölgesel çapta hat koruma analizi yapmaktır. Bu çalışmada; DIgSILENT güç sistemi analiz program ile iletim sisteminin bir parçası olan 400 kV'luk sistemde Ankara Bölgesinde yer alan iletim hatları modellenip koruma analizi gerçekleştirilmiştir. Bir kısa devre arızasında mesafe koruma rölelerinin arızayı tespit edememesi, çalışmaması ve kesicinin açmaması gibi durumlarda arızanın sistemden nasıl temizlendiği ve bunun sisteme olan etkileri incelenmiştir. Diğer analiz çalışmalarından farklı olarak gerçek zamanlı yük akış verileri ve bara düzenleri kullanılarak sistem modeli oluşturulmuştur. Mesafe koruma rölesi ayarları, iletim sistemi operatörü tarafından belirlenen koruma prensiplerine göre ayarlanarak benzetim modelinde yer alan mesafe koruma rölelerine yüklenmiştir. Yapılan analizlerde çeşitli senaryolar oluşturularak sistem arızalarında meydana gelen kısa devre akımları, koruma rölelerinin çalışma davranışları, servis harici olan enerji iletim hatları gözlemlenerek sonuçlar çıkarılmış ve öneriler sunulmuştur.

Makale Bilgisi

Başvuru: 18/12/2018
Düzeltilme: 21/03/2019
Kabul: 02/04/2019

Anahtar Kelimeler

İletim sistemi
Koruma röleleri
Mesafe koruma
DIgSILENT
Güç sistem koruması

Keywords

Transmission system
Protection relays
Distance protection
DIgSILENT
Power system protection

Protection Modelling and Analysis of Energy Transmission Lines and Implementation for Ankara Region

Abstract

Providing transmission of energy continuously, reliably and high in quality is aim of transmission system operator. In order to achieve this short circuit faults in the power system should be detected by protection relays then faulty parts should be isolated immediately. Main purpose of this study is performing line protection analysis on simulation program in a regional base utilising real system parameters. In this study, 400 kV transmission lines in Ankara have been modelled and simulated in DIgSILENT power system analysis program and protection analysis is performed. It is investigated how a fault is cleared from the power system in cases such that the relay could not detect the fault or not operate, malfunctioning of circuit breaker. Also it is inspected that effect of this situation on power system. Unlike other studies, real time load flow data and real bus systems are used for modelling. Settings of distance relays which are used in simulations are based on setting principles determined by transmission system operator. In simulations, different cases are investigated in terms of fault currents, behaviours of relays, lines became out of service. Results and suggestions are also presented.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Üretim, iletim ve dağıtım sisteminden oluşan elektrik güç sisteminde enerji arzı ve talep gün geçtikçe artmaktadır. Elektrik güç sisteminin işletilmesi ve bakımı büyük bilgi birikimi ve tecrübe gerektiren önemli bir mühendislik alanıdır. Güç sisteminin işletilmesinde koruma sistemleri önemli bir yer tutmaktadır. Koruma sistemleri; ölçü trafolarından röleye gelen akım ve gerilim bilgilerinin röle tarafından değerlendirilerek güç sisteminde anormal bir durum varsa kesiciye açma komutu gönderen sistemlerdir[1].

Güç sisteminin en önemli elemanları transformatörler ve enerji iletim hatlarıdır. Sistem arızası esnasında bu teçhizatların servis harici olması ile elektrik kesintisi meydana gelebilmektedir. Bu da büyük maddi kayıplara neden olmaktadır [2].

Güvenilir, kaliteli ve kesintisiz bir elektrik enerjisi için kısa devre arızalarının tespit edilmesi ve bu arızaların en kısa sürede temizlenmesi gerekmektedir. Kısa devre arızaları giderilirken sadece arızalı bölgenin sistemden izole edilmesi koruma sisteminin seçici olması adına önemlidir. Bu seçiciliğin sağlanması için röle koruma koordinasyonları titizlikle yapılmalıdır [3].

DIgSILENT programı, iletim, dağıtım ve endüstriyel elektrik sistemlerinin analizi için kullanılan ve elektrik güç sistemi planlanmasında ve işletilmesinde optimizasyon hedeflerine ulaşmak için geliştirilmiş bir interaktif yazılım programıdır. DIgSILENT, "Digital Simulation of Electrical Networks" kelimelerinin kısaltılmış halidir. Bu program ile elde edilen sonuçların doğruluğu ve geçerliliği dünya çapında planlama ve güç sistemlerinin işletilmesi ile ilgili kuruluşlar tarafından onaylanmıştır. Bu program, kullanıcıların güç sistemi analizlerindeki gereksinimlerini karşılamak için entegre bir mühendislik aracı olarak tasarlanmıştır. DIgSILENT analiz programı ile iletim sisteminde meydana gelen kısa devre arızaları simüle edilerek arıza anında koruma sisteminin davranışı gözlemlenebilmektedir. Bu çalışmada iletim sisteminin Ankara Bölgesi sorumluluk sahasında bulunan 400 kV enerji iletim hatlarında kısa devre arızası simüle edilerek koruma açısından sistem davranışı incelenmiştir.

Bu çalışmanın diğer analiz çalışmalarından farklı olarak Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından elde edilen 29 Aralık 2017 saat 20:00 etiketli gerçek zamanlı yük akışı verileri ve bara düzenleri kullanılarak sistem modeli oluşturulmuştur. Gerçek sistemde bulunan akım trafosu oranı ve gerilim trafosu oranı kullanılmıştır. Mesafe koruma rölesi ayarları TEİAŞ koruma felsefesine göre ayarlanarak iletim modelinde yer alan mesafe koruma röleleri ayarlanmıştır. Oluşturulan modelin gerçek sistem verilerini ve koruma ayarlarını içermesi analizin gerçekçi sonuçlar vermesini sağlamıştır. Çeşitli senaryolar oluşturularak analizler yapılmıştır. Sistem arızalarında meydana gelen kısa devre akımları, koruma rölelerinin çalışma davranışları, servis harici olan enerji iletim hatları gözlemlenerek sonuçlar çıkarılmış ve saha mühendisleri için öneriler sunulmuştur.

2. ENERJİ İLETİM HATLARININ MESAFE KORUMA RÖLESİ İLE KORUNMASI (PROTECTION OF ENERGY TRANSMISSION LINES USING DISTANCE RELAY)

Türkiye elektrik iletim sisteminde 400 kV hatlar çift mesafe koruma rölesi ile, 154 kV hatlar bir mesafe koruma rölesi ve aşırı akım rölesi ile korunmaktadır. Birinci mesafe koruma rölesi LP1, ikinci mesafe koruma rölesi LP2 olarak adlandırılmaktadır. Hat gerilimi ve hat akım bilgisine göre çalışan mesafe koruma röleleri, enerji iletim hatlarındaki faz-faz ve faz-toprak kısa devre arızalarının tespit edilmesi için kullanılır [4,5].

Mesafe koruma rölesinin çalışma prensibi; bir noktadaki akım ve gerilim değerlerinin karşılaştırılması temeline dayandığı için bu röleye empedans rölesi de denmektedir. Mesafe koruma rölesi hat gerilim trafosundan ölçtüğü gerilim değerini, hat akım trafosundan ölçtüğü akım değerine bölerek ($Z = V / I$) empedans değerini hesaplar [1,6].

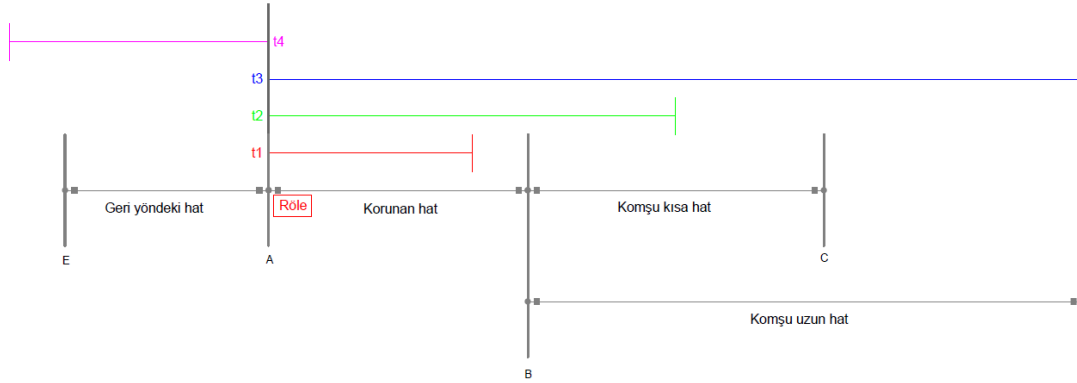
Kısa devre arızasında gerilim değeri düşer, akım değeri yükselir. Bu durumda röle, normal işletme koşullarından daha düşük değerde empedans ölçer. Rölenin ölçtüğü bu empedans değeri ayarlandığı değerin altında ise, röle açma komutu üretir [7,8].

Mesafe koruma rölesi, sadece bulunduğu hattı korumayıp daha ilerisindeki ve daha gerideki hatların da yedek korumasını yaptığı için birden fazla kademe ayar değeri bulunmaktadır [9,10].

Mesafe koruma rölelerinde yaygın olarak mho ve quad karakteristiği kullanılmaktadır [11]. Mesafe koruma rölesi kademe diyagramında mho karakteristiği yuvarlak şekildedir, quad karakteristiği dikdörtgensel şekildedir [12]. Yapılan analizlerde, sistemde takılı olan mevcut röleler kullanılmıştır. Şekil 11'de kademe diyagramı verilen Gökçekaya TM – Gölbaşı fiderinde takılı olan L8A model mesafe koruma rölesi mho karakteristiktir. Şekil 6, 9 ve 13'te kademe diyagramları gösterilen, Kayaş TM – Gölbaşı, İç Anadolu DGKÇ – Gölbaşı ve Sincan – Gölbaşı fiderlerindeki, sırasıyla, P443, P443 ve 7SA87 model mesafe koruma

röleleri quad karakteristiktir. Mesafe koruma kademe diyagramlarında orijine yakın bölge 1. kademedir. 2. ve 3. kademeler önceki kademeleri kapsayacak şekilde artmaktadır [13].

TEİAŞ koruma sistemleri felsefesine göre mesafe koruma kademe ayarları ve çalışma zamanları Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Mesafe koruma rölesi kademe ayarları

Kademe 1: Korunan hattın empedans değerinin %85’ine ayarlanır. ($Z_1 = 0.85 \times Z_{AB}$) Zaman gecikmesiz olarak $t_1=0$ saniyede ani olarak açma komutu üretir.

Kademe 2: Korunan hattın empedans değeri ve komşu en kısa hattın empedans değerinin %50’sinin toplamına ayarlanır. ($Z_2 = Z_{AB} + 0.50 \times Z_{BC}$) Zaman gecikmeli $t_2=400$ ms’de açma komutu üretir.

Kademe 3: Korunan hattın empedans değeri ve komşu en uzun hattın empedans değerinin toplamına ayarlanır. ($Z_3 = Z_{AB} + Z_{BD}$) Zaman gecikmeli $t_3=800$ ms’de açma komutu üretir.

Kademe 4 (Geri kademe) : Korunan hattın bağlı bulunduğu baradaki en uzun hattın empedans değerinin 1.2 katına ayarlanır. Zaman gecikmeli olarak $t_4 = 1500$ ms’de açma komutu üretir [14,15].

Örnek olarak Kayaş TM’deki Gölbaşı fiderinde bulunan LP1 Micom P443 mesafe koruma rölesi kademe ayarı hesaplama yöntemi açıklanmıştır.

Koruma Bölgesi Görünümü

```

KIRIKKALE DG T.M.      KAYAŞ T.M.      GÖLBAŞI T.M.      SİNCAN T.M.
I                      I                      I-----I
I-----I[R]-----I                      KAYSERİ KAPA T.M.
I                      I                      I-----I

```

Relay Model Mesafe Rolesi Değerleri

ATO/GTO ORANI

ATO->3000/1

GTO->380kV/100

kz = 0.789

Şekil 2. Kayaş TM koruma bölgesi görünümü

Mesafe koruma rölesi kademe ayarları hesaplanırken öncelikle korunan hat, komşu en kısa hat, komşu en uzun hat ve geri yöndeki hat belirlenir. Bu hatların empedans bilgileri kullanılarak kademe empedans değerleri hesaplanır. Bu değerler primer değerlerdir. Röleye sekonder değerler girilmelidir. Bunun için primer değerler kz (dönüştürme faktörü) ile çarpılmalıdır. Dönüştürme faktörü akım trafosu oranının gerilim trafosu oranına bölünmesi ile elde edilir.[16]

Korunan hat: Kayaş – Gölbaşı $Z_{AB} = 10.82 \Omega$ (primer)

Komşu kısa hat: Gölbaşı – Sincan $Z_{BC} = 12.44 \Omega$ (primer)

Komşu uzun hat: Gölbaşı – Kayseri Kapasitör $Z_{BD} = 86.88 \Omega$ (primer)

Geri yöndeki hat: Kayaş – Kırıkkale $Z_{AE} = 7.89 \Omega$ (primer)

$$kz = (3000/1)/(380000/100) = 0.789$$

Röleye girilmesi gereken ayarlar:

$$\text{Kademe 1 ayarı} = (Z_1 = 0.85 \times Z_{AB}) \times kz = 7.25 \Omega \text{ (sekonder)}$$

$$\text{Kademe 2 ayarı} = (Z_2 = Z_{AB} + 0.50 \times Z_{BC}) \times kz = 13.44 \Omega \text{ (sekonder)}$$

$$\text{Kademe 3 ayarı} = (Z_3 = Z_{AB} + Z_{BD}) \times kz = 77.08 \Omega \text{ (sekonder)}$$

$$\text{Geri kademe} = Z_{AE} \times 1.2 \times kz = 7.47 \Omega \text{ (sekonder)}$$

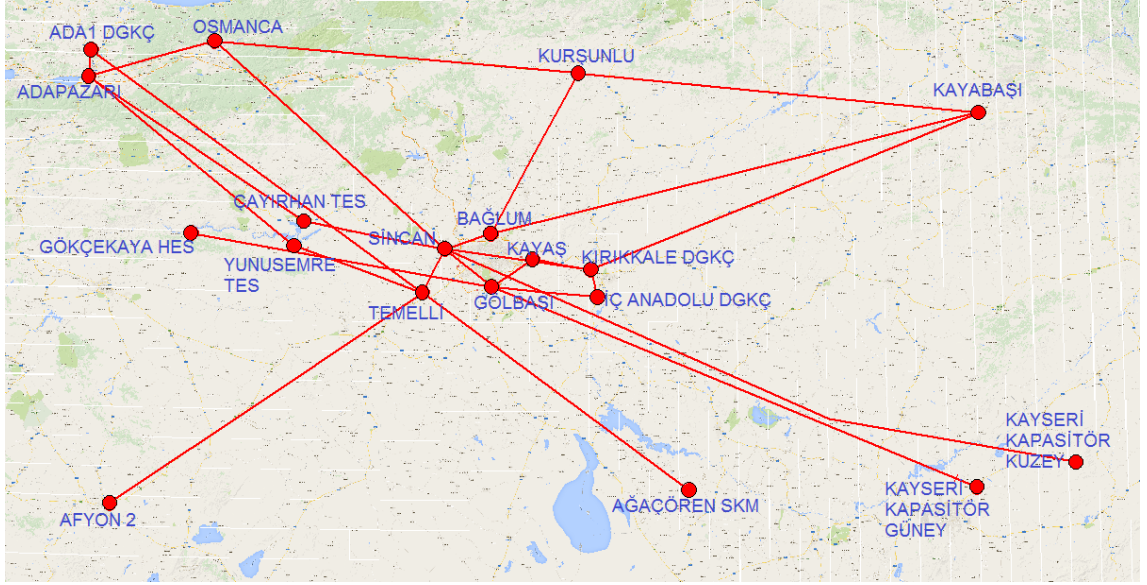
İletim hattı arızalarında, arızanın yeri ile mesafe koruma rölesinin hesapladığı arıza empedansı doğru orantılıdır.[17] Örneğin, 400 kV Gölbaşı – Kayaş hattı 39,361 km uzunluğundadır ve buna karşılık $Z = 10.82 \Omega$ empedans değerine sahiptir. Bu hattın ortasında meydana gelen üç faz kısa devre arızasında mesafe koruma rölesi $Z = 5.41 \Omega$ civarında empedans değeri hesaplamalıdır.

3. ANKARA BÖLGESİ 400 kV İLETİM SİSTEMİNİN DİGSILENT İLE MODELLENMESİ (MODELLING OF 400 kV TRANSMISSION LINES IN ANKARA)

Ankara ilinde yer alan Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi 8. Bölge Müdürlüğünün işletme ve bakım sorumluluğunda 9 adet 400 kV trafo merkezi (TM) ve 26 adet 400 kV hat bulunmaktadır. Şekil 3’de, Ankara Bölgesindeki 400 kV enerji iletim hatları gösterilmektedir.

1. 400 kV Bağlum TM (4 fider)
2. 400 kV Çayırhan TES (2 fider)
3. 400 kV Gölbaşı TM (6 fider)
4. 400 kV İç Anadolu Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali (DGKÇ) (2 fider)
5. 400 kV Kayaş (3 fider)
6. 400 kV Kırıkkale DGKÇ (5 fider)
7. 400 kV Sincan TM (8 fider)
8. 400 kV Temelli TM (6 fider)
9. 400 kV Yunus Emre Termik Elektrik Santrali (TES) (2 fider)

DİGSILENT güç sistemi analiz programı anlık yük koşullarında analiz yapabilme imkanına sahip bir programdır. TEİAŞ Yük Tevzi Bilgi Sisteminde yer alan DİGSILENT uyumlu .dgs uzantılı dosyanın analiz programına yüklenmesi ile Ankara Bölgesi’nde yer alan tüm 400 kV trafo merkezleri sisteme aktarılabilir. Ancak koruma analizinin yapılabilmesi için tüm trafo merkezlerinde bulunan her bir fider için akım trafosu, gerilim trafosu ve mesafe koruma rölelerinin bulunması gerekmektedir. Akım trafolarının ve gerilim trafolarının bağlı bulunduğu dönüştürme oran değeri sahadaki güncel değeri ile uyumlu olmalıdır. Mesafe koruma rölelerinin ayarları TEİAŞ koruma felsefesine göre ayarlanmalıdır.

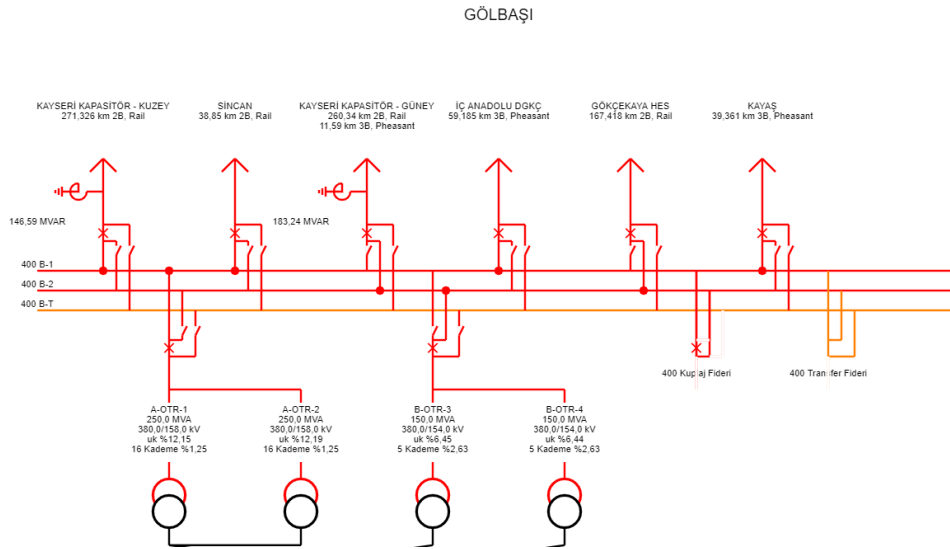


Şekil 3. Ankara Bölgesi (400 kV hatlar)

Bu çalışmada gerekli tüm teçhizat ve ayar yüklemeleri yapıldıktan sonra analize geçilmiştir. Ankara Bölgesi sorumluluğunda bulunan 400 kV Gölbaşı trafo merkezine bağlı 4 hatta kısa devre arızası oluşturulmuştur. Normal koşullarda hatta bir kısa devre arızası meydana geldiğinde hattın bağlı bulunduğu trafo merkezlerinde yer alan mesafe koruma röleleri arızayı tespit edip kesicilerine açma komutu gönderirler ve kesiciler açarak arıza temizlenir [18-20]. Bu analizde, hatta meydana gelen kısa devre arızası esnasında kesici arızası, röle arızası, iletişim arızası gibi herhangi bir sebeple kesicinin açmaması ve arızanın beklenen süresinde temizlenememesi durumunda arızayı kademelerinde gören diğer mesafe koruma rölelerinin davranışları ve arızanın nasıl temizlendiğine dair incelemelerde bulunulmuştur.

4. 400 kV GÖLBASI TM ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ (CASE STUDY OF 400 kV GOLBASI SUBSTATION)

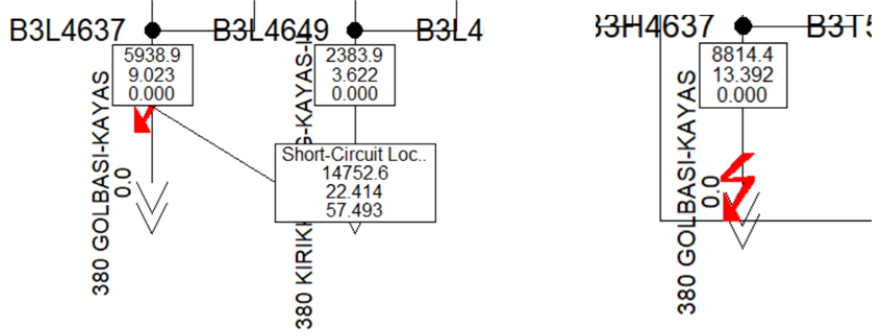
Şekil 4'te tek hat şeması yer alan Gölbaşı trafo merkezi, 6 hat fideri ve toplamda 800 MVA güce sahip 4 adet ototrafosuyla Ankara Bölgesi için önemli bir trafo merkezidir. Gölbaşı TM'nin enerjisiz kalması yani sıfırlanması, Türkiye iletim sisteminin kararlılığının bozulmasına neden olabilir.



Şekil 4. Gölbaşı Trafo Merkezi tek hat şeması

Senaryo 1: 400 kV Gölbaşı – Kayaş hattı kısa devre arızası

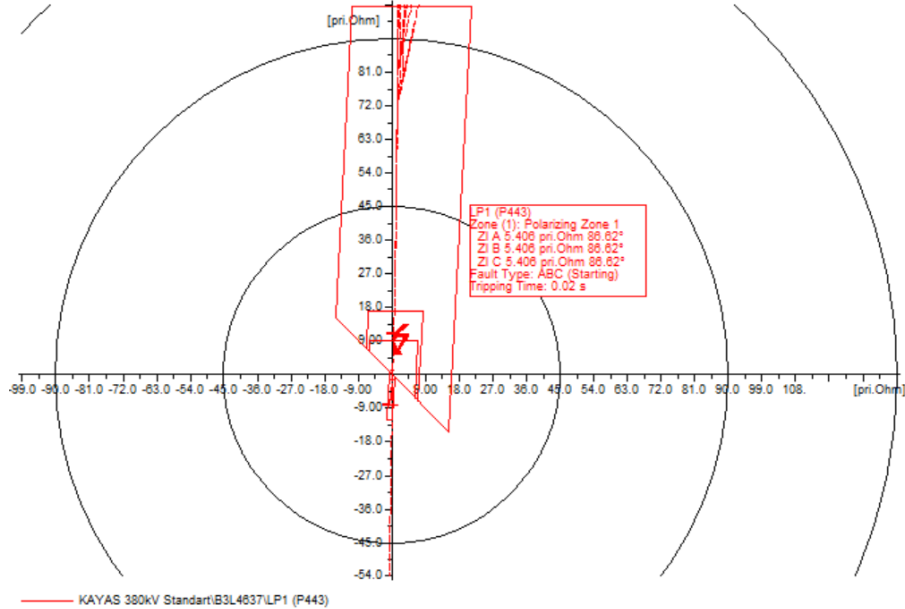
Arıza öncesi yük akışı 400 kV Kayaş TM'den 400 kV Gölbaşı TM'ye doğru $P=292.2$ MW, akan akım $I=420$ Amperdir. 39.361 km uzunluğundaki 400 kV Gölbaşı – Kayaş hattının ortasında üç faz kısa devre arızası oluşturulmuştur. 400 kV Gölbaşı TM'de bulunan Kayaş fideri kesicisinin açmaması durumunu incelemek için burada bulunan mesafe koruma röleleri deaktive edilmiştir.



Şekil 5. Gölbaşı – Kayaş hattı arıza akımları

Arıza noktasına Kayaş TM'den 9023 A, Gölbaşı TM'den 13392 A arıza akımı akmıştır. Toplamda arıza noktasına 22414 A akım aktığı Şekil 5'te görülmektedir. Kısa devre arızasından dolayı oluşan yüksek akım değeri ve gerilimin azalması nedeniyle, mesafe koruma rölelerinin çalışması beklenmektedir.

Şekil 6'da görüldüğü gibi arıza noktası Kayaş TM'de yer alan mesafe koruma rölesinin 1. kademesine girmiştir. Kayaş TM'den LP1 mesafe koruma rölesi 1. kademede ani çalışarak Gölbaşı fideri kesicisini açtırmıştır.



Şekil 6. Kayaş TM – Gölbaşı fideri LP1 mesafe koruma rölesi kademe diyagramı

Senaryo gereği; 400 kV Gölbaşı TM'de bulunan LP1 Micom P443 ve LP2 Micom P444 mesafe koruma röleleri servis harici edilmiştir. Gölbaşı TM'den arıza temizlenememiştir. Bu durumda aşağıdaki trafo merkezlerindeki röleler artçı koruma gerçekleştirerek arıza temizlenmiştir.

Temelli – Sincan LP2 (P443) mesafe koruma rölesi üçüncü kademedede 0.810 saniyede çalışmıştır.

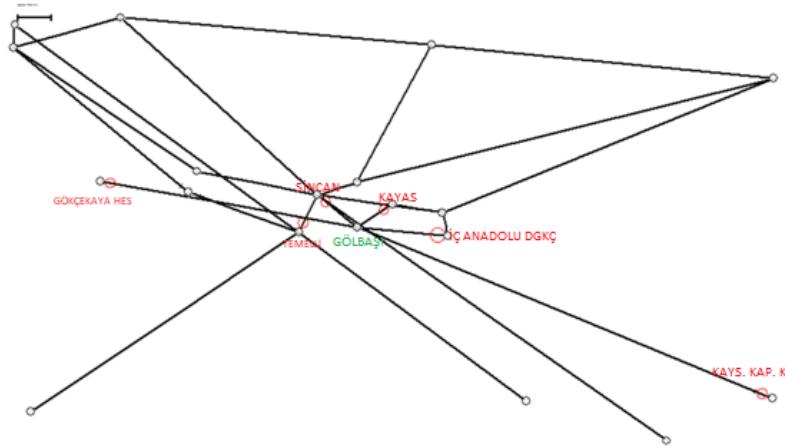
Sincan – Gölbaşı LP1 (7SA87) mesafe koruma rölesi üçüncü kademedede 0.810 saniyede çalışmıştır.

İç Anadolu DGKÇ – Gölbaşı LP1 (P443) mesafe koruma rölesi üçüncü kademedede 0.820 saniyede çalışmıştır.

Gökçekaya – Gölbaşı LP2 (L8A) mesafe koruma rölesi üçüncü kademedede 0.820 saniyede çalışmıştır.

Kayseri Kapasitör – Gölbaşı LP1 (P443) mesafe koruma rölesi üçüncü kademedede 0.830 saniyede çalışmıştır.

400 kV Gölbaşı – Kayaş hattında meydana gelen arızada 400 kV Gölbaşı trafo merkezindeki rölelerin çalışmaması, Gölbaşı TM'den Kayaş fideri kesicisinin açmaması gibi sebeplerle arızanın artçı koruma ile diğer trafo merkezlerinden temizlenmesi sonucu 400 kV Gölbaşı TM Şekil 7'deki gösterilen şekilde sıfırlanmıştır. Ayrıca arızanın meydana geldiği nokta 400 kV Temelli TM'de bulunan Sincan fideri mesafe koruma rölesinin üçüncü kademesine girdiğinden bu röle de çalışarak 400 kV Temelli – Sincan hattı gereksiz yere servis harici olmuştur. Arıza yaklaşık 830 ms'de temizlenmiştir.

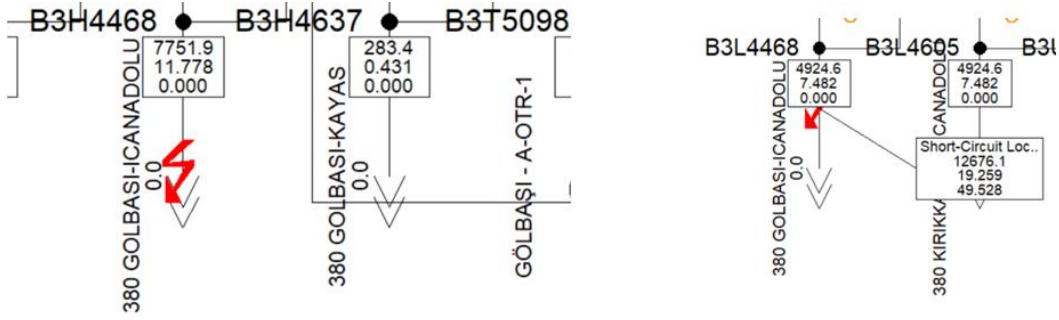


Şekil 7. 400 kV Gölbaşı TM sıfırlanması

Senaryo 2: 400 kV Gölbaşı – İç Anadolu DGKÇ hattı arızası

Arıza öncesi yük akışı 400 kV İç Anadolu DGKÇ'den 400 kV Gölbaşı TM'ye doğru $P=246.8$ MW, akan akım $I=354$ Amperdir. 59.385 km uzunluğundaki 400 kV Gölbaşı – İç Anadolu DGKÇ hattının ortasında üç faz kısa devre arızası oluşturulmuştur. 400 kV Gölbaşı TM'de bulunan İç Anadolu DGKÇ fideri kesicisinin açmaması durumunu incelemek için burada bulunan mesafe koruma röleleri deaktive edilmiştir.

Şekil 8'de görülen arıza noktasına Gölbaşı TM'den 11778 A, İç Anadolu DGKÇ'den 7482 A arıza akımı akmıştır. Toplamda arıza noktasına 19259 A akım akmaktadır, oluşan bu yüksek akım ve gerilimdeki ani düşüş nedeniyle, mesafe koruma rölesinin çalışması gerekmektedir.



Şekil 8. Gölbaşı – İç Anadolu DGKÇ hattı arıza akımları

Şekil 9’da görüldüğü gibi arıza noktası İç Anadolu DGKÇ’de yer alan mesafe koruma rölesinin 1. kademesine girmiştir. İç Anadolu DGKÇ’den LP1 mesafe koruma rölesi 1. kademe de ani çalışarak Gölbaşı fideri kesicisini açtırmıştır.

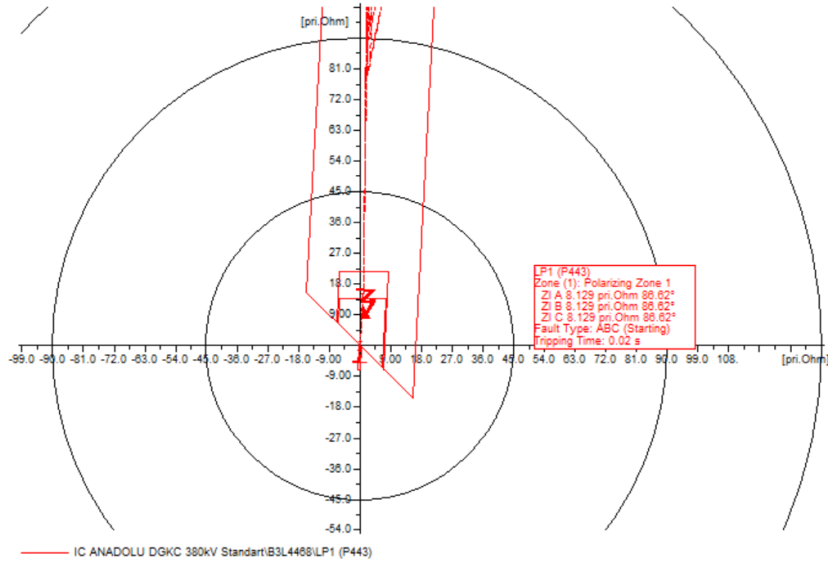
Senaryo gereği; 400 kV Gölbaşı TM’de bulunan LP1 Alstom P443 ve LP2 Alstom P444 mesafe koruma röleleri servis harici edilmiştir. Gölbaşı TM’den arıza temizlenememiştir. Bu durumda aşağıdaki trafo merkezlerindeki röleler artçı koruma gerçekleştirerek arıza temizlenmiştir.

Sincan – Gölbaşı LP1 (7SA87) mesafe koruma rölesi üçüncü kademe de 0.810 saniyede çalışmıştır.

Kayaş – Gölbaşı LP2 (7SA87) mesafe koruma rölesi üçüncü kademe de 0.820 saniyede çalışmıştır.

Gökçekaya – Gölbaşı LP2 (L8A) mesafe koruma rölesi üçüncü kademe de 0.830 saniyede çalışmıştır.

Kayseri Kapasitör – Gölbaşı LP2 (7SA87) mesafe koruma rölesi üçüncü kademe de 0.830 saniyede çalışmıştır.



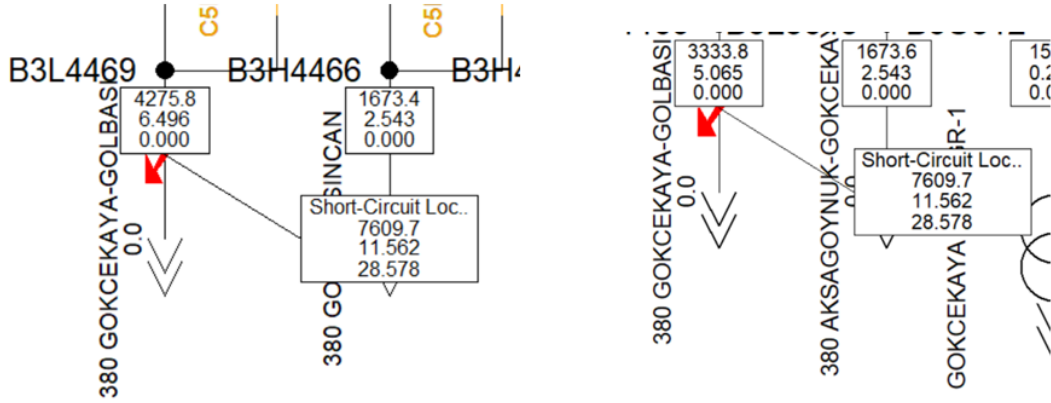
Şekil 9. İç Anadolu DGKÇ – Gölbaşı fideri LP1 mesafe koruma rölesi kademe diyagramı

400 kV Gölbaşı – İç Anadolu DGKÇ hattında meydana gelen arızada 400 kV Gölbaşı trafo merkezindeki rölelerin çalışmaması, Gölbaşı TM’den Kayaş fideri kesicisinin açmaması gibi sebeplerle arızanın artçı koruma ile diğer trafo merkezlerinden temizlenmesi sonucu 400 kV Gölbaşı TM sıfırlanmıştır. Arıza yaklaşık 800 ms’de temizlenmiştir.

Senaryo 3: 400 kV Gölbaşı – Gökçekaya hattı arızası

Arıza öncesi yük akışı 400 kV Gölbaşı TM'den 400 kV Gökçekaya TM'ye doğru $P=31,7$ MW, akan akım $I=74$ Amperdir. 167.418 km uzunluğundaki 400 kV Gölbaşı – Gökçekaya hattının ortasında üç faz kısa devre arızası oluşturulmuştur. 400 kV Gölbaşı TM'de bulunan Gökçekaya fideri kesicisinin açmaması durumunu incelemek için burada bulunan mesafe koruma röleleri deaktive edilmiştir.

Şekil 10'da Gölbaşı – Gökçekaya hat arıza akımları görülmektedir. Buna göre, arıza noktasına Gölbaşı TM'den 6496 A, Gökçekaya'dan 5065 A arıza akımı akmıştır. Toplamda arıza noktasına 11562 A akım akmıştır.



Şekil 10. Gölbaşı – Gökçekaya hattı arıza akımları

Gökçekaya'dan LP1 mesafe koruma rölesi Şekil 11'de görülen 1. kademede ani çalışarak Gölbaşı fideri kesicisini açtırmıştır.

Senaryo gereği, 400 kV Gölbaşı TM'de bulunan LP1 Alstom P443 ve LP2 Alstom P444 mesafe koruma röleleri servis harici edilmiştir. Gölbaşı TM'den arıza temizlenememiştir. Bu durumda aşağıdaki trafo merkezlerindeki röleler artçı koruma gerçekleştirerek arıza temizlenmiştir.

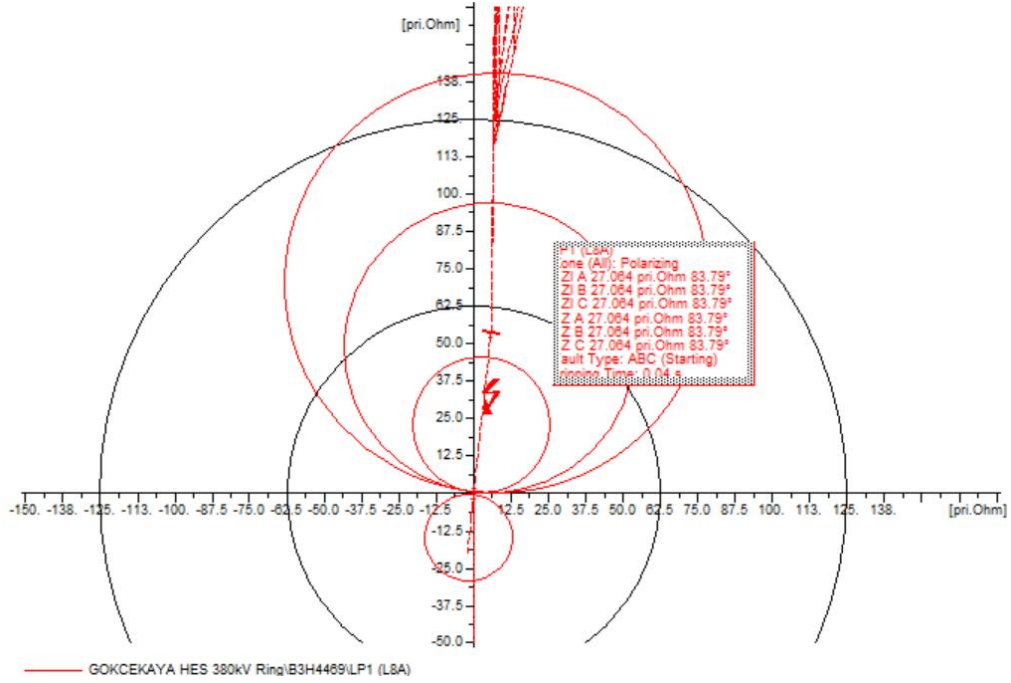
Kayaş – Gölbaşı LP2 (7SA87) mesafe koruma rölesi üçüncü kademede 0.810 saniyede çalışmıştır.

Sincan – Gölbaşı LP1 (7SA87) mesafe koruma rölesi üçüncü kademede 0.810 saniyede çalışmıştır.

İç Anadolu – Gölbaşı LP1 (P443) mesafe koruma rölesi üçüncü kademede 0.810 saniyede çalışmıştır.

Kayseri Kapasitör – Gölbaşı LP2 (7SA87) mesafe koruma rölesi dördüncü kademede 1.210 saniyede çalışmıştır.

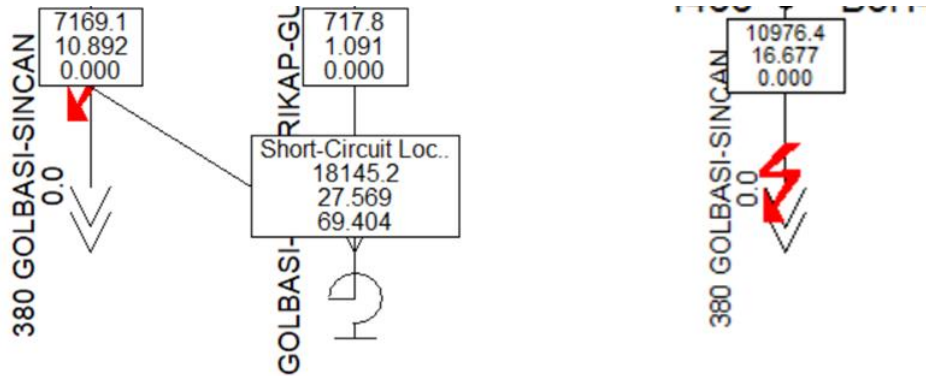
400 kV Gölbaşı – İç Anadolu DGKÇ hattında meydana gelen arızada 400 kV Gölbaşı trafo merkezindeki rölelerin çalışmaması, Gölbaşı TM'den Gökçekaya fideri kesicisinin açmaması gibi sebeplerle arızanın artçı koruma ile diğer trafo merkezlerinden temizlenmesi sonucu 400 kV Gölbaşı TM sıfırlanmıştır. Arıza yaklaşık 1200 ms'de temizlenmiştir.



Şekil 11. Gökçekaya – Gölbaşı fideri LP1 mesafe koruma rölesi kademe diyagramı

Senaryo 4: 400 kV Gölbaşı – Sincan hattı arızası

Arıza öncesi yük akışı 400 kV Gölbaşı TM'den 400 kV Sincan TM'ye doğru $P=94.3$ MW, akan akım $I=295$ Amperdir. 400 kV Gölbaşı – Sincan hattının ortasında üç faz kısa devre arızası oluşturulmuştur. 38.85 km uzunluğundaki 400 kV Gölbaşı TM'de bulunan Sincan fideri kesicisinin açmaması durumunu incelemek için burada bulunan mesafe koruma röleleri deaktive edilmiştir.



Şekil 12. Gölbaşı – Sincan hattı arıza akımları

Şekil 12'deki Gölbaşı – Sincan hattı arıza noktasına, Gölbaşı TM'den 10892 A, Sincan'dan 16677 A arıza akımı akmıştır. Toplamda arıza noktasına 27569 A akım akmıştır.

Sincan'dan LP1 mesafe koruma rölesi 1. kademe Şekil 13'deki gibi ani çalışarak Gölbaşı fideri kesicisini açtırmıştır.

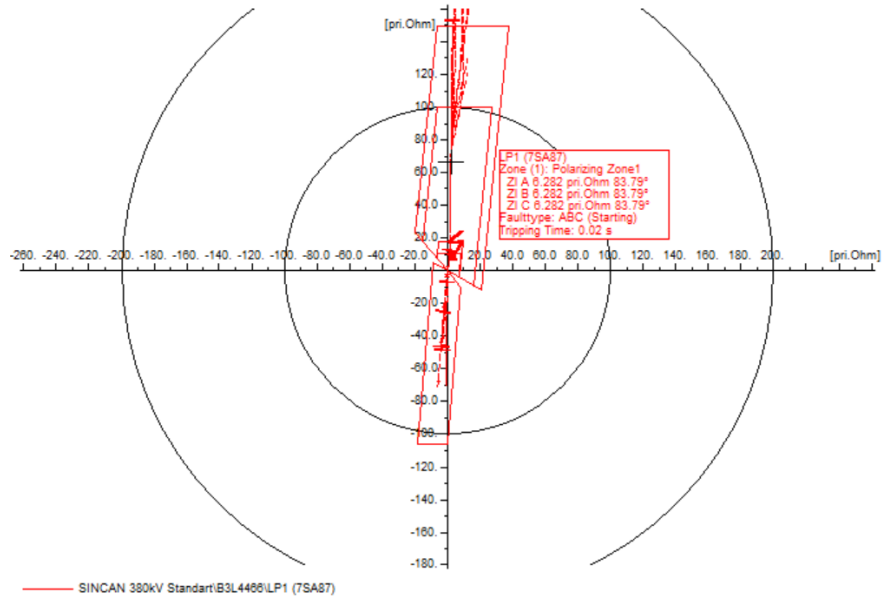
Senaryo gereği, 400 kV Gölbaşı TM'de bulunan LP1 Alstom P443 ve LP2 Siemens 7SA87 mesafe koruma röleleri servis harici edilmiştir. Gölbaşı TM'den arıza temizlenememiştir. Bu durumda aşağıdaki trafo merkezlerindeki röleler artçı koruma gerçekleştirerek arıza temizlenmiştir.

Gökçekaya – Gölbaşı LP2 (L8A) mesafe koruma rölesi ikinci kademede 0.440 saniyede çalışmıştır.

Kayaş – Gölbaşı LP1 (P443) mesafe koruma rölesi üçüncü kademede 0.810 saniyede çalışmıştır.

İç Anadolu – Gölbaşı LP2 (7SA87) mesafe koruma rölesi üçüncü kademede 0.810 saniyede çalışmıştır.

Kayseri Kapasitör – Gölbaşı LP2 (7SA87) mesafe koruma rölesi üçüncü kademede 0.810 saniyede çalışmıştır.



Şekil 13. Sincan – Gölbaşı fideri LP1 mesafe koruma rölesi kademe diyagramı

400 kV Gölbaşı – Sincan hattında meydana gelen arızada 400 kV Gölbaşı trafo merkezindeki rölelerin çalışmaması, Gölbaşı TM'den Sincan fideri kesicisinin açmaması gibi sebeplerle arızanın artçı koruma ile diğer trafo merkezlerinden temizlenmesi sonucu 400 kV Gölbaşı TM sıfırlanmıştır. Arıza yaklaşık 800 ms'de temizlenmiştir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada Türkiye iletim sisteminin bir parçası olan Ankara Bölgesinde bulunan 400 kV elektrik iletim hatlarının koruma yönünden analizi gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak 400 kV Gölbaşı trafo merkezi ele alınmıştır. 400 kV Gölbaşı TM'ye bağlı 4 hatta oluşturulan kısa devre arızalarında Gölbaşı TM'de bulunan mesafe koruma rölelerinin çalışmadığı, kesicinin açmadığı varsayımı ile koruma simülasyonu yapılmıştır. 400 kV Gölbaşı – Kayaş, 400 kV Gölbaşı – İç Anadolu DGKÇ, 400 kV Gölbaşı – Gökçekaya, 400 kV Gölbaşı – Sincan hatlarında üç faz kısa devre arızası oluşturulup Gölbaşı TM'de yer alan mesafe koruma röleleri servis harici edilmiştir. Dört durumda da 400 kV Gölbaşı trafo merkezinin karşı merkezlerindeki kesiciler açarak 400 kV Gölbaşı trafo merkezi sıfırlanmıştır yani enerjisiz kalmıştır. 400 kV Gölbaşı trafo merkeziyle bağlantılı tüm hatlar servis harici olmuştur. Ayrıca, 400 kV Gölbaşı – Kayaş hattı arızasında Temelli TM'de bulunan Sincan fideri mesafe koruma rölesi arızayı 3. kademesinde görerek kesicisine açma komutu göndermiştir. 400 kV Temelli – Sincan hattı gereksiz yere servis harici olmuştur. Arızalar yaklaşık 800 ms'de temizlenebilmiştir. 400 kV Gölbaşı trafo merkezinin sıfırlanması bu trafo merkezinin öneminden dolayı sistem şartlarına göre Ankara ilinde elektrik kesintisi meydana getirebilir.

Normal koşullarda elektrik iletim hattında meydana gelen bir kısa devre arızası mesafe koruma röleleri tarafından ani olarak temizlenir. Bu çalışmada arızalar 1. kademede değil de özellikle 3. kademede temizlendiğinden, 800 ms civarı arıza temizleme süreleri oluşmaktadır. Bu süre, birkaç milisaniyenin bile çok önemli olduğu yüksek gerilim sistemi için çok uzun bir süredir. Bu durum, güç sistemi işletmeciliğinde mesafe koruma rölelerinin arızayı 1. kademede ani olarak temizlemesinin önemini göstermektedir.

Kısa devre arızalarında oluşan kısa devre akımlarının çok yüksek seviyede olması arızanın primer teçhizata zarar vermemesi için vakit kaybedilmeden temizlenmesini gerektirmektedir. Bu açıdan, hatalı açmalara neden olmamak adına, koruma rölelerinin ayar parametreleri doğru girilmelidir. Mesafe koruma rölelerinin periyodik bakımları ve testleri zamanında yapılmalıdır. Ölçü trafolarından akım ve gerilim bilgileri koruma rölelerine doğru bir şekilde gelmelidir. Kısa devre arızası sırasında ölçü trafoları doyuma uğramayacak şekilde sisteme uygun seçilmelidir. Kesicilerin bakımları düzenli ve tam olarak yapılmalıdır.

DIgSILENT PowerFactory programında yapılan bu çalışmada gerçek sistem bilgileri kullanılmıştır. Aynı tip standart mesafe koruma rölesi yerine iletim sisteminde yer alan farklı marka model rölelerin kullanılması gerçek bir sistem arızasındaki röle davranışlarının gerçekçi olarak izlenmesini sağlamıştır. Ankara Bölgesi'nin ele alındığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar sistem arızalarında meydana gelebilecek olası bara ve hat kayıpları hakkında önemli veriler içermektedir. DIgSILENT analiz programı ile yapılan çalışmaların tüm Türkiye enterkonnekte iletim şebekesi ele alınarak gerçekleştirilmesi ileride planlanan çalışmalar arasındadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Saçkesen E., Amaç A., (2011), Koruma Sistemleri, TEİAŞ Eğitim ve İş Güvenliği Dairesi Başkanlığı, 82,87.
- [2] Tür M.R., Aydoğmuş Z., “İletim Hatları için Bulanık Mantık - Tabanlı Direk Tipi Seçimi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C: Tasarım ve Teknoloji, GU J Sci Part: C, 2(4):299-308, (2014).
- [3] Alstom Grid, (2011), Network Protection & Automation Guide, Page Brothers, Norwich, UK, 11-1,11-13.
- [4] Penthong T., Hongesombut K., “An Efficient Method of Automatic Distance Relay Settings for Transmission Line Protection”, 2013 IEEE International Conference of IEEE Region 10 (TENCON 2013), IEEE, (2014), DOI: 10.1109/TENCON.2013.6718905.
- [5] Yang L., Huang S., “Reliable coefficient analysis and exploration of phase-to-phase distance protection for short line”, 2011 International Conference on Advanced Power System Automation and Protection, IEEE, (2012) DOI: 10.1109/APAP.2011.6180813.
- [6] Kaya A., (2015), Elektrik Tesisleri Koruma, 1. Baskı, 231-268.
- [7] Apostolov A., “Modeling of Multifunctional Distance Protection IEDs”, 10th IET International Conference on Developments in Power System Protection, IEEE, (2010) DOI: 10.1049/cp.2010.0354.
- [8] Ertuğrul Ö.F., Kaya Y., Acar E., “Enerji İletim Hattı Arızalarında Elman YSA Kullanılarak Çok Hızlı Arıza Tetikleme Algoritması”, Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, (2012), Cilt 1, Sayı 2, 299-306.
- [9] Arıkan O., Gürsanlı Ö., Aydın H., Yağmur E.A., “An Algorithm for Transmission Distance Relay Setting Calculation Under Network Topology Change”, International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering, Vol.4, Issue5, (2016).
- [10] Zhong Y., Kang X.N., Jiao Z.B., “A Novel Distance Protection Algorithm for Long-Distance Transmission Lines”, 12th IET International Conference on Developments in Power System Protection, IEEE, (2014), DOI: 10.1049/cp.2014.0128.

- [11] Leung K.W., “Computer-Aided Setting Calculation for Distance Zone 2 and Zone 3 Protection”, 1991 International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management, APSCOM-91, IEEE, (2002).
- [12] Gyeltshen T., (2010), Protection Coordination Study in Bhutan Transmission Network, Thesis for the Degree of Master of Science, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 11-12.
- [13] Ojaghi M., Azari M., Mazlumi K., “New adaptive Scheme for Calculating Zone-3 Setting of Distance Relay”, 2013 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), IEEE, (2013), DOI: 10.1109/ICIT.2013.6505785.
- [14] “Koruma Sistemi Felsefesi”, (2017), İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, TEİAŞ, Ankara.
- [15] Gençaydın E., (2006), Enerji İletim Hatlarının Nümerik Mesafe Röleleri ile Korunması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [16] IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines, IEEE Standart C37.113, (2015).
- [17] Blackburn J.L., Domin T.J., (2006), Protective Relaying: Principles and Applications (Third edition), CRC Press, 471-477.
- [18] Ruban N.Y., Andreev M.V., Ufa R.A., Suvorov A.A, Gusev A.S, “Detailed simulation of distance protection for its testing and setting”, Sciendo Journal of Electrical Engineering, (2018), Vol 69, 189-197.
- [19] Neitzel D.K., “Typical Power Circuit Breaker Maintenance Considerations”, 2018 IEEE IAS Pulp, Paper and Forest Industries Conference (PPFIC), IEEE, (2008), DOI:10.1109/PPIC.2018.8502220.
- [20] Jeyaraj S.G., “Effective and Efficient Circuit Breaker Analysis”, IET Conference on Reliability of Transmission and Distribution Networks (RTDN 2011), IEEE, (2012), DOI: 10.1049/cp.2011.0532.