

# GÜVENİLİRLİK ANALİZİ İÇİN DİJİTAL KORUMA RÖLESİ KOORDİNASYONU

Canan PERDAHÇI, İbrahim Halil CAN

Kocaeli Üniversitesi  
Elektrik Mühendisliği Bölümü  
[perdahci@kocaeli.edu.tr](mailto:perdahci@kocaeli.edu.tr), [halilcan82@gmail.com](mailto:halilcan82@gmail.com)

## Özet

*Bu makalede elektrik altyapısını dijital koruma röleleri tesis ederek daha güvenilir hale getirmeyi amaçlayan büyük ölçekli bir endüstriyel tesisin röle koordinasyonu incelenmiştir. Röle koordinasyonu planlanırken, tesisdeki tüm elektriksel ekipmanlara ait parametreler ve farklı işletme koşulları bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Tesisin işletme ve arıza durumları için kritik koşulları belirlenmeli, arıza anında tesise zarar vermeden gerekli açma yapılmalıdır. Bu sebeplerle, doğru selektivite çalışmasının yapılmış olması gereklidir. Bu kapsamda, daha önce tesisin bir bölümü için yapılmış olan bu röle koordinasyon çalışmaları, tesiste kullanılan IEC 255-3, ANSI röle ve kesici markalarını veri tabanında bulunduran PSS SINCAL® programı ile tesisin bütününe yapılmıştır. Sonuç olarak, arıza simülasyonları yardımıyla en uygun koordinasyon tespit edilmiştir.*

## Abstract

*In this paper, the relay coordination of a large scale industrial plant of which the electrical system is intended to be made reliable by establishing digital protection relays was examined. Own parameters of plant's electrical equipments and different operating conditions shall be considered as a whole, when the relay coordination is planned. Moreover, critical conditions of operating and fault status shall be determined and essential trip shall be done by digital protection relays during the fault moment so as not to bring any damage to the plant. For these reasons, accurate selectivity studies are required to be made. In this context, these coordination studies which were also made for a part of plant previously, have been made for all units of plant via using PSS SINCAL® program which includes in its own database all IEC 255-3, ANSI relays and breakers in the plant. As a result, optimum relay coordination was confirmed with the method of fault simulation.*

## 1. Giriş

Röle koordinasyonuna başlamadan önce tesisin detaylı tek hat şeması oluşturulmuştur. Tek hat şeması oluşturulurken motor 'datasheet'lerinden, motor ve trafo plakalarından, eski motor ayar verilerinden, kablolar için kablo metraj projelerinden ve generatör değerlerinden yararlanılmıştır. Kullanılan değerler aşağıdaki gibidir:

Motorlar için; aktif güç, anma gerilimi, anma güç faktörü, ratio R/X, güç faktörü, kalkış akımı, verim, kutup sayısı, motor yol verme zamanı, motor ısısal zamanı, kilitli rotor zamanı, maksimum sıcak yol verme sayısı, maksimum soğuk-sıcak yol verme sayısı.

Trafolar için; giriş gerilimi, çıkış gerilimi, görünür güç, referans kısa devre gerilimi (yüzdesel), omic kısa devre gerilimi. Generatörler için: aktif güç, reaktif güç, güç faktörü, görünür güç, ratio R/X, anma gerilimi, xd"sat. Kablolar için; uzunluk, kesit, direnç, reaktans, kapasite, anma gerilimi, paralel kablo sayısı, frekans, düzeltme faktörü.

Tesisin elektrik üretim kapasitesi Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Tesiste Bulunan Generatörlerin Güç Değerleri

	G1	G2	G3	G4	G5
P (Aktif Güç) MW	9	9	9	12	36
Q (Reaktif Güç) MVA	6	6	0,13	7,05	8,01

Tesiste bulunan elektrik dağıtım istasyonları, bu istasyonlardaki koruma rölesi sayısı ve koruma koordinasyonu analizinde kullanılan arıza noktası sayısı Tablo 2'de gösterilmiştir.[1,2,3]

Tablo 2: Tesiste Bulunan Röle Sayıları ve Arıza Noktaları

Dağıtım İstasyonu	Korma Cihazı Sayısı	Arıza Simülasyon Noktası Sayısı
9MMS-1	14	18
25/36	27	33
5/6/7/8	20	22
9MS-1	19	23
26	12	15
10R-102A	18	13
10R-102	19	20
73-74	8	10
10R-6	5	6
10R-6A	26	27
33	23	24
10R-18	23	25
10R-8	13	15
9MMS-2	8	10
47MMS-1	11	13
47MS-1	22	22
9MMS-3	11	11
63MMS-1	10	10
63MS-1	29	38
10MS-1	13	19
TOPLAM	331	374

Röle tepkileri aşağıdaki durumların modellenmesi ile izlenmiştir.

- 3 Faz Maksimum
- 2 Faz Minimum
- Faz-Toprak Maksimum
- Faz-Toprak Minimum

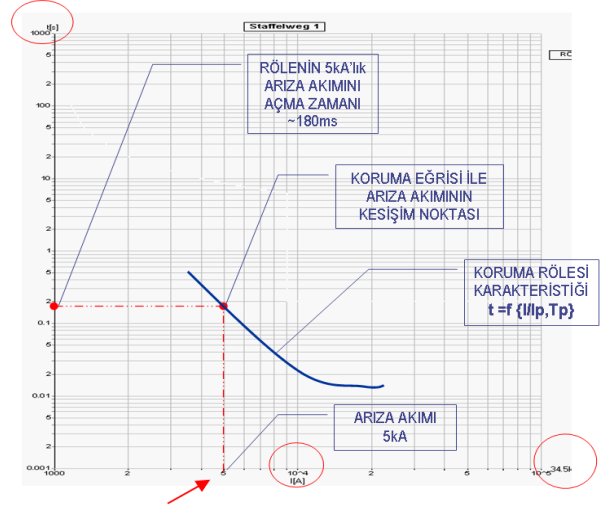
Tablo 2’de arıza simülasyon noktaları; trafo giriş-çıkış noktaları, baralar, motor girişleri, generatör çıkışları, kablo bağlantı noktalarına göre belirlenmiştir. Hesaplar VDE ve IEC standartlarına göre yapılmıştır. PSS SINCAL® programında bu noktalarda oluşabilecek arızalarda, parametrelendirilen rölelerin nasıl davranacağı incelenerek hatalar en aza indirilmiştir.

PSS SINCAL® programı ile tesisin, tüm orta gerilim çıkışlarını kapsayacak şekilde simülasyonu oluşturulmuştur.

Röle koordinasyonu için doğru selektivite çalışmasının yapılması çok önemlidir. Selektivite planlamasında, seri bağlı koruma elemanlarına ait akım zaman karakteristiklerinin Şekil 1’de görüldüğü gibi birbirine karşı ilişkilerinin incelenmesi gereklidir. Bunun için koruma elemanlarının parametrelendikleri değerlere,

bağlı oldukları akım trafosu primer akımına ve tesis edildikleri gerilim seviyesine göre değişen davranış eğrileri akım-zaman diagramına taşınır.[1,8]

Şekil 1: Akım-Zaman Grafiği



Tesisin bütün elektrik sistemi SCADA sistemi üzerinde takip edilmektedir. Şekil 2, barkovizyonda izlenen tek hat şeması görülmektedir.

Şekil 2: Tesis Tek Hat Şemasının Barkovizyon Ekranındaki SCADA görüntüsü



### 1.1. Dijital Koruma Röleleri Koordinasyon Kriterleri

Tesisin röle koordinasyonu yapılırken aşağıda belirtilen kriterler göz önünde bulundurulmuştur.[1,2,8]

- Tesisin minimum 1 ve 2 kutuplu, maximum 3 kutuplu kısa devre akımlarının dikkate alınması,
- Koruma elemanları tesiste ortaya çıkması muhtemel maksimum arıza akımlarına, elektrik ekipmanları hasar görmeden önce reaksiyon göstermesi, koruma elemanları

tesiste ortaya çıkması muhtemel minimum arıza akımlarına da duyarlı olması,

- Arıza noktasına en yakın koruma elemanının en önce açması yolu ile arızanın minimum alanda lokalize edilmesi,
- Her bir rölenin arıza halinde parametrelendiği akım zaman noktasında çalışması ve normal işletme koşullarında hatalı açmalar üretmemesi
- Rölelerin koruduğu elektrik ekipmanının nominal akım ve güç değerlerinde çalışmasına müsaade edilmesi, yük akışı hesap sonuçlarının dikkate alınması
- Röleler arasındaki açma zaman farkı OG tesislerde minimum 200ms, AG tesislerde minimum 70ms civarında olması,
- Kısa devre koruma parametrelerinin belirlenmesinde, akım trafolarının doyma karakteristikleri kriteri göz önünde bulundurulması.

Röle koruma parametreleri, tesisten sürekli halde sistem kapasitesinin müsaade ettiği maksimum yükün beslenmesine olanak sağlayacaktır. Transformatör geçişlerinde, primer ayar değeri sekonderdeki arızayı görmeyecek biçimde tespit edilerek, primerde hızlı bir açma oluşturulabilir. Bu durumda 200ms'lik zaman kademesi ihtiyacı oratadan kalkar.

## 2. Dijital Koruma Rölelerinin Koordinasyonu

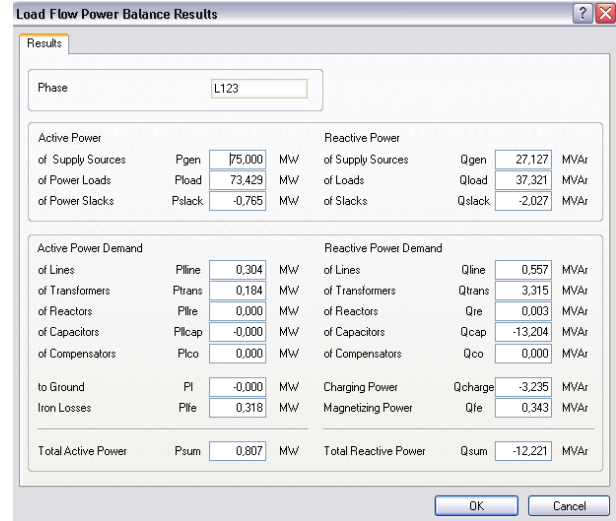
Röle koordinasyonu amacıyla tesisin elektrik sistemin modellendikten sonra elde edilen yük akışı ve kısa devre sonuçları yorumlanmıştır.

### 2.1. Yük Akışı Analizi

Yük akışı analizinde, generatörlerin devrede olduğu ve tesisin TEİAŞ'a bağlı olduğu durum ele alınmıştır. Yük akışı analizi; dağıtım istasyonu bazında işletme durumları, tesisin TEİAŞ ile paralel çalışmada olduğu maksimum işletme koşulları dikkate alınarak yapılmıştır.

PSS SINCAL®'de yapılan yük akışı analizinde, motorların yedeklenme durumları, kapasitif motorlardaki kondansatör katkıları gibi etmenler de göz önüne alınarak toplam üretilen aktif gücün 75MW, toplam üretilen reaktif gücün ise 27MVAr olduğu ve şebekeye de yaklaşık 765kW gibi çok küçük bir gücün verildiği görülmüştür. Sistem kendi dinamikleriyle kendi üretiminin, tüketimini karşıladığı durumdadır. PSS SINCAL®'de yük akışı yapıldığında, Şekil 4'te görünen "SINCAL Power Balance" sonuçları elde edilerek yukarıda verilen değerler açıkça görülmektedir. [1]

Şekil 4: Yük Akışı Power Balance Sonuçları



Yük akışı ile ilgili sonuçlara bakıldığında aşağıdaki değerler görülmektedir.

- Kaynaklar, yükler ve yük akışında slack olarak kabul edilen aktif ve reaktif güç değerleri,
- Trafolar, reaktörler, kapasitelere ait aktif ve reaktif güç talepleri,
- Kapasitif akımların oluşturduğu reaktif güçler,
- Manyetiklenme güçleri ve demir kayıpları

#### 2.1.1. Yük Akışı Analizi Sonuçları

Yük akışı sonuçlarına göre tesisin güç kablolarının ve trafolarının oldukça güvenilir olduğu ancak bazı güç kablolarının bir miktar fazla yüklendiği durumlar gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, bu kablolar potansiyel risk oluşturmaktadır. Bu riski ortadan kaldırmak için kablo kesitleri arttırılmalı veya kablolar paralellenmelidir.[1]

### 2.2. Kısa Devre Analizi

Tesisteki kısa devre değerleri için, maksimum kısa devreler, TEİAŞ'a bağlı olup generatörlerin de devrede olduğu durumlar için hesaplanmıştır. Minimum kısa devreler ise, yukarıda belirtildiği gibi tesisin minimum işletme koşulları baz alınarak hesaplanmıştır. [1].Hesaplanan kısa devreler;

- 3 faz maksimum; tesisteki elemanların kısa devre dayanımları ile ilgili bilgi elde edebilmek ve sıkıntı oluşturabilecek yerlerin tespiti amacıyla hesaplanmıştır. Generatörlerin devrede olduğu ve tesisin TEİAŞ'a Trafo-C (Trafo-D devre dışı) üzerinden bağlı olduğu durum ele alınmıştır.
- 2 faz minimum; röle koordinasyonu açısından, rölelerin ayar değerlerinin verilmesinde önem kazanmaktadır ve dağıtım

istasyonu bazında minimum işletme koşullarına göre hesaplanmıştır.

- 1 faz maksimum; toprak kısa devreleri sırasında geçen maksimum akım değerini hesaplayıp, toprak korumalarına ilişkin bilgi sahibi olabilmek için önemlidir.
- 1 faz minimum; koruma koordinasyonu amacıyla rölelere girilecek toprak ayar değerlerinin belirlenmesi açısından önemlidir.

Tesise ait baraların kısa devre dayanımlarına göre sürelerinin hesaplanması, yapılan koordinasyon çalışması açısından önemlidir. Eğer arıza durumunda baralar, ayarlanan röle zamanlarından daha kısa süre kısa devreye dayanabiliyorsa baralar zarar görür.

Tablo 4: Dağıtım İstasyonlarındaki Kısa Devre Seviyeleri

Dağıtım İstasyonu	Gerilim Seviyesi (kV)	3 Faz max. (kA)	2 Faz min. (kA)	1 Faz max. (kA)	1 Faz min. (kA)
9MMS-1	11	16,58	3,05	1,03	0,77
	3,3	26,4	6,34	30,79	9,31
25/36	3,3	20,55	5,14	20,77	6,03
	0,4	38,45	14,33	40,03	18,57
5/6/7/8	3,3	18,7	5,31	19,43	6,42
	0,4	42,49	14,24	46,96	18,29
9MS-1	3,3	28,16	5,99	29,96	6,76
	0,4	40,04	14,6	41,53	18,82
26	3,3	19,61	6,17	16,64	5,94
	0,4	36,08	14,46	38,3	18,68
10R-102A	3,3	32,9	5,24	31,69	6,51
	0,4	33,15	16,85	34,08	22,49
10R-102	3,3	31,79	5,27	30,25	6,58
	0,4	55,83	23,41	58,12	24,88
10R-6A	3,3	31,81	5,19	30,16	6,4
	0,4	34,06	18,37	36,32	11,57
10R-6	3,3	29,54	5,01	27,13	6,12
33	3,3	27,67	5,37	24,95	6,94
	0,4	40,29	5,82	43,64	7,14
73-74	3,3	30,85	5,92	29,01	8,71
	0,4	38,04	17,6	38,06	23,54
10R-18A	3,3	26,54	4,11	20,09	4,63
	0,4	50,86	13,44	54,94	22,1
10R-8	3,3	20,73	3,93	14,2	4,3
	0,4	55,9	20,9	59,65	30,33
9MMS-2	11	26,61	7,52	0,91	2,44
47MMS-1	11	26,4	6,01	0,9	2,12
	3,3	15,2	7,74	0,21	0,19
47MS-1	3,3	15,24	3,9	0,21	0,18

	0,4	41,79	22,42	44,32	30,24
9MMS-3	11	45,48	5,28	0,87	0,72
	0,4	46,69	32,51	44,32	15,06
63MMS-1	11	42,78	5,09	0,86	0,71
	3,3	30,09	14,63	35,48	10,91
63MS-1	3,3	33,67	10,22	33,88	7,15
	0,4	38,65	27,79	39,44	18,41
10MS-1	3,3	13,11	5,82	13,61	4,28
	0,4	26,46	16,53	29,66	15,46
9HS-1	34,5	18,15	9,2	0,39	0,35
	11	17,06	9,3	0,38	0,35
	3,3	17,06	9,6	0,39	0,35

1 faz maksimum toprak kısa devre değerlerinde en küçük değerler trafo toprak dirençlerinin sınırladığı ve yaklaşık 1kA değerindeki 9MMS-1, 9MMS-2 ve 9MMS-3 tesisleridir. Ayrıca dağıtım istasyonu 47'deki trafonun direnç üzerinden topraklı olması da 1 faz toprak kısa devre akımını sınırlamıştır.

Ayrıca bara kısa devre dayanımları ve süreleri ile baraya gelen veya baradan çıkan en az dayanıklı kabloların, o barada meydana gelebilecek kısa devre değerleri ve zamanları ile karşılaştırılmasına yani elemanların kısa devre termal dayanımlarına ait değerler hesaplanmıştır. Bu değerlerin hesaplanması ve karşılaştırılmasıyla eğer varsa sınır akım değerinde olan veya aşan baralar belirlenebilir. [1]

#### 2.2.1. Kısa Devre Analizi Sonuçları

Herhangi bir arızada 1sn'nin altında dayanımı olan elemanlar için trip zamanları önem kazanacaktır. Bu elemanlara ait ana koruma ve yedek koruma, dayanım zamanından önce çalışıp hatayı temizlemelidir.

Tesiste bulunan motorlara ait kablolar, yaklaşık 0,4-1sn arasında kısa devreye dayanabilmektedir. Röle koordinasyonu açısından motorların kısa devre hata temizleme zamanları 0,05sn, ikincil koruma ise 0,02sn olarak verildiğinden kısa sürede temizleme gerçekleşmektedir; ancak rölenin arızalanması durumunda 2. bir koruma yedek olarak görev yapmalı ve kablonun dayanım süresinden daha kısa sürede devreyi açıp hatayı izole etmelidir.[1,6]

#### 2.2.2. Kısa Devre Dayanım Süresiyle İlgili Sonuçlar

Dijital koruma rölesi kullanılan dağıtım istasyonlarında motor kabloları genel olarak 0,5sn'ye dayanabilmektedir.

Siemens 7SJ64 rölelerinde motor arıza temizleme zamanları 0,05sn (0,5sn'nin altında) olarak ayarlanmıştır. Açma ayar zamanı 0,05sn olduğundan röleler, kablo dayanım zamanlarından önce açacaktır.

Ayrıca röleler, dağıtım istasyonları girişlerinde genel olarak 0,4sn'ye ayarlandığından, ilave bir yedek koruma sağlanmaktadır. Ancak, yük ve kesici gecikmesi 100ms olarak düşünülürse 0,5sn zamanı tam sınırdaki olmakla beraber yeterlidir. Eğer girişler 0,5sn'nin üzerinde ayarlanırsa yedek koruma yapılamayacaktır. Mekanik röleler için arıza temizleme zamanı 0,03sn'dir.

Trafo arıza temizleme zamanları genel olarak 0,2sn'dir. Buna göre arıza dayanım zamanları 0,2sn'nin altında olan trafo besleme kabloları da 0,2sn'den önce arızayı temizleyemeyeceğinden kablonun değiştirilmesinde veya kablonun kesitinin artırılmasında yarar vardır. [1,2,3,4,5]

### 3. Sonuçlar

Rölelerin hesaplanan değerleri simülasyon yöntemiyle analiz edildiğinde; rölelerin, yük akımlarını kesmediği, trafoların ve motorların enerjilendirilmesi durumunda devreyi kesmedikleri, arızaları minimum zaman ve minimum alanda temizleyebildikleri belirlenmiştir.

Radyal sistemlerde koruma koordinasyonu, aşağıdan yukarıya zaman değerleri artırılarak yapılmaktadır. Orta gerilim sistemlerinde koordinasyonun düzgün çalışabilmesi için süre farkının minimum 200ms verilmesi gerekmektedir. Bu süre, akım selektivitesinin kullanılmadığı uzun radyal yapıların ucunda oldukça yükselir. Bu nedenle, sistemdeki tüm cihazların minimum 1s kısa devre dayanımının olması istenmektedir.

11 ve 3,3kV'tan itibaren radyal işletme yapısına sahip olan tesiste, koruma koordinasyon açısından besleme noktasına doğru, röle tipine bağlı olarak ve selektivite açısından bir sıkıntı oluşturmayacak zaman gecikmesiyle açma zamanları ayarlanmıştır. Gerek duyulan yerlerde ikinci kademe de aktif hale getirilerek koruma yapılmıştır.

Yapılan röle koordinasyonu çalışmasında, henüz tüm tesis dijital röleye geçmediğinden mekanik rölelerin ayar değerleri mekanik rölelere uygun şekilde verilmiştir. Tesiste mekanik röle bulunması koordinasyon zamanlarının da yükselmesine neden olmaktadır. Rölelere 0sn açma zamanı verilmesine rağmen açma komutunun gönderilmesi, kesicinin açması 100ms'den daha kısa olamayacağından, dijital rölelere göre daha fazla zaman gecikmesi verilmiştir.

Röle koordinasyonu sonucu PSS SINCAL® simülasyonunda elde edilen veriler tesisin, elektrik altyapısının planlanmasını ve rölelerin, elde edilen verilere göre parametrelendirilmesini sağlamaktadır.[7]

Sonuç olarak, tesisin elektrik altyapısını daha güvenilir ve daha sağlam hale getirmek amacıyla dijital koruma röleleri kullanılması, öncelikle bu rölelerin doğru şekilde parametrelendirilmesini, uygun selektivitenin oluşturulmasını yani bütünüyle röle koordinasyonunun yapılmasını gerektirmektedir.

### 4. Kaynaklar

- [1] Çetinkaya, B. Akduman, B. Tüpraş İzmit Röle Koordinasyon Raporu, Siemens A.Ş., Kocaeli, 2009
- [2] TÜPRAŞ General Project Design Specification P1, TÜPRAŞ, Kocaeli, 2006
- [3] Koruma Rölelerinin Fonksiyon Açıklamaları, Siemens E E&C PTI, İstanbul, 2008
- [4] SIPROTEC 7SJ62/64 Kullanım Kılavuzu C53000-G115A-C207-1, SIEMENS AG, İstanbul, 2009
- [5] SIPROTEC 7UT613/63x Kullanım Kılavuzu V4.60, SIEMENS AG, İstanbul, 2006
- [6] Küçük, S. Çetinkaya, H. Otoprodüktör Santrallerinde Kısa Devre Gücünün Düşürülmesi, ICCI 2009 Bildiriler Kitabı, 2009, 291-292
- [7] Völzke, R. Çetinkaya, H. Günaltay, S. Tupras İzmit Refinery Design Criterias for New Refinery Technical Report V01, SIEMENS, Erlangen, 2010
- [8] Çokuğraş, S. Özkardeş, S. Koruma Tekniğinde Selektivite, SIEMENS, İstanbul, 2009