

# EMPEDANS TABANLI AKILLI ŞEBEKELERDE GERÇEK ZAMANLI ARIZA TESPİTİ VE ARIZA LOKALİZASYONU UYGULAMASI

Mustafa Emre EREN<sup>1</sup>, Turan ALDIRMAZ<sup>2</sup>, Selim ÖZCAN<sup>3</sup>, Ulvi Yusuf BUTAKIN<sup>4</sup>,  
Sezai TAŞKIN<sup>5</sup>

## Özet

Elektrik dağıtım şebekeleri, elektrik enerjisinin geniş bir alana yayılarak tüketicilere ulaştırılmasında hayati bir rol oynar. Ancak, bu karmaşık sistemlerde meydana gelen arızalar, arz-güvenliğini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, arıza empedansı ile arıza noktasının belirlenmesi büyük önem taşır.

Arıza empedansı, arızanın boyutunu ve şiddetini ifade eder ve kontrol edilmesi gereken bir parametredir. Arıza empedansı, röle gibi cihazlar aracılığıyla ölçülür ve belirlenir. Doğru bir şekilde tespit edildiğinde, arızanın hızlı bir şekilde giderilmesi için önemli bir kılavuz sağlar.

Bu çalışmada, Siemens SCADA-ADMS sistemi kullanılarak gerçek zamanlı veri akışı sağlanmış, bu veriler önceden belirlenmiş gerçek şebeke modeli üzerinde işlenmiş ve analiz edilmiştir. Modelde şebeke topolojisi, yük profilleri, gerçek zamanlı veriler ve arıza empedansı gibi faktörler dikkate alınmıştır. Gerçek arızaların simülasyonu için Dicle Elektrik Dağıtım Şebekesi üzerinde farklı senaryolar incelenmiştir. Bu senaryoların her birinde, farklı türde arızalar gözlenmiş olup arıza tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar sonucunda, arıza noktası yaklaşık olarak belirlenerek arıza tespit süresinin azaltılabileceği ve hizmet kalitesinin artırılacağı görülmüştür. Bu çalışmalar güç dağıtım sistemlerinin sürekliliği, daha verimli ve güvenli hale getirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Gerçek zamanlı veri analizi ve yapay zeka teknolojilerinin kullanımı ile arıza tespit işlemleri daha hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu sayede, elektrik

şebekelerindeki kesinti süreleri azaltılabilir ve müşteri memnuniyeti artırılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Arıza Empedansı, Arıza Lokalizasyonu, Elektrik Dağıtım Şebekesi, Akıllı Şebekeler

## Abstract

Electric distribution networks play a vital role in delivering electricity to consumers over a wide area. However, faults occurring in these complex systems can have a negative impact on supply reliability. Therefore, determining the fault location with fault impedance is of great importance.

Fault impedance refers to the size and magnitude of a fault and is a parameter that needs to be monitored. It is measured and determined through devices such as relays. When accurately detected, fault impedance provides a valuable guide for the quick resolution of faults.

In this study, real-time data flow is utilized using the Siemens SCADA-ADMS system. The data are processed and analyzed on a predefined real grid model. The model considered factors such as network topology, load profiles, real-time data, and fault impedance. Different scenarios are examined on the Dicle Electric Distribution Network for simulating real faults. In each of these scenarios, various types of faults are observed, and fault detection processes are performed. The results showed that the fault location could be approximately determined, leading to a reduction in fault detection time and an

<sup>1</sup> Siemens Sanayi ve Ticaret A.Ş., E-posta: [emre.eren@siemens.com](mailto:emre.eren@siemens.com)

<sup>2</sup> Siemens Sanayi ve Ticaret A.Ş., E-posta: [turan.aldirmaz@siemens.com](mailto:turan.aldirmaz@siemens.com)

<sup>3</sup> Siemens Sanayi ve Ticaret A.Ş., E-posta: [selim.ozcan@siemens.com](mailto:selim.ozcan@siemens.com)

<sup>4</sup> Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş., E-posta: [yusuf.butakin@dedas.com.tr](mailto:yusuf.butakin@dedas.com.tr)

<sup>5</sup> Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, E-posta: [sezai.taskin@cbu.edu.tr](mailto:sezai.taskin@cbu.edu.tr)

improvement in service quality. These studies are crucial for enhancing the sustainability, efficiency, and safety of power distribution systems. Real-time data analysis and the utilization of artificial intelligence technologies enable faster and more accurate fault detection processes. Hence, outage durations in electrical networks can be minimized, and customer satisfaction can be increased.

**Keywords:** Fault Impedance, Fault Localization, Electricity Distribution Network, Smart Grids

## Giriş

Günümüzde elektrik enerjisi, modern toplumların işleyişinde hayati bir rol oynamaktadır. Elektrik dağıtım şebekeleri, bu enerjinin tüketiciye ulaştırılmasında kritik bir altyapı işlevi görmektedir. Ancak, bu karmaşık sistemlerde zaman zaman arızalar meydana gelmekte ve elektrik arzının güvenliği etkilenebilmektedir. Bu nedenle, arıza tespitinde ve empedans analizinde doğru ve etkili yöntemler kullanmak büyük önem taşımaktadır.

Arıza empedans analizi, elektrik şebekesindeki arızaların hızlı bir şekilde belirlenmesine ve müdahale edilmesine yardımcı olur. Geleneksel yöntemlerle arıza tespiti genellikle uzun zaman alırken, gelişmiş teknolojiler ve yapay zeka tabanlı sistemler arıza empedansını hızlı ve doğru bir şekilde belirleyebilmektedir.

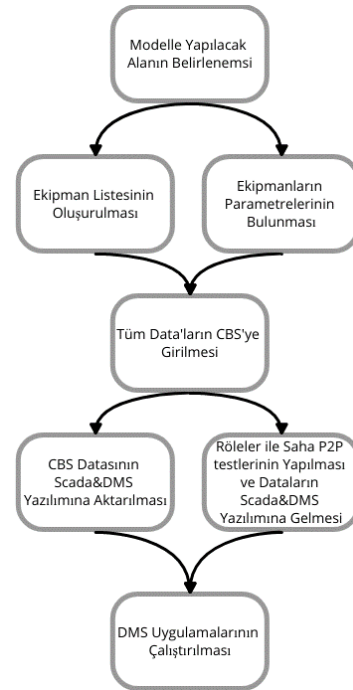
Bu çalışmada, Siemens SCADA-ADMS sistemi kullanılarak gerçek zamanlı veri akışı sağlanmıştır. Bu veriler, Dicle Elektrik Dağıtım Şebekesi üzerinde analiz edilmiş ve işlenmiştir. Çalışmada, şebeke topolojisi, yük profilleri, gerçek zamanlı veriler ve arıza empedansı gibi faktörler dikkate alınmıştır.

## Kapsam ve Yöntem

Çalışma kapsamında, empedans tabanlı gerçek zamanlı arıza tespiti ve arıza yeri bulma araştırması ve uygulaması yapılmıştır. Bu uygulamada, dağıtım şebekesindeki 3 faz arızaları üzerinde durulmuştur. Sahadan gelen veriler doğrultusunda arıza yeri tespiti sağlanmıştır.

Empedans, şebeke elemanlarının (hatlar, trafolar, kesiciler vb.) elektriksel özelliklerini tanımlayan bir parametredir. Böylelikle empedans tabanlı bir sistem kullanarak, dağıtım şebekesindeki değişiklikleri izlemek ve olası arızaları tespit etmek tamamen mümkün hale gelir.

Akıllı şebekelerde, en önemli işlemlerden birisi gerçek sistemi dijital ikiz olarak modellemektir. Bu süreç tüm hatların, ekipmanların gerçek parametrelerinin ve sahadaki değerlerinin toplanması ve bunların dijital ortama aktarılmasını kapsamaktadır. Bu süreç Şekil 1'de gösterilmiştir.

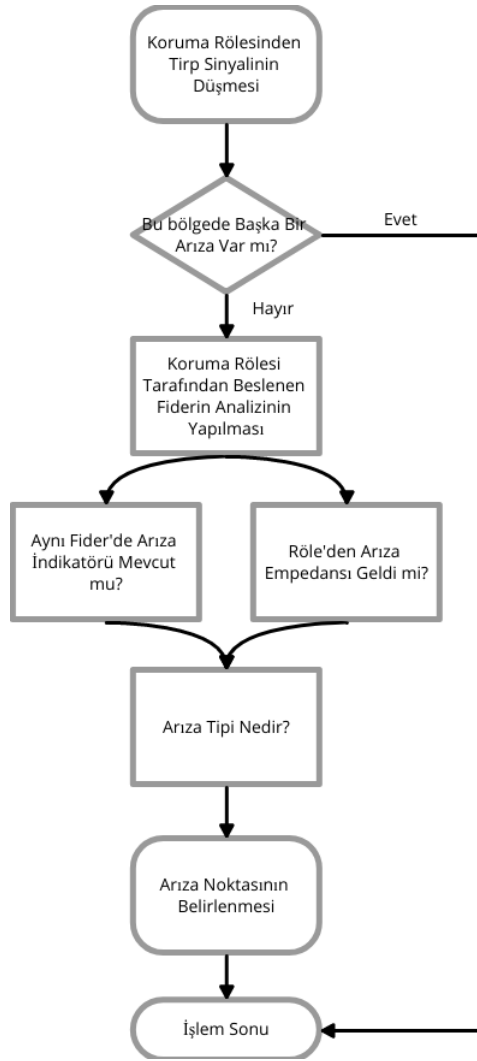


Şekil 1 Şebeke Modelleme Adımları

Dağıtım şebekesinde modelleme yapılırken enerji kaynağından tüketim noktasına kadar olan tüm ekipmanların parametreleri sisteme girilirken enerji kaynak noktası TEİAŞ (iletim sistem operatörü-TSO) olarak alınmaktadır. Ayrıca, mevcut şebekede üretim santrali mevcut ise onun da modellemesi yapılmakta ve tüm tüketim noktalarının Otomatik Sayaç Okuma Sistemi-OSOS'dan aktif ve reaktif tüketim verileri alınarak sisteme tanıtılmaktadır. Böylece şebeke modeli ve şebeke empedans modeli oluşturularak doğruluğu kontrol edilmiş olmaktadır.

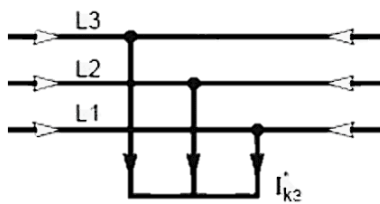
SCADA'ya entegrasyonu yapılan şebeke koruma rölelerinden gerçek zamanlı olarak empedans değerleri izlenerek arıza durumlarını

tespit etmek için bir analiz yapılır. İşlem adımları Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2 Arıza Analiz Adımları

3 faz kısa devre arızası Şekil 3’te verilmiştir.

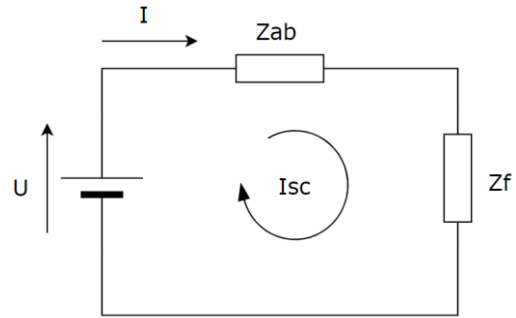


Şekil 3 Üç faz kısa devre arızası

3 faz kısa devre arızasının eş değer devresi Şekil 4’de gösterilmiştir. Burada  $Z_{ab}$  hattın

empedansı,  $Z_f$  harici geçiş empedansı,  $I_{sc}$  ise belirlenen noktada meydana gelen kısa devre akımını göstermektedir.

Yazılıma  $Z_{ab}$ ’nin yani sahadaki tüm dağıtım hatlarının parametrelerinin tanımlaması yapılmıştır. Toplam empedans yaklaşık olarak 0,77 ohm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4 Üç faz kısa devre arızası Thevenin Eşdeğer Devresi

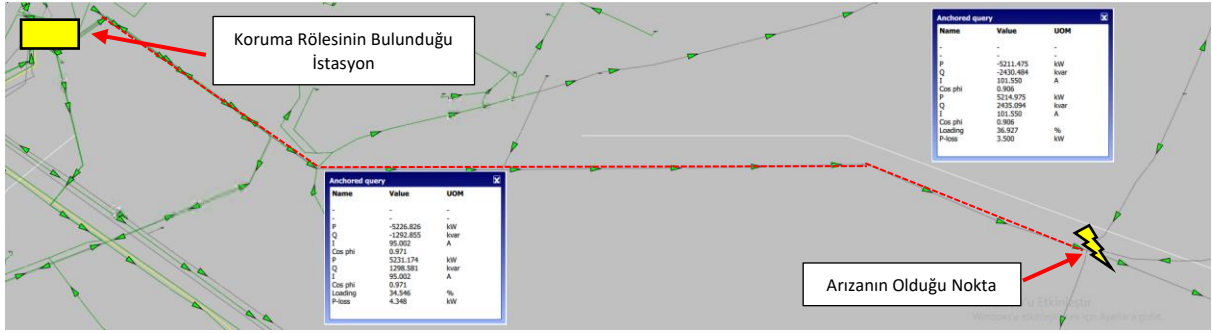
Şekil 4’e göre kısa devre akımı değeri Denklem 1 kullanılarak elde edilmektedir [1].

$$I_{sc}(f) = \frac{U}{Z_{ab} + Z_f}$$

Veri girişleri sisteme yapıldıktan sonra doğrulama için 3 faz kısa devre arızasının sahadaki oluşması beklenmiş olup gelen nokta üzerine öncelikle kısa devre akım büyüklüğü kontrol edildi ve böylelikle sahadaki empedans kontrol edilmiş ve doğrulanmış olacaktır. Bir sonraki adım ise saha ziyareti ekiplerce yapılarak yazılımın önerdiği arıza noktasını kontrol etmek olacaktır.

### Uygulama ve Testler

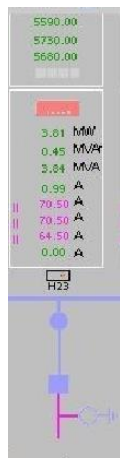
3 faz kısa devre arızası uygulaması ve test alanı Şekil 5’te gösterilmiştir. Besleme hattı noktalı çizgi ile belirtilmiştir. Ayrıca, üzerinde mevcut aktif ve reaktif güç akışı, kablonun yüklenme oranı ve kayıp olan enerji de gösterilmiştir. Arıza rölesinin bulunduğu lokasyon sol kısımda sarı kare ile gösterilmiş olup arızanın meydana geldiği yer şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5 Test Bölgesi ve Güç Akış Gösterimi

Öncelikle yapılacak ilk kontrol, arızanın meydana geldiği zaman röle üzerinden okunan kısa devre akımının kaydedilmesidir.

Bu değer sisteme kesici açmasıyla birlikte aşağıdaki değerler ile beraber aynı anda gelmektedir.



Şekil 6 Kısa Devre Akımının Değeri

- Son aktif ve reaktif güç (MW, MVar)
- Her faz için kısa devre akımı (kA)
- Kesici trip sinyali
- Trip sinyal detayı (ANSI kod)
- Arıza empedans değeri (ohm)

Hattın empedans değerinin kontrolü açısından arıza giderildikten sonra arıza noktası olan L0810630 nolu kablo üzerinde 3 faz kısa devre hesaplaması Spectrum 7 Scada-DMS yazılımı üzerinde çalıştırılmış ve her faz için 5.75 kA hesapladığı görülmüştür. Sistemin güven faktörü ise %87,5 olarak hesaplanmıştır. Bu analiz sonucu Şekil 7’de gösterilmiştir.

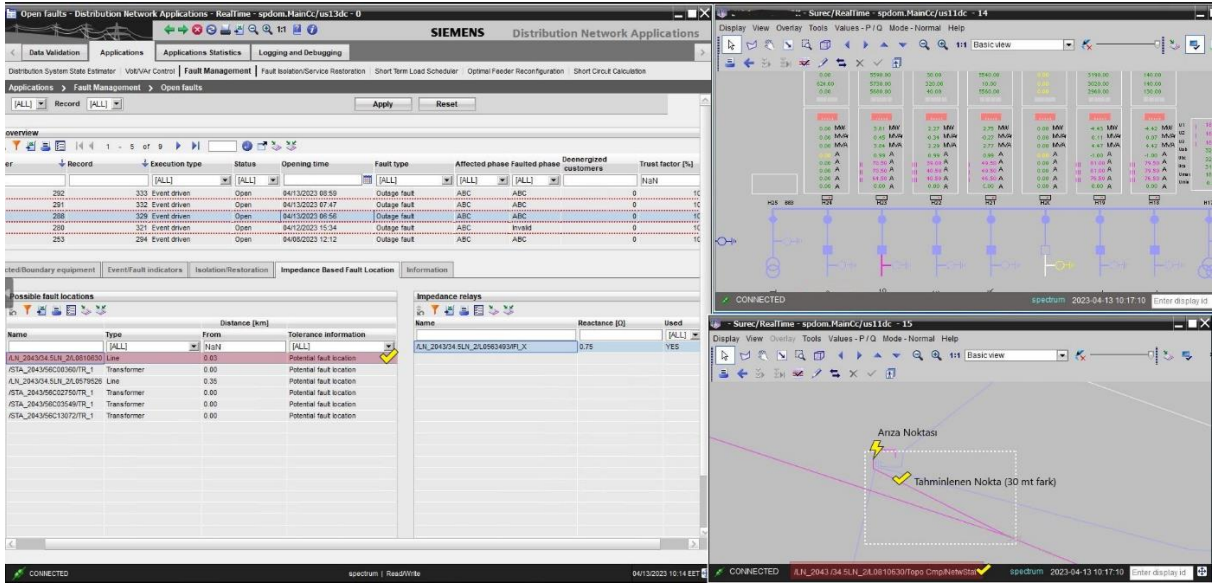
3 faz kısa devre akımı her faz için sırasıyla 5.590, 5.730, 5.680 kA’dır. Şekil 6’da röle üzerinden okunan değerler yer almaktadır.

Uygulamalar > Kısa Devre Hesabı > Tekil SCC Hesaplama Sonucu																		
Tarih/Zaman [ALL] [Apply] [Reset]																		
Özet																		
Arıza																		
AltSistem	Durum	Tarih/Zaman	Simulasyon Zamanı	Bağlayan	Arıza Numuru	Current	Tür	Faz	A	B	C	A	B	C	Earth fault current (kA) exist	Violation (%)	Güven Faktörü (%)	Calculation method
	[ALL]				010630	[ALL]	[ALL]	[ALL]	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	[ALL]	NaN	[ALL]
BAKR3TM380KVBB2B	Completed	05/31/2023 14:53:45	05/31/2023 14:53:45	spectrum	L_N_2043/94_SLN_2L0810630	Maksimum	L-L-L	ABC	5.75	5.75	5.75	0.00	0.00	0.00	0.00	Hayır	87.50	Superposition without Power Flow
BAKR3TM380KVBB2B	Completed	05/31/2023 14:53:45	05/31/2023 14:53:45	spectrum	L_N_2043/94_SLN_2L0810630	Maksimum	L-L-L	ABC	5.76	5.76	5.76	0.00	0.00	0.00	0.00	Hayır	87.50	Superposition without Power Flow

Şekil 7 Kısa Devre Analiz Sonucu

Arıza meydana geldiği zaman koruma rölesi arıza empedansı olarak Scada yazılımına 0,75 ohm değer göndermiştir. Bu değer Şekil 8’de gösterilmiştir. Spectrum 7 Scada-DMS yazılımı bu arıza empedansı ile 6 adet olası arıza noktası göstermiştir. Bunlardan 2 adedi kablo/hat

üzerinde olup diğer 4’ü ise abone trafosu olarak tahminlemesini gerçekleştirmiştir. Ayrıca Şekil 8’de tahminleme sonucu ve arıza noktası da harita üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 8 Arıza Empedansı ve Analizi

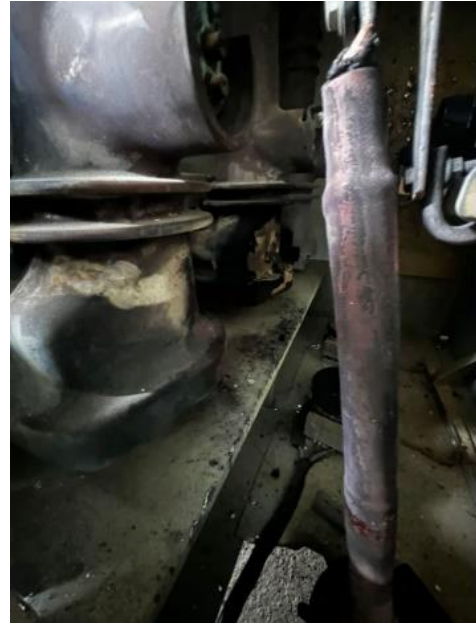
Arıza noktası tespit fonksiyonu(FLOC fonksiyonu)nun tahminlediği noktalar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1 FLOC Fonksiyonu Arıza Noktası Tahminleri

Sn	İd/Ekipman Tipi	Mesafe (km)
1	L0810630/kablo	0,03
2	L0579526/kablo	0,35
3	56C02750/Trafo	0
4	56C03549/Trafo	0
5	56C00360/Trafo	0
6	56C13072/Trafo	0

Tablo 1’de gösterilen mesafeler arıza koruma rölesinden itibaren arıza noktasına olan mesafe değildir. Bu mesafe tespit edilen kablunun başlangıç noktasından itibaren arıza noktasına olan mesafedir. Yani L0810630’nu kablo 60 mt olup FLOC fonksiyonu bu kablunun 30’uncu metresinde arızanın olduğunu tahminlemiştir. Bu da gerçek arıza noktası ile tahminlenen nokta arasında 30 mt fark olduğunu anlamına gelmektedir. Yani, FLOC fonksiyonu 3 faz kısa devre arızasında bu bölgede 30 metre hata yaparak arıza noktasını doğru tahminlemesini yapmıştır.

Ekiplerin sahaya gitmesi sonucunda arıza noktasında meydana gelen kablolarla meydana getirdiği hasar Şekil 9’da gösterilmektedir.



Şekil 9 İstasyonda Meydana Gelen 3 Faz Arıza

Ekipler arıza noktasına normalden daha hızlı ulaştığı için arıza süresi büyük ölçüde kısalmıştır.

## Bulgular

Kısa devre arıza sonucu meydana gelen akım 5.59, 5.73, 5.68 kA boyutundadır. Kısa devre analizi sonucunda elde edilen akım ise 5.75 kA’dır. Buradan da anlaşılacağı üzere her faz kendi içinde ayrı bir empedans dirence sahiptir. A ve C fazlarında B fazına göre ek kablo geçiş empedansları olduğundan dolayı kısa devre

akımının daha az olduğu ve bu durumun arıza empedans analizi sonucunda 30 mt gibi bir yanılısamaya neden olduğu söylenebilir. Kablo ek yeri verisinin de hesaplamalara dahil edilmesinin daha net arıza yeri tespitinde yardımcı olacağı sonucu çıkarılabilir.

## **Sonuç**

Empedans tabanlı gerçek zamanlı arıza tespiti ve arıza lokalizasyonu uygulaması, elektrik şebekelerinin güvenliği ve sürekliliği için önemli bir adımdır. Bu çalışmanın kapsamı ve yöntemi, empedans tabanlı sistemlerin kullanımını vurgulamakta ve 3 faz arıza tespiti ve lokalizasyonunda etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Geliştirilen yöntem, hızlı müdahale ve onarım süreçleriyle enerji şebekelerinin verimliliğini artırabilir ve kesinti sürelerini önemli ölçüde azaltabilir. Bu çalışmanın devamında diğer arıza tipleri olan faz-toprak, faz-faz ve faz-faz-toprak arızaları çalışılacaktır.

## **Kaynakça**

[1] Saadat, Hadi. Power System Analysis, 2010.