



Elektrik dağıtım sistemlerinde kesintili toprak fonksiyonu: önemi, çalışma mantığı ve uygulama potansiyeli

Intermittent earth fault function in electric distribution systems: significance, working principle, and application potential

Ozan AKDAĞ^{1*}

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Malatya, Türkiye.
ozanakdag@live.com

Geliş Tarihi/Received: 10.08.2023
Kabul Tarihi/Accepted: 13.03.2024

Düzeltilme Tarihi/Revision: 26.02.2024

doi: 10.5505/pajes.2024.27109
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu makale, elektrik dağıtım sistemlerindeki kesintili toprak fonksiyonunun önemini ve çalışma mantığını detaylı bir şekilde açıklamaktadır. Kesintili toprak fonksiyonu, dağıtım ağlarında meydana gelen yer altı kablo arızalarının kontrol altında tutulması için kullanılan bir koruma fonksiyonudur. Bu arızalar, elektrik dağıtım sistemlerinin güvenliği ve kararlılığı için ciddi bir tehdit oluşturur. Makalede, kesintili toprak korumanın temel mantığı ve çalışma prensipleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. İlgili koruma röleleri ve parametre ayarları da ele alınmıştır. Ayrıca, kesintili toprak korumanın deneylerle kanıtlanabilirliğine ve Türkiye'de dağıtım sistemlerindeki potansiyel uygulama alanına da değinilmiştir. Çalışma, elektrik dağıtım şirketleri ve mühendislik ekipleri için kesintili toprak fonksiyonunu entegre etmenin faydalarını vurgulamaktadır. Bu fonksiyon sayesinde enerji devamlılığı sağlanır, işletmelerin ve hanelerin verimliliği artar ve maddi hasarlar önlenir. Sonuç olarak, makale, kesintili toprak fonksiyonunun güvenlik ve performans açısından önemine vurgu yapmakta ve Türkiye'de daha yaygın bir şekilde uygulanmasını teşvik etmektedir. Elektrik dağıtım sektörü işletmecilerinin bu konuda farkındalığının artırılması ve teknik zorlukların aşılmasıyla, daha güvenilir ve sürdürülebilir enerji dağıtım sistemlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Kesintili Toprak, dağıtım sistemi, yer altı kablosu

Abstract

This article comprehensively explains the significance and operational principles of the intermittent earth-fault protection function in electricity distribution systems. The intermittent earth-fault protection is a crucial safety feature employed to control and mitigate underground cable faults within distribution networks. These faults pose serious threats to the security and stability of the electricity distribution systems. The article provides a detailed description of the fundamental concept and working principles behind the intermittent earth-fault protection. It also discusses the relevant protection relays and parameter settings. Additionally, the article highlights the experimental validation of the intermittent earth-fault protection and its potential application in Turkey's distribution systems. The study emphasizes the benefits of integrating the intermittent earth-fault protection function for electricity distribution companies and engineering teams. This function ensures intermittent energy supply, enhances the efficiency of businesses and households, and prevents material damages. In conclusion, the article underscores the importance of the intermittent earth-fault protection function concerning safety and performance, while encouraging its widespread implementation in Turkey. By raising awareness among electricity distribution operators and overcoming technical challenges, the aim is to foster the development of more reliable and sustainable energy distribution systems.

Keywords: Intermittent Earth, distribution system, underground cable

1 Giriş

Dağıtım ağlarının ve kablo hatlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, toprak kapasitansının akımı giderek artmaktadır. Dağıtım ağlarında tek fazlı toprak arızaları meydana geldiğinde, arızanın güvenilir bir şekilde tespiti zorlaşır. Özellikle yer altı kablolarında oluşan bu arızalara bağlı arklar kesikli bir toprak arızası ortaya çıkarır [1-2]. Bu tür arızaların karmaşıklığı, elektrik dağıtım sistemlerinin güvenliği ve kararlılığı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu arızalar, sistem performansını olumsuz etkileyebilir, kesintilere ve enerji kayıplarına neden olabilir ve hatta ciddi maddi hasarlara yol açabilir. Ayrıca, arızaların meydana geldiği noktalarda güvenlik riskleri oluşabilir ve çalışanların veya kullanıcıların güvenliğini tehlikeye atabilir. Bu nedenle, kesintili toprak arızalarının etkilerini anlamak, doğru önlemleri almak ve sistemin güvenli ve kararlı bir şekilde işlemlerini sağlamak için detaylı bir analiz yapmak son derece önemlidir. Bu sayede, kesintili toprak arızalarının olası sonuçlarını minimize etmek ve elektrik

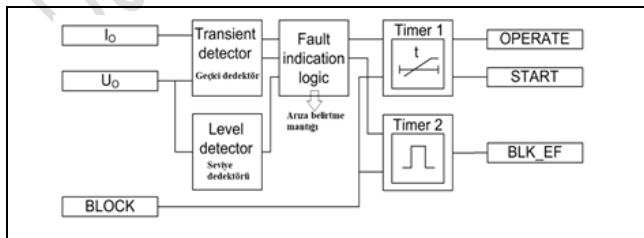
dağıtım sistemlerinin güvenliğini ve devamlılığını sağlamak mümkün olacaktır. Dağıtım ağlarında kesintili toprak arıza tespiti için bugün farklı metotlar yöntemler geliştirilmiş olsa da [3], kesintili toprak arızasının tespitinde hala bazı zorluklar mevcuttur. Özellikle yer altı kablolarında arızaların gözle görülebilmesi, kolay müdahale ediliyor olamaması ve oluşan kesintili arızaların kalıcı arızaya dönüşmeden tespitinin ivedilikle sağlanamaması dağıtım sistemleri için problemdir. Bu nedenle yer altı kablolarında kesintili arızaların belli aralıklarla tekrarlamaya başladığı anda tespit edilmesi önemlidir. Böylece dağıtım sistemi ciddi bir arızaya ve teçhizat hasarına maruz kalmaktan kurtarılabilir. Bu konudaki makaleler incelendiğinde kesintili toprak arızalarının tespiti için çeşitli yöntemlerin ve uygulamaların önerildiği görülmektedir. Bu yöntemler arasında, faz akımlarının ve gerilimlerinin yüksek frekans bileşenlerinin analizine dayalı yöntemler [4], harmonik gücün artışının kullanıldığı yöntemler [5] ve kesintili toprak arızaların oluşturduğu arklara ait gezen dalgalarının analiziyle hatalı hat tespiti yöntemleri [6] yer almaktadır. Buna paralel

*Yazışılan yazar/Corresponding author

olarak frekans yöntemleri arasında FFT analizi, çeşitli dalga formları için wavelet analizi [7] bulunmaktadır. Frekans yöntemleri genellikle karmaşık sinyal işleme ve karar verme algoritmalarıyla birlikte kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu algoritmalarından bazıları arasında bulanık mantık [8], istatistiksel güven yöntemleri [9], istatistiksel varyans tahmini [10], oy sınıflandırma tekniği [11] tekniği ve admitans tekniği [12] yer alır. Bu çalışmada ise dağıtım sistemlerinde kullanılan modern koruma röleleri ile kesintili toprak fonksiyonunun bütüncül olarak kullanılması, arızanın tespiti ve ilgili arızalı lokasyonun dağıtım sisteminden izasyonu deney ortamında simule edilerek detaylı açıklanmıştır. Özellikle Türkiye’de dağıtım sistemlerinde (toprak) kesintili koruma fonksiyonunun yaygın olarak kullanılmadığı tespit edilmiştir. Bunun bazı nedenleri vardır. Bunlar arasında maliyet, teknik zorluklar ve farkındalık eksikliği yer almaktadır. Türkiye’de geleneksel olarak, dağıtım sistemlerinde kullanılan koruma sistemleri genellikle sürekli arızaları algılamak ve korumak üzerine odaklanmıştır. Yani, sistem genellikle kesintili arızaları tespit etmek ve bunlara müdahale etmek için tasarlanmamıştır. Bu nedenle, kesintili koruma fonksiyonları, mevcut koruma sistemlerinin bir parçası olarak geniş çapta kullanılmamaktadır. Bunun yanında kesintili arızaların tespiti ve korunması daha karmaşık ve zorlu bir süreç gerektirebilir. Kesintili arızalar genellikle kısa süreli ve geçici olduğundan, bu tür arızaları doğru bir şekilde tespit etmek ve korumak için daha gelişmiş algılama, analiz tekniklerine, teknik donanımına ve bu konuda farkındalığın oluşmasına bağlıdır. Bu bağlamda bu makale bu konudaki eksiklerin giderilmesine katkı sağlayarak, daha güvenilir ve sürdürülebilirliği olan dağıtım sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

2 Kesintili toprak korumanın tanıtımı

Kesintili toprak koruması, dağıtım ve alt iletim ağlarında kalıcı ve kesikli toprak hatalarının korunması ve temizlenmesi için kullanılan bir koruma fonksiyonudur. Bu koruma fonksiyonu kompanse kablo/yer altı kablolarında kısa süreli geçici kesintili arızaları tespit etmek için kullanılır. Kesintili toprak korumada oluşabilecek arızaların tespiti, önceden tanımlanan ölçütlerle artık akım ve gerilim sinyallerinin izlenmesi ile yapılır. Genellikle bu arızalar geçici olarak bilinir ve hata akımının geçici kısmının sıfır geçişlerinden birinde kendiliğinden sönümlenir. Bu geçici arızalarda genellikle arıza süresi yalnızca 0,1 ms - 1 ms arasındadır [13, 14]. Bu kısa süreli oluşan kesintili arızalar IN ve VN'nin (nominal gerilim ve akım) temel frekans bileşenlerini kullanarak normal toprak koruma fonksiyonu tarafından doğru bir şekilde tanımlanamaz. Genellikle tek bir geçici hata bir ms'nin altında kendiliğinden son bulsa da, çoğu durumda hatalı fazın toprak gerilimi düzeldikten sonra yeni bir hata meydana gelebilir. Bu durumun sıklaşması korunan bölgede kalıcı bir arızanın gelmesine neden olabilir. Kesintili toprak korumasının koruma rölelerindeki genel görünümü Şekil 1’de görüldüğü gibidir [13, 14].



Şekil 1. Kesintili toprak fonksiyonunu genel görünümü [14].

Figure 1. General view of the intermittent earth function [14].

Burada I_0 ve U_0 artık akım ve gerilim değerleridir. Level detector modülü, geçici faz-toprak arızalarında seçilen işletme durumunda kullanılır. Bu modülde U_0 ile gerilim başlangıç değeri karşılaştırılır. Eğer ölçülen değer, belirlenen gerilim başlangıç değerini aşarsa, modül bu değer aşıldığını "fault indication logic" modülüne iletir. "transient detector", artık akım ve gerilim sinyallerindeki anlık değişimleri tespit etmek için kullanılır. I_0 ve U_0 sinyalleri için belirlenmiş ölçütler vardır ve bu ölçütlerin sağlandığı geçici değişimler, şayet arıza durumu olarak algılanırsa "fault indication logic" modülüne iletilir [13, 14]. Koruma rölelerinde işletme moduna bağlı olarak, toprak arızalarını tespit etmek için iki bağımsız işlev bulunmaktadır. Bunlar "Geçici TA (Toprak Arıza)" ve Kesintili TA" işlevidir. "Geçici" TA tüm türdeki toprak arızalarını tespit etmek için tasarlanmışken, "Kesintili TA" modu yer altı kablolarındaki kesintili toprak arızalarını tespit etmek için kullanılır. "Fault indication logic" modülü, algılanan geçici arızaların yön modu ayarı tarafından ayarlanan yön kriterleriyle uyuşup uyuşmadığını kontrol eder [14]. Koruma rölesi açısından arızanın beslenen kabloda olduğu anlamına gelen "İleri" ayar değeri seçilirse, eşleştirme yalnızca I_0 ve U_0 'daki geçici akımların yönünün hem pozitif hem de negatif olması durumunda yapılabilir. "Ters" ayar değeri kullanıldığında ise arızanın dağıtım hattının arkasında kaldığı gelir. Yönün önemi yok ise "Yönsüz" özelliği aktif edilir. "Geçici TA" modunda, geçici arıza tespit edildiğinde ve U_0 seviyesi ayarlanan gerilim başlangıç değerini aştığında, "Timer 1" etkinleştirilir. "Timer 1", U_0 seviyesinin ayarlanan değeri aşması durumunda devrede tutulur. "Kesintili TA" modunda, Timer 1 ilk tespit edilen geçici olaydan itibaren aktifleştirilir. Sıfırlama yapılmadan gereken miktarda kesintili toprak arıza geçici olayı, önceden belirlenen "Pik sayıcı" sınırı ayarıyla belirlenen sayıya ulaşıldığında, "BAŞLAT" çıkışı aktifleştirilir.

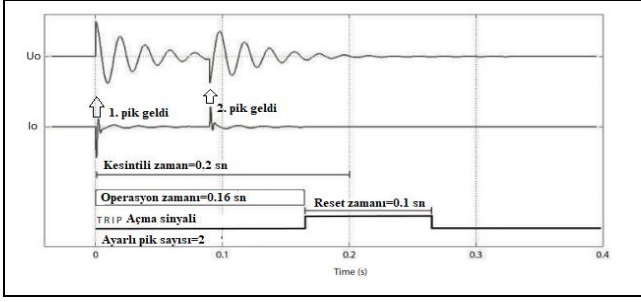
3 Kesintili toprak korumanın temel mantığı

Bu bölümde kesintili toprak fonksiyonunun çalışma mantığı açıklanmıştır. Kesintili toprak korumada, koruma rölelerinde önemli 4 parametre bulunmaktadır. Bunlar aşağıda sıralandığı gibidir [13].

- İşletme gecikmesi,
- Gerekli pik miktarı (arızaya bağlı oluşan durum),
- Residual gerilim limiti,
- Kesintili zaman

Kesintili toprak koruma fonksiyonunun çalışma mantığını anlamak için aşağıdaki 3 örnek senaryo durumu ele alınmıştır.

Senaryo 1: pik sayısı 2, işletme (operasyon) gecikmesi 160 ms ve kesintili zaman 200 ms olarak ayarlanmıştır. Bu arıza senaryosunda operasyon, ilk pikten itibaren işletme gecikmesini hesaplamaya başlar ve ikinci pikte 80 ms sonra gelirse pik miktarı kriteri karşılanır. Aynı zamanda 160 ms'de işletme zamanı kriteri karşılanır ve kesme sinyali (açma sinyali) üretilir. Bu durumu gösteren Şekil 2 incelendiğinde, örneğin bir yer altı kablosunda kesintili toprak fonksiyonu devrede iken yer-altı kablosunda anlık (0-10ms) bir arıza oluşuyor sonrasında arıza sönümlenip yaklaşık 80 ms sonra ikinci arıza oluşuyor. Bu durumda pik miktarı karşılandı ve işletme süresi kesintili zaman ayarı içinde tamamlandı. Bunun sonucu olarak Şekil 2'de trip açma sinyali üretilerek, ilgili kesiciye bu açma sinyali yollanır.

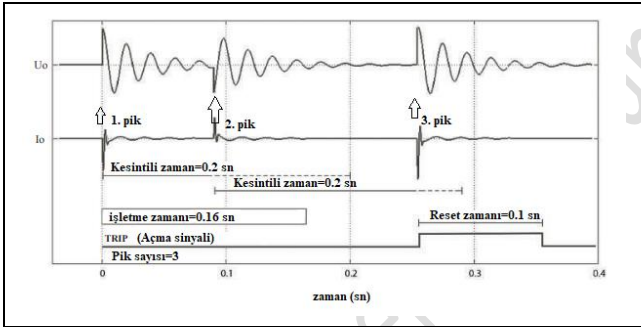


Şekil 2. Kesintili toprak fonksiyonun tepkisi (Senaryo 1)

Figure 2. Response of intermittent earth function (Example 1)

Şekil 2’de görülen ayarlanabilir bir reset gecikmesi vardır. Bu gecikme zamanı devre kesici işlem yapmadan önce serbest bırakılmamasını sağlamak için kullanılır [13].

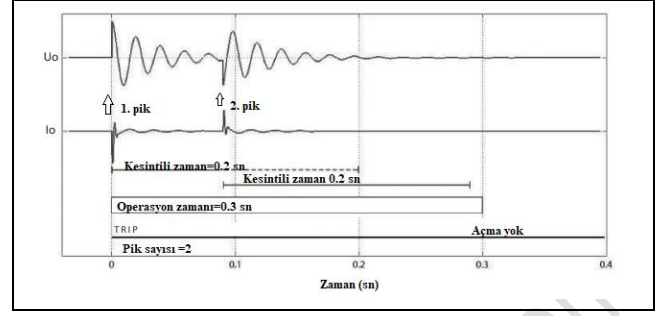
Senaryo 2: pik sayısı 3, işletme gecikmesi 160 ms ve kesintili zaman 200 ms olarak ayarlanmıştır. Bu arıza senaryosunda operasyon, ilk pikten itibaren işletme gecikmesini hesaplamaya başlar ve ikinci pikte 80 ms sonra gelir. 2. pikten sonra üçüncü pike kadar 170 ms sonra geliyor. Eğer ikinci pik, işletme gecikmesi tamamlanmadan önce gelmezse, operasyon, kesikli zaman tamamlandıktan sonra serbest bırakılır. Ancak, ikinci pik işletme süresi tamamlandıktan sonra gelirse ve hala kesikli zaman içinde ise, o zaman anında bir açma sinyali üretme işlemi gerçekleştirilir. Şekil 3 incelendiğinde işletme gecikmesi tamamlanmadığı görülmektedir ama 3. pikin kesintili zaman içinde geldiği görülmektedir. Böylece, pik miktarı karşılandığında anında açma sinyali üretme işlemi gerçekleştirilir [13].



Şekil 3. Kesintili Toprak Fonksiyonun Tepkisi (Senaryo 2).

Figure 3. Response of Intermittent Earth Function (Example 2).

Senaryo 3: pik sayısı 2, işletme gecikmesi 300 ms ve kesintili zaman 200 ms olarak ayarlanmıştır. Bu arıza senaryosunda operasyon, ilk pikten itibaren işletme gecikmesini hesaplamaya başlar ve ikinci pikte 80 ms sonra gelir. Pik miktarı karşılandı ama kesintili zaman, işletme gecikmesi tamamlanmadan önce dolarsa, açma sinyali üretilemez. Şekil 4’de bu durum görülmektedir (Burada 2. pik geldi ama işletme zamanı tamamlanmadan kesintili toprak zamanı bittiği için açma sinyali üretilmemiştir) [13].



Şekil 4. Kesintili Toprak Fonksiyonun Tepkisi (Senaryo 3)

Figure 4. Response of Intermittent Earth Function (Example 3).

Tüm örnek arıza senaryoları incelendiğinde U_0 geriliminin pik geldiği durumda dalgalandığı görülmektedir.

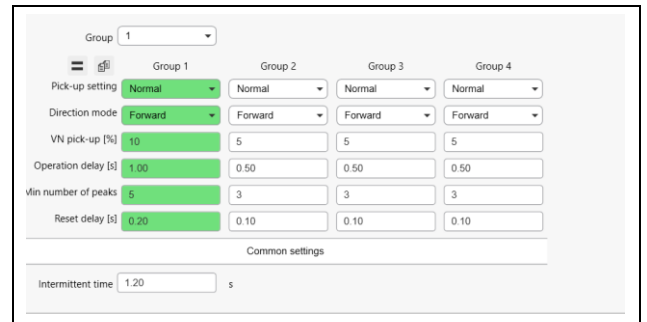
4 Kesintili toprak korumanın uygulanışı için test düzeneği

Bu bölümde kesintili toprak fonksiyonun Türkiye’de dağıtım sistemlerinde uygulanabilirliğini göstermek için bir deney düzeneği kurulmuştur. Bu deney düzeneğinde Türkiye’de dağıtım fiderlerinde genelde kullanılan Easergy P3U30 fider yönetim rölesi ele alınmıştır [13]. Burada test işlemi gerçekleştirilirken Omicron CMC 356 röle test cihazının arayüzü ve cihaz kullanılmıştır [15]. Easergy P3U30 fider yönetim rölesi ve Omicron CMC 356 röle test cihazının genel görünümü Şekil 5’de verilmiştir. Bu deney düzeneğinde öncelikle Easergy P3U30 fider yönetim rölesinde kesintili toprak koruma fonksiyonu ayarlanmıştır. Bu ayar parametreleri Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 5. Easergy P3U30 fider yönetim rölesi (a), Omicron CMC 356 röle test cihazı (b).

Figure 5. Easergy P3U30 feeder management relay (a), Omicron CMC 356 relay tester (b).



Şekil 6. P3U30 rölesine ait kesintili toprak ayarlar parametreleri.

Figure 6. Intermittent earth settings parameters of the P3U30 relay.

Burada işletme (operasyon) zamanı 1 sn, pik sayısı 5 ve kesintili zaman (intermittent time) 1.2 sn olarak ayarlanmıştır, yön olarak ise ileri yön ayarlanmıştır. Sonrasında, bu ayar değerlerine uygun Omicron CMC 356 röle test cihazında olası test senaryosu oluşturulmuştur. Bu test senaryosu Şekil 7'de sunulmuştur. Şekil 7'de oluşturulan test senaryosu 12 bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerde yeraltı dağıtım hatlarında oluşan kesintili toprak arızası simule edilmiştir. Şekil 7'deki verilen test senaryosunda, ilk bölümde 1 sn boyunca sisteme normal işletme akımına uygun bir değer girilmiştir (burada 100 MA aşırı akım rölesinin sekonder girişine uygulanan akım değeridir, örneğin akım trafosu 600/1 ise, primer taraftan yaklaşık 60 amper dengeli 3 faz yük akımı geçecektir). Sonrasında bu dağıtım hattında 1 ms'lik (1. pik gelmiştir ve hem akımın hem de gerilimin ilgili fazda bozulduğu görülmektedir) arıza akımı uygulanmıştır (2. bölüm). Devamında bu geçici arıza durumunun gittiği varsayılarak 3. bölümde nominal işletme akımı tekrar uygulanmıştır (200 ms). Devamında 4. bölümde tekrar 1 ms'lik bir arıza akımı uygulanarak, bu durum diğer bölümlerde tekrarlanmıştır. Böylece rölede ayarlı olan zaman aralığı içinde bu senaryo, toplamda 5 pik (geçici arıza) durumuna ulaşana kadar tekrar edilmiştir. Sonuç olarak 6. pik ile röle ayarlı 5 pik sayısına ulaştığı için (geçtiği için), trip sinyali üretecektir. Burada ilk pik ile son pik arasında Şekil 6'da ayarlı olan operasyon zamanı=1 sn süresi içinde bu test işleminin gerçekleştirildiği görülmektedir.

Bu şekilde, ilgili kesici açılarak ilgili dağıtım hattının enerjisi kesilir. Böylece, yer altı kablosundaki geçici arızaların sıklığı arttığında, kesintili toprak fonksiyonu devreye girerek, daha büyük arızaların meydana gelmesini önleyerek ilgili teçhizatı

koruyacaktır (örneğin XLPE kablo patlaması gibi). Güç sistemlerinde koruma röleleri arasında seçici koruma yapmak ya da farklı durumlar için özel röle koordinasyonu tasarlamak önemlidir [16]. Özellikle yer altı kabloların yoğun olduğu lokasyonlarda kesintili toprak koruma fonksiyonu devreye alınıp, test edilmesi önemlidir [17].

5 Sonuçlar

Kesintili toprak fonksiyonu, elektrik dağıtım sistemlerindeki yer altı kablosu arızalarının kontrol altında tutulması ve daha büyük arızaların önüne geçilmesi açısından büyük öneme sahiptir. Bu fonksiyon, özellikle dağıtım hatlarının olduğu şehir içi ve yoğun yerleşim alanlarında kullanılarak çeşitli avantajlar sağlar. Kesintili toprak fonksiyonu sayesinde, elektrik şebekesindeki yer altı kablo arızaları tespit edilir ve izole edilir. Böylece, potansiyel tehlikeler ve elektrik kazaları önlenir, insan güvenliği artar. Aynı zamanda, sürekli enerji sağlayarak işletmelerin ve hanelerin verimliliğini artırır. Hızlı müdahale sayesinde, arızanın etkilediği ekipmanların hasarı en aza indirgenir ve maliyetli onarımlar önlenebilir. Kesintili toprak fonksiyonu, elektrik dağıtım sistemlerinin güvenli, sürekli, verimli ve ekonomik bir şekilde işlemesi için hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda, özellikle Türkiye'de, henüz az uygulama alanına sahip olmasına rağmen, kesintili toprak fonksiyonu bu çalışmada detaylı bir şekilde tanımlanmış ve uygulaması gösterilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, dağıtım sektörü işletmecilerinin bu konuda farkındalığını artırarak, kesintili toprak fonksiyonunun uygulama alanını genişletmeyi hedeflemiştir. Bu çalışma, kesintili toprak fonksiyonunun faydalarını ve potansiyel kullanım alanlarını detaylı bir şekilde incelemiştir.

| Tablo Görünümü: KESİNTİLİ | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------|
| 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | |
| Ad | Current Without Start | | | | Start Without Current | | | | | | | |
| V(1)-1 | 57,74 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 6,000 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 6,000 V | 0,00 * | 50,000 Hz |
| V(2)-2 | 57,74 V | -120,00 * | 50,000 Hz | 57,00 V | -120,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | -120,00 * | 50,000 Hz | 57,00 V | -120,00 * | 50,000 Hz |
| V(3)-3 | 57,74 V | 120,00 * | 50,000 Hz | 57,00 V | 120,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | 120,00 * | 50,000 Hz | 57,00 V | 120,00 * | 50,000 Hz |
| I L1 | 100,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz | 400,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz | 400,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz |
| I L2 | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz |
| I L3 | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz |
| V E | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz |
| CMC Röle | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | |
| Tetikleyici | 1,000 s | | 1,000 ms | | 200,0 ms | | 1,000 ms | | 1,000 ms | | 1,000 ms | |
| Tablo Görünümü: KESİNTİLİ | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | 6 | | | 7 | | | 8 | | | |
| Ad | Start Without Current | | Current Without Start | | Current Without Start | | Current Without Start | | Current Without Start | | Current Without Start | |
| V(1)-1 | 57,74 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 6,000 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 6,000 V | 0,00 * | 50,000 Hz |
| V(2)-2 | 57,74 V | -120,00 * | 50,000 Hz | 57,00 V | -120,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | -120,00 * | 50,000 Hz | 57,00 V | -120,00 * | 50,000 Hz |
| V(3)-3 | 57,74 V | 120,00 * | 50,000 Hz | 57,00 V | 120,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | 120,00 * | 50,000 Hz | 57,00 V | 120,00 * | 50,000 Hz |
| I L1 | 100,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz | 400,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz | 400,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz |
| I L2 | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz |
| I L3 | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz |
| V E | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz |
| CMC Röle | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | |
| Tetikleyici | 200,0 ms | | 1,000 ms | | 200,0 ms | | 1,000 ms | | 1,000 ms | | 1,000 ms | |
| Tablo Gör | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | 10 | | | 11 | | | 12 | | | |
| Ad | Current Without Start | | Current Without Start | | Current Without Start | | Current Without Start | | Current Without Start | | Current Without Start | |
| V(1)-1 | 57,74 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 6,000 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 6,000 V | 0,00 * | 50,000 Hz |
| V(2)-2 | 57,74 V | -120,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | -120,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | -120,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | -120,00 * | 50,000 Hz |
| V(3)-3 | 57,74 V | 120,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | 120,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | 120,00 * | 50,000 Hz | 57,74 V | 120,00 * | 50,000 Hz |
| I L1 | 100,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz | 400,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz | 400,0 mA | 0,00 * | 50,000 Hz |
| I L2 | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | -120,00 * | 50,000 Hz |
| I L3 | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz | 100,0 mA | 120,00 * | 50,000 Hz |
| V E | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz | 0,00 V | 0,00 * | 50,000 Hz |
| CMC Röle | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | | 0 çıkış etkin | |
| Tetikleyici | 200,0 ms | | 1,000 ms | | 200,0 ms | | 1,000 ms | | 1,000 ms | | 1,000 ms | |

Şekil 7. Omicron CMC 356 röle test cihazına ait test senaryosu.

Figure 7. Test scenario of Omicron CMC 356 relay tester.

Elektrik dağıtım sisteminin güvenilirliği artırılarak enerji devamlılığının sağlanmasına katkıda bulunmayı amaçlamıştır. Özellikle şehir içi ve yoğun yerleşim alanlarında, elektrik kesintilerinin işletmeler ve haneler üzerindeki olumsuz etkileri ciddi boyutlara ulaşabilir. Bu nedenle, kesintili toprak fonksiyonunun uygulanmasıyla sürekli enerji tedariki sağlanırken, işletmelerin verimliliği artırılarak ekonomik faydalar da elde edilebilir. Sonuç olarak, bu çalışma kesintili toprak fonksiyonunun önemini vurgulamakta ve Türkiye’de daha fazla uygulama alanının keşfedilmesine yönelik adımlar atmaktadır. Elektrik dağıtım şirketleri ve mühendislik ekipleri bu fonksiyonu entegre ederek elektrik tesislerinin güvenliğini ve performansını artırabilirler. Bu durum, geniş kapsamlı ve kesintisiz enerji tedarikiyle birlikte, Türkiye’nin enerji sektöründe daha güçlü ve sürdürülebilir bir yapı oluşturmasına katkı sağlayabilir.

6 Conclusions

The Intermittent Earth Function holds great importance in electrical distribution systems for the control of underground cable faults, enabling the mitigation of larger failures. This function offers various advantages, particularly in urban and densely populated areas where distribution lines are present. Through the Intermittent Earth Function, faults in underground cables within the electrical grid are detected and isolated. As a result, potential hazards and electrical accidents are prevented, enhancing human safety. Moreover, it boosts efficiency for businesses and households by providing continuous energy supply. Rapid intervention minimizes damage to affected equipment and prevents costly repairs. The Intermittent Earth Function is crucial for the secure, continuous, efficient, and economical operation of electrical distribution systems.

In this context, especially in Turkey, despite having limited application areas, the Intermittent Earth Function has been comprehensively introduced and demonstrated in this study. The primary objective of this study is to raise awareness among distribution sector operators and expand the application scope of the Intermittent Earth Function. The research examines the benefits and potential use cases of the Intermittent Earth Function in detail. It aims to enhance the reliability of the electrical distribution system and contribute to ensuring energy continuity. Particularly in urban and densely populated areas, the adverse effects of power outages on businesses and households can reach significant proportions. Therefore, implementing the Intermittent Earth Function can ensure continuous energy supply and bring about economic benefits by enhancing business efficiency.

In conclusion, this study highlights the significance of the Intermittent Earth Function and takes steps towards exploring broader applications in Turkey. Electrical distribution companies and engineering teams can enhance the security and performance of electrical facilities by integrating this function. This circumstance, coupled with comprehensive and intermittent energy supply, can contribute to establishing a stronger and more sustainable framework in Turkey’s energy sector.

7 Yazar katkı beyanı

Yazar 1 fikrin oluşması, tasarımın yapılması ve literatür taraması başlıklarında, sonuçların değerlendirilmesi, kullanılan malzemelerin temin edilmesi ve sonuçların incelenmesinde katkı sağlamıştır.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

“Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur”.
“Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır”.

9 Kaynaklar

- [1] Stipetic, N., Filipovic-Grcic, B., & Ziger, I. (2023). LF signal injection for earth-fault localization in unearthed distribution network. *Electric Power Systems Research*, 220, 109249.
- [2] Li, S., Xue, Y., Feng, G., & Xu, B. (2019). Simulation analysis of intermittent arc grounding fault applying with improved cybernetic arc model. *The Journal of Engineering*, 2019(16), 3196-3201.
- [3] Alamuti, M. M., Nouri, H., Ciric, R. M., & Terzija, V. (2011). Intermittent fault location in distribution feeders. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 27(1), 96-103.
- [4] Li L, Redfern MA. A review of techniques to detect downed conductors in overhead distribution systems. Proc IEE 7th Int Conf on Developments in Power System Protection; 2001. p. 169–172.
- [5] Kwon WH, Lee GW, Park YM, Yoon MC, Yoo MH. High impedance fault detection utilizing incremental variance of normalized even order harmonic power. *IEEE Trans Power Del* 1991;6(2):557–64.
- [6] Jingguang H, Xiangyong H, Xianshan L, Hanmei H, Yanping L. A novel single-phase earth fault feeder detection by traveling wave and wavelets. In: International Conference on Power System Technology, PowerCon 2006, Chongqing, China, 22–26 October 2006, 4 p.
- [7] Michalik M, Belka H. Application of the continuous wavelet transform to intermittent high impedance ground fault detection in MV networks. In: Eighth IEE International Conference on Developments in Power System Protection, Amsterdam, Netherlands, 5–8 April 2004, Vol. 2, s. 473–476.
- [8] Saleem SMA, Sharaf AM. A fuzzy ARTMAP based high impedance arc fault detection scheme. In: 21st Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Niagara Falls, Ontario, Canada, 4–7 May 2008, p. 871–876.
- [9] Lazkano A, Ruiz J, Leturiondo LA, Aramendi E. High impedance arcing fault detector for three-wire power distribution networks. In: 10th Mediterranean Electrotechnical Conference, MELeCon 2000, Cyprus, 29–30 May 2000, Vol. III, p. 899–902.
- [10] Lien KY, Chen SL, Liao Ch], Guo TY, Lin TM, et al. Energy variance criterion and threshold tuning scheme for high impedance fault detection. In: *IEEE Trans. Power Del.*, July 1999, Vol. 14, No. 3, p. 810–817.
- [11] Pashaei, M., Karimi, M., Kauhaniemi, K., Asadi, A., Ramli, S. P., & Pourdaryaei, A. (2023, June). Intermittent earth fault detection in distribution network based on the voting classification technique. In *27th International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2023)* (Vol. 2023, pp. 3759-3763). IET.
- [12] Lukowicz, M., Rebizant, W., & Kereit, M. (2020). New approach to intermittent earth fault detection with admittance criteria. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 123, 106271.
- [13] Easergy P3 Universal Röle P3U10, P3U20 and P3U30, Kullanıcı Manuel’i, 2023.
- [14] 615 series Fider Koruma Rölesi, Teknik Manual, 2023.

- [15] Omicron CMC 356 röle test cihazı, 2023. <https://www.omicronenergy.com/en/products/cmc65>.
- [16] Şekeli, M. (2011). REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONUNDA YENİ BİR RÖLE TASARIMI VE KLASİK RÖLE İLE EKONOMİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(2), 257-264.
- [17] Ungrad, H., Winkler, W., & Wiszniewski, A. (2020). Protection techniques in electrical energy systems. CRC Press.

Düzenlenmemiş Sürüm - Uncorrected Version

Düzenlenmemis Sürüm - Uncorrected Version