



Orta Gerilim Yer Altı Elektrik Şebekesi İçin Kablo Arıza Tespit Cihazı Tasarımı ve Gerçek Zamanlı Uygulaması

Design and Real-time Implementation of Cable Fault Detector for Medium Voltage Underground Electricity Networks

Ali Rıza Kaleli¹, Andaç Kılıç², Mehmet Muğan³, Mehmet Akif Ak³, Ertuğrul Çam¹

¹Samsun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

²ADM EDAŞ Ar-Ge Müdürlüğü, Denizli, TÜRKİYE

³Enerpower Ltd. Şti., Çankaya/Ankara, TÜRKİYE

Başyuru/Received: 30/03/2022

Kabul / Accepted: 29/07/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/07/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/07/2022

Öz

Bu çalışmada orta gerilimli yer altı kablolu elektrik dağıtım şebekelerinde oluşan arızaları tespit etmek amacıyla yer altı kablo arıza teşhis cihazı tasarlanmıştır. Bu cihazla Darbe Yansıma Metodu kullanılarak 40 kV'a kadar darbe jeneratörü ile arızanın yerini noktasal olarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için 0-8 kV, 0-16 kV ve 0-32 kV'luk, aralıklarda, 2000 Joule enerjiye sahip bir darbe jeneratörü tasarlanmıştır. Arızalı fazın tespiti yapıldıktan sonra, arıza noktasının tespiti için Ark Yansıma Metodu (ARM) ile arıza noktasının uzaklığı, metre olarak tespit edilebilmektedir. Arızalı yerin noktasal tespiti için; 0-8 kV, 0-16kV ve 0-32kV'luk ve 2000 Joule enerjiye sahip yerli ve yeni bir darbe jeneratörü, kontrol ünitesi, yazılımları ve kullanıcı arayüzleri bu çalışma kapsamında tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen cihaz, yine proje kapsamında düzenlenen bir araç içerisinde uygun şekilde yerleştirilmiş ve çalıştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler

“Yeraltı kablosu, Orta gerilim, Kablo teşhis cihazı”

Abstract

In this study, an underground cable fault diagnosis device was designed to detect faults in medium voltage underground cable electrical networks. It is aimed to detect the location of the fault with a pulse generator up to 40 kV by using the Pulse Reflection Method with this device. For this purpose, pulse generator with 2000 Joules pulse generator was designed in range of 0-8 kV, 0-16 kV and 0-32 kV. After the faulty phase is detected, the distance of the fault point too can be determined in meters with the Arc Reflection Method (ARM) with the device. For the pinpoint detection of the faulty place, a domestic and new pulse generator with 0-8 kV, 0-16kV and 0-32kV and 2000 Joule energy, control unit, software and user interfaces were designed and implemented within the scope of this study. The device realized in the study has been properly placed and operated in a vehicle arranged within the scope of the project.

Keywords

“Underground cable, Medium voltage, Cable diagnostic device”

1. Giriş

Günümüzde elektrik enerjisi üzerine gerçekleşen teknolojik ilerlemeler enerjinin kesintisiz ve sağlıklı bir şekilde dağıtılması açısından önem taşımaktadır. Toplumların sanayileşme hızı enerjiye makul fiyatlarla ulaşılmasından doğrudan etkilenmektedir. Üretim sektörünün veriminin artması enerji üretim santralinden fabrikaya kadar uzanan yolda enerji iletim/dağıtım hatlarının kalitesine önemli derecede bağlıdır.

Kırsal alanda bulunan enerji nakil hatları dağım santrallerine göre daha az korunaklı bölgelerde bulunmaktadır. Bu bölgelerde kopmalara bağlı olarak oluşabilecek arızalar nedeniyle bu hatların fiziksel olaylardan daha az etkilenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. 1850’lü yıllarda ilk defa İngiltere ile Fransa arasında deniz altına kablo döşenmiştir (Gürelli, 1979). Günümüzde bazı büyük şehirlerde enerji dağıtım sistemi tümüyle yer altı kabloları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

Bu kablolama sistemlerinde meydana gelebilecek arızalar için zamanla birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bir olan Köprü yönteminde ortasında bulunan galvanometrenin bir direnç köprü devresinin dengeli olduğu durumda karşılıklı yer alan dirençlerin oranlarının birbirlerine eşit olması prensibine dayanmaktadır (Clegg, 1993). Daha sonra arıza tespiti alanında yapılan çalışmalar devam ederek farklı tiplerde köprü tasarımları gerçekleştirilmiştir (Bascom et al., 1994).

İlerleyen teknolojiyle birlikte ortaya çıkan RADAR sistemleri yer altı kablolarında oluşan arıza noktasının belirlenmesinde bir dönüm noktası olmuştur. Bu yöntem yer altı kabloları için arızaların tespitinde kullanılmış ve çok başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu yöntemde içerisine kabloya gönderilen sinyalin kablo üzerinde empedansının değiştiği noktalardan yansması prensibine dayanmaktadır (Bascom et al., 1994). Dalganın geri dönüşünde geçen sürenin tespit edilmesi ise arızalı bölgenin enerji kaynağına olan uzaklığı sonucunu oluşturmaktadır. Bundan dolayı bu yöntem Darbe Yansıma Ölçüm Yöntemi adı verilmiştir.

İlerleyen yıllarda kablolarda oluşan arıza noktasında ortaya çıkan kıvılcım neticesinde oluşan dalgaların incelenmesi için farklı yöntemler uygulanmıştır. Bu prensibi temel alan yöntemler pasif yöntemler olarak isimlendirilmektedir (Livie et al., 2008). Bu yöntemlerden birisi darbe akımı yöntemidir (Clegg, 1993). Bu yöntemde arızanın olduğu noktada bir darbe jeneratörü tarafından oluşturulan kıvılcımın dalgalarının endüktif kuplaj elemanı üzerinden geçirilerek arızalı bölgenin tespit edilmesi prensibine dayanmaktadır. Darbe Akım Yöntemi arıza noktasının yüksek bir doğrulukla arıza parametrelerinden bağımsız şekilde bulunmasını sağlamıştır. Darbe akımı yöntemi üzerinde yapılan çalışmalar ilerleyen dönemlerde kablo arızalarının tespitinde yazılıma dayalı tespit edilmesini doğru geliştirmiştir. Bu durumun nedeni dalgaların analizinin kişisel tercihlere çok fazla ihtiyaç duyulmasıdır. Bu amaçla yapılan ilk çalışmalardan birisi “Gerçek Zamanlı Uzman Sistem”dir (Real Time Expert System) (Kuan & Warwick, 1992). Sistemin temel çalışma prensibi yansıyan dalgaların ölçümleri bir veri tabanında depolanarak ölçülen darbenin analizini yapılmasına dayanmaktadır.

Darbe yansıma yöntemi, karmaşık hesaplama yükünü ortadan kaldıran ve geleneksel yöntemlerde gereksinim duyulan ek bağlantıların olmadığı etkili bir yöntemdir. Bu yöntemde arızalı kablunun bir tarafından elektriksel darbe gönderilmektedir. Darbe sinyalinin uygulanması sonucunda kablo üzerindeki empedans değişimi incelendiğinde yansımanın kısmen olduğu görülmektedir. Darbenin kablodaki yayılım hızı sabit kabul edildiğinde darbe sinyalinin kaynaktan çıkışı ile dönüşü arasındaki geçen süre, empedansın değiştiği noktanın uzaklığını hesaplamakta kullanılmaktadır. (Clegg, 1993).

Bu çalışmada tasarlanan kablo arıza tespit cihazı ile orta gerilimli yer altı kablolu elektrik dağıtım şebekelerinde oluşan arıza durumunda Darbe Yansıma Metodu kullanılarak 40 kV’a kadar DC yalıtım testi ile 32 kV’a kadar darbe jeneratörü ile arızanın yerini noktasal olarak tespit edebilmiştir. Kablo Arıza Tespit Cihazı için gerekli olan arızanın noktasal tespiti için; 0-8 kV, 0-16 kV ve 0-32 kV’luk, 2000 Joule enerjiye sahip bir darbe jeneratörü ile arızanın noktasal tespiti yapılmıştır. Çalışma kapsamında 1 adet 4x125µF darbe kondansatörü ile 8, 16 ve 32 kV gerilim seviyelerinde 2000 Joule darbe enerjisini kablo arıza noktası tespiti için test edilecek kabloya manuel ya da 5-15 saniye arasında belirlenen sürelerde test ve darbe jeneratörü ile darbe gerilimi uygulanmıştır. Test ve darbe jeneratörü, ölçüm yapılan kabloya verilen 40 kV DC gerilim seviyesinde test jeneratörü üzerinden bir varyak üzerinden kontrol paneli ile 0-40 kV gerilim aralığında DC yalıtım testi yapılmış ve hangi fazın arızalı olduğu tespit edilebilmiştir.

2. Materyal ve metod

Bu çalışmada tasarlanan kablo arıza tespit cihazı ile yüksek gerilimli yer altı kablolu elektrik dağıtım şebekelerinde oluşan arıza durumunda Darbe Yansıma Metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Genel olarak bir enerji dağıtım şebekesi birim değer bazında direnç, hatlar arası kapasite, iletkenlik ve endüktans değeri içermektedir.

2.1. Darbe yansıma metodu

Güç sistemlerindeki Enerji Nakil Hatlarının (ENH) genel olarak modellenmesinde direnç, kondansatör, endüktans ve iletkenlik değeri içermektedir. Bu elemanlar Şekil 1’de gösterildiği gibi bağlanmaktadır.

seçilmektedir. Cihaz içinde çeşitli çalışma modları bulunmaktadır. Bu modlardan DC modunda arızalı kabloya sürekli darbe uygulanmakta ve DC izolasyon testi yapılarak arızalı faz bulunmaktadır. “Tek Darbe Modunda” ise “Tek Darbe” butonu yardımıyla kabloya tek darbe gönderilmekte ve son olarak “Periyot Modunda” ise arızalı kabloya 5’er saniyelik periyotlarla ayarlanan DC gerilim darbesi iletilmektedir.

DC modunda arızalı fazın tespiti yapıldıktan sonra, arıza noktasının tespiti için Tek Darbe veya Periyot Modu ile arıza noktasının uzaklığının metre olarak ön tespiti yapılmaktadır. Arızanın noktasal tespiti için; 0-32 kV aralığında DC darbesi sağlayan darbe jeneratörü ile arızanın noktasal tespiti gerçekleştirilmektedir.

3. Deneysel Sonuçlar

Bu çalışmada tasarımı gerçekleştirilen Orta Gerilim Yeraltı Elektrik Şebekesi İçin Kablo Arıza Tespit Cihazı kapsamında öncelikle test ve darbe jeneratörü modülü geliştirilmiştir. Bu modül solenoid çekme bobini ve darbe şalteri, yüksek gerilim üretici, kondansatör ünitesi, soğutma fanı bileşenlerinden oluşmaktadır. Modülün teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Test ve Darbe Jeneratörü Özellikleri

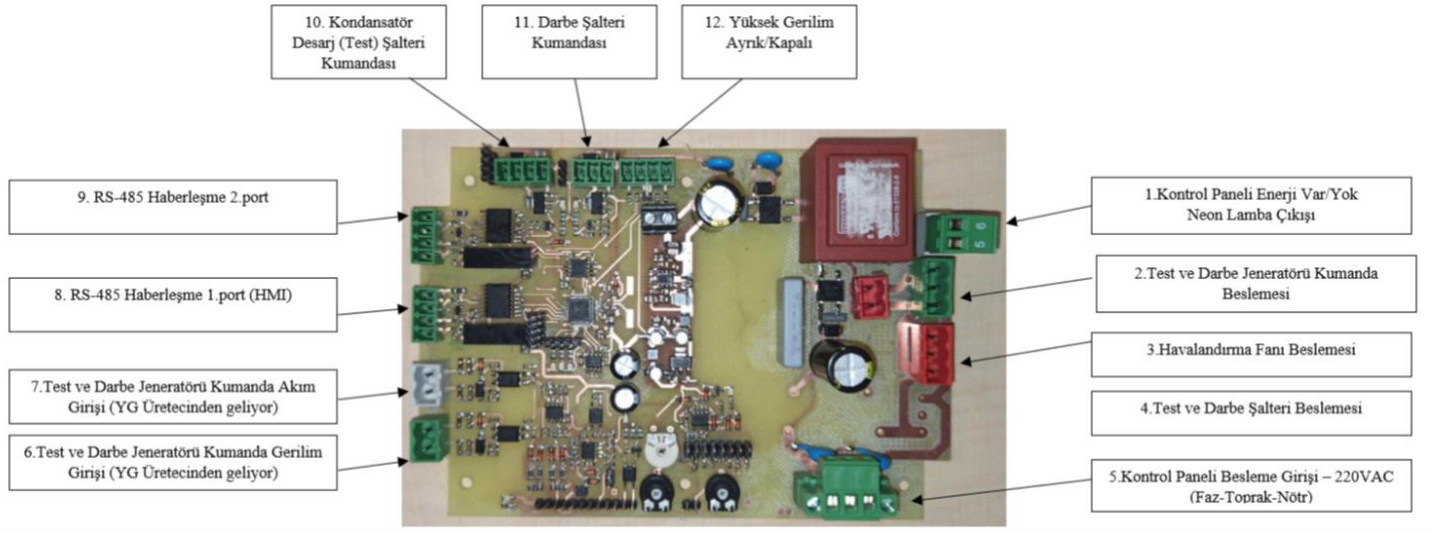
Test ve Darbe Jeneratörü Özellikleri:	
Çıkış Gerilimi	0~35kV (Değişken Adımlı)
Maksimum Güç	2000J
Enerji saklama kapasitesi	2 μ F

Test ve darbe jeneratörü modülü içerisinde bulunan kondansatör ünitesi 8, 16 ve 32 kV gerilim seviyelerinde Yüksek Gerilim Üretici üzerinden şarj edilerek, darbe enerjisini, kablo arıza noktasının tespiti için, test edilecek kabloya; manuel ya da 5 saniye periyotla uygulanmaktadır. Test ve darbe jeneratöründen gelen enerjinin anahtarlama solenoid çekme bobini ve darbe şalteri üzerinden yapılmaktadır. Test ve Darbe jeneratörünün en önemli bileşeni olarak kullanılan solenoid çekme bobini 3kgf’lik itme ve çekme kuvvetini iki yönde uygulayabilir. Solenoid bobinden test ve darbe jeneratöründe birer adet olmak üzere, toplam 2 adet kullanılmıştır. Kondansatörün deşarjı esnasında bu bobinler kontakların birleşme ve çekme işlemlerini darbe şalteri ile yürütmektedir. Solenoid Çekme Bobini ve Darbe Şalterine ait görüntü Şekil 3’te gösterilmiştir. Bunun dışında bu modül içinde yüksek gerilim çıkışını sağlamak için 2 adet 20kV yüksek gerilim üretici kullanılarak 40kV DC gerilim elde edilmiştir.



Şekil 3. Solenoid Çekme Bobini ve Darbe Şalteri

Çalışma kapsamında tüm sistemlerin kontrolünü ve cihazların yönetilmesini sağlanması; kontrol, ölçüm, haberleşme görevlerini yerine getirmesi amacıyla tasarlanmıştır. Karta ait görüntü Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Kontrol Kartı

Tasarlanan cihaza ait kullanıcı arayüzü ise Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Kontrol paneli (Kullanıcı Arayüzü)

Genel olarak sistemin çalışmasında öncelikle sistem anahtarlı şalter ile fiziki olarak açık hale getirilir, sonrasında arayüz ekranından sistem başlatılır. Ekran üzerinden "Gerilim Seçim Komitatörü" 0 kV'a ayarlanır ve "Yüksek Gerilim" butonuna basılarak sistem yüklenir. Daha sonra "Mod Seçim Komitatörü" yardımıyla Deşarj Modu seçilir ve istenen gerilim seviyesi uygulanarak, yüklenen kondansatör ünitesinin boşalması sağlanır. En sonunda ise gerilim tekrar 0kV konumuna alınarak sistem durdurulur.

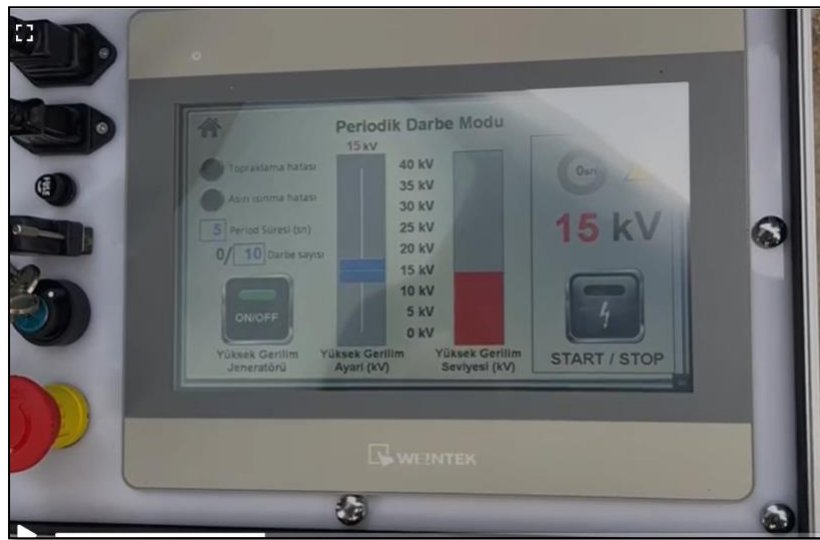
Deşarj Modu komitatörü yardımıyla "DC, Tek Darbe veya Periyot" modlarından birisi seçilmektedir. DC modunda arızalı kabloya sürekli darbe uygulanmakta ve DC izolasyon testi yapılarak arızalı faz bulunmaktadır. Tek Darbe Modunda ise 'Tek Darbe' butonu yardımıyla kabloya tek darbe gönderilmektedir. Sistemin son çalışma şekli olan periyot modunda ise arızalı kabloya 5'er saniyelik periyotlarla ayarlanan DC gerilim darbesi iletilmektedir.

DC modunda arızalı fazın tespiti yapıldıktan sonra, arıza noktasının tespiti için Tek Darbe veya Periyot Modu ile arıza noktasının uzaklığının metre olarak ön tespiti yapılmaktadır. Arızanın noktasal tespiti için; 0-32 kV aralığında DC darbesi sağlayan darbe jeneratörü ile arızanın noktasal tespiti yapılmaktadır.

Şekil 6 ve 7'de bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen testler esnasında alınan ekran görüntüleri verilmiştir. Bu görüntüler gerçek zamanlı olarak elde edilmiş ve ölçüm yapılan kabloya verilen farklı DC gerilim seviyesinde test jeneratörü üzerindeki bir varyak üzerinden kontrol paneli ile 0-40 kV aralığında gerilim referans değerleri uygulanmış ve bu aralıkta DC yalıtım testi yapılmıştır. Bu sayede arızalı fazın yeri tespit edilebilmiştir.



Şekil 6. DC çalışma modu 1kV ve 10kV referans değerleri için elde edilen ekran görüntüleri



Şekil 7. 15 kV değerinde periyot çalışma modu ekran görüntüsü

4. Sonuç

Günümüzde enerji arzının sürekliliğinin ve kalitesinin sağlanması ve korunması, Elektrik Dağıtım Şirketlerinin (EDAŞ) en önemli hedefleri arasındadır. Bilindiği gibi havai hatlarda bu durum için çeşitli scada ve görüntülü ya da bizzat personelin yerinde tespiti şeklinde çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Ancak yer altı şebekelerinde bu durum çok zorlaşmaktadır. Özellikle görünmeyen ve yerin kazılmadan bulunma ihtimalinin olmadığı arızaların tespiti, EDAŞ'ları zorlamaktadır. Bu amaçla bu çalışma kapsamında tasarlanan cihaz sayesinde orta gerilimli yer altı kablolu elektrik dağıtım şebekelerinde oluşan arıza durumunda Darbe Yansıma Metodu kullanılarak 40 kV'a kadar DC yalıtım testi ile 32 kV'a kadar darbe jeneratörü ile arızanın yerini noktasal olarak tespit edebilmek üzere yönelik yerli bir cihaz tasarlanması ve uygulamasının gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Sonuçlar irdelendiğinde tasarlanan cihazın hedefine ulaştığı ve artık yer altı şebekelerde arızalı yerin bulunmasında ciddi kolaylık sağlayacağı ortaya konulmuştur. Kablo Arıza Tespit Cihazı için gerekli olan arızanın noktasal tespiti için 0-8 kV, 0-16 kV ve 0-32 kV'luk, 2000 Joule enerjiye sahip bir darbe jeneratörü ile arızanın noktasal tespiti başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Teşekkür

Bu makale AG190703-3 numaralı ve "Orta Gerilim Yer Altı Elektrik Şebekesi İçin Kablo Arıza Tespit Cihazı Geliştirilmesi" isimli, 2020-Ocak dönemi EPDK projesinden desteklenerek yapılan projeye dayanılarak hazırlanmıştır.

Referanslar

Bascom, E. C., Von Dollen, D. W., & Ng, H. W. (1994). Computerized underground cable fault location expertise. *Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference*, 376–382. <https://doi.org/10.1109/TDC.1994.328403>

Clegg, B. (1993). *Underground Cable Fault Location*. McGraw-Hill.

Gürelli, D. (1979). *Kablo Testi, Kablo Arızalarında Modern Tespit Yöntemleri, Yağ İzolasyon Testi*. Nurettin Uycan Basımevi.

Kuan, K. K., & Warwick, K. (1992). Real-time expert system for fault location on voltage underground distribution cables. *IEE Proceedings C Generation, Transmission and Distribution*, 139(3), 235. <https://doi.org/10.1049/IP-C.1992.0036>

Livie, J., Gale, P., & Wang, A. (2008). The application of on-line travelling wave techniques in the location of intermittent faults on low voltage underground cables. *IET Conference Publications*, 536 CP, 713–718. <https://doi.org/10.1049/CP:20080127>