

YERALTI ENERJİ KABLOLARINDA MEYDANA GELEN ARIZALARDA, ARIZA MESAFESİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA) KULLANILARAK BELİRLENMESİ

* Vedat GÜN, ** Seydi Vakkas ÜSTÜN
*Celal Bayar Üniv., **Celal Bayar Üniv. Müh. Fak.
vedat.gun@bayar.edu.tr, svustun@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, yer altı enerji kablolarında kısa devre arızalarından dolayı meydana gelen geçici rejim olaylarından, YSA kullanılarak, arıza mesafesinin belirlenmesine çalışılmıştır. YSA'nın lineer olarak ifade edilemeyen bağıntıları ortaya çıkarmada iyi bir performans gösterdiği şimdiki kadarki değişik alanlarda yapılan çalışmalarda görülmüştür. YSA'nın bu özelliği, üç faz kısa devre arıza tipinde hat başı akımının geçici rejim değerlerinin genlik ve harmonik bileşenleri ile arıza mesafesi arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak, arıza anında hat başından itibaren kaçınıcı kilometrede arıza olduğunun belirlenmesinde kullanılmıştır. Farklı mesafelerde meydana gelen arıza verileri ile YSA sistemi test edilerek arıza mesafesini bulmadaki başarısı değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yer altı kabloları, YSA, Geçici Rejim

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi iletim sistemlerine olan ihtiyaç gittikçe artmakta, bu durum endüstriyelleşmiş toplumlarda enerjinin kaliteli ve güvenilir bir şekilde sunulması ihtiyacı gibi birçok problemi beraberinde getirmektedir. Enerji sağlayıcılar ve tüketiciler her ikisi de değişik sebeplerden kaynaklanan artan zorlukların farkındadırlar. Havai hatların meydana getirdiği görüntü kirliliği ve yangın kazalarının mümkün olmasından dolayı, Enerji üreticileri yeni iletim hatlarının yapımında o bölgede yaşayan insanlardan zorlaştırıcı bir tepki görmektedirler. Güzergah seçimindeki zorluklar, havai hat yapımında, fazladan maliyet meydana getiren gereksiz dolanmaları netice vermektedir. İlk tesis maliyetinin daha pahalı olmasına rağmen iletim hatlarının tesisinde trend havai hatlardan yer altı kablolarına doğru kaymaktadır (Kim etc, 1995,571). Ancak, sürekli ve güvenilir bir servis için yer altı sistemlerinde daha hızlı bir durum tespiti ve hat boyunca arıza yerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, yeraltı enerji kablolarında hat boyunca meydana gelen kısa devre arızalarında, arıza anında meydana gelen akım değişimi, eğitim verileriyle sistemi öğrenebilen YSA ile işlenerek, arıza yerinin bulunmasına çalışılmıştır. Geçici duruma ait akım değerlerini elde etmek için geliştirilmiş Fourier

dönüşüm tekniği kullanılarak modelleme yapılmıştır. YSA sistemi, eğitim girişleri ile hedeflenen çıkışlar arasındaki ilişkide yakınsama sağlayana kadar iterasyona devam edilmiş, daha sonra önerilen sistem eğitim setinde olmayan verilerle test edilmiştir.

2. BİR YER ALTI KABLO SİSTEMİNİN MODELLENMESİ

Kablo empedans ve admitans matrisleri 1' No' lu kaynaktan belirtildiği şekilde elde edilmiştir [1]. Bir hattın dağılmış hat parametreleri gözönüne alındığında n iletkenli bir sistemde x mesafesi için frekans bölgesinde;

$$d^2 \tilde{V} / dx^2 = Z.Y. \tilde{V} = P. \tilde{V} \quad (2.1)$$

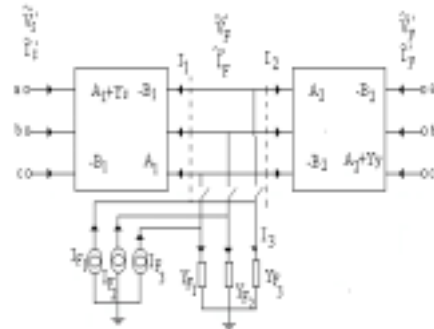
$$d^2 \tilde{I} / dx^2 = Y.Z. \tilde{I} = P^T. \tilde{I} \quad (2.2)$$

denklemleri yazılır. Bu denklemler gerekli düzenlemeler yapılarak kablo başı ve kablo sonu değerleri cinsinden matris biçimde aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} \tilde{I}_S \\ \tilde{I}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_0 \cdot \coth(\psi l) & -Y_0 \cdot \operatorname{cosech}(\psi l) \\ -Y_0 \cdot \operatorname{cosech}(\psi l) & Y_0 \cdot \coth(\psi l) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{V}_S \\ \tilde{V}_R \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Denklem (2.3) homojen bir sistemin admitans matrisini gösterir ve iki kapılı düğüm denklemi olarak da ifade edilebilir. Kablo başı ve kablo sonu gerilimleri bu matris denkleminde elde edilebilir.

Bundan sonra, kablo sistemine ait simülasyon yapılır ve gerekli bağıntılar elde edilir [2]. Daha sonra Şekil 2.1' den arıza durumuna ait denklemler elde edilir.



Şekil 2.1 Toprak arızası olan bir kablunun indirgenmiş diyagramı.

Arıza noktasının sağ ve sol taraflarındaki uçlarına ait gerilim ve akımlarını ifade eden matris denklemleri aşağıdaki gibidir:

$$\begin{bmatrix} \tilde{I}'_s \\ \tilde{I}'_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 + Y_s & -B_1 \\ -B_1 & A_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{V}'_s \\ \tilde{V}'_F \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$\begin{bmatrix} \tilde{I}'_2 \\ \tilde{I}'_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_2 & -B_2 \\ -B_2 & A_2 + Y_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{V}'_F \\ \tilde{V}'_y \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Burada A_1 ve B_1 sol tarafa ait alt matrisleri ve A_2 ve B_2 ise sağ tarafa ait alt matrislerdir yani;

$$A_1 = Y_0 \cdot \coth(\psi x), B_1 = Y_0 \cdot \operatorname{cosech}(\psi x),$$

$$A_2 = Y_0 \cdot \coth(\psi(l-x)), B_2 = Y_0 \cdot \operatorname{cosech}(\psi(l-x))$$

ψ = kablunun propagasyon katsayısı

l = toplam kablo uzunluğu

x = arıza noktasının 1.inci baraya olan uzaklığı

Y_s kaynağa ait admitans matrisi ve Y_y , yüke ait admitans matrisleridir. Arıza noktasına Kirchoff'un akım kanunu uygulandığında Şekil 2.1'den;

$$\tilde{I}'_1 + \tilde{I}'_2 + \tilde{I}'_3 - \tilde{I}'_F = 0 \quad (2.6)$$

yazılır. Burada;

$$\tilde{I}'_3 = Y_F \cdot \tilde{V}'_F; \tilde{I}'_F = -Y_F \cdot \tilde{V}'_F \quad (2.7)$$

şeklinde ifade edilir. Burada Y_F , arıza admitans matrisi, \tilde{V}'_F , arıza noktasında arıza öncesi işletme gerilimlerinin gerilim vektörü ve \tilde{V}'_F , arıza noktasına uygulanan temsili kaynağa ait gerilim vektörüdür.

Denklem (2.4), (2.5) ve (2.6) birleştirildiğinde komple sistemin ifadesi elde edilir;

$$\begin{bmatrix} \tilde{I}'_s \\ \tilde{I}'_F \\ \tilde{I}'_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 + Y_s & -B_1 & 0 \\ -B_1 & (A_1 + A_2 + Y_F) & -B_2 \\ 0 & -B_2 & A_2 + Y_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{V}'_s \\ \tilde{V}'_F \\ \tilde{V}'_y \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Sınır şartları dikkate alınarak (2.8) denklemini çözümlerse;

$$\tilde{V}'_F = \begin{bmatrix} -B_1(A_1 + Y_s)^{-1}B_1 + (A_1 + A_2 + Y_F) \\ -B_2(A_2 + Y_y)^{-1}B_2 \end{bmatrix}^{-1} \tilde{I}'_F \quad (2.9)$$

ifadesi elde edilir. Burada \tilde{I}'_F , denk (2.7) de yazıldığından;

$$\tilde{V}'_s = (A_1 + Y_s)^{-1} B_1 \cdot \tilde{V}'_F \quad (2.10) \quad (2.10)$$

$$\tilde{V}'_y = (A_2 + Y_y)^{-1} B_2 \cdot \tilde{V}'_F \quad (2.11) \quad (2.11)$$

olur. Burada V'_F denklem (2.9)'da verilmiştir.

Temsili kaynaktan dolayı oluşan akımlar;

$$\begin{aligned} \tilde{I}'_s &= -Y_{s1} \tilde{V}'_s \\ \tilde{I}'_y &= -Y_{s2} \tilde{V}'_y \end{aligned} \quad (2.12)$$

dir. Şekil 2.1'den görüldüğü gibi;

$\tilde{V}'_s = \tilde{V}'_s$ ve $\tilde{V}'_y = \tilde{V}'_y$ dir. Böylece \tilde{I}'_s ve \tilde{I}'_y ,

denklem (2.12)'de \tilde{V}'_s ve \tilde{V}'_y yerine \tilde{V}'_s ve

\tilde{V}'_y konularak ifade edilir. \tilde{V}'_s ve \tilde{V}'_y ,

denklem (2.10) ve denklem (2.11)'de ifade edilmiştir.

Sonuçta elde edilen cevap akımları, temsili kaynağın uygulanmasıyla elde edilen akımları ve arıza öncesi sistemden akan yük akımının toplamıdır. Sonuç gerilimleri ise arıza öncesindeki sürekli hal gerilimleri ve arıza anında sisteme uygulanan hayali kaynağın etkisiyle meydana gelen gerilimlerin toplamıdır;

$$\tilde{V}'_s = (\tilde{V}'_s)_{ss} + \tilde{V}'_s \quad (2.13)(2.13)$$

$$\tilde{V}'_y = (\tilde{V}'_y)_{ss} + \tilde{V}'_y \quad (2.14)(2.14)$$

Aynı şekilde arızalı noktaya ait gerilimler de aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$\tilde{V}'_F = (\tilde{V}'_F)_{ss} + \tilde{V}'_F \quad (2.15)$$

\tilde{V}'_F , arızalı noktanın sonuç gerilim vektörüdür.

$(\tilde{V}'_F)_{ss}$, sürekli hal gerilimi ve \tilde{V}'_F , arıza anındaki temsili kaynaktan dolayı oluşan gerilim değeridir.

Frekans bölgesinde elde edilen bu değerler, ters Fourier Dönüşüm Yöntemiyle zaman bölgesinde elde edilir [3].

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

YSA'lar verilerden hareketle, bilinmeyen ilişkileri akıllıca hemen ortaya çıkarabilmektedir. Bu özellikleri, uygulama açısından son derece önemlidir. YSA'lar çözüm olarak geliştirilebilir. Bir örnekten hareketle, diğer örneklerdeki benzerlikleri doğru olarak anlayabilirler. Genelleştirme yapılabilmesi bu bakımdan çok iyi bir özelliğidir, çünkü gerçek dünya verilerinde sürekli olarak gürültü ve bozucu etkiler mevcuttur.

YSA'lar lineer olmayan yapıdadır. Bu özellikleri nedeni ile daha karmaşık problemleri lineer tekniklerden daha doğru çözerler. Lineer olmayan davranışlar hissedilir, algılanır, bilinebilir, ancak bu davranışları ya da problemleri matematiksel olarak çözmek zordur.

Bu çalışmada kullanılan çok katmanlı perceptron, giriş ve çıkış katmanları arasında birden fazla katmanın kullanıldığı YSA sistemleridir. YSA giriş ve çıkışlar arasındaki ilişkiyi öğrenir, bu şekildeki eğitime ‘öğreticili eğitime’ denir. Bu sistemlerde çıkışların, eğitime veri setinde karşılık gelen değer olması istenir. Eğitime işlemi boyunca, ağırlık değerleri istenen çıkışları verecek şekilde ayarlanır. Yapılan çalışmada eğitime algoritması olarak, ‘delta kurallı hatanın geriye yayılması algoritması’ kullanılmıştır. Bu algoritma ile ağırlık ve eşik değerleri, gerçek ve istenen çıkışlar arasındaki hatayı azaltacak şekilde, aşağıdaki denklemlerde verildiği şekilde ayarlanmaktadır.

$$\Delta_p w_{ji}(t+1) = \varepsilon \delta_{pj} o_{pi} + \alpha \Delta_p w_{ji}(t)$$

$$\Delta_p \theta_j(t+1) = \varepsilon \delta_{pj} + \alpha \Delta_p \theta_j(t)$$

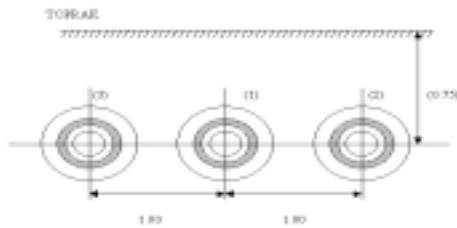
Bu denklemde w_{ji} ; ‘j’ inci düğüm noktası ile ‘i’ inci düğüm noktasını birbirine bağlayan ağırlık değeri, θ_j ; ‘j’ inci düğümün eşik değeri, ε ; momentum oranı, α ; öğrenme oranı, δ_{pj} ; p örüntü için hata, o_{pi} ; YSA’ya uygulanan p örüntü setinin ürettiği çıkıştır.

4. UYGULAMA ÇALIŞMASI VE SONUÇLAR

Uygulamada 2XS(FL)2YX1X1000 RMF 89/154 Kv tipi tek çekirdekli bir kablo kullanılmış olup kabloya ait değerler Tablo 4.1’ de verilmiştir. Sistem 154 kV’ luk olup kablo uzunluğu 30 km’ dir. Kabloların toprak altında yerleşimi Şekil 4.1’ de gösterilmiş olup ölçüler metre cinsindedir.

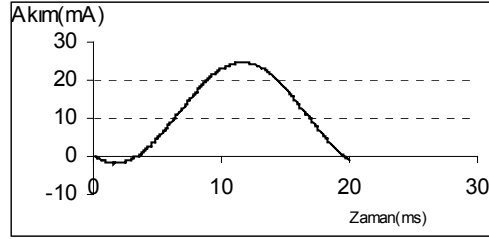
TABLO 4.1 Kullanılan Kablonun Karakteristik Değerleri

Çekirdek Yarıçapı	1.55 cm
Kılıfın İç Yarıçapı	4.1 cm
Kılıfın Dış Yarıçapı	4.55 cm
Kablo Dış Yarıçapı	5.00 cm
Çekirdeğin Özdirenci	$1.71 \cdot 10^{-8}$ ohm-m
Kılıfın Özdirenci	$3.58 \cdot 10^{-8}$ ohm-m
Ana İzolasyonun Bağlı Dielektrik Sabiti	4.2
Çekirdek İzolasyonunun Bağlı Dielektrik Sabiti	2.4
Çekirdeğin Geçirgenlik Katsayısı	1.0
Kılıfın Geçirgenlik Katsayısı	1.0

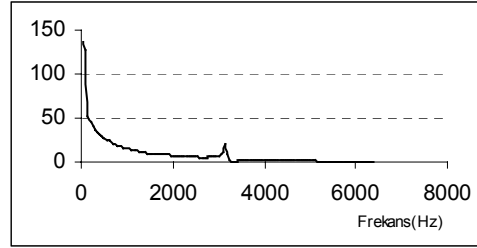


Şekil 4.1 Kablo Sisteminin Konumu

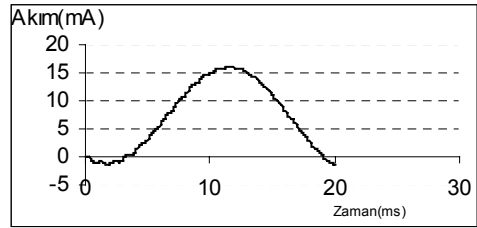
Yukarıda karakteristik değerleri ve konumu verilen yer altı kablo sisteminde meydana gelen üç fazlı bir arızada, hat başı arıza akımına ait geçici durum değerleri, geliştirilmiş Fourier tekniği kullanılarak hazırlanmış bir simülasyon programı yardımıyla elde edildi. Aşağıda bu sistemde, 6 ve 22. km de (hat başından itibaren) meydana gelen, belirtilen arıza tipi için hat başı a fazı akımına ait geçici durum verilerinin zaman ve frekans bölgesindeki değerleri görülmektedir.



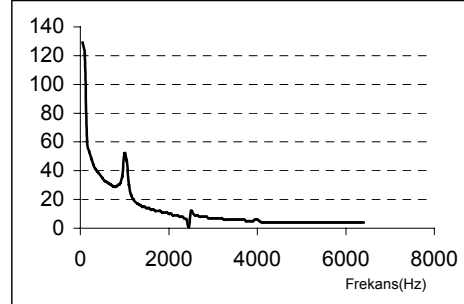
Şekil 4.2 7. km de meydana gelen üç faz arızası için zamana göre A fazı geçici durum akım değişimi



Şekil 4.3 7. km de meydana gelen üç faz arızası için A fazı geçici durum akımının frekans bileşenleri



Şekil 4.4 22. km de meydana gelen üç faz arızası için zamana göre A fazı geçici durum akım değişimi



Şekil 4.5 22. km de meydana gelen üç faz arızası için A fazı geçici durum akımının frekans bileşenleri

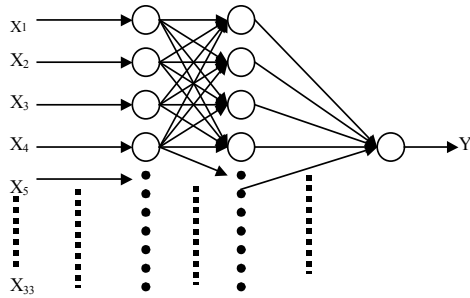
Şekil 4.2,4.3,4.4,4.5 de görüldüğü gibi arıza mesafesinin artmasıyla hat başı akımının genliği azalmakta ve sistemdeki harmoniklerin oranı artmaktadır. Bu ilişki göz önüne alınarak, arıza mesafesini YSA ile bulmak için bu iki değer kullanılmıştır. Hat başı akımının 20 ms lik 250 verisi fourier dönüşümünden geçirilerek, anlamlı 125 veri 32 veriye ortalama alınarak düşürüldü. Akım verisinin karesel toplamı alınıp giriş vektörüne 33. parametre olarak eklenmiştir. Böylelikle 32 tanesi fourier dönüşümünden bir tanesi de genliği ifade etmek üzere her arızayı ifade eden 33 parametre elde edildi. Bu 33 parametreye karşılık çıkış olarak “arıza mesafesi” YSA eğitime setine konulmuştur. 2,4,6,7,10,11,12,14,15,17,20,22,27. km lerde arıza durumuna göre akım değerleri alınarak, bu 13 veriden 7,14,20. km lerdeki arıza verisi test için ayrılmış diğerleri eğitime setine konulmuştur.

Tablo 4.2 YSA yapısının özellikleri

Giriş katmanındaki hücre sayısı	33
Çıkış katmanındaki hücre sayısı	1
Katman sayısı	1
Gizli katmandaki hücre sayısı	30
Aktivasyon fonksiyonu	Sigmoid
Hata sınırı	0,000001
Öğrenme katsayısı	0,7
Momentum katsayısı	0,9

Eğitime setine konan veriler YSA'nın yapısı gereği çıkışlar 0-1 aralığına, programın çalışmasında kayan nokta problemlerinden sakınmak için ise girişler 0-10 aralığına normalize edilmiştir.

Şekil 4.6 de çalışmada kullanılan YSA mimarisini göstermektedir.

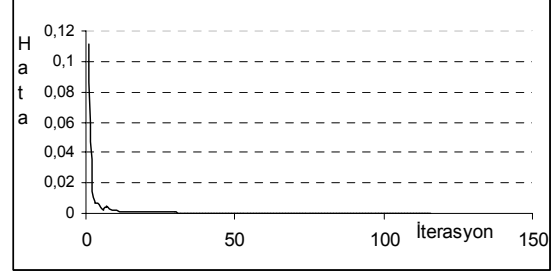


Şekil 4.6 Mesafe kestiriminde kullanılan YSA mimarisinin görünümü.

Tablo 4.2 de mesafe kestiriminde kullanılan YSA'nın özellikleri verilmiştir. Öğrenme ve momentum katsayısı olarak daha önceki benzer uygulamalarda ve bu çalışmada deneme yöntemiyle iyi sonuçlar verdiği görülen tablodaki değerler alınmıştır.

Yukarıda mimarisini ve özellikleri verilen YSA ile eğitime işlemi yapılmış ve sistem, giriş verileri ile

çıkış arasında ilişkiyi kısa sürede bulmuştur. Şekil 4.7 de görüldüğü gibi hata 0,0007 ler seviyesine 100. iterasyonda gelmesine rağmen işleme devam edilerek 2000. iterasyonda 0,000001 seviyesine geldiğinde iterasyon durdurulmuştur.



Şekil 4.7 YSA'nın eğitilmesi aşamasında hatanın değişimi

Eğitilmiş ağırlık ve eşik değerleri ile oluşturulan YSA sistemi test için ayrılmış verilerle test edilmiştir. Tablo 4.3 de bu üç test verisi için gerçek değer ile YSA'nın bulduğu değerler karşılaştırılmıştır. Tablo 4.3 de görüldüğü gibi YSA arıza mesafesini az bir hata ile kestirmiştir.

Tablo 4.3 Test sonuçları

	Gerçek Değer	YSA ile bulunan değer	% Hata
1. test verileri	7 Km	7,39518 Km	5,6
2. test verileri	14 Km	13,76787 Km	1,6
3. test verileri	20 Km	20,09205 Km	0,46

Sonuç olarak, bu yapılan çalışma ile, yer altı enerji kablolarında meydana gelen, üç faz kısa devre arızalarında, arıza mesafesinin bulunması hedeflenmiştir. Bulunan sonuçlar YSA'nın, hat başı akımının geçici durum verilerinin genliği ve Fourier dönüşümünden elde edilen parametreler ile, arıza mesafesini belirlemede iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bundan sonraki çalışmalarda, bu çalışma ile Chul-Hwan Kim ve arkadaşlarının yapmış oldukları arıza tipinin belirlendiği çalışma, birlikte ele alınıp, arıza tipi ve yerinin belirlendiği yeni bir çalışma yapılabilir.

5.KAYNAKLAR

[1] Üstün, S.V., “Asenkron Motorun DSP Temelli Kontrolünde Yapay Sinir Ağları ve Genetik Algoritmalar Kullanılarak PI Katsayılarının Optimizasyonu”, Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 162 sf, İstanbul, 2001.

[1] Wedepohl and Wilcox, D.J. “Transient Analysis of Underground Power Transmission Systems. System

Model and Wave Propagation Characteristic”,
Proc.IEE, Vol. 120, 1973, pp.243-257.

[2] Unver, U. “Transient Analysis of Cable Systems
Including The Effect of Non-Linear Protective
Devices”, Ph. D. Thesis, UMIST, Manchester,
October, 1979.

[3] Unver U., “Enerji Nakil Hatlarının Kısa Devre
Analizi: Çift Taraftan Beslenen Hatlar.”, Elektrik
Mühendisliği 6. Nci Ulusal Kongresi, 1995, pp. 180-
196.