

ARDIŞIK BAĞLI BİR İLETİM HATTI-KABLO SİSTEMİNDE MEYDANA GELEN KISA DEVRE OLAYLARININ GEÇİCİ REJİM ANALİZİ: ARIZA YERİNİN ETKİSİ

Siyami HİDİROĞLU¹

M.Uğur ÜNVER²

^{1,2}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Sakarya Üniversitesi, 54040, Sakarya

¹e-posta: siyami_hidiroglu@hotmail.com

²e-posta: u_unver@yahoo.com

Anahtar sözcükler: Geçici Rejim Analizi, İletim Hattı, Kablo, Aşırı Gerilim, Aşırı Akım, Kısa Devre olayları

ABSTRACT

Transients due to short circuit faults taking place on cascade-connected overhead line/cable systems are studied in this paper. The severest condition of single phase to earth fault is studied with the occurrence of the short circuit fault at the peak value of the system voltage of phase 2. Effect of fault location is particularly investigated for the given transmission system. Cross-bonded underground cable is considered in the studies. Transient voltage and current responses are obtained at the first and second sending-end bus bars as well as the junction point of the overhead line/cable system. Transient analysis has been carried out using the Modified Fourier Transform Method with the aid of PC computer.

1. GİRİŞ

Enerji iletim sistemlerinde açma kapama ve kısa devre olayları sonucunda meydana gelen aşırı gerilim ve akımların seviyelerinin belirlenmesi, sistem tasarımında son derece kritik bir önem arz etmektedir. Söz konusu akım ve gerilimlerin bilgisayar yardımıyla hesaplanması, enerji iletim sistemlerinin tasarımı ve işletimi açısından sadece büyük bir ekonomik fayda sağlamakla kalmayacak aynı zamanda güvenlik ve verimliliği de beraberinde getirecektir.

Ardışık bağlı bir enerji iletim hattı/kablo sisteminin herhangi bir noktasında faz-toprak arızası olduğunda iletim sisteminin muhtelif noktalarında oldukça dikkat çekici geçici aşırı akımlar ve gerilimler oluşmaktadır. Hiç şüphe yok ki, bu akım ve gerilimlerin mümkün olan en yüksek doğrulukta tespiti koruma elemanlarının dizaynı ve izolasyon koordinasyonu açısından son derece önem teşkil etmektedir. Bu amaçla, geçici kısa devre akım ve gerilim ifadeleri hat ve kablo parametrelerden yararlanılarak önce frekans bölgesinde elde edilmiştir[1-2]. Daha sonra Fourier Dönüşüm Metodu kullanılarak etüt edilen

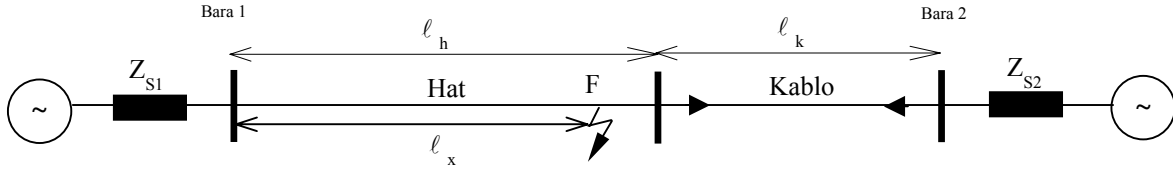
noktalardaki akım ve gerilimlerin dalga şekilleri zamana bağlı olarak bulunmuştur[3-4].

Bu çalışmada şekil 1(a) da görülen ve çift taraftan beslenen bir iletim sistemi ele alınmıştır. Etüt edilen iletim sisteminde arıza öncesi akımlar ihmal edilerek tek faz-toprak kısa devresi incelenmiştir. Bu amaçla arızanın, hat üzerindeki bir noktada, hat ve kablunun birleşme noktasında veya kablo üzerindeki bir noktada olduğu düşünülerek üç farklı durum için, gönderici uç gerilimleri, gönderici uç akımları ve arıza noktası gerilimlerinin zamana bağlı değişimini gösteren dalga şekilleri elde edilmiştir.

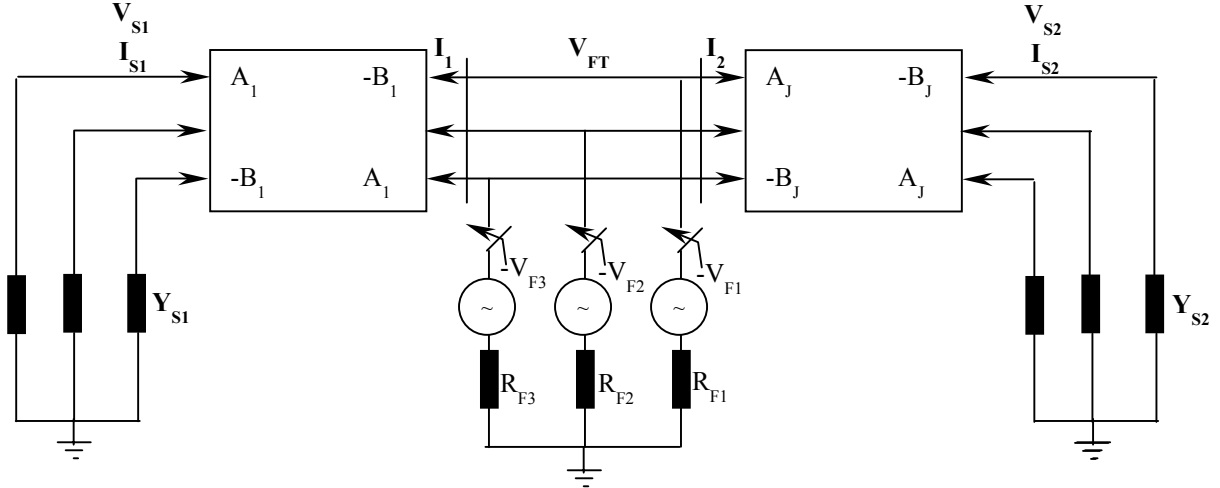
2. KISA DEVRE ARIZASININ TEMSİLİ

Herhangi bir iletim sisteminde ortaya çıkan kısa devre arızası süperpozisyon metodu yardımıyla temsil edilebilmektedir[5]. Buna göre; ilk aşamada kısa devre arızası olmadan önce arıza yerinde sürekli hal gerilimi bulunur. Bu durumda, iletim sisteminde arıza öncesi akım akmadığı varsayımıyla arıza noktası gerilimi kaynak gerilimine eşit olacaktır. İkinci aşamada, sistemin pasif durumda olduğu, yani arıza öncesinde kaynakların söndürüldüğü durumda, arıza noktasında arızanın başladığı andan itibaren hayali bir gerilim kaynağı uygulanır. Uygulanan hayali gerilim kaynağı genlik olarak o noktadaki arıza öncesi gerilime eşit, polarite olarak ters işaretlidir. Bu suretle arıza noktasında kısa devre temsil edilmiş olur. Kısa devre arızasının başlamasıyla birlikte, incelenecek farklı noktalardaki akım ve gerilimler, birinci aşamada tespit edilen akım ve gerilimlerin ikinci aşamada hayali kaynaktan dolayı oluşan akım ve gerilimlere ilave edilmesi suretiyle elde edilmiş olur.

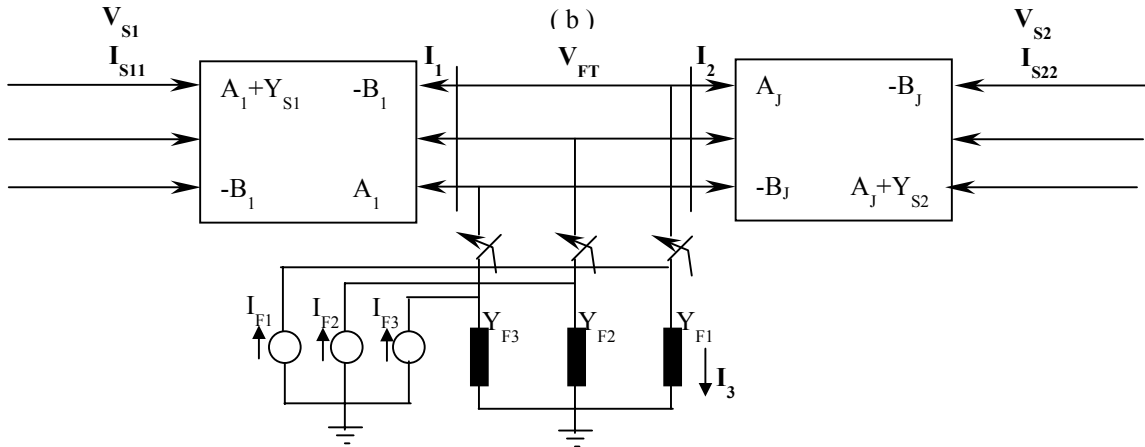
İncelenen iletim sisteminde, arıza F noktasında meydana gelmektedir. Daha önce bahsedildiği gibi F noktası iletim sistemi üzerinde üç farklı noktada seçilecek ve buna ilişkin incelemeler yapılacaktır.



(a)



(b)



(c)

Şekil-1 incelenen iletim sisteminin tek hat şeması

(a) Arıza durumunda iletim sistemi

(b) Hayali gerilim kaynağının pasif sisteme uygulanarak arızanın temsil edilmesi

(c) Eşdeğer devrenin basitleştirilmiş hali

İletim sisteminde bulunan kablo kılıfının doğrudan topraklı olduğu varsayılmıştır. Arızanın farklı noktalarda oluşması durumuna göre frekans bölgesinde akım ve gerilim ifadeleri aşağıda belirtildiği şekilde türetilebilir. Arızanın iletim hattında olması durumunda, arıza noktası sistemi iki parçaya ayırır. Birinci parça iletim hattı ikinci parça ise iletim hattı ve kablodan oluşan ardışık bir sistemdir. Ardışık bağlı sistemlerin akım ve gerilim ilişkilerini gösteren matematiksel ifadeler daha önce kaynak 6' da türetilmiştir. Burada, kaynak 6' daki akım gerilim bağıntılarından yararlanılarak, örnek olarak sadece hat bölümünde bir arıza olması

durumunda gereken matematiksel ifadeler çıkartılacaktır. Diğer iki durum için benzer yaklaşımla gerekli matematiksel ifadeleri çıkarmak mümkündür.

$$V_{FT} = \left\{ \begin{array}{l} -B_1(A_1 + Y_{S1})^{-1} B_1 + A_1 + A_J + Y_F \\ -B_J(D_J + Y_{S2})^{-1} C_J \end{array} \right\}^{-1} I_F$$

$$V_{S1} = (A_1 + Y_{S1})^{-1} B_1 V_{FT}$$

$$V_{S2} = (D_J + Y_{S2})^{-1} C_J V_{FT}$$

$$I_{S1} = -Y_{S1} V_{S1}$$

$$I_{S2} = -Y_{S2} V_{S2}$$

Burada;

$$A_I = Y_{HO} \coth(\psi_h l_x)$$

$$B_I = Y_{HO} \operatorname{cosech}(\psi_h l_x)$$

$$A_H = Y_{HO} \coth(\psi_h (l_h - l_x))$$

$$B_H = Y_{HO} \operatorname{cosech}(\psi_h (l_h - l_x))$$

$$A_K = Y_{KO} \coth(\psi_k l_K)$$

$$B_K = Y_{KO} \operatorname{cosech}(\psi_k l_K)$$

$$A_j = A_H - B_H (A_H + A_K)^{-1} B_H$$

$$B_j = B_H (A_H + A_K)^{-1} B_K$$

$$C_j = B_K (A_H + A_K)^{-1} B_H$$

$$D_j = A_K - B_K (A_H + A_K)^{-1} B_K$$

l_h, l_k, l_x : sırasıyla iletim hattı ve kablo uzunluklarını,
 l_x ise arıza noktasının birinci gönderici uca olan mesafesini,

Y_{HO}, Y_{KO} : sırasıyla iletim hattı ve kabloya ait karakteristik admitans matrislerini

Ψ_h, Ψ_k : sırasıyla iletim hattı ve kabloya ait yayılma katsayısı matrislerini

V_{FT} : hayali kaynağın uygulanmasıyla oluşan arıza noktasındaki arıza gerilim vektörünü

I_F, Y_F : sisteme uygulanan hayali kaynak akım vektörünü ve arıza admitans matrisini,

Y_{S1}, Y_{S2} : sırasıyla birinci ve ikinci kaynaklara ait kaynak admitans matrisini göstermektedir.

Pek tabidir ki, burada gösterilen akım ve gerilimler sadece hayali kaynaktan kaynaklanmaktadır. Sistemin genel tepkisini bulabilmek için kalıcı durum değerlerini burada elde edilen değerlere ilave etmek gerekir.

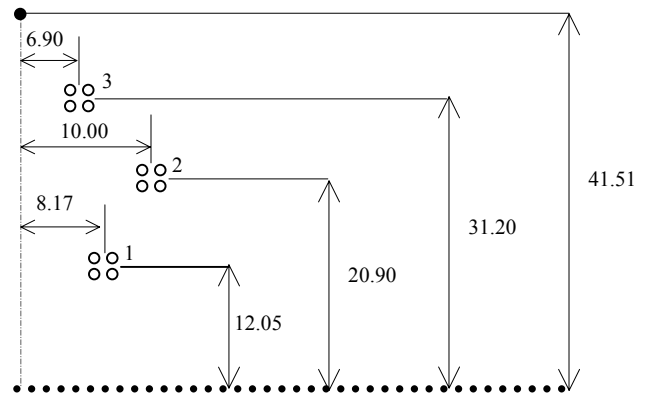
3. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada toprağın homojen olduğu ve 30 Ohm-m lik bir öz dirence sahip olduğu varsayılmıştır. İşletme gerilimi 380 kV'tur. Kaynaklar sisteme 0.12 Henri'lik endüktanslar üzerinden bağlanmıştır. Kullanılan kablo her 1 km de çaprazlanmış ve kablo kılıfı çaprazlama noktalarında direkt olarak topraklanmıştır. İletim hattı 50 km uzunlukta ve kablo ise 20 ana bölmeden oluşmaktadır. Temsil edilen kısa devre, ikinci faz tam tepe değerindeyken ikinci fazda tek faz- toprak arızası meydana gelmesi durumudur.

İncelenen iletim sistemine ait hat ve kablunun arazideki yerleşim profilleri sırasıyla şekil 2 ve 3'te parametreleri ise sırasıyla Tablo 1 ve 2'de görülmektedir.

3.1 3.2 ve 3.3 Bölümlerinde bu çalışma kapsamında incelenen durumlara ilişkin dalga şekilleri verilmektedir.

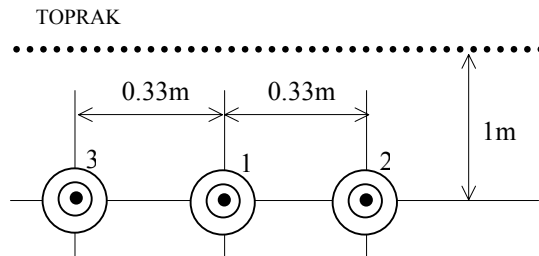
Dalga şekillerinde fazlar 1,2 ve 3 olarak gösterilmiştir.



Şekil 2 İletim Hattının Profili (mesafeler m)

Tablo-1. İletim Hattına Ait Parametreler

Parametreler	Faz İletkeni	Toprak İletkeni
Çap(cm)	30.902	2.858
Damar çapı (cm)	0.318	0.318
Özdirenç (ohm-m)	$3.21 \cdot 10^{-8}$	$3.21 \cdot 10^{-8}$
Dış damar sayısı	24	24
Etkin damar sayısı	54	54
Endüktans düzelt. faktörü.	0.21088	0.21088
Her fazdaki iletken sayısı	4	-
Koruma iletkeni sayısı	1	-

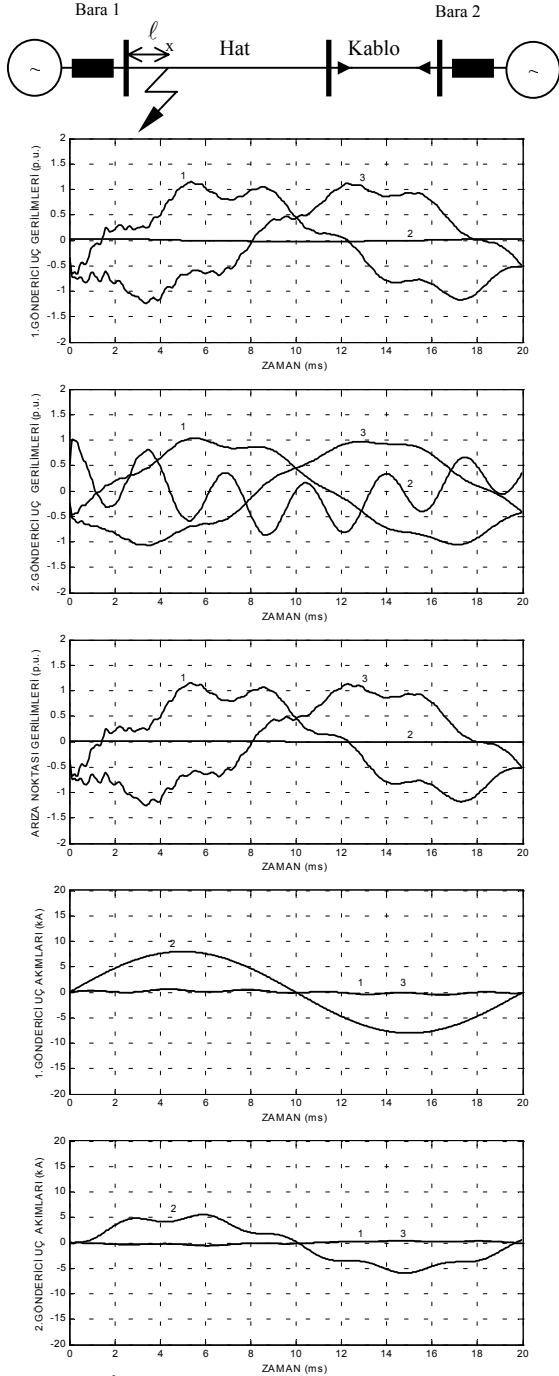


Şekil 3 Yeraltı Kablosunun Yerleşme Profili

Tablo-2. Kabloya Ait Parametreler

Parametre Adı	Parametre Büyüklüğü
Nüve yarıçapı	2.44 cm
Kılıf iç yarıçapı	4.20 cm
Kılıf dış yarıçapı	4.60 cm
Kablo yarıçapı	5.10 cm
Nüve öz direnci	$1.72e-8 \Omega m$
Kılıf öz direnci	$3.58e-8 \Omega m$
Nüve izolasyonunun bağıl dielektrik sabiti	3.55
Kılıf izolasyonunun bağıl dielektrik sabiti	8
Nüvenin bağıl geçirgenlik sabiti	1
Kılıfın bağıl geçirgenlik sabiti	1

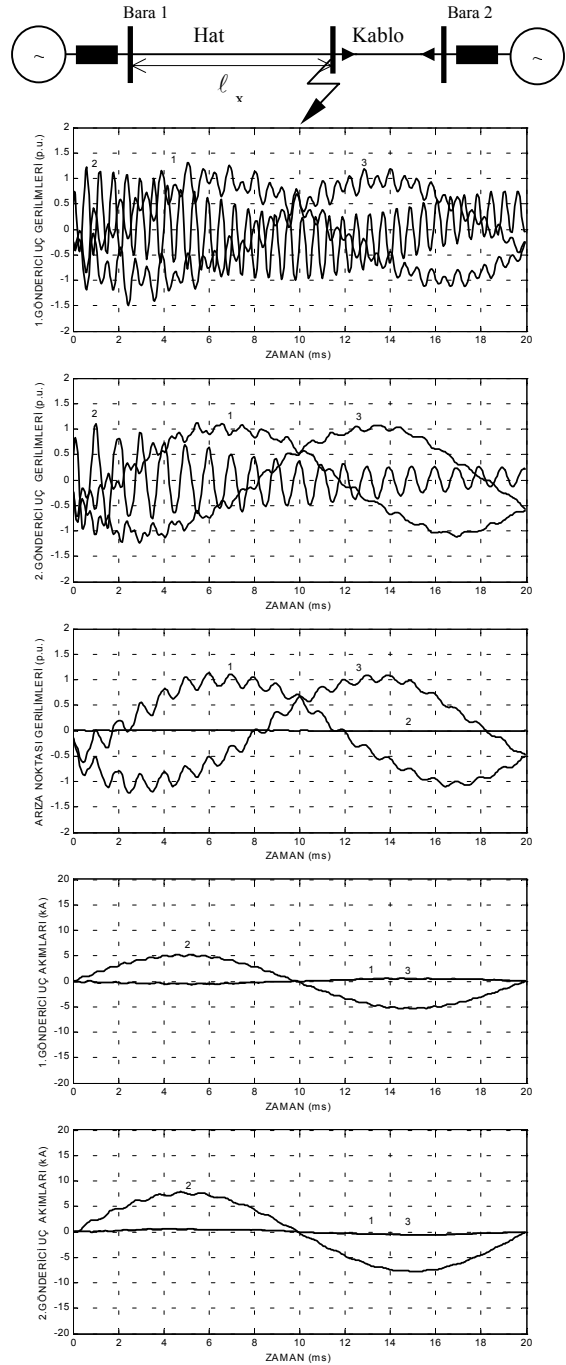
3.1. ARIZANIN İLETİM HATTINDA MEYDANA GELMESİ DURUMU



Şekil 3 İletim hattında tek faz toprak arızası olduğunda meydana gelen kısa devre akım ve gerilimleri ($l_x=2\text{km}$)

Bu durumda arızanın oluşmasından sonra, 1. gönderici uçta arızasız faz 3 gerilimi 1.241 pu değerine ulaşırken arızalı faz akımı da 8.024 kA değerini almaktadır. Beklendiği gibi arıza noktasının 1. baraya çok yakın olmasından dolayı arızalı faz gerilimi sıfıra çok yakındır. 2. gönderici uçta ise, arızasız faz 3 gerilimi 1.073 pu değerini alırken arızalı faz akımı 5.950 kA değerine ulaşmaktadır.

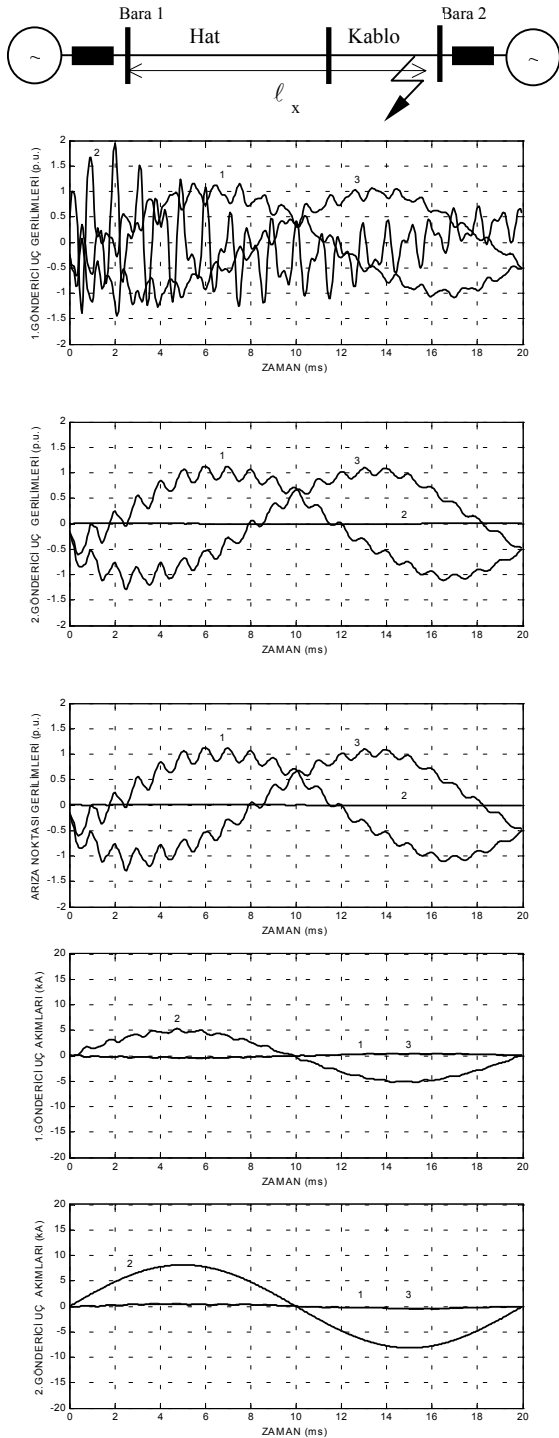
3.2. ARIZANIN İLETİM HATTI İLE KABLONUN BİRLEŞME NOKTASINDA MEYDANA GELMESİ DURUMU



Şekil 4 Birleşme noktasında tek faz toprak arızası olduğunda meydana gelen kısa devre akım ve gerilimleri ($l_x=50\text{km}$)

Arızanın hat ve kablunun birleşme noktasında olduğu ikinci durumda ise, 1. gönderici uçta faz 3 gerilimi 1.488 pu değerine ulaşırken, arızalı faz akımı 5.444 kA değerini almaktadır. 2. gönderici uçta ise, faz 3' te 1.237 pu değerine ulaşan bir genlik tepe değeriyle karşılaşılırken arızalı faz akımı 7.866 kA olmaktadır.

3.3. ARIZANIN KABLODA MEYDANA GELMESİ DURUMU



Şekil 3 Kabloda tek faz toprak arızası olduğunda meydana gelen kısa devre akım ve gerilimleri ($l_x=68\text{km}$)

Arızanın kabloda olduğu son durumda ise, 1.gönderici uçta, arızalı faz 1.934 pu değerine ulaşırken arızalı faz akımı 5.305 kA değerini almaktadır. 2.gönderici uçta ise, faz 3 gerilimi 1.290 pu değerine ulaşırken, arızalı faz akımı 8.163kA değerini almaktadır.

4. SONUÇ

Yapılan üç farklı çalışmada, arızalı faza ilişkin akımın genliğinin arıza noktasının yerine bağlı olarak hat/kablo empedansındaki artma veya azalmaya paralel olarak değiştiği gözlenmiştir ki bu zaten beklenen bir durumdur. Aynı şekilde arıza yerinde arızalı faza ait gerilimin, arıza direnci 10^{-6} ohm alındığı için sıfır olarak görülmesi beklenen durumdur.

Bölüm 3.1' de arızanın hat başına yakın olduğu durum için elde edilen akım ve gerilim eğrilerindeki salınımlar diğer iki durumla karşılaştırıldığında nispeten daha düşük frekanslıdır. Arızanın hat ve kablunun birleşme noktasında olduğu durum için elde edilen dalga şekillerinde ise, yüksek frekanslı ve yüksek genlikli salınımlarla karşılaşmaktadır. Bu durum yürüyen ve yansıyan dalgaların yol alma süreleriyle yakından ilişkilidir. Son olarak arızanın kablo barasına yakın bir noktada meydana gelmesi durumunda ise dikkat çekici olarak 1. gönderici uç geriliminde yüksek frekanslı ve 2 pu değerine ulaşan yüksek genlikli salınımlar oluşmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Galloway R.H, Shorrocks W.B, and Wedepohl L.M."Calculation of electrical parameters for short and long polyphase transmission lines",PROC. IEE, Vol. 111, No. 12, pp 2051-2059, December 1964.
- [2] Wedepohl L.M and Wilcox D.J, "Transient analysis of underground power-transmission systems, system - model and wave-propagation characteristics", PROC. IEE, vol. 120, no. 2, pp 253-260, February 1973.
- [3] Day Sylvia J., Mullineux N. and Reed J.R. "Develements in Obtaining Transient Response using Fourier Transforms, Part I: Gibbs Phenomena and Fourier Integrals" INT. JOUR. OF ELECT. ENGINEERING EDUC. vol 3, pp 501-506, 1965
- [4] Day Sylvia J., Mullineux N. and Reed J.R. "Develements in Obtaining Transient Response using Fourier Transforms, Part II: Use of the Modified Fourier Transform" INT. JOUR. OF ELECT. ENGINEERING EDUC. vol 4, pp 31-40, 1966.
- [5] Ünver M.Uğur, "Enerji nakil hatlarının kısa devre analizi:Çift taraftan beslenen hatlar", ELEKTRİK MÜH. 6. ULUSAL KONGRESİ,1995.
- [6] Ünver M.Uğur, "E.N.H ile ardışık bağlı bir yer altı enerji kablosunda oluşan manevra aşırı gerilimleri" KAYNAK DERGİSİ, 1987.
- [7] MATSURA K,- K. H, "Simplified analysis of transient due to fault initiation on double-ended overhead and underground transmission lines", IEE PROC, vol. 130, Pt. C No.2, 1983.