

İLETİM HATLARINDAKİ KISA DEVRE ARIZALARININ DSP KULLANARAK TESPİTİ

Ö. Faruk Özgüven, M. Salih Mamiş, Arif Memmedov, M. Emin Tağluk

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
İnönü Üniversitesi, 44069-Malatya
smamis@inonu.edu.tr

Özet

Kısa devre arızaları enerji iletim sistemlerinde en sık karşılaşılan ve en etkili olayların başında gelmektedir. Bu tip arızalara mümkün olan en kısa sürede müdahale etmek sistem aygıtlarının korunması ve enerji sürekliliği için önemlidir. Bu çalışmada iletim hatlarında meydana gelen kısa devre arızalarının sayısal sinyal işlemci DSP (Digital Signal Processor) kullanılarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sistem laboratuvar ortamında modellenerek gerçek zamanda simülasyon yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İletim hatları, kısa devre arızası, DSP

1. Giriş

Yüksek gerilim iletim hatlarında kısa ve açık devre arızaları nedeniyle elektrik ve manyetik enerji dağılımında meydana gelen ani değişiklikler yürüyen akım ve gerilim dalgalarına yol açar. Enerji iletim hatlarında fazlar arası veya faz toprak arası meydana gelen kısa devre arızaları sistem kararlılığının bozulması, sistemde bulunan jeneratör ve transformatör gibi aygıtlar ile iletim hatlarının zarar görmesine yol açan en önemli faktörlerdendir. Kısa devre arızası sonrası meydana gelen yürüyen akım dalgaları hat başı akımının basamaklar halinde artmasına ve yüksek frekanslı dalgalanmalar oluşmasına neden olmaktadır. Sistemin düzenli bir biçimde çalışmasını sağlamak için, sistem rejimi kalıcı duruma ulaşmadan önce, bu dalgalanmaların hızlı bir şekilde tespit edilerek kesicilerin sisteme verilen enerjiyi kesmesini sağlamak önem teşkil etmektedir.

Enerji sistemlerinin korunması için arıza algılanmasında geçmişte analog röleler kullanılmıştır. Günümüzde ise bilgisayarların yaygınlaşması, komut işleme zamanı kısa birçok çevre birimi içeren mikrodenetleyicilerin geliştirilmesi ve bu alandaki teknolojik gelişmeler sayısal rölelerin daha fazla kullanımını sağlamıştır [1-4]. Sayısal röleler, işlemci hızının yüksek değerlere çıkması, ve geçici rejim analizinde kullanılan bilgisayar algoritmalarındaki gelişmeler nedeniyle, arıza tespitinin daha kısa sürelerde yapılması olanağını sağlamaktadır.

Bu çalışmada iletim sisteminin laboratuvar ortamında benzetimi ile oluşturulan düzenek geçici rejimlerin gerçek zamanda tespit edilmesi için kullanılmıştır. Bilgisayar simülasyonları ile elde edilen ve kısa devre durumunda oluşan akım ve gerilim değişimleri değerlendirilerek, kısa devre arızalarının işlemci kullanılarak algılanması sağlanmıştır. Bu amaç için sayısal sinyal işlemci (DSP) kullanılmıştır. DSP, analog devreden elde edilecek sinyallerin çok yüksek hızda dijital olarak işlenmesi olanağını sağlamakta olup, güç sistemlerinde bazı uygulamaları mevcuttur [5-9]. Programlamanın kolay, hızlı, geniş yetenekli ve maliyetinin düşük olması DSP'nin üstünlükleri olarak sayılabilir.

2. Enerji iletim sistemlerinde kısa devre olayları

İletim hatlarında, kısa devre olayları en sık karşılaşılan arıza tipleridir. Arıza oluşumunun algılanması için öncelikle kısa devre arızalarının hat akımı ve geriliminde meydana getirdiği değişimlerin bilinmesine ihtiyaç vardır. İletim hattının herhangi bir noktasında meydana gelen kısa devre, hat üzerinde yayılan gerilim ve akım dalgalarının yayılmasına yol açar. Arızalı fazın akımında basamaklar halinde meydana gelen yükselmeler yayılan akım dalgaları nedeniyle meydana gelmektedir. Uzunluğu x olan bir iletim hattı üzerindeki akım dalgasının hat üzerindeki yayılma süresi 2τ olup,

$$\tau = x / v \quad (1)$$

ile hesaplanabilir. Bu eşitlikte v dalga hızını ifade etmekte olup, empedansı $z = r + j\omega l \ \Omega/m$ ve admitansı $y = g + j\omega c \ mho/m$ olan bir iletim hattı için

$$v = \omega / \text{Im}(\sqrt{zy}) \approx 1 / \sqrt{lc} \ m/s \quad (2)$$

değerine sahiptir [10]. Meydana gelen geçici rejim anındaki akım dalgalarının genliği ise arıza noktasındaki gerilimin arıza anındaki genliği ile orantılıdır. Arıza noktasının gerilimi V_a olarak

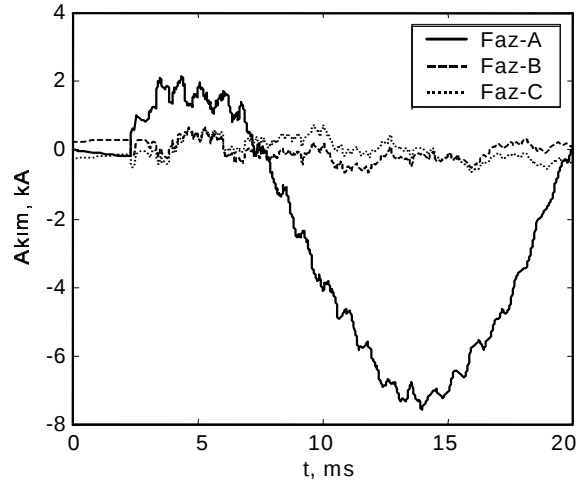
alındığında meydana gelen akım dalgasının genliği yaklaşık olarak

$$I = V_a / Z_0 \quad (3)$$

denklemleri ile bulunabilir. Bu denklemde Z_0 hattın karakteristik empedansını ifade etmektedir ve $(z/y)^{1/2}$ değerine sahiptir. Kısa devre arızalarının akım üzerinde meydana getirdiği bu değişimler dikkate alınarak arızanın meydana geldiğinin tespit edilmesi mümkündür. Bunun için akım dalgasındaki ani dalgalanmalar zaman domeninde değerlendirilerek arızanın algılanması sağlanabilir. Diğer bir seçenek de zaman domenindeki bilgilerin frekans domenine dönüştürülerek meydana gelen yüksek frekanslı değişimlerin izlenmesi yoludur. Yapılan çalışmada bu değerlendirmelerin yapılması için TMS320F243 DSP [11] kullanılmıştır. DSP'nin doğrudan sinyal işleme özelliği yapılacak işlemleri kolaylaştırmaktadır.

Şekil 1'de 380 kV'luk, 271 kilometre uzunluğunda üç fazlı bir güç iletim hattının, 100. km'sinde 2. ms'de meydana gelen tek faz-toprak arızasının hat başı akımına olan etkileri görülmektedir. Arıza sırasında sistemin normal çalışma koşullarında bulunduğu düşünülmüştür. Bu eğriler sistemin MATLAB-Simulink [12] simülasyonu yapılarak elde edilmiştir. Bu amaç için kullanılan MATLAB-Simulink modeli Şekil 2'de verilmiştir. Şekildeki s4 anahtarı kısa devre oluşumunu sağlamak için kullanılmıştır. 271 km uzunluğundaki hat arıza noktasında iki iletim hattına bölünmüştür. Birinci hattın uzunluğu 100 km, ikinci hattın uzunluğu ise 171 km'dir. Arıza noktası değiştiğinde bu uzunluklarında uygun bir şekilde değişmesi gereklidir. Bildiride yer verilmemekle birlikte, değişik uzaklıklarda meydana gelen kısa devre arızaları durumundaki akım ve gerilim dalga biçimleri de incelenmiştir. Yapılan gözlemlerde, akımdaki dalgalanmanın daha fazla ve belirgin olması nedeniyle DSP'de akım değişiminin değerlendirilmesinin daha uygun olacağı düşünülmüştür. Şekil 1'deki akım dalgalanmasının genel

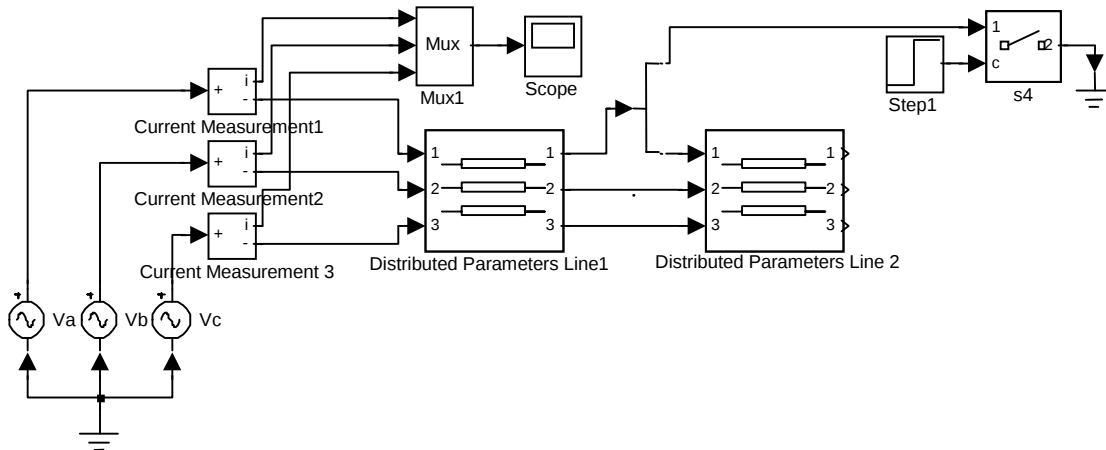
karakteristiklerinin bildiride sunulan teorik bilgilerle uyumluluk gösterdiği görülmektedir.



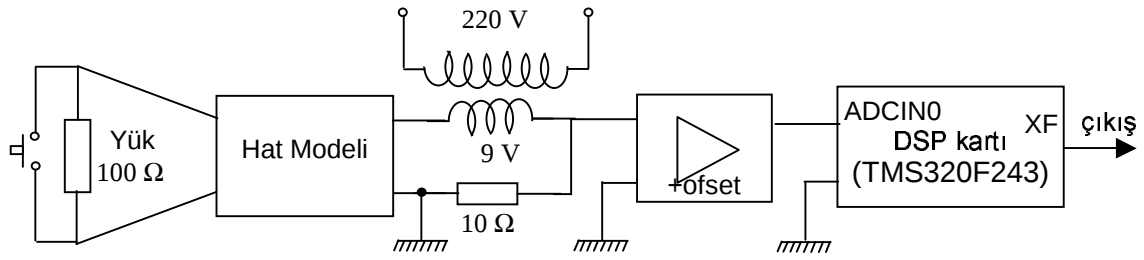
Şekil 1. Üç fazlı bir iletim hattında, tek faz kısa devre sonrasında oluşan geçici rejim akım değişimleri.

3. Uygulama

Laboratuvar ortamında kullanılmak üzere enerji iletim sisteminin gerçek zaman (real-time) modeli geliştirilmiştir. Bu amaçla iletim hattının toplu parametrelili benzetimi yapılmış [13] ve iletim hattının her bir km uzunluğu için bir toplu parametrelili modül kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan iletim hattının uzunluğu 6 km'dir. Değişik arıza durumları için gerilim ve akım dalga biçimindeki değişimler dijital hafızalı osiloskop kullanılarak incelenmiştir. Teorik ve uygulamadan elde edilen veriler doğrultusunda, kısa devre arızasının tespiti için Şekil 3'te verilen algoritma geliştirilerek, DSP ile hazırlanan hat modeli arasında bağlantı yapılmıştır. Bu amaç için kullanılan deney düzeneği Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 2. Üç faz kısa devre geçici rejim analizi için kullanılan MATLAB-Simulink modeli.



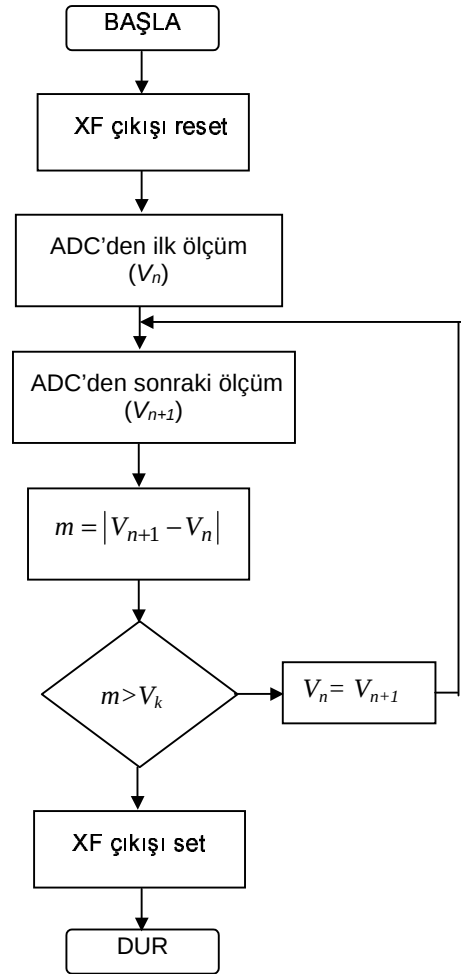
Şekil 3. Uygulamada kullanılan deney düzeneği

Şekil 3'teki uygulama devresinde hat giriş uçlarına 9 Voltluk sinüsoidal bir gerilim uygulanmaktadır. Hattın çıkış uçlarında 100 Ω 'luk yük bağlanmıştır. Kısa devre oluşturmak için yüke paralel buton ilave edilmiştir. Devreden geçen akımın ölçümü için 10 Ω 'luk direnç bağlanmıştır. Kullanılan DSP 0 ile 5V arasındaki pozitif gerilimleri sayısal dönüştürmektedir. Alınan akım örneğine yaklaşık 2.5 V DC ofset gerilimi ilave edilerek işaret 0 ile 5 V arasında değişebilen duruma getirilmiştir. Daha sonra yükseltici çıkışı DSP'nin ADCIN0 girişine verilerek sayısal dönüştürülmüş, program içinde bu bilgiler algoritmaya uygun şekilde işlenmiş ve hedeflenen sonuca ulaşılmıştır.

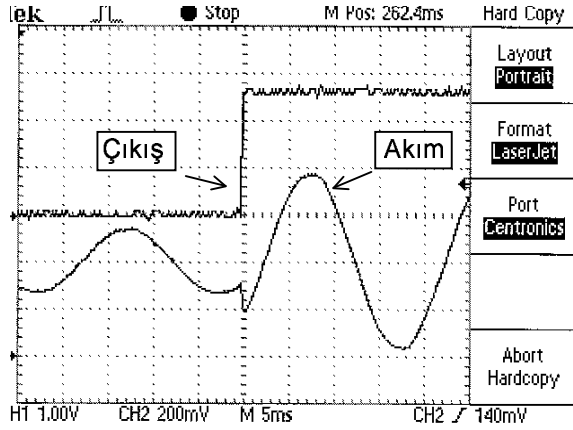
Şekil 4'te görülen algoritmada DSP'nin XF çıkış ayağı kısa devre olduğunda lojik 1 olmaktadır. Bu nedenle ilk anda XF ayağı lojik 0 durumuna çekilmektedir. DSP'de 10 bitlik ve 9 μ s'de dönüşümü gerçekleştiren, 16 kanal analog işaret alabilen ADC bulunmaktadır. Program algoritmasında ilk ölçüm ADC'den alındıktan sonra ikinci ölçüm alınmaktadır. Şekil 3'de görüldüğü gibi direnç üzerinden alınan akım örneğinde ani kısa devre durumunda işaretin genliği ve eğimi değişmektedir. Kullanılan algoritmada bu durum esas olarak alınmıştır. ADC'den alınan bu iki ölçüm arasındaki fark işaretin eğimini vermektedir. Akım işaretinin normal durumdaki eğimi DSP'de yazılan bir program ile en yüksek 5h, kısa devre durumunda ise eğim en yüksek 24h olarak tespit edilmiştir. Yani akım işaretinin eğim 5h'e eşit ve bu değerden büyük ise iletim hattında kısa devre mevcut anlamına gelmektedir. Programda bu eğimin büyüklüğü sürekli olarak kontrol edilmekte ve eğim belirlenen değerden büyük olunca XF çıkışı set edilmektedir.

Şekil 5a'da, test amaçlı olarak hat sonunda oluşturulan bir kısa devre durumunda, kısa devrenin DSP tarafından algılanmasının hemen ardından DSP'nin müdahale sinyalini ürettiği görülmektedir. İletim hattı modelinde kullanılan eşdeğer modül sayısının azlığından dolayı dalga hareketlerinin yeterince gözlenememesine karşın, kısa devre nedeniyle akımda ani bir artış olduğu şekilden gözlenmektedir. Akımın algılanma süresinin çok kısa

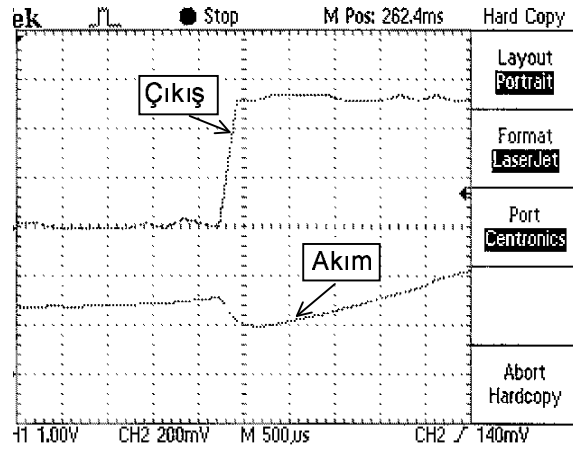
olduğu, kısa devre anı ile müdahale sinyalinin oluştuğu zaman arasında yapılan karşılaştırmada açık olarak görülmektedir. Bu zamanın daha belirgin bir biçimde gözlenmesi için zaman eksenini genişletilerek Şekil 5b'de verilmiştir. Buradan tespit edildiği kadarıyla kısa devre arızasına müdahale zamanının 0.5 ms'den az olduğudur.



Şekil 4. Program algoritması



(a)



(b)

Şekil 5. Kısa devre anında DSP tarafından üretilen çıkış sinyali; a) zaman eksenı 5 ms, b) zaman eksenı 0.5 ms.

4. Sonuç

DSP kullanılarak iletim hatlarında oluşturulan kısa devrelerin hızlı tespiti için bir algoritma geliştirildi. Sistemin laboratuvar ortamında benzetimi yapıldı ve hazırlanan algoritma gerçek zamanda denendi. DSP'nin kısa devre arızalarının belirlenmesinde kullanılabileceği gösterildi. Sonraki çalışmalarda, toplu parametrelı benzetim yerine iletim hattının dijital gerçek zaman benzetiminden faydalanılması hedeflenmektedir. Ayrıca hazırlanan algoritma geliştirilerek arıza yerinin bulunması ile aşırı gerilim yükselmelerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

Teşekkür:

Bu çalışmayı 20/39 nolu proje kapsamında destekleyen İnönü Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığına teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

- [1] Ö. F. Özgüven, "80196-16 Bitlik Mikrodenetleyicili Geliştirme Seti Tasarımı ve FP 3000 Fuzzy İşlemciyi Kullanarak Çok Amaçlı Mikrodenetleyicili Fuzzy Lojik Kontrol ve Uygulaması", Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 1997.
- [2] B.S.A. Kumar, K. Ganesan, E.F. Rivera, "Envelope compensation for high speed digital protection", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 7, No 3, 1992, s. 1139-1147.
- [3] B. Jeyasurya, T. H. Vu, W. J. Smolinski, "Determination of transient apparent Impedances of faulted transmission lines", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems. Vol. PAS-102, No. 10, 1983, s. 3370-3378.
- [4] K.K. İslam, S. K. Bose, L. P. Singh, "Dijital Protection of EHV/UHV Transmission Line Based Upon Travelling Wave Phenomena", Electric Machines and Power Systems, 14, s. 413-429
- [5] T.S. Sidhu, "Accurate measurement pf power system frequency using a digital signal processing technique", IEEE T Instrum. Meas. 48 (1), s. 75-81, 1999.
- [6] V. Backmutsky, A. Shenkman, G. Vaisman, et al., "New DSP method for investigating dynamic behavior of power systems", Electrical Machines and Power Systems 27, (4): s. 399-427, 1999.
- [7] T.S. Sidhu, G. Singh, M.S. Sachdev, "Arcing fault detection using artificial neural networks", Neurocomputing 23 (1-3), s. 225-241, 1998.
- [8] V. Backmutsky, A. Shenkman, B. Shklyar, et al., "A new DSP-method for frequency average estimation in power systems", Electrical Machines and Power Systems, 24 (7), s. 785-800, 1996.
- [9] R. Sasdelli, A. Menchetti, L. Peretto, "A digital instrument for the calibration of current-to-voltage transducers", IEEE Transactions on Instrum. Meas., 47 (1), s. 189-194, 1998.
- [10] W.D. Stevenson, Elements of Power System Analysis, 4. Baskı, McGraw-Hill, 1982.
- [11] Texas Instruments, TMS320F243/F241/C242 DSP Controllers Reference Guide System and Peripherals, Literature Number: SPRU276C 2000.
- [12] The MathWorks Inc., The Student Edition of MATLAB Version 4 User's Guide, Prentice Hall, 1995.
- [13] M.S. Mamiş ve M. Köksal, "Remark on the lumped parameter modeling of transmission lines", Electric Machines and Power Systems, Vol. 28, No. 6, s. 565-575, 2000.