

ADAPTİF MESAFE RÖLESİ

Mehmet BAYRAK

Sakarya Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
bayrak@sakarya.edu.tr

Ömer USTA

İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü
usta@elk.itu.edu.tr

Anahtar sözcükler: İletim hatlarının korunması, Mesafe röleleri, Dijital koruma

ÖZET

Enerji sistemlerindeki frekans değişimleri mesafe rölelerinin doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada, elektrik güç sistemindeki frekans değişimlerinin mesafe rölelerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için yeni bir koruma algoritması geliştirilmiştir.

Geliştirilen dijital koruma algoritması örnekleme frekansını sistem frekansına göre sürekli olarak değiştirmektedir. Böylece, gerilim ve akım fazörlerinin hesaplanmasında her bir periyot için sabit sayıda örneklenmiş değer alınmaktadır. Dijital koruma algoritmasının performansını sınamak amacıyla bilgisayar benzetimleri yapılmıştır. Benzetim sonucunda geleneksel mesafe röleleri ile geliştirilen dijital koruma algoritması karşılaştırılmıştır.

1. GİRİŞ

Enerji iletim hatlarının korunmasında mesafe röleleri yaygın biçimde kullanılmaktadır. Gerilim fazörünün akım fazörüne oranı ile empedansın bulunması ilkesine dayanan bu röleler, hesaplanan empedansın değerine göre arıza yerini tespit etmektedir. Arızalı hat parçasının en kısa sürede devre dışı bırakılması için de empedansın doğru ölçülmesi gerekir.

Arıza sırasında oluşan arklar, sistemdeki dengesizlikler arıza empedansının ölçülmesinde hatalara neden olmaktadır. Bu nedenle, bu gibi olayların arızalı bölgenin tespitindeki olumsuz etkileri azaltmak için farklı karakteristiklerde empedans röleleri geliştirilmiştir [1,2]. Bu karakteristikler;

- Empedans,
- Reaktans,
- Mho,
- Düzenlenmiş mho,
- Düzenlenmiş empedans

Biçiminde sıralanabilir. Dijital röle kullanımının yaygınlaşması sonucunda, elektromekanik rölelere ait olan bu karakteristikler yerine farklı karakteristikler kullanılmaya başlanmıştır [3-5]. Dijital röleler, örneklenmiş gerilim ve akım değerlerini kullanarak, sayısal yöntemlerle gerekli hesaplamalar yapmaktadır.

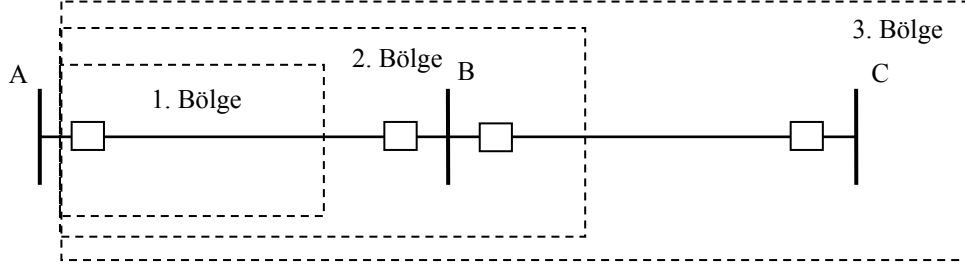
Hatların korunmasında kullanılan bu sayısal yöntemler de dalga şekli ve diferansiyel eşitlik algoritmaları olarak ikiye ayrılmaktadır [6]. Genellikle mevcut bütün dijital rölelerde gerilim ve akım fazörlerinin hesaplanmasında sabit örnekleme aralığı kullanılmaktadır. Güç sistemindeki salınımlar ve frekans değişimleri fazör hesaplamasında, dolayısıyla hatlarda arıza yerinin bulunmasında, hatalara neden olmaktadır.

Enerji iletim hatlarında arıza yerinin tespit edilmesinde yeni bir sayısal yöntem geliştirilen bu çalışmada, hatlarda mesafe rölesinin bulunduğu ölçüm noktasında frekans sürekli hesaplanarak örnekleme frekansı bulunmaktadır. Böylece sistem frekansındaki değişimin arıza bölgesinin tespit edilmesindeki olumsuz etkisi en aza indirilmiştir.

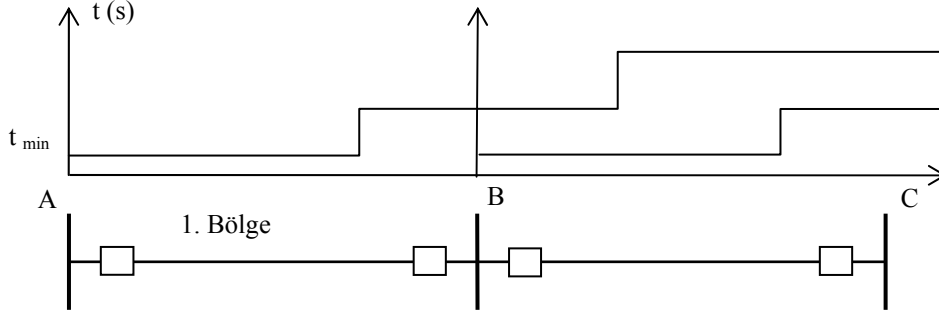
2. MESAFE RÖLELERİ

Enerji iletim hatlarındaki arızaların güç sistemine olan etkisini azaltmak için hatlar, koruma sistemi bakımından, çeşitli bölgelere ayrılmıştır. Bu bölgeler 1. bölge, 2. bölge ve 3. bölge olarak adlandırılmıştır. Şekil 1’de görüldüğü gibi, 1. bölge 1. hat parçasının yaklaşık % 80’ini kapsamaktadır. 2. Bölge ise birinci hattın % 120’sini (aynı uzunlukta ise ikinci hattın % 20’sini de) kapsamaktadır. Yaygın olarak kullanılmamakla birlikte, 3. bölgenin kapsama alanı 3. hatta kadar olmaktadır.

Şekil 2’de üç bölgeli bir hat için kullanılan röleler ile A ve B baralarına bağlı röleler için zaman koordinasyonları görülmektedir. Arızanın 1. bölgede olması durumunda A rölesi ani olarak (birkaç periyotluk gecikme ile) ilgili kesiciye açma komutu verecektir. 2. Bölgedeki arızalarda ise yaklaşık 0.3-0.5 s arasındaki bir zaman gecikmesi ile açma işareti verecektir. Böylece B rölesinin 1. bölgesindeki arızalarda, eğer B rölesi görevini yapamazsa, A rölesi yedek koruma görevini üstlenecektir. A Rölesi kendisinin 3. bölgesindeki arızalarda ise yaklaşık 2 s gecikme ile gerekli açma komutu verecektir. Böylece koruma yapılmayan hat parçası kalmamakta ve röle koordinasyonu sağlanmaktadır.



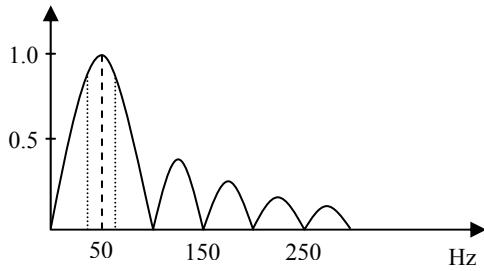
Şekil 1. Mesafe rölesinin koruma bölgeleri



Şekil 2. Mesafe rölesinin zaman kademeleri

3. GELİŞTİRİLEN YÖNTEM

Dijital rölelerde fazör değerleri hesaplamak için farklı sayısal yöntemler kullanılmaktadır. Arıza sırasında akımda ortaya çıkan üstel bileşenin fazör değerlerinin hesaplanmasındaki hataları azaltmak için ise, ayrık fourier dönüşümü kullanılmaya başlanmıştır. Temel frekansın 50 Hz olması durumunda, 600 Hz örnekleme frekansı için fourier dönüşümünün frekans cevabı Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Bir periyotta 12 örnek için tam dalga fourier dönüşümünün frekans cevabı.

Tam dalga fourier dönüşümünün frekans cevabından görüldüğü gibi, örnekleme frekansının sabit olduğu ve sistem frekansının değiştiği durumda hesaplanan değer gerçek değerden farklı olmaktadır. Bu nedenle, fazör değeri doğru hesaplamak için temel frekans periyodu boyunca sabit sayıda örnek almak gerekir. Bu da ancak örnekleme frekansını sistem frekansına göre değiştirmekle mümkün olur.

Geliştirilen yeni sayısal yöntem, örneklenmiş gerilim değerlerinden sistem frekansını hesaplamakta ve buna göre (bir temel periyotta 12 örnek olacak şekilde) örnekleme frekansını belirlemektedir. Frekans hesabı için sıfır geçiş yöntemi kullanılmıştır. Her bir yarı periyotta frekans hesaplanmıştır. Bu da empedans ölçümü için yarı periyotluk bir gecikmeye neden olmuştur. Gerilim ve akım fazörlerinin hesaplanması için

$$F_1 = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(n) e^{-j2\pi n/N} \quad (1)$$

bağıntısı ile verilen ayrık fourier dönüşümü kullanılmıştır. Burada n örnekleme anını, N bir periyottaki örnek sayısını ve f(n) akım veya gerilimin örneklenmiş değerini göstermektedir.

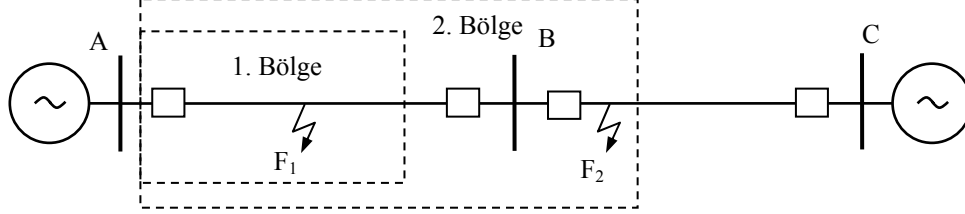
Arıza bölgesinin tespiti için mho röle karakteristiği kullanılmıştır. Arızanın 1. bölgede olması durumunda, rölenin sistemde normal yük değişimlerinde oluşan salınımlarda yanlış açmasını önlemek için, 50 ms gecikme konmuştur. Arızanın 2. bölgede olması durumunda rölenin 0.4 s gecikmeli, 3. bölgede olması durumunda 2 s gecikmeli olarak rölenin açma komutu vermesi öngörülmüştür.

4. BİLGİSAYAR BENZETİMLERİ

Geliştirilen yeni koruma algoritmasının performansını sınamak amacıyla, örnek güç sisteminin EMTP programı yardımıyla bilgisayar benzetimleri

yapılmıştır. Şekil 4’de görülen güç sistemi üzerinde oluşturulan farklı arızalar ve çalışma durumları için sayısal veriler elde edilmiştir. Benzetim süresi 2s alınmış ve arızaların 0.2s’de ortaya çıktığı kabul edilmiştir. Generatörlerin yıldız noktalarının doğrudan

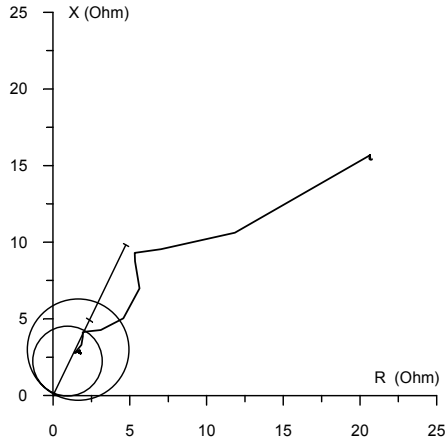
topraklandığı varsayılmış ve toprak arızalarında toprak geçiş direnci ile ark direnci dikkate alınmamıştır. Gerilim ve akımın örneklenmiş değerlerini temsil eden bu sayısal veriler geliştirilen röle yazılımının giriş verileri olarak kullanılmıştır.



Şekil 4. Örnek güç sistemi

Şekil 4’deki her bir hat parçasının uzunluğu 50 km ve hattın empedansı $z = 0.034 + j0.08 \Omega/\text{km}$ olarak alınmıştır. Arızaların 1. ve 2. bölge içinde olduğu kabul edilmiştir.

Şekil 5’de 1. bölgede faz-toprak arızası sırasında geleneksel mesafe rölesinin yanıtı görülmektedir. Faz-toprak arızası sırasında incelenen süre içerisinde generatörün hızındaki (dolayısıyla frekansındaki) değişme çok küçük olduğundan, arıza yerinin tespitinde bir hata yapılmamıştır.

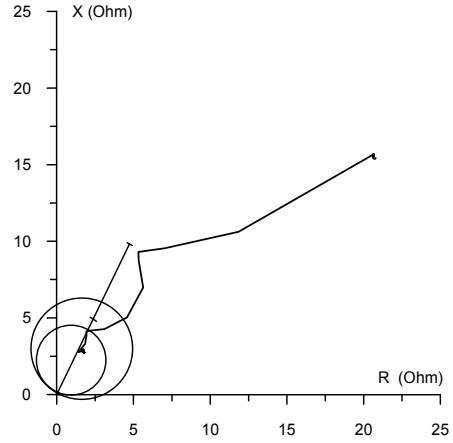


Şekil 5. 1. Bölgede faz-toprak arızasında geleneksel mesafe rölesinin yanıtı.

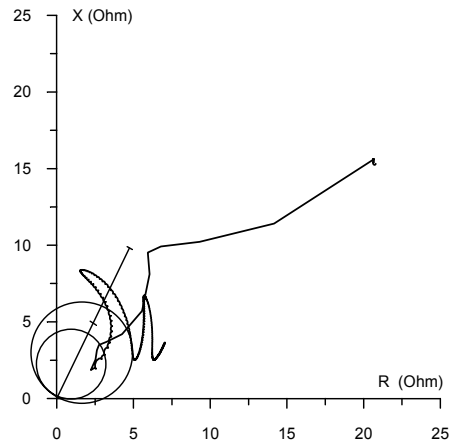
Şekil 6’da 1. bölgede faz-toprak arızası sırasında geliştirilen algoritmanın yanıtı görülmektedir. Burada hesaplanan empedans geleneksel rölenin hesapladığı değere çok yakındır.

1. Bölgede 3-faz arızası sırasında, generatör şebekeye radyal hat üzerinden bağlandığından, generatör hızında büyük değişmeler olmaktadır. Bu durumda hesaplanan empedans gerçek empedanstan çok farklıdır. Örnekleme frekansı sabit olduğundan, empedans yörüngesine bakıldığında, rölenin arızanın çok kısa bir süre 1. bölgede daha sonra 2. bölgede ve

daha sonra 2. bölge dışında olduğunu algıladığı görülmüştür (Şekil 7).

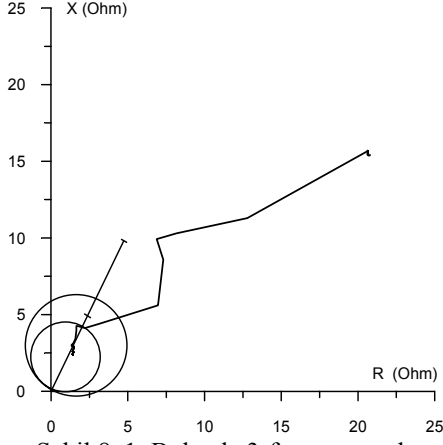


Şekil 6. 1. Bölgede faz-toprak arızasında geliştirilen algoritmanın yanıtı.



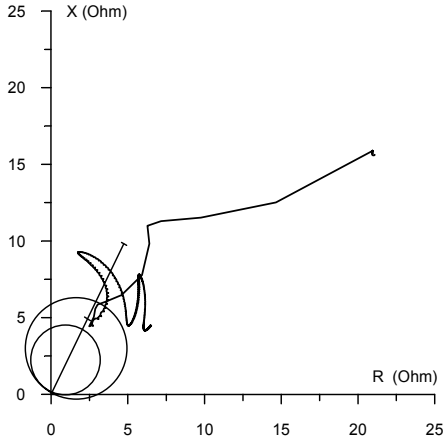
Şekil 7. 1. Bölgede 3-faz arızası sırasında geleneksel rölenin yanıtı.

Şekil 8’de 1. bölgede 3 fazlı arıza olması durumunda geliştirilen algoritmanın yanıtı görülmektedir. Burada algoritma örnekleme frekansını sistem frekansına göre değiştirdiğinden, arıza yeri doğru olarak bulunmuştur.

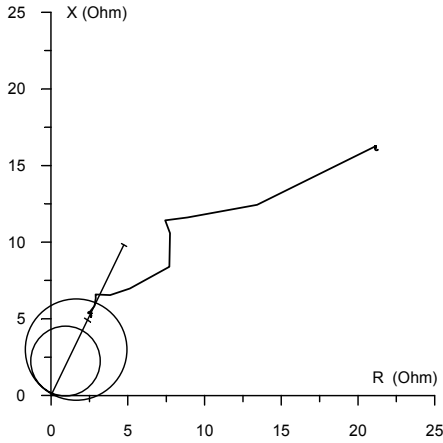


Şekil 8. 1. Bölgede 3-faz arızasında geliştirilen algoritmanın yanıtı.

2. Bölgedeki 3-faz arızalarında geleneksel mesafe rölesinin yanıtı 1. bölgedeki duruma benzemektedir (Şekil 9). Burada da frekans çok değiştiğinden, arızanın çok kısa süre için 2. bölgede olduğu, fakat daha sonra 3. bölgede olduğu algılanmıştır. Geliştirilen yeni koruma algoritmasında 2. bölgedeki 3-fazlı arızanın yeri doğru olarak bulunmuştur (Şekil 10).

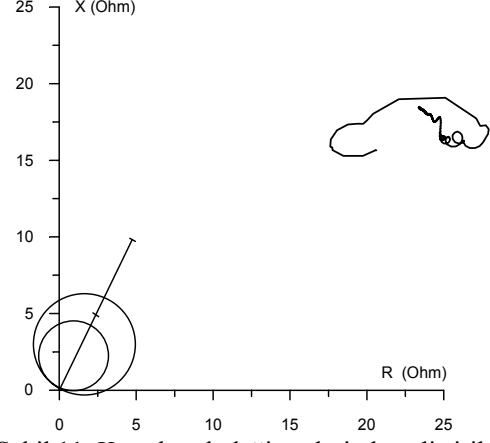


Şekil 9. 2. Bölgede 3-faz arızası sırasında geleneksel rölenin yanıtı.



Şekil 10. 2. Bölgede 3-faz arızasında geliştirilen algoritmanın yanıtı.

Şekil 11'de kararlı yük değişimlerinde geliştirilen algoritmanın yanıtı görülmektedir. Röle tarafından görülen empedans yük empedansına bağlı olarak değişmektedir ve belirlenen bölgelerin tamamen dışındadır.



Şekil 11. Kararlı yük değişimlerinde geliştirilen algoritmanın yanıtı.

5. SONUÇ

Elektrik güç sistemlerinde frekans değişimleri ve kararsızlık sonucu generatörlerdeki hız değişimleri geleneksel mesafe rölelerinde ölçümleri etkilemektedir. Bilgisayar benzetimlerinden de görüldüğü gibi, enerji iletim hatlarındaki arızalarda arıza bölgesi bu rölelerle doğru olarak bulunamamaktadır.

Geliştirilen yeni koruma algoritması örnekleme frekansını sistem frekansına göre değiştirdiğinden, frekans değişimleri arıza bölgesinin yerinin tespit edilmesini etkilememektedir. Bilgisayar benzetimi çalışmaları sonucunda, özellikle üç fazlı arızalarda geliştirilen koruma algoritmasının, geleneksel koruma yöntemlerine göre, çok daha doğru karar verdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Horowitz, S.H., Phadke, A.G., 'Power system relaying', John Wiley and Sons Inc., 1993.
- [2] Kundur, P., 'Power system stability and control', McGraw-Hill Inc.
- [3] Mann, B.J., Morrison, J.F., 'Digital calculation of impedance for transmission line protection', IEEE Trans. on PAS-90, 1971.
- [4] Gilcrest, G.B., Rockefeller, G.D., and Udren, E.A., 'High speed distance relaying using a digital computer', IEEE Trans. on PAS-91, 1972.
- [5] Sachdev, M.S., Baribeau, M.A., 'A new algorithm for digital impedance relays', IEEE Trans. on PAS-90, 1979.
- [6] Phadke, A.G., Thorp, J.S., 'Computer relaying for power systems', John Wiley and Sons Inc., 1990.