



Güç Salınımı Tespiti Yöntemlerinin Mesafe Koruma Rölesinin Çalışma Başarımı Açısından Karşılaştırılması

Comparison of Power Swing Detection Methods in a Manner of Distance Protection Relay Operation Performance

İbrahim Gürsu Tekdemir¹, Bora Alboyacı²

^{1,2}Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü,
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye
¹gursu.tekdemir@kocaeli.edu.tr, ²alboyaci@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, mesafe koruma rölelerinin güç salınımı durumunda çalışma yetersizlikleri ve bu sorunun çözümü üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda, literatürde klasik güç salınımı tespiti yöntemleri olarak anılan dört yöntem incelenmiştir. Bu amaçla, PSCAD’te, örnek bir güç sistemi modellenmiş ve güç salınımı benzetimi yapılmıştır. Elde edilen verilere, MATLAB’te programlanan ve incelenen güç salınımı tespiti yaklaşımlarını içeren mesafe koruma algoritmaları uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, mesafe koruma rölesinin güç salınımı durumunda yanlış açma verip vermeyeceği açısından karşılaştırılmış ve böylece bazı yöntemlerin güçlü, bazı yöntemlerin zayıf kalan yönleri ortaya konulmuştur.

Abstract

In this study, performance incapacibilities of distance protection relays during power swings and solution of the problem is focused on. In this concept, four methods mentioned as classical power swing detection methods in literature are analysed. To this end, a power system is modelled as an example and a power swing is simulated in PSCAD. Distance protection algorithms, which contains power swing detection methods being analysed and programmed in MATLAB, are applied to the data obtained after the simulation. Results are compared in a manner of correct/incorrect distance protection relay operation during power swing, so some strong and weak features of the methods are presented.

1. Giriş

Güç sistemlerinde korumanın etkili ve güvenilir olması için bu amaçla kullanılan cihazların doğru bir şekilde çalışabilmesi gerekmektedir. Günümüzde güç sistemlerinde kullanılan koruma rölelerinin sayısal (dijital) yapıda olması, çok çeşitli koruma algoritmalarının geliştirilebilmesine olanak sağlamaktadır.

Enerji iletim hatlarının korumasında çok yaygın olarak kullanılan ve neredeyse olmazsa olmaz durumuna gelen mesafe koruma röleleri [1], güç sisteminde yaşanan gerilim ve akım değişimlerini izleyerek arızalı ve normal durum ayırımı

yapmak üzere programlanırlar. Fakat bazı durumlarda, röle normal durumu arızalı durum olarak algılayarak yanlış açma verebilmektedir. Buna sebep olan en belirgin olaylardan birisi güç salınımlarıdır. Üretim-tüketim dengesinin ciddi oranda bozulması halinde, mesafe koruma rölesi arızalı durumdakine benzer şekilde açma komutu verebilmekte yani güç sistemi gereksiz yere enerjisiz bırakılabilmektedir. Bu, istenmeyen ve önemle çözülmesi gereken bir sorundur.

Güç salınımlarında yanlış açma yapmanın önüne geçmek için güç salınımı tespiti yapılmasını amaçlayan çeşitli çalışmalar mevcuttur [2,3]. Gerçekleştirilen çalışmaların bir kısmında, klasik güç salınımı tespiti yöntemlerinin başarımı incelenmiştir [4,5]. Diğer çalışmalarda ise yeni ve daha etkili analitik, sayısal veya diğer yapıdaki yöntemler önerilmekte ve incelenmesi yapılmaktadır [6-12].

Bu çalışmada, örnek bir güç sistemi üzerinde, klasik güç salınımı tespiti yaklaşımlarının etkinliği gösterilmiş ve başarımları karşılaştırılmıştır. 2. bölümde, öncelikle, mesafe koruma yaklaşımı ve güç salınımı olgusu daha detaylı olarak açıklanmış, 3. bölümde klasik güç salınımı tespiti algoritmaları tanıtılmıştır. 4. bölümde yapılan bir güç salınımı tespiti uygulaması açıklanmış, yapılan modelleme ve benzetim hakkında bilgi verilmiş ve uygulanan yöntemlere ilişkin analiz sonuçları verilmiştir. 5. bölümde ise çalışmada yapılanlar ve elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

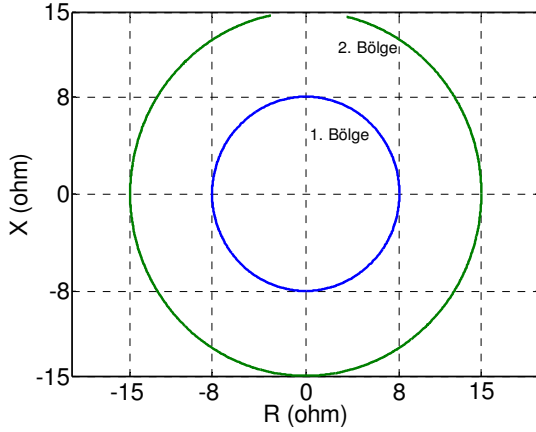
2. Temel Tanımlar

2.1. Mesafe Koruma

Güç sistemlerinde, enerji iletim hatlarının korunmasında çok yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi de mesafe korumadır. Mesafe korumada kullanılan röleler, güç sisteminde tanımlanan koruma bölgeleri içerisinde genellikle empedans hesabına dayanan bir koruma stratejisi izlemektedir. Admitans, reaktans ve dört kenarlı çeşitleri olsa da mesafe koruma röleleri, çoğunlukla, gerilim ve akım ölçü trafosundan aldıkları bilgileri kullanarak bir empedans değeri hesaplamakta ve böylece, bu değer değişimine ve önceden ayarlanmış belli gecikme parametrelerine uygun bir koruma uygulaması gerçekleştirilmektedir. Bu yüzden empedans rölesi olarak da adlandırılırlar. Korunması istenen iletim hattının

empedans değerinin genellikle %80-85'i ile 1. koruma bölgesi tanımlanmaktadır. Koruma süresince izlenen empedans değerinin, ayarlanan bu değer altına düşüp düşmediğine uygun bir koruma uygulaması gerçekleştirilir.

Mesafe koruma röleleri, koruma yaklaşımlarını, hesapladıkları empedans değerinin Şekil 1'de gösterilen empedans (veya R-X) daresi veya dairelerinin içerisine düşüp düşmediğine bağlı olarak gerçekleştirir [1]. Mesafe koruma yaklaşımında hem 1. koruma bölgesi için, hem de 2. koruma bölgesi için empedans eğrilerinin tanımlandığı görülmektedir.



Şekil 1: Mesafe koruma rölesi için R-X diyagramında empedans daireleri ile tanımlanan koruma bölgeleri.

Mesafe korumada tanımlanan 2. koruma bölgesi ise korunması istenen hattın empedans değerinin %120-150'si düzeyine ayarlanır. 2.koruma bölgesi tanımlanarak yedek koruma stratejisi izlenmekte ve belli zaman gecikmeleri de katılarak, rölenin asıl koruduğu hattın yanı sıra belli mesafedeki diğer hat veya hatların da korunması sağlanmaktadır.

2.2. Güç Salınımı

Mesafe koruma rölesi için tanımlanan ve Şekil 1'de gösterilen empedans daresinin kullanılmasının koruma açısından çeşitli yetersizlikleri de bulunmaktadır. Bunlardan birisi de, empedans rölesinin sistemde oluşabilecek güç salınımlarına da duyarlı olmasıdır [1].

Güç salınımları, sistemde büyük yük devreye alma/devreden çıkarma veya genel olarak üretim-tüketim dengesinin ani olarak ve ciddi miktarda bozulması sonucunda meydana gelmektedir. Böylesi bir durumda, sistemdeki generatörlerin birbirlerine göre açılma farkları salınım yapmakta, bunun sonucunda gerilim ve akım, 4. bölümdeki Şekil 3'tekine benzer değişimler göstermektedir. Eğer bu salınım sönmelendirilemez ise sistem kararsız bir duruma ulaşmaktadır.

Mesafe koruma rölelerinin, kararlı duruma erişecek bir güç salınımı durumu yaşanır, arıza durumunda verdiği tepki yani rölenin yanlış açması engellenmelidir. Bu güç salınımı eğer kararlı duruma erişecek bir yapıda ise sistem tekrar açma verecek şekilde programlanabilmelidir. Güvenilir bir koruma için mesafe koruma rölesi her iki durumda ve hatta kararlı bir güç salınımlarında bir arıza yaşandığında da tekrar açma yapacak şekilde çalışabilmelidir. Bu noktada, arıza ve güç salınımı tespitinin çok iyi bir şekilde yapılabilmesi gerekmektedir.

3. Klasik Güç Salınımı Tespiti Algoritmaları

Bu çalışmada, mesafe koruma rölelerinin gerçek bir arıza ile güç salınımı arasındaki ayrımı doğru bir şekilde yapabilmesi için kullanılan klasik yöntemlerden dört tanesi incelenmiştir. Bu yöntemler: azalan empedans yöntemi, $V_{\cos\phi}$ algoritması, bindirilmiş akım yöntemi ve azalan direnç yöntemidir [4].

3.1. Azalan Empedans Yöntemi

Bu yöntemde, güç salınımı ile arıza arasındaki farklılık, rölenin gördüğü empedans değerinin R-X diyagramında, empedans daireleri yani koruma bölgeleri arasında geçirdiği sürenin farklı olmasından yola çıkılarak bulunmaktadır. Genel olarak, güç salınımı durumunda empedans değerinin düşme hızı, arızalı duruma göre daha azdır. Buradan yola çıkılarak, güç salınımı tespiti için geçiş süresi (Δt) için bir eşik değeri belirlenerek koruma yapılabilir.

Çalışmada incelenen problemin doğal sonucu olarak, hem arızalı durumda hem de güç salınımı durumunda, izlenen empedans değeri Şekil 1'deki R-X diyagramında tanımlı olan 1. ve 2. koruma bölgeleri arasından geçerek 1. koruma bölgesinin içine düşecektir. Fakat güç salınımı durumunda bu geçişin arızalı duruma göre daha yavaş olması, güç salınımlarında yanlış açma yapmayı önlemek için bir ölçüt olarak kullanılabilir.

3.2. $V_{\cos\phi}$ Algoritması

Bazı elektriksel büyüklüklerin güç salınımı durumunda farklı hızlarda değişebilmekle birlikte arızalı durumda ani değişimler gösterdikleri gözlenmiştir. Buradan yola çıkılarak başka bir güç salınımı tespiti ölçütü ortaya konulabilir. $V_{\cos\phi}$ gerilim bileşeninin değişimi bu algorithmada bu amaç için referans olarak alınmıştır. Röle tarafından izlenen $V_{\cos\phi}$ değerinin değişim hızı ($dV_{\cos\phi}/dt$) izlendiği zaman belli bir eşik değeri tanımlanarak, bu değer altında bir değişim hızı yaşandığında güç salınımı, bu değer üstünde bir değişim yaşandığında arıza tespiti yapılabilir.

3.3. Bindirilmiş Akım Yöntemi

Güç sistemindeki arıza veya güç salınımı durumları, örneklenen akım değerleri kullanılarak hesaplanan bindirilmiş akım değerlerinde de farklılık göstermektedir. Böylece, arıza ve güç salınımı ayrımı, hesaplanan bindirilmiş akım değerleri kullanılarak da yapılabilir.

Bindirilmiş akım değeri, aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$I_{k,\text{bindirilmiş}} = I_k - I_{k-N} \quad (1)$$

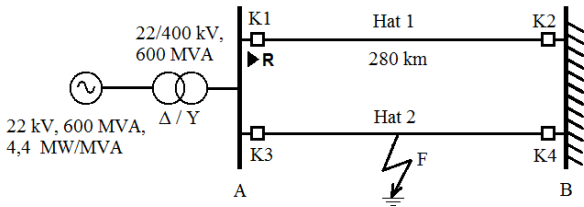
Burada; k örnek sıra numarası, N ise akımın izlendiği pencerenin kaç örneklemeden oluştuğuna ilişkin sayısal değerdir. Sistemde bir arıza oluştuğunda bindirilmiş akım değerinin, sistemdeki bir güç salınımı oluştuğu durumdan daha düşük seyrettiği bilinmektedir. Buradan yola çıkılarak, yine sisteme özgü bir eşik değeri tanımlanarak hangi durumda arıza, hangi durumda arıza olmadığı (güç salınımı oluştuğu) bu eşik değeri aşıp aşılmadığına bakılarak anlaşılabilir.

3.4. Azalan Direnç Yöntemi

Mesafe koruma rölesinin hesapladığı empedans değerinin gerçel bileşeni (R), sistemdeki bir güç salınımlında süreklilik gösteren bir değişme göstermekle beraber, sistemdeki bir arızada bu kez sürekli değil ani bir değişme gösterecektir. Buradan yola çıkılarak, mesafe koruma rölesinin arıza durumu ile güç salınımları arasındaki farkı algılayarak yanlış açma yapması önlenir. Röle tarafından hesaplanan empedans değerinin gerçel bileşeninin zamanla değişimi sürekli izlenerek, tanımlanabilecek bir eşik değerin aşılmış aşılımadığı değerlendirilebilir. Böylece bir değerlendirme, aynı zamanda güç salınımlarının tespiti yapılabilir anlamına gelecektir.

4. Bir Güç Salınımlarını Tespiti Uygulaması

Mesafe koruma rölelerinin, incelenen klasik yöntemler kullanılarak güç salınımlarında nasıl tepki verdiklerini incelemek için Şekil 2'deki test sistemi kullanılmış [7] ve PSCAD'te güç salınımlarını benzetimi yapılmıştır.



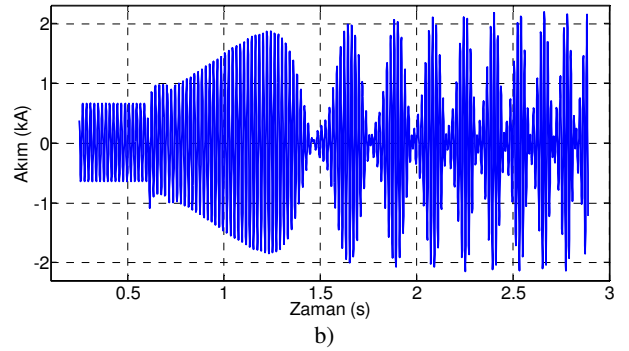
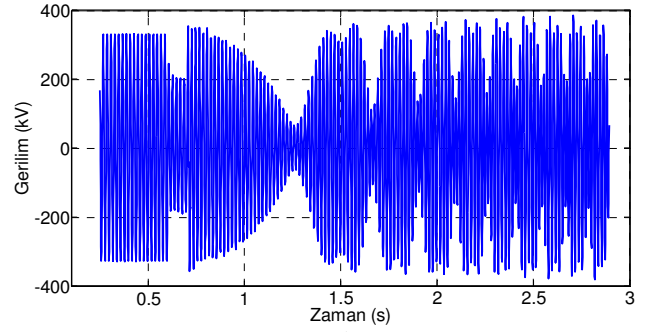
Şekil 2: Güç salınımlarını üretmek için kullanılan test sistemi.

Şekil 2'deki sistemde; 50 Hz şebeke frekansında, 22 kV geriliminde ve 600 MVA gücündeki jeneratör, 22/400 kV'luk transformatör üzerinden 280 km uzunluğundaki paralel iletim hatlarını enerjilendirmektedir. Sistem, sonsuz güçlü şebekeye bağlanmıştır. Sistemdeki mesafe koruma rölesi (R), Hat 1 üzerinde, K1 kesicisini anahtarlar konumundadır. Röle, koruma işlevini yerine getirmek için A tarafı için gerilim ve Hat 1 üzerindeki akım bilgilerini kullanarak empedans değerini hesaplamaktadır. 280 km uzunluğundaki paralel iletim hatlarının empedans değeri $0,12+j0,88 \Omega/\text{km}$ olarak alınmıştır. Mesafe korumada, 1. koruma bölgesi için röleye 200Ω değeri girilmiştir, bu da korunan hattın empedans değerinin yaklaşık olarak %80'ine denk gelmektedir.

PSCAD modeli için benzetim süresi 3 saniye olarak alınmış; benzetim sonuçları için MATLAB ile yapılan analizler sonucunda, her periyotta 20 örnekleme ($N = 20$, $\Delta t = 1 \text{ ms}$) yapılarak klasik güç salınımlarını tespiti yöntemlerinin ve koruma işlevinin başarımlarını, oluşturulan güç salınımlarını senaryosu üzerinde gözlenmiştir.

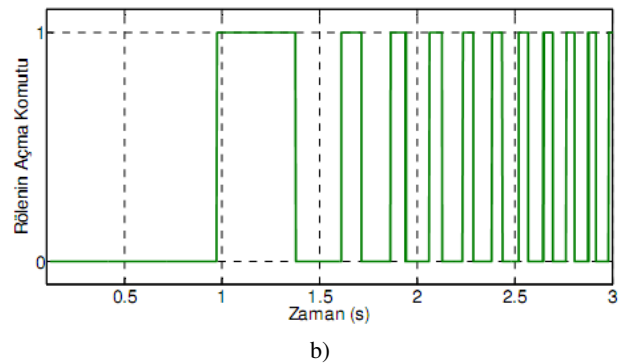
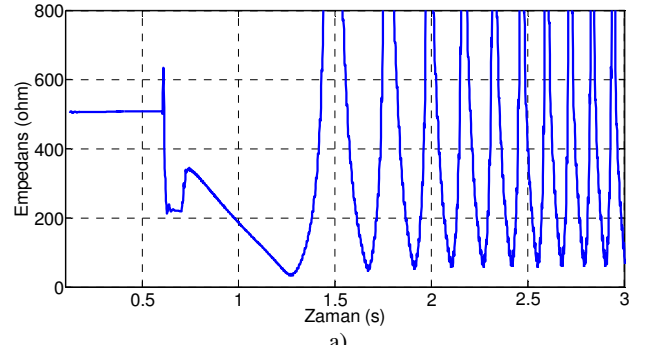
Çalışmada bir güç salınımlarını üretilerek, hem görülen empedans değerinde, koruma rölesinin kesiciyi yanlış açmasına neden olacak bir durumun yaşanıp yaşanmayacağı, hem de klasik yöntemlerin böylesi bir durumu (güç salınımlarında yanlış açmayı) engelleme potansiyellerinin bulunup bulunmadığı incelenmiştir. Bu amaçla, benzetimin 0,6. saniyesinde Hat 2'nin tam orta noktasında 100 ms süren bir faz-toprak kısa devre arızası meydana getirilmiş ve bu arıza 0,7. saniyede K3 ve K4 kesicilerinin açılması ile temizlenmiştir. Bu noktadan sonra, Hat 1 üzerinde bir güç salınımlarını oluşmaktadır. Bu duruma ilişkin olarak arızalı olan A fazı için koruma rölesinin

gördüğü gerilim ve akım değerlerinin zamanla değişimleri Şekil 3'te, rölenin hesapladığı empedans değeri ile açma komutunun zamanla değişimleri ise Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3: Benzetim süresince a) gerilimin, b) akımın, zamanla değişimleri.

Şekil 3.a ve Şekil 3.b'de verildiği üzere, arıza sonrası Hat 1'de ciddi bir güç salınımlarını yaşanmaktadır. Bu salınımlar zamanla daha da hızlanmaktadır. Şekil 4.a'da ise, mesafe



Şekil 4: Benzetim süresince a) rölenin hesapladığı empedans değerinin ve b) rölenin açma komutunun zamanla değişimleri.

koruma rölesinin, güç salınımı esnasında 200 Ω 'un altında empedans değerleri hesapladığı görülmektedir. Bu da rölenin güç salınımı durumunda yanlış açma yapacağı anlamına gelmektedir (Şekil 4.b).

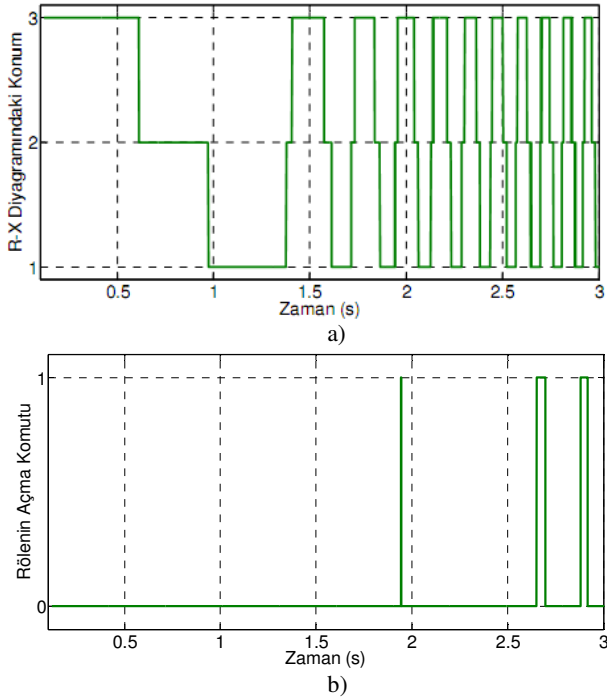
Bu noktada, klasik yöntemlerin güç salınımı tespiti yaparak koruma rölesinin yanlış açma yapmasını önleyip önleyemeyeceği incelenmektedir. İncelenen yöntemlere ait, 3. bölümde söz edilen parametrelerin güç salınımı tespiti yapmak için bu çalışmada kullanılan eşik değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: Koruma rölesinin güç salınımı tespiti yapması için seçilen eşik değerler

Yöntem	İzlenen Parametre	Eşik Değer
Azalan Empedans	Δt	> 10 ms
$V_{\cos\phi}$	$d(V_{\cos\phi})/dt$	< 6000 kV/s
Bindirilmiş Akım*	$I_k - I_{k-N}$	< 0,8 kA
Azalan Direnç	dR/dt	< 20 k Ω /s

*N=20, bir periyottaki toplam örnek sayısı

İlk olarak, azalan empedans yöntemi kullanılarak güç salınımı durumunun arızalı durumdan ayırt edilip edilemeyeceği incelenmiştir. Bu amaçla, benzetimin başlangıcından sonuna dek röle tarafından hesaplanan empedans değerinin değişimi izlenmiştir. Empedans değerine ve koruma rölesinin açma komutuna ilişkin değişim Şekil 5'teki gibidir.

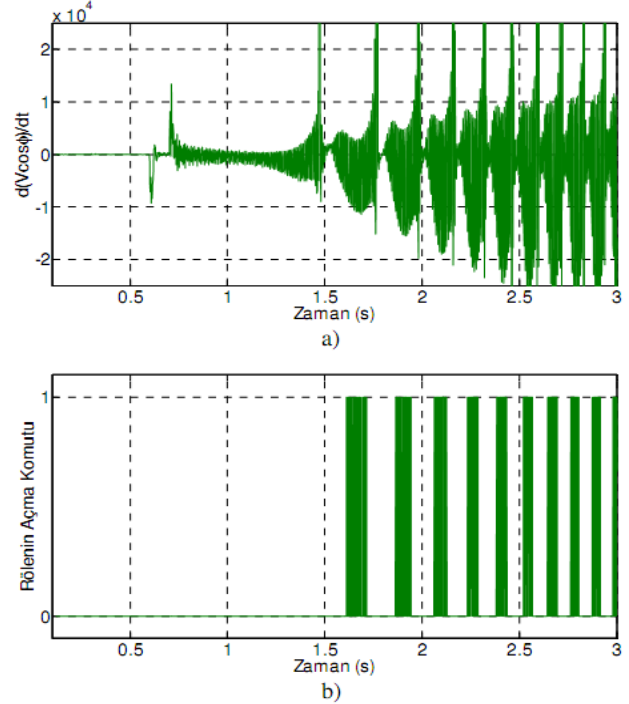


Şekil 5: Azalan empedans yönteminde a) R-X diyagramındaki konumun, b) rölenin açma komutunun zamanla değişimi.

Şekil 5'de, R-X diyagramındaki konum değerleri, 2. koruma bölgesinin dışındayken "3", 1. koruma bölgesi ile 2. koruma bölgesi arasındayken "2", 1. koruma bölgesinin içindeyken "1" ile gösterilmiştir. Bu yöntemde 2. koruma bölgesinin empedans değeri 375 Ω olarak alınmıştır; bu da korunan hattın empedans değerinin yaklaşık olarak %150'sine denk gelmektedir. Güç salınımı tespiti için, empedans değişiminin

2. koruma bölgesinden 1. koruma bölgesine geçmesi için geçen sürenin 10 ms'den uzun olması referans alınmıştır. Rölenin yanlış açma komutu başlangıçta engellendiyse de, devamında güç salınımı tespiti doğru bir şekilde yapılamamış ve rölenin yanlış açma verdiği gözlenmiştir.

İkinci olarak, aynı senaryo için $V_{\cos\phi}$ algoritmasının koruma işlevine etkisi incelenmiştir. Bu durumda $V_{\cos\phi}$ değerinin ve koruma rölesinin açma komutunun zamanla değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6: $V_{\cos\phi}$ algoritması kullanıldığında a) parametrenin, b) rölenin açma komutunun zamanla değişimi.

Şekil 6'dan görüldüğü gibi, $V_{\cos\phi}$ algoritması ile güç salınımında yanlış açmayı önlemek mümkün olmamıştır. Güç salınımı tespiti için, izlenen parametrenin 6000 kV/s'den küçük olması istenirken, güç salınımı durumunda normal durumdakinden çok daha yüksek değerler görülmüştür. Buradan, yüksek hızlı bir güç salınımının, yöntem tarafından gerçek bir arıza gibi algılandığı sonucu çıkarılabilir.

Üçüncü olarak, bindirilmiş akım yönteminin güç salınımı tespitindeki başarımı gözlenmiştir. Şekil 7'de, ilgili parametrenin ve koruma rölesinin açma komutunun zamanla değişimleri görülmektedir.

Şekil 7'ye bakılırsa, bindirilmiş akım yöntemi de $V_{\cos\phi}$ algoritması gibi, hızlı güç salınımında doğru bir sonuç ortaya koyamamıştır. Aynı, azalan empedans yönteminde olduğu gibi, başlangıçta güç salınımı tespiti yapılabildiyse de devamında rölenin yanlış açma verdiği görülmüştür. Güç salınımı durumunda 0,8 kA'den düşük olması beklenen parametre değeri, normaldekenden çok daha büyük değerler almıştır. Burada da, yöntemin hızlı güç salınımlarında doğru sonuç vermediği söylenebilir.

Son olarak, azalan direnç yönteminin güç salınımı tespitindeki etkinliği incelenmiştir. Şekil 8'de, yöntemle ilişkin parametrenin ve koruma rölesinin açma komutunun zamanla değişimi gösterilmiştir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, mesafe koruma rölelerinin koruma işlevlerini doğru bir şekilde yerine getirmeleri kapsamında, güç salınımlarını dikkate alan bir inceleme yapılmıştır. Koruma rölelerinin, sistemde yaşanan güç salınımları esnasında yanlış açma yapmalarını önlemek için endüstriyel cihazlarda da kullanılan dört farklı yöntem incelenmiştir. Bu yöntemlerin başarımlarını değerlendirebilmek ve karşılaştırabilmek için PSCAD’te, örnek bir güç sistemi modellenmiş ve sistemde bir güç salınımı senaryosu üzerinden benzetim yapılmıştır. Alınan sonuçlar, incelenen yöntemlerin mesafe koruma rölesinin çalışmasına yaptıkları etkiler açısından değerlendirilmiş ve çeşitli sonuçlar alınmıştır.

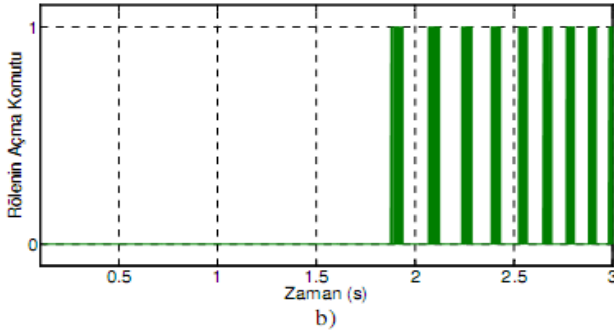
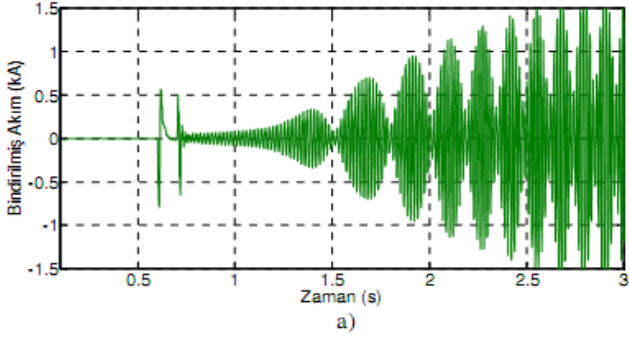
İncelenen sistem ve üretilen senaryoya bağlı olarak, incelenen yöntemler içerisinde en başarılı olanın azalan empedans yöntemi olduğu görülmektedir. Ama mesafe koruma rölelerinin güç salınımlarında yanlış açma vermelerinin önlenmesi bu yöntem kullanılarak dahi mümkün olmamıştır. Yine de incelenen yöntemler içerisinde, azalan empedans yönteminin daha işlevsel sonuçlar verdiği söylenebilir. Bununla birlikte, hem bu yöntemin hem de diğer yöntemlerin başarısız sonuçlar vermesine sebep olarak, çalışmada üretilen ve incelenen güç salınımlarının oldukça yüksek frekanslı, hızlı bir salınım olması gösterilebilir. Daha geniş kapsamlı bir inceleme yapmak için, yöntemlerin daha düşük hızdaki güç salınımlarındaki tepkileri de incelenebilir.

Koruma rölelerinin güç salınımlarında yanlış açma yapmalarını önlemek için klasik yöntemlerin yetersiz kaldıkları durumlar olduğu bu çalışmada aktarılan sonuçlardan da anlaşılmaktadır. Yapılan analizlerde, özellikle arızalı durumda ve güç salınımı durumunda incelenen parametrelerin belirgin farklılıklar göstermesi ve güç salınımlarının bu sayede ayırt edilmesi istenir ve beklenirken, güç salınımlarına ait parametrelerin arızalı durumdakine benzer bir eğilim gösterdikleri görülmüştür. Bu da yöntemlerin başarımlarını düşürmüş ve eninde sonunda rölenin yanlış açma vermesi sonucunu doğurmuştur.

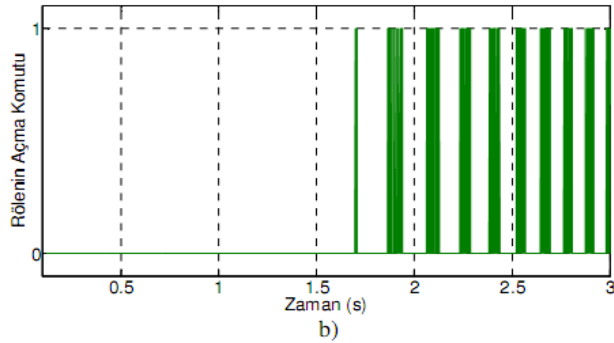
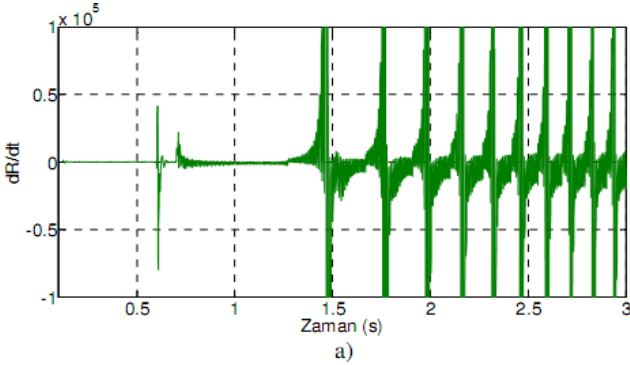
Sonuç olarak, çalışmada ortaya konan ve değerlendirmesi yapılan nedenlerle, güç salınımlarını tespitinde klasik yöntemlerden daha işlevsel ve daha yüksek başarımlı başka yöntemlerin araştırılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu noktada, yeni yöntemlerin güç salınımlarını tespiti ve daha genel olarak güç sistemlerinde koruma başarımlarının çeşitli açılardan incelenmesi önem kazanmaktadır.

6. Kaynaklar

- [1] Saner, Y., *Güç Dağıtım 6 Ölçme ve Koruma*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2014.
- [2] Mechraoui, A. ve Thomas, D. W. P., "A new blocking principle with phase and earth fault detection during fast power swings for distance protection", *IEEE Transactions on Power Delivery*, 10(3), 1242–1248, 1995.
- [3] Mechraoui, A. ve Thomas, D. W. P., "A new principle for high resistance earth fault detection during fast power swings for distance protection", *IEEE Transactions on Power Delivery*, 12(4), 1452–1457. 1997.



Şekil 7: Bindirilmiş akım yönteminde a) parametrenin, b) rölenin açma komutunun zamanla değişimi.



Şekil 8: Azalan direnç yönteminde a) parametrenin, b) rölenin açma komutunun zamanla değişimi.

Bu yöntem kullanılarak mesafe koruma rölesinin sorunsuz çalışması mümkün olmamıştır; çünkü güç salınımları başladıktan sonra bu durum bir arıza gibi algılanmış ve yöntem tarafından koruma rölesine açma yapması izni verilmiştir. Çalışmada benzetimi yapılmış olan hızlı bir güç salınımlarında, azalan direnç yönteminin de güç salınımlarını tespitinde ve rölenin yanlış açmasını önlenmesinde yeterli başarıyı gösteremediği görülmektedir.

- [4] Khorashadi-Zadeh, H., "Evaluation and performance comparison of power swing detection algorithms", *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 2005, syf. 976–982.
- [5] Nayak, P. K., Ganeswara Rao, J., Kundu, P., Pradhan, A. K. ve Bajpai, P., "A comparative assessment of power swing detection techniques", *2010 Joint International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems & 2010 Power India*, 2010, syf. 1–4.
- [6] Zou, L., Zhao, Q., Lin, X. ve Liu, P., "Improved Phase Selector for Unbalanced Faults During Power Swings Using Morphological Technique", *IEEE Transactions on Power Delivery*, 21(4), 1847–1855, 2006.
- [7] Brahma, S. M., "Distance Relay With Out-of-Step Blocking Function Using Wavelet Transform", *IEEE Transactions on Power Delivery*, 22(3), 1360–1366, 2007.
- [8] Lin, X., Gao, Y. ve Liu, P., "A Novel Scheme to Identify Symmetrical Faults Occurring During Power Swings", *IEEE Transactions on Power Delivery*, 23(1), 73–78, 2008.
- [9] Zadeh, H. K. ve Li, Z., "A novel power swing blocking scheme using adaptive neuro-fuzzy inference system", *Electric Power Systems Research*, 78(7), 1138–1146, 2008.
- [10] Paudyal, S., Ramakrishna, G. ve Sachdev, M. S., "Application of Equal Area Criterion Conditions in the Time Domain for Out-of-Step Protection", *IEEE Transactions on Power Delivery*, 25(2), 600–609, 2010.
- [11] Nayak, P. K., Pradhan, A. K. ve Bajpai, P., "A Fault Detection Technique for the Series-Compensated Line During Power Swing". *IEEE Transactions on Power Delivery*, 28(2), 714–722, 2013.
- [12] Parikh, U. B., Chothani, N. G. ve Bhalja, B. R., "New support vector machine-based digital relaying scheme for discrimination between power swing and fault", *IET Generation, Transmission & Distribution*, 8(1), 17–25, 2014.