



BULANIK MANTIK TABANLI BİR SAYISAL KORUMA RÖLESİNİN TASARIMI VE UYGULAMASI

Köksal ERENTÜRK*, İ. Hakkı ALTAŞ**

*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik-Haberleşme Mühendisliği Bölümü, 25240/Erzurum

**Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Trabzon

Geliş Tarihi : 31.10.2001

ÖZET

Karmaşık bir yapıya sahip olan elektrik güç sistemlerinin meydana gelen arızalara karşı korunabilmesi için bulanık mantık tabanlı sayısal koruma rölesinin tasarımı ve prototip laboratuvar modeli üzerinde gerçekleştirilmesi bu çalışmada incelenmiştir. Laboratuvar ortamında bir prototip oluşturulmuş ve sonuçlar elde edilmiştir. Tasarlanan bulanık mantık tabanlı sayısal koruma rölesi çok amaçlı yapıya sahip olup, korumanın yanısıra işleme yönelik karar mekanizması da oluşturulabilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Bulanık mantık, Enerji sistemleri, Koruma röleleri, Sayısal koruma, Modelleme

DESIGN AND APPLICATION OF A DIGITAL PROTECTIVE RELAY BASED ON FUZZY LOGIC

ABSTRACT

A fuzzy logic based digital relay has been designed in order to protect power system networks for reliable operation. A prototype model of the relay has been established and tested in a laboratory environment. The relay designed has multi-functional behavior so that it gives information not only existence the type of fault but also the type, location, and duration of the faults. Some additional functions can also be included in the relay structure. The performance of the relay for detecting faults, type of faults, and the location has been tested and results are given in this paper.

Key Words : Fuzzy logic, Power systems, Protective relays, Digital protection, Modelling

1. GİRİŞ

Korumaya yönelik röleme teknikleri, güç sistemlerinin korunması için son yirmi yılda çok büyük bir gelişme göstermiştir. Bu tekniklerin temeli, arızanın röle konumundaki gerilim, akım, faz, frekans, empedans v.b. gibi değerlerin ölçülmesine dayalıdır. Bu ölçülen değerlere bağlı olarak korunan bölgedeki arızanın türü, yeri, dahili veya harici olup olmadığı belirlenir. Ölçülen gerilim ve akım verileri genellikle ana frekans işaretinin yanında harmonikler ve DC offset bileşenlerini de içerdiklerinden bu bileşenler de dikkate alınır.

Sayısal teknolojinin gelişmesiyle, sayısal koruma rölelerinde de pekçok gelişme ve araştırma

kaydedilmiştir. Bunlar arasında Fourier analizi, Kalman filtresi gibi yöntemlerin uygulanmasıyla kısa zamanda karar verme özelliğine sahip algoritmalar geliştirilmiştir (Girgis and Makram, 1988; D'Amore and Ferrero, 1989). Yine sayısal teknolojinin gelişmesiyle sayısal bilgisayarlar ve mikroşlemcilerde de önemli gelişmeler olmuş, koruma röleleri de bu teknolojinin uygulandığı yeni bir alan olarak ortaya çıkmıştır (Balsler et al., 1986; Mansour and Swift, 1986; Damborg et al., 1986). Mikroşlemci tabanlı koruma röleleri genellikle donanım olarak gerçekleştirilmiş; test ve ölçümler bu donanım kullanılarak yapılmıştır.

Daha sonraları bilgisayar ortamında simüle edilebilen sayısal röleme algoritmaları geliştirilmiştir

ve bilgisayar ortamında simule edilerek sonuçları gözlenmiştir (Adamiak and Jauch, 1986; Dash and Panda, 1988; Habib and Martin, 1988; Lawrence and Waser, 1988; Rahman and Jeyasurya, 1988; Sachdev and Aggarwal, 1988). Yapılan bu simülasyon çalışmalarının neticesinde kullanılan algoritma ve simülasyon programlarına bağlı olarak güvenilirliği % 90'lara varan ve birkaç milisaniyeler mertebesinde röleleme sonuçları veren daha iyi röleler elde edilmiştir.

Sürekli daha iyiyi hedefleyen araştırmaların bir sonucu olarak iletim hatlarında oluşan magnetik alandan yararlanılarak, arızanın olduğu yerle röle arasındaki yürüyen dalga karakteristikleri incelenerek yürüyen dalga prensibine dayalı röleler ortaya çıkmıştır (Mansour and Swift, 1986; S.-Eldin and McLaren, 1988). Ancak araştırmalar sürmüş ve duruma bağlı sonuçlandırma yöntemleri (case based reasoning method)nin, bilgisayar ve sayısal algoritmaların uygulama alanlarını giderek arttırmasıyla uzman sistemler kullanılmaya başlanmıştır (Phadke et al., 1977; Chihiro and Kawakami, 1986; Voung and Paris, 1988; Girgis and Johns, 1989; Yongli et al., 1994;). Bu sistemler genellikle sebep-sonuç ilişkileri içerisinde IF-THEN döngülerini kullanarak karar veren sistemler olup, hızlı karar verme mekanizmaları sonucunda rölenin açma-kapama operasyonlarını bir uzmanın düşüncesi paralelinde gerçekleştirmektedirler. Duruma bağlı sonuçlandırma yönteminin yetersiz kaldığı yerlerde ise adaptif sistem teorisi kullanılmış, böylece duruma göre sebep-sonuç ilişkisi kuran yeni sistemler oluşturulmuştur (Girgis and Makram, 1988; Horowitz et al., 1988).

Son yıllarda geliştirilen alternatif koruma yöntemlerinden biri olarak Bulanık Mantık (BM) tabanlı yöntemler yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Reznik, 1997). Bulanık mantık tabanlı sistemler, geleneksel mantık uygulamalarının dışında insan düşüncesini modelleyebilen bir mantık sistemi olup daha önceki sonuçlara göre çok daha iyi, daha hızlı ve daha doğru sonuçlar vermiş ve araştırmaların bu yöne doğru kaydığı gözlenmiştir (Kim ve Russel, 1991; Ferrero, 1995; Talag ve Al-Basri, 1999).

Düşük akım arızalarının tesbiti için C. J. Kim ve B.D.Russel (Kim and Russel, 1991) tarafından gerçekleştirilen röle, bu konuda akıllı sistemlerin kullanıldığı ilk örnek olarak karşımıza çıkmaktadır. Kim ve Russel çoklu algılama parametreleri ve öğrenebilme yeteneğine sahip olan ve her durumda daha etkin çözüm üretebilen bir röle düşünmüşlerdir. Sınıflandırma statüsü için tümevarım teorisi, algılama sistemi için de tümevarım sebebsellik işlevi kullanılmıştır. Bu algılama sisteminin en büyük

problemi, eğitimcisine olan güvensizliktir. Bu problemin giderilmesinde, öğrenmeli algılama sistemi için karar kurallarının çıkış durumu ve sistem durumunu tanımlamak için kullanılan durum dedektörünü sentezleyen bir sistem bulunmaktadır. Bu öğrenmeli algılama sistemi kompleks sistemlere uygulanmış ve iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan bu çalışma aslında zeki olmayan fakat uzman sistemler içerisinde nitelendirilebilecek bir yapıya sahiptir.

Elektrikli enerji endüstrisindeki artan rekabet ve kaliteli enerji üretimine duyulan gereksinimlerin bir sonucu olarak, uygun koruma ve kontrol işlemlerinin gerçekleşmesi üretici firmalar ve tüketiciler için oldukça önemli bir hal almıştır. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için, frekans ve gerilimdeki salınımların ve düzensizliklerin en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu da enerji sistemlerindeki arızaların hızlı bir şekilde algılanması ve sistemdeki bu arızalı kısım veya kısımların sistemden izole edilip, bozucu etkilerinin bir an önce giderilmesi ile gerçekleştirilebilir (Dash and Panda, 1988; D'Amore and Ferrero, 1989; Horowitz, 1995).

Bu çalışmada BM tabanlı sayısal bir koruma rölesinin genel yapısı ve enerji sistemlerine uygulanışı anlatılmıştır. Bu amaçla BM esaslarına dayalı bir röle algoritması geliştirilmiş ve sayısal bilgisayarda simülasyonu yapıldıktan sonra laboratuvar ortamında prototip olarak gerçekleştirilmiştir. Önerilen bu prototip sayısal röle ile elde edilen sonuçlar klasik (alışlagelmiş) yöntemlere ait sonuçlarla kıyaslanarak tasarlanan rölenin uygulanabilirliği gösterilmiştir.

2. KORUMA RÖLESİ

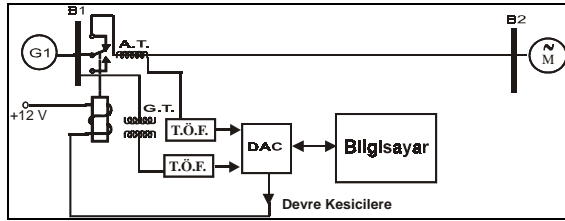
Elektrik enerjisi modern endüstrinin temel kaynaklarından biridir. Elektrik gücü her an kullanıcılar için, gerek duyulan miktarda ve uygun akım-gerilim değerinde olmalıdır. Bu can alıcı performans ancak optimal yük paylaşımı için jeneratörler, transformatörler, iletim ve dağıtım hatları gibi kompleks sistemlerin doğru bir şekilde tasarlanıp çalıştırılmasıyla gerçekleştirilebilir. Güç sistemi, rastgele oluşan yük değişimleri, anormal durumlar sonucu oluşan arızalar, malzeme ve operatör kusurları sonucunda ortaya çıkan dengesizlikleri kompanze edecek seviyede tutulmalıdır.

Röleleme; elektrik güç sistem mühendisliğinin, normal olmayan güç sistem şartlarını algılayan ve güç sisteminin mümkün olan en kısa zamanda normal duruma dönmesi için doğrulayıcı olayları başlatan ekipmanların çalışmasıyla ve tasarım

temelleriyle ilgilendiği bir mühendislik dalıdır. Cevabın hızlığı, koruma rölesi sistemlerinin en temel esasıdır. Öyle ki, arzulanan cevap süresi birkaç milisaniyeden daha az olmalıdır. Çünkü, sonuçta, koruma sistemi operasyonlarında insanın araya girmesi mümkün değildir. Bu nedenle, cevap otomatik, hızlı ve güç sistemine en az zararı verecek şekilde olmalıdır (Horowitz and Phadke, 1995).

Elektrik güç sistem tasarımı ve çalışmasında koruma rölesinin rolü üç yönlüdür. Bunlar: normal çalışmanın sağlanması, elektrik arızalarının önlenmesi ve olumsuz iletim hattı etkilerinin azaltılmasıdır. Tüm bunlara bağlı olarak koruma rölelerinin en önemli özelliklerinden birisinin elektrik arızası oluştuğunda servis kesintisinin ve ekipman zararının en aza indirilmesi olduğu söylenebilir.

Değişik koruma bölgelerine ayrılan güç sisteminin korunması ve arızalı kısmının sistemden ayrılması devre kesiciler ile gerçekleştirilir. Bu işlemin tam olarak gerçekleştirilebilmesi için sistemdeki devre kesicilerin koordinasyon ve kontrolü önemli bir yere sahiptir. Bu koordinasyon ve kontrol sayısal koruma ile sağlanmaktadır. Bunu gerçekleştirmek amacıyla daha önce yapılmış olan çalışmalardan farklı olarak bulanık mantık tabanlı bir koruma rölesi tasarlanmış ve Şekil 1’de verilen prototip güç sistemi modeli üzerinde denenerek uygun sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 1. Prototip olarak gerçekleştirilen güç sistemi ve koruma rölesi yapısı

Oluşturulan güç sisteminden akım ve gerilim örnekleri ölçü transformatörleri yardımıyla alınarak, sistemdeki gürültü ve taşmaları süzmek amacıyla 50 Hz.’lik kesim frekansına sahip alçak geçiren filtre davranışına sahip harmonik bastırıcı filtreden (anti-aliasing filter-Taşkın Önleyici Filtre-T.Ö.F.) geçirilmişlerdir. Bu filtrelenmiş gerilim ve akım örnekleri bir veri iletim kartı üzerinden bulanık denetime ait yazılımın bulunduğu bilgisayara verilerek sayısal röle mantığına uygulanmıştır. Bu yapı içerisinde değerlendirilen verilere dayalı olarak sistemin girişinde bulunan röle, devre kesici gibi kullanılmış ve sistemde arızanın oluşması durumunda sistemdeki besleme bu rölenin açılması ile kesilmiştir. Tüm bu işlemler sırasında sistemde oluşan arızanın sürekli veya geçici olup olmadığı

yine aynı yazılım ile değerlendirilmiş ve bunun için de normal röle standartları kullanılmıştır. Sistemdeki arızanın geçici olması durumunda operatör uyarıcı bir sesle uyarılmış ve arızanın sürekli olması durumunda röleye kontrol işareti gönderilerek röle kontakları açılmıştır.

Kurulmuş olan bu sistemde daha önce yapılmış olan çalışmalardan farklı olarak sayısal röle mantığının uygulanacağı sistemde yeni bir parametre kestirim yöntemi kullanılmıştır. Bu işlem için (t+2) anında örneklenecek işaret, (t) ve (t+1) anlarında örneklenecek işaretlere bağlı olarak önceden kestirilmiş ve (t+2) anında örneklenen işaret ile karşılaştırılmıştır. Sinüsoydal yapılı şebeke gerilimi ve akımı üzerinde yapılan örnekleme sonucunda, sinüs fonksiyonlu yapıya sahip (t) ve (t+1) anındaki örneklenecek değerler ile (t+2) anında örneklenecek olan ve yine sinüs karakteristikli işaret örnekleme aralığına ve örnekleme frekansına bağımlı olmaksızın önerilen yöntemle belirlenmiştir. Bu kestirim algoritmasının kullanılmasının sebebi sistem üzerinde yapılan örnekleme işlemi ile kestirimle ortaya çıkan işaretlerin gidişi arasında bir bağlantı kurabilmektir. Bu bağlantı çeşitli matematiksel işlemler sonucunda aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$x(t+2) = A \sin \left[2 \arcsin \left[\frac{x(t+1)}{A} \right] - \arcsin \left[\frac{x(t)}{A} \right] \right] \quad (1)$$

bu ifadede A, örneklenen işaretin maksimum genlik değerini, x(.) ise ait olduğu an’a ilişkin örneklenecek değeri göstermektedir. Algoritma sonucunda yukarıda değinildiği gibi (t+2) anında örneklenecek beklenen değer bir önceki adımda kestirilmiştir. Bu işlem bir döngü içerisinde yapılacak olursa, örnekleme yapıldığı tüm süre boyunca geçerli olacaktır. Bulanık Denetim için bu iki işaret arasındaki hata ve hatadaki değişim program içerisinde kullanılmış ve daha önce yapılmış olan çalışmalardan farklı bir yön kullanılmıştır. Program yapısı içerisinde kullanılan hata (e) ve hatadaki değişim (de) için kurulan ilişki ise:

$$\begin{aligned} e(t+2) &= \text{Örneklenen Değer}(t+2) - x(t+2) \\ de &= e(t+2) - e(t+1) \end{aligned} \quad (2)$$

şekindedir.

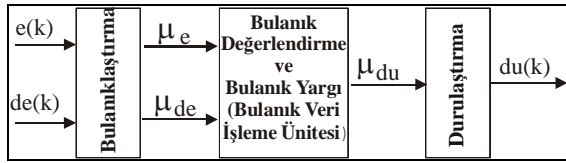
3. BULANIK DENETİM (BD)

BD’in temel çalışma prensibi insan düşünce, değerlendirme ve yargılama sistemine benzer. BD insan operatörün yaptığı gibi sadece sistem çıkışına bakarak sistemin iç olaylarıyla ilgilenmeden giriş

işaretini düzenler. Bulanık denetimde uygulamaya Şekil 2’de gösterilen üç adımda geçilir. Bunlar;

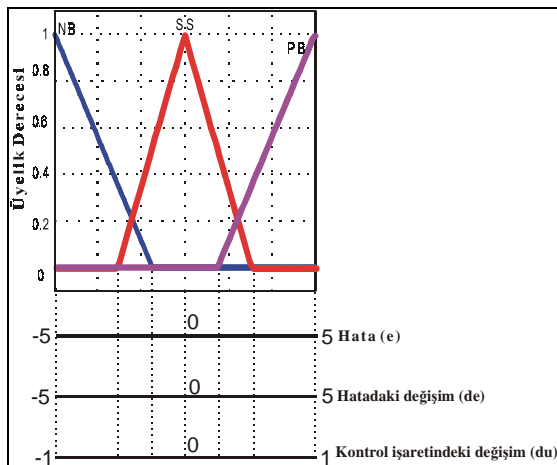
1. Bulanıklaştırma (kesin sayı veya kavramların bulanık sayı veya kavramlara dönüştürülme aşaması).
2. Bulanık değerlendirme ve bulanık yargı aşaması.
3. Durulaştırma (bulanık sonuç ifadelerinin kesin ifadeler biçimine dönüştürülme aşaması).

İlk adımı oluşturan bulanıklaştırma, ölçülen gerçek giriş değerlerini üyelik fonksiyonları (ÜF) yardımı ile bulanık değerlere haritalar. Şekil 2’den de görüleceği gibi sistem girişine hata (e) ve hatadaki değişim (de) uygulanmaktadır.



Şekil 2. Bulanık Denetleyicinin işlem basamakları

Bu değişkenlerin sözel büyüklüklerini temsil eden bulanık kümelerdeki üyelik değerleri bulanıklaştırıcıda belirlenir. Sözel büyüklükleri temsil eden bulanık kümeler (üyelik fonksiyonları) üçgen, sigmoid, gauss, çan-kesitli, gibi bilinen matematiksel fonksiyonlardır. BM’ da bir değişkenin hangi ÜF’ na ait olduğunun haricinde o üyelik fonksiyonuna ne kadar üyelikle ait olduğunun belirlenmesi önemlidir. Bu kavram o değişkenin ÜF’ndaki üyelik değerinin ağırlığını gösterir. Bir değişken aynı anda birden çok ÜF’ nda değişik ağırlıklara veya üyelik değerlerine sahip olabilir. İkinci bölümde tanımlanan sayısal röle sisteminde hata (e) ve hatadaki değişim (de) için üçgen tipli ÜF kullanılmış ve bu ÜF’ rı Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. e, de ve du için tanımlanan kesin uzay bölgeleri ve kullanılan üyelik fonksiyonları

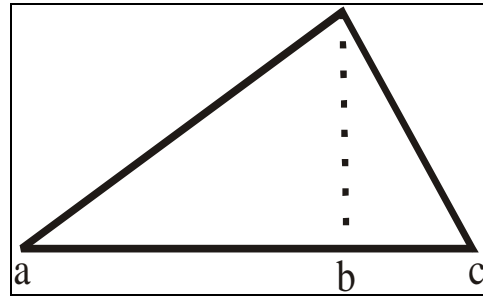
Bulanık ÜF’ ları biçiminde temsil edilmeye başlanan veriler uygulanan bulanık karar verme ve bulanık yargı işlemleri ile bir sonuca getirilir. Bu sonuç bulanık olduğu için durulaştırılarak gerçek sisteme uygulanmalıdır. Bu durulaştırma işlemi de zincirin son halkasını temsil eden birimde gerçekleştirilir ve bulanık olarak gösterilen denetim çıkışı kesin sayı değerine dönüşür.

Sayısal röle için tasarlanmış olan BD’ de bulanık değişkenler üç farklı bulanık küme ile gösterilmiş ve negatif büyük (NB), yaklaşık sıfır (SS) ve pozitif büyük (PB) olarak tanımlanmışlardır.

Bulanık alt kümelerin şekilleri NB, SS ve PB hata (e), hatadaki değişim (de), ve kontrol işaretindeki değişim (du) için aynı üçgen yapıya sahiptirler. Ancak e, de ve du kesin uzaylarının minimum ve maksimum değerleri birbirlerinden farklıdır. Şekil 3’de bu farklılıklar verilmiştir. ÜF’ larını tanımlayan ve parametrik özellikleri verilen üçgen biçimli bu fonksiyonlar;

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases} \quad (3)$$

ile tanımlanabilirler. Buradaki **a**, üçgenin başlangıç noktasını, **b**, üçgenin tepe noktasını ve **c** ise üçgenin bitiş noktasını tanımlamaktadır ve Şekil 4’de verilmişlerdir.



Şekil 4. Herbir üçgene ait parametreler.

Sistemden gerçek zamanlı örneklenen değerler ile daha önceden kestirilmiş ve örneklenmesi beklenen işaret karşılaştırılarak her örnekleme anı için bir hata değeri elde edilir. Bu hata e(k) ve değişimi de(k) = e(k)-e(k-1) nin değerleri bulanıklaştırma sürecine girilir. e(k) ve de(k) bir veya birden fazla bulanık kümeye aynı anda dahil olabilir. Bu sürecin sonunda, e ve de bulanık sayılara dönüştürülürler, ve du’ nun belirlenmesi için kural tablosuna uygulanırlar. Kural karar tablosu Tablo 1’de verildiği gibi 9 kurala sahiptir. Bulanık karar verme yöntemleri kullanılarak bu kurallar işlenir ve sonuçta bulanık bir yargıya varılır.

Tablo 1. Kural Karar Tablosu

	NB _{de}	SS _{de}	PB _{de}
NB _e	NS _{du} ¹	NS _{du} ²	ZZ _{du} ³
SS _e	NS _{du} ⁴	ZZ _{du} ⁵	PS _{du} ⁶
PB _e	ZZ _{du} ⁷	PS _{du} ⁸	PS _{du} ⁹

Kural atama tablosu yardımı ile kontrol işaretindeki değişim If-Then sözel ifadesi biçiminde tanımlanabilir. Yukarıdaki tabloda sol ilk sütun e için sözel terimleri, üst kısımdaki ilk satır de için sözel terimleri ve her ikisinin kartezyen keşimi ise du için sözel terimleri göstermektedir. Bu kurallardan 2 nolu olanı aşağıdaki gibi genişletilerek anlamlandırılabilir.

IF e is NB and de is SS THEN du is NS.

Bütün kurallar benzer biçimde koşul cümleleri ile işlenip bir örnekleme değeri için kural sayısı kadar bulanık karar elde edilir. Elde edilen bu bulanık kararlar durulaştırma işlemine kesin bir sonuca dönüştürülür. Bu çalışmada, en fazla kullanılan durulaştırma yöntemlerinden birisi olan alanların merkezi yöntemi

$$du(k) = \frac{\sum_{i=1}^9 \mu_i(du) du_i}{\sum_{i=1}^9 \mu_i(du)} \quad (4)$$

bağıntısıyla uygulanarak her k örnekleme anı için du(k) kesin değeri belirlenmektedir.

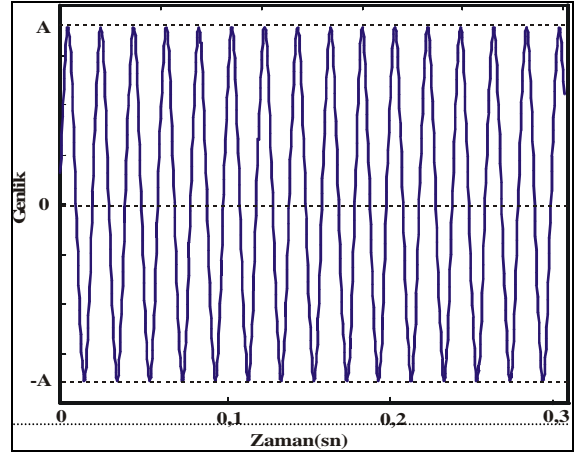
4. SONUÇLAR

Bu çalışmada BM' a dayalı bir sayısal koruma rölesi tasarımı ve işaret kestirimine bağlı, gerçek zamanlı olarak alınmış deney sonuçları verilmiştir. Bu denetleyici ve sayısal koruma rölesi Şekil 1'de verilmiş olan prototip enerji sistemine uygulanmıştır. Sistemde oluşturulan arızanın türüne karar verme mekanizması ve arızanın giderilmesi için kullanılan kontrol algoritmasına ait detaylı bilgiler sunulmuştur. Bölüm 2'de verilen işaret kestirimine bağlı olarak daha önce literatürde yapılmış olan çalışmalardan farklı olarak, incelenen sistemdeki işaretin periyodu ve örnekleme süresinden bağımsız bir arıza kestirim algoritması oluşturulmuş ve bu algoritmaya dayalı olarak BM tabanlı bir sayısal koruma rölesi başarıyla uygulanmıştır.

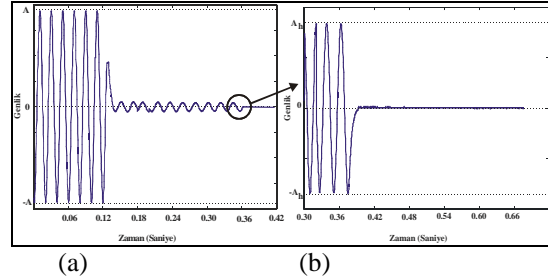
Sayısal röle için kullanılan BD' nin zamana bağlı olarak kontrol edilen çıkışın arızanın oluşmadan önce ve arıza oluşuktan sonraki hali şekil 6 (a) ve (b)'de verilmiştir. Denetleyici çıkışı bir röle

düzeneğinin tetikleyici transistörüne girilerek güçlendirilmiş ve rölenin sürülebileceği seviyeye getirilmiştir.

Sistemde herhangi bir arızanın olmadığı durumda sistem üzerinden alınan gerilim örneklerinin zamanla değişimi Şekil 5'te verilmiştir. Yapay olarak oluşturulan bir kısa devre arızasında sistem üzerinden okunan gerilim değerinin zamanla değişimi şekil 6 (a)'da verilmiştir.



Şekil 5. Arıza oluşmadan önceki çıkışın zamanla değişimi



Şekil 6. (a) Arıza oluştuğunda sistemdeki gerilim değişimi (b) sistem açıldıktan sonraki gerilim değişimi.

Şekil 6(a)'da yapay olarak oluşturulan bir kısa devre arızası için sistem üzerindeki gerilim değişimi görülmektedir. Burada kısa devre başlar başlamaz bulanık mantık tabanlı sayısal röle tarafından hemen algılanmıştır. Tipik röle karakteristiği kullanılarak 10 periyot veya daha kısa bir zaman süresince devam eden arıza geçici olarak algılanmış ve bu sırada operatör uyarıcı bir sesle uyarılmıştır. Şekil 6 (b)'de ise arıza süresinin 10 periyodu geçmesi durumunda bulanık mantık tabanlı sayısal koruma rölesi sistemdeki kesici röleye kontrol işareti göndererek sistemi açmış ve sistem enerjisiz bırakılarak arızalı olan bu kısım tamamen izole edilmiştir. Şekil 6 (b)'de A_h ile gösterilen genlik arıza anında oluşan genliktir.

5. DEĞERLENDİRME

BD'li sayısal röle ile denetleyicisiz koruma rölesi arasında arızanın algılanıp, sürekli mi yoksa geçici mi olduğuna karar verilmesi aşamasında klasik röle eğrilerine göre çok daha hızlı ve kararlı bir yapının olduğu gözlemlenmiştir. BM tabanlı sayısal koruma rölesi işlevsel olarak zamana çok fazla bağımlı değildir. Kullanılan yapı yazılım destekli olduğu için bundan kaynaklanan gecikmelerde, BM tabanlı sayısal koruma rölesi denetleyicisiz röleye göre daha fazla zaman gecikmesine sahiptir. İki yapı arasındaki zaman gecikmesinin yanısıra yine BM tabanlı sayısal koruma rölesinde sistemden alınan örnek sayısında da azalma vardır. Fakat zaman gecikmesi sistemin üzerindeki sinüsoydal işaretin periyoduna göre çok küçük olup, işaretin periyoduna bu gecikmenin oranı yaklaşık olarak 225'ler civarındadır. İşaretin periyodunun 20 msn olduğu göz önüne alındığında yaklaşık olarak 90 µsn civarındadır ve ihmal edilebilir.

Sonuç olarak; BM tabanlı olarak oluşturulan bir sayısal koruma rölesi ile kontrol ve arıza kestiriminde daha önce yapılmış olan çalışmalara göre daha iyi ve kararlı sonuçlar elde edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

Adamiak, M. G., Jauch, J. P. 1986. Field Experience with the AEP Digital Relay, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. PWRD-1, (4), 91-98.

Balser, S. J., Clements, K. A., Lawrence, D. J. 1986. Microprocessor-Based Technique for Detection of High-Impedance Faults, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. PWRD-1 (3), 252-258.

Chihiro, F., Kawakami, J. 1986. An Expert System for Fault Section Estimation Using Information from Protective Relays and Circuit Breakers, IEEE Trans. on Power Delivery, 1 (4), 83-91.

D'Amore, D., Ferrero, A. 1989. A Simplified Algorithm for Digital Distance Protection Based on Fourier Techniques, IEEE Trans. on Power Delivery, 4 (1), 157-164.

Damborg, M. J., Ramaswami, R., Jampala, A. K., Venkata, S. S. 1986. Applied of Relational to Computer Aided Engineering of Transmission Protection Systems, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. PWRD-1 (2), 187-193.

Dash, P. K., Panda, D. K. 1988. Digital Impedance Protection of Power Transmission Lines Using a

Spectral Observer, IEEE Trans. on Power Delivery, 3 (1), 102-109.

Ferrero, A., Sangiovanni, S., Zappitelli, E. 1995. A Fuzzy-Set Approach to Fault Type Identification in Digital Relaying, IEEE Trans. on Power Delivery, 10 (1), 165-171.

Girgis, A.A., Johns, M.B. 1989. A Hybrid Expert System For Faulted Section Identification, Faults Type Classification, and Selection of Fault Location Algorithms, IEEE Trans. on Power Delivery, 4 (2), 978-986.

Girgis, A. A., Makram, E. B. 1988. Applied of Adaptive Kalman Filtering in Fault Classification, Distance Protection, and Fault Location Using Microprocessors, IEEE Trans. on Power Systems, 3 (1), 301-309.

Habib, M., Martin, M. A. 1988. A Comparative Analysis of Digital Relaying Algorithms for the Differential Protection of Three Phase Transformer, IEEE Trans. on Power Systems, 3 (3), 1378-1384.

Horowitz, S.H., Phadke, A.G., Thorp, J.S. 1988. Adaptive Transmission System Relaying, IEEE Trans. on Power Delivery, 3 (4), 1436-1445.

Horowitz, S. H., Phadke, A. G. 1995. Power System Relaying, John Wiley&Sons Inc., Canada.

Kim, C. J., Russel, B. D. 1991. A Learning Method For use in Intelligent Computer Relays for High-Impedance Faults, IEEE Trans. on Power Delivery, 6 (1), 109-115.

Lawrence, D. J., Waser, D. L. 1988. Transmission Line Fault Location Using DFR, IEEE Trans. on Power Delivery, 3 (2), 496-502.

Mansour, M. M., Swift, G. W. 1986. Design and Testing of a Multi-Microprocessor Travelling Wave Relaying, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. PWRD-1 (4), 74-81.

Phadke, A. G., İbrahim, M., Hlibka, T. 1977. Fundamental Basis for Distance Relaying with Symmetrical Components, IEEE Trans. on Power App. Syst., Vol. PAS-96, (2), 635-642.

Rahman, M. A., Jeyasurya, B. 1988. A State-of-the-Art Review of Transforfer Protection Algorithms, IEEE Trans. on Power Delivery, 3 (2), 534-544.

Reznik, L. 1997. Fuzzy Controllers, Newnes, Melbourne, Australia.

Sachdev, M.S., Aggarwal, R. 1988. A Technique for Estimating Transmission Line Fault Locations from Digital Impedance Relay Measurements, IEEE Trans. on Power Delivery, 3 (1), 121-129.

Shebab-Eldin, E. H., McLaren, P. G. 1988. Travelling Wave Distance Protection-Problem Areas and Solutions, IEEE Trans. on Power Delivery, 3 (3), 894-901.

Talag, J., Al-Basri, F. 1999. Adapti ve Fuzzy Gain

Scheduling for Load Forecasting Control, IEEE Trans. on Power Systems, 14 (1), 145-150.

Vuong, G. T., Paris, G. 1988. Rule Based Relay Modelling for Transient Stability Studies, IEEE Trans. on Power Systems, 3 (3), 1306-1309.

Yongli, Z., Yang, Y. H., Hogg, B. W., Zhang, W. Q., Gao, S. 1994. An Expert System For Power Systems Fault Analysis, IEEE Trans. on Power Systems, 9 (1), 503-510.