

ÇOK-FONKSİYONLU SAYISAL RÖLE TASARIMI

Ö. USTA A. KUZU
İ T Ü, usta@elk.itu.edu.tr

M. ÖZGÜR ve A. T. UZUNKAYA
ENTES A.Ş. İstanbul

ÖZET:

Bu bildiri, çok-fonksiyonlu bir dijital aşırı akım rölesinin donanım tasarımı ve röle yazılımının donanıma yüklenmesi ele alınmıştır. Tasarlanan rölenin ölçme algoritması DFT tekniğinden yararlanarak oluşturulmuştur. Diğer yandan rölenin karakteristiğini belirleyen ters-zaman ve sabit-zaman algoritmaları Standart Akım-Zaman eğrilerden yararlanarak geliştirilmiştir. Bu algoritmalar üzerine inşa edilen röle yazılımı tasarım aşamasından sonra donanıma yüklenerek laboratuvar ortamında test edilmiştir. Test sonuçları; rölenin şebekede oluşan dengeli ve dengesiz arızaları algıladığını, ve seçilen akım-zaman eğrisine göre açma işareti verdiğini göstermiştir. Ayrıca test sonuçları rölenin arızasız durumlarda kararlı kaldığı ve açma işareti üretmediğini göstermiştir.

1.1. GİRİŞ

Koruma röleleri ilk olarak elektromekanik röleler olarak üretilmişlerdir ve güç sistemlerinin korunmasında çok uzun bir zaman başarı ile kullanılmışlardır. 80 li yıllardan itibaren üretilmeye başlatılan Mikroişlemci donanımlı röleler ise, günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Mikroişlemci donanımlı rölelerin özellikle yazılım kontrollu olması ve son yıllarda çok-fonksiyonlu olarak üretilmeye başlanmaları koruma alanında yeni bir dönem başlatmıştır[1,2].

Aşırı akım röleleri; generatörleri, motorları, transformatörleri, radyal ve halka dağıtım sistemlerini korumada kullanılırlar. Ancak doğal olarak yavaş çalışmalarından dolayı, çoğunlukla yedek koruma olarak tercih edilirler. Genel olarak basit, etkin ve ekonomik koruma sistemleridir[1-4]. Eğer koruma bölgesinde oluşan arıza akımının değeri önceden belirlenen açma değerinin üstünde belli bir süreden fazla kalırsa röle açma işareti üretir, aksi halde röle kararlı durumda kalır.

Aşırı akım röleleri, iletim hatlarının korumasında pek fazla tercih edilmezler. Bunun nedeni; röle açma değerinin belirlenmesinin sistem parametrelerine bağlı olmasından dolayı, bazı durumlarda hat sonuna doğru oluşan arızaları algılamaması veya arıza olmadan açma işareti üretmesidir.

Bu makalede, yeni bir çok fonksiyonlu dijital aşırı akım rölesinin donanım tasarımı, implimentasyonu ve test edilmesi ele alınmıştır.

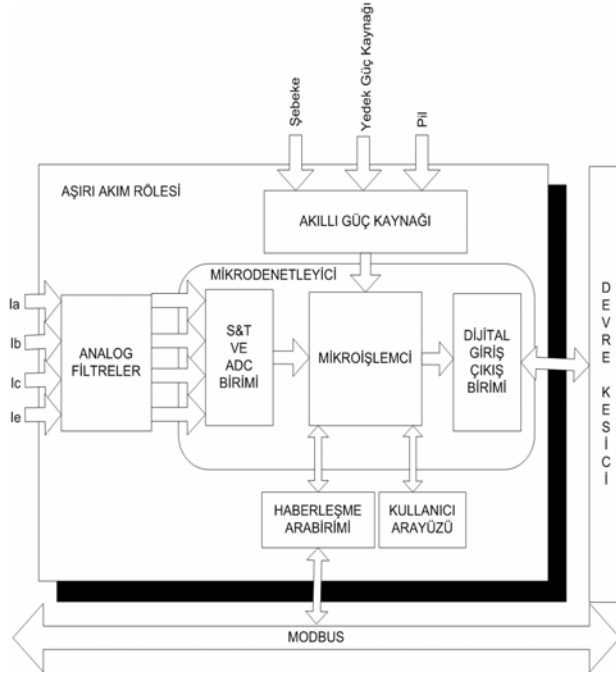
1.2. SAYISAL RÖLE DONANIMI

Dijital koruma röleleri donanımı genel olarak bakıldığında üç-alt kısımdan meydana gelmektedir [1,2,3,4]. Bunlar; Yalıtım ve Analog Ölçeklendirme Ünitesi, Veri Toplama Ünitesi ve Mikroişlemci Ünitesi dir. Yeni tasarlanan dijital aşırı akım rölesi donanımında aynı yapı üzerine kurulmuştur.

Yalıtım ve Analog Ölçeklendirme Ünitesi: Bu ünite akım ve gerilim trafoları ile analog filtrelerden meydana gelmiştir. Söz konusu ünite; mikroişlemci röleyi güç sisteminden izole etmek, güç sistemlerinden alınan işaretleri rölenin kabul edebileceği seviyeye indirmek ve işaret koşullandırma yapmak için tasarlanmıştır. Röle giriş işareti olarak şebekeden üç-faza ilişkin akımları ve toprak akımını almaktadır. Bu yüzden bu ünite dört akım trafosu ve alçak geçiren dört analog filtre devresinden meydana gelmiştir. Bu ünite yardımı ile koşullandırılan röle giriş işaretleri veri toplama ünitesine aktarılmaktadır.

Veri Transferi ve Toplama Ünitesi: Bu ünite yalıtım ve analog ölçeklendirme ünitesinden alınan analog işaretlerin sayısalaya dönüştürülmesi için tasarlanmıştır. Örneklem/tutma devrelerinden, kanal seçici ve analog digital dönüştürücülerden oluşturulmuştur. Burada dijitala dönüştürülen giriş işaretleri röle veri yolu üzerinden mikroişlemcinin belleğine aktarılmaktadır.

Mikroişlemci/Mikrodenetleyici Ünitesi: Sayısal işaretlerin, röle karakteristiklerinin, röle set değerlerinin ve röle kararlarının saklanması ve röle yazılımının işlenmesi için tasarlanmıştır. Rölenin değerlendirme ve karar verme yeteneğinin ve dış dünya ile iletişimin kontrol edildiği yerdir. Dijital Giriş/çıkış birimi ve haberleşme birimi bu üniteye bulunmaktadır. Yeni tasarlanan Mikrodenetleyicilerde, Veri toplama ünitesi ile Mikroişlemci ünitesi tek ünite altında bulunmaktadır. Tasarlanan çok-fonksiyonlu sayısal aşırı akım rölesinin donanımında böyle bir mikrodenetleyici kullanılmıştır. Şekil-1 de tasarlanan sayısal rölenin donanımı şematik olarak görülmektedir.



Şekil-1. Çok-fonksiyonlu sayısal aşırı akım rölesi donanımı

1.3. RÖLE YAZILIMI TASARIMI

Dijital röle yazılımı; uygulama yazılımı ve arayüz yazılımı olmak üzere iki kısımda tasarlanmıştır. Uygulama yazılımı dijital koruma algoritmaları üzerine oturtulmuştur ve rölenin karakteristiğini belirlemektedir. Arayüz yazılımı ise, röle ile dış-dünya arasında iletişimi sağlamak için geliştirilmiştir.

Yeni geliştirilen aşırı akım rölesi koruma fonksiyonlarına göre;

- Sabit Zamanlı Aşırı Akım Koruma
- Ters-Zamanlı Aşırı Akım Koruma

karakteristiklerini (eğrilerini) içermektedir.

Sabit zamanlı aşırı akım röleleri, arıza akımı belli bir değeri aşınca ve bu değerin üstünde belli bir süreden fazla kaldığında açma işareti üretirler. Genelde bu *açma zamanı* saniyeler mertebesinde ve bu röleler daha çok toprak arızaları için kullanılırlar. Bu açma zamanı çok kısa olarakta (30 -50 ms) seçilebilir. Ani aşırı akım koruması diye adlandırılan bu koruma fonksiyonu genellikle çok yüksek genlikli arıza akımlarına cevap verirler ve ani açma sağlarlar.

Ters-zaman karakteristikli röleler ise[4,5], arıza akımının genliği ile ters orantılı *açma zamanına* sahiptirler.

Ayrıca bu tip rölelerin ters-zaman açma eğrileri kendi aralarında çeşitli biçimde modellenerek farklı ters-zaman koruma karakteristikleri oluşturulur. Karakteristikleri modelleyen, akım-zaman eşitlikleri aşağıdaki gibidir[2,5,6].

$$t(i) = TD * \left(\frac{A}{M^p - 1} + B \right) \quad (1)$$

Burada;

t : Saniye cinsinden açma zamanı

TD : Zaman katsayısı

M : Normalize edilmiş röle set (çekme) akımı

p : üstel sayı

A, B : reel sayılardır.

Bu değişkenler farklı oranlarda seçilerek M akımı oluşturan bir arıza karşısında rölenin $t(sn)$ süresinde açması sağlanır.

IEC standartlarına göre bu eğriler:

- Normal Ters-zaman
- Çok Ters-zaman
- Aşırı Ters-zaman
- Uzun Süre Ters-zaman
- Orta Ters-zaman
- Logaritmik Ters-zaman

Yeni geliştirilen mikroişlemci koruma rölesine ilişkin uygulama yazılımı yukarıdaki karakteristiklerin tümünü içerecek şekilde tasarlanmıştır.

Röle karakteristiğini oluşturan akım zaman eğrileri (eşitlikleri) bilgisayarda ise, genelde iki şekilde gösterilmektedir.

Doğrudan Veri Saklama: Bu teknikte, karakteristiği temsil eden eğrilere ilişkin veriler bilgisayarın belleğinde tablo şeklinde saklanırlar. Röle açma zamanını bu tablodan okuyarak belirler. Düşük matematiksel işlemci kapasiteli röleler için uygun olmasına rağmen arabölgelere düşen veriler için açma zamanını hesaplamada interpolasyon yapmayı gerektirir.

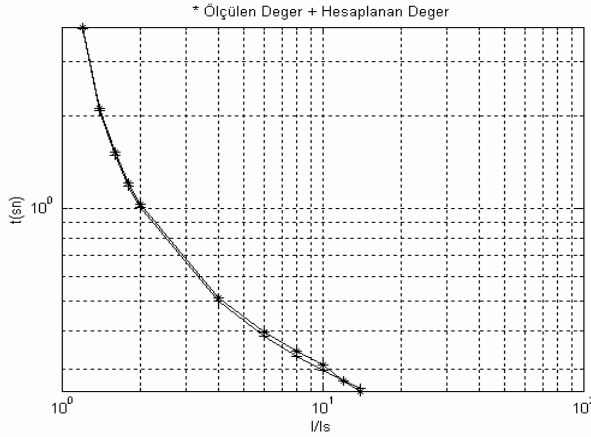
Eğri Uydurma: Eşitlik (1) de olduğu gibi eğer eğriyi temsil eden bir eşitlik var ise, bu eşitlik mikroişlemcide çözülerek açma zamanı bulunur. Eğer yok ise, sözü edilen eğriye yakın bir eğri üretecek bir polinom veya üstel eşitlik uydurulur.

Her iki durumda da işlemler için gelişmiş mikroişlemciler gerekmektedir. Ancak tablo saklama olmadığından fazla bellek gerektirmez ve interpolasyona da gerek duyulmaz.

1.4. YAZILIMININ İMPLİMENTASYONU

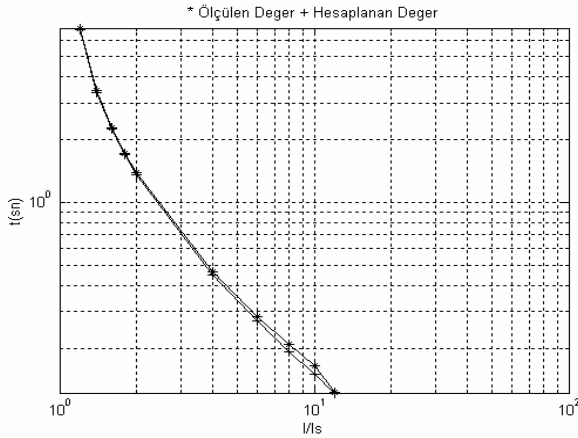
Yeni tasarlanan çok-fonksiyonlu koruma algoritmasında DFT tekniği kullanılarak işaretin temel bileşeninin genliği hesaplanmış ve sürekli izlenmiştir. Röle karakteristiklerinin mikroişlemcide temsil edilmesinde veri saklama yolu kullanılmıştır.

Bilgisayar ortamında ANSI C ve Asemlerde yazılan röle programı daha sonra bilgisayar yardımıyla röle donanımına adım adım yüklenerek çalışır duruma getirilmiştir. Laboratuvar ortamında çeşitli arıza durumlarını temsil eden arıza akımlar üretilerek röle eğrileri ve açma zamanları incelenmiştir. Bu değerler teorik olarak hesaplanan değerlerle karşılaştırılarak belli bir doğruluğa ulaşılan kadar programda ve koruma algoritmalarında modifikasyonlar yapılmıştır. İstenen doğruluğa ulaşıldıktan sonra test işlemlerine geçilmiştir.

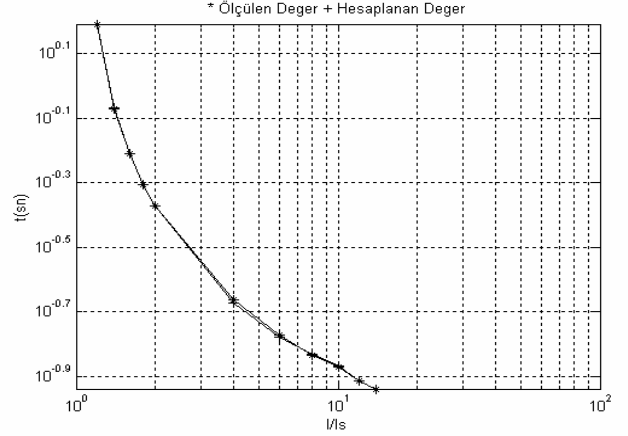


Şekil-2 Rölenin ters-zamanlı koruma eğrisi

Şekil-2, Şekil-3 ve Şekil-4 de rölenin hesapla ve testler sırasındaki ölçüm değerleri ile elde edilen akım-zaman karakteristiklerinin karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil-3 Rölenin Çok Ters-Zamanlı Koruma Eğrisi



Şekil-4 Orta ters-zamanlı koruma eğrisi

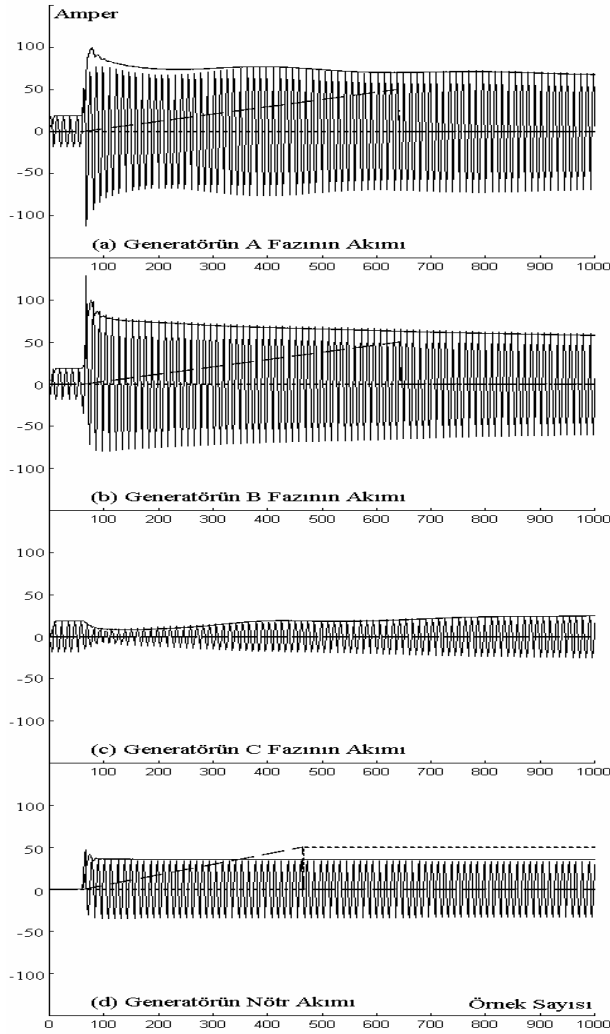
1.5. GERÇEK-ZAMANDA TEST

Geliştirilen röle yazılımı gerçekleştirilen sayısal röle donanımına yüklenerek, İTÜ EESLab'da bulunan test sistemi[1,2] yardımıyla test edilmiştir. Test sistemini oluşturan güç sistemi modeli[1,4]; şebeke ile paralel ve şebekeden bağımsız olarak çalışabilen iki senkron generatör, iki trafo ve çeşitli yüklerden oluşmaktadır. Röle bu sisteme bağlanmıştır. Oluşturulan bir anahtarlama bankası aracılığı ile, generatör ve şebekede çeşitli arızalar meydana getirilmiştir.

Bu test işlemleri sırasında, mikroişlemci rölenin şebekede oluşturulan arızalar karşısındaki davranışı ve performansı incelenmiştir. Arıza anında üç-faza ilişkin arıza akımları ve toprak akımı ile rölenin açma zamanları incelenmiş ve rölenin tasarlandığı gibi açma yapıp yapmadığı analiz edilmiştir.

Şekil-5 de, rölenin iki-faz-toprak arızası karşısındaki performansı görülmektedir. Röle set edildiği zaman, faz arızaları için Normal-ters, toprak arızaları için sabit zamanlı karakteristikler seçilmiştir. A fazına ilişkin arıza akımı rölenin 667ms açma yapmasına neden olmuştur. Toprak arızasına ilişkin açma zamanı 1000 ms seçildiği için açma yapmamıştır. Eğer arıza 1000 ms içinde temizlenmese idi, toprak arıza fonksiyonu açma yapacaktı.

Geçici bir arıza altında rölenin verdiği cevap ise şekil-6 de görülmektedir. Teorik olarak tasarlandığı gibi röle bu geçici arıza karşısında açma işareti üretmemiştir ve kararlı çalışmasına devam etmiştir. Akım bazı aralıklarda açma (set) değerinin üstüne çıkmasına rağmen, hesaplanan açma zamanı dolmadan bu değer altına düşmektedir. Buda rölenin açma (trip) işareti üretmemesine neden olmaktadır.

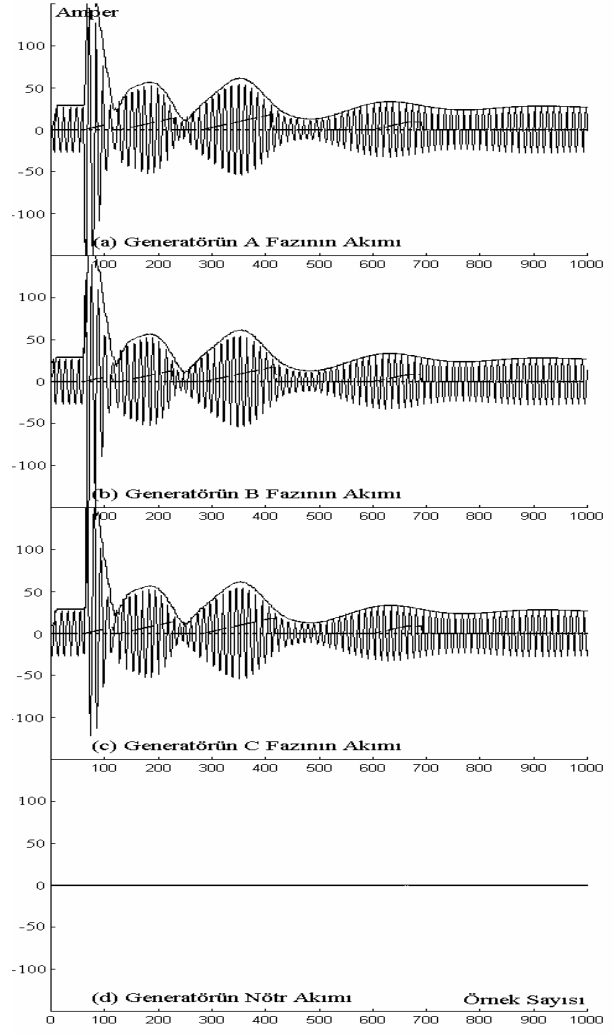


Şekil-5 Faz-faz- toprak arızası ve rölenin cevabı.

1.6. SONUÇLAR

Bu makalede; fonksiyonlu bir aşırı akım rölesinin tasarımı, implimentasyonu ve test edilmesi ele alınmıştır. Prototip olarak üretilen bu mikroişlemci donanımlı rölenin gerçek-zaman testine ilişkin veriler yardımıyla rölenin arızalar karşısındaki performansı ve davranışı incelenmiştir.

Test sonuçları, rölenin şebekede oluşan dengeli ve dengesiz arızaları algıladığını ve önceden seçilen eğriye göre açma işareti verdiğini göstermiştir. Ayrıca yine beklenildiği gibi, rölenin geçici arızalar ve normal çalışma koşullarında açma yapmadığı görülmüştür. Böylelikle test sonuçları rölenin başlangıçta tasarlandığı gibi, açma karakteristikleri gösterdiğini kanıtlamıştır.



Şekil-6 Geçici bir arıza meydana gelmesi ve rölenin davranışı.

REFERANSLAR

- [1] Ö. Usta, "YESler İçin Çok-fonksiyonlu Dijital Röle Tasarımı", Proje No.197E006 TÜBİTAK, EEEAG 2000.
- [2] Ö. Usta, A. Kuzu, S. Akkoç, M. Özgür ve A. Kınık, "Mikroişlemci Donanımlı Çok-fonksiyonlu Aşırı Akım Rölesi tasarımı ve Test Edilmesi", Kaynak Elektrik Dergisi, Sayı.165, Ocak 2003.
- [3] M. S. Sachdev and TS Sidhu, "A Laboratory for Research and Teaching of MP-Based Power System Protection", IEEE Trans on PWRD, Vol.11, No.2, May 1996.
- [4] Ö. Usta, M. Bayark and MA Redfern, "A New Digital Relay for Generator Protection Against Asymmetrical Faults", IEEE Trans on PWRD, Vol.17, No.1, Jan 2002.
- [5] IEEE Working Group, "IEEE Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Over-Current Relays." IEEE Trans on PWRD, Vol.14, No.3, 1999.
- [6] IEEE Working Group, "Computer Representations of Overcurrent Relay Characteristics" IEEE Trans on PWRD, Vol.4, No.3, 1989.