

# UYARLAMALI MEDYAN FİLTRESİ VE BİRİKİMLİ TOPLAM YÖNTEMLERİ İLE BİR GÜÇ SİSTEMİNDE ARIZA TESPİTİNİN İNCELENMESİ

İbrahim Gürsu Tekdemir, Ayşen Basa Arsoy, Bora Alboyacı, Yunus Emre Keskin

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
gursu.tekdemir@kocaeli.edu.tr, aba@kocaeli.edu.tr, alboyaci@kocaeli.edu.tr, yunusemre.keskin@kocaeli.edu.tr

## Özet

Mevcut arıza izleme algoritmaları gün geçtikçe röle işlevlerini karşılayamaz noktaya gelmektedir. Bunu aşmak üzere, literatürde çeşitli teknikleri kullanan yeni arıza tespiti yöntemleri incelenmiş ve daha uygulanabilir yaklaşımlar ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, hem klasik arıza tespiti yaklaşımlarından örnek-örnek ve periyot-periyot; hem de daha yeni ve gelişmiş yaklaşımlardan uyarlamalı medyan filtresi ve birikimli toplam yöntemleri ile arıza tespiti uygulamaları incelenmiştir. Tek fazlı seri kompanze edilmiş örnek bir güç sisteminde arıza benzetimi yapılarak algoritmaların arıza tespitindeki başarımları incelenmiş ve grafiksel sonuçlar sunulmuştur. Bu çalışmada; incelenen sistem özelinde, alınan sonuçlardan yola çıkılarak, hem uyarlamalı medyan filtresi hem de birikimli toplam yöntemlerinin arıza tespitinde hızlı ve güvenilir oldukları görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arıza tespiti algoritmaları, güç sistemlerinde koruma, koruma röleleri, seri kompanzasyon.

## 1. Giriş

Güç sistemlerinde arıza tespiti konusu şimdiye dek, literatürde çeşitli açılardan incelenmiş ve konuyla ilgili pek çok yaklaşım önerilmiştir. Arıza tanıma algoritmalarının daha işlevsel, daha güvenilir ve daha hızlı olması; bu algoritmaları kullanan rölelerin, güç sisteminde daha doğru bir koruma gerçekleştirmelerini sağlayacaktır. Arıza tanıma algoritmalarının incelenmesi, bu açıdan önem kazanmaktadır.

Arıza tespitinde amaçlanan, arızalı durum ile arızalı olmayan durum arasında doğru bir ayırım yapabilmektir. Bunun hızlı olması, bu amaçla kullanılan algoritmanın başarımına bağlıdır. Klasik yaklaşımlardan biri örnek-örnek yöntemi, diğeri ise periyot-periyot yöntemidir. Bu yaklaşımların ilkinde, izlenen elektriksel büyüklüğe ait mevcut örnek değeri bir önceki değer ile, diğeri ise bir periyot önceki değer ile karşılaştırılmaktadır [1]. Bu noktada yaşanabilecek bir anormallik arıza tespitinde önem kazanacaktır.

Daha yeni yaklaşımlar ise daha gürültüsüz, daha hızlı ve daha belirgin bir ayırım yapabilmek üzere geliştirilmiştir. Bu noktada Ayrık Fourier Dönüşümü, Kalman filtresi, fazör kestirim yaklaşımları ve bazı tekrarlamalı yöntemler kullanılmıştır [2]-[7]. Fakat klasik bir yaklaşımla, Ayrık Fourier Dönüşümü ve Kalman filtresi gibi teknikler kullanılarak fazör kestirimi yapıldığı zaman, hesapların karmaşık olması nedeniyle koruma ve/veya kontrole ilişkin karar sürecinin güç işaretinin yarım periyodundan uzun sürdüğü görülmektedir. Bu yüzden, bu

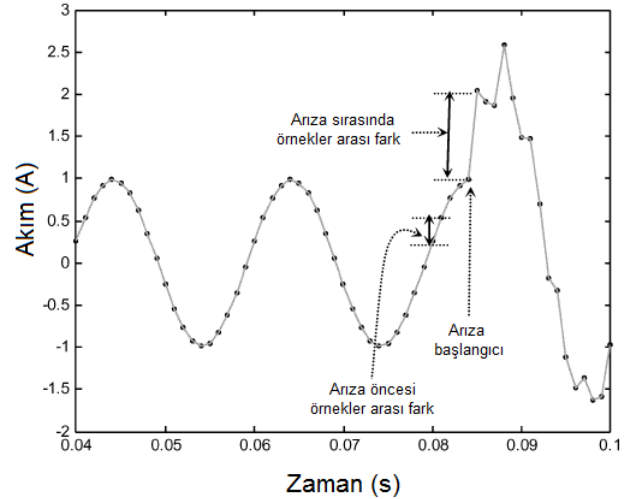
yaklaşımlar, güç sistemlerinde koruma uygulamaları için uygun görülmemektedir [1].

Arıza tespitinde görece yeni yaklaşımlardan biri uyarlamalı medyan filtresi yöntemidir [8]. Bu yöntemde pencere büyüklüğü izlenen büyüklüğün değişimine göre değiştirilebilmekte ve hesaplanan bir medyan değeri yardımıyla arıza tespiti yapılabilmektedir. Yeni yaklaşımlardan bir diğeri ise [1]'de açıklanan birikimli toplam yöntemidir. Bu yöntemde, elektriksel bir büyüklüğün sürekli toplanarak izlenmesi sonunda belirli bir değerin aşılp aşılmadığı incelenerek buna uygun arıza tespiti yapılmaktadır.

## 2. Arıza Tespitinde Klasik Yaklaşımlar

### 2.1. Örnek-Örnek Yöntemi

Klasik arıza tespiti yöntemlerinden biri örnek-örnek yöntemidir. Bu yöntemde, izlenen elektriksel büyüklüğün mevcut değeri ile bir önceki değeri karşılaştırılarak bir sonuca ulaşılmak istenmektedir. Buna ilişkin grafiksel gösterim Şekil 1'deki gibidir.

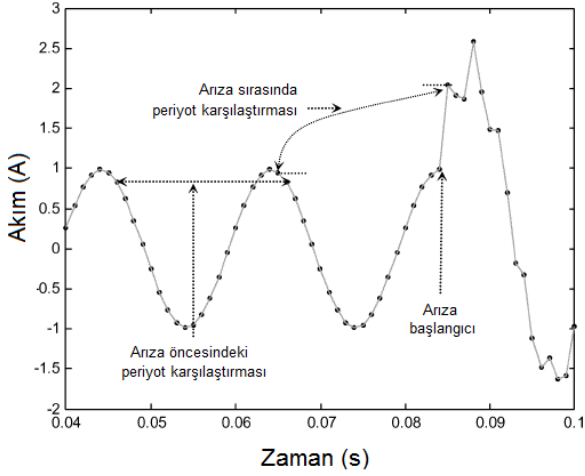


Şekil 1. Örnek-örnek yönteminin akım işaretinin izlenmesinde kullanılması [1].

### 2.2. Periyot-Periyot Yöntemi

Arıza tespitinde kullanılan klasik yöntemlerden bir diğeri de periyot-periyot yöntemidir. Bu yöntemde, izlenmekte olan

büyükliğün örnekleşmiş mevcut değeri bir periyot önceki değeri ile karşılaştırılır. Böylece izlenen elektriksel büyüklükteki normalin dışında bir durum olup olmadığı anlaşılır.



Şekil 2. Periyot-periyot yönteminin akım işaretinin izlenmesinde kullanılması [1]

### 3. Arıza Tespitinde Yeni Yaklaşımlar

#### 3.1. Uyarlamalı Medyan Filtresi Yöntemi

Arıza tespitinde klasik yaklaşımlardan daha etkili olduğu gösterilerek önerilen yöntemlerden biri medyan filtresi yöntemidir. Bu yöntemde, kayan pencere ile izlenen işarete istatistiksel bir analiz yapılarak pencere içerisindeki örnek değerlerinin medyan değerleri hesaplanmaktadır. Medyan hesabı için, örnek içerisindeki değerler büyükten küçüğe (veya küçükten büyüğe) doğru sıralanmakta ve bu durumda ortadaki eleman değeri medyan olarak tanımlanmaktadır. Böylece, izlenen işaretin sürekli olarak medyan değeri hesaplanarak bir medyan filtresi oluşturulmuş olur.

Bu yöntemin daha etkin çalışabilmesi için medyan değerlerini hesaplamak üzere tanımlanan pencerenin büyüklüğü, yani bir hesaplamada kaç örnek değerinin kullanılacağı, önem kazanmaktadır. Bunun için pencere genişliği, izlenmekte olan büyüklüğün özelliklerine göre ayarlanmaktadır; böylece arıza tespiti yapmak üzere değerlendirilecek filtre çıkışı daha az gürültü içerecektir. Pencere genişliğinin değişimi için izlenen akış diyagramı Şekil 3'teki gibidir.

#### 3.2. Birikimli Toplam Yöntemi

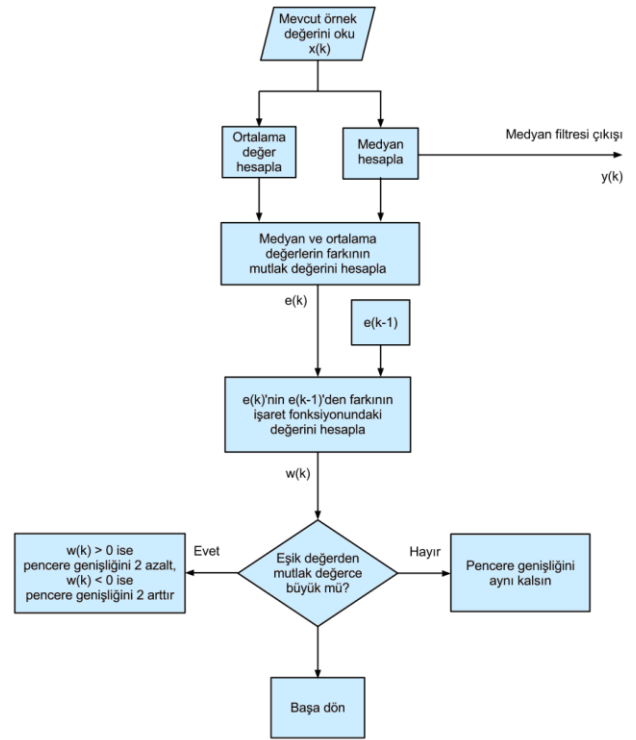
Birikimli toplam yöntemi, endüstride herhangi bir sürecin normal yürüyüp yürümediğini izlemek için kullanılan yöntemlerden biridir. Yönteme ilişkin akış diyagramı Şekil 3' teki gibidir.

Bu yöntemde, izlenen büyüklüğe ait mevcut örnek değerleri kullanılarak yardımcı işaret ( $S_k$ ) değerleri hesaplanmaktadır.

$$s_k(1) = s_k \quad (1)$$

$$s_k(2) = -s_k \quad (2)$$

Hesaplanan bu yardımcı işaretler yardımıyla iki taraflı birikimli toplam testi [9] şu şekilde tanımlanmaktadır.



Şekil 3. Uyarlamalı medyan filtresi yöntemine ilişkin akış diyagramı

$$g_k(1) = \max(g_{k-1}(1) + s_k(1) - \nu, 0) \quad (3)$$

$$g_k(2) = \max(g_{k-1}(2) + s_k(2) - \nu, 0) \quad (4)$$

Burada,  $g_k$  değerleri arıza tespitine ilişkin istatistik bilgiyi taşıyan değişkendir,  $\nu$  ise kayma diye tanımlanan ve sisteme özgü olarak tanımlanan bir sabittir. Eğer

$$g_k(1) > h \text{ veya } g_k(2) > h \quad (5)$$

$h$ , arıza kararını vermek için yeterli düzeyi belirlemede kullanılan, ideal olarak sifıra eşit olması gereken, pratikte ise sisteme özgü olarak tanımlanan bir sabittir.

(5)'e göre;  $g_k(1)$  veya  $g_k(2)$ 'den herhangi birinin  $h$  değerini aşması arıza tespiti için yeterli olmakta ve

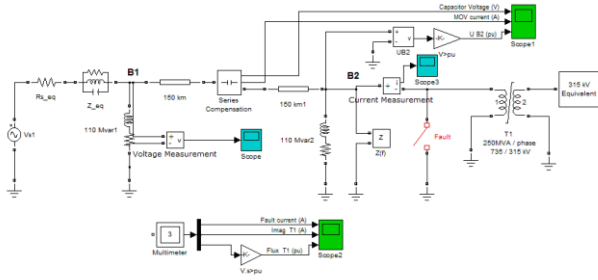
$$g_k(1) = 0, g_k(2) = 0 \text{ ve } k_0 = k \quad (6)$$

işlemi ile yönteme ilişkin değerler başlangıçtaki duruma geri getirilmekte, yani sıfırlanmaktadır.

### 4. Örnek Bir Arıza Tespiti Uygulaması

#### 4.1. Seri Kompanze Edilmiş Güç Sisteminin Tanıtılması

Hem klasik hem de yeni arıza tespit yöntemlerinin etkinliklerini gösterebilmek ve yöntemleri birbirleriyle karşılaştırabilmek için MATLAB/Simulink'te tek fazlı seri kompanze edilmiş 50 Hz'lik bir güç sistemi örnek alınmıştır.



**Şekil 4.** MATLAB/Simulink ortamında tek fazlı seri kompanse edilmiş güç sistemi ekran görüntüsü

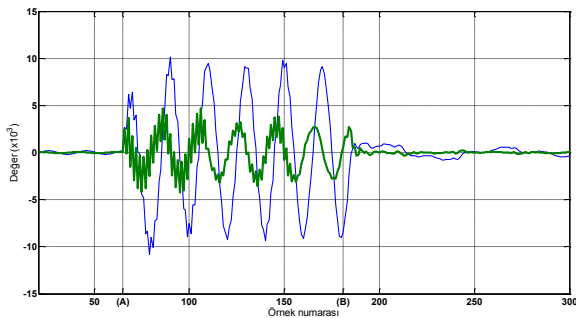
Şekil 4'te devre şeması gösterilen sistem; 750 kV, 300 km uzunluğunda, endüktif direnci %57,6 ( $=X_C/X_L$ ) oranında seri kompanse edilmiş ve 2 adet 110 MVar gücündeki kondansatör gruplarıyla paralel kompanse edilmiş bir sistemdir. Sistemde hat sonunda bir arıza oluşturulmaktadır. Çalışmada, arıza tespiti yöntemlerini incelemek için, 250 MVA gücündeki trafo ile hat arasında akan akımın örneklenen değerleri kullanılmıştır.

## 4.2. Arıza Sonrası Arıza Tespiti Uygulamaları

Arıza tespiti için kullanılan yöntemleri karşılaştırmak için Şekil 4'te gösterilen sistemde bir faz-toprak arızası meydana getirilmiştir. MATLAB/Simulink ortamında benzetimi yapılan sistemde arıza, benzetimin 64. ms'inde meydana getirilmiş ve 180. ms'de sonlandırılmıştır. Benzetimde ayırık zaman çözümü tercih edilmiş ve örnekleme zaman aralığı 10µs olarak belirlenmiştir. Benzetim toplam 400 ms devam etmiştir. Elde edilen örnekleme değerleri kullanılarak; örnek-örnek, periyot-periyot, uyarlamalı medyan filtresi ve birikimli toplam yöntemlerinin arıza tespitine ilişkin çıktıları elde edilerek, arıza tespitindeki etkinlikleri açısından incelenmiştir.

### 4.2.1. Örnek-Örnek Yöntemi

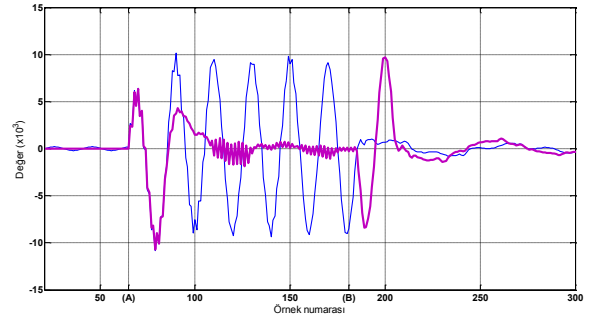
Arıza tespiti algoritmalarını incelemek için öncelikle klasik yaklaşımlardan biri olan örnek-örnek yönteminin çıktısı incelenmiştir. Şekil 5'te, trafo ile hat arasında akan akımın örnekleme ile değişimi ve karşılığında örnek-örnek yönteminin verdiği çıktı görülmektedir. (Arızaya ilişkin tüm grafiklerde, eksenler; arızanın başladığı örnek A ile, arızanın sonlandığı örnek ise B ile gösterilmiştir.)



**Şekil 5.** Akım büyüklüğünün değişimi ile örnek-örnek yönteminin arıza öncesi, arıza esnası, arıza sonrasındaki çıktısı

### 4.2.2. Periyot-Periyot Yöntemi

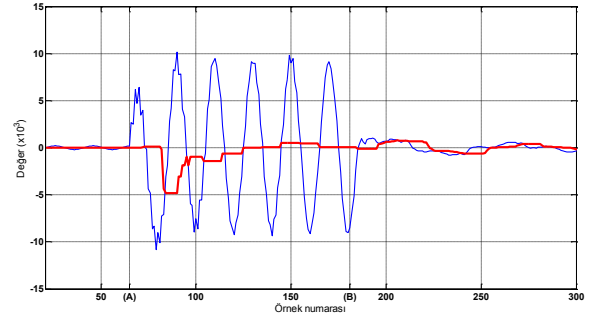
Klasik arıza tespiti yöntemlerinden bir diğeri olan periyot-periyot yönteminin aynı arıza durumunda verdiği çıktı Şekil 6'daki gibidir.



**Şekil 6.** Akım büyüklüğünün değişimi ile periyot-periyot yönteminin arıza öncesi, arıza esnası, arıza sonrasındaki çıktısı

### 4.2.3. Uyarlamalı Medyan Filtresi Yöntemi

Uyarlamalı medyan filtresi yöntemi kullanılarak yapılan arıza tespiti uygulamasında; arıza öncesi, arıza sırası ve arıza sonrası akım değerleri kayan pencereler içerisinde izlenerek medyan değerleri hesaplanmıştır. Buna ilişkin sonuçlar Şekil 7'deki gibidir.

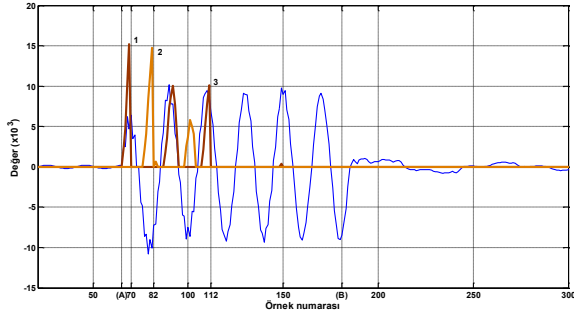


**Şekil 7.** Akım büyüklüğünün değişimi ve uyarlamalı medyan filtresi yöntemi ile elde edilen çıktı

Şekil 7'den de görüleceği gibi, arıza tespiti yapabilmek üzere kullanılacak olan çıktı, bu yöntem ile çok daha temiz ve nettir. Bu da arıza tespiti yapabilmek için bir avantajdır. Medyan filtresi yöntemi ile arıza tespiti yapabilmek için, kayan pencerede izlenen medyan değerinin mutlak değerinin belirli bir değeri aşır aşmadığına bakılabilir. Örneğin, bu sistem için 3000 değeri alınırsa (ve bu değer aşımının 3 kez arka arkaya gerçekleşmesine bakılarak) arıza tespiti 85. örnek değerinde yapılabilecektir.

### 4.2.4. Birikimli Toplam Yöntemi

Birikimli toplam yöntemi kullanılarak aynı arıza izlenmiş ve yöntemin tanımladığı iki farklı istatistiksel değişkene ilişkin değişim Şekil 8'deki gibi elde edilmiştir.



**Şekil 8.** Akım büyüklüğünün değişimi ve birikimli toplam yöntemi ile hesaplanan değişkenlerin değişimi

Şekil 8'deki çıktılarından da görüleceği gibi, birikimli toplam yöntemi kullanılarak arızalı ve arızasız durum arasında ayırım yapabilmek oldukça kolaydır. Arıza sonrasında bu yöntem ile belirgin bir çıktı alınmış ve arıza tespiti yapılabilmektedir.  $h$  değeri 10 000 alınarak ve bu değer 3 kere aşıldığı noktada arıza olduğu kabul edilerek arıza tespiti 112. örnek değerinde yapılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, bu uygulamada; birikimli toplam yönteminin, uyarlamalı medyan filtresi yönteminden daha yavaş cevap vermiş olduğu görülmektedir. Uyarlamalı medyan filtresi ise aynı senaryoda arıza tespitini daha hızlı gerçekleştirmiştir.

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, arıza tespiti ve buna ilişkin olarak değerlendirilen yöntemler üzerinde durulmuş ve örnek bir güç sistemi üzerinde bir uygulama yapılmıştır. Hem klasik yaklaşımlardan örnek-örnek ve periyot-periyot, hem de daha yeni ve gelişmiş yaklaşımlardan uyarlamalı medyan filtresi ve birikimli toplam yöntemlerinin arıza tespitindeki etkinlikleri yapılan uygulama ile aynı örnek senaryoda gösterilmiştir.

Örnek-örnek ve periyot-periyot gibi klasik yöntemler, basit ve hızlı işlem gücüne sahip olmalarının dışında genel olarak gürültülü çıkışa sahiptirler ve geçici durumlardan etkilenirler. Bu yüzden arıza tespitinde kullanılmaları söz konusu olduğunda çeşitli zayıflıklarının bulunduğu görülmektedir.

Uyarlamalı medyan filtresi ve birikimli toplam yöntemleri ise hem klasik arıza tespiti yöntemlerinin yetersiz ve olumsuz özelliklerini taşımazlar, hem de Kalman filtresi veya Ayrık Fourier Dönüşümüne dayalı fazör kestirimi yöntemlerinde olduğu kadar yoğun ve uzun süreli işlem yapmaya ihtiyaç duymazlar. Sonuçta, bütün bu nedenlerle ve çalışmada yapılan uygulamalarda da gösterildiği üzere; hem uyarlamalı medyan filtresi, hem de birikimli toplam yöntemleri arıza tespitini, hızlı ve klasik yöntemlere göre daha güvenilir biçimde yerine getirdikleri görülmektedir.

## 6. Kaynaklar

- [1] S.R.Mohanty, A.K.Pradhan, "A Cumulative Sum-Based Fault Detector for Power System Relaying Application", *IEEE Trans. Power Delivery*, vol.23, No.1, Jan. 2008.
- [2] A.A.Girgis, "A new Kalman filtering based digital distance relaying," *IEEE Trans. Power App. Syst*, vol. 101, no. 9, pp. 3471–3480, Sep.1982.
- [3] A.A.Girgis ve D.G.Hart, "Implementation of Kalman and adaptive Kalman filtering algorithms for digital distance protection on a vector signal processor," *IEEE Trans.Power Del.*, vol. 4, no. 1, pp.141–156, Jan. 1989.
- [4] M.S.Sachdev and M.Nagpal, "A recursive least square algorithm for power system relaying and measurement

applications," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 6, no. 3, pp. 1008–1015, Jul. 1991.

- [5] J.Barros and J.M.Drake, "Real-time fault detection and classification in power systems using microprocessors," *Proc.Inst.Elect.Eng., Gen. Transm. Distrib.*, vol. 141, no. 4, pp. 315–322, 1994.
- [6] F.N.Chowdhury, J.P.Christensen, and J.L.Aravena, "Power system fault detection and state estimation using Kalman filter with hypothesis testing," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 6, no. 3, pp. 1025–1030, Jul.1991.
- [7] T. S. Sidhu, D. S. Ghotra, and M. S. Sachdev, "An adaptive distance relay and its performance comparison with a fixed data window distance relay," *IEEE Trans.Power Del.*,vol. 17,no.3, pp.691–697, Jul.2002.
- [8] D. M. Gilbert and I. F. Morrison, "A statistical method for the detection of power system faults," *Elect. Power Energy Syst.*, vol. 19, pp. 269–275, 1997.
- [9] F.Gustafsson, *Adaptive Filtering and Change Detection*. NewYork: Wiley, 2000.