

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/339789059>

Mikro Şebekelerde Ada Mod Çalışmanın Geliştirilen Sürekli Dalgacık Dönüşümü Yöntemi ile Gerçek Zamanlı Olarak Tespiti

Conference Paper · December 2019

CITATION

1

READS

445

2 authors:



Alper Yılmaz

Bursa Technical University

25 PUBLICATIONS 226 CITATIONS

SEE PROFILE



Gökay Bayrak

Bursa Technical University

68 PUBLICATIONS 823 CITATIONS

SEE PROFILE

Mikro Şebekelerde Ada Mod Çalışmanın Geliştirilen Sürekli Dalgacık Dönüşümü Yöntemi ile Gerçek Zamanlı Olarak Tespiti Real-Time Islanding Detection in Microgrids by Using Modified Continuous Wavelet Transform

Alper YILMAZ¹, Gökay BAYRAK²

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa
alper.yilmaz@btu.edu.tr

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa
gokay.bayrak@btu.edu.tr

Özetçe

Mikro şebeke yapısının güvenilir bir şekilde işletilmesi ve kararlı bir güç sistemi için istenmeyen ada mod çalışma olayının en hızlı ve doğru şekilde tespit edilmesi gerekir. Bu çalışmada, mikro şebekeler için gerçek zamanlı olarak geliştirilmiş sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) tabanlı bir ada mod tespit yöntemi önerilmiştir. Geleneksel yöntemlere göre çok sayıda avantaj barındıran bu yöntem, gerçek zamanlı olarak laboratuvar koşullarında fotovoltaiik (FV) panellerden oluşan mikro şebeke prototipi üzerinde test edilmiştir. Sonuçlar, uygulanan otomatik SDD tabanlı ada mod tespit yönteminin, geliştirilen mikro şebekede birçok ada mod koşulunu tespit edebildiğini ve yöntemin tespit süresinin geleneksel yöntemlerden daha hızlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca geliştirilen yöntem ile algılama dışı bölge (ADB) en aza indirgenmiştir.

Abstract

The unintentional island mode operation event must be detected as quickly and accurately as possible to provide reliable operation of the microgrid structure and a stable power system. In this study, an island mode detection method based on continuous wavelet transform (CWT) developed in real-time for microgrids is proposed. This method, which has many advantages over conventional methods, has been tested in real-time on a microgrid prototype of photovoltaic (PV) panels under laboratory conditions. The results show that the modified CWT-based island mode detection method can detect many island mode conditions in the developed microgrid and the detection time of the method is faster than the conventional methods. Furthermore, the non-detection zone (NDZ) was minimized by the implemented method.

1. Giriş

Sayısı tüm dünyada hızla artan dağıtık üretim kaynaklarının (DÜK), şebeke ile entegrasyonu, güç sisteminin kararlılığının ve güvenilirliğinin sağlanabilmesi açısından kritik bir konudur. IEEE 929-2008 standartları mikro şebekelerde, bağlantı noktasındaki herhangi bir arıza durumunda sistem güvenliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla farklı gerilim ve frekans değerleri için kesici açma sürelerini tanımlamıştır [1]. Herhangi bir korumanın olmadığı durumda DÜK, arıza veya şebekeden kopma olması durumunda bile yükü beslemeye devam edecektir. Bu nedenle ada mod tespiti, güvenilir bir şebeke yapısının oluşturulabilmesi için önemli bir kriterdir [2].

Ada mod çalışma, bir dağıtım sistemi güç sisteminin kalan kısmından elektriksel olarak izole edildiğinde, enerji akışının halen kendisine bağlı bulunan dağıtık üretim sistemi tarafından devam ettirilmesi durumudur [3]. Ada mod çalışmada, şebeke bağlantılı FV sistem, şebeke ile bağlantısı kesildiği halde yükü beslemeye devam eder. Sonuç olarak, güç sistemi ve DÜK bu durumda zarar görebilir. Bu nedenle, ada mod çalışma problemi, dağıtılmış generatörlerin ana şebekeye bağlandığında karşılaştığı en büyük zorluktur. Ayrıca, güç sistemi üzerinde çalışan personel hayatı tehlikeye sahiptir [4]. Bu sistemdeki istemsiz ada mod çalışma durumunda hem DÜK, hem de operatör için ciddi hasarlar söz konusudur. Ada mod tespitinin en kısa sürede ve en yüksek doğrulukta yapılması bu açıdan büyük önem taşımaktadır.

Ada mod tespit yöntemleri uzaktan izleme yöntemleri, yerel yöntemler ve akıllı yöntemler olarak 3 ana başlık altında incelenebilir. Yerel yöntemler; pasif, aktif ve hibrit yöntemler olarak gruplandırılmıştır. Aktif ve pasif arıza tespit yöntemleri invertre gömülen yöntemler olarak tanımlanır ve bu yöntemler en yaygın olarak kullanılan ada mod tespit yöntemleridir. Pasif yöntemlerin güvenilirliği özellikle dağıtık generatör bulunduran sistemler için yeterli değildir, çünkü bu yöntemlerde büyük bir algılama dışı bölge (ADB) söz konusudur. Aktif yöntemler, sisteme enjekte edilen sinyale bağlı olarak gürültü içerir ve bu yöntemler aynı zamanda

ADB'ye sahiptir. Olabildiğince küçük olması gereken ADB, inverttere gömülü yöntemlerde kullanılan yüke bağlıdır [5]. Bu nedenle, eğer mikro şebeke güç dengesindeyse, bu yöntemler ada mod arızalarını tespit etmede başarılı olamazlar [6]. Son yıllarda, özellikle mevcut yöntemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmak için sinyal işleme tabanlı olarak geliştirilen ve inverterden bağımsız pasif yöntemler öne çıkmaktadır.

Literatürde sinyal işleme tabanlı çok sayıda yöntem önerilmiştir. Sinyal işleme tabanlı ada mod tespit yöntemleri, bir sinyalin zaman-frekans bileşenlerini kullanabilirler ve bu diğer tespit yöntemlerine göre önemli bir avantajdır. Dalgacık dönüşümü (DD), Fourier dönüşümü (FD), s- dönüşümü ve Hilbert-Huang dönüşümü, ada koşullarının tespiti için önerilen sinyal işleme tabanlı temel yöntemlerdir [7]. FD yönteminde zaman bilgisi eksik olduğundan, bu yöntem tüm ada koşullarını tespit etmek için kullanılamaz. Bu eksiklik, kısa süreli Fourier dönüşümü yönteminin geliştirilmesiyle giderilmiş olsa da pencereleme işleminde kullanılan sabit ölçek arıza sinyalinin hem düşük hem de yüksek frekanslı bileşenlerini analiz edememesinden dolayı yetersiz kalmaktadır [8].

DD yöntemi, yüksek seviye türlevlerdeki süreksizlikleri ve diğer sinyal işleme yöntemlerinin ada mod koşullarını tespit etmek için yetersiz olduğu sinyallerdeki ani değişiklikleri tespit edebilmektedir. Ayrıca sinyali farklı frekans bantlarında inceleyebilmesi de bu yöntemin önemli avantajları arasındadır. DD ile gerçekleştirilen ada mod tespiti için çok sayıda yöntem önerilmiştir. Bu çalışmalardan birinde [9], ada mod tespiti için önerilen DD temelli yöntem, asenkron generatör kullanan rüzgar türbinlerine uygulanmıştır. Çalışmada, önerilen yöntem farklı yük koşulları altında test edilmiş ve belirlenen eşik değerlerine göre ada mod tespiti 0,2 saniyeden daha az bir sürede gerçekleştirilmiştir. db2 ve db8 dalgacıklarını kullanan ayrık dalgacık dönüşümü tabanlı arıza tespit yöntemi ise [10]'da önerilmiştir. Önerilen yöntemin performansı, geleneksel algılama yöntemleriyle karşılaştırılmıştır. Başka bir çalışmada [11] ise, hidrojen enerjisine dayalı dağıtık üretim için DD temelli arıza tespit yöntemi önerilmiştir. Gerilim sıçraması/çökmesi, ada mod arızası ve güç kalitesi bozulmaları araştırılmış ve önerilen yöntemle sınıflandırılmıştır. [12]'de şebekeye bağlı dağıtık generatörler için yeni bir sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) temelli ada mod tespit yöntemi önerilmiştir ve yüksek düzeyde bir gürültü olduğunda gürültü bastırma işlemi de uygulanmıştır. Önerilen yöntemin MATLAB/Simulink ortamında farklı arıza çeşitleri için testleri gerçekleştirilmiş ve güvenilir olduğu kanıtlanmıştır.

Bu çalışmada, ortak bağlantı noktasından (OBN) alçak gerilim şebekesine bağlı mikro şebekelerde ortaya çıkan ada mod koşulları araştırılmış ve mikro şebekeler için gerçek zamanlı, geliştirilmiş SDD tabanlı bir ada mod tespit yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem uygulanırken sadece OBN noktasındaki gerilim sinyali kullanılmıştır. Gerçek zamanlı uygulamalarda avantaj sağlayacak yöntemle, hesaplama yükü ve ölçüm zaman kaybı en aza indirilmiştir. Önerilen yöntem gerçek zamanlı olarak laboratuvar koşullarında FV panellerden oluşan mikro şebeke için test edilmiştir. Sonuçlar, uygulanan otomatik SDD tabanlı ada mod tespit yönteminin, geliştirilen mikro şebekede birçok ada mod koşulunu tespit edebildiğini ve yöntemin tespit süresinin geleneksel yöntemlerden daha hızlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ADB geliştirilen yöntem ile mevcut yöntemlere göre en aza indirgenmiştir.

2. Sürekli Dalgacık Dönüşümü

A. Haar tarafından temelleri atılan DD, son yıllarda arıza tespit yöntemlerinde ve örüntü tanıma uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Temelde DD, farklı ölçeklerde ve çözünürlüklerde veri işleme yeteneğine sahip bir sinyal işleme yöntemidir.

DD yönteminde, Kısa Süreli Fourier Dönüşümü'nde kullanılan pencereleme kavramından farklı olarak dalgacık ($\psi(x)$) adı verilen ölçeklenebilir pencere konsepti kullanılmaktadır. Sürekli dalgacık dönüşümü (SDD), kaydırılmış dalgacık fonksiyonunun tüm zaman için ölçeklendirme miktarıyla çarpılmasıyla elde edilir [13]. Çarpma sonucunda, çok sayıda dalgacık katsayısı meydana gelir. Dalgacık fonksiyonundan yararlanarak, sinyalin SDD katsayıları (1) denklem olduğu gibi belirlenir.

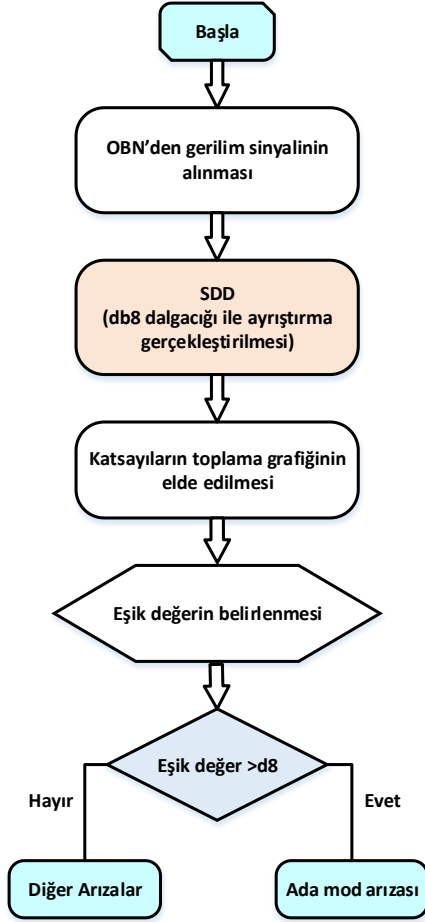
$$CWT(s, b) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{s}\right) dt \quad (1)$$

Denklem 1'de, (b) kaydırma faktörünü temsil ederken (s) ölçeklendirme faktörünü temsil eder. Gerçek zamanlı sinyallerin çoğu ayrık zamanlı örnekler olarak mevcuttur ve denklem (1) entegrasyonunun kapalı formdaki çözümü yoktur. Bu nedenle, gerçekleştirilen çalışmada, sürekli dalgacıkların ölçekleri ve kaymaları için bir ayrık değerler seti seçilmekte ve daha sonra SDD uygulanmaktadır [14].

3. Geliştirilen SDD-tabanlı Otomatik Ada Mod Tespit Algoritması

Çalışmanın bu bölümünde, önerilen SDD-tabanlı otomatik ada mod tespit yöntemi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Önerilen yöntemin akış diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. SDD uygulanırken db8 dalgacığından yararlanılmıştır. Algoritma LabVIEW ortamında çalıştırılmıştır.

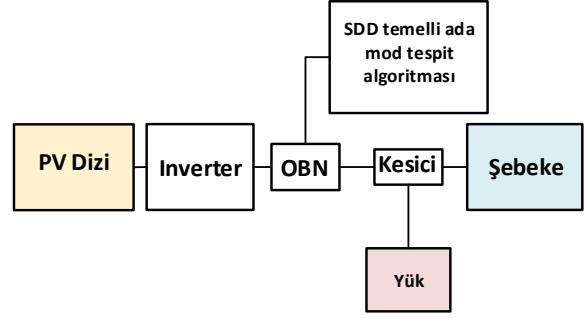
Gerilim sinyali OBN'den elektronik ölçüm kartı ve veri toplama (DAQ) kartı yardımıyla alınarak LabVIEW ortamına aktarılmıştır. Gerçekleştirilen program yardımıyla gerilim işaretine, ayrıştırma işlemi uygulanıp katsayılar elde edilmiştir. Diğer yöntemlerden farklı olarak SDD-tabanlı ada mod tespit yönteminde gerilim sinyaline SDD uygulandıktan sonra, elde edilen katsayıların kareleri hesaplanır ve skalogram (dalgacık-güç spektrumu) grafiği elde edilir. Arızanın oluşma anının anlaşılması için, arıza anındaki tepe değerini belirlemek üzere ölçek ekseninde katsayılar biriktirilir. Son aşamada ise uluslararası standartlara göre belirlenen eşik değerlerine göre (Grid-Code) ada mod tespiti gerçekleştirilir.



Şekil 1: Önerilen SDD-tabanlı ada mod tespit yöntemi algoritması akış diyagramı.

4. FV-Temelli Mikro Şebekede Önerilen Yöntemin Uygulanması

Bu çalışmada, SDD-temelli geliştirilmiş ada mod tespit yöntemi, FV panellerden oluşan bir mikro-şebeke üzerinde test edilmiştir. Önerilen yöntemin denendiği ilgili test sisteminin yapısı ve kullanılan FV dizi Şekil 2'de gösterilmiştir. Test sisteminde, laboratuvar bünyesinde bulunan FV dizinin çıkışı tam köprü invertere bağlanmıştır. İnverter, şebeke senkronizasyonu ve maksimum güç noktası takibini sağlar. İnverter çıkışı filtrelenir ve şebekeye bir devre kesicisi üzerinden bağlanmıştır. Ortak bağlantı noktasında ayrıca paralel bir RLC yükü bulunmaktadır. OBN'deki elektronik ölçüm ve veri toplama kartı tarafından elde edilen gerilim sinyali bilgisi sinyal işleme aşamasının gerçekleştirilmesi amacıyla LabVIEW programının yüklü olduğu bilgisayara iletilir. Ayrıştırma işlemi, SDD yöntemi kullanılarak gerilim sinyaline uygulanır ve katsayılar belirlenir. Şebeke 50 Hz frekansında çalışmaktadır ve örnekleme frekansı çalışmada 1 kHz olarak seçilmiştir. Önerilen yöntemler db8 dalgacığını kullanmaktadır. Dalgacık seçimi ve örnekleme frekansının belirlenmesinde, test sisteminden elde edilen verilerden yararlanmaktadır.



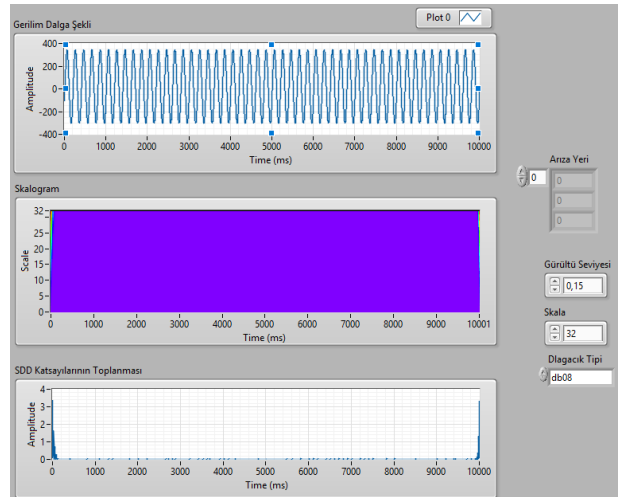
(a)



(b)

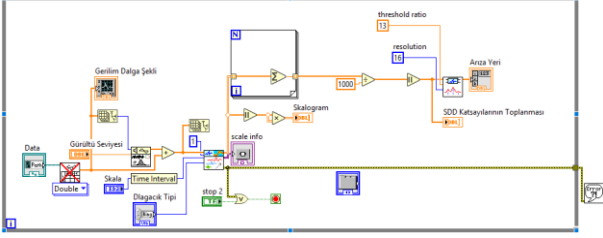
Şekil 2: (a) Önerilen SDD-tabanlı ada mod tespit yönteminin test edildiği sistem, (b) kullanılan FV dizi

SDD-temelli geliştirilmiş ada mod tespit yöntemine ait arayüz programı Şekil 3'te verilmiştir. Dalgacık tipi, katsayı seçimi ve ölçeklendirme ayarları arayüz üzerinden yapılabilir. Şekil 4'te ise programa ait blok panelde yazılan kod verilmiştir.

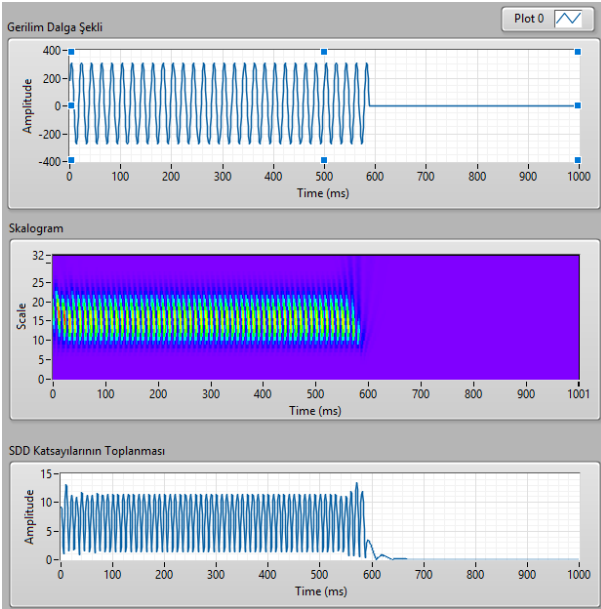


Şekil 3: SDD-tabanlı ada mod tespit yöntemi program arayüzü

Geliştirilen ada mod tespit yöntemi çeşitli arıza durumlarında test edilmiştir. Şekil 5'te 572. saniyede meydana gelen arıza sonucunda yöntemin verdiği tepki görülmektedir. Önerilen yöntem, belirlenen eşik değer ve dalgacık türü yardımıyla, arızayı en kısa sürede ve yüksek doğrulukta tespit etmiştir.



Şekil 4: SDD-tabanlı ada mod tespit yöntemi programı



Şekil 5: SDD-tabanlı ada mod tespit yöntemi ile ada mod durumunun tespiti

5. Sonuçlandırma ve Tartışma

Bu çalışmada, mikro şebekelerde ada mod tespiti için SDD-temelli gerçek zamanlı bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem, laboratuvar ortamında oluşturulan prototip FV tabanlı mikro şebeke üzerinde test edilmiştir. Sonuçlar, uygulanan otomatik SDD tabanlı ada mod tespit yönteminin geliştirilen mikro şebekede birçok ada mod koşulunu, tespit edebildiğini ve yöntemin tespit süresinin geleneksel yöntemlerden daha hızlı olduğunu göstermekte olup, ADB'de en aza indirgenmiştir.

Kaynakça

[1] Hassaine L, Olias E, Quintero J, Barrado A. Power control for grid-connected applications based on the phase shifting of the inverter output voltage with respect to the grid

voltage. *Electrical Power and Energy Systems* 2014;57: 250-260.

- [2] Eltawil ME, Zhao Z. Grid-connected photovoltaic power systems: technical and potential problems-a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010;14:112-129.
- [3] Lin, W. M., Wu, C. H., Lin, C. H., & Cheng, F. S. Detection and classification of multiple power-quality disturbances with wavelet multiclass SVM. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 2008;23(4), 2575-2582.
- [4] Masoum, M. A. S., Jamali, S., & Ghaffarzadeh, N. Detection and classification of power quality disturbances using discrete wavelet transform and wavelet networks. *IET Science, Measurement & Technology*, 2010;4(4), 193-205.
- [5] Kamel RM, Chaouachi A, Nagasaka K. Enhancement of micro-grid performance during islanding mode using storage batteries and new fuzzy logic pitch angle controller. *Energy Conversion and Management* 2011;52: 2204-2216.
- [6] Shayeghi H, Sobhani B. Zero NDZ assessment for anti-islanding protection using wavelet analysis and neuro-fuzzy system in an inverter-based distributed generation. *Energy Conversion and Management* 2014; 79:616-625.
- [7] Raza, S., Mokhlis, H., Arof, H., Laghari, J. A., & Wang, L. (2015). Application of signal processing techniques for islanding detection of distributed generation in distribution network: A review. *Energy Conversion and Management*, 96, 613-624.
- [8] Jurado, F., & Saenz, J. R. (2002). Comparison between discrete STFT and wavelets for the analysis of power quality events. *Electric Power Systems Research*, 62(3), 183-190.
- [9] Karegar, H. K., & Sobhani, B. (2012). Wavelet transform method for islanding detection of wind turbines. *renewable energy*, 38(1), 94-106.
- [10] M. B. Latran, A. Teke, A novel wavelet transform based voltage sag/swell detection algorithm, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 71 (2015) 131-139.
- [11] Bayrak, G. (2018). Wavelet transform-based fault detection method for hydrogen energy-based distributed generators. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(44), 20293-20308.
- [12] Zhu, Y., Yang, Q., Wu, J., Zheng, D., & Tian, Y. (2008, October). A novel islanding detection method of distributed generator based on wavelet transform. In 2008 International Conference on Electrical Machines and Systems (pp. 2686-2688). IEEE.
- [13] Cohen, L., 1995, *Time-Frequency Analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- [14] National Instruments, *LabVIEW 2014 advanced signal processing toolkit manual* (2014).