



**INVESTIGATION OF POWER SYSTEM TRANSIENT DISTURBANCES IN
FREQUENCY AND TIME-FREQUENCY DOMAINS**

Ahmet Serdar YILMAZ*, Ahmet ALKAN

Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fak., Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, KAHRAMANMARAŞ

Received/Geliş: 17.09.2013 Revised/Düzelme: 25.12.2013 Accepted/Kabul: 23.02.2014

ABSTRACT

Switching transients are defined as high frequency disturbances in power systems. These events are the important part of the power quality problems. In this study, to determine these transient disturbances, Autoregressive-Burg and Eigenvector techniques are used to obtain power spectral densities on frequency domain and the obtained results are compared. In these frequency domain techniques frequencies of the transient disturbances are defined clearly but the time of the disturbances can't be shown. Time-frequency domain analysis techniques are used in order to show both the frequency and time of the transient disturbances. For this aim, in this study Short time Fourier transforms (STFT) is employed for time-frequency domain analysis of switching transients. Proposed methods separate the frequency components of original signals accurately. Eigenvector and Burg methods have been employed to make a comparison in frequency domain analysis. It can be concluded that Eigenvector method gives a better frequency resolution with sharper frequency peaks.

Keywords: Power quality, switching transients, burg method, eigenvector method, short time fourier transform.

**GÜÇ SİSTEMLERİNDEKİ GEÇİCİ BOZULMA İŞARETLERİNİN FREKANS VE ZAMAN
FREKANS DÜZLEMİNDE İNCELENMESİ**

ÖZET

Güç sistemlerindeki açma-kapama geçici olaylar yüksek frekanslı bozunmalar olarak tanımlanmaktadır. Bu olaylar, güç kalitesi problemlerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu olayların karakterize edilmesi ve tespit edilmesi frekans ve zaman-frekans düzlemi analizleri ile gerçekleştirilir. Bu çalışmada, güç sistemlerindeki geçici bozulmaların tespiti için, işaretlerin frekans düzlemindeki güç spektral yoğunluklarının elde edilmesinde Özbağlanımlı-Burg ve Özvektör yöntemleri kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu frekans düzlemi yöntemlerinde geçici bozucu etkilerin hangi frekanslara yığıldığı belirlenirken zaman bilgisi gösterilememektedir. Bozulmaların hangi frekanslarda olduğu bilgisiyle birlikte bu bozulmaların zamanını da belirlemek için zaman-frekans yöntemleri kullanılmaktadır. Bu amaçla çalışmada zaman-frekans yöntemlerinden kısa zaman fourier dönüşümü (KZFD) kullanılmıştır. Önerilen yöntemler orijinal işareti doğru biçimde frekans bileşenlerine ayırmaktadır. Frekans düzleminde karşılaştırma yapmak için Özvektör ve Burg yöntemleri kullanılmıştır. Özvektör yönteminin keskin frekans pikleriyle daha iyi frekans çözünürlüğü verdiği gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Güç kalitesi, açma-kapama geçici olayları, burg yöntemi, özvektör yöntemi, kısa zaman fourier dönüşümü.

*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: a.s.yilmaz@gmail.com, tel: (344) 280 16 32

1. GİRİŞ

Güç kalitesi, konut ve sanayi kullanıcılarına sağlanan elektrik enerjisinin uygun ve sürekli olup olmadığını incelemektedir. Standartlara [1] göre güç kalitesi kavramı, "enerjilenme ve topraklamaya duyarlı cihazların bir şekilde uygun işletme koşullarında çalışması" olarak tanımlanmaktadır. Buna ek olarak, güç kalitesi kavramı, bir güç kaynağının beslediği tüketiciye; frekans, genlik, denge, dalga şekli ve süreklilik açısından normal işletme koşullarında enerji sağlayabilmesi için uygun parametrelerin belirlenmesi şeklinde de anlaşılabilir. [2]. Güç kalitesi çoğunlukla elektriksel yüklerin davranış ve karakteristikleri ile ilintilidir. Doğrusal olmayan karakteristiklere sahip elektriksel yükler elektrik dağıtım şebekelerindeki güç kalite seviyesini olumsuz biçimde etki edebilmektedirler. Günümüzde, endüstriyel şebekelerdeki elektriksel yüklerin çoğu doğrusal olmayan ya da kesintili akım çekmektedirler. Doğrultucu, kıyıcı, evirici gibi yarı iletken cihazlar elektriksel yüklerin önemli bir kısmını kapsamaktadır. Kesintisiz güç kaynakları, ayarlanabilir hız sürücüler, ark fırınları, aşırı yüklü transformatörler sanayide, konutlarda ve ticari tüketicilerde güç kalitesi değerlendirilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadırlar. Bu yükler, akım ve gerilim dalga şeklini kesmekte ve genlik ile frekansı değiştirebilmektedirler. Böylece, saf sinüzoidal akım ve gerilimleri tüketicilere temin etmek mümkün olamamaktadır [3].

Güç kalitesine yönelik araştırmalar, güç kalitesi bozunumlarının karakterize edilmesi ve tespit edilmesinde çeşitli işaret analiz yöntemlerinin uygulanmasında yoğunlaşmaktadır. Güç kalitesi olaylarının analizinde, ayrık hızlı fourier dönüşümü yıllardır araştırmacıların kullandığı yegane yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte son dönemlerde fourier esaslı yöntemlere alternatif olarak başka yöntemlerde önerilmiştir. ESPRIT, Kovaryans, Yule Walker, MUSIC yöntemleri, frekans düzlemi analizi için çeşitli güç kalitesi olaylarına uygulanmıştır [3-5]. Zaman frekans düzlemi analizlerde ise kısa zaman fourier ile dalgacık dönüşümleri hala en başarılı ve en yaygın kullanım alanına sahip yöntemler olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemler hem durağan ve hem de durağan olmayan işaretlerde kullanılmaktadır [6,7]. Güç sistemlerinde bir periyottan daha az süren olaylar geçici olaylar olarak bilinmektedir. Çoğunlukla, güç sistem geçici olaylarının bilinen başlıca sebepleri olarak kısa devreler ve kapasitör ve yük açma-kapama gibi güç sistem elemanlarının dinamik çalışmasıdır. Bu çalışmada, kapasitörlerin anahtarlanması sonucu oluşan yüksek frekanslı geçici olaylar dikkate alınmıştır. Bu makale, frekans analizleri için Burg ve Özvektör yöntemlerini, zaman-frekans analizleri için kısa zaman fourier dönüşümünü önermektedir. Bilgisayar benzetimlerinde, yüksek frekanslı geçici bileşenleri içeren dalga şekilleri kullanılmıştır.

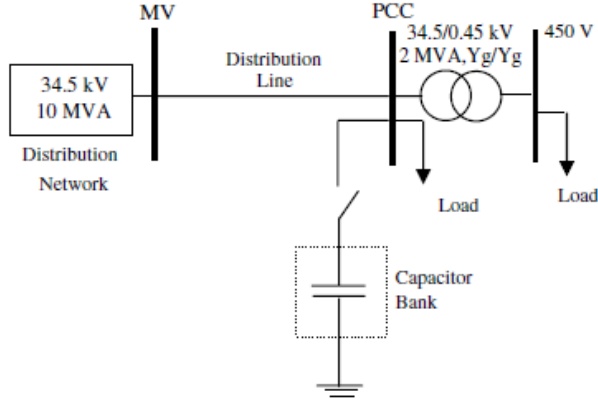
2. YÖNTEM

2.1. Örnek Sistem

Bu çalışmanın hedefi, içerisinde yüksek frekanslı bozucu etkiye maruz kalmış ve dalga şekli saf sinus formundan bozulmuş olan işaretlerdeki bu bileşenlerin tespit edilmesidir. Bu amaçla Matlab ortamında gerçekleştirilen bir simülasyondan elde edilen dalga şekilleri kullanılmıştır. Bu amaçla Şekil.1'de tek hat şeması verilen güç sistemi kullanılmıştır. Bu örnek sistemde devreye alınan kapasitörün akım ve gerilimi incelenmiştir. Alçak gerilim tarafındaki yük barası veya kaynak tarafındaki bir hangi bir bara gerilen doğrudan kapasitördeki akım ve kapasitör bara gerilimi incelenmiştir. Bunun nedeni olabilecek tüm yüksek frekanslı bileşenleri doğrudan yakalayabilmektir. Alçak gerilim yük barasında empedanstan dolayı ve özellikle transformatör reaktansının filtre etkisi yapabileceği düşünülerek bu noktadaki değerler alınmamıştır.

Bu çalışmada esas olan, geçici olayların yük ve sistem üzerine etkisini araştırmak değil, yüksek frekanslı olayların yüksek frekans çözünürlüğü ile analiz edilebilmesi için yeni yöntemler önermektir. Bu amaçla kısa devre, yıldırım, açma-kapama gibi olayların sebep olduğu dalga şekli

bozulmalarının analizi gerekmektedir. Bu çalışmada benzetim kolaylığı açısından kapasitör anahtarlama sonucu oluşan örnek olaylar incelenmiştir. Örnek dalgalar, Matlab'ta gerçekleştirilen simülasyonlardan elde edilmiş olup, Şekil.1'de tek hat şeması verilen test sistemi kullanılmıştır.



Şekil 1. Test sistemin tek hat şeması (One line diagram of test system)

2.2. Burg Yöntemi

Özbağlanımlı (autoregressive, AR) model parametrelerinin bulunması için geliştirilmiş, ileri ve geri tahmin hatalarını en düşüğe indirme ve yansıma katsayısını tahmin etme temelli bir algoritmadır. Bu algoritmaya göre p . dereceden bir AR modeli için ileri ve geri tahmin hataları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\hat{e}_{f,p}(n) = x(n) + \sum_{i=1}^p \hat{a}_{p,i} x(n-i) \dots n = p+1, \dots, N, \quad (1)$$

$$\hat{e}_{b,p}(n) = x(n-p) + \sum_{i=1}^p \hat{a}_{p,i}^* x(n-p+i) \dots n = p+1, \dots, N. \quad (2)$$

Bu tahmin hatalarındaki AR parametreleri, yansıma katsayısı olarak adlandırılan \hat{k}_p parametresine göre şu şekilde değişiklik göstermektedir.

$$\hat{a}_{p,i} = \begin{cases} a_{p-1,i} + \hat{k}_p \hat{a}_{p-1,p-i}^*, & i = 1, \dots, p-1, \\ k_p, & i = p, \end{cases} \quad (3)$$

Burg yöntemine göre yukarıda bahsedilen yansıma katsayısı aşağıdaki eşitliğe göre bulunmaktadır.

$$\hat{k}_p = \frac{-2 \sum_{n=p+1}^N \hat{e}_{f,p-1}(n) \hat{e}_{b,p-1}^*(n-1)}{\sum_{n=p+1}^N \left[\left| \hat{e}_{f,p-1}(n) \right|^2 + \left| \hat{e}_{b,p-1}^*(n-1) \right|^2 \right]}. \quad (4)$$

Buna göre, elde edilen tahmin hatalarını şu şekilde ifade etmek mümkün olmaktadır.

$$\hat{e}_{f,p}(n) = \hat{e}_{f,(p-1)}(n) + \hat{k}_p \hat{e}_{b,(p-1)}(n-1), \quad (5)$$

$$\hat{e}_{b,p}(n) = \hat{e}_{b,(p-1)}(n-1) + \hat{k}_p^* \hat{e}_{f,(p-1)}(n), \quad (6)$$

Daha sonra, bu kestirimlerin kullanılmasıyla, güç izgel (spektral) yoğunluğu hesaplanır. Çünkü, lineer denklemlerin çözülmesiyle, özbağlanım parametrelerinin kestirimi kolayca yapılır. Özbağlanım (autoregressive, AR) parametrelerinin tahmininden, güç spektral yoğunluğu (PSD) aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\hat{P}_{BURG}(f) = \frac{\hat{e}_p}{\left| 1 + \sum_{k=1}^p \hat{a}_p(k) e^{-j2\pi f k} \right|^2}, \quad (7)$$

Burada $\hat{e}_p = \hat{e}_{f,p} + \hat{e}_{b,p}$ toplam en düşük kareler hatasıdır [8-11].

2.3. Özvektör Yöntemi

Özvektör yöntemi, farklı zaman serileri işaretlerine uygulanmıştır. Sahte sıfırları, gerçek sıfırlardan ayırabilmek için, özvektör yöntemi sahte sıfırları birim çember içinde kalmaya zorlar ve bir gürültü yada bir işaret alt-uzay özvektöründen istenen gürültü alt-uzay vektörünü hesaplar. Özvektör, spektral (izgel) güç yoğunluğu hesaplamak için, gürültü alt-uzay boyutu K'nın, AKAIKE (AIC) yada minimum açıklama uzunluğu (MDL) gibi teknik ile hesaplanması gerekir [8]. AIC kriteri, asimptotik olarak işaret sayıları abartmaya yöneltecek şekilde tutarsız kestirimler yaparken, MDL kriteri tutarlı kestirimler yapar. Ayrıntılar literatürde bulunabilir [8-11].

2.4. Kısa Zaman Fourier Dönüşümü

Tabiattaki birçok olayın kaynağında dinamik bir yapı söz konusu olduğundan, frekans ve zaman bilgilerinin birlikte gösterimini sağlayacak yöntemlere gereksinim duyulmuştur. Bu konuda çözüm olarak Dennis Gabor tarafından 1946 yılında Kısa-Zaman Fourier Dönüşümü (KZFD) olarak bilinen yöntem sunulmuştur. Yöntem işaretin yaklaşık olarak durağan kabul edilebileceği bir pencereden bakılarak yerel Fourier dönüşümünün alınmasına dayanır. KZFD, işaret işleme uygulamaları için genel amaçlı bir araç olarak kullanılmaktadır [12-14]. Özellikle, zaman frekans dağılımlarının kullanışlı bir sınıflandırılmasını tanımlamaktadır [15]. Basit olarak, sürekli zaman durumunda, dönüştürülecek fonksiyon pencere fonksiyonlarına çarpılarak dönüştürülür. Bu pencere fonksiyonları, zamanın sadece kısa bir periyodu için sıfırdan farklı olacak şekilde seçilmiştir. Böylece, incelenen işaretin tek boyutlu fourier dönüşümü, zaman ekseninde

pencerelerin kaydırılması ile alınır ve iki boyutlu gösterim elde edilir. Matematiksel olarak bu dönüşüm eşitlik (8) deki gibi yazılır.

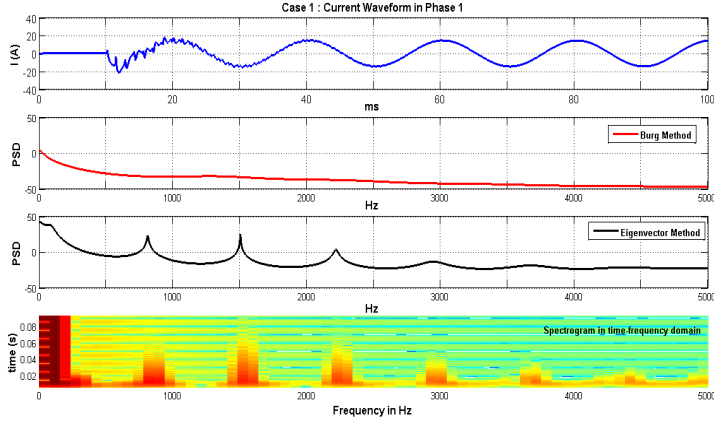
$$F_{KZFD}(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot w^*(t - \tau) \cdot \exp(-j2\pi ft) \cdot dt \quad (8)$$

Bu ifadede, $f(t)$, analizi yapılacak işareti; $w(t)$, pencereleme fonksiyonunu; f , frekans parametresini; τ , dönüşüm (zaman) parametresini; $*$, karmaşık eşlenik alma operatörünü ve $F(\tau, f)$ 'de işaretin f frekansı ve τ zaman dilimindeki KZFD'nü göstermektedir. Görüldüğü üzere, KZFD'de her bir f frekansı için pencereleme fonksiyonunun $t = \tau$ değerine merkezlenmesiyle $w(t - \tau)$ tarafından $x(t)$ işaretinin belirli bir zaman aralığındaki bilgisi elde edilmektedir. Bu şekilde hızlı Fourier dönüşümü kullanılarak, işaretin bu zaman aralığındaki frekans dağılımı elde edilmektedir. Pencerenin zamanda kaydırılması ile bu işlemler tekrarlanmakta ve sonuçta zaman ve frekans bilgisinin birlikte verildiği, kullanışlı bir yöntem elde edilmiş olmaktadır. Sadece sonlu bir uzunluk için sıfırdan farklı değerler aldıklarından, bu pencereler kullanılarak zaman yerleşimi elde edilmektedir. Dikdörtgen, Üçgen, Gauss, Chebychev, Hanning ve Hamming gibi değişik pencereleme fonksiyonları mevcuttur [16,17].

3. BULGULAR

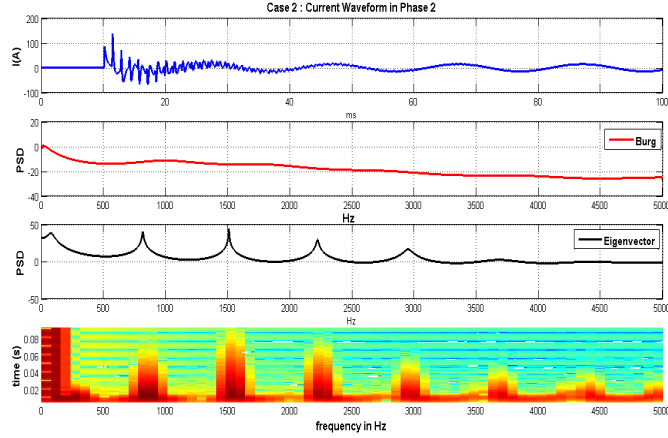
Önerilen yöntemler ile dört farklı örnek için inceleme yapılmıştır. Şekil.1 deki test sisteminde şönt kapasitörün devre alınması durumunda her üç fazdaki akım dalga şekli ile aynı devrede 2. fazdaki gerilim dalga şekilleri incelenmiştir.

Örnek 1: Şekil.2'de örnek 1 olarak adlandırılan dalga şekli ve analiz sonuçları görülmektedir. En üstte orjinal dalga şekli görülmektedir. Birinci fazda $t=10$ ms de devre alınan üç fazlı kapasitörün birinci fazdan çektiği akımda ilk anlarda yaklaşık olarak 30 ms kadar süren azalan karakteristikli salınımlar görülmektedir. Yaklaşık $t=40$ ms dolaylarında bu geçici salınımların etkisinin kalmadığı görülmektedir. Burg ve Özvektör yöntemleri ile frekans düzleminde elde edilen güç spektral yoğunluğu grafiklerine bakıldığında, Burg yöntemin herhangi belirgin bir frekans bileşeni saptayamadığı hatta temel bileşeni bile algılayamadığı görülmektedir. Özvektör yöntemi hem temel bileşeni ve hem de yüksek frekanslı bileşenleri yakalamıştır. Eğrinin sol tarafındaki ilk tepede (yaklaşık 50Hz) temel bileşen fark edilmektedir. Buna ilaveten yaklaşık 800 Hz dolaylarında bir frekans bileşeni, 1500 ve 2500 Hz'lerde iki farklı frekans bileşeni daha görülmektedir. Bunların yanında çok düşük genlikli olmakla birlikte 3000 Hz'e yakın bir noktada da bir yoğunlaşma olduğu anlaşılmaktadır. Şekil.2'deki en alttaki grafikte ise kısa zaman fourier dönüşümüne göre gerçekleştirilmiş zaman frekans düzlemi analizi sonuçları verilmektedir. Yatay eksenle frekans bileşeni görülmektedir. Bulunan bileşenlerin özvektör yöntemi ile elde edilen bileşenler ile uyumlu olduğu görülmektedir. Dikey eksenle yer alan zaman bilgisine bakıldığında 0.04-0.06 saniye arasında yüksek frekanslı bileşenlerin var olduğu ancak ilerleyen zamanlarda ise sadece temel bileşenin olduğu anlaşılmaktadır. Genlik olarak kırmızı renk ve tonlarının temel bileşende yoğun olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2. Örnek 1 için analiz sonuçları (Results for Case 1)

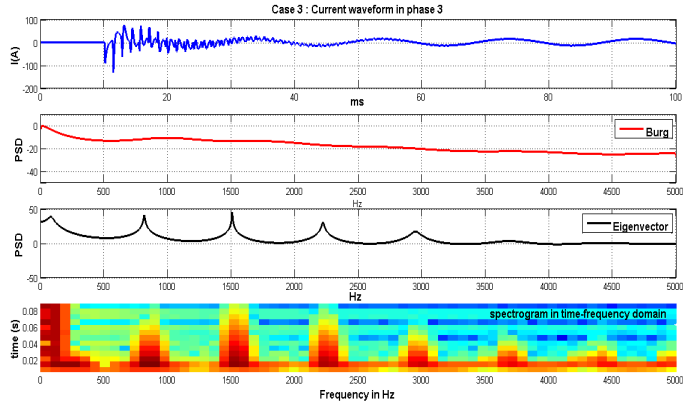
Örnek 2: Şekil.3'de örnek2 olarak adlandırılan dalga şekli ve analiz sonuçları görülmektedir. En üstte orijinal dalga şekli görülmektedir. İkinci fazda $t=10\text{ms}$ de devre alınan üç fazlı kapasitörün ikinci fazdan çektiği akımda ilk anlarda yaklaşık olarak 50 ms kadar süren azalan karakteristikli salınımlar görülmektedir. Birinci faza kıyasla bu fazdaki salınımların birkaç periyot daha uzun sürdüğü görülmektedir. Buna neden olarak, anahtarlama anının kaynak geriliminin birinci fazının sıfır olduğu ana denk geldiği ama diğer iki fazın faz farkları nedeniyle anlık gerilim değerlerinin sıfır olmadığı söylenebilir. Kapasitörlerin üç fazda aynı anda devreye alınması sonucunda gerilimdeki bu faz farkı sonucu akımlarda iki ve üçüncü fazlarda biraz fazla salınım olduğu görülmektedir. Yaklaşık $t=60\text{ms}$ dolaylarında bu geçici salınımların etkisinin kalmadığı görülmektedir. Burg ve Özvektör yöntemleri ile frekans düzleminde elde edilen güç spektral yoğunluğu grafiklerine bakıldığında, Burg yöntemin herhangi belirgin bir frekans bileşeni saptayamadığı hatta temel bileşeni bile algılayamadığı görülmektedir. Özvektör yöntemi hem temel bileşeni ve hem de yüksek frekanslı bileşenleri yakalamıştır. Eğrinin sol tarafındaki ilk tepede (yaklaşık 50Hz) temel bileşen fark edilmektedir. Buna ilaveten yaklaşık 800 Hz dolaylarında bir frekans bileşeni, 1500 ve 2500 Hzlerde iki farklı frekans bileşeni daha görülmektedir. Örnek 1'deki sonuçlar ile karşılaştırıldığında genliklerin fazla olduğu görülmektedir. Yine daha düşük genlikli olmakla birlikte 3000 Hz'e yakın bir noktada da bir yoğunlaşma olduğu anlaşılmaktadır. Şekil.3'deki en alttaki grafikte ise kısa zaman fourier dönüşümüne göre gerçekleştirilmiş zaman frekans düzlemi analizi sonuçları verilmektedir. Yatay ekseninde frekans bileşeni görülmektedir. Bulunan bileşenlerin özvektör yöntemi ile elde edilen bileşenler ile uyumlu olduğu görülmektedir. Dikey ekseninde yer alan zaman bilgisine bakıldığında 0.04-0.08 saniye arasında yüksek frekanslı bileşenlerin var olduğu ancak ilerleyen zamanlarda ise sadece temel bileşenin olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3. Örnek 2 için analiz sonuçları

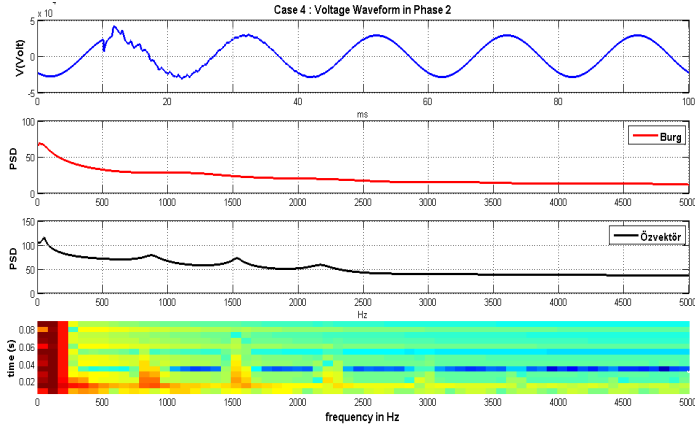
Genlik olarak kırmızı renk ve tonlarının temel bileşende yoğun olduğu gözlenmiştir. Yine birinci örnekle kıyaslandığında bileşenlerin yüksek genliklerinin daha kırmızı tonlarda bu örnekte yöntem tarafından tespit edildiği görülmektedir.

Örnek 3: Şekil.4'de örnek3 olarak adlandırılan dalga şekli ve analiz sonuçları görülmektedir. En üstte orjinal dalga şekli görülmektedir. Üçüncü fazda $t=10$ ms de devre alınan üç fazlı kapasitörün üçüncü fazdan çektiği akımda ilk anlarda ikinci faz akımına (örnek 2) benzer şekilde yaklaşık olarak 50 ms kadar süren azalan karakteristikli salınımlar görülmektedir. Bu fazdaki salınımlarında ikinci faz gibi, birinci faza kıyasla birkaç periyot daha uzun sürdüğü görülmektedir. İkinci faz için söylenen nedenler bu faz içinde geçerlidir. Yaklaşık $t=60$ ms dolaylarında bu geçici salınımların etkisinin kalmadığı görülmektedir. Burg ve Özvektör yöntemleri ile frekans düzleminde elde edilen güç spektral yoğunluğu grafiklerine bakıldığında, Burg yöntemin burada da herhangi bir frekans bileşeni saptayamadığı hatta temel bileşeni bile algılayamadığı görülmektedir. Özvektör yöntemi diğer fazlarda olduğu gibi hem temel bileşeni ve hem de yüksek frekanslı bileşenleri yakalamıştır. Karakteristik olarak örnek 3 de incelenen 3.faz akımındaki olaylar ve yapılan analizler 2. faz için yapılan analizler ile büyük oranda aynı sonuca ulaşmıştır. 2.faz için söylenenler burası içinde geçerliliği korumaktadır.



Şekil 4. Örnek 3 için analiz sonuçları (Results for Case 3)

Örnek 4: Çalışmada son örnek olarak yukarıda verilen açma-kapama olayı için gerçekleştirilen simülasyonda 2. faza ait gerilim dalga şekli ele alınmıştır. Şekil.5'de incelenen işaret ile gerçekleştirilen analiz sonuçları verilmektedir. Diğer örneklere oldukça benzer oranda sonuçlar alınmıştır. Orjinal işarette $t=10$ ms de kapasitörün devreye alınması ile gerilimde şekil 5'te görülen salınımlar meydana gelmiştir. $t=40$ ms civarlarında salınımların tamamen yok olduğu gözlenmiştir. Burg yöntemi aynı şekilde yine başarısız olmuştur. Özvektör yönteminde ise temel bileşen ile birlikte 800 Hz, 1600 Hz ve 2200 Hz civarlarındaki bileşenlerin olduğu tespit edilmiştir. Bu bileşenler zaman-frekans analizinde de görülmekte olup, egrideki sarı renkli bölgelerin 40ms dolaylarında yerini mavi tonlarına bıraktığı görülmektedir.



Şekil 5. Örnek 4 için analiz sonuçları

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Burg yöntemi ile özvektör yöntemleri arasında bir karşılaştırma yapma imkanı söz konusu olmaktadır. Frekans düzlemi analiz yapan bu iki yöntemin hesapladığı güç spectral güç yoğunluklarında mevcut olan frekans bileşeninde keskin frekans pikleri ortaya çıkmaktadır. Keskinlik ile yöntemin başarısı arasında doğrudan bir ilişki vardır. Yapılan benzetimler neticesinde frekans düzlemi analizinde Özvektör yönteminin çok açık biçimde başarılı olduğu görülmüştür. Özvektör yöntemi, yüksek çözünürlük veren alt-uzay yöntemlerinden olup, benzetimlerden elde edilen frekans spektrumlarında görüldüğü üzere Burg yöntemine göre daha keskin, net frekans çözünürlüğü vermiştir. Burg yönteminde de bu frekans bileşenleri belirlenmiş ama daha yumuşak piklerle düşük bir frekans çözünürlüğü elde edilebilmiştir. Sonuçta işaretin içerisindeki geçici bozucu etkiler frekans düzleminde özvektör yöntemiyle daha başarılı olacak şekilde belirlenmiştir. Elde edilen bu frekans bilgilerinin hangi zamanda gerçekleştiğinin belirlenmesi de oldukça önemli bir konu olmaktadır. Bu sebeple çalışmada zaman-frekans düzleminde ise oldukça başarılı biçimde işaretin frekans bileşenleri ile zaman bilgileri çözümlenmiştir.

Bu çalışmadan görüldüğü gibi, frekans düzleminde ayrık fourier dönüşümünden farklı iki yöntem önerilmiş ve karşılaştırılmıştır. Burg yönteminin güç kalitesi analizlerinde pek başarılı olamayacağı ancak Özvektör yöntemi ile çok iyi sonuçlar alındığı sonucuna varılmıştır. Özvektör yönteminin bilinen fourier dönüşümü kadar başarılı olduğu grafiklerden görülmektedir. Özellikle harmonik gibi durağan olayların analizinde Özvektör yöntemi önerilmektedir. Geçici olaylarda da frekans düzlemi analiz yapan yöntemler kullanılabilir. Ancak durağan olmayan ve bir süre sonra yok olan bu bileşenlerin başlangıç bitiş süreleri gibi önemli bilgilere ulaşmak gerekmektedir. Bu

amaçla yine çok bilinen ve kullanılan kısa zaman fourier dönüşümü halihazırda en başarılı araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] IEEE Standards, IEEE Recommended practice for powering and grounding sensitive electronics equipment. IEEE Std. 1100, 1992.
- [2] Martzloff F., Power quality work at the International Electrotechnical Commission., Proceedings PQA'97, Sweden, 1997.
- [3] Alkan, A., and Yilmaz, A.S., Frequency domain analysis of power system transients using Welch and Yule-Walker AR methods, *Energy Conversion and Management*, 48, 2129-2135, 2007.
- [4] Bollen, M.H.J., Styvaktakis E, and Gu, I., Characterization and analysis of power system transients, *IEEE Trans. on Power Delivery*, 20, 2298-2306, 2005.
- [5] Yilmaz, A.S., Alkan, A., and Asyali, M.H., Application of parametric spectral estimation methods on detection of power system harmonics, *Electric Power System Research*, 78, 683-693, 2008.
- [6] Gu, I. and Bollen, M.H.J, Time-frequency and time-scale domain analysis of voltage disturbances, *IEEE Trans. on Power Delivery*, 15, 1279-1283, 2000.
- [7] Yilmaz, A.S. And et al, Application of lifting based wavelet transforms to characterize powerquality events, *Energy Conversion and Management* 48, 112–123, 2007.
- [8] Subasi, A., and et al, Comparison of subspace-based methods with AR parameter methods in epileptic seizure detection, *Computers in Biology and Medicine* 36, 195–208, 2006.
- [9] Proakis, J.G., and Manolakis, D.G., *Digital Signal Processing Principles, Algorithms, and Applications*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 1996.
- [10] Kay, S.M., and Marple, S.L., Spectrum analysis—a modern perspective, *Proc. IEEE* 69 1380–1419, 1981.
- [11] Kay, SM., *Modern Spectral Estimation: Theory and Application*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 1988.
- [12] Allen, J.B., Short term spectral analysis, synthesis, and modification by discrete Fourier transform, *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-25, 235-238.
- [13] Allen, J.B., Application of the short-time Fourier transform to speech processing and spectral analysis, *Proc. IEEE ICASSP-82*, 1012-1015, 1982.
- [14] Allen, J.B. and Rabiner, L.R., A unified approach to short-time Fourier analysis and synthesis, *Proc. IEEE*, 65, 1558-1564, 1977.
- [15] Cohen, L., *Time-Frequency Analysis*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall. NJ, USA, 1995.
- [16] Çankaya, I., and Vatansever F., Fourier ve Dalgacık Dönüşümünün Karşılaştırılması, *SAÜ. FBE Dergisi*, 6, 3, 16-26, 2002.
- [17] Rioul, O., M.Vetterli, *Wavelets and Signal Processing.*, IEEE SP Magazine, 14-38, October 1991.

Civil Engineering Articles
/
İnşaat Mühendisliği Makaleleri