

K-means Kümeleme Yaklaşımı Kullanarak Elektrik Dağıtım Sistemlerindeki Harmoniklerin Zamansal Değişimlerinin İncelenmesi

Investigation of Temporal Changes of Harmonics in Electric Distribution Systems Using K-means Clustering Approach

Hüseyin Erişti¹, Vedat Tümen²

¹Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Tunceli Üniversitesi, Tunceli
heristi@tunceli.edu.tr

²Tunceli Meslek Yüksekokulu, Tunceli Üniversitesi, Tunceli
vtumen@tunceli.edu.tr

Özet

Bu makalede, veri madenciliği kümeleme tekniklerinden k-means algoritması kullanılarak güç kalitesindeki harmonik bozulmaların analizi gerçekleştirilmiştir. Harmonik veriler, elektrik dağıtım sistemine yerleştirilen bir güç kalitesi analizörü aracılığıyla belirli sürelerde elde edilmiştir. Farklı seviyelerde elde edilen harmonik bileşenlere k-means kümeleme yaklaşımı uygulanmıştır. Algoritma çıkışında, harmonik verilerin zamansal değişim süreçleri ve bu süreçlerdeki harmonik değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre gerçekleştirilen kümeleme yaklaşımıyla, elektrik dağıtım sistemlerinde olumsuz etkiler meydana getiren harmoniklerin zamansal değişim süreçleri hakkında önemli bilgiler elde edildiği gözlemlenmiştir.

Abstract

In this paper, analysis of harmonic disturbances in power quality were carried out using k-means algorithm, data mining clustering techniques. Harmonic data were obtained at different times through a power quality analyser placed in an electric distribution system. Harmonic components obtained at different levels were applied k-means clustering approach. In algorithm output, temporal change processes in harmonic data and their harmonic values in these processes were obtained. In clustering approach which is based on the results obtained, it was observed that important information about temporal change processes in harmonics which create negative effects in electric distribution systems were obtained.

1. Giriş

Son yıllarda giderek artan enerji talebi ve enerji maliyetlerindeki hızlı artışlar nedeniyle, güç kalitesi ve enerji verimliliği güç sistemlerinin en önemli parametrelerinden birisi olmuştur. Güç kalitesi problemleri, endüstride üretim ortamlarının ve işyerlerinin çalışmasını olumsuz yönde etkilemekle beraber, güç sistemlerinde donanım arızalanması gibi birçok sorun yaratmaktadır. Bu sorunlar, hem son kullanıcılar hem de güç sistemi açısından ciddi boyutlarda maliyet ve çalışma sorunları ortaya çıkarmaktadır [1,2]. Doğrusal olmayan yükler, elektrik şebekesinden harmonik

bileşen içeren akım çekerler. Bir güç kalitesi problemi olarak tanımlanan harmonikler, şebeke ve alıcılar üzerinde ciddi problemler yaratmakta olup, son yıllarda bu alanda çalışmaların yoğunlaştığı önemli bir konu başlığı haline gelmiştir [3,4].

Günümüzde, harmonik bozulma problemlerini tespit etmek ve azaltmak için elektrik dağıtım sistemlerine harmonik izleme sistemleri yerleştirilmesinde hızlı bir artış olduğu görülmektedir [5]. Harmonik izleme sistemlerinden çok fazla sayıda ve yüksek veri boyutunda harmonik veriler elde edilmesi nedeniyle, görsel olarak harmonik analizlerinin yapılması oldukça zordur. Ayrıca, harmonik verilerin işletim şartlarına bağlı olarak sürekli değişmesi, güç sisteminin işletim şartları ve harmonik eliminasyonu açısından önemli problemler meydana getirmektedir. Böylece, harmonik verilerin gün içerisinde zamansal değişimlerini kümelemek hem güç sisteminin işletilmesi ve harmonik eliminasyonunun yapılması hem de gelecekteki harmonik değişimlerinin tahmin edilebilmesi hakkında önemli bilgiler elde edilebilecektir.

Veri madenciliği, genel olarak veriler arasındaki ilişkilerin bulunması ve örüntüler içerisindeki gizli bilgilerin çıkarılması olarak tanımlanabilir. Kümeleme tabanlı sınıflandırma işlemi özellikle karmaşık veriler hakkında temel bilgilerin elde edilmesinde kullanılabilen veri madenciliğinde önemli bir eğitici öğrenme algoritmasıdır [6].

Bu çalışmada, elektrik dağıtım sistemlerinde meydana gelen akım harmoniklerine k-means kümeleme yaklaşımı uygulanarak harmoniklerin zamansal değişimlerini sınıflandıran bir harmonik izleme yaklaşımı gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, ilk olarak bir elektrik dağıtım sistemine yerleştirilen güç kalitesi analizörü ile 10 dakikalık aralıklarla akım bilgileri elde edilmiştir. Daha sonra akım verilerine Fourier yöntemi uygulanarak harmonik bileşenler elde edilmiştir. Son olarak, hafta içi harmonik bileşenlerine k-means kümeleme yaklaşımı uygulanarak harmonik bileşenlerinin zamansal değişim bilgilerini içeren harmonik sınıfları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, gerçekleştirilen yöntem ile gün içerisindeki harmonik hareketlilikleri hakkında önemli ölçüde bilgi sağlandığı gözlemlenmiştir.

2. Harmonikler

Harmonikler genel olarak doğrusal olmayan elemanlar ile sinüzoidal olmayan kaynaklardan herhangi biri veya bunların ikisinin sistemde bulunmasından dolayı meydana gelirler. Yarı iletken elemanların yapısı gereği ve sanayide kullanılan bazı doğrusal olmayan yüklerin (transformatör, ark fırınları, v.b.) etkisiyle; akım ve gerilim dalga biçimleri, periyodik olmakla birlikte, frekans ve genliği farklı diğer sinüzoidal dalgaların toplamından meydana gelmektedir. Temel dalga dışındaki sinüzoidal dalgalara harmonik denir [7]. Güç sistemlerinde meydana gelen harmonikler, cihazların hatalı çalışmasına veya hiç çalışmamasına, trafo ve motorların aşırı ısınmasına, iletişim hatlarında parazitlere, ölçümlerin yanlış yapılmasına, elektrik aygıtlarının ömürlarının azalmasına, alıcıların ve sistemlerin güç kayıplarının artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca harmonikler, güç faktörünün düzeltilmesi için endüstriyel tesislerde yapılan kompanzasyon ünitelerinde, rezonans olayı sonucu ciddi problemlere neden olmaktadır [8,9]. Harmoniklerin zararlı etkilerinin azaltılması için, harmonik değerlerinin doğru ve sürekli ölçülmesine ihtiyaç vardır. Harmoniklerin güç sisteminde meydana getirdiği sorunların giderilmesi için bu bileşenlerin ölçümü ve analizi oldukça önemlidir. Ele alınan sistemlerde, hangi noktalardan ölçüm yapılacağı ve bunların analizlerinin nasıl gerçekleştirileceği, dikkat edilmesi gereken konulardır [10]. IEEE 519-1992 standartlarına göre endüstriyel dağıtım sistemlerindeki harmonik akımlar ve harmonik gerilimler için kurallar belirlenmiştir. Belirlenen harmonik standartları akım için %5 iken gerilim için ise %3 tür [11].

2.2. K- means algoritması

En iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan algoritmalarından biri olan k-means, verileri sınıflandıran bir kümeleme algoritmasıdır. Verileri nitelik veya özelliklerine göre k adet sınıfa ayırmak amacıyla kullanılır k-means, verilen bir veri seti üzerinden belirli sayıda kümeyi sınıflamak için geliştirilmiş en sade ve öğreticisiz kümeleme algoritmasıdır [6].

Kümeleme sonucu küme içi elamanlar arasındaki benzerlikler çok iken, kümeler arası elamanları arasındaki benzerlikler çok düşüktür. K-means algoritması sayısal veriler üzerinde çalışan bir algoritmadır. Kümeleme işlemi öncelikle k adet kümenin önceden belirlenmesi işlemi ile başlamaktadır. Veri kümesi içersinden seçilen k adet küme ise, her bir kümenin merkezini veya orta noktasını temsil etmektedir. Geriye kalan nesnelerden her biri kendisine en yakın küme merkezine göre, kümelerle dağıtılmaktadır. Kümeye yerleştirme işleminde, veri noktası ile kümenin merkezi arasındaki uzaklık ölçüt olarak kullanılmaktadır. Bir veri noktası hangi kümeye yakın ise o kümeye ait olmaktadır. Bu işlem sonucunda her bir veri noktası k adet kümeye yerleştirilmiş olacaktır.

K-means kümeleme algoritması Öklid uzaklık hesabını kullanmakta (1)'de verilen Öklid hesabına göre uzaklık formülü bulunmaktadır.

$$uzaklık(x, y) = \left\{ \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right\}^{1/2} \quad (1)$$

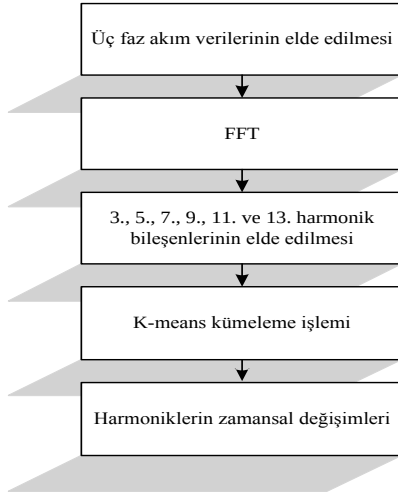
3. Gerçekleştirilen harmonik izleme Sistemi

Elektrik dağıtım sistemlerinde harmonik verilerinin k-means kümeleme yaklaşımı ile zamansal değişimlerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen harmonik izleme sisteminin akış diyagramı Şekil 1'de gösterilmiştir. Gerçekleştirilen alçak gerilim sistemlerindeki harmoniklerin izlenmesi yaklaşımı, Tunceli Üniversitesi Mühendislik Fakültesinin dağıtım panosunda, Aralık 2011 ile Mart 2012 tarihleri arasında elde edilen akım harmonik verilerine uygulanmıştır. Harmonik izleme sisteminde ilk olarak 10'ar dakikalık aralıklarla üç faz akım verileri elde edilmiştir. Daha sonra üç faz akım verilerine FFT dönüşümü uygulanarak 3., 5., 7., 9., 11. ve 13. akım harmonik bileşenleri elde edilmiştir. Güç analizörü ile 10'ar dakikalık aralıklarla yapılan kesintisiz kayıt işlemi sonucunda, Tablo 1'de, tek faz için 12 haftalık ölçüm ile oluşan veri miktarları bulunmaktadır.

Harmonik Derece	1 saat	1 gün (x 24)	1 hafta (X 7)	12hafta (X 12)
3. Harmonik	6	144	1.008	12.096
5. Harmonik	6	144	1.008	12.096
7. Harmonik	6	144	1.008	12.096
9. Harmonik	6	144	1.008	12.096
11. Harmonik	6	144	1.008	12.096
13. Harmonik	6	144	1.008	12.096
Toplam	36	864	6.048	72.576

Tablo 1. Tek faz harmonik derecelerin veri sayıları

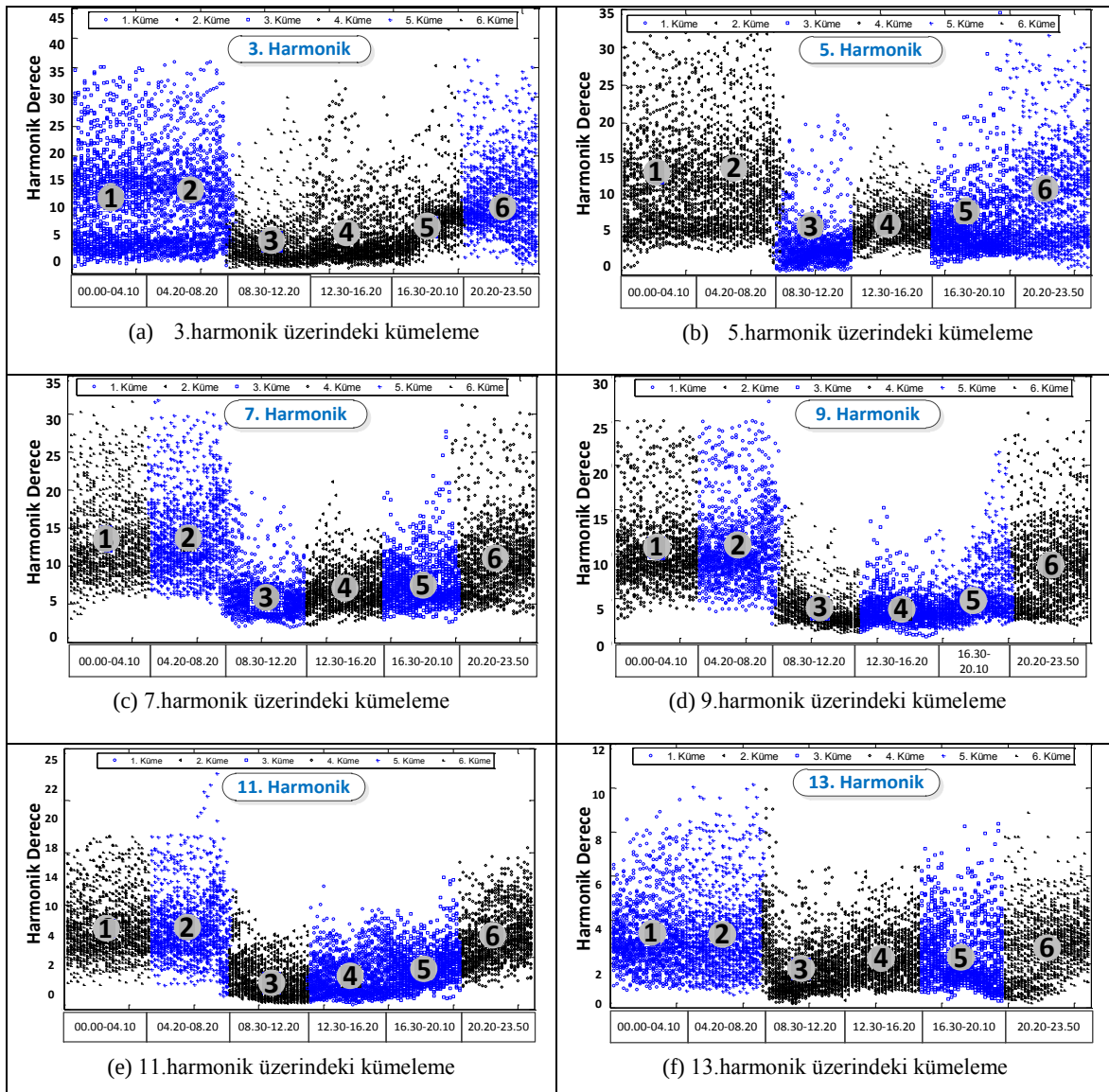
Tek faz için 12 haftada toplam 72.576 harmonik verisi elde edilmiştir. Bu çalışmada üç faz verisi kullanıldığından dolayı kümelenecek harmonik verilerinin sayısı toplamda 217.728 adet olmaktadır. Harmonik veriler Matlab programında işlenecek şekilde dönüştürülmüş daha sonra Matlab ortamında bulunan k-means fonksiyonuna giriş olarak sunulmuştur. Harmonik veriler zamana göre sütunlara ayrılmıştır. Bu sütunlarda sırayla; tarih, saat, faz, 3., 5., 7., 9., 11. ve 13. akım harmonik derecelerine ait veriler ayrı ayrı bulunmaktadır. Elde edilen hafta içi harmonik bileşenlerine kümeleme işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada, literatürde sıklıkla kullanılan k-means algoritması 3 faz harmonik veriler üzerinde uygulanmıştır. K-means algoritmasında gerekli olan k küme değeri dışarıdan verilerek bölümlenme işlemi yapılmıştır. Yapılan bu bölümlenme işlemlerinin sonuçları incelendiğinde k değerinin 6 olduğu durumlarda harmonik verilerin daha iyi bir şekilde kümelediği görülmüştür. Kümeleme işlemleri sonucunda oluşan kümelerin merkezleri oluşan kümelerdeki verilerin ağırlıklarına göre değişmektedir. Algoritma kümeleri ayırırken son eklenen verilerden sonra küme merkezini hesaplamaktadır. Gün içerisindeki harmonik değişimler, 6 farklı küme altında incelenerek küme merkezleri ve kümelerin zamansal değişimleri elde edilmiştir.



Şekil 1. Harmonik izleme sisteminin akış diyagramı.

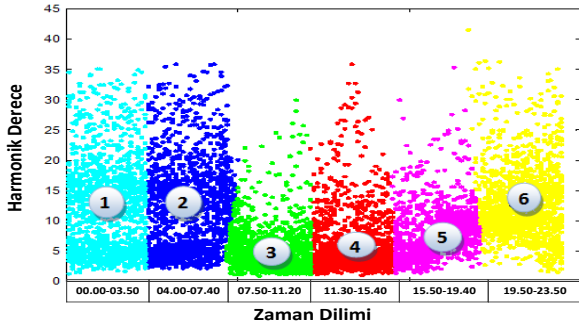
4. Uygulama sonuçları

K-means algoritması, daha önceden elde edilen harmonik verileri üzerinde, 6 sınıfa bölünerek kümeleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Birinci faz için yapılan kümeleme işlemleri aynı zamanda diğer fazlar içinde tekrarlanmıştır. Şekil 2’de, hafta içi harmonik verilerinin her bir harmonik seviyesi için k-means algoritması ile kümelendirilmesi işlemine ait sonuçlar verilmiştir. Harmonik değerlerin zaman aralıkları incelendiğinde hafta içi tüm günler için 04.20-08.20 saatleri arasında genel itibariyle tüm harmonik derecelerin yükseldiği gözlemlenmiştir. 08.30-16.20 saatleri arasında 3. ve 4. kümelerde incelenen tüm harmonik derecelerde önceki saatlere göre düşüş olduğu gözlemlenmiştir. 16.30-23.50 saatleri arasında 5. ve 6. kümelerdeki harmonik değerlerde artışlar meydana gelmektedir.

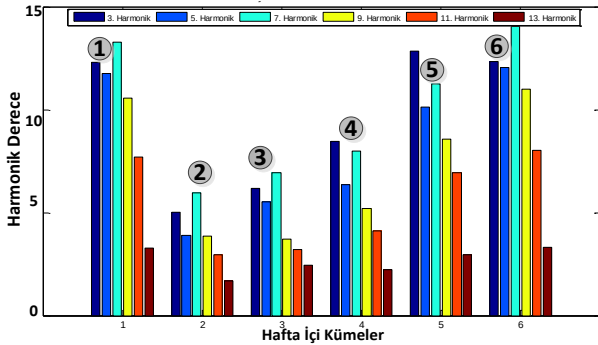
Şekil 2. Hafta içi harmonik verilerinin $k=6$ için k-means algoritması ile bulunan küme sonuçları

Elde edilen küme sonuçları incelendiğinde, harmoniklerin bazı saatler arasında çok yükseldiği bazı saatler arasında da düşüp normal seviyeye gerilediği görülmektedir. Bu değerler ile ölçülen ortamın mesai saatlerinde ne tür elektrik elemanlarını hangi sıklıkla kullanıldığı, harmonik bozunmaların daha çok hangi zaman diliminde olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucu olarak anahtarlar elemanlarında, ısınma ve kayıpları artırma yoluyla, anahtarın akım kesme yeteneğini etkileyebilir. Kümeler incelendiğinde bazı günlerde harmonik bozuklukların arttığı görülmektedir. 7. harmonik seviyesinin yüksek çıktığı zaman diliminde 3., 5. ve 9. harmonik değerlerinin de yüksek çıktığı görülmektedir.

Şekil 3'te, bütün harmonik seviyelerinin 12 haftalık tüm hafta içi verisi için ortak olarak kümeler ayrılması işleminin sonucu gösterilmiştir. Şekil 4'de ise, hafta içi harmonik verilerinin bütün harmonik seviyelerinin ortak olarak kümelendirilmesi ile elde edilen kümeler içerisindeki harmonik seviyelerine ait ortalamalar verilmiştir.



Şekil 3. Hafta içi bütün harmonik verilerin kümelerdeki değişimleri



Şekil 4. Hafta içi kümelerdeki harmonik seviyelerine ait ortalamalar

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, bir güç kalitesi analizörü kullanılarak güç sistemlerindeki akım harmoniklerinin gün içerisindeki zamansal değişimleri k-means yaklaşımı ile kümelere ayrılmıştır. Kümeleme sonucuna göre zaman dilimlerinde akım harmoniklerinin değişim verileri elde edilmiştir. Böylece, gerçekleştirilen kümeleme yaklaşımı ile gün içerisinde meydana gelen harmonik bozulmaların nedenlerinin

tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gibi önemli bilgiler ortaya çıkarılmıştır. Gerçekleştirilen harmonik analizleri sonuçlarına göre, harmonik içeriklerinin IEEE 519-1992 standardına göre belirlenen sınırların üzerinde olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu değerler dikkate alınarak ölçüm yapılan ortamda bulunan elektronik aygıtların sağlıklı çalışması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Elde edilen sonuçların bir başka avantajı da, bu harmonik izleme sistemi kullanılarak güç sisteminin harmonik eliminasyonunun yapılması açısından oldukça önemli bilgiler elde edilebilir olmasıdır.

6. Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmaya YLTUB011-10 no'lu proje ile destek veren Tunceli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederler.

7. Kaynaklar

- [1] Bollen, M.H.J. and Gu, I.Y.H., Signal processing of power quality disturbances, John Wiley & Sons, New York, 2006.
- [2] Erişti, H. and Demir, Y., "A new algorithm for automatic classification of power quality events based on wavelet transform and SVM", Expert systems with applications, 37-6, 4094-4102, 2010.
- [3] Arrillaga J. and Watson N., Power System Harmonics, John Wiley & Sons, 2003.
- [4] Mack G. and Santoso, S., Understanding Power System Harmonics, IEEE Power Engineering Review, 2001.
- [5] Asheibi, A., Stirling, D. and Sutanto, D., "Analyzing Harmonic motoring data using supervised and unsupervised learning", IEEE Transactions On Power Delivery, 24-1, 293 -301, 2009.
- [6] Aydın, G. ve Yıldırım, Ö., "Deprem Verilerinin Analizinde Kümeleme Yönteminin Kullanılması: Deprem Kataloğu Üzerinde Bir Çalışma", Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, 14-16 Ekim, Diyarbakır, Bildiriler Kitabı, S:668-679, 2010.
- [7] Asheibi, A., "Discovery and pattern classification of large scale harmonic measurements using data mining", PhD thesis, School of Electrical, Computer & Telecommunications Engineering, University of Wollongong, 2009.
- [8] Chi-Jui, W. and Wei-Nan, C., "Developing a Harmonics Education Facility in a Power System Simulator for Power Engineering Education", IEEE Transactions on Power Systems, 12-1, 22-29, 1997.
- [9] Lin, H., "An Internet-Based Graphical Programming Tool for Teaching Power System Harmonic Measurement", IEEE Transactions on Education, 49-3, 404-414, 2006.
- [10] Erişti, H. ve Demir, Y., "Gerçek Zamanlı Güç Kalitesi İzleme Sistemleri ile Elektrik Dağıtım Sistemlerindeki Güç Kalitesinin İncelenmesi", Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu, FEEB 2011, Elazığ, Ekim 2011.
- [11] IEEE Std 519-1992, IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, NY.