

ARK OCAKLARININ AKIM HARMONİK ANALİZLERİ İLE ENERJİ SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ BOZUCU ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Hacer Şekerci Öztura
Dokuz Eylül Üniversitesi
hacer.oztura@deu.edu.tr

Eyüp Akpınar
Dokuz Eylül Üniversitesi
eyup.akpinar@deu.edu.tr

Özet : Bu çalışma, demir çelik fabrikalarının (PCC) ortak kuplaj noktasından elektrik sistemine verdikleri bozucu etkilerin net bir şekilde ayrıştırılabilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle Tubitak tarafından desteklenen Güç Kalitesi Milli Projesi kapsamında İzmir Aliğa bölgesinde yoğun olarak bulunan demir çelik endüstrisi tesislerinde eş zamanlı olarak yapılan akım ve gerilim ölçümleri verileri kullanılarak, ark ocaklarının sisteme verdiği harmonik etkiler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Proje kapsamında bölgedeki demir-çelik tesislerinin her birisinin içinden hem tüm fabrikalar çalışırken hem de diğer dört tanesi duruş vermişken veri kaydedilmiştir. Ölçülen akım ve gerilim verileri PSCAD (Power System Computer Aided Design) programı kullanılarak ve IEC-61000-4-7 standardında verilen tanımlara göre analiz edilerek bölgenin ve tesislerin harmonik etkileri gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji kalitesi, demir-çelik endüstrisi, ark ocağı, harmonik ve ara harmonik

1.Giriş

Ülkemizde son yıllarda demir çelik endüstrisinde çok hızlı bir gelişme gözlenmiştir. Şu anda ülke kurulu gücü olan 40GW'ın onda biri gibi bir oranı demir çelik endüstri tesisleri tarafından kullanılmaktadır. Kısa bir zaman içerisinde ise bu oranın artmaya devam ederek iki katına çıkacağı öngörülmektedir [1]. Güç Kalitesi Milli Projesinde iletim sisteminin gözlenerek sorunların tespiti ve çözümlerinin üretilmesi hedeflendiğinden, genel güç kalitesi üzerinde bu ark ocaklarının harmonik, ara-harmonik, voltaj kırışması gibi bozucu etkilerinin uluslar arası standart değerlere göre incelenmesi gerekmektedir. Hele de beklenen bu güç artırımını talebinin karşılanmasında önce bu araştırmanın yapılması kesinlikle bir zorunluluktur. Ark ocaklarının neden olduğu güç kalitesini problemlerini inceleyen birçok çalışma literatürde vardır [2-4]. Ayrıca sadece ark ocaklarından kaynaklanan harmonik ve ara-harmonikleri inceleyen çalışmalara da sıkça rastlanmaktadır [5-7].

Harmonik temel bileşenin tam katları olan frekanslarda görülen alternatif akım veya voltaj sinyalleri olarak bilinir. Ara harmonik tanımı ilk olarak 1990 yılında IEC-1000-2-1'de yapıldı. Daha sonra IEC-61000-2-2'de ve IEEE 519'da bu tanım yenilenmiştir. Alternatif voltaj ve akımın temel frekansının tam sayı olmayan katlarında görülen

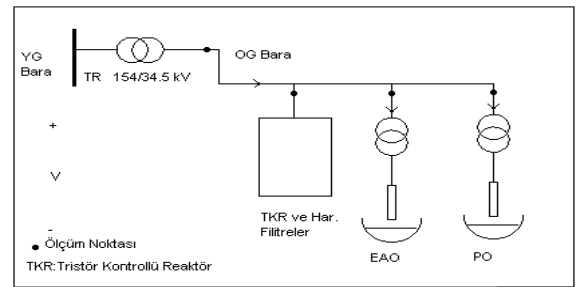
harmonikler olarak tanımlanmaktadır [8]. Ara harmonikler normalde harmoniklerden küçüktür ve standartlarca tanımlanmış bir limit değerleri yoktur. Ara harmonikler ağırlıklı olarak ark ocakları, kaynak makineleri, statik frekans converter, cycloconverter, ve hızlı değişen motor converter sürücüler tarafından üretilir. Ara harmonikler aşırı ısınma, kullanım ömründe azalma gibi harmoniklerin neden olduğu problemlere ek olarak voltaj dalgalanmaları, alt-senkron osilasyon ve kırışma (flicker) gibi ek bazı sorunlar neden olurlar [9].

2.Güç Kalitesi Analizi

2.1 Bölge Demir-Çelik Endüstrisi

İzmir Aliğa bölgesinde bulunan ve dört ayrı trafo merkezinin beslediği hattın enerjilendirilen beş adet demir-çelik tesisi bulunmaktadır. Güç Kalitesi Milli Projesinde kapsamında ilk önce TEİAŞ trafo merkezlerinin içinde 7 gün kesintisiz süren ölçümler alınmıştır. Bu ölçümlerden trafo merkezlerinde demir-çelik endüstrilerini besleyen fiderlerde TDD (toplam talep bozulması)'ların yasal limitleri neredeyse sürekli olarak geçtiği belirlenmiştir.

Aliğa bölgesindeki demir-çelik fabrikalarının hepsinin 2., 3. ve 4. harmonik filtreleri ve hatta bazılarının ise 5. ve 6. harmonik filtrelerinin olmasına rağmen, enerji sisteminde 7 gün süren kesintisiz ölçümler sırasında sürekli olarak yasal limitlerin üzerinde olarak gözlenen TDD'nin nedenini belirleyebilmek adına bu tesislerin içerinden ölçüm alınması planlanmıştır. Şekil-1'de ise pota ocağı ve ark ocağı sayısı değişmekle birlikte fabrikaların içerisinden ölçüm alınan genel noktaları göstermektedir.



Şekil 1 Fabrikalarda ölçüm alınan noktalar

Şekilden de görüleceği üzere yüksek gerilim barasından sonra fabrika girişindeki ana trafonun sekonderinden ve mevcut tüm ark ve pota ocakları ile

TKR ve filtrelerin girişlerinden eş zamanlı olarak ölçümler alınmıştır. Genelde 60 dakika civarında süren bu ölçümlerin yaklaşık 15 dakikalık kısımlarında diğer fabrikalar üretimi durdurmuştur [1]. Bu 15 dakikalık sürede mevcut fabrikanın üretimi ve buna bağlı olarak filtreler ile TKR çalışması devam ettiğinden her bir fabrika için filtrelerinin gerçekte ne kadar görevini yerine getirdiğini belirlemek mümkün olabilecektir.

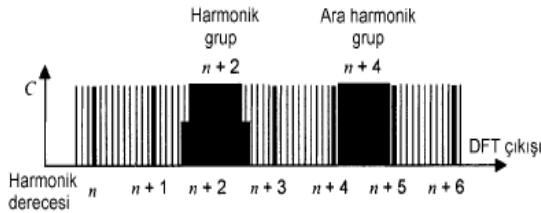
Bölge demir-çelik fabrikalarından sadece birisi için diğer fabrikaların duruş verdiği ve çalıştığı kapalı iki ayrı durumdan örnekler alınarak güç kalitesinin en önemli parametrelerinden biri olan harmonik analizleri yapılmıştır.

2.2 Harmonik Çeşitleri ve Hesaplama Yöntemleri

IEC-61000-4-7 standardında farklı harmonik ve ara harmonik hesaplama yöntemleri tanımlanmıştır[10]. Birbirine yakın ama farklı sonuçlar veren harmonik ve ara harmonik hesaplama yöntemleri aşağıdaki gibi verilebilir:

Tek hat harmonik frekansı: 5 Hz çözünürlüğündeki Ayrık Fourier Dönüşümü (DFT) örneklerinden doğrudan elde edilen akım ve gerilimin 50Hz, 100Hz, 150Hz, gibi tam katlarında olan harmonik bileşenin ölçümüdür.

Harmonik grup ve ara harmonik grupları: Bir harmoniğin kendisine bitişik olan spektral bileşenlerinin karelerinin toplamının kareköküne eşittir. Şekil 2'de görülen harmonik grup tanımı eşitlik 1'de, ara harmonik grup tanımı ise eşitlik 2'de verilmiştir.



Şekil 2 harmonik ve ara harmonik grupların gösterilmesi

$$G_{g,n}^2 = \frac{C_{k-5}^2}{2} + \sum_{i=4}^4 C_{k+i}^2 + \frac{C_{k+5}^2}{2} \quad (1)$$

Benzer şekilde, ara harmonik grubu da, iki harmonik (n ve n+1) arasında kalan 5 Hz çözünürlük bileşenlerini içermektedir.

$$C_{ig,n}^2 = \sum_{i=1}^9 C_{k+i}^2 \quad (2)$$

Bu denklemlerde, C_{k+i} , DFT'nin bir çıkış birimine karşılık gelen spektral bileşenin rms değeri iken, $G_{g,n}$ harmonik grubun hesaplanan rms değeridir.

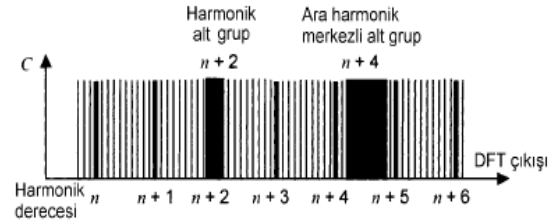
$$G_{g,n}^2 = \frac{C_{k-5}^2}{2} + \sum_{i=4}^4 C_{k+i}^2 + \frac{C_{k+5}^2}{2} \quad (1)$$

Benzer şekilde, ara harmonik grubu da, iki harmonik (n ve n+1) arasında kalan 5 Hz çözünürlük bileşenlerini içermektedir.

$$C_{ig,n}^2 = \sum_{i=1}^9 C_{k+i}^2 \quad (2)$$

Bu denklemlerde, C_{k+i} , DFT'nin bir çıkış birimine karşılık gelen spektral bileşenin rms değeri iken, $G_{g,n}$ harmonik grubun hesaplanan rms değeridir.

Harmonik alt grup ve ara harmonik alt grup: Şekil 3'den görüleceği gibi harmonik alt gruplama, harmonik bileşeninin çevresindeki DFT bileşenlerinden yalnızca bir önceki ve bir sonrakini kapsar. Ara harmonik alt grubunda ise, harmonik frekanslarına bitişik olan bileşenler dışındakiler alınarak dalgalanmaların etkisi kısmi olarak azaltılabilir.



Şekil 3 harmonik ve ara harmonik alt grupların gösterilmesi

Sistem frekansı 50 Hz iken, çözünürlük 5Hz alınarak hesaplanan harmonik alt grup eşitlik 3'de verilirken, ara harmonik alt grup eşitlik 4'de görülmektedir.

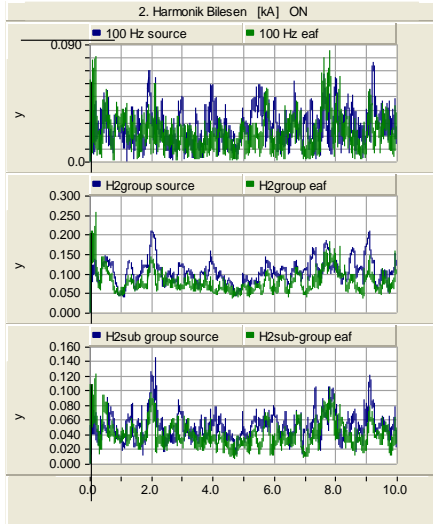
$$G_{sg,n}^2 = \sum_{i=-1}^1 C_{k+i}^2 \quad (3)$$

$$C_{isg,n}^2 = \sum_{i=2}^8 C_{k+i}^2 \quad (4)$$

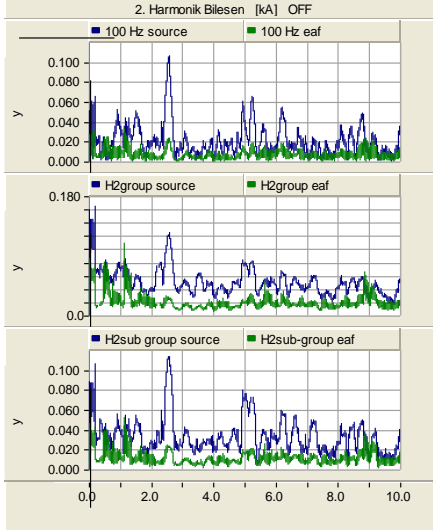
3. Demir-Çelik Tesislerinin Harmonik Analizleri

İncelenen tesise ait 2. harmonik, harmonik grup ve alt grupların 10 periyotluk ortalamalar ile elde edilen dağılımlar tüm fabrikaların çalıştığı ve çalışmadığı durum için şekil 4'de verilmiştir. Bu analizde fabrikanın sisteme veya sistemin fabrikaya harmonik

gönderip göndermediğinin araştırabilmesi için, şekil 1'den görüleceği üzere 154/34.5 kV giriş trafonun sekonderinde ölçülen akım ile elektrik ark ocağı akımının 2. harmonikleri karşılaştırılmıştır. Giriş akımında görülen harmonik genliği ark ocağındaki harmonik akımdan daha büyük olduğunda, ark ocağının ürettiği harmonik akımlar filtre tarafından tam olarak süzülmemiş ve girişe gitmiş demektir.



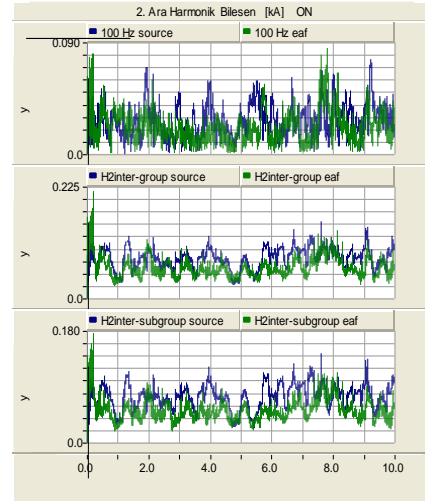
(a) beş fabrikada çalışırken harmonik dağılımı



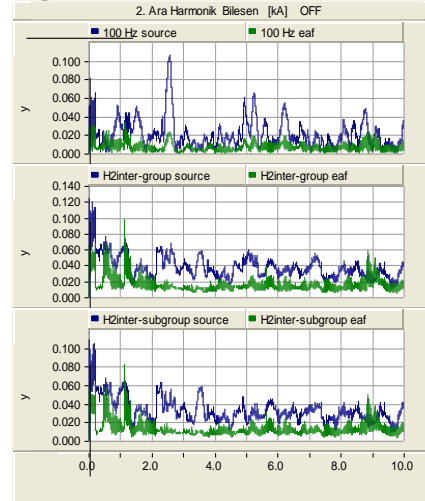
(b) diğer fabrikalar duruş vermişken harmonik dağılımı

Şekil 4 tesisin 2. harmonik, grup ve alt grup harmonik dağılımları

2. harmonik filtrenin gerekli süzme işlemini yapamadığı gibi, ark ocağının ürettiği harmonik akımı yükselterek şebekeye göndermekte olduğu ise şekil 4-b'den açıkça görülmektedir. Temel bileşenin tam katları arasında kalan harmoniklerin rms değerini veren ara harmonik grup ve alt gruplarında da 2. harmonik için benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Ara harmonik dağılımları ise şekil 5'de verilmiştir



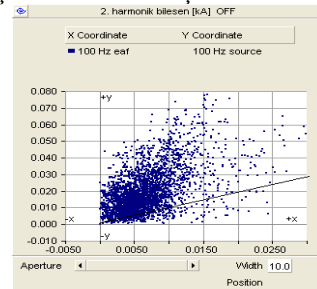
(a) beş fabrikada çalışırken ara harmonik dağılımı



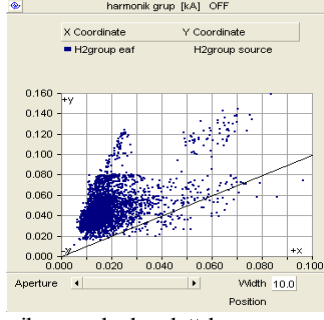
(b) diğer fabrikalar duruş vermişken ara harmonik dağılımı

Şekil 5 tesisin 2. ara harmonik, ara harmonik grup ve alt harmonik grup dağılımları

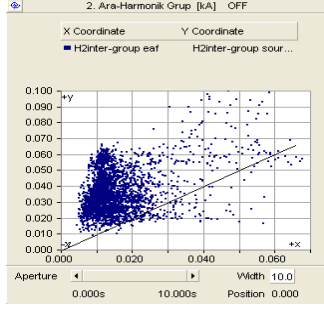
Giriş 2. harmonik akımının ark ocağı akımından yüksek olduğu ve diğer fabrikalar çalışmıyorken bu harmoniğin filtre tarafından yükseltilerek şebekeye verildiği gerçeği ara harmoniklerde de değişmemiştir. Yükseltme olayının daha net görüldüğü bir başka inceleme alanı bulut dağılımlarına bakmaktır. Şekil 6'da ise diğer fabrikalar duruş vermişkenki tesisin giriş ve ark ocağı akımlarının 2. harmonik, harmonik grup ve ara harmonik grup bileşenlerinin birbirlerine göre bulut dağılımları şekil 6'da verilmiştir.



(a) 2. harmonik bulut dağılımı



(b) 2. harmonik grup bulut dağılımı



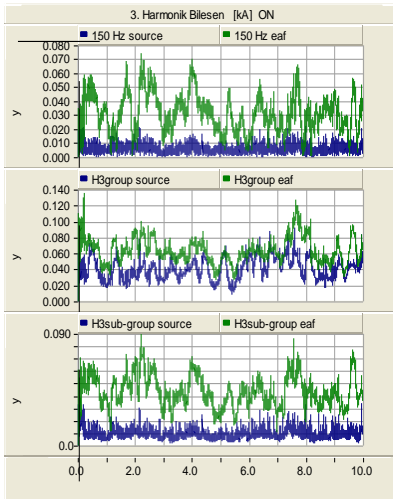
(c) 2. ara harmonik grup bulut dağılımı

Şekil 6 tesisin 2. harmonik, harmonik grup ve ara harmonik gruplarının bulut dağılımları

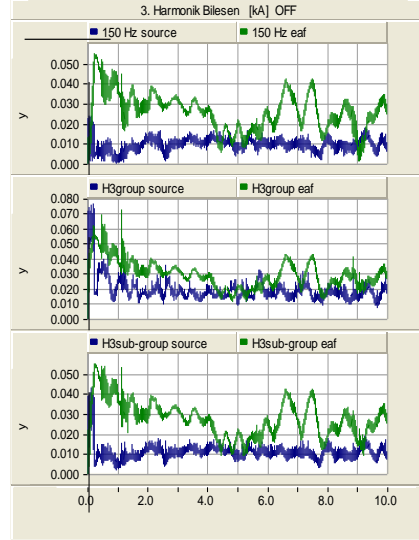
Şekil 6'daki tüm grafiklerde bulut dağılımlarının doğrunun üst yarısında çıkması, diğer fabrikalar kapalı iken her harmonik hesaplama durumunda 2. harmonik akımının yükseltilecek şekilde şebekeye verildiğini göstermektedir.

Bu tesise ait 3. ve 4. harmonik filtrelerin görevlerini sağlıklı olarak yerine getirip getirmediği şekil 7 ve 8 de görülmektedir.

Her iki grafikte de ark ocağı akım genliği, girişteki trafonun akımının genliğinden daha büyüktür. Bu da ark ocağının ürettiği 3. harmoniğin, 3. harmonik filtresi tarafından süzülmediğini ve şebekeye oldukça düşük genlikli bir harmonik akımının verildiğini göstermektedir.

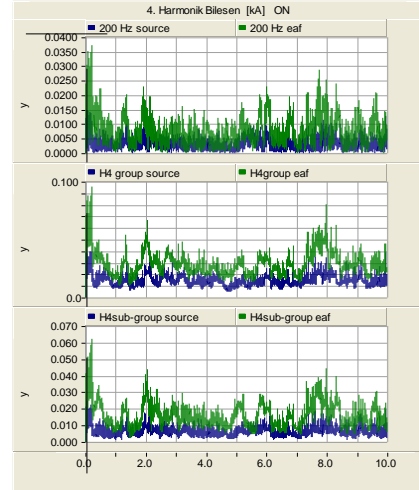


(a) beş fabrikada çalışırken harmonik dağılımı

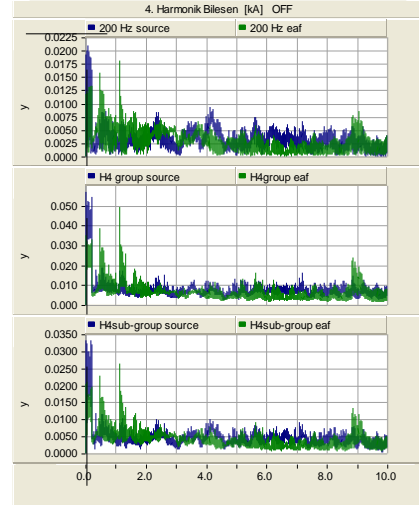


(b) diğer fabrikalar duruş vermişken harmonik dağılımı

Şekil 6 tesisin 3. harmonik, grup ve alt grup harmonik dağılımları



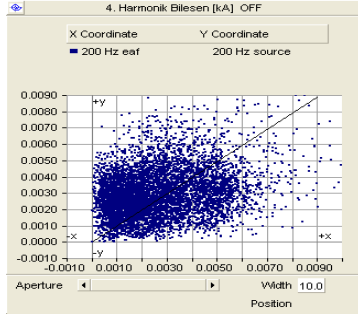
(a) beş fabrikada çalışırken harmonik dağılımı



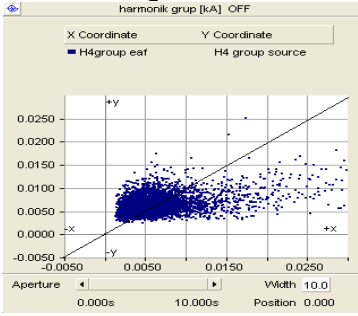
(b) diğer fabrikalar duruş vermişken harmonik dağılımı

Şekil 7 tesisin 4. harmonik, grup ve alt grup harmonik dağılımları

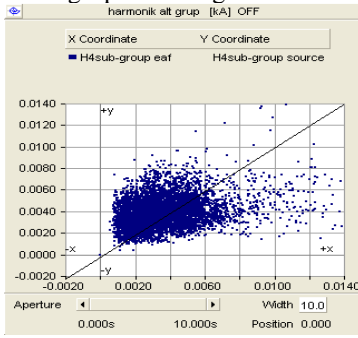
Şekil 7'nin a şikkına göre 4. harmonik filtresinin görevini tüm fabrikalar çalışırken yerine getirdiği izlenimi edinilmektedir. Şekil 7'nin b şikkından ise 4. harmoniğin diğer fabrikalar kapalı iken bir miktar yükseltildiği görülmektedir. Bunu biraz daha net anlayabilmek için tekrar bulut analizlerine bakılmalıdır. 4. harmonik, harmonik grup ve alt harmonik grup akımlarının bulut dağılımları şekil 8' de verilmiştir.



(a) 4. harmonik bulut dağılımı



(b) 4. harmonik grup bulut dağılımı



(c) 4. harmonik alt grup bulut dağılımı

Şekil 8 tesisin 4. harmonik, harmonik grup ve ara harmonik gruplarının bulut dağılımları

Şekil 8'den görülen 4. harmonik filtre, diğer dört fabrikanın duruş verdiği zaman diliminde ılımlı miktarda da olsa ark ocağı tarafından üretilen harmonik bileşeni yükselterek şebekeye vermekte ve görevini tam olarak yapamamaktadır.

Sonuç

Fabrikanın içlenide yapılan ölçümden özellikle diğer fabrikaların çalışmadığı zaman dilimlerine ait olanlardan gözlenen şudur ki; bu tesisin 3. harmonik filtresi kesinlikle sorunsuz olarak çalışmasına rağmen,

4. harmonik filtre diğer fabrikaların devrede olmadığı zaman dilimlerinde hafif olarak yükseltmeye gitmektedir. Ancak 2. harmonik filtrelerde kesinlikle sorunludur. Elektrik ark ocakları tarafından üretilen 2. harmonik filtre süzülerek şebekeye doğru gitmesi yerine, yükseltilmiş olarak gitmiştir. Buda 2. harmonik filtrelerin 100 Hz'deki bileşenleri amplifiye ettiğini göstermektedir.

Referanslar

- [1] Salor O., Gültekin B., Buhan S., et.al., "Electrical Power Quality of Iron and Steel Industry in Turkey" Industry Applications Conference, 42. IAS Annual Meeting, p: 403-423, 23-27 September 2007
- [2] Issouribehere P.E., Issouribehere F., Barbera G.A., "Power Quality and Operating Characteristics of Electric Arc Furnaces", IEEE PES General Meeting, p: 784-791, 12-16 June 2005.
- [3] Issouribehere P.E., Barbero J.C., Barbera G.A., et.al., "Compatibility between Disturbance Emission and Argentinian Power Quality Regulations in Iron and Steel Industries", IEEE/PES Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America, p:1-6, August 2006
- [4] Andrews D., Bishop M. T. & Witte F. J., "Harmonic Measurements, Analysis, and Power Factor Correction in a Modern Steel Manufacturing Facility", IEEE Transactions On Industry Applications, Vol. 32, No. 3, p:617-624, May- June 1996
- [5] Carpinelli G., Di Manno M., Verde P., Tironi E., Zaninelli D. "AC and DC Arc Furnaces: a Comparison on Some Power Quality Aspects" IEEE p:499-506, 1999
- [6] Barros J., Perez E., Pigazo A., Diego R. I., "Simultaneous Measurement of Harmonics, Interharmonics and Flicker in Power System for Power Quality Analysis", Conference of Power System Management and Control, 17-19 April 2002, IEE 2002, p:100-105
- [7] Keppler T., Watson N. R., Arrillaga J., Chen S., "Theoretical Assessment of Light Flicker Caused by Sub- and Interharmonic Frequencies", IEEE Tran. On Power Delivery, Vol:18, No:1 Jan. 2003, p: 329-333
- [8] Chun L., Wilsun X., Thavatchai T., "Interharmonic: basic concepts and techniques for their detection and measurement", Electric Power Systems Research 00 (2003), p:1-10
- [9] Gallo D., Langella R., Testa A., "Interharmonic Part 1: Aspect Related to Modeling and Simulation", L' Energia Elettrica- Vol:81 (2004), p:168-173
- [10] IEC 61000-4-7, Testing and Measurement Techniques- General Guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected there to.