

Bir Taş Kırma Tesisinde Güç Kalitesi Seviyesinin Ölçümü ve Değerlendirilmesi

The Level of Power Quality Measurement and Evaluation in A Stone Crusher Plant

Mustafa ŞEKKELİ* ve A. Serdar YILMAZ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.,Mim.-Müh. Fakültesi, Elk. - Müh. Bölümü, 46100, Kahramanmaraş

Geliş Tarihi/Received : 15.05.2009, Kabul Tarihi/Accepted : 30.06.2009

ÖZET

Enerji kalitesi günümüzde hem üreticiyi hem de son tüketiciyi çok ilgilendirir hale gelmiştir. Kaliteli elektrik enerjisi kısaca, süreklilik (kesintisiz enerji), sabit frekans ve sabit genliğe sahip sinüzoidal gerilim ile açıklanabilir. Elektrik enerjisinin sinüzoidal formdan uzaklaşması harmonik olarak tanımlanır. Harmonikler enerji kalitesinde çok önemli bir yer tutarlar. Endüstriyel tesislerde özellikle harmoniklerin ve gerilim düşümlerinin sıkça rastlanması, hem tesiste hem de şebekede önemli sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunlar maliyetleri etkilemektedir. Bu çalışmada bir Taş kırma tesisinde güç kalitesi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Güç analizörü ile harmonikler ve gerilim düşmeleri ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde tesisin güç kalitesi seviyesinin çok kötü olmadığı görülmüştür. Bununla beraber tesise, harmonik filtreli kompanzasyon sistemi kurulması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Güç kalitesi, Harmonikler, Taşkırma tesisi.

ABSTRACT

Both electric utilities and end users of electric power are becoming increasingly concerned about the quality of electric power. Quality of electrical energy in the electrical system that is requested continuous power (uninterrupted power), constant frequency and with constant amplitude can be explained by sinusoidal voltage. Deformation of voltage in the form of sinusoidal waveform is explained as a harmonic. Harmonics are most important factors in decreasing quality of energy in the electrical system. In industrial plants, existence of harmonics and voltage drop, causes serious problems both in plant and network. This problem affects the cost. In this study, a power quality measurements are carried out in stone crusher plant. Harmonics and voltage drop has been measured and evaluated with the power analyzer. In the power quality measurements, harmonic level of the plant is not so bad. However, it is recommended that compensation system with harmonic elimination can be established in plant.

Keywords : Powder metallurgy, Atomization, Solidification, Microstructural characterization.

1. GİRİŞ

Elektrik tüketimi ve dağıtımında karşılaşılan problemlerin başında gelen güç kalitesizliği sorunları pek çok sektörde önemli işletme sorunlarına yol açabilmektedir. Tüketilen elektrik enerjisinde istenmeyen problemlerin makine ve cihazlarda hatalı çalışma, gereksiz duruş, bozulma gibi sonuçları olan güç kalitesizliği son yıllarda güç sistem mühendislerinin karşılarına çıkmaktadır. Elektriksel

yük olarak çoğunlukla asenkron motorların ve bu motorlara bağlı sürücülerin kullanıldığı düşünülürse, başta harmonikler olmak üzere, dengesizlikler, gerilim düşmeleri ve kırpışmalar başlıca güç kalitesi problemi türleri olarak ortaya çıkmaktadır.

Teknik olarak güç kalitesi tanımı 2006 yılında yayınlanan Elektrik Piyasasında Dağıtım Sistemine Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik (Yönetme-

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail address : mustafasekkeli@hotmail.com (M. Şekkelî)

lik, 2006)'te dağıtım sistemi kullanıcılarının elektrik enerjisi talebini; gerilimin frekansı, genliği, dalga şekli ve üç faz simetrisi açısından kabul edilebilir değişim sınırları içerisinde kesintisiz ve kaliteli bir şekilde karşılayabilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır.

Bu yönetmelik dağıtım şebekesinde müşteriler ile dağıtım şirketi arasındaki her türlü teknik ve ticari kalitesizliği düzenleyecek bir yönetmelik olarak çıkarılmıştır. Teknik anlamda EN 50160 ve IEC 61000430 (Yönetmelik, 1999; 2003) standartlarını esas alan ve tüm dünyada büyük oranda kabul edilen güç kalitesi kavramları ülkemizde de bu şekilde uygulanmaktadır. Uluslararası standartlarda ise güç kalitesi genel bir kabul içerisinde, tüketici (son kullanıcı) ye aktarılan elektrik enerjisinin gerilim karakteristikleri (genlik, frekans, simetri ve dalga şekli) standartlarda belirtilen sınırlar içinde kalması olarak algılanmıştır (Martzloff, 1997). Ayrıca güç kalitesi kavramının sadece gerilime ait değil akıma ait bir konu olduğunu da söylemek mümkündür (Bollen, 2000; 2003).

Güç kalitesinin farklı sanayi kuruluşlarındaki etkileri ve ölçümleri konusu araştırmacının ilgi alanını oluşturmuştur. Sektöre göre değişmekle birlikte bir sanayi kuruluşunun kullandığı elektrik enerjisinde meydana gelen kesintiler, dengesizlikler ve sürekli ya da geçici bozulmalar proses ve imalat makinelerinde durma, yanlış çalışma ve bozuk ürün çıkarma gibi etkileri olmaktadır. Bunun sonucunda maddi kayıplar artmaktadır. Bu çalışmada, ortalama bir güç tüketicisi olan bir taş kırma tesisinde güç kalitesi ölçüm ve izlemesi ile değerlendirmesi yapılmıştır. İncelenen tesis 800 kVA'lık bir indirici trafodan beslenmekte olup, tesis kurulu gücü 440 kW'tır. Ölçümlerde HTITALIA SkyLab 9032 Güç Analizörü kullanılmıştır. Yapılan ölçümlerde tesiste akım ve gerilim harmonikleri ile etkin gerilimler ve yol alma sırasındaki değişimler gözlenmiştir.

2. GÜÇ KALİTESİ KAVRAMI VE STANDARTLARI

2. 1. Tanım ve Standardizasyon

Güç kalitesi kavramına dair pek çok yaklaşım bulunmaktadır. Bu tanımlar içimde en iyi bilinen tanım elektromanyetik uyumluluk esasına göre yapılmış bir tanımdır ve bir güç sisteminde belirli bir bölgede ve belirli bir zamanda akım ve gerilimi karakterize eden elektromanyetik olaylar bütü-

nü olarak tanımlanmıştır. Genellikle güç kaynağının güvenilirliği, hizmet kalitesi ve kaynak kalitesi gibi kavramlar ile ilişkilidir. Çoğu kez gerilim kalitesi ya da kaynağın sürekliliği terimleri de kullanılır. (Yönetmelik, 1995; Bartak, 2004) Güç kalitesi ile gerilim kalitesi çoğu kez aynı anlamda kullanılmakla birlikte, akım dalga şeklindeki bozulmalar da güç kalitesi problemleri arasında sayılır. Akım ve gerilim dalga şeklinin ideal olarak saf sinüs formunda yani frekansı ve genliği istenen değerlerde sabit olarak olması, güç kalitesi olayları için çıkış noktasıdır. Genlikte ve frekansta meydana gelen sürekli yada geçici tüm değişimler güç kalitesi kapsamında değerlendirilir.

Güç kalitesinin sınıflandırılması ve karakterize edilmesinde değişik uluslararası standartlarda değişik tanımlamalar yapılmıştır. Bu tanımlamalar genel olarak birbirine benzemekte ancak bazı ayrıntılarda farklılıklar olabilmektedir. Tablo 1'de EN 50160 (Yönetmelik, 1999)'a göre yapılmış güç kalitesi sınıflandırması verilmektedir. Görüldüğü gibi güç kalitesi kapsamında çok geniş bir alt gruplandırma söz konusudur.

Yüksek frekanslı ve çok kısa sürede olup biten geçici bozulmalar ile yavaş ve uzun süreli değişimlerden sürekli durumdaki olaylara kadar pek çok olay güç kalitesi kapsamı içerisinde yer almaktadır. Çünkü özellikle endüstriyel müşterilerde bu olayların hepsine de rastlanılmaktadır. Elektrik motorları ve bunların sürücüleri sürekli halde harmonikler üretirken, yüklerin ve kondansatörlerin devreye girip çıkma anlarında geçici olaylar meydana gelebilmektedir. Bunun yanı sıra yine ani yüklenme ya da yüksüz kalma sonucu gerilimde düşme veya yükselme meydana gelebilmektedir.

Her durumda bu olaylar, elektriği kullanan cihazların yanlış çalışmasına veya devre dışı kalmasına yol açabildiği gibi arızalanmasına da yol açabilmektedir. Bunun sonucunda üretim kayıpları ve mali zararlar meydana gelebilmektedir. Bir güç kaynağındaki bozulmaların izin verilen sınırlar içinde kalabilmesini sağlayabilmek için, güç kalitesi ölçüm sonuçlarının EN 50160 da tanımlanan sınırlar içinde kalması gerekmektedir.

Gerilim değişimleri iki farklı şekilde karakterize edilir. Bunlardan birincisi, özellikle geçici olaylarda, olayı betimleyen bir takım indislerin belirlenmesi diğeri ise sürekli haldeki değişimlerin istatistiksel olarak elde edilmesi şeklindedir.

Çok hızlı değişen olaylarda değişim süresi ve genlik gibi sistem topolojisine bağlı parametrelerin

belirlenmesi gerekir. Özellikle kısa süreli gerilim düşmeleri, gerilim yükselmeli ve kısa – uzun kesintiler ile geçici gerilimler bu kapsamda ölçülebilir. İstatistiksel veriler ile sürekli halde meydana

gelen genlik, frekans değişimleri kapsadığından harmonikler, kırışmalar ve dengesizlikler bu şekilde değerlendirilir.

Tablo 1. EN50160'a göre güç kalitesinin sınıflandırılması.

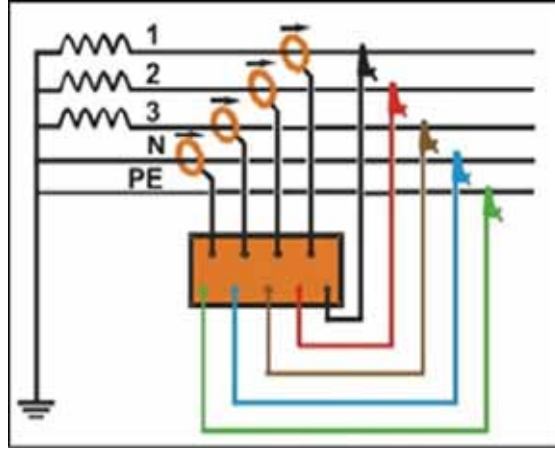
Kategori	Frekans Spektrumu	Süre	Genlik
1.0 Geçici Olaylar			
1.1. Darbeli			
Nanosaniyeler	5 ns yükselme	<50ns	
Mikrosaniyeler	1 µs yükselme	50ns1ms	
Milisaneyeler	0.1 ms yükselme	>1ms	
1.2. Salınımlı			
Düşük frekanslı	<5 kHz	0.350 ms	04 pu
Orta frekanslı	5500 kHz	20 µs	08 pu
Yüksek frekanslı	0.55 MHz	5 µs	04 pu
2.0 Kısa süreli değişimler			
2.1. Anlık			
Düşme		0.530 periyot	0.10.9 pu
Yükselme		0.530 periyot	1.11.8 pu
2.2. Ani			
Kesinti		0.5 per – 3 sn	<0.1 pu
Düşme		30 per – 3 sn	0.10.9 pu
Yükselme		30 per – 3 sn	1.11.4 pu
2.3. Geçici			
Kesinti		3 sn – 1 dk	<0.1 pu
Düşme		3 sn – 1 dk	0.10.9 pu
Yükselme		3 sn – 1 dk	1.11.2 pu
3.0 Uzun süreli değişimler			
3.1. Sürekli Kesintiler		> 1 dk	0.0 pu
3.2. Düşük Gerilim		> 1 dk	0.80.9 pu
3.3. Aşırı Gerilim		> 1 dk	1.11.2 pu
4.0 Gerilim dengesizliği		Sürekli Hal	0.5 %2 %
5.0 Dalga şekli bozukluğu			
5.1. DC offset		Sürekli hal	0 %0.1 %
5.2. Harmonikler	0–100. Harmonik	Sürekli hal	0 % 20 %
5.3. Ara harmonikler	0–6 kHz	Sürekli hal	0 % 2 %
5.4. Çentikler		Sürekli hal	
5.5. Gürültüler	Geniş band	Sürekli hal	0 % 1 %
6.0 Gerilim dalgalanmaları	< 25 Hz	Kesikli	0.1 %7 %
7.0 Frekans değişimleri		< 10 sn	

2. 2. Güç Kalitesi Ölçümü

Güç kalitesi parametrelerinin ölçümü, ölçülmek istenen parametre ve ölçüm şekline göre değişiklikler göstermektedir. Genellikle “güç analizörleri” veya “güç kalitesi analizörleri” ölçümlerin vazgeçilmez aracıdır. Güç kalitesi ölçüm cihazları genellikle 1000 V a kadar direkt olarak şebekeye bağlanabilme yeteneğine sahiptir. Ancak akım ölçümlerinde mutlaka bir akım klemp ile yani akım trafosu ile ölçüm gerekmektedir. Bu şekilde hem akım ve hem de gerilim tüm fazlarda ölçülmektedir. Şekil 1’de bu ölçüm gösterilmiştir.

Bu çalışmada Tablo 1’de bahsedilen güç kalite türlerinden harmonikler ile gerilim seviyesi dikkate

alınmıştır. Harmonikler özellikle son yıllarda ülkemizde de sanayide ciddi olarak ele alınan konular arasına girmiştir. 2006 yılında yayınlanan ve 2010 yılından itibaren yaptırımları ile birlikte uygulanması planlanan Elektrik Piyasasında Dağıtım Sistemine Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik (Yönetmelik, 2006) ile güç kalitesi ölçümleri ve kalite limitleri belli bir düzene girmiştir. Adı geçen yönetmelik esas itibarıyla EN 50160 standardına dayanmaktadır. Buna göre dağıtım şebekelerinde gerilim ve akım harmonikleri için olması gerek sınırlar aşağıdaki Tablo 2 ve 3’deki gibi olmalıdır.



Şekil 1. Güç kalite analizörleri için ölçme şeması.

Tablo 2. Gerilim harmonikleri için sınır değerler.

Tek harmonikler				Çift harmonikler	
3'un katları olmayanlar		3'un katları olanlar		Harmonik sırası h	Sınır değer (%)
Harmonik sırası h	Sınır değer (%)	Harmonik sırası h	Sınır değer (%)		
5	% 6	3	% 5	2	% 2
7	% 5	9	% 1,5	4	% 1
11	% 3,5	15	% 0,5	6.....24	% 0,5
13	% 3	21	% 0,5		
17	% 2				
19	% 1,5				
23	% 1,5				
25	% 1,5				

Çift harmonikler, kendinden sonraki tek harmonik için tanımlanan değer in % 25'i ile sınırlandırılmıştır.

Tablo 3. Akım harmonikleri için maksimum yük akımına (I_L) göre sınır değerler.

Tek harmonikler						
I_{sc}/I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TTB
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

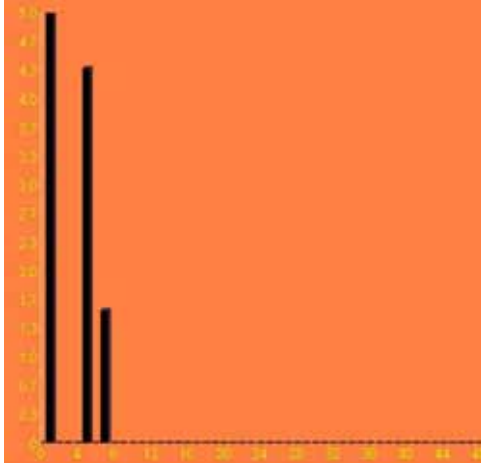
3. TAŞ KIRMA (KONKASÖR) TESİSİNDE GÜÇ KALİTESİ ÖLÇÜMÜ

Bu çalışmada; ölçümler bir taş kırma tesisinde gerçekleştirilmiştir. Tesis trafosu 800 kVA olup, trafonun 0.4 kV (AG) tarafında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tesiste yer alan makineler ve güç bilgileri Tablo 4'de verilmektedir. Tesis kurulu gücü 440 kW'tur. Tesisin tek hat şeması ise Şekil 2'de verilmektedir. Tesiste trafonun AG baralarında ölçüm yapılmıştır. Ölçümler sırasında tesisin tam kapasite çalışmadığı belirlenmiştir. Yapılan ölçümler doğrudan besleme barasından yapılmıştır. Kompanzasyon barası ana baradan uzakta olduğunda aynı anda ölçüm yapılamamıştır.

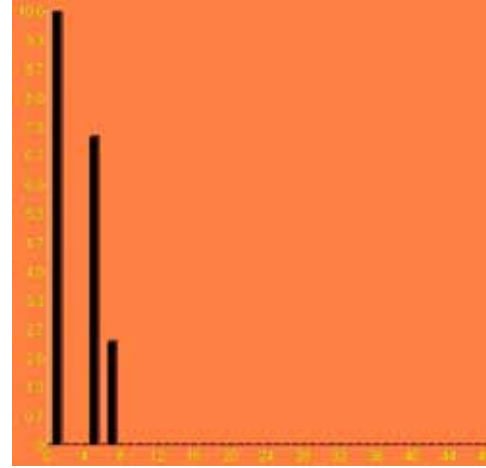
3. 1. Harmonik Ölçümleri

Aynı noktada kısa aralıklarda çok sayıda ölçüm gerçekleştirilmiştir. Ölçümler genel itibariyle birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. Bu nedenle sadece bir ölçüme ait sonuçlar aşağıda Tablo 5'de verilmiştir. Tablo 5'de verilen ölçüm sonuçlarından akım toplam harmonik bozulmasının % 7.5'ler dolayında olduğu görülmektedir.

Gerilim içinde % 5 dolayında gerçekleşmektedir. Bu ölçüme ait gerilim ve akım dalga şekilleri sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmiştir. Aynı şekilde Şekil 5 ve Şekil 6'da gerilim ve akımda görülen harmonik spektrumu bar grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. A fazı gerilimi harmonik spekturumu.



Şekil 6. A fazı akımı harmonik spekturumu.

Tablo 4. Taşkıрма tesisi güç bilgileri.

Ünite	Motor Gücü (kW)
Aydınlatma	7
Titreşimli Besleyici	15
Çeneli Kırıcı	132
Bant Konveyör (1000 mm)	7,5
Bant Konveyör (Geri Dönüş)	5,5
Bant Konveyör (600 mm)	6x5,5
Bant Konveyör	11
Primer Sekonder Tersiyer Kırıcı	185
Bant Konveyör	22
Titreşimli Elek	22
TOPLAM	440

Tablo 5. Güç ve enerji akışı sonuçları.

1st phase		2nd phase		3rd phase		Total info	
Signal	Values	Signal	Values	Signal	Values	Signal	Values
U_{RMS}	232,65	U_{RMS}	232,10	U_{RMS}	230,96	Ptot(kW)	295,53
S(kVA)	124,95	S(kVA)	120,42	S(kVA)	118,72	Qtot(kvar)	210,82
THD(U)	4,92	THD(U)	4,78	THD(U)	4,91	cosFltot	0,81
P(kW)	96,01	P(kW)	104,88	P(kW)	94,64	UI_12	404,87
I_{RMS}	537,09	I_{RMS}	518,81	I_{RMS}	514,04	UI_23	402,14
Q(kvar)	79,98	Q(kvar)	59,16	Q(kvar)	71,69	UI_13	397,91
THD(I)	7,88	THD(I)	7,82	THD(I)	8,51		
cosFI	0,77	cosFI	0,87	cosFI	0,80		
dPf	0,77	dPf	0,87	dPf	0,80		

THD : Total harmonic distortion - toplam harmonik bozunumu; dPf: Distorsiyon güç katsayısı; URMS: Gerilim etkin değeri; S(kVA): Görünün güç; P(kW): Aktif güç; IRMS: Akımın etkin değeri; Q(kvar) : Reaktif güç.

Tablo 6. Örnek ölçüm harmonik bileşenleri.

	U1	I1	U2	I2	U3	I3
5. Harm	% 4,39	% 7,41	% 4,56	% 7,62	% 4,56	% 8,11
7. Harm	% 2,16	% 2,58	% 1,34	% 1,53	% 1,73	% 2,52
THD	% 4,92	% 7,88	% 4,78	% 7,82	% 4,91	% 8,51

Tablo 7. Kaydedilen gerilim düşümü verisi.

Phase	Type	Date & Time	Duration (s)	Extreme
3	Sag	16.03.08 14:34:22:05	0,02	206,54

4. ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tablo 6'daki sonuçlardan ölçüm yapılan işletmede gerilim harmoniklerin yönetmelik ve standartlara uygun olduğu görülmüştür. Hem 5nci hem de 7nci gerilim harmonikleri % 5 ve % 6'nın altında gerçekleşmiştir. Ancak akım harmoniklerinde değerler biraz yüksektir. 5. harmonik için % 4 gibi bir sınır var iken yaklaşık iki katı değerde bir harmonik ölçülmüştür. 7. harmonik ise limitler dahilindedir. Bu durumda bu işletme için 5nci akım harmoniği sınırlar üstü olarak gözlenmiştir. Harmoniklerin düşük kalmasında tesiste motorların hız kontrolü için herhangi bir evirici veya sürücü olmaması söylenebilir.

Kayıtlarda motorlardan biri durdurulup boşa yol verdirilmiştir. Bu esnada gerilim 206 V'a kadar inmiştir. Bu tesiste yol verme işlemi yıldız/üçgen bağlantı ile gerçekleştirilmektedir. Direkt yol verilmediğinden gerilim çok büyük oranda azalmıştır.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Güç kalitesinin küçük ve orta ölçekli tüketicilerde de bir sorun olarak karşımıza çıktığı bilinmektedir. Bu çalışmada incelenen tesiste herhangi bir motor sürücüsü olmamasına rağmen akım harmoniklerinin limitlerin biraz üzerinde seyrettiği anlaşılmaktadır. Bu tür tesislerde harmoniklerin filtrelenmesi yeterli bir çözüm sağlayacaktır. 5. harmonik için pasif şönt filtre ile sorunu gidermek mümkündür. Bu filtrenin kompanzasyon tesisi içinde olması yani harmonik filtreli kompanzasyon tesisi kurulması çözüm olarak önerilmektedir. Böylece her iki sorun için ortak çözüm elde edilebilir. Yol verme sırasındaki gerilim düşümleri için yumuşak yol vericiler kullanılabilir. Bunun yanında motorların yüksüz olarak direkt yol verdirilmesi geçici bir çözüm olarak önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Bartak, G. 2004. "Evaluation of responses to the second questionnaire." Power Quality Service Level Report No : 20040300703.

Bollen, MHJ. 2000. Understanding power quality problems: voltage sags and interruptions. 1st ed. New York : IEEE Pres.

Bollen, MHJ. 2003. What is power quality? Electr Power System Res. Vol. (66), pp. 5-14.

Martzloff, F. 1997. Power quality work at the International Electrotechnical Commission. In: Proceedings, PQA'97 Europe, Sweden; 1997.

Yönetmelik, 1995. "IEEE Recommended practice for monitoring electric power quality", IEEE 1159. Standard.

Yönetmelik, 1999. "Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems", EN 50160: Standard.

Yönetmelik, 2003. "Testing and measurement techniques-Power quality measurement methods IEC 61000430. Standard.

Yönetmelik, 2006. Elektrik piyasasında dağıtım sistemine sunulan elektrik enerjisinin tedarik sürekliliği ve teknik kalitesi hakkında yönetmelik, 12 Haziran 2006. 26287 sayılı resmi gazete.