

ENERJİ ANALİZÖRLERİNİN ÖLÇÜM STANDARTLARINA UYGUNLUĞUNUN İNCELENMESİ

Mehmet BAYRAK

Sakarya Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
bayrak@sakarya.edu.tr

A. Serdar YILMAZ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
asyilmaz@ksu.edu.tr

ÖZET

Elektrik dağıtım sistemlerinde doğrusal olmayan yüklerin artmasının sonucunda şebeke gerilimi sinüsten uzaklaşmaya başlamıştır. Bunun sonucunda enerji kalitesini belirli sınırlar altında tutmak ve bunu düzenli olarak ölçmek zorunlu hale gelmiştir. Bu çalışmada enerji kalitesi için hangi parametrelerin ölçülmesi gerektiği belirtilmiştir. Piyasada satılan enerji analizörlerinin standartlarda belirtilen parametreleri ölçüp ölçmediği araştırılmış, rastgele seçilen üç ürünün ölçtüğü parametrelerin değerleri Fluke 435 enerji analizörünün ölçtüğü değer ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji kalitesi ölçümü, Enerji analizörü

1. GİRİŞ

Endüstriyel tesislerde, ofislerde, alışveriş ve iş merkezlerinde ve konutlarda kullanılan elektriksel yüklerin önemli bir kısmı güç elektroniği devreleri, elektronik balastlar, kesintisiz güç kaynakları ve hız kontrol cihazları doğrusal olmayan elemanlardan oluşmaya başlamıştır. Bu yükler şebekede elektrik enerjisi kalitesini bozmakta ve diğer tüketicilere olumsuz etkide bulunmaktadır.

Doğrusal olmayan yüklerin kullanımının artması sonucu şebekede harmonik akımları oluşmakta ve şebeke geriliminin dalga şekli sinüsten uzaklaşmaktadır. Harmonik akımları yalnızca gerilimin dalga şeklini bozmayıp; transformatör, motor ve iletkenlerin aşırı ısınmalarına, kablo ve kondansatörlerin dielektrik malzemelerinin bozulmasına, dolayısıyla elektriksel ömürlerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle lineer olmayan yüklerin oluşturduğu harmoniklerin derecelerinin, oranlarının ve şebekedeki etkilerinin iyi bilinmesi gerekir. Enerji sistemlerinde harmoniklerin belirli bir düzeyde tutulması için ulusal ve uluslararası standartlar getirilmiş ve bu standartlara nasıl uyulacağı konusunda bazı tanımlar verilmiştir.

Kısa süreli gerilim düşmeleri, çok sayıdaki küçük tüketiciler ile büyük güçlü endüstriyel tüketiciler açısından önemli sorunlar oluşturmaktadır. Böyle

arızalar genellikle tüketicilere elektriksel olarak uzak bir noktadaki kısa devre olaylarından ve ark prensibi ile çalışan makinelerden kaynaklanmaktadır. 4-5 periyot boyunca süren bu bozucu etki hassas tüketicilerin devreden çıkmasına neden olmaktadır. Doğru akım motorları, boya baskı tesisleri plastik malzeme imalat sanayi ve tekstil endüstrisi dahil birçok endüstriyel tesislerde kullanılmaktadır. Şebeke gerilimindeki düşmeler baskı kalitesinin çok kötü olmasına ve plastik hammaddesinin cihaz içerisinde katılaşmasına, ürünlerin hatalı olmasına neden olabilmektedir. Maddi zararın yanında sistemi yeniden çalışır duruma getirmek için büyük zaman harcanmaktadır. Bu tür sorunların şebeke geriliminin nominal değerinin % 88'ine düştüğünde meydana gelebileceği bazı araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur [1,2].

Endüstriyel tesislerde ve tüketicilerde meydana gelen bu zararları önlemek için, özellikle gerilimin nasıl olması gerektiği konusunda yapılan araştırmalar sonucunda uluslararası standartlar getirilmiştir. Enerji kalitesi konusunda geliştirilen en temel standart IEEE Std. 519-1992 ve EN 50160 olup, IEC 61000-4-30 standardı enerji kalitesi parametrelerinin toplanması ve karakterize edilmesi için, IEC 61000-4-7 standardı da harmonik ile ara harmoniklerin ölçümündeki hassasiyeti belirlemek için, IEEE Std. 1453-2004 standardı kurpışma etkisi için geliştirilmiştir [3].

Ülkemizde ise 12 Haziran 2006 tarihine kadar TS EN 50160 çeviri standardı ile enerjideki kalite sınırları ve zorunlulukları uygulanmaktaydı. Bu tarihte yürürlüğe giren “**Elektrik piyasasında dağıtım sisteminde sunulan elektrik enerjisinin tedarik sürekliliği, ticari ve teknik kalitesi hakkında yönetmelik**” ile sadece teknik kalite değil ticari kalite ve bunun sağlanamaması durumunda oluşacak tazmin koşulları da uygulamaya geçirilmiştir [4]. söz konusu yönetmelilerde belirtilen parametrelerin nasıl ölçüleceği de Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.’nin çıkardığı “**Trafo merkezleri OG-AG Güç kalitesi ölçüm teknik şartnamesi**” yönetmeliğinde açıkça belirtilmiştir[3]. Bu ölçümlerde kullanılacak standartlar Tablo 1’de verilmiştir.

2. ENERJİ ANALİZÖRÜNDEN BEKLENENLER

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) tarafından yürürlüğe konulan “**Elektrik piyasasında dağıtım sisteminde sunulan elektrik enerjisinin tedarik sürekliliği, ticari ve teknik kalitesi hakkında yönetmelik**”e göre; dağıtım şirketi sunduğu elektrik enerjisinin kalitesine ilişkin belirlenen işletme şartlarını sağlamakta yükümlüdür[4]. Ayrıca bu yönetmeliğe göre; kurum, elektrik enerjisinin tedarik sürekliliği, ticari ve teknik kalitesinin dağıtım şirketi tarafından ilgili standartlara uygun şekilde ölçülerek kayıt altına alınması ve bazı göstergelere ilişkin dağıtım şirketinin performansının belirlenmesine esas bütün süreç ve veriler ile diğer bütün bilgi ve belgeleri denetleme ve denetletirme zorunluluğu vardır.

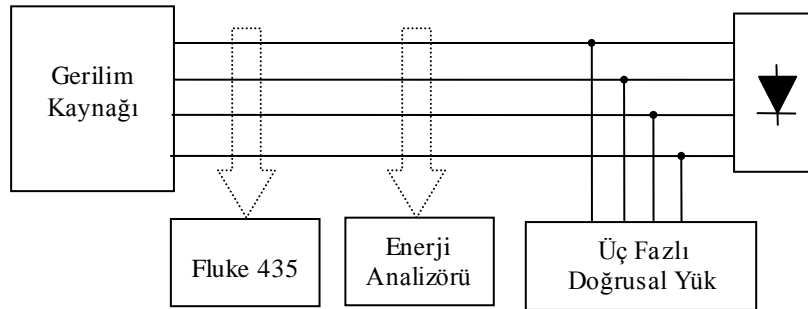
Söz konusu yönetmelik dağıtım şirketleri ile tüketiciler (endüstriyel, büyük güçlü) arasındaki enerji alışverişinde yaşanan sorunlarda taraflar arasındaki olası problemleri düzenlemektedir. Ancak uygulamada bu tür sorunlarla karşılaşıldığında, problemin bir

hakem heyetine veya yargıya aksettirildiğinde yaşanan kalitesizlik sorununun güvenilir cihazlar ile kaydedilmiş ve yönetmeliklerde istendiği biçimde raporlaştırılmış olması gerekmektedir. Bu nedenle, bu yönetmeliğe ve bu yönetmeliğin esasını teşkil eden EN 50160'a uygun olarak enerji akışını, kaliteyle ilgili tüm parametreleri hem anlık olarak izleyen hem de sorunları kaydeden cihazlara gereksinim vardır. Bu cihazların uluslar arası veya ulusal bazda akredite olması yani yapılan ölçümlerinin yasal olarak tanınması ve kabul edilebilir olması gerekmektedir.

Ülkemizde enerji kalitesi ölçüm cihazı veya enerji analizörü olarak satılan ürünlerden altısının kataloglarından standartlarda belirtilen parametrelerin hangilerini ölçtükleri Tablo 2'de verilmiştir. Bu tablodan da görüldüğü gibi incelenen altı üründen yalnızca bir tanesi yönetmeliklerde istenen parametreleri ölçebilmektedir.

Tablo 1. TEDAŞ enerji kalitesi ölçme şartnamesine göre uyulması gereken limit değer standartları

TS Numarası	Uluslararası Standart Numarası	Standart Adı
TS EN 50160	EN 50160:1999 CELENEC	Gerilim karakteristikleri- Genel dağıtım sisteminden elektrikle besleme için
	IEEE Std.1453-2004	IEEE Recommended practice for measurement and limits of voltage fluctuations and associated light flicker on AC power systems
	IEEE Std. 519-1992	IEEE Recommended practices and requirements for harmonic control in electric power systems
TS EN 61000-4-7	EN 61000-4-7:2002 CELENEC/IEC	Elektromanyetik uyumluluk, Bölüm 4-7: Deneyler ve ölçme teknikleri (harmonik ve ara harmonik)
TS EN 61000-4-15	EN 61000-4-15:2003 CELENEC/IEC	Elektromanyetik uyumluluk, Bölüm 4-15: Deneyler ve ölçme teknikleri (kırpışma ölçer)
TS EN 61000-4-30	EN 61000-4-30:2003	Elektromanyetik uyumluluk, Bölüm 4-30: Deneyler ve ölçme teknikleri (enerji kalitesi ölçme yöntemleri)



Şekil 1. Ölçme sistemi

Tablo 2. Enerji kalitesi ölçüm cihazlarının ölçtüğü parametreler

Enerji Kalitesi Parametresi	1. Ürün	2. Ürün	3. Ürün	4. Ürün	5. Ürün	6. Ürün
Şebeke frekansı	•	•	•	•		•
Gerilimin ani değeri	•	•	•	•	•	•
Akımın ani değeri	•	•	•	•	•	•
Aktif güç	•	•	•	•	•	•
Reaktif güç	•	•	•	•	•	•
Görünür güç	•	•	•	•	•	•
Güç faktörü	•	•	•	•		•
cosφ		•	•	•	•	•
Aktif enerji	•	•	•	•	•	•
Reaktif enerji	•	•	•	•	•	•
Gerilim çökmeleri			•			
Gerilim yükselmeleri			•			
Gerilim dengesizliği			•			
Kesintiler			•			•
Darbeleri geçici olaylar			•			
Salınımlı geçici olaylar			•			
Harmonik gerilimleri		•	•	•		•
Harmonik akımları		•	•	•		•
Toplam harmonik bozulması (en az 40. Harmoniğe kadar)			•			
Ara harmonikler			•			
Gerilim kırışması			•			
Dalga şekli kaydı			•			•
EN 50160'a göre raporlama			•			

3. SİNÜSOİDAL OLMAYAN DURUMDAKİ ÖLÇÜM HATALARI

Sinüsoidal olmayan durumda elektriksel parametrelerin ölçülmesi için uzun yıllardan beri araştırmalar yapılmaktadır. Özellikle sinüsoidal olmayan durumda veya dengesizliklerde güç hesaplamalarında farklı yöntemlerin kullanılması gerekir. Bu konuda farklı araştırmacılar tarafından farklı tanımlar ortaya atılmıştır [5,6]. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmaların sonucunda güç tanımları ve ölçülmesi konusunda uluslararası standart getirilmiştir [7,8].

Enerji kalitesi ölçüm cihazlarının ölçme hassasiyeti cihazın tasarımında kullanılan bağımlılarla doğrudan ilgilidir. Sinüsoidal ve dengeli durum için geçerli olan matematiksel bağımlılar sinüsoidal olmayan durum için yanlış sonuç verecektir. Ölçüm cihazları tasarlanırken, hangi parametreler ölçülecekse ölçüm şartlarına uygun standartlarda belirtilen bağımlıların kullanılması gerekir. Tasarlanan cihazların

kalibrasyonu da sinüsoidal olmayan durumlarda ölçüm için özel geliştirilen cihazlar ile yapılmaktadır.

Tablo 3. Farklı yüklenme durumları için A ürününün doğruluğunun karşılaştırılması

	Akım (A)		
	L1	L2	L3
Ürün A	0,52	0,56	0,57
Fluke 435	0,60	0,60	0,60
Ürün A	0,58	0,82	0,92
Fluke 435	1,30	1,40	1,30
Ürün A	1,33	1,39	1,44
Fluke 435	1,60	1,70	1,70
Ürün A	2,14	2,26	2,26
Fluke 435	2,30	2,40	2,50
Ürün A	2,31	2,45	2,45
Fluke 435	2,80	2,80	2,90

Bu bölümde piyasadan alınan üç farklı ürünün sinüsoidal olmayan durumlarda performansı araştırılmıştır. Bunun için laboratuvar ortamında üç fazlı dengesiz yüklenebilen ve doğrusal olmayan üç fazlı yüklerin olduğu bir sistem tasarlanmıştır (Şekil 1). Piyasada “Enerji Analizörü” olarak satılan cihazların doğruluğu üç fazlı ölçüm yapabilen Fluke 435 ile karşılaştırılmıştır. Ölçümler farklı yüklenme durumları için aynı anda yapılmıştır.

Tablo 4. Gerilim ölçüm sonuçları

	Gerilim (V)		
	L1	L2	L3
Ürün A	186,5	201,9	200,1
Fluke 435	187,5	203,6	204,2

Tablo 5. Farklı yüklenme durumları için A ürününün güç faktörü ölçümünün karşılaştırılması

	Güç Faktörü		
	L1	L2	L3
Ürün A	0,87	0,86	0,89
Fluke 435	0,85	0,88	0,92
Ürün A	0,67	0,65	0,71
Fluke 435	0,78	0,80	0,83
Ürün A	0,80	0,80	0,83
Fluke 435	0,67	0,68	0,70
Ürün A	0,67	0,68	0,69
Fluke 435	0,49	0,50	0,50

Tablo 6. Farklı yüklenme durumları için A ürününün aktif güç ölçümünün karşılaştırılması

	Aktif Güç (kW)		
	L1	L2	L3
Ürün A	0,26	0,31	0,32
Fluke 435	0,22	0,25	0,26
Ürün A	0,19	0,22	0,24
Fluke 435	0,20	0,24	0,24
Ürün A	0,09	0,10	0,13
Fluke 435	0,19	0,22	0,23
Ürün A	0,08	0,09	0,10
Fluke 435	0,09	0,11	0,12

Tablo 7. Farklı yüklenme durumları için A ürününün cosφ ölçümünün karşılaştırılması

	cosφ		
	L1	L2	L3
Ürün A	0,93	0,94	0,94
Fluke 435	0,74	0,76	0,76
Ürün A	0,71	0,72	0,72
Fluke 435	0,51	0,51	0,51

Tablo 8. Farklı yüklenme durumları için A ürününün reaktif güç ölçümünün karşılaştırılması

	Reaktif Güç (kVar)		
	L1	L2	L3
Ürün A	0,02	0,02	0,02
Fluke 435	0,05	0,06	0,05
Ürün A	0,05	0,07	0,08
Fluke 435	0,15	0,16	0,16
Ürün A	0,07	0,070	0,08
Fluke 435	0,22	0,25	0,25
Ürün A	0,26	0,29	0,31
Fluke 435	0,37	0,43	0,46

Tablo 9. Farklı yüklenme durumları için A ürününün görünür güç ölçümünün karşılaştırılması

	Görünür Güç (kVA)		
	L1	L2	L3
Ürün A	0,39	0,44	0,37
Fluke 435	0,44	0,49	0,53
Ürün A	0,24	0,26	0,29
Fluke 435	0,30	0,33	0,36
Ürün A	0,14	0,15	0,18
Fluke 435	0,24	0,27	0,28
Ürün A	0,09	0,10	0,11
Fluke 435	0,11	0,12	0,13

Tablo 10. Farklı yüklenme durumları için A ürününün THD ölçümünün karşılaştırılması

	THDI (%)		
	L1	L2	L3
Ürün A	50,5	50,0	46,7
Fluke 435	42,3	41,8	42,1
Ürün A	60,1	59,0	62,6
Fluke 435	42,4	42,2	42,2
Ürün A	60,8	63,0	54,1
Fluke 435	29,8	30,6	30,5

Tablo 11. Farklı yüklenme durumları için B ürününün güç faktörü ölçümünün karşılaştırılması

	Güç Faktörü		
	L1	L2	L3
Ürün B	0,65	0,68	0,66
Fluke 435	0,50	0,52	0,52
Ürün B	0,45	0,46	0,45
Fluke 435	0,32	0,32	0,32
Ürün B	0,67	0,68	0,68
Fluke 435	0,51	0,52	0,52

Tablo 12. Farklı yüklenme durumları için B ürününün cosφ ölçümünün karşılaştırılması

	cosφ		
	L1	L2	L3
Ürün B	0,73	0,75	0,74
Fluke 435	0,51	0,52	0,52
Ürün B	0,94	0,95	0,94
Fluke 435	0,75	0,76	0,76

Tablo 13. Farklı yüklenme durumları için B ürününün THD ölçümünün karşılaştırılması

	THDI (%)		
	L1	L2	L3
Ürün B	69,0	73,4	65,8
Fluke 435	29,8	30,5	30,4
Ürün B	44,6	46,0	41,3
Fluke 435	19,5	19,7	19,7
Ürün B	81,6	85,0	75,5
Fluke 435	42,3	42,0	42,1

Tablo 14. Gerilim ölçüm sonuçları (ürün C)

	Gerilim (V)		
	L1	L2	L3
Ürün C	193,0	206,0	192,0
Fluke 435	194,8	193,6	205,7

Ölçüm sonuçlarından da görüldüğü gibi piyasada satılan üç adet ürün özellikle harmonikli ortamlarda ve harmonik bozulma derecesinin yüksek olduğu durumda çok büyük ölçüm hataları yapmaktadır. Bunun nedeni ise cihaz tasarımında kullanılan bağıntıların uluslar arası standartlarda verildiği biçimde olmayışıdır. Bu durum cihaz kataloglarında belirgin biçimde anlaşılmaktadır.

4. SONUÇLAR

Elektrik dağıtım şirketleri tüketicilere sunduğu elektrik enerjisinin kalitesini yönetmeliklerde belirtilen sınırlar içerisinde tutmakla yükümlüdür. Enerji kalitesinin standartlara uygunluğunu göstermek için de sürekli olarak ölçüm yapmak zorundadır. Müşterilerin kalitesiz elektrik enerjisinden doğan zararları tazmin edebilmesi için uluslar arası standartlara göre tasarlanmış cihazlarla ölçüm yapması ve bunu belgelemesi gerekir.

Piyasada “enerji analizörü” adı altında birçok cihaz bulunmaktadır. Bu cihazların büyük çoğunluğu kataloglarından incelendiğinde, uluslar arası standartlarda belirtilen parametreleri ölçmemektedir. Tüketicilerin enerji analizörü cihazı bağlamadan önce özelliklerini çok iyi araştırmaları, ölçüm amacına göre

cihazı belirlemeleri gerekir. Kalitesiz elektrik enerjisini tespit etmek için ölçüm yapılacaksa; ölçüm cihazının bütün enerji kalitesi parametrelerini ölçebilmesi ve raporlayabilmesi, toplam harmonik bozulması hesabını 40. harmoniğe kadar yapabilmesi, bir periyotta en az 128 örnek alabilmesi ve hesaplarda kullanılan bağıntıların uluslar arası kabul görmüş olması gerekir. Ölçüm sonuçlarından da görüldüğü gibi, sıradan ölçüm cihazları harmonikli durum için geçerli bağıntıları kullanmadığından, toplam harmonik durumlarda ölçüm hataları yapmakta ve bu hatalar harmonik bozulma arttıkça artmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] M. Bayrak, E.M. Yeğin, M.Z. Bilgin, "Elektrik Güç Sistemlerinde Enerji Kalitesi", Türkiye 7. Enerji Kongresi, Ankara, 1997.
- [2] F. Koçyiğit, E. Yanıkoğlu, A.S. Yılmaz, M. Bayrak, "Bir Tekstil Endüstrisinde Enerji Kalitesi Ölçümleri Ve Enerji Kalitesizliğinin Endüstriye Maliyeti" ELECO'08, Bursa, 2008.
- [3] Trafo Merkezleri OG-AG Güç Kalitesi Ölçüm Teknik Şartnamesi, TEDAŞ Sistem İşletme Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2007.
- [4] Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik, EPDK, Eylül 2006.
- [5] A.E. Emanuel, "Powers in nonsinusoidal situations a review of definitions and physical meaning" IEEE Trans. on Power Delivery, 1993.
- [6] P.S. Filipski, Y. Baghzouz, M.D. Cox, "Discussion of power definitions contained in the IEEE Dictionary", IEEE Trans. on Power Delivery, 1994.
- [7] IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Nonsinusoidal Balanced or Unbalanced Conditions, IEEE 1459, 2000.
- [8] IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, ANSI/IEEE Standard 519, 1992.