

ALÇAK GERİLİMDE TEK FAZLI YÜKLER İÇİN HARMONİK AKIM SINIRLARI

Bora ACARKAN

Osman KILIÇ

Aslan İNAN

Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü
34349 Beşiktaş, İstanbul

e-posta: acarkan@yildiz.edu.tr

Anahtar Sözcükler: Akım harmonikleri, Yük sınıfları, EN standartları

ABSTRACT

Electric utilities are concerned about the effects of harmonics on their systems: telephone noise, excessive heating of transformers and other equipment, capacitor damage, and others, and would like to limit the levels of harmonics produced by loads on their systems. Manufacturers, however, are concerned about the cost of changes to their equipment to reduce harmonic production. This paper summarizes the EN 61000-3-2 limits and discusses the proposed IEEE limits for single phase harmonic limits..

1. GİRİŞ

İdeal bir elektrik şebekesinin sabit frekanslı, sabit genlikli ve sinüsoidal biçimli olması istenir. Ancak güç sistemine bağlanan ark fırınları, motor hız kontrol düzenleri, statik VAR kompanzatorleri, kesintisiz güç kaynakları, akü şarj devreleri, bilgisayarlar, elektronik balastlı flüoresan lambalar gibi bazı lineer olmayan elemanlar sebebiyle tam sinüsoidal değişimden sapmalar olabilmektedir. Bu sapma, harmonik adı verilen bileşenlerin ortaya çıkması ile ifade edilir [1].

Harmonikler, güç kullanıcılarında üç önemli probleme yol açar [2]:

- Elektrik şebekesine etki: Harmonikler, alternatörlerde, kablolarda, transformatörlerde ve kapasitörlerde belirgin aşırı ısınmaya yol açarak şebekeyi olumsuz etkilerler.
- Cihazların yüklenmesine etki: Güç tüketen donanımın aşırı yüklenmesi nedeniyle cihazlar bozulabilir veya ömürleri kısalmıştır. Telefon ve iletişim sisteminde gürültü oluşturabilir.
- Mevcut elektrik gücüne etki: Harmonikler tarafından çekilen akım, tamamen kayıptır. Bu nedenle ek güç kayıpları oluşturur.

Günümüzde tek fazlı yüklerin (bilgisayar, akü şarjlı ev ve ofis cihazları, taşınabilir el aletleri, deşarjlı ve elektronik balastlı lambalar, ışık zayıflatıcılar, televizyonlar vb) yaygınlaşması, harmoniklerin azaltılmasını ve standartlarda belirtilen sınırlara çekilmesini gerektirmiştir.

Harmoniklerin yukarıda sayılan olumsuz etkilerini azaltmak için en genel olarak aşağıdaki çözümler uygulanmaktadır:

- Daha büyük nötr iletken kesiti ve kondansatör amperajı seçilmesi
- K-faktörlü transformatörler kullanmak
- Pasif ve aktif filtre uygulamak

Harmonik sorunlarını azaltmak için en uygun seçenek yüklerin tasarımını değiştirerek harmonik akım üretimini sınırlandırmaktır. Bu yaklaşımda, yüklerin temel frekans dışındaki diğer frekanslardaki harmonik üretimleri sınırlandırılmalıdır. Sınırlama yaklaşımı, en fazla bilgisayarları ve elektronik kontrollü donanımları etkilemektedir. Bu nedenle birçok üretici, ek yatırım gerektirmesi nedeniyle bu sınırlamalara karşı çıkmaktadır.

Yürürlüğe giren standartlar ile elektriksel cihazlara üretim aşamasında harmonik sınırlar getirilmiştir:

- TS EN 61000-3-2 standardında faz başına 16A'den küçük, tek fazlı veya üç fazlı yüklerin harmonik akım sınırlarını düzenlemektedir [3].
- EN 61000-3-4 standardı ise faz başına 16A'den büyük yükler için harmonik akım sınırlarını düzenlemektedir [4].
- IEEE'nin tek fazlı yükler için harmonikleri inceleyen çalışma grubu, akımı 40A'den küçük tek fazlı yükler için benzer bir taslak standart (P1495) geliştirmektedir. Bununla beraber sınırların ne olması konusunda hala bir uzlaşma yoktur [5].

Bu makalede, ülkemizde de yürürlüğe girmiş olan, tek fazlı yüklerin ürettiği harmonikler için sınırlamalar getiren TS EN 61000-3-2 standardında tanımlı çeşitli yük tipleri için ölçümler yapılarak standardın kapsamı incelenmiştir. Ayrıca bu standardın, taslak halindeki IEEE standardı ile karşılaştırması yapılmıştır.

2. AVRUPA BİRLİĞİ STANDARTLARI

Avrupa Birliği'nde geçerli olan TS EN 61000-3-2 standardı, üreticilerin ürünlerindeki harmonik akım tüketimine sınırlama getiren yaklaşımı benimsemiştir. Bu standart, faz başına akımı 16A'den küçük tek fazlı veya üç fazlı bütün yükleri kapsamaktadır.

Standart, elektriksel yükleri Tablo-1'de gösterildiği gibi sınıflandırmaktadır. Herbir sınıftaki donanım için geçerli olan harmonik akım sınırları, Tablo-2-5'te gösterilmiştir [3]. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, bu sınırların herbir harmonik derecesi için ayrı ayrı verilmiş olmasıdır.

Tablo-1. TS EN 61000-3-2 yük sınıfları

TS EN 61000-3-2 - Harmonik İçeren Yüklerin Sınıfları	
A Sınıfı:	<ul style="list-style-type: none"> Dengelenmiş üç fazlı donanım D sınıfında belirlenmiş donanımların dışındaki ev aletleri Taşınabilir aletlerin dışındaki aletler Akkor lambalar için ışık zayıflatıcıları Ses donanımı
Diğer üç sınıfın herhangi birinde tanımlanmayan donanım A sınıfı donanım olarak düşünülmelidir.	
B Sınıfı:	<ul style="list-style-type: none"> Taşınabilir aletler Mesleki olmayan ark kaynak donanımı
C Sınıfı:	<ul style="list-style-type: none"> Aydınlatma donanımı
D Sınıfı:	<ul style="list-style-type: none"> Kişisel bilgisayarlar ve kişisel bilgisayar monitörleri Televizyon alıcıları

Tablo-2. A sınıfı donanım için harmonik sınır değerleri

Harmonik Derecesi (n)	İzin verilen maksimum harmonik akımı (A)
Tek harmonikler	
3	2,30
5	1,14
7	0,77
9	0,40
11	0,33
13	0,21
$15 \leq n \leq 39$	$2,25/n$
Çift harmonikler	
2	1,08
4	0,43
6	0,30
$8 \leq n \leq 40$	$1,84/n$

Tablo-3. B sınıfı donanım için harmonik sınır değerleri

Harmonik Derecesi (n)	İzin verilen maksimum harmonik akımı (A)
Tek harmonikler	
3	3,45
5	1,71
7	1,155
9	0,60
11	0,495
13	0,315
$15 \leq n \leq 39$	$3,375/n$
Çift harmonikler	
2	1,62
4	0,645
6	0,45
$8 \leq n \leq 40$	$2,76/n$

Tablo-4. C sınıfı donanım için harmonik sınır değerleri

Harmonik Derecesi (n)	Temel frekanstaki giriş akımının yüzdesi olarak ifade edilen izin verilen maksimum harmonik akımı (%)
2	2
3	30xDevrenin güç faktörü
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$ (yalnız tek harmonikler)	3

Tablo-5. D sınıfı donanım için harmonik sınır değerleri

Harmonik Derecesi (n)	Watt başına izin verilen en büyük harmonik akım (mA/W)	İzin verilen maksimum harmonik akımı (A)
3	3,4	2,30
5	1,9	1,14
7	1,0	0,77
9	0,5	0,40
11	0,35	0,33
$13 \leq n \leq 39$ (yalnız tek harmonikler)	$3,85/n$	Tablo-1'e bakılmalıdır.

3. AMERİKAN STANDARTLARI

Avrupa ve Amerikan güç sistemleri arasında belli farklar olması nedeniyle; Amerika için geçerli olan harmonik sınırları, EN standartlarından farklıdır. Avrupa'daki sistemlerde OG havai dağıtım hatlarında nötr iletkeni yoktur. Ayrıca 400/230V indirici transformatör merkezlerinde de üçgen-yıldız bağlı transformatörler kullanılır. Dolayısıyla Avrupa'daki sistemler üç ve üçün katlarındaki (triplen) harmonik bozulmalara (3,6,9,...) daha az duyarlıdır [6].

IEEE, iki sistem arasındaki bu farkları dikkate alarak; dağıtım hattındaki akım bozulmasını gerilim

bozulmasıyla ilişkilendirmek için 600V ve 40A'den küçük değerli tek fazlı yükler için harmonik akım tüketimini sınırlayan taslak bir kılavuz üzerinde çalışmaktadır. Bu taslak kılavuz, yükleri iki sınıfa ayırmaktadır [5]:

i. Yüksek Watt'lı doğrusal olmayan yükler: Bu yüklere örnek olarak ısı pompaları, elektrikli araç akü şarj cihazları, tipik ticari ve ofis binalarında bulunan yüksek yoğunlukta düşük Watt'lı cihazlar, kişisel bilgisayarlar ve elektronik balastlar verilebilir. Bu yükler için tavsiye edilen maksimum akım bozulma seviyeleri, Tablo-6'da gösterilmiştir. Taslak kılavuz ayrıca yüksek Watt'lı yükler için minimum güç faktörünü de 0,95 olarak önermektedir.

Tablo-6. Tavsiye edilen harmonik sınırları

Maksimum THD ₁	%15
Maksimum 3. harmonik akımı	%10

ii. Küçük mekanlarda çok yoğun bulunmayan düşük Watt'lı doğrusal olmayan yükler: Tablo-7, tavsiye edilen sınırları göstermektedir. Bu değerler, Tablo-6'daki değerlerinin iki katıdır.

Tablo-7. Tavsiye edilen harmonik sınırları

Maksimum THD ₁	%30
Maksimum 3. harmonik akımı	%20

Amerikan Sosyal Güvenlik İdaresi, kendi ofislerindeki çok sayıdaki kişisel bilgisayarların yoğun kullanımı nedeniyle, 1999'dan sonra satın alınan bilgisayarlar için %15'lik akım THD sınırını esas almıştır. Bilgisayar satıcıları, bu sınırı karşılayamazlar da akım THD değeri %90-100 olan günümüzde satılan bilgisayarlardan çok daha iyi akım THD değerine sahip (yaklaşık %35) bilgisayarların kullanımını sağlamışlardır [6].

3. DENEYSEL ÖLÇÜM SONUÇLARI

Ülkemizde kullanılan tek fazlı yüklerden her bir sınıftan ele alınan cihazlar için yapılan ölçüm sonuçları, Tablo 8-11'de verilmiştir. Tüm ölçüm sonuçları, Fluke ScopeMeter 190 ve Fluke Power Quality Analyzer 43B tipi ölçüm cihazları ile elde edilmiştir [7].

Ölçüm işleminde A sınıfı yük için saç kurutma makinası ve ışık zayıflatıcılı akkor telli lamba (100W); B sınıfı için elektrikli el matkabı; C sınıfı için civa buharlı lamba (250W), 18W elektronik balastlı flüoresan lamba, 21W kompakt flüoresan lamba ve 2x18W endüktif balastlı flüoresan lamba; D sınıfı için de bilgisayar kasası ve monitörü test edilmiştir.

Ölçüm sonuçlarından, A ve B sınıflarındaki örnek yükler ile C sınıfından civa buharlı lamba ve 2x18W endüktif balastlı flüoresan lambanın, TS EN 61000-3-

2 standardına uygun olduğu; C sınıfından 18W elektronik balastlı flüoresan lamba ile 21W kompakt flüoresan lambanın ise standarda uygun olmadığı görülmüştür.

D sınıfı yük olarak test edilen Pentium-II PC ve 14" monitör ölçümlerinde, izin verilen en büyük harmonik akım değerleri sınırlar içerisinde kalırken; Watt başına izin verilen maksimum harmonik akımı değerlerinin standarda uymadığı gözlemlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada bazı tek fazlı yüklerin harmonik değerleri, yürürlükte olan TS EN 61000-3-2 standardı kapsamında incelenmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçlarından ve standardın değerlendirilmesinden şu yaklaşımlara ulaşılmıştır:

- Standartta yükler için harmonik akım sınırları belirtilmiş ancak C ve D sınıfı hariç yüklerin güç seviyesi hakkında net açıklayıcı bir bilgi bulunmamaktadır. Örneğin 16 A ve altında akım çeken bir cihazın gücü, 15W veya 3kW seviyesinde olabilir.
- C sınıfı yüklerden kompakt flüoresan ve elektronik balast vb. 25W altı aydınlatma donanımı için belirtilen ana akım bileşeninin %'si olarak ifade edilen değerler, standartta belirtilen sınırların dışına çıkabilmektedir. Bu nedenle, bir ürünün standardın belirlemiş olduğu ölçütleri sağlayıp sağlamadığı yetkili laboratuvarlarda test edilmelidir.
- Standartın getirdiği harmonik akım sınırları, standartta belirtilen sinüsoidal gerilim şartları için geçerlidir. Pratikte şebeke gerilimdeki bozulmaların kabul edilebilir seviyelerin üzerine çıkabilmesi nedeniyle bozuk şebeke şartları, bazı cihazların harmonik akım dağılımlarını oldukça değiştirebilmektedir. Standartta belirtilen yüklerin, normal şartlar dışındaki davranışları konusunda açıklayıcı bir bilgi bulunmamaktadır. Ayrıca yüklerin çalışma ortamları (özellikle ortam sıcaklığı) hakkında da belirleyici bir durum söz konusu değildir.
- Bazı üreticiler, tek fazlı yükler için harmonik akım sınırlamalarına karşı çıkmaktadırlar. Harmonik sorunlarının çözülmeden önce neden olduğu üretim kayıplarının maliyeti, harmonik sorunlarının azaltılmasının maliyeti ve önerilen sınırları karşılamak için üreticilere ve dolayısıyla da tüketicilere yansıyan maliyet araştırılmalıdır.

İlerideki teknik araştırmalar, dağıtım hatlarındaki kabul edilebilir seviyelerdeki harmonikler ve bu harmoniklerin bireysel yüklerin harmonik tüketimi ile ilişkisi üzerine yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kocatepe C., Uzunoğlu, M., Yumurtacı, R., Elektrik Tesislerinde Harmonikler, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2003.

- [2] Arrillaga, J., Bradley, D.D., Bodger, P.S. Power System Harmonics, John Wiley & Sons, Norwich, 1985.
- [3] TS EN 61000-3-2 (Mart 2003) Elektromanyetik Uyumluluk (EMU) - Bölüm 3-2: Sınır Değerler – Harmonik Akım Emisyonlar için Sınır Değerler (Faz Başına Donanımın Giriş Akımı $\leq 16A$).
- [4] EN 61000-3-4 (1998-10) Consolidated Edition. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-4: Limits – Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems
- for equipment with rated current greater than 16 A.
- [5] Draft Guide for Harmonic Limits for Single-Phase Equipment, P1495/D3, Sponsored by the Transmission and Distribution Committee of the IEEE Power Engineering Society, January 26, 2002.
- [6] Jewell W., Ward, D.J., “Single Phase Harmonic Limits”, PSERC EMI, Power Quality, and Safety Workshop, Wichita State University, April 18-19, 2002
- [7] www.fluke.com.

Tablo-8. A sınıfı yük örnekleri

Harmonik Derecesi	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sınır Harmonik Akım Değeri (A)	1,08	2,30	0,43	1,14	0,30	0,77	0,23	0,40	0,184	0,33	0,153	0,21
Kaynak Gerilimi (V)	Yük Tipi											
230 (Tam Sinüs)	Saç kurutma makinası											
230 (THD _v = %4,8)	Saç kurutma makinası											
220 (Tam Sinüs)	Işık zayıflatıcı akkor lamba (100W)											
220 (THD _v = %5,48)	Işık zayıflatıcı akkor lamba (100W)											

Tablo-9. B sınıfı yük örneği

Harmonik Derecesi	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sınır Harmonik Akım Değeri (A)	1,62	3,45	0,645	1,71	0,45	1,155	0,345	0,60	0,276	0,495	0,23	0,315
Kaynak Gerilimi (V)	Yük Tipi											
230 (THD _v = %5,8)	El matkabı (normal)											
230 (THD _v = %5,2)	El matkabı (darbeli)											

Tablo-10. C sınıfı yük örnekleri

Harmonik Derecesi	2	3	5	7	9	11	13
Sınır Harmonik Akım Değeri (%)	2	30xGüç Faktörü	10	7	5	3	3
Kaynak Gerilimi (V)	Yük Tipi						
230 (Tam Sinüs)	Civa buharlı lamba (250w)						
230 (THD _v = %5,51)	Civa buharlı lamba (250w)						
230 (Tam Sinüs)	2x18W endüktif balastlı floresan armatür						
230 (THD _v = %5,4)	2x18W endüktif balastlı floresan armatür						
230 (Tam Sinüs)	21W kompakt floresan lamba						
230 (THD _v = %3,87)	21W kompakt floresan lamba						
230 (Tam Sinüs)	18W elektronik balastlı floresan armatür						
230 (THD _v = %4,02)	18W elektronik balastlı floresan armatür						

Tablo-11. D sınıfı yük örnekleri

Harmonik Derecesi		3	5	7	9	11	13
Sınır Harmonik Akım Değeri (A)		2,30	1,14	0,77	0,40	0,33	0,21
Kaynak Gerilimi (V)	Yük Tipi						
230 (Tam Sinüs)	PC (Pentium II)	0,39	0,3497	0,2919	0,2293	0,1706	0,1206
230 (THD _v = %5,11)	PC (Pentium II)	0,3262	0,1911	0,0817	0,0796	0,0886	0,0618
230 (Tam Sinüs)	Monitör (14")	0,1864	0,1718	0,1493	0,1285	0,1048	0,0783
230 (THD _v = %4,05)	Monitör (14")	0,1734	0,1405	0,0901	0,0467	0,0139	0,0168
Watt başına Maksimum Harmonik Akım Değeri (mA/W)		3,4	1,9	1,0	0,5	0,35	0,296
Kaynak Gerilimi (V)	Yük Tipi						
230 (Tam Sinüs)	PC (87 W)	4,48	4,02	3,36	2,64	1,96	1,39
230 (THD _v = %5,11)	PC (87 W)	3,75	2,20	0,94	0,91	1,02	0,71
230 (Tam Sinüs)	Monitör (44 W)	4,24	3,90	3,39	2,92	2,38	1,78
230 (THD _v = %4,05)	Monitör (44 W)	3,94	3,19	2,05	1,06	0,32	0,38