



Farklı Tip Led Sürücülerin Güç Kalitesi Performanslarının Belirlenmesi

Determination of The Power Quality Performances of Different Type Led Drives

Erdem TÜRKMEN^a , Ramazan AYAZ^a , Kadir DOĞANŞAHİN^b , Bedri KEKEZOĞLU^a 

^aYıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, Türkiye

^b Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 08100, Artvin, Türkiye

erdemturkmen128@gmail.com, ayaz@yildiz.edu.tr

dogansahin@artvin.edu.tr, bkekez@yildiz.edu.tr

Araştırma Makalesi/Research Article

ARTICLE INFO

Article history

Received : 17 October 2019

Accepted: 18 November 2019

Keywords:

LED Drivers, Harmonics, Power Quality, Power Factor

ABSTRACT

Today, in parallel with the developing technology, state of the art products are used in the lighting area and improvements are made in existing systems. These improvements are generally achieved by replacing conventional lighting products with light emitting diodes (LEDs). Although LEDs have important features such as long lifetime, high luminous efficacy, color control, and eco-friendly, they need a driver due to their operating characteristics. The power electronics components in these drivers cause the LEDs to draw harmonic current from the system. Therefore, it is very important to analyze and interpret the effects of LED drivers on power quality. In this study, harmonic content, total harmonic distortion and power factor values of LED drivers of different manufacturers in commercial use have investigated. In addition, the effect of the driving currents on the power quality has determined by making measurements at the same driver at different driving currents. As a result of the study, it is seen that LED drivers which belong to different manufacturers have significant effects on power quality and these effects change depending on the driving current.

© 2020 Bandırma Onyedli Eylül University Faculty of Engineering and Natural Science. Published by Dergi Park. All rights reserved.

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri

Gönderim: 17 Ekim 2019

Kabul : 18 Kasım 2019

Anahtar Kelimeler:

LED Sürücüler, Harmonik Güç Kalitesi, Güç Faktörü

ÖZET

Günümüzde gelişen teknolojiye paralel olarak aydınlatma alanında yeni nesil ürünler ortaya çıkmakta ve mevcut sistemlerde iyileştirmeler yapılmaktadır. Bu iyileştirmeler genellikle konvansiyonel aydınlatma ürünlerinin ışık yayan diyotlarla (Light Emitting Diode - LED) değiştirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. LED'ler uzun ömür, yüksek ışıksal etkinlik, renk kontrolü ve çevre dostu gibi önemli özelliklere sahip olmasına rağmen çalışma karakteristikleri gereği bir sürücü devresine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu sürücü devrelerinin içerdiği güç elektroniği elemanları LED'lerin sistemden harmonikli akım çekmelerine neden olmaktadır. Bu nedenle LED sürücülerin güç kalitesi üzerine etkilerini analiz etmek ve yorumlamak çok önemlidir. Bu çalışmada, ticari olarak kullanımda olan farklı üreticilere ait LED sürücülerin harmonik içeriği, toplam harmonik bozulumu ve güç faktörü değerleri incelenmiştir. Ayrıca aynı sürücü üzerinden farklı sürme akımlarında ölçümler yapılarak sürme akımlarının güç kalitesine etkisi ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda, farklı üreticilere ait LED sürücülerin güç kalitesi üzerine önemli etkilerinin olduğu ve bu etkilerin sürme akımına bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

© 2020 Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Dağa Bilimleri Fakültesi. Dergi Park tarafından yayınlanmaktadır. Tüm Hakları Saklıdır.

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji sayesinde insanoğlunun hayatını kolaylaştırmak, üretim ve tüketimde verimliliği artırmak üzere yeni cihazlar ve sistemler geliştirilmekte ve kullanımları hızla yaygınlaşmaktadır. Çoğunlukla elektrik ile enerjilendirilen bu cihaz ve sistemler, insanoğlunun elektrik enerjisine olan bağımlılığını ve elektrik enerjisine olan talebini artırmıştır. Aydınlatma sektörü, son zamanlarda en hızlı teknolojik ilerlemelere sahne olan alanlardan birisidir. Daha yüksek verimlilikte ve işlevsellikte ürünlerin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşan süreç neticesinde, aydınlatma sektöründe yeni uygulama alanları ve daha geniş bir ürün bandı elde edilebilmiştir. Bu kapsamda geliştirilen en önemli ürünlerden birisi yüksek etkinlik faktörüne sahip ve geniş uygulanabilirliği ile birçok farklı aydınlatma ihtiyacına cevap verebilen LED teknolojileridir.

LED aydınlatma ekipmanları, tüm bu üstünlüklerinin yanı sıra şebeke üzerinde bozucu etkiye sahiptirler. LED lamba içerisinde kullanılan yarı iletken elemanlar ve LED'lerin uygun dalga formunda ve genliğinde akım ile beslenebilmesi için gerekli olan sürücülerin içerdiği güç elektroniği sistem ve elemanları, LED'lerin sistemden harmonikli akım çekmesine neden olmaktadır. En temel haliyle harmonikler, şebeke temel frekansından farklı frekansa sahip bileşenler olarak tanımlanırlar. Harmonikler, gerilim ve akım dalga şeklini bozmalarının yanı sıra, gerilim ve akımın efektif değerinin değişimine, kayıpların çoğalmasına ve hassas ekipmanlarda hataya veya işlev kaybına neden olmaktadır.

Tek bir LED aydınlatma elemanının güç sistemleri içerisinde ciddi derecede harmonik bozunuma yol açması düşünülemez. Ancak yaygınlaşan kullanımları neticesinde, güç sistemleri içerisinde artan sayıları ile önemli etkilere neden olabilmektedirler. Bu nedenle LED aydınlatma ekipmanlarının harmonik etkinlikleri literatürde ilgi çeken konular arasında yer almaktadır. Gerçekleştirilen çalışmaların önemli bir bölümünde LED armatürler ile LED sürücüler üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiş ve harmonik etkinlikleri ortaya konulmuştur [1-4]. Çeşitli çalışmalarda ise LED aydınlatma elemanları ile farklı tiplerde aydınlatma elemanlarının harmonik etkinlikleri karşılaştırılmıştır [5]. LED aydınlatma elemanlarından kaynaklanan harmonik bozunumun şebeke üzerindeki etkileri araştırılmıştır. [6]. Günümüzde dikkat çekici çalışma alanlarından birisi de LED sürücülerin harmonik etkinliklerinin azaltılmasına yönelik çözümlerin araştırılması ve geliştirilmesi üzerinedir [7-9].

Bu çalışma kapsamında ticari olarak kullanılan 7 farklı LED sürücüsüne ait harmonik ölçümler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Her bir sürücü akımına ait toplam harmonik bozunum indisleri hesaplanmış ve sürücü akımlarının harmonik içerikleri sunulmuştur. Bunun yanı sıra incelenen sürücülere ait güç faktörü değerleri paylaşılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde harmonikler ile ilgili temel teorik bilgiler paylaşılmıştır. Üçüncü bölümde ise seçilen sürücüler üzerinden alınan ölçümlere ait değerler ve elde edilen bu değerlerin yorumları sunulmuştur. Çalışma, gerçekleştirilen incelemeler neticesinde elde edilen sonuçların ve önemli bulguların tartışıldığı dördüncü bölümde ile sonlandırılmıştır.

2. GÜÇ SİSTEMLERİNDE HARMONİKLER

Harmoniklerin temel kaynağı, güç sistemleri içerisindeki akım - gerilim karakteristiği doğrusal olmayan yüklerdir. Yarı iletken elemanların tamamı, doğrusal olmayan karakteristiklerinden dolayı önemli harmonik kaynaklarıdır. Harmoniklerin, güç sistemleri üzerindeki en önemli etkilerinden birisi, belirli bir dalga şekline sahip büyüklüklerin dalga formunda bozulmaya neden olması neticesinde bu büyüklüklere ait efektif değerlerin değişimine yol açması gösterilebilir. Buna bağlı olarak güç sistemi bileşenlerinde aşırı yüklenmeye neden olma, hızlı ömür kaybı, koruma şemasının hatalı çalışması, vb. sorunlar yaşanabilmektedir.

Bir güç sistemi içerisinde, gerilim ve/veya akım büyüklüklerinin harmonik içeriğe sahip olması durumunda, bu büyüklüklerin içerdiği harmonik bileşenler dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Buna göre harmonik bileşenleri içeren bir sistem üzerinde sırasıyla gerilim ve akımın ani değerleri Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır [10].

$$v(t) = \sum_{n=1}^{\infty} v_n(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} V_n \sin(n\omega_1 t + \theta_n) \quad (1)$$

$$i(t) = \sum_{n=1}^{\infty} i_n(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} I_n \sin(n\omega_1 t + \delta_n) \quad (2)$$

Bu ifadelerde; n, harmonik mertebesini, V_n ve I_n , sırasıyla, gerilimin ve akımın n'inci harmonik bileşenine ait efektif değerleri, θ_n ve δ_n ise, sırasıyla, gerilimin ve akımın n'inci harmonik bileşenine ait faz açılarını göstermektedir. Harmonikli sistemlerde gerilim ve akımın efektif değerleri Eşitlik 3'te gösterildiği gibi tüm bileşenlerin efektif değerlerinin karelerinin toplamının kare kökü üzerinden elde edilmektedir.

$$I = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}, \quad V = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} V_n^2} \quad (3)$$

Aktif güç (P) ve reaktif güç (Q) ifadeleri ise Eşitlik 4 ve Eşitlik 5'te gösterildiği üzere aynı mertebeden gerilim ve akım bileşenleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır [10].

$$P = \sum_{n=1}^{\infty} V_n I_n \cos(\theta_n - \delta_n) = \sum_{n=1}^{\infty} P_n \quad (4)$$

$$Q = \sum_{n=1}^{\infty} V_n I_n \sin(\theta_n - \delta_n) = \sum_{n=1}^{\infty} Q_n \quad (5)$$

Harmonikli sistemlerde görünür güç, gerilim ve akımın efektif değerleri kullanılarak Eşitlik 6'da gösterildiği şekilde hesaplanabilmektedir.

$$S = V \cdot I \quad (6)$$

Güç faktörü ifadesi ise, Eşitlik 7'de gösterildiği gibi, aktif gücün, görünür güce oranı ile üzerinden elde edilebilmektedir.

$$GF = \frac{P}{S} \quad (7)$$

Harmoniklerin sistem üzerinde meydana getirdikleri bozulma miktarını ifade edebilmek üzere tanımlanan Toplam Harmonik Bozulma (Total Harmonic Distortion – THD) adı verilen bir indis kullanılmaktadır. Bu indisin, sırasıyla, akım ve gerilim için hesaplanmasında kullanılan ifadeler Eşitlik 8'de gösterilmiştir [11].

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}, \quad THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (8)$$

3. LED SÜRÜCÜLERİN HARMONİK ETKİNLİĞİ

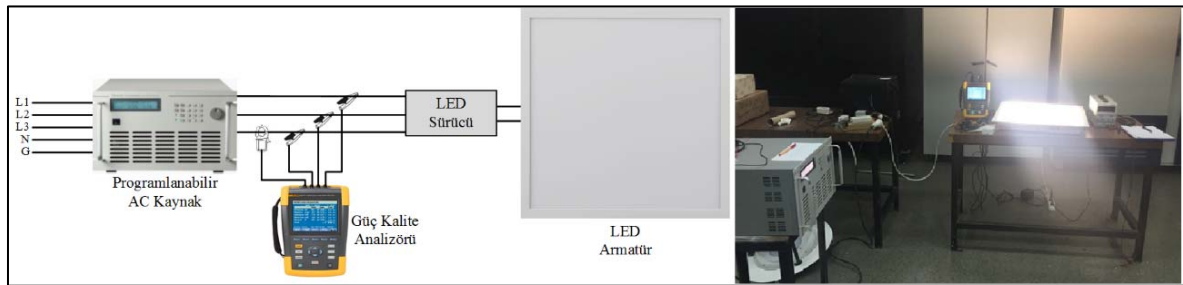
Bu çalışmada, seçilen bir LED armatür, ticari olarak kullanımda olan 7 farklı üreticiye ait LED sürücüler üzerinden ayrı ayrı enerjilendirilmiş ve her bir sürücüye ait harmonik içerik, toplam harmonik bozulma değeri ve güç faktörü ayrı ayrı incelenmiştir. Ayrıca bir sürücü üzerinden 3 farklı sürme akımında ölçümler alınarak sürme akımının yukarıda belirtilen değişkenler üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

LED sürücülerin güç kalitesi ölçümleri, 60x60 ölçülerinde ticari olarak kullanımda olan bir iç aydınlatma LED armatürü üzerinden, Yıldız Teknik Üniversitesi Aydınlatma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. LED armatür, on dört adet paralel koldan ve her kolda birbirine seri bağlı on dört adet LED çipten oluşan backlight (arkadan aydınlatma) tipi bir armatürdür. LED armatüre ait ışık ölçümler, gonyofotometre ve ışık toplama küresi kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 3.1'de özetlenmiştir. Işıksal ölçümler, seçilen LED armatürün, piyasadaki mevcut halinde yer alan LED sürücü ile birlikte gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan LED armatüre ait ışık değerler

Işıksal Etkinlik (lm/W)	Işık Akısı (lm)	Renksel Geriverim (Ra)	Renk Sıcaklığı (K)
111,47	3849,58	84,1	3996

Çalışma kapsamında kullanılan ölçüm düzeneğine ait şematik bir gösterim Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 1. Güç kalitesi ölçüm düzeneği

Ölçümler 220 V ve 50 Hz'de besleme yapabilen Chroma marka programlanabilir saf sinüsoidal güç kaynağı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Güç kalitesi parametreleri Fluke markasının 435-II model güç kalite analizörüyle ölçülmüştür. Her bir sürücüye ait ölçümler 3 saniye aralıklarla en az 10 dakika olacak şekilde kaydedilmiştir.

Sürme akımları 700 mA ile 1100 mA arasında değişen 7 farklı LED sürücü üzerinden gerçekleştirilen ölçümler sonrasında elde edilen aktif güç, görünür güç ve güç faktörü değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. LED sürücülere ait elektriksel değerler

Üretici Firma	Sürme Akımı [mA]	Aktif Güç [W]	Görünür Güç [VA]	PF
A	700	27,9	30	0,93
B	700	28,8	30,05	0,96
C	800	30,66	33,3	0,92
D	900	34,52	37,32	0,92
E	900	34,5	36,3	0,95
C1	925	35,4	37,73	0,94
F	1050	40,56	42,19	0,96
C2	1050	40,26	42,3	0,95
G	1100	40,8	41,71	0,98

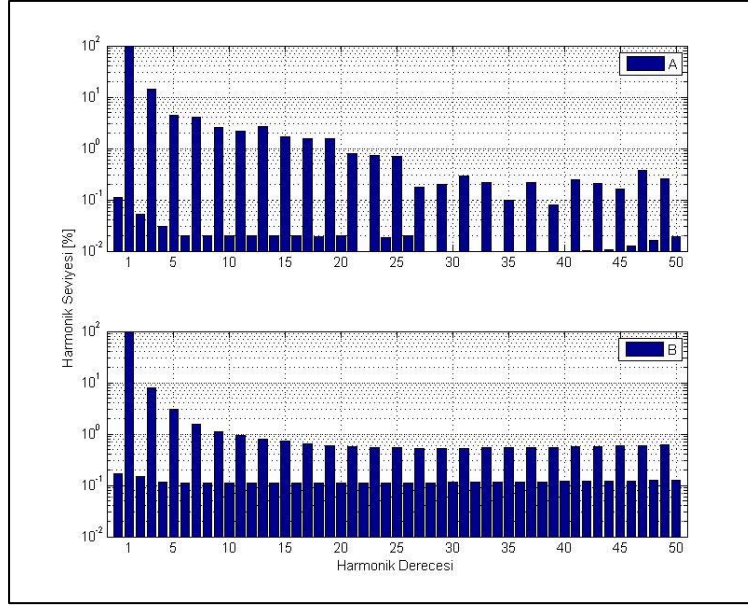
Ölçüm sonuçları incelendiğinde sürme akımı arttıkça aktif güç ve görünür gücün arttığı görülmektedir. A, C ve D üreticilerine ait LED sürücülerin güç faktörlerinin 0,95'in altında kaldığı, diğer sürücülerin ise güç faktörlerinin 0,95'in üzerinde olduğu görülmüştür. Ayrıca 3 farklı sürme akımı sağlayabilen C üreticisine ait sürücüde sürme akımının artışına bağlı olarak güç faktörünün arttığı görülmüştür. En yüksek güç faktörü 1100 mA sürme akımına sahip G firmasında olduğu görülmektedir.

Sinüsoidal besleme gerilimde çekilen akımın toplam harmonik bozulumu (THD₁) Tablo 3'te verilmiştir. Toplam harmonik bozulum IEEE 519-2014 standardında belirtildiği gibi 50. harmonik bileşene kadar dikkate alınıp hesaplanmıştır. Tabloyu incelediğimizde, bir üreticiye ait sürücü dışında diğer tüm sürücülerin THD₁ değerlerinin %10'un üzerinde olduğu ve akım THD₁ değerlerinin %9,11 ile %16,22 arasında değiştiği görülmektedir. En düşük ve en yüksek THD₁ değerleri aynı sürme akımına sahip (700 mA) sırasıyla B ve A üreticilerine ait sürücülerde meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca farklı sürme akımlarına sahip C sürücüsünün toplam harmonik bozulumu sürme akımıyla arttığı görülmektedir.

Tablo 3. LED sürücülere ait akımın toplam harmonik bozulumu

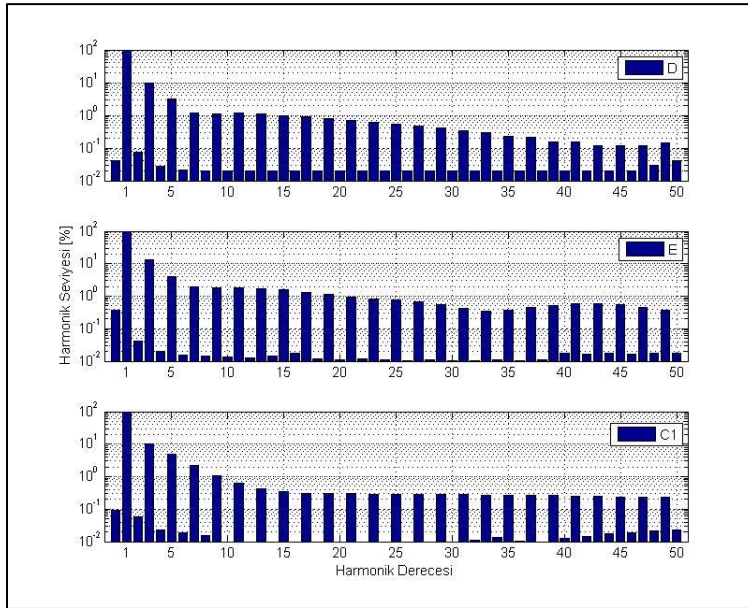
Üretici Firma	THD ₁ [%]
A	16,22
B	9,11
C	10,56
D	10,72
E	14,81
C1	11,66
F	14,93
C2	12,76
G	11,28

LED sürücülerin harmonik bileşenleri temel bileşen değeri üzerinden yüzdesel olarak elde edilerek incelenmiştir. Sürücülerin harmonik bileşenleri daha iyi anlaşılıp karşılaştırılabilmesi için sürme akımları birbirine yakın LED sürücülerin grafikleri bir arada verilmiştir. Sürme akımı 700 mA olan A ve B sürücülerine ait akım harmonik bileşenleri Şekil 2'de verilmiştir. Harmonik bileşenler incelendiğinde her iki sürücüde de 3. ve 5. harmonik bileşenlerin daha baskın olduğu ve A sürücüsünde tek harmonik bileşenlerin etkinliğinin B sürücüsüne göre daha fazla olduğu görülmektedir. Yarım dalga doğrultucu ve yarı kontrollü dönüştürücüler tarafından üretilen asimetrik akım ve gerilim dalga şekilleri çift harmoniklere neden olmaktadır. Şekil 2'yi incelediğimizde, B sürücüsüne ait çift harmoniklerin A sürücüsündekinden daha fazla olduğu görülmektedir.



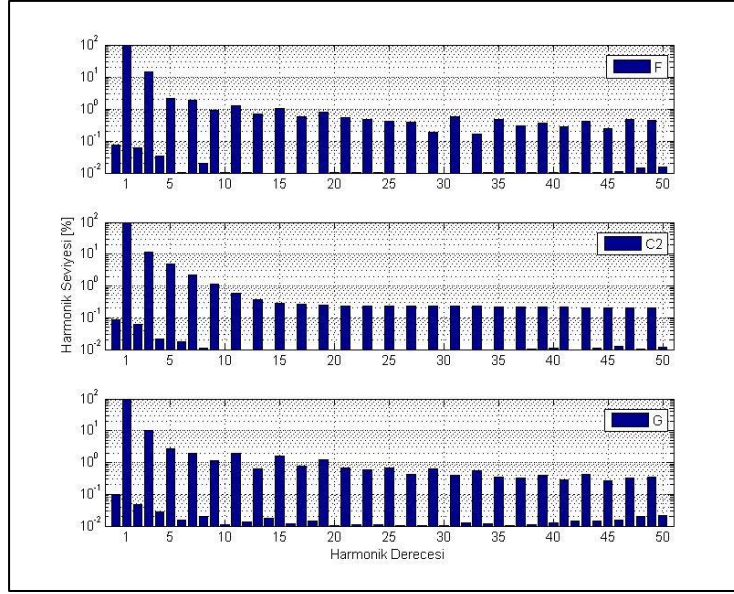
Şekil 2. A ve B sürücülerine ait akım harmonikleri

Sürme akımı 900 mA olan D, E ve sürme akımı 925 mA olan C1 sürücülerine ait akım harmonik bileşenleri Şekil 3'te verilmiştir. Başta 3. harmonik bileşen olmak üzere tüm harmonik bileşenlerin E sürücüsünde diğer sürücülerdekilerden daha baskın olduğu görülmektedir. Fakat çift harmoniklerin etkinliği D sürücüsünde diğer sürücülere göre daha fazla olmaktadır.



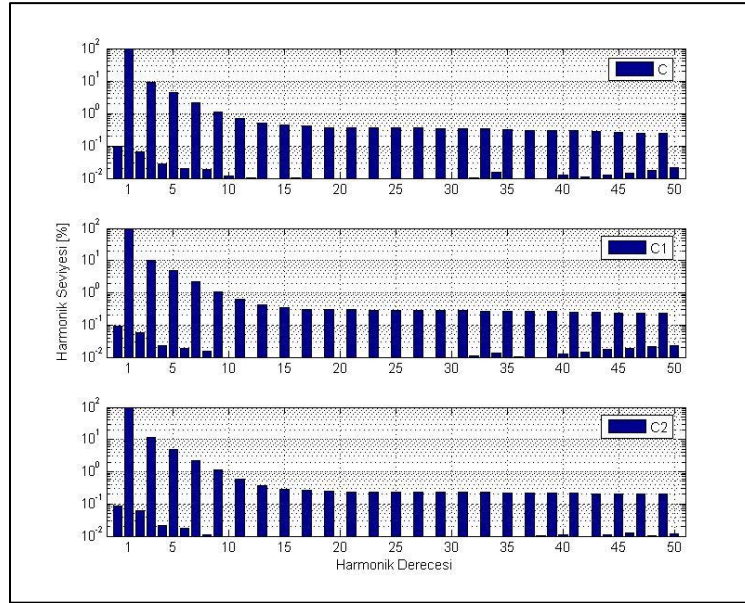
Şekil 3. D, E ve C1 sürücülerine ait akım harmonikleri

Sürme akımı 1050 mA olan F, C2 ve sürme akımı 1100 mA olan G sürücülerine ait akım harmonik bileşenleri Şekil 4'te verilmiştir. Harmonik bileşenleri incelediğimizde, tüm değerlerin F sürücüsünde daha baskın olduğu görülmektedir. Çift harmoniklerin etkinliği özellikle 40. bileşenden sonra G sürücüsünde diğer sürücülere göre daha fazla olmaktadır.



Şekil 4. F, C2 ve G sürücülerine ait akım harmonikleri

Son olarak aynı üreticiye ait ve üzerinde 700 mA, 900 mA ve 1050 mA akım çıkışları bulunan C sürücüsüne ait harmonik bileşen değerleri Şekil 5'te verilmiştir. Sürme akımı arttıkça sadece 3. harmonik bileşen değerinin biraz arttığı diğer tek harmonik bileşenlerinin hemen hemen aynı olduğu, çift harmoniklerin ise azaldığı görülmüştür.



Şekil 5. C sürücüsünün farklı sürme akımlarındaki akım harmonik

4. SONUÇ

LED'lerin artan ışıklı etkinliği, renksel geriverimi ve kolay kontrol edilebilir olma özelliklerinden dolayı günümüzde çokça tercih edilmektedir. LED armatürlerin kullanımına bağlı olarak LED sürücü çeşitliliğinin de arttığı bir gerçektir. Artan bu kullanıma bağlı olarak LED sürücülerinin güç kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, 7 farklı ticari LED sürücü tek bir armatürde kullanılarak sürücülerin güç kalitesi üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca 3 farklı sürme akımına sahip bir sürücünün farklı sürme akımlarında kullanılması durumunda güç kalitesine olan etkileri incelenmiştir.

Ölçüm sonuçları incelendiğinde, aynı sürme akımına sahip farklı üreticilere ait sürücülerde güç faktörünün 0,95'ten büyük ve küçük değerler aldığı görülmüştür. Ayrıca farklı sürme akımına sahip sürücüde sürme akımı arttıkça güç faktörünün arttığı belirlenmiştir. THD₁ değerleri incelendiğinde, bir üretici dışında diğer tüm üreticilere ait sürücülerin THD₁ değerlerinin %10'un üzerinde olduğu ve ayrıca aynı sürme akımına sahip farklı üreticilere ait sürücülerin THD₁ değerlerinde yaklaşık %78 fark olduğu görülmüştür. Harmonik bileşenleri

incelediğimizde, bazı sürücülerde tek harmoniklerin yanında çift harmoniklerin de oldukça baskın olduğu görülmüştür. Bu harmonikler güç sisteminde kayıplara, aşırı akımların nötr hattından akmasına ve sistemin olumsuz etkilenmesine sebep olacaktır. Bu nedenle güç kalitesi düşünüldüğünde LED sürücüler üzerine yapılan bu tarz çalışmalar literatüre önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Radwa M. Abdalaal, Carl Ngai Man Ho, "Characterization of commercial LED lamps for power quality studies", IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC'17), 22-25 Oct., Saskatoon, SK, Canada, 2017
- [2] Himanshu Swami ; Amit Kumar Jain ; Inamul Haq Azad ; Neeraj Meena, "Evaluation of input harmonic characteristics of LED lamps connected to utility grid", IEEMA Engineer Infinite Conference (eTechNxT'18), 13-14 March, New Delhi, India, 2018
- [3] Abdelrahman Ahmed Akila, Kamelia Youssef ,Ibrahim Yassin, "Harmonics Monitoring Survey on LED Lamps", Renewable Energy and Sustainable Development (RESO), Vol. 3, Issue 1, pp. 39-45, March 2017
- [4] S Adhigunarto, E Mulyana, W Surya, "The Analysis of Harmonics on LED Lamps", International Symposium on Materials and Electrical Engineering (ISMEE'17), 16 Nov., Bandung, Indonesia, 2017
- [5] Piyush Verma,, Nitish Patel, Nirmal-Kumar C. Nair, "CFL to LED Transition: An Analysis From Harmonics Perspective", IEEE International Conference on Power System Technology (POWERCON'16), 28 Sept.-1 Oct., Wollongong, NSW, Australia, 2016
- [6] Salvatore Di Mauro, Salvatore Musumeci, Angelo Raciti, Gaetano Vasta, "Analysis of the current harmonics injected into the power grid by dimmable LED lamps", AEIT International Annual Conference (AEIT'16), 5-7 Oct., Capri, Italy, 2016
- [7] Ratnesh Kumar Pandey, S.P.Tondare, "An AC LED Driver with Improved Total Harmonic Distortion and Power Factor", International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol. 7, Issue 5, pp. 1532-1538, 2016
- [8] C. Jettanasen, C. Pothisarn, "Analytical Study of Harmonics Issued from LED Lamp Driver", Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2014, Vol II, Hong Kong, 2014
- [9] Josué Pacheco Chérrez, Brian Loza, L.G. González, "Design And Analysis Of Performance And Power Quality Of A Led Driver", IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC'17), 8-10 Nov., Ixtapa, Mexico, 2017
- [10] Wakileh, G. J., "Power System Harmonics", Springer-Verlag, Berlin, 2001.
- [11] Jos Arrillaga, Neville R Watson, "Power system harmonics", John Wiley & Sons, 2004