

## Gaz Deşarjlı Aydınlatma Armatürleri ile LED Aydınlatma Armatürlerinin Meydana Getirdikleri Harmonikler Açısından Kıyaslanması

### The Comparison of Gas Discharge Lighting Armatures and LED Lighting Armatures in Terms of Harmonics Originating from Them

Tuba BAYRAK<sup>1</sup>, Mehmet Zeki BİLGİN<sup>2</sup>, Bora ALBOYACI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kocaeli Büyükşehir Belediyesi  
Fen İşleri Dairesi Başkanlığı  
[tugbabayrak@kocaeli.bel.tr](mailto:tugbabayrak@kocaeli.bel.tr)

<sup>2,3</sup> Elektrik Mühendisliği Bölümü  
Kocaeli Üniversitesi  
[bilgin@kocaeli.edu.tr](mailto:bilgin@kocaeli.edu.tr), [alboyaci@kocaeli.edu.tr](mailto:alboyaci@kocaeli.edu.tr)

#### Özet

Elektrik tesislerinde gözlenen harmonik aktivite kaynaklarından birisi de aydınlatma armatürleridir. Ana cadde ve sokakların aydınlatılmasında sıklıkla kullanılan sodyum buharlı armatürler ve son yıllarda hızla gelişen LED(Light Emitting Diode)'li armatürler beslendikleri şebeke üzerinde harmonik aktiviteye neden olmaktadır. Bu çalışmada sodyum buharlı aydınlatma armatürü ile aydınlatılması yapılmış ve LED ile aydınlatılması yapılmış iki farklı yol için harmonik ölçümler alınarak harmonik aktivite ve reaktif güç açısından karşılaştırmalar yapılmıştır.

#### Abstract

One of the harmonic activity sources seen in the electricity plants is the lighting armatures. Sodium vapour armatures which are frequently used in the lighting of main streets and avenues and LED (Light Emitting Diode) armatures proliferating recently cause harmonic activity in their source networks. In this study, comparisons in terms of harmonic activity and reactive power are carried out by using harmonic measurements obtained from two different roads which are lighted with sodium vapour lighting armatures and LED armatures.

#### 1. Giriş

İnsanoğlunun yaşamında enerji gereksinimi her zaman var olmuştur. Çok çeşitli enerji türleri içinde bugüne kadar en çok kullanılanı insan yaşamına sağladığı katkılar, kullanım ve üretim avantajları nedeniyle elektrik enerjisidir. Yaşamın önemli bir parçası haline gelen elektrik enerjisine olan talep sürekli artmış ve kişi başına tüketilen enerji miktarı ülkelerin gelişmişlik düzeyinin bir göstergesi olmuştur. Talepteki bu artış daha güvenilir ve daha kaliteli bir enerji kavramını ortaya çıkarmıştır. Bu konu, elektrik mühendisliğinde "Güç Kalitesi" olarak yerini almış ve üzerinde yapılan çalışmalarla

öneminden söz ettirmiştir. Kaliteli bir elektrik enerjisi sağlayabilmek için; enerjinin sürekliliği, gerilim, ve frekansın sabitliği, güç faktörünün bire yakınlığı, faz gerilimlerinin dengeli olması ve gerilimdeki harmonik miktarlarının belirli değerlerde kalması gibi bir takım kriterlerin göz önüne alınması gereklidir. [1].

Üretilen enerjinin belli bir kısmı aydınlatma için kullanılmaktadır. Aydınlatmada kullanılan enerjinin oldukça büyük bir kısmı da yol ve park aydınlatmasında kullanılmaktadır. Park, bahçe ve sokak aydınlatmaları için harcanılan elektrik enerjisi toplam tüketimimizin %2,5 gibi oldukça yüksek paya sahiptir [2].Getirdiği belli avantajlar nedeni ile cadde, sokak ve park aydınlatmasında çoğunlukla Sodyum Buharlı armatürler kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar ve alınan ölçümler göstermiştir ki gaz deşarjlı aydınlatma armatürleri birçok avantajının yanında oldukça harmonik üretmektedirler.

Son yıllarda küresel ısınma ve enerji maliyetlerinin gittikçe artması, kullanılan enerjinin verimli kullanılmasını gereğini doğurmuştur. Bu paralelde enerji verimliliği konusu gündeme gelmiş ve enerjiyi verimli kullanan ürünler için çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar aydınlatma ürünleri içinde yapılmış, enerji tasarruflu birçok aydınlatma ürünü geliştirilmiştir. Bunlardan biride yarıiletken malzemelerden yapılan LED (Light Emitting Diode)'lardır. LED'ler uzun zamandır dekoratif aydınlatma aracı olarak düşük güçlerde üretilip yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda güçlerinin artırılması daha güçlü aydınlatma uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır. Power LED olarak isimlendirilenlerde tek LED'in gücü 3 W civarına ve laboratuvar ortamında etkinlik faktörleri 231 lm/W değerine ulaşmıştır[3]. Tek armatür içine birçok LED yerleştirilerek istenilen güç değerinde armatürler yapılmaya başlanmıştır. Bu sayede artık iç mekan, saha, yol, park ve benzeri uygulamalarda kullanılmaları imkanı hale gelmiştir [4].

Birçok avantajlarının yanı sıra LED armatürlerin de güç kalitesi açısından olumsuz özellikleri vardır. Çünkü LED armatürler, sürücü olarak isimlendirilen, AC/DC ve/veya DC/DC dönüştürücüler ile çalışmaktadırlar. Bu dönüştürücüler yapıları gereği dönüşüm yaparken yüksek harmonikler üretmektedirler.

Bu çalışmada, Kocaeli ili içerisinde, sodyum buharlı aydınlatma armatürü ve LED armatür ile aydınlatılması yapılmış iki ayrı yol için harmonik ölçümler alınmış, güç kalitesi açısından karşılaştırmalar yapılarak birbirlerine göre olumlu ve olumsuz yanları belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. Harmonikler ve Elektrik Tesisleri Üzerindeki Etkileri

Bilindiği gibi elektrik güç sistemlerinde gerilim ve akımın dalga biçiminin sinüs biçiminden sapmasına neden olan harmonik bileşenleri, harmonik kaynağı olarak nitelendirilen ve akım-gerilim karakteristiği lineer olmayan elemanlar tarafından üretilmektedir. Harmonikleri meydana getiren elemanlar arasında; yarıiletken anahtar içeren güç dönüştürücüler, transformatörler, gaz deşarjlı aydınlatma elemanları, kaynak makineleri, ark ocakları ve Yüksek Gerilimli DC (ing. HVDC- High Voltage DC) enerji iletim sistemleri şeklinde sıralanabilir[6].

Şüphesiz enerji sisteminde harmoniklerin etkinliğinin belirlenmesi ve olumsuzluklarının giderilmesi bakımından tüm harmonik üreten elemanların harmonik kaynağı olarak ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir. Sinüsoidal ya da harmoniksiz akım ve gerilimlerin bulunduğu bir elektrik enerji sistemi, sabit genlik ve frekansa sahip gerilim kaynakları tarafından beslenen ve pasif elemanlardan meydana gelen lineer bir sistemdir. Günümüzde güç elektroniği kökenli nonlineer elemanların yaygın bir biçimde kullanımıyla, güç sistemlerine giderek artan bir oranda harmonik akımlar enjekte edilmektedir. Harmonik akımlar, sadece yüklerin dalga şekillerinde bozucu etkilerde bulunmayıp aynı zamanda güç sisteminde ve güç sistemine bağlanan elemanlar üzerinde de olumsuz etkiler meydana getirmektedirler. Teknik ve ekonomik bakımdan pek çok etkisi olan harmoniklerin bu etkilerinin bilinmesi ve işletmelerde analizlerinin yapılması, hem enerji kalitesi açısından hem de işletmenin sürekliliği açısından son derece önemlidir.

### 2.1. Gaz Deşarjlı Aydınlatma Elemanları

Bir tüp içerisindeki gazın boşalması prensibine dayanarak geliştirilen aydınlatma elemanları (civa buharlı lambalar, floresan lambalar, sodyum buharlı lambalar, vb.) nonlineer akım-gerilim karakteristiğine sahip oldukları için harmonik üretirler. Bu tip lambalar iletim esnasında negatif direnç karakteristiği gösterirler. Dış aydınlatmada yaygın olarak kullanılan sodyum buharlı lambaları içeren aydınlatma tesislerinde tek harmoniklerin seviyesi önemli oranda sistemi etkiler. Özellikle üçüncü harmonik ve üçüncü harmoniğin katları mertebesindeki harmonik akım bileşenleri, üç fazlı dört iletkenli aydınlatma devrelerinde nötr iletkeninden geçerek yüklenen iletkenin ısınmasına neden olur. Bu çalışmada sodyum buharlı lambalar için ölçümler yapılarak harmonik seviyeleri belirlenmeye çalışılacaktır.

### 2.2. LED Armatürler

Son yıllarda hızla gelişen LED teknolojisi ile piyasada LED ışık kaynağı kullanılan iç/dış aydınlatma tesisatları gittikçe artmaktadır. Ledler çok hızlı iletme girdiklerinden geçici rejimleri çok kısadır ve devreye girme sırasında herhangi bir harmonik üretecek karakteristikleri yoktur. Işık şiddeti ayarlanmayan bir LED armatürü sabit akımda çalıştırmak esastır. Bu sebeple çalışma sırasında akımdaki değişim de sabittir ve herhangi bir harmonik etki içermez. Ancak ledler DC gerilimler ile çalışmaktadır. Sabit ışık şiddeti üretebilmek için LED akımlarının sabit tutulması gerekmektedir. DC gerilim ise genellikle AC gerilimlerin doğrultulması ile elde edilmektedir. Çoğunlukla AC/DC bir doğrultucu dan sonra DC/DC bir güç dönüştürücüsü üzerinden beslenmektedir. LED sürücü (LED Driver) olarak adlandırılan bu dönüştürücü yapısı ve çalışma mantığı gereği harmonik üretmekte bir anlamda harmonik kaynağı gibi davranmaktadır[7]-[8]. Tek başına küçük güç ve akımlarda olan LED'lerin bir araya getirilmesi ile üretilen LED armatürlerden çok sayıda kullanılarak aydınlatılmış yolların ürettikleri harmoniklerin bağlı buldukları tesislere etkileri büyük olabilmektedir. Bu çalışmada LED ile aydınlatılmış bir yol için ölçümler yapılarak harmonik seviyeleri belirlenmeye çalışılacaktır.

## 3. Yol Aydınlatması Hakkında Genel Bilgiler

Genel aydınlatma adı altında toplanan elektrik tüketimin büyük bölümü yol aydınlatmalarında harcanmaktadır. Park ve bahçe aydınlatmalarında çoğu zaman bilinçsizce tüketilen enerji miktarları da küçümsenmeyecek boyutlardadır. Değeri her geçen yıl hızla artan ve bedeli ödenmediği için tüketici tarifelerine dâhil edilen bu aydınlatma uygulamalarında doğru ve verimli çözümlerle güvenli, konforlu ve az enerji tüketen tesisatlar gerçekleştirilmesi temel amaç olmalıdır.

İyi ve kaliteli bir aydınlatma tesisatından, aydınlatılması amaçlanan alanlara gereksinim duyulan miktarlarda ışık göndermesi beklenilir. Kullanılmayan alanların aydınlatılmasının yada kullanılan alanlarda gereğinden fazla aydınlatma yaratılmasının büyük enerji savurganlığı olacağı açıktır. Günümüzde, yol aydınlatmasında; yüksek basınçlı civa buharlı, metal halojen, alçak basınçlı sodyum buharlı, yüksek basınçlı sodyum buharlı ve LED Lambalar olmak üzere beş tip lamba kullanılmaktadır. Bu lambalara ait karakteristik büyüklükler Çizelge 1' de gösterildiği gibidir[4].

Çizelge 1: Yol Aydınlatmasında Kullanılan Lambaların Özellikleri

Lamba Tipi	Lamba Gücü (W)	Işık Akısı (lm)	Etkinlik Faktörü (lm/W)*	Ekonomik Ömür (h)**	Renksel Geriverim (Ra)
Yüksek basınçlı civa buharlı	125	6200	45	4000	40-60
	250	12700	47		
	400	22000	52		
	110	10400	84		
Ateşleyicisiz yüksek basınçlı sodyum buharlı	220	20000	84	9000	20-40
	350	34000	92		
	70	5800	72		
	100	9200	82		
Elips (fl kaplı) yüksek basınçlı sodyum buharlı	150	14500	87	16000	20-40
	250	27000	98		
	400	48000	112		
	50	4400	72		
Şeffaf tüp balonlu yüksek basınçlı sodyum buharlı	70	6600	80	21000	20-40
	100	10000	87		
	150	17500	104		
	250	33000	120		
Alçak basınçlı sodyum buharlı	400	56500	132	13500	-
	18	1800	72		
	35	4800	92		
	55	8100	117		
Metal Halojen	90	13700	130	6000-9000	70-80
	135	22500	142		
	180	32000	142		
	70	6500	74		
Metal Halojen	150	14000	84	6000-9000	70-80
	250	20500	75		
	400	35000	81		

Çizelge 1'e göre ekonomik ömürleri bakımından şeffaf tüp balonlu yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların kullanılması en iyi seçenek olarak görülmektedir. Tüp veya kompakt fluoressan lambalar sadece park, bahçe, yürüyüş yollarının aydınlatmalarında kullanılmaktadır. Bu lambaların ekonomik ömürleri diğer deşarj lambalarına göre daha kısa ve etkinlik faktörleri de düşüktür.

LED'ler ile sağlanan aydınlatmalar ise tüp veya kompakt fluoressan lambalara göre daha verimli ve uzun ömürlü olmaktadır. Bu tesisatların bakım maliyetleri de daha düşüktür. LED'lerin konvansiyonel ışık kaynaklarına göre yapısal farklılıkları nedeniyle, yeni ve özgün standartların gelişimine ihtiyaç duyulmaktadır. Çoğu zaman üreticilerden alınan teknik bilgiler yanıltıcı olabilmektedir. Bunun esas nedeni de, standartların eksikliği ve/veya yetersizliğidir. Ancak yol aydınlatması için gerekli aydınlatma kriterleri sağlamak istendiğinde LED ışık kaynaklı armatürlerin boyutları büyümektedir. LED teknolojisinde yaşanan gelişmelerle günümüzde bu durum hızla düzelmektedir. Çeşitli sayılarda LEDler içeren yeni armatürler kullanıma sunulmaktadır. Bu olasılıklar gelişmekte olan ülkeler için, takip edilmesi gereken önemli çalışmalarır.

### 3.1. Güç Faktörü Düzeltme (PFC) Gerekliği

Güç faktörü düzeltme (GFD) (ing. PFC- Power Factor Correction), AC şebekeden beslenen devreler için kullanılan bir terimdir. İyi bir güç faktörü sinüzoidal şartlarda akım ile gerilimin aynı fazda olması ile sağlanır. Saf omik yükte güç faktörü 1 olduğu halde, aktif yüklerde özel önlemler alınmazsa 0.5'e yakın güç faktörü ve harmonik bozulmalar ortaya çıkar. Bu da şebekeye bağlı diğer yüklerin güç kalitesini olumsuz etkiler. Çoğu PFC devresinde giriş katında yükseltici (step-up) tipinde dönüştürücü kullanılır. Yüksek frekansta anahtarlama yapan özel bir devre tasarımı yoluyla güç faktörünün 1'e yakın olması sağlanır. AC şebekeden beslenen LED'li aydınlatma uygulamalarında, kaliteli güç tüketimi için güç faktörünün yüksek, toplam harmonik bozulmanın ise düşük olması istenir. Güç faktörü düzeltme özelliğine sahip olmayan sürücüler, EN 61000-3-2/A2 standartlarına uygun özellikte olmadığı için Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılmamaktadır. Bu nedenle yeni nesil LED'li aydınlatma ürünlerinin tasarımında PFC'li LED sürücülerin kullanımı zorunludur.

14-17 Nisan 2011 tarihleri arasında yapılan 7.Uluslararası Aydınlatma Teknolojileri Fuarının sonuç bildirisinde de LED'li aydınlatma sistemlerindeki akım sabitleme ve PFC devrelerinin gerekliliği konusu yüksek sesle dile getirilmiştir. Özellikle Avrupa ülkelerindeki PFC'siz sürücü devrelerinin kullanılmaması ve yakın gelecekte IEC standartları doğrultusunda ülkemizde de aynı uygulamanın başlayacak olması yerli üreticilerin bu duruma hazırlıklı olmasını gerektirmektedir.

## 4. Ölçüm Sonuçları ve Karşılaştırma

Uygulama için LED ve Sodyum Buharlı Aydınlatma Armatürü ile aydınlatılan iki farklı aydınlatma şebekesi seçilmiştir. Sodyum Buharlı Aydınlatma için ölçüm yapılan yer Salim Dervişoğlu Caddesi, LED aydınlatma için ölçüm yapılan yer ise Köseköy-Kartepe Yürüyüş Yolu olarak belirlenmiştir. Ölçümlerde sadece elektriksel büyüklükler ölçüldüğü için

ölçüm zamanının önemi yok sayılabilir. Çalışma kapsamında belirlenen noktalardaki akım-gerilim karakteristiklerinin, dalga şekillerinin, harmonik spektrumlarının elde edilmesi ve aktif güç faktörü gibi diğer elektriksel büyüklüklerinin ölçülmesinde SkyLab 9032 cihazı kullanılmıştır. Ölçü aleti seri haberleşme bağlantısıyla bilgisayara bağlanabilmekte, bütün ölçüm verileri ve ekran görüntüleri cihazın yazılımı aracılığıyla bilgisayara aktarılabilir (Fotoğraf 1).

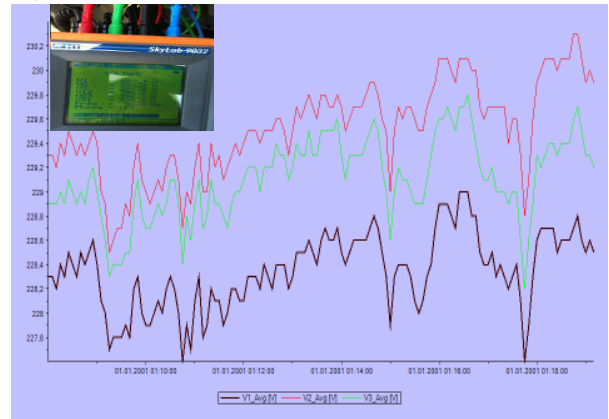


Fotoğraf 1: Ölçüm sistemi

### 4.1. Gaz Deşarjlı Aydınlatma Armatürleri için Ölçümler

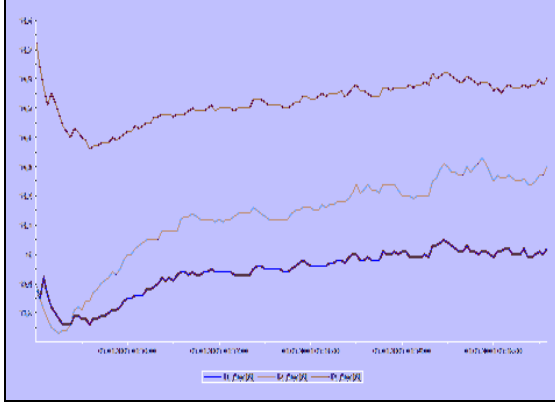
Ölçümler Salim Dervişoğlu Caddesi aydınlatması için yapılmıştır. Cadedeki aydınlatmada direkler alüminyum tipe, 2 yönlü, yüksekliği bir tarafta 12 diğer tarafta 7 metre, direk açıklıkları 40 metre, armatür olarak 250W Sodyum Buharlı ve 150 W Metal Halide aydınlatma armatürü kullanılmıştır. Cadde boyunca toplam 52 adet aydınlatma direği, 52 adet 250W Sodyum Buharlı ve 52 adet 150 W Metal Halide aydınlatma armatürü vardır. Besleme gerilimi 220V, 50 Hz şebeke frekanslı, iletken kesiti 4x16mm<sup>2</sup> NYY dir. Yol aydınlatması yan taraftan yapılmıştır.

Yaklaşık 11 dakika ölçüm alınmıştır. Ölçüm sıklığı 5 saniye olarak seçilmiştir. Yani 12 değer/dakika ile kayıt yapılmış ve grafikler çizdirilmiştir. Cihazın ölçüm sonuçlarını hesaplamak için verileri örnekleme zamanı çok düşüktür. Şekil 1' de besleme barası 3 faz gerilimleri için alınan ölçümler görülmektedir. Gerilim değerleri 226-230 Volt aralığında değiştiğinden yaklaşık sabit olarak kabul edilebilecek değerlerdedir.



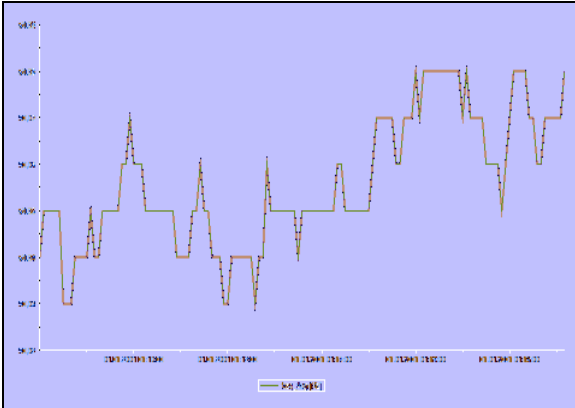
Şekil 1: 3 faz gerilimleri değişimi.

Şekil 1' de gösterilen gerilimler ile eşzamanlı ölçülen faz akımları ise Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2: Salim Dervişoğlu Caddesi için 3 faz akım değişimi

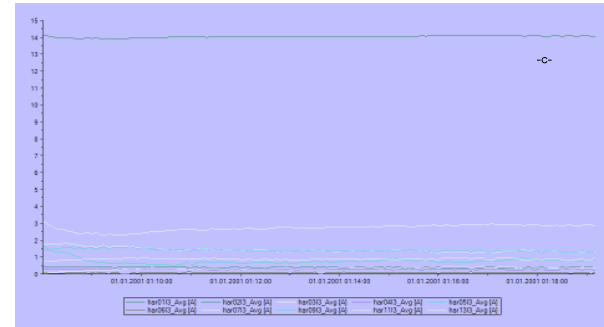
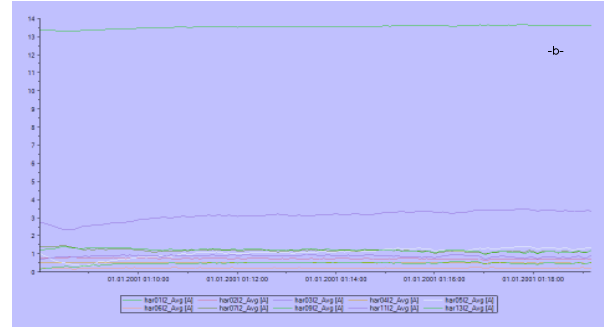
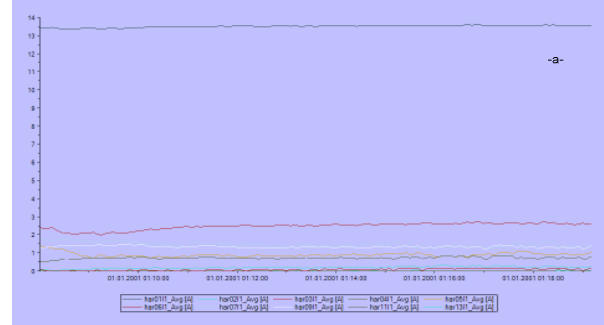
Devreye giriş anındaki geçici rejimi de belirleyebilmek için ölçüm cihazı bağlandıktan sonra armatürler devreye alınmıştır. Bu sebeple Şekil 2'de lambaların devreye girmeleri sırasında akımda belirli bir süre kararsızlık görülmektedir. Şekil 3' te ise herhangi bir faz için besleme frekansındaki değişim verilmiştir. Şekilden frekansın ölçüm süresince 50.03 ile 50.08 Hz aralığında olduğu yani sabit olarak alınabileceği görülmektedir.



Şekil 3: Şebeke frekansı değişimi.

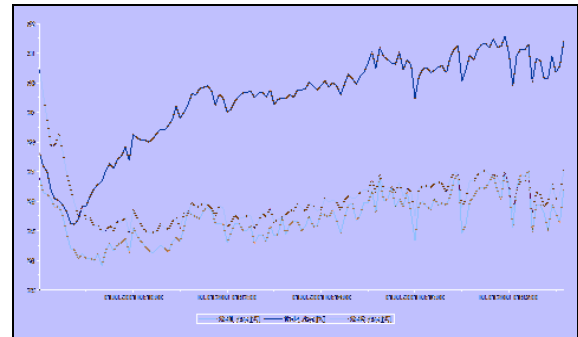
3 faz akımları için harmonik değişimler Şekil 4' de gösterilmiştir. Şekil 4.a,b,c de sırası ile her fazın 1,2,3,4,5,6,7,9,11,13. harmoniklerinin zamana göre değişimi gösterilmiştir.

Harmonik akımlarının da faz akımları gibi geçici rejimde sabit olmadığı bazı harmoniklerin kararlı duruma geçerken azalmasına (5.harmonik gibi) rağmen bazılarının ise önce azalıp sonra tekrar yükseldiği Şekil 4'den görülmektedir. Kararlı duruma ulaşıldığında ise harmonik seviyelerin sabit kaldığı görülmektedir.



Şekil 4: Faz akımları harmonik değerleri.

Harmonik mertebenin en önemli göstergesi olan THB (Toplam Harmonik Bozulma) ise Şekil 5' te gösterilmiştir. Faz akımları ve harmonik akımların değişimlerine paralel olarak THB de geçici rejimde salınım yapıp kararlı durumda yaklaşık sabit değerlere oturmaktadır. 2 faz için THB kararlı durumda yaklaşık %25-26 bandına oturmaktadır. Ancak 3.faz THB si daha yüksek olarak %30-31 bandına oturmaktadır.

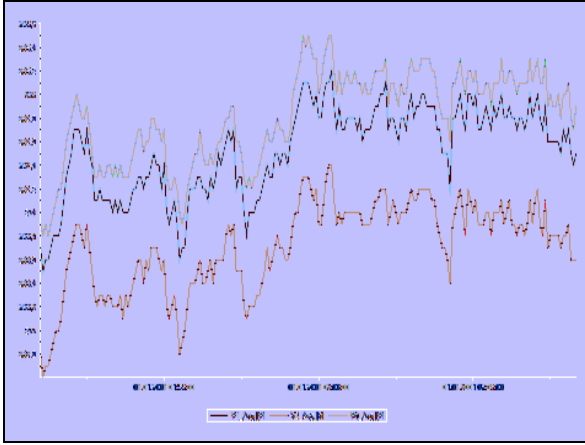


Şekil 5: 3 fazın THB değişimi.

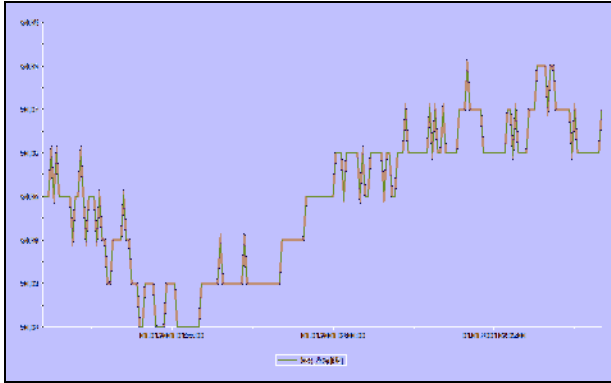
## 4.2 LED Aydınlatma Armatürü için Ölçümler

Ölçümler Köseköy-Kartepe Yürüyüş Yolunun aydınlatması için yapılmıştır. Direkler döküm tipte ve direk açıklıkları 30 metredir. Bisiklet yolunda armatürler 10 metrede, yaya yürüyüş kısmında ise 6 metrede tesis edilmiştir. 10 metredeki armatürler 120W LED, yaya yürüyüş kısmında 6 metredekiler ise 75W LED olarak kullanılmıştır. Besleme gerilimi 50 Hz temel frekanslı, iletken kesiti 4x4mm<sup>2</sup> NYY bakırdır. Yol aydınlatması refüjden yapılmıştır [5].

Şekil 6' ve Şekil 7' de sırasıyla besleme barası 3 faz gerilim ve frekans değerleri için alınan ölçümler görülmektedir. Gerilim değerleri 233-236 Volt aralığında, frekans ise 50.02-50.08 Hz aralığında değiştiğinden yaklaşık sabit olarak kabul edilebilecek değerlerdedir.

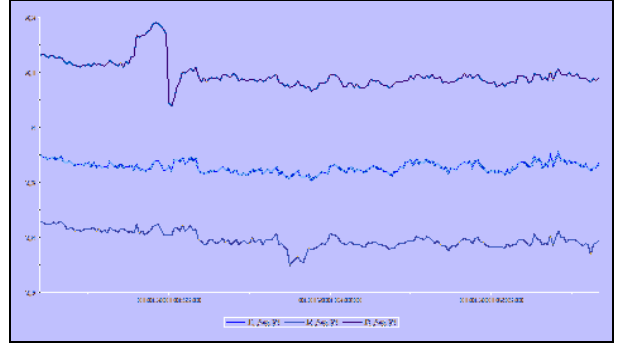


Şekil 6: 3 faz gerilimleri değişimi.



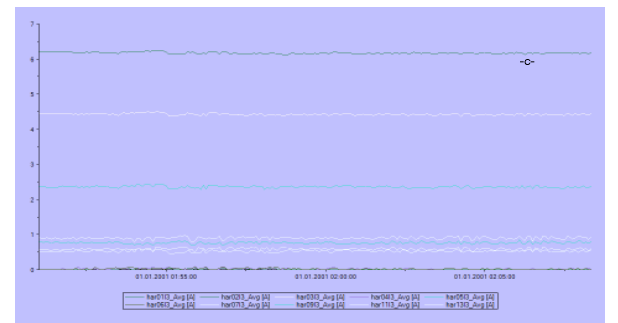
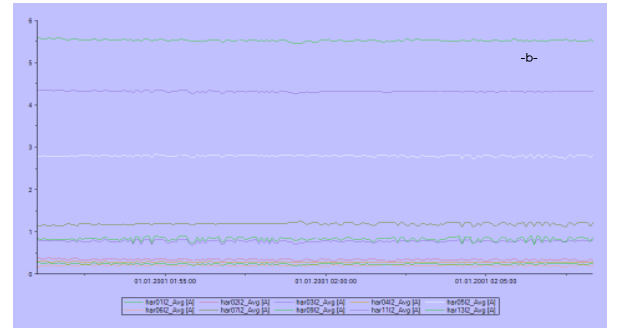
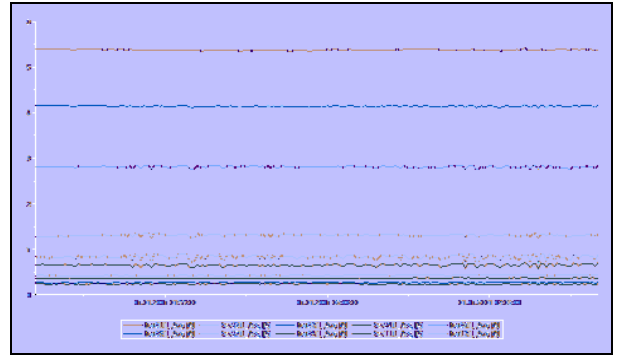
Şekil 7: Şebeke frekansı değişimi.

Şekil 6 ve 7 ile eşzamanlı faz akımları ise Şekil 8'de gösterildiği gibi ölçülmüştür. Akımlar incelendiğinde yaklaşık olarak sabit olduğu ve geçici rejimin neredeyse hiç yaşanmadığı gözlemlenmiştir. Düşük te olsa yaşanan değişimin şebeke gerilimi ve frekansındaki küçük dalgalanmalardan kaynaklanmış olduğu düşünülebilir.



Şekil 8: 3 faz için akım değişimi

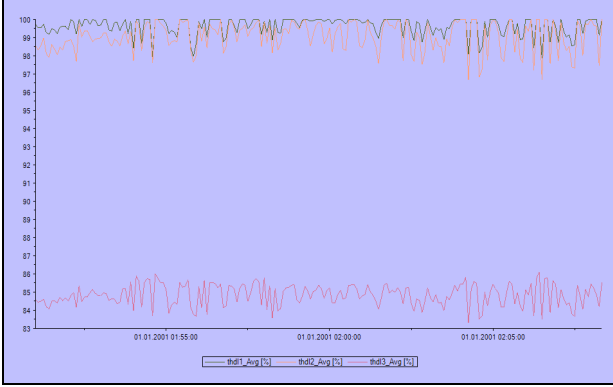
3 faz akımları için harmonik değişimler Şekil 9' da gösterilmiştir. Şekil 9.a,b,c de gaz deşarjlı lambalarda olduğu gibi sırası ile her fazın 1,2,3,4,5,6,7,9,11,13. harmoniklerinin zamana göre değişimi gösterilmiştir.



Şekil 9: Köseköy-Kartepe Yürüyüş Yolunun 1., 2. ve 3. faz akım harmonik değerleri.

LED armatür sistemlerinde harmonik akımlarının da faz akımları gibi geçici rejim yaşamadığı, her an aynı seviyede

harmonikler ürettiği ölçüm sonuçlarından görülmektedir. Harmoniklerdeki küçük dalgalanmalar giriş gerilim ve frekansındaki değişimlere karşın sabit akım için güç dönüştürücüsünün küçük ayarlamaları neticesinde oluştuğu düşünülebilir. Ancak harmonik seviyelerin gaz deşarjlı lambalara oranla daha yüksek seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. LED armatürler için THB (ing.THĐ-Total Harmonic Distortion) ise Şekil 10' daki gibi ölçülmüştür.



Şekil 10: 3 fazın THB değişimi.

Şekil 10 incelendiğinde THB'nin 2 faz için %98-100 aralığında diğer faz için ise %85 civarında olduğu görülmektedir. Bu değerler standartların çok çok üzerindedir. LED'lerin kendilerinin harmonik üretmediği düşünülürse, tüm harmonikler LED sürücüler tarafından üretilmektedir. Bu sebeple çalışmalar harmoniksiz LED sürücü yapmak veya kullanmak üzerine yönlendirilmelidir.

## 5. Sonuçlar

Yapılan ölçüm sonuçlarından görülebileceği gibi LED armatürlerin mevcut kullanımları ile ürettikleri harmonikler çok yüksektir. Esasen gaz deşarj lambalarının olumsuz özellikleri olarak sayılan harmoniklerin LED lambalarda daha da fazla olduğu görülmektedir. Enerji verimliliği ve ömür açısından sunduğu avantajların yanında enerji kalitesi ve harmonikler açısından yeniden değerlendirilerek ürettikleri harmonikleri azaltacak yönde önlemler alınması gereklidir. Harmoniklerin kaynağı olan LED sürücü devreler seçilirken/tasarlanırken verimi yüksek, özellikle harmonik seviyeleri düşük olan veya filtreli sürücü devreler kullanılması gereği ortaya çıkmaktadır.

LED armatürler aynı zamanda kapasitif güç çekmektedir. Bu sebeple sürücülerin güç faktörü düzeltme özelliği de olmalıdır. Güç faktörü düzeltme özelliğine sahip olmayan sürücüler, standartlara uygun özellikte olmadığı için Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılmamaktadır. Bu nedenle yeni nesil LED'li aydınlatma ürünlerinin tasarımında aynı zamanda PFC'li sürücülerin kullanımı gereklidir.

Özellikle Avrupa ülkelerindeki PFC'siz sürücü devrelerinin kullanılmaması ve yakın gelecekte IEC standartları doğrultusunda ülkemizde de aynı uygulamanın başlayabileceği olması yerli üreticilerin bu duruma hazırlıklı olmasını gerektirmektedir.

LED ışık kaynaklı armatürlerin, konvansiyonel sistemlerin yerini alabilmeleri için, uygun standartlarla desteklenmeleri; fotometrik, mekanik ve elektriksel yeterlilikleri sağlamaları gerekmektedir. Bu amaçla sonraki çalışmalarda konvansiyonel aydınlatma ile LED aydınlatma sistemlerinin aydınlatma parametrelerine göre karşılaştırılması yapılabilir.

## 6. Kaynaklar

- [1] [www.euias.gov.tr](http://www.euias.gov.tr)
- [2] TEDAŞ 2009 Elektrik İstatistik Bilgiler,
- [3] [www.cree.com/press/press\\_](http://www.cree.com/press/press_)
- [4] Yeğin, E.M., Bilgin, M.Z. "Kocaeli Bölgesi Sokak Aydınlatmalarında LED Armatür Kullanımının Enerji Verimliliği ve Maliyetine Etkisi", II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi, 24-27 Kasım 2011, İzmir.
- [5] Kocaeli Park ve Bahçeler Müdürlüğü.
- [6] Kocatepe, C., Uzunoğlu, M., Yumurtacı, R. "Elektrik Tesislerinde Harmonikler, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2003.
- [7] Uddin, S., Shareef, H., Mohamed, A., Hannan, M.A., "An analysis of harmonics from LED lamps", pp 837-840, APEMC'12, Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility, Singapore, 2012.
- [8] Uddin, S., Shareef, H., Mohamed, A., Hannan, M.A., "An analysis of harmonics from dimmable LED lamps", "Power Engineering and Optimization Conference (PEDCO' 12), pp 182-186, Malaysia, 2012.