

ŞEBEKE GERİLİMİ İLE ÇALIŞAN LED MODÜLLERİN TEKNİK ANALİZİ

Mesut ÇINAR

Elektrik-Elektronik Mühendisi
EMO Ankara Şubesi
mesut.cinar@emo.org.tr

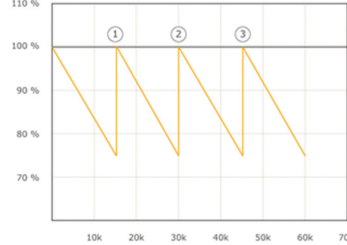
Özet

Bu yazıda geleneksel aydınlatma armatürlerinin yerini alan LED'li armatürlerde AC/DC çevirici olmadan tasarlanmış uygulamalar hakkında bilgi verilecektir. Bildiğimiz gibi LED modüller doğru akımla çalışmakta olup ışık kaynağının tipine ve gücüne göre özel sürücüler gerektirmektedir. Bu sürücüler ışık kaynağının tipine göre sabit akım veya sabit voltaj olabilmektedir. Doğrudan şebeke voltajı uygulanan bu modüllerde ise daha düşük maliyetli, standart sürücülere göre çok küçük boyutlarda, elektrolitik kapasitör kullanılmadığı için uzun ömürlü ve düşük toplam harmonik bozulma (low THD) ve yüksek güç faktörü (high PF) sağlayabilen özel entegreler kullanılmaktadır. Diğer sürücülere göre önemli avantajlar sağlaması, ilave sürücüye gerek duyulmaması ve daha küçük ve ılık tasarımlar yapılabilmesi nedeniyle uygulamada tercih edilir olması düşünülmektedir.

Giriş

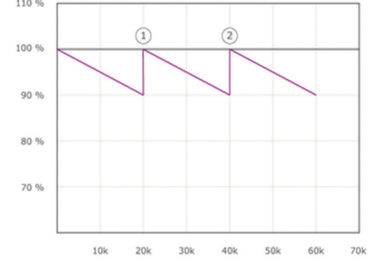
Günümüzde artık LED'li armatürler 250W ve 400W yüksek basınçlı armatürler haricinde geleneksel armatürleri rahatlıkla değiştirir olmuştur. Artık LED'li armatürlerde beş yıl garanti standart hale gelmeye başlamış ve dünyada on yıl garanti ciddi manada sorgulanmaya başlarken önde gelen birkaç üretici on yıl garantili armatürler bile satmaya başladığını duyurmuştur. LED'li armatürlerin teknik olarak bir armatürün yerine geçmesinden ziyade mali açıdan da avantajlar sağlaması ve özellikle çevreci olması ve zararlı maddeler içermemesi son derece önemlidir. Son yıllarda yapılan çoğu LED değişim projelerinde; LED'li armatürlerin sağladığı avantajlar ve düşük güç tüketimleriyle yatırım geri dönüş süreleri garanti sürelerinin neredeyse yarısından daha az zamanı kapsamakta ve tercih edilir olmaktadır. Bugünkü durumda doğru tasarlanmış bir LED armatürün ekonomik ömrü T8 flöresanli armatüre göre 3 kat, T5 flöresanli armatüre göre 2 kat, kompakt flöresanli armatüre göre 5 kat, metal halide ışık kaynaklı armatüre göre 4 kat daha uzun ömürlüdür.

Fluorescent (T8)



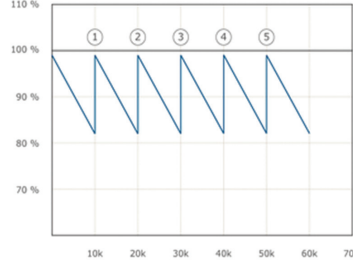
LLMF=0,75

Fluorescent (T5)



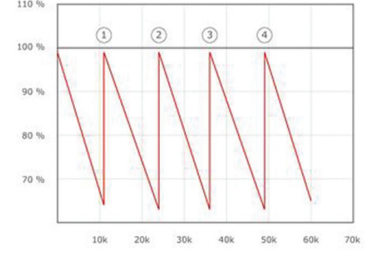
LLMF=0,90

Compact fluorescent



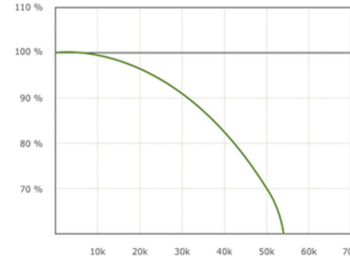
LLMF=0,83

Metal halide



LLMF=0,66

LED module L70 50.000h



LLMF=0,7

Bu avantajlara rağmen henüz aydınlatma sektöründe üretilen ürünlerin neredeyse %85'inden fazlası geleneksel aydınlatma kaynaklarından oluşmaktadır. LED'li armatürler yatırım geri dönüş sürelerinin iki yıldan daha az çıkması nedeniyle özellikle yeni yapılan ofis, iş merkezi, hastane gibi projelerde tercih edilmektedir. Buna rağmen inşaat sektöründe daha ekonomik yapı maliyetlerinin oluşturulması ve kâr

marjlarının daha yüksek olmasının sağlanması için kompakt flöresanlı, halojen spotlu armatürlerin çok ucuz olması nedeniyle tercih edildiği görülmektedir. Aslında LED'li armatürlere nazaran yüksek güç tüketmesi, çoğunun düşük güç faktörlü olması ve yüksek toplam harmonik bozulma sağlaması, LED'li armatürlere nispeten daha az çevreci olmasına rağmen sadece başlangıç yatırımının düşük olmasının sağlanması için işletme ve bakım maliyetleri düşünülmeden tercih edilmektedir.

Bu gibi yapılarda LED'li armatür tercih edildiği durumlarda ise başlangıç yatırımının geleneksel sistemlere benzer maliyetlerde tamamlanması için ucuz ürünler arandığından kaliteden uzak, avantajdan daha çok dezavantajlı durumlar çıkaran ve düşük güç faktörlü ve kısa ömürlü armatürler tercih edilmektedir. Geleneksel armatürleri üreten üretici tarafında ise; şirketlerin var olan armatür kasasını veya kalıbını değiştirmek istememesi, LED sürücüyü özel kutu yapmak istememesi ve LED'li ürünlerin nispeten daha maliyetli olması nedeniyle geleneksel ışık kaynaklı ürünleri üretmeye ya da kaliteden uzak LED ışık kaynakları kullanmaya devam etmektedirler. Ayrıca geleneksel üreticilerin çoğu standart ışık kaynaklarının yerine doğrudan geçecek çözümler (retrofit) aramakta ve geçiş sağlamakta güçlük çekmektedirler.

Özellikle bu tip uygulamalarda yüksek güç tüketimi sağlayan armatürler yerine kendinden sürücülü LED modüller sağladığı önemli avantajlara ilaveten rahatlıkla geleneksel ışık kaynaklarını değiştirebilmesi, etkinlik faktörlerinin yüksek olması ve doğrudan şehir şebekesine bağlanması ve geleneksel ürünlere nispeten birkaç kat daha uzun ömürlü olması nedeniyle önemli bir potansiyel olacağı açıktır.

Bu çalışmada LED'li armatürlerde önemli bir eleman ve maliyet kalemi olan AC/DC sürücülerin yerine geçecek Lineer çalışma prensibine sahip şebeke gerilimini izleyerek yüksek güç faktörü ve verimlilik sağlayan, standart AC/DC sürücülere göre mali açıdan önemli avantajlar sağlayan uzun ömürlü, doğrudan şebeke voltajı ile çalışan modüllerin tasarlanabilmesi için kullanılan entegreler hakkında özet bilgi verilip bu entegrelerle oluşturulmuş LED modüller ve karşılaması gereken standartlar hakkında detaylı bilgi verilecektir.

1.ŞEBEKE GERİLİMİ İLE UYGULANAN MODÜLLERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Doğrudan şebeke gerilimiyle çalışan LED modüllerde

özel entegreler kullanılmaktadır. Bu entegreleri üreten şirketlerden önde gelenleri Exclara, Siliconworks, Seoul Semiconductor, Magna chip olarak sıralayabiliriz. Devre şeması standart AC/DC sürücülere göre oldukça basittir. Örnek bir devre şeması aşağıda görülmektedir. Şemadan hareketle devrenin karmaşık olmadığı ve komponent sayısından hareketle maliyetinin de az olduğu tahmin edilebilmektedir.

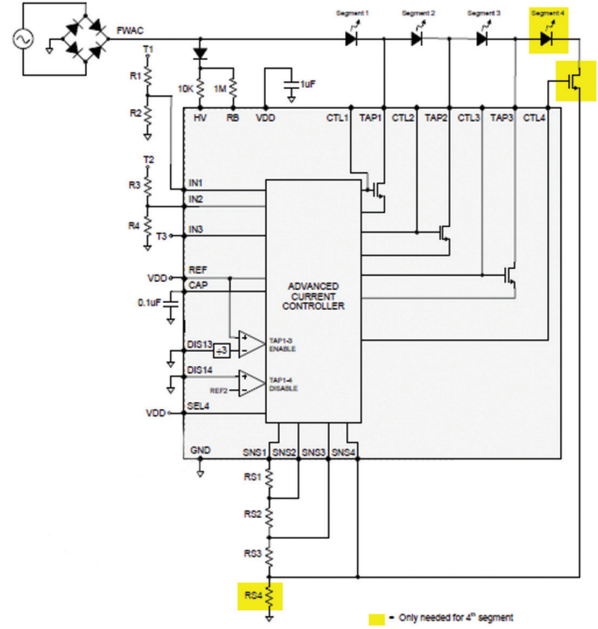
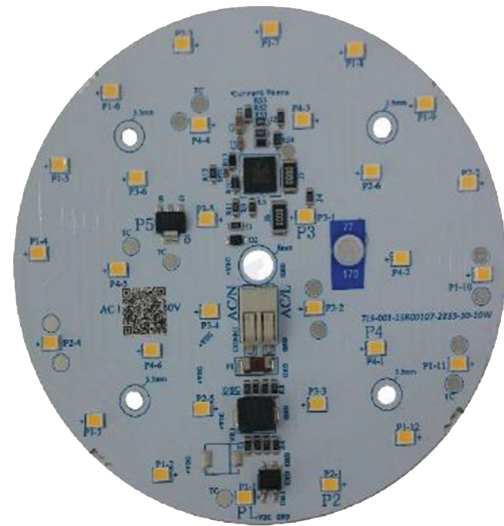


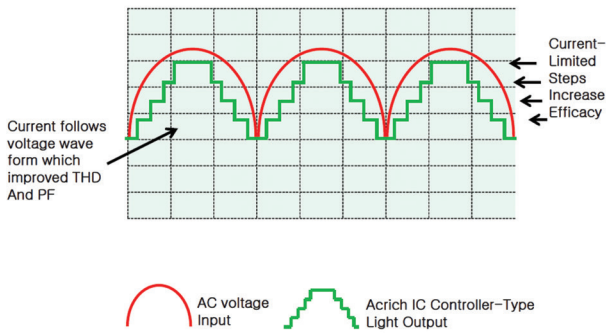
Figure 2 - Advanced Current Controller External Connections

Şekil 1- Örnek Devre Şeması



Şekil 2- AC LED Modül

Devrenin kalbini oluşturan entegre; giriş akımından hareketle, giriş akım dalga şeklini voltaj akım dalga şekline benzeterek, giriş sinyalinin sinüs sinyalinden uzaklaşmamasını sağlar. Bu düzeltme daha iyi bir THD değeri ve yüksek PF imkanı sağlar. Ayrıca giriş gerilimine göre çıkış akımı sürekli kontrol edilerek elektriksel verim kontrol edilir. Devrenin çıkışına bağlı LED'ler darbe genişlik modülasyonu (PWM) ile sürülerek devredeki ısı azaltılmış ve dolayısıyla uzun ömürlü bir tasarım geliştirilmiş olur. Devrede herhangi bir trafo veya bobin olmadığından trafo ve anahtarlama kayıpları da yoktur. Ayrıca herhangi bir elektrolitik kapasitör kullanılmadığından standart sürücülere göre uzun ömürlü tasarımlar (50.000 saat) mümkün olmaktadır.



Şekil 3- Voltaj ve Akım giriş dalga şekli

2. ŞEBEKE GERİLİMİ UYGULANAN LED MODÜLLERİN KARŞILAMASI GEREKEN STANDARTLAR

Genel aydınlatma için kullanılan LED'li modüllerin karşılaması gereken bazı özel standartlar vardır. Elektriksel güvenlik için hazırlanan bu standartlar; modüllerin çalışma gerilimine, sürücü ile birlikte veya sürücüsüz çalışmasına göre değişiklik göstermektedir. Uluslararası Elektrik Komisyonu tarafından (IEC) belirlenen bu standart 2008'de revize edilerek bugünkü halini almıştır.

Table 5. EMI Standard

Standard	EMI	Frequency
EN55015 / CISPR15	Conducted Emission	9kHz ~ 30MHz
	Radiated Emission	30MHz ~ 300MHz

Annex B (informative)

Overview of systems composed of LED modules and control gear

The diagram illustrates the overview of systems composed of LED modules and control gear, showing three main configurations:

- Self-ballasted LED lamp:** Supply voltage is connected to a lampholder, which contains the gear and LED module as a single unit.
- Self-ballasted LED module:** Supply voltage is connected to a gear and LEDs (IEC 62031) within a single module.
- Electronic control gear for LED modules:** Supply voltage is connected to a gear without LEDs (IEC 61347-2-13 / IEC 62384). This gear can be built-in, integral, or independent. It connects to a connection system, which then connects to LED modules (IEC 62031). The connection system can be built-in, integral, or independent, and the LED modules can also be built-in, integral, or independent.

Figure B.1 – Overview of systems composed of LED modules and control gear

Şekil 4-LED Modül ve sürücünden oluşan bir sistem ve karşıla-
ması gereken standartlar

2.1 Elektriksel güvenlik Standardı (IEC 62031-2008)

Bu standarda göre test edilecek şebeke gerilimi ile çalışan modüller kendinden balastlı-sürücülü modüller (built in-self ballasted LED module) olarak tanımlanmış olup IEC 60598-1.2003'e göre test edilmeli ve bu testleri karşılamalıdır.

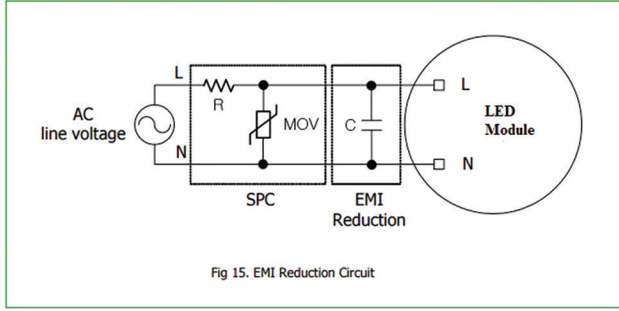
2.2 Elektrikli aydınlatma ve benzer cihazların radyo bozulma karakteristiklerinin sınır değerleri (EN 55015)

Kendinden sürücülü doğrudan şehir şebekesi ile çalışan modüller EN55015 test standardına göre teste tabi tutulmalı ve ışıyan ve iletilen radyo frekans bozulmaları standartta belirlenen sınırları geçmemelidir.

EN 55015 test standartına göre iletilen ve ışıyan frekans bozulma aralıkları aşağıdaki gibi olmalıdır.

Şekil 5- EN 55015 iletilen ve ısıyan frekans bozulma aralıkları

Bu modüllere eğer istenirse elektromanyetik enterferans (EMI) azaltılabilir. Tasarımın başında eklenecek EMI azaltma kapasitörü ile bu problem halledilebilmektedir. Ancak kapasitör kullanımı PF ve THD değerlerinde düşüşe sebep olabilmektedir.



Şekil 6- Örnek EMI azaltma Devresi

2.3 Ani yükselmelere karşı bağımlılık deneyi (EN 61000-4-5)

Doğrudan şebeke gerilimleri ile çalışan LED modüllerin anlık yüksek voltaj girişlerine karşı koruma devreleri olması gerekmektedir. Bu standartta göre uygulanacak ani/anlık (surge) gerilimleri belirlenmiştir. Şebekede ani yükselmeler olabileceğinden LED Modüllerin bozulmaması için minimum 1KV anlık gerilime tabii tutulması ve bu testten bozulmadan çıkması beklenmektedir.

Table 1. Classes and voltage levels

Class	Environment	Voltage level
0	Well protected environment, often in a special room	25 V
1	Partially protected environment	500 V
2	Electrical environment where the cables are well separated, even at short runs	1 kV
3	Electrical environment where power and signal cables run in parallel	2 kV
4	Electrical environment where the interconnections include outdoor cables along with the power cable, and cables are used for both electronics and electric circuits	4 kV
5	Electrical environment for electronic equipment connected to telecommunication cables and overhead power lines in a non-densely populated area	Test level 4

Starting at a 500 V surge, it is generally required to protect the equipment with a specific device.

Şekil 7- EN 61000-4-5 surge voltaj sınıflandırması

2.4 Harmonik akım emisyonları için sınır değerler (EN 61000-3-2)

Faz başına giriş akımı 16A geçmeyen elektrikli cihazlar bu standartta tabii olmaktadır. Bu standart dört farklı tipte cihazı tanımlamakta iken aydınlatma armatürleri Class C olarak tanımlanmaktadır.

Bu standartta göre toplam akım harmonik bozulmalarının sınır değerleri aşağıdaki tabloda

gösterilmiştir. Doğrudan şebeke gerilimi ile çalışan LED modüller bu tablodaki değerleri karşılamak zorundadır.

Table 2 – Limits for Class C equipment

Harmonic order n	Maximum permissible harmonic current expressed as a percentage of the input current at the fundamental frequency %
2	2
3	$30 \cdot \lambda^*$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$ (odd harmonics only)	3

* λ is the circuit power factor

Şekil 8- EN 61000-3-2 Harmonik bozulma limitleri

2.5 Lambaların ve lamba sistemlerinin fotobiyolojik güvenliği (EN 62471)

Aydınlatma armatürlerinde kullanılan LED ve LED modüllerin fotobiyolojik güvenliği test edilmeli ve uluslararası kabul görmüş sınır değerler içerisinde kalmalıdır. Bu standart kapsamında dalga boyu 200nm ile 3000nm arasında radyasyon yayan komponentler bu standarda tabii tutulmalıdır. Göz ve derinin zarar görmemesi için ışık kaynakları aşağıdaki tabloda görüldüğü üzere dört farklı sınıfa ayrılmıştır. LED modüllerde kullanılan LED'lerin bu sınıflamalardan hangisine girdiği tespit edilmeli veya test sonucu istenmelidir.

Risk Group	Philosophical Basis
Exempt	No photobiological hazard
Group 1 (Low-Risk)	No photobiological hazard under normal behavioral limitations
Group 2 (Moderate-Risk)	Does not pose a hazard due to aversion response to bright light or thermal discomfort
Group 3 (High-Risk)	Hazardous even for momentary exposure

Şekil 9- Fotobiyolojik risk sınıflandırması

Bu verilere rağmen özellikle genel aydınlatmada kullanılan düşük güçlü LED'ler bu testten muaf tutulmaktadır. Buna rağmen özellikle fabrika aydınlatmalarında kullanılan ve sokak aydınlatmada kullanılan yüksek güçlü LED'ler ise orta derecede riskli olduğu görülmektedir.

Aşağıda önde gelen LED üreticilerinden Japon Nichia firmasına ait olan NFSL757D kodlu LED'in EXEMPT yani muaf tutulduğunu göstermektedir.

CLASSIFICATION

Part Description: WARM WHITE LED
 Part Number: NFSL757D-V1
 Risk Group: Exempt Group (for general lighting service (GLS) lamps)
 Exempt Group (for all other light sources)
 [I_F = 180 mA DC, Absolute Maximum Ratings]

CLASSIFICATION

Part Description: WHITE LED
 Part Number: NVSW219B-V1
 Risk Group: Risk Group 2 (for general lighting service (GLS) lamps)
 Risk Group 2 (for all other light sources)
 [I_F = 1500 mA DC, Absolute Maximum Ratings]

3. ŞEBEKE GERİLİMİ UYGULANAN LED MODÜLLERİN SAĞLADIĞI AVANTAJ VE DEZAVANTAJLAR

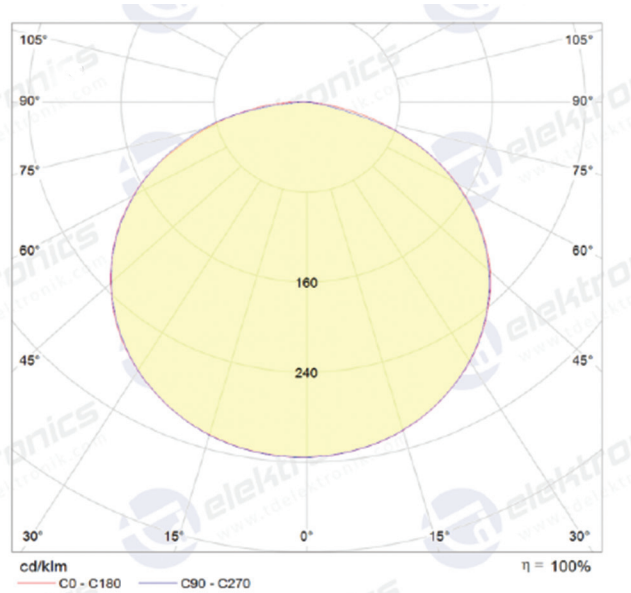
Doğrudan şebeke gerilimi ile çalışan LED Modüllerin sağladığı avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
LED sürücü gerektirmez.	Standart LED modüllere göre çarpılma riski vardır, özel koruma elemanı gerektirir.
Doğrudan şehir şebekesine bağlanabilir.	Şebeke dalgalanmalarından doğrudan etkilenmektedir.
Ekonomik ve hızlı çözüm sağlarlar.	Tasarımda kullanılacak komponent sayısı az görüne de tasarımı zor ve zahmetlidir
Tavan ve duvar armatürleri için ideal çözüm sunarlar.	Yüzdesel flicker standart sürücülü devrelere göre çok düşüktür.
Daha ince ve hafif armatür tasarımlarına imkân sağlarlar.	Standart sürücülü LED modüllere göre etkinlik faktörleri düşüktür.
Yüksek etkinlik faktörü > 100 lm/W.	
Uzun ömürlü tasarım 50.000h *.	
Yüksek güç faktörü PF > 0.97.	
Çok düşük toplam harmonik bozulma (< %15).	
EN55015 uyumlu.	
Yüksek gerilim (Surge) dayanımı L-N : 2KV (EN 61000-4-5 Class 3).	
ROHS ve CE uyumlu.	
Şebeke geriliminden bağımsız sabit güç modu.	
Entegre devre kontrollü sabit güç, yüksek PF imkânı, düşük THD imkânı.	
Vidasız, güvenilir ve hızlı elektriksel bağlantı.	

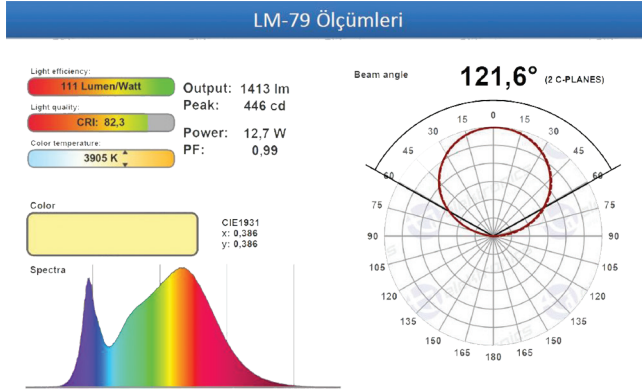
4. ŞEBEKE GERİLİMİ UYGULANAN LED MODÜLLERE UYGULANAN TESTLER VE SONUÇLARI

Aşağıda şebeke gerilimi ile çalışan modüle ait teknik veriler ve ölçüm sonuçları yer almaktadır. Bu sonuçlardan hareketle yeni nesil LED'lerle birlikte rahatlıkla 100 lm/W modüller tasarlanabilmektedir. Ayrıca Lineer sürücü diye tabir edilen bu entegrelerle yüksek güç faktörü ve düşük THD elde edilirken EN 55015 standartına uyum sağlamaktadır.

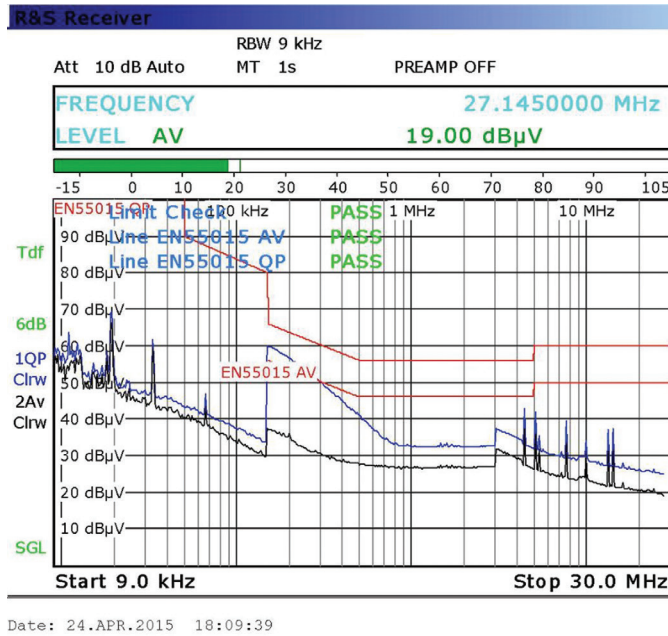
TEKNİK ÖZELLİKLER	
Çalışma Voltajı	200-240 V AC
Giriş Voltajı	198-260 V AC
Frekans	47-63 HZ
PF	>0.97
THD	<%15
Ortam Sıcaklığı	(-20)~(+50)C, 20~90 %RH
Max Tc Sıcaklığı	
IP Koruma	
Ölçü	



Şekil 10- Örnek bir AC modülün teknik özellikleri ve ışık dağılım eğrisi



Şekil 11- Örnek bir AC LED modülün LM79 ölçüm sonucu



Şekil 12- AC LED modülün EN55015 test sonucu

5. SONUÇ

Günümüzde LED'li armatürlerin pazar payının halen %15'ten fazla olmadığı düşünülürse; LED'li armatürlerin ilk yatırım maliyetinin nispeten geleneksel armatürlere göre yüksek olması nedeniyle özellikle yapı sektöründe kullanılan düşük güçlü geleneksel armatürlerin yerine LED'li armatürlerin yeni projeler haricinde pek tercih edilmediği görülmektedir. Geleneksel armatürlerin ucuz olması nedeniyle yüksek güç tükettikleri, çevreci olmamaları, zararlı maddeler içermesi, düşük güç faktörlü olmaları bilinse bile halen kullanılmaya

devam edilmektedir. Geleneksel ışık kaynaklı armatürlerin yerini rahatlıkla alabilecek şebeke gerilimi ile çalışan bu modüller geleneksel ürünlere göre daha az enerji tüketmekle birlikte, yüksek güç faktörü ve düşük toplam harmonik bozulma (low THD) sağlayabilmektedir. Bu modüllerde trafo ve anahtarlama kayıplarının olmaması ve elektrolitik kapasitör bulunmaması da uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Harici bir sürücü gerektirmediğinden, sürücüye özel ilave bir alan veya kutu gereksinimi olmamakta ve daha küçük boyutlu armatür tasarımına izin verebilmekte veya geleneksel armatürler için hazırlanmış kasalarda doğrudan kullanılabildiklerinden daha ekonomik çözümler sağlamaktadırlar. Bu önemli avantajları sayesinde harici sürücülü LED modüllere göre daha ekonomik olması nedeniyle doğrudan şebeke gerilimi ile çalışan modüllere talep önümüzdeki günlerde artacaktır.

KAYNAKLAR

- <http://www.exclara.com>
- <http://www.siliconworks.co.kr>
- <http://www.seoulsemicon.com/>
- <http://www.magnachip.com/>
- Elektriksel güvenlik Standardı (IEC 62031-2008)
- Elektrikli aydınlatma ve benzer cihazların radyo bozulma karakteristiklerinin sınır değerleri (EN 55015)
- Ani yükselmelere karşı bağımlılık deneyi (EN 61000-4-5)
- Harmonik akım emisyonları için sınır değerler (EN 61000-3-2)
- Lambaların ve lamba sistemlerinin fotobiyolojik güvenliği (EN 62471)
- <http://www.nichia.co.jp/en/product/led.html>
- IES LM 79-08 Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products
- IES LM 80-08 Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources
- www.tdelektronik.com
- <http://glamox.com/>