

# KENT AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE ELEKTRONİK BİLEŞEN KULLANIMININ ÖNEMİ

Serhat ÖZENÇ<sup>1</sup>

serhato@cemdaglighting.com

Önder GÜLER<sup>2</sup>

onder.guler@itu.edu.tr

<sup>1</sup>Cemdağ Aydınlatma A.Ş. 10007. Sokak No:4 A.O.S.B, Çiğli, İzmir

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Ayazağa Yerleşkesi, 34469, Maslak, İstanbul

## ÖZET

*Bu çalışmada özellikle kent aydınlatmasında kullanılan yüksek basınçlı deşarj (HID) lambalarda elektronik bileşenlerin kullanılmasının önemi üzerinde durulmuştur. HID lambalar için kullanılan elektronik bileşenlerin teknik avantajları açıklanmış, bakım ve potansiyel loşlaştırmanın önemi ele alınan basit örneklerle açıklanarak, gerçek zamanlı kontrol ile bakımın üstünlükleri değerlendirilmiştir.*

## 1. GİRİŞ

Aydınlatma elektroniğinin sunduğu gelişmiş özellikler sayesinde deşarj lambalarının kullanım fonksiyonları ve teknik özellikleri çok daha ileri boyutlara taşınmakta ve sistem verimlilikleri ciddi oranda artış göstermektedir. Bununla birlikte son 10 yıl içerisinde elektronik bileşen maliyetlerindeki ciddi düşüş bu sistemlerin giderek yaygınlaşmasına zemin hazırlamıştır. Aydınlatma elektroniğinin bu hızlı gelişimi doğrultusunda ışık kaynaklarını kontrol eden devre elemanları basit bir durultucu devresinden çok daha ötede, gelişmiş bir kontrol sistemi haline dönüşmüştür. Bu süreçte özellikle floresan lamba grubuna yönelik elektronik sistemlerdeki gelişim bu ışık kaynaklarının pazardaki yerini çok daha etkili bir noktaya taşımıştır.

Günümüzde aydınlatma elektroniğinin floresan grubundaki hızlı gelişimine ve artan kullanım oranına karşın özellikle dış aydınlatma sistemlerine yönelik yüksek basınçlı deşarj (HID) lamba sistemlerinde çok daha sınırlı bir gelişim yaşanmaktadır. Mevcut kent aydınlatma sistemlerinde elektronik bileşen kullanımı dikkate alınmayacak kadar düşük orandadır.

İç aydınlatma sistemlerine yönelik HID çözümlerde ise durum daha iyimser bir hal almaktadır. İç aydınlatma projelerinde kullanımı yaygınlaşan seramik deşarj tüplü kompakt metal-halide ışık kaynaklarının bazı tipleri sadece elektronik bileşenlerle çalışacak şekilde tasarlanmaktadır. Bununla birlikte bu ışık kaynaklarının yüksek satın alma maliyetleri sebebiyle hem elektromanyetik hem de elektronik sistemlerle çalışabilen modellerinde de lamba ömrü üzerine olan pozitif etkisi sebebiyle elektronik bileşen kullanımı artış göstermektedir. Bunun yanı sıra iç aydınlatma uygulamalarındaki işletme şartlarının uygunluğu ve ağırlıklı olarak düşük güçlü (genelde 20W ile 150W arasında) sistem çözümlerinin kullanılması, dış aydınlatma çözümlerine kıyasla daha düşük maliyetli bir altyapı sunulmasına olanak sunmaktadır.

Dış aydınlatma sistemlerinde elektronik bileşen kullanımının ekonomik faktörlerin yanı sıra bazı teknik zorunluluklar nedeniyle de sınırlı bir artış göstermektedir. Dış aydınlatma uygulamalarında işletme şartları çok daha zorlu olabilmektedir. Yol aydınlatma armatürü olarak tasarlanmış yüksek korunumlu bir aygıtın içerisindeki elektronik bileşenin işletme sürecinde maruz kalacağı ısı koşulları, iç aydınlatma amaçlı tasarlanmış

IP2X bir ürünün sürekli işletmede maruz kalacağı ısı koşullardan çok daha yüksek seviyelerde olabilmektedir.

Elektronik bileşenler için çalışma sıcaklık aralığı da büyük önem taşımaktadır. İç aydınlatma uygulamalarındaki ısı değişimi genellikle oda sıcaklığı aralığında ve ağırlıklı olarak 15 – 35 derece seviyelerinde olmaktadır. Oysaki dış aydınlatma uygulamalarında ortam sıcaklığı elektronik bileşenler için risk oluşturabilecek (-25) seviyelerine kadar inebilmektedir. Sistemin kararlı hale gelmesi durumunda ise devre elektronik bileşenin gövde sıcaklığı 70-80 dereceye ulaşabilmektedir.

Dış aydınlatma sistemleri iç aydınlatma sistemleriyle kıyaslandığın çok daha fazla elektriksel dayanıma sahip olmalıdır. Bu sebeplerle de dış aydınlatmaya yönelik elektronik sistemlerin çok daha yüksek güvenlik fonksiyonuna sahip olması söz konusudur. Dış aydınlatmada kullanılan lamba güçlerinin iç aydınlatmada kullanılan modellerden daha yüksek olması (Ağırlıklı olarak 150W – 600W) sebebiyle de sistem maliyetleri çok daha pahalı olabilmektedir.

## 2. HID ELEKTRONİK BİLEŞENLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ VE KENT AYDINLATMASI AÇISINDAN ÖNEMİ

### 2.1. Genel Yapı

Elektromanyetik sistemlerde sistem balast, ateşleyici ve kapasitör devresinden oluşmaktadır. (Şekil 1). Sistem içerisindeki her bileşen farklı servis ömrü ve arıza riskine sahip olabilmektedir. Elektronik sistemlerde ise balast, ateşleyici ve güç faktörünü düzeltecek elektriksel devre yapısı balast bünyesinde. Gelişmiş çözümlerde ise sistem haberleşmesini ve loşlaştırma kontrolüne olanak sunan kontrolör yapısı da elektronik balast devresi içerisinde yer alabilmektedir.

Bununla birlikte ilgili işletme şartlarında görülecek elektriksel ve çevresel arıza koşuluna karşı koruyucu devre fonksiyonları da elektronik tasarım içerisinde yer alabilmektedir. Yeni nesil sistem çözümlerinde tüm kaynak tipleri tek bir model tarafından çalıştırılabilmektedir. Tüm bu özellikler sayesinde sistem güvenilirliği ve bileşen stoklanması konusunda işletmelere avantaj sunulmaktadır.



Şekil 1. Elektronik ve manyetik sistemler için devre yapısı

Fluoresan sistemlere kıyasla çok daha yüksek güçlerdeki ve daha zorlu işletme şartlarında çalışacak HID sistemler için tasarlanacak elektronik entegre ve devre yapılarının bu teknik zorluklar nedeniyle daha pahalı ve kompleks olması kaçınılmazdır. Tüm teknik ve ekonomik zorluklara karşın elektronik çözümler giderek çeşitlilik kazanmakta ve işletme ekonomisi konusunda ciddi kazanımlar sunabilmektedir. HID sistemlerde elektronik balast kullanımının sunduğu temel kazanımlar şu şekilde sıralanabilir.

- Minimum balast kaybı
- Kararlı bir güç tüketimi ve güç faktörü
- Şebeke olumsuzluklarına karşı koruyucu fonksiyon
- Arıza koşullarına karşı koruyucu fonksiyon
- Daha uzun lamba ömrü
- Daha iyi lümen kararlılığı
- Loşlaştırma
- Kontrol çözümleri ve gerçek zamanlı bakım
- Birçok fonksiyonu barındıran basit devre yapısı.

### 2.2. Balast Kayıpları

Fluoresan lamba grubunda toplam tüketim içerisindeki balast kaybı oranları çok

yüksek seviyelerde olabilmektedir. HID sistemlerde ise bu oran çok daha düşüktür. Özellikle floresan lambalar daha küçük güç değerlerinde olduklarından balast kayıp oranı C sınıflı bir balastta %35 değerlerine çıkabilmektedir. Bu değer de enerji tasarrufu açısından oldukça önemli bir orandır. Yüksek güçlü HID sistemlerde ise balast kayıp oranları çok daha düşük seviyelerdedir. Hatta bazı elektronik çözümlerde devre gücü manyetik balastla eşdeğer olabilmektedir. Gelişmiş elektronik çözümlerde ise belirli oranda tasarruf elde edilebilmektedir. Bu durumda sadece balast kayıp oranlarını sınırlandırarak elde edilecek tasarrufun ekonomik karşılığı dış aydınlatmaya yönelik HID elektronik ürünlerin genel maliyeti değerlendirildiğinde pek tatmin edici olmayacaktır. Fakat HID elektronik sistemlerin teknik kazanımlarının ve temel ekonomik avantajlarının floresan grubundan daha farklı noktalarda gerçekleştiği unutulmamalıdır.

Tablo 1. HID lambalarda manyetik balast kayıp oranları

Işık kaynağı	Sistem gücü (lamba+balast) (W)	Balast kayıp oranı (%)
1000W YBSBL	1072	6,7
400W YBSBL	432	7,4
250W YBSBL	276	9,4
150W YBSBL	170	11,8

Tablo 3. YBSBL güç ve balast kayıp güç değerleri

Lamba gücü (W)	Manyetik balast (eski tesisatlar) (W)	Manyetik balast (az kayıplı) (W)	Elektronik balast min. (W)
70	> 18	13	6
100	> 20	15	7,8
150	> 25	20	11,5
250	> 30	26	17

### 2.3. Kararlı Güç Tüketimi ve Güç Faktörü

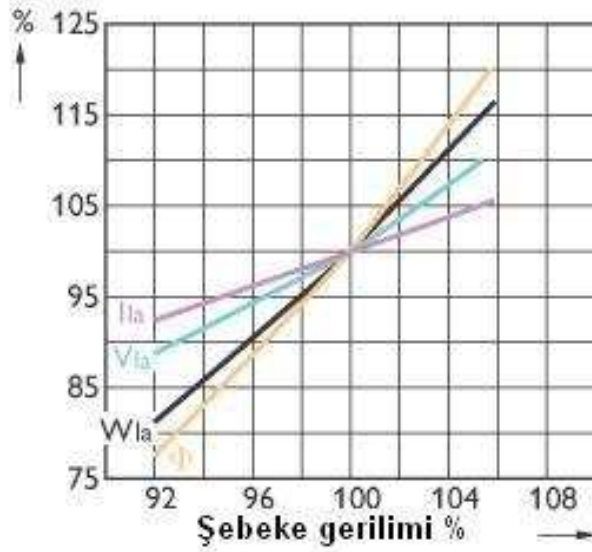
Manyetik balastlı sistemlerde şebekedeki her değişim doğrudan lamba akım ve gerilim değerlerini, dolayısıyla sistemin enerji tüketimlerini de değiştirebilmektedir. Bunun yanı sıra lamba ve/veya kapasitör yapısında görülecek eskime doğrultusunda güç faktörü değerlerinde de farklılıklar görülebilmektedir.

Tablo 2. Floresan lambalarda manyetik balast kayıp oranları [1]

Işık kaynağı	Balast kayıp oranı (%)		
	B1 sınıfı balast	B2 sınıfı balast	C sınıfı balast
18W floresan	25	31	35
36W floresan	20	16	12
58W floresan	17	13	9

Tablo 1' de HID lambalara örnek olarak ele alınan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların (YBSBL) bazı güç değerlerinin balast kayıp oranları, Tablo 2' de ise bazı floresan lambaların balast sınıflarına bağlı olarak balast kayıp oranları verilmektedir. Her iki tablodan görüldüğü gibi lamba güç değerleri büyüdükçe, balast kayıp oranları azalmakta, daha küçük lamba güçlerinde balast kayıp oranı daha yüksek değerler almaktadır. Tablo 3' de ise bazı YBSBL' rın elektronik ve manyetik balast ile birlikte kullanılmaları durumunda şebekeden çektikleri güç değerleri verilmektedir. 250W' lık yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın yıllık 4000 saat kullanımı ve elektriğe ödenecek 0.19 TL/kWh enerji bedeli ile bir yılda bir lambadan elde edilecek tasarruf 52 kWh ve bu tasarrufun ekonomik karşılığı 9,88 TL olduğu hesaplanabilir.

Elektrik şebekesinde görülen değişimler doğrudan ışık kaynağının akım ve gerilim değerlerini etkileyeceğinden kaynağın hem tüketiminde, hem de ışıksal çıkışında ciddi farklılıklar görülebilmektedir. Şekil 2' de yeni nesil YBSBL' nın şebeke gerilimine bağlı karakteristik değişimleri incelenebilir.



Şekil 2. Şebeke gerilimi ile akım, gerilim, güç ve ışık akısı değişimi (YBSBL, Philips SON-TPP) [2]

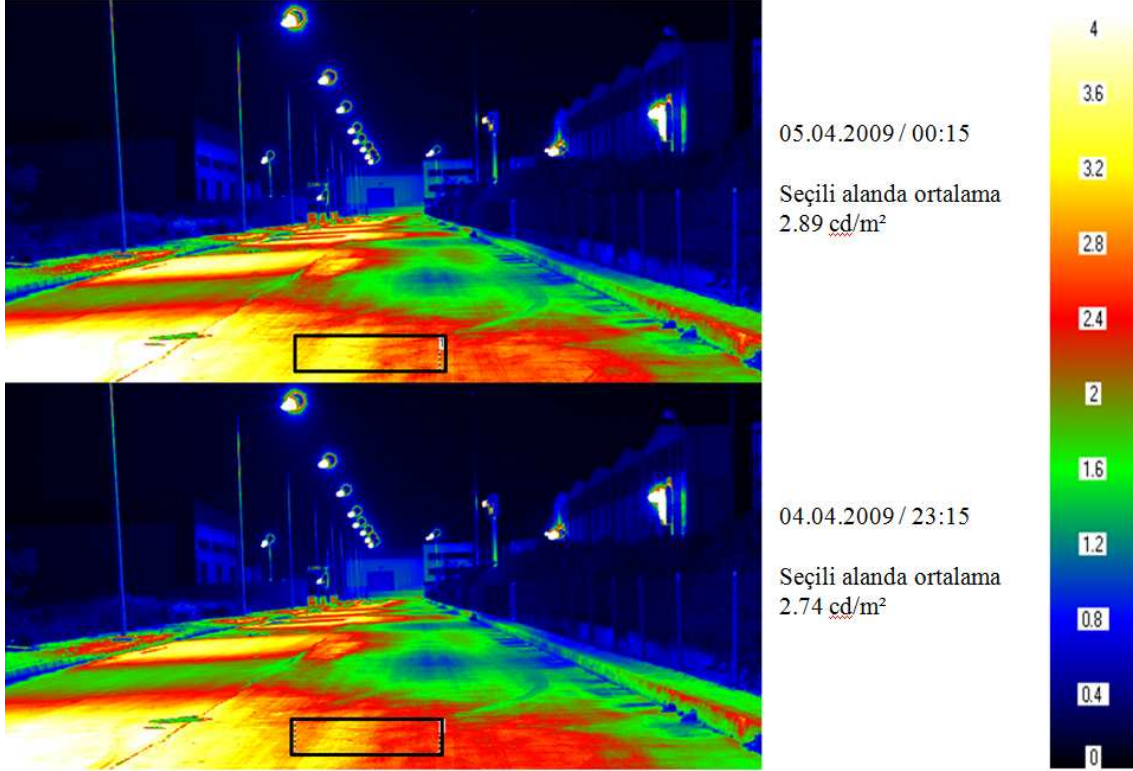
Tablo 4. 250W'lık YBSBL'ın şebeke gerilimine bağlı olarak güç ve ışıksal değerleri [2]

Şebeke gerilimi (V)	Lamba gücü (W)	Işık akısı (lm)	Nominal ışık akısına göre oran (%)	Etkinlik faktörü (lm/W)
220,0	250,0	28000	100	112,0
215,6	237,5	26320	94	110,8
211,2	227,5	24640	88	108,3
206,8	215,0	23240	83	108,1
202,4	205,0	21840	78	106,5

Elektromanyetik sistemlerde özellikle gece talebin azaldığı dönemlerde gerilimde oluşabilecek artışlar yada hat tertibatının başındaki ışık kaynaklarındaki gerilim değerinin yüksekliği sebebiyle, sistemin toplam enerji tüketiminde artışlar görülebilmektedir. Şekil 2' den de türetilebileceği gibi % 5' lik gerilim artışı kaynağın enerji tüketiminin %14 oranında artmasına sebep olmaktadır. Besleme geriliminde görülecek %5 lik azalma durumunda ışıksal çıkış % 13 - % 14 oranında bir azalma eğilimi gösterecektir. Genel olarak % 8'lik bir gerilim düşümünde ise lambadan çıkan ışık akısında % 22'lik bir azalım görülebilecektir. Elektronik sistem kullanımı özellikle şebeke geriliminin artışı ile görülen enerji kayıplarını ortadan kaldırmaktadır. Kararlı güç tüketimi enerji

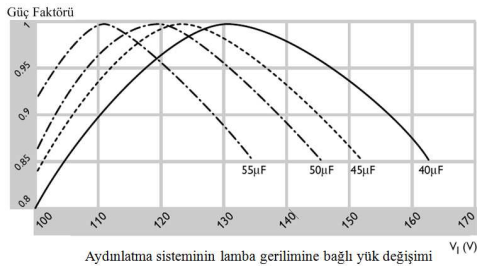
tüketiminin yanısıra ışıksal çıkışı da doğrudan etkileyebilmektedir. Bu durumda nominal şartların dışında beslenen ışık kaynağının ışıksal etkinliğinin de azalım göstereceği kesindir. Tablo 4' de 250W'lık YBSBL'ın şebeke gerilimine bağlı olarak lamba gücü, nominal ışık akısına göre oranı, ışık akısı ve etkinlik faktörü değerleri gösterilmektedir. [2]

Şekil 3' de örnek bir yolda aynı gece bir saat ara ile saat 23:15 ve 00:15' te yapılan parıltı görüntülemesi görülmektedir. Tüm şartların aynı olduğu durumda sadece şebeke geriliminde görülen farklılıklarından dolayı 23:15' te ortalama yol parıltısı 2,74 cd/m<sup>2</sup> iken, bu değer 00:15' te 2,89 cd/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür.



Şekil 3. Örnek bir yolda saat 23:15 ve 00:15'te yapılan parlıltı görüntülemeleri

Işık kaynağının gerilimi çalışma süresine paralel artış gösterir ve bu durumda sistemin güç faktörü değeri de değişim gösterir. Gelişmiş elektronik çözümlerde hem değişen kaynak koşullarına, hem de tüm olası loşlaştırma kademeleri için sabit bir güç faktörü elde edilmektedir. Şekil 4' de lamba uçları arasındaki gerilime bağlı güç faktörü değişimi verilmektedir.



Şekil 4. Lamba uçları arasındaki gerilime bağlı güç faktörü değişimi [3]

#### 2.4. Akım Toleransı

Işık kaynağının ideal performans gösterebilmesi için sürekli çalışmada ideal lamba akımı ve lamba geriliminin sağlanması gerekmektedir. Bu noktada

manyetik balastların durultucu fonksiyonu sayesinde lamba için gerekli olan nominal akım seviyesi balast yapısının tolerans sınırları içerisinde sağlanmaktadır. Manyetik sistemlerin akım değerleri üretim sürecindeki malzeme ve üretim tekniğine bağlı olarak genel standart sınırları içerisinde farklılık göstere-bilmektedir. Genel olarak standartlarda % 10'luk bir değerle sınırlandırılan bu tolerans, kaynağın ışıksal çıkışında ve enerji tüketiminde hissedilir farklılıklar görülmesine sebep olabilmektedir. Gelişmiş elektronik sistemlerde akım toleransları çok düşük olduğundan ışık kaynakları tüm elektriksel koşullarda ideal akım değerlerinde çalıştırılabilmektedir.

#### 2.5. Şebeke Olumsuzluklarına Karşı Koruyucu Fonksiyon

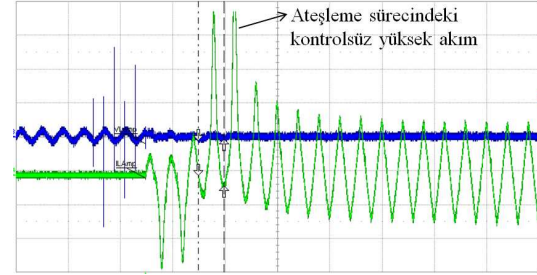
Genel olarak elektronik devrelerin olumsuz şebeke şartlarına karşı zarar görebileceği kuşkusuyla kullanımın sınırlanması karşılaşılan en büyük

yanlıkların başında gelmektedir. Elektromanyetik sistemlerde şebekedeki tüm olumsuzluklar büyük ölçüde kaynağa iletilmektedir ve hiçbir koruyucu yapıyı barındırmadıklarından dolayı ışık kaynağının servis ömründe ciddi azalmalar görülebilmektedir. Dış aydınlatma sistemlerinde kullanılmaya yönelik olarak tasarlanan elektronik devreler ise şebekedeki birçok olumsuz koşula karşı koruyucu fonksiyon içermektedir. Bu sayede olumsuz şebeke şartlarında dahi kaynağın nominal şartlarda çalıştırılıp servis ömrünün azalmasının önüne geçilebilmektedir. Elbette ki dış aydınlatma sistemleri için tasarlanmamış bir elektronik sistemin bu tip bir uygulamada kullanılması durumunda ekipmanın maruz kalacağı elektriksel ve fiziksel etkenler sonrası erken arıza riski taşınması normaldir. Fakat bu tamamen yanlış ürün tipi tercihi ile alakalı bir durum olup elektronik sistemlerin güvenilirliğini azaltan bir sonuç değildir.

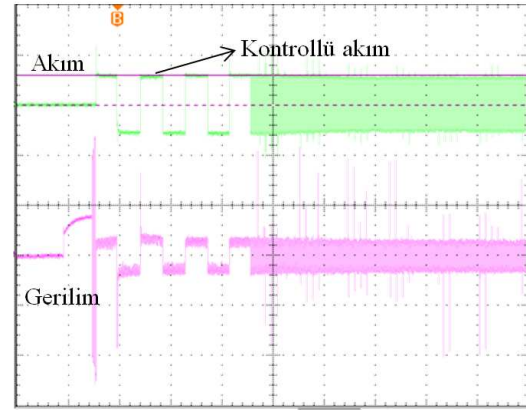
## 2.6. Kontrollü Ateşleme

Ateşleme sürecinin yapısı ışık kaynağının servis ömrü açısından büyük önem taşımaktadır. Bu süreçte kaynağa uygulanan yüksek gerilim değerleri ve yine bu süreçte görülen yüksek akımlar (Şekil 5) katotlarda görülen eskimenin temelini oluşturmaktadır. Kötü ateşleme sistemlerinin sebep olduğu kontrolsüz ateşleme ve tekrarlanan başarısız denemeler ışık kaynaklarının ömürlerinde ciddi azalmalar görülmesine neden olmaktadır. Elektronik sistemlerde ateşleme süreci (Şekil 6) hassas olarak mikroişlemci kontrolünde gerçekleştirilir. Bunun sonucu olarak ateşleme sürecinde kaynak tarafından çok daha ideal seviyede ateşleme gerilimi uygulanarak tam kontrollü bir süreç yaşanır. Böylelikle ateşleme sürecinde görülen yıpranma ve hata

durumları ortadan kaldırılarak kaynağın daha uzun süre servis vermesi mümkün olabilmektedir.



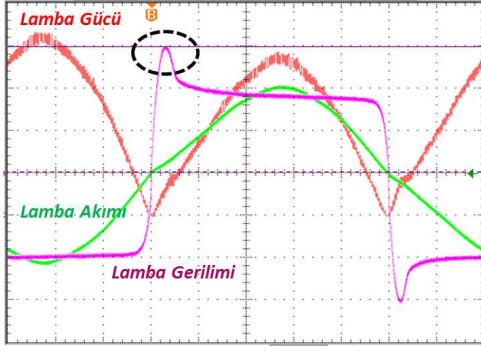
Şekil 5. Elektromanyetik ateşleme süreci [4]



Şekil 6. Elektronik ateşleme süreci [4]

## 2.7. LFSW Çalışma Formu

Manyetik sistemlerde lambanın akım ve gerilim yapısı Şekil 7' de gösterilmektedir. Bu noktada şebekede görülen her türlü değişim doğrudan lamba akım ve gerilim değerlerine etki etmektedir. Sinüsoidal dalganın polarite geçişlerinde lamba geriliminde tekrar ateşleme olarak da değerlendirilebilecek gerilim artışları da bu formda çalışmanın olağan olaylarıdır. Bu olağan durum sistem yaşlanmasının sebeplerinden biri olarak değerlendirilebilir.

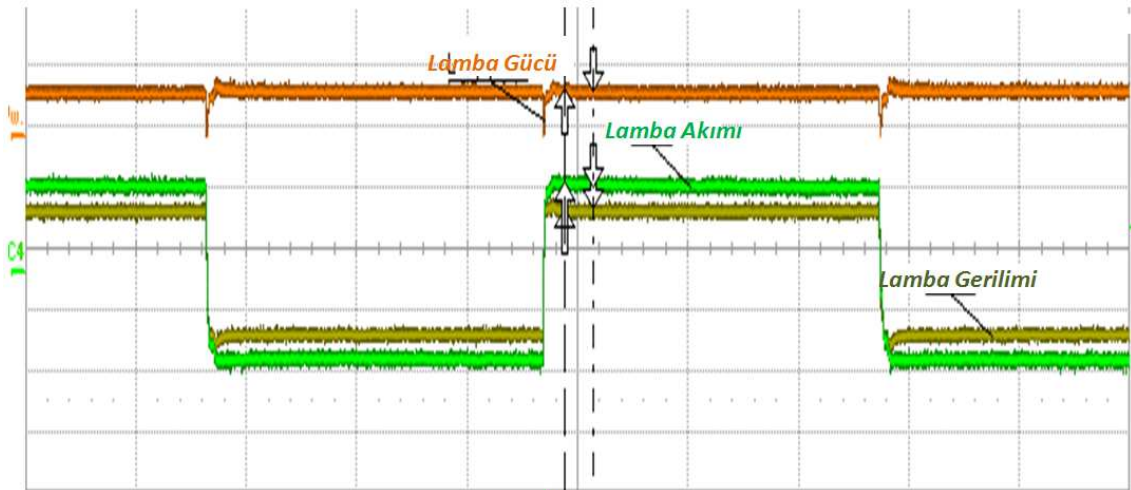


Şekil 7. Manyetik sistemlerde lambanın akım ve gerilim değişimi [4]

HID elektronik sistemlerde ışık kaynağı LFSW yani düşük frekanslı kare dalga ile beslenir (Şekil 8). LFSW lamba üreticileri tarafından önerilen ve bilinen en iyi besleme yöntemidir. LFSW

çalışma formunun sunduğu avantajlar sonucunda HID ışık kaynakları daha uzun servis ömrüne sahip olabilmektedir. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Polarite değişiminde tekrar ateşleme gerilimi gerekmez,
- Lamba geriliminin dalga şeklinde pikler oluşmaz – kısmi katot parlaması oluşmaz,
- Hızlı polarite değişimi: minimum düşük akım aralığı,
- Flicker etkisi yok,
- Stroboskopik etki yoktur. [4]



Şekil 8. LFSW çalışma formu

## 2.8. Daha Uzun Lamba Ömrü

Elektronik HID balast kullanımının sunduğu en büyük kazanımların başında ışık kaynaklarının servis sürelerinde görülen artış gelmektedir. Zira çok geniş kapsama alanındaki şehir aydınlatma projelerinde lamba değişimi ve bu noktadaki servis maliyetleri işletmelerin öncelikli sorunlarından. Tesisat içerisindeki HID ışık kaynaklarının sürekli çalışma esnasında maruz kaldıkları elektriksel ve fiziksel etkenler sonucunda belirli bir süre sonrasında ya ışıksal çıkışlarının çok azalması ya da servis dışı kalmaları

nedeniyle yenilenmeleri gerekmektedir. Bu noktada bu yenileme süresi kaynağın karakteristik yapısına ek olarak, şebeke kalitesi, çevresel faktörler, (ısı, vibrasyon vb) ateşleme sıklığı ve yardımcı eleman yapısı gibi birçok faktöre bağlı olarak büyük farklılık gösterebilmektedir.

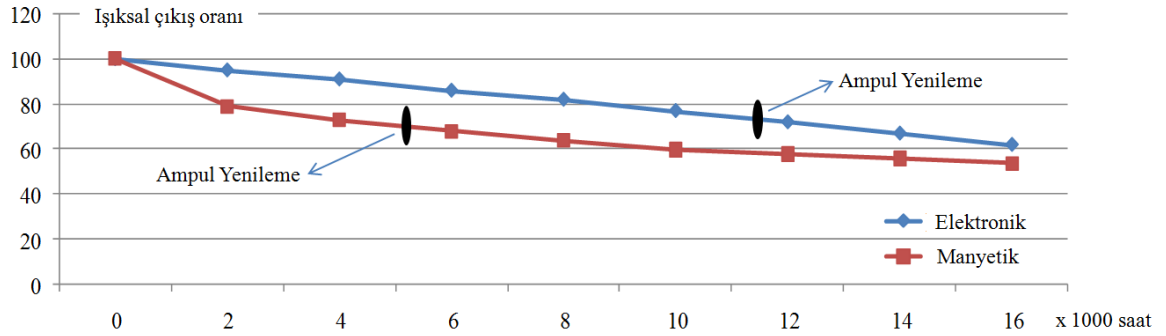
Gelişmiş elektronik çözümlerin kullanılması durumunda, şebeke olumsuzluklarına karşı koruyucu fonksiyon, kontrollü ateşleme gerilimi, LFSW (düşük frekanslı kare dalga) çalışma formu, elektriksel ve fiziksel

güvenlik ve iyileştirilmiş ışıksal kararlılık gibi unsurlar sayesinde HID ışık kaynaklarının daha uzun kullanım ömrüne sahip olması mümkün olabilmektedir.

## 2.9. Işıksal Kararlılık

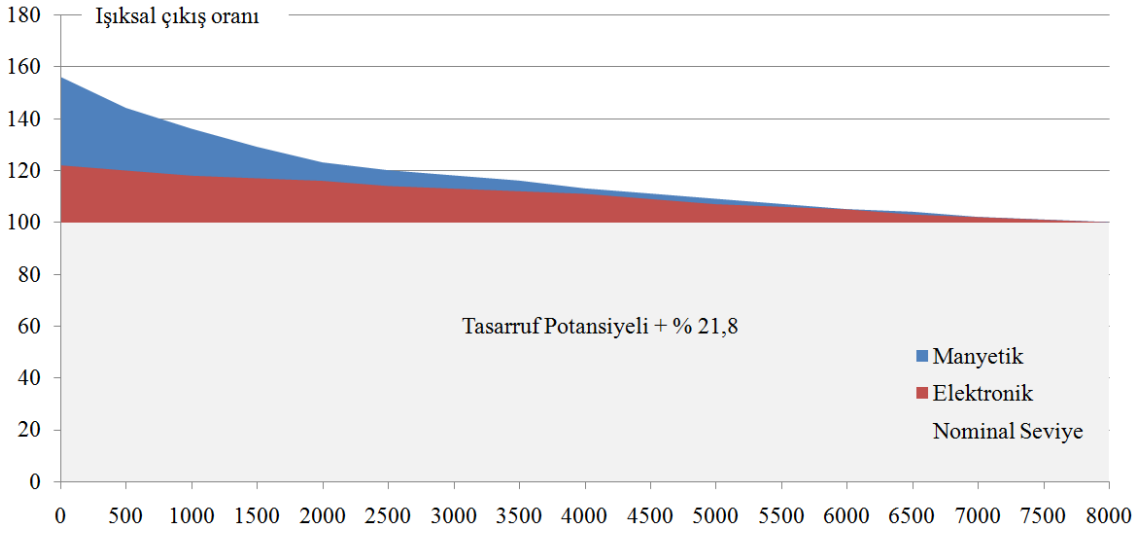
Işık kaynaklarının yayımladıkları ışık akıları zamana bağlı olarak belirli bir azalış göstermektedir. Genellikle ışık kaynağının karakteristiğine bağlı olarak değişim gösteren bu eğilim kullanılan balast devresinin yapısına da bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. HID lambalar için elektronik sistemler LFSW çalışma yapıları sonucunda ışık kaynaklarının daha iyi ışıksal kararlılıkta çalıştırılmasına olanak sunmaktadır. Günümüzde kullanımı giderek yaygınlaşan seramik tüplü metal halide ışık kaynakları iyi renksel geriverim ve optik performans avantajlarına karşın ışıksal kararlılık konusunda oldukça düşük performans

göstermektedir. Bu noktada elektronik balast kullanımı özellikle quartz ya da seramik metal halide ışık kaynaklarında iyileştirilmiş ışıksal kararlılığın elde edilmesine olanak sunmaktadır. Daha iyi ışıksal kararlılık genel bakım giderlerinin azaltılmasının yanı sıra kurulu tesisin iyileştirilmiş değer düşümü sebebiyle daha düşük kurulu güçte yapılandırılmasına olanak sunmaktadır. Şekil 9’ da Venture UNIFORM Pulse start (HIE 250W/HBU/PS/4K) ışık kaynağı kullanılarak elektronik ve manyetik sistem kullanımına bağlı ışıksal kararlılıklarını gösteren gerçek zamanlı saha testine ilişkin sonuçlar yer almaktadır.[4] Bu saha testinde ışık kaynakları 7 saat açık / 1 saat kapalı şeklinde anahtarlanmıştır. Şekil 10’ da ise 8000 saatlik işletme sürecinde elektronik ve manyetik sistem yapısına bağlı değer düşümleri ve kurulu güç oranları değerlendirilebilir.



Şekil 9. Elektronik ve manyetik balast gerçek zamanlı saha testi [4]





Şekil 10. Elektronik ve manyetik sistemler için sistem kararlılıkları

## 2.10. Loşlaştırma

Loşlaştırma konusu özellikle HID sistemler için pek fazla bilinen bir konu olmamakla birlikte yeni nesil teknolojilerin özellikle kent aydınlatma sistemleri için sunduğu en modern tasarruf çözümü olarak değerlendirilebilir. Yeni nesil loşlaştırılabilir sistemler yüksek basınçlı sodyum ve metal halide ışık kaynakları için loşlaştırma opsiyonlarına olanak sunmaktadır. Bu sayede gerek fonksiyon, gerekse bakım loşlaştırması yapılarak enerji tüketim giderleri üzerinden büyük oranda tasarruf yapılması mümkün olmaktadır.

HID sistemlerde loşlaştırma floresan sistemlerle kıyaslandığında daha zor bir uygulamadır. Sistemin yüksek basınçlı olması ve sürekliliğinin sağlanması için deşarj tüpü içerisindeki minimum basınç ve sıcaklık değerlerinin korunması gerekir. Bu doğrultuda HID sistemler içerisinde yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar %30' a, metal halide ışık kaynakları ise % 50 seviyelerine kadar loşlaştırılabilir. Sodyum ışık kaynakları loşlaştırma konusunda, metal halide sistemlere kıyasla daha uyumludur. Metal halide sistemlerde loşlaştırma

durumunda renk sıcaklığında değişimler görülebilir. Bunun dışında loşlaştırmanın lamba ömrü üzerine olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca özellikle elektriksel ekipmanın ömrü üzerine pozitif etki oluşturabilmektedir. Işık kaynağının loşlaştırılması için farklı arayüzler kullanılabilir.

### 2.10.1. Bakım Loşlaştırılması

Loşlaştırma yani ışıksal gücün ayarlanması sadece fonksiyonel bir yöntem değildir. Fonksiyonelliğin ötesinde loşlaştırma bir bakım düzeltme yaklaşımı olarak düşünülmelidir. Hemen hemen tüm uygulamalar için geçerli olabilecek bakım loşlaştırması gelişmiş elektronik çözümlerin sunduğu en büyük kazanımdır. Kurulan her aydınlatma tesisatı zaman içerisinde ve çevresel etkiler doğrultusunda vermiş oldukları ışık akılarında belirli ölçüde azalım gösterebilmektedir. Bu noktada oluşabilecek ışık akısı azalışlarını kompanze edebilmek için aydınlatma modeline belirli bir bakım katsayısı uygulanmaktadır. Bakım katsayısı

- Uygulama tipine,
- Çevresel faktörlere,
- Işık kaynağının yapısına,
- Bakım periyoduna,

- Armatürün koruma sınıfına, bağlı olarak değişmektedir.

Bu aşamada uluslararası standartlarda belirtilen unsurlar doğrultusunda uygun bir bakım katsayısı belirlenerek tasarım hesapları gerçekleştirilir. Fakat pratikteki değer düşümü ve öngörülen azalım arasında farklılık görülmesi kaçınılmazdır. Bununla birlikte yapılan her proje bilgisayar tabanlı olarak analiz edilse de belirli oranda hata payı içermektedir. İşte bu süreçte hem projenin hem eskimenin aktif olarak düzeltilmesine yönelik olarak bir bakım loşlaştırılması senaryosu oluşturulabilir.

Bu doğrultuda sistemin ilk kurulduğu dönemdeki yüksek ışıksal çıkış ve hesaplamalarla uygulama arasında görülebilecek ışıksal farklılıklar sistemi kompanze edecek nicelikte loşlaştırılabilir. Bununla birlikte belirli periyotlardaki kontrollerle sistemin ne

oranda azalım gösterdiği takip edilerek planlı bir bakım loşlaştırılması yapılabilir. Böylece sürekli işletmede sistemin yeni olduğu süreçte oluşabilecek fazla enerji tüketimi ve gereksiz aydınlatmanın önüne geçilmesi mümkün olmaktadır.

3 yıllık işletme periyodunda 0.75 lik bir bakım katsayısıyla tasarlanan bir tesiste ilk dönemde tesisin yeni olması ve herhangi bir eskimenin oluşmaması sonucunda % 33 daha yüksek bir aydınlatma elde edilmektedir. Fazladan üretilen bu ışık çıkışının tasarrufa dönüştürülmesi için aşağıdaki senaryodaki gibi bir bakım loşlaştırması yapılması uygun olabilecektir. 250W'lık yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalı sistem için uygulanacak bakım loşlaştırmasına ait birim bazda elde edilebilecek tasarruf oranları Tablo 5' de verilmektedir.

Tablo 5. 250W'lık YBSBL'lı sistemde bakım loşlaştırmasına ait birim bazda elde edilebilecek tasarruf oranları

İşletme süresi (ay)	Tasarruf oranı (%)*	Tasarruf potansiyeli (kWh)**	Tasarruf potansiyeli (TL)**
0-6 %75 kapasite kullanımı	23	123	23,37
6-12 %80 kapasite kullanımı	18	96	18,24
12-18 %85 kapasite kullanımı	14	75	14,25
18-24 %90 kapasite kullanımı	10	53	10,07
24-30 %95 kapasite kullanımı	5	27	5,13
1. yıl için tasarruf değerleri		219	41,61
2. yıl için tasarruf değerleri		128	24,32

\* Tasarruf oranları yaklaşık değerlerdir.

\*\* 0.19 TL/kWh tarife bedeli ve yıllık ortalama 4000 saatlik işletme süresi için geçerli değerlerdir.

### 2.10.2. Fonksiyonel Loşlaştırma

Fonksiyonel loşlaştırma çözümleri yeni nesil HID balast sistemlerinin tasarruf adına sunduğu en gelişmiş çözümlerin başında yer almaktadır. Özellikle şehir aydınlatma modellerinde değişken taleplerin olduğu zaman dilimlerinde farklı aydınlatma seviyelerinin uygulanması işletmeler açısından büyük tasarruf potansiyeli sunmaktadır. Kent yapısı içerisinde yol yapılarından otopark alanlarına, meydanlardan reklam panolarına, tarihi ya da mimari yapıların cephe aydınlatmalarına kadar bir çok ögenin aydınlatılmasında farklı periyotlarda farklı aydınlatma seviyelerinin uygulanması loşlaştırılabilir elektronik HID sistemler ile mümkündür.

Kentin genel yol alanlarının hareketliliği göz önünde bulundurulduğunda bu alanların işlevselliğinin gecenin ilerleyen saatlerinde dramatik bir düşüş gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu amaçla genel yol alanlarının işlevselliğin azaldığı zaman dilimlerinde düşük kademelerde çalıştırılması mümkün olabilmektedir. Aynı şekilde meydanlar yoğun bir kullanım ve güvenlik gereksinimleri nedeniyle yüksek seviyelerde aydınlatılmaktadır. Gece yarısından sonra fonksiyonelliğini yitiren bu alanlarda sadece güvenlik amaçlı bir aydınlatma yapılması yeterli

olacağından gece yarısından sonraki bölümlerde, bu noktalarda loşlaştırma yapılması uygun olmaktadır.

Kent modelleri içerisinde yer alan otopark alanları özellikle gecenin belirli bir periyodundan sonra çok düşük bir kullanım yoğunluğuna sahiptir. Bu tip noktalarda gece yarısından sonra düşük kademeli aydınlatma uygulanabilmektedir.

Tarihi ya da mimari değer taşıyan yapıların, insanların hareketliliğinin olduğu dönemlere paralel olarak aydınlatılması uygun olacaktır. Bu alanın genel aydınlatmasının ziyaret ya da faaliyet saatleri göz önünde bulundurularak programlanabilir ve bu süreçler dışında düşük seviyelerde aydınlatılabilir. Billboard ve diğer reklam öğeleri insana hitap ettiği için insanların yoğun bulunduğu dönemlerde tam kademeli olarak çalışması, hareketliliğin zayıf olduğu dönemlerde düşük kademeli olarak çalıştırılması uygun olacaktır.

Fonksiyonel loşlaştırmaya örnek olarak 11 saatlik işletmeye tabi bir noktanın aydınlatılmasında gece yarısından sonra yapılacak % 50' lik bir loşlaştırmanın sunacağı tasarruf potansiyeli Tablo 6' da gösterilmektedir.

Tablo 6. Potansiyel loşlaştırmada tasarruf oranları

Lamba gücü (W)	Tasarruf oranı (%)*	Tasarruf potansiyeli (kWh)**	Tasarruf potansiyeli (TL)**
70	23	70	13,30
100	23	99	18,81
150	23	149	28,31
250	23	246	46,74

\* Tasarruf oranları yaklaşık değerlerdir.

\*\* 0.19 TL/kWh tarife bedeli ve yıllık ortalama 4000 saatlik işletme süresi için geçerli değerlerdir.

## 2.11. Gelişmiş Kontrol ve Gerçek Zamanlı Bakım

Yeni nesil teknolojiler sayesinde bir aydınlatma sistemine bağlı tüm armatürlerin tek bir merkezden kontrolü ve takibi mümkün olabilmektedir. Bu sayede özellikle büyük boyutlu uygulamalarda sistemin farklı senaryolarda işletilmesi yada olası arızaların erken tespiti mümkün olabilmektedir. Sistem kontrolü için DALI gibi tecrübe edilmiş çözümlerin yanı sıra üreticiler tarafından geliştirilen farklı arayüzlerin kullanımı da mümkün olabilmektedir.

Genel olarak en büyük servis maliyeti özellikle ışık kaynaklarının değişimi için harcanmaktadır. Sistemin içerisindeki en kısa ömürlü malzemenin ışık kaynağı olması ve mevcutta kullanılan manyetik sistemlerin şebeke olumsuzluklarına karşı herhangi bir koruma içermemesi sebebiyle oldukça sık lamba arızaları yaşanmaktadır. Bu noktada lamba servis senaryolarının veya herhangi bir bakım sisteminin oluşturulmaması nedeniyle toplu veya planlı değişimler yapılamamaktadır. Bu durum özellikle geniş kırsala sahip işletmeler için büyük yük oluşturmaktadır.

En modern çözümlerde kaynağın gerilimi ve bu gerilime bağlı olarak kaynağın tahmini yaşı ve olası arıza olasılığı türetilebilir. Söz konusu teknolojilerle sistem içerisindeki tüm ışık kaynaklarının yaşları ve eskime oranları takip edilerek arıza riski taşıyan ışık kaynakları planlı bir bakım senaryosunda takip edilebilir. Bu durumda işletmeler tarafından arıza durumunda servis verilmesi yerine, öngörülen süreler içerisinde bozulma riski taşıyan ışık kaynakları tespit edilerek toplu değişim yapılmasına olanak sunulabilecektir.

## 3. SONUÇ

HID sistemlerde elektronik bileşen kullanımı her ne kadar sınırlı olsa da artan işletme maliyetleri ve gelişen teknoloji bu tip çözümler için bir potansiyel olacağının göstergesi olmaktadır. Elektronik HID sistemlerin kullanımı çalışma içerisinde bahsedilen teknik özelliklerin yanı sıra bakım loşlaştırması, fonksiyonel loşlaştırma ve geliştirilmiş kontrol ile gerçek zamanlı bakımın sunduğu kazanımlar sayesinde yüksek maliyetlerine karşın 1-2 yıllık süreçlerde geri ödeme koşullarını sağlayabilmektedir. Özellikle enerji verimli kent aydınlatma sistemleri için öncelikle doğru tasarımların yapılması oldukça önemlidir. Bu tasarımlarda ekonomik koşullar göz önünde bulundurularak elektronik sistemlerin kullanılması ile daha etkin çözümlerin oluşturulabileceği açıkça ortadadır. Özellikle büyükşehirlerde kullanılan seramik tüplü yeni nesil kompakt metal halide ışık kaynaklarının uygun elektronik çözümlerle birlikte kullanılması işletmelerin bu noktalara ayırdıkları genel maliyetleri minimize etmek açısından en uygun yaklaşım olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] [www.celma.org](http://www.celma.org)
- [2] [www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com)
- [3] Philips Application Guide 2002
- [4] ELTAM EIN-HASHOFET Laboratuvar Notları