

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RAYLI SİSTEM TAŞIMACILIĞINDA AYDINLATMA
TASARIMI VE UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elk. ve Elnk. Müh. Aziz Aykut YENİ

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK VE ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Cenk YAVUZ**

Haziran 2012

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RAYLI SİSTEM TAŞIMACILIĞINDA AYDINLATMA
TASARIMI VE UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elk. ve Elnk. Müh. Aziz Aykut YENİ

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK VE ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK

Bu tez 14/06 /2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Ertan YANIKOĞLU
Jüri Başkanı



Yrd. Doç. Dr. Cenk YAVUZ
Üye



Yrd. Doç. Dr. Ali GÜLBAĞ
Üye

TEŞEKKÜR

Bu alıŐma sűresince yakın ilgisini esirgemeyen hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Cenk YAVUZ'a ve bana her zaman destek olan sevgili eŐim evre Yűk. Műh. Meltem YENİ'ye teŐekkűrű borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
RAYLI SİSTEMLERDE AYDINLATMA	3
2.1. Doğal ve Yapay Aydınlatmalı Bölgeler Arasındaki Geçişler	4
2.2. Raylı Sistemlerde Işık Kaynak Tipleri.....	4
2.3. Elemanların Taşıt Üzerindeki Yerleri	5
2.3.1. 24 V DA salon aydınlatma	5
2.3.2. 220 V AA salon aydınlatma	6
2.3.3. Sahanlık aydınlatması	6
2.3.4. Tuvalet aydınlatması	6
2.3.5. Vagon son ışıkları	6
2.3.6. Okuma lambaları	7
2.3.7. Yön lambaları	7
2.3.8. Bilgilendirme lambaları	7
2.4. Demiryolu Sinyalizasyonun Üzerinde Aydınlatmanın Etkisi.....	8
2.5. Aydınlatmada Işık Kaynaklarının Seçimi ile Enerji Tasarrufu.....	8

BÖLÜM 3.

LED TEKNOLOJİSİ

3.1. LED' in Tarihsel Gelişimi	9
3.2. Diyotların Temel Yapısı ve Tanımı	11
3.2.1. P ve N tipi maddeler birleştirilerek diyotun oluşturulması	12
3.2.1.1. Polarmasız P-N birleşimi	12
3.2.2.2. Polarmalı PN birleşimi	12
3.3. LED'ler	14
3.3.1. LED için elektriki bağıntılar	16
3.3.1.1. Akım – Işık şiddeti bağlantısı	16
3.3.1.2. Güç – Zaman ilişkisi	16
3.3.1.3. Sıcaklık-Işık şiddeti bağıntısı	17
3.3.1.4. Led'in verimi	18
3.4. Optik	18
3.5. Çok Renkli LED'ler	19
3.6. Enfraruj (İnfrared) LED Diyotları.....	19
3.7. LED'lerle Beyaz Işığın Elde Edilmesi.....	19
3.8. LED'lerin Çalışma Sınırları	20
3.9. LED'lerin AA Çalışması	20
3.10. LED'lerin Devre Bağlantıları	21
3.10.1. LED'lerin seri bağlanması	21
3.10.2. LED'lerin paralel bağlantısı.....	22
3.11. LED Kılıfları ve Önemi.....	22
3.12. LED'lerin Ömürleri.....	23
3.13. LED ve Klasik Aydınlatma Aygıtlarının Karşılaştırılması.....	25
3.13.1. Klasik akkor flamanla karşılaştırma.....	25
3.13.2. Flüoresan lamba ile karşılaştırma.....	25
3.14. LED'lerin Kullanım Alanları.....	27
3.15. LED Aydınlatma Teknolojisi Avantajları.....	27
3.15.1. Yüksek ışık çıkışı.....	28
3.15.2. Yüksek enerji tasarrufları.....	28
3.15.3. Minimum bakım maliyeti.....	28
3.15.4. Yeni kurulumlarda yüksek oranda tasarruf.....	28

3.15.5. Uzun ömürlü.....	29
3.15.6. Çok daha güvenli kurulum ve çalışma.....	29
3.15.7. Çok daha fazla güvenilirlik ve mekanik direnç	29
3.15.8. Yüksek renk endeksi	29
3.15.9. Genelleştirilmiş uygulamalar	29
3.15.10. Akıllı aydınlatma sistemleri.....	30
3.15.11. Yenilikçi fotometrik tasarımlar.....	30
3.15.12. Anında çalışma.....	30
3.15.13. Doğa ve tarihi eserlerin korunması.....	30
3.15.14. Çevrenin korunması.....	31
BÖLÜM 4.	
RAYLI ULAŞIM ARAÇLARINDA AYDINLATMA	32
4.1. Raylı Ulaşım Araçlarında UIC Aydınlatma Standartları	33
4.2.LED Loşlaştırma Yöntemleri	34
4.3.Açık Devre Koruması	36
BÖLÜM 5.	
SONUÇ	41
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	45

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AA	: Alternatif akım
AlGaAs	: Aliminyum galyum arsenik
$^{\circ}\text{C}$: Celcius derece
CCTV	: Kapalı devre televizyon sistemi
D	: Sinyal oranı
DA	: Doğru akım
GaAs	: Galyum arsenit
GaAsP	: Galyum arsenit fosfat
Hz	: Hertz
I	: Akım
İUAŞ	: İstanbul ulaşım anonim şirketi
Led	: Işık yayan diyot
Lx	: Lux
mA	: Mili amper
mm	: Mili metre
R	: Direnç
RGS	: Demir yolu grup standart
T	: Periyot
τ	Darbe genişliği
Uf	: Led iletim gerilimi
Us	: Besleme gerilimi
URMS	: Doğru akım şebeke gerilimi
Uv	: Ultraviyole
V	: Volt

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Lokomotifte yardımcı devreler ve aydınlatma beslemesi	5
Şekil 2.2.	Pulman tipi yolcu vagonunun iç görünüşü	6
Şekil 3.1.	Yıllara göre aydınlatma verimliliği	10
Şekil 3.2.	Silisyum diyot için polarmasız ve polarmalı akım iletim grafiği ..	13
Şekil 3.3.	LED' in genel görünümü	14
Şekil 3.4.	P ve N tipi maddelerden ışık oluşumu	15
Şekil 3.5.	Akım – Işık şiddeti bağıntısı grafiği	16
Şekil 3.6.	Güç – Zaman ilişkisi grafiği	17
Şekil 3.7.	Sıcaklık - Işık şiddeti bağıntısı grafiği	17
Şekil 3.8.	Floresan lamba ile LED lambanın aydınlatma şiddeti	26
Şekil 4.1.	Makinist kabininde kullanılan LED spot aydınlatma ışığı	32
Şekil 4.2.	Körük geçişinde kullanılan LED aydınlatma ünitesi	33
Şekil 4.3.	LED stop lambası (sağda)	33
Şekil 4.4.	Yolcu kompartımanı aydınlık düzeyi ölçüm noktaları	34
Şekil 4.5.	Akım kontrolü yöntemi için örnek dalga formları	35
Şekil 4.6.	Bir periyottaki sinyal oranı	36
Şekil 4.7.	PWM – LED sürücü devre şeması	36
Şekil 4.8.	LED'li aydınlatma sistemi devresi	37
Şekil 4.9.	Arızalı (açık devre) LED bulunan sistem	37
Şekil 4.10.	Diyak için örnek çalışma eğrisi	38
Şekil 4.11.	Paralel diyak bağlantılı LED' li aydınlatma sistemi	39
Şekil 4.12.	Arızalı (açık devre) LED bulunan paralel diyak bağlantılı sistem.	39
Şekil 4.13.	7'li LED gruplarına paralel bağlı olan diyaklar	40

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	IUAŞ işletme türlerine göre kurulu güç dağılımı	2
Tablo 3.1.	LED tüplerinin özellikleri	24
Tablo 3.2.	LED ile flüoresan lambanın karşılaştırılması	27
Tablo 5.1.	LED ile flüoresan lamba karşılaştırmalı maliyet analizi	41

ÖZET

Anahtar kelimeler: Enerji Tasarruflu Aydınlatma, Raylı Ulaşım Aydınlatması, Kontrol Edilebilir Işık Çıkışı, Aydınlatma Tasarımında Elektronik, LED Aydınlatma

Işık yayan diyot (LED) uygulamaları son yıllarda hızlı bir gelişim göstermiştir. Bu sebeple aydınlatma ünitelerinde tercih edilmesi ve kullanılması, elektrik uygulamalarında yeni bir eğilim oluşturmuştur. Raylı ulaşım konvansiyonel aydınlatma sistemlerinde floresan ve akkor lamba kullanılmasının sayısız olumsuz etkileri vardır. Sarsıntı, toz ve gerilim düşümleri, elektriksel hatalara ve arızalara sebep olmaktadır. Raylı ulaşım araçlarının çok uzun çalışma ömürleri vardır. Buna uygun olarak araçlardaki uygulamaların da benzer şekilde uzun bakım periyotları olmalıdır. Konvansiyonel aydınlatma sistemlerinde daha fazla hatayla karşılaşılacağından dolayı LED sistemlerini kullanarak ekonomik ve enerji tasarruflu bir çözüm ortaya konabilir. Türkiye’de demiryolları sık sık yer altı güzergahlarından veya tünellerden geçer. Bu nedenle raylı ulaşım araçlarındaki aydınlatma sistemleri sürekli devreye girip çıkmaktadırlar. Bu da aydınlatma ünitelerinin kullanım ömürlerinin kısalmasına ve ilaveten olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır. Seri elektrik bağlantısı ve ışık çıkışı kontrolü, raylı ulaşım araçlarında karşılaşılan diğer sorunlardır. Bu çalışmada konvansiyonel ve LED aydınlatma sistemleri anlatılmış ve elektrik mühendisliği bakış açısıyla raylı ulaşım araçlarında uygulanabilecek en iyi yöntemler belirtilmiştir.

EVALUATION OF RAIL TRANSPORTATION VEHICLE LIGHTING METHODS

SUMMARY

Key Words: Energy Efficient Lighting, Rail Transportation Lighting, Dimmable Lighting Control, Electronics in Lighting Design, LED Lighting

Light Emitting Diode (LED) applications show a rapid development in recent years, thereby preference and use of these lighting apparatus becomes the new trend in electrical installations. Rail transportation conventional lighting systems, include such lamps as fluorescent and incandescent, are due to numerous unfavourable effects. Vibration, dust and voltage sags are responsible for electrical faults and malfunctions. Rail vehicles do have very long periods of working life, in accordance with this; installations on the vehicles shall have similar periods of maintenance characteristics. As conventional lighting systems due to more faults, using LED systems might be the solution in an economic and energy efficient point of view. In Turkey, rail lines often follow underground routes or have tunnels, therefore lighting systems of rail vehicles are switched on and off frequently. This switching activity causes additional unfavourable results as reduced life of lighting apparatus. Serial electrical wiring and lack of dimming controls are the other problems in rail transportation vehicles. In this study comparison of conventional and LED lighting systems is performed and best application methods are suggested for rail transportation vehicles in an electrical engineering standpoint.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkemizde metropollerde nüfus artışı ve buna bağlı olarak trafiğe çıkan araç sayısındaki artış, raylı sistemlere olan talebi hızla arttırmıştır. Bu durum elektrik enerjisi kullanımının toplu taşımacılıkta daha çok pay almasına neden olmaktadır. Raylı sistemlere olan talebin artması ile bu sistemlerin teknik, ekonomik ve enerji verimliliği yönünden kavramsal tasarımları da birincil düzeyde önem kazanmıştır. Aydınlatma tesisleri sürekli çalıştıklarından enerji tüketimindeki payı, kurulu güçteki payına oranla çok daha yüksektir ve azımsanmayacak düzeydedir. Enerji yoğunluğunun azaltılması bakımından aydınlatma sistemleri ilk akla gelen tesislerdir.

Enerjinin günümüzde artan stratejik öneminden dolayı ülkeler, politikaların enerji arz güvenliği konseptine göre belirlemek zorunda kalmışlardır. Bu hayati önemden dolayı ülkeler enerji sorununa sürdürülebilir çözümler bulmak arayışına yönelmişlerdir. Uluslararası enerji ajansı (UEA)'ın "Dünya Enerji Görünümü Raporu" nda ana başlıklar halinde öneriler sunulmuştur [1]. Bunlardan birincisi olan enerji yoğunluğunun düşürülmesi özellikle taşımacılık sektöründe önem arz etmektedir. Örneğin İstanbul 5389 km² sorumluluk alanı olan, 12,6 milyon nüfusa sahip, trafikteki ortalama 1,8 milyon aracın bulunduğu ve her gün trafiğe 400 adet yeni aracın çıktığı metropoldür. İstanbul'da kent içi ulaşımın %87.9'u karayolu ile, % 8,6'sı raylı sistemler ile gerçekleştirilmekte ve raylı sistemler ile günde 868 bin yolcu taşınmaktadır [2]. İstanbul ulaşım ağı toplam uzunluğu 71 km olan metro, hafif metro, cadde tramvayı araçları ile hizmet vermektedir.

Raylı sistemler iki ana kısımdan oluşmaktadır; sabit tesisler ve metro araçları. Enerji tüketimi de doğal olarak, sabit tesisler enerji tüketimi ve hareketli araçlar enerji tüketimi olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Sabit tesisler grubunda harcanan enerji miktarı, yolcunun taşınma ve aktarılma prosesinin, gerçekleştiği istasyonlarda, haberleşme, aydınlatma işletme ve bakım hizmetlerin görülebilmesi için tüketilen

enerjidir. Bu enerji miktarı, taşınan yolcu sayısından bağımsız olarak hizmet sürekliliği bakımından gerçekleştirilmesi gereken enerji tüketimidir. İkinci grupta tüketilen enerji cer enerjisidir ve yolcu sayısına, kat edilen km'ye bağlı olarak değişiklik gösterir. Araçlardaki enerji tüketimleri de araç içi sabit yardımcı tüketiciler ve cer tüketimleri olarak gruplanır.

Tablo 1.1. İUAŞ işletme türlerine göre kurulu güç dağılımı

İşletme türü	Cer gücü (MVA)	Yardımcı güç (kVA)	Toplam kurulu güçler (MVA)	Güç oranı (%)	Toplam istasyon sayısı	Birim uzunluk başına kurulu güç (MVA/km)	
						yedekli	yedeksiz
Metro (M2)	52,8	40.000	92,8	43,1	6	3,56	2,81
LRT(M1)	38,4	10.150	48,55	20,9	18	1,21	1,21
Tram(T1-2)	25	350	25,35	1,4	24	0,64	0,64

LED kullanılan aydınlatma sistemleri son yıllarda hızlı bir gelişim göstermektedir. Diğer birçok alanda olduğu gibi artık raylı sistemlerde de tercih edilmeye başlanmıştır. Flüoresan ve akkor lamba gibi konvansiyonel aydınlatma sistemleri uygulandığında sarsıntı, tozlu ortam ve gerilim düşümü kaynaklı karşılaşılan sorunlar, LED'li sistemlerin kullanımıyla asgari düzeye indirgenebilmektedir. Ayrıca enerji tasarrufu yönünden de düşük enerji tüketim avantajına sahiptirler. Bakım periyotları diğer sistemlere göre çok daha uzun sürelidir. Ülkemizdeki demiryolları sık sık tünellerden veya yer altı güzergahlarından geçmektedir. Buna paralel olarak aydınlatma sistemleri sürekli devreye girip çıkmaktadır. Bu gibi durumlar konvansiyonel aydınlatma sistemlerinde arızaların oluşmasına sebep olmakta iken LED kullanılan sistemler için herhangi bir sorun teşkil etmemektedir.

Dış ortamda bulunan aydınlık düzeyine göre loşlaştırma kontrolü yapabilmek ve bu şekilde enerji maliyetlerini düşürebilmek, LED'li aydınlatma sistemlerinde mümkündür ve bu çalışmada ilgili yöntemler açıklanmıştır. Ayrıca LED'lerin birbirine seri bağlanıldığında karşılaşılabilecek sorunlarla ilgili çözüm yolları da ortaya konulmuştur. Bu sayede raylı ulaşım araçlarında çok önemli bir nokta olan kesintisiz aydınlatma ciddi oranda sağlanabilecektir.

BÖLÜM 2. RAYLI SİSTEMLERDE AYDINLATMA

Aydınlatma mekanları kullanan insanların güvenlik ve konforuna yönelik kurulmaktadır. GI/RT 7010 kodlu Demiryolu Grup Standardında (RGS) raylı sistem işletmelerinde güvenliğe ait minimum koşullar belirtilmektedir [3]. Avrupa Birliği Direktifleri doğrultusunda raylı sistemlerin Avrupa ülkeleri arasında çalıştırılabilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Raylı sistemlere ait yapıların aydınlatılması konusundaki standart 2002 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu standart baz alınarak raylı sistem aydınlatma tasarım esasları genel olarak aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- Aydınlatma tasarımları basit, güvenli etkin ve bakımı pratik olacak şekilde tasarlanmalı, elektrikli cihazların izolasyonuna, raylı sistem işletmesine ait sistemleri etkileyebilecek herhangi bir özel donanım ve/veya işleme gereksinim duymayacak yapıda olmalıdırlar.
- Kapalı Devre Televizyon Sistemi (CCTV): Kameraların görüş alanı içinde çalışmalarını ters yönde etkileyebilecek tarzda aydınlatma elemanları konulmamalıdır. Aşırı kontrastları önlemek amacıyla kameraların görüş alanı içindeki bölgede düzgün bir aydınlatma sağlanmalıdır. Sürücü ile ilgili olarak işletme şartlarında ve hemzemin geçitlerde CCTV ile ilgili diğer standartlar da göz önüne alınmalıdır.
- İstasyon Platform Aydınlatması: Bu başlık altında söz edilen bütün aydınlatma seviyeleri, bakım ve azaltıcı faktörler uygulandıktan sonra, elde edilen minimum ortalama aydınlık düzeyidir.
- Kapalı İstasyonlarda Aydınlatmanın Düzgünlüğü: Platform sınır bölgesi boyunca kapalı alanlarda aydınlatmanın düzgünlüğü 0,4 değerine eşit veya büyük olmalıdır.
- Aydınlatmanın dağılımı bütün istasyonlarda 0,1'e eşit veya büyük olmalıdır.

- Platform Emniyet Bölgesinde minimum izin verilen düşey düzlem aydınlatması. Bütün istasyonlar için acil durumlarda sadece acil durum aydınlatması için en az 2 Lux olmalıdır.
- Platform emniyet bölgesinde aydınlatma dağılımı: Kontrollü dolaşıma açık platform boyunca en az 0,5 olmalıdır.

2.1. Doğal ve Yapay Aydınlatmalı Bölgeler Arasındaki Geçişler

İstasyonlarda doğal ışığın girdiği alanda uygun bir mesafe bırakılarak ışığın sert ve keskin geçişler yapması önlenmeli ve bunun en az seviyeye indirilmesi sağlanmalıdır. Böylece gözün adaptasyon işlemi sırasında görme performansı uygun seviyelerde tutulabilir. İstasyonlarda aşağıda belirtilen konularda risk değerlendirmesi yapılabilir:

- Tren yaklaşım hızı
- Platformun emniyet durduruculara olan uzaklığı
- İstasyon platformuna yaklaşırken çevre aydınlığı
- İstasyon yaklaşım yönünde raylar üzerindeki aydınlık düzeylerinin arttırılması
- Keskin aydınlık farklılıklarını azaltmak için rayların üzerlerinde üst seviyelere gittikçe artan aralıklarla perdeleyici ekran konulması

2.2. Raylı Sistemlerde Işık Kaynak Tipleri

Raylı araçlarda hem farklı ortamlara gerekli ışığı sağlamak hem de yolcu ve görevlileri bilgilendirmek amacıyla çeşitli aydınlatma elemanları kullanılır. Bu aydınlatma elemanları farklı özelliklerinden dolayı farklı farklı gerilim kaynaklarına ihtiyaç duyarlar. Araç içindeki aydınlatma elemanları ve bunlara gerekli enerjiyi sağlayan elemanların tamamına aydınlatma sistemi denir.

Araç aydınlatma elemanlarını besleme kaynaklarına göre ikiye gruba ayırabiliriz. Bunlardan ilki genellikle salon aydınlatmada kullanılan floresan lambalardır. Araç içindeki asıl aydınlatmayı bu elemanlar sağlar. 220 V AA 50 Hz.'de çalışırlar. Söz konusu şehir şebekesi gerilimi yardımcı devre primer sargısından sağlanır. Yardımcı

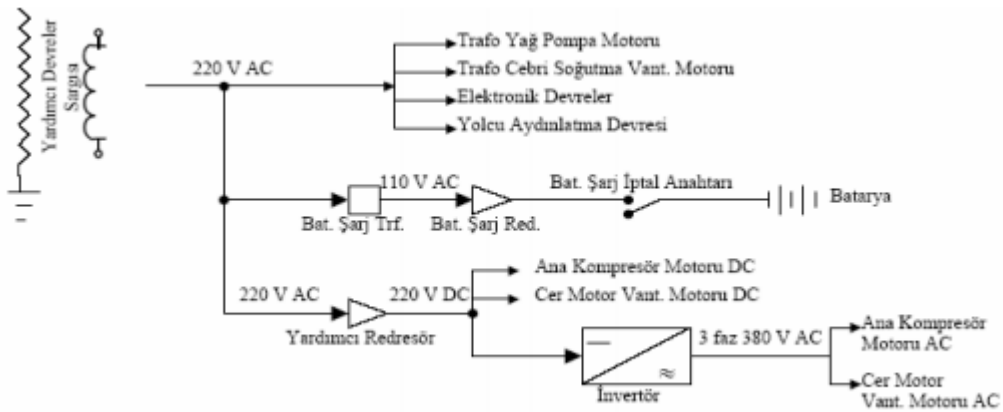
devre primer sargısı ana trafo primer sargısından alınan gerilimi 220 volt alternatif akıma düşürerek aydınlatma sistemini ve diğer yardımcı devreleri besler.

Diğer aydınlatma elemanları grubu ise doğru akım kaynaklarından beslenirler. Bu elemanlar araç türüne göre farklılık göstermekle birlikte genellikle 24 V DA gerilim kaynağından beslenmektedirler. Aydınlatma elemanları için gerekli olan bu gerilim her araçta bulunan akümülatör bataryasından sağlanır.

2.3. Elemanların Taşıt Üzerindeki Yerleri

2.3.1. 24 V DA salon aydınlatma

Pulman tip yolcu vagonlarının, yolcu salonu bölmesinde her bir pencereye 3 adet olmak üzere 20 W'lık flüoresan ampuller özel bir armatür üzerine monte edilmiştir. Böylece salon içindeki aydınlatma en direkt olarak tasarlanmış ve üretilmiştir. Yolcuların gözüne doğrudan bir ışık gelmemekle birlikte ortamda istenilen aydınlatma düzeyi sağlanmıştır. Işık cam hizasından ve tavan yüzeyinden ortama yayıldığı için koridor ve koltuk bölmelerindeki düzgünlük işlevi de iyileştirilmiştir.



Şekil 2.1. Lokomotifte yardımcı devreler ve aydınlatma beslemesi

2.3.2. 220 V AA salon aydınlatma

Salon içindeki her bir raf kolu sportu üzerinde 220 V AA monofaze 50 Hz ile beslenen 7 W gücünde, 24 adet “U” tipi flüoresan ampuller bulunmaktadır.



Şekil 2.2. Pulman tipi yolcu vagonunun iç görünüşü

2.3.3. Sahanlık aydınlatması

Her bir giriş kapısı için 1 adet 24 V DA ile beslenen 20 W'lık flüoresan ampuller bulunmaktadır.

2.3.4. Tuvalet aydınlatması

Tuvaletlerde 24 V DA bağımsız transistörlü balast beslemeli, 11 W gücünde, “U” tipi flüoresan ampuller kullanılmıştır. Bu ampuller ayna üzerine montajlanmış olup devrelenmesi E2 dolabı üzerinden yapılmaktadır. Tuvalet aydınlatması E2 dolabından kumanda edilip böylece aydınlatma yolcunun insiyatifine bırakılmamıştır.

2.3.5. Vagon son ışıkları

Vagonun her iki başında 2 adet 40 W'lık flamanlı ampulle donatılı lambalar mevcuttur. Trafik Yönetmeliği gereği konulması bir zorunluluk olan bu lambalar son derece önemli olup anahtarlanması E2 dolabından ve sadece bir yönü yanacak

şekilde yapılmaktadır. Dış kapları kırmızı olduğundan kırmızı renkli ışık vermeleri sağlanır.

2.3.6. Okuma lambaları

Salon bölmesinde, raf boy profili üzerine yerleştirilmiş ve her yolcuya ayrı yarı hizmet sunan okuma lambaları bulunmaktadır. Aydınlatma açıları diğer yolcuları rahatsız etmeyecek biçimde, ilgili kullanıcının yaklaşık 500 mm çapında bir daireyi taramasını sağlayacak oynak özelliktedir. Bir vagonun tüm okuma lamba kumandaları E2 dolabından, her birinin bölgesel kumandası ise koltuk üstü anahtardan yapılır.

2.3.7. Yön lambaları

İlk tip vagonların her iki yan yüzeyinde iki adet yön lambası bulunur. Trenin çalıştığı güzergah yazılı olan tabelalar ışıklandırılarak geceleri daha rahat bir aydınlatma sağlanmış olur. Son tip vagonlarda bu uygulamadan vazgeçilmiştir.

2.3.8. Bilgilendirme lambaları

Vagonun her iki baş sahanlık alın kapısı üzerinde yolcuları bilgilendirmek amacı ile kullanılan üç bölmeli uyarı lambalarıdır. Sırası ile yemekli vagon, sigara içilmez ve WC meşgul simgesi olan lambaların ilk ikisi E2 dolabından, WC meşgul ise WC kapısının sivicinden, tuvalet kilitlendiğinde anahtarlanır [4].

Yukarıda belirtilen lambaların dışında sınırlanan bazı özel durumlar için belirli tipteki lambalar kullanılmamalıdır.

- Ray hatlarına yakın ve sinyalizasyon ışıkları ile bir etkileşim göstermeye müsait olan alçak basınçlı sodyum lambalar (ısınma aşamasında kırmızı ışık ve tamamen ısınıp yandıkları zaman ise sarı ışık yayarlar).
- Ray hatlarına yakın ve sinyalizasyon ışıkları ile bir etkileşim göstermeye müsait olan metal halojen lambalar (ısınma aşamasında parlak yeşil, pembe veya mavi ışık yayarlar).

- Herhangi bir UV filtre camı ile donatılmamış, metal halojen lambalar
- Koruyucu bir camı olmaksızın tungsten halojen lambalar

2.4. Demiryolu Sinyalizasyonunun Üzerinde Aydınlatmanın Etkisi

Raylı sistem aydınlatması, sinyal sistemi ile bir çakışma göstermemeli ve sinyalizasyon sistemi, her durumda rahatlıkla doğru olarak okunabilmelidir. Sürücü görüşünü engelleyebilecek aşağıdaki durumlara izin verilmemelidir:

- Aydınlatma kaynağının konumu nedeniyle makinistin sinyalizasyonu fark edememesi
- Bir ışık kaynağının sinyalizasyon sistemine ait olarak algılanması
- Işığın kırılması veya yansımaları sebebiyle yanlış algılamalara sebebiyet verilmesi

2.5. Aydınlatmada Işık Kaynaklarının Seçimi ile Enerji Tasarrufu

Aydınlatma yükünün az olduğu yerlerde bile uygun çözümlerle enerjide önemli bir tasarruf sağlanabilir. Etkin bir enerji yönetimi programı yapılırken aydınlatma verimliliği göz ardı edilmemelidir. Lüksmetre ile yapılan ölçümlerle fazla aydınlatılan bölgeler tespit edilmelidir. Yeni bir şebeke tasarımında seçilen lambalar mümkün olduğunca yüksek verimli olmalıdır [5].

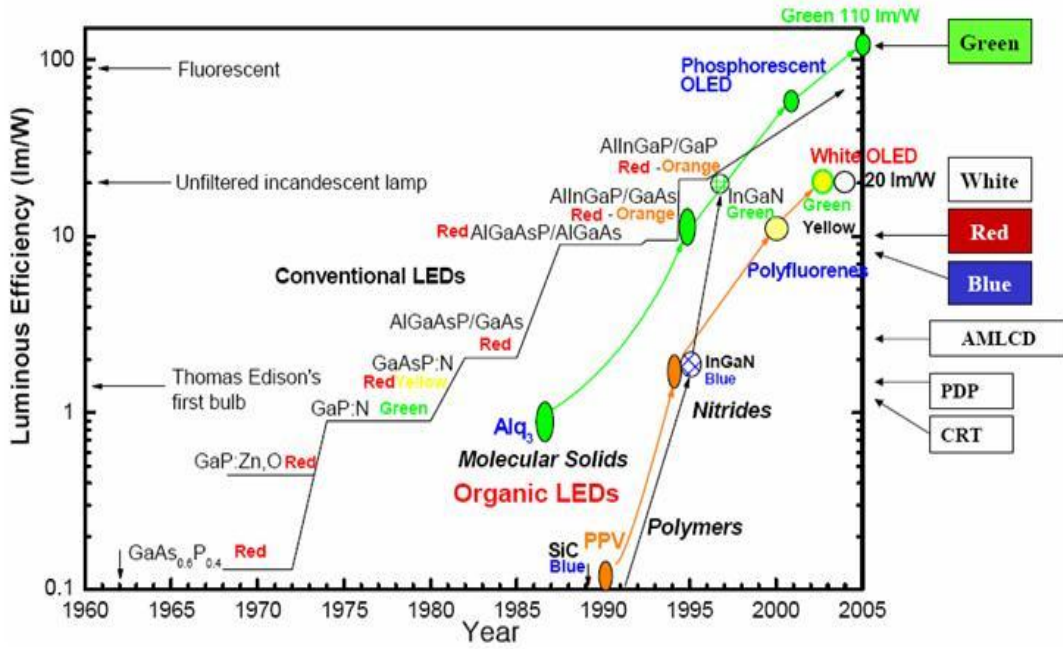
BÖLÜM 3. LED TEKNOLOJİSİ

3.1. LED'in Tarihsel Gelişimi

Yüksek performanslı görünür spektrumlu ışık yayan diyotların (LED) gelişimi 60 yıldan öncesine dayanmaktadır. 1940 yılında p-n jonksiyonlu yarı-iletken bulunmuş, 1940'larda katı hal elektronik bant teorisi geliştirilmiş, 1947 yılında ilk bipolar transistör keşfedilmiş ve 1950-60'larda III-V alaşımlarıyla verimli ışık dönemi ortaya konulmuştur.

1960 yılında Dr. Nick Holonyak, geniş band aralıklı tünel diyotların oluşumuna yol açacak farklı bir madde olan GaAsP'yi geliştirmekteydi. 1962 yılında kızılötesi GaAs yarı-iletken lazeri ortaya konulduğunda, Holonyak'ın sahip olduğu daha geniş band aralıklı olan GaAsP, görülebilir bir versiyonun yapılabilmesi için mükemmel bir durumdaydı. Daha sonra Holonyak, GaAs lazerinden de fikir alarak 1962 yılında ilk görülebilir lazerini ortaya koymuştur.

Sonraki yıllarda yarı-iletken bileşiklerle çeşitli deneyler yapılmıştır. 1987 yılında AlGaAs LED'leri araç fren lambalarında ve trafik ışıklarında akkor lambaların yerine ilk kez kullanılmaya başlanmıştır. 1990 yılında AlInGaP, AlGaAs'ın en az iki katı parlaklık seviyesi ortaya koymuştur. Yıllara göre aydınlatma verimliliği Şekil 3.1'de gösterilmiştir [6].



Şekil 3.1. Yıllara göre aydınlatma verimliliği [7]

İlk LED'ler MO-18 transistör kılıfı içerisinde ve uçları şeffaf plastik mercek şeklindeydi. Mevcut ışık rengi sadece kırmızıydı ve verim, yani uygulanan güce karşı elde edilen ışık miktarı son derece yetersizdi. Zamanla yarıiletkenlerde yayılan ışık ile ilgili teorik bilgiler geliştikçe GaP diyotlarından yayılan kırmızı ışığın, bu yarıiletken madde içerisinde bulunan çinko ve oksijen atomlarının sayesinde oluştuğu anlaşılmıştır. Daha saf GaP maddesiyle yapılan LED'lerin, bu sefer yeşil bir ışık yaydıkları gözlenmiştir. Daha sonra çok çeşitli yarıiletken maddeler denenmiş ve kullanılmıştır. Günümüzde ise en çok kullanılan madde Galyum Arsenit Fosfat (GaAsP)'tır. Bu maddenin avantajı, arsenik ve fosfat oranlarını değiştirmek suretiyle infraruj (infra-red) ile yeşil arasında pek çok renk elde edilebilmesidir. 1962'de ilk ticari LED üretilmiş ve ilk üretilen kırmızı LED'ler sinyal ve göstergelerde kullanılmıştır. 1972'de Siemens Yarı-iletken Departmanı tarafından (Bugün Osram Optosemiconductor olarak faaliyetini sürdürüyor) ilk radyal kılıf LED üretildi. 80'lerin sonu 90'ların başı iki büyük aşama kaydedildi; kırmızı LED'e ilave olarak sarı, yeşil, mavi ve beyaz LED'ler geliştirildi. Işık verimlilikleri arttırıldı. 1994 Önce kırmızı ve sarı ardından yeşil renkler trafik ışıklarında kullanılmaya başlandı. VW başta olmak üzere otomobil endüstrisinde 3. fren lambası olarak kullanılmaya başlandı. Yeni milenyum ile birlikte titreşimlerden

etkilenmeme özelliğinden dolayı araç tasarımcıları gösterge aydınlatması, stop lambası, fren lambaları, sinyal lambaları olarak LED dizinlerini kullandılar. Birkaç firma far lambası prototipleri geliştirdi. Bugün bir otomobilde 300'den fazla LED kullanılmaktadır (konsol, radyo, CD çalar, navigasyon sistemi, göstergeler ve butonlar içinde). Cep telefonları gösterge ve tuş aydınlatması için 12 adet LED kullanılmaktadır (fotoğraf çeken modellerde flaş olarak). 100.000 LED'den fazlası büyük ölçekli göstergelerde kullanılmaktadır. Örnek olarak futbol sahaları, dış mekan görüntü cihazları, büyük trafik bilgilendirme göstergeleri verilebilir. Dekoratif aydınlatmalarda ışık kaynağı olarak, reklam panolarında neon lambalara alternatif olarak kullanılmaktadır. Ve bugün aydınlatma dahil çok geniş alanda kullanılmaktadır. Sonuç olarak LED ışık tasarımcısının vazgeçemeyeceği bir konudur.

3.2. Diyotların Temel Yapısı ve Tanımı

P ve N tipi iki yarı iletkenin birleştirilmesinden oluşan maddeye diyot denir. Diyotlar temelde iki gruba ayrılırlar:

1. Doğrultmaç (redresör, rektifiyer) diyotları.
2. Sinyal diyotları

Doğrultmaç diyotları güç kaynaklarında AA akımları DA'ya dönüştürmekte kullanılırlar. Bunlar, yüksek akımları taşıyabilirler ve yüksek ters tepe gerilimlerine dayanabilirler. Ancak, genelde 50-60 Hz gibi düşük frekanslı devrelerde kullanılırlar. Sinyal diyotları ise lojik (sayısal) devre elemanı ya da radyo frekans (RF) devrelerinde demodülatör (sinyal ayırıcı) olarak kullanılırlar. Başka bir deyişle sinyal diyotları, yüksek frekanslarda çalışmaya duyarlı olmalarının yanı sıra, düşük gerilim ve akımlarda da çalışabilmektedirler. Doğrultmaç ve sinyal diyotları silisyum ve germanyumdan yapılabilmektedir. Germanyumdan yapılan diyotlardan akım geçirildiğinde üzerlerinde yaklaşık 0,2 Volt'luk bir gerilim düşümü olurken, silisyumdan yapılmış diyotlarda bu değer 0,6 ila 0,7 Volt dolayındadır. İşte bu fark nedeniyle germanyum maddesi daha çok sinyal diyotu yapımında kullanılmaktadır.

3.2.1 P ve N tipi maddeler birleştirilerek diyotun oluşturulması

3.2.1.1. Polarmasız P-N birleşimi

P ve N tipi yarı iletken madde kimyasal yolla birleştirildiğinde PN birleşimli kristal diyot elde edilir. P ve N tipi iki madde birleştirildiği zaman birleşim yüzeyinin yakınında bulunan elektron ve oyuklar birbirleriyle birleşmeye başlarlar. Birleşmeler sonucunda yüzey civarında nötr (yüksüz) atomlar oluşur. P-N maddelerinin birbirine yakın olan kısımlarında oluşan elektron oyuk birleşimleri “gerilim setti” bölgesini ortaya çıkarır. Bu bölge PN maddelerinde bulunan tüm elektron ve oyukların birbiriyle birleşmesini önler. Settin kalınlığı 1 mikron kadar olup, 0.2 – 0.7 Volt’luk bir gerilim uygulandığı zaman yıkılır (aşılır). P-N birleşiminde P maddesinin bir bölümü elektron kazandığı için eksi (-) yüklü olur. N maddesinin bölümü ise oyuk kazandığı için artı (+) yüklü duruma geçer. İki yüzey arasındaki bu küçük potansiyel fark (gerilim), oyuk ve elektronların daha fazla yer değiştirmesini önler. Oluşan gerilim setti dışarıdan uygulanan gerilimle yok edilebilir (Şekil 2.2). İşte, P ve N tipi maddelerin birleştirilmesiyle elde edilen devre elemanlarına diyot denir

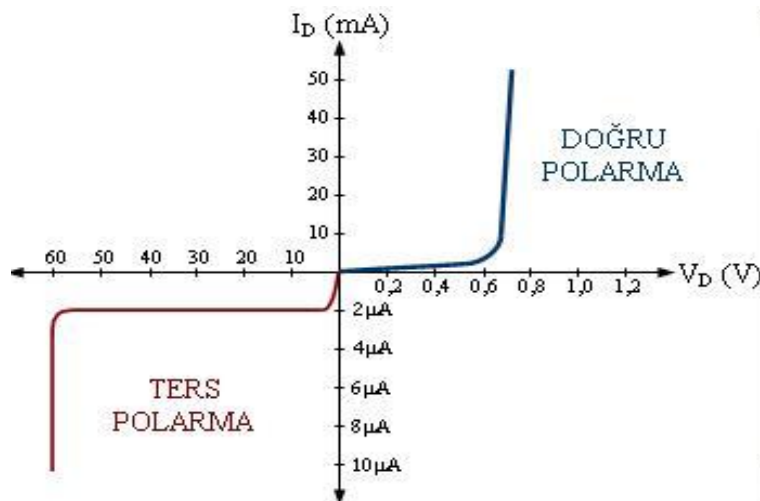
3.2.1.2. Polarmalı PN birleşimi

Polarmasız P-N birleşiminin orta yerinde karşılıklı yük dengesi olduğundan akım geçmez. P-N birleşimine doğru yönde (forward) veya ters yönde (reverse) gerilim uygulandığında bazı elektriksel olaylar ortaya çıkar.

Doğru yönde akım uygulama UCC üreticinin artı (+) ucundan gelen yükler (oyuklar) P tipi maddenin artı (+) yüklerini birleşim yüzeyine doğru iter. Üreticinin eksi (-) ucundan gelen elektronlar ise N tipi maddenin eksi (-) yüklerini birleşim yüzeyine iter. Artı (+) ve eksi (-) yükler birbirini çekeceğinden elektronlar oyuklara doğru hareket ederler. Yani elektronlar, P tipi maddeye geçerler. Pilin artı (+) ucu P tipi maddeye geçmiş olan eksi (-) yüklü elektronları kendine çeker. Bu şekilde P-N birleşiminde elektron akışı başlar. N tipi maddede bulunan her elektron yerinden çıktığı zaman buralarda oyuklar oluşur. Oyuklar artı (+) yüklü kabul edildiğinden,

pilin eksi (-) ucu tarafından çekilirler. Görüldüğü üzere elektron akışı eksi (-) uçtan artı (+) uca doğru olmaktadır.

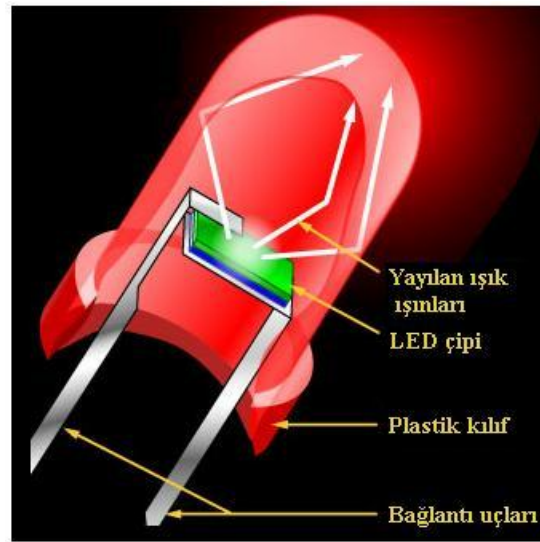
Ters yönde akım uygulamada üretcein eksi (-) ucu P tipi maddenin oyuklarını çeker. Üretcein artı (+) ucu ise N tipi maddenin elektronlarını kendine çeker. Birleşme yüzeyinde elektron ve oyuk kalmaz. Yani birleşim bölgesi artı (+) ile eksi (-) yük bakımından fakirleşir. Bu yaklaşıma göre ters polarizasyonda diyot akım geçirmez. Ancak kullanılan maddelerin tam saflıkta olmaması nedeniyle çok az bir sızıntı akımı geçer. Mikro Amper (mA) düzeyinde olan bu akım yok sayılır (ihmal edilir). Ters polarize edilen diyotlara uygulanan gerilim yükseltirse eleman delinebilir (bozulur). Diyotun delinmesi olayına “çığ etkisi” adı verilir. Çığ etkisinin oluşumu kısaca şöyle açıklanabilir. P tipi yarı iletkenin iletim bandındaki bir azınlık elektronu üretcein yeterli enerjii alınca, diyotun pozitif ucuna doğru gider. Bu elektron, hareket edince bir atoma çarpar ve yeterli enerjii sağlayarak bir valans elektronun yörüngesinden çıkıp iletim bandına geçmesini sağlar. Böylece iletim bandındaki elektron sayısı iki olur. Yörüngelerinden çıkan bu elektronlar, valans elektronlara çarparak her bir elektronu iletim bandına çıkarırlar. Böylece iletim bandında dört elektron olur. Bunlar, dört valans elektronunu daha iletim bandına sokarlar. Ters polarizasyon geriliminin yüksekliğine göre harekete geçen elektron sayısı hızla artarak ters yönde geçen akımın artmasına neden olur (Şekil 3.2). Diyotların birçoğu ters polarizasyonun aşırı artırılması durumunda bozulacağından bu noktada (dayanma gerilimine yakın yerde) çalıştırılmazlar.



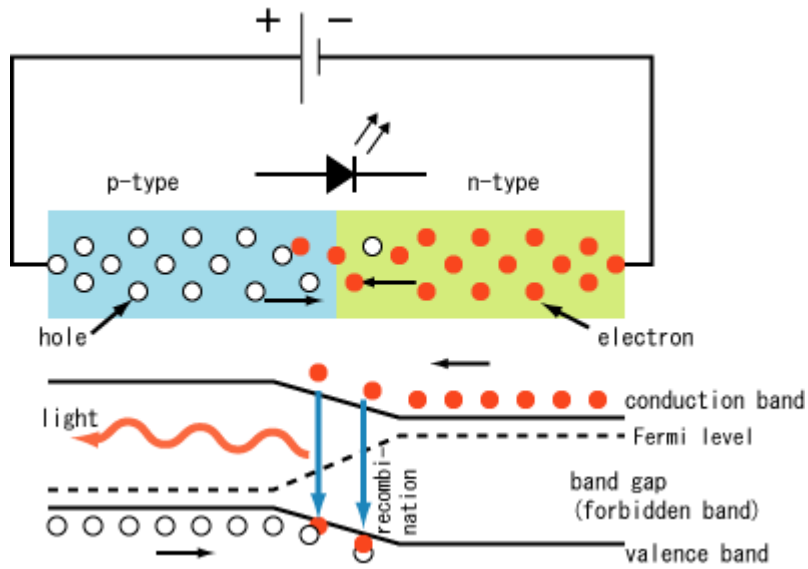
Şekil 3.2. Silisyum diyot için polarmasız ve polarmalı akım iletim grafiği

3.3. LED'ler

Işık yayan flamansız lambalara LED denir. Bu elemanlar çeşitli boyutlarda (1-1,9-2-2,1-3-5-10 mm vb.) üretilirler. 2-20 mA gibi çok az bir akımla çalıştıklarından ve sarsıntılara dayanıklı olduklarından her türlü kullanımda karşımıza çıkabilir. Işık, bir yarı iletken, P tipi madde içine enjekte edilen bir elektronun oyukla birleşmesi ya da N tipi madde içine enjekte edilen bir oyuğun elektronla birleşmesi sonucunda oluşur. Bu olaydaki temel esas, elektronların enerji kaybının, ışımaya olarak ortaya çıkmasıdır. Çalışma prensipleri LED yongası üzerinden akım aktığında doğrudan foton (ışık) üreten bir yarı-iletken teknolojisine dayanır. Bir LED'in genel görünümü ve ışık oluşum şeması Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. LED'in genel görünümü [8]



Şekil 3.4. P ve N tipi maddelerden ışık oluşumu

LED'ler aktif katmanın materyal yapısına bağlı olarak görülebilir ışık tayfının belirli bir bölümünde ışık yayarlar. Başka bir deyişle tek renk ışık üretilir ve aktif katmanda kullanılan materyal LED ışığının rengini belirler. Yüksek seviyede ışık veren renkli LED'lerde aktif katman olarak farklı materyaller kullanılır (GaAs, GaP, GaN, AlInGaP ve InGaN). LED'lerle beyaz ışık üretmek iki yöntemle mümkündür. Bunlardan birincisi; kırmızı, yeşil ve mavi üç adet LED yongasını bir kılıf içerisinde kullanarak beyaz ışığı elde etmektir. İkinci yöntem ise mavi LED yongasında üretilen ışığın bir fosfor tabakasını uyararak beyaz ışık üretilmesidir. LED diyotların yapısında kullanılan galyum arsenik (GaAs), galyum arsenik fosfat (GaAsP), galyum fosfat (GaP), çinko, nitrojen vb. gibi maddelere göre ortaya çıkan ışığın rengi de farklı olmaktadır. Yani, yarı iletken içine yerleştirilen elementler LED'in yaydığı ışığın rengini belirlemektedir. Yeşil renk veren LED'lerin içinde nitrojen bulunmaktadır. Nitrojen miktarı arttırıldıkça sarı olmaktadır. Kırmızı renk elde etmek için ise çinko ve oksijen kullanılmaktadır.

LED'lerin direnci dinamiklidir. Yani bu direnç üzerinden geçen akıma göre değişir. LED'i bir akım kaynağına doğrudan bağlarsak kısa devre olur. Bu yüzden devreye seri bir direnç bağlamak gerekir. Yüksek DA gerilimlere bağlanacak LED'lere seri olarak ön direnç bağlanır. LED'e bağlanması gereken ön direncin değeri;

$$R_{\text{ön}} = \frac{U_S - U_f}{I} \quad (3.1)$$

bağıntısı ile bulunur. Burada

US : Besleme gerilimi

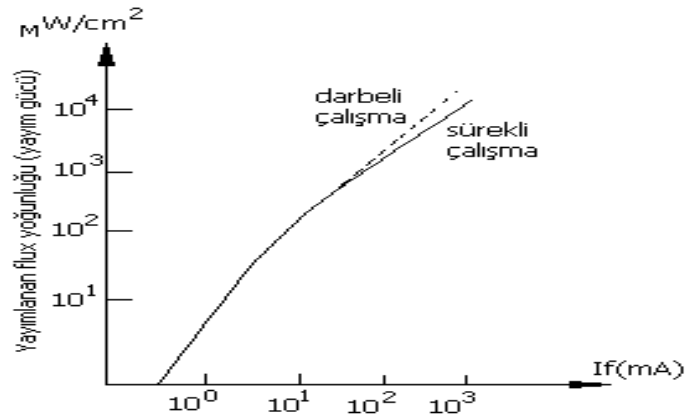
Uf : LED iletim gerilimi

I : LED akımıdır.

3.3.1. LED için elektriksel bağıntılar

3.3.1.1. Akım – Işık şiddeti bağlantısı

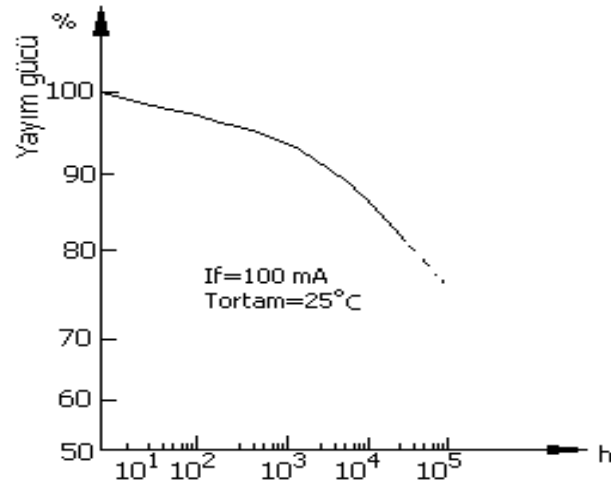
LED diyotunun ışık şiddeti, içinden geçen akım ile doğru orantılı olarak artar. Ancak bu artış; akımın belirli bir değerine kadar doğrusaldır. Daha sonra bükülür (Şekil 3.5). Eğer diyota verilen akım, eşik değeri adı verilen doğrusallığın bozulduğu noktayı aşarsa diyot aşırı ısınarak bozulur. Bu nedenle diyotlar kullanılırken, firmalarınca verilen karakteristik eğrilerine uygun olarak çalıştırılmalıdır.



Şekil 3.5. Akım – ışık şiddeti bağıntısı grafiği

3.3.1.2. Güç – Zaman ilişkisi

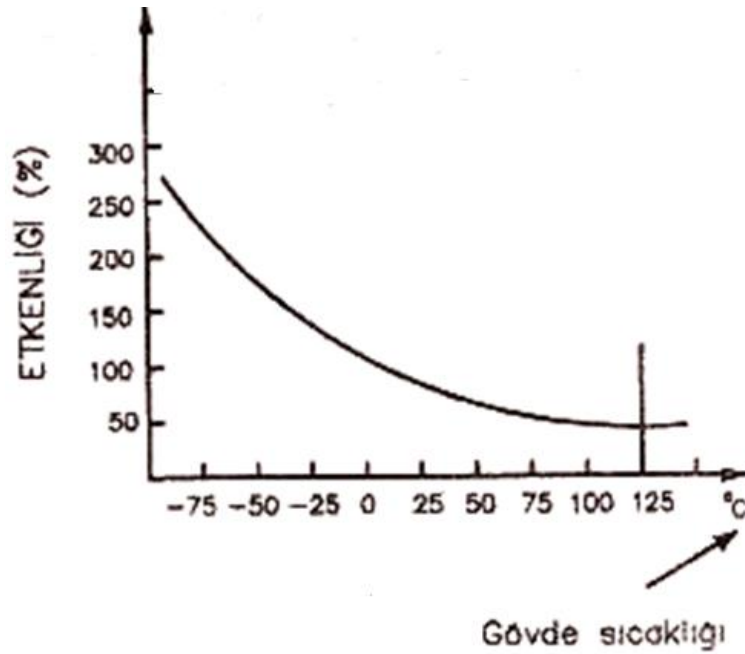
LED'lerin gücü zamanla orantılı olarak düşer. Bu güç normal gücünün yarısına düştüğünde diyot artık ömrünü tamamlamıştır. Bir LED diyotun ortalama ömrü 100.000 saattir. Bu tip değerlendirmede, gücün düşme miktarı direk güç değeri olarak değil de, normal güce oranı olarak alınmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Güç – zaman ilişkisi grafiği

3.3.1.3. Sıcaklık-Işık şiddeti bağıntısı

Diyot ısındıkça, akım sabit kaldığı halde, verdiği ışık şiddeti küçülür (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Sıcaklık - ışık şiddeti bağıntısı grafiği

Bu düşme diyotun cinsine göre şöyle değişir;

- GaAs diyotta düşme: Her derece için % 0,7
- AaAsP diyotta düşme: Her derece için % 0,8
- GaP diyotta düşme: Her derece için % 0,3

Normal çalışma şartlarında bu düşmeler o kadar önemli değildir. Ağır çalışma şartlarında ise soğutucu kullanılır veya bazı yan önlemler alınır.

3.3.1.4. LED'in verimi

LED'in verimi; yayılan ışık enerjisinin, diyota verilen elektrik enerjisine oranıyla bulunur. Diyota verilen elektrik enerjisinin hepsi ışık enerjisine dönüşmemektedir. Yani harekete geçirilen elektronların hepsi bir pozitif atom ile birleşmemekte, sağa sola çarparak enerjisini ısı enerjisi halinde kaybetmektedir. LED rengine göre ışık etkinliği farklılık gösterir. Örneğin; kırmızı en yüksek verimliliğe sahiptir 45 lm/W, sarı 35 lm/W, yeşil 18 lm/W, mavi 8 lm/W civarındadır. Aydınlatmada beyaz ışık önemli olduğuna göre beyaz LED için verimlilik, üretici firmalara göre değişmekle birlikte 18 – 25 lm/W arasında değişmektedir.

LED seçiminde verim önemli bir faktördür. Ancak pille çalışan küçük cihazlar dışında bu durum bir problem teşkil etmemekte, verim düşüklüğü biraz daha fazla güç tatbikiyle ortadan kalkmaktadır.

3.4. Optik

LED ışık değerleri konusunda dikkat edilmesi gereken bir konuda ışık açılarıdır. LED'ler yönlendirilmiş ışık oldukları için ışık değerleri, cd (kandela) veya mcd cinsinden verilmektedir. Işık açıları düşük tutularak yüksek kandela değerleri telaffuz edilmektedir. LED seçiminde değerlendirme yapılırken bu konu dikkate alınmalıdır. Önemli noktalardan biri de ışığın açısının değiştirilmesi, yönlendirilmesi, bir ışık kılavuzu ile dağıtılmasıdır. Bu konuda en çok mercekle sistemleri kullanılır.

3.5. Çok Renkli LED'ler

Uygulamada iki ya da üç LED'in bir gövde içinde birleştirilmesiyle oluşturulmuş, iki hatta üç renk yayan LED'ler de kullanılmaktadır. Anot 1 ve anot 2'ye DA üreticinin artı (+) ucunu, ortak katoda ise DA üreticinin eksi (-) ucunu bağlarsak, gövde içinde bulunan iki LED'in çalışması sonucu karma bir renk (üçüncü renk) oluşur. Anot 1 ile ortak katoda DA uygulandığında L1 ışık yayar. Anot 2 ile ortak katoda DA uygulandığında ise L2 ışık yayar. Üç bacağın farklı boyda olduğuna dikkat edilmelidir. Orta bacak, her iki renk için (-) (katot) görevi yapar. Dış bacaklar ise her iki renk için ayrı ayrı (+) (anot) bağlantısıdır. Bu ayakları kullanarak üç renkli ışık yakıp söndürülebilir. İki renkli LED'ler, üç renklilere göre daha az kullanışlıdır. Renklerin her biri tek olarak yanar; biri yanınca diğeri söner.

3.6. Enfraruj (İnfrared) LED Diyotlar

P ve N tipi iki yarı iletkenin birleşiminden oluşmuştur. İnfraruj LED, normal LED'in birleşim yüzeyine galyum arsenid maddesi katılmamış halidir. Yarı iletkenlere çeşitli maddeler eklenerek insan gözünün göremeyeceği frekanslarda (kırmızı ötesi) ışık yayan LED'ler elde edilmiştir. Dış görünüm olarak LED diyotlara benzeyen enfraruj diyotlar en çok, uzaktan kumanda (tv, video, müzik seti, otomatik çalıştırılan endüstriyel makineler vb.) sistemlerinde kullanılırlar.

3.7. LED'lerle Beyaz Işığın Elde Edilmesi

1993 yılında Japon Shuji Nakamura, galyum nitrürüne dayanan mavi bir LED buldu. Bu mavi LED beyaz ışığın önünü açtı. Beyaz ışık, teoride sayısız dalga uzunluğunu bir araya toplarken, gözümüz kolaylıkla aldanıp biri kırmızı, biri yeşil biri de mavi olmak üzere üç dalga uzunluğunu bir araya getirip beyaz ışık görmüş gibi oluyor. İşte beyaz LED'ler de bu yanılsamadan yararlanıyor. Bu da dört şekilde gerçekleşiyor. İlk önce üç LED (kırmızı, yeşil ve mavi) aynı kutuda toplanıyor: Ancak diyotların tümü aynı randımana sahip olmadıklarından global randıman bu durumdan etkileniyor. Bir diğeri olasılık ise şudur; mavi diyota, diyotun ışığı altında amber renginde yanan fosfor bazlı küçük bir pastil ilâştiriliyor. Bu diyot maviyle

birleştğinde beyaz bir ışık üretiyor. Bir diğeri ise morötesi LED'e dayanıyor; flüoresan bir bileşen bu ışımayı görünür beyaz ışığa dönüştürüyor. Organik LED'ler ise akım geçtiğinde beyaz ışık üreten organik öğeleri barındıran aktif bir katmana sahiptirler.

3.8. LED'lerin Çalışma Sınırları

Verimliliğine karşın LED çözümünün de bir takım sınırlamaları mevcuttur. Bunların arasında elektrostatik boşalmalara karşı duyarlılık, 1.7 ile 3.6 V arasında (renge bağlı olarak) besleme gerilimi zorunluluğu ve kutuplu olma özellikleri sayılabilir. Bunlara ek olarak normalde beyaz ışık kaynağı kullanılır, renkler dalga boyu ayarları ile sağlanır ve çalışma sıcaklığı -25 °C ile 85 °C arasında kalmalıdır. Kırmızı LED yaklaşık 1,8 V-15 mA, Sarı LED yaklaşık 2 V-15 mA, Yeşil LED yaklaşık 2,2 V-15 mA, Mavi ve Beyaz LED yaklaşık 3 V-30 mA'de çalışır.

3.9. LED'lerin AA Çalışması

LED'ler, AA ile çalışan devrelerdeki ikaz lambalarının bile yerini alabilmektedirler. AA sinyalin bir saykılında iletimde olan LED, ikinci saykılında ters yönde polarlanır ve off durumuna geçer. Bu durumda LED üzerinde oluşan ters yöndeki gerilimin LED 'in ters dayanma geriliminden fazla olması halinde LED tahrip olacağından gerekli önlemler alınmalıdır. Bunun için LED'e paralel olarak ters yönde normal bir diyot bağlanması kafidir. Negatif yarım saykılında bu diyot iletime geçerek üzerinde oluşacak 0,7 Voltluk iletim gerilimi, LED 'in emniyetle kullanılmasını sağlayacaktır. LED'leri korumak için kullanılan diğeri bir yöntemde, LED ile seri olarak ters dayanma gerilimi kaynak geriliminden daha büyük olan bir diyot bağlamaktır. İlk metodun avantajı, LED üzerine 0,7 Volttan daha fazla ters gerilim düşmemesi nedeniyle LED'in aşırı ters gerilimden dolayı bir tehlikeye maruz kalmasının söz konusu olmamasıdır. Ancak seri direncin iki misli güç harcaması gerekmektedir. Her iki durumda da, LED sadece bir saykıl boyunca iletimde kalacağı için averaj LED akımı, hesaplanan direnç değeriyle bulunanın yarısı kadar olacaktır. Bu durumu göz önüne alarak gerekli direnç değeri, aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

$$R = URMS - U_f / 2I \quad (3.2)$$

Burada

URMS : AA şebeke gerilimi

U_f : Diyot iletim gerilimi

I : İstenen averaj akım değeridir.

3.10. LED'lerin Devre Bağlantıları

LED'ler, düşük gerilimli kaynaklarda kullanılacakları zaman maksimum akım sınırlarına yakın değerlerde kullanılmamalıdır. Çünkü böyle durumlarda seri LED'lerin polariteleri genellikle iki türlü belirtilmektedir. Birinci olarak katot, anoda nazaran daha kısa yapılmaktadır. İkinci olarak ise LED'in kılıfının katot tarafı düz olarak imal edilmektedir. Bu yöntem, sadece dairesel kesitli LED'ler için geçerlidir.

3.10.1. LED'lerin seri bağlanması

Direncin değeri küçük olacağından kaynak gerilimindeki en ufak bir değişim, yüksek akım geçmesine sebep olarak LED'i tahrip edebilir. LED'leri devreye bağlarken polaritelerine dikkat edilmelidir. Bunların ters dayanma gerilimleri 4-5 Volt gibi küçük bir değer olduğundan ters bağlanmaları halinde yanmaları işten bile değildir. Bu yüzden polariteleri bilinmeyen LED'lerin bacaklarının tespit edilmeleri esnasında dikkatli olunmalıdır. Bu iş için yöntemlerden biriside, 150 ohm'luk seri bir dirençle beraber 3 Voltluk bir kaynak kullanılmasıdır.

Aynı anda birden fazla LED den ışık almak istiyorsa seri bağlanması uygundur. Tek devrede çok LED çalıştırılacağı için güç kaynağının ömrü uzayacaktır. Devrede seri bağlı bütün LED'lerin üzerinde aynı akım şiddeti vardır. Bu gibi bir durumda, seri bağlı LED'lerin hepsinin aynı cins olması önerilir. Güç kaynağı, devredeki bütün LED'ler için yeterli voltajı verecek nitelikte olmalıdır (Yani her LED için 2V, Mavi ve Beyazlar için 4V ve kullanılacak direnç için de en az 2V).

Böyle bir devre için hesap yapmanız gerekirse, devredeki bütün LED'lerin voltajlarını toplayıp VL olarak kullanılmalıdır. Diyelim ki, devrede bir kırmızı, bir sarı ve bir yeşil LED seri bağlantısı olsun. Bu durumda,

$$3 \times 2V + 2V = 8V$$

9V kaynak uygun olacaktır

$$V_L = 2V + 2V + 2V = 6V \text{ (Üç LED'in voltaj toplamı)}$$

Besleme voltajı VS 9V olacaksa ve akım şiddeti I, 15 mA = 0.015 A olmalı ise

$$\text{Direnç } R = (V_S - V_L) / I = (9 - 6) / 0.015 = 3 / 0.015 = 200$$

Bu durum karşısında R = 220 (veya en yakın fakat bir üst değerdeki direnç değerini seçmeli ve kullanılmalıdır)

3.10.2. LED'lerin paralel bağlantısı

Birden fazla LED'i tek direnç kullanarak paralel bağlamak hiç önerilmez. Devrede kullanılan LED'ler arasında küçük de olsa nitelik farkları varsa, devreden geçen akımın paylaşılması sırasında en küçük voltajlı LED yanar. Bütün özellikleri tam olarak aynı (özdeş) LED'lerin, tek direnç kullanılarak paralel bağlanmasının sakıncası eğer bir LED yanarsa diğer LED'ler yanmaz fakat ışık vermezler. LED'lerin paralel bağlanmasının sağlıklı yolu her birine ayrı ayrı seri direnç bağlayarak yapılacak olan paralel bağlantıdır.

3.11. LED Kılıfları ve Önemi

İlk LED'lerin fiyatlarının yüksek olmalarının bir nedeni de pahalı metal kılıflar kullanılmasıydı. Bu tip LED'ler, halâ bazı askeri ve profesyonel cihazlarda kullanılmaktadır. Modern LED'ler, daha basit ve ucuz olan epoksi-resin kılıflar ile yapılmaktadır.

Diyot eklemleri birer nokta ışık kaynağı olmakla beraber bir LED'in ışık yayma diyagramı, kılıfın cinsine göre değişmektedir. Örneğin LED'in kılıfı şeffaf ise, LED bir nokta ışık kaynağı şeklinde ışık yaymaktadır. Eğer kılıf buzlu (mat) ve renkli ise, o zaman LED 'den yayılan ışık çok daha geniş bir alana yayılmaktadır. Sabit bir ışık miktarı için şeffaf bir LED'in parlaklığı, ekseni yönünde bakıldığında renkli bir LED'e göre daha fazladır. Ancak bakış yönü eksenden kaydırıldıkça şeffaf LED'lerde parlaklığın çok çabuk olarak düştüğü görülür. Buna mukabil renkli ve mat LED'lerin ışığı çok daha geniş açılardan görülebilir. Bir LED'in kılıfının renkli olması, ışığın rengini değiştiremez. Işığın rengini belirleyen, sadece yarıiletken maddenin cinsidir. Eğer renkli kılıf kullanılacaksa, bu ışığın rengi ile aynı olmalıdır. Aksi halde ışık miktarı önemli ölçüde zayıflamaya uğrar. En çok kullanılan LED'ler dairesel kesitli kılıfı olanlardır. Bunun sebebi, panel montajı için açılması en kolay deliklerin dairesel delikler olmasıdır. Kullanım amaçlarına yönelik değişik tiplerde LED'ler de mevcuttur.

3.12. LED'lerin Ömürleri

İlk LED'lerde diyot eklemeni kirleten bakır moleküllerinden dolayı, birkaç yüz saatlik çalışmadan sonra LED'lerin parlaklığı azalıyordu. Ancak modern LED'lerde ömür 100 000 saat civarına çıkarılmıştır. LED'lerin ömürleri verdikleri ışığın % 50 oranında düşmesi için geçen süre olarak tanımlanmaktadır. LED'lerin daha uzun ömürlü olabilmeleri için bu hususlara dikkat etmek gerekmektedir.

- Bacaklar kılıftan itibaren 2mm'den daha yakın kıvrılmamalıdır.
- Kılıfın çatlamamasına dikkat edilmelidir. Çatlaklardan sızan rutubet, LED'in ömrünü büyük ölçüde azaltır.
- Lehim yapılırken bacakların 125 °C den daha fazla ısıtılmaması gerektiğinden bacaklar soğutma amacıyla metal maşa veya krokodillerle tutturulmalıdır.
- LED'ler aşırı sıcaklarda çalıştırılmamalıdır. 75 °C'de çalıştırılan bir LED 25 °C'dekine nazaran yarı yarıya daha az ışık verebilmekte, ömrü de aynı nispette azalmaktadır. Bu yüzden LED'ler, devrenin sıcak bölgelerinden uzak tutulmalı ve maksimum akım sınırlarına yakın çalıştırılmamalıdır.

Sonuç olarak hesaplar ve deneyler LED'lerden en az 100,000 saat istifade edilebileceğini göstermektedir. Isıl kondisyon (soğutma), çevresel etkiler, kullanılan çevre elemanları, kılıfın materyal yapısı vb. etkiler göz önüne alındığında 50,000 saat ve üzeri hizmet ömrü olduğu kabul edilir.

Tablo 3.1. LED tüplerinin özellikleri [9]

		60 CM	120 CM	150 CM
Karakteristik Özellikleri	Ürün Kodu	T8 180 LED DIP	T8 360 LED DIP	T8 480 LED DIP
	Renk Sıcaklık Aralığı	6500K	6500K	6500K
	Renk İndeksi	80	80	80
	Lambanın Ömrü	50000 saat	50000 saat	50000 saat
	Işık Yoğunluk Açısı	180 derece	180 derece	180 derece
	Elektriksel Özellikler	Giriş Gerilimi	200-240 V AA	200-240 V AA
Frekans Aralığı		50-60 Hz	50-60 Hz	50-60 Hz
Güç Faktörü		Epistar	Epistar	Epistar
LED Tipi		DIP	DIP	DIP
LED Adedi		180	336	480
LED Çalışma Voltajı		3.1 V DA	3.1 V DA	3.1 V DA
LED Güç Tüketimi		0.046w	0.046 w	0.046 w
Toplam Güç Tüketimi		8,3 w	16,5 w	22,5 w
Diğer Özellikler		Çalışma Sıcaklığı	-15-55 °C	-15-55 °C
	Bulanma Sıcaklığı	-20-55 °C	-20-55 °C	-20-55 °C
	Çalışma Nemliliği	65%	65%	65%
	Çalışma Süresi	10NS	10NS	10NS
	Ebatlar	31*600MM	31*1200MM	31*1500MM
	Net Ağırlık	0.3 KG	0.6 KG	0.65 KG
	Materyal	Al & PC	Al & PC	Al & PC
	IP Derecesi	21	21	21
	Sertifikalar	CE, RoHS, ISO	CE, RoHS, ISO	CE, RoHS, ISO
	Garanti Süresi	2 yıl	2 yıl	2 yıl

3.13. LED ve Klasik Aydınlatma Aygıtlarının Karşılaştırılması

3.13.1. Klasik akkor flamanla karşılaştırma

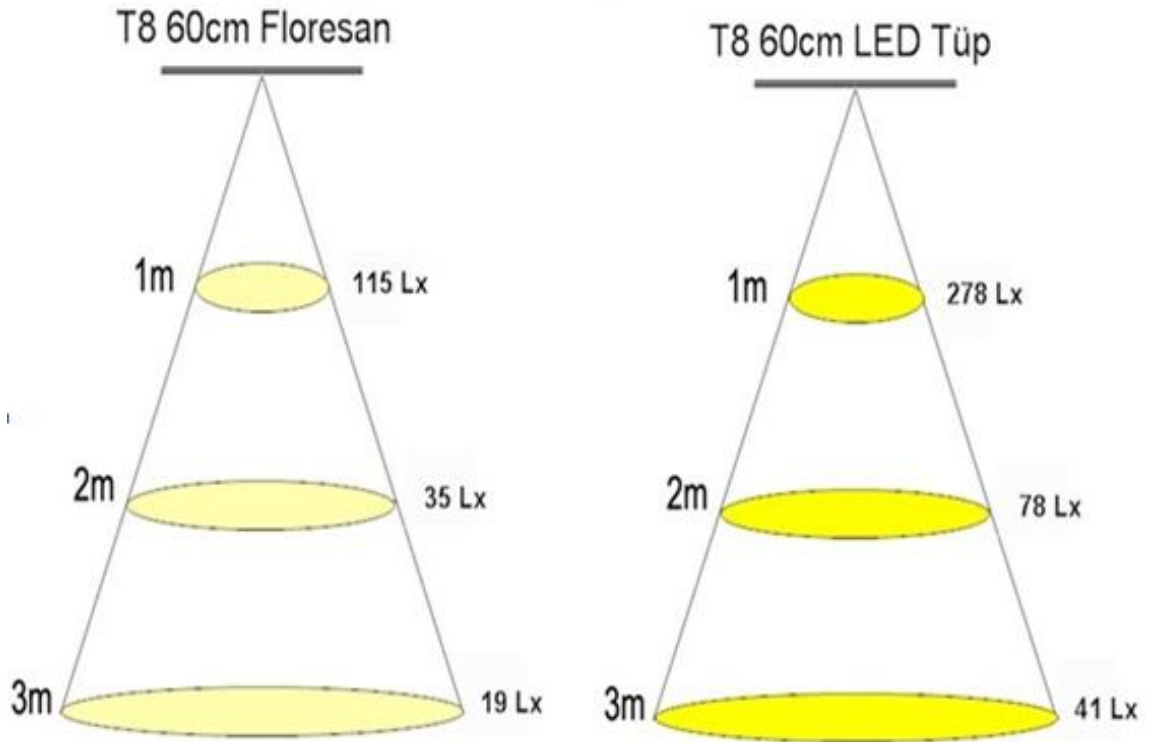
Devinimsiz gaz içine yerleştirilen, genellikle tungstenden üretilen metalik bir ince telden oluşan ve elektrik akımıyla yanan piyasadaki ampullerin üretim maliyeti düşük olsa da verimleri son derece azdır. Sebebi ise elektrik enerjisinin tamamının ışık olarak açığa çıkmaması, ısı olarak da kaybolmasıdır. Bir diğer sorun ise ampulün içindeki telin şoklara ve titreşimlere karşı duyarlı olmalıdır; ömrü her yakmada meydana gelen termik şokun etkisiyle kısalmaktadır. Tungsten flamanın, yüksek sıcaklığından dolayı, zamanla buharlaşması lambanın ömrünü 500 ile 5,000 saat arasında kısıtlamaktadır. Ayrıca akkor flaman bir vakum ortamı içerisinde bulunduğundan darbe ya da titreşime dayanıklılığı da çok düşüktür. Akkor lambalarda ışıksal verim 12 – 15 lm/W'tır. LED'lerin gövdeleri epoxy-resin, ışık çıkan kısmı optik mercek, diğer kısımları metal olarak yapılır. Bütünüyle şoka ve titreşime dirençli olurlarken, ortada ne paramparça olacak bir cam ne de kırılacak bir filaman vardır. Kimyasal yapıları nedeniyle üzerlerinden bir akım geçtiğinde foton açığa çıkararak ışık verirler. Isınma problemleri yoktur. Flamanlı lambalara göre çok daha az enerji kullanırlar.

3.13.2. Flüoresan lamba ile karşılaştırma

Flüoresan lambalar çok az ısındıklarından tüketilen elektrik enerjisinin büyük bir kısmı ışığa dönüşmektedir. Ancak flüoresan tüp, görünür ışığı oluşturacak plazmayı meydana getirecek yüksek gerilimi harekete geçirmek için büyük bir devreye (Bobinaj, starter) gerek duyar. Tüpün içine yerleştirilen bu devrenin üretim maliyeti ise, normal bir ampulünkinin beş ila on katıdır. Öte yandan, flüoresan lambalar bir kaç kez yanıp söndürülmeye dayanıklı değildirler; üstelik tam olarak aydınlanmaları içinse yaklaşık 30 sn'lik bir süreye ihtiyaç vardır. Ayrıca soğuk havalarda da randımanları birdenbire düşer. Ortalama ömürleri 7500 saattir ve bu değer de açma kapama sıklığıyla azalmaktadır. Işık verimi flüoresan lambalarda 55 – 104 lm/W'tır.

LED'lerin ışık verme süreleri nanosaniyeler mertebesindedir. Ateşleme için ek bir donanıma gerek yoktur. LED'ler üzerinden akım geçtiğinde foton açığa çıkararak ışık verir. Işık verimi ise LED'in rengine göre değişmekte ve 18-30 lm/W değerlerindedir. Beyaz LED'de verimliliğin 50 – 70 lm/W değerlerine ulaşması beklenmektedir.

LED'lerin ilk kurulum maliyetleri yüksek olmasına rağmen elektrik enerjisi tüketimi ve aydınlatmada kullanılan kablo kesitlerinin daha ince olması gibi avantajları uzun vadede bize yansıyacak ekonomik bir çözüm sunar. Ayrıca LED'lerdeki renk çeşitliliği, LED'lerin boyutları ve sayısız uygulama alanları her ortamda amaca uygun aydınlatma çözümlerini de beraberinde getirir [10].



Şekil 3.8. Flüoresan lamba ile LED lambanın aydınlatma şiddeti [9]

Tablo 3.2. LED ile flüoresan lambanın karşılaştırılması

ÖZELLİKLER	LED LAMBA	FLÜORESAN LAMBA
GÜÇ TÜKETİMİ	9 Watt	23 Watt
KULLANIM ÖMRÜ	> 50.000 saat	8.000 - 10.000 saat
AYDINLATMA	41 lux (3 metrede)	19 lux (3 metrede)
ÇALIŞMA ZAMANI	0,1 Sn	3 - 5 Sn
BALLAST	Yok	Var
STARTER	Yok	Var
ISINMA	Yok	Var
SES	Yok	Var
KIPRAŞMA	Yok	Var
KONTROL EDİLEBİLİRLİK	Uygun	Uygun değil
ZARARLI IŞIN YAYMA	Yok	Var
ZARARLI MADDE İÇERME	Yok	Var
ÇEVREYE ZARARI	Yok	Var

3.14. LED'lerin Kullanım Alanları

- Dış cephe aydınlatması
- Reklam sektörü (neon un yerini aldı)
- Mobilya sektörü (renk vurgulama, gölgelerin ortadan kaldırılması)
- Solar sistemiyle birlikte bahçe aydınlatması (LED üzerinde düşen gerilim 1.5-3.5 V olduğu için avantajlı)
- Hastaneler (sağlık açısından önemli, ışık güvenilir, sessiz)
- İş merkezleri, otelleri, evler, vitrinler (çeşitli efektlerle etkileyici görünümler) [10]

3.15. LED Aydınlatma Teknolojisi Avantajları

LED'ler kontrol edilebilir, ayarlanabilir, akıllı ve iletişim kurulabilen ışık kaynakları sayesinde, ışığı kullanma biçimimizde devrim yaratmaktadır.

3.15.1. Yüksek ışık çıkışı

LED lambalarının doğrusal akışı, aydınlatılan alana doğrudan ışık alınmasını sağlayarak, tek tip aydınlatmayı büyük ölçüde artırır ve ışık kaynakları arasında aydınlatılmayan karanlık alanları azaltır. Sonuç olarak, yayılan ışık optimum şekilde kullanılır ve enerji tüketimi ve ışık kirliliği azaltılır. LED lambaların aydınlatma verimliliği, enerji tasarruflu lambalardan (CFL) veya geleneksel olarak sokak aydınlatma sistemlerinde kullanılan yüksek basınçlı sodyum lambalardan (HPS) daha yüksektir (lümen/watt olarak ifade edilir). Buna ek olarak, LED lambalar eski akkor elektrik ampullerine kıyasla sekiz kat daha fazla parlaklık sunar.

3.15.2.Yüksek enerji tasarrufları

Yüksek güçlü LED ışık kaynakları son derece verimlidir; konvansiyonel akkor ampuller ve sodyum lambalarına kıyasla % 50 ila 80, enerji tasarruflu lambalara kıyasla % 10 ila 20 daha fazla tasarruf sağlar.

3.15.3. Minimum bakım maliyeti

Uzun kullanım ömürlerine bağlı olarak, LED lambalar sürekli hizmet kesintisinin önlenmesine, hasar ve değiştirme gerekliliğinin ortadan kalkmasına yardımcı olur ve bakımla ilgili olarak olağanüstü tasarruf sağlar. LED lambalar, köprüler, çok yüksek binalar gibi aydınlatma sistemlerinin kurulum ve bakımının karmaşık ve pahalı olduğu uygulamalarda veya güvenlik aydınlatmalarında son derece pratiktir.

3.15.4. Yeni kurulumlarda yüksek oranda tasarruf

Yeni kurulumlar, geleneksel sodyum veya metal halejonürlü lambalar için gereken çok kalın bakır kabloların maliyetinde önemli tasarruflar elde ederler.

3.15.5. Uzun ömürlü

LED lambalar 50,000 saatten uzun kullanım ömrüne sahiptir, bu da günde ortalama 8 saat kullanılan bir lambanın kullanım ömrünün 17 yıl olması demektir.

3.15.6. Çok daha güvenli kurulum ve çalıştırma

LED lambalar düşük gerilimle (< 32 V) çalışır ve minimum ısı üretirler; böylece kurulumu ve çalışması sırasında kullanıcılar için oldukça güvenlidir.

3.15.7. Çok daha fazla güvenilirlik ve mekanik direnç (darbelere karşı)

LED lambalar sıcaklıktaki büyük değişiklikler ve titreşime karşı daha dayanıklıdır, bu da kullanımda kesinti olmamasını sağlar. LED lambalar kırılmanıza değildir ve parçalanması oldukça zordur, bu özellik LED lambaları diğer tüm konvansiyonel lambalardan, akkor elektrik ampullerinden, flüoresandan (enerji tasarruflu) veya yüksek yoğunluklu lambalardan ayırır.

3.15.8. Yüksek renk endeksi

LED lambalar yüksek (CRI) (Colour Rendering Index – Renk Verme Endeksi) sayesinde geniş yelpazede gerçek renk seçeneklerine (Ra> 80) sahiptir. Buna ek olarak, LED lambalarda renkli ışık oluşturmak için filtre kullanımı gerekemediği için parlak renkler sunarlar; sonuç olarak enerji harcanmadan daha saf ve daha derin renkler elde edilir.

3.15.9. Genelleştirilmiş uygulamalar

LED lambalar ilk olarak gösterge lambaları gibi çok belirli uygulamalarda kullanılmıştır. Günümüzde, LED teknolojisi ve aydınlatma sistemleri dünya çapındaki tüm genel aydınlatma pazarlarına girmiş; geleneksel akkor ampul ve flüoresan lambaların yerini almıştır.

3.15.10. Akıllı aydınlatma sistemleri

LED teknolojisi, iç ve dış mekan kullanımına yönelik akıllı aydınlatma sistemlerinin tasarımı konusunda diğer tüm lamba türlerinden çok daha üstündür. Aslında, LED lambalar dimmer, volumetrik sensör, zamanlayıcı gibi cihazların kullanılmasını gerektiren uygulamalar için de idealdir. Işık yoğunluğundaki çeşitliliğin yanı sıra, diğer ışık kaynaklarının aksine enerji tasarrufu sağlaması, LED'lerin daha uzun süre kullanılmasına yardımcı olur. LED'lerde ayrıca ışık açma ve kapama işlemi sınırsız kez yapılabilir; bu, performansı veya çalışmayı etkilemez.

3.15.11. Yenilikçi fotometrik tasarımlar

Yüksek odaklı LED optik sistemi, dış mekan veya açık alanlar için eşit parlaklık sağlayan düzenli huzme modeli sağlar. Göz kamaştırıcı flaş etkileri de üretmezler. LED lambalar, yenilikçi tasarımlar ve ışıklar için küçük boyutları ve şekli sayesinde aydınlatma sisteminin verimini maksimuma çıkaran geniş kapsamlı olanaklar sunar. Ayrıca morötesi veya kızılötesi ışınım üretmeyen tek renkli bir ışık kaynağı olduğu için LED lambalar konvansiyonel lambalara kıyasla daha fazla renk doygunluğu ve parlaklığa ulaşır.

3.15.12. Anında çalışma

Flüoresan lambalar veya sodyum lambaların aksine, LED lambalar hemen devreye girer ve -30 °C'ye varan düşük sıcaklıklarda bile en iyi parlaklık ve renk seviyesine ulaşması için bir çalıştırma süresine ihtiyaç duymazlar. Dolayısıyla, flaş etkisi yaratılması da mümkündür.

3.15.13. Doğa ve tarihi eserlerin korunması

LED lambalar minimum ısı ürettiği için ve morötesi veya kızılötesi ışınım yaymadıklarından dolayı tarihi binaların ve bitkilerin zarar görme riski olmaksızın aydınlatılması için son derece uygundur.

3.15.14. Çevrenin korunması

LED lambalar geri dönüştürülebilir ve çevreyi kirletmezler. Flüoresan enerji tasarruflu ve sodyum lambalar cıva içerir; buna ek olarak, flüoresan (masa veya baş üstü lambaları) lambalar yakın mesafede insanların sağlığını olumsuz etkileyebilecek elektromanyetik dalgalar yayar [11].

BÖLÜM 4. RAYLI ULAŞIM ARAÇLARINDA AYDINLATMA

Günümüzdeki yüksek enerji maliyetleri göz önüne alındığında, raylı ulaşım araçlarında yeni kullanılacak veya yenilenmesi yapılacak olan aydınlatma sistemlerinin de önemi artmaktadır. Yüksek maliyet verimliliği ve çevre dostu olan LED aydınlatma çözümleri, raylı ulaşım araçlarında şerit ışığı, spot ışığı, tuvalet ışığı, basamak aydınlatması, stop lambası, körük geçişi aydınlatması ve gösterge ünitesi ışıklarında uygulanmaya başlanmıştır.



Şekil 4.1. Makinist kabininde kullanılan LED spot aydınlatma ışığı

Raylı ulaşım araçlarında günümüze kadar genellikle flüoresan lambalar kullanılmıştır. Araç kullanım süresi baz göre alındığında düşük kalan çalışma ömürleri, hareket esnasında meydana gelecek sarsıntılar ve sık açıp kapanmayla oluşabilecek arızalar zayıf yönleridir. Bu sorunlar üstesinden gelebilecek ve de ayrıca loşlaştırma kontrolü gibi avantajlarıyla LED'ler gerçek bir alternatif olabilirler.



Şekil 4.2. Körük geçişinde kullanılan LED aydınlatma  nitesi



Şekil 4.3. LED stop lambası (sağda)

4.1. Raylı Ulaşım Araçlarında UIC Aydınlatma Standartları

UIC'nin (International Union of Railways) UIC 555-OR standardına göre genel olarak yolcu kompartımanlarındaki aydınlatma düzeyi kitap okumaya elverişli olacak şekilde olmalıdır. Minimum ortalama aydınlatma düzeyi 150 lux olmalıdır.  l m

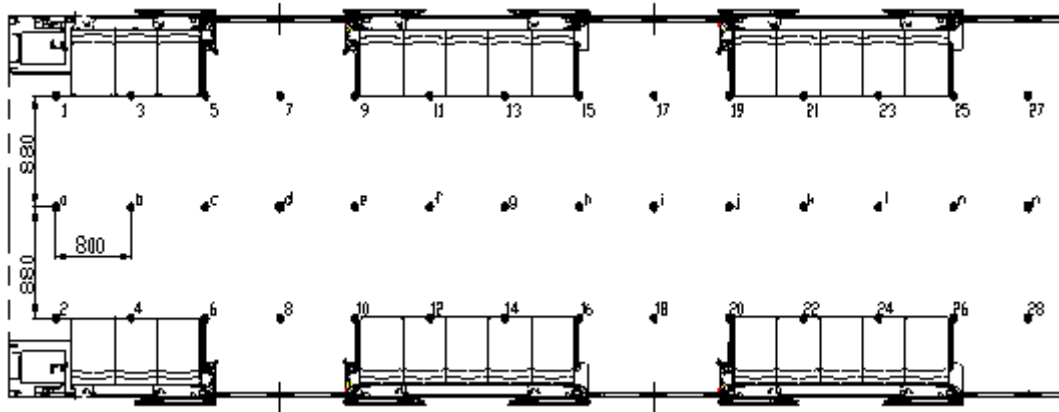
noktası, zeminden 80 cm yukarısı ve yolcu koltuğunun arka kısmından 60 cm yataydaki uzaklıktır.

Vagonun diğer koridor bölümlerinde sağlanması gerekli aydınlatma düzeyi ise 37,5 lux olmalıdır. Buradaki ölçüm noktası da yine zeminden 80 cm yukarıdır [12].

UIC 651-OR standartlarına göre makinist kabininde zeminden 100 cm yukarıda 120 lux aydınlık düzeyi olmalıdır.

Makinist kontrol masasının olduğu bölgede ise 60 lux aydınlık düzeyi sağlanmış olmalıdır [13].

Şekil 4.4'te bir yolcu kompartımanında ölçüm yapılacak noktalar belirtilmiştir. Rakamlarla gösterilen noktalar minimum 150 lux, harflerle gösterilen noktalarda ise 37,5 lux aydınlatma seviyesi sağlanmış olmalıdır.



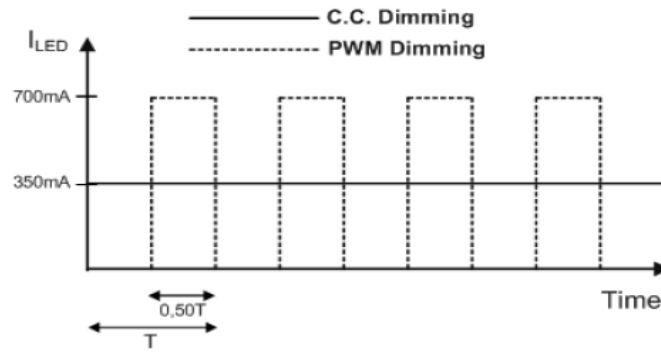
Şekil 4.4. Yolcu kompartımanı aydınlık düzeyi ölçüm noktaları [12]

4.2. LED Loşlaştırma Yöntemleri

Raylı ulaşım aydınlatma uygulamalarında loşlaştırma kontrol edilerek büyük enerji tüketim avantajı elde edilebilir. LED loşluk değeri, dışarıdaki aydınlık seviyesine göre değiştirilebilir olursa daha fazla enerji tasarrufu sağlanabilir [14].

Yarı-iletken LED'lerde akım ve gerilim arasında doğrusal olmayan bir ilişki vardır. Besleme gerilimi, küçük bir değerde artırılırsa veya azaltılırsa dahi LED'in loşluk veya akım değeri önemli bir oranda değişiklik gösterir. Fakat tersine eğer akım değeri az oranda değiştirilirse, loşluk değeri de yine az oranda değişim gösterecektir. Bu nedenle LED'leri sürmek için akım kontrollü bir yöntem seçmek daha faydalı olacaktır.

LED üzerinden geçen akımla ilgili olarak, iki farklı loşlaştırma kontrol yöntemi vardır. Bunlardan ilki sürekli olarak geçen akımı azaltmaktır. Bir diğer yöntem ise PWM'dir (Pulse Width Modulation, Darbe Genişlik Modülasyonu). Akım beslemesi, dikdörtgen dalga olarak çeşitli sinyal oranlarıyla sağlanır. İki yöntem için oluşan dalga biçimleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

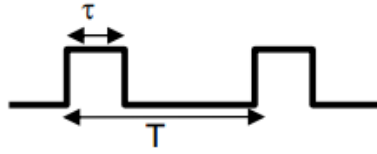


Şekil 4.5. Akım kontrolü yöntemi için örnek dalga formları

PWM yöntemini kullanarak loşluk seviyesini % 10 ila % 100 aralığında değiştirebiliriz. Diğer bir deyişle ışığı istediğimiz seviyede ayarlayabiliriz. LED'ler çok kısa periyotlarla aç kapa yapmaya uygundurlar. LED'ler yarı-iletken eleman olduklarından dolayı, flüoresan lambalarda oluşabilecek arızalarla karşılaşmayacaktır. Işıқта titreme oluşmasını önlemek için yüksek modülasyon frekansı kullanılmalıdır. Frekans sinyali 120 Hz'in üzerinde olmalıdır [15].

PWM yönteminde sinyal oranı (D), darbe genişliği (τ) ile bir periyot (T) arasındaki oranı ifade etmektedir.

$$D = \tau / T \quad (4.1)$$

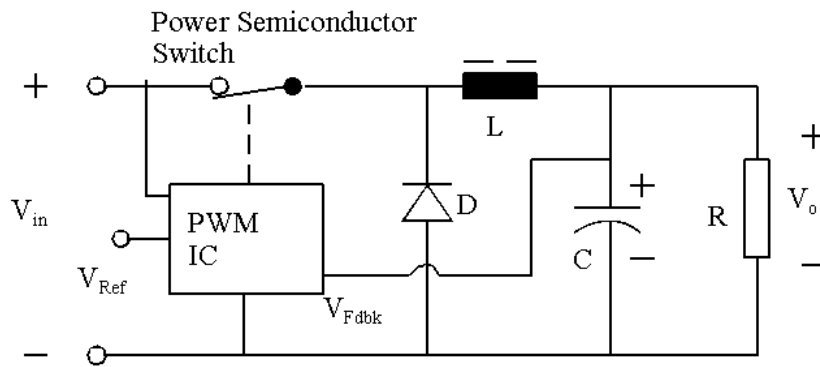


Şekil 4.6. Bir periyottaki sinyal oranı [16]

PWM sinyaliyle oluşturulan ortalama akım değeri, pik akım değeriyle bağıntılıdır.

$$I_{ORT} = (I_{PIK}) \cdot D \quad (4.2)$$

LED güç sistemini sürebilmek için Buck konvertörünü kullanmak uygun olacaktır. LED'lerin üzerinden geçecek indüktör akımı, Şekil 3.7'de gösterilen sisteme benzer bir devreyle kontrol edilebilir. Çıkışı ayarlayabilmek için darbe genişliği modülasyonu genellikle bir IC (entegre devre) tarafından kontrol edilir. Akımdaki dalgalanmaları azaltabilmek amacıyla bobin kullanılır. Böylece bobine gelen akım düşmeye başladığında bobin akım kaynağı gibi davranacak ve devreyi besleyecektir.

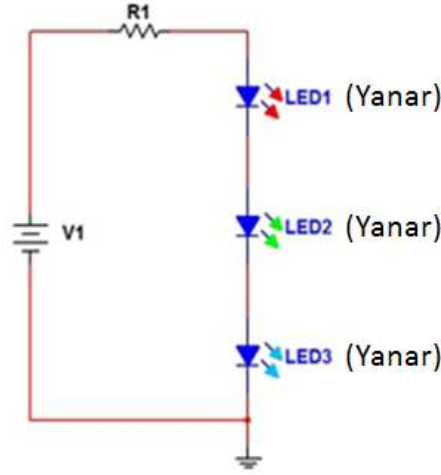


Şekil 4.7. PWM – LED sürücü devre şeması [17]

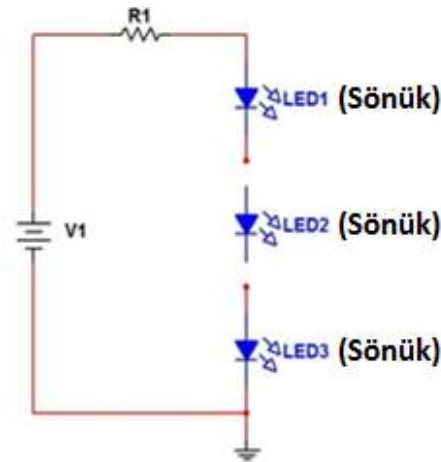
4.3. Açık Devre Koruması

Raylı sistem araçlarında yolcu güvenliği ve konforu adına hiçbir yetersiz aydınlatmalı bölüm olmamalıdır. LED kullanılan aydınlatma sistemlerin elektrik devrelerinde bulunan LED'lerin birbirine seri şekilde bağlanması en uygun yöntemdir. Fakat LED'lerden herhangi biri açık devre pozisyonuna geçerse bütün

LED'lerden geçen akım bundan etkilenecek ve LED'lerden hiçbiri aydınlatma sağlayamayacaktır.



Şekil 4.8. LED'li aydınlatma sistemi devresi

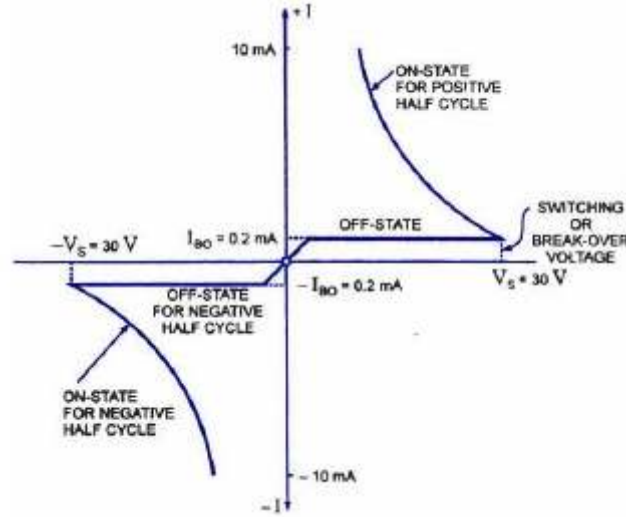


Şekil 4.9. Arızalı (açık devre) LED bulunan sistem

Bu sorunun üstesinden gelebilmek için LED'lere paralel olarak diyaklar bağlanmalıdır. Böylece eğer bir LED açık devre pozisyonuna geçerse, konvertör çıkış gerilimi diyak üzerinde olacaktır.

Diyak silisyumdan yapılmış iki uçlu, üç dilimli (PNP) bir tetikleme elemanıdır. Çalışması birbirine zıt ve paralel bağlanmış iki diyota benzer. Yalnız

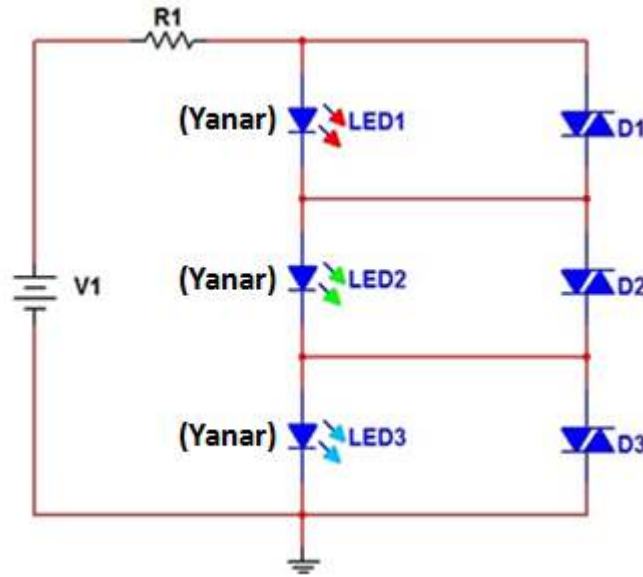
diyotlarda iletme geçme gerilimi 0,7 V civarındayken diyakta bu değer 10 V ile 80 V arasında değişir. Piyasadaki diyotların birçoğu 25 ila 40 V civarında iletme geçmektedir. Diyotla ilgili örnek çalışma eğrisi Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



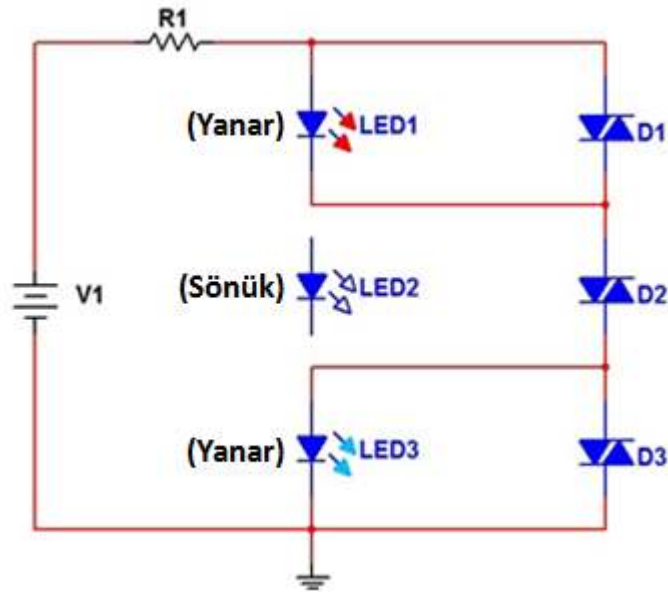
Şekil 4.10. Diyot için örnek çalışma eğrisi [15]

Şekil 4.10'da diyotun her iki yönde akım-gerilim karakteristiğini göstermektedir. Eğriye dikkat edilecek olursa diyot uçlarına uygulanan gerilimin başlangıçta diyot üzerinden sızıntı akımından başka akım geçirmemektedir. Ancak diyot uçlarına uygulanan gerilim, diyot iletim gerilimini aşar aşmaz diyot üstünden geçen akım hızla yükselmektedir.

Şekil 4.12'de Multisim yazılımı ile oluşturulan ve simule edilen devrede, LED'lerden herhangi birinde oluşabilecek açık devre durumunda, paralel bağlı olan diyot dayanma gerilimine ulaşarak kısa devre gibi davranacak ve akımın diğer LED'lere ulaşacağı gösterilmiştir. Böylelikle ünite tamamen çalışmaz hale gelmeyecek, sadece diyotla paralel bağlı olan LED sönecektir.



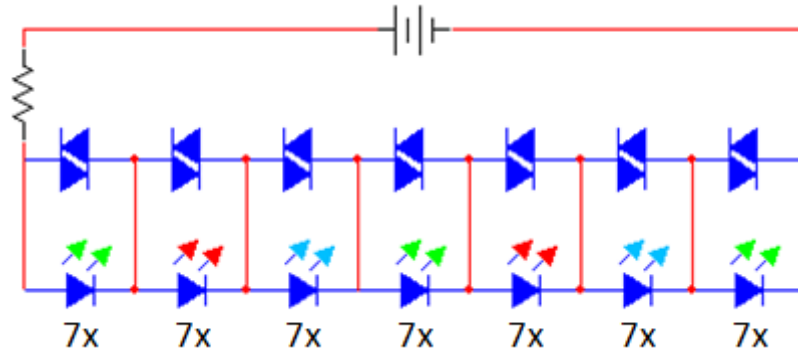
Şekil 4.11. Paralel diyak bağlantılı LED'li aydınlatma sistemi



Şekil 4.12. Arızalı (açık devre) LED bulunan paralel diyak bağlantılı sistem

Her bir LED için paralel bir diyak bağlantısı sağlamak maliyeti arttıracaktır. Bu sebepten dolayı diyaklar birden fazla sayıdaki LED gruplarına paralel bağlanmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, LED grubu çalışma geriliminin diyağın

çalışma geriliminin altında olmasıdır. Bazı LED'ler yansa dahi diğer gruplardakiler normal çalışmalarına devam edebilecektir. Çoklu LED grupları için diyak bağlantısı örneği Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. 7'li LED gruplarına paralel bağlı olan diyaklar [10]

BÖLÜM 5. SONUÇ

Bu çalışma, raylı ulaşım araçlarında LED'lerin kullanımıyla elde edilebilecek birçok avantajlı nokta olduğunu göstermektedir. LED'li aydınlatma sistemleri, araç kullanım ömürlerine paralel olarak diğer seçeneklere göre çok daha uzun süreli bakım periyotlarına sahiptir. Flüoresan lambalar ortalama 6 ayda bir bakıma ihtiyaç duyarken, LED'ler 10 yılı aşkın sürelerde herhangi bir bakım gereksizdir çalışabilmektedir. Ayrıca sarsıntı ve tozlu ortam gibi işletme esnasında meydana gelebilecek dış etkenlere karşı da daha dayanıklıdır.

Bir raylı ulaşım aracında kullanılan flüoresan lambaların yerine LED'li aydınlatma kullanıldığında karşılaşılabilecek maliyetler Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. LED ile flüoresan lamba karşılaştırmalı maliyet analizi

	LED T8 LAMBA (15 YIL KULLANIM ÖMRÜ)	T8 FLÜORESAN LAMBA (2 YIL KULLANIM ÖMRÜ)
ORTALAMA LAMBA MALİYETİ	126 TL	10,8 TL
TOPLAM LAMBA MALİYETİ (8 YIL)	126 TL	43,2 TL
YILDA HARCANAN ENERJİ (kW)	61,20	97,92
YILLIK ENERJİ GİDERİ	18,16 TL	29,08 TL
TOPLAM ENERJİ GİDERİ (8 YIL)	145,28 TL	232,64 TL
TOPLAM MALİYET (8 YIL)	271,28 TL	275,84 TL

Çıkan maliyet tablosundan anlaşılacağı üzere LED'li aydınlatma sistemleri en fazla 8 yıl içerisinde başabaş pozisyona gelebilmektedir. Flüoresan lambalarda meydana gelebilecek olası arızalar ve bakım maliyetleri, bu sürenin daha da kısalmasını sağlayacaktır.

Raylı ulaşım araçları tünellerden veya yeraltı bölgelerinden geçiş yaptığında, LED'ler sık sık çalıştırılıp söndürülebilecektir. Işık seviyesi, PWM akım kontrollü loşlaştırma yöntemleriyle istenilen seviyede korunabilecektir. Bu sayede enerji tüketimine bağlı maliyetlerde düşüş elde edilecektir.

LED’li sistemlerdeki en büyük sorunlardan bir tanesi olan herhangi bir LED’in devre dışı kalıp açık devre pozisyonuna gelmesi neticesinde bütün ünitenin çalışamaz hale gelmesiyle ilgili bir çözüm yöntemi ortaya konulmuştur. Devrede kullanılacak diyaklar sayesinde aydınlatma seviyesindeki düşüş en az seviyeye indirgenmiştir. Bu sayede yolcu güvenlik ve konforunun sekteye uğraması önlenmiştir.

Raylı ulaşım araçlarında LED’lerin kullanımı her geçen yıl artmaktadır. Fakat yapılan tasarımlarda halen eski yöntemlerin temel alındığını görülmektedir. Bu çalışmada LED’lerin sağladığı enerji tasarrufu ve kullanım ömrü haricinde, diğer avantajlı yönleri de ortaya çıkarılmış ve uygulamalarda karşılaşılan sorunlarla ilgili çözümler sunularak yeni bakış açıları kazandırılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] International Energy Agency, Key World Energy Statistics, 2006.
- [2] İBB Ulaşım Plan lama Müdürlüğü, İstanbul Kent içi Ulaşımına Çözüm Önerileri Sunum Notları, 2009.
- [3] <http://www.rsb.co.uk> (Erişim tarihi: Ocak 2012).
- [4] http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/525MT0149.pdf (Erişim tarihi: Ocak 2012).
- [5] http://www.agid.org.tr/data/agid/upload_arsivdiger/7_Enerji%20verimlilik%20Calismalarinda%20Aydinlatmanin%20Yeri.pdf (Erişim tarihi: Ocak 2012).
- [6] <http://www.electronicweekly.com/Articles/18/02/2011/49501/50-year-history-of-the-LED> (Erişim tarihi: Mart 2012).
- [7] Demir, A., Okutan, M., Organic Light Emitting Diode, 2008 <http://www.polimerler.com-/OLED/OLED.html> (Erişim tarihi: Şubat 2012).
- [8] <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/led.htm> (Erişim tarihi: Şubat 2012).
- [9] <http://www.ledgil.com/kategoritek.asp?id=136> (Erişim tarihi: Mart 2012).
- [10] <http://www.unienerji.com/?p=445> (Erişim tarihi: Ocak 2012).
- [11] <http://www.interledlight.com/tr/led-advantages-tr> (Erişim tarihi: Ocak 2012).
- [12] UIC 555-OR : Electric lighting in passenger rolling stock.
- [13] UIC 651-OR : Layout of driver's cab in locomotive, railcars, multiple unit train and driving trailers.
- [14] Yeni, A. A., Yavuz, C., Evaluation of Rail Transportation Vehicle Lighting Methods, 6th International Ege Energy Symposium & Exhibition, 2012, pp.9.

- [15] Rodrigues, W. A., Morais, L. M. F. , Donoso-Garcia, P. F., Cortizo, P. C., Seleme, S.I., Comparative Analysis of Power LEDs Dimming Methods, 2011, pp.6.
- [16] Dyble, M., Narendren, N., Bierman, A., Klein, T., Impact of Dimming White LEDs: Chromaticity shifts Due to Different Dimming Methods, 2005, pp.9.
- [17] University of Technology Sydney, Buck converter Step-Down, 2007, http://services.eng.uts.edu.au/~venkat/pe_html/ch07s1/ch07s1p1.htm (Erişim tarihi: şubat 2012).

ÖZGEÇMİŞ

Aziz Aykut YENİ, 27.09.1984'de Adapazarı'nda doğdu. İlk ve ortaokul eğitimini Adapazarı'nda, lise eğitimini Kadıköy'de tamamladı. 2002 yılında Kadıköy Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2002 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği bölümünü 2006 yılında bitirdi. 2007 – 2008 yılları arasında Arma Filtre Sanayi ve Tic. A.Ş.'de mühendis olarak çalıştı. 2008 yılından bu yana Hyundai Eurotem Demiryolu Araçları San. ve Tic. A.Ş.'de mühendis olarak çalışmaktadır. Bu süre içerisinde üretimi gerçekleştirilen tren setlerinin fabrika ve saha testleri ile devreye alma çalışmalarında aktif rol aldı. Şu anda Marmaray projesi ile ilgili çalışmalarına devam etmektedir.