



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



LED SÜRÜCÜNÜN PİK AKIMININ ANAHTARLAMA ELEMANLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

SİNAN BALCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ATİŞ

İSTANBUL, 2020



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



LED SÜRÜCÜNÜN PİK AKIMININ ANAHTARLAMA ELEMANLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

SİNAN BALCI
523116149

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ATİŞ

İSTANBUL, 2020

ÖNSÖZ

Çalışmamda desteğini esirgemeyen, çalışmamın her aşamasında bana rehberlik eden, kıymetli tez danışmanlarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Selçuk Atış'e ve Doç. Dr. Ümit Kemalettin Terzi'ye teşekkürlerimi sunarım.

LED panelde desteğini esirgemeyen Doğan LED Aydınlatma firmasına ve yetkilisi Sn. Erkan Kolaylık 'a teşekkür ederim.

Test alanı verdikleri için IMB Electric Teknoloji Ürünleri San. Ve Tic. Ltd. Şti. firmasına ve değerli çalışanlarına teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan kıymetli aileme teşekkür ediyorum.

Şubat, 2020

Sinan BALCI

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
KISALTMALAR/ABBREVIATIONS	viii
ŞEKİL LİSTESİ/LIST OF FIGURES.....	ix
TABLO LİSTESİ/LIST OF TABLES.....	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1 Giriş	1
1.2 Amaç	2
1.3 Literatür Taraması.....	3
2. GENEL AYDINLATMA.....	7
2.1 Aydınlatmada Temel Kavramlar	7
2.2 Işık Akısı.....	7
2.2.1 Işık Şiddeti.....	7
2.2.2 Aydınlık Düzeyi	7
2.2.3 Işıksal Verim	7
2.2.4 Kamaşma	8
2.2.5 Parıltı	8
2.2.6 Ömür.....	8
2.3 Aydınlatma Elemanları	9
2.3.1 LED	9

2.3.1.1	LED'in Tarihçesi.....	9
2.3.1.2	LED'lerin Yapısı ve Çalışma Prensibi	11
2.3.1.3	Led Armatür Türleri	11
2.3.1.4	Üretim Teknolojilerine Göre Led'ler	11
2.3.1.5	Uygulama Alanlarına Göre Led'ler.....	17
2.3.1.6	LED Armatürlü Aydınlatma Sistemleri	22
2.3.1.7	LED Sürücü Devrelerinde İnrush Akımı	24
3.	MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1	Materyal	26
3.1.1	İtme-Çekme Selenoidi	26
3.1.2	Timer- Zamanlayıcı	27
3.1.3	AC-DC Güç Kaynağı	27
3.1.6	LED Sürücü	29
3.2	Yöntem.....	30
3.2.1	Tasarlanan Sistemin Yapısı ve Çalışma Prensibi	31
3.2.1.1	Sistemin Çalışması	31
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	32
4.1	Deneyler.....	32
4.2	Deneyden Alınan Sonuçlara Göre Çözüm Önerileri	37
4.2.1	PTC ve NTC Direnci Kullanarak Akım Sınırlama.....	37
4.2.1.1	PFC dönüştürücü Kullanılarak Akım-Sınırlama	38
5.	SONUÇ.....	39

ÖZET

LED SÜRÜCÜNÜN PİK AKIMININ ANAHTARLAMA ELEMANLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren yarı-iletken eleman Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode-LED), diğer ışık kaynaklarına göre daha verimli, uzun ömürlü, bakım gerektirmediği, hızlı anahtarlanabildiği, düşük enerji tüketimi ve kontrol edilebilir olduğu için aydınlatma sistemlerinde daha çok tercih edilmektedir. Ancak bu teknoloji yine de olgunlaşma aşamasında olduğundan dolayı üzerinde çalışılması gereken problemlerle karşılaşılabilir.

Güç kaynaklarında olduğu gibi LED sürücülerde de dahili kondansatörler bulunmaktadır. Güç verildiği andan itibaren kısa bir süre içerisinde hızlı şarj olan kondansatörler, nominal akımının 1200 katına kadar çıkabilecek ani bir akım oluşturmaktadır. Bu da alternatif akım devre elemanları üzerinde ciddi hasarlara neden olmaktadır. Bu yüzden Led’li aydınlatma teknolojisinde, LED armatürleri, sürücü tipi ve anahtarlama elemanlarının birbiriyle uyumluluğunun ve uygunluğunun araştırılması ve geliştirilmesi için mühendislerin ve aydınlatma tasarımcılarının yoğun gayret göstermeleri gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, IEC 60947-4-1 e göre AC-5a ve AC-6b işletme kategorisine sahip iki adet kontaktör kullanılarak sürücülü LED aydınlatma devrelerinin anahtarlama anında, kontaktörler üzerinde oluşturduğu kapasitif etki deneylerle incelenmiş ve sorunlar tespit edilmiştir.

Deneysel sonuçlara göre; Kontaktör üreticileri led yükler için AC-5a işletme kategorisine sahip kontaktörleri tavsiye etmektedir. Led yüklerin devreye alınması esnasında oluşan inrush akımlarının lambanın nominal akımının 1000 katına kadar ulaştığı dikkate alındığında AC-5a nın led yükler için uygun olmadığı ifade edilebilir. Led yükler için AC-6b işletme kategorisine sahip kontaktörün AC-5a ya göre daha yüksek inrush akımlarını taşımaktadır. SEM görüntülerinde de led yükler için AC-6b sınıfı kontaktörlerin daha uygun olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, led yüklerini anahtarlama için kontaktörlerde belli standartlar getirilmesi gerekmektedir.

Son yıllarda elektrik kaynaklı yangınların artışının sebep olabileceği büyük maliyetler ve olabilecek can kayıplarının önlemesi adına çalışmamızın sonunda bu sorunun giderilmesi ve belli standartlar getirilmesi için çözümler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: LED, LED Sürücü, Inrush Akım,



ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF LED DRIVER'S INRUSH CURRENT ON THE SWITCHING ELEMENTS.

Light Emitting Diode (LED), which converts electrical energy into light energy, is more preferred in lighting systems since it is more efficient, long-lasting, maintenance-free, fast switching, low energy consumption and controllable compared to other light sources. However, since this technology is still in the maturation stage, problems that need to be studied can be encountered.

As with power supplies, LED drivers have built-in capacitors. Capacitors that charge fast within a short time from the moment of powering, create a sudden current that can reach 1200 times the nominal current. This causes serious damage to the alternating current circuit elements. For this reason, in LED lighting technology, LED fixtures, engineers and lighting designers require intense efforts to investigate and improve the compatibility and suitability of the driver type and switching elements.

In this thesis, by using two contactors with AC-5a and AC-6b operating categories according to IEC 60947-4-1, the capacitive effect created by the LED lighting circuits on the contactors on the contactors was examined by experiments and problems were identified.

According to the experimental results; Contactor manufacturers recommend contactors with operating category AC-5a for led loads. Considering that the inrush currents generated during the commissioning of the led loads reach up to 1000 times the nominal current of the lamp, it can be stated that AC-5a is not suitable for led loads. Contactors with operating category AC-6b for led loads carry higher inrush currents than AC-5a. In SEM images, AC-6b class contactors are more suitable for led loads. In this case, certain standards must be set in the contactors to switch the led loads.

In order to prevent the great costs and loss of life that may be caused by the increase of electric fires in recent years, at the end of our study, solutions have been offered to overcome this problem and to set certain standards.

Key Words: LED, LED driving, Inrush current

KISALTMALAR/ABBREVIATIONS

LED	: Light Emitting Diode - Işık Yayan Diyot
MHL	: Metal Halide Lamp – Metal Halide Lamba
DIP	: Dual in-Line Package – Çift Sıralı Uçlu Paket Led
SMD	: Surface Mounted Diode – Yüzeye Montajlı Diyot
COB	: Chip-on-Board - Paketlenmiş Led Dizini
MCOB	: Multi- Chip-on-Board - Çoklu Paketlenmiş Led Dizini
SEM	: Scanning Electron Microscope - Tarayıcı Elektron Mikroskop
THD	: Total Harmonic Distortion - Toplam harmonik distorsiyonu
OG	: Orta Gerilim
AG	: Alçak Gerilim
SMPS	: Switch Module Power Supply – Anahtarlamalı Güç Kaynağı
NTC	: Negative Temperature Coefficient - Negatif Isı Katsayılı Termistör
PTC	: Positive Temperature Coefficient - Pozitif Isı Katsayılı Termistör
AC	: Alternative Current – Alternatif Akım
DC	: Direct Current – Doğru Akım
IEC	: International Electrotechnical Commission – Uluslar arası Elektroteknik Komisyonu
LLC	: Limited Liability Company – Limited Şirket
PFC	: Power Factor Correction - Güç Faktörü Düzeltme Dönüştürücü
Vf	:LED diyotların ileri yön gerilimi

ŞEKİL LİSTESİ/LIST OF FIGURES

SAYFA

Şekil 2.1 Noktasal Bir Işık Kaynağında Işık Şiddetinin İfadesi	7
Şekil 2.2 M Noktasının α Doğrultusundaki Parıltısının İfadesi	8
Şekil 2.3 Tarihten Günümüze LED'ler ve Diğer Işık Kaynaklarının Zamanla Gelişimleri	10
Şekil 2.4 LED'leri Temel Yarı İletken Yapısı.....	11
Şekil 2.5 DIP (DUAL In-Line Package) LED Yapısı	13
Şekil 2.6 SMD (Surface Mounted Diode) LED Yapısı	13
Şekil 2.7 Sol Tarafta 3 Çipli Sağ Tarafta Tek Çipli SMD LED	14
Şekil 2.8 COB LED Örneği.....	15
Şekil 2.9 COB LED Teknolojisinin DIP ve SMD LED Teknolojilerine Kıyaslanması..	15
Şekil 2.10 MCOB LED Yapısı	16
Şekil 2.11 Işık Spektrumu.....	17
Şekil 2.12 Kızılötesi LED'li Isıtıcı	18
Şekil 2.13 RGB LED Örneği	18
Şekil 2.14 Güç LED'i Bir Sokak Lambası	19
Şekil 2.15 Şerit Led Çeşitleri.....	19
Şekil 2.16 MR Led Armatür	20
Şekil 2.17 LED Panel Lambalar	21
Şekil 2.18 Ray Spot LED Lambalar	21
Şekil 2.19 LED Tüp (Floresan Tipi) Lambalar.....	21
Şekil 2.20 Endüstriyel Yüksek LED Lambalar.....	22
Şekil 3.1 Deneyde Kullanılan İtme Çekme Selenoidi	26
Şekil 3.2 Deneyde Kullanılan İtme Flaşör Zaman Rölesi	27
Şekil 3.3 Deneyde Kullanılan Güç Kaynağı.....	28
Şekil 3.4 Deneyde Kullanılan AC-5a (Altta) ve AC-6b (Üstte) Sınıfı 2 Adet Kontaktör	29
Şekil 3.5 Deneyde Kullanılan Led Panel.....	29
Şekil 3.6 Deneyde Kullanılan LED Sürücü.....	30
Şekil 3.7 Test Sistemi Elektrik Devre Şeması.....	30
Şekil 3.8 Deney düzeneği.....	31
Şekil 4.1. Kontaktörler anahtarlama anındaki inrush akımları.....	32
Şekil 4.2 E marka AC-6b kontaktörün sabit kontağının SEM görüntüsü (Led yükleri bağlı değil).....	33
Şekil 4.3 E marka AC-6b kontaktörün hareketli kontağının SEM görüntüsü (Led yükleri bağlı değil).....	33
Şekil 4.4 F marka AC-5a kontaktörün sabit kontağının SEM görüntüsü (Led yükleri bağlı değil).....	34
Şekil 4.5 F marka AC-5a kontaktörün hareketli kontağının SEM görüntüsü (Led yükleri bağlı değil).....	34
Şekil 4.6 E marka AC-6b kontaktörün sabit kontağının SEM görüntüsü (10000 kez anahtarlama sonrası).....	35

Şekil 4.7 F marka AC-5a kontaktörün sabit kontağının SEM görüntüsü (10000 kez anahtarlama sonrası).....	35
Şekil 4.8 E marka AC-6b kontaktörün hareketli kontağının SEM görüntüsü (10000 kez anahtarlama sonrası).....	36
Şekil 4.9 F marka AC-5a kontaktörün hareketli kontağının SEM görüntüsü (10000 kez anahtarlama sonrası).....	36
Şekil 4.10 PTC ve NTC Termistörlerin Sıcaklığa Bağlı Direnç Değişimi.....	38
Şekil 4.11 Akım Sınırlayıcı PTC ve NTC Termistörler.....	38



TABLO LİSTESİ/LIST OF TABLES

SAYFA

Tablo 2.1 LED teknolojilerinin karşılaştırılması	12
--	----



1. GİRİŞ VE AMAÇ

1.1 Giriş

Yarı iletken LED aydınlatma sistemleri, aydınlatma teknolojisinin geleceğinde önemli rol alacaktır. Bu sistemler uzun ömürlü, yüksek verimli ve kontrol edilebilir olmaları, tesisat kolaylığı, civa gibi zararlı maddeler içermemeleri, renk çeşitliliği imkânı sunmaları gibi sebeplerle aydınlatma sistemlerinde tercih edilmektedir.

Aydınlatma sisteminin emniyeti; trafik kavşakları, demiryolu yolcu terminalleri, havaalanı tesisleri, tüneller vb. gibi belirli yerler için hayati öneme sahiptir. Aydınlatma sistemlerinin emniyetli bir şekilde çalışması, güç kaynaklarının emniyetli çalışmasına bağlıdır. Güç kaynağı emniyeti, elektrik güç dağıtım devresinde hata akımı olması durumunda açma komutu veren koruma cihazlarının doğru tepki vermesiyle ilgilidir. Aydınlatma sistemlerindeki güç kaynaklarında oluşabilecek herhangi bir emniyetsiz durum kazalara sebep olup ekipmanlara, anahtarlama elemanlarına zarar verebilir ve dahası yaralanmalara ve ölümlere neden olabilir [1]. Bu problemin en önemli kaynaklarından biri olan inrush akımı, güç kaynağına bağlı olan elektrik alıcısının ilk açıldığında çekilen maksimum anlık akımdır. Güç kaynakları bulk kapasitörler içerdiklerinden, ani akımlara duyarlıdır. Bir güç kaynağının çalıştırılması sırasında giriş kondansatörleri aniden şarj olduğundan büyük inrush akımı çeker. Eğer önlem alınmamışsa inrush akımı kolayca 50 A'yı bazen AC döngüsünün pik durumunda yaklaşık 100-150 A'yı aşabilir. Inrush akım, güç dönüştürücünün sigortasına ve giriş redresörlerine ciddi şekilde baskı yapabilir. Modüllerin dayanımını ve ömrünü önemli ölçüde azaltır veya ani güç kesintisine neden olur. Inrush akımı, hattaki diğer güç cihazlarının ve güç hattı, anahtarlar, kontaktörler, röleler, devre kesiciler vb. dahil diğer elemanların çalışmasını da kısıtlayabilir.

Anahtara çok sayıda LED armatür bağlanarak çalıştırıldığında, her bir armatür için inrush akımı 100 Amper kadar veya daha fazla olabileceğinden, merkezi bir anahtar aracılığıyla aynı anda enerjilenen çoklu armatürler yüksek akımların oluşabilir. Bu büyük akımın genel olarak devre üzerinde olumsuz etkileri olabilir. Özellikle devre

elemanlarının performansını bozabilir. Bu da ana şalterin ve aydınlatma armatürünün elemanları dahil devre elemanlarına hasar verebilir. [2]

Bu çalışmamızda normal ölçü aletleri ile dahi fark edilemeyen bu ani akımları, IEC standartlarını göz önüne alarak testler yapıp inceledik. Bu tür yüksek akımların özellikle elektrik kaynaklı yangınlara sebep olduğunu veya olabileceğini ve buna uygun çözümleri araştırdık.

Tezin bundan sonraki bölümleri aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir;

- Literatür Taraması bölümünde LED aydınlatma sistemindeki inrush akımın etkileri ve çözüm yolları ile ilgili akademik kaynaklar incelenmiştir.
- Genel Aydınlatma bölümünde konvansiyonel aydınlatma elemanlarının ve LED armatürlerinin tarihteki gelişimi hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. LED aydınlatma sistemi anlatılarak LED sürücüler incelenmiştir. LED sürücülü devrelerde meydana gelen inrush akımının devre ve devre elemanları üzerindeki etkileri belirtilmiştir.
- Materyal ve Yöntem bölümünde inrush akımın devre elemanları -özellikle kullandığımız 2 adet kontaktör- üzerindeki etkisi, oluşturduğumuz devrede sistemin çalışması ile incelenmiştir.
- Bulgular bölümünde kurduğumuz devre sisteminin çalışmasından sonra elde ettiğimiz analiz verileri incelenmiştir. Inrush akımın devre elemanları üzerindeki etkisi bu veriler ile gösterilmiştir.
- Sonuç bölümünde literatür taraması, analiz ve deney sonuçları ile elde edilen bilgiler ışığında, LED armatür devrelerinde oluşan inrush akımın olumsuz etkileri kısaca anlatılarak bu akımdan dolayı meydana gelen olumsuzlukları gidermek için çözüm yolları belirtilmiştir.

1.2 Amaç

Modern binalarda, endüstriyel tesislerde ve farklı mühendislik yapılarında LED teknolojisine dayalı aydınlatma armatürleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu armatürler “klasik” akkor, metal-halojen, sodyum lambalara kıyasla daha iyi verimlilik, daha düşük enerji tüketimi, daha uzun ömür ve uygun maliyet gibi özellikler sunar. Bu

durum, LED aydınlatma armatürlerinin özellikleriyle ilgili büyük çalışmalara ihtiyaç olduğu anlamına gelir. [1]

Bir LED aydınlatma sisteminde LED armatür doğrudan AC şebekesine bağlı olan kendi güç kaynağı ünitesine sahiptir. Bir tarım tesisinde, kararlı halde, her birinin kendine özel bir güç kaynağı olan ve hepsi aynı kaynağa veya AC şebeke gücüne bağlı olan yüzlerce LED armatür bulunabilir. Bu durumda, sayısı artan aydınlatma armatürleri aynı güç kaynağını paylaşır. Armatürlere verilen güç, merkezi bir anahtarla kontrol edilir. Tüm armatürlere, aynı anda tek bir anahtarlama elemanı kontrolüyle enerji verilir. Tek bir güç kaynağına bağlı ve merkezi bir anahtarla kontrol edilen bu çoklu aydınlatma armatür sistemi, inrush akımı sorununa yol açar. Inrush akım, hattaki ve diğer güç cihazlarındaki anahtarlama elemanları, kontaktörler, röleler, devre kesiciler vb. elemanların çalışmasında problemler çıkartabilir. LED aydınlatma sistemleri gibi hızla gelişen bir teknolojiye böyle bir durum, piyasadaki mevcut kalitesiz ürünler ve başarısız uygulamalar gibi sorunlara ek olarak orta ve uzun vadede bu teknolojiye karşı güvensizlik oluşturabilir. Bunu önlemek için doğru ve güvenilir ölçümlerin sonunda elde edilen verilere ihtiyaç vardır. [2]

Bu çalışmada, IEC 60947-4-1 e göre AC-5a ve AC-6b işletme kategorisine sahip kontaktörlere LED aydınlatma armatürleri bağlanmış ve her bir kontaktör 10000 kez anahtarlannmıştır. LED sürücülerde oluşan inrush akımının kontaktörlere etkileri test edilip oluşan hasarı tespit edilmiştir. Özellikle yangın veya sistem arızaları gibi tehlikelerin önlenmesi açısından çözüm önerileri sunulmuştur.

1.3 Literatür Taraması

Sofya Teknik Üniversitesi Güç Elektroniği Mühendisliği Bölümü'nden Dimitar Bogdanov (2018) tarafından yapılan çalışmada çoklu LED armatür grubu için güç beslemesi sağlayan sistemdeki dijital koruma cihazına yönelik koruma fonksiyonlarının koordinasyon seçenekleri üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışma ile aşağıdaki sonuçlara varılmıştır [1]:

- Sürücülü LED armatürü ile yapılan deneylerde, inrush akımının güç kaynağı sisteminin arıza koruma cihazlarını etkileyebileceğini göstermiştir.

- AG koruma cihazlarında SMPS işleminin neden olduğu “kaçak” akım dikkate alınmalıdır. Aydınlatma sistemlerinin özelliklerine göre koruma fonksiyonlarının uygun şekilde koordine edilmesi, aydınlatma sistemlerinin güç kaynağının güvenilirliğinin artırılmasına ve sırasıyla yol trafiğinin güvenliğini artırmaya yardımcı olabilir.
- LED armatürlü besleyicilere beslenen ilgili OG / AG bara beslemesinin kademeli olarak yüklenmesi aşırı ani akım değerlerinin önlenmesine yardımcı olabilir.
- Güç kaynağı voltajının faz açısı kontrolüne sahip yöntem, enerji veren geçici akımı azaltmak için de uygulanabilir. Bu tür bir yaklaşım, şebeke voltaj faz açısının izlenmesi ve kesici açma için zamanlanmış komutun izlenmesi ile daha karmaşık kontrol cihazlarını kullanmayı gerektirebilir.
- Seri olarak LED armatür sürücüsüne seri bağlı termistör ani akım sınırlayıcısı ani akımı azaltacaktır. Ancak kararlı durum çalışması sırasında güç kaybına neden olacaktır. Yumuşak yolvericiler ani akım problemini çözebilir ve LED sürücülerin yıpranmasını azaltabilir.

VerticalNews muhabirlerinin Biological Innovation & Optimization Systems LLC şirketi kurucularından Eric Thosteson ve Luis Rodriguez (2018) ile yaptıkları ‘Inrush Akımını Sınırlandırmak ve Led Aydınlatma Armatürlerini Karartmak (Kısmak) İçin Sistemler ve Yöntemler’ isimli röportajda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır [2]:

- Her bir armatür aynı AC şebeke devresine bir tek devre kesici veya anahtar aracılığıyla bağlansa da, çoklu hatlar ve çoklu şebeke anahtarları da dahil olmak üzere diğer düzenlemeler de istenmeyen ani akımlara yol açabilir.
- Giriş akımını sınırlamak için bilinen çözümler dirençler veya konvansiyonel negatif sıcaklık katsayısı (NTC) termistörleri gerektirir. Bu termistör, sıcaklık değişimleriyle ters orantılı değişen bir dirence sahip hassas bir dirençtir.

Bununla birlikte bu termistörlerin kullanımı önemli güç kaybına ve verimlilikte azalmaya neden olur. Dolayısıyla enerji verimliliği önemli bir husus olduğunda bu uygun çözüm değildir.

- Bazı düzenlemelerde, güç kaynağının ana şebeke gücünü çekerken gecikme aralığı meydana getirecek bir programlanabilir mikrodenetleyici içeren bir lojik kontrollü anahtarlama aracı bulunur. Gecikme zamanı aralığına eşit bir zaman periyodunda bekledikten sonra alınan ana gücü, akım yönündeki güç kaynağına bağlamak için bir anahtarlama aracı çalıştırılır. Bunun için bazı düzenlemelerde lojik kontrollü anahtarlama aracı bir elektrik rölesi veya katı hal şalteri bulunur.
- Bazı düzenlemelerde, giriş sinyalinin alınması ve dönüştürülmesi ve DC güç kaynağının çıkışının ayarlanması, standart bir 0-10V DC dimmerden giriş sinyallerini alan ve DC güç kaynağı çıkışını ayarlayan çıkış sinyalleri üreten programlanmış bir kontrol cihazı ile gerçekleştirilir.
- Bazı düzenlemelerde, bir DC güç kaynağının çıkışının istenen çıkış voltajına yaklaştırılması veya ayarlanması adımı elektriksiz anahtarlama yoluyla gerçekleştirilir ve inrush akımını azaltmak için programlanmış veya rasgele bir gecikme oluşturulabilir.

Almanya'nın Nuremberg (Nürnberg) şehrinde Hendrik Tech, Dirk Leber, Andre Schwarzmeier (2014) tarafından yapılan PCIM Europe konferansında 'LED güç uygulamalarında inrush akımı sınırlandırmaya ilişkin yeni bir yaklaşım' konusu ele alınmıştır. 16 A ile nominal çalışma için bypass rölesi içeren yalnızca bir adet PTC direnci ile uygun maliyetle inrush akımının sınırlandırabileceği sonucuna varılmıştır [3].

Almanya'daki Helmut-Schmidt-Üniversitesi Güç Elektroniği Bölümünde Reinhard Jaschke (2016) tarafından yapılan çalışmada LED devre topolojisinde inrush akımını sınırlandırmak için birçok konvansiyonel direncin var olduğunu, anahtarlama transistörlü ani kontrol cihazı ile dirençleri elimine edip hem inrush akımının sınırlandırabileceğinin hem de verimliliğin artırılabilirliği sonucuna varılmıştır [4].

Hırvatistan'ın Osijek Üniversitesi'nde Elektrik Mühendisliği Fakültesi Bilgisayar Bilimi ve Bilgi Teknolojisi Bölümünden Jurica Perko, Srete Nikolovski, Ljubomir Majdandžić (2018) tarafından Gola Belediyesi'nde LED teknolojili kamusal aydınlatmada güç kalitesinin ölçümü ve analizi yapılmıştır. Çalışmada şebekedeki yüklerin çoğunun endüktifken LED'li aydınlatmanın kapasitif yüklü olmasından dolayı LED'li aydınlatmanın dağıtım şebekesindeki voltaj durumunu düzelttiği, güç faktörünü 0,95 değerine kadar iyileştirdiği görülmüştür. Bu bağlamda, LED aydınlatma bir tür reaktif güç kompensatörü gibi davranır. Güç kalitesi parametrelerinin EN 50160 standardına uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak LED lambaların güç kalitesi ölçümü sonuçlarının analizinde sıradışı bir eğri bulunmuştur. Haftanın 5 gününde güç pikleri, ani akım olarak ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı, LED sürücüsünün, NTC direnci gibi inrush akım sınırlayıcısının olmadığı varsayımına ulaşılmıştır [5].

Mısır'daki Menoufia Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden Mahmoud S. Abd El-Moniem, Haitham Z. Azazi, Sabry A. Mahmoud (2013) tarafından yapılan araştırmada tüm aydınlatma ürünleri ve 25 W'tan daha yüksek giriş gücü için AC-DC LED sürücülerini IEC61000-3-2 C sınıfı tarafından belirlenen hat akımı harmonik limitine uyması gerektiği, tek kademeli güç faktörü düzeltme dönüştürücü PFC topolojilerinin LED aydınlatma uygulamaları için en uygun dönüştürücüler olduğu anlatılmıştır. PFC dönüştürücü kullanılarak giriş ani akımındaki harmonik bozulmanın giderileceği sonucuna varılmıştır [6].

Marmara Üniversitesi'nde Selçuk Atış, Ümit Kemalettin Terzi, Mustafa Onat'ın (2018) yayınlamış oldukları makalede manyetik balast ve elektronik balast ile floresan ve sürücü ile LED'ler sürülerek aynı anahtarlama elemanı üzerindeki etkileri ölçülmüştür. Manyetik balastlı floresan devresinin anahtarlama elemanı üzerinde minimum düzeyde deformasyon tespit edilirken, LED'li sürücü devresinin anahtar yüzeyleri üzerindeki etkisi elektron taramalı mikroskop (SEM) ile taratılarak kontak yüzeylerinde aşırı bir deformasyon olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre deformasyon miktarının aşırı olduğu ve bu sebeple yangın ve sistem arızaları olabileceği sonucuna varılmıştır [7].

2. GENEL AYDINLATMA

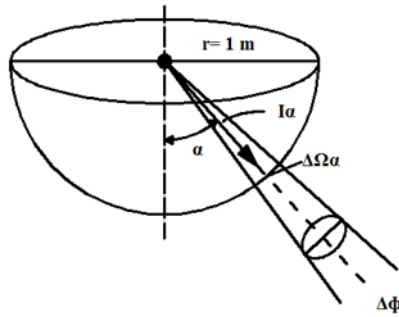
2.1 Aydınlatmada Temel Kavramlar

2.2 Işık Akısı

Işık kaynağının ışıksal gücünü ifade eden ışık akısı'nın simgesi “ Φ ” ve birimi lümen “lm” olarak gösterilir. 1 lümen (lm), 1m yarıçaplı kürenin merkezindeki 1 cd'lik kaynağın, 1 m²'lik küre yüzeyine dik olarak verdiği akı olarak tanımlanır [8],[9].

2.2.1 Işık Şiddeti

Işık şiddeti, noktasal bir ışık kaynağının belirli bir doğrultuda birim uzay açısı içinde verdiği ışık akısı miktarıdır (lümen/steradyan). Işık şiddeti “I” harfiyle gösterilir ve birimi kandela'dır (cd=lm/sr). Noktasal bir ışık kaynağında herhangi bir “ α ” doğrultusundaki ışık şiddeti bu doğrultuyu içine alan bir “ $\Delta\Omega$ ” uzay açısından çıkan “ $\Delta\Phi$ ” ışık akısının “ $\Delta\Omega$ ” uzay açısına bölümü ile ifade edilir. Bu ifade Şekil 2.1'de gösterilmiştir [9],[10].



Şekil 2.1 Noktasal bir ışık kaynağında ışık şiddetinin ifadesi [10]

2.2.2 Aydınlık Düzeyi

Aydınlık düzeyi, birim yüzeye düşen toplam ışık akısı miktarıdır (lm/m²). “E” harfi ile gösterilir. Birimi lüks (lx)'tür (lx= lm/m²). Aydınlık düzeyi, bir yüzeyin birim alanına düşen ışık akısı miktarıdır [8],[11].

2.2.3 Işıksal Verim

Işık verimi, ışık kaynağının yaydığı ışık gücünün çektiği elektrik gücüne oranıdır (lm/W). Bu da bir aydınlatma elemanının elektrik gücünü ne kadar verimle ışığa dönüştürdüğünü gösterir. Diğer adı etkinlik faktörü olan ışık verimi, “ η ” ile gösterilir.

Elektrik şebekesinden çektiği gücün düşük, ışık akısının ise yüksek olduğu ışık kaynakları “verimli” olarak adlandırılır. [11]

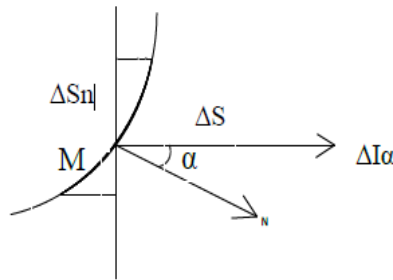
2.2.4 Kamaşma

Kamaşma, parlak güneş ışığına veya aşırı ve kontrolsüz bir şekilde dağılan yapay ışığa (elektrikli ışıklar) maruz kalındığında meydana gelen görme zorluğudur [12]. Kamaşmaya neden olan kaynak gözün görme alanı içinde olması durumunda “direkt kamaşma” olarak adlandırılır. Kaynağın gözün görme alanı dışında olması durumunda ise “endirekt kamaşma” olarak adlandırılır. Bir ortamda görsel konforun oluşturulabilmesi için kamaşmanın “Birleşik Kamaşma Endeksi” (UGR) değerlerine göre sınırlandırılması gerekir. [13]

2.2.5 Parıltı

Parıltı, ışık kaynağının veya aydınlatılan yüzeyin aydınlatma yoğunluğudur. Parıltı “L” harfi ile gösterilir. Birimi “candela/metrekare” diğer bir deyişle “nit”’dir ($nt=cd/m^2$). Birim yüzey alanının cm^2 olması durumunda “stilb” birimi tanımlanır ($sb=cd/cm^2$). Nit birimi genellikle ışık yansıtan yüzeyler ve düşük parıltı değerlerinde kullanılırken stilb birimi ışık kaynaklarının parıltısını belirtirken tercih edilir [11].

Işık yayan bir yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile “ α ” açısı yapan doğrultudaki parıltısı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 M Noktasının α Doğrultusundaki Parıltısının İfadesi [10]

2.2.6 Ömür

Ömür, bir ışık kaynağı uluslararası standartlarda belirtilen çalışma koşullarında hizmet verebileceği süredir. Bir ışık kaynağının ömrünü ekonomik ömür ve servis ömrü olarak tanımlayabilen iki kavram üzerinden incelemek gerekmektedir. Ekonomik ömür bir ışık

kaynağının ilk 100 saat kullanımından itibaren verdiği ışık akısından zamanla azalmalar meydana gelerek %70 oranına düştüğü süredir. Servis ömrü ise ışık kaynaklarının %50 oranında fonksiyonunu kaybettiği süredir [14].

2.3 Aydınlatma Elemanları

İnsanlar gözün görebildiği nesneleri iki çeşit ışık kaynağı ile algırlar. Bunları doğal ve yapay ışık kaynakları olarak tanımlanır [15]. Thomas Edison'un akkor telli lambayı icadı ile başlayan elektrikli yapay ışık kaynaklarının gelişimini günümüzde elektronik çiplerin kullanıldığı LED teknolojilerinin gelişimi takip etmesiyle bu verimli ışık kaynağı ihtiyacı giderilmeye çalışılmıştır [16].

Elektrikli yapay ışık kaynakları ışık üretim yöntemlerine göre üçe ayrılır. Bunlar termal radyasyon yayan ışık kaynakları, gaz deşarjlı ışık kaynakları ve elektrolüminesans ile ışık yayan ışık kaynaklarıdır.

Termik ışık, katı cisimlerin kızgın duruma geldiklerinde ışık yaymasıyla üretilir. Deşarja dayanan ışık üretimi ise uyarılmış atom ve molekülerin temel hallerine geçerken daha önce uyarılmak için aldıkları enerjiyi ışıma şeklinde geri vermelerine dayanır. Elektrolüminesans ışık da elektriğin doğrudan ışığa dönüştürülmesi ile üretilir. [17]

2.3.1 LED

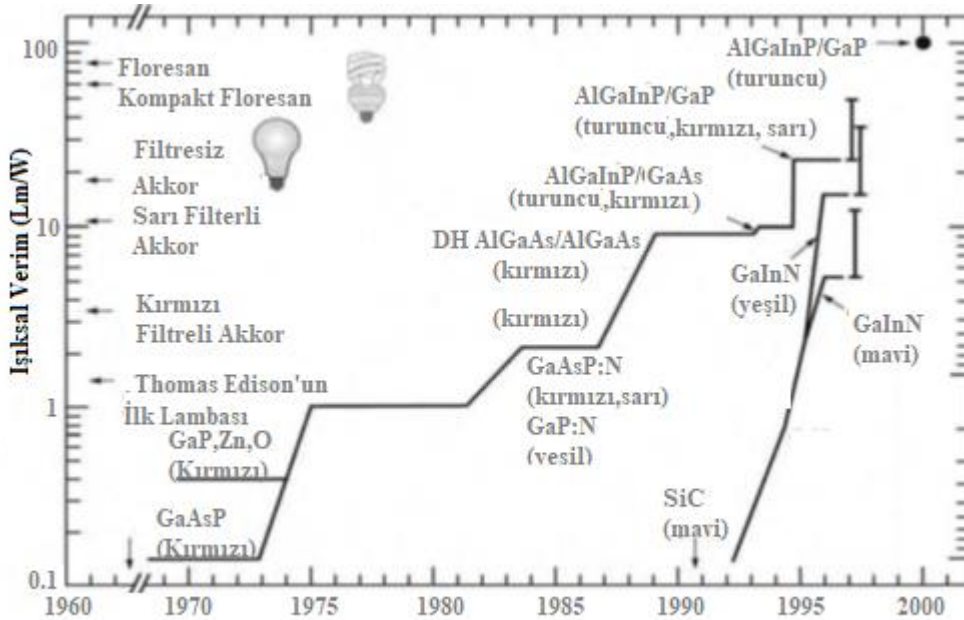
2.3.1.1 LED'in Tarihçesi

1907 yılında Henry Joseph Round tarafından yapılan bir deneyde, 1891 yılında Eugene G. Acheson tarafından kok ve silisyum dioksit'i (SiO_2) birlikte ısıtılarak sentezlenen silisyum karbür (SiC) olarak bilinen kristal yapıdaki yarı iletken malzemenin elektriksel uyarma sonucu sarı ışık yaydığı keşfedildi. Böylece ortaya çıkan ilk LED'in patentini de 1929 yılında radyo setlerinde kullanılan diyotlarda elektrominesans fenomenini inceleyen Rus radyo teknisyeni Oleg Vladimirovich Losev almıştır. 1962 yılında General Elektrik danışmanlarından Nick Holonyack ve S.F. Bevacqua, substrat olarak galyum arsenit fosfat (GaAsP) kullanılan ilk kırmızı renkli ışık yayan, 0.001 lm ışık akılı LED patentini aldılar.[18]

1972 yılında Holonyak'ın eski lisansüstü öğrencisi ve Elektrik Mühendisi olan M. George Craford, Monsanto Şirketi için ilk sarı renkli LED ile birlikte diyotta galyum arsenit fosfat kullanarak Holonyack 'tan 10 kat daha parlak bir kırmızı ve kırmızı-turuncu LED üretmeyi başarmıştır. [19]

1970'lere kadar Fairchild Optoelektronik Şirketi, düşük maliyetli LED cihazları üretmesi ile LED kullanımı popüler hale gelmiştir. 1976 yılında fiber optik aktarım dalga boyları için optimize edilmiş yeni yarı iletken malzemeleri kâşifi Thomas P. Pearsall fiber optik telekomünikasyon uygulamaları için parlaklığı yüksek, yüksek verimli LED'i keşfetmiştir. [20]

1991 yılında Shuji Nakamura, ilk mavi LED'i Galyum Nitrat (GaN) kullanarak keşfetti. Böylece Güç Led'lerinde yeni bir devir başladı. Thomas Edison'un buluşunu yaptığı ampül 1.4 lm/W ışık akısı verirken bu keşiflerle 14 lm/W'a yükseltilmiştir. Günümüzde ise 200 lm'den fazla ışık yayan yüksek parlaklıklı beyaz LED'ler bulunabilmektedir. Son zamanlarda da bir çip üzerinde birkaç LED jonksiyonunun birleştirilmesiyle 1000 lm'den fazla ışık yayabilen LED'ler görülebilmektedir. [21]

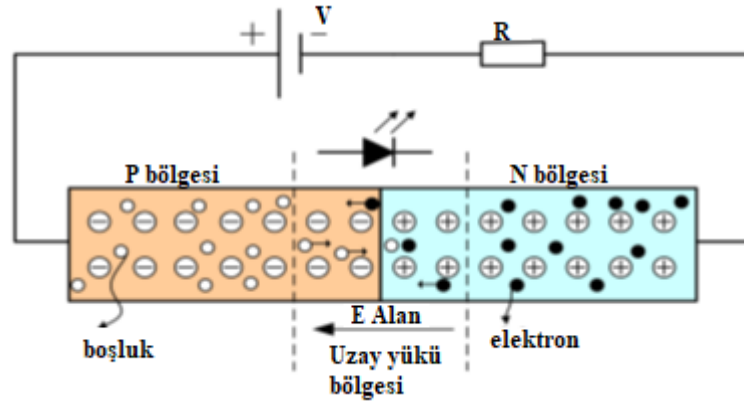


Şekil 2.3 Tarihten günümüze LED' ler ve diğer ışık kaynaklarının zamanla gelişimleri [22]

2.3.1.2 LED'lerin Yapısı ve Çalışma Prensibi

LED'ler elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştürebilen yarı iletken elemanlardır. LED'ler bir diyotta olduğu gibi tek yönde akım akışına izin verirler. LED yapısı p-tipi ve n-tipi bir yarı iletken malzemenin yan yana birleştirilmesiyle oluşur. Bu birleştirilmiş ana bölümü, galyum fosfat (GaP), Galyum arsenür (GaAs) veya galyum arsenit fosfatı (GaAsP) gibi yarı-iletken malzemeler oluşturmaktadır.

Farklı katkılı materyallerden ekstra pozitif yüklü parçacıklara sahip yarı iletken malzeme P-tipi yarı iletkenin çoğunluk taşıyıcıları boşluklar ve azınlık taşıyıcıları elektronlardır. Malzeme iletkenliğini büyük ölçüde artıran serbest elektronlu N-tipi yarı iletkenlerde bu durum tam tersi yani protonlardır. N-tipi yarı iletken güç kaynağının negatif kısmına, P-tipi yarı iletken ise güç kaynağının pozitif kısmına bağlanarak ileri yönde kutuplanırsa elektron alışverişiyle pozitif taraftan negatif tarafa doğru elektrik akımı akar. Bu sırada N-tipi ve P-tipi malzemedeki elektronlar, P-N birleşim yüzeyinde (uzay yükü bölgesinde) bir boşluk ile birleşerek bulunduğu yüksek enerjili iletim bandından düşük enerjili valans bandına düşer. Böylece foton salınımı oluşturur. Buna ışınım birleşimi denir. Elektrominesans olarak adlandırılan bu süreçte yarı iletken yüzey ışık yayar. Bu temel anlamda LED'in ışık yayma prensibidir [18],[22],[23].



Şekil 2.4 LED'leri Temel Yarı İletken Yapısı [22]

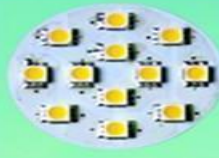
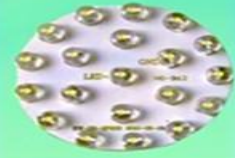
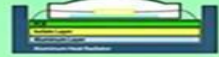
2.3.1.3 Led Armatür Türleri

2.3.1.4 Üretim Teknolojilerine Göre Led'ler

Led teknolojisi, DIP LED'lerden başlayıp sırasıyla SMD (Surface Mounted Diode), COB (Chips-On-Board), MCOB (Multi-Chips-On-Board) ve günümüzde yoğun bir şekilde çalışmaları devam eden beşinci nesil yüksek çıkışlı MCCOB (multiple chips and

cups on board) teknoloji ardır. Tablo 2.1’de ilk 4 nesil LED jenerasyonları gösterilmiştir.

Tablo 2.1 LED teknolojilerinin karşılaştırılması [23]

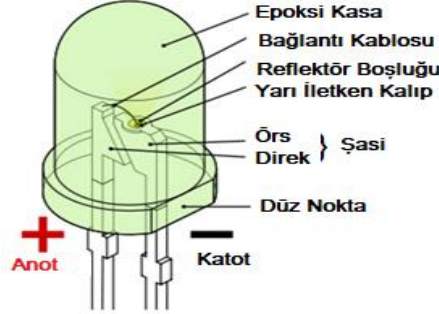
MCOB	COB	SMD	SMD-LED
4. Nesil	3. Nesil	2. Nesil	1. Nesil
MCOB Yapısı	COB Yapısı	Yüzeye Monte Edilen Led Yapısı	DIP LED Yapısı
Tek Kat Alüminyum Plakanın Üstten Görünümü	3 Katlı Alüminyum Plaka Üzerine Monte Edilen Led Çiplerin Üstten Görünümü	3 Katlı Alüminyum Plaka Üzerine Monte Edilen Led Çiplerin Üstten Görünümü	Bord Üzerinde Çoklu Pin Dizilişinin Üstten Görünümü
			
			
Tek Kat Alüminyum Plakadaki LED Çipleri	3 Katlı Alüminyum Plaka Üzerindeki LED Çipler	3 Katlı Alüminyum Plaka Üzerindeki LED Çipler	Bord Üzerindeki LED Pin'i
110-140LM/W %97'den fazla Isı Yayımlı	70-90 LM/W %50 Isı Yayımlı	70-90 LM/W %50 Isı Yayımlı	50-70 LM/W Zayıf Isı Yayımlı

2.3.1.4.1 D.I.P. (Dual in-Line Package) Led

DIP LED, “Çift Uçlu Paket Led” anlamına gelen bir kısaltmadır. 1990'larda tüm dünyada yaygın olarak üretilmeye başlanmıştır. Plastik veya epoksiden bir kasanın içine yerleştirilmiş, baskılı devre kartlarına monte edilmeye yarayan iki adet pin’i bulanan bir çip türüdür.

Bu tip LED armatürlerin en dikkat çekici özelliklerinden biri, geleneksel ampullere kıyasla %70-80 daha fazla enerji tasarrufu yapabilmeleridir. Diğer tüm LED ışık kaynakları gibi, DIP LED'leri sıcak beyazdan (3000 ila 3300 K arasında) saf beyaz (5500 ila 6300 K arasında) farklı renklerde mevcuttur. Ortalama kullanım ömürleri yaklaşık 30.000 saattir.

DIP LED'ler süpermarketler, oteller, fabrikalar, görev aydınlatması, trenler, otobüsler, dolapların altında ve depolarda vb. hem dekoratif hem de aydınlatma amaçlı olarak kullanılmaktadır. [24]

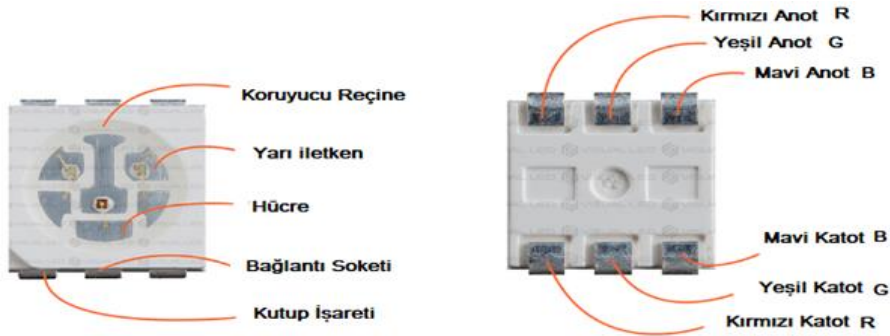


Şekil 2.5 DIP (DUAL In-Line Package) LED Yapısı

Bu LED'lerin üzerinde katot tarafını gösteren bir işaret bulunur. LED başına 4 lm'e kadar ışık akısına sahiptirler. Genellikle 5 V ve 24 V arasında çalışırlar. 12 V en yaygın olarak kullanılan voltajdır. Bir adet DIP LED 0,05 ile 0,08 watt arasında güç harcar [25].

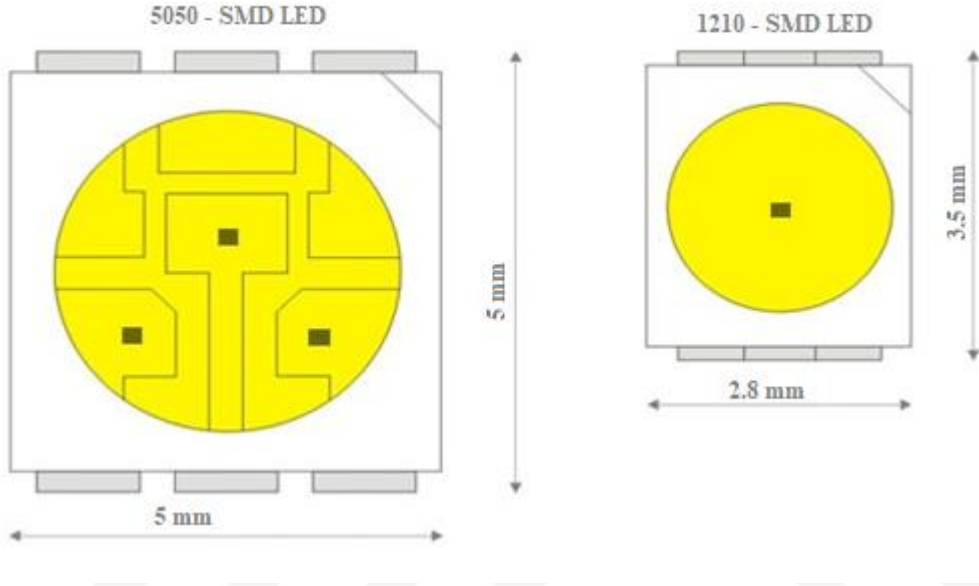
2.3.1.4.2 SMD (Surface Mounted Diode) LED

SMD LED "Yüzeye Monte Edilebilen Led" anlamına gelen bir kısaltmadır. LED ampüllerde en çok kullanılan LED çipleridir. Çipleri bir epoksi reçine, plastik veya seramik kasasında bulunan SMD LED'lerinin kurulumu kolaydır. Çip'in parlaklık seviyesi 5730 L'e ulaşabilir. Genel olarak, bu LED'lerin çalışma voltajı 2 ila 3.5 volt arasındadır. Bu nedenle çok düşük bir voltaj ve enerji kullanırlar. Enerji tüketimi geleneksel ışık kaynaklarına göre %75 daha az ve akkor ışıklardan %85'e kadar daha azdır [26], [27].



Şekil 2.6 SMD (Surface Mounted Diode) LED Yapısı

SMD çiplerin 1104, 1206, 2835,3014, 3030, 3528, 4014, 5014, 5050, 5060, 5730, 5733, 5736, 7014, 7020, 8520 gibi birçok modeli mevcuttur. Bu modeldeki sayılar ip'in boyutunu göstermektedir. Örneėin 5050 modeli 50mmx50mm boyutlarındadır. Kare eklindeki SMD 5050 ipi, 5 mm. ebatlarında olup 60 mA akımda gücü 0.24 watt, ışık şiddeti 25 lümen civarındır. [28]



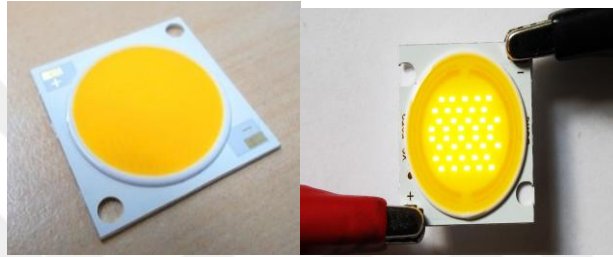
Şekil 2.7 Sol Tarafta 3 ipli Sağ Tarafta Tek ipli SMD LED [27]

Mekn aydınlatmalarında, cep telefonu bildirim ııklarında, flaş belleklerde bu LED aydınlatma türü yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek bir ip üzerinde en fazla 3 diyot olabilir ve her biri ayrı bir devreye sahiptir. Her devrenin bir katoda ve bir anotlara sahip olması, bir çipte 2, 4 veya 6 temasa neden olur. Bu rnler PCB baskılı devre kartının üzerine doğrudan sıralanabilir ve çok yönlü bir kullanılabilirler.

Çok yönlü olmasının ana sebebi bir adet LED ipinde Kırmızı, Yeşil ve Mavi renkli ip kullanılabilir ve bu 3 renk sayesinde verilen akım değerine göre tüm renkler oluşturulabilir. Komponentin kendisi ile birlikte lehim bağlantıları aynı eksen üzerinde yer alır. Bu durumda kartın üzerinden geçen komponent ayaklarının geçeceği arka tarafından lehimleneceği deliklere ihtiyaç duymaz [26],[27],[28],[29],[30],[31].

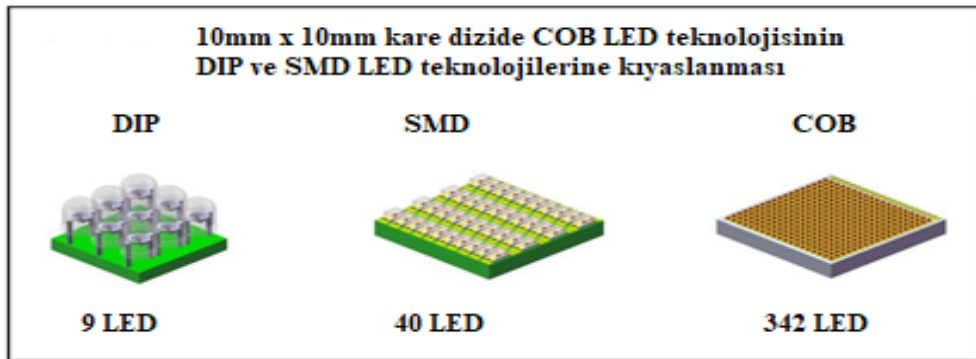
2.3.1.4.3 COB (Chips-On-Board) LED

COB LED “Birden Fazla Çipin Bir Panel Üzerine Dizildiği LED” anlamına gelen bir kısaltmadır. COB LED'leri 2007 yılında LED aydınlatmalarda daha çok kullanılır hale gelmiştir. Kart üzerindeki yonga, LED dizileri üretmek için çıplak bir LED yongasının bir substratla (silikon karbür veya safir gibi) doğrudan temas halinde monte edildiğini gösterir. COB çipleri 9 veya daha fazla diyot içerir. COB yongaları sadece 1 devre ve 2 kantağa sahiptir. Aşağıdaki basit devre, COB LED ışığının panel gibi görünmesini sağlar.



Şekil 2.8 COB LED [32],[33]

DIP ve SMD LED'lere kıyasla COB LED teknolojisi çok daha yüksek bir paketleme yoğunluğuna, lümen yoğunluğuna sahiptir. Örnek olarak 10 mm x 10 mm kare dizide COB LED teknolojisinin kullanılması, DIP LED teknolojisine kıyasla 38 kat daha fazla LED ve SMD LED teknolojisine kıyasla 8,5 kat daha fazla LED ile sonuçlanır. Bu da daha yüksek yoğunluk ve daha fazla ışık homojenliği demektir. Bugün COB LED'leri birkaç yüz lümeden 30.000 lümene kadar mevcuttur. Böylece mevcut güçler birkaç watt'tan neredeyse 200 watt'a kadar ulaşılıyor.[32]

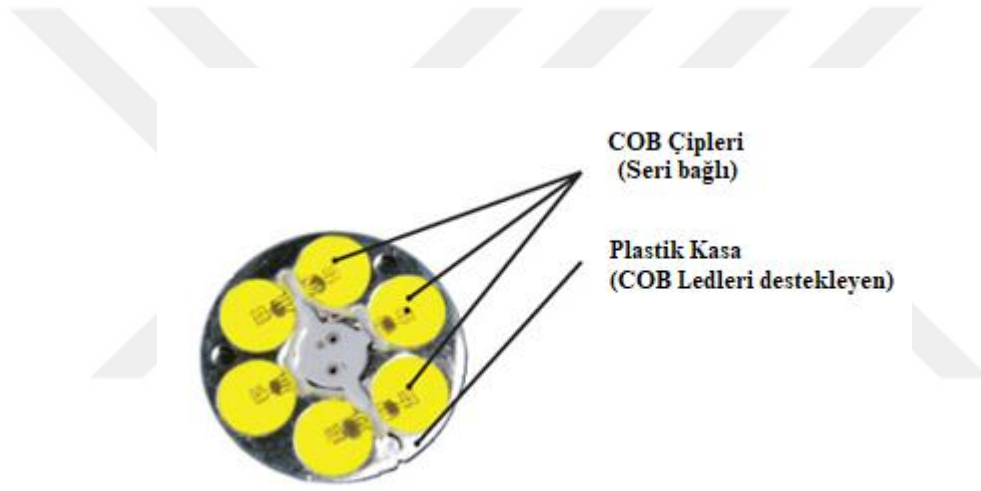


Şekil 2.9 COB LED Teknolojisinin DIP ve SMD LED Teknolojilerine Kıyaslanması [33]

COB LED'leri, SMD LED'lerine kıyasla sıcak ortamlarda çalışırken arızaya daha az eğilimlidir. Bu, düzenli olarak yüksek sıcaklıklar ile çalışan endüstriyel tesisler için büyük bir avantajdır. Paketlenme tarzından dolayı yüksek miktarlarda lümen gereken yerlerde kullanışlı oldukları için fabrikalar, rıhtımlar, dağıtım koyları ve depolar, COB LED'lerinden yararlanabilecek endüstriyel tesislerdendir. Cadde aydınlatma sistemlerinde, otoparklarda vb diğer dış mekanlar için bu LED tipi kullanılabilir. [31]

2.3.1.4.3.1 MCOB (Multi-Chips-On-Board) LED

MCOB LED 'Çoklu COB LED' anlamına gelen bir kısaltmadır. MCOB LED bir grup COB LED'in plastik bir kasa üzerinde birleştirilmesiyle oluşur.



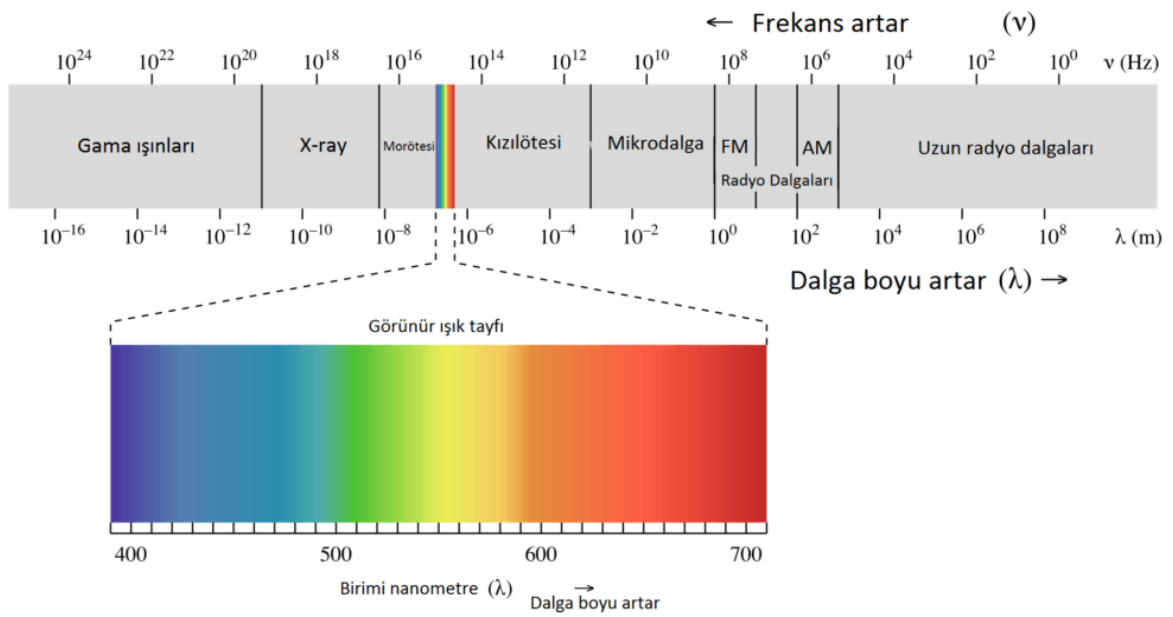
Şekil 2.10 MCOB LED Yapısı [34]

MCOB LED'lerde 1 cm² alanda 70 çip yerleştirilebildiğinden yüksek ışık akısı elde edilebilmektedir. Bu da SMD teknolojisine göre daha yüksek parlaklık ve ışık verimi sağlar. Ayrıca diğer LED teknolojilerine kıyasla yüksek ısı transferinden dolayı daha uzun ömürlüdür. Daha düşük maliyetlerle imal edilebilir ve kompakt yapıları ile daha az yer kaplarlar. [35]

2.3.1.5 Uygulama Alanlarına Göre Led'ler

2.3.1.5.1 Infrared (Kızılötesi) LED

Işık, bir yerden bir yere yayılan bir radyasyon ve enerjinin adıdır. Görülebilir ışık ise ışık tayfı (spektrumu)'nda 380 nm ile 780 nm arasındaki dalga boyunda bulunmaktadır. Görünebilir kırmızı ışıktan daha uzun, radyo dalgaları ve mikrodalgalardan daha kısa dalga boyundaki elektronmanyetik ışıma kızılötesi adı verilir. Kızılötesi ışınların dalga boyu 750 nm ile 1 mm arasındadır. Kızılötesi, İngilizcedeki 'Infrared Radiation' 'IR' kısaltması ile de gösterilmektedir.



Şekil 2.11 1 Işık Spektrumu [36]

Kızılötesi LED, normal LED'in birleşim yüzeyine galyum arsenid maddesi katılmamış halidir. İnfrared Diyotun bir ucu, elektrik bir boşluktan geçerken fotonların üretilmesi için tasarlanmıştır. Boşluğun boyutu, görünür ışığın rengini veya diyotun yarattığı görünmeyen ışığın bandını belirler. Görünür ve kızılötesine ek olarak, bir LED ultraviyole veya karışık bant ışığı oluşturabilir [37],[38]. Kızılötesi LED'ler askeri sistemler, medikal sektörü, haberleşme sistemleri, ısıtma sistemleri vb. yerlerde kullanılmaktadır.



Şekil 2.12 Kızılötesi LED’li Isıtıcı [39]

2.3.1.5.2 RGB LED

RGB LED, Kırmızı, Yeşil, Mavi 3 ana rengin baş harflerinden oluşturulmuş bir kısaltmadır. Bu renklerin bir araya getirilerek görülebilir spektrumda milyonlarca farklı renk elde edilebilmektedir. RGB LED’lerde minimum 4 bağlantı pin vardır. Dört pinli bağlantıda üç pin kırmızı, yeşil ve maviye karşılık gelir. Diğer pin ise anot (+) veya katot (-) bağlantısı içindir. Bu pine göre LED’in ortak anot veya ortak katot olduğu belirlenir. 6 pinli RGB LED’lerde ise her renk için ayrı anot ve katot bulunmaktadır [40]. Renklendirme isteyen normal veya dekoratif amaçlı uygulamalarda tercih edilmektedir.



Şekil 2.13 RBG LED [41]

2.3.1.5.3 Power (Güç) LED

Güç LED’ler, geleneksel aydınlatma armatürlerine göre verimliliği ve ışık akıları yüksektir. Diğer LED’ler 0,05W gücünde ve 20mA civarında akımda çalışırken Bir Güç LED’i 1W ile 10W arasında güç tüketir. Çalışma akımı ise 350 mA/700 mA/1000mA seviyelerindedir. Güç Led’ler 0.5W, 3W, 1W, 5W olarak kullanılmaktadır.

Güç LED’leri evlerde, laboratuvarlarda, sanayide, askeri alanda, dekoratif aydınlatmalarda, sokak aydınlatmalarında kısacası hem iç mekân ve hemde dış mekân

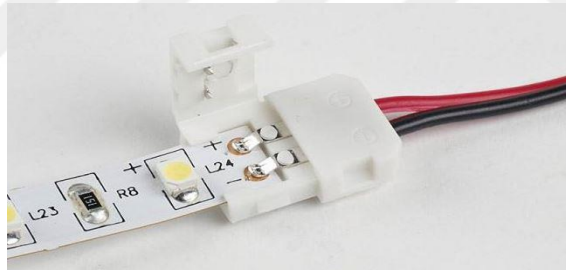
aydınlatmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.



Şekil 2.14 Güç LED’i Bir Sokak Lambası [42]

2.3.1.5.4 Şerit LED

Şerit LED, ledlerin seri ve paralel bağlanmasıyla meydana gelen bir aydınlatma cihazlarıdır. Geleneksel lambalara göre düşük DC gerilimle çalıştıklarından düşük güç kullanımı, uzun ömür ve daha az ısı üretimi sağlarlar. İç ve dış aydınlatmalarda, dekorasyonda pek çok alanda kullanılmaktadır.



Şekil 2.15 Şerit Led [43]

2.3.1.5.5 Çok Yönlü Reflektör MR Led Armatür

Geleneksel ışık kaynaklarında her yönde ışık yaydığından ışık kaynağında üretilen ışığın bir kısmının kaybolmaktadır. Bu yüzden yansıtıcılar (reflektörler) kullanılarak MR Led Armatür ile ışık, istenilen obje ya da bölgeye yönlendirilmekte, farklı ışık etkileri oluşturulmakta ve tasarıma bağlı olarak kamaşma faktörü azaltılmaktadır. [44]



Şekil 2.16 MR Led Armatür [45]

2.3.1.5.6 LED Panel Armatür

LED panel armatür, bir kasaya monte edilmiş LED modüllerin difüzör yardımıyla ile ışığını homojen bir şekilde yansıtarak yayan aydınlatma armatürlerdir. Geleneksel floresan armatürlerde ışığın %40'ı armatürde kaybolur. LED Panel armatürlerde ise yönlü ışık kullanıldığından daha az güç ile daha verimli ışık elde edilir [46]. LED panel lambaları yüksek dereceli iç aydınlatma lambalarıdır. Aydınlatma efektleri sayesinde güzel ve basit bir görünimleri vardır. 50.000 saatten fazla aydınlatma ömürleri vardır. Montajı kolaydır. [47]



Şekil 2.17 LED Panel Lamba [48]

2.3.1.5.7 Ray Spot Led Armatür

Ray spotlar yönlendirilebilen aydınlatma armatürleri olduğu için sergi, parça veya kısım aydınlatmalarında, dekoratif olarak vitrinler ve mağazalarda, evlerde ya da iş ortamlarında kullanabilmektedir. Yüzeye monte edildiği için, kurulumu ve çıkartılması oldukça basittir.



Şekil 2.18 Ray Spot LED Lamba

Bir ray spot sistemi çok yönlüdür. Spot düzeni genişletilebilir veya hali hazırda yer alan düzen yeniden konfigre edilebilirdir. Lambaları başlıklar etrafında hareket ettirebilir, daha fazlası eklenebilir, armatürleri değiştirilebilir veya farklı yönlere yönlendirilebilirler. [49]

2.3.1.5.8 LED Tüp (Floresan Tipi) Armatür

LED tüp armatürler doğrusal aydınlatma ile belirli hedeflere yönelik ışık dağılımı sağlarlar. Balast gibi sürücülere ihtiyaç duymadan kompakt olarak üretilirler. 230 Volt ile çalışırlar. Normal floresan kırıldığı zaman insanlara ve doğaya zarar verecek gazlar yayarlar. LED floresan armatürde bu sorunla karşılaşılmaz. Kurulumları kolaydır. İç mekân led aydınlatma, gizli ışık led şerit aydınlatma, dış mekân led aydınlatma, bahçe ve peyzaj led aydınlatma, ofis led aydınlatma, mağaza led aydınlatma, mağaza led ray spot aydınlatma, işyeri etanj led aydınlatma, endüstriyel led aydınlatma, fabrika yüksek tavan led aydınlatma, exit ve acil çıkış led aydınlatma gibi alanlarda kullanılırlar.



Şekil 2.19 LED Tüp (Floresan Tipi) Lamba [50]

2.3.1.5.9 Endüstriyel Led Armatür

Endüstriyel Led Armatürler, işletmelerde uzun mesafedeki aydınlatmada verimlilikleri, enerji tasarrufları, uzun ömürlü olmaları ve elektronik olarak kolay kontrol edilmelerinden dolayı kullanılmaktadırlar [51].



Şekil 2.20 Endüstriyel Yüksek LED Lambalar [52]

2.3.1.6 LED Armatürlü Aydınlatma Sistemleri

Led armatürlü aydınlatma sistemlerini; Işık kaynağı (LED modül), Mekanik (Kasa), Optik (Difüzör), Elektronik (LED sürücü) olarak dört ana başlık altında toplayabiliriz.

LED modül; bir önceki bölümde sınıflarına göre açıkladığımız LED ve LED çip'lerin üzerine dizildiği baskı devre kartının birleşiminden oluşmaktadır.

Armatür gövdesi yani Mekanik (Kasa); geleneksel aydınlatma armatürlerinin kasasından çok farklı değildir. Yalnızca en büyük farklılık armatür yüksekliklerinde olmaktadır.

Optik materyal olarak LED panel armatürlerde difüzörler kullanılmaktadır. Difüzörler; açığı kontrol etmek, verimlilik, ışık kaynağı gizlemek, ışığın homojen dağılımını ve estetik görünümü sağlamak için kullanılan reflektörlerdir. Difüzörler, kullanılan ham madde cinsine göre; sert, yarı sert veya film şeklinde olabilir. Difüzörler, ayrıca açı düzenlemesi yaparak ışığın istenmeyen şekilde yayılmasını yani kamaşmayı engellemektedir. Işığın yoğunluğunu düzenleyerek daha homojen bir dağılımla aydınlatılacak yüzeye ulaşmasını sağlar. Işığı %60-%92 verimlilikle armatür dışına

çıkarmaktadır.

LED armatürlerin elektronik kısmı, LED yükü ve bu yükü uygun akımda besleyen LED sürücülerden oluşmaktadır. LED sürücü, bir LED ya da LED dizisini çalıştırmak için gereken gerilimi ve akımı sağlayan elektronik cihazdır. LED sürücüler, AC hat gerilimini DC gerilime dönüştürerek LED modülün ihtiyaç duyduğu gerilimi sağlayan devre elemanıdır. LED'leri akım ve voltaj harmoniklerine karşı korurlar. LED'lerin ana şebekedeki dalgalanmalardan olumsuz etkilenmemesini, çalışma aralığı içerisinde kalarak uzun ömürlü olmalarını sağlarlar.

2.3.1.6.1 LED Sürücüler

Bir LED'in çalıştırılması için belirli bir gerilime ihtiyaç vardır. Bu gerilim, LED'in sıcaklığıyla birlikte değişiklik gösterebilir. LED'ler ısındıkça LED'in iç direnci yükselir ve LED diyotların ileri yön gerilimi (V_f) düşer. Bu durumda "Ohm Yasası" göre devreden geçen akım artması gerekir. Bu yüzden daha fazla akım çekerler. Bunu engellemek için sabit akım LED sürücü ile belirli bir gerilim aralığında sabit akım çıkışı sağlanıp sıcaklık değişimlerinde akımın artarak LED'e zarar vermesi engellenebilir. Çünkü LED'lerin yüksek akıma maruz kalması, kalıcı lümen kayıplarına ve böylece ömürlerinin kışalmasına sebep olacaktır [53],[54].

LED aydınlatma armatürlerinde dâhili veya harici LED sürücüler bulunabilir. Konutlarda kullanılan LED lambalar gibi sürücüsü LED ile aynı kasa içerisinde olan sistemler için dâhili LED sürücü tanımı yapılabilir. Sokak armatürü, projektör gibi dış ortamdaki LED armatürlü aydınlatmalarda ise genellikle harici sürücü tercih edilmektedir. [12]

LED sürücülerde sürme işlemi, bir sabit gerilim kaynaklarında aktif veya pasif akım kontrolü yapılarak gerçekleştirilir. Aktif akım kontrol yöntemlerinde buck tipi, boost tipi, buck-boost tipi, boost, buck ve boost-buck sürücülerin birleşiminden oluşan çoklu topolojili, indüktörsüz (şarj pompası), μ modül ve Flyback tipi anahtarlama DC-DC dönüştürücülerle istenilen gerilim seviyesinde sabit akımlı LED sürücü devreleri kullanılmaktadır. [55]

Günümüzde sıklıkla kullanılan pasif akım kontrol yönteminde ise LED sürme devrelerinde temel olarak dirençli ve gerilim regülatörlü yapılar kullanılmaktadır [56].

2.3.1.6.1.1 Direnç ile Tasarlanan Akım Sınırlamalı LED Sürücüler

Akım sınırlamalı LED sürücüler, en çok tercih edilen LED sürücülerdir. Bu sürücüler, LED'in fazla akım çekmesi seri bağlanan bir direnç ile akım sınırlandırılır. Bu besleme kaynakları Güç LED'lerinin beslemesinde kullanılmaktadır. Güç LED'lerinin güçleri genellikle 0.5W, 1W, 2W, 3W ve 5W olup genellikle 350mA, 700mA, 1050mA, 1400mA ve 1750mA LED sürücüler ile beslenmektedir [55]. Akım sınırlamalı LED sürücü devrede direnç üzerindeki enerji ısı olarak dışarıya verildiği için sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak LED'in iç direnci yükseldiğinden dolayı çekilen akım arttığından dolayı devredeki direnç üzerinde harcanan güç artmaktadır. Bu yüzden verim düşmektedir. [54]

2.3.1.6.1.2 Gerilim Regülatörü ile Tasarlanan Gerilim Sınırlamalı LED Sürücüler

Gerilim Sınırlamalı LED Sürücüler gerilim regülatörü yardımıyla sabit voltajda çalışırlar. Standart 3 mm ve 5 mm LED'ler genellikle 20mA akımla çalışmaktadır. Bu LED'lerin beslemesinde sabit gerilim besleme kaynakları (AC/DC güç kaynakları) kullanılmaktadır ve bu LED'ler genellikle 12V- 24V sabit gerilim veren güç kaynakları ile beslenmektedir. Bu sürücü yapısında gerilim regülatörünün çıkışına bağlanan direnç yardımıyla akım değeri sabit olmaktadır ve LED'ler ısınsa da LED akımı değişmemektedir. Ancak bu sürücü yapısında gerilim regülatörünün aşırı ısınmasından dolayı kayıp fazla olmaktadır. Bundan dolayı verim düşmektedir [55],[56].

2.3.1.7 LED Sürücü Devrelerinde Inrush Akımı

LED sürücüler, normal çalışma akım seviyesinin 100 katından fazla olan büyük bir ani (inrush) akım oluşturarak kontaktörlere ve anahtarlama elemanlarına zarar verdiği durumlar tespit edilmiştir. Bu kalkış akımı, normal multimetre gibi ölçü aletleri ile ölçemeyeceğimiz mikrosaniye seviyelerinde ortaya çıkmaktadır.

Literatür Taraması Bölümünde, LED aydınlatma armatürlerinin bir tür reaktif güç

kompensatörü gibi davrandığını belirtmiştik. Bu bağlamda inrush akımı, LED sürücü devresinin çalışma sistemi üzerinde řu şekilde düşünölebilir:

Devre anahtarı kapatılarak aydınlatma sisteminin çalışması başlatıldığında güç kaynağı, ayarlanan voltaja kadar yükselmektedir. Gerilim arttıkça, aşırı akım şarjsız kapasitörlere doğru akmaktadır. Bu kalkış akımı, kapasitif bir yükten güç alındığında ve bu voltaj seviyesine şarj edildiğinde de meydana gelmektedir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, LED armatürlerin kontaktör üzerinde oluşturduğu etkiler IEC standartlarında belirtilen kriterler göz önüne alınarak testleri yapılmıştır.

Testlerde, 36W'lık 69 tane LED panel kullanılarak 12A dolaylarında akım elde edilmiştir. Test düzeneğinde, 1 adet AC-5a sınıfı 12A'lık ve 1 adet AC-6b sınıfı 12A'lık olmak üzere 2 adet kontaktör ile 36W'lık 69 tane sürücülü LED armatür kullanılmıştır.

IEC 60947-4-1 e göre AC-5a ve AC-6b işletme kategorisine sahip kontaktörlere LED aydınlatma armatürleri bağlanmış ve her bir kontaktör 10000 kez anahtarlanmıştır. Kontaktör üreticileri led lambaların sürülmesinde AC-5a sınıfını önermektedir. LED sürücülerde oluşan inrush akımının kontaktörlere etkileri test edilip oluşan hasarı tespit edilmiştir.

3.1 Materyal

3.1.1 İtme-Çekme Selenoidi

Solenoid, orta kısımda bir metal bulunan büyük bir bakır tel bobinden yapılırlar. Bobin enerji aldığı anda salyangoz, bobinin merkezine çekilir. Bu da solenoidin bir ucundan çekilmesini sağlar. Çekildikten sonra enerji kesilince yay sayesinde tekrar eski haline gelir. Şekil 3.1'de deneyde kullanılan itme-çekme selenoidi gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Deneyde Kullanılan İtme Çekme Selenoidi [57]

Resimde görülen selenoid'den 2 adet kullanılmıştır bu selenoid 24 Vdc gerilimle



Şekil 3.3 Deneyde Kullanılan Güç Kaynağı [59]

3.1.4 Kontaktörler

Deneyde, bir adet F marka AC-5a sınıfı 12A'lık ve bir adet E marka AC-6b sınıfı 12A'lık kontaktör kullanıldı.

Kontaktörler yüksek akım çeken motor, ısıtıcı, aydınlatma, transformatör gibi yüklerin kontrolünde kullanılan elektromekanik anahtarlardır. Kontaktörler ayrıca kumanda devrelerinde motoru çalıştırma ve durdurmada kullanılırlar [60].

Kontaktörlerin kullanma kategorileri kontaktörün açma akımını, kesme akımını ve güç faktörünü belirler. Kullanma kategorilerinde AC sınıfı alternatif akım altında çalışan kontaktörleri, DC sınıfı ise doğru akım altında çalışan kontaktörleri belirler.

AC-5b Kullanma sınıfı: Akkor flamanlı lambaların anahtarlanmasında kullanılır.

AC-6b Kullanma sınıfı: Kondansatör gruplarının anahtarlanmasında kullanılır.

DC-1 Kullanma sınıfı: Endüktif olmayan veya az endüktif yükler, direnç fırınları anahtarlanmasında kullanılır.

DC-3 Kullanma sınıfı: Şönt motorlar: Yol verme ters akımla frenleme, yavaş hareket etme DC motorlarının dinamik frenlenmesinde kullanılır.

DC-5 Kullanma sınıfı: Seri motorlar: Yol verme, ters akımla frenleme, yavaş hareket etme DC motorlarının dinamik frenlenmesinde kullanılır.

DC-6 Kullanma sınıfı: Akkor flamanlı lambaların anahtarlanmasında kullanılır [61],[62].



Şekil 3.4 Deneyde kullanılan AC-5a (Altta) ve AC-6b (Üstte) sınıfı 2 adet kontaktör.

3.1.5 LED Armatür

Deneyde, sıva altı LED ofis armatürü kullanıldı. 12A civarında akım elde etmek için toplamda 36W'lık bu LED panelden toplamda 69 adet armatür kullanıldı. Şekil 3.5'de deneyde kullanılan LED panel gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Deneyde kullanılan led panel [63]

3.1.6 LED Sürücü

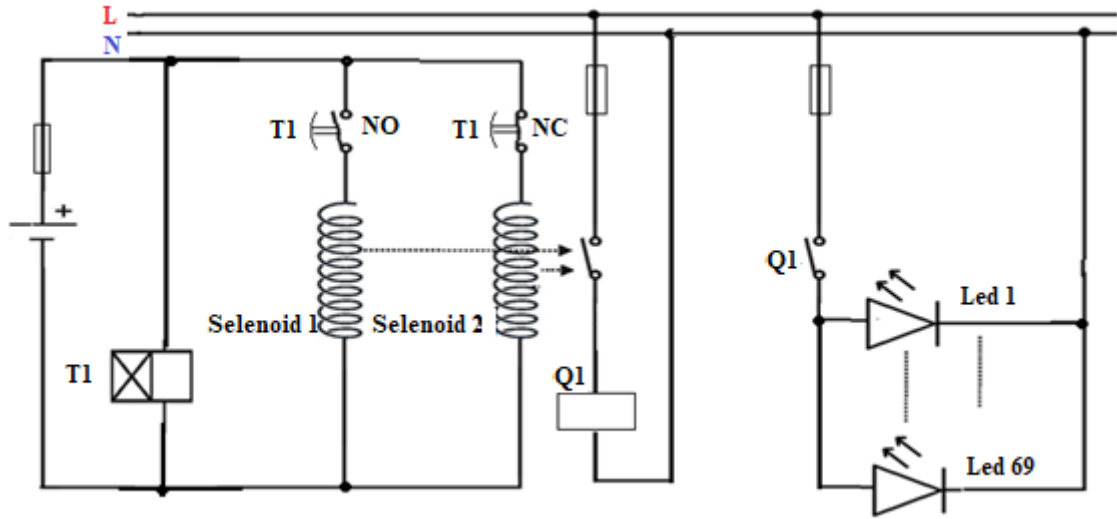
Deneyde, LED armatürleri sürmek için 230 Vac giriş ve 60V çıkışlı, etiketinde çıkış akımını 900mA olan LED sürücü kullanıldı. Bu LED sürücü özellikle seçilmemiş olup LED armatür üzerinde standart olarak bulunmaktadır.



Şekil 3.6 Deneyde kullanılan led sürücü [64]

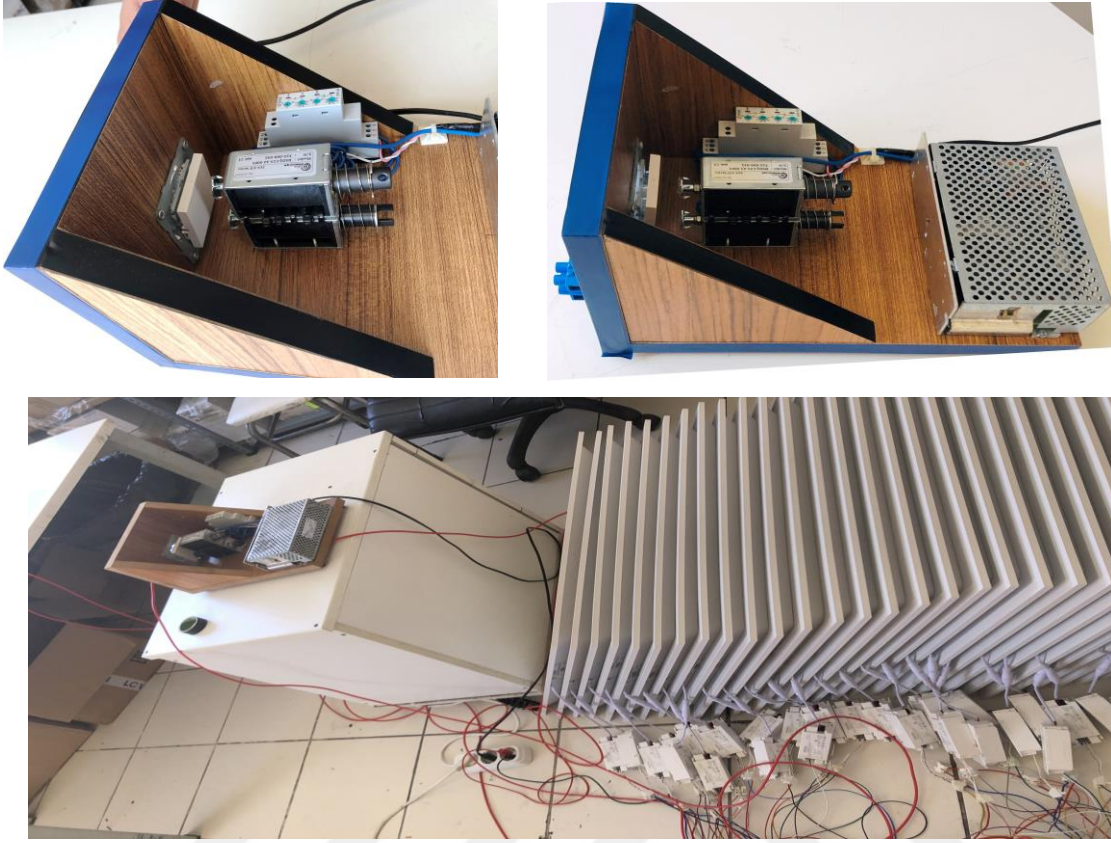
3.2 Yöntem

IEC standartları göz önüne alınarak belirtilen adetlerde anahtarlama işlemini gerçekleştirmek için tez çalışmasında test edilecek LED yükünün kontakörlerle ayrı ayrı anahtarlınıp, anahtarlama anında sürücülerde kullanılan kondansatörlerden dolayı oluşan inrush akımının ölçülmesi için Şekil 3.7’de verilen sistem kuruldu.



Şekil 3.7 Test sistemi elektrik devre şeması.

Dakikada 30 defa açma kapama yapman sistemimiz ile anahtarlama elemanın her açma anında darbe şeklinde gelen aşırı akıma karşı anahtarlama elemanları yüzeyindeki tahribatın belirli açma-kapamalar sonrasındaki durumu gözlemlendi. Tasarlanan sistem üzerinde 2 adet kontaktör test edildi. Bu testte 10000’er defa açma-kapama yapıldı. Testimiz 3 gün olmak üzere toplamda yaklaşık 8,5 saat sürdü. Şekil 3.8’de test yapılan LED paneller ve ortam görüntüsü verildi.



Şekil 3.8 Deney düzeneği.

3.2.1 Tasarlanan Sistemin Yapısı ve Çalışma Prensibi

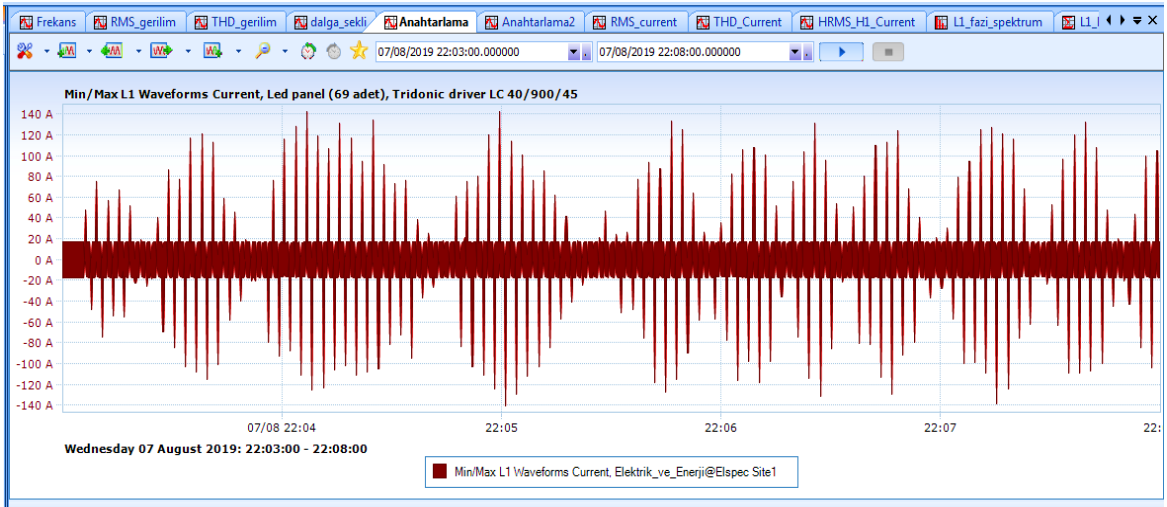
Harici sürücülü LED armatür devresinin ve otomatik anahtarlama devresinin çizimi aşağıdaki şekilde gösterildi. Burada kullanılan 69 tane LED armatür 12A akım çekmektedir. LED yükü harici LED sürücü, 2 adet kontaktör ve standart bir anahtarlama elemanı kullanıldı. Sürekli şekilde açma kapama işlemi için bir zaman rölesi yardımı ve iki tane itme-çekme selenoidi kullanılarak gerçekleştirildi. Şekil 3.6’da kurulan test sisteminin elektrik şeması verildi.

3.2.1.1 Sistemin Çalışması

Ölçümleri yapmak için devreye kontaktörler ayrı ayrı bağlandı. Anahtarlama elemanları belirlediğimiz sayıya ulaşınca kadar anahtarlama işlemine devam edildi. Her üç anahtar için anahtarlama işlemleri tamamlandıktan sonra kontaktörler parçalanıp kontak yapıları üzerindeki tahribatların gösterilmesi SEM (Scanning electron microscope) ile tarandı.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sürücülü LED lambaların anahtarlama anında anahtarlama elemanları yani kontaktörler üzerindeki etkisinin incelenmesi için bir dizi deney yapıldı. Deneylerde harici sürücülü LED lamba grubu ve belirli aralıklarla sürekli anahtarlama için bir düzenek kullanıldı. 36W'lık 69 adet floresan LED armatür ve bu LED armatürlere uygun T marka sürücüler kullanıldı. 2 adet kontaktör üzerinde çalışma gerçekleştirildi. Deneylerin tamamında toplamda nominal akımı 12A civarında yük akımı üzerinden testler yapıldı. Bu nominal yük altında sürücülerin meydana getirdiği ani akım değeri 140A'lere kadar çıktığı görüldü

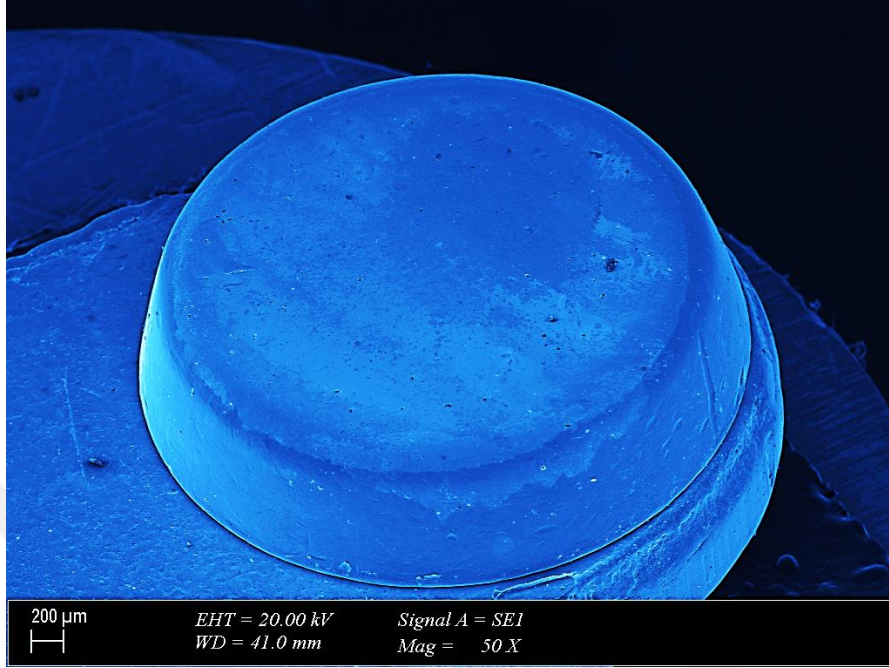


Şekil 4.1. Kontaktörler anahtarlama anındaki inrush akımları

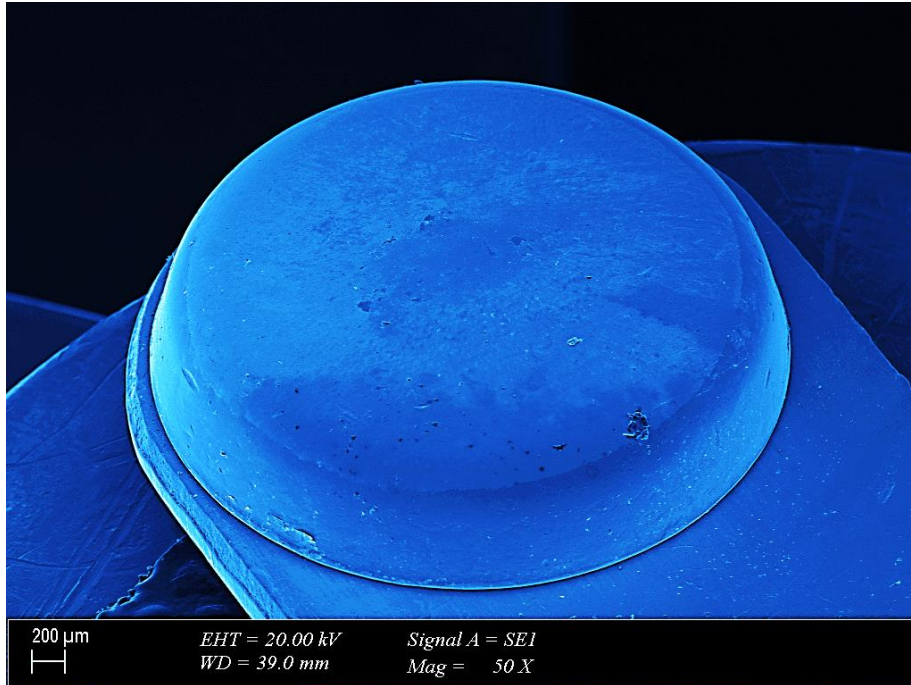
4.1 Deneyler

Deneyler T marka sürücüler ile sürülen 69 adet LED armatürden yaklaşık 12A civarındaki yükün anahtarlama elemanı üzerindeki etkisinin incelenmesi için yapıldı. Deneyde toplamda 2 kontaktör kullanıldı. Sonrasında sabit ve hareketli kontak parçaları sökölüp SEM ile tarandı.

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de Led yükleri bağlı değil iken E marka AC-6b kontaktörün sabit ve hareketli kontaklarının SEM görüntüsü görülmektedir.

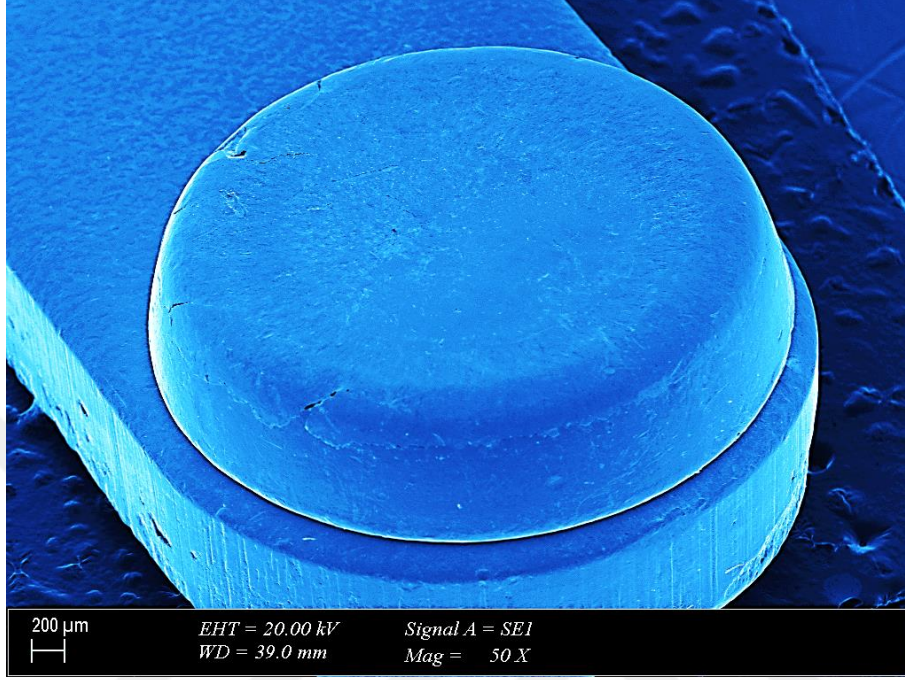


Şekil 4.2 E marka AC-6b kontaktörün sabit kontağının SEM görüntüsü (Led yükleri bağlı değil).

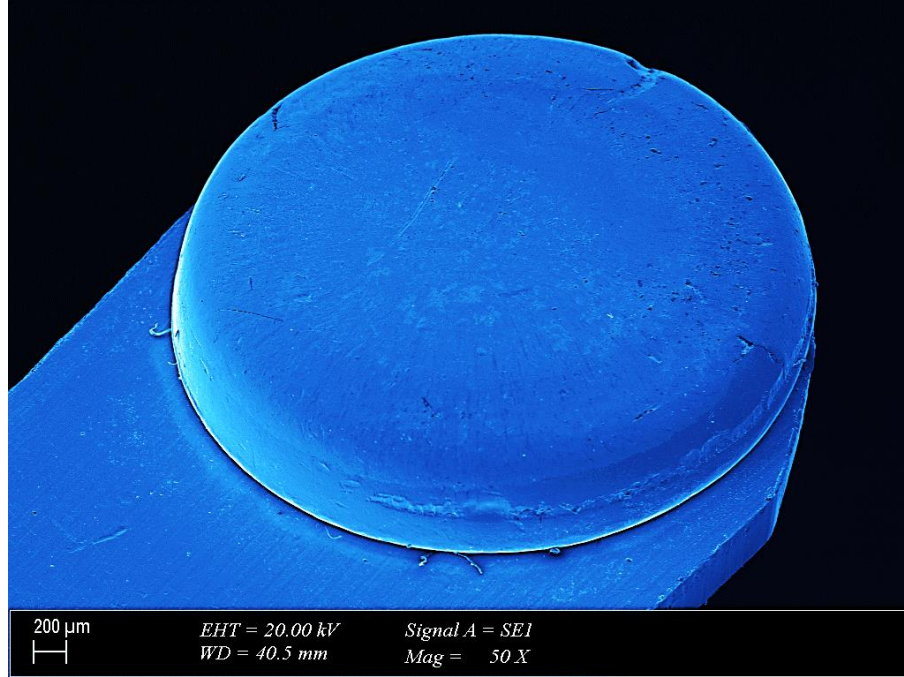


Şekil 4.3 E marka AC-6b kontaktörün hareketli kontağının SEM görüntüsü (Led yükleri bağlı değil).

Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de Led yükleri bağlı değil iken F marka AC-5a kontaktörün sabit ve hareketli kontaklarının SEM görüntüsü görülmektedir.

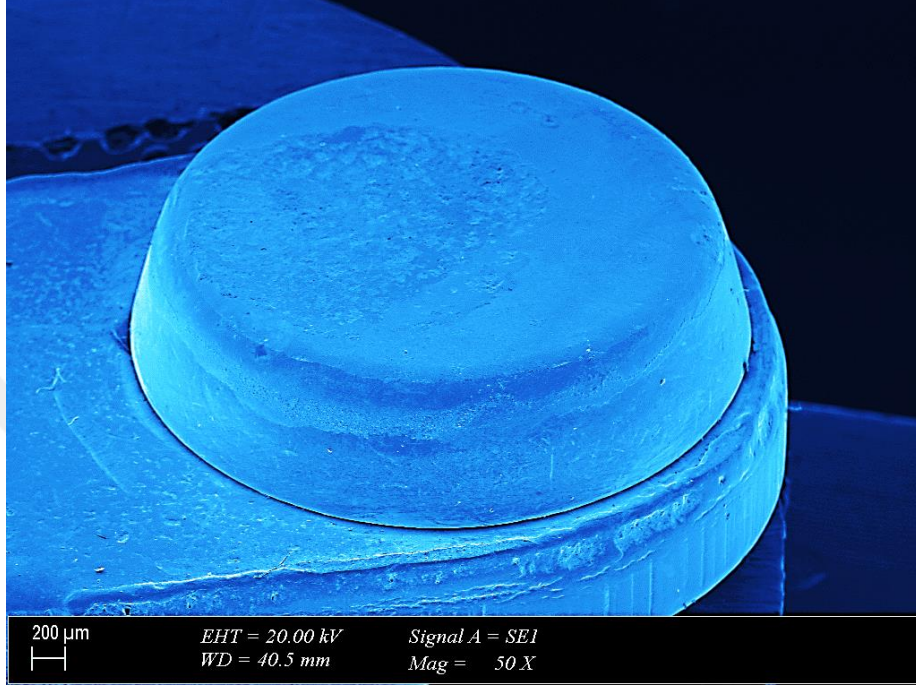


Şekil 4.4 F marka AC-5a kontaktörün sabit kontağının SEM görüntüsü (Led yükleri bağlı değil).

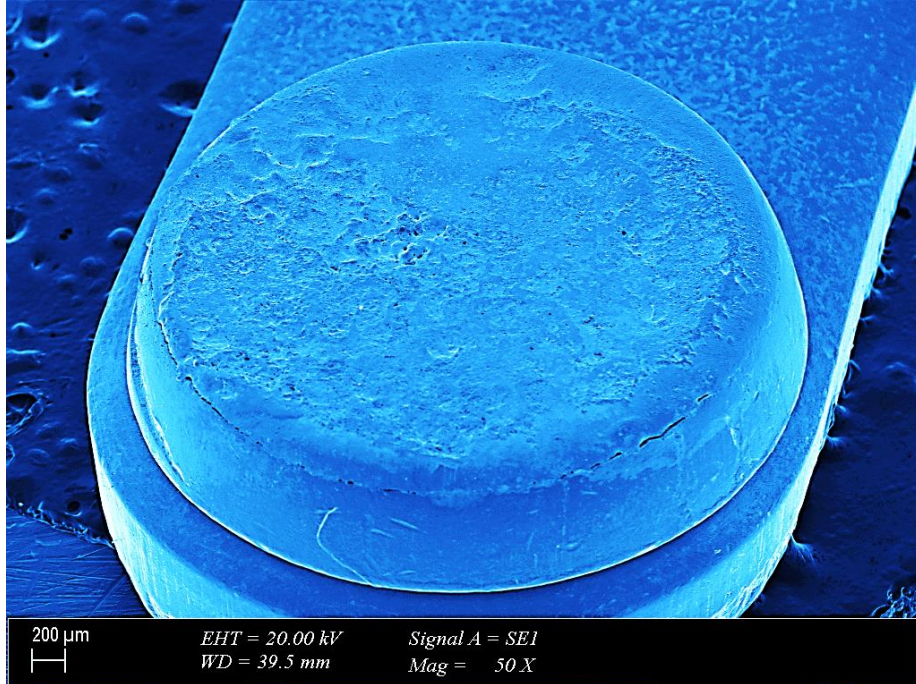


Şekil 4.5 F marka AC-5a kontaktörün hareketli kontağının SEM görüntüsü (Led yükleri bağlı değil).

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de 10000 kez anahtarlama sonunda AC-5a ve AC-6b kontaktörün sabit kontaklarının SEM görüntüsü görülmektedir. 10000 kez anahtarlama sonrası AC-5a nın sabit kontağındaki tahribatın daha fazla olduğu görülmektedir.

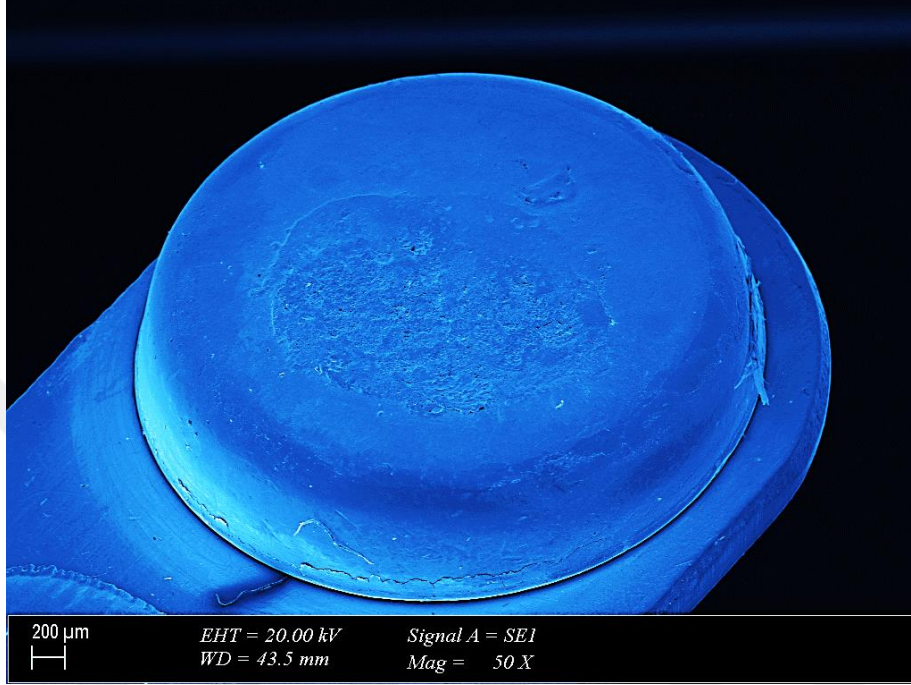


Şekil 4.6 E marka AC-6b kontaktörün sabit kontağının SEM görüntüsü (10000 kez anahtarlama sonrası).

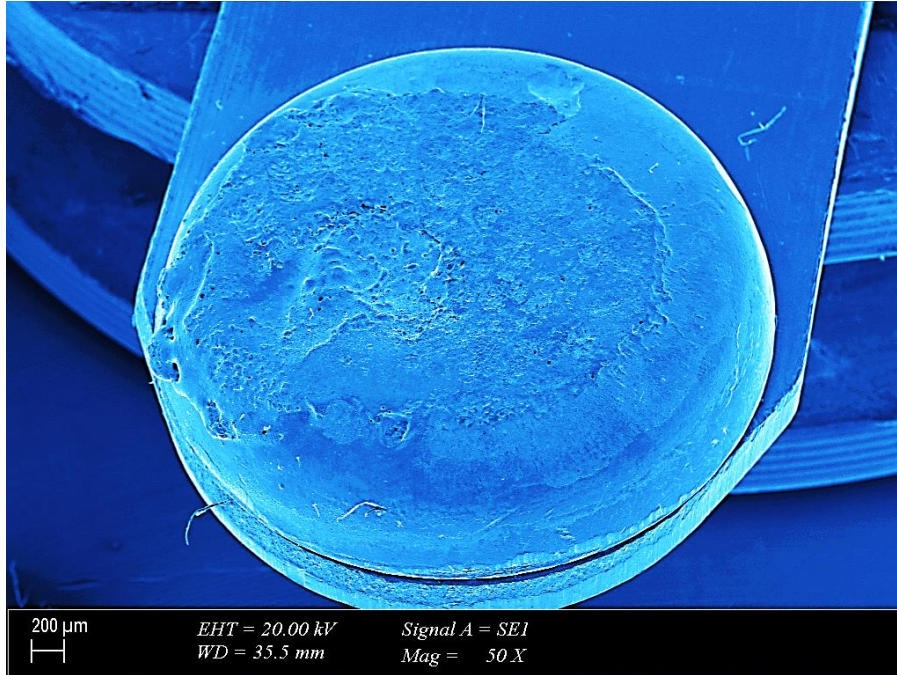


Şekil 4.7 F marka AC-5a kontaktörün sabit kontağının SEM görüntüsü (10000 kez anahtarlama sonrası).

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da 10000 kez anahtarlama sonunda AC-5a ve AC-6b kontaktörün hareketli kontaklarının SEM görüntüsü görülmektedir. 10000 kez anahtarlama sonrası AC-5a nın hareketli kontağındaki tahribatin daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8 E marka AC-6b kontaktörün hareketli kontağının SEM görüntüsü (10000 kez anahtarlama sonrası).



Şekil 4.9 F marka AC-5a kontaktörün hareketli kontağının SEM görüntüsü (10000 kez anahtarlama sonrası).

4.2 Deneyden Alınan Sonuçlara Göre Çözüm Önerileri

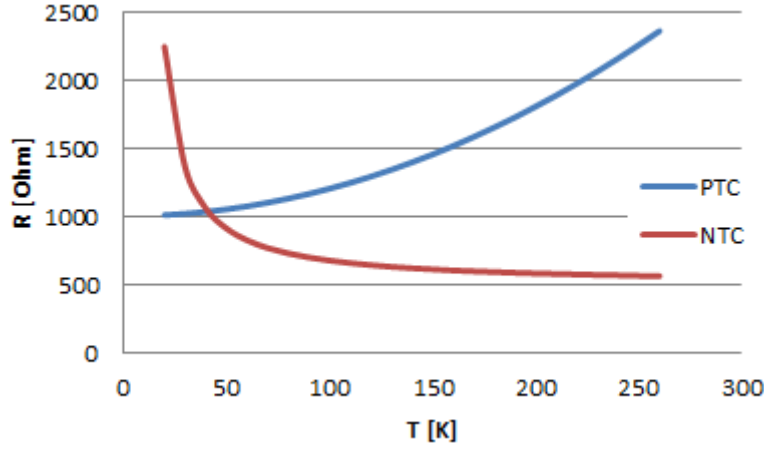
Deneylerden elde ettiğimiz sonuçlara göre; kontaktör üreticileri led yükler için AC-5a işletme kategorisine sahip kontaktörleri tavsiye etmektedir. Led yüklerin devreye alınması esnasında oluşan inrush akımlarının lambanın nominal akımının 1000 katına kadar ulaştığı dikkate alındığında AC-5a'nın led yükler için uygun olmadığı ifade edilebilir. Led yükler için AC-6b işletme kategorisine sahip kontaktörün AC-5a ya göre daha yüksek inrush akımlarını taşımaktadır. SEM görüntülerinde de led yükler için AC-6b sınıfı kontaktörlerin daha uygun olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, led yükleri anahtarlama için kontaktörlerde yeni bir işletme kategorisi belirlenmesi de gerekmektedir.

Ayrıca led panellerin tek hat boyunca paralel bağlanması, hat üzerinde kontaktörle anahtarlama esnasında kontak yanmaları gibi ciddi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu yüzden sürücü için seçim yapılırken akım sınırlayıcı sürücü seçilmelidir veya aşağıda belirttiğimiz devre ve devre elemanları sürücü ile beraber kullanılmalıdır.

4.2.1 PTC ve NTC Direnci Kullanarak Akım Sınırlama

LED'ler, diğer tüm yarı iletken cihazlarda olduğu gibi ısı üretirler. Yüksek sıcaklıkların bir LED'in ömrünü ciddi ölçüde kısalttığından ve parlaklığını olumsuz etkilediği için sıcaklık kontrolü gerekmektedir. Sıcaklık kontrolünü de bir LED aydınlatma sisteminde NTC (negatif sıcaklık katsayısı) ve PTC (pozitif sıcaklık katsayısı) termistörleri ile sağlamak mümkündür.

Bu termistörler, şebeke hattı ile LED sürücüler arasına seri olarak bağlanırlar. Devreye enerjilenince sıcaklığa bağlı olarak ek bir direnç oluşturma yoluyla ani akımı bastırarak devre ve devre elemanlarını olumsuz etkilere karşı korumuş olurlar.



Şekil 4.10 PTC ve NTC Termistörlerin Sıcaklığa Bağlı Direnç Değişimi [65]



Şekil 4.11 Akım Sınırlayıcı PTC ve NTC Termistörler [66]

4.2.1.1 PFC dönüştürücü Kullanılarak Akım-Sınırlama

PFC (güç faktörü düzeltme) dönüştürücüler, LED'leri sürmek için özel olarak tasarlanmış MOSFET, FET, IGBT gibi aktif anahtarlama yapan yarıiletken transistörleri içeren tümleşik devrelerdir. “0-1” değerleri arasında bir değerde olan güç faktörü, LED sürücülerin özel PFC devre topolojileri ile beraber kullanarak “1” değerine yaklaşmaktadır. Bu da reaktif güçten dolayı aydınlatma sisteminde oluşan harmoniklerin azalmasını sistemin daha verimli çalışmasını sağlamaktadır.

Yapılan deneylerde, AC şebeke gerilimi DC'ye dönüştürülmüş ve bu tümleşik PFC devre ile giriş güç faktörü düzeltilerek çıkışta sabit akım ile güç LED'leri sürülerek ani akım sınırlanmış, LED aydınlatma sistemini olumsuz etkileyen harmonikler giderilmiştir. [67]

5. SONUÇ

Bu tez çalışmamızda, LED aydınlatma sistemlerinin sürücü devresinde bulunan anahtarlama elemanları üzerindeki etkileri incelendi. Led sürücülerin mikrosaniyelerde oluşturduğu ani akım miktarının nominal akım miktardan yüzlerce kat fazla olabileceği gösterildi. Kontaktörün maruz kaldığı yüksek akımlar neticesinde kontak yüzeylerinde oluşan tahribat SEM ile gösterildi.

Kontaktör üreticileri led yükler için AC-5a işletme kategorisine sahip kontaktörleri tavsiye etmektedir. Led yüklerin devreye alınması esnasında oluşan inrush akımlarının lambanın nominal akımının 1000 katına kadar ulaştığı dikkate alındığında AC-5a nın led yükler için uygun olmadığı ifade edilebilir. Led yükler için AC-6b işletme kategorisine sahip kontaktörün AC-5a ya göre daha yüksek inrush akımlarını taşımaktadır. SEM görüntülerinde de led yükler için AC-6b sınıfı kontaktörlerin daha uygun olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, led yükleri anahtarlama için kontaktörlerde yeni bir işletme kategorisi belirlenmesi de gerekmektedir.

Deneyden elde ettiğimiz sonuçlar ile ülkemizde özellikle yangınların %30 civarında elektrik kaynaklı olduğu göz önüne alındığında yüksek ani akımlardan dolayı meydana gelebilecek yangınların veya sistem arızalarının can, mal kaybı gibi ciddi maddi ve manevi zararlara sebep olabileceği düşünülmektedir. LED’li aydınlatma sistemlerinin giderek artacağı da düşünülürse bu yüksek ani akımlara çözüm bulmak gerekmektedir. Bu yüzden yarıiletken devre elemanları ya da akım-gerilim sınırlayıcı devrelerin kullanılarak akım sınırlayıcılara sahip sürücülerin imal edilmesi standart haline getirilmelidir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

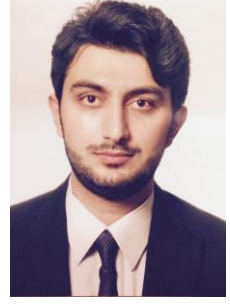
- [1]. Bogdanov D., (2018) Protection of lines supplying LED luminaries. 7th Balkan Conference on Lighting, 1 September, Sofia, Bulgaria.
- [2]. Thosteson E., Rodriguez L., (2018) Systems And Methods For Limiting Inrush Current And For Dimming Led Lighting Fixtures. US Patent 20180206306, April 9.
- [3]. Tech H., Leber D., Schwarzmeier A., (2014) A novel approach to efficient inrush current limitation for LED power applications. PCIM Europe 2014, Nuremberg, Germany.
- [4]. Jaschke R., (2016) Efficiency and Inrush Current in Low Power Equipment at AC-Grid. 10th International Conference on Compatibility, 29 June-1 July, Hamburg, Germany.
- [5]. Perko J., Nikolovski N., Majdandžić L., (2018) Comparative Analysis of Power Quality Indices for Different Lighting Technologies in Public Lighting. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 8(2), 880-887.
- [6]. Abd El-Moniem M.S., Azazi H.Z., Mahmoud S.A., (2013) A single-stage voltage sensorless power factor correction converter for LED lamp driver. AEJ - Alexandria Engineering Journal, 52(4), 643–653.
- [7]. Atış S., Terzi Ü.K., Onat M., (2018) Comparative Investigation of Effects of Inrush Currents on Switching Components of Energy Efficient Lighting Elements. The 6th European Conference On Renewable Energy Systems, İstanbul, Turkey.
- [8]. Ünal A., (2009) Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları, Birsen yayınevi, İstanbul, Türkiye.
- [9]. Onaygil S., (2016) Aydınlatma Tekniği, verimlilik, Planlama ve Yönetim. Aydınlatmada Planlama ve Yönetimin Önemi Semineri, Gaziantep, Türkiye.
- [10]. Yaman Y., (2007) Uygulamalı Aydınlatma Tekniği, Birsen yayınevi, İstanbul, Türkiye.
- [11]. Ganslandt R., Hofmann H., (1992) Handbook of Lighting Design, Erco Edition, Germany.
- [12]. Yılmaz E., (2019) LED Işık Kaynaklı, Enerji Tasarruflu ve Yüksek Verimli Ofis Aydınlatma Armatürü Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 12-15.
- [13]. Sirel Ş., (1996) Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar, YFU yayınları, İstanbul, Türkiye.
- [14]. Taş Y., (2013) Aydınlatma Sistemlerinde Enerji Verimliliği ve Dış Aydınlatma Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [15]. Boduroğlu Ş., (2001) Kentsel Dış Mekanların Aydınlatılmasının Kentsel Tasarım İlkeleri Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [16]. Yüce D., Perdahçı C., Ünsalan H., (2015) Aydınlatmada Geleneksel Işık Kaynaklarından LED'e Kadar Uzanan Tarihçe. VIII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 21-22 Ekim, İzmir, Türkiye.
- [17]. Erdemir V., Işık Üretimi ve Aydınlatma Armatürleri, Aydınlatma Teknikleri IV. Sunumu (2015) 3-21, <https://docplayer.biz.tr/5084987-Isik-uretimi-ve-aydinlatma-armaturleri.html> (24.01.2020).

- [18]. Filsinger D. H., Bourrie D.B., (1990) Silica to Silicon: Key Carbothermic Reactions and Kinetics. Journal of the American Ceramic Society, 6(73), 1726-1732.
- [19]. Erdemir V., Aydınlatma Konusu Amacı Türleri, Bilgisayar Destekli Proje I, (2015) 2-31, <https://docplayer.biz.tr/11923407-Aydinlatmanin-konusu-amaci-ve-turleri.html> (24.01.2020).
- [20]. Schubert E. F., (2018) E-book of Light-Emitting Diodes, 3rd Edition, Google Books, New York, USA. https://books.google.com.tr/books?id=GEFKDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=tr&source=gb_s_g_e_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (24.01.2020).
- [21]. İbrahim Çelik, (2016) Güç LED’li Aydınlatma Uygulamaları için Tek Katlı Güç Faktörü Düzeltmeli Sürücülerin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis, Türkiye.
- [22]. Light Emitting Diode Structure, <http://www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/led.htm>: (19.01.2020).
- [23]. LED Bulbs & Tubes, <https://www.solidrop.net/product/6pcs-mcob-e26-e27-quick-heat-dissipation-crystal-ceramic-chip-led-bulb-4w-6w-8w-10w-available-360-degrees-beam-angle-ce-rohs.html> (19.01.2020).
- [24]. DIP LED Lights, <http://www.eslightbulbs.com/products/dip-led-lights> (19.01.2020).
- [25]. DIP LED, <https://visualled.com/en/glossary/led-dip/> (19.01.2020).
- [26]. Smd Led Structure And Design, <https://visualled.com/en/glossary/smd-led/> (19.01.2020).
- [27]. Led Çeşitleri, <https://www.terma.com.tr/2018/06/12/led-cesitleri/> (19.01.2020).
- [28]. Sol Tarafta 3 Çipli Sağ Tarafta Tek Çipli SMD LED Resmi, <https://diyot.net/smd-led/> (19.01.2020).
- [29]. LED Işık Kaynakları, EMO, http://www.emo.org.tr/ekler/956c5080dc82dda_ek.pdf?tipi=2&turu= (14.03.2020).
- [30]. LED’lerinizi Tanıyın: COB vs SMD, (2017), Larson Electronics, <https://tr.larsonelectronics.com/blog/2017/02/28/led-lighting/know-leds-cob-vs-smd> (19.01.2020).
- [31]. COB LED Resmi, <http://www.light.fi/blog/what-is-cob-led/> (19.01.2020).
- [32]. COB LED Resmi, <https://www.aydinlatma.org/cob-led-nedir.html> (19.01.2020).
- [33]. COB LED Teknolojisinin DIP ve SMD LED Teknolojilerine Kıyaslanması Resmi, <https://siliconlightworks.com/resoures/what-are-cob-leds> (19.01.2020).
- [34]. MCOB LED Yapısı Resmi, <https://stagelightingblog.wordpress.com/2016/07/20/evolution-of-led-lights-dip-smd-cob-mcob/> (19.01.2020).

- [35]. Advantages of the technology LED MCOB, ELIDI Light Catalogue, <http://www.alphasystems.co.ke/images/pdf/catalogue.pdf> (19.01.2020).
- [36]. Işık Spektrumu Resmi, <https://agustos.com/infrared-led-kizil-otesi-uygulamalari-kamera-teknolojileri-850-nm-ve-940-nm/> (19.01.2020).
- [37]. IR LED Aydınlatıcı Nedir?. (2018), ALLIGHT, Dongguan Zhiding Electronics Technology Co., <http://tr.allight-zd.com/info/what-is-an-ir-led-illuminator-29741246.html> (19.01.2020).
- [38]. Kızılötesi, Aydınlatma Portalı, <https://www.aydinlatma.org/kizilotesi.html> (19.01.2020).
- [39]. Kızılötesi LED'li Isıtıcı Resmi, <https://infraheat.com.tr/UrunListesi/156/5/> (19.01.2020).
- [40]. Yılmaz E., (2019) RGB. Aydınlatma Portalı, <https://www.aydinlatma.org/rgb.html> (19.01.2020).
- [41]. RBG LED Resmi, <https://www.direnc.net/5mm-flasor-rgb-led-2-bacakli> (19.01.2020).
- [42]. Power Led'li Bir Sokak Lambası Resmi, <https://diyot.net/power-led/> (19.01.2020).
- [43]. Şahinoğlu R., (2020) Şerit LED Nedir, Nasıl Çalışır, Nerelerde Kullanılır, <http://www.kaizen40.com/serit-led-nedir-nasil-calisir/> (19.01.2020).
- [44]. Led Aydınlatma, diyot.net sitesinden alıntı yapılmıştır. <https://diyot.net/led-aydinlatma/> (19.01.2020).
- [45]. Can Ö., (2014) MR16 LED lambalar. Led Portalı, <http://www.ledportalı.com/mr16-led-lambalar/> (19.01.2020).
- [46]. LED Panel. Aydınlatma Portalı, <https://www.aydinlatma.org/led-panel.html> (19.01.2020).
- [47]. LED Panel Nedir, Nerelerde Kullanılır, Nasıl Seçilir?. Sektörüm Dergisi, <https://www.sektorumdergisi.com/led-panel-kullanım-alanı/> (19.01.2020).
- [48]. LED Panel Lamba Resmi, <https://www.lightmagenta.com/slim-led-panel-nedir/> (19.01.2020).
- [49]. Ray Spot LED Lamba Resmi, <http://cizgiaydinlatma.com/urun/ponti-led/> (19.01.2020).
- [50]. T5 LED Tüp Resmi. Karma Elektroteknik Ltd Şti, <https://www.karmalighting.com/urun/premium-t5-led-tup/> (19.01.2020).
- [51]. Yurtseven M. B., Onaygil S., (2019) Yüksek Tavanlı Endüstriyel Hacimlerde Led Armatür Kullanım Analizi. X. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 17 Ekim, İzmir, Türkiye. http://www.emo.org.tr/ekler/009413a878322b0_ek.pdf (19.01.2020).
- [52]. Endüstriyel Yüksek LED Lamba Resmi, <http://www.orjiled.com/endustriyel-led-aydinlatma.php> (19.01.2020).

- [53]. LED Driver, Enr Led Aydınlatma,
<https://www.enrled.com.tr/blog/led-driver> (19.01.2020).
- [54]. LED Teknolojileri BÖLÜM 1: Çeşitleri ve Sürücü Devreleri, Yeni Enerji dergisi, (2011), 24,
<https://www.yenienerji.com/led-teknolojileri-bolum-1-cesitleri-ve-surucu-devreleri> (23.01.2020).
- [55]. Teke A., Küpeli E., (2017) LED Teknolojileri, Best Dijital Dergi, 193, 40,
<http://www.bilesim.site/arsiv/yazi/109-led-teknolojileri> (26.01.2020).
- [56]. İnal İ., Farsakoğlu Ö. F., (2012) Maksimum Aydınlatma Verimliliğine Sahip Buck Tipi Güç Led Sürücü Devre Tasarımı. ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 29 Kasım - 01 Aralık, Bursa, Türkiye.
http://www.emo.org.tr/ekler/b29e336731ecfcb_ek.pdf (26.01.2020).
- [57]. Küçük Push Pull Solenoid - 12VDC Resmi,
<https://www.direnc.net/small-push-pull-solenoid-adafruit> (25.01.2020).
- [58]. Zaman Rölesi Resmi, Doğuş Elektrik Sanayi Ticaret ve Taahhüt Ltd.Şti,
<https://www.doguselektrik.com.tr/erv-09-multifonksiyonlu-flasor-zaman-rolesi-tense-pmu43> (25.01.2020).
- [59]. Güç Kaynağı Resmi,
<https://www.saralelektrik.com/urunler/guc-kaynaklari/25w-2-amper-kapali-tip-guc-kaynak/> (25.01.2020).
- [60]. Kontaktörlerde AC-3 ve AC-1 Sınıfları ve Kullanım Alanları,
<https://www.elektrikde.com/kontaktorlerde-ac-3-ve-ac-1-siniflari-ve-kullanim-alanlari/> (23.01.2020).
- [61]. Küçükaydın B., (2018) Kontaktör Kullanım Sınıfları. Otomasyon Forum,
<http://www.otomasyonforum.com/index.php?topic=1013.0> (23.01.2020).
- [62]. Kontaktör Ctx1, Ctx2, Ctxc Türkçe Kullanım Kılavuzu,
<http://www.legrand.com.tr/pdf/Kontaktor-garanti-belgesi-ve-kullanim-klavuzu.pdf> (24.01.2020).
- [63]. Led Panel Resmi,
<https://urun.n11.com/led-aydinlatmalar/60x60-led-panel-36watt-slim-kasa-siva-alti-led-armaturgun-isigi-P283391841> (25.01.2020).
- [64]. LED Sürücü Resmi,
<https://www.tridonic.com/com/en/products/Combined-emergency-lighting-LED-Driver-1-4W.asp> (25.01.2020).
- [65]. PTC ve NTC Termistörlerin Sıcaklığa Bağlı Direnç Değişimi, diyot.net sitesinden alıntı yapılmıştır.
<https://diyot.net/termistor/> (24.01.2020).
- [66]. Akım Sınırlayıcı PTC ve NTC Termistörler Resmi,
<https://maker.robotistan.com/direnc/> (24.01.2020).
- [67]. Gürbüz Y., Akkaya R., (2012) Dahili PFC'li Geri Dönüştürücü Tipi Güç LED Sürücü Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 29 Kasım - 01 Aralık, Bursa, Türkiye.
http://www.emo.org.tr/ekler/e5141274cbcb13fd_ek.pdf (24.01.2020).

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BALCI, Sinan
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 07.10.1991, Rize
E-posta : sinanblci53@gmail.com

Eğitim

	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Marmara Üniversitesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı	2020
Lisans	Niğde Üniversitesi / Elektrik Elektronik Müh.	2014
Lise	80. Yıl Edirne Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-2019	Atlas HCS Müh. Ltd.Şti	Kurucu Ortak
2018	Emay AŞ	Mecidiyeköy Metro Şantiyesi / Saha Kontrol Mühendisi
2016-2017	Dalkıranlar A.Ş.	Elektrik Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce, Arapça, Farsça