



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ HABERLEŞMELİ FOTOVOLTAİK MODÜLLÜ LED AYDINLATMA SİSTEMİ

Murat SEZER

YÜKSEK LİSANS

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2018

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KABLOSUZ HABERLEŞMELİ FOTOVOLTAİK MODÜLLÜ LED AYDINLATMA SİSTEMİ

Murat SEZER

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Salih GÜNEŞ

2018, 65 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Salih GÜNEŞ
Doç. Dr. A. Afşin KULAKSIZ
Yrd. Doç. Dr. Mustafa YAĞCI

Projede solar aydınlatma elemanlarının güç elektroniği bölümlerinin (şarj kontrolör ve LED sürücü) tasarımı, kablosuz kontrolünün yapılması ve uzaktan takibinin sağlanması amaçlanmıştır. Komple solar aydınlatma için gerekli fotovoltaik panel, akü ve LED armatür güçleri hesaplanarak bunlara uygun devreler tasarlanmıştır. Fotovoltaik panel, akü ve LED armatür piyasadan hazır olarak temin edilmiştir.

Projede yapılması hedeflenen ürünlerin teorik hesaplamaları yapılmış, devre şemaları hazırlanmış, gerekli görülen bölümlerin simülasyonları yapılarak baskılı devreleri hazırlanmış ve fonksiyon testleri yapılmıştır.

Günümüzde fotovoltaik modül ile yapılan aydınlatma uygulamalarında yaşanan en büyük sorunlar; fotovoltaik panelin çeşitli etkenlerle pozisyon değiştirmesi, akülerin ömrünün bittiğinin veya çalındığının anlaşılamaması ve herhangi bir bilgilendirme sistemi olmadığı için fotovoltaik panelde ya da aydınlatma ekipmanlarında meydana gelen sorunlardan haberdar olunamamasıdır. Bu durum fotovoltaik modüllü aydınlatma uygulamalarında bir haberleşme ve bilgilendirme sisteminin gerekli olduğunu göstermektedir. Projede tasarlanan ürünlerle solar aydınlatma ürünlerinde yaşanan sıkıntılara çözüm getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz Kontrol Sistemleri, LED, Solar Aydınlatma

ABSTRACT

MS THESIS

PHOTOVOLTAIC POWERED EXTERIOR LED LIGHTING SYSTEM WITH WIRELESS COMMUNICATION

Murat SEZER

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Salih GÜNEŞ

2018, 65 Pages

Jury
Prof. Dr. Salih GÜNEŞ
Assoc. Prof. Dr. A. Afşin KULAKSIZ
Assst. Prof. Dr. Mustafa YAĞCI

The aim of the project is to design power electronics circuits of photovoltaic powered lighting, to design wireless controller for photovoltaic powered lighting and to control them remotely. The requirements of photovoltaic powered lighting, photovoltaic panel, battery and LED luminaire capacities were calculated and appropriate circuits were designed. Photovoltaic panel, battery and LED luminaire were purchased.

For the target products at this project theoretical calculations, circuit schematics, simulations for the necessary parts, printed circuit boards were prepared and function tests were done.

Nowadays the biggest problems at lighting applications made with photovoltaic module are position change of photovoltaic panel, unawareness of end of life or stolen batteries and unawareness of the problems at lighting equipments. This situation shows that there should be a control and information system for photovoltaic powered lighting applications. The products are designed at this project to solve the problems of solar lighting systems.

Keywords: LED, Solar Lighting, Wireless Control Systems

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Salih GÜNEŞ'e, manevi desteklerinden ötürü aileme ve değerli katkılarından dolayı Logiba ekibine teşekkür ederim.

Murat SEZER
KONYA-2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

3. SİSTEM YAPITAŞLARI **6**

3.1. LED Teknolojisi 6
3.1.1. LED'lerin Özellikleri ve Sağladığı Faydalar 7
3.1.2. LED Sürücüler 11
3.1.3. LED'lerin Aydınlatmadaki Yeri 13
3.2. Güneş Pilleri 14
3.2.1. PV Modül 14
3.2.2. Fotovoltaik Modüllerin Aydınlatma Alanında Kullanımı 15
3.3. Kablosuz Ağlar ve Teknolojileri 16
3.3.1. Büyüklüklerine Göre Ağlar 17
3.3.2. IEEE Standartları 19
3.4. Şarj Kontrolörleri 20
3.4.1. PWM Şarj Kontrolörleri 20
3.4.2. MPPT'li Şarj Kontrolörleri 20
3.5. Aküler 22
3.5.1. Jel Akü 22
3.5.2. OPzV Akü 22
3.5.3. OPzS Akü 23
3.5.4. Kuru Tip Akü 23
3.5.5. Akü Seçimi 23
3.6. Dünyada ve Ülkemizde Güneş Enerjili Aydınlatma Uygulama Örnekleri 24

4. TASARLANAN SİSTEM **32**

4.1. Solar Panel Gücü, Batarya Kapasitesi ve Armatür Gücü Seçimi 32
4.2. LED Sürücü 33
4.3. MPPT'li Şarj Kontrolör 36
4.4. Kablosuz Haberleşme Takip Cihazı 38
4.4.1. Aydınlık Düzeyi Algılama 39
4.4.2. Solar Panel Pozisyon Algılama Devresi 40
4.5. Takip Yazılımı 40

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 42

5.1 Sonuçlar 42
5.2 Öneriler 42

EKLER 43

EK-1 Takip Cihazı İçin Data Gönderme Ve Alma Kod Örneği 43
EK-2 Pozisyon Algılama Entegresi İçin Yazılan Kod Örneği.....47
EK-3 LED sürücü devresi PCB çizimi 49
EK-4 MPPT'li şarj kontrolör devresi PCB çizimi 50
EK-5 Takip cihazı devresi PCB çizimi.....50
EK-6 Pozisyon algılama devresi PCB çizimi 51

KAYNAKLAR 52

ÖZGEÇMİŞ.....55

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Tj : Jonksiyon Sıcaklığı
Tr : Isıl Direnç Sıcaklığı
P : Güç

Kısaltmalar

A : Akım
AIEE : Elektrik Mühendisleri Amerikan Enstitüsü (American Institute of Electrical Engineers)
ANSI : Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standarts Institute)
ASIC : Uygulamaya Özel Entegreler (Application Specific Integrated Circuit)
CDPD : Hücresel Dijital Paket Verisi (Cellular Digital Packet Data)
CSMA/CA : Çarpışma Önleyicili Taşıyıcı Duyu Çoklu Erişimi (Carrier Sense Mutiple Access with Collision Avoidance)
DALI : Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arayüzü
DC : Doğru Akım
DMX : Dijital Çok Katlı (Digital Multiplex)
DSSS : Doğrudan Sıralı Yaygın Spektrum (Direct Sequence Spread Spectrum)
FHSS : Frekans Atlamalı Yaygın Spektrum (Frequency Hopping Spread Spectrum)
GSM : Mobil İletişim İçin Küresel Sistem (Global System For Mobile Communications)
HID : Yüksek Yoğunluklu Deşarj (High Intensity Discharge)
IEEE : Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electronic Engineers)
INGaN : İndiyum Galyum Nitrür
IR : Kızılötesi
IRE : Radyo Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Radio Engineers)
ISM : Endüstriyel, Bilimsel ve Medikal (Industrial, Scientific and Medical)
ISO : Uluslararası Standartlar Teşkilâtı (International Organization for Standardization)
LAN : Yerel Bilgisayar Ağları (Local Area Networks)
LDR : Fotodirenç
LED : Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
Lm : Lümen
MAC : Ortam Erişim Yönetimi (Medium Access Control)
MANs : Metropol Alan Ağları (Metropolitan Area Networks)
MPPT : Maksimum Güç Noktası Takibi
NOCT : Nominal İşletme Hücre Sıcaklığı
NTC : Sıcaklıkla direnci azalan termistör (Negative Temperature Coefficient)
OPzS : Sulu Tip Akü

OPzV	:	Jel Tip Akü
PANs	:	Kişisel Alan Ağları (Personal Area Networks)
PCB	:	Baskı Devre (Printed Circuit Board)
PV	:	Fotovoltaik (Photovoltaic)
PWM	:	Darbe Genlik Modülasyonu
RF	:	Radyo Frekans
SiC	:	Silisyum Karbid
TUSAŞ	:	Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş
UV	:	Morötesi
V	:	Voltaj
VAC	:	Volt Alternatif Akım
W	:	Watt
WEP	:	Kabloya Eşdeğer Mahremiyet (Wired Equivalent Privacy)
Wi-Fi	:	Kablosuz Bağlantı Alanı (Wireless Fidelity)
WLAN	:	Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless Local Area Networks)
WMAN	:	Kablosuz Metropol Alan Ağları (Wireless Metropolitan Area Networks)
WPAN	:	Kablosuz Kişisel Alan Ağları (Wireless Personal Area Networks)
WWAN	:	Kablosuz Geniş Alan Ağları (Wireless Wide Area Networks)

1. GİRİŞ

Kentsel büyüme, teknolojinin hızla gelişmesi, insanların yaptığı işleri makinaların yapmaya başlaması enerji tüketimini de arttırmaktadır. Mevcut enerji kaynaklarının sınırsız olmaması nedeniyle tüketimde tasarruf olmak ve kaynakların verimli kullanılması büyük önem kazanmaktadır.

Günümüzde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir çoğunluğu fosil ve nükleer yakıtlardan elde edilmektedir. Bu yakıtların gerek çevreye verdikleri zararlar ve gerekse birikimlerinin sınırlı oluşu, alternatif enerji kaynakları arayışına sebep olmuştur. Çevrenin korunması, gelecekte insan yaşamı ve çevre dengeleri üzerinde oluşabilecek tehditlerin önlenmesi alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesini ve kullanılmasını gerekli hale getirmektedir. Böylece, enerjinin karşılanma ihtiyacına bağlı olarak güneş, rüzgâr, jeotermal, biokütle, hidrojen gibi alternatif enerji kaynaklar üzerine araştırma geliştirme çalışmaları yoğunlaşmıştır (Enslin ve arkadaşları, 1997).

LED (ışık yayan diyot) teknolojisi 1999 yılından sonra hızla gelişmiştir ve gelişmeye devam etmektedir. 2000K-6500K'e farklı renk sıcaklıkları, ömürleri, verimleri ile hızla gelişmekte olan LED'ler metal halide, yüksek basınçlı sodyum buharlı, flüoresan lambalar gibi mevcut ışık kaynaklarına rakip olmuşlarıdır. LED'ler konusunda PHILIPS, OSRAM, CREE, LG, SAMSUNG gibi birçok büyük firma ciddi yatırımlar yapmıştır. Dış aydınlatmada ise kullanılıp kullanılmaması konusunda araştırmalar, denemeler yapılmaktadır ve her geçen gün kullanım miktarı artmaktadır.

Işık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren güneş pilleri, solar sistemlerin temelini oluştururlar. Hemen hemen her türlü alana uygulanabilen fotovoltaik enerji, son yıllarda aydınlatma elemanlarıyla birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Sinyalizasyon, mahallî aydınlatma, yol aydınlatması, işaretleme gibi pek çok alanda, şebekeden bağımsız besleme yapmak için fotovoltaik paneller aydınlatma için kullanılmaktadır. Doğru akım ile çalışmaları ve verimlerinin de yüksek seviyelerde bulunması sebebiyle bu tür aydınlatma çalışmalarında LED'lerin daha çok tercih edilmesine yol açmaktadır.

Radyo frekans (RF), infrared ve mikrodalga gibi iletim ortamları kullanılarak geliştirilen alıcı ve vericiler ile fiziksel bir bağlantı (kablolama vb.) olmaksızın yapılan haberleşme sistemleri kablosuz ağlar olarak adlandırılır. Kablosuz ağ haberleşmesinde yoğun olarak RF teknolojisi kullanılmaktadır.

Günümüzde solar sistemler, LED teknolojisi ve otomasyon sistemleri hızla gelişmektedir. Bu tez çalışmasında gelişmekte olan bu sistemler detaylı olarak

incelenecektir. Tez çalışması, fotovoltaik panelli aydınlatma sistemlerinde karşılaşılan en temel sorunlara çözüm getirmek amacıyla yapılacaktır. Bu sorunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Şarj kontrolör devresinin bozulması
- LED sürücünün veya LED'lerin bozulması
- Akünün bu sistemin en zayıf halkası olması
- Hırsızlık (Akünün çalınması)
- Fotovoltaik panelin dış etmenlerle (rüzgar gibi) pozisyon değiştirmesi
- Otomasyon sistemi olmaması nedeni ile sistemdeki sıkıntılardan haberdar olunamaması

Bu tez çalışmasında solar aydınlatma elemanlarının güç elektroniği bölümlerinin (şarj kontrolör ve LED sürücü) tasarımı, kablosuz kontrolünün yapılması ve uzaktan takibinin sağlanması amaçlanmaktadır. Ayrıca solar aydınlatma sistemlerinde kullanılan elektronik donanımlar ve geliştirmeye açık bir takip sistemi tasarlanması hedeflenmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Saka (2007); güneşten elektrik elde edip kullanmakla elektrik nakil hattı çektirerek elektrik enerjisi kullanmak arasındaki maliyet ve işletme giderleri hesabı ortaya konmuş ve konunun ekonomik olup olmadığı incelenmiştir.

Eliiyi ve Çaylan (2008); 1000 adet aydınlatma armatürlü sistem için detaylı olarak maliyet hesabı yapmışlar buna göre fizibilite çalışması yapmışlardır. Solar paneller kullanılarak yol aydınlatması yapıldığında geri dönüşüm süreleri hesaplanmıştır.

Büyükkılıç (2009); solar panelli 7 farklı güçteki armatürler için yol aydınlatma test ortamı oluşturulmuştur. Her tip için yaklaşık maliyetler belirlenmiştir.

Fathi ve arkadaşları (2011); solar yol aydınlatma uygulamaları için LED sürücü tasarımı yapmış ve gerçeklemişlerdir. Kararlı LED karakteristiği elde etmek için sürücü devresinde çeşitli konfigürasyonlar önerilmiştir. Minimum enerji ile kararlı LED kontrolünü sağlayarak uzun ömür ve sabit aydınlatma amaçlanmıştır. Bu sistemde akımı sabitlemek için doğrusal regülatör kullanılmış, dimleme (loşlaştırma) ise PWM ile yapılmıştır.

Yılmaz (2012); farklı (flyback ve sepic) dönüştürücü tiplari ile LED sürücü tasarımı ve gerçeklemesi yapılmıştır.

Devi ve Kumar (2012); sokak armatürler ve otomatik trafik kontrolörler için solar enerjili karmaşık programlanabilir lojik cihaz tasarım ve geliştirmesi yapılmıştır.

Panchal ve arkadaşları (2013); hareket sensörü ve tek eksen kontrollü solar LED yol aydınlatması tasarlamış ve gerçeklemişlerdir. Enerjiyi daha verimli kullanmak için hareket sensörü kullanarak araç ya da yaya hareketi olmadığı durumlarda aydınlık düzeyini düşürmüşlerdir.

Sudhakar ve arkadaşları (2013); otomatik yol aydınlatma kontrol sistemi üzerine çalışmışlardır. Çalışmada otomasyon, enerji tasarrufu ve maliyet etkinliği baz alınmıştır.

Eser (2013); aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliğinin incelemiştir. Aydınlatmaya etki eden faktörler incelenmiş ve bu faktörlerden bazılarının aydınlatmaya olan etkisi bilgisayar programında simule edilerek sonuçları analiz edilmiştir.

Kılıç (2013); kentsel dış mekânlarda LED aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi üzerine örnek bir çalışma yapılmıştır. LED ve HPS lambaların güç ve aydınlık şiddeti ile ilgili ölçümler yapılmış, pilot bir mahallede LED dönüşümü çalışması yapılarak sonuçları sunulmuştur.

Archana (2013); hava durumu ve araç hareketlerine bağlı aydınlık düzeyinin otomatik değiştiği LED armatürlü bir aydınlatma sistemi tasarlanmış ve bilgisayar yazılımı ile kontrol edilmiştir.

Pandey M. ve Pandey S. (2015); LED armatür, LDR (fotodirenç), solar panel ve batarya kullanarak solar aydınlatma sistemi tasarlanmıştır.

Ronay ve Dumitru (2015); varlık sensörleri ile solar aydınlatmalı bir sistemde enerji tasarrufu sağlamayı amaçlamıştır.

Kumar ve arkadaşları (2015); Zigbee ve sensörler kullanarak solar panelli LED aydınlatma sistemi tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Zigbee teknolojisi ile armatürler uzaktan kontrol edilebilmektedir. Sistem ile %20-25 civarında enerji tasarrufu ve bakım maliyetinde azalma olmuştur.

Anand ve Jain (2015); RF iletişim kullanarak akıllı yol aydınlatma sistemi tasarlamıştır. Enerji hattı üzerinden haberleşme ve RF haberleşme yapılarını karşılaştırmışlardır.

Khandelwal ve arkadaşları (2015); sensör tabanlı bir otomatik yol aydınlatma sistemi tasarlanmıştır. Projede araç hareketi algılanıp yol aydınlatmasının sadece bir bölümü aktif hale getirilmiş diğerleri kapalı tutulmuştur. Sadece araç hareketi olduğu duruma göre belli armatürler açılıp kapatılmıştır.

Sandhya ve Reddy (2016); LDR ve IR (kızılötesi) sensörler ile aydınlık ve hareket algılanarak akıllı yol aydınlatma izleme ve kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir.

Bilgisayar uygulaması ve Zigbee teknoloji ile armatürlerin uzaktan kontrolü sağlanmıştır. Trafik ve aydınlık düzeyine göre aydınlatma durumu ayarlanmış ve tasarruf edilmiştir.

Çelik (2016); enerji verimliliği için bir merkezden kontrollü sokak aydınlatma sisteminin geliştirilmesi konusunda çalışmıştır.

Filiminova ve arkadaşları (2016); akıllı şebekeler konseptini baz alarak dış aydınlatma sisteminin iyileştirmesi konusunda çalışılmıştır. Bir üniversite kampüsünün dış aydınlatma sisteminin LED armatürler ve akıllı şebeke teknolojileri ile modernizasyonunun geri ödeme periyodu tespit edilmiştir. Bu süre 4 yıl 10 ay olarak hesaplanmıştır.

3. SİSTEM YAPITAŞLARI

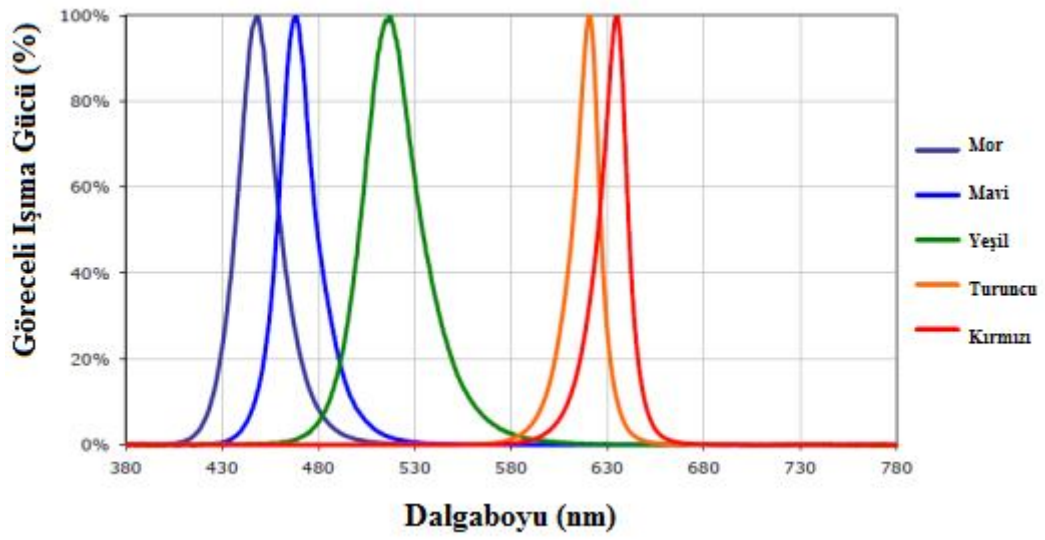
Çalışmada kullanılan sistem yapıtaşları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.1. LED Teknolojisi

LED'lerin temelleri 1891 yılında silisyum karbid sentezlendiğinde atılmıştır. Henry Joseph Round'un deneyleri sırasında bu sentez üzerinden akım geçirince sarı ışık elde etmiştir. 1907 yılında yapılan çalışma ile ilk LED ortaya çıkmıştır. İlk üretilen LED'ler, mavi ışık rengine ve yüzde 0.005 verime sahiptir. Fakat 1962 yılına kadar saha kullanımı olan LED üretilememiştir. Bu yılda Nick Holonyak tarafından üretilen 0,001 lm ışık akılı kırmızı LED'ler yüksek maliyetlerinden dolayı ticarileşmemiştir. 1985 yılına kadar üretilen LED'ler elektronik göstergelerde ve hesap makinelerinde kullanılmıştır (Mottier, 2009). 1999 yılından sonra ışık akıları, renk özellikleri, ömürleri ve etkinlik değerleri hızla gelişen LED'ler, günümüzde -laboratuvar koşullarında olsa dahi- birim güç başına 250 lümen ışık akısı verebilecek hale gelmiştir (Osram LED, 2016).

İlk başlarda durum göstergesi olarak kullanılmaya başlayan LED'ler son zamanlarda süs ve vurgu aydınlatmasında kullanılmaktadır. LED'i oluşturan materyallerin birleşimi ışığın dalga boyunu ve rengini belirler. Görünür (380-780 nm) dalga boylarına ek olarak LED'ler 830 ile 940 nm arası infrared dalgaboylarında da üretilebilmektedir.

Bir LED, N ve P tipi yarıiletkenlerden oluşan opto elektronik bir cihazdır. LED'lerden doğru yönde bir akım geçirildiğinde ışık oluşur. Oluşan ışık direk olarak ya da camlı bölümden yayılır. LED'lerin aktif katmanında kullanılan malzemeye göre rengi belirlenir. Aktif katmanda GaAs, Gap, GaN, AlInGaP ve InGaN gibi malzemeler kullanılır. LED'lerle direk beyaz ışık elde etmek mümkün değildir. Kırmızı, yeşil ve mavi üç adet LED yongasını bir kılıf içerisinde kullanarak beyaz ışığı elde etmek mümkündür. Şekil 3.1'de LED'lerin renklerine göre spektral özellikleri ve çizelge 3.1'de ise LED'lerin renk ve üretildiği yarı iletken malzemesine göre karakteristik spektrumu verilmiştir.

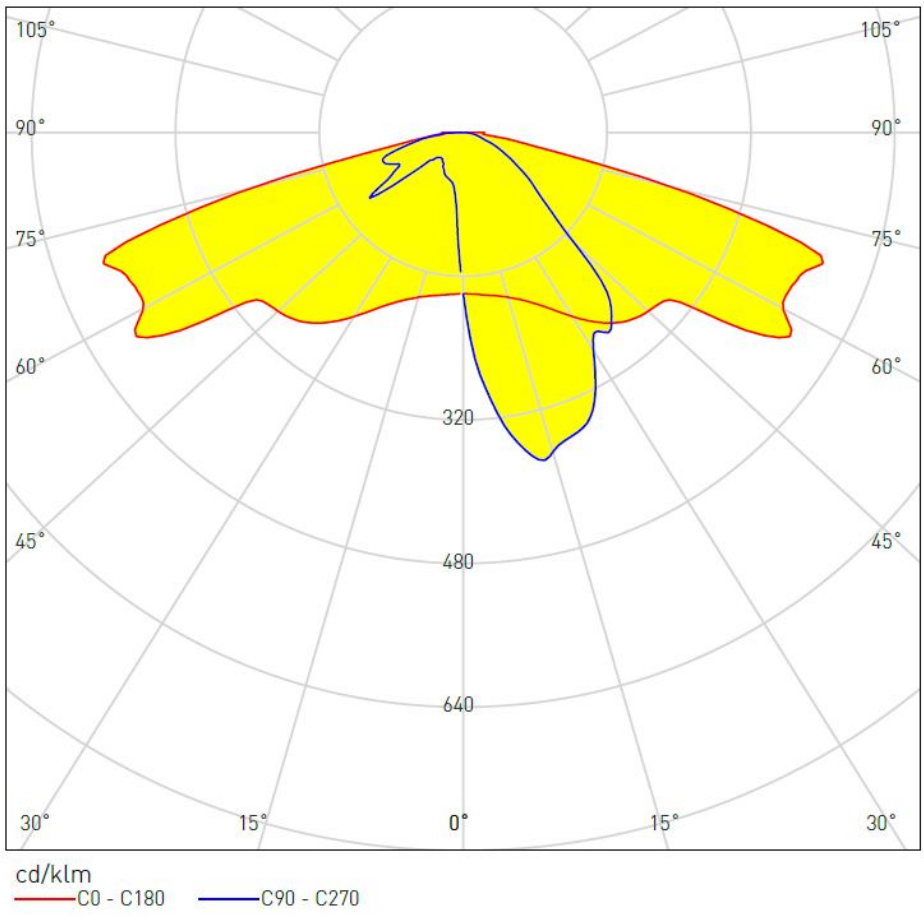


Şekil 3.1. LED'lerin Spektral Özellikleri (Cree, 2016)

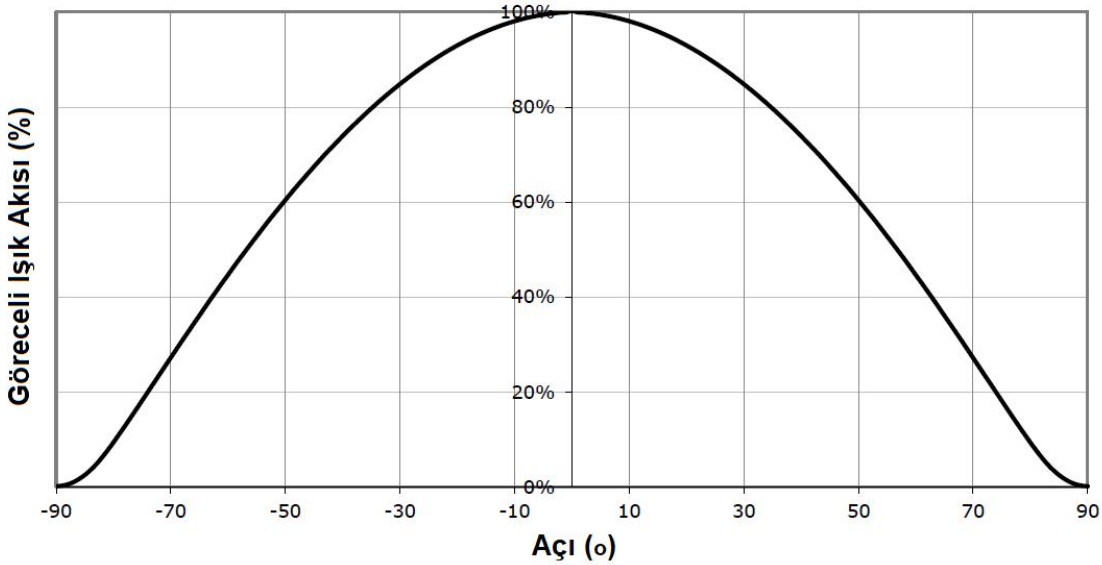
3.1.1. LED'lerin Özellikleri ve Sağladığı Faydalar

Işık Yayma (Yönlü)

Metal halide, yüksek basınçlı sodyum buharlı ve flüoresan lambalar tüm yönlere ışık yaymaktadırlar. LED'ler ise geleneksel ışık kaynaklarından farklı olarak yönlü ışık yayarlar. Geleneksel lambalarda ışığı yönlendirmek için reflektörler kullanılmaktadır. LED'lerde ise reflektörler kullanılabildiği gibi lenslerde kullanılabilmektedir. Kullanım alanına bağlı olarak farklı lens ve reflektörler kullanılmaktadır. Örneğin yol aydınlatması için kullanılan armatürlerde ışığı sağa sola ve ileriye atan geriye ise kesen lensler kullanılırken, geniş alan aydınlatması için kullanılan projektörlerde ise 30º, 60º ve 90º'lik lensler kullanılmaktadır. Şekil 3.2'de yol aydınlatmasında kullanılan bir lensin ışık eğrisi görülmektedir. Şekil 3.3'te ise 125 dereceli LED'in açı-lumen yoğunluğu değişimi görülmektedir.



Şekil 3.2. Yol aydınlatması için uygun bir lensin ışık dağılım eğrisi (Ledil, 2017)



Şekil 3.3. 125 dereceli LED'in açı- lumen yoğunluğu (Cree, 2016)

Darbelere Karşı Dayanıklılık

LED'lerin üzeri vibrasyona dayanıklı cam ve flaman ile kaplıdır.LED'ler titreşime dayanıklı flaman ve camla kaplıdırlar. Geleneksel aydınlatmalar darbe ve titreşimlere dayanıksızken LED özelliklede üzerlerine lensler montajlanmış ise dayanımları artmaktadır.

Işık Kaynağı Boyutlarının Sağladığı Avantaj

Geleneksel lambalara göre LED'lerin ebatları oldukça küçüktür. Böylece daha küçük ebatlarda daha güçlü armatür tasarlamak mümkündür.

Çalışma Sıcaklığı

LED'ler çalışabilecekleri maksimum jonksiyon sıcaklığı 150 ºC'dir. Bu nedenle armatür tasarımında LED'ler daha fazla ısınmamasına dikkat edilir. Bu özelliği sayesinde LED'ler ile birlikte lens kullanımı uygundur. Lensler, polikarbon ve akrilik gibi malzemelerden üretilmektedirler ve çalışma sıcaklıkları 150 ºC civarındadır.

Kontrol Edilebilirlik

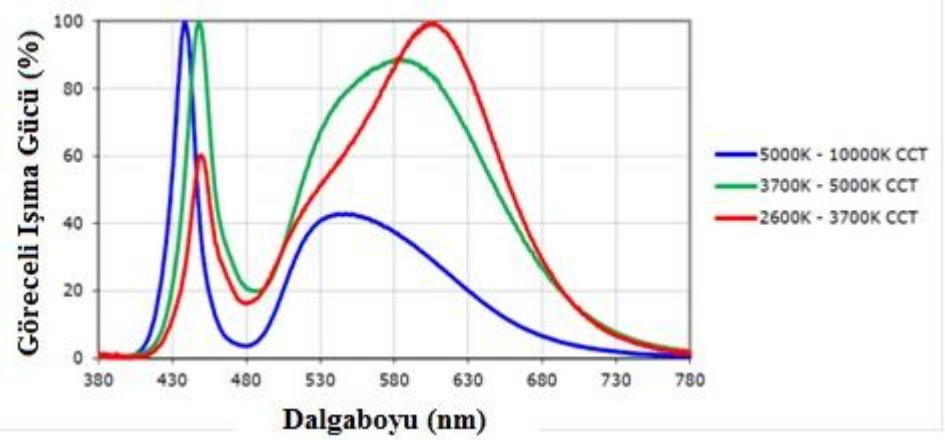
Deşarj lambaların kontrol edilmesi oldukça zor iken bu durum LED'ler oldukça kolaydır. LED sürücüleri farklı şekillerde kontrol etmek mümkündür. En yaygın kullanılan metotlar PWM, 1-10V, DALI (Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arayüzü) ve DMX (Sayısal Çoğullama) olarak sıralanabilir. Kullanılan bu metotların ortak özelliği LED'in aydınlık düzeyini değiştirmek için LED'e verilen akımı ayarlıyor olmalarıdır.

Çalışmaya Başlama Süresi

LED'ler enerji verildiği andan itibaren çok kısa sürede (170 ila 200 ms) tam parlaklıkta ışık sağlar. Özellikle deşarj lambalarda bu süre lambanın sıcaklığına bağlı olarak 30 dk'yı bulabilmektedir. Bu durum özellikle aydınlatmanın önemli olduğu alanlarda güvenliği tehlikeye sokmaktadır.

Kızılötesi ve Ultraviyole Işık Yayımı

Aydınlatmada kullanılan LED'lerin sağlık açısından önemli bir avantajı ultraviyole ve kızılötesi ışık yaymıyor oluşudur. Akkor filamanlı lambalarda ısı oluşumu fazladır ve kızılötesi ışık yayarlar. Deşarj lambalar ultraviyole ışık yaymaktadırlar. Şekil 3.4'te LED'lerin görülebilir dalga boyunda yaptıkları ışıma görülmektedir.



Şekil 3.4. LED dalgaboyu (Cree, 2016)

Hızlı Açma/Kapama Süresi

LED'lerin açma/kapama süreleri çok düşüktür. Bu nedenle çeşitli sensörler ile (varlık, gün ışığı, hareket vb.) birlikte kullanılabilmektedirler

Verim

LED'lerin verimi ilk üretildiği yıllardan bu yana 0.001 lm/W'dan 250 lm/W'a kadar yükselmiştir. LED'lerin veriminin düşmemesi için iyi termal soğutma ve doğru sürücü ile kullanılması gerekmektedir.

Çizelge 3.1'de akkor, halojen, kompakt flouresan ve flouresan lambaların verimleri ve çizelge 3.2'de ise LED'lerin renklerine göre verimleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Lambaların Verimi

Akkor Lambalarda Etkinlik Faktörü	12 - 15 lm/W
Halojen Lambalarda Etkinlik Faktörü	18 - 22 lm/W
Kompakt Lambalarda Etkinlik Faktörü	60 - 65 lm/W
Flouresan Lambalarda Etkinlik Faktörü	55 - 104 lm/W

Çizelge 3.2. LED Optik Verimi (Perdahçı)

LED Renkleri ve Etkinlik Faktörleri	**lm/W**
Kırmızı	73.9 lm/W
Yeşil	107 lm/W
Mavi	39.8 lm/W
Sarı	93.9 lm/W
Beyaz	100 – 160 lm/W

Jonksiyon Sıcaklığı

LED'lerde p ve n bağlantısının olduğu noktadaki sıcaklıktır. LED'in elektronik kart üzerinde en yakın değme noktasında oluşturmuş olduğu sıcaklık ve üretici firma tarafından belirtilen ısıl direnç sıcaklığı ile LED üzerinde oluşan güç değerinin çarpımıyla elde edilir. LED'in jonksiyon sıcaklığının hesabı denklem 3.1'de verilmiştir.

$$Tj = Tr + P * (Tr / P) \quad (3.1)$$

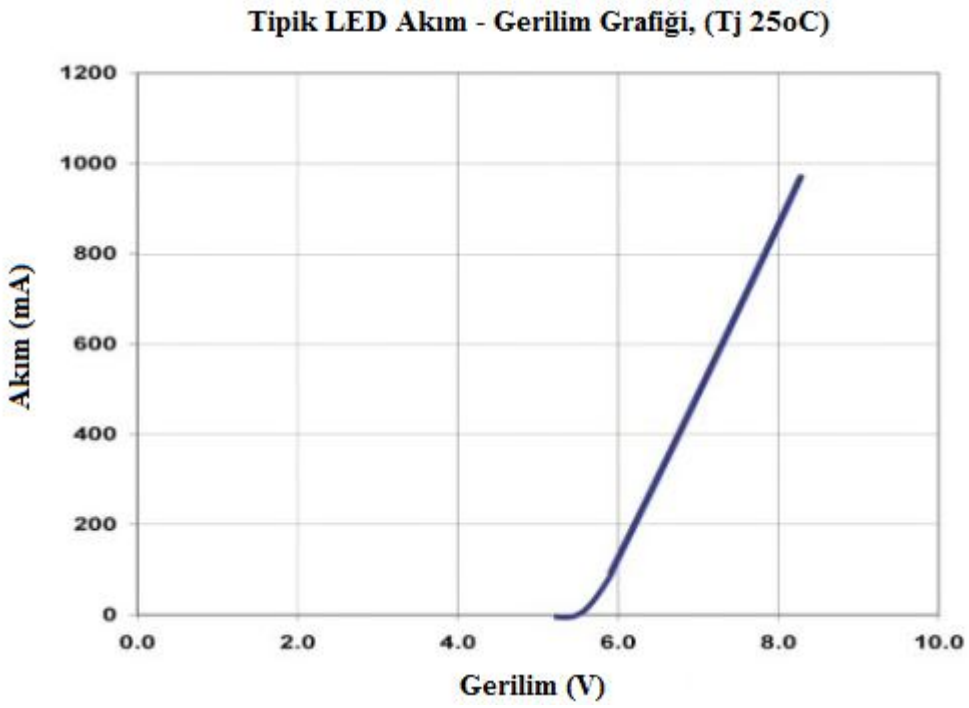
Diğer Özellikler

LED'ler düşük bakım maliyet, uzun çalışma ömrü gibi özellikleriyle de ön plana çıkmaktadırlar.

3.1.2. LED Sürücüler

LED sürücüler girişindeki AC veya DC gerilimi LED'in çalışabileceği akım ve/veya gerilime dönüştürürler. LED'li armatürlerde LED seçimi kadar sürücü seçimi de büyük önem arz etmektedir. Zira doğru LED sürücü seçilmez ise LED'lerin ömrü kısalacaktır. LED'i sürüş tiplerine göre piyasada iki temel sürücü tipi vardır. Bunlar sabit voltaj ve sabit akım sürücülerdir. Sabit voltaj LED sürücüler genelde süs aydınlatmaların şerit veya çubuk LED'lerle birlikte kullanılırken yol armatürleri, projektörler gibi genel aydınlatmada kullanılan armatürlerde ise sabit akım LED sürücüler tercih edilmektedir. Sabit akım LED sürücüler LED'leri istenen bir akımda 350, 500, 700, 1000, 1400mA gibi sürerken çıkış gerilimleri değişken olup LED üzerine düşen voltaj olarak belirlenir. LED sürücüler LED'leri istenen akım ve gerilimde çalıştırdığı gibi çeşitli korumaları da olmalıdır. Kısa devre, aşırı gerilim ve aşırı sıcaklık korumaları bunların en başındadır. Aynı zamanda LED sürücüler şebekeyi kirletmemek için çeşitli regülasyonlara da uymalıdırlar. Güç faktörlerinin 0,90'ın üzerinde ve toplam

harmonik distorsiyonlarının %20'nin altında olması beklenir. Ayrıca LED sürücülerin çalışma verimleri de iyi bir armatür tasarımında oldukça önemlidir. LED sürücü veriminin %90'ın üzerinde olması beklenir. LED sürücüler kullanım alanlarına göre su ve neme karşı dayanıklı olarak üretilmektedirler. İç aydınlatmada kullanılacak bir sürücü IP20 iken dış aydınlatmada IP67 sürücüler tercih edilir. Piyasada ucuzdan pahalıya giden sürücüler bulunması ve bunların fiyat farklarının olmasının temelinde yukarıda saydığımız özellikleri sağlayıp sağlamamaları yatmaktadır. Şekil 3.5'te 25ºC jonksiyon sıcaklığında tipik bir LED için akım gerilim değişim eğrisi verilmiştir. Gerilim meydana gelecek küçük bir değişiklik LED'in çekeceği akımda büyük artışlara sebebiyet vermektedir. Bu da LED sürücülerin sabit akımlı olması gerektiğini ve LED'lere sabit bir değerinde üzerinde akım vermemesi gerektiğini göstermektedir. LED'lerin sıcaklıkları arttığında akım artarken gerilim düşer. Akım artarsa LED'in jonksiyon sıcaklığı da artacaktır.Bu da akım sınırlanmadığı durumda LED'in bozulması anlamına gelir.



Şekil 3.5. Tipik bir LED aydınlatma sisteminin akım-gerilim karakteristiği

Loşlaştırma (Dimleme) ve Renk Değiştirme Özelliği

LED sürücüler dim girişleri sayesinde dimedilebilir yani LED'in ışık şiddeti arttırıp veya azaltılabilir. Bu özellikler sürücülerde genelde opsiyonel olarak verilir.

Dimleme için genellikle PWM (Darbe Genlik Modülasyonu), 1-10V ve DALI protokolleri kullanılır. LED'ler metal halide ve sodyum lambaların aksine çok kolay ve hızlı dimlenebilmektedir. Özellikle süsleme amaçlı sürücüler LED'lerin rengini değiştirmek için kullanılabilmektedir. Bunun için genelde DMX kontrol sistemleri kullanılmaktadır. DMX kontrol sisteminin özünde de PWM sinyali kullanılmaktadır. Renk değişimi sağlamak içinse kırmızı, yeşil ve mavi LED'ler kullanılmaktadır. Piyasada bulunabilecek LED sürücüler şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. LED sürücü örnekleri

3.1.3. LED'lerin Aydınlatmadaki Yeri

Son 10 yıl içerisinde LED'li armatürlerde yaşanan hızlı gelişme ile geleneksel armatürlerin yerini LED armatürler almaya başlamıştır. Özellikle piyasaya yön veren firmalar bu dönüşümü zorunlu hale getirmektedir. Ayrıca LED'lerin verimleri de flüoresan ve deşarj lambaların verimlerini de geçmiştir. LED'lerin en büyük dezanajtajı fiyatlarının geleneksel ürünlere göre yüksek olması ve henüz standartlarının netleşmemiş olmasıdır. İlk olarak LED'ler verimlerinin düşük olmasından dolayı dekoratif ve süs amaçlı kullanılmıştır. Sonrasında ise üretici firmalar tarafından yapılan Ar-Ge çalışmaları sonucu verimleri arttırılmıştır. Böylece LED'ler iç ve dış

aydınlatmada da kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde özellikle Enerji Bakanlığı tarafından bu konuda düzenlemeler yapılmaktadır.

3.2. Güneş Pilleri

Işıktan elde edilen enerjiyi enerjinin korunumu yasasına göre elektriğe çeviren cihazlara güneş pilleri denir. Güneş pilleri ürettikleri enerjiyi depolayamamaktadır. Bu nedenle üretilen elektrik gecede kullanılacaksa depolama için aküler yerleştirilmelidir.

Güneş pilleri doğru akım ürettikleri için, doğru akımla çalışmayan alet ve cihazlar için doğru akımı alternatif akıma dönüştürmek, güneş olmadığı zamanki elektrik ihtiyacını karşılamak ve güneş olduğunda ihtiyaç fazlası elektrik enerjisini karşılamak gibi her uygulamada ayrı olarak yük eğrisi ve güneş enerjisi şiddeti eğrisi arasındaki uzlaşmayı sağlayacak mühendislik problemleri ve bunların çözümü, güneş pilleri ile elektrik üretiminin en ilginç yanlarından biridir (Atagündüz, 1989).

3.2.1. PV Modül

Üreticiler güneş pillerini farklı ebat ve şekillerde üretmektedirler. Bir fotovoltaik (PV) modül tipik olarak 6x10 adet solar hücrelerin birleştirilerek paketlenmesinden oluşur. Tipik bir fotovoltaik sistem, her biri bir dizi solar hücre içeren ve elektrik enerjisi üreten güneş panelleri kullanmaktadır. PV tesisatı zemine, çatıya ve duvara olmak üzere çeşitli şekillerde monte edilebilir. Montajı sabit yapılabilir ya da güneşi takip etmek için bir güneş izleyici sistem kullanılabilir. Bir PV modülün fiziksel yapısı şekil 3.7'de verilmiştir.

Tek kristalli güneş pillerinin gerilimi 0.45 V – 0.5 V'tur. Güneş pilinin üreteceği gerilim güneş ışığının düştüğü alanla orantılı olarak artar.

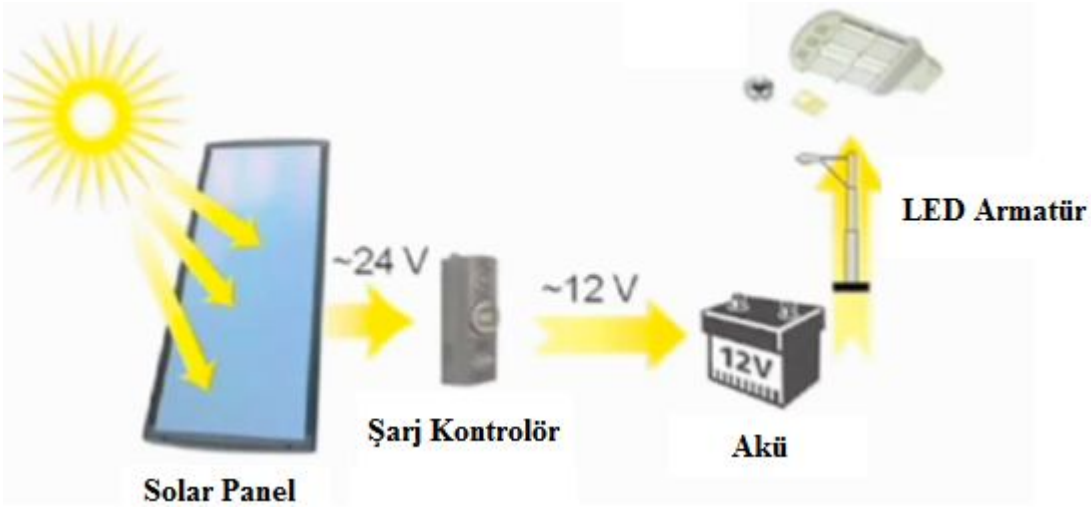
Güneş pillerinde birim alandan ne kadar güç alınabileceğini belirten sun birimi kullanılır (1 sun = 1 kW /m2) (Unienerji, 2017).



Şekil 3.7. Modülün fiziksel yapısı (Photovoltaic Systems)

3.2.2. Fotovoltaik Modüllerin Aydınlatma Alanında Kullanımı

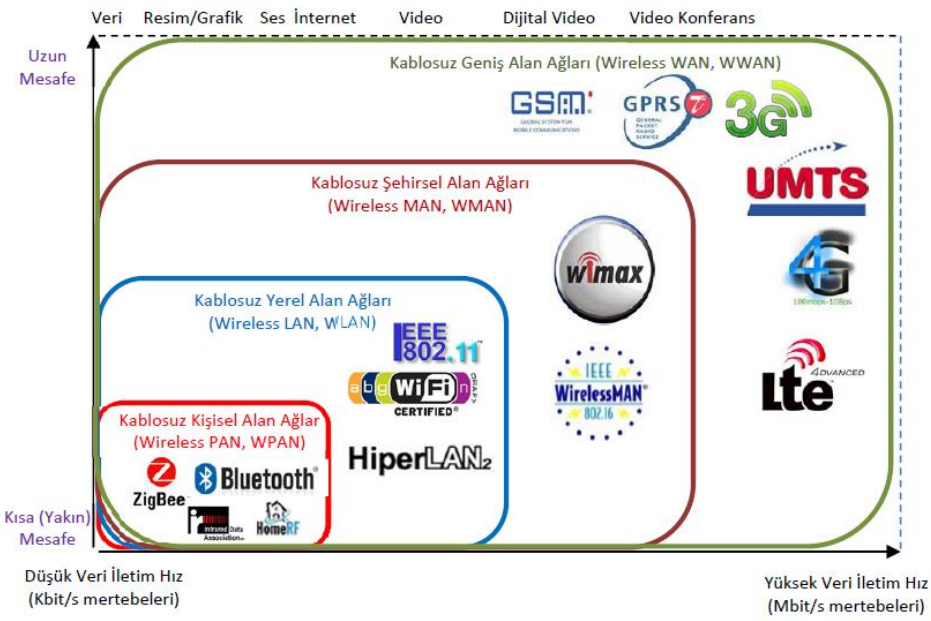
Enerjinin verimli ve tasarruflu kullanılmasının büyük önem kazandığı günümüzde, aydınlatmada harcanan enerjide oldukça önemlidir. Dünyada kullanılan elektriğin %25'i aydınlatma için kullanılmaktadır. Özellikle elektrik hattı çekilemeyen yerlerin aydınlatmasında fotovoltaik modüller kullanılmaktadır. Hemen hemen her türlü alana uygulanabilen fotovoltaik enerji, son yıllarda aydınlatma elemanlarıyla birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 3.8'de solar panelli bir LED sokak aydınlatma armatürünün genel yapısı görülmektedir. Sinyalizasyon, mahallî aydınlatma, yol aydınlatması, işaretleme gibi pek çok alanda, şebekeden bağımsız besleme yapmak için fotovoltaik paneller aydınlatma için kullanılmaktadır. Doğru akım ile çalışmaları ve verimlerinin de yüksek seviyelerde bulunması sebebiyle bu tür aydınlatma çalışmalarında LED'lerin daha çok tercih edilmesine yol açmaktadır.



Şekil 3.8. LED Sokak Aydınlatma Armatürü ile Birlikte Solar Sistem Blok Diyagramı (ON Semiconductor, 2016)

3.3. Kablosuz Ağlar ve Teknolojileri

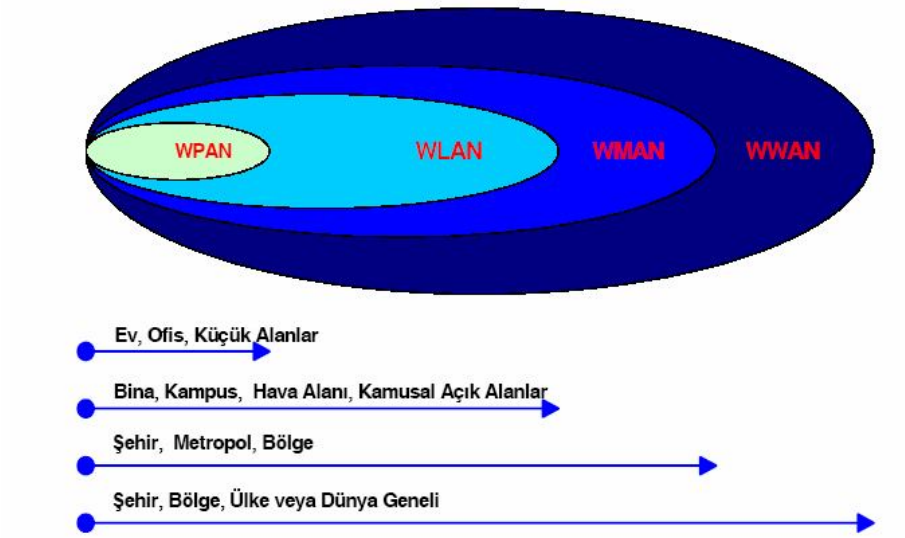
Radyo frekans (RF), infrared ve mikrodalga gibi iletim ortamları kullanılarak geliştirilen alıcı ve vericiler ile fiziksel bir bağlantı (kablolama vb.) olmaksızın yapılan haberleşme sistemleri kablosuz ağlar olarak adlandırılır. Kablosuz ağ haberleşmesinde yoğun olarak RF teknolojisi kullanılmaktadır. Bilgisayarlar, yazıcılar, telefonlar, akıllı kontrolörler gibi çeşitli cihazların haberleşmesindenden oluşan kablosuz ağlar birbirinden bağımsız işlevleri biraraya getiren bir yapıya sahiptir. Kablosuz ağlar ve teknolojileri ve mesafe ile veri iletim hızına bağlı dağılımı şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Kablosuz ağlar ve teknolojileri

3.3.1. Büyüklüklerine Göre Ağlar

Haberleşme ağları, hizmet verdikleri coğrafi alanın genişliğine göre de sınıflandırılmaktadır. Genel yaklaşıma göre kablosuz haberleşme ağları hizmet ettikleri fiziksel alanların büyüklüklerine göre dört sınıfta toplanmıştır: Kablosuz Kişisel Alan Ağları (Wireless Personal Area Networks, WPAN), Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless Local Area Networks, WLAN), Kablosuz Metropol Alan Ağları (Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN), Kablosuz Geniş Alan Ağları (Wireless Wide Area Networks, WWAN) olarak sıralanabilir. Şekil 3.10'da büyüklüklerine göre kablosuz ağlar verilmiştir.



Şekil 3.10. Kablosuz ağların büyüklükleri (Öztürk, 2004)

1997'de IEEE tarafından duyurulan 802.11 standardı, yerel ağlarda kablosuz Ethernet bağlantılarını olanaklı kılmaktadır. İlk standart, 802.11–1997 olarak yayınlanmıştır. Geçtiğimiz yıllarda standart geliştirilmiş ve bugünkü halini alarak 802.11–1999 olarak yayınlanmıştır. Son standart, ANSI (American National Standarts Institute) ve ISO (ISO/IEC 8802–11,1999) tarafından da kabul edilmistir. İlk standartta 1 ve 2 Mbps'lik çalışma hızları belirlenmiştir. İdeal ortamlarda FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) ile 2 Mbps, parazitik etkileri etkin olduğu ortamlarda DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) ile 1 Mbps veri iletim oranları sağlanmaktaydı. Her iki yöntem de lisans gerektirmeyen 2.4 GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical) bandında çalışmakta idi. Ayrıca çok bilinmeyen ancak tanımlanmış olan kızılötesi temel bant iletim ortamı da bulunmaktaydı (Kaplan, 2002).

Wi-Fi (Wireless Fidelity) olarak bilinen 802.11 standardı, IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) tarafından kablosuz yerel ağlar için geliştirilmiş bir radyo iletim standardıdır. Wi-Fi, Bluetooth teknolojisi gibi 2.4 GHz'lik spektrumda çalışır. 100 metre yarıçap menzilindeki tüm Wi-Fi uyumlu cihazlarla, 11 Mbps – 54 Mbps gibi yüksek hızlarda veri alışverişi gerçekleştirilir. Böylece Wi-Fi kullanılan evlerde, ofislerde ve mekânlarda kablo karmaşasından kurtulup, kullanıcılara özgürce hareket imkanı verilmektedir(Köroğlu, 2004).

802.11b şu anda en yaygın olarak kullanılan, 802. 11 türevidir. Desteklenen veri iletim oranları; 1, 2, 5. 5, 11 Mbps'dir. DSSS modülasyonu kullanılarak, 2. 4. GHz bandında işletim sağlanmaktadır. Her veri iletim oranında aynı MAC (Medium Access

Control) protokolü olan CSMA/CA (Carrier Sense Mutiple Access with Collision Avoidance) kullanıldığından, farklılık sadece fiziksel radyo katmanındadır. 1/2 ve 5.5/11 Mbps DSSS ağları beraber çalışabilirler. Yerel sınırlamalara bağlı olarak, 802. 11b 2. 4 GHz bandında, 11'den 14'e kadar kullanılabilir kanal tanımlanmıştır (Kaplan, 2002).

Kablosuz ağlar; fiziksel anlamda gerekli güvenlik ayarları yapılmamışsa güvenliksiz bir iletişim sağlar. Kablosuz ağlar varsayılan ayarlarda güvenlikten yoksul bir şekilde gelir. Kablosuz ağlarda güvenlik için, daha çok standartlaşmış WEP (Wired Equivalent Privacy) kullanılmaktadır(Çelen, 2004).

3.3.2. IEEE Standartları

Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronic Engineers) teknolojinin gelişmesi için kurulmuş dünyanın en büyük teknik ve profesyonel organizasyonudur. 1963 yılında IRE (Institute of Radio Engineers) ve AIEE (American Institute of Electrical Engineers) topluluklarının birleşmesi ile IEEE kurulmuştur. Özellikle elektrik, elektronik ve bilgisayar mühendis ve öğrencileri olmak üzere herkes IEEE'ye üye olabilmektedir. IEEE'de birçok makale, dergi ve yayın bulunmaktadır. Ayrıca birçok alanda standartlar oluşturmaktadır. Kablosuz ağlar içinde IEEE 802.x adı altında bir çok standart oluşturmuştur. Standart komitesi 802.11, 802.15 vb. farklı kablosuz ağ grupları hazırlamıştır. Çizelge 3.3'de kablosuz ağlar üzerine en çok bilinen standart grupları verilmektedir.

Çizelge 3.3. Bazı kablosuz haberleşme sistemlerinin IEEE standartlarına göre karşılaştırılması

	IEEE Standartları						
	Zigbee	**WLAN**			**WPAN**	**UWB**	**Bluetooth**
	802.15.4	802.11.a	802.11.b	802.11.g	802.15.3	802.15.3a	802.15.1
Maks. Mesafe	50 m	100 m	100 m	100 m	10 m	10 m	10 m
Çalışma Frekansı	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	1 - 10.6 GH	2.4 GHz
Maks. Veri Hızı	250 Kbps	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	55 Mbps	>100 Mbps	1 Mbps

3.4. Şarj Kontrolörleri

Şarj kontrolörlerin, aküyü şarj etmek ve yüksek deşarjdan korumak gibi iki temel fonksiyonu vardır. Solar şarj kontrolörler ise solar panelden batarya grubuna giden enerjiyi kontrol eder ve aşırı şarjdan aküyü koruyarak aküde hasar meydana gelmesini önler.

Günümüzde iki tip şarj kontrolörü kullanılmaktadır. Birincisi darbe genişlik modülasyonlu (PWM) şarj kontrolörüdür. PWM pilin stresini azaltırken pil ömrünü de uzatır. İkincisi ise maksimum güç noktası takibi (MPPT) yapan kontrolördür. PWM kontrolörlere göre daha pahalı fakat daha verimlidir. Verimlerinden dolayı MPPT'li şarj kontrolörler daha çok tercih edilir.

3.4.1. PWM Şarj Kontrolörleri

PWM şarj kontrolörler basit uygulamalar için idealdir. Üzerindeki LCD ekran veya LED'ler sayesinde akü durumu, şarj durumu vb. bilgiler görülebilir. Açık ve kapalı kurşun aküleri optimum biçimde doldurabilir. 12V ve 24V her türlü akü veya akü gruplarını şarj edebilir (Kantaroğlu, 2010). Duvara ve raya monte edilebilen modelleri mevcuttur. Piyasada kullanılan bazı PWM şarj kontrolörler şekil 3.11'de verilmiştir.



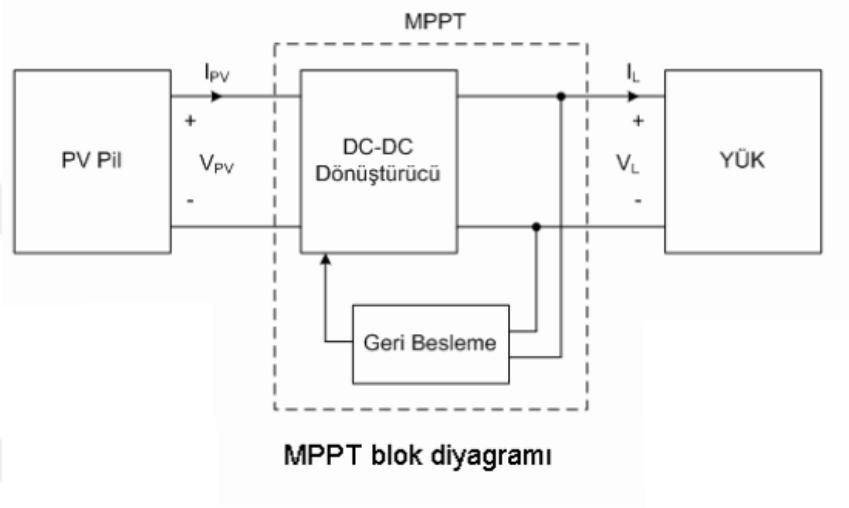
Şekil 3.11. PWM Şarj Kontrolörleri

3.4.2. MPPT'li Şarj Kontrolörleri

MPPT'nin açılımı Maksimum Güç Noktası Takipçisidir. MPPT solar şarj kontrolörler solar panelleri optimum çıkış geriliminde işletmeye müsaade eder. Gücün

tepe yaptığı değeri takip ederek yüke yollanmasına müsaade eder. PWM şarj kontrolörlere göre %30'a kadar daha verimlidir.

Gün boyu güneş ışınları yeryüzüne farklı açılarla gelmektedir. Bu da solar panelin emdiği ışık miktarını değiştirmektedir. Bu nedenle solar panelden elde edilecek enerji miktarı sürekli farklılık gösterecektir. Sistemin düzgün çalışabilmesi için düzensiz enerji doğrudan yüke verilmemelidir. MPPT şarj kontrolörler bu düzensiz durumu içlerinde bulunan mikrokontrolörlerdeki algoritmalar sayesinde düzenli hale getirirler. MPPT blok diyagramı şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. MPPT blok diyagramı

MPPT'ler solar paneller ile batarya grubu arasındaki doğru akım dönüşümünü sağlarlar. Öncelikle solar hücrelerden alınan doğru gerilim alternatif akıma çevrilir. Sonra ise sistem ihtiyacına göre farklı gerilim ve akım değerleri tekrar doğru akıma dönüştürülür. Temel amaç solar panelden, yüke maksimum gücün iletilmesini sağlamaktır.

Profesyonel çoğu şarj denetleyici MPPT tekniğine göre çalışır. MPPT şarj regülatörleri uygun gerilim aralıklarında %98 verimlerde çalışmaktadırlar. MPPT şarj kontrolörler birçok akü tipiyle uyumlu çalışabilmekte ve akü tipine göre en uygun şekilde şarj ettiği için akü ömürlerini %50'ye kadar uzatmaktadırlar. Piyasada kullanılan bazı MPPT'li şarj kontrolörler şekil 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.13. MPPT'li Şarj Kontrolör Örnekleri

3.5. Aküler

Akü, harici bağlantılı bir veya birden fazla elektrokimyasal hücreden oluşan bir cihazdır ve kimyasal enerjinin depolanıp elektrik enerjisine dönüştürülmesinde kullanılır. Solar panelden üretilen enerjiyi depolamada genel olarak 4 çeşit akü kullanılmaktadır. Piyasada kullanılan akü çeşitlerinin görselleri şekil 3.14'te verilmiştir.

3.5.1. Jel Akü

Jel Akü modelleri; düşük ortam sıcaklıklarında daha uzun kullanım ömrü ve daha iyi performans sağlayan silikon jel teknolojisi ile üretilmektedir. Jel akü modelleri özel seperatör ile donatılmış olup, tam kapalı, bakım gerektirmeyen akülerdir. Jel akülerin derin deşarj döngüsü kuru akülerle kıyaslandığında daha fazladır. Yüksek güvenilirlik ve kaliteye sahiptir (http://www.inform.com.tr/ges-brosur.pdf).

3.5.2. OPzV Akü

Tüplü sabit tesis jel tip (OPzV) Akümülatörleri sistemlere kesintisiz enerji kaynağı olarak bağlanmak üzere üretilmiş sabit tesis (standby) akülerdir. Bakım gerektirmezler. Akü içindeki elektrolit jel hale getirilmiştir ve ömürleri boyunca asit veya saf suya ihtiyaç duymazlar. Self deşarjları düşüktür, yatay raf sistemlerine uygun çeşitleri vardır (http://www.inform.com.tr/ges-brosur.pdf).

3.5.3. OPzS Akü

Az bakımlı, tüplü sabit tesis sulu tip (OPzS) Akümülatörleri sistemlere kesintisiz enerji kaynağı olarak bağlanmak üzere üretilmiş sabit tesis (standby) akülerdir. Az bakımlıdır. Kullanıcı için yüzdürme gerilimiyle çalışma sistemiyle minimum bakım gerektirir ve düşük enerji maliyetlidir. Temel özelliği olan düşük antimonlu kurşun alaşımı, kendi kendine deşarjı azaltarak su kaybı oranını büyük ölçüde düşürür. Aktif maddeyi tutuşu ve şarj-deşarj kabiliyeti aynı seviyededir (http://www.inform.com.tr/ges-brosur.pdf).

3.5.4. Kuru Tip Akü

Kuru aküler, TP ve TPD (yüksek akım kapasiteli) modelleriyle, performansı ve uygun fiyatlarıyla yaygın bir kullanıma sahiptir. Tamamen kapalı, bakımsız kuru tip akülerdir. Çok geniş bir ısı yelpazesinde çalışabilir. Emniyet valfleriyle donatılmıştır. Uzun ömürlü, sağlam ve uyumlu tasarıma sahiptir (http://www.inform.com.tr/ges-brosur.pdf).



Şekil 3.14. Akü çeşitleri

3.5.5. Akü Seçimi

Solar aydınlatmalı sistemler için akü seçiminde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Derin deşarj durumlarında akü kısa bir süre sonra tam performansına ulaşmalı
- Derin deşarj miktarının artmasına bağlı performansı düşmemeli
- Yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı olmalı
- Kendiliğinden deşarj oranı düşük olmalı
- Su kaybına karşı maksimum korumalı olmalı
- Dayanıklı seperatör yapısı olmalı
- Düşük iç dirençli olmalı

3.6. Dünyada ve Ülkemizde Güneş Enerjili Aydınlatma Uygulama Örnekleri

Güneş enerjili sistemlerden elektrik üretimi, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen, çevre bilincinin artması sonucu hızla artmaktadır. Özellikle A.B.D. ve Avrupa Topluluğu bünyesinde 2000'li yılların güneşli yıllar olarak başlayacağı söylenebilir. Güneş enerjisinin dünyada en etkin kullanıldığı alanların basında güneş enerjili aydınlatma sistemleri gelmektedir.



Şekil 3.15. Dış Mekan Aydınlatması Uygulama Örneği- Osaka Havaalanı/ Japonya (www.hyenergy.com.cn/en/project)

9 Haziran 2004'te uygulaması tamamlanan Osaka Havaalanı (Japonya) dış mekan aydınlatmasında rüzgar ve güneş enerjisini melez kullanan hibrit aydınlatma sistemi kullanılmıştır. Uygulamadan fotoğraflar şekil 3.15'de verilmiştir.

Dubai Medya Merkezinde bulunan bir otelin dış mekân aydınlatmasında güneş panelleri ile elektriği sağlanan LED'li lambalar kullanılmıştır. Uygulamadan fotoğraflar şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16. Güneş Enerjisi Kullanılarak Dış Mekân Aydınlatması Uygulama Örneği - Dubai / Birleşik Arap Emirlikleri

Uganda Cumhuriyetinin başkenti olan Kampala'da yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr ve güneş enerjisini melez olarak kullanan 30 adet hibrit aydınlatma sistemi Entebble yolu boyunca yerleştirilmiştir. 2006'da uygulanan sistem şimdiye kadar güvenilir ve düzenli çalışmıştır. Bu nedenle Uganda'daki otobüs duraklarının aydınlatması için aynı sistemin uygulanmasına karar verilerek 900 adet sipariş edilmiştir.

Kanada'nın en büyük şehri ve ticaret merkezi olan Toronto'da sergi yeri alanının aydınlatılması elektriğini güneş enerjisinden sağlayan 16 adet LED sokak aydınlatma lambası ile sağlanmıştır. Uygulamadan fotoğraflar şekil 3.17'de verilmiştir. LED sokak aydınlatmaları enerji tasarrufunun yanı sıra kaliteli ışık elde edilmesine de imkân vermiştir. LED aydınlatmaların diğer sokak aydınlatmalarından maliyet, ömür ve enerji tasarrufu bakımından avantajları vardır. Bu konu ilerleyen bölümlerde açıklamalı ve karşılaştırmalı ele alınacaktır. Türkiye'de benzer uygulamaların teknik açıdan başarıya ulaşması mümkündür.



Şekil 3.17. Sokak Aydınlatması Uygulama Örneği - Toronto / Kanada (www.ledsmagazine.com, 2008)

Bir kentsel tasarım projesinin başlangıç evresi olan "Solar Tree", 8 Ekim 2007 Pazartesi tarihinde düzenlenen tanıtım gecesiyle dünyaya tanıtılan bir projedir. "Solar" teknolojisini barındıran "Solar Tree", yapılması düşünülen kentsel tasarım projesinin aydınlatma elemanı olarak, Ross Lovegrove tarafından tasarlanıp geliştirilerek, ilk kez Viyana'da halk önüne çıkartılmıştır. Geliştirilen aydınlatma elemanı, sosyal, kültürel ve değişen ekolojik ihtiyaçlara dikkat çekerek kentsel tasarıma yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Ringstraße Bulvarı'nda yer alması düşünülen bu yeni sokak aydınlatmaları ile Viyana Belediyesi, alternatif yenilikçi aydınlatma kavramının tanıtılması amaçlamıştır. Bu proje yenilikçi ve öncü kentsel aydınlatma kavramının, dünya çapında yayılmasının başlangıcı olarak görülmektedir. Planlana ana hedef; dünya üzerindeki diğer büyük kentleri Solar Tree'nin ve enerjiyi yoğun tüketen kentsel sokak aydınlatmaları için tekrar yenilenebilir enerji kullanılması ile ilgili orijinal fikirler üretmek için ikna etmektir (World Architecture News, 2009). Uygulamadan fotoğraflar şekil 3.18'de verilmiştir.



Şekil 3.18. Solar Tree - Aydınlatma Elemanı Örneği – Viyana / Avusturya (World Architecture News, 2009)

Büyük bir yapı marketi firması girişinde yapılan uygulamada 80W gücünde monokristal güneş paneli, 2 adet 11W gücünde ve DC akımla çalışan özel tasarruflu ampul, gündüz güneşten gelen enerjinin en sağlıklı şekilde özel bir yüksek verimli aküde depolanmasını sağlayan aynı zamanda gece olduğunda sistemin otomatik çalışmasını sağlayan bir şarj düzenleyici (regülâtör) sistemin tasarım elemanlarını oluşturmaktadır. Uygulamadan fotoğraflar şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.19. Güneş Enerjisiyle Aydınlatma Uygulaması Örneği - İstanbul (Uğurel, 2009)

Toyota Türkiye Sakarya Fabrikası girişinde kurulan 14 kW şebeke bağlantılı sistemde 176 adet 80W yüksek verimli güneş paneli kullanılmıştır. Şekil 3.20'de

görüldüğü üzere paneller özel cephe entegrasyonu ile binanın estetik görünümü de düşünülerek yerleştirilmiştir. Aynı zamanda yine 80W güneş panelleri ve özel düzenleyiciler kullanılarak bina önündeki otopark alanının güneş enerjili aydınlatma direkleriyle aydınlatılması sağlanmıştır.



Şekil 3.20. Güneş enerjisiyle aydınlatma uygulaması örneği- Sakarya (Uğurel, 2009)

Özel bir Türkçe yazılım ile internete bağlanılarak anlık enerji üretim değerleri, engellenen CO2 miktarı gibi verilere ulaşılabilmektedir (TDR, 2009). Buna göre parkın ihtiyacı olan toplam enerji miktarı 83.874kWh'dır. Bu enerjinin güneşten sağlanmasıyla 121,10 kg. karbondioksit salınımı engellenmektedir. Önlenen bu gaz salınımı ile doğadaki dengeyi bozmasını sağlayacak 48 adet yetişkin ağaç kurtarılmış olacaktır (Uğurel, 2009).

Kocaeli'nde 2008'de halkın hizmetine açılan Doğu Kışla Parkı güneş enerjisinin etkin kullanımına ülkemizden verilebilecek en güzel örneklerden biridir. Parktan fotoğraflar şekil 3.21'de verilmiştir.



Şekil 3.21. Güneş enerjisinin park aydınlatmasında etkin kullanım örneği –Kocaeli (www.kocaelinde.com, 2008)

Kartal Belediyesi, ilçede bulunan parklarda temiz enerji kullanmak ve aydınlatma masraflarından tasarruf sağlamak amacıyla hayata geçirdiği "Parklarda Enerji Tasarrufu ve Temiz Enerji (Güneş Enerjisi) ve Rüzgâr Enerjisi Projesi" ile Kartal'ın parklarını aydınlatmaya devam etmektedir. Kartal Belediyesi, bu çalışmalar kapsamında daha önce kurulan 'Solar Aydınlatma Sistemleri'ne ek olarak Soğanlık Yeni Mahalle'de bulunan Mustafa Karaoğlu Parkı'na yaz-kış daha yüksek verim alabilmek amacı ile dikey rüzgâr türbini eklemiştir. Kurulu türbinin yol alma hızı 2m/s, devreye girme rüzgâr hızı 2,5m/s ve 45 m/s rüzgâr hızına kadar verim alınabilmektedir. Düşük desibelli ve düşük titreşimli dikey türbin türbülanstan etkilenmemektedir. Bu hibrit sistem ile üretilen enerji 12 V 100 AH Jel batarya tarafından depolanmaktadır. Depolanan bu enerji düşük güçte çalışıp UV radyasyonu olmayan LED armatürlerle aydınlatma sağlanmaktadır. Yapılan hibrit uygulama fotoğrafı şekil 3.22'de verilmiştir.



Şekil 3.22. Hibrit sistemin parkta kullanım örneği (http://www.aydinlatma.gen.tr/istanbulun-parklarinda-gunes-ve-ruzgar-enerjisi-bir-arada.html, 2016)

Kırıkkale Orman ve Su İşlerine bağlı Karaahmetli Tabiat Parkı'na 36 Watt LED sokak armatürlü 5 metre yüksekliğinde solar güneş enerjili aydınlatma direği yapılmıştır. Uygulama fotoğrafi şekil 3.23'te verilmiştir.



Şekil 3.23. Kırıkkale Karaahmetli Tabiat Parkı Solar Aydınlatma (http://gunesenerjisi.xyz/kirikkale-karaahmetli-tabiat-parki-solar-aydinlatma/, 2017)

TUSAŞ-Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş Eskişehir yerleşkesinin acil toplanma alanlarına güneş enerjili aydınlatma yapılmıştır. Uygulamada 150W güneş paneli, 36W LED armatür, 100A jel akü, şarj regülatörü ve 5m direk kullanılmıştır. Uygulama fotoğrafı şekil 3.24'te verilmiştir.



Şekil 3.24. Tusaş TAI Motor Fabrikası – Güneş Enerjili Aydınlatma (http://gunesenerjisi.xyz/tusas-tai-motor-fabrikasi-gunes-enerjili-aydinlatma/, 2017)

4. TASARLANAN SİSTEM

LED teknolojisi 1999 yılından sonra hızla gelişmiştir ve gelişmeye devam etmektedir. Işık akıları, renk özellikleri, ömürleri ve etkinlik değerleri hızla gelişen LED'ler mevcut ışık kaynaklarına rakip olmaya başlamışlardır. LED'ler konusunda bir çok büyük firma ciddi yatırımlar yapmıştır. LED'ler dekoratif aydınlatmada sık kullanılmakta ve iç mekan aydınlatmasında floresan lambalara rakip olmaktadır. Dış aydınlatmada ise kullanılıp kullanılmaması konusunda araştırmalar ve denemeler yapılmaktadır.

Hemen hemen her türlü alana uygulanabilen fotovoltaik enerji, son yıllarda aydınlatma elemanlarıyla birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Sinyalizasyon, mahallî aydınlatma, yol aydınlatması, işaretleme gibi pek çok alanda, şebekeden bağımsız besleme yapmak için fotovoltaik paneller aydınlatma için kullanılmaktadır. Doğru akım ile çalışmaları ve verimlerinin de yüksek seviyelerde bulunması sebebiyle bu tür aydınlatma çalışmalarında LED'lerin daha çok tercih edilmesine yol açmaktadır.

Proje kapsamında günümüzde aktif olarak kullanılan fotovoltaik sistemler, LED aydınlatma ve kablosuz haberleşme sistemleri detaylı olarak incelenmiştir. Bu sistemlerde kullanılan elektronik yapılar üzerine teorik çalışmalar yapılmış ve bu teorik çalışmaların ışığında devreler tasarlanarak, simülasyonları yapılmış ve devrelerin çizimleri yapılarak devreler çalıştırılmıştır.

4.1. Solar Panel Gücü, Batarya Kapasitesi ve Armatür Gücü Seçimi

Solar aydınlatma armatürleri günümüzde genellikle parklarda kullanılmaktadır. Bu nedenle armatür gücünün tespitinde parklarda kullanılan armatür güçleri, kamuya yapılan alımlarda istenilen armatür güçleri dikkate alınmıştır. 40W'lık LED armatürlerin yaygın kullanımının olduğu görülmüştür.

Armatür gücüne göre solar panel ve batarya kapasitesi seçiminde çizelge 4.1'de verilen hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre 12V 100Ah jel akü ve 150Wp değerinde bir monokristal solar panel seçilmiştir.

Çizelge 4.1. Solar panel ve batarya kapasitesi seçimi

BÖLGE SEÇİMİ		
İl / İlçe	**Konya / Karatay**	
Minimum Güneşlenme Süresi	3,95	ARALIK
Maksimum Güneşlenme Süresi	12,16	TEMMUZ
Ortalama Güneşlenme Süresi	8,04	

ARMATÜR SEÇİMİ		
	DEĞER	**BİRİM**
ARMATÜR GÜCÜ	40	W
GÜNLÜK ÇALIŞMA SÜRESİ	12	saat
GÜNLÜK HARCANACAK GÜÇ	**480**	**Wh**

BATARYA SEÇİMİ		
	DEĞER	**BİRİM**
ÇALIŞMA GERİLİMİ	12	V
GÜNLÜK GEREKLİ AKIM	40,00	A
ENERJİNÜN AKÜDEN SAĞLANACAĞI GÜNLER	1	gün
DEŞARJ DERİNLİĞİ	50	%
BATARYA SICAKLIK KATSAYISI	1	
BATARYA KAPASİTESİ	**80**	**Ah**

SOLAR PANEL SEÇİMİ		
	DEĞER	**BİRİM**
PANEL KULLANIM VERİMİ	75	%
SOLAR PANEL KAPASİTESİ	**162,03**	**W**

SEÇİLENLER		
	DEĞER	**BİRİM**
ARMATÜR	**40**	**W**
BATARYA	**100**	**Ah**
SOLAR PANEL	**150**	**Wp**

4.2. LED Sürücü

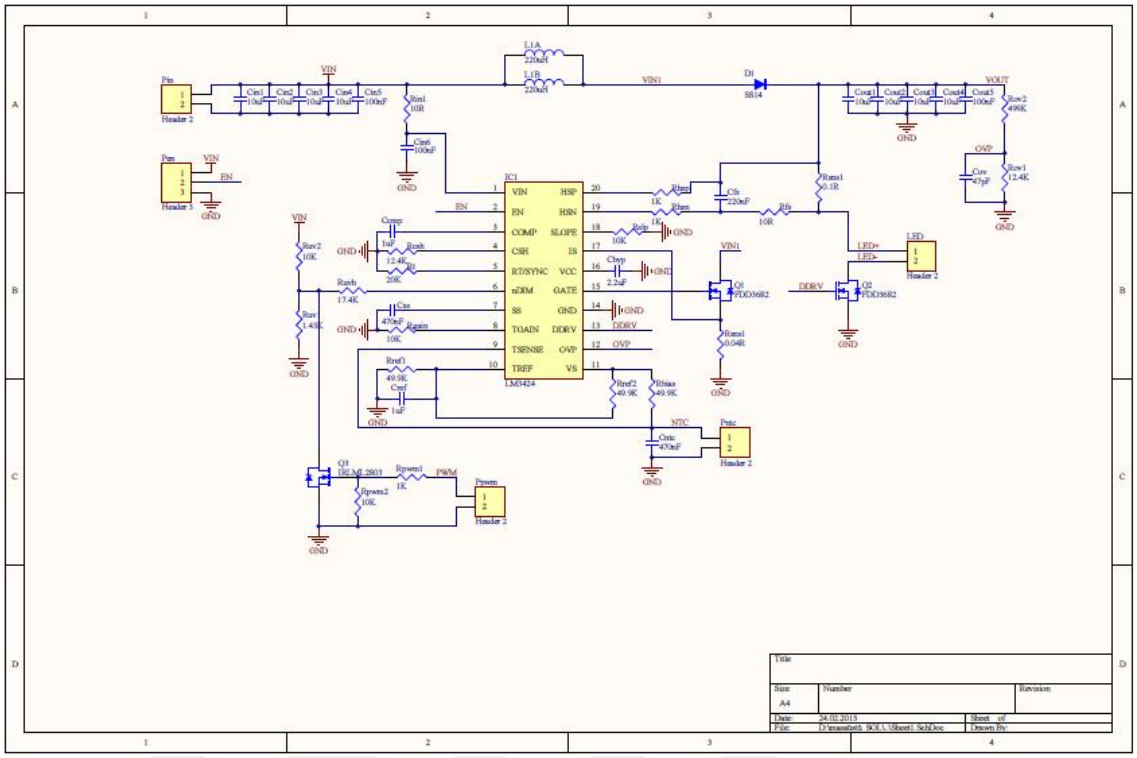
Solar aydınlatmalı ürünlerde kullanılan elektronik bileşenlerden bir tanesidir. Akü gerilimini LED gerilimine yükselterek/indirerek sabit akımda LED'leri sürmek için kullanılır.

Entegre üretici firmalar LED sürücüler için ASIC(Application Specific Integrated Circuit) yani uygulamaya özel entegreler geliştirmektedirler. Texas, ST, NXP, Maxim vb. firmaların bu amaçla geliştirdikleri entegreler incelenmiş ve seçilen entegre (LM3424) ile tasarım yapılmıştır. İncelenen entegreler çizelge 4.2'de verilmiştir.

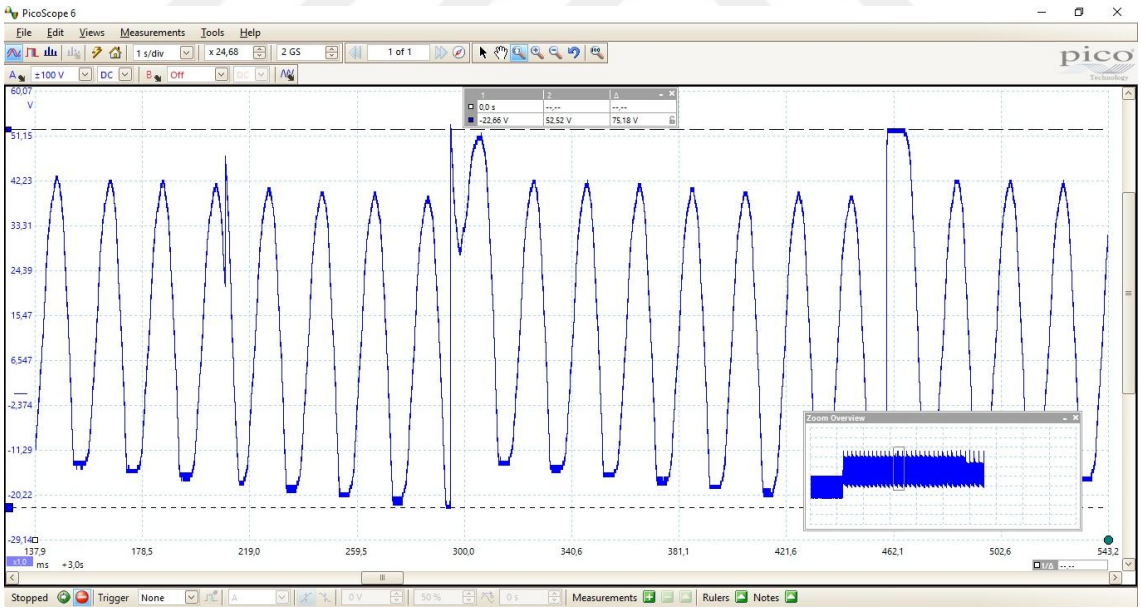
Çizelge 4.2. İncelenen LED sürücü entegreleri

S. NO	ENTEGRE ADI	ÜRETİCİ	ÇALIŞMA GERİLİMİ	ÇALIŞMA TİPİ	ÖZELLİKLER	GÜVENLİK
1	ZXLD1374	DIODES	6.3-60	Buck, Boost ve Buck-Boost	1.5A Entegre Mosfet, DC veya PWM Dim olanağı, %0.5 çıkış akım doğruluğu	Yüksek gerilim, akım ve sıcaklık koruması
2	NCP3066	NXP	3-40	Buck, Boost ve Voltage Inverting	1.5A Entegre Mosfet, analog ve dijital dim olanağı	Yüksek gerilim, akım ve sıcaklık koruması
3	LM3424	TI	4.5-75	Buck, Boost, Buck-Boost ve SEPIC	1A Entegre Mosfet Sürücü, analog ve PWM dim olanağı	Giriş yüksek ve alçak gerilim koruması, akım limitlendirme, programlanabilir yumuşak başlangıç ve geçiş kompanzasyonu, programlanabilir termal limit
4	LED6001	ST	5.5-36	Boost, Buck-Boost ve SEPIC	Mosfet sürücü, analog ve PWM dim olanağı	Çıkış yüksek gerilim ve akım koruması, yüksek sıcaklık koruması, çıkış kısa devre tespiti

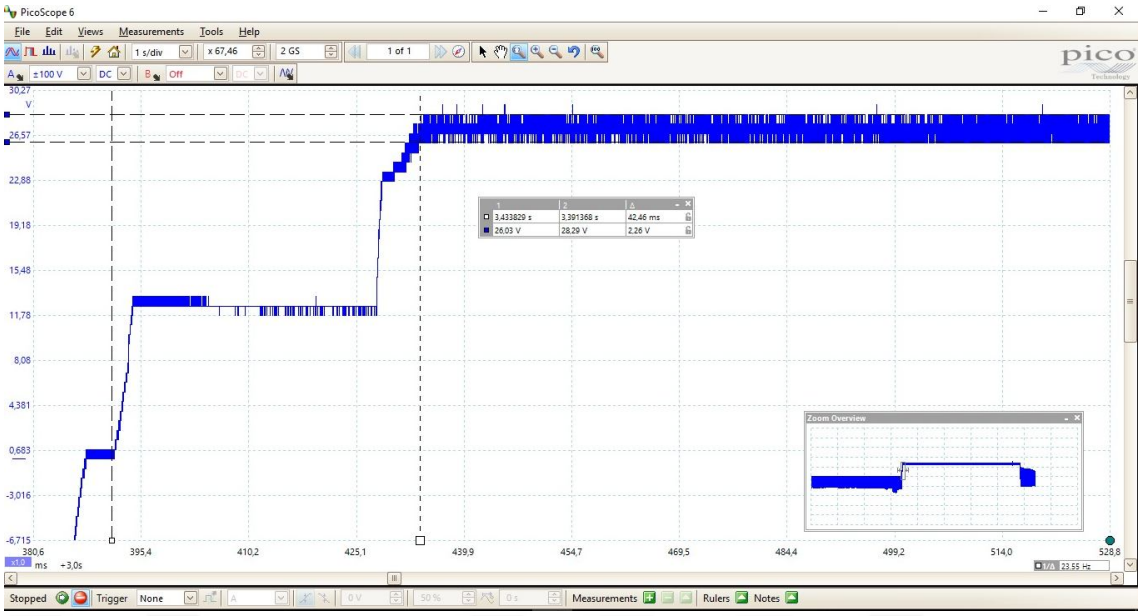
Yapılan tasarımların şemaları ve PCB devreleri Altium designer programıyla çizilmiştir. Daha sonra çizimi yapılan devrelerin baskılı devreleri hazırlanarak üzerinde kullanılan komponentler lehimlenmiştir. Böylece tasarımı yapılan devreler hazırlanmıştır. Hazırlanan devre 40W'lık LED modül ile test edilmiştir. Tasarlanan devrenin şematiği şekil 4.1'de, PCB çizimi şekil ek-3'te ve LED sürme gerilimi osiloskop görseli şekil 4.3 ve şekil 4.4'te verilmiştir. Yük bağlı olması ve olmaması durumu için LED sürücü çıkış geriliminin değişimi gözlenmiştir. Giriş gerilimi 12V iken LED sürücü tarafından 27V'a (LED modül gerilimine) yükseltildiği ve ayarlanan LED akımında LED modülün çalıştırıldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.1. LED sürücü devre şeması



Şekil 4.3. LED modül bağlı değilken (yüksüz) sürücü gerilimi osiloskop incelemesi



Şekil 4.4. LED modül bağlı iken (yüklü) sürücü gerilimi osiloskop incelemesi

4.3. MPPT'li Şarj Kontrolör

Solar aydınlatmalı ürünlerde kullanılan elektronik bileşenlerden bir tanesidir. MPPT şarj kontrolör aküyü doğru şekilde şarj etmek ve uzun süre kullanabilmek için gerekli bir elemandır. MPPT'ler çalışma mantığı olarak boost converter, buck converter ve buck-boost converter olmak üzere üç temel topoloji ile yapılmaktadır. Bu çalışmada alçaltıcı çevirici (buck converter) topolojisi kullanılmıştır.

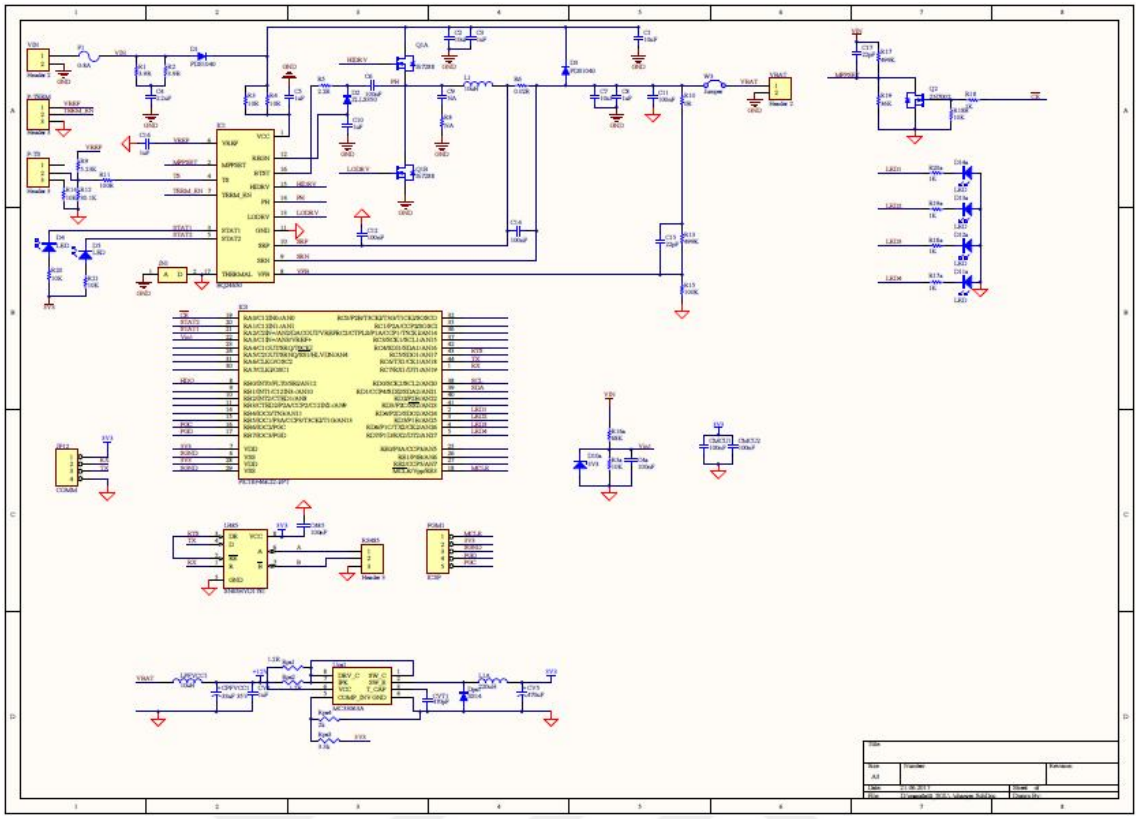
Entegre üretici firmalar LED sürücüler için ASIC geliştirmektedirler. Texas, ST, NXP, Maxim vb firmaların bu amaçla geliştirdikleri entegreler incelenmiş ve seçilen entegre (BQ24650) ile tasarım yapılmıştır. İncelenen entegreler çizelge 4.3'de verilmiştir. Seçilen entegre giriş gerilim regülasyonu ile maksimum güç noktası takibi yapabilmektedir. Çıkış gerilimi 5 ila 28V arasında olan solar paneller ile birlikte kullanılabilmektedir. %0.5 şarj gerilim regülasyonu, %3 şarj akım regülasyonu ve %0.6 giriş gerilim regülasyonu doğruluğuna sahiptir. Girişte yüksek gerilim ve aşırı sıcaklık koruması vardır. Akü sıcaklığını bir NTC (Sıcaklıkla direnci azalan termistör - Negative Temperature Coefficient) vasıtasıyla ölçebilmekte ve bataryanın olmadığı durumu tespit edebilmektedir.

Çizelge 4.3. İncelenen MPPT şarj kontrolör entegreleri

S. NO	ENTEGRE ADI	ÜRETİCİ	ÇALIŞMA GERİLİMİ (V)	ÇALIŞMA TİPİ	DESTEKLEDİĞİ AKÜ TİPLERİ	GÜVENLİK
1	BQ24650	Texas	5-28	buck	Li-Ion/Polymer, LiFePO4, Kurşun Asit	Yüksek gerilim, batarya sıcaklık tespiti, batarya var/yok tespiti, termal koruma
2	LT8490	LT	6-80	buck-boost	Li-Ion ve Kurşun Asit	batarya sıcaklık tespiti
3	MPT612	NXP	İçerisinde ARM tabanlı bir mikroişlemci bulunan MPPT özellikli bir			
4	SPV1040	ST	0.3-5.5	boost	Li-Ion ve Kurşun Asit	Yüksek gerilim, akım ve sıcaklık koruması

Yapılan tasarımların şemaları ve PCB (baskı devre) devreleri Altium designer programıyla çizilmiştir. Daha sonra çizimi yapılan devrelerin baskılı devreleri hazırlanarak üzerinde kullanılan komponentler lehimlenmiştir. Böylece tasarımı yapılan devreler hazırlanmıştır. Hazırlanan devre 150W'lık solar panel ve 12V 100Ah jel akü ile test edilmiştir. Tasarlanan devrenin şematiği şekil 4.5'de ve PCB çizimi şekil ek-4'de verilmiştir.

Ayrıca kullanılan MPPT şarj kontrol entegresinden alınan verilerin kablosuz haberleşme takip cihazına aktarımı içinde bir mikrokontrolör (PIC18F46K22-I/PT) kullanılmıştır.



Şekil 4.5. MPPT şarj kontrolör devre şeması

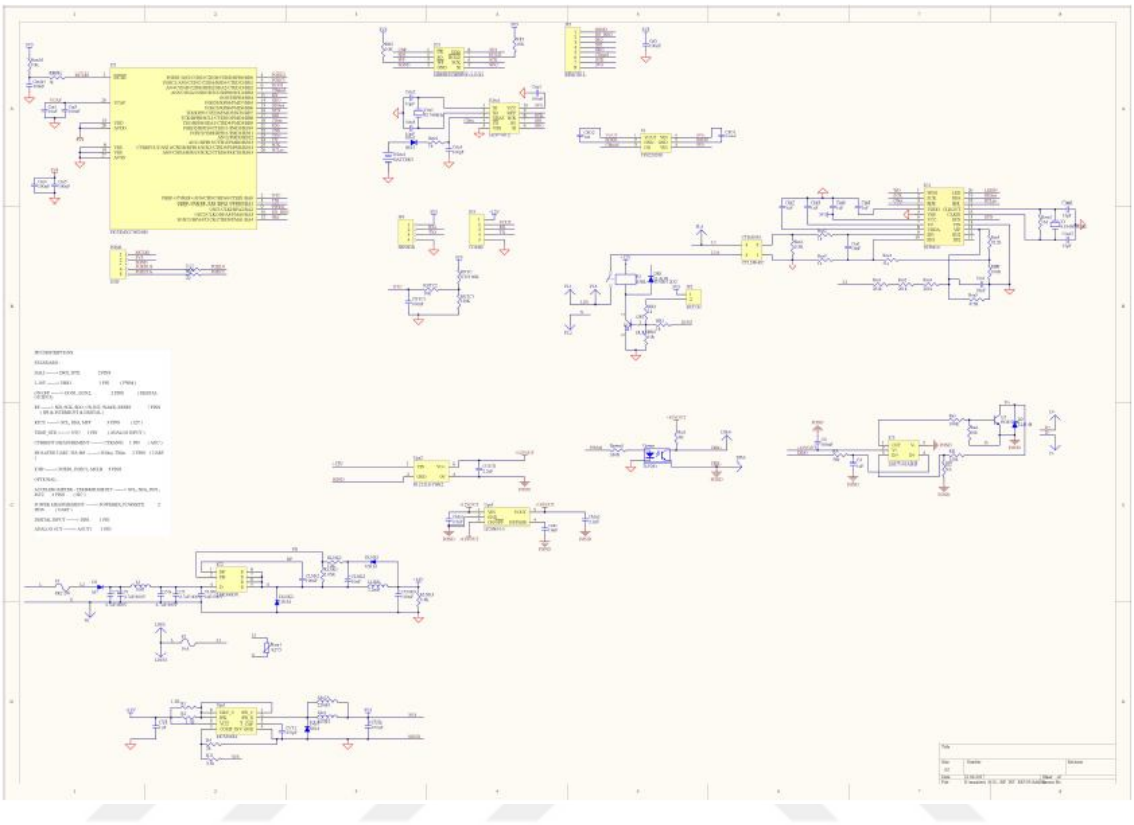
4.4. Kablosuz Haberleşme Takip Cihazı

Günümüzde kullanılmakta olan kablosuz ağ teknolojilerin çoğunluğu RF üzerinden haberleşmektedir. Kablosuz iletişim; kullanıcılara taşınabilirlik, esneklik, artan verimlilik ve daha az kurulum maliyeti gibi birçok yarar sunmaktadır. Kablosuz bir sistem olması nedeniyle cadde, sokak, park, bahçe ve benzeri açık alanlarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Tasarlanan haberleşme takip cihazı MPPT şarj kontrolör ve LED sürücüyü kontrol edebilmekte, fotovoltaik panel pozisyon bilgisini, akü durumunu ve solar aydınlatma sistemindeki verileri takip yazılımına iletebilmektedir. Microchip firmasının 32 bitlik bir mikrokontrolörü (PIC32MX170F256B) ile devre tasarlanmıştır. RF haberleşme kısmı yine microchip firmasının RF modülü (MRF24J40MD) ile tasarlanmıştır. RF kısmında hazır modül kullanılmıştır. Anten tasarımı yapılmamıştır. Seçilen RF modül üzerindeki PCB anten kullanılmıştır.

MPPT şarj kontrolör ve LED sürücü tasarımında kullanılan yöntemler aynen uygulanmıştır. Ek olarak burada kullanılacak mikrokontrolöre C dilinde gömülü yazılım

hazırlanmıştır. Tasarlanan devrenin şematiği şekil 4.7'de, PCB çizimi ek-5'te verilmiştir.



Şekil 4.7. Takip cihazı devre şeması

4.4.1. Aydınlık Düzeyi Algılama

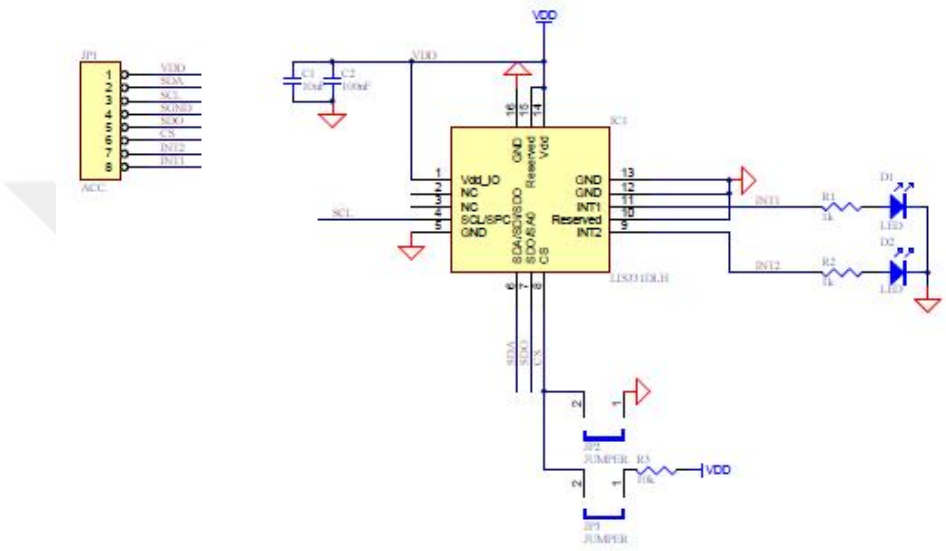
Aydınlık düzeyinin algılanması için bir LDR kullanılmış ve takip cihazının bir girişinden verileri okunmuştur. Ürün görseli şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. LDR görseli

4.4.2. Solar Panel Pozisyon Algılama Devresi

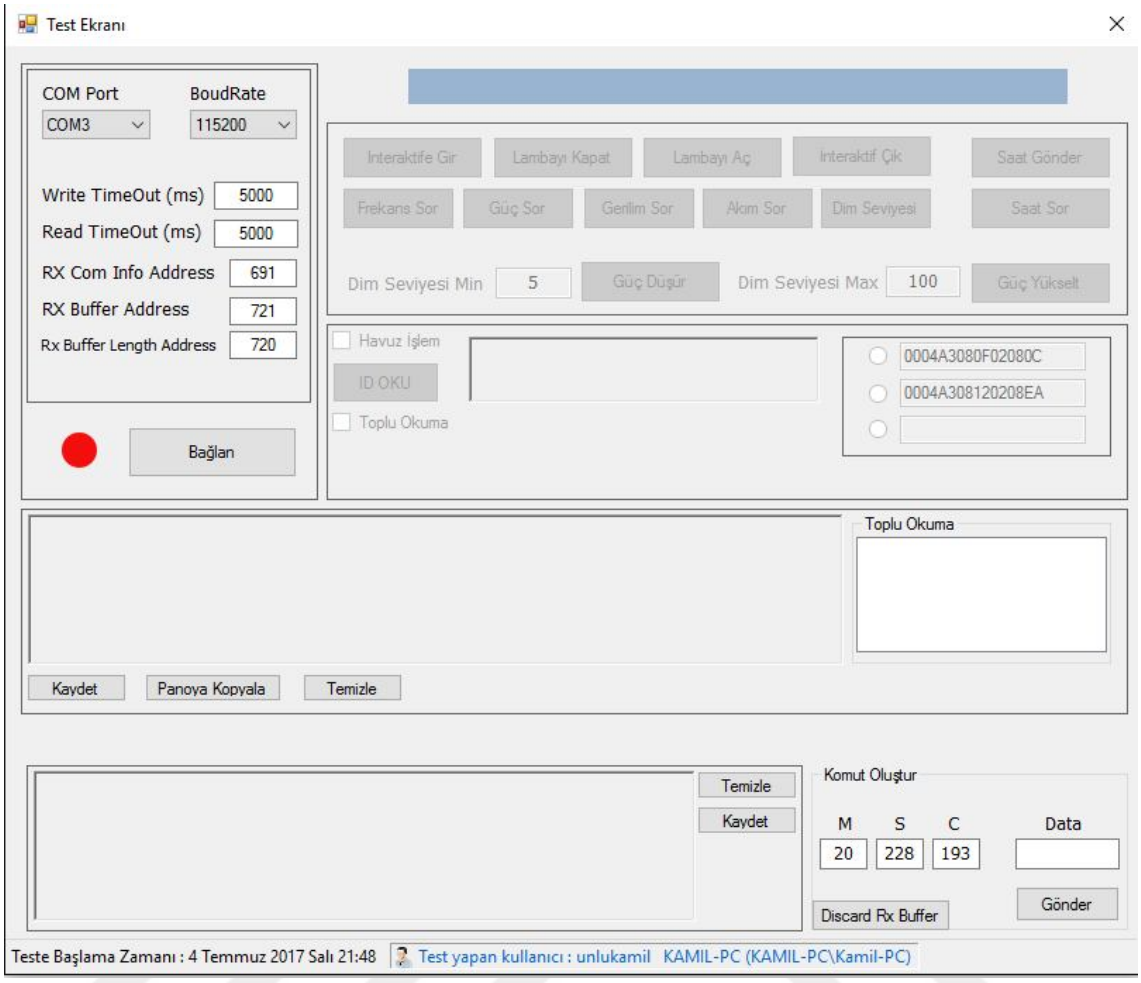
Solar panel pozisyon algılaması için ivmeölçer entegre kullanılmıştır. Seçilen entegre ST firmasının LIS331DLH kodlu ürünüdür. 3 eksen dijital ivmeölçerdir. SPI ve I2C protokollerinde haberleşebilen modelleri vardır. Tasarlanan devrenin şematiği şekil 4.10'da ve PCB çizimi şekil ek-6'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Pozisyon algılama devre şeması

4.5. Takip Yazılımı

Masaüstü uygulaması olarak hazırlanmıştır. C# diliyle yazılmıştır. Kablosuz haberleşmeli takip cihazı için hazırlanan donanım burada da kullanılmış ve hazırlanan takip yazılımı ile sahadan veri toplamada kullanılmıştır. Bu cihaz bilgisayara seri port üzerinden bağlanılarak geliştirilen takip yazılımının kablosuz olarak sahadan veri toplamasına aracılık etmektedir. Projenin esas amacı donanımsal tasarımlar olduğu için oldukça basit bir yazılım hazırlanmıştır. Takip yazılım ekran örneği şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Takip yazılımı ekran örneği

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu tez çalışmasında solar aydınlatma sistemleri ve aydınlatma kontrol sistemleri incelenmiştir. Türkiye'de ve dünyada yapılan uygulamalar ve bu uygulamalarda karşılaşılan sorunlar incelenmiştir. İncelemeler sonucu solar panel, armatür gücü ve akü kapasitesi seçilmiştir. Solar aydınlatmada yaşanan sorunlara kontrol sistemi dahil edilerek çözümler getirilmiştir. Tez çalışması kapsamında MPPT şarj kontrolör, dim edilebilir LED sürücü ve RF haberleşmeli kontrol cihazı tasarlanmış ve devreleri hazırlanarak çalıştırılmıştır. Tasarlanan devrelerde yapılan seçimler detaylandırılmıştır. Devre çizimlerinde topraklama, yüksek frekans ve yüksek akım taşıyan yolların çizimine özen gösterilmiştir.

Tasarlanan ve gerçekleştirilen sistem ile solar panel pozisyon bilgisi, akü şarj durumu (şarj oluyor, şarj tamamlandı, şarj durdu, yüksek gerilim veya akü yok bilgileri), LED armatür dim durumu bilgisi alınabilir ve armatürün istenilen zamanda açılıp kapatılması ve dim işlemleri yapılabilir.

5.2 Öneriler

Takip yazılımı geliştirilerek kablosuz haberleşmeli solar aydınlatma ürünlerinin uzaktan takibi daha detaylı yapılabilir. Örneğin yazılıma bir harita uygulaması eklenerek ürünlerin koordinatlarıyla takibi yapılabilir. Ayrıca kablosuz haberleşmeli takip cihazına ilave sensörler eklenerek aydınlatmanın yaya veya araç trafiğine göre yapılması sağlanabilir. Bu şekilde akü ve solar panel kapasiteleri de azaltılabilir.

Tez çalışmasında RF haberleşme için 2.4 GHz frekansı ve MiWi protokolü kullanılmıştır. ZigBee gibi farklı protokoller ve 433-868MHZ gibi farklı frekanslarda da RF haberleşme denemeleri yapılabilir.

EKLER

EK-1 Takip Cihazı İçin Data Gönderme Ve Alma Kod Örneği

```
unsigned newDataTaskFunc (void *parameters)
{
	COMHANDLERTYPE *comRXhandler=(COMHANDLERTYPE
*)parameters;
	if (comRXhandler->busy==1)
	{
		pushTask(newDataTask,parameters,normalParameter);
		return 1;//1 means fail
	}

	enum CMerrorEnum readFail=0;
	readFail=CMcomInfo(readCMmoduleU,rxBuffer,comRXhandler->comInfo);
	if (readFail!=noError)
	{
		//okuma arızası olursa ne yapacak?
	}

	readFail=CMcomBuffer(readCMmoduleU,rxBuffer,comRXhandler-
>comBuffer,(unsigned int *)&comRXhandler->bufferLen);
	if (readFail!=noError)
	{
		//ne yapacak???
		switch (readFail)
		{
			case busy:
				errh();
				break;
			case readTimeout:
				errh();

	readFail=CMcomBuffer(readCMmoduleU,rxBuffer,comRXhandler-
>comBuffer,(unsigned int *)&comRXhandler->bufferLen);
				break;
			case wrongDataLen:
				errh();
				break;
			case writeTimeout:
				errh();
				break;
			case txFail:
				errh();
				break;
			default:
				errh();
				break;
		}
```

```
	}
	//readFail yok ise
	volatile CMCommandST command;
	command.Val=0;
	command.bits.discardRxBuffer=1;
	while(uart.RX.inputMBuffer.read(&uart.RX.inputMBuffer,temp));
	readFail=CMcommandByte(writeCMmodule,command.v);
	if (readFail!=noError)
	{
		//okuma arızası olursa ne yapacak?
	}
	comRXhandler->busy=1;
	//alınan data kullanıldıktan sonra busy 0 yapılmalı

	volatile unsigned char temp[16];
	volatile CMSTATUSTYPE status;
	unsigned int startTick=getTick();
	unsigned short dataLen=0;

	while (getTick()-startTick<100*_oneMs_)
	//txSuccess bekle
	{
		dataLen=readBuffer(&uart.RX.inputMBuffer,temp);
		if (dataLen)
		{
			break;
		}
	}
	if (dataLen==4)
	{
		copyArray(temp,status.v,4);
		if (status.bits.newData==0)
		{
			//ne yapsın???
			//discard başarılı
		}
	}

//	APPLICATIONDATATYPE
*taskAppData=malloc(sizeof(APPLICATIONDATATYPE));
//	APPLICATIONDATATYPE
*taskRetVals=malloc(sizeof(APPLICATIONDATATYPE));
	packetInfoType packetInfo;
	packetInfo.word=0;
	unsigned fail=0;
	packetInfo.word=checkMyDataFunc(comRXhandler,&taskAppData);
//	unsigned char funcError=checkMyDataFunc(comRXhandler,&taskAppData);
	volatile unsigned short ACKval=1;
	if (packetInfo.body)
	{
```

```
                //ne yapacak???
                ACKval=0;
                ACKval|=packetInfo.body<<1;
        }
        else if (packetInfo.myAdd==1 && packetInfo.validFrame==1)
        {

                fail=executeFunc(&taskAppData,&taskRetVals,&ACKval);
                if (fail)
                {
                        //ne yapacak???
                        //zaten hep sıfır dönüyor
                        //ilerde kullanmak için koydum
                }
                *(txHandler.comInfo)=*(comRXhandler->comInfo);
                copyArray(comRXhandler->comInfo->sourceAdd,txHandler.comInfo-
>destAdd,8);
                txHandler.comInfo->destAddType=comRXhandler->comInfo-
>sourceAddType;
                txHandler.comInfo->sourceAddType=comRXhandler->comInfo-
>destAddType;
                fillMyAdd(txHandler.comInfo->sourceAdd,txHandler.comInfo-
>sourceAddType);
//
        copyArray(device.configs.communication.addressing.devices.longID,txHandler.
comInfo->sourceAdd,8);
                txHandler.comInfo->ACK[0]=ACKval&0x00FF;
                txHandler.comInfo->ACK[1]=(ACKval>>8);
                if ((txHandler.comInfo->ACK[0]&1)==0)
                {
                        taskRetVals.nrOfFuncitons=0;
                //paket nack olunca appdata göndermeye gerek yok
                }
                txHandler.comInfo->repeaterLvl=txHandler.comInfo->finalRepeaterLvl;
                fail=readyTXpacket(&txHandler,&taskRetVals);
                if (fail)
                {
                        //ne yapacak???
                        //zaten hep sıfır dönüyor
                        //ilerde kullanmak için koydum
                }
        }
        else if (packetInfo.repeatType!=_dontRepeat_)
        {
                *(txHandler.comInfo)=*(comRXhandler->comInfo);
                txHandler.bufferLen=comRXhandler->bufferLen;
                copyArray(comRXhandler-
>comBuffer,txHandler.comBuffer,txHandler.bufferLen);
        }
```

```
//		free(taskAppData);
//		free(taskRetVals);
		comRXhandler->busy=0;
		if ((packetInfo.myAddType!=_broadcastAdd_ ||
packetInfo.repeatType!=_dontRepeat_) && packetInfo.validFrame==1)
		{
			enum CMerrorEnum
sendFail=sendPacket(txHandler.comInfo,txHandler.comBuffer,txHandler.bufferLen);
			if (sendFail!=noError)
			{
				return sendFail;
				//tekrar var mı???
			}
			resetTimer(comResetTimer);
		}

		return noError;
		//1 means fail
}

enum CMerrorEnum sendPacket (COMINFOTYPE *comInfo, unsigned char *buffer,
unsigned char size)
{
		enum CMerrorEnum readFail;
		volatile unsigned int len=size;
		readFail=CMcomInfo(writeCMmodule,txBuffer,comInfo);
		//com info yu modüle yaz
		if (readFail!=noError)
		{
			//okuma arızası olursa ne yapacak?
		}

		readFail=CMcomBuffer(writeCMmodule,txBuffer,buffer,&len);
		//app datayı com modüle yaz
		if (readFail!=noError)
		{
			//okuma arızası olursa ne yapacak?
		}

		volatile CMCommandST command;
		command.Val=0;
		command.bits.sendData=1;
		readFail=CMcommandByte(writeCMmodule,command.v);
		//send data komutu
		if (readFail!=noError)
		{
			//okuma arızası olursa ne yapacak?
		}
		volatile unsigned char temp[16];
```

```
	volatile CMSTATUSTYPE status;
	unsigned int startTick=getTick();
	unsigned short dataLen=0;
	while (getTick()-startTick<100*_oneMs_)
	//txSuccess bekle
	{
		dataLen=uart.RX.inputMBuffer.read(&uart.RX.inputMBuffer,temp);
		if (dataLen)
		{
			break;
		}
	}
	if (dataLen==4)
	{
		copyArray(temp,status.v,4);
		if (status.bits.specialStatus)
		//txSuccess gelmiş mi?
		{
			//ne yapsın?
		}
	}
	volatile CMSpecialStatusST sStatus;
	sStatus.Val=0;
	readFail=CMstatusByte(readCMmoduleU,sStatus.v);
	//special status dan txSuccess kontrol et
	if (readFail!=noError)
	{
		//okuma arızası olursa ne yapacak?
	}
	if (sStatus.bits.txSuccess==0)
	{
		unsigned txFail=1;
		CMFailComm.CMFailCommunicationCounter++;
	}
	return readFail;
}
```

EK-2 Pozisyon Algılama Entegresi İçin Yazılan Kod Örneği

```
	#device adc=16
	#FUSES NOPROTECT,PUT
	#FUSES NOWDT		//No Watch Dog Timer
	#FUSES INTRC_IO		//High speed Osc (> 4mhz for PCM/PCH)
(>10mhz for PCD)
	#FUSES NOBROWNOUT	//No brownout reset
```

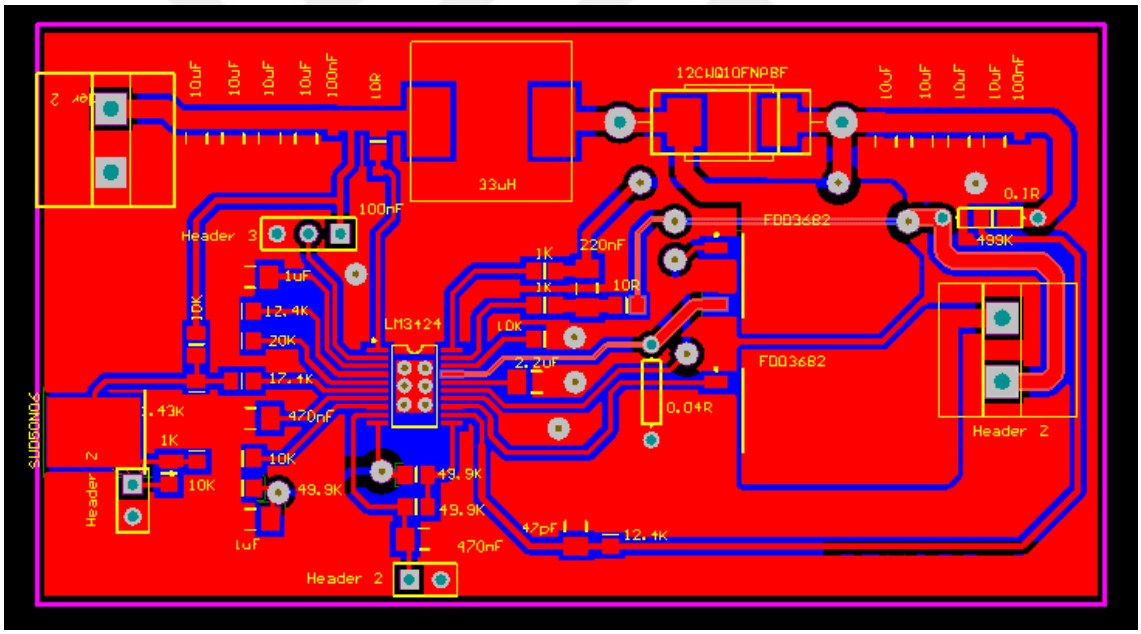
```
#FUSES NOLVP                    //No low voltage prgming, B3(PIC16) or B5(PIC18) used for I/O

#include <MATH.H>
#use delay(clock=8000000)
#include <lis331.c>
#use rs232(baud=2400, xmit=PIN_B7,rcv=PIN_B6)
unsigned int32 temp;
void main()
{
  unsigned int day=7,mth=3,year=13,dow=29,hour=0,min=0,address=0xab,data=0xac,hr,id[9],sec=12, j,den[12];
  signed int x[10];
  setup_comparator(NC_NC_NC_NC);// This device COMP currently not supported by the PICWizard
  setup_oscillator(OSC_8MHZ);
  setup_adc_ports(NO_ANALOGS|VSS_VDD);
  printf("rs232 veri yolu calisiyor  \n");
  write_lis(0x22,0x15);
  if(read_lis(0x22)==0x15)
  {output_high(PIN_A1);printf("okuma-yazma islemi calisiyor\n\r");}
  lis_init();
  if (lis_init() == 0)
  {
   printf("LIS ID DOGRULANDI\r\n" );
   Delay_ms(100);
  }
  else
  {
   printf("LIS ID HATASI\r\n");
   Delay_ms(100);
   while(1);
  }
```

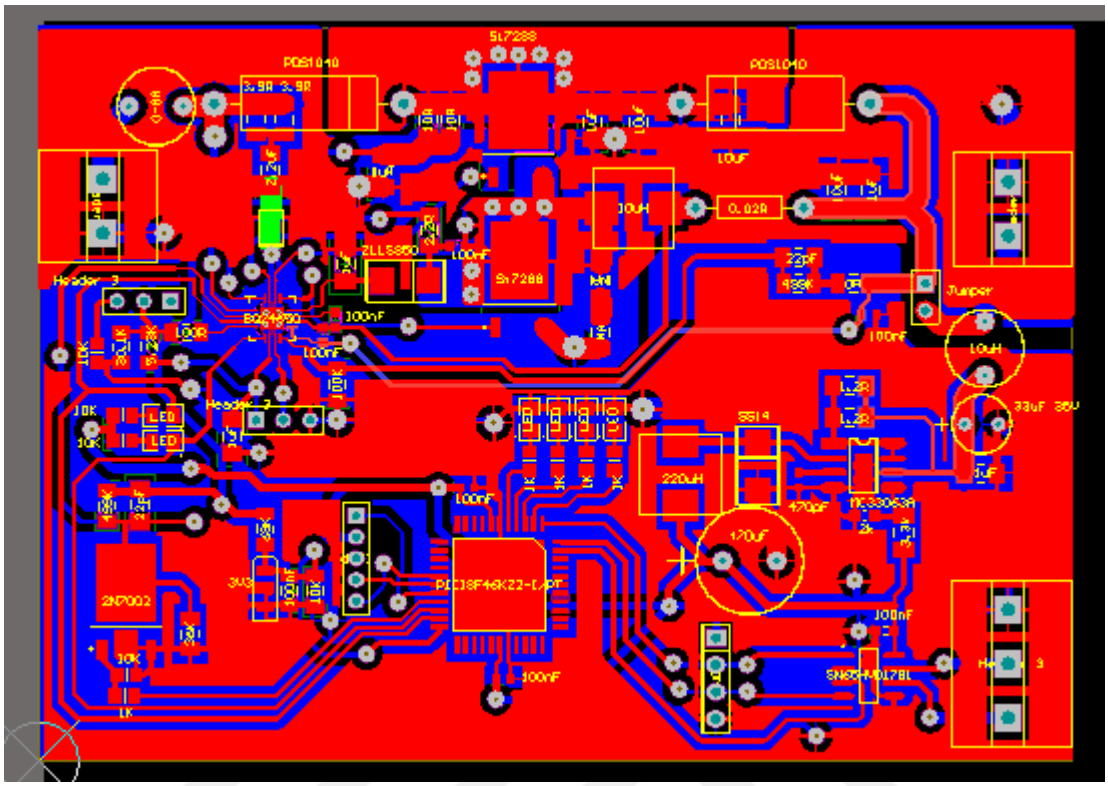
```
while(1)
{ output_high(PIN_A1);
 read_lis(0x23);
 read_xyz_axis(x[1],x[2],x[3]);

 printf("x=%d  y=%d  z=%d\n\r",x[1],x[2],x[3]);
 delay_ms(100);
 output_low(PIN_A1);
 delay_ms(250);
}
}
```

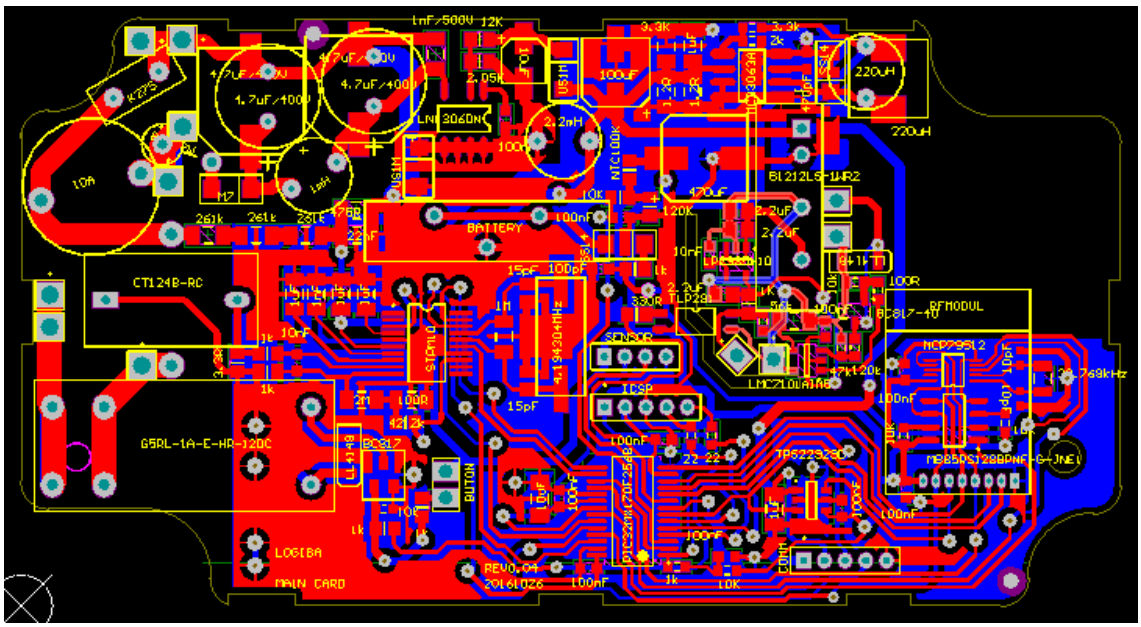
EK-3 LED sürücü devresi PCB çizimi



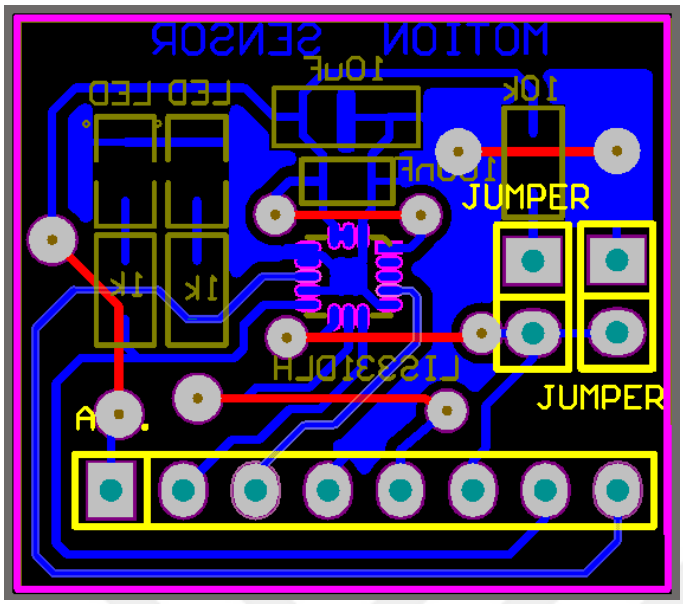
EK-4 MPPT'li şarj kontrolör devresi PCB çizimi



EK-5 Takip cihazı devresi PCB çizimi



EK-6 Pozisyon algılama devresi PCB çizimi



KAYNAKLAR

Anand, S., Jain, N., 2015, Intelligent Street Light System using RF Transmission, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 1450-1454.

Archana, M., E – Street: Led Powered Intelligent Street Lighting System With Automatic Brightness Adjustment Based On Climatic Conditions And Vehicle Movements, Proceedings of IRAJ International Conference, India, 11-16.

Atagündüz, G., 1989, Güneş Enerjisi Temelleri Ve Uygulamaları, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.

Büyükkılıç, M., 2009, Güneş Enerjili Sistemlerin Yol Aydınlatması Amaçlı Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü,* İstanbul, 73-75.

Cree, XLamp XB-D datasheet, http://www.cree.com/~/media/Files/Cree/LED%20Components%20and%20Modules/XLamp/Data%20and%20Binning/XLampXBD.pdf [Ziyaret Tarihi: 02.07.2017]

Çelen, B., 2004, Asus WL-167G ve WL-330G incelemeleri Kablosuz Ağ Kurulum Rehberi, PC LABS, http://www.PCLABS.com.

Çelik, K., 2016, Enerji Verimliliği İçin Bir Merkezden Kontrollü Sokak Aydınlatma Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Ankara, 1-6.

Devi, A. D., Kumar, A., Design and Implementation of CPLD based Solar Power Saving System for Street Lights and Automatic Traffic Controller, International Journal of Scientific and Research Publications, 193-196.

Eliiyi, D.T., Çaylan, T., 2008, Güneş Enerjisi Ve Led İle Etkin Enerji Kullanımı: Yol Aydınlatmalarına Yönelik Bir Uygulama, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 2-15.

Enslin, J.H.R., Wolf, M.S., Snyman, D.B., Swiegers, W., 1997, Integrated photovoltaic maximum power point tracking converter. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 44 (6), 769–773.

Fathi, M., Chikouche, A., and Abderrazak, M., 2011, Design and realization of LED Driver for solar street lighting applications, Energy Procedia 6, 160-165.

Filimonovaa, A. A., Barbasovaa, T. A., Shnaydera, D. A., 2016, Outdoor lighting system upgrading based on Smart Grid concept, Energy Procedia 111, 678-688.

Kaplan, Y., 2002, Kablosuz LAN Teknolojileri.

Khandelwal, D., Thomas, B., Mehndiratta, K., Kumar, N., 2015, Sensor-Based Automatic Street Lighting System, International Journal of Education and Science Research, 24-27.

Kılıç, A., 2013, Kentsel Dış Mekanlarda Led Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Üzerine Örnek Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul, 74-75.

Köroğlu, A. E., 2004, 802. 11x/Wi-Fi Nedir?.

Kumar, R.S., Prabu, Rani, S.V., Venkatesh, P., 2015, Design and Implementation of an Automatic Solar Panel Based Led Street Lighting System Using Zigbee and Sensors, Middle-East Journal of Scientific Research, 573-579.

Mottier P., Wiley, 2009, LED for Lighting Applications, USA.

ON Semiconductor, Solar Powered LED Street Lighting, http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/TND346-D.PDF [Ziyaret Tarihi: 02.07.2017]

Osram LED, The history of the LED, http://www.osram.com/osram_com/news-and-knowledge/led-home/professional-knowledge/led-basics/led-history/index.jsp [Ziyaret Tarihi: 13.04.2016]

Öztürk, E., 2004, WLAN Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless Local Area Networks) Teknolojisinin İncelenmesi, Mevcut Düzenlerin Değerlendirilmesi ve Ülkemize Yönelik Düzenleme Önerisi (Uzmanlık Tezi). Telekomünikasyon Kurumu, Ankara.

Panchal, P., Parmar, A.P., Atodaria, V.H., Desai, P.P., 2013, Solar Led Street-Light Using Motion Sensor And Single Axis Control, International Journal of Advancements in Research & Technology, 480-483.

Pandey, M., Pandey, S., 2015, Intelligent Street Lighting System using Automatic Solar LED Lamps, International Journal of Science Technology & Engineering, 269-272.

Perdahçı, C., Durak, M., Kılıç, Y., LED Teknolojisi, 2013, 32. Enerji Verimliliği Haftası 4.Ulusal Enerji Verimi Forumu ve Fuarı, 1-5.

Photovoltaic Systems, Postgraduate Distance Learning Series in Renewable Energy Systems Technology, Solar Power Unit 7, © CREST 2000.

Ronay, K., Dumitru, C.D., 2015, An Approach to Intelligent Road Lighting System with Renewable Energy Based Power Supply, Procedia Technology, Romania, 836-839.

Saka, Ö., 2007, Konya Koşullarında Güneş Pillerinin Aydınlatma Uygulamalarında Kullanım İmkanları, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Konya, 41-43.

Sandhya, K., Reddy, K. V., 2016, International Journal of Scientific Engineering and Technology Research, 2907-2911.

Sudhakar, K.S., Anil, A.A., Ashok, K.C., Bhaskar, S.S., 2013, Automatic Street Light Control System, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 188-189.

Ledil, "Application notes – STRADA-IP-2X6-T2" http://www.ledil.com/lett/application_engineering/b3df93-AppNote_STRADA-IP-2X6-T2.pdf [Ziyaret Tarihi: 17.12.2017]

Unienerji, "Güneş Pilleri PV", http://www.unienerji.com/arsivler/20 [Ziyaret Tarihi: 17.12.2017]

Yılmaz, H., 2012, Design, Application And Comparison Of Single Stage Flyback And Sepic PFC AC/DC Converters For Power Led Lighting Application, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü,* Ankara, 181-185.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Murat SEZER
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Bozkır, 1984
Telefon	**:**	0 533 397 16 79
Faks	**:**	
e-mail	**:**	muratsezer0@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Selçuklu Anadolu Lisesi, Selçuklu, Konya	2002
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2006
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	Devam ediyor
Doktora	:	-	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2007-2008	Çağlayan Yapı Denetim	Kontrol Mühendisi
2008-2009	Baytur	Elektrik Mühendisi
2009-2011	Başaranlar Mühendislik	Ar-Ge Mühendisi
2011 - …	Logiba Aydınlatma	Teknik Müdür

UZMANLIK ALANI

Güç Elektroniği, Aydınlatma Sistemleri

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

1. Başaran, L., Sezer, M., ve Koçak, F.K., Kent Parkları Ve Organize Sanayi Bölgeleri Örneklerinde Dış Aydınlatmalar İçin Akıllı Kontrol Sistemleri Ve Enerji Tasarrufu Uygulamaları, ICSG İstanbul, 2014
2. Sezer, M., Akıllı Şehir Aydınlatmaları, http://www.akillisebekeler.com/2017/01/02/akilli-sehir-aydinlatmalari, 2017
3. Sezer, M., Güneş, S., Photovoltaic Powered Exterior Led Lighting System with Wireless Communication, International Conference on Engineering Technologies (ICENTE), 2017