

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AKILLI-YÖNLENDİRİLEBİLİR GÜNEŞ ENERJİSİ TOPLAMA SİSTEMİ



YASİN ZENGİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRONİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. HAMİD TORPİ**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI-YÖNLENDİRİLEBİLİR GÜNEŞ ENERJİSİ TOPLAMA SİSTEMİ

Yasin ZENGİN tarafından hazırlanan tez çalışması 04.07.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Hamid TORPİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Hamid TORPİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mesut KARTAL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Nurhan TÜRKER TOKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmada 4 adet LDR'den alınan bilgilerin PIC18F452 mikroişlemcisi içerisine yüklenen yazılım ile mukayese edilmesi ile günün her saatinde güneş enerjisinden en iyi şekilde fayda elde etme sağlanmıştır. Ayrıca, yapılan sistem üzerindeki hareketi sağlayan DC motorların dönme hareketi sırasında harcayacağı enerji ile PV modüllerden elde edilecek enerjiye göre hareketli sistemin hareket sisteminin kontrolü sağlanmıştır.

Uygulamasını yaptığım sisteme ait düzeneklerin oluşturulmasında en büyük destek veren Doç. Dr. Hamid TORPİ hocama, mekanik düzeneğin meydana gelmesinde ve elektronik ekipman temininde yardımlarını esirgemeyen Yasin APATAY'a, elektronik bilgisini esirgemeyen Ramazan KARAASLAN'a, manevi desteklerini esirgemeyen Ahmet Serkan DABAK ve Ali SAĞIROĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bunlara ek olarak, eğitimimiz süresince bizlerden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ailelerimize ve bizlere hayatlarıyla örnek olan tüm hocalarımıza saygı ve sevgilerimizi sunarım.

Her şeyden öte, hayatta olduğu zamanlarda neşesini bana aşıl原因an, hayatının son demlerinde bu çalışmayı yapmam için ısrar eden kardeşim Ertuğrul Salih ZENGİN'i rahmet ve minnetle anıyorum.

Temmuz, 2018

Yasin ZENGİN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	3
BÖLÜM 2	
ENERJİNİN TANIMI, ÇEŞİTLERİ ve ENERJİ KAYNAKLARI.....	4
2.1 Enerjinin Tanımı ve Çeşitleri	4
2.2 Enerji Kaynakları	5
BÖLÜM 3	
GÜNEŞ ENERJİSİ ve TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ.....	7
3.1 Güneş Enerjisi	7
3.2 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli ve GEPA.....	8
BÖLÜM 4	
GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMI ve GÜNEŞTEN ELEKTRİK ELDE EDİLMESİ.....	11

4.1	Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları	11
4.2	Güneş Enerjisinden Elektrik Elde Edilmesi.....	11
4.2.1	Yoğunlaştırıcı Sistemler	11
4.2.2	Fotovoltaik Sistemler	13
4.3	Güneş Enerjisi Kullanımının Avantajları ve Dezavantajları	16
4.4	Türkiye’de GES Mevzuatları ve Solar Enerji Sektörünün Son Durumu	17
BÖLÜM 5		
GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ.....		19
5.1	Güneş Takip Sistemleri.....	19
5.1.1	Termal Prensipli Güneş Takip Sistemleri	20
5.1.2	Elektrik Prensipli Güneş Takip Sistemleri	21
5.1.2.1	Eksen Devrimine Göre STS’ler	22
5.1.2.2	Kontrol Yöntemlerine Göre STS’ler	23
BÖLÜM 6		
GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ UYGULAMASI.....		25
6.1	Uygulama Yapılan Sistemin Çalışma Prensipleri	25
6.2	Güneş Takip Sistemi Elektronik Ünitelerine ait Ekipmanlar	26
6.3	Güneş Takip Sistemi Mekanik Ünitelerine Ait Ekipmanlar	37
6.4	Tasarlanan Prototip ile Yapılan Deneysel Çalışmalar.....	40
BÖLÜM 7		
SONUÇ VE ÖNERİLER.....		45
KAYNAKLAR.....		51
EK-A		
SOLAR TAKİP SİSTEMİ ELEKTRONİK DEVRESİ ELEMAN LİSTESİ		55
EK-B		
TASARIMI YAPILAN SİSTEMİN BASKI DEVRE ŞEMASI		56
EK-C		
SİSTEM KARTI DEVRE ŞEMASI		57
ÖZGEÇMİŞ.....		59

SİMGE LİSTESİ

cal/cm ²	Kalori/santimetrekare
G _{sc}	Güneş Sabiti
gr	Gram
K	Kelvin
km	Kilometre
kW/m ²	Kilowatt/metrekare
kWh/m ²	Kilowattsaat/metrekare
kWh	Kilowattsaat
kWh/m ² . yıl	Kilowattsaat/metrekare.yıl
kΩ	Kiloohm
mm	Milimetre
MW	Megawatt
V	Volt
W	Watt
W/m ²	Watt/metrekare

KISALTMA LİSTESİ

AC	Alternatif Akım
ARGE	Araştırma Geliştirme
BEK	Birincil Enerji Kaynakları
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DC	Doğru Akım
GEPA	Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Enerjisi Santrali
İK	İkincil Enerji Kaynakları
LDR	Light Dependant Resistör
PV	Fotovoltaik
STS	Solar Takip Sistemi
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TL	Türk Lirası
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Enerji kaynaklarının kategorizasyonu 5
Şekil 3.1	Türkiye GEPA verileri..... 10
Şekil 4.1	Parabolik kolektör yapısı 12
Şekil 4.2	Yoğunlaştırıcı santrallerin şematik gösterimi..... 13
Şekil 4.3	Bir PV panel sisteminde güneşin etkisi ve elektrik oluşumu..... 14
Şekil 4.4	Hücre-modül-dizin gösterimi 14
Şekil 4.5	Şebeke bağlantısız sistem 15
Şekil 4.6	Şebeke bağlantılı sistemler 16
Şekil 5.1	Güneşin yıl içerisinde mevsimlere göre izlediği yörüngeler 20
Şekil 5.2	Termal prensipli STS'nin güneşe göre hareketleri 21
Şekil 5.3	Elektrik prensipli STS 21
Şekil 5.4	Tek eksenli elektrik prensipli STS 22
Şekil 5.5	Çift eksenli elektrik prensipli STS 23
Şekil 5.6	Açık döngü sistemine ait blok diyagram 23
Şekil 6.1	PIC 18F452 entegresi 28
Şekil 6.2	10 Watt'lık PV modül 30
Şekil 6.3	Solar şarj kiti ISIS devre şeması 31
Şekil 6.4	Solar şarj kiti görünümü 32
Şekil 6.5	L298N motor sürücü kartı 34
Şekil 6.6	LM7805 devre elemanı bağlantı şekli 35
Şekil 6.7	LCD ekran gösterimi 35
Şekil 6.8	Çok turlu potansiyometreler..... 36
Şekil 6.9	LCD ekran 36
Şekil 6.10	2 eksenli hareketi sağlayan mekanik sistem 38
Şekil 6.11	DC motor şematik gösterimi 39
Şekil 6.12	DeneySEL çalışma alanı 40

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Kaynak-YEK gösterimi.....	6
Çizelge 3.2 Güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere dağılımı	9
Çizelge 6.1 Fotovoltaik panel karakteristiği.....	32
Çizelge 6.2 Deneysel çalışma tablosu	41
Çizelge 6.3 Gün içerisinde LDR4'ün direnç değişim değerleri	43
Çizelge 6.4 Anlık güç değerinin gün içerisindeki değişimi	44
Çizelge 7.1 STS ile sabit sistemin enerji yönünden kıyaslanması	47
Çizelge 7.2 Elevasyon açısı- üretilen enerji ilişkisi	48

AKILLI-YÖNLENDİRİLEBİLİR GÜNEŞ ENERJİSİ TOPLAMA SİSTEMİ

Yasin ZENGİN

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hamid TORPİ

Son yüzyılda insanlar, sahip olduğu teknolojiler ile gelecek için daha konforlu bir hayat ortamı oluşturmaktadırlar. Gün geçtikçe artan yaşam standartlarına paralel olarak tüketim hızımız ve alışkanlıklarımızda artış göstermektedir. Konforlu hayat için meydana gelen gelişimler ve değişimlere yönelik yapılan çalışmaların insanlık için tehdit oluşturacak unsurları da beraberinde getirdiğinden, bu tehdit unsurlarına karşı kalıcı çözümler bulma zorunluluğu doğmaktadır.

Bu tehdit unsurlarının en başında fosil yakıtlarından kaynaklı çevre kirliliği ve buna bağlı olarak iklim değişikliği gelmektedir. İnsanlık tarihi boyunca en temel ihtiyaçlar arasında bulunan ve enerjinin elde edilmesi için varolan sistemde doğalgaz, petrol gibi karbon bazlı yakıtlar kullanılmaktadır. Miktarı gün geçtikçe azalan fosil yakıtlarına ulaşmak pahalı hale gelmekte ve ekonomisi güçlü olmayan az gelişmiş ülkeler için bu durum olumsuz bir hal almaktadır. Ayrıca, fosil yakıtlarının kullanımının artmasıyla insanlık için zararlı olan sera gazlarının yoğun bir şekilde atmosfere yayılması nedeniyle iklim değişiklikleri de ortaya çıkmaktadır. Bu iki sorunun çözüm bulması için son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim her alanda artış göstermektedir.

Türkiye'nin dünya üzerindeki matematiksel konumuna göre güneşlenme süresi ve alanı fazladır. Bu sebepten ötürü, yerli enerji elde etmek için güneş enerjisi en ideal alternatif enerji kaynaklarının başını çekmektedir.

Bu doğrultuda, özellikle Türkiye'nin güney bölgelerinde su ısıtma sistemlerinde güneş enerjisi kullanımı yaygın olarak mevcuttur. Güneş enerjisinden bir diğer yararlanma yolu ise, yarı iletken teknolojisine sahip PV modüller ile elektrik enerjisi elde

edilmesidir. Ancak, güneşten elektrik elde etme yöntemlerinin hem ilk kurulum maliyetleri yüksek ve hem de amortisman süreleri uzundur. Bu anlamda, söz konusu PV modüllerin verimliliğinin arttırılması için ARGE çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Bahse konu güneş panellerinden elde edilen verimin arttırılması için ya PV modül üzerine düşen ışınım şiddetinin arttırılması ya da hücre veriminin arttırılması gerekmektedir. Hücre verimi arttırımı, söz konusu modüllerin yarı iletken malzeme ihtiva etmesi nedeniyle belirli bir seviyeye kadar yapılabilir.

Bu çalışmada, güneş takip sistemi kullanılarak PV modül üzerine düşen güneş ışığı şiddetinin arttırılması düşünülmüştür. Şöyle ki; doğu-batı ve kuzey-güney yönlerine hareket edebilen mekanik bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistem üzerine 10 W'lık bir güneş paneli konulmuş, dört yanına 4 adet foto direnç (LDR) yerleştirilmiştir. LDR'lerden alınan bilgiler PIC18F452 mikroişlemcisinin analog girişlerine gelmektedir. Mikroişlemci içerisinde bulunan yazılım, PV modülün monte edildiği sistemde bulunan iki adet DC motoru hareket ettirmekte olup, hareketli platformun LDR'lerden alınan bilgiler sayesinde güneşe göre konumlanması sağlanmaktadır. Bu sayede, gün boyunca güneş ışığı paneller üzerine dik açıyla düşmektedir. Ayrıca, uygulaması yapılan bu sistem sayesinde iki gün boyunca ölçüm yapılmış birinci gün sabit sistem verileri kaydedilmiş, ikinci gün ise hareketli sistem verileri kaydedilip enerji verimliliği kıyaslanmıştır.

Tüm bunların yanında söz konusu sistem içerisindeki mikroişlemci, DC motorların dönmesi esnasında harcaacağı enerji ile PV modül'den elde edilecek enerjiyi mukayese ederek, dönme işlemi için harcanacak enerjinin fazla olacağına karar verdiğinde STS'yi sabit tutacaktır. Bu sistemde birde akü ve akü şarj kiti mevcut olup, akü dolu ise sistem üretim yapmayacaktır. Bahse konu uygulaması yapılan sistemde oto-manuel butonları mevcut olup, sistem istenilirse manuel de kontrol edilebilecektir. Ayrıca, mikroişlemciden alınan bilgilerin görsel halleri LCD ekranda gösterilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, PV modül, güneş takip sistemi, PIC18F452, LDR

SMART-ROUTABLE SOLAR ENERGY COLLECTION SYSTEM

Yasin ZENGİN

Department of Electronics and Communications Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Hamid TORPİ

In the last century, people have created a more comfortable life environment for the future with the technologies they have. In parallel to the ever-increasing life standards, the pace of our consumption and our habits have increased. As the works made for the developments and the changes for a comfortable life pose threats to humanity, it is compulsory to find permanent solutions to these threats. The first of these threats are environmental pollution along with climate change which stem from fossil fuels. In the existing system, carbon-based fuels such as natural gas and petroleum are used in order to produce energy which is among the basic needs during the history of humanity. To reach fossil fuels, which are decreasing in amount day by day, is becoming expensive and this is creating a negative situation for the underdeveloped countries. In addition, climate change is also emerging due to diffusion of greenhouse gases in the atmosphere intensively. Greenhouse gases which emerge as a result of increased use of fossil fuels are harmful to the humanity. The tendency towards renewable energy sources has increased in recent years in order to solve these problem. Turkey receives more sunlight in terms of the length of time and the area of the country due to its mathematical position in the world. For this reason, solar energy is the most ideal alternative energy source in order to produce domestic energy. In this direction, the use of solar energy for water heating systems in the southern region of Turkey is widely available. Another way to benefit from solar energy is to produce electrical energy with Photovoltaic (PV) modules which have semiconductor technology. However, the methods of producing electricity from the sun have both

high initial costs and long depreciation periods. In this sense, Research and Development(R&D) studies needs to be conducted in order to increase the efficiency of the PV modules. In order to increase the efficiency obtained from the solar panels, either the radiation intensity on the PV module or the efficiency of cell must be increased. The increase of the efficiency of cell can be made to a certain level because the modules in question contain semiconducting material.

In this study, it was considered to increase the intensity of the sunlight on the PV module through using the solar tracking system. Namely; a mechanical system is designed to move to the directions of east-west and north-south. A 10 W solar panel is placed on this system and four Light Dependet Resistance(LDR) are placed on each side. The information received from the LDRs goes to the analog inputs of the PIC18F452 microcontroller. The software inside the microcontroller moves the two DC motors in the system where the PV module is assembled and the moving platform is positioned according to the sun thanks to the information received from the LDRs. Therefore, the sunlight falls on the panels at right angles throughout the day. In addition, thanks to this application system, two days were recorded; the fixed system data was recorded on the first day and the moving system data was recorded on the second day; and the energy was compared. Besides, the micro-controller in the system keeps the Solar tracking system (STS) stable when it considers the energy to be consumed is much for the rotation process through comparing the energy consumed during the rotation of the DC motors and the energy produced from the PV module. In this system there is a battery and battery charger kit, and the system does not produce when the battery is full. There are auto-manual buttons on the system so it can be controlled manually if required. In addition, the information received from the microcontroller is displayed on the LCD screen.

Keywords: Renewable energy, PV module, solar tracking system, PIC18F452, LDR

1.1 Literatür Özeti

Chaplin ve ekibi, şuan kullanmakta olduğumuz silisyum tabanlı yarı iletken teknolojisini ihtiva eden ilk güneş hücrelerini Bell laboraturarında tasarlamıştır. O zamanki teknolojiyle güneş enerjisinin % 4'ü elektrik enerjisine dönüştürülmekteydi. Bu nedenle verimleri oldukça düşüktü. Ancak, uzay çalışmalarında enerji ihtiyacını karşılamada PV panellerin kullanılması düşüncesi ilk buluşların gelişmesine hız kazandırmıştır. [1]

Ahmet YÜKSEL ve arkadaşları, PV panellerin gün içerisindeki enerji üretim miktarını arttırmak için 4 adet LDR, 2 adet doğru akım motoru ve mikroişlemci (PIC) ile iki eksenli devinim yapabilen bir sistem tasarlamıştır. Bu çalışmada asıl amaç, güneş ışınlarının gün boyunca PV paneller üzerine dik düşmesi sağlanmaktır. Şöyle ki; PV panelin uç kısımlarına kararlı bir sistem oluşturmak için LDR'ler yerleştirilmiştir. LDR'ler üzerine düşen ışık şiddetine göre PIC içerisinde karşılıklı farklar alınarak doğru akım motorlarının dönüşü sağlanmaktadır. LCD ekran üzerinde panel açısı, akü doluluk oranı, ışık şiddeti, çıkış gücü ve voltajı bilgileri görülebilmektedir [2].

Salah ve Salem 2004 yılında, sabit PV sistemi ile iki eksenli devinim yapabilen PV sisteminden elde edilen enerjiyi ve verimi mukayese etmişlerdir. Sabit sistemi güneşe doğru çevirip 32 derecelik bir açıyla bırakıp elde edilen enerjiyi ölçmüşlerdir. İki eksenli devinim yapan sistemden elde edilen enerji ölçüm değerleri ile sabit sistem kıyaslandığında çift eksenli devinim yapan sistem % 41,34 oranında üzerine daha fazla enerji topladığı ve bu sistemlerin daha verimli olduğunu göstermişlerdir [3,4].

Mehmet Fatih Beyoğlu, Balıkesir iline yatırım yapmak isteyen yatırımcıları teşvik etmek amacıyla 2011 yılında maksimum güç takip sistemi olan sabit ve çift eksenli iki PV güneş enerjisi sisteminin kurulumu ve bu sistemlerin aynı zamanlı çalışmaları sonucunda elde edilen verimi göstermiştir. Alınan neticelere göre, çift eksenli sistemler sabit sisteme göre % 39 daha verimli çıkmıştır [5].

Musa YILMAZ 2013 yılında, aynı özellikte ekipmanlara sahip sabit eksenli sistem ile iki eksenli hareket eden sistemi kıyaslamış ve iki eksenli sistemin güneş enerjisi toplama potansiyelinin sabit sisteme göre yaklaşık olarak % 32 oranında fazla olduğunu göstermiştir. Söz konusu verimin yaz aylarında %70'lere kış aylarında %11'lere düştüğünü yapmış olduğu deneylerde belirtmiştir. Bunlara ek olarak, çift eksenli sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle bu yatırım maliyetini minimize etmek için damperli motor kullanmış ve maliyet analizlerini göstermiştir [6].

Gökhan ORAL ve arkadaşı, sabit eksenli güneş paneli sistemine göre daha yüksek çıkış gerilim elde etmek için, küçük boyutlu güneş paneli, 2 adet servo motor ve Arduino kontrolörüyle gerilim değerlerini kablosuz ileten verici ekipmanlarıyla geri besleme yaptırarak, maksimum voltaj seviyelerinin çift eksenli devinim yapan PV sistemin hangi konumunda verdiğini tespit etmiş ve bir sonraki adıma kadar bu sistemin hareket etmemesi sağlanmıştır [7].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, uygulaması yapılacak PV modüllü sistem önce sabit tutularak bir günlük enerji üretim verileri kaydedilecek, ikinci gün ise güneş takip sistemi prototipi üzerinde bulunan LDR'lerden alınan bilgiler PIC18F452 mikroişlemcisi içerisinde bulunan yazılım vasıtasıyla verileri değerlendirilerek, sistem üzerinde bulunan DC motorları harekete geçirecek ve güneş paneli güneş ışığını dik alacak şekilde konumlanarak üretilen enerji değeri kaydedilecektir. Elde edilen veriler kaydedilerek iki sistemden verimli olan sistem tespit edilecektir. Ayrıca, PIC18F452 mikroilemcisi içerisinde bulunan yazılım ile sistem üzerindeki DC motorların dönme esnasındaki harcayacağı enerji hesaplanacak ve üretilen enerji ile kıyaslanarak hareket etmenin verimli olup olmadığına göre sistemin hareket etmesine karar verilecektir. Bunlara ek olarak sistem elevasyon açısının değiştirilmesiyle elde edilen enerji miktarları mukayese edilecektir. Son olarak,

tasarımı yapılan sistem off-grid akülü sistem olup, akü dolu ise sistem hareket etmeyip boşalana kadar sistem sabit kalacak ancak ölçüm yapmaya devam edecektir.

1.3 Hipotez

Güneş takip sistemlerinde sistemin hareketini sağlayan ana elemanlar LDR sensörleridir. Bu sensörlerden alınan bilgiler PIC mikroişlemcisi içerisinde bulunan yazılım sayesinde değerlendirilir ve hareketli sistemin güneş ışığına göre konumlanması gerçekleşir. İki eksenli hareket edebilen STS'ler doğu-batı ve kuzey-güney yönünde hareket edebilmektedir. Bahse konu sistemlerin konumlandığı açı tespiti, çok türlü potansiyometreler ile sağlanır. Şarj kiti sayesinde akü dolu/boş bilgileri elde edilir. Bu tip sistemlerde enerji verimliliği sağlamak için farklı uygulamalar yapılmaktadır. Bu tip uygulamalarda LCD ekran vasıtasıyla, güneş panelinden PV modül çıkış gerilimi, elde edilen güç değeri, panel konum açısı, akü dolu/boş bilgileri, çalışma saati, motor hareketi için harcanan enerji ve sistemden toplam elde edilen enerji bilgileri okunabilmektedir. Enerji eldesinde, iki eksenli hareket eden sistemler sabit sistemlere göre % 35 daha verimli olduğu bilinmektedir.

ENERJİNİN TANIMI, ÇEŞİTLERİ ve ENERJİ KAYNAKLARI

2.1 Enerjinin Tanımı ve Çeşitleri

Enerjiye, fizikte “iş yapabilme yeteneği” olarak tanım yapılmıştır. Bu kapsamda, termodinamik bilimi gelişmiş, enerji termodinamikçiler tarafından değişime sebep olan bir etken olarak tanımlanmıştır.

Genel bir tanım yapacak olursak, herhangi bir sisteme eklendiğinde ya da çıkartıldığında sistem parametrelerinden birinde değişikliğe neden olan etken olarak tanım yapılabilmektedir [8]. Enerji tanım olarak karmaşık gözükse de enerji bahsi insan hayatında önemi göz ardı edilemeyecek bir gerçektir. Bu itibarla, enerji ve enerji ile ilgili değişimler, üzerinde hassasiyetle durulması gereken konular arasında yer almaktadır.

Birbirinden farklı enerji çeşitlerinden bahsedilmiş olsa da, enerji hakkında yazılmış kaynaklar incelendiğinde enerji konusunda farklı sınıflandırmalar ortaya çıkmaktadır. Enerji çeşitleri olarak; mekanik enerji, nükleer enerji, elektromanyetik enerji, elektrik enerjisi, kimyasal enerji, termal enerji çeşitlerinden sayılabilir [9].

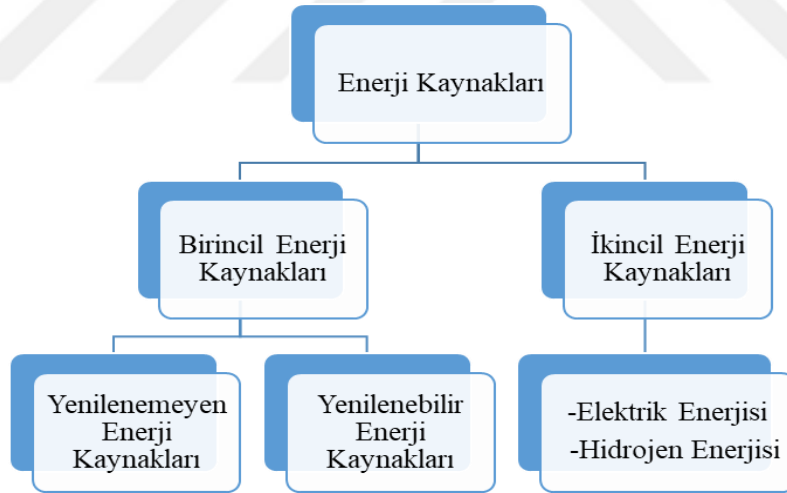
Dünyamızda bulunan enerji kaynaklarının çoğu güneş kaynaklıdır, genel olarak ise bu enerji kaynakları iki ana başlıkta sınıflandırılabilir.

- Yeryüzüne dış uzaydan gelen yenilenebilir enerji kaynakları
- Yeryüzünde depolanmış halde bulunan yenilenemeyen enerji kaynakları

2.2 Enerji Kaynakları

En genel anlamda enerji kaynakları, yenilemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarına fosil enerji kaynakları da denilmektedir [10]. Bu kaynaklar; taşkömürü, linyit, petrol, doğal gaz, asfaltit, bitümlü şist, uranyum ve toryumdur. Yenilenebilir enerji, doğadan istenildiği anda elde edilen ve sürekli yenilenme özelliği bulunan enerji türüdür. Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları (YEK); güneş, deniz-dalga, hidrolik, jeotermal, rüzgâr ve hidrojen enerjileridir. Bu tür enerji kaynakları, dünya yok olmadıkça kendi kendine yenilenen, fosil tabanlı olmayan ve tükenmeyen enerji türüne girmektedir.

Ayrıca, söz konusu enerji kaynakları, niteliklerinin değiştirilip değiştirilmemesine göre “Birincil Enerji Kaynakları (BEK)” ve “İkincil Enerji Kaynakları (İEK)” olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır (Şekil 2. 1). Değiştirilmeden kullanabilen ve en doğal halleriyle bulunan kaynaklar, BEK’dir. Eğer BEK’den belirli işlem ve aşamalardan geçirilip yeni bir enerji açığa çıkartılıyorsa bu enerjiye de, İEK denilmektedir.



Şekil 2.1 Enerji kaynaklarının kategorizasyonu

YEK; doğal ve sürdürülebilir enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır. En genel anlamda ise, bu enerji kaynağı kendi tükenme hızından daha hızlı sürede kendisini yenilemesinden dolayı bu tanımlama yapılmaktadır [11]. Başlıca YEK ve kaynakları Çizelge 2. 1’de gösterilmekte olup, ülkemizde en yaygın kullanımı olan YEK’ler rüzgar, güneş, hidrolik ve jeotermaldir.

Çizelge 2.1 Kaynak-YEK gösterimi

Kaynağı	YEK
Güneş	Güneş
Rüzgar	Rüzgar
Okyanuslar ve denizler	Dalga
Biyolojik atıklar	Biyokütle
Yeraltı suları	Jeotermal
Nehirler	Hidrolik
Hidroksitler ve su	Hidrojen

Konvaksiyonel enerji türlerinden biri olan YEK, tükenmeyen ve çevreye olan zararı azami seviyede olan enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları farklı uygulamalar için özel avantajlar sağlamaktadır (kendi enerjisini kendi üreterek tesisin harcamalarını azaltmak gibi). Bu kaynakların tamamı enerji üretim işlemleri aşamalarında ne gaz olarak ne de sıvı olarak çevreye zarar verebilecek kirliliğe neden olmazlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması sosyo-ekonomik açıdan da değerlendirilirse, yeni iş alanları sağlamasıdır.

YEK'in kullanımı açısından değerlendirildiğinde, iki sistemden bahsedilmektedir. Bunların birincisi, pasif (direkt, doğrudan) ikincisi ise aktif (endirekt) sistemlerdir. Rüzgar, su veya jeotermal ısıtma pasif sistem örnekleri arasında yer almaktadır. Aktif sistemler ise, güneş ve rüzgar gibi YEK'den ısı ve elektrik elde edebilmek için mekanik donanımlardan meydana gelen sistemlerdir. Aktif kullanıma örnek verecek olursak, elektrik üretmek için kullanılan fotovoltaik paneller ve rüzgar türbinleridir.

GÜNEŞ ENERJİSİ ve TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Bilindiği üzere, çevresindeki gezegenler ile meydana gelen ve güneş sisteminin bir parçası olan güneş, gezegenimiz için temel bir enerji kaynağıdır. Bugün yeryüzünde kullanılan çoğu enerji kaynağı, güneşin neden olduğu olaylar sonucu ortaya çıkmış olduğu göz önünde bulundurulduğunda, güneşin yeryüzünde yaşayan canlılar için vazgeçilmez bir kaynak olduğu ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjisi, yağışlar sayesinde su döngüsünü sağlayabilmekte, dünyayı aydınlatılabilmekte ve dünyamız için vazgeçilmez olan fotosentez ile canlıların yaşamına devam etmesini sağlayabilmektedir. Yıldız çeşitlerinden biri olan güneşin dünyamız için hayati önem taşımasının yanısıra endüstriyel anlamda da katkısı bulunmaktadır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, ülkemizde yılda metrekare başına 1.100 kWh'lık güneş enerjisi potansiyelinin olduğunu göstermektedir [12]. Bu anlamda, güneş enerjisi gelecek zaman dilimlerinde milli enerji kullanımının yaygınlaşması açısından alternatif enerji kaynakları arasında en önemli rolü üstelenen bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.1 Güneş Enerjisi

Güneş, 21.027 ton kütle ihtiva eden, dünyanın ağırlığından yaklaşık olarak 330.000 kat daha büyük ve 1.340.000 km yarıçaplı sıcak gaz kütesidir. Dünyamız ile güneş arasındaki mesafe 149 milyon km 'dir. Güneşten çıkan enerji miktarı 381.020 MW civarındadır. Güneşten ölçülen etkili yüzey sıcaklığı yaklaşık olarak 5800 °K civarındadır. Güneşin merkezi bölgelerinde bu sıcaklığın 8.106-40.106 °K arasında değiştiği

düşünülmektedir [13]. Güneş enerjisi, önem bakımından yenilenebilir enerji kaynaklarının en başında gelmektedir. Güneşten füzyon yoluyla elde edilen enerji, genellikle güneş enerjisi ya da güneş ışığı olarak isimlendirilen elektromanyetik ışıma olarak dünyaya nakledilir [14]. Güneşten gelen ışımlar farklı dalga boylarındadır ve ultraviyole, gama, infrared ve görünür ışınlar farklı dalga boylarındaki bu ışımların bir kısmını oluşturur. Güneşten, birim zamanda alınan enerjiye Güneş Sabiti (Gsc) denilmektedir. Güneş sabitinin değeri, Dünya Işıma Merkezince (WRC, World Radiation Center) 1.367 w/m² olarak (1,96 cal/cm²-dk, 432 Btu/ft²-saat yada 4,921 Mj/m²-saat) kabul edilmiştir [15]. Güneş daimi bir füzyon reaktörü olup, enerjisinin kaynağı, hidrojenin helyuma dönüşmesi esnasındaki reaksiyonda saniyede 4 milyon ton enerjiye dönüşmesiyle ışıınım şeklinde uzayda yayılmasından meydana gelmektedir. Yıldızlar galaksisinde, yaşamın devamlılığı ve sürekliliği güneş enerjisi ile sağlanır. Dünya, güneşten yaklaşık 1 yıllık enerjisini karşılayacak enerji almaktadır. Güneşten gelen güç ile dünya üzerindeki tüm elektrik santrallerinden elde edilen gücü kıyaslayacak olursak; 61.000'de birinden daha fazladır. Güneşten gelen güç, dünyadaki tüm nükleer santrallerin ürettiği toplam gücün 527.000 katıdır [16].

3.2 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli ve GEPA

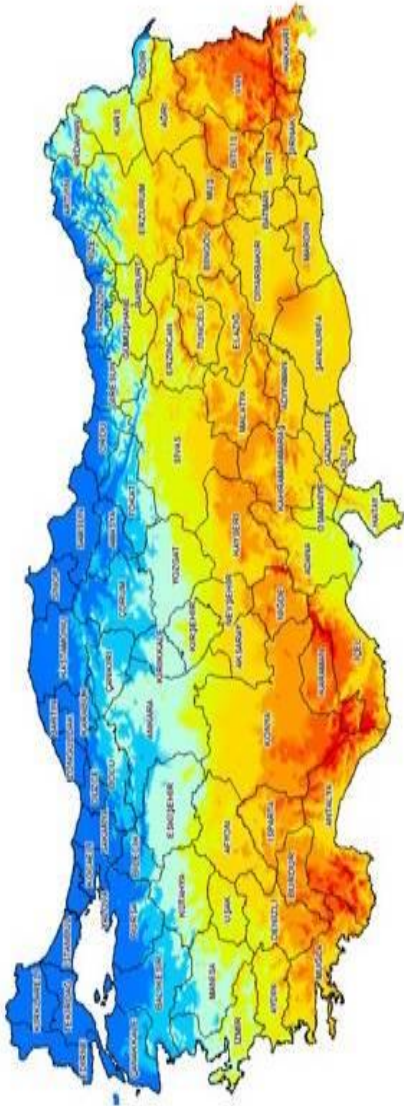
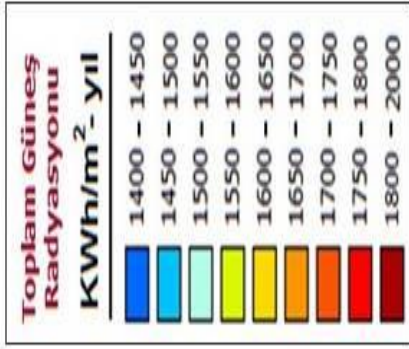
“ESRI Güneş Radyasyon Modeli” modeli uluslararası standartlarda kanıtlanmış bir model olup, bu modelin kullanımı ile elde edilen güneş kaynak alanları ve bilgileri bu model sayesinde kolayca görülebildiğinden, bu yönde yapılacak ön etüt ve fizibilite çalışmalarında zaman ve ekonomik yönden tasarruf sağlanmaktadır. ESRI Güneş Radyasyon Modeli, Türkiye geneli için 500 x 500 metrelik çözünürlükte çalıştırılmış ve toplam 3.120.000 adet grid oluşturularak her bir grid için güneş kaynak bilgileri hesaplanmış ve sonrasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak elde edilen bilgiler haritalandırılmıştır. Ayrıca, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)'nın hazırlanmasında noktasal bazda (500 m x 500 m) ortalama % ± 10 hata payı ile bilgi üretilmiş ve bu bilgiler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 148 adet ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 8 adet uzun dönemli güneş ölçüm verileri ile doğrulanmış ve kalibre edilmiştir. GEPA 2010 yılında basılarak satışa sunulmuştur [17].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca hazırlanan verilerde, GEPA'ya göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.737 saat (günlük toplam 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m².yıl (günlük toplam 4,2 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir [18]. Bu potansiyellerin bölgelere dağılımı ise, Çizelge 3. 1' de görülmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nce yapılan çalışmalar neticesinde Türkiye'de 56.000 MW termik santral kapasitesine eşdeğer güneş enerji kapasitesi bulunduğu ve eğer ki bu potansiyelden yararlanılması durumunda yıllık ortalama 380 milyar kWh elektrik enerjisi üretim imkânının olduğu tespit edilmiştir [19].

Çizelge 3.2 Güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere dağılımı [20]

BÖLGE	Toplam Güneş Enerjisi (kwh/m2-yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

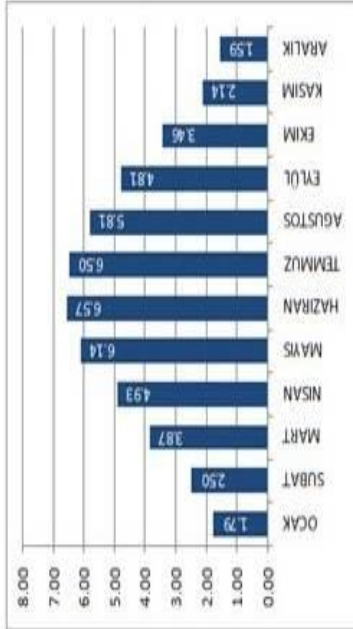
Ayrıca, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından hazırlanan Türkiye'nin güneşlenme potansiyelini gösteren "Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)" haritaları Şekil 3. 1'de verilmiştir.



TÜRKİYE Güneşlenme Süreleri (Saat)



TÜRKİYE Global Radyasyon Değerleri (KWh/m2-gün)



Şekil 3.1 Türkiye GEPA verileri [21]

GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMI ve GÜNEŞTEN ELEKTRİK ELDE EDİLMESİ

4.1 Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisinden, temelde ısı ve elektrik elde edilmesi olmak üzere iki şekilde faydalanılmaktadır. Bu iki amaçtan faydalanabilmek için farklı teknolojiler geliştirilmiş ve gün geçtikçe bu teknolojilerde daha verimli kullanımlar ortaya çıkmıştır. Çok eski yaşam evreleri incelendiğinde güneş enerjisinin ısınma ve ısıtma özelliklerinden faydalanılmıştır. Ayrıca, insanoğlu tarafından güneş enerjisinin en çok kullanılan tarafı ısıtıcı özelliğidir. Değişen ve gelişen teknoloji sayesinde güneş ısıtıcıları için kullanılan düzeneklerin yapısı değiştirilmiştir. Bu sistemler genel anlamda, güneş kolektörleri yardımıyla toplanan ısı enerjisinin bir akışkan vasıtasıyla gereken ortama aktarılması esasına dayanan mantıkla çalışmaktadırlar [8]. Vakumlu tip ve düzlemsel güneş kolektörleri çok yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duymayan sistemler olarak adlandırılmaktadır. Bununla birlikte, günlük hayatta pasif ısıtma teknolojileri gibi değişik uygulamalara da rastlanmaktadır.

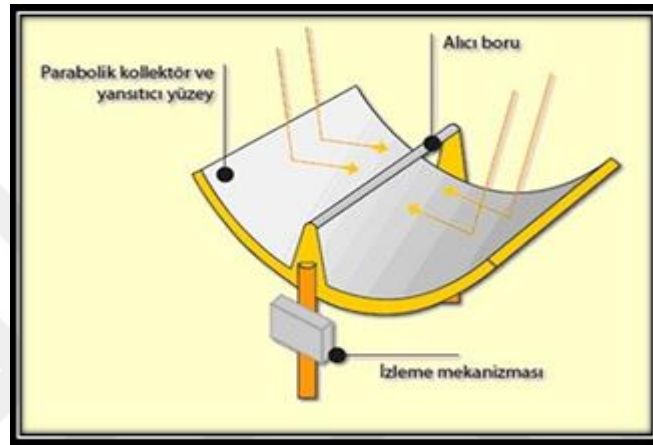
4.2 Güneş Enerjisinden Elektrik Elde Edilmesi

Güneş enerjisinden temelde 2 farklı yöntemle elektrik elde edilmektedir. Bunlardan birincisi, yüksek sıcaklık ilkesi ile çalışan *yoğunlaştırıcı sistemler*, ikincisi ise, ışığın doğrudan elektrik enerjisine çevrilmesi prensibiyle çalışan *fotovoltaik sistemler*'dir.

4.2.1 Yoğunlaştırıcı Sistemler

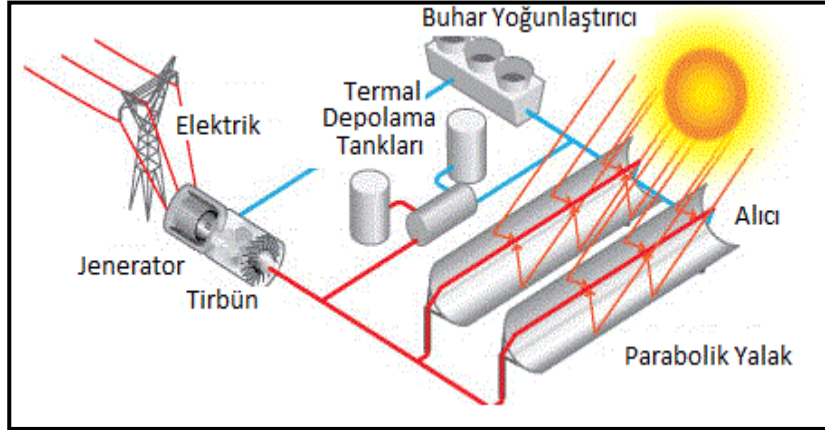
Güneş enerjisinden birincil olarak faydalanıp elektrik üreten sistemlerdir. Bu sistemler temelde güneşten ısı elde eden sistemlerle aynı mantık da çalışmakta olup, kullanılan

kollektörün farklılık göstermesi nedeniyle ısı elde eden sistemlerden farkı ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.1’de parabolik kollektör yapısı gösterilmekte olup; bu kollektörlerin kullanıldığı güç santrallerinde; çalışma sıvısı, kollektörlerin odak noktalarına yerleştirilmiş olan absorban boru içerisinde gezdirilmektedir, bunun akabinde ise eşanjör yardımıyla ısıtılan bu sıvıdan buhar açığa çıkarılmaktadır. Parabolik çanak kollektörler, benzer sistemi kullanmakla birlikte merkeze konulan motor yardımı ile de doğrudan elektrik elde edilebilmektedir.



Şekil 4.1 Parabolik kolektör yapısı [8]

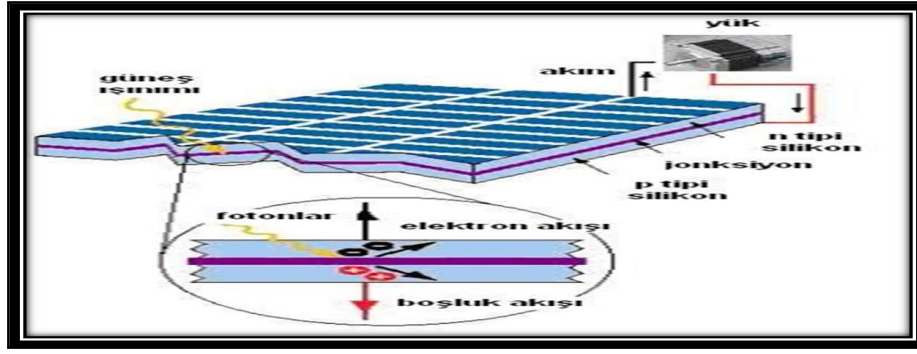
Parabolik kolektör yardımıyla elektrik eldesi sağlayan güneş enerjisi sistemlerinden hem buhar hem de artık ısı da elde edilmektedir. Şekil 4.2’de parabolik kolektörler vasıtasıyla elde edilebilen yüksek sıcaklık değerlerindeki buhar ile buhar yoluyla çalışarak enerji elde edebilen sistem şematik olarak gösterilmektedir. Parabolik kolektörler sayesinde, elektrik eldesi dışında soğutma ve ısıtma da kullanılacak buharında elde edildiği görülmektedir.



Şekil 4.2 Yoğunlaştırıcı santrallerin şematik gösterimi [23]

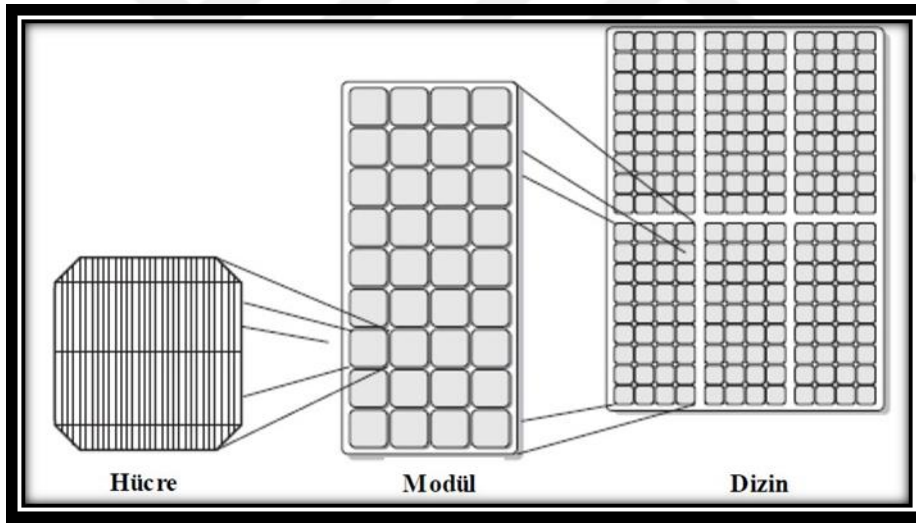
4.2.2 Fotovoltaik Sistemler

Yarı iletken maddelerden oluşan, güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek için üretilmiş materyallere güneş pilleri ya da fotovoltaik (PV) piller denilmektedir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,2- 0,4 mm arasında değişmektedir [24]. PV piller, güneş pilleri veya güneş hücreleri olarak da isimlendirilen cihazlar, algıladıkları foton enerjisinden eşit miktarda negatif ve pozitif yükler oluşturarak güneş enerjisini elektrik enerjisine veya doğrudan kullanılabilir enerjiye dönüştürmektedir [25]. Güneş pilleri üretimi için günümüzde en çok kullanılan yarı iletken maddeler; kristal silisyum, amorf silisyum, galyum arsenit gibi maddeler olup, doğada en çok bulunan silisyum, ticarete girmiş güneş pillerinin en çok tercih edilen ham maddesidir [26]. Şekil 4.3'te güneş pilinden elde edilen elektrik enerjisinin fotovoltaik etkileri gösterilmiştir. Güneş ışığının, güneş paneli üzerine düşmesiyle güneş pilinin ihtiva ettiği yarıiletken teknolojisi sayesinde oluşan elektron alışverişi sonucu elektrik akımı üretilmektedir [12]. PV sistemlerin en küçük birimi *güneş hücreleri*'dir. Bu hücreler, pozitif ve negatif olmak üzere en az iki yarı iletken tabakadan oluşmaktadır. Güneş hücreleri arasında elektrik iletimi şu şekilde olur;



Şekil 4.3 Bir PV panel sisteminde güneşin etkisi ve elektrik oluşumu [27]

Güneş ışınları hücreye girer ve güneş enerjisi içerisinde bulunan fotonlar yarı iletken malzeme içerisinde bulunan atomlar tarafından emilirler. Negatif tabakadan serbest kalan elektronlar pozitif tabakaya doğru yol almaya başlarlar. Bu şekilde oluşan akım oldukça küçüktür ve uygulamada yetersiz kalır. Oluşan elektriğin artırılması için yan yana modüller oluşur, bu modüller de bir araya geldiğinde dizinleri meydana getirmektedir (Şekil 4.4).

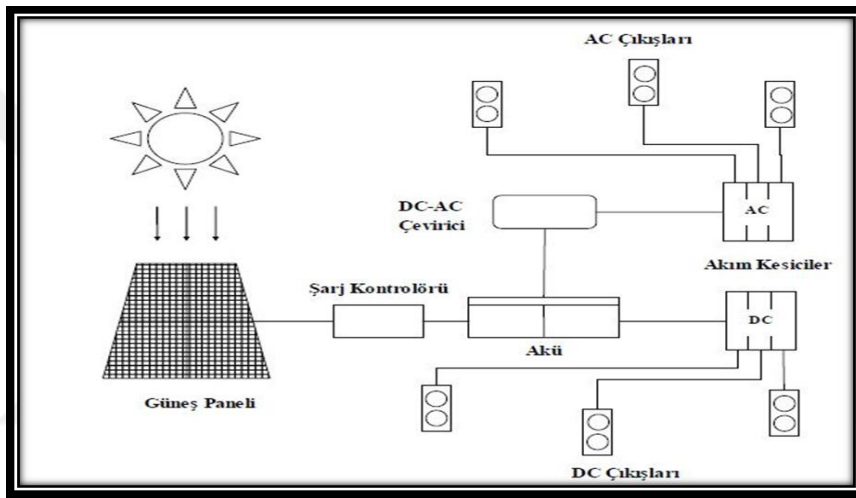


Şekil 4.4 Hücre-modül-dizin gösterimi [28]

Normal bir silisyum pili 0,5 V kadar elektrik üretebilmektedir. Piller birbirine seri bağlandığı takdirde üretilen gerilim artırılabilir. Normal koşullarda 30-36 adet güneş pili, 15-17 V arasında çıkış gerilimi verebilmektedir. Bu voltaj değeri, 12 V' lük bir aküyü şarj etmeye yeterlidir [28]. Açık, güneşli bir havada 1 dm çapında bir Fotovoltaik pil, yaklaşık olarak 1 Watt enerji üretir. Ancak, bu verim (çıkış gücü/gelen ışık gücü) kullanılan malzemeye göre değişiklik göstermektedir.

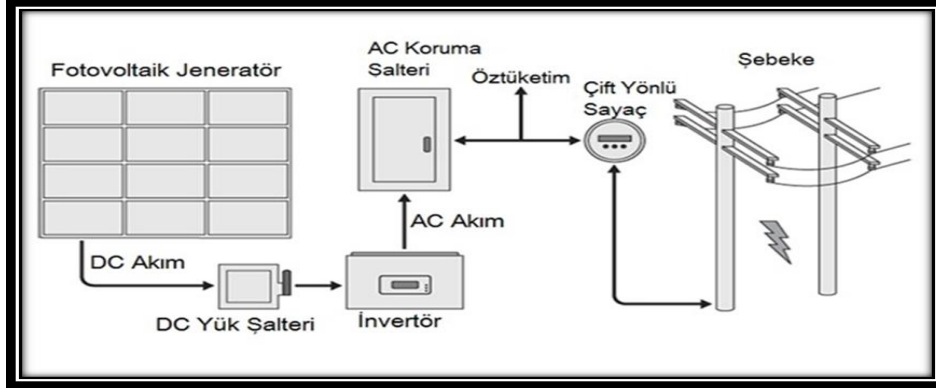
Güneş enerjisi sistemleri genel anlamda, şebeke bağlantısız (off-grid) ve şebeke bağlantılı (on-grid) sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

Şebeke Bağlantısız Sistemler: Elektrik şebekesine bağlı olmayan sistemler olup, Şekil 4.5' de gösterildiği gibi, güneş paneliyle üretilen elektrik enerjisi şarj kitinden geçtikten sonra aküye gelir ve burada depolanır. Aküde depolanan enerji, DC olarak kullanıldığı gibi, DC-AC invertörü sayesinde alternatif akıma çevrilip de kullanılabilir. Bu sistemler akü olmadan direk kullanım olacak şekilde de tasarlanmaktadır. Burada mühim olan husus, doğru akımdan alternatif akıma çevrilen enerjide belirli bir oran nispetinde, sistemin verimine de bağlı olarak azalma olacaktır [30].



Şekil 4.5 Şebeke bağlantısız sistem [31]

Şebeke Bağlantılı Sistemler: Şekil 4. 6' da görüldüğü üzere yapılarında depolayıcı özellik taşıyan aküyü ihtiva etmezler ve üretilen DC akım AC akıma çevrilerek kullanılırlar. Üretilen elektrik fazlası şebekeye satılır, sistemde enerji kıtlığı var ise, şebekeden belirli bir maliyet karşılığında enerji çekilir [31].



Şekil 4.6 Şebeke bağlantılı sistemler [32]

4.3 Güneş Enerjisi Kullanımının Avantajları ve Dezavantajları

Yenilenbilir enerji kaynaklarının en önemlisi olan güneş enerjisi ve buna bağlı sistemlerin kullanımı açısından avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Güneş Enerjisi kullanımının diğer enerji türlerine göre avantajları:

- Karmaşık teknolojiye ihtiyaç duyulmadan birçok uygulama yapılabilmektedir.
- İşletme masrafları azdır.
- İnsan için ihtiyaç duyulan tüm sektörlerde kullanımı kolayca sağlanmaktadır.
- Sonsuz, bol bir enerji kaynağıdır.
- Çevreyi kirletici zehirli gazlar veya radyasyon gibi çevreye zararlı etkileri bulunmamaktadır.

Güneş Enerjisi kullanımının diğer enerji türlerine göre dezavantajları:

- Depolama imkânları sınırlı olup, sürekli kullanım gerekmektedir.
- Enerji tüketimlerinin çok olduğu kış dönemlerinde güneş ışınım değerleri azdır ya da üretim yapabilecek kadar yoktur.
- İlk yatırım maliyetleri halen yüksektir.
- Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç vardır.

Güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülme oranı güneş pilinin yapısına göre değişiklik gösterdiği gibi, günümüz uygulamalarında %5 ile %20 arasında dönüşüm yapılabilmektedir. Maaliyeti yüksek olan PV pillerin, bu maliyet değerine göre çıkış

güçleri oldukça azdır. Ancak gelişen teknoloji ile güneş pillerinden daha fazla verim elde edebilecek birçok yöntem olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu yöntemler kısaca;

- ❖ Maksimum Güç Takibi (MPPT) yöntemi ile maksimum güç noktasının tespiti,
- ❖ Güneşin doğuş ve batış saatlerine göre PV hücrelerin güneşi takip etmesinin sağlayan güneş takip sistemi,
- ❖ Güneş pilinin sıcaktan korunması gibi yöntemlerdir [34].

Bu işlemler özel güç elektroniği devreleri, mikroişlemciler, otomatik kontrol devreleri ve geliştirilmiş algoritmalar ile gerçekleştirilebilir. Güneş takip sistemleri ile bir sistemin verimi % 40'lara varan oranlarda arttırılabilir, bunun yanında maksimum güç takip sisteminin de uygulanması sistemde toplam % 65'lik bir verimlilik artışı sağlayabilir [33].

4.4 Türkiye'de GES Mevzuatları ve Solar Enerji Sektörünün Son Durumu

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi eldesi ülkemiz için yeni bir sektör alanıdır. Bu alanda eskiye dayanan mevzuatlar mevcut olup, ağırlıklı olarak üretim sahaları son yedi yılda ivme kazanmıştır. GES ile ilgili tek başına bir mevzuat bulunmasa da aşağıda bilgileri verilen mevzuatlar kapsamında değerlendirilmektedir.

- 7 Mayıs 2005 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanmış olan "5348 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu" ile ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarına ait yatırımların önü açılmıştır. Ancak, bu kanun yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımların uygulanabilirlik açısından yeterli olmamıştır, 8 Ocak 2011'de yayınlanan "6094 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun" çıktığında yatırımların önü açılmıştır. Bu kanun ile YEK ile elde edilebilecek enerjiye yönelik uygulamaların artması amaçlanmıştır.
- 30 Mart 2013 tarihinde yayınlanan Resmi Gazetede "6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu" yayınlamıştır. Bu kanun; elektrik iletim, dağıtım, ithalat ve ihracatı, perakende veya toptan satışı ve piyasa işletimi ile ilgili faaliyet gösteren tüzel ve gerçek kişilerin hak ve sorumluluklarını düzenlemektedir. Ayrıca bu kanunla, üretimi yapılan elektriğin kaliteli, sürekli, yeterli miktarda, düşük maliyetli ve çevreye de uyumsuz olmayacak şekilde tüketiciye sunulması için, özel hükümlere tabi bağımsız ve kontrollü denetleme kontrol mekanizması olan bir piyasanın

sağlanması amaçlanmıştır. Bunlara ek olarak lisanslı tesisler için uyulması gereken hükümlerde de bu konuda yer verilmiştir.

- 2 Ekim 2013 yılında yayınlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik 6446 sayılı kanunun 14.maddesi çerçevesinde hazırlanmış olup, küçük üretim yapacak tesislerin ülke ekonomisine kazandırılması ve aktif bir şekilde kullanılması ve elektrik şebekelerinde yaşanan kayıpların minimal seviyeye düşürülmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, lisans şartı olmaksızın şirket kurulumu gerekmeden üretim tesisi kurmak isteyen gerçek ve tüzel kişilerin uyması gereken usul ve esaslar yer almaktadır.
- Yine aynı yılın Kasım ayında Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ, üsteki yönetmeliğin 31. Maddesi kapsamında yayınlanmıştır. Bu tebliğ ile lisanssız enerji üretimi yapan tesislerin devreye alınmadan önce uygulanması gereken usul ve esaslar yer almaktadır.

2017 yılı sonunda ülkemizde kurulumu yapılan GES'lerin kurulu gücü 3.421 MW'a ulaşmıştır. Bu gücün 2.647 MW'lık kısmı devreye girmiş ve elektrik üretmektedir. Çağrı mektubu almak için lisanssız üretim tesislerine yönelik başvuruların toplam gücü 7 GW gibi bir değer olup, TEDAŞ'a yapılan proje başvuruların toplam gücü 6,5 GW, onaylanan güç kısmı ise 4,5 GW civarındadır. Buna göre, lisanssız GES üretim tesislerinin kurulu gücü 1-2 yıl içerisinde 5-6 GW civarlarında olacağı tahmin edilmektedir.

Son yatırımlarda aranan yerli ürün şartı ile teknolojik yatırım ve AR-GE çalışması içeren 1000 MW'lık GES (YEKA-1) ihalesi ile bu alanda yapılan çalışmalara ivme kazandırılmıştır. Buna ek olarak, 16 Ocak 2018 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanan hükümlerle, küçük çaplı GES tesislerinin kapasiteleri maksimum 10 kW olmuştur. Bu tesisler enerji üretimi için lisans almamakta olup, üretim fazlasını ilgili dağıtım şirketine tüketici satabilecek ve bu tesisi yapı ruhsatı olmadan kurabilecektir.

GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ

Fotovoltaik panellerden elektrik enerjisi üretim maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı, PV panellerden elektrik enerjisi üretim kazançlarının artırılmasına yönelik çeşitli teknikler geliştirilmiştir [34]. Bu bölümde, tez çalışmasını ilgilendiren ve söz konusu verim ile kazancı arttırıcı tekniklerin başından gelen güneş takip sistemleri hakkında bilgilere yer verilecektir.

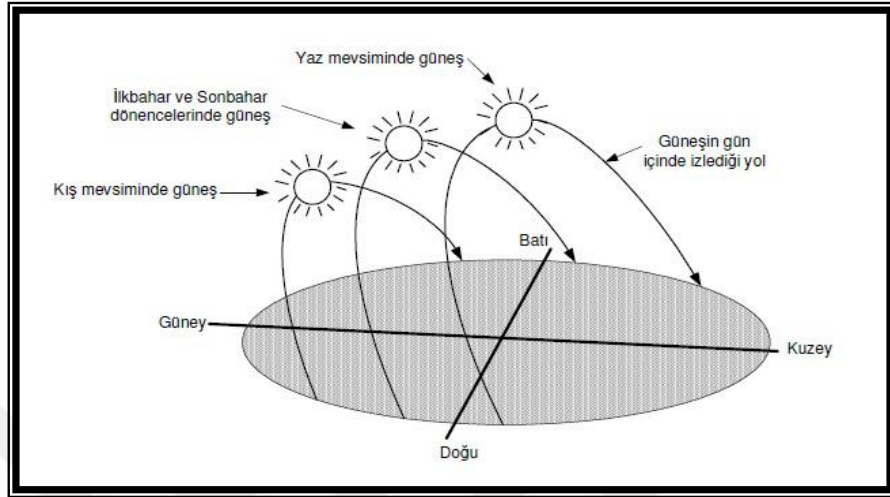
5.1 Güneş Takip Sistemleri

PV paneller için gerekli olan güneşlenme süresinin, günün her saatinde en yüksek seviyede olabilmesi için PV panellerin güneş takip modunda olması gerekmektedir. Panel yüzeyine güneş ışığı günün her saatinde dik açı ile düşerse, güneşlenmede en yüksek verim elde edilmektedir. Güneş takip sistemleri, çalışma şekli bakımından ayçiçeğine benzemektedir. Ayçiçekleri nasıl gün boyu güneşi takip ediyorsa bu sistemlerde gün boyu güneşi takip edecek şekilde tasarlanmaktadır. Teknik olarak bu sisteme bakılırsa, güneşlenme veriminin yüksek seviyelerde olabilmesi ve panel yüzeyine güneş ışınlarının dik açıyla gelebilmesi için, PV panellerin bir sistem yardımıyla gün doğumundan gün batımına kadar güneşi takip etmeleri gerekmektedir. Ancak yıl içerisindeki mevsimsel değişikliklerin olması nedeniyle gün boyu yapılan takip işlemi aynı kazancı verememektedir. Çünkü dünyanın güneş eksenindeki hareketine bağlı olarak yıl içerisinde güneş her mevsim farklı yörüngeleri takip etmekte olup, güneşin mevsimlere göre izlediği yörüngeler Şekil 5. 1' de gösterilmiştir [36].

Güneş takip sistemleri; güneş pili modülü, bu sistemin çalışmasını kontrol edecek denetim birimi ile sistemdeki hareketi sağlayan ekipmanların beslemesi için

akümülatör ve istenilirse DC yük çıkışı ya da inverter ekipmanı ile AC yük çıkışları bölümlerinden oluşmaktadır.

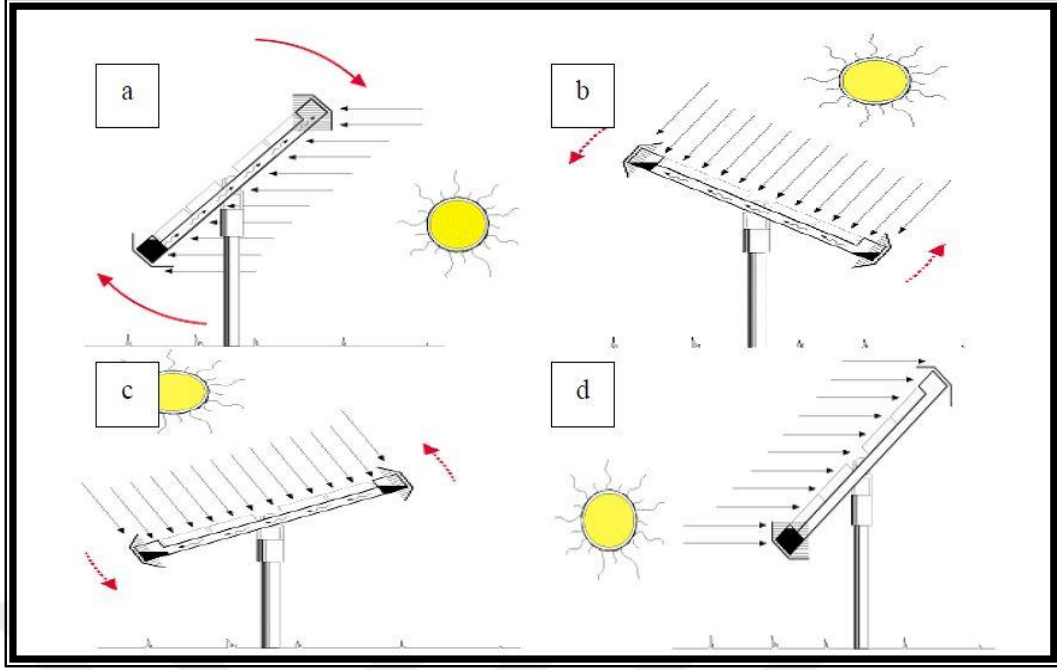
Güneş takip sistemleri (STS), çalışma prensibine göre ikiye ayrılmaktadır. Bunlar termal prensipli STS ve elektriksel prensipli STS'lerdir.



Şekil 5.1 Güneşin yıl içerisinde mevsimlere göre izlediği yörüngeler [36]

5.1.1 Termal Prensipli Güneş Takip Sistemleri

Termal prensipli STS'lerde çalışma mantığı, içerisinde bulunan akışkanın güneşi takip etmek amacıyla bir kısımdan diğer kısma nakledilmesi şeklindedir. Bu akışkan transfer sistemi, PV sistemi doğu-batı yönünde hareket ettirir. Bu sistemde, PV modülü doğu-batı yönünde hareket ettirecek şekilde sisteme iki adet tüp montajı yapılmaktadır. Bu tüpler genellikle "Freon" denilen özel bir maddeyle doludur, bu özel madde ısıya karşı hassas ve genleşme katsayısı yüksek bir maddedir [36]. Güneş ışınlarının sistem üzerine düşmesiyle, takipçi sistemin bir ucundaki Freon ısınır ve buhar haline döner. Buhar hale dönen Freon genleştiğinden dolayı sıvı hale göre daha çok yer kaplar ve akışkan halde bulunan sıvı Freon'u tüpün diğer tarafına iter. İtilen sıvı Freon durgun, soğumuş ve sıvı halde olup, ağırlaştığından takipçi sistemin gölgeleme yapan kısmında yer alır. Bu metod da ana mantık denge değişimi olup, kütlenin bir taraftan başka bir tarafa transfer edilmesidir. Takipçi sistemdeki denge değişimi, takip sisteminin yönünü batıya çevrilmesini sağlar. Freon maddesinin buharlaşması ile takip sistemi doğu-batı yönünde hareket etmiş olacaktır. Şekil 5.2'de termal prensipli güneş takip sisteminin yukarıda bahsedilen çalışma şeklinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 5.2 Termal prensipli STS'nin güneşe göre hareketleri [37]

5.1.2 Elektrik Prensipli Güneş Takip Sistemleri

Güneşin konumunu sensörler vasıtasıyla belirleyebilen sistemlere Elektrik prensipli STS denilmektedir. Bu sistem sensörlerden alınan bilgileri elektronik kontrol devresine aktarır, kontrol devresi de motorları harekete geçirerek PV sistemi güneş ışığını dik halde alacak pozisyona getirir. Bu sistem termal prensipli takip sistemine göre hızlı hareket ederek güneş ışığını dik alacak şekilde pozisyonunu ayarlamaktadır. Bu sistemler sıcaklıklardan etkilenmemektedir. Elektrik prensipli güneş takip sistemleri, PV modülleri kuzey-güney ve doğu-batı yönünde hareket ettirebilmektedir. Gün batımı sonunda sistem yeniden doğuya doğru dönmektedir. Bu sistemlerin tek dezavantajı şu anki teknolojiyle ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır.



Şekil 5.3 Elektrik prensipli STS

STS'ler, kontrol yöntemleri ve takip eksenlerine göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma aşağıdaki gibi kategorize edilmektedir;

- ❖ Eksenlerine göre STS'ler: Tek eksenli, Çift eksenli,
- ❖ Kontrol yöntemlerine göre STS'ler: Kapalı döngü (Pasif kontrollü), Aktif kontrollü (açık döngü) sistemlerdir.

5.1.2.1 Eksen Devinimine Göre STS'ler

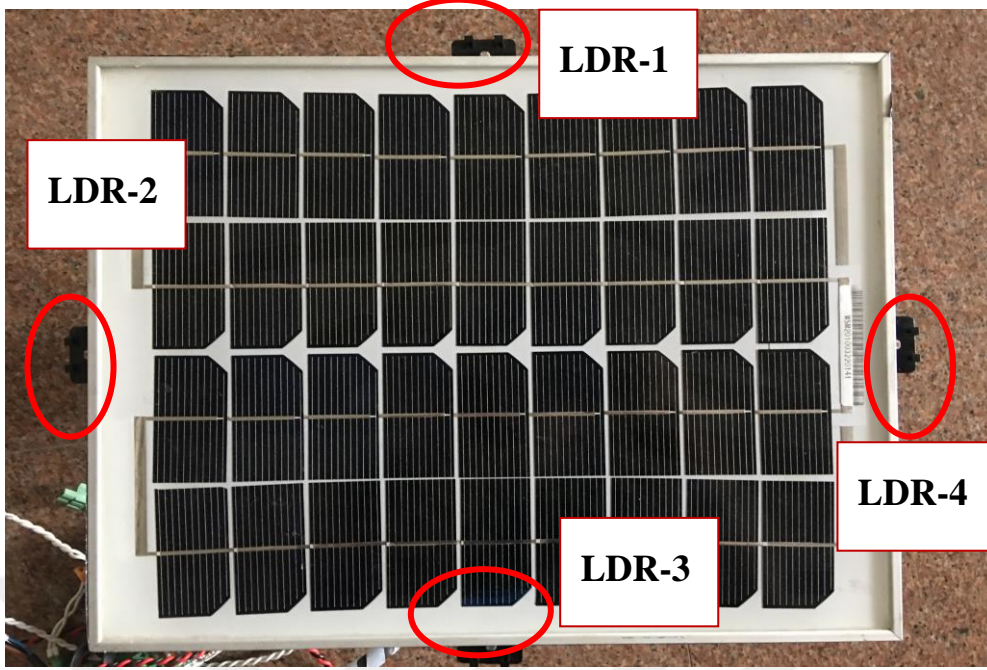
Güneş takip sistemleri eksen hareketlerine göre çift ve tek eksenli olarak sınıflandırılmıştır.

Tek Eksen Devinimli STS'ler: Bu sistemler PV modüllerin yerleştirilme yönüne göre hareket eden sistemlerdir. Şöyle ki; eğer PV modüller doğu-batı ekseninde yerleştirilirse, modüller kuzey-güney eksenli devinim yapar, Kuzey-güney eksenli yerleştirilirse doğu-batı ekseninde hareket ederler. Çift eksenli STS sistemine göre fiyatları daha ucuzdur, ancak verimleri diğer sisteme göre yaklaşık % 7 oranında azdır. Bu sisteme ait örnek uygulama Şekil 5.4'de gösterilmektedir.



Şekil 5.4 Tek eksenli elektrik prensipli STS [37]

Çift Eksen Devinimli STS'ler: Bu sistemler PV modülleri hem doğu-batı yönünde hem de kuzey-güney yönünde hareket ettirebilmektedir. Teorik olarak ise, güneşin gökyüzündeki konumu belirtilirken, elevasyon eksenini ve zenith eksenleri arasındaki oluşan açılar kullanılır. Çift eksen devinimli STS prototipi Şekil 5. 5'deki gibidir.



Şekil 5.5 Çift eksenli elektrik prensipli STS

5.1.2.2 Kontrol Yöntemlerine Göre STS'ler

Bu sistemler, ya koordinat bilgisinden alınan bilgiyi ya da sensörlerden alınan bilgileri herhangi bir mikroişlemciye aktarır, PV modüllerin kuzey-güney veya doğu-batı yönünde hareket etmesini sağlamaktadır. Bu sistemler kendi içerisinde iki kısma ayrılmaktadır.

Açık Döngü Sistemler: Dünya üzerinde güneşin konumu ve koordinatları günün her saatinde bellidir. Bu sistemlerde, bu bilgilerin mikroişlemciye yüklenerek güneş takibi sağlanmaktadır. Şekil 5.6'da bu sistemin blok diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 5.6 Açık döngü sistemine ait blok diyagram [37]

Kapalı Döngü Sistemler: Farklı tip sensörler aracılığıyla güneşin yerini tespit ederek PV modülün güneşe göre hareketlerini sağlayan sistemlerdir. Bu sistemlere, feedback olduğundan bu isim verilmiştir.

STS'ler sayesinde güneş ışınları PV panel yüzeyine dik gelir ve enerjinin kazanç miktarı arttırılmış olur. Bu sistemler sayesinde PV panellerden enerji üretim kazançları % 40'lara kadar çıkmaktadır. Örneğin; NREL (National Renewable Energy Lab.) tarafından Denver, USA eyaleti için yapılan ölçümlere göre [38];

- ❖ STS'si olmayan PV panellerden yılda ortalama 5,5 kW/m²'lik ışıma elde edilmektedir.
- ❖ Çift eksenli STS sisteminden ise yılda ortalama 7,2 kW/m² ışıma elde edilmektedir.

Bu duruma göre, ışıma artışı yüzde olarak ifade edilirse %30,9'dur. Yani çift eksenli STS sistemi kullanıldığında ışıma verimi % 30,9 artmaktadır.



GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ UYGULAMASI

6.1 Uygulama Yapılan Sistemin Çalışma Prensibi

Prototip olarak hazırlanan STS, en genel anlamda PIC18F452'e gelen analog bilgileri mukayese ederek veya değerlendirerek güneşi takip etmektedir. Ayrıca, bu sisteme ilave edilen yazılım ve ekipman sayesinde enerji verimliliği sağlanacaktır.

PV modülden ve aküden alınan bilgiler PIC'e aktarılacaktır. Bu bilgilerin görsel hali ise LM0044L ürün kodlu 4x20 LCD ekranda görülebilecektir.

İlk olarak bu prototip mekanik bir sistemden meydana gelmektedir. Mekanik sistem, 12 V'luk DC motorlar kullanılarak dikeyde yaklaşık olarak -45 derece/+45 derece yatayda ise 360 derece hareket edebilmektedir. Dikey ve yatay hareketlerinden dolayı mekanik hatalara sebebiyet vermemek için limit switchleri kullanılmış olup, bu sayede sistemin zorlanması önlenmiştir.

Sistem üzerine 2 adet çok turlu potansiyometre akuple edilmiştir. Bu ekipmanlar vasıtasıyla LCD ekranda PV modülün konumlandığı açı bilgisi okunacaktır.

Bu sistemin en can alıcı ekipmanı LDR sensörleridir. Işık şiddetine göre ohm değeri değişen bir ekipman olup, hareketli sistemin hareket yönünü tayin etmektedir. Tasarımını yaptığımız bu sistemde PIC işlemcisinin 4 ayrı analog kanalına bağlı sensör bulunmaktadır. PV modülün 4 kenarının tam ortasına yerleştirilen LDR'lerden 1-3 nolu ve 2-4 nolu sensörlerden gelen bilgiler kendi aralarında mukayese edilmektedir. Sensörler arasındaki ışık şiddeti değeri %2'yi aştığında LDR'lerden alınan veriler PIC'e gelir, burada mukayese edilerek DC motorlara komut gönderilir ve güneş ışığına göre PV modülün yönlenmesi sağlanır.

PIC18F452 mikroişlemcisi yazılımında PROTON BASIC tercih edilmiştir. Bu yazılım ile DC motorların harcadığı enerji hesaplanmış, PV modüllerin ürettiği enerji değerlendirilmiş ve PV modüllerden 0,02 Wh altında enerji üretilmiş ise sistem hareket etmeyecek, bir süre bekledikten sonra sistem kendini dikeyde +45 derece yatayda 0 dereceye konumlandıracaktır.

Sistemin ilk enerjisi 12 V 7 Ah'lık akü üzerinden verilecek ve sistem açıldığında PV modülden ölçülen enerji değeri, PIC18F452 mikroişlemcisinin EEPROM'ına kaydedilir ve sistem kapatılana kadar saatlik enerji üretim kayıtları ilk ölçülen değer üzerine kaydedilir. Sistemin hareketini sağlayan DC motorların harcadığı saatlik enerji değeri PV modülün ürettiği enerjinin değerine paralel olarak saatlik kaydedilmektedir.

Sistem üzerinde bulunan 4 adet LDR üzerinde ohmaj değişiminin olmadığı mikroişlemci tarafından kanaat getirildiğinde, sistem bir müddet bekledikten sonra halen ışık şiddetinin olmadığına karar verirse sisteme bağlı olan aküden gelen back-up enerjisiyle başlangıç konumuna gelmektedir (dinlenme modu).

Sistem üzerinde aynı zamanda 6 adet buton bulunmaktadır. Bu butonlar ile varolan kayıtlar yenilenebilir, sistem otomatik-manuel mod da çalıştırılabilir, butona basıldığında anlık güç değeri okunabilir ve dört adet butonla panel istediğimiz konuma getirilebilmektedir.

Motorların kontrolü L298N H-Bridge çift motor sürücü kartı üzerinden yapılmaktadır. Devre üzerinde LM7805 entegresi kullanılmış olup, LCD ekran ve PIC için gerekli olan 5 V enerji bu ekipman üzerinden sağlanmaktadır.

Ayrıca, tasarım ve uygulaması yapılan güneş takip sistemi ile söz konusu sistemin hareketsiz haliyle elde edilen enerji miktarları mukayesesi edilip, sistem verimi kıyaslanacaktır. Tasarımı yapılan bu sistem mekanik ve elektriksel ünitelerden meydana gelmekte olup, bu ekipmanlar hakkında kısa ve öz bilgi verilecektir.

6.2 Güneş Takip Sistemi Elektronik Ünitelerine Ait Ekipmanlar

Tasarımı gerçekleştirilen bu sistemde, mekanik sistemi yönlendirmek, sisteme enerji depolama ve kontrol sistemini yönlendirebilmek için bir takım elektronik ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ekipmanlar EK-A'da ISIS programı BOOM List'de gösterilmiş

olsa da genel anlamda aşağıda zikredilen bazı ekipmanlar hakkında kısa tanıtım bilgileri de verilecektir.

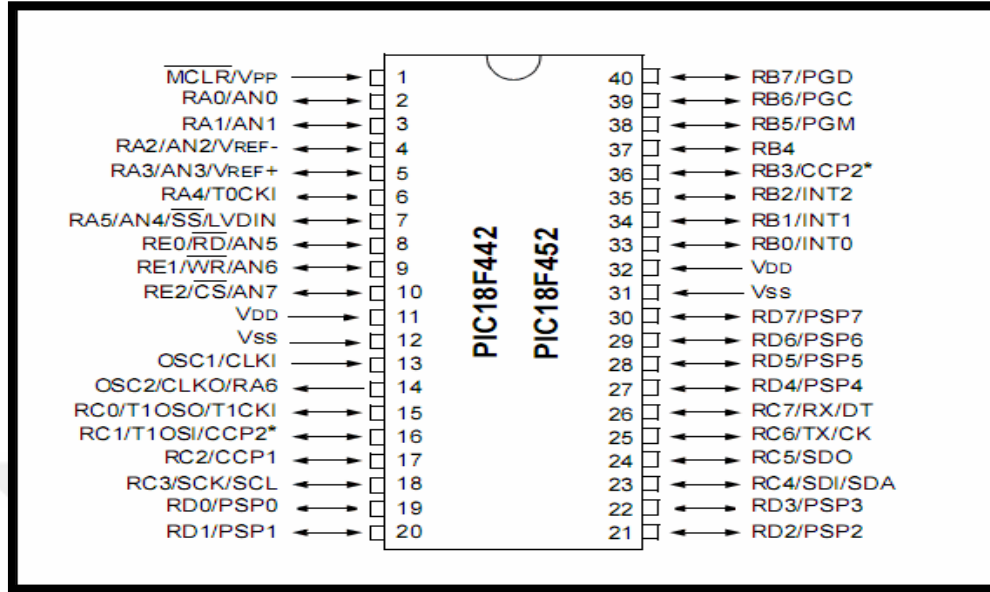
- ❖ 1 adet L298N H-Bridge çift motor sürücü kartı (LM7805 Entegresi dahil)
- ❖ 4 x20 LCD ekran (LM044L)
- ❖ 4 adet LDR sensörü
- ❖ Şarj kontrol devresi
- ❖ 12 V 7 Ah'lık Akü
- ❖ 10 W'lık güneş paneli
- ❖ 1 k Ω 'luk çok turlu potansiyometre (1+1 adet)
- ❖ Muhtelif değerlerde dirençler
- ❖ Muhteli deđerde kapasitör ve transistörler
- ❖ 1 adet PIC 18F452 mikrodenetleyici (Kristal Osilatör Devresi dahil)
- ❖ Seçim butonları (6 adet)

PIC 18F452 Mikrodenetleyici (4 Mhz Kristal Osilatör Devresi dahil) : Mikroişlemcilerin tanımıyla başlayacak olursak, diğer bir adıyla mikrodenetleyiciler bilgisayarda bulunması gereken giriş-çıkış (I/O) üniteleri, hafıza (RAM) ve işlemci (CPU) gibi yapıların tümünü ihtiva eden entegre devrelerdir. Sistemi kuzey-güney, doğu-batı yönünde hareket ettirerek, tasarlanan sistemin gün boyu güneş ışığını dik bir şekilde almasını sağlayan DC motorların kontrolü, PIC 18F452 mikrodenetleyicisi ile sağlanmakta olup, programlama dili için BASIC PROTON kullanılmıştır.

MICROCHIP firmasınınca tasarımı yapılan PIC serisi mikroişlemciler, çok fonksiyonlu logic uygulamalarının yazılım vasıtasıyla hızlı ve ucuz bir mikroişlemci ile yapılması amaçlanarak üretilmiştir. PIC'in açılımı PERIPHERAL INTERFACE CONTROLLER olup, giriş-çıkış işlemcisi olarak adlandırılmaktadır.

Şekil 6.1'de gösterilen PIC18F452, çok fazla ekipmana gerek duymadan kullanıldığı her sisteme adapte olma özelliğiyle dikkat çeken bir mikroişlemci çeşididir. PIC18F452 mikroişlemcisi PIC18FXXX serisinden 40 bacağı olan mikrodenetleyicidir. PIC18FXXX serilerinde performansı yüksek RISC işlemci mevcuttur. Kaynak kodlar, PIC16XXX ve

PIC17XXX komut setleri ile uyumlu çalışabilmektedir. 1,5K veri hafızası ve doğrusal adreslenebilen 32K program hafızası ihtiva etmektedir.



Şekil 6.1 PIC 18F452 entegresi [39]

Bacak yapısından bahsedecek olursak; bu mikroşlemcide beş farklı port bulunmaktadır (A, B, C, D, E). Bu portların tamamı digital giriş/çıkış olarak kullanılabilir. A portu 6, B portu 8, C portu 8, D portu 8, E portu 3 giriş/ çıkışa sahiptir. B portunun 0, 1, 2, 3, 4 nolu pinleri harici kesme girişi olarak kullanılabilir. C portu; capture/compare, PWM ve bilgisayar ile seri iletişim kurma gibi işlevler ihtiva etmektedir. D portu paralel slave port ile mikroşlemci portu gibi değerlendirilebilir. E portunun ise analog/digital dönüştürücü özelliği vardır. PIC18F452 mikroşlemcisine genel olarak bakacak olursak,

- 40 Mhz'e kadar çıkabilen işlemci pulse hızı,
- 75 adet komut ihtiva eden,
- 4 komut hariç tüm komutlar 1 cycle sürmektedir. Hariç olan komutlar "call, goto, btffs ve incfsz" komutlarıdır. Bunların süresi 2 cycle'dır.
- 18 kaynaktan kesme yapma özelliği,
- Data yolu 8 bit'dir.
- Sistem enerjilendiğinde "Power-on Reset" yani resetleme özelliği bulunmaktadır.

- Power-up Zamanlayıcı (Power-up-Timer PWRT),
- Osilatör başlatma zamanlayıcısı (Osilatör Start-up Timer),
- Devre içi Debugger yani hata ayıklamak için kullanılabilen modül mevcuttur.
- Devre içi RC osilatör ve özel tip zamanlayıcı (Watch-dog Timer) bulunmaktadır.
- Programlanabilir kod koruma özelliği,
- Sistemlerin enerji verimliliği için uyku modu,
- Program kodunun güvenliğini sağlayabilme,
- Seçimli osilatör özellikleri: 4X Phase Lock Loop (birincil osilatör), İkincil osilatör (32 kHz) clock girişi
- 5 V giriş ile devre içi seri programlama özelliği,
- Programlama 2 pinle yapılabilmektedir.
- Yüksek hızlı FLASH/ EEPROM teknolojisine sahip ve güç tüketimi düşüktür.
- 25 mA kaynak akımı, şeklindedir [40].

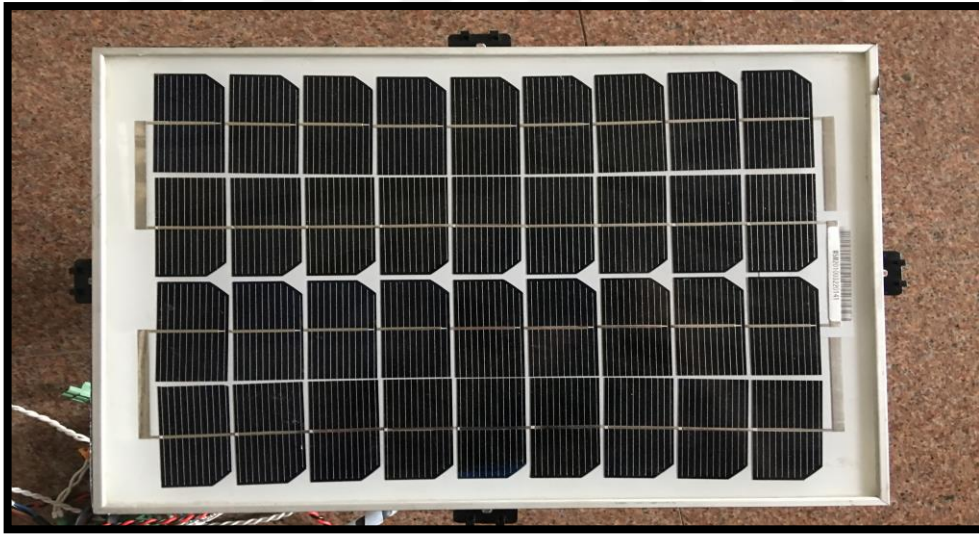
PIC18F452'nin çevresel özelliklerine ise aşağıda değinilmiştir.

- 25 mA yüksek kaynak akımı,
- 10 bitlik analog /digital çevirici,
- PSP (Parallel Slave Port) modülü,
- 2 adet PWM /Kaydetme / Karşılaştırma modülü,
- MSSP (Ana Ekran Seri Port) modülü,
- 3 adet harici kesme pini bulunmakta olup, bunlar Timer0, Timer1, Timer2 ve Timer3'tür.
- Timer0 Modülü; 8/16 bit programlanabilir ön-ölçeklemeli zamanlayıcı /sayıcı
- Timer1 Modülü: 16 bit zamanlayıcı/sayısı; harici bir clock ile uyku modunda arttırılabilme özelliği mevcuttur.
- Timer2 Modülü: 8 bit zamanlayıcı/sayısı (PWM)
- Timer3 Modülü: 16 bit zamanlayıcı/sayısı

➤ Timer1/Timer3 gibi değişken ikincil osilatör gibi özellikleri bulunmaktadır [41].

PIC 18F452’de program hafızası ile veri ayrı belleklerde saklanmakta olup, ayrı yolları kullanmaktadır. Bu sayede bloklara eş zamanlı erişim sağlanabilmektedir. PIC18F452 mikroişlemcisi hızlı ve yüksek performanslı olması tercih edilmesinin önemli sebeplerinden birisidir. Harvard mimarisi olarak bilinmekle birlikte, veri yollarında kilitleme olmamaktadır. 256 Bytes EEPROM, 1536 Bytes RAM, 32K Flash ve 16384 Program Bellek sahip olduğu bellek türlerindedir. PIC18F452’de program belleği çalışacak olan komut kodlarını tutmak için kullanılır, veri belleği ise “bank” adı verilen sayfalara ayrılmıştır. Bunların her birinin başında, özel fonksiyonlu kayıtçı (Special Function Register-SFR) alanı ve genel amaçlı kayıtçı (General Purpose Registers-GPR) alanı bulunur.

Güneş Paneli (PV modül) : Tasarımını yaptığımız sistemin enerjisi yarı iletken malzemeden oluşan PV modülden elde edilecektir. Uygulamasını yaptığımız sistemde kullanılan güneş paneline ait değerler Çizelge 6.1’de ve bahse konu sistemde kullanılacak PV modül Şekil 6.2’de gösterilmektedir.



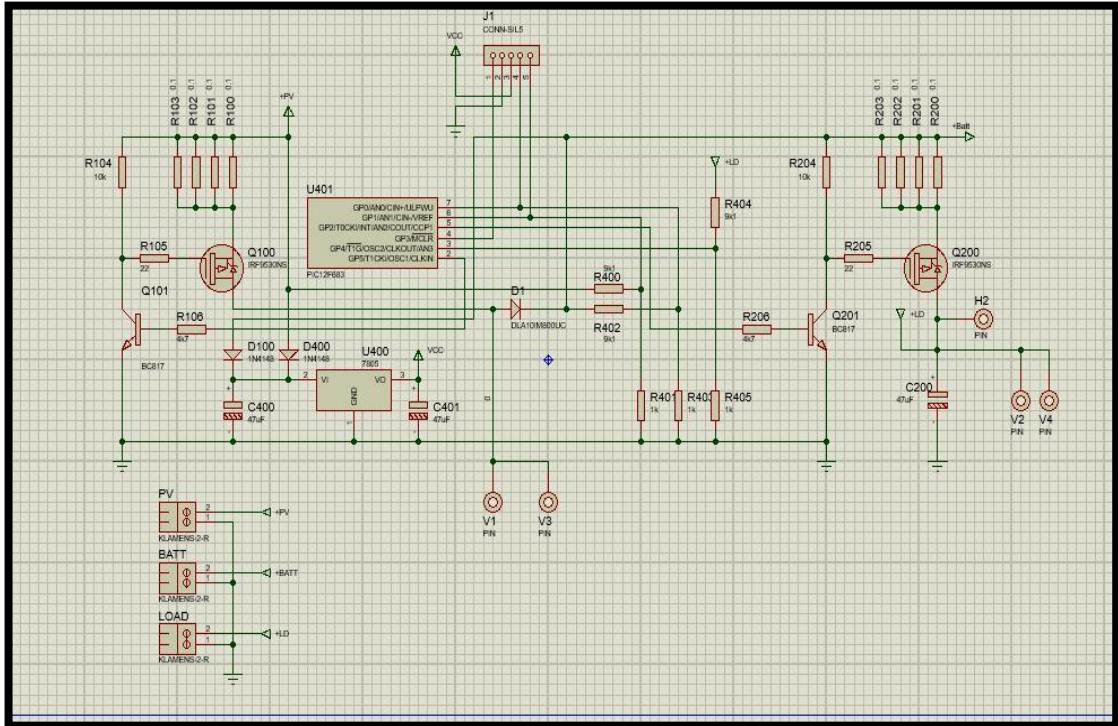
Şekil 6.2 10 Watt’lık PV modül

Akü: Sistemden elde edilen fazla enerjiyi depolamak ve sistem kartının ilk enerjisini sağlamak için 12 V 7 Ah’lık güç kaynağı kullanılmıştır. Bu akünün başlangıç akım değeri 2,1 A’den düşüktür.

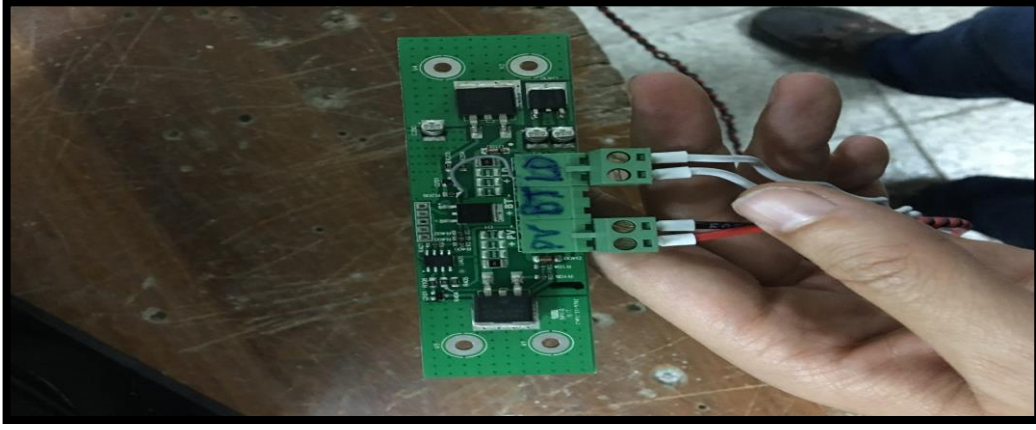
Solar Akü Şarj Kiti: Prototip’i yapılan sistem güneş battığında üretim yapmayacak ve ertesi gün güneş ışığından faydalanabilmek için aküden alınan ilk enerji ile başlangıç

konumuna dönecektir. Solar akü şarj kiti güneş ışığının yetersiz olduğu zamanlarda aküyü devreye sokarak sistemin çalışabilirliğini sağlamaktadır. Bu kitin diğer işlevi kullanılan akünün teknik özelliklerine göre dolmasını sağlayarak akünün kimyasal ömrünü korumaktadır. Jel akülerin uzun ömürlü olması için Deep-Cycle değerleri önemlidir. Devre, yük çıkışından beslendiğinde akü voltajı bir süre sonra 10,5 V gibi bir değere düştüğünde aküyü devre dışı bırakarak, enerji üreten sistemden akünün dolması sağlanır. Ayrıca, bu kit akü doluluk oranını takip ederek doluluk oranının % 90'a çıkmasıyla PWM metoduyla akımı kısarak enerji verimliliği sağlamaktadır. Bu kitin devre ekipmanları; muhtelif değerlerde kapasitör ile dirençler, IRF9530NS ile BC817 tip transistor, diyotlar ve klemensler meydana gelmektedir. Solar akü şarj kitinin ISIS çizimi Şekil 6.3'de ve devre şeması ise Şekil 6.4'de gösterilmektedir.

LDR (Foto direnç): Light Dependent Resistance kelimesinin kısaltılması ile LDR adıyla ifade edilmektedir. LDR, üzerine düşen ışık şiddetine göre direnç değerini ters orantılı olarak ayarlayabilen optik sensör çeşididir. Şöyle ki, tam aydınlık bir anda direnç değerleri 5 ile 10 ohm değerlerine kadar düşer, az ışık alan veya karanlık bir ortamda ise direnç değeri 200 megaohm'lara kadar çıkmaktadır [43]. LDR üzerindeki direnç değişimi, ışık şiddetinin artışıyla lineer olarak azalma göstermektedir. Foto dirençler hem DC hem de AC akımlarda aynı özelliğe sahip bir elektronik elemandır.



Şekil 6.3 Solar şarj kiti ISIS devre şeması



Şekil 6.4 Solar şarj kiti görünümü

Çizelge 6.1 Fotovoltaik panel karakteristiği

WİNSUN marka WSPV10M model PV modül (Standart Test Koşulları)	
Maksimum güç	10 W
Modül çıkışı güç aralığı	% 5 (9.5-10.5 W)
Maksimum güçteki gerilim değeri	17,2 V
Maksimum güçteki akım değeri	0,58 A
Açık devre gerilimi	21 V
Kısa devre akımı	0,64 A
Hücre karakteristiği	Mono-si
Ağırlık (kg)	1,8 Kg
Boyutlar (mm)	350*290*18

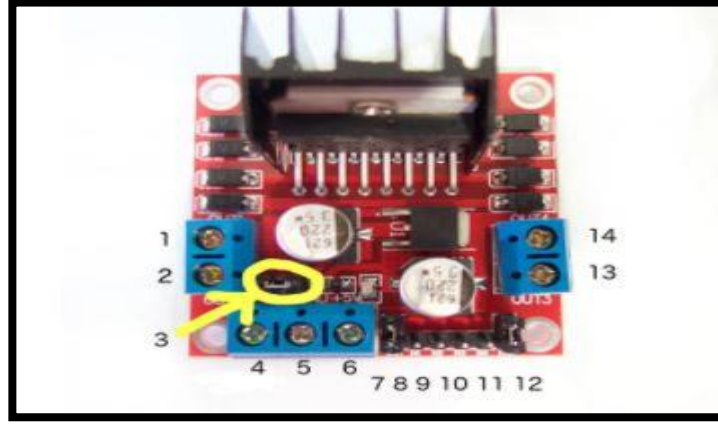
LDR yapımında kullanılan kadmiyum ve kalsiyum sülfat sayesinde üzerine düşen ışıktan ters orantılı direnç varyasyonu göstermektedir. LDR'ler hassas elektronik ekipmanlar olması nedeniyle aşırı sıcaklarda çalışmaz. LDR'nin çalışma sıcaklığı maksimum 60 derecedir [42]. PV modülün ortasında bulunan 4 adet LDR, PIC18F452 mikroişlemcisinin üzerinde ayrı ayrı analog kanallara bağlıdır. LDR1-LDR3 ile LDR2-LDR4 sensörlerinden alınan değerler mukayese edilerek sensörler arasındaki ölçülen değer

farkı değerlendirilir. Karanlıkta kalan sensörün ışık alacağı yöne doğru devre kartı DC motorları yönlendirir. Sistem üzerindeki 4 adet LDR 10 k Ω dirençler ile 5V'a bağlı olup, gerilim bölücü olarak çalışmaktadır. LDR yapısı gereği ışık şiddetine göre direnç değişikliği göstermekte ve bu değişiklik ile gerilim bölücünün oranları değişmektedir. Bu değişiklik değerleri LDR ve direncin birleşim noktasından PIC'e bağlı olan analog kanaldan ölçülmektedir. Ölçüm sonuçları ise, PIC içerisinde olan yazılım ile değerlendirilmektedir.

L298N H-Bridge Çift Motor Sürücü Kartı (7805 Entegresi dahil) : Bu sürücü kartı iki kanallı olup, Step veya DC motorları 4,8V-46V arasındaki iki motoru sürmek için tasarlanmıştır. İki kanaldan her biri 2A akım vermektedir. Motor sürücü kartı üzerinde 1 adet L298N entegresi ve 7805 entegresi bulunmaktadır. Bu sürücü kartının genel özellikleri aşağıda belirtilmektedir.

- Uygulamasını yaptığımız üzere, bağımsız olarak iki adet DC motoru kontrol edebilmektedir.
- Kanal başına verilen akım değeri 2 A'dir.
- Kart üzerinde dahili regülatör bulunmaktadır.
- Dahili soğutucu ihtiva etmektedir.
- Akım okuma pinleri dışa doğru verilmiştir.
- Kısa devre ve yüksek sıcaklık korumaları kart üzerinde mevcuttur.
- Ağırlığı 37 gr olup, 68x55x30 mm boyutlarındadır.
- Lojik akımı 0-36 mA'dir [42].

Uygulamasını yapacağımız sistemde L298N H-Bridge köprülü sürücü kartındaki bağlantı noktalarına da değinmekte fayda vardır. Şekil 6.5'de ki numaralandırmalar üzerinden kısaca bilgi verilmiştir.

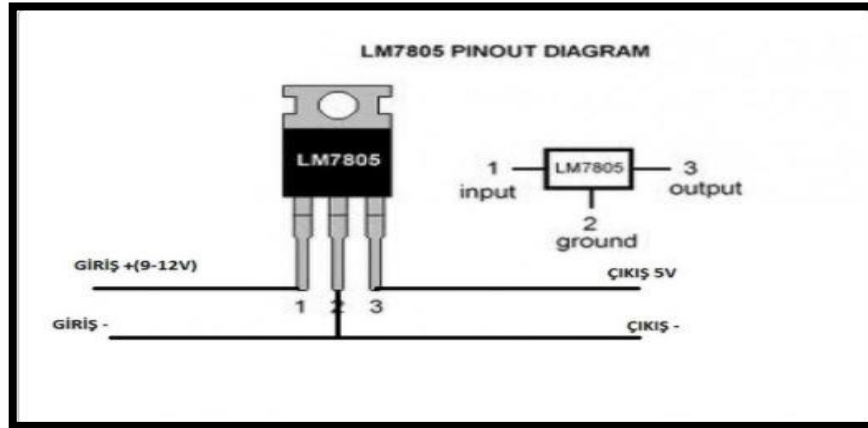


Şekil 6.5 L298N motor sürücü kartı [44]

1. 1. DC motorun "+" ucudur.
2. 1. DC motorun "-" ucudur.
3. 12 V jumper besleme voltajı olup, 12 V üstü beslemelerde bu jumperın kaldırılması gerekmektedir. Bu şekilde regülatör devre dışı kalmaktadır. Bu sebepten ötürü, bu karta harici 5 V beslemenin yapılma zorunluluğu vardır.
4. Max. 35 DC değere kadar motor beslemesi buradan verilir.
5. Toprak bağlantısı buradan yapılmaktadır.
6. 12V jumper takıldığı durumda 5V çıkış alınabilmektedir.
7. PWM çıkışı ile DC motorda hız kontrolü yapılabilmektedir.
8. IN1; 1 nolu motor için yön belirleme pini veya step motor için komutasyon pinidir.
9. IN2; 1 nolu motor için yön belirleme pini veya step motor için komutasyon pinidir.
10. IN3; 2 nolu motor için yön belirleme pini veya step motor için komutasyon pinidir.
11. IN4; 2 nolu motor için yön belirleme pini veya step motor için komutasyon pinidir.
12. PWM çıkışı ile ikinci DC motorda hız kontrolünü sağlamaktadır.
13. 2. DC motorun "+" ucudur.
14. 2.DC motorun "-" ucudur[45].

Bu sürücü kartımızın içerisinde PIC için uygun seviyedeki gerilim değerini ayarlayan 7805 entegresi bulunmaktadır. Bu devre elemanı ile çıkışta sabit 5 V alabilmekteyiz. Bu

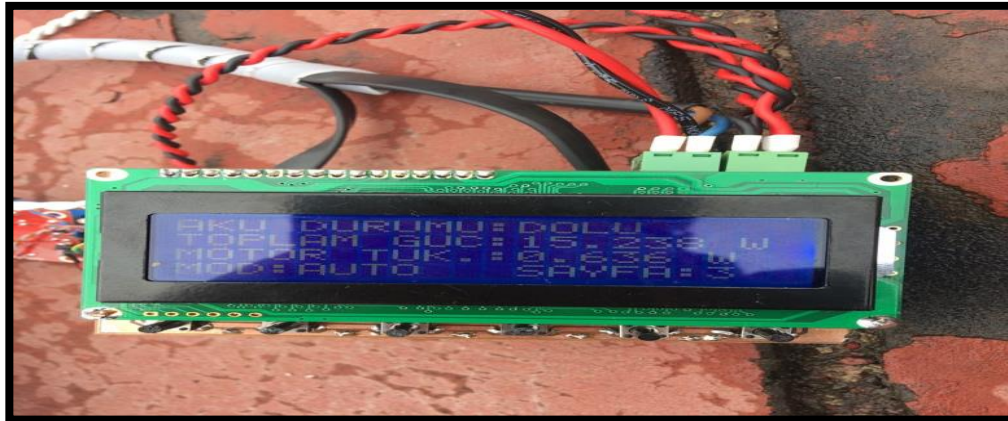
elektronik eleman pozitif gerilim regülatörü görevi görmekte olup, 8-12 V arasındaki voltaj değerini + 5 V'a düşürmektedir ve çıkış akım değeri ise 0,5 A'dır.



Şekil 6.6 LM7805 devre elemanı bağlantı şekli [46]

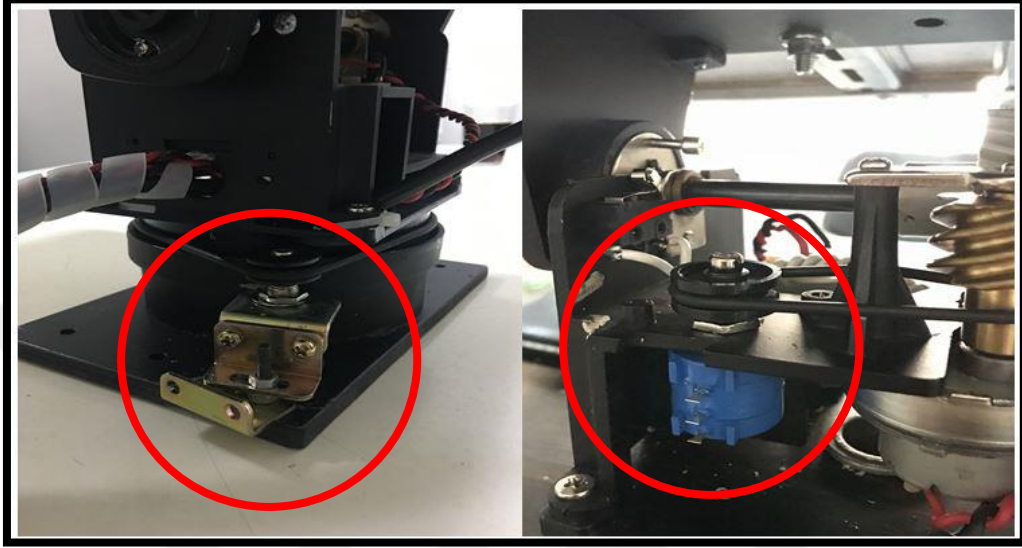
Şekil 6. 6'da görüldüğü üzere 1 nolu bacadan giriş gerilimi uygulanır ve 3 nolu bacadan 5V değeri alınır. 2 nolu bacak ise hem giriş hem de çıkış için ortaktır. Bu regülatörden elde edilen sabit 5 V gerilim değeriyle; 4x20 LCD ekran beslemesi, potansiyometre ve LDR'ler beslenmiştir.

4x20 LCD Ekran (LM044L) : Sistemden elde edilen verileri dış ortama aktarmak için kullanılan bir ekipman olup Şekil 6.7'de görülmektedir. Tasarımını yaptığımız sistemde kullanılan LCD ekran aşağıda gösterildiği üzere 3 sayfadan oluşmaktadır; 1. sayfada saat ve panel açısı, 2.sayfada panelden alınan anlık gerilim, akım ve güç değerleri, 3. sayfada ise sistem çalıştığı sürece PV modüllerden edilen toplam güç, DC motorların dönme hareketi için harcadığı toplam enerji ve akü şarj durumu görülmektedir. Bu devre üzerinde bulunan RV1 trimpot ile ekranda kontrast ayarı da yapılabilmektedir.



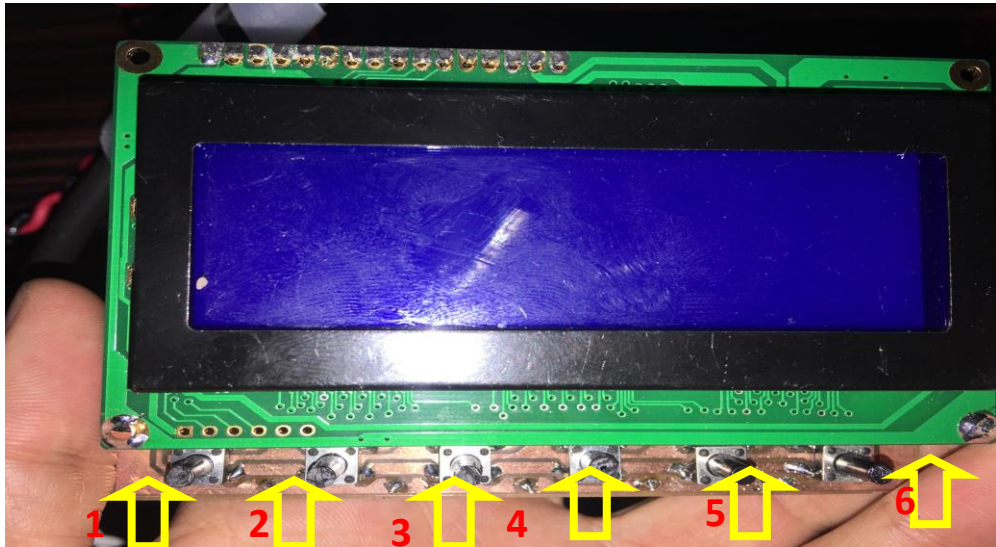
Şekil 6.7 LCD ekran gösterimi

1k Ω Çok Turlu Potansiyometre: Belirli bir dönüş mesafesi olmayıp, direnç ayarı kademeli yapılabilen çok turlu potansiyometrenin 360 derecesi bir tura tekabül etmektedir. Bu ekipmandan alınan bilgiler ile LCD ekran üzerinde PV modülün açı bilgisi okunabilmektedir. Tasarımını yaptığımız prototip iki eksenli olduğundan 2 adet potansiyometre kullanılmış ve Şekil 6.8’de çemberlerin içinde gösterilmektedir.



Şekil 6.8 Çok turlu potansiyometreler

Seçim Butonları: Tasarımını yaptığımız devre kartında 6 adet buton bulunmakta olup, Şekil 6.9’da numaralandırma çalışması yapılmıştır. Bunların görevleri aşağıda belirtilmektedir.



Şekil 6.9 LCD ekran

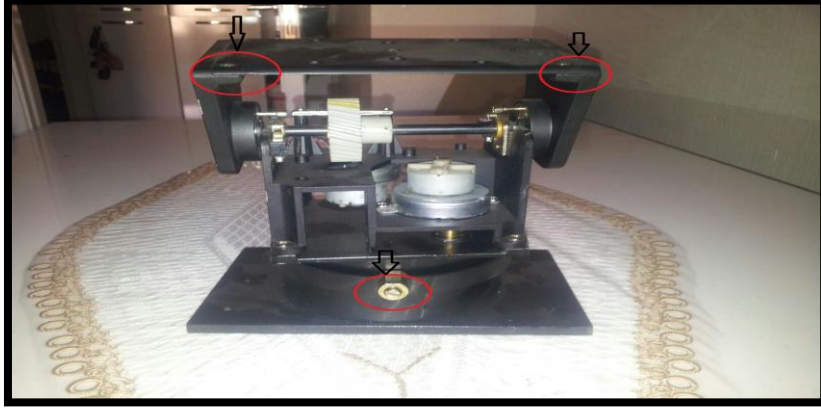
- 1 nolu tuşa açılış esnasında uzun basıldığında önceki kayıtların silinip sistemin sıfırlanması sağlanmaktadır. Tuşa kısa basılırsa manuel-oto seçimi yapılabilmektedir. Açılış sonrası tuşa uzun basılırsa sayfa değişimi yapılabilmektedir.
- 2-3-4-5 nolu tuşlar, 1 nolu tuş ile manuel moda alınan sistemin konumlandırılmasını elle yapabilmektedir. Bu tuşlar bir nevi yön tuşlarıdır.
- 6 nolu tuş ise kullanıldığında o anda üretilen güç ve voltaj değerlerini okumamızı sağlamaktadır.

6.3 Güneş Takip Sistemi Mekanik Ünitelerine ait Ekipmanlar

Tasarımı yapılan sistemin hareketli kısmını mekanik ekipmanlar teşkil etmektedir. Bu ekipmanlar aşağıda sıralanarak, kısaca bilgi verilecektir.

- Vida ve pul
- 27 adet dil bulunan dişliler
- Redüktöre bağlı sonsuz dönen vida
- 2 adet limit switchleri
- Üst montaj ve taban plate aparatları
- 12 V 500 RPM redüktörlü DC motor
- Sonsuz ve helisel dişli
- Redüktör (dişli kutusu)

Pul ve Vida: Somun kullanımına gerek kalmaksızın sökülebilir şekilde birleştiren bir bağlantı elemanıdır. Pul ise; parçanın somun ve benzeri vidalı elemanla birbirine bağlanması esnasında, kuvveti dağıtmasıyla oturma yerindeki yüzeyin zedelenmesini engeller. Şekil 6.10'da gösterildiği üzere, tasarımı yapılan sistemde üst montaj aparatında, taban plate aparatında ve redüktör kutusu sabitlemesinde bu ekipmanlar kullanılmıştır.



Şekil 6.10 2 eksenli hareketi sağlayan mekanik sistem

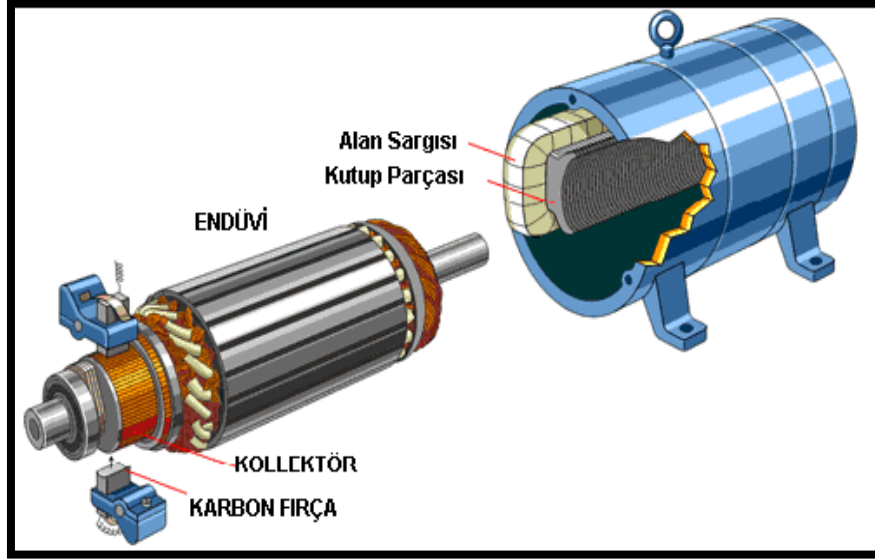
Sonsuz Vida: Sonsuz vida trapez vidaya benzetmek mümkündür. Ağız sayısı 1-8 arasında değişir ve ağız arttıkça verim artmaktadır. Vidalar çalışacağı ve ileteceği kuvvetin durumuna göre miliyle beraber tek parça olarak yapıldığı gibi mil ve vida ayrı üretilip kamayla birbirlerine birleştirilebilir. Karşılık dişli ve sonsuz vida sisteminde; döndüren sonsuz vida, çevrilen ise döndürülen olarak kullanımı mevcuttur.

Dişli: Bu eleman sayesinde motor milinin kolayca dönmesi amaçlanmıştır ve sistemimizdeki her bir dişli 27 adettir.

Limit Switch (2 adet): Sistem üzerinde iki adet bulunmakta olup, güneş panelinin istediğimiz konuma geldiğinde durmasını sağlayan mekanik ekipmanlardır. Sistem bu sayede mekanik hataları önlemektedir.

Üst montaj ve taban plate aparatları: Bu parçalardan üst montaj aparatı 10 W'lık güneş panelinin üzerine sabit bir şekilde sabitlenmesi için kullanılmış, alttaki ise tasarlanan sistemin çalışmasında sarsılmalara sebebiyet vermemesi için yapılan ekipmandır.

12 V redüktörlü sonsuz dişli DC motor: Bu motorlar elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren motorlar olup "DA ve DC" olarak isimlendirilmektedir. Genel yapısıyla DC motorlar değerlendirilecek olursa, duran kısım (rotor), dönen kısım (stator), fırçalar ve kolektörden meydana gelmekte olup Şekil 6.11'de görülmektedir.



Şekil 6.11 DC motor şematik gösterimi [47]

Endüktör (stator), motorun dış kısmında bulunan hareketsiz kısımdır. DC makinalarda manyetik alan oluşumunu sağlayan kısımdır. Endüktör, sabit ya da elektromıknatıstan oluşmaktadır. Motor gücü, kutup sayısının arttırılmasıyla sağlanır. Doğru akımın dönen kısmına endüvi (rotor) denilmektedir. Rotor sargılarını taşıyan ve gerilimin indüklendiği kısımdır. Statorda oluşan manyetik alan yardımı ile sargılarda indükleme oluşur. Statorda oluşan manyetik alan rotorda moment oluşumuna sebep olur, bu sayede DC motorda elektrik enerjisi mekanik enerjiye dönüşmüş olur. Motora gelen ilk gerilim fırçalara gelir akabinde kollektöre ve rotor sargılarına aktarılır. Yapı olarak fırçalar kömür ve benzeri sürtünmeye dayanıklı iletken maddelerden yapılırlar [2]. Redüktör ise, motorun dönme hızını değiştiren kısımdır. Hız değişimi devir-tork oranıyla belirlenir. Redüktör çeşitleri aşağıda verilmiştir.

- ✚ Konik dişli
- ✚ Planet
- ✚ Helisel dişli
- ✚ Helisel
- ✚ Sonsuz dişli
- ✚ Ayna-mahruti

Endüstriyel alanda pek çok kolaylık ve üstünlük sağlayan DC motorları diğer motorlardan ayıran özellikler aşağıda belirtilmiştir.

- ✓ Hassas ve hızlıdır.
- ✓ Ucuzdur.
- ✓ Yeni model üretimi kısa sürede yapılabilir.

6.4 Tasarlanan Prototip ile Yapılan Deneysel Çalışmalar

Bu sistem, Erzurum İli İller Bankası Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde 07/05/2018 tarihinde 08:00'de kurulmuş, 09:00' a kadar ölçüm yapılmış olup, hava durumu ve deneysel çalışma alanımız Şekil 6.12'de gösterilmiştir. 1 saatlik ölçüm sonucunda Şekil 6.7'daki veriler PIC'in EEPROM'una kaydedilmiştir.

PIC 18F452 yazılımında belirtildiği şekilde sistem ilk açılışta dikeyde 0 derece yatayda 45 derece yapacak şekilde durmaktadır. Sisteme enerji verildiğinde LDR'ler karanlık-aydınlık durumuna göre konumlanarak güneşi en iyi alacağı açıyı belirlemiş ve yazılım ile 1 saat ölçüm değeri kaydedilmiştir. 1 saat sonra güneş ışığı önüne bulutların gelmesi nedeniyle, panel kendini üretimin durduğu ilk pozisyonuna almıştır. Havanın kapanma sürecine kadar bu sistem LCD ekranda okunan bilgilere göre 15,238 Wh enerji üretmiş ve enerji üretilen pozisyona gelinceye kadar DC motorlar 0,636 Wh enerji harcamıştır. Akü bilgisi dolu olsa da sistemin çalışır halde kalması istenilmiş, zira enerji harcayacak yük olmaması nedeniyle akümüz sürekli dolu olduğundan deney çalışması esnasındaki hareketleri önleyeceği durumu düşünülmüştür.



Şekil 6.12 Deneysel çalışma alanı

Tasarlanan prototipin ilk deneyi Erzurum ili sınırları içerisinde 07/05/2018 tarihinde yapılmıştır. Bu tarihten sonra hava durumunun sürekli parçalı bulutlu ve yağmurlu olması nedeniyle enerji çıktıları alınmadığından, sisteme ait ikinci ve üçüncü deneyler Ankara ili Yenimahalle ilçesinde yapılmış olup, ilgili değerler Çizelge 6.2'deki deneysel çalışma tablosunda gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 Deneysel çalışma tablosu

GENEL BİLGİLER	ÖLÇÜM-1 (30/05/2018)	ÖLÇÜM-2 (06/06/2018)	ÖLÇÜM-3 (20/06/2018)	ÖLÇÜM-4 (22/06/2018)
Hava Durumu	Parçalı Bulutlu <i>En düşük sıcaklık: 18°</i> <i>En yüksek sıcaklık: 24°</i> <i>Rüzgar Hızı: 16 km/h [48]</i>	Parçalı Bulutlu <i>En düşük sıcaklık: 13°</i> <i>En yüksek sıcaklık: 26°</i> <i>Rüzgar Hızı: 13 km/h [48]</i>	Parçalı Bulutlu <i>En düşük sıcaklık: 14°</i> <i>En yüksek sıcaklık: 24°</i> <i>Rüzgar Hızı: 10 km/h [48]</i>	Parçalı Bulutlu <i>En düşük sıcaklık: 13°</i> <i>En yüksek sıcaklık: 26°</i> <i>Rüzgar Hızı: 8 km/h [48]</i>
Üretilen Toplam Enerji Miktarı	74,939 W	23,132 W	9,29 W	16,127 W
DC Motorların Harcadığı Toplam Enerji Miktarı	0,014 W	0	0	0
Ölçüm Yapılan Saat Aralığı	09:30-18:00	09:30-18:00	09:30-18:00	09:30-18:00
Ölçüm Süresi	8,5 saat	8,5 saat	8,5 saat	8,5 saat
Saatlik Üretim Miktarı	8,81 W/h	2,72 W/h	1,09 W/h	1,89 W/h
Üretilen Net Enerji Miktarı	74,925 W	23,132 W	9,29 W	16,127 W
Sistem Verimi	99,98%	100%	100%	100%
Mod Durumu	AUTO	MANUEL	MANUEL	MANUEL
Elevasyon açısı (°)	Değişken	33°	42,8°	38,8°
Prototip Çalışma Şekli	Solar Takip Sistemi	Sabit Sistem	Sabit Sistem	Sabit Sistem
Deney Yapılan İl	Ankara	Ankara	Ankara	Ankara

Çizelge 6.2 Deneysel çalışma tablosu (Devamı)

GENEL BİLGİLER	ÖLÇÜM-5 (25/06/2018)	ÖLÇÜM-6 (27/06/2018)	ÖLÇÜM-7 (30/06/2018)
Hava Durumu	Parçalı Bulutlu <i>En düşük sıcaklık: 15°</i> <i>En yüksek sıcaklık: 28°</i> <i>Rüzgar Hızı: 10 km/h [48]</i>	Parçalı Bulutlu <i>En düşük sıcaklık: 18°</i> <i>En yüksek sıcaklık: 31°</i> <i>Rüzgar Hızı: 3 km/h [48]</i>	Parçalı Bulutlu <i>En düşük sıcaklık: 14°</i> <i>En yüksek sıcaklık: 27°</i> <i>Rüzgar Hızı: 10 km/h [48]</i>
Üretilen Toplam Enerji Miktarı	21,808	41,902	20,797
DC Motorların Harcadığı Toplam Enerji Miktarı	0	0,902	0
Ölçüm Yapılan Saat Aralığı	09:30-18:00	09:30-18:00	09:30-18:00
Ölçüm Süresi	8,5 saat	8,5 saat	8,5 saat
Saatlik Üretim Miktarı	2,56 W/h	4,92 W/h	2,44 W/h
Üretilen Net Enerji Miktarı	21,808	41	20,797
Sistem Verimi	100%	97,84%	100%
Mod Durumu	MANUEL	AUTO	MANUEL
Elevasyon açısı (°)	33°	Değişken	30°
Prototip Çalışma Şekli	Sabit Sistem	Solar Takip Sistemi	Sabit Sistem
Deney Yapılan İl	Ankara	Ankara	Ankara

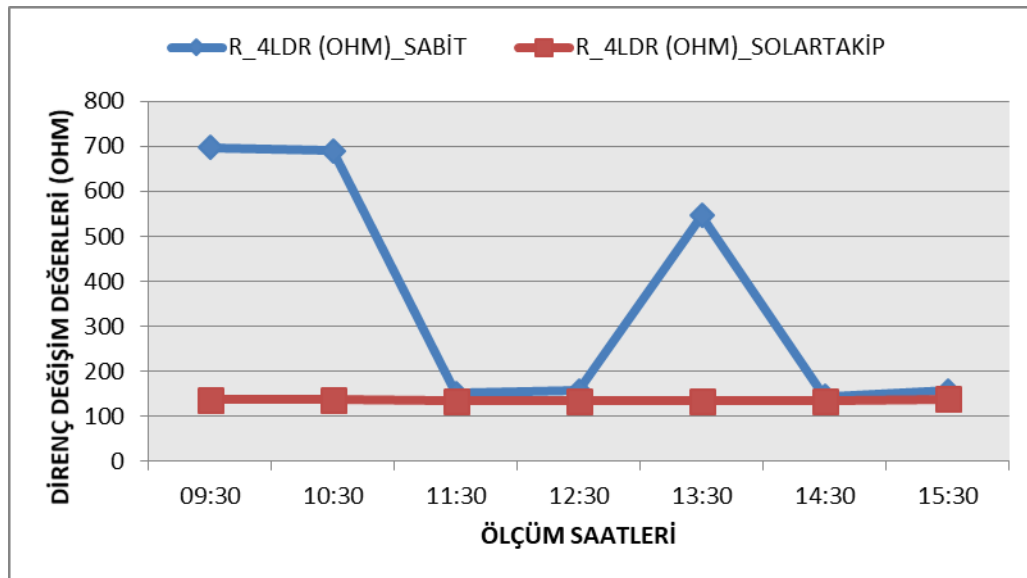
Çizelge 6.2’de gösterilen deneysel çalışma tablosuna göre;

- ÖLÇÜM-1 ve ÖLÇÜM-6’da sistem otomatik moda alınmış ve LDR’lerden alınan bilgiler, PIC18F452 içerisinde bulunan yazılım vasıtasıyla değerlendirilmiş, PIC tarafından DC motorlara verilen yönlendirme komutlarına göre tasarımı yapılan güneş enerjisine yönelme sağlanmıştır. ÖLÇÜM-2, ÖLÇÜM-3, ÖLÇÜM-4, ÖLÇÜM-5, ÖLÇÜM-6 ÖLÇÜM-7’de ise sistem manuel moda alınmış ve Şekil 6.9’da gösterilen 2-3-4-5 nolu yönlendirme tuşları kullanılarak sistem elevasyon açısı değiştirilmiş ve bu açı değerlerine göre PV modül ile elde edilen enerji değerleri LCD ekran üzerinden okunmuştur.
- Tüm ölçümlerin yapıldığı günlerdeki hava durumları çizelgede gösterilmiş olup, ölçüm yapılan günlerdeki güneş radyasyon miktarlarının aynı olduğu kabul edilmiştir.

- Prototip'e ait sistem 7 (yedi) adet deneysel çalışmada 8,5 saat kayıt yapmıştır.
- Üretilen net enerji miktarı eldesi için; ÖLÇÜM-1 ve ÖLÇÜM-6'da, sisteme ait 2 adet DC motorun hareketi esnasında harcadığı enerji, üretilen enerjiden çıkarılarak elde edilmiştir. Diğer 5 (beş) ölçümde ise sistem sabit bir şekilde enerji ürettiğinden DC motorlar enerji tüketimi yapmamıştır. Üretilen net enerji miktarlarına göre; solar takip sistemi'ndeki verimler %99,98-%97,84; sabit sistemdeki verim ise % 100'dür.
- Yapılan ölçümlerde en verimli elevasyon açısı değerinin 33 derece olduğu yapılan deneysel çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir.
- ÖLÇÜM-1 ve ÖLÇÜM-2 ile ÖLÇÜM-5 ve ÖLÇÜM-6 deneysel çalışmaları hareketli sistem ile sabit sistem mukayesesi için tercih edilmiştir.
- ÖLÇÜM-1 ve ÖLÇÜM-2'den elde edilen toplam enerji miktarlarına göre, Solar Takip Sistemi, Sabit Sistem'den 3,26 kat fazla enerji üretmiş, ÖLÇÜM-5 ve ÖLÇÜM-6'dan elde edilen toplam enerji miktarlarına göre ise Solar Takip Sistemi , Sabit Sistem'den 1,86 kat fazla enerji üretmiştir.

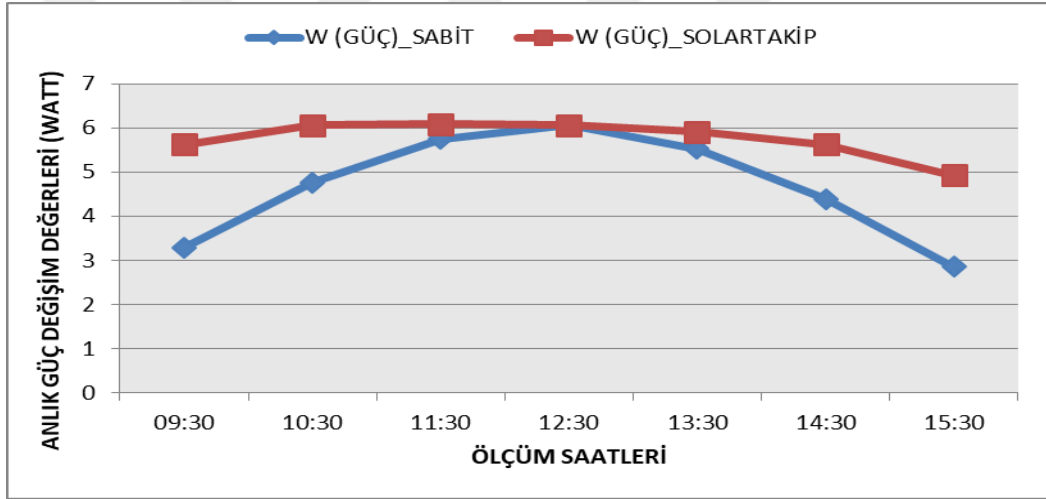
Tasarımı yapılan sistemde bulunan 4 adet LDR sensörlerinin direnç değeri, üzerine düşen ışık şiddetine göre artış veya azalış göstermektedir. Bu doğrultuda, Erzurum İli sınırları içerisinde LDR sensörleri üzerindeki direnç değişimi ve buna bağlı değişim değerlerini göstermek amacıyla, 09/07/2018-10/07/2018 tarihlerinde 2 (iki) adet deney yapılmış, bu ölçümler sabah saat 9:30'da başlamış ve 15:30'a kadar birer saat arayla devam etmiş, Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4 elde edilmiştir. Bu grafiklere göre değerlendirme yapılacak olursa;

Çizelge 6.3 Gün içerisinde LDR4'ün direnç değişim değerleri



- ✓ Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'e göre; 7 (yedi)'şer adet ölçüm yapılmıştır. 9 Temmuz'da hava sıcaklığı 24 derece, 10 temmuz günü hava sıcaklığı 22 derece olup, hava açıktır. Ölçümlerin birinde sistem güneye doğru 24 derecelik elevasyon açısıyla bırakılmış, diğerinde ise sistem solar takip moduna alınmıştır. Ölçüm değerleri 4 nolu LDR sensörü üzerinden alınmıştır. Yapılan deneylerde aynı zamanda 15:30' a kadar üretilen net enerji miktarı ölçümde yapılmış olup; Solar Takip Sistemi ile net olarak 68, 274 W enerji üretilmiş, Sabit sistem ile ise prototip 29,174 W enerji üretmiştir. Çizelge 6.3'de görüldüğü üzere direnç değerleri, Çizelge 6.4'de görüldüğü üzere anlık güç değerleri 11:30 ve 12:30 saatlerinde birbirine yakın değer almıştır.

Çizelge 6.4 Anlık güç değerinin gün içerisindeki değişimi



SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji iş yapabilme yeteneği olup, endüstri de çok ihtiyaç duyulması yanında ülkeler açısından dışa bağımlılığı azaltan bir etkidir. Bunun en büyük örnekleri Ortadoğu'da yaşanan enerji savaşlarında görülmektedir. Buradan şu anlaşılmaktadır; enerji ülkeler politikasında baş aktör rolünü üstlenmektedir. Başka bir deyişle enerji sektöründe dışa bağılı olmayan, kendi enerjisini sadece fosil yakıtları ile değil yenilenebilir enerji kaynaklarıyla da üretebilen ülke güçlü ülke statüsüne erişmiş demektir. Ülkemizi her alanda en iyi şekilde yüceltmek için yüksek endüstri teknolojilerine sahip olmamız için, dışa bağılı olmadan enerjimizi kendimiz üretmeli ve bu yönde her bireyin bir hedefi olmalıdır.

Dünya üzerinde enerji üretimi için en yaygın kullanılan ana materyal fosil yakıtlarıdır. Bu kullanım oranı % 80'lere tekabül etmektedir. Bilim adamlarının son yıllarda yaptığı çalışmalarda fosil yakıtlarına ait rezervlerin 2030 yılına kadar tükeneceğini ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu rezervlerden elde edilen enerji hem düşük verimli hem de çevre kirliliğine yol açmaktadır. En önemlisi ise, bu enerji kaynaklarının aşırı kullanımı sonucunda dünya sıcaklığı son yılların en yüksek seviyesine ulaşmış ve yoğun hava kirliliğine endekli sel ve hortum gibi felaketlerin artmasına zemin hazırlamıştır.

Bunlara ek olarak; artan nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme tüketim toplumunu meydana getirmiş olup, bu topluluğun refah ve huzurunu arttırmak için insanoğlu tarafından çalışmalara başlanılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalara endekli olarak dünya üzerinde enerjiye duyulan talep her yıl % 4-5 oranında artış göstermektedir.

Bu anlamda, artan refah ve huzurlu hayata olan talebi karşılamak için her gün kendini yenileyebilen ve doğada sürekli bulunan rüzgar, güneş gibi yenilenebilir enerji

kaynaklarından enerji eldesi daha uygun olacağı yadsınamaz bir gerçektir. Bu enerji kaynaklarının tamamı güneş kaynaklı olup, doğada istenildiğinde her an eldesi bulunan enerji türlerinde temel taşlarını oluşturmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre dostu olması ve dışa bağımlılıklarının olmaması nedeniyle son zamanlarda ulusal ekonomilerde önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında rüzgar, güneş, hidroelektrik, jeotermal ve biyogaz gelmektedir. Ülkemiz YEK bakımından yüksek potansiyele sahip ülkeler arasında yer almaktadır. Dördüncü bölümde de bahsedildiği üzere, son zamanlarda YEGM'nin yapmış olduğu düzenlemeler ile bu kaynaklardan enerji üretimine yönelik yapılacak çalışmalara devlet destekleri arttırılmış ve enerji yönünden dışa bağımlılığı azaltmak için yeni enerji hedefleri belirlenmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, ülkemiz coğrafi konumu göz önünde bulundurulduğunda etkin bir önceliğe sahiptir. YEGM tarafından hazırlanan Şekil 3.1'deki GEPA'ya göre Türkiye'nin günlük güneşlenme potansiyeli ortalama 7,5 saat ve metrekareden üretilecek enerji miktarı 4,2 kWh/m² olarak tespit edilmiştir. Bu potansiyelin termal enerji üreten sistemleriyle ısı güç olarak da faydalanılmaktadır. Ülkemizde son yıllarda yaygınlaşan PV modül teknolojisiyle elektrik üreten tesislerin kurulumuna yönelik çalışmalara başlanmış ve 2016 yılı sonu itibariyle ülkemizde kurulan GES kurulu gücü 832,5 MW'a ulaşmıştır.

Güneş enerjisinden elektrik üreten sistemler, dördüncü bölümde de belirtildiği üzere 2 tip olup, yarı iletken teknolojisini kullanan fotovoltaik sistemler ve yüksek sıcaklık teknolojisini kullanan yoğunlaştırıcı sistemlerdir. Fotovoltaik modüllerle enerji üreten sistemlerin kurulum ilk maaliyeti yüksek olması ve verim oranlarının düşük olması nedeniyle bu yönde AR-Ge çalışmalarına hız verilmiştir. Zira, GES kurulumu diğer enerji kaynaklarına göre daha fizibl haldedir.

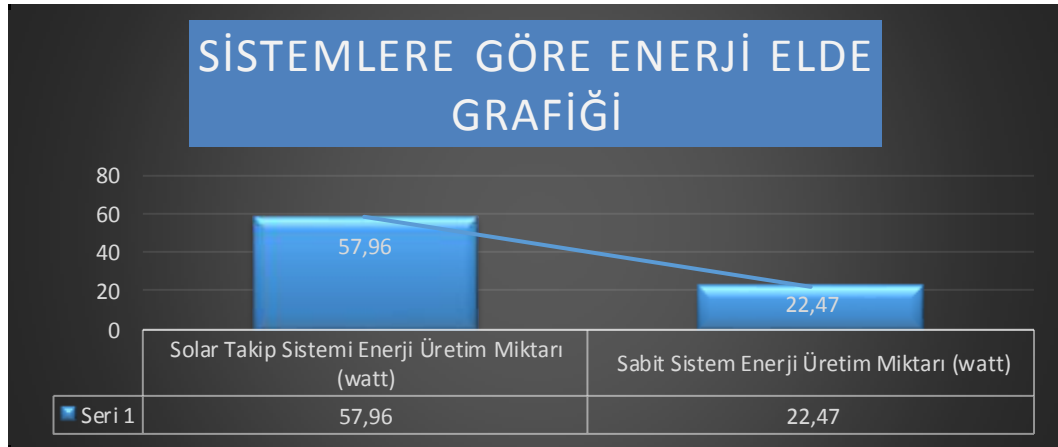
Bu çalışmada, çalışma senaryosuna göre hazırlanan devre kurulumu yapılmış gerekli yazılım PIC18F452 içerisine yüklenmiş ve sistem Erzurum'da çalıştırılmıştır. Üretilen 1 saatlik enerji değeri ve motorun harcadığı enerjiye bakıldığında daha fazla olması nedeniyle sistem hareket etmiş ve konumunu güneşe göre ayarlamıştır. Sistem, güneşin gitmesi sebebiyle kendini ilk pozisyonu olan yani dinlenme moduna almıştır.

Tasarımı yapılan prototip ile üretilecek enerjinin verimli olup olmadığını anlamak için yapılması gereken deneysel çalışmaya, olumsuz hava şartlarından dolayı Erzurum'da devam edilememiştir. Bu nedenle, diğer deneysel çalışmalar Ankara ili sınırları içerisinde yapılmış ve ölçüm yapılan tarihlerdeki güneş radyasyon değerlerinin birbirine yakın olduğu kabul edilmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonuçları, hava durumu ve sistem bilgileri ile ilgili Çizelge 6.2 elde edilmiştir.

Çizelge 6.2'de bulunan ölçüm değerlerine göre;

- ✓ ÖLÇÜM-1 ve ÖLÇÜM-2 ile ÖLÇÜM-5 ve ÖLÇÜM-6'da ölçülen sabit ve hareketli sisteme ait değerler kendi aralarında değerlendirilmiş ve ortalamaları alındığında iki ölçüm neticesi sonunda Sabit Sistemden 22, 47 W, Solar Takip Sistemi'nden ise 57,96 W net enerji elde edildiği tespit edilmiştir. Bu doğrultuda Çizelge 7.1'deki grafik hazırlanmıştır. Elde edilen verilere göre; Solar Takip Sistemi, Sabit Sisteme göre 2,57 kat fazla enerji üretmiştir.

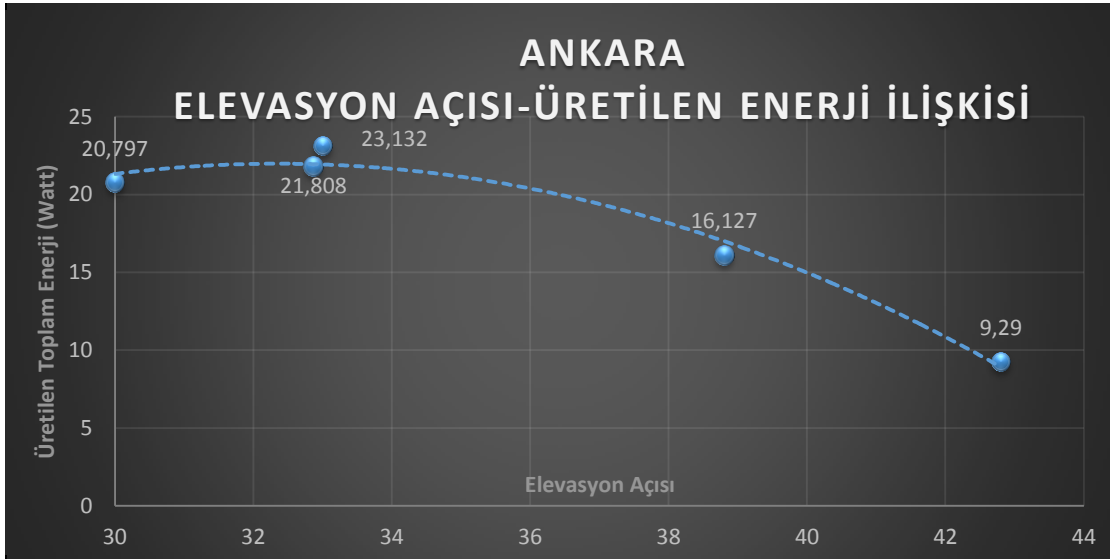
Çizelge 7.1 STS ile sabit sistemin enerji yönünden kıyaslanması



- ✓ Prototip ile sabit sistem olarak 5 (beş) adet deney yapılmış ve her bir deneyde elevasyon açısı değiştirilmiştir. İki deneyde elevasyon açısı 33 derece yapılmış, diğer üç deneyde ise elevasyon açıları 42,8, 30 ve 33,8 derece olarak konumlandırma butonları ile ayarlanmıştır. Bu çalışma neticesinde, 33 derecelik elevasyon açısına ayarlanan sistemden elde edilen enerji miktarlarına bakıldığında, en verimli açı değeri olduğu görülmüş ve Çizelge 7.2 hazırlanmıştır. En az enerji eldesi 42,8 derecelik elevasyon açısında elde edilmiş (9,29 W), En fazla enerji ise 33 derecelik elevasyon açısında elde edilmiştir (23,132 W). Bu doğrultuda, elevasyon açısının artması ile

sistemden elde edilen enerji eldesinin azaldığı, 33 derecelik açı değerinin ise Ankara İli Yenimahalle ilçesi için optimum açı değeri olduğu yapılan ölçümler sonucunda tespit edilmiştir. Bu alanda yapılan diğer çalışmalarla tasarımını yaptığımız prototip mukayese edilirse, bu prototip örnek alınarak tasarlanan sistemlerinin soğuk bölgeler haricinde daha verimli çalıştığı yapılan deneysel çalışmalar neticesinde gözlemlenmiştir.

Çizelge 7.2 Elevasyon açısı-üretilen enerji ilişkisi



Dünya hareket halinde bir gezegen olup, kendi eksenini etrafında dönmesini 24 saatte tamamlamaktadır. Bu hareketten dolayı, gün içerisinde dünya üzerine düşen güneşin geliş açısı da değişiklik göstermektedir. Bu doğrultuda, güneş ışınlarının gün içerisindeki geliş açısına bağlı değişimi değerlendirmek için Erzurum ilinde farklı günlerde 2 (iki) adet deney yapılmıştır. Bu deneylerin yapımı esnasında aynı zamanda son ölçüm saatlerine kadar üretilen toplam enerji değerleride kaydedilmiştir. Deneylerin birisinde prototip sabit bir şekilde güneye doğru bırakılmışken, ikincisinde solar takip modunda bırakılmıştır. Bu deneysel çalışmalar neticesinde 6. bölümde bulunan Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4 elde edilmiştir. Buna göre;

- Üretilen enerji değerlerine göre Solar Takip Sistemi, Sabit Sistem'e göre 2,34 kat fazla enerji üretmiştir.
- Tasarımını yaptığımız prototip, sensörler ile oluşan gerilim bölücü dirençlerden elde edilen gerilim bölücü oranındaki değişimi, PIC'in analog kanalında ölçer ve bu

değere göre sistemi konumlandırır. Sabit Sistem’de prototip güneşe doğru bırakıldığından, gün içerisinde LDR4 sensörü üzerine eşit oranda güneş ışığı düşmez. Bu sensöre ait direnç değeri değişimi, Çizelge 6.3’de görüldüğü üzere gün içerisinde değişken değer almıştır. Solar Takip Sistemi’nde ise prototip güneşi düzenli takip etmekte olup, Çizelge 6.3’de de gözlemlendiği gibi LDR4 üzerindeki direnç değeri düz çizgiye yakın bir şekil oluşturmuştur. Çizelge 6.4’e göre; prototipten ölçülen anlık güç değerleri okunmaktadır ve sabit sistem sabah saatlerinde anlık 3,293 W enerji üretirken, öğlen 12:30 saatinde anlık 5,519 W enerji değeri ile en yüksek enerji değeri elde edilmiştir. Bu ölçüm değeri 12:30’dan sonra azalan çizgi şeklinde bir grafik oluşturmuştur. Solar Takip Sistemi’nde ise prototip sürekli güneş ışığını takip ettiğinden güç eldesi grafiği düze yakın bir çizgi halini almıştır. Bu çizginin düşük olduğu saatler 9:30 ve 15:30 saatleri olup, bu saatlerde güneş ışığı şiddeti değerinin daha düşük olduğu yine Çizelge 6.4’den de anlaşılmaktadır.

Bu tarz sistemlerdeki ölçüm sayılarının arttırılmasıyla, havanın bulutluluk oranı ile ışık şiddeti değerinin gün içerisindeki değeri elde edilebilir. En önemlisi ise, bu sistemlerle yapılan ölçüm değerlerinin başka bir bilimsel çalışmada kullanılmasıyla zamandan tasarruf sağlanabilir.

PV modülle enerji üreten sistemlerde, yapay zeka teknolojileri gibi farklı alanlara kanalize olmakla daha verimli sistemler meydana getirilebilir. Bunlara ek olarak, bu sistemlerin enerji üretimi esnasında yüksek sıcaklığı maruz kaldığı ve enerji üretimine katkı sağlayan elektronik cihazlarda verim kaybına sebebiyet verdiği durumları düşünüldüğünde, PV modülden oluşan sistemlerde iklimlendirme çalışmalarının yapılması verim arttırımına katkı sağlayabilir. Uygulamasını yapmış olduğumuz prototip hareketli bir sistem olup, söz konusu sisteme rüzgar sensörünün entegre edilmesiyle bu prototipin rüzgar fırtına gibi hava olaylarından etkilenmesi önlenmiş olacaktır. Çalışmasını yaptığımız sistem off-grid olarak düşünülmüş olup, on-grid uygulamalarda da tercih edilebilmektedir.

Bu sistemde, güneşi takip etmek için LDR sensörlerinden faydalanılmıştır. Gelecek çalışmalarda, güneşten gelen X-ışınlarından faydalanan anten teknolojisi güneş takip sistemlerinde tercih edilebilir. Buna ek olarak, bu tip sistemlerin hareketleri DC veya

Servo motorlar ile sağlanmaktadır. DC veya servo motorlar olmadan sistem hareketlerinin sağlanabilmesi için, metalurji ve malzeme bilgisi kullanılarak, esneme özelliği (uzama-kısalma) bulunan malzemelerin üretilmesiyle Çizelge 6.2’de de belirtilen motorların harcadığı enerji sıfıra indirilebilir.

20 Mart 2017 tarihinde ihalesi tamamlanan ve yerli panel üretim şartı bulunan Karapınar YEKA-1 ihalesi kapsamında yerli panel üretim fabrikası Ankara’ya kurulacaktır. Bu sayede, ülkemiz sınırları içerisinde kurulumu yapılan GES’lerin yerli malı ürün kullanım oranının % 75’lere kadar çıkması amaçlanmıştır. Ayrıca, söz konusu üretim fabrikasının kurulmasıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2018 yılı birim fiyat kitabında yüklenici karı dahil 2,42 TL/Wp olan hücre fiyatının yarı yarıya azalmasıyla hem milli servete büyük oranda katkı sağlanmış olacak hem de ülkemiz ihracat hacmi arttırılmış olacaktır.

Son olarak, küresel rekabet ortamında etkin bir güç olmak için, son yılların en önemli başlığı haline gelmiş yenilenebilir enerji konusunda yeni teknolojileri yakından takip etmek ve yeni teknolojileri üretmek gerekmektedir. Yerel kaynakların ekonomiye katkısını arttırmak ve bu konuda yeni teknolojilerin geliştirilmesi hem çağın gerisinde kalmamayı sağlar hem de ülkemizin alternatif enerji kaynakları potansiyelinin aktifleştirilmesine fayda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Fahrenbruch, A.L. ve Bube R.H., (1983). "Fundamentals Of Solar Cells, Photovoltaic Solar Energy Conversion", Academic Press, 19: 559.
- [2] Karabiçak M., Yüksel A. ve İnal M. , (2013). Güneş Takip Sistemi, Bitirme Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- [3] Salah A. ve Salem N., (2004). "Two Axes Sun Tracking System With PLC Control", Energy Conversion and Management, 45 (11–12): 1931-1939.
- [4] Georgiev A. , Roth P. ve Olivares A. , (2004). "Sun Following System Adjustment At The UTFSM", Energy Conversion and Management, 45 (11–12): 1795-1806.
- [5] Beyoğlu, M. , (2011). Micro C ve PIC18f455, Altaş Yayıncılık ve Elektronik Tic. Ltd. Şti. , İstanbul.
- [6] Yılmaz, M. (2013). Bilim ve Teknik Dergisi, Güneş Pillerinin Yapısı ve Çalışması, Bilim ve Teknik Dergisi, 41 ve 464.
- [7] Oral G. ve Uçan O.N. , (2012). "Güneş Takip Sistemleri ve Prototip Gerçekleştirme", İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, 4(15):1-14.
- [8] Girgin, M.H. (2011). Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralının Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- [9] University of Washington, EnergyTypes, http://courses.washington.edu/engr100/Section_Wei/smallproject/Energy%20Types1.pdf, 19 Şubat 2018.
- [10] Gezer E.H. , (2013). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [11] Grozdev M. , (2010). Alternatif Enerji Kaynakları: Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [12] Kentli, F. ve Yılmaz M. , (2012). "Obtaining The Optimum Efficiency Electrical Energy Under Diyarbakir Conditions Using Solar Tracking System Involving Pv Panel", Energy Education Science and Technology Part A, Energy Science and Research, Özel Makale, 613-620.
- [13] Cheremisinoff P. N. ve Dickinson W. C, (1980). Solar Energy Technology Handbook. Part A Engineering Fundamentals , 3 ve 1, Marcel Dekker Inc. , New York.
- [14] Başak S. ve Şıran A. , (2017), PID Denetimli Güneş Takip Sistemi, Bitirme Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- [15] Beckman William A. ve Duffie John A., (1974). Solar Engineering of Thermal Processes. Second Edition, A Wiley-Interscience Publication, 4 , John Wiley & Sons, Inc. , Canada.
- [16] Şenpınar A. , (2005). , Bağımsız Güneş Pili Sistemlerinin Bilgisayar İle Kontrolü, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [17] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, YEGM'nin Güneş Enerjisi Çalışmaları, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_calismalari.aspx, 18 Mart 2018.
- [18] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Güneş, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>, 18 Mart 2018.
- [19] Dinçer F. , 2011. "Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli - Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme", KSU Mühendislik Dergisi, 14(1): 23.
- [20] Güneş Sistemleri, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli, <http://www.gunessistemleri.com/potansiyel.php>, 18 Mart 2018.
- [21] Yenilenebilir Enerjileri Geliştirme ve Enformasyon Merkezi, Türkiye Güneş haritası, <http://www.yegem.com/bilgibankasi/cfd-nedir-yenilenebilir-enerjiler-adina-her-sey-burada>, 18 Mart 2018.
- [22] Yenilenebilir Enerjileri Geliştirme ve Enformasyon Merkezi, Türkiye Güneş haritası, <http://www.yegem.com/bilgibankasi/cfd-nedir-yenilenebilir-enerjiler-adina-her-sey-burada>, 18 Mart 2018.
- [23] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, CSP Güneş Enerjisi Santralleri, http://www.eie.gov.tr/teknoloji/csp_gun_enj_sant.aspx, 18 Mart 2018.
- [24] Carstensen, J. , Popkirov G. , Bahr J. ve Föll H., "Cello: An Advanced LBIC Measurement Technique For Solar Cell Local Characterization", Solar Energy Materials And Solar Cell , 76 (4): 599-611.
- [25] Altaş, İ. H. (1998), "Fotovoltaik Güneş Pilleri: Yapısal Özellikleri ve Karakteristikleri", Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, 66-71.
- [26] Perdahçi, C. (2005), "Güneş Pillerinin Çatı Dizaynında Kullanılması", III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 2005 ve Mersin.
- [27] Mavi Yeşil Enerji danışmanlık İnşaat Turizm Gıda ve Ticaret Ltd. Şti. , Türkiye'de Güneş Enerjisi, <http://www.myenergy.com.tr/tr/page.asp?id=38>, 20 Temmuz 2018.

- [28] Gogreensolar, Solar Arrays, Explained, <http://blog.gogreensolar.com/2008/09/solar-arrays-explained.html>, 18 Mart 2018.
- [29] Altın, V. (2006) , “Güneş Pillerinin Yapısı ve Çalışması, Bilim ve Teknik Dergisi”, 464, 41.
- [30] Bilgin Enerji, Rüzgar Enerjisi, <http://www.bilgin.com.tr/#>, 22 Mart 2018.
- [31] Cingil İ. , (2008). , Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Ekonomik Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [32] Guneshaber.net, Fotovoltaik Güneş Enerjisi Şebekeye Bağlantılı Sistemler, <http://www.guneshaber.net/haber/2034-teknik-bilgiler-fotovoltaik-gunes-enerjisi-sebekeye-baglantili-sis.html>, 22 Mart 2018.
- [33] Elektrikport.com, Güneş Takip Sistemleri, [http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gunes-takip-sistemleri-\(solar-tracker-gunes-izleyici\)--1-bolum/4281#ad-image-0](http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gunes-takip-sistemleri-(solar-tracker-gunes-izleyici)--1-bolum/4281#ad-image-0), 18 Mart 2018.
- [34] Rüstemli S. , Dinçer F. , Çelik M., Cengiz M. S. , (2013).” Fotovoltaik Paneller: Güneş Takip Sistemleri ve İklimlendirme Sistemleri, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 2 (2): 141-147.
- [35] Demirtaş M. 2008. Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Kullanılarak Şebeke İle Paralel Çalışabilen Hibrit Enerji Santrali Tasarımı ve Uygulaması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- [36] Çalışkan H. ve Öztürk H. K., (2008). “ Güneş Takip Sistemlerinin İncelenmesi”, Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir-2008.
- [37] Ulu E. , Öztürk H. K. , Yılcı A. , Çetin E. , Hekim M. , Şanlı G. ve Kıvrak S. , (2009). “Temiz Enerji Kaynakları Uygulamaları Pamukkale Üniversitesi Temiz Enerji Evi Örneği”, Ege Bölgesi Enerji Formu, Denizli-2009.
- [38] Bilgin Z. (2006). Güneş Takip Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [39] Robotistan.com, PIC18F452 Hakkında Bilgi C Dili PIC Uygulamaları, <http://320volt.com/pic18f452-hakkinda-bilgi-c-dili-pic-uygulamaları/>, 09 Nisan 2018.
- [40] Robotiksistem.com, PIC18F452 Mikrodenetleyicisi, http://www.robotiksistem.com/pic18f452_mikrodenetleyici_ozellikleri.html, 04 Nisan 2018.
- [41] Robotistan, DC Motor Sürücü, <https://www.robotistan.com/l298n-voltaj-regulatorlu-cift-motor-surucu-karti>, 16 Nisan 2018.
- [42] Teknokoliker, Foto Direnç (LDR) Nedir? Çalışma Prensipleri, <http://www.teknokoliker.com/2011/12/fotodirenc.html>, 02 Nisan 2018.

- [43] Kabataslak.net, DC Motor Nedir? Özellikleri Nelerdir?, <http://www.kabataslak.net/dc-motor-nedir-ozellikleri-nelerdir.html>, 08 Nisan 2018.
- [44] Diyot.net, L298N Motor Sürücü devresi, <http://diyot.net/l298n-motor-surucu-devresi/>, 16 Nisan 2018.
- [45] Robolink Teknoloji, L298N Motor Sürücü Kartı, <https://www.robolinkmarket.com/l298n-motor-surucu-karti.html>, 16 Nisan 2018.
- [46] Elektrik Forum, 7805 Voltaj Regülatörü, <http://elektrikforum.net/7805-voltaj-regulatoru/>, 09 Mayıs 2018.
- [47] Yılmaz Redüktör, Redüktör Tipleri ve Özellikleri, <http://www.yr.com.tr/Res/Makaleler/Red%C3%BCKt%C3%B6r%20Tipleri%20ve%20%C3%96zellikleri.pdf>, 08 Nisan 2018.
- [48] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara İçin Detaylı Hava Durumu, <https://www.mgm.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx#/>, 07 Haziran 2018.

SOLAR TAKİP SİSTEMİ ELEKTRONİK DEVRESİ ELEMAN LİSTESİ

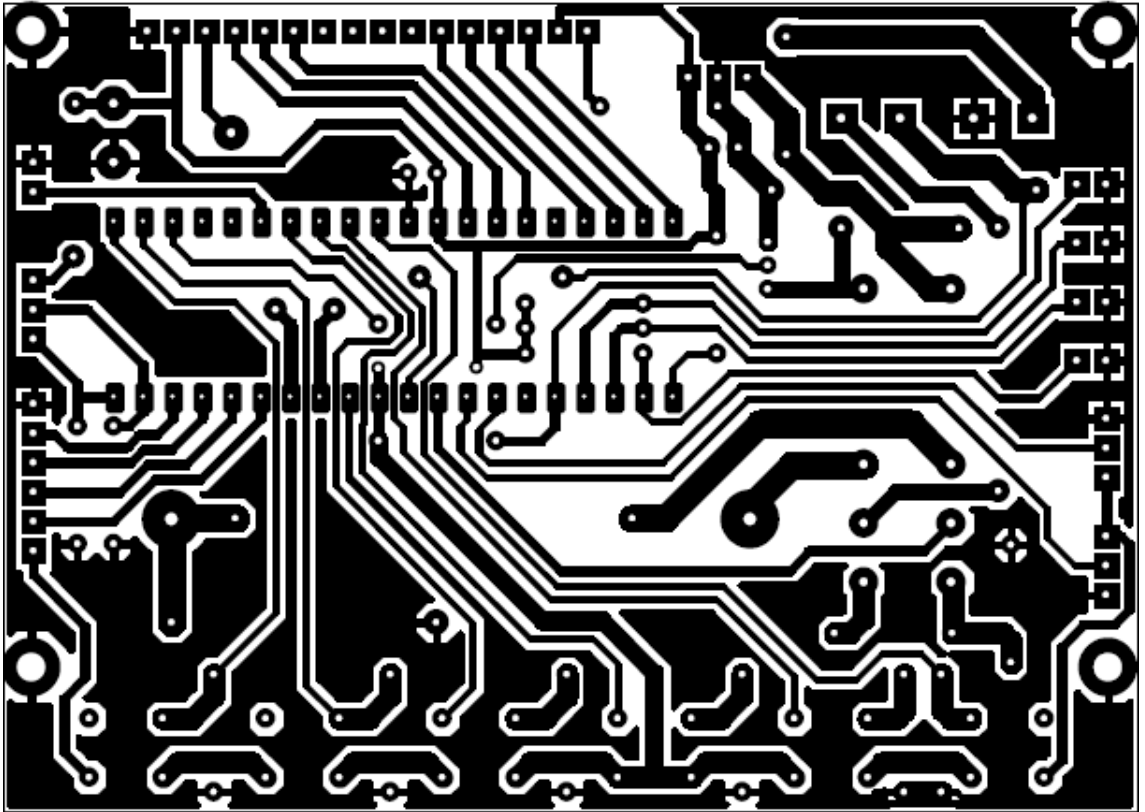
Kurulumunu yaptığımız devrenin ISIS 8 programı üzerinden çıktısı alınarak aşağıda gösterilmektedir.

Bill Of Materials for GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ

Design Title GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ
Author YASİN ZENGİN
Document Number REV. 01
Revision 01
Design Created 28 Haziran 2018 Perşembe
Design Last Modified 28 Haziran 2018 Perşembe
Total Parts In Design 49

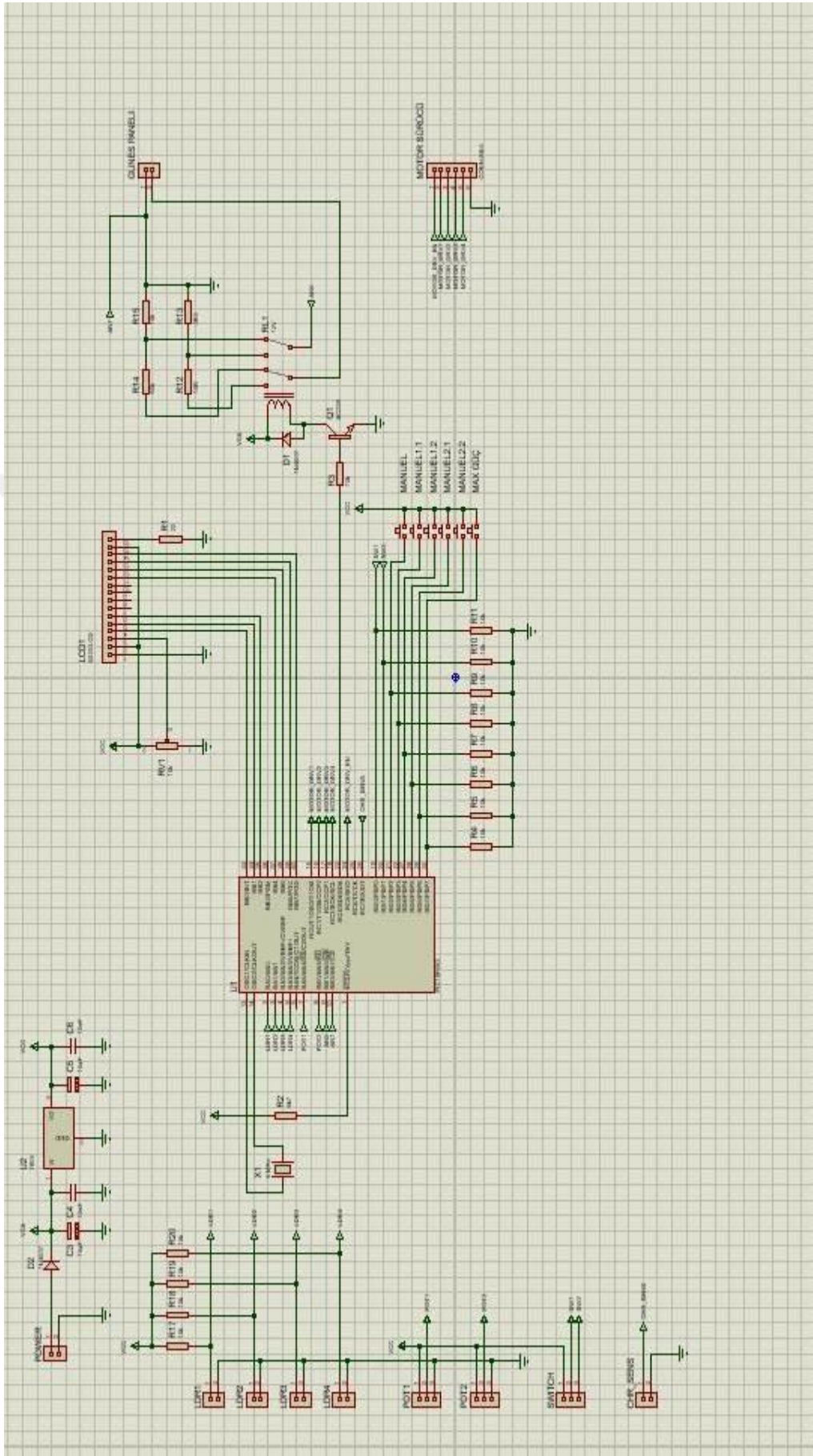
0 Modules		Value	Stock	Unit
Quantity	References		Code	Cost
Sub-totals:				
4 Capacitors				
Quantity	References	Value	Stock	Unit
2	C3,C5	10uF		
2	C4,C6	10nF		
Sub-totals:				
19 Resistors				
Quantity	References	Value	Stock	Unit
1	R1	22		
1	R2	4k7		
14	R3-R11,R15,R17-R20	10k		
1	R12	10R		
1	R13	3R3		
1	R14	50k		
Sub-totals:				
2 Integrated Circuits				
Quantity	References	Value	Stock	Unit
1	U1	PIC18F452		
1	U2	7805		
Sub-totals:				
1 Transistors				
Quantity	References	Value	Stock	Unit
1	Q1	BC239		
Sub-totals:				
2 Diodes				
Quantity	References	Value	Stock	Unit
2	D1-D2	1N4007		
Sub-totals:				
21 Miscellaneous				
Quantity	References	Value	Stock	Unit
16	CHR_SENS,GUNES PANELL,LDR1-LDR4,MANUEL,MANUEL.1-MANUEL.2,MANUEL2.1-MANUEL2.2,MAX.GÜÇ,POT1-POT2,POWER,SWITCH			
1	LCD1	4X20 LCD		
1	MOTOR SÜRÜCÜ	CONN-SIL6		
1	RL1	12V		
1	RV1	10k		
1	X1	4 MHz		

TASARIMI YAPILAN SİSTEMİN BASKI DEVRE ŞEMASI



SİSTEM KARTI DEVRE ŞEMASI





ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yasin ZENGİN
Doğum Tarihi ve Yeri : 15/08/1987
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : ahmtyasın@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Elektrik-Elektronik Mühendisliği	Mühendislik Fakültesi/Erciyes Üniversitesi	2010
Lisans	İşletme	İşletme Fakültesi/ Anadolu Üniversitesi	2014
Lise	Fen Bilimleri	Mersin Mehmet Adnan Özçelik Anadolu Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2013-	İller Bankası AŞ Erzurum Bölge Müdürlüğü	Teknik Uzman
2010-2011	Medaş Elektrik Dağıtım AŞ	Proje Mühendisi