

**KARABÜK İLİ İKLİM ŞARTLARINDA GÜNEŞ
PİLLERİNİN HAREKETLİ YÜZEYLERDEKİ
PERFORMANS DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ
VE ANALİZİ**

**2012
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Onur ÖZER

**KARABÜK İLİ İKLİM ŞARTLARINDA GÜNEŞ PİLLERİNİN HAREKETLİ
YÜZEYLERLERDEKİ PERFORMANS DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ
VE ANALİZİ**

Onur ÖZER

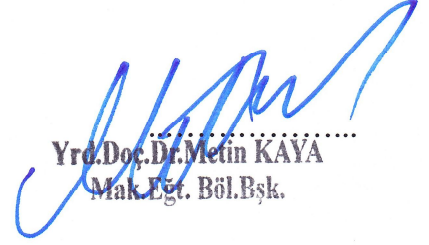
**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ekim 2012**

Onur ÖZER tarafından hazırlanan; “KARABÜK İLİ İKLİM ŞARTLARINDA GÜNEŞ PİLLERİNİN HAREKETLİ YÜZEYLERDEKİ PERFORMANS DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ VE ANALİZİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı


Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA
Mak. Eğt. Böl. Bşk.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 12 / 10 / 2012

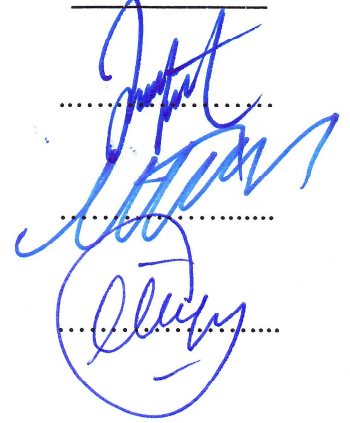
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Doç. Dr. Sezayi YILMAZ (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. İlhan CEYLAN (KBÜ)

İmzası

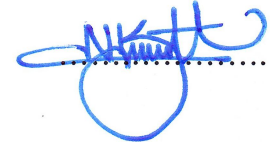


.... / / 2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Onur ÖZER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARABÜK İLİ İKLİM ŞARTLARINDA GÜNEŞ PİLLERİNİN HAREKETLİ YÜZEYLERLERDEKİ PERFORMANS DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ VE ANALİZİ

Onur ÖZER

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA

Ekim 2012, 60 Sayfa

Bu tez çalışmasında, yatay ekseninde step motoru sayesinde güneşi takip edecek bir sistem tasarlanmıştır. Yapmış olduğumuz sistem tasarımı ile çok kompleksli olan güneş takip sistemlerinden farklı olarak gayet basit ve kullanılan malzemeler açısından ucuz bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasının oluşturulmasında otomatik kontrol sistemleri, mekanik ve güç kaynağı gibi çalışma alanlarına ait birçok materyalden yararlanılmıştır.

Tez çalışmasında güneşlenme süresince güneşi takip etme işlemi 16F628A micro denetleyicisi ile frekansı ayarlanabilen darbe üreticisi tarafından kontrol edilen step motoru tarafından gerçekleştirilmiştir. Sistemin konumuna göre doğu batı istikametinde güneş pili güneşin geliş açısına 90° olacak şekilde ayarlanmıştır. Yine

benzer olarak aynı ölçme ve kontrol cihazları kullanılan sabit konumlu bir güneş pili montajı gerçekleştirilmiş ve her iki sistem de aynı anda deneyler yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler grafiksel olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada önerilen güneşi izleyebilen sistem ve sabit sistemin verimleri anlık olarak hesaplanmıştır. Güneşi takip eden sistem gün doğumundan gün batımına kadar güneşi takip ettiği ve bu nedenle veriminin hemen hemen her saatte aynı olduğu fakat sabit sistem gün içinde saat 10:00 ile 15:00 saatleri arasında verimli olarak elektrik enerjisi üretebildiği diğer saatlerde veriminin oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Güneş enerjisi, güneş takip sistemi, güneş pili.

Bilim Kodu : 708.3.015.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

CLIMATIC CONDITIONS IN THE PROVINCE OF KARABÜK INVESTIGATION AND ANALYSIS OF HE PERFORMANCE VALUES OF SOLAR BATTERIES ON MOVING SURFACES

Onur ÖZER

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Metin KAYA

October 2012, 60 Pages

In this dissertation study, a system that will follow the sun thanks to its step engine is designed. This system that we made, is quite different from other solar tracking systems which are very complex in design and is a cheaper and simple system in regards to the materials used. In the preparation of this thesis dissertation, we made use of materials such as automatic control systems, mechanics and power sources.

In this dissertation study, the tracking of the insolation process is made by 16F628A microcontroller and by a step motor which is controlled by an impulse generation that is frequency is and just table. According to the location of the system, the solar battery is placed east- west bound that will be 90° to the incidence a fixed solar battery. Similarly, a fixed solar battery that uses the same aforementioned

measurement and control devies was set and the same experiments were carried out in both system simultane ously. The data acquired at the end of the experimental studies were evaluated diagrammatically. In conclusion, the efficiency of the solar tracing system and the fixed system was calculated trasiently. It is obsorved that the efficiency of the solar tracing system is almost the same throughout the day as it follows the sun from the sun rise until sunset but the fixed system is efficiendt only between 10:00 and 15:00 while its efficiency is quite low during the rest of the day when its can produce electric power.

Key Words : Solar energy, solar tracking system, solar battery.

Science Code : 708.3.015.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında Őekillendiren hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA' ya sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Deneysel alıŐmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen, Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi öğretim üyesi çok kıymetli hocalarım, Yrd. Doç. Dr. İlhan CEYLAN' a, tez yazımında yardımlarını esirgemeyen ArŐ. Gör. Yusuf Yargı BAYDİLLİ' ye teŐekkürü bir borç bilirim.

Sevgili aileme maddi manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
BÖLÜM 3	11
YENİLENEBİLİR ENERJİ	11
3.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	11
3.1.1. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları	13
3.2. GÜNEŞ'İN YAPISI	14
3.2.1. Güneş'in Yapısı ve Güneş Enerjisi	14
3.2.2. Güneş Enerjisi	15
3.2.3. Güneş'ten Gelen Enerji Değişimi	17
3.2.4. Güneş Işınımının Atmosferde Yutulması	17
3.2.5. Bağlı Hava Kütlesi	18
3.2.6. Güneş Enerjisinin Avantajları	19
3.2.7. Güneş Enerjisinin Dezavantajları	19

	<u>Sayfa</u>
3.3. GÜNEŞ PİLİ	20
3.3.1. Güneş Pili Sistemlerinin Şebekeden Bağımsız Olarak Kullanıldığı Tipik Uygulama Alanları.....	21
3.3.2. Güneş Takip Sistemi	23
3.3.3. Güneş Takip Sistemi Verimi	24
3.4. GÜNEŞ PİLİ ÇEŞİTLERİ.....	24
3.4.1. Tek Kristalli Silikon İçeren Pv Hücreleri.....	25
3.4.2. Çok Kristalli Silikon İçeren Pv Hücreleri.....	25
3.4.3. Galyum Arsenit İçeren Pv Hücreleri.....	26
3.4.4. Çok Kristalli Silikon İçeren Pv Hücreleri	26
3.4.5. Amorf Silikon (a-si) İçeren Pv Hücreleri.....	27
3.4.6. Kadmiyum Tellür (CdTe) İçeren Pv Hücreleri	27
3.4.7. Bakır İridyum İçeren (CIS) Pv Hücreleri.....	28
3.5. GÜNEŞ PİLİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ	28
 BÖLÜM 4	 30
STEP MOTORLAR	30
4.1. STEP MOTORLARIN KULLANIM ALANLARI	31
4.2. STEP MOTORLARIN AVANTAJLARI	31
4.3. STEP MOTORLARIN DEZAVANTAJLARI	32
4.4. STEP MOTORLARIN ÇEŞİTLERİ	32
4.4.1. Sabit Mıknatıslı Step Motorlar	33
4.4.2. Değişken Redüksiyonlu Step Motorlar	34
4.4.3. Hibrit Step Motorlar	35
4.5. STEP MOTORLARIN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ	37
 BÖLÜM 5	 38
MATERYAL VE METOT.....	38
5.1. TASARIM VE İMALAT.....	38
5.2. İMALAT	42
5.3. HAREKETLİ ve SABİT SİSTEMİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ.....	45

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 6	46
DENEYSEL ANALİZ VE TARTIŞMA	46
6.1. TEKNİK VERİLER, DENEY SONUÇLARI	46
6.2. SABİT VE HAREKETLİ SİSTEMİN DENEY SONUÇLARI	46
6.3. SİSTEMİN MALİYET ANALİZİ	52
BÖLÜM 7	55
SONUÇ	55
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. İlk çizilen güneş pili resmi.....	5
Şekil 2.2. Değişen azimut açısı ve çift eksenli güneş takip sistemi.....	9
Şekil 2.3. Çift eksenli güneş takip sistemi ve azimut açısı.....	9
Şekil 3.1. Türkiye'nin güneş enerjisi haritası.....	16
Şekil 3.2. Güneş'ten gelen enerjinin yıl içinde değişimi.....	17
Şekil 3.3. Yeryüzüne gelen güneş ışınımının spektral dağılımı.....	18
Şekil 3.4. Güneş ışınlarının atmosferde izlediği yol.....	19
Şekil 3.5. Güneş pilinin yapısı.....	20
Şekil 3.6. Güneş pillerinde kurulan elektrik santralleri resmi.....	22
Şekil 3.7. Güneş pilleri ile belirli bölge aydınlatılması resmi.....	23
Şekil 3.8. Sokak aydınlatılması resmi.....	23
Şekil 3.9. Tek kristalli silikon içeren PV hücreleri.....	25
Şekil 3.10. Çok kristalli silikon içeren PV hücreleri.....	26
Şekil 3.11. Galyum arsenit içeren PV hücreleri.....	26
Şekil 3.12. İnce film şeklindeki PV hücreleri.....	27
Şekil 3.13. Amorf silikon içeren PV hücreleri.....	27
Şekil 3.14. Kadyum tellür içeren PV hücreleri.....	28
Şekil 3.15. Bakır iridyum diselenür içeren PV hücreleri.....	28
Şekil 3.16. Güneş ışığına tutulan fotovoltaik pilin temel çalışması.....	29
Şekil 4.1. Step motorlar.....	30
Şekil 4.2. Sabit mıknatıslı step motorlar.....	33
Şekil 4.3. 4 fazlı step motor resmi.....	34
Şekil 4.4. 3 fazlı değişken relüktanslı step motorlar.....	34
Şekil 4.5. Hibrid step motorlar.....	35
Şekil 4.6. Hibrid step motorların iç yapısı.....	36
Şekil 4.7. Step motorların temel prensip çalışması.....	37
Şekil 5.1. Hareketli güneş izleme sistemi tasarımı.....	38
Şekil 5.2. Sistemde kullanılan step motor resmi.....	39

	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.3. Sistemde kullanılan step motor sürücüsü	40
Şekil 5.4. Sistemde kullanılan darbe üreticisi	41
Şekil 5.5. Sürücü ve darbe üreticisinin sisteme bağlantısı	41
Şekil 5.6. Deney için çalışmalara başlamadan önce yapılan kontroller.....	42
Şekil 5.7. Mil ve yataklanma aşaması.....	43
Şekil 5.8. Sistemdeki sürücü ve darbe üreticisi	43
Şekil 5.9. Performans değerleri ölçüm materyalleri	44
Şekil 5.10. Sistem verimi ve elektirik elde edilmesi için gerekli olan malzemelerin sistematik şeması	44
Şekil 5.11. Sistemin devreye girmesi için gerekli akım ve voltaj aralığı.....	45
Şekil 6.1. Sistemlerin 1.gün verim-zaman deney sonuçları grafiği	47
Şekil 6.2. Sistemlerin 1.gün güneş ışınımı-zaman deney sonuçları grafiği	47
Şekil 6.3. Sistemlerin 2.gün verim-zaman deney sonuçları grafiği	48
Şekil 6.4. Sistemlerin 2.gün güneş ışınımı-zaman deney sonuçları grafiği.....	48
Şekil 6.5. Sistemlerin 3.gün verim-zaman deney sonuçları grafiği	49
Şekil 6.6. Sistemlerin 3.gün güneş ışınımı-zaman deney sonuçları grafiği	49
Şekil 6.7. Sistemlerin 4.gün verim-zaman deney sonuçları grafiği	50
Şekil 6.8. Sistemlerin 4.gün Güneş ışınımı-zaman deney sonuçları grafiği.....	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Türkiye'nin yıllık yenilenebilir enerji potansiyeli	14
Çizelge 3.2. Çeşitli gök durumları için ışıınım ve yaygın ışıınım oranları	15
Çizelge 3.3. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyelleri	16
Çizelge 6.1. Tasarlanan hareketli sistemin maliyet analizi	52
Çizelge 6.2. Tasarlanan sabit hareketli sistemin maliyet analizi.....	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

kwh	: Kilowattsaat (kwh)
V	: Volt (V)
A	: Akım (A)
m^2	: Alan (m^2)
$^{\circ}$: Derece ($^{\circ}$)
$^{\circ}C$: Santigrat derece ($^{\circ}C$)
Ah	: Akü kapasitesi

KISALTMALAR

T.E.P	: Türkiye Enerji Planlaması
D.C.	: Doğru Akım
A.C.	: Alternatif Akım
A	: Akım
NREL	: ABD Uluslar Arası Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı
aw	: Azimut Açısı
PV	: Fotovoltaik Pil
β	: Eğim Açısı
E.E.G	: Elektro Ensafol Grafiği

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Güneş enerjisi bilinen en eski birincil enerji kaynağıdır. Temizdir, yenilenebilir ve dünyamızın her tarafında fazlasıyla mevcuttur. Hemen hemen bütün enerji kaynakları doğrudan veya dolaylı olarak güneş enerjisinden türemişlerdir. Enerji kaynakları hızla tükenen dünyamızda, enerjiyi daha tasarruflu kullanabilen sistemlerin yapılması ve kullanılması gereği gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmıştır. Son yıllarda Güneş enerjisi sistemlerinde teknolojik gelişmeler hızla artmıştır. Teknolojideki bu gelişmeler aynı zamanda maliyet bakımından girdilerin azalmasını sağlamıştır. Güneş enerjisi, çevreyle uyumu ve doğal hayata hiçbir çevresel atık bırakmaması nedeniyle temiz bir enerji kaynağı olarak bilinmektedir. Dünyada bilinen en eski enerji kaynaklarından birisi güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin de diğer enerjiler gibi kullanım sorunları ve koşulları vardır. Güneş enerjisi her tüketim modelinde kolaylıkla kullanılamaz. Her tüketim dalında kullanılabilmesi için bu sorunlarının tüketim modellerine göre çözülmesi gerekmektedir. Güneş enerjisinin depolanması ya da diğer enerjilere dönüşebilmesi (ısı, mekanik, kimyasal ve elektrik enerjisi) belirli yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Güneş enerjisinde kesikli ve değişkenlikler görülebilir. Bu değişkenliklerin oluşmasında en önemli etken günlük ve mevsimlik değişimler yer almaktadır. Bu nedenle dünyamıza radyoaktif olarak ulaşan güneş radyasyon miktarı atmosferik koşullarla belirlenir. Bütün bu özelliklerinden ötürü bazı güneş enerjisi uygulamaları enerji depolanmasını ve yedek enerji sistemlerini gerektirmektedir. Diğer alışılmış enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında güneş enerjisinin yoğunluğu düşüktür. Fakat güneş enerjisini mekanik ve elektrik enerjilerine uygun bir verimlilikle çevirmek mümkündür. Yarı iletkenlerde fotoelektrik ve termoelektrik etkileri kullanarak güneş enerjisi mekanik bir sisteme gerek duymadan doğrudan elektrik enerjisine çevrilebilir.

Her geçen gün dünyada, enerji kaynaklarının azalması,ve kullanılabilirliğinin kısıtlanması insanoğlunu yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Güneş enerjisi, Güneş' ten gelen ve ısı üretebilen, kimyasal tepkimelere yol açabilen ya da doğrudan elektriğe dönüştürülebilen ışıdır. Güneş son derece büyük bir enerji kaynağıdır ve Güneş ışınımı da Yeryüzünün aldığı en zengin enerji kaynağıdır, ama bu ışınım yoğunluğu (şiddeti) Yer yüzeyinde oldukça düşüktür. Bunun bir nedeni yeryüzünü çevreleyen atmosferin ve bulutların, gelen Güneş ışığının yaklaşık % 54' ünü soğurması ya da saçılıma uğratmasıdır. Buna karşın 20. yüzyılda Güneş enerjisi, kömür ve petrol gibi fosil yakıtların tam tersine son derece temiz ve tükenmez bir enerji kaynağı olarak daha fazla ilgi çekmeye başlamıştır.

Enerji talebini arttırıcı unsurların başında dünya nüfusundaki artış görülmektedir. Nüfus artışı ve giderek yükselen yaşam düzeyinin getirdiği kişi başı enerji tüketim artışı, önümüzdeki yıllarda dünya enerji tüketiminin artacağını göstermektedir. Türkiye açısından duruma bakılacak olunursa, 1980 yılında 44 milyon civarında olan nüfusumuz 1995 yılında 62 milyonun üzerine çıkmıştır. Ayrıca dönemde enerji tüketimimiz 1980 yılında 32 milyon TEP' den 1995 yılında 63 milyon TEP' e ulaşmıştır ki nüfus artışındaki %40.7' lik orana karşılık enerji tüketim artışı %97.7 olmuştur. Buna rağmen kişi başına enerji tüketimi açısından Türkiye dünya ortalamasının oldukça altındadır. Türkiye hızla sanayileşmesini tamamlamak ve kişi başına enerji tüketimini artırarak insanlarına daha iyi yaşam koşulu sunmak durumundadır [1].

Yeryüzüne ulaşan Güneş enerjisinin yaklaşık % 50' si görünür ışık, % 45' i kızılötesi ışınım ve geri kalan az bir bölümü de morötesi ışımdan oluşur. Bu ışınım ısı (termal) enerji ya da elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Güneş enerjisini toplama ve ısı enerjiye dönüştürmek için, düz kolektörler kullanılır. Yer yüzeyinde Güneş ışınımının yoğunluğunun zayıf olması nedeniyle, her kolektör tipinin de yüzey alanının geniş olması gerekir. Dünyanın en çok Güneş ışığı alan, en sıcak bölgelerinde bile, bir kişinin bir günlük enerji gereksinimini karşılayabilmesi için kolektör yüzey alanı yaklaşık 40 m² olması gerekir. Ülkemizin özellikle güney bölgelerinde, güneşlenme alanı ve süresi oldukça iyi durumdadır [2].

Yapacağımız bu çalışmada alışlagelmiş güneş izleme sistemlerinden çok daha az maliyetle daha çok verim alınması planlanmıştır. Güneş izleme sisteminin ortaya çıkışı güneş enerjisinde yararlanılarak elektrik enerjisine dönüştürür. Bu enerjiyi istenilen iş görmede kullanmayı hedef almıştır. Yapılan çalışmalarda elde edilen enerji genellikle aydınlatma ve şarj sisteminde kullanılmıştır. Çalışmamızda kullanılan fotovoltaik (güneş pilleri) güneş ışınımını elektrik enerjisine dönüştürür, elektrik enerjisini depolama akümülatörde yapılmaktadır. Hedeflenen istenilen amaç için kullanımı sağlanmaktadır.

Özellikle son yıllarda, dünyadaki iklim değişiklikleri ve küresel ısınma nedeniyle de yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlara karşı büyük oranda rakip kaynaklar haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yoğunlaşan bu ilgi lüteratürde yapılan çalışmaları da önemli ölçüde artırmıştır.

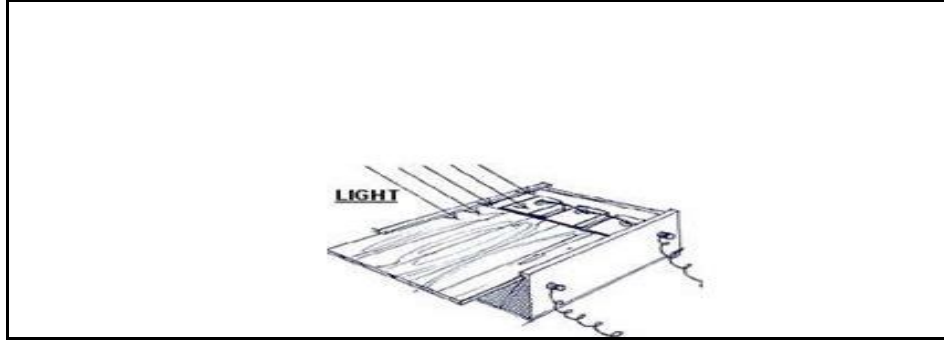
Yapacak olduğumuz güneş izleme sistemi step (adım) motoru ile belirli zaman aralıklarında çalışma gösterecek ve her saat başında bulunduğumuz ortam şartlarına göre belirli bir açıyla hareket ederek güneş takip sistemi hazırlanması planlanmıştır. Bu çalışmada tanıtılan güneş takip sisteminin en önemli özelliği, sistemin güneşi takip ederek güneşin doğuşundan batışına kadar olan süre içerisinde güneş ışınlarının panellere dik düşmesini sağlamasıdır. Diğer taraftan da sabit tutulan güneş pili sisteminin verimleri kıyaslanması hedeflenmiştir. Tasarımı ve imalatı yapılacak olan sistemin bu yeteneği sayesinde güneş ışınlarından maksimum düzeyde yararlanılması ve güneş enerjisi verimli bir şekilde elektrik enerjisine dönüştürülmesi beklenmektedir. Litaratür çalışmalarında incelenen farklı güneş takip sistemin güneşi izleyebilmesi için öncelikle güneşin konumunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlemi sistemdeki güneş algılama elemanı gerçekleştirmektedir. Sistemin denetim algoritmasını mikro denetleyicili bir kontrol devresi gerçekleştirmektedir. Sistemde bulunan doğu-batı ve yükselme alçalma motorları ile de güneş takip sisteminin iki eksenli hareketi sağlanmaktadır. Fotovoltaik elemanlara gelen güneş enerjisi elektrik devresinde değerlendirilerek sistemin iki eksenli hareketini sağlamak üzere doğu-batı ve yükselme-alçalma motorlarının sürücü devrelerine uygun konum sinyalleri gönderilmektedir. Konum sinyalleri neticesinde motor sürücüleri motorları tahrik ederek güneş takip sisteminin iki eksenli hareketi sağlanmaktadır. Bu işlem, güneş

ışınlarının güneş panellerine dik gelmesi ve ayarlayacağımız güneş batış saatine kadar devam etmektedir. Sistemdeki bir diğer algoritma ise panellerden elde edilen elektrik enerjisinin depolanmasıdır. Bu işlem elektrik enerjisinin depolanıp aydınlatmada kullanılmasıyla son bulmaktadır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Güneş takip sistemleri üzerine çalışılma yapmış araştırmacıların deneylerinden yararlanılarak çalışmamıza yön vermeye çalışılmıştır. Becquerel'n yaptığı çalışmalar ışığında 1873' te Willoughby Smith ilk basit güneş pilini üretmeyi başarmıştır. Şekil 2.1. de görülen çizim ilk güneş pili resmidir [3].



Şekil 2.1. İlk çizilen güneş pili.

1954 yılında Bell laboratuvarında güneş pillerinin geliştirilmesi ile güneş pilleri güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren aygıtlar olarak giderek yaygın kullanım alanları bulmuşlardır. Güneş pillerinin ilk büyük ölçekli uygulama alanı, uzay çalışmalarında olmuştur. Uzay araçlarına enerji sağlamada bu piller en uygun araçlar olmuştur. Önceleri küçük ölçeklerde çeşitli yerlerde kullanılan güneş pilleri giderek daha geniş kullanım alanlarına yayılmışlardır. Yaygın kullanımla birlikte bu pillerin fiyatları da oldukça düşmüştür. Bu gün bu pillerle çalıştırılan güneş otomobilleri, güneş uçağı, elektrik şebekesine uzak yerlerdeki uygulamalar, güneş pilleri ile çalışan elektrik santralleri bulunmaktadır [4].

Özgöçmen, Mayıs 2007 yılında yaptığı çalışmada güneş pillerinden elektrik üreterek Güneş Pili aydınlatma sistemleri, elektrik şebekesinin uzatılmasının mümkün

olmadığı durumlarda ya da anlamlı olmadığı yerlerde özellikle küçük güçte enerji taleplerini karşılamak için kurulan ve şebekeden bağımsız sistemler olarak adlandırılan uygulamaların tipik bir örneğini sunmuştur. Bu tez çalışmasında, 6 hücreli güneş pili kullanarak elektrik enerjisi üretilmiştir. 12 volt 7 AH/20 saat gücündeki kuru tip aküde depo edilmiştir. Güneş enerjisinin elektrik üretiminde yetersiz olduğu durumlarda aküde depo edilen enerji ile sistem çalıştırılmıştır [5].

Arifoğlu ve Çamur, Kocaeli Üniversitesi elektrik mühendisliği bölümünde yaptıkları çalışmada Güneş panellerinin üretim kapasitesini arttıracak ve güneş takip edebilen güneş panel sisteminin prototipini yaparak olumlu sonuçlar elde etmiştir. Tasarlanan sistem güneşin doğumundan batımına kadar olan süre içerisinde, güneş enerjisinden en yüksek değerde istifadeyi sağlamak amacı ile güneş ışınlarının gün boyu panele dik düşmesini sağlayan elektronik kontrol devresi ve mekanik sistemden oluşmaktadır. Bu sistem sayesinde son zamanlarda gittikçe önem kazanan temiz enerji konusunda verimlilik artacak, özellikle ilk kurulum maliyeti yüksek olan bu tür sistemlerin kendini amorti edebilme süresi azalacaktır. Aynı zamanda ülke ekonomisine ve enerjideki dışa bağımlılığın azalmasına katkıda bulunulacaktır [6].

Proje Tabanlı Mekatronik Eğitim Çalıştay' ında Mayıs 2012 yılında yapılan çalışmada güneş ışınlarından en verimli şekilde yararlanmak amacıyla tasarlanan ve prototipi üretilen 2 yönlü olarak güneşi takip edebilen sistemin tasarımı ve verimlilik analizi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistem fotovoltaiik pil ile birlikte kullanılmış olup enerji verimliliğini %40-55 oranında artırdığı gözlenmiştir [7].

2008 yılında Trakya Üniversitesinde yapılan çalışmada güneş takip sistemlerini kullanım amacı elde edilen enerji miktarını artırmaktır. Bu artışın ne kadar olacağı da önemli bir husustur. Bu konuyla ilgili olarak ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından elde edilen bazı şehirlere ilişkin güneş ışınımı şiddeti,

tek eksen ve çift eksen güneş takibi yapılması durumunda elde edilen enerji artışı verileri;

- Güneş takibi yapılmayan sabit durumda; 5,5 kWh/m² yıllık ortalama ışıma enerjisi elde edilmektedir.
- 1-eksende takip yapılırsa; 7,2 kWh/m² yıllık ortalama ışıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(7,2-5,5) / 5,5 = \%30,9$ artış demektir.
- 2-eksende takip yapılırsa; 7,4 kWh/m² yıllık ortalama ışıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(7,4-5,5) / 5,5 = \%34,5$ artış demektir [8].

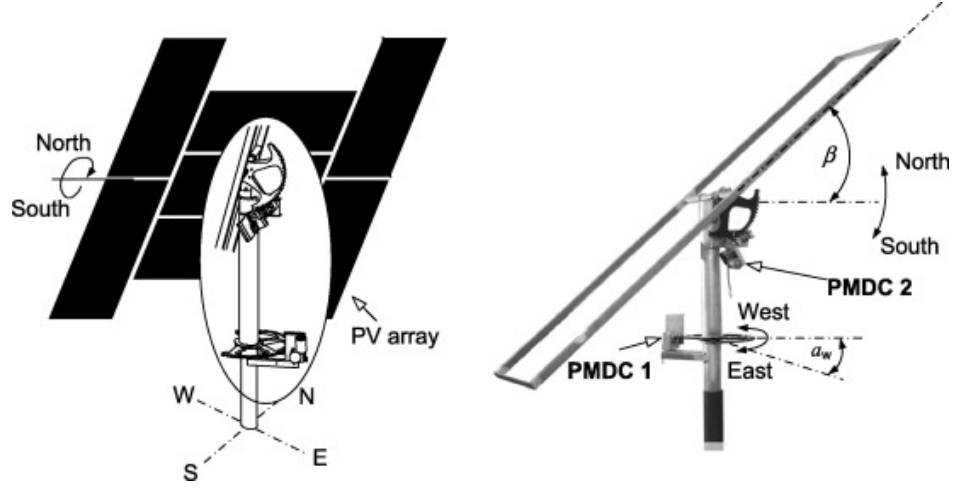
Yenilenebilir enerji kaynakları, yerli kaynaklar olduğu için ülkelerin enerjide dışa bağımlılığının azalmasını da sağlamaktadır. “Gelişmiş ülkelerde teknolojinin yoğun kullanıldığı rüzgar, güneş, işlenmiş biyokütle ve organik atıklar başta olmak üzere, yenilenebilir enerjinin genellikle modern veya dönüştürülmüş formları kullanılmaktadır. Az gelişmiş ülkelerde ise, kırsal bölgelerde ısınma ve yemek pişirme amacıyla, biyokütle ve hayvansal atıkların doğrudan kullanımı önemli düzeydedir”[9].

1983 yılında Ülkemizde Güneş pilleri konusunda EİE İdaresinde yapılan çalışmalar, ülkemizde güneş pilleri konusunda yapılan çalışmaların ilk olması ve diğer kurumların da çalışmalarına önder olması bakımından önem arz etmektedir. İlk yatırım maliyetinin yüksek olması, veriminin ticari ortamda istenilen düzeye çıkamamış olmasına rağmen EİE 'nin amacı, teknolojiye bilgi birikimine önder olmak, kullanıcıya en ucuz ve optimum şekilde sistem tasarımı sunmaktır. Geçtiğimiz son beş yılda dünya genelinde PV üretimi yıllık bazda % 30 civarında bir büyüme oranına sahip olarak, 2006' da dünya genelindeki toplam kurulu güç kapasitesi 2000 MW'a yaklaşmıştır. Türkiye'de ise 1 MW civarındadır. Ülkemizde Güneş Pili Sistemleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak oluşturulan bir güneş pili sistemi, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar.

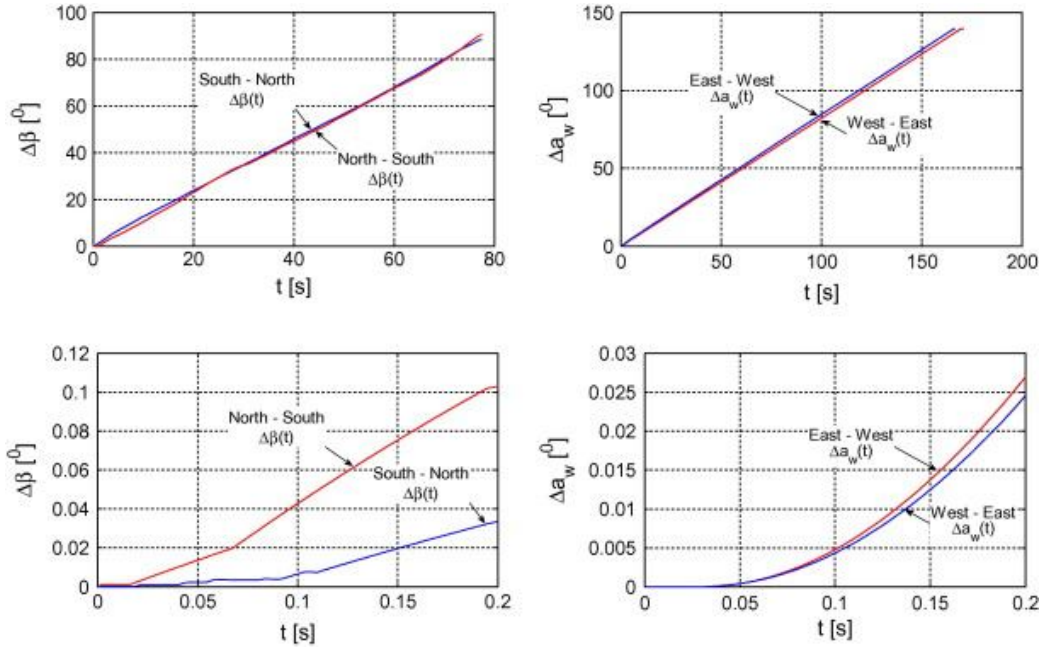
Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılmaları da mümkündür [10].

Alparslan Ş, Alkan E. Beldek U. Bahar 2011 de yaptıkları çalışmada, günümüzde kurulu olan güneş paneli sistemlerinin eksik kalan bir noktasına çözüm üretilmiştir. Mevcut güneş paneli uygulamalarında paneller sabit bir yöne bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu durum gün içerisinde güneş enerjisinden 1,5-2 saat kadar en yüksek verimi almayı hedeflenmiştir. Tasarlanan güneş takip sistemi sayesinde panel günün her saati güneşe dik pozisyonunu korumaktadır. Böylece yaklaşık olarak %40 daha fazla enerji eldesi sağlanmaktadır. Güneş takip sistemi üzerinde yer alan ve farklı açılarla yerleştirilmiş dört adet ışık sensörü sayesinde sistemde bulunan iki adet DC motorun kontrolünü PIC16F877 sayesinde yapılmıştır. Panelin yönü karşılıklı iki sensörden gelen bilgilere göre motorları hareket ettirerek ayarlanmıştır. Bu sistem mevcut güneş paneli sistemlerine uyarlandığı enerji eldesinde bir artış meydana getireceğinden enerji sıkıntısı yaşanan bu günlerde insanoğluna bir kolaylık sağlaması hedeflenmiştir [11].

Sebastijan S. ve Gorazd Š. bu çalışma, çift eksenli güneş takip sistemi üzerinde yapılmıştır. Çalışmalarında güneş yörüngesini optimizasyon tekniği kullanarak belirlemişlerdir. Güneş takip sisteminin fotovoltaik sistemlerde elektrik enerjisi üretimi için önemli olduğunu belirtmişler ve aynı zaman da güneş takip sisteminin enerji tüketiminin de dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır.



Şekil 2.2. Değişen azimut açısı a_w ve eğim açısı β ile çift-eksenli güneş takip sistemi.



Şekil 2.3. Çift eksenli güneş takip sistemi eğim β ve azimut açıları.

Sonuç olarak optimal yörüngeler güneş takibi ile fotovoltaik sistemler içinde elektrik enerjisi üretimi artırılmıştır [12].

Teolan Tomson'un yapmış olduğu çalışmada Kuzey Avrupa bölgesinde, özellikle Estonya'da m^2 ye düşen güneş radyasyonu miktarının $980 \text{ kWh}/m^2$ olduğunu ve bu değerinde hesaplamaları kolaylaştırmak için 1 olarak alındığını ifade etmişlerdir.

Yaptığı çalışmada iki pozisyonlu güneş takip sistemi ile klasik düz plakalı güneş sisteminin avantajlarını açıklamışlardır [13].

S. Abdallah ve O.O. Badran'ın yapmış oldukları çalışmalarında, güneş kolektörü üzerine güneş takip sistemi yerleştirmişlerdir. Bilgisayar kontrollü güneş takip sistemi sayesinde, güneşin hareketi izlenmiş ve sistem hareket ettirilmiştir. Sabit ve hareketli güneş takip sistemlerinin verimlerini hesaplamışlardır. Güneş takip sisteminde sabit sisteme göre yaklaşık %20 verimlilik artışı olduğunu tespit etmişlerdir [14].

İki eksenli otomatik güneş izleme sisteminde Güneş enerjisinden güneş pilleri vasıtasıyla yararlanarak elektrik elde edilmesi konusunda dünyada ve ülkemizde bir çok çalışma yapılmakta özellikle karayolları ve enerji nakil hatlarının ulaşamadığı yerlerde kullanım her geçen gün artmaktadır. Önceki çalışmalar incelendiğinde daha çok sabit yerleştirilen güneş pillerinden elektrik elde edilmesinde faydalandığı görülmektedir. Bu çalışmalardan ülkemizde en göze çarpanı pratik olarak kullanıma yönelik olarak hazırlanan güneş pili kullanımını teşvik eden ve güneş pili satışını öne çıkaran çalışmalardır. Güneş ışınlarını izlemek enerji kazancını %30 a kadar arttırabilmektedir. 2000 yılı Fotovoltaik yılıdır. Almanya'nın "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Eylemi" ni (EEG) tanıtması ile yerel güç kaynağını besleyebilen FV-ışın demetinin elde edilebilmesi mümkün olmuştur. Almanya'da 100.000 Çatı Programı bütçeli yeni program ile sessiz ve çevreyle dost elektrik üretimi sağlanmıştır [15].

BÖLÜM 3

YENİLENEBİLİR ENERJİ

Bu bölümde ilk olarak sistemin ana yenilenebilir enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynağı olarak Güneş ve Güneş'in Yapısından bahsedilip daha sonra Güneş Takip Sistemleri, güneş pilleri ve örnek güneş pili uygulamaları hakkında bilgi verilecektir.

3.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan kullanılabilir ya da enerjinin başka bir türüne dönüştürülerek kullanılabilirler. Çevre kirliliği ile ilgili problemler fosil yakıtların kısa sürede tükenmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi artmaktadır. "Dünyadaki petrol rezervleri 40 yıl, doğalgaz rezervlerinin 67 yıl ve kömür rezervlerinin 227 yıl sonra tükenmesi tahmin edilmektedir. Dünya elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık olarak % 64.5'i fosil yakıtları (% 38.7 kömür, % 18.3 doğal gaz, % 7.5 petrol), % 7'si nükleer enerji, % 16.5 i hidrolik enerji ve % 13'ü diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından gerçekleşmektedir. Bu rakamlar yenilenebilir enerji kaynaklarının bundan sonra çok daha önemli olacağını ve bu alana yapılacak yatırımların hızla artacağını göstermektedir [16].

Yenilenebilir enerji (kaynakları), sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akısından elde edilen enerjidir. Bu kaynaklar Güneş ışığı, rüzgar, akan su (hidrogüç), biyolojik süreç ve jeotermal olarak sıralanabilir.

En genel olarak, yenilenebilir enerji kaynağı; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır. Örneğin, Güneşten elde edilen enerji ile çalışan bir teknoloji bu enerjiyi tüketir, fakat tüketilen enerji toplam güneş enerjisinin yanında

çok küçük kalır. En genel yenilenebilir enerji formu, güneşten gelen enerjidir. Bazı formlar güneş enerjisini ve rüzgar gücünü depolamaktadır. Yenilenebilir enerjinin tesisler, hayvanlar ve insanlar tarafından kalıcı olarak tüketilmesi mümkün değildir. Fosil yakıtlar, çok uzun bir zaman çizelgesi göz önüne alındığında teorik olarak yenilenebilir iken, istismar edilerek kullanılması sonucu yakın gelecekte tamamen tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Modern yenilenebilir enerji kaynakları aşağıda listelenmiştir.

- Rüzgar enerjisi
- Su gücü (Hidro güç)
- Güneş enerjisi
- Jeotermal enerji
- Biyokütle
- Biyoyakıtlar
- Sıvı biyoyakıtlar
- Katı biyokütle
- Biyogaz
- Küçük ölçekli enerji kaynakları
- Piezoelektrik
- Termoelektrik
- Elektromanyetik (radyasyonelektrik) yenilenebilir enerji kaynaklarına örnektir.

Yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan kullanılabilir veya enerjinin başka bir formuna dönüştürülebilir. Doğrudan kullanım örnekleri, güneş enerjisi ile çalışan aletler, jeotermal ısıtma ve su veya rüzgar değirmenleridir. Dolaylı kullanıma örnek olarak ise, elektrik üretiminde kullanılan rüzgar türbinleri veya foto voltaj pilleri verilebilir. Yenilenebilir enerji, ücretsiz enerji olarak da kategorize edilebilirse de, çoğu yenilenebilir enerji kaynağına normalde ücretsiz enerji denemez. Mühendislikte, ücretsiz enerji ile kastedilen doğrudan doğadan elde edilebilen bir enerji ve insanlar tarafından tüketilmesi mümkün olmayan enerjidir. Yenilenebilir enerjinin gelişimi, yenilenebilir enerji kaynaklarının insanlar tarafından kullanımı ile

ilgilidir. Yenilenebilir enerjinin gelişimine olan ilgi, fosil yakıtların çevreye verdiği atık gazlar, fosil yakıtlar ve nükleer enerjinin kullanımının riskleri ile doğrudan ilişkilidir.

2002 yılı Kasım ayı Enerji Ajansı verilerine göre tüm Dünyada kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının, toplam enerji kaynakları içindeki payı % 13.8'dir. Bu payın dağılımı ise % 80 yanabilir ve yenilenebilir atıklar , % 16.5 hidroenerji, % 0.5 diğerleri (rüzgar, jeotermal, Güneş dalga, dalga, gel-git olayları vs.)olarak verilmiştir [17].

3.1.1. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye'nin 130 milyar kWh hidrolik potansiyeli bulunmakta ve bu potansiyelin %30'u kullanılmaktadır. Brüt hidrolik potansiyelimiz 433 milyar kWh civarında olup, teknik yönden değerlendirilebilir hidrolik potansiyel 216 milyar kWh'dır. Termik kapasitemiz ise yıllık 114 milyar kWh'dır. Linyit kömüründen elektrik enerjisi üretim miktarı, toplam potansiyelimizin %22'sidir. Elektrik üretiminde kullanılabilir jeotermal kaynak potansiyelimiz 2450 MW (yıllık 16 milyar kWh) elektrik enerjisi üretimine eşittir. Rüzgar gücünden elektrik enerjisi üretim potansiyelimiz ise 83000 MW (yıllık 300 milyar kWh) enerji üretimine eşdeğerdir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi konusunda ülkemizde kayda değer bir çalışma henüz hayata geçirilmiş değildir. TEAŞ 1999 yılı verilerine göre, elektrik enerjisi tüketim talebi bir önceki yıla göre %3,9 artarak 118484,9 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. 2000'li yıllarda enerji arayışlarının yoğunlaşacağı, diğer yandan sürdürülebilir kalkınma ve çevresel etki tartışmalarının bilim ve teknoloji arayışlarını yönlendireceği kesindir. Ancak son on yıllık nüfus artışının %0.15 - %0.21 olduğu, sosyokültürel değerlerin ve ekonomik yapının geliştiği, sanayi tüketiminin büyüdüğü ülkemizde enerji yatırımlarının aynı oranda büyüdüğünü söylemek mümkün değildir.

Çizelge 3.1. Türkiye'nin yıllık yenilenebilir enerji potansiyeli.

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (Kcal/cm ² -ay) (kWh/m ² -ay)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
OCAK	4,45	51,75
ŞUBAT	5,44	63,27
MART	8,31	96,65
NİSAN	10,51	122,23
MAYIS	13,23	153,86
HAZİRAN	14,51	168,75
TEMMUZ	15,08	175,38
AĞUSTOS	13,62	158,40
EYLÜL	10,60	123,28
EKİM	7,73	89,90
KASIM	5,23	60,82
ARALIK	4,03	46,87
TOPLAM	112,74	1311
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün
		7,2 saat/gün

3.2. GÜNEŞ'İN YAPISI

3.2.1. Güneş'in Yapısı

Güneş, $1,39 \times 10^9$ m çapında yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir ve Dünya'dan ortalama $1,5 \times 10^{11}$ m uzaklıktadır. Yüzey sıcaklığı 5777 K'dir. Bu sıcaklık merkeze doğru 4×10^6 ile 8×10^6 K arasında değişim gösterir. Sudan 100 kez daha yoğundur. Güneşten gelen raydan enerji çeşitli füzyon reaksiyonlara uğramaktadır. Güneşteki yüksek sıcaklıktan dolayı elektronlar atom çekirdeklerine ayrılır. Bu sebeple, Güneş'te serbest elektron ve atom çekirdekleri bulunur. Dört hidrojen çekirdeği birleşerek bir helyum çekirdeğini oluşturur. Füzyon adı verilen bu reaksiyon çok yüksek sıcaklıkta oluşur. Güneşte oluşan helyum miktarı, harcanan hidrojen miktarından daha azdır. Aradaki fark güneş ısınımı ile oluşan enerjiyi verir. Bu enerji çeşitli dalga boylarında ışınlar halinde Dünya'ya ulaşır [18].

Güneş enerjisinden yararlanmada verimin artırılabilmesi için, Güneşin yer düzlemine göre, bir yıl içindeki hareketinin bilinmesi gereklidir. Güneşten Dünya atmosferi dışına gelen enerji, metrekare başına 1300 ile 1400 watt arasındadır. Bu enerjinin en az %3'ü atmosfer tarafından yutulmakta veya saçılmaktadır. Bulutsuz açık bir günde yere dik olarak gelen güneş enerjisi en fazla 1000 W/m^2 civarında

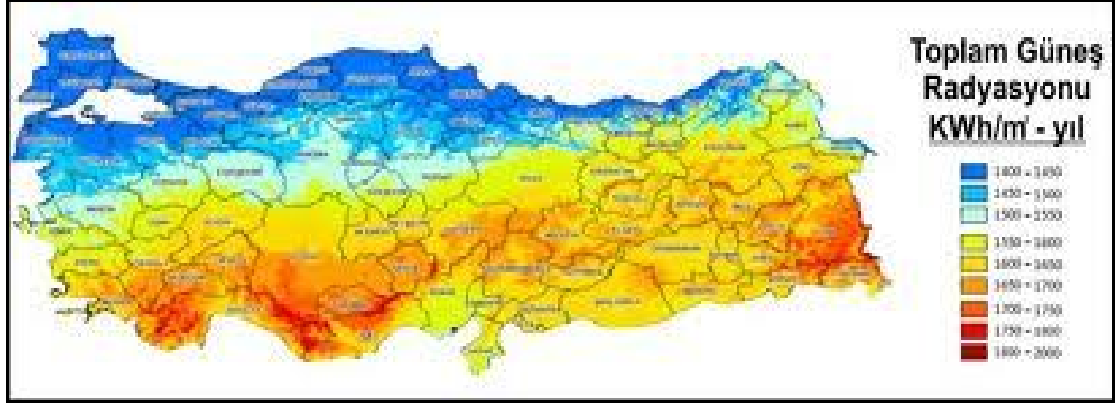
olabilmektedir. Güneş ışınları morötesi, gamma ve x ışınlarını da ihtiva ederek Dünya'ya ulaşır. Fakat, Dünya atmosferini geçerken zararlı olan bu ışınların çoğu yutulur. Atmosfer dışına gelen güneş ışınımı atmosferi geçerken atmosferde bulunan parçacıklar tarafından tutularak azalır. Kalan güneş ışınımı (atmosferik ışınım) atmosfer içindeki partikül, toz ve havadaki moleküller vasıtasıyla yansımaya uğrar. Güneş ışınımının bu bölümüne difüz güneş ışınımı, doğrudan yeryüzüne ulaşan kısmına da direkt güneş ışınımı denir. Çeşitli gök durumları için toplam ışınım miktarı ve yaygın ışınım oranları Çizelge 3.2.' de verilmiştir [19].

3.2.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadan ortalama 149.6 milyon km uzaklıkta, 1.392×10^8 km çapında ve 1.99×10^{30} kg kütleinde sıcak bir gaz küresi olan güneşin yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000 C° olup iç sıcaklığı ise 12 milyon C° civarındadır. “Güneş dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneşten gelen güç insanlığın yıllık ticari gereksiniminin 16.000 katından çoktur. Dünyadaki tüm elektrik santrallerinin toplam gücü; güneşten gelen gücün 61.000’de birinden azdır. Güneşten gelen güç dünyadaki tüm nükleer santrallerin ürettiği toplam gücün 527.000 katıdır [20]. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzünde $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji değerinden çok fazladır. “Ülkemizde bina sektörü payı toplam enerji tüketiminin önemli bir yüzdesini oluşturmaktadır. Isıtma amaçlı bu tüketimin ülke koşullarına ve binanın özelliklerine bağlı olarak önemli bir bölümünün güneş enerjisinden karşılanması mümkündür.”

Çizelge 3.2 Çeşitli gök durumları için ışınım ve yaygın ışınım oranları.

	Açık gök	Puslu gök	Tam kapalı gök
Toplam ışınım	600-1000 W/m ²	200-400 W/m ²	50-150 W/m ²
Yaygın ışınım	%10-%20	%20-%80	%80-%100



Şekil 3.1. Türkiye'nin güneş enerjisi haritası [kWh/m²-yıl].

Çizelge 3.3. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli [21].

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (Kcal/cm ² -ay) (kWh/m ² -ay)		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

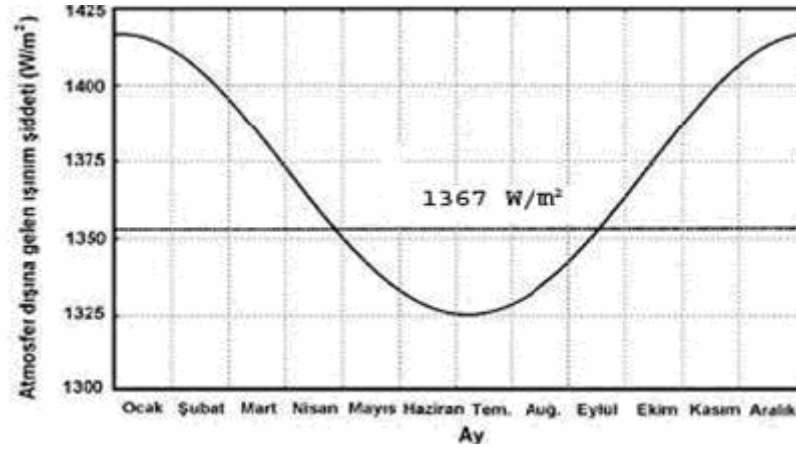
Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli bakımından iyi durumda olmasına rağmen ne yazık ki bu potansiyeli yeterince etkin ve yaygın kullanamamaktadır. Bunun sebebi olarak kurumlar arası koordinasyon eksikliği ve şimdiye kadar devletin bu konuda bir teşvik uygulamamış olması gösterilebilir. Ancak buna rağmen ülkemizde güneş enerjisi hakkındaki çalışmalar oldukça uzun zamandır yapılmaktadır. Kamu kurum ve kuruluşlarında, üniversitelerimizde, konu ile ilgili kurulmuş vakıf ve derneklere güneş enerjisinden etkin biçimde faydalanmak için çalışmalar sürdürülmektedir.

TSE güneş enerjisi ile standartları çıkarmaya başlamış olup ayrıca TÜBİTAK tarafından düzenlenen ilk güneş arabaları yarışı geçtiğimiz yıllarda yapılmış olup

devamı düzenlenmektedir. Ve konu ile ilgili olarak ilk kanun 10.05.2005 tarihinde 5346 sayı ile “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına, ilişkin Kanun” olarak çıkarılmıştır [22].

3.2.3. Güneş'ten Gelen Enerjinin Değişimi

Güneş'ten yeryüzüne gelen ışınım şiddeti, gün içinde geliş açısına bağlı olarak değişir. Bu şiddet, öğle vaktinde o gün içindeki en yüksek değerine ulaşır. Bunun sebebi, güneş ışınlarının atmosfer içinde izlediği yolun öğle vaktinde en az olmasıdır.

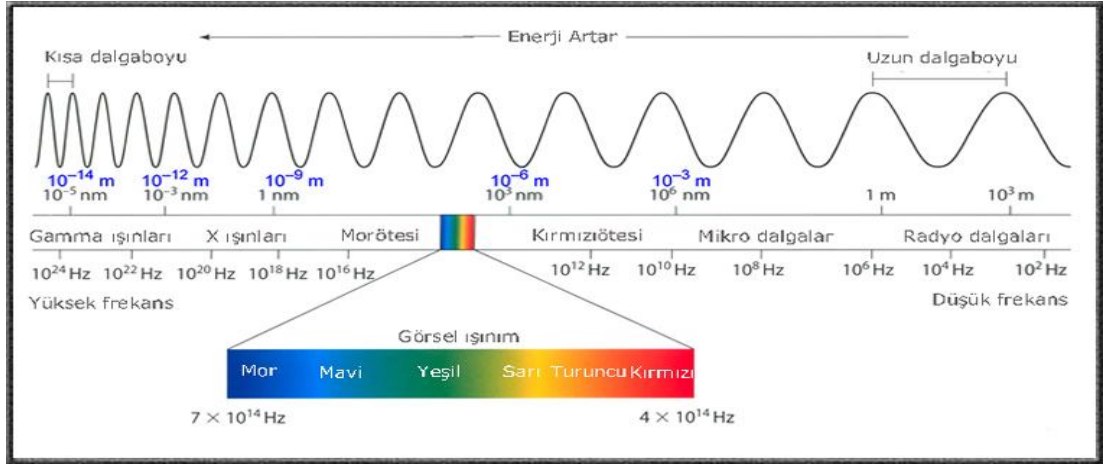


Şekil 3.2. Güneş'ten Dünya' ya gelen enerjinin yıl içindeki değişimi [23].

3.2.4. Güneş Işınımının Atmosferde Yutulması

Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışınımının değeri Dünya-Güneş mesafesi değiştiğinden sabit değildir. Bunun için ortalama Dünya-Güneş uzaklığındaki güneş ışınımı değerinin kullanılması hesaplamalarda kolaylık sağlar. Bu değere güneş sabiti denir. Bu değer son yıllarda yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda %1 hata ile 1367 W/m^2 olarak kabul edilmiştir. Atmosferde bulunan su buharı, ozon ve karbondioksit, gelen ışınımın büyük bir kısmını yutar. Oksijen, azot ve metan gibi gazlar da mor ötesi ışınımın bir kısmını yutarlar. Ancak, bu gazlar tarafından yutulan ışınım miktarı, su buharı, ozon ve karbondioksit tarafından yutulan ışınımın yanında ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Su buharının yutma spektrumu çok karmaşıktır. Değişik dalga

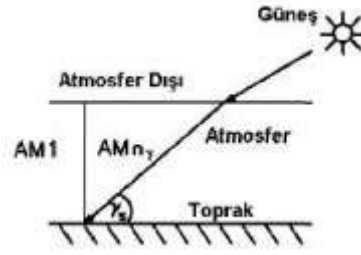
boylarında çok sayıda yutma bandı mevcuttur. Özellikle, görülen ışınım ve kırmızı altı ışınımın büyük kısmı su buharı tarafından yutulur. Her dalga boyundaki yutulma çok farklıdır ve değişim düzgün değildir. Ozonun esas yutma bantları, mor ötesinde 0.21-0.34 μm görülen ışınım bölgesinde 0.44–0.74 μm dalga boyu aralıklarında bulunmaktadır. Ozonun azaltma katsayısı dalga boyunun 0.25 μm değerinde maksimum olmaktadır. Morötesi bölgede monokromatik güneş ışınımı şiddeti düşüktür. Bu nedenle, ışınımın tamamına yakınının ozon tarafından yutulmasına rağmen, yutulan toplam ışınım miktarı güneş sabitinin % 2,5 i mertebesindedir. Yeryüzüne gelen güneş ışınımının spektrumu Şekil 3.3.'de görülmektedir [23].



Şekil 3.3. Yeryüzüne gelen güneş ışınımını dağılımı.

3.2.5. Bağlı Hava Kütlesi

Güneş'ten gelen enerjinin atmosfer içinde zayıflaması, ışınların atmosfer içinde aldığı yolun uzunluğuna da bağlıdır. Bu yol, Güneş'in yatay eksenle yaptığı açıya, yani yükseklik açısına bağlı olarak tanımlanır ve bağlı hava kütlesi (relative air mass) olarak adlandırılır [24].



Şekil 3.4. Güneş ışınlarının atmosfer içinde izlediği yol.

3.2.6. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları

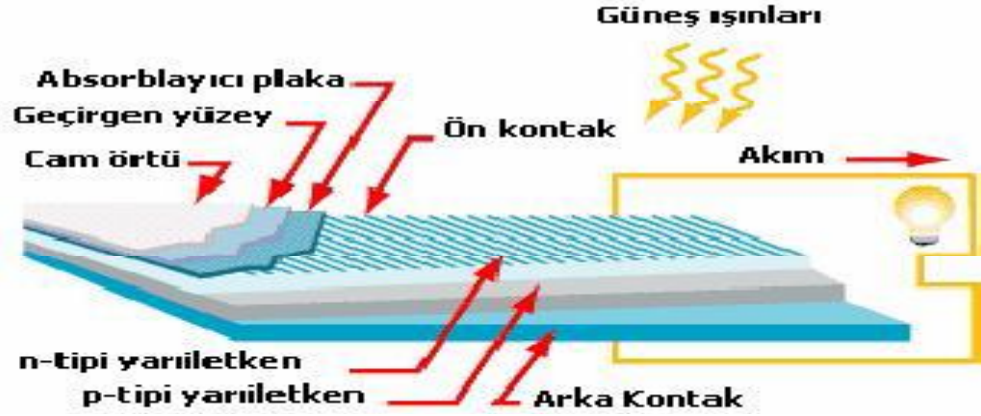
- Her şeyden önce, güneş bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır.
- Temiz enerji türüdür, çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinesinin veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir.
- Dışa bağlı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır.
- Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır.
- İşletme masrafları çok azdır [25].

3.2.7. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Dezavantajları

- Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç vardır.
- Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkânları ise sınırlıdır.
- Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur.
- Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir. Güneş ışınımından yararlanan birçok tesisatın ilk yatırım maliyeti fazladır ve henüz bazıları ekonomik değildir [25-26].

3.3. GÜNEŞ PİLİ

Güneş pili teknolojisi, küçük ve yerleşim alanlarına uzak yerlerde güvenilir ve ekonomik bir elektrik kaynağı olarak kullanılmaktadır [25]. Şu anda gittikçe genişlemekte ve toplumun dikkatini çekmeye başlamaktadır. Güneş pili dizileri bir binanın tasarımına eklendiği ve sistem şebekeye bağlanmış şekilde olduğunda elektrik iki yönde iletilebilir ve PV şebekedeki tepe değerlerini karşılayabilir. Ayrıca yeni iletim ve dağıtım hatlarını ve merkezi üretim alanlarını azaltmak gibi avantajları vardır. Güneş pilleri ya da fotovoltaik piller, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,2- 0,4 mm arasında olmaktadır. Bir güneş pilinin iç yapısı şekil 3.5’de verilmiştir [27].



Şekil 3.5. Güneş pilinin yapısı [28].

Tek kristalli silisyum güneş pilinin rengi koyu mavi olup, ağırlığı 10 gram’dan azdır. Şekil 3.5’ den görülebileceği gibi, pilin üst yüzeyinde, pil tarafından üretilen akımı toplayacak ve malzemesi genellikle bakır olan ön kontaklar vardır. Bunlar negatif kontaklardır. Kontakların altında 150 nm kalınlığında, yansıtıcı özelliği olmayan bir kaplama tabakası vardır. Bu tabaka olmazsa, silisyum üzerine düşen ışınımın üçte birini yakın kısmını yansıtacaktır. Bu kaplama tabakası, pil yüzeyinden olan yansımayı önler. Pilin ön yüzeyi, normal olarak yansıyan ışığın bir kısmını daha yakalayabilmek amacıyla, piramitler ve konikler şeklinde tasarlanmıştır. Yansıtıcı

olmayan tabakanın altında, pilin elektrik akımının ortaya çıktığı yapı bulunur. Bu yapı iki farklı katman halindedir. N-katmanı, fosfor atomları eklenmiş silisyumdan oluşan ve pilin negatif tarafını oluşturan katmandır. P-katmanı ise, bor atomları eklenmiş silisyumdan oluşmuş, pilin pozitif tarafıdır. İki katman arasında P-N kavşağı denilen pozitif ve negatif yüklerin karşılaştığı bir bölge bulunur. Pilin arka yüzeyinde, elektronların girdiği pozitif kontak görevi gören arka kontak bulunur [25]. Tipik bir silisyum pili 0,5 V kadar elektrik üretebilir. Pilleri birbirine seri bağlayarak üretilen gerilim arttırılabilir. Genellikle 30-36 adet güneş pili, 15-17 V' luk bir çıkış verebilir. Bu voltaj değerin de 12 V' lük aküyü şarj etmeye yeterlidir. Açık, güneşli bir havada 1 dm çapında bir Fotopil, yaklaşık olarak 1 Watt üretir. Verimi (çıkış gücünün gelen ışık gücüne oranı) kullanılan malzemeye göre değişir [27].

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreciyle açığa çıkan ışıma enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzünde $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır.

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazandı. Güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme gösterdi ve çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirdi.

3.3.1. Güneş Pili Sistemlerinin Şebekeden Bağımsız (Stand-Alone) Olarak Kullanıldığı Tipik Uygulama Alanları

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri,
- Petrol boru hatlarının katodik koruması,
- Bina içi ya da dışı aydınlatma,
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan koruması,

- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları,



Şekil 3.6. Güneş pillerinden kurulan elektrik santrali.

- Tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri
- İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- Deprem ve hava gözlem istasyonları
- İlaç ve aşı soğutma
- Mobil olarak çalışma gereği olan diğer sistemleri,
- Reklam panolarının aydınlatılması
- Sokak aydınlatılması



Şekil 3.7. Güneş pillerinden belirli bir bölge aydınlatması.



Şekil 3.8. Sokak aydınlatılması.

3.3.2. Güneş Takip Sistemleri

Güneş enerjisinden faydalanmak için geliştirilen sistemler, Güneş'in Radyasyonundan yararlanırlar. Adi bir camdan geçen direk radyasyon yoluyla elde edilecek ısı, onun (enlem itibariyle) Dünya üzerindeki yerine, hangi yöne dönük olduğuna, günün hangi saatinde ve yılın hangi gününde bulunduğuyla bağlıdır. Güneş açısından yararlanmak için geliştirilen sistemlere doğrudan radyasyondan faydalanma miktarının maksimum olması için geliş açısının minimum hatta 0° olması gerekir. Panelin bulunduğu yere göre aynı geliş açısını elde etmek için farklı eğim açıları gerekecektir. Dünyanın $23,5^\circ$ eğik eksen ve güneş açısının 0° olmasını

temin edebilmek için, eğim açısının yer ve mevsimler itibariyle değiştirilmesi gerekir. Bunun için kuzey - güney yönünde yani aşağı yukarı hareket ile tek eksen takip edilmesi gerekir.

Ayrıca Güneş'in her gün doğudan batıya doğru olan hareketinin geliş açısına olan etkisini ortadan kaldırmak için panel ve bu doğrultudaki açısının da günün saatleri itibariyle değiştirilmesi gerekir. Sabit, yatay bir düzleme gelen enerji sabah ve akşam dolaylarında en az, öğle saatlerinde ise en fazla olmaktadır. Geliş açısının minimum olabilmesi için Güneş'in doğu - batı istikametindeki hareketinin de takip edilmesi gerekir. Güneş Takip Sistemleri (Solar Tracking Systems) bu açılardan birinin veya her ikisini birden değiştirmek suretiyle, güneş ışınının panel üzerine tam dik olarak gelmesini sağlamak için geliştirilmiştir. Güneş'in iki ekseninde hareket ile izlendiği sistemlerde geliş açısı 90° olmaktadır [28].

3.3.3. Güneş Takip Sistemleri'nin Verimi

Güneş takip sistemlerini kullanım amacı elde edilen enerji miktarını artırmaktır. Bu artışın ne kadar olacağı da önemli bir husustur. Bu konuyla ilgili olarak ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından elde edilmiştir. Güneş takip sistemlerinin verimi; sistemden elde edilen voltaj ve amperin çarpımının, güneş ışınımı ve yüzey alanına oranı ile hesaplanmaktadır.

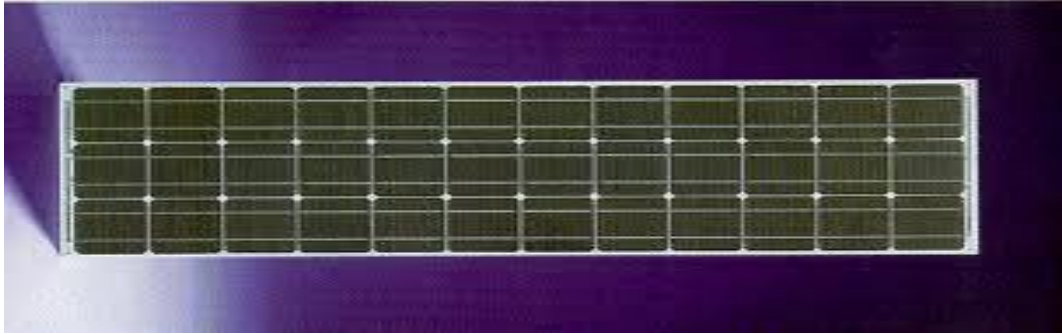
3.4. GÜNEŞ PİLİ ÇEŞİTLERİ

Alternatif enerji teknolojileri arasında karşılaştırma yaparken en önemli kıstas elde edilen kWh enerji başına düşen maliyettir. PV pillerin güçleri için bu maliyet iki temel esasa dayanır. Fotovoltaik enerji dönüşüm verimi ve Watt başına birim enerji maliyeti Bu iki parametre PV pillerin karşılaştırılmasında önemli rol oynar. PV ünitelerinin üretildiği malzemeler, güneş ışınlarını absorbe etme verimleri, enerji dönüşüm verimi, üretim tarzı ve maliyet açısından çeşitlilik göstermektedir. Günümüzde güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler olan PV pillerin temel yapısında silikon/silisyum vardır. Tek kristalli, çok kristalli ve şekilsiz(amorf) olmak üzere üç çeşit PV ünitesi kullanılmaktadır. Kristalli üniteler dünya toplam

üretiminin 3/4 'ünü oluşturmaktadır, amorf üniteler ise geriye kalan kısmı teşkil etmektedir [26].

3.4.1. Tek Kristalli Silikon İçeren PV Hücreleri

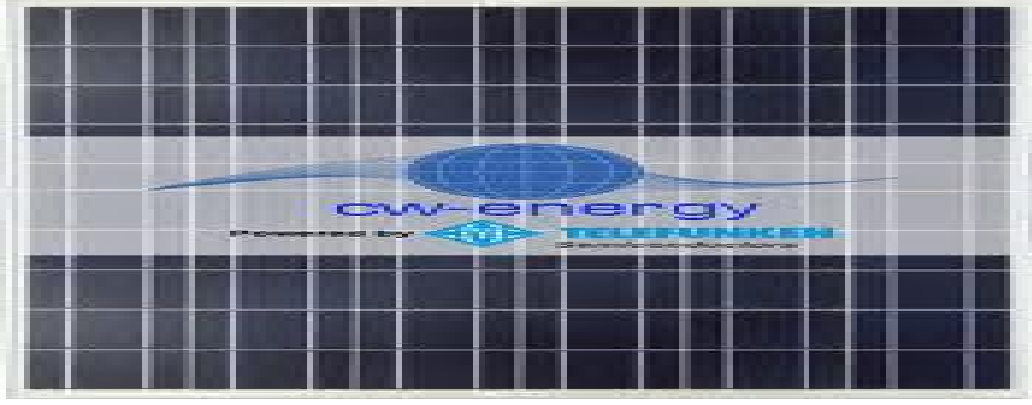
Bu tarz PV hücreleri imalatında, tek parça geniş bir silikon kristali, ince silikon şeklinde parçalar haline getirilir. Bu işlemin maliyeti yüksektir. Ancak güneş enerjisini soğurma verimleri %23'e kadar çıktığından tercih sebebi olmaktadır. Bunu yanında piyasadaki diğer yapılara sahip PV pillerin verimi %15 civarındadır. Tek kristalli PV ünitelerin enerji dönüşüm verimleri ise %15-20 civarındadır.



Şekil 3.9. Tek kristalli silikon içeren PV hücreleri.

3.4.2. Çok Kristalli Silikon İçeren PV Hücreleri

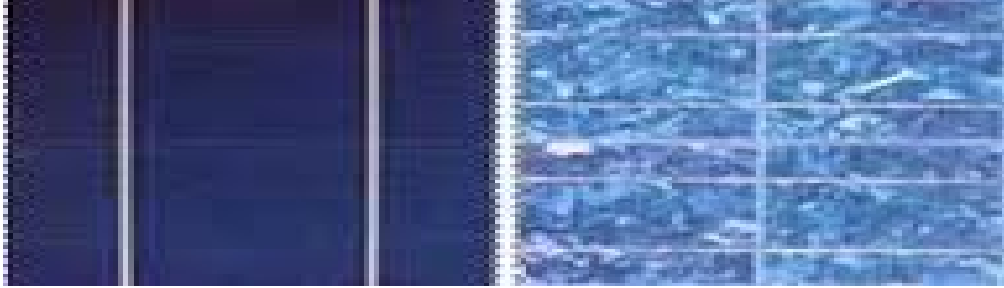
Çok kristalli silikon içeren PV hücreler, bir potada soğutulmuş olan silikon bloğundan veya külçesinden kesilir. Piyasadaki örnekleri %12-13 civarında verime sahip olmasının yanında laboratuvar ortamında %17 verimlere ulaşmak mümkün olmuştur.



Şekil 3.10. Çok kristalli silikon içeren PV hücreleri.

3.4.3. Galyum Arsenit İçeren PV Hücreleri

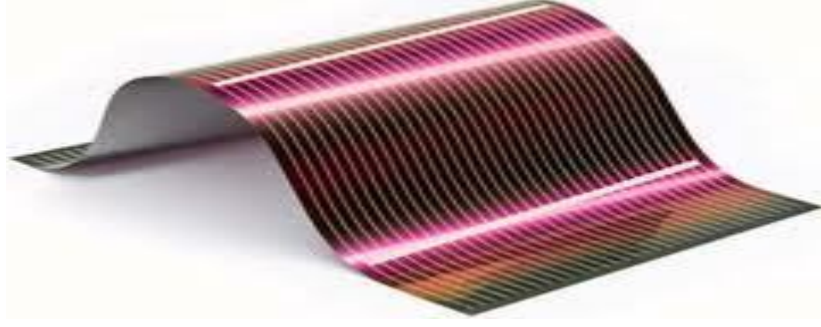
Galyum ve arsenit bileşiminden oluşmuş yarıiletken malzemedir. Silikona yakın bir kristalize yapıya sahiptir. Yüksek ışın absorbe etme yeteneğine sahiptir. Enerji dönüşüm veriminde %25-30'lara varan değerlerle, silikon içeren ünitelere göre daha üstündür. Özellikle radyasyona karşı yüksek direnç istenen uzay sanayinde kullanımı fazladır. En büyük dezavantajı maliyetinin yüksek oluşudur.



Şekil 3.11. Galyum arsenit içeren pv hücreleri.

3.4.4. İnce Film Şeklindeki PV Üniteleri

Bu üç çeşidin dışında ince film PV üniteleri de mevcuttur. Birkaç μm kalınlığa sahip, direkt olarak alt malzemesi cam, seramik ve çeliğin üzerine uygulanabilen bu ince filmler metrekare başına çok az malzeme kullanmasına rağmen birim enerji başına maliyeti oldukça fazladır [26].



Şekil 3.12. İnce film şeklindeki pv üniteleri.

3.4.5. Amorf Silikon (a-Si)

Genellikle az güç çıkışı ve az maliyet istenen, örneğin tüketici elektroniği sektöründe uzun yıllardır kullanılmaktadır. Şekilsiz (amorf-silikon olarak da anılır) silikonlu PV üniteleri, diğer silikonlu üniteler gibi kristalli yapıya sahip değildir. En önemli özelliği, tek kristalli yapıdaki silikon PV ünitelerine göre yaklaşık 40 kat daha fazla ışığı absorbe edebilmesidir. Bu nedenle, çok ince bir a-Si tabakası (yaklaşık 1 μm , kristalli silikonlarda yaklaşık 200 μm) PV ünitesi yapımı için uygundur. Kristalli pillere göre maliyetleri daha düşüktür. Bütün bu avantajların yanında, parlak güneş ışığı altında özelliklerini kaybedebildiklerinden dolayı son derece hassastırlar. Enerji dönüşüm verimleri %5-9 civarındadır.



Şekil 3.13. Amorf silikon (a-Si) içeren PV hücreleri.

3.4.6. Kadmiyum Tellür (CdTe)

Çok kristalli yapıya sahip bir yarıiletken olan bu malzeme, ışınları soğurmada yüksek verime sahiptir. Yaklaşık 1 μm kalınlığa sahip olmasına rağmen, üzerine gelen güneş ışınlarının %90'ını absorbe edebilmektedir. Kolay ve ucuz yöntemlerle üretilir.

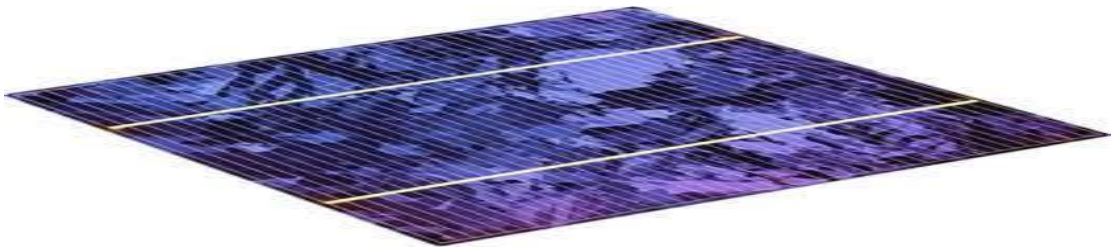
Enerji dönüşüm verimi a-Si malzemelere yakinen %7 civarındadır. Ünite üzerinde çok az miktarda kullanılmasına rağmen, kadmiyum zehirli bir maddedir ve üretim aşamasında bazı önlemler alınmaktadır.



Şekil 3.14. Kadmiyum Tellür (CdTe) içeren PV hücreleri.

3.4.7. Bakır İndiyum Diselenür (CuInSe₂ veya CIS)

Çok kristalli yapıya ve %18 gibi yüksek bir enerji dönüşüm verimine sahiptir. 0,5 µm kalınlığıyla, güneş ışınlarının %90 ını absorbe edebilmektedir. Bu malzeme verimli ancak çok karmaşık bir yapıya sahip olduğundan, üretimi zordur. Aynı zamanda üretimi esnasında ortaya çıkan zehirli gazlar için alınan güvenlik önlemleri de problem teşkil etmektedir.

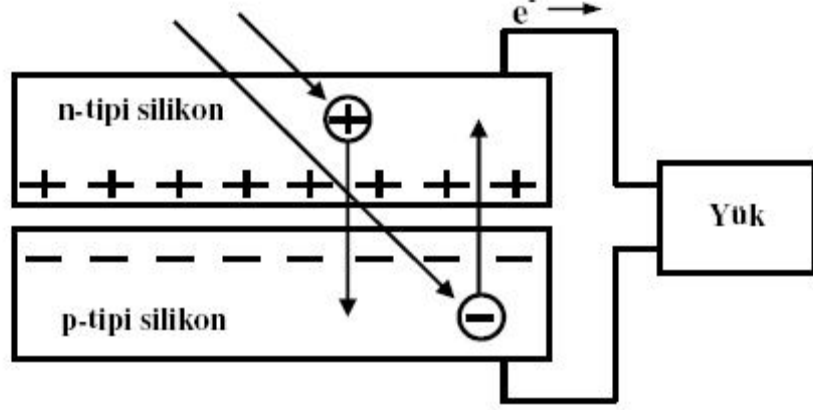


Şekil 3.15. Bakır İndiyum Diselenür (CuInSe₂ veya CIS) içeren PV hücreleri.

3.5. GÜNEŞ PİLLERİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Fotovoltaik güç teknolojisi, genellikle birkaç santimetrekare boyutunda yarı iletken hücrelerden meydana gelir. Hücrenin katı hal yapısı, temel olarak eklem bölgesi üst yüzeye yakın bulunan geniş alanlı bir p-n diyotudur. Şekil 3.16' de görülen temel

yapıyla güneş ışığı, hücrede direkt olarak elektrik akımına dönüştürülür. Çok sayıda hücre, gerekli gücün üretilmesi amacıyla birbirine eklenerek panel yapısı oluşturulur.



Şekil 3.16. Güneş ışığına tutulan fotovoltaik pilin temel çalışması.

Tüm fotovoltaik piller benzer şekilde çalışır. N-tipi silikon ile p-tipi silikon malzeme birleştirildiğinde eklem bölgesinde elektrik alan oluşumu ortaya çıkar. Elektrik alan, diyot davranışı göstererek elektronların p-tipi silikon malzemedeki n-tipi silikon malzemeye geçişine engel olurken, ters yönde geçişi engellemezler. Işık, eklem tarafından emildiğinde, emilen fotonların enerjisi, malzemedeki elektron sistemine transfer edilir ve hareketli elektronlar ve delikler oluşur. Bunlar eklem bölgesinde bir potansiyel fark meydana getirip elektrik alan altında hızlanarak dış devre boyunca akım akışı sağlarlar ve DC güç meydana getirirler.

Fotovoltaik gerilimin ortaya çıktığı yer, Fermi seviyesi olarak adlandırılan, birbirinden yalıtılmış iki malzemedeki elektronların kimyasal potansiyel farklarıdır. Birleştirildiklerinde eklem yeni bir termodinamik dengeye yaklaşır. Böyle bir denge, sadece iki malzemedeki Fermi seviyeleri eşit olduğu zaman elde edilebilir. Bu ise, Fermi seviyesinin başlangıçtaki farkına eşit gerilime sahip olan iki malzeme arasındaki gerilim farkı sağlanana kadar, bir malzemedeki diğerine olan elektron akışıyla ortaya çıkar. Foto akımını ortaya çıkaran şey bu gerilimdir [22].

BÖLÜM 4

STEP MOTORLAR



Şekil 4.1. Step motorlar.

Step motorlar (adım motorları), girişlerine uygulanan darbe dizilerine karşılık (bu, dijital, sayısal giriş olarak da ifade edilebilir...) analog dönme hareketi yapabilen elektromagnetik elemanlardır. Bu özellikleri nedeniyle “dijital makine” olarak da tanınan adım motorları, dijital sistemlerde kullanılırken büyük kolaylıklar sağlarlar. Adım motorları, adından da anlaşılacağı gibi belirli adımlarla hareket ederek rotorun açisal konumunu değiştirirler. Bu adımlar, motor sargılarına uygun sinyaller gönderilerek kontrol edilir. Herhangi bir uyarımda, rotorun yapacağı hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı, motorun yapısına bağlı olarak 90° , 45° , 18° , 7° , 5° , $1,8^\circ$... veya çok daha değişik açılarda olabilir. Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı da kontrol edilebilir. Adım motorlarının dönüş yönü ise, uygulanan sinyallerin sırası değiştirilerek, saat ibresi yönünde (CW) veya saat ibresinin tersi yönünde (CCW) olabilir.

4.1. STEP MOTORLARIN KULLANIM ALANLARI

Step motorlar uzun yıllardır var olmalarına rağmen ticari olarak kullanılmaları ancak 1960'lı yıllarda yüksek seviyeli doğru akımları anahtarlayabilen transistörlerin üretimine başlanmasıyla yaygınlaşmıştır. 1970'li yıllardan beri dijital elektronikteki ve mikroişlemci teknolojisindeki gelişmelerle birlikte adım motorlarının kullanımı giderek cazipleşmekte ve tüm dünyada bu motorların üretim ve uygulamalarıyla ilgili geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Günümüzde adım motorları endüstride birçok kontrol sistemlerinde, hassas konum kontrolü yapmak amacıyla kullanılmaktadır. En çok yazıcılar (printer), çiziciler (plotter), disket sürücüler (floppy driver), harddisk sürücüler (harddisk driver), kart okuyucular... vb gibi bilgisayar çevre cihazlarında bu elemanlardan yararlanılmaktadır.

Ayrıca sayısal kontrol sistemlerinde, CNC tezgâhlarda, proses kontrol sistemlerinde, robot teknolojisinde (milimetrik hareketlerin kontrolünde) ve uzay endüstrisine ait birçok sistemde adım motorları tahrik elemanı olarak yer almaktadır.

4.2. STEP MOTORLARIN AVANTAJLARI

Step motorların bu kadar çok kullanım alanı bulmasının nedeni bu motorların bazı avantajlara sahip olmasıdır. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Step motorlar dijital giriş işaretlerine cevap verirler, bu nedenle mikroişlemci veya bilgisayarlarla kontrol için ideal elemanlardır.
- Step motorların hangi yöne döneceği, devir sayısı, dönüş hızı gibi değerlerin mikroişlemci veya bilgisayar yardımı ile kontrol edilebilmesi, her an bu motorların dönüş yönü, hızı ve konumunun bilinebilmesini sağlamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı step motorlar ile çok hassas konum kontrolü yapılabilir.
- Step motorların dijital girişlere cevap vermesi, geri beslemeye ihtiyaç duyulmaksızın açık çevrim çalıştırılabilmesini sağlamaktadır. Yani açık çevrim çalıştırılan bir adım motoru ile hız, ivme ve konum kontrolü daha basit ve daha az maliyetle gerçekleştirilebilir. Böylece alışılmış kararsızlık problemlerinin de önüne geçilmiş olur.

- Step motorlar, giriş işaretlerinin frekansına bağı olarak çok geniş bir hız aralığında sürülebilirler.
- Step motorlar, herhangi bir hasara yol açmadan defalarca durdurulup çalıştırılabilirler. (Sürerken aniden durdurma ya da aniden ters yönde sürme isteğine karşı mükemmel cevap verebilirler.)
- Aşırı yüklenmeden hasar görmezler, oldukça dayanıklıdırlar.
- Her yeni adımla artan (kümülatif) konum hataları yoktur.
- Mekanik yapısı basit olduğundan bakım gerektirmezler.
- Yağlanma ve kirlenme problemleri yoktur.

4.3. STEP MOTORLARIN DEZAVANTAJLARI

Step motorların bütün bu avantajlarına karşılık bazı dezavantajları da aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Adım açıları sabit olduğundan rotordan alınan hareket sürekli değil darbelidir.
- Klasik sürücülerle kullanıldıklarında verimleri düşüktür.
- Adım cevapları nispeten büyük aşım ve salınımlıdır.
- Yüksek eylemsizlikli yüklerde yetenekleri sınırlıdır.
- Sürtünme kaynaklı yükler, hata kümülatif olmasa dahi açık çevrim çalışmada konum hatası meydana getirebilirler.
- Elde edilebilecek çıkış gücü ve momentleri sınırlıdır.
- İyi kontrol edilmezse rezonans meydana gelebilir.
- Oldukça yüksek hızlarda çalıştırmak pek kolay değildir.

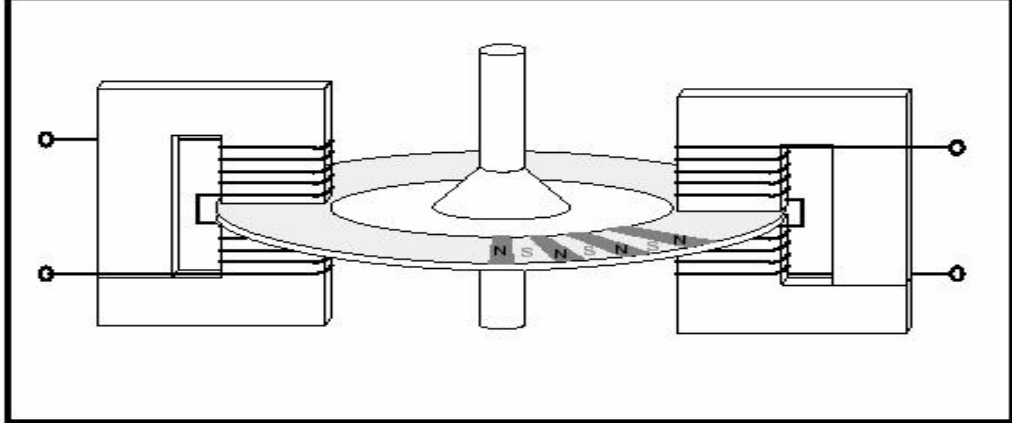
4.4. STEP MOTOR ÇEŞİTLERİ

Kullanımda olan birçok elektrik motorunda olduğu gibi step motorlar da makinenin yapısına ve çalışmasına göre sınıflandırılabilir. Step motorlar için ilk günlerden bu yana birçok değişik tasarım yapılmıştır. Bu motorların kayda değer bir moment üretebilmeleri için hem rotor hem de statorları önemli miktarda magnetik akı

taşıyabilecek yapıda olmalıdır. Bu nedenle de olabildiğince çok sayıda demir diş ile çevrili olmaları gerekmektedir.

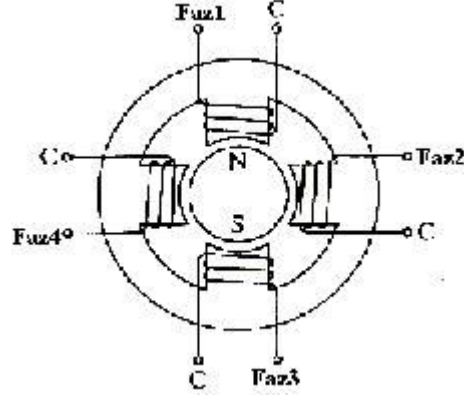
Günümüzde hem bu özelliği taşıyıp, hem de ticari bakımdan kullanılabilir nitelikteki step motorların başlıcaları; Değişken Relüktanslı, Sabit Mıknatıslı ve Hibrid step motorlardır. Temelde bunlar aynı türden cihazlardır, ama farklı yapım yöntemlerinden kaynaklanan farklı karakteristikleri belli bir uygulama için step motor seçilirken önem kazanır. Diğer tür step motorlar, bu üç tip step motorların varyasyonları olarak tanımlanabilirler. Step motorların en belirgin özelliği, girişine uygulanan uyarma darbelerinin, “adım” olarak tam tanımlanmış rotor konumlarına dönüştürmesidir. Rotorun hassas konumlama yapması, hareketli ve sabit parçalar üzerindeki demir dişlerin magnetik olarak karşılıklı gelmesi, dizilmesi ile mümkündür.

4.4.1. Sabit Mıknatıslı (Permanent Magnet, Pm) Step Motorlar



Şekil 4.2. Sabit mıknatıslı step motorlar.

Sabit mıknatıslı step motorlardaki rotor, sabit mıknatıstan oluşur. Bu tip motorların rotorlarında diş bulunmaz. Yukarıdaki Şekillerde de görüldüğü gibi iki farklı yapıda (“disk” ya da “tin-can” yapısı) rotor yapıları mevcuttur. Stator yapıları, değişken relüktanslı step motorların stator yapılarıyla aynıdır.

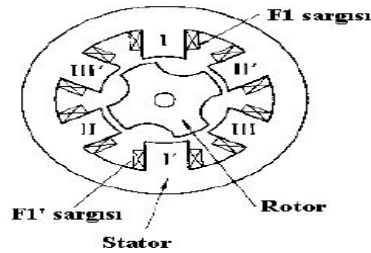


Şekil 4.3. 4 fazlı bir step motor resmi.

Basit olarak 4-fazlı sabit mıknatıslı bir step motor örneği yukarıdaki şekilde gösterilmiştir. İki kutuplu sabit mıknatıslı rotor, oyuklu 4 (dört) kutuplu stator içinde döner. Burada C ile adlandırılan terminal, her bir fazın birer uçlarının birleştirilerek güç kaynağının pozitif ucuna bağlandığı ortak uçtur. Eğer fazlar Faz1, Faz2, Faz3, Faz4 sırasıyla uyarılırsa; rotor saat ibresi yönünde (CW) hareket edecektir. Bu motorda, adım açısının 90° olduğu açıkça görülmektedir. Küçük boyutlu sabit mıknatıslı rotorda çok sayıda kutup oluşturmak zor olduğundan bu tip motorlarda adım genişliği $30-90$ derece arasındadır. Bu tür motorların momentleri diğerlerine göre oldukça düşüktür.

4.4.2. Değişken Relüktanslı (Variable Reluctance, VR) Step Motorlar

Değişken relüktanslı step motorlar, sabit mıknatıslı step motorlar gibi birkaç kutbu olan statora sahiptirler. Bu motorları sabit mıknatıslı step motorlardan ayıran en önemli fark rotorlarında sabit mıknatısın olmamasıdır. Ayrıca rotorları da dişli yapıdadır.

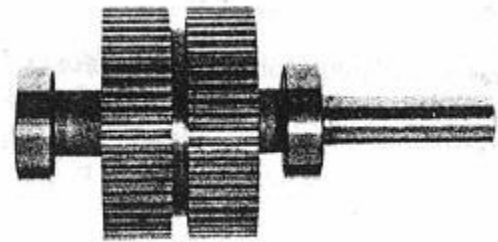


Şekil 4.4. 3 (üç) fazlı değişken relüktanslı step motor.

Şekil 4.4. de üç-fazlı değişken relüktanslı step motorun kesit görünüşü verilmiştir. Bu tür motorlarda rotor ve stator dişlerinin sayısı aynı değildir. Şekildeki motorda rotor 4, stator 6 dişli sahiptir. Bir faz uyarıldığında asıl askıyı sadece iki rotor dişi taşır. Bu arada diğer rotor dişi çifti ise uyarılmamış stator dişlerinin tam ortasındadır. Eğer uyarılan fazlarda değişiklik yapılırsa, yeni uyarılan stator fazıyla karşı karşıya gelecek olan rotor dişleri bu dişler olacaktır. Değişken relüktanslı motorun stator ve rotor dişleri arasındaki hava aralığı, küçük çaplı rotordan mümkün olduğunca büyük tork üretebilmek ve konumlamada yüksek doğruluk elde edebilmek için mümkün mertebe küçük tutulmalıdır. Hava aralığı diğerinden biraz daha büyük olan iki step motora aynı değerde manyetik kuvvet uygulandığında, küçük hava aralığı yüksek torku üreten manyetik akıyı verecektir ve ayrıca rotora dışarıdan bir kuvvet uygulandığında küçük aralığın denge pozisyonundan uzaklaşmasının da az olacağı açıktır. Modern motorlarda bu aralık 30- 100 μm 'dir. Bu tip motorlarda rotor, manyetize olmamalı hafif ve küçük boyutlu yapılmalıdır. Rotor ölçülerinin küçük yapılması eylemsizlik momentinin de küçük olmasını sağlar. Böylece uygulanan gerilimin meydana getireceği moment sebebiyle rotor çok çabuk hareketlenir. Değişken relüktanslı step motorların başlama, durma ve adımları, sabit mıknatıslı step motorlardan daha hızlıdır.

4.4.3. Hibrid Step Motorlar

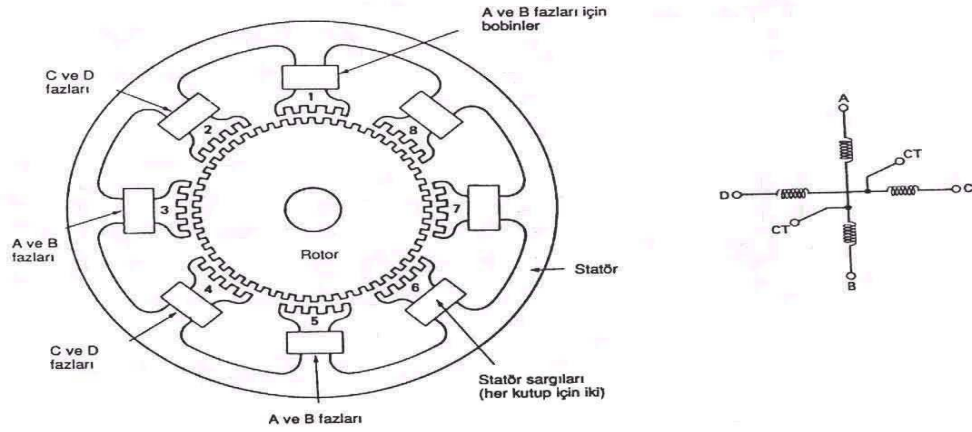
Hibrid step motorların rotorunda sabit mıknatıs bulunur. Bu tip motorlara Hibrid denmesinin sebebi, motorun değişken relüktanslı ve sabit mıknatıslı motorların çalışma prensiplerinin bir kombinasyonu ile çalışmasıdır.



Şekil 4.5. Hibrid Step motorlar.

Rotorun her bir ucuna, tipik olarak üzerinde elli diş bulunan dişli türü göbekler vardır. Göbekler amaçlı olarak ayarsız yapılır, böylece mıknatısın kuzey ucundaki dişler, güney ucundakiyle 180° faz dışı kalır. Şekildeki fotoğraf, rotor yapısını net olarak göstermektedir.

Hibrid adım motorlarında tipik olarak 8 stator kutbu bulunur. Her kutupta bulunan diş sayısı iki ila altı arasındadır. Ayrıca rotorun istenen konuma gelmesini sağlamak üzere mıknatıs akışının ilgili kutuplar üzerinden akışını desteklemek veya engellemek amacıyla stator kutuplarına sargılar da ilave edilmiştir.



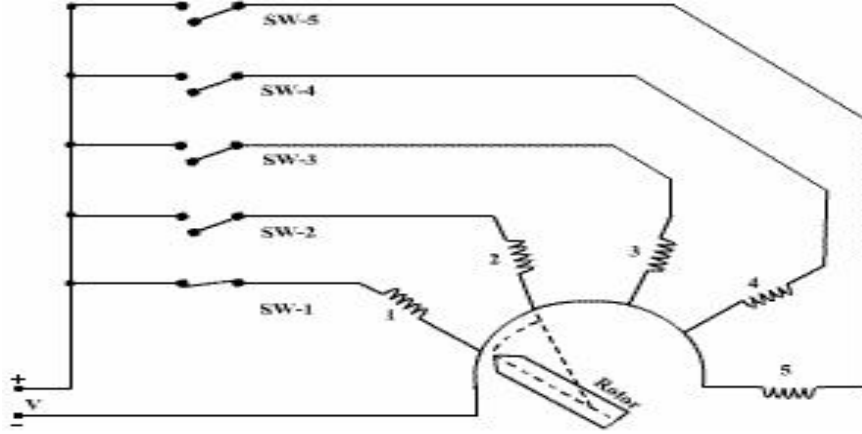
Şekil 4.6. Hibrid step motorların iç yapısı.

Hibrid adım motorlarında iki farklı sargı kullanılır. Her bir sargı (faz), sekiz stator kutbundan dördünü dolaşır. A ve B sargıları 1, 3, 5, 7 kutupları üzerinde ise, C ve D sargıları 3, 4, 6, 8 kutuplarındadır. Her faza ait yakın kutuplar birbirleriyle zıt yönde sarılmışlardır. Öncekilerde olduğu gibi, Hibrid adımlı bir motorun rotoru da, stator tahrik akımlarının uygun bir şekilde sıralanmasıyla adım adım hareket ettirilir. Bu tip motorların rotoru sabit mıknatıslı olduğundan, her zaman için bir tutma veya kalıntı torku vardır. Motor, düşük hızla ivmelendiği takdirde saniyede 30.000 adıma kadar hızlarda çalışabilir. Tüm adım motorları içinde Hibrid tip, her türlü doğrusal ve açısız konumlama sisteminde en yaygın kullanılan tiptir.

4.5. STEP MOTORLARIN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Step motorlar bir dizi kısa elektrik akımıyla hareket ederler. Stator (hareketsiz kısım) birbirine dik manyetik alan üreten iki ayrı bobinden oluşur. Bu bobinlere sırayla elektrik akımı verilerek statorun içerisinde döndürme etkisine sahip bir manyetik alan oluşması sağlanır. Statorun içindeki rotor (hareketli kısım) bobinler tarafından sırayla oluşturulan manyetik alanla polarize olarak döner. Her bir elektrik akım vurgusu (pulse) rotorun belli bir açı kadar (bir adım) dönmesine neden olur.

Eğer güç sadece bir bobine verilirse manyetik alanın etkisiyle rotor sabitlenecektir, bu da motorun durdurulmasında kullanılır. Bir step motorun temel prensip şeması ise



Şekil 4.7. Step motorların temel prensip şeması.

Step motor bir daire içinde elektromagnetik alanların dönüşü ile ifade edilebilir. 1 nolu anahtar kapandığında (SW-1) rotor kendiliğinden 1. elektromanyetik alan ile aynı hizaya gelecektir. Bundan sonra 1 nolu anahtar açılıp 2 nolu anahtar kapatılırsa sabit mıknatıs 2. elektromagnetik alanın karşısına gelecektir. Bu olaylar sırayla tekrarlanırsa rotor bir daire içinde düzgün şekilde döner. Bu şekilde verilen elektrik akım vurgularının frekansı motorun dönme hızını belirler. Hızlı ivmelenme sonucunda step motorda kayma meydana gelebilir, bunun önlenmesi için ivmelenme sırasında vurgu sıklığı ayarlanmalıdır.

BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOT

5.1. TASARIM

Sistemlerin tasarım aşamasında, güneş izleme sisteminin ve sabit sistemin hazırlanmasında belirli kurallara dikkat edilmiştir. İki sistemde Karabük ilinin enlem derecesi dikkate alınarak 45° derecelik eğime ayarlanmıştır. Bu çalışmada, güneşi sürekli olarak gün içerisinde takip edebilen güneş takip sistemi ve sabit tutulan sistem tasarlanmıştır. Hareketli güneş takip sistemi gün içerisinde tek yönlü hareket edebilen devre elemanları ile kullanıma hazırlanmıştır. Ayrıca sistemlerin gün içerisinde çalışmaları izlenmiş ve maliyet analizi hazırlanmıştır. Yapılan bu çalışmada güneşten elde edilen enerjinin verimini artırması planlanmaktadır.

Güneş izleme sistemi ve sabit sistem imkânlar dâhilinde en kolay biçimde yapılabilmesi için standart parçalar kullanılmıştır. Şekil 5.1.'de görüleceği gibi güneş takip eden sistem için gerekli olan parçalar, kristal yapıda olan güneş paneli, step (adım) motoru, M542 step motor sürücüsü, şarj elemanları ve yine 45 °'lik açı ile sabit sistem hazırlanmıştır. Sabit sistem için gerekli olan materyaller; kristal yapıda olan güneş paneli ve sarj elemanlarından oluşmaktadır.



Şekil 5.1. Hareketli güneş izleme sistemi tasarımı.

Şekil 5.2. de sistemin hareketini sağlaması için en uygun step (adım) motoru seçilerek kullanılmıştır.

Step motorun özellikleri ise;

- Bipolar Tutma Torku: 2 Nm
- Tel Sayısı: 8
- Step/Tur: 200
- Step Açısı: 1.8°
- Flanj: 85 x 85 mm
- Uzunluk: 80 mm
- Ağırlık: 2.3 kg
- Akım/Faz: 4.2 A
- Direnç/Faz: 0.75 ohm
- İnduktans/Faz: 3.4 mH
- Rotor Ataleti: 1400 gcm²
- Çalışma Sıcaklığı: -20°C ÷ +50°C
- Maksimum Isınma: 80°

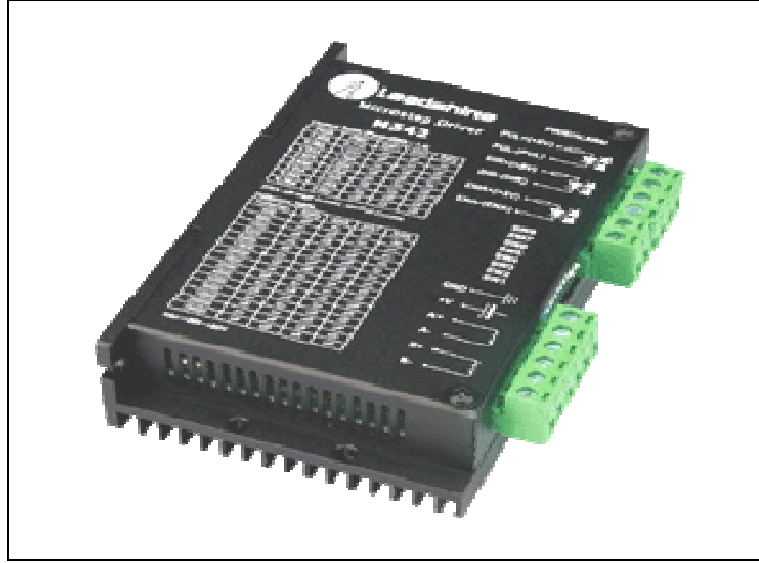


Şekil 5.2. Sistem de kullanılan step (adım) motoru.

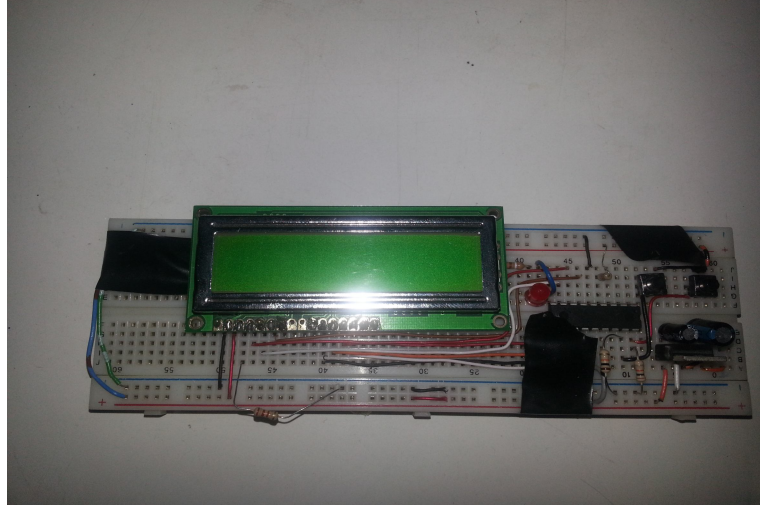
Şekil 5.3 'de step motorunun gerekli olan değerde hareketini sağlaması için M542 sürücüsü kullanılmıştır.

Tasarımda kullanılan sürücünün özellikleri;

- Yüksek performanslı, düşük maliyetli
- 4.2A Çıkış akımı
- Darbe girişi frekansı 300 KHz
- Otomatik boşa akım azaltma
- 15 seçilebilir çözünürlük 25.600 adım / tur
- Kısa gerilim, aşırı gerilim, aşırı akım koruması.



Şekil 5.3. Sistemde kullanılan step motoru sürücüsü.

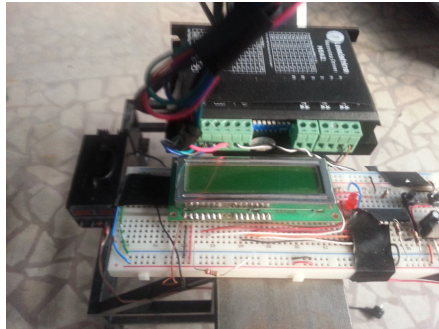


Şekil 5.4 Pulse (darbe üreticisi).

Şekil 5.4 'de sürücünün çalışması için gerekli olan PIC16F628A serisi pulse (darbe üreticisi) görülmektedir.

Micro denetleyici frekansı ayarlanabilen darbe üreticisi butonlar sayesinde oluşturulmuştur. Butonlar sayesinde frekans alçaltılıp çoğaltılabilmektedir. Devre için 628A denetleyicinin 4Mhz dahili osilatörü ve uygulamamız için de yeterli giriş-çıkış port sayısına sahip olduğu için devre darbe üreticisi Şekil 5.2 'deki gibi tasarlanmıştır.

Frekans aralığında saniyede 1-1000 Hz'lik ayarlama yapılabilmektedir. Elektronik aksam olarak board, 2x16 LCD ekran, 2 adet buton, 4 adet 1Kohm 'luk direnç, 330 ohm direnç ve led diyot kullanılmıştır.



Şekil 5.5. Step motor sürücüsü ve darbe üreticisi PIC16F628A micro denetleyicisinin sisteme bağlanması.

Ayrıca Şekil 5.6' de görüldüğü gibi her iki deney için çalışmalara başlamadan önce yapılan kontroller ve şarj olan akülerin deşarj işleminin yapılması görülmektedir. PV şarj regülatörü, akü (jel), invertör (çevirici), açma-kapama butonu ve aydınlatma (AC), değer ölçümleri için voltmetre solarmetre ve ampermetre kullanılmıştır.



Şekil 5.6. Deney için çalışmalara başlamadan önce yapılan kontroller.

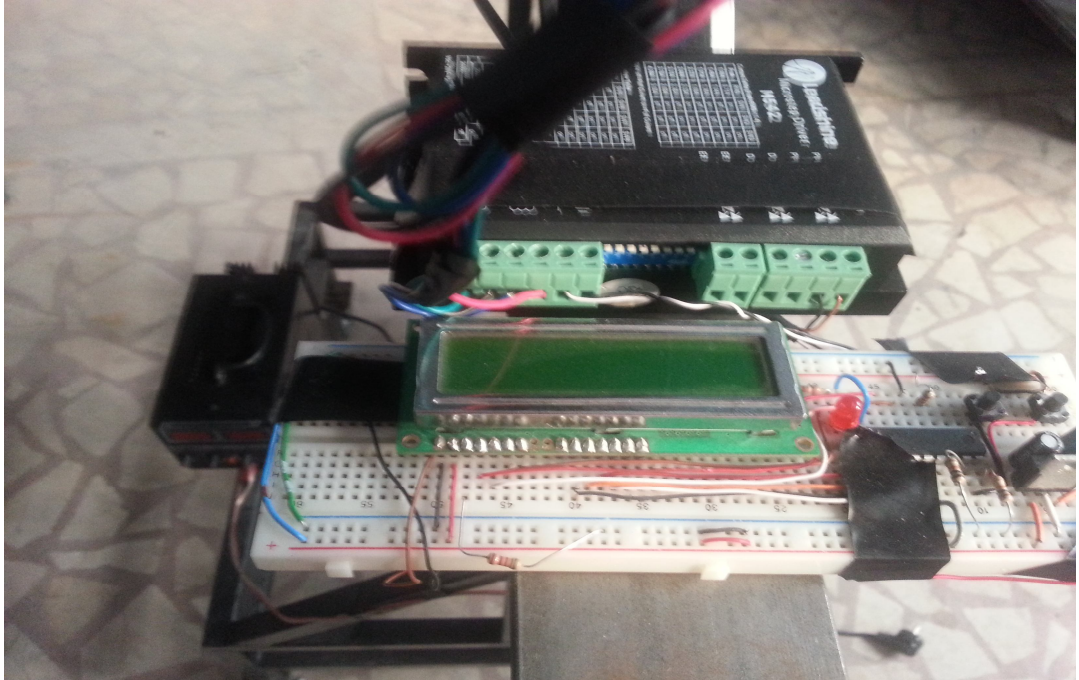
5.2. İMALAT

İmalat aşamasında ilk önce sistemi taşıyacak olan profiller ark kaynağı ile Karabük ili şartlarında güneş geliş açısına göre 45° açı ile kuzey- güney yönünde birbirine bağlanarak profiller sabitlenmiştir. Güneş pilinin rahat hareketini sağlayabilmesi için 10mm çapında mil kullanılarak profile kuzey-güney yönünde montajı yapılmıştır. Şekil 5.7. de görüldüğü gibi mile 10mm çapında rulmanlarla yataklama yapılarak sisteme sabitlenmiştir.



Şekil 5.7. Mil ve yataklama aşaması.

Profilin üzerine step motorunun kuzey yönünde montajı yapılmıştır. Güneş pilinin hareketini rahat sağlaması için kullanılan mil step motoru ile birbirine sabitlenmiştir. Mil ve motorun aynı zamanlı, hareketi sağlanmıştır. Step motorunun hareketini sağlamak için gerekli olan sürücü ve pulse (darbe üreticisinin) Şekil 5.8.' de görüldüğü gibi sisteme montajı yapılmıştır.

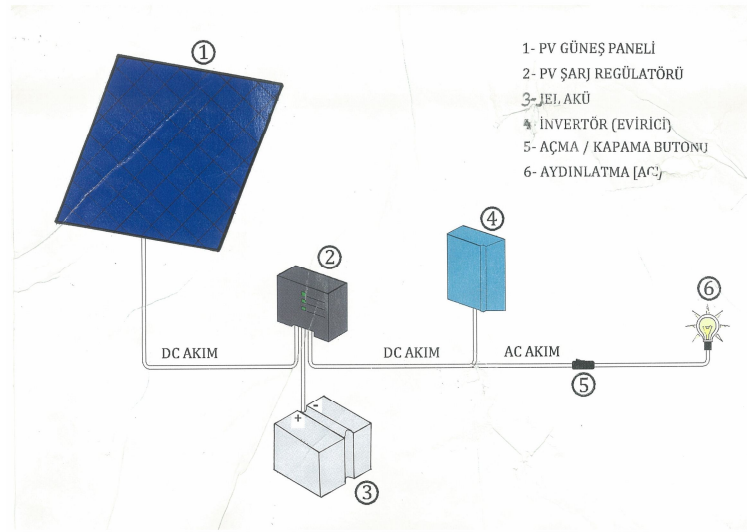


Şekil 5.8. Step motorun hareketini sağlaması için gerekli olan sürücü ve darbe üreticisi olan PIC16F628A.

Şekil 5.9.' de sistemin performans değerlerini ölçmek, elektrik üretmek için kurulan voltmetre, jel akü, ampermetre, PV şarj regülatörü, invertör (çevirici), açma-kapama butonu ve aydınlatma aracı kullanılıp sistemin altında bulunan profile montajı yapılmıştır.



Şekil 5.9. Performans değerleri ölçüm materyalleri.



Şekil 5.10. Sistemin verimi ve elektrik elde edilmesi için gerekli gerekli materyallerin sistematik şeması.

5.3. HAREKETLİ VE SABİT SİSTEMİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

İlk olarak hareketli sistemin çalışma prensibini ele alınmıştır. Bu sistemde darbe üreticisi, step (adım) motoru sisteme bağlandıktan sonra, yine sistem üzerinde olan 30V-6A değerleri arasında değer gösterilen harici güç kaynağının da devreye girmesiyle sistem Şekil 5.11.'de gösterildiği gibi 28-30.00 volt arasında ve 2.50A - 3.30A ile devreyi harekete başlatmıştır. Step motorunun tork gücü 2Nm olduğu için sistem öğle saatine yaklaştıkça yani sistemin torku azaldıkça güç harici kaynağından çektiği akımda azalmaktadır. Sistem periyodik bir şekilde yaklaşık olarak her saat başı 15 ° dönmektedir. Bu saat başı 15 °'lik dönme yapmasının sebebi ise güneş piline gelen güneş ışınımını en dik seviyede karşılaması hedeflenmiştir. Sistem güç kaynağının devreye girmesiyle elektrik üretmeye başlamıştır. Sabit duran sistemde ise, güç kaynağına gerek olmadan sistem eğimi 45 ° ye ayarlanarak sabit tutulmuş ve sistemin kurulması için gerekli materyaller ile elektrik üretmeye başlamıştır.



Şekil 5.11. Sistemin devreye girmesi için güç kaynağı ve sistem için gerekli olan voltaj ve akım değer aralıkları.

BÖLÜM 6

DENEYSSEL ANALİZ VE TARTIŞMA

6.1. TEKNİK VERİLER

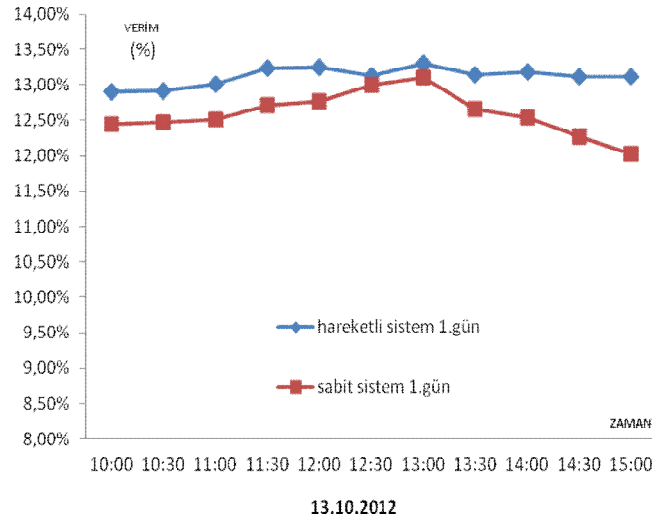
Sistemin çalışabilirliği 2 gün test edilip hesaplamaları yapıldıktan sonra sabit ayarlamalar yapılarak hareketli sistem saatte yaklaşık 15 ° dönecek şekilde ayarlanmış ve sabit güneş paneli de kurularak güneş pillerinin performans deneylerine başlanmıştır.

$$\text{Güneş pilinin verimi} = \text{Volt} \times \text{Amper} / \text{Güneş ışınımı} \times \text{Yüzey alanı} \quad (6.1)$$

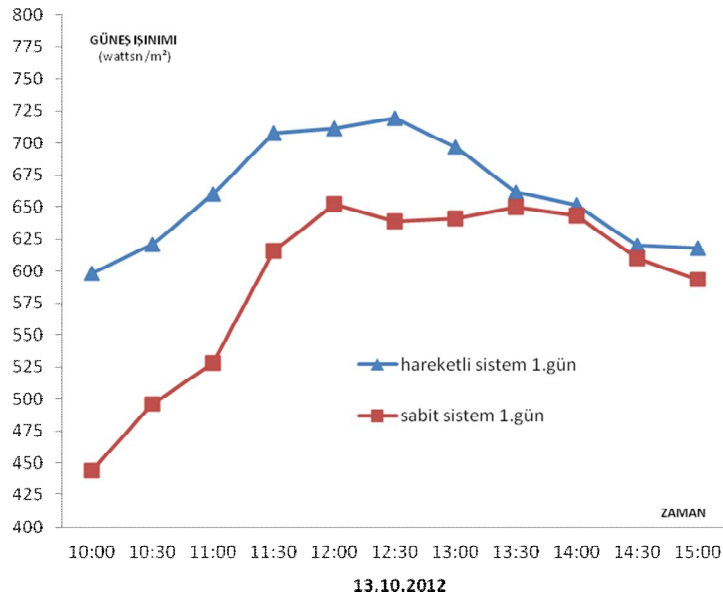
$\% = V \times A / \text{Watts/m}^2 \times \text{m}^2$ olarak sistemin verimlilik hesabı yüzde olarak yapılmıştır.

6.2. SABİT VE HAREKETLİ SİSTEMİN DENEY SONUÇLARI

Deney sonuçları grafik haline getirilen ve aşağıda verilen şekillerde VERİM-ZAMAN, GÜNEŞ IŞINIMI-ZAMAN grafiği verilen hareketli güneş sisteminin ve sabit sistemin 13.10.2012- 16.10.2012 tarihleri arasında ki güneş ışınımı, amper ve volt değerleri ölçülüp hesaplamaları yapılarak hazırlanmıştır. Sistemde kullanılan tek kristalli güneş pilinin tipik modül verimliliği %12-15 olarak belirlenmiştir. Laboratuvar şartlarında hesaplanan verimliliği ise %14-16 arasındadır. Deneyler saat 10:00 da başlayıp 15:00 de sona ermiştir.

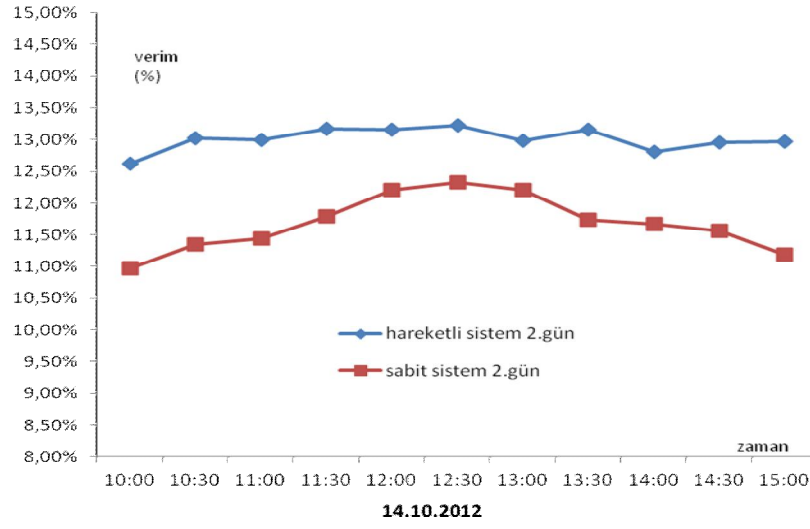


Şekil 6.1. Sabit ve hareketli güneş pillerinden alınan 13.10.2012 verim-zaman grafiği.

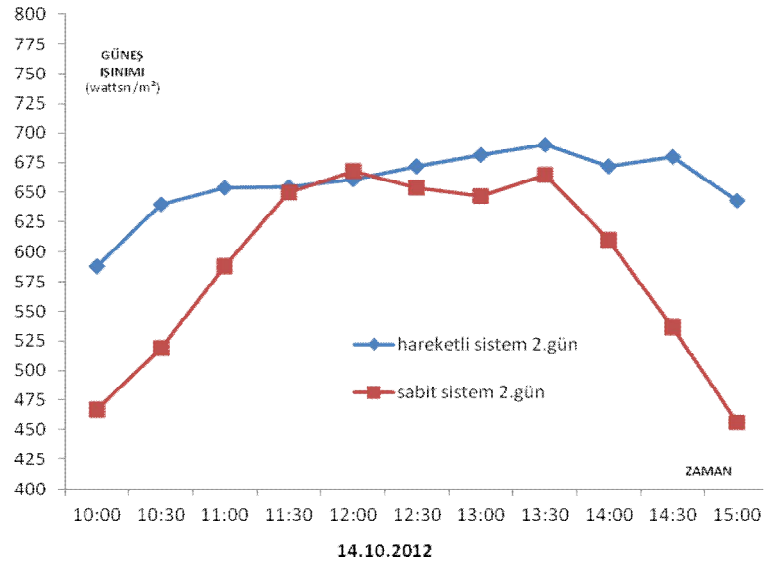


Şekil 6.2. Sabit ve hareketli güneş pillerinden alınan 13.10.2012 güneş ışınımı-zaman grafiği.

13.10.2012' de yapılan deney sonuçları grafiklerden de görüldüğü üzere birbirlerine yakın değerlerde seyretmektedir. Başlangıç verimlilikleri hareketli sistemin %12,90, sabit sistemin %12,44 dür. Gün boyunca güneş takip sisteminde verim artışı oranları fazla değildir fakat sabit sistemde verim artışı oranı 12:30-13:00 saatleri arasında güneş ışınları dik aldığından dolayı maximum seviyeye ulaşmıştır. Güneş ışınımı değerleride aynı oranda artmış ve azalmıştır.



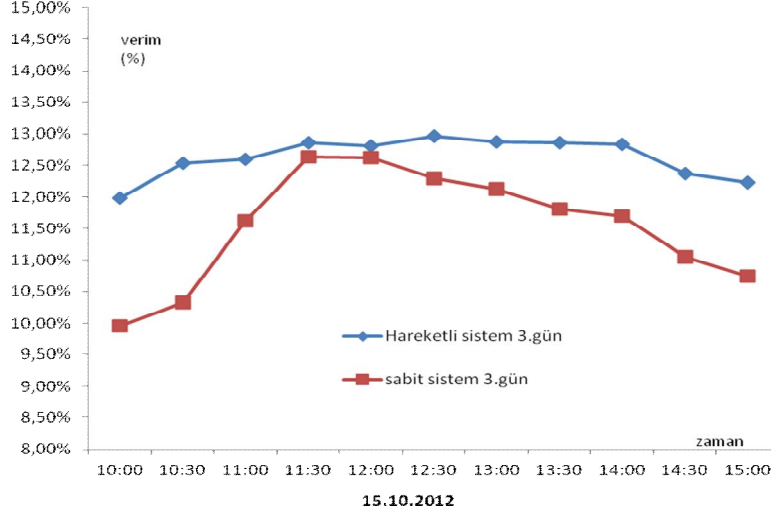
Şekil 6.3. Sabit ve hareketli güneş pillerinden alınan 14.10.2012 verim-zaman grafiği.



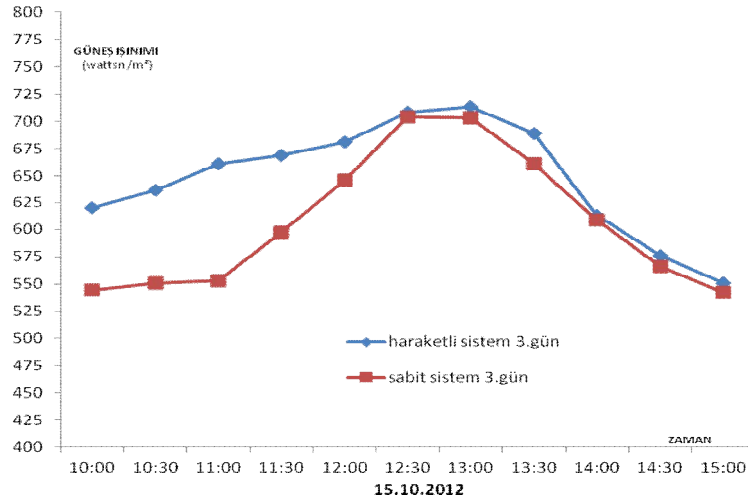
Şekil 6.4. Sabit ve hareketli güneş pillerinden alınan 14.10.2012 güneş ışınımı-zaman grafiği.

14.10.2012' de yapılan deney sonuçları grafiklerden de görüldüğü üzere güneş takip sisteminin başlangıç verimliliği %12,63, sabit sistemin ise %10,97' dir. Yapılan ikinci gün deneyinde hareketli sistemde ortalama olarak % 13,20, sabit sistemde %12 değerinde verim sağlanmıştır. Güneş ışınım şiddetleri hareketli sistemde yaklaşık olarak sabit ilerlerken, güneş ışınım şiddeti sabit sistemde başlangıçta düşük 12:30-

13:00 saatlerinde en yüksek ve bu saat aralığında sonra tekrar parabolik olarak düşüşe geçmiştir.



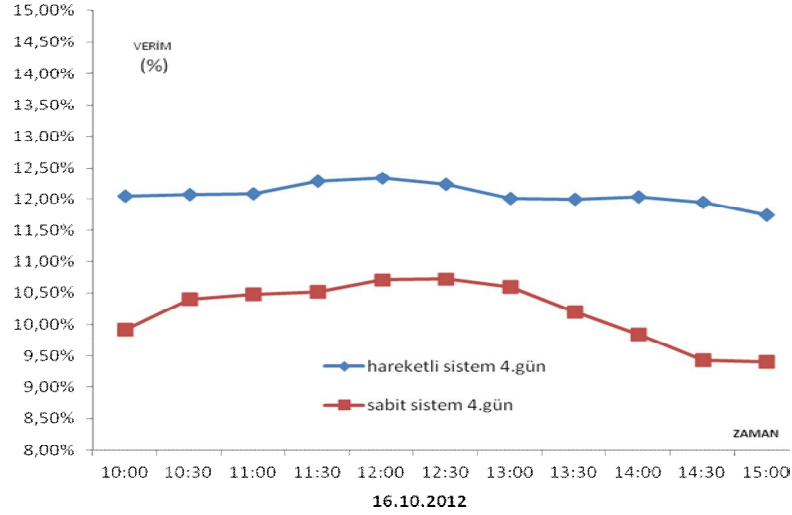
Şekil 6.5. Sabit ve hareketli güneş pillerinden alınan 15.10.2012 verim-zaman grafiği.



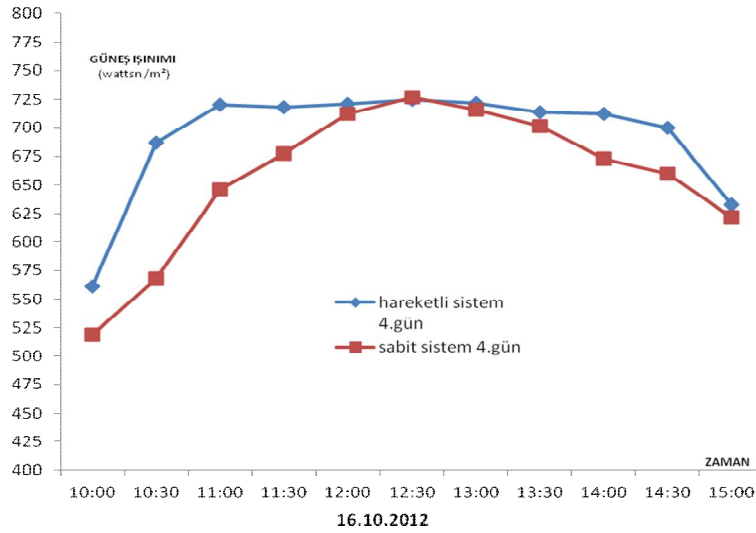
Şekil 6.6. Sabit ve hareketli güneş pillerinden alınan 15.10.2012 güneş ışınımı-zaman grafiği.

15.10.2012' de yapılan deney sonucunda garfikten de görüldüğü üzere hareketli sistem sabit verim değeriyle başlamıştır. Saat 13:00 de ise gökyüzünün belirtilen saatte bulutlu olmasından dolayı güneş ışınım şiddetinin yüksek, çekilen akımın ve voltajın fazla oluşu hareketli sistem verimini en üst seviyeye %12,96 değerine

ulaştırmıştır. Sabit sistemde verimi ise sabah saatlerinde düşük öğle saatlerinde en üst seviyede ve geçen zaman aralıklarında tekrar düşüşe geçtiği görülmüştür.



Şekil 6.7. Sabit ve hareketli güneş pillerinden alınan 16.10.2012 verim-zaman grafiği.



Şekil 6.8. Sabit ve hareketli güneş pillerinden alınan 16.10.2012 güneş ışınımı-zaman grafiği.

16.10.2012' de elde edilen deney sonuçlarında ise yine hareketli sistemin sabit sisteme göre daha fazla verim elde edildiği görülmüştür. Grafikler incelendiğinde, hareketli sistemin sabit sisteme göre daha fazla gerilim ürettiği günlük olarak görülmektedir. Ayrıca, günün değişik saatlerinde üretilen gerilimin panelin

güneşlenmesini değiştirdiği için, sabit sistemde üretilen gerilimin sabah saatlerinde daha az, öğle saatlerinde en yüksek değerinde ve akşam saatlerinde ise yine güneşlenme azaldığı için gerilim değerinin de azaldığı net bir şekilde görölmektedir.

Güneş takip sisteminin, sabit sisteme göre sabah ve akşam saatlerinde daha yüksek gerilim değerlerinde elektrik enerjisi ürettiği görölmektedir. şekillerde gerilim değerlerinde görölen saatlik alçalıp yükselme durumları, sistemlerin belirtilen saatler içerisinde hava şartlarından kaynaklanan ve güneş ışığı azalmasına bağlı olarak değerlerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır.

Enerji üretimi ve performans bakımından güneş takip sisteminin sabit sisteme göre %25 oranında verimli olduğu ispatlanmıştır. Ancak sistem maliyetleri yönünden karşılaştırıldığında güneş takip sisteminin sabit sisteme göre %15 daha fazla bir kuruluş maliyeti olduğu belirlenmiştir. Uygulanan sistemin deneysel bir çalışma olması nedeniyle, mikro denetleyici frekansları amper ve akım sabit tutulmuştur. 2006 yılında Mehmet Demirtaş' ın Bilgisayar Kontrollü Güneş Takip Sisteminin Tasarımı ve Uygulaması adlı çalışmasında çıkarılan deney sonuçlarıyla eşdeğer olması tasarlanan sistemlerimizin düzenli ve amacına uygun bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Güneş yılın her günü aynı yörüngeyi takip etmemektedir. Mevsimlere göre güneşin çizdiği yörünge kış ve sonbaharda yatay ekseninde yere daha yakın, bahar mevsiminde biraz daha dik açılı, yaz mevsiminde ise yataya nerdeyse paralel olmaktadır. Sabit sistem olarak belirtilen uygulamanın, yılın belirli zamanlarında, güneşin konumuna göre hareket ettirilmesi gerekmektedir. Böyle bir durum bile, sistemi sabit olmaktan çıkarır. Eğer yıl boyunca sabit sistem hiç hareket ettirilmese verimi daha da düşecektir.

Güneş takip sistemlerindeki elektriksel ve mekanik uygulamalarda iki tür motor kullanılmaktadır; bunlardan birincisi step motor (adım motoru), diğeri ise servo motordur. Step motorla yapılan uygulama servo motorlu olana göre daha kolay ve kontrolü basittir. Ancak step motorlar büyük güçlerde mevcut olmadıkları için belirli

bir büyüklüğe kadar yapılmaktadır. Büyük güçlü ve güneş paneli olarak sayısı fazla olan uygulamalarda servo motorlar tercih edilmelidir.

6.3. SİSTEMLERİN MALİYET ANALİZİ

Tasarlanan uygulamalar için jel tip akü seçilmiştir. Bu akü grubu 12V x 200 Ah =2,4 kW'lık enerjiyi depolayabilme özelliğine sahiptir. Genel olarak tam sinüs çıkışı veren ve vermeyen olmak üzere iki çeşit evirici bulunmaktadır. Hassas yüklerin bulunduğu sistemlerde tam sinüs çıkışı verebilen eviricilerin kullanılması gereklidir. Evirici gücü, sistemde aynı anda çalışabilecek yüklerin güç değerleri toplanarak elde edilir. 200W lık evirici bizim için yeterlidir. Eviricinin güç değeri yüksek seçilebilir ama maliyeti arttıracığı unutulmamalıdır. Hareketli Sistemde kullanılması gereken diğer elemanlar kablolar, sigortalar, sürücü ve step motorudur. Sabit sistemde ise step motoru ve sürücü kullanılmamıştır. Ayrıca sistemleri izleyebilmek için çeşitli elektronik devreler de kullanılmıştır. Sigorta ve kablo seçimi sistemin düzgün çalışabilmesi için son derece önemlidir. Kablo seçiminde gerilim düşümü de dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.1. Tasarlanan hareketli sistemin maliyet analizi.

Sistem bileşeni	Fiyat
Fotovoltaik hücreler (1 x 100)	350 ₺
Akü grubu (1 x 12V)	44 ₺
Akü sarj regülatörü	400 ₺
Evirici	700 ₺
Elektronik materyaller	27 ₺
Step motoru ve sürücü	300 ₺
Toplam maliyet	1.821.00 ₺

Elektrik birim fiyatı: 0,60 krş

Eğer 100 watt'lık bir ampul günde bir saat süreyle, bir ay boyunca çalıştırılırsa kullanılan enerji $100 \text{ W} \times 30 \text{ h} = 3,000 \text{ W}\cdot\text{h} = 3 \text{ kwh}$ olur.

Aylık bir ampul günde 3 saat süreyle çalışırsa; $3\text{kwh} \times 3 = 9 \text{ kwh}$

Aylık üç ampül günde 3 saat süreyle çalışırsa; $9\text{kwh} \times 3 = 27 \text{ kwh}$

Yıllık üç ampül günde 3 sat süreyle çalışırsa; 27kwh x 12 = 324 kwh
Hareketli sistem için ;

Tüketim X Birim fiyat = Yıllık Elektrik Tüketim Tutarı

$$324 \text{ kwh} \times 0,60 = 194,40 \text{ ₺}$$

$$\begin{aligned} \text{Amorti süresi} &= \text{Toplam maliyet} / 3 \text{ ampülün yıllık elektrik tüketim tutarı} \\ &= 1821,00 / 194,40 \\ &= 9,36 \text{ yıldır.} \end{aligned}$$

Çizelge 6.2. Tasarlanan sabit sistemin maliyet analizi.

Sistem bileşeni	Fiyat
Fotovoltaik hücreler (1 x 100)	350 ₺
Akü grubu (1 x 12V)	44 ₺
Akü sarj regülatörü	400 ₺
Evirici	700 ₺
Elektronik materyaller	27 ₺
Toplam maliyet	1.521.00 ₺

Elektrik birim fiyatı: 0,60 krş

Eğer 100 watt'lık bir ampul günde bir saat süreyle, bir ay boyunca çalıştırılırsa kullanılan enerji $100 \text{ W} \times 30 \text{ h} = 3,000 \text{ W}\cdot\text{h} = 3 \text{ kwh}$ olur.

Aylık bir ampul günde 3 saat süreyle çalışırsa; 3kwh x 3 = 9 kwh

Aylık üç ampül günde 3 saat süreyle çalışırsa; 9kwh x 3 = 27 kwh

Yıllık üç ampül günde 3 sat süreyle çalışırsa; 27kwh x 12 = 324 kwh

Sabit sistem için ;

Tüketim X Birim fiyat = Yıllık Elektrik Tüketim Tutarı

$$324 \text{ kwh} \times 0,60 = 194,40 \text{ ₺}$$

$$\begin{aligned} \text{Amorti süresi} &= \text{Toplam maliyet} / 3 \text{ ampülün yıllık elektrik tüketim tutarı} \\ &= 1521,00 / 194,40 \\ &= 7,82 \text{ yıldır.} \end{aligned}$$

Yukarıdaki çizelgelerden de anlaşılacağı gibi sistemlerde kullanılan elemanların fiyatlarını kullanarak yapılan maliyet hesabında, sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinin normal değerde oldukları görülmektedir.

Karabük ili iklim şartlarına göre tasarlanmış olan hareketli güneş takip sistemi ve sabit tutulan güneş pili sistemleri, laboratuvar şartlarında en yüksek verimi % 15 olan çok kristalli güneş pilleri kullanılmıştır. 13.10.2012. günü yapılan deneyde hareketli sistemde yaklaşık olarak % 13,5 verim, sabit sistemde ise % 12,63 verim elde edilmiştir. Tasarlanan sistemde güneş pilinin dönmesini sağlayan kasanın ağırlığından dolayı sistemin çalışması için gerekli olan akım ve gerilim değerleri de artmıştır. Bu tür özellikler de tasarlanan sistemin dezavantajlarını ortaya koymaktadır.

Tasarlanan sistemde bu dezavantajları ortadan kaldırmak ve avantaja çevirmek için ağırlığından dolayı çok kristalli güneş pili yerine karşılaştırıldığında daha hafif olan amorf silisyum yapıda olan güneş pilleri kullanılabilir. Amorf silisyum güneş pili hafifliğinden dolayı tasarlanmış olduğumuz sistemde güneş pilinin ağırlığını dengelemesi için demir profil kullanımı da ortadan kalkmaktadır. Bunun yerine alüminyum kasa tasarlanarak hem sistemin çalışması için gerekli olan akım ve gerilim değeri düşecektir, hem de sistemin elde ettiği verim sayesinde sistem çalışması için gerekli enerjiyi tedarik ederek dışarıdan hiçbir güç kaynağına bağlı kalmadan sürekli enerji üretebilecek ve bu ürettiği enerjinin bir kısmını da kendisi kullanacaktır. Tasarlanan sistemler arasında LDR sistemleri yardımı ile sensörler güneşi bulana kadar doğu-batı, kuzey-güney ekseninde hareket eden sistemlerde vardır. Bu tür sistemlerin bulutlu günlerde sistem güneşi göremediği için sürekli bir hareket içinde olacağından enerji harcaşısı fazla olacak ve verim düşecektir ve dezavantaja dönüşecektir. Tasarlanmış olduğumuz sistemde bu dezavantaj ortadan kalkıp sistem güneşi doğu-batı yönünde sabit takip ettiği için bulutlu günlerde bile en yüksek güneş ışınımı alacak, verimi en yüksek olacaktır.

BÖLÜM 7

SONUÇ

“Karabük ili iklim şartlarında güneş pillerinin hareketli yüzeylerdeki performans değerlerinin incelenmesi ve analizi” konulu çalışmada; güneş takip sisteminin performansının artırılması ve standart takip sistemlerinin dışında farklı sistemlerin çalışmasının gözlenmesi incelenmiştir. Tasarımdan imalata birçok detay, problem ve çözümlenmeleri ile farklı tasarımda çalışan bir güneş takip sistemi ortaya çıkmıştır.

Literatürdeki güneş takip sistemi ile alakalı olarak yapılan çalışmalar incelenmiştir. Birçok farklı tasarımdaki güneş takip sistemlerinin çalışmaları incelenerek, tasarlanan güneş takip istemi üzerinde gerekli değişiklikler geliştirilmiştir. Dolayısı ile üzerinde çalışılan güneş takip sistemi tasarımında, diğer benzer güneş takip sistemleriyle farklılıklar bulunmakta ve değişik özellikler taşımaktadır.

Üzerinde çalışılan güneş takip sisteminin imal edilmişinde, parçaların uyumu, çalışabilirliği ve deneysel analizi açısından standart güneş takip ekipmanları kullanılmıştır. Böylece; hem sistem imalinde oluşabilecek problemler minimize edilmiş, hem de yeniden parça üretmeye gerek kalmamıştır. Bu güneş takip sisteminin imalatındaki iş yükünü ve maliyetini azaltmıştır. Güneş takip sisteminin, bir blok oluşturacak şekilde üzerinde taşıyacağı parçaların üretilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada güneş ışınlarından en verimli şekilde yararlanmak amacıyla tasarlanan ve prototipi üretilen güneşi takip edebilen sistemin tasarımı ve verimlilik analizi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistem fotovoltaik pil ile birlikte kullanılmış olup enerji verimliliğinin laboratuvar şartlarına yaklaştığı yani % 15 değerine yaklaştığı görülmüştür. Gerçekleştirilen sistem, elektrik enerjisi üretiminde temiz enerji kaynaklarından güneş enerjisini kullandığından dolayı çevreye duyarlılığı artırmakta ve güneş enerjisi teknolojisinin kullanımına bir örnek teşkil etmektedir. Tasarlanan

sistemler güneşin doğumundan batımına kadar olan süre içerisinde, güneş enerjisinden en yüksek değerde istifadeyi sağlamak amacı ile güneş ışınlarının gün boyu panele dik düşmesini sağlayan elektronik kontrol devresi ve mekanik sistemden oluşmaktadır. Diğer tasarlanan sistem ise Karabük ili şartlarına göre güneş açısı hesaplanıp sabit tutulmuştur. Bu sistemler sayesinde son zamanlarda gittikçe önem kazanan temiz enerji konusunda verimlilik artacak, özellikle ilk kurulum maliyeti yüksek olan bu tür sistemlerin kendini amorti edebilme süresi azalacaktır. Aynı zamanda ülke ekonomisine ve enerjideki dışa bağımlılığın azalmasına katkıda bulunulacaktır.

KAYNAKLAR

1. İnternet: T.C Tabii Kaynaklar ve Enerji Bakanlığı, "Güneş Enerjisi ve Teknolojileri", http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx (2012).
2. Köse, S., Atay, F. ve Bilgin, V., "ZnxCdS filmlerinin fotovoltaik güneş pillerinde kullanılabilirliklerinin araştırılması", *Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi*, Mersin, 187-196 (2003).
3. Dönmez, Ş. ve Özdemir, A., "Otomatik Güneş İzleme Sistemi", <http://electronics.ege.edu.tr/mboztepe/Courses/bitirme.htm> (2003).
4. Çetin, E. ve Sazak, B. S., "Fotovoltaik enerji dönüşüm sistemlerinde kullanılacak bir seri rezonans invertör devresinin incelenmesi" *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (3): 339-346 (2004).
5. MKT 2012, Proje Tabanlı Mekatronik Eğitim Çalıştayı, "Gerçek zaman saati ve mikrodentleyici kullanan güneş takip sistemi", *MKT 2012, Proje Tabanlı Mekatronik Eğitim Çalıştayı*, Çankırı-Ilgaz, Türkiye (2012).
6. Gençoğlu M.T., "Yenilenebilir enerji kaynaklarının türkiye açısından önemi", *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14 (2): 57-64 (2002).
7. Gülmek, İ.H., "Güneş pilleri (Fotovoltaik piller)", Bitirme Tezi, *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fizik Bölümü*, 10-25 (2010).
8. Messenger, R.A. and Ventre, J., "Photovoltaic Systems Engineering, 2nd ed.", *CRC Press*, New York, 21-25, 31-35, 415-431 (2004).
9. Tübitak, "Dünya'nın ne kadarını tüketiyoruz?", *Tübitak*, 2002 (401): 18-19 (2002).
10. İnternet: International Energy Agency, "Key World Energy Statistics 2007", http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/key_stats_2007.pdf (2012).
11. Alparslan Ş., Alkan E. ve Beldek U. "Maksimum enerji için güneş izleyen solar panel" *Çankaya Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü*, Bahar (2011) 10 – 45.
12. Seme, S., "A novel prediction algorithm for solar angles using solar radiation and Differential Evolution for dual-axis sun tracking purposes", *Solar Energy*, 85 (11): 2757–2770 (2011).

13. Bayrak G. ve Gençoğlu M.T., "İki eksenli güneş takip sisteminin tasarımı ve plc ile kontrolü", *Fırat Üniversitesi, Müh. Fak., Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü*, Elazığ, 1-4 (2010).
14. Abdallah, S. ve Badran, O.O., "Sun tracking system for productivity enhancement of solar still", *Desalination*, 220 (1-3): 669-676 (2007).
15. Uzunok, S., "Fotovoltaik modüllerin elektrik enerjisi üretiminde güneş takip sisteminin etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 32-35 (2007).
16. Kılıç, A. ve Öztürk, A., "Güneş Enerjisi", *Kıpaş Dağıtımçılık*, İstanbul, 331 (1983)
17. Tırıs, M., Tırıs, Ç. ve Erdallı, Y., "Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri", *Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü Yayını*, Gebze-Kocaeli, 61 (1997).
18. İnternet: Boğaziçi Üniversitesi, "Yenilenebilir Enerji", *Boğaziçi Üniversitesi*, <http://web.boun.edu.tr/meteoroloji/yenerji.php> (2012).
19. Shariah, A., Al-Akhras, M.A. ve Al-Omari, I.A., "Optimizing the tilt angle of solar collectors", *Renewable Energy*, 26 (2002): 587-598 (2002).
20. Muntasser, M.A., Bara, M.F., Quadri, H.A., El-Tarabelsi, R. ve La-Azabi, I.F., "Fotovoltaic marketing in developing countries", *Applied Energy*, 65 (1): 67-72 (2000).
21. M. A., "Elektrik üretimi için güneş pillerinin kullanımında verimi arttırıcı yeni bir yöntem", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Batman, 1-28 (2001).
22. Pattanasethanon, S., "The solar tracking system by using digital solar position sensor", *American J. of Engineering and Applied Sciences*, 3 (4): 678-682 (2010).
23. Altın, V., "Güneş enerjisinden yararlanılarak elektrik üretimi", *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 33: 28-31 (2004).
24. Akkaya, R., Kulaksız, A.A. ve Aydoğdu, Ö., "Yüksek verimli fotovoltaik sistemle çalıştırılan klima sisteminin DSP tabanlı kontrolü", *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilimsel Araştırma Projeleri*, Konya, 11-26 (2002).
25. Carstensen, J., Popkirov, G., Bahr, J. ve Föll, H., "Cello: An advanced lbc measurement technique for solar cell local characterization", *Solar Energy Materials and Solar Cell*, 76 (4): 599-611 (2003).
26. Canan, F., "Mimaride fotovoltaik panel uygulamaları", *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, Kayseri, 43-52 (2003).

27. Ay, S., "Elektrik Enerjisi Ekonomisi", *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 69-85 (2008).
28. Deris, N., "Güneş Enerjisi Sıcak Su İle Isıtma Tekniği", *Sermet Matbaası*, İstanbul, 15-49 (1979).

ÖZGEÇMİŞ

Onur ÖZER 1985 yılında Kayseri 'de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. 2002 yılında Kocasinan Atatürk Lisesinden mezun oldu. 2004 yılında Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2008 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda tamamladı.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Yenidoğan Mh. Kılıçarslan Sk. No:4
KAYSERİ
Tel: 05547005801
E-posta: onrozr85@gmail.com