



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ TASARIMI

Devrim KALAYCI

Prof. Dr. Abdulvahap YİĞİT

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2012

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Devrim KALAYCI tarafından hazırlanan “**GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ TASARIMI**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof Dr, Abdulvahap YİĞİT

Başkan: Prof Dr, Abdulvahap YİĞİT İmza

Uludağ Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof Dr, Atakan AVCI İmza

Uludağ Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye: Prof Dr, Recep EREN İmza

Uludağ Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN

Enstitü Müdürü

../../....

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.././....

İmza

Devrim KALAYCI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ TASARIMI

Devrim KALAYCI

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Abdulvahap YİĞİT

Bu tez çalışmasında güneşi tek eksenli takip eden parabolik bir güneş takip sistemi yapılmıştır. Projede mekanik ve elektronik sistemin tasarımı bilgisayar ortamında yapılmış ve bu sistemin prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Yapılan prototipin güneşi takip etmesi gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş takip sistemleri, Yenilenebilir enerji kaynakları, Güneş Enerjisi

2012, xii + 75 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

SOLAR TRACKING SYSTEM DESIGN

Devrim KALAYCI

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Abdulvahap YİĞİT

In this thesis the sun single axis solar tracking system that follows a parabolic made. Mechanical and electronic system were designed with computer and prototype system was made. The system has been observed to follow the sun.

Key words: Solar tracking systems, Renewable Energy, Solar Energy

2012, xii + 75 pages

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans öğrenimimde değerli görüş ve önerileriyle bana yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Abdulvahap YİĞİT'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Tüm hayatım boyunca olduğu gibi yüksek lisans çalışmalarım esnasında da sabır gösteren, maddi – manevi yardımlarını esirgemeyen, bana her zaman destek olan aileme en içten şükranlarımı sunarım.

06/03/2012

Devrim KALAYCI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	2
2.1. Güneş'ten Dünya 'ya Gelen Enerji.....	2
2.2. Güneş'ten Gelen Enerjinin Değişimi	3
2.3. Güneş Işınımının Atmosferde Yutulması	3
2.4. Bağlı Hava Kütlesi.....	5
2.6. Güneş Takip Sistemleri.....	6
2.6.1. Sistemin Dönüş Eksenleri.....	7
2.6.2. Modülün z-ekseni Etrafındaki Dönüşü.....	8
2.6.3. Modülün x- eksteni Etrafındaki Dönüşü.....	9
2.8. Güneş Takip Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	10
2.8.1. Yerçekimini Kullanarak Çalışan Sistemler.....	10
2.8.2. Açık Döngü Sistemler.....	13

2.8.3. Kapalı Döngü Sistemler.....	13
2.9. Güneş Takip Sistemlerinin Gerekliliği.....	14
2.10. Güneş Takip Sistemleri’nin Verimi.....	16
2.11. Güneş Takip Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	20
2.12. Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri.....	24
2.12.1. Yoğunlaştırıcı Sistemlerin Özellikleri.....	24
2.12.2. Parabolik Oluk Kollektörler.....	24
2.12.3. Parabolik Çanak Sistemler.....	28
2.12.4. Merkezi Alıcı Sistemler.....	29
2.12.5. Güneş Termal Güç Santrallerinin Tasarım İlkeleri.....	30
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	31
3.1. Hesaplamalar.....	31
3.1.1. Atmosfer Dışında Yatay Düzleme Gelen Güneş Işınımı.....	31
3.1.2.1. Yükseklik Açısı.....	32
3.1.2.2. Enlem Açısı.....	32
3.1.2.3. Deklinasyon açısı.....	32
3.1.2.4. Eğim açısı	32
3.1.2.5. Yüzey azimut açısı	33
3.1.2.6. Saat açısı.....	33
3.1.2.7. Güneş geliş açısı.....	33
3.1.2.8. Zenit açısı.....	34
3.1.3. Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınımı Miktarı	34

3.1.4. Eğik Düzleme Düşen Güneş Işınımı.....	35
3.1.5. Parabolik Güneş Kollektör Tasarımı.....	38
3.1.6. Alınan Işınım Miktarı ve Su Sıcaklığı Artışı Hesabı	39
3.2. Mekanik Sistem.....	42
3.2.1. Komple Gövde Montajı.....	48
3.2.2. Parabolik Ayna.....	49
3.2.3. Alıcı.....	50
3.2.4. Işık Sensörü Taşıyıcı.....	51
3.2.5. Redüktörlü Dc Motor.....	53
3.2.6. Parabolik Çanak Taşıyıcı.....	53
3.2.7. Rulmanlı Yatak.....	54
3.2.8. Gövde.....	55
3.3. Elektronik Sistem.....	56
3.3.1. LDR (Light Dependent Resistor)	57
3.3.2. LM324N Dört Kılıflı Opamp.....	59
3.3.3. Tek Kontak Röle.....	61
3.3.4. Tip 122 Transistör.....	62
3.4. Güneş Takip Sistemi Maliyet Hesabı.....	64
3.4.1. Tek Eksenli Parabolik Oluk Tip Güneş Takip Sistemi Maliyet Hesabı.....	66
3.4.2. 500 kW Güneş Tarlası Maliyet ve Amortisman Hesabı.....	69
4. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	71
KAYNAKLAR.....	73

ÖZGEÇMİŞ.....	75
---------------	----

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

α_s	Yükseklik açısı
γ_s	Güneş azimut açısı
γ	Yüzey azimut açısı
δ	Deklinasyon açısı
θ	Geliş açısı
θ_z	Zenit açısı
φ	Enlem açısı
ω	Saat açısı
β	Eğim açısı
ρ	yerin yansıtma oranı
μm	dalga boyu

Kısaltmalar

Açıklama

AMn	Bağıl hava kütlesi
NREL	ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı
Gsc	Güneş Sabiti
Gon	Atmosfer dışında dik düzleme gelen toplam güneş ışıınımı
H	Yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışıınımı
Ho	Atmosfer dışına düşen günlük toplam güneş ışıınımı

Hd	Günlük yayılı ışıınma
Ht	Yüzeye düşen toplam günlük ışıınım
I	Yatay yüzeye düşen anlık toplam ışıınım
Io	Atmosfer dışında yatay düzleme düşen anlık toplam ışıınım
Id	Yatay düzleme gelen anlık yayılı ışıınımın
Ibr	Eğik yüzeye düşen anlık direkt ışıınım
Ib	Yatay yüzeye düşen anlık direkt ışıınım
Iref	Eğik yüzeye yansıyarak gelen ışıınım
It	Eğik yüzeye düşen anlık toplam güneş ışıınımı
Kt	Günlük berraklık indeksi
n	Güneşlenme süresi
Rb	Geometrik Faktör
YO	Yoğuşturma oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Güneş'ten gelen enerjinin yıl içindeki değişimi.....	3
Şekil 2.2. Yeryüzüne gelen güneş ışıının spektral dağılımı.....	4
Şekil 2.3. Güneş ışıının atmosfer içinde izlediği yol.....	5
Şekil 2.4. Modülün herhangi bir andaki pozisyonu	7
Şekil 2.5. Modülün z- ekseni etrafındaki dönüşü.....	8
Şekil 2.6. Modülün x- ekseni etrafındaki dönüşü	9
Şekil 2.7. Yerçekimi özelliğine göre çalışan sistemlere bir örnek	10
Şekil 2.8. Yerçekimi özelliğine göre çalışan bir sistemin hareket mekanizması..	11
Şekil 2.10. Açık döngü sistemlerin blok diyagramı	12
Şekil 2.11. Örnek bir kapalı döngü sistem.....	13
Şekil 2.12. Yatay bir düzlemde güneş ışıını.....	14
Şekil 2.13. Parabolik Oluk Kollektör.....	15
Şekil 2.14. 350 MW gücünde parabolik oluk güneş santrali-Kaliforniya.....	25
Şekil 2.15. Günümüzde çalışmakta olan parabolik oluk güneş güç tesislerinin çoğunluğunu temsil eden bir proses akış diyagramı	25
Şekil 2.16. Parabolik oluk kollektör çevrimi	26
Şekil 2.17. Parabolik çanak güneş ısı elektrik santrali (İspanya)	27
Şekil 2.18. Solar I merkezi alıcı güneş ısı elektrik santrali (İspanya)	28
Şekil 3.1. Güneş Açıları.....	29
Şekil 3.2. 180° görme açılı kollektör	34

Şekil 3.3. Catia programında tasarımı yapılan sistemin katı modeli.....	40
Şekil 3.4. Komple gövde montaj resmi.....	48
Şekil 3.5. Parabolik Ayna Tasarımı.....	49
Şekil 3.6. Alıcı Tasarımı.....	50
Şekil 3.7. 12V Redüktörlü DC Motor.....	51
Şekil 3.8. Rulmanlı yatak.....	52
Şekil 3.9. Gövde montaj tasarımı.....	55
Şekil 3.10. Proteus programında tasarımı yapılan elektronik devre şeması	56
Şekil 3.11. Kirchoff gerilimler kanunu örnek devre	57
Şekil 3.12. LDR çeşitleri.....	58
Şekil 3.13. LM324N Entegresi.....	59
Şekil 3.14. LM324N devre şeması.....	61
Şekil 3.15. Beş pinli röle.....	62
Şekil 3.16. Tek kontak 5 pinli rölenin iç yapısı.....	63
Şekil 3.17. Tip122 Transistör.....	64
Şekil 3.18. 4m uzunluğundaki parabolik oluk tip güneş toplayıcı.....	66
Şekil 3.19. 500 kW güneş tarlası örnek yerleşimi.....	69
Şekil 4.1. Prototip güneş takip sistemi.....	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Çeşitli gök durumları için ışıınım oranları.....	2
Çizelge 2.2. Fransa-Paris şehrinde ortalama günlük güneş ışıınımı	17
Çizelge 2.3. Avustralya-Melbourne şehrinde günlük güneş ışıınımı	18
Çizelge 2.4. Tek eksenli ve iki eksenli güneş takip mekanizmalarının karşılaştırılması.....	20
Çizelge 2.5. Kontrol mekanizmalarına göre güneş takip mekanizmalarının karşılaştırılması.....	22
Çizelge 3.1. Her bir ayı temsil eden ortalama gün ve çeşitli aylar için “n” değerleri.....	23

1. GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye’de küresel ısınma ve çevre duyarlılığının artmasına paralel olarak yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar ve kullanım alanları son yıllarda hızla artmaktadır. Buna karşın yenilenebilir enerji kaynakları teknolojilerinin kullanım alanları fosil yakıtlar kullanılarak enerji üretilmesine oranla çok daha düşük kalmıştır.

Türkiye’nin enerji ihtiyacı sanayileşme ve artan teknolojiyle birlikte artmakta buna karşın enerji ihtiyacının karşılanmasında yetersiz kalmaktadır.

Türkiye’nin yenilenebilir enerji potansiyeli şu an enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan birçok avrupa ülkesinden çok daha fazladır.

Türkiye’deki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli sırasıyla Rüzgar enerjisi, Güneş enerjisi ve Jeotermal enerji öncelikli konuma sahiptir.

Türkiye yüksek yenilenebilir enerji potansiyelini kullanabilmek için kendi teknolojisi ve kendi üretim imkanlarıyla yaygınlaştıracığı sistemler kurmalıdır.

Dünyanın güneş çevresinde dönmesi güneş ışınlarının dünyaya sürekli değişen bir açıyla gelmesine neden olur.

Tezimizde güneşten gelen ışınları bir kollektör üzerinde toplayacak sürekli güneşi takip ederek güneş ışınlarının dik olarak üzerine düşmesini sağlayacak bir sistem tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan sistemin prototip imalatı gerçekleştirilmiş ve güneşi takip etmesi gözlemlenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Güneş'ten Dünya 'ya Gelen Enerji

Güneş, 1.39×10^9 m çapında yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir ve Dünya'dan ortalama 1.5×10^{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 ışıınımları ile oluşan enerjiyi verir. Bu enerji çeşitli dalga boylarında ışıınlar halinde Dünya'ya ulaşır (Kılıç ve Öztürk 1983).

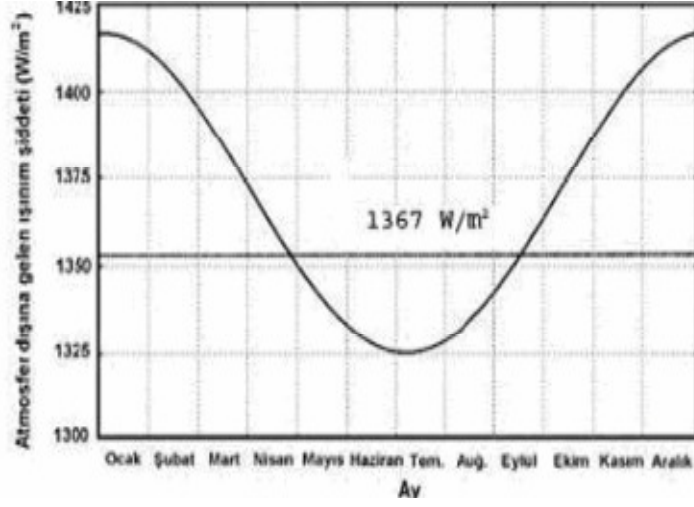
Güneş enerjisinden yararlanmada verimin artırılabilmesi için, Güneşin yer düzlemine göre, bir yıl içindeki hareketinin bilinmesi gereklidir. Güneşten Dünya atmosferi dışına gelen enerji, metrekaresine 1300 ile 1400 watt arasındadır. Bu enerjinin en az %3'ü atmosfer tarafından yutulmakta veya saçılmaktadır. Bulutsuz açık bir günde yere dik olarak gelen güneş enerjisi en fazla 1000 W/m² civarında olabilmektedir. Güneş ışıınları morötesi, gamma ve x ışıınlarını da ihtiva ederek Dünya'ya ulaşır. Fakat, Dünya atmosferini geçerken zararlı olan bu ışıınların çoğu yutulur. Atmosfer dışına gelen güneş ışıınımları atmosferi geçerken atmosferde bulunan parçacıklar tarafından tutularak azalır. Kalan güneş ışıınımları (atmosferik ışıınım) atmosfer içindeki partikül, toz ve havadaki moleküller vasıtasıyla yansımaya uğrar. Güneş ışıınımlarının bu bölümüne difüz güneş ışıınımları, doğrudan yeryüzüne ulaşan kısmına da direkt güneş ışıınımları denir. Çeşitli gök durumları için toplam ışıınım miktarı ve yaygın ışıınım oranları Çizelge 2.1'de verilmiştir (Tırıs ve ark. 1997).

Çizelge 2.1. Çeşitli gök durumları için ışıınım oranları

	Açık Gök	Puslu Gök	Tam Kapalı Gök
Toplam ışıınım	600-1000 W/m ²	200-400 W/m ²	50-150 W/m ²
Yaygın ışıınım	%10-%20	%20-%80	%80-%100

2.2. Güneş'ten Gelen Enerjinin Değişimi

Güneş'ten yeryüzüne gelen ışınlam 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.



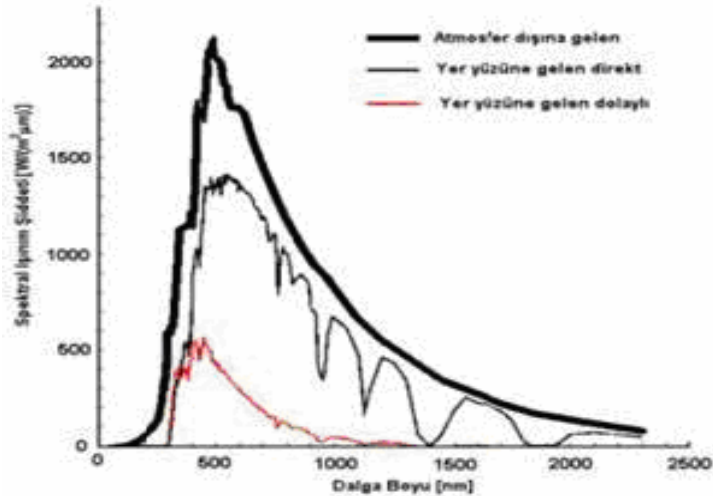
Şekil 2.1. Güneş'ten gelen enerjinin yıl içindeki değişimi (Batman 2001)

2.3. Güneş Işınlamının Atmosferde Yutulması

Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışınlamının değeri Dünya-Güneş mesafesi değiştiğinden sabit değildir. Bunun için ortalama Dünya-Güneş uzaklığındaki güneş ışınlamı değerinin kullanılması hesaplamalarda kolaylık sağlar. Bu değere güneş sabiti denir. Bu değer son yıllarda yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda %1 hata ile 1367 W/m² olarak kabul edilmiştir.

Atmosferde bulunan su buharı, ozon ve karbondioksit, gelen ışınlamın büyük bir kısmını yutar. Oksijen, azot ve metan gibi gazlar da mor ötesi ışınlamın bir kısmını yutarlar. Ancak, bu gazlar tarafından yutulan ışınlam miktarı, su buharı, ozon ve karbondioksit tarafından yutulan ışınlamın yanında ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Su buharının yutma spektrumu çok karmaşıktır. Değişik dalga boylarında çok sayıda yutma bandı

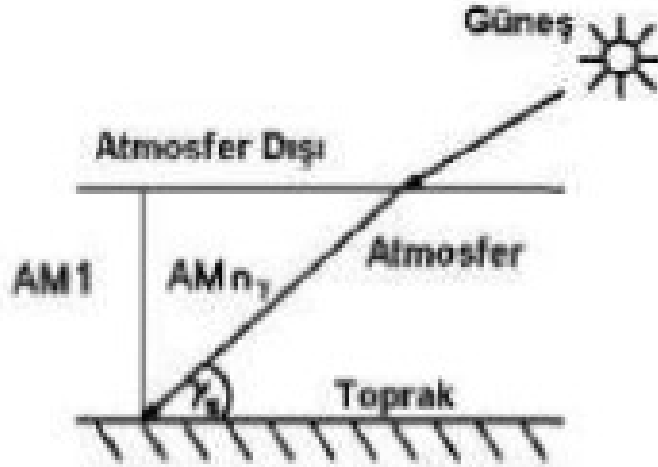
mevcuttur. Özellikle, görülen ışınım ve kırmızı altı ışınımın büyük kısmı su buharı tarafından yutulur. Her dalga boyundaki yutulma çok farklıdır ve değişim düzgün değildir. Ozonun esas yutma bantları, morötesinde 0.21-0.34 μm görülen ışınım bölgesinde 0.44-0.74 μm dalga boyu aralıklarında bulunmaktadır. 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 2.2'de görülmektedir (Batman 2001).



Şekil 2.2. Yeryüzüne gelen güneş ışınımının spektral dağılımı

2.4. Bağıl 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 bağıl hava kütlesi (Air Mass, AM n) olarak adlandırılır (Batman 2001).



Şekil 2.3. Güneş ışınlarının atmosfer içinde izlediği yol

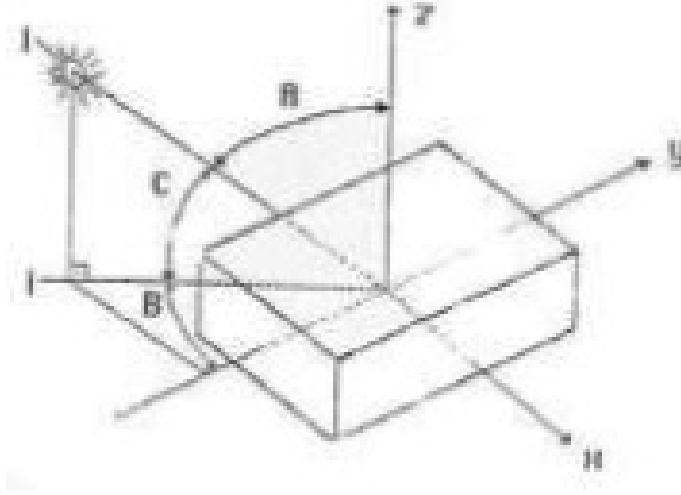
2.6. Güneş Takip Sistemleri

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 bulunduğuna 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 (β) 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.

İste 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 eksen de hareket ile izlendiği sistemlerde geliş açısı 90° olmaktadır (Deriş 1979).

2.6.1. Sistemin Dönüş Eksenleri



Şekil 2.4. Modülün herhangi bir andaki pozisyonu

A: Güneş zenit açısı ($A=90^\circ - C$)

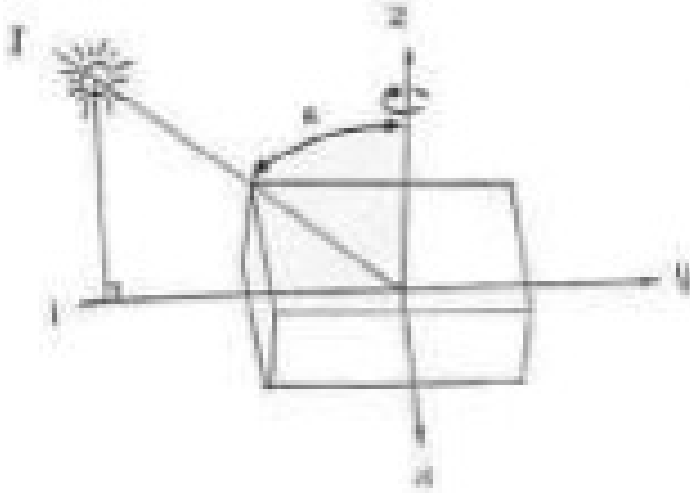
B: Kollektör azimut açısı

C: Güneş altitud (yükseklik) açısı

Pilin güneş ışığını dik alacak konuma gelmesi için bu iki açı sıfır oluncaya kadar pilin z-ekseni ve güneş ışını ile z eksenine dik eksen etrafında döndürülmesi gerekir. B açısının sıfırlanması için gerekli dönmeyi inceleyelim (Deriş 1979).

2.6.2. Modülün z-ekseni Etrafındaki Dönüsü

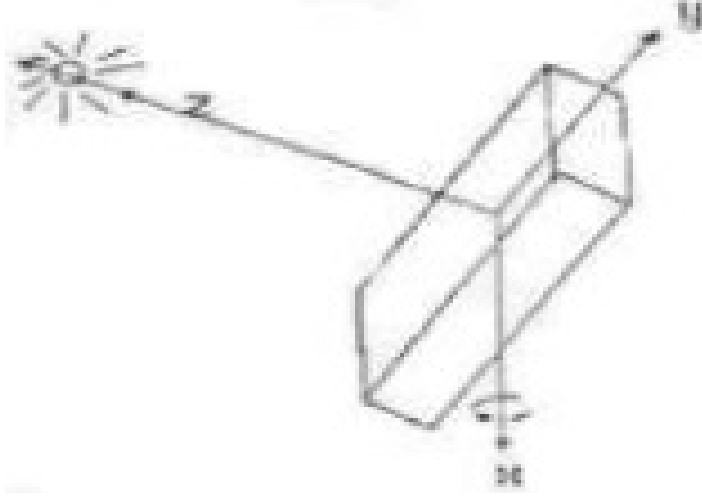
Modülün gün boyunca kendisine ait azimut açısının sıfır olması için güneşin bu açıya sebep olan doğu-batı yönündeki dönüş hareketini izlemesi gerekir.



Şekil 2.5. Modülün z- eksenini etrafındaki dönüşü

Bunun için şekilden de görülebileceği gibi x,y-düzlemi, B açısı sıfır oluncaya kadar z-ekseni etrafında dönmelidir. Yani x,y- düzlemine ait yüzey normali N ile, güneş ışını I'nın, x,y- yatay düzlemindeki izdüşümü i, birbirlerine çakışmalıdır (Deriş 1979).

2.6.3. Modülün x- ekseni Etrafındaki Dönüşü



Şekil 2.6. Modülün x- ekseni etrafındaki dönüşü

Modül yüzeyinin herhangi bir anda güneş ışınına dik konumda olabilmesi için B açısından başka A açısını da sıfırlayacak şekilde dönmesi gerekir. Bu dönüş, şekilden de görüleceği gibi x- ekseni etrafında olmalıdır. Bu dönüş, $\pm 70^\circ$ lik bir açı tarayacaktır (Deriş 1979).

2.8. Güneş Takip Sistemlerinin Sınıflandırılması

Güneş Takip Sistemlerini aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz:

- 1) Takip eksenine göre;
 - a) Tek eksen kontrollü
 - b) Çift eksen kontrollü
- 2) Kontrol mekanizmasına göre;
 - a) Yerçekimini kullanan çözümler
 - b) Açık döngü (open loop) sistemler
 - c) Kapalı döngü(closed loop) sistemler

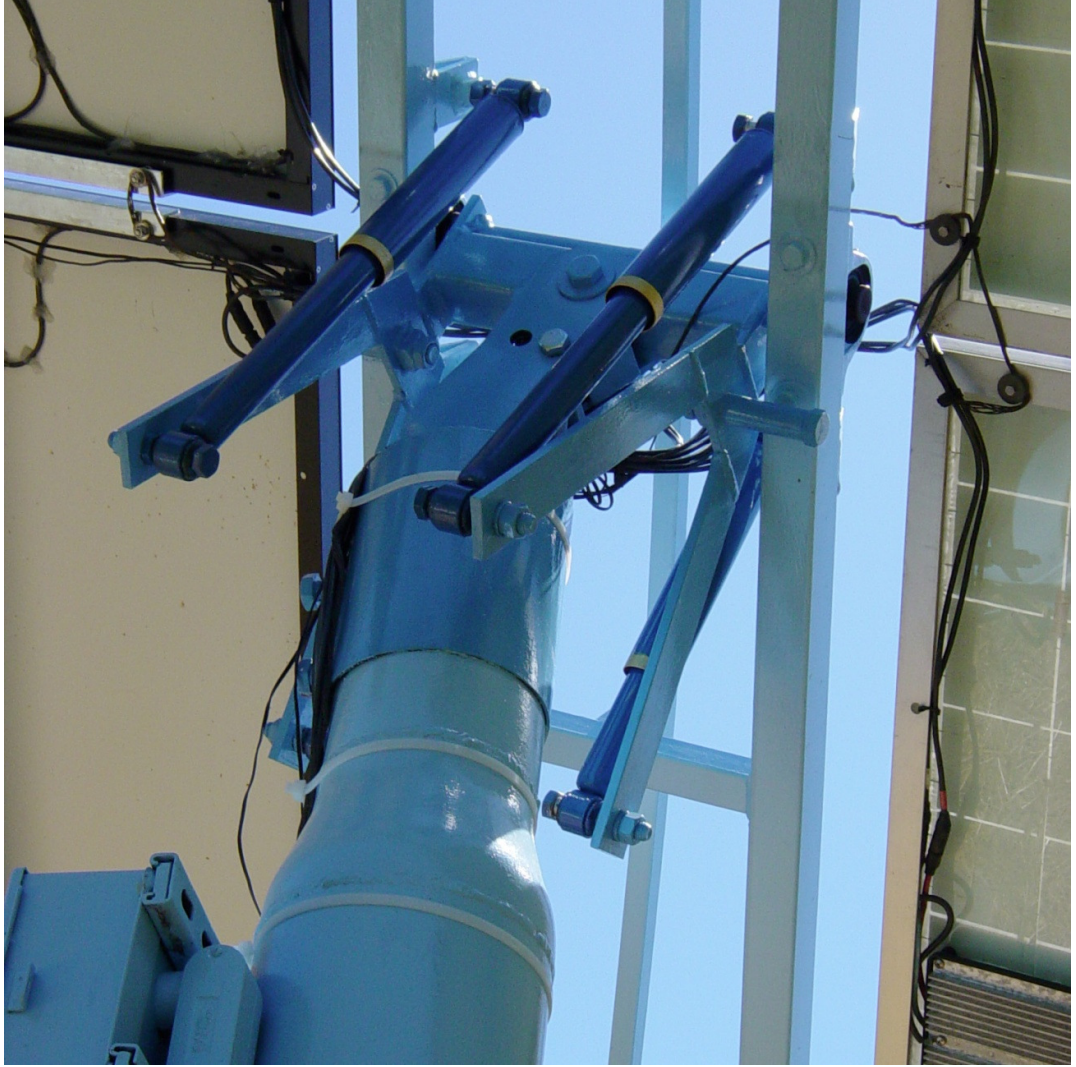
Tek eksen ve çift eksenli takibin verimlerine ilişkin kıyaslama ileriki bölümlerde yapılacaktır. Aşağıda kontrol mekanizmasına göre takip sistemi çeşitlerinden ve bunların avantaj ve dezavantajlarından bahsedilecektir.

2.8.1. Yerçekimini Kullanarak Çalışan Sistemler

Bu sistemlerde panellerin sağ ve sol kenarlarına yerleştirilmiş ve içerisinde özel bir sıvı olan iki adet tüp bulunmaktadır (Şekil 2.7).

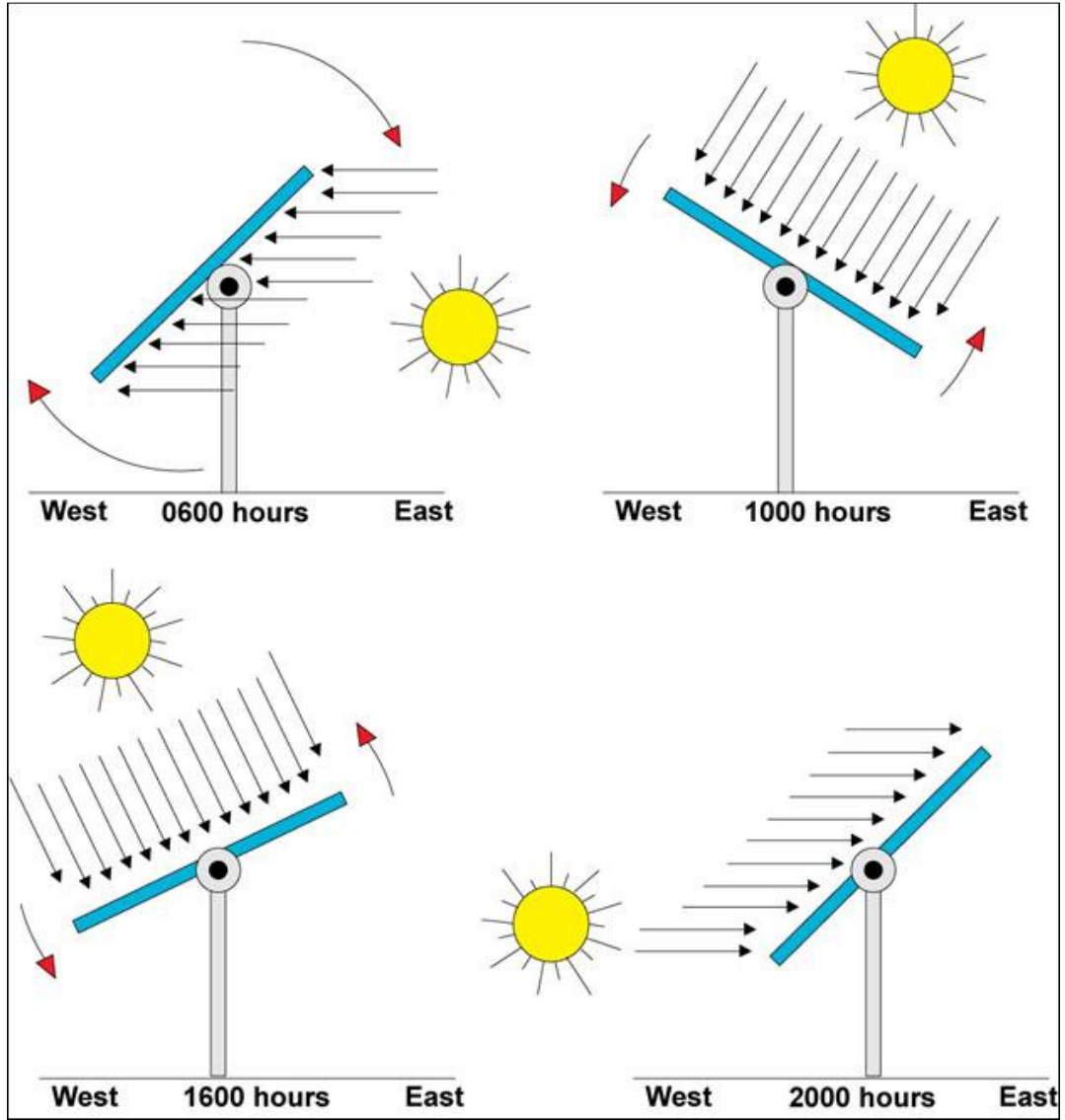


Şekil 2.7. Yerçekimi özelliğine göre çalışan sistemlere bir örnek



Şekil 2.8. Yerçekimi özelliğine göre çalışan bir sistemin hareket mekanizması
(http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_tracker, 2012).

Bu tüpler birbiriyle bağlantılı olup birbirleri arasında sıvı geçişi olmaktadır. Tüplerin içerisinde bulunan sıvı ısıya karşı hassas ve genleşme katsayısı yüksektir. Paneller öncelikle ağırlık merkezine göre dengeli bir şekilde yerleştirilmektedirler. Daha sonra bu sıvı tüplerinden daha fazla güneş ışınına maruz kalan taraftaki sıvı genleşerek karşı tüpe doğru akmakta ve böylece panelin ağırlık merkezi kaydırıldığı için panel, güneşe doğru hareket etmektedir. Güneş ışınları panel yüzeyine dik gelinceye kadar panel hareketine devam etmektedir.



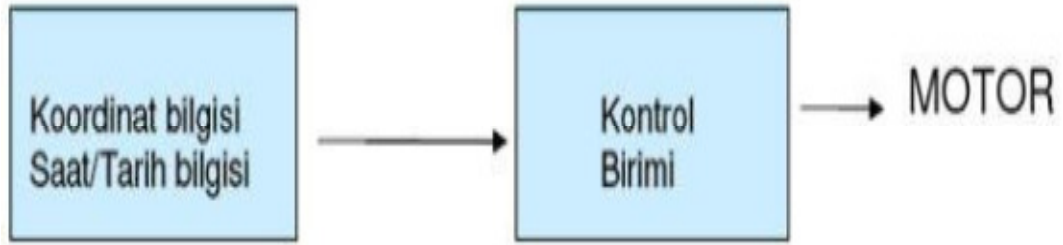
Şekil 2.9. Panelin güneş takibi

- (a) Panel, geceden batıya bakar şekilde kalmış, sabah güneş alttaki tüpe daha fazla güneş ışını gelmekte ve sıvı yukarı kaba doğru genişmekte.
- (b) Güneş ışınları her iki tüpe eşit miktarda gelinceye kadar panel dönmekte.
- (c) Güneş hareket ettikçe belli bir açıyla panel de güneşi takip etmekte.
- (d) Panel, akşam batıya dönük olarak kalmakta.

Güneş takibi için herhangi bir elektriksel aksam gerektirmeyen be sistemlerde takip genellikle tek eksenle yapılmaktadır. Rüzgarın olumsuz etkisini azaltmak için hidrolik damper kullanılmaktadır (Umut 2008).

2.8.2. Açık Döngü Sistemler

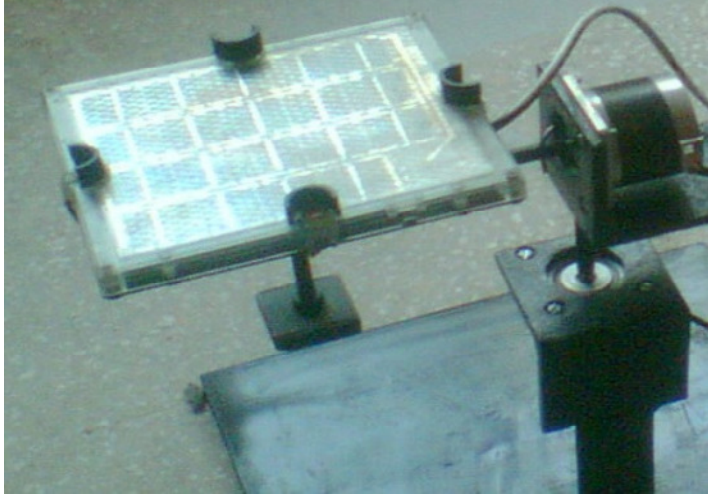
Aslında Dünya'nın herhangi bir noktası için güneşin yılın herhangi bir günü ve saatinde hangi koordinatlarda olacağı bellidir. Bu düşünceden hareketle güneşin yerini tespit etmek amacıyla sensör kullanılmasına gerek duymadan koordinat bilgilerine göre güneş takibi yapan mikroislemci kontrollü sistemler bu gruba girmektedir (Şekil 2.10) (Umut 2008).



Şekil 2.10. Açık döngü sistemlerin blok diyagramı (Umut 2008)

2.8.3. Kapalı Döngü Sistemler

Çeşitli sensörler vasıtasıyla güneşin yerini tespit ederek panellerin güneşe doğru yönelmesini sağlayan sistemlerdir. Bu sistemlerde geri besleme olduğu için kapalı döngü olarak adlandırılmışlardır. Gerçekleştirdiğimiz devre bu gruba girmektedir Şekil 2.11’de bu tip bir sistem görülmektedir. Diğer sistemlere göre en gerçekçi takibi yapan sistemler kapalı döngü sistemlerdir. Dezavantaj olarak maliyeti yüksek ve bakımı diğerlerine göre zordur (Umut 2008).

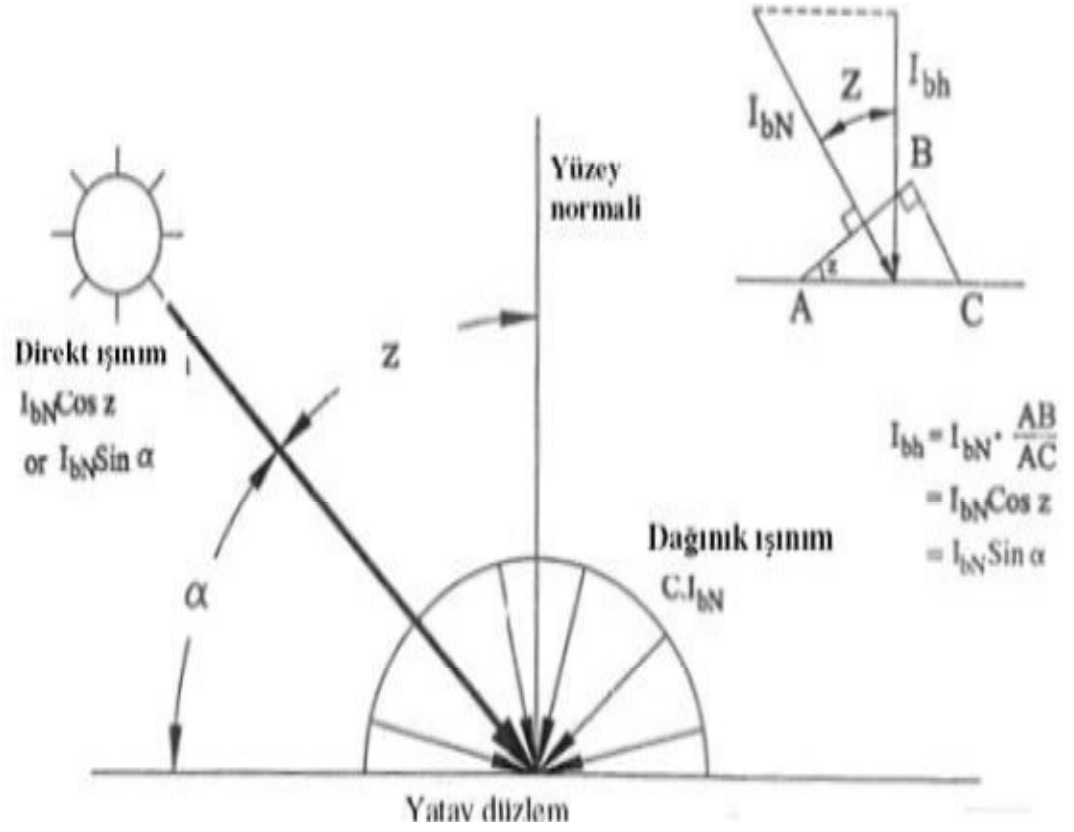


Şekil 2.11. Örnek bir kapalı döngü sistem (Umut 2008)

2.9. Güneş Takip Sistemlerinin Gerekliliği

Şekil 2.12’de yatay bir düzleme çeşitli açılarla gelen direkt ve dağınık ışınımalar görülmektedir. Burada biz daha çok direkt ışınım ile ilgileneceğiz. Yatay zemine z gelme açısıyla gelen ışının birim yüzeye düşen anlık ışıma şiddeti $I_z = I \times \cos z$ ’dir (Anonim 2004).

Bir yüzeye güneş ışını ne kadar dik gelirse birim yüzeye düşen ışıma şiddeti o kadar yüksek olacaktır. İşte bu noktada güneş takip sistemlerinin kullanım gereklilikleri ortaya çıkmaktadır. Güneş takip sistemlerinin kullanım amacı; güneş ışınlarının yüzeye sürekli dik gelmesini sağlayarak elde edilen enerji miktarını artırmaktır.



Şekil 2.12. Yatay bir düzlemde güneş ışınımı (Anonim 2004)

2.10. Güneş Takip Sistemleri'nin Verimi

Bir önceki bölümde belirtildiği gibi 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 Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'de sunulmuştur. Çizelgelerden aşağıdaki sonuçları çıkarabiliriz:

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

Çizelge 2.2. Fransa-Paris şehrinde ortalama günlük güneş ışınlımı, kWh/m2, (Messenger ve Ventre 2004)

Ay	Panel yere enlem-15° açısıyla eğimli		Panel yere enlem açısı kadar eğimli		Panel yere enlem+15° açısı kadar eğimli		2-Eksende Takip
	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	
Ocak	1,77	1,77	2,06	2,06	2,24	2,24	2,24
Şubat	2,47	2,54	2,75	2,82	2,91	2,94	2,94
Mart	3,75	4,56	3,90	4,79	3,88	4,69	4,81
Nisan	4,32	6,02	4,25	5,99	4,04	5,54	6,06
Mayıs	5,01	7,39	4,78	7,05	4,41	6,22	7,41
Haziran	5,37	8,04	5,05	7,50	4,61	6,45	8,10
Tem.	5,14	7,66	4,87	7,21	4,47	6,28	7,69
Ağustos	4,59	6,60	4,45	6,46	4,18	5,87	6,62
Eylül	3,95	5,04	4,02	5,19	3,93	4,98	5,20
Ekim	2,74	3,01	2,95	3,27	3,02	3,31	3,33
Kasım	1,71	1,71	1,95	1,95	2,11	2,11	2,11
Aralık	1,56	1,56	1,83	1,83	2,02	2,02	2,02
ORT.	3,53	4,66	3,57	4,68	3,49	4,39	4,88

Çizelge 2.2'den aşağıdaki sonuçları çıkarabiliriz:

- Güneş takibi yapılmayan sabit durumda; 3,57 kWh/m2 yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir.
- 1-eksende takip yapılırsa; 4,68 kWh/m2 yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(4,68-3,57)/3,57 = \%31,1$ artış demektir.
- 2-eksende takip yapılırsa; 4,88 kWh/m2 yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(4,88-3,57)/3,57 = \%36,7$ artış demektir.

Çizelge 2.3. Avustralya-Melbourne şehrinde günlük güneş ışıını kWh/m2 (Messenger ve Ventre 2004)

Ay	Panel yere enlem-15° açısıyla eğimli		Panel yere enlem açısı kadar eğimli		Panel yere enlem+15° açısı kadar eğimli		2-Eksende Takip
	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	
Ocak	7,15	9,95	6,60	9,39	5,78	8,19	9,99
Şubat	6,37	8,63	6,07	8,44	5,51	7,68	8,65
Mart	3,96	5,38	3,94	5,53	3,74	5,30	5,54
Nisan	4,14	5,06	4,41	5,49	4,45	5,55	5,58
Mayıs	3,51	3,93	3,96	4,49	4,20	4,74	4,76
Haziran	3,13	3,32	3,65	3,90	3,96	4,22	4,27
Temmuz	3,31	3,61	3,80	4,19	4,08	4,48	4,51
Ağustos	3,72	4,37	4,05	4,85	4,17	4,99	4,99
Eylül	4,61	5,89	4,72	6,17	4,59	6,04	6,19
Ekim	5,36	7,27	5,18	7,22	4,77	6,68	7,32
Kasım	5,37	7,62	5,01	7,25	4,45	6,39	7,63
Aralık	5,93	8,45	5,45	7,88	4,77	6,78	8,51
ORT.	4,71	6,21	4,74	6,23	4,54	5,92	6,50

Çizelge 2.3'den aşağıdaki sonuçları çıkarabiliriz:

- Güneş takibi yapılmayan sabit durumda; 4,74 kWh/m2 yıllık ortalama ışıma enerjisi elde edilmektedir.
- 1-eksende takip yapılırsa; 6,23 kWh/m2 yıllık ortalama ışıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(6,23-4,74)/4,74 = \%31,4$ artış demektir.
- 2-eksende takip yapılırsa; 6,50 kWh/m2 yıllık ortalama ışıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(6,50-4,74)/4,74 = \%37,1$ artış demektir. Her üç çizelgeden ayrıca aşağıdaki sonuçlara ulaşmak da mümkündür:

Yaz aylarında, panelin eğim açısı düşükken (enlem-15°) diğer iki duruma göre (enlem ve enlem+15°) daha çok enerji elde edilmektedir. Bunun sebebi açıktır yaz aylarında güneş ışınları daha dik açıyla geldiğinden panelin eğim açısı daha düşükken ışınlar panele daha dik gelmektedir. (Tabi Güney Yarım Kürede bulunan Melbourne Şehri için durum tam tersi).

Kıs aylarında, panelin eğim açısı yüksekken ($\text{enlem}+15^\circ$) diğer iki duruma göre (enlem ve $\text{enlem}-15^\circ$) daha çok enerji elde edilmektedir. Bunun sebebi de gayet açıktır güneş ışınları kıs aylarında daha eğimli açılarla geldiğinden panelin eğimi yüksekken ışınlar daha dik vurmaktadır. (Tabii güney yarım kürede bulunan Melbourne şehri için durum tam tersi). Yıllık güneş ışınlamının ortalaması dikkate alındığında panellerin yatayla yaptığı enlem , $\text{enlem}-15$ ve $\text{enlem}+15$ derecelik eğimler arasında en uygun olan eğim açısının enlem derecesine eşit olan durum olduğu görülecektir. Sonuç olarak her çizelgenin altında çıkartılan verim hesaplamalarına dikkat edilirse görülecektir ki, güneş takibi yapılmayan sabit durumlarda elde edilen enerji miktarlarına göre, 1-eksenli takip yapmak %31 civarında enerji kazancı sağlamaktadır. 2-eksenli takip yapmak %34–37 civarında enerji kazancı sağlamaktadır. (Messenger ve Ventre 2004)

2.11. Güneş Takip Sistemlerinin Karşılaştırılması

Güneş takip sistemleri takip sistemleri ve kontrol mekanizmalarına göre sınıflandırılmaktadır. Güneş takip sistemlerinin seçimi için aşağıda karşılaştırma çizelgeleri verilmiştir.

Çizelge 2.4. Tek eksenli ve iki eksenli güneş takip mekanizmalarının karşılaştırılması

Tek Eksenli Takip		Çift Eksenli Takip	
Güçlü Yanlar	Zayıf Yanlar	Güçlü Yanlar	Zayıf Yanlar
Düşük maliyetli Sistemler kurulabilir.	Verimleri daha düşüktür. %31 verimle çalışırlar.	Verimleri daha yüksektir. %34-37 verimle çalışırlar.	Kurulum için daha büyük alanlara ihtiyaç duyulur.
Bakım masrafları daha düşüktür.			Maliyetleri daha yüksektir.
Daha büyük kapasiteli tesisler kurulabilir.			Daha karmaşık sistemler gerektirmesi mukavemet açısından zayıf olmasına neden olmaktadır.

Çift eksenli takip sistemleri daha çok Stirling motoru kullanılarak direkt elektrik enerjisi elde edilen çeşitli ticari uygulamalarda tercih edilmektedir.

Tek eksenli takip sistemleri daha düşük maliyetli ve daha büyük kapasiteli sistemler kullanılabilmesine olanak sağladığı için günümüzde dünyanın birçok yerinde büyük kapasiteli sistemlerin kurulmasında tercih edilen bir yöntemdir. Tezimizde büyük

ölçekli sistemlerin kurulabilmesine olanak tanıyacak tek eksenli bir güneş takip sisteminin prototipi yapılmıştır.

Çizelge 2.5. Kontrol mekanizmalarına göre güneş takip mekanizmalarının karşılaştırılması

Pasif Güneş Takip Sistemleri		Aktif Sensörlü Takip		Kronolojik Takip	
Güçlü Yanlar	Zayıf Yanlar	Güçlü Yanlar	Zayıf Yanlar	Güçlü Yanlar	Zayıf Yanlar
Elektrik tüketimi yoktur.Şehir merkezinden uzak elektrik olmayan yerlerde yazın kullanılabilir.	Gün ışığını yakalamakta yetersizdir(Ap pleyard 2009).	Her zaman güneş ışığının en parlak noktasına yönelir.	Değişimlere karşı çok hassastır.Dış ortamdan sensör üzerine gelebilecek pislikler çalışmasını olumsuz etkiler.	Hassasiyet denklemler den dolayı çok yüksektir.	Gün içerisindeki hizalama hataları fark edilemez.
Herhangi bir elektronik ekipman,motor ve dişli kutusu içermediği için bakım masrafları düşüktür.	Rüzgar yüklerine karşı zayıftır.			Bir işlemci birçok takip sisteminin hareketini kontrol edebilir.	Ana işlemcinin bozulması halinde tüm sistem devre dışı olmaktadır.
	Soğuk havalarda gaz hacmi azaldığı için hareket etmekte güçlükler yaşanmaktadır .			Asla güneşin açısall yörüngesin den dışarıya çıkmaz.	

Kontrol mekanizmalarının tercih edilmesindeki en önemli noktalar enerji verimliliği ve maliyetlerdir. Tezimizde tercih ettiğimiz aktif sensörlü güneş takip sistemleri güneş ışığını gün boyunca dışarıdan herhangi bir ayar yapma ihtiyacı duymaksızın sürekli olarak takip edebildiği için tercih edilmiştir.

2.12. Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri

2.12.1. Yoğunlaştırıcı Sistemlerin Özellikleri

Güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş kolektör sistemlerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için yoğunlaştırıcı kolektör sistemleri kullanılmaktadır. Kolektörlerde güneş enerjisinin düştüğü net alana "açıklık alanı" ve güneş enerjisinin yutulurak ısı enerjisine dönüştürüldüğü yüzeye "alıcı yüzey" denir. Düzlemsel güneş kolektörlerinde açıklık alanı ile alıcı yüzey alanı birbirine eşittir.

Yoğunlaştırıcı kolektörlerde ise güneş enerjisi, alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırıldığı için alıcı yüzey, açıklık alanından daha küçük olmaktadır. Güneş enerjisini yoğunlaştıran kolektörlerde en önemli kavramlardan biri "yoğunlaştırma oranı" dır.

Yoğunlaştırma oranı; açıklık alanının alıcı yüzey alanına oranı şeklinde tarif edilir. Yoğunlaştırma oranı, iki boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik oluk) 300, üç boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik çanak) 40000 mertebesinde (Nehoş 2007).

2.12.2. Parabolik Oluk Kolektörler

Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemlerin en yaygınıdır. Kolektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşur. Kolektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini, kolektörün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya odaklarlar. Kolektörler genellikle, güneşin doğudan batıya hareketini izleyen tek eksenli bir izleme sistemi üzerine yerleştirilirler. Enerjiyi toplamak için absorban boruda bir sıvı dolaştırılır. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santraline gönderilir. Bu sistemler yoğunlaştırma yaptıkları için daha yüksek sıcaklığa ulaşabilirler. (350-400°C) Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemler ticari ortama girmiş olup, bu sistemlerin en büyük ve en tanınmış olanı 350 MW gücündeki şimdiki Kramer&Junction eski Luz International santralleridir (Nehoş 2007).



Şekil 2.13. Parabolik Oluk Kollektör



Şekil 2.14. 350 MW gücünde parabolik oluk güneş santrali-Kaliforniya

Güneş ışığı
2.7 MWh/M²/yıl

Sistem Sınırı

Güneş Alanı

HTF Isıtıcısı opsiy.

Yakıt

Isıl enerji depolama opsiy.

Güneş Süper Kızdırıcı

Boiler opsiy.

Yakıt

Buhar Jen.

Güneş önsitici

Güneş yeniden kızdırıcısı

Genişleme Tankı

Buhar Türbini

Trafo

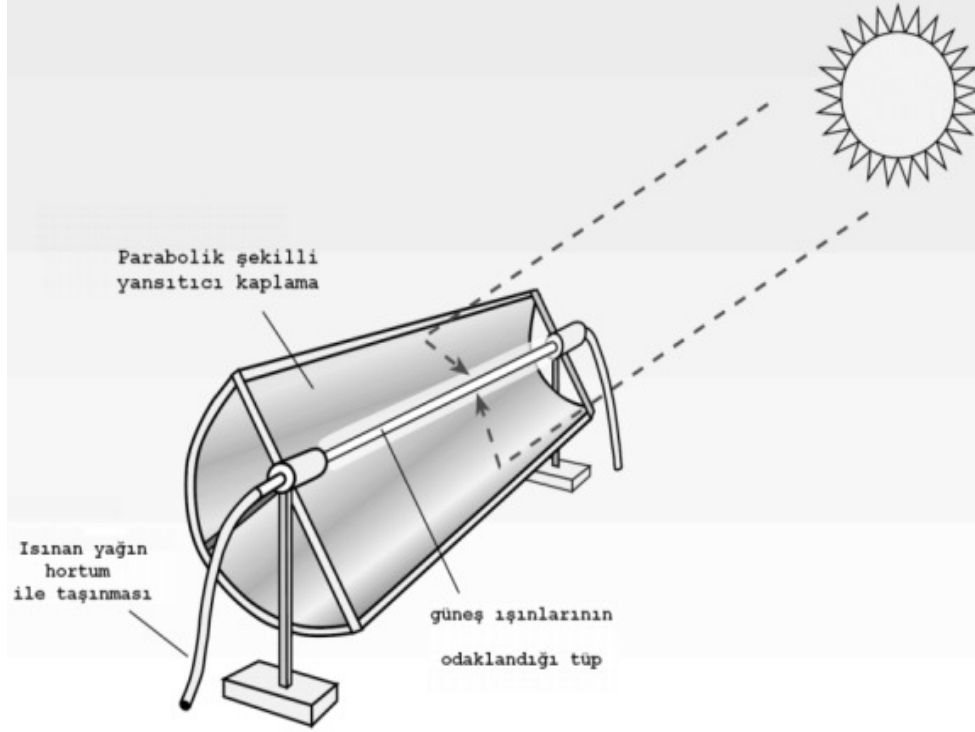
Kondenser

havalandırıcı

Düşük basınç önsitici

Günümüzde çalışmakta olan parabolik oluk güneş güç tesislerinin çoğunluğunu temsil eden bir proses akış diyagramı şekil 2.15’de görülmektedir. Kollektör alanı,tek eksen izlemeli parabolik oluk güneş kolektörlerinin geniş bir alanından meydana gelir. Güneş

alanı Kuzey Güney yatay ekseninde dizilmiş olan çok sayıda birbirine paralel güneş kollektör dizisinden oluşur.



Şekil 2.16. Parabolik oluk kollektör çevrimi (<http://www.limitsizenerji.com>, 2011)

Her güneş kollektörü lineer bir parabolik şekilli yansıtıcıya sahiptir. Bu yansıtıcı, gelen direkt güneş ışınımını parabolün odağına yerleştirilmiş olan lineer bir alıcı üzerine odaklar. Kollektörler, güneşin lineer bir alıcıya sürekli olarak odaklanmasını garanti edebilmek için gün boyunca güneşi doğudan batıya doğru izlerler. (<http://www.unienerji.com/?p=563> , 2009) .

Güneş ışınlarının odaklandığı boru içinde genellikle yağ bulunmakta ve bu yağda toplanan ısı, elektrik üretiminde kullanılmak üzere santrale gönderilir. Bu tip toplayıcıların, güneşi izlemek amacıyla bütün kütlelerini hareket ettirmesi gerekmektedir.

Projemizde prototipi yapılan sistem güneşi tek eksenle takip eden parabolik oluk tip güneş kollektöründen oluşan bir sistemdir. Bu tip sistemler ticari olarak uygulanmaya

başlamıştır. Yapılan çalışma sonunda bu tip sistemlerde kullanılabilecek güneş takip mekanizmasının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2.12.3. Parabolik Çanak Sistemler

İki eksende güneşi takip ederek, sürekli olarak güneşi odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Termal enerji, odaklama bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile alınarak, termodinamik bir dolasına gönderilebilir ya da odak bölgesine monte edilen bir Stirling makine yardımı ile elektrik enerjisine çevrilebilir. Çanak-Stirling bileşimiyle güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde % 30 civarında verim elde edilmiştir (Nehoş 2007).

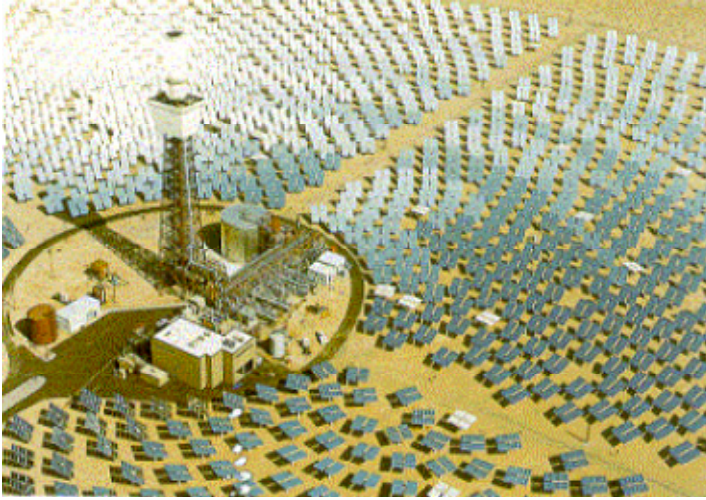


Şekil 2.17. Parabolik çanak güneş ısı elektrik santrali (İspanya)

2.12.4. Merkezi Alıcı Sistemler

Tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, alıcı denen bir kule üzerine monte edilmiş ısı esanjörüne yansıtır ve yoğunlaştırır.

Alıcıda bulunan ve içinden akışkan geçen boru yumağı, güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak absorbe eder. Bu sıvı, Rankine makineye pompalanarak elektrik üretilir. Bu sistemlerde ısı aktarım akışkanı olarak hava da kullanılabilir, bu durumda sıcaklık 800°C'ye çıkar. Heliostatlar bilgisayar tarafından sürekli kontrol edilerek, alıcının sürekli güneş alması sağlanır. Bu sistemlerin kapasite ve sıcaklıkları, sanayi ile kıyaslanabilir düzeyde olup Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir (Nehoş 2007).



Şekil 2.18. Solar I merkezi alıcı güneş ısı elektrik santrali (İspanya)

2.12.5. Güneş Termal Güç Santrallerinin Tasarım İlkeleri

Güneş termal güç santrallerinin tasarımında dikkate alınması gereken en önemli parametreler şunlardır (Nehoş 2007).

- Bölge seçimi,
- Güneş enerjisi ve iklim değerlendirmesi,
- Parametrelerin optimizasyonu,

Santralin tesis edileceği ideal bölge seçilirken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır (Nehoş 2007).

- Yıllık yağış miktarının düşük olması,
- Bulutsuz ve sissiz bir atmosfere sahip olması,
- Hava kirliliğinin olmaması,
- Ormanlık ve ağaçlık bölgelerden uzak olması,
- Rüzgar hızının düşük olması

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Hesaplamalar

Parabolik güneş kollektörünün suyu ne kadar ısıtabildiğini bulabilmek için öncelikle güneşten ne kadarlık bir enerji çektiği bulunmalıdır. Bu amaçla Yiğit ve Atmaca (2010) tarafından verilen aşağıdaki hesaplamalar yapılarak güneş tasarım sisteminin tasarımı için gerekli hesaplamalar yapılır.

3.1.1. Atmosfer Dışında Yatay Düzleme Gelen Güneş Işınımı

Güneş Sabiti (The Solar Constant) ve Atmosfer Dışı Işınımın Değişimi

Dünya ile güneş arasındaki mesafe mevsimlere göre farklılık göstermektedir. Bu mesafe ortalama olarak 1.495×10^{11} m dir. Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışınımının değeri mevsimlere bağlı olarak dünya ile güneş arasındaki mesafe değiştiği için değişkendir. Dünya ile güneş arasındaki ortalama uzaklıkta, atmosfer dışında güneş ışınımına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışınımı değeri “Güneş Sabiti Gsc” olarak tanımlanır ve bu değerin kullanılması güneş enerjisi hesaplamalarında kolaylık sağlamaktadır. Güneş sabiti (Gsc) değeri %1 hata ile 1367 W/m^2 olarak kabul edilmektedir.

Dünya ile güneş arasındaki uzaklığın değişimi atmosfer dışındaki ışınım akısında $\pm\%3.5$ oranında bir değişim olmasına sebebiyet verir. Atmosfer dışında yılın herhangi bir zamanında güneş ışınımına dik düzleme (normal doğrultuda) bütün dalga boylarında gelen güneş ışınımı (Gon) eşitlik (3.1) tespit edilebilir.

$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (3.1)$$

burada n, 1 Ocaktan itibaren gün sayısı olarak belirlenebilir.

3.1.2. Güneş Açıları

Herhangi bir anda yeryüzü üzerinde belirli bir yöndeki düzlem ile yeryüzüne gelen direkt güneş ışınlamı arasındaki geometrik ilişkiler birkaç değişik açı tanımı ile belirlenebilir. Yani güneş açıları yeryüzündeki herhangi bir yüzey ile güneşin pozisyonuna bağlı terimlerdir. Bu açılar ve bu açılar arasındaki ilişkiler tanımlanarak güneş'in konumu belirlenebilir.

3.1.2.1. Yükseklik Açısı (α_s): Güneş ışınlamı ile yatay arasındaki açıdır. Tanımlamaya göre $\alpha_s = 90^\circ - \theta_z$ olur.

3.1.2.2. Enlem Açısı (latitude), ϕ , ekvator düzleminin güneyi veya kuzeyine doğru olan açısal yer değiştirme olarak tanımlanabilir. Kuzey yön pozitif olmak üzere -90° ile 90° arasında değişir ($-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$).

3.1.2.3. Deklinasyon açısı (declination), δ , kuzey yön pozitif olmak üzere ekvator düzlemine bağlı olarak güneşin açısal pozisyonudur. Yani güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açı olarak tanımlanabilir ($-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$).

Deklinasyon açısı Cooper (1996) denkleminde şu şekilde hesaplanabilmektedir;

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right) \quad (3.3)$$

burada, n 1 Ocaktan itibaren gün sayısıdır ve Çizelge 3.1 yardımıyla hesaplama yapılan aya bağlı olarak bulunabilir.

Çizelge 3.1. Her bir ayı temsil eden ortalama gün ve çeşitli aylar için “n” değerleri

<i>Ay</i>	<i>Belirli bir gün için n değeri</i>	<i>Ayı temsil eden gün</i>	<i>Ortalama gün için n değeri</i>	<i>Deklinasyon δ</i>
<i>Ocak</i>	i	17	17	-20.9
<i>Şubat</i>	31+i	16	47	-13.0
<i>Mart</i>	59+i	16	75	-2.4
<i>Nisan</i>	90+i	15	105	9.4
<i>Mayıs</i>	120+i	15	135	18.8
<i>Haziran</i>	151+i	11	162	23.1
<i>Temmuz</i>	181+i	17	198	21.2
<i>Ağustos</i>	212+i	16	228	13.5
<i>Eylül</i>	243+i	15	258	2.2
<i>Ekim</i>	273+i	15	288	-9.6
<i>Kasım</i>	304+i	14	318	-18.9
<i>Aralık</i>	334+i	10	334	-23

3.1.2.4. Eğim açısı (slope), β , ele alınan yüzeyin yatay ile yaptığı açıdır ($0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$).

3.1.2.5. Yüzey azimut açısı (surface azimuth angle), γ , tam güneyde sıfır, doğuya doğru negatif, batıya doğru pozitif olmak üzere yüzeyin normalinin yatay düzlemdeki izdüşümü ile güney doğrultusu arasındaki açıdır ($-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$).

3.1.2.6. Saat açısı (hour angle), ω , öğleden önce negatif, öğleden sonra pozitif olmak üzere dünyanın kendi eksenini etrafında saatte 15° dönmesi dolayısıyla yerel meridyenin doğu veya batısı yönünde güneşin açısal yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir. Formül olarak ifade edilirse;

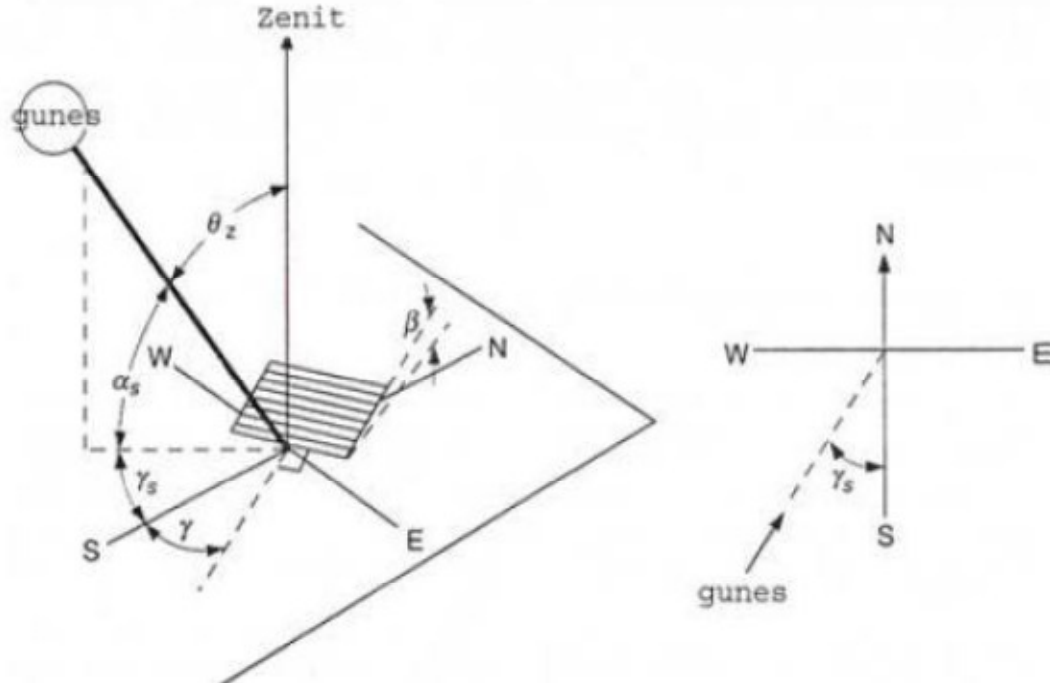
$$\omega = 15(GS-12) \quad (3.2)$$

şeklinde tanımlanır.

3.1.2.7. Güneş geliş açısı (angle of incidence), θ , yüzeye gelen direkt güneş ışınımı ile yüzeyin normali arasındaki açıdır.

3.1.2.8. Zenit açısı (zenith angle), θ_z , yatay yüzey ($\beta=0$) için tanımlanan güneş geliş açısıdır.

Zenit açısı (θ_z), eğim açısı (β) ve yüzey azimut açısı (γ) Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Güneş Açıları

Direkt ışıınım geliş açısı (θ) ise diğer bahsedilen açılar cinsinden şu şekilde verilmiştir;

$$\cos\theta = \sin\delta \sin\phi \cos\beta - \sin\delta \cos\phi \sin\beta \cos\gamma + \cos\delta \cos\phi \cos\beta \cos\omega + \cos\delta \sin\phi \sin\beta \cos\gamma \cos\omega + \cos\delta \sin\beta \sin\gamma \sin\omega \quad (3.4)$$

Yatay yüzey ($\beta=0$) için güneş geliş açısı zenit açısı (θ_z) olarak tanımlanır ve eşitlik (4.4) yardımıyla,

$$\cos\theta_z = \cos\delta \cos\phi \cos\omega + \sin\delta \sin\phi \quad (3.5)$$

Eşitlik (4.5) güneş batış saat açısı (ω_s) hesabı için çözülebilir. Güneşin batışında zenit açısı $\Theta_z=90^\circ$ (yataya paralel) olur ve $\cos\Theta_z=90^\circ=0$ olduğundan güneş batış saat açısı (ω_s) şu şekilde bulunabilir.

$$\cos \omega_s = - \frac{\sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} \quad (3.6)$$

$$\cos \omega_s = - \tan \phi \tan \delta \quad (3.7)$$

$$H_o = \frac{24 * 3600 G_{sc}}{\Pi} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] * \left[\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{2\Pi \omega_s}{360} \sin \phi \sin \delta \right] \quad (3.8)$$

Belirli bir saat aralığı için bir saatlik periyot içerisindeki atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışınlamı hesabı da güneş enerjisi uygulamaları için önemlidir. Belirlenen saat aralığı için saat açılarının (ω_1 ve ω_2) belirlenmesi ile bu saat açıları arasında integrasyon ile,

$$I_o = \frac{12 * 3600}{\Pi} G_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] * \left[\cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{2\Pi(\omega_2 - \omega_1)}{360} \sin \phi \sin \delta \right] \quad (3.9)$$

3.1.3. Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınımı Miktarı

Yeryüzüne gelen güneş ışınlamını “direkt güneş ışınlamı (beam radiation)” ve yayılı veya difüz güneş ışınlamı (diffuse radiation) olarak ayırmak mümkündür.

Direkt güneş ışınlamı (Beam radiation), atmosferde dağılmadan, güneşten doğrudan yeryüzüne düşen ışınlam olarak tanımlanabilir. Yeryüzündeki herhangi bir nokta ile

güneş arasındaki mesafe çok uzak olduğundan direkt güneş ışınları yüzeye paralel olarak düşünülebilir. Işınım hesapları yapılırken formüllerde direkt güneş ışınımı için alt indis “b” harfi olarak kullanılacaktır.

Yayılı veya difüz ışınım (Diffuse radiation), atmosferde dağılmak suretiyle yönü değişerek atmosferden herhangi bir yüzeye düşen ışınım olarak tanımlanabilir. Atmosferdeki toz, partikül, moleküller ve bulutlar tarafından yansımaya uğrayan ve değişik yönlerde saçılan güneş ışınımıdır. Literatüre de “sky radiation” veya “solar sky radiation” olarakta geçmektedir. Işınım hesapları yapılırken yayılı güneş ışınımı için formüllerde alt indis olarak “d” harfi kullanılacaktır.

Toplam güneş ışınımı (total solar radiation), yeryüzüne düşen direkt ve yayılı ışınımın toplamı olarak tanımlanabilir. Güneş ışınımı ölçümleri çoğunlukla yatay düzleme düşen toplam ışınımıdır ki bu global ışınım olarak da adlandırılır.

$$\frac{H}{H_o} = \left(a + b \frac{n}{N} \right) \quad (3.10)$$

burada, H_o = Aynı bölgede aylık ortalama atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışınımı miktarı (eşitlik 4.8 ile hesaplanabilir).

a, b = bölgeye bağlı sabitler

$$K_T = \frac{H}{H_o} = \text{Berraklık İndeksi (clearness index)}$$

Türkiye için bu değerler enlem açısı (ϕ), deklinasyon açısı (δ) ve konumun deniz seviyesinden yüksekliğine (Z) bağlı olarak

$$a=0.103+0.000017Z+0.198\cos(\phi-\delta) \quad (3.11)$$

$$b=0.533-0.165\cos((\phi-\delta)) \quad (3.12)$$

Günlük berraklık indeksi (KT) yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışıınının(H) atmosfer dışına düşen günlük toplam güneş ışıınına (H_o) oranı şeklinde tespit edilebilir,

$$K_T = \frac{H}{H_o} \quad (3.13)$$

$$\frac{H_d}{H} = 0.703 - 0.414K_T - 0.428K_T^2 \quad (3.14)$$

$$a=0.409+0.5016\sin(\omega_s-60) \quad (3.15)$$

$$b=0.6609-0.4767\sin(\omega_s-60) \quad (3.16)$$

$$r_t = \frac{I}{H} = \frac{\Pi}{24} (a + b \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \left(\frac{2\Pi \omega_s}{360} \right) \cos \omega_s} \quad (3.17)$$

burada anlık berraklık indeksi yatay yüzeye düşen anlık toplam ışıınının (I) atmosfer dışında birim yatay düzleme düşen anlık toplam ışıınıma (I_o) oranı olarak,

$$k_t = \frac{I}{I_o} \quad (3.18)$$

$$\frac{I_d}{I} = 0.788 - 0.802k_t \quad (3.19)$$

uzun yıllar yapılan ölçüm ve hesaplanan değerlerden hareketle yatay düzleme gelen anlık yayılı ışıınının(Id) günlük yayılı ışıınıma (Hd) oranı ile atmosfer dışına düşen anlık ışıınının(I_o) atmosfer dışına düşen günlük ışıınıma (H_o) oranının eşit olduğu tespitinden elde edilen,

$$r_d = \frac{I_d}{H_d} = \frac{I_o}{H_o} \quad (3.20)$$

3.1.4. Eğik Düzleme Düşen Güneş Işınımı

Geometrik faktör R_b eğik yüzeye düşen anlık direkt ışınımın (I_{bT}), yatay yüzeye düşen anlık direkt ışınımına (I_b) oranı olarak tanımlanmaktadır ve eşitlik (4.4) ile (4.5) yardımıyla,

$$R_b = \frac{I_{bT}}{I_b} = \frac{I_{bT} \cos \theta}{I_b \cos \theta_z} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (3.21)$$

Güneye dönük eğik düzlem için

$$R_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta} \quad (3.22)$$

$$I_{dT} = I_d \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad (3.23)$$

Burada ρ yerin yansıtma oranıdır. Yerde kar olmaması durumunda 0.2, yerde kar bulunması durumunda 0.7 olarak önerilmektedir.

Eğik yüzeye yansiyarak gelen ışınım ise,

$$I_{ref} = (I_b + I_d) \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) = I \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (3.24)$$

Eğik yüzeye düşen anlık toplam güneş ışınımı,

$$I_T = I_{bT} + I_{dT} + I_{ref} \quad (3.25)$$

Yüzeye düşen toplam günlük ışınlam

$$H_T = H \left(1 - \frac{H_d}{H} \right) \bar{R}_b + H_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + H \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (3.26)$$

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \sin \omega'_s + (\Pi/180) \omega'_s \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + (\Pi/180) \omega_s \sin \phi \sin \delta} \quad (3.27)$$

$$\omega'_s = \min \left[\begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\phi + \beta) \tan \delta) \end{array} \right] \quad (3.28)$$

Bilinmeyenler yerlerine konarak eğik yüzeye düşen günlük ışınlam bulunabilir.

3.1.5. Parabolik Güneş Kollektör Tasarımı

Güneş ışınlarını en basit ve esas eleman saydam bir mercek veya yansıtıcı parabolik bir yüzeydir. Pratik olarak paralel gelen güneş ışınları her ikisinde de odakta yoğunlaştırılır.

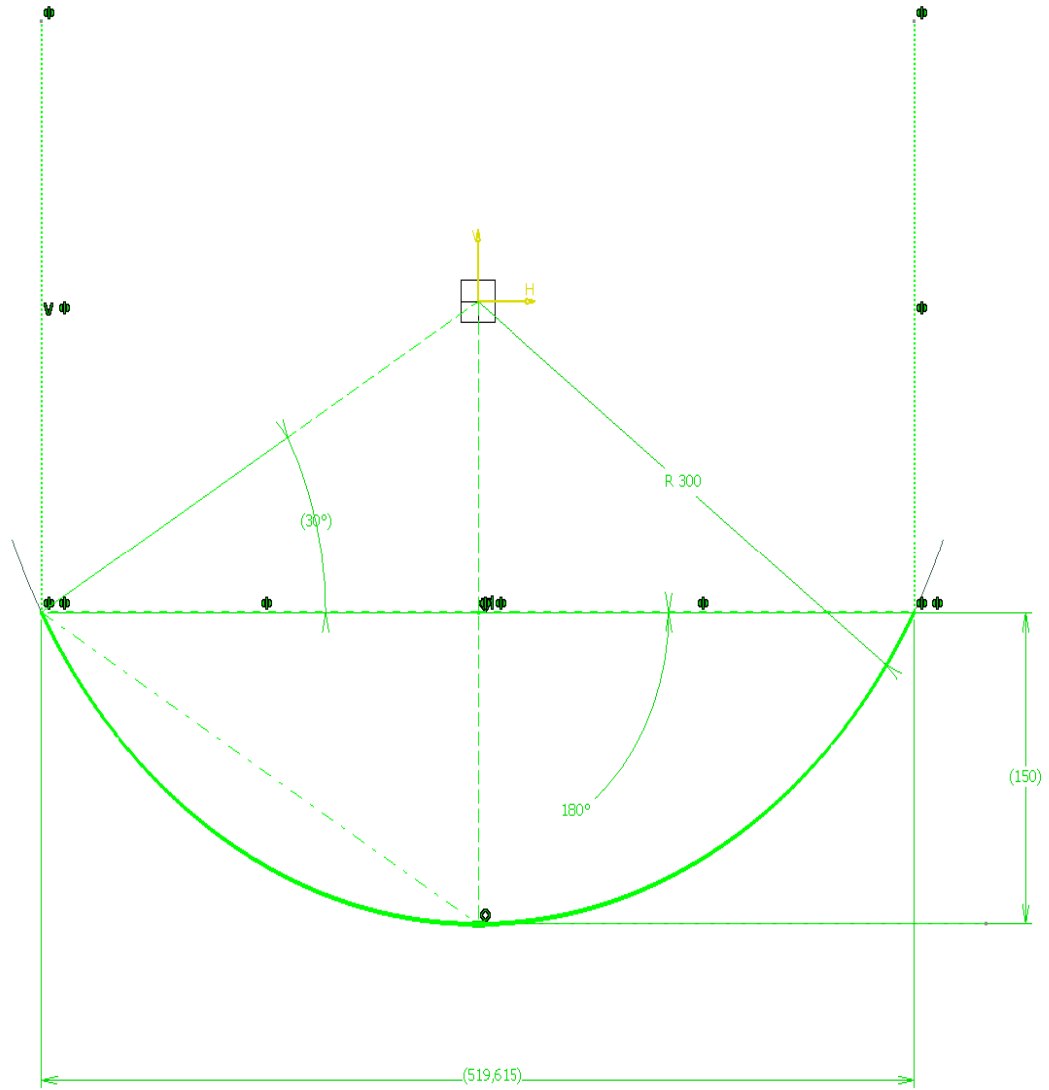
Alıcı yüzey uygun geometrilerde bu noktaya veya eksene konulur.

Alıcı yüzeye sahip borunun parabolü görme açısı parabolik güneş kolektörlerinde yoğunlaşma oranını belirleyen önemli bir parametredir. Yoğunlaşma oranı ise bir açıdan yansıtılan güneş ışınlarının ne kadarının ısıya dönüştürüldüğünü gösterir. Yoğuşurma oranı maksimum 68.4'tür. Bu maksimum değere ise a=4 değerindeyken ulaşılır.

$$YO = \frac{D}{\Pi d} \quad (3.29)$$

Yoğunlaşma oranının yüksek çıkması, parabolün içerisine silindirik borunun gölgesinin düşmemesi için silindirik boru parabolün dışında bir eksene konacaktır.

$\beta_1 = 180^\circ$ görme açısı değeri kullanarak, yoğunlaştırma oranları belirlenecek ve sistemin suyu ne kadar ısıtılacağı bulunacaktır.



Şekil 3.2. 180° görme açılı kollektör

$\beta_1=180^\circ$ için

Öncelikle odak noktası bulunur.

Çemberde açı-yay bağlantıları kullanılarak

$\alpha_1=30^\circ$ gelir. Buradan odak noktası çapın 1/4 'ü olduğundan;

Çap $R=0.6$ m

$f_1=0.15$ m odak noktası

$D_1=0.520$ m yay izdüşüm genişliği

Alıcı yüzeye sahip borunun çapı ise 0.025 m olarak standartlardan seçilmiştir.

Buna göre; $\beta_1=180^\circ$ ve $d=0.025$ m için

Eşitlik 3.29'dan yoğunlaştırma oranı $YO=\frac{D_1}{\Pi d}=\frac{0.520}{\Pi.0.025}=6.6$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.6. Alınan Işınım Miktarı ve Su Sıcaklığı Artışı Hesabı

Tasarlanan sistemin hesaplamaları aşağıdaki şartlar altında yapılmıştır. Bursa $\phi=40.1$, Kuzey yarım kürede ve ortalama 100 m yüksekliktedir. ($Z=100\text{m}$). Ağustos ayı için Tablo 4.1' den $n=228$, $n/N=0,78$ okunur. Yaz mevsiminde sabah saat 08:00 ile akşam 20:00 saatleri arası güneşlenmenin gerçekleştiği kabul edilerek aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

Eşitlik 3.3'den
$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \frac{284 + 228}{365} \right) = 13.45^\circ \text{ bulunur.}$$

Eşitlik 3.7'den
$$\cos \omega_s = -\tan 40.1 \tan 13.45$$

$$\omega_s = 101.62^\circ \quad \text{bulunur.}$$

Eşitlik 3.8'den

$$H_o = \frac{24 \cdot 3600 \cdot 1367}{\pi} \left[1 + 0,033 \cos \left(\frac{360 \cdot 228}{365} \right) \right] \cdot \left[\cos 40.1 \cos 13.45 \sin 101.62 + \frac{2\pi \cdot 101.62}{360} \sin 40.1 \sin 13.45 \right]$$

$H_o = 36.51 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$ Yatay düzleme düşen günlük toplam ışıınım bulunur.

Eşitlik 3.2'den
$$\omega_2 = 15(20 - 12) = 120^\circ$$

$$\omega_1 = 15(12 - 8) = 60^\circ \text{ bulunur.}$$

Eşitlik 3.9'dan

$$I_o = \frac{12 \cdot 3600}{\Pi} 1367 \left[1 + 0,033 \cos \left(\frac{360 \cdot 228}{365} \right) \right] * \left[\cos 40.1 \cos 13.45 (\sin 120 - \sin 60) + \frac{2\Pi(120 - 60)}{360} \sin 40.1 \sin 13.45 \right]$$

$I_o = 2.88 \text{ MJ}/m^2 \cdot \text{h}$ Yatay düzleme düşen anlık toplam ışınlam bulunur.

Eşitlik 3.11'den $a = 0.103 + 0.000017 \cdot 100 + 0.198 \cos(40.1 - 13.45)$
 $a = 0.282$ bulunur.

Eşitlik 3.12'den $b = 0.533 - 0.165 \cos(40.1 - 13.45)$
 $b = 0.386$ bulunur.

Eşitlik 3.10'den $\frac{H}{H_o} = (0.282 + 0.386 \cdot 0.71) = 0.56$

$$H = 0.56 \cdot H_o = 0.56 \cdot 36.51 = 20.45 \text{ MJ}/m^2 \cdot \text{gün}$$

Eşitlik 3.13'den $K_T = \frac{20.45}{36.51} = 0.56$

Eşitlik 3.14'den $\frac{H_d}{H} = 0.703 - 0.414 \cdot 0.56 - 0.428 \cdot 0.56^2 = 0.34$

$$H_d = 0.34 \cdot H = 0.34 \cdot 20.45 = 6.95 \text{ MJ}/m^2 \cdot \text{gün}$$

Yatay yüzeye düşen günlük direkt ışıınım:

$$H_b = H - H_d = 20.45 - 6.95 = 13.50 \text{ MJ}/m^2\text{-gün}$$

08:00 ile 20:00 saatleri arası düşen anlık güneş ışıınımı ise

$$\omega = (20:00 + 08:00) / 2 = 14:00$$

Eşitlik 3.2'den $\omega = 15(14 - 12) = 30^\circ$ bulunur.

Eşitlik 3.15'den $a = 0.409 + 0.5016 \sin(101.62 - 60) = 0.74$

Eşitlik 3.16'den $b = 0.6609 - 0.4767 \sin(101.62 - 60) = 0.34$ bulunur.

Eşitlik 3.17'den

$$r_t = \frac{I}{H} = \frac{\Pi}{24} (0.74 + 0.34 \cos 30) \frac{\cos 30 - \cos 101.62}{\sin 101.62 - \left(2\Pi * 101.62 / 360\right) \cos 101.62} = 0.108$$

bulunur.

Yatay düzleme düşen anlık güneş ışıınımı

$$I = r_t * H = 0.108 * 20.45 = 2.21 \text{ MJ}/m^2\text{-h}$$

Yatay düzleme düşen anlık yayılı ışıınım miktarı ;

Eşitlik 3.20'den
$$r_d = \frac{I_d}{H_d} = \frac{I_o}{H_o} = \frac{2.88}{36.51} = 0.079 \text{ bulunur.}$$

Buradan,

$$I_d = 0.079 * H_d = 0.079 * 6.95 = 0.55 \text{ MJ}/m^2\text{-h} = 152.78 \text{ W}/m^2$$

Yatay düzleme düşen anlık direkt ışıınım miktarı ise ;

$$I_b = I - I_d = 2,21 - 0.55 = 1.66 \text{ MJ}/m^2\text{-h} = 461 \text{ W}/m^2$$

Yatay düzleme düşen anlık ışıınım miktarı bulunduktan sonra eğik düzleme düşen ışıınım miktarına bakılmalıdır.

Eşitlik 3.22'den

$$R_b = \frac{\cos(40,1 - 35)\cos 13.45\cos 30 + \sin(40,1 - 35)\sin 13.45}{\cos 40,1\cos 13.45\cos 30 + \sin 40,1\sin 13.45} = 1.08$$

Eşitlik 3.21'den $I_{bT} = 1.08 * 1.66 = 1.79 \text{ MJ}/m^2 \cdot h$

Eşitlik 3.23'den $I_{dT} = 0.55 * \frac{1 + \cos 35}{2} = 0.5 \text{ MJ}/m^2 \cdot h$

Eşitlik 3.24'dan

$$I_{ref} = (I_b + I_d) \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) = I \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) = 2.21 * 0.2 * \left(\frac{1 - \cos 35}{2} \right) = 0.04 \text{ MJ}/m^2 \cdot h$$

Eşitlik 3.25'den

$$I_T = I_{bT} + I_{dT} + I_{ref} = 1.79 + 0.5 + 0.04 = 2.33 \text{ MJ}/m^2 \cdot h = 2.33 * 10^6 / 3600 \text{ W}/m^2$$

$$I_T = 647.2 \text{ W}/m^2$$

bulunur.

Suyun 1 m/s hızla akıtıldığı kabul edilerek

Suyun geçtiği borunun iç kesit alanı (D=2,5 cm)(Et kalınlığı=0,23 cm)

$$A = \Pi * D^2 / 4$$

$$A = \Pi * [(2,5 - 0,46) * 10^{-2}]^2 * 0,25 = 3,27 * 10^{-4} m^2$$

$$\dot{m} = \rho_{su} * \dot{v} * A = 1000 * 1 * 3,27 * 10^{-4} = 0,327 \text{ kg/s}$$

kütlesel debi bulunur.

$$Q = m * c * \Delta T \quad \text{bağıntısı ile}$$

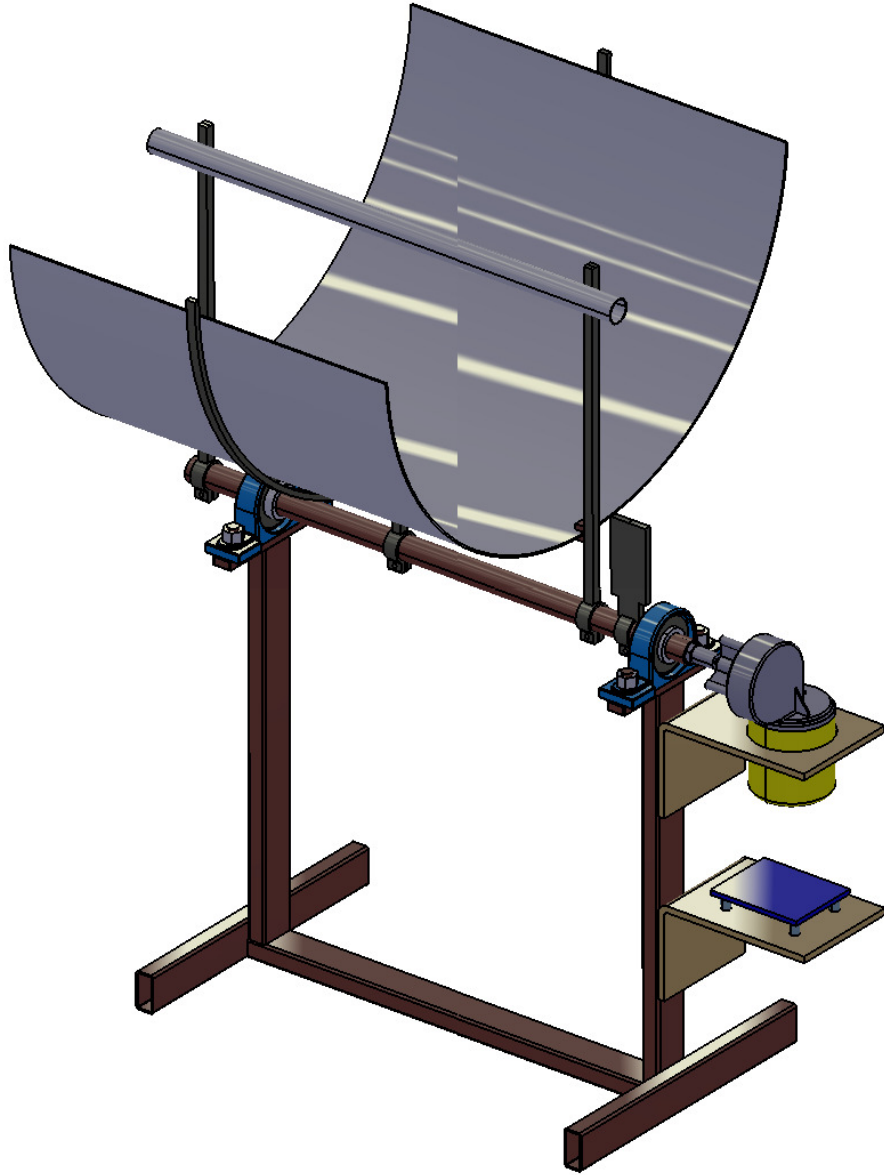
$$\Delta T = \frac{647.2}{0,327 * 4198} = 0,47^{\circ}\text{C}$$

1 metrekare parabol alanı başına 1 m/s hızla akan su 0,46°C ısıtılmaktadır.

Suyun kollektörden çıkış sıcaklığını arttırmak için ya büyük miktarda alana sahip parabolik kolektör kullanılmalı (bunun anlamı da genişlik sabit olduğundan uzunluğu arttırılmalı), ya boruları seri ve paralel olacak tarzda birbirine bağlamalı ya da suyun bir saniyedeki hızı azaltılmalıdır.

3.2. Mekanik Sistem

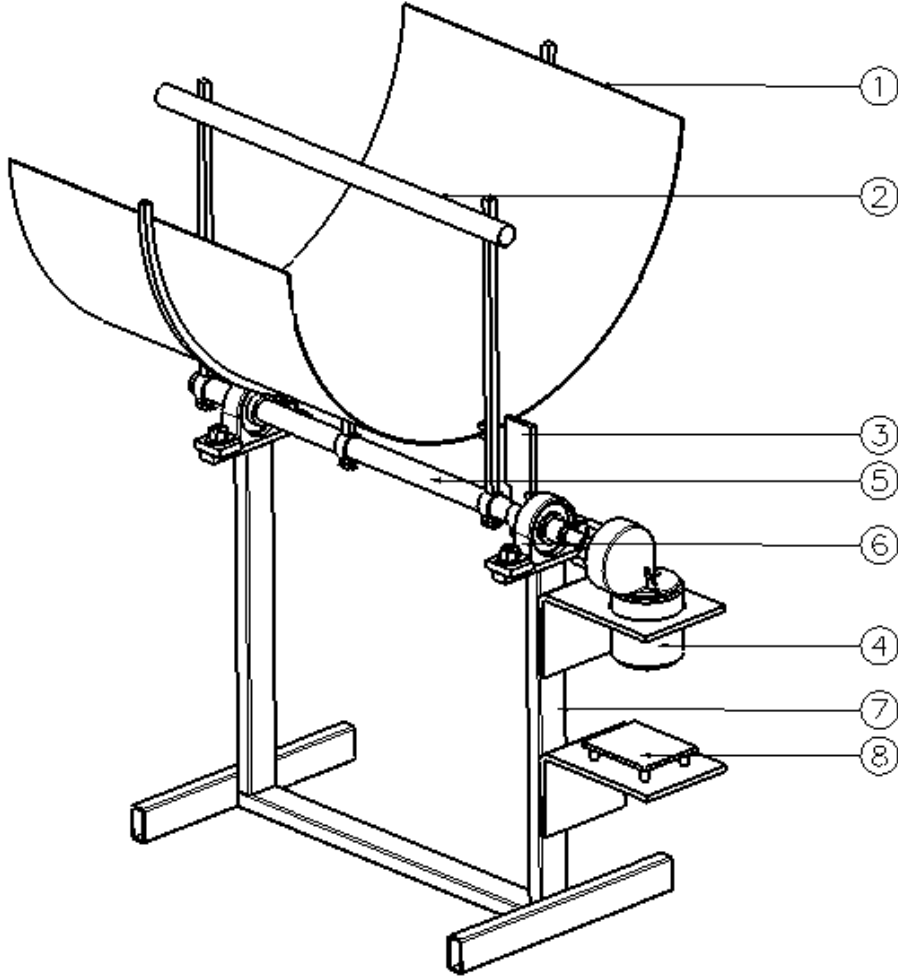
Mekanik sistemin tasarımı Catia programında yapılmıştır. Şekil 3.3’de tasarımı yapılan sistemin 3 boyutlu katı model resmi verilmiştir.



Şekil 3.3. Catia programında tasarımı yapılan sistemin katı modeli

Mekanik sistemde kullanılan elemanlar ve görevleri aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1. Komple Gövde Montajı



Şekil 3.4. Komple gövde montaj resmi

Şekil 3.4’ de komple gövde montaj resmi verilmiştir. Komple gövdeyi oluşturan elemanlar montaj resmindeki numaralarına göre řu şekildedir.

1-Parabolik ayna

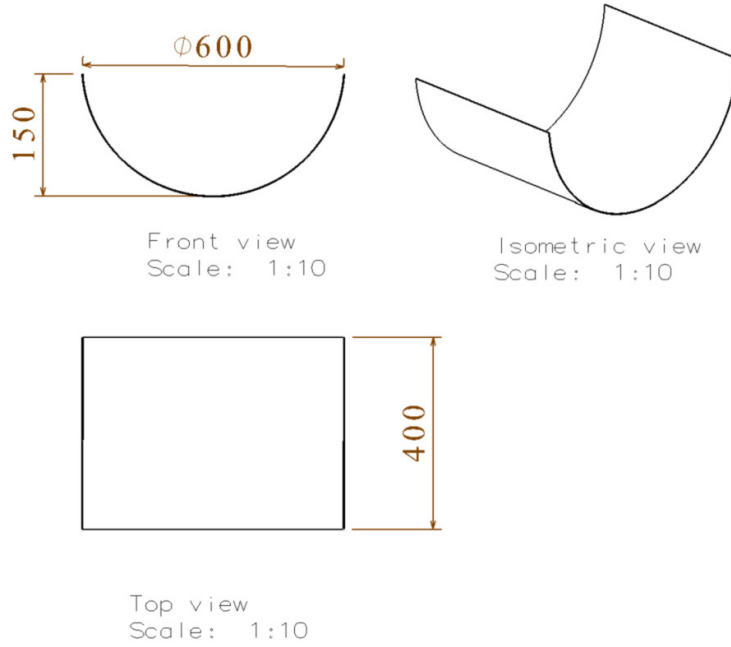
2-Alıcı

- 3-Işık sensörü taşıyıcı
- 4- Redüktörlü DC motor
- 5-Parabolik çanak taşıyıcı
- 6- Rulmanlı yatak
- 7-Gövde
- 8-Elektronik Devre

Yukarıdaki elemanlardan oluşan gövdenin tasarımı tamamlandıktan sonra gövdenin imalatı gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Parabolik Ayna

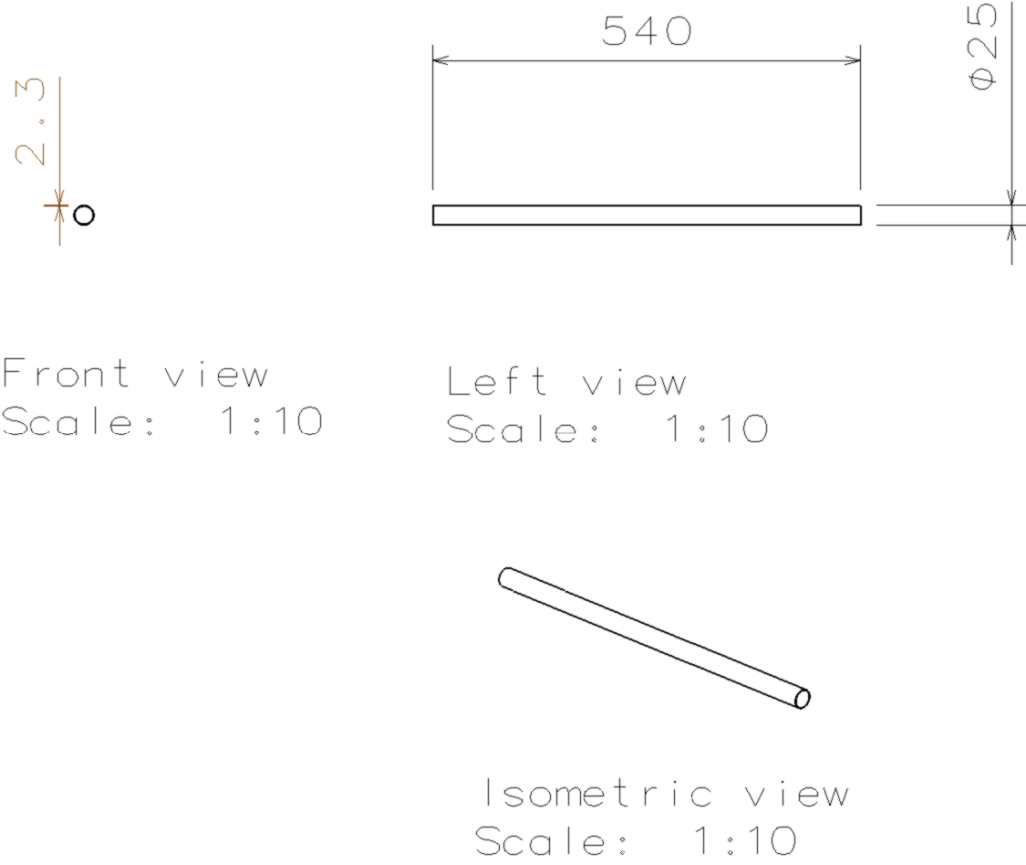
Güneşten gelen ışınların alıcı üzerinde odaklanmasını sağlamak üzere kullanılmaktadır. Parabolik çanak ayna 600 mm çapında ve 400 mm uzunluğunda ve 0,5mm kalınlığında krom kaplı sacdan imal edilmiştir. Parabolik ayna tasarımı şekil 3.5’de verilmiştir.



şekil 3.5. Parabolik Ayna Tasarımı

3.2.3. Alıcı

Parabolik ayna tarafından üzerine odaklanarak gelen ışınlardaki ısı enerjisini içerisinden geçen akışkana aktarmak için kullanılır. Prototip imalatı yapılan sistemde 25 mm çapında 2,3 mm kalınlığında çelik boru kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Alıcı Tasarımı

Isı toplama elemanı olarak çeşitli uygulamalarda cam tüp kullanılmaktadır. Yüzeyi yaklaşık % 97 lik bir absorbtiviteye sahip çelik alıcı boru ve cam-metal birleştiricilerden oluşur. Alıcı boru üzerinde meydana gelen yüksek sıcaklık nedeniyle oluşan ısı kayıplarını azaltmak için, cam tüp ile alıcı boru arasındaki hava vakumlanmıştır. Bu boşluk basıncı yaklaşık 0.1 atm dir. Isıya dayanıklı cam tüp, yüksek bir geçirgenliğe ve

radasyon kayıplarını en aza indirmek için antirefleksif bir yapıya sahiptir. Sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin etkilerini gidermek için körüklü cam-metal birleştiriciler kullanılmaktadır (<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/yogunlastiricilar.html>, 2011).

3.2.4. Işıık Sensörü Taşıyıcı

Güneşin hareketini takip etmek için kullanılan iki ışık sensörü ve güneşin ışık şiddetini takip etmek için kullanılan bir sensörün üzerinde bulunduran parçadır. Parabolik çanak taşıyıcısına sabitlenmiştir. Güneşin hareketiyle birlikte parabolik çanak taşıyıcısının üzerinde dönmektedir.

3.2.5. Redüktörlü Dc Motor

Parabolik çanak ve alıcının bağılı bulunduğu sistemin güneşini takip etmesi için elektronik sistemden gelen bilgilere göre hareket etmektedir. Mekanik sistemde gövde üzerine montajı yapılmıştır.



Şekil 3.7. 12V Redüktörlü DC Motor (<http://www.robotistan.com>, 2012).

Sistemde kullanılan motorun özellikleri aşağıdaki gibidir.

- 12Vta 110Rpme sahip L redüktörlü DC motordur.
- Arabalarda cam kaldırma motoru olarak kullanılabilir.
- Boşta çektiği akım 850 mA dir.
- 70 kg/cm torka sahiptir.
- Baştan sona uzunluğu 17cm dir.
- Mili 10mm kalınlığındadır.
- Yüksek güç gerektiren projeler için uygundur.
- Arazi robotları için idealdir.

Yüksek güç gerektiren projeler için uygun bir motor olması prototip güneş takip sistemlerinde kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır.

3.2.6. Parabolik Çanak Taşıyıcı

Redüktöre bağlı olan gruptur. Parabolik Çanak ve Alıcı üzerine sabitlenmiştir. Rulmanlı yataklar ile Gövdeye montaj edilmiştir. Redüktör tarafından döndürülerek güneşi takip etmektedir.

3.2.7. Rulmanlı Yatak

Parabolik anak taşıyıcı milin gövdeye montajı için kullanılmıştır.

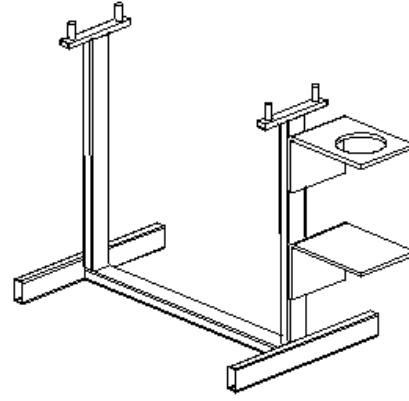


Şekil 3.8. Rulmanlı yatak

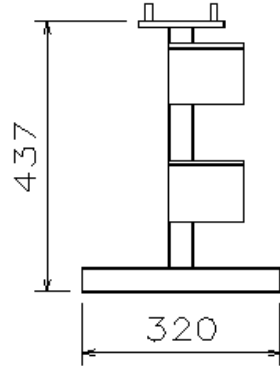
Mekanizmada kullanılan XLD firmasının üretmiş olduğu UCP 205 model bir rulmanlı yataktır.

3.2.8. Gövde

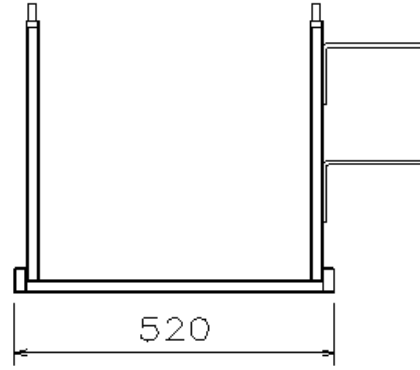
Sistemin yere sabitlenmesi için profillerden oluşturulmuştur. Diğeri tm elemanlar gvde üzerinde bulunmaktadır.



Isometric view
Scale: 1:10



Front view
Scale: 1:10

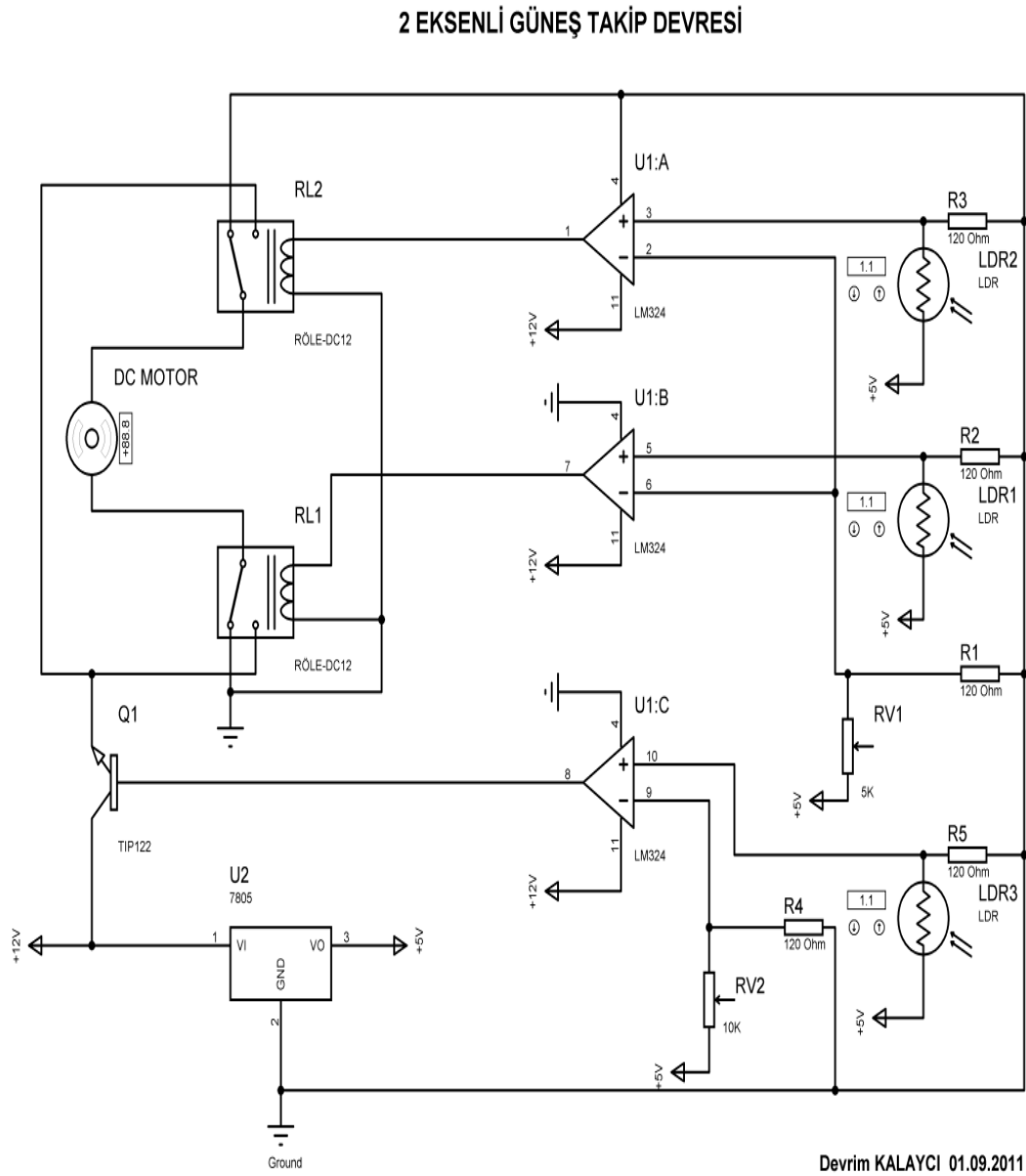


Left view
Scale: 1:10

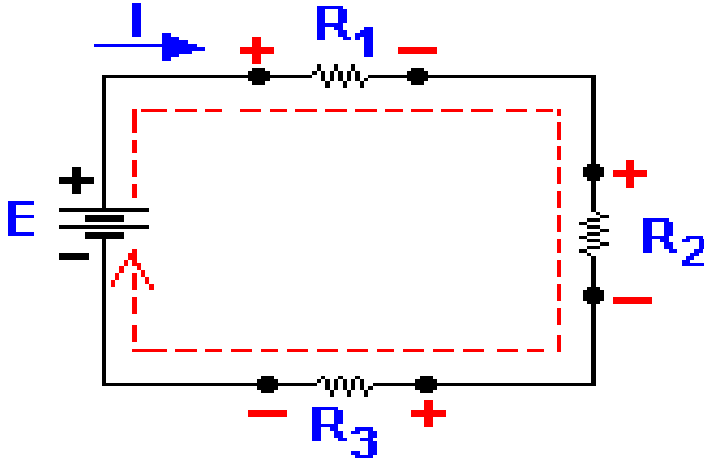
şekil 3.9. Gövde montaj tasarımı

3.3. Elektronik Sistem

Elektronik sistemin tasarımı Proteus programı ile yapılmıştır. Elektronik sistem güneşten gelen ışınları LDR (Light Dependent Resistor) ile algılayarak Lm324 N entegresi ile Potansiyometre ile ayarlanan değerlere göre karşılaştırma yapmakta ve röleleri açıp kapayarak motoru iki yönlü döndürmektedir.



Şekil 3.10. Proteus programında tasarımı yapılan elektronik devre şeması



Şekil 3.11. Kirchoff gerilimler kanunu örnek devre

Kirchoff gerilimler kanununa göre bir seri devrede alıcılar üzerine düşen gerilimlerin toplamı, kaynaktan uygulanan gerilime eşit olmalıdır.

Seri devrelerde akım, bütün alıcılar üzerinden eşit büyüklükte akar. Seri devrelerde dirençlerin büyüklüğüne göre gerilim düşümü meydana gelir. Büyük dirençte büyük gerilim, küçük dirençte küçük gerilim oluşur. Devrenin toplam direnci, birbirine seri bağlı dirençlerin toplamıdır.

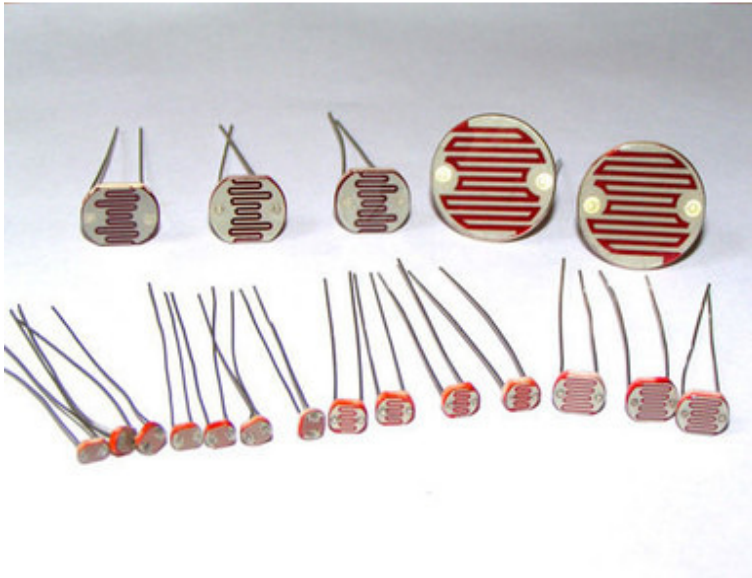
Tasarımı gerçekleştirilen devrede seri bağlı olarak bulunan LDR ve Potansiyometre gibi dirençlerin değişmesiyle düğüm noktalarındaki gerilim değerleri değişmektedir. Tasarımı yapılan devrede R1 direnci yerine kullanılan Potansiyometre yada LDR 'deki direnç değişimine göre herbir direncin bağlı bulunduğu düğüm noktasındaki gerilim değişmektedir. LM324N entegresine düğüm noktalarından giriş yapılarak gerilimlerin karşılaştırılması sağlanmaktadır. LM324N entegresi karşılaştırma gerilimlerine göre çıkış uçlarını toprak yada +12V olarak değiştirmektedir. Çıkış uçlarına bağlanan röleler +12V çıkış verildiğinde açılmakta ve akım geçirmektedir. Motor Röle1 ve Röle2 'nin her ikisinin aynı anda açık yada kapalı olduğu durumlarda çalışmamaktadır. Rölelerden herhangi birinin açık olduğu diğerinin toprakta olduğu zamanlarda çalışmaktadır. Röle 1 ve Röle 2 LM324N entegresinden gelen sinyallere göre açılıp kapanarak motoru sağa sola döndürmektedir.

Devrede 3 adet LDR kullanılmıştır. LDR lerden iki tanesi güneşin dönüşünü takip etmek için üçüncü LDR de güneşin ışık şiddetinin azaldığı kapalı havalarda, güneşin doğduğu veya battığı saatlerde sistemin kararsızlığa düşerek kısa devre yapmasını engellemek için kullanılır. Işık şiddeti belirlenen referans değerinin altına düştüğünde LDR3 LM324 entegresinin bağlı bulunduğu ayağındaki karşılaştırma geriliminin altında gerilim üretmektedir. Düşen gerilim miktarı referans gerilimin altında olacağından LM324 entegresi tarafından Tip122 transistörüne gönderilen 12 voltluk gerilim 0 volta düşecektir. Tip122 transistörü Base ucuna gelen gerilim değeri sıfıra düştüğü için rölelere giden akımı keser. Rölelerin çalışmasını ve sistemin kararsızlığa düşerek kısa devre yapmasını engellemiş olur.

Devrede kullanılan elemanlar şunlardır :

1. LDR
2. LM324N
3. Tek Kontak Röle
4. Tip122 Transistör
5. 7805 Entegresi
6. 120 Ohm Direnç

3.3.1. LDR (Light Dependent Resistor)



Şekil 3.12. LDR çeşitleri

Fotodirençler (Light Dependent Resistor) aydınlıkta az direnç, karanlıkta yüksek direnç gösteren devre elemanlarıdır. Başka bir deyişle LDR'nin üzerine düşen ışık değerine göre gösterdiği direnç değişimi ters orantılıdır.

LDR'ler, CdS (kadmiyum sülfür), CdSe (kadmiyum selenür), selenyum, germanyum ve silisyum vb. gibi ışığa karşı çok duyarlı maddelerden üretilmektedir.

LDR yapımında kullanılan madde, algılayıcının hassasiyetini ve algılama süresinibelirlemede, oluşturulan tabakanın şekli de algılayıcının duyarlılığını etkilemektedir. LDR'ye gelen ışığın odaklaşmasını sağlamak için üst kısım cam ya da şeffaf plastikle kaplanmaktadır.

LDR'ler çeşitli boyutlarda üretilmekte olup, gövde boyutları büyüdükçe güç değeri yükselmekte ve geçirebilecekleri akım da artmaktadır.

Foto dirençler, üzerlerine düşen ışık şiddetiyle ters orantılı olarak dirençleri değişen elemanlardır. Foto direnç, üzerine düşen ışık arttıkça direnç değeri lineer olmayan bir şekilde azalır. LDR'nin aydınlıkta direnci minimum, karanlıkta maksimumdur. Hem AC devrede, hem DC devrede aynı özellik gösterir.

Bu elemanların yapısında “kadmiyum sülfat” (CdS) yarı iletken madde olarak kullanılmaktadır. Kadmiyum sülfat, yalıtkan bir taban üzerine yerleştirilmiş olup, içerisinde iki taraftan daldırılmış birbirlerine değmeyen iletken teller bulunmaktadır. Bu iki iletken telden dışarıya uç çıkarılarak LDR'nin bağlantı terminalleri oluşturulmuştur. LDR'nin üst yüzeyi ışık etkisini algılayabilmesi için şeffaf bir malzemeyle kaplanmıştır.

LDR üzerine ışık düştüğünde valans elektronları ışık enerjisi ile yeterli hıza ulaşır, koparak iletkenlik bandına geçerler. Yani LDR, devre akımını oluşturan serbest elektronlar yönünden zenginleşmiş olur. Bu da LDR direncinin düşmesi demektir. LDR'nin en çok duyarlı olduğu ışık yeşil ışıktır. Üzerine düşen ışık hüzmelerinin şiddetine bağlı olarak valans bandından iletkenlik bandına geçebilen elektron sayısı arttığı için LDR'nin direnci de azalır. Ancak, ışık şiddetinin artışıyla iletkenlik bandına geçebilen elektron sayısı doğru yönde lineer orantıya sahip olmadığı için LDR'nin direncindeki düşüş de lineer değildir. Bu elemanların dirençleri

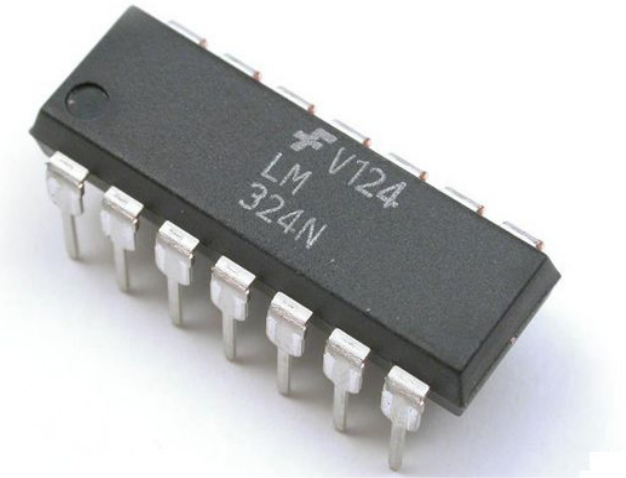
karanlıkta MOhm seviyesindeki iken yeterli ışık aldığı takdirde 5-10 Ohm gibi çok küçük değerlere düşebilmektedir.

Bu elemanların ışığa duyarlılığı ışık gören yüzeylerinin büyüklüğüne ve üzerindeki lensin tipine bağlı olarak değişir. Lens mercek tipi olduğu takdirde duyarlılık artmaktadır. LDR'ler yapısal hassasiyetlerinden dolayı aşırı ısıda çalışamazlar. Aşırı ısı altında (maksimum 60°C) bozulurlar (<http://elektronikprojeler.blogcu.com/etiket/ldr%20nedir>, 2009).

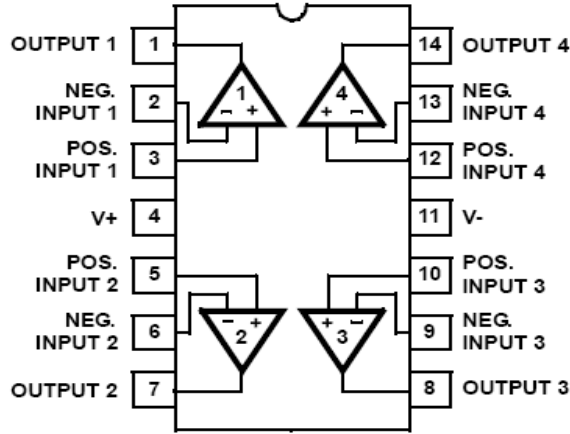
3.3.2. LM324N Dört Kılıflı Opamp

LM 324 entegresi içinde 4 tane op-amp bulunduran bir devre elemanıdır.

Op-amp: operational amplifier (işlevsel yükselteç) kelimesinin kısaltılmış halidir.



Şekil 3.13. LM324N Entegresi



Şekil 3.14. LM324N devre şeması

Entegre Şekil 3.14’ de görüldüğü gibi 14 bacağı sahiptir. 4. Bacağı besleme gerilimi uygulanır. 16V’ ye kadar gerilim uygulanabilir. 11. bacak ise topraktır.

Op-amp’lar devrelerde tek başlarına kullanılarak, karşılaştırıcı (comparator) gibi davranırlar. Bu şu şekilde olur; (-) ucundan uygulanan gerilim (+) ucundan uygulanan gerilimden büyük olduğu takdirde sinyal gönderir.

PIC belli seviyenin altındaki voltaj değerlerini lojik 0, o seviyenin üzerini ise lojik 1 olarak algılar.

Devrede negatif input olarak potansiyometreden ayarlanan voltaj değeri verilir. LDR üzerinden algılanan değere göre değişen gerilim de pozitif giriş olarak verilir. Bu iki değer karşılaştırılması sonucu negatif uca uygulanan gerilim pozitif uca uygulanan gerilimden büyük olursa output çıkışı sinyal gönderir.

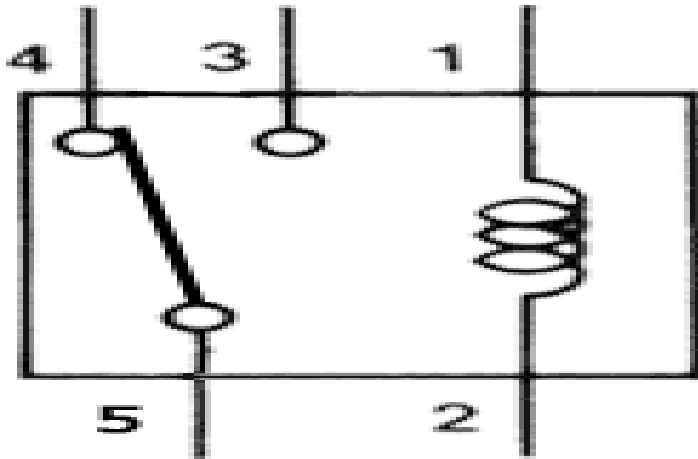
3.3.3. Tek Kontak Röle

Devrede 10A tek kontak beş pinli 2 röle kullanılmıştır. Röleler LM324N entegresinden gelen sinyallere göre motoru sağa sola döndürmek için kullanılır.

Devrede kullanılan rölenin 4-5 pinleri NC şeklindedir. 1-2 pinlerinden akım geçtiğinde röle tetiklenmekte ve 3-5 pinleri kapalı olmaktadır.



Şekil 3.15. Beş pinli röle



Şekil 3.16. Tek kontak 5 pinli rölenin iç yapısı

Röle elektriksel olarak kontrol edilebilen bir anahtarlama elemanıdır. AC ve DC gerilim çeşitlerine göre farklı çeşitleri bulunmaktadır. Rölenin 4 temel parçası vardır. Bunlar Elektromıknatıs, Bobin, Yay, Elektrik kontaklarıdır. Röleler NO, NC kontaklı olabileceği gibi her iki kontak çeşidini barındıran röleler de bulunmaktadır.

NO kontak: Normalde açık kontak demektir. Açık devredir. Lojik 0 anlamına gelir.

NC kontak: Normalde kapalı kontak demektir. Kapalı devredir. Lojik 1 anlamına gelir.

En basit olarak bir tek NO kontağı olan rölenin çalışmasını anlatacak olursak; Rölenin NO uçlarının bir lambayı kontrol ettiğini düşünersek. Rölenin bobin uçlarına enerji verilmediğ

sürece yayın etkisiyle kontaklar hep açık kalacak ve lamba yanmayacaktır. Fakat rölenin bobin uçlarına enerji verildiğinde oluşan manyetik alanla elektromıknatıs çalışacak ve kontak kapanacaktır. Böylece lamba yanacaktır. Bobin uçlarına verilen gerilim kesildiğinde yayın etkisiyle kontak geri çekilecek ve böylece lamba sönecektir. Röleler yüksek akımları anahtarlayabildikleri için yüksek akımlı uygulamalarda yaygın olarak kullanılırlar. Anahtarlama frekansları düşük olduğundan ve hızlı anahtarlama yapamadıklarından daha çok yavaş anahtarlama yapılacak uygulamalarda kullanılırlar.

3.3.4. Tip 122 Transistör

Devrede kullanılan Tip122 darlington transistördür. Devredeki akımı keserek motorun bulutlu havalarda kararsız çalışmasını engeller. LM324N entegresinden gelen sinyal ile tetiklenir.



Şekil 3.17. Tip122 Transistör

Transistör yan yana birleştirilmiş iki PN diyodundan oluşan, girişine uygulanan sinyali yükselterek akım ve gerilim kazancı sağlayan, gerektiğinde anahtarlama elemanı olarak kullanılan yarı iletken bir devre elemanıdır. Transistör kelimesi transfer ve rezistans kelimelerinin birleşiminden doğmuştur.

Uygulamada 100000 'e yakın çeşidi bulunan ve her geçen gün yeni özelliklerde üretilen transistörler temel olarak bipolar ve unipolar olmak üzere iki gruba ayrılır. Bipolar transistörler NPN ve PNP olmak üzere iki tiptir.

Üç kutuplu devre elemanları olan transistörlerin kutupları; Emiter (E), Beyz (B) ve Kollektör (C) olarak adlandırılır. Emiter (yayıcı); akım taşıyıcıların harekete başladığı bölge, Beyz (taban); transistörün çalışmasını etkileyen bölge ve Kollektör (toplayıcı); akım taşıyıcıların toplandığı bölgedir.

3.4. Güneş Takip Sistemi Maliyet Hesabı

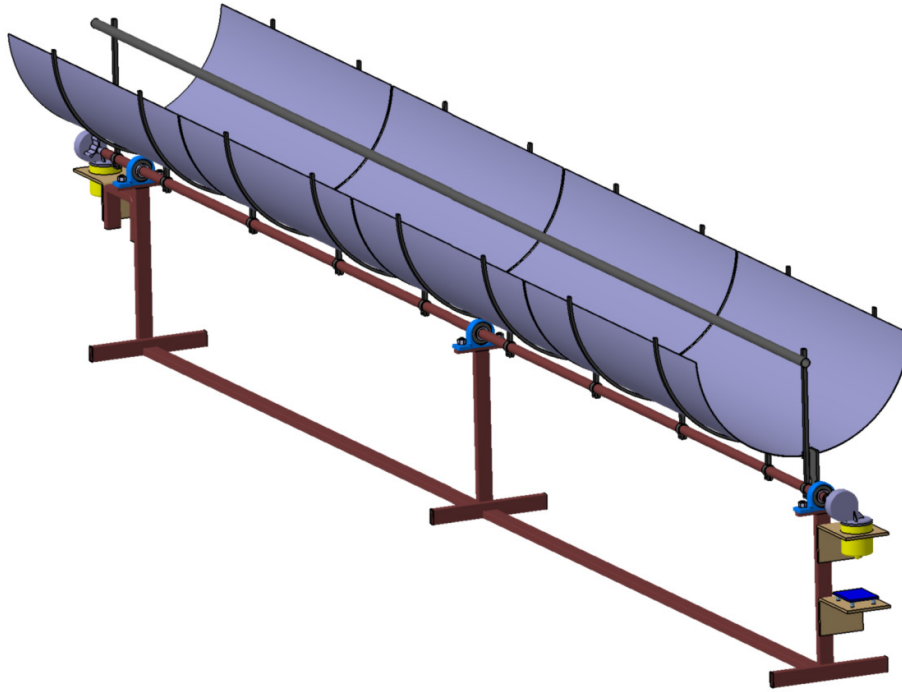
Ekonomik olarak güneş santrali kurulumunda kullanılabilecek tipte bir sistemin birim maliyeti ve 500kW'lık bir sistem kurulumu için gerekli olan maliyetler hesaplanmıştır.

Türkiyede 500 kW'lık bir sistemin lisans almadan kurulabilmesi imkanı vardır. Ayrıca ihtiyaç fazlası olarak üretilen elektriğin de elektrik dağıtım firmaları tarafından alım garantisi vardır.

Yapılan hesaplamalardan eğik yüzeye düşen anlık toplam güneş ışıınımı miktarı $I_T = 647.2$ W/m² bulunmuştur.

500kW'lık bir sistem için 4m uzunluğunda 2m genişliğinde aynalardan oluşan sistemler kullanılması planlanmıştır. Mukavemet açısından bu tip bir sistem kullanılması motor gücü ve konstrüksiyonun dış etkilere karşı dayanabilmesi için tercih edilmiştir.

3.4.1. Tek Eksenli Parabolik Oluk Tip Güneş Takip Sistemi Maliyet Hesabı



Şekil 3.18. 4m uzunluğundaki parabolik oluk tip güneş toplayıcı

Yüzey alanı 2m^2 olan aynalar kullanılmıştır.

Güneş takip sisteminin uzunluğu 4m olacak şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Güneş takip sisteminin yüzey alanı:

$$YA=4*2=8\text{ m}^2\text{ dir.}$$

Bu sistemin Toplam Gücü= $8*647.2=5177.2\text{ W}$ 'tır.

1m^2 ayna fiyatı 76\$ dır(<http://www.youtube.com/watch?v=jBNhJuizQdc>, 2009).

$$1\text{m}^2\text{ ayna fiyatı }=76*1.84=140\text{ TL}$$

1\$ 1.84 TL olarak hesaplanmıştır.

4m'lik sistem için Ayna maliyeti= $140*8=1120\text{ TL}$ dir.

Sistemde kullanılan motor olarak Robotistan marka 12V 110 Rpm L Redüktörlü DC cam kaldırma motoru kullanılması planlanmıştır.Bursa ilindeki rüzgar yükleri düşünülerek sistemde karşılıklı olarak iki adet motor kullanılması planlanmıştır. Bir motorun ortalama fiyatı: 30 TL dir (<http://www.robotistan.com>, 2012).

İki motor maliyeti 60 TL'dir.

Elektronik devreyi oluşturan elemanlar ve fiyatları şu şekildedir.

1. Sistemde 3 adet LDR kullanılmıştır. Birim fiyatı 4TL'dir.
2. Sistemde 1 adtt LM324N entegresi kullanılmıştır. Birim fiyatı 2.5 TL'dir.
3. Sistemde 2 adet Tek Kontak Röle kullanılmıştır. Birim fiyatı 5 TL'dir.
4. Sistemde 1 adet Tip122 Transistör kullanılmıştır. Birim fiyatı 4.5 TL'dir.
5. Sistemde 1 adet 7805 Entegresi kullanılmıştır. Birim fiyatı 8.5 TL'dir.
6. Sistemde 7 adet 120 Ohm Direnç kullanılmıştır. Birim fiyatı 0.2TL'dir.
7. Sistemde herbir motoru sürmek için 4 Amper değerinde güç kaynağına ihtiyaç vardır. Sistemde 2 adet güç kaynağı kullanılmıştır. Fiyatı 30 TL'dir.
8. Sistemde tasarımı yapılan elektronik kartın maliyeti montaj dahil 15 TL olarak hesaplanmıştır.

Elektronik sistemin toplam maliyeti devre tasarımı, elektronik elemanlar ve montaj dahil olmak üzere 129 TL hesaplanmıştır.

Sistemde kullanılan rulmanların birim maliyeti 12TL dir. Sistemde 3 tane rulman kullanılmıştır.

Toplam rulman maliyeti 36TL'dir.

Çelik birim fiyatı 1.39TL/kg olarak hesaplamalarda kullanılmıştır.

Gövde çelik konstrüksiyondan yapılmıştır ve 71.2kg ağırlığındadır. Gövde çelik konstrüksiyonun toplam maliyeti ağırlığı ile çelik birim fiyatı çarpılarak hesaplanmıştır.

Gövdenin toplam maliyeti 99TL'dir.

Alıcı borunun toplam ağırlığı 2.448 kg'dır. Alıcı borunun malzemesi çelik olarak seçilmiştir. Alıcı borunun toplam maliyeti ağırlığı ile çelik birim fiyatı çarpılarak hesaplanmıştır.

Alıcı borunun toplam maliyeti 3.4TL'dir.

4m uzunluğundaki parabolik oluk tip güneş toplayıcı sistemin toplam maliyetini aynanın maliyeti, motorun maliyeti, elektronik sistemin maliyeti, rulmanların maliyeti, alıcı borunun maliyeti oluşturmaktadır.

Güneş takibini gerçekleştiren elemanlar rulmanlar, motorlar ve elektronik sistemdir. Bunların toplam maliyeti güneş takip sisteminin maliyetini verir.

Güneş Takip Sistemi Maliyeti=60+129+36=225TL'dir.

Mekanik kısım, ayna ve alıcı tüm parabolik oluk güneş toplayıcılarda ortaktır.

Gövdenin Toplam Maliyeti=1120+99+3,4=1222,4

Tüm Sistemin Toplam Maliyeti=225+1222,4=1447.4 TL

Kurulacak bir güneş çiftliği projesinde 1Watt güneş enerjisi için güneş takip sistemi üretim maliyeti=1447.4/5177.2=0.28 TL'dir.

Böyle bir sistemde tek eksenli güneş takibi yapılması durumunda %15,5 toplam maliyete etkisi olmaktadır.

3.4.2. 500 kW Güneş Tarlası Maliyet ve Amortisman Hesabı



Şekil 3.19. 500 kW güneş tarlası örnek yerleşimi

Tasarımı yapılan 4m uzunluğundaki 100 adet bağımsız panelden oluşan güneş çiftliği için 19 599 m*21 748 m’lik bir araziye ihtiyaç vardır.

500 kW’lık sistem maliyeti 140 000 TL’dir.

Bu sistem %20 karla satılırsa fiyatı 168 000 TL olacaktır.

Bursa ilinin yıllık ortalama güneşlenme süresi 6.3 saattir (Yiğit ve Atmaca 2010).

Devlet ilk 10 yıllık süre için yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrallerinden üretilen elektriğe 20 avrocent alım garantisi vermektedir.(
<http://www.gunessistemleri.com/elektriksatis.php>, 2011)

Kurulacak sistemde %25 verimle elektrik üretilmesi planlanmaktadır.

500kW olarak kurulan tesiste %25 verimle elektrik üretilmesi durumunda sistemin yıllık kazancı aşağıda hesaplanmıştır.

1Euro 2.37TL olarak hesaplanmıştır.

$500\text{KW} \times 6.3\text{Saat} \times 365\text{Gün} \times 0.25\text{Verim} \times 0.2\text{Euro} = 57488 \text{ Euro} = 136\,245 \text{ TL}$ bir yıllık getirisi vardır.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ



Şekil 4.1. Prototip güneş takip sistemi

Yukarıda tasarımı yapılan ve elemanları açıklanan sistemin prototip imalatı yapılmıştır. Prototip sistemin güneşi takip etmesi sağlanmıştır. Prototip güneş takip sisteminin stabil ve istenen hassasiyette güneşi takip ettiği gözlemlenmiştir.

Prototip imalatının gerçekleştirilmesi sırasında bazı sorunlarla karşılaşmıştır. Bunlar özellikle sensörlerin güneşi takip etmeye başladığı sabahın ilk saatleri, güneşin batışındaki saatler ve havanın bulutlu olduğu zamanlardaki sistemin kararsızlığa düşmesine neden olan düşük ışık şiddetinin olduğu zamanlardır. Düşük ışık şiddeti sistemin referans gerilimine çok yaklaşılmasına ve sistemin kararsızlığa düşerek kısa devre olmasına neden olmuştur. Bu problemin engellenmesi için sisteme ışık seviye sensörü ilave edilmiştir. Bu sensör sayesinde ışık şiddeti belli bir değerin altına düştüğünde sistemdeki akım kesilmekte ve sistemin kararsız çalışması engellenmiş olmaktadır.

Tekil olarak yapılan bu sistemin çok yüksek maliyetlere çıkmadan yapılabileceği görülmüştür. Ülkemizdeki yüksek güneş enerjisi potansiyeli göz önüne alındığında bu sistemlerin yaygınlaşması enerji kaynaklarımızı daha verimli olarak kullanabilmemiz için çok önemlidir. Bu sistemlerin yaygınlaşabilmesi için özellikle yerli üretimin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Tek eksenli güneş takibi yapılması durumunda %15,5 toplam maliyete etkisi olmaktadır. 1-eksenli takip yapmak %31 civarında enerji kazancı sağlamaktadır. Bu da güneş takip sistemlerinin ekonomik olarak kurulabileceğini göstermektedir.

Maliyetler ve amortismanlar bu tip sistemlerin yaygınlaşabilmesi için makul seviyelerde olmalıdır. Yapılan hesaplamalar sonucu 500kW'lık bir güneş takip sistemi yatırımının amortisman süresi 1.23 yıl olarak hesaplanmıştır. Bunun dışında devlet tarafından yerli üretim katkısı, arazi destekleri vb. teşviklerle bu tip bir projenin gerçekleştirilmesi daha da ekonomik olacaktır.

Bu tez göstermiştir ki prototip sistemlerin geliştirilmesi ticari olarak gerçekleştirilecek büyük ölçekli projelerde karşılaşılabilecek problemlerin önceden çözülebilmesini ve ekonomik olarak kullanılabilen projelere temel teşkil etmesi açısından çok önemlidir.

KAYNAKLAR

Anonim,2004. International Population Reports WP/02. Global Population profile. 2002. U.S. Census Bureau ,U.S. Government Printing Office

Anonim,2009. Fotodirençler (Light Dependent resistor).
<http://elektronikprojeler.blogcu.com/etiket/ldr%20nedir-> (Erişim tarihi:02.10.2011).

Anonim,2009. Parabolik oluk tipi güneş kollektörleri.
<http://www.unienerji.com/?p=563-> (Erişim tarihi: 25.12.2011).

Anonim,2009. Through Mirror. <http://www.youtube.com/watch?v=jBNhJuizQdc->
(Erişim tarihi: 24.12.2011).

Anonim,2011. Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri. <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/yogunlastiricilar.html-> (Erişim tarihi: 10.09.2011).

Anonim,2011. Parabolik Oluklu Güneş Enerji Kollektörleri.
<http://www.limitsizenerji.com/haberler/makaleler/1107-parabolik-oluk-kollektorler->
(Erişim tarihi: 05.11.2011).

Anonim,2011. Yenilenebilir Enerji Kanunu.
<http://www.gunessistemleri.com/elektriksatis.php-> (Erişim tarihi: 15.12.2011).

Anonim,2012. 12V Motorlar. <http://www.robotistan.com/12V-110Rpm-L-Redukturlu-DC-Cam-Kaldirma-Motoru,PR-31.html->(Erişim tarihi: 03.01.2012).

Anonim,2012. Solar tracker. http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_tracker- (Erişim tarihi: 05.01.2012).

Appleyard,D.,2009. Solar Trackers: Facing the Sun,<http://renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/06/solar-trackers-facing-the-sun->(Erişim tarihi: 15.07.2011).

Batman, M. A.2001. Elektrik Üretimi için Güneş Pillerinin Kullanımında Verimi Arttırıcı Yeni Bir Yöntem. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Deris, N.1979. Güneş Enerjisi Sıcak Su ile Isıtma Tekniği. Sermet matbaası, İstanbul

Kılıç, A. ve Öztürk, A.1983. Güneş Enerjisi. Kipas Dağıtımçılık, 331s , İstanbul.

Messenger, R.A., Ventre, J. 2004. Photovoltaic Systems Engineering 2nd ed. CRC Pres, New York, 21-25, 31-35, 415-431

Nehoş,O.2007. Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Elde Edilmesi ve Kullanım Alanları. Yüksek Lisans, Dokuz Eylül Üniversitesi

Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdalli, Y. 1997. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri. TÜBİTAK Marmara Arastırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Arastırma Enstitüsü, Kocaeli.

Umut,İ.2008. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Elektrik Enerjisine Dönüştürmede Kullanılan Yöntemler ve Örnek Uygulamalar. Yüksek Lisans ,Trakya Üniversitesi

Yiğit, A. ve Atmaca, İ. 2010. Güneş Enerjisi. Alfa Aktuel Yayınları, 216s , Bursa.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Devrim KALAYCI

Doğum Yeri ve Tarihi : Sinop 16.12.1978

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bursa Yıldırım Bayazid Lisesi 1996

Lisans : Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği 2004

Çalıştığı Kurum : TOFAŞ

İletişim (e-posta) : devrimkalayci@gmail.com