

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ GÜÇ KULELERİ İÇİN ENDÜSTRİYEL PC TABANLI
HELİOSTAT KONTROLÜ**

Onur Mahmut PİŞİRİR

**Danışman
Doç. Dr. Okan BİNGÖL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK BİLGİSAYAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2014**

© 2014 [Onur Mahmut PİŞİRİR]

TEZ ONAYI

Onur Mahmut PİŞİRİR tarafından hazırlanan "**Güneş Güç Kuleleri için Endüstriyel PC Tabanlı Heliostat Kontrolü**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Elektronik Bilgisayar Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Okan BİNGÖL
Süleyman Demirel Üniversitesi



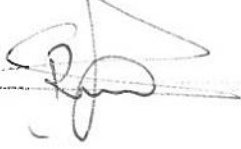
Jüri Üyesi

Doç.Dr. Ecir Uğur KÜÇÜKSİLLE
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd.Doç.Dr. Ramazan ŞENOL
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü Prof. Dr. Ahmet ŞAHİNER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Onur Mahmut PİŞİRİR



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. Yenilenebilir Enerji	8
3.2. Güneş Enerjisi.....	12
3.2.1 Güneş enerjisi kullanımının çevresel etkileri.....	13
3.3. Dünya’da Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	13
3.4. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli	15
3.5. Güneş Enerjisi Teknolojileri	18
3.5.1 Kollektörlü sıcaklık uygulamaları.....	18
3.5.2. Güneş bacası.....	20
3.5.3. Doğrusal fresnel kollektörler	21
3.5.4. Silindirik parabolik kollektörler	22
3.5.5. Parabolik çanak kollektörler	24
3.5.6. Güneş kulesi	25
3.5.6.1. Güneş kulesi uygulamaları	28
3.5.6.1.1. Gemasolar santrali.....	30
3.5.6.2. Güneş alıcısı teknolojileri.....	32
3.5.6.3. Heliostatlar	34
3.5.6.3.1. Heliostat alan yerleşimleri	36
3.6. Mekanik Tasarım.....	36
3.7. Elektronik Tasarım.....	38
3.7.1. Endüstriyel bilgisayarlar.....	38
3.7.1.1. Endüstriyel bilgisayar çeşitleri.....	39
3.7.1.1.1. Endüstriyel anakartlar	39
3.7.1.1.2. Endüstriyel tek kartlı bilgisayarlar	39
3.7.1.1.3. Endüstriyel gömülü sistem bilgisayarlar	40
3.8. PLC.....	43
3.8.1. PLC'nin temel yapısı ve bileşenleri	43
3.8.1.1. Giriş modülü.....	45
3.8.1.2. Çıkış modülü	45
3.8.1.3. Diğer birimler	45
3.8.1.4. Programlayıcı birimi.....	45
3.8.1.5. Çalışma biçimi	46
3.8.1.6. Kullanıcı programının yürütülmesi	46

3.9. Modbus.....	48
3.10. Röleler.....	50
3.11. Step motorlar	53
3.11.1. Step motorların sürülmesi.....	56
3.12. Redüktörler	57
3.13. Encoder	61
3.13.1. Shaft encoder ve hollow shaft encoder.....	62
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	65
4.1. Yazılımlar	65
4.1.1. SQL Dili ve MS-Access.....	65
4.1.2. Visual C# Programlama Dili.....	66
4.2. Sistem Tasarımı ve Uygulanması.....	67
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR	77
EKLER	83
EK A. Çizelgeler	84
ÖZGEÇMİŞ.....	85

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ GÜÇ KULELERİ İÇİN ENDÜSTRİYEL PC TABANLI HELİOSTAT KONTROLÜ

Onur Mahmut PİŞİRİR

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Okan BİNGÖL

Günümüzde büyüyen, gelişen dünya, teknoloji, üretim ve artan nüfus ile birlikte ortaya çıkan sorunlardan en önemlisi enerji ihtiyacının karşılanması olmuştur. Fosil yakıtlar yıllar içinde bilinçsizce tüketilmeye devam edilmekte ve geri dönüştürülebilir olmaması nedeni ile azalmaktadır, nükleer enerji ile çalışan santrallerde yaşanan kazalarla birlikte de alternatif enerji kaynaklarına eğilim son yıllarda artmıştır. Dünya'nın çoğu ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de fosil yakıtlar kullanılmaktadır, bu durum çevresel ve ekonomik alanlarda olumsuzluklar göstermektedir. Güneş enerjisi bakımından ülkemiz ise oldukça verimli olabilecek bir konumdadır.

Bu çalışmada güneş güç kulesi santrallerinde kullanılan heliostatların kontrolü ele alınmıştır. Bu sistemde endüstriyel bilgisayar kullanılmasının amacı, üzerindeki gömülü işletim sistemi ile esnek bir yapı sağlaması, gelişmiş bir yazılım ve veritabanı çalıştırabilmesidir. Prototip bir heliostat üretilerek endüstriyel bilgisayar üzerinden bağlanan bir veritabanı ve elektronik kontrol devreleri ile gün boyunca alacağı açı değerlerine göre çalışması sağlanmış ve incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Güneş Güç Kulesi, Heliostat, Endüstriyel Bilgisayar.

2014, 85 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INDUSTRIAL PC BASED HELIOSTAT CONTROL FOR SOLAR POWER TOWERS

Onur Mahmut PİŞİRİR

**Suleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Electornics and Computer Education**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Okan BİNGÖL

Power problem is one of the most important problems in this developing world. Fossil fuels are being consumed carelessly and they are nonrenewable resources. Fossil fuels' reserves are being depleted faster than new one being made. In terms of nuclear power; any possible plant accident is so dangerous for people and environment, so alternative energy sources are being searched recently. As of other countries around the world, Turkey has been consuming fossil fuels that creates some environmental and economical problems for Turkey. Our country is located in an advantageous position for solar energy .

In this thesis, we studied the control of heliostats which are used in solar power towers. Industrial computers are used in heliostats mainly, because the embedded operating systems built into them are flexible and can operate an improved software and database in these systems. By building a prototype heliostat, we are able to connect a database and an electronic control circuits to an industrial computer. Given two angle values which specifies the target's direction we were able to track the movements of the sun, have the heliostat work properly and analyze the results.

Keywords: Solar Power, Solar Power Tower, Heliostat, Industrial Computer.

2014, 85 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni ynlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrbesi ile alışmamın her aşamasında yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç.Dr. Okan Bingöl'e teőekkürlerimi sunarım. Ayrıca önemli katkılarda bulunan değerli Hocam Yrd.Doç.Dr. Ramazan Şenol'a teőekkürü borç bilirim.

3451-YL1-13 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme, yakın dostlarıma, mesai arkadaşlarıma sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Onur Mahmut Pişirir
ISPARTA, 2014

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Güneş.....	12
Şekil 3.2. Güneş ışınımından en fazla yararlanan bölgeler	14
Şekil 3.3. Türkiye Güneş enerjisi potansiyel haritası.....	16
Şekil 3.4. Türkiye güneşlenme süreleri	16
Şekil 3.5. Global radyasyon değerleri.....	16
Şekil 3.6. Güneş güç sistemleri.....	18
Şekil 3.7. Düzlemsel güneş kolektörü.....	19
Şekil 3.8. Düzlemsel güneş kolektörü yapısı	19
Şekil 3.9. Güneş bacası.....	20
Şekil 3.10. İspanya’da kurulan güneş bacası	21
Şekil 3.11. Fresnel Kollektör Yapısı.....	21
Şekil 3.12. Doğrusal fresnel kolektörlerin çalışma prensibi	22
Şekil 3.13. Doğrusal fresnel kolektörler ile çalışan santral.....	22
Şekil 3.14. Silindirik parabolik kolektör çalışma şeması	23
Şekil 3.15. Silindirik parabolik kolektör	24
Şekil 3.16. Parabolik çanak kolektörün çalışma prensibi	24
Şekil 3.17. Parabolik çanak kolektörler	25
Şekil 3.18. Güneş güç kulesi çalışma prensibi	27
Şekil 3.19. Solar One güneş güç kulesi	27
Şekil 3.20. Tuz eriyikli güç kulelerinin aktarılabiliirliği.....	28
Şekil 3.21. Gemasolar.....	30
Şekil 3.22. Gemasolar çalışma prensibi.....	31
Şekil 3.23. Alıcılar	33
Şekil 3.24. Gemasolar alıcısı	34
Şekil 3.26. İlk tasarım heliostatlar	35
Şekil 3.27. Heliostat tasarımı.....	37
Şekil 3.28. Redüktör, motor ve encoder bağlantısı.....	38
Şekil 3.29. Tek kartlı endüstriyel bilgisayar	40
Şekil 3.30. Raf tipi endüstriyel bilgisayarlar	41
Şekil 3.31. Panel tipi endüstriyel bilgisayarlar.....	41
Şekil 3.32. Advantech ARK 1388V Endüstriyel Bilgisayar	42
Şekil 3.33. PLC sistemi	44
Şekil 3.34. PLC işlem evreleri.....	47
Şekil 3.35. Panasonic PLC	48
Şekil 3.36. Modbus genel komut yapısı	49
Şekil 3.37. Modbus haberleşme komut gönderimi.....	50
Şekil 3.38. Modbus hata cevabı gönderimi.....	50
Şekil 3.39. 12-220 volt röle	51
Şekil 3.41. Motor bağlantı şeması.....	52
Şekil 3.42. Röle Bağlantıları.....	52
Şekil 3.43. Step motor.....	54
Şekil 3.44. Rotoru 60 ⁰ adımlarla dönen step motor şeması	55

Şekil 3.45. Nema 23 Step Motor	57
Şekil 3.46. Planet redüktör.....	59
Şekil 3.47. Planet dişli redüktör	60
Şekil 3.48. Step Motor ve Redüktör Bağlantısı.....	60
Şekil 3.49. Hollow shaft encoder	62
Şekil 3.50. Step motor ve encoder	63
Şekil 3.51. Encoder çıkış sinyalleri.....	64
Şekil 4.1. Veritabanı	66
Şekil 4.2. Sistem blok diyagramı.....	67
Şekil 4.3. Sisteme ait genel yapı.....	67
Şekil 4.4. HeliosControl algoritması	68
Şekil 4.5. PLC Programı.....	69
Şekil 4.6. HeliosControl yazılımı	69
Şekil 4.7. HeliosControl zamanlaması (14:48-14:52)	71
Şekil 4.8. Deneylerin gerçekleştirildiği SDÜ kampüsü.....	72
Şekil 4.9. Deneylerin gerçekleştirildiği alan	72
Şekil 4.10. Heliostat ve temsili kule	73
Şekil 4.11. Gün içinde alınan açı bilgileri.....	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Avrupa ülkelerinde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları.....	10
Çizelge 3.1. Avrupa ülkelerinde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları (Devam)	11
Çizelge 3.2. 2040 yılına kadar yenilenebilir enerji gelişim tahmini gelişimi.....	15
Çizelge 3.3. Deneysel Güneş Güç Kuleleri.....	26
Çizelge 3.4. Çalışan ve proje aşamasında olan güneş güç kulesi uygulamaları.....	29
Çizelge 3.5. Gemasolar genel bilgileri	32
Çizelge 3.6. Sürücü devre elemanları.....	52
Çizelge 3.7. Step motorlar diğer elektrik motorları ile karşılaştırılması.....	55
Çizelge 3.8. Nema 23 step motora ait özellikler	57
Çizelge 3.9. ARS B 58 encodera ait teknik özellikler.....	63
Çizelge 3.10. ARS B 58 encodera ait elektriksel özellikler	64
Çizelge A.1. Advantech ARK-1388V endüstriyel bilgisayar teknik özellikleri	84

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Amper
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AC	Alternatif Akım
ADO	ActiveX Veri Objesi
ADU	Uygulama Veri Ünitesi
AR-GE	Araştırma Geliştirme
ASCII	Bilgi Değişimi İçin Amerikan Standart Kodlama Sistemi
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
CPU	Merkezi İşlem Birimi
Cr	Krom
CO ₂	Karbondiyoksit
°C	Santigrad derece
DC	Doğru Akım
Fe	Demir
GPRS	Genel Paket Radyo Servisi
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
GW	Gigawatt
JDBC	Java Tabanlı Veri Erişim Teknolojisi
Km	Kilometre
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt saat
LVDS	Düşük voltaj Diferansiyel Sinyalleme
Mg	Magnezyum
ms	Milisaniye
MWe	Megawatt elektrik
Ne	Neon
Ni	Nikel
O	Oksijen
ODBC	Açık veritabanı Bağlantısı
PDU	Protokol Veri Ünitesi
PLC	Programlanabilir Lojik Kontrolör
RTU	Uzak Terminal Ünitesi
S	Sülfür
Si	Silikon
SQL	Yapılandırılmış Sorgu Dili
V	Volt
VGA	Video Grafik Dizisi
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
DEKTM	Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
GREC	Green Renewable Energy Consultans

1. GİRİŞ

Dünya'nın bugünkü enerji sistemlerinin çoğu fosil yakıtlara dayalı kurulmuştur ve bu durum fosil yakıtlara bağılılımızı artırmaktadır. Ancak yakın gelecek içinde bu kaynaklar, aşırı kullanımın da verdiği sonuçlar neticesinde azalmaya başlamış, yeni rezerv arayışlarına neden olmuş ya da yeni teknolojilerin bulunmasına yardımcı olmuştur. Uzun vade de ise yeni enerji kaynağı arayışlarına geçilmiştir (Boyle vd., 2003).

Dünya Enerji Konseyi'nin raporlarına göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının 2025 yılına kadar doğrudan yakıt kullanımı olarak %25, küresel elektrik üretimindeki payının %60 olabileceği belirtilmiştir. Dünya'da önümüzdeki yüzyılda petrol ve doğalgaz gibi kaynakların yerine, rüzgar, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılacağından bahsedilmektedir. Çünkü fosil yakıtlar azaldıkça kısıtlı üretilmeye başlanacak ve çok pahalı olacaktır. Tükenecek olmalarının yanı sıra çevresel zararlarının da göz önünde bulundurulmasıyla fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş bu yüzyıl içinde başlamış olacaktır (Ataman, 2007).

Güneş Enerjisi, dünyadaki tüm canlılara hayat veren ana enerji kaynağıdır. Kendisinin başlı başına bir enerji kaynağı olmasının yanında, diğer enerji kaynakları için de temel oluşturmaktadır. Rüzgâr, dalga ve hidroelektrik gibi birçok yenilenebilir enerji kaynağı güneş temellidir. Dünya'ya Güneş'ten gelen bir yıllık enerji yaklaşık olarak 173 milyar MW'tır ve bu enerji miktarı da dünyadaki toplam fosil enerji kaynaklarının yaklaşık 160 katıdır (Sayın, 2006).

Türkiye yenilenebilir enerjilerin en başında gelen ve enerji üretiminde oldukça büyük bir paya sahip olan güneş enerjisi bakımından oldukça yüksek bir potansiyele sahiptir. 36. ve 42. derece Kuzey enlemleri arasında yer alan ülkemiz, coğrafi konumunun ile güneş enerjisi açısından birçok ülkeye göre daha avantajlıdır. Güney Doğu Anadolu, Akdeniz, Ege ve İç Anadolu bölgelerinin güneşlenme süreleri de oldukça uzundur. Türkiye'nin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat, ortalama ışınım şiddeti m² başına 1.311 kWh/yıl

ve güneş enerjisi potansiyeli ise 380 milyar kWh/yıl olduğu görülmüştür. Ancak ülkemizde güneş enerjisinden yeterince yararlanılamamaktadır, bu alandaki çalışmalar 1980'li yıllardan sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemlerinde teknolojik ilerlemeler, maliyetlerinde düşüşler gerçekleşmiş ve yatırımlar da artırılmıştır, ancak çok fazla yararlanabilme noktasına gelinebilmiştir (Öztaşkan, G.).

Güneş enerji sistemlerinde 100 °C ile 350 °C arasındaki sıcaklıklarda güneşi izlemeyen silindirik odaklı toplayıcı uygulamaları kullanılmaktadır. Odaklı toplayıcılar, odak düzleminde, ısı iletim akışkanı barındıran bir yutucu bulunan ayna ya da mercekli sistemlerdir ve güneş ışınlarını yansıtarak veya kırarak belli bir yerde toplarlar. Aynalardan oluşan odaklı toplayıcılar güneş ışınlarını bir kez ya da ardı ardına iki kez yansıtır ve yoğunlaştırır, bu aynalar düz silindirik, konik, küre veya parabolik şekilde olabilir. Toplayıcı tek bir ayna ya da mercekten oluşabileceği gibi birden fazla ayna veya mercekten oluşabilir. Bu sistemlerden bir kısmı Avustralya, Avrupa, ABD ve Japonya'da uygulanmış ve üretilmiştir (Keskin, 2012).

Uygulamada kullanılan diğer bir sistem PV (fotovoltaik) sistemlerdir. Güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirirler ve herhangi bir tüketim maddesine ihtiyaç duymazlar. Elektrik şebekesinin olmadığı yerleşim yerlerinden uzak yerlerde kullanılabilen ve ekonomik olmaktadır. Diğer sistemlerle kolayca birleştirilebildiği ve tasarım açısından avantajlı olmaları nedeniyle son yıllarda ön plana çıkmaktadır. Yapılarına bağlı olarak %5 ile %20 arasında çalışan bir verimlilikle elektrik enerjisi üretebilmektedir. Fotovoltaik sistemler, tek başına çalışan ve şebekeye bağlı çalışan olmak üzere iki kategoriye ayrılabilirler. Tek başına çalışan sistemler genellikle düşük elektrik ihtiyacının olduğu durumlarda kullanılırlar ve enerjiyi depolamak için bir batarya gerektirirler. Şebekeye bağlı sistemler ise bataryaya ihtiyaç duymayabilirler ve yüksek elektrik ihtiyacının olduğu alanlarda kullanılırlar. Şebekeye bağlı sistemlerin amacı, en yüksek verimde güneş enerjisini tek güç faktörü haline getirmektir (Çelik, 2012; Zeray, 2010).

Güneş güç kuleleri, termal güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bu sistemde yüzlerce hatta binlerce ayna merkezi bir kuleye odaklanmıştır, yansıtıcı olarak kullanılan aynalara heliostat ismi verilmektedir. Heliostatlar bilgisayar kontrolü ile direkt güneş ışığını kulenin en üstünde yer alan merkeze odaklar. Bu nedenle odaksal noktayı takip etmek bu sistemler için oldukça önemlidir. Odaklanan noktaya bir alıcı yerleştirilmiştir ve bu alıcının sıcaklığı odaklanmış güneş ışınları ile 1000°C'ye kadar çıkabilmektedir. Sıcaklıkla hava ya da ergimiş tuz bir türbini çevirir ve buradan da elektrik elde edilmiş olur. İspanya, ABD ve İsrail'de yapılan pilot çalışmalarla test edilmiş ve sistemler geliştirilmiştir. İlk ticari olan santral ise İspanya'da kurulmuştur. Gelişen teknoloji ile de etkinliği artırılmış ve santral maliyetlerini düşürecek yollar bulunmuştur (DGS, 2010).

Heliostat güneş güç kulelerinde kullanılan ve güneş ışınları bir noktaya odaklamaya yarayan elektromekanik düzeneklerdir. Yansıtıcı yüzeyi cam kağıtları, düşük metalik özellikli malzemeler, yüzeysel ayna, görünmez koruyucu tabaka gibi katmanlı yapılardan oluşur. Birçok farklı tasarımı vardır ve uygulamalarda bunlar kullanılır. Boyutları küçük olabileceği gibi oldukça büyükleri de bulunur. Yatayda ve dikeyde olmak üzere iki eksenli hareket eder, çalıştırıldığında arama modu ve hedefi bulduğunda ise takip modu başlar, bu sayede güneş güç kulesinde bulunan alıcıya yansıtma yapar. Heliostatlar, genellikle açık döngü modunda çalışırlar ve konumlanmaları için gerekli açılar astronomik hesaplamalarla bulunurlar (Garg ve Prakash, 2000; Xu ve Liang, 2010).

Yapılan çalışmada güneş güç kulelerinde kullanılan heliostatların bir modeli olan prototip tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu heliostat 1 x 1 metre boyutlarında yansıtıcı yüzeye sahiptir, yatayda ve dikeyde olmak üzere iki eksenli hareket eder ve step motor kontrollüdür. Step motorlara bağlanan redüktörler sayesinde de daha hassas bir konumlanma elde edilmiş ve 1.8 derecelik step motor adımları 1/5 oranında azaltılarak 0.36 dereceye kadar düşürülmüştür. Endüstriyel bilgisayar zorlu koşullara dayanabilen, yüksek sıcaklıklarda

alışabilen, fansız olduğu ve mekanik bir disk barındırmadığı için bozulmadan uzun sürelerde çalışabilen yapıdadır. Üzerinde barındırdığı gömülü işletim sistemi, görsel olarak programlanabilen tüm programları alıştırabilmekte, uzaktan kontrole 3G, GPRS, Wi-Fi teknolojileri ölçüsünde izin vermektedir. Çalışma için tasarlanan HeliosControl isimli yazılım bağlandığı veritabanı ile yatayda ve dikeyde hesaplamaya gerek kalmadan heliostatın gün içinde alacağı tüm açıları 4 dakikada bir eker ve motorları kontrol eder. Endüstriyel bilgisayar bu anlamda modern bir yapı oluşturmak için kullanılmış ve gerek arıza tespitinde gerekse birçok heliostatın kontrolü açısından pratik bir çözüm sunmuştur. Aynı zamanda gelecekte kullanılacak sistemler için örnek olabilecek yapıdadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Chen vd. (2001), bir adet ayna yerine 25 adet aynadan oluşan bir sistem geliştirerek, farklı tasarımda heliostat geliştirmişlerdir. Ayna dizisinde bulunan her bir aynayı farklı açılarla konumlayarak yansıtma verimliliğini artırmaya çalışmışlardır.

Kribus vd. (2004), kapalı döngü ile bir heliostatı kontrol etmişlerdir. Bu yöntem büyük ölçüde hedefleme hataları ve kademeli kayma hatalarını önemli bir ölçüde otomatik olarak düzeltebilmişlerdir.

Demirtaş (2006), çalışmasında güneş paneli, sensör ve masaüstü bir bilgisayarın seri portundan haberleşen bir kontrol kartı ile PICC dilinde yazılmış yazılım yardımıyla hibrit step motorları sürerek çalışan bir sistem geliştirmiştir.

Bingöl vd. (2006), güneş takibi için LDR ve mikro denetleyici kullanarak Pascal programlama dili ile bir yazılım geliştirerek örnek bir model oluşturmuştur.

Badescu (2008), heliostatların güneş takibinde ortaya çıkan takip hatalarını matematiksel olarak pratikte alınan verileri ve teorikte hesaplanan sonuçları veritabanında kaydederek karşılaştırmış ve irdelemiştir.

Vachiraprakarnsakul ve Wongsaisuwan (2008), heliostatların güneşi yansıtırken bozucu dış etkilere maruz kalmasından kaynaklanan kalibrasyon problemlerini ele almış ve kalibrasyonu kontrol edip hataları gideren matematiksel bir yaklaşım sunmuştur.

Şenol (2009), bir güneş güç kulesi için kullanılacak heliostatların yerleşimi, sayılarının belirlenmesi ve maliyetleri ile ilgili bir çalışma yapmış ve bu çalışmasında 2 adet farklı tasarımdan oluşan asenkron motorla, PIC kullanılarak heliostatları kontrol eden bir sistem geliştirmiştir.

Guo vd.(2009), heliostat yerleşim alanı ile kulenin üzerindeki alıcı alanını, yapısını geometrik optik teorilere göre incelemiş ve farklı olanlarla karşılaştırarak aralarındaki bağıntıyı göstermiştir.

Schell (2010), esolar firması tarafından kurulan heliostatların yapısını ve yerleşimini incelemiş, hibrit step motor kullanılan ve pozisyon bilgisini belirleyen sensörlerin olmadığı bir sistemin ayrıntılarını vermiştir.

Alexopoulos ve Hoffschmidt (2010), Almanya'da bulunan güneş enerjisi potansiyellerinden ve elektrik üretimi kapasitelerinden bahsetmiş, Akdeniz ülkelerinden Yunanistan ve Kıbrıs'ın bu teknolojiden nasıl yararlanabileceğini, ekonomik olarak getirilerini ele almıştır.

Masters (2011), mikrokontrolöre bağlı bir kamera yardımıyla doğru renklere göre takip yapan bir sistem oluşturmuştur. Bu sistem de aynı zamanda step motorlar tarafından çalıştırılan bir platform üzerine kurulmuştur.

Younis vd. (2011), heliostat odaklamaları için farklı bir tasarım geliştirerek yansıtılan güneş ışığını maksimuma çıkarmayı amaç edinmişlerdir. CCD kamera yardımı ile güneşin gerçek zamanlı olarak 3 boyutlu hareketini izlemiş kablosuz olarak bunu diğer aynalara göndermek için gerekli deneyleri ve denemeleri gerçekleştirmişler ve sonuçları irdelemişlerdir.

Rhif (2011), yatay ve dikey yönde hareket edebilen bir fotovoltaik paneli, sensörsüz, mikrodenetleyici yardımıyla kontrol eden bir sistemin simülasyonunu gerçekleştirmiş ve sonuçlarını sabit bir sistemin verileri ile karşılaştırarak verimini irdelemiştir.

Wei vd. (2011), heliostatlar için düzgün olmayan yüzeylerden gelen ışınımın doğrultulması ve hedefe varması için gerekli hesapları irdelemişler ve model oluşturmuşlardır.

Ali vd. (2012), su tankını ısıtmak için kullanılabilir küçük çapta iki heliostat sistemini oluşturmuş, CCD kamera ve güneşin konum açıları ile gerçek zamanlı bir algoritma kullanarak deneylerini gerçekleştirmişlerdir.

Diaz vd. (2012), step motor kontrollü 9 adet mini heliostatı çöl ortamında bir laptop üzerinde çalışan LabView yazılımı ile test etmişlerdir.

Zhang vd. (2012), 1MW gücünde güneş güç kulesi için heliostat yerleşim sistemi üzerinde durmuşlar ve sonbahar dönemi için gerekli olan hesaplamaları gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmayı yaparken heliostatların birbirlerini gölgelendirmemesi için ayrıca çalışmışlardır.

Cabezas vd. (2012), IEEE 802.15.4 standardına uygun gerçek santrallerde kullanılan bir network ağını MATLAB kullanarak simüle etmiş ve sonuçları gerçek verilerle karşılaştırmıştır.

Collado ve Guallar (2012), en iyi heliostat yerleşim alanı üzerinde çalışmışlar, birbirlerini bloke eden ve birbirlerine gölge yapan heliostatların optimum tasarımı üzerine çözüm getirmeye çalışmışlardır. Her heliostatın gölgeleme ve birbirini bloke etmesine karşın campo code denilen hesaplama yönetimini kullanmışlardır. Campo kodlaması heliostatların bu problemlerine çözüm olarak sunulmuş ve hesaplamaları açıklanarak optimizasyonu simüle edilmiştir.

Pfahl vd. (2013), heliostatların tasarımına ve maliyetine etki eden faktörleri ele almışlardır. Rüzgar etkisi, heliostatın yapıldığı malzeme, yerleştirildiği alanın özellikleri incelemiş birbirine uyumlu malzemeleri belirlemiş ve enerjinin avantajlı kullanılabilmesi için farklı bir tasarım geliştirmiştir.

Chaib vd. (2013), MATLAB tabanlı bir yazılım geliştirerek güneşin günlük, aylık ve yıllık konumlarını hesaplatmıştır. PLC ile de çalışan bir robot model oluşturarak heliostat yönlendirmesine mühendislik ve ekonomik açıdan farklı bir yaklaşım getirmiştir. Robotiğin yenilenebilir enerji alanında da kullanılabilirliğini simülasyonunu yaptığı çalışmasında göstermiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar oldukça eskiye dayanmaktadır. Bazı kaynaklarda Sokrat'ın M.Ö 400 yılında evlerin güney yönüne fazla pencere konularak güneş ışığının eve alınabileceğini belirtmiştir. Arşimet (M.Ö. 250) içbükey aynalarla güneş ışığını odaklayarak Sirakuza'yı kuşatan gemileri yakmıştır. 1600'lü yıllarda Galile'nin merceği bulmasıyla güneş enerjisi kullanımı gelişme göstermiştir. İlk olarak 1725 yılında Belidor tarafından güneş enerjisi ile çalışan bir su pompası geliştirilmiştir. Fransız bilim adamı Mohuchok 1860'da parabolik ayanlar yardımı ile güneş ışınımını odaklayarak küçük bir buhar makinesi üzerinde çalışmış, güneş pompaları ve güneş ocakları üzerinde deney yapmıştır.

19. yüzyılın sonunda petrolün önem kazanması ile güneş enerjisi alanında çalışmalar azalmaya başlamıştır. Ancak daha sonra petrolün azalması ile yeniden alternatif enerji arayışlarına gidilmiş, masrafsız ve temiz olan güneş enerjisi üzerine çalışmalar artmıştır (Güneş Sistemleri, 2008).

3.1. Yenilenebilir Enerji

Fosil yakıtların genellikle ülkelerin ulusal sınırları içinde olduğundan ve Kuzey Afrika ve Ortadoğu'da yoğunlaşması nedeniyle de zaman zaman krizler yaşanmış ve savaşlar çıkmıştır. 1970'lerde yaşanan "petrol krizi" ve 1990'larda Körfez Savaşı yaşanmıştır. Mevcut durum değişmediğinden dolayı benzer problemlerin yakın gelecekte de çıkması muhtemeldir. Ayrıca petrol fiyatlarındaki aşırı artışlar nedeniyle küresel ekonominin sarsılması da söz konudur (Boyle vd., 2003).

Yenilenebilir enerji doğada bulunan ve bir kez kullanıldıktan sonra tükenmeyen enerjidir. Fosil kökenli yakıtların bir gün tükenecek olması yenilenebilir enerjinin alternatif olarak kullanılmasına olanak vermiştir. Ayrıca kullanılan fosil kökenli yakıtların oluşturduğu CO₂ emisyon değerlerini artırdığı için küresel ısınma dediğimiz olumsuz koşulları ortaya çıkarmaktadır. Yenilebilir

enerji kaynaklarının en önemli özelliği ve fosil kökenli yakıtlardan temelde ayrıldığı nokta, fosil yakıtların kullanıldıktan sonra asla dönüştürülemedir (Ağaçbiçer, 2010).

Yenilenebilir enerji kaynakları;

- Rüzgar Enerjisi
- Güneş Enerjisi
- Biokütle Enerjisi
- Hidrolik (Su) Gücü
- Jeotermal Enerji
- Dalga Enerjisi

olmak üzere temel gruplara ayrılmıştır. Ülkemizde her bir enerji kaynağı bakımından oldukça yüksek bir potansiyele de sahiptir. Bu potansiyelin kullanılması için de yönelimler vardır, kullanılmaları durumunda ise dışa bağımlılığımızda önemli azalmalar kaydedilebilir (Cingil, 2008).

Avrupa Birliği İstatistik Bürosu Eurostat'ın yapmış olduğu istatistiklere göre ise Avrupa'da yenilenebilir enerji için kullanılan kaynakların dağılımı Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Avrupa ülkelerinde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları (Eurostat, 2013)

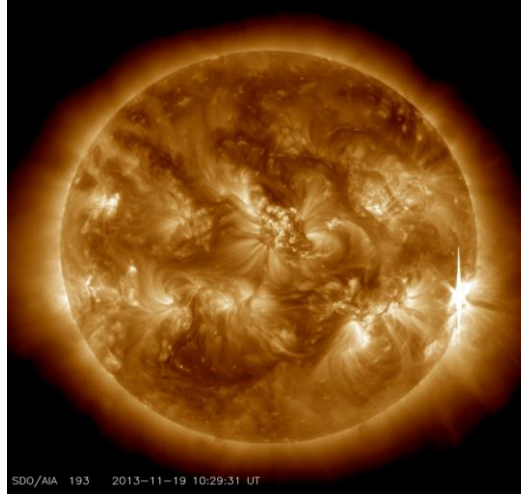
	Birincil Üretim Eşdeğer Petrol (x 1000 Ton)		Toplam Pay, 2010 (%)				
	2000	2010	Güneş Enerjisi	Biyokütle ve Atık	Jeotermal Enerji	Hidrolik Enerji	Rüzgar Enerjisi
EU-27	96.650	166.647	2,2	67,6	3,5	18,9	7,7
Euro Bölgesi	65.006	118.679	2,9	64,3	4,8	19,0	9,0
Belçika	534	1.989	3,0	89,8	0,2	1,4	5,6
Bulgaristan	780	1.475	0,8	63,6	2,2	29,5	4,0
Çek Cumhuriyeti	1.339	2.900	2,1	88,6	0,0	8,3	1,0
Danimarka	1.766	3.123	0,5	77,6	0,3	0,1	21,5
Almanya	9.094	32.746	4,4	78,7	1,6	5,4	9,9
Estonya	512	988	0,0	97,3	0,0	0,2	2,4
İrlanda	235	620	1,0	51,8	0,0	8,4	39,0
Yunanistan	1.403	1.985	9,9	44,7	1,4	32,3	11,7
İspanya	6.928	14.657	7,0	42,2	0,1	24,8	25,9
Fransa	15.874	20.793	0,5	69,1	0,4	25,6	4,1
İtalya	9.598	16.328	1,8	37,3	29,2	26,9	4,8
Kıbrıs	44	77	79,2	15,6	1,3	0,0	3,9
Letonya	1.393	2.101	0,0	85,4	0,0	14,4	0,2
Litvanya	682	1.185	0,0	94,0	0,4	3,9	1,6
Lüksemburg	39	92	3,3	81,5	0,0	9,8	5,4
Macaristan	830	1.922	0,3	91,4	5,2	0,8	2,4
Malta	0	0	:	:	:	0,0	0,0
Hollanda	1.347	2.896	1,0	86,6	0,3	0,3	11,8

Çizelge 3.1. Avrupa ülkelerinde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları (Eurostat, 2013) (Devam)

	Birincil Üretim Eşdeğer Petrol (x 1000 Ton)		Toplam Pay, 2010 (%)				
	2000	2010	Güneş Enerjisi	Biyokütle ve Atık	Jeotermal Enerji	Hidrolik Enerji	Rüzgar Enerjisi
Finlandiya	7.748	9.030	0,0	87,4	0,0	12,3	0,3
İsveç	14.741	17.408	0,1	65,4	0,0	32,8	1,7
İngiltere	2.264	5.327	1,7	76,0	0,0	5,8	16,4
Norveç	13.481	11.554	0,0	11,9	0,0	87,5	0,7
İsviçre	4.437	4.968	1,0	31,3	5,2	62,4	0,1
Hırvatistan	879	1.232	0,4	39,9	0,6	58,1	1,0
Makedonya	322	422	0,0	47,6	2,8	49,5	0,0
Türkiye	10.102	11.627	3,7	38,9	16,9	38,3	2,2
Avusturya	6.608	8.600	2,0	57,1	0,4	38,4	2,1
Polonya	3.808	6.849	0,0	94,0	0,2	3,7	2,1
Portekiz	3.759	5.438	1,4	55,1	3,5	25,5	14,5
Romanya	4.040	5.677	0,0	69,6	0,4	29,6	0,5
Slovenya	788	1.041	0,6	59,5	2,7	37,3	0,0
Slovakya	496	1.398	0,0	67,0	0,6	32,3	0,1

3.2. Güneş Enerjisi

Güneş Sistemi içindeki gezegenimiz Dünya'nın konumu ve atmosferik yapısı bakımından Güneş en temel enerji kaynağıdır. Canlılar için yaşamın kaynağıdır. Güneş'in çapı Dünya'nın çapının 109 katı (1.5 milyon km), hacmi 1,3 milyon katı ve ağırlığı 333.000 katı kadardır. Yoğunluğu ise Dünya'nın yoğunluğunun $\frac{1}{4}$ 'ü kadardır. Güneş kendi eksenini etrafında saatte 70.000 km hızla döner ve bir tam turunu yaklaşık 25 günde tamamlar. Güneşin yüzey sıcaklığı 5500 °C ve çekirdeğinin sıcaklığıysa 15,6 milyon °C'dir (NASA, 2013). NASA gözlem evinden çekilmiş bir fotoğrafı Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Güneş'ten çıkan enerjinin 2,2 milyarda 1'i yeryüzüne ulaşır. Geriye kalan enerjisi uzayda kaybolur. Güneş'in üç günde yaymış olduğu enerji, Dünya'daki tüm petrol, ağaç, doğalgaz, vb. yakıta eşdeğerdir. Güneş ışınları 8,44 dakikada yeryüzüne ulaşır. Güneş yüzeyi kütlesinin %74'ünü ve hacminin %92'sini oluşturan hidrojen, kütlesinin %24-25'ünü ve hacminin %7'sini oluşturan helyum ile Fe, Ni, O, Si, S, Mg, C, Ne, Ca, ve Cr gibi diğer elementlerden oluşur (Wikipedia, 2013).



Şekil 3.1. Güneş (NASA, 2013)

Güneş enerjisini kullanarak elektrik enerjisi elde etmek ilk defa Gerald Pearson, Calvin Fuller ve Daryl Chapin tarafından 1954 yılında gerçekleştirilmiştir. Üç araştırmacı, %6 enerji dönüşüm verimliliğine sahip silisyum güneş pili için doğrudan güneş enerjisinden yararlanmışlardır. Bir dizi silikon şeridi güneş ışığı alacak şekilde yerleştirerek serbest elektronların yakalanmasını sağlamış

ve elektrik akımına çevirmişlerdir (Bockris vd., 1993). 1970'lerden sonra güneş enerjisinden elektrik elde etme çalışmaları oldukça hızlanarak yaygınlaşmış ve 40 yıldır kullanılan bir teknoloji haline gelmiştir.

3.2.1 Güneş enerjisi kullanımının çevresel etkileri

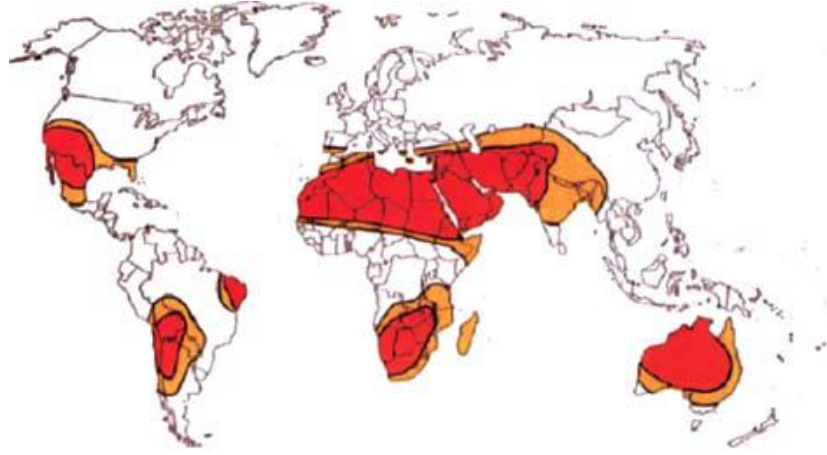
Güneş enerjisi en fazla bulunan, sürekli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olmasının yanında çevreyi kirletici bir etkisi de bulunmamaktadır. Güneş enerjisinin kullanıldığı santraller, fosil yakıtlar için kullanılan santrallerden işletme kolaylığı, maliyet, daha basit bir teknoloji gerektirmesi gibi alanlarla ayrılırlar. Güneş enerjisi kaynaklı sistemlerle atmosfere ve çevreye zehirli gazlar, radyoaktif maddeler, kimsayasal maddeler gibi atıklar bırakılmadığından oldukça fazla avantaj sağlar. Bu sistemlerde oluşacak atık malzeme yalnızca sistemde kullanılan malzemelerden oluşmaktadır, ancak bu da fosil yakıtlı bir enerji üretim sisteminde kullanılan miktardan oldukça düşüktür. Ayrıca uzun ömürlü malzemeler oldukları için sürekli atık madde oluşumunun önüne geçilmiştir. Enerji verimliliği açısından, güneş enerjisi kullanan sistemler genellikle tarım açısından verimsiz arazilere kurulduğundan dolayı etraftaki canlı yaşamına da zarar vermemektedir (Keskin, 2012).

Güneş enerjisi kullanan sistemlerin çevreye karşı avantajlarının yanında, kullanılacak alanlara yakınlığı nedeniyle enerji kayıplarının azaltılması, elektrik kalitesinin artırılması ve gerilim düşmeleri sonucunda oluşan arızaların yaratabileceği zararları azaltarak milli ekonomiye katkıda bulunacaktır. Bu sistemlerin kısa sürede devreye sokulabilmesi, uzun yıllar sorunsuz çalışabilmesi, değiştirilebilir olması da diğer enerji üretim sistemlerinden üstünlüğünü göstermektedir (Keskin, 2012).

3.3. Dünya'da Güneş Enerjisi Potansiyeli

Güneş enerjisi Dünya atmosferinin dışında, güneşin görüldüğü her metrekarede 1.367 Watt'dır. Dünyanın Güneş etrafında dolaştığı yöründe asimetrik olduğundan ve atmosferin yapısından dolayı bu büyük miktardaki enerji

yeryüzüne ulaşmadan dağılmaktadır. Güneş enerjisinin ulaştığı bölgedeki miktarı ve kalitesi oraya yapılacak güneş enerjisi sistemleri için büyük önem taşır. Şekil 3.2’de Dünya üzerine düşen ışınlardan en fazla yararlanan bölgeler görülmektedir.



Şekil 3.2. Güneş ışınlamından en fazla yararlanan bölgeler (DEKTM, 2012)

Son 10 yılda, dünyada güneş elektrik enerjisi kapasitesi yaklaşık % 1000 oranında artmıştır. 2007 yılında yapılan çalışmalar ile güneş enerjisi ve yenilenebilir enerji kapasitesini artırmak için, enerji santrali kurulması, araştırma ve geliştirmeye dünya çapında 100 milyar ABD dolarından fazla harcanmıştır. Bu çalışmalar ile yenilenebilir enerji üretim kapasitesi 2004 yılına göre %50 artışla, 2007 yılında Dünya’da 240 GW’lık bir kapasiteye yükselmiştir (DEKTM, 2012).

Dünyadaki toplam elektrik ihtiyacı her yıl %2,4 oranında artmaktadır ve bu ihtiyacın 2030 yılında 2000 yılına göre iki kat daha fazla olacağı öngörülmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın raporuna göre artan elektrik talebi karşısında, 2021-2030 yılları arasındaki 10 yıllık sürede yatırım ihtiyacı 2.6 trilyon dolardan 3.9 trilyon dolara yükselecektir. Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency -IEA) raporunda, 2000 yılında yaklaşık 3.3 milyon MW olan dünyadaki elektrik üretim kapasitesinin 2020 yılına kadar 5.8 milyona yükseleceğini belirtmektedir. Dünyanın dört bir yanında yılda 15 milyar doların

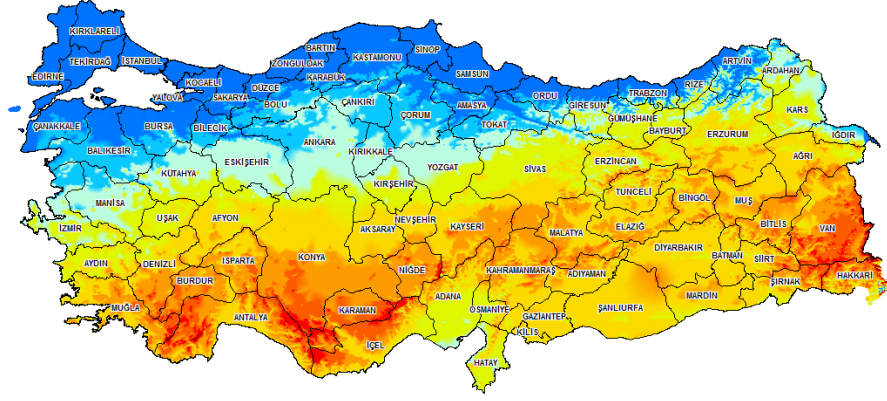
üzerinde yenilenebilir enerji sistemi kurulumu gerçekleşmektedir. İspanya ve Yunanistan'ın yanı sıra, diğer tüm AB ülkeleri de termal güneş sistemi kullanımının yayılması için proje sahiplerine teşvik sağlamaya önem vermektedir. ABD'de eski ve riskli teknolojilerle kurulmuş şebeke bağlantılı sistemleri 20 yıldan fazla bir süredir faaliyettedir. Dünya üzerinde yenilenebilir enerji alanında çalışmalar ve güneş enerjisi kapasiteleri artırmak için çalışmalar devam etmektedir (Greenway, 2013). Çizelge 3.2'de 2040 yılına kadar yenilenebilir enerji gelişim tahmini gelişimi gösterilmiştir (DEKTM, 2009).

Çizelge 3.2. 2040 yılına kadar yenilenebilir enerji gelişim tahmini gelişimi (DEKTM, 2009)

	2001	2010	2020	2030	2040
Dünya Birincil Enerji Tüketimi (Mtep)	10038,5	11752	13553	15547	17690
Biyokütle	1080	1291	1653	2221	2843
Büyük Hidroelektrik	222,7	255	281	296	308
Küçük Hidroelektrik	9,5	16	34	62	91
Rüzgar	4,7	35	167	395	584
Fotovoltaik	0,2	1	15	110	445
Güneş Isıl	4,1	11	41	127	274
Güneş Isıl Enerji	0,1	0,4	2	9	29
Jeotermal	43,2	73	131	194	261
Deniz (gel -git/dalga/okyanus)	0,05	0,1	0,4	2	9
TOPLAM YEK	1364,5	1682,5	2324,4	3416	4844
YEK katkısı	%13,6	%14,3	%17,1	%22,0	%27,4

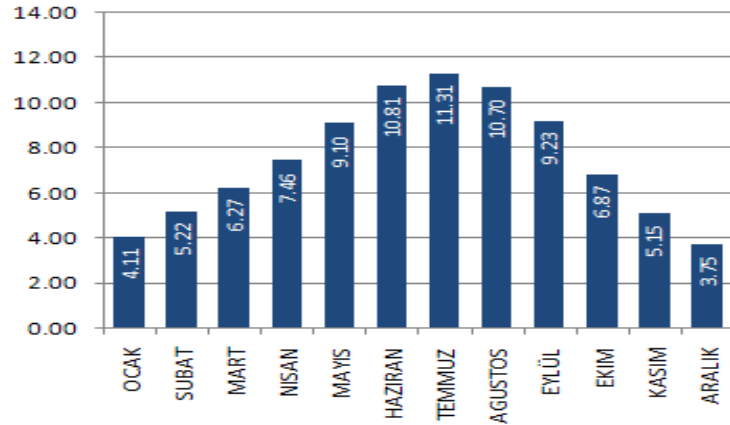
3.4. Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz güneş enerjisi bakımından oldukça verimli bir coğrafi konuma sahiptir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalar, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel haritasının oluşturulmasına katkıda bulunmuş ve bu harita Şekil 3.3'te gösterilmiştir (YEGM, 2012).

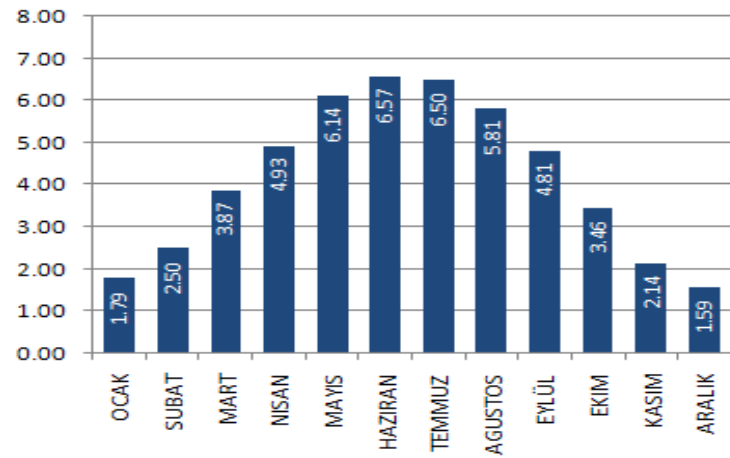


Şekil 3.3. Türkiye Güneş enerjisi potansiyel haritası (YEGM, 2012)

Haritayı oluşturan verilere göre ise ülkemizin güneşlenme saatleri Şekil 3.4'te ve radyasyon değerleri ise 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Türkiye güneşlenme süreleri (YEGM, 2012)



Şekil 3.5. Global radyasyon değerleri (YEGM, 2012)

Türkiye'nin güneş enerjisi konusunda başarılı olabilecek bir potansiyele sahiptir, ancak bu konuda biraz daha fazla çalışma gerekmektedir. Bu nedenle hükümet, büyüyen güneş enerjisi pazarı karşısında stratejik hedefler koymalıdır. Enerji için artan talebi karşılamak amaçlı enerji üretim politikaları belirlenmelidir. Yerel güneş enerjisi teknolojileri üretmek yatırım maliyetlerini azaltacaktır. Tüm ülke çapında güneş enerjisini kullanılabilir hale getirmek ve geliştirmek için hükümet, üniversiteler ve şirketleri mali destek vererek araştırmaya teşvik etmelidir (Çetin ve Eğrican, 2011).

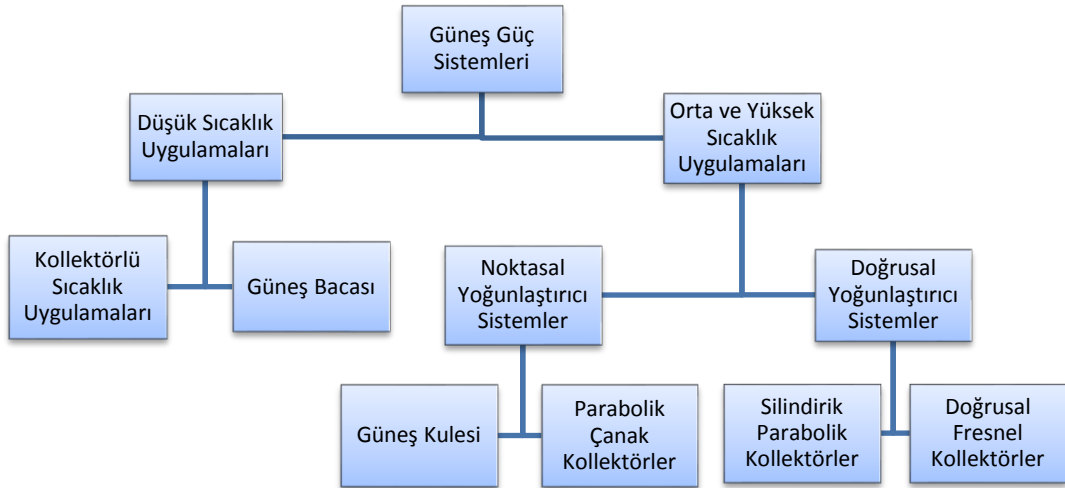
Güneş enerjisi üretim için kurulacak santraller oldukça büyük alanlar kaplamaktadır. 1 MW enerji için 10-30 dönüm (1 dönüm 1.000m²) araziye ihtiyaç vardır. Bu arazilerin de tarıma uygun olmayan verimsiz arazilerden karşılanmasına ayrıca dikkat edilmelidir. Çünkü tarım arazilerinin ve güneş enerji santrallerinin kurulması için en önemli ortak özellik, eğimi az ve güneş alan yerlere ihtiyaç duyulmasıdır. YEGM tarafından yapılan araştırmalar ile Türkiye'de 12.000 km² niteliksiz arazi bulunduğunu göstermiştir. Bu alanlardan elde edilebilecek enerji ise yaklaşık 500.000 MW'a karşılık gelmektedir (Çelik, 2012).

Ülkemizde son yıllarda enerji verimliliğini artırmak ve dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla birçok kanun çıkarılmış ve bununla ilgili de düzenlemeler getirilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi için teşvik 6446 sayılı "Elektrik Piyasası Kanunu" ve 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ile sağlanmaktadır (EPDK, 2013). Ayrıca bu kanunlar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırmak ve sera gazı etkilerini azaltmak amacını da taşımaktadır. Güneş enerjisine yönelik teşvikler her ne kadar AB ülkelerinin çok gerisinde de olsa, güneş enerjisi zengini ülkemiz için uygun teşvikler ve AR-GE çalışmaları ile önemli bir pazar yaratabilecek konuma gelebilecektir (Karataş, 2009). 6094 sayılı kanun ile devlet, güneş enerjisi ile üretilen elektriğe kWh başına 13,3 cent alım garantisi vererek yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütleden

sonra kWh başına verilen en yüksek fiyat desteğini sağlamıştır (Mahmutoğlu, 2013).

3.5. Güneş Enerjisi Teknolojileri

Güneş enerjisini kullanmak için birçok teknoloji geliştirilmiştir ve bu teknolojilerin bir kısmı Güneş enerjisini ışık ya da ısı enerjisi şeklinde direk olarak kullanırken, geri kalan teknolojiler de Güneş enerjisinden elektrik elde etmek şeklinde kullanılmaktadır. Isıl güneş enerjisi sistemleri, düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere ikiye ayrılabilir (Ergün, 2011). Şekil 3.6'da güneş güç sistemlerinin detaylı bir diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Güneş güç sistemleri (Ergün, 2011)

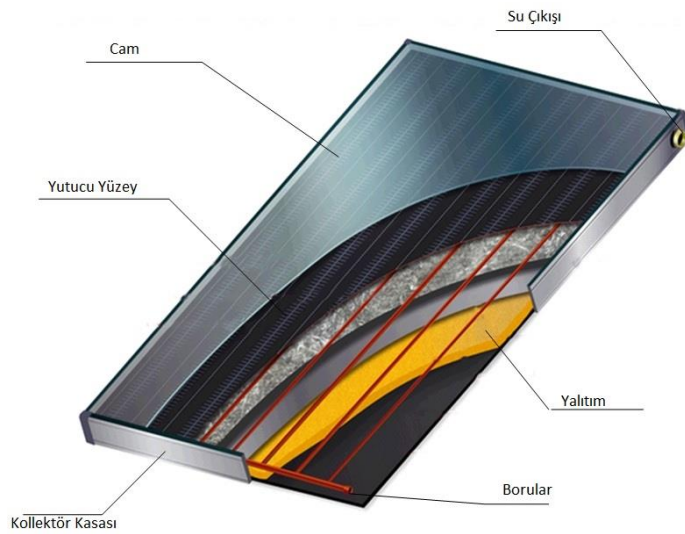
3.5.1 Kollektörlü sıcaklık uygulamaları

Kollektörlü sıcaklık uygulamalarında en fazla kullanılan teknoloji düzlemsel güneş kollektörleridir. Düzlemsel güneş kollektörleri genellikle ev kullanımında su ısıtılmak ya da yerden ısıtma gibi çok yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulmayan alanlarda kullanmak için geliştirilen bir teknolojidir. Şekil 3.7'de bir örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Düzlemsel güneş kolektörü (Sea Solar Store, 2007)

Bu tip güneş kolektörleri cam, yutucu yüzey, borular, ısı yalıtımı ve kolektör kasası gibi parçalardan oluşur ve güneş enerjisinin bir kısmını absorbe edip ısıya çevirerek kolektör içerisindeki sıvıya iletirler. Güneş ışınları camdan yansır, bir kısmı da saydam örtüde absorbe edilir. Kolektör üzerine gelen güneş ışınlarının yutucu yüzeye ulaşması ile yutucu yüzeyin özelliğine göre değişik oranlarda absorbe edilir ve bu yolla elde edilen enerji akışkan boruların yardımı ile depoya gönderilir. Şematik olarak Şekil 3.8 üzerinde gösterilmiştir (Zobia ve Bansal, 2011)

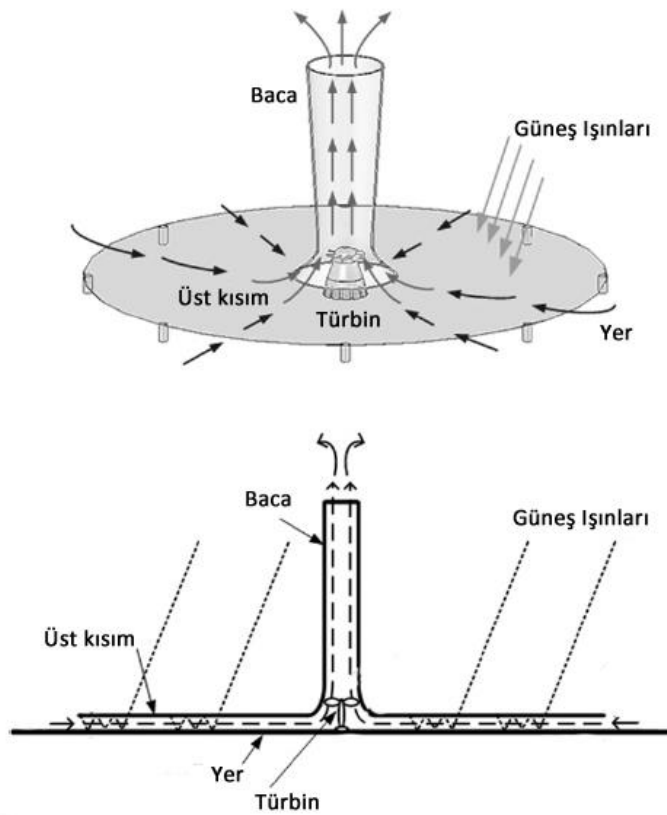


Şekil 3.8. Düzlemsel güneş kolektörü yapısı (GREC, 2013)

3.5.2. Güneş bacası

Güneş bacası, geniş bir kollektör alanı ile merkezi bir bacadan oluşan bir sistemdir. Bu sistemde sıcak hava, geniş bir cam kollektör altında güneş tarafından üretilir ve ısınan havanın yükselmesi mantığıyla kollektörün merkezindeki bacaya doğru hareket eder ve yukarıya doğru yükselir ve bacadaki rüzgâr türbinini çalıştırır. Böylelikle ısı enerjisi harekete ve son olarak da elektrik enerjisine çevrilmiş olur. Şekil 3.9'da güneş bacasının yapısı gösterilmiştir (Ergün, 2011).

Güneş bacasının teorik çalışmaları yaklaşık 100 yıl önce Almanya'da başlamış ve diğer güneş enerji sistemlerinin gelişmesine katkıda bulunmuştur. Üzerinde çok fazla araştırma yapılmasa da Şekil 3.10' da İspanya'da 50 kW gücünde deneme tesisi oluşturulmuş ve faaliyetleri incelenmiş ve teorik olarak katkı sağlamıştır (Vogel ve Kalb, 2010).



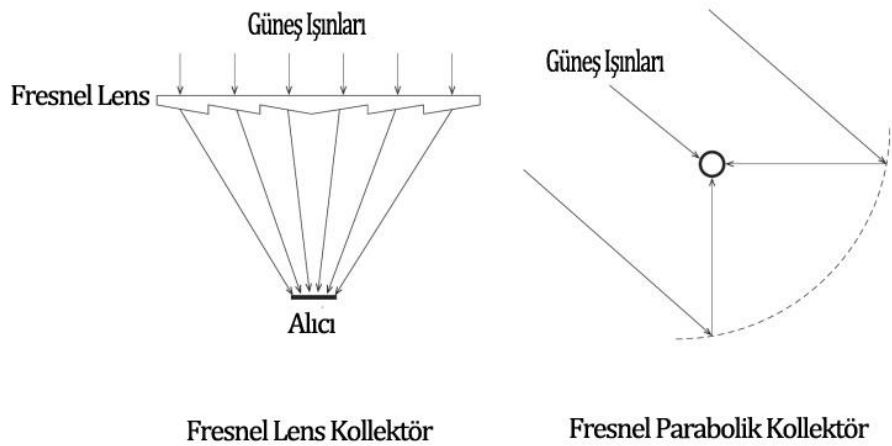
Şekil 3.9. Güneş bacası (Çözüm Kumbarası, 2014)



Şekil 3.10. İspanya’da kurulan güneş bacası (Vogel ve Kalb, 2010)

3.5.3. Doğrusal fresnel kolektörler

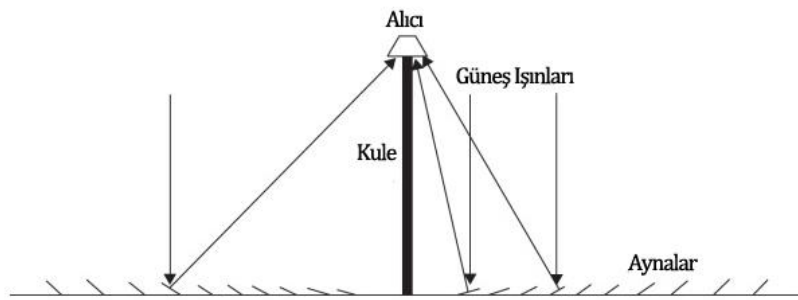
Fresnel kolektörlerinin iki farklı çeşidi vardır: bunlar fresnel lens kolektörler ve doğrusal fresnel kolektörlerdir. Bu kolektörler güneş ışınlarını bir sabit alıcıya yansıtacak, bir dizi olacak şekilde yapılanmıştır. Parabolik yapıda olanlara karşın doğrusal olanları daha çok kullanılmaktadır (Kalogirou, 2013). Şekil 3.11’de iki yapı da gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Fresnel Kollektör Yapısı (Kalogirou, 2013)

Sistem ilk olarak İtalya Cenova’da üretilmiş ve denenmiştir. Daha sonra ise 1979 da detaylı bir proje oluşturulmuş ve 61 metre yüksekliğinde, 1.68 km uzunluğunda düzlemsel sistem ile santral kurulması planlanmıştır. Ancak ödenek yetersizliğinden dolayı pratikte hayata geçirilememiştir.

Sistemin dezavantajlarından biri ayna dizilimlerinin birbirlerine gölge yaparak bloklaması ve verimi düşürmesidir. Şekil 3.12’de bu sistemin çalışma prensibi gösterilmiştir, Şekil 3.13’te ise çalışan bir sistemden örnek verilmiştir (Kalogirou, 2013).



Şekil 3.12. Doğrusal fresnel kollektörlerin çalışma prensibi (Kalogirou, 2013)

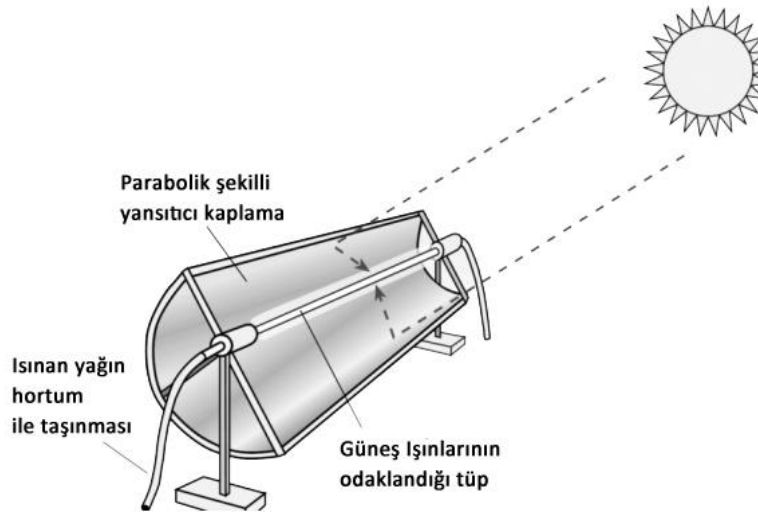


Şekil 3.13. Doğrusal fresnel kollektörler ile çalışan santral (Novatec Solar, 2013)

3.5.4. Silindirik parabolik kollektörler

Silindirik parabolik yoğunlaştırıcı sistemler, en yaygın kullanılan ve teknik olarak yeterliliği kanıtlanmış olanlardır. Bir silindirik parabolik kolektör güneş

ışınlarını odak eksenini üstünde konumlandırılmış alıcı borusu üzerinde yoğunlaştıran doğrusal parabolik bir aynadan oluşur. Alıcı parabolik aynanın orta kısmının biraz üstüne yerleştirilmiş içinde akışkan bulunan bir borudur. Genellikle kuzey-güney ekseninde yerleştirilmiş ayna; gündüz saatlerinde güneşi doğudan batıya doğru izleyerek güneş ışınlarını, alıcı üstünde eksen boyunca odaklar ve boru içinden akmakta olan akışkanı 150–370°C sıcaklığa ısıtır ve ısınmış akışkan güç üretimdeki ısı kaynağı durumuna gelir. Bir sonraki aşamada akışkan üzerindeki ısı çevrim suyuna aktarılır ve elde edilen su buharı buhar türbinini döndürür. Silindirik parabolik kolektörler güneş tarlası üzerinde paralel ve seri bağlı sıralar halinde yerleştirilir ve böylece geniş bir alan üzerine düşen güneş enerjisi, güç merkezinde toplanarak elektriğe dönüştürülür. ABD Kaliforniya'daki SEGS ve Nevada'daki Nevada Solar One santralleri yanında; İspanya'daki çok sayıda ticari santral bu teknolojiyle kurulmuşlardır. Mevcut teknolojiler arasında en olgunu ve yılların işletme tecrübesiyle ticari olarak kredilendirilebilir olanı silindirik parabolik sistemdir (Livatyalı ve Yıldırım, 2012). Şekil 3.14'te parabolik silindirik kolektörün çalışma şeması, Şekil 3.15'de ise uygulamada yer alan hali gösterilmiştir.



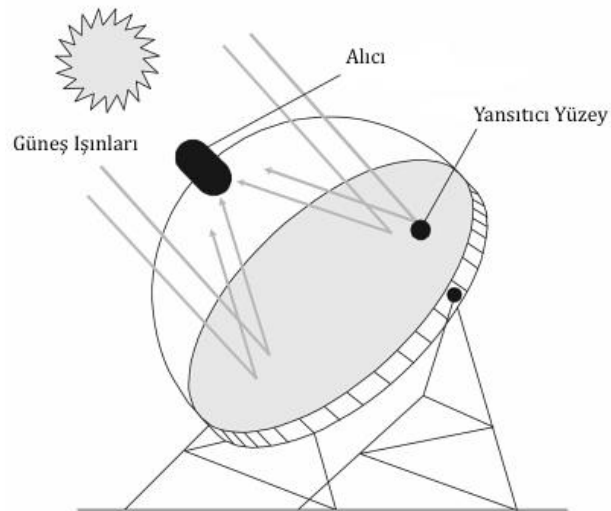
Şekil 3.14. Silindirik parabolik kolektör çalışma şeması (Limitsiz Enerji, 2013)



Şekil 3.15. Silindirik parabolik kollektör (Unienerji, 2007)

3.5.5. Parabolik çanak kollektörler

Parabolik çanak sistemler güneşten alınan ışınlarla elde edilen termal enerjiyi mekanik enerjiye oradan da elektrik enerjisine çevirirler. Aslında şu anda da kullanılan santraldeki mantıkla çalışmaktadır. Kimyasal enerji içeren fosil yakıtlar yanınca termal enerji elde ediliyor ve buradan elektrik enerjisine çevriliyor. Parabolik çanak sistemler, iki eksende güneşi takip ederler ve güneş ışınlarını optik odağında bulunan alıcıya yansıtırlar. Şekil 3.16'da çanak sistemin çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Parabolik çanak kollektörün çalışma prensibi (Groenendaal, 2002)

Aynanın odak noktasında Stirling ya da Brayton motoru bulunur ve bu motorlar ısınan transfer akışkanı sayesinde elektrik üretirler. Parabolik çanak kolektörler 1000°C'ye kadar ulaşabilirler ve düşük başlangıç kayıplarına sahiptirler. Kullanılan en verimli sistemlerden biridir. Güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde % 30 civarında verim elde edilebilmektedir. Şekil 3.17'de uygulamada kullanılan parabolik çanak kolektörleri gösterilmiştir (Groenendaal, 2002).



Şekil 3.17. Parabolik çanak kolektörler (YEGM, 2012)

Parabolik çanak kolektörler 5-10 m çapında ve 40 ile 120 m² yansıtma yüzeylerine sahip olabilirler. Yansıtıcı yüzey genellikle alüminyum, plastik ya da parlak cam malzemeden yapılabilir. Ancak en iyi performans 1 mm kalınlığında parlak cam ile elde edilmiştir. Yansıtmayı artırmak için bu parlak cam belli miktarda demir içermelidir ve bu karışım %90-94 gibi bir yansıtma kapasitesine sahiptir. Bu sistemler 5 ile 50 kW arasında elektrik üretecek kapasiteye sahiptirler (Pavlovi vd., 2012).

3.5.6. Güneş kulesi

Güneş güç kuleleri 1980'lerin başından bu yana, Rusya, İtalya, İspanya, Japonya, Fransa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilen bir sistemdir. Bu deneysel tesisler güneş enerjisi kulelerinin elektrik üretebileceğini kanıtlamak için inşa

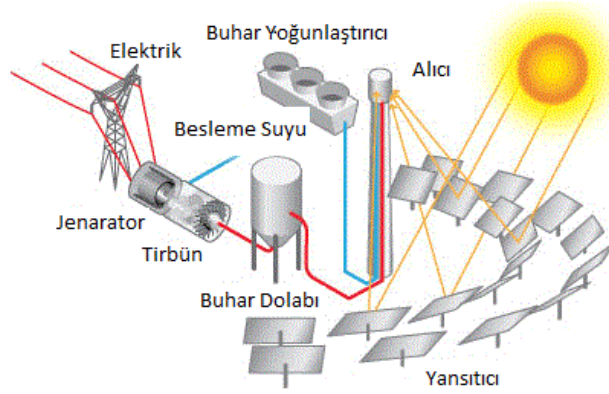
edilmiştir. 1980 yılından bu yana yapılan deneysel çalışmalardan bazıları Çizelge 3.3'te verilmiştir. Bu deneysel sistemlerde, sistemin temel bileşenleri ile geliştirilmesi gereken parçaların öğrenilmesi ve geliştirilmesi düşünülmüştür (Groenendaal, 2002).

Çizelge 3.3. Deneysel Güneş Güç Kuleleri (Groenendaal, 2002)

Proje	Ülke	Güç(MW)	Isı Transfer Akışkanı	Depolama Ortamı	Yıl
SSPS	İspanya	0.5	Sıvı Sodyum	Sodyum	1981
EURELIOS	İtalya	1.0	Buhar	Nitrat Tuzu/Su	1981
SUNSHINE	Japonya	1.0	Buhar	Nitrat Tuzu/Su	1981
Solar One	ABD	10.0	Buhar	Yağ/Taş	1982
CESA-1	İspanya	1.0	Buhar	Nitrat Tuzu	1983
MSEE/Cat B	ABD	1.0	Ergimiş Nitrat	Nitrat Tuzu	1984
TBEMIS	Fransa	2.5	Isı Transfer Tuzu	Isı Transfer Tuzu	1984
SPP-5	Rusya	5.0	Buhar	Buhar/Su	1986
TSA	İspanya	1.0	Hava	Seramik	1993
Solar Two	ABD	10.0	Ergimiş Nitrat	Nitrat Tuzu	1996
Solar Spire	İsrail	0.25	Hava	-	2000

Güneş güç kuleleri, güneş ışınlarını kule tepesine monte edilmiş olan alıcıya odaklayarak elektrik üreten sistemlerdir. Sistemde, gelen güneş ışınlarını yansıtmak ve alıcıya odaklamak için heliostat olarak adlandırılan, yüzlerce ya da binlerce güneş izleme aynaları kullanılır (Şenol vd., 2011). Şekil 3.18'de Güneş kulesi çalışma prensibi gösterilmiştir. Güneş güç kulesi sisteminde, heliostat olarak adlandırılan iki eksenli güneşi takip eden aynalar güneş enerjisini kulenin tepesine yer alan alıcıya yansıtırlar. Burada, alıcıya gelen güneş enerjisi, transfer akışkanı tarafından absorbe edilir ve sonra bir buhar türbininde buhar üretmede kullanılır. Ergimiş tuz kullanılan sistemlerde depolama tankları 13 saat'e kadar tam üretimdeki bir türbin gücüne yetecek kapasite ile dizayn edilebilir. Çünkü tuz kullanılan sistemler enerjiyi depolayabilmektedir. Kuleyi çevreleyen alan, tesisin yıllık verimini optimize edecek şekilde düzenlenir. Alan ve alıcının boyutları işletmenin ihtiyaçlarına da bağlı olarak değişir. Tipik bir kurulumda güneş enerjisinin toplanması, türbine buhar sağlayacak maksimum

gereksinim miktarının aşılmasıyla meydana gelir. Sonuç olarak, tam kapasite üretim yapan tesis ile aynı anda ısıl depolama sistemi de yüklenebilir (Şenol, 2009).



Şekil 3.18. Güneş güç kulesi çalışma prensibi (YEGM, 2012)

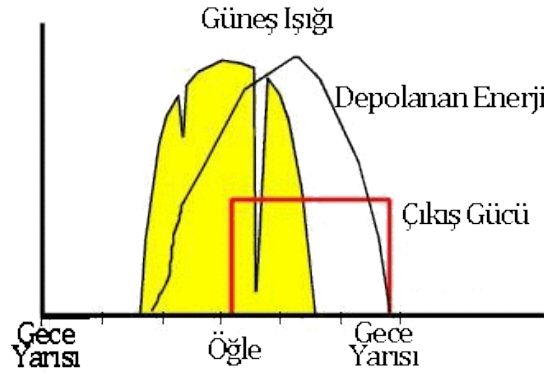
Alıcı içinden geçen ergimiş tuz, sıcak gaz veya su gibi bir çalışma sıvısı alıcı içinde 500–1000°C sıcaklığa ulaşır ve ısıyı kulenin hemen dibindeki güç merkezine taşır ve enerji dönüşümü buhar veya gaz türbini tarafından sağlanır. Yüksek maliyet nedeniyle ticari uygulama olarak parabolik oluk sistemlere kıyasla henüz yaygınlık kazanamamış bu sistemlerde, hem verim daha yüksektir hem de güneşin zayıfladığı veya olmadığı saatlerde elektrik üretimini sağlamak üzere enerji (ısı) depolama daha kolaydır. ABD ve İspanya’da şebeke ölçeğinde pilot tesislerde uzun ömürlü alıcı ve düşük maliyetli ayna geliştirme çalışmaları sürmektedir (Livatyalı ve Yıldırım, 2012). Şekil 3.19’da çalışan bir güneş güç kulesi gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Solar One güneş güç kulesi (Global Greenhouse Warming, 2013)

Tuz eriyikli bir güneş kulesinden elektriğin aktarımı herhangi bir gün için yük-aktarım kapasitesinin Şekil 3.20’de gösterilmiştir. Şekilde güneş yoğunluğu, sıcak tanktaki enerji depolaması ve elektrik güç çıkışı gösterilmektedir. Bu örnekte, güneş tesisi güneşin doğuşundan sonra ısıl enerji toplamaya başlar ve ilerleyen zaman dilimlerinde tankta biriktirilen enerji sıcak tankta depolanır.

Şebekenin en yüksek yük talebine karşılık, türbin saat 13:00’da çalışmaya başlar ve saat 23:00’a kadar güç üretimine devam eder. Depolamayla, jeneratörden üretilen güç güneş yoğunluğundaki farklılıklardan dolayı ve sıcak tanktaki depolanmış enerjinin tümü tüketilinceye kadar korunmaktadır (Yabuz, 2009).



Şekil 3.20. Tuz eriyikli güç kulelerinin aktarılabilirliği (Yabuz, 2009)

3.5.6.1. Güneş kulesi uygulamaları

Uygulamada birçok deneysel tesisin yanı sıra, ticari olan ve yüksek kapasiteli çalışan da birçok santral mevcuttur. Çizelge 3.4’te uygulamada ve yapım aşamasında olan projeler gösterilmiştir. Gemasolar ergimiş tuz ile oluşturulan ilk ticari güneş güç kulesi olduğu için, bu tesisin incelenmesi anlatılmıştır.

Çizelge 3.4. Çalışan ve proje aşamasında olan güneş güç kulesi uygulamaları (NREL, 2013)

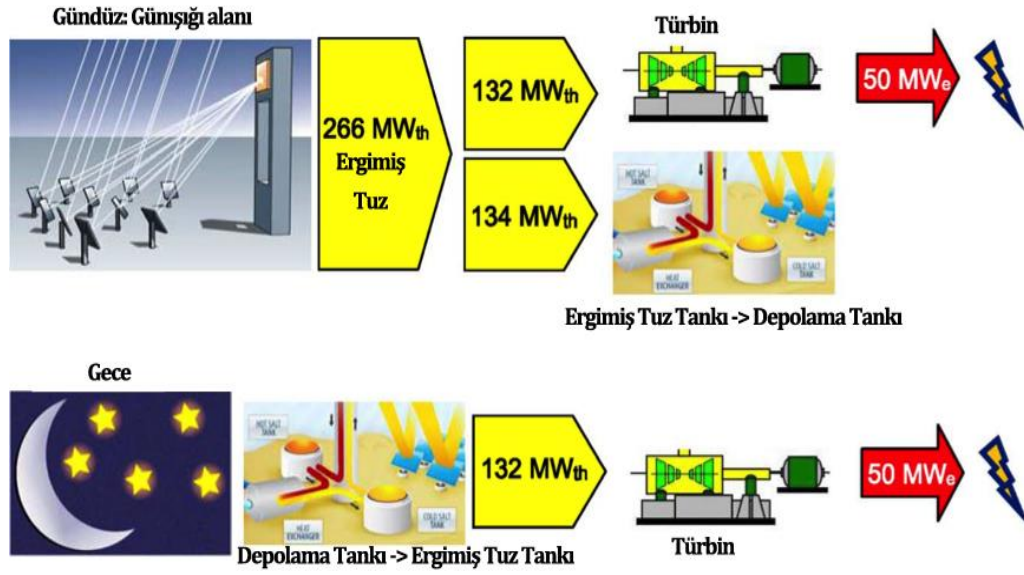
Proje	Ülke	Güç (Mw)	Isı transfer akışkanı	Çalışmaya başlama tarihi	Heliostat alanı (m ²)	Heliostat sayısı	Kule yüksekliği (m)
CME Solar Tower	Hindistan	2.5	Su/Buhar	2011	16,222	14,280	46
Ashalim 1	İsrail	121.0	-	Yapım aşamasında	-	-	-
Crescent Dunes	ABD	110.0	Ergimiş tuz	Yapım aşamasında	1,071,361	17,170	165
Dahan Power Plant	Çin	1.0	Su/Buhar	2012	10,000	100	118
Gemasolar Thermosolar Plant	İspanya	19.9	Ergimiş tuz	2011	304,750	2,650	140
Ivanpah Solar Electric Generating System	ABD	377.0	Su	Yapım aşamasında	2,600,000	173,500	140
Jülich Solar Tower	Almanya	1.5	Hava	2008	17,650	2,153	60
Khi Solar One	Güney Afrika	50.0	Su/Buhar	Yapım aşamasında	576,800	4,120	200
Lake Cargelligo	Avusturalya	3.0	Su/Buhar	2011	6,080	620	-
Palen Solar Electric Generating System	ABD	500.0	-	Yapım aşamasında	-	-	-
Planta Solar 10	İspanya	11.0	Su	2007	75,000	624	115
Planta Solar 20	İspanya	20.0	Su	2009	150,000	1,255	165
Rice Solar Energy Project	ABD	150.0	Ergimiş tuz	Yapım aşamasında	1,071,361	17,170	165
Sierra SunTower	ABD	5.0	Su	2009	27,670	24,360	55
Supcon Solar Project	Çin	50.0	Ergimiş tuz	Yapım aşamasında	434,880	217,440	80

3.5.6.1.1. Gemasolar santrali

Gemosolar Güneş Güç Kulesi ısı transfer sıvısı olarak ergimiş tuzu kullanan ve gelişim olarak “Solar One” ve “Solar Two” projelerine öncülük eden kavramlardan yararlanılarak oluşturulmuş bir santraldir. Başlangıçta “Solar Tres” diye anılmış ancak daha sonradan adı değiştirilmiştir. SENER firması tarafından 2001 yılında başlayan çalışmalarla 2006 yılında tamamlanan bir proje olmuştur. Gemasolar Güç Kulesi Şekil 3.21’de gösterilmiştir. Tesisin en büyük avantajı %99 verimle ısı depolayabilmesidir. Sistemde ısı kayıplarına neden olan unsurlar sadece tank duvarları ile yaşanan ve ortamlar arası ısı alışveriş sırasında yaşananlardır. Buhar ile çalışan sistemlerde verim alabilmek için sistemi yeniden ısıtmak yüksek basınç gerektirmektedir. Ancak termal sistemlerde dönüşüm kayıpları depolama etkinliğini etkilememektedir. Gemasolar depolamak için ergimiş tuz kullanır bu nedenle gündüz 17 MWe türbin kapasitesine ulaşan sistem geceleri aynalardan yansıyan güneş ışığı olmasa bile 15 saat boyunca elektrik üretmeye devam ederek 17 MWe üzerine çıkacak kapasitede çalışmaya devam eder. Bu durum Şekil 3.22’de gösterilmiştir (Dunn vd., 2011).



Şekil 3.21. Gemasolar (Dunn vd., 2011)



Şekil 3.22. Gemasolar çalışma prensibi (Dunn vd., 2011)

SENER firması tarafından Gemasolar santralının avantajları şu şekilde açıklanmıştır;

- Alıcı teknolojisi çok yüksek sıcaklıklarda, yüksek termal döngünün etkilerini karşılayabilmektedir.
- Ergimiş tuzun kullanılması yüksek termal performans sağlamaktadır.
- Andasol sisteminde kullanılan tuzun 3 katı kadar daha fazla enerji sağlayabilmektedir.
- %12-15 arasında hibrit sistemlerle entegre olabilmektedir (Martin, J.C., 2006).

Gemasolar santali için genel bilgiler Çizelge 3.5'te belirtilmiştir.

Çizelge 3.5. Gemasolar genel bilgileri

Ülke	İspanya
Şehir	Fuentes de Andalucía
Bölge	Andalucía (Sevilla)
Koordinatlar	37°33' 44.95" Kuzey, 5°19' 49.39" Batı
Kapladığı alan	195 Hektar
Güneş Işınımı Kaynağı	2,172 kWh/m ² /yıl
Elektrik Üretim Kapasitesi	110 MWh/yıl
Firma	SENER
Geliştirenler	Torresol Energy
Toplam Heliostat Alanı	304,750 m ²
Toplam Heliostat Sayısı	2650
Heliostat Üreticisi	SENER
Kule Yüksekliği	140m
Isı Transfer akışkanı	Ergimiş Tuz (sodyum ve potasyum nitrat)
Alıcı Giriş Sıcaklığı	290°C
Alıcı Çıkış Sıcaklığı	565°C
Alıcı Sıcaklık Farkı	275°C
Türbin Kapasitesi(Net)	19.9 MW
Termal Depolanma Kapasitesi	15 saat

3.5.6.2. Güneş alıcısı teknolojileri

Güneş güç kulelerinde en önemli temel bileşenlerden biri heliostatlar tarafından yansıtılan güneş ışığının yoğunlaştığı nokta olan alıcılardır. Geometrik düzenlemeye göre harici ve kavite tipi alıcılar olmak üzere iki çeşidi vardır. Kaviteli alıcılarda, heliostatlardan yansıyan odaklanmış güneş ışınları ısı transfer yüzeyine ulaşmadan önce bir boşluktan geçer. Kaviteler açılı şekilde yerleştirilmiştir ve devamında alanın kuzeyinde ya da güneyinde kullanılırlar. Harici alıcılar, düz borulu panel ya da silindirik olmak üzere iki çeşittir. Silindirik alıcılar dağılım açısının 180 derece olduğu yerlerde ve genellikle dört yönlü bir alan düzenlemesinde kullanılırlar. Şekil 3.23 alıcıların yapısını göstermektedir. Alıcılar, çalışma akışkanına enerji transferinde kullanılan alıcı malzemelerine bağlı olarak direkt ya da endirekt olarak güneş ışığına maruz kalabilirler. Direkt olarak güneş ışığına maruz kalan alıcılar akışkanlardan ya da yoğunlaştırılmış akıyı verimli şekilde absorbe eden parçacıklardan faydalanırlar. Parçacıklı alıcı dizaynları akışkan yatak tekniğinden faydalanırlar ve birçok uygulamada, atmosfere sızıntıyı önlemede kullanılırlar. Direkt alıcılar

ise şeffaf bir pencereye sahip olmalıdır, pencerelenmiş alıcılar kimyasal uygulamalar için kullanılmaktadır. Tek pencerelerin boyutunun sınırlı olması nedeniyle alıcıların gruplar halinde olması verimliliği artırmaktadır. Alıcıların endirekt olarak ısıtılması durumunda, ışınım/transfer ısı dönüştürücü yüzeyi ya da mekanizması bu alıcının en önemli bileşeni haline gelir. Genellikle borulu paneller ya da hacimsel yüzeyler ısı transferi için kullanılırlar. Borulu paneller içindeki soğutucu ısı transfer akışkanı, boru içine akar ve harici panel yüzeyince toplanan ısı, transferle uzaklaştırılır (Şenol, 2009).



Şekil 3.23. Alıcılar (Şenol, 2009)

Gemasolar santralinde kullanılan alıcı teknolojisi ısı kayıplarını azaltmak için gerekli optimizasyona sahiptir. Ayrıca maksimum etki ile minimum verim alınması için gerekli akışkan teknolojisine sahiptir, bu akışkan teknolojisi basınç kaynaklı kayıpları da azaltmaktadır. İnce duvar yapısı sayesinde de etki artırılmıştır, SENER firmasının aldığı patent ile de dayanıklılık ve alıcı ömrü geliştirilmiştir. Bu sayede de tüm santralin verimi artmıştır. Gemasolar Santralinde kullanılan alıcı ve kule Şekil 3.24'te gösterilmiştir (Martin, J.C., 2006).



Şekil 3.24. Gemasolar alıcısı (Martin, J.C., 2006)

3.5.6.3. Heliostatlar

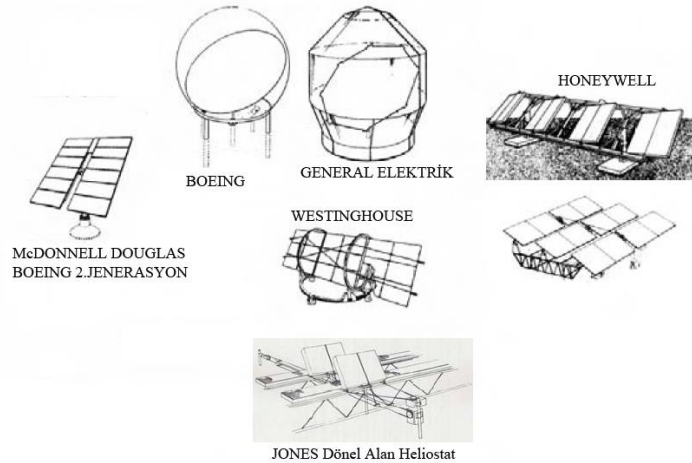
Heliostat güneş ışığını, güneş güç kulesindeki alıcıya odaklayan yapılardır. Heliostatlar güneşi belli bir referansla takip eder. Şekil 3.25'te örnek bir heliostat gösterilmiştir. Açık döngü kontrol sistemleriyle oluşturulan yapı ile Güneş'in konumuna göre hesaplanan açılarla alıcıya yansıtırlar. Takip modu ve kalibrasyon modu olmak üzere iki çeşit modu bulundurabilirler. Kalibrasyon modunda, heliostatların dış etkiler nedeni ile oluşan sapma hatalarını gidermek için kullanılan algoritmalar mevcuttur. Takip modunda ise sadece güneşi belli açılarla takip eder (Vachiraparakarnsakul ve Wongsaisuwan, 2008).

Heliostatlar güneş güç kulelerinin en önemli parçalarıdır. Santral maliyetinin yaklaşık %40'ını heliostatların maliyeti oluşturmaktadır. Ayrıca üretilecek elektriğin maliyetine de etki etmektedir. Heliostatların ağırlıkları, yapıldıkları malzemeler de güç gibi değişkenleri etkilemektedir (Pfahl vd., 2013).



Şekil 3.25. Heliostat (Plataforma Solar de Almería, 2014)

Heliostatların geliştirilmesi 1975 yılında A.B.D'deki dört endüstri kuruluşunun ilk tasarım heliostatu tamamlamak üzere bir araya gelmesi ile başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda maliyeti ön plana çıkaran çalışmalarla birlikte her kuruluş 4 ile 6 adet heliostat üretmiştir. 1977 yılında geliştirilmeye başlanan ikinci tasarım heliostatlar ile maliyetler önemli derecede azalmış ve farklı prototipler yapılarak 1981 yılına kadar denemeler yapılmaya devam edilmiştir (Şenol, 2009). İlk tasarım heliostatlar Şekil 3.26'da gösterilmiştir.



Şekil 3.26. İlk tasarım heliostatlar (Şenol, 2009)

3.5.6.3.1. Heliostat alan yerleşimleri

Güneş güç kulelerinde en önemli faktörlerden biri heliostat alan yerleşimidir. Isı kayıplarını en aza indirmek için alıcı ile heliostat alanının etkileşimi esas olarak heliostat alanının yüksek verim için nasıl tasarlandığına bağlıdır. Heliostat alan koordinatları ve alıcının geometrik verileri tarafından yönetilir. Heliostat alan kayıpları esas kosinüs, gölgeleme, engelleme, atmosferik zayıflama ve dökülme kayıplarını içerir. Kosinüs, atmosferik zayıflama, heliostat geometri ve pozisyon bağımsız ise bu kayıplar arasında, gölgeleme ve engelleme, sadece komşu heliostat arasında meydana gelir, fakat enerji oranı ve alıcı açıklık gelmeden yoğunluğuna etkisi oldukça fazla olur (Zhang vd., 2011).

Heliostatların alan yerleşimleri kurulacak santralin ekonomik olabilmesi için önemlidir. Ayrıca yıllık verimi bakımından ve sistem performansı açısından da önemlidir. Heliostatların yantısma yaptığı kule yüksekliği, heliostat boyutları ve birbirlerini gölgelememesi açısından gerekli koordinatların tespiti farklı çözümler gerektirmektedir. Yerleşimde, alanın halkalara ayrılması ve heliostatların uygun şekilde yerleştirilmesi esastır (Şenol vd., 2011).

3.6. Mekanik Tasarım

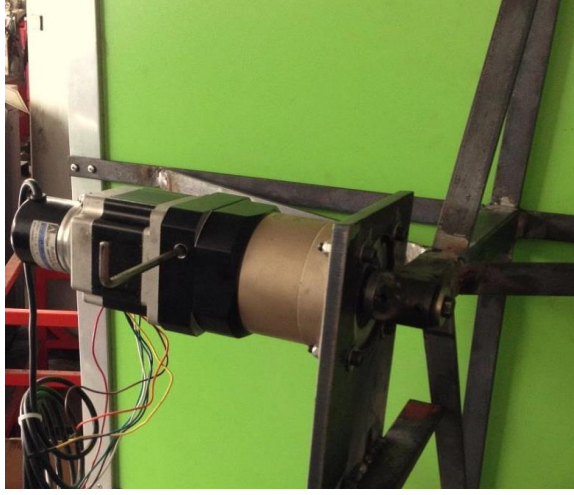
Çalışma için bir adet heliostat tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Bu tasarımda ayna, üst motor, encoder ve redüktörün, alt motora verdiği ağırlığın etkisi rulman yardımı ile azaltılmıştır. Üst motor yataklamasında ise aynanın ağırlığına eşit ve ters yönde bir ağırlık eklenerek motora binen yük azaltılmıştır. Şekil 3.27'de heliostat tasarımı gösterilmiştir.



Şekil 3.27. Heliostat tasarımı

Ayakların yere genişleyerek oturması ve ağır olması aynanın rüzgar gibi dış etkilerden olabildiğince az etkilenmesini sağlamak için düşünülmüştür. Bu nedenle de demir profilden bir yapı oluşturulmuştur. Ayrıca yan kapaklar kapandıktan sonra da elektronik kartların, endüstriyel bilgisayarın gizlenmesi ve korunması için de uygun olmuştur.

Heliostat tasarımının da ayna seçimine geçildiğinde ise 1x1 metre ayna boyutları seçilmiş ve yapı buna göre oluşturulmuştur. Aynanın gövde ile tutturulmasında ise yine hafif olması amaçlı alüminyum bir çerçeve yaptırılmış ve gövdeye sabitlenmiştir. Üretim tamamlandıktan sonra motorlar, redüktörler ve encoderlarla birlikte tasarımındaki gibi gerekli yerlerine yerleştirilmiş ve test aşamasına geçilebilmiştir. Heliostatın açılarının nasıl değiştiğini izlemek ve pozisyon bilgisini alabilmek için encoder kullanılmıştır. Hassas açı ve kilitlenme için de redüktör kullanılmıştır. Şekil 3.28'de tasarımın geliştirilme aşaması gösterilmiştir.



Şekil 3.28. Redüktör, motor ve encoder bağlantısı

3.7. Elektronik Tasarım

3.7.1. Endüstriyel bilgisayarlar

Endüstriyel bilgisayarlar ölçüm denetim ve veri toplama alanında kullanılan özel bilgisayarlardır. Sanayi üretimi yapmak, yönetmek ve dağıtık sanayi otomasyonu kontrol ve merkezi entegre otomasyonunu doğru kullanmak ve geliştirmek için kullanılabilir. Endüstriyel bilgisayarlar yüksek güvenilirlik, gerçek zamanlı giriş-çıkış için yüksek adaptasyon sağlarlar, aynı zamanda daha iyi destek ekipmanları, daha iyi sistem iletişim hizmeti, ve bütün olarak sistem desteği sağlayabilirler (Zhang, L., 2007).

Ev ya da ofis bilgisayarlarının aksine endüstriyel bilgisayarlar genellikle büyük veri işleme, büyük ölçekli operasyonlar, küçük görevler gibi işlemleri gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Yüksek işlem hızları, büyük depolama birimleri ve çok fonksiyonlu kullanıcı arayüzleri vardır. Ayrıca endüstriyel ortamlarda kullanıldıklarından dolayı darbe, titreşim, nem, elektromanyetik girişim, radyo frekansı paraziti, toz ve sis gibi çeşitli çevresel faktörlere dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Buna göre de zorlu koşullarda iyi performans vermeleri için özel yazılım ve donanım gerektirmektedirler ve özel malzemelerden yapılmaktadırlar.

3.7.1.1. Endüstriyel bilgisayar çeşitleri

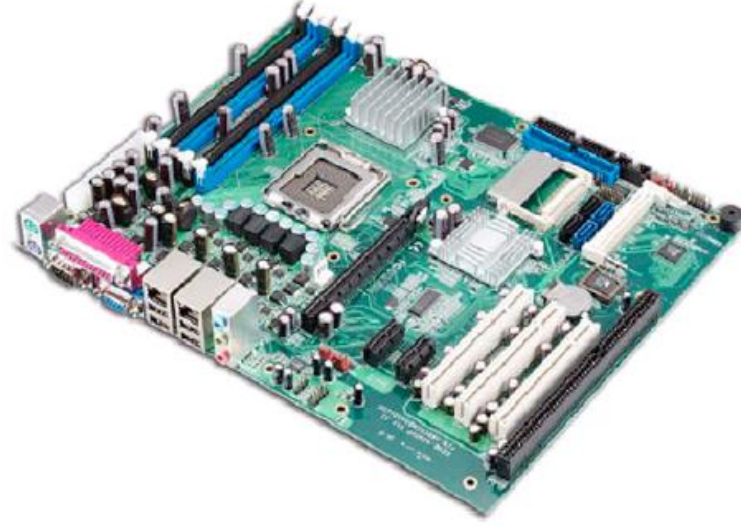
Endüstriyel bilgisayarlar işlemcileri, görüntü arabirimleri, giriş-çıkış arayüzleri ve muhafazaları ile çeşitli sınıflara ayrılır ve konfigürasyonları mevcuttur. Bunlar endüstriyel anakartlar, endüstriyel tek kartlı bilgisayarlar, endüstriyel gömülü bilgisayarlar ve endüstriyel kişisel bilgisayarlar ve iş istasyonları olarak ayrılmaktadır.

3.7.1.1.1. Endüstriyel anakartlar

Anakartlar tüm bilgisayarların temelini oluşturan, diğer kartların üzerine yerleştirildiği baskı devre kartlardır. CPU ve diğer işlem birimleri arasındaki tüm veri işlemlerini kontrol ederler. Endüstriyel ve standart anakartlar arasında iki önemli fark bulunmaktadır. Öncelikli olarak endüstriyel anakartlar daha sağlam olmak zorundadır. Daha sert koşullarda çalıştıklarından barbelere ve yüksek sıcaklık ile başedebilmeleri gerekmektedir. İkincisi ise, endüstriyel işlemler ve kontroller için gerekli olan büyük verileri kontrol edebilmelidir. Bu kontroller ve işlemler askeri, havacılık, sanayi ve tıp alanlarında oldukça kritik uygulamalar barındırmaktadır.

3.7.1.1.2. Endüstriyel tek kartlı bilgisayarlar

Tek-paneli komple bir dijital bilgisayar olarak çalışması için gerekli olan tüm bileşenleri (işlemci, bellek, giriş-çıkış, sürücü, veriyolu, arayüz, vb) içeren bir devre kartı vardır. Yonga türü ve çevresel parametrelerle birlikte düşünülmesi gereken farklı özellikleri vardır. Birden fazla kartla çalışan bilgisayarlardan daha az enerji harcarlar, küçük ve hafiflerdir ve daha güvenlidir. Şekil 3.29'da endüstriyel tek kartlı bilgisayar örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.29. Tek kartlı endüstriyel bilgisayar

Günümüzde yüksek performans ve veri depolama gibi farklı birimlere ihtiyaç duyulmakta ve dijital sinyal işleme gibi birimler bu anakartların üzerine eklenmektedir.

3.7.1.1.3. Endüstriyel gömülü sistem bilgisayarlar

Gömülü sistem bilgisayarlar iş ve endüstriyel uygulamalar için özel olarak tasarlanmış her birimi üzerinde olan (all-in-one) bilgisayarlardır. Bu bilgisayarlar çoğu temel bileşenin yanında ekstra özellikler taşıyan bileşenleri de içlerinde barındırabilmektedirler.

Endüstriyel bilgisayarlar ofis bilgisayarları gibi, sunucu-istemci yapısında çalışabilirler, diğer makinalarla veri iletişimi için aynı ağa bağlanabilirler, bilgisayar destekli otomasyon, veri tabanı işlemleri, grafik ve ürün görüntüleme gibi işlevleri yerine getirebilirler. Bazı endüstriyel bilgisayarlar raf tipindedir ve örneği Şekil 3.30'da gösterilmiştir.



Şekil 3.30. Raf tipi endüstriyel bilgisayarlar

Bunların yanında yer tasarrufu sağlayan panel tipi endüstriyel bilgisayarlar da mevcuttur. Son derece güvenilir ve güçlü bir performans ürünüdür. Linux ve Windows işletim sistemlerinin gömülü versiyonlarını çalıştırabilirler. Şekil 3.31’de panel tipi endüstriyel bilgisayarlar görülmektedir (Zhang, P., 2010).



Şekil 3.31. Panel tipi endüstriyel bilgisayarlar

Çalışmada kullandığımız endüstriyel bilgisayar Şekil 3.32’de gösterilen Advantech firması tarafından üretilen ARK-1388V modelidir.



Şekil 3.32. Advantech ARK 1388V Endüstriyel Bilgisayar

Kompakt bir yapının yanında, üzerinde birçok özelliği barındırmakta ve düşük enerji kullanmaktadır. Yüksek performans sağlayan bileşenleri ve görüntü arayüzü bulunmaktadır. Artırılmış güvenlik önemlerinin yanı sıra güvenli açılış ve kapanış modları da vardır. Yapısı sayesinde bir yere sabitlenebilir ve fansız olması nedeniyle de uzun zaman kararlı bir şekilde çalışabilmektedir. İçinde bulunan sabit disk, dönen bir mekanizması olmayan compact flash diskler ve mekanik bozulmalardan etkilenmeden çalışabilmektedir. Fansız soğutma sistemi de tozdan etkilemediğinden dolayı oluşabilecek tıkanıkları engellemek için tasarlanmıştır. Düşme ve sallanmaya karşı da ekstra koruma sağlamaktadır. Üzerinde, günümüzde yaygın olduğu ve çok daha fazla kullanım rahatlığı sağladığı için kablosuz iletişim için bileşenleri bulunmaktadır. Kablosuz ağ iletişimi 802.11b/g standartlarını kullanan kablosuz ağ adaptörü, dahili GPS, GPRS ve 3.5G anten için ayrı bileşenleri bulunmaktadır. VGA ve LVDS olarak iki farklı görüntü arayüzü bulunmaktadır ve yüksek performanslı multimedya uygulamalarına da izin vermektedir.

Advantech ARK-1388V model endüstriyel bilgisayarın teknik özellikleri Ek A.1'de belirtilmiştir.

3.8. PLC

Programlanabilir lojik kontrolör (Programmable Logic Controller, PLC) endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçeklemeye uygun yapıda giriş-çıkış birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan bir özel sayısal işlemci veya endüstriyel bilgisayar olarak tanımlanabilir. İlk ticari PLC, 1969 yılında röleli elektriksel kumanda devrelerinin yerine kullanılmak üzere Modicon firması tarafından geliştirilmiş ve üretilmiştir. Röleli kumanda devreleri yerine kullanılmak üzere geliştirilen bu aygıt yalnız temel mantıksal işlem komutları içerdiğinden, programlanabilir lojik kontrolör (Programmable Logic Controller, PLC) ismi ile sunulmuştur. İlk ticari PLC'nin endüstride başarıyla uygulanmasından sonra, Allen-Bradley, General Electric, GEC, Siemens ve Westinghouse gibi firmalar orta maliyette yüksek başarılı PLC'ler üretmişlerdir. Mitsubishi, Omron ve Toshiba gibi firmaların ucu maliyette yüksek performanslı PLC'ler geliştirmelerinden sonra, bu aygıtlar endüstriyel otomasyon devrelerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Günümüzde üretilen PLC'lerin giriş-çıkış sayısı, program belleği, işlem yeteneği gibi özellikleri başlangıçtaki durumu ile kıyaslanamayacak bir düzeye ulaşmıştır. Örneğin, geniş ölçekli olarak tanımlanan PLC'lerde giriş-çıkış sayıları binleri, program belleği "megabyte" boyutunu ve işlem yeteneği bir genel amaçlı kişisel bilgisayar düzeyine ulaşmıştır. Bu durum, daha karmaşık kumanda ve kontrol işlevlerinin PLC ile kolayca gerçekleştirilmesine olanak sağlar (Kurtulan, 2010).

3.8.1. PLC'nin temel yapısı ve bileşenleri

Büyüklüğüne, karmaşıklığına veya fiyatına bakmaksızın tüm PLC'ler temel olan bazı yapılardan ve parçalardan meydana gelir. Bu parçaların bir kısmı PLC'nin donanımı ile, geri kalanı ise PLC'nin yazılımı ile ilgili olan programın fonksiyonel karakteristiklerinden oluşur.

Tipik bir PLC sistemi 3 temel fonksiyonel bileşene sahiptir. Bunlar:

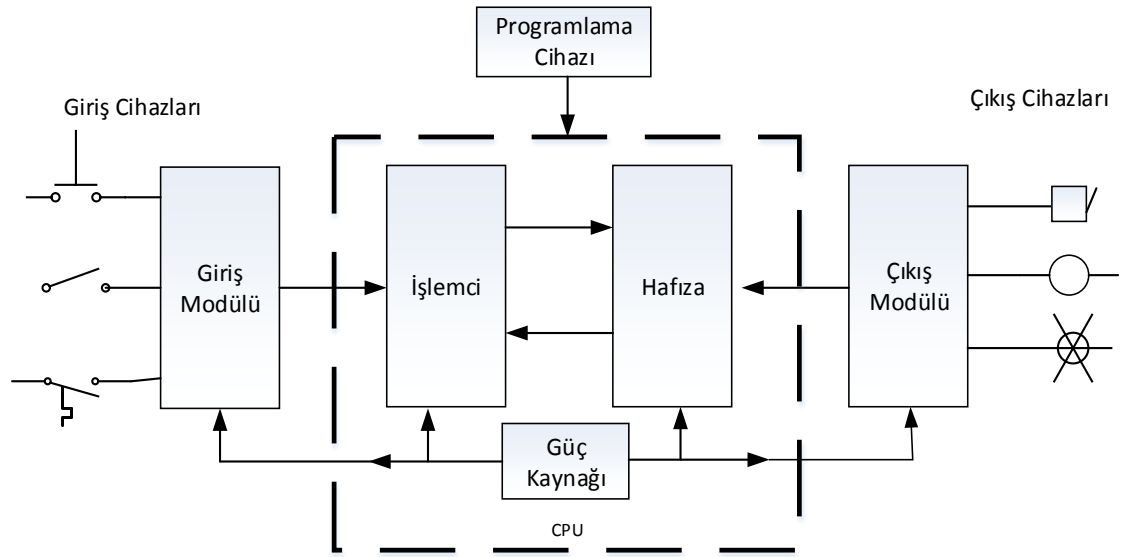
1. Merkezi İşlem Birimi (Control Processing Unit, CPU)

- İşlemci (Processor)
- Hafıza (Memory)
- Besleme Güç Kaynağı (Power Supply)

2. Giriş-Çıkış Modülleri (I/O Modules)

3. Programlama Cihazı (Programming Device)

Şeklinde sıralanabilir. Şekil 3.33'de bu bileşenlerin birbirlerine nasıl bağlandıkları gösterilmektedir.



Şekil 3.33. PLC sistemi

CPU, PLC'nin çalışmasını düzenleyen ve bu işlemleri yapmak için gerekli birimleri bulunan bir elemandır. Genel olarak 3 alt sistemden meydana gelir; işlemci, hafıza ve besleme güç kaynağı. İşlemci, mikrobilgisayardaki mikroişlemci ünitesi ile benzer temel fonksiyonları yerine getirir. Hafıza birimi, işlemci tarafından çalıştırılıp kontrol olayları için kullanılan programın

depolandığı alandır. Güç kaynağı, 110 V veya 220 V AC gerilimini; işlemci, hafıza ve giriş-çıkış modülleri için gerekli olan DC gerilime dönüştürür (Gök, 2008).

3.8.1.1. Giriş modülü

Kumanda edilen sistemle ilgili algılama elemanlarından gelen elektriksel işaretleri mantıksal gerilim seviyelerine dönüştüren birimdir. Kumanda edilen sisteme ilişkin basınç, seviye, sıcaklık, algılayıcılar, kumanda düğmeleri ve yaklaşım anahtarı gibi elemanlardan gelen iki değerli işaretler (0 veya 1) giriş birimi üzerinden alınır (Kurtulan, 2010).

3.8.1.2. Çıkış modülü

PLC işlemcisinde hesaplanan ve çıkış görüntü belleğine yazılan mantıksal işaretleri, kumanda edilen kontaktör veya röle gibi kumanda elemanlarını sürmeye uygun elektriksel şartelere dönüştüren birimdir. Çıkış birimi röle, triyak ya da transistörlü devrelerden oluşur (Kurtulan, 2010).

3.8.1.3. Diğer birimler

Tüm PLC'lerde işlemcinin ve çevre birimlerinin çalışması için bir besleme güç kaynağı ve çevre birimleri ile iletişimi sağlayan en az bir iletişim arabirimi bulunur. PLC'yi programlamak için bu arabirimden yararlanır. Bunun dışında, bazı PLC türlerinde programı yedeklemek ve başka bir PLC ye aktarmak için kalıcı bellek birimi, giriş-çıkış sayısını arttırmak için genişleme birimi, enerji kesilmeleri durumunda PLC'yi besleyen yedek güç kaynağı gibi birimler; çok küçük türleri dışında çoğu PLC'de yüksek hızlı sayma ve kesmeli çalışma gerektiren, analog giriş-çıkış olanakları sağlayan birimler de bulunur (Kurtulan, 2010).

3.8.1.4. Programlayıcı birimi

Yazıları bir programın işletilmek üzere PLC program belleğine yüklenmesi bir programlayıcı birimi ile sağlanır. Programlayıcı birimi mikroişlemci tabanlı özel

bir el aygıtı olabileceği gibi genel amaçlı kişisel bir bilgisayara yüklenmiş bir yazılım da olabilir. Bu birim; programın yazılması, PLC'ye aktarılması ve çalışma anında giriş-çıkış sayıcı, zamanlayıcı ve veri belleğindeki çeşitli kaydedicilerin durumlarının gözlenmesi ya da değiştirilmesi gibi olanakları da sağlar. Günümüzde genel amaçlı kişisel bilgisayarlara yüklenen özel yazılımların kullanımı yaygındır. Bu yazılımlar özellikle kumanda devreleri ile ilgili kişilerin kolayca kullanabilecekleri ve kolayca uyum sağlayabilecekleri özel programlardır (Gök, 2008).

3.8.1.5. Çalışma biçimi

PLC' leri genel amaçlı bir mikroşemcili sistemden ayıran en önemli öz, programının özel bir sistem programı ile denetlenmesidir. Bütün PLC sistemlerinde birbirine benzeyen sistem programları bulunur. Bu programlar üretim aşamasında kalıcı bir bellek alanına yüklenir. Genel olarak sistem programı;

- Kullanıcı programını yürütür,
- Kesmeli çalışma ve iletişim olaylarını düzenler,
- Sistem çalışma durumlarını denetler.

3.8.1.6. Kullanıcı programının yürütülmesi

Bir PLC'de programın yürütülmesi, Şekil 3.34'te gösterildiği gibi sürekli döngü içinde belirli işlem evreleri yerine getirilerek yapılır. Kesmeli çalışma, analog biriminden veri okuma veya analog birime veri yazma, giriş biriminden anında okuma, çıkış birimine anında yazma veya iletişim gibi işlemlerin yapılmadığı durumlarda bu işlemler sürekli tekrarlanır.



Şekil 3.34. PLC işlem evreleri

PLC çalışma (RUN) durumuna getirildiğinde sırayla aşağıdaki işlemler gerçekleşir:

1. Giriş birimindeki işaretlerin durumu giriş görüntü belleğine kaydedilir. Bu değerler bir sonraki tarama çevrimine kadar değişmez.
2. Program belleğindeki komutlar adım adım sırayla işlenir. Programda kullanılan giriş değerleri giriş görüntü belleğine yazılan değerlerdir ve bir program çevrimi süresince değişmez. Hesaplanan çıkış değerleri çıkış görüntü belleğine kaydedilir.
3. İşlemcinin ve yapılan işlemlerin geçerliliği ve uygunluğu denetlenir; sorun yoksa çıkış görüntü belleğine kaydedilen değerler çıkış birimine aktarılır. Çıkış birimine aktarma işlemi tamamlandıktan sonra tekrar birinci adıma dönülür. Çıkış birimine aktarılan değerler bir sonraki çevrime kadar değişmez.

Çalışmada kullanılan PLC, Panasonic firmasının ürettiği FP0R-C32CP modelidir ve Şekil 3.35'te gösterilmiştir. Bu PLC'nin kullanılmasında en önemli avantajlar; içinde yüksek hızlı sayıcı ve pals çıkış özellikleri barındırmasıdır. Ayrıca Modbus desteği sunmasıdır, motorları kontrol etmek için kullandığımız haberleşme ve

iletişim protoklü modbus'tır. Hız ve esneklik bakımından ideal bir PLC'dir. Programlanmasında Panasonic FPWIN Pro yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 3.35. Panasonic PLC

3.9. Modbus

Modbus, Modicon firması tarafından oluşturulmuş bir haberleşme ve iletişim protokolüdür. Endüstride yaygın olarak kullanılmakta ve esas bir standart haline gelmiştir. Modbus protokolünü kullanarak farklı firmaların kontrol cihazları, ölçme cihazları bir ağa bağlanabilir ve kullanılabilir. Modbus iletişim protokolü PLC, DCS, RTU gibi masif endüstriyel cihazlarda ve akıllı cihazlarda iletişim standardı olarak kullanılmaktadır. Gömülü bilgisayar teknolojilerinin ilerlemesi, yüksek hızlı işlemcilerin kullanılmaya başlamasıyla da paralel olarak gelişme göstermiştir. Modbus protokolü ASCII, RTU ve TCP transfer modlarını desteklemektedir ve RS-232, RS-422 ve Ethernet arayüzlerini kullanmaktadır. (Peng vd., 2008).

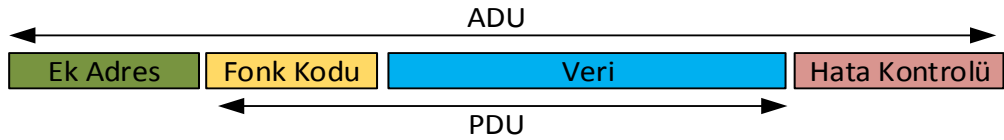
ASCII modda, aktarılan tüm mesajlar hexadecimal ve okunabilirdir. Bu modun en belirgin avantajı ise karakterler arası bir saniyeye kadar zaman döngüsü sağlaması ve hata vermemesidir.

RTU modda ise, mesaj okunamaz bir binary koda dönüştürülür. Ancak bu olay dah fazla mesaj yollanabilmesini sağlamaktadır. Bu modun en belirgin avantajı

ise ASCII moduna göre aynı bandgenişliğinde daha fazla mesaj taşıyabilmesidir (Türkkan, 2008) .

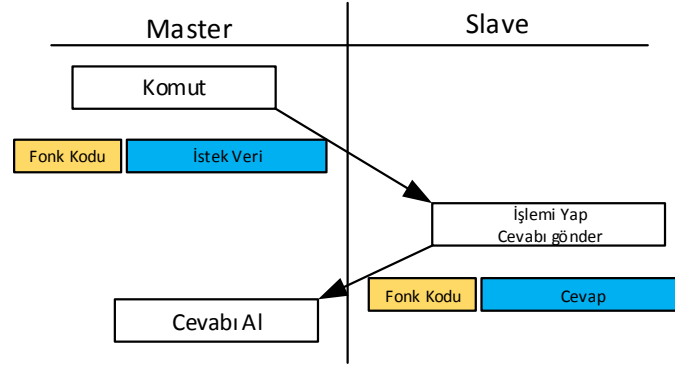
Verilerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla RTU modu “Döngüsel Artıklık Kontrolü” (CRC (Cyclic Redundancy Check)) kullanırken, ASCII modu “Boylamsal Artıklık Kontrolü” (Longitudinal Redundancy Check) kullanır.

Modbus protokolinde PDU (Protocol Data Unit) haberleşme katmanlarından bağımsız bir şekilde tanımlanır, ADU (Application Data Unit) içinde ek alanlar oluşturulmasını gerektirir. Modbus genel komut yapısı Şekil 3.36’da gösterilmiştir.



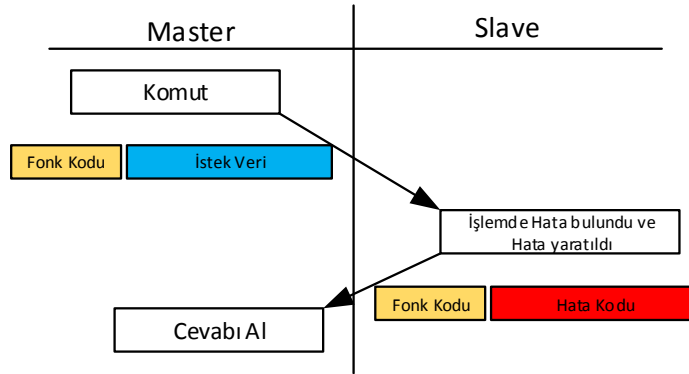
Şekil 3.36. Modbus genel komut yapısı

ADU, ne tür bir işlem yapılacağına dair bilgileri içerir, işlem türü fonksiyon kodunda verilir ve 0 ile 255 arasında bir değerden oluşur. Bu kodlardan 128 ile 255 arası da özel durumlar için ayrılmıştır. Fonksiyon kodu byte türünde belirtilir. Master-Slave bir yapı içinde master tarafından gönderilen bir istek slave tarafından alınınca ne tür bir işlemin gerçekleştirileceğini bildirir. Master cihaz istekleri gönderir ve slave cihazlar ona gelen mesajlara cevap verir. Veri alanı işi tam anlamıyla anlatan kodları barındırır. Modbus protokolünde haberleşme komutlarının gönderimi ve cevabın alınışı Şekil 3.37’de gösterilmiştir (Süzer, 2006).



Şekil 3.37. Modbus haberleşme komut gönderimi (Süzer, 2006)

Beklenmeyen bir durum olur ve hata ile karşılaşırsa slave cihaz fonksiyon koduyla birlikte Şekil 3.38’te görüldüğü gibi bir hata mesajı yollar (Süzer, 2006).



Şekil 3.38. Modbus hata cevabı gönderimi (Süzer, 2006)

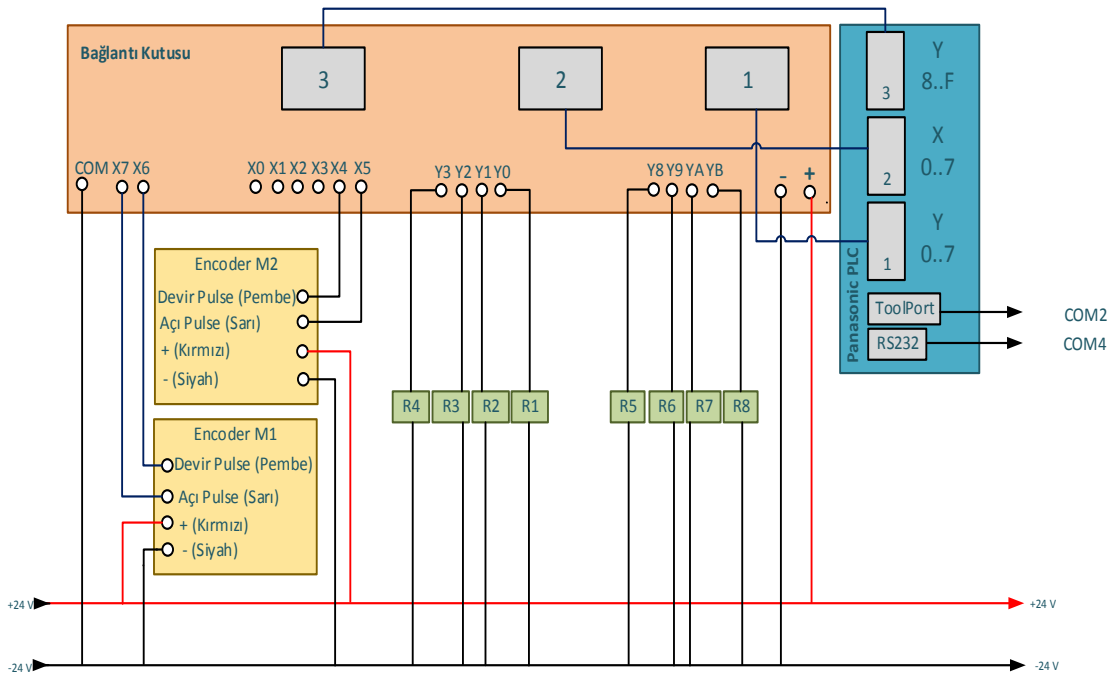
3.10. Röleler

Röleler, içinde bobin ve demir bir nüveden oluşan elektromekanik bir devre elemanıdır. Düşük gerilim ile yük kontrolü yapılan durumlarda kullanılır. Otomasyon sistemlerinde kullanılan bilgisayarlar genellikle 5-24V arasında doğru akımla çalışırken, kontrol edilen cihazlar 220V alternatif akımla çalışmaktadır. Bu nedenle de röle ve benzeri elemanların kullanılması gerekmektedir. Kullanılacak rölelerin seçiminde rölenin bobin akımı ve gerilimi ile kontak akım ve gerilim değerleri kontrol edilmeli ve buna göre seçilmelidir (Ciğer,2010). Şekil 3.39’da örnek bir röle gösterilmiştir.

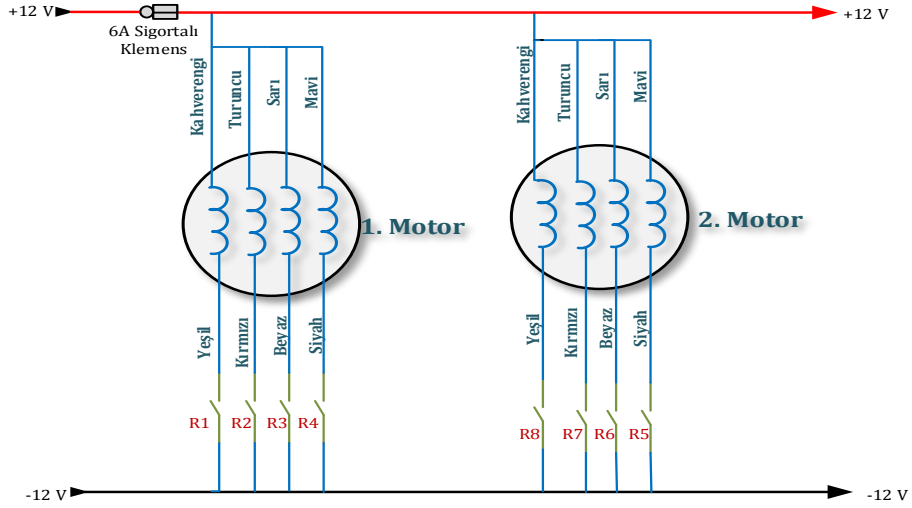


Şekil 3.39. 12-220 volt röle (Ciğer,2010)

Motor sargılarını kontrol edebilmek için her bir motorda dört adet olmak üzere toplam 8 adet SSR (Solid State Relay) röle kullanılmıştır. SSR röle kullanılmasının amacı normal rölelere oranla çok daha hızlı açılıp kapanabilmesi ve arksız açma kapama özelliği bulunmaktadır. Sistemin devre şeması ise Şekil 3.40'ta gösterilmiştir. +24 V PLC, bağlantı kutusu ve encoderlerin beslenmesi için kullanılmıştır. +12 V ise motorlara yön verilmesi için kullanılmıştır, motorlara yön veren devre Şekil 3.41'ta gösterilmiştir. Her bir röle PLC'nin çıkışlarına klemens yardımı ile bağlanmış ve PLC çıkışlarından gelen sinyal ile kontaklar kapanarak üzerlerinden geçirdikleri gerilim ile motor kutuplarını sıra ile aktif hale getirilmiştir ve bu sayede motorlara hareket verilmiştir.

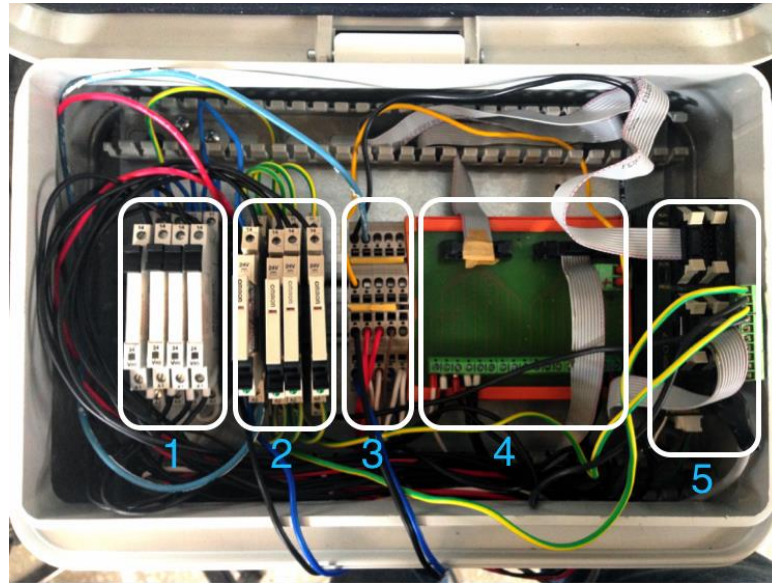


Şekil 3.40. Devre bağlantı şeması



Şekil 3.41. Motor bağlantı şeması

Devre şemasına uygun olarak PLC, bağlantı kutusu ve röleler bağlanmış ve Şekil 3.42’de gösterilen son halini almıştır. Çizelge 3.6’da ise bu devrede yer alan tüm elemanlar gösterilmiştir.



Şekil 3.42. Röle Bağlantıları

Çizelge 3.6. Sürücü devre elemanları

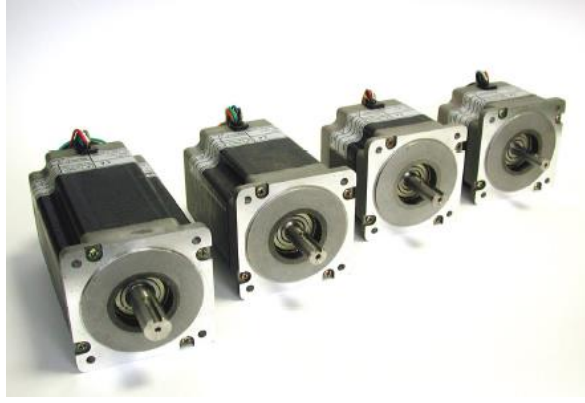
1	Dikey hareket motoru röleleri
2	Yatay hareket motoru röleleri
3	+12 ve +24 volt Klamenseleri
4	Bağlantı kutusu
5	PLC

3.11. Step motorlar

Step motorlar, adım motoru olarak da isimlendirilen, geleneksel elektrik motorlarından farklı, dönme hareketini ismi gibi adım adım yapan motordur. Bu nedenle de konumlama ve pozisyon kontrollerinin hassas olması gereken yerlerde tercih edilen bir motor tipidir. Asenkron motorlar tamamen farklı olan step motorlar, DC motorların çalışma prensibiyle benzerlikler taşımaktadır. Step motorlar, sürekli bir dönme hareketi yapmak yerine eşit büyüklükte ayrık açısız hareketler yapabilen elektromekanik bir sistemdir. Şekil 3.43'te step motorlar gösterilmiştir. Kontrol sinyalleri analog gerilim ve akımlar yerine darbe (pals) sinyalleridir. Step motorun sürücüsüne uygulanan bir sayısal darbe sinyali motorun belirli bir açı kadar hareket yapmasına neden olur, bu olay darbe sinyali geldikçe tekrarlanır ve dönme hareketi elde edilir. Step motorların doğrudan sayısal sinyal ile çalışması oldukça büyük avantaj sağlamaktadır.

Diğer alanlardaki avantajları da aşağıdaki gibi belirtilmiştir;

- Step motorlarda veriler sayısal olarak işlenmektedir. Bu nedenle de kullanılan devreler hem ucuz olmakta hem de çıkışın sayısal olması durumlarında bu motorlar ideal bir çözüm olarak kullanılabilirler.
- Mikroişlemciler sayesinde kontrol ve pozisyonlama rahatlıkla otomatik olarak sürdürülebilmektedir.
- Step motorlar basit konstrüksiyonları yüzünden kullanışlıdır.
- Daha güçlü, daha kullanışlı ve aynı zamanda ucuz katı hal güç düzenleri kullanılması nedeniyle kullanım alanları oldukça fazladır.
- Lineer güç kuvvetlendiricisi step motorlar için gerekmez .
- Geri beslemesiz olarak da çalışabilirler.
- Sayısal kontrol verilerine doğrudan cevap verirler.
- Çok geniş bir hız aralığında çalışabilirler.
- Problemsiz ve hızlı olarak devreye giriş-çıkış özellikleri vardır (Apaydın, 2006).



Şekil 3.43. Step motor (Edos Elektronik, 2005)

Endüstride birçok kullanım alanına sahip step motorların birçok özeliği vardır, çalışma durumu ve performansı göz önüne alındığında bu özellikler şu şekilde sıralanabilir;

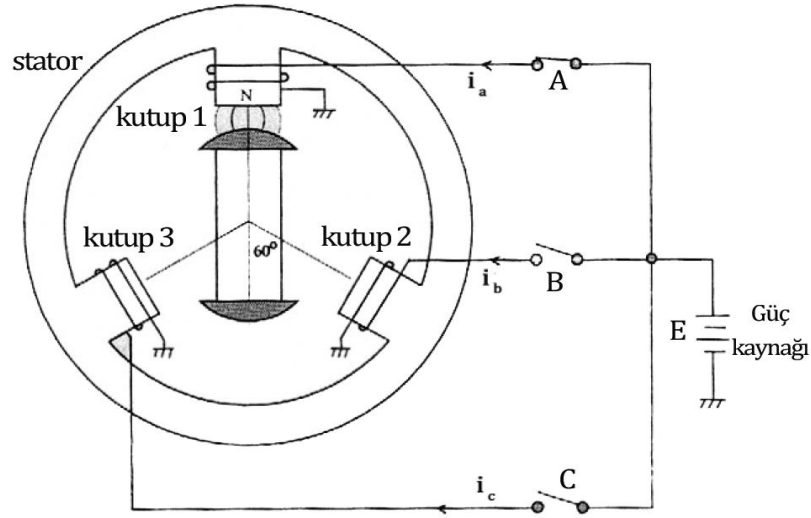
- Açık devre (open-loop) kontrol sisteminde tam pozisyon doğruluğunu sağlarlar: step motorlar geri beslemesiz devre kontrol sisteminde; dönüş açısıyla giriş darbelerinin oranını sabit tutar ve dönüş hızıyla darbe frekansı oranını sabitler ve açılal hatayı neredeyse hesaplanamayacak düzeye getirerek tam pozisyon doğruluğunu sağlarlar.
- *Tutma torku ile statik pozisyon kararlılığını sağlarlar:* Step motorlar, son sargının enerjili kalması durumunda motor sargılarının uyarılması veya sistemde enerji olmadığı durumlarda sabit mıknatıs kullanılması itibariyle ürettikleri tutma torku sayesinde son pozisyonlarını korurlar.
- *Başlama, durma ve çalışma anında yön değiştirme isteklerine hızlı cevap verirler:* Step motorların çalışması faz sayısına göre sahip oldukları stator sargılarının ardı ardına uyarılması prensibine dayandığı için sargı enerjilendirmeleri doğru yapıldığında, durma veya çalışma periyodunda yön değiştirmelere hızlı cevap verirler.
- *Fırçasız yapıya sahiptirler:* Birçok motor yapısında var olan ve çalıştıklarında elektrik arkı yaratan fırça sistemine sahip değildirler.

Step motorların endüstride kullanılan diğer motorlar ile karşılaştırması Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Step motorlar diğer elektrik motorları ile karşılaştırılması
(Uygun, 2006)

	Step Motorlar	DC Servo Motorlar	Fırçasız DC Motorlar	AC İndüksiyon Motorları
• Avantajlar	<ul style="list-style-type: none"> • Açık döngü kontrolü • Düşük hızda dönme • Düşük hız-yüksek • Tork karakteristiği • Sıralı darbe girişi • Yüksek hızda adım alma kabiliyeti 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapalı döngü kontrolü • Yüksek tork • Yüksek Dönme verimi 	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek hız-Yüksek tork • Yüksek dönme verimi 	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek Hız • Yüksek Verim
• Dezavantajlar	<ul style="list-style-type: none"> • Adım hatası • Manyetik gürültü 	<ul style="list-style-type: none"> • Fırçalı yapı • Doğrultma limiti • Düşük güvenilirlik 	<ul style="list-style-type: none"> • Servo motorlara göre yüksek maliyet 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternatif frekans limiti • Hız kontrol zorluğu

Basit bir step motorun yapısı Şekil 3.44'te görülmektedir. Bu motor, stratorunda üç çıkık kutup ile rotorunda yumuşak demireden yapılmış iki kutuptan oluşmaktadır. Strator sargıları üç anahtar A,B,C ile doğru akım gün kaynağına bağlanabilirler.



Şekil 3.44. Rotoru 60° adımlarla dönen step motor şeması

Anahtarların hepsi açık olduğu zaman rotor herhangi bir konumu alabilir. Fakat A anahtarı kapatıldığı zaman, kutup-1 tarafından üretilen manyetik akı rotoru çekecektir. A anahtarı açılır açılmaz B anahtarı kapatılırsa, rotor kutup-2 ile aynı eksene gelecektir. Yani 60 derece adımla kutup-2'ye doğru hareket edecektir.

Eğer B anahtarı açılıp C anahtarı hemen kapatılırsa, rotor kutup-3'ün eksenine göre hareket edecektir. Açıkça görüldüğü gibi, rotorun 60° adım aralıkları ile saat yönünün tersine dönme işlemi, anahtarlar A, B, C sırasıyla kapatıp açılarak kontrol edilebilir. Rotor dönüş yönünü tersine çevirmek için anahtarları kapama açma sırasını A, C, B, A, C, B şeklinde değiştirmek gerekir. Rotoru, en son durduğu konumda tutmak gerekirse, en son kapatılan anahtarın kapalı tutulmasına devam edilmelidir. Bu işlem rotoru en son durumdaki konumda tuttuğu gibi, rotorun dış kuvvetlerle dönmesini de engellemiş olur. Rotorun bu sabit hali, kendisine uygulanan moment değeri motorun tutma momentini geçmediği sürece devam edecektir. Rotorun bir konumdan başka bir konuma hareketi atalet momenti ve sürtünme gibi diğer kuvvetlerden etkilenir.

Denklem 3.1'de Step motorların adım açısı (θ_s); strator kutup sayısı (N_s) ve rotorun kutup sayısı (N_r) kullanılarak hesaplanır.

$$\theta_s = \frac{|N_s - N_r|}{N_s N_r} \times 360 \text{ (derece)} \quad (3.1)$$

Rotorun bir devir yapabilmesi için gerekli adım sayısı (S) Denklem 3.2'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$S = \frac{360^\circ}{\theta_s} \quad (3.2)$$

Rotorun hızı (n) Denklem 3.3'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$n = \frac{60f}{S} \left(\frac{d}{d} \right) \quad (3.3)$$

3.11.1. Step motorların sürülmesi

Step motorları sürülürken sıra ile uygun sargılara uyartım isareti verilir. Verilen her isaretle adım açısı kadar hareket sağlanmaktadır. Verilen isaretin frekansı artırıldıkça step motorun hızı da artacaktır. Step motorlar sürülürken isaretler birkaç şekilde verilebilir.

Çalışmada kullandığımız step motor 8 kablolu ve 4 fazlıdır. 1.8° Derece adım açısına (200 adım/devir) sahip bu unipolar step motorla 90 kg.cm tutma torku

elde edilebilir. Motorun özelliği Çizelge 3.8’de belirtilmiştir. Bu özellikliğe sahip motorlardan 2 adet kullanılarak heliostatın yatay ve dikey yönde hareketi sağlanmıştır. Şekil 3.45’te kullanılan step motor gösterilmiştir. Motorlar iki faz veya yarım adım faz uyarım tablolarına göre kontrol edilmektedir. Motor millerinin dönme yönleri saat yönünde veya saat yönünün tersine göre olabilmektedir.



Şekil 3.45. Nema 23 Step Motor

Motorların ucuna bağlanan planet redüktör ise, motorların offline enerjisiz tutma torkunu arttırması için kullanılmıştır. İki motor bloğu arasında bağlantı profili ile bulunmaktadır. Motorların gücü projede kullanılan aynayı taşıması ve hareket edebilmesini sağlayacak güçte seçilmiştir.

Çizelge 3.8. Nema 23 step motora ait özellikler

Ölçüler	NEMA 23 Form Faktör
Mil Çapı	6,35 mm (1/4 ")
Adım Sayısı (1devirde)	200
Akım Değeri	2 A / Faz
Çalışma Voltajı	3 V
Tork	9 kgcm (90 Ncm)
Faz	4

3.12. Redüktörler

Motordaki dönme hareketinin ihtiyaçtan fazla olması durumlarında giriş hızının istenen çıkış hızına düşürülmesi için kullanılan dişli sistemlerine redüktör denir. Redüktörler sisteme daha sonradan eklenebilen bağımsız elemanlardır ve

genellikle elektrik motorları ile birlikte kullanılırlar. Hareket ve güç ve miller sayesinde aktarılır. Redüktörler hareketin olduğu, yürür ızgaralar, pompalar, takım tezgahları, asansörler, vinçler, tekstil makineleri, sac bükme makineleri, şahmerdanlar, döner tamburlar, konveyörler gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Ünal, 2009).

Kullanım amaçlarının yanında avantajları ve dezavantajları ise şu şekilde sıralanmıştır;

Avantajları

- Birbirinden uzak iki fonksiyonel elemanı birbirine bağlar.
- Paralel ve kesişen millerde farklı güç ve devir sayılarında değişik çevrim oranında kullanılabilirler.
- Kaymayı engeller.
- Boyuna hareketi dönmeye, dönme hareketini ise boyuna harekete çevirebilirler.
- İşletme emniyetleri ve ömürleri yüksektir.
- Fazla yük kaldıracırlar ve bakımları kolaydır.
- Verimleri yüksektir.
- Tek giriş hızı olmasına rağmen farklı çıkış hızları elde edilebilir.

Dezavantajları

- Pahalıdır.
- Gürültülü çalışır.
- Güç iletimi için elastik yapıları yoktur (Kurt, 2011).

Redüktör tiplerinin seçiminde çevrim oranı, verim, boyut ve ağırlık gibi faktörler de göz önünde bulundurularak kullanım amacına uygun olarak seçim yapılmalıdır. Redüktörler;

1) Aşama sayısına göre;

a) 1 - 2 ve daha fazla kademeli redüktörler,

2) Kullanılan dişli çeşidine göre redüktörler, konik dişli, silindirik dişli, sonsuz vida düzenekli ve birden fazla çeşidin bir arada kullanıldığı redktrlerdir. Bunlar:

- a) Sonsuz Dişli
- b) Helisel
- c) Ayna-Mahruti
- d) Paralel Dişli
- e) Planet
- f) Konik Dişli

olmak üzere çeşitlere ayrılmıştır (Köse, 2013).

Çalışmada Şekil 3.46'da gösterilen planet redüktör kullanılmıştır.



Şekil 3.46. Planet redüktör

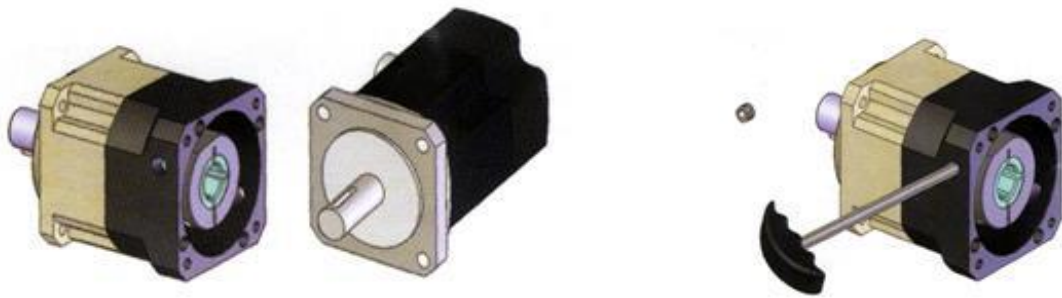
Planet redüktörler küçük hacimde yüksek iletme oranı sağlayan dişli sistemleridir. Bir planet dişli sisteminde Şekil 3.47'de görülmekte olan en dışta çember dişli, merkezde güneş dişli, bu iki dişli arasında kalan ve ikisi arasındaki hareket ve kuvveti ileten farklı sayıda planet dişliler bulunmaktadır (nal, 2009).



Şekil 3.47. Planet dişli redüktör (Ünal, 2009)

Planet Redüktörler günümüzde birçok uygulama alanında ihtiyaç haline gelen küçük hacimde yüksek tork isteklerini karşılamak amacı ile üretilmiş, modüler yapıda olan redüktörlerdir. Küçük hacimde yüksek tork taşıma kabiliyetleri nedeni ile güç yoğunlukları yüksektir ve bu nedenle kullanıldıkları uygulamaya bağlı olarak ısıl güçlerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Özellikle mobil uygulamalarda yoğun olarak kullanılan planet redüktörler, vinç, metal şekil verme, inşaat alanlarında da kullanıldığı gibi yenilenebilir enerji sistemlerinden biri olan rüzgar türbinlerinde, kanat hatve ve kule çevirmede yaygın olarak kullanılmaktadır (Yardımcı, 2013).

Redüktörler tek başlarına kullanılmazlar, genellikle elektrik motorları ile kullanılmaktadırlar. Bu yüzden Şekil 3.48’de planet redüktörün step motor ile bağlantısı gösterilmiştir. Bu bağlantı redüktörün altındaki seksür vida ile motor milinin ucu sıkıştırılmaktadır. Bu işlem motor mili ile redüktör milinin aynı anda hareket etmesini sağlar (Köse, 2013).



Şekil 3.48. Step Motor ve Redüktör Bağlantısı (Köse, 2013)

Çalışmada da redüktör step motor ile birleştirildikten sonra heliostat için oluşturulmuş ana gövdeye bağlanmıştır. Elektrik olmadığı anda da kilitli kalabilmesinden dolayı, enerjisiz bir anda aynanın aşağı doğru hızla düşmesini engellemektedir.

3.13. Encoder

Ölçme ve kontrol sık sık doğrusal ve döner hareketleri izleme gerektirir. Ölçüm ve kontrol hareketinin temsil edilmesi için bir işlem, elektrik sinyalinin üretilmesi ile ilgili tek ya da çok aşamalı basamaklar bulundurmaktadır. Ölçümün amacı, sinyal arzu edilen özellik (yer değiştirme, hız vs.) elde edilene kadar, kullanıcının anlayabileceği veri formatına çevrilmesidir. Kontrolün amacı ise, sinyali ilişkili ünite tarafından kullandırmaktır. Ölçme veya kontrolün gerekli olup olmadığı hareketin gerçekleşmesi için kullanılan elektrik sinyalinin üretilmesi ile mümkün olur. Bu amaçla kullanılan encoderların temaslı ve temassız olmak üzere çeşitleri vardır. Temaslı encoder elektriksel konumda bir değişiklik olduğunu göstermek için fırça ya da parmak sensörlerinden sinyal üretir. Temassız olanlar ise manyetik ya da optik olarak hareketi ölçmektedir. Ölçümler dijital çıkışlı ve kesin pozisyonu ya da artan pals şeklinde hareketin tamamını verebilir. Döner konum algılama mutlak ya da artan bir shaft dönüşünü gösterir. Mekanik dış yüzey değişse de radial halkalardan oluşan shaft giriş görevi görür.

Encoderlar dönen bir disk ya da hareketli bir ölçeklendirme yapabilen elektrikle ya da mekanik dönüştürücüden oluşan ve çıkışından “okuma” kodlu model elde edilen aygıtlardır. Encoderlar şu şekilde sınıflandırılabilir;

- Shaftlarının çalışma şekillerine göre; döner olarak çalışan encoderlar (Rotary Encoder) ve doğrusal olarak çalışan (Linear Encoder) olmak üzere ikiye ayrılırlar.
- Encoder shaftının, tahrik shaftına Bağlantı Şekillerine göre; milli tip (Shaft Encoder) ve delik milli tip (Hollow Shaft Encoder) olmak üzere ikiye ayrılırlar.

- Sinyallerin oluşturulmasında kullanılan algılama (Sensör) teknolojisine göre; Optik algılamalı ve manyetik Algılamalı tipler olmak üzere ikiye ayrılırlar.
- Buldukları gerçek pozisyonlarının her adımda belirlenip belirlenememe özelliklerine göre; artımsal (Incremental Encoder) ve mutlak (Absolute Encoder) olmak üzere ikiye ayrılırlar.
- Çıkış sinyallerinin dalga yapılarına göre; kare dalga üreten ve sincos dalga üreten tipler olmak üzere ikiye ayrılırlar (Dönüşüm, 2007).

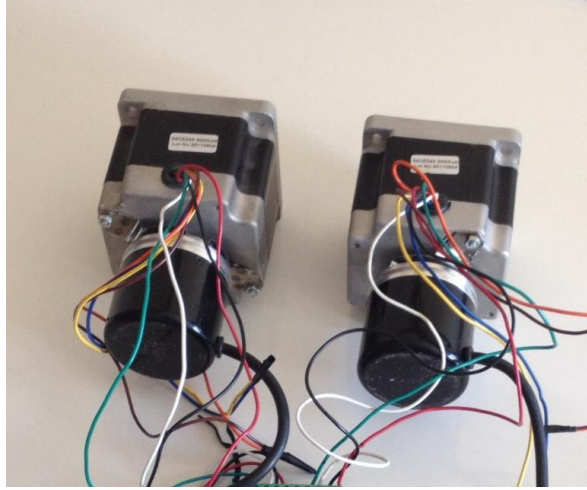
3.13.1. Shaft encoder ve hollow shaft encoder

Enkoderler çalışabilmek için mutlaka hareketli bir mile bağlanmak zorundadır. Ya da mutlaka milleri hareket etmek zorundadır. Ancak makina ya da mekanizmanın bir gereği olarak montaj alanı kimi durumlarda standart milli enkoderler için müsait olmazlar. Bu türlü uygulamalarda milinde aks için boşluk bulunan hollow shaft enkoderler tercih edilir. Yarım boyda delik olduğu gibi, milleri tamamen delik olan enkoderlerde mevcuttur. Ancak çıkış türü olarak belli bir standartları yoktur. Şekil 3.49'da hollow shaft encoder örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.49. Hollow shaft encoder

Bu çalışmada ise yarı hollow shaft ARS B 58 model bir manyetik encoder kullanılarak motorun arka miline monte edilmiştir. Mile monte edilen encoder Şekil 3.50'de gösterilmiştir.



Şekil 3.50. Step motor ve encoder

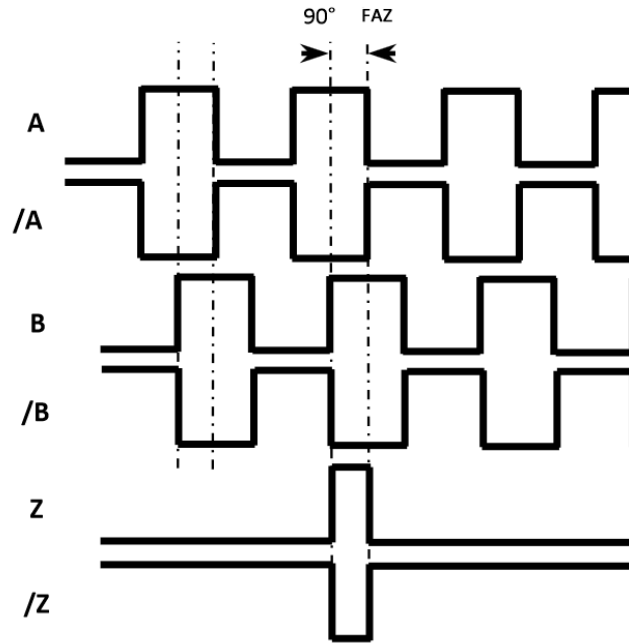
Encoderların bu şekilde monte edilmesiyle, motorun dönerken oluşturduğu her açı gerçek zamanlı olarak takip edilebilmekte ve geri dönüş sağlanabilmektedir. Motorun her döndüğü açıda encoder bir sinyal üretmekte ve değeri yazılımda okunabilmektedir. Şekil 3.51’de encoderın ürettiği sinyal tablosu gösterilmiştir. Sinyal tablosunda gösterilen alanlardan “A” kullanılmış ve PLC ile yazılan programda yükselen kenar olarak ayarlanarak sinyaller işlenmiştir. Buradan PLC’ye aktarılan sinyal bilgisayar programına gönderilmekte ve “Pulse Sayısı” değişkenini artırmaktadır ve bu sayede aynanın oturması gereken açı karşılaştırmalı olarak kontrol edilmektedir. Çizelge 3.9’da ve 3.10’da encoderın elektriksel ve teknik özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 3.9. ARS B 58 encodera ait teknik özellikler

TEKNİK ÖZELLİKLER	
Çalışma Sıcaklığı	- 25 ile 85 °C
Depolama Sıcaklığı	- 40 ile 100 °C
Koruma Sınıfı	IP54
Gövde	58 mm Çap
Cevaplama Frekansı	300 Khz
Çalışma Hızı	Optik: 6.000 RPM maks. Manyetik: 3.000 RPM maks.

Çizelge 3.10. ARS B 58 encodera ait elektriksel özellikler

ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER	
Besleme Gerilmi	+5 VDC, +10VDC...30VDC
Besleme Akımı	50mA Nominal
Çıkış Tipi	Push Pull, TTL Line Driver, Open Collector (Sadece Optik)
Çıkış Sinyalleri	A, /A, B, /B, Z, /Z
Çıkış Akımı	100mA maks. (Her kanalda)
Bağlantı	5 veya 8 x 0,14 mm ² ekranlı kablo



Şekil 3.51. Encoder çıkış sinyalleri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Yazılımlar

4.1.1. SQL Dili ve MS-Access

SQL dili ve üzerine kurulu olan ilişkisel veritabanı sistemleri, bilgisayar endüstrisindeki en önemli temel teknolojilerden biridir. Kişisel bilgisayarlardan tutun, ana bilgisayarlar ve el araçları üzerinde çalışanlara kadar yüzlerce veritabanı ürünü SQL'ı desteklemektedir. Hemen hemen tüm önde gelen ticari yazılım ürünleri veri yönetimi konusunda SQL'e güveniyor ve SQL, dünyanın en büyük üç yazılım şirketi olan Microsoft, Oracle ve IBM'in veritabanı ürünlerinin çekirdeğini oluşturmaktadır.

SQL, bir bilgisayar veritabanı tarafından saklanan verileri düzenlemek, yönetmek ve elde etmek için kullanılan bir dildir. SQL adı, Structured Query Language yani Yapısal Sorgu Dili'nin kısaltmasıdır. Veritabanını kontrol eden bilgisayar programına veritabanı yönetim sistemi (database management system) veya DBMS adı verilir. Bir veritabanından veri alınması gerektiğinde, bu isteğini belirtmek için SQL dilini kullanılır. DBMS, SQL isteğini işler, istenen veriyi elde eder ve bunu size döndürür (James ve Weinberg, 2002).

Microsoft Access iş ya da kişisel olarak veritabanı oluşturabileceğimiz bir programdır. Büyük ya da küçük veriler tutmaya ve değiştirebilmeye izin verir. Access üzerinde sorgu çalıştırabilmemizi ve gerekli verilere ulaşabilmemizi sağlar. SQL dili, veritabanı üzerinde hakimiyet sağlamamız için önemlidir. (Wempen, 2010). Çalışmamızda kullandığımız veritabanı Access üzerinde oluşturulmuş ve tarih, saat, dikey açı, yatay açı verilerini saklamaktadır. Şekil 4.1'de oluşturulan veritabanı alanları gösterilmiştir.

tarih	Saat	Dikey Ağı	Yatay Ağı	Ekleme İçin Tıklattın
21.09.2014	06:00	80	-92	
21.09.2014	06:04	80	-92	
21.09.2014	06:08	79	-92	
21.09.2014	06:12	79	-92	
21.09.2014	06:16	78	-91	
21.09.2014	06:20	78	-91	
21.09.2014	06:24	78	-91	
21.09.2014	06:28	77	-91	
21.09.2014	06:32	77	-91	
21.09.2014	06:36	77	-91	
21.09.2014	06:40	76	-91	
21.09.2014	06:44	76	-90	
21.09.2014	06:48	76	-90	
21.09.2014	06:52	75	-90	
21.09.2014	06:56	75	-90	
21.09.2014	07:00	74	-90	
21.09.2014	07:04	74	-89	
21.09.2014	07:08	74	-89	
21.09.2014	07:12	73	-88	
21.09.2014	07:16	73	-88	
21.09.2014	07:20	73	-87	
21.09.2014	07:24	72	-87	
21.09.2014	07:28	71	-87	
21.09.2014	07:32	71	-86	
21.09.2014	07:36	70	-86	
21.09.2014	07:40	70	-86	
21.09.2014	07:44	70	-85	
21.09.2014	07:48	69	-85	
21.09.2014	07:52	69	-85	
21.09.2014	07:56	68	-85	
21.09.2014	08:00	68	-85	
21.09.2014	08:04	67	-84	
21.09.2014	08:08	67	-84	

Şekil 4.1. Veritabanı

Veritabanında güneşin konumunu hesaplayan yazılımdan alınan veriler ilgili alanlara yerleştirilmiş ve hesaplama sadece bir defaya mahsus yapılmıştır. Programın veritabanı ile ilişkilendirilmesindeki temel sebep, veri yoğunluğundan kaynaklanan sıkışmayı ve tıkanmayı önlemektir. Program veritabanı olmadan çalıştırıldığında yaptığı her hesaplama nedeniyle durma noktasına geldiğinden dolayı 4 dakikada bir verileri veritabanından çeken bir sorgu oluşturulmuş ve bunun üzerinden çalıştırılmıştır.

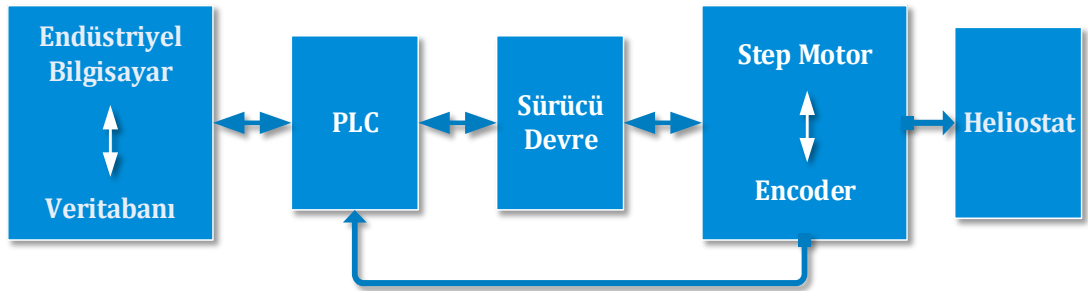
4.1.2. Visual C# Programlama Dili

C#, .NET Framework ile çalışabilecek uygulamaları oluşturmak için kullanabileceğiniz programlama dillerinden biridir. C ve C++ dillerinden evrilmiş olup, .NET platformu ile çalışmak için Microsoft tarafından oluşturulmuştur. C# diğer dillerde olmayan özellikleri içinde barındıracak ve diğer dillerde olan özellikleri birleştirecek şekilde oluşturulmuştur. Ayrıca diğer programlama dillerindeki hataları da kapatan özellikleri vardır. Program yazmak için sözdizimleri C++'tan daha basit olduğundan dolayı, C# üzerinde program geliştirme oldukça kolaydır. Örneğin doğrudan sistem belleğine erişmeye çalışan kodlar güvenli olmadığı gerekçesi ile engellenebilir. Bu

nedenle kritik sistem bloklarının yazılması kolay olabilmektedir (Watson vd.,2010).

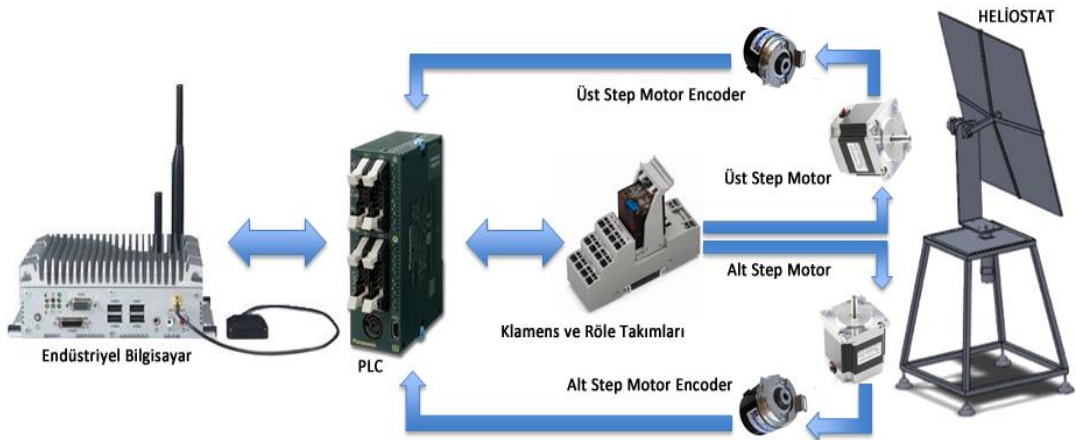
4.2. Sistem Tasarımı ve Uygulanması

Heliostat kontrolü için genel olan sistem yapısı; endüstriyel bilgisayar, PLC ve buna bağlı sürücü devre, encoder, step motor, redüktörden oluşmaktadır. Şekil 4.2'de bu yapı blok diyagramı olarak gösterilmiştir.

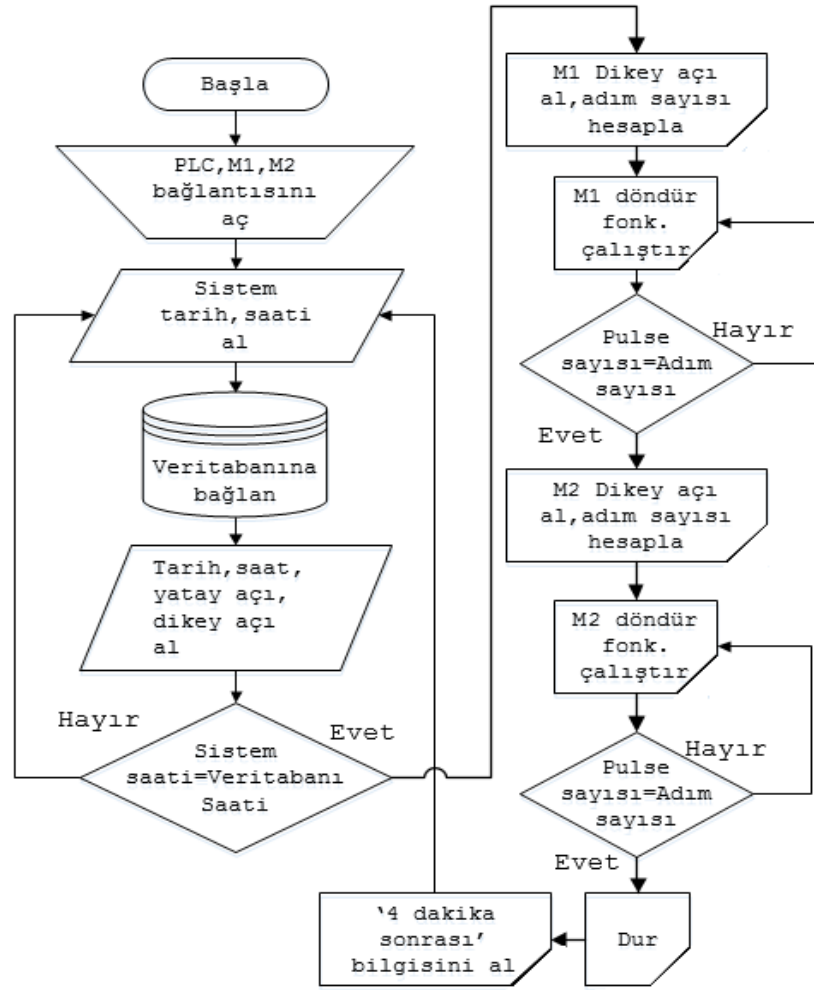


Şekil 4.2. Sistem blok diyagramı

Endüstriyel bilgisayar heliostatın kontrolü için gerekli olan **HeliosControl** isimli yazılımı üzerinde barındırır ve çalıştırır. HeliosControl isimli yazılımın çalıştırdığı sistemin genel yapısı şekil 4.3'te, algoritması Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

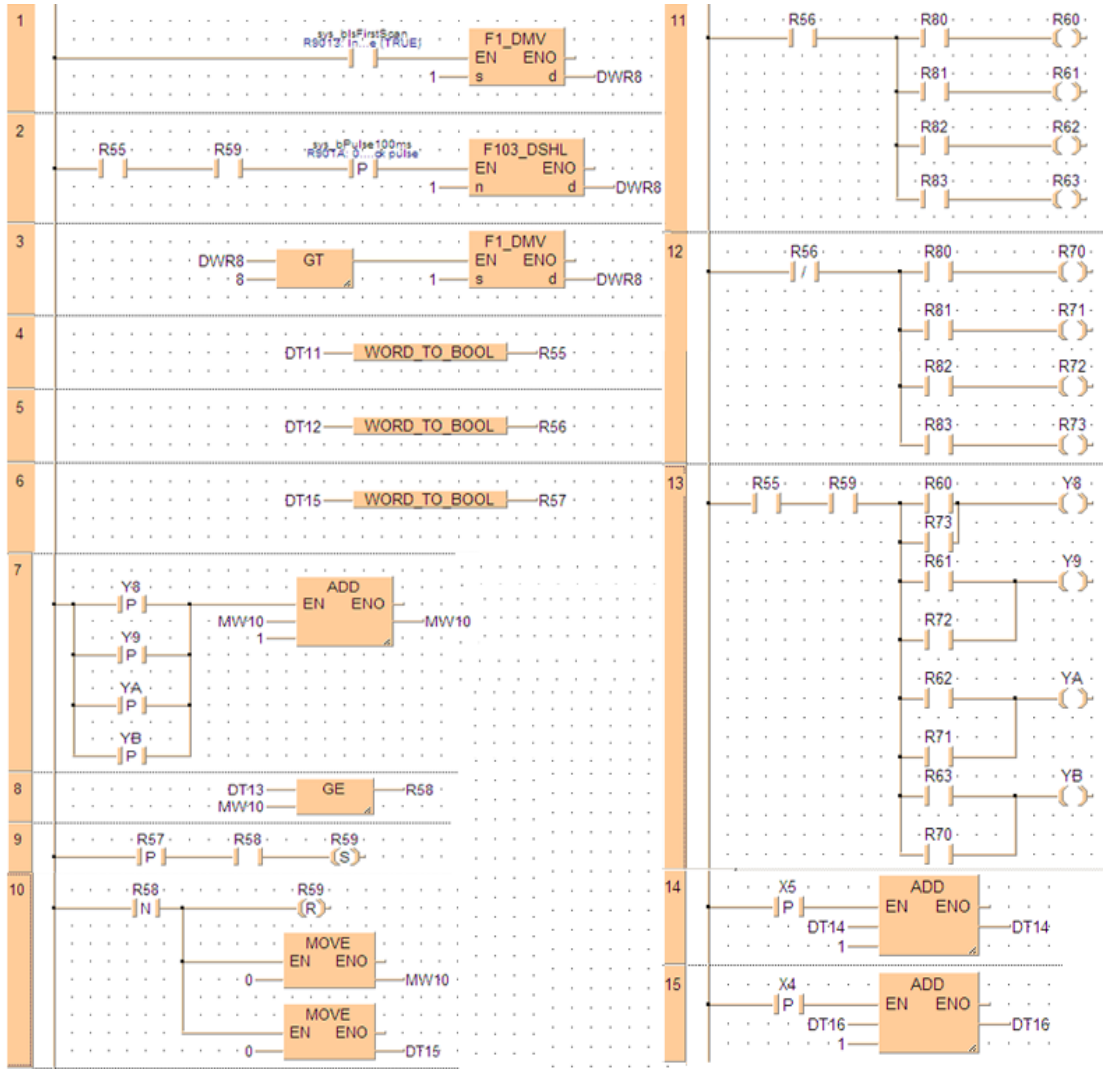


Şekil 4.3. Sisteme ait genel yapı

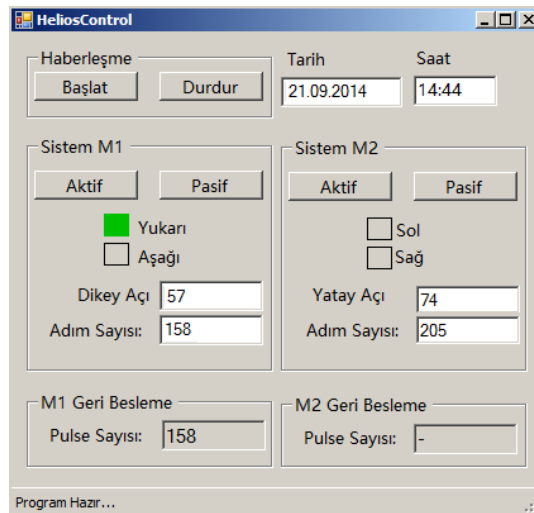


Şekil 4.4. HeliosControl algoritması

Bu geliştirilen yazılım her 4 dakikada bir veritabanından heliostatın günün o saatinde ve dakikasında, yatayda, dikeyde alacağı açıları çeker, ayrıca tarihi ve saati de veritabanından çeker. Daha sonrasında motorların çalışması için gerekli komutları PLC'ye gönderir ve PLC üzerindeki program da röleleri kontrol ederek motorların hareketini sağlar. PLC üzerinde çalışan yazılım Şekil 4.5'te gösterilmiştir. HeliosControl Modbus üzerinden haberleşir ve hızlı bir haberleşme sağlar. PLC endüstriyel bilgisayara RS-232 portu üzerinden bağlıdır. Heliostatın konumlanması için ilk önce dikeyde daha sonra yatayda motorlar çalıştırılır ve durdurulur. Motorların konumlarında olduğu bilgisi üzerlerindeki encoder ile kontrol edilir ve HeliosControl tarafından doğrulanır. Motorlardaki adım sayısı ve encoderdaki pulse sayısı birbiri ile karşılaştırılır ve eşitlendiği anda motorların sinyali kesilir. HeliosControl yazılımı Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



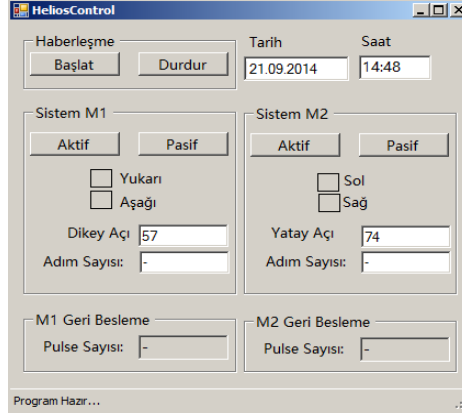
Şekil 4.5. PLC Programı



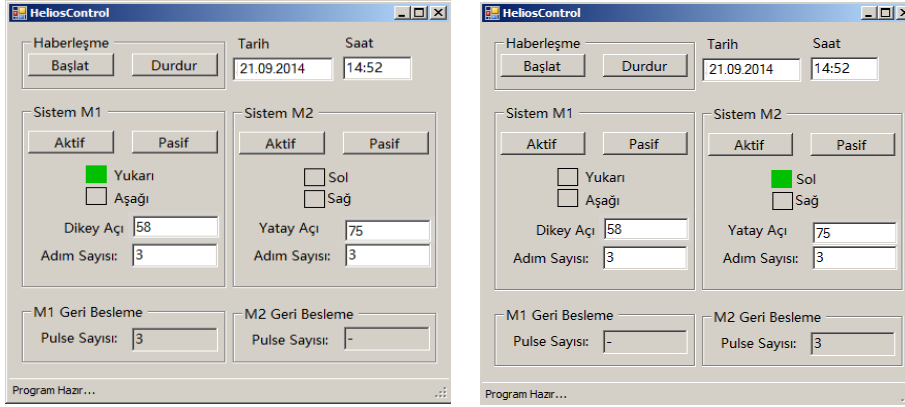
Şekil 4.6. HeliosControl yazılımı

Bu yazılım üzerindeki alanlardan “Dikey Açı” aynanın dikeyde alacağı açığı göstermektedir. Motorların herbiri 1,8 derecelik adım açısına sahiptir, ancak bu adım açısı redüktör ile 1/5 oranında küçültülerek 0,36 derecelik bir açı değeri elde edilmekte ve daha hassas bir konumlama yapılabilir. Yazılım adım sayısını hesaplar ve veritabanından gelen açı değerini 0,36 ile böler ve değeri “Adım Sayısı” alanına yazar. Bu alandaki bilgi motorlara PLC üzerinden aktarılır ve dönüş sağlanmış olur. Motorların dönüşü tamamlandığında encoder bilgisi PLC üzerinden okunur ve yazılımda gösterilir “Adım Sayısı” ve “Pulse Sayısı” alanı birbirine eşitse dönüş tamamlanmış olur. Ayna 4 dakika boyunca bu konumunu korur. 4 dakika sonra ise program yeni açı değerlerini alır ve değişiklik varsa aynı işlemleri tekrar uygular, ancak bu sırada en son alınan açı değerinden yeni açı değerini çıkararak adım sayısını hesaplar ve motorlara yön verme işlemi başlatılır.

Şekil 4.7(a)'da HeliosControl'un 14:48'de çektiği açılar görülmektedir. Saat 14:52'de açılar değiştiğinde Şekil 4.7(b)'de görüldüğü üzere, ilk olarak dikey açı konumlandırılmıştır. Dikey yönlendirme yapan motor durduktan sonra aynı dakika içinde yatay yönlendirme yapan motor devreye girmiş ve Şekil 4.7(c)'deki gibi konumlama işlemini tamamlamıştır. Motorlar konumlanırken aktif olan yönleri Şekil 4.7(b) ve Şekil 4.7(c)'de ayrı ayrı gösterilmiştir.



(a)



(b)

(c)

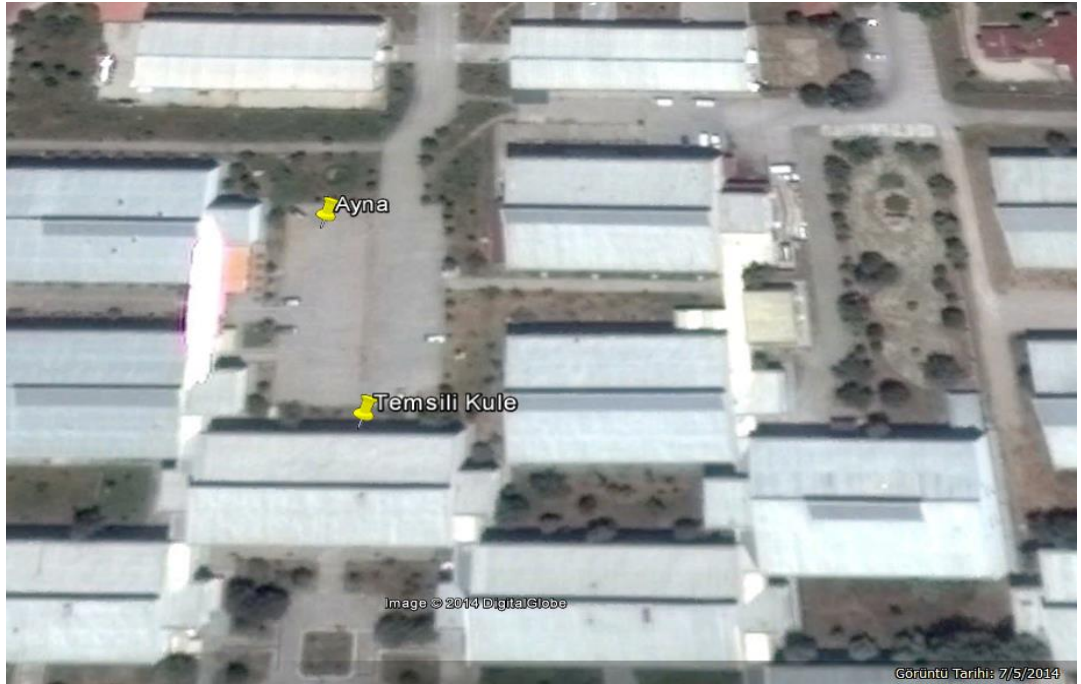
Şekil 4.7. HeliosControl zamanlaması (14:48-14:52)

Sistemin çalıştırılması için Süleyman Demirel Üniversitesi Batı Kampüsü içinde bulunan E-12 binası temsili bir kule olarak kullanılmıştır. Yılın farklı zamanlarında heliostat deney amaçlı çalıştırılmıştır. Şekil 4.8 deneylerin yapıldığı kampüs alanını, Şekil 4.9 ise deneylerin gerçekleştiği alanı göstermektedir.

Deneylerin gerçekleştirileceği alanın ve heliostatın konum bilgileri daha önceden hesaplanmış ve bu noktalardaki açı değerleri veritabanına aktarılmıştır. Deneylerin yapıldığı alanda temsili kulenin ve heliostatın görüntüsü Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Deneylerin gerçekleştirildiği SDÜ kampüsü (Google Earth, 2014)

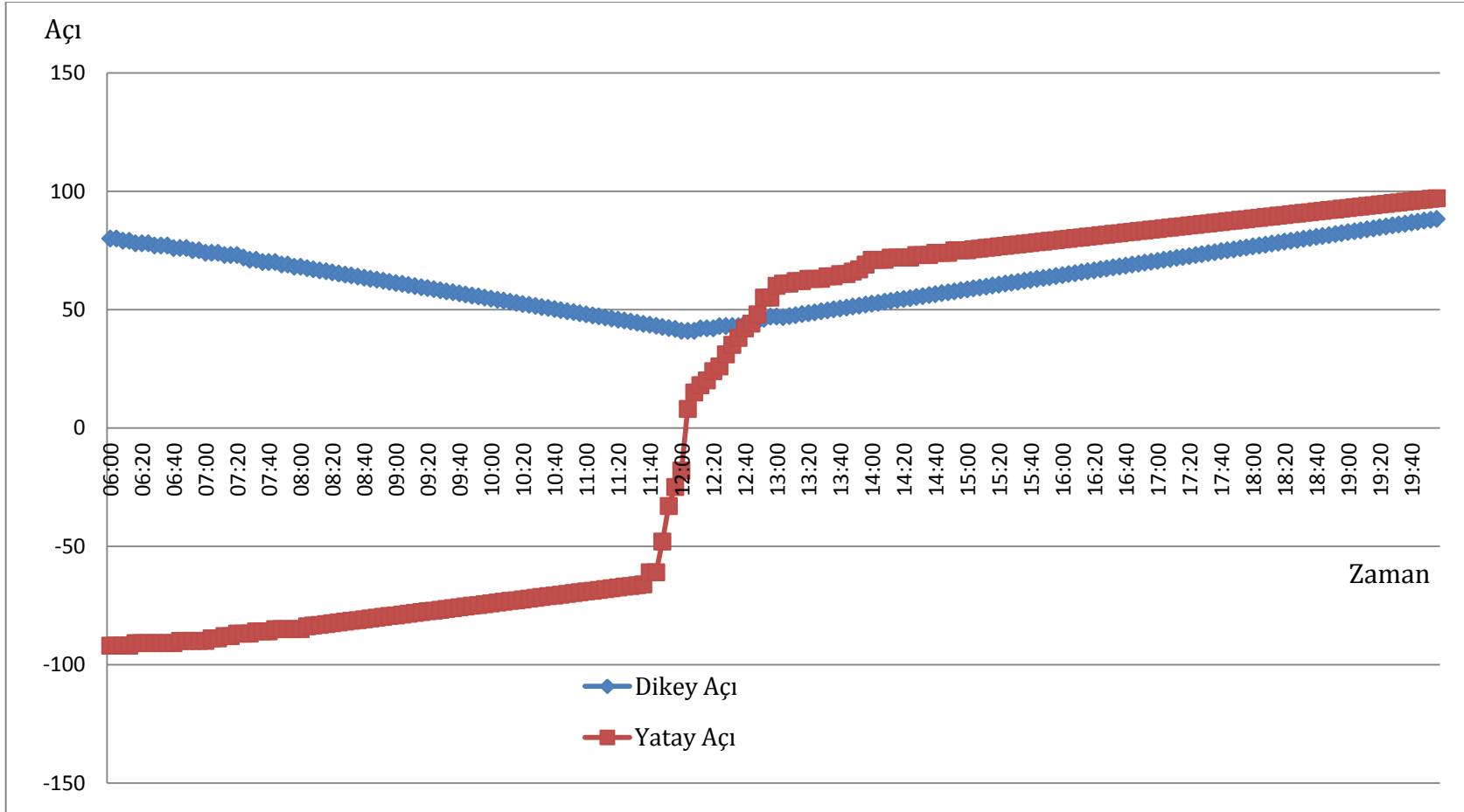


Şekil 4.9. Deneylerin gerçekleştirildiği alan (Google Earth, 2014)



Şekil 4.10. Heliostat ve temsili kule

Saat 9:00 ile 18:00 arasında gerçekleşen deneylerde heliostatın kontrolünü sağlayan tüm elemanların çalışması incelenmiştir. Özellikle endüstriyel dış ortamda olmasına rağmen, 60°C'ye varan sıcaklığı ile stabil çalışmasına devam etmiştir. Bu nedenle herhangi bir masaüstü bilgisayarın ya da dizüstü bilgisayarın performansı yerine endüstriyel bilgisayar seçimi çevre şartlarına göre uygun bir seçim olmuştur. Üzerinde bulunan 3G bağlantı sayesinde ise kontrol sadece kablosuz ağ üzerinden değil telefon hattı ile de bağlantı yapılabilmesine, konum bilgisinin alınabilmesine imkan vermektedir. Bu sayede çalışması sırasında oluşabilecek hatalara anında müdahaleyi etkin kılabilir. Yazılımın deneylerden birinde çektiği açıların zamana göre değişimi Şekil 4.11'te gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Gün içinde alınan açı bilgileri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma güneş güç kulelerinin en önemli bileşenlerinden biri olan heliostatlar üzerine yapılmıştır. 1 x 1 metre ebatlarında yansıtıcı yüzeyi olan bir heliostat üretilmiş ve step motorlar, redüktörler, encoderler ve PLC ile bir mekanik sistem oluşturulmuştur. Bu mekanik sistem heliostat için yatay ve dikey olmak üzere iki yönde hareket edebilme yeteneği kazandırmıştır. Motorlara bağlanan redüktörler sayesinde de 1.8 derecelik step motor açısı 1/5 oranında azaltılarak 0.36 dereceye düşürülmüş ve hassas bir konumlama elde edilmiştir. Heliostatların en büyük özelliği çalıştıktan sonra hedefi bulma ve bu hedefi çalıştığı süre boyunca takip edebilmesidir. Bu sistemin çalışmasında en büyük etmen ise üzerinde kullanılan endüstriyel bilgisayar olmuştur. Endüstriyel bilgisayarın mekanik bir diski olmadığı için ve gömülü işletim sistemi ile çalıştığından, elektrik kesilmelerinden olumsuz etkilenmeyecektir. Bilgisayarın elektriği kesilmesi halinde masaüstü ve dizüstü bilgisayarlarda gelişen dosya formatı bozulması ve işletim sisteminin başlamaması durumları bu nedenle endüstriyel bilgisayarda gerçekleşmeyecektir. Elektriksel olarak daha az güç çeken bilgisayar, fansız olarak çalıştığından dolayı da dış ortamlarda, yüksek sıcaklıklara kadar rahatlıkla kullanılabilir. Bu bilgisayarda çalıştırılmak üzere geliştirilmiş bir veritabanı ve HeliosControl isimli yazılım tüm kontrol işlemini PLC ile birlikte yapabilmektedir. Birden fazla portu olması avantajı ile de aynı anda hem PLC üzerindeki programı değiştirebilmeye hem de heliostatın kontrolüne izin vermektedir.

Veritabanı bağlantılı görsel arayüzlü bir program ile çalışan sistem daha sonra eklenecek diğer heliostatlar için merkezi bir birim oluşturabilecektir. Her bir aynanın alacağı açı değerleri veritabanına bir kere yazıldığından ve hesaplama yapılmadığından, sistemin geliştirilmesi kolay olacaktır. HeliosControl isimli yazılım 4 dakikada bir veritabanına bağlanarak sistem saati ile eşleşen dakikalar için açı değerlerini getirir ve step motorlar için adım sayılarını hesaplar. Böylece sistem gerçek zamanlı çalışmış olur. Motorların konumlanması da encoderlarla kontrol edilerek geri besleme alınmış olur. Geliştirilen bu sistem, güneş güç kulelerinde bir kere oluşturulup kullanılması ile avantaj sağlayabilecektir.

Çalışan sistemin deneyi SDÜ Batı Kampüsünde yer alan E-12 binasında bir hedef belirlenerek yapılmıştır. Hedef yerden 12 m yüksekliktedir, heliostatın odak noktası ise 1,5 m' dir. Hedef alanı 1 m²'den az olmasına rağmen odaklama konusunda problemler oluşmamıştır ve hedef alan heliostat ile aydınlatılabilmektedir. Veritabanında güncellenecek açı değerleri olduğunda sistem buna hızlı şekilde, tekrar programlama gerektirmeden adapte olabilmektedir ve önemli bir avantaj sunmaktadır.

Dünya üzerinde yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yapılan çalışmalar sayesinde nükleer enerjiyle çalışan santrallerin bile kapatılmaya başlandığı görülmüştür. Çalışmamız aynı zamanda, fosil yakıtların yerini alabilecek yenilenebilir enerji projelerine ülkemizde de dikkat çekecektir. Ülkemiz, dünya üzerinde güneş ışığından en fazla yararlanabilen ülkeler arasındadır. Artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için bu tür projeler son derece önemli ve faydalı olabilecek durumdadır. Kurulabilecek bu tür tesisler ile çevresel faktörlerin yanında ekonomik olarak da faydalar sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

- Ağaçbiçer, G., 2010. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı Ve Yapılan Swot Analizler. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 172s, Çanakkale.
- Alexopoulos, S., Hoffschmidt, B., 2010. Solar Tower Power Plant In Germany And Future Perspectives Of The Development Of The Technology In Greece And Cyprus. *Renewable Energy*, 35, 1352-1356.
- Apaydın, H., 2006. Adım Motorlarının Karakteristikleri Ve Bilgisayar İle Konum Kontrolü Uygulaması. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96s., İstanbul.
- Ataman, A.R., 2007. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 325s, Ankara.
- Badescu, V., 2008. Theoretical Derivation of Heliostat Tracking Errors Distribution. *Solar Energy*, 82, 1192-1197.
- Bal, G., 2004. Özel Elektrik Makinaları. Seçkin Yayıncılık, 197s. Ankara.
- Bingöl, O., 2006. Microcontroller Based Solar-Tracking System And Its Implementation. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (2), 243-248.
- Bockris, J.O., Veziroğlu, T.N., Smith, D., 1993. Güneş Enerjisi. İletişim Yayınları, 112s, İstanbul.
- Boyle, G., Everet, B., Ramage, J. (Eds), 2003. *Energy Systems and Sustainability*. Oxford University Press, 640p. Oxford.
- Çelik, S.N., 2012. Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102s, Eskişehir.
- Çetin, M., 2011. Employment Impacts Of Solar Energy In Turkey. *Energy Policy*, 39, 7184-7190.
- Chaib, A., Kesraoui, M., Kechadi, E., 2013. Heliostat Orientation System using a PLC based Robot Manipulator. 2013 Eighth International Conference and Exhibition on Ecological Vehicles and Renewable Energies, 27-30 March, Monte Carlo, 1-6.
- Chen, Y.T., Chong, K.K., Bligh, T.P., Chen, L.C, Yunus, J., Kannan, K.S., Lim, B.H., Lim C.S., Alias, M.A., Bidin, N., Aliman, O., Salehan, S., Shk. Abd. Rezan S.A.H., Tam, C.M., Tan, K.K., 2001. Non-imaging, Focusing Heliostat. *Solar Energy*. 71(3), 155-164.

- Ciğer, M., 2010. Bilgisayar Kontrollü, İnternet Destekli Sera Otomasyonu. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 146s, Adana.
- Cingil, İ., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Ekonomik Etüdü. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s, İstanbul.
- Collado, F.J., Guallar, J., 2013. A Review Of Optimized Design Layouts For Solar Power Tower Plants With Campo Code. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 20, 142-154.
- Çözüm Kumbarası, 2014. Erişim Tarihi: 11.03.2014.
<https://www.cozumkumbarasi.com/ProjeGorseller/0fddb966-e4dd-4ee0-9207-d60079fd7a8borjinal.jpg>
- Demirtaş, M., 2006. Bilgisayar Kontrollü Güneş Takip Sisteminin Tasarımı ve Uygulaması. Politeknik Dergisi, 9 (4), 247-253.
- DGS (German section of the International Solar Energy Society), 2010. Planning and Installing Solar Thermal Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers. Routledge, 368p, New York.
- Dönüşüm, 2007. Encoder Nedir? Nasıl Seçilir? Erişim Tarihi: 10.06.2014.
<http://donusumtr.com/bilgibankasi.asp?islem=detay&ID=8>
- Dunn, R.I., Hearps, P.J., Wright, N.M., 2012. Molten-Salt Power Towers: Newly Commercial Concentrating Solar Storage. Proceedings of the IEEE, 100 (2), 504-515.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEKTM), 2010. Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi. Erişim Tarihi: 10.02.2014.
<http://www.dektmk.org.tr/upresimler/GUNES.pdf>
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEKTM), 2010. Enerji Raporu 2012. Erişim Tarihi: 10.02.2014.
<http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjirapor2012.pdf>
- Edos Elektronik, 2005. Erişim Tarihi: 02.01.2014. www.edos.com.tr
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK), 2013. Erişim Tarihi: 03.10.2013.
<http://www.epdk.gov.tr/index.php/elektrik-piyasasi/mevzuat?id=143>
- Engin, E., 2011. Tekstil İşletmelerinin Enerji Temininde Doğrusal Fresnel Güneş Güç Sistemlerinin Kullanılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107s., Isparta.
- Eurostat, 2013. Primary production of renewable energy. Erişim Tarihi: 23.12.2013.
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

- Garg, H.P., Prakash, J., 2000. Solar Energy: Fundamentals and Applications, (First Revised Edition). McGraw Hill Education, 434p, New Delhi.
- Global Greenhouse Warming, 2013. Erişim Tarihi: 22.12.2013. www.global-greenhouse-warming.com
- Gök, A.D., 2008. PLC Temelleri ve Uygulamaları. Okutman Yayıncılık, 232s. Ankara.
- Green Renewable Energy Consultans (GREC), 2013. Erişim Tarihi: 18.12.2013. <http://www.grec-energy.com/Products/Solar/Heater/Chromagen/chromagen.html>
- Greenway, 2013. Erişim Tarihi: 24.12.2013. <http://www.greenway.com.tr>
- Groenendaal, B.J., 2002. Solar Thermal Power Technologies: Monograph In The Framework Of The Vleem Project. Erişim Tarihi: 22.03.2014. <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2002/c02062.pdf>
- Güneş Sistemleri, 2008. Erişim Tarihi: 23.09.2013. <http://www.gunessistemleri.com>
- Inverter & PLC, 2014. Erişim Tarihi: 10.06.2014. <http://www.inverter-plc.net/enkoder/enkoder.html>
- James, R.G., Weinberg, P.N., 2002. Hrkes İçin SQL. Çev. Kamburoğlu, G.İ., Erdem, T.L. Alfa Yayınları, 889s. İstanbul.
- Kalogirou, S.A., 2013. Solar Energy Engineering, 2nd Edition. Academic Press, 840p.
- Karataş, S., 2009. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçerisinde Rüzgar ve Güneş Enerjilerinin Yeri. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek isans Tezi, 221s, İstanbul.
- Keskin, K., 2012. Çevre Mühendisliğinde Ar-Ge Uygulamalarının Araştırılması "Yenilenebilir Enerji Örneği". Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 106s, Bursa.
- Köse, O., 2013. Enstitüsü Fototrikogram (Ftg) İle Saç Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s, Isparta.
- Kribus, A., Vishnevetsky, I., Yogev, A., Rubinov, T., 2004. Closed Loop Control Of Heliostats. Energy, 29, 905-913.
- Kurt, C., 2011. Özel Redüktör Tasarımı. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s, Tekirdağ.

- Kurtulan, S., 2010. PLC İle Endüstriyel Otomasyon. Birsen yayınevi, 496s. İstanbul.
- Limitsiz Enerji, 2013. Erişim Tarihi: 20.12.2013. www.limitsizenerji.com
- Livatyalı, H., Yıldırım, T., 2012. Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Teknolojisindeki Gelişmeler. Mühendis Ve Makine, 633(53), 17-20.
- Machine Design, 2014. Basics of Rotary Encoders: Overview and New Technologies. Erişim Tarihi: 11.05.2014. <http://machinedesign.com/sensors/basics-rotary-encoders-overview-and-new-technologies-0>
- Mahmutoğlu, M., 2013. Türkiye Elektrik Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 139s, Ankara.
- Martin, J.C., 2006. Solar Tres. Erişim Tarihi: 18.12.2013. http://www.nrel.gov/csp/troughnet/pdfs/2007/martin_solar_tres.pdf
- Masters, J.T., 2011. Tower-Tracking Heliostat Array. California Polytechnic State University, M.Sc Thesis, 138p. California.
- NASA, 2013. Erişim Tarihi: 23.09.2013. <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html>
- National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2013. Erişim Tarihi: 23.12.2013. <http://www.nrel.gov/>
- Novatec Solar, 2013. Erişim Tarihi: 20.12.2013. <http://www.novatecsolar.com/>
- Öztaşkan, G., Avrupa Birliği Sürdürülebilir Kalkınma Politikaları Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelim ve Türkiye'nin Durumunun Değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 118s, İzmir.
- Pavlovi, T.M., Radonji, I.S., Milosavljevi D.D., Panti L.S., 2012. A Review Of Concentrating Solar Power Plants In The World And Their Potential Use In Serbia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 3891-3902.
- Peng, D., Zhang, H., Yang, L., Li, H., 2008. Design and Realization of Modbus Protocol Based on Embedded Linux System. The 2008 International Conference on Embedded Software and Systems Symposia (ICESS2008), July 29-31, Sichuan, 275-280.
- Pfahl, A., Randt, M., Holze, C., Unterschütz, S., 2013. Autonomous Light-Weight Heliostat With Rim Drives. Solar Energy, 92, 230-240.

- Plataforma Solar de Almería, 2014. Erişim Tarihi: 02.01.2014.
<http://www.psa.es/webesp/index.php>
- Rhif, A., 2011. Position Control Review for a Photovoltaic System: Dual Axis Sun Tracker. IETE Technical Review, 28(6), 479-485.
- Sayın, S., 2006. Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 149s, Konya.
- Schell, S., 2010. Design and evaluation of esolar's heliostat fields. 85(4), 614-619, April 2011.
- Sea Solar Store, 2007. Erişim Tarihi: 18.12.2013. www.seasolarstore.com
- Şenol, R., 2009. Güneş Kulelerinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Araştırılması ve Optimizasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 210s, Isparta.
- Şenol, R., Üçgül, İ., Koyun, A., Acar, M., 2011. 10 MW'lık SDÜ Güneş Güç Kulesi Tesis Tasarımı. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 26, No 4, 813-821.
- Süzer, E.S., 2006. Uzaktan Sayaç Okuma Teknikleri ve Modbus-RTU, IEC 61107 MOD C Protokolleri ile Örnek Yazılım. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, İstanbul.
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 2009. Erişim Tarihi: 19.10.2014.
<http://www.teias.gov.tr/ebulten/makaleler/2009/okulyeni/elektrik/ku-manda.htm>
- Türkkan, O., 2008. Development of a Wireless Transmission Module for Modbus Applications. Atılım University, M.Sc Thesis, 79p. Ankara.
- Ünal, B., 2009. Yapay Zeka Yardımı İle Redüktör Seçimi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 112s, Ankara.
- Unienerji, 2007. Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörleri. Erişim Tarihi: 20.12.2013. www.unienerji.com.
- Uygun, D., 2006. Hibrit Adım Motorunun Sayısal Kontrolü. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105s, İstanbul.
- Vachiraprakarnsakul, T., Wongsaisuwan, M. 2008. Design of Calibrating Controllers for Heliostats. International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 14-17 May, Krabi, 617-620.

- Vogel, W., Kalb, H., 2010. Large-Scale Solar Thermal Power: Technologies, Costs and Development. Wiley, 508p. Weinheim (Mörlenbach).
- Watson, K., Nagel, C., Pedersen, J.H., Reid, J.D., Skinner M., 2010. Beginning Visual C# 2010 (1st Edition). Wiley Publishing, 1080p. Indiana.
- Wempen, F., 2010. Teach Yourself Visually Access 2010. Wiley, 352p., Indianapolis.
- Wei, X., Lu, Z., Yu, W., Zhang, H., Wang, Z., 2011. Tracking And Ray Tracing Equations For The Target-Aligned Heliostat For Solar Tower Power Plants. Renewable Energy, 36, 2687-2693.
- Xu, F., Liang, W., 2010. Optimal Estimation of the Central Normal of a Heliostat Using UKF. 2010 11th International Conference Control, Automation, Robotics and Vision, 7-10 December, Singapore, 2284-2288.
- Yabuz, Z.R., 2009. Güneş Bacasında Konstrüktif İyileştirme Çalışmaları ve Performans Artırıcı Yöntemlerin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 117s., Isparta.
- Yardımcı, H., 2013. Redüktör Tipleri Ve Özellikleri. Erişim Tarihi: 14.04.2014. <http://www.gucaktarim.com/wp-content/uploads/2013/03/Red%C3%BCkt%C3%B6r-Tipleri-Ve-%C3%96zellikleri.pdf>
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), 2012. Erişim Tarihi: 23.09.2013. <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>
- Younis, M., Al-Shehhi, A., Al Hamar, N., MMeribout, 2011. A Wireless Sensor Network-Based Heliostat System Using Real-Time Image Processing Techniques. IEEE GCC Conference and Exhibition (GCC), February 19-22, Dubai, 465-468.
- Zeray, C. Renewable Energy Sources. University of Çukurova Institute of Natural and Applied Science, MSc Thesis, 130p, Adana.
- Zhang, H., Wang, Z., Wei, X., Lu, Z., 2011. Design of Heliostats Field for Scale of 1 MW Solar Power Tower Plant. Procedia Environmental Sciences, 11 (Part C), 1164-1170.
- Zhang, L., 2007. Design of Controller for Vptig Welding Based on Industrial Computer. Beijing University of Technology, M.Sc Thesis, 80p. Beijing.
- Zhang, P., 2010. Advanced Industrial Control Technology. Elsevier, 842p. Massachusetts.
- Zobaa, A.F., Bansal, R.C, 2011. Handbook of Renewable Energy Technology. World Scientific Publishing Company, 876p. Singapore.

EKLER

EK A. Çizelgeler

EK A. Çizelgeler

Genel	
CPU	Intel Core2Duo ULV U7500 at 1.06GHz/ Celeron M ULV 423 at 1.06GHz
System Chipset	945GM/GME chipset 533 MHz FSB
BIOS	AWARD® 4 Mbit Flash BIOS
System Memory	200-pin SODIMM socket, support ECC Double Data Rate (DDR2) 128 MB to 1 GB, DDR2 533/667 MHz
Power Management	APM1.2, ACPI 2.0 support
SSD	Supports CompactFlash® Card TYPE I/II (shared 1st IDE Channel)
Watchdog Timer	Single chip Watchdog 255-level interval timer, setup by software
Expansion Interface	1 x miniPCI (Equipped with miniPCI WLAN card for ARK-1382W version)
Battery	3V/210 mAh
I/O Interface:	1 x RS-232, 3 x RS232/422/485 (COM1: default is RS-485, RS-422/485 by jumper setting, COM2~4: default is RS-232)
USB	4 x USB 2.0 compliant Ports
Audio:	sound and dual output 6W ALC203 AC97 surround stereo amplifier. Supports Spkr-out (Left and Right) and Mic-in
IrDA	N/A
GPIO	6 bit; 4 x Digital input with isolation and 2 x Digital output with relay
LAN Chipset	82562GZ
Speed	10/100 Mbps
Interface	1 x RJ45
Standart	IEEE 802.3u 100Base-T
Görüntü	
Chipset	Integrated graphics built in to Intel 945GM/GME, Intel 3.5 Generation integrated Graphics Engine
Memory Size	Supports Intel DVMT (Dynamic Video Memory Technology) 3.0 1 MB or 8 MB under system BIOS
Resolution	CRT Display mode: pixel resolution up to 1600 x 1200 at 85-Hz and 1600 x 1200 at 75-Hz LCD Display mode
Display Interface	1 x VGA, 1 x LVDS
Dual Independent	VGA + LVDS
Bağlantı	
Wireless LAN	802.11b/g WLAN miniPCI module (optional)
GPS	Built-in u-blox LEA 5 GPS GPS/GALILEO chip
GPRS/EDGE/HSDPA	– Wavecom Q2686, supports GSM/GPRS, 850/900/1800/1900MHz (optional) – Wavecom Q2687,supports GSM/GPRS/EDGE, 850/900/1800/1900MHz (optional) – Siemens HC25, supports UMTS/HSDAP Triple band, 850/1900/2100MHz and GSM/GPRS/EDGE: Quad band, 850/900/1800/1900MHz (optional)

Çizelge A.1. Advantech ARK-1388V endüstriyel bilgisayar teknik özellikleri

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Onur Mahmut PİŞİRİR
Doğum Yeri ve Yılı : İzmir, 1985
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : yl113013315@stud.sdu.edu.tr



Eğitim Durumu

Lise : Urla Anadolu Teknik Lisesi-2003
Lisans : SDÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Kontrol Öğretmenliği-2011

Mesleki Deneyim

SDÜ Uluborlu Selahattin Karasoy MYO	2011-2012
SDÜ Senirkent MYO	2014-..... (halen)
SDÜ Uzaktan Eğitim MYO	2011-..... (halen)