



PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROL (PLC) İLE GÜNEŞİ İZLEYEN SİSTEMİN TASARLANMASI

DESIGN OF A TRACKING SYSTEM WITH PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)

The Journal of Global Engineering Studies

Volume:3 Issue:1 (2016) 32-45

□

3rd Anatolia Energy Symposium Special Issue

Enver Er^{a*}

Rüştü Eke^b

^aMuğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Muğla Meslek Yüksekokulu, 48000 Muğla
e-posta: enverer@mu.edu.tr

^bMuğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü, 48000 Muğla
e-posta: erustu@mu.edu.tr

Özet

Fotovoltaik (PV) aygıtlarda elde edilen elektriksel çıkış gücü aygıt yüzeyine düşen güneş ışığı miktarı ile doğru orantılıdır ve bu nedenle de PV modüllerden gün içerisinde elde edilecek güç değeri sürekli değişmektedir. Yüzeğe gelen güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilmek ve PV modüllerden daha yüksek elektriksel güç elde edebilmek, PV modül yüzeyinin normalinin güneş ışınlarına paralel duruma getirilmesi ile mümkündür. Bu çalışmada, güneş izleme sistemleri incelenerek güneşin astronomik koordinatına dayalı olarak izleme gerçekleştiren PLC programları geliştirilmiştir. Güneş izleme sisteminin kontrolü PLC LOGO! cihazı ile sağlanmıştır. PLC LOGO! cihazı için geliştirilen farklı programlar ile Güneş izleme sisteminin hareketini sağlayan lineer DC motorların kontrolü sağlanmıştır. Tasarlanan sistem güneş izlemesinde doğu-batı ve kuzey-güney eksenlerinde gerçekleştirmektedir. Açık bir yaz gününde tasarlanan izleyici sistem üzerine yerleştirilmiş bir modül ile sabit eğimli güneşe bakan bir modülde elde edilen anlık güç değerleri arasında %60'ı geçen, günlük toplam elde edilen elektrik enerjilerinde ise % 45'e varan kazançlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş izleme, PLC, LOGO, PV, Enerji kazancı.

*Corresponding author

Abstract

Output of solar cells are directly propotional to the irradiance on its surface so the output power fluctuates within a day. Advancing solar energy and maximising the electrical output power of PV modules are possible with adjusting the PV surface's normal parallel to incident solar lights. In this study, solar tracking system types are investigated and several PLC programmes are developed using the astronomical coordinates of the sun. Solar tracking system is controlled with PLC LOGO!. The motion of the surface of the solar tracking system has been moved by linear motors. The developed system tracks the sun in east-west and north-south axis. A PV module is plugged on the developed system to compare its output values with an identical PV module. In a clear sky summer day DC electricity power output of photovoltaic modules more than 60% are obtained where daily total electricity gain reaches up to %45.

Keywords: Solar tracking, PLC, LOGO, PV, Energy gain.

Semboller

- β : Modül eğim açısı [°]
- δ : Deklinasyon açısı [°]
- ω : Saat açısı [°]
- γ : Azimut açısı [°]
- θ : Güneş geliş açısı [°]
- ϕ : Enlem değerleri

1 Giriş

PV yapılarda elde edilen elektriksel çıkış gücü PV yüzeyine düşen güneş ışığı miktarı ile doğru orantılıdır. Gün içerisinde güneş ışınları farklı açılarla yeryüzüne ulaşmaktadır. Dolayısıyla PV modüllerden gün içerisinde elde edilecek güç değerleri de sürekli değişmektedir. Yüzeye gelen güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilmek ve PV modüllerden daha yüksek elektriksel güç elde edebilmek, PV modül yüzeyinin normalinin güneş ışınlarına paralel duruma getirilmesi ile mümkündür. Güneş izleme sistemi (GİS), güneş ışınlarının modül yüzeyine dik bir şekilde gelmesini sağlamak için PV yüzeyin hareket ettirilerek güneş ışınımından maksimum seviyede faydalanmayı amaçlayan sistemlerdir [1].

GİS kullanılması, sabit yüzey eğimli PV sistemlere göre daha yüksek maliyete sahip olup kurulması ve uygulaması karmaşıktır. Ancak GİS üzerine yerleştirilmiş olan PV modüller sabit eğimli yüzeye yerleştirilmiş PV modüllere göre anlık olarak daha yüksek güç çıkışı ve yıllık olarak daha fazla enerji üretimi gerçekleştirebilmektedir. Birçok uygulamada elde edilen sonuçlara göre yıllık enerji kazancının %30-42 arasında olduğu gösterilmiştir [2-4].

GİS genellikle pasif izleme ve aktif izleme olarak iki kategoride sınıflandırılır. Pasif izleme bir maddenin termal olarak genişlemesine dayanmaktadır. Aktif izleme ise yazılan programlar ile kontrol cihazlarının çalıştırılmasına dayalı sistemlerdir. Ayrıca bu izleme sistemleri de; tek veya çift eksenle izleme, astronomik veya foto sensörlü izleme, özerk veya yardımcı enerji kaynağı ile izleme, sürekli veya belirli aralıklarla izleme gibi sınıflarda kategorize edilebilir [5].

Tek eksenli GİS’de azimut açısına bağlı olarak izleme yapılmaktadır. Çift eksenli GİS’de ise azimut açısı yanında güneş yükseklik açısı değişimlerine bağlı olarak da izleme gerçekleştirilmektedir. Kontrol sistemlerine göre GİS, astronomik ve sensörlü olarak iki grupta incelenmektedir. Sensörlü GİS’de geri bildirim elemanı kullanılmaktadır [6].

GİS güneş izleme yüzeyinin hareketini sağlamak için mekanik aksama, kontrol sistemine ve motor sürücü sistemine bağlı olarak asenkron, step, servo, lineer, redüktörlü, Alternatif akım (AC), Doğru akım (DC) vb. gibi çok değişik motorlar kullanılmaktadır [7].

Bu çalışmada, yazılan farklı programlanabilir lojik kontrol (PLC) programları kullanarak kontrol edilen GİS üzerine yerleştirilmiş olan PV modül ile sabit eğimli yüzeye yerleştirilmiş olan özdeş bir PV modülden üretilen elektrik enerjisi arasındaki farkı belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; tek ve çift eksenli GİS kullanıldığında sabit eğimdeki PV modüle göre enerji kazancının ve izlemenin yapıldığı zaman aralığı değiştirilerek enerji kazancındaki değişimin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın daha önce yapılmış diğer çalışmalardan farkı GİS’in otomatik kontrolü için PLC cihazlarının en basit ve en az maliyetli ürünlerinden olan PLC LOGO! cihazından bir adet kullanılmasıdır. Dünyada GİS’in kontrol edilmesinde PLC LOGO! kullanılan çalışmada ise bu cihazdan 2 adet kullanılarak izleme yaptırılmıştır [8]. Türkiye’de yapılan çalışmalarda PLC cihazlarının farklı bir çeşidi olan PLC S7 200 kullanılarak izleme gerçekleştirilmiştir [9,10]. PLC LOGO! cihazı için geliştirilen farklı programlar ile GİS’in hareketini sağlayan iki adet lineer DC motorun kontrolü sağlanmıştır.

2 Muğla’da Güneşlenme Değerleri

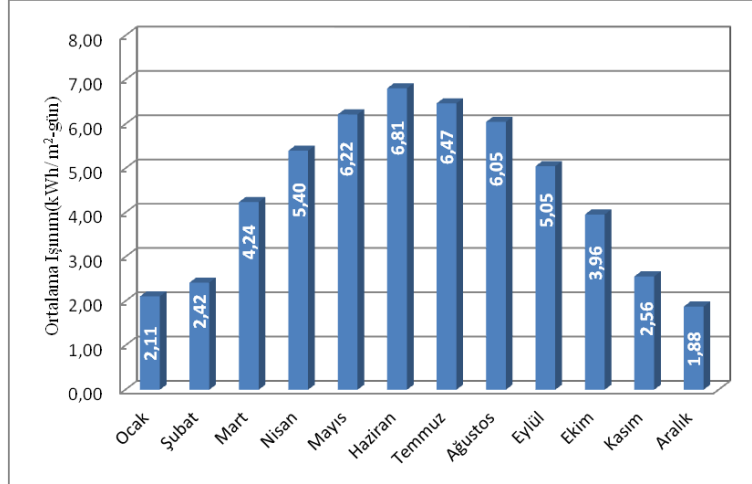
Muğla ilinin Şekil 2.1’de verilen günlük ortalama ışınım değerleri açısından değerlendirildiğinde en düşük değer aralık ayında 1,88 kWh/m²-gün olarak, en yüksek değer ise haziran ayında 6,81 kWh/m²-gün olarak gerçekleştiği görülmektedir. Muğla ili ortalama ışınım değerleri açısından Türkiye ortalamasının üzerinde bir ildir.

Muğla ili aylara göre günlük ortalama güneşlenme süreleri bütün aylarda Türkiye ortalaması değerlerinin üzerinde gerçekleşmiştir. En düşük değer aralık ayında 4,67 saat ve en yüksek değer temmuz ayında 11,90 saat olarak gerçekleşmektedir (Şekil 2.2).

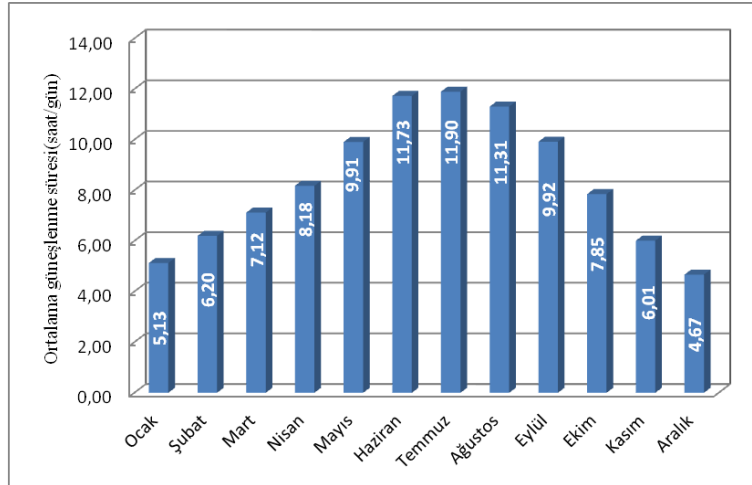
Muğla ili Şekil 2.3’te verilen güneş ışınım haritasında yıllık ortalama yaklaşık 1600 kWh/m²’lik güneş ışınım potansiyeline sahiptir. Bu değer Türkiye ortalaması yaklaşık 1311 kWh/m² olarak gerçekleşmektedir [12]. Bundan dolayı Muğla Türkiye’de Güneş enerjisi potansiyeli açısından çok uygun yerleşim yerlerinden biridir.

3 Güneş İzleme Sistemi

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretmede yararlanılırken bu kaynaklarla kurulan sistemlerin ilk kurulum maliyetleri fosil yakıtlar ile elektrik üretme-



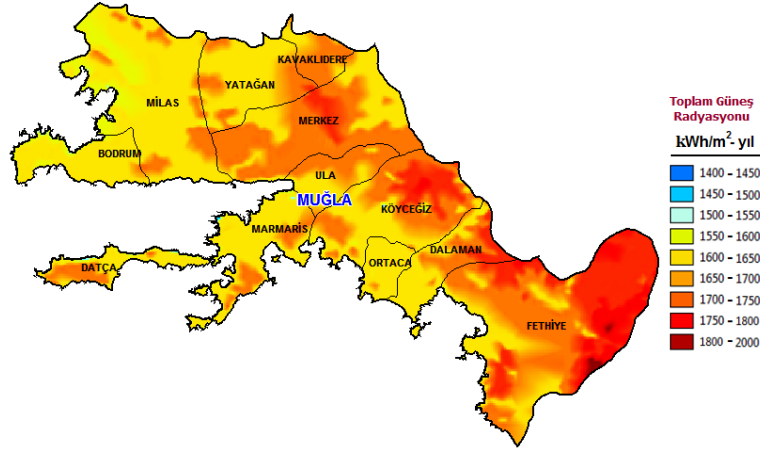
Şekil 2.1: Muğla günlük ortalama ışıının aylara göre değişimi (<http://www.eie.gov.tr> 2015)



Şekil 2.2: Muğla günlük ortalama güneşlenme süresinin aylara göre değişimi (<http://www.eie.gov.tr> 2015)

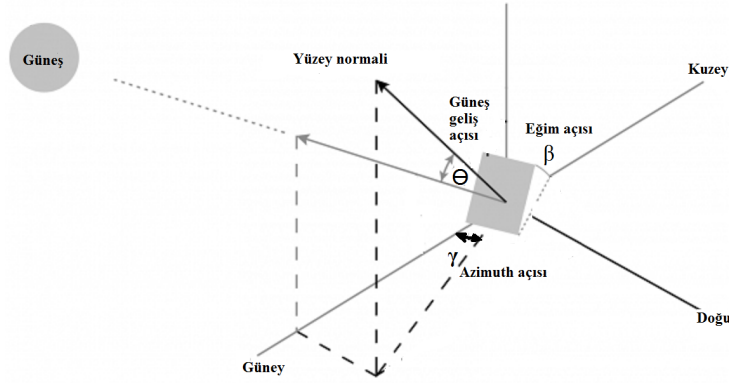
ye göre daha yüksektir. Kurulan sistemin en kısa sürede kendini amorti etmesi istenir. Güneşten elektrik üretilmesini sağlayan fotovoltaik (PV) sistemlerde de yatırım geri dönüş süresini azaltmak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Üretim verimliliğinin artırılması ile yatırım geri dönüşüm süresi kısaltılabilir. Bu ise mevcut PV modül ile elektriksel bağlantılar değiştirilmeden, ancak enerji dönüşümü sağlayan PV modül üzerine düşen güneş enerjisini arttırarak gerçekleştirilebilir [13,14]. Güneş ışınları gün içerisinde sürekli olarak farklı bir açıyla seçilen yüzeye geleceğinden en fazla enerji bu ışınlar ile modül yüzeyinin birbirine dik olmasını veya yüzey normali ile güneş ışınlarının doğrultusunun paralel olmasını sağlayarak mümkündür. Güneş enerjisinden daha fazla elektrik enerjisi elde etmek için güneşi takip eden bir sistemin geliştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Güneş enerjisinden faydalanmak için geliştirilen sistemler, güneşin ışımından yararlanmaktadır. Doğrudan ışıının yoluyla elde edilecek ısı, ışıını alacak yerin (enlem itibariyle) dünya üzerindeki yerine, doğrultusuna, tarihe ve saatine bağlıdır.



Şekil 2.3: Muğla ilinin yatay yüzeydeki güneş ışıma haritası (<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/48.aspx> 2015)

Güneş geliş açısı (θ), yüzeye gelen direkt güneş ışıması ile yüzeyin normali arasındaki açıdır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Güneş geliş açısı, eğim açısı ve azimut açısı

Güneş ışınmından yararlanmak için geliştirilen sistemlerde doğrudan güneş ışınmından faydalanma miktarının maksimum olması için güneş ışınlarının dik bir şekilde gelmesi gerektiği Eşitlik (3.1)'de verilen formülden anlaşılabilir. Bunun için azimut açısının (γ) ve eğim açısının (β) sürekli değiştirilmesi gereklidir (Şekil 3.1).

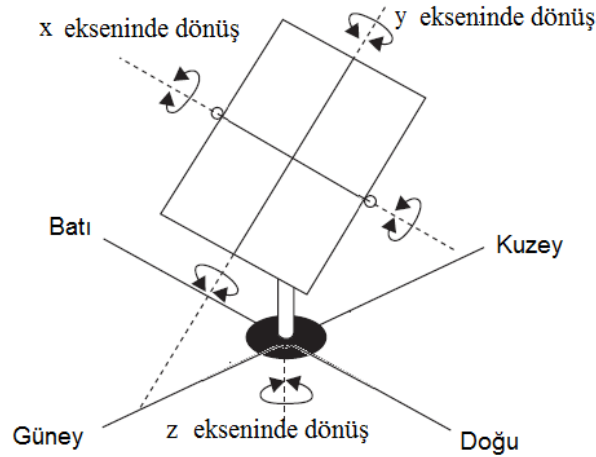
$$\begin{aligned} \cos \theta &= \sin \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \beta - \sin \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \\ &+ \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \beta \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega \\ &+ \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega \end{aligned} \quad (3.1)$$

Dünyanın 23,45°'lik eğik eksenini de hesaba katarak güneş geliş açısının 0° olmasını temin edebilmek için, eğim açısının yer ve mevsimler itibariyle değiştirilmesi gerekmektedir. Bunun için kuzey - güney ekseninde güneş izleme yüzeyi hareket ettirilerek izleme yapılması gerekmektedir. Ayrıca güneşin her gün doğudan batıya doğru olan hareketinin güneş geliş açısına olan etkisini ortadan kaldırmak için yüzey ve bu doğrultudaki açısının da günün değişik zamanları itibariyle değiştirilmesi

gerekir. Sabit, yatay bir düzleme gelen enerji sabah ve akşam dolaylarında en az, öğle saatlerinde ise en fazla olmaktadır.

Güneş izlemesi doğu-batı ve kuzey-güney eksenlerinde yapılabilir. Bu eksenlerden biri kullanılarak güneş izlemesi yapılırsa tek eksenli, ikisi birden kullanılırsa çift eksenli güneş izleme sistemi denilmektedir. Çift eksenli izleyici sistemler yükseklik ve azimut eksenlerinin her ikisinde de hareket ettirilerek gerçekleştirilmektedir. Bu izleyici sistemler yüksek yeterlilikte doğruluğa sahip komponentler kullanılarak en iyi performansı sağlamaktadır. Çift eksenli izleme sistemleri azimut ve polar olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır.

İzleme y eksenindeki dönüşle güneşi doğu-batı yönünde x eksenindeki dönüşle de kuzey-güney yönünde yapıyorsa buna Polar çift eksenli güneş izleme sistemi ve z eksenindeki dönüşle doğu-batı yönünde x eksenindeki dönüşle de kuzey-güney yönündeki izleme yapılması durumunda Azimuth çift eksenli güneş izleme sistemi adını almaktadır (Şekil 3.2). Bu çalışmada kullandığımız çift eksenli izleme, polar çift eksenli izleme sistemidir. PV modülü x ve y eksenlerinde hareket ettirilerek güneş izlemesi gerçekleştirilmektedir [1].

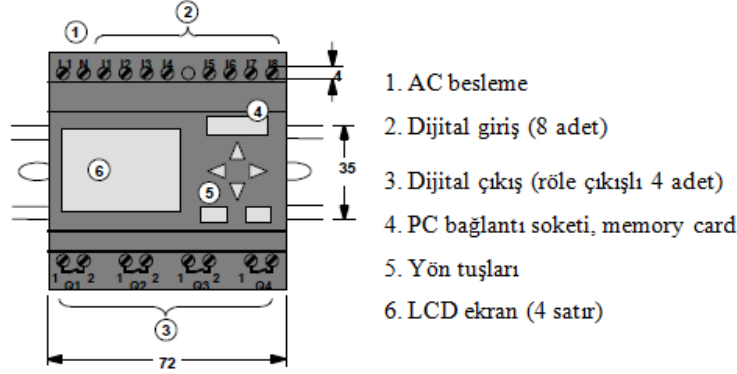


Şekil 3.2: İzleme sisteminin doğu-batı ve kuzey güney ekseninde dönüşü

4 Programlanabilir Lojik Kontrol

PLC çok değişik alanda kontrol sistemlerinde kullanılmaktadır. Havalimanları aydınlatma kontrol sistemleri [15], akıllı ev otomasyonu [16], trafik ışıklarının otomasyonu [18] ve kereste kurutma fırınlarının otomasyonu [19] gibi bir çok kullanım yeri bulunmaktadır. Ayrıca bu otomasyonlarda alınan verilerin kaydı, izlenmesi, yönetimi [17] gibi çalışmalarda farklı türlerde PLC'ler kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan PLC LOGO! Siemens'in evrensel lojik modülüdür. PLC'de program yazılırken şekil ve içerik açısından kontak plan (ladder) ve fonksiyon plan (FBD) olmak üzere PLC programlanmasında iki çeşit yazılım dili vardır. Siemens LOGO PLC'ler FBD ile lojik kapılar kullanılarak daha kolay programlanmaktadır. LOGO PLC'ler çalışma gerilimleri, giriş gerilimleri, gerilim türleri ve giriş-çıkış sayılarına göre değişik ihtiyaçları karşılamak için değişik tiplerde üretilirler. Bunlar arasında Siemens Logo!

230RC 8 giriş, 4 röle çıkışlı bir PLC'dir (Şekil 4.1). PLC, hem kendi üzerinde bulunan LCD ekran, hem de PC kablosu bağlantısı ile bilgisayardan programlanabilmektedir. Giriş ünitesi 115-120 AC ve 230-240 AC olmak üzere değişik gerilim kademelerinde çalışmaktadır. Çıkış röle çıkışlı ve 220V AC, 10 A'lık kontak değerlerine sahiptir. PLC LOGO!'nun ekranlı tip olması tercih edilir. Böylelikle acil durumlarda programı değişikliği yapmak için ekrandan faydalanılır [20].



Şekil 4.1: PLC LOGO! Bölümleri (<http://w3.siemens.com> 2014)

5 Materyal ve Metot

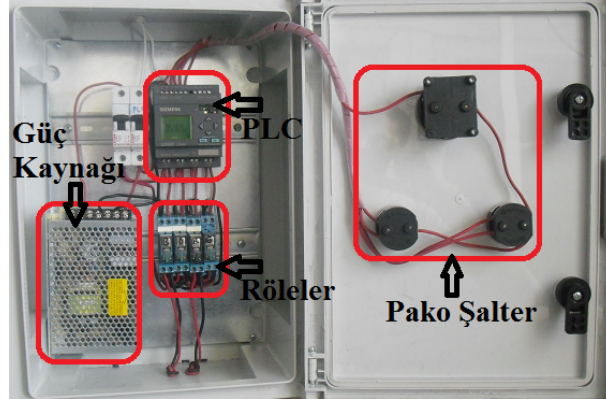
Güneş izleme sisteminin (GİS) kontrol cihazı olan PLC LOGO! için geliştirilen çeşitli programlarla iki lineer DC motorun önceden belirlenen sürelerde çalıştırılıp durdurulmasıyla, güneşe bakan 30° eğimli yüzeydeki fotovoltaik (PV) modüle göre daha fazla elektrik enerjisi üretmek amaçlanmaktadır. Tasarlanan GİS doğu-batı ekseninde öğleden önce 65° öğleden sonra 37° kuzey-güney ekseninde ise $13^\circ - 63^\circ$ arasında izleme yapılabilmektedir.

Dünya, kendi eksenini etrafındaki hareketini 24 saatte tamamlamaktadır. Bir günde (1440 dakika) boylamda 360° hareket ettiğinden, dünyanın 4 dakika hareket etmesi bir derecelik boylam ilerlemesine karşılık gelmektedir. Bundan dolayı GİS için yazılan PLC programlarında 4'er ve 8'er dakikalık aralıklarla izleme yapılmıştır. Deneysel çalışmalar yapılırken tek eksenli GİS için 4 farklı ve çift eksenli GİS için 2 farklı PLC programları yazılmış ve deneyleri yapılmıştır. PLC programlarında motorların çalışma sıklıkları 4 dakika olduğunda, 8 dakikaya göre motorlar daha sık hareket edecekler ve güneşi daha hassas bir şekilde izleyebileceklerdir [1].

5.1 Materyal

PLC, röleler ve güç kaynağının içerisine yerleştirildiği kumanda panosu, 30×40 cm ölçülerinde PVC'den yapılmış bir malzemedir. Kumanda panosu üzerine manuel kontrolü sağlamak için 3 adet pako şalter yerleştirilmiştir (Şekil 5.1).

Lineer aktüatörler izleme sistemlerinde genellikle yükseklik açısını hareket ettirmek için kullanılır. Bazı izleme sistemi üreticileri hem azimut hem de yükseklik açısını hareket ettirebilmek için lineer aktüatör kullanmışlardır. Lineer aktüatörlerin



Şekil 5.1: Klasik elektromekanik kumanda panosu

sonsuz dişli redüktörlü aktüatöre göre en büyük avantajı fiyat avantajıdır. Yüksek hassasiyette çalışabilir. Bu çalışmada güneş izleme yüzeyinin kuzey-güney ekseninde hareketi için 150 mm'lik doğu-batı ekseninde hareketi için ise 250 mm'lik 2 adet lineer DC motor kullanılmıştır. Kullanılan lineer DC motorların maksimum yük kapasitesi 1000 Newton'dur.

5.2 Güneş İzleme Sisteminin Tanıtılması

Güneye doğru bakan 30° eğimli yerleştirilmiş yıl içerisinde eğimi değiştirilmeyen PV modül ile tasarlanan GİS, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Kütüphanesinin çatısına tam güneşe bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Her iki sistemde de özdeş PV modüller kullanılmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2

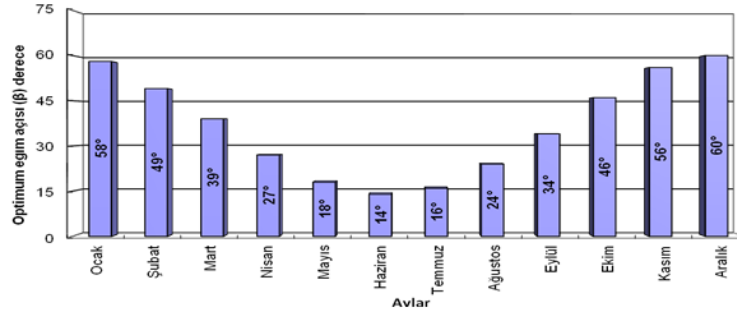
5.3 Metot

Muğla ilinde güneşin izlediği yol doğu-batı ekseninde en az 144° en fazla 220° kuzey-güney ekseninde en az 29° en fazla 76° kadar bir hareketlilik mevcuttur (Tablo 5.1). Muğla ilinde doğu-batı eksenindeki hareketliliğe bakarak gündüz uzunluğu yıl boyunca 9,6-14,7 saat arasında değişmektedir. Böylece güneş doğuş batış saatleri de sürekli değişmektedir. Kuzey-güney eksenindeki hareketlilik incelendiğinde kışın güneş yıl boyunca en düşük seviyesi olan 29° yazın ise yıl boyunca en yüksek seviyesi olan 76° yüksekliğe kadar çıkmaktadır.

Tablo 5.1: Muğla ili güneş açısı sınırları

| Tarih | Doğu | Batı | Doğu-batı hareketliliği | Kuzey | Kuzey-güney hareketliliği |
|------------|--------------|-------------|-------------------------|------------|---------------------------|
| 21 Aralık | -72° | 72° | 144° | 61° | 29° |
| 21 Haziran | -110° | 110° | 220° | 14° | 76° |

PVSYST V4.37 PV sistemler için geliştirilmiş bir hesaplama ve simülasyon programıdır. Eğim açısı değiştirilerek günlük enerji miktarı hesaplatılacaktır. Muğla ili için PVSYST V4.37 programıyla her ayın temsili günleri referans alınarak yapılan hesaplamada o gün için ideal eğim açıları görülmektedir. İdeal eğim açıları Muğla ili için 14° ile 60° arasında değiştiği gözlenmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: Muğla ili için aylara göre, ideal eğim açılarının değişimi

5.4 PLC Programını Yazma Aşamaları

PLC programı yazılırken temel hedef güneşin bulunduğu konuma göre motorları hangi sıklıkta ne kadar süreyle hareket ettireceğimizi bilmektir.

Güneşin bulunduğu pozisyon belirlenirken MIDC SOLPOS calculator arayüzü programından yararlanılmıştır. İşlem Muğla merkez enlem ($37,17^\circ$ kuzey) ve boylam ($28,22^\circ$ doğu) değerleri girilerek yapılmıştır. Örnekleme için en uzun gündüz uzunluğuna sahip 21 Haziran günü kullanılmıştır. Sonuç olarak global ışımaya değeri, saat açısı ve güneş zenit açısı $10'$ ar dakika arayla hesaplatılmıştır (Şekil 5.4).

MIDC SOLPOS Calculator programından, hesaplamalar sonucu bir text dosyası çıkmaktadır. Bu text dosyası üzerinde işlem yapabilmek için microsoft excel'e aktarılıp üzerinde motorlara yön verecek saatler ve aralıklar belirlenmiştir. GIS hareketini sağlayacak motorların hareket etme süreleri bu tablodan faydalanılarak PLC programına aktarılmıştır (Şekil 5.5).

MIDC SOLPOS Calculator
Compute the solar position and intensity from time and place

Required input fields:

Enter start date: Year: 2014 Month: June Day: 21
 Enter end date: Year: 2014 Month: June Day: 21
 Enter output time interval: Interval: 10 Units: Second * Minute

Enter site location information:
 37.17 Latitude, degrees north (south negative)
 28.22 Longitude, degrees east (west negative)
 3 Time zone, east (west negative)
 1013.0 Surface pressure (mbar)
 23 Ambient dry-bulb temperature (°C)

Optional input values:
 0 Azimuth of panel surface
 0 Degrees tilt from horizontal of panel
 1367 Solar constant (W/m²)
 7.6 Shadow-band width (cm)
 31.7 Shadow-band radius (cm)
 0.04 Shadow-band sky factor
 0 Interval of a measurement period (sec)

Check desired output values:
 Relative optical airmass
 Pressure-corrected airmass
 Solar zenith angle, degrees from zenith, refracted
 Solar azimuth angle
 Cosine of solar incidence angle on panel

Check additional desired output values:
 Day angle (degrees)
 Hour angle (hour of sun from solar noon, degrees west)
 Solar zenith angle, no atmospheric correction
 Declination (zenith angle of solar noon at equator, deg. north)
 Ecliptic longitude (degrees)
 Obliquity of ecliptic
 Time of ecliptic calculations
 Equation of time (minutes)
 Earth radius vector (ratio)
 Mean anomaly (degrees)
 Mean longitude (degrees)
 Right ascension (degrees)
 Sunset hour angle (degrees)
 True solar time, minutes from midnight
 True solar time minus local standard time
 Greenwich mean sidereal time (hours)
 Universal (Greenwich) standard time
 Local mean sidereal time (degrees)
 Julian Day of 1 Jan 2000 minus 2,400,000 days

Data output type:
 ASCII Text
 ZIP Compressed

Submit Reset

Şekil 5.4: Güneş pozisyonunu hesaplayan programın ekran görüntüsü [21].

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|-------|---------------|------------|--------------|--------------------|------------|----------|---------|---------|
| 1 | Saat | Global Işınım | Saat Açısı | Zenith açısı | | | | | |
| 2 | 05:40 | 0.00 | -112.22 | 92.07 | | | | | |
| 3 | 05:50 | 3.87 | -109.72 | 90.36 | | | | | |
| 4 | 06:00 | 36.92 | -107.22 | 88.63 | | | | | |
| 5 | 06:10 | 77.16 | -104.72 | 86.87 | | | | | |
| 6 | 06:20 | 116.80 | -102.22 | 85.09 | | | | | |
| 7 | 06:30 | 157.42 | -99.72 | 83.29 | | | | | |
| 8 | 06:40 | 198.59 | -97.22 | 81.46 | | | | | |
| 9 | 06:50 | 240.15 | -94.72 | 79.62 | | | | | |
| 10 | 07:00 | 281.96 | -92.22 | 77.76 | | | | | |
| 11 | 07:10 | 323.92 | -89.72 | 75.88 | | | | | |
| 12 | 07:20 | 365.91 | -87.22 | 73.99 | | | | | |
| 13 | 07:30 | 407.84 | -84.72 | 72.09 | | | | | |
| 14 | 07:40 | 449.62 | -82.22 | 70.17 | | | | | |
| 15 | 07:50 | 491.18 | -79.72 | 68.24 | | | | | |
| 16 | 08:00 | 532.43 | -77.22 | 66.30 | | | | | |
| 17 | 08:10 | 573.27 | -74.72 | 64.34 | | | | | |
| 18 | 08:20 | 613.64 | -72.22 | 62.38 | öğl. önce 1. parça | β değişimi | toplam s | 8dk...s | 4dk...s |
| 19 | 08:30 | 653.45 | -69.72 | 60.42 | 02:30:00 | 29.65 | 10.73 | 0.57 | 0.29 |
| 20 | 08:40 | 692.64 | -67.22 | 58.44 | 150 | | | | |
| 21 | 08:50 | 731.12 | -64.72 | 56.46 | | | | | |
| 22 | 09:00 | 768.81 | -62.22 | 54.48 | | | | | |
| 23 | 09:10 | 805.65 | -59.72 | 52.49 | | | | | |
| 24 | 09:20 | 841.57 | -57.22 | 50.50 | | | | | |
| 25 | 09:30 | 876.50 | -54.72 | 48.51 | | | | | |
| 26 | 09:40 | 910.36 | -52.22 | 46.52 | | | | | |
| 27 | 09:50 | 943.10 | -49.73 | 44.53 | | | | | |
| 28 | 10:00 | 974.65 | -47.23 | 42.54 | | | | | |
| 29 | 10:10 | 1004.96 | -44.73 | 40.56 | | | | | |
| 30 | 10:20 | 1033.96 | -42.23 | 38.58 | | | | | |

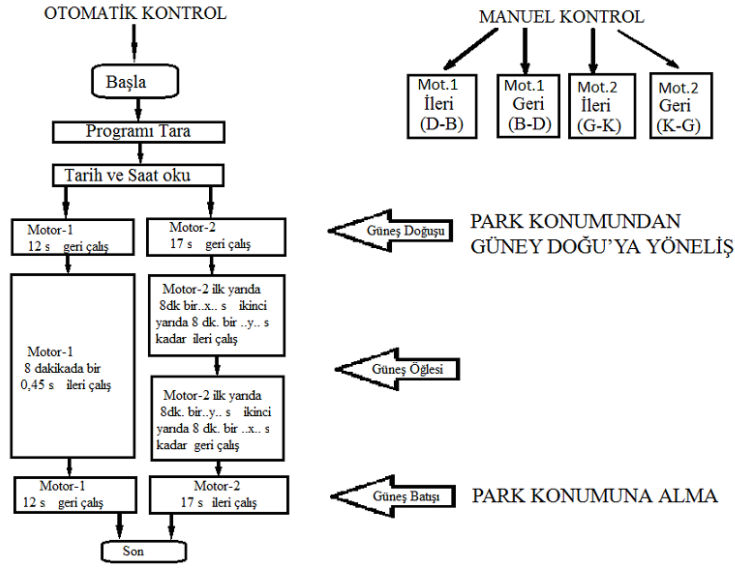
Şekil 5.5: MIDC SOLPOS programından alınan verilere göre motorların hareket sürelerinin bir bölümü.

5.5 Akış Diyagramı

Güneş izleme sisteminin akış diyagramında sistem ilk başlangıç noktasında park konumundadır. Güneş doğuş saatinde park konumundan güney doğuya doğru yönelmektedir. Güneş batış saatinde ise sistemin kendini park konumuna alması sağlanmaktadır. Sistem gerekli durumlarda elle müdahale için PLC girişleri aracılığıyla hazır hale getirilmiştir.

Güneş izleme sisteminde, doğu-batı ekseninde hız sürekli sabittir. Ama kuzey-güney ekseninde ise bu durum değişkendir. Bunun için kuzey-güney eksenindeki hareket için öğleden önce ve öğleden sonra olmak üzere iki bölümde incelenmiştir. Güneş öğleye yakın olan zaman diliminde kuzey-güney motoru diğer zaman dilimine

göre daha az süre hareket etmektedir (Şekil 5.6).



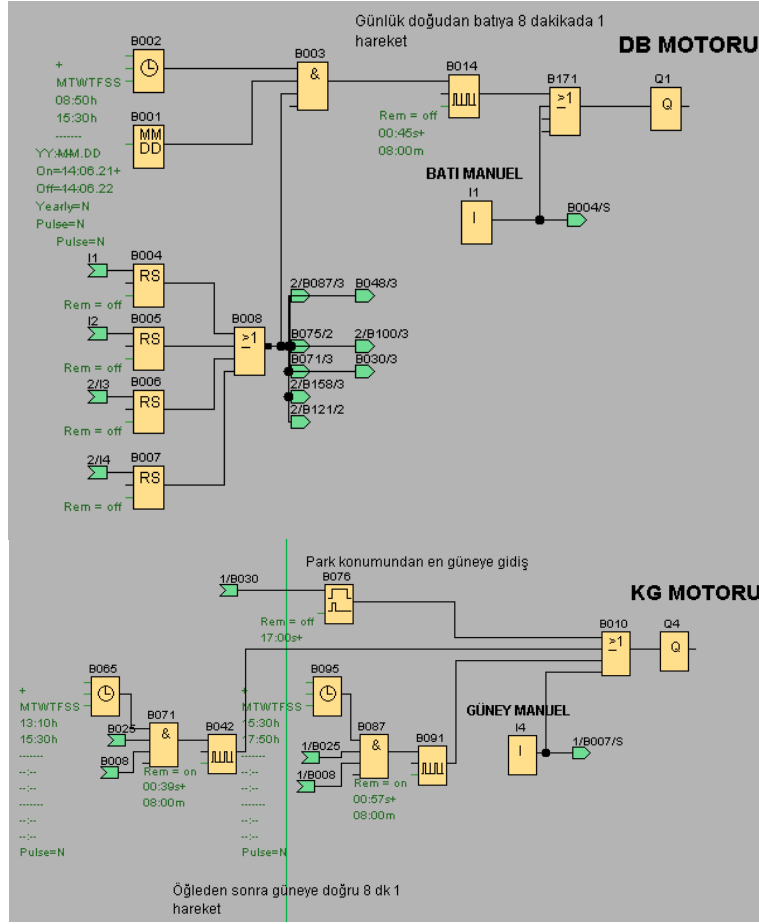
Şekil 5.6: Güneş izleme sistemi PLC programı akış diyagramı

5.6 PLC Programı

Yazılan PLC programı doğu-batı,batı-doğu,kuzey-güney ve güney kuzey olmak üzere 4 parçadan oluşmaktadır. Doğudan batıya ve kuzeyden güneye hareket için gerekli programın bir bölümü Şekil 5.7'te verilmiştir. herhangi bir manuel giriş olduğunda otomatik izlemenin durması için B004,B005,B006,B007 ve B008 bloklarının kullanılmıştır. Tekrar otomatik izlemeye devam etmek için PLC'nin resetlenmesi gerekmektedir. Doğü-batı doğrultusunda hareket eden motor 08:50-15:30 saatleri arasında 8 dakikada bir B014 bloğu ile 0,45 s ileri hareket ederek güneş batana kadar güneşi yatay olarak izleme işlemini gerçekleştirmiş olmaktadır. I1 pako şalter aracılığıyla aktif hale getirilirse sistem otomatik izlemeyi durdurarak batıya doğru ilerletilir. Kuzey-güney doğrultusunda hareket eden motor öğleden sonra her 8 dakikada bir 1. bölümde 13:10-15:30 saatleri arasında B042 bloğu ile 0,39 s 2. bölümde ise 15:30-17:50 saatleri arasında B091 bloğu ile 0,57 s geri hareket ederek aşağı doğrudikey hareketi tamamlar. Ayrıca güneş doğuşunda da saat 05:50'de B076 bloğu ile 17 s geri hareket ederek park konumundan en güneye doğru gitmiş olur. I4 pako şalter aracılığıyla aktif hale getirilirse sistem güneye doğru hareket etmektedir (Şekil 5.7).

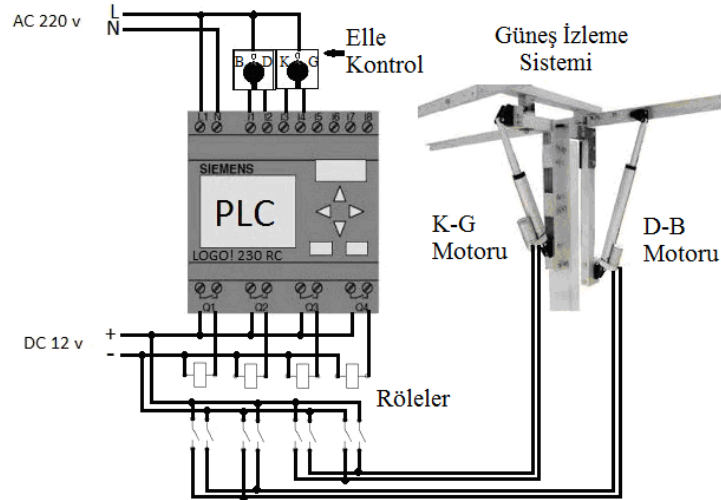
5.7 Güç Devresi Kurulması

Yazılan PLC programının simülasyonunda ortamında düzenli çalışıyorsa artık PLC cihazına yüklenip uygulama çalıştırılabilir. Güneş izleme sisteminin devreye bağlantı şeması hem DC hem de AC beraber kullanılmaktadır. PLC girişlerinden 4 tanesi manuel kontrol için pako şalterlere bağlanmıştır. PLC 220 V AC beslemesiyle çalışmaktadır. PLC'nin varolan 4 çıkışı da motorları ileri geri çalıştırmak için kullanılmaktadır. PLC çıkışına 2 motoru ileri ve geri hareket ettirebilecek 4 adet röle



Şekil 5.7: PLC programı 2 parçası [1].

takılmıştır. Motorların beslemesi 12 V DC güç kaynağından sağlanmaktadır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8: Güneş izleme sistemi güç devresi

6 Sonuç ve Öneriler

Geliştirilen tasarım ve PLC yazılımlarıyla İki eksenli 4 dakika aralıklarla izlemeye yaz ayları için sabit eğimli yüzeye yerleştirilmiş PV modüle göre % 45'e varan elektrik enerjisi kazancı olduğu gözlenmiştir. Tasarlanan Güneş izleme sistemi ile güç kaynağı akım değerleri arttırılarak bir çok izleme yüzeyi kontrol edilebilir. Kullanılan GİS düzeneği ile mekanik olarak doğu-batı ekseninde öğleden önce 65° öğleden sonra 37° izleme yapılabilmektedir. Mekanik sistem ve motorlar değiştirilerek daha uzun süre izlenme yaptırılması sağlanabilir. Böylece daha fazla kazanç elde edilebileceği düşünülmektedir. İzleme aralığı denemelerde 8 ve 4 dakika olarak kullanılmıştır. Kuzey güney eksenini öğleden önce ve sonra 2 bölüme taksim edilerek izleme yapılmıştır. İzleme aralığı süresi daha da kısaltılarak ve kuzey güney eksenini daha fazla parçaya bölünerek daha hassas izleme yapılacağından elektrik enerji kazancının artacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi tarafından BAP 13/27 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] E. Er ve D. Kalaycı, *Programlanabilir lojik kontrol (plc) ile güneşi izleyen sistemin bir fotovoltaik modüle Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2014).
- [2] R. Enslin, *Maximum power point tracking: a cost-saving necessity in solar-energy systems*, Renewable Energy, 6 (1992), 549.
- [3] R. Eke and A. Şentürk, *Performance comparison of a double-axis sun tracking versus fixed PV system*, Solar Energy, 86 (2012), 2665–2672.
- [4] D. Kalaycı, *Güneş takip sistemlerinin tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Bursa: Uludağ Üniversitesi, 2012.
- [5] A. A. Bayold-Rujula, A. M. Lorente-Lafuente and F. Cirez Oto, *Environmental assessment of grid connected photovoltaic plants with 2-axis tracking versus fixed modules systems*, Energy, 36 (2011), 3148–3158.
- [6] C. Y. Lee, P. C. Chou, C. M. Chiang and C. F. Lin, *Sun tracking systems: a review*, Sensors, 9 (2009), 3875–3890.
- [7] A. Şenpınar, *Bağımsız güneş pili sistemlerinin bilgisayar ile kontrolü*, Doktora Tezi, Elazığ, Fırat Üniversitesi, 2005.
- [8] A. Salah and N. Salem, *Two axes sun tracking system with PLC control*, Energy Conversion and Management, 45 (2004), 1931–1939.
- [9] C. Sungur, *Multi-axes sun-tracking system with PLC control for photovoltaic panels in Turkey*, Renewable Energy, 34 (2009), 1119–1125.

- [10] G. Bayrak ve M. T. Gençođlu, *İki eksenli güneş takip sisteminin tasarımı ve PLC ile kontrolü*, Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi Ulusal Toplantısı, İzmir,(2011), 407-411.
- [11] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/48.aspx> (2015).
- [12] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/48.aspx> Erişim: 21.05.2015
- [13] M. Dursun ve S. Özden, *Application of solar powered automatic water pumping in Turkey*, International Journal of Computer and Electrical Engineering, 4(2) (2012), 161.
- [14] M. Dursun and E. N. Yılmaz, *Design and application of internet based solar pump and monitoring system*, International Journal of Applied Sciences, 8(16) (2008), 2859–2866.
- [15] İ. Tarımer R. Gürbüz, *A novel approach to execution runway lightening systems at airports*, 10th International Conference Mechatronic Systems And Materials 7-10 July 2014, Opole / Poland.
- [16] K. Cengiz, K. Topcuođlu, İ. Tarımer ve M. Öđün, *PLC destekli bir bina otomasyonu ile enerji tüketiminde tasarruf sağlanması*, Sinop Üniversitesi Proje Tabanlı Mekatronik Eğitimi Çalıştayı (MKT 2014), 22-24 Mayıs 2014, Sinop.
- [17] İ. Tarımer ve Ö. Aker, *Bilgisayar kontrollü güneş enerjili kereste kurutma fırınının otomasyonu ve bir bilgisayar denetimli kayıt - izleme - yönetim uygulaması*, III. Ege Enerji Sempozyumu & Sergisi, Muğla Üniversitesi, 24-26 Mayıs 2006, ISSN: 978-975-7207-83-2, Bildiriler Kitabı, Cilt No.1, 273-280, Muğla.
- [18] M. Öđün, *Bir SCADA programı kullanılarak programlanabilir mantık denetleyicisi ile trafik ışık kontrol uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [19] Ö. Aker, *Bilgisayar kontrollü güneş enerjili ahşap kurutma fırınının otomasyon sistemi tasarım ve simülasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [20] Siemens, <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/demosoftware/pages/default.aspx> Erişim:20.05.2014
- [21] Nrel, www.nrel.gov/midc/solpos/solpos.html Erişim: 21.05.2015