



ISSN:1306-3111  
e-Journal of New World Sciences Academy  
2009, Volume: 4, Number: 3, Article Number: 1A0028

#### **TECHNOLOGICAL APPLIED SCIENCES**

Received: November 2008

Accepted: June 2009

Series : 2A

ISSN : 1308-7223

© 2009 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Mehmet Demirtaş**

Gazi University  
mehmetd@gazi.edu.tr  
Ankara-Turkey

### **PLC KONTROLLÜ GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ TASARIM VE UYGULAMASI**

#### **ÖZET**

Bu çalışmada, PLC kontrollü bir güneş takip sistemine ait prototipin tasarım ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulamada açık döngü kontrol sistemi kullanılmıştır. Belirlenen güneş yörüngelerine göre takip işlemi iki eksenli olarak tasarlanan bir mekanizma ile gerçekleştirilmiştir. Ağustos ayı içerisinde bir haftalık süreyle kaydedilen ölçüm verileri kullanılarak, sabit ve güneş takibi yapan sistemlerin enerji üretimi ve verimi karşılaştırılmıştır. Uygulama sonuçları, hareketli güneş takip sisteminin sabit sisteme göre enerji üretimi bakımında %34,5 kadar daha verimli çalıştığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Enerjisi, Güneş Takip Sistemi,  
İki Eksenli Takip, PLC Kontrollü Sistem,  
Alternatif Enerji

### **DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PLC CONTROLLED SOLAR TRACKING SYSTEM**

#### **ABSTRACT**

In this study, a PLC controlled solar tracking system prototype has been designed and implemented. In the application, tracking system designed has been implemented with a mechanism having two axes according to determined solar orbit by means of open loop control. The energy production and efficiency of the system that can be worked as fixed and tracking, were compared using the data measured and saved during a week in August 2008. Application results show that the energy production of tracking system is more efficient than fixed the system up to 34.5%.

**Keywords:** Solar Energy, Solar Tracking System,  
Two Axis Tracking, PLC Controlled System,  
Alternative Energy



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde kullanılan fosil yakıtların sınırlı olması, çevreyi kirletmesi ve iklim değişikliğine neden olması karşısında somut önlemler alınması gerekliliği kullanıcıları ve üreticileri temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına yöneltmiştir. Çevre kirliliği problemleri ile ekonomik değerlendirmeler sonucunda ucuz ve temiz enerji düşüncesi, yenilenebilir enerji araştırmalarının hızını daha da artırmıştır. Özellikle son yıllarda elektrik enerjisi üretim alanında yenilenebilir çevre dostu yeni enerji kaynakları ile enerji üretimi çok büyük önem kazanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi, kullanım oranı gün geçtikçe artan ve ülkemizde de son yıllarda aydınlatma sistemleri, sinyalizasyon sistemleri gibi uygulamalarda sıkça gördüğümüz bir enerji kaynağıdır. Türkiye iklim kuşağı olarak güneş enerjisi yönünden zengin olmasına rağmen, toplam enerji üretimi içerisinde güneş enerjisi ile enerji üretimi miktarı dünya ortalamasının çok altındadır [1 ve 2].

Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üreten sistemler üzerine yapılan çalışmalar diğerlerine göre kolay, uygulanabilir ve düşük maliyetli olması sebebiyle ticari ürüne dönüşmüş durumdadırlar. Buna paralel olarak güneş enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi amacıyla kullanılan güneş pillerinin kullanımı önem kazanmıştır [3]. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretilen uygulamalarda sistemin verimli çalışabilmesi için günün her saatinde güneşlenme açısının dik olması, yüzey sıcaklığının sabit kalması ve birim yüzeye çarpan güneş ışını miktarının sürekli maksimumda olması gerekmektedir. Bu sebeplerle güneş enerjili sistemlerde güneş takip sistemleri kullanılmaktadır. Tek eksenli (doğu-batı) veya iki eksenli (doğu-batı, kuzey- güney) olarak yapılan takip sistemi uygulamalarında, gün içerisinde güneşin konumunu takip için doğudan batıya ve mevsimlere göre konumunu takip içinde kuzeyden güneye takip işlemi gerçekleştirilmektedir.

Güneş takip sistemleri üzerine yapılan çalışmalarda mikrodenetleyici tabanlı [4], bilgisayar kontrollü [5] ve çeşitli elektronik devre elemanları ile oluşturulan sistemlerle yapılan değişik uygulamalarda, güneş enerjisi kullanılarak tasarlanan sistemlerin performansı matematiksel modelleri çıkartılarak bilgisayar simülasyonları yardımıyla karşılaştırılmıştır [6]. Literatürde bu çalışmaya benzer güneş takip sistemlerine ait farklı yapıların uygulandığı çalışmalar mevcuttur [7, 8, 9, 10 ve 11].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

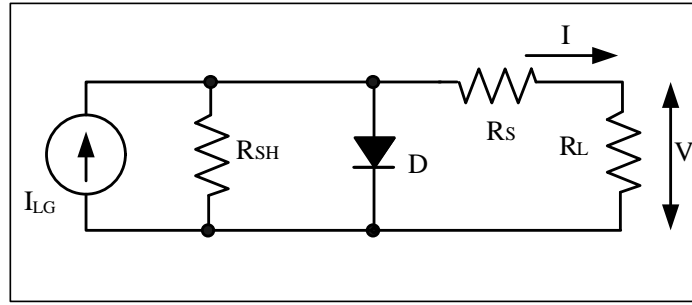
Gerçekleştirilen bu çalışmada ise, literatürdeki diğer uygulamalardan farklı olarak, sistem PLC kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. PLC'nin kullanılması ile mikroişlemcilerde kullanılan ayrı bir derleyiciye ve çevre birimlerine ihtiyaç duyulmadan sistemin kolay ve görsel olarak programlanması sağlanmıştır. Ayrıca, TD200 operatör paneli ile kullanıcı sisteme ait takip zamanı ve takip aralığı bilgilerini kolayca değiştirebilmekte ve yine operatör paneli üzerinden bu değişimleri izleyebilmektedir. Sistem modüler bir yapıya sahip olduğu için istenildiğinde PLC üzerindeki program kolayca değiştirilerek farklı bir çalışma algoritması uygulanabilmektedir.

Tasarlanan sistemde PLC ile belirlenen güneş yörüngelerini iki eksenli olarak takibi gerçekleştirilmiştir ve sistemin eksenlerde hareketini sağlamak için step motor kullanılmıştır. Ayrıca güneş takip işlemi ve enerji depolama işlemleri sırasındaki konum bilgisi ve enerji üretim değerleri gibi veriler değerlendirilerek sistemin daha esnek bir takip işlemi yapabilmesi ve verimli çalışması sağlanmıştır. Bu da sistemin verimi ile ilgili yapılacak olan istatistiksel bir

çalışmada kullanıcıya büyük faydalar sağlayacaktır. Tasarlanan sistemde, güneş takip mekanizması kullanılması ile birlikte, sabit konumlu olan modele göre daha fazla elektrik enerjisi üretileceğinden, kullanıcının enerji ihtiyacına daha iyi cevap verebilecek bir sistem ortaya çıkarılmıştır. Bu amaçla çalışmada, üçüncü bölümde güneş panelinin yapısı ve takip yöntemi incelenmiş, dördüncü bölümde PLC ve sürücü devresinin yapısı incelenmiş, beşinci bölümde ise tasarımı uygulaması yapılan güneş takip mekanizması ve PLC kontrollü uygulama anlatılmıştır. Sonuç bölümünde ise elde edilen veriler yardımıyla sabit sistem ile güneş takip mekanizması karşılaştırılmıştır.

### 3. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ (PRODUCTION OF ELECTRIC FROM SOLAR ENERGY)

Fotovoltaik hücreler, güneş ışığının yarıiletkenler üzerindeki etkisi sonucunda elektrik üretirler. Fotovoltaik panellerin yapımında en çok kullanılan yarı iletken malzemeler, silisyum ve silisyum alaşımlarıdır [12]. Güneş panelinden elde edilen elektrik enerjisini matematiksel olarak ifade edebilmek için öncelikle güneş paneli eşdeğer devresi çıkarılmalıdır. Bu devredeki değerlere bağlı olarak elde edilen eşitlikler incelenirse, panelin enerji üretimi ve verimi ile ilgili daha fazla bilgi sahibi olunabilir. Şekil 1'de güneş paneli elektriksel eşdeğer devresi verilmiştir [13].



Şekil 1. Güneş paneli elektriksel eşdeğer devresi  
(Figure 1. Electrical equivalent circuit of solar panel)

Eşdeğer devre üzerindeki  $R_{SH}$  akım kaynağına paralel direnci,  $D$  ise kaynak üzerinden geçebilecek ters akımları önleyen diyotu ifade etmektedir.  $R_L$  ise yük direnci olarak kullanılmaktadır.

Güneş panelinde elde edilen elektrik enerjisi matematiksel olarak Eşitlik 1 ile,

$$I = I_{LG} - I_{OS} \left\{ \exp \left[ \frac{q}{AkT} (V + IR_S) \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_S}{R_{SH}} \quad (1)$$

ters doyum akımı Eşitlik 2 ile,

$$I_{OS} = I_{OR} \left[ \frac{T}{T_R} \right]^3 \exp \left[ \frac{qE_{GO}}{Bk} \left( \frac{1}{T_R} - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (2)$$

ışık tarafından üretilen akım ise Eşitlik 3 ile ifade edilir.

$$I_{LG} = [I_{SCR} + K_I (T - 25)] \lambda / 100 \quad (3)$$

Eşitliklerde verilen değişkenler;

$I$  ve  $V$  : Panel çıkış akım (A) ve gerilimi (V)

$I_{OS}$  : Panel ters doyum akımı (A)

$T$  : Panel sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )

$K$  : Boltzmann sabiti

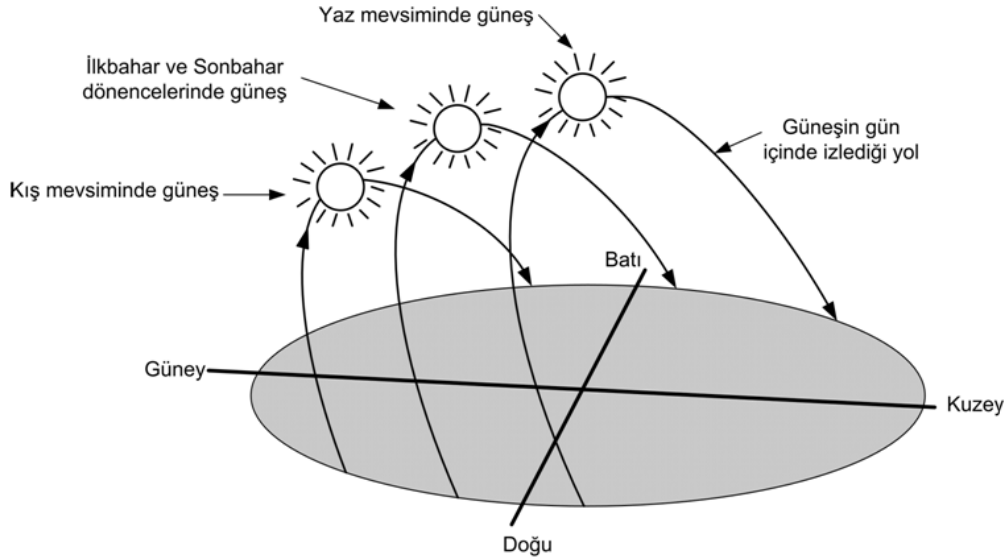
$q$  : Elektronik şarj (C)

$K_I$  :  $I_{SCR}$  için kısa devre sıcaklık katsayısı ( $A/^{\circ}C$ )

- $\lambda$  :  $W/m^2$ 'deki solar aydınlanma  
 $I_{SCR}$  :  $25^\circ C$  ve  $1000 W/m^2$ 'deki kısa devre akımı (A)  
 $I_{LG}$  : Işık tarafından üretilen akım (A)  
 $E_{GO}$  : Silikon için bant genişliği (eV)  
 $B = A$  : İdealleştirme faktörü  
 $T_R$  : Referans sıcaklık ( $^\circ C$ )  
 $I_{OR}$  :  $T_R$  referans sıcaklığında panel doyum akımı (A)  
 $R_{SH}$  : Şönt direnç ( $\Omega$ )  
 $R_S$  : Seri direnç ( $\Omega$ )

Fotovoltaik hücrelerin, farklı ışınım şiddetleri ve çalışma şartları altındaki akım-gerilim değerlerinin ölçümü, sistem performansını yansıtması açısından çok önemlidir. Çünkü fotovoltaik cihazların akım, gerilim, güç ve verimleri, ışınım şiddeti ve çalışma sıcaklığı gibi yerel iklimsel parametrelere bağlıdır [15].

Eşitlik 1'de verilen bilgiler doğrultusunda güneş panelinde üretilen elektrik enerjisine, panel sıcaklığının, panelin güneş alma açısının ve ışınım değerinin direkt olarak etkisi vardır. Panelin güneş alma açısını ve ışınım değerini sürekli olarak maksimum seviyede tutabilmek için güneşi takip eden bir mekanizma ile panellerin kullanılması gerekmektedir. Panellerin hem gün içerisinde sabah güneşin doğuşundan batışına kadar olan aralıkta, hem de güneşin mevsimlere göre izlediği yörüngeleri takip edecek şekilde yönlendirilmesi maksimum verimi elde etmede en büyük etkidir. Şekil 2'de güneşin gün içerisinde ve mevsimlere göre izlediği yörünge verilmiştir.



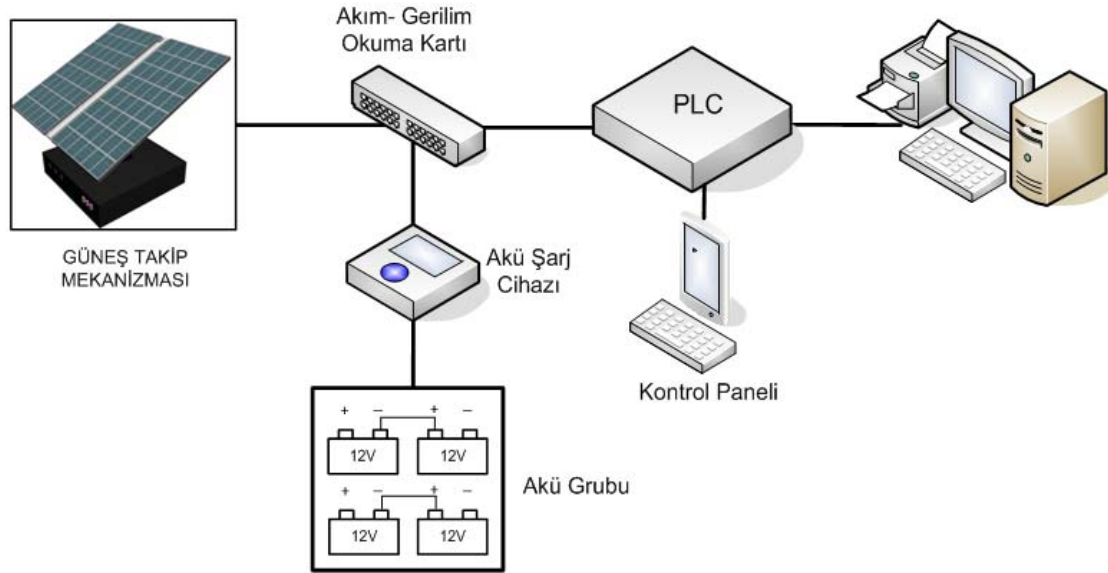
Şekil 2. Güneşin mevsimlere göre izlediği yörünge  
(Figure 2. The sun orbiting according to season)

Uygulamadaki güneş takip sistemlerinde sensörlü takip ve önceden belirlenen açı değerlerine göre takip gibi değişik çalışma biçimleri mevcuttur. Sensörlü takip uygulamalarında sistemin kararsız davranma olasılığına karşı elektronik devrelerin ve yazılımın daha da karmaşık olması gerekebilir. Tasarlanan PLC kontrollü güneş takip sistemi aracılığı ile güneş paneli gün içerisinde sistem saatine bağlı olarak belirli aralıklarla doğu-batı yörüngesinde takip yapmakta, sistem takvimine bağlı olarak da belirli sürelerde mevsimlere göre izlenecek yörüngeyi belirlemektedir. Takip sistemi ile ilgili PLC akış şemaları ve çalışma düzeni dördüncü bölümde verilmiştir.

#### 4. TASARIM VE UYGULAMA (DESIGN AND APPLICATION)

PLC kontrollü güneş takip sistemi uygulamasında akım, gerilim ve pozisyon kontrolü için gerilim değerlerini okuma amaçlı bir gerilim bölücü devresi, 1 adet LTS-25 modeli akım sensörü ve iki adet 1,8° açı ile 200 adım atabilen 5 V, 1,5 A etiket değerleri olan adım motoru kullanılmıştır. Güneş enerjisinden enerji üretme amaçlı olarak kullanılan sistemde ise, güneş takip mekanizması, bir adet 25 W güneş paneli, 10 A akü şarj cihazı, iki adet 12 V 7 Ah kuru akü ve arabirim olarak bir PLC kullanılmıştır. Şekil 3'te geliştirilen sistemin blok diyagramı verilmiştir.

Deneyisel çalışmada ekonomik olması ve kullanım kolaylığı sebebiyle Siemens S7-200 model 14 adet dijital giriş / 10 dijital çıkış adresine sahip (14\*DI 24 V DC / 10\*DO 24 V DC) CPU 224 modeli PLC modül tercih edilmiştir. Kullanılan PLC programlama hafızası 4096 kelimedir. Yazılım olarak STEP 7-Micro/Win 32 programı kullanılmıştır. Programlama dili olarak Komut Satır Sıralaması (Statement List Editor - STL) ve Merdiven Diyagram (Ladder - LAD) kullanılmıştır. PLC'nin çalışması için gerekli yazılım bilgisayarda hazırlanarak RS232-RS485 PC/PPI kablosu ile PLC'ye yüklenmiştir [16].



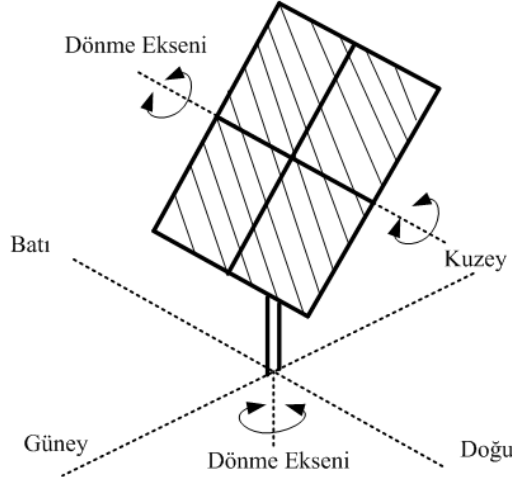
Şekil 3. Güneş takip sistemi blok diyagramı  
(Figure 3. Block diagram of sun tracking system)

Sistemin çalışması kısaca özetlenecek olursa, güneş panellerine bağlı olan bir akü şarj cihazı aracılığı ile akülerin şarj edilme işlemi gerçekleştirilmektedir. Akü şarj işlemi sırasında sistemin güneşten en yüksek verimi sağlayabilmesi amacıyla güneş paneli iki eksenli olarak güneş takibi yapmaktadır. Takip sistemini çalıştıran iki adet step motor bir motor sürücüsü tarafından kontrol edilmekte ve bu sürücünün kontrollünü de PLC yapmaktadır. PLC'den günün saatine ve tarihine göre gelen sinyaller yardımıyla sistem güneşi takip etmektedir. Takip ve akü şarj işlemiyle eşzamanlı olarak sistemdeki güneş panelinden elde edilen akım ve gerilim değerleri bir arabirim vasıtasıyla bilgisayara aktarılmakta ve çalıştırılan sisteme ait verim analizlerini yapabilecek veriler elde edilmektedir.



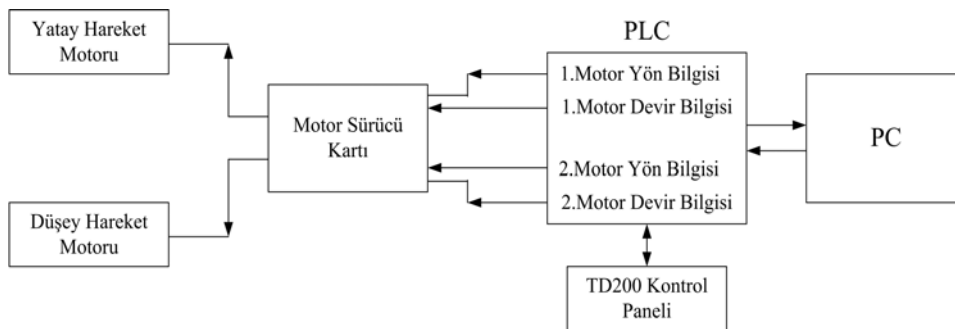
#### 4.1. Takip Sisteminde Kullanılan Yöntem (The Method Used in Tracking System)

Güneşten elde edilen enerjiyi maksimum seviyede tutabilmek amacıyla tasarlanan takip sistemi doğu-batı ve kuzey-güney eksenlerinde olmak üzere iki eksenli takip yapmaktadır. Tasarlanan sistemin çalışmasına ait çizim Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Güneş takip sisteminin çalışması  
(Figure 4. Operation of solar tracking system)

Uygulaması yapılan sistemde kullanılan iki adet step motorundan birincisi sistemi doğu-batı ekseninde hareket ettirmekte, diğeri ise sistemin kendi ekseninde 360° dönmesini sağlamaktadır. Sistemde adım motorları PLC aracılığı ile çalıştırabilmek için bir motor sürücü kartı tasarlanmıştır. Burada her iki motoru da kontrol etmek için ayrı ayrı yön ve devir bilgileri PLC tarafından üretilmekte ve bu bilgiler sürücüye iletilmektedir. Sürücüye gelen yön ve devir bilgilerine göre motorlar eşzamanlı olarak çalıştırılmaktadır. Ayrıca sürücü kartı, step motorların hız kontrollerine ilişkin ayarlamaların yapılabilmesine de olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanan sisteme ait blok şeması Şekil 5'te verilmiştir.

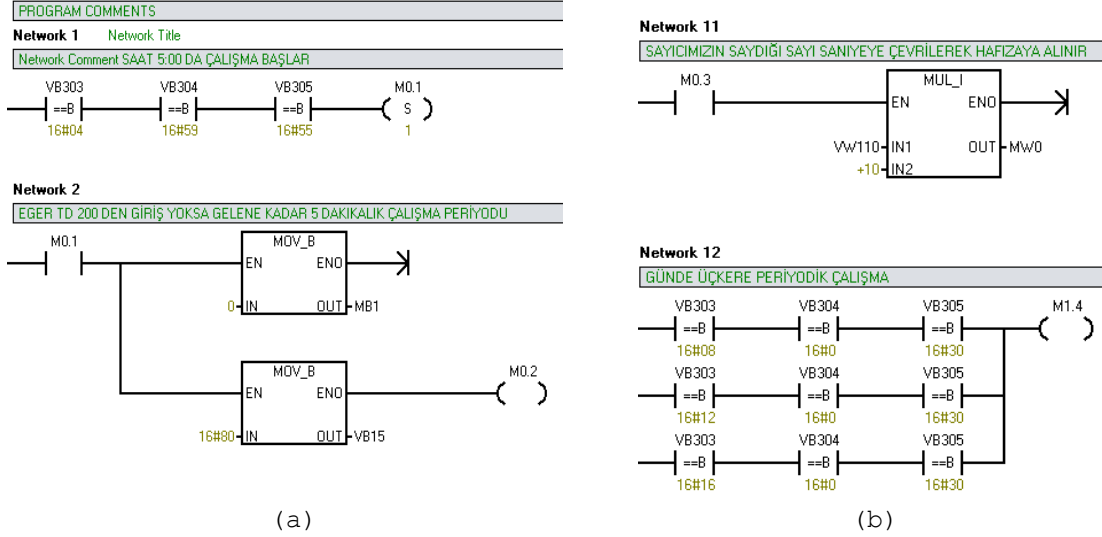


Şekil 5. Step motorların çalıştırılmasına ait blok şeması  
(Figure 5. Block diagram of driving system of stepping motors)

Tasarlanan sistemde TD200 kontrol panelinden girilen bilgiler aracılığı ile takip sistemi çalıştırılmaktadır. Uygulanan sistemde PLC çıkışları 24V DA olduğundan, step motorları kontrol edebilmek için bir sürücü kartına ihtiyaç duyulmuştur. Hazırlanan Ladder Diyagramı test edildikten sonra PLC'ye yüklenmiştir. Takip sisteminin çalışmaya başlaması için hazırlanan Ladder diyagramına ait iki adet örnek uygulama Şekil 6'da verilmiştir. Şekil.6(a)'da verilen programa göre



sistem saat 05:00'da otomatik olarak çalışmaya başlamaktadır. Şekil.6(b)'de ise sistemin günde üç defa güney ve kuzey ekseninde çalışacak motorun ayarlanmasına ait Ladder diyagram örneği verilmiştir. Programı yazılan Ladder diyagramı uzun olduğu için sisteme ait Ladder diyagramını vermek yerine sistemin tamamına ait çalışma Bölüm 4.2 "sisteme ait akış diyagramı" bölümünde ayrıntılı olarak verilmiştir.

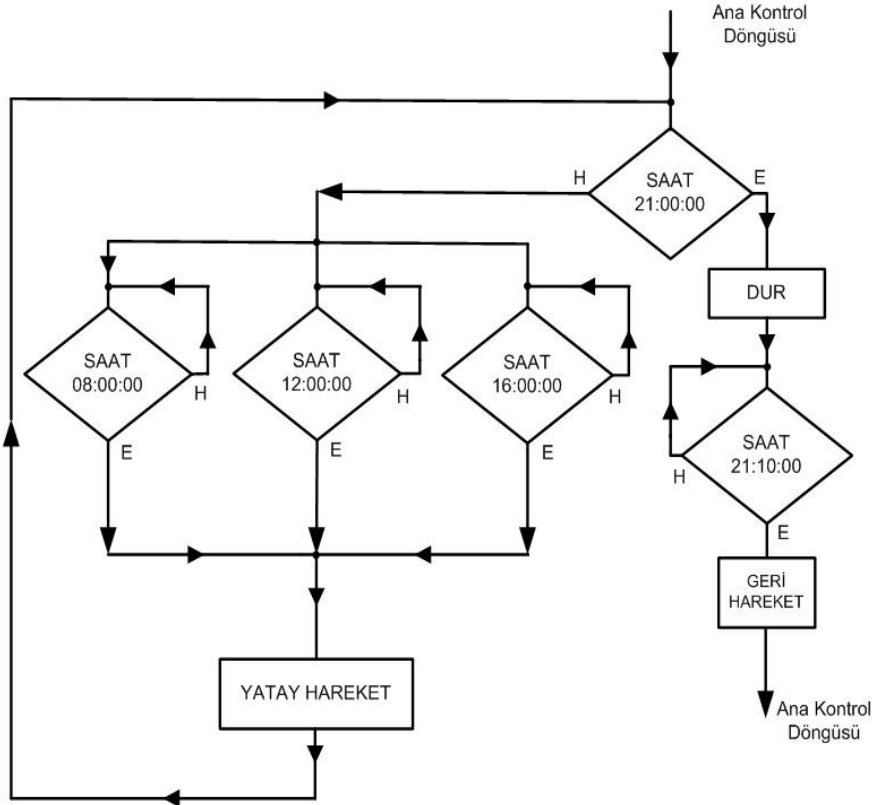


Şekil 6. Sisteme ait Ladder diyagram örneği  
(Figure 6. An example Ladder diagram of the system)

#### 4.2. Sisteme ait akış diyagramı (Flowchart of the system)

Tasarlanan güneş takip sistemine ait PLC programında sistem gerçek zaman saati bilgisine bağlı olarak çalışmaktadır. Program öncelikle saatin belirlenen çalışma sınırları içinde olup olmadığını test etmekte ve eğer sistem saati 05:00 ile 21:00 arasında ise, program sistemin çalışmasına ilişkin alt programlara yönlendirilmektedir. Saat bilgisine bağlı olarak gün içerisinde sistem üç defa yatay hareket motorunu çalıştırmakta ve güneş takip işleminin daha hassas olabilmesi için sistemi yönlendirmektedir. Şekil 7'de zaman saatine bağlı olarak yatay hareket motorunun çalıştırılmasına ilişkin akış diyagramı verilmiştir. Aynı zamanda program gün içerisindeki takip işlemini sonlandırmak ve sistemi doğu yönünde ilk başlangıç konumuna almak için saatin 21:00 olmasını beklemekte ve belirlenen zaman geldiğinde sistem otomatik olarak başlangıç değerlerine dönmektedir.

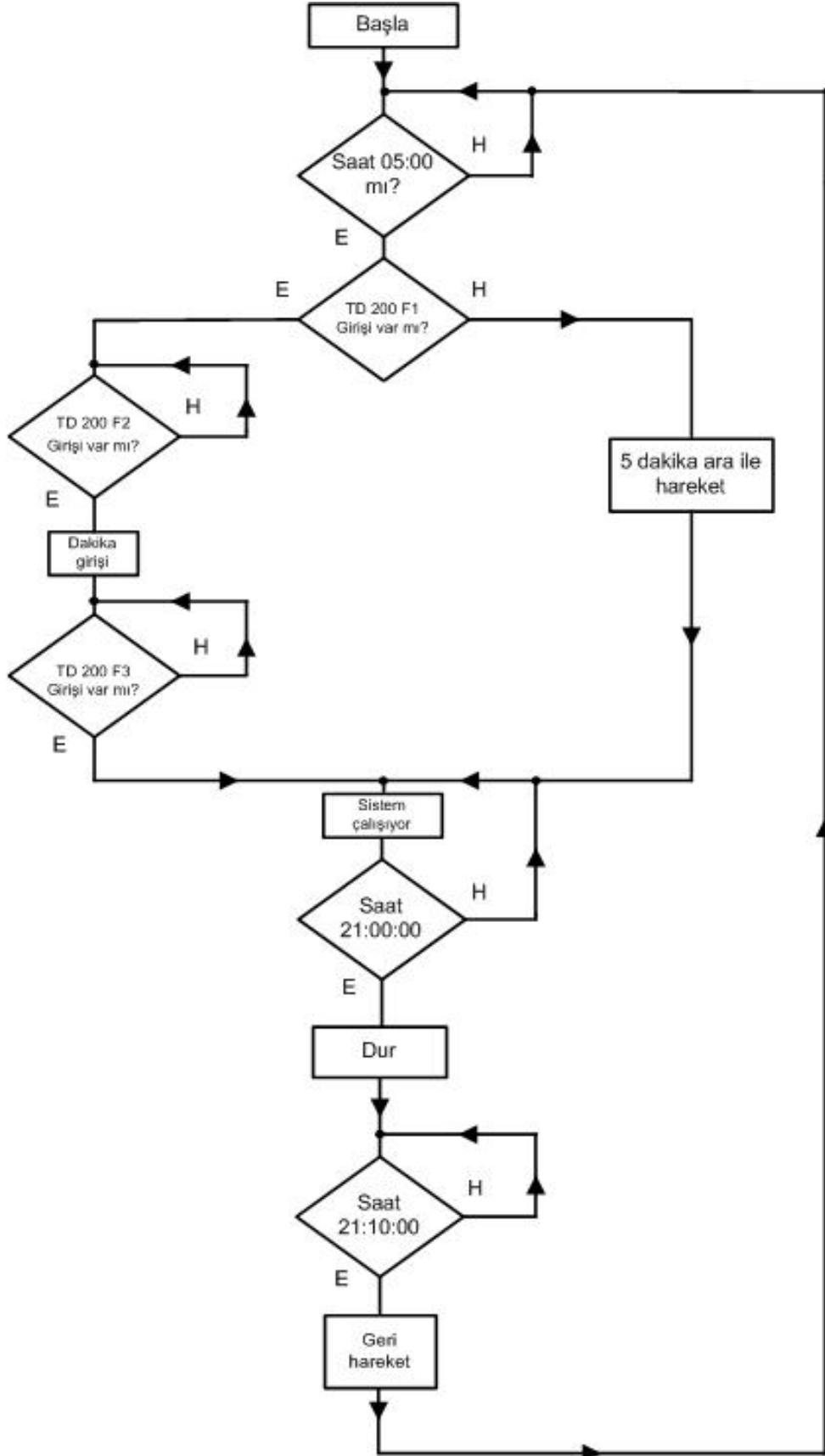
Sistemin çalıştırılmasına ilişkin hazırlanan PLC programının diğer bölümünde sistem sabah saat 05:00 bilgisini test ederek program başlangıç saatini beklemektedir. Belirlenen saat geldiğinde sistem TD200 kontrol panelinden bilgi girişi olup olmadığını test etmektedir. Eğer kontrol panelinden kullanıcı herhangi bir değer girmemişse sistem otomatik olarak 5 dakika arayla çalışmakta ve akşam programı sonlandırma saatine kadar bu şekilde devam etmektedir.



Şekil 7. Zaman kontrolüne ait akış şeması  
(Figure 7. Flow chart of time control)

TD200 kontrol panelinden bir bilgi girişi mevcut ise, sistem kullanıcının belirlediği değerler doğrultusunda gün içerisinde takip işlemine devam etmektedir. Burada kullanıcının kontrol panelindeki fonksiyon tuşlarını kullanarak sistemi 1 dakika ile 45 dakika arasında değişebilecek aralıklarla çalıştırmasına yönelik bir program yazılmıştır. Hazırlanana PLC programına ait akış şeması Şekil 8'de verilmiştir.





Şekil 8. Güneş takip sistemi akış şeması  
(Figure 8. Flow chart of the sun tracking system)



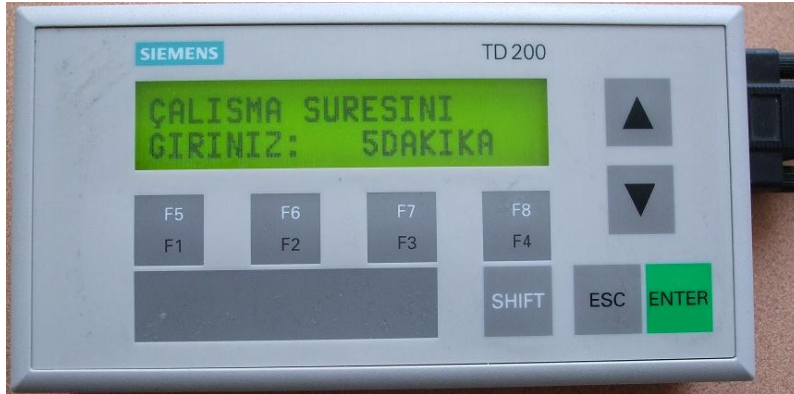
#### 4.3. Kontrol Panelinin Kullanımı ve Sistemin Çalıştırılması (Usage of Control Panel and Operation of the System)

Güneş takip sisteminin PLC kontrollü çalıştırılması uygulamasında TD200 kontrol paneli kullanarak sistemi kullanacak olan kişinin çalışma düzenine müdahale edebilmesi sağlanmıştır. Kontrol panelinin kullanımı iki bölümden oluşmaktadır. Bölüm 4.2'de belirtildiği gibi kullanıcı takip sistemine hiçbir müdahalede bulunmaz ise sistem kendisi otomatik olarak 5 dakikalık aralıklarla doğu-batı eksenlerinde takip yapmakta ve günde üç defa kuzey güney ekseninde hareket etmektedir. TD200 kontrol panelinin sistemin ilk çalıştırılma durumundaki görüntüsü Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Takip sistemi ilk çalıştırıldığında kontrol paneli görüntüsü  
(Figure 9. Screenshot of control panel at starting time)

İkinci bölümde kullanıcının kontrol paneli üzerindeki F1 fonksiyon tuşuna basması durumunda sistem kullanıcının doğu-batı takip işlemi için girmesi gereken süreyi istemektedir. Kullanıcı kontrol panelinde bulunan yön tuşları aracılığıyla 1 ile 45 dakika arasında bir değer girerek sistemi girilen aralıklarda çalıştırabilir. Sistem bu çalışma durumunda yine gün içerisinde üç defa olmak üzere 08:00, 12:00, 16:00 saatlerinde kuzey güney ekseninde hareket etmektedir. Kontrol panelinden süre girilmesi için görüntülenen menü Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Kontrol panelinden süre girilmesine ait görüntü  
(Figure 10. Screenshot of time adjustment panel)

Kullanıcı süre girme işlemini tamamladıktan sonra kontrol paneli üzerindeki F3 tuşuna basarak işlemi onaylamakta ve sistem yeni girilen değerler aracılığı ile takip işlemine devam etmektedir. Sistemin her iki kontrol durumunda da motorların çalışması için üreteceği sinyal farklı olmakta ve bu sinyal PLC tarafından sürücü kartına gönderilmektedir.



Operatör panelinden girilen çalışma süresi değerlerine karşılık gelen motor çalışma zamanlarının işlenmesi şu şekilde olmaktadır. Program, istenen takip zamanı değerini, ne kadar zamanda bir sonraki noktaya gideceğini hesaplar ve 5 dakikalık takip işlemindeki süreyle karşılaştırır.

Bu işlem için uygulamada kullanılan iki adım motoru da  $1,8^\circ$  açı ile dönmekte ve bir turda 200 adım atmaktadır. Motorların torkunu yükseltmek için uçlarına birer redüktör takılarak dönme oranları azaltılmış, dönme torkları yükseltilmiştir. Doğu-batı hareketini sağlayan adım motorunda  $1/20$  oranında redüktör mevcuttur. Buradan bir tam tur için gerekli adım sayısı hesaplanacak olursa;

$$200 \times 20 = 4000 \text{ adım}$$

Motorun  $1^\circ$ 'lik hareket yapabilmesi için gerekli adım sayısı ise;

$$4000/360 \cong 11 \text{ adımdır.}$$

Doğu-batı ekseninde hareket eden panel gün içerisinde  $145^\circ$ 'lik hareket yapmaktadır. Örneğin girilen zaman değeri 10 dakika ise sistem sabah 05:00 ila akşam 21:00 arasında 16 saat boyunca hareket edecektir. Buradan;

$$16 \times 6 = 96 \text{ hareket gün boyu yapılacak işlem.}$$

$$145^\circ/96 = 1,5^\circ \text{ her bir harekette kat edilecek mesafe,}$$

$1,5 \times 11 \cong 16$  adım ise her bir harekette adım motorunun çalışacağı adım sayısını belirtir.

Hesaplanan adım sayıları ve dakika değerleri sonucunda sürücü kartının adım motorlarını kaç saniye süreyle çalıştırması gerektiği bulunmuştur. Uygulamada 10 dakikalık aralarla dönecek sistem için adım motoru 8 saniye çalışarak uygun açı değerini yakalamaktadır. Bu değer 15 dakika olduğunda ve 25 dakika olduğunda PLC motor kontrol sürelerini hesaplayarak step motorlara belirlenen sürelerde kontrol sinyali göndermektedir. PLC'nin bu değeri doğru bir şekilde algılayabilmesi için belirli bir sayı ile çarpma işlemi yapması gerekmektedir. Çünkü PLC de saniye cinsinden sayabilen zaman sayıcı yoktur. En çok 100 ms cinsinden sayabilen zaman sayıcı vardır. Bu nedenle 8 saniyenin karşılığı 80 sayıdır.

Programda kullanılan zaman sayıcısının PT değerine minimum 0, maksimum 32767 yazılabilmektedir. Bu 32767 sayısı yaklaşık olarak 54,6 dk ya denk gelir. Yani sistem istenirse 54,6 dk'lık aralıklarla da takip işlemi yapılabilir. Örnekten de anlaşılacağı gibi bu değer girilen kontrol aralığı değerleri değiştikçe, motor kontrol süreleri de değişmektedir. Sistemin çalışması sırasında kontrol panelinin ekran görüntüsü Şekil 11'de verilmiştir. Şekil 11(a)'da sistemin sabah çalışma görüntüsü ve Şekil 11(b)'de ise akşam saatlerindeki çalışma sırasında ekran görüntüsü görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 11. Sistem aktif iken kontrol paneli görüntüsü  
(Figure 11. Screenshot of control panel when the system is active)

Kontrol aralığı büyüdükçe motor kontrol zamanı sinyali de büyür. Çalışmada kullanılan güç kaynağı TDA 200 operatör panel Analog modül, PLC ve takip sistemi Şekil 12'de verilmiştir.



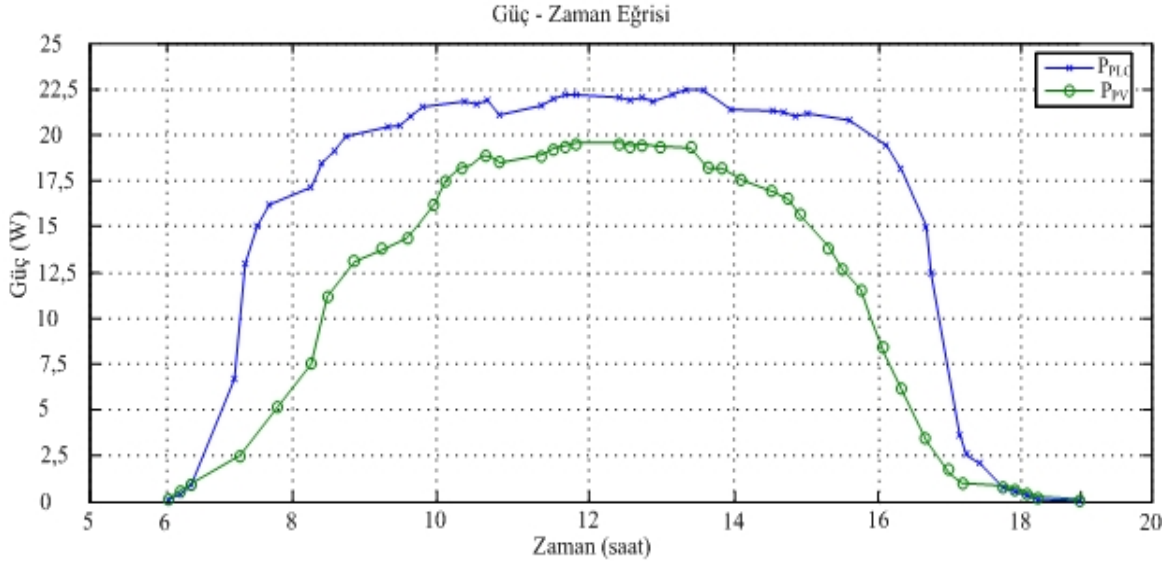
Şekil 12. Uygulaması yapılan sistemin fotoğrafı  
(Figure 12. A photograph of the system designed)

##### 5. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

PLC kontrollü güneş takip uygulamasında tasarım ve uygulama kısımları tamamlandıktan sonra, sistemin çalışma düzenini ve verimini test etme amaçlı olarak bir dizi deney yapılmıştır. Bu deneylerde öncelikle güneş takip sisteminin belirlenen yörüngelerde takip işlemini gerçekleştirmesi kontrol edilmiştir. Daha sonra ise sistemin PLC kontrollü çalıştırılması ile sistemden elde edilen akım, gerilim, güç bilgileri bir hafta süresince toplanarak sistemin verimi belirlenmiştir. Takip sisteminin verim analizinin yapılabilmesi için deneyler sırasında takip yapan mekanizma ile birlikte güneşe 32° açı ile sabit duracak şekilde ayarlanmış ikinci bir 25 W'lık güneş paneli daha yerleştirilmiştir. Yerleştirilen takip sistemi ve sabit panelden elde edilen veriler doğrultusunda uygulanan sistemin verimi analiz edilmiştir.

Sistemin çalıştırılması sırasında toplanan veriler takip sisteminin çalıştırılma şekline bağlı olarak değişmektedir. Yani takip sistemi 15 dk'lık aralıklarla takip yapmak üzere ayarlandı ise, toplanan veriler de 15 dk'lık aralıklarla elde edilmektedir. Sabit sisteme bağlanan akım ve gerilim okuma kartı da, takip sistemi ile aynı periyotta çalışacak şekilde ayarlanmıştır. Uygulaması yapılan sistemden, 18 Ağustos- 24 Ağustos 2008 tarihleri arasında elde edilen bir haftalık veriler doğrultusunda çizilen eğri Şekil 13'te verilmiştir. Eğride verilen güç değerleri, panel gücünün bir günlük değişiminin 15 dakikalık aralıklarla alınmış değerlerinden elde edilmiştir.

Şekil 13'de görüldüğü gün içerisinde sabah 05.00'da takibe başlayan sistem ilk güç değerini saat 06:00 da elde etmekte ve akşam saat 19:00'a kadar güneş paneli güç üretmektedir. Takip sisteminin geri kalan çalışma sürelerinde panellerden bir gerilim değeri okunmadığı için eğride görünmemektedir. Gün içerisinde panellerden elde edilen güç değerlerinde bazı saatlerde düşüşler gözlenmektedir. Bunun sebebi ise güneşin herhangi bir bulut kümesi tarafından gölgelendiği saatlerde alınan gerilim ve güç değerleri eğride değişikliklere sebep olmaktadır.



Şekil 13. 21 Ağustos 2008 tarihine ait karşılaştırmalı Güç-Zaman eğrisi

(Figure 13. Compared Power-Time graph on 21/August/2008)

Uygulaması yapılan güneş takip sisteminde, güneş panelinin çıkışına 10A şarj kapasitesine sahip bir akü şarj cihazı ile birlikte iki adet 12V, 7 Ah'lik akü yerleştirilmiş ve akülerin şarj edilme süreleri ve şarj miktarları deney yapılan süre içerisinde elde edilen veriler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Güneş takip sistemi kullanılan deneyde, güneş panelinden elde edilen güç ile %82 doluluk oranına sahip aküler bir günlük şarj işlemi sonunda %100 dolu duruma gelmişlerdir. Aynı işlem sabit olan güneş paneliyle yapıldığında %81 doluluk oranına sahip akülerin gün sonunda ancak %93 oranında şarj olabildikleri gözlemlenmiştir. Bu deneyler sonucunda elde edilen şarj miktarı değerleri ve akülerin doluluk oranları üzerinden yapılan hesaplamalar doğrultusunda, takip sisteminin, sabit olan panele göre şarj kapasitesi bakımından daha verimli çalıştığı tespit edilmiştir. Şarj cihazı sisteme bağlı iken okunan şarj durumu ve hareketli güneş panelinden elde edilen şarj akımı değerine ait resimler Şekil.14(a) ve 14(b)'de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 14. Sistem aktif iken şarj cihazı ekran görüntüsü  
(Figure 14. Screenshot of charge controller when system is active)



## 6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmeye yönelik olarak tasarlanan biri sabit diğeri güneşi takip eden iki sistemden 18 Ağustos- 24 Ağustos 2008 tarihleri arasında bir hafta süresince gün ve saat bazında elde edilen gerilim ve akım değerleri toplanarak bilgisayar ortamında kaydedilmiştir. Deneyler süresince kullanılan güneş paneli normal gün ışığında 12 Volt, güneşi tam olarak aldığı zamanlarda ise 18,5 Volt gerilim üretmiştir. Panelin güneşi görmediği veya havanın kapalı olduğu zamanlarda ise yaklaşık 10 Volt gerilim üretilmektedir.

Şekil 13'de verilen grafik incelendiğinde, hareketli sistemin sabit sisteme göre daha fazla güç ürettiği günlük olarak görülmektedir. Ayrıca, günün değişik saatlerinde üretilen gücün panelin güneşlenmesini değiştirdiği için, elde edilen gücün sabah saatlerinde daha az, öğle saatlerinde en yüksek değerinde ve akşam saatlerinde ise yine güneşlenme azaldığı için güç değerinin de azaldığı net bir şekilde görülmektedir. Güneş takip sisteminin, sabit sisteme göre sabah ve akşam saatlerinde daha yüksek güç değerlerinde elektrik enerjisi ürettiği görülmektedir. Güç değerlerinde görülen saatlik azalış artma durumları, sistemlerin belirtilen saatler içerisinde hava şartlarından kaynaklanan ve güneş ışığı azalmasına bağlı olarak değerlerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır.

Grafikteki değerlerden elde edilen günlük enerji üretimi değerlerinin MATLAB programındaki hesaplamaları sonucunda, enerji üretimi ve performans bakımından güneş takip sisteminin sabit sisteme göre %34,5 oranında verimli olduğu hesaplanmıştır. Uygulanan sistem prototip olmasına karşın gerçek boyutlarda bir sisteme tatbik edildiğinde de enerji üretimindeki verim benzer olacağı değerlendirilmektedir. Ancak sistem maliyetleri yönünden her iki sistem karşılaştırıldığında, sabit bir sistemin sadece panellerin güneşe belirli bir açıyla sabit yerleştirilmesine yönelik kurulum maliyeti olmasına karşılık, güneş takip sisteminin ise, mekanik olarak hareket edebilmesi için motor ve mekanizma gibi artı maliyetleri olduğu ve bu maliyetlerin sabit sisteme göre daha fazla bir kuruluş maliyeti gerektirdiği görülmektedir.

Güneş yılın her günü aynı yörüngeyi takip etmemektedir. Mevsimlere göre güneşin çizdiği yörünge kış ve sonbaharda yatay eksende yere daha yakın, bahar mevsiminde biraz daha dik açılı, yaz mevsiminde ise yataya nerdeyse paralel olmaktadır. Sabit sistem olarak belirtilen uygulamanın, yılın belirli zamanlarında, güneşin konumuna göre hareket ettirilmesi gerekmektedir. Böyle bir durum bile, sistemi sabit olmaktan çıkarır. Eğer yıl boyunca sabit sistem hiç hareket ettirilmese verimi daha da düşecektir. Ayrıca tasarlanan sistemde, güneş takip mekanizması kullanılması ile birlikte, sabit konumlu olan modele göre daha fazla elektrik enerjisi üretileceğinden, kullanıcının enerji ihtiyacına daha iyi cevap verebilecek bir sistem ortaya çıkarılmıştır.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Kaygusuz, K. ve Sarı, A., (2003). Renewable Energy Potential and Utilization in Turkey. Energy Conversion and Management, vol: 44, pp: 459-478.
2. Kaya, D., (2006). Renewable Energy Policies in Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol:10, pp: 152-163.
3. Carstensen, J., Popkirov, G., Bahr, J., and Föll, H., (2003). CELLO: an advanced LBIC measurement technique for solar cell local characterization. Solar Energy Materials and Solar Cells, 76(4), pp: 599-611.



4. Sefa, İ., Demirtaş, M., ve Bayındır, R., (2007). Güneş Enerjisi Eğitim Seti Tasarım ve Uygulaması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(3), pp: 327-336.
5. Demirtaş, M., (2006). Bilgisayar Kontrollü Güneş Takip Mekanizması Tasarımı ve Uygulaması. Politeknik Dergisi, 9(4), pp: 247-253.
6. Kacira, M., Simsek, M., Babur, Y., Demirkol, S. (2004). Determining Optimum Tilt Angles and Orientations of Photovoltaic Panels in Sanliurfa, Turkey. Renewable Energy, vol:28, pp: 1265-1275.
7. Roth, P., Georgiev, A., and Boudinov, H., (2004). Design and Construction of a System for Sun-Tracking. Renewable Energy, Vol: 29, pp: 393-402.
8. Abdallah, S., (2004). The effect of using sun tracking systems on the voltage-current characteristics and power generation of flat plate photovoltaics. Energy Conversion and Management, Vol:45, pp: 1671-1679.
9. Al-Mohamad, A., (2004). Efficiency improvements of photo-voltaic panels using a Sun-tracking system. Applied Energy, Vol: 79 pp: 345-354.
10. Koutroulis, E., Kalaitzakis, K., and Voulgaris, N.C., (2001). Development of a Microcontroller-Based Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Control System. IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 16, No. 1, pp: 46-54.
11. Karimov, Kh.S., Saqib, M.A., Akhter, P., Ahmed, M.M., Chatta, J.A., Yousafzai, and S.A., (2005). A Simple Photo-Voltaic Tracking System. Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol: 87, pp: 49-59.
12. Li, D.H.W., Cheung, G.H.W., and Lam, J.C., (2005). Analysis of the Operational Performance and Efficiency Characteristic for Photovoltaic System in Hong Kong. Energy Conversion and Management, Vol: 46, pp: 1107-1118.
13. Markvat, T. and Castaner, L., (2006). Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, Elsevier.
14. Ralph, E.L. and Linder, E.B., (1996). Advanced Solar Panel Designs. Photovoltaic Specialists Conference, Conference Record of the Twenty Fifth IEEE, pp: 297-300.
15. Çolak, İ., Bayındır, R., Sefa, İ., Demirbaş, Ş. ve Demirtaş, M. (2005). Güneş Takip Sistemi Tasarım ve Uygulaması. Enerji Verimliliği ve Kalite Sempozyumu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Kocaeli Şubesi, pp: 301-305.
16. Ateş, H. ve Bayındır R., (2002). PLC Kontrollü Sürtünme Kaynak Cihazı Tasarımı ve Uygulaması, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, 5(3-4), pp:97-104.