

# Bilgisayar Kontrollü Güneş Takip Sisteminin Tasarımı ve Uygulaması

Mehmet DEMİRTAŞ  
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA

## ÖZET

Bu çalışmada, bilgisayar kontrollü bir güneş takip sisteminin tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Elektrik enerjisi, sabit ve takip mekanizmalı güneş paneli olmak üzere iki ayrı sistemden elde edilmiştir. Her iki sistemin verilerini bilgisayar ortamına kaydedebilmek ve sistemi bilgisayar ile kontrol edebilmek amacıyla mikrodenetleyici kontrollü bir ararım oluşturulmuştur. Temmuz ayı içerisinde bir aylık süreyle ölçüm yapılarak kaydedilen veriler kullanılarak, iki sistemin enerji üretimi ve verimi karşılaştırılmıştır. Uygulama sonuçları, hareketli olan güneş takip sisteminin sabit olan sisteme göre daha verimli çalıştığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, güneş takip sistemi, mikrodenetleyici

## Design and Implementation of Computer Controlled Solar Tracking System

### ABSTRACT

In this study, a computer controlled solar tracking system has been designed and implemented. Electrical energy was obtained from two different existence fixed and tracking solar panel systems. A microcontroller controlled interface card was constituted in order to saving of data in computer belonging to two systems. The energy production and efficiency of systems were measured and then the saved data during one month in July was compared. Application results show that solar tracking system is more efficiently than fixed system.

**Key Words:** Solar energy, solar tracking system, microcontroller

### 1.GİRİŞ

Fosil yakıtların sınırlı olması, çevreyi kirletmesi ve iklim değişikliğine neden olması karşısında somut önlemler alınması gerekliliği ülkeleri sonsuz ve temiz 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 kaynaklarından en yaygın olanları Rüzgâr ve Güneş enerjileridir. Yeterli düzeyde olmasa da, bu iki enerji kaynağı yeryüzünün birçok bölgesinde kolayca temin edilebilmektedir. Türkiye iklim kuşağı olarak bu kaynaklar yönünden zengin olmasına rağmen, toplam enerji üretimi içerisinde bu kaynaklarla enerji üretimi miktarı dünya ortalamasının çok altındadır (1, 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).

Kontrol kolaylığı ve yatırım maliyetinin düşüklüğü sebepleri ile önceleri güneş veya rüzgâr enerjisinin birbirinden bağımsız olarak üretimi ve kullanımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Ancak, bu gelişmelere rağmen, her bir sistemin bağımsız kullanımı sonucunda üretilen enerji gün ışığının, ya da rüzgârın olmadığı zamanlarda ihtiyaca cevap veremediğinden, depolama ihtiyacının ekonomik olmayacak boyutlarda büyümesine yol açmakta ve şebekeden beslenemeyen alıcılar için sık sık çalışması gereken dizel jeneratör ihtiyacı doğmaktadır. Bağımsız çalışan sistemlerde hem dizel desteğini, hem de enerji depolama maliyetini azaltmak, şebekeyle paralel çalışabilen sistemlerde ise, enerji depolama maliyetini ve kullanıcının ödeyeceği fatura bedelini azaltmak amacı ile güneş enerjisinin kullanıldığı sistemler üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır (4, 5). Bu gelişmelerin sonucunda, birim yatırımdan enerji üretim maliyeti çok daha düşük seviyelere çekebilecek, hatta küçük ölçekli bir kullanıcı şebeke ile paralel çalışabilen bir evrici kullanması halinde, günün belli saatlerinde satıcı konumunda olabilecektir. Bu tür uygulamalarda sistemin kurulacağı yerin güneş analizi başlangıçta en önemli ölçüt olmaktadır. Ülkemizde, bölgelere göre

rüzgâr ve güneş analizleri yapılmış, sistemler bağımsız olarak araştırılmış veya uygulanmıştır (6, 7). Güneş panelleri ile oluşturulan sistemlerle yurt dışında yapılan değişik uygulamalarda, güneş enerjisi kullanılarak tasarlanan sistemlerin performansı matematiksel modelleri çıkartılarak bilgisayar simülasyonları yardımıyla karşılaştırılmıştır (8).

Literatürde bu çalışmaya benzer güneş takip sistemlerine ait farklı yapıların uygulandığı çalışmalar mevcuttur (9-13). Ancak bu uygulamaların birkaçında güneşi takip etme düzeneği üzerine çalışılmış, mikro denetleyici kontrollü sistemler oluşturularak deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada ise, literatürdeki diğer uygulamalardan farklı olarak, sistem hem mikro denetleyici kontrollü hem de bilgisayar kontrollü olarak çalıştırılmaktadır. Böylece güneş takip işlemi ve enerji depolama işlemleri sırasındaki veriler bilgisayar ortamına anlık olarak kaydedilmektedir. Bu da sistemin verimi ile ilgili yapılacak olan istatistiksel bir çalışmada kullanıcıya büyük faydalar sağlayacaktır. 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. Bu amaçla çalışmada, ikinci bölümde step motor ve sürücü devresinin yapısı incelenmiş, üçüncü bölümde ise tasarımı uygulaması yapılan güneş takip mekanizması ve bilgisayar ara yüz programı anlatılmıştır. Sonuç bölümünde ise elde edilen veriler yardımıyla sabit sistem ile güneş takip mekanizması karşılaştırılmıştır.

## 2. STEP MOTORLAR VE KONTROL TEKNİKLERİ

Step motorlar diğer adıyla adım motorları, açısız konumunu adımlar halinde değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülebilir motorlar olarak tanımlanır. Bu adımlar, motorun sargılarına uygun sinyaller gönderilerek elde edilir. Herhangi bir uyarımda, motorun yapacağı hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı step motorun yapısına bağlı olarak 90°, 45°, 18°, 7.5°, 1.8° veya daha değişik açılarda olabilir. Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı kontrol edilebilir (14).

Adım motorlarının hangi yöne doğru döneceği, devir sayısı, dönüş hızı gibi değerler mikroşlemci veya bilgisayar yardımıyla kontrol edilebilir. Motorun dönüş yönü, hızı ve konumu her zaman için bilinmektedir. Bu sebeple adım motorları çok hassas konum kontrolü istenilen yerlerde kullanılırlar.

Adım motorlarının geri beslemeye ihtiyaç göstermeme, açık döngülü olarak kontrol edilebilme, mekanik yapıları basit olduğundan bakım gerektirmemeleri gibi avantajları vardır. Ancak bu avantajların yanında, adım açıları sabit olduğundan hareketlerinin darbeleri olması, sürtünme kaynaklı yüklerde ve açık döngülü kontrolde konum hataları meydana getirmeleri, elde edile-

bilecek gücün ve momentin sınırlı olması gibi dezavantajları da mevcuttur.

Adım motorları yapım şekillerine göre sınıflandırılır. Değişken relüktanslı, sabit mıknatıslı ve karışık (hibrit) yapılı adım motorları en çok bilinen motor çeşitleridir. Bu çalışmada açısız adım değerlerinin hassas olarak kontrol edilebilmesi ve mikro denetleyici ile kontrol edilebilmelerinden dolayı karışık yapılı adım motorları kullanılmıştır.

### 2.1. Karışık ( Hibrit ) Yapılı Adım Motorları

Bu tip motorların rotorunda sabit mıknatıs bulunmaktadır. Hibrit kelimesi bu tip motorun sabit mıknatıslı ve değişken relüktanslı motorları bir araya getirilerek oluşturulmasından dolayı kullanılmaktadır.

Karışık yapılı adım motorunda statorun nüve yapısı değişken relüktanslı adım motoruna benzemektedir. Ancak sargıların bağlantıları diğer adım motorlarından farklıdır. Değişken relüktanslı adım motorunda bir kutupta bir fazın iki sargısından sadece bir tanesi sarılmışken, dört fazlı karışık yapılı bir adım motorunda iki farklı fazın sargıları aynı kutupta sarılmıştır. Bu nedenle bir kutup sadece bir fazın altında değildir.

Bu tip adım motorunun bir diğer özelliği rotorunun yapısıdır. Rotorda her bir kutup yumuşak çelikten yapılmış düzgün dişlerle kaplıdır. Rotorun iki bölümündeki dişler birbirleriyle yarım diş aralığı kayma olacak şekilde sıralanmıştır. Karışık yapılı adım motorlarında moment, diş yapılarındaki hava aralıklarının manyetik alanlarının etkileşimi ile oluşturulur. Bu tip motorlarda stator ve rotor dişleri küçük adım açıları elde etmek için yapılmıştır. Uygulamada en çok karşılaşılan karışık yapılı adım motoru dört fazlı 1.8° adım açılı ve 200 adımlı adım motorudur.

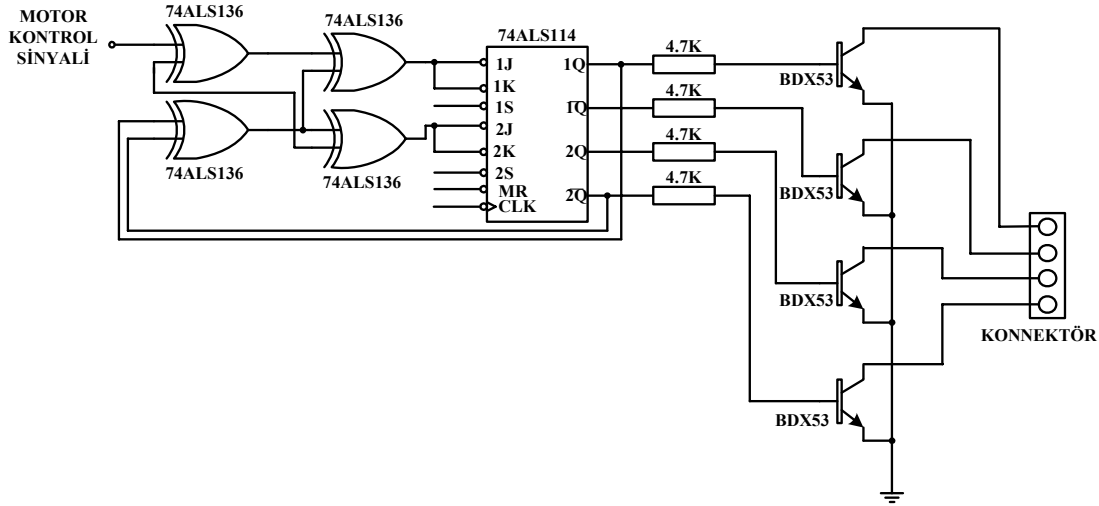
### 2.2. Adım Motoru Sürücü Sistemleri

Adım motorları başla-dur prensibine göre her bir adımda belirli bir açıda dönüş yaparak çalışırlar. Motorun hızı sargıların enerjilendirme frekansına bağlıdır. Eğer sargı akımının darbe oranı çok hızlı ise, rotor darbe değişimlerini tam olarak izleyemez ve motor düzgün hız modunda çalışmaya başlar. Bu ise adım motorunun kullanım amacına ters bir durumdur. Adım motoru sürücü devrelerinde, anahtarlama elmanı iletime geçip bir fazı uyardığı zaman, güç kaynağı sargı endüktansının etkisini yenmek zorundadır. Çünkü bu durumda sargı endüktansı akımın artmasına karşı koymaktadır. Anahtarlama elemanına uygulanan sinyalin frekansı artarken, sargı endüktansından dolayı oluşan akım dalga şeklinin süresi uzun olur ve bunun sonucu olarak azalmış moment ve düşük tepki oluşur. Bu zamanı kısaltmanın ve moment karakteristiklerini yüksek hızlarda geliştirmenin pek çok yolu vardır. Bunlardan bazıları, seri dirençli, iki seviyeli gerilimli, köprü sürücü ve kıyıcı tip sürücülerdir (15). Ayrıca adım motorlarında ve sürücü sistemlerinde oluşan problemleri önlemek için, sargı uçlarına diyot bağlanmaktadır. Bu diyotun görevi anahtarlama elemanı kesime geçtiği zaman sargılarda

endüklenen zıt gerilimin anahtarlama elemanına zarar vermesini önlemektir.

Uygulaması yapılan güneş takip sisteminde kullanılan dört fazlı  $1.8^\circ$  adım açılı karışık yapılı adım motoru için PIC 18F452 mikro denetleyicisinden alınan

güneş takip mekanizması tasarlanmıştır. Sistemin PIC18F452 mikroişlemci ile kontrol edilebilmesi için bilgisayar programı ve simülasyonu yapılmıştır. Yapılan simülasyonda, güneş panellerinin üzerine yerleştirilen dört adet sensörden alınan bilgiler değerlendirilmekte-



Şekil 1. Dört fazlı karışık yapılı adım motoru için sürücü devresi

kontrol sinyali, Şekil 1'de verilen adım motoru sürücü devresine uygulanarak, motorun hız ve yön kontrolü yapılmaktadır.

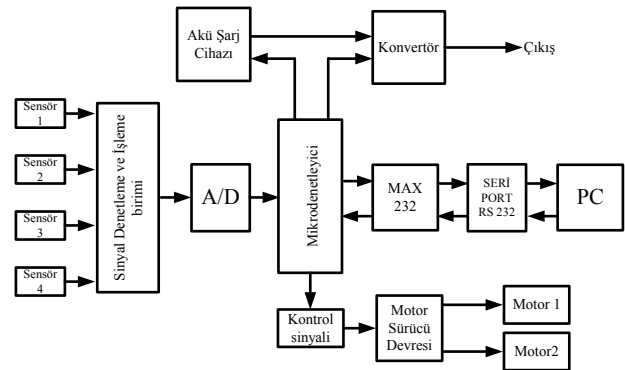
Sürücü devrede, motor kontrol sinyali özel or kapısından geçirilerek (74ALS136), bir J-K flip-flop entegresine uygulanmıştır. 74ALS114 flip-flop entegresinin çıkışından elde edilen dört adet motor kontrol sinyali, 4,7 kOhm'luk birer direnç vasıtasıyla, dört adet BDX53 PNP transistörü sürmektedir.

### 3. TASARIM VE UYGULAMA

Tasarlanan sistemde ilk aşamada, güneş panelleri, sensörler, mikrodenetleyici ve seri port üzerinden bilgisayarı haberleştirmek amacıyla mikro denetleyici kullanılarak bir arabirim kartı tasarlanmış ve bu kartın programı PICC dilinde yazılmıştır. Uygulaması yapılan devrenin görevi; güneş panellerinden alınan gerilim bilgisini değerlendirip, eğer elde edilen gerilim aküleri şarj etmeye yeterli seviyede ise, şarj ünitesine şarjı başlatması için, gerilim düşük ise şarjı durdurabilmesi için sinyal göndermektir. Ayrıca akü grubunun şarj gerilimi yeterli, yani aküler dolu ise panellerden gelen gerilim bir konvertöre aktarılacaktır. Bu sayede elde edilen gerilim direkt olarak yüke aktarılacaktır. Daha sonra, güneş panellerinin sabit olduğu uygulama için devreler yapılarak sistem parçaları bir araya getirilmiştir. Panelin sabit konumda mevsime göre en uygun konumu belirlenmiş ve bu konum ölçüm yapıldığı süre boyunca sabitlenmiştir. Sabitlenen güneş panellerinden alınan ölçüm değerleri bilgisayar ortamına kaydedilmiştir.

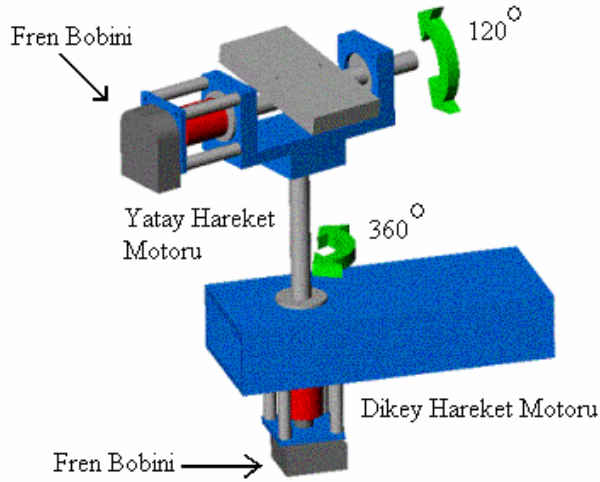
İkinci aşamada, güneş panellerinin elektrik enerjisi üretimi sırasında daha verimli olabilmesi için, bir

dir. Bu bilgiler doğrultusunda mikroişlemciye bağlı iki adet dört fazlı karışık yapılı step motor panelleri dikey eksende  $360^\circ$  ve yatay ekseninde  $120^\circ$  döndürmektedir. Uygulamada güneş takip sisteminin dikeyde  $180^\circ$  ve yatayda ise  $120^\circ$  dönmesi yeterli olmaktadır. Ancak yapılan deneysel çalışmada daha hassas ölçümler yapabilmek amacıyla sistem dikey ekseninde  $360^\circ$  dönebilecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca devreye panellerin hangi konumda olduklarını göstermek amacıyla bir LCD ekran bağlanmıştır. Yapılan sisteme ait blok diyagram Şekil 2'de verilmiştir. Güneş takip mekanizmasında güneş panelleri ışığın en fazla olduğu yöne doğru dönüp gün boyunca ışığı takip etmektedirler.



Şekil 2. Güneş takip mekanizması için tasarlanan sistemin blok şeması

Mekanik sisteme ait AUTOCAD çizimi Şekil 3'te verilmiştir. Uygulanan mekanik sistemde iki adet 6 Volt gerilimle çalışan ve  $1,8^\circ$ 'lik açı ile hareket edebilen 15 Watt gücünde adım motoru ve 35 Watt'lık bir güneş paneli kullanılmıştır.



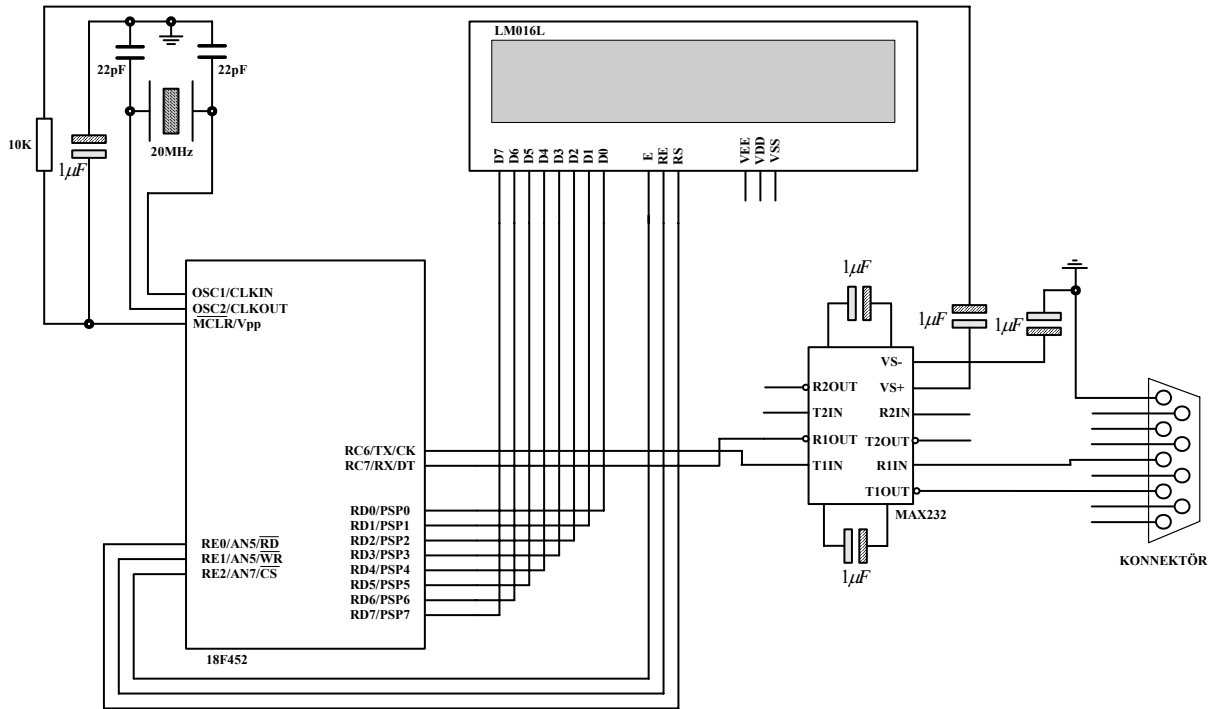
Şekil 3. Mekanik sistemin üç boyutlu çizimi

Güneş takip mekanizmasının simülasyonu ve küçük güçteki maketi tamamlandıktan sonra, bu uygulamanın bilgisayarla haberleşebilmesi için gerekli programlama ve elektronik devre çalışmaları yapılmıştır. Tasarlanan ikinci devredeki amaç RS-232 seri port yardımıyla güneş panellerinin konum bilgilerinin ve elde edilen gerilim değerlerinin bilgisayar ekranında görüntülenebilmesi ve ayrıca güneş takip mekanizmasının kontrolüne bilgisayar üzerinden müdahale edilebilmesidir. Sistemin bilgisayarla haberleşmesi için tasarlanan elektronik devreye ek olarak, Visual Basic programlama dilinde bir arayüz programı yazılmıştır. Sistemin bilgisayarla haberleşmesini sağlayan devreye ait çizim Şekil 4'te verilmiştir. Şekilde mikro denetleyici ve MAX232

entegresi ile seri port üzerinden veri alışverişi gerçekleştirilmektedir.

Tasarlanan arayüz programında iki ayrı kontrol modu bulunmaktadır. Birinci konumda ekrandaki seçeneklerden "Güneş paneli" seçeneği işaretlenirse sistem güneş takip mekanizmasının o an için yatay ve dikey konumda hangi açılarda bulunduğunu bilgisayar ekranında göstermektedir. Bu seçenekte sadece güneş takip mekanizması izlenebilmekte, sisteme müdahale edilememektedir. Ayrıca, devre bilgisayara bağlanırken, portlardaki bağlantı seçeneklerini de değerlendirmek amacıyla COM1 ve COM2 seri port bağlantı durumunu seçmek için oluşturulan arayüz programına bir buton yerleştirilmiştir.

Seri porttan kontrol programının ikinci kısmında ise "Manuel" kontrol seçeneği işaretlenirse, güneş takip sisteminin yatay ve dikey konumdaki açı bilgilerinin yanı sıra sistemin elle kontrolü için yatay konum göstergesinin ve dikey konum göstergesinin yanlarında birer açı bilgisi ekranı oluşturulmuştur. Bu ekranlardaki açı bilgisi değerleri istenirse klavyeden bir sayı girilerek değiştirilmekte veya istenirse klavye üzerindeki yön tuşları kullanılarak açı bilgileri sayısal olarak büyütülüp, küçültülmektedir. Klavye üzerindeki yön tuşlarında yukarı ve aşağı tuşları yatay konumun artırılıp azaltılmasında, sağ ve sol yön tuşları ise dikey konumun artırılıp azaltılmasında kullanılmaktadır. Programın bu kısmının diğer seçenekten farkı ise klavyeden veya yön tuşları ile girilen sayısal açı bilgisi ne ise güneş takip mekanizmasının o açı bilgisine yönlendirilmesi ve girilen değerlerde sabit kalmasıdır. Otomatik ve elle kumandaya ait bilgisayar görüntüleri Şekil 5'te verilmiştir. Şekildeki sayısal

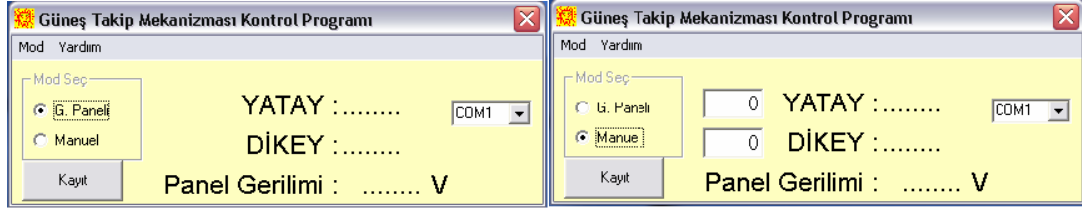


Şekil 4. Sistemin seri port üzerinden haberleşmesi

boşluklara direkt olarak sayı girilmesi de panelin istenilen yere gitmesini sağlamaktadır.

Sistemin bilgisayardan manuel olarak kontrol edilmesindeki amaç ise; ilk olarak güneş panellerinin ve güneş takip mekanizmasının kuvvetli rüzgârlarda veya

Tasarlanan güneş takip mekanizmasında, sensörlerin en yüksek ışık şiddetini tespit ederek, güneş panelini motorlar yardımıyla belirlenen noktaya hareket ettirmektedir. Panel sabit konumda kaldığında veya elektrik enerjisinin kesilmesi gibi arıza durumlarında



(a) güneş takip modu ekran görüntüsü

(b) manuel modu ekran görüntüsü

Şekil 5. Sistemin arayüz programı ekran görüntüleri

dolu yağması gibi durumlarda güneş takibinden vazgeçip belirli bir konuma getirilmesi ve kendini koruma altına alabilmesidir. İkinci olarak da güneş takip mekanizmasının çok bulutlu, sisli veya kapalı havalarda karsız davranmasını engelleyerek belirlenen sabit bir konumda kalmasını sağlamaktır.

Güneş takip mekanizmasının bilgisayar kontrollü olarak çalıştırılmasına ait programın, aynı zamanda elde edilen yatay, dikey açı değerleri ve güneş panellerinden elde edilen gerilim değerini bilgisayar ortamına kayıt etmesi amacıyla bir alt program oluşturulmuştur. Programa ait ekran görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir. Bu programda manuel moddaki ekran görüntüsünde bulunan "Kayıt" butonuna basıldığında, Şekil 6'da verilen ekrandaki tablo çalışmaya başlar ve elde edilen değerleri dakikada bir olmak üzere bilgisayarın hafızasına kayıt edilmektedir.

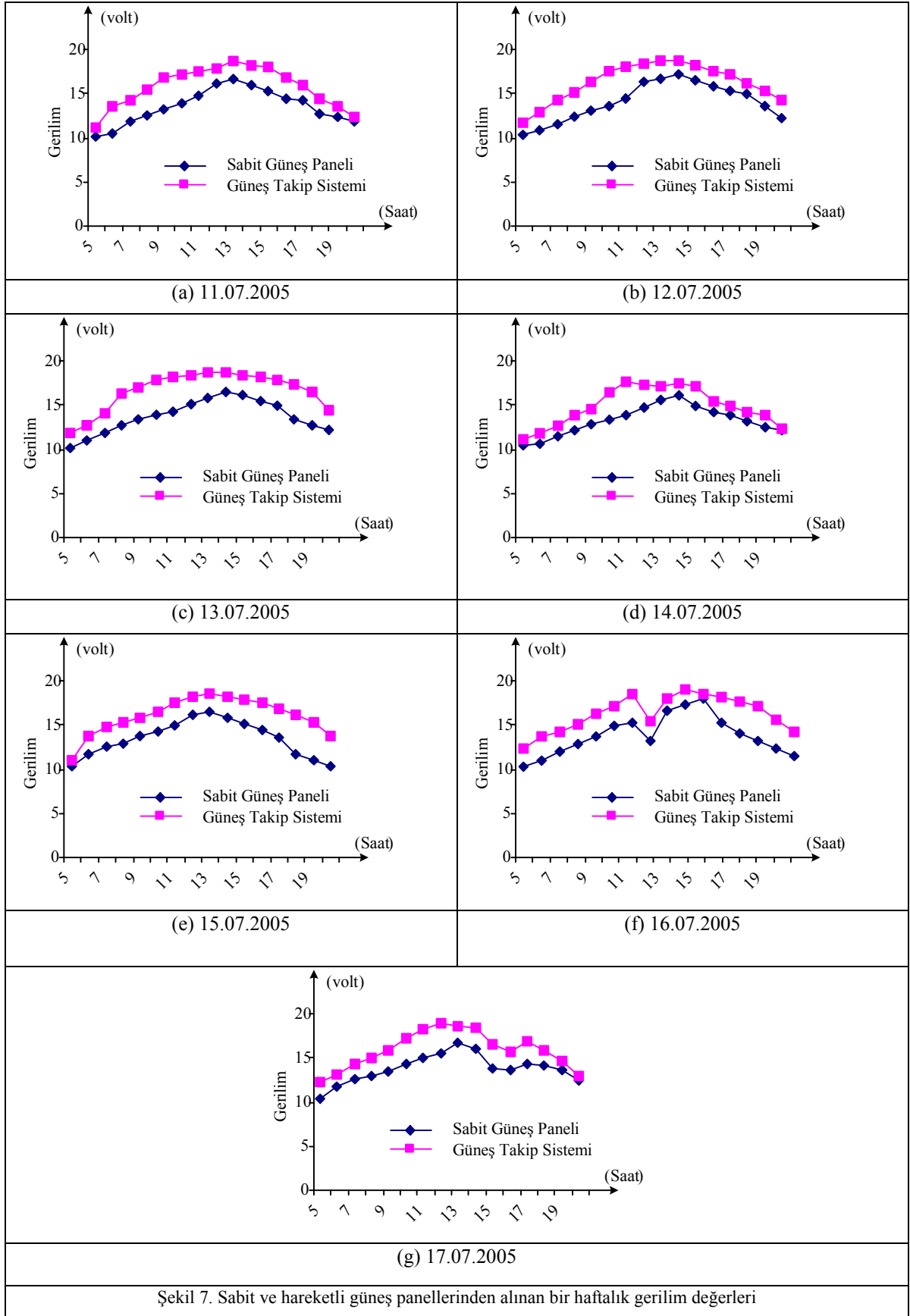
Tarih	Saat	Yatay	Dikey	Gerilim
14.07.2005	16:02:00	133°	21°	8,1
14.07.2005	16:03:00	37°	19°	8
14.07.2005	16:04:00	53°	0°	8,6
14.07.2005	16:05:00	152°	1°	11,6
14.07.2005	16:06:00	143°	13°	8,9
14.07.2005	16:07:00	156°	37°	9,5
14.07.2005	16:08:00	325°	58°	13,1
14.07.2005	16:09:00	360°	82°	11,5
14.07.2005	16:10:00	360°	88°	14,9
14.07.2005	16:11:00	176°	86°	6,8
14.07.2005	16:19:15	.....	.....	.....
14.07.2005	16:20:00	335°	255°	4,1

Şekil 6. Güneş takip sisteminin bilgisayara kayıt modu ekran görüntüsü

devreye girecek frenler yerleştirilmiştir. Güneş panelinin en son konumunda sabit kalabilmesini sağlamak için, kullanılan motorların miline takılan elektromagnetik fren vazifesi yapan bobinler ve bunların kontrol devreleri tasarlanmıştır. Bu frenler ile sistem enerjisiz kaldığında veya motorlardan biri arızalandığında paneller mekanik olarak frenlenmektedir. Motorlar harekete geçecekleri zaman fren bobini enerjilenmekte ve motor milini serbest bırakmaktadır. Motor hareketini tamamladığında veya enerjisi kesildiğinde, elektronik devre yardımıyla fren bobininin enerjisi kesilmekte, mekanik olarak motor milinin hareketi engellenmektedir. Sistemin çalışması için gerekli şartlar sağlandığında mikro denetleyici yardımıyla frenler devre dışı bırakılmaktadır. Böylece fren bobini sürekli olarak enerjili kalmamakta ve güç sarfiyatı minimum seviyede olmaktadır.

#### 4. SONUÇLAR

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmeye yönelik olarak tasarlanan biri sabit diğeri güneşi takip eden iki sistemden bir ay süresince gün ve saat bazında elde edilen gerilim değerleri toplanarak bilgisayar ortamında kaydedilmiştir. Şekil 7'de uygulanan sistemden bir haftalık elde edilen değerlerin saatlere göre değişiminin karşılaştırmalı olarak grafiği verilmiştir. Deneyler süresince kullanılan güneş paneli normal gün ışığında 12 Volt, güneşi tam olarak aldığı zamanlarda ise 18,5 Volt gerilim üretmektedir. Panelin güneşi görmediği veya havanın kapalı olduğu zamanlarda ise yaklaşık 10 Volt gerilim üretilmektedir.



Şekil 7. Sabit ve hareketli güneş panellerinden alınan bir haftalık gerilim değerleri

Grafikler incelendiğinde, hareketli sistemin sabit sisteme göre daha fazla gerilim ürettiği günlük olarak görülmektedir. Ayrıca, günün değişik saatlerinde üretilen gerilimin panelin güneşlenmesini değiştirdiği için, üretilen gerilimin sabah saatlerinde daha az, öğle saatlerinde en yüksek değerinde ve akşam saatlerinde ise yine güneşlenme azaldığı için gerilim değerinin de azaldığı net bir şekilde görülmektedir. Güneş takip sisteminin, sabit sisteme göre sabah ve akşam saatlerinde daha yüksek gerilim değerlerinde elektrik enerjisi ürettiği görülmektedir. Şekil 7.(f) ve (g)'de gerilim değerlerinde görülen saatlik alçalıp yükselme durumları, sistemlerin belirtilen saatler içerisinde hava şartlarından kaynaklanan ve güneş ışığı azalmasına bağlı olarak değerlerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır.

Enerji üretimi ve performans bakımından güneş takip sisteminin sabit sisteme göre %35 oranında verimli olduğu ispatlanmıştır. Uygulanan sistem deneysel olmasına karşın gerçek boyutlarda bir sisteme tatbik edildiğinde de enerji üretimindeki verim benzer olacaktır. Ancak sistem maliyetleri yönünden karşılaştırıldığında güneş takip sisteminin sabit sisteme göre %15 daha fazla bir kuruluş maliyeti olduğu belirlenmiştir. Uygulanan sistemin deneysel bir çalışma olması nedeniyle, mikro denetleyici bir bilgisayarla iletişim kurarak verileri kaydetmektedir. Ancak gerçek boyutlardaki bir sistemde bilgisayar kullanılmadan, mikro denetleyici aracılığıyla veriler alınabilir. Böylece sistemin maliyeti azaltılmış olur.

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

Güneş takip sistemlerindeki elektriksel ve mekanik uygulamalarda iki tür motor kullanılmaktadır; bunlardan birincisi step motor (adım motoru), diğeri ise servo motordur. Step motorla yapılan uygulama servo motorlu olana göre daha kolay ve kontrolü basittir. Ancak step motorlar büyük güçlerde mevcut olmadıkları için belirli bir büyüklüğe kadar yapılmaktadır. Büyük güçlü ve güneş paneli olarak sayısı fazla olan uygulamalarda servo motorlar tercih edilmelidir. Böylece sistemin hareket ettirilmesi daha kolay olacak, kullanılacak olan dişliler ve fren mekanizmaları ile motora daha az yük tatbik edilecektir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Kaygusuz K., Sarı A. "Renewable Energy Potential and Utilization in Turkey", *Energy Conversion and Management*, 2003, 44, pp. 459-478.
2. Kaya D. "Renewable Energy Policies in Turkey", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2006, 10, pp. 152-163.
3. Ralph E.L., Linder E.B., "Advanced Solar Panel Designs", *Photovoltaic Specialists Conference*, 1996., Conference Record of the Twenty Fifth IEEE, 13-17 May 1996, pp.297 - 300
4. Chadjivassiliadis J., Heckenberg G., Kleinkauf W., Raptis F. "Power Management for The Compound Operation of Diesel Generator Sets with Wind Energy and Photovoltaic Plants", *European Wind Energy Conference (EWEC)*, 7-9 Oct 1986.
5. Sözen A., Arcaklıoğlu E., Özalp m., Kanit E.G. "Solar-Energy Potential in Turkey", *Applied Energy*, 2005, 80, pp. 367-381.
6. Evrendilek F., Ertekin C. "Assessing The Potential of Renewable Energy Sources in Turkey", *Renewable Energy*, 2003, 28, pp. 2303-2315.
7. Kacira M., Simsek M., Babur Y., Demirkol S. "Determining Optimum Tilt Angles and Orientations of Photovoltaic Panels in Sanliurfa, Turkey", *Renewable Energy*, 2004, 28, pp. 1265-1275.
8. Ai B., Yang H., Shen H., Liao X. "Computer-Aided Design of PV/Wind Hybrid System", *Renewable Energy*, 2003, 28, pp. 1491-1512.
9. Shugar D.S., Hickman T., Lepley T. "Commercialization of A Value-Engineered Photovoltaic Tracking System", *25 th IEEE PVSC Proceedings*, May 1996, pp. 1537-1540.
10. Vilsan M., Nita I. "A Hybrid Wind-Photovoltaic Power Supply for A Telecommunication System", *IEEE Trans. On Energy Conv.*, 1997, pp. 589-596.
11. Karimov Kh. S., Saqib M.A., Akhter P., Ahmed M.M., Chatta J. A., Yousafzai S.A. "A Simple Photo-Voltaic Tracking System", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2005, 87, pp. 49-59.
12. Roth P., Georgiev A., Boudinov H. "Design and Construction of a System for Sun-Tracking", *Renewable Energy*, 2004, 29, pp. 393-402.
13. Çolak İ., Bayındır R., Sefa İ., Demirbaş Ş., Demirtaş M., "[Güneş Takip Sistemi Tasarım ve Uygulaması](#)", 1. Enerji Verimliliği ve Kalite Sempozyumu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Kocaeli Şubesi, Mayıs 2005, sayfa 301-305.
14. Kenjo T., "Stepping Motors and Their Microprocessor Controls", *Calerendon Press, Oxford*, 1984.
15. Bal G., "Özel Elektrik Makinaları", *Seçkin Yayınevi, Ankara*, 2006