



Design And Application Of Multi-Axis Solar Tracking System To Increase The Efficiency Of Solar Cell

İlhan GARİP^{1*} ¹Nişantaşı University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, 02230, Sarıyer/İSTANBUL

Graphical/Tabular Abstract

In this study, a multi-axis solar tracking system has been designed and implemented in order to increase the efficiency of electrical energy obtained from solar energy, which is one of the renewable energy sources. The solar tracking unit can monitor the sun on both horizontal and vertical axes.

Article Info:

Research article

Received: 20.09.2021

Revision: 31.10.2021

Accepted: 17.11.2021

Highlights

- solar energy
- multi-axis solar tracking system
- the renewable energy sources

Keywords

Two-axis solar tracking system, PV (photovoltaic), boost converter, half wave inverter, arduino, control system, switching, battery, linear motor, step motor

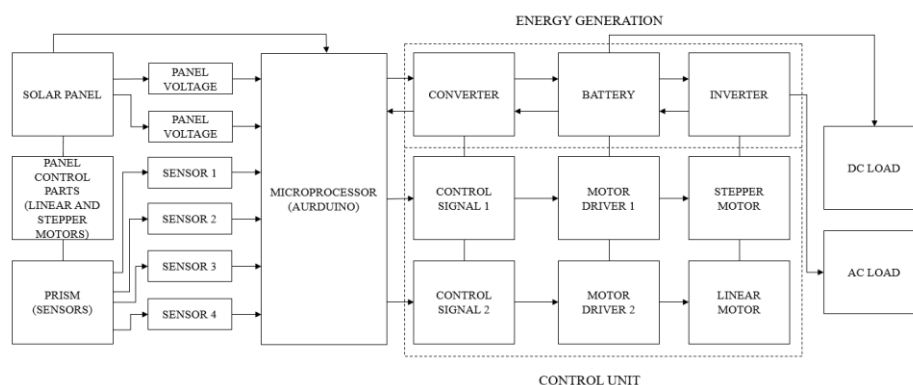


Figure A .. Block Diagram for Solar Energy System

Purpose: It has been aimed to benefit from solar energy more intensively. So that a photovoltaic-based system has been developed. In order to increase the energy production efficiency of PV panels, a solar tracking system has been designed and implemented. With the help of the tracking system, the sun comes perpendicular to the panel at all hours of the day, providing the highest efficiency.

Theory and Methods: The designed systems were realized separately and later assembled together. Solar tracking system consists of a control unit, DC/DC boost converter, a DC/AA inverter and a battery group. The created systems are explained in details.

Results: The basis of the proposed system is to keep the efficiency of the electrical energy produced from solar energy at the highest level. The implemented system is to ensure that the PV panels follow the sun on the horizontal and vertical axes at a right angle to the panel surface, where the highest efficiency is obtained while generating electricity. It produces arduino output in line with the information coming from the solar tracking system, and provides the tracking of the sun by controlling the stepper motors moving the panel in horizontal axis and the linear motor moving the panel in vertical axis.

Conclusion: In this study, the optimization of the electrical energy obtained from solar energy was achieved with the dual-axis solar tracking system. The stability of the implemented system was realized with the control algorithms used by the microcontroller. With the solar tracking system, the stability of the system has been improved and the produced energy has been increased compared to the fixed-position models. The system kept the energy efficiency at the highest level by continuously monitoring the sun on a daily and annual basis. In addition, the visibility of the system was increased and it was made available as a training set model.



Design And Application Of Multi-Axis Solar Tracking System To Increase The Efficiency Of Solar Cell

 İlhan GARİP^{1,*}
¹Nişantaşı University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering, 34485, Sarıyer/İSTANBUL

Abstract

In this study, a multi-axis solar tracking system was designed and implemented in order to increase the efficiency of electrical energy obtained from solar energy, which is one of the renewable energy sources. The solar tracking unit can monitor the sun on both the horizontal axis and the vertical axis. Using the solar tracking system, it is possible to increase the efficiency by approximately % 25-35. In the biaxial control system implemented in this study, the panel was placed on the north-south line and its movement was made in the east-west axis. If it is vertical movement, the lower part (south end) of the panel is rotated and the upper part (north) is moved up and down. Optimization of the system has been achieved with this mechanism. In the implemented system, horizontal movement is provided with the help of stepper motor controlled by arduino in line with the information coming from LDRs. Vertical axis movement is provided with the help of linear motor controlled by arduino in line with the information coming from LDRs. LDRs that provide sun tracking are placed on the top of the panel.

The electrical energy produced by the system can be used as DC and AC current sources with the help of the converter and inverter circuits. In addition, this energy DC can be stored in a battery group connected to the system.

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
 Başvuru: 5.10.2021
 Düzeltilme: 16.11.2021
 Kabul: 23.11.2021

Keywords

Two-axis solar tracking system, PV (photovoltaic), boost converter, half wave inverter, arduino, control system, switching, battery, linear motor, step motor

Anahtar Kelimeler

İki eksenli güneş takip sistemi, PV (fotovoltaik), boost converter, yarım dalga inverter, Arduino, kontrol sistemi, anahtarlama, batarya, lineer motor, step motor.

Güneş Hücresinin Verimini Artırmak İçin Çok Eksenli Takip Sisteminin Tasarımı Ve Uygulaması

Öz

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan güneş enerjisinden sağlanan elektrik enerjisinin verimliliğini artırmak üzere çok eksenli bir güneş takip sistemi tasarlanarak uygulaması yapıldı. Bilindiği gibi güneş hücrelerinden üretilen elektrik enerjisinin verimliliğini artırmak için güneş ışınlarının günün her saatinde güneş paneline dik doğrultuda gelmesi gerekir. Bunu sağlamak için güneş paneline her doğrultuda hareket ettirmek için çok eksenli bir güneş takip sistemi tasarlandı ve uygulaması yapıldı. Güneş takip ünitesi, güneşi hem yatay ekseninde hem de dikey ekseninde takip edebilmektedir. Güneş takip sistemi sayesinde güneş hücrelerinin verimliliğini yaklaşık %25-35 oranlarında arttırmak mümkündür. Bu çalışmada gerçekleştirilen çift eksenli kontrol sisteminde, yatay hareket panel kuzey-güney doğrultusunda yerleştirildi ve hareketi doğu-batı ekseninde yapıldı. Dikey hareket ise, panelin alt kısmı (Güney ucu) döner hareketli, üst kısmı (kuzey) ise aşağı yukarı hareket ettirildi. Sistemin optimizasyonu gerçekleştirilen bu düzenekle sağlandı. Güneş hareketinin takibini sağlayan LDR' ler güneş panelinin üst kısmına yerleştirildi. Gerçekleştirilen bu sistemde panelin yatay açısal hareketi ve dikey yöndeki düşey hareketi LDR lerden gelen pozisyon bilgileri doğrultusunda arduino tarafından kontrol edilmektedir. Arduino'nun LDR lerden aldığı bilgiler doğrultusunda çıkışında yatay hareket için step motoru, dikey hareket içinse lineer motoru kontrol eden sinyalleri motor sürücülerine gönderir. Sistemde üretilen elektrik enerjisi tasarlanan konvertör ve invertör devreleri yardımı ile DA ve AA akım kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca sisteme bağlı bir akü grubunda üretilen elektrik enerjisi DA olarak depolanmaktadır.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde elektrik enerjisine duyulan ihtiyacın artması sonucu alternatif enerji kaynağı arayışı başlamıştır. Bu kaynak arayışında ise önemli ölçüde çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarına önemli

bir yönelim olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş ve rüzgar enerjisi gelmektedir. Dünyadaki enerjilerin temel kaynağı güneştir. Güneşten yayılıp gelen ışınların atmosferi geçip dünyamıza ulaşan miktarı bu ışınların %70 kadar olduğu tahmin edilmektedir. [1]. Bilindiği gibi güneş çekirdeğinde oluşan füzyon ile ortaya çıkan ışıma güneş enerjisi denir. Atmosfer dışı güneş enerjisi şiddeti, 1370 W/m² değerinde olmasına rağmen Dünyamıza gelen ışın miktarı dünya atmosferinden dolayı 0-1100 W/m² değerleri arasında değişmektedir. Güneş enerjisinin dünya yüzeyine doksan dakikada gelen miktarı ile tüm dünyanın bir yıllık enerji ihtiyacı karşılanabilecektir. Coğrafik olarak Türkiye, güneş bandının kuzey enlemleri olarak 36°-42°'de ve doğu meridyenleri olarak ise 26°-45°'de yer almaktadır. Ülkemizin güneş ışımasını 1303 kWh/m²-yıl olup ortalama 2623 saat güneş almaktadır. Bu günlük 3,6 kWh/m² (m² başına) güneş, günde yaklaşık 7,2 saat, toplamda ise bir yılda 792 saatlik güneşlenme süresine sahip olduğunu göstermektedir. Ülkemiz yılda ortalama 110 gün boyunca güneş enerjisinden elektrik üretecek kapasitedir. [2]. Güneş enerjisinden elektrik üretimine yönelik bilimsel faaliyetler 1970'li yıllardan hızlanmıştır. Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğinin düşük olması yeni teknolojik çalışmalara neden olmuş, verimliliğin artırılması ve maliyetin düşürülmesine gibi sonuçlara ulaşılmıştır. Bilimsel faaliyetler PV verimliliğinin artırılması ve güneş takip sistemlerinin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme sonucunda rüzgâr enerjisinden, ülkemizde tüketilen enerjinin %8'ini, güneş enerjisinden ise %7,5 karşılanmaktadır [3]. GEPA verilerinde görüldüğü gibi güneş enerjisi sonsuz enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde verim artırılırsa hem ülkemizin hem de dünyanın enerji problemini çözebilecek bir potansiyel ortaya çıkacaktır. Yapılan araştırmalara göre dünyaya doksan dakika süresince gelen güneş ışıkları dünyanın bir yıllık elektrik enerjisini karşılayabilecek elektrik enerjisi potansiyeline sahiptir[4]. Bu nedenle güneş enerjisinden elde edilecek enerjiyi uygun şartlarda elektrik enerjisine çevirip depolayabilecek sistemleri geliştirmek gün geçtikçe daha büyük önem kazanmaya başlamıştır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde iki farklı teknoloji kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi odaklanmış güneş enerjisi (CSP-Concentrated solar energy systems sistemleridir.) sistemleridir [4].

CSP (Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemi) sistemleri güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde kullanılan büyük kapasiteli bir teknolojidir. CSP güneş enerjisi santralleri ayna konumlarını kullanarak güneşin enerjisini yüksek sıcaklıklı ısıya dönüştürerek elektrik üretme yöntemidir. Elde edilen yüksek değerli ısı bir buhar türbini yardımıyla hareket enerjisine dönüştürür. Türbin miline bağlı jeneratör dönmesi sonucu elektrik üretir. Bu elektrik santralleri iki parçadan oluşur; birincisi güneş enerjisini toplayıp ısıya dönüştürür, ikinci kısım ise elde edilen bu yüksek ısıdan buhar elde edilip buhar türbini yardımıyla jeneratör üzerinden elektriğe dönüştüren sistemdir. CSP sistemleri, İspanya, Portekiz, Yunanistan, Fransa ve İsrail gibi ülkelere yaygın olarak kullanılan sistemdir[5]. Fresnel aynalar değişik yönlerde gelen ışınları, tek bir doğrultuda geçirerek ışık şiddetini artırmaktadırlar. Yüksek ışık şiddeti, PV' de üretilen elektrik enerjisinin verimi yükseltir. Güneş takip sistemleri ise güneşin günlük yörünge hareketini takip ederek güneş ışınının PV yüzeyine sürekli dik açıda gelmesini sağlayarak elektrik enerjisi üretiminin verimini artırmaktadır. [6].

Güneş enerjisinden elektrik üretiminin ikinci yöntemi ise güneş hücreleridir. Fotovoltaik (PV) sistemlerde denilen güneş hücreleri fotovoltaik efekt kullanarak güneşten gelen ışını direk DA elektrik enerjisine çevirmektedirler.[7] PV'ler yarı iletken malzemelerden yapılmışlardır. Fotovoltaik kelimesi, ışık ve voltaj anlamına gelen iki kelimenin birleşiminden oluşmuştur. Güneş pilleri; PV piller, PV hücreler ve güneş hücreleri olarak çeşitli kaynaklarda isimlendirilmektedir[8]. Son yıllarda dünyada ve ülkemizde güneş enerjisinden daha fazla faydalanma yoluna gidilerek güneş pili tarlaları kurulumu yaygınlaşmaya başlamıştır. Bununla birlikte güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisinin verimini artırmak için PV'lerin ve güneş takip sistemlerinin geliştirilmesi için pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalardan birisinde, tam köprü inverter paylaşan çoklu entegre dönüştürücü modüllerinin mimarisi önerilmiştir. Bu konfigürasyon ile maksimum güç noktası izlemesi yapılmıştır. Güç noktası izlemesi ile güç dönüşümü, kontrol devresi karmaşıklığı ve maliyet unsuru iyileştirilmiştir[9]. PV'ler AA modül inverterlerle birlikte son zamanlarda başarılı bir şekilde çalışmaya başlamışlardır[10].

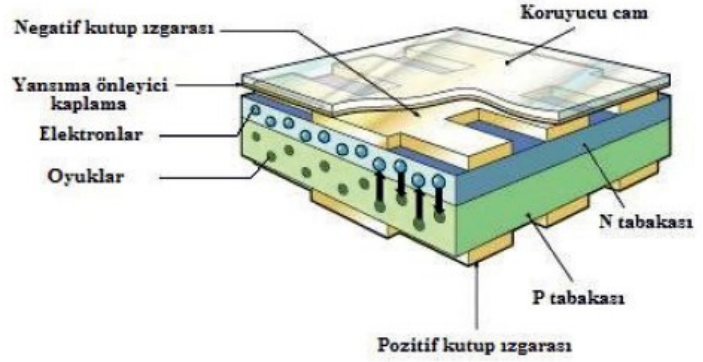
Yapılan bu çalışmada güneş enerjisinden daha yoğun faydalanabilmek için Fotovoltaik tabanlı bir sistem geliştirmek üzere, iki eksenli, yatay ve dikey olarak güneş takip sistemli bir güneş enerjisi santral modeli tasarlanarak uygulaması gerçekleştirilmiştir.

2.GÜNEŞ ENERJİSİNDEN FOTOVOLTAİK İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ (ELECTRICITY GENERATION FROM SOLAR ENERGY WITH PHOTOVOLTAIC)

Güneş hücreleri, yarıiletken teknolojisinden faydalanılarak fotovoltaik temelli olarak çalışırlar, üzerlerine ışık geldiğinde başlayan elektron akışı sonucu PV uçlarında bir gerilim oluşur. Fotovoltaik malzemeler, bant genişliklerine bağlı olarak yüzeye gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. **Bant genişlikleri** atoma bağlıdır. Bant genişliği, dolu değerlik bandından, elektronların serbest hareket ettiği boş iletim bandına bir elektron göndermek için gereken enerji miktarıdır. Birimi elektron-volt (eV)'tur. Yarı iletken N-tipi (negatif) bir malzeme oluşturmak için katkı atomlarına bağlanırsa, iletim bandında birkaç tane elektronu olur, P-tipi (pozitif) bir malzeme ise elektronları veya boşlukları bırakmak için bağlanır. N ve P tipi malzemelerin birbirleri ile bağlantısından dolayı, bir voltaj oluşur. Bu oluşumda gelen ışınlardan dolayı elektronlar eklemeye pozitif tarafına, oyuklar ise negatif tarafına harekete geçerler. Bu hareket elektrik akımını oluşturur. Çıkış gücünü artırmak amacıyla çok sayıda PV hücresi birbiri ile seri ve paralel guruplar halinde bağlanarak PV modülleri oluşturmaktadırlar. Bu şekilde PV modül gücü birkaç watt'tan megawatt'lara değerine ulaşabilmektedir[11]. Şekil 1.a ve 1.b' de kullanılan güneş panelinin hücrelerin iç yapısına ait görüntü verilmiştir [12].



Şekil 1.a



Şekil 1.b

Şekil 1. Güneş paneli hücresi ve hücrelerin iç yapısı

Güneş panelinin eşdeğer devresi çıkartılmak suretiyle üretilen elektrik enerjisi miktarını matematiksel olarak ifade etmek mümkün olacaktır. Şekilde eşdeğeri çıkartılan devre değerlerine bağlı olarak elde edilen formüller incelendiğinde, güneş enerjisi panelinin enerji verimi ve üretimi ile ilgili somut sonuçlar elde edilecektir. Şekil 2'de güneş paneline ait elektriksel eşdeğer devre verilmiştir[13]. Elektrikli eşdeğer devrede R_{SH} direnci, akım kaynağının paralel direncini, D diyotu ters akımları bloke eden tıkama diyotunu, R_L direnci ise panele bağlı yük direncini göstermektedir. Elektrik enerjisi üretilen bir PV hücreye ait devre akımının matematiksel ifadesi, eşitlik 1'de verilmiştir.

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

Ters doyum akım değeri ise eşitlik 2' de verilmiştir.

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

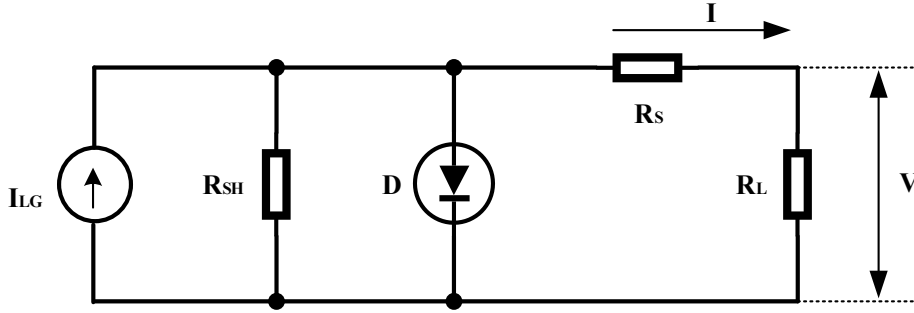
Üretilen elektrik akımının değeri ise eşitlik 3 ile hesaplanmaktadır.

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

Burada;

I Panel çıkış akımını (A) ve V gerilimini (V), I_{OS} Panelde oluşan ters doyum akımını (A), T Panel gövde sıcaklığını (C^0). k : Boltzmann sabitini q Elektronik şarjı miktarını (C), λ Solar aydınlanmayı (W/m^2). $K_I I_{SCR}$ için kısa devre sıcaklık katsayısını (A/C^0), I_{SCR} $25C^0$ ve $1000 W/m^2$ kısa devre akımını (A), I_{LG} Işık tarafından üretilen akımı (A), E_{GO} Silikon için bant genişliğini (eV), $B = A$ İdealleştirme faktörünü, T_R Referans sıcaklık değerini (0C), $I_{OR} T_R$ referans sıcaklığında panel doyum akımını (A),

R_{SH} Şönt direnci (Ω), R_S Seri direnci (Ω) ve R_L ise yük direncini (Ω) göstermektedir. Fotovoltaik güneş panellerinin akım, gerilim, güç ve verimleri, ışınım şiddeti ve çalışma sıcaklığı gibi ısıl parametrelerle direkt ilişkilidir.

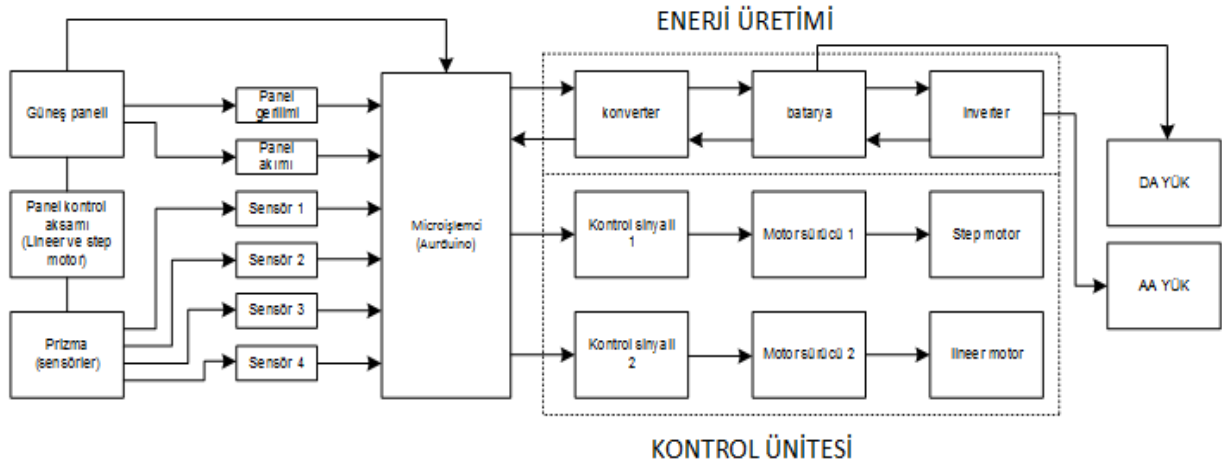


Şekil 2. Güneş paneli elektriksel eşdeğer devresi

3. SİSTEMİN KURULUMU (CONSTRUCTION OF THE SYSTEM)

Bilindiği gibi dünyamızın iki türlü hareketi vardır. Günlük hareketi (kendi eksenini etrafında dönmesi). Yıllık hareketi (güneşin etrafında dönmesi). Dünyanın günlük hareketi batı doğu yönünde olmakta ve bu hareketi 24 saatte tamamlamaktadır. Güneşin bu hareketi sonucunda; Gece gündüz meydana gelir. Yerel saat farkları oluşur. Gölge boyu gün içerisinde değişir. Güneş ışınlarının dünyaya geliş açısı gün içerisinde değişir. Bu değişim sonucunda ise; Gün içerisinde sıcaklıklar değişerek günlük sıcaklık farkları oluşur. Bunun sonucunda doğa olayları meydana gelir. Dünyanın yıllık hareketi sonucunda güneş ışınlarının dünyaya geliş açısı değiştiğinden mevsimler meydana gelmektedir.

Bu çalışmada güneş enerjisinden verimli bir şekilde elektrik enerjisi üretebilmek için güneşin günlük ve yıllık hareketlerini takip edebilmek için çift eksenli güneş takip sistemi tasarlanarak gerçekleştirilmiştir. Sistem dikey ekseninde güneşin yıllık hareketini takip ederek dünyaya olan açısını izlerken, yatay ekseninde güneşin günlük hareketini takip etmektedir.



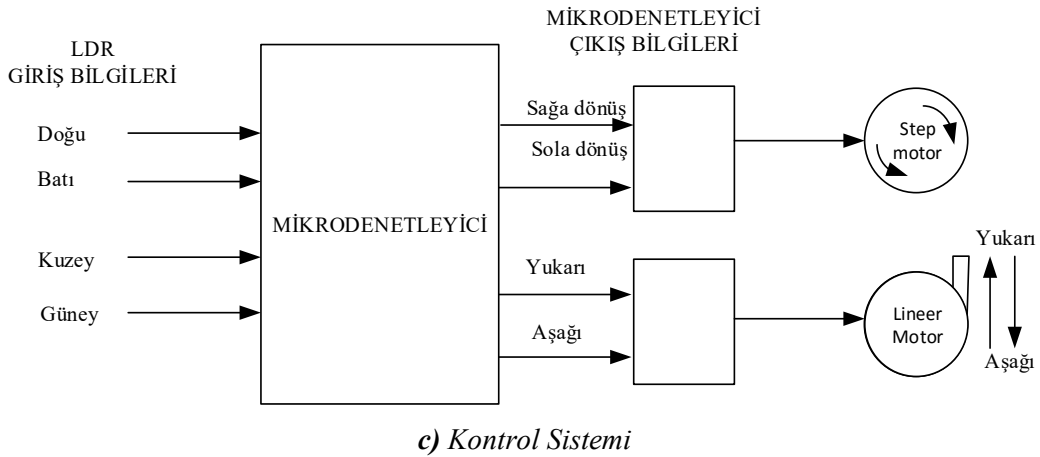
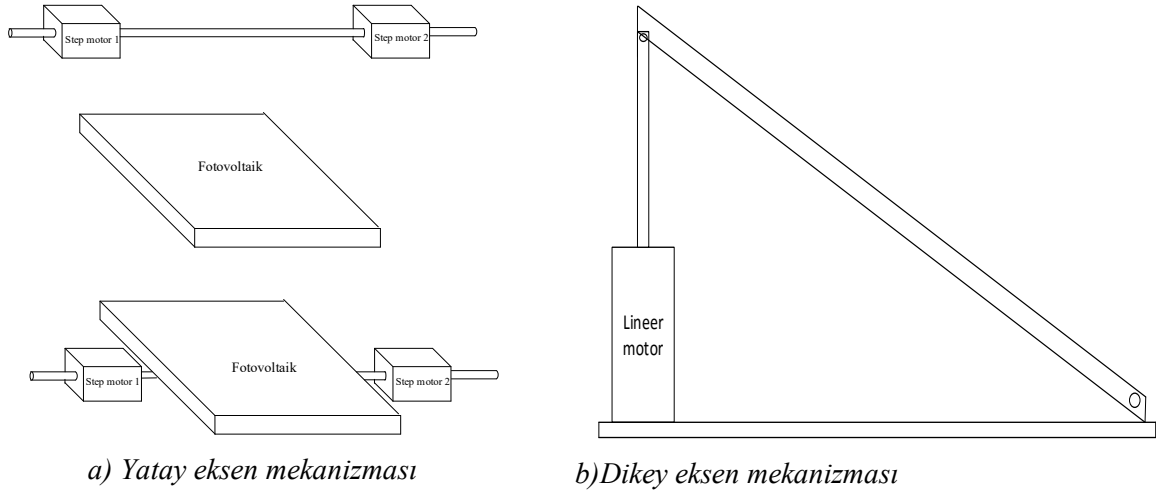
Şekil 3. Güneş enerjisi seti için tasarlanan sistemin blok diyagramı

Gerçekleştirilen sistem yatay ve dikey olmak üzere iki temel eksen üzerinde çalışmaktadır. Yatay eksen hareketi, güneş paneli step motor miline akupule bağlı bir mil üzerine monte edilerek güneşin günlük hareketi izlenmektedir. Dikey eksen hareketi ise güneş paneline dikey olarak monte edilen lineer motor tarafından sağlanmaktadır. Bu işlemler hazırlanan yazılım ile arduino mikro işlemci ile gerçekleştirilmektedir. Güneş takip sisteminin algılayıcıları olarak LDR ler kullanılmış ve doğu-batı yönünden alınan bilgilerle arduino step motorları kontrol ederek günlük güneş takibini yapmaktadır. Kuzey – güney yönünden gelen bilgilerle arduino lineer motoru kontrol ederek güneşin mevsimsel olarak dünyayla yaptığı açığı takip ederek panelin aşağı yukarı hareketini sağlamaktadır.

Bu işlem sayesinde güneş panelinden yıllık %33 daha fazla verim elde edilmektedir [14]. Aynı zamanda kullanılan bir LCD ekran ile de elde edilen açısal değerler ekran üzerinde yazılı olarak gösterilmektedir. Hazırlanan sisteme ait blok şema Şekil 3’de verilmiştir. Gerçekleştirilen sistemde, kararlı bir DA seviye için buck-boost konverter ve batarya gurubu, elde edilen DA’ı AA seviyeye dönüştürmek içinde bir evirici (inverter) kullanılmıştır. Evirici çıkışında 220V 50Hz AA elde edilmektedir.

3.1.Güneş Takip Sistemi (Solar Tracking System)

Güneş enerjisinden elektrik üretmek için kullandığımız panelin günün her saatinde ve yılın her gününde maksimum elektrik enerjisi üretmesini sağlamak için yatay ekseninde doğu-batı yönünde (sağa-sola) dikey ekseninde ise Kuzey-güney yönünde (aşağı yukarı) hareketini sağlayacak bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistemde yatay hareket, LDR lerden gelen bilgiler doğrultusunda arduino tarafından kontrol edilen step motor yardımı ile sağlanmaktadır. Dikey eksen hareketi ise yine LDR’lerden gelen bilgi doğrultusunda arduino tarafından kontrol edilen lineer motor yardımı ile sağlanmaktadır. Böylece güneş panelinin güneşi 90⁰ derece açıda takip etmesi sağlanmaktadır. Güneş takibini sağlayan LDR ler panelin üst kısmına yerleştirilmiştir. Güneş takip sistemine ait çizim ve resimler Şekil 4’ de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi mikrodenetleyici LDR’den aldığı bilgiler doğrultusunda step motor ve lineer motoru kontrol etmektedir. LDR’ler doğu veya batı bilgisi gönderdiğinde mikrodenetleyici step motor sürücüsünü kontrol ederek motorun sağa veya sola dönüşünü sağlamaktadır. LDR’ler kuzey veya güney bilgisi gönderdiğinde mikrodenetleyici lineer motor sürücüsünü kontrol ederek lineer motorun yukarı veya aşağı hareketini sağlamaktadır.



Şekil 4 Güneş Takip Sistemi

V_0 = Çıkış gerilimi, V_i = Giriş gerilimi, D = Darbeleme oranı' dır.

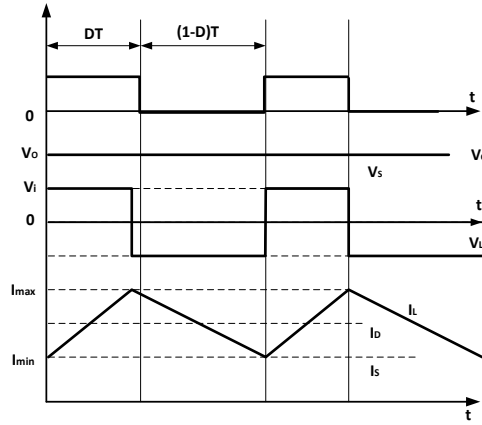
Yükselten devrede doluluk boşluk durumuna göre akım ve gerilim grafiği şekil 7.'de verilmiştir. Kapasite, Endüktans parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan eşitlikler aşağıda görüldüğü gibi eşitlik 5 ve 6'da verildiği gibidir.

$$L \geq \frac{D \cdot (1 - D)^2 \cdot R}{2f} \quad 5$$

$$C \geq \frac{D \cdot V_0}{\Delta V_0 \cdot R \cdot f} \quad 6$$

Burada;

L = Endüktans, C = Kapasitans, R = Direnç, D = darbeleme oranı f = frekans ΔV_0 =Değişken çıkış gerilimi değerini vermektedir.

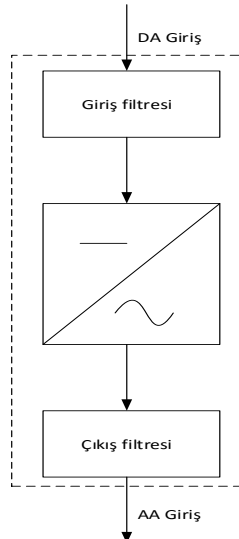


Şekil 7. Yükselten devrede doluluk boşluk durumuna göre akım ve gerilim

Bu çalışmada, Şekil 6.'da görülen yükselten dönüştürücü kullanılmıştır. Yükselten dönüştürücünün çıkışı akülerin sarj edilmesinde ve İnverter (Evirici) girişini besleyerek çıkışta kararlı AA üretilmesini sağlamaktadır.

3.3 DA/AA Evirici (Inverter)

Yükselten konverter devresinde kararlı hale getirilen DA sinyali, bir DA/AA evirici yardımı ile çıkışta kullanılmak üzere AA sinyaline dönüştürülmektedir.



Şekil 8. Evirici Blok Şema

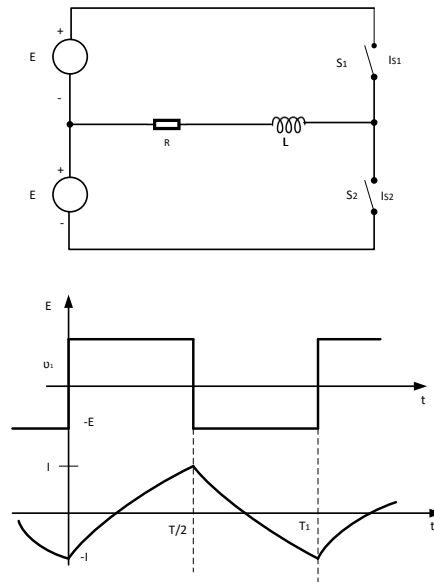
Şekil 8’ deki blok şeması verilen inverterin çalışma prensibi şekil 9’ görüldüğü gibi, DA giriş geriliminin ilk yarı periyotta pozitif ve ikinci yarı periyotta negatif yönde yük uygulanması prensibine dayalıdır. Bu iki yarı periyodun toplamı, devrenin çalışma periyodu veya frekansını belirler.

Kaynağı pozitif ve negatif anahtarlayarak kare dalga üretmek oldukça kolaydır. Devrenin kullanım amacına bağlı olarak kare dalga, pwm ve filtreleme yöntemleri ile sinüs dalga sinyaline dönüştürülür. Dalga formu ideal sinüs sinyali olması için çıkış filtresi kullanılır. Kullanılacak invertörün gücü seçilirken, şebekeye bağlı (on-grid) sistemler için invertörü besleyen PV santralin gücünün %10’ undan az olmayacak şekilde, şebekeden bağımsız (off-grid) sistemler içinse beslenecek yükün talep değerini karşılayacak şekilde seçilmesi çoğu zaman daha uygun olarak tercih edilir.

3.3.1 İnverter Çalışma Prensibi (Inverter Working Principle)

Şekil 9’da yarı köprü bir eviricinin devre şeması görülmektedir. Şekil 9’daki devrede görülen anahtarlar sırası ile açılıp kapanarak çalışırlar. Zamanın $T/2$ ’sinde S_1 , $T/2$ ’sinde S_2 devreye girer. Bu anahtarlar Transistör mosfet SCR ya da IGBT olabilir.

S_1 Kapalı iken S_2 açık konumdadır. Bu döngüde Kirşof gerilim kanununa göre $v_L = E$ olur. Belli bir süre sonunda S_1 açılır ve S_2 anahtarı devreye girer ve Kirşof gerilim kanununa göre $v_L = -E$ olur. Sonuç şekil 9’da görüldüğü gibi kare dalgalı alternatif akım şeklinde oluşur. Akımın dalga şekli ise altaki akım dalga şeklinde görülmektedir. Gerilimin dalga şeklini tam sinüse çevirmek için değişik inverter bağlantı şekilleri (Köprü inverter vs.) ve filtre devrelerinden faydalanılır.



Şekil 9. İnverter ve inverter dalga şekilleri

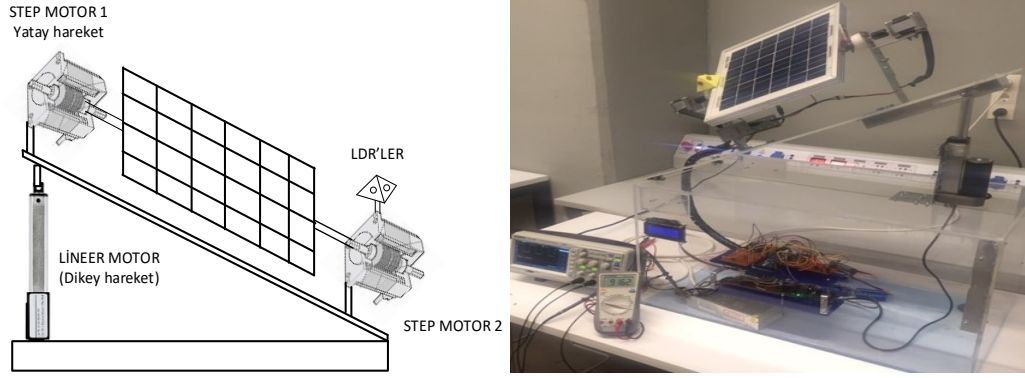
4. UYGULAMA ÇALIŞMALARI (APPLICATION STUDIES)

Tasarlanan sistemler ayrı ayrı gerçekleştirilerek sonradan bir araya getirilmiştir. Güneş takip sistemi, Kontrol ünitesi, DA/DA yükselten konvertör, DA/AA Evirici ve Batarya gurbundan oluşan sistemin genel görüntüsü Şekil 10’ de verilmiştir. Sistemde kullanılan elemanlara ait açıklamalar aşağıdaki gibidir.

Step Motor: Gerçekleştirilen bu sistemde güneşin günlük hareketini doğu batı yönünde takip ederek güneş pillerini güneşe yönlendirme mekanizmasının hareketini sağlayan iki step motor kullanıldı. Step motorlar paneli taşıyan mil uçlarına bağlanmak suretiyle, sistemin torku artırılmıştır. Bu step motorlar tek kontrol algoritması ile çalıştırılarak senkronize olmaları gerçekleştirilmiştir.

Lineer motor: Güneş takip sisteminin aşağı yukarı hareketi bir lineer motor yardımı ile sağlandı. Lineer motor kontrol parametrelerine uygun olarak aşağı yukarı hareket ederek güneş panelinin güneş ışınlarının yüzeye dik olarak gelmesini sağlayarak PV panelin daima en yüksek verimde çalışması sağlandı..

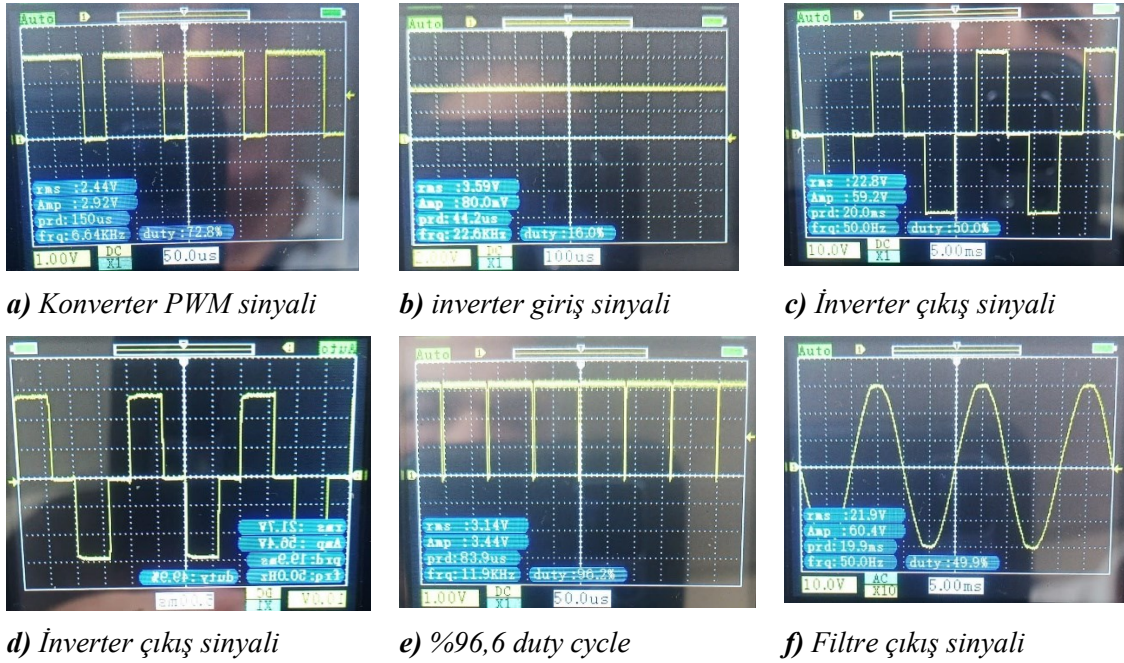
Boost konvertör: Sistemin ürettiği elektrik enerjisinin karalılığı boost konverter yardımıyla sağlandı. Boost konverterde kararlı hale getirilen elektrik enerjisi batarya gurubunda depolandığı gibi aynı zamanda inverter yardımı ile de AA sinyale dönüştürülmektedir.



Şekil 10. Sistem Genel görüntüsü

İnverter: AA Sinyale dönüştürülen bu elektrik enerjisi günlük kullanıma uygun olarak 220V 50Hz olarak çıkışa verilmiştir.

Sistem, Şekil 10'da görüldüğü gibi saydam bir kutulama ile görünür hale getirilerek öğrencilerinin eğitimine katkı sağlaması hedeflenmiştir. Gerçekleştirilen bu sistemin kontrol sinyalleri, sürme sinyalleri ve yük durumlarını gösteren bilgiler osiloskop yardımı ile ölçülerek görsel hale getirilmiştir. Şekil 11'de sinyaller görülmektedir.



Şekil 11 Sistem giriş ve çıkış sinyalleri

Şekil 11 a'da Panelden gelen 12V DA seviyesindeki gerilim boost konverterde istenilen seviyeye çıkarmak için yapılan duty cycle ayarı görülmektedir. Şekil 11 b'de güneş panelinde üretilen DA sinyalinin konverter girişine uygulanıp istenilen seviyeye yükselttikten sonar inverter girişine uygulanmasına ait sinyal şekli görülmektedir. 11 c'de İnverterde AA sinyale dönüştürülmüş sinyalin şekli görülmektedir. Şekil 11 d'de inverterde üretilen sinyalin yüke uygulanması ve 11 f'de ise yük üzerinde oluşan sinyalin sinüse benzemiş hali görülmektedir. Şekil 11 e'de ise %96,6 darbeleme oranı görülmektedir.

5.SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada çift eksenli güneş takip sistemi ile güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinin optimizasyonu sağlandı. Gerçekleştirilen sistemin kararlılığı mikrodenetleyici tarafından kullanılan kontrol algoritmaları ile gerçekleştirildi. Güneş takip sistemi ile, sabit konumlu olarak çalışan modellere göre daha kararlı ve fazla elektrik enerjisi üretimi sağlandı. Sistem, güneşi günlük ve yıllık olarak sürekli takip ederek enerji verimliliğini sürekli olarak en üst düzeyde tutmayı sağladı. Yaptığımız çalışmadaki ölçümler

sonucunda takip sistemli mekanizmanın sabit panelli sisteme göre % 25 ila %35 arası daha verimli olduğu belirlendi. Güneş takip sisteminde yatay eksen kontrolü step motorlar ile dikey eksen kontrolü lineer motor ile gerçekleştirildi. Özellikle lineer motorun kontrol algoritmalarının kararlılığı sistemi diğerlerine göre daha güvenilir hale getirdi. Bunun yanı sıra sistemin görselliği yükseltilerek bir eğitim seti modeli olarak kullanıma sunuldu.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Altın, V., Güneş Enerjisinden Yararlanılarak Elektrik Üretimi, Mimar ve Mühendis Dergisi, 33 (2004) 28-31.
- [2] Altın, V., Güneş Pillerinin Yapısı ve Çalışması, Bilim ve Teknik Dergisi, 464 (2006) 41.
- [3] Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı internet sitesi “Enerji.gov.tr.”
- [4] Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)
- [5] Perdahçı, C., Güneş Pili Verimleri ve Ekonomik Analizi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 1996.
- [6] Çağlar A., Sarıkaya A., Eyyupoğlu Ö. F., “Fresnel aynası ve güneş takip sisteminin güneş paneli güç verimliliğine etkisi” Akdeniz Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Antalya, 07070
- [7] TV Thang, NM Thao, Jong Ho Jang, Joung-Hu Parkı “Analysis and Design of Grid-Connected Photovoltaic Systems with Multiple-Integrated Converters and a Pseudo DC-Link Inverter” Eylül 2013 Sf. 3377 – 3386 09 INSPEC Erişim Numarası: 14064555 DOI: 10.1109/TIE.2013.2281153 Yayımcı: IEEE
- [8] John J. Bzura “The AC Module: An Overview and Update on Self-contained Modular PV Systems – Summary of a Panel Session Presentation” Konferans Tarihi 25-29 Temmuz 2010 Minneapolis, MN, ABD INSPEC Erişim Numarası: 11570841DOI: 10.1109/PES.2010.5589833Yayımcı: IEEE
- [9] Markvat, T., Castaner, L. 2006. “Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications” DOI: 10.1016/B978-185617390-2/50007-6
- [10] Haouari-Merbah, M., Belhamel, M., Tobias, I., Ruiz, J. M. 2005. “Extraction and Analysis of Solar Cell Parameters From the Illuminated Current–voltageCurve”, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol. 87, Mayıs 2005, pp. 225-233.
- [11] Koutroulis, E., Kalaitzakis, K., Voulgaris, N. C. 2001. “Development of a Microcontroller-Based Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Control System”, IEEE Transactions on Power.
- [12] Sözen, A., Arcaklıoğlu, E., Özalp, M., Kanit, E.G. 2005. “Solar-Energy Potential in Turkey”, Applied Energy, 2005, 80, pp. 367-381.
- [13] Boztepe, Mutlu “ Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler” Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Bornova, İzmir E-posta: mutlu.boztepe@ege.edu.tr
- [14] Mohan, N., Undeland, T. M., Robbins, W. P. 1995. “Power Electronics: Converters, Applications and Desing”, 2nd Edition, John Wiley & Sons Inc.
- [15] Shugar, D. S., Hickman, T., Lepley, T. 1996. “Commercialization of A Value-Engineered Photovoltaic Tracking System”, 25 th IEEE PVSC Proceedings, May 1996, pp. 1537-1540.