

EĞİM AÇISI AYARLANABİLİR EKONOMİK PV SİSTEM SEHPASI TASARIMI

Metin AYDIN Bülent YEŞİLATA

Harran Üniversitesi
Makine Mühendisliği Bölümü
Osmanbey Kampüsü, Şanlıurfa
aydinmetin@harran.edu.tr byesilata@harran.edu.tr

Özet: Şanlıurfa ilinde gerçekleştirilen bu çalışmada, fotovoltaik (PV) panellerin, daha önceki teorik çalışmalarımızda Şanlıurfa ili için tespit edilen aylık optimum eğim açılarında yerleştirilebileceği 4 adet PV panel sehпасının tasarımı yapılmış ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen 4 adet PV sistem sehпalarından 1 tanesi güneşi hem yatay hem de düşey ekseninde, diğer 3 tanesi ise yalnızca düşey ekseninde izleyebilmektedir. Sistem sehпalarından 1 tanesi, PV panel eğiminin, 0° - 65° eğim aralığında 5'er derece, 2 tanesi ise 0° - 65° eğim aralığında 3'er derece aralıklarla ayarlanabilmesine olanak sağlamaktadır. PV sistem sehпalarında, panel eğim açısının değiştirilmesi oldukça basittir. Sehпaların üretiminde malzeme olarak profil ve köşebentler kullanıldığından maliyet açısından oldukça ekonomiktir.

1. Giriş

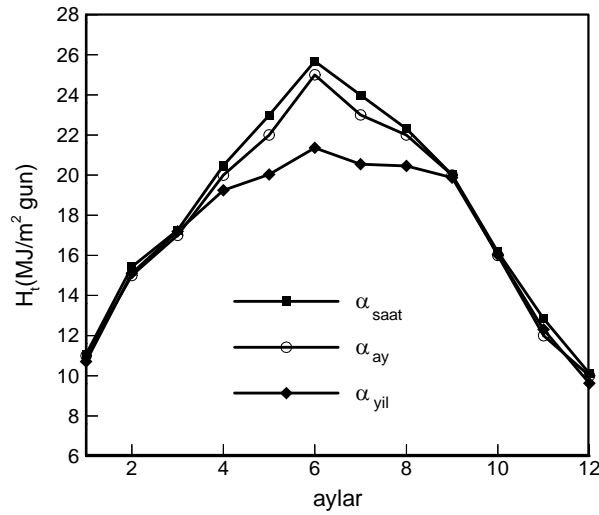
Ülkelerin endüstriyel ve sosyo-ekonomik yapılarının gelişmesinde enerji faktörünün önemi yadsınamaz derecede büyüktür. Bununla birlikte yeryüzünün çehresinin değişmesindeki en önemli faktör konumundaki çevre kirliliği ile enerji üretimi arasında da bir ilişki söz konusudur. Bu bağlamda çevre ile dost konumda yer alan güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması oldukça önemlidir [1]. Fotovoltaik cihazlar yarı iletken malzemeler kullanarak güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürürler [2]. Petrol ve diğer yenilenemeyen enerji kaynaklarının maliyetlerinin giderek artması ve bu tip enerji kaynaklarının çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, birçok insan konvansiyonel güç üretim yöntemleri yerine, güneş enerjisi (başta PV sistemler olmak üzere) ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiş ve günümüzde bu tip enerji kaynaklarının kullanımı artmıştır. Bu gelişmelerin doğal bir sonucu olarak, ticari anlamda fotovoltaik enerji dönüşümüne olan ilgi ve buna bağlı olarak bu amaca yönelik cihazları üreten işletmelerin sayısı da artmıştır. Üretilen her bir ürün tüketici ihtiyaçları ve farklı çalışma şartlarına yönelik olarak farklılıklar göstermekle birlikte bu ürünler en genel anlamda fotovoltaik panel, modül ve dizi olarak adlandırılır [3]. Kullanımdaki bu artışa rağmen, fotovoltaik yöntemle elektrik üretimi, ancak çok uzun arayışlar sonucunda insanların kullanabileceği forma dönüştüğünden, pratikteki başarılı uygulama sayısı, sahip olunan güneş enerjisi potansiyelini yansıtmamaktadır [4].

Fotovoltaik yöntem, elektrik üretimi için uygun bir yöntem olmakla birlikte, henüz büyük miktarlardaki elektrik üretimi için diğer yöntemlerle rekabet edebilecek düzeyde değildir.[5]. PV hücreler lineer olmayan enerji kaynakları olup hava şartları değiştiği anda sistemin çalışma noktaları da değişmektedir [6]. Bu nedenle fotovoltaik cihazların akım-gerilim değerleri, dolayısıyla güç çıktıkları ve verimleri ışınım şiddeti ve sıcaklık gibi yerel iklimsel parametrelere bağlıdır [7, 8]. PV sistem teknolojisinde, son yıllarda görülen gelişmelere rağmen fotovoltaik cihazlar kullanıcı için henüz ekonomik bir seçenek değildir. Bu nedenle, 25 yıllık kullanım süreleri göz önüne alındığında, sistem performansında sağlanacak minimum düzeydeki bir iyileştirmenin bile önemi büyüktür.

Güneş enerjisi uygulamalarında, sistem performansını etkileyen en önemli parametrelerden bir tanesi panelin yatay yüzeye yaptığı açıdır. PV sistemlerde de panel eğiminin değişimi ile panel yüzeyine gelen ışınım şiddeti ve üretilen güçte önemli değişimler görülmektedir [9]. Bu nedenle, yeryüzüne gelen güneş ışınımından daha fazla yararlanabilmek için, panellerin yıl içerisinde sabit eğim açısı ile değil, söz konusu bölge için, uzun süreli ışınım verilerine göre belirlenen optimum eğim açılarında yerleştirilmeleri gereklidir. Pratikte optimum panel eğim açısının tespitinde uygulanan yöntem, bölgenin coğrafi konumu, yerel meteorolojik şartları ve kullanım

periyotlarına göre panel eğim açısının belirlenmesi şeklindedir [10,15,16,17]. Günlük olarak, panel yüzeyine maksimum miktarda ışınım şiddetini toplamanın en iyi yolu, panellerin gün içerisinde güneşi izlemesidir [9]. Bir veya daha çok eksende güneşi izlemeyi sağlayan mekanizmalar, gün içerisinde güneşin almış olduğu konuma göre paneli hareket ettirirler. Tek eksende güneşi izleyen sistemler konstrüksiyon olarak basit ve maliyet açısından ekonomiktirler. Ancak tek eksende güneşi izleyen mekanizmaların verimleri 2 eksende güneşi izleyen mekanizmalardan daha düşüktür [11]. Kullanılan güneş izleme mekanizmasının, sisteme ne ölçüde katkı sağlayacağı yapılacak tasarıma, uygulamaya ve yerel parametrelere bağlıdır. Mekanizmanın kullanılması durumunda sisteme gelecek ilave maliyet ile, bu durumda sağlanan güç artışı mukayese edilerek mekanizmanın gerekli olup olmadığı tespit edilebilir. Güneş izleme mekanizmaları, mekanizmanın çalıştırılması için ek güce ihtiyaç duyduklarından dolayı sisteme ek yük getirdiği gibi her zaman ve koşulda uygulanabilir değildir. Bunun yerine panellerin güneşi gün içerisinde sürekli olarak izlemesi yerine, belirli zaman aralıklarında tespit edilen eğim açılarındaki yerleştirilmeleri pratikte sıkça uygulanan bir yöntemdir [9].

Daha önceki çalışmalarımızda [2, 13] bu konu teorik olarak araştırılmış olup, kıyaslama amacıyla; eğim açısı saatlik, aylık ve yıllık optimum değerlerde ayarlanabilir üç farklı yerleştirme pozisyonu seçilerek, panel yüzeyine gelen günlük toplam ışınım değerleri araştırılmıştır. Şanlıurfa ili uzun dönem meteorolojik koşulları göz önüne alınarak yapılan analizden elde edilen çarpıcı sonuçlar Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Saatlik-ortalama, aylık-ortalama ve yıllık-ortalama değerler doğrultusunda hesaplanan optimum eğim açılı (α_{saat} , α_{ay} ve α_{yil}) yüzeylerine gelen günlük toplam ışınım miktarının aylara göre değişimi.

Şekil 1’den de görüldüğü üzere, panel yüzeyine gelen ışınım, en fazla saatlik optimum eğim açısında yerleştirilme durumunda elde edilmekle birlikte, aradaki farkın küçük olması ve uygulama kolaylığı açısından panellerin aylık optimum eğim açılarındaki yerleştirilmeleri daha uygundur [13]. Şanlıurfa ilinde gerçekleştirilen bu çalışmada, fotovoltaik panellerin, daha önceki teorik çalışmalarımızda [12, 13] Şanlıurfa ili için tespit edilen aylık optimum eğim açılarındaki yerleştirilebileceği 4 adet PV panel sehpa tasarımını yapılmış ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Sensörler ve motor kullanarak, güneşi gün içerisinde otomatik olarak takip eden sistemler, çalışmaları için ek güce ihtiyaç duyduklarından maliyet açısından sisteme ek yük getirmektedirler. Bu nedenle, gün içerisinde güneşin konumuna göre panellerin konumunun elle ayarlanabileceği ekonomik bir PV sistem sehpa tasarımı gerçekleştirilmiştir.

2. İki eksende güneşi takip eden sistem sehpa

Şekil 2’de verilen sistem sehpa, güneşi gün içerisinde hem yatay hem de düşey eksende takip edebilmektedir. Doğu-Batı yönündeki takip işlemi, sehpa ayaklarına monte edilmiş yarım daire şeklindeki kızak ile gerçekleştirilmektedir. Sehpanın dönme merkezine konulan gösterge sayesinde dönme miktarı görülebilmektedir. Düşey yöndeki takip işlemi ise, panelin konulacağı yüzeyin altına yerleştirilen bağlantı

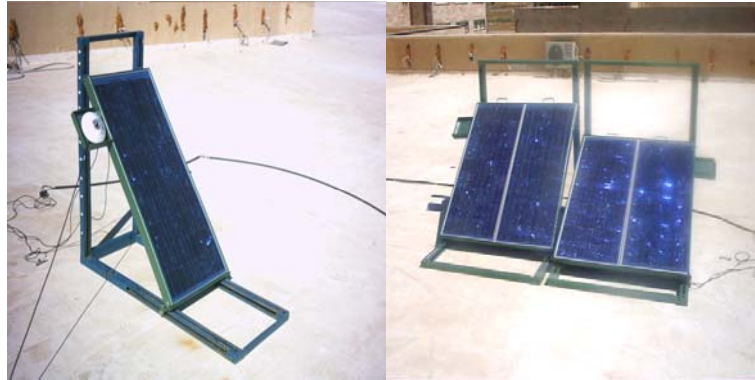
elemanları ile sağlanmaktadır. Fotovoltaik panel yüzeye bağlandıktan sonra, panel istenilen miktarda eğilip kaldırılarak eğimi ayarlanmaktadır. Panelin bağlandığı yüzeye konulan bir gösterge ile panel eğimi görülebilmektedir. Sistemin çalışması oldukça pratik olup, gün içerisinde tek veya iki eksende güneşin izlenmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 2. İki eksende güneşi takip edebilen sistem sehpa

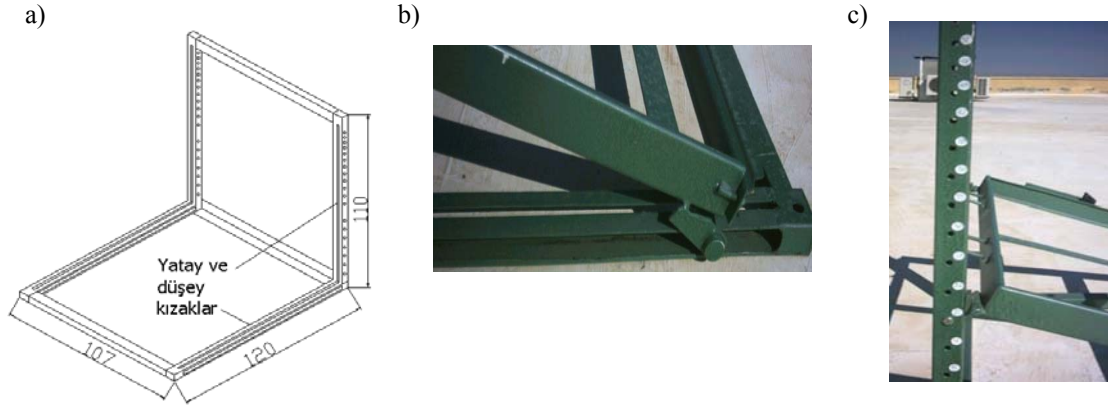
3. Tek eksende güneşi takip eden sistem sehpaları

Tasarımı yapılarak üretilen ve Şekil 3’de görülen diğer 3 PV sistem sehpa ise yalnızca düşey eksende güneşi izleyebilmektedir. Panel eğiminin ayarlanması yine elle yapılmaktadır. Sistem sehparından 1 tanesi, PV panel eğiminin 0° - 65° eğim aralığında 5° ’er derece, 2 tanesi ise 0° - 65° eğim aralığında 3° ’er derece aralıklarla ayarlanabilmesine olanak sağlamaktadır. Sistem sehparından 2 tanesi aynı anda 2 PV panelin eğimini ayarlayabilecek kapasitededir. Diğer sehpa ise tek bir PV panelin eğimini ayarlayabilmektedir.



Şekil 3. PV panel eğimini 0° - 65° eğim aralığında ayarlamayı sağlayan PV sistem sehpaları

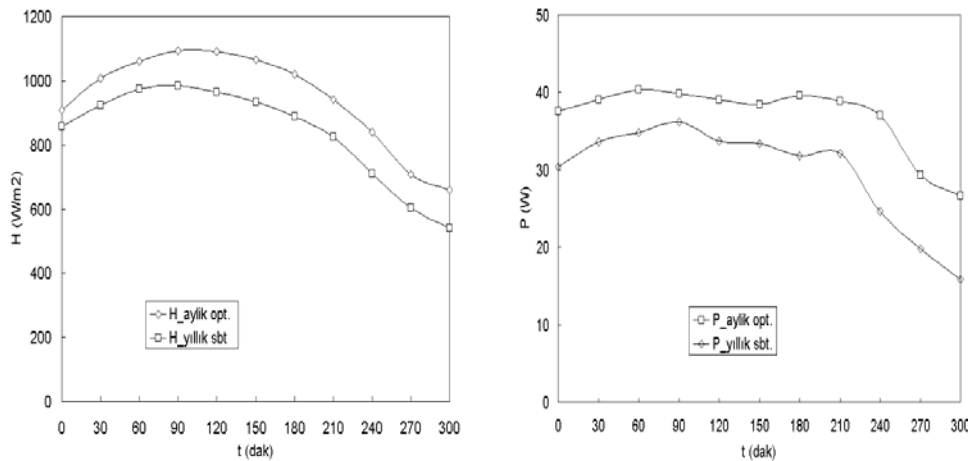
Ölçüleri Şekil 4a'da verilen PV sistem sehpasında, L tipi şaseler 60x40 mm'lik profilden yapılmıştır. Yatay profil 120 cm uzunluğunda, dikey profil ise 110 cm uzunluğunda olup elektrot kaynağı ile birleştirilmişlerdir. Panelin eğimi, L tipi şaselerde yatay ve dikey yönde açılan kanallarla sağlanmaktadır. Bu amaçla yatay ve dikey profillerde, Şekil 4b'de gösterilen ve önceden ölçüleri belirlenmiş aralıkta kanallar açılmıştır. Dikey ekseninde Şekil 4c'de de görülen 3'er ve 5'er derece aralıklarla delikler açılmıştır. Eğim sabitleme işlemi bu deliklerle rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir. Panel eğimini görmek için, her bir deliğin yanına karşılık geldiği eğim açısı değerini gösteren bir gösterge yapıştırılmıştır. Ayrıca PV sistem sehpaları, panellerle aynı açıda yerleştirilmesi gereken piranometrenin yerleştirilebileceği yüzeylere de sahiptirler.



Şekil 4. PV sistem sehpası üretim detayları

4. Deneysel Sonuçlar

PV sistem sehpaları kullanılarak gerçekleştirilen ölçümlerde, Şanlıurfa ili için geçerli aylık optimum eğim açılarındaki yerleştirilen fotovoltaik panel ile yıllık veya mevsimlik sabit eğim açısında yerleştirilen fotovoltaik panelin yüzeyine gelen ışınım şiddeti ve üretilen güçler arasında, yıl içerisinde aylara göre değişimle birlikte önemli seviyede farklılıklar görülmektedir [14]. Şekil 5'de 2004 Kasım ayı içerisinde, aylık optimum eğim açısında yerleştirilen panel ile yıllık sabit eğim açısı ile yerleştirilen panel yüzeyine gelen ışınım şiddeti ve güçler arasındaki farklar görülmektedir. Şekil 1'e paralel olarak ölçümlerde elde edilen bu sonuçlar, eğim açısı ayarlamasının gerekliliğini gözler önüne sermesi açısından oldukça önemlidir. Çünkü; ayda bir kez eğim açısı ayarlamayla, aynı PV panelden daha fazla güç elde edilmektedir.



Şekil 5. Aylık optimum eğim açısında yerleştirilen panel ile yıllık sabit eğim açısında yerleştirilen panelin yüzeyine gelen ışınım şiddeti ve üretilen güçler arasındaki farklar.

Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu (HÜBAK Proje No: 457) desteği ile yürütülmüştür.

Kaynaklar

- [1]. Karimov Kh. S., Saqibb M. A., Akhterc P., Ahmedd M. M., Chatthad J. A. ve Yousafzaid S. A., "A simple photo-voltaic tracking system", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 87, sayfa 49–59, 2005.
- [2]. Muntasser M. A., Bara M. F., Quadri H. A., El-Tarabelsi R. ve La-azebi I. F., "Photovoltaic marketing in developing countries", *Applied Energy*, cilt 65, sayı 1-4, Nisan 2000, sayfa 67-72.
- [3]. Koutroulis E., Kalaitzakis K. ve Voulgaris N.C., "Development of a Microcontroller-Based, Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Control System", *IEEE Transactions on Power Electronics*, cilt 16, no.1, Ocak, 2001.
- [4]. Kattakayam T. A. ve Srinivasan K., "Experimental Investigation on a Series-Parallel Cluster of Photovoltaic Panels", *Solar Energy*, cilt 61, sayı 4, sayfa 231-240, 1997.
- [5]. Durisch W., Tille D., Wörz A. ve Plapp W., "Characterisation of photovoltaic generators", *Applied Energy*, 65, 273-284, 2000.
- [6]. Kou Q., "A Method for Estimation the Long-Term Performance of Photovoltaic Pumping System", Master Thesis, The University of Wisconsin-Madison, Solar Energy Laboratory, 1996.
- [7]. Carstensen J., Popkirov G., Bahr J. ve Föll H., "CELLO: an advanced LBIC measurement technique for solar cell local characterization", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 76, (4), 599-611, 2003.
- [8]. Li D. H. W., Cheung G. H. W. ve Lam J. C., "Analysis of the operational performance and efficiency characteristic for photovoltaic system in Hong Kong", *Energy Conversion and Management*, 46, 1107-1118, 2005.
- [9]. Yakup M.A.H.M. ve Malik A. Q., "Optimum tilt angle and orientation for solar collector in Brunei Darussalam", *Renewable Energy*, 24, 223–234, 2001.
- [10]. Tang R. ve Wu T., "Optimal tilt-angles for solar collectors used in China", *Applied Energy*, 79, 239–248, 2004.
- [11]. Abdallah S. ve Nijmeh S., "Two axes sun tracking system with PLC control", *Energy Conversion and Management*, 45, 1931–1939, 2004.
- [12]. Fıratoğlu Z.A., *Fotovoltaik Destekli Su Pompalarının Analizi ve Optimizasyonu*, Y. Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2003.
- [13]. Fıratoğlu Z.A. ve Yesilata B., "New approaches on the optimization of directly-coupled photovoltaic water-pumping systems" *Solar Energy*, 77, 1, 81-93, 2004.
- [14]. Aydın M. ve Yeşilata B., "Fotovoltaik panellerde deneysel yöntemle güç optimizasyonu", 15. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, sunuma kabul edildi.
- [15]. Hussein H.M.S. , Ahmad G.E. ve El-Ghetany H.H., "Performance evaluation of photovoltaic modules at different tilt angles and orientations", *Energy Conversion and Management* 45,2441–2452, 2004.
- [16]. Shariah A., Al-Akhras M.A. ve Al-Omari I.A., "Optimizing the tilt angle of solar collectors", *Renewable Energy*, 26, 587–598, 2002.
- [17]. Asl-Soleimani E., Farhangi S. ve Zabihi M.S., "The effect of tilt angle, air pollution on performance of photovoltaic systems in Tehran", *Renewable Energy*, 24, 459–468, 2001.
- [18]. Fıratoğlu Z.A. ve Yesilata B., " Direkt-akupleli fotovoltaik su pompası sistemlerinin çok aşamalı optimizasyonu", Y.T.Ü. Sigma Dergisi, basımda.