

Güneş Enerjisiyle Çalışan Bir Termoelektrik Jeneratörde Sıcaklık Faktörünün Etkisi

*Şerafettin EREL, **Metin AKDAŞ, *Mehmet TUGAY

*Elektrik & Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 71451 TÜRKİYE

**Fizik Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Karatekin Üniversitesi, Çankırı, TÜRKİYE

Tel : +90 (318) 357-4242; Fax: +90 (318) 357-2459, erelseref@yahoo.com

Özet— Yenilenebilir enerji kaynakları, sahip olduğu önemli avantajlar nedeniyle tüm dünyada önemli hale gelmektedir. Özellikle küresel ısınma nedeniyle enerji tüketiminde güneş enerjisinin kullanımı ayrı bir değer kazanmıştır. Son yıllarda güneş enerjisinden ısı ve elektrik enerjisi eldesi üzerine yoğun bilimsel araştırmalar yapılmaktadır. Genelde elektrik enerjisi fotovoltaik pillerle elde edilirken, güneş enerjisinden sıcak su eldesi ise güneş kolektörleri yardımıyla sağlanmaktadır. Termoelektrik dönüştürücüler yardımıyla güneş enerjisinden elektrik elde tekniği ise bu alanda yeni bir yöntem olarak ele alınmaktadır. Yapılan bu çalışmada, termoelektrik dönüştürme elemanlarından oluşan bir peltier dizininin kullanımıyla güneş enerjisinden elektrik enerjisinin elde edilmesi hedeflenmiştir. Parabolik bir yansıtıcının kullanımıyla gelen güneş ışınları yansıtılarak soğurulmuş ve ısı enerjisine dönüştürülmüştür. Isıtma işlemi bu yöntemle sağlanırken, soğutma işleminde ise akışkan olarak su ve hava kullanılmıştır. Sonuç olarak termoelektrik dönüştürücüler yardımıyla güneş enerjisinden beklenen elektrik enerjisi elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler—Güneş enerjisi, parabolik yansıtıcı, termoelektrik dönüştürücü, peltier, elektrik enerjisi

THE EFFECT OF TEMPERATURE ON A THERMOELECTRIC GENERATOR WORKED BY SOLAR ENERGY

Abstract— The renewable energy sources have become significant all over the world because of their advantages. Particularly, use of solar energy in the energy consumption has gained a different significance because of global warming effect. In recent years many intensive scientific researches have been done for obtaining of thermal and electrical energies from solar energy. While thermal energy is obtained by solar collectors, electrical energy has been obtained by means of photovoltaic solar cells in general. Getting electricity technique from solar energy with the help of thermoelectric converters (TECs) has been concerned as a new way. In this work, to get electricity was aimed by using the thermoelectric converters, which is a peltier array. The incident sun rays reflected by means of a parabolic reflector were absorbed using a parabolic reflector and they were converted to heat energy. While the heating process was obtained by this technique, as a fluid water and air was used in

the cooling process. In conclusion, the expected electrical energy was generated from solar energy by means of thermoelectrical converters.

Keywords — Solar energy, parabolic reflector, thermoelectric converter, peltier, electrical energy.

I. GİRİŞ

Yapılan bu çalışmada mekatronik tabanlı parabolik yansıtıcı kullanılarak güneş enerjisinden elektrik enerjisi eldesi hedeflenmiş ve sıcak suyla birlikte TEC aracılığıyla elektrik enerjisi elde edilmiştir. Yansıtıcı yüzeye gelen güneş ışınları odaklanarak soğurulmuş ve elde edilen ısı enerjisi termoelektrik jeneratörünü çalışır hale getirmiştir. Jeneratör soğutma sistemiyle de soğutularak güç ünitesi için gerekli olan ΔT sıcaklık farkı sağlanmıştır.

Fosil yakıtların azalması, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artırmıştır. Güneş, hidrolik, rüzgar, jeotermal, biyokütle ve dalga enerjileri gibi doğal enerji kaynakları son yıllarda gerek üniversite, gerekse ilgili endüstri kuruluşlarının ilgi alanına girmiştir. Şu andaki yatırım maliyetleri göz ardı edildiğinde, yenilenebilir enerji kaynakları ucuz, temiz ve güvenilir olması nedeniyle diğer enerji kaynaklarına göre önemli üstünlükler sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi ise ayrı bir önem taşımaktadır. Özellikle, yıllık ortalamaları göz önüne alındığında Avrupa'nın en fazla güneş ışını alan bir ülkesi olarak güneş enerjisi ülkemiz için ayrı bir değer taşımaktadır. Yararlanma teknikleri açısından ele alındığında ısı ve elektrik enerjisi şeklinde kullanımı yaygınlık göstermektedir. Isı enerjisi şeklinde kullanımı genelde sıcak su eldesi şeklinde iken, su buharı olarak ta kullanımı yaygınlık göstermektedir. Elektrik enerjisi şeklinde kullanımında ise genelde fotovoltaik güneş pillerinden yararlanılmaktadır. Bilindiği üzere güneş enerjisinden yararlanma teknikleri çok eski yıllara dayanmaktadır. Güneşten farklı yöntemlerle yararlanılmış ve bunlara dayalı metotlar geliştirilmiştir. Özellikle meskenlerin mimarisi ve yön durumları hakkında önemli çalışmalar gözlenmektedir. Güneş ışınının temel özellikleri konusunda da önemli çalışmalar yapılmış, bu ışınların soğurulması, yansıtılması ve geçiş olayları önemli araştırma konuları olmuştur. Özellikle ışınım yasaları üzerine Kirchoff Yasası, Lambert Kosinüs Yasası, Planck Yasası, Wien Yasası ve Stefan-Boltzmann Yasası çok önemli sonuçları ortaya

koymuştur [1]. Bununla birlikte enerjinin aktarımı, depolanması gibi konular günümüzde bile çok önemli araştırma konuları olarak ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjisinden sıcak su sağlanmasında genelde düzlem kollektörler kullanılmaktadır. Bunlar yapım açısından çok zor olmamakla birlikte, yapımında farklı yöntemler ve materyaller kullanılmaktadır. Bu değişkenlik elde edilen kollektörlerin verimini, dayanıklılığını ve maliyet durumlarını belirlemektedir. Yapımında tek veya çift cam kullanılmaktadır. Her iki yöntemin de birbirlerine göre üstünlükleri vardır. Tek ve çift cam kullanma durumlarına göre sistemin kırımın açısı değişmektedir. Ancak sistemdeki ısı kaybı göz önüne alındığında çift cam kullanımının daha avantajlı olduğu gözükmektedir. Bu kollektörlerin uygun zemin üzerine yerleştirilmesinde ise azimut ve zenit açılarının göz önüne alınması ayrı bir önem taşımaktadır. Bu durum statik sistemler için oldukça önemlidir. Dört mevsim ortalaması kollektörlerin yerleştirilme açısında optimum bir sonucu sağlamaktadır. Depo olarak sıcak ve soğuk su depoları kullanılmakta olup açık ve kapalı sistemlere göre depo durumları değişmektedir. Açık sistemlerde sıcak su deposu doğrudan kollektör sistemine bağlıyken, kapalı sistemlerde eşanjör sistemi kullanılmakta ve yapımlarında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Isı taşıyıcı akışkan olarak açık sistemlerde doğrudan su kullanılırken, kapalı sistemlerde ise antifriz kullanılmaktadır. Antifrizin kullanılması ısı taşınımını sağlamakla birlikte donmaya karşı da etkinlik göstermektedir. Bununla birlikte son zamanlarda antifrizlere göre hem daha düşük donma sıcaklığına sahip, hem de daha iyi ısı taşıyıcısı olan akışkanlar da kullanılmaya başlanmıştır. Açık sistemlerde doğal dolaşım kullanılırken, kapalı sistemlerde doğal dolaşım ile birlikte zorunlu dolaşım da kullanılmaktadır [2]. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde ise yaygın yöntem olarak fotovoltaik güneş pilleri kullanılmaktadır. Güneş pilleri ise istenilen güce göre modüler hale getirilebilmektedir. Güneş pilleri elde edildiği maddelere bağlı olarak, yapımı oldukça farklı olabilmektedir. Tek kristal, polikristal ve amorf yapılu güneş pillerinin kullanımı oldukça yaygınlık gösterirken, verim durumları da kullanılan yarıiletken malzemelere bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan yarıiletkenler n ve p tipi olmak üzere Si, Ge gibi element haldeki yarıiletkenler olabilirken, periyodik tablonun II. ve VI. ile III. ve V. grup elementlerinden oluşmaktadır. CdS/CuInSe₂ güneş pilleri II. ve VI. grup elementlerinden üretilirken, GaAs güneş pilleri ise periyodik tablonun III. ve V. grup elementlerinden elde edilip, bu gruptaki güneş pilleri %24 gibi yüksek bir verime sahiptir. Güneş pillerinin çalışma performansı dış etkenlerle de geliştirilebilmektedir. Bunlardan, pil yüzeyinin V tipinde yivlenmesiyle yansımanın belli miktarda önlendiği görülmektedir [3]. Bununla birlikte güneş pillerine elektrik ve manyetik alan uygulanmasının da güneş pillerinin çalışmasını belli miktarda değiştirdiği görülmüştür [4-6]. Güneş pillerinin performansını geliştirecek yöntemlerden etkin yüzey miktarının relatif olarak artırılması konusunda da önemli çalışmalar yapılmış ve çalışma sonucunda bazı değişiklikler gözlenmiştir [7]. Ayrıca güneş pillerinin yüzey durumlarının statik veya izleme sistemine dayalı dinamik yapıda olması durumuna göre de farklı davranış gösterdiği gözlenmiş olup bunlara bağlı bazı önemli

deneysel sonuçlar elde edilmiştir [8]. Güneş pillerinin çalışmasını etkileyen en önemli parametrelerden birisi de sıcaklıktır. Sıcaklık yükselmesinin güneş pili veriminin düşmesine, sıcaklık düşmesinin ise verimin yükselmesine neden olduğu görülmüş ve bu konuyla ilgili önemli sonuçlar elde edilmiştir [9]. Enerji dönüşümü konusu, dönüşüm sistemleri ve elemanları son yıllarda ayrı bir önem taşımaktadır. Yapılan bu çalışmada ise güneş enerjisinden elektrik enerjisinin elde edilmesi amaçlanmış ve sistemde enerji dönüştürücüsü olarak TEC (termoelektrik dönüştürücü) ler kullanılmıştır. Termoelektrik dönüştürücüler son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmakta olup, yeni yeni uygulama alanları bulmaktadır [10-12]. Bu dönüştürücülerin geliştirilip daha ucuza elde edilmesi kullanım yaygınlığı açısından ayrı bir önem taşımaktadır.

II. GEREÇ VE YÖNTEM

Yapılan bu çalışmada geliştirilen düzenek, mekanik ve elektriksel aksam olmak üzere iki ana kısımdan oluşmuştur. Mekanik aksam parabolik yansıtıcı ile birlikte mekatronik kısımdan oluşmaktadır. Parabolik yansıtıcı kısım Cr-Ni levhadan yapılmış olup; uzunluğu 100 cm, yay uzunluğu 80 cm, yarıçapı ise 25,47 cm olan iç bükey bir yapıya sahiptir. Bu yansıtıcının optimum düzeyde güneş ışını alabilmesi için yatayla yaptığı açı (eğim) $\theta = 35^\circ$ olacak şekilde tasarlanıp monte edilmiştir. Parabolik sistem, optoelektronik bir düzenek yardımıyla kendi ekseninde belli θ açısıyla hareket edebilecek şekilde tasarlanmıştır. Sistemdeki sürtünmeyi minimuma indirmek için her iki ekseninde rulman yataklar kullanılmıştır. Parabolik yansıtıcı tarafından yansıtılarak gelen ışınlar, cam borudan geçerek boru içerisindeki absorplayıcı siyah yüzeyli bakır boruya yansıtılmıştır. Böylece soğurulma sonucu foton enerjileri ısı enerjisine dönüştürülmüştür. Sistemde sıcak ve soğuk su depoları olmak üzere iki farklı su deposu kullanılmıştır. Soğuk su deposu tek cidarlı olup, silindirik yapıdadır. Galvanizli sacdan imal edilen su depolarının yarıçapı $r = 16$ cm, boyu ise $h = 47$ cm olup $V = 37780$ cm³ (37,78 lt) hacindedir. Sıcak su deposu ise iki cidarlı olup, iki yüzey arası cam yünü ile yalıtılmıştır. Termoelektrik güç sisteminin çalışması için sıcak ve soğuk ısı kaynaklarına ihtiyaç duyulduğundan gerekli olan T₁ sıcaklığı parabolik yansıtıcıyla soğurulan güneş enerjisinden, T₂ sıcaklığı ise oda sıcaklığında bulunan soğuk su deposundan sağlanmaktadır. Sistemin soğutulmasında soğutucu akışkan olarak hava ve su kullanılmıştır. Böylece, sistemden optimum verim sağlanabilmesi için her iki akışkana dayalı soğutma sistemleri geliştirilmiştir. Düzenekte sıcak yüzey olarak; 49 cm, 50 cm ve 7 cm boyutlarında, termostatik kontrollü dikdörtgenler prizması şeklinde bakırdan yapılmış ek bir depo kullanılmıştır. Termoelektrik jeneratörün gerçekleştirilmesi için 60 cm X 60 cm boyutlarında bakır borudan imal edilen bir ısı eşanjörü kullanılmıştır. Spiral halde yapılan eşanjörle farklı iki sıcaklıktaki ısı enerjisinin peltierler üzerine aktarılması hedeflenmiştir. Bakır boru 0,10 mm kalınlığındaki bakır levha üzerine yapıştırılmış ve simetrik düzenekle bakır levhalar

peltierler dizinin her iki yüzeyine sıkıca monte edilerek TE jeneratör çalışır hale getirilmiştir. Akışkanın dolaşımı devridaim motoru ile sağlanmıştır. Jeneratör yapımında TEC1-12708 marka termoelektrik dönüştürücüler kullanılmıştır. Geliştirilen düzenek Şekil-1’de görülmektedir.



Şekil-1. Geliştirilen düzenek.

Bu düzenek yardımıyla deneysel veriler elde edilip sonuçlar irdelenmiştir.

III. BULGULAR

Dinamik yapılu parabolik yansıtıcı yardımıyla güneş enerjisinden ısı enerjisi sağlanarak termoelektrik jeneratör çalıştırılmış ve buradan da elektrik enerjisi elde edilmiştir. Geliştirilen düzenekle deneysel sonuçlar elde edilmiş ve ilgili tablo değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo-1. Parabolik yansıtıcı sistemdeki akışkanın sıcaklığı ile gelen ışık akısına bağlı tipik deneysel veriler.

Φ (W/m ²)	T (°C)
311	19
954	30
1000	36
1041	39
1067	43
1113	49

Çalışmada geliştirilen her iki tipteki jeneratörlerle sağlanan deneysel veriler Tablo-2 ve Tablo-3’de verilmiştir. Su soğutmalı ısı eşanjörlü jeneratörden sağlanan veriler Tablo-2’de görülmektedir.

Tablo-2. Su soğutmalı ısı eşanjörlü TE jeneratöründen sağlanan veriler.

Isıtılan Yüzeyin Sıcaklığı T ₁ (°C)	Soğutulan Yüzeyin Sıcaklığı T ₂ (°C)	Yüzeyler Arası Sıcaklık farkı ΔT (°C)	Sağlanan Gerilim V (Volt)	Elde Edilen Akım I (mA)
15	15	0	0	0
34	19	15	0,15	12,26
44	25	19	0,22	18,86
56	31	25	0,24	19,82
65	36	29	0,24	20,03

Hava soğutmalı sisteme dayalı olarak gerçekleştirilen TE jeneratöründen sağlanan veriler Tablo-3’de verilmektedir.

Tablo-3. Hava soğutmalı sisteme dayalı TE jeneratöründen sağlanan veriler.

Isıtılan Yüzeyin Sıcaklığı T ₁ (°C)	Soğutulan Yüzeyin Sıcaklığı T ₂ (°C)	Yüzeyler Arası Sıcaklık Farkı ΔT (°C)	Sağlanan Gerilim V (Volt)	Elde Edilen Akım I (mA)
24	24	0	0	0
36	24	12	0,85	27
41	22	19	1,03	33,4
44	20	24	1,14	37,2
49	19	30	1,28	40,2
51	20	31	1,58	50,2
53	19	34	1,74	52,4
56	18	38	1,89	57,6
59	19	40	2,12	62,8
61	19	42	2,26	67
64	19	45	2,57	75,2

Tablo-2 ve Tablo-3’de her iki sisteme dayalı veriler elde edilip, sistemlerin elektriksel özellikleri karşılaştırıldığında önemli ölçüde davranış farklılıkları olduğu görülmüştür.

IV. TARTIŞMA/SONUÇ

Yapılan bu çalışma, 107M646 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, mekatronik düzeneğe dayalı bir parabolik yansıtıcı kullanılarak termoelektrik dönüştürücüler aracılığıyla güneş enerjisinden elektrik enerjisinin eldesi hedeflenmiş ve çalışma hedeflendiği üzere gerçekleştirilmiştir. Çalışmada iki farklı jeneratör tipi kullanılarak deneysel veriler elde edilmiştir. Bu verilere ait tablo değerleri karşılaştırıldığında, hava soğutmalı sistemin sıvı akışkanlı sisteme göre daha verimli olduğu gözlenmiştir. Bu durumun kullanılan iki farklı yöntemin özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte sıvı akışkanlı eşanjörlü sistemin dezavantajlı durumunun çok sayıda termokupullar bulunan mikroyapılı peltierlerin ısıtma ve soğutulmasındaki heterojenliğin önemli bir etken olduğu tahmin edilmektedir. Bu durumun ayrıntılı bir çözümü ise ayrı bir araştırma konusu olarak öngörülmektedir. Sonuç olarak, iki farklı yapıdaki termoelektrik jeneratör kullanılarak geliştirilen düzenek aracılığıyla güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmiştir. Elde edilen güç miktarı düşük olsada,

çalışılan bu sistem geliştirilerek daha fazla gücün sağlanabilmesi ele alınan sistemin önemini artıracaktır. Güneş pillerine göre potansiyel bir rakip olarak gözükten termoelektrik dönüştürücülerin gelişen teknoloji ve malzeme bilimiyle birlikte yakın gelecekte özellikle enerji dönüşüm sistemlerinde önemli ölçüde yaygınlık kazanacağı beklenmektedir.

V. KAYNAKLAR

- [1]. ÖZTÜRK, H.H., Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul, (2008), Syf:52.
- [2]. ÖZTÜRK, H.H., Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı, Teknik Yayınevi, Ankara, (2008), Syf:62.
- [3]. ARCAKLIOĞLU, E., EREL, S., ve EREL, G.K., "A thermodynamical study of a photovoltaic cell having V-grooving the front surface", *Bulletin of Pure Applied Sciences*, Vol.21D (No.2), 89-95 (2002).
- [4]. EREL, S., AKÇİL, M., EREL, G. K., and ÇELİK, V., The behaviour of a typical single-crystal Si solar cell under high intensity of electric field, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 90, 582-587(2006).
- [5]. EREL, S., "The effect of electric and magnetic fields on the operation of the solar cell," *Solar Energy Materials & Solar Cells*,71, 273-280(2002).
- [6]. EREL, Ş., "Comparing the behaviours of some typical solar cells under external effects", *Teknoloji*, Vol.11 (No.3), 233-237 (2008).
- [7]. KÜÇÜK, B., "Dinamik Yöntemle Fotovoltaik Pillerden Optimum Güç Eldesi", Kırıkkale Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, 1999.
- [8]. EREL, S., KUCUK, B., ULUER, I., "The Use of The Dynamic System To Get Optimum Power From the Photovoltaic Cells", *ECOS 2001*, ITU-ICAT, İstanbul, TURKEY, Proceedings of ECOS' 01, Vol.I, 459-464, 2001.
- [9]. EREL, Ş., "A study of cooling effect on the operation of a polycrystalline silicon solar cell", *International journal of engineering research and development*, Vol.1 (No.1), 47-49 (2009).
- [10]. EREL, Ş., "Termoelektrik dönüştürücüler ve bu dönüştürücülerin motorlarda muhtemel kullanım potansiyellerinin irdelenmesi", *10. Uluslararası Yanma Sempozyumu*, Cilt 1, 529-532, 09-10 Ekim 2008, Sakarya.
- [11]. EREL, Ş., Erel, G.K., " Enerji dönüşüm sistemlerinde termoelektrik dönüştürücülerin kullanımı", *21. Yüzyılın Başında II. Kırıkkale Sempozyumu*, Cilt I, 336-337, Kırıkkale, 2008.
- [12]. EREL, Ş., "A thermoelectrical approach to the waste energy thrown by chimneys", *International journal of engineering research and development*, Vol.1 (No.1), 16-18 (2009).