

Düşük Güç Tüketimli Sulama ve Soğutma Uygulamalarında Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımı

Yusuf Işıker, ve Bülent Yeşilata

Harran Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa
yusuf47@harran.edu.tr ; byesilata@harran.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, PV sistemlerin direkt enerji temini için kullanıldığı düşük güç tüketimli sulama ve soğutma uygulamalarına yönelik sonuçlar sunulmaktadır. Öncelikle, küçük ölçekte su temini için kullanılan direkt-akupleli prototip bir PV panel–dalgıç pompa sistemi deneysel olarak araştırılmış olup, sistemin günlük çalışması sırasında etkili olan parametrelerin anlık ve ortalama değerler bazında değişimlerine ait ölçüm ve hesaplama sonuçları sunulmuştur. Diğer bir uygulama olarak, düşük soğutma yüküne sahip bir fotovoltaik (PV)–buzdolabı sistemi göz önüne alınmıştır. Deneysel olarak incelenen sisteme ait; PV panel DC çıkış gücü, buzdolabı AC giriş gücü, ile panel ve dondurucu bölme sıcaklıkları değerlerindeki anlık değişimler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik; pompa; sulama; soğutma; buzdolabı

1. Giriş

Günümüzde, PV sistemlerin enerji kaynağı olarak en fazla tercih edildiği uygulamalar arasında düşük güç tüketimli, şebekeden bağımsız sistemler bulunmaktadır. Bu sistemlere en çarpıcı örnekler; kırsal kesimlerdeki sulama ve soğutma uygulamaları gösterilebilir. PV güç sistemli su pompalama uygulaması özellikle şehir su ve elektrik şebekesine bağlı olmayan kırsal yörelerde kuyu veya kanallardan su temininde veya zirai amaçlı arazilerde sulama kanallarından, araziye su dağıtımında ekonomik olarak kullanılabilir. İlk yatırım masrafının yüksekliğine karşın, kırsal yöreler için ekonomik olmasının temel sebepleri; yeni elektrik şebekesi döşenmesinin yaratacağı ilk yatırım maliyetini ortadan kaldırması ve işletme masrafının bulunmamasıdır. Daha güvenilir olması ise; pompa dışında herhangi bir mekanik bileşeni bulunmaması sebebiyle önemli seviyede bakım ve onarım gerektirmemesinden kaynaklanmaktadır [1-4]. PV güçle çalışan soğutma uygulaması ise; sağlık sektöründe; ilaç, aşı ve kanın istenilen düşük sıcaklıkta muhafazası için kullanılmaktadır. Muhafaza amacıyla kullanılan soğutma cihazları (buzdolabı ya da derin dondurucu) genellikle elektriğe bağımlı sistemlerdir. Kırsal yörelerde bulunan sağlık birimlerinde ise, güvenilir ve kesintisiz elektrik temini genellikle sorun olmaktadır. Bu nedenle, fotovoltaik (PV) destekli soğutma uygulamalarına son yıllarda ilgi artmaktadır [5-7].

Bu çalışmada, düşük güç tüketimli sulama ve soğutma uygulamalarına yönelik deneysel sonuçlar sunulmaktadır.

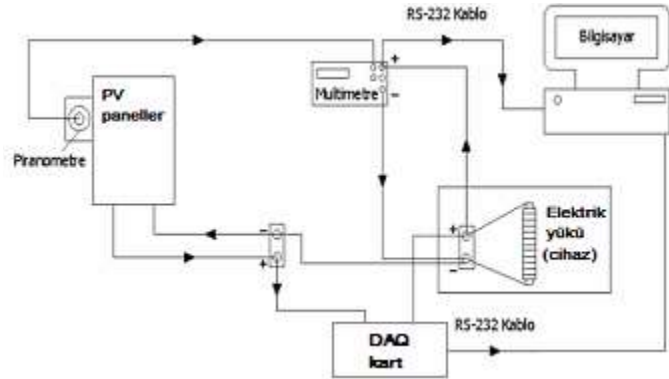
2. Deneysel Yöntem

Deneylerde, Solarex SX60U tipi iki adet PV panel kullanılmış olup, paneller Şekil 1(a)'da gösterilen eğim açısı ayarlanabilir ergonomik bir sehpa üzerine yerleştirilmiştir. Tarafımızdan dizayn edilen bu sehpa [8] vasıtasıyla, panellerin eğimi, 0° - 60° aralığında ayarlanabilmektedir. PV panellere akupleli bir sistemin çalışması esnasında çok sayıda parametrenin ölçümü gerekmektedir. Bu amaçla deneyler için, Şekil 1(b)'de şematik gösterimi verilen elektronik ölçüm düzeneği kullanılmıştır. Ölçüm sistemi temel olarak; toplam güneş ışınımını (G) ölçmek için kullanılan ve panellerle aynı eğim açısında yerleştirilen bir piranometre, PV panellerin voltaj (V) ve akımını (I) ölçmek için kullanılan gerilim ve akım terminalleri, panel yüzey sıcaklığının (T) tespiti için kullanılan bir LM35 tip sıcaklık sensörü, bir veri kartı ve verilerin aktarıldığı bir bilgisayardan oluşmaktadır. Dizaynı tarafımızdan yapılan veri kartı [9], 10 bit hassasiyetinde ve 8 kanallı olup, bu kanallardan 3 tanesi akım ölçmek amacıyla, 4 tanesi voltaj ölçmek amacıyla ve geriye kalan 1 kanal da çevre-panel yüzey sıcaklığının tespiti amacıyla kullanılmaktadır. Veri kartındaki her bir kanal, 1-64 saniyede bir data ölçme-aktarma kapasitesine sahip olup, bir PV panel için geçerli dinamik değişimleri belirleme olanağı fazlasıyla mevcuttur. Veri kartının bilgisayarla bağlantısı RS-232 veya USB kablo ile sağlanabilmektedir.

(a)



(b)

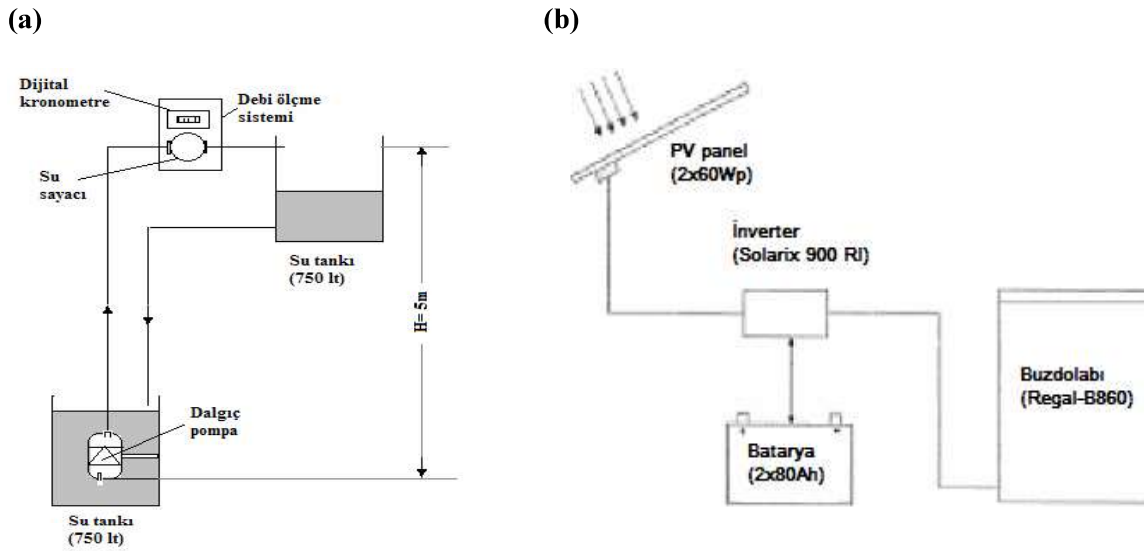


Şekil 1. Deneylerde kullanılan; (a) eğim açısı ayarlanabilir ergonomik sehpa, (b) data ölçüm-kayıt sistemi

Deneylerde kullanılan, monoblok DC motor-dalgıç pompa (Model: LVM 111 Amazon Pompa, Maksimum Güç: 74 W) ikilisinin hidrolik sistem üzerindeki yerleşimleri Şekil 2(a)'da gösterilmektedir. Hidrolik sistemde, iki adet (750 lt hacimli) su tankı, iki tank arası gidiş-dönüş hortumları ve bir debi ölçme düzeneği bulunmaktadır. Debi ölçme işlemi; bir su sayacı (0.1 lt hassasiyetinde) ile dijital bir kronometre (0.01 s hassasiyetinde) vasıtasıyla, 20 dakikalık zaman ortalaması olarak, yüksek doğrulukta belirlenebilmektedir. İki su tankı arasındaki kot farkı, pompa statik yükü $H=5m$ olacak şekilde seçilmiş ve deneyler bu değer için gerçekleştirilmiştir.

PV-buzdolabı sistemine ait elemanlar Şekil 2(b)'de gösterilmiştir. Sistemde kullanılan buzdolabı; B sınıfı-tezgah tipi (Regal marka, maksimum enerji tüketimi 860Wh), iki bölmesi (dondurucu ve muhafaza bölgeleri) bulunan bir buzdolabıdır. Paneller tarafından üretilen doğru akımın, alternatif akıma dönüştürüldüğü bir inverter (Solarix 900 RI) mevcuttur. Nominal çalışma

voltajı 24V olan şarj kontrol üniteli inverter, paneller tarafından gönderilen 20V-38V arası gerilim değerlerini, 220 V nominal AC gerilimine dönüştürmektedir. Buzdolabı tarafından çekilen güç, panelin ürettiği güç arasında bir fark olması durumunda, güç fazlalığı (ya da eksikliği) seri bağlı 12V'luk (80Ah enerji kapasiteli) iki bataryadan oluşan batarya sistemine depolanmaktadır (ya da batarya sisteminden temin edilmektedir). Batarya genellikle; sistemin ilk çalışma anı ile güneşin yetersiz (ya da hiç olmadığı) anlarda gerekli olmakla birlikte, DC voltajdaki aşırı dalgalanmaları sönmülemde de etkili olmaktadır.

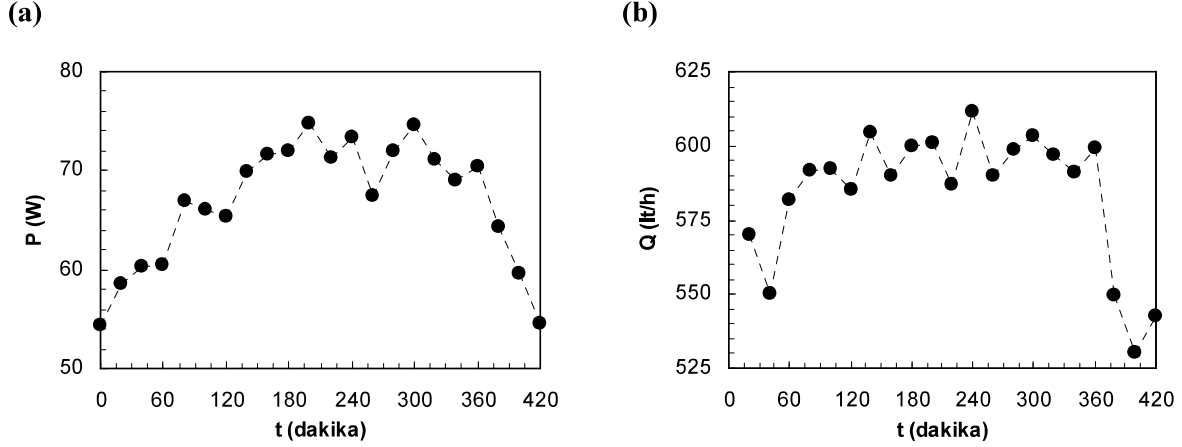


Şekil 2. (a) PV-DC dalgıç pompaya ait hidrolik sistem elemanları, (b) PV-AC buzdolabı sistemi elemanları

3. Deneysel Sonuçlar

3.1. PV-Su Pompası Sistemi

Dinamik atmosfer koşullarının, PV-su pompası sistemine ait çalışma parametreleri üzerinde etkisini belirlemek amacıyla farklı günlerde deneyler yapılmıştır. Deneyler sırasında ışınım şiddeti, akım, gerilim ve sıcaklık parametrelerinin anlık değerleri 1 dak. (60 s) aralıkla direkt olarak ölçülmüştür. Su debisi ölçümü ise, belirli bir zaman aralığında ($\Delta t=20$ dak.) sayaçtan geçen su kütlelerinin, zamana bölünmesi suretiyle, dolaylı yöntemle gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan anlık değerlerin 20 dak. aralıkla hesaplanan ortalama değerleri kullanılarak belirlenen, panel çıkış gücü (P) ile debi (Q) değerleri, Şekil 3'te gösterilmiştir. Deneylerin başlangıç ve bitiş anlarına yakın noktalar dışındaki zaman aralığında; P değerlerini, 60-75 W, Q değerlerini ise 590-610 lt/dak gibi birbirine çok yakın değerler arasında değişmektedir. Deney süresi ($t=420$ dak.) boyunca, pompalanan toplam su miktarının, $V_{top} \cong 4100$ lt. (4.1 ton) değerine ulaştığı belirlenmiştir.



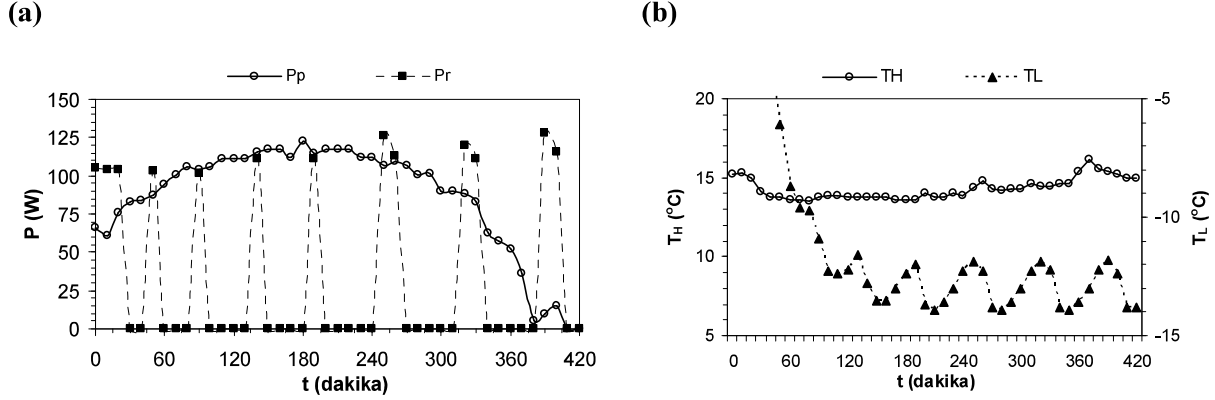
Şekil 3. (a) ortalama panel çıkış (veya pompa giriş) gücündeki zamansal değişim, (b) su debisindeki zamansal değişim.

3.2. PV-Buzdolabı Sistemi

Dinamik atmosfer koşullarının, PV-buzdolabı sistemine ait çalışma parametreleri üzerinde etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler sırasında; ışıınım şiddeti, DC ve AC akım-gerilim değerleri ile PV panel, ortam ve dondurucu bölmesi sıcaklıklarının anlık değerleri 10 dak. aralıkla direkt olarak ölçülmüştür.

PV-buzdolabı sisteminin en çarpıcı özelliğini sergileyen, panel DC gücü (P_p) ile buzdolabı AC güç girişi (P_r) değerlerinin, günlük değişimleri Şekil 4(a)'da gösterilmiştir. Paneller tarafından üretilen güç, sadece sistemin ilk çalışma anını izleyen yaklaşık bir saatlik bir aralık ile güneş ışıınının azalmaya başladığı saat 14:00 sonrası aralıkta, buzdolabı güç gereksinimini karşılayamamaktadır. Bu aralıklar; PV panel gücü yetersiz olduğu anlar ile kompresörün ilk devreye girdiği anlara karşılık gelmektedir ve sistemde batarya kullanımının neden gerektiğini çok net sergilemektedir. Çünkü kompresörün devreye girme anında, çektiği anormal yükü dikkate alarak, PV sistem tasarımı yapmak çok daha yüksek bir maliyet gerektirmektedir ve bu durumda panelin ekonomik kullanımı mümkün olmamaktadır.

Şekil 4(b)'de ise sırasıyla, buzdolabının bulunduğu ortam ile dondurucu bölme sıcaklıklarındaki zamansal değişimler gösterilmektedir. Ortam sıcaklığı gün boyunca sabit kabul edilebilir konumda küçük değişimler göstermektedir. Ancak dondurucu sıcaklığında saat 11.00'dan itibaren sağlanan çok düşük sıcaklıklar (-14°C ile -12°C arası), gün boyunca periyodik olarak korunabilmektedir. Termostat vasıtasıyla, kompresör motorunun devreye giriş-çıkış anları bu periyodik davranışa sebep olmaktadır.



Şekil 4. (a) PV panellerin çıkış gücü ile buzdolabı giriş gücündeki zamansal değişimler, (b) dış ortam ile dondurucu bölme sıcaklıklarındaki (sırasıyla, T_H ve T_L) zamansal değişimler.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, düşük güç tüketimli sulama ve soğutma uygulamalarında fotovoltaik (PV) panellerin kullanımı deneysel olarak incelenmiştir. PV-pompa sisteminde, panel ile DC motor-dalgıç pompa ikilisi arasında direkt bağlantı sağlanmış ve ayrıca bir ekipman kullanılmamıştır. PV-buzdolabı sisteminde ise, paneller ile buzdolabı arasında bir inverter ve bir batarya grubu bulunmaktadır. Her iki sistem, ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliğine karşın, kırsal yörelerde kullanım açısından bazı cazip özelliklere sahiptir. Örneğin; PV-pompa sisteminde, küçük ölçekte basit bir pompa kullanılmış ve enerji bedeli ödmeden, günlük toplam 4.1 ton suyun 5m. yükseklikte kullanıma hazır hale getirilmesi mümkün olmuştur. PV-buzdolabı sisteminde ise, kullanılan buzdolabının enerji sınıfı 'B' olmasına karşın, dondurucu bölme sıcaklığı gün boyunca -14°C ile -12°C gibi çok düşük sıcaklık sınırları arasında korunabilmiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu (HÜBAK Proje No: 457) tarafından desteklenmiştir.

6. Kaynaklar

- [1] R. Posorski, " Photovoltaic Water Pumps, An Attractive Tool For Rural Drinking Water Supply", *Solar Energy* 58, 155-163, (1996).
- [2] I. Odeh, Y.G. Yohanis, B. Norton, , " Economic Viability of Photovoltaic Water Pumping Systems", *Solar Energy*, in press, (2005).
- [3] Z.A. Fıratoğlu, B. Yesilata " New Approaches on the Optimization of Directly-Coupled Photovoltaic Water-Pumping Systems " *Solar Energy*, 77, 1, 81-93, 2004.
- [4] B. Yesilata, M. Aydın, Y. İşiker, "Küçük Ölçekli Bir PV Su Pompalama Sisteminin Deneysel Analizi " *Mühendis ve Makina* 553, 31-38, (2006).

- [5] R.M.A.D Rajapakse, Refrigeration: the solar photovoltaic option. Letters, Energy for Sustainable Development 1(2), 48-49, (1994).
- [6] T.A Kattakayam, K. Srinivasan, " Thermal performance characterization of a photovoltaic driven domestic refrigerator ". International Journal of Refrigeration 23, 190-196, (2000).
- [7] B. Yeşilata, Y. Işıker, " Fotovoltaik Güçle Çalışan Bir Buzdolabı Sisteminin Deneysel Analizi" Mühendis ve Makina, Değerlendirmede, (2006).
- [8] M. Aydın, B. Yeşilata, " Eğitim açısı ayarlanabilir ekonomik PV sistem sehpa tasarımı ", III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi (YEKSEM2005, 19-21 Ekim 2005, Mersin), Bildiriler Kitabı, sy .74-78 (2005).
- [9] M. Aydın, M.H. Süzer, B. Yeşilata, "Fotovoltaik sistemlerde anlık çalışma koşullarının ölçümü için özgün bir veri (DAQ) kartı tasarımı", III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi (YEKSEM2005, 19-21 Ekim 2005, Mersin), Bildiriler Kitabı, sy. 108-111 (2005).