



www.ziraat.selcuk.edu.tr/dergi

Selçuk Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Dergisi 21 (43): (2007) 1-6



PLC KONTROLLÜ PV-BATARYA-SOLAR SULAMA POMPA SİSTEMİNİN PERFORMANSININ YÜKSELTİLMESİ

Cemil SUNGUR¹

¹ Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Konya/Türkiye (email: csungur@selcuk.edu.tr)

ÖZET

Bu çalışmada, bir PV-batarya-solar pompa sisteminde, edilen enerjinin ve bu enerjinin yardımı ile sağlanan suyun kullanımından optimum verimi elde etmek ve sistemde sürekliliği sağlamak için bir çalışma yapılmıştır. Bunun için PV-batarya-solar pompa sisteminde bulunan PV panel ve bataryanın verebileceği akım değerlerine göre ve hangisinin pompayı besleyebileceğini ve depodaki su miktarına göre pompanın çalıştırılıp çalıştırılmamasına karar veren PLC kontrollü bir otomasyon sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem direkt bağlı PV-Solar Pompa sistemine göre %10 maliyeti artırmamasına rağmen, sistemin her zaman su ihtiyacını karşılayacak kararlılığa sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Tarım, enerji verimi, PV su pompası, PLC

INCREASING THE PERFORMANCE OF PLC CONTROLLED PV-BATTERY-SOLAR IRRIGATION PUMP SYSTEM

ABSTRACT

In the present study, a research was conducted in order to gain the optimum efficiency from the energy obtained from a PV-battery-solar pump system and from the use of the water provided with the help of this energy and to maintain the continuity of the system. Thus, a PLC-controlled automation system was developed which decided whether the PV panel or the battery existing in the PV-battery-solar pump system would feed the pump depending on the current value they could provide and which decided whether the pump would be operated or not according to the amount of water in the tank. It was seen that, although this system developed in the study increased the cost 10 % when compared to the direct-connected PV-Solar Pump system, it has the stability to supply the required amount of water.

Keywords: Agriculture, Energy efficiency, photovoltaic water pumping, PLC

GİRİŞ

Son yıllarda enerji maliyetlerinin artması ve üretim teknolojilerinin doğaya verdiği zararlardan dolayı, insanları değişik enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Bu enerji kaynaklarının başında da güneş enerjisinden direkt olarak elektrik üretimi gelmektedir. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde en yaygın kullanılan sistemlerden biri de PV sistemlerdir. Güneş pilleri, üzerlerine düşen güneş enerjisini doğru akım elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken diyetlardır (Fıratöglü Yeşilata, 2002). Değişik boyut ve güçlerde üretilmeleri güneş pillerinin değişik alanlarda kullanımını yaygın hale getirmiştir. Fotovoltaik (PV) elemanlar yardımı ile güneş enerjisinden elektrik elde etme sistemleri diğer sistemlere göre en büyük avantajı gerekli olan enerjinin her yerde bulunabilir nitelikte olmasıdır (Çolak, 1992).

Pratik uygulamalarda kullanılan PV sistemlerini; sistemde kullanılan bileşenlerin ve kontrol sisteminin konumuna bağlı olarak üç farklı kombinasyonda incelemek mümkündür. Bunlar;

I. sistem yükünün hiçbir ara düzenleyicisi olmadan direkt PV panellere bağlandığı direkt akupleli kombinasyonlar,

II. sistem yükü ile PV paneller arasında bataryaların yerleştirildiği bataryalı kombinasyonlar,

III. maksimum çalışma noktası izleyicili (Maximum Power Point Tracking, MPPT) kombinasyonlar-

dır (Fıratöglü, Yeşilata, 2003).

Söz konusu bu iki kombinasyona alternatif olarak ortaya çıkan maksimum güç noktası izleyicili (MPPT) sistemlerinin, PV panelinin her zaman maksimum güç üretecek noktada çalışmasını temin etmesinden dolayı çalışma performansları daha yüksektir (Zaki, 1996). PV sistemlerde Maksimum Power Point Tracker kullanılması sabit sistemlere göre değişik oranlarda daha fazla enerji elde edilmiştir (Al-Mohamad,2003). Güneş takip sistemlerinde maksimum verimi sağlamak içinde PV panel kontrol sistemlerinde PLC kullanılmıştır(Salah, 2004). Güneşten elektrik elde etme sistemleri istenilen duruma göre modüllerin seri-paralel olarak bağlanması ile birkaç Watt'dan Megawatt güce kadar erişebilir(Çelik, 2006). Direkt akupleli sistemlerde elde edilen güç PV nin (I-V) karakteristiğine göre lineer olmayan bir değişim gösterir (Fıratöglü, Yeşilata, 2005). PV sistemlerde bataryaların kullanılması PV panel ve yük arasında tampon görevi görmek, enerji depolama ünitesi olarak kullanarak ve daha kararlı sistem gerilimi sağlamak içindir (Badescu, 2003).

PV sistemlerden elde edilen elektrik enerjisi bir çok işlemden kullanılmaktadır bunlardan biride Tarımda kullanılan Solar Pompa sistemleridir(Kala Meah, 2006; Hadj Araba, 2006; Odeh, 2006). PV sistemden alınan elektrik enerjisi direkt veya indirekt olarak Solar Pompa sistemlerine uygulanarak genellikle tarımsal amaçlı sulama sistemlerinde kullanılmıştır

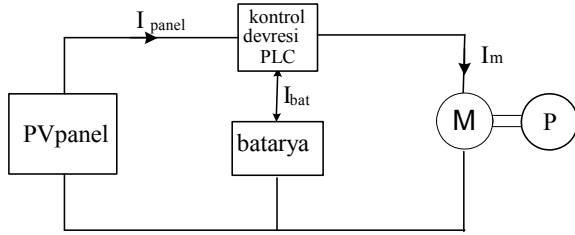
(Yeşilata ve Fıratoğlu, 2001). PV sistemlerin optimum dizaynı için yapılan çalışmada birçok değişik metot önerilmiştir (Ghoneim, 2006). Bunlara ilaveten Fotovoltaik pompa sistemlerinde optimum verimi elde etmek için değişik motorlar ve fuzzy uygulamaları gerçekleştirilmiştir (Benlarbi, 2004).

Bu çalışmada, tasarlanan PV-Batarya solar pompa sisteminin PLC ile kontrolü yapılarak sistemden optimum şekilde faydalanması gerçekleştirilmiştir. Bunun için sistemde bulunan elemanlar PV, batarya, solar pompa ve kumanda sisteminden oluşan sistemde elemanların çalışmasını gerektiği gerekli elemanı gerekli olduğu zaman çalıştırılarak optimum verimin alınması gerçekleştirilmiştir.

MODELLER

Sistemin modellenmesi

PV-Batarya solar-pompa sistemi (Şekil 1) de görüldüğü gibi beş ana parçadan meydana gelmektedir. Bunlar, PV panel, Elde edilen enerjinin depolanması için bataryalar, pompa(P), pompa motoru(M) ve kontrol devresidir. Eşdeğer devrede I_{panel} PV den alınan akım, I_m motorun çektiği akım, I_{bat} bataryanın akımıdır batarya akımının iki yönlü olması şarj olması veya PV akımının yetersiz olduğunda sistemi besleme durumuna göre değişmesinden dolayıdır.



Şekil 1 Sistemin Elemanları

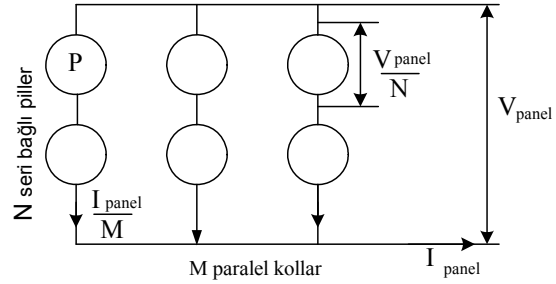
PV panel model

PV pillerden elde edilen gerilim ve akım miktarı sisteme bulunan yükü besleyemeyecek miktarda olduğu zaman PV piller kendi aralarında seri ve paralel bağlanarak PV paneller oluşturulur (Şekil 2). PV panellerden elde edilen gerilimi artırmak için yeterli sayıda pil (N) seri olarak, akımını artırmak içinde yeterli sayıda seri bağlı pillerden paralel bağlı kollar(M) oluşturulur. Eğer PV panelin akımı I_{panel} , gerilimi de V_{panel} olarak gösterilirse, paneli oluşturan her bir PV modülün akımı (A) eşitlik 1, gerilimi(V) eşitlik(2), PV panelin çıkış gücünde P_{panel} (W)eşitlik(3) ile ifade edilir. (Badescu, 2003) (Çelik, Abut, 2005) (Altaş, 1998)

$$I_{pil} = \frac{I_{panel}}{M} \quad (1)$$

$$V_{pil} = \frac{V_{panel}}{N} \quad (2)$$

$$P_{panel} = V_{panel} \times I_{panel} \quad (3)$$



Şekil 2 PV panel modeli

Elektrik batarya modeli

PV sistemlerde elde edilen enerjiyi depo etmek için kullanılan en yaygın batarya çeşitti kurşun-asit bataryalardır. Bataryalar, DA güç kaynağından aldığı enerjiyi, kimyasal enerji halinde depo ederek gerektiğinde tekrar DA enerjiye dönüştürüp, alıcıları besleyen bir enerji kaynağıdır. Modeli basitleştirmek için reaktif element ve eşdeğer iç direnç (R_b) ihmal edilmiştir. Aşağıdaki denklem batarya gerilim V_b 'yi verir.

$$V_b = V_0 + K_e \ln \left[1 - \frac{Q}{C(I_b)} \right] + R_b I_t \quad (4)$$

Eşitlik(4)'de $I_b > 0$ şarj durumunu, $I_b < 0$ deşarj durumunu gösterir. Q elektrik yükündeki değişimdir. $C(I_b)$ bataryanın kapasitesidir ve akımın fonksiyonudur. V_0 sabittir ve bataryanın başlangıç şartındaki gerilimidir. K_e katsayısı model parametresidir. Eşitlik (4)'deki ikinci terim bataryanın şarj ve deşarj işlemlerindeki elektrolit konsantrasyonunu gösterir. Bu terimin cebirsel değeri K_e parametresi ile ayarlanır. $K_e < 0$ şarj durumunu, $K_e > 0$ deşarj durumunu gösterir. (Badescu,2003) (Çelik, Abut, 2005)

Elektrik Motoru ve Su Pompa Modeli

PV sistemlerde kullanılan su pompaları diğer pompalarla kıyaslandığında verimleri daha yüksektir. Bu pompalar küçük uygulamalarda D.A. (Doğru Akım) motorları ile çalıştırılır. PV panellerden de d.a. elde edildiği için hiçbir ara eleman gerektirmeden direkt olarak bağlanabilirler. Büyük sistemlerde kullanılan su pompaları A.A. (Alternatif Akım) motorları ile çalıştırılırlar çünkü çeşitleri çok fiyatları düşüktür. Ancak PV den alınan doğru akımın alternatif akıma dönüştürülmesi gerekir bunun içinde inverter (dönüştürücü) gereklidir. İnverterler hem pahalıdırlar hem de PV sistemin sık arıza yapan elemanlarıdır.

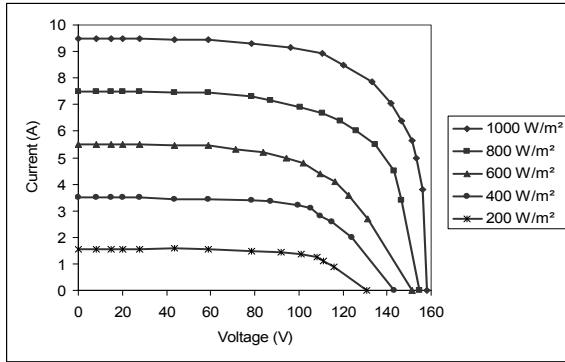
PV enerjisi ile çalışan motor-pompa sistemlerinde yaygın olarak, motor ve pompanın su içerisine daldırıldığı dalgıç motor-pompa sistemleri kullanılır.

MATERIAL VE METOD

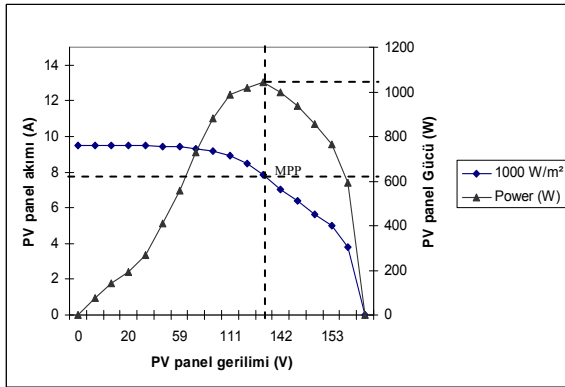
Materyal

Photovoltaic batarya; Sistemin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini temin etmek için Sunset Enerji sistemleri Ltd. Şt. den temin edilen Nominal güç

max: 64 [Wp], Nominal akım [0.96A] Nominal voltaj 66.5[V], Kısa devre akımı 1,20[A], $AM= 1.5$, $E=1000$ W/m², $T=25^{\circ}C$ olan KA 64 (amorf silisyum) 16 adet modül kullanılmıştır. Modüller ikili seri ve sekiz paralel kol olarak bağlanarak (2*8) bir PV panel oluşturulmuştur. Elde edilen PV panelin nominal gerilimi 133 Volt nominal akımı 7.86 A ve 1045 Watt PV panel gücü elde edilmiştir. Kullanılan PV panel in $I-V$ karakteristik eğrisi (Şekil 3) akım gerilim ve güç karakteristik eğrisi (Şekil 4) de görülmektedir.

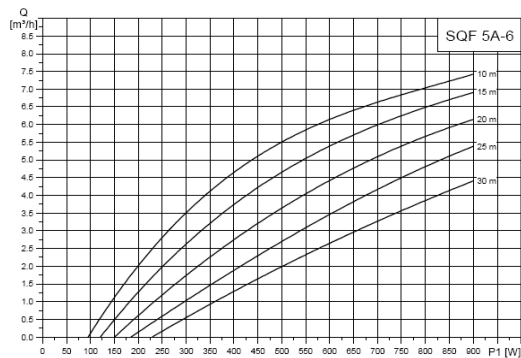


Şekil 3 PV panelin Akım-Gerilim Karakteristik Eğrisi



Şekil 4. PV panelin Akım-Gerilim-Güç karakteristik eğrisi

Motor pompa: Pompa olarak grundfos SQF 6 serisi dalgıç tip ve motor çalışma voltajı 30–300 V.D.A. veya 1x90–240 V.A.A. pompa kullanılmıştır. Kullanılan pompanın karakteristik eğrisi (Şekil 5) de verilmiştir. Pompa çalışma derinliği 20 metredir.



Şekil 5 Solar Pompa Karakteristik Eğrisi (Grundfos, 2005)

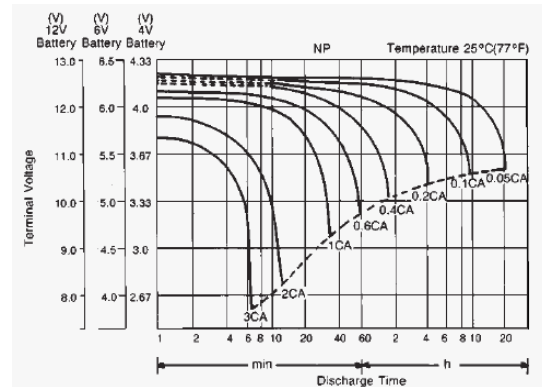
Su deposu: Elde edilen suyun depolanması için 30m³ su tankı kullanılmıştır.

Batarya; Karanlıkta veya güneş ışığının yetersiz olduğu durumlarda sistemi beslemek, sabit voltaj sağlamak ve sistemin kararlı çalışması için batarya kullanılmıştır. Kurşun-Asit (Lead-acid) bataryalar güneş enerjili sistemlerde enerji depolamakta yaygın olarak kullanılan elemanlardır (Protogeropoulos, 1994), (Khouzam,1994).

Bunun için, YUASA firmasına ait 12 V 60 Ah kapasiteli Kurşun-Asit 10adet batarya kullanılmıştır. Bataryalar seri bağlanarak solar pompayı çalıştıracak ve çalışma süresince depoyu bir kereye mahsus doldurabilecek kapasitede bir batarya grubu oluşturulmuştur. Kullanılan bataryanın karakteristik eğrisi (Şekil 6) da verilmiştir. Batarya seçimi ise eşitlik (9) e göre yapılmıştır.

$$CA = (I \times h) \times \frac{100}{\eta_{bat}} \quad (9)$$

Burada, CA bataryanın kapasitesi (Ah), I bataryadan çekilen akım(A), h bataryadan çekilen akımın süresi(saat), η_{bat} bataryanın verimidir(%).



Şekil 6 Kullanılan bataryanın karakteristik eğrisi (Yuasa)

Tasarlanıp kurulan PV panel sisteminin resmi ise (Şekil 7) de görülmektedir (Sunset Eneji Lt.Şti).



Şekil 7 Sunset PV panelleri

PLC: Sistemdeki kontrol devresi için analog ve dijital giriş-çıkış birimlerini ve matematiksel işlemleri

yerine getirmesi için Siemens marka S7-200 PLC seçilmiştir. S7-200 PLC'nin dijital girişli ve kontrol edilen sistemde analog girişlerin olması nedeni ile yine Siemens marka EM235 tipi Analog giriş-çıkış modülü kullanılmıştır. Kullanılan EM235 Analog giriş-çıkış modülü 4 analog girişe ve 1 analog çıkışa sahiptir (Siemens, 2003).

Ayrıca sistemde bataryadan mı yoksa PV den mi çalıştığını görüntülemek için Siemens marka TD 200 display S7-200 PLC'ler için bir test ekranı ve operatörü olan TD 200 kullanılmıştır. TD 200'de 9 adet tuş bulunmaktadır. Bu tuşlardan 5 tanesi mesaj okuma ve onay tuşu, 4 tanesi ise kullanıcı tarafından fonksiyon ataması yapılabilen tuşlardır (Siemens, 2003).

Deneyin yapıldığı yerin konumu; deney Türkiye-Karamanda yapılmıştır. Karaman 37.11 kuzey enlemleri, 33°.15 doğu boylamları arasında ve deniz seviyesinden 1033 metre yükseklikte ve Türkiye'nin iç Anadolu bölgesinde bulunmaktadır. Türkiye'nin bölgelere gelen güneş enerjisi dağılımı ve İç Anadolu Bölgesi (Karaman) yıllık güneşlenme süresi (Tablo 1) de verilmiştir (Acaroğlu,2003).

Tablodan da anlaşılacağı gibi Türkiye ve deneyin yapıldığı bölge PV panellerin kullanımı için oldukça elverişlidir.

Tablo 1. Türkiye'nin Bölgelere Göre Güneş Enerjisi

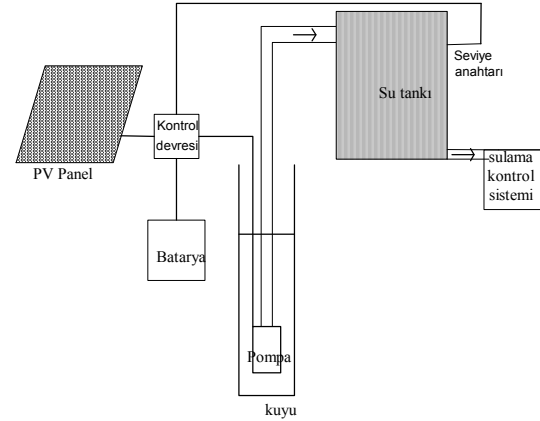
3.1. Metot

Bölgeler	Toplam güneş enerjisi MJ/m ² -yıl	Toplam güneş enerjisi MJ/m ² -gün	Toplam ışıınım zamanı (h/yıl)
G.D. Anadolu	5256.0	14.3	2993
Akdeniz	5004.0	13.9	2956
Ege	4694.4	13.5	2738
İç Anadolu	4730.4	13.7	2628
Doğu Anadolu	4914.0	13.4	2664
Marmara	4204.8	10.9	2409
Karadeniz	4032.0	10.3	1971
Türkiye Ort.	4719.6		2640

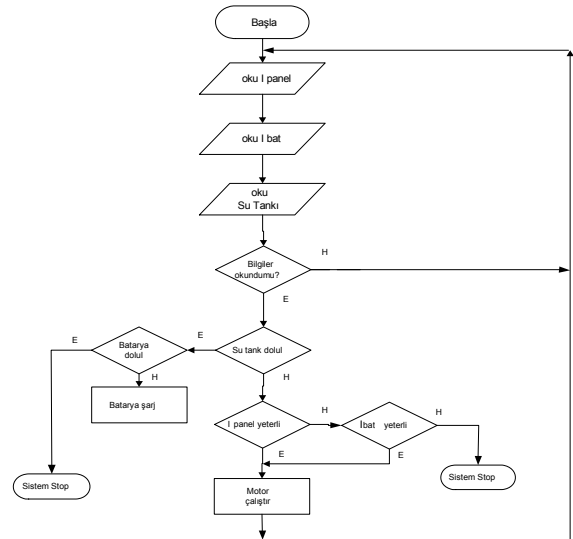
Bu çalışmada ise hem PV den elde edilen elektrik enerjisinin hem de Solar Pompa dan alınan suyun ihtiyaca göre verimli kullanılmasını sağlayan PLC kontrollü bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistemde PV panel, bataryalar, Solar Pompa, elde edilen suyun depolanması ve sistemi kontrol eden kontrol devresinden oluşmaktadır. Sistemin çalıştırılması ile PV panel, kontrol ünitesi ile batarya gurubu ve Solar Pompa sistemine göre elde edilen enerjinin ve suyun daha verimli bir şekilde kullanılacağı düşünülmektedir. Güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda solar pompa PV tarafından şarj edilmiş batarya tarafından beslenmiştir. Su deposunun dolu ve PV enerjisinin yeterli olduğu durumlarda batarya PV panelden elde edilen akımla şarj edilmekte ve depo dolu olduğu durumda pompa devreden çıkarılarak gereksiz çalışmanın önüne geçilmektedir. Bataryanın

şarjlı olduğu durumlarda aşırı şarjı, deşarj durumunda da aşırı deşarjı önlemek amacı ile batarya devreden çıkmaktadır.

Tasarlanıp gerçekleştirilen sistemin performans deneylerini gerçekleştirebilmek için gerekli kontrol prensip şeması (Şekil 8) de, kontrol sisteminin akış diyagramı (Şekil 9) da verilmiştir.



Şekil 8 Sistemin blok şeması



Şekil 9. Kontrol sisteminin akış diyagramı

Sistemin kontrolünde PV_{panel} gerilimi, batarya gurubunun gerilimi ve su deposunun boş veya dolu olduğunu gösteren seviye şalterinin bilgileri esas alınmıştır. PV_{panel} gerilimi ve batarya gurubu gerilimi ayrı ayrı analog sensörlerle alınarak EM 235 analog giriş modülünün A ve B girişlerine bağlanmıştır. Deponun dolu veya boş olduğu gösteren seviye şalterinin bilgisi S7 200 PLC'nin dijital girişe bağlanmıştır.

PV_{panel} in I-V karakteristik eğrisinden (Şekil 4) solar pompayı çalıştıracak en düşük gerilimi ve maksimum gerilimi belirlenmiştir. Yine bataryanın karakteristik eğrisinden maksimum şarjlı gerilimi ve deşarj edilebilecek minimum gerilimi belirlenmiştir (Şekil 6).

Sistemde kullandığımız grandoss SQF 5A 6 solar pompanın karakteristiğine göre (Şekil 5) çalışma de-

rinliği olan 20 metreden sisteme su verebilmesi için az 100Wın üstünde bir güce ihtiyaç duymaktadır. Bu durumda PV panelin verdiği güç 100W üstünde ise solar pompa için kullanılabilir. Bunun için PV panelden alınan güç 100 W ve altında ise solar pompanın PV den beslenmesi kontrol sistemi tarafından kesilecektir. Eğer bu esnada depodaki su miktarında eksiklik var ve bataryadan alınan güç yeterli ise solar pompa bataryadan çalıştırılarak sistemde su depolamak için kullanılan 30 m³ su tankın sürekli olarak dolu tutulması sağlanmıştır.

Batarya gurubunun gerilimi analog sensör ile ölçülerek verebileceği gücün solar pompa için yeterli olmadığı değerlerde ise gereksiz çalışarak bataryanın tamamen deşarj olmasını önlemek için kontrol sistemi tarafından enerji hattı kesilmektedir.

Sistemin kontrolü aşağıdaki şekilde tasarlanmıştır ve sistemin yapı tarzı oluşturulmuştur;

Eğer PV_{panel} den elde edilen enerji yeterli ve depo boş ise PV den pompayı çalıştır.

Eğer PV_{panel} den elde edilen enerji yetersiz ve batarya yeterli ve depo boş ise batarya dan pompayı çalıştır.

Eğer PV_{panel} den elde edilen enerji yeterli ve batarya yeterli ve depo boş ise PV den pompayı çalıştır.

Eğer PV_{panel} den elde edilen enerji yeterli ve batarya yeterli ve depo dolu ise sistemi durdur.

Eğer PV_{panel} den elde edilen enerji yeterli ve batarya yeterli ve depo dolu ise PV den bataryayı şarj et.

Eğer PV_{panel} den elde edilen enerji yetersiz ve batarya yetersiz ve depo boş ise sistemi durdur.

SONUÇ

Sistemin toplam kurulu gücü 1045W tır günlük ortalama on saat verimli güneş enerji alındığında (yaz ayları için) toplam 10.45 Kw/h elde edilmiştir. Elde edilen bu güç ile 20 m derinindeki kuyudan günlük ortalama 60m³ su çıkarılmaktadır. Bu su 5300 elma fidanını damlama yöntemi ile sulamaktadır. Batarya sisteminin ve depolama sisteminin kullanılması ile gecede sulama işlemine devam edilebilmekte ve gece sulama ile buharlaşmanın önüne geçilerek su tasarrufu sağlanmaktadır. Kullanılan batarya ve depo sistemini ile yaz aylarında yaklaşık 10 saat olan güneşten verimli faydalanmama süresinin bitiminde bile hem depoda biriken suyun kullanılması hem de bataryada depolanan elektrik enerjisinin kullanılması ile sistemin ihtiyacı olan su karşılanmaktadır.

Elde edilen bu enerji için her hangi bir fosil yakıt vb. kullanılmadığı gibi ayrıca bir elektrik faturası da ödenmemiştir. Ayrıca sürekli enerji ve su depolanması kullanıcıya ekstra bir güven vermektedir. İlerde fidan sayısının artırılması durumunda ihtiyaç duyulacak suyun temini kuyudan gecede su alınmasının mümkün olmasından dolayı daha kolay hale getirmiştir.

Gerçekleştirilen sistem ile PV-Batarya ve solarpompadan sistemin PLC ile kontrol edilebileceği gös-

terilmiştir. Böyle bir kontrol sistemi ve batarya kullanarak sistemin, güneş ışığının değişimlerinden oluşan kararsızlıkları ve güneş ışığının olmadığı saatlerde atıl kalmasını bertaraf edilerek bataryasız ve kontrolsüz sistemlere göre oldukça kararlı çalışabileceği gözlenmiştir. Ayrıca solar pompanın gereksiz ve fazla çalışmasının önüne geçilmiş ve pompa ve motorun yıpranması azaltılarak ömrünün uzaması sağlanmıştır. Ayrıca kuyudan sürekli su çekilmediği için sistemin çalışmadığı anlarda boru içinde su birikmesi sağlanmış böylece kuyudan kum ve çamurun çekilmesi önlenerek hem temiz su sağlanmış hem de sistemde oluşabilecek tıkanmaların önüne geçilmiştir.

KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M., Alternative Energy Sources, Book (in Turkish), 2003, Atlas Pres, İstanbul.
- Al-Mohamad, A., Efficiency improvements of photovoltaic panels using a Sun-tracking system, Applied Energy 79 (2004) 345–354
- Altaş, İ.H., Fotovoltaik Güneş Pilleri yapısal Özellikleri ve Karakteristikleri. 3e dergisi Nisan 1998, sayı 47 sayfa 66-71
- Anis, W.R., Metwally, H.M.B. Dynamic performance of a directly coupled PV pumping system, Solar Energy 1994; 53(4): 369–77
- Badescu, V., Dynamic Model Of A Complex System Including PV Cells, Electric Battery, Electrical Motor And Water Pump, Energy 28 (2003) 1165–1181
- Benlarbi, K., Mokrani, L., Nait-Said, M.S., A Fuzzy Global Efficiency Optimization Of A Photovoltaic Water Pumping System, Energy 77 (2004) 203–216
- Çelik, A., Abut, N., Dynamic model of complex systems with PV, battery, electrical motor and water pump, Engineering Sciences Young Researchers Congress, MBGAK 2005 İstanbul 17–19 November 2005
- Çelik, A.N. "Present Status Of Photovoltaic Energy In Turkey And Life Cycle Techno-Economic Analysis Of A Grid-Connected Photovoltaic-House" Renewable and Sustainable Energy Reviews 10 (2006) 370–387
- Çolak, M., 1992. Photovoltaic (PV) and Applications, E.Ü. Solar Energy Institute, Textbook, (in Turkish - unpublished). Izmir, Turkey
- Yeşilata, B., Fıratoglu, Z., A., "Investigation of operation characteristics for battery-buffered and directly-coupled PV pumping systems", Renewable Energy Symposium, Paper 129-136, 10-12 September, 2001, Kayseri .
- Fıratoglu, Z., A., Yeşilata, B., "Optimization of PV Panels Coupled with a Linear Electrical Load and Investigation of its Regional Utilization, 4. GAP Engineering Congress, Paper 204-212, 06-08 June, 2002, Sanliurfa

- Fıratöğlu, Z.A., Yeşilata, B., "Investigation of Optimum Design and Operation Conditions for Photovoltaic Systems with MPPT", Dokuz Eylul University, Science and Engineering J. 1, 13/1-13/10, 2003, (in Turkish)
- Fıratöğlu, Z.A., Yeşilata, B., Multi-Step Optimization Of The Directly-Coupled Pv Pumping Systems,, Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma 2005/1, (53-67)
- Gençođlu, M.T., Güneş Enerjisi İle Çalışan Su Pompalama Sistemleri 3 E Dergisi Sayı 138, Kasım 2005
- Ghoneim, A.A., Design Optimization of Photovoltaic Powered Water Pumping Systems, Energy Conversion and Management, 47 (2006) 1449-1463
- Grundfos, Solar Pump user Guides, 2005
- Hadj Arab A, Chenlo F, Mukadam K, Balenzategui, J,L "Performance of PV water pumping systems", Renewable Energy, Volume 18, Issue 2, October 1999, Pages 191-204
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis> , European Communities, 2006, (10. June. 2007)
- <http://www.siemens.com> ,SIMATIC S7 200 Programmable Logic Controllers Using Guide 2003 Siemens, (15. May. 2007)
- <http://www.Yuasa.tr.com> , Yuasa Characteristic of Batteries, (18. April. 2007)
- Khouzam, KY. The load matching approach to sizing photovoltaic systems with short-term energy storage, Solar Energy 1994; 53(5):403-9
- Meah K, Ula, S, Barrett,S, "Solar Photovoltaic Water Pumping—Opportunities and Challenges" Renewable and Sustainable Energy Reviews, (2006)
- Odeh,I , Yohanis, Y.G, Norton, B,"Influence Of Pumping Head, Insulation And PV Array Size On PV Water Pumping System Performance", Solar Energy 80 (1), (2006) 51-64
- Protogeropoulos, C., Marshal, R.H., Brinkworth, B.G., Battery state of voltage modeling and an algorithm describing dynamic conditions for long-term storage simulation in a renewable system, Solar Energy 1994; 53(6):517-27.
- Salah, A., Salem, N., Two Axes Sun Tracking System with PLC Control, Energy Conversion and Management 45 (2004) 1931-1939
- Sunset Enerji, <http://www.sunsetenerji.com.tr> Teknolojik bilgiler ve kullanım kılavuzları. Çağlayan Mah. 2032.Sk. Ünal Apt 1. Blok D.1Lara ANTALYA /TÜRKİYE
- Zaki, A.M.N, "Matching of photovoltaic motor pump systems for maximum efficiency operation", Renewable Energy, Vol. 7 pp. 279-288.1996.