

ATMOSFERİK KOŞULLARDA PV PANEL TESTİ İÇİN ÖZGÜN BİR DÜZENEK

Nurettin Beşli¹, Mehmet Azmi Aktacir² ve Bülent Yeşilata³

¹ Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Osman Bey Kampüsü, Şanlıurfa, tel:0.414.3440020-1101, fax:0.414.3440031, nbesli@harran.edu.tr

² Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osman Bey Kampüsü, Şanlıurfa tel:0.414.3440020-1121, fax:0.414.3440031, aktacir@harran.edu.tr

³ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osman Bey Kampüsü, Şanlıurfa tel:0.414.3440020-1096, fax:0.414.3440031, byesilata@harran.edu.tr

ÖZET

Fotovoltaik (PV) cihazların akım-gerilim değerleri, dolayısıyla güç çıktıları ve çalışma verimleri; ışınım şiddeti ve sıcaklık gibi yerel iklim şartları ve mevsimsel parametrelere bağlıdır. Bu çalışmada; PV panel ya da panel dizilerinin karakteristik (I-V) değerlerinin gerçek atmosferik koşullar altında ölçümüne olanak sağlayan özgün bir elektronik yük düzeneği incelenmektedir. Düzenek, panel elektriksel parametrelerinin hızlı, kolay, doğru ve istenilen hassasiyette tespit edilmesine ve bilgisayar desteği ile de bu parametrelerin izlenebilmesine olanak sağlamaktadır. Yük kademeleri arasındaki geçiş yeterli seviyede üniform ve hızlı gerçekleştiğinden, ışınım şiddetinin sabit kaldığı aralıkta, tam bir I-V eğrisi elde edilebilmektedir. Ölçüm düzeneğinin özellikleri ile farklı koşullarda gerçekleştirilen PV panel karakterizasyonuna yönelik sonuçlar da, bu çalışmada detaylandırılarak irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik Panel; Elektriksel Karakterizasyon; I-V Eğrisi; Atmosferik Koşullar; Test Düzeneği.

ABSTRACT

Current (I) and voltage (V) as well as power output and efficiency of a photovoltaic (PV) device are strongly affected from local climate and seasonal parameters, such as available solar radiation and ambient temperature. An original electronic-load apparatus that allow measuring I-V data of PV panels or arrays under real atmospheric conditions is introduced here. The apparatus is capable of

fast and accurate measurements and computer-aided- monitoring of panel electrical characteristics. Transitions between specified load levels are fast and uniform enough so that a full I-V curve at nearly constant solar radiation can be obtained. In this study, results of panel characterization measurements at various test conditions are also examined in detail.

Keywords: Photovoltaic Panel; Electrical Characterization, I-V Curve; Atmospheric Conditions; Test Apparatus.

1.GİRİŞ

Fotovoltaik (PV) hücreler doğrusal (lineer) olmayan enerji kaynakları olup, hava şartları değiştiği anda sistemin çalışma noktaları da değişmektedir. PV cihazların akım-gerilim değerleri; dolayısıyla güç çıktıları ve çalışma verimleri, ışınım şiddeti ve sıcaklık gibi mevsimsel parametrelere önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu nedenle, PV panellerin gerçek atmosferik koşullar altında göstermiş oldukları performanslarının bilinmesi önemlidir (Fıratoglu ve Yeşilata 2004, Gxasheka vd., 2005, Li vd., 2005). PV cihaza ait bu bilgiler üretici firma tarafından verilmemektedir. Firma kataloglarında, Standart Test Koşulları (STK) olarak adlandırılan 1000 W/m² ışınım şiddeti, 25 °C hücre sıcaklığı ve AM=1.5 (atmosferin güneş ışığını geçirme oranı) şartlarındaki, performans değerleri verilmektedir (Durisch vd., 2000). PV sistem tasarımları genellikle üretici firma tarafından sunulan bu teknik veriler göz önüne alınarak yapılmaktadır. Ancak söz konusu veriler laboratuvar şartlarında, kontrol edilebilen ortam koşulları ve güneş simülatörü kullanılarak elde edildiğinden, dinamik ve gerçek meteorolojik şartlarında bu verilerden sapma olabilmektedir (Kou vd., 1998). Ayrıca veriler tek bir PV panel testini içerdiğinden, çoğunlukla birden fazla panelin elektriksel olarak seri-paralel bağlantı konfigürasyonunda ortaya çıkan bağlantı kayıplarını teorik anlamda tahmin etmek mümkün gözükmemektedir. Bu durum, uygulamada başarısız

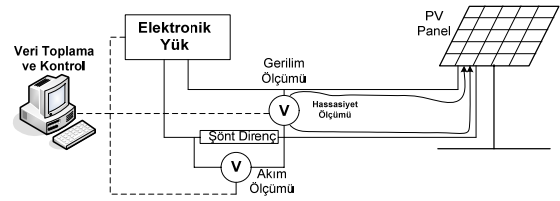
sonuçların ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir (Ikisava vd., 1998; Durisch vd., 2000). Gerçek atmosferik koşullar altındaki performans değerleri kullanılarak yapılan tasarımlar ise kullanıcı beklentileri açısından daha iyi sonuçlar vermektedir (Gxasheka vd., 2005).

Gerçek çalışma şartları altındaki PV sistem karakterizasyonu için ölçüm düzeneği tasarımında farklı yaklaşımlar söz konusudur (Kohuzam vd., 1991). Ölçüm düzeneklerinde en çok kullanılan yükler, rezistans ve kapasitans tipi yükler ile elektronik yüklerdir. Bu yükler içerisinde maliyet açısından en uygun yük tipi, rezistans tipi yüklerdir. Rezistans tipi yüklerin dezavantajı ise, yük değişimlerinde kademeler arasındaki geçişte üniform bir yük değişiminin sağlanamaması ve bu yük değişimi için geçen sürede, ışınım şiddetinin bir miktar değişim göstermesidir (Aydın vd., 2005). Kapasitans tipi yüklerde ise ölçümler çok kısa bir zaman dilimi içerisinde gerçekleştirildiğinden panel kapasitans etkileri nedeniyle, elde edilen eğrilerde hatalar oluşmaktadır (Blaesser, 1997). Elektronik yükler, sistem parametrelerinin hızlı, kolay, doğru ve istenilen hassasiyette tespit edilmesine ve bilgisayar desteği ile de bu parametrelerin izlenebilmesine olanak sağlamaktadır. Elektronik yüklerin en önemli dezavantajları ise, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır (Morgan vd., 1994).

Bu çalışmada; PV panel ya da panel dizilerinin karakteristik (I-V) değerlerinin gerçek atmosferik koşullar altında ölçümüne olanak sağlayan özgün bir elektronik yük düzeneği tanıtılmaktadır. Düzenek, panel elektriksel parametrelerinin hızlı, kolay, doğru ve istenilen hassasiyette tespit edilmesine ve bilgisayar desteği ile de bu parametrelerin izlenebilmesine olanak sağlamaktadır. Yük kademeleri arasındaki geçiş yeterli seviyede üniform ve hızlı gerçekleştiğinden, ışınım şiddetinin sabit kaldığı aralıkta, tam bir I-V eğrisi elde edilebilmektedir. Ölçüm düzeneğinin özellikleri ile farklı koşullarda gerçekleştirilen PV panel karakterizasyonuna yönelik sonuçlar da, bu çalışmada detaylandırılarak irdelenmiştir.

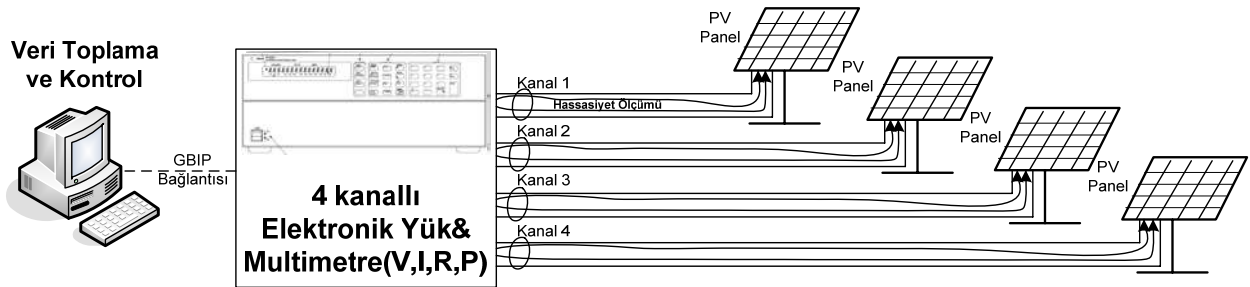
2. ÖLÇÜM DÜZENEGİ

Fotovoltaik (PV) Panellerin dış ortamda meteorolojik şartlar altında uzun süreli performanslarının elde edilmesi amacıyla çok kanallı, modüler ve kolayca istenilen senaryoların programlanabildiği bir ölçüm düzeneği hazırlanmıştır. PV panellerin voltaj (V) ve akım (I) değerlerinin ölçümünde yaygın olarak kullanılan ölçüm düzeneği prensip şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Düzenekte gerilim ölçümü için bir voltmetre, şönt dirençle beraber akım ölçümü sağlayan bir diğer voltmetre ve yükü temsil eden bir direnç bulunmaktadır. Veri kontrolü ve kayıt işlemi ise ölçüm düzeneğine bağlı bir bilgisayar tarafından gerçekleştirilmektedir.



Şekil 1. Yaygın bir PV ölçüm sistemi düzeneği

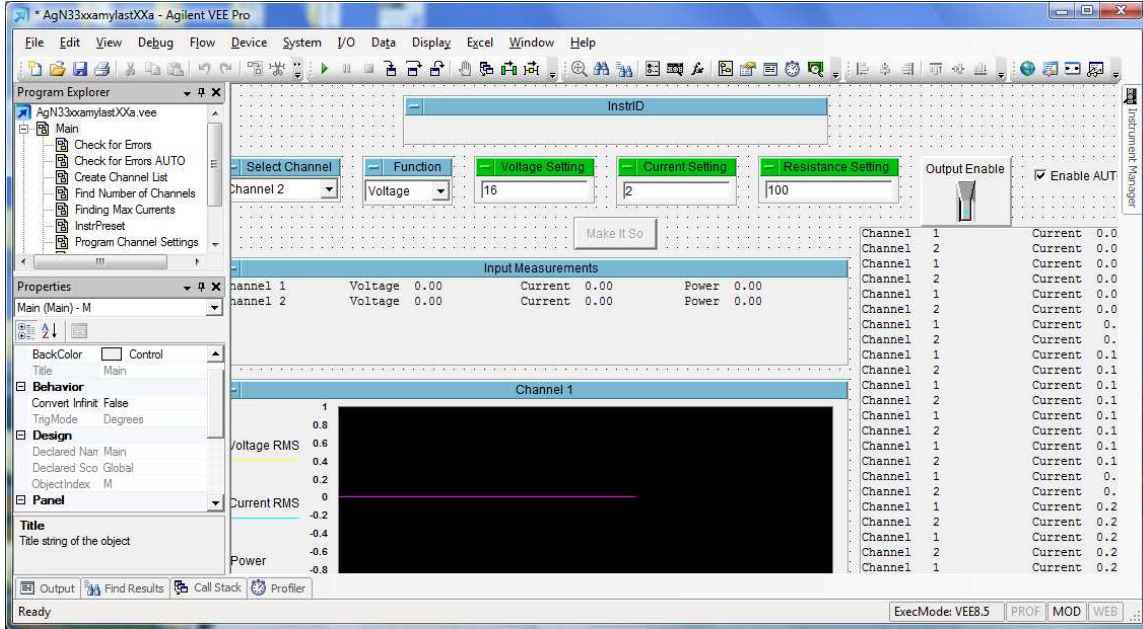
Bu araştırma çerçevesinde oluşturulan ölçüm sistemi ise Şekil 2'den de görüleceği üzere, sadece bir Elektronik Yük Ünitesi ve bir PC bilgisayardan oluşmaktadır. Kullanılan elektronik yükün; sabit gerilim, sabit akım ve sabit direnç sağlama özelliğine ek olarak; tek cihaz ile gerilim, akım, direnç ve güç ölçme olanağı verebilmesi, düzeneğin en önemli avantajlarından biridir. Düzenekte hali hazırda 4 kanal bulunmakla birlikte, harici modül ilavesi ile kanal sayısının artırılması mümkündür. Mevcut dört kanallı paralel bağlanması ile yüksek güçteki PV panel ya da sistemlerin karakterizasyonu yapılabilmektedir. Elektronik yük ile PC arasında bulunan GBIP portu üzerinden sağlanan bağlantı ile her bir kanal ayrı ayrı kontrol edilebilmekte ve veriler ayrı ayrı kaydedilebilmektedir.



Şekil 2. Oluşturulan dört kanallı özgün PV panel ölçüm düzeneği.

Akım ölçümleri cihaz içinde gerçekleştirildiğinden ölçüm hataları en alt seviyede, düzenekteki ölçüm cihazı sayısı azaltıldığından programlamadaki kolaylık ve esneklik ise üst seviyededir. Ölçüm düzeneğinin temel elemanı Agilent N3300A DC Elektronik Yük Ana Ünitesi ve bu üniteye takılan dört adet 250Watt'lık Agilent N3303A modülleriyle oluşturulmuştur. Her bir modül 0-10 A aralığında akım ve 0-240 V aralığında DC gerilim kapasitesine sahip 250Watt'lık modüllerdir. Bu modüller seri bağlanarak gerilim aralığı artırılabilirken, paralel bağlanarak akım kapasitesi artırılabilir. Elektronik Yük üzerinde bulunan dört kablolu girişler hassas ölçüm yapma olanağı sağlamaktadır. Agilent N3303A modülü ile yapılan ölçümlerde gerilim için hata payı $\pm 10\text{mV}$ ve akım için hata payı $\pm 2.5\text{mA}$ olarak verilmektedir. Ölçüm düzeneğinin programlanmasında Agilent firmasının VEE Pro 8.5 paket programı kullanılmıştır. Program ara yüzü

Şekil 3'de gösterilmiştir. Program arayüzünün sağladığı veri girişleri ile otomatik veya elle ölçümler yapılabilmektedir. Elle ölçüm seçildiğinde; i) kanal numarası belirlenir, ii) elektronik yük modu (sabit akım, sabit gerilim veya sabit direnç) seçilir, iii) seçilen moda uygun değer girilir, ve son olarak, iv) orta panel ve grafik ekranda kanallara ait gerilim, akım ve güç değerleri görülebilir. Otomatik ölçüm seçildiğinde ise; daha önceden belirlenmiş parametrelere göre, Elektronik Yüke sabit akımlı modda değerler atanarak ölçümler yapılır. Test edilecek PV panel özelliklerine bağlı olarak maksimum akım, akım aralıkları, kayıt dosyasının adı ve veri ölçüm aralıkları belirlenir. Örnek olması amacıyla bir ölçüm anına ait ekran görüntüsü Şekil 3'de gösterilmiştir. Ekranın sağındaki aktif olan panellerde, uygulanan anlık akım değerleri, orta panelde ise ölçülen değerler görülmektedir.

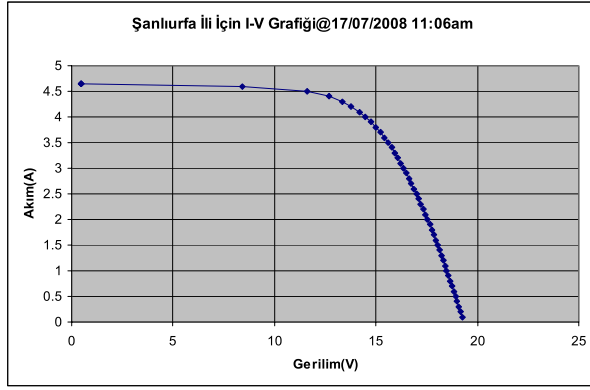


Şekil 3. Ölçüm düzeneğine ait program ara yüzü

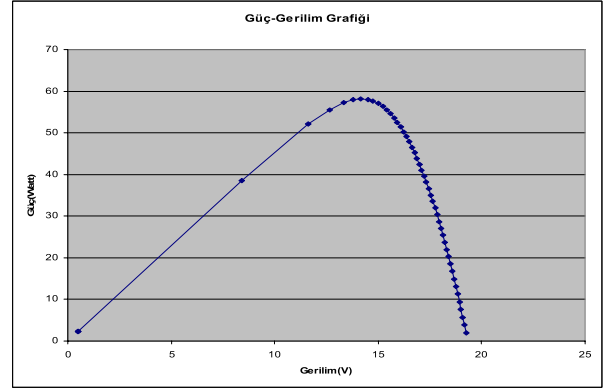
3. ÖRNEK ÖLÇÜM VE SONUÇLARI

Otomatik ölçüm sırasında Elektronik Yükün Sabit Akım modunda akım değerinin sıfır yapılması ile ölçülen gerilim değeri, PV panele ait açık devre gerilimini (V_{oc}) vermektedir. PV panelin dayanabildiği maksimum akım değerinin altında kalmak şartıyla, gerilimin sıfır olduğu akım değeri kısa devre akımını (I_{sc}) vermektedir. Bu ölçüm

düzeneği ile 5 dakikalık zaman periyotunda; akım değeri belirlenen adım aralıklarıyla sıfırdan maksimuma kadar artırılarak, yapılan ölçümler o güne ait dosyada saklanmaktadır. Güneş şiddetinin 5 dakikalık zaman aralığında hızlı değişim göstermeyeceği düşünülürse, gün boyunca karşılaşılan ışınım şiddetlerinin tümü için Şekil 4(a) ve 4(b)'de görülen Akım-Gerilim (I-V) ve Gerilim-Güç (V-P) grafikleri oluşturulabilmektedir.



(a)

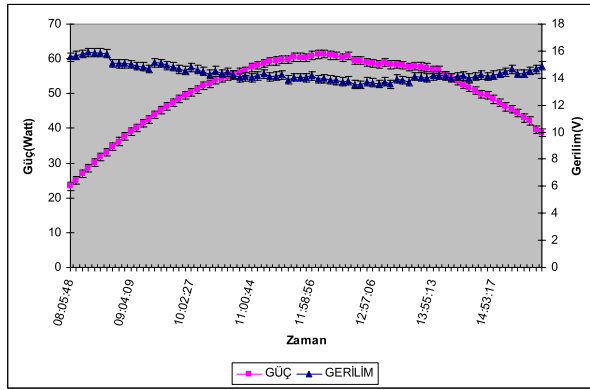


(b)

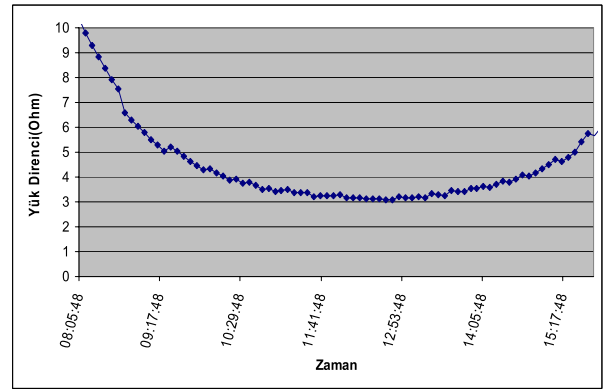
Şekil 4. Test edilen PV panelin anlık ışınım şiddeti ve anlık panel sıcaklığındaki; a) I-V eğrisi, b) V-P eğrisi.

Bunun yanında 5 dakika aralıklarla gün boyunca yapılan her ölçüme ait maksimum güç değerleri, kaydedilen bu verilerden elde edilerek, belirlenebilmektedir. Ölçümü yapılan PV panele ait günlük maksimum güç ve bu gücü sağlayan gerilim değerleri Şekil 5(a)'da, maksimum güç aktarımının sağlandığı yük direnci değerleri ise Şekil 5(b)'de

verilmiştir. Günlük toplanan bu veriler kullanılarak, gerçek atmosferik koşullarda çalışan aynı tip bir PV panel için, hangi yük koşullarında Maksimum Güç elde edilebileceğinin belirlenebilir olması önemlidir. Bu belirlemenin yapılabilir olmasını sağlayan programın akış diyagramı, Şekil 6'da gösterilmektedir.



(a)



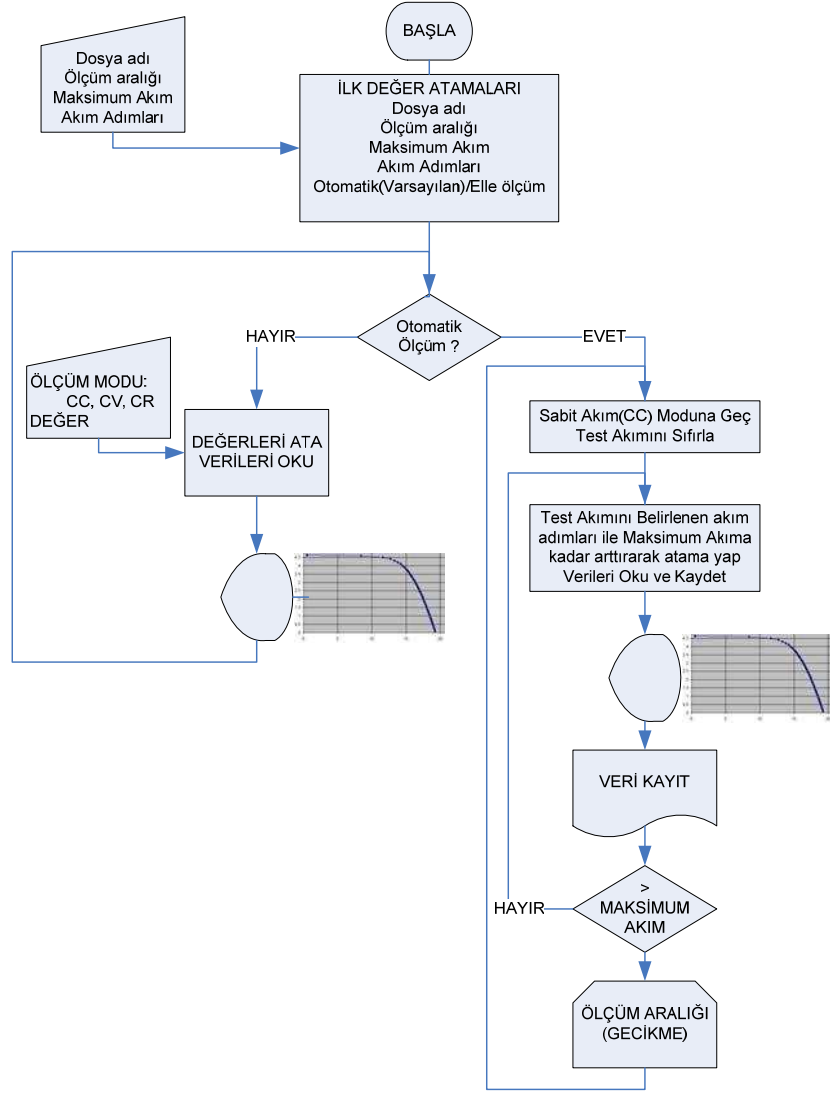
(b)

Şekil 5. PV panele ait gün boyunca değişen ışınım şiddeti ve panel sıcaklıklarındaki; a) maksimum güç ve gerilim değerleri, b) maksimum güce ait yük (direnç) değerleri

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada; PV panel ya da panel dizilerinin dış ortamda meteorolojik şartlar altında uzun süreli performanslarının elde edilmesi amacıyla çok kanallı, modüler ve kolayca istenilen senaryoların programlanabildiği bir ölçüm düzeneği oluşturulmuştur. Düzenek, panel elektriksel parametrelerinin hızlı, kolay, doğru ve istenilen hassasiyette tespit edilmesine ve bilgisayar desteği

ile de bu parametrelerin izlenebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede, optimum panel konfigürasyon ve kapasitesinin belirlenmesinde, yerel iklim özelliklerinin etkisi belirlenebilmekte ve daha gerçekçi tasarım olanağı ortaya çıkmaktadır. Mevcut düzenek ile uygulamada en uygun yük profiline sahip cihaz seçimine yönelik çalışmalar hali hazırda devam etmekte olup, daha sonraki çalışmalarımızda rapor edilecektir.



Şekil 6. Elektronik Yük Sistemi Programının Akış Diyagramı

5. KAYNAKLAR

Aydın, M., Suzer, M. H., Ve Yeşilata, B., Fotovoltaik Sistemlerde Anlık Çalışma Koşullarının Ölçümü İçin Özgün Bir Veri(DAQ) Kartı Tasarımı. 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 19-21 Ekim 2005, Mersin.

Blaesser, G., PV System Measurements And Monitoring The European Experience. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 47: 1-4, 167-176, 1997.

Durisch, W., Tille, D., Wörz, A., Plapp, W., Characterisation of photovoltaic generators. *Applied Energy*, 65: 273-284, 2000.

Fıratoglu, Z.A., And Yeşilata, B., New approaches on the optimization of directly-coupled photovoltaic water-pumping systems. *Solar Energy*, 77 (1): 81-93, 2004.

Gxasheka, A.R., Van Dyk, E.E. Ve Meyer, E.L., Evaluation of performance parameters of PV modules deployed outdoors. *Renewable Energy*, 30 (4): 611-62, 2005.

Hirata, Y., Inasaka, T. And Tani, T., Output Variation of Photovoltaic Modules with Environmental Factors - II: Seasonal Variation. *Solar Energy*, 63: 85-189, 1998.

Ikisawa, M., Nakano, A., Igari, S. Ve Terashima, H., Outdoor exposure tests of photovoltaic modules in Japan and overseas. *Renewable Energy*, 14 (1-4): 95-100, 1998.

Kou, Q., Klein, A., And Beckman, W., A Method for Estimating the Long Term Performance of Direct- Coupled PV Pumping Systems. *Solar Energy*, 64: 33-40, 1998.

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.

Merten, J. And Andreu, J., Clear Separation of Seasonal Effects on the Performance of Amorphous Silicon Solar Modules by Outdoor I/V-Measurements. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 52: 11-25, 1998.

Morgan, M. J., Jakovidis, G., And Mcleod, I., An experiment to measure the I-V characteristics of a silicon solar cell *Phys. Educ.* 29: 252-254, 1994.

Morgan, M. J., Jakovidis, G., And Mcleod, I., An experiment to measure the I-V characteristics of a silicon solar cell, *Phys. Educ.* 29: 252-254, 1994.

Nishioka, K., Hatayama, T. , Uraoka, Y., Fuyuki, T., Hagihara R., And Watanabe, M., Field-test analysis of PV system output characteristics focusing on module temperature, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 75: 3-4, 1, 665-671, 2003.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2006K/120670 Nolu DPT projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.