ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/387588777

Fotovoltaik PV Güneş Pilinin Bir Diyotlu Matematiksel Modelinin Matlab Simulink ile Gerçekleştirilmesi

Conference Paper · September 2013

CITATION
1

READS
6

4 authors, including:



Saban Yilmaz
Kilis 7 Aralık University
33 PUBLICATIONS **342** CITATIONS
SEE PROFILE



Mustafa Aksu
Ahi Evran University
12 PUBLICATIONS **8** CITATIONS
SEE PROFILE



Ahmet Gani
Kayseri University
132 PUBLICATIONS **489** CITATIONS
SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Ahmet Gani on 01 January 2025.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Güneş Pilinin Bir Diyotlu Matematiksel Modelinin Matlab Simulink İle Gerçekleştirilmesi

Hasan Rıza Özçalık [1], *Şaban Yılmaz* [2], *Mustafa AKSU* [2], *Ahmet GANİ* [1],

[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Avşar Yerleşkesi, Kahramanmaraş
ozcalik@yahoo.com
agani@ksu.edu.tr

[2]Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Karacasu Yerleşkesi, Kahramanmaraş
sabanyilmaz1@hotmail.com
maksu@ksu.edu.tr

Özetçe

Fotovoltaik Sistemlerinin veriminin artması ve maliyetinin düşmesi enerji ihtiyacının güneşten karşılanması açısından umut verici gelişmelerdir. Fotovoltaik sistemlerin amorti süresinin kısalması, panel fiyatlarının düşmesinin yanında, sistemin optimum tasarlanmasıyla da ilgilidir. Fotovoltaik sistem tasarımında benzetim çalışmalarının yapılabilmesi için güneş pillerinin modellenmesi çok önemlidir. Fotovoltaik güneş pillerinin Matlab Simulink yardımıyla bir diyotlu matematiksel modelinin çıkartılması ve akım-gerilim, güç-gerilim karakteristiklerinin çizilmesi bu makalenin ana konusunu oluşturmaktadır.

1. Giriş

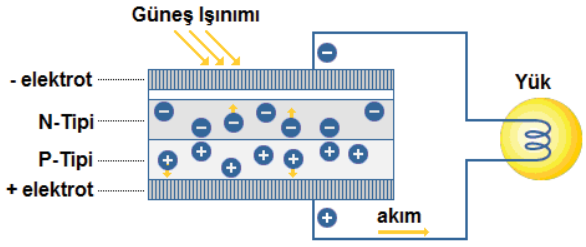
Bilindiği üzere enerji, hayat kalitesini iyileştiren, ekonomik ve sosyal ilerlemeyi sağlayan en önemli faktördür. Ancak, artan enerji fiyatları, küresel ısınma ve iklim değişikliği, dünya enerji talebindeki artış, hızla tükenmekte olan fosil yakıtlara bağımlılığın yakın gelecekte devam edecek olması, yeni enerji teknolojileri alanındaki gelişmeler, ülkeleri yeni arayışlara götürmektedir. Dünya'nın enerji geleceği ile ilgili raporlara bakıldığında; 2000-2100 yılları arasında enerji ihtiyaçları ve kaynaklarındaki dağılımda, 2100 yılında petrolün iyice azalacağı, kömürün nerdeyse hiç kalmayacağı, güneş enerjisi kullanımının ise çok artacağı görülmektedir[1].

Fotovoltaik güneş pillerinin yaklaşık 60 yıllık gelişiminde, özel ve kamu destekli araştırma ve geliştirme çalışmaları esas olmuştur. Güneş pili fiyatlarındaki düşüş ve elektrik üretiminde temiz bir enerji kaynağı olmasından dolayı kullanımında son yıllarda önemli bir artış görülmektedir. Güneş pilleri pahalı olmalarına karşın en önemli üstünlükleri; hiç bir hareketli parçaya sahip olmamaları, sorunsuz olarak az bakımla 25- 30 yıl kullanılabilmeleri ve çalışma süreleri boyunca doğaya hiç bir kirletici atık bırakmamalarıdır. Bu edenle güneş pilleri ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır[2].

Fotovoltaik sistemler, güneş pilleri, bağlantı elemanları, koruma elemanları, depolama elemanları ve beslediği yükün karakteristiğine bağlı olarak bazı ilave elemanlar içeren bir yapıya sahiptirler. Bu sistemlerin en önemli elemanı olan güneş pilleri, özellikle ilk yatırım maliyeti ve kullanılacak diğer elemanların nitelik ve miktarlarını da belirleyici özelliğe sahiptir. Bu nedenle ilk kurulum aşamasında güneş pillerinin en iyi şartlarda ve en yüksek verimle çalışabilecekleri bir sistem tasarlamak çok önemlidir[3].

Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Bu prensiple çalışan güneş pili, üzerine düsen ışık miktarına bağlı olarak uçlarında gerilim üretir. Üretilen gerilim, gelen güneş ışığı miktarına bağlı olarak doğru orantılı bir değişim gösterir [33].

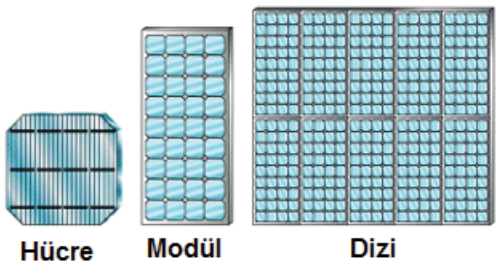
2. Güneş Pilinin Yapısı



Şekil 1: Güneş Hücresinin Yapısı [4]

Fotovoltaik hücreler yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yarıiletken maddelerin fotovoltaik hücre olarak kullanılabilmeleri için N ve P

tipi katkılanmaları gereklidir. Katkılama, saf yarıiletken eriyik içerisine istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak eklenmesiyle yapılır. En yaygın fotovoltaik hücre maddesi olarak kullanılan silisyumdan N tipi silisyum elde etmek için silisyum eriyiğine periyodik cetvelin 5. grubundan bir element, örneğin fosfor eklenir. P tipi silisyum elde etmek için ise, eriyiğe 3. gruptan bir element (alüminyum, indiyum, bor gibi) eklenir. N tipi silisyum yapısındaki fazla elektronu kristal yapıya verir, N tipi silisyum "verici" olarak adlandırılırken; P tipi silisyumun yapısında bir elektron eksiktir, bu eksikliğe hol denir ve P tipi silisyum "alıcı" olarak adlandırılır. P ve N tipi katkılandırılmıs malzemeler bir araya getirildiğinde yarıiletken eklemler oluşturulur. Eklem bölgesine ışık düşürülerek elektron-hol çiftleri oluşturulur, ardından bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılırlar. Şekil 1 de görüldüğü gibi birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, fotovoltaik hücrenin uçlarında yararlı bir güç çıkısı oluşturur [5].



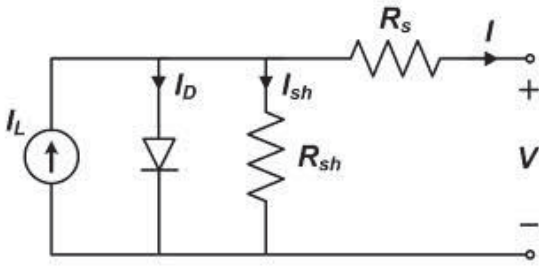
Şekil 2: Güneş Panelinin Yapısı [6]

Şekil 2 de görüldüğü gibi güneş hücreleri birleşerek Modülleri, Modüller birleşerek Dizileri oluşturmaktadır.

3. Bir Diyotlu Model

Fotovoltaik bir hücre, PN bağlantılı bir diyotla paralel bağlı bir akım kaynağı olarak modellenebilmektedir. Akım kaynağı sabit akım üretmekte ve bu akım, hücre üzerine düşen ışığın yoğunluğuyla orantılı olmaktadır. Fotovoltaik Sistemler hava koşulları ve güneş ışınımından direk olarak etkilenmektedir. Fotovoltaik sistemin verimi ve dolayısıyla fiyatı, harici çalışma koşulları ve bu değişken koşullar altında sistem elemanların en iyi noktada çalıştırılması ile doğrudan ilgilidir. Bu yüzden güneş enerjisi uygulamaları artarken, farklı ve değişken koşullar altında Fotovoltaik sistemin her bir elemanının performansını doğru değerlendirmek önem kazanmaktadır. Bu durum, aynı zamanda sistem tasarımını etkilemekte ve elektriksel parametreleri ani şekilde değiştirerek şebekeyi belli zaman içindeki değişimleri ayarlama durumunda bırakmaktadır. Bir güneş hücresinin performansını anlamak için hücrenin akım-gerilim bağıntısına ihtiyaç vardır. Güneş pili karakteristikleri evirici çalışmasını ve denetim sisteminin tasarımını etkilemektedir [7].

Tek diyot modeli eşdeğer devresinde bir akım kaynağı (Güneş pili), buna paralel bir diyot ve bir direnç R_{sh} ve bunlara seri bağlı bir direnç R_s bulunmaktadır. Bu devre şekil 3'te verilmektedir [9-21].



Şekil 3: Bir Diyotlu Model

Tablo 1: Fotovoltaik Model Parametreleri

R_s	Seri Direnç	I_{pil}	FV Pilin Çıkış Akımı
R_p	Paralel Direnç	V_D	Diyot Voltajı
q	Elektron Yükünü	G_{ref}	Nominal Güneş Işığı Miktarı
m	İdealite Faktörünü	G	Güneş Işığı Miktarı
k	Boltzman Sabitini	I_{sc}	Nominal Kısa Devre Akımı
T	Kelvin Sıcaklık	V_{oc}	Nominal Açık Devre Voltajı
N_{pc}	Paralel Kol Sayısı	I_M	Max. Güç Nok. Mevcut Akım
N_{sc}	Seri Kol Sayısı	T_{ref}	Hücrenin No. Sıcaklığı
P_M	Maksimum Güç	V_M	Max. Güç Nok. Mevcut Voltaj
C_0	Sıcaklık Katsayısı	K_v	Gerilim Sıcaklık Katsayısı
I_D	Diyot Akımı	I_e	Elektron Akımı
I_{ph}	Fotovoltaik Akım	I_h	Boşluk Akımı
I_{sh}	Par. Direnç Akımı	K_i	Akım Sıcaklık Katsayısı
I_{oref}	Referans Akımı	E_g	Diyot Bant Genişliği
b	Yarı İletken Sabiti	I_0	Diyot Doyma Akımı

Şekil 3.deki Devreye Kirchoff'un akımlar kanunu uygulanırsa;

$$I_{pil} = I_{ph} - I_{D1} - I_{D2} - I_{sh} \quad (1)$$

Diyot akımı, p-n jonksiyonundan geçen toplam akım olup, matematiksel olarak fotonlar tarafından harekete geçirilen elektronlar ve boşluklar tarafından oluşturulan akımların toplamıdır. İletim bandındaki elektron durumlarının ve valans bandındaki boşluk akımlarının Boltzman dağılımı ile net elektron akımı ve boşluk akımları [22-32];

$$I_e = I_{eo}.\left(e^{\frac{qV_D}{kbT}} - 1\right) \quad (2)$$

$$I_h = I_{ho}.\left(e^{\frac{qV_D}{kbT}} - 1\right) \quad (3)$$

olarak tanımlanır. Diyot akımı ise;

$$I_D = I_e + I_h = I_o.\left(e^{\frac{qV_D}{kbT}} - 1\right) \quad (4)$$

Olur.

Diyot akımı I_D, diyotun mutlak sıcaklığı, gerilim ve yük tarafından çekilen akımın bir fonksiyonu olarak değişir. Denklem 4'te; q, elektron yükünü (1.602×10^{-19} C), V_D diyotun uçları arasındaki potansiyel farkını, m, idealite faktörünü, k: Boltzman sabitini (1.381×10^{-23} J/K) ve T, Kelvin cinsinden mutlak sıcaklığı temsil etmektedir [33].

$$I_D = I_o.\left(e^{\frac{qV_D}{mkT}} - 1\right) = I_o.\left(e^{\frac{q(V_{pv}+I.R_S)}{mkT}} - 1\right) \quad (5)$$

$$I_{sh} = \frac{V_D}{R_{sh}} = \frac{(V_{pv}+I.R_S)}{R_{sh}} \quad (6)$$

$I_{pil} = I_{ph} - I_D - I_{sh}$ olduğundan,

$$I_{pil} = I_{ph} - I_o.\left(e^{\frac{q(V_{pv}+I.R_S)}{mkT}} - 1\right) - \frac{(V_{pv}+I.R_S)}{R_{sh}} \quad (7)$$

olur.

denklem 7'deki eşitliğin sıcaklıkla bağıntısı; [33]

$$I_{pil} = I_{ph.}\left(1 + C_0(T - 300)\right) - I_o.\left(e^{\frac{q(V_{pv}+I.R_S)}{mkT}} - 1\right) - \frac{(V_{pv}+I.R_S)}{R_{sh}} \quad (8)$$

olur.

$$V_M = N_{sc}.V_{new} \quad (9)$$

$$I_M = N_{pc}.I_{new} \quad (10)$$

olur [33].

Sıcaklığın etkisine bağlı olarak bir PV modülün karanlıktaki doyma akımı;

$$I_0 = I_{oref}.\left(\frac{T_c}{T_{cref}}\right)^3.\exp\left[\left(\frac{q.E_g}{n.k_b}\right)\left(\frac{1}{T_{cref}} - \frac{1}{T_c}\right)\right] \quad (11)$$

I_{oref} = Referans akım

E_g = diyot bant genişliği

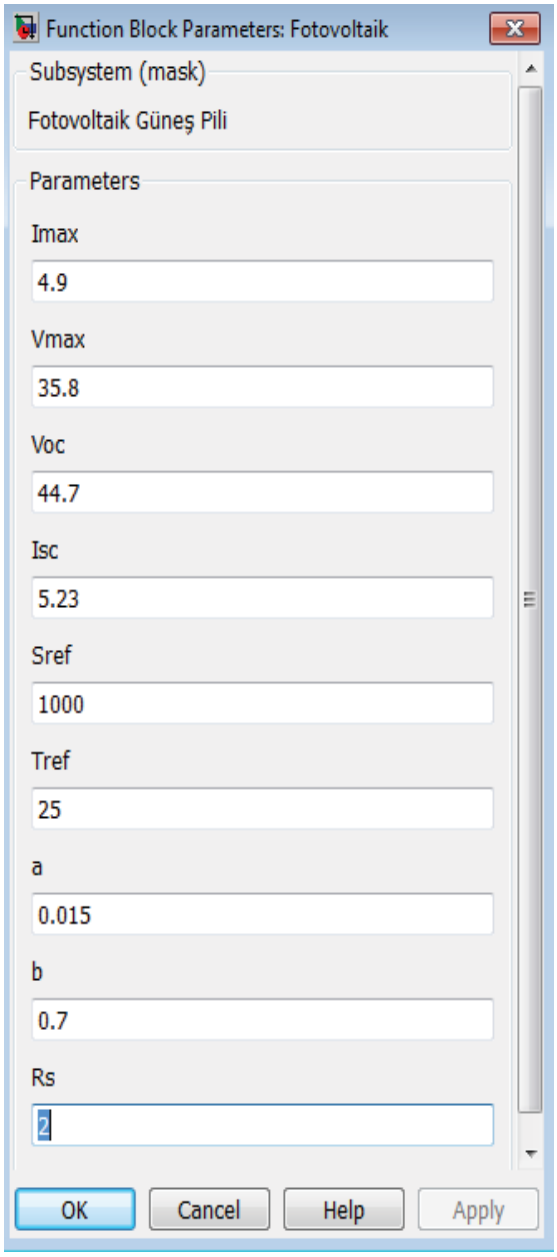
Foton akımı;

$$I_{ph} = [I_{sc} + \alpha.(T_c - 25)]\frac{G}{G_{ref}} \quad (12)$$

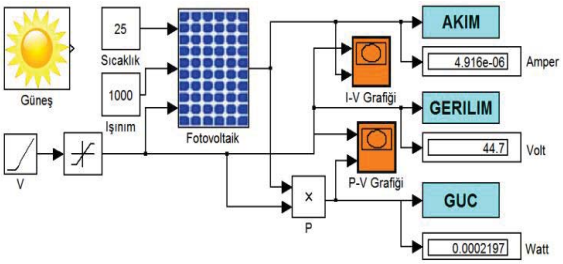
12. ve 11. Denklemler 8.denklemde yerine yazılırsa güneş gözesinin üretmiş olduğu akım elde edilir [33].

4. Matlab Simulink Uygulaması

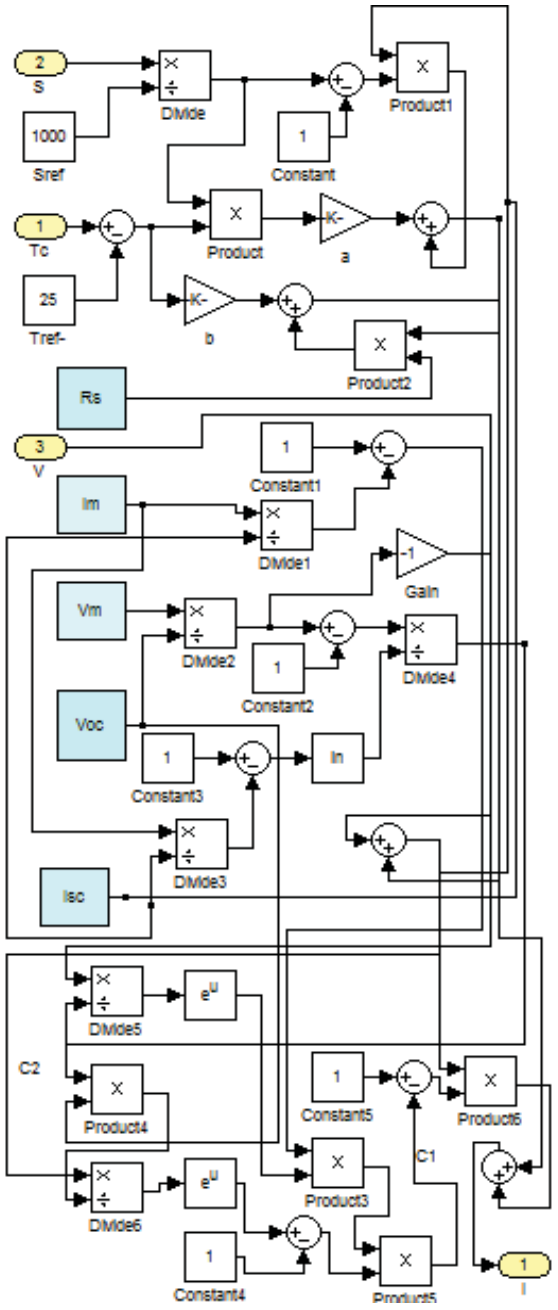
Şekil 4'de modellenen fotovoltaik panelin parametreleri görülmektedir.



Şekil 4: Fotovoltaik Blok Parametreleri



Şekil 5: Matlab Simulink uygulaması



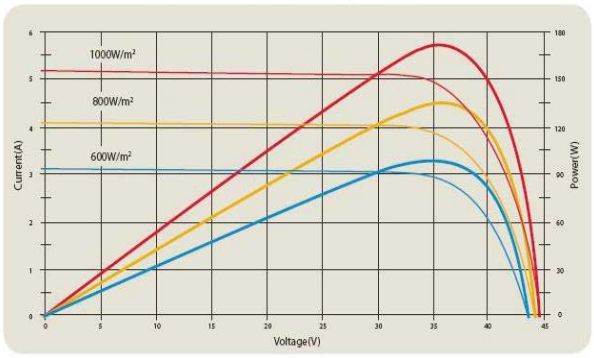
Şekil 6: Matlab Simulink ile gerçekleştirilen bir diyotlu Model

5. Modellenen Güneş Pili

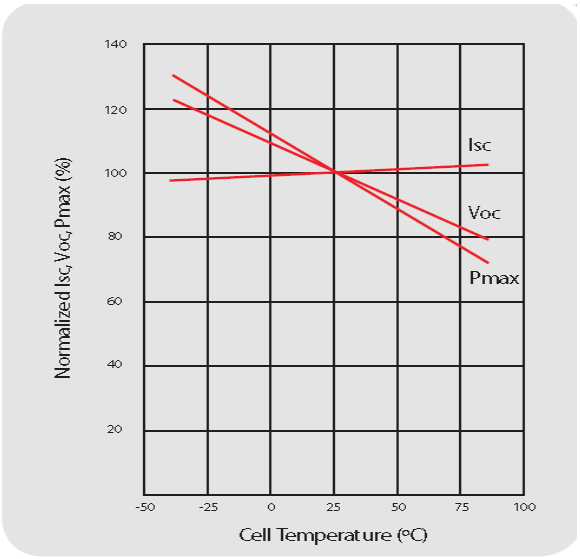
Suntech Marka STP175S-24 model güneş pilinin etiket değerleri; Güç=175,0 W, V_{mp}=35,8 V, I_{mp}=4,9 A, V_{oc}=44,7 V, I_{sc}=5.23 A, W=15,5 kg, 1580x808x35(mm), mono-Si 'dir.

Şekil 7'de Suntech Marka STP175S-24 model güneş pilinin kataloğunda verilen farklı ışınım değerleri için akım-gerilim ve güç-gerilim karakteristikleri görülmektedir.

Şekil 8'de sıcaklığın güneş piline etkisi görülmektedir.



Şekil 7: Modellenen Güneş Pilinin Karakteristikleri [34]



Şekil 8: Güneş Pilinin Sıcaklığa Tepkisi [34]

6.Sonuç

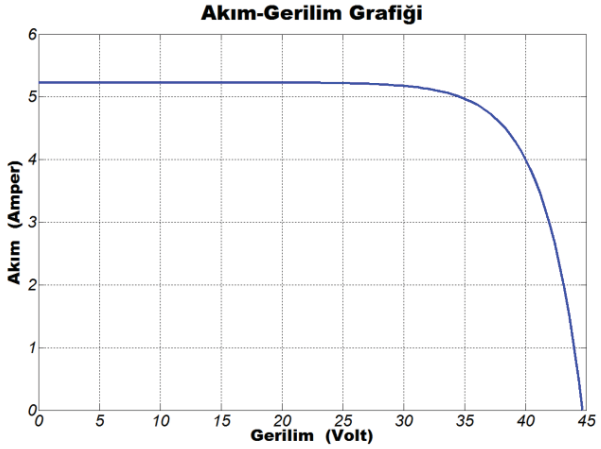
Matlab Simulink ile gerçekleştirilen fotovoltaik güneş pilinin bir diyotlu matematiksel modeli ile başarılı bir şekilde Suntech Marka STP175S-24 model güneş pilinin benzetimi yapılmıştır.

Yapılan çalışma fotovoltaik sistem tasarımın benzetim çalışmalarında, güneş pillerinin modellenmesi için bir diyotlu eşdeğer devre ile yapılan modelin başarı ile kullanılabileceğini göstermiştir.

Model yardımıyla güneş pilinin üretimini etkileyen ortam sıcaklığı ve güneş ışınımının etkileri incelenmiştir. Ayrıca modellenen fotovoltaik panelin parametrelerinden V_{mp}, I_{mp}, V_{oc}, I_{sc} 'in değişimlerinin üretimi nasıl etkilediği incelenmiştir. Fotovoltaik güneş pillerinin ortam ve parametrik değerleri bilindiği takdirde üretiminin değerlerinin hesaplana bilineceği görülmüştür.

Oluşturulan model ile Fotovoltaik güneş pilinin akım-gerilim, güç-gerilim karakteristiklerinin çizilmiş ve fotovoltaik panelin katalog karakteristikleri ile büyük ölçüde uyum sağladığı tespit edilmiştir.

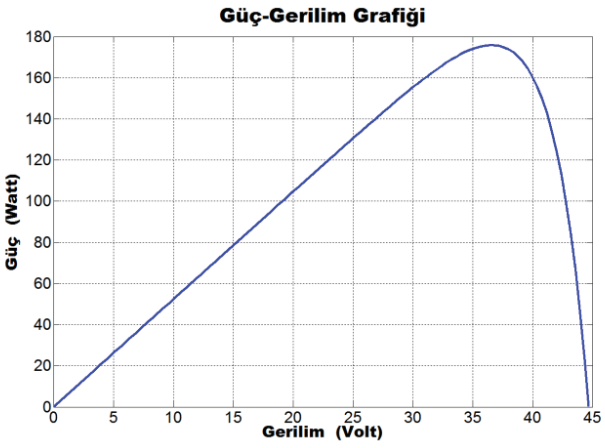
Fotovoltaik panelin Matlab simulink yardımıyla oluşturulan matematiksel modelinin sabit 1000 W/m^2 gün ışığı ve 25° C ortam sıcaklığında akım-gerilim karakteristiği şekil 9'de görülmektedir.



Şekil 9: Akım-Gerilim Grafiği

Karakteristikte V_{oc}=44,7 V, I_{sc}=5.23 A, V_{mp}=35,8 V, I_{mp}=4,9 A olduğu görülmektedir. Modelin değerleri ile katalog değerlerinin aynı olduğu tespit edilmiştir.

Fotovoltaik panelin Matlab simulink yardımıyla oluşturulan matematiksel modelinin sabit 1000 W/m^2 gün ışığı ve 25° C ortam sıcaklığında güç-gerilim karakteristiği şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10: Güç-Gerilim Grafiği

Karakteristikte V_{oc}=44,7 V, V_{mp}=35,8 V, Güç=175,0 W olduğu görülmektedir. Modelin değerleri ile katalog değerlerinin aynı olduğu tespit edilmiştir.

Kaynakça

[1] M. Çetin, N. Eğrican, "Güneş Enerjisi: Ekonomiye ve İstihdama Katkısı", Solar Future, 2010,İstanbul

[2] S. Rustemli, F. Dinçadam, M. Demirtaş, "Güneş Pilleri İle Sıcak Su Elde Etme ve Sokak Aydınlatması*", V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyum, 2009, Diyarbakır*

[3] N. Onat, S. Ersöz, "Fotovoltaik sistemlerde maksimum güç noktası izleyici algoritmalarının karşılaştırılması", *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyum, 2009, Diyarbakır*

[4] http://www.everlight-solar.com/en/home3.html

[5] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/pvilke.html

[6] http://www.decsolar.com/solar-pv-in-southern-california/

[7] M. Ö. Yatak, " Fotovoltaik Beslemeli Aralıklı Tip – 2 Bulanık Mantık Denetleyicili İki Kademeli Dönüştürücünün Gerçekleştirilmesi", *Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Doktora Tezi, 2012, Ankara*

[8] G. Walker," Evaluatıng MPPT Converter Topologıes Usıng A Matlab PV Model", University of Queensland, Australia

[9] İ. H. Altaş, "Foto voltaj Güneş Pilleri: Eşdeğer Devre Modelleri ve Günışığı ile Sıcaklığın Etkileri", *Karadeniz Teknik Üniversitesi,1998*

[10] Şaban YILMAZ, Mustafa AKSU, Zafer ÖZER, Hasan Rıza ÖZÇALIK, " Matlab İle Gerçekleştirilen Fotovoltaik (PV) Güneş Pili Modeli İle Güneş Enerjisi Üretimindeki Önemli Etkenlerin Tespit Edilmesi", *ELECO 2012,Bursa*

[11] Narendra ve K. Parthasarathy, "Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks," *IEEE Trans. on Neural Networks*, Cilt: 1, No: 1, s:4-27, 1990.

[12] A. Mellita, M. Benghanemb, S.A. Kalogirouc a, " Modeling and simulation of a stand-alone photovoltaic system using an adaptive artificial neural network: Proposition for a new sizing procedure", Department of Electronics, University Centre of Me´de´a, Institute of Science Engineering, 26000, Me´de´a, Algeria, University of Sciences and Technologies Houari Boumadiene, Faculty of Electrical Engineering, B. O. Box, 32; El-Alia, Bab-Ezzouar 16111, Algiers, Algeria, Department of Mechanical Engineering, Higher Technical Institute, P.O. Box 20423, Nicosia 2152, Cyprus, 2006

[13] A. Ortiz-Conde, F. J. Garcı´a S. J. Muci "New method to extract the model parameters of solar cells from the explicit analytic solutions of their illuminated I–V characteristics" Solid State Electronics Laboratory,

Simo´n Bolı´var University, Apartado Postal 89000, Caracas 1080A,Venezuela,2005

[14] A. Ö. Küpeli, "Güneş Pilleri ve Verimleri", Osmangazi Üniversitesi, Fen bilimleri, enstitüsü Yüksek lisans tezi,2005

[15] E. Karatepe, M. Boztepe, M. Colak, "Neural network based solar cell model", Department of Electrical and Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, Bornova, Izmir 35100, Turkey,2005

[16] F. Adamo, F. Attivissimo, A. Di Nisio, A. M. L. Lanzolla, M. Spadavecchia "Parameters Estimation For A Model Of Photovoltaic Panels" XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology, Lisbon, Portugal, 2009

[17] G. Segev, G. Mittelman, A. Kribus, "Equivalent circuit models for triple-junction concentrator solar cells", School of Electrical Engineering, TelAviv University, TelAviv 69978, Israel, School of Mechanical Engineering, Tel Aviv University, Tel Aviv 69978, Israel, 2011

[18] H. I. Cho, S. M. Yeo, C. H. Kim, V. Terzija, Z. M. Radojevic , "A Steady-State Model of the Photovoltaik System in EMTP"

[19] H. Kawamura, K.Naka, N.Yonekura, S. Yamanaka, H. Kawamura, H. Ohno, K.Naito "Simulation of I2V characteristics of a PV module with shaded PV cells"Department of Electrical and Electronic Engineering, Meijo University, 1-501, Shiogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya 468-8502, Japan,2003

[20] H. L. Tsai, C.S. Tu, and Y.J. Su, "Development of Generalized Photovoltaic Model Using MATLAB/SIMULINK", Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA,2008

[21] İ. H. Altaş, A. M. Sharaf, "A Photovoltaic Array Simulation Model for Matlab-Simulink GUI Environment", Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey, Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, Canada

[22] İ. H. Altaş, O. Mengi, "Fotovoltaik Güneş Pilleri için Genel amaçlı bir MATLAB/Simulink GUI Modeli " Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2007

[23] K. G. Şimsek, " Elektrik Enerjisi Üreten fotovoltaik güneş paneli sistemi fonksiyonel modellemesi", Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2010

[24] K. Ishaque, Z. Salam, H. Taheri, "Simple, fast and accurate two-diode model for photovoltaic modules" Faculty of Electrical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, UTM81310, Skudai, JohorBahru, Malaysia, 2010

[25] K. Nishioka, N. Sakitani, Y. Uraok, T. Fuyuki "Analysis of multicrystalline silicon solar cells by modified 3-diode equivalent circuit model taking leakagecurrent through periphery into consideration" Graduate School of Materials Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology, 1-1 Asahidai, Nomi, Ishikawa, 923-1292, Japan,Graduate School of Materials Science, Nara Institute of Science and Technology, 8916-5 Takayama, Ikoma, Nara 630-0101, Japan,2007

[26] M. G. Villalva, J. R. Gazoli, E. Ruppert F.,"Modeling And Circuit-Based Simulation Of Photovoltaic Arrays", University of Campinas - UNICAMP, Brazil,2009

[27] M. G. Villalva, J. R. Gazoli, E. R. Filho, "Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays", IEEE Transactıons On Power Electronıcs, Vol. 24, No. 5, May 2009

[28] Ş. Çamcı, "Konutlar İçin, Yakıt Hücresi Ve Güneş Pilleri Kullanan, Şebekeden Bağımsız Bir Güç Sisteminin Tasarımı Ve Modellemesi", Gazi Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 2007

[29] W. D. Soto, S.A. Klein , W.A. Beckman," Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance", Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison, 1500 Engineering Drive, Madison, WI 53706, USA,2005

[30] Y. Shen, K. Li, N. Majumdar, J.C. Campbell, M. C. Gupta, "Bulk and contact resistance in P3HT:PCBM heterojunction solar cells", Department of Electrical and Computer Engineering University of Virginia, 351 McCormick Road, Charlottesville, VA22904, USA, 2011

[31] J. S. Kumari, C. S. Babu," "Mathematical Modeling and Simulation of Photovoltaic Cell, using Matlab-Simulink Environment", Asst. Professor, Dept of Electrical and Electronics Engg, RGM College of Engg & Tech, Nandyal, India. Professor, Dept of Electrical and Electronics Engg, JNT University, Kakinada, India.

[32] D. Petreus, C. Farcas, I. Cıocan," Modelling And Simulation Of Photovoltaic Cells", Technical University of Cluj-Napoca,Faculty of Electronics, Telecommunications and Information Technology,26-28 G. Baritiu Street, Cluj-Napoca, Romania,

[33] G. Bayrak, M. Cebeci, "3,6 kW Gücündeki Fotovoltaik Generatörün Matlab Simulink İle Modellenmesi", *Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ*

[34] http://solar-panels.greentechmedia.com/l/268/Suntech-STP175S-24-Ab-1

View publication stats