

# PV Sistemlerde Farklı Işınım Değerlerinde Verimliliğin Artırılması

## Improving the efficiency of PV system under different insolation levels

Mehmet Ali Özçelik<sup>1</sup>, Ahmet Serdar Yılmaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gaziantep Meslek Yüksekokulu, Elektrik Bölümü  
Gaziantep Üniversitesi  
ozcelik@gantep.edu.tr

<sup>2</sup>Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
asyilmaz@ksu.edu.tr

### Özet

*PV-Fotovoltaik sistemler güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren, fosil yakıt enerjilerinin çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve sınırlı rezervleri düşünülürken, temiz, yenilenebilir enerji olan bu enerjinin önemi gün geçtikçe artmaktadır.Yapılan bu çalışmada fotovoltaik sistemlerin güneş ışınım değerlerinin farklı olduğu durumlarda verimliliğin artırılmasına yönelik kıyaslamalar Matlab simulink ortamında güneş pilinin eşdeğer devresi ve DC dönüştürücü modellenerek, farklı ışınım değerlerinde çıkış değerleri ölçülmüş ve bu değerlere göre kıyaslama yapılarak yüksek performansın hangi durumda elde edilebileceği belirlenmiştir.*

### Abstract

*PV (Photovoltaic) systems are energy systems that convert solar energy into electrical energy. They are considered as a cleaner and renewable energy resource when compared to fossil fuel based energy resources. Therefore, they gain more attention recently.*

*In this study, we made a research on improving the efficiency of PV systems under different insolation levels. To this end, equivalent circuit of the solar battery and the DC converter are modeled in the MATLAB Simulink environment. The simulation environment is fed with the output values that correspond to different insolation levels. By use of simulations, we could determine the right settings to obtain the best performance.*

### 1. Giriş

Fotovoltaik sistemler elektrik güç teknolojisinde gittikçe artan bir kullanım alanı bulmalarına rağmen yüksek üretim maliyetleri ve düşük enerji dönüşüm verimlerine sahip olmaları gibi temel dezavantajlara sahiptir. Bunun nedeni büyük ölçüde çıkış gerilim ve akım değerlerinin ışık şiddeti, çalışma sıcaklığı ve yük akımı ile non-lineer olarak değişmesidir. Bu dezavantajların giderilebilmesi için fotovoltaik panellerin üretim teknolojisinin geliştirilmesinin yanında elektrik çıkış güçlerinin kontrolü de önemli yaklaşımlardan biridir. Bunun için PV enerji kaynağı ile

yük empedansı herhangi bir hava şartı için uyumlandırılarak maksimum güç üretimi elde edilmektedir. Fotovoltaik sistemlerde sıcaklık ve güneş ışınımı yarı iletken maddelerde oyuk, elektron açığa çıkması sonucu elektrik enerjisine dönüşüm olmaktadır.Burada güneş modüllerine düşen ışınım miktarıyla orantılı çıkış gerilimi alınmaktadır.Bu sistemlerin en önemli elemanı olan güneş pillerinin eşdeğer devre modelini kullanarak bilgisayar ortamında fotovoltaik sistem tasarımı mümkün olmaktadır.

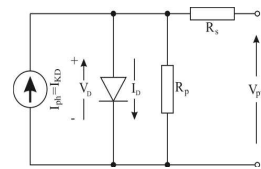
Matlab/simulink ortamında yapılan çalışmada güneş pilinin modeli çıkartılarak, modellemesi yapılan dc dönüştürücü ile bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Panel sayısının fazla olması parçalı bulutlu, gölgeli hava ortamında pv modüllere farklı ışınım değerlerini giriş olarak verilmesine olanak sağlamıştır. Yapılan sistem ile bu ışınım değerleri değiştirilerek farklı özelliklerde ve panel parametrelerinin değişim imkanıyla kıyaslamaların görülebilmesi amaçlanmıştır.

### 2. Güneş Pili Eşdeğer Devresi

Fotovoltaik hücreler güneş ışığının yüzeye çarpması ile geniş bir yüzeyde foto gerilim ve foto akım bir ileri yönlü diyot olarak davranır. Hücreye düşen güneş ışığı sonucu oluşan akımın ifadesi (2.1) de verilmiştir.

$$I = I_{PH} - I_S \cdot \left\{ \exp \left[ \frac{q}{A \cdot k \cdot T} (V + I \cdot R) \right] - 1 \right\} - \frac{(V + I \cdot R_S)}{R_{SH}} \quad (2.1)$$

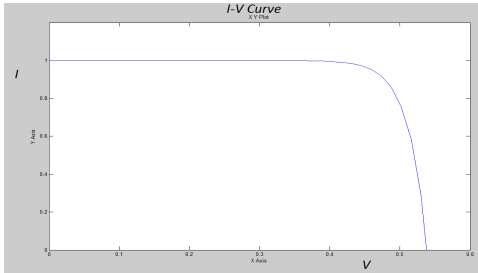
Burada  $I_{PH}$  fotoakım,  $I_S$  saturasyon akımını,  $R$  dirençleri devredeki yük direnci ile seri ve paralel dirençleri,  $V$  uç gerilimini,  $I$  yük akımını ifade etmektedir. Bir güneş hücresinin eşdeğer devre şeması Şekil 1'de görülmektedir.



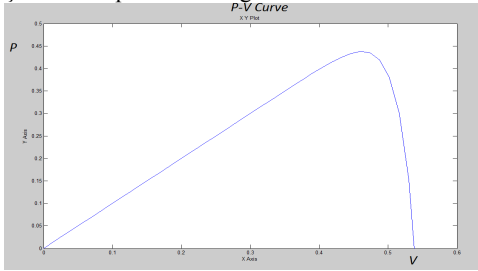
Şekil 1. Güneş pili eşdeğer devresi

Diğer sabitler, K Boltzmann gaz sabiti ( $k = 1.38 \times 10^{-23}$  J/K)  
Tc pilin mutlak sıcaklığı (K), q elektron yükü ( $1.6 \times 10^{-19}$  C)  
değerlerini göstermektedir.

Bir güneş hücresi ile bu hücrelerin seri ve/veya paralel bağlanması ile oluşturulan PV paneller elektriksel olarak bir akım kaynağı, seri/paralel dirençler ile paralel diyotlardan meydana gelmektedir. Güneş pili hücrelerinin gerilimi ile yükte verdiği akım arasındaki ilişki hücrenin I-V ile P-V karakteristiğini vermektedir. Bu iki karakteristik, panelden alınan gücün en yüksek değerine ulaşması için hangi koşullarda çalışması gerektiği hakkında önemli ipuçları vermektedir. Panellerden her zaman en yüksek verimde maksimum güç alabilmek çok önemli bir araştırma konusudur. Şekil 2'de tipik birer I-V ve P-V karakteristiği verilmektedir.



Şekil 2.a Tipik bir I-V Eğrisi



Şekil 2.b Tipik bir P-V Eğrisi

Fotovoltaik sistemlerden her türlü güneşlenme koşullarında daima en yüksek gücü almak gerekmektedir. PV sistemlerin maksimum güç noktası atmosferik koşullara göre değişkenlik göstermektedir. Bu koşullar ortam sıcaklığı ile güneşlenme miktarıdır. Genelde fotovoltaik güneş panelleri en yüksek güç noktasına 25°C civarında ulaşabilmektedir. Sıcaklık yükseldiğinde ise panellerin verimi dolayısıyla verebileceği maksimum gücün büyüklüğü azalmaktadır. Güneşlenme miktarı ise güneşten yeryüzündeki birim alana düşen güneş ışığının gücü olarak tariflenmektedir. Güneş panellerindeki I-V eğrisi iki parametre arasında değişmektedir. Bu parametreler kısa devre akımı ile açık devre gerilimidir.

Tablo 2.1 Güneş paneli teknik özellikleri

Maksimum Güç	P <sub>max</sub>	85 W
Maksimum Güç Noktasındaki Gerilim	V <sub>mpp</sub>	17,2 V
Maksimum Güç Noktasındaki Akım	I <sub>mpp</sub>	4.95 A
Açık Devre Gerilimi	V <sub>oc</sub>	22.2 V
Kısa Devre Akımı	I <sub>sc</sub>	5.45 A
Akımın Sıcaklık Katsayısı	$\alpha$	0.93
Güneş Pili Yapısı	monokristal	

Güneş pilleri verimlerine bağlı olarak güneş ışınımı altında 1-1.5 W elektrik enerjisi üretmektedir. Tek bir diyottan elde edilebilecek akım değeri 2-2.5 A, gerilim değeri ise 5-340 W arasında güce sahip modüller elde edilebilir.

Güneş pilleri N<sub>pc</sub> sayıda paralel kol, N<sub>sc</sub> sayıda güneş pili seri olarak bağlanmasından oluşmuştur.

Modül uçlarına uygulanan gerilim V<sup>M</sup> ve modül akımı I<sup>M</sup> olmak üzere;

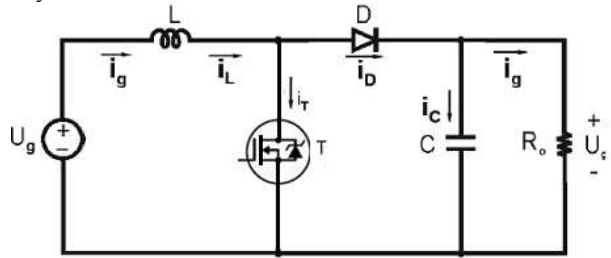
$$V^M = N_{sc} \cdot V_{new} \quad (2.2)$$

$$I^M = N_{pc} \cdot I_{new} \quad (2.3)$$

ifadeleri ile bulunur.

### 3. DC dönüştürücü

Yükseltici yapıdaki dönüştürücüler adından da anlaşılacağı gibi gerilimi yükselten yapılarıdır. Basitleştirilmiş devre şeması Şekil 3.1'de verilmiştir. Bu devreler fotovoltaik sistemlerle kullanıldığında U<sub>g</sub> giriş gerilimi, PV panelin gerilimi olmakta ve bu giriş gerilimini U<sub>ç</sub> çıkış gerilimine, yani sistemdeki akü veya yük gerilimine dönüştürme işlevini üstlenmektedirler. Bu tür devrelerde çıkış gerilimi giriş geriliminden yüksek olduğundan N dönüştürme oranı birden büyüktür.



Şekil 3.1 Yükseltici DC dönüştürücünün prensip şeması

Bağlı iletim süresi D, anahtarlama elemanı mosfet'in iletimde olduğu sürenin, iletim ve kesimde olduğu süreler toplamı olan sinyal periyoduna bölümüdür.

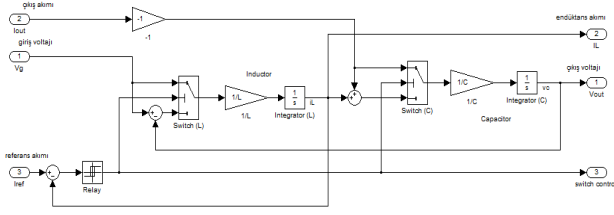
$$D = t_{on} / (t_{on} + t_{off}) = t_{on} / T \quad (3.1)$$

Bu dönüştürücüde dönüşüm, anahtarlama elemanı (T) iletimde iken PV yapı endüktans (L) üzerinden akım geçirmek suretiyle endüktansa ilave enerji enjekte etmesi, ardından da anahtarlama elemanının kesime geçmesiyle endüktansta oluşan ters EMK'nın diyot üzerinden kapasite elemanını şarj etmesi suretiyle gerçekleşir. Sabit kabul ettiğimiz çıkış gerilimi ile giriş gerilimi arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir.

$$N = V_L = V_{PV} = T / t_{off} = 1 / 1-D \quad (3.2)$$

$$I_C / I_{PV} = (1-D) \quad (3.3)$$

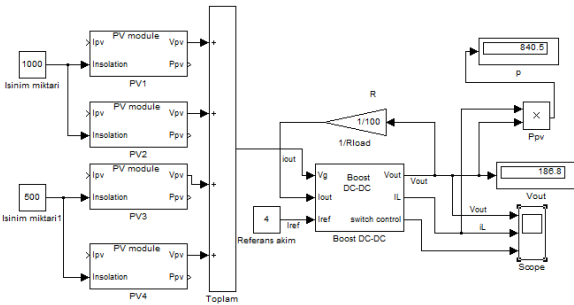
Yükseltici yapılar daha çok kendi başına yeten sistemlerde panel gerilim değeri akü geriliminden düşük olduğu durumlarda kullanılmaktadır.



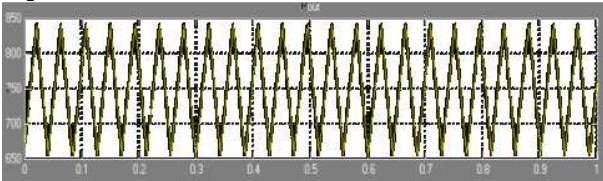
Şekil 3.2 DC dönüştürücü, benzetim modeli

#### 4. PV sistemin bir yükseltici DC dönüştürücüye bağlanması

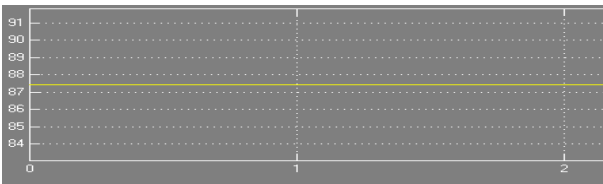
Matlab / Simulink ortamında yapılan uygulamada ışınım değerleri 1000 w/m<sup>2</sup> olan iki panel ile ışınım değeri 500 w/m<sup>2</sup> olan iki panel kullanılarak bulutlu ortam benzetimi yapılmıştır. Tüm paneller bir yükseltici dc dönüştürücüye bağlandığında çıkış gücü ise 840,5 watt olarak ölçülmüştür.



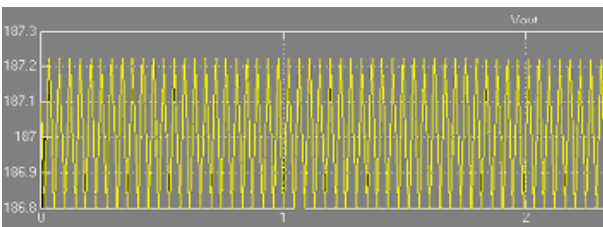
Şekil 4.1 PV sistemin bulutlu ortamda tek dönüştürücüye bağlantısı



Şekil 4.2 Bulutlu ortam tek dönüştürücü çıkış gücü



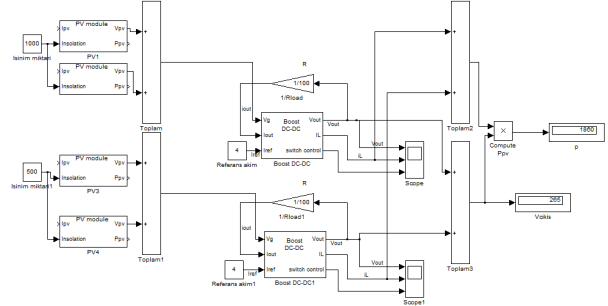
Şekil 4.3 Giriş Gerilimi



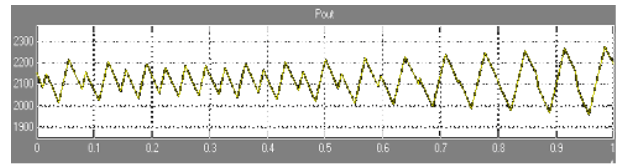
Şekil 4.4 Çıkış Gerilimi

#### PV Sistemin İki Yükseltici DC Dönüştürücüye Bağlanması

İşinım değerleri aynı olan modüller bir yükseltici dönüştürücüye, farklı işinımı olan modüller diğer de dönüştürücüye bağlandığında çıkış gücü 1860 watt olarak ölçülmüştür. Her iki sistemde de kullanılan konvertörler aynı yapıdadır.



Şekil 4.3 PV sistemin bulutlu ortamda iki dönüştürücüye bağlanması



Şekil 4.4 Bulutlu ortam iki konvertör çıkış gücü

#### 5. Sonuç

Yapılan çalışmada bulutlu ortamda modüllerin tek bir DC dönüştürücüye ve aynı ortamda modüllerin iki DC dönüştürücüye bağlanması kıyaslandığında dönüştürücü sayısının artması çıkış gücünü artırdığı görülmüştür. Güneş ışınım değerlerinin homojen olmadığı parçalı bulutlu ortamlarda dönüştürücü sayısının artması verimliliği yükseltmiştir, bununla beraber dönüştürücü sayısının artması sistem maliyetini artırıcı bir unsurdur. Bu durumda güneş ışınım değerlerinin homojen olduğu ortamlarda bir dönüştürücü kullanmak sistem maliyetini azaltacağı görülmektedir.

#### 6. Kaynaklar

- [1] Panwar S. ve Saini R.P, Development and Simulation of Solar Photovoltaic model using Matlab/simulink and its parameter extraction.(ICCCE 2012)
- [2] Hernanz J.A.R ve Campayo J.J, Two Photovoltaic Cell Simulation Mdels in Matlab/Simulink.(IJTPE Journal 2012 ISSN 2077-3528)
- [3] Rustemli S. ve Dincer F, Modeling of Photovoltaic Panel and Examining Effects of Temperature in Matlab/Simulink.2011 ISSN 1392-1215-No.3(109)
- [4] Sree M. ve Ramaprabha R, Design and Modeling of Standalone Solar Photovoltaic Charging System, International Journal of Computer Applications(0975-88879 volume 18-no.2, 2011)

- [5] Pandiarajan N. ve Ramabadran R, Application of circuit model for Photovoltaic Energy Conversion System, Hindawi Publishing Corporation International Journal of Photoenergy Volume 2012, ID 410401
- [6] Bayrak G. ve Cebeci M, 3,6 kW gücündeki fotovoltaik generatörün matlab simulink ile modellenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:28, Sayı:1, Sf:129-137, 2011.
- [7] Onat, N. & Ersöz, S. (2009). *Fotovoltaik Sistemlerde Maksimum Güç Noktası İzleyici Algoritmalarının Karşılaştırılması* V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, YEKSEM'09. Diyarbakır
- [8] Nakir İ. ve Tanrıöven M, Fotovoltaik Güneş Panellerinde GTS ve MGTS Kullanılarak Verimliliğin Artırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi, Sf 26-28 İstanbul