



PV GÜÇ SİSTEMİ MODELLEMESİ

PV POWER SYSTEM MODELING

The Journal of Global Engineering Studies

Volume:3 Issue:1 (2016) 61–71

□

3rd Anatolia Energy Symposium Special Issue

Cemil Suda^{a*} Bengül Metin^b Kadir Cengiz^c Enver Er^d
Mehmet Ögün^e Kıvanç Topçuoğlu^f

^aMuğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Muğla Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü, 48000 Muğla
e-posta: csuda@mu.edu.tr

^bMuğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Muğla Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü, 48000 Muğla
e-posta: bzencir@mu.edu.tr

^cMuğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Muğla Meslek Yüksekokulu Elektronik ve Otomasyon Bölümü, 48000 Muğla
e-posta: kcengiz@mu.edu.tr

^dMuğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Muğla Meslek Yüksekokulu Elektronik ve Otomasyon Bölümü, 48000 Muğla
e-posta: enverer@mu.edu.tr

^eMuğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fizik Bölümü, 48000 Muğla
e-posta: mehmetogun123@gmail.com

^fMuğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Muğla Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü, 48000 Muğla
e-posta: ktopcuoglu@mu.edu.tr

Özet

Gelişmiş ülkeler tüm faaliyet alanlarında enerjiye ihtiyaç duyarlar. Dünyada ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri, rezervlerinin azalması ve ülkelerin dışa bağımlılığının artması nedeniyle yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına yönelmeyi zorunlu kılmıştır. Yenilenebilir ve temiz enerji teknolojileri arasında en fazla dikkat çeken güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretilmesini sağlayan PV güç sistemleridir. PV güç sistemleri genellikle şebekeden bağımsız (off-grid) veya şebekeye bağlı (on-grid) olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma, 100 W ve 2400 W gücündeki PV panellerden oluşmuştur. Muğla il merkezi meteoroloji istasyonundan alınan 2013 yılı güneşlenme ışınımı, sıcaklık ve güneşlenme süreleri parametreleri dikkate alınmış ve 12 aylık ortalama değerleri hesaplanmıştır. Matlab/Simulink programında modelleme yapılmıştır. Matlab/Simulink ortamında, Muğla Meslek Yüksekokulu bahçesinde Ocak-Aralık ayları arasında elde edilebilecek elektrik enerjisi üretimi hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: PV güç sistemi, Matlab/Simulink tasarımı.

*Corresponding author

Abstract

Developed countries need energy in all areas. A large part of the energy needed in the world is obtained from the fossil fuels. Because of adverse effects on the environment of fossil fuels, reduction of reserves and increased dependence on foreign countries has made it compulsory to focus on renewable and clean energy sources. Attracting most attention in renewable and clean energy technologies is PV power systems that are providing the electrical energy produced by solar energy. PV power systems are generally used independent of the network (off-grid) or connected to the grid (on-grid). This study, 100 W and 2400 W power at PV panels consists. Muğla central meteorological station received in 2013 of solar radiation, temperature, sunshine duration parameters and 12-month average values were calculated. Matlab/Simulink modeling was conducted. Matlab/Simulink model was calculated electric power generation between January and December in the Muğla Vocational School garden.

Keywords: PV Power System, Matlab/Simulink design.

Semboller

G	: Işınım şiddeti[w/m ²]
G_{ref}	: Işınım şiddeti referans değeri[w/m ²]
I	: Akım[amper]
I_0	: Diyot Akımı[amper]
I_{dc}	: PV panel akımı[amper]
I_L	: Foto akım[amper]
I_{mpp}	: Maksimum güç noktasındaki akım[amper]
I_{new}	: PV panel çıkış akımı[amper]
I_p	: PV Paralel kol akımı[A]
I_r	: Güneş ışınımı değeri[w/m ²]
I_{ref}	: Referans akımı[amper]
I_{sc}	: Kısa devre akımı[amper]
I_{sh}	: Paralel hücre direnci akımı[amper]
P	: Güç[watt]
P_{dc}	: PV panel çıkış gücü[watt]
R_s	: Seri direnç[Ω]
R_{sh}	: Paralel hücre direnci[Ω]
T_a	: Ortam sıcaklığı[C°]
T_c	: Modül sıcaklığı[K]
T_{ref}	: Modül sıcaklığı referans değeri[K]
V	: Gerilim[volt]
V_{dc}	: PV Panel gerilimi[volt]
V_{mpp}	: Maksimum güç noktasındaki gerilim[volt]
V_{new}	: PV panel çıkış gerilimi[volt]
V_s	: PV Panel seri kol gerilim değeri[volt]
α	: Akım sıcaklık katsayısı[0,038]
β	: Gerilim sıcaklık katsayısı[-0,35]
ΔI	: Akım değişimi[amper]

1 Giriş

Günümüzde hızla artan enerji ihtiyacı, fosil yakıtların sınırlı olması ve çevreye zarar vermesi gibi nedenlerden dolayı yenilenebilir enerji kaynakları alanındaki çalışmalar hızla artmış ve oldukça önemli bir hale gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının hızla arttığı günümüzde, güneş enerjisinin kolay ulaşılabilir olması ve doğada bol miktarda bulunması, güneş enerjisini, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre bir adım öne çıkarmıştır. Özellikle fotovoltaiik (PV) yöntem ile güneş enerjisinden elektrik elde etmek için gerekli teknolojik altyapının hızlı gelişimi, PV sistemlerin günlük hayatımıza entegre edilmesi sürecini de hızlandırmıştır [1].

Özellikle güneş pili teknolojilerindeki gelişmeler, yenilenebilir enerji sistemlerinde önemli bir yeri olan güneş gözeleri kullanılarak üretilen elektrik enerjisinin şebekeden bağımsız olarak kullanılması sağlanmıştır. Güneş pillerinin üretim maliyetlerinin her geçen gün daha da azalması, bunların şebekeden bağımsız ve şebekeye bağımlı sistemler olarak kullanılmalarını gündeme getirmiş ve bu konuda daha fazla bilimsel çalışma yapma ihtiyacı doğmuştur [4].

Güneşten elektrik enerjisi elde edilmesinin yolu, fotovoltaiik olaydan yararlanmaktır. Fotovoltaiik olay, güneş ışığının elektrik enerjisine dönüşmesi şeklinde tanımlanan fiziksel bir olaydır. Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Bu prensiple çalışan güneş pili, üzerine düşen ışık miktarına bağlı olarak uçlarında gerilim üretir. Üretilen gerilim, gelen güneş ışığı miktarına bağlı olarak doğru orantılı bir değişim gösterir [1].

Güneş pillerinin verimi kendi iç dirençleri, kontak yapıları, üretildiği malzeme, sıcaklık ve ışık şiddeti değişimi gibi parametrelerden etkilenmektedir. Dolayısıyla güneş pilleri ile ilgili yapılan çalışmalarda sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için öncelikle değişken parametrelerin güneş pili verimine etkisini ortaya koyacak bir model oluşturulması gerekmektedir. Matlab/Simulink yazılımında güneş pili modülüne ait böyle bir modelin mevcut olmaması ve bu konuda yapılan benzer çalışmaların yetersiz olması bu modellemenin yapılması gereksinimini doğurmuştur. Ayrıca oluşturulan bu model güneş pili üretiminde ve güneş pili testlerinde deneysel çalışan kişilere de yapılan deneysel çalışmaların ve ölçümlerin doğruluğu açısından ışık tutacak niteliktedir [4].

MATLAB, bilimsel ve mühendislik alanlardaki sayısal hesaplamalar için kullanılan bir etkileşimli programdır. Akademik alanda ve endüstride, dinamik sistemlerin modellenmesi ve simülasyonu (benzetim) için dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir yazılım paketidir. MATLAB kelimesi İngilizce "MATrixLABoratory" kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur. Simulink; MATLAB programının grafiksel tasarım, simülasyon ve dinamik sistemlerin analizini yapan bir uzantısıdır. Simulink; sürekli zamanda, ayrık zamanda veya her ikisinin kombinasyonunda modellenmiş doğrusal ve doğrusal olmayan sistemleri destekler. Kullanıcıya tıklama ve sürükleme gibi basit fare işlemleri ile modelleri blok şemaları şeklinde kurabilmesi için bir grafik-arayüz sağlar. Bu da prototiplere olan ihtiyacı azaltarak maliyetlerin büyük oranda düşmesini sağlamaktadır [5].

Sayısal ifadelerin ve formüllerin yazımında, bu ifadeleri oluşturan sistemlerin modellenmesinde ve diğer sistemlerle birleştirilmesinde Matlab/Simulink görsel yazılımı oldukça kolaylıklar sağlamaktadır. Bu yüzden modellemede Matlab/Simulink

yazılımı tercih edilmiştir [4].

Güneş pilinin eşdeğer devresinden yararlanılarak Matlab/Simulink ile güneş pili eşdeğeri elde edilmiş, bu yapı kullanılarak ta 3.6 kW gücünde bir PV generatör tasarlanmıştır. Ayrıca farklı sıcaklık ve güneş ışınımı değerlerinde PV modülün performansı da analiz edilmiştir. Geliştirilen model ile güneş pili üzerine yapılan çalışmalarda, PV generatörün kolaylıkla kullanılabilmesi ve farklı özelliklerde ve güçlerde PV generatörlerin modellenmesi amaçlanmıştır. Güneş pili modeli bir alt sistem olarak modellenmiş ve girişinde sıcaklık ve güneş ışınımı, çıkışında ise akım ve gerilim olan bir yapı haline getirilmiştir. Güneş paneli teknik bilgilerinin, güneş paneli modeline girilmesi ile standart test koşulları altındaki PV panel çıkış akımı ve gerilimi izlenmiştir. Ayrıca panelin farklı sıcaklık ve güneş ışınımı değerlerindeki akım-gerilim eğrileri de elde edilmiştir [1].

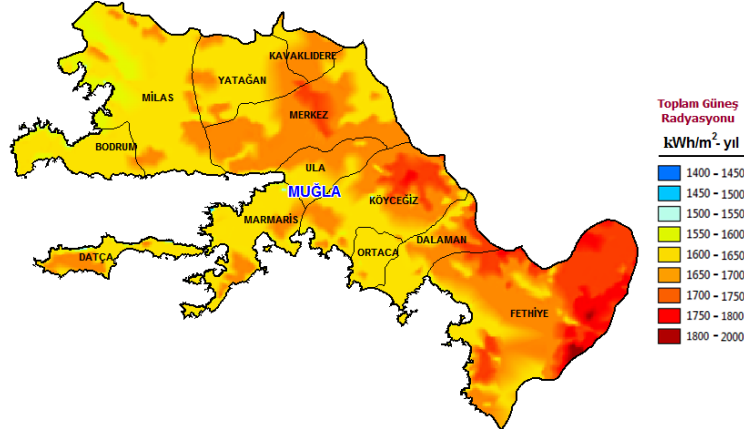
Güneş pilinin genel matematiksel modeli elde edilmiş ve bu model Matlab/Simulink yazılımı ile görsel olarak programlanmıştır. Modellenen güneş pili için farklı sayıda seri ve paralel bağlı hücreler, farklı sıcaklık değerleri, farklı güneş soğurulma miktarları, farklı malzeme yapısı ve verime bağlı diğer parametrelere göre Akım-Gerilim (I-V) ve Güç- Gerilim (P-V) karakteristik eğrileri elde edilmiş ve elde edilen benzetim sonuçları teorik sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Modellenen güneş piline farklı özellikteki doğrusal ve doğrusal olmayan yükler bağlanarak çıkış akımı, çıkış gerilimi ve güç değerlerinin değişimleri elde edilmiştir. Ayrıca, yapılan çalışmada deneysel olarak karakteristik özellikleri elde edilen bir güneş pilinin farklı aydınlanma durumları için I-V ve P-V eğrileri elde edilerek teorik ve benzetim sonuçları ile karşılaştırılmış ve fiziki koşulların değişimi ile güneş pili eğrilerinin nasıl etkilendiği ortaya konmuştur. Çalışmada elde edilen benzetimler bu modelin diğer karma sistemlerle beraber kullanımına imkân sağlayacak ve aynı zamanda güneş pili üretiminde ve diğer uygulamalarda deneysel çalışmalar için bir referans oluşturacaktır [4].

Fotovoltaik güneş pillerinin matematiksel modellerinin oluşturulması ve güneş enerjisi üretiminde etken olan değişkenlerin karakteristikleri nasıl etkilendiği incelenmiştir. Matlab yardımıyla oluşturulan model gün ışığı, ortam sıcaklığının yanı sıra eşdeğer devrenin seri direncine, paralel kol sayısına, seri bağlı hücre sayısına, yarıiletken sabiti gibi birçok değişkeni göz önüne almaktadır. Modelin fonksiyon avantajı kullanılarak fotovoltaik güneş pillerinin en önemli karakteristikleri olan akım-gerilim, güç-gerilim grafiklerinin etkenlere göre değişimi incelenmiştir. Uygulama sonucunda ışık şiddetinin akım-gerilim karakteristiğinde doğrudan akımı güç-gerilim karakteristiğinde doğrudan gücü arttırdığı görülmektedir. Sıcaklığın akım-gerilim eğrisinde akımı artırdığı fakat gerilim düşürdüğü, güç-gerilim eğrisinde gerilim ve gücün tepe değerini düşürdüğü görülmektedir [8].

Güneş enerji sistemlerini oluşturan fotovoltaik panel teknolojileri incelenmiş ve uygulamalarda kullanılmak üzere mono kristal fotovoltaik panelin Matlab/Simulink'te modellenmesi yapılmıştır. Yapılan bu model gerçek ortam verileri kullanılarak doğru- lanmıştır. Elde edilen çıkış verileri ölçülmüş değerlerle karşılaştırılmıştır ve modelin doğruluğu saptanmıştır. Modelin gerçeğe çok yakın değerler vermesi nedeniyle güneş enerjisi araştırmalarında ve proje fizibilite çalışmalarında kullanılmaya uygun olduğu görülmüştür [2].

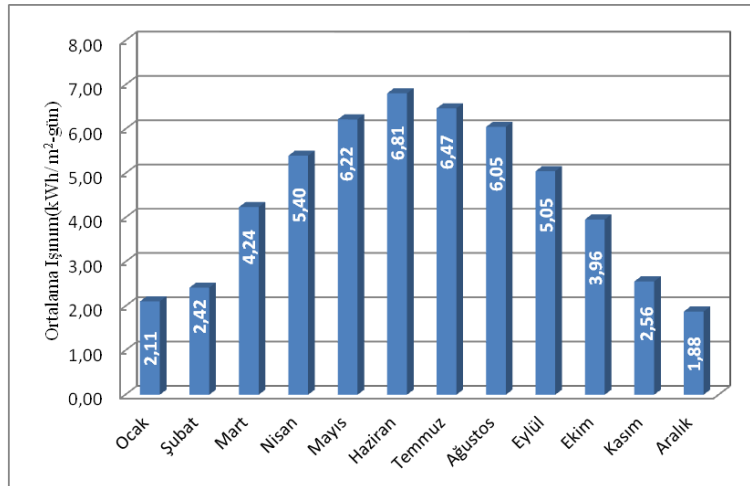
2 Muğla'da Güneşlenme Değerleri

Muğla ili Şekil 2.1'de verilen güneş ışınım haritasına göre yıllık ortalama güneş ışınım potansiyeli yaklaşık 1600 kWh/m^2 'dir. Bu değer Türkiye ortalaması yaklaşık 1311 kWh/m^2 olarak gerçekleşmektedir [6]. Bundan dolayı Muğla Türkiye'de Güneş enerjisi potansiyeli açısından çok uygun yerleşim yerlerinden biridir.



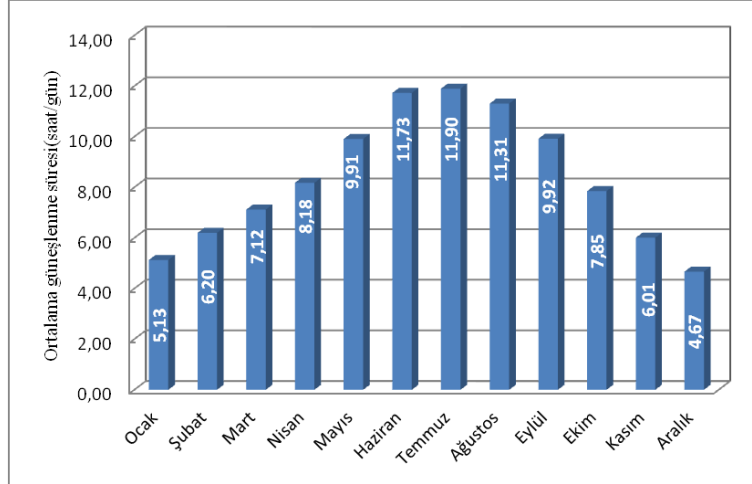
Şekil 2.1: Muğla ilinin yatay yüzeydeki güneş ışınım haritası (<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/48.aspx> 2015)

Muğla ilinin Şekil 2.2'de verilen günlük ortalama ışınım değerleri açısından değerlendirildiğinde en düşük değer aralık ayında $1,88 \text{ kWh/m}^2$ -gün olarak en yüksek değer ise haziran ayında $6,81 \text{ kWh/m}^2$ -gün olarak gerçekleştiği görülmektedir. Muğla ili ortalama ışınım değerleri açısından Türkiye ortalamasının üzerinde bir ildir [3].



Şekil 2.2: Muğla günlük ortalama ışınımın aylara göre değişimi (<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/48.aspx> 2015)

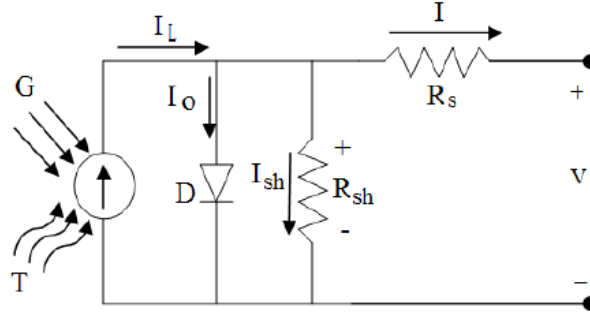
Muğla ili aylara göre Şekil 3'te verilen günlük ortalama güneşlenme süreleri bütün aylarda Türkiye ortalaması değerlerinin üzerinde gerçekleşmiştir. En düşük değer aralık ayında 4,67 saat ve en yüksek değer temmuz ayında 11,90 saat olarak gerçekleşmektedir [3].



Şekil 2.3: Muğla günlük ortalama güneşlenme süresinin aylara göre değişimi (<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/48.aspx> 2015)

3 Pv Güç Sisteminin Modellenmesi(100 W)

PV güç sistemi modellemesinde SR-M536100 güneş paneli, Matlab/Simulink ile modellenmek üzere seçilmiştir [1]. PV Simulink modülü 100W maksimum güce sahip, çok kristalli silisyum PV panelden oluşmaktadır. Şekil 4’de ise bir güneş pili eşdeğer devresi verilmiştir.



Şekil 3.1: Güneş pili eşdeğer devresi

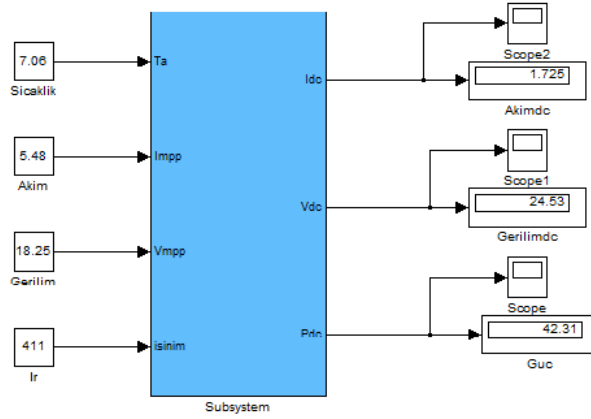
Şekil 3.1’deki PV panel simulink modelinde PV panelden üretilen elektrik enerjisi değeri T_a ortam sıcaklığı, I_{mpp} maksimum panel akımı, V_{mpp} maksimum panel gerilimi, I_r güneş ışınımı değerlerine bağlıdır. PV panel modeli matematiksel eşitlikleri aşağıda verilmiştir.

$$\Delta I = \left[\alpha \left(\frac{G}{G_{ref}} \right) (T_c - T_{ref}) + \left(\frac{G}{G_{ref}} - 1 \right) I_{sc} \right] \quad (3.1)$$

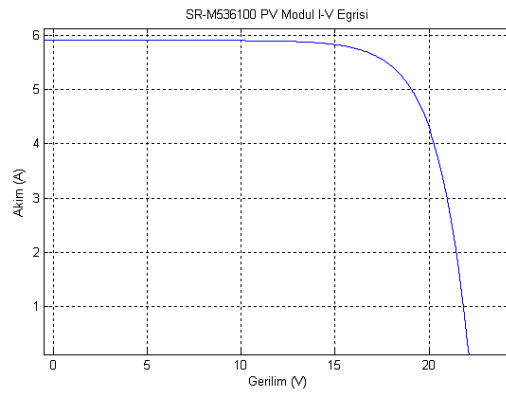
$$I_{new} = I_{ref} + \Delta I \quad (3.2)$$

$$V_{new} = -\beta(T_c - T_{ref}) - R_s \Delta I + V_{ref} \quad (3.3)$$

Şekil 3.2’de SR-M536100, 100 W gücündeki Güneş paneli değişim eğrisi verilmiştir. Bu değişim eğrisi incelendiğinde PV panelden üretilen maksimum akım değeri 5,48 amper ve gerilim değeri 18,25 voltur

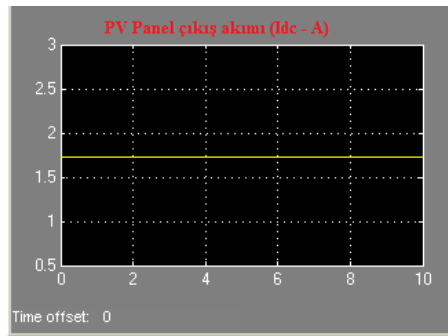


Şekil 3.2: PV Panel Simulink Modeli (100W)



Şekil 3.3: SR-M536100 Güneş paneli akım-gerilim değişim eğrisi

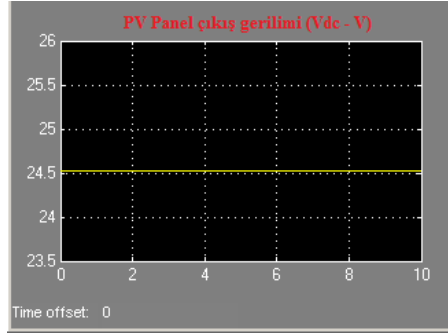
Şekil 3.3'de SR-M536100, 100 W gücündeki Güneş paneli çıkış akımı (I_{dc} - A) eğrisi incelendiğinde ocak ayında $7,06\text{ C}^\circ$ ortam sıcaklığında, 411 W/m^2 güneş ışınımı değerinde PV panel çıkış akımının $1,72$ amper olduğu görülmüştür.



Şekil 3.4: PV Panel çıkış akımı (I_{dc} - A) eğrisi

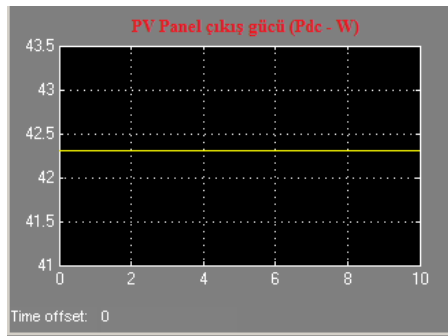
Şekil 3.5'de SR-M536100, 100 W gücündeki Güneş paneli çıkış akımı (V_{dc} - V) eğrisi incelendiğinde ocak ayında $7,06\text{ C}^\circ$ ortam sıcaklığında, 411 W/m^2 güneş ışınımı değerinde PV panel çıkış geriliminin $24,53$ volt olduğu görülmüştür.

Şekil 3.6'da SR-M536100, 100 W gücündeki Güneş paneli çıkış gücü (P_{dc} - W) eğrisi incelendiğinde ocak ayında $7,06\text{ C}^\circ$ ortam sıcaklığında, 411 W/m^2 güneş ışınımı



Şekil 3.5: PV Panel çıkış gerilimi ($V_{dc} - V$) eğrisi

değerinde PV panel çıkış gücünün 42,31Watt olduğu görülmüştür.



Şekil 3.6: PV Panel çıkış gücü ($P_{dc} - W$) eğrisi

Tablo 3.1: Muğla Güneşlenme Verileri

Aylar	Güneşlenme Süreleri(Saat)	Sıcaklık (C°)	Güneş Işınımı (W/m^2)
Ocak	2,04	7,06	411
Şubat	3,06	8,54	390
Mart	5,66	11,58	595
Nisan	5,76	16,06	660
Mayıs	7,20	22,05	627
Haziran	10,50	25,46	580
Temmuz	11,65	28,69	544
Ağustos	10,56	30,51	534
Eylül	8,02	24,46	509
Ekim	5,09	17,82	504
Kasım	3,43	13,44	425
Aralık	1,48	7,33	402

Tablo 3.1’de 2013 yılı Ocak-Aralık ayları Muğla meteoroloji istasyonundan ölçülen aylık ortalama güneşlenme süreleri, sıcaklık ve güneş ışınımı değerleri verilmiştir. Tablodaki güneşlenme süreleri incelendiği zaman en düşük 1,47 saat aralık ayı ve en yüksek ise 11,65 saat temmuz ayı ortalaması değeri olduğu görülmüştür. Sıcaklık değeri olarak en düşük değer 7,06 C° ocak ayı ve en yüksek değer ise 30,51 C° ağustos ayı ortalaması olduğu tespit edilmiştir. Güneş ışınımı değerleri için en düşük 390 W/m^2 şubat ayı ve en yüksek 660 W/m^2 nisan ayı ortalaması olduğu belirlenmiştir.

4 Pv Güç Sisteminden Üretililecek Elektrik Enerjisinin Hesaplanması (100 W)

SR-M536100 güneş paneli, Matlab/Simulink ile modellenmek üzere seçilmiştir [1]. PV Simulink modülü 100W maksimum güce sahip, çok kristalli silisyum PV panellerden oluşmaktadır

Tablo 4.1: PV panel modeli çıkış değerleri (100 W)

Aylar	Çıkış Gerilimi (Volt)	Çıkış Akımı (Amper)	Elektrik Enerjisi Üretimi (Watt-Saat)	Elektrik Enerjisi Üretimi (Watt-Gün)	Elektrik Enerjisi Üretimi (Watt-Ay)
Ocak	24,53	1,72	42,31	86,31	2.675,68
Şubat	24,01	1,63	39,31	119,89	3.357,07
Mart	22,95	2,78	63,95	361,31	11.200,84
Nisan	1,38	3,25	69,48	400,20	12.006,14
Mayıs	19,28	3,20	61,88	443,47	13.747,85
Haziran	18,09	3,01	54,49	572,14	17.164,35
Temmuz	16,96	2,86	48,60	566,19	17.551,89
Ağustos	16,32	2,84	46,39	489,87	15.186,23
Eylül	18,44	2,57	47,44	379,99	11.399,83
Ekim	20,76	2,41	50,17	255,36	7.916,32
Kasım	22,30	1,90	42,38	144,93	4.348,18
Aralık	24,44	1,68	41,10	60,41	1.878,92
Elektrik Enerjisi Üretimi Toplamı (Watt-Yıl)					118.433,30

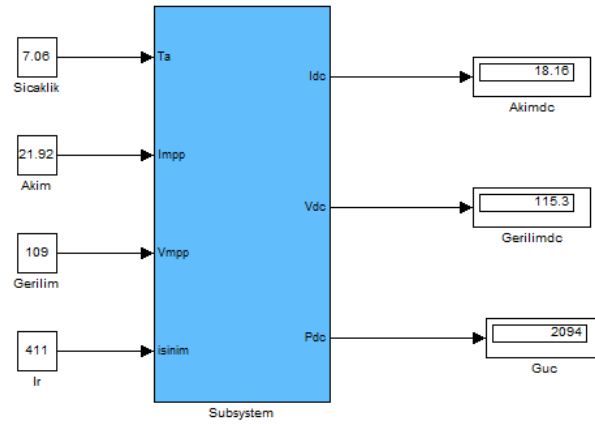
Tablo 4.1'deki PV panel çıkış değerleri olarak çıkış gerilimi, çıkış akımı, elektrik enerjisi üretimi (watt-saat), elektrik enerjisi üretimi (watt-gün), elektrik enerjisi üretimi (watt-ay) ve elektrik enerjisi üretimi toplamı incelenmiştir.

Tablo 4.1'dek çıkış gerilimi değeri incelendiğinde en düşük 16,32 volt ağustos ayı ve en yüksek değerin 24,53 volt ocak ayında olduğu görülmüştür. Çıkış akımı değeri incelendiğinde en düşük 1,63 amper şubat ayı ve en yüksek 3,25 amper nisan ayında olduğu tespit edilmiştir. Elektrik enerjisi üretimi (watt-saat) değerleri incelendiğinde en düşük 39,31 watt-saat şubat ayı ve en yüksek 69,48 watt-saat nisan ayı olduğu belirlenmiştir. Elektrik enerjisi üretimi (watt-gün) değerleri incelendiğinde en düşük 60,41 watt-gün aralık ayı ve en yüksek 572,14 watt-gün haziran ayı olduğu görülmüştür. Elektrik enerjisi üretimi (watt-ay) değerleri incelendiğinde en düşük 1.878,92 watt-ay aralık ayı ve en yüksek 17.551,89 watt-ay temmuz ayı olduğu görülmüştür. 2013 yılı Muğla meteoroloji istasyonu verilerine göre SR-M536100 tipi 100 Watt maksimum güce sahip PV panelin bir yıllık toplam elektrik enerjisi üretiminin 118.433,30 watt = 118,43 kW olduğu hesaplanmıştır

5 Pv Güç Sisteminden Üretililecek Elektrik Enerjisinin Hesaplanması (2400 W)

SR-M536100 güneş paneli, Matlab/Simulink ile modellenmek üzere seçilmiştir [1]. PV Simulink modülü 24 adet, 100W maksimum güce sahip, çok kristalli silisyum PV panellerden oluşmaktadır. PV Modülde güneş pilleri 6'lı grup olarak seri bağlanmıştır. Ayrıca bu 6'lı seri bağlı olan gruplardan 4 adet oluşturulmuştur. 4 adet güneş pili grubu aralarında paralel bağlanmıştır.

Şekil 5.1'deki PV panel simulink modelinde 2400 Watt gücündeki PV panelden üretililecek elektrik enerjisi değeri T_a ortam sıcaklığı, I_{mpp} maksimum panel akımı, V_{mpp} maksimum panel gerilimi, I_r güneş ışınımı değerlerine bağlıdır. PV panel



Şekil 5.1: PV Panel Simulink Modeli (2400W)

simulink modelinde 2400 Watt gücündeki PV panelden 2013 yılı verilerine göre üretilebilecek elektrik enerjisi değeri Tablo 5.1'te verilmiştir.

Tablo 5.1: PV panel modeli çıkış değerleri (2400 W)

Aylar	Çıkış Gerilimi (Volt)	Çıkış Akımı (Amper)	Elektrik Enerjisi Üretimi (kWatt-Saat)	Elektrik Enerjisi Üretimi (kWatt-Gün)	Elektrik Enerjisi Üretimi (kWatt-Ay)
Ocak	115,3	18,16	2,09	4,27	132,37
Şubat	114,8	18,08	2,07	6,31	176,77
Mart	113,7	19,23	2,18	12,31	381,82
Nisan	112,1	19,69	2,2	12,67	380,16
Mayıs	110	19,65	2,16	15,53	481,44
Haziran	108,8	19,45	2,11	22,15	664,65
Temmuz	107,7	19,31	2,07	24,11	747,58
Ağustos	107,1	19,28	2,06	21,75	674,36
Eylül	109,2	19,01	2,07	16,68	500,52
Ekim	111,5	18,86	2,1	10,68	331,08
Kasım	113	18,34	2,07	7,07	212,38
Aralık	115,2	18,12	2,08	3,05	94,78
Elektrik Enerjisi Üretimi Toplamı (kWatt-Yıl)					4.777,91

Tablo 5.1'teki 2400 Watt gücündeki PV panel modeli çıkış değerleri aylara göre incelendiğinde, çıkış gerilimi en düşük 107,1 volt ağustos ayında ve en yüksek 115,3 volt ocak ayında olduğu görülmüştür. Çıkış akımı en düşük 18,08 amper şubat ayında ve en yüksek 19,69 amper nisan ayında olduğu tespit edilmiştir. Elektrik enerjisi üretimi (kWatt-saat) en düşük 2,06 kWh ağustos ayında ve en yüksek 2,2 kWh nisan ayında olduğu görülmüştür. Elektrik enerjisi üretimi (kWatt-gün) en düşük 3,05 kW-gün aralık ayında ve en yüksek 24,11 kW-gün temmuz ayında olduğu görülmüştür. Elektrik enerjisi üretimi (kWatt-ay) en düşük 94,78 kW-ay aralık ayında ve en yüksek 747,58 kW-ay temmuz ayında olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılı Muğla meteoroloji istasyonu verilerine göre SR-M536100 tipi 2400 Watt maksimum güce sahip PV panel grubunun bir yıllık toplam elektrik enerjisi üretiminin 4.777,91 kW olduğu hesaplanmıştır.

6 Sonuç ve Öneriler

Muğla Meslek Yüksekokulu bahçesinde Ocak-Aralık ayları arasında elde edilebilecek elektrik enerjisi üretimi için SR-M536100 güneş paneli Matlab/Simulink modeli oluşturularak 100 W gücündeki tek panel ve 2400 W gücündeki 24 adet PV panel grubu için elektrik enerjisi üretim değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak 100 W

gücündeki PV panel 12 aylık zaman diliminde 118,43 kW ve 2400 W gücündeki PV panel grubundan ise 4.777,91 kW elektrik enerjisi üretildiği görülmüştür. Bu çalışma sonucu Muğla ilinin PV panelden elektrik üretimi için çok verimli bir bölge olduğu tesbit edilmiştir.

Bildiride yapılan Matlab/Simulink modellemesi çalışması yüksek güçlü PV panel grupları içinde yapılabilir. Ayrıca bu tür bir uygulama Muğla Meslek Yüksekokulu bahçesinde kurulduğu zaman, okulda faaliyet gösteren elektrik ve enerji, elektronik ve otomasyon bölümleri öğrencileri için uygulama alanı olarak kullanılabilir. Bu çalışma ile Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından desteklenen 15/088 nolu "Sensörsüz Küçük Güçlü Rüzgâr Türbini Ve PV Güç Sisteminin Bulanık Mantık Kontrolü ile İzlenmesi" konulu projede kurulması düşünülen PV paneller için ön çalışma özelliği taşımaktadır.

Kaynaklar

- [1] G. Bayrak ve M. Cebeci, *3.6 kW gücündeki fotovoltaik generatörün matlab simulink ile modellenmesi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28(3) (2012), 198–204.
- [2] M. Develi, E. Çalıklı, A. Durusu, R. Ayaz ve M. Tanrıöven, *Mono-Kristal pv panelin matlab/simulink'te modellenmesi ve deneysel verilerle doğrulanması*, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, (2014).
- [3] E. Er, *Programlanabilir lojik kontrol (plc) ile güneşi izleyen sistemin bir fotovoltaik modüle uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, (2014).
- [4] M. Şahin ve H. İ. Okumuş, *Güneş pili modülünün matlab/simulink ile modellenmesi ve simülasyonu*, EMO Bilimsel Dergi, 3(5) (2013), 17–25.
- [5] V. Türkmenoğlu ve F. Güngör, *Matlabs simulink ve gui ile pv hücre simülasyonu*, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, (2014).
- [6] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> (2015).
- [7] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/48.aspx> (2015).
- [8] Ş. Yılmaz, M. Aksu, Z. Özer ve H. Özçalık, *Matlab ile gerçekleştirilen fotovoltaik güneş pili modeli ile güneş enerjisi üretimindeki önemli etkenlerin tespit edilmesi*, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, (2012).