

## SICAKLIK VE GÜNEŞ IŞINIM DEĞİŞİMLERİNİN FOTOVOLTAİK SİSTEMLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ali Mahmood Aswad ASWAD<sup>1\*</sup>, Çağatay AYDIN<sup>1</sup>, Murtaza FARAZADI<sup>2</sup>,  
Doğu Çağdaş ATILLA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Altınbaş Üniversitesi, Mühendislik, Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul,  
[alihalaybekoglu84@gmail.com](mailto:alihalaybekoglu84@gmail.com)

([ID](https://orcid.org/0000-0000-0000-0000)) <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

<sup>1</sup>Altınbaş Üniversitesi, Mühendislik, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, İstanbul,  
[cagatay.aydin@altinbas.edu.tr](mailto:cagatay.aydin@altinbas.edu.tr)

([ID](https://orcid.org/0000-0002-1895-0333)) <https://orcid.org/0000-0002-1895-0333>

<sup>2</sup>İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, İstanbul,  
[murtazafarsadi@aydin.edu.tr](mailto:murtazafarsadi@aydin.edu.tr)

([ID](https://orcid.org/0000-0000-0000-0000)) <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

<sup>1</sup>Altınbaş Üniversitesi, Mühendislik, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, İstanbul,  
[cagdas.atilla@altinbas.edu.tr](mailto:cagdas.atilla@altinbas.edu.tr)

([ID](https://orcid.org/0000-0002-4249-6951)) <https://orcid.org/0000-0002-4249-6951>

Received: 14.10.2020

Accepted: 14.07.2023

Published: 31.12.2023

\*Corresponding author

Research Article

pp.235-257

DOI:10.XXXX/ajesa.2023.XXXXX

### Özet

Mikrogrid, dağıtılmış üretim avantajlarını etkili bir şekilde entegre etmekte ve ayrıca şebekeye bağlı yeni enerji ve yenilenebilir enerji üretiminin büyük ölçüde uygulaması için yeni bir teknik yol sağlamaktadır. Bu çalışmada, DC mikrogrid yüklerin çoklu tipleri ve güç kaynağının iki tipi (AC grid ve PV matrisi) için Matlab/Simulink kullanılarak simülasyonları yapılmıştır. Maksimum güç noktası izleme sistemi (MPPT), PID denetleyicisi kullanılarak uygulanmıştır. Önerilen sistem için simülasyon, 1000 W/m<sup>2</sup> ve 25°C'de Matlab/ Simulink kullanılarak yapılmaktadır. Maksimum güç noktası takip sistemi (MPPT), PID(Oransal, İntegral, Türevsel) kontrolcü kullanılarak uygulanmıştır, bu çalışmada PV panel maksimum güç ile çalışmaktadır. PV dizisinden üretilen gerçek güç ile yükün gerçek gücü arasındaki fark AC grid tarafından sağlanılmaktadır. Bu sistemin diğer avantajı, düşük dönüşüm kaybına sebep olan DC/DC dönüşüm basamağının olmaması ve sonunda toplam sistem verimliliğini arttırmasıdır.

**Anahtar Kelimeler:** PV, Sıcaklık, DC mikrogrid, PID, MPPT.

## EFFECTS OF TEMPERATURE AND SOLAR IRRADIANCE CHANGES ON PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

### Abstract

The microgrid effectively integrates the advantages of distributed generation and also provides a new technical way for the large-scale application of grid-connected new energy and renewable energy generation. In this study DC microgrid is simulated using Matlab/Simulink for multi types of loads and two types of power sources (AC grid and PV matrix). The simulation has been done for the proposed system using matlab simulink for 1000 W/m<sup>2</sup> and 25 °C. Maximum power point tracking system MPPT is implemented using PID(Proportional, Integral, Derivative) controller, in studied case PV array worked with maximum power. The difference between real power produced from PV array and real power of load is supplied by AC grid. Other advantage of this system is the DC/DC conversion stage absence that leads to lower conversion loss and finally increases the overall system efficiency.

**Keywords:** PV, Temperature, DC micro grid, PID, MPPT

### 1.Giriş

Günümüzde gittikçe artan nüfus ve sanayileşme oranıyla birlikte, elektrik enerjisine gün geçtikçe daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, üretilen enerjinin büyük bir kısmının doğal gaz, petrol ve kömür gibi fosil kökenli yakıtlardan elde edilmesi çevresel sorunları beraberinde getirmektedir. Ayrıca fosil yakıtların yakın zamanda

tükenecek duruma gelmesi, çevreye zararı olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarına duyulan gereksinimi ortaya çıkarmıştır. PV enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilir, güneş enerjisi diğer enerji kaynaklarının oluşumuna dolaylı olarak katkıda bulunmaktadır. Güneş enerjisinin temiz, tükenmez ve kullanımı kolay bir enerji kaynağı olması onu diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha cazip hale getirmektedir (Inamdar & Vaidya, 2015; Rustemli & Dincer, 2011).

Güneş hücresi, PV sistemlerde güneş ışığını dolaysız gelime değiştiren en küçük birim olarak tanımlanmaktadır. PV modülü, seri ya da paralel bağlanan güneş hücreleri yolu ile oluşmaktadır.

Bu modüllerin seri-paralel bağlanması ile de istenilen gerilim, güç ve akım değerlerinde PV panellerine ulaşmak mümkündür. PV panel, panel yapısındaki yarı iletken malzemeye bağlı olarak güneş enerjisini %6-%20 verimle elektrik enerjisine çevirir (Almaktar, Rahman & Hassan, 2012; Turhan & Çetiner, 2012).

PV panellerinin verimliliğinin düşük olması; sıcaklık, tozlanma, panel eğim açısı, güneş ışınım şiddeti, gölgelenme ve diğer kayıplar gibi faktörler ile ilişkilidir (Irwanto ve ark., 2014; Bhol ve ark., 2015). Panel verimine etki eden en önemli parametreler sıcaklık ve güneş ışınım şiddetidir. Gündüzleri güneş ışınım şiddeti ve sıcaklığın değişmesi panel verimini önemli ölçüde etkilemektedir ve bundan dolayı bu parametrelerin panel verimine olan etkilerinin bilinmesi önemlidir. Bununla birlikte, PV paneli üreten firmalar Standart Test Şartları (STC) olarak adlandırılan 25 °C hücre sıcaklığı, 1000 W/m<sup>2</sup> güneş ışınım şiddeti ve A.M. 1,5 hava kütle oranı şartları altında testler gerçekleştirip panelin elektriksel değerlerini hesaplarlar ve bu testlerin sonuçları panel kataloğunda belirtilir. Güneş panelinin STC dışındaki değişimlerde sahip olduğu elektriksel değerler bilinmemektedir. PV panelinin değişen atmosferik koşullardaki elektriksel değerlerinin de bilinmesi gereklidir. Özellikle değişen atmosferik koşullar altında şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı sistemlerin tasarımında yapılan hesaplamalar daha doğru sonuçlar vermektedir (Islam, Rahman & Mominuzzaman, 2014; Besli, Aktacir & Yesilata, 2010).

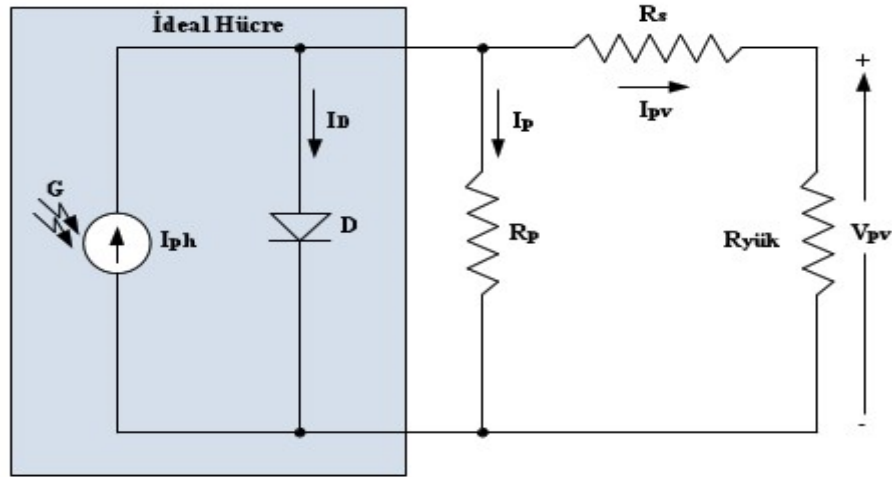
Güneş ışınımının yükü beslemede yetersiz kaldığı veya sistemin gerektirdiği seviyeden fazla olduğu durumlar da oluşabilmektedir. Fazla enerji akülere depolanabilir ve böylece güneş ışınımının yetersiz olduğu zamanlarda bu aküler vasıtasıyla kesinti kısmen ya da tamamen ortadan kaldırılabilir. Çalıştırılması istenen yükün AC ile çalışması durumunda DC enerjii AC enerjiye dönüştürecek bir konvertör kullanılır. Fotovoltaik sistemler, yerleşim merkezinden uzak noktalarda bulunan elektrik yüklerini çalıştırmak üzere, yerel elektrik şebekesinden bağımsız olarak inşa edilebilirler. Yerel elektrik şebekesine yakın noktalarda bulunan fotovoltaik sistemler ise şebekeye enerji aktarabilecek şekilde düzenlenebilirler (Irwanto ve ark., 2014; Bhol ve ark., 2015).

MPPT tekniği, PV panellerin enerji verimini artırmak için oldukça önemlidir. Değiştir ve gözle tekniği (P&O), isabetlilik ve karmaşıklık arasında iyi bir denge kurduğu için birçok çeşidi olan MPPT tekniklerinin en gözdesi olmuştur (Esrām & Chapman, 2007). Atmosfer koşullarının sık ve hızlı değişimi (Femia ve ark., 2005) ve süratle oluşan kısmi gölgelenme (Patel & Agarwal, 2008) durumları karşısında P&O tekniğinin takip hızını ve isabetini iyileştirmek üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Ancak, geleneksel MPPT algoritmaları, PV panellerin güç kayıplarının etkilerini göz önünde bulundurmadan yalnızca PV panellerin maksimum güç noktalarını (MPP) takip edecek şekilde oluşturulmuştur.

Yapılan bu çalışmada, PV panelin eşdeğer devresi MATLAB programlarında modellenerek, sabit sıcaklık ve ışınım, sabit sıcaklık ve değişken ışınım, değişken sıcaklık ve sabit ışınım şeklinde bir durum belirlenip panel akımı, gerilimi ve gücü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuç bölümünde ise yapılan simülasyon analizlerine göre PV paneller için en uygun sıcaklık ve güneş ışınım değerleri değerlendirilmiştir.

## 2. Fotovoltaik Hücrenin Matematiksel Modeli

PV panellerden üretilen elektrik enerjisinin incelenmesi için güneş hücresinin eşdeğer devresinin göz önüne bulundurulması gerekmektedir. Güneş hücreleri yarıiletken malzemelerden yapılmış olduğundan dolayı diyot ile modellenmektedir ve güneş ışınımı almadığı zaman bu PV hücresinin gerilim-akım karakteristiği diyota benzemektedir. Güneş hücresinden üretilen elektrik akım kaynağıyla ifade edilirken, kayıplar ise seri ve paralel dirençle gösterilmektedir. Örnek bir PV hücresinin elektriksel eşdeğer devresi Şekil 1’de verilmiştir (Islam, Rahman & Mominuzzaman, 2014; Zhu ve ark.,2011).



Şekil 1: PV hücresinin eşdeğer devre modeli.

Güneş hücresinin PV akımı ( $I_{ph}$ ), bu güneş hücre üzerine ulaşan güneş ışınlarının (fotonların) miktarıyla doğru orantılıdır.

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_t \cdot T_c - T_r] \cdot \frac{G}{G_r} \quad (1)$$

Burada;

$I_{ph}$  : Güneş hücresinin fotovoltaik akımıdır.

$I_{sc}$  : 25 °C ile 1000 W/m<sup>2</sup>'deki kısa devre akımıdır.

$K_t$  : Kısa devre akımının sıcaklık katsayısının miktarı 0,0017 A/°C'dir.

$T_c$  : PV hücre sıcaklığı (Kelvin cinsinden sıcaklık).

$T_r$  : Referans sıcaklık 25 °C için (298,15 °K)'dir.

- G : W/m<sup>2</sup> deki güneş ışınım miktarı.  
G<sub>r</sub> : Referans güneş ışınım değeri (1000 W/m<sup>2</sup>)'dir.

Ters sızıntı akımı (I<sub>o</sub>) ile gerilim, diyot akımına (I<sub>D</sub>) bağlanmaktadır.

$$I_D = I_o \cdot \left[ e^{\frac{q \cdot V_d}{A \cdot k \cdot T_c}} - 1 \right] \quad (2)$$

Burada;

- q : Elektrik yükü "1,602x10<sup>-19</sup> C".  
k : Boltzman sabiti "1,3806505x10<sup>-23</sup> J/K".  
A : Diyotun kalite faktörü.

Paralel dirençten giren akımın (I<sub>p</sub>) denklemi;

$$I_p = \frac{V_D}{R_p} = \frac{V_{pv} + I_{pv} \cdot R_s}{R_p} \quad (3)$$

Güneş hücrenin çıkış gerilimi ile akımı;

$$I_{pv} = I_{ph} - I_D - I_p \quad (4)$$

$$V_{pv} = V_D - I_{pv} \cdot R_s \quad (5)$$

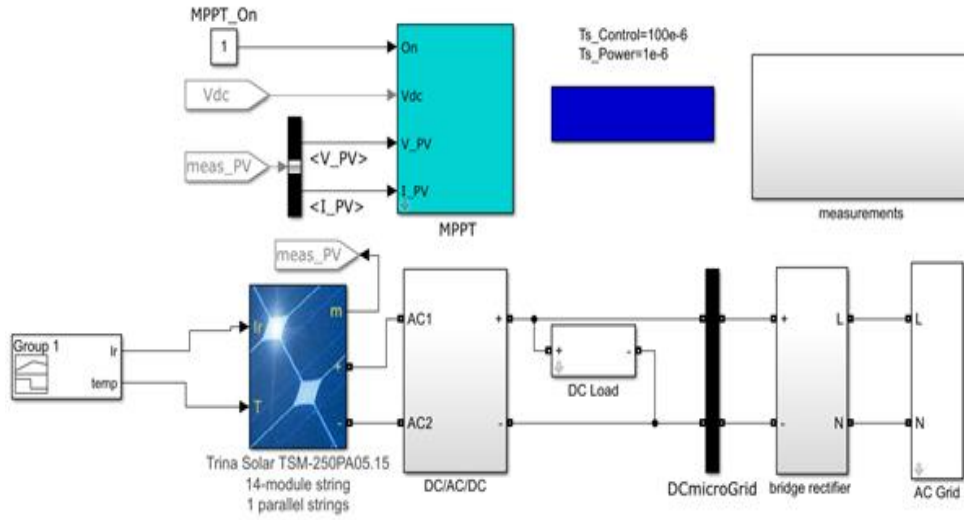
2 ile 3 nolu denklemler (4)'te yerine yazılacak olunursa;

$$I_{pv} = I_{ph} - \left[ e^{\left( \frac{q \cdot V_{pv} + I_{pv} \cdot R_s}{A \cdot k \cdot T_c} \right)} - 1 \right] - \frac{V_{pv} + I_{pv} \cdot R_s}{R_p} \quad (6)$$

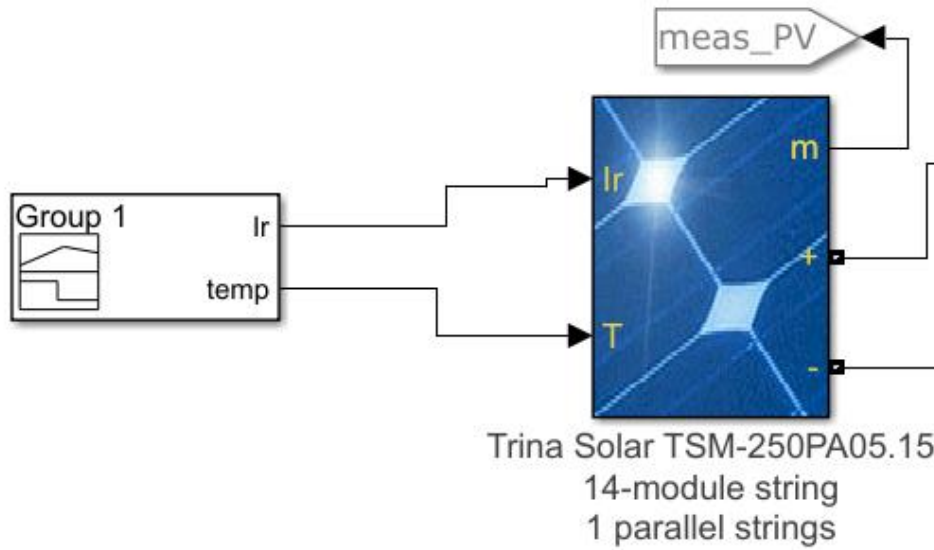
Matematiksel model sağlanabilir (Villalva & Gazoli, 2009; Krishan, Sood & Uday Kumar, 2013).

### 3. PV Panelin MATLAB Simülasyonu

Önerilen sistem, solar hücre matrisi, DC bağlantı kapasitörü, DC-AC çevirici, maksimum güç noktası izleme sistemi MPPT ve yüklerden oluşmaktadır. Şekil 2'de sistemin genel blok diyagramı verilmiştir ve Şekil 3'te PV dizisi blok diyagramı gösterilmiştir



Şekil 2. Blok diyagramı.



Şekil 3. PV dizisi blok diyagramı.

Solar hücre matrisi seri olarak bağlanan 14 modelden oluşur, PV dizisi, önerilen sisteme uygunluğu nedeniyle seçilen Matlab/Simulink'te "Trina Solar TSM-250PA05.15" dir. Şekil 4'te PV dizi verileri gösterilmiştir.

Array data

Parallel strings 1

Series-connected modules per string 14

Module data

Module: Trina Solar TSM-250PA05.15

Maximum Power (W) 249.86 Cells per module (Ncell) 60

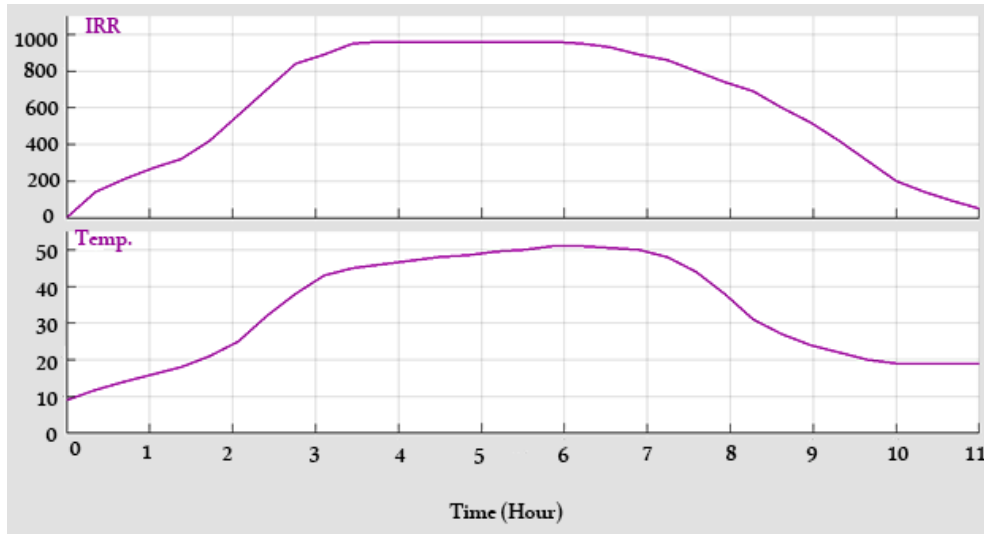
Open circuit voltage Voc (V) 37.4 Short-circuit current Isc (A) 8.55

Voltage at maximum power point Vmp (V) 31 Current at maximum power point Imp (A) 8.06

Temperature coefficient of Voc (%/deg.C) -0.32976 Temperature coefficient of Isc (%/deg.C) 0.058585

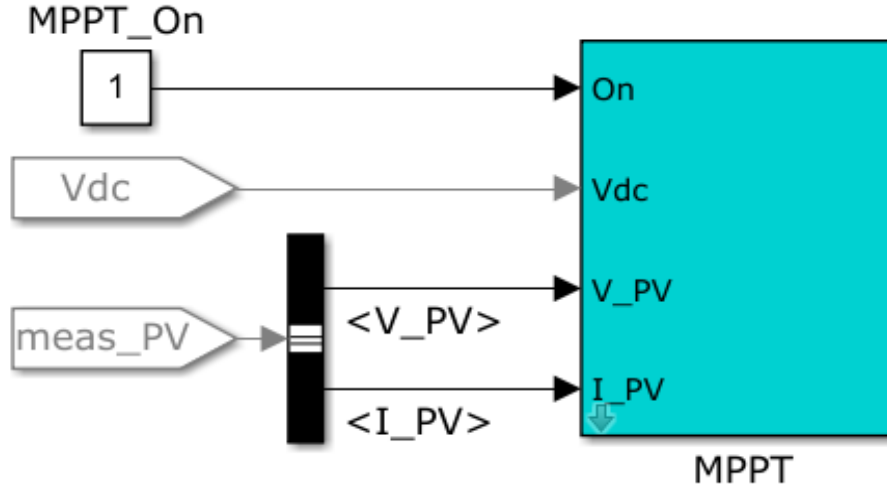
Şekil 4: PV dizisi verileri.

Işınım ve sıcaklık, şekil 5'te gösterilen gün içerisinde tahmini güneş ışınımının ve sıcaklığın dalga boyları blok kullanılarak kontrol edilmektedir.



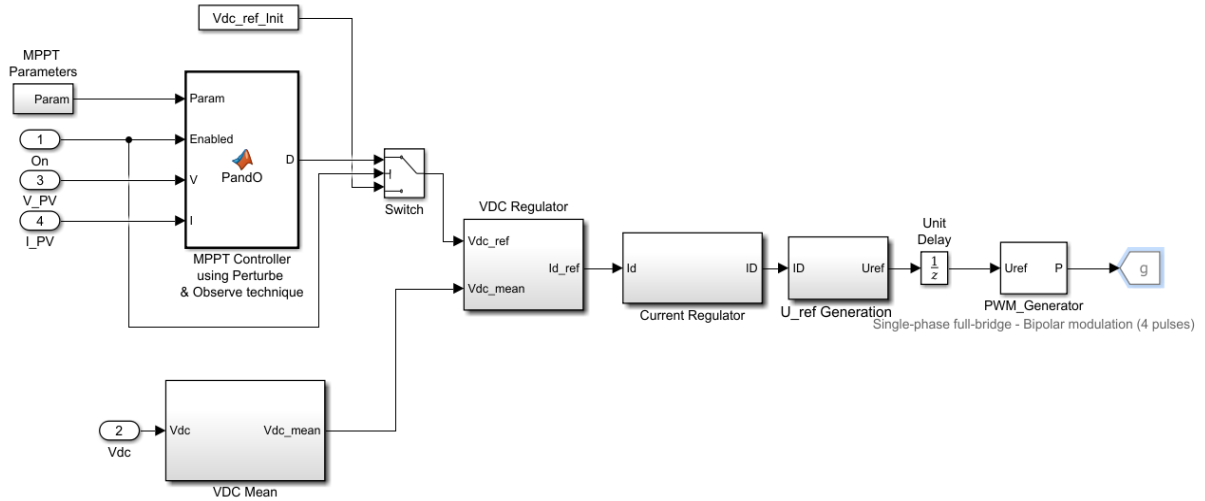
Şekil 5: Gün içerisinde tahmini güneş ışınımının ve sıcaklığın dalga boyları.

Tek fazlı tam köprü çevirici aynı anda iki görevi yerine getirmektedir, DC gerilimini AC gerilime dönüştürmektedir ve maksimum güç noktasını (MPPT) izlemektedir. Bu sistemde kullanılan MPPT algoritması, MPPT adı verilen blokta bulunan bozucu (perturb) ve gözlemci (observe) türüdür. Şekil 6'da MPPT blok diyagramını gösterilmiştir.



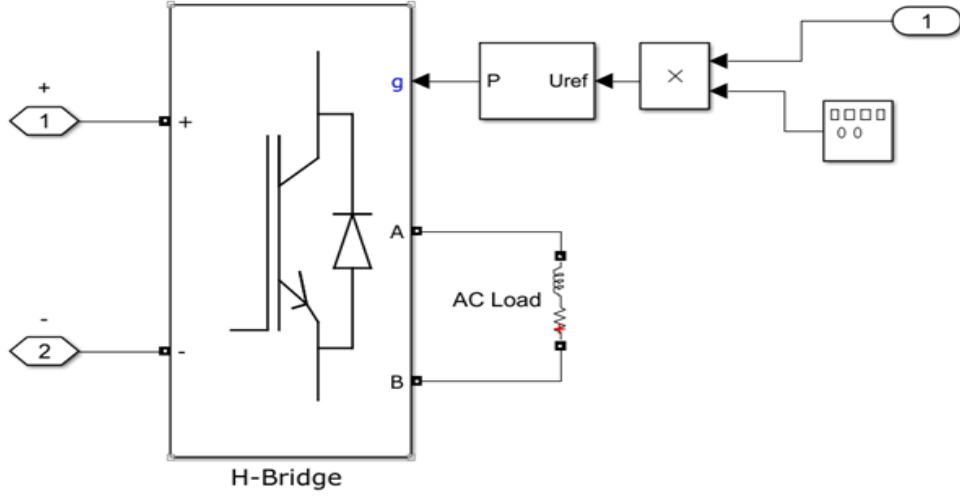
Şekil 6: MPPT blok diyagramı.

MPPT blok, maksimum güç noktası izleme ve gerilim seviyesi kontrolünü gerçekleştirir. Şekil 7’de, MPPT 'in içeriğini gösterilmiştir.



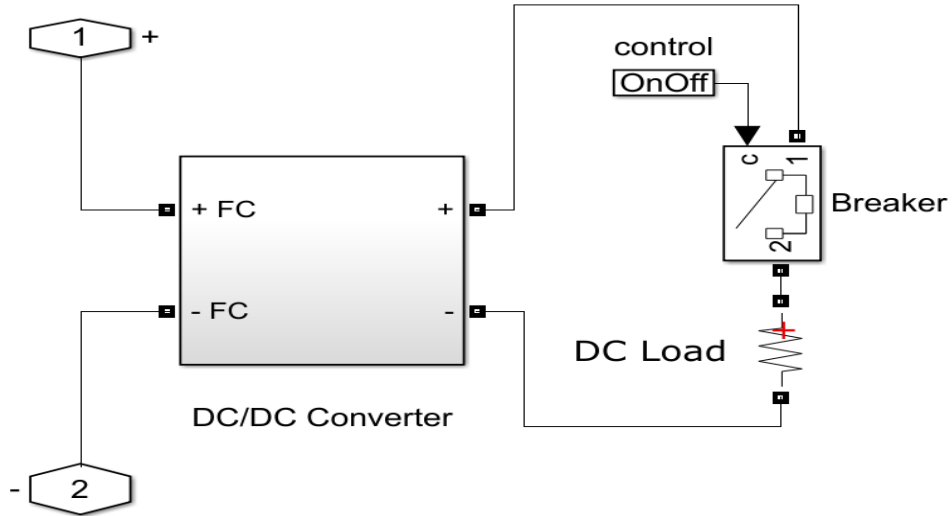
Şekil 7: MPPT içeriği.

AC yükü, en yaygın yükler olan RL yükünden ve DC yol gerilimini istenen AC gerilime dönüştürmek için tek fazlı bir çeviriciden oluşmaktadır; çevirici sistemi tam köprü transistörlü anahtarlar, PWM jeneratörü, referans gerilimi ve açma/kapama kontrol anahtarından oluşturmaktadır. AC yükü Şekil 8' de gösterilmiştir.



Şekil 8. AC yükü.

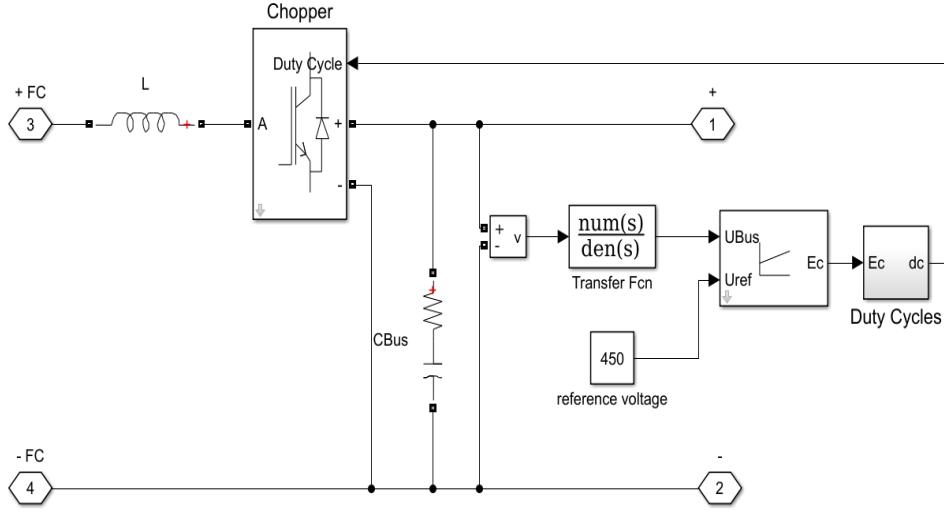
DC yükü, DC yol gerilimini uygun büyüklüğe dönüştürmek için ve R yükünden ve DC-DC dönüştürücüsünden ve AÇIK / KAPALI yükü kontrol etmek için devre kesiciden oluşmaktadır. Şekil 9'da DC yükü gösterilmiştir.



Şekil 9: DC yükü.

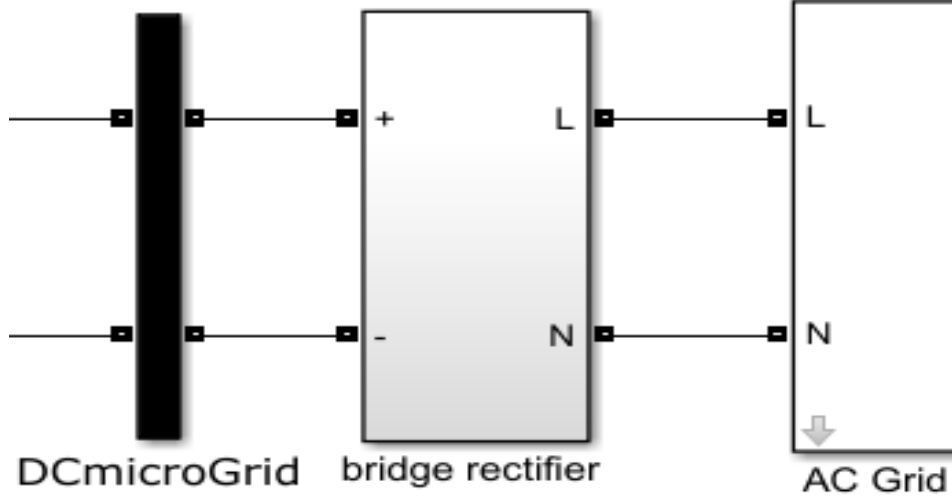


DC-DC dönüştürücüsü, istenen gerilim referansına göre iş döngüsünü kontrol eden kontrol devresinden ve gerilim yükseltici çeviriciden oluşmaktadır. DC-DC blok diyagramı Şekil 10'da gösterilmiştir.

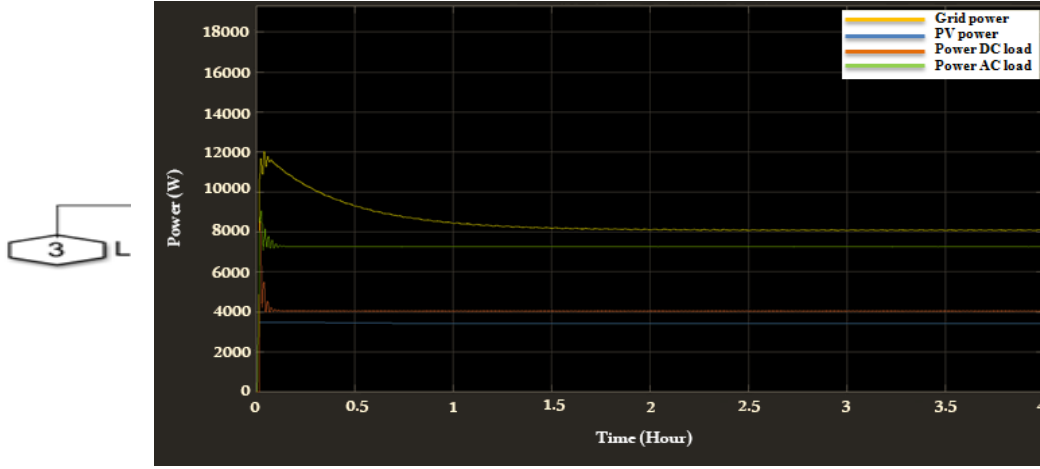


Şekil 10: DC-DC dönüştürücü.

DC mikrogrid, DC yol ve AC gride bağlı tam köprü tipi doğrultmaçtan oluşmaktadır, böylece önerilen sistem AC gride gerçek güç sağlayamaz, yalnızca AC gridi ile yükü paylaşabilir. DC mikrogrid, Şekil 11 'de gösterilmiştir ve Şekil 12'de tam köprü tipi doğrultmacı göstermektedir.



Şekil 11: DC mikrogrid.



Şekil 12. Tam köprü tipi doğrultmaç.

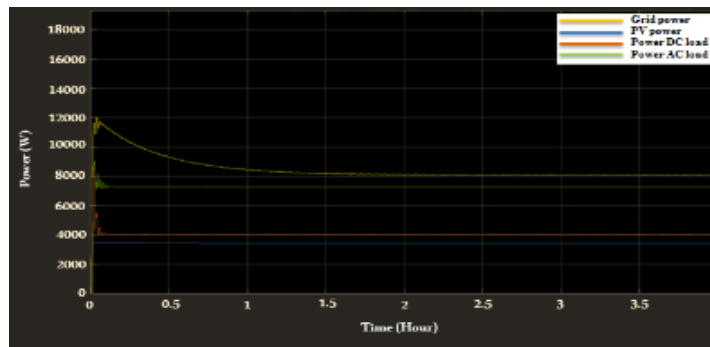
#### 4. Bileştirilmiş AC ve DC Yük Durumu

Sıcaklık ve ışınımın doğasına bağlı olarak birleştirilmiş AC ve DC yük durumu, sabit sıcaklık ve ışınım, sabit sıcaklık ve değişken ışınım, değişken sıcaklık ve sabit ışınım durumlarını içermektedir.

##### 4.1 Sabit Sıcaklık ve Sabit Işınım

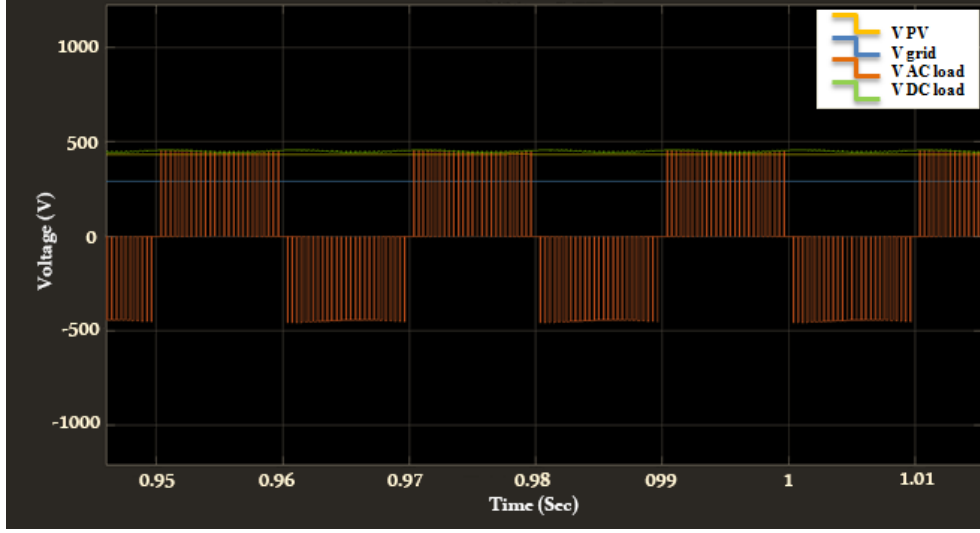
Bu durumda sıcaklık  $25^{\circ}\text{C}$ , ışınım ise  $1000 \text{ W/m}^2$  olarak sabit kalmaktadır. Gerçek güç dalga formları Şekil 13'te, sistem gerilim dalga formları Şekil 14'te, PV dizi okuması Şekil 15'te, PV dizi P-V eğrisi Şekil 16'da, sıcaklık  $25^{\circ}\text{C}$  ve  $1000 \text{ W/m}^2$ 'de sistem verimliği ise Şekil 18'de gösterilmiştir. Bu şekiller sırayla açıklanmaktadır.

Şekil 13'da yeşil renkli çizgi AC yükün gücünü, pembe renkli çizgi DC yükün gücünü, sarı renkli çizgi AC gridin gerçek gücünü, mavi renkli çizgi ise güneş panelin gerçek gücünü göstermektedir. Güneş panelinin ürettiği elektrik şekilde gösterilmiştir. Güneş panelinin gerçek gücü ile AC gridin gerçek güç değerlerini birleştirerek AC ve DC yüklerin değerlerini kapsamaktadır. Bu da sistemin doğru şekilde çalıştığını göstermektedir. Güneş paneli ve AC grid ile birlikte DC yükünü gerçek gücüyle beslemektedir.



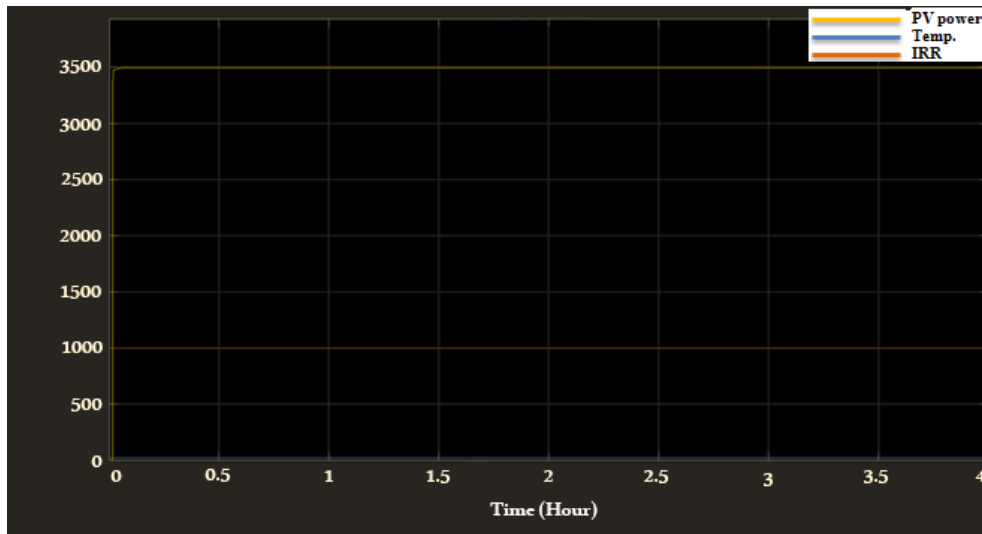
Şekil 13: Sistem gerçek güç dalga formları.

Şekil 14'te pembe renkli çizgi AC yükün gerilimini, yeşil renkli çizgi DC yükün gerilimini, sarı renkli çizgi PV gerilimini ve mavi renkli çizgi ise AC gridin gerilimini göstermektedir. Bu durumda güneş ışınımı ( $1000 \text{ W/m}^2$ ) ve sıcaklık  $25^\circ\text{C}$  sabit kalırken PV gerilimi sabit olarak üretmektedir. AC grid 220 volt ile çalışmaktadır. AC gerilimi, PWM (Sinyal Genişlik Modülasyonu) şeklinde gösterildiği için inverter uygulanmaktadır. Gerilim düzenleyici, AC ve DC gerilimini sabit tutarak sisteme bir avantaj sağlamaktadır.



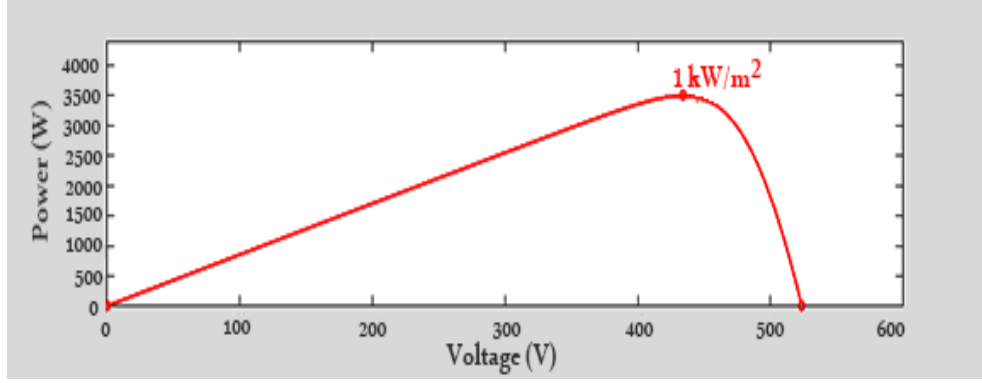
Şekil 14: Sistem gerilim dalga formları.

Şekil 15'te mavi renkli çizgi güneş sıcaklığını, pembe renkli çizgi güneş ışınımını, sarı renkli çizgi ise PV panelinden üretilmiş olan gerçek gücünü göstermektedir. Bu durumda güneş ışınımı ( $1000 \text{ W/m}^2$ ) ve sıcaklık  $25^\circ\text{C}$  sabit kalmıştır. Güneş panelinin gerçek gücü MPP ile çalışmaktadır. PV dizi değerini, Şekil 16 PV eğrisiyle Karıştırarak güneş panelinin gerçek gücü, MPP ile çalışmaktadır.



Şekil 15: PV dizisi okumaları.

Bu durumda güneş panelinin üretebileceği MPP Şekil 16'da gösterilmiştir.



Şekil 16: Sıcaklık 25°C güneş ışınım 1000 W/M<sup>2</sup> PV dizisi P-V eğrisi.

Aşağıdaki verilmiş olan (7) verimlilik denklemini kullanarak elde edilen sistem verimlilik değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

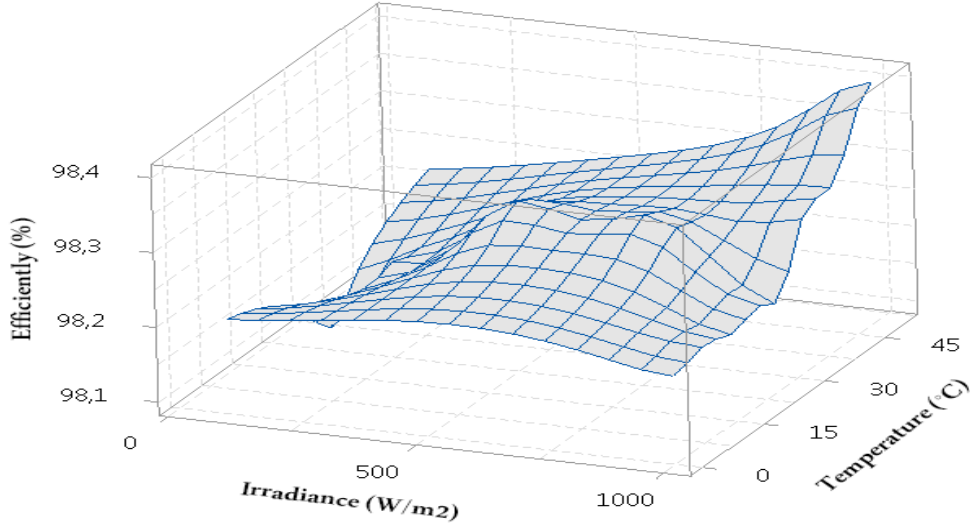
$$\text{Verimlilik} = \frac{P_{(AC \text{ yük} + DC \text{ yük})}}{P_{(PV + AC \text{ grid})}} \times \%100 \quad (7)$$

Bu çalışmada elde edilen verimlilik sonuçlarını Tablo 1’de verilmiştir. Bu sonuçların daha net değerlendirilmesi için grafikler çizilmiştir. Grafik çizimleri; Box-Behnken istatistiksel deney tasarımı yöntemi ve Minitab yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 17’de bileştirilmiş AC ve DC yük durum sistem verimlilik sonuçlarını verilmiştir.

Tablo 1: Verimlilik sonuçları.

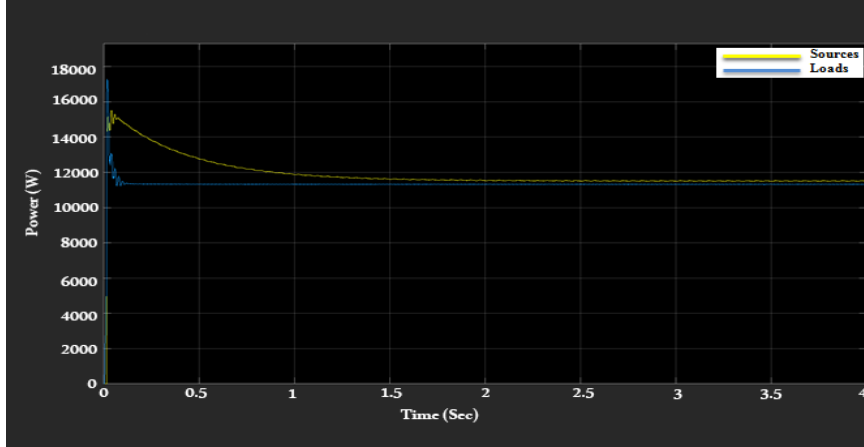
Simülasyon No	Sıcaklık (T), °C	Güneş ışınımı (IRR), W/m <sup>2</sup>	Verimlilik, (%)
1	0	1000	98,2
2	15		98,2
3	25		98,2
4	35		98,3
5	50		98,4
6	25	100	98,1
7		250	98,2
8		500	98,3
9		750	98,3
10		1000	98,2

Şekil 17’de verilen verimlilik grafiği değerlendirildiğinde, 0°C sıcaklıklarında verimliliğin, güneş ışınımının 0’dan 500W/m<sup>2</sup>’ye kadar çıkmasıyla arttığı ancak güneş ışınımının 1000 W/m<sup>2</sup> çıkmasıyla verimliliğin düştüğü görülmüştür. Daha yüksek sıcaklıklarda güneş ışınımının artmasıyla verimliliğin arttığı görülmektedir. Aynı zamanda da sıcaklığın artmasıyla verimliliğin arttığı da görülmektedir.



Şekil 17: Verimlilik sonuçları.

Şekil 18’de sarı renkli çizgi kaynakların gücünü ( $P_{PV} + P_{AC\ grid}$ ) ve mavi renkli çizgi ise (AC+DC) yüklerin gücünü göstermektedir. Denklem 7’yi kullanarak sistem verimliliği % 98,2 bulunmuştur.



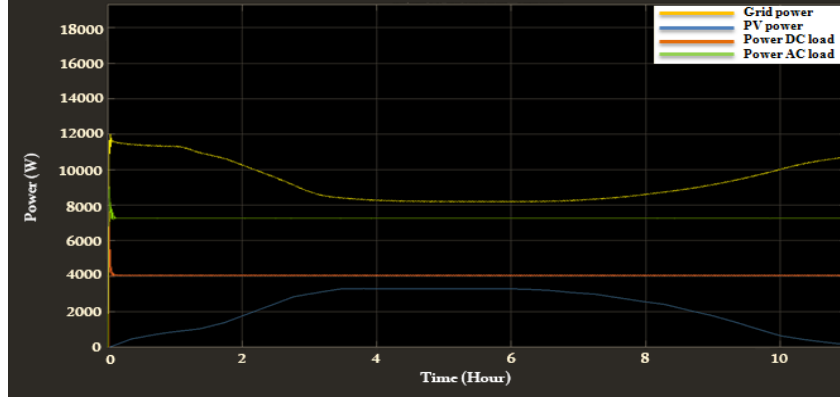
Şekil 18. 25°C ve 1000 W/m<sup>2</sup>’de sistem verimliliği.

#### 4.2 Değişken Sıcaklık Sabit Işınım Durumu

Bu durumda sıcaklık 0 santigrat derece ile 50 santigrat derece arasında değişirken ışınım sabit kalır (1000 W/m<sup>2</sup>). Sistem gerçek güç dalga şekilleri, sistem gerilimi dalga formları, PV dizi okumaları ve PV dizi P- V eğrisi, sıcaklık 0 °C ve 1000 W/m<sup>2</sup>, sıcaklık 15 °C ve 1000 W/m<sup>2</sup>, sıcaklık 35 °C ve 1000 W/m<sup>2</sup> ve sıcaklık 50 °C ve 1000 W/m<sup>2</sup>’de sistem verimliliği sırasıyla; Şekil 19’dan Şekil 26’ya kadar gösterilmiştir.

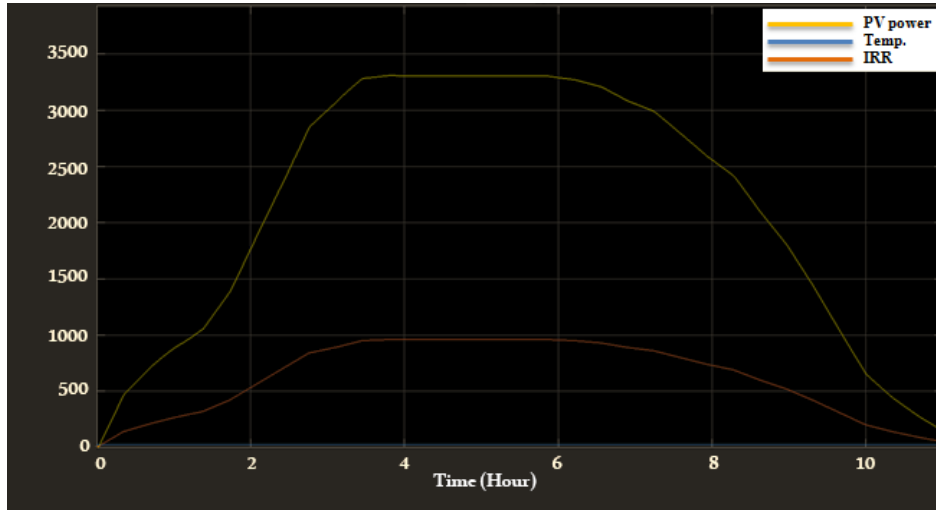
Şekil 19’da yeşil renkli çizgi AC yükün gücünü, pembe renkli çizgi DC yükün gücünü, sarı renkli çizgi AC gridin gerçek gücünü, mavi renkli çizgi ise güneş panelin gerçek gücünü göstermektedir. Bu durumda güneş ışınımı (1000

W/m<sup>2</sup>) sabit kalmakta ve sıcaklığın yükselmesiyle PV gerilimi düşmektedir. Dolayısıyla PV panelin gücü az da olsa düşmektedir. PV gücünün düşmüş olduğu yerlerde AC gridin gücü yükselmektedir ve bunun sonucu olarak PV gücü yükleri AC gücünden daha fazla beslemektedir. Sistem, güneş panelinin gerçek gücü ile AC gridinin gerçek gücünü birleştirerek yüklerin güçlerini kapsamakta olup doğru çalışmaktadır.



Şekil 19. Sistem gerçek güç dalga formları.

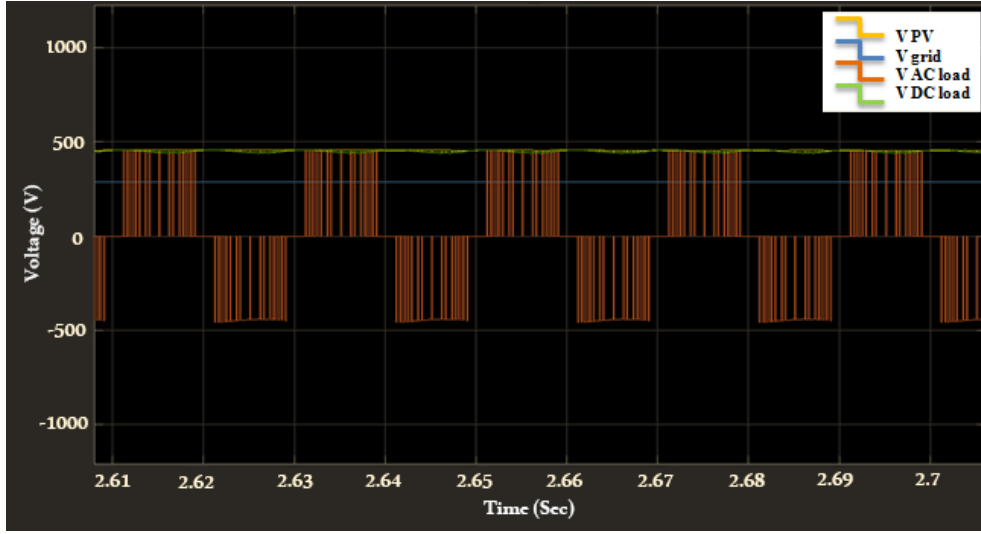
Şekil 20’de mavi renkli çizgi güneş sıcaklığını, pembe renkli çizgi güneş ışınımını, sarı renkli çizgi ise PV panelinden üretilmiş olan gerçek gücü göstermektedir. Bu durumda güneş ışınımı (1000 W/m<sup>2</sup>) sabit kalırken sıcaklık değişmektedir. Sıcaklığın yükselmesiyle PV gerilimi düşmektedir. Sıcaklığın yükselmesi PV gerilimini büyük ölçüde etkilememektedir, bundan dolayı PV panelinin gücünü çok büyük derecede düşürmemektedir.



Şekil 20. PV Dizisi okumaları.

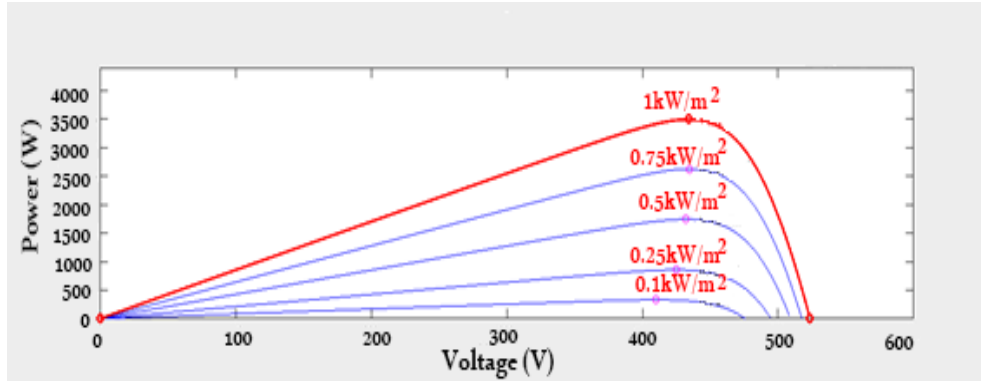
Şekil 21’de pembe renkli çizgi AC yükün gerilimini, yeşil renkli çizgi DC yükün gerilimini, sarı renkli çizgi PV gerilimini, mavi renkli çizgi ise AC gridin gerilimini göstermektedir. AC grid 220 volt ile çalışmaktadır. Bu durumda güneş ışınımının (1000 W/m<sup>2</sup>) sabit kalması ve sıcaklığın yükselmesi PV gerilimini düşürmektedir. AC gerilimi, PWM (Sinyal Genişlik Modülasyonu) şeklinde gösterilmiş olduğu için inverter uygulanmaktadır. Gerilim düzenleyici AC ve DC gerilimlerini sabit tutarak sisteme bir avantaj sağlamaktadır. PV dizi değerini, Şekil 20, PV eğrisiyle

karıştırılarak güneş panelinin gerçek gücü, MPP ile çalışmaktadır.



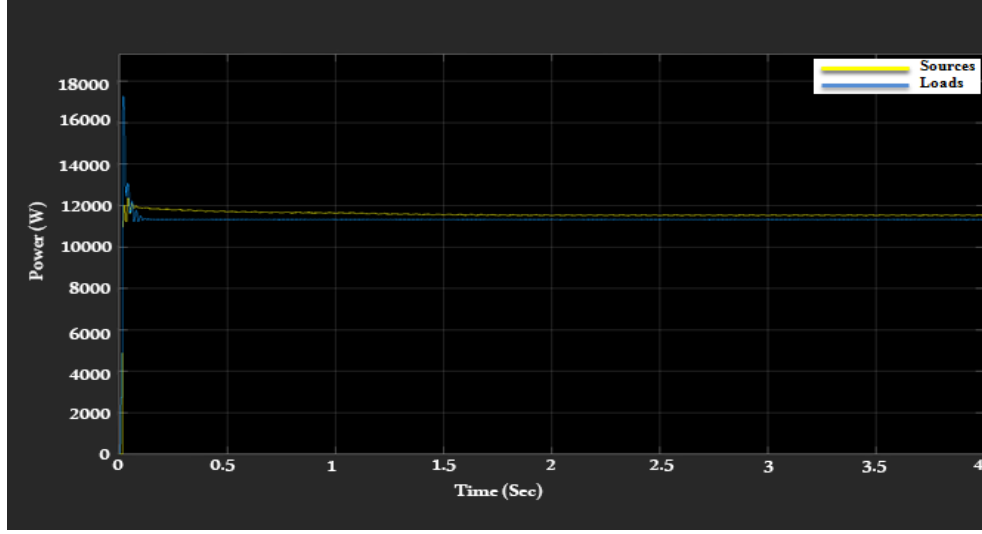
Şekil 21. Sistem gerilim dalga formları.

Şekil 22’de güneş panelinde farklı sıcaklık derecelerinde üretilebilecek olan MPP gösterilmiştir.



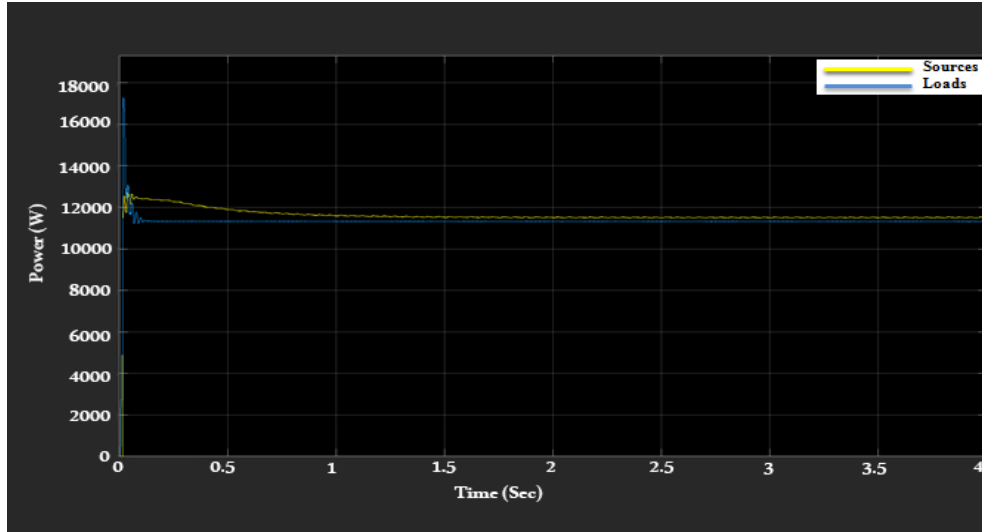
Şekil 22. Sıcaklık (0-50) °C Arasında Güneş Işınım 1000 W/M<sup>2</sup> PV Dizisi P-V Eğrisi.

Şekil 23’te sarı renkli çizgi kaynakların gücünü ( $P_{PV} + P_{AC\ grid}$ ) ve mavi renkli çizgi ise (AC+DC) yüklerin gücünü göstermektedir. Aşağıdaki verimlilik denklemi 7’yi kullanarak sistem verimliliği % 98,2 bulunmuştur.



Şekil 23. Sıcaklık 0 °C ve 1000 W/m<sup>2</sup>'de sistem verimliliği.

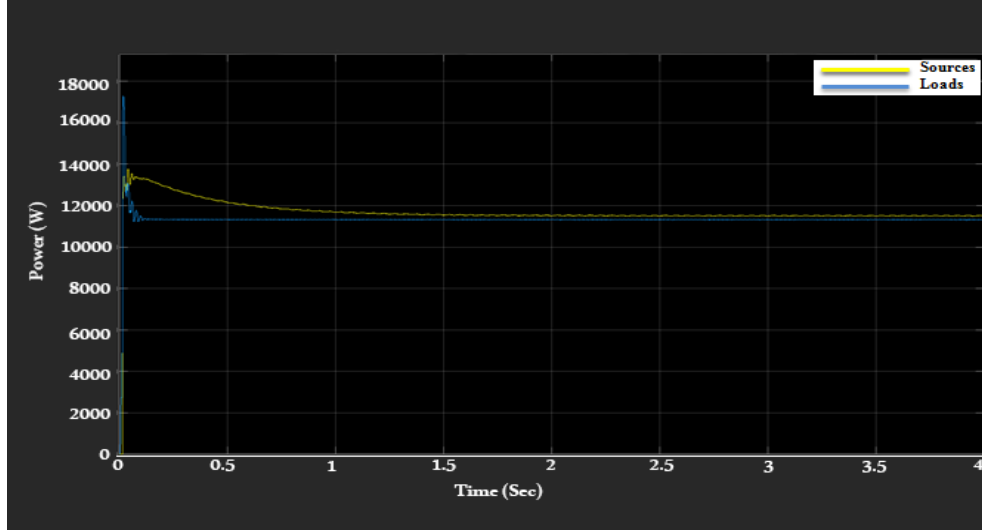
Şekil 24'te sarı renkli çizgi kaynakların gücünü ( $P_{PV} + P_{AC\ grid}$ ) ve mavi renkli çizgi ise (AC+DC) yüklerin gücünü göstermektedir. Denklem 7'yi kullanarak sistem verimliliği % 98,2 bulunmuştur.



Şekil 24. Sıcaklık 15 °C ve 1000 W/m<sup>2</sup>'de sistem verimliliği.

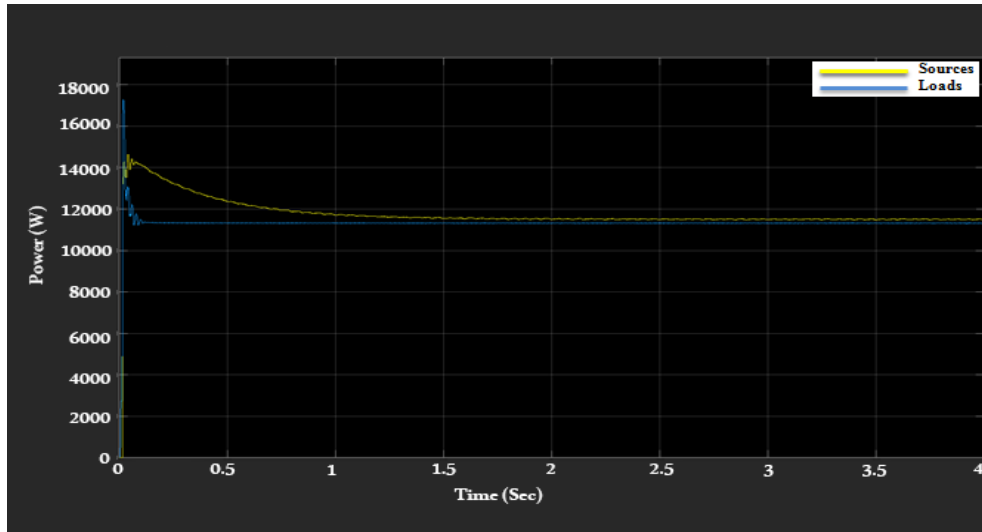
Şekil 25'te sarı renkli çizgi kaynakların gücünü ( $P_{PV} + P_{AC\ grid}$ ) ve mavi renkli çizgi ise (AC+DC) yüklerin gücünü göstermektedir. Denklem 7'yi kullanarak sistem verimliliği % 98,3 bulunmuştur.





Şekil 25. Sıcaklık 35 °C ve 1000 W/m<sup>2</sup>'de sistem verimliliği.

Şekil 26'da sarı renkli çizgi kaynakların gücünü ( $P_{PV} + P_{AC\ grid}$ ) ve mavi renkli çizgi ise (AC+DC) yüklerin gücünü göstermektedir. Denklem 7'yi kullanarak sistem verimliliği % 98,4 bulunmuştur.



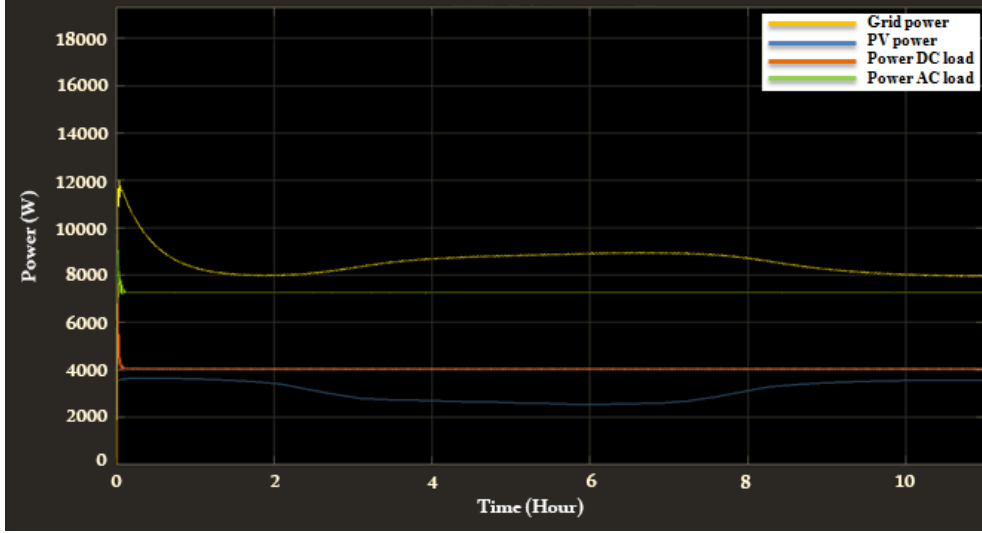
Şekil 26. Sıcaklık 50 °C ve 1000 W/m<sup>2</sup>'de sistem verimliliği.

#### 4.3 Sabit Sıcaklık Değişken Işınım Durumu

Bu durumda sıcaklık 25°C olarak sabit kalırken ışınım ise 0 W/m<sup>2</sup> ile 1000 W/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir ve geri dönüş 0 w/m<sup>2</sup> olmaktadır. Sistem gerçek güç dalga formları, sistem gerilim dalga formları, PV dizisi okumaları, PV dizisi P-V eğrisi, sıcaklık 25 °C ve 100 W/m<sup>2</sup>, sıcaklık 25 °C ve 250 W/m<sup>2</sup>, sıcaklık 25 °C ve 500 W/m<sup>2</sup> ve sıcaklık 25 °C ve 750 W/m<sup>2</sup>'de sistem verimliliği sırasıyla; Şekil 27'den 34'de kadar gösterilmiştir.

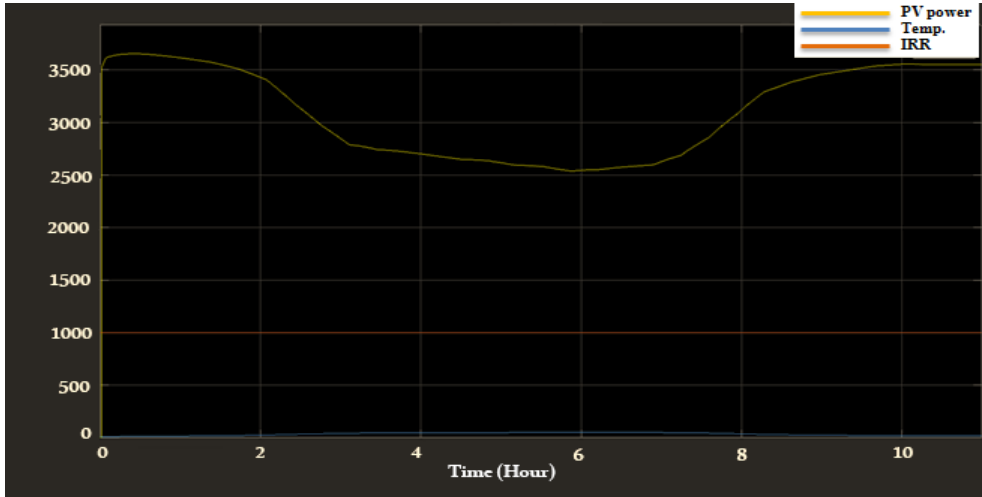
Şekil 27'de yeşil renkli çizgi AC yükünü, pembe renkli çizgi DC yükünü, sarı renkli çizgi AC gridin gerçek gücünü, mavi renkli çizgi ise güneş panelinin gerçek gücünü göstermektedir. Güneş ışınımının yükselmesiyle PV akımı ve PV

gücü de yükselmektedir. Güneş panelinin ürettiği elektrik şekilde gösterilmiştir. Güneş panelinin gerçek gücü ile AC gridin gerçek güç değerlerini birleştirerek AC ve DC yüklerin değerlerini kapsamaktadır. Bu da sistemin doğru şekilde çalıştığını göstermektedir. Güneş paneli ve AC grid ile birlikte DC yükünü gerçek gücüyle beslemektedir.



Şekil 27. Sistem gerçek güç dalga formları.

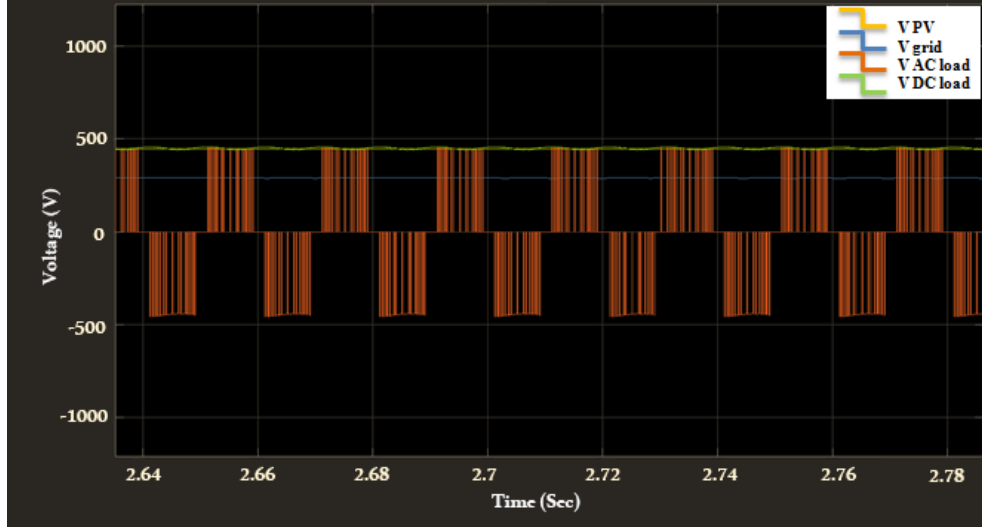
Şekil 28’de mavi renkli çizgi güneş sıcaklığını, pembe renkli çizgi güneş ışınımını, sarı renkli çizgi ise PV panelinden üretilmiş olan gerçek gücü göstermektedir. Bu durumda güneş ışınımı değişirken sıcaklık 25°C olarak sabit kalmıştır. Güneş ışınımının yükselmesiyle PV akımı ve PV gücü de yükselmektedir.



Şekil 28. PV dizisi okumaları.

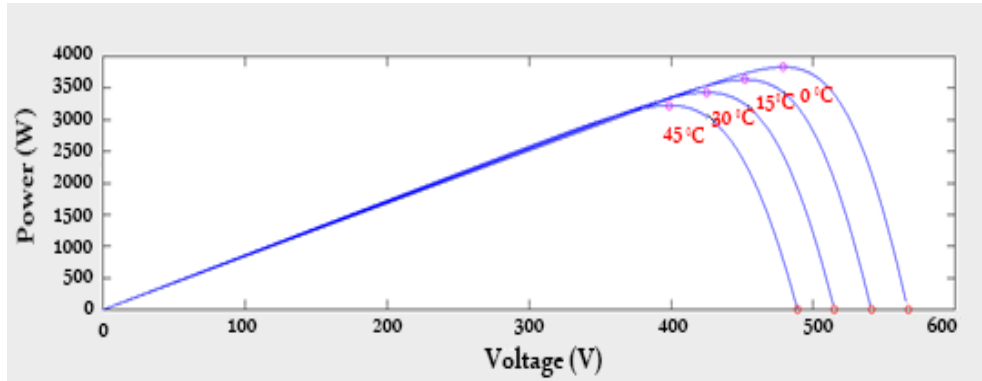
Şekil 29’da pembe renkli çizgi AC yükün gerilimini, yeşil renkli çizgi DC yükün gerilimini, sarı renkli çizgi PV gerilimini, mavi renkli çizgi ise AC gridin gerilimini göstermektedir. AC grid 220 volt ile çalışmaktadır. Bu durumda sıcaklık 25°C olarak sabit kalırken güneş ışınımı değişse de PV gerilimini etkilememektedir. AC gerilimi, PWM (Sinyal Genişlik Modülasyonu) şeklinde gösterilmiş olduğu için inverter uygulanmaktadır. Gerilim düzenleyici AC ve

DC gerilimlerini sabit tutarak sisteme bir avantaj sağlamaktadır. PV dizi değerini, Şekil 24, PV eğrisiyle Karıştırarak güneş panelinin gerçek gücü, MPP ile çalışmaktadır.



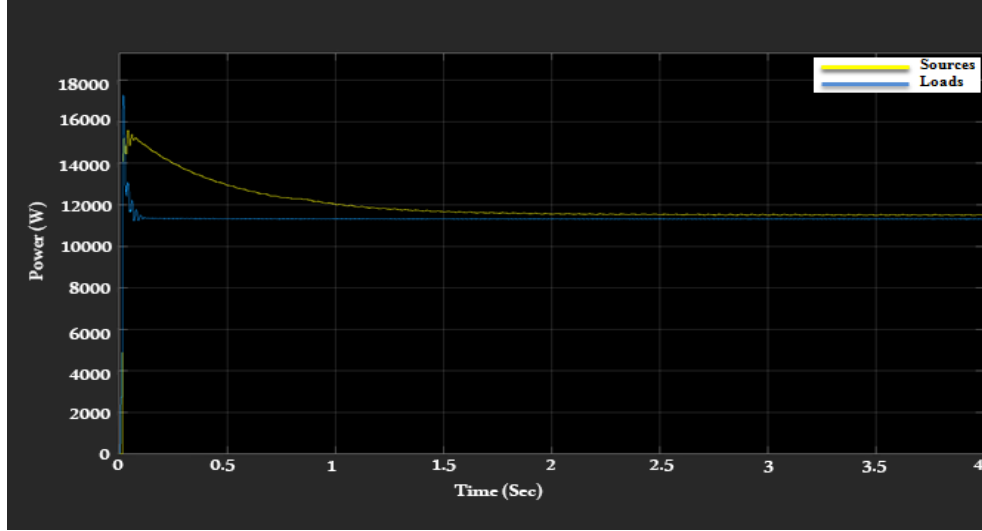
Şekil 29. Sistem gerilim dalga formları.

Şekil 30'da güneş panelinde değişen güneş ışınımında üretilebilecek olan MPP gösterilmiştir.



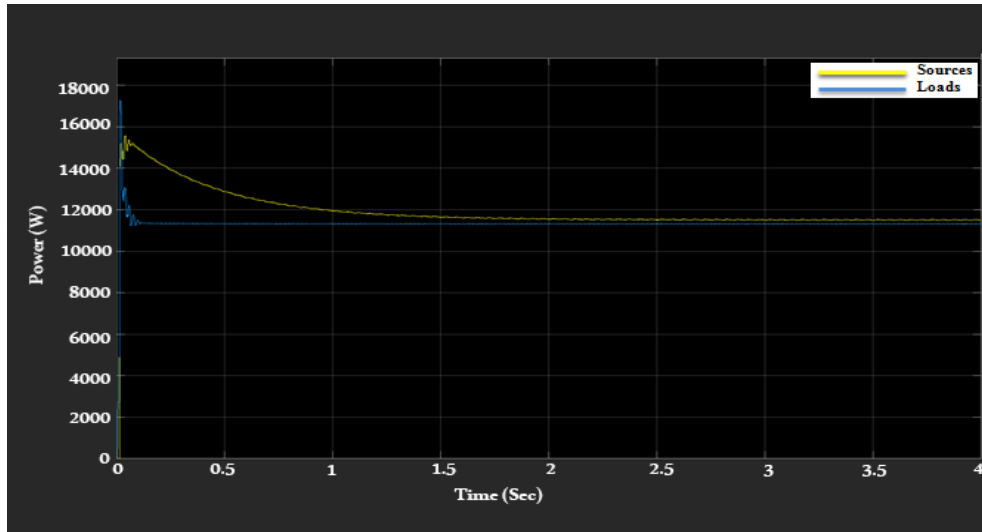
Şekil 30. Sıcaklık 25°C güneş ışınım(0-1000)W/M<sup>2</sup> arasında PV dizisi P-V eğrisi.

Şekil 31'de sarı renkli çizgi kaynakların gücünü ( $P_{PV} + P_{AC\ grid}$ ) ve mavi renkli çizgi ise (AC+DC) yüklerin gücünü göstermektedir. Denklem (7)'yi kullanarak sistem verimliliği % 98,1 bulunmuştur.



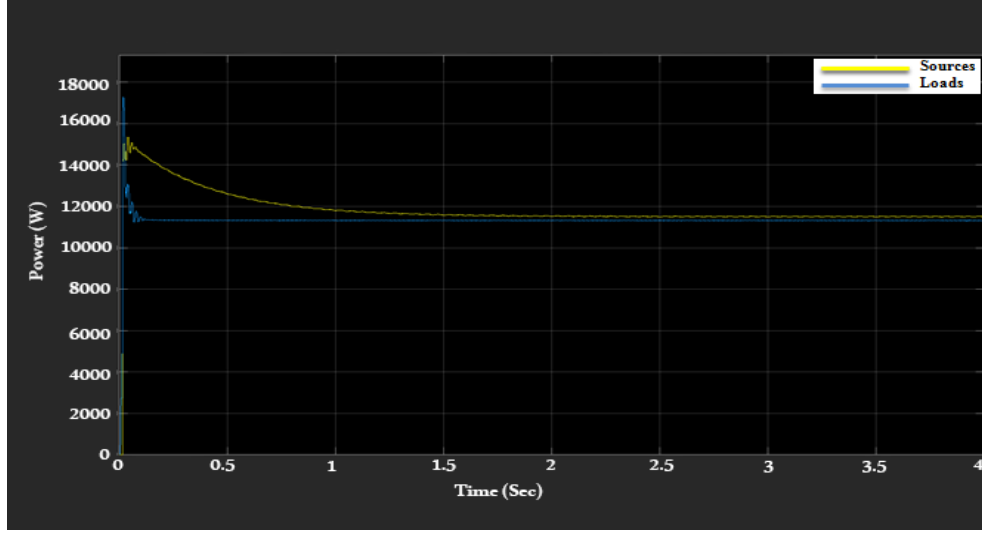
Şekil 31. Sıcaklık 25 °C ve 100 W/m<sup>2</sup>'de sistem verimliliği.

Şekil 32'de sarı renkli çizgi kaynakların gücünü ( $P_{PV} + P_{AC\ grid}$ ) ve mavi renkli çizgi ise (AC+DC) yüklerin gücünü göstermektedir. Denklem 7'yi kullanarak sistem verimliliği % 98,2 bulunmuştur.



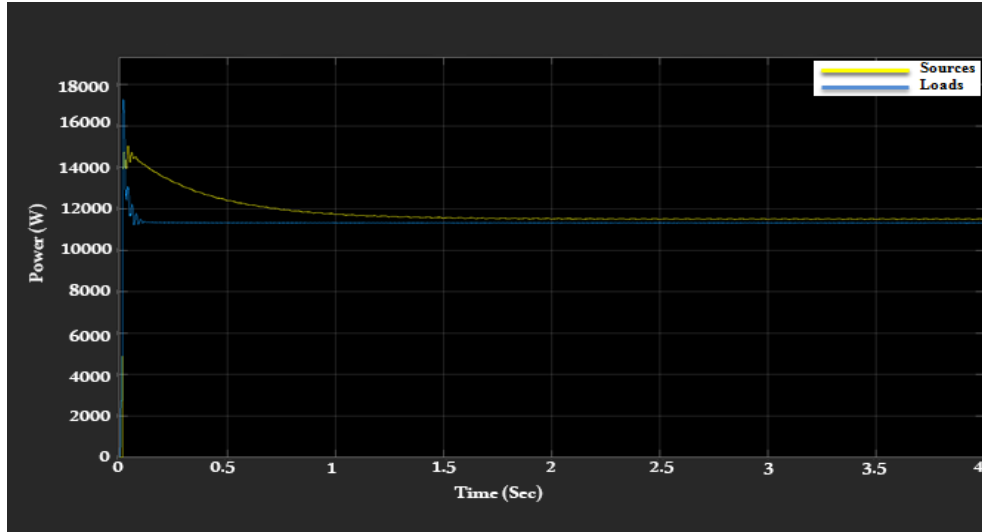
Şekil 32. Sıcaklık 25 °C ve 250 W/m<sup>2</sup>'de sistem verimliliği.

Şekil 33'te sarı renkli çizgi kaynakların gücünü ( $P_{PV} + P_{AC\ grid}$ ) ve mavi renkli çizgi ise (AC+DC) yüklerin gücünü göstermektedir. Denklem 7'yi kullanarak sistem verimliliği % 98,3 bulunmuştur.



Şekil 33. Sıcaklık 25 °C ve 500 W/m<sup>2</sup>'de sistem verimliliği.

Şekil 34'te sarı renkli çizgi kaynakların gücünü ( $P_{PV} + P_{AC\ grid}$ ) ve mavi renkli çizgi ise (AC+DC) yüklerin gücünü göstermektedir. Denklem 7'yi kullanarak sistem verimliliği % 98,3 bulunmuştur.



Şekil 34. Sıcaklık 25 °C ve 750 W/m<sup>2</sup>'de sistem verimliliği.

Bu çalışmanın değerlendirmesinde daha önce yapılan çalışmalar ile elde ettiğimiz sonuçlar arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Ingale ve ark., 2016; çalışmasında PV paneli, DC mikrogrid, MPPT ve R yükten oluşmaktadır. Bu çalışmada PV paneli, DC mikro grid, MPPT, AC yük, DC yük ve AC grid kullanılmaktadır. PV sistemi Matlab/Simulink programı kullanarak tasarlanmış ve simüle edilmiştir. Güneş sıcaklığının ve ışımının değişmesi ile etkilerini AC ile DC yüklerinde görülmektedir aynı zamanda her değişiklikte MPPT izlenilmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda sistem verimliliği % 85 ve % 94 bulunmuşlardır (AbdelHady, 2017; Yılmaz & Kırcaay, 2016). Bu

çalışmada elde edilen sonuçlara göre sistem verimliliği % 98 bulunmuştur. Bu karşılaştırma sonucunda kurmuş olduğumuz sistemin daha iyi ve daha verimli çalıştığı görülmüştür.

## 6. Sonuçlar

Bu çalışma, güneş ışınım seviyeleri ve sıcaklıkla ilgili tüm beklenen durumlar için ya da bir başka deyişle, tüm beklenen çevresel durumlar için önerilen sistemin simülasyon sonuçlarını içermektedir. Işınım seviyelerini (100, 250, 500, 750 ve 1000 W/m<sup>2</sup>) ve sıcaklık (0, 15, 25, 35, 50°C) kullanarak yüklerin toplam güç değeri 11,3 KW' iken kaynakların toplam gücü 11,53 KW ve bunlara istinaden sistem verimliliği %98 bulunmaktadır. Güneş sıcaklığı artması ile PV panelin gücü düşmektedir ve ışınımın artması ile güç yükselmektedir. PV dizisinden üretilen gerçek güç ile yükün gerçek gücü arasındaki fark AC grid tarafından sağlanmaktadır. Yüklerin gerilimleri stabil ve belirlenen aralıktadır. Önerilen kontrol sistemi ise basitliğine rağmen stabil ve sağlamdır. Bu sistemin diğer bir avantajı ise daha düşük dönüşüm kaybına yol açan DC/DC dönüşümü aşamasının olmaması ve sonuç olarak sistemin genel verimliliği arttırmasıdır.

## Kaynaklar

AbdelHady, R. (2017). Modeling and simulation of a micro grid-connected solar PV system. *Water Science*, 31(1), 1-10.

Almaktar, M., Rahman, H. A., & Hassan, M. Y. (2012, December). Effect of losses resistances, module temperature variation, and partial shading on PV output power. In 2012 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon) (pp. 360-365). IEEE.

Besli, N., Aktacir, M. A., & Yesilata, B. (2010). FOTOVOLTAİK PANELLERİN GERÇEK ARAZİ KOŞULLARINDA TEST VE KARAKTERİZASYONU. *Engineer & the Machinery Magazine*, (601).

Bhol, R., Dash, R., Pradhan, A., & Ali, S. M. (2015, March). Environmental effect assessment on performance of solar PV panel. In 2015 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies [ICCPCT-2015] (pp. 1-5). IEEE.

Esrarn, T., & Chapman, P. L. (2007). Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques. *IEEE Transactions on energy conversion*, 22(2), 439-449.

Femia, N., Petrone, G., Spagnuolo, G., & Vitelli, M. (2005). Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method. *IEEE transactions on power electronics*, 20(4), 963-973.

Inamdar, S. S., & Vaidya, A. P. (2015, May). Performance analysis of solar photovoltaic module for multiple varying factors in MATLAB/Simulink. In 2015 international conference on smart technologies and management for computing, communication, controls, energy and materials (ICSTM) (pp. 562-567). IEEE.

- Ingale, G. B., Padhee, S., & Pati, U. C. (2016, April). Design of stand alone PV system for DC-micro grid. In 2016 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability (ICEETS) (pp. 775-780). IEEE.
- Irwanto, M., Irwan, Y. M., Safwati, I., Leow, W. Z., & Gomesh, N. (2014, March). Analysis simulation of the photovoltaic output performance. In 2014 IEEE 8th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2014) (pp. 477-481). IEEE.
- Islam, M. N., Rahman, M. Z., & Mominuzzaman, S. M. (2014, May). The effect of irradiation on different parameters of monocrystalline photovoltaic solar cell. In 2014 3rd International Conference on the Developments in Renewable Energy Technology (ICDRET) (pp. 1-6). IEEE.
- Krishan, R., Sood, Y. R., & Kumar, B. U. (2013, April). The simulation and design for analysis of photovoltaic system based on MATLAB. In 2013 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability (pp. 647-651). IEEE.
- Patel, H., & Agarwal, V. (2008). Maximum power point tracking scheme for PV systems operating under partially shaded conditions. *IEEE transactions on industrial electronics*, 55(4), 1689-1698.
- Rustemli, S., & Dincer, F. (2011). Modeling of photovoltaic panel and examining effects of temperature in Matlab/Simulink. *Elektronika ir Elektrotechnika*, 109(3), 35-40.
- Turhan, S. V., & Çetiner, İ. (2012). Fotovoltaik sistemlerde performans değerlendirmesi, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 12(13), 04.
- Villalva, M. G., Gazoli, J. R., & Ruppert Filho, E. (2009). Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays. *IEEE Transactions on power electronics*, 24(5), 1198-1208.
- YILMAZ, U., & KIRCAY, A. (2016). PV system incremental conductance MPPT method applied flyback converter under variable temperature and irradiance. *European Journal of Technique (EJT)*, 6(2), 87-95.
- Zhu, W., Yang, S., Wang, L., & Luo, L. (2011, May). Modeling and analysis of output features of the solar cells based on MATLAB/Simulink. In 2011 International Conference on Materials for Renewable Energy & Environment (Vol. 1, pp. 730-734). IEEE.