

## Fotovoltaik Güneş Paneli Sistemlerinde Maksimum Güç Noktası İzleyicisinin Verime Etkisi

Ufuk BADAĞ<sup>1</sup>, Ali Bekir YILDIZ<sup>2</sup>

**ÖZET:** Güneş enerjisi sistemlerinde, enerji dönüşümündeki verimliliğin düşük olması nedeniyle, günümüzde verimi arttırmaya yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Güneş enerjisi sistemlerini maksimum verimde kullanmak için, Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MGNI) sistemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, sık kullanılan bir MGNI algoritmasının verime etkisi incelenmiştir. Matlab/Simulink ortamında güneş pili modülü ve yükselten DA-DA dönüştürücü içeren, değişken ortam koşullarında maksimum güç noktasını tespit eden bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistem, MGNI birimi olmadan ve MGNI birimi olması durumunda çalıştırılarak elde edilen sonuçlar ve verime etkileri karşılaştırılmıştır. Sistem üç farklı durumda incelenmiştir. Elde edilen çıkarımlarda maksimum güç noktası izleyicisi varken birinci çalışma koşulunda verim %72.6'dan %92.95'e, ikinci çalışma durumunda verim %90.59'dan %96.43'e ve üçüncü çalışma durumunda verim %92.27'den %94.46'ya yükseldiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PV panel; Maksimum güç noktası izleyicisi; Verim; Değiştir ve gözlemler algoritması

## The Effect of Maximum Power Point Tracking on Efficiency in Photovoltaic Solar Panel Systems

**ABSTRACT:** In solar energy systems, due to the low efficiency in energy conversion, efforts to increase efficiency have gained importance today. Maximum Power Point Tracking (MPPT) systems have been developed to use solar energy systems at maximum efficiency. In this study, the effect of a frequently used maximum power point tracking algorithm on efficiency is investigated. Using Matlab/Simulink, a system that includes a solar cell module and Boost DC-DC converter is designed to detect the maximum power point in variable atmospheric conditions. This system is operated with maximum power point tracking unit and without maximum power point tracking unit, and the obtained results and their effects on efficiency are compared. The system has been studied in three different situations. In the inferences obtained, it was observed that the efficiency increased from 72.6% to 92.95% in the first working condition, the efficiency increased from 90.59% to 96.43% in the second working condition, and the yield increased from 92.27% to 94.46% in the third working condition.

**Keywords:** PV panel; Maximum power point tracking; Efficiency; Perturb and observe algorithm

<sup>1</sup> Ufuk BADAĞ (Orcid ID: 0000-0002-2008-6337), Ali Bekir YILDIZ (Orcid ID: 0000-0003-4043-7859), Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Müh. Böl., Kocaeli, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali Bekir YILDIZ, e-mail: abyildiz@kocaeli.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 30-04-2020

Kabul tarihi / Accepted: 26-08-2020

## GİRİŞ

Elektrik enerjisi en temel enerji ihtiyaçlarımızdandır. Bu enerji, günümüzde belli oranda fosil yakıtlar üzerinden sağlanmaktadır. Fosil yakıtların çevremize ve atmosfere olan zararları, fosil yakıtların azalması gibi etkenler, yenilenebilir enerji kaynaklarına, özellikle enerji kaynağının sınırsız olması sebebiyle güneş enerji sistemlerine olan ilgiyi artırmıştır. Güneş enerjisi sınırsız bir enerji kaynağı olduğu için, elektrik üretiminde ülkemizde ve dünyada önemli bir yer tutmaktadır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi, çevreyi kirletmemesi, yakıt gereksinimi olmaması ve gürültü oluşturmaması gibi avantajlara sahipken, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve enerji dönüşüm verimliliğinin düşük olması gibi dezavantajlara sahiptir. Bu alanda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarının ivme kazanmasıyla, son yıllarda güneş sistemlerine olan talep sürekli artış göstermektedir.

Bir güneş panelinden elde edilebilecek maksimum güç değeri, güneş ışınım değeri, ışınım açısı ve ortam sıcaklığı gibi parametrelere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu durumda güneş panelinden elde edilebilecek gerilim ve akım değerleri, ortam koşulları ve yük profiline göre değişiklik gösterir. Güneş paneli yüzeyine gelen güneş ışınım değeri arttıkça panel çıkışındaki akım da artmaktadır. Panelin bulunduğu ortam sıcaklığı arttıkça panel terminallerindeki açık devre gerilimi değeri azalmaktadır. Ortam şartları ve yük profiline bağlı olarak maksimum gücün elde edilmesi için güneş paneli maksimum güç noktasında sürekli olacak şekilde çalıştırılmalıdır. Güneş panelinin değişken parametreler doğrultusunda maksimum güç noktasında çalışması için Maksimum Güç Noktası İzleyici (MGNI) teknikleri geliştirilmiştir (Koizumi and Kurokawa 2005, ESRAM and Chapman 2007, Cristaldi et al. 2013, Jiang et al. 2013, Deveci ve Kasnaoğlu 2014, Basoglu and Cakir 2016, Ibbelouad et al. 2017, Kumar et al. 2019). MGNI teknikleri sayesinde daha az panel kullanılarak daha fazla enerji dönüşümü elde etmek mümkündür. Güneş paneli sistemlerinde verimliliği artırmak için, MGNI birimi kendi başına kullanılmaz. Güneş paneli ile yük arasında DA-DA dönüştürücü kullanılarak, MGNI birimi ile DA-DA dönüştürücünün doluluk oranı kontrol edilerek panelin maksimum güç noktasında çalışması sağlanır (Gupta et al. 2019, Mathew and Rakhee 2019, Boukebbous et al. 2019, Yadav and Maurya 2020).

Makalenin temel katkısı olarak, güneş panelinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayacak bir model Matlab/Simulink ortamında tasarlanmıştır. Tasarlanan model, MGNI birimi yokken ve MGNI birimi varken test edilerek, MGNI'nin güneş paneli sistemlerinde verimliliğe olan etkisi değerlendirilmiştir.

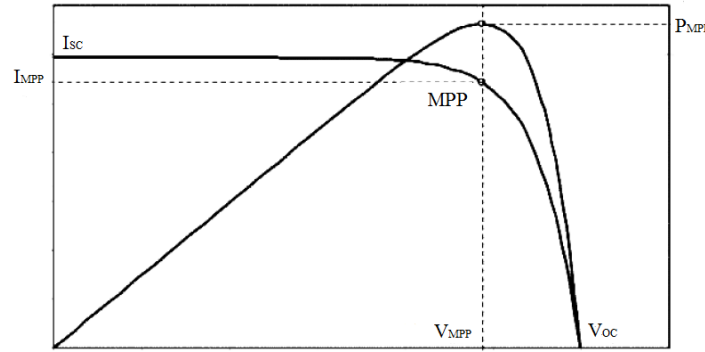
## MATERYAL VE YÖNTEM

### Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MGNI) Birimi

PV panellerin maksimum verimi sağladığı maksimum güç noktası, güneş ışınım miktarına, ışınım açısına ve panel sıcaklığı gibi parametrelere bağlıdır. Bu parametreler dinamik olduğu için, yükün maksimum güçte çalışma noktası, her zaman için PV panelin maksimum güç noktası olmamaktadır. PV panele bağlı olan yükün talep ettiği gücü sürekli olarak karşılayabilmek için PV paneller farklı ekipmanlar içerecek şekilde tasarlanır. Bu durumda, sistem maliyeti ve kayıplarında artış olur. Bu problemi ortadan kaldırmak için, Maksimum Güç Noktası İzleyici birimi içeren anahtarlamalı DA-DA dönüştürücüler kullanılır.

Maksimum güç noktası izleme tekniği, PV panelin gerilim ve akım değerlerini takip eden, içerdiği algoritma ile çıkış gerilimini kontrol eden programlanabilir elektronik bir donanımdır. Bir PV sistemde akım ve gerilim arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'e göre her çalışma koşulu

için yalnızca bir maksimum güç noktası vardır. Bu noktada PV karakteristik eğrisinin eğimi sıfırdır yani  $dP/dV = 0$  olduğu kabul edilir.



Şekil 1. PV panele ait I-V, P-V karakteristikleri ve maksimum güç noktası

Şekil 1'e göre, maksimum güç noktası denklem 1'de ki gibi ifade edilir.

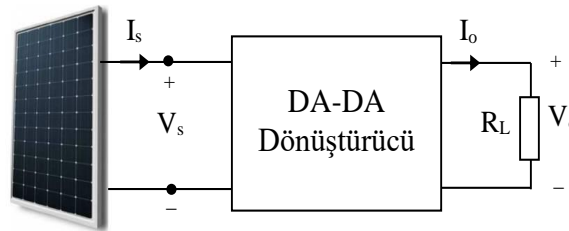
$$P_{MPP} = I_{MPP}V_{MPP} \quad (1)$$

Maksimum güç noktası takibini yapmak için geliştirilmiş birden çok algoritma mevcuttur. Geliştirilmiş ve kullanılan bu algoritmalar aşağıda sıralanmıştır. Bu algoritmalar arasında basitliği ve uygulanabilirliği açısından en çok tercih edilen algoritma, Değiştir ve Gözlemler (Perturb&Observe, P&O) algoritmasıdır.

- Sabit Gerilim Algoritması
- Sabit Akım Algoritması
- Değiştir ve Gözlemler Algoritması
- Artan İletkenlik Algoritması
- Bulanık Mantık Algoritması
- Dinamik Bozulma Algoritması

### Yükselten DA – DA Dönüştürücü

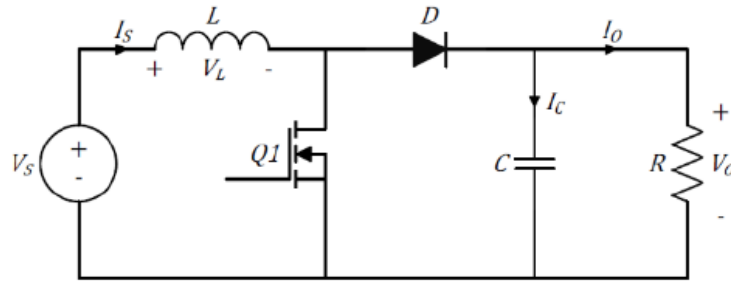
Değişken çevre koşulları altında, güneş panellerinin maksimum güç noktasında çalışması istenir. Bu amaca yönelik olarak güneş paneli ve yük arasında DA – DA dönüştürücü eklenir (Şekil 2).



Şekil 2. DA – DA dönüştürücülü MGNİ sistemi

Panelin çıkış gerilimi küçük olduğundan, kullanılan DA – DA dönüştürücü türü genellikle yükseltici yapıdaki dönüştürücülerdir (Nakir 2007, Altın ve Yıldırımoglu 2011, Kabala 2017). Yükseltici dönüştürücüler, çıkış gerilimini giriş gerilimine göre yükselten sistemlerdir. Yükseltici dönüştürücüler fotovoltaik sistemlerle birlikte kullanıldığı zaman, dönüştürücünün giriş gerilimi olan  $V_s$  aynı zamanda güneş panelinin çıkış gerilimidir. Bu gerilim, DA-DA dönüştürücü sayesinde çıkışta yükü

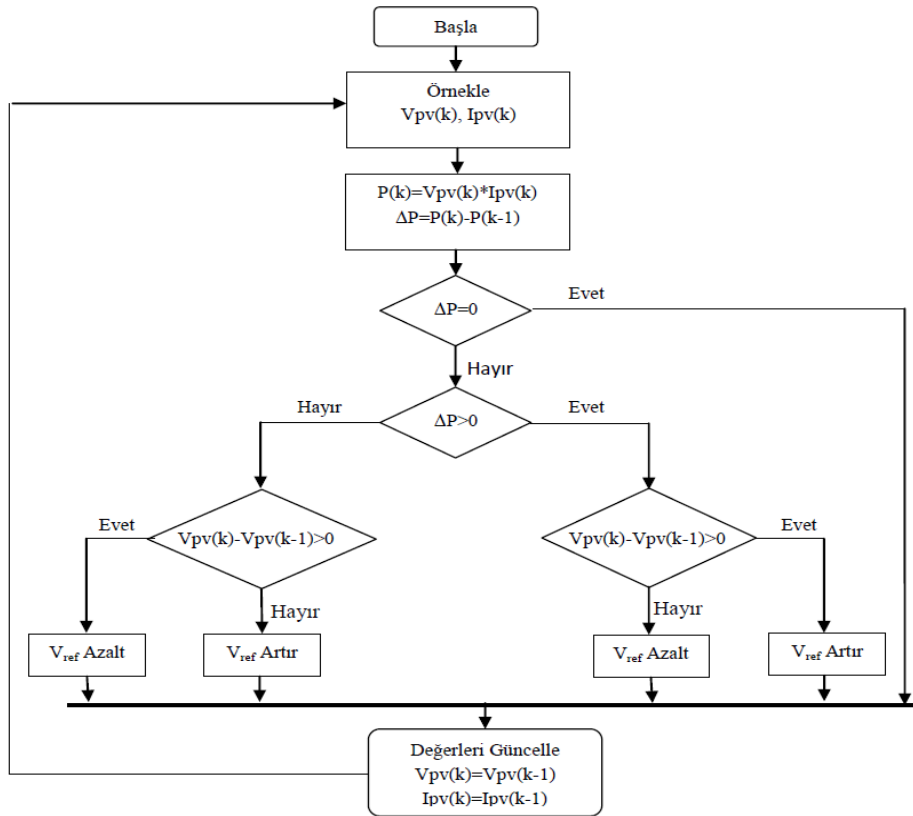
beslemek için  $V_o$  çıkış gerilimine dönüştürülür. Yükseltici yapıdaki DA – DA dönüştürücüye ait temel devre şeması Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Yükselten DA –DA dönüştürücü devresi

### Değiştir ve Gözlemler Algoritması

Bu algoritmada genel olarak güneş panelinin P-V karakteristik eğrilerinden faydalanılır. Çünkü güneş panellerinden üretilen güç, gerilimin fonksiyonu olarak değişim göstermektedir. Değiştir ve gözlemler algoritmasında, güneş panelinin çalışma geriliminde, gerilim artımı veya azaltımı yapılarak çıkış gücündeki değişim miktarı ölçülür. Bu algoritmada bir döngü süresince bir önceki çevrimde alınan güç değeri ile bir sonraki çevrimde alınan güç değeri karşılaştırılır. Eğer bir önceki çevrimde alınan güç değeri yeni güç değerinden büyükse gerilim arttırımı veya azaltımı yönü değiştirilir. Bu değişimden sonra en başa dönülerek döngü tamamlanır (Spagbuolo and Petrone 2005, Elgendy and Zahavi 2009, Onat ve Ersöz 2009, Kırıcıoğlu ve Yıldız 2015). Bu algoritmaya ait akış diyagramı Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Değiştir ve gözlemler algoritması akış diyagramı

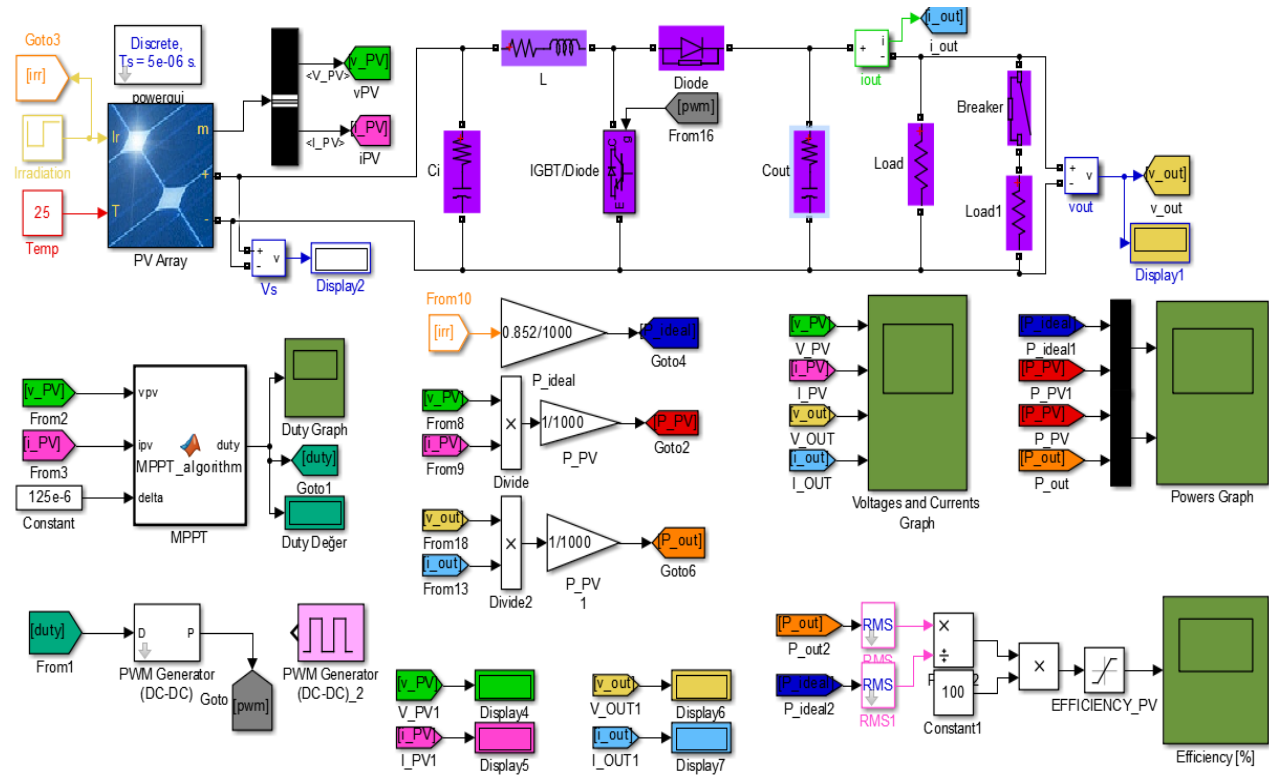
Şekil 1’de güneş panelinin güç/gerilim ve gerilim/akım karakteristiği verilmişti. Bu karakteristiklere göre referans sinyalin değişimini, sistemin MGN’a göre konumu belirler. Eğer bu eğri üzerinde, operasyon noktası MGN’ın sağında ise referans gerilim artırılır. Operasyon noktası MGN’ın solunda ise referans gerilim azaltılarak, operasyon noktasının MGN’a ulaşması sağlanır. Çizelge 1’de referans sinyalin değişimi ile çıkış gücünün değişimi arasındaki ilişki verilmiştir.

**Çizelge 1.** Referans sinyalin değişimine bağlı olarak çıkış gücünün değişimi.

Numara	Referans	Güçteki Değişim	Değişim Yönü
1	+	+	+
2	+	-	-
3	-	+	-
4	-	-	+

### Tasarlanan MGNİ Matlab/Simulink Modeli

Tasarlanan model üzerinde benzetim, iki durum ve her bir durumda yük ve ışımaya değerlerindeki değişimler dikkate alınarak yapılmıştır. İlk olarak MGNİ uygulanmadan bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Daha sonra aynı sistem üzerinde MGNİ uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Her iki duruma ait, çıkış güçleri ve verimleri karşılaştırılmıştır. Tasarlanan simulink modeli Şekil 5’te gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Tasarlanan Matlab/Simulink modeli

Tasarlanan modelde, güneş paneli bloğunda, panele ışınım ve sıcaklık değerleri girilmiş ve panelden akım ve gerilim çıktıları alınmıştır. Panelin artı ve eksi kutupları DA – DA dönüştürücünün besleme uçlarına bağlanmıştır. MGNİ biriminde, maksimum güç noktasını belirleyecek fonksiyon mevcuttur. Fonksiyonun girdileri güneş paneli çıkış akımı ve gerilimidir. Bu akım ve gerilim verileri güneş panelinden alınmaktadır. MGNİ biriminde çıktı olarak darbe genişlik modülasyonu (PWM) elde edilir. PWM, DA – DA dönüştürücüde anahtarlama elemanının tetikleme ucuna bağlanarak DA – DA

dönüştürücü doluluk oranı ile kontrol edilir. MGNİ birimi kullanılmadığı zaman DA – DA dönüştürücüdeki anahtarlama elemanı, PWM Generatör tarafından üretilen sabit bir doluluk oranı ile tetiklenir.

Sistemin çalışma koşulları,  $t=0.sn$ 'de ışınlam değeri  $750 W/m^2$ ,  $t=1.sn$ 'de çıkışa paralel  $100 \Omega$ 'luk paralel yük ilave edilmesi ve  $t=2.sn$ 'de panelin ışınlam değeri  $1000 W/m^2$  olarak değiştirilmiştir. Sistemde  $t=1.sn$ 'de sisteme ek yükün ilave edilebilmesi için, DA–DA dönüştürücünün çıkışında,  $100\Omega$ 'luk iki adet paralel yük anahtar ile birbirine bağlıdır. Sistemin çalışma zamanı  $t=1.sn$  olduğunda, anahtar kapanır ve ek yük devreye alınır (Çalışma koşullarındaki birinci değişim). Sistemin çalışma süresi iki saniye olduğu an ışınlam değeri arttırılmaktadır (Çalışma koşullarındaki ikinci değişim). Modelde, yük üzerindeki akım ve gerilim değerleri bulunup, bulunan bu değerler çarpım operatörüne tabi tutularak sistemdeki güç değişimleri sürekli olarak elde edilmiştir. Simülasyon, MGNİ birimi varken ve MGNİ birimi yokken yapılmıştır. Simülasyon sonucu olarak panel ve yük üzerindeki akım, gerilim ve güç değerleri gözlemlenmiştir. Elde edilen yüke ait güç ve ideal güç değerlerine göre verim hesabı yapılmıştır. MGNİ birimi varken ve MGNİ birimi yokken elde edilen sonuçlar kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Kullanılan modele ait güneş panelinin elektriksel özellikleri ve DA–DA dönüştürücüye ait ekipman özellikleri Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir.

**Çizelge 2.** Kullanılan güneş panelinin elektriksel özellikleri

Parametre	Değer
Kısa devre akımı (A)	7.84
Açık Devre Gerilimi (V)	36.3
Maksimum Güçte Akım (A)	7.35
Maksimum Güçte Gerilim (V)	29

**Çizelge 3.** DA – DA dönüştürücünün ekipman özellikleri

Eleman	Değer
C1 ( $\mu F$ )	100
L1 (mH)	2
C2 ( $\mu F$ )	100
R1 ( $\Omega$ )	100
R2 ( $\Omega$ )	100
Frekans (Hertz)	5000

## BULGULAR VE TARTIŞMA

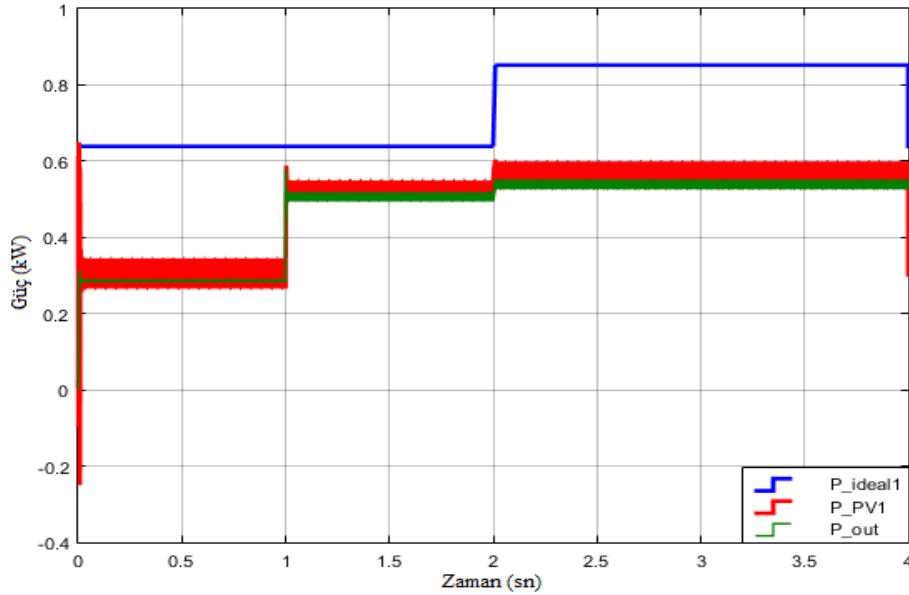
### Sistemin MGNİ Birimsiz Çalışması

Oluşturulan sistemi, MGNİ birimli ve MGNİ birimsiz çalıştırmak mümkündür. Bu durum, modeldeki PWM generatörlerin, PWM bloğuna bağlantılarını değiştirerek gerçekleştirilmektedir. Sistemin çalışma koşulları değiştirilerek dinamiği gözlemlenmiştir. Bu koşullar Çizelge 4'de verilmiştir. Buna göre, başlangıçta  $750 W/m^2$  ışınlam değeri söz konusudur. Simülasyonun  $t=1.saniyesinde$ , sisteme paralel olarak  $100\Omega$ 'luk bir ek yük ilave edilmiş, simülasyonun  $t=2.saniyesinde$  ışınlam değeri  $1000 W/m^2$  olacak şekilde değiştirilmiştir. Toplam çalışma süresi  $t=4sn$  alınmıştır.

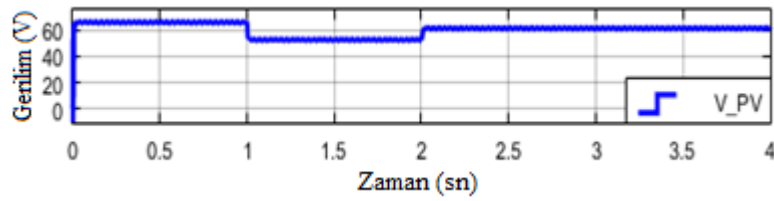
**Çizelge 4.** Sistemin çalışma koşulları (yük ve ışınlam değişimleri)

Işınım ( $W/m^2$ )	Sistemin Çalışma Koşulları		
	0-1 saniye	1-2 saniye	2-4 saniye
750	100 $\Omega$	50 $\Omega$	
1000			50 $\Omega$

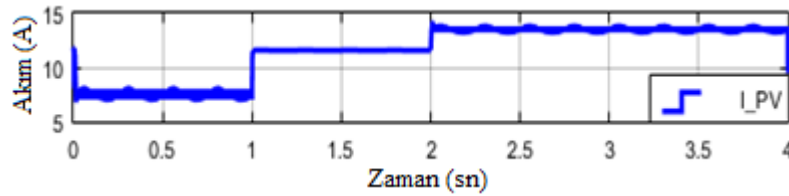
MGNİ birimsiz durumda elde edilen ideal güç, panel gücü ve yüke ait güçler Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 7'de ise panel akım ve gerilimi ile yük akım ve gerilimlerine ait değişimler verilmiştir.



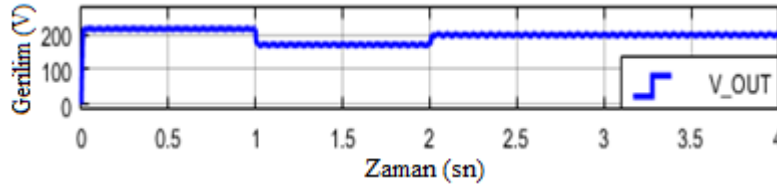
Şekil 6. MGNİ birimsiz güç değişimleri



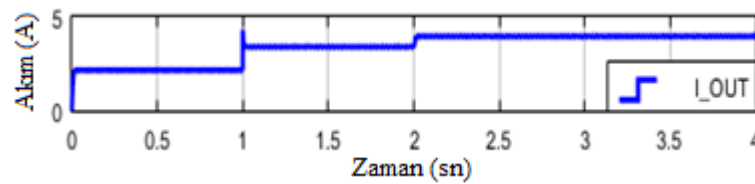
(a) MGNİ Birimsiz Panel Gerilimi



(b) MGNİ Birimsiz Panel Akımı



(c) MGNİ Birimsiz Çıkış Gerilimi

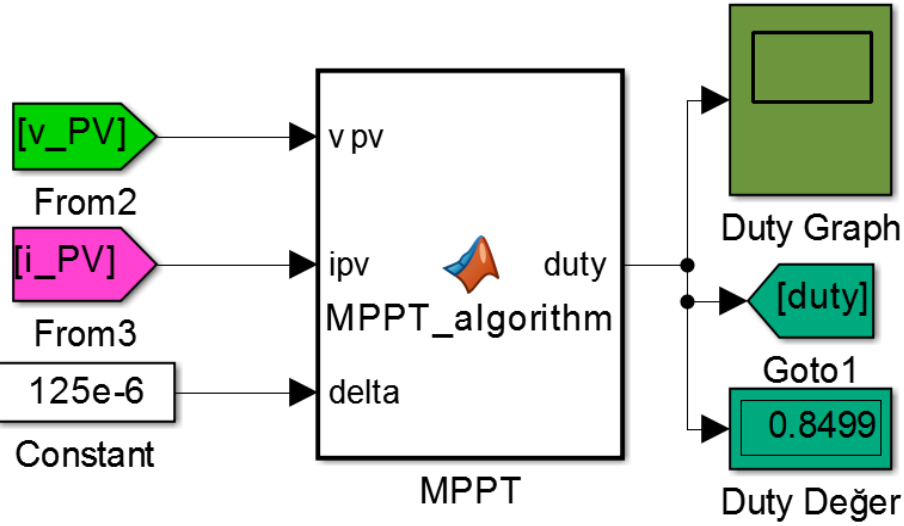


(d) MGNİ Birimsiz Çıkış Akımı

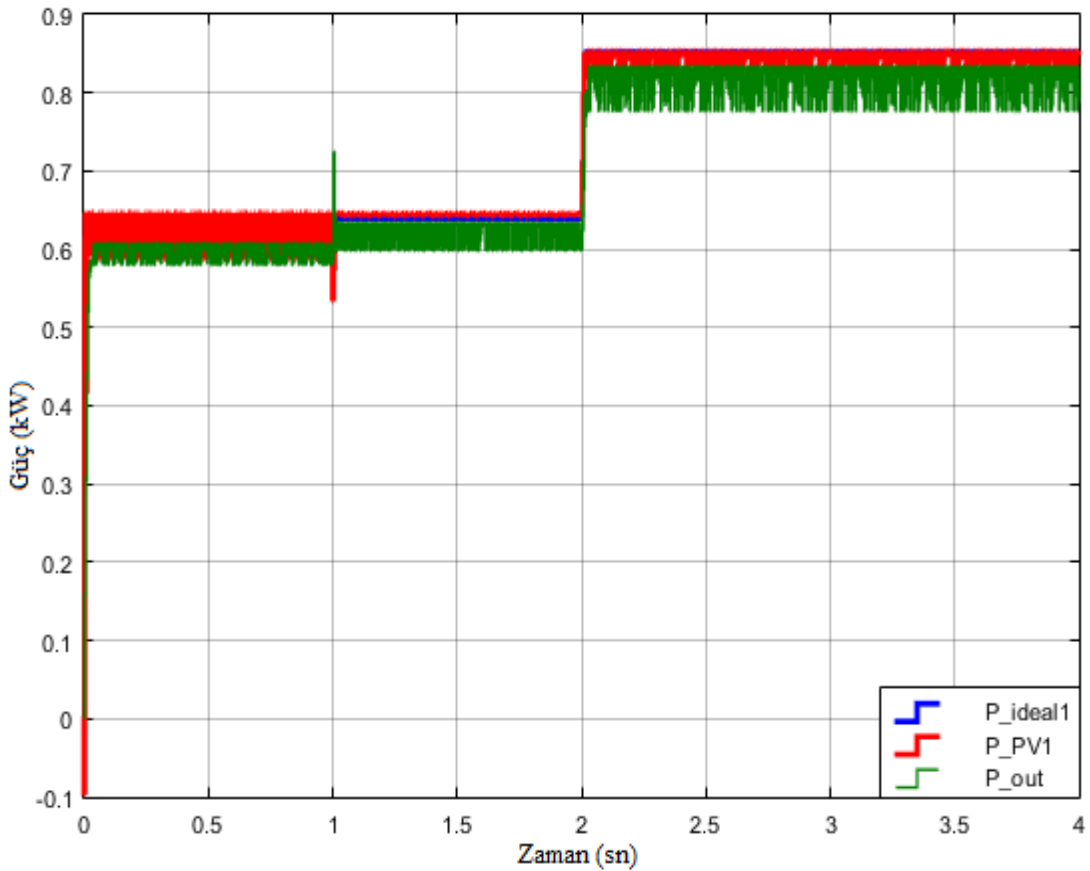
Şekil 7. MGNİ birimsiz gerilim ve akım değişimleri

### Sistemin MGNİ Birimli Çalışması

Aynı sistem MGNİ birimi kullanılarak tekrar ele alınmıştır. Sistem üzerinde, değişen ışınma miktarı ve değişen yüke karşı olarak akım referansı değiştirilmiştir. MGNİ denetleyicisi olarak Şekil 8’de gösterilen model kullanılmıştır. Bu duruma ait çıkış güçleri Şekil 9’da verilirken, panel gerilimi ve akımı ile yük gerilimi ve akımındaki değişimler Şekil 10’da gösterilmiştir.

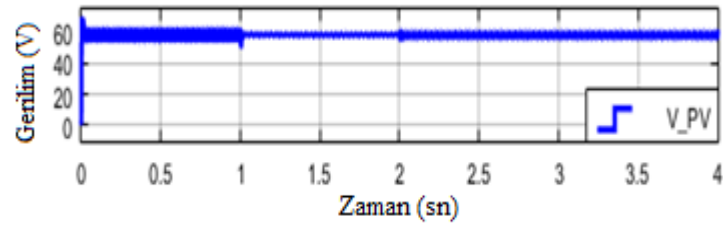


Şekil 8. Kullanılan MGNİ bloğu

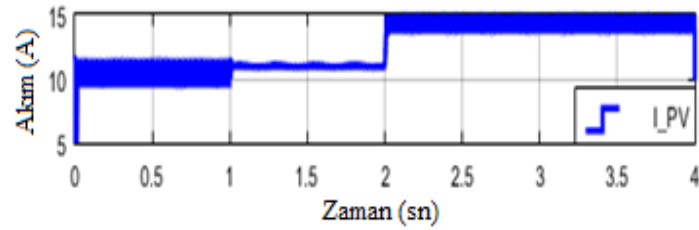


Şekil 9. MGNİ birimli güç değişimleri

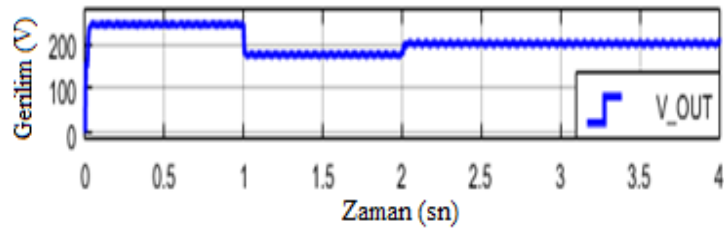




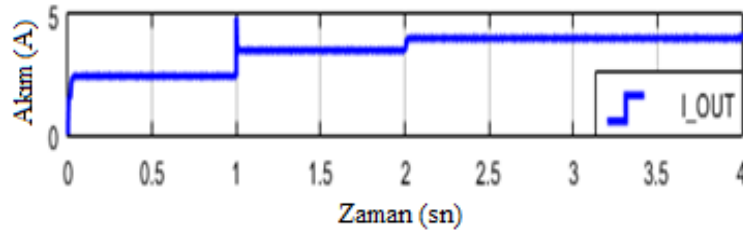
(a) MGNI Birimli Panel Gerilimi



(b) MGNI Birimli Panel Akımı



(c) MGNI Birimli Çıkış Gerilimi



(d) MGNI Birimli Çıkış Akımı

Şekil 10. MGNI birimli gerilim ve akım değişimleri

### Bulguların Karşılaştırılması

Bu kısımda, Bulgular ve Tartışma başlığı altında ele alınan sistemin MGNI birimsiz ve sistemin MGNI birimli durumda çalışmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma koşullarındaki değişimlere göre, her iki duruma ait hesaplanan çıkış güçleri Çizelge 5’de verilmiştir. Çizelge 5’e göre,  $750W/m^2$ ’lik başlangıç ışınım değeri için, MGNI birimsiz durumda sisteme paralel ek yük alınmadan önce yüke 464W güç aktarılırken, paralel ek yük devreye alındığında yüke 575W güç aktarılmaktadır. Yine MGNI birimsiz durumda, ışınım değeri  $1000W/m^2$  olduğunda ise yüke 785W güç aktarılmaktadır.

Çizelge 5’de, tasarlanan sistemin MGNI birimli duruma getirildiğindeki değerler de verilmiştir.  $750W/m^2$ ’lik başlangıç ışınım değeri için, MGNI birimli durumda sisteme paralel ek yük alınmadan önce yüke 597W güç aktarılırken, paralel ek yük devreye alındığında yüke 615W güç aktarılmaktadır. Yine MGNI birimli durumda, ışınım değeri  $1000W/m^2$  olduğunda ise yüke 805W güç aktarılmaktadır. Çizelge 6’da, her iki durum arasında güçlere ait değişimler görülmektedir.

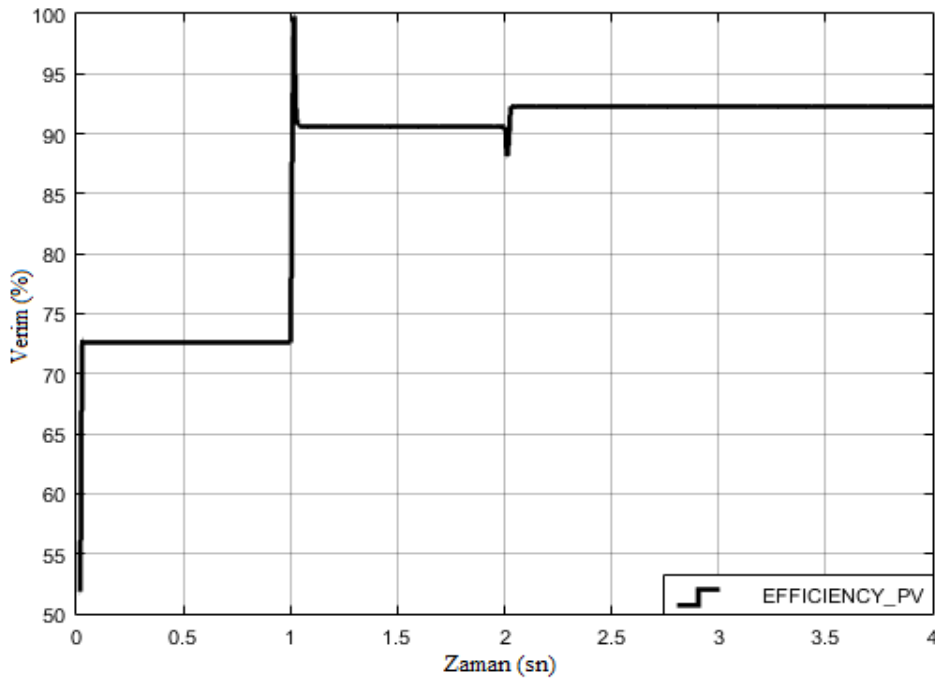
**Çizelge 5.** Farklı yük ve ışınma değerlerinde çıkış güçleri

$\frac{W}{m^2}$	MGNİ Birimsiz			MGNİ Birimli		
	Ek Yük Öncesi	Ek Yük Sonrası	Yük sabit/Farklı ışınım	Ek Yük Öncesi	Ek Yük Sonrası	Yük sabit/Farklı ışınım
750	464W	575W		597W	615W	
1000			785W			805W

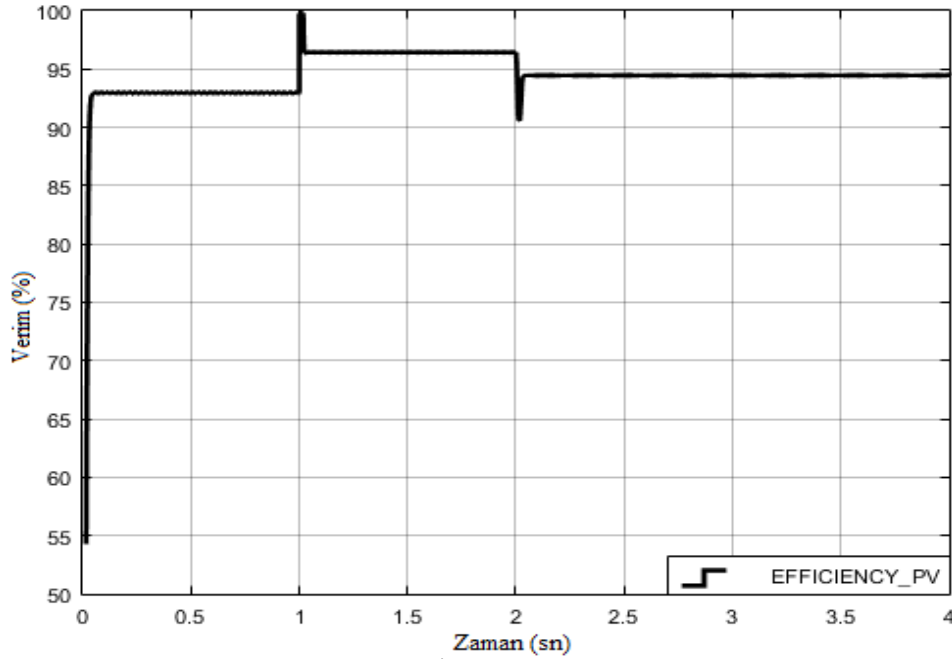
**Çizelge 6.** Her iki durum için güç değişimleri

$\Delta P$ (Güç Değişimi)		
Ek Yük Öncesi	Ek Yük Sonrası	Yük sabit/Farklı ışınım
133W	40W	20W

Her iki durum için, yük ve ışınım değişimlerine göre güç değerleri farklılık göstermiştir. Bu farklılığın sebebi Şekil 7.a ve 7.b ile Şekil 10.a ve 10.b karşılaştırıldığında anlaşılmaktadır. Şekil 7.a ve 7.b'deki MGNİ birimsiz durumdaki panel gerilimi ve akım değerleri, Şekil 10.a ve 10.b'de MGNİ birimli durumda artış göstermektedir. Buna bağlı olarak panel çıkış gücü artmakta ve güneş enerjisinden daha fazla faydalanılmaktadır. Sistem performansının MGNİ birimi varken ve MGNİ birimi yokken karşılaştırılmasında, verim en önemli parametredir. Her iki durum için, PV panelden alınan gücün ideal güce göre verimleri belirlenmiştir. MGNİ birimsiz duruma ilişkin verim Şekil 11'de, MGNİ birimli duruma ilişkin verim Şekil 12'de verilmiştir.

**Şekil 11.** MGNİ birimsiz durumda verim

Şekil 11 ve Şekil 12'den, MGNİ birimli durumda verimin arttığı görülmektedir. Sistem MGNİ birim ile birlikte kullanıldığı zaman, PV panelin ideal güce göre verimi ciddi oranda artış göstermiştir. Her iki duruma ait grafiklerdeki verim değişimleri, Çizelge 7'de özetlenmiştir.



Şekil 12. MGNİ birimli durumda verim

Çizelge 7. MGNİ birimli ve MGNİ birimsiz durumlarda verimler

MGNİ Birimsiz Durumda Verim		
Ek Yük Öncesi	Ek Yük Sonrası	Yük sabit/Farklı ışınım
%72.6	%90.59	%92.27
MGNİ Birimli Durumda Verim		
Ek Yük Öncesi	Ek Yük Sonrası	Yük sabit/Farklı ışınım
%92.95	%96.43	%94.46

## SONUÇ

Bu çalışmada, güneş panelinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayacak bir model Matlab/Simulink ortamında tasarlanmıştır. Tasarlanan model, farklı yük değerleri ve farklı ışınım değerleri altında çalışacak bir güneş panelinin tasarımına ve benzetimine imkan vermektedir. Tasarlanan sistemde, yükselten DA-DA dönüştürücü MGNİ birimsiz ve MGNİ birimli olarak kontrol edilerek, sistem çıkışındaki güçler ölçülmüştür. Her iki durumda elde edilen güçler karşılaştırıldığında, MGNİ birimli uygulamada daha yüksek güç değeri ve daha yüksek verim elde edilmiştir. Buna göre, güneş paneli sistemlerinde MGNİ birimi kullanıldığında, verimin artacağı ve daha az panel kullanılarak maliyetin düşürülebileceği görülmektedir. Tasarlanan modeldeki kontrol bloğu farklı MGNİ teknikleri için geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Altın N., Yıldırımoglu T., 2011. Labview/Matlab Tabanlı Maksimum Güç Noktasını Takip Edebilen Fotovoltaik Sistem Simülatörü. Politeknik Dergisi, 14,271-280.
- Basoglu M.E., Cakir B., 2016, "Comparisons of MPPT performances of isolated and non-isolated DC-DC converters by using a new approach. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 60, 1100-1113.
- Boukebbous S.E. et al.; 2019. High voltage gain quasi Z source DC – DC converter contribution to photovoltaic systems. 4<sup>th</sup> International Conference on Power Electronics and their Applications (ICPEA), Turkey.
- Cristaldi L., Faifer M., Rossi M., Toscani S., 2013, "A New Approach to Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Panels", International Conference on Clean Electrical Power, 461-465.

- Deveci O., Kanakoğlu C., 2014. Bir Fotovoltaik Sistemden Değişken Güneş Işınım Değerlerinde Maksimum Güç ve Sabit DA Gerilim Elde Edilebilmesine Yönelik DA/DA Dönüştürücü ve Kontrolcü Tasarımı”, TOK Bildiri Kitabı.
- Elgendy M.A., Zahawi B., 2009, “Dynamic Behaviour of DC Motor-Based Photovoltaic Pumping Systems under Searching MPPT Algorithms”, Int. Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives.
- Esrām T., Chapman P.L., 2007, “Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques”, IEEE Trans. on Energy Convers., 22, 439-449.
- Giovanni S., Giovanni P., 2005, “Optimization of Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Method”, Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering.
- Gupta P.P., Kishore G.I.; Tripathi R.K., 2019, “Implementing High Gain DC-DC Converter with Switched Capacitor for PV System”, Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT), India.
- Ibnelouad A.; et al.; 2017, “A Comprehensive Comparison of the Classic and Intelligent Behavior MPPT Techniques for PV Systems”, 14<sup>th</sup> International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD), Morocco.
- Jiang Y., Qahouq J.A., Haskew T.A., 2013, “Adaptive Step Size with Adaptive-Perturbation-Frequency Digital MPPT Controller for a Single-Sensor Photovoltaic Solar System”, IEEE Trans. Power Electron., 28, 3195-3204.
- Kabala M., 2017, “Application of Distributed DC/DC Electronics in Photovoltaic Systems”, Master Thesis, Colorado State University, Fort Collins, Colorado,170.
- Kırcıoğlu O., Yıldız A.B., 2015, “Fotovoltaik Panelin Tek Diyotlu Eşdeğer Devresine Ait Büyük Sinyal Analizi”, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu.
- Koizumi H., Kurokawa K., 2005, “A Novel Maximum Power Point Tracking Method for PV Module Integrated Converter”, 36th IEEE Power Electronics Specialists Conference, (PESC'05), 2081-2086, USA.
- Kumar S.; Sahu H.S.; Nayak S.K.; 2019, “Estimation of MPP of a Double Diode Model PV Module From Explicit I-V Characteristic”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.66, Issue 9.pp.7032-4042
- Mathew T.M.; Rakhee R.; 2019, “Non-Isolated High Gain DC-DC Converter for PV Applications with Closed Loop Control”, 2<sup>nd</sup> Int. Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT), India.
- Nakir İ., 2007, “Fotovoltaik Güneş Panellerinde GTS ve MGTS Kullanarak Verimliliğin Arttırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,75.
- Onat N., Ersöz S., 2009, “Fotovoltaik Sistemlerde Maksimum Güç Noktası İzleyici Algoritmalarının Karşılaştırılması”, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır.
- Yadav I.; Maurya S.K.; 2020, “Modelling and Analyzing of DC-DC Converter for Solar Pump Applications”, Int. Conference on Power Electronics & IoT Applications in Renewable Energy and its Control, India.