



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa Alpaslan KARABACAK

**FOTOVOLTAİK SİSTEMLER İÇİN DÖNÜM
GERİLİMLERİ TABANLI MAKSİMUM
GÜÇ NOKTASI İZLEME
ALGORİTMALARI**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

OSMANİYE – 2018

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**FOTOVOLTAİK SİSTEMLER İÇİN DÖNÜM
GERİLİMLERİ TABANLI MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI
İZLEME ALGORİTMALARI**

Mustafa Alpaslan KARABACAK

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE
ŞUBAT 2018**

TEZ ONAYI

FOTOVOLTAİK SİSTEMLER İÇİN DÖNÜM GERİLİMLERİ TABANLI MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEME ALGORİTMALARI

Mustafa Alpaslan KARABACAK tarafından, Yrd. Doç. Dr. Zehan KESİLMİŞ danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Elektrik-Elektronik Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Zehan KESİLMİŞ
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Kemal BALIKÇI
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Mehmet SÖNMEZ
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Seda ERMİŞ
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Lütfü SARIBULUT
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana Bilim ve
Teknoloji Üniversitesi

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /.....sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Coşkun ÖZALP
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Mustafa Alpaslan KARABACAK



ÖZET

FOTOVOLTAİK SİSTEMLER İÇİN DÖNÜM GERİLİMLERİ TABANLI MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEME ALGORİTMALARI

Mustafa Alpaslan KARABACAK

Yüksek Lisans, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Zehan KESİLMİŞ

Şubat 2018, 76 sayfa

Bu tez çalışmasında, Fotovoltaik sistemlerde, kısmi gölgelenme durumu altında Maksimum Güç Noktası İzleme (MGNI) amacıyla, iki yeni arama algoritması literatüre kazandırılmıştır. Dönüm gerilimleri tabanlı bu iki algoritma; Alp yöntemi ve Alp tırmanma algoritmasıdır. Alp yöntemi öncelikle Fotovoltaik sistemin dönüm gerilimlerini hesaplayarak daha sonra bu dönüm gerilimlerinin her birine açık devre gerilimi yöntemi uygular ve yeni güç noktaları elde eder. Son olarak bu güç noktalarından en büyüğünü seçip bu noktayı maksimum güç noktası olarak belirler. Alp tırmanma algoritması ise Alp yöntemiyle bulunan en büyük güç noktasından itibaren tırmanma işlemi gerçekleştirerek dizinin maksimum güç noktasına %100 yakınsamayı amaçlar.

Fotovoltaik dizinin farklı gölgelenme durumları altında Akım/ Gerilim karakteristikleri elde edilmiştir ve bu karakteristikler algoritmaların başarı karşılaştırması için veri seti olarak kullanılmıştır. Bu deney verileri kullanılarak Alp yöntemi ve Alp tırmanma algoritması, stokastik tepe tırmanma algoritması, açık devre gerilimi yöntemi, stokastik ışın arama algoritması ve benzetilmiş tavlama algoritması ile kıyaslanmıştır. Deneysel çalışmalar, Alp yöntemi ve Alp tırmanma algoritmasının kısmi gölgelenme durumu altındaki Fotovoltaik sistemlerde, maksimum güç noktasına başarıyla yakınsadığını göstermektedir. Alp tırmanma algoritması karşılaştırılan diğer algoritmalara göre çok daha yüksek başarı gösterdiği görülmüştür. Alp yöntemi ise uygulama kolaylığı ve çok az adım sayısı kullanarak maksimum güç noktasına yakınsamasıyla ön plana çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik, MGNI, Dönüm Gerilimleri, Alp yöntemi, Alp tırmanma algoritması

ABSTRACT

MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHM BASED ON INFLECTION VOLTAGE FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Mustafa Alpaslan KARABACAK

M.Sc., Department of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Zehan KESİLMİŞ

February 2018, 76 pages

In this thesis study, two novel search algorithms have been added to the literature for the purpose of Maximum Power Point Tracking for photovoltaic systems under partial shading conditions. These two algorithms based on inflection voltage and named as Alp method and Alp climbing algorithm. The Alp method first calculates the inflection voltages of the photovoltaic system and then applies the open circuit voltage method to each of these voltages to obtain maximum power points. Finally, it chooses the biggest power point from these power points and determines that point as the global maximum power point. The Alp climbing algorithm aims to achieve a 100% convergence to the global maximum power point by climbing from the largest possible power point found by the Alp method.

Current/voltage characteristics of the photovoltaic array were obtained under different shading conditions and these characteristics were used as data sets for the success comparison of the algorithms. Alp method and Alp climbing algorithm have been compared with the stochastic climbing algorithm, the open circuit voltage method, the stochastic beam search algorithm and the simulated annealing algorithm using these experimental data. Experimental studies show that the Alp method and the Alp climbing algorithm successfully converge to the global maximum power point under partial shading. Alp climbing algorithm has shown to be much more successful than other algorithms compared. The Alp method has come to the forefront in terms of ease of application and very close to the maximum power point using very few steps.

Key Words: Photovoltaic, MPPT, inflection voltage, Alp method, Alp climbing algorithm



Ali İlker ASLAN anısına...

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenerek tez çalışmamın yürütülmesini üstlenen, çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Zehan KESİLMİŞ'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yanımdan hiç ayrılmayan, her zaman bana destek olan, yardımlarını esirgemeyen sevgili aileme ve can dostlarıma çok teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Son olarak, her türlü desteği veren ekip arkadaşlarım; Ramazan KAYA, Emre DEMİRKIRAN ve Kübra ÖZCAN'A desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI.....	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İTHAF SAYFASI... ..	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Fotovoltaik Hücre Modeli	4
1.2 Sabit Akım DA Yük.....	11
2.KİSMİ GÖLGELENME	15
3.DÖNÜM GERİLİMİ HESABI	19
4. MGNİ ALGORİTMALARI.....	21
4.1 Açık Devre Gerilimi Yöntemi	21
4.2 Stokastik Tepe Tırmanma Algoritması	22
4.3 Benzetilmiş Tavlama Algoritması.....	24
4.4 Stokastik Işın Arama Algoritması	25
5. DÖNÜM GERİLİMLERİ TEMELLİ MGNİ ALGORİTMALARI	28
5.1 Alp Yöntemi.....	28
5.2 Alp Tırmanma Algoritması	33
6. BİLGİSAYAR BENZETİM ÇALIŞMALARI	35
6.1 Gölgeleme Durumu 1	35
6.2 Gölgeleme Durumu 2	38
7.DENEYSEL ÇALIŞMALAR	41
7.1 Açık Devre Gerilimi Yöntemi için Deneysel Çalışmalar	43
7.2 Alp Yöntemi için Deneysel Çalışmalar	46
7.3 Alp Tırmanma Algoritması için Deneysel Çalışmalar	50
7.4 Stokastik Tepe Tırmanma Algoritması için Deneysel Çalışmalar.....	54
7.5 Benzetilmiş Tavlama Algoritması için Deneysel Çalışmalar	58
7.6 Stokastik Işın Arama Algoritması için Deneysel Çalışmalar	62
8. SONUÇLAR	67

KAYNAKÇA.....	71
ÖZGEÇMİŞ	74



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Elde edilen FV panel parametreleri	9
Çizelge 4.1. Açık Devre Gerilimi Yöntemi için Sözde kod	22
Çizelge 4.2. Stokastik Tepe Tırmanma için Sözde kod	23
Çizelge 4.3. Benzetilmiş Tavlama için Sözde kod	24
Çizelge 4.4. Stokastik Işın Arama için Sözde kod.....	26
Çizelge 5.1. Alp Yöntemi için Sözde kod.....	32
Çizelge 5.2. Alp Tırmanma Algoritması için Sözde kod.....	33
Çizelge 6.1. GD1 için benzetim sonuçları	37
Çizelge 6.2. GD2 için benzetim sonuçları	40
Çizelge 8.1. Elde edilen gücün karşılaştırılması	68
Çizelge 8.2. Algoritmaların GMGN'na yakınsama oranları	68
Çizelge 8.3. Algoritmaların ortalama adım sayıları.....	69
Çizelge 8.4. Algoritmaların ortalama MGN'na yakınsama süreleri	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye'nin kurulu güç grafiği.....	2
Şekil 1.2. Türkiye'nin güneş haritası	3
Şekil 1.3. FV hücre modeli	4
Şekil 1.4. Farklı ışıma değerleri için P/V karakteristiği.....	6
Şekil 1.5. Parametre kestirim sonuçları.....	9
Şekil 1.6. Kullanılan FV diziye ait şema ve P/V grafiği.....	10
Şekil 1.7. Sabit Akım DA yük blok şeması	11
Şekil 1.8. LTSPICE Benzetim görseli.....	13
Şekil 1.9. Benzetim sonucu.....	14
Şekil 1.10 DA yük transfer karakteristiği	14
Şekil 2. 1. FV dizisinin eş ışıma altında incelenmesi.....	16
Şekil 2.2. FV dizisinin farklı ışıma altında incelenmesi ($I_{st} < I_{sc2,1}$).....	17
Şekil 2.3. FV dizisinin farklı ışıma altında incelenmesi ($I_{st} \geq I_{sc2,1}$)	17
Şekil 3.1 FV Dizi	19
Şekil 3. 2. I/V grafiği üzerinde dönüm gerilimlerinin gösterimi.....	20
Şekil 4.1. KG durumundaki dizinin P/V grafiği üzerinde AD'nin gösterimi	22
Şekil 4.2. KG durumundaki dizinin P/V grafiği üzerinde STT algoritmasının gösterimi.....	23
Şekil 4.3. KG durumundaki dizinin P/V grafiği üzerinde BT'nin gösterimi	25
Şekil 4.4. KG durumundaki dizinin P/V grafiği üzerinde SIA'nın gösterimi.....	26
Şekil 5.1. I/V grafiği üzerinde dönüm gerilimlerinin gösterimi.....	30
Şekil 5.2. AY Akış Şeması.....	31
Şekil 5.3. P/V grafiği üzerinde LMGN'ların ve GMGN'nın gösterimi	32
Şekil 5.4. FV dizinin P/V grafiği üzerinde ATA'nın gösterimi	34
Şekil 6.1. GD1 için ışıma ve kısa devre akımı değerleri.....	35
Şekil 6.2. GD1 için FV dizinin I/V Grafiği.....	36
Şekil 6.3. GD 1 için dönüm gerilimleri hesabı blok şeması.....	36
Şekil 6.4. GD1 için FV dizinin P/V Grafiği.....	37
Şekil 6.5. GD2 için ışıma ve kısa devre akımı değerleri.....	38
Şekil 6.6. GD2 için FV dizinin I/V Grafiği.....	39
Şekil 6.7. GD2 için dönüm gerilimleri hesabı blok şeması.....	39

Şekil 6.8. GD2 için FV dizinin P/V Grafiği.....	40
Şekil 7.1. Gölgeleme Durumları (GD1-4).....	41
Şekil 7.2. Tam ışın ve kısmi gölgeleme durumlarında I/V karakteristikleri	42
Şekil 7.3. Tam ışın ve kısmi gölgeleme durumlarında P/V karakteristikleri	42
Şekil 7.4. FV dizinin, GD1’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AD’nin gösterimi.....	43
Şekil 7.5. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AD’nin gösterimi.....	44
Şekil 7.6. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AD’nin gösterimi.....	45
Şekil 7.7. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AD’nin gösterimi.....	46
Şekil 7.8. FV dizinin, GD1’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AY’nin gösterimi.....	47
Şekil 7.9. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AY’nin gösterimi.....	48
Şekil 7.10. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AY’nin gösterimi.....	49
Şekil 7.11. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AY’nin gösterimi.....	50
Şekil 7.12. FV dizinin, GD1’de oluşan, P/V grafiği üzerinde ATA’nın gösterimi.....	51
Şekil 7.13. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde ATA’nın gösterimi.....	52
Şekil 7.14. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde ATA’nın gösterimi.....	53
Şekil 7.15. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde ATA’nın gösterimi.....	54
Şekil 7.16. FV dizinin, GD1’de oluşan, P/V grafiği üzerinde STT’nin gösterimi.....	55

Şekil 7.17. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde STT’nın gösterimi.....	56
Şekil 7.18. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde STT’nın gösterimi.....	57
Şekil 7.19. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde STT’nın gösterimi.....	58
Şekil 7.20. FV dizinin, GD1’de oluşan, P/V grafiği üzerinde BT’nın gösterimi.....	59
Şekil 7.21. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde BT’nın gösterimi.....	60
Şekil 7.22. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde BT’nın gösterimi.....	61
Şekil 7.23. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde BT’nın gösterimi.....	62
Şekil 7.24. FV dizinin, GD1’de oluşan, P/V grafiği üzerinde SIA’nın gösterimi.....	63
Şekil 7.25. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde SIA’nın gösterimi.....	64
Şekil 7.26. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde SIA’nın gösterimi.....	65
Şekil 7. 27. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde SIA’nın gösterimi.....	66

SİMGELER ve KISALTMALAR

1M5P	1 model 5 parametre	(-)
a	İdeallik faktörü	(-)
AD	Açık Devre gerilimi yöntemi	(-)
BT	Benzetilmiş Tavlama algoritması	(-)
DA	Doğru akım	(-)
FV	Fotovoltaik	(-)
G	Güneş ışıyım miktarı	(W m ⁻²)
I/V	Akım/Gerilim	(-)
I_D	Hücre gövde diyot akımını	A
I_{mp}	Maksimum güçteki akım	A
I_o	Ters yönde doyum akımı	A
I_{ph}	Işımaya bağlı akım	A
I_{pv}	Hücre çıkış akımı	A
I_{sc}	Kısa devre akımı	A
I_{sh}	Paralel dirençten geçen akım	A
K	Boltzmann sabiti	(J K ⁻¹)
KG	Kısmi Gölgeleme	(-)
MGNİ	Maksimum güç noktası izleme	(-)
n	Hücre sayısı	(-)
P/V	Güç/Gerilim	(-)
q	Elektron yükünü	C
R_s	Seri direnci	Ohm
R_{sh}	Paralel direnç	Ohm
SIA	Stokastik Işın Arama algoritması	(-)
STC	Standart test koşulları	(-)
T	Sıcaklık	Kelvin
TT	Tepe Tırmanma algoritması	(-)
V_{mp}	Maksimum güçteki gerilim	V
V_{oc}	açık devre gerilimi ()	V
V_{pv}	Panel terminal gerilimi	V

ALT İNDİSLER

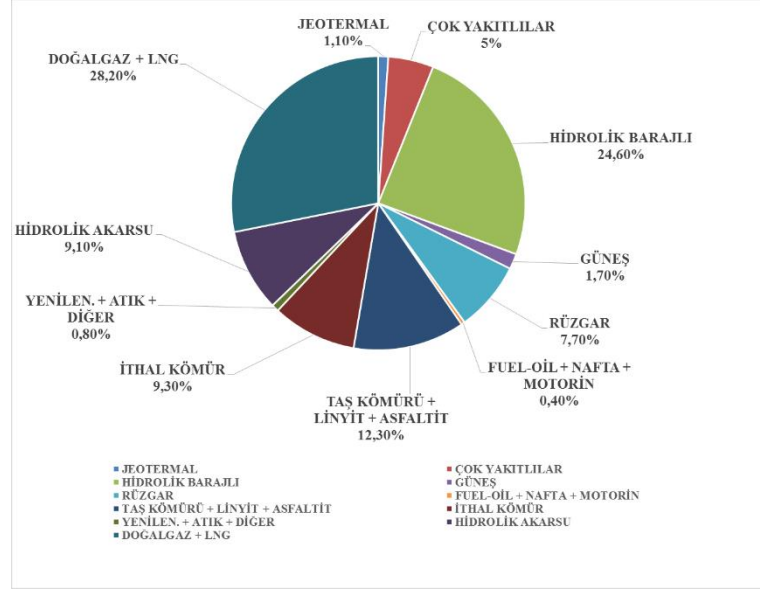
D	Hücre gövde diyodu
mp	Maksimum güç
ph	Işımaya bağlı
pv	Fotovoltaik
s	Seri
sc	Kısa devre
sh	paralel



1. GİRİŞ

Dünyada enerjiye olan gereksinim günden güne artarak devam etmektedir. Özellikle nüfusun artması, büyüyen sanayi, insanların refah seviyesinin yükselmesi ve teknolojik gelişmelerle birlikte ilerleyen yıllarda enerji talebi daha da yoğun olacaktır. Fosil yakıtların dünyada ciddi çevre sorunlarına yol açması, rezervlerinin yakın gelecekte tükenecek olması, kaynak ülkelere bağımlılığın çeşitli siyasi ve ekonomik sorunlara yol açması ve fiyat istikrarsızlıkları gibi nedenlerden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmıştır. Özellikle gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerji kaynakları olan hidrolik, rüzgâr, jeotermal, güneş, biyokütle, dalga, hidrojen vb. enerji kaynaklarından başta elektrik üretimi olmak üzere çeşitli yollarla yararlanılmaktadır. Tüm bu gelişmelere rağmen fosil enerji kaynaklarının dünya birincil enerji kaynakları tüketimindeki üstünlüğü devam etmektedir. Fosil enerji kaynakları ya da klasik enerji kaynakları olarak tanımlanan bu yakıtlar günlük yaşantımız içinde her alanda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle son iki yüzyıldır fosil yakıtlar hem ucuz olmaları hem de üretim teknolojisindeki gelişmeler nedeniyle yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Endüstri devrimi sonrasında kömüre dayalı olan enerji arzına daha sonraki yıllarda petrol ve doğal gaz eklenmiştir. Ancak, 1973 Petrol Krizi sonrasında bu enerji kaynaklarına karşı bir güven sorunu ortaya çıkmıştır [1]. Bu kriz sonrasında dünya ülkeleri yeni enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Aynı zamanda fosil kaynakların yoğun bir şekilde çevre kirliliği yaratması da bu arayışı hızlandırmıştır. Bu süreç içerisinde aslında çok uzun yıllardan beri bilinen ve kullanılan, ancak fosil yakıtlarla rekabet edemediği için ikinci planda olan yenilenebilir enerji kaynakları tekrar önem kazanmaya başlamıştır [2].

Şekil 1.1’de Türkiye’nin kurulu gücünün yüzdeleri verilmiştir. Grafik incelendiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yeterli düzeyde olmadığı gözükmektedir.



Şekil 1.1. Türkiye'nin kurulu güç grafiği [3]

Gelişmekte olan bir ülke olmamız sonucunda enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün daha da artmaktadır. Enerjide dışa bağımlılıktan kurtulmak, enerji çeşitliliğini arttırmak ve çevre dostu enerji kullanmak amacıyla ülkemizde yenilenebilir enerjiye verilen destekler artmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimdeki payını arttırmak üzere hedefler belirlemiştir. 2023 yılı “Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı” hedeflerine göre, 2023 yılında hidroelektrik santrallerinin kurulu gücünün 34,000 MW, jeotermal enerjiye dayalı kurulu gücünün 1000 MW, güneş enerjisi kurulu gücünün 5,000 MW, rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 20,000 MW ve biyokütleyle dayalı elektrik üretim santrallerinin kurulu gücünün 1,000 MW olması planlanmaktadır [4].

Şekil 1.2’de ülkemizin güneş haritası verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere ülkemiz güneş enerjisi açısından zengin bir bölgedir. Güneş enerjisi ülkemizin coğrafi konumu ve kurulum kolaylığından dolayı ön plana çıkmaktadır. Tüm bunlar göz önüne alındığında güneş enerjisinin önemi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1.2. Türkiye'nin güneş haritası [5]

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etme yöntemlerinden en sık kullanılanı Fotovoltaik (FV) sistemlerdir. Yarı iletken teknoloji ile üretilen paneller Doğru Akım (DA) üretmekte ve üretilen DA inverterler ile Alternatif Akıma (AA) çevrilmektedir. Fakat FV sistemler üzerlerine düşen güneş ışımasının ancak %15-25'lik kısmını elektrik enerjisine çevirebilirler [6]. Ayrıca bu verimi elde etmek için FV sistemi zorlayıp maksimum güç transferi sağlayacak bir Maksimum Güç Noktası İzleme (MGNİ) sistemlerine de ihtiyaç duymaktadırlar [7]. MGNİ sistemleri FV sistemleri rezistif olarak yükleyip sistemin I/V karakteristiğinden maksimum güç noktasını bulup sistemi o güç değerinde çalışmaya zorlayan elektronik sistemlerdir. Bu sistemler, üzerinde çeşitli arama algoritmaları çalışan DA/DA dönüştürücü olarak da tanımlanabilir. Bu konuda kullanılan arama algoritmaları tepe tırmanma, değiştir ve gözle, açık devre gerilimi, sabit akım, arttırımsal iletkenlik, parazit kapasite gibi basit algoritmalar ve demir tavlama [8], ateşböceği, karınca kolonisi gibi doğadan esinlenilmiş algoritmalar [9].

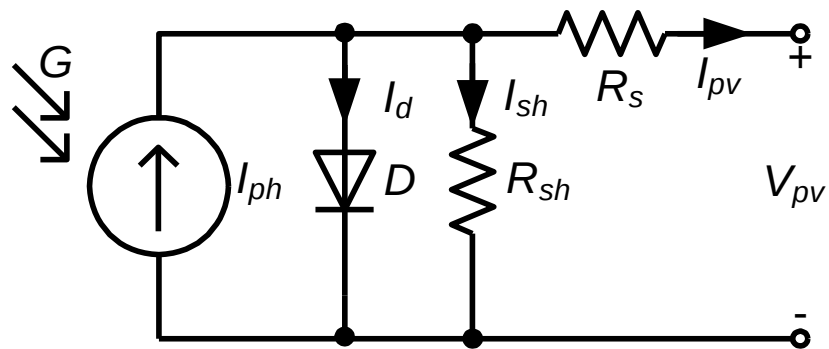
FV sistemlerdeki önemli sorunlardan biri de Kısmi Gölgeleme (KG) durumudur. Kısmi gölgeleme durumunda bazı paneller toz ve bina gölgesi gibi nedenlerle diğer panellerden farklı ışıma aldıklarında tam ışıma alan panellere göre daha düşük güç üretirler. Ayrıca sistemin Güç/Gerilim (P/V) grafiklerinde birden fazla tepe noktası oluşturur. Bu durumda maksimum güç noktasını bulmak zorlaşır. Literatürde kullanılan basit arama algoritmaları KG durumunda maksimum güç noktasına yakınsama başarısı gösterememektedir. Bu soruna çözüm olarak ise doğadan esinlenilmiş algoritmalar geliştirilmiştir. Bu algoritmalar kısmi gölgeleme durumunda maksimum güç noktasını yakınsama başarısı gösterecek de yüksek işlem

gücü gerektirmektedirler ve bu sebepten dolayı yavaştırlar. Bu tez çalışmasında, KG’de yüksek başarı gösteren iki yeni arama algoritması literatüre kazandırılmıştır. Bu iki algoritma dönüm gerilimleri temellidir. Ayrıca tezde dönüm gerilimlerinin hesaplanması için basit ve kullanışlı yeni bir yöntem de önerilmiştir.

Bu çalışma 8 bölümden oluşmaktadır. 1.1.Bölümde FV hücre modeli ve parametreleri, 1.2.Bölümde ise veri toplamak için kullanılan DA yük hakkında bilgi verilecektir, 2.Bölümde ise kısmi gölgelenme olayı anlatılacaktır. 3.Bölümde dönüm gerilimleri hesabı sunulacaktır. 4.Bölümde ise önceki çalışılmalarda kullanılan MGNİ algoritmalarından kısaca bahsedilmiş, Açık Devre gerilimi yöntemi (AD), Stokastik Tepe Tırmanma algoritması (STT), Benzetilmiş Tavlama algoritması (BT) ve Stokastik Işın Arama algoritması (SIA) incelenmiştir. 5.Bölümde tezde önerilen dönüm gerilimleri tabanlı Alp yöntemi ve Alp tırmanma algoritması anlatılmıştır. 6.Bölümde bilgisayar benzetim çalışmaları ile iki farklı durum için yöntemin başarısı incelenmiştir. 7.Bölüm de deneysel veriler kullanılarak açık devre gerilimi yöntemi, tepe tırmanma algoritması, benzetilmiş tavlama algoritması, stokastik ışın arama, algoritması, Alp yöntemi ve Alp tırmanma algoritması ile kıyaslanmıştır. 8.Bölümde sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

1.1 Fotovoltaik Hücre Modeli

FV hücreler yarı iletken teknolojisiyle üretilmekte ve güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmede kullanılmaktadırlar. Benzetim ve modelleme çalışmaları için FV hücrelerin elektriksel modelinden faydalanılmaktadır. Bu modellerden tek diyot veya 1M5P (1 model 5 parametre) olarak anılan model Şekil 1.3’de verilmiştir.



Şekil 1.3. FV hücre modeli

Bu modeldeki 5 parametre (I_{ph} , I_0 , R_s , R_{sh} , a) ilerleyen bölümlerde açıklanacaktır. Şekil 1.3’de verilen model bir akım kaynağı, diyot ve iki dirençten oluşmaktadır [10]. Bu model üzerinde verilen akımlar Eşitlik 1.1-1.4’deki gibi tanımlanabilir. Eşitlik 1.1 hücre çıkış akımının Kirchhoff akım yasasına göre tanımını göstermektedir.

$$I_{pv} = I_{ph} - I_D - I_{sh} \quad (1.1)$$

Eşitlik 1.1’de I_{pv} hücre çıkış akımını, I_{ph} ışımaya bağlı akım değerini, I_D hücre yapısal diyot akımını (body diode), I_{sh} ise paralel dirençten geçen akımı, göstermektedir. FV hücrenin yarı iletken yapısından kaynaklanan yapısal diyotun akımını Eşitlik 1.2’de verilmiştir.

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{aKT}} - 1 \right) \quad (1.2)$$

Eşitlik 1.2’de I_0 ters yönde doyum akımını, q elektron yükünü, R_s seri direnci, V_{pv} panel terminal gerilimini, a ideallik faktörünü, K Boltzmann sabitini ($1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$), T Kelvin cinsinden sıcaklığı, göstermektedir. Paralel direnç üzerinden geçen akımın tanımını Eşitlik 1.3’de verilmiştir.

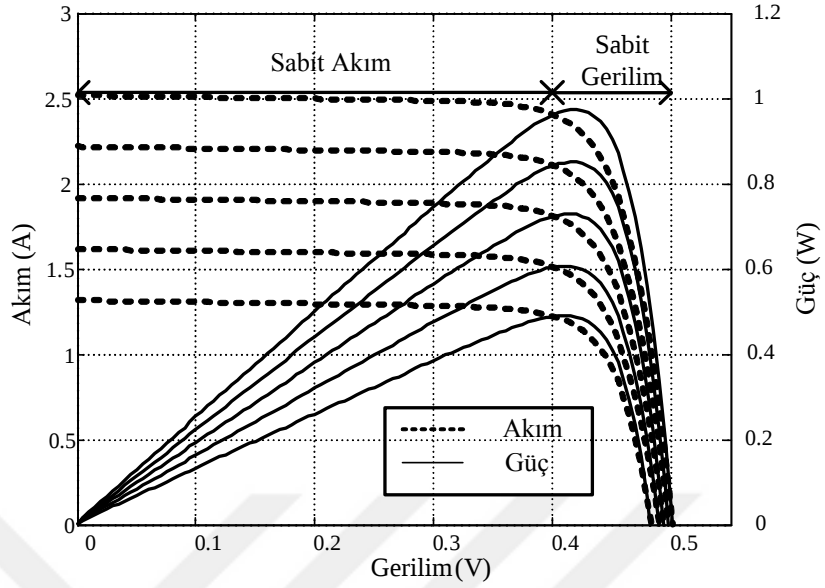
$$I_{sh} = \frac{(V_{pv} + R_s I_{pv})}{R_{sh}} \quad (1.3)$$

Eşitlik 1.3’de R_{sh} paralel direnci ifade etmektedir. Eşitlik 1.2-1.3’de tanımlanan akım ifadeleri Eşitlik 1.1’de yerine yazılırsa Eşitlik 1.4 elde edilir.

$$I_{pv} = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{aKT}} - 1 \right) - \frac{(V_{pv} + R_s I_{pv})}{R_{sh}} \quad (1.4)$$

Eşitlik 1.4 kullanılarak farklı ışıma değerleri için yapılan MATLAB benzetim sonuçları Şekil 1.4’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere FV hücresi doğrusal

olmayan bir karakteristiğe sahiptir. Bu grafikte akım/gerilim (I/V) eğrisi kesikli çizgilerle, güç/gerilim (P/V) eğrisi ise düz çizgilerle gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Farklı ışıma değerleri için P/V karakteristiği

Şekil 1.4'deki I/V karakteristiği sabit akım ve sabit gerilim olmak üzere iki bölgede incelenebilir. FV hücresinin çıkış gerilimi belli bir gerilimin altında kaldığı sürece çıkış akımı sabit kabul edilebilir. Bu gerilim aşıldığı zaman yapısal diyot iletime geçmekte ve I_{ph} akımı diyot üzerinden akma eğilimi göstermektedir. Böylece FV hücresi sabit gerilim bölgesinde çalışmaya başlamış olur. Hücresinin I/V karakteristiğinden P/V değerleri türetilebilir. Şekil 1.4'de verilen farklı ışıma değerleri için P/V karakteristikleri incelenirse her grafiğin bir adet tepe değeri olduğu görülür. Bu tepe değeri de Maksimum Güç Noktası (MGN) olarak adlandırılır.

FV panellerin modellenmesi amacıyla literatürde çeşitli elektriksel ve matematiksel modeller kullanılmaktadır. Bu modeller FV panellerin, farklı atmosferik şartlardaki davranışlarını yansıtmasının yanında MGNİ sistemleri gibi çevre elektronik yapılarla beraber modellenmesine de olanak sağlar. Bu tez çalışmasında, matematiksel model temelli MATLAB ve elektrik devre modeli temelli LTSPICE benzetimleri gerçekleştirilmiştir.

FV sistemlerin bilgisayar benzetimlerinin başarısı, panellerin parametrelerinin doğru tespitine bağlıdır. Bu tez çalışmasında kullanılan panellerin katalog verileri ve etiket

değerleri üretici tarafından sağlanmamıştır. Bu değerlerin sağlanması durumunda bile doğruluğunun sınanması bir zorunluluktur. FV panel parametrelerin tespiti için öncelikli olarak FV dizinin STC'de (Standard Test Condition: 1000W/m² ışıma ve 25°C çalışmayı ifade eder) DA yük yardımıyla I/V karakteristiği elde edilmiştir. (DA yük ile ilgili açıklama ilerleyen bölümlerde sunulmuştur.) Daha sonra, FV panelin I/V karakteristiğindeki önemli noktalar (V_{oc} , I_{sc} , I_{mp} , V_{mp}) kullanılarak iteratif bir yöntemle FV panellerin 4 parametresi (I_{ph} , I_0 , R_s , R_{sh}) başarıyla tespit edilmiştir. Yukarıda anılan V_{oc} , açık devre gerilimini I_{sc} , kısa devre akımını I_{mp} , MGN'deki akım değerini V_{mp} ise MGN'deki gerilim değerini ifade etmektedir. 5. parametre olan a ideallik faktörü bu tez çalışmasında 1,3 olarak kabul edilmiştir.

FV panelin 4 parametresinin tespitinde kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir. Panelin kısa devrede çalışması durumunda terminal gerilimi 0V ve panel akımı ise I_{sc} olacaktır. Bu durumda ışımaya bağlı akım ifadesi Eşitlik 1.5'de verildiği gibi olacaktır.

$$I_{ph} = \frac{I_{sc}(R_{sh} + R_s)}{R_{sh}} + I_0 \left(e^{\frac{qI_{sc}R_s}{aKT}} - 1 \right) \quad (1.5)$$

Eşitlik 1.5'de denklemin ikinci kısmı (diyot akımı) birinci kısmını göre oldukça küçük bir değerdir. Bu yüzden ihmal edilir ve I_{ph} ifadesi Eşitlik 1.6'da verildiği gibi tanımlanır.

$$I_{ph} \cong \frac{I_{sc}(R_{sh} + R_s)}{R_{sh}} \quad (1.6)$$

FV panelin açık devrede çalışması durumunda I_{pv} panel akımı 0A olacaktır. Panelin terminal gerilimi ise açık devre gerilimi (V_{oc}) olacaktır. Işımaya bağlı akım (I_{ph}) ifadesinin açık devre koşulları için tanımı Eşitlik 1.7'deki gibi olacaktır.

$$I_{ph} = I_0 \left(e^{\frac{qV_{oc}}{aKT}} - 1 \right) + \frac{V_{oc}}{R_{sh}} \quad (1.7)$$

Eşitlik 1.6 ve 1.7 birbirlerine eşitlenip buradan I_0 ifadesi çekilirse Eşitlik 1.8 elde edilir.

$$I_0 \cong \frac{I_{sc}(R_{sh} + R_s) - V_{oc}}{R_{sh}} e^{\frac{qV_{oc}}{aKT}} \quad (1.8)$$

FV hücrenin MGN'daki çıkış gücünün ifadesi Eşitlik 1.9'da verilmiştir. Eğer FV panelin parametreleri doğru tespit edilmişse hesaplanan güç değeri ($P_{max,m}$) ile deneysel güç değerinin ($P_{max,e}$) eşit olması gerekmektedir.

$$P_{max,m} = V_{mp} \left\{ I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{q(V_{mp} + R_s I_{mp})}{aKT}} - 1 \right) - \frac{V_{mp} + R_s I_{mp}}{R_{sh}} \right\} = P_{max,e} \quad (1.9)$$

R_{sh} direncinin ifadesi Eşitlik 1.10'da verilmiştir. Burada verilen R_{sh} eşitliği, MGN gerilim ve akım (V_{mp} , I_{mp}) değerlerine bağlı olduğu gibi R_s direncine de bağlıdır.

$$R_{sh} = \frac{V_{mp}(V_{mp} + I_{mp}R_s)}{\left\{ V_{mp}I_{ph} - V_{mp}I_0 e^{\frac{q(V_{mp} + R_s I_{mp})}{aKT}} + V_{mp}I_0 - P_{max,e} \right\}} \quad (1.10)$$

R_s direncinin tanım ifadesi Eşitlik 1.11'de sunulmuştur.

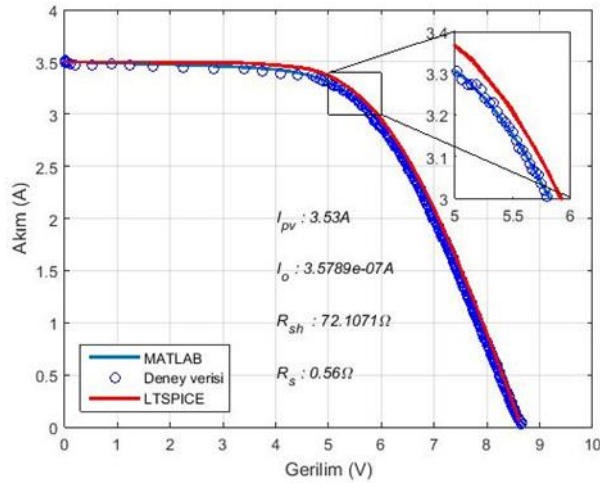
$$R_s = \frac{1}{I_{mp}} \left\{ V_{oc} - V_{mp} - aV_T \ln \left[\frac{V_{mp} + aV_T - I_{mp}R_s}{aV_T} \frac{I_{sc}(R_{sh} + R_s) - V_{oc}}{I_{sc}(R_{sh} + R_s) - 2V_{mp}} \right] \right\} \quad (1.11)$$

Bu tez çalışmasında kullanılan parametre kestirim yöntemi Villalva ve ark. tarafından geliştirilmiştir [11]. Bu yöntem FV panelin 4 parametresinin kestirimi için I_{mp} , V_{mp} , V_{oc} , I_{sc} , $P_{max,e}$ gibi parametreleri girdi olarak kabul eder. R_s değerini bir döngü içerisinde küçük adımlarla arttırarak R_{sh} değerini günceller. Daha sonra bu verileri Eşitlik 1.4'de yerine koyar. Eşitlik 1.4'de eşitliğin her iki tarafında da I_{pv} değeri bulunduğundan I_{pv} değeri kök bulma yöntemleriyle tespit edilir. Bulunan akım değeri kullanılarak Eşitlik 1.9'da verilen eşitliğin sağlanması gerekmektedir. Bu eşitlik durumu sağlanana kadar bu işlemler tekrarlanıp parametreler tespit edilir. Bu yöntemle elde edilen panel parametreleri Çizelge 1.1'de sunulmuştur.

Çizelge 1.1. Elde edilen FV panel parametreleri

Parametre	Değer
R_s	$0,56\Omega$
R_{sh}	$72,1071\Omega$
I_o	$3,5789 \times 10^{-7}$
I_{ph}	$3,53A$
a	$1,3$

Yukarıda bahsedildiği üzere Çizelge 1.1’de I_{ph} ışımaya bağımlı akım değeri, I_o diyot doyum akımı, R_s seri direnci, R_{sh} paralel direnci ve a ideallik faktörü değerleri sunulmuştur. a ideallik faktörü 1.3 kabul edilmiştir. Elde edilen bu parametrelerle MATLAB ve LTSPICE ortamlarında bilgisayar benzetimleri yapılmıştır. Bu modellerin başarı incelemesi amacıyla deney verileri, MATLAB ve LTSPICE benzetim sonuçlarının I/V karakteristikleri Şekil 1.5’de sunulmuştur.



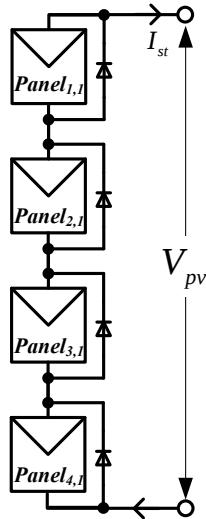
Şekil 1.5. Parametre kestirim sonuçları

Şekil 1.5’de mavi çizgi FV panelin MATLAB model grafiğini, mavi yuvarlak deney sonuçlarını ve kırmızıçizgi ise LTSPICE model benzetimini temsil etmektedir. Şekil 1.5’de görüldüğü üzere, elde edilen parametreler ile kurulan MATLAB modeli ve deney sonuçları tam olarak uyuşmaktadır. LTSPICE ortamında oluşturulan model ise deney verilerine çok yakın sonuçlar vermektedir. Bu durum, LTSPICE modelinin FV dizinin gerçek karakteristiğine yakın sonuçlar verdiğini göstermektedir. FV

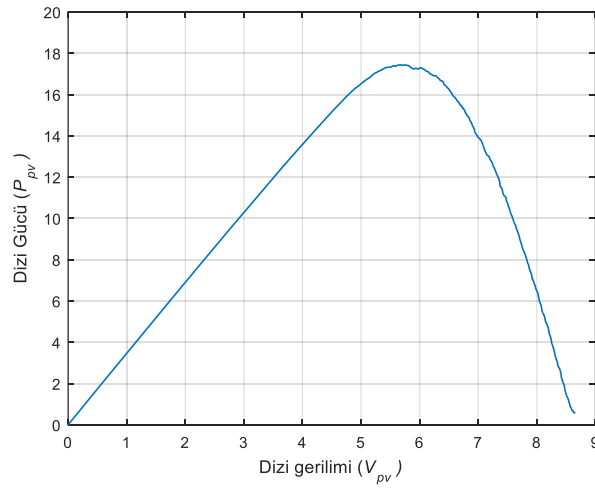
panellerin LTSPICE gibi bir devre benzetim programında modellenmesi, FV paneller ve elektronik donanımların beraber benzetiminin yapılabilmesine olanak sağlaması açısından önemlidir. Bölüm 6’da kullanılan bilgisayar benzetim modeli Çizelge 1.1’de verilen parametreler ile modellenmiştir.

FV hücrelerinin seri olarak bağlanmasıyla FV paneller elde edilir. İstenilen gerilim ve akım değerine ulaşmak için ise paneller seri ve/veya paralel olarak bağlanıp FV dizileri elde edilir. Bir FV dizisinde panellerin özdeş ışıma alıp almama durumuna göre P/V grafiğindeki tepe sayısı ve yeri değişmekle beraber grafikte bir adet Maksimum Güç Noktası (MGN) bulunur. Panellerin çevresel faktörlerle farklı ışıma almasına kısmi gölgelenme adı verilmekte ve bu olay bölüm 2’de detaylı olarak ele alınmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan FV dizisi seri olarak bağlanmış 4 panel içermektedir. Kısmi gölgelenmede toplam güçten bağımsız ve gölge durumuna göre birden fazla tepe elde edilmektedir. Bu çalışmada FV dizisinin farklı gölgelenme durumlarında incelenmesi ve algoritma başarı testleri hedeflendiğinden yüksek güçlü bir dizi oluşturulmasına gerek duyulmamıştır.



a)FV Dizi şeması



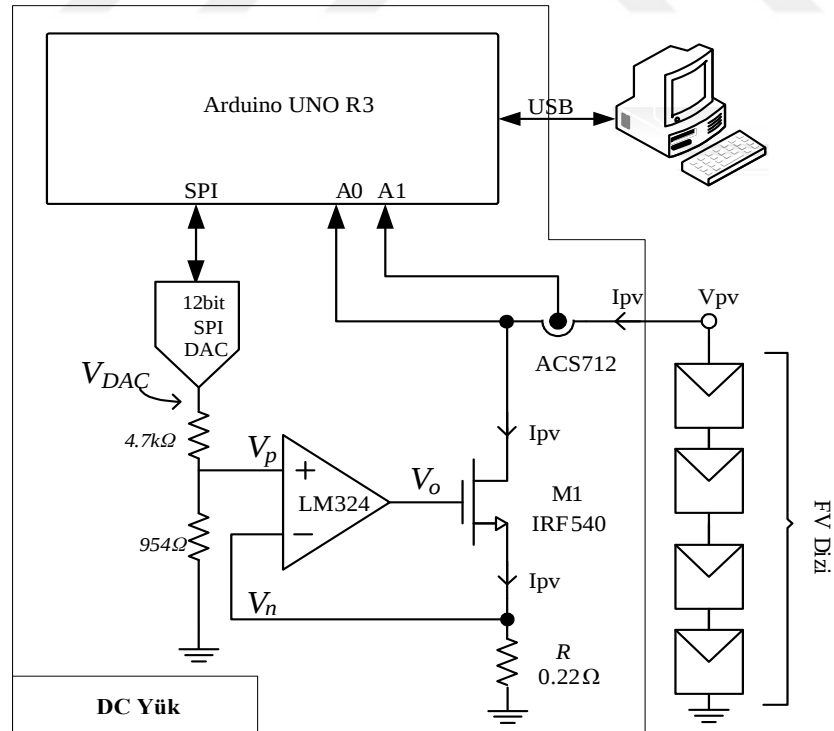
b)P/V grafiği

Şekil 1.6. Kullanılan FV diziye ait şema ve P/V grafiği.

Şekil 1.6(a)'da bu tez çalışmasında kullanılan FV dizinin elektrik şeması verilmiştir. Dizi seri bağlı 4 adet özdeş panelden oluşmaktadır. Şekil 1.6(b)'de tüm panellerin eşit ışıma (100W/m^2) aldığı bir durumda oluşan P/V grafiği verilmiştir. Bu veriler DA yük tarafından MATLAB ortamına aktarılmış ve görselleştirilmiştir. DA yük hakkında detaylı bilgi bölüm 1.2 de anlatılacaktır.

1.2 Sabit Akım DA Yük

Bu çalışmada deneysel verilerin toplanması için bir sabit akım DA yük sistemi tasarlanmıştır. DA yükler akü ve pillerin şarj kapasitelerinin belirlenmesi için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada DA yük FV dizinin I/V karakteristiğinin elde edilmesi için kullanılmıştır. DA yükün görevi FV dizisini V_{oc} noktasından I_{sc} akımına kadar rezistif olarak yüklemek ve I/V değerlerini örneklemektir. Örneklenen I/V değerleri USB üzerinden PC'ye yollanmakta ve Parallax firmasının PLX-DAQ [12] yazılımı ile kaydedilmektedir. Bu veriler daha sonra MATLAB gibi çeşitli veri analiz yazılımları ile incelenebilecek şekilde Excel formatında kaydedilebilmektedir. Tasarlanan sistemin blok şeması Şekil 1.7'de verilmiştir.



Şekil 1.7. Sabit Akım DA yük blok şeması

DA (DC) yük sistemi, NMOS transistor, OPAMP, seri direnç, Sayısal-Analog dönüştürücü (DAC) ve mikro denetleyici kartından (Arduino UNO) oluşmaktadır. Bu sistemde FV dizinin akımı (I_{pv}) IRF540 MOSFET ve R seri direnci üzerinden akmaktadır. MOSFET'in kapı savak gerilimi (V_{GS}) OPAMP tarafından kontrol edilmektedir. IRF540 güvenli kullanım alanında kalınmak suretiyle (SOA) 50W'lık yükleri sürebilmektedir. Daha büyük güç gerektirecek bir tasarımda yeterli sayıda MOSFET'in paralel bağlanması veya yeterli güçte IGBT kullanımı uygun olacaktır. Bu çalışmada kullanılan FV dizinin maksimum gücü 18W olduğundan tek bir IRF540 kullanılmış fakat deneysel amaçla paralel bağlı iki MOSFET ile de başarılı sonuçlar alınmıştır.

FV dizi akımının ölçülmesi için $\pm 5A$ ölçüm aralığına sahip ACS712 akım algılayıcısı kullanılmıştır. Dizinin V_{oc} geriliminin Arduino'nun analog giriş aralığından büyük olmasından dolayı dizi gerilimi dirençlerle bölünmektedir. Şekil 1.7'de sadelik sağlanması amacıyla gerilim bölücüye yer verilmemiştir. Gerilim ve akım verileri Arduino'nun 10bit çözünürlüğündeki SAR tip Analog-Sayısal Dönüştürücüsüyle örneklenmektedir. Bu çalışmada mikrodenetleyici kartı olarak (kullanım ve temin kolaylığı göz önünde tutularak) Arduino Uno R3 kullanılmıştır. Bu kartın üzerinde Atmel firmasının RISC mimarisinde tasarlanmış 16MHz frekansta çalışan 8bitlik ATMEGA328p mikro denetleyicisi bulunmaktadır.

R direnci, akım-gerilim dönüşümü yapmaktadır. DA yükün düzgün işleyebilmesi için bu direncin doğru seçilmesi gerekmektedir. Panel akımı (I_{pv}) ile V_n gerilimi arasındaki ilişki Eşitlik (1.12-1.14)'de verilmiştir. DAC'ın çıkışı gerilim (V_{DAC}) bölücü yapı ile OPAMP'ın evirmeyen girişine uygulanmaktadır. OPAMP geri besleme durumunda çalıştığından $V_n = V_p$ olacaktır. V_{DAC} ile V_n arasındaki ilişki Eşitlik 1.12'de V_n ile I_{pv} arasındaki ilişki de Eşitlik 1.13'de verilmiştir. Eşitlik 1.14 ise DAC çıkış gerilimi (V_{DAC}) ile panel akımı (I_{pv}) arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu göstermektedir.

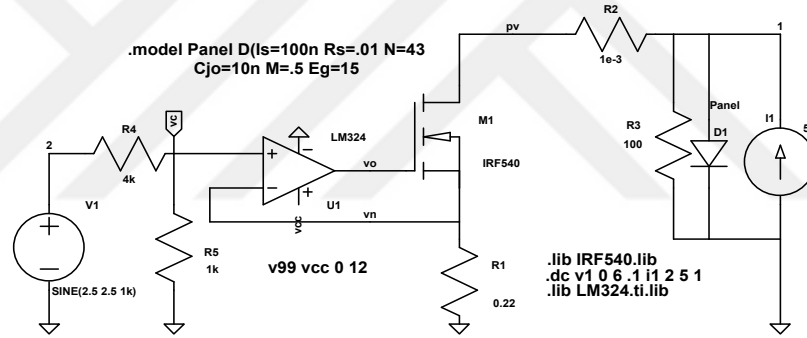
$$V_n = V_p = \frac{V_{DAC}}{5,65k\Omega} \times 954\Omega = V_{DAC} \times 0,168 \quad (1.12)$$

$$I_{PV} = \frac{V_n}{R} = \frac{V_n}{0,22\Omega} = V_n \times 4,54 \quad (1.13)$$

$$I_{PV} = V_{DAC} \times 0,168 \times 4,54 = V_{DAC} \times 0,766 \quad (1.14)$$

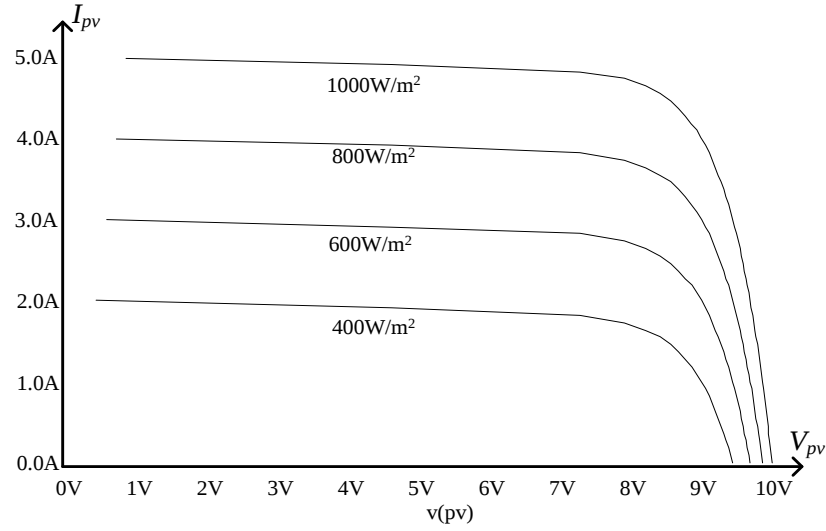
DA yükün önemli parçalarından birisi 12 bit çözünürlüklü SPI protokolü üzerinden programlanan DAC'dır. Eşitlik 1.14'den de görüldüğü gibi panel üzerinden çekilecek akım Arduino tarafından DAC'a verilen komutla belirlenmektedir.

Tasarlanan DA yükün önce LTSPICE ortamında benzetimi yapılmış daha sonra da transfer karakteristiğinin incelenmesi için işlev sinama deneyi yapılmıştır. DA yükün analog kısmının bilgisayar benzetim devre şeması Şekil 1.8'de benzetim sonucu ise Şekil 1.9'da verilmiştir.



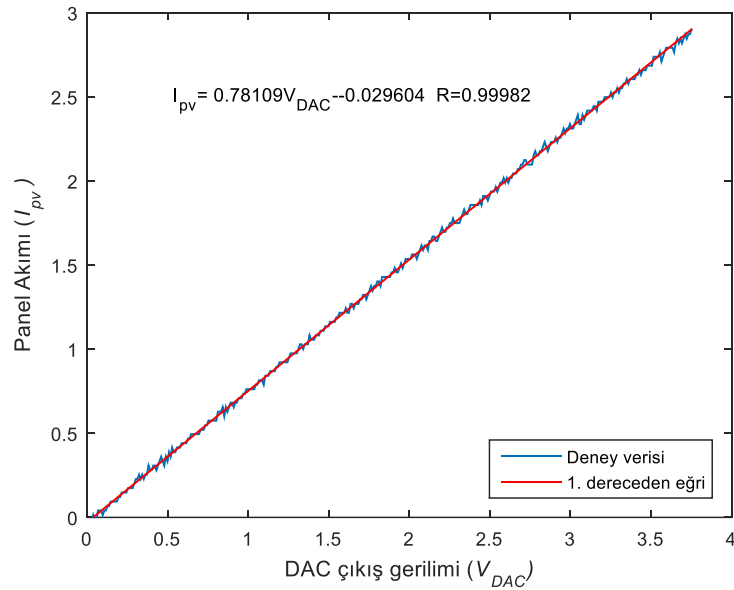
Şekil 1.8 LTSPICE Benzetim görseli

Şekil 1.9'da farklı ışıma değerleri için panelim I/V karakteristiğini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü üzere DA yük sistemi panelin I/V karakteristiğini başarıyla taramaktadır.



Şekil 1.9. Benzetim sonucu

DAC gerilimiyle panel akımı arasındaki ilişki deneyle incelenmiş sonuç Şekil 1.10'da mavi renkle gösterilmiştir. Şekil 1.10'daki deney verilerine 1. Dereceden polinom uydurma işlemi uygulanmış polinom ve R değeri grafik üzerinde, polinom grafiği ise aynı şekilde kırmızı renkle verilmiştir.



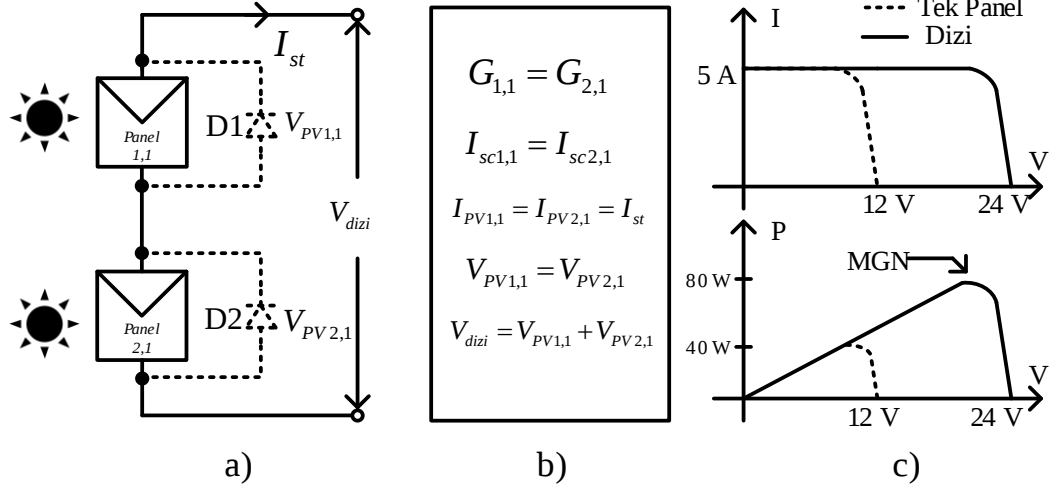
Şekil 1.10 DA yük transfer karakteristiği

Deney sonuçları ve uydurulan polinom göstermektedir ki Eşitlik (1.10-1.12)'de verilen ifadeler deney ortamında çok büyük bir başarıyla yakalanmıştır. Böylece tasarlanan sistemin programlanabilir sabit akım DA yük olarak kullanılabileceği görülmüştür.

2. KISMİ GÖLGELENME

Daha önce belirtildiği üzere FV diziler, panellerin Seri ve Paralel (SP) bağlanmasıyla oluşturulurlar. FV dizilerde, bazı paneller toz ve bina gölgesi gibi nedenlerle farklı ışıma aldıklarında tam ışıma alan panellere göre daha düşük güç üretirler. Bu olay Kısmi Gölgeleme (KG) olarak anılmaktadır. Panellerde köprüleme diyotu kullanılmadığı durumda dizi akımı (I_{st}), gölgeli panelin R_s ve R_{sh} dirençleri üzerinden geçip panelin ısınmasına ve bozulmasına yol açacaktır. Literatürde bu olaya sıcak nokta etkisi (hot spot effect) denilmektedir. Köprüleme diyotları sıcak nokta etkisine engel olurken KG durumunda FV dizinin P/V grafiğinde birden fazla Maksimum Güç Noktası (MGN) oluşmasına neden olmaktadır. Oluşan noktalarından en büyüğü Global Maksimum Güç Noktası (GMGN) diğerleri ise Lokal Maksimum Güç Noktası (LMGN) olarak isimlendirilir. GMGN'sının grafik üzerindeki konumu ve büyüklüğü gölgeleme durumuna göre çeşitlilik göstermektedir.

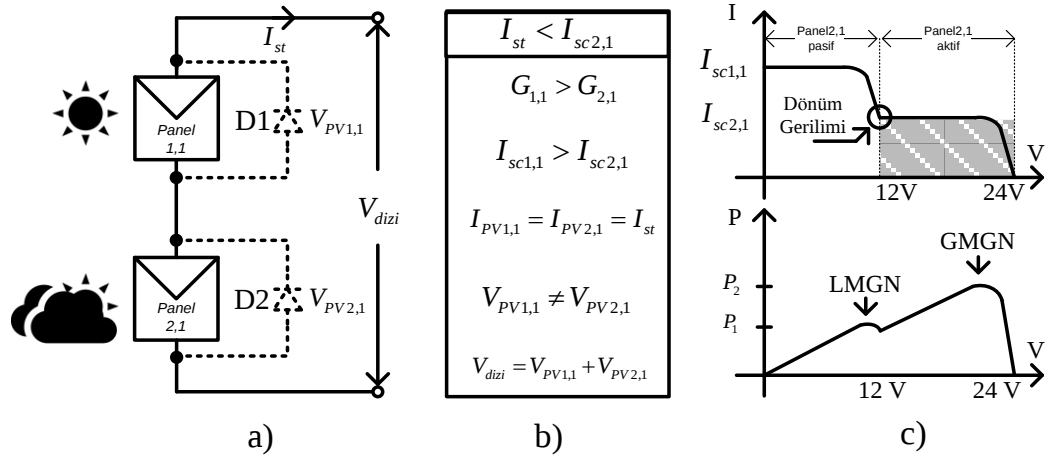
SP bağlantı şeklinde tüm paralel kollar aynı gerilimi paylaşırlar. Paralel kollardan geçen akımların toplamı ise dizi akımını oluşturmaktadır. Bu kısımda anlatım kolaylığı açısından tek bir paralel kolda bulunan 2 adet seri panelin gölgeleme durumu incelenmiştir ayrıca köprüleme diyotları ideal anahtar olarak kabul edilmiştir. Seri bağlı iki FV panelin eş ışıma ($G_{1,1}=G_{2,1}$) durumunda devre modeli Şekil 2.1a'da, eşitlikleri Şekil 2.1b'de ve I/V-P/V grafikleri ise Şekil 2.1c'de sunulmuştur. Panel ve elektriksel büyüklükler i, j şeklinde indekslenmiştir. Burada j, paralel kol sayısını, i ise o paralel kolda bulunan panelin numarasını göstermektedir.



Şekil 2.1. FV dizisinin eş ışıma altında incelenmesi

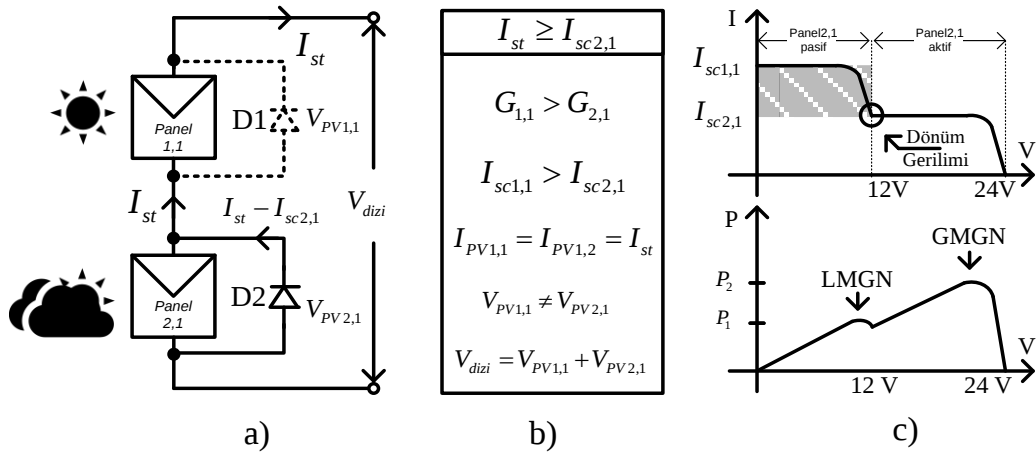
Eş ışıma durumunda her iki panelin kısa devre akımları ($I_{sc1,1}=I_{sc2,1}$) ve panel gerilimleri ($V_{PV1,1}=V_{PV2,1}$) eşit olacaktır. Böylece dizinin I/V karakteristiği de tek bir panelin I/V karakteristiğine benzemekte, fakat paneller seri olarak bağlandığından dizinin I/V karakteristiği tek bir panelin geriliminin iki katı olmaktadır. Dizi eş ışıma altında çalıştığından Şekil 2.1c'de verilen P/V grafiğinde bir adet MGN bulunmaktadır.

Köprüleme diyotlarının dizinin P/V grafiği üzerindeki etkisinin göstermek için Şekil 2.2'de Panel_{2,1}'in daha az ışıma aldığı bir durum ($G_{1,1}>G_{2,1}$) incelenmiştir. Şekil 2.2b'de panellerin ve dizinin akım-gerilim ifadeleri verilmiştir. Bu durumda tam ışımalı panelin (Panel_{1,1}) kısa devre akımı, gölgeli (Panel_{2,1}) panelinkinden daha büyük olacaktır ($I_{sc1,1}>I_{sc2,1}$). Diziler bağlanan yüklerle farklı akım değerlerinde çalıştırılabilirler. Dizi akımının (I_{st}), gölgeli panelin $I_{sc2,1}$ akımından küçük olduğu bir çalışma durumunda ($I_{st}<I_{sc2,1}$) dizi akımı tüm paneller üzerinden akacak ve tüm köprüleme diyotları kesimde olacaktır. Bu çalışma bölgesi Şekil 2.2c'de taralı olarak gösterilmiştir. Şekil 2.2a'da görüldüğü üzere panel gerilimleri sıfırdan büyük ve her iki panel de aktif olarak yüke güç sağlamaya devam etmektedirler.



Şekil 2.2. FV dizisinin farklı ışığa altında incelenmesi ($I_{st} < I_{sc2,1}$)

Dizi akımının gölgeli panelin kısa devre akımına eşit olması durumunda ($I_{st} = I_{sc2,1}$), gölgeli panel kısa devre akımına zorlanacak ve panel gerilimi 0V'a gücü de 0W'a yakın olacaktır. Köprüleme diyotunun kullanılması durumunda D2 iletme geçecek fakat dizi akımı gölgeli panel kısa devre akımına eşit olduğundan ($I_{st} = I_{sc2,1}$) D2 üzerinden akım geçmeyecektir. Bu çalışma noktası Şekil 2.3c'deki taralı bölgede dönüm gerilimi olarak gösterilmiştir. Dönüm geriliminin hesabı ilerleyen bölümde yapılacaktır.



Şekil 2.3. FV dizisinin farklı ışığa altında incelenmesi ($I_{st} \geq I_{sc2,1}$)

Dizi akımının gölgeli panelin akımından büyük ($I_{st} > I_{sc2,1}$) olması durumu Şekil 2.3'de incelenmiştir. Bu durumda I_{st} ile $I_{sc2,1}$ akımları arasındaki fark D2 köprüleme diyotu üzerinden akacaktır. 2. Panelin akımı $I_{sc2,1}$ olduğundan ve panel gerilimi 0V'a yakın olduğundan bu panelin ürettiği güç ihmal edilebilir. Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'den

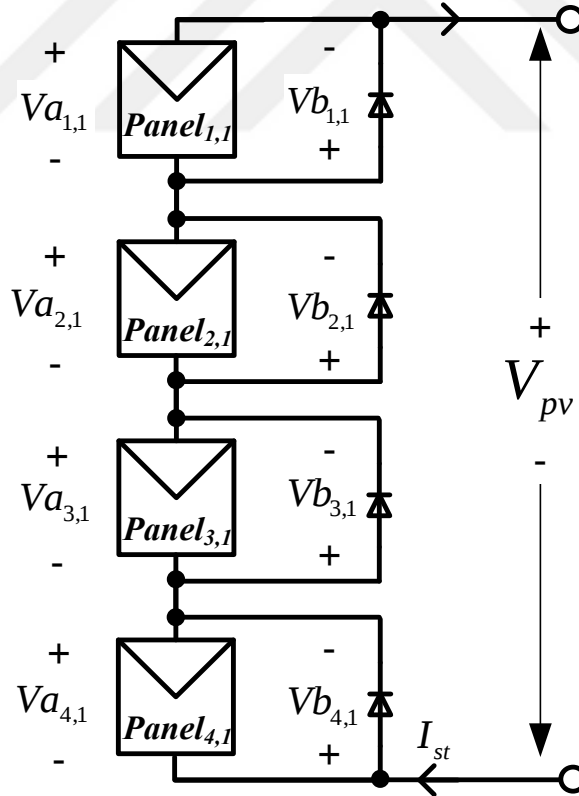
görüldüğü üzere kısmi gölgelenmeli bir dizinin P/V grafiğinde birden fazla MGN bulunmaktadır. FV dizilerin, P/V grafiğinde herhangi bir nokta yerine GMGN'da çalışmasını sağlamak üzere MGNİ sistemleri kullanılır.



3. DÖNÜM GERİLİMİ HESABI

Dönüm gerilimi hesabı yapılırken Bastidas ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmadan yararlanılmıştır. Bu bölümde dönüm gerilimlerinin oluşumu ve hesabı anlatılacaktır. Bölümün amacı dönüm gerilimlerinin daha iyi anlaşılabilmesi olup bu tez kapsamında geliştirilen algoritmalar için önerilen dönüm gerilimleri hesabı 5. Bölümde anlatılacaktır.

Şekil 3.1’de, 4 adet panelin ($n=4$) seri bağlanmasıyla oluşturulan bir FV dizi gösterilmiştir. Bu dizide her bir panelin kendisine ait köprüleme diyotu bulunmaktadır. Paneller ve elektriksel büyüklükleri i, j şeklinde indekslenmiştir. Burada j , paralel kol sayısını, i ise o paralel kolda bulunan panelin numarasını göstermektedir. Panellerden birisinin kısa devre akımı ($I_{sci,j}$) dizi akımından (I_{st}) küçük ise bu panele ait köprüleme diyotu iletme geçerek paneli pasif duruma geçirir. İlgili panelin pasif duruma geçtiği dizi gerilimine ise dönüm gerilimi adı verilir [13].

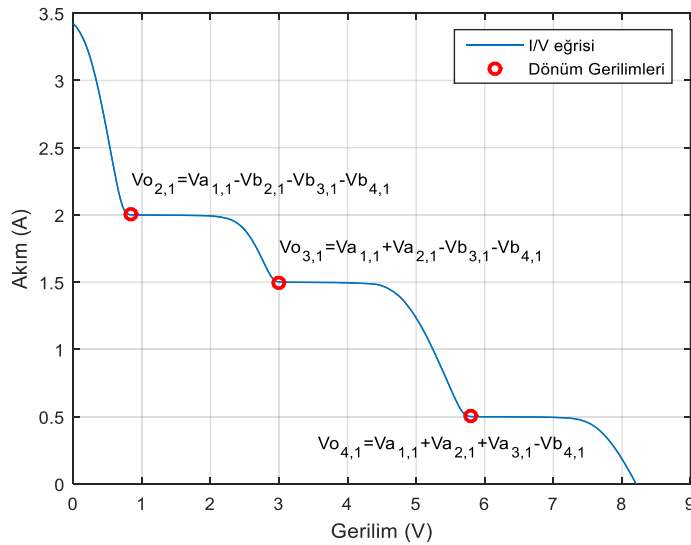


Şekil 3.1 FV Dizi

Dönüm gerilimlerinin tespiti için, dizideki panellerin kısa devre akımları ($I_{sci,j}$) ile dizi akımının (I_{st}) büyüklükleri karşılaştırılarak dizideki panellerin aktiflik/pasiflik durumları tespit edilir. Yukarıda belirtildiği üzere, dizi akımı, ilgili panelin kısa devre akımına eşit olduğu durumda ($I_{st} = I_{sci,j}$) panelin köprüleme diyotu iletme geçer. İlgili panelin kısa devre akımından ($I_{sci,j}$) daha büyük akıma sahip olan paneller aktif diğer panellerin ise pasiftir (dolayısıyla köprüleme diyotları iletimde olur). Böylece $I_{st} = I_{sci,j}$ durumunda dönüm gerilimini hesaplamak için dizideki tüm elemanların gerilimleri Eşitlik 3.1'deki gibi toplanır.

$$Vo_{i,j} = \sum_{m=1}^{i-1} Va_{m,j} + \sum_{p=k}^n Vb_{p,j} \quad (3.1)$$

Eşitlik 3.1'de $Vo_{i,j}$ ifadesi panellerin dönüm gerilimlerini, $Va_{i,j}$ panellerin gerilimlerini, $Vb_{i,j}$ köprüleme diyot gerilimlerini, n ise dizideki panel sayısını göstermektedir.



Şekil 3. 2. I/V grafiği üzerinde dönüm gerilimlerinin gösterimi

Şekil 3.2' de kısmi gölgelenme durumu altındaki, 4 adet seri bağlı panelden oluşan bir dizinin I/V karakteristiği verilmiştir. Ayrıca şekil üzerinde Eşitlik 3.1 kullanılarak bulunan dönüm gerilimleri de gösterilmiştir. Dönüm gerilimlerinin hesabı, önerilen yöntemin önemli bir parçasıdır. Bu tez çalışması ile literatüre yeni kazandırılan dönüm gerilimleri temelli MGNİ algoritmaları ilerleyen bölümlerde detaylı olarak anlatılacaktır.

4. MGNİ ALGORİTMALARI

Bu bölümde, literatürde kullanılan MGNİ algoritmaları hakkında bilgiler sunulacaktır. Bilindiği üzere, MGNİ amacıyla geliştirilmiş birçok algoritma bulunmaktadır. Bu algoritmalar uygulama kolaylığı, maksimum güce yakınsama, kısmi gölgeli çalışmaya uygunluk ve hız gibi kriterler açısından incelenebilir. Tümdevre üreticileri tarafından MGNİ pazarı fırsat olarak görülmüş ve küçük güçlü sistemler için ürünler piyasaya sürülmüştür. Bu ürünler kısmi gölgelenme sorununa çözüm önermemektedirler. Örneğin Linear Techonology firmasının LT3652, LTC4121 ve Analog firmasının ADP5090 ürünleri açık devre gerilimi yöntemini [14, 15, 16] kullanmaktadırlar.

Literatürde uygulama kolaylığıyla öne çıkan fakat kısmi gölgelenme altında GMGN bulma özelliği bulunmayan diğer algoritmalar şu şekilde sıralanabilir: tepe tırmanma, değiştir ve gözle, sabit akım, arttırımsal iletkenlik, parazit kapasite. Yapılan literatür incelemesi sonucu kısmi gölgelenmede MGNİ amacıyla doğadan esinlenmiş arama algoritmalarının kullanımına yönelik bir eğilim olduğu görülmüştür. Bu algoritmaların bazıları şu şekilde sıralanabilir: ateş böceği algoritması [17], Benzetilmiş Tavlama (BT) algoritması [18], karınca kolonisi algoritması. Doğadan esinlenmiş algoritmaların problemi ise yüksek işlem gücü gerektirmeleridir.

Bu çalışmada literatüre dönüm gerilimleri temelli iki yeni algoritma kazandırılmıştır. Bu algoritmalar KG durumunda düşük adım sayısı ve yüksek hız ile GMGN'na yüksek yakınsama başarısı göstermektedir.

4.1 Açık Devre Gerilimi Yöntemi

Açık Devre Gerilimi yöntemi (AD), maksimum gücün bulunacağı gerilim değerinin açık devre geriliminin bir katı olduğunu kabul eder. Bu yaklaşımı özetleyen ifade Eşitlik 4.1'de verilmiştir. Bu ifadede verilen k değeri 0,7 ile 0,8 arasında seçilen bir sabittir.[19]

$$V_{MGN} = k.V_{oc} \quad (4.1)$$

Açık devre gerilimi yöntemi için sözde kod (pseudo code) örneği Çizelge 4.1’de verilmiştir.

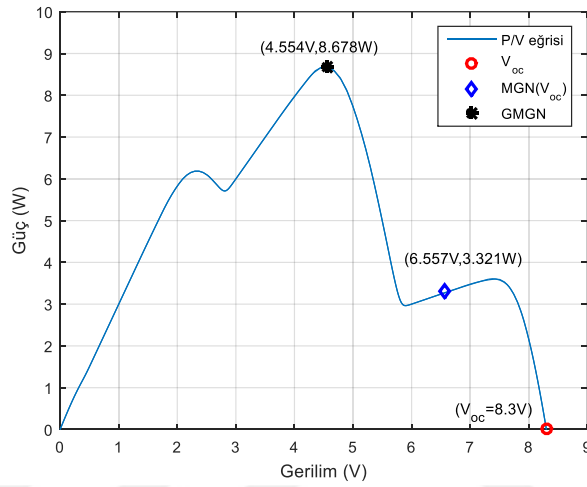
Çizelge 4.1. Açık Devre Gerilimi Yöntemi için Sözde Kod

Girişler: P/V verisi, k

Çıkış: Güç

Güç = $P(V_{end}) \times k$

return Güç



Şekil 4.1. KG durumundaki dizinin P/V grafiği üzerinde AD'nin gösterimi

Şekil 4.1’de seri bağlı 4 panelden oluşan bir FV dizinin KG durumundaki P/V grafiği verilmiştir. Şekil üzerinde açık devre gerilimi yöntemiyle bulunan MGN mavi elmas ile GMGN siyah yıldızla işaretlenmiştir. Açık devre gerilimi ise kırmızı çember ile işaretlenmiştir. Şekilde açık devre gerilimi yönteminin, KG durumunda GMGN’na yaklaşmadığı açıkça görülmektedir. Açık devre gerilimi yöntemi, kısmi gölgelenme durumlarında başarılı olmaz ayrıca V_{oc} değerini bulmak için FV panelin DA/DA dönüştürücünden bir süreliğine yalıtılması gerekmektedir, bu da çıkış gücünün bir süreliğine kesilmesi anlamına gelmektedir.

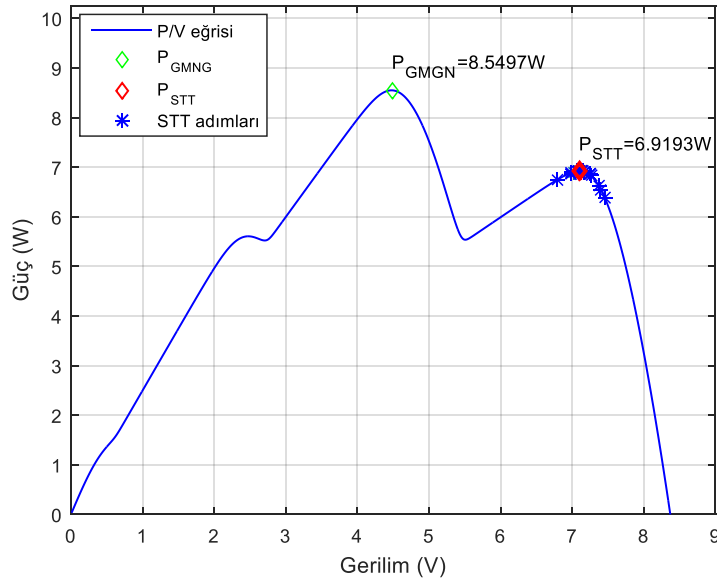
4.2 Stokastik Tepe Tırmanma Algoritması

Stokastik Tepe Tırmanma (STT) algoritması, tepe tırmanma algoritmasının geliştirilmiş bir çeşididir. Tepe tırmanma algoritmasının LMGN’sına takılma sorununa çözüm olması amacıyla geliştirilmiştir. STT algoritmasının MGN arama görevi için rasgele bir başlangıç noktası seçildikten sonra yeni bir rasgele güç ile

karşılaştırılır. Bu iki güç değerinden büyük olanı aktif güç olarak seçilir ve bir sonraki rasgele atanan güç değeri ile karşılaştırılır [20]. Algoritmanın amacı her zaman daha iyisini aramaktır. Algoritmanın başarısı başlangıç noktasına bağlı olarak değişmektedir. Stokastik tepe tırmanma algoritması için sözde kod (pseudo code) örneği Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Stokastik Tepe Tırmanma için sözde kod

Girişler: P/V verisi, iterasyon_sayısı
Çıkış: Güç
Güç $\leftarrow$ **Random**(P)
for i = 1 **to** iterasyon_sayısı
 | **Güç_yeni** $\leftarrow$ **RandomKomşu**(Güç)
 | **if** Güç_yeni $\geq$ Güç **then**
 | | Güç $\leftarrow$ Güç_yeni
 | **end**
end
return Güç



Şekil 4.2. KG durumundaki dizinin P/V grafiği üzerinde STT algoritmasının gösterimi

Şekil 4.2’de KG durumundaki bir dizinin P/V grafiği sunulmuştur. Şekil üzerinde sistemin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmasla, STT ile bulunan MGN (P_{STT}) kırmızı elmas ile işaretlenmiş ve güç değerleri verilmiştir. Şekildeki mavi yıldız işareti ise STT algoritmasının adımlarını göstermektedir. STT algoritması, başlangıç noktasından

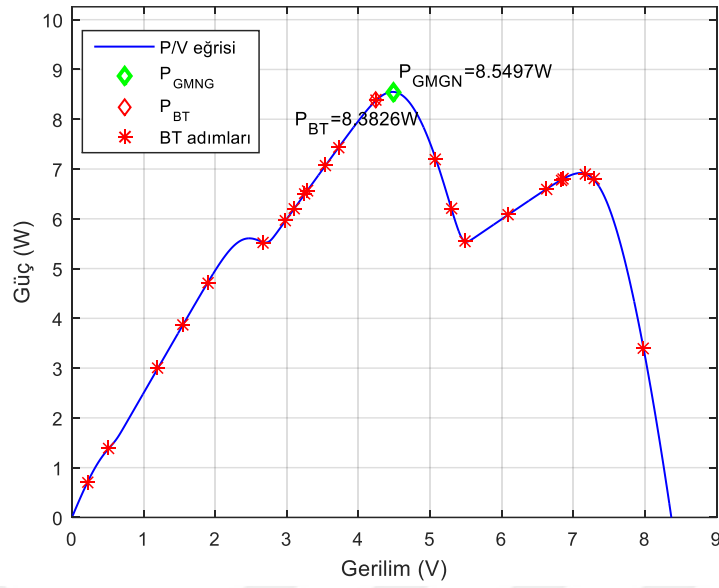
açık devre gerilimi yakın tepeye tırmanarak LMGN’da durmuştur ve bu noktayı MGN olarak bulmuştur. Şekil üzerinde de açıkça gözükmektedir ki STT algoritması KG durumunda GMGN’na yakınsama başarısı gösterememiştir.

4.3 Benzetilmiş Tavlama Algoritması

Benzetilmiş Tavlama (BT) algoritmasının amacı, herhangi bir problem için genel iyileştirme (global optimization) elde etmektir. Algoritmanın çalışması fiziksel olarak sıcak demire şekil verme işlemi olan demir tavlamaya benzemektedir. Bu işlem sırasında metal ısıtılır ve kontrollü bir şekilde yavaşça soğutulur. Metalin ısıtılması ve kontrollü olarak soğutulmasıyla metal kristallerinin boyutları artırılır böylece metalin mukavemeti artırılmış olur. Isı enerjisi atomların enerjisini artırıp serbest hareket etmelerini sağlar. Enerji düştükçe hareket azalır. BT’da arama başlangıcında bir sıcaklık değeri seçilir. Bu sıcaklık değeri alfa parametresi ile küçültülüp soğuma işlemi taklit edilir. Benzetilmiş Tavlama algoritması için sözde kod (pseudo code) örneği Çizelge 4.3’de verilmiştir [21].

Çizelge 4.3. Benzetilmiş Tavlama İçin Sözde Kod

Girişler: iterasyon_sayısı , sıcaklık, soğutma_katsayısı
Çıkış: Güç
Güç $\leftarrow$ Rastgele güç değeri
for i = 1 **to** iterasyon_sayısı
| sıcaklık = sıcaklık x (1-soğutma_katsayısı)
| Güç_yeni $\leftarrow$ Rastgele güç değeri
| **if** Güç_yeni $\geq$ Güç **then**
| | **if** (rand(1) $\leq$ exp(-1 x (Güç_yeni-Güç) /sıcaklık)) **then**
| | Güç $\leftarrow$ Güç_yeni
| | **end**
| **end**
end
return Güç



Şekil 4.3. KG durumundaki dizinin P/V grafiği üzerinde BT'nın gösterimi

Şekil 4.3'de KG durumundaki bir dizinin P/V grafiği sunulmuştur. Şekil üzerinde sistemin GMGN yeşil elmasla, BT ile bulunan MGN kırmızı elmas ile işaretlenmiş ve güç değerleri verilmiştir. Şekildeki kırmızı yıldız işareti ise BT algoritmasının adımlarını göstermektedir. Şekil üzerinde de açıkça gözükmektedir ki BT algoritması KG durumunda MGN'nı başarıyla yakınsamıştır.

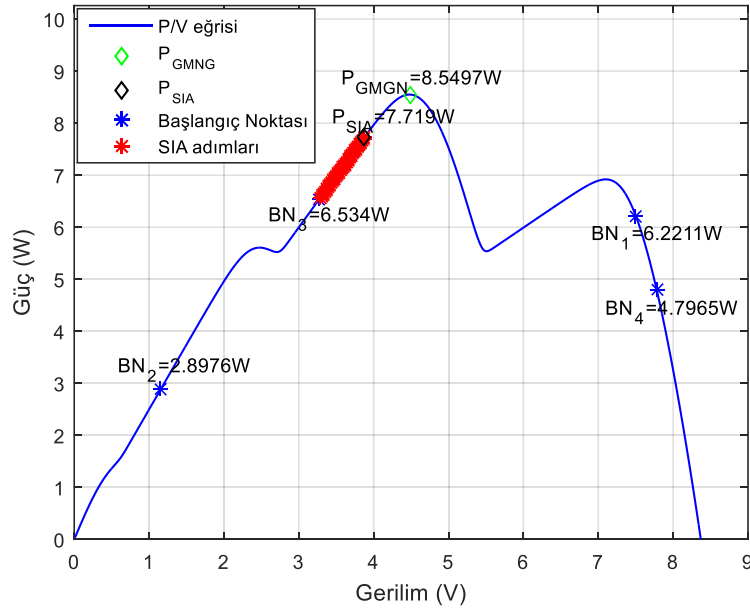
4.4 Stokastik Işın Arama Algoritması

Stokastik Işın Arama (SIA) algoritması ilk olarak yerel ışın arama olarak literatüre girmiştir [22]. Bu algoritma tepe tırmanma algoritmasının gelişmiş hali olarak tanımlanabilir. Yerel ışın arama algoritması arama uzayında rastgele bir başlangıç noktası seçip, bu noktanın komşularından bir tanesine doğru değer artımı varsa o yöne doğru gitme eğilimi olan bir algoritmadır. İşlevsel olarak tepe tırmanma görevi yaptığı için başlangıç yerine göre GMGN'nı bulma ihtimali yüksektir. Stokastik Işın arama algoritması ise, aramaya birden fazla rastgele seçilmiş başlangıç noktası ile başlar. Bu rastgele başlangıç noktalarından en büyük değere sahip olanı esas başlangıç noktası alınır ve diğerleri yok sayılır. Bu işleme budama denilir. Budama işleminden sonra en yüksek değerli başlangıç noktasından tepe tırmanma algoritması yürütülerek aramaya devam edilir. Başlangıç noktası sayısının artırılması global maksimumu bulma ihtimalini arttırmakla birlikte hafıza gereksinimini de

arttırmaktadır. Ayrıca göreceli olarak işlem süresini de uzatmaktadır. Bu çalışmadaki arama uzayı 255 değerden oluşmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda başlangıç nokta sayısının 6'dan büyük tutulması ciddi bir başarı artışına neden olmadığı görülmüştür. Bu nedenle başlangıç noktası sayısı 6 ile sınırlandırılmıştır. Stokastik ışın arama algoritması için sözde kod (pseudo code) örneği Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Stokastik Işın Arama için Sözde Kod

Girişler: P/V verisi, iterasyon_sayısı, başlangıç_sayısı
Çıkış: Güç
for i = 1 **to** başlangıç_sayısı
 | Güç_ilk(i) $\leftarrow$ **Random**(P)
end
Güç = **max**(Güç_ilk)
for i = 1 **to** iterasyon_sayısı
 | Güç_yeni $\leftarrow$ **KomşuDeğer**(Güç)
 | **if** Güç_yeni $\geq$ Güç **then**
 | | Güç $\leftarrow$ Güç_yeni
 | **end**
end
return Güç



Şekil 4.4. KG durumundaki dizinin P/V grafiği üzerinde SIA'nın gösterimi

Şekil 4.4’de KG durumundaki bir dizinin P/V grafiği sunulmuştur. Şekil üzerinde sistemin GMGN yeşil elmasla, SIA ile bulunan MGN siyah elmas ile işaretlenmiş ve güç değerleri verilmiştir. Şekildeki mavi yıldız işareti SIA’nın başlama noktalarını, kırmızı yıldız işareti ise SIA algoritmasının adımlarını göstermektedir. Şekil üzerinde görüldüğü üzere SIA algoritması KG durumunda doğru tepeyi seçme başarısı göstermeş olup adım sayısının yetersiz kalmasıyla GMGN’na %100 yakınsama başarısı gösterememiştir.



5. DÖNÜM GERİLİMLERİ TEMELLİ MGNİ ALGORİTMALARI

Bu tez çalışmasında KG durumunda oluşan dönüm gerilimlerinin kullanılmasıyla MGN'nin başarılı bir şekilde bulunması amacıyla literatüre iki yeni yöntem kazandırılmıştır. Bu yöntemler sonraki bölümlerde açıklanmaktadır.

5.1 Alp Yöntemi

Alp Yöntemi (AY), literatüre yeni kazandırılan, dönüm gerilimleri temelli açık devre gerilimi yöntemidir. Bu yeni yöntem kısmi gölgelenme durumunda başarılı sonuçlar vermek üzere tasarlanmış, açık devre gerilimi yöntemi ve dönüm gerilimlerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuş yeni bir yöntemdir. Bilindiği üzere, kısmi gölgelenme durumunda FV dizilerin P/V grafiğinde birden fazla MGN oluşmaktadır. Bu durumda açık devre gerilimi yöntemi, sistemin açık devre gerilimine en yakın MGN'nı GMGN olarak kabul etmektedir. Bu MGN ise her zaman GMGN olmamaktadır. Önerilen yöntem ile tüm MGN'ları büyük bir başarı oranı ile bulunmakta ve bunlardan en büyüğü GMGN olarak seçilmektedir.

Kısmi gölgelenme durumu altındaki FV dizilerin I/V ve P/V karakteristikleri incelendiğinde, LMGN'larının dönüm gerilimlerinin bulunduğu bölgelerde olduğu bilinmektedir. AY, dönüm gerilimlerini kullanarak her bir panel için ayrı ayrı açık devre gerilimi yöntemi uygular ve her bir panel için MGN'sı bulur. Son olarak bu MGN'ları kendi aralarında kıyaslanır ve en büyüğü GMGN olarak belirlenir.

Bu çalışmada dönüm gerilimleri hesabının basitleştirilmesi ve yöntemine uygulanabilmesi için bazı varsayımlar yapılmıştır. Bu varsayımlar aşağıda verilmiştir:

- Tüm panellerin gerilimleri eşit kabul edilmiştir.
- Tüm panellerin köprüleme diyotlarının gerilimleri eşit kabul edilmiştir.

Varsayımları Eşitlik 3.1'e uygulanırsa, her bir panelin açık devre gerilimini veren Eşitlik 5.1 elde edilir.

$$Vo_{i,j} = (i - 1)Va - [n - (i - 1)]Vb \quad (5.1)$$

Eşitlik 5.1'den görüldüğü üzere her bir panelin açık devre geriliminin ($V_{oi,j}$) bulunabilmesi için dizideki panel sayısı (n), köprüleme diyodu gerilimi (V_b) ve panel geriliminin (V_a) bilinmesi gerekmektedir. Bu parametrelerden n ve V_b sistemde sabittir. V_a ise sistemin açık devre gerilimine göre değişmektedir. Sistemin açık devre gerilimi (V_{oc}) en büyük dönüm noktası kabul edilir. V_{oc} noktasında, dizi akımı sıfırdır ($I_{st} = 0$), tüm paneller aktif ve tüm köprüleme diyotları da pasiftir. Bunun nedeni ise sistemdeki tüm panellerin kısa devre akımlarının dizi akımından büyük olmasıdır. Bu durumda panellerin gerilimlerinin toplamı açık devre gerilimini (V_{oc}) verecektir. Bu durum Eşitlik 5.2'de verilmiştir.

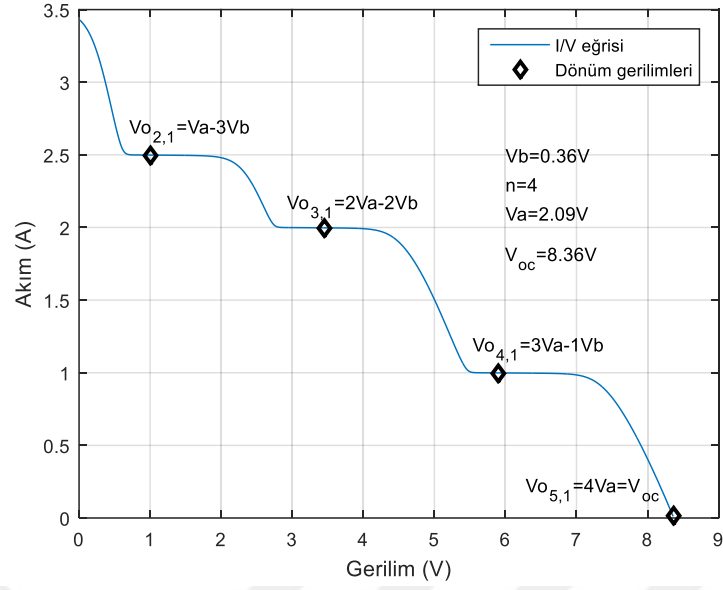
$$V_{oc} = \sum_{i=1}^n V_{a_{i,j}} \quad (5.2)$$

Eşitlik 5.3'de verildiği üzere (panel gerilimleri (V_a) eşit kabul edildiği için) açık devre gerilimi, bir panelin gerilimi ile panel sayısının çarpımına eşit olacaktır.

$$V_{oc} = nV_a \quad (5.3)$$

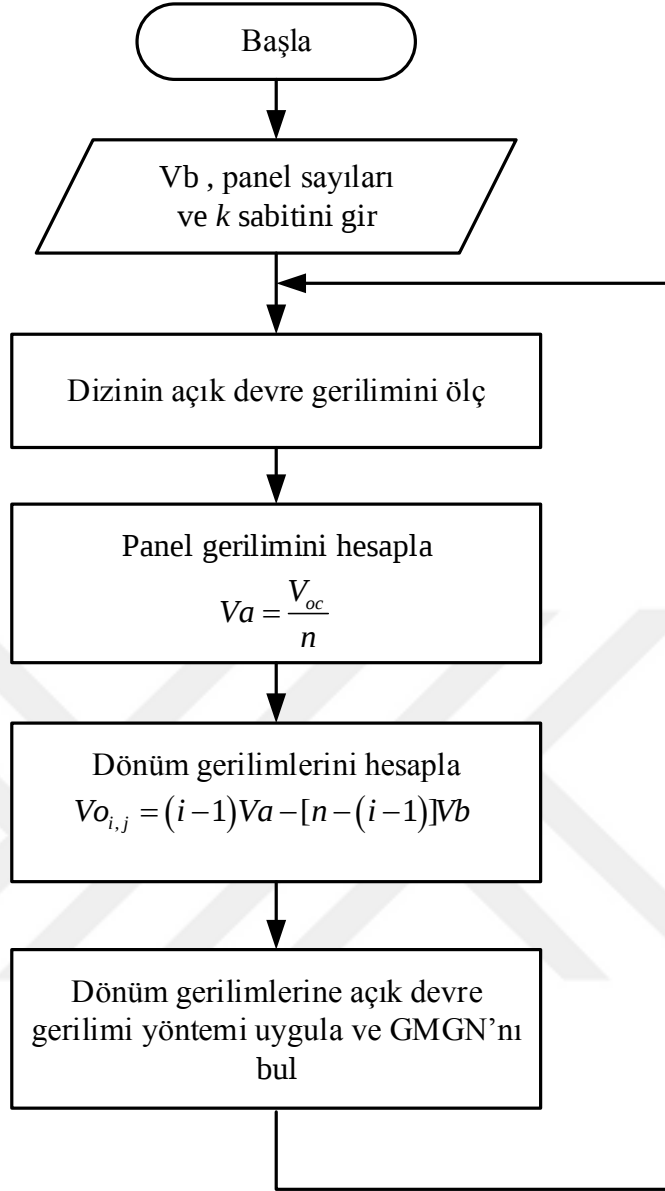
FV dizinin açık devre gerilimi ölçülür (V_{oc}) ve dizideki panel sayısına (n) bölünürse Eşitlik 5.4'de verildiği gibi bir panelin gerilimi (V_a) bulunur.

$$V_a = \frac{V_{oc}}{n} \quad (5.4)$$



Şekil 5.1. I/V grafiği üzerinde dönüm gerilimlerinin gösterimi

Şekil 5.1’de seri bağlı 4 adet FV panelin I/V karakteristiği sunulmuştur. Şekil üzerinde Eşitlik 5.1 ve Eşitlik 5.4 kullanılarak bulunan dönüm gerilimleri gösterilmiştir. Bulunan bu dönüm gerilimlerinin her biri için ayrı ayrı açık devre gerilimi yöntemi uygulanır ve bulunan LMGN’lerin en büyüğü GMGN olarak tespit edilir. AY’nin akış seması Şekil 5.2’de verilmiştir.

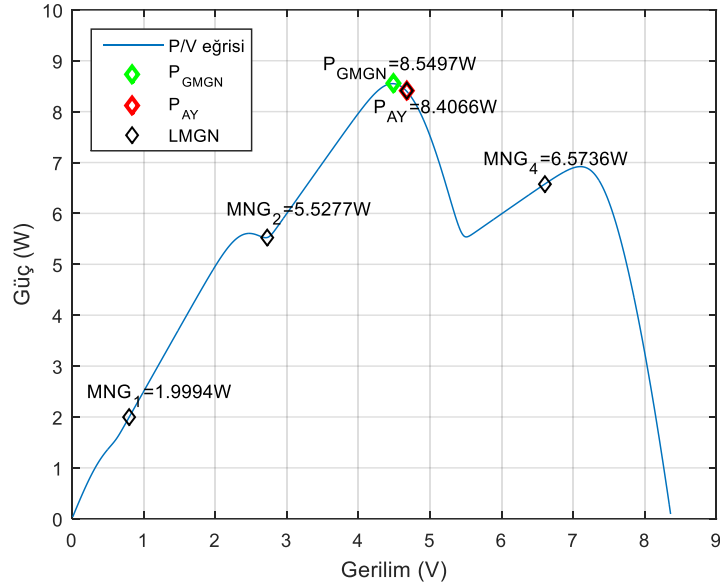


Şekil 5.2. AY Akış Şeması

Akış şemasında görüldüğü gibi köprüleme diyotu gerilimi (V_b), diziyi oluşturan panellerin sayısı (n) ve açık devre gerilimi yöntemi için k sabit değerleri sisteme girilmelidir. Sonraki adımda sistemin açık devre gerilimi ölçülüp buradan bir panelin gerilimi (V_b) Eşitlik 5.4'e göre hesaplanır. Sonraki aşamada ise dönüm gerilimleri hesaplanarak bu noktalar için açık devre gerilimi yöntemi uygulanır ve bu noktalar için birer MGN bulunur. Son olarak bu noktalardan en büyük güce sahip olanı GMGN seçilir. Alp yöntemi için sözde kod (pseudo code) örneği Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Girişler: P/V verisi, Diyot_gerilimi, panel_sayısı
Çıkış: Güç
Panel_gerilimi=V(end)/panel_sayısı
j=panel_sayısı
for i=1 to panel_sayısı
 Dönüm_gerilimi(i)= i x Panel_gerilimi-(j – (i-1)) x Diyot_gerilimi
 | LMGN(i - 1)= P(Dönüm_gerilimi(i) x k)
end
Güç= max(P(LMGN))

return Güç



Şekil 5.3. P/V grafiği üzerinde LMGN'lerin ve GMGN'nin gösterimi

Şekil 5.3'de 4 adet seri panelden oluşan dizinin KG durumundaki P/V grafiği sunulmuştur. Grafik üzerinde, açık devre gerilimi 8,36 V olan dizinin, AY ile bulunan LMGN'leri siyah elmasla işaretlenmiş ve güç değerleri verilmiştir. Bu noktalardan en büyüğü kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Bu nokta aynı zamanda AY'nin bulduğu MGN'dir (P_{AY}). Ayrıca dizinin GMGN yeşil elmas ile grafik üzerinde işaretlenmiştir. Bulunan güç değeri ile GMGN'nin değeri karşılaştırıldığı zaman AY yöntemin KG durumunda azımsanmayacak derecede başarılı olduğu gözükmektedir. Dizinin gerçek MGN'si 8,547 W olup AY bu değere %98,28 oranında yakın bir güç değeri bulmuştur.

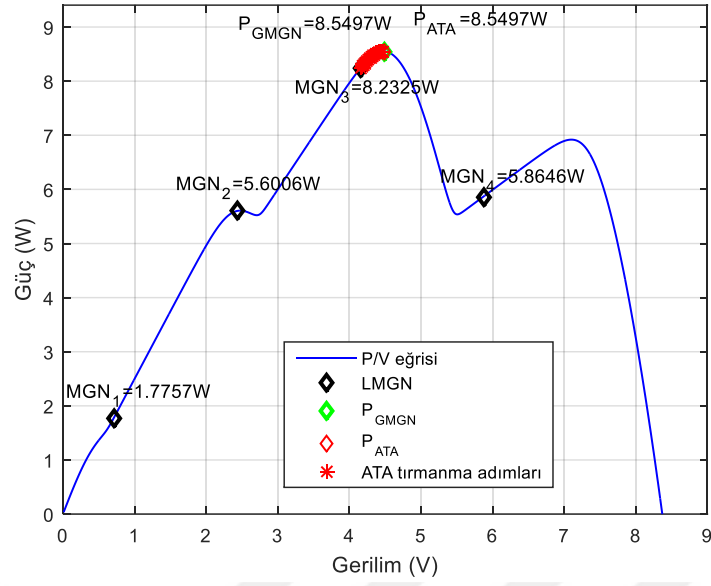
5.2 Alp Tırmanma Algoritması

Alp Tırmanma Algoritması (ATA) , literatüre yeni kazandırılan, dönüm gerilimleri temelli açık devre gerilimi yöntemi ve tepe tırmanma algoritmasının birleşimiyle oluşturulmuş bir algoritmadır. Önceki bölümde anlatılan AY kısmi gölgelenme durumunda GMGN'na yakınsama başarısı gösterse de tam olarak bu noktayı bulamamaktadır. ATA ise AY ile bulunan MGN'nı başlangıç olarak kabul eden bir tepe tırmanma algoritmasıdır. Böylece dönüm gerilimleri temelli bu algoritma her durumda yüksek başarıyla MGN'nı bulacaktır. Ayrıca AY'ni kullandığı için düşük adım sayısı ve yüksek hızda çalışmaktadır.

Alp tırmanma algoritması için sözde kod (pseudo code) örneği Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Alp Tırmanma için Sözde Kod

Girişler: P/V verisi, Diyot_gerilimi, panel_sayısı
Çıkış: Güç
Panel_gerilimi=V(end) / panel_sayısı
j=panel_sayısı
for i=1 to panel_sayısı
| Dönüm_gerilimi(i) = i x Panel_gerilimi-(j – (i-1)) x Diyot_gerilimi
| LMGN(i - 1)= P(Dönüm_gerilimi(i) x k)
end
Güç = **max**(P(LMGN))
for i = 1 **to** iterasyon_sayısı
| Güç_yeni ← **KomşuDeğer**(Güç)
| **if** Güç_yeni ≥ Güç **then**
| | Güç ← Güç_yeni
| **end**
end
return Güç



Şekil 5.4. FV dizinin P/V grafiği üzerinde ATA'nın gösterimi

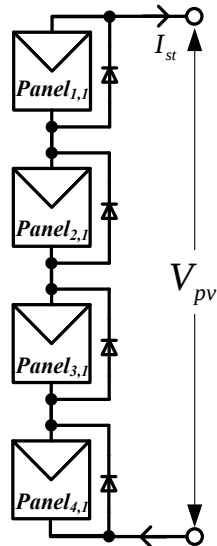
Şekil 5.4'de 4 adet seri panelden oluşan dizinin KG durumundaki P/V grafiği sunulmuştur. Grafik üzerinde, ATA/AY ile bulunan LMGN'ları siyah elmasla işaretlenmiş ve güç değerleri verilmiştir. Bu noktalardan en büyüğü kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Bu nokta aynı zamanda AY'nin bulduğu GMGN olup ATA için tırmanma başlangıcıdır. Şekil üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile ATA ile bulunan MGN (P_{ATA}) ise kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekilde görüldüğü üzere AY yüksek yakınsama başarısı göstermiş olup ATA GMGN'na 100% yakınsama başarısı göstermiştir.

6. BİLGİSAYAR BENZETİM ÇALIŞMALARI

Parametre kestirimi sonucunda elde edilen parametreler ile LTSPICE’ da bir model oluşturulmuştur. Bu modelde 4 adet seri bağlı panelden oluşan bir FV dizi tasarlanmıştır. Dönüm gerilimleri temelli MGNİ algoritmalarının başarı incelemesi amacıyla bu FV dizi 2 farklı kısmi gölgelenme durumu altında incelenmiştir. İncelenecek gölgelenme durumlarında FV diziler farklı ışıma değerleri altında modellenmiştir. Böylece iki durumda da farklı I/V ve P/V grafikleri oluşturulmuştur. Oluşan I/V grafiği üzerinden dönüm gerilimleri hesaplanmıştır. P/V grafiği üzerinde de MGN’ları bulunup AY’nin başarısı incelenmiştir. Bu incelemenin detayı aşağıda verilmiştir.

6.1 Gölgeleme Durumu 1

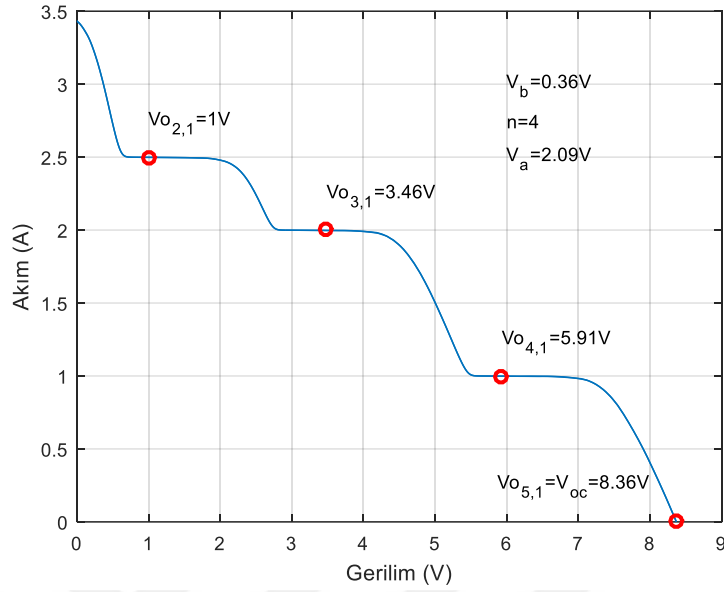
Bu bölümde dönüm gerilimlerinin hesaplanması ve AY’nin daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan işlemler adım adım anlatılmıştır. Gölgeleme Durumu 1 (GD1) için modellenen FV dizi özdeş ve seri bağlı 4 adet FV panelden oluşmaktadır. Kısmi gölgelenme durumunda oluşacak dönüm gerilimlerinin tümünü görmek için her bir panel farklı ışıma değerleri alacak şekilde modellenmiştir. Dizinin devre modeli Şekil 6.1 de verilmiştir.



	İşıma (W/m ²)	I_{sc} (A)
Panel 1,1	1000	3,5
Panel 2,1	714	2,5
Panel 3,1	571	2
Panel 4,1	285	1

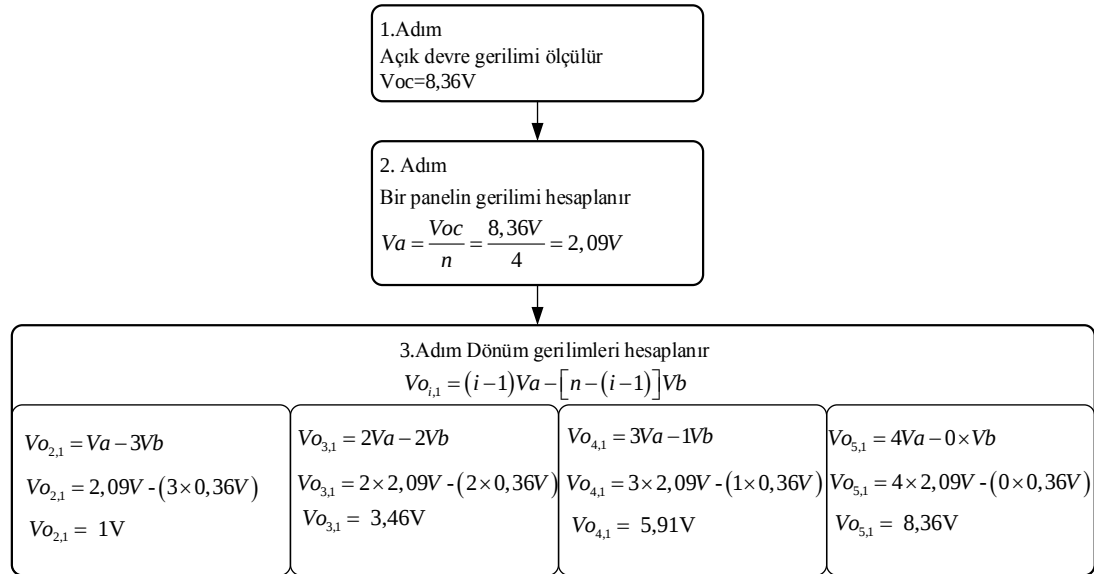
Şekil 6.1. GD1 için ışıma ve kısa devre akımı değerleri

Gölgelenme durumu 1 için panellerin ışıma ve kısa devre akımı değerleri Şekil 6.1’de sunulmuştur.



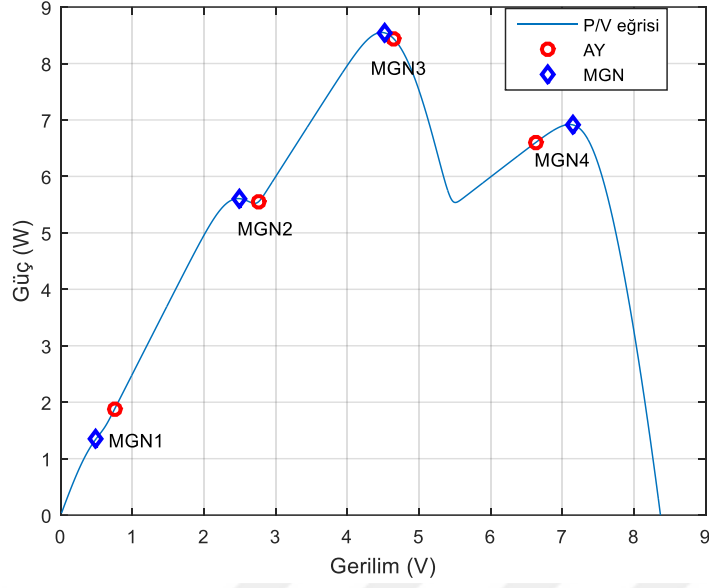
Şekil 6.2. GD1 için FV dizinin I/V Grafiği

Şekil 6.2 üzerinde, ölçülen V_{oc} ile hesaplanan V_a ve dönüm gerilimleri gösterilmiştir. Ayrıca sistem parametreleri V_b ve n değerleri de gösterilmiştir. Dönüm gerilimlerinin hesabı Şekil 6.3’da sunulmuştur.



Şekil 6.3. GD 1 için dönüm gerilimleri hesabı blok şeması

Dönüm gerilimleri hesaplanırken, önce sistemin açık devre gerilimi (V_{oc}) ölçülmüştür ve Eşitlik 5.4 kullanılarak bir panelin gerilimi (V_a) bulunmuştur. Üçüncü adım olarak Eşitlik 5.1 yardımıyla dönüm gerilimleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.4. GD1 için FV dizinin P/V Grafiği

GD1 için hesaplanan dönüm gerilimlerine açık devre gerilimi yöntemi uygulanmıştır ve her biri için MGN'ları bulunmuştur. Açık devre gerilimi yöntemi uygulanırken k sabiti 0,79 kabul edilmiştir ($k=0,79$). Şekil 6.4'de GD1 için P/V grafiği verilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere dört adet MGN oluşmuştur. Bu noktalardan MGN3'ün GMGN olduğu açıkça görülmektedir. Şekil üzerinde hesaplanan MGN'ları kırmızı daire, ölçülen gerçek maksimum değerleri mavi elmas ile gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. GD1 için benzetim sonuçları

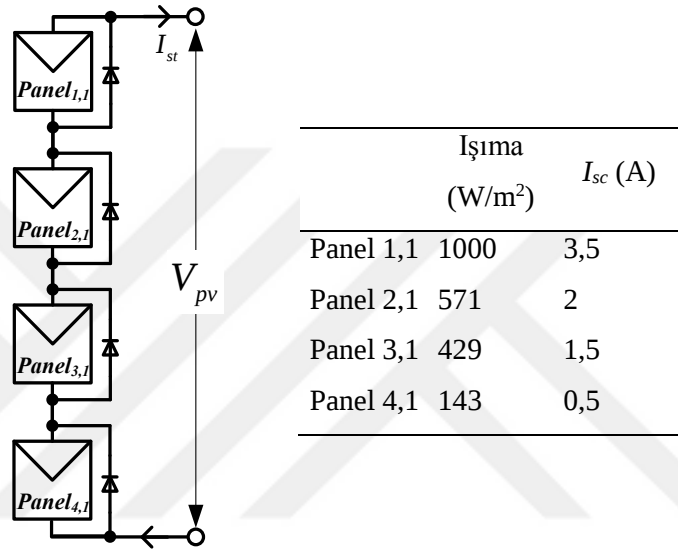
MGN	Gerilim (AY)	Gerilim (Gerçek)	Güç (AY)	Güç (Gerçek)	Başarı (%)
1	0,759V	0,490V	1,873W	1,998W	93,74
2	2,737V	2,486V	5,515W	5,607W	98,36
3	4,675V	4,471V	8,440W	8,550W	98,71
4	6,611V	7,108V	6,585W	6,919W	95,17

Çizelge 6.1 de GD1 durumu için AY ile hesaplanan ve ölçülen gerçek MGN'ları verilmiştir. Ayrıca çizelgede bu noktaların oluştuğu gerilim değerleri verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi AY tüm MGN'larına yakın sonuçlar elde etmiştir. Bu

MGN'larından en yüksek olan MGN3 seçilerek GMGN tayin edilmiştir. Böylece yöntem %98,71 başarıyla GMGN'nı bulmuştur.

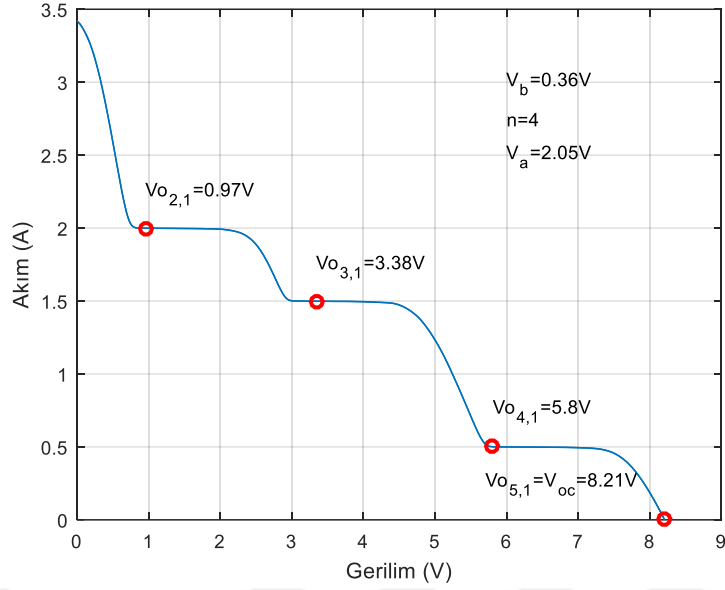
6.2 Gölgeleme Durumu 2

Önceki bölümde incelemesi yapılan GD1'de olduğu gibi özdeş ve seri bağlı 4 adet FV panel farklı ışıma değerleri altında modellenmiştir. Birinci durumdaki işlem basamakları bu durum için tekrar edilecektir. Dizin devre modeli Şekil 6.5'de verilmiştir.



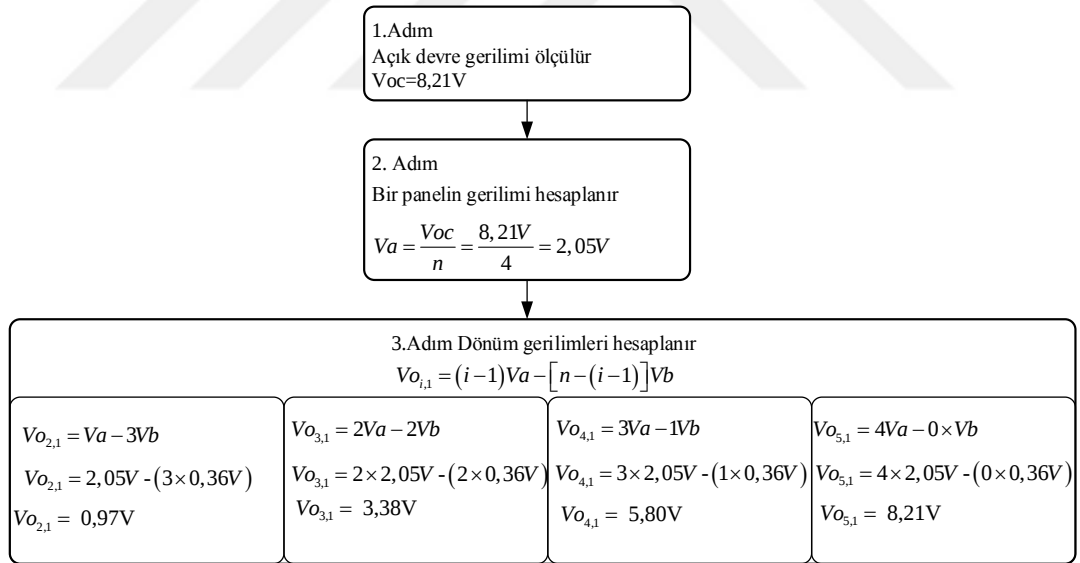
Şekil 6.5. GD2 için ışıma ve kısa devre akımı değerleri

Gölgeleme durumu 2 için panellerin ışıma ve kısa devre akımı değerleri Şekil 6.5'de I/V karakteristiği ise Şekil 6.6'da sunulmuştur.



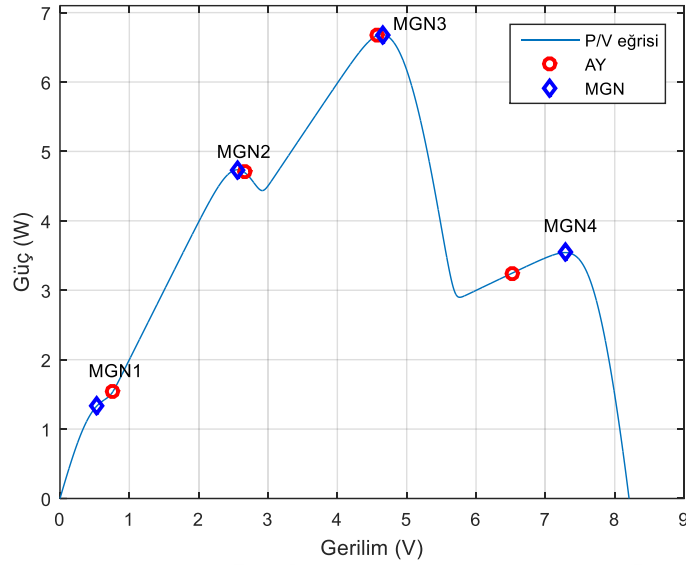
Şekil 6.6. GD2 için FV dizinin I/V Grafiği

Şekil 6.6 üzerinde, ölçülen V_{oc} ile hesaplanan V_a ve dönüm gerilimleri gösterilmiştir. Ayrıca sistem parametreleri V_b ve n değerleri de gösterilmiştir. Dönüm gerilimlerinin hesabı Şekil 6.7’de sunulmuştur.



Şekil 6.7. GD2 için dönüm gerilimleri hesabı blok şeması

Dönüm gerilimleri hesaplanırken, önce sistemin açık devre gerilimi (V_{oc}) ölçülmüştür ve Eşitlik 5.4 kullanılarak bir panelin gerilimi (V_a) bulunmuştur. Üçüncü adım olarak Eşitlik 5.1 yardımıyla dönüm gerilimleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.8. GD2 için FV dizinin P/V Grafiği

GD2 için hesaplanan dönüm gerilimlerine açık devre gerilimi yöntemi uygulanmıştır ve her biri için MGN'ları bulunmuştur. Açık devre gerilimi yöntemi uygulanırken k sabiti 0,79 kabul edilmiştir ($k=0,79$). Şekil (6.8)'de GD2 için P/V grafiği verilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere dört adet MGN oluşmuştur. GMGN'nın GD2 durumu için MGN3 olduğu görülmektedir. Şekil üzerinde hesaplanan MGN'ları kırmızı daire, ölçülen gerçek maksimum değerleri mavi elmas ile gösterilmiştir.

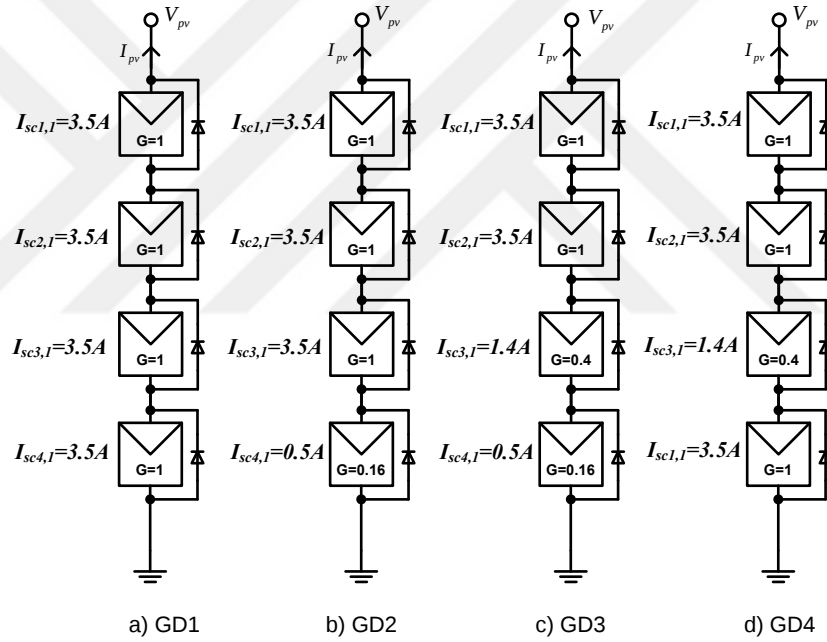
Çizelge 6.2. GD2 için benzetim sonuçları

MGN	Gerilim (AY)	Gerilim (Gerçek)	Güç (AY)	Güç (Gerçek)	Başarı (%)
1	0,764V	0,525V	1,543W	1,329W	86,13
2	2,656V	2,559V	4,701W	4,735W	99,28
3	4,574V	4,649V	6,668W	6,675W	99,90
4	6,518V	7,298V	3,245W	3,542W	91,62

Çizelge 6.2'de GD2 durumu için AY ile bulunan ve ölçülen gerçek MGN'ları verilmiştir. Ayrıca Çizelgede bu noktaların oluştuğu gerilim değerleri verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi AY tüm MGN'larına yakın sonuçlar elde etmiştir. Bu MGN'larından en yükseği olan MGN3 seçilerek sistem bu güçte çalıştırılacaktır. Böylece yöntem %99,9 başarıyla GMGN'nı bulmuştur. Bilgisayar benzetim sonuçları gösteriyor ki AY kısmi gölgelenme durumlarında GMGN'nı başarıyla bulmuştur.

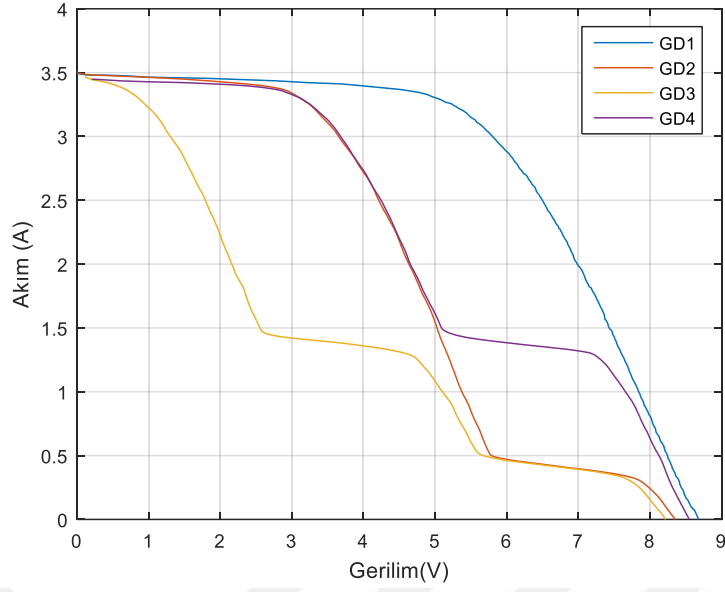
7.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümün amacı, bilgisayar benzetim modelindeki başarılı sonuçları deneysel çalışmalarla desteklemek ve dönüm gerilimleri temelli MGNİ algoritmalarını diğer algoritmalarla kıyaslamaktır. Bu amaçla seri bağlı 4 adet FV panelden bir dizi oluşturulmuştur. FV diziden farklı gölgelenme durumları için veriler DA yük ile MATLAB ortamına aktarılmıştır. MATLAB ortamında bu veriler kullanılarak açık devre gerilimi yöntemi, tepe tırmanma algoritması, stokastik ışın arama algoritması, benzetilmiş tavlama algoritması, AY ve ATA kullanılarak MGN aranmıştır. Böylece algoritmaların, MGN'na yakınsama başarısı, hız ve adım sayısı gibi kıstasları kullanarak başarı incelemesi yapılmıştır.

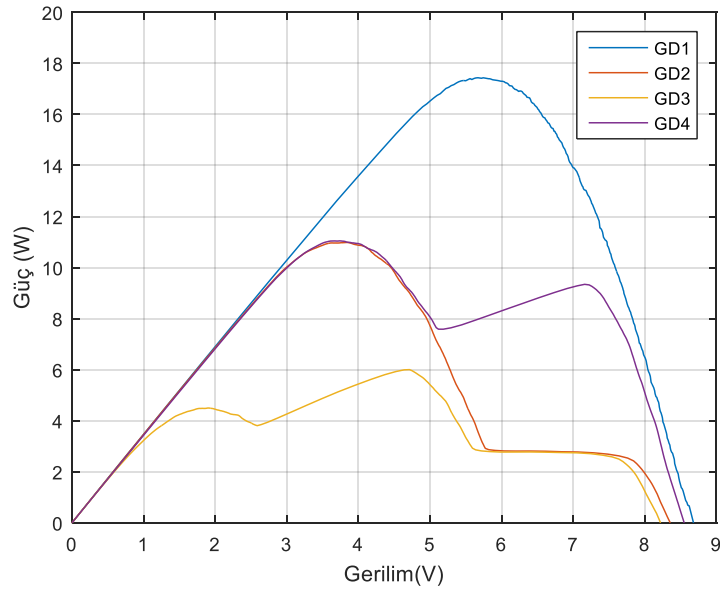


Şekil 7.1. Gölgelenme Durumları (GD1-4)

FV dizi ile tam ışımalı ve kısmi gölgeli durumlar için deneyler yapılmış, Şekil 7.1’de gölgelenme durumları (GD1, GD2, GD3, GD4) sunulmuştur. Ayrıca alınan I/V ve P/V grafikleri sırasıyla Şekil 7.2 ve Şekil 7.3’de verilmiştir.



Şekil 7.2. Tam ışıma ve kısmi gölgelenme durumlarında I/V karakteristikleri

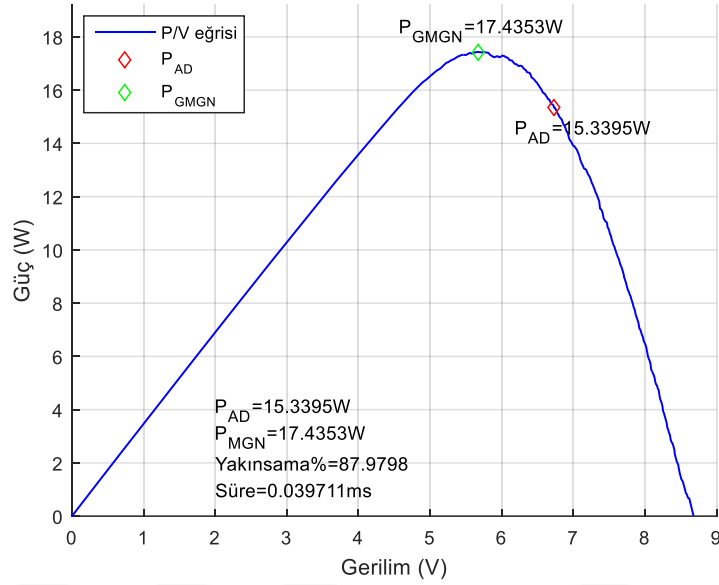


Şekil 7.3. Tam ışıma ve kısmi gölgelenme durumlarında P/V karakteristikleri

Algoritmalar tüm ışıma durumları (GD1-4) için çalıştırılmıştır ve ayrı ayrı incelenmiştir. Şekiller üzerinde MGN'na yakınsama oranı ve hız gibi başarı kriterleri gösterilmiştir. Ayrıca şekiller üzerinde ilgili algoritmayla bulunan MGN ve dizinin GMGN gösterilmiştir.

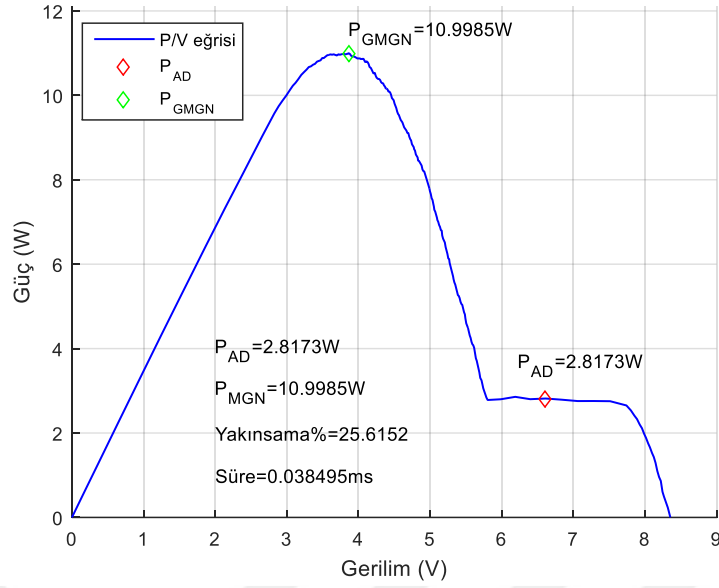
7.1 Açık Devre Gerilimi Yöntemi için Deneysel Çalışmalar

Açık devre gerilimi yöntemi ile yapılan çalışmalar Şekil 7.4-7.7’de sunulmuştur. Şekiller üzerindeki P_{GMGN} dizinin GMGN’nı, P_{AD} ise açık devre gerilimi ile bulunan MGN’nı göstermektedir. Şekillerde ayrıca ilgili gölgelenme durumu için açık devre gerilimi yönteminin MGN’na yakınsama oranı ve süresi sunulmuştur. Açık devre gerilimi yöntemi uygulanırken $k=0,7$ olarak seçilmiştir.



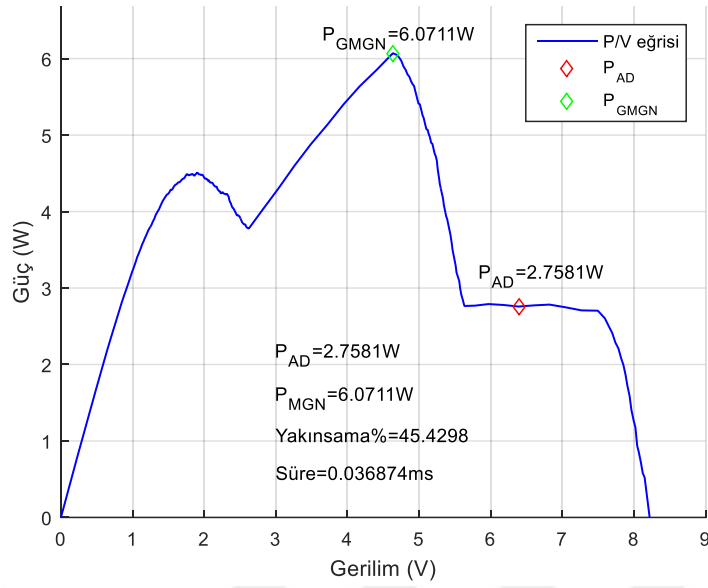
Şekil 7.4. FV dizinin, GD1’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AD’nin gösterimi

Şekil 7.4’de GD1’de oluşan P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 4 panel de tam ışıma alır ve herhangi KG durumu yoktur. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile açık devre gerilimi yöntemi ile bulunan MGN (P_{AD}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %87,97 olup yakınsama süresi yaklaşık 0,039ms’dir.



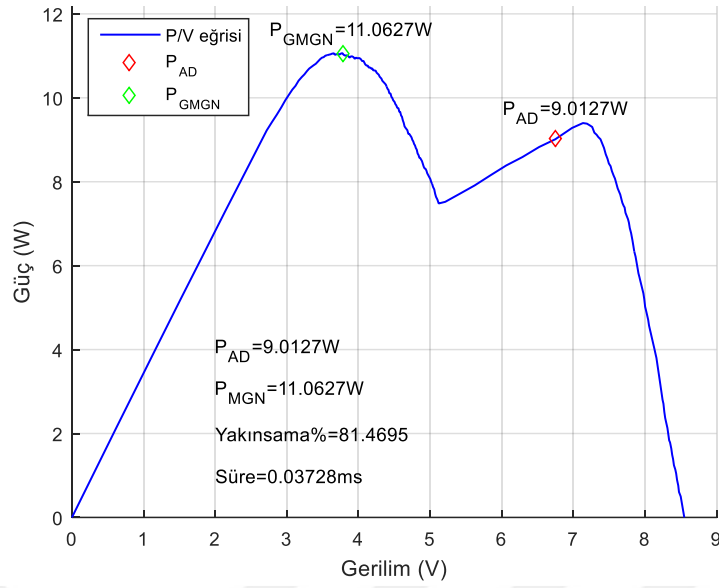
Şekil 7.5. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AD’nin gösterimi

Şekil 7.5’de GD2 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 3 panel tam ışığa alırken (1000 W/m^2) 1 panelde KG durumu (160 W/m^2) oluşmaktadır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmaktadır. Dizinin GMGN, ilk tepede oluşurken, açık devre gerilimi yöntemi ikinci tepeye yakınsamıştır. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile açık devre gerilimi yöntemi ile bulunan MGN (P_{AD}) ise kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca açık devre yönteminin MGN’na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %25,61 olup yakınsama süresi yaklaşık 0,038ms’dir. Grafikten anlaşılabacağı üzere KG durumunda açık devre gerilimi yönteminin başarısı oldukça düşüktür.



Şekil 7.6. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AD’nin gösterimi

Şekil 7.6’da GD3 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 2 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 2 panelde ise farklı KG durumları ($400 \text{ W/m}^2, 160 \text{ W/m}^2$) vardır. Böylece P/V grafiğinde 3 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. Dizinin GMGN ikinci tepede oluşurken, açık devre gerilimi yöntemi üçüncü tepeye yakınsamıştır. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile açık devre gerilimi yöntemi ile bulunan MGN (P_{AD}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %45,43 olup yakınsama süresi yaklaşık 0,036 ms’dir. Grafikten görüldüğü üzere açık devre gerilimi yönteminin GD2’de olduğu gibi GD3’de de kısmi gölgelenmeden dolayı GMGN’na yakınsamasa başarısı oldukça düşüktür.

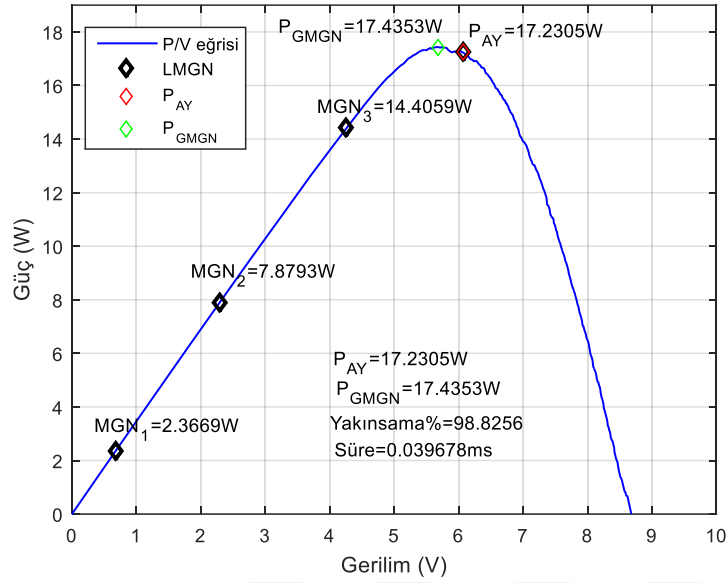


Şekil 7.7. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AD’nin gösterimi

Şekil 7.7’de GD4 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 3 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 1 panelde ise KG durumu (400 W/m^2) vardır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. Dizinin MGN (GMGN) birinci tepede oluşurken, açık devre gerilimi yöntemi ikinci tepeye yakınsamıştır. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile açık devre gerilimi yöntemi ile bulunan MGN (P_{AD}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %81,46 olup yakınsama süresi yaklaşık $0,037\text{ms}$ ’dir. Sonuç olarak açık devre gerilimi yöntemi tam ışıma altında GMGN yakınsama başarısı gösterse de KG durumlarında aynı başarıyı gösterememiştir.

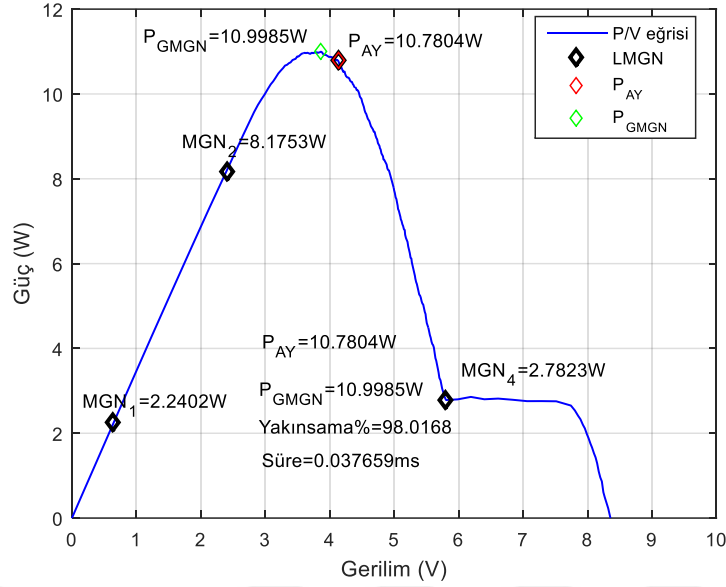
7.2 Alp Yöntemi için Deneysel Çalışmalar

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen Alp Yöntemi (AY) ile yapılan çalışmalar Şekil 7.8-7.11’de sunulmuştur. Şekiller üzerindeki P_{GMGN} dizinin GMGN’nı, P_{AY} ise AY ile bulunan MGN’nı göstermektedir. Şekillerde ayrıca ilgili gölgelenme durumu için AY’nin MGN’na yakınsama oranı ve süresi sunulmuştur. AY uygulanırken $k=0,7$ olarak seçilmiştir.



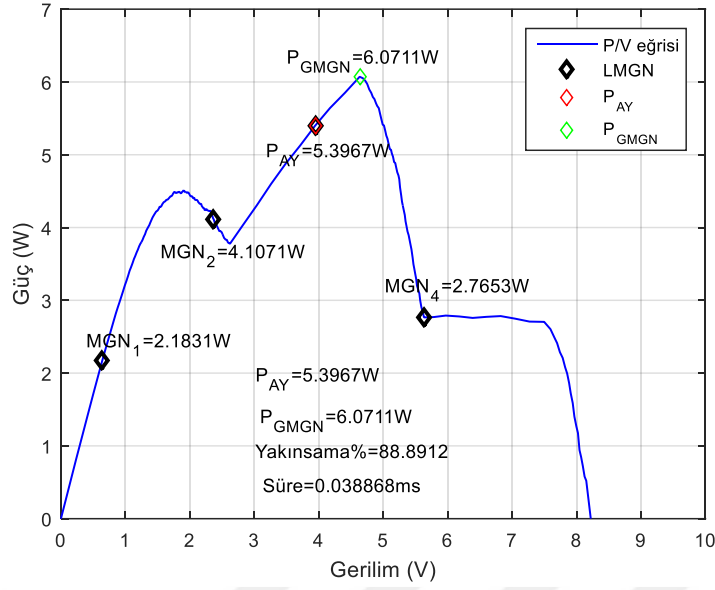
Şekil 7.8. FV dizinin, GD1’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AY’nin gösterimi

Şekil 7.8’de GD1 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 4 panelde tam ışıma alır (1000 W/m^2) böylece herhangi bir KG durumu meydana gelmemiştir. P/V grafiğinde tek tepe oluşmasına rağmen AY olası tüm LMGN’lerini tespit etmiştir. Bu noktalar P/V grafiği üzerinde siyah elmas ile işaretlenmiştir. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas, AY ile bulunan ise MGN (P_{AY}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %98,82 olup yakınsama süresi yaklaşık 0,039ms’dir.



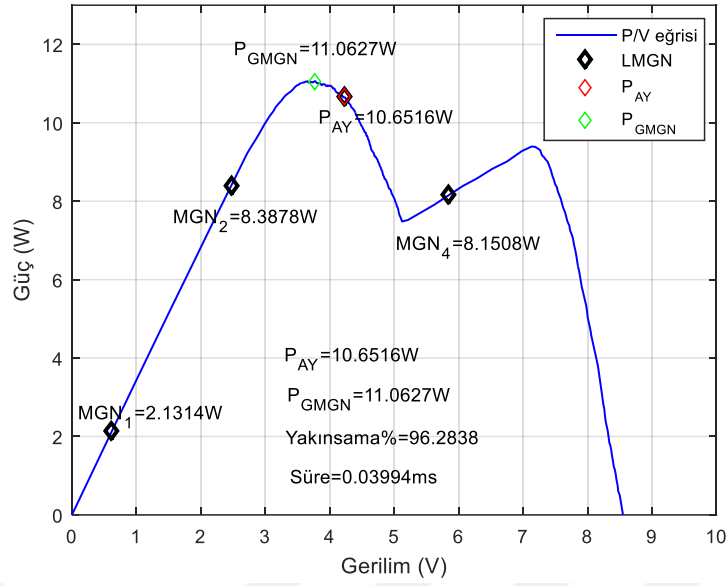
Şekil 7.9. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AY’nin gösterimi

Şekil 7.9’da GD2 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 3 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 1 panelde KG durumu (160 W/m^2) oluşmaktadır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. Grafikte iki tepe oluşmasına rağmen AY olası LMGN’lerini tespit etmiştir. Bu noktalar P/V grafiği üzerinde siyah elmas ile işaretlenmiştir. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas, AY ile bulunan ise MGN (P_{AY}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %98,01 olup yakınsama süresi yaklaşık 0,037ms’dir. Grafikten görüldüğü üzere KG durumu altında AY GMGN’na başarıyla yakınsamıştır.



Şekil 7.10. FV dizinin, GD3'de oluşan, P/V grafiği üzerinde AY'nin gösterimi

Şekil 7.10'da GD3'de oluşan P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 2 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 2 panelde ise farklı KG durumları ($400 \text{ W/m}^2, 160 \text{ W/m}^2$) vardır. Böylece P/V grafiğinde 3 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. Grafikte üç tepe oluşmasına rağmen AY olası LMGN'lerini tespit etmiştir. Bu noktalar P/V grafiği üzerinde siyah elmas ile işaretlenmiştir. Grafik üzerinde dizinin GMGN(P_{GMGN}) yeşil elmas, AY ile bulunan ise MGN (P_{AY}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN'na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %88,89 olup yakınsama süresi yaklaşık 0,038ms'dir.



Şekil 7.11. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde AY’nin gösterimi

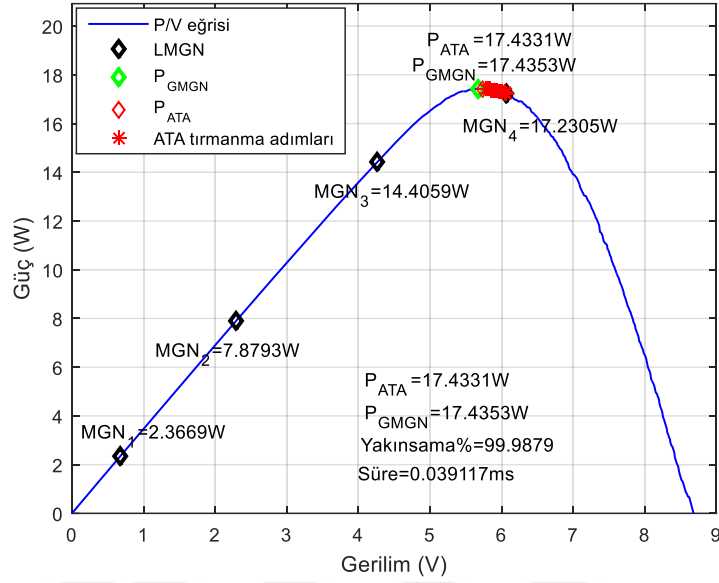
Şekil 7.11’de GD4’de oluşan P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 3 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 1 panelde ise KG durumu (400 W/m^2) vardır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. Grafikte iki tepe oluşmasına rağmen AY olası LMGN’lerini tespit etmiştir. Bu noktalar P/V grafiği üzerinde siyah elmas ile işaretlenmiştir. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile AY ile bulunan MGN (P_{AY}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %96,28 olup yakınsama süresi yaklaşık 0,039ms’dir. Grafikten anlaşılacağı gibi KG durumunda da AY GMGN’na başarıyla yakınsamıştır.

Yukarıdaki incelemeler göstermektedir ki AY tüm gölgelenme durumlarında GMGN’na ortalama %95,46 yakınsama başarısı göstermiştir. Bu veriler ışığında AY kısmi gölgelenme sorununa çözüm olabilecek bir yöntemdir.

7.3 Alp Tırmanma Algoritması için Deneysel Çalışmalar

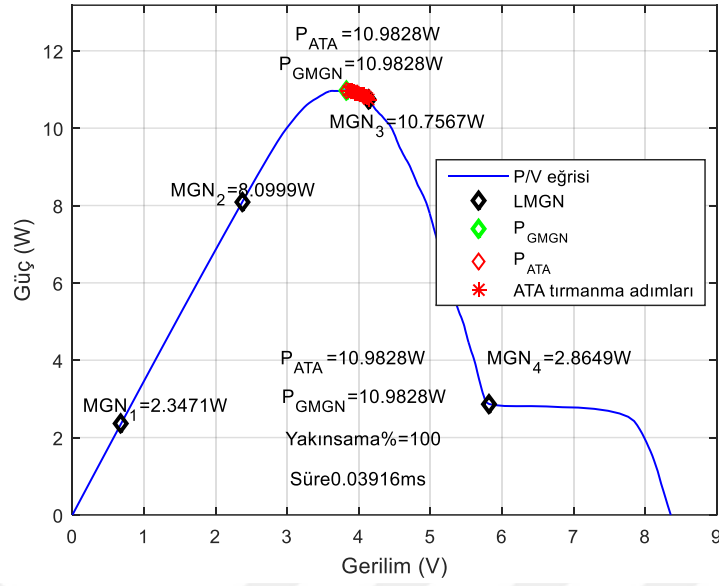
Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen Alp Tırmanma Algoritması (ATA) ile yapılan çalışmalar Şekil 7.12-7.15’de sunulmuştur. Şekiller üzerindeki P_{GMGN} dizinin GMGN’nı, P_{ATA} ise ATA ile bulunan MGN’nı göstermektedir. Şekillerde ayrıca

ilgili gölgelenme durumu için ATA'nın MGN'na yakınsama oranını ve süresi sunulmuştur. ATA uygulanırken $k=0,7$ olarak seçilmiştir.



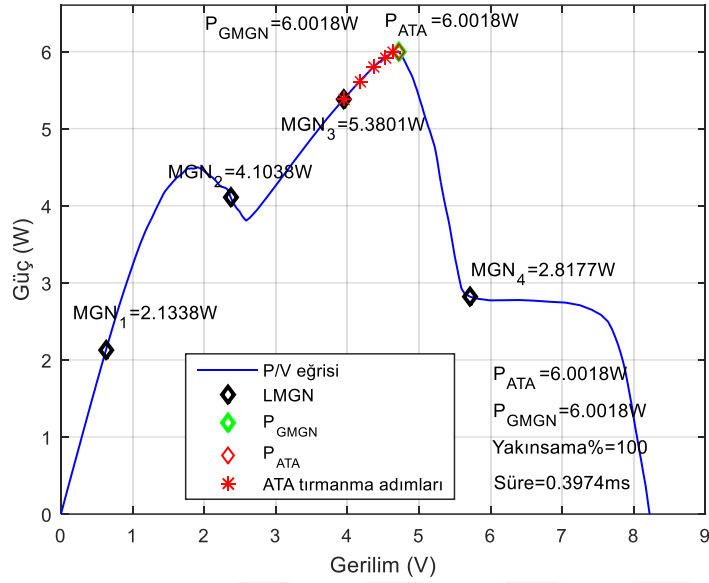
Şekil 7.12. FV dizinin, GD1'de oluşan, P/V grafiği üzerinde ATA'nın gösterimi

Şekil 7.12'de GD1 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 4 panelde tam ışımaya alır (1000 W/m^2) böylece herhangi bir KG durumu meydana gelmemiştir. P/V grafiğinde tek tepe oluşmasına rağmen ATA olası tüm LMGN'larını tespit etmiştir. Bu LMGN'larından en büyüğü olan MGN₄ tepe tırmanma için başlangıç noktası olarak seçilmiştir. Tırmanma adımları kırmızı yıldız ile bu tırmanma işlemi sonucunda bulunan güç değeri (P_{ATA}) ise şekil üzerinde kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) ise yeşil elmas ile gösterilmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN'na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %99.98 gibi yüksek bir değer olup yakınsama süresi yaklaşık 0,039ms'dir.



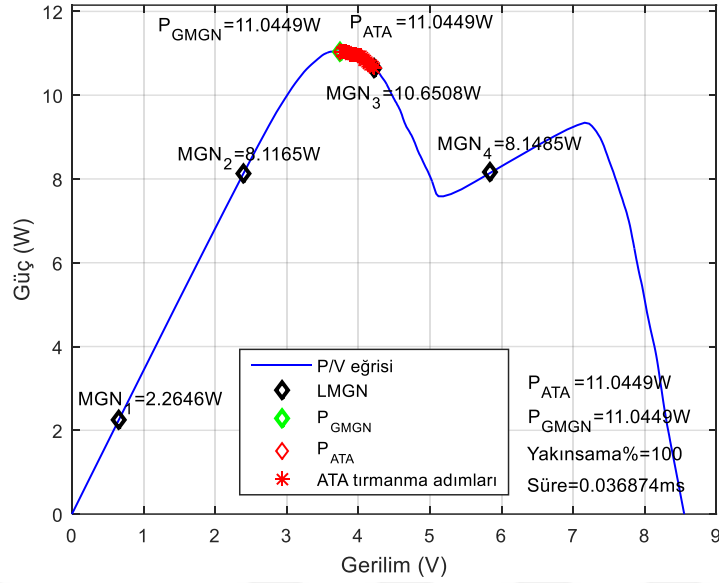
Şekil 7.13. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde ATA’nın gösterimi

Şekil 7.13’de GD2 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 3 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 1 panelde KG durumu (160 W/m^2) oluşmaktadır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. Grafikte iki tepe oluşmasına rağmen ATA olası LMGN’lerini tespit etmiştir. Bu noktalar P/V grafiği üzerinde siyah elmas ile işaretlenmiştir. Bu LMGN’lerinden en büyüğü olan MGN₃ tepe tırmanma için başlangıç noktası olarak seçilmiştir. Tırmanma adımları kırmızı yıldız ile bu tırmanma işlemi sonucunda bulunan güç değeri (P_{ATA}) ise şekil üzerinde kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) ise yeşil elmas ile gösterilmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %100 olup yakınsama süresi yaklaşık 0,039ms’dir.



Şekil 7.14. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde ATA’nın gösterimi

Şekil 7.14’de GD3’de oluşan P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 2 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 2 panelde ise farklı KG durumları ($400 \text{ W/m}^2, 160 \text{ W/m}^2$) vardır. Böylece P/V grafiğinde 3 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. Grafikte üç tepe oluşmasına rağmen ATA olası LMGN’lerini tespit etmiştir. Bu noktalar P/V grafiği üzerinde siyah elmas ile işaretlenmiştir. Bu LMGN’lerinden en büyüğü olan MGN_3 tepe tırmanma için başlangıç noktası olarak seçilmiştir. Tırmanma adımları kırmızı yıldız ile bu tırmanma işlemi sonucunda bulunan güç değeri (P_{ATA}) ise şekil üzerinde kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) ise yeşil elmas ile gösterilmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %100 olup yakınsama süresi yaklaşık 0,039ms’dir.



Şekil 7.15. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde ATA’nın gösterimi

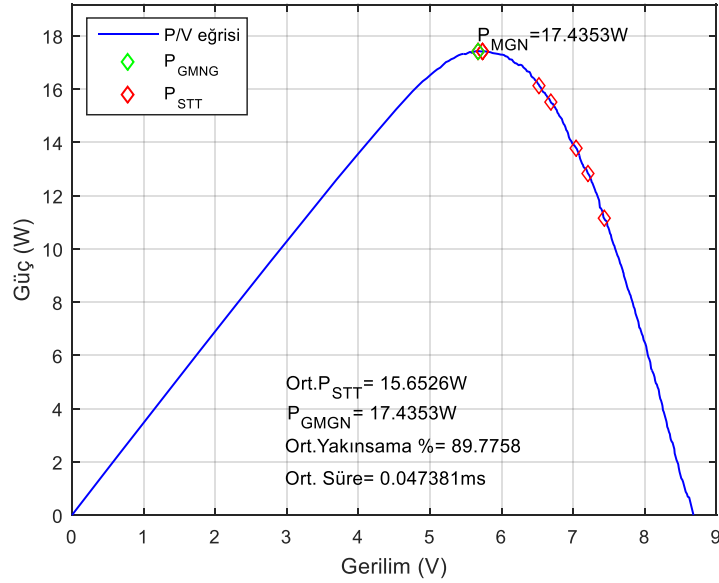
Şekil 7.15’de GD4’de oluşan P/V grafiği sunulmuştur. . Bu durumda dizideki 3 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 1 panelde ise KG durumu (400 W/m^2) vardır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. Grafikte iki tepe oluşmasına rağmen ATA olası LMGN’larını tespit etmiştir. Bu noktalar P/V grafiği üzerinde siyah elmas ile işaretlenmiştir. Bu LMGN’larından en büyüğü olan MGN_3 tepe tırmanma için başlangıç noktası olarak seçilmiştir. Tırmanma adımları kırmızı yıldız ile bu tırmanma işlemi sonucunda bulunan güç değeri (P_{ATA}) ise şekil üzerinde kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Grafik üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) ise yeşil elmas ile gösterilmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Yakınsama oranı %100 olup yakınsama süresi yaklaşık 0,036ms’dir.

Sonuç olarak ATA tüm gölgelenme durumlarında dizinin GMNG’na yaklaşık %100 oranında yakınsama başarısı göstermiştir. ATA gölgeli veya tam ışıma altındaki tüm sistemlerde başarıyla GMGN’nı bulabilen bir algoritmadır.

7.4 Stokastik Tepe Tırmanma Algoritması için Deneysel Çalışmalar

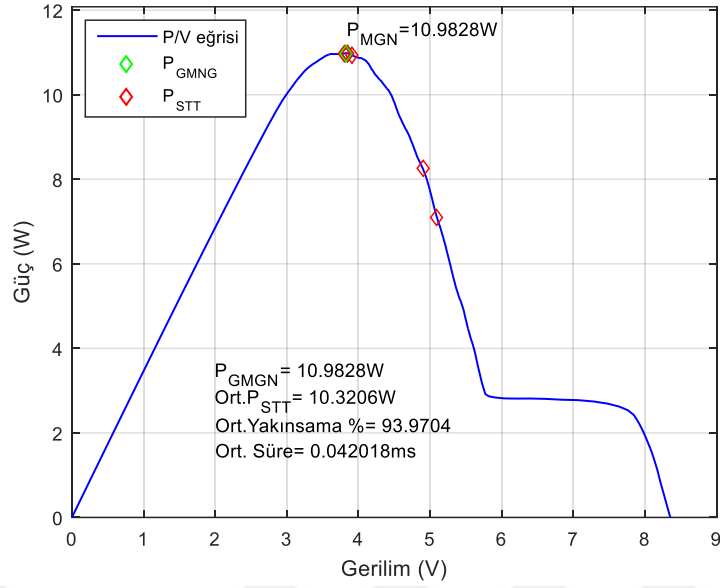
Stokastik Tepe Tırmanma algoritması (STT) ile yapılan çalışmalar Şekil 7.16-7.19’da sunulmuştur. Şekiller üzerindeki P_{GMGN} dizinin GMGN’nı, P_{STT} ise STT ile

bulunan MGN'ni göstermektedir. STT, stokastik bir algoritma olduğu için başlangıç noktası, GMGN'na yakınsama açısından önemlidir. Ortalama bir değer alabilmek amacıyla algoritma tüm gölgelenme durumları için 10 defa çalıştırılmıştır. Şekillerde ilgili gölgelenme durumu için STT'nın MGN'na ortalama yakınsama oranı ve süresi sunulmuştur.



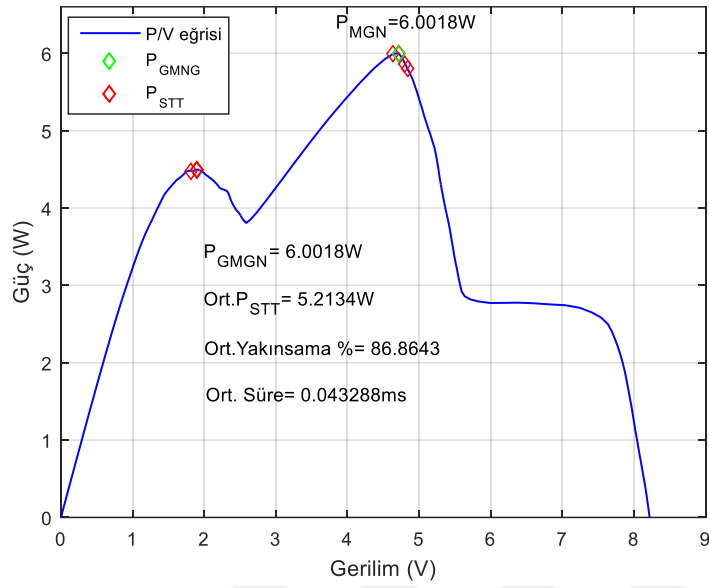
Şekil 7.16. FV dizinin, GD1'de oluşan, P/V grafiği üzerinde STT'nın gösterimi

Şekil 7.16'da GD1 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 4 panelde tam ışım alır (1000 W/m^2) böylece herhangi bir KG durumu meydana gelmez. 10 kez çalıştırılan STT, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN'ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile STT ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{STT}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Fakat bazı sonuçlar üst üste denk geldiğinden kırmızı elmas sayısı 10'dan az gözükmemektedir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN'na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Ortalama yakınsama oranı %89,77 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,047ms'dir.



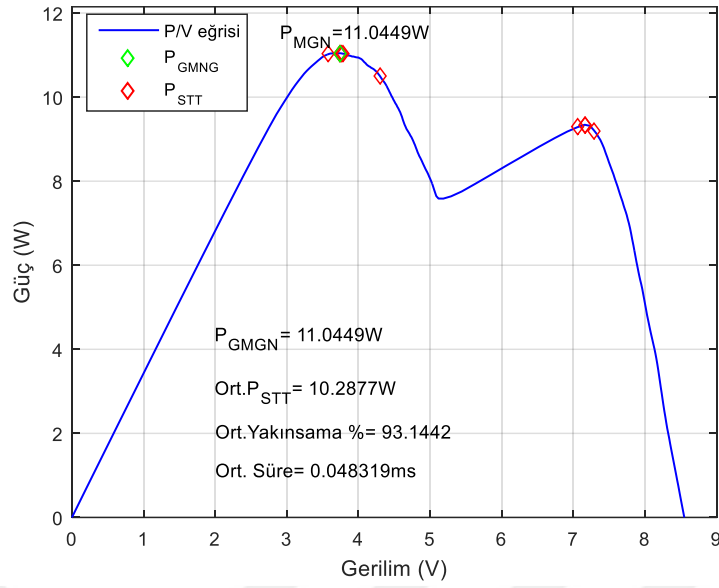
Şekil 7.17. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde STT'nın gösterimi

Şekil 7.17’de GD2 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 3 panel tam ışığa alırken (1000 W/m^2) 1 panelde KG durumu (160 W/m^2) oluşmaktadır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. 10 kez çalıştırılan STT, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN’ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMNG}) yeşil elmas ile STT ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{STT}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Fakat bazı sonuçlar üst üste denk geldiğinden kırmızı elmas sayısı 10’dan az görülmektedir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Ortalama yakınsama oranı %93,97 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,042ms’dir.



Şekil 7.18. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde STT'nın gösterimi

Şekil 7.18’de GD3 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 2 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 2 panelde ise farklı KG durumları ($400 \text{ W/m}^2, 160 \text{ W/m}^2$) vardır. Böylece P/V grafiğinde 3 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. 10 kez çalıştırılan STT, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN’ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile STT ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{STT}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Fakat bazı sonuçlar üst üste denk geldiğinden kırmızı elmas sayısı 10’dan az gözükmemektedir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Ortalama yakınsama oranı %86,86 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,043ms’dir.



Şekil 7.19. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde STT’nin gösterimi

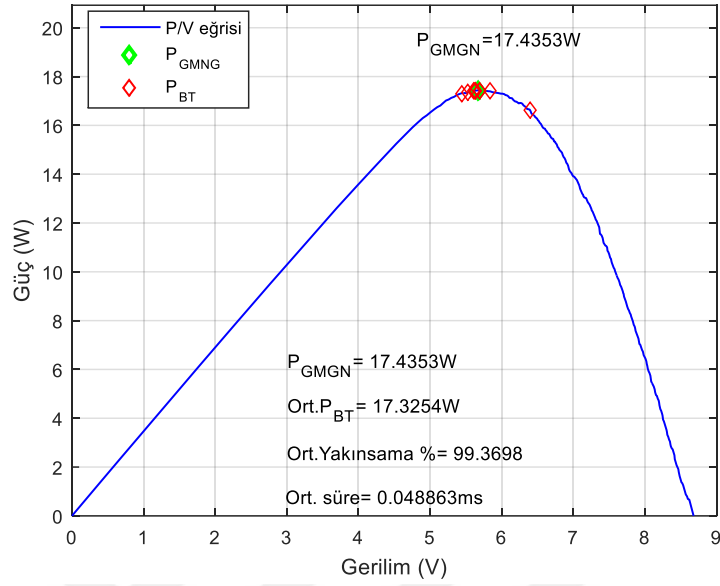
Şekil 7.19’da GD4 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 3 panel tam ışığa alırken (1000 W/m^2) 1 panelde ise KG durumu (400 W/m^2) vardır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. 10 kez çalıştırılan STT, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN’ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{MGN}) yeşil elmas ile STT ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{STT}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Fakat bazı sonuçlar üst üste denk geldiğinden kırmızı elmas sayısı 10’dan az gözükmemektedir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Ortalama yakınsama oranı %93,14 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,048ms’dir.

Yukarıdaki incelmeler ışında varılan sonuç şudur ki gölgelenme durumları incelendiği zaman STT’nin LMGN’larına takıldığı gözlenmektedir ve bu sebeple ortalama yakınsama başarısı düşmüştür. Genel olarak bakıldığında ortalama %90 yakınsama başarısı göstermiştir.

7.5 Benzetilmiş Tavlama Algoritması için Deneysel Çalışmalar

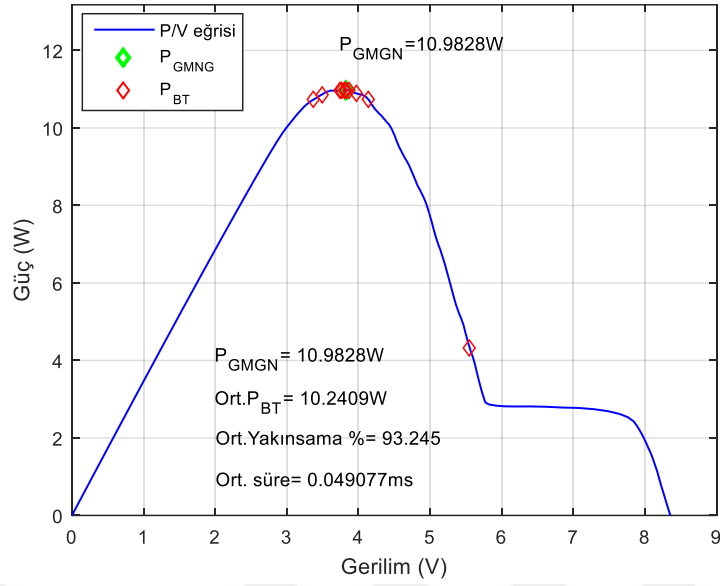
Benzetilmiş Tavlama (BT) Algoritması ile yapılan çalışmalar Şekil 7.20-7.23’de sunulmuştur. Şekiller üzerindeki P_{GMGN} dizinin GMGN’nı, P_{BT} ise BT ile bulunan MGN’nı göstermektedir. Algoritma tüm gölgelenme durumları için 10 defa çalıştırılmıştır. Şekillerde ilgili gölgelenme durumu için BT’nin MGN’na ortalama

yakınsama oranını ve süresi sunulmuştur. BT uygulanırken başlangıç sıcaklığı 100, alfa katsayısı ise 0,2 alınmıştır.



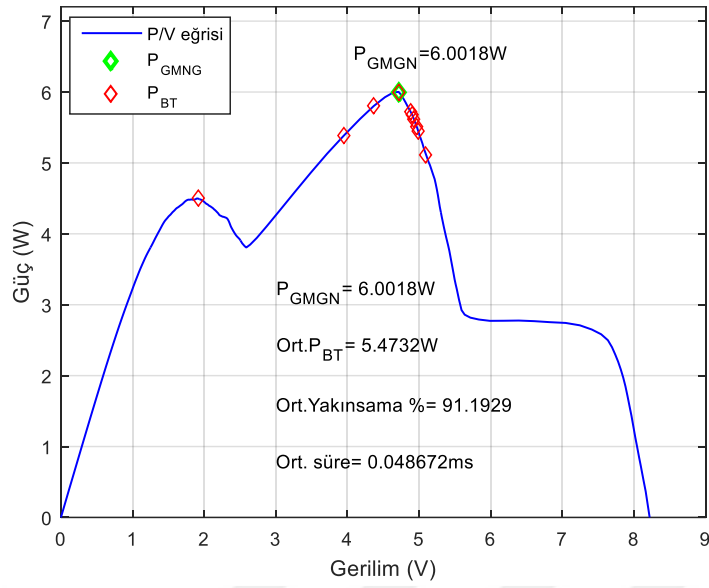
Şekil 7.20. FV dizinin, GD1’de oluşan, P/V grafiği üzerinde BT’nın gösterimi

Şekil 7.20’de GD1 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 4 panelde tam ışıma alır (1000 W/m^2) böylece herhangi bir KG durumu meydana gelmez. 10 kez çalıştırılan BT, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN’ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile BT ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{BT}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Ortalama yakınsama oranı %99,36 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,048ms’dir.



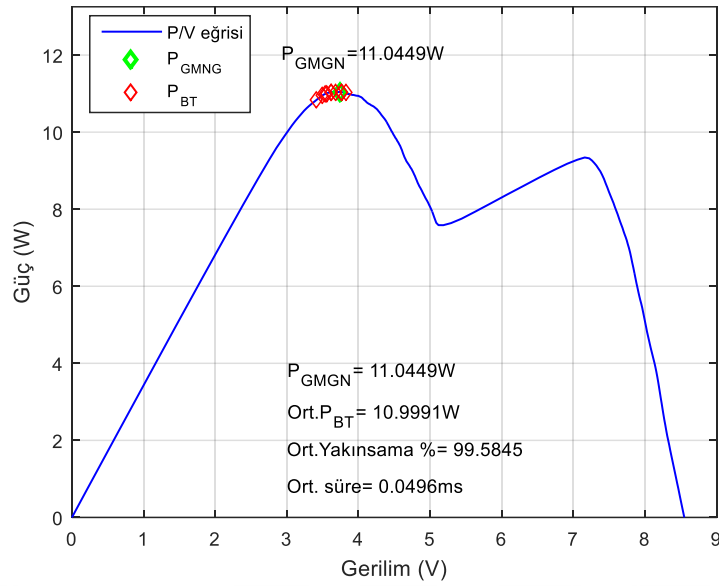
Şekil 7.21. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde BT’nin gösterimi

Şekil 7.21’de GD2 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 3 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 1 panelde KG durumu (160 W/m^2) oluşmaktadır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. 10 kez çalıştırılan BT, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN’ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile BT ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{BT}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Ortalama yakınsama oranı %93,24 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,049ms’dir.



Şekil 7.22. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde BT’nın gösterimi

Şekil 7.22’de GD3 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 2 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 2 panelde ise farklı KG durumları ($400 \text{ W/m}^2, 160 \text{ W/m}^2$) vardır. Böylece P/V grafiğinde 3 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. 10 kez çalıştırılan BT, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN’ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMNG}) yeşil elmas ile BT ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{BT}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Ortalama yakınsama oranı %91,19 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,048ms’dir.



Şekil 7.23. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde BT’nin gösterimi

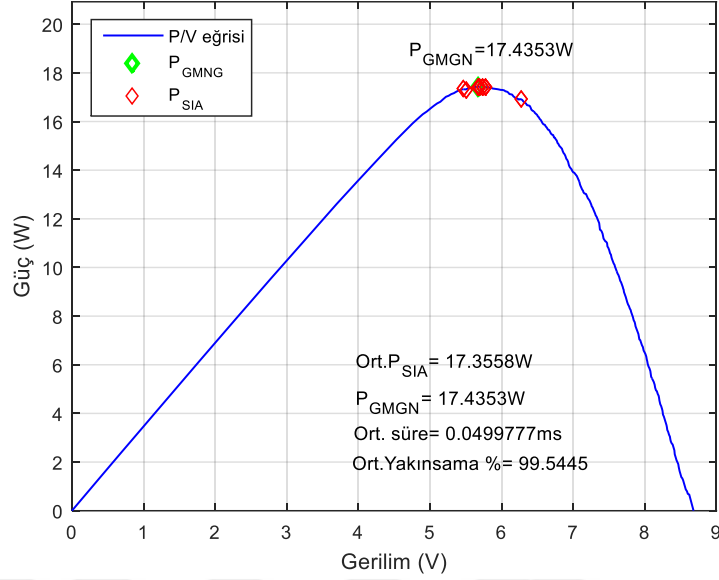
Şekil 7.23’de GD4 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. . Bu durumda dizideki 3 panel tam ışığa alırken (1000 W/m^2) 1 panelde ise KG durumu (400 W/m^2) vardır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. 10 kez çalıştırılan BT, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN’ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMNG}) yeşil elmas ile BT ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{BT}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. Ortalama yakınsama oranı %99,58 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,049ms’dir.4

BT ile yapılan deneysel sonuçlar gösteriyor ki BT’nin her bir gölgelenme durumu için farklı maksimum güç noktaları bulunduğu görülmektedir. Sonuç olarak BT tüm gölgelenme durumlarında dizinin GMNG’na %90 üzerinde ortalama yakınsama başarısı göstermiştir.

7.6 Stokastik Işın Arama Algoritması için Deneysel Çalışmalar

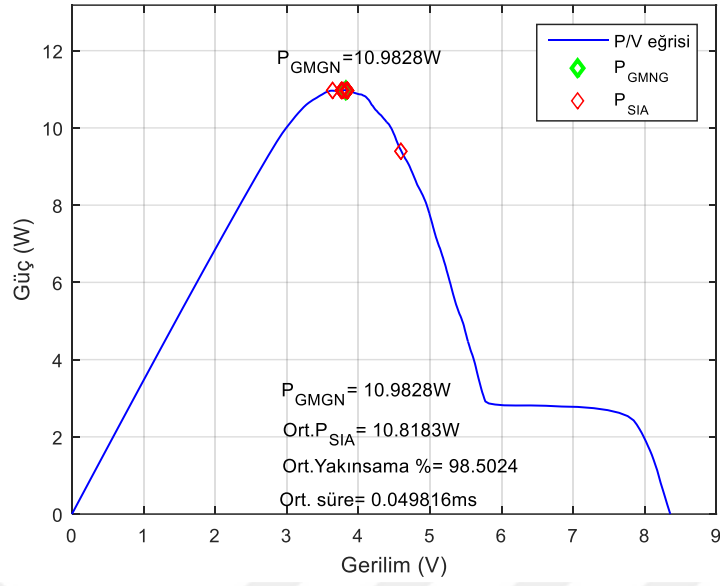
Stokastik Işın Arama (SIA) algoritması ile yapılan çalışmalar Şekil 7.24-7.27’de sunulmuştur. Şekiller üzerindeki P_{GMNG} dizinin GMGN’nı, P_{SIA} ise SIA ile bulunan MGN’nı göstermektedir. SIA, stokastik bir algoritma olduğu için başlangıç noktası GMGN’na yakınsama açısından önemlidir. Bu sebeple algoritma tüm gölgelenme

durumları için 10 defa çalıştırılmıştır. Şekillerde ilgili gölgelenme durumu için SIA'nın MGN'na ortalama yakınsama oranı ve süresi sunulmuştur. SIA uygulanırken başlangıç sayısı 6 olarak seçilmiştir.



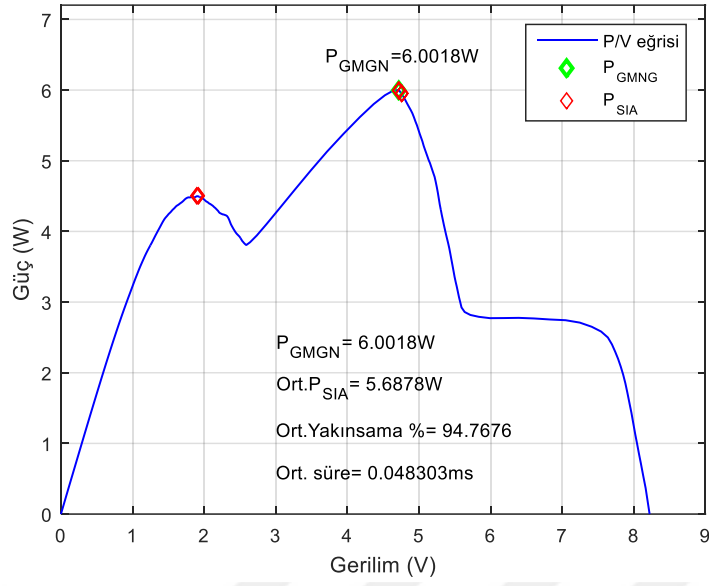
Şekil 7.24. FV dizinin, GD1'de oluşan, P/V grafiği üzerinde SIA'nın gösterimi

Şekil 7.24'de GD1 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 4 panelde tam ışınma alır (1000 W/m^2) böylece herhangi bir KG durumu meydana gelmez. 10 kez çalıştırılan SIA, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN'ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile SIA ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{SIA}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN'na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. GD1 için SIA'nın GMGN'na ortalama yakınsama oranı %99,54 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,049ms'dir.



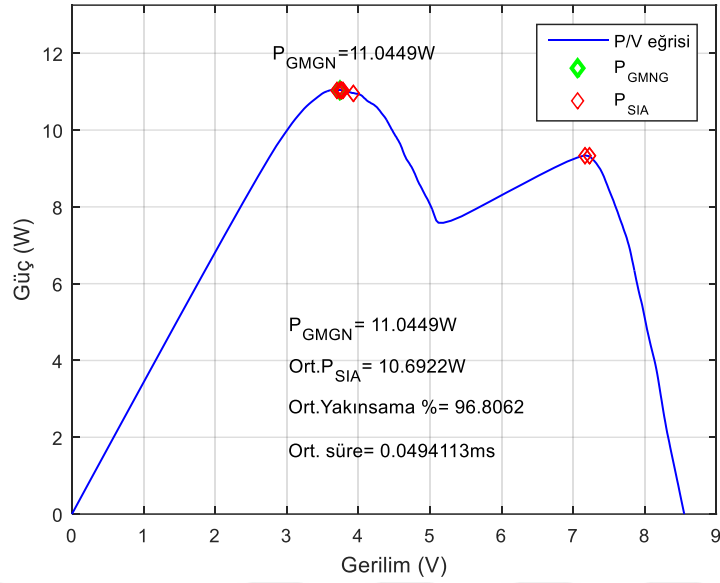
Şekil 7.25. FV dizinin, GD2’de oluşan, P/V grafiği üzerinde SIA’nın gösterimi

Şekil 7.25’de GD2 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 3 panel tam ışıkta alırken (1000 W/m^2) 1 panelde KG durumu (160 W/m^2) oluşmaktadır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. 10 kez çalıştırılan SIA, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN’ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile SIA ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{SIA}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. GD2 için SIA’nın GMGN’na ortalama yakınsama oranı %98,50 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,049ms’dir.



Şekil 7.26. FV dizinin, GD3’de oluşan, P/V grafiği üzerinde SIA’nın gösterimi

Şekil 7.26’da GD3 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. Bu durumda dizideki 2 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 2 panelde ise farklı KG durumları ($400 \text{ W/m}^2, 160 \text{ W/m}^2$) vardır. Böylece P/V grafiğinde 3 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. 10 kez çalıştırılan SIA, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN’ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile SIA ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{SIA}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. GD3 için SIA’nın GMGN’na ortalama yakınsama oranı %94,76 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,048ms’dir.



Şekil 7. 27. FV dizinin, GD4’de oluşan, P/V grafiği üzerinde SIA’nın gösterimi

Şekil 7.27’de GD4 için elde edilen P/V grafiği sunulmuştur. . Bu durumda dizideki 3 panel tam ışıma alırken (1000 W/m^2) 1 panelde ise KG durumu (400 W/m^2) vardır. Böylece P/V grafiğinde 2 adet tepe noktası (LMGN) oluşmuştur. 10 kez çalıştırılan SIA, rastgele başlangıç yapan bir algoritma olduğu için farklı MGN’ları bulmuştur. P/V grafiği üzerinde dizinin GMGN (P_{GMGN}) yeşil elmas ile SIA ile bulunan 10 ayrı MGN (P_{SIA}) kırmızı elmas ile işaretlenmiştir. Şekil üzerinde ayrıca yöntemin MGN’na ortalama yakınsama oranı ve süresi gösterilmiştir. GD4 için SIA’nın GMGN’na ortalama yakınsama oranı %96,80 olup ortalama yakınsama süresi yaklaşık 0,049ms’dir.

Verilen göz ününe alındığında, SIA sonuç tüm gölgelenme durumlarında dizinin GMNG’na yakınsama başarısı göstermiştir ancak başlangıç noktasına göre başarı oranı değişmektedir. Başlangıç noktaları LMGN’na takılmasına sebep olabiliyor

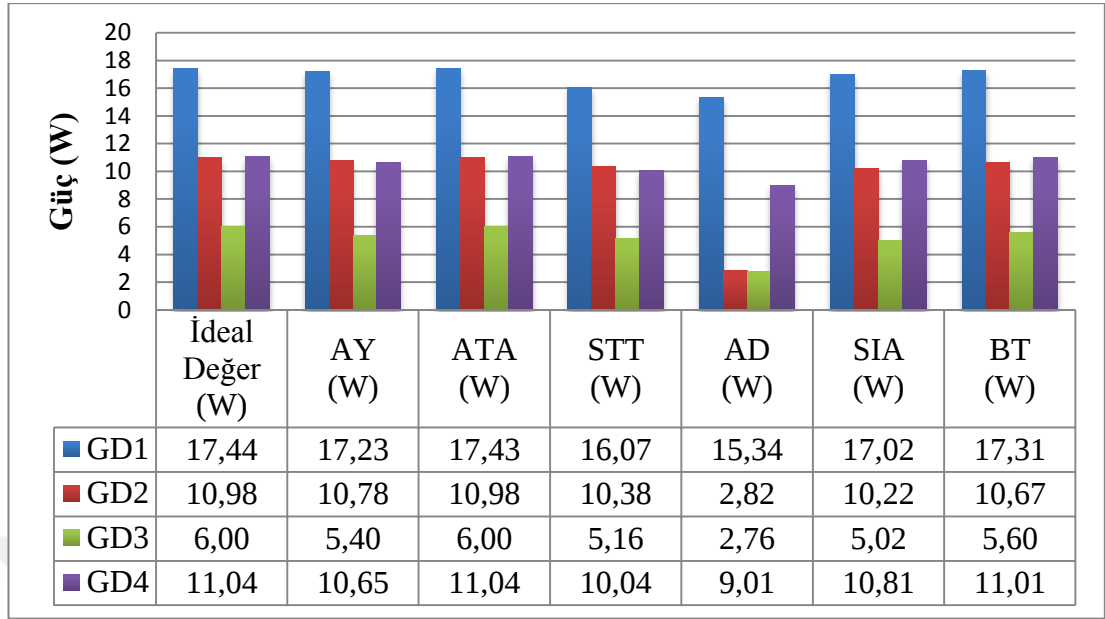
8. SONUÇLAR

FV sistemlerin verimliliğini etkileyen önemli unsurlardan birisi MGNİ algoritmasının tüm FV sistemi hızlı ve başarılı bir şekilde MGN değerinde çalıştırmasıdır. FV sistemde MGN bulunurken her adımda sistem çıkış gücü değişim gösterdiğinden dolayı sistemin en düşük adım sayısında MGN'yi bulması oldukça önemlidir. Adım sayısının düşük olması aynı zamanda sistemin daha hızlı çalışmasını sağlamaktadır. Bu durumda uygun algoritmanın seçilmesi ve uygulanması önemlidir. Bu çalışmada başarı kıyaslaması yapmak için AD, STT, SIA, BT, AY ve ATA kıyaslanmıştır. Algoritma seçimindeki önemli kriterlerden bazıları şunlardır [23]:

- Algoritmanın sahada mikro denetleyici, DSP veya analog bir donanım üzerinde çalışabilir olması,
- Kısmi gölgelenmede oluşacak tepe değerlerinden en büyüğünü seçebilmesi,
- Yüksek hızda çalışması,
- Düşük adım sayısı ile MGN bulabilmesidir.

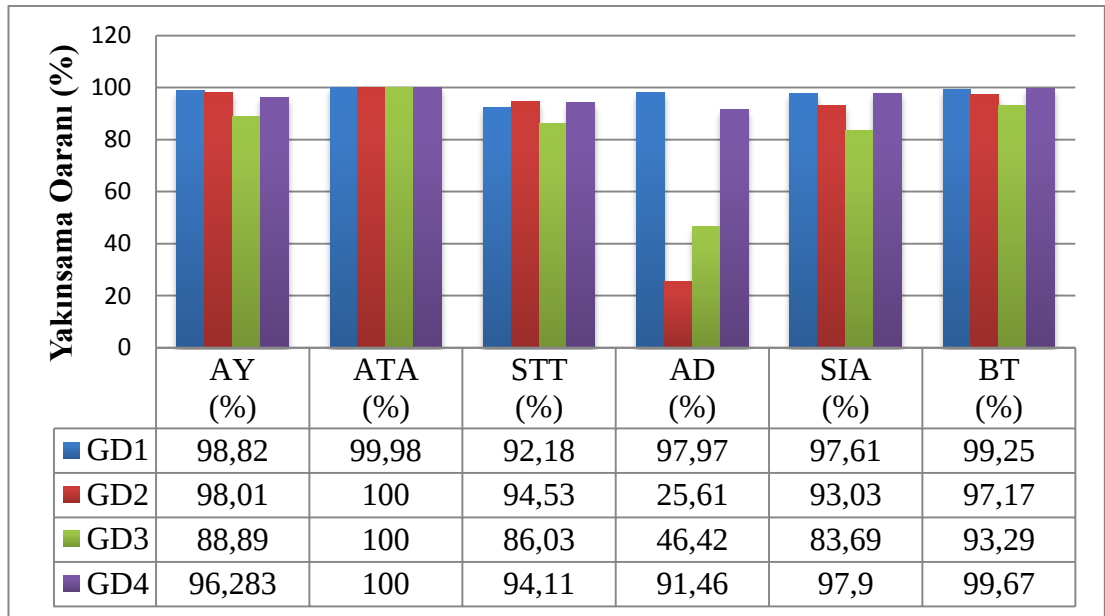
Bu çalışmanın sonuçlarına göre AY ve ATA mikro denetleyici üzerinde çalışmaya uygundur. Ayrıca AY analog devre olarak tasarlanabilir. Geliştirilen bu iki yöntem, kısmi gölgelenme durumunda GMGN bulma başarısı yüksektir. AD, STT, SIA, BT, AY ve ATA'nın detaylı başarı incelemesi aşağıda verilmiştir. Elde edilen veriler, MATLAB ortamında geliştirilen açık devre gerilimi yöntemi, tepe tırmanma algoritması, stokastik ışın arama algoritması, benzetilmiş tavlama algoritması, Alp yöntemi ve Alp tırmanma algoritması başarı testleri için kullanılmıştır. Bu algoritmalar, belirtilen gölgelenme durumları (GD1-4) için 100 defa çalıştırılıp, ürettikleri sonuçlar Çizelge 8.1-8.4 de sunulmuştur. Çizelgelerde sırasıyla, elde edilen güçler, MGN'na yakınsama oranları, adım sayıları, yakınsama süreleri kıyaslanmıştır. Çizelgelere algoritmaların karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için ayrıca sütun grafik de eklenmiştir.

Çizelge 8.1. Elde edilen gücün karşılaştırılması



Çizelge 8.1, yapılan deneysel çalışmalar sonucunda GD1-4 için elde edilen, FV dizinin GMGN değerini ve algoritmaların bulduğu MGN değerlerini içermektedir. Çizelge 8.2’de ise GD1-4 için algoritmaların GMGN’na yakınsama oranları verilmiştir.

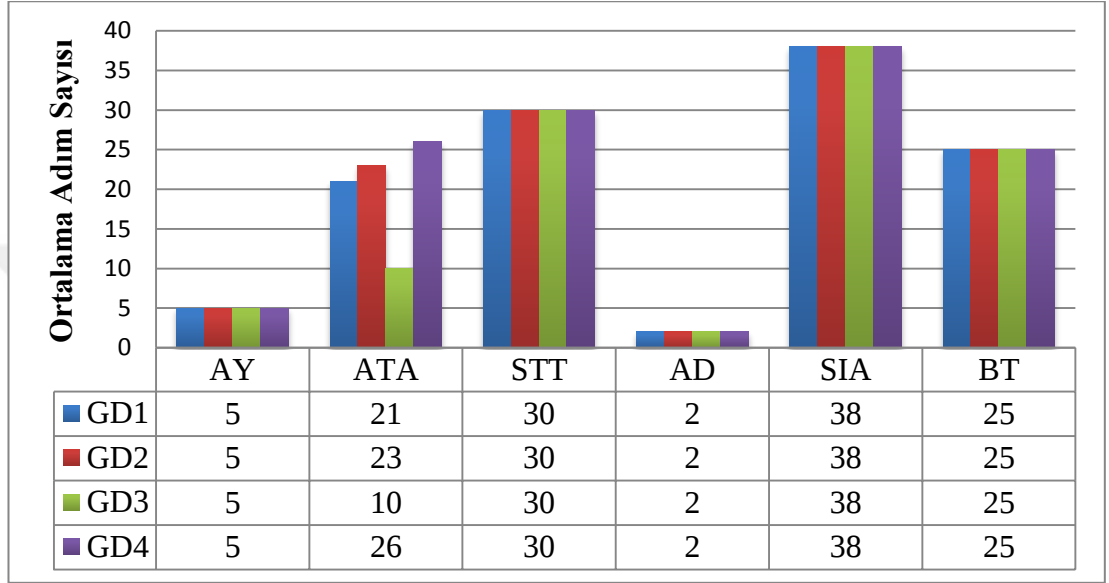
Çizelge 8.2. Algoritmaların GMGN’na yakınsama oranları



Çizelge 8.2’de görüldüğü üzere ATA tüm durumlarda GMGN’na yaklaşık olarak %100 yakınsama başarısı göstermiştir. BT ise tüm durumlarda %90’ın üzerinde

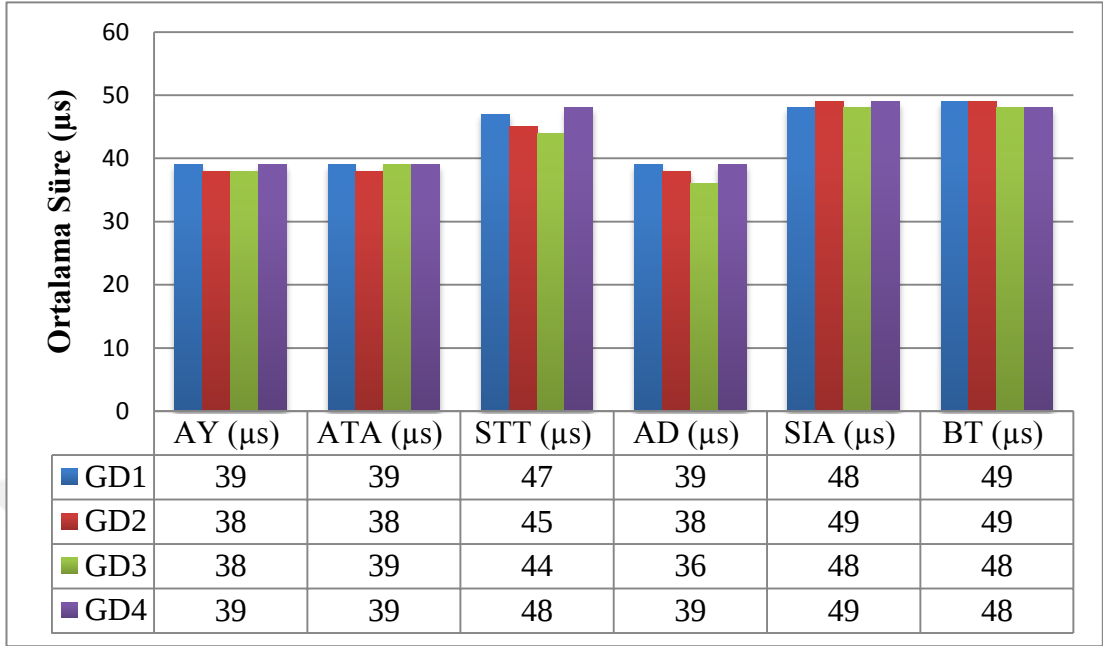
başarı sağlamıştır. AY, 3 durumda (GD1,GD3,GD4) %95'in üzerinde başarı gösterirken. SIA ve STT ise bu 3 durumda (GD1,GD3,GD4) %90'ın üzerinde başarı göstermiştir. AD tam ışıma altında (GD1) yapılan çalışmada %97 yakınsama başarısı gösterirken, KG durumlarında, özellikle GD2 ve GD3'de, başarısız olduğu açıkça gözükmemektedir.

Çizelge 8.3. Algoritmaların ortalama adım sayıları



İyi bir algoritmadan beklenen özelliklerden biri de düşük adım sayısıdır. Çizelge 8.3'te algoritmaların ortalama adım sayıları sunulmuştur. Çizelgeden görüldüğü üzere AY ve AD çok düşük adımda işlem yaparken bu iki algoritmayı ATA takip etmektedir.

Çizelge 8.4. Algoritmaların ortalama MGN'na yakınsama süreleri



Çizelge 8.4’de algoritmaların ortalama MGN’na yakınsama süreleri verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi AD ile dönüm gerilimleri temelli algoritmalar olan AY ve ATA hızlı yakınsama başarısı göstermiştir. Stokastik algoritmalar ise bu başarıyı gösterememiştir.

Veriler incelendiğinde ATA, AY, BT, STT ve SIA kısmı gölgelenme durumunda MGN’yi bulma verimi Açık Devre gerilimi yöntemine oranla oldukça yüksektir. ATA ise karşılaştırılan tüm algoritmalarından daha yüksek yakınsama yüzdesine sahiptir. Bununla birlikte SIA ve BT’ye göre daha az adım sayısında yakınsama yapıyor olması diğer bir artı yönüdür. AY ise uygulama kolaylığı ve düşük adım sayısı ile işlem yapmasıyla ön plana çıkmaktadır.

Sonuç olarak literatüre kazandırılan bu iki yöntem de KG durumunda MGN’na yakınsama başarısı göstermektedir. AY uygulama kolaylığı ve analog devre olarak imal edilebilir olmasıyla, ATA ise yüksek yakınsama başarısıyla ön plana çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Gürbüz, A., Enerji piyasası içinde yenilenebilir (temiz) enerji kaynaklarının yeri ve önemi, uluslararası, İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 1-7, Karabük-Türkiye, 13-15 Mayıs 2009.
- [2] Koç, E., Kaya, K., Enerji kaynakları-yenilenebilir enerji durumu, Engineer and the Machinery Magazine, 56(668),36-47, 2015.
- [3] ‘‘Türkiye’de elektrik enerjisi kurulu gücü’’ Erişim adresi: http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369 , Erişim Tarihi:10.12.2017
- [4] Dal, E., Türkiye’de elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teknolojik, Politik ve Çevresel Kısıtlamalar İle Analizi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, Ankara,2017.
- [5] ‘‘Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası ’’ Erişim Adresi: <http://www.eie.gov.tr/mycalculator/default.aspx> Erişim Tarihi:10.12.2017
- [6] Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. D. , Solar cell efficiency tables (Version 45). Progress in photovoltaics: research and applications, 23(1), 1-9, 2015.
- [7] Faranda, R., Leva, S., Energy comparison of MPPT techniques for PV Systems, WSEAS transactions on power systems, 3(6), 446-455, 2008.
- [8] Lyden, S., Haque, M. E. , A simulated annealing global maximum power point tracking approach for PV modules under partial shading conditions, IEEE Transactions on Power Electronics, 31(6), 4171-4181, 2016.
- [9] Saravanan, S., Babu N. R. , Maximum power point tracking algorithms for photo voltaic system–A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 57, 192–204, 2016.
- [10] Jiang, Y., Qahouq, J. A. A., & Batarseh, I. , Improved solar PV cell Matlab simulation model and comparison, In Circuits and Systems (ISCAS), Proceedings

of 2010 IEEE International Symposium, 2770-2773, Mayıs – 02 Haziran, Paris-Fransa,2010.

- [11] Villalva, M. G., Gazoli, J. R., & Ruppert Filho, E., Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays. IEEE Transactions on power electronics, 24(5), 1198-1208,2009.
- [12] “PLX-DAQ” Erişim Adresi: www.parallax.com/downloads/plx-daq Erişim Tarihi:10.06.2017
- [13] Bastidas, J. D., Franco, E., Petrone, G., Ramos-Paja, C. A., & Spagnuolo, G. , A model of photovoltaic fields in mismatching conditions featuring an improved calculation speed, Electric Power Systems Research, 96, 81-90, 2013.
- [14] “LT3652 - Power Tracking 2A Battery Charger for Solar Power”, Erişim Adresi: <http://www.linear.com/product/LT3652> , Erişim Tarihi:18.06.2016.
- [15] “LTC4121/LTC4121-4.2 - 40V 400mA Synchronous Step-Down Battery Charger” , Erişim Adresi: <http://www.linear.com/product/LTC4121>,Erişim Tarihi:18.06.2016.
- [16] “Ultralow Power Boost Regulator with MPPT and Charge Management“ Erişim Adresi: <http://www.analog.com/en/products/power-management/switching-power-converters/switching-regulators/adp5090.html> , Erişim tarihi:18.06.2016.
- [17] Shi, J. Y., Xue, F., Qin, Z. J., Ling, L. T., Yang, T., Wang, Y., & Wu, J. , Tracking the global maximum power point of a photovoltaic system under partial shading conditions using a modified firefly algorithm, Journal of Renewable and Sustainable Energy, 8(3), 033501,2016.
- [18] Lyden, S., Haque, M. E. , A simulated annealing global maximum power point tracking approach for PV modules under partial shading conditions, IEEE Transactions on Power Electronics, 31(6), 4171-4181, 2016.
- [19] Eltawil, M. A., & Zhao, Z. , MPPT techniques for photovoltaic applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, 793-813, 2013.

- [20] Brownlee, J. , *Clever Algorithms: Nature-Inspired Programming Recipes*, Jason Brownlee, Avusturalya, 2011.
- [21] Brownlee, J. , *Clever Algorithms: Nature-Inspired Programming Recipes*, Jason Brownlee, Avusturalya, 2011.
- [22] Ow, Peng Si. Morton, Thomas E. "Filtered beam search in scheduling", *The International Journal Of Production Research*, 26, 35–62, 1988.
- [23] Kesilmiş, Z., Karabacak, M. A., “Kısmi Gölgeleme Stokastik Işın Araması, Değişken Komşuluk ve Benzetilmiş Tavlama Algoritmalarının Başarı incelenmesi”, *ELECO 2016*, 52-68, Bursa, 2016.



ÖZGEÇMİŞ

- 1. Adı Soyadı** : Mustafa Alpaslan KARABACAK
- 2. Doğum Tarihi** : 01.04.1993
- 3. Ünvanı** : Elektrik Elektronik Yüksek Mühendisi
- 4. Öğrenim Durumu** : Yüksek Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	Elektrik Elektronik Mühendisliği	Osmaniye Korkut ATA Üniversitesi	2015
Yüksek Lisans	Elektrik Elektronik Mühendisliği A.B.D.	Osmaniye Korkut ATA Üniversitesi	2018

5. İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Elektrik Elektronik Mühendisi	ÇEAŞ Güneş Enerji Santrali/Osmaniye	03.2017 - 11.2017
Elektrik Elektronik Mühendisi	Rudis Teknoloji Araştırma Geliştirme Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.	8.2016 - 01.2017

7. Yayınlar:

A. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler:

A1. Kesilmiş, Z., **Karabacak M. A.** , “FotoVoltaik Panel ve Diziler için DC Yük Sistemi”, 2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2017), Adana , 2017.

B. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler : [TÜBİTAK-ULAKBİM tarafından taranan]

B1. Kesilmiş, Z., **Karabacak M. A.** “Comparative study of maximum power point tracking algorithms under partial shading conditions”, Istanbul University - Journal of Electrical & Electronics Engineering, 17(2), 3335-3341,2017.

C. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

C1. Kesilmiş, Z., **Karabacak, M. A.**, “Kısmi Gölgeleme Stokastik Işın Araması, Değişken Komşuluk ve Benzetilmiş Tavlama Algoritmalarının Başarı incelenmesi”, ELECO 2016, Bursa, 52-68, 2016.