

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTRİK- ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞEBEKE BAĞLANTILI FV SİSTEMLERDE GÖLGELENME ETKİSİNİN
İNCELENMESİ VE GÜÇ KAYIPLARININ AZALTILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik- Elektronik Müh. Büşra ÖZGENÇ

**HAZİRAN 2019
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Elektrik-Elektronik Anabilim Dalında
Büşra ÖZGENÇ Tarafından Hazırlanan

ŞEBEKE BAĞLANTILI FV SİSTEMLERDE GÖLGELENME ETKİSİNİN İNCELENMESİ ve GÜÇ KAYIPLARININ
AZALTILMASI

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28/05/2019 gün ve 1806 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. İsmail H. ALTAŞ

Üye : Prof. Dr. Cemil GÜRÜNLÜ

Üye : Doç. Dr. Onur Özdal MENGİ



Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Artan Dünya nüfusu ve gelişen teknolojiye bağlı olarak enerjiye olan ihtiyacın artması ve bu konuda fosil kaynak rezervlerinin azaldığı bilinmektedir. Bu amaçla yeni kaynak arayışları başlamış ve yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, sonsuz enerjisi ile büyük önem taşımaktadır. Güneş enerjisi'nden elektrik üretiminde yaygın kullanılan fotovoltaik panellerde gölgelenmeden kaynaklı oluşan güç kaybı önem kazanmakta ve mevcut enerjinin verimli bir şekilde kullanılması için halen çalışmalar yapılmaktadır. Bahsedilen problem bu tez çalışmasında ele alınarak gölgelenme etkisi analiz edilip güç kaybının azaltılması amaçlanmıştır. Problemin çözümü için optimizasyon algoritmalarından Simbiyotik Organizma Arama Algoritması, Balina Optimizasyon Algoritması kullanılarak ve yedekleme ünitesi olarak kullanılan akülerin kullanım yeri değiştirilerek fotovoltaik dizinden elde edilen güçte oluşan güç kaybı kısmi olarak azaltılmıştır.

Bu çalışmanın amacına ulaşması için engin bilgi ve yenilikçi düşünceleriyle bana yol gösteren, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca, gerek bilimsel çalışmalarında gerekse diğer konularda beni destekleyerek yardımcı olan tez danışmanım Prof. Dr. İsmail Hakkı ALTAŞ'a ilgi, destek ve tecrübelerini esirgemediğinden dolayı teşekkürlerimi saygı ve minnetle sunarım.

Çalışmalarım süresince yardımlarını eksik etmeyen Emre ÖZKOP, M. Şinasi AYAS, Yeşim Aysel BAYSAL ve Ahsen ULUTAŞ'a yanımda oldukları için teşekkür ederim. Son olarak hayatım boyunca varlıkları ve destekleriyle bana güç veren ve her zaman yanımda olan anneme ve babama şükranlarımı sunarım.

Büşra ÖZGENÇ

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Şebeke Bağlantılı FV Sistemlerde Gölgeleme Etkisinin İncelenmesi ve Güç Kayıplarının Azaltılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. İsmail Hakkı ALTAŞ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 20/06/2019

Büşra ÖZGENÇ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Araştırması	3
1.3. Yenilenebilir Enerji	7
1.3.1 Güneş Enerjisi	9
1.3.2 Güneş Enerjisi'nden Elektrik Üretimi	10
1.4. Fotovoltaik Piller.....	11
1.4.1. FV Pilin Elektriksel Karakteristiği.....	13
1.4.2. Kısmi Gölgeleme.....	18
1.5. Fotovoltaik Sistemler	20
1.5.1. Şebeke Bağlantısız FV Sistemler	20
1.5.2. Şebeke Bağlantılı FV Sistemler.....	21
1.5.3. DA/DA Dönüştürücüler	22
1.5.3.1. Alçaltıcı Dönüştürücüler	22
1.5.3.2. Yükseltici Dönüştürücüler.....	23
1.5.3.3. Alçaltıcı-Yükseltici Dönüştürücüler.....	24
1.5.4. Aküler.....	25
1.5.5. DA/AA Dönüştürücüler	26
1.5.6. Maksimum Güç Noktası Takip Yöntemleri	26
1.5.6.1. Değişir-Gözle(D&G) Algoritması.....	29
1.5.6.2. Optimizasyon Algoritmaları.....	29

1.5.6.2.1. Simbiyotik Organizma Arama(SOA) Algoritması.....	29
1.5.6.2.2. Balina Optimizasyon Algoritması(BOA)	32
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	35
2.1. Giriş	35
2.2. Önerilen SOA-BOA Algoritma Tabanlı MGNT	35
2.3. Matlab/Simulink Modelleri	38
2.3.1. FV Dizin Matlab/Simulink Modeli	39
2.3.2. Önerilen Optimizasyon Algoritmasının Modellenmesi	41
2.3.3. FV Sistemin Matlab/Simulink Modelleri	41
2.3.4. Aküler ve Şarj-Deşarj Yönetimi	45
3. BULGULAR	46
3.1. FV Dizinin Karakteristik Olarak İncelenmesi	46
3.2. Önerilen Algoritmanın Şebeke Bağlantılı FV Sistemde İncelenmesi	57
3.3. Önerilen Optimizasyon Algoritmasının Performans Karşılaştırması.....	64
3.4. Sabit Sıcaklık, Değişen Işınım Altında Algoritmanın Performansı	72
4. TARTIŞMA.....	75
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
6. KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ŞEBEKE BAĞLANTILI FV SİSTEMLERDE GÖLGELENME ETKİSİNİN
İNCELENMESİ VE GÜÇ KAYIPLARININ AZALTILMASI

Büşra ÖZGENÇ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik- Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. İsmail Hakkı ALTAŞ
2019, 81 Sayfa

Güneş enerjisi'nden elektrik üretimi gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Büyük güçlü Fotovoltaik sistemlerin kurulumu maliyetlidir ve enerji verimliliği ve düşük maliyet için optimizasyon işlemleri gerektirir. Fotovoltaik panellerden elde edilen güç, çevresel faktörlere bağlı olarak değiştiği için gün içinde her zaman aynı güç değerini vermez. Ayrıca her bir panele gelen gün ışığı değeri eşit olmadığında gölgelenme durumu ortaya çıkar ve bu da büyük güç kayıplarına neden olur. Bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için yaygın olarak kullanılan etkili yöntemlerden biri maksimum güç noktası takibi olarak adlandırılan yöntemdir.

Bu tez çalışmasında, şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemde gölgelenme etkisi analiz edilmiş ve gölgelenmeden dolayı oluşan güç kayıpları azaltılmıştır. Simbiyotik Organizma Arama ve Balina Optimizasyon Algoritmaları kayıpları optimize etmek için kullanılmıştır. Önerilen yöntemler MATLAB'de modellenmiş ve şebeke bağlantılı FV sistemin Simulink'te benzetimi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılmış ve önerilen yöntemlerin performansı değerlendirilmiştir. Simülasyon sonuçları güç kaybı azaltmada önemli bir gelişme ve maksimum güç noktası izlemeye de kabul edilebilir bir performans olduğunu gösterir.

Anahtar Kelimeler: Balina optimizasyon algoritması, Fotovoltaik sistemler, Gölgelenmede MGNT, Kısmi gölgelenme, Küresel maksimum güç noktası, Simbiyotik organizma arama algoritması.

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF SHADING EFFECTS AND POWER LOSS REDUCTION
IN GRID CONNECTED PV SYSTEMS

Büşra ÖZGENÇ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Electrical and Electronics Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. İsmail Hakkı ALTAŞ
2019, 81 Pages

Electricity generation from solar energy is gaining importance day by day. The installation of large power PV systems are costly and requires optimized operation for energy efficiency and cost reduction. Since the power obtained from photovoltaic panels varies depending on the environmental factors, it does not always give the same power value during a day. In addition, when solar radiation value at each panel is not equal, a shading condition occurs, resulting in large power losses. One of the most effective methods commonly used to eliminate these negative effects is the one called maximum power point tracking.

In this thesis, the effect of shading is analyzed in grid connected photovoltaic systems and power losses due to shading are reduced. Symbiotic Organism Search and Whale Optimization Algorithms are used to optimize the losses. The proposed methods are modelled in MATLAB and used with grid connected PV system, which is simulated in SIMULINK. Results are compared with the studies in literature and performances of the proposed methods are evaluated. Simulation results show considerable improvements in power loss reduction and acceptable performance on MPP tracking.

Key Words: Globak peak, MPPT with shading, Partial shading, Photovoltaic systems, Symbiotic organism search algorithm, Whale optimization algorithm

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Türkiye’de enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı.....	1
Şekil 1.2. Amerika’da enerji tüketimi,2017.....	8
Şekil 1.3. Türkiye’ de birincil enerji üretiminin yerli kaynaklar bazında dağılımı,2016 ..	.9
Şekil 1.4. FV pilde fotoelektrik reaksiyonun gerçekleşmesi	11
Şekil 1.5. FV pilden elektrik enerjisi üretimi.....	12
Şekil 1.6. Basit eşdeğer devre	13
Şekil 1.7. FV pilin akım-gerilim karakteristiği.....	14
Şekil 1.8. FV pilin akım, gerilim ve gücün gün ışığı ile değişimi	16
Şekil 1.9. FV pilin akım, gerilim ve gücün sıcaklık ile değişimi.....	17
Şekil 1.10. FV pillerden panel/dizin oluşumu	18
Şekil 1.11. Bypass ve blokaj diyotları	19
Şekil 1.12. a) Şebekeden bağımsız FV sistem	20
b) Şebekeden bağımsız hibrit sistem.....	21
Şekil 1.13. Şebeke bağlantılı FV sistem	22
Şekil 1.14. Alçaltıcı dönüştürücü devre topolojisi.....	23
Şekil 1.15. Yükseltici dönüştürücü devre topolojisi	24
Şekil 1.16. Alçaltıcı-yükseltici dönüştürücü devre topolojisi.....	25
Şekil 1.17. Evirici topolojileri.....	26
Şekil 1.18. Değiştir-gözle algoritması akış çizelgesi	28
Şekil 1.19. Simbiyotik organizma arama algoritması akış çizelgesi	31
Şekil 2.1. Önerilen algoritmanın MGNT için genel yapısı.....	36
Şekil 2.2. SOA-BOA optimizasyon algoritması akış çizelgesi.....	37
Şekil 2.3. FV dizin modeli	39
Şekil 2.4. Bypass diyotun panel ile bağlantısı	40

Şekil 2.5. FV dizinin integral kontrol ile denetimi	42
Şekil 2.6. Şebeke bağlantılı FV sistem	44
Şekil 2.7. Akü şarj-deşarj yönetimi.....	45
Şekil 3.1. FV dizin akım-gerilim karakteristiği	46
Şekil 3.2. FV dizin güç-gerilim karakteristiği	47
Şekil 3.3. Sıcaklığın gerilim üzerindeki etkisi	48
Şekil 3.4. Sıcaklığın güç üzerindeki etkisi.....	48
Şekil 3.5. Akımın gün ışığı ile değişimi	49
Şekil 3.6. Gücün gün ışığı ile değişimi	49
Şekil 3.7. Bypass diyot yok iken akım-gerilim karakteristiği.....	50
Şekil 3.8. Bypass diyot yok iken güç-gerilim karakteristiği	51
Şekil 3.9. Bypass diyot var iken akım-gerilim karakteristiği	52
Şekil 3.10. Bypass diyot var iken güç-gerilim karakteristiği.....	52
Şekil 3.11. 2 panelde akü var iken akım-gerilim karakteristiği	53
Şekil 3.12. 2 panelde akü var iken güç-gerilim karakteristiği	54
Şekil 3.13. Farklı sıcaklıklarda FV dizin gerilimi	55
Şekil 3.14. Yükselten dönüştürücü çıkış gerilimi	55
Şekil 3.15. FV dizin gerilimi yakın görünümü	56
Şekil 3.16. FV dizin gücü yakın görünümü	56
Şekil 3.17. Standart koşulda FV dizinin gerilimi.....	57
Şekil 3.18. Standart koşulda FV dizinin gücü.....	58
Şekil 3.19. Evirici çıkış gerilimi	59
Şekil 3.20. Filtre çıkış gerilimi	59
Şekil 3.21. Yük gerilimi, akımı ve gücü	60
Şekil 3.22. Senaryo 1 için FV dizin gerilimi	61
Şekil 3.23. Senaryo 1 için FV dizin gücü	62
Şekil 3.24. Senaryo 1 için yük gerilimi ve akımı.....	62
Şekil 3.25. Senaryo 1 için yük gücü	63
Şekil 3.26. a) SOA-BOA algoritması Senaryo 1 FV dizin gerilimi.....	64
b) SOA algoritması Senaryo 1 FV dizin gerilimi	65
Şekil 3.27. SOA-BOA algoritması Senaryo 1 FV dizin gücü.....	65
Şekil 3.28. SOA algoritması Senaryo 1 FV dizin gücü	66
Şekil 3.29. a) SOA-BOA algoritması Senaryo 2 FV dizin gerilimi.....	66

b) SOA algoritması Senaryo 2 FV dizin gerilimi	67
Şekil 3.30. a) SOA-BOA algoritması Senaryo 2 FV dizin gücü	67
b) SOA algoritması Senaryo 2 FV dizin gücü	68
Şekil 3.31. Senaryo 3 için FV dizin güç-gerilim karakteristiği	69
Şekil 3.32. a) Değişir-gözle algoritması FV dizin gerilimi.....	70
b) SOA-BOA algoritması FV dizin gerilimi	70
Şekil 3.33. Değişir-Gözle algoritması FV dizin gerilimi yakın görünümü	71
Şekil 3.34. a) Değişir-Gözle algoritması FV dizin gücü.....	71
b) SOA-BOA algoritması FV dizin gücü	72
Şekil 3.35. Gün ışığının zamana göre ani artışı	72
Şekil 3.36. a) Ani artan gün ışığında elde edilen FV dizin güç değerleri.....	73
b) Elde edilen güç değerlerinde oluşan hata değerleri.....	73
Şekil 3.37. Gün ışığının zamana göre ani azalışı	74
Şekil 3.38. Ani azalan gün ışığında elde edilen FV dizin güç değerleri.....	74

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Ülkelerin 2015 ve 2017 yıllarında FV sistem kurulu güç karşılaştırması	10
Tablo 1.2. FV pil üretiminde kullanılan malzemelerin karşılaştırılması	12
Tablo 2.1. FV panelin standart koşulda değerleri	41
Tablo 2.2. Optimizasyon algoritma parametreleri	41
Tablo 2.3. Yükselten dönüştürücü parametre değerleri	43
Tablo 2.4. Üç fazlı evirici ve filtre değerleri.....	43

SEMBOLLER DİZİNİ

A	Eğri Uydurma Faktörü
AA	Alternatif Akım
a	2'den 0'a Doğrusal Azalan Bir Vektör
A,C	Balina Optimizasyon Algoritması Katsayı Vektörleri
BJT	Bipolar Junction Transistor
BF_1	Birinci Organizma için Fayda Faktörü
BF_2	İkinci Organizma için Fayda Faktörü
b	Spiral Şekli Logaritmik İfade Etmek için Kullanılan Bir Sabit
c_{TV}	Gerilimi Etkileyen Sıcaklık Katsayısı
c_{TI}	Akımı Etkileyen Sıcaklık Katsayısı
c_{SV}	Gerilimi Etkileyen Güneş Katsayısı
c_{SI}	Akımı Etkileyen Güneş Katsayısı
D'	Balınanın Ava Olan Mesafesi
DA	Doğru Akım
FV	Fotovoltaik
f	Anahtarlama Frekansı
I_{sc}	FV Panel Kısa Devre Akımı
I_{mp}	FV Panel Maksimum Akımı
I_{pil}	Pil Akımı
I_{fv}	Fotovoltaik Akım
I_o	Diyot ters doyma akımı
I_{mp}	Maksimum Akım
I_{panel}	Fotovoltaik Panel Akımı
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
I_1, I_2	Endüktans Akımı
k	Doluluk-Boşluk Oranı
k	Boltzmann Sabiti

L	Endüktans
L_k	Endüktans Kritik Değeri
$Mutual_{vector}$	Organizmalar Arasındaki İlişki Karakteristiği
MGNT	Maksimum Güç Noktası Takibi
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
N_s	Seri Bağlı Kol Sayısı
N_p	Paralel Bağlı Kol Sayısı
P	FV Panel Maksimum Güç
P_{panel}	Fotovoltaik Panel Gücü
FKÇ	Faz Kilitli Çevrim
D&G	Değiştir-Gözle Algoritması
R	Direnç
R_s	Seri Direnç
r	0 ile 1 Arasında Değişen Rastgele Bir Vektör
SOA	Simbiyotik Organizma Arama Algoritması
S_x	Değişken Günişliği
S_{ref}	Standart Koşuldaki Günişliği
t_1	Anahtarın İletim Süresi
t_2	Anahtarın Kesim Süresi
T_{ref}	Standart Koşuldaki Sıcaklık
T_x	Değişken Sıcaklık
T	Anahtarlama Periyodu
t	Balina Optimizasyon Algoritması İterasyon Sayısı
THB	Toplam Harmonik Bozunum
V_{oc}	FV Panel Açık Devre Gerilimi
V_{mp}	FV Panel Maksimum Gerilimi
V_{pil}	Pil Gerilimi
V_{panel}	Fotovoltaik Panel Gerilimi
V_s	Endüktans Gerilimi
V_a	Giriş Gerilimi
$X_{i_{new}}$	X_i için yeni çözümler
$X_{j_{new}}$	X_j için yeni çözümler

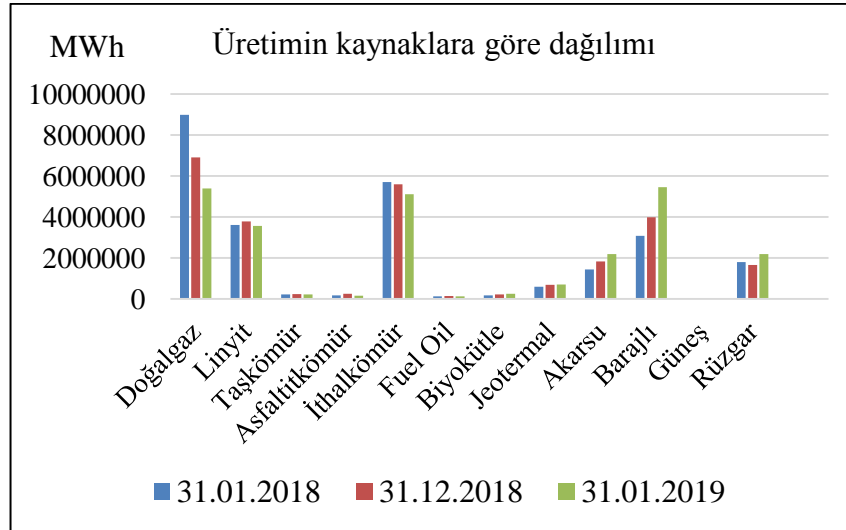
X_i	Ekosistemin i 'inci üyesine uyumlu olan bir organizma
X_{best}	En İyi Organizma
X_j	X_i 'den Seçilen Rastgele Bir Organizma
X^*	Her İterasyonda Güncellenen En İyi Çözüm Vektörü
X	Pozisyon Vektörü
BOA	Balina Optimizasyon Algoritması
q	Elektron Yüğü
β_T	Gerilimi Etkileyen Sıcaklık Faktörü
γ_T	Akımı Etkileyen Sıcaklık Faktörü
α_S	Güneşliği Faktörü
Δ_{IL}	Endüktans Dalgalanma Akımı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Gittikçe artan dünya nüfusu, sanayileşme ve teknolojiye bağlı olarak enerjiye olan ihtiyaç da artmaktadır. Enerji tüketiminin ekonomik gelişme ve refah artışıyla doğrusal ilişkisi vardır. Günümüzde çoğu yerde kullanım alanı bulan enerji, daha çok elektrik enerjisi kullanımı ile ön plana çıkmaktadır. Elektrik enerjisi üretimi için 1850’li yıllardan başlayıp 20. yy’ a kadar katlanarak gelen fosil enerji kaynakları vardır [1]. Fakat gerek fosil yakıt rezervlerinin hızla azalması gerek çevreye verdiği zararlardan dolayı rüzgâr, güneş, dalga, hidrolik gibi alternatif enerji kaynakları arayışına başlanmıştır. Bu alternatif enerji kaynakları temiz, doğa dostu ve kendilerini sürekli yenileyebilmektedir.

Şekil 1.1’ de Türkiye’ deki enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı gösterilmektedir. Grafikteki değerlere bakıldığında doğalgaz, linyit, kömür vb. kaynakların kullanımı azalmaya, güneş, rüzgâr, hidrolik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ise gittikçe artmaya başlamıştır. Güneş’e ait değerler sırası ile 1643,4 MWh, 5425,9 MWh ve 7007,02 MWh’ tir [2].



Şekil 1.1. Türkiye’ de enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında uygulama olarak kolaylığı bakımından güneş enerjisi ön plana çıkmıştır ve üzerinde birçok araştırma çalışmaları halen yapılmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde güneş enerjisi teknolojileri iki başlıkta toplanabilir; ısı güneş teknolojileri ve güneş hücreleri [3]. En yaygın kullanılan teknoloji güneş hücreleridir, Fotovoltaik pil (FV) olarak da adlandırılan bu yarı iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirmektedir. Fotovoltaik piller yapısal olarak küçük değerde gerilim ve akım üretirler, dolayısıyla bir pilden elde edilen güç küçük olur. Bu güç değerini artırmak için Fotovoltaik piller seri-paralel bağlanarak Fotovoltaik panel oluşturulur. Büyük güçlü sistemlerin kurulumu için de bu FV panellerin seri-paralel kombinasyonu yapılarak FV dizin elde edilir.

Fotovoltaik pillerin verimi çevresel koşullara göre değişir. FV pilden elde edilen akım ve gerilim, sıcaklık ve gün ışığına bağlı olarak gün içerisinde değişkenlik gösterir, dolayısıyla üretilen güç de değişir. FV pillerin/panellerin karakteristiği güç-gerilim ve akım-gerilim grafikleri üzerinden incelenir. Akım-gerilim arasındaki ilişki nonlineer yani doğrusal değildir. Homojen ışınım altında güç-gerilim eğrisinde tek bir maksimum güç noktası oluşur. FV panellerden en iyi şekilde yararlanmak için değişen sıcaklık ve gün ışığı altında bu maksimum güç noktasını tespit etmek önemlidir. Maksimum güç noktası takibi için literatürde birçok çalışma yapılmıştır.

Fakat son yıllarda üzerinde sıklıkla durulan panellerde kısmi gölgelenme konusu da önem arz etmektedir. FV pillerden panel üretiminde gölgelenme sorununa çözüm bulabilmek için bypass diyotlar kullanılmaktadır. Homojen ışınım olmadığında bypass diyot aktifleşerek akımın akmasını sağlar fakat bypass diyotun etkisinden dolayı güç-gerilim eğrisinde birden fazla güç noktası oluşur, bu güç noktalarından biri küresel, diğerleri yereldir. FV panellerde verimin yüksek olması için küresel maksimum güç noktasının yakalanması ve panelin o noktada çalıştırılması gerekir. Kısmi gölgelenme konusu ile ilgili olarak hem maksimum güç noktasının takibi hem de gölgelenmeden dolayı oluşan sorunların azaltılması için literatürde çalışmalar mevcuttur.

Güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi ile beslenen sistemlerde mevsimsel, gece ve gündüz oluşuna göre güç değişmektedir ve her zaman yüke istenilen güç değeri sağlanamayabilir. Bunun için hibrit sistemler veya yedekleme üniteleri önerilir. Hibrit sistem olarak daha çok rüzgâr enerjisi ile birlikte kullanımı görülmektedir. Yedekleme ünitesi olarak da aküler kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, FV panellerde gölgelenmenin etkisi incelenmiş ve maksimum güç noktası takibi için hibrit bir algoritma sistemi, güç kaybını kısmi olarak azaltmak için de akü kullanımı önerilmiştir. Belirlenen güç kapsamında oluşturulan FV dizinin şebeke bağlantılı modeli Matlab/Simulink programında oluşturulmuştur. Algoritma olarak gölgelenme durumundaki başarısı göz önüne alınarak sezgisel optimizasyon algoritmaları tercih edilmiştir. Bu optimizasyon algoritmalarından yaygın olarak kullanılanlar; genetik algoritmalar, sürü zekası algoritmaları, yapay sinir ağlarıdır. Bu tez kapsamında yapılan literatür araştırması sonucu sürü zekası algoritmalarından simbiyotik organizma arama (SOA) optimizasyon algoritması ile balina optimizasyon algoritması hibrit kullanılmıştır. Maksimum güç noktası takibinde kontrol değişkeni olarak gerilim, akım ve dönüştürücünün doluluk-boşluk oranı alınmaktadır. Kontrol değişkeni olarak gerilim ve akım kullanıldığında bir de denetleyiciye gerek duyulmakta ve bu da sistemi kompleks yapmaktadır. Bu yüzden algoritmada kontrol değişkeni dönüştürücünün doluluk-boşluk oranı olarak alınmıştır. Kullanılan hibrit algoritma ile küresel maksimum güç noktası minimum sürede ve yüksek verimle elde edilmesi hedeflenmiştir. Aynı zamanda gölgelenmeden dolayı oluşan güç kaybını kısmi olarak azaltmak için iki panele anahtarlama yolu ile akü bağlantısı yapılmıştır. Akü bağlı olan panellerde gölgelenme olduğunda anahtarlama sayesinde aküler devreye girerek güç kaybının kısmi azaltılması sağlanmıştır.

1.2. Literatür Araştırması

Yenilenebilir enerji kaynaklarının popüler olmasından dolayı ve bu kaynaklardan verimin en yüksek elde edilebilmesi için maksimum güç noktası takibi yöntemlerine ilgi büyüktür. Literatürde birçok maksimum güç noktası takibi yöntemleri mevcuttur ve halen daha iyi sonuçlar alabilmek için çalışmalar yapılmakta ve yeni yöntemler de aranmaktadır. Genel olarak bu yöntemler sınıflandırıldığında, donanımsal değişiklikler ve algoritma ile arama yapma olarak tanımlayabiliriz. Bu tez kapsamında FV panellerde gölgelenme durumu analiz edilmiş ve Maksimum Güç Noktası Takibi (MGNT) yöntemi uygulanmıştır. Bu sebeple anlatılan çalışmalar da gölgelenme konusu üzerinde yapılan iyileştirmeleri kapsamaktadır.

[4-5] Numaralı çalışmalarda FV panellerin çevresel faktörler değiştiğinde verimlerinin düşmemesi için kullanılan dönüştürücü yapılarında yenilikler yapılmıştır. [4]

Numaralı çalışmada önerilen Zeta dönüştürücü ile [5] numaralı çalışmada önerilen Sepik dönüştürücü, gün ışığındaki değişimden etkilenmeden sabit çıkış gerilimi vermektedirler. Bu iki dönüştürücü yapısının yaygın kullanılan alçaltan dönüştürücü, yükselten dönüştürücülere göre avantajları; kısa oturma zamanı, titreşimli olmayan çıkış akımı ve uyarlanabilirliktir. Zeta dönüştürücü hem alçaltan hem yükselten durumda çalışabilmektedir, sepik dönüştürücü sadece yükselten durumda çalışır. Fakat dönüştürücülerin kontrolü zordur.

[6] Numaralı çalışmada, klasik bir değiştir-gözle algoritması kullanılmıştır. Literatürde basit yapısından dolayı en yaygın kullanılan yöntemdir. Değişen hava koşullarında ve gölgelenme durumlarında, fazla salınım yapması ve maksimum güç noktasını doğru tespit edememe gibi sorunlar ortaya çıkar. Bu yüzden tek başına kullanılması yetersiz kalmaktadır.

[7] Numaralı çalışmada geleneksel algoritmalarından değiştir-gözle ile artan iletkenlik algoritmalarının karşılaştırılması yapılmıştır. Artan iletkenlik algoritmasında maksimum güç noktasının tespiti için gücün gerilime göre türevine bakılır. Bu yüzden yazılımı daha komplekstir. Değiştir-gözle algoritmasında ise kontrol değişkenindeki küçük değişimlere göre gücün ve gerilimin bir önceki duruma göre değişimine bakılır. Elde edilen sonuca göre homojen ışınım altında değiştir-gözle algoritması, artan iletkenlik algoritmasına göre daha basit yapıda ve hızlı sonuç vermekte fakat salınım ve doğru maksimum gücü yakalayamama gibi dezavantajları vardır. Gölgeleme durumunda ise her iki algoritmanın da yerel maksimum güç noktasına takılma ihtimali olduğu için bu algoritmalara yenilikçi özellikler bulunmaya ve başka alternatif çözümler aranmaya başlamıştır.

[8] Numaralı çalışmada geliştirilmiş değiştir-gözle algoritması önerilmiştir. Bu çalışmada değiştir-gözle algoritması yapay arı kolonisi ile hibrit kullanılmaktadır. İlk aşamada yapay arı kolonisi kullanılarak küresel maksimum bulunur, ikinci aşamada değiştir-gözle kullanılarak yerel maksimumlar belirlenir ve bu sonuca göre dönüştürücünün doluluk-boşluk oranı ayarlanır. Sistemin Matlab/Simulink' te benzetimi gerçekleştirilmiştir. Önerilen bu çalışma geleneksel değiştir-gözle algoritmasına göre daha başarılı bulunmuştur ve sürekli durum osilasyonları daha azdır.

[9] Numaralı çalışmada da değiştir-gözle algoritmasına bir kontrol algoritması eklenerek gelişmiş değiştir-gözle olarak adlandırılmıştır. Kullanılan kontrol algoritması ile değiştir-gözle algoritmasında elde edilen tepe noktaların küresel maksimum nokta veya yerel maksimum nokta olduğu hesaplanır. Bu sonuca göre küresel maksimum güç noktası

doğru belirlenmiştir. Yapılan çalışmada ayrıca değiştir-gözle algoritması için sabit adımlı ve değişken adımlı olarak kontrol parametresinin değişimi incelenmiştir. Osilasyon ve güç kaybının az olması için değişken adım kullanılmasının daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

[10-14] Numaralı çalışmalarda gölgelenmenin etkisini en aza indirmek için farklı yöntemler önerilmiştir. Amaç paneller arasında fiziksel veya elektriksel konfigürasyon değişiklikleri yaparak her dizine homojen ışınım düşmesini sağlamaktır. Bu sayede gölgelenmeden dolayı oluşan güç kaybı azalmaktadır. Paneller arasında yapılan konfigürasyonlar; seri-paralel, petek örgü, toplam çapraz bağlı ve köprü bağlantı olarak adlandırılır. Bu yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte genel olarak bakıldığında verimlilik yüksektir fakat deneysel olarak maliyetlidir, gerçekleştirmesi zordur.

[15-19] Numaralı çalışmalarda son yıllarda ön planda olan optimizasyon algoritmaları MGNT amacıyla kullanılmıştır. Bu optimizasyon algoritmaları; parçacık sürüsü optimizasyonu [15], iek tozlanması algoritması [16], guguk kuşu algoritması [17], kedi sürüsü algoritması [18] ve yarası arama algoritmasıdır [19]. Daha birçok çeşidi olan optimizasyon algoritmalarının kullanılan parametre sayısı, yakınsama süresi, takip yeteneği açısından birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Genel olarak bakıldığında küresel arama yeteneklerinden dolayı gölgelenme durumlarında diğer yöntemlere kıyasla daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

[20] Numaralı çalışmada parçacık sürüsü optimizasyonu ile guguk kuşu optimizasyon algoritmasının karşılaştırılması yapılmıştır. Her iki algoritma da geleneksel algoritmalara göre daha başarılı sonuç vermesi ile birlikte oluşturulan gölgelenme senaryolarının hepsinde guguk kuşu algoritması parçacık sürüsü optimizasyon algoritmasına göre üstünlük sağlamakta ve maksimum güç noktasına daha hızlı ulaşmaktadır.

[21] Numaralı çalışmada evrimsel optimizasyon algoritmaları ile geleneksel MGNT algoritmalarının karşılaştırılması yapılmıştır. Evrimsel optimizasyon algoritmalarında maksimum güç noktası takibi için gün ışığı ve sıcaklık ölçen sensörlere ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu yönüyle ve gölgelenme durumunda takip yeteneğinden dolayı geleneksel algoritmalara göre daha başarılıdırlar. Optimizasyon algoritmalarındaki tek sorun hız problemi ve başlangıç koşullarıdır, bunu çözebilmek için de hibrit yapının önemi vurgulanmıştır.

[22] Numaralı çalışmada optimizasyon algoritmalarından havaifşek algoritması ile değiştir-gözle algoritmasının kombini yapılmıştır. FV sistem homojen ışımdayken maksimum güç noktasını bulmak için hızlı ve basit bir yapısı olduğundan dolayı değiştir-gözle algoritması kullanılmaktadır. Aksi durumda ise küresel arama yeteneğinden dolayı havaifşek algoritması kullanılmaktadır.

[23] Numaralı çalışmada gri kurt optimizasyon algoritması ile değiştir-gözle algoritması hibrit olarak kullanılmıştır. Gri kurt optimizasyonu, değiştir-gözle algoritması uygulanarak takip edilen MGNT' nin başlangıç aşamalarını tutar ve bu sayede küresel maksimum güç noktasına ulaşmak için daha hızlı bir yakınsama başarılı olur. Bu yöntemde gün ışığının eşit olduğu durumlarda sadece değiştir-gözle algoritması, gölgelenme durumunda hibrit gko-d&g algoritması kullanılmaktadır.

[24] Numaralı çalışmada maksimum güç noktası takibi için bulanık mantık-pid denetleyici kullanılmıştır. Denetleyici parametrelerinin kontrolü için de Büyük Patlama-Büyük Çöküş optimizasyon algoritması çevrimdışı olarak uygulanmıştır. Bu çalışma MGNT üzerinde etkili bir çözüm olmuştur fakat daha kompleks bir yapısı vardır.

[25-30] Numaralı çalışmalarda optimizasyon algoritmaları arasında en yaygın kullanılan parçacık sürüsü optimizasyonunun eklenen yenilikler ve diğer algoritmalar ile hibrit kullanımı vardır. Elde edilen sonuçlara göre hibrit kullanılan algoritmalar geleneksel kullanılan parçacık sürüsü optimizasyonunun dezavantajlarını kapatıp daha başarılı sonuç vermiştir.

[31-33] Numaralı çalışmalarda MGNT algoritmaları ile ilgili araştırma çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda optimizasyon algoritmalarının tek başına kullanımı, hibrit kullanımı ve geleneksel algoritmalara yenilikler katılarak geliştirilmeleri mevcuttur. Elde edilen sonuçlarda algoritmaların birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları belirtilmiştir. Sonuç olarak algoritmaların eksikliklerinin kapanması için hibrit olarak kullanımın ön plana çıktığı görülmüştür.

[34] Numaralı çalışmada MGNT yöntemi olarak yapay sinir ağı kullanılmıştır. Yapılan bu tez çalışmasında FV sisteme bir DA gerilim kaynağı bağlanmıştır. Ayrıca her bir FV modülde bypass diyotun bağlı olduğu her bir bölüme bir gerilim sensörü bağlanmıştır. DA gerilim kaynağı, maksimum güç noktasındaki gerilim değerlerinin her bir aralığındaki ortalama değerine ayarlanmıştır. Tez çalışması başarılı sonuçlar vermiştir fakat sensör kullanımı çok fazladır dolayısıyla maliyetli bir durum ortaya çıkar.

Bu tez çalışmasında, FV sistemlerde gölgelenme durumunda küresel maksimum güç noktası takibi için literatürde kullanılmamış olan simbiyotik organizma arama (SOA) algoritması ile balina optimizasyon algoritması (BOA) hibrit olarak kullanılmıştır. SOA algoritması tek başına kullanıldığında küresel maksimum güç noktasına ulaşır fakat minimum sürede bu gücü elde etmek hedefler arasında olduğu için bazı gölgelenme durumlarında küresel maksimum güç noktasını bulamamaktadır. Bu nedenle algoritma, literatür araştırmalarına göre başarılı bir sonuç veren balina optimizasyon algoritması ile hibrit olarak kullanılmıştır. Optimizasyon algoritmasının ilk kısmında balina optimizasyon algoritması çalışarak simbiyotik organizma arama algoritması için başlangıç pozisyonları üretir. Bu şekilde her gölgelenme durumu için küresel maksimum güç noktası, minimum sürede doğru ve yüksek verimle elde edildi. Aynı zamanda sistemde yenilik olarak akülerin kullanım amacı değiştirilmiştir. Akü sayısı maliyet analizi de göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Aküler sistemde kullanılan birkaç panele anahtarlama ile paralel olarak bağlanmıştır. Bu şekilde panel gölgelendiğinde devre dışı kalarak yerine akü girer. Aynı zamanda aküler için şarj-deşarj yönetimi de uygulanmıştır.

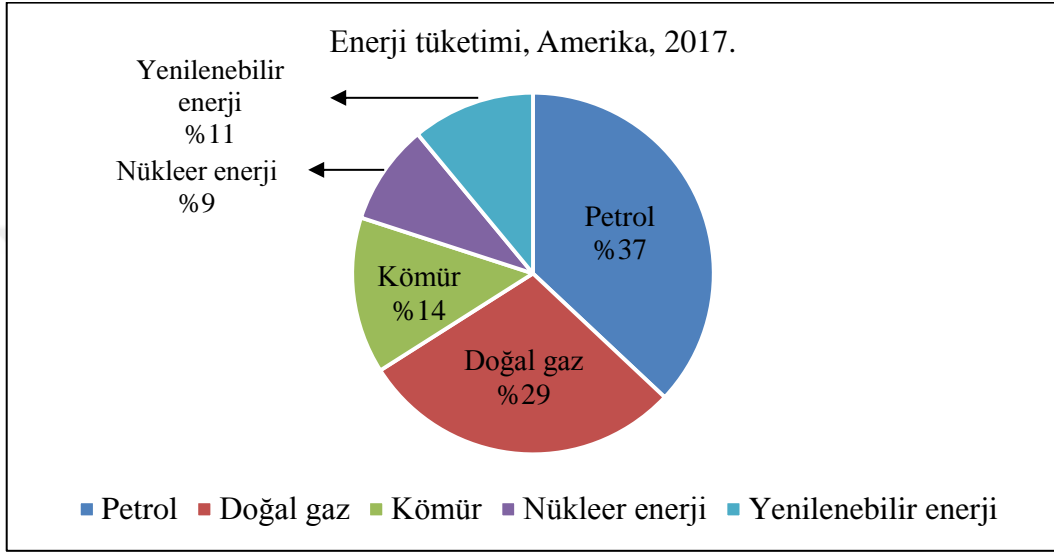
1.3. Yenilenebilir Enerji

Enerjinin hayatımızdaki yeri gün geçtikçe artmaktadır. Enerji üretimi için ön planda olan fosil yakıtlar yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır ve çevre dostu değildirler. Fosil yakıtların kullanımı küresel ısınma ve hava kirliliğini daha tehlikeli duruma getirmiştir. Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlar milyonlarca yıl önce yaşayan bitki ve hayvan artıklarının toprak altında kalması ile oluşur ve yenilenmeleri uzun yıllar aldığı için yenilenemez enerji kaynakları olarak ifade edilir [35].

Enerji ile refah yaşam arasında doğrusal bir ilişki olduğu için enerji üretiminde alternatif çözümler aranmaya başlanmıştır. Bu alternatif çözüm doğa dostu, temiz ve doğada kısa sürede kendi kendine yenilenebilen enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek; hidrolik enerji, rüzgâr enerjisi, dalga enerjisi, jeotermal enerji ve güneş enerjisi.

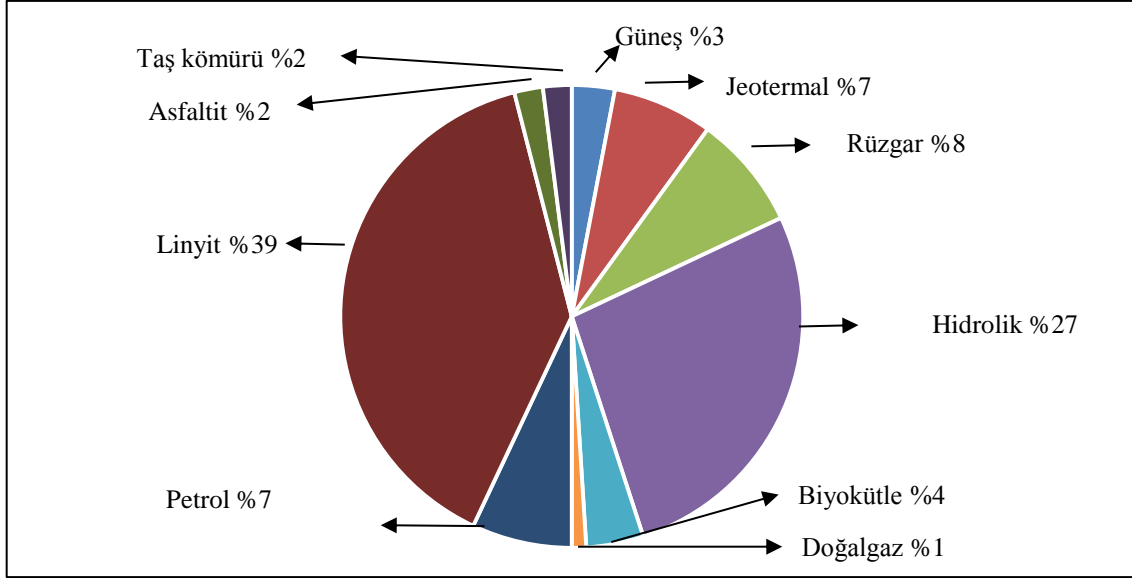
Dünya'da yenilenebilir enerji kullanımına bakıldığında, 1800'lerin ortasına kadar odun, 1800'lerin ortasından günümüze kadar da fosil yakıtlar başlıca enerji kaynakları olmuştur. Bununla birlikte 1990'larda yenilenebilir enerji de kullanılmaya başlanmış, en yaygın kullanılanları hidrolik ve biyokütle olmuştur. Gün geçtikçe yenilenebilir enerji

kaynaklarının, özellikle rüzgâr ve güneş enerjisinin enerji tüketimindeki payı artmıştır. 2017 yılında alınan bir rapora göre, Amerika’da enerji üretiminin yaklaşık %17’si yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmakta ve 2050 yılına kadar yenilenebilir enerji tüketiminin artacağı ön görülmektedir. Şekil 1.2’de enerji tüketiminde kullanılan enerji kaynaklarının yüzdelik dilimi verilmiştir [36].



Şekil 1.2. Amerika’da enerji tüketimi,2017

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynağı olarak diğer ülkelerden daha fazla potansiyele sahiptir. Bu potansiyel geç fark edilmesine rağmen ülkemiz bu konuda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Her geçen gün bu kaynakların kullanımı ile ilgili çalışmalar ve projeler artmaktadır. Türkiye’de en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları; rüzgâr, güneş, jeotermal enerjisidir. Türkiye’de 2013 yılında yenilenebilir enerjiden elde edilen üretim dünya ortalamasının üzerindedir. Ön görülen hedefe göre 2023 yılında elektrik üretiminin %22’si hidroelektrikten %16’sı da diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanacaktır. Rüzgâr enerjisinin 20 GW seviyelerine, güneş enerjisinin de 5 GW’ a çıkması hedeflenmektedir. 2015’ten sonra ülkemizde elektriğin %32, 5’ i yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir [37]. Şekil 1.3’ te 2016 sonu itibariyle Türkiye’de enerji üretiminin kaynaklara göre yüzdelik dağılımı verilmiştir [38].



Şekil 1. 3. Türkiye’de birincil enerji üretiminin yerli kaynaklar bazında dağılımı, 2016

1.3.1. Güneş Enerjisi

Güneş, dünyadaki enerji ve yaşam açısından büyük öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en fazla doğa dostu olan güneştir. Güneş’te meydana gelen füzyon olayı sonucu büyük miktarda elektromanyetik enerji yayar. Elde edilen enerji dünyaya azalarak ulaşır. Bunun sebepleri kat etmesi gereken yolun uzunluğu, belli miktardaki enerjinin uzaya geri yansımaları olarak söylenebilir [39].

Gezegenin yüzeyine ulaşan ışık miktarı tüm dünyanın yaklaşık olarak bir yıllık enerji ihtiyacını karşılayabilecek kadardır [40]. Tabii ki insanların kullanabileceği ışınım bu değerden farklıdır. Çünkü gelen ışınım, yeryüzünün konumuna, zaman değişimine ve atmosferdeki yansıma miktarına bağlıdır. Yeryüzünün konumu olarak ekvatora yakın alanlarda daha fazla güneş ışınımı olurken, uzak alanlarda daha az güneş ışınımı olmaktadır. Aynı zamanda gece ve gündüz durumu da alınan gün ışınımı miktarını değiştirir. Standartta coğrafi konuma bağlı olarak yeryüzüne ulaşan güneş ışınım değeri 1000 W/m^2 olarak kabul edilmektedir [39].

1.3.2. Güneş Enerjisi'nden Elektrik Üretimi

Güneş enerjisinden elektrik üretiminde kullanılan yöntemler, güneş enerjisini nasıl yakaladıklarına bağlı olarak aktif ve pasif olarak ayrılmaktadır. Pasif yöntemler, binanın güneşe yönlendirilmesi veya ışık dağıtma özelliğine sahip malzemeler seçilmesi olarak örneklendirilebilir. Aktif teknikler ise, ısı güneş teknolojisi ve güneş hücreleridir.

Isıl güneş teknolojisinde güneş enerjisi soğrulup ısı olarak aktarılır. Bu teknoloji uygulama alanı olarak daha çok evlerde görülmekte ve güneş enerjisi her zaman elektrik enerjisine dönüştürülmeyip ısınma ihtiyacını karşılamak için de kullanılır. Bu kullanım özellikle evlerde elektrik kullanmadan ısı sağlandığı için tasarruf sağlar [3].

Diğer bir yöntem olan güneş hücreleri, fotoelektrik reaksiyondan faydalanarak doğrudan elektrik enerjisi üretirler. Güneş hücreleri daha yaygın bilinen adı ile FV piller, yarı iletken malzemelerden üretilmekte ve bu malzemenin seçimi de pilin verimliliğini etkilemektedir. Aynı zamanda pilin verimliliğini etkileyen diğer faktörler sıcaklık ve ışınım gibi çevresel faktörlerdir. Sıcaklığın artması verimi olumsuz yönde etkilerken, ışınımın artması ise olumlu etkiler.

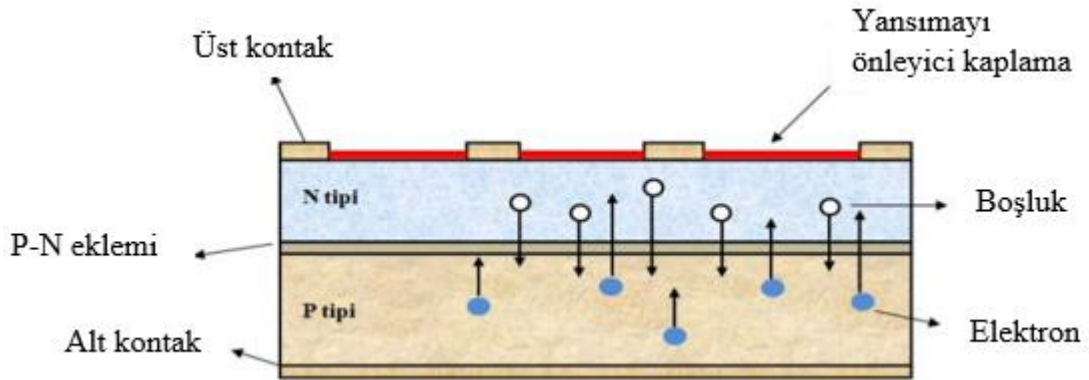
Güneş enerjisinden elektrik üretiminde kullanılan en yaygın yöntem Fotovoltaik sistemlerin kurulu güç karşılaştırması Tablo 1.1' de verilmiştir [38]. Güneş enerjisi üretim ve depolama teknikleri üzerinde yapılan gelişmeler sonucu Fotovoltaik sistemlerin kurulum maliyetleri düşmüştür ve bu konudaki yatırımlar artmaktadır [41].

Tablo 1.1. Ülkelerin 2015 ve 2017 yıllarında FV sistem kurulu güç karşılaştırması

Ülke	Güneş FV Sistem Kurulu Güç 2015 (MW)	Güneş FV Sistem Kurulu Güç 2017 (MW)	Toplam Elektrik Üretimi 2015 (GWh)	Toplam Elektrik Üretimi 2017 (GWh)
Çin	43.050	131.000	25.007	108.200
ABD	25.540	51.000	24.603	77.965
Almanya	39.634	42.394	36.056	39.996
Japonya	33.300	49.000	26.534	62.343
İtalya	18.910	18.910	22.319	25.215
Fransa	6.549	6.549	5.909	9.245
Türkiye	249	3.400	17	2.720
Dünya	222.360	399.613	223.948	442.600

1.4. Fotovoltaik Piller

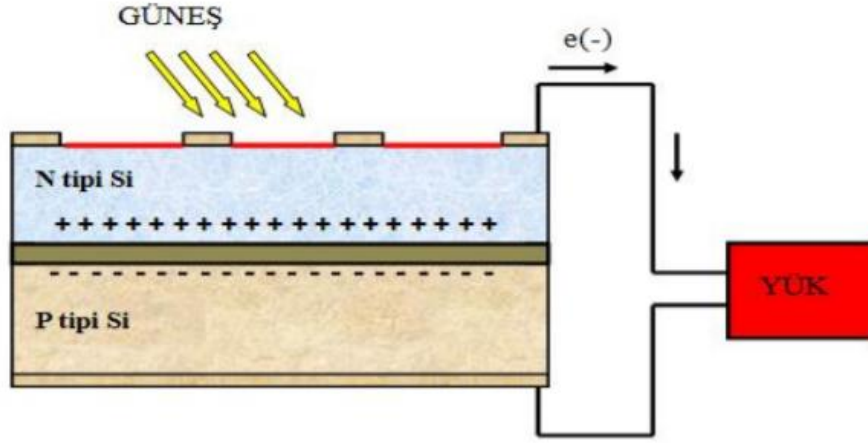
FV güneş pilleri güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilen cihazlardır. Güneş pillerinin üretiminde yaygın olarak kullanılan yarıiletken malzemeler; Silisyum, Galyum-Arsenit ve Bakır-Kadmium Sülfattır. FV pil yapı itibariyle diyota benzer. Yarıiletken bir diyot p ve n tipi iki yarıiletken malzemenin birleşiminden oluşur. Bu yarıiletken malzemeler birleştirilmeden önce eşit proton ve elektronlara sahiptir, birleştirildikten sonra ise n tipi malzemedeki elektronlar p tipine, p tipi malzemedeki delikler de n tipine akmaya başlar. Bir süre sonra n tipi malzeme net pozitif yüke, p tipi malzeme de net negatif yüke sahip olur. Bu durumda birleşme noktası kenarlarında oluşan küçük bir gerilim, daha fazla elektronun n tipinden p tipine akmasını önler. Sonuç olarak geçiş bölgesindeki tüm delikler ve serbest elektronlar bu bölgenin dışında kalır ve birleşim bölgesi oluşur [42]. Şekil 1.4’ te p-n birleşimli bir FV pilin fotoelektrik reaksiyonu verilmiştir [43]. Bir FV pilde p-n katmanlarına ait terminaller arasına iletken bir tel bağlanırsa güç üretimi gerçekleşmez fakat bir yük bağlanırsa güneş enerjisi bahsedilen fotoelektrik reaksiyonları geçirerek elektrik enerjisi üretir. Bu durum Şekil 1.5’ te gösterilmiştir [43]. P-N birleşim bölgesindeki taşıyıcılar çevresel parametrelerden etkilenir ve pilin ürettiği güç de buna bağlıdır.



Şekil 1.4. FV pilde fotoelektrik reaksiyonun gerçekleşmesi

FV pillerin üretiminde farklı malzemeler kullanılmakta ve genel olarak monokristal, polikristal ve ince film yapılı olarak ayrılırlar. Bu farklı yapıların verimlilik ve maliyet bakımından karşılaştırılması Tablo 1.2’ de verilmiştir. Kristal yapılı hücrelerin avantajı

verimlerinin yüksek olmasıdır fakat güneş ışınlarını yutma oranları düşüktür. İnce film yapıları hücrelerde ise güneş ışınlarını yutma oranı yüksek iken verimleri düşüktür [44].



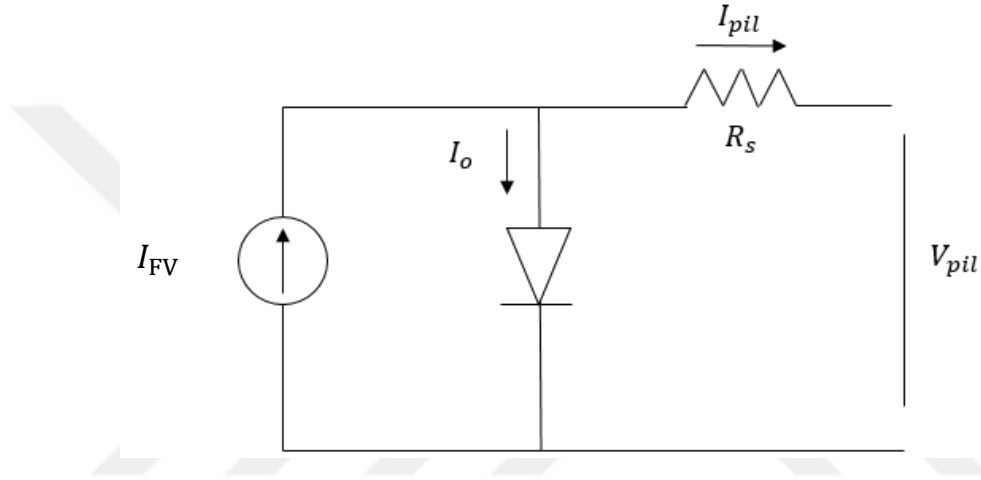
Şekil 1.5. FV pilden elektrik enerjisi üretimi

Tablo 1.2. FV pil üretiminde kullanılan malzemelerin karşılaştırılması

	Verim	Maliyet
Monokristal	%15-18	Üretiminde saf kristal gerektirdiği için pahalıdır.
Polikristal	%12-15	Üretiminde tam homojen olmadığı için monokristale göre daha ekonomiktir.
Amorf (a-Si)	%8-10	Üretim maliyeti yüksek fakat üretim süreci ucuzdur.
Kadmiyum tellür (CdTe)	%11-17	Üretim maliyeti düşüktür.
Bakır indiyum galyum diselenyum	%11-14	Üretim maliyeti yüksektir.

1.4.1. FV Pilin Elektriksel Karakteristiği

Literatürde FV pillerin elektriksel eş değer devresi ile ilgili birçok çeşit bulunmaktadır. Temel olarak bir FV pil devresi akım kaynağı, diyot ve dirençlerden oluşur. Bu tez çalışmasında basit eş değer devre olarak adlandırılan model esas alınmıştır. Basit eş değer devre modeli Şekil 1.6' da verilmektedir. Devrede kirchoff akım kanunu uygulandığında elde edilen denklemler aşığıda verildiği gibidir [45].



Şekil 1.6. Basit eş değer devre

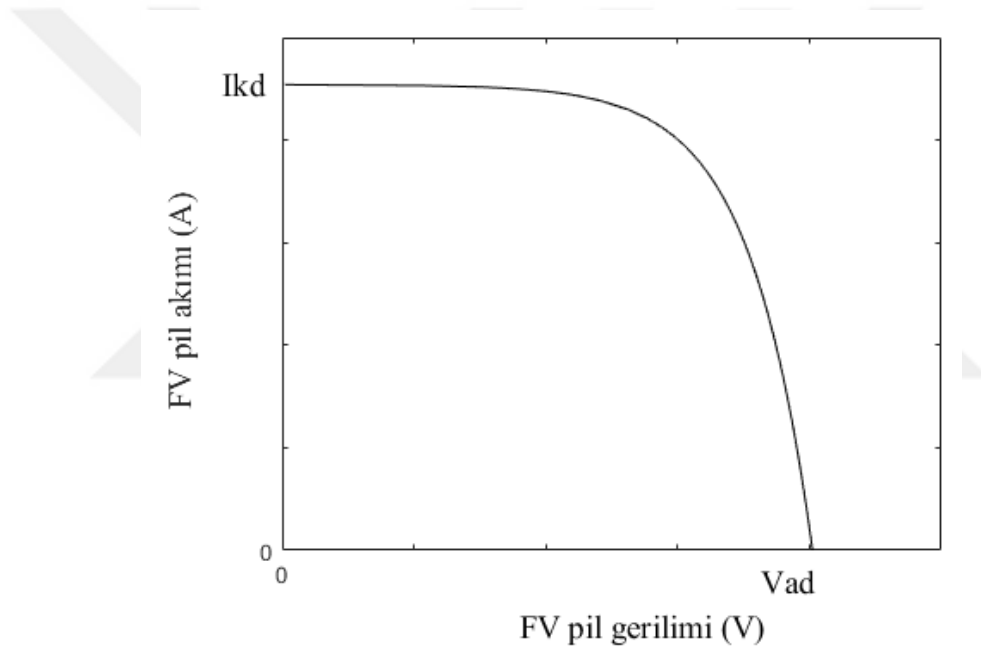
$$I_{pil} = I_{FV} - I_o \quad (1.1)$$

$$I_{pil} = I_{FV} - I_o \times \left\{ \exp \left[\frac{q}{k \times A \times T_{ref}} \times (V_{pil} + R_s \times I_{pil}) \right] - 1 \right\} \quad (1.2)$$

Bu denklemden pil gerilimi eşitlik (1.3)' teki gibi elde edilir. Burada, V_{pil} = pil gerilimi (V), I_{pil} = pil akımı (A), A = eğri uydurma faktörü, k = boltzmann sabiti (1.38×10^{-23}), T_{ref} = standart koşulda sıcaklık (K), q = elektron yükü (1.602×10^{-19}), I_{FV} = Güneş' ten gelen fotoakım (A), I_o = diyot ters doyma akımı (0.01 A), R_s = seri direnç (0.002 Ω) olarak ifade edilmektedir.

$$V_{pil} = \frac{A \times k \times T_{ref}}{q} \times \ln \left(\frac{I_{FV} + I_o - I_{pil}}{I_o} \right) - R_s \times I_{pil} \quad (1.3)$$

Standart koşulda FV pillerin akım-gerilim karakteristiği Şekil 1.7’ de verildiği gibidir. FV pillerin akım ve gerilimi doğrusal olmayan bir ilişkiye sahiptir. Karakteristiğe bakıldığında yükün uçları açık devre iken açık devre gerilimi, yükün uçları kısa devre iken ise kısa devre akımı elde edilir. Kısa devre akımı ve açık devre geriliminde panelin gücü sıfıra yakındır. Eğri üzerindeki diğer noktalarda yüke bağlı olarak gerilim ve akım değerleri oluşur ve bir noktada maksimum gücü veren akım ve gerilim bulunur, bu noktalar I_{mp} ve V_{mp} olarak adlandırılır. FV pillerden elde edilen bu gerilim ve akım değerleri sıcaklık ve gün ışığına göre değişmektedir. Bu çevresel parametrelerin etkisi eşitlik (1.4-1.7)’de verilmiştir.



Şekil 1.7. FV pilin akım-gerilim karakteristiği

$$c_{TV} = 1 + \beta_T \times (T_{ref} - T_x) \quad (1.4)$$

$$c_{TI} = 1 + \frac{\gamma_T}{S_{ref}} \times (T_x - T_{ref}) \quad (1.5)$$

$$c_{SV} = 1 + \beta_T \times \alpha_S \times (S_x - S_{ref}) \quad (1.6)$$

$$c_{SI} = 1 + \frac{1}{S_{ref}} \times (S_x - S_{ref}) \quad (1.7)$$

Burada;

c_{TV} = gerilimi etkileyen sıcaklık katsayısı

c_{TI} = akımı etkileyen sıcaklık katsayısı

c_{SV} = gerilimi etkileyen gün ışığı katsayısı

c_{SI} = akımı etkileyen gün ışığı katsayısı

β_T = gerilimi etkileyen sıcaklık faktörü

γ_T = akımı etkileyen sıcaklık faktörü

α_S = gün ışığı faktörü

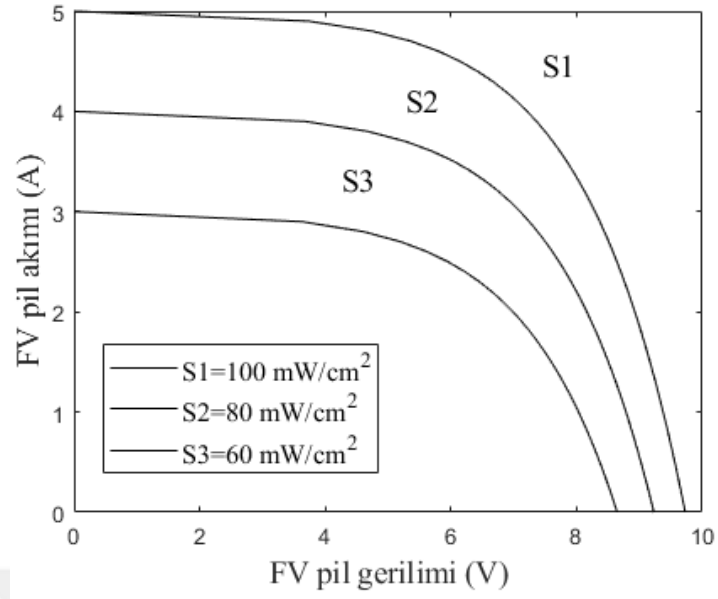
T_x = değişken sıcaklık (K)

T_{ref} = standart koşulda sıcaklık (K)

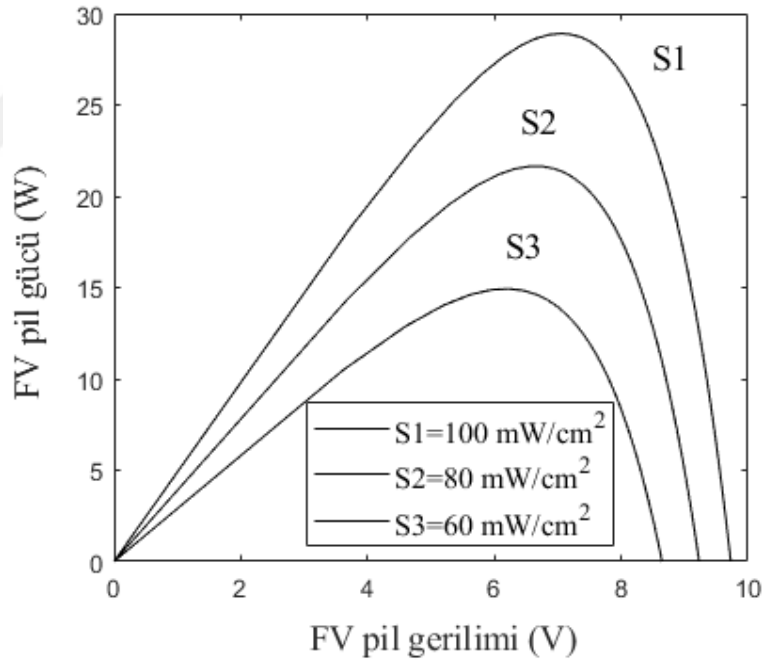
S_x = değişken gün ışığı (W/m^2)

S_{ref} = standart koşulda gün ışığı (W/m^2) olarak ifade edilmektedir.

Çevresel faktörlerden dolayı değişen gerilim ve akım gücü de değiştirir. Şekil 1.8' de verilen grafiklerde akım, gerilim ve gücün gün ışığı ile değişimi gösterilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi gün ışığının azalması akım değerini de azaltmaktadır, gerilim değerinde akıma göre daha az bir değişim görülmektedir. Akım değeri gün ışığıyla doğru orantılı olduğu için gün ışığının artması gücü artırırken azalması da gücü azaltır. Şekil 1.9' da verilen grafikte ise akım, gerilim ve gücün sıcaklıkla değişimi verilmiştir. Grafiğe bakıldığında sıcaklık arttıkça gerilimin büyük oranda azaldığı, akımın ise çok az değiştiği görülmektedir. Yani gerilim sıcaklık ile ters orantılıdır, sıcaklığın artması gerilimi düşürür dolayısıyla güç de azalır.

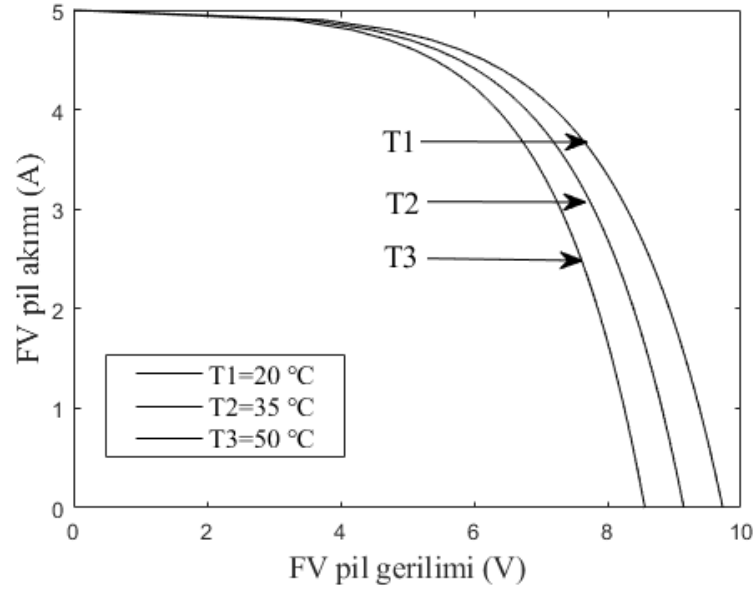


a)

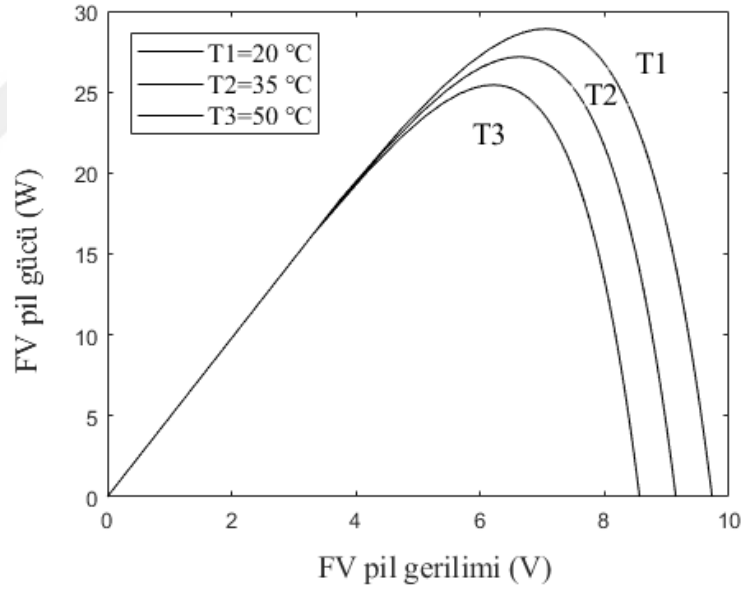


b)

Şekil 1.8. FV pilin akım, gerilim ve gücünün gün ışığı ile değişimi



a)



b)

Şekil 1.9. FV pilin akım, gerilim ve gücünün sıcaklık ile değişimi

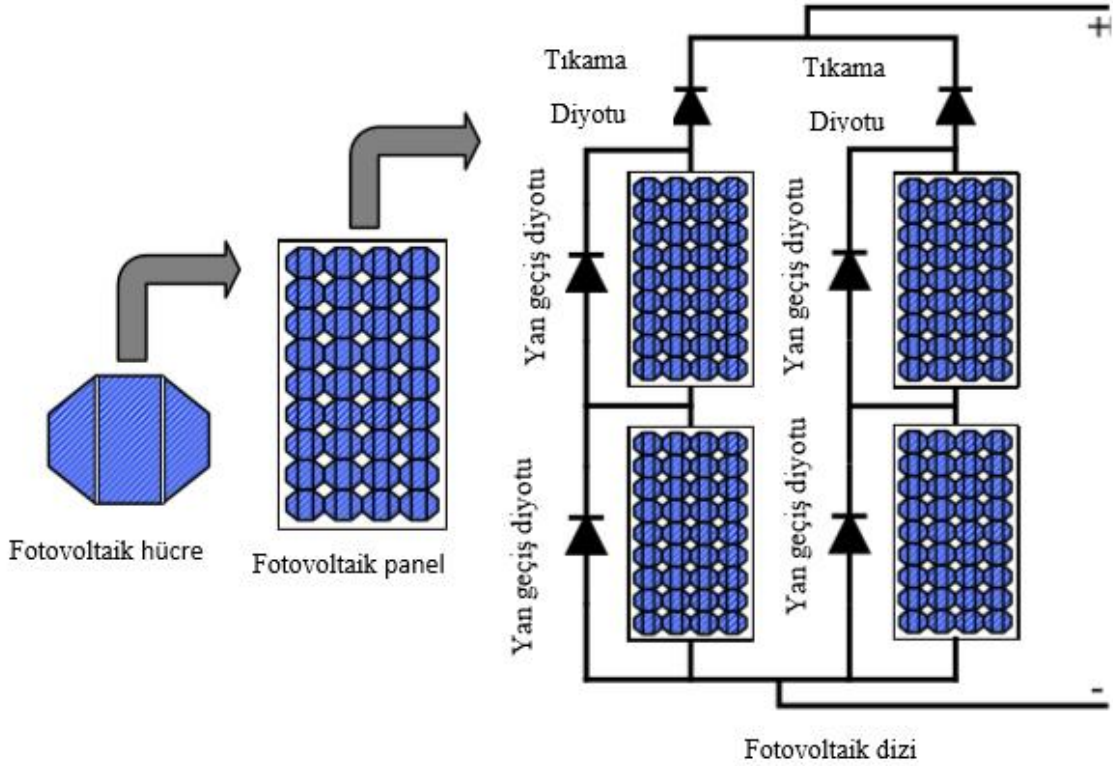
FV pillerden elde edilen gerilim ve akım değerleri oldukça küçüktür. Pillerden elde edilen güç değerini artırmak için FV hücreler seri-paralel bağlanarak FV paneller elde edilir. Devreden geçen akım yükseltmek isteniyorsa paralel kol sayısı (N_p) artırılır, gerilim

yükseltmek isteniyor ise seri bağlı kol sayısı (N_s) artırılır, her iki durumda da elde edilen güç artar. Daha büyük güçlü sistemlerin kurulumu için de paneller seri-paralel bağlanarak FV dizin elde edilir. Şekil 1.10' da FV hücre-panel-dizin oluşumu verilmiştir [46]. Bu duruma ilişkin matematiksel ifadeler eşitlik (1.8-1.10)' da verildiği gibidir [45].

$$I_{panel} = I_{pil} \times N_p \quad (1.8)$$

$$V_{panel} = I_{pil} \times N_s \quad (1.9)$$

$$P_{panel} = I_{panel} \times V_{panel} \quad (1.10)$$

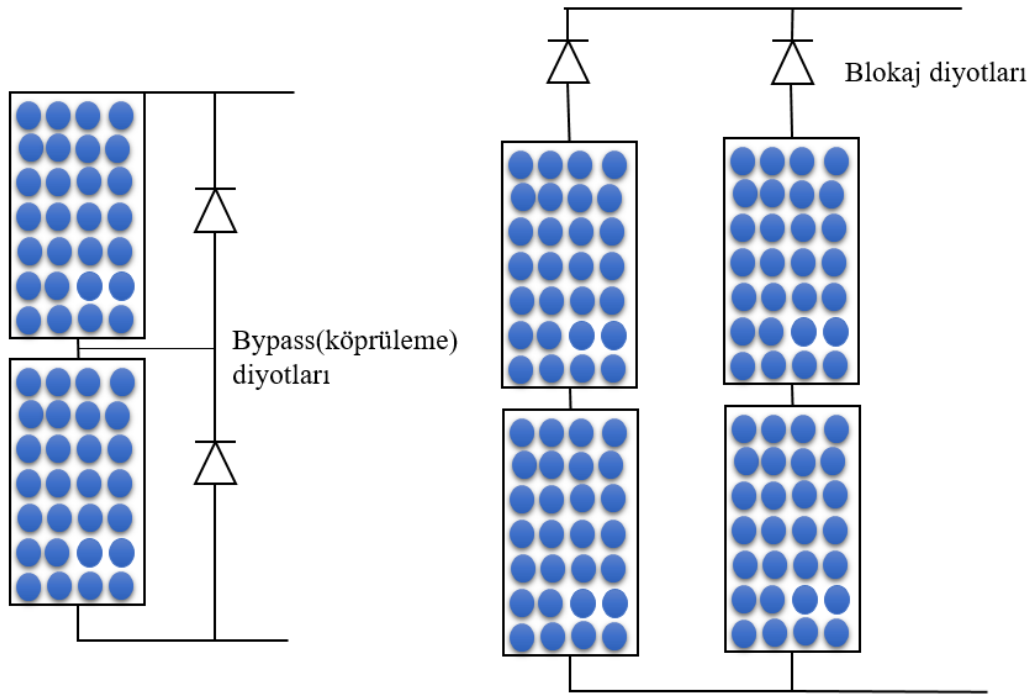


Şekil 1.10. FV pillerden panel/dizin oluşumu

1.4.2. Kısmi Gölgeleme

FV panel/dizinlerde ağaçlardan, bulutlardan ve binalardan dolayı gölgeleme durumları meydana gelir. Gölgeleyen hücre veya panel üzerinden akım akmaz, bir yük gibi davranıp gölgelemeyen panellerden güç çeker, bu da güç kaybına sebep olur ve sıcak nokta oluşumuna yol açar. Bu durumda FV sistemlerden elde edilen verim oldukça azalır.

Bu problemi çözmek için günümüzde panellerin tasarımı yapılırken bypass diyotlar kullanılmaktadır. Panellere paralel şekilde bağlanırlar, gölgelenme olduğu zaman ilettime geçerler ve akım diyot üzerinden akar. FV dizin oluşturulurken paneller paralel bağlandığı durumda da gölgeli panelin diğerlerinden akım çekerek ters akım oluşturmasını önleyen diyotlar vardır, bunlar da blokaj diyot olarak adlandırılır [47]. Şekil 1.11’ de bu diyotların kullanımı gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Bypass ve blokaj diyotları

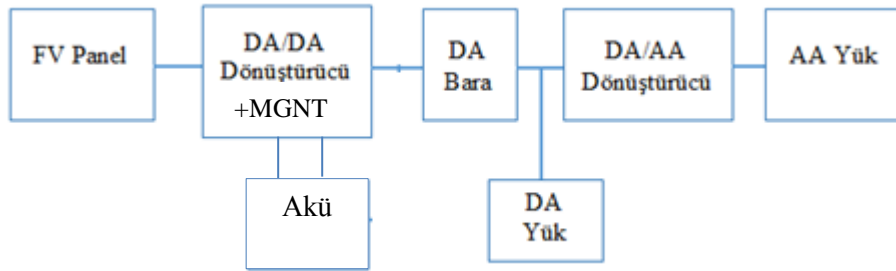
Bu çözüm ile verimleri biraz yükseltileen FV panellerde hala verimin düşük olması söz konusudur. Bunun sebebi ise kullanılan bypass diyotlarının güç-gerilim eğrisinde birden fazla güç noktası oluşturmasıdır. Bu güç noktalarından biri küresel, diğerleri yerel güç noktalarıdır. FV panellerden en iyi şekilde yararlanmak için küresel olan maksimum güç noktasının elde edilmesi gerekir. Son birkaç yıldır bu konu üzerinde birçok çalışma yapılmaktadır.

1.5. Fotovoltaik Sistemler

FV sistemler şebeke bağlantısız ve şebeke bağlantılı olarak kullanılmaktadır. FV sistemler genel olarak FV panel/dizin, DA/DA dönüştürücü, DA/AA dönüştürücü ve yük/şebeke' den oluşur. FV panel/dizin' in gücünün yetmediği durumlar göz önüne alınarak yedekleme üniteleri veya hibrit sistemler kullanılabilir. Bu sistemler hakkında açıklamalar alt başlıklar halinde verilmiştir.

1.5.1. Şebeke Bağlantısız Fotovoltaik Sistemler

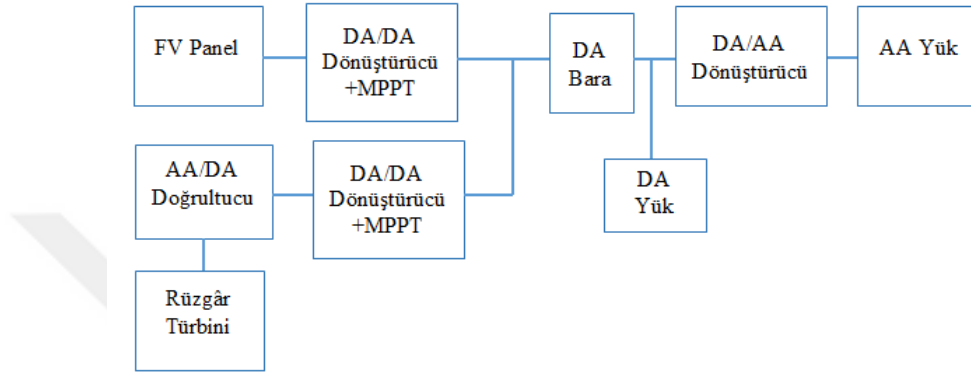
Şebeke bağlantısız FV sistemlerde başlıca bileşenler; FV panel/dizin, DA/DA ve DA/AA dönüştürücüler, maksimum güç noktası takibi (MGNT) ve DA/AA yüküdür. Sistemin genel yapısı Şekil 1.12' de verilmiştir. Sadece DA yükün beslendiği durumlar da olabilir, öyle bir durumda DA/AA dönüştürücüye gerek duyulmaz. FV paneller çevresel faktörlerden etkilendiği için bazı zamanlarda yüke istenilen gücü veremeyebilir. Bu nedenle FV sistemler çoğunlukla yedekleme ünitesi ile veya hibrit olarak kullanılmaktadır. Yedekleme ünitesi olarak aküler kullanılır, hibrit sistem olarak da genellikle rüzgâr enerjisi ile hibrit olduğu yapılar mevcuttur.



a)

Şekil 1.12-a'daki yapı incelendiğinde, FV panelden üretilen gerilim ve akım MGNT algoritmasına girerek panelden o anki koşulda elde edilebilecek maksimum gücü elde eder. Evirici girişine gelen DA bara geriliminin sabit olması gerekir, bunun için FV panelin çıkışı DA/DA dönüştürücüye sokularak istenilen gerilim seviyesi ayarlanır. Akü ile DA/DA dönüştürücünün çıkışı DA barasında birleşir ve DA yükü beslerler. Daha sonra sistemde AA yük var ise DA barasından gelen enerji DA/AA dönüştürücü ile AA' ya

dönüştürülür ve yük beslenir. Şekil 1.12-b' de ise FV sistem rüzgâr enerjisi ile hibrit yapılmıştır. Rüzgâr enerjisinin çıkışı AA' dir, bu yüzden öncelikle AA/DA dönüştürücü kullanılarak DA elde edilir. Elde edilen DA çıkış, evirici girişindeki gerilime ayarlanması için DA/DA dönüştürücüye sokulur. Gelen iki enerji DA barada birleşir ve bir önceki yapıda olduğu gibi gerekli dönüşümler yapılarak DA ve AA yük beslenir.



b)

Şekil 1.12. a) Şebekeden bağımsız FV sistem

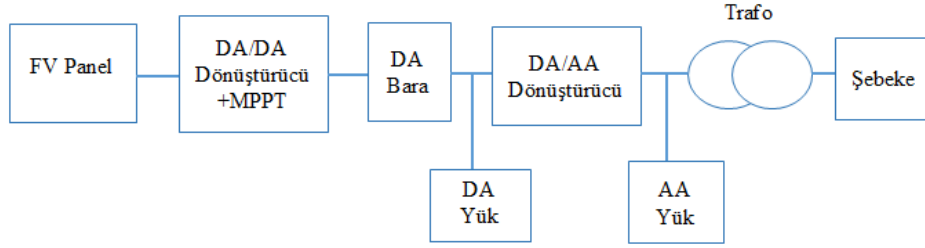
b) Şebekeden bağımsız hibrit sistem

1.5.2. Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistemler

Şebeke bağlantılı FV sistemlerde adından da belli olduğu gibi bir önceki yapıdan farklı olarak şebeke bağlantısı gerçekleştirilir. Bu sistemlerde ihtiyaca ve uygulama alanına bağlı olarak Watt seviyelerinden MegaWatt' a kadar FV panel/dizin kullanılmaktadır. Elde edilen güce göre şebeke bağlantılı FV sistemler sınıflandırılırsa;

- Küçük ölçekli FV sistemler = birkaç W ile birkaç on kW arasında
- Orta ölçekli FV sistemler= birkaç 10 kW ile birkaç 100 kW arasında
- Büyük ölçekli FV sistemler= birkaç 100 kW ile birkaç 100 MW arasındadır [48].

Şekil 1.13' te şebeke bağlantılı FV sistemin genel yapısı verilmektedir. Bu sistemde de şebeke bağlantısız FV sistemde olduğu gibi FV panelden elde edilen enerji gerekli dönüşümler sağlanarak yüklere ve şebekeye aktarılır. FV sisteme ek olarak aküler ve hibrit yapılar kullanılmaktadır. Şebeke bağlantılı yapılarda senkronizasyon gereklidir. Senkronizasyonun sağlanması için Faz kilitli çevrim (FKÇ) en yaygın kullanılan metottur.



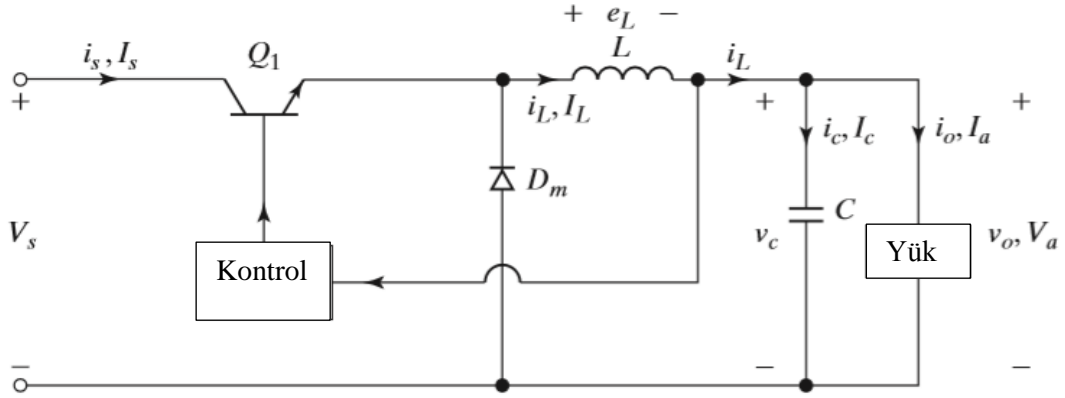
Şekil 1.13. Şebeke bağlantılı FV sistem

1.5.3. DA/DA Dönüştürücüler

DA/DA dönüştürücüler değişken bir DA geriliminden sabit DA gerilimi elde etmek amacıyla kullanılırlar. Temelde dört topolojisi vardır; alçaltıcı dönüştürücü, yükseltici dönüştürücü, alçaltıcı-yükseltici dönüştürücü ve cuk dönüştürücü devreleri. Bu devrelerde temel olarak endüktans, kapasite, anahtarlama elemanı ve DA yük bulunur. Anahtarlama elemanı olarak en yaygın kullanılanlar BJT, IGBT ve MOSFET' tir. Anahtarlama elemanlarının seçimi frekansa bağlı olmakla birlikte frekansın artmasının kayıpları artıracığı durumu da dikkate alınmalıdır [49].

1.5.3.1. Alçaltıcı Dönüştürücüler

Alçaltıcı dönüştürücüler girişindeki gerilimi küçülterek çıkışa verirler yani çıkış gerilimi giriş geriliminden her zaman düşük olur. İlgili devre topolojisi Şekil 1.14' te verilmiştir. Devrenin çalışması iki modda gerçekleşir. 1. Modda anahtar kapalı iken yani iletimdeyken diyot ters kutuplanır iletime geçemez, giriş kaynağından gelen akım endüktans, kapasite ve yük üzerinden akar. 2. Modda ise anahtar açıkken yani kesimdeyken giriş gerilimi devre dışı kalır. Endüktans' ta biriken enerji, yük, kapasite ve diyot üzerinden akar, diyot ileri yönde kutuplanır [49].



Şekil 1.14. Alçaltıcı dönüştürücü devre topolojisi

1.5.3.2. Yükseltici Dönüştürücüler

Yükseltici dönüştürücülerde çıkış gerilimi giriş geriliminden büyüktür. Yükseltici dönüştürücü devresi iki modda çalışır. 1.Modda anahtar iletimdedir, giriş kaynağından gelen akımı endüktans ve anahtar üzerinden geçer. Bu durumda diyot ileri kutuplanır fakat anahtar iletimdeyken uçları arası kısa devre olduğu için akım o yönde akar. 2. Modda anahtar kesimdedir. Bu sefer akım diyot, kapasite ve yük üzerinden geçer. Bu topolojiye ait devre şeması Şekil 1.15' te gösterilmiştir. Bu tez çalışmasında literatürdeki avantajlarına bakılarak yükselten dönüştürücü tercih edilmiştir. Dönüştürücü yapısına ait matematiksel denklemler de eşitlik (1.11-1.14)' te verildiği gibidir [49].

Anahtar t_1 süresince iletimde iken endüktans gerilimi;

$$V_s = L \times \frac{I_2 - I_1}{t_1} \quad (1.11)$$

Anahtar t_2 süresince kesimde iken endüktans gerilimi;

$$V_s - V_a = -L \times \frac{\Delta I_L}{t_2} \quad (1.12)$$

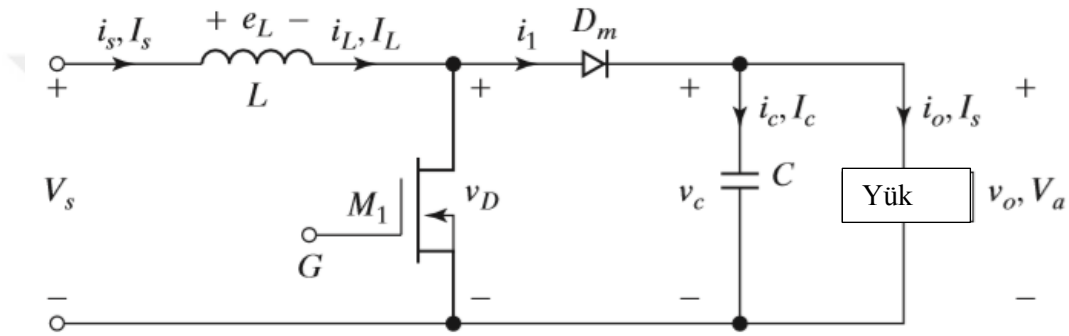
$\Delta I_L = I_2 - I_1$, endüktanstaki tepeden tepeye akım dalgalanmasıdır.

$t_1 = kT$, $t_2 = (1 - k)T$ ise buradan giriş gerilimi ve çıkış gerilimi arasındaki oran eşitlik (1.13)' teki gibi elde edilir.

$$\frac{V_a}{V_s} = \frac{1}{1-k} \quad (1.13)$$

Endüktans akımı ve kondansatör geriliminin sürekli olması için $\Delta I_L = 2 \times I_L$ koşulunun sağlanması gerekir. Bu koşuldaki endüktansın kritik değeri eşitlik (1.14)'teki gibi elde edilir.

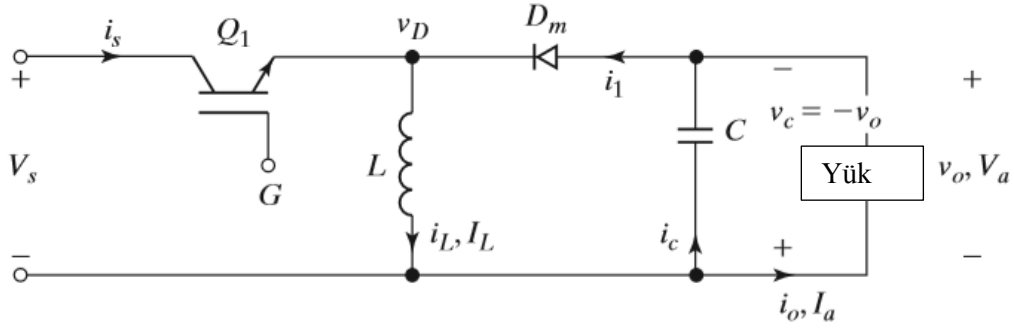
$$L_k = \frac{k \times (1-k)^2 \times R}{2 \times f} \quad (1.14)$$



Şekil 1.15. Yükseltici dönüştürücü devre topolojisi

1.5.3.3. Alçaltıcı-Yükseltici Dönüştürücüler

Alçaltıcı-yükseltici dönüştürücülerde çıkış gerilimi giriş geriliminden büyük veya küçük olur. Çıkış gerilimi ve giriş gerilimi ters yönlüdür. Devre topolojisi Şekil 1.16' da verildiği gibidir. Devrenin çalışması diğer dönüştürücüler gibi iki modda gerçekleşir. 1.Modda anahtar iletimdedir, giriş kaynağından gelen akım endüktans üzerinden akar, diyot ters kutuplanır. 2. Modda anahtar kesimdedir, endüktans üzerinde depolanan enerji kapasite, yük ve diyot üzerinden akar [49].



Şekil 1.16. Alçaltıcı-yükseltici devre topolojisi

1.5.4. Aküler

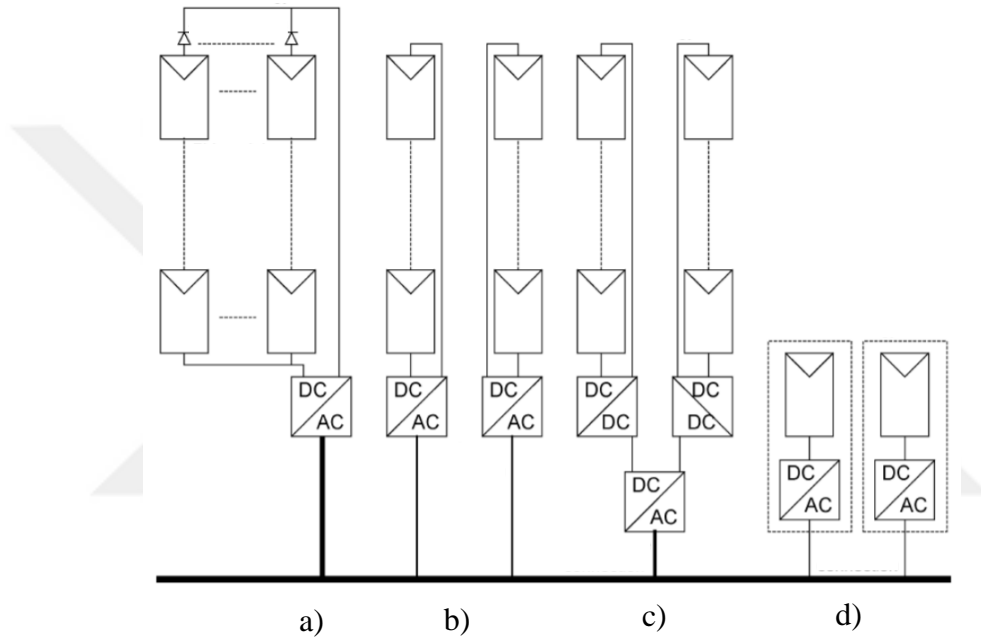
Akü elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürerek depo eden bir cihazdır. FV sistemlerde aküler yedekleme ünitesi olarak kullanılır. FV sistem yüke yeterli gücü sağlayamadığında akü deşarj olur yani yükü besler. Sistemden fazla enerji geldiğinde de akü şarj olur. Bu şekilde akünün şarj-deşarj yönetimi sağlanır.

Aküler metal cinslerine göre kurşun asit, nikel kadmiyum ve nikel demir olarak sınıflandırılır. Kurşun asit aküler de kendi içerisinde kuru ve sulu akü olarak iki kısma ayrılır. Kuru akülerde asit sızdırması olmadığı için güvenilirdir, kullanım ömürleri de uzundur [50]. Bu özellikleri ile sulu akülere göre daha avantajlı konumdadır. Akü seçiminde bakılan kriterler; sistemin gücü, akünün kapasitesi (Ah), fiyat performansı, kullanım ömrü ve bakım yapılma sıklığıdır.

1.5.5. DA/AA Dönüştürücüler

DA/AA dönüştürücüler doğru akım ve gerilimi alternatif akım ve gerilime çeviren güç elektroniği cihazlarıdır. Yaygın kullanılan adları eviricidir. Literatürde FV sistemler ile birlikte evirici kullanımında çeşitli topolojiler mevcuttur. Bu topolojiler Şekil 1.17'de verilmiştir [51]. Merkezi evirici topolojisi, maliyeti düşük ve basit bir yapıya sahip olduğu için çoğunlukla büyük güçlü sistemlerin kurulumunda tercih edilmektedir. Uyumsuzluk ve gölgelenme durumlarında tek bir evirici kullanıldığı için yükü besleyecek başka bir fırsat yoktur ve bu durum güç kaybına neden olur. Dizin evirici topolojisinde her bir dizinde evirici olduğu için gölgelenmeden dolayı oluşan güç kaybı azdır ve güvenli bir yapıdır,

fakat maliyeti yüksektir. Multi dizin evirici topolojisinde her bir dizinde DA-DA dönüştürücü vardır, bu durum MGNT' nin verimli olmasını sağlar. Fakat tek bir evirici olduğu için güvenliği azdır, maliyeti yüksektir. Son olarak mikro evirici topolojisinde her bir FV modüle evirici bağlanır. Bu yapıda uyumsuzluk kayıpları yoktur fakat kompleks bir yapı ve maliyet yüksektir [52]. Bu tez çalışmasında basit yapısından dolayı merkezi evirici tercih edilmiştir.



Şekil 1.17. Evirici topolojileri a) merkezi b) dizin c) çoklu dizin d) modül evirici

1.5.6. Maksimum Güç Noktası Takip Yöntemleri

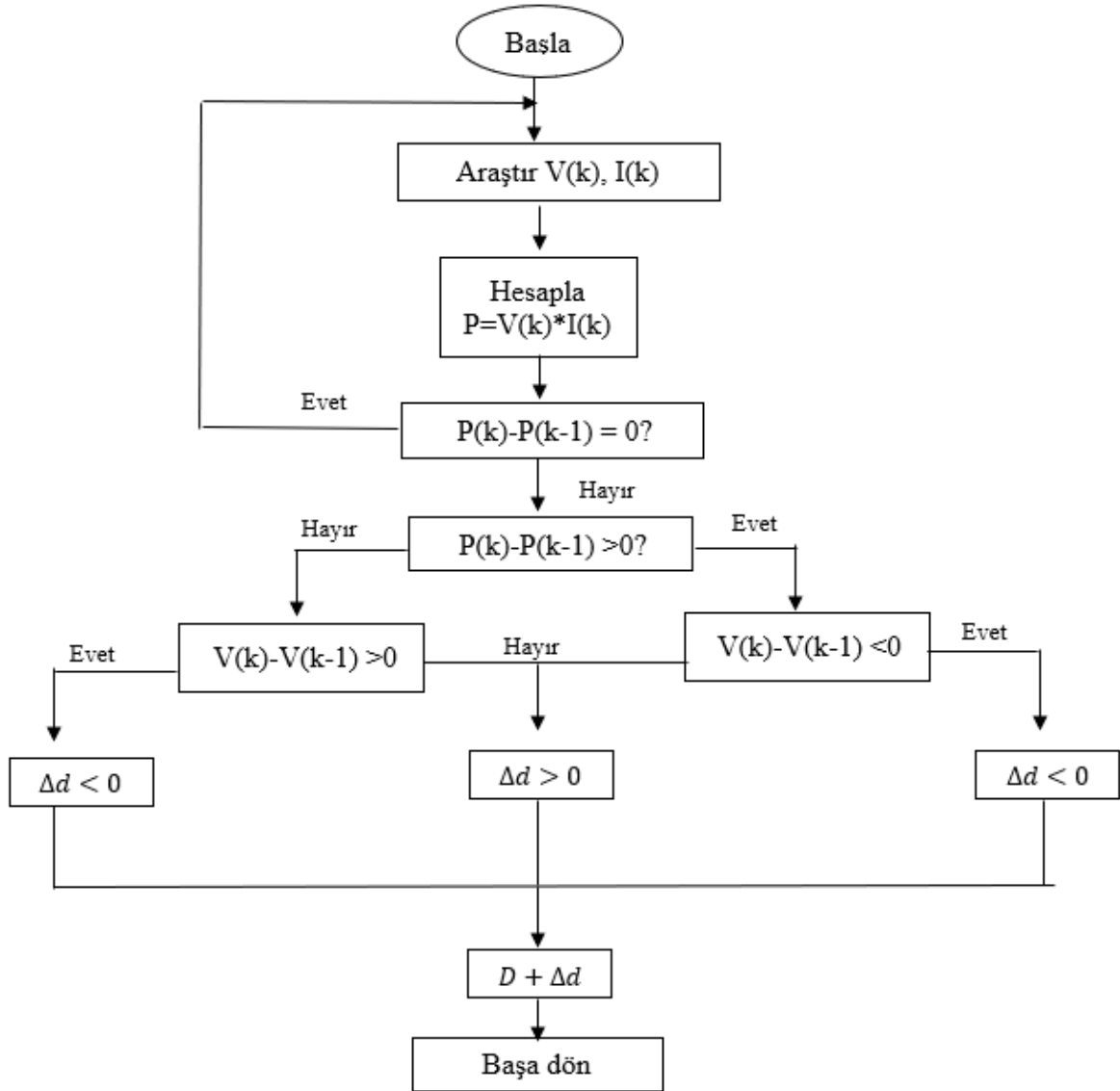
Maksimum güç noktasının belirlenmesi sistemlerden en verimli şekilde yararlanmayı sağlar. Özellikle çevresel faktörlerden etkilenen sistemler de maksimum güç noktası takibi büyük önem taşımaktadır. FV paneller de bu sistemlerden birisidir. FV panellerden elde edilen güç, sıcaklık ve gün ışığı faktörlerinden etkilenir. Bu durumda her koşulda farklı bir maksimum güç değeri verir. Aynı zamanda son zamanlarda konu olarak araştırması yapılan gölgeleme durumu da söz konusudur. Gölgeleme durumunda FV panellerin güç-gerilim karakteristiğinde birden fazla güç noktası oluşur, bunlardan birisi küresel diğerleri yerel maksimum noktadır. FV panellerden en iyi şekilde yararlanmak için küresel

maksimum güç noktasının bulunması gerekir. Bu konuda literatürde birçok çalışma mevcuttur ve günümüzde de halen gelişmeler devam etmektedir.

Fotovoltaik sistemlerde maksimum gücü elde edebilmek için hem yazılımsal olarak hem de donanımsal olarak çalışmalar vardır. Donanımsal olarak yapılan çalışmalara literatür taraması kısmında değinilmiştir. Bu kısımda yazılımsal olarak değiştir- gözle algoritması ile tez çalışmasında önerilen optimizasyon algoritması hakkında bilgi verilecektir.

1.5.6.1. Değiştir-Gözle (D&G) Algoritması

Değiştir-gözle algoritması basit yapısından dolayı literatürde en yaygın kullanılan MGNT algoritmasıdır. FV sistemlerde maksimum güç noktası takibinde akım, gerilim veya dönüştürücünün doluluk-boşluk oranı kontrol değişken parametresi olarak alınmaktadır. Değiştir-gözle algoritmasında uygulamalara bakıldığında çoğunlukla kontrol değişkeni olarak gerilim alınmıştır. Algoritmada ilk olarak FV panelden gelen gerilim ve akım değeri ölçülür ve güç hesaplanır. Daha sonra gerilimdeki küçük değişimler göz önüne alınarak ikinci güç değeri hesaplanır. Güç değerleri arasında bir fark oluşuyorsa bu sefer panel gerilimine bakılır, iki gerilim arasında da fark var ise maksimum güç noktasının değiştiği sonucuna varılır ve kontrol değişkeni parametresi ile eğri taranır, maksimum güç noktası bulunur. Bu algoritmaya ait akış şeması Şekil 1.18' de verilmiştir [7]. Kontrol değişkeni gerilim veya akım olarak alındığında DA/DA dönüştürücüye anahtarlama sinyallerinin iletilebilmesi için arada bir denetleyici kullanmak gerekir, bu da sistemi karmaşık yapar. Dönüştürücünün doluluk-boşluk oranı kullanıldığında ise dönüştürücüye doğrudan uygulama imkânı sağlar.



Şekil 1.18. Değiştir-gözle algoritması akış çizelgesi

Değiştir-gözle algoritması FV panellere homojen ışınım geldiğinde başarılı sonuç veren bir algoritmadır. Fakat FV panellerde kısmi gölgelenme olduğunda birden fazla güç noktası oluşur ve değiştir-gözle algoritmasının yapılan çalışmalar sonucunda yerel maksimum noktaya takılabildiği görülmüştür, bu da sistemin verimini azaltır [53]. Bu yüzden değiştir-gözle algoritmasının verimliliğini artırmak için yenilikçi yönler bulunarak geliştirilmiştir [8-9]. Aynı zamanda daha verimli sistemler için başka alternatif çözümler aranmaya başlanmıştır.

1.5.6.2. Optimizasyon Algoritmaları

Optimizasyon, bir problemde alternatifler içinden en iyisini seçme işlemidir. Optimizasyon için literatürde birçok çeşit vardır. En yaygın kullanılan optimizasyon algoritmaları sezgisel algoritmalarlardır. Bu algoritmalar da kendi içinde sürü bazlı ve evrim bazlı olarak ayrılmaktadır. Evrim bazlı algoritmalara en iyi örnek genetik algoritmalar, sürü bazlı algoritmalara örnek ise; parçacık sürüsü optimizasyonu, karınca koloni optimizasyonu vb. dir. Bu kısımda tez çalışmasında önerilen simbiyotik organizma arama optimizasyon algoritması ile balina optimizasyon algoritması hakkında bilgi verilecektir.

1.5.6.2.1. Simbiyotik Organizma Arama (SOA) Algoritması

Symbiosis birlikte yaşamak anlamına gelir ve ilk kez De Bary tarafından kullanılmıştır. Doğada farklı türlerin hayatta kalması için birlikte yaşamaları gerekir ve kurdukları bu ilişki Simbiyotik ilişki olarak ifade edilir. Kurulan simbiyotik ilişki ile türlerin değişen çevre şartlarına adapte olmaları kolaylaşır ve daha uzun süre hayatta kalma şansları artar. Doğada en yaygın görülen simbiyotik ilişkiler; mutualizm, kommensalizm ve parazitizmdir. Mutualizm ilişkisinde her iki tür de bu ilişkiden fayda görür, kommensalizmde bir tür fayda görürken diğeri etkilenmez, parazitizm ilişkisinde ise bir tür fayda görürken diğeri zarar görür.

Sezgisel algoritmaların temelinde doğa olaylarını taklit etmek vardır. SOA algoritması da bir önceki paragrafta bahsedilen simbiyotik ilişkileri taklit ederek en iyi organizmayı bulmaya çalışır. SOA algoritması diğer popülasyon bazlı algoritmalarda olduğu gibi öncelikle rasgele bir başlangıç popülasyonu üretir. Ürettiği bu popülasyonları amaç uzayında fitness değerini hesaplamak için kullanır. En iyi fitness değerini veren popülasyonu tutar ve bu popülasyon değeri en iyi organizma olarak adlandırılır.

SOA algoritması en iyi fitness ve en iyi organizma değerlerini belirlerken üç fazı göz önünde bulundurur; mutualizm fazı, kommensalizm fazı ve parazitizm fazı. Algoritmanın akış çizelgesi Şekil 1.19' da verilmiştir. Bu fazlara ait matematiksel ifadeler eşitlik (1.15)-(1.18) arasında verildiği gibidir [54].

Mutualizm fazında;

$$X_{i_{new}} = X_i + \text{rand}(0,1) \times (X_{best} - Mutual_{vector} \times BF_1) \quad (1.15)$$

$$X_{j_{new}} = X_j + \text{rand}(0,1) \times (X_{best} - Mutual_{vector} \times BF_2) \quad (1.16)$$

$$Mutual_{vector} = \frac{X_i + X_j}{2} \quad (1.17)$$

Kommensalizm fazında;

$$X_{i_{new}} = X_i + \text{rand}(-1,1) \times (X_{best} - X_j) \quad (1.18)$$

Burada;

X_i = ekosistemin i 'inci üyesine uyumlu olan bir organizma

X_j = X_i 'den rastgele seçilen bir organizma

X_{best} = en iyi organizma

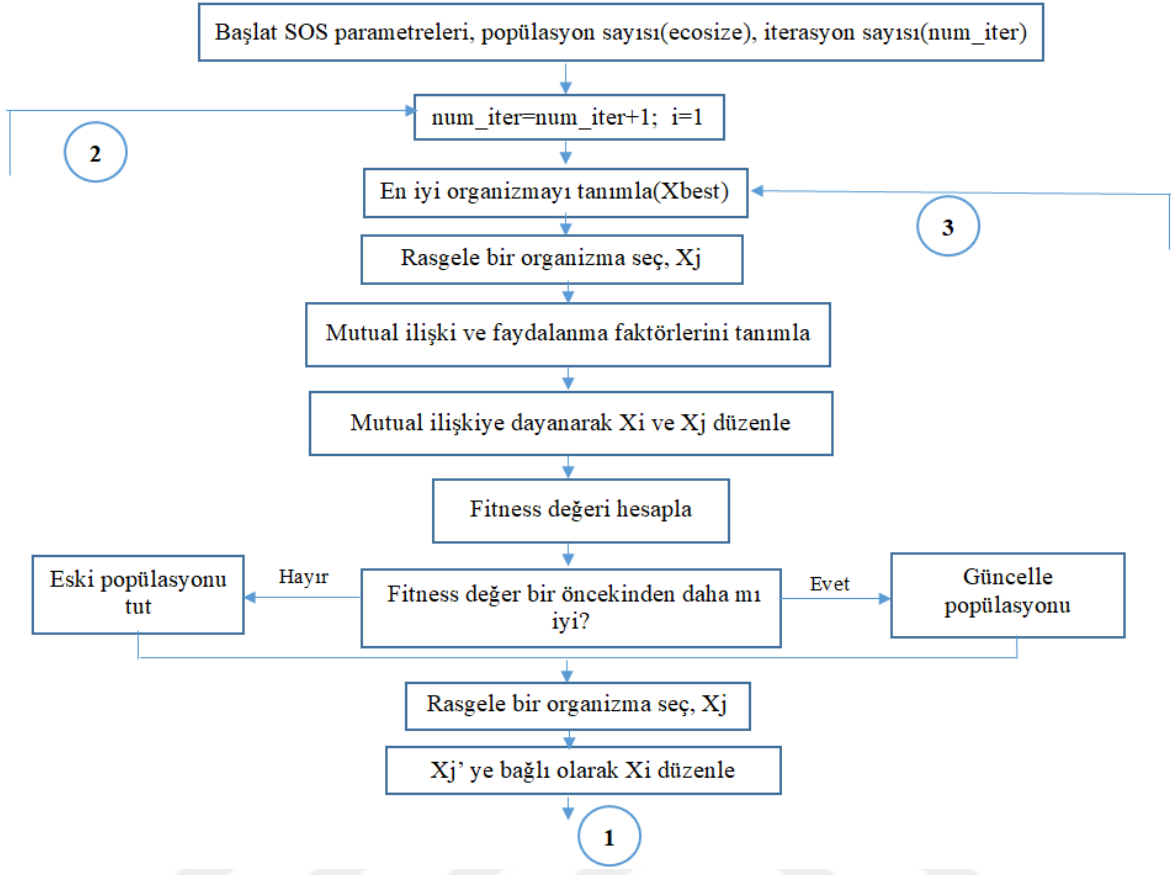
$X_{i_{new}}$ = X_i için yeni çözümler

$X_{j_{new}}$ = X_j için yeni çözümler

$Mutual_{vector}$ = organizmalar arasındaki ilişki karakteristiği

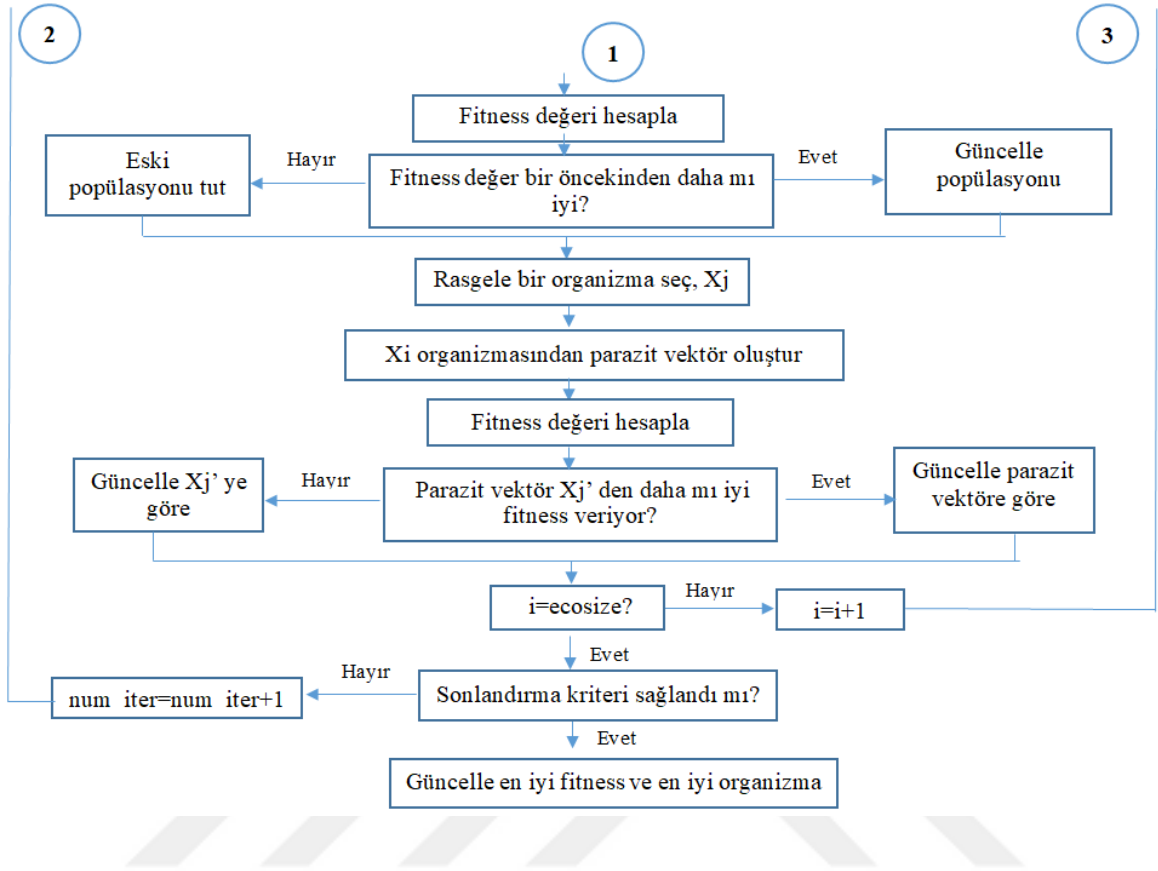
BF_1 = birinci organizma için fayda faktörü

BF_2 = ikinci organizma için fayda faktörü, olarak ifade edilmektedir.



Şekil 1.19. Simbiyotik organizma arama algoritması akış çizelgesi

Şekil 1.19'un devamı



1.5.6.2.2. Balina Optimizasyon Algoritması (BOA)

Balinalar memeli türleri arasında en büyükleri olarak kabul edilir ve gizemli türlerdir. Balinalar duygularıyla birlikte çok zeki hayvanlardır ve okyanus yüzeyinden nefes almaları gerektiği için beyinlerinin sadece yarısı uyur. Hof ve Van Der Gucht'a göre balinaların beyinlerinin belirli bir alanında bulunan iş hücreleri yetişkin bir insanınkinin iki katıdır. Balinaların zeki olması, öğrenebilmesinin sebebi budur. Balinaların bir diğer özelliği de sosyal davranışlarıdır. Diğer bir deyişle balinalar yalnız veya grup halinde yaşamaktadır ve çoğunlukla grup halinde yaşadıkları görülür.

Balina türleri arasında olan çubuklu balinaların en büyüklerinden biri kambur balinalardır. Kambur balinaların kendine özgü bir avlama yöntemleri vardır, bu yöntem bubble-net olarak adlandırılır. Kambur balinalar bir daire boyunca baloncuklar oluşturarak avlarını yakalarlar. Yapılan araştırmalar sonucu kabarcıklarla ilgili iki manevra olduğu tespit edilmiştir. İlk manevrada, balinalar yaklaşık 12 m aşağıya inerek avın etrafında spiral

şekilde kabarcık oluşturur ve yüzeye doğru çıkar. İkinci manevra ise mercan döngüsü, lobtail ve yakalama döngüsü olarak üç aşamadan oluşur.

Balina optimizasyon algoritmasında kambur balinaların bu özel avlama yöntemi baz alınarak matematiksel denklemler oluşturulmuş ve algoritma ortaya çıkmıştır. Algoritma üç aşamadan oluşur; av arama (keşif) aşaması, avı çevreleme ve kabarcıklar oluşturarak saldırma aşaması. İlgili matematiksel denklemler eşitlik (1.19) -(1.23) arasında verilmiştir [55].

Avı çevrelemede;

$$\vec{D} = |\vec{C} \times \vec{X}^*(t) - \vec{X}(t)| \quad (1.19)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}^*(t) - \vec{A} \times \vec{D} \quad (1.20)$$

Burada;

A ve C = katsayı vektörleri

t= iterasyon sayısı

X^* = her iterasyonda güncellenen en iyi çözüm vektörü

X= pozisyon vektörü

A ve C katsayı vektörleri aşağıda verildiği gibi hesaplanır.

$$\vec{A} = 2a \times r - a \quad (1.21)$$

$$\vec{C} = 2 \times r \quad (1.22)$$

r= 0 ile 1 arasında değişen rasgele bir vektör

a= 2'den 0'a doğrusal olarak azalan bir vektör

Saldırı aşamasında;

$$\vec{X}(t+1) = \left[\begin{array}{l} \vec{X}^*(t) - \vec{A} \times \vec{D} \quad \text{eğer } p < 0.5 \\ \vec{D}' \times e^{bl} \times \cos(2\pi l) + \vec{X}^*(t) \quad \text{eğer } p \geq 0.5 \end{array} \right] \quad (1.23)$$

Burada;

$D' = |X^*(t) - X(t)|$, balinanın ava olan mesafesi

$l = -1$ ile 1 arasında rasgele bir sayı

b = spiral şekli logaritmik ifade etmek için kullanılan bir sabit

$p = [0,1]$ arasında rasgele bir sayı, olarak ifade edilir.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

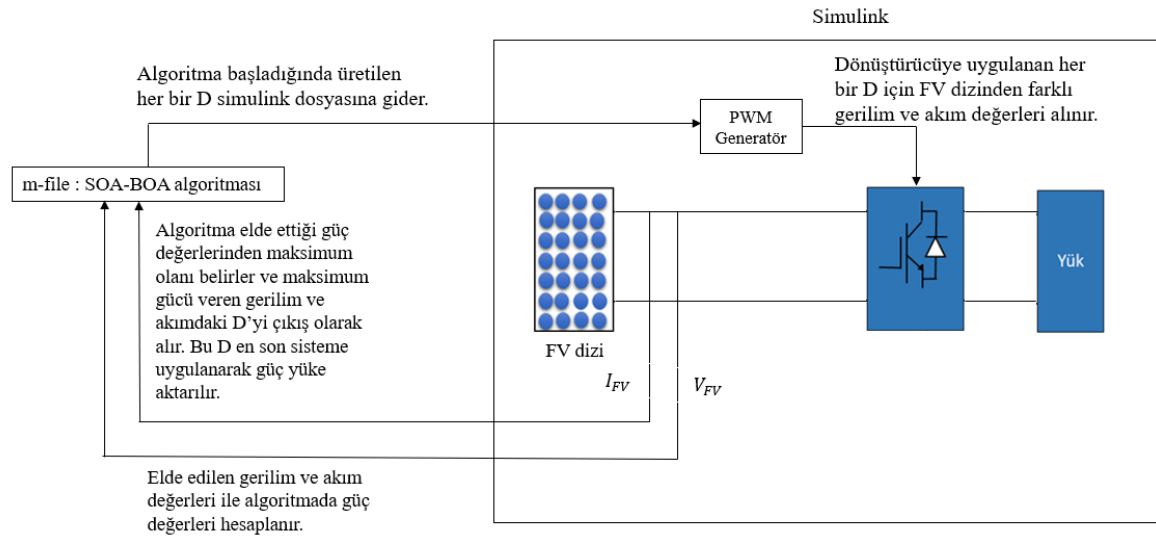
2.1. Giriş

Bu tez çalışmasında tasarlanan FV sistemin gölgelenme analizi şebeke bağlantılı model için incelenmiştir. FV panel modelinin oluşturulmasında [56] numaralı kaynak referans alınmıştır. 5 adet panel seri bağlanarak 1.2 kW'lık FV dizin oluşturuldu. Sistemin Matlab/Simulink' te benzetimi yapılarak gölgelenme durumlarında oluşan güç kaybını en aza indirmek için önerilen maksimum güç noktası takibi yönteminin yazılımı gerçekleştirilmiştir. Gölgeleme durumunun analiz edilmesi için iki senaryo oluşturulmuştur. Aynı zamanda bu çalışmada yedekleme ünitesi olarak kullanılan akülerin, oluşan güç kayıplarını azaltmak için kullanım amacı değiştirilmiştir. Akülerin ekonomik analizi de yapılarak 5 adet panelden 2' sine akü bağlantısı yapılmasına karar verilmiştir. Akülerin anahtarlama ile bağlı olduğu panellerde gölgelenme olduğunda paneller devre dışı kalıp yerlerine akü girmektedir, bu sayede güç kaybı kısmi olarak azaltılmıştır. Ayrıca önerilen optimizasyon algoritmasının geleneksel algoritmalarından değiştir-gözele algoritması ve literatürde yapılmış olan diğer optimizasyon algoritmaları ile karşılaştırılması yapılmıştır.

2.2. Önerilen SOA-BOA Algoritma Tabanlı MGNT

Bu çalışmada gölgelenme durumlarında maksimum güç noktası takibi için literatürdeki sonuçları göz önüne alınarak optimizasyon algoritması kullanımı tercih edilmiştir. Simbiyotik organizma arama optimizasyon algoritması literatürde bu konuda daha önce kullanılmamıştır. Optimizasyon algoritmalarında önemli parametreler popülasyon ve iterasyon sayılarıdır. Bu değerler ne kadar yüksek girilirse elde edilen fitness değerinin doğruluğu o kadar artar. Fakat bu durum hız problemini ortaya çıkarır. SOA optimizasyon algoritmasında hız problemini çözmek ve maksimum güç noktasını doğru bulabilmek için balina optimizasyon algoritması ile hibrit yapılmıştır. Bu optimizasyon algoritmasını MGNT amacıyla kullanırken FV dizinin çıkışına yükseltici DA/DA

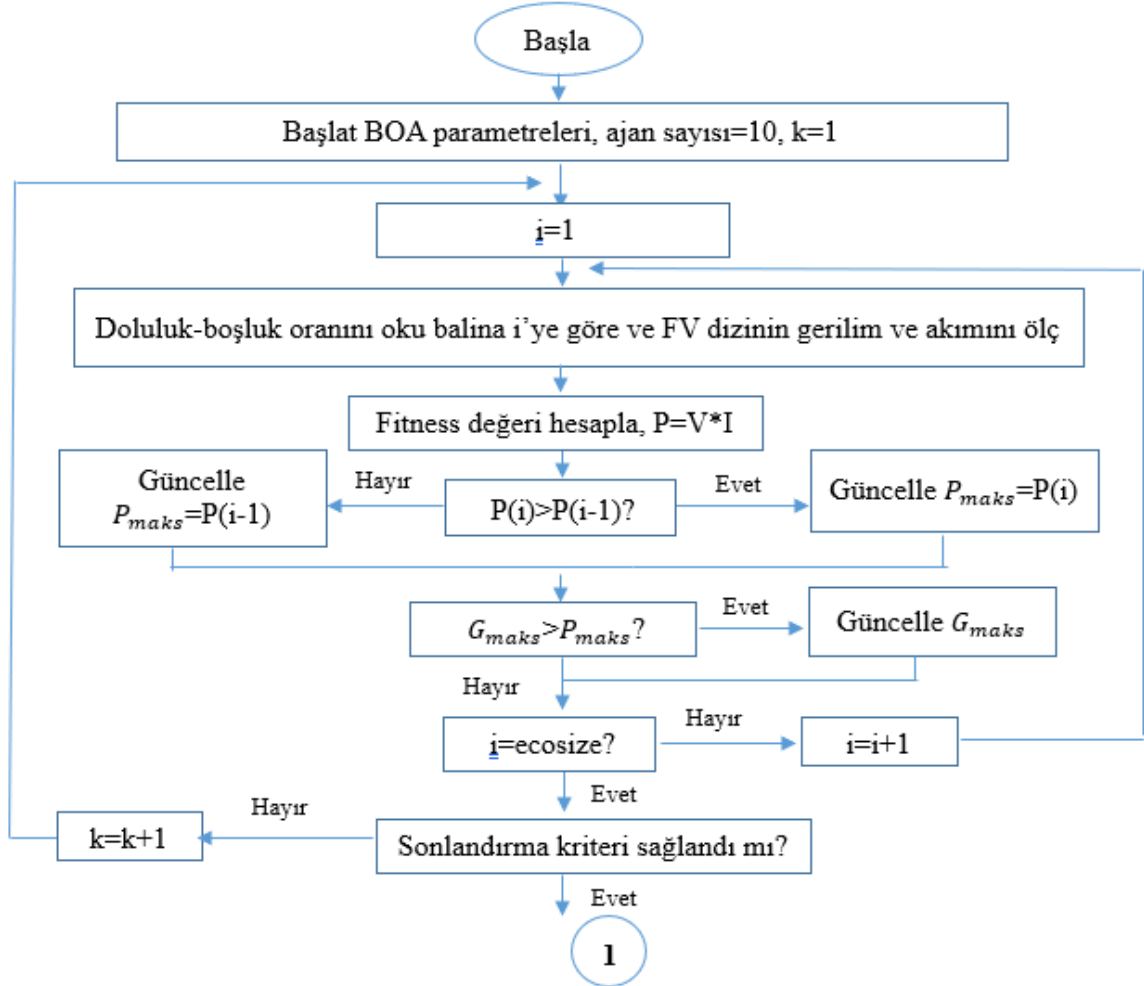
dönüştürücü bağlanmıştır. MGNT’ de doğrudan kontrol için kontrol değişkeni olarak dönüştürücünün doluluk-boşluk oranı seçilmiştir. Bu sayede sistemin kompleksliği azaltılmıştır. Kontrol değişkeni olarak alınan doluluk-boşluk oranının değişimi ile FV panelin çıkışındaki gerilim ve akım ölçülerek maksimum güç noktası takibi yapılır. Önerilen SOA-BOA optimizasyon algoritmasının maksimum güç noktası takibi için genel yapısı Şekil 2.1’ de verilmiştir.



Şekil 2.1. Önerilen algoritmanın MGNT için genel yapısı

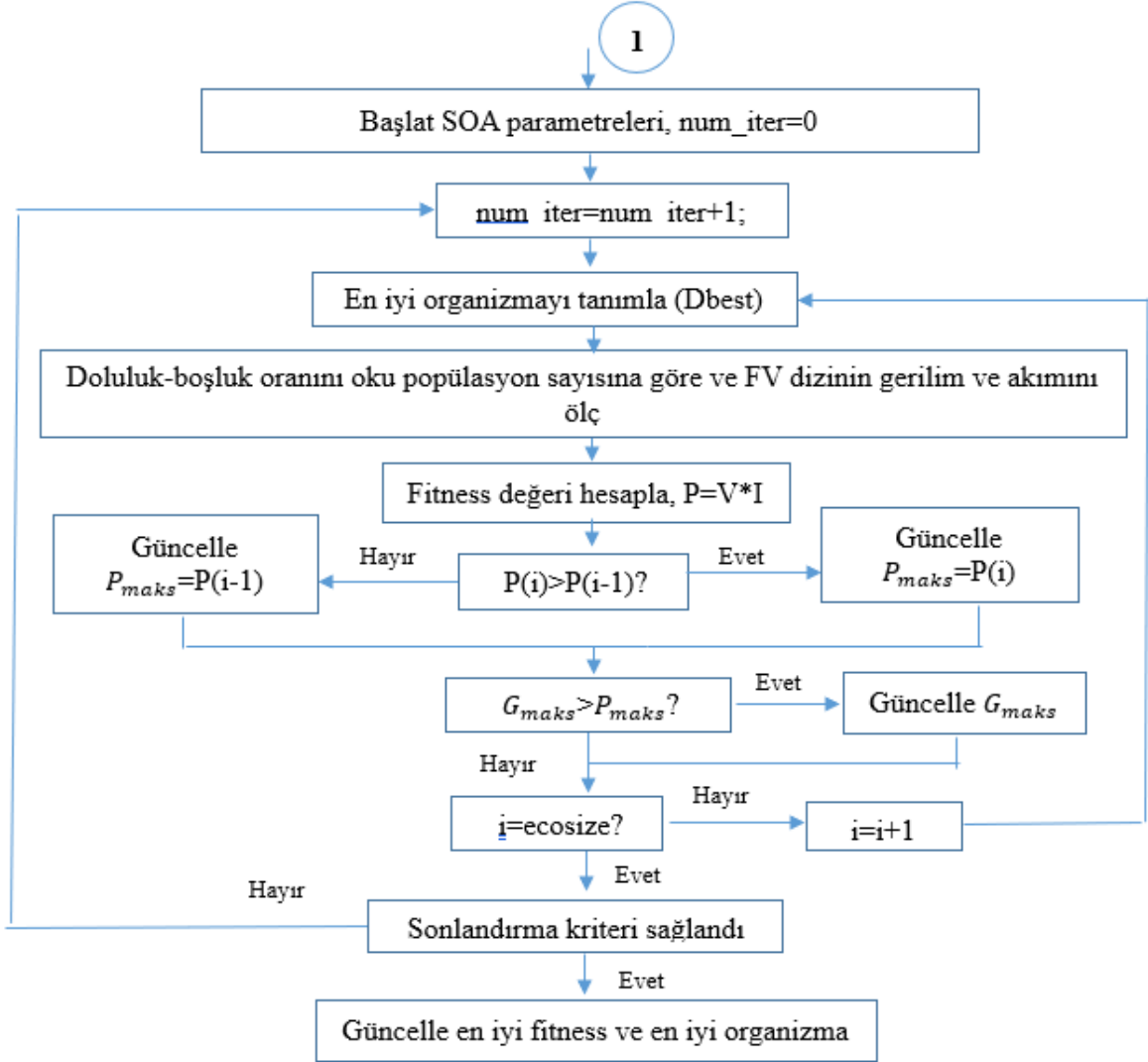
Önerilen SOA-BOA optimizasyon algoritması Matlab’ de modellenirken önemli olan iki parametre vardır; iterasyon sayısı ve popülasyon değişkeni. Optimizasyon algoritmalarında iterasyon sayısı veya popülasyon değişkeni ne kadar büyük olursa doğruluğunun artıp hızının yavaşladığından bahsedilmiştir. Bu tez çalışmasında doğru maksimum gücü minimum sürede elde etmek hedeflenmiştir. Bunun için iterasyon sayısı küçük değerde alınarak olabilecek minimum süre sağlanmış, hibrit yapı kullanılarak ise doğru maksimum güç elde edilmiştir. Hibrit olarak kullanılan BOA algoritması SOA algoritmasının başlangıç aşamalarını tutar ve bu sayede küresel maksimum güç her bir gölgelenme durumu için doğru bulunur. Algoritmada popülasyon değişkeni olarak yükselten dönüştürücünün doluluk-boşluk oranı alınmıştır. Doluluk-boşluk oranının alt sınır ve üst sınırı sırasıyla 0.1 ve 0.9’ dur. Amaç fonksiyonu küresel maksimum gücü bulmaktır, bunun için m-file kısmında oluşturulan algoritmada simulasyon dosyası

çağırılarak popülasyon değişkeninin her bir değeri için FV dizinin çıkışındaki akım ve gerilim ölçülür ve bu iki değer ile algoritmada tanımlanan amaç fonksiyonunda güç hesabı yapılır, hesapladığı güç değerini bir öncekiyle karşılaştırarak algoritma küresel maksimum gücü tutar ve çıkış olarak küresel maksimum gücü veren en iyi popülasyon değişkenini alır. SOA-BOA optimizasyon algoritmasının akış çizelgesi Şekil 2.2' de verilmiştir.



Şekil 2.2. SOA-BOA optimizasyonu algoritması akış çizelgesi

Şekil 2.2'nin devamı

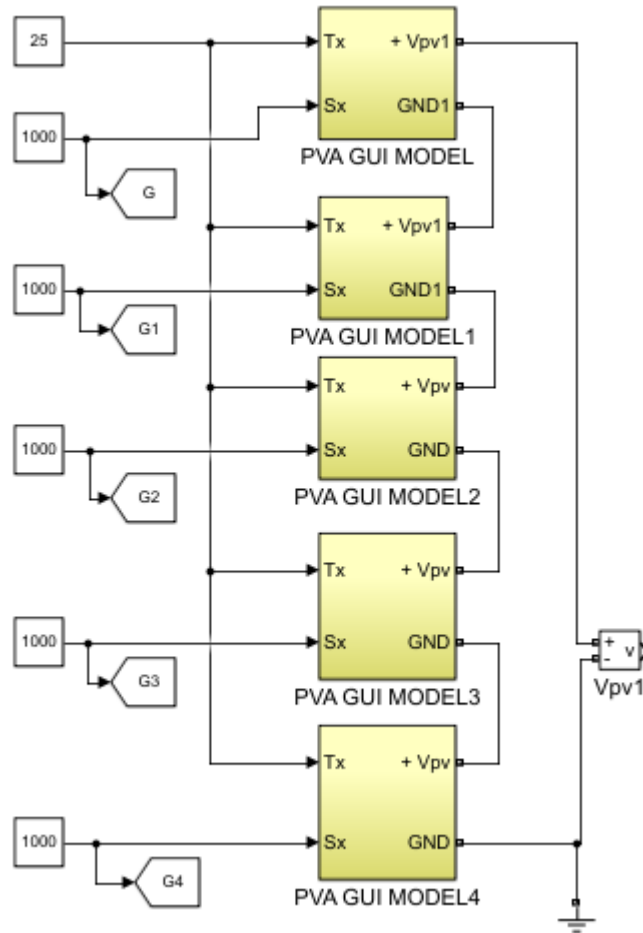


2.3. Matlab/Simulink Modelleri

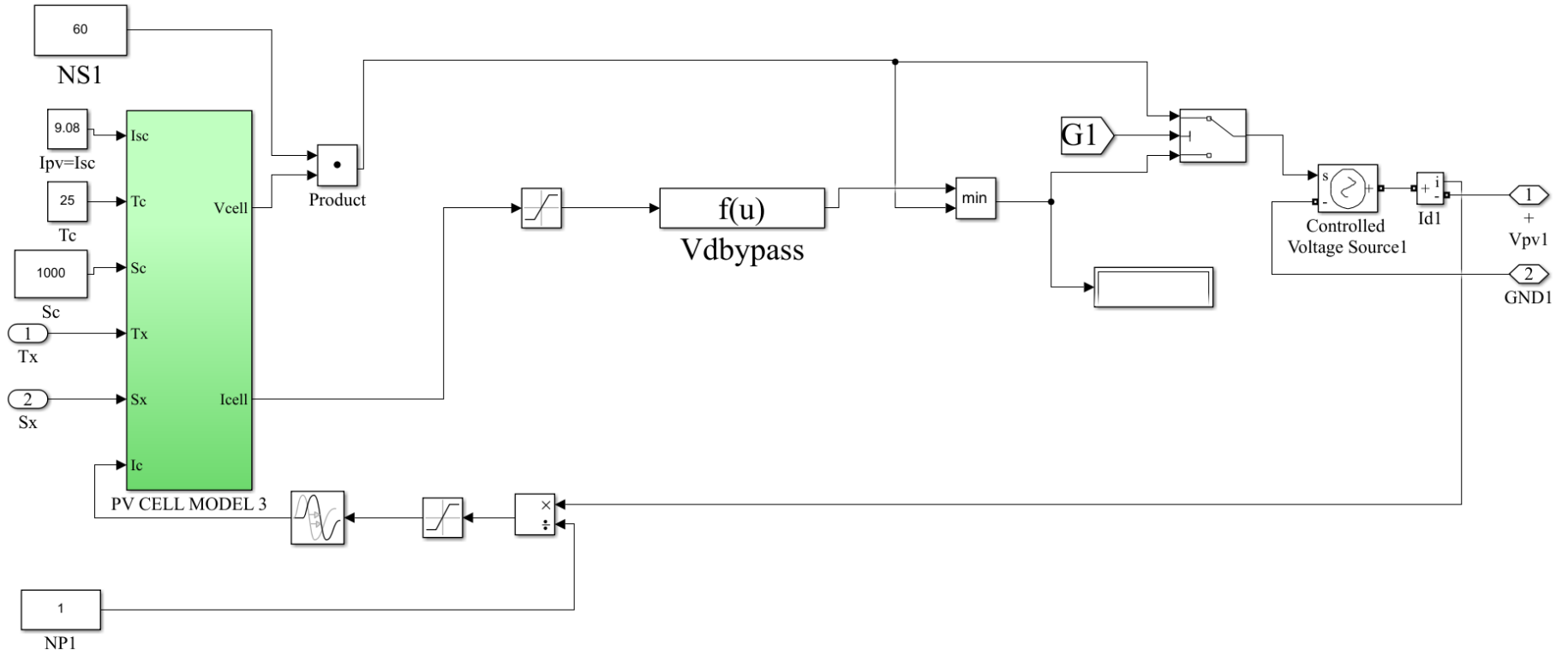
Oluşturulan sistemin Matlab/Simulink modelleri bu bölümde verilecektir. Sistemde kullanılan FV panel danışman hocamın doktora tezinde tasarlamış olduğu modeldir, güç elektroniği elemanları ve akü Simulink kütüphanesinden alınmıştır.

2.3.1. FV Dizin Matlab/Simulink Modeli

Bu tez çalışmasında [56] numaralı kaynaktan referans alınan FV panelin tasarımı yapılmıştır. Mevcut tasarıma yapılan ek kısım, panellere paralel bağlı bypass diyotların oluşturulmasıdır. Bu konuda da [57] numaralı kaynaktan yararlanılmıştır. Gölgeleme analizi yapılabilmesi için panellerin seri bağlantısı yapılmıştır. Panellere ait katalog bilgileri Tablo 2.1’ de verildiği gibidir [58]. FV dizin modeli ve panellere paralel bağlı bypass diyotların bağlantısı Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’ te verilmiştir.



Şekil 2.3. FV dizin modeli



Şekil 2.4. Bypass diyotun panel ile bağlantısı

Tablo 2.1. FV panelin standart koşulda değerleri (25 °C, 1000 W/m²)

Maksimum güç, P (W)	260 W
Açık devre gerilimi, V_{oc} (V)	37.89 V
Kısa devre akımı, I_{sc} (A)	9.08 A
Maksimum gerilim, V_{mp} (V)	30.61 V
Maksimum akım, I_{mp} (A)	8.5 A

2.3.2. Önerilen Optimizasyon Algoritmasının Modellenmesi

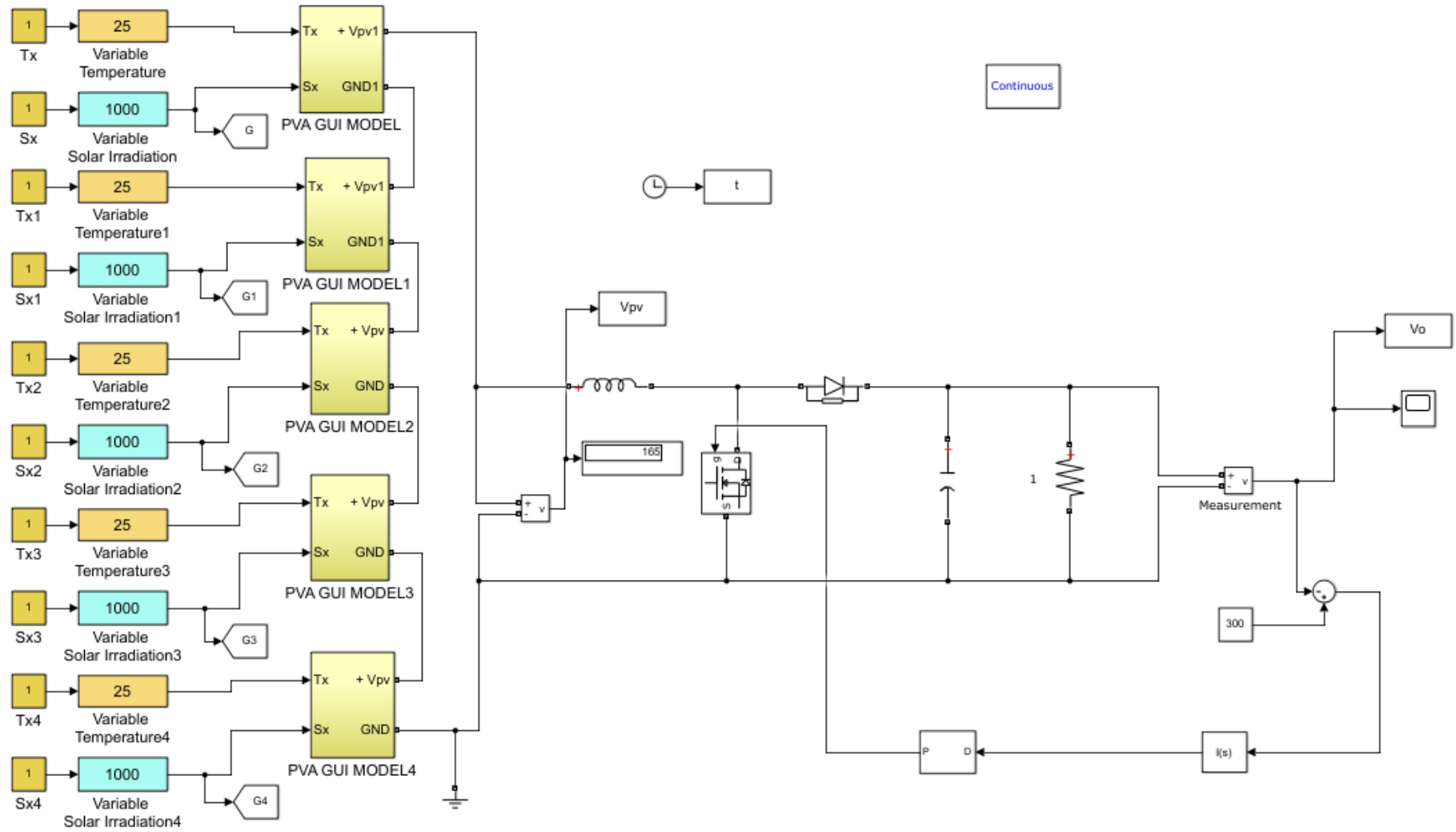
Önerilen optimizasyon algoritması Matlab m-file' da oluşturulmuştur ve Simulink modeli m-file' dan çağırılarak sistemin benzetimi yapılmıştır. Algoritmada kullanılan parametreler ve değerleri Tablo 2.2' de verilmiştir.

Tablo 2.2. Optimizasyon algoritma parametreleri

İterasyon sayısı	2
Popülasyon sayısı	10
Değişken alt sınırı	0.1
Değişken üst sınırı	0.9

2.3.3. FV Sistemin Matlab/Simulink Modelleri

FV dizinin gölgelenme analizi yapıldıktan sonra, önerilen sistemin gölgelenme durumlarında değiştir-gözle algoritması ve diğer optimizasyon algoritmaları ile karşılaştırılması için Matlab/Simulink' te benzetimi yapılmıştır. 1.2 kW' lık FV sistem oluşturularak şebeke bağlantılı olarak irdelenmiştir. Şekil 2.5' te FV sistemde kullanılan yükselten dönüştürücünün integral kontrol ile denetimi yapılmıştır. Sistemde maksimum güç noktası takibi uygulamak ve gerilimi yükseltmek için yükselten DA/DA dönüştürücü kullanılmıştır. Dönüştürücü parametreleri ve kullanılan yük ile ilgili bilgiler Tablo 2.3' de verilmiştir.



Şekil 2.5. FV dizinin integral kontrol ile denetimi

Tablo 2.3. Yükselten dönüştürücü parametre değerleri

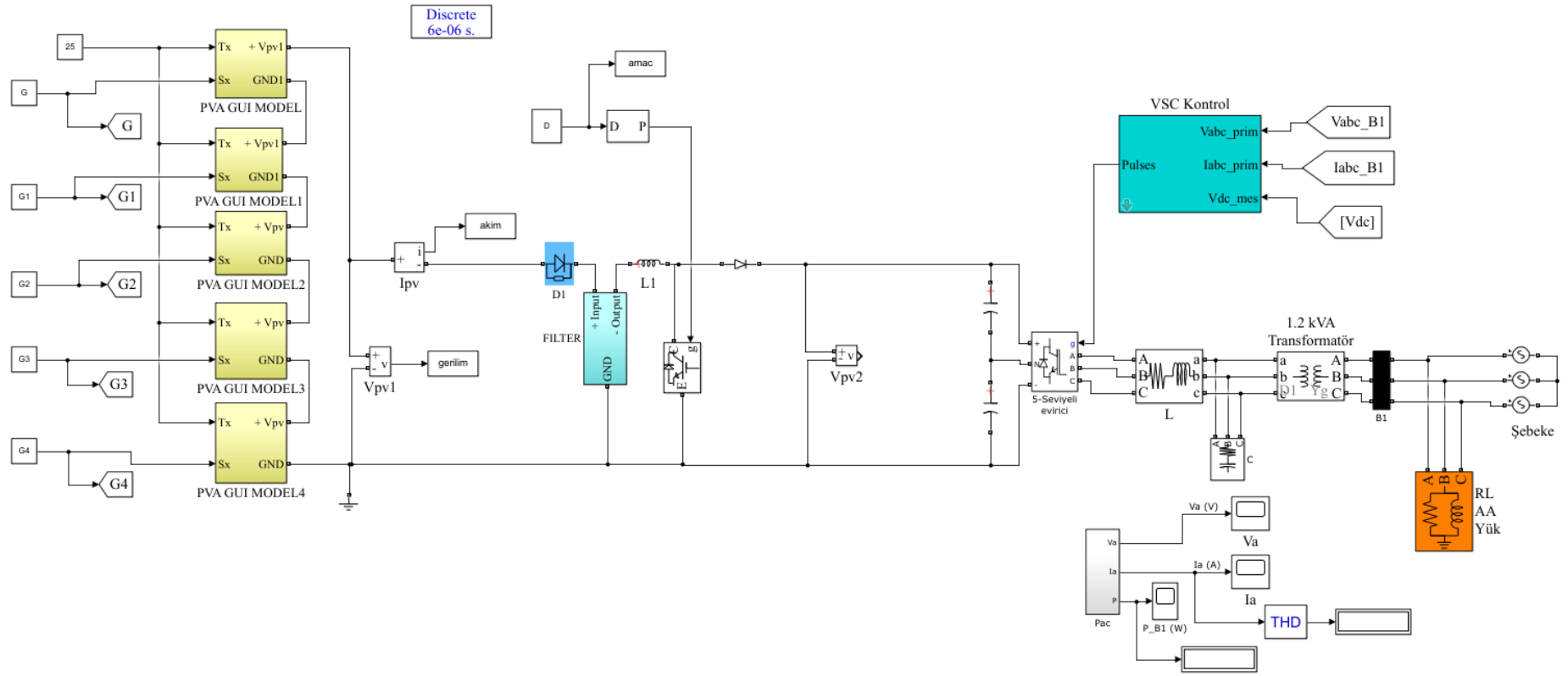
V_i , giriş gerilimi	100-170 V
L, endüktans	75 mH
C, kapasite	1000 μF
V_0 , çıkış gerilimi	300 V
R, yük	90 Ω

Önerilen sistemin şebeke bağlantılı modeli Şekil 2.6' da verilmiştir. FV sistemin çıkışının AA' ya dönüştürülmesi için üç fazlı evirici kullanılmıştır. Eviricinin çıkışında harmonikleri azaltmak için LC filtre tasarımı yapılmıştır. Filtre çıkışındaki gerilim transformatör ile yükseltilerek 380 V, 50 Hz şebeke bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Şebeke senkronizasyonunu sağlamak için faz kilitli çevrim (FKÇ) kullanılmıştır. Üç fazlı evirici ve LC filtre için hesaplanan parametreler Tablo 2.4' te verilmiştir. Bu parametrelerin hesaplanmasında mathworks websitesindeki bir uygulama referans alınmıştır [59].

Şebeke bağlantılı sistemlerde doğru akım barası, DA/DA dönüştürücü ile DA/AA dönüştürücü arasında güç akışını sağlamak için önemli bir role sahiptir. Sistem sürekli durumda çalıştığında güç akışı dengeli olması gerekir yani şebeke tarafındaki çıkış gücü kaynaktan gelen giriş gücüne eşit olmalıdır. DA bara gerilimi bu denge sağlandığı sürece sabittir. Bu dengenin sağlanması da eviricinin kontrol edilmesi ile sağlanmaktadır. Eviricide gerilim ve akım düzenleyiciler için PI denetleyici kullanılır ve kontrol için çıkış şebeke akımı değiştirilerek DA bara gerilimi düzenlenir [60].

Tablo 2.4. Üç fazlı evirici ve filtre değerleri

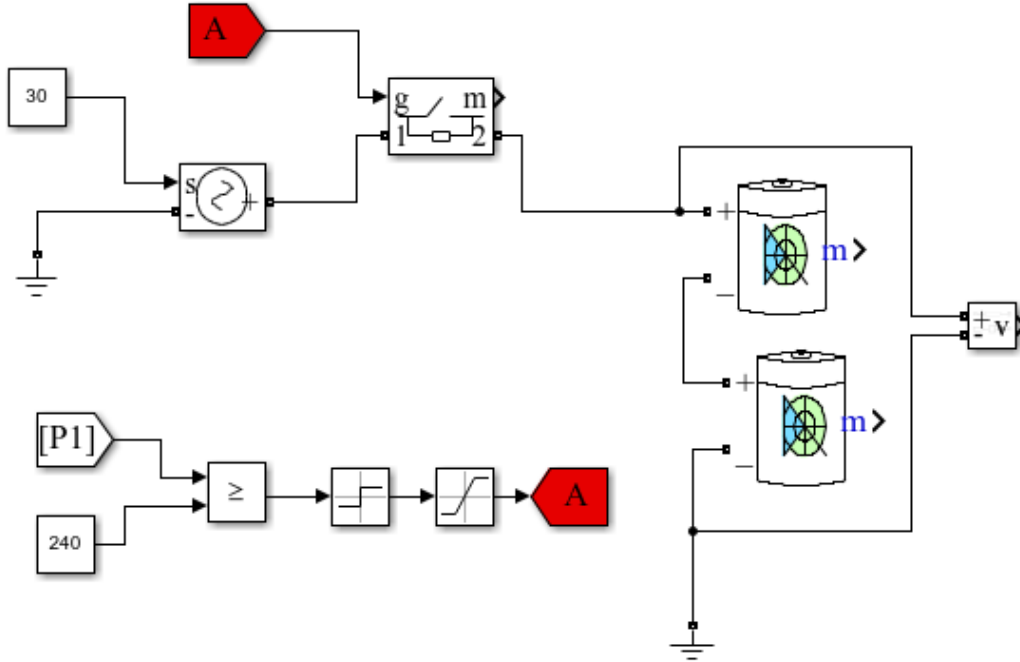
Nominal güç ve frekans	1.2 kW, 50 Hz
Primer ve sekonder gerilim değerleri (Faz-faz arası etkin değer)	380 V, 208.2066 V
Nominal DA bara gerilimi	400 V
Gerilim düzenleyici kazançları (K_p, K_i)	5.6, 640
Akım düzenleyici kazançları (K_p, K_i)	0.3, 20
Filtre endüktans değeri	0.0345 H
Filtre kapasite değeri	8 μF



Şekil 2.6. Şebeke bağlantılı FV sistem

2.3.4. Aküler ve Şarj-Deşarj Yönetimi

Aküler literatürdeki çalışmalarda ne kadar güce ihtiyaç var ise sayısı belirlenip seri bağlantısı yapılmaktadır. Bu durumda akülerden birisi arızalansa diğerleri de devre dışı kalacaktır. Önerilen sistemde akülerin panellere anahtarlama ile bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Bu bağlantı yapılırken Şekil 2.4'te bypass diyot bağlantısının yapıldığı model referans alınmıştır. Panellere bağlı olan aküler gölgelenme olduğunda devreye girer ve güç kaybını azaltır. Ekonomik analiz yapıldığında 5 adet panelden 2' sine akü bağlantısı yapılmasına karar verilmiştir. Akülerin bağlantısı yapılırken 12 V, 6.5 Ah' lik iki akü seri bağlanmıştır. Panellerde gölgelenme olduğunda paneller devre dışı kalarak onlara paralel bağlı olan aküler devreye girer, akü deşarj olur. Gölgenleme olmadığında ise panelden gelen güce göre akü şarj olur. Akülerin bu şarj-deşarj yönetimi Mathworks websitesindeki batarya şarj kontrol uygulamasından referans alınmıştır [61]. Şarj-deşarj yönetimi Şekil 2.7' de verildiği gibidir.

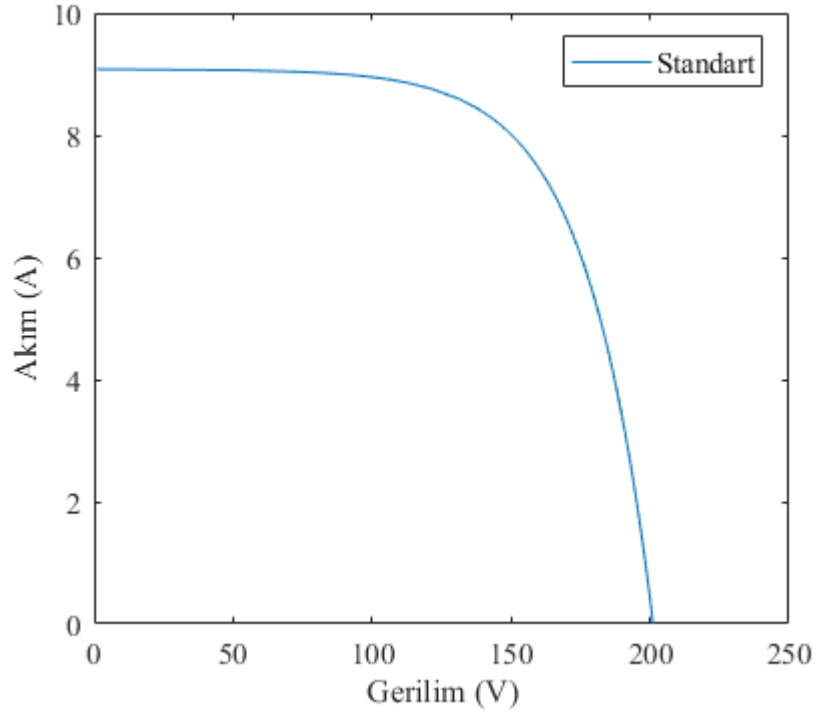


Şekil 2.7. Akü şarj-deşarj yönetimi

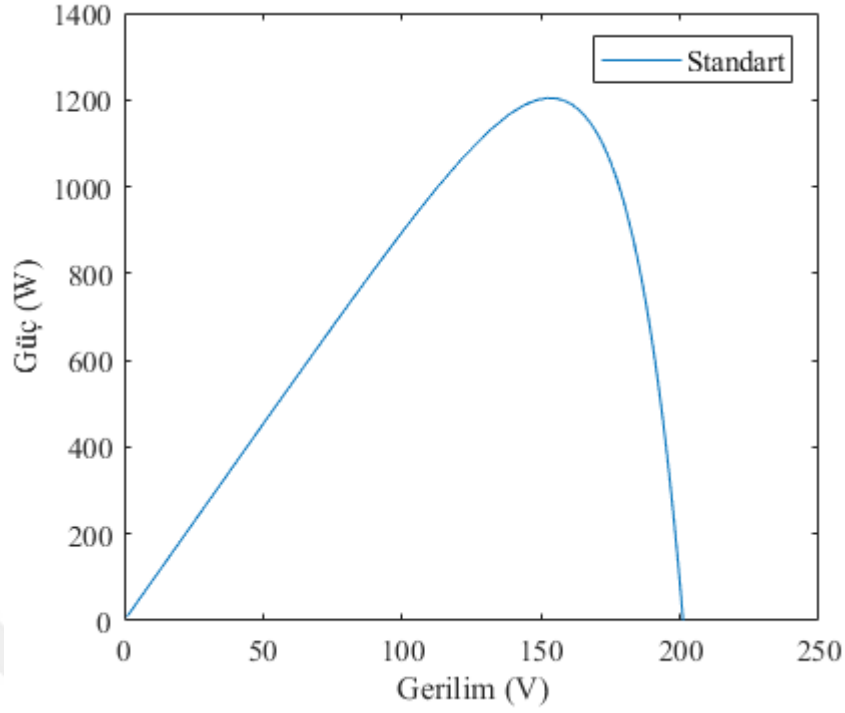
3. BULGULAR

3.1. FV Dizinin Karakteristik Olarak İncelenmesi

Sistemde ilk olarak gölgelenme etkisinin analiz edilebilmesi için FV dizinin grafik çıktıları alınmıştır. FV dizin oluşumu için kullanılan panel katalog bilgileri Bölüm 2 Tablo 2.1' de verilmişti. 260 W' lık 5 adet panel seri bağlanarak 1.2 kW' lık FV dizin oluşturuldu. FV dizine ait standart durumdaki akım-gerilim ve güç-gerilim karakteristikleri sırasıyla Şekil 3.1 ve Şekil 3.2' de verilmiştir.

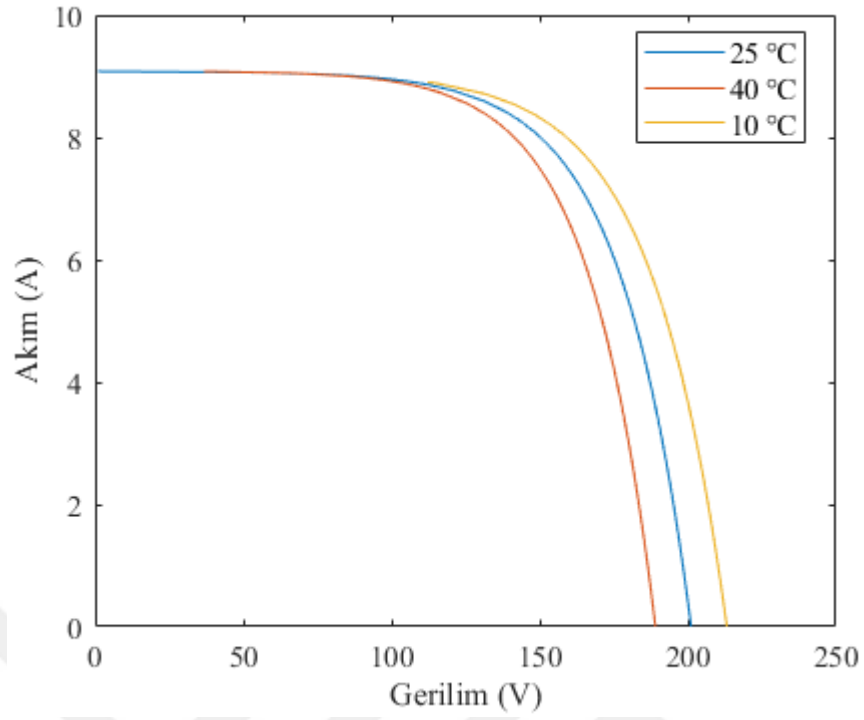


Şekil 3.1. FV dizin akım-gerilim karakteristiği

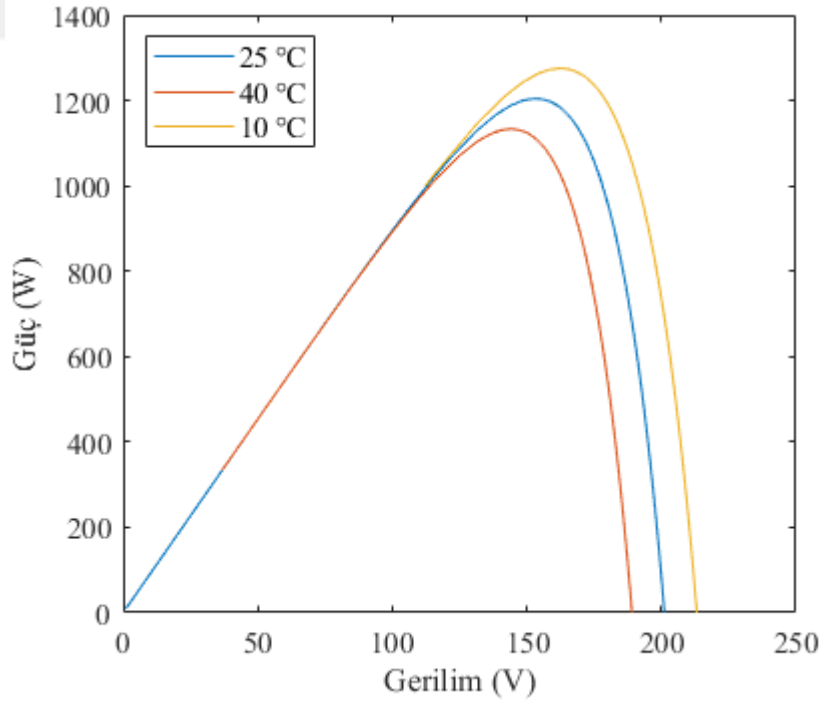


Şekil 3.2. FV dizin güç-gerilim karakteristiği

Gölgelenme etkisi incelenmeden önce sıcaklık ve gün ışığı faktörlerinin FV dizinin akım ve gerilimini nasıl etkilediğine bakılmıştır. Şekil 3.3 ve Şekil 3.4' te görüldüğü gibi sıcaklığın artması gerilimi azaltırken, sıcaklığın azalması gerilimi artırır. Diğer bir deyişle gerilim sıcaklık ile ters orantılıdır. Gerilimin azaldığı durum da dizinden elde edilen güç değeri azalırken, gerilim arttığında ise güç artar.

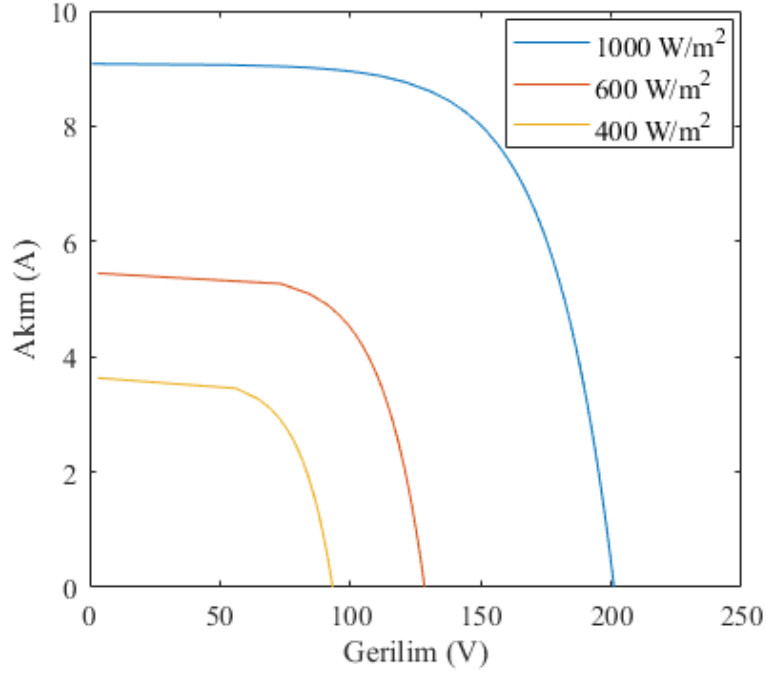


Şekil 3.3. Sıcaklığın gerilim üzerindeki etkisi

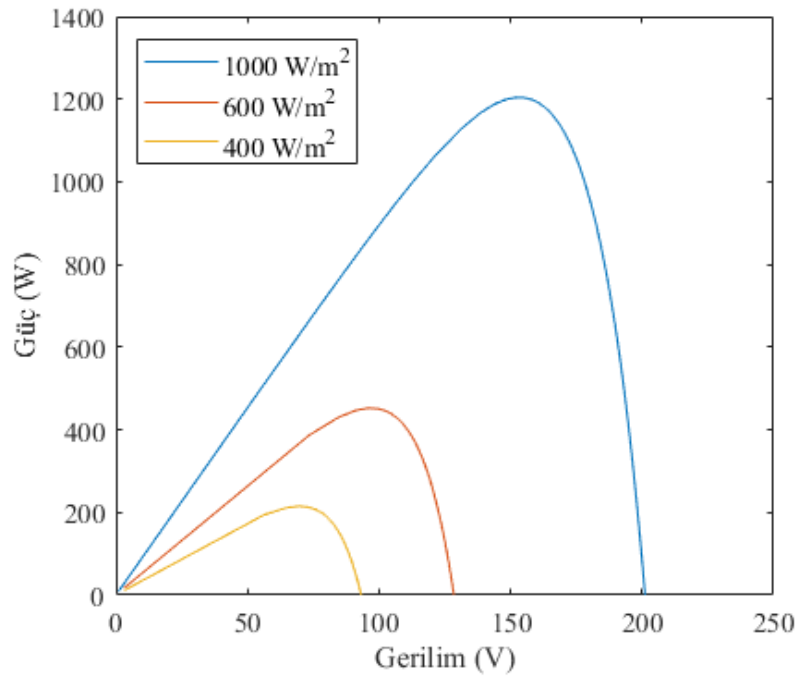


Şekil 3.4. Sıcaklığın güç üzerindeki etkisi

Şekil 3.5 ve Şekil 3.6' ya bakıldığında gün ışığı değeri azaldıkça akım ve gerilim değerlerinin azaldığı görülmüştür dolayısıyla güç değeri de azalır.

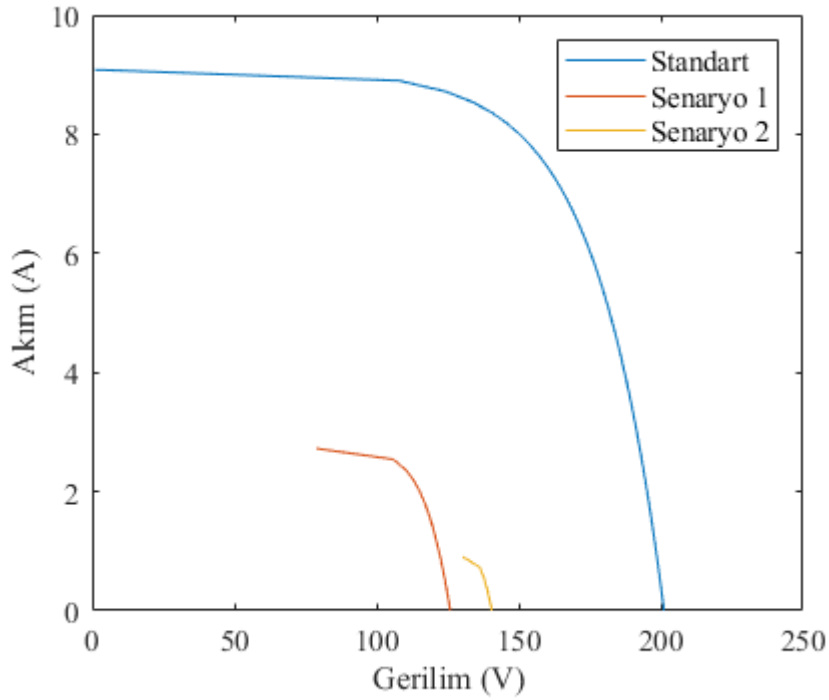


Şekil 3.5. Akımın gün ışığı ile değişimi

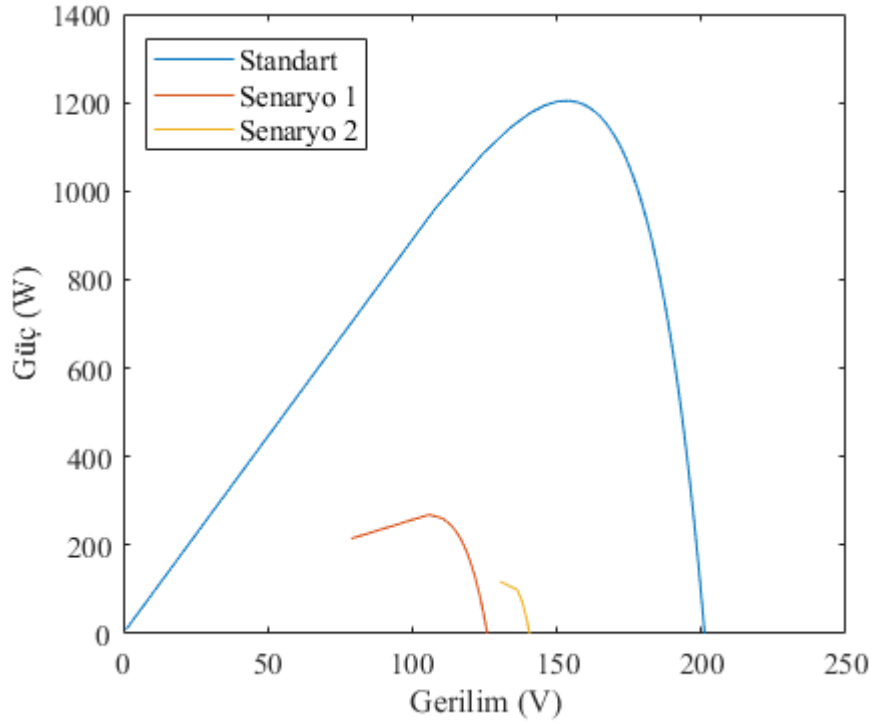


Şekil 3.6. Gücün gün ışığı ile değişimi

FV panellerde gölgelenme durumunun analiz edilmesi için 5 adet panelin seri bağlanıldığından önceden bahsedilmişti. Bu kısımda panellerde gölgelenme olduğunda panellerin nasıl etkilendiği açıklanmış olup bypass diyot kullanıldığında ve kullanılmadığında akım-gerilim ve güç-gerilim karakteristiklerinin çıktıları elde edilmiştir. Gölgelenme durumunun analiz edilmesi için iki farklı senaryo oluşturulmuştur. Senaryo 1 için ilk üç panel 300 W/m^2 , son ikisi 1000 W/m^2 , senaryo 2 de ilk üç panel 1000 W/m^2 , dördüncü panel 200 W/m^2 ve beşinci panel 100 W/m^2 gün ışığı değerine ayarlanmıştır. İlk olarak senaryo 1, senaryo 2 ve standart durum için bypass diyot kullanılmayan durum incelenmiştir. Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’ de görüldüğü gibi panellerde kısmi gölgelenme meydana geldiğinde akım değeri çok düşmektedir. Gölgelenen panel bir yük gibi davranarak gölgelenmeyen panellerden geçen akımı çeker ve güç kaybına neden olur.

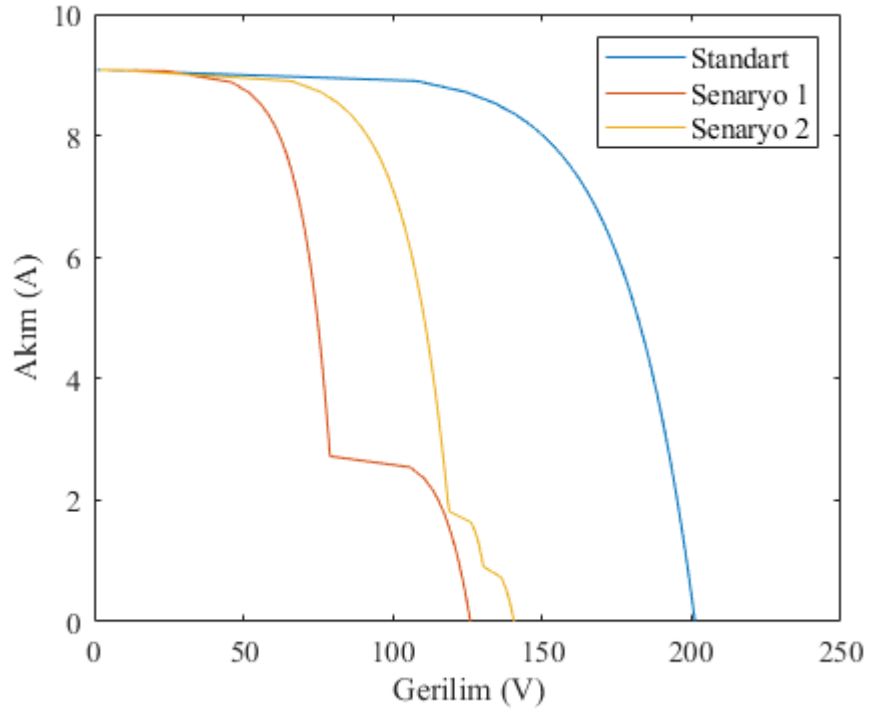


Şekil 3.7. Bypass diyot yok iken akım-gerilim karakteristiği

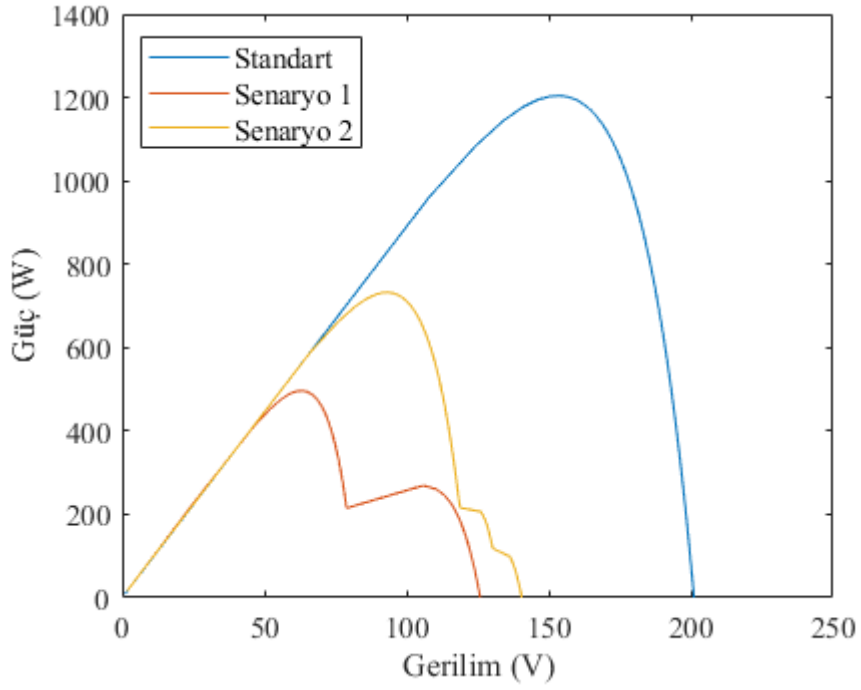


Şekil 3.8. Bypass diyot yok iken güç- gerilim karakteristiği

Gölgelenme durumunda elde edilen akım değerleri sırası ile 8,5 A, 2,542 A ve 0,9069 A dır. Elde edilen maksimum güç değerleri ise sırasıyla 1200 W, 270 W ve 118,2 W tır. Oluşan bu güç kaybını azaltmak için günümüzde tasarlanan panellere paralel bağlı şekilde bypass diyot bağlanır. Bypass diyot gölgelenme olmadığında ters kutuplanır, iletme geçmez. Gölgelenme olduğunda panel anahtarlama ile devre dışı kalarak akım iletme geçen diyot üzerinden akar. Bypass diyot kullanıldığında elde edilen akım-gerilim ve güç-gerilim karakteristikleri Şekil 3.9 ve Şekil 3.10' da verilmiştir.



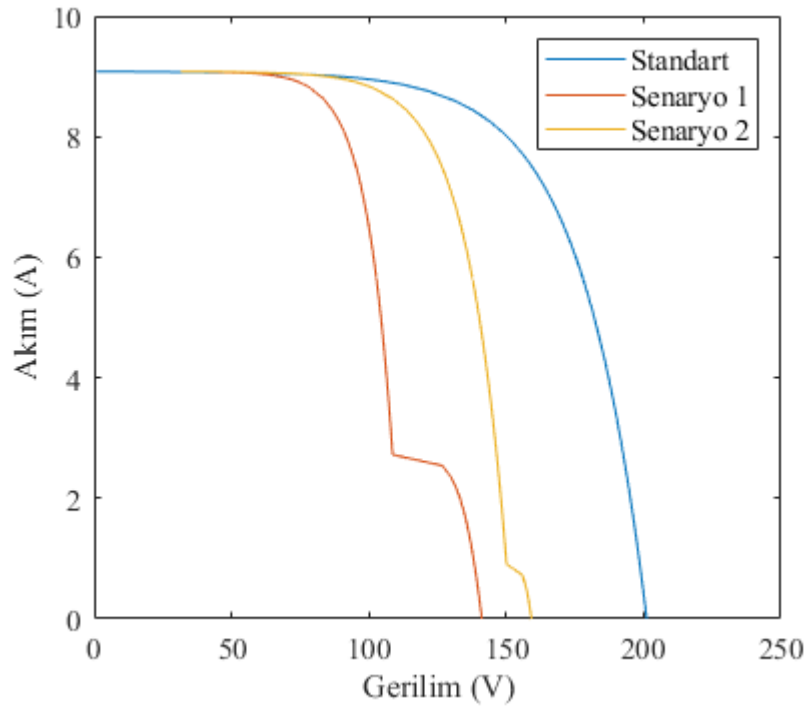
Şekil 3.9. Bypass diyot var iken akım-gerilim karakteristiği



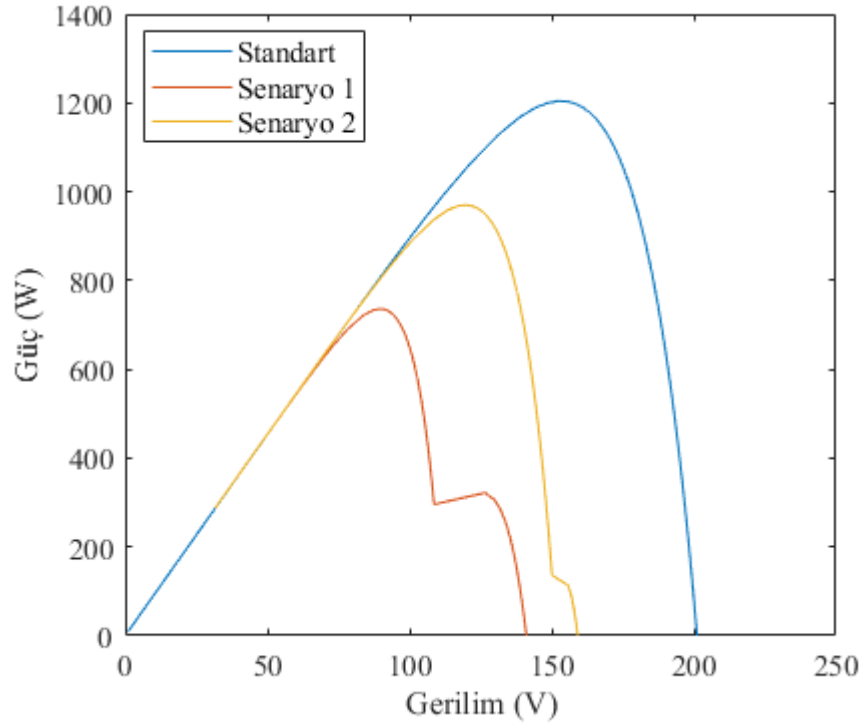
Şekil 3.10. Bypass diyot var iken güç-gerilim karakteristiği

Şekil 3.10' da görüldüğü gibi bypass diyot kullanıldığında güç-gerilim eğrisinde birden fazla güç noktası oluşmaktadır, bunlardan biri küresel diğerleri yerel maksimum güç noktalarıdır. FV panellerden verimli bir şekilde yararlanmak için küresel maksimum güç noktasının bulunması gerekir.

Bu tez çalışmasında yenilikçi bir yön olarak 5 adet panelden 2' sine bypass diyot yerine akü bağlantısı yapılmıştır. 2 panele akü bağlanmasının nedeni ekonomik olarak da düşünülmesidir. Önerilen sistemin normal akü kullanımına göre avantajı, akülerde bir arıza olduğunda sadece kendisinin bu durumdan etkilenmesidir. Birden fazla akü seri bağlanarak yedekleme ünitesi olarak kullanıldığında akülerden biri arızalanırsa hepsi devre dışı kalır. Panellere paralel bağlı aküler gölgelenme olduğu durumda anahtarlama ile devreye girer, deşarj olur. Panelde gölgelenme olmadığında ve panelin gücü 240 W' tan büyük olduğunda akü şarj olur. Akü ile ilgili şarj-deşarj yönetimi Bölüm 2' de verilmişti. Sistemde akü var iken elde edilen akım-gerilim ve güç-gerilim karakteristikleri Şekil 3.11 ve Şekil 3.12' de verildiği gibidir.



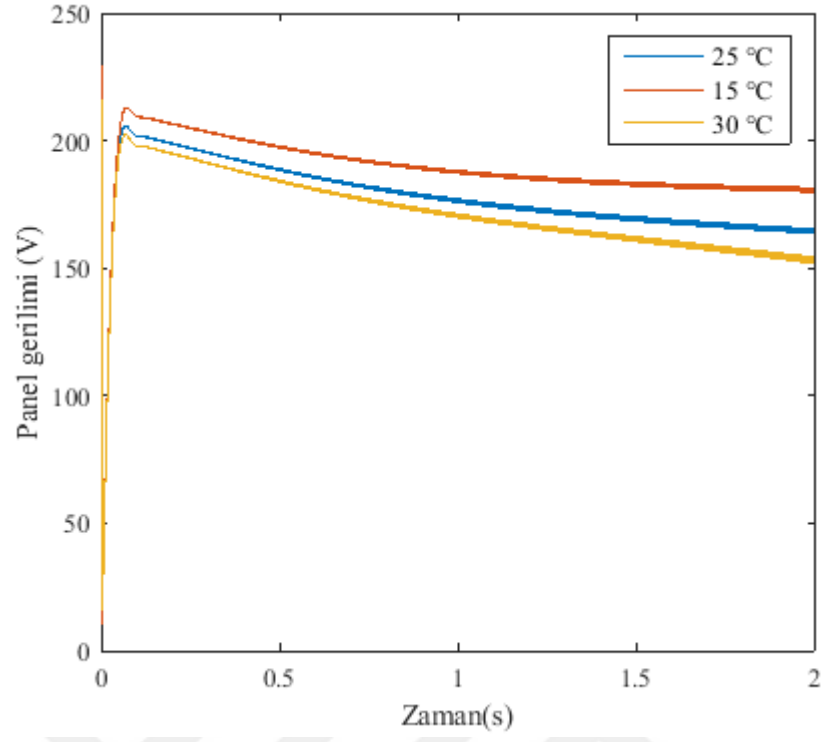
Şekil 3.11. 2 panelde akü var iken akım-gerilim karakteristiği



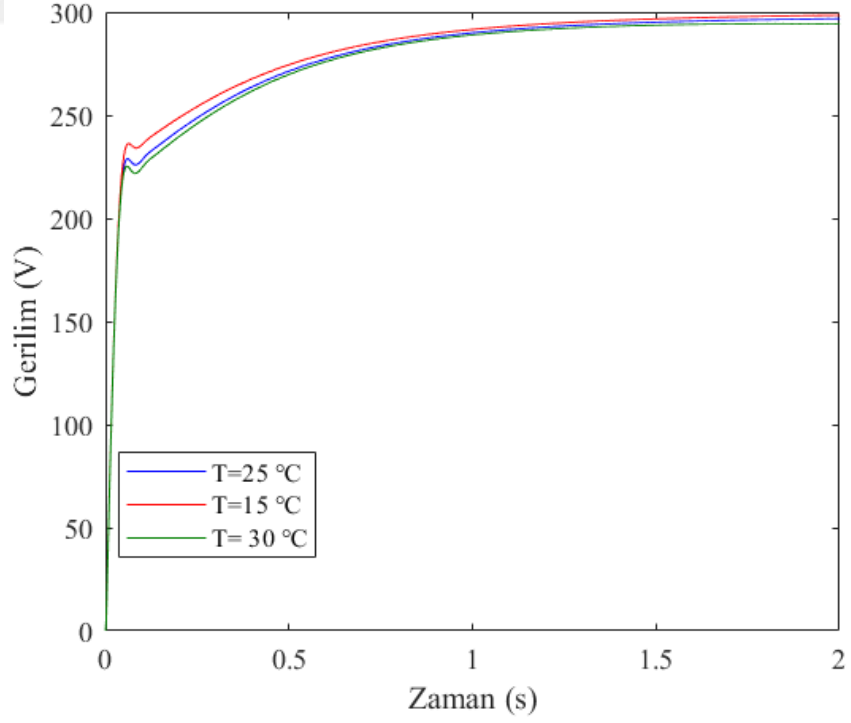
Şekil 3.12. 2 panelde akü var iken güç-gerilim karakteristiği

Grafiklerden görüldüğü gibi panellerde akü kullanıldığında Senaryo 1 ve 2' de gölgelenmeden dolayı oluşan güç kaybı daha da azalmaktadır. Güç kaybı kısmi olarak azaltıldıktan sonra ikinci önemli nokta maksimum güç noktalarından küresel olanı yakalamaktır. Bu kısımda da maksimum güç noktası takip yöntemleri ön plana çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasında maksimum güç noktası takibini uygulamak için yükseltilen DA/DA dönüştürücü kullanılmıştır. Dönüştürücü çıkışındaki gerilim integral denetleyici ile kontrol edilerek sabit tutulmaya çalışılmıştır. Şekil 3.13 ve Şekil 3.14' te görüldüğü gibi panelin gerilimi sıcaklık değiştiğinde artıp azalmaktadır fakat dönüştürücü çıkış gerilimi küçük farklarla sabit kalmaktadır. İntegral kontrol parametresi $K_i = 0,01$ olarak ayarlanmıştır.

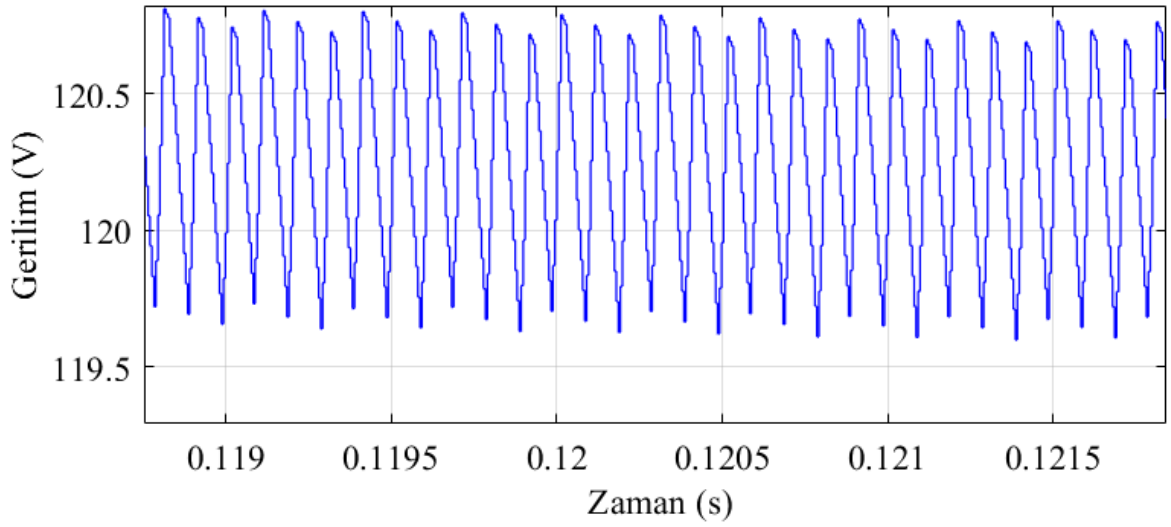


Şekil 3.13. Farklı sıcaklıklarda FV dizin gerilimi

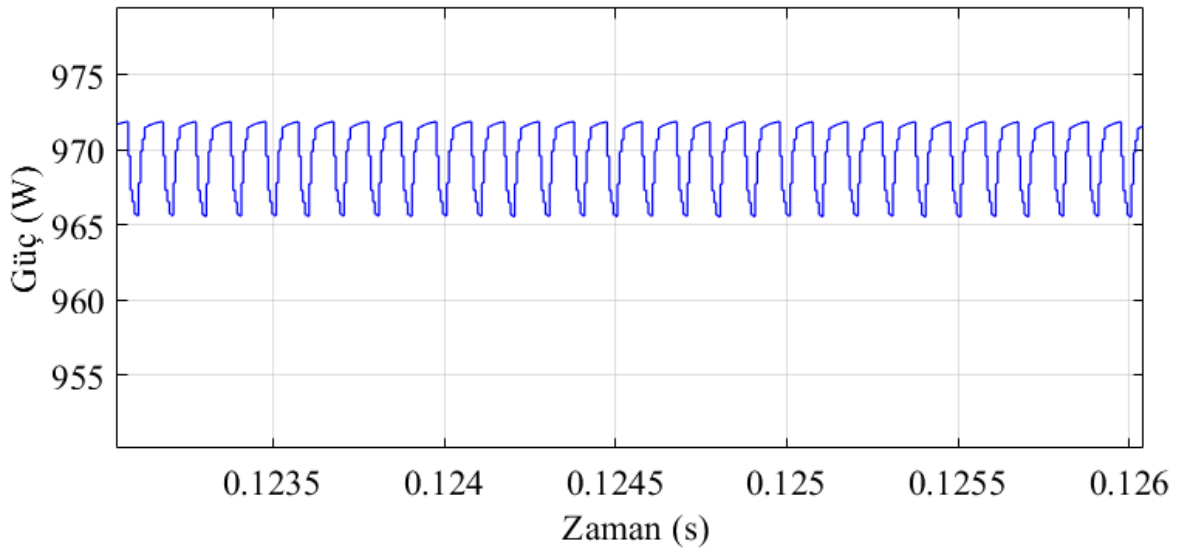


Şekil 3.14. Yükselten dönüştürücü çıkış gerilimi

Bölüm 2 Şekil 2.6' da verilen şebeke bağlantılı FV sistemde dizin çıkışına eklenen filtre ile gerilim ve akımda oluşan osilasyonlar azaltılmıştır, dolayısıyla güçte oluşan güç kaybı da azalır. Filtre kullanılmadığında FV dizinden elde edilen gerilim ve güç değerlerinin yakın görünümü Şekil 3.15 ve Şekil 3.16' da verildiği gibidir. Şekillerden de anlaşılacağı gibi osilasyondan dolayı gerilim ve güç değerleri sürekli hale oturamamaktadır, bu nedenle güç kaybı ortaya çıkar.



Şekil 3.15. FV dizin gerilimi yakın görünümü

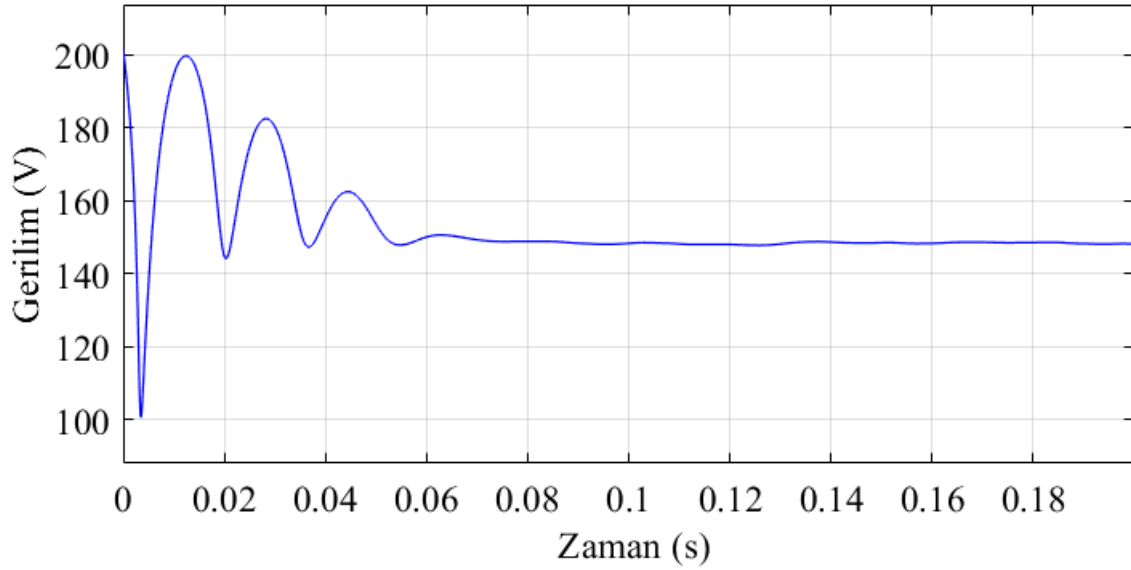


Şekil 3.16. FV dizin gücü yakın görünümü

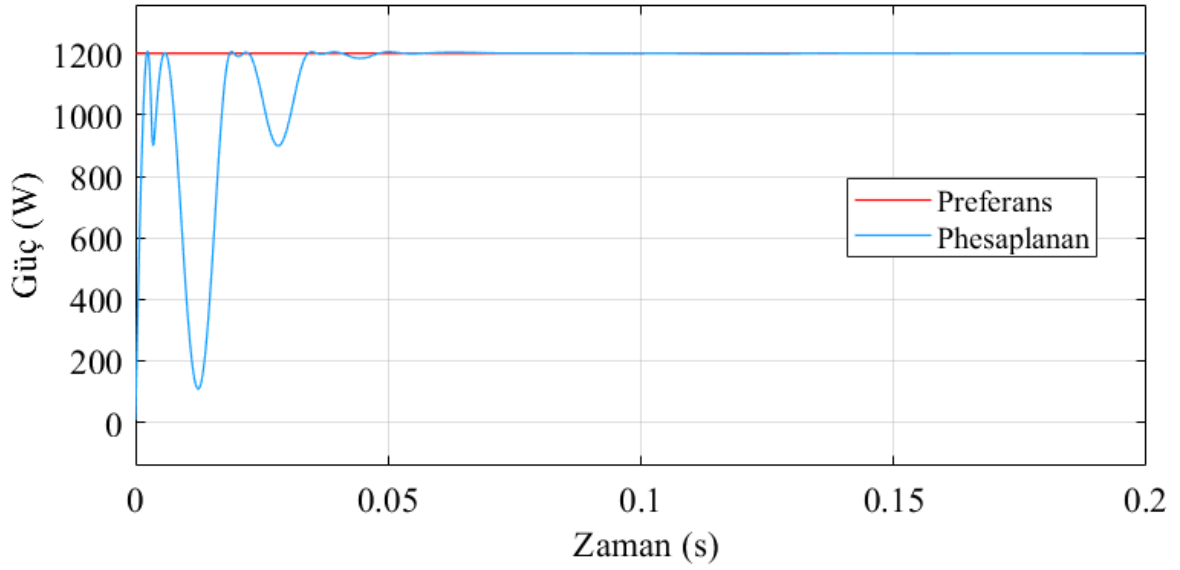
3.2. Önerilen Algoritmanın Şebeke Bağlantılı FV Sistemde İncelenmesi

İntegral kontrol denetimi gerçekleştirildikten sonra sistemin şebeke bağlantılı modeli tasarlanarak önerilen hibrit maksimum güç noktası takibi yönteminin analizi yapılmıştır. Önerilen optimizasyon algoritması değiştir-gözle algoritması ve simbiyotik organizma arama optimizasyon algoritması ile karşılaştırılarak performans değerlendirmesi irdelenmiştir. Tasarlanan şebeke bağlantılı model ve algoritmaların akış çizelgeleri Bölüm 2 Şekil 2.6 ve Şekil 2.2' de verilmişti. Bu kısımda alınan grafiksel sonuçlar verilmiş olup yorumlanması yapılmıştır.

Öncelikle önerilen SOA-BOA optimizasyon algoritmasının standart koşulda (25°C , 1000 W/m^2) incelemesi yapılmıştır. Şekil 3.17 ve Şekil 3.18' de FV dizinin çıkışından gelen gerilim ile gücün grafiği görülmektedir. Şekil 3.18' de verilen güç grafiğinde elde edilen küresel maksimum güç $0,00825$ hata ile referans değere ulaşmıştır.

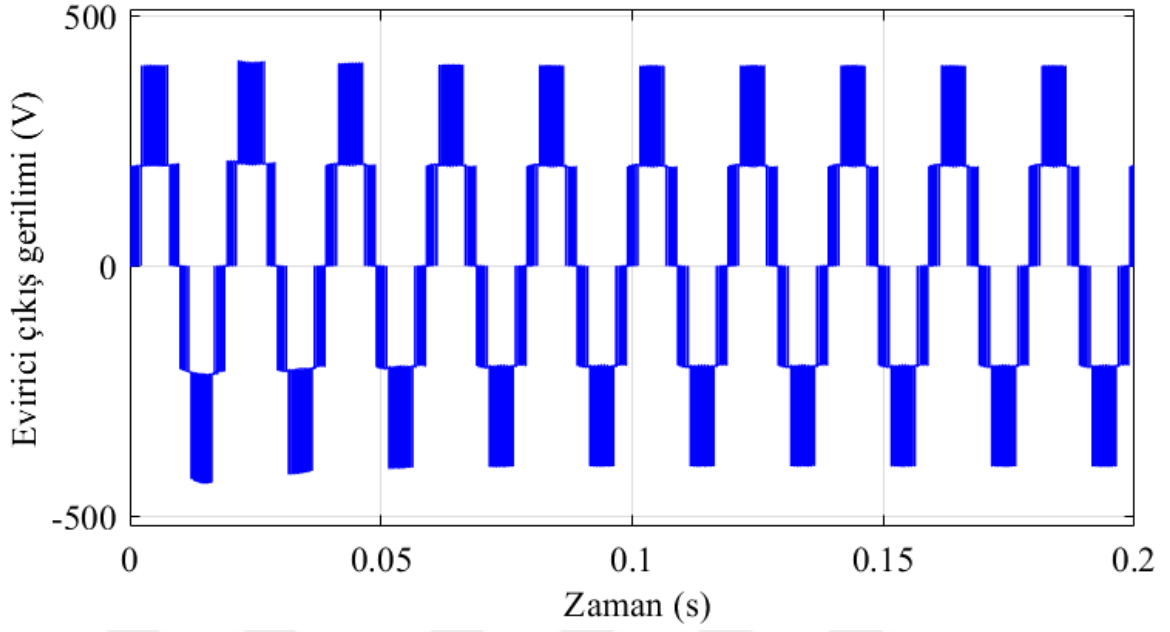


Şekil 3.17. Standart koşulda FV dizinin gerilimi

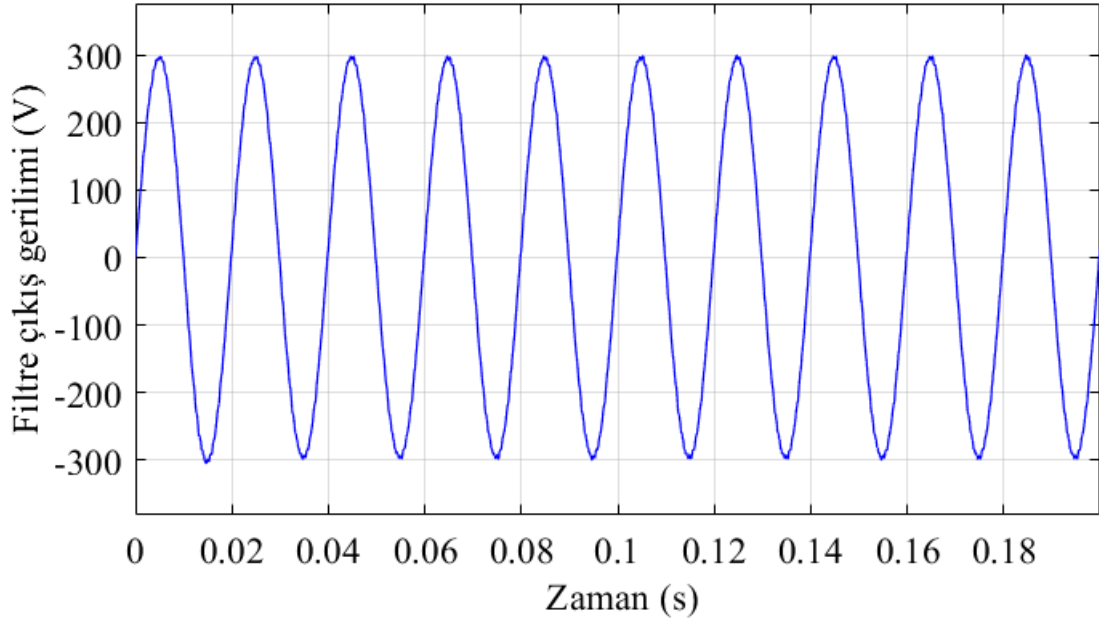


Şekil 3.18. Standart koşulda FV dizinin gücü

FV dizinden elde edilen gerilim, artıran DA/DA dönüştürücü ile 400V' a yükseltilmektedir. Dönüştürücünün çıkışında kullanılan DA bara kapasiteleri ile gerilim 400V' ta sabit tutulmaktadır. Şebeke bağlantısı için üç fazlı evirici kullanılarak DA/AA dönüşümü yapılmıştır. Evirici çıkışındaki gerilim Şekil 3.19' da, filtre çıkışındaki gerilim ise Şekil 3.20' de verildiği gibidir. Sistemde filtre kullanılmasının nedeni harmonikleri azaltmaktır. Şebeke senkronizasyonu için faz kilitli çevrim yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan güç elektroniği elemanlarının değerleri Bölüm 2 Tablo 2.4' de verilmiştir.



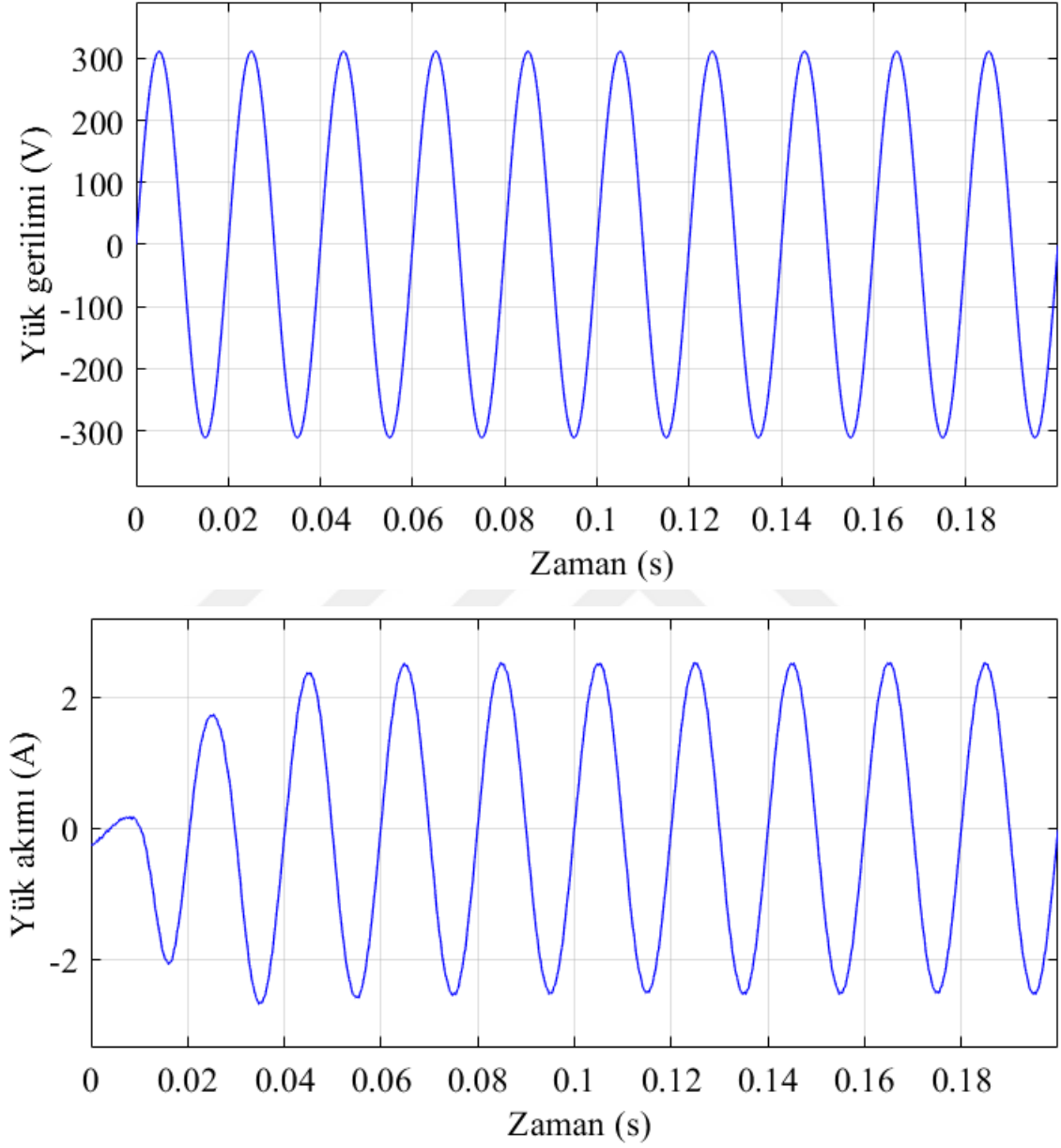
Şekil 3.19. Evirici çıkış gerilimi



Şekil 3.20. Filtre çıkış gerilimi

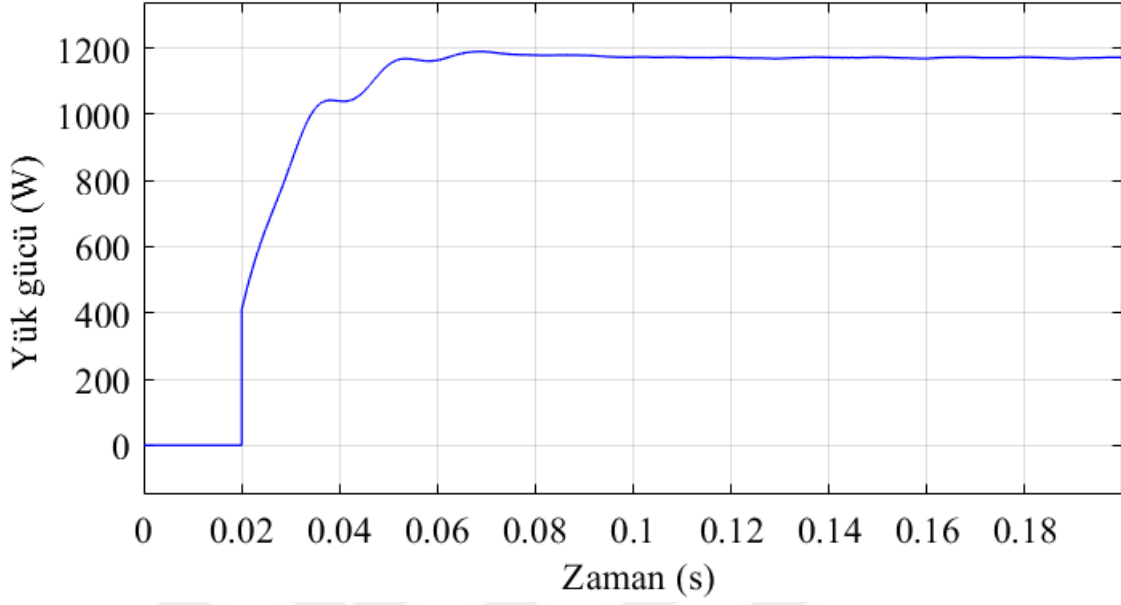
Sistemde 1.2 kW'lık RL yükü ve şebeke bağlantısı kullanılmıştır. 1.2 kW'lık yük üzerinde elde edilen gerilim, akım ve gücün grafikleri Şekil 3.21' de verilmiştir. Akım grafiği incelendiğinde geçici durumdan dolayı 0.02 sn' de akım değerinin düşük olduğu görülmektedir, bu nedenle güç değeri de 0.02 sn içinde üretilmemektedir. Standart

koşulda sistemdeki toplam harmonik bozunum değeri (THB) %0.8953 elde edilmiştir, yani %5'ten küçük olma şartı sağlanmıştır.

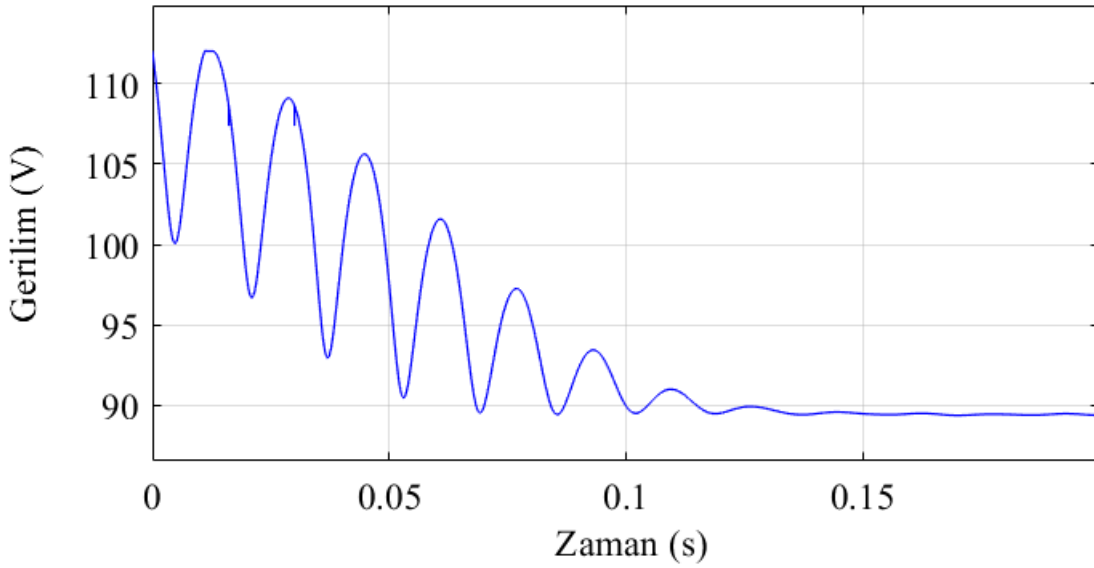


Şekil 3.21. Yük gerilimi, akımı ve gücü

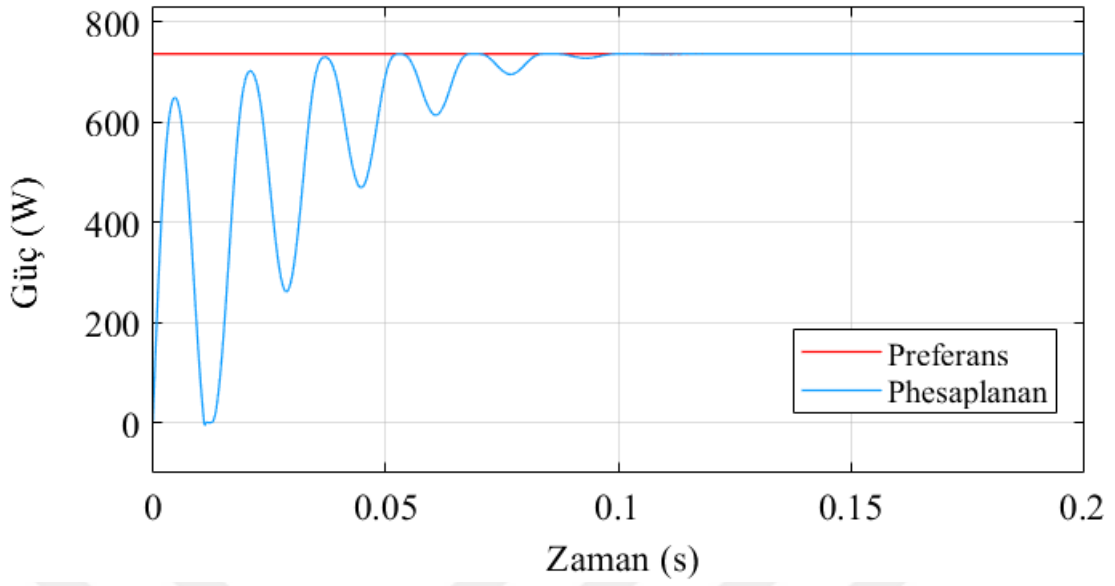
Şekil 3.21'in devamı



Önerilen optimizasyon algoritmasının diğer algoritmalar ile karşılaştırılması yapılmadan önce oluşturulan senaryo durumları için şebeke bağlantısında incelenmesi yapılmıştır. Senaryo 1 durumu için elde edilen FV dizinin gerilim ve gücü Şekil 3.22 ve Şekil 3.23' te verilmiştir.

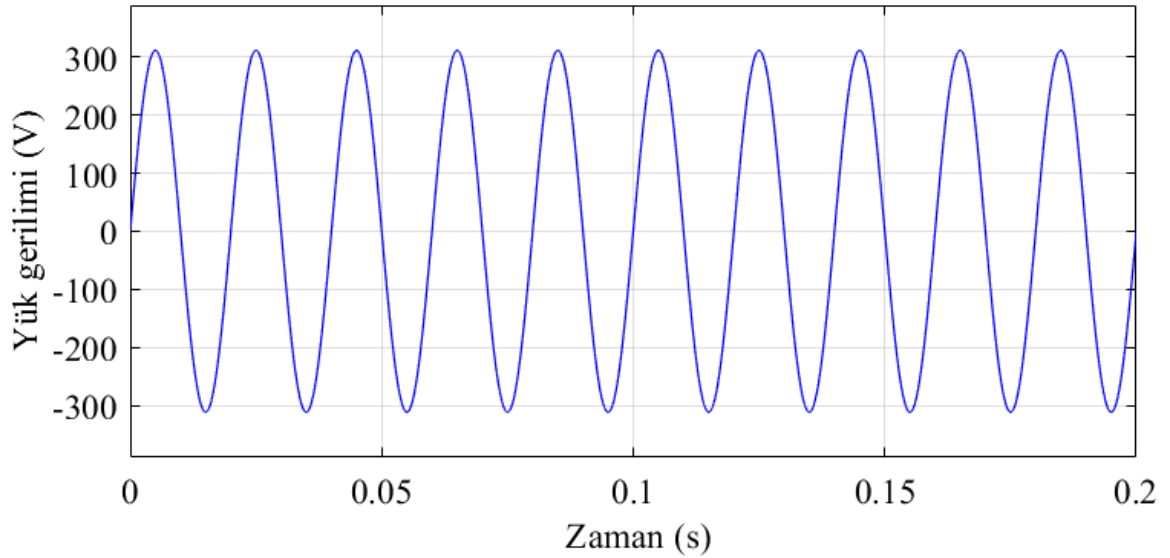


Şekil 3.22. Senaryo 1 için FV dizinin gerilimi



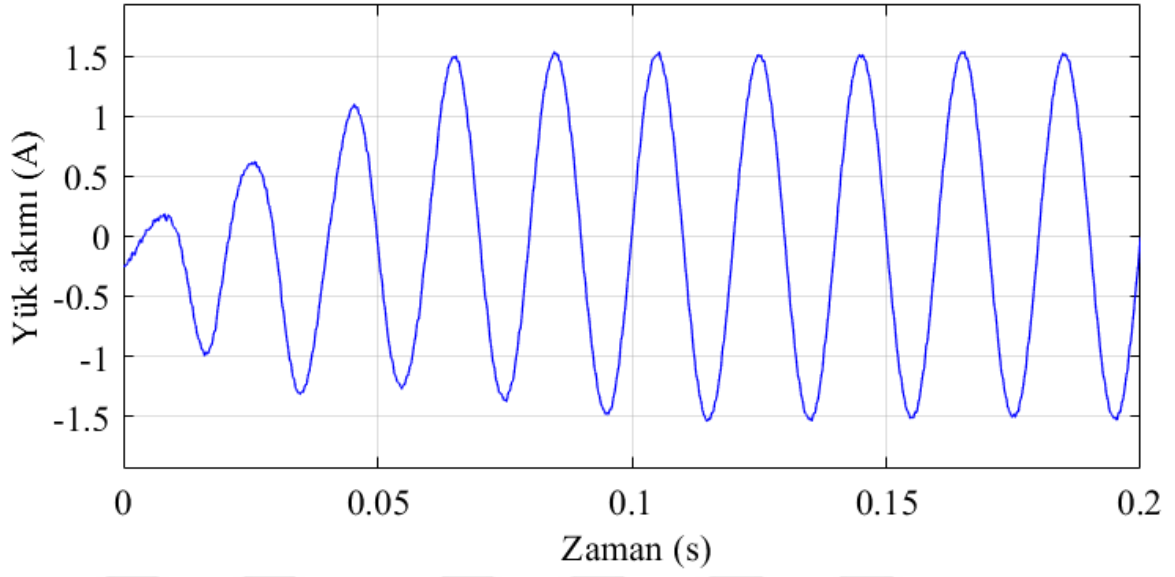
Şekil 3.23. Senaryo 1 için FV dizin gücü

Oluşturulan Senaryo 1 durumunda FV dizinden elde edilen küresel maksimum güç 736 W' tır. Referans güç değerine 0.0007516 hata ile ulaşmıştır. Evirici kontrolü ile elde edilen bu maksimum güç alternatif kısma aktarılmaktadır. Yük tarafında elde edilen değerler Şekil 3.24 ve Şekil 3.25' te verilmiştir.

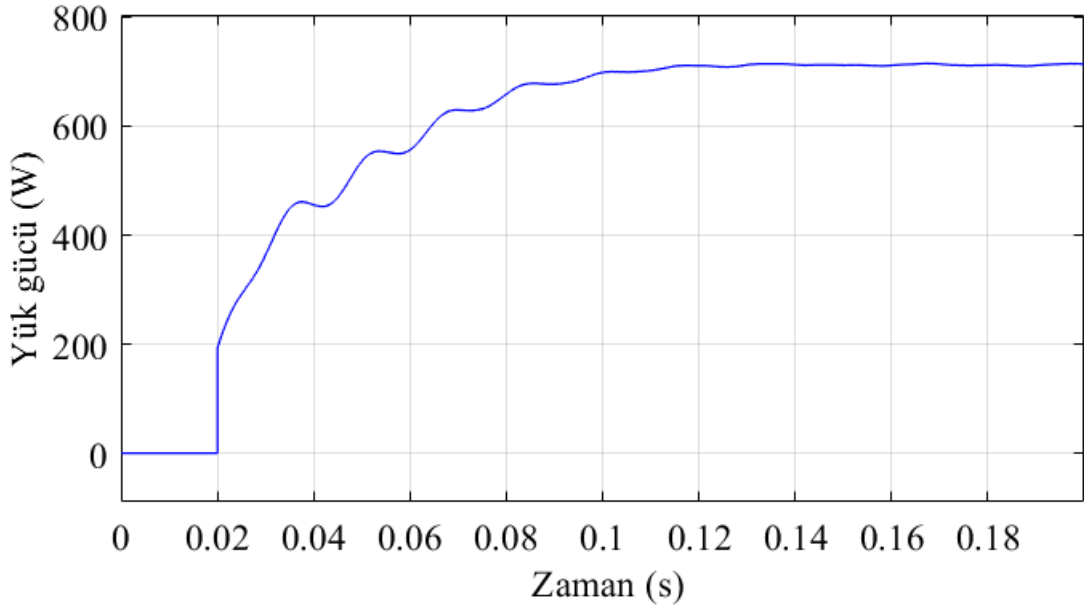


Şekil 3.24. Senaryo 1 için yük gerilimi ve akımı

Şekil 3.24'ün devamı



Grafiklere bakıldığında yük geriliminin sabit kalıp akımın değiştiği görülmektedir. Buna bağlı olarak güç de değişir. THB değeri %1.23'tür.

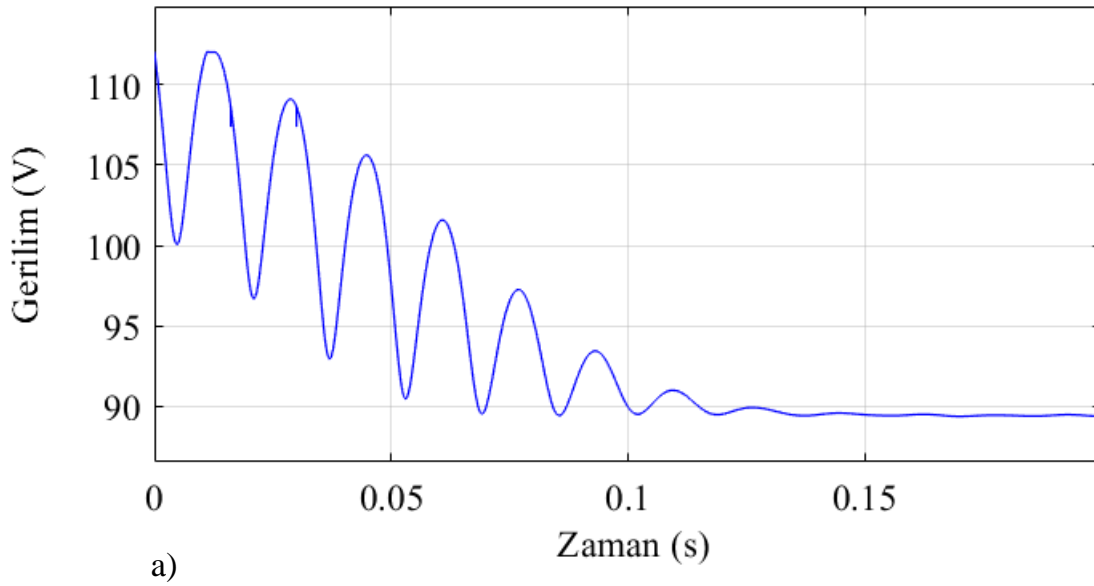


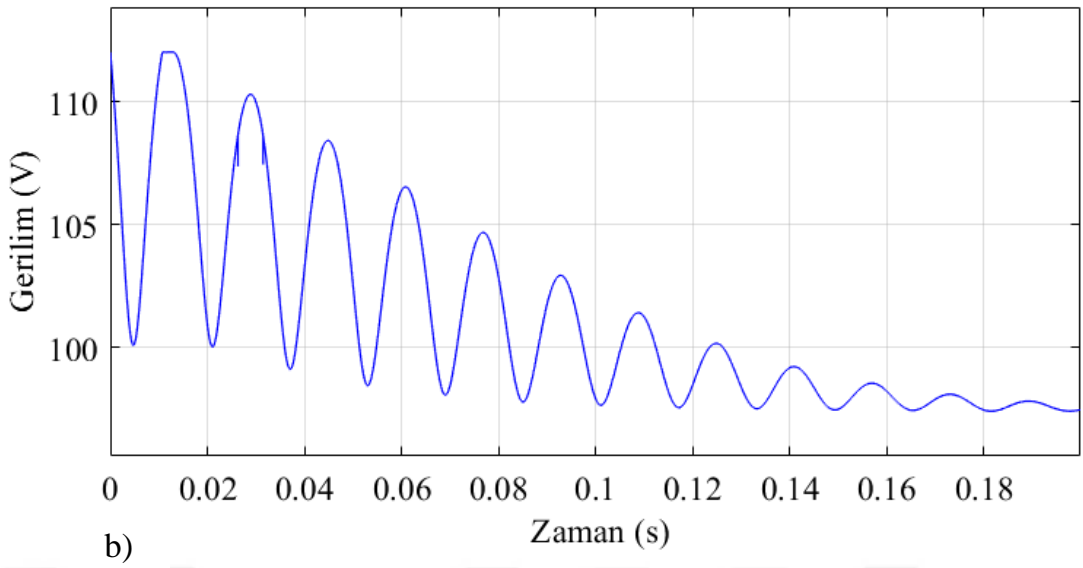
Şekil 3.25. Senaryo 1 için yük gücü

3.3. Önerilen Optimizasyon Algoritmasının Performans Karşılaştırması

Bu tez çalışmasında kullanılan hibrit SOA-BOA algoritmasının geleneksel algoritmalarından Değiştir-Gözle ve Simbiyotik Organizma Arama Optimizasyon Algoritması ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Algoritmalar performans olarak karşılaştırılırken önemli olan kriterler; elde ettiği maksimum güç, osilasyon ve yakınsama süresidir. Ayrıca bu çalışmada gün ışığının sürekli değişiminden dolayı olabilecek minimum sürede maksimum gücü elde etmek hedeflenmiştir. Bunun için optimizasyon algoritmasında popülasyon sayısı 10, iterasyon sayısı 2 alınarak 5 dakikada cevap vermesi sağlanmıştır.

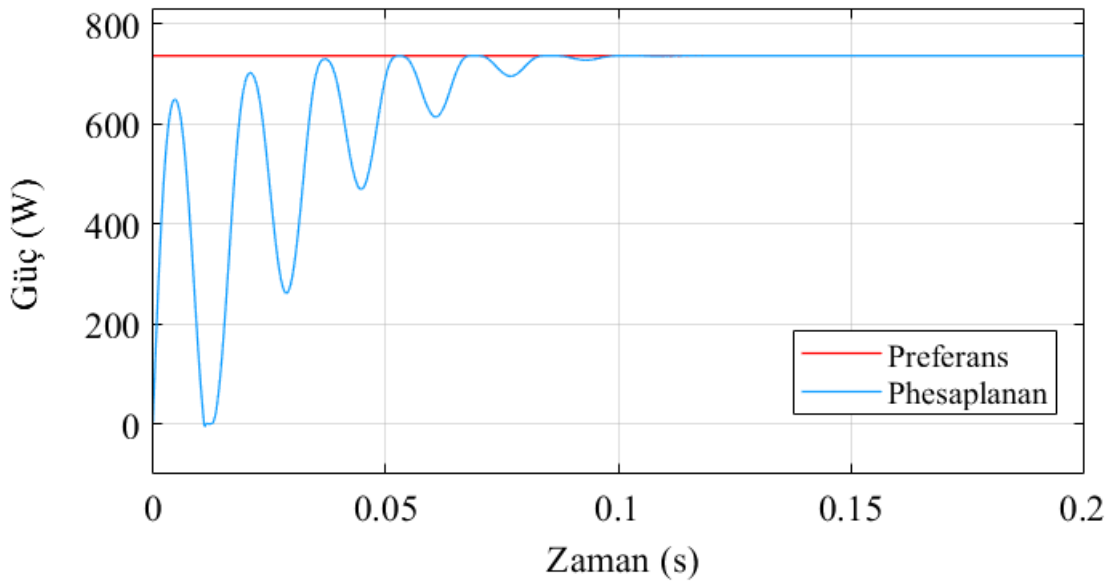
Öncelikle önerilen algoritma ile SOA algoritmasının senaryo 1 ve senaryo 2 durumları için performans karşılaştırması yapılmıştır. Şekil 3.26' da FV dizin gerilimi her iki algoritma için de verilmiştir. SOA algoritması ile elde edilen gerilim değerine bakıldığında kararlılığa oturamadığı görülmüştür.



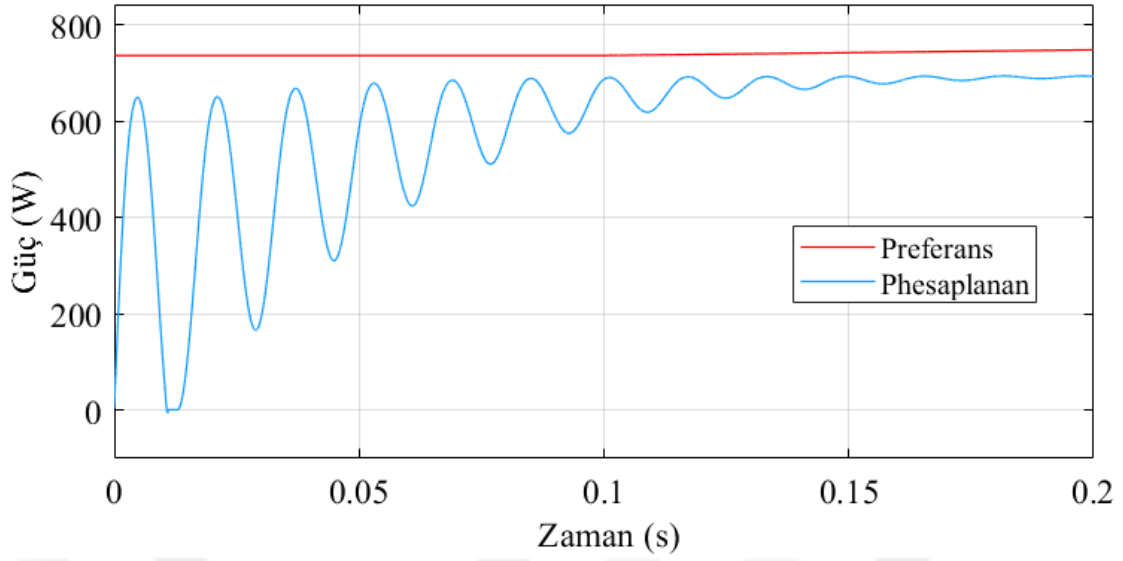


Şekil 3.26. a) SOA-BOA algoritması Senaryo 1 FV dizin gerilimi
b) SOA algoritması Senaryo 1 FV dizin gerilimi

FV dizinden elde edilen güç grafikleri ise Şekil 3.27 ve Şekil 3.28' de verilmiştir. SOA-BOA algoritması ile elde edilen güç 736 W iken SOA algoritması ile elde edilen güç 693 W' tır. Teoride Senaryo 1 durumu için elde edilmesi gereken güç 736.1 W' tır. Buradan hibrit algoritma ile verim %99,98, SOA algoritması ile %94,14' tür.

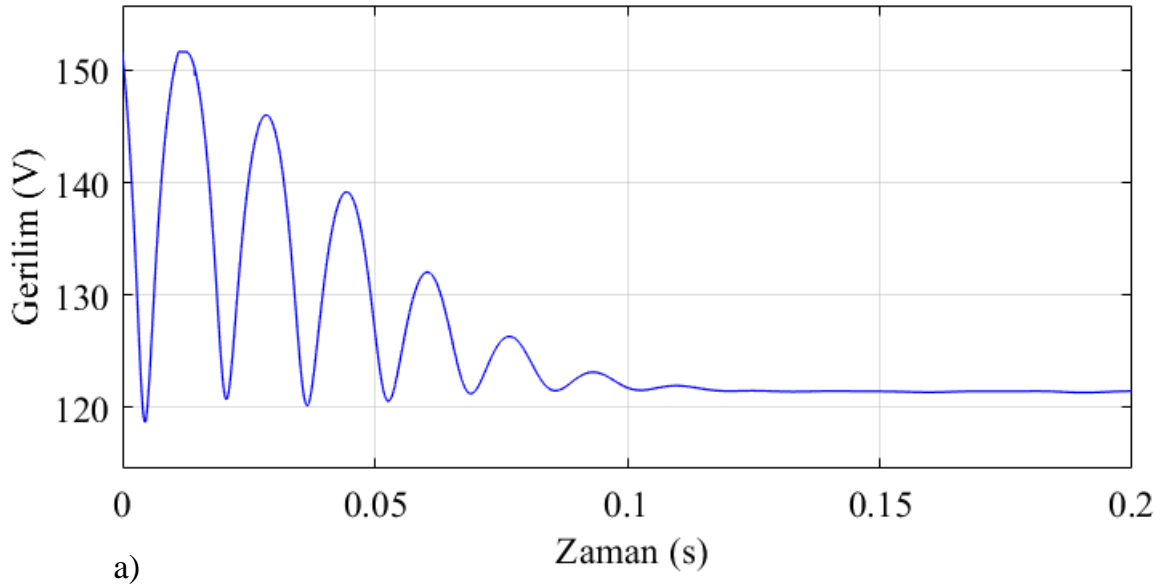


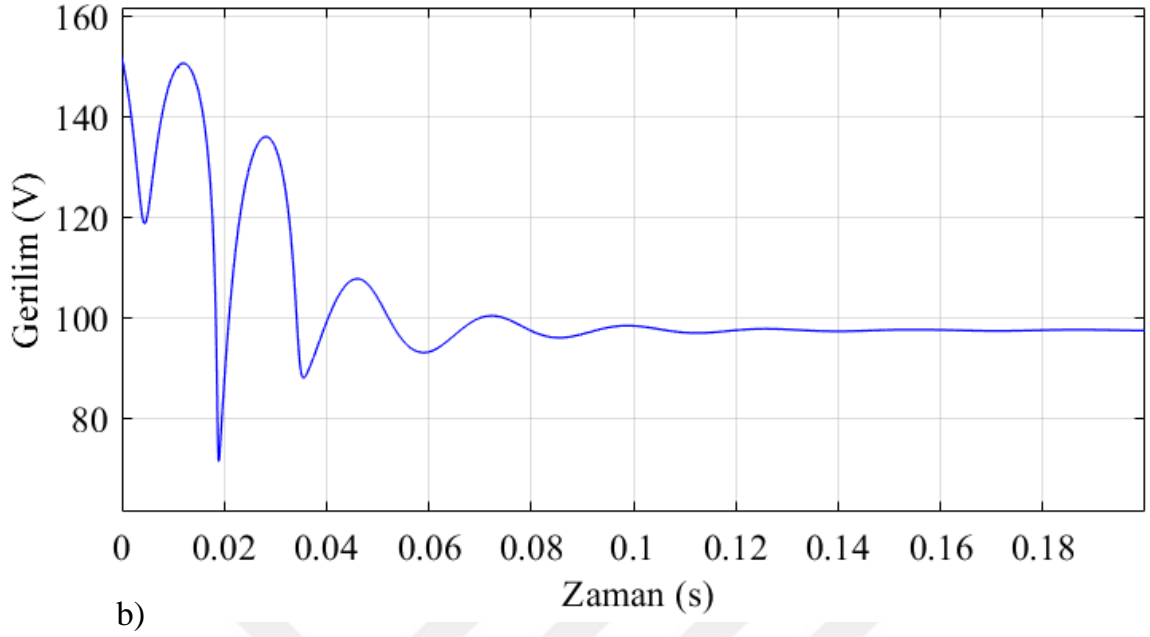
Şekil 3.27. SOA-BOA algoritması Senaryo 1 FV dizin gücü



Şekil 3.28. SOA algoritması Senaryo 1 FV dizin gücü

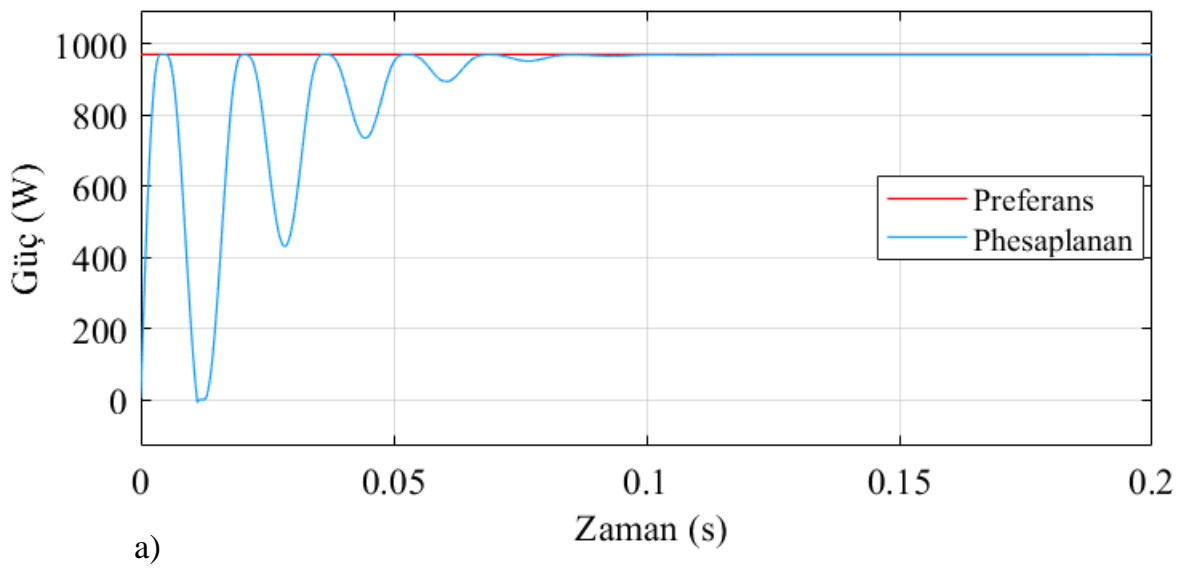
İkinci olarak farklı bir senaryo durumu oluşturularak gün ışığı değiştiğinde algoritmaların performansı tekrar incelenmiştir. Şekil 3.29 a ve b' de FV dizinden elde edilen gerilim değerleri verilmiştir.

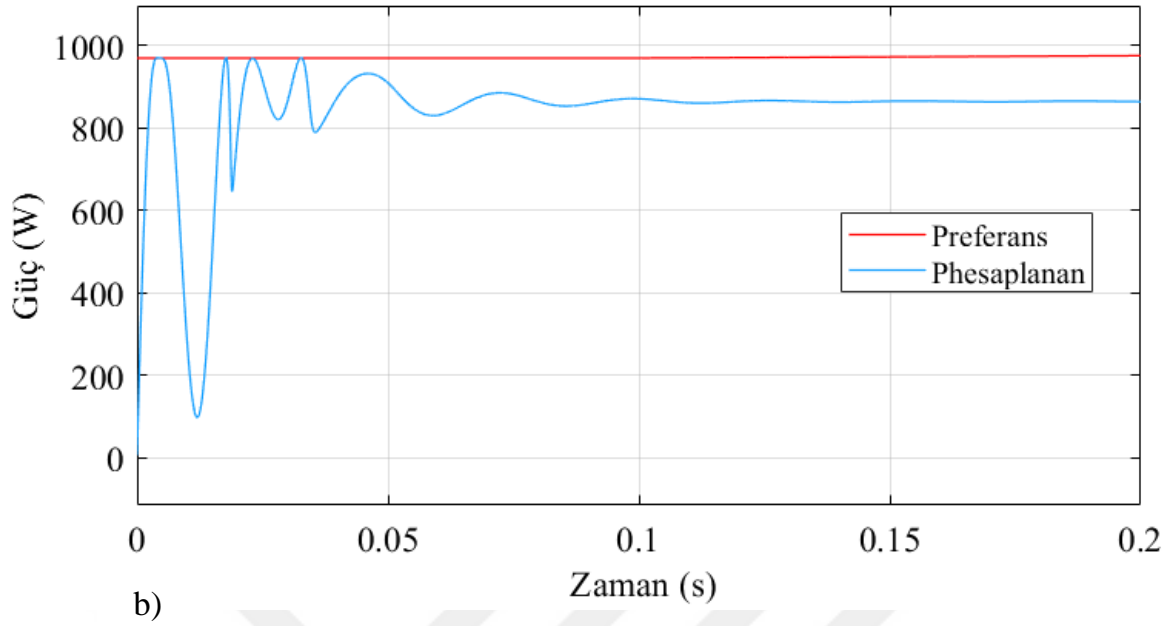




Şekil 3.29. a) SOA-BOA algoritması Senaryo 2 FV dizin gerilimi
b) SOA algoritması Senaryo 2 FV dizin gerilimi

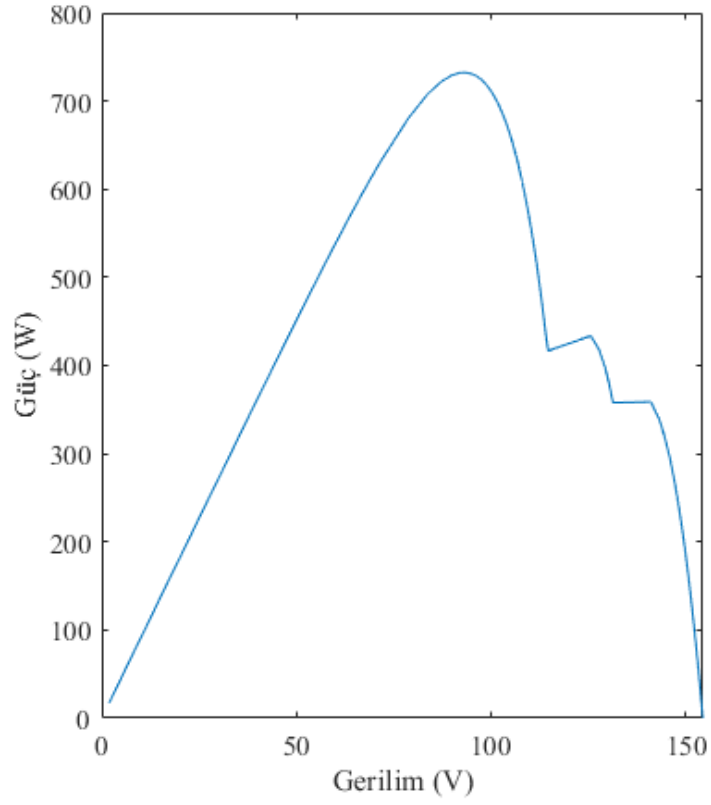
Şekil 3.30 a ve b' de ise elde edilen güç değerleri verilmiştir. Hibrit algoritma ile elde edilen maksimum güç değeri 968,8 W, SOA algoritması ile 864,4 W' tır. Senaryo 2 durumu için teoride olması gereken güç değeri 970 W'tır. Hibrit algoritmada verim %99,87 iken SOA algoritmasında %89,11' dir.





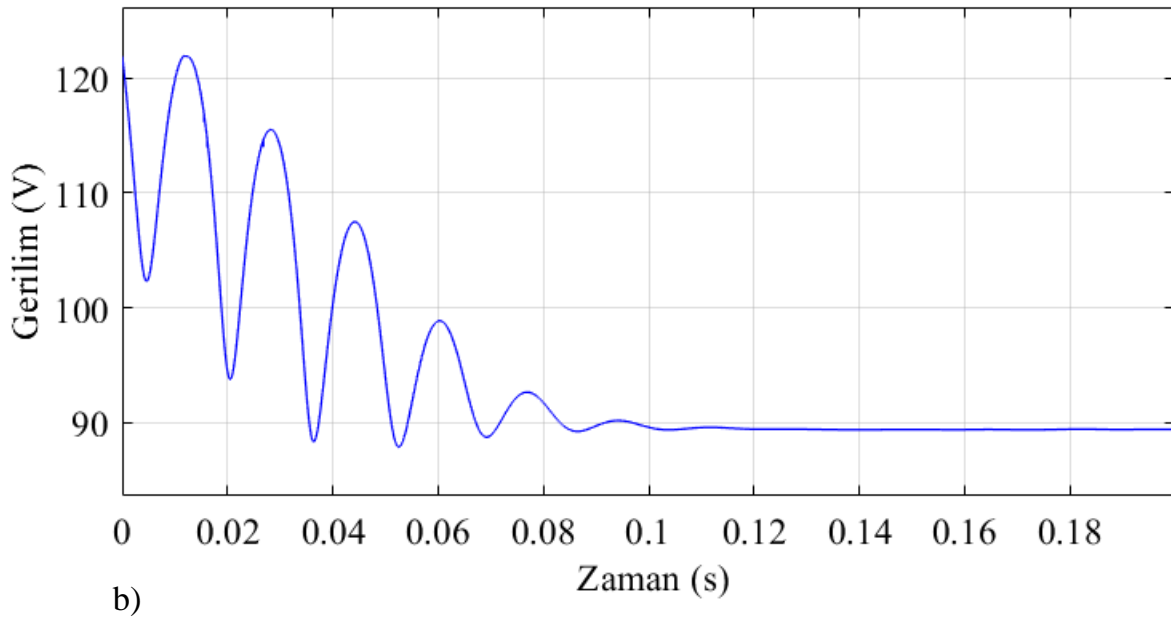
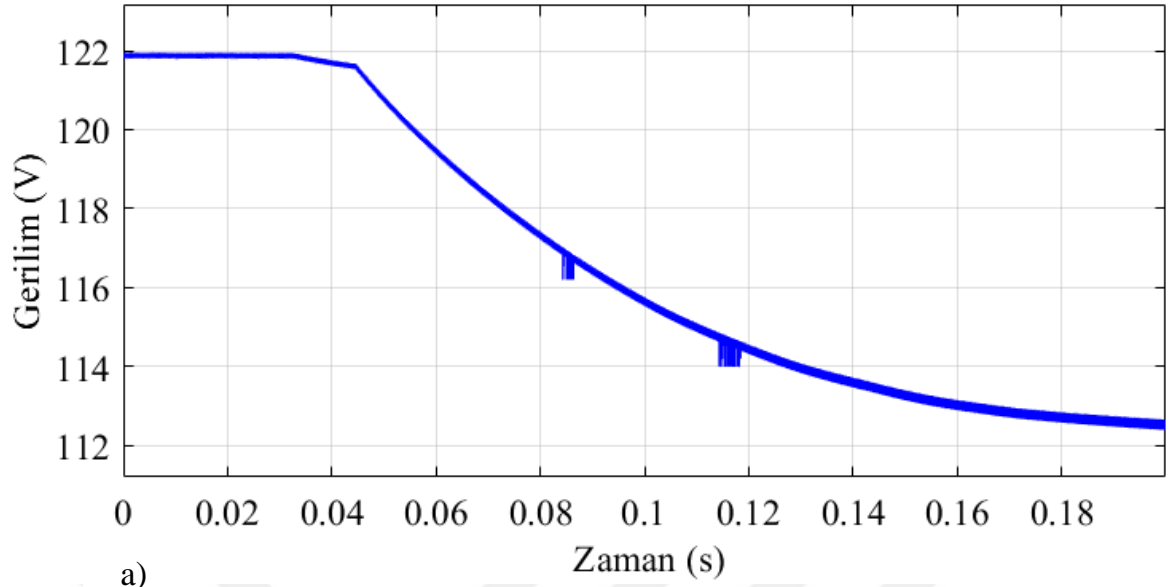
Şekil 3.30. a) SOA-BOA algoritması Senaryo 2 FV dizin gücü
b) SOA algoritması Senaryo 2 FV dizin gücü

Önerilen SOA-BOA algoritmasının geleneksel algoritmalarından Değiştir-Gözle algoritması ile karşılaştırması yapılmıştır. Farklı bir senaryo durumu oluşturularak performans irdelenmesi yapıldı. Senaryo 3' te 2. Panel 400 W/m^2 , 3. panel 300 W/m^2 gün ışığı almıştır. Senaryo 3 durumuna ilişkin güç-gerilim karakteristiği Şekil 3.31' de verildiği gibidir. Teoride elde edilmesi gereken küresel maksimum güç değeri 732 W ' tır.

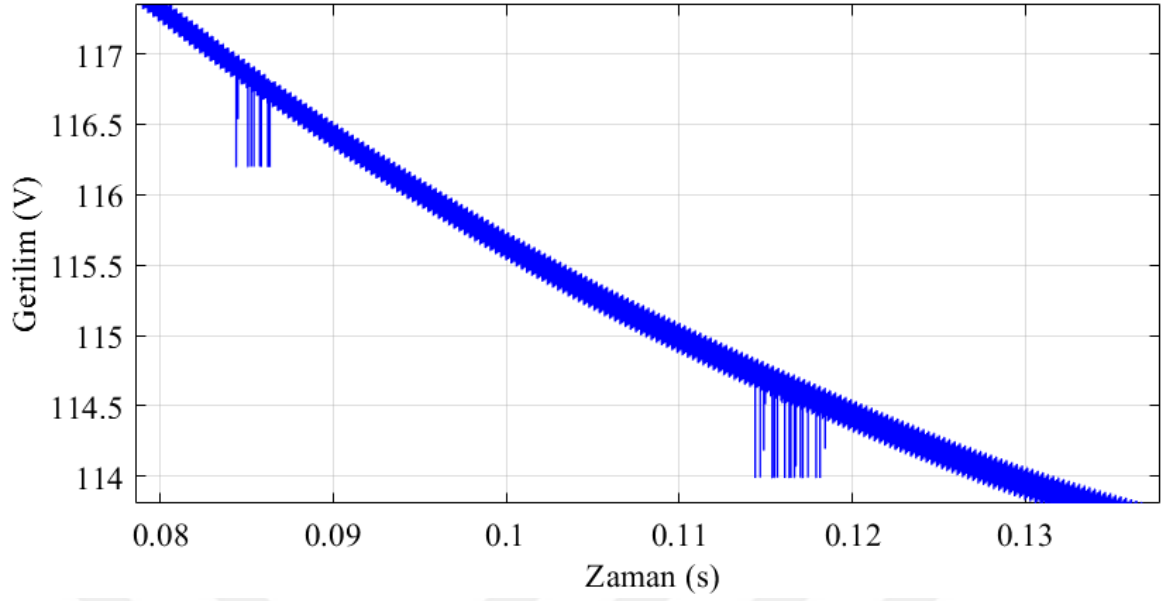


Şekil 3.31. Senaryo 3 için FV dizin güç-gerilim karakteristiği

Senaryo 3 durumu için hibrit algoritma ve değiştir-gözle algoritması ile elde edilen gerilim değerleri Şekil 3.32' de gösterildiği gibidir. Değiştir-Gözle algoritmasında gerilim değerinin sürekli hale oturmasının daha fazla zaman aldığı görülmektedir ve elde edilen gerilim değeri yerel maksimum güç noktasındaki gerilim değerine takılmıştır. Şekil 3.33' te Değiştir-Gözle algoritması ile elde edilen gerilim değerinin yakın görünümü verilmiştir. Bu durumda osilasyonun fazla olduğu görülmektedir.

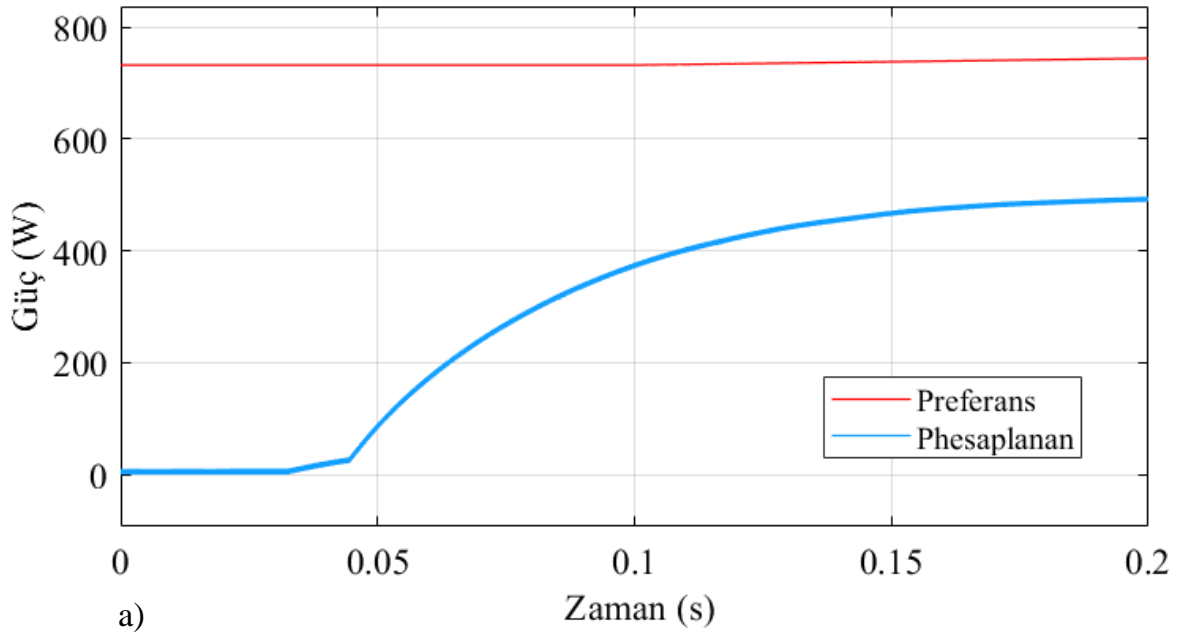


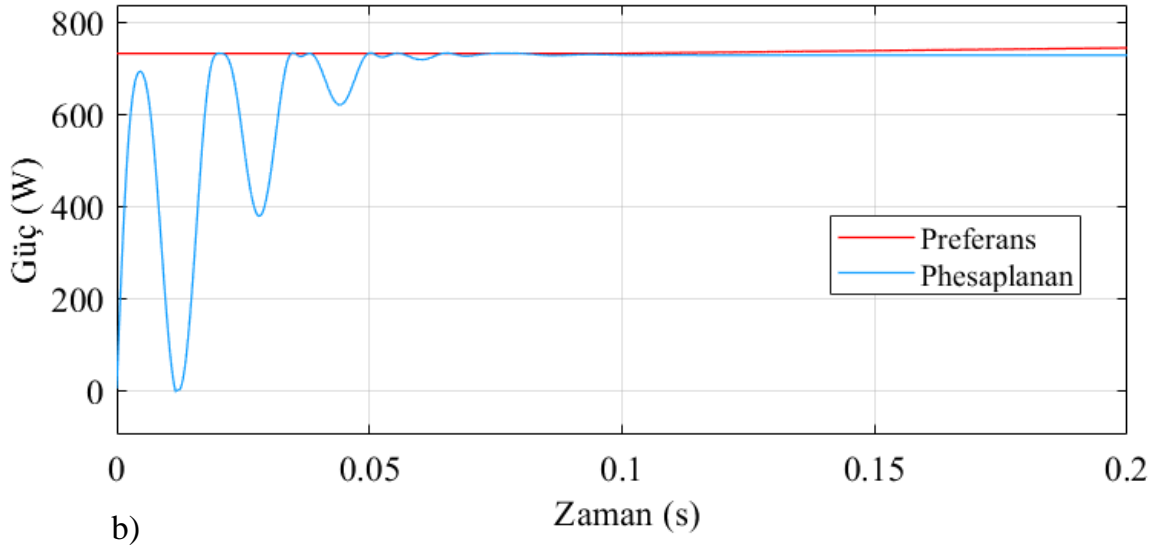
Şekil 3.32. a) Değiştir-Gözle algoritması FV dizin gerilimi
b) SOA-BOA algoritması FV dizin gerilimi



Şekil 3.33. Değiştir-Gözle algoritması FV dizin gerilimi yakın görünümü

Şekil 3.34' te elde edilen güç değerleri verilmiştir. Değiştir-gözle algoritması ile elde edilen güç 489.6 W iken SOA-BOA algoritması ile 728.1 W' tır. Buradan görülmektedir ki Değiştir-Gözle algoritması ile güç, yerel maksimum güç noktasına takılı kalmıştır.

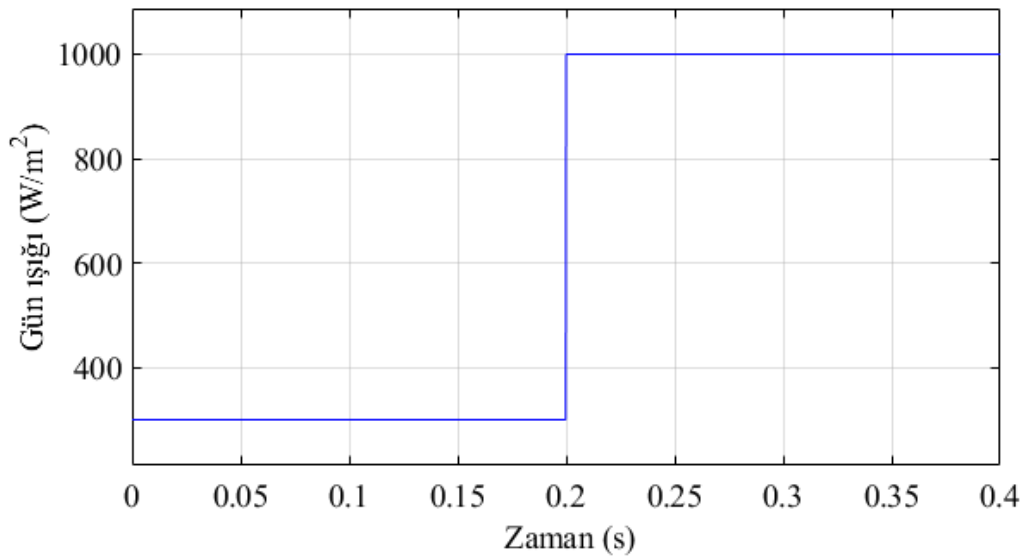




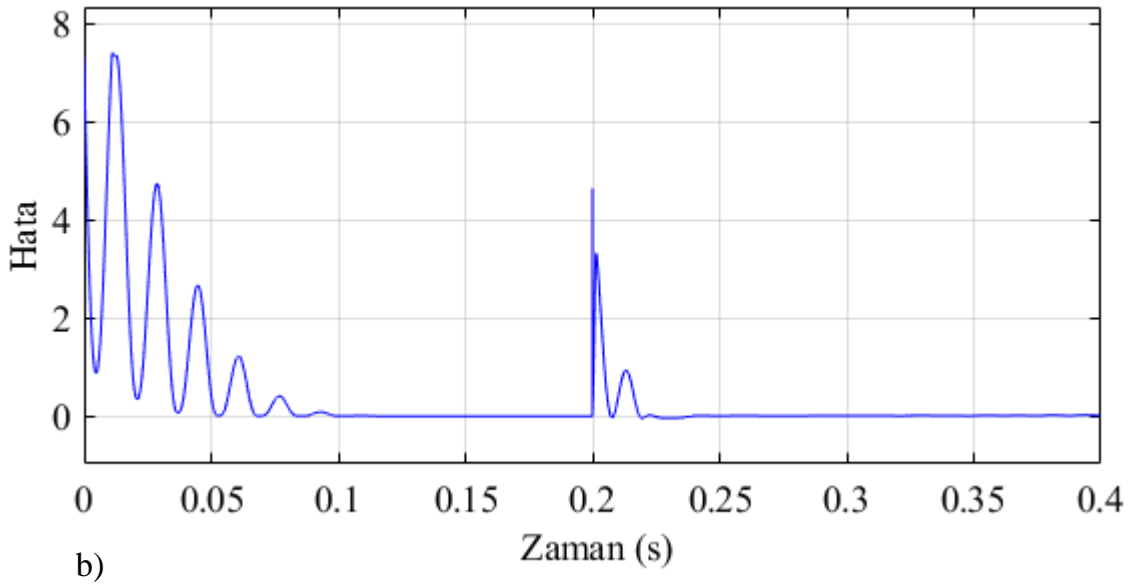
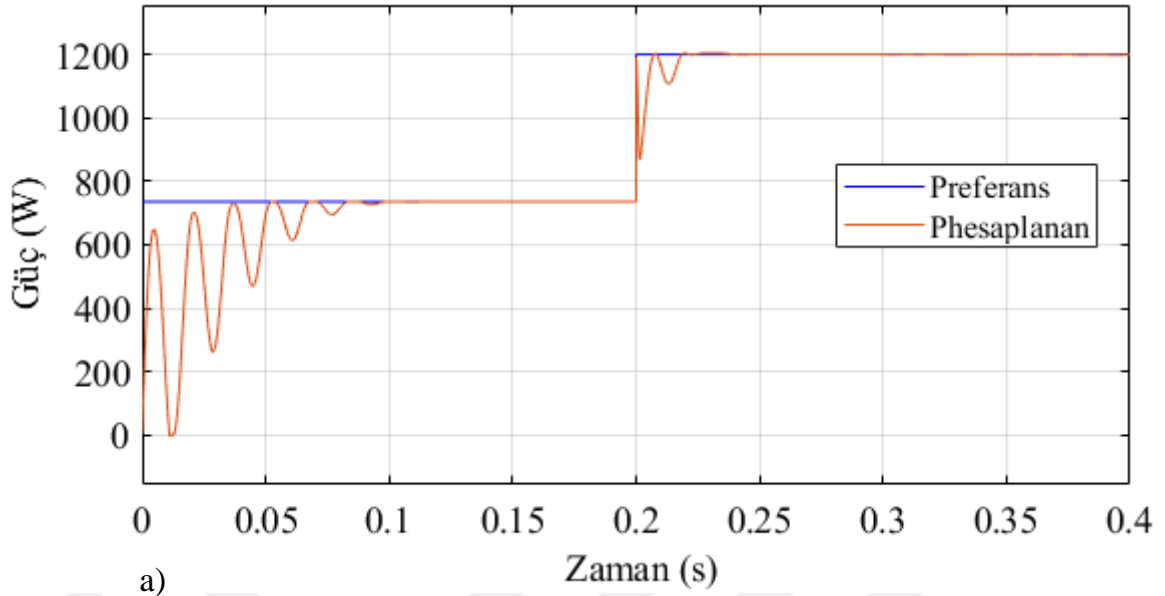
Şekil 3.34. a) Değişir-Gözle algoritması FV dizin gücü
b) SOA-BOA algoritması FV dizin gücü

3.4. Sabit Sıcaklık, Değişen Işınım Altında Algoritmanın Performansı

Gün ışığının zamana göre değişimine bağlı olarak referans güç değerine ne kadar hata ile oturduğu gözlemlenmiştir. İlk olarak gün ışığının ani artış durumu incelenmiştir. İlk üç panele gelen gün ışığı değerinin zamanla değişimi Şekil 3.35' de verilmiştir. Bu durumda elde edilen güç değeri ve hata Şekil 3.36' da verildiği gibidir.



Şekil 3.35. Gün ışığının zamana göre ani artışı

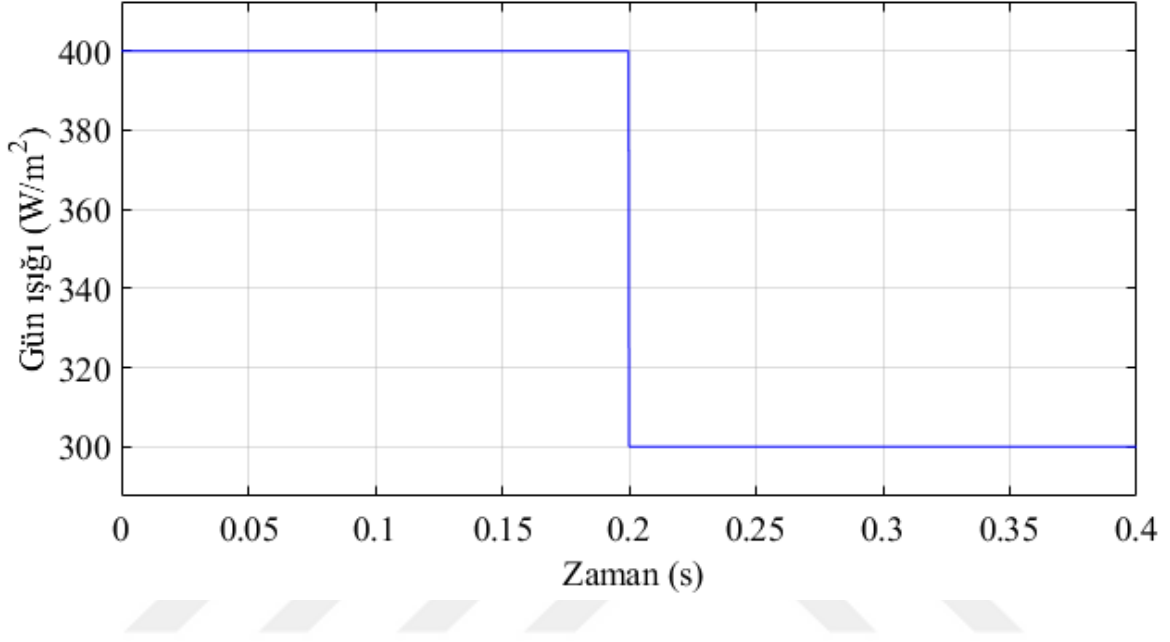


Şekil 3.36. a) Ani artan gün ışığında elde edilen FV dizin güç değerleri
b) Elde edilen güç değerlerinde oluşan hata değerleri

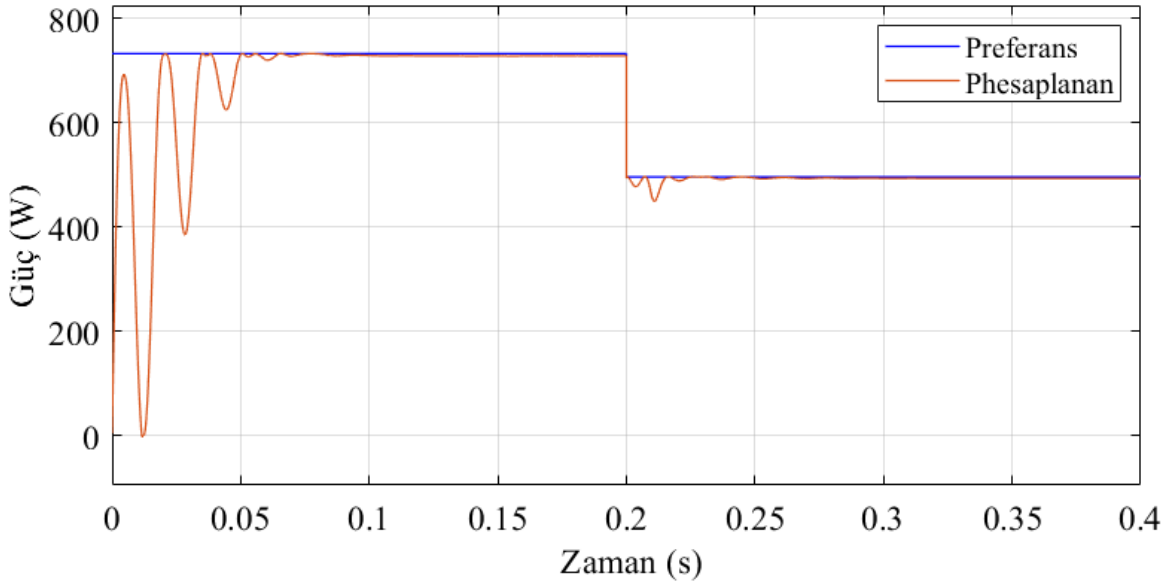
0-0.2 sn aralığında optimizasyon algoritmasından elde edilen doluluk-boşluk oranı ile güç 0,008 hata ile referans değerine oturmuştur. 0.2-0.4 sn aralığında ise 0,004327 hata ile referans güç değerine oturmuştur.

Gün ışığının ani azalışı Şekil 3.37' de verilmiştir. Bu durumda elde edilen güç değerleri de Şekil 3.38'de verildiği gibidir. Burada da bir önceki durumda olduğu gibi optimizasyon algoritmasından elde edilen doluluk-boşluk oranlarına göre elde edilen

gücün referans değere ne kadar hata ile oturduğuna bakılmıştır. Birinci aralıkta 0,038 hata ile referans değere ulaşan güç, ikinci aralıkta 0,02678 hata ile referans değerine oturmuştur. Buradan görülmektedir ki gün ışığının ani artış-azalış durumlarda ikinci durumda referans değeri daha az hata ile yakalayabilmektedir.



Şekil 3.37. Gün ışığının zamana göre ani azalışı



Şekil 3.38. Ani azalan gün ışığında elde edilen FV dizin güç değerleri

4. TARTIŞMA

Kısmi gölgelenme durumlarında maksimum güç noktası takibi için optimizasyon algoritması tabanlı MGNT kullanıldığında geleneksel algoritmalarından Değişir-Gözle algoritmasına göre daha başarılı sonuçlar alınmıştır. Ayrıca D&G algoritmasında osilasyon daha fazladır. Sistemin zamanla değişen gün ışığına adapte olabilmesi için algoritmanın olabilecek minimum sürede doğru gücü vermesi sağlanmıştır. Optimizasyon algoritması hibrit olarak kullanıldığında maksimum güç değerini her durumda doğru bulması garanti edilmiştir.

Sistemde birkaç panele bypass diyot yerine paralel bağlı kullanılan aküler ile güç kaybı kısmi olarak azaltılmıştır. Gölgeleyen panel devre dışı kalarak yerine akü girer ve gölgelenmeden dolayı oluşan güç kaybını kısmi azaltır.

Şebeke bağlantılı FV sistem Matlab/Simulink' te benzetimi yapılarak önerilen optimizasyon algoritmasının performansı incelenmiştir. Farklı gün ışığı senaryo durumları, gün ışığının ani artışı-azalışı gibi durumlar oluşturulduğunda algoritmanın küresel maksimum gücü doğru bulduğu belirlenmiştir.

Çevresel faktörlerden dolayı değişen FV dizin gücü, evirici kontrolü ile alternatif kısma aktarılması sağlanmıştır. Hesaplanan filtre parametreleri, gerilim ve akım düzenleyici için kullanılan PI denetleyiciler ile yük/şebeke tarafında harmoniklerin az olması ve DA bara geriliminin sabit kalması sağlanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada güneş enerjisinden elektrik üretimi yapan FV dizinleri kısmi gölgelenme durumlarında maksimum güç noktasında çalıştırmak ve bu küresel noktayı bulmak için SOA-BOA optimizasyon algoritması önerilmiştir. Önerilen algoritma Matlab m-file' da oluşturulmuştur. Şebeke bağlantılı FV sistemin Matlab/Simulink' te benzetimi yapılmıştır. Farklı gün ışığı senaryo durumları oluşturularak algoritmanın Değiştir-Gözle algoritması ve SOA algoritması ile performans karşılaştırması yapılmıştır. Bununla birlikte literatürde yedekleme ünitesi olarak kullanılan akülerin kullanım yeri değiştirilerek güç kaybı kısmi olarak azaltılmıştır. Akülere şarj-deşarj yönetimi uygulanmıştır.

Önerilen optimizasyon algoritmasında kontrol değişkeni doluluk-boşluk oranı alınarak sistemin kompleksliği azaltılmıştır. Hibrit algorithmada kullanılan BOA algoritması, SOA algoritmasının başlangıç aşamalarını tutar ve geniş arama uzayı sayesinde küresel maksimum gücü her durumda doğru bulması sağlanmıştır. Bununla birlikte algoritmanın minimum sürede doğru gücü verebilmesi için algoritma parametreleri ayarlanmıştır.

Sistemde öneri olarak alternatif kısımda akım ve gerilim düzenleyici için kullanılan denetleyici parametrelerinin değerleri optimizasyon algoritması teknikleri ile belirlenebilir.

Yük tarafında oluşan osilasyonları azaltmak için çeşitli dinamik filtreler kullanılabilir. Şebeke tarafında kullanılan yük değeri bu çalışmada sabit alınmıştır, değişken yükler için benzetimi ayrıca gerçekleştirilebilir.

Gölgelenmeden dolayı oluşan güç kaybını azaltmak için kullanılan aküler, ekonomik olarak düşünüldüğünde her bir panele akü bağlanamayacağı gerçeği söz konusudur. Bu nedenle uygulamada bu sistem gerçekleştirilirken öncelikle kurulacak olan sahanın gün ışığı analizi yapıp hangi bölgede gün ışığı değişimi en fazlaysa o kısımdaki panellere anahtarlama ile akü bağlantısı gerçekleştirilebilir. Bu sayede hem ekonomiklik hem de verimlilik sağlanmış olur.

Bu çalışmada gölgelenme durumu analiz edilirken sıcaklık sabit tutulmuştur. Fakat uygulamada sıcaklığın da değişeceği bilinmektedir. Gölgelenmede sıcaklık faktörü tanımlanarak bir katsayı ile modele eklemeler yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

1. Sarioğlu, G., Güneş Gözelerinde Gölgeleme Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 2012.
2. <http://www.emo.org.tr/enerjiistatistikleri>, Elektrik Mühendisleri Odası, 2 Nisan 2019.
3. <http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/alternatif-enerji-kaynaklari-ve-turkiye>, Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye, 11 Nisan 2019.
4. Parthasarathy, H., Udayakumar, L. ve Balasubramanian, G., Modeling and Simulation of PV Module and Zeta Converter, International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), March 2016, India, 1-5.
5. Sreekumar, A.V. ve Rajendran, A., Performance Enhancement of PV Arrays under Partial Shading Conditions using SEPIC Converter, International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), April 2014, India, 218-223.
6. Nedumgatt, J. J., Jayakrishnan, K. B., Umashankar, S., Vijayakumar, D. ve Kothari, D. P., Perturb and Observe MPPT Algorithm for Solar PV Systems Modeling and Simulation, Annual IEEE India Conference, December 2011, India, 1-6.
7. Keskin, Y., E., Başoğlu, M., E., Tekdemir, İ., G. ve Çakır, B., Fotovoltaik Sistemlerde Değiştir-Gözle ve Artan İletkenlik Algoritmalarının Karşılaştırılması, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu (ELECO), Kasım 2014, Bursa.
8. Pilakkat, D. ve Kanthalakshmi, S., An İmproved P&O Algorithm Integrated with Artificial Bee Colony for Photovoltaic Systems under Partial Shading Conditions, International Solar Energy Society, 178 (2019) 37-47.
9. Alik, R. ve Jusoh, A., An Enhanced P&O Checking Algorithm MPPT for High Tracking Efficiency of Partially Shaded PV Module, International Solar Energy Society, 163 (2018) 570-580.
10. Jalil, F., M., Saxena, R., Ansari, M., S. ve Ali, N., Reconfiguration of Photovoltaic Arrays under Partial Shading Conditions, Second International Innovative Applications of Computational Intelligence on Power, Energy and Controls with their Impact on Humanity (CIPECH), November 2016, India, 193-200.
11. Babu, T., S., Ram., J., P., Dragicevic, T., Miyatake, M., Blaabjerg, F. ve Rajasekar, N., Particle Swarm Optimization Based Solar PV Array Reconfiguration of the Maximum Power Extraction under Partial Shading Conditions, IEEE Transactions on Sustainable Energy, 9, 1 (2018) 74-85.

12. Bosco, M., J. ve Mabel, M., C., A Novel Cross Diagonal View Configuration of a PV System under Partial Shading Condition, International Solar Energy Society, 158 (2017) 760-773.
13. Belhaouas, N., Cheikh, M., S., A., Agathoklis, P., Oularbi, M., R., Amrouche, B., Sedraoui, K. ve Djilali N., PV Array Power Output Maximization under Partial Shading using New Shifted PV Array Arrangements, Applied Energy, 187 (2017) 326-337.
14. Fathy, A., Recent Meta-Heuristic Grasshopper Optimization Algorithm for Optimal Reconfiguration of Partially Shaded PV Array, International Solar Energy Society, 171 (2018) 638-651.
15. Ishaque, K., Salam, Z., Taheri, H. ve Shamsudin, A., Maximum Power Point Tracking for PV System under Partial Shading Condition via Particle Swarm Optimization, IEEE Applied Power Electronics Colloquium (IAPEC), April 2011, Malaysia, 5-9.
16. Ram, J., P. ve Rajasekar, N., A Novel Flower Pollination Based Global Maximum Power Point Method for Solar Maximum Power Point Tracking, IEEE Transactions on Power Electronics, 32,11 (2017) 8486- 8499.
17. Jubaer, A. ve Zainal, S., A Maximum Power Point Tracking for PV System using Cuckoo Search with Partial Shading Capability, Applied Energy, 119 (2014) 118-130.
18. Guo, L., Meng, Z., Sun, Y. ve Wang, L., A Modified Cat Swarm Optimization Based Maximum Power Point Tracking Method for Photovoltaic System under Partially Shaded Condition, International Journal of Energy, 144 (2018) 501-514.
19. Oshaba, A., S., Ali, E., S. ve Abd Elazim, S., M., MPPT Control Design of PV System Supplied SRM using BAT Search Algorithm, Sustainable Energy, Grids and Networks, 2 (2015) 51-60.
20. Rezk, H., Fathy, A. ve Abdelaziz, A., Y., A Comparison of Different Global MPPT Techniques Based on Meta-Heuristic Algorithms for Photovoltaic System Subjected to Partial Shading Conditions, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 74 (2017) 377-386.
21. Jiang, L., L. ve Maskell, D., L., A Uniform Implementation Scheme for Evolutionary Optimization Algorithms and The Experimental Implementation of An ACO Based MPPT for PV System under Partial Shading, IEEE Symposium on Computational Intelligence Applications in Smart Grid (CIASG), December 2014, USA, 1-8.
22. Manickam, C., Raman, G., P., Raman, G., R., Ganesan, S., I. ve Chilakapati, N., Fireworks Enriched P&O Algorithm for GMPPT and Detection of Partial Shading in PV Systems, IEEE Transactions on Power Electronics, 32, 6 (2017) 4432-4443.

23. Mohanty, S., Subudhi, B. ve Ray, P., A Grey Wolf Assisted Perturb&Observe MPPT Algorithm for A PV System, IEEE Transactions on Energy Conversion, 32, 1 (2017) 340-347.
24. Dounis, A., I., Stavriniadis, S., Kofinas, P. ve Tseles, D., Fuzzy-PID Controller for MPPT of PV System Optimized by Big Bang-Big Crunch Algorithm, IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), August 2015, Istanbul, 1-8.
25. Subha, R. ve Himavathi, S., Accelerated Particle Swarm Optimization Algorithm for Maximum Power Point Tracking in Partially Shaded PV Systems, 3rd International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES), March 2016, India, 232-236.
26. Yuan, X., Yang, D. ve Liu, H., MPPT of PV System under Partial Shading Condition Based on Adaptive Inertia Weight Particle Swarm Optimization Algorithm, IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control and Intelligent Systems (CYBER), June 2015, China, 729-733.
27. Mao, M., Duan, Q., Yang, Z. ve Duan, P., Modeling and Global MPPT for PV System under Partial Shading Conditions using Modified Artificial Fish Swarm Algorithm, IEEE International Symposium on System Engineering (ISSE), October 2016, Edinburgh, 1-7.
28. Yang, Z., Duan, Q., Zhong, J., Mao, M. ve Xun, Z., Analysis of Improved PSO and Perturb and Observe Global MPPT Algorithm for PV Array under Partial Shading Condition, 29th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), May 2017, China, 549-553.
29. Sundareswaran, K., Kumar, V. ve Palani, S., Application of A Combined Particle Swarm Optimization and Perturb and Observe Method for MPPT in PV Systems under Partial Shading Conditions, International Journal of Renewable Energy, 75 (2015) 308-317.
30. Li, H., Yang, D., Su, W., Lü, J. ve Yu, X., An Overall Distribution Particle Swarm Optimization MPPT Algorithm for Photovoltaic System under Partial Shading, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 66, 1 (2019) 265-275.
31. Mohamed, A., Diab, A. ve Rezk, H., Partial Shading Mitigation of PV Systems via Different Meta-Heuristic Techniques, International Journal of Renewable Energy, 130 (2019) 1159-1175.
32. Mohapatra, A., Nayak, B., Das, P. ve Mohanty, K., A Review on MPPT Techniques of PV System under Partial Shading Condition, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80 (2017) 854-867.
33. Kandemir, E., Çetin, N. ve Borekçi, S., A Comprehensive Overview of Maximum Power Extraction Methods for PV Systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 78 (2017) 93-112.

34. Erdoğan, S., Fotovoltaik Sistemlerde Yapay Sinir Ağları ile Maksimum Güç Noktası İzleyicisi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2011.
35. Bedeloğlu, A., Demir, A. ve Bozkurt, Y., Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4, 2 (2010) 43-58.
36. <https://www.eia.gov/energyexplained>, Renewable Energy Explained, 15 Nisan 2019.
37. <https://tr.wikipedia.org>, Türkiye' de Yenilenebilir Enerji, 20 Nisan 2019.
38. Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y. ve Uğurlu, İ., Dünya'da ve Türkiye' de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 59, 692 (2018), 86-114.
39. Karamanav, M., Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2007.
40. Kılıç, F., Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 56, 671 (2015) 28-40.
41. Karagöl, E., T. ve Kavaz, İ., Dünya'da ve Türkiye' de Yenilenebilir Enerji, SETA, 197, Nisan 2017.
42. Altaş, İ., H., Fotovoltaik Güneş Pilleri: Yapısal Özellikleri ve Karakteristikleri, *Aylık 3e(Enerji, Elektrik, Elektromekanik) Dergisi*, 47 (1998) İstanbul, 66-71.
43. Ufacık, H., Şebeke Bağlantılı FV Sistemlerde DA Bara Geriliminin PSO Tabanlı Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2014.
44. <http://www.gunessistemleri.com/guneshucreleri>, Güneş Hücre Çeşitleri ve Genel Bilgiler, 3 Nisan 2019.
45. Altaş, İ., H., Yenilenebilir Enerji Sistemleri Ders Notları, Basılmamış, K.T.Ü.
46. Çakmak, R., Fotovoltaik Güç Üretim Sistemleri için Bulanık Mantık Tabanlı Maksimum Güç Noktası Takip Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
47. Motahhir, S. ve Abdelaziz, E., G., Impact of Partial Shading and Bypass Diode on PV Panel Output Power, Second Workshop on Imagery, Systems and Applications (WoISA), October 2015.
48. Kouro, S., Vinnikov, D., Leon, J. ve Franquelo, L., G., Grid Connected Photovoltaic Systems: An Overview of Resent Research and Emerging PV Converter Technology, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 9, 1 (2015) 47-61.

49. Rashid, M., H., Power Electronics Devices, Circuits and Applications, Alice Dworkin, 4. Baskı, 1027, Pearson Education , İngiltere, 2014.
50. <https://www.mutlu.com.tr>, Mutlu Akü, Akü Çeşitleri, 5 Nisan 2019.
51. Mustafa, M., Design of a Grid Connected Photovoltaic Power Electronic Converter, Master Thesis, Tromso University, Norveç, 2017.
52. Zeb, K., Uddin, W., Khan, M., A., Ali, Z., Ali, M., U., Christofides, N. ve Kim, H., J., A Comprehensive Review on Inverter Topologies and Control Strategies for Grid Connected Photovoltaic System, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 94 (2018) 1120-1141.
53. Kamarzaman, N., A. ve Tan, C., W., A Comprehensive Review of Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic Systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 37 (2014) 585-598.
54. Cheng, M., Y. ve Prayogo, D., Symbiotic Organism Search: A New Metaheuristic Optimization Algorithm, Computers and Structures, 139 (2014) 98-112.
55. Mirjalili, S. ve Lewis, A., The Whale Optimization Algorithm, Advances in Engineering Software, 95 (2016) 51-67.
56. Altas, İ., H. ve Sharaf, A., M., A Photovoltaic Array Simulation Model for Matlab Simulink GUI Environment, International Conference on Clean Electrical Power, Mayıs 2007, İtalya, 341-345.
57. www.ecee.colorado.edu/ecen2060, PV Module Model, 10 Mart 2018.
58. <http://www.srsolartech.eu>, 260 W Panel Datasheet, 8 Nisan 2018.
59. <https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/250-kw-grid-connected-pv-array.html>, 21 Mart 2019.
60. Shao, R., Power Converters For Residential PV and Hybrid Systems, PhD Thesis, University of New Brunswick, Graduate Academic Unit of Electrical and Computer Engineering, Fredericton, NB, 2010.
61. <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/50432-charge-control-for-a-battery-combined-with-a-solar-pv-system>, 21 Mart 2019.

ÖZGEÇMİŞ

Büşra ÖZGENÇ, 1995 yılında Trabzon'un Sürmene ilçesinde doğdu. İlköğretim ve ortaöğretimini Araklı Merkez' de tamamlamış olup, 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden Bölüm üçüncüsü olarak mezun oldu. Aynı sene Elektrik Mühendisliği'nde yüksek lisans eğitimine başladı ve 2018 Eylül ayında Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak atandı. Orta derecede ingilizce bilen ÖZGENÇ, tesisler ve yenilenebilir enerji alanlarında çalışmalarını sürdürmektedir.

YAYINLARI

1. **Özgenç B**, Altaş İ. H, Implementation of A New Maximum Power Point Tracking Algorithm for partially shaded PV systems, 7thInternational Istanbul Smart Grids and Cities Congress and Fair (İCSG 2019), April 2019, İstanbul (Kabul edildi)