



GÜNEŞ PANELLERİ İÇİN AA MODÜL TASARIMI VE UYGULAMASI

Celal CAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARALIK 2019

Celal CAN tarafından hazırlanan “GÜNEŞ PANELLERİ İÇİN AA MODÜL TASARIMI VE UYGULAMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Elektrik Eğitimi Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ramazan BAYINDIR

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Hamit ERDEM

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Başkent Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Prof. Dr. Erdal IRMAK

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 26/12/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Celal CAN

26/12/2019

GÜNEŞ PANELLERİ İÇİN AA MODÜL TASARIMI VE UYGULAMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Celal CAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2019

ÖZET

Sanayileşmeyle birlikte artan enerji talebinden ve fosil yakıtların hem tükeniyor olması hem de çevresel olumsuzluklarından dolayı, alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş enerjisi temiz, bol ve yenilenebilir olması sebebiyle alternatif kaynaklar arasında öne çıkmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte güneş enerjisinden düşük maliyetlerle daha yüksek verimde enerji elde edilmesi mümkün hale gelmiştir. Böylece enerjinin ihtiyaç duyulduğu alanlarda yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Güneş enerjisinden elde edilen enerjinin istenilen güç kalitesinde şebekeye veya yüke aktarılması için güç elektroniği donanımlarına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, fotovoltaiik panellerden elde edilen doğru akımı alternatif akıma dönüştüren bir modül tasarımı ve uygulaması üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Normal koşullarda fotovoltaiik paneller doğru akım üretmektedir. Ticari nitelikteki güneş enerjisi dönüşüm sistemlerinde doğru akım, ya doğru akım baraları ile ya da panellerin seri bağlanması ile bir DA dizisi oluşturularak eviriciler üzerinden alternatif akıma dönüştürülür. Mevcut sistemler ile elektrik üretmenin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Tasarımı yapılan sistem ile güneş enerjisinden maksimum düzeyde güç elde edebilmek ve parçalı gölgeleme sonucu meydana gelen enerji kayıpları gibi olumsuzlukları aza indirerek fotovoltaiik sistemlerde bazı iyileştirmeler yapılmak istenmiştir. Bunun için her bir fotovoltaiik panele bağlı modül yardımıyla doğrudan alternatif akım elde eden sistem gerçekleştirilmiştir. Güneş panelinden elde edilen doğru gerilimi istenilen seviyeye yükseltmek için yükseltici konvertör tasarlanmıştır. Tasarım için MATLAB programının Simulink aracı ile hem konvertör hem de Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MGNİ) algoritmalarının benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Konvertör ile yükseltilecek gerilim evirici yardımıyla alternatif gerilime dönüştürülmüştür. Maksimum düzeyde güç elde edebilmek için farklı MGNİ algoritmaları denenmek suretiyle maksimum güç elde edilmeye çalışılmıştır. Böylece hem maksimum güç elde edilmiştir hem de oluşabilecek verim kayıplarını bertaraf edebilecek modül geliştirilmiştir.

Bilim Kodu : 90513

Anahtar Kelimeler : Güneş paneli, maksimum güç noktası izleme, yükselten konvertör, değişir ve gözle algoritması

Sayfa Adedi : 73

Danışman : Prof. Dr. Ramazan BAYINDIR

AC MODULE DESIGN AND IMPLEMENTATION FOR SOLAR PANELS

(M. Sc. Thesis)

Celal CAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2019

ABSTRACT

Alternative energy resources are needed due to the increasing energy demand with industrialization and the depletion of fossil fuels as well as environmental adversities. Solar energy stands out among alternative sources because it is clean, abundant and renewable. With the development of technology, it has become possible to obtain higher efficiency energy from solar energy at lower costs. Thus, it is seen that energy is widely used in areas where it is needed. There is a need for power electronics equipment to transfer the energy obtained from solar energy to the network or load at the desired power quality. In this study, a study has been carried out on the design and application of a module that converts the direct current obtained from photovoltaic panels to alternating current. Under normal conditions, photovoltaic panels produce direct current. In commercial solar power conversion systems, direct current is converted into alternating current via inverters either by direct current busbars or by connecting the panels in series to form a DA array. There are some disadvantages to generating electricity with existing systems. With the designed system, it was aimed to obtain maximum power from the solar energy and to make some improvements in photovoltaic systems by minimizing the negativities such as energy losses due to shading. For this purpose, a system that directly generates alternating current has been realized with the help of the module connected to each photovoltaic panel. Booster converter is designed to increase the correct voltage obtained from the solar panel to the desired level. Simulation of both converter and Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithms were performed with the Simulink tool of MATLAB for design. The voltage raised by the converter is converted to alternative voltage with the help of inverter. In order to obtain maximum power, maximum power was tried by trying different MPPT algorithms. Thus, both maximum power was obtained and a module was developed to eliminate the possible loss of efficiency.

Science Code : 90513

Key Words : Solar panel, maximum power point tracking, boost converter, perturb and observe algorithm

Page Number : 73

Supervisor : Prof. Dr. Ramazan BAYINDIR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Sayın Prof. Dr. Ramazan BAYINDIR'a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım arkadaşım Öğr. Gör. Göksel GÖKKUŞ'a, NEVÜ Hacıbektaş Meslek Yüksekokulu yönetimine, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme, bu süreçte her zaman yanımda olan değerli eşim Nimet KAYA CAN'a teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER	7
2.1. Fotovoltaik Enerji ve Akım Elde Edilmesi	7
2.2. Şebeke Sistemleri	9
2.2.1. Şebeke bağlantılı sistemler.....	9
2.2.2. Şebekeden bağımsız sistemler.....	9
2.2.3. Hibrid sistemler.....	10
2.3. Fotovoltaik Sistem Bileşenleri.....	11
2.3.1. Fotovoltaik pil ve matematiksel modeli.....	12
2.3.2. Çeviriciler (Konvertörler)	13
2.3.3. Eviriciler.....	15
2.4. MGNİ Algoritmaları	16
2.4.1. Açık devre gerilim algoritması.....	16
2.4.2. Kısa devre akım algoritması.....	17
2.4.3. Değiştir ve Gözle algoritması.....	19

Sayfa

2.4.4. Artan iletkenlik algoritması.....	21
2.4.5. Kısmi gölgelenmede kullanılan algoritmalar	22
3. BENZETİM ÇALIŞMALARI	25
3.1. DA-DA Konvertör Benzetim Çalışması	25
3.2. MGNİ Kullanılan DA-DA Konvertör Benzetim Çalışması	27
3.2.1. Değiştir ve Gözle MGNİ algoritması ile konvertör uygulaması.....	30
3.2.2. Artan iletkenlik MGNİ algoritması ile konvertör uygulaması.....	32
4. TASARIM VE UYGULAMA ÇALIŞMASI	37
4.1. Yükselten Tip (Boost) Konvertör Tasarımı	37
4.2. Konvertör Devresi ve Kontrol Kartı Tasarımı.....	39
4.3. Uygulamada Kullanılan Evirici Hakkında Bilgiler	45
4.4. Devrelerin Test Edilmesi	47
4.5. Sistem Maliyeti.....	64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR	67
EKLER.....	69
EK-1. Tasarlanan yükselten tip konvertöre ait şekiller.....	70
EK-2. Tasarlanan kontrol kartına ait şekiller	71
ÖZGEÇMİŞ	72

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Tommatech marka güneş paneli parametreleri	28
Çizelge 3.2. Değiştir ve Gözle uygulanan konvertör devre parametreleri	30
Çizelge 3.3. Artan iletkenlik uygulanan konvertör devre parametreleri	33
Çizelge 3.4. MGNİ uygulanan konvertör devre parametreleri karşılaştırması	35
Çizelge 4.1. Hesaplanan konvertör değerleri	39
Çizelge 4.2. 60W yük çalıştırırken elde edilen sonuçlar	56
Çizelge 4.3. Yapılan denemelerin karşılaştırılması	63
Çizelge 4.4. Sistemde kullanılan elemanların özellikleri ve maliyeti	64

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Fotovoltaik hücrenin prensip şeması	8
Şekil 2.2. Fotovoltaik piller, paneller ve diziler.....	8
Şekil 2.3. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin blok diyagramı.....	9
Şekil 2.4. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem.....	10
Şekil 2.5. Hibrid sistemin blok diyagramı	11
Şekil 2.6. FV diyot eşdeğer devresi	12
Şekil 2.7. Yükseltici çevirici devre topolojisi.....	14
Şekil 2.8. Anahtarın, a) İletim durumundaki, b) Kesim durumundaki devre	14
Şekil 2.9. Açık devre gerilimi algoritmasına ait akış diyagramı.....	17
Şekil 2.10. Kısa devre akımı algoritmasına ait akış diyagramı.....	18
Şekil 2.11. Değiştir ve Gözle algoritmasının temel prensibi	19
Şekil 2.12. Değiştir ve Gözle algoritmasının akış diyagramı	20
Şekil 2.13. Artan iletkenlik algoritmasının akış diyagramı	22
Şekil 3.1. DA-DA Boost konvertör Simulink devresi	25
Şekil 3.2. Anahtarlama frekanslı dalga şekli.....	26
Şekil 3.3. Konvertörün çıkış gerilim, akım ve güç değerleri	26
Şekil 3.4. Konvertörün farklı MGNİ algoritmaları ile birlikte benzetimi.....	27
Şekil 3.5. Benzetimde kullanılan panel parametreleri	28
Şekil 3.6. Panel verileri göstergeleri	29
Şekil 3.7. Konvertör çıkış verileri göstergeleri.....	29
Şekil 3.8. Konvertör verim değerleri göstergeleri	30
Şekil 3.9. Değiştir ve Gözle algoritması benzetimi sonuçları.....	31
Şekil 3.10. Değiştir ve Gözle algoritması uygulanan konvertör çıkış değerleri	32

Şekil	Sayfa
Şekil 3.11. Artan iletkenlik algoritması benzetimi sonuçları.....	33
Şekil 3.12. Artan iletkenlik algoritması uygulanan boost konvertör çıkış değerleri	34
Şekil 4.1. Tasarlanan sistemin blok diyagramı	37
Şekil 4.2. Tasarlanan konvertörün ISIS devre çizimi	40
Şekil 4.3. Konvertör devresinin besleme devresi.....	40
Şekil 4.4. Gerilim bölücü devre ile gerilim okuma devresi	41
Şekil 4.5. Akım okuma devresi.....	42
Şekil 4.6. Tasarlanan kontrol devresinin ISIS devre çizimi.....	44
Şekil 4.7. Test koşullarında belirlenen senaryo grafiği.....	48
Şekil 4.8. Elde edilen verilerin .txt formatında elde edilmesi.....	49
Şekil 4.9. Panel eğrileri üzerindeki MGNİ noktaları	50
Şekil 4.10. MGNİ durumu detayları	50
Şekil 4.11. MGNİ veriminde değişim grafiği	51
Şekil 4.12. Akım grafiği.....	51
Şekil 4.13. Gerilim grafiği	52
Şekil 4.14. Güç grafiği.....	52
Şekil 4.15. Maksimum güç ile üretilen güç arasındaki ilişki.....	53
Şekil 4.16. Panelin P-V eğrisi ile I-V eğrisi.....	54
Şekil 4.17. Farklı ışıınım ve sıcaklık değerlerini gösteren senaryo	55
Şekil 4.18. 60W yük ile panelin P-V eğrisi ile I-V eğrisi	57
Şekil 4.19. 60W yük ile farklı ışıınım ve sıcaklık değerlerini gösteren senaryo	57

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Tasarlanan konvertör devresi	43
Resim 4.2. Tasarlanan kontrol devresi	45
Resim 4.3. Sistemde kullanılan evirici.....	46
Resim 4.4. Testlerde kullanılan programlanabilir DA güç kaynağı.....	47
Resim 4.5. Simülatörün yazılım ara yüzü	49
Resim 4.6. Konvertörün evirici ile birlikte çalışması.....	53
Resim 4.7. Konvertör ile evirici çalışması ekran görüntüsü	54
Resim 4.8. 60W yük ile konvertör ve evirici çalışması ekran görüntüsü	56
Resim 4.9. Açık alanda devrelerin test edilmesi.....	58
Resim 4.10. Devreler test edilirken akım gerilim ve güç değerleri	59
Resim 4.11. 60W'lık panelin etiket değerleri	59
Resim 4.12. Testte kullanılan 60W'lık panel.....	60
Resim 4.13. 60W'lık panel ile gerçekleştirilen test görseli	60
Resim 4.14. Konvertör değerleri.....	61
Resim 4.15. Test düzeneği	62
Resim 4.16. Devrelerin toparlanmış şekli ile test sonuçları.....	62
Resim 4.17. Konvertörden elde edilen farklı test sonuçları	63

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

A	Amper
°C	Santigrad derece
Hz	Hertz
I	Akım
Imp	Maksimum güçteki akım
I_{ph}	Fotonlar tarafından üretilen akım
I_{sc}	Kısa devre akımı
kW	Kilowatt
R_s	Çıkıştaki gerilim düşümü
R_{sh}	Sızıntı akımı
V	Volt
V_{mp}	Maksimum güçteki gerilim
V_{oc}	Açık devre gerilimi
W	Watt

Kısaltmalar

Açıklamalar

AA	Alternatif Akım
DA	Doğru Akım
FV	Fotovoltaik
GTS	Güneş Takip Sistemi
LCD	Liquid Crystal Display
MGNİ	Maksimum Güç Noktası İzleyicisi
THD	Toplam Harmonik Distorsiyon
PWM	Darbe Genişlik Modülasyonu

1. GİRİŞ

Dünyadaki hızla artan enerji sıkıntısı ve yakıt fiyatlarındaki yükselme seviyesi, mevcut durumdaki enerji kaynaklarına alternatif kaynaklar araştırmayı ve geliştirmeyi bir zorunluluk haline getirmektedir. Özellikle çevre kirliliği ile ilgili sıkıntılar çoğaldıkça yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmış ve devlet bazında projeler destek görmeye başlamıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi, çok eski tarihlerden bu yana ısıtma ve sıcak su elde etmek amacıyla birçok uygulamada kullanılmıştır. Buna rağmen güneş enerjisini direkt elektrik enerjisine dönüştüren sistemler teknolojinin gelişmesiyle yaygınlaşmaya başlamıştır [1]. Güneş pilleri adıyla anılan bu sistemler ilk olarak uzay çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilmiş, daha sonra çeşitli bölgelerde, uygulamalarda, farklı alanlarda enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılmaya başlanmıştır [2].

Güneş enerjisi sistemleri sayesinde bağımsız yükler beslenebildiği gibi şebekeye bağımlı, şebekeden bağımsız sistemler gibi enterkonnekte sistemlerle de enerji üretimi yapılabilmektedir. Ancak güneş pillerinin yapısından dolayı verimlerinin az olması ve kurulum maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle güneş pili yapılarında verimliliğin artırılması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Güneş pilleri veya daha yaygın isimleriyle fotovoltaiik piller, üzerlerine düşen güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. Güneş pillerinden elde edilen elektriksel çıkış panel üzerine düşen güneş ışığı miktarıyla doğru orantılı olarak değişmektedir. Güneş ışınları gün içinde farklı açılarda yeryüzüne ulaşırlar. Bu yüzden güneş panellerinden maksimum elektrik enerji çıktısı elde edebilmek için panelin güneş yörüngesini takip etmesi gerekmektedir. Güneş yörüngesini takip ederek güneş ışınımından maksimum seviyede yararlanmayı amaçlayan sistemlere güneş takip sistemi (GTS) denilmektedir [3].

Güneş pilleri doğru akım (DA) üretebilen yapılardır. Güneş pilleri seri veya paralel bağlanarak akım veya gerilim değerleri ayarlanabilmektedir. Bu şekilde oluşturulmuş

yapılara güneş paneli denmektedir. Güneş panelleri güneş ışığının olmadığı durumlarda elektrik üretemezler. Bu zamanlarda sistemin enerji devamlılığının sağlanması için üretilen enerjinin depolanması gerekmektedir. Elektrik enerjisinin depolanmasında şarj kontrol üniteleriyle birlikte akümülatörler kullanılmaktadır. Depolanan enerjinin alternatif akım (AA) yükleri beslemesinde ise DA-AA dönüştürücüler kullanılmaktadır.

Fotovoltaik enerji üretiminin gelişmiş ülkelerde yaygınlaşmasıyla, ülkemizde karşılaşılan sorunlardan birisi de fotovoltaik sistem uygulamasını gerçekleştiren uzmanların yetersizliği olmuştur. Bu eksikliği gidermek için fotovoltaik sistemlerin daha iyi tanıtılması ve öğretilmesi amacıyla çeşitli seminerler, sertifika programları, dersler verilmektedir.

Fotovoltaik sistemlerin önemi sadece endüstriyel alanda sınırlı kalmamış mesleki ve teknik eğitimin de önemli konularından biri haline getirmiştir. Bugün meslek yüksekokulları, teknoloji fakülteleri ve mühendislik fakültelerinin ilgili bölümlerinin müfredatında yenilenebilir enerji kaynakları veya güneş enerjisi sistemleri dersi temel ders olarak yer almaktadır. Güneş enerjisi sistemleri derslerinde teorik bilgilerin yanında konunun daha iyi kavratılması amacıyla laboratuvar uygulamalarına da yer verilir. Laboratuvar uygulamaları veya çalışmaları teknik alanlardaki derslerin anlaşılmasına olumlu yönde çok büyük bir katkı yapmaktadır. Öğrenci dersin teorik kısmında gerekli bilgileri aldıktan sonra dersin uygulama aşamasında aynı konunun laboratuvar uygulamalarını yapmakta ve böylelikle alınan bilginin akılda kalıcılığı artmakta yani etkin ve verimli bir öğrenme sağlanmış olmaktadır.

Fotovoltaik sistemler yeni bir çalışma alanı olmasına rağmen literatüre bakıldığında farklı alanlarda birçok bilimsel çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu alanlarda yapılan çalışmalar ayrı başlıklarda incelenmiştir.

Fotovoltaik sistemler hakkında yapılan çalışmalar

Onur Güneş hazırlamış olduğu tez çalışmasında, binaların kendi bünyesinde elektrik üretiminin fotovoltaik sistemler açısından önemini ve şebekeye bağlılığının azaltılması kapasitelerini araştırmıştır [4].

Selma Urfan tarafından yapılan tez çalışmasında, İstanbul Kadıköy’de yapımı tamamlanan bir binanın güneş enerjisi potansiyeli açısından incelenmiş ve bu binanın yıllık enerji ihtiyacının ne kadarının fotovoltaiik panellerden karşılanabileceği hesaplanmıştır [5].

Volkan Başay, tez çalışmasında güneş pillerinin verimine etki eden ışıınım şiddeti, güneş pili sıcaklığı, havanın nem oranı, güneş pili azimut açısı ve güneş pilinin tozlanma miktarı gibi parametreleri araştırmıştır. Aynı çalışmada farklı ortam koşullarında güneş pillerinin verimi hesaplanmıştır. Ayrıca doğal koşullardan olumsuz etkilenen güneş pillerinden maksimum verimi sağlayabilmek için MGNİ (Maksimum Güç Noktası İzleyicisi) yöntemleri araştırılmış ve yöntemlerin hangi durumlarda birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları olduğu belirlenmiştir [6].

Başka bir çalışmada Sinan Şimşek, ışıınım ve performans parametrelerinin, verimliliği etkileyen faktörlerin hesaplanması için kullanılacak metotlar üzerinde çalışmıştır. Çalışmada, Gölbaşı ve Torbalı ilçelerinde bulunan Güneş Enerji Santralleri ile ilgili genel bilgiler verildikten sonra, tesislerin performans parametreleri ve verimliliği etkileyen faktörler metotlar ile; ışıınım parametreleri ise NASA'nın veri tabanından alınan aylık ortalama Küresel Yatay Işıınım ve Dağılık Yatay Işıınım Değerleri ile hesaplanmıştır. Daha sonra “PVsyst” programı ile santrallerin modellemesi ve simülasyonu yapılmıştır. Yıllık olarak incelendiğinde simülasyonla elde edilen üretim değerleri eviricilerden elde edilenlere yakın olduğu gösterilmiştir. Saha verileri ve simülasyon sonuçları karşılaştırılmış, iki tesisin simülasyon ve saha verilerinden hesaplanan Sistem Performans Oranları arasındaki farkın %1'den az olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır [7].

Bir diğer çalışmada Tunca Köklü, 1 kW gücündeki bir fotovoltaiik sistemin uzaktan izlenmesini gerçekleştirmiştir. Yaptığı çalışmada enerji istasyonunda ölçülen verileri merkezi bir istasyona mesaj aktarma ara yüzünden göndermiştir. Maksimum güç noktası izleyici giriş ve çıkış akım ve voltajları, akü gerilimleri, ortamın sıcaklığı, ışıınım, toz yoğunluğu, nem bilgileri ve maksimum güç noktası izleyici kazancı gibi bilgilerin uzaktan izlenmesini sağlamıştır. Bu bilgileri merkezi istasyonda veri tabanına kaydederek kullanıcıların ara yüzden izlemesini sağlamıştır [8].

Maksimum güç noktası izleme hakkında yapılan çalışmalar

Literatürde yapılan çalışma konularından en çok karşılaşılan konu sistemlerin verimlerini arttırma yöntemleridir. Bu kısımda Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MGNI) algoritmaları ile ilgili literatürde bulunan çalışmalardan bazılarına değinilecektir.

Murat Bayram yaptığı tez çalışmasında, mevcut MPPT (Maximum Power Point Tracking) yöntemlerinin gerçek zamanlı olarak performansları incelenmiş ve mevcut yöntemlerdeki matematiksel modellerin karmaşıklığından kaynaklanan hataların giderilebilmesi için, bulanık mantık tabanlı bir MPPT yöntemi önerilmiştir. Ayrıca geliştirilen bulanık mantık tabanlı ve gerçek zamanlı MPPT kontrol yöntemi, tasarlanan yükseltici tip dönüştürücü devre ile birlikte değerlendirilerek, FV panel çıkışındaki verimin arttırılması hedeflemiştir. Çalışmasında bulanık mantık (Fuzzy Logic) tabanlı ve gerçek zamanlı olarak çalışan bir MPPT yöntemini deneysel olarak gerçekleştirmiştir. Bununla birlikte kullanımı yaygın olan MPPT yöntemlerinden değiştir ve gözle (P&O) yöntemi ile arttırılmış iletkenlik (IC) yöntemini de deneysel olarak incelemiştir. MPPT yöntemlerinin gerçekleştirilmesi için gerçek zamanlı olarak çalışan bir kontrol bloğu geliştirilerek, laboratuvar ortamında kurulu olan FV sisteme entegre etmiştir [9].

Mustafa Engin Başoğlu doktora tez çalışmasında, düşük güç dönüştürme verimine sahip fotovoltaiik panellerinin kapasite faktörlerinin arttırılması konusu üzerinde bir çalışma yapmıştır. Yaptığı çalışmada, düzenli ışıınım ve parçalı gölgelenme durumlarında maksimum güç noktası izleme başarımına sahip iki alt algoritmadan oluşan yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu bağlamda parçalı gölgelenme ve düzenli ışıınım durumları için algoritmalar önermiştir. Önerilen yöntemin maksimum güç noktası izleme başarımını göstermek için farklı düzenli ışıınım ve gölgelenme profilleri oluşturularak MATLAB/Simulink'te benzetim çalışmaları yapmıştır. Ayrıca, MGNI başarım analizi sonucu seçilen SEPIC dönüştürücü kullanılarak önerilen algoritma deneysel olarak doğrulanmış ve benzer üç çalışmayla karşılaştırmıştır. Benzetim ve uygulama sonuçlarına göre, önerdiği algoritmanın diğer iki algoritmaya göre daha üstün bir maksimum güç noktası izleme başarımına sahip olduğunu ortaya koymuştur [10].

Başka bir tez çalışmasında Karam Sameer Qasım Qassab, farklı sıcaklık ve güneş radyasyonu seviyelerinde, Değiştir ve Gözle (P&O) algoritması ile güneş paneli

fotovoltaik (PV) güç üretim sistemlerinin verimini arttırmaya çalışmıştır. Bu metodu kullanılarak, sıcaklık ve güneş radyasyonu parametrelerinin benzetimleri ile PV dizisi cevabının analizleri yapmıştır. Akım ve gerilim değerlerinin, sıcaklık artışından olumsuz etkilendiği, güneş radyasyon seviyesinin artışından olumlu etkilendiğini göstermiştir. Ayrıca direnç artışının MGNİ'yi aşağı çektiğini göstermiştir. Çalışmada, MGNİ ve DA-DA yükselten çevirici benzetimini MATLAB yazılımı ile gerçekleştirmiştir [11].

Bu çalışmalardan başka literatürde ulusal ve uluslararası makale, konferans yayını, sözlü poster, sunum vs. birçok yayın şekli bulunmaktadır.

Güç elektroniği devreleri kullanılan sistemler hakkında yapılan çalışmalar

Güç elektroniği, enerji dönüşümü gerektiren sistemlerde kullanılan önemli bir konudur. Bu sebepten dolayı fotovoltaik sistemlerde kullanılan çeviriciler, eviriciler ve bunların farklı topolojileri ile gerçekleştirilen çalışmalar bu kısımda verilmiştir.

Hazırladığı yüksek lisans çalışmasında Cesur Haliloğlu, sistemin güvenilirliğinin artırma, genel kurulum maliyetlerini azaltma ve güneşten daha kaliteli güç elde etme amacıyla Cesur Haliloğlu, flyback tipinde bir mikro evirici tasarımı yapmıştır. Tasarımı gerçekleştirdikten sonra, 250 W güçteki sistemi Matlab/Simulink yazılımı ile simülasyon modeli kurmuştur. İlk önce analiz yaparak tasarım denklemleri elde etmiş ve gerçekçi ölçütlere göre tasarım yapmıştır. MGNİ algoritmasının verimi %99 olarak ölçmüştür. Şebeke akımının toplam harmonik bozunum (THD) değerinin %2,6, güç faktörünün 0,98 olarak ölçmüştür. Önerdiği sistemin istenen tasarım ve performans ölçütlerine uygun olarak gerçekleştiğini göstermiştir [12].

Aydın Boyar tarafından hazırlanmış olan yüksek lisans tezinde, tek bir modül için DA-AA enerji dönüşümü gerçekleştirecek olan bir mikro evirici için çeşitli DA-DA konvertör tasarımları ve kontrol yöntemleri araştırılmıştır. Ticari fotovoltaik (FV) panel güçlerinde meydana gelen artışlar da göz önünde bulundurularak 350W gücünde tasarlanan mikro evirici modelleri, üç farklı DA-DA konvertör topolojisine ve evirici kontrolcüsüne sahip olduğu belirtilmiştir. Tezde gölgelenme ve değişken ışıma durumlarında yapılan analizlerde, FV panel girişine farklı değerlerde ışıma uygulanarak MATLAB Simulink bilgisayar programı ile analizleri gerçekleştirilmiştir [13].

Sinan Zengin ve arkadaşları, flyback tipinde şebekeye bağlı bir fotovoltaiik mikro-eviricinin çalışma karakteristiklerini incelemiş ve tasarım ile ilgili bilgiler vermiştir. MGNİ için “değiştir ve gözle” algoritması kullanmışlardır. 80 Wp gücünde bir prototip mikro-eviricinin tasarımını yapmış ve üretmişlerdir. Mikro-eviriciden aldıkları ölçümlerin tasarım değerleriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Tasarladıkları eviricinin maksimum verimini %80 olarak ölçüp ve meydana gelen kayıpların nedenlerini irdelemişlerdir [14].

Tezin içeriği ve bölümleri

Bu tez çalışmasında fotovoltaiik panelden elde edilen DA gerilimi istenilen seviyeye yükselterek AA gerilime dönüştüren bir modül gerçekleştirilmiştir. Yükseltme işlemi için yükselten tip konvertör tasarımı ve uygulaması yapılmıştır. Panelden elde edilen gerilim 48V DA gerilim seviyesine yükseltilmiş, daha sonra evirici vasıtasıyla 230V AA gerilime dönüştürülmüştür. Panelden elde edilen gücün maksimum seviyede tutulabilmesi için Maksimum Güç Noktası İzleme algoritması kullanılmıştır.

Tezin ikinci bölümünde fotovoltaiik sistemler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Güneş enerjisinden elektrik üreten fotovoltaiik pillerin yapısı, karakteristik inceleme bu bölümde incelenmiştir. Günümüzde kullanılan fotovoltaiik şebeke çeşitlerine de yine bu kısımda yer verilmiştir. Fotovoltaiik sistem bileşenleri, literatürde en çok karşılaşılan MGNİ algoritmaları da bu kısımda incelenmiştir.

Üçüncü bölümde benzetim çalışmaları anlatılmıştır. Benzetimler MATLAB/Simulink ortamında gerçekleştirilmiştir. Konvertör elemanlarının belirlenmesi ile birlikte bu değerler ile konvertör benzetim sonuçları incelenmiştir. Ayrıca uygulanabilir MGNİ algoritmalarının da benzetimi yine bu bölümde gerçekleştirilmiştir.

Dördüncü bölümde, yükselten tip konvertör ile kontrol ünitesi tasarımı ve uygulaması hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Kullanılan malzemeler, devre şemaları ve sistem tasarımı hakkında bilgiler verilmiştir.

Beşinci ve son bölümde ise çalışmaya ilişkin sonuçlar değerlendirilmiştir. Gelecekte uygulamanın geliştirilebileceği, literatüre ve ekonomik anlamda neler getirebileceği değerlendirilmiştir.

2. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

Fotovoltaik sistemler, alternatif akım (AA) veya doğru akım (DA) ile çalışan yükleri beslemek için güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Bu sistemler fotovoltaik paneller aracılığıyla DA akım üretirler. İstenirse DA ile çalışan yükleri beslemek mümkündür. Ancak güneş ışınımı sürekli kararlı değildir. Dolayısıyla DA yükleri beslemek yetersiz kalabildiği gibi sistemin ihtiyacından fazla olduğu zamanlar da olabilmektedir. Bu ihtiyaç fazlası enerji aküler tarafından depo edilmektedir. Böylece yükleri kesintisiz beslemek mümkün olmaktadır. Kullanılan yükler AA akım ile besleniyor ise bu yükleri beslemek için doğru akımı alternatif akıma çeviren eviriciler kullanılır. Fotovoltaik sistemler genel olarak DA veya AA güç üretmek amacıyla ya da şebekeye bağlı veya şebekeden bağımsız elektrik üretmek, bu elektriği depolamak amacıyla kullanılırlar.

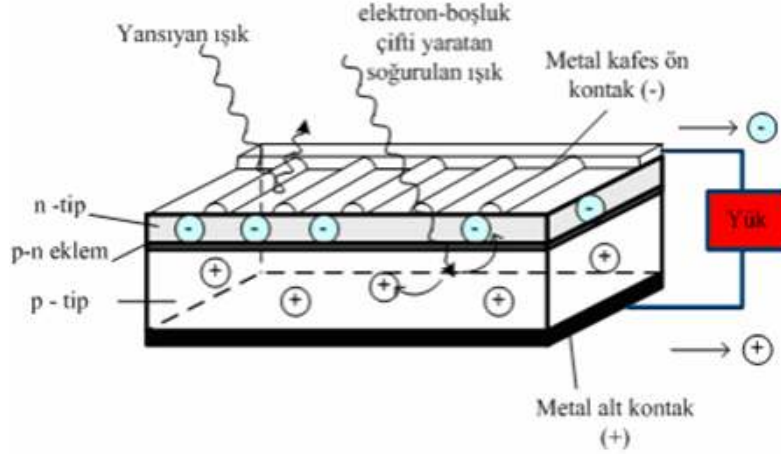
Fotovoltaik (FV) modüller, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebildikleri için alternatif bir üretim aracıdır. Yaygın olarak kullanılmakta olan fosil yakıtlarının çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve tükenme ihtimali nedeniyle diğer alternatif enerji kaynaklarının yanı sıra fotovoltaik enerji gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Çok sayıda ülke fotovoltaik enerjiyi kendi enerji programlarına dâhil ederek gerekli yasal düzenlemelerle birlikte bu konudaki araştırma ve uygulamaları desteklemektedir.

Bir fotovoltaik sistem temel olarak fotovoltaik panel, DA-DA konvertör, evirici, akü ve yüklerden oluşmaktadır. Bu sistemin bileşenlerinden fotovoltaik paneller fotovoltaik hücrelerin birbirleriyle seri ve paralel olarak bağlanmasıyla meydana gelir. Fotovoltaik panelin benzetimi yapılarak analizi yapılabilmesi için paneli oluşturan FV diyotların elektriksel eşdeğer devresi ve bu devrenin matematiksel modelinin bilinmesi gerekir.

2.1. Fotovoltaik Enerji ve Akım Elde Edilmesi

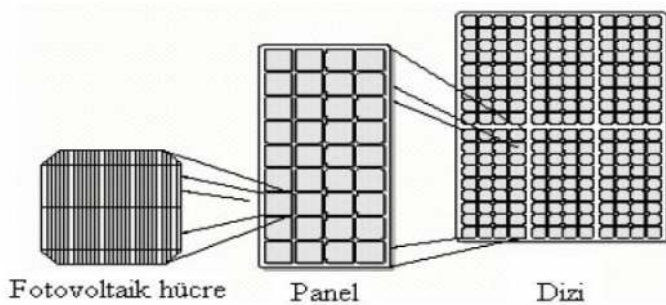
Güneş pilleri, güneşten gelen enerjiyi direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürebilen elemanlardır. Yeni sayılabilecek olan fotovoltaik teknoloji, ilk zamanlarda uzay çalışmalarında kullanılmış, uyduların enerji ihtiyaçlarını karşılamıştır. Daha sonra ise gelişen teknoloji ile birlikte üretimi artmaya, maliyeti azalmaya başlamıştır. Bu

gelişmelerle alternatif enerji üretiminin önemli bir parçası haline gelmiştir. Fotovoltaik pillerden enerji elde edilmesini anlayabilmek için atomik yapısını bilmek gerekir. Fotovoltaik hücrenin yapısı Şekil 2.1’de gösterilmiştir [15].



Şekil 2.1. Fotovoltaik hücrenin prensip şeması

Güneş pillerinin üzerine güneş ışığı düştüğü zaman, silisyum atomunun son yörüngesindeki elektronu negatif olarak yüklenir. Güneş ışığı bir atoma çarptığında tüm atom enerjilenir ve en kolay kopabilecek durumda olan son yörüngedeki elektronu kopar. Serbest kalan bu elektronda, potansiyel enerji meydana gelir. Bu elektronların hareketiyle de elektrik enerjisi elde edilir. Tipik bir silisyumdan yapılan güneş pili, 0,5 Volt kadar elektrik üretebilir. Bu pilleri birbirlerine seri bağlayarak üretilen gerilim değerini, paralel bağlayarak da akım değerini arttırmak mümkündür [16]. Fotovoltaik hücrelerin birbirleriyle seri ve(ya) paralel bağlanmasıyla paneller, panellerin bağlanmasıyla ise fotovoltaik diziler elde edilir. Bu sayede istenilen seviyede gerilim ve akım, dolayısıyla istenilen güç elde etmek mümkündür. Bu bağlantıları Şekil 2.2 ile göstermek mümkündür [16].



Şekil 2.2. Fotovoltaik piller, paneller ve diziler

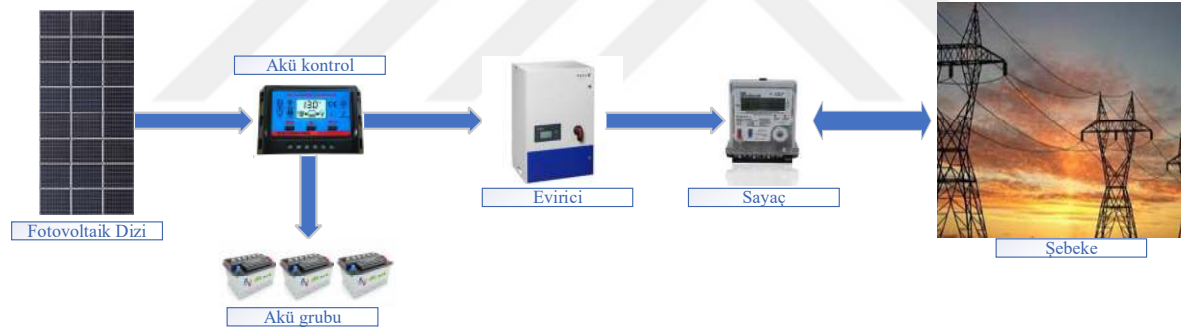
Genel olarak, 30-36 tane güneş pili ile 15-17 voltluk bir çıkış gerilimi elde edilebilir. Piyasada farklı çıkış güçlerinde, farklı büyüklüklerde güneş pilleri ve paneller bulmak mümkündür.

2.2. Şebeke Sistemleri

Fotovoltaik enerji sistemlerini kullanım alanlarına göre üç farklı sınıfta değerlendirmek mümkündür. Bunlar şebekeye bağlı olan sistemler, şebekeden bağımsız olarak çalışan sistemler ve birden fazla enerji kaynağının bulunduğu hibrid sistemlerdir.

2.2.1. Şebeke bağlantılı sistemler

Şebeke bağlı sistemler, ihtiyaç olduğunda ve yeterli durumdayken şebekeye enerji aktarabilir. Bununla birlikte şebekede fazlalık olması durumunda bu enerjiyi kendi üzerine çekerek depolayabilir. Şekil 2.3’de şebekeye bağlı fotovoltaik sistem yapısı görülmektedir.



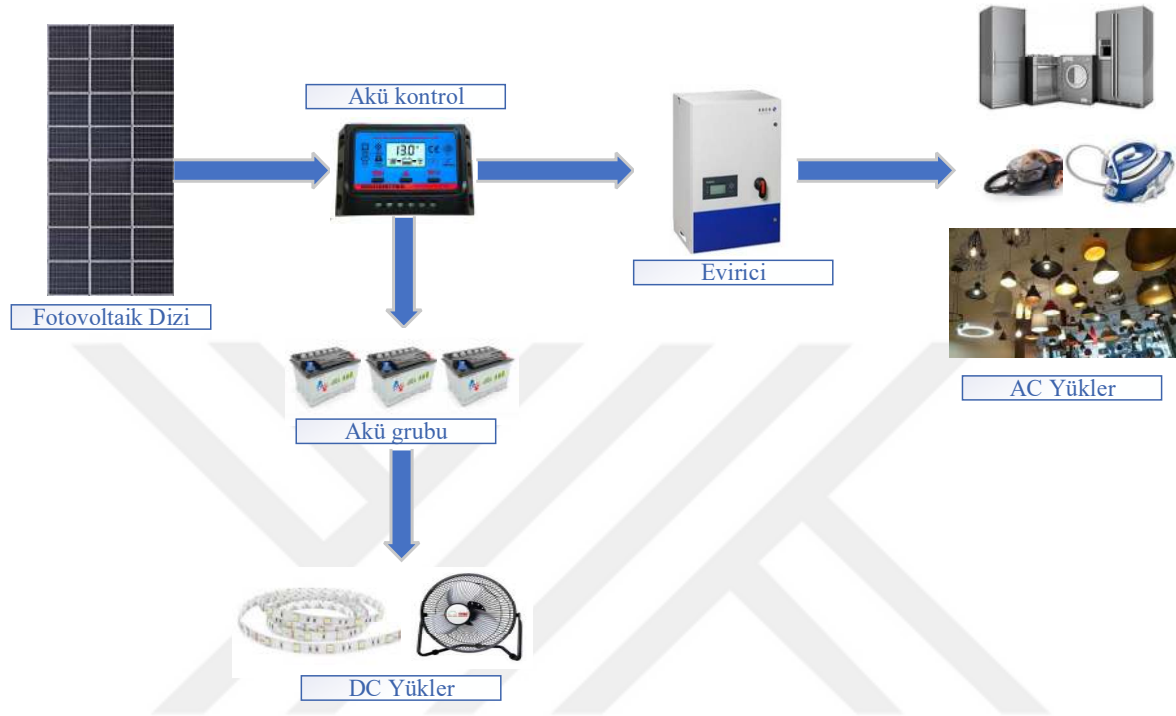
Şekil 2.3. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin blok diyagramı

İki adet enerji saati ile şebekeye gönderilen güç ve şebekeden kullanılan güç ölçülebilir ve kaydedilebilir. Bu sistemlerde enerji ihtiyacının olduğu durumlarda (gece, kapalı hava, kış şartları vb.) enerji şebeke elektriğinden çekilecektir. Güneş ışığının yeterli olduğu durumlarda ise gerekli enerji fotovoltaik sistemden sağlanacak ve enerji fazlası olduğunda da üretilen elektriğin bir kısmı şebekeye verilecektir.

2.2.2. Şebekeden bağımsız sistemler

Şebekeden bağımsız sistemler, ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini sağlamak amacıyla kurulan küçük güç sistemleridir. Şebekenin ulaşmadığı kırsal bölgelerde, ulaşmasının

ekonomik olmadığı yerleşim birimlerinde, enerji sıkıntılarının had safhaya ulaştığı dönemlerde fotovoltaik diyetlerin kullanımı reel bir çözümdür. Şekil 2.4'te şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem yapısı görülmektedir.

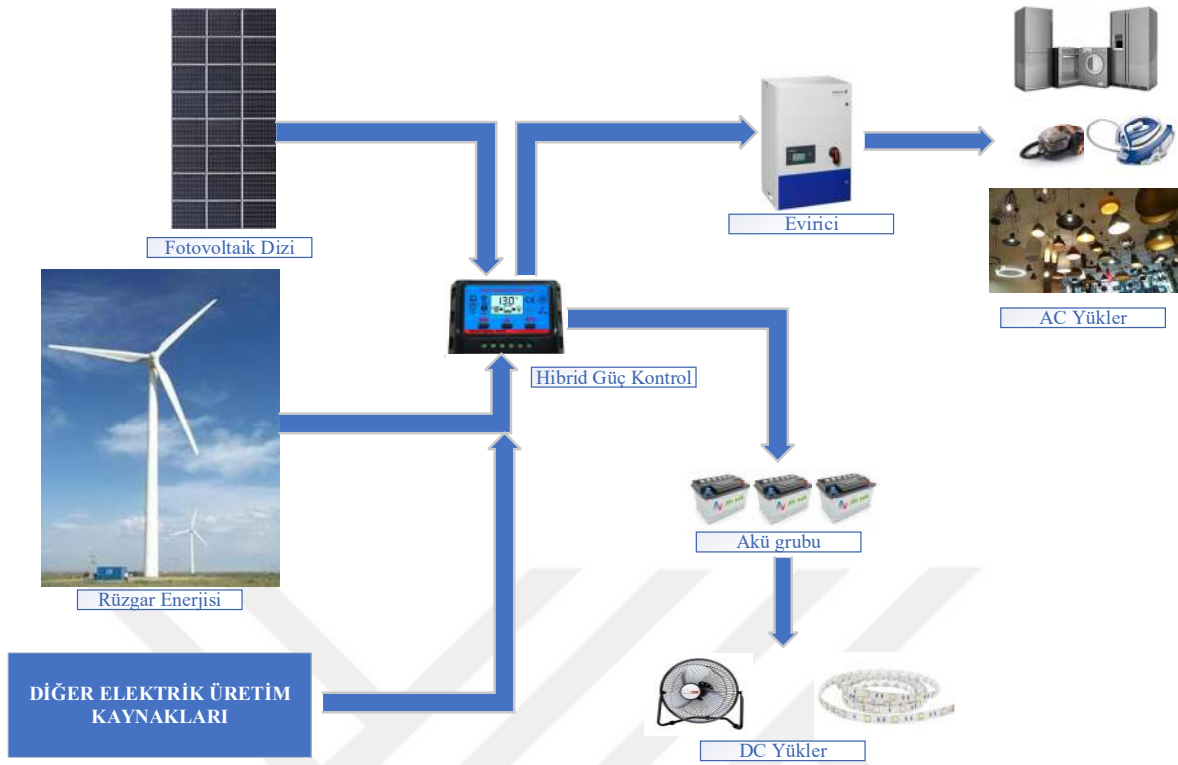


Şekil 2.4. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem

Sistemde ilk olarak ihtiyaç duyulan enerji miktarı önemli bir parametredir. Yeterli miktarda güneş paneli, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneş enerjisinin yetersiz olduğu zamanlarda veya gece boyunca kullanılmak üzere çoğunlukla sistemde aküler bulunmaktadır.

2.2.3. Hibrid sistemler

Hibrid sistemler birden fazla çeşitli elektrik kaynaklarını barındıran sistemlerdir. Fotovoltaik sistemlere ek olarak rüzgâr türbinleri, biyogaz santralleri, hidroelektrik santraller, ısı kaynaklı üreteçler veya fosil yakıtlı üreteçleri içerebilir. Şekil 2.5'de bir karma sistemin blok şeması görülmektedir.



Şekil 2.5. Hibrid sistemin blok diyagramı

Bu tip sistemlerde akü denetimi, neredeyse tamamen bir bağımsız fotovoltaik sistemdeki gibi gerçekleştirilmektedir. Diğer taraftan, eğer karma sistem, istendiğinde sistemi besleyebilecek bir güç üreticisine sahipse durum oldukça farklılaşır. Genellikle istendiğinde sistemi besleyebilecek güç üreteçleri fosil yakıtla çalışan üreteçlerdir. Yenilenebilir kaynakların yükü besleyemeyeceği durumlarda, bu tip üreteçler devreye girerler ve eğer herhangi bir hatalı çalışma yoksa yük üzerindeki çalışma kaybı sıfıra düşer.

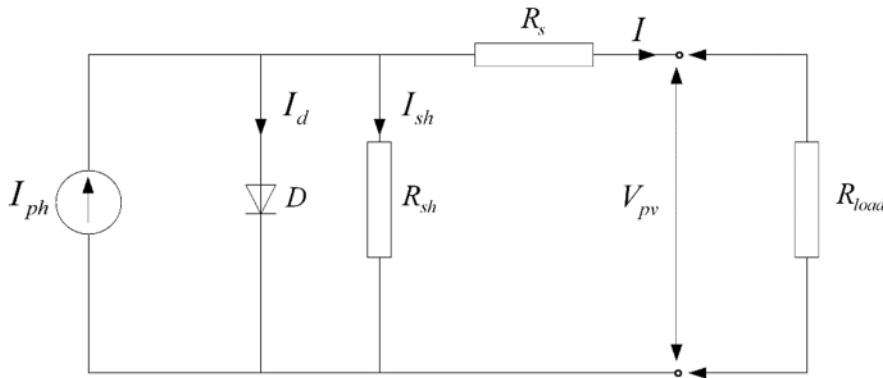
2.3. Fotovoltaik Sistem Bileşenleri

Bu tezde şebekeden bağımsız olarak çalışacak olan sistem üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar, güneşten gelen enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren ve fotovoltaik paneli oluşturan fotovoltaik piller, DA giriş gerilimini istenilen seviyeye çeviren çevirici veya konvertörler ve DA gerilimi AA gerilime eviren eviriciler veya invertörlerdir.

2.3.1. Fotovoltaik pil ve matematiksel modeli

Işık şiddeti ve panel sıcaklığı fotovoltaik panellerin verimini etkileyen en önemli faktörlerdir. Bu parametreler yüke aktarılan gücü doğrudan etkilediğinden önemli parametrelerden ve hesap yaparken bunlara dikkat edilmesi gerekir. Yapılan çalışmalar, panellerdeki ısı artışının sistem verimini azalttığı ve her 10°C ' lik artışta sistem performansının %1 düştüğünü göstermektedir. Panellerin yüzey kirliliği de panele ulaşan güneş ışığı şiddetini azalttığı için, %3,5 oranında performans kaybı söz konusu olmaktadır. [17].

Fotovoltaik hücrelerin karakteristiklerini incelemek için elektriksel eşdeğer devresini incelemek gerekir. Literatürde fotovoltaik diyotlar için ideal devre elemanlarından oluşan birçok eşdeğer devre bulunmaktadır. Ama, gerçekte fotovoltaik diyotlar ideal elemanlar olmayıp yapısı itibariyle kayıpları olan elektronik devre elemanlarıdır. Bu nedenle kayıplar direnç ile temsil edilmektedir [18]. FV diyotlar için yaygın olarak kullanılan eşdeğer devre modeli Şekil 2.6'da görülmektedir.



Şekil 2.6. FV diyot eşdeğer devresi

Şekil 2.6'da akım kaynağı I_{ph} ışık tarafından üretilen akımı ifade etmektedir ve sabit ışıyım ve sıcaklık altında değeri sabittir. Paralel direnci ifade eden R_{sh} ise sızıntı akımını temsil etmektedir. Seri bağlı R_s direnci ise çıkıştaki gerilim düşümünü temsil etmektedir. R_s 'deki küçük değişimler fotovoltaik dönüşümün verimliliğini etkilemektedir. R_{sh} direncindeki değişimler etkilememektedir. R_s 'deki küçük bir artış, fotovoltaik modül çıkışını önemli ölçüde azaltır.

2.3.2. Çeviriciler (Konvertörler)

Girişine uygulanan DA gerilimi istenilen gerilim seviyesinde ve kontrol edilebilen bir şekilde çıkışa aktaran güç elektroniği devreleridir. Konvertörlere ait birçok devre topolojileri bulunmaktadır ve literatürde bu alanda birçok çalışma ile karşılaşmak mümkündür. Bu kısımda sadece yükselten tip konvertörlere yer verilecektir.

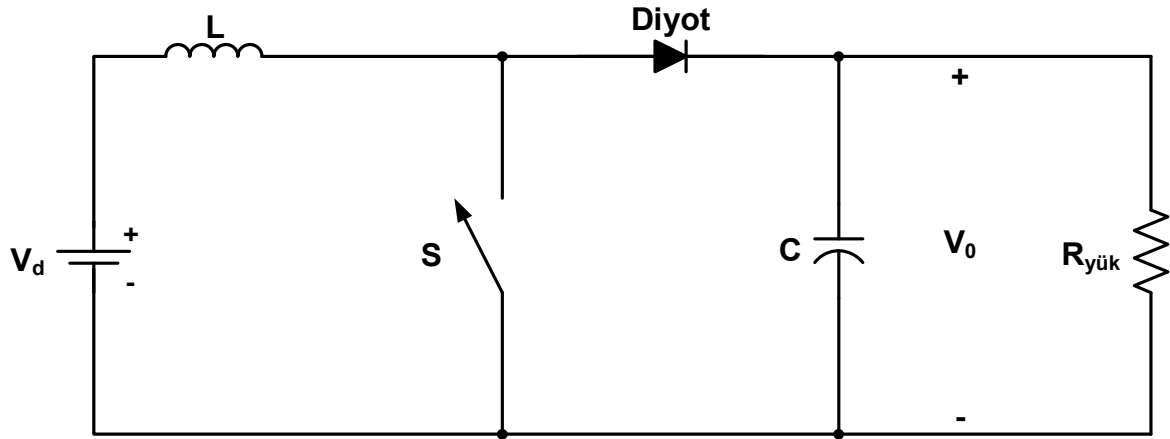
Yükseltici çevirici girişine uygulanan DA gerilimi yükselterek çıkışa aktaran çevirici tipidir. Bu çeviriciler daha çok ayarlı DA güç kaynaklarındaki DA motorlarının enerji geri kazanımlı frenlenmesinde, güç dönüşümünün gerekli olduğu yerlerde kullanılır. Çeviricinin giriş geriliminin değişmediği, ideal bir anahtarlama elemanı kullanıldığı ve çıkışında da saf omik yük kullanıldığı düşünüldüğünde gerilim ifadesi Eş. 2.1’de verildiği gibi olur [19].

$$V_d \cdot D \cdot T_s = (V_0 - V_d) \cdot (1 - D) \cdot T_s \quad (2.1)$$

Yukarıda verilen ifadede V_d giriş gerilimini, V_0 çıkış gerilimini, D anahtarlama oranını, T_s ise periyodu ifade etmektedir. Bu ifade düzenlendiğinde çıkış geriliminin transfer fonksiyonu Eş. 2.2’de verilen matematiksel ifadede olduğu gibidir.

$$\frac{V_0}{V_d} = \frac{1}{1-D} \quad (2.2)$$

Şekil 2.7’de yükseltici çeviricinin devre şeması verilmiştir. Çıkışına omik bir yük bağlanmıştır. Devrede S anahtarının yerine güç elektroniği anahtarlama elemanlarından transistör, MOSFET veya IGBT kullanılabilir. Devrede kullanılan bobin ve kondansatör ile çıkış geriliminin dalgalılığı azaltılmıştır.



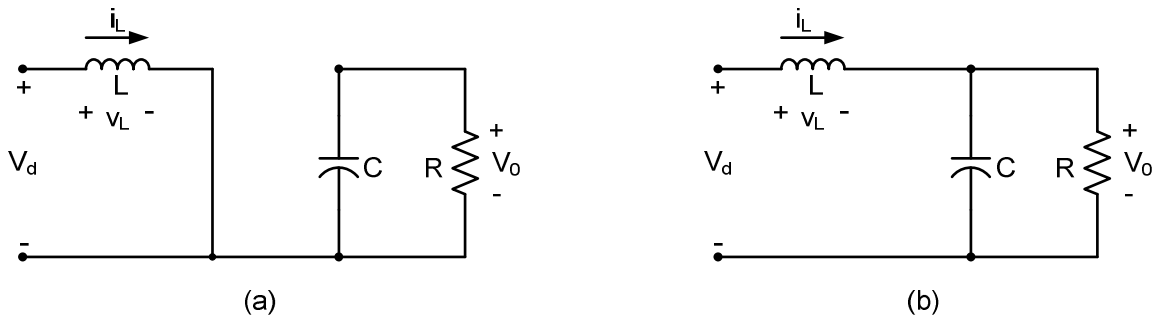
Şekil 2.7. Yükseltici çevirici devre topolojisi

Devrede görülen bobinin değeri Eş. 2.3'ten ve kondansatörün değeri ise Eş. 2.4'ten hesaplanabilir.

$$L = \frac{(1-D)^2 \cdot D \cdot R_{yük}}{2 \cdot f} \quad (2.3)$$

$$C = \frac{D \cdot V_o}{V_r \cdot R_{yük} \cdot f} \quad (2.4)$$

Bu eşitliklerde V_r çıkış geriliminin dalgalanma oranıdır. f ise anahtarlama frekansını belirtmektedir. Yükseltici çeviricinin analizi devredeki S anahtarının iletimde ve kesimde olduğu süre boyunca olmak üzere iki evrede gerçekleştirilir. Şekil 2.8a'da S anahtarının iletimde olduğu durum için devre şekli verilmiştir. Şekil 2.8b'de ise S anahtarının kesimde olduğu durum için devre şekli verilmiştir. Bu iki devreye ayrı ayrı Kirchhoff'un gerilimler kanunu uygulandığında yükseltici çeviricinin matematiksel ifadesi elde edilebilir.



Şekil 2.8. Anahtarın, a) İletim durumundaki, b) Kesim durumundaki devre

Şekil 2.8a'da görülen anahtarın iletimde olduğu devre için Kirchoff'un gerilimler kanununa göre matematiksel eşitlikler çıkartıldığında Eş. 2.5'de verilen ifadeler elde edilir [20].

$$\begin{aligned} L \cdot \frac{di_L}{dt} &= V_d \\ C \cdot \frac{dV_0}{dt} &= -\frac{V_0}{R} \end{aligned} \quad (2.5)$$

S anahtarının kesimde olduğu durum Şekil 2.8b'de verildiği gibidir. Bu durum için devreye Kirchoff'un gerilimler kanunu uygulandığında Eş. 2.6'da verilen matematiksel ifadeler elde edilir [20].

$$\begin{aligned} L \cdot \frac{di_L}{dt} &= -V_0 + V_d \\ C \cdot \frac{dV_0}{dt} &= i_L - \frac{V_0}{R} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Şekil 2.8 için devreden geçen bobin akımının değişimini x_1 ve çıkış geriliminin değişimini x_2 ile sembolize ettiğimizde yükseltici çeviricinin normalleştirilmiş matematiksel modeli Eş. 2.7'de verildiği gibidir.

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{d\tau} &= -(1 - u_{ort}) \cdot x_2 + 1 \\ \frac{dx_2}{d\tau} &= (1 - u_{ort}) \cdot x_1 - \frac{x_2}{Q}, \quad Q = R \cdot \sqrt{C/L}, \quad \tau = \frac{t}{\sqrt{LC}} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Bu çalışmada tasarlanan ve uygulaması yapılan yükselten tip çevirici (konvertör) için hesaplamalar 4. Bölümde yapılmıştır.

2.3.3. Eviriciler

Bir fotovoltaiik güç sisteminde fotovoltaiik dizinin çıkışındaki DA enerji ile doğrudan bir DA yük beslenebilir. Bununla birlikte yaygın olarak kullanılmakta AA yüklerin beslenmesi de gerekebilir. Bu durumda DA-AA dönüşümü yapacak bir eviriciye ihtiyaç duyulur. Eviriciler çalışma şekillerine göre farklı şekilde sınıflandırılabilir. Yaygın olarak eviriciler,

yarı denetimli eviriciler ve tam denetimli eviriciler olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Yarı denetimli eviriciler, yarıiletken anahtarların kapanma zamanını denetleyebilen fakat açılma zamanını denetleyemeyen eviricilerdir. Bu eviricilerde tristör gibi anahtarlama elemanları kullanılır. Tristörün açılması (kesime götürülmesi) hat akımının sıfıra düştüğü anda gerçekleşmelidir ve bunu sağlamak için yardımcı devreler kullanılır.

2.4. MGNİ Algoritmaları

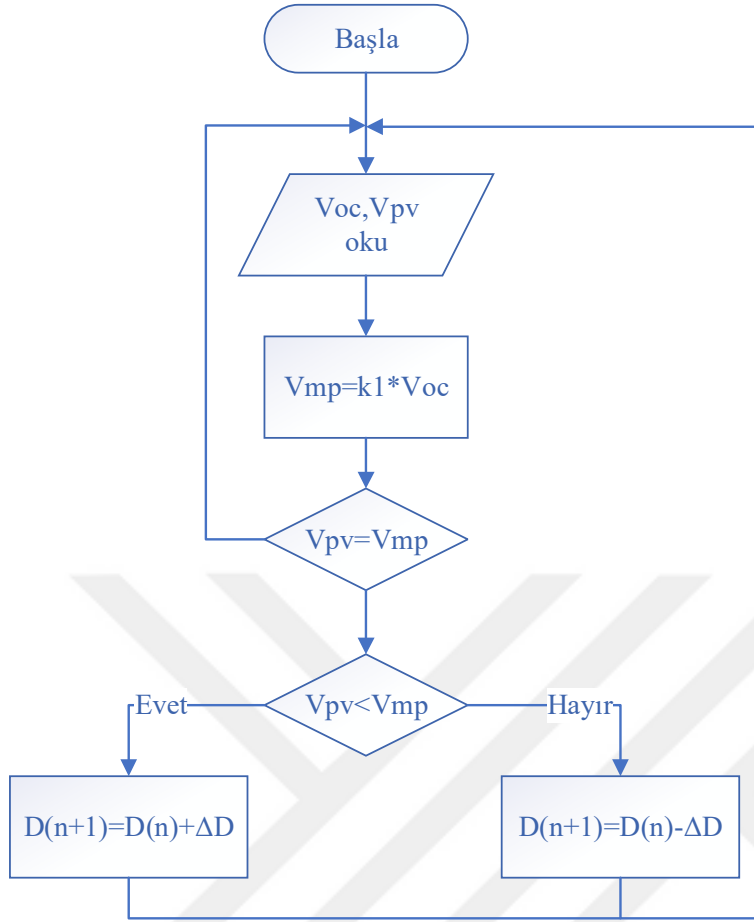
Maksimum güç noktası takibi, fotovoltaik panellerden maksimum düzeyde güç elde etmek için önemlidir. Bu gücü elde edebilmek için birçok algoritma geliştirilmiştir. En çok kullanılan algoritmalar, açık devre gerilimi algoritması, kısa devre akım algoritması, değiştir ve gözle algoritması ve artan iletkenlik algoritmasıdır [21]. Bu algoritmalar sayesinde panellerden en yüksek seviyede güç elde edilir ve konvertör bu çalışma noktasında çalışır.

2.4.1. Açık devre gerilim algoritması

Açık devre gerilim algoritması, maksimum gücün panelin açık devre gerilimi (V_{oc}) ile orantılı şekilde kontrolü esasına dayanır. Temel mantığı, panelin açık devre geriliminin k_1 gibi bir katsayı ile çarpılarak maksimum güç noktasındaki gerilimi bulmaktır [22]. Bunu Eş. 2.8 ile ifade etmek mümkündür.

$$V_{mp}=k_1.V_{oc} \quad (2.8)$$

Açık devre gerilimi algoritmasına ait akış diyagramı Şekil 2.9’da verilmektedir.



Şekil 2.9. Açık devre gerilimi algoritmasına ait akış diyagramı

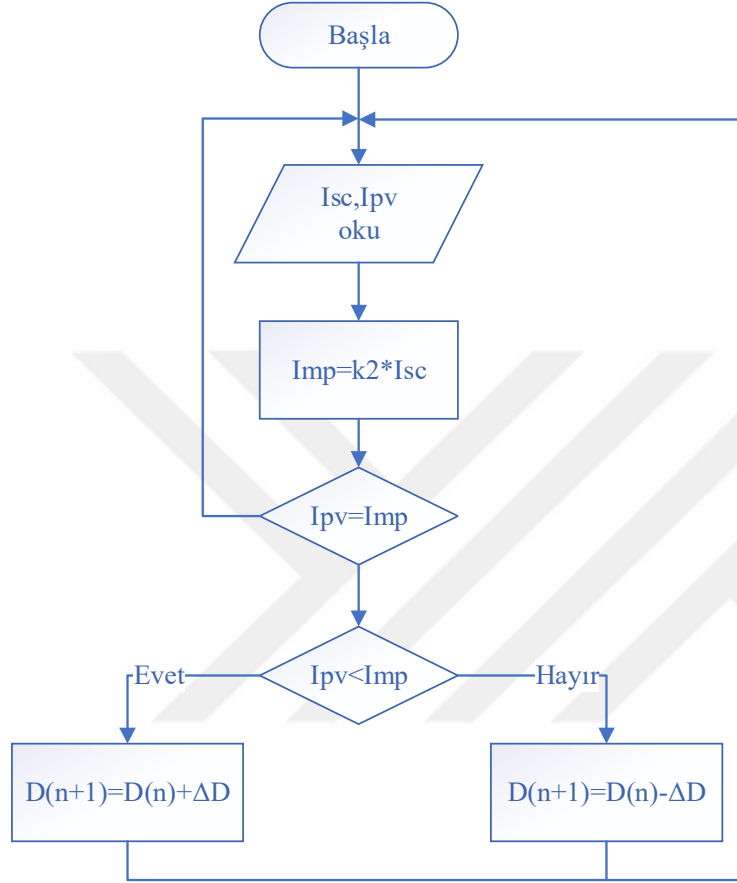
Bu yöntem akış diyagramından da anlaşılacağı üzere karmaşık bir yapıda olmayıp kullanışlıdır. Bu yöntemde panelin yükte bağlı iken ürettiği gerilim (V_{fv}) ile panel etiketinde de belirtilen panelin uçları açık iken ölçülen değerler okunur ve maksimum güç noktası hesaplanır. Hesaplanan değer ile panelin ürettiği gerilim karşılaştırılır. Üretilen gerilim, hesaplanan değerden büyük ise anahtar görev oranı (duty) azaltılır. Üretilen gerilim, hesaplanan değerden küçük ise anahtar görev oranı (duty) artırılır. Eşit ise algoritma başa döndürülür.

2.4.2. Kısa devre akım algoritması

Kısa devre akım algoritması maksimum gücün panelin kısa devre akımı (I_{sc}) ile orantılı şekilde kontrolü esasına dayanır. Temel mantığı, panelin kısa devre akımının k_2 gibi bir katsayı ile çarpılarak maksimum güç noktasındaki akımı bulmaktır [22]. Bunu Eş. 2.9 ile ifade etmek mümkündür.

$$I_{mp}=k_2.I_{oc} \quad (2.9)$$

Kısa devre akımı algoritmasına ait akış diyagramı Şekil 2.10’da verilmektedir.

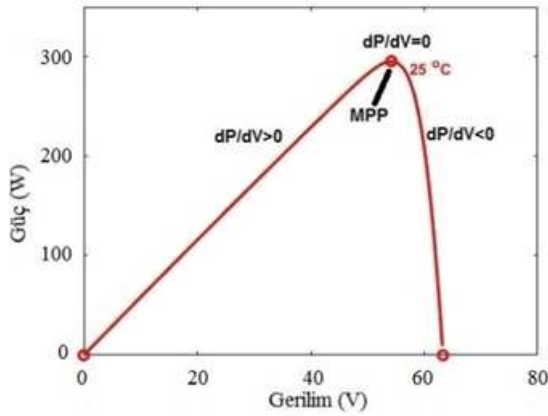


Şekil 2.10. Kısa devre akımı algoritmasına ait akış diyagramı

Bu yöntem akış diyagramından da anlaşılacağı üzere açık devre gerilimi algoritmasına benzerdir. Bu yöntemde panelin yükte bağlı iken ürettiği akım (I_{fv}) ile panel etiketinde de belirtilen panelin uçları açık iken (I_{sc}) ölçülen değerler okunur ve maksimum güç noktası hesaplanır. Hesaplanan değer ile panelin ürettiği akım karşılaştırılır. Üretilen akım, hesaplanan değerden büyük ise anahtar görev oranı (duty) azaltılır. Üretilen akım, hesaplanan değerden küçük ise anahtar görev oranı (duty) artırılır. Eşit ise algoritma başa döndürülür.

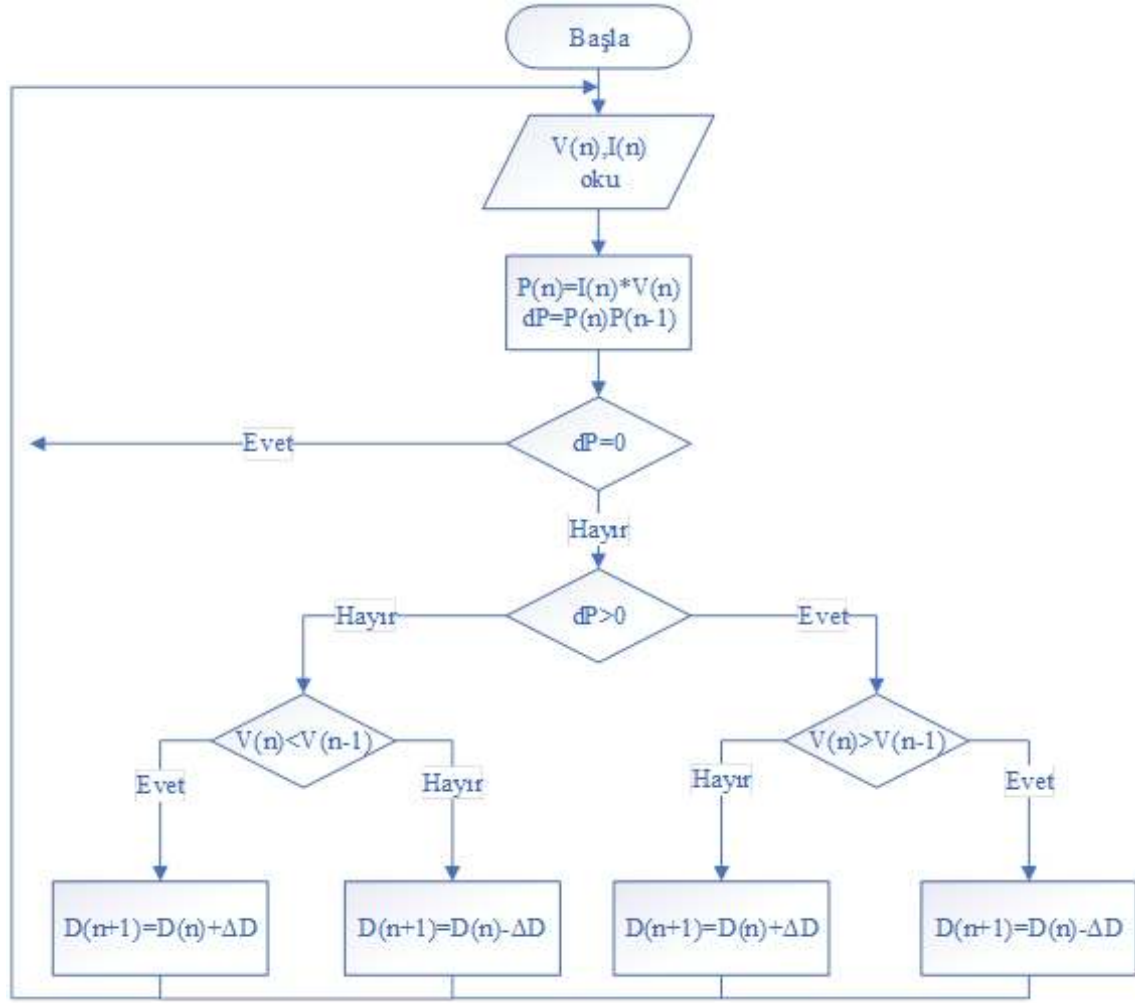
2.4.3. Değiştir ve Gözle algoritması

Bu yöntem literatürde en çok karşılaşılan yöntemdir ve maksimum güç noktasına iterasyon ile yaklaşım yöntemi olarak bilinir. Bu yöntemde ilk önce panelin akım ve gerilim değerleri ölçülür ve ilk durumdaki panel gücü hesaplanır. Akım ve gerilim verilerine göre sürekli bir şekilde panelin bir önceki güç değerleri ile ölçülen güç değerleri hesaplanır (dP). Güçteki değişim yönüne göre bu sefer gerilim değerleri (dV) karşılaştırılır. Gerilimdeki değişim yönüne göre anahtar görev oranı belirlenir [23]. Aşağıdaki Şekil 2.11., değiştir ve gözle algoritmasının temel prensibini göstermektedir [24].



Şekil 2.11. Değiştir ve Gözle algoritmasının temel prensibi

Temel prensip, sistemin o anki çalışma noktasının nerede bulunduğuudur. Eğer Güç-Gerilim (PV) eğrisine göre maksimum güç noktasının solunda ise $dP/dV>0$ demektir. Maksimum güç noktasında ise $dP/dV=0$ demektir. Sistemin o anki çalışma noktası eğer sağında ise $dP/dV<0$ demektir ve anahtar görev oranı ayarlanarak çalışma noktası maksimum güç noktasına doğru gidilmesi istenir. Değiştir & Gözle algoritmasının akış diyagramı Şekil 2.12’te gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Değiştir ve Gözle algoritmasının akış diyagramı

Bu yöntemde ilk aşamada sensörler vasıtasıyla akım ve gerilim verileri okunarak güç değeri hesaplanır. Önceki güç değerine göre gücün farkı (dP) alınır. $dP=0$ ise algoritma başa dönerek tekrar güç değerleri ölçülür. Güç değişimi sıfırdan küçük ise gerilim değerleri kontrol edilir. Mevcut gerilim değeri ile önceki gerilim değeri arasındaki fark sıfırdan küçük ise görev anahtar oranı adım adım arttırılır, sıfırdan büyük ise adım adım azaltılır. Güç değişimi sıfırdan büyük ise gerilim değerleri kontrol edilir. Mevcut gerilim değeri ile önceki gerilim değeri arasındaki fark sıfırdan küçük ise anahtar görev oranı adım adım arttırılır, sıfırdan büyük ise adım adım azaltılır.

Bu yöntemin olumsuz yanı, değişen hava koşullarında maksimum güç noktasının değişkenlik göstermesidir. Bunun sebebi, güç eğrisindeki hareket yönünün bir önceki durum dikkate alınarak seçilmiş olmasıdır. Eğri değiştikçe seçilen yön de değişmektedir. Bunun sonucunda maksimum güç noktası tam olarak izlenememekte ve salınımlar

olmaktadır ancak maksimum güç noktasına yakın bir yerde salınım yapması sağlanabilmektedir.

2.4.4. Artan iletkenlik algoritması

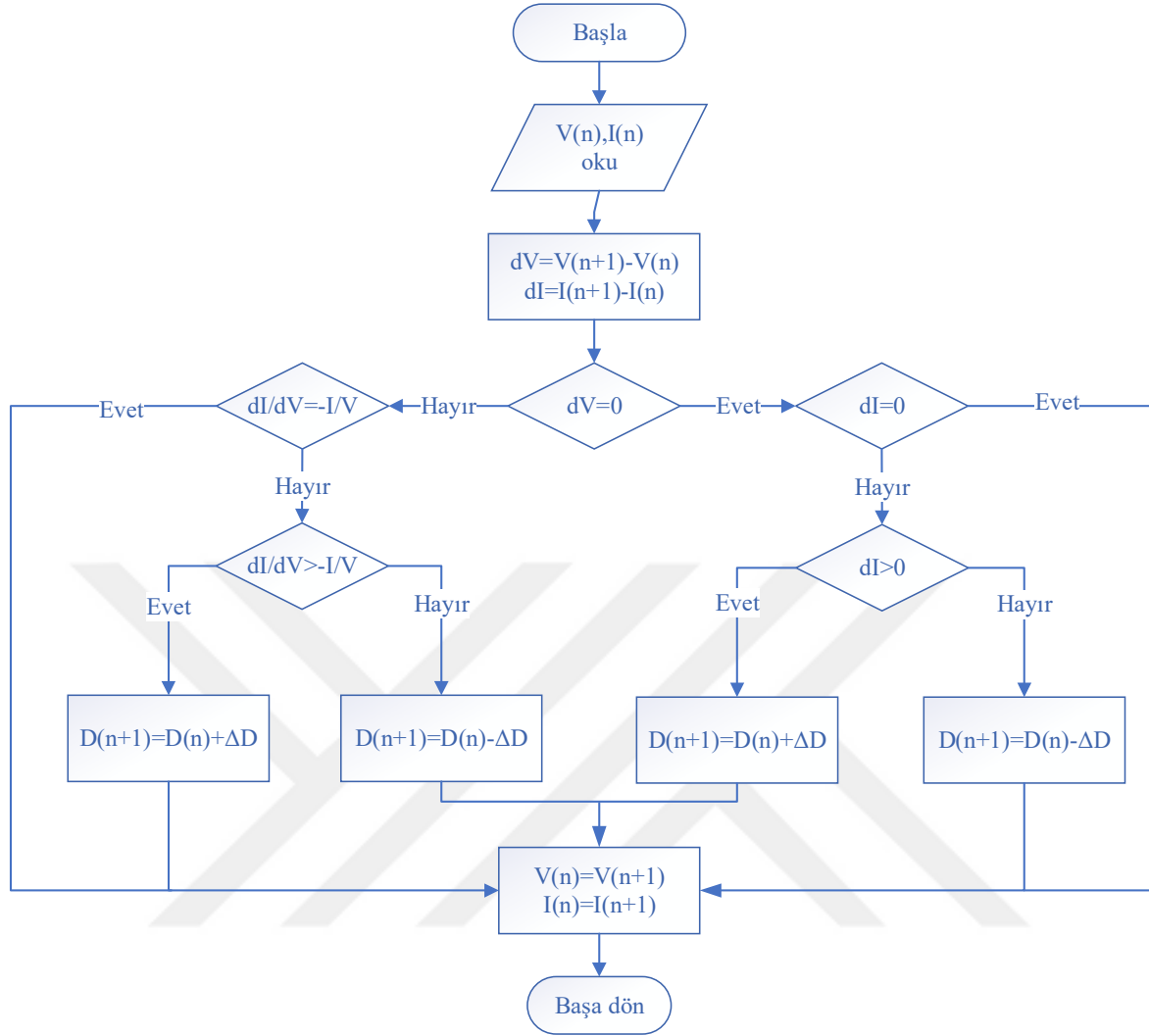
Bu algoritmanın temel mantığı, çıkış gücünün gerilime göre türevinin hesaplanması esasına dayanmaktadır. Bir fotovoltaik sistem için çıkış gücünün gerilime göre türevini aşağıdaki formülde ifade edilebilir.

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(IV)}{dV} = I + V \cdot \frac{dI}{dV} = I + V \cdot \frac{\Delta I}{\Delta V} \quad (2.10)$$

Eş. 2.10 çözüldüğünde, maksimum güç noktasında sıfıra eşit olacağı, pozitif değerlerde maksimum güç noktasının solunda, negatif değerlerde ise maksimum güç noktasının sağında olacağı görülebilir [25]. Yönteme ait akış diyagramı Şekil 2.13 ile verilmiştir.

Bu yöntemde sensörlerden alınan akım ve gerilim bilgileri ile akım (dI) ve gerilimdeki değişim (dV) hesaplanır. Gerilimdeki değişime bakılır. Değişim yok ise akımdaki değişime bakılır. Akımdaki değişim pozitif ise anahtar görev oranı arttırılır, negatif olursa azaltılır. Eğer gerilim sıfırdan farklı ise, akımdaki değişimin gerilimdeki değişime oranı $-I/V$ ye eşit ise algoritma başa döner. Eşit değilse $-I/V$ ile karşılaştırılır. Akımdaki değişimin gerilimdeki değişime oranı $-I/V$ den büyük ise anahtar görev oranı arttırılır, küçük ise azaltılır.

Artan iletkenlik algoritması, değiştir ve gözle algoritmasına göre biraz daha karardır. Yapı olarak biraz karmaşık görünse de değişken hava şartlarında maksimum güç noktası daha az salınım yapmakta, dolayısıyla maksimum güç noktasını daha doğru bir şekilde takip edebilme avantajı sunmaktadır.



Şekil 2.13. Artan iletkenlik algoritmasının akış diyagramı

2.4.5. Kısmi gölgelenmede kullanılan algoritmalar

Fotovoltaik paneller istenilen güç seviyesinin elde edilmesi için seri bağlanarak gerilimi, paralel bağlanarak da akımı arttırılır. Bu sayede istenilen güç seviyesi elde edilir. Paneller üzerinde toz, çamur, yaprak gibi nesneler ile bina, bulut gölgesi gibi olumsuz etkenlerden dolayı gölgelenmeler meydana gelir. Bu da panellerin verimini düşürür. Bu olay kısmi gölgelenme olarak bilinir. Kısmi gölgelenme olayında uç gerilimin düşmemesi ve iç dirençler üzerinde güç kaybı olmaması için köprüleme diyotları kullanılır. Bu diyotların kullanımı ile iç dirençler üzerinden akım geçer. Bu durumda fotovoltaik dizinin PV eğrisinde birden fazla maksimum güç noktası oluşur. Bu noktaların en büyüğü Global Maksimum Güç Noktası olarak, diğer oluşan noktalar ise Lokal Maksimum Güç Noktası

olarak adlandırılır. Bu kısımda stokastik ışın arama, değişken komşuluk araması ve benzetilmiş tavlama algoritmaları hakkında bilgi verilmiştir.

Stokastik ışın arama algoritması

Bu algoritma değiştir & gözle algoritması gibi tepe tırmanma algoritmasının gelişmiş versiyonudur. Maksimum güç noktasının ara iken rastgele birden fazla nokta seçilir. En yüksek değerli noktadan başlanır ve bu noktadan tepe tırmanma algoritması yürütülür.

Değişken komşuluk araması algoritması

Bu algoritma, sezgisel ve bölgesel arama tekniğini kullanan bir optimizasyon tekniğidir. Bu algoritma mantığı, iteratif keşiflerle daha iyi komşuyu bulma üzerine kurulmuştur.

Benzetilmiş tavlama algoritması

Bu algoritmanın amacı, bir problemin çözümünde genel iyileştirme elde etmektir. Çalışma mantığı sıcak demire şekil verme işlemi ile benzediğinden bu adı almıştır. Bu algorithmada, başlangıç sıcaklığı, sıcaklık azaltma, döngü sayısı gibi parametreler içermektedir. Algoritma başlarken en iyi değer kabul edilen bir değeri başlangıç seçip, döngü içinde adımlarla yeni üretilen değer hangisinin daha iyi olduğu durum araştırılır. Yeni değer daha iyi sonuç veriyorsa en iyi çözüm olarak kabul edilir.

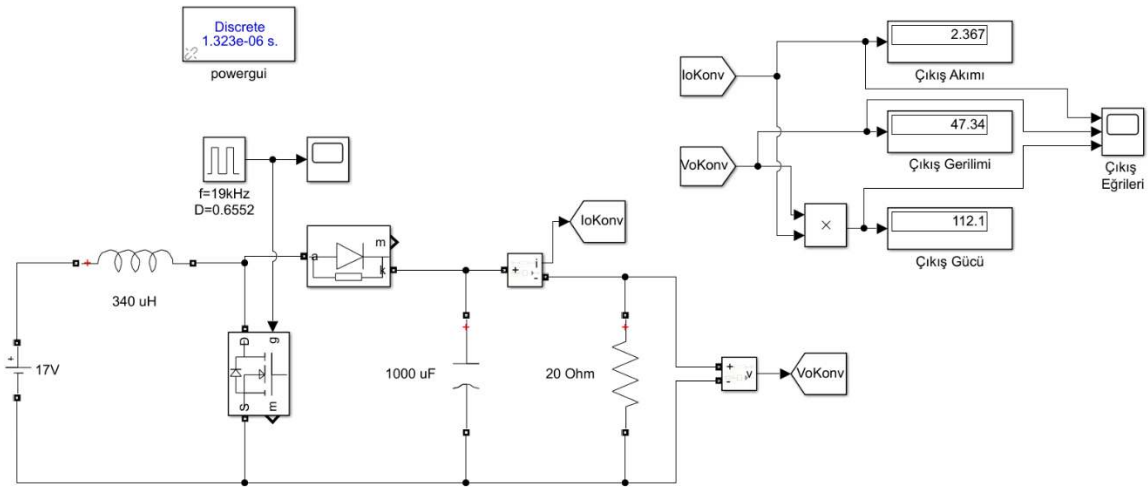


3. BENZETİM ÇALIŞMALARI

Bu bölümde, yapılan uygulamanın benzetim modellerinin kullanılan MGNİ algoritmaları ile benzetimleri anlatılmıştır. İlk önce DA-DA yükselten tip konvertör benzetimi MATLAB/Simulink platformunda gerçekleştirilmiştir. Daha sonra sırasıyla MGNİ algoritmaları ile konvertör benzetimleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

3.1. DA-DA Konvertör Benzetim Çalışması

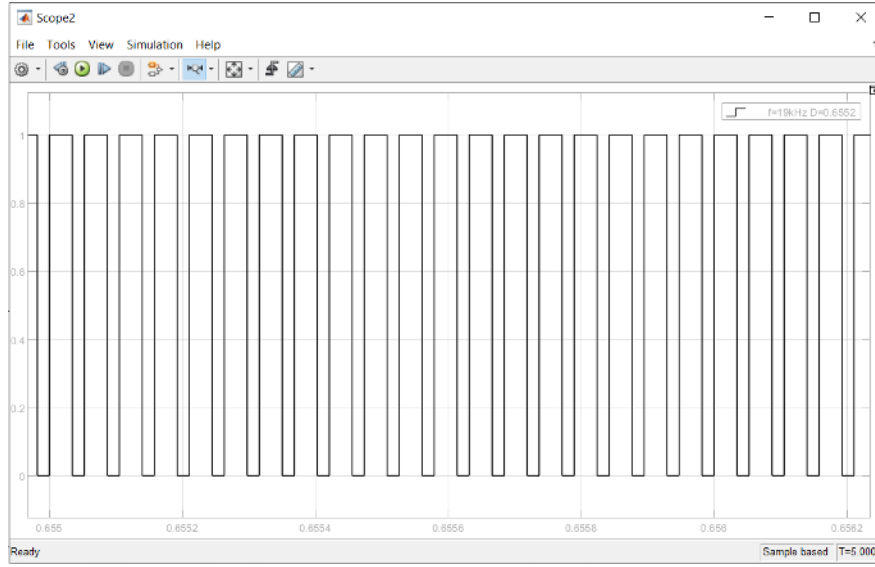
DA-DA konvertörün çalışması ile bilgi 2. Bölümde yer verilmişti. Bu kısımda konvertörün Simulink ortamında benzetimi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen Simulink devresi Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. DA-DA Boost konvertör Simulink devresi

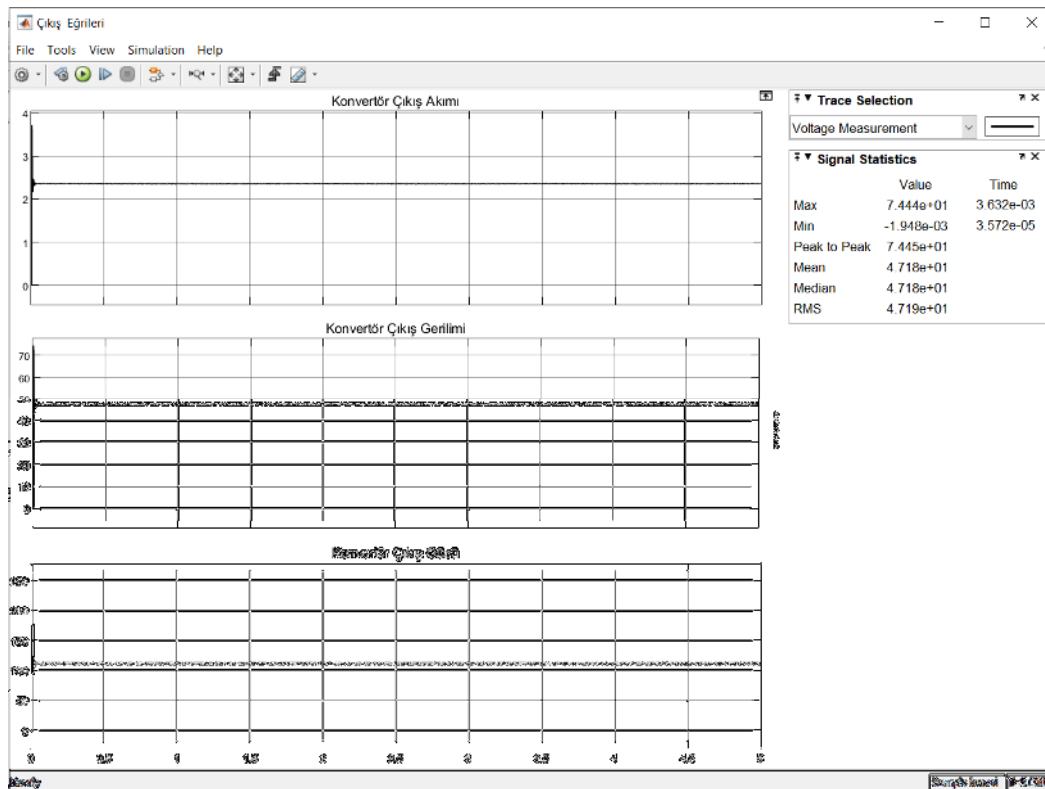
DA-DA boost konvertör, giriş gerilimini yükselten konvertör tipidir. Bu çalışmada fotovoltaik panelin maksimum güçteki gerilimini ($V_{mp}=17V$) baz alarak benzetim yapılmıştır. 17V DA giriş gerilimi seviyesini 48V DA çıkış gerilimine dönüştürme işlemi yapılmıştır.

Anahtarlama frekansı olarak 19-20kHz civarı seçilmiştir. Benzetim çalışmasında kullanılan anahtarlama frekansı dalga şekli Şekil 3.2 de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Anahtarlama frekanslı dalga şekli

Anahtar görev oranı el ile 0,6552 girilmiştir. Şekil 3.2 anahtar görev oranının %65 dolulukta olduğunu göstermektedir. Bu değer bir sonraki benzetim çalışmasında algoritma tarafından belirlenecektir. Şekil 3.3 konvertörün çıkış gerilim, akım ve güç değerlerini göstermektedir.

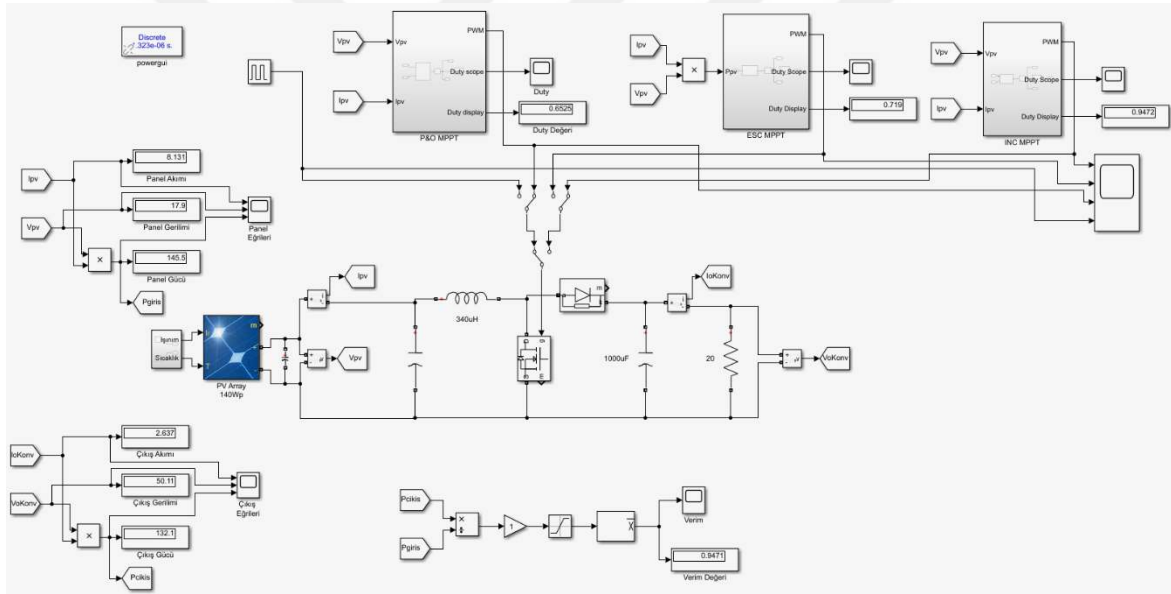


Şekil 3.3. Konvertörün çıkış gerilim, akım ve güç değerleri

Şekil 3.3 incelendiğinde konvertör çıkış gerilimi 48V civarında çıkış değeri vermektedir. Çıkış akımı ise 2,34A civarındadır. Dolayısıyla elde edilen çıkış gücü 112W civarındadır. Bu değerler uygulama için uygun değerlerdir.

3.2. MGNİ Kullanılan DA-DA Konvertör Benzetim Çalışması

Maksimum güç noktası izleyicisi (MGNİ), sistemlerden elde edilen enerjiden maksimum seviyede yararlanmak için kullanılan algoritmalar. Bir önceki benzetimde kullanılan konvertöre uygulanan anahtar görev oranını bu benzetimde algoritmalar tarafından hesaplanmıştır. Bazı MGNİ algoritmaların kullanıldığı benzetim devresi Şekil 3.4 ile verilmiştir.



Şekil 3.4. Konvertörün farklı MGNİ algoritmaları ile birlikte benzetimi

Şekil 3.4'te uygulaması yapılan konvertör benzetimi, farklı MGNİ algoritmalarıyla test edilmiştir. Hangi MGNİ algoritması kullanılacak ise anahtarlar vasıtasıyla seçilerek benzetim çalıştırılmaktadır. Benzetimde 1 adet fotovoltaik panel kullanılmıştır. Fotovoltaik panel gerçek değerlere uygun olması açısından 140W değerinde ayarlanmıştır. Panel parametreleri Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Açık devre gerilim (V_{oc}) 22V, kısa devre akımı (I_{sc}) 8,39A, maksimum güçteki gerilim (V_{mp}) 17,8V, Maksimum güçteki akım (I_{mp}) 7,88A olarak girilmiştir.

Block Parameters: PV Array 140Wp

Implements a PV array built of strings of PV modules connected in parallel. Each string consists of modules connected in series. Allows modeling of a variety of preset PV modules available from NREL System Advisor Model (Jan. 2014) as well as user-defined PV module.

Input 1 = Sun irradiance, in W/m², and input 2 = Cell temperature, in deg.C.

Parameters **Advanced**

Array data

Parallel strings

Series-connected modules per string

Module data

Module: **User-defined**

Maximum Power (W) Cells per module (Ncell)

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

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

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

OK Cancel Help Apply

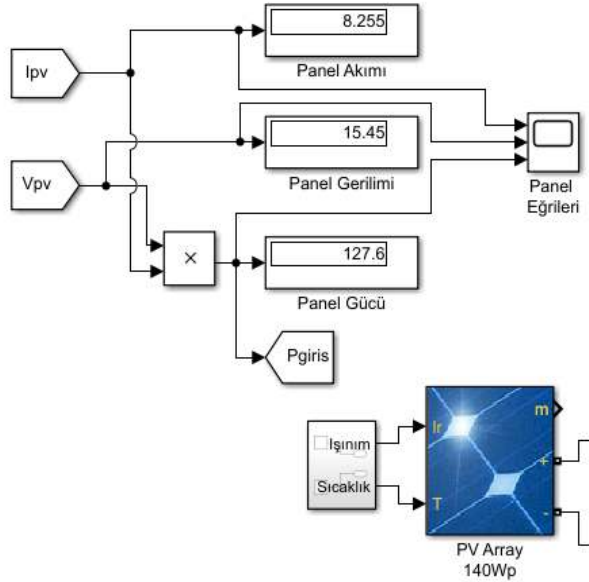
Şekil 3.5. Benzetimde kullanılan panel parametreleri

Bu değerler Tommatech marka fotovoltaiik panel verileridir. Panele ait bütün veriler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tommatech marka güneş paneli parametreleri

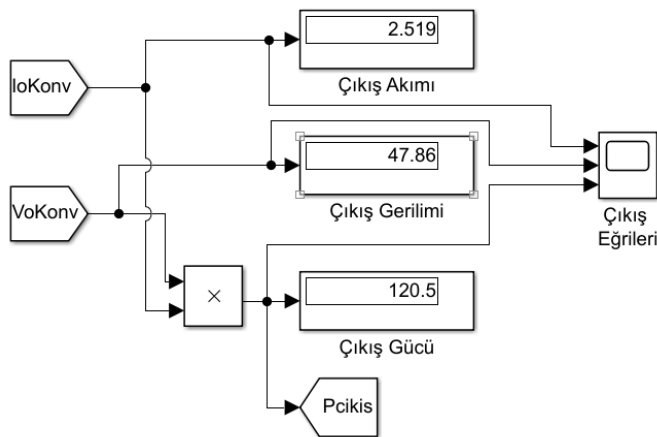
Maksimum Güç (Pm):	140 W
Açık Devre Voltajı (Voc) :	22,0 V
Kısa Devre Akımı (Isc) :	8,39 A
Maksimum Güç Voltajı (Vmp) :	17,8 V
Maksimum Güç Akımı (Imp) :	7,88 A
Panel Verimliliği:	%15,37
Tolerans:	± %3
Panel Ölçüleri:	1480 x 670 x 40 mm
Ağırlık:	13,5 kg
Konnektör Tipi:	MC-4
Hücre Sayısı:	36

Benzetimde panel verilerini izlemek için panelden alınan verileri gösteren göstergeler konulmuştur. Panel akımı, panel gerilimi ve panel gücünü gösteren göstergeler Şekil 3.6'da verilmiştir. Ayrıca panel verilerin gösteren grafiksel gösterge de bulunmaktadır.



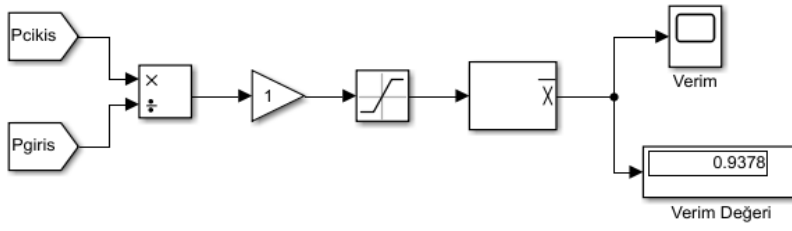
Şekil 3.6. Panel verileri göstergeleri

Konvertör verilerini izlemek için konvertör çıkışından alınan verileri gösteren göstergeler konulmuştur. Çıkış akımı, çıkış gerilimi ve çıkış gücünü gösteren göstergeler Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Konvertör çıkış verileri göstergeleri

Konvertör verimini izlemek için giriş ve çıkış güçlerinden alınan verileri gösteren göstergeler konulmuştur. Verim değerlerini gösteren göstergeler Şekil 3.8'de verilmiştir.



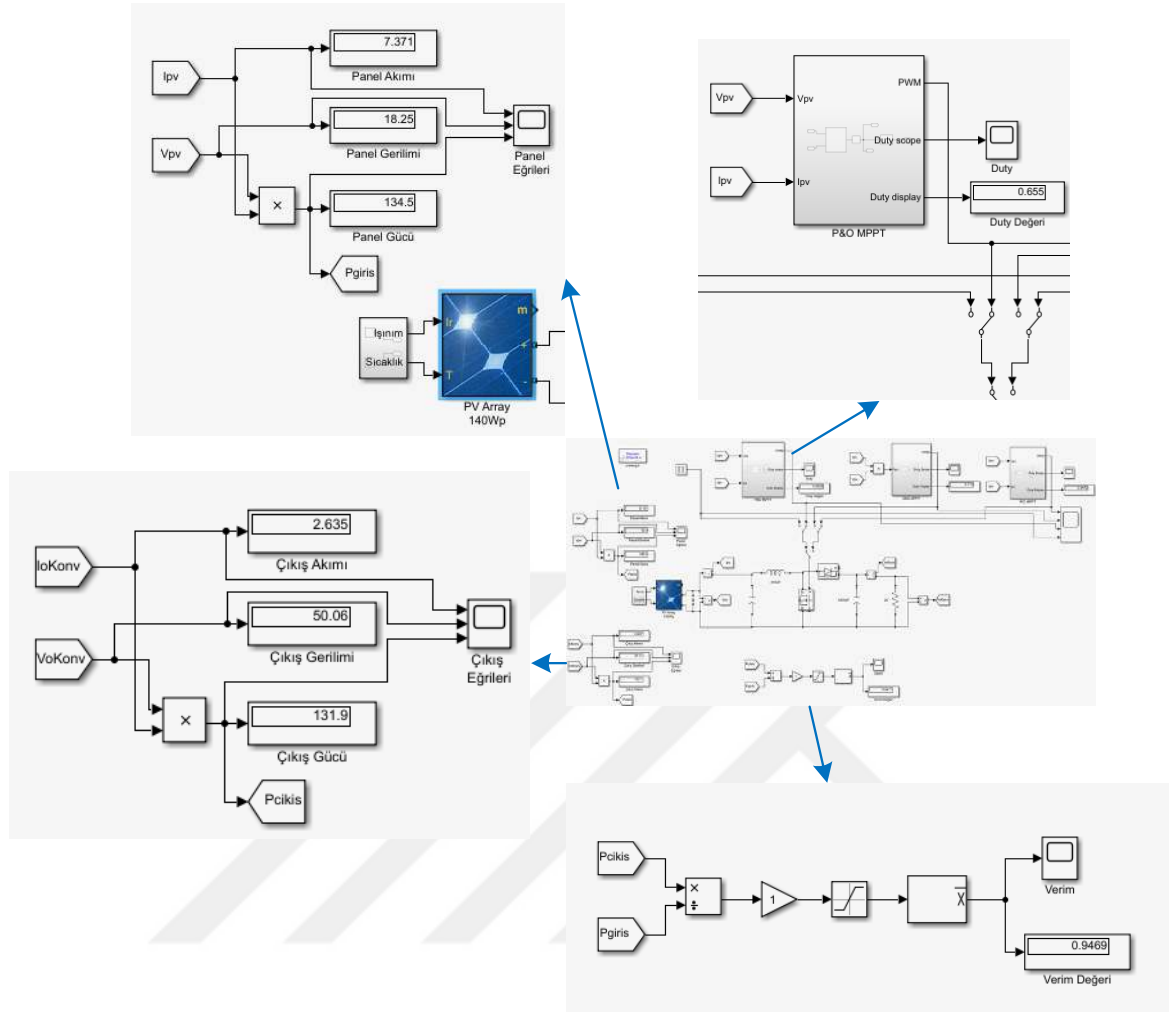
Şekil 3.8. Konvertör verim değerleri göstergeleri

3.2.1. Değiştir ve Gözle MGNİ algoritması ile konvertör uygulaması

Benzetim çalışmasında ilk önce konvertör ile Değiştir ve Gözle algoritması denenmiştir. Anahtarlama frekansı 20 kHz olarak uygulanmıştır. Değiştir ve Gözle algoritması panelin akım ve gerilim değerlerine göre güç noktası takibi prensibine göre çalışmaktadır. Bu algoritma ile ilgili detaylı bilgi 2. Bölümde verilmiştir. Algoritma çıktısı olarak anahtar görev oranı belirlenmektedir. Benzetim çalışmasında bu oran 0,62 ile 0,68 arasında değişmektedir. Benzetim sonuçlarına ait görsel Şekil 3.9 da gösterilmiştir. Konvertör elemanları değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Değiştir ve Gözle uygulanan konvertör devre parametreleri

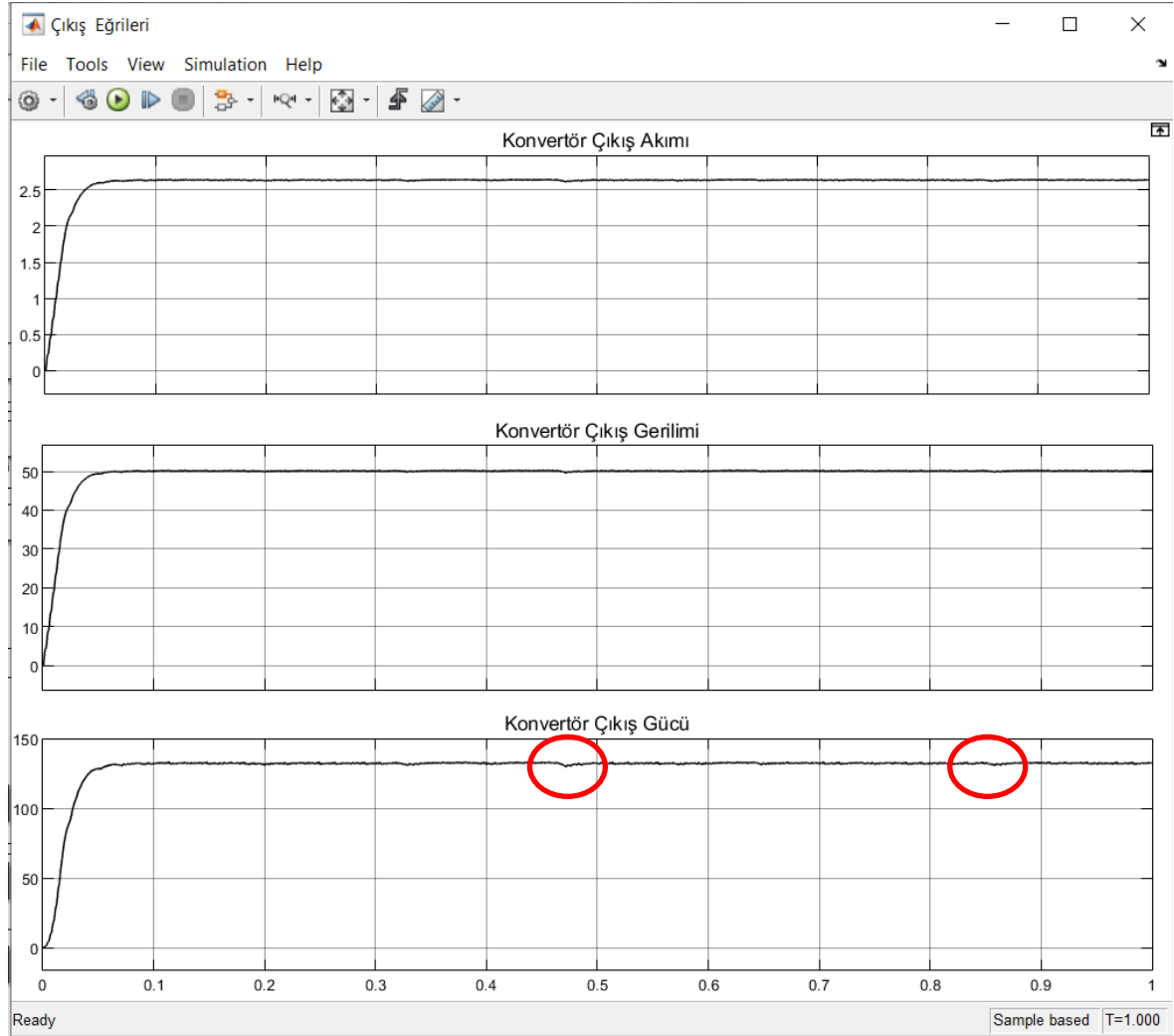
Parametre	Değer
V_i	18V
V_o	50V
L	340uH
C	2200uF
F_s	20kHz
Anahtar görev oranı	0,62-0,68



Şekil 3.9. Değiştir ve Gözle algoritması benzetimi sonuçları

Fotovoltaik panel gerilimi 18,25V, panel akımı 7,37A, panel gücü 134W, konvertör çıkış gerilimi 50,06V, konvertör çıkış akımı 2,6A, çıkış gücü ise 132W olarak ölçülmüştür. Konvertör verimi ise %95 civarında hesaplanmıştır.

Benzetim sonucunda elde edilen konvertör çıkış sonuçlarına ait grafikler ise Şekil 3.10'da verilmiştir. Grafiklerin karşılaştırılmasının kolay olması için grafikler alt alta verilmiştir.



Şekil 3.10. Değiştir ve Gözle algoritması uygulanan konvertör çıkış değerleri

Benzetim sonuçlarına göre konvertör çıkış değerleri yaklaşık olarak 0.08sn de istenilen değerlere ulaşmıştır. Kırmızı daireler içinde yer alan sinyallerdeki değişimler akımda veya gerilimde oluşan yükselme veya düşmenin sonucudur. Güç kısa süreli de olsa değişmiştir ama MGNİ algoritmasının maksimum güçte çalışma noktasında çalışabilmesi için anahtar görev oranı (duty cycle) hemen ayarlanarak konvertör çıkış gücünü düzenlemiştir.

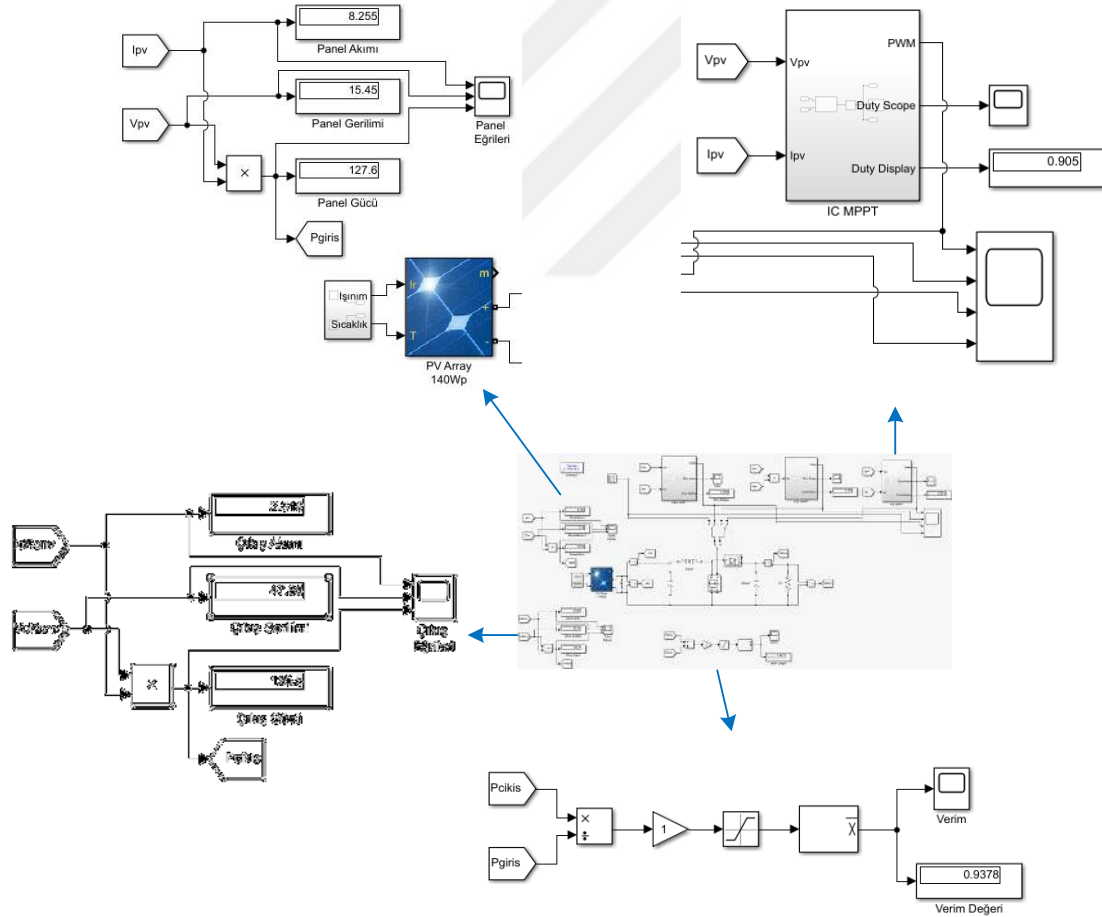
3.2.2. Artan iletkenlik MGNİ algoritması ile konvertör uygulaması

Benzetim çalışmasında bu kez konvertör ile artan iletkenlik algoritması denenmiştir. Anahtarlama frekansı yine 20 kHz olarak uygulanmıştır. Artan iletkenlik algoritmasının temeli çıkış gücünün gerilime göre türevinin hesaplanmasına yani gücün eğimine dayanmaktadır. Bu algoritma ile ilgili detaylı bilgi 2. Bölümde verilmiştir. Algoritma

çıktısı olarak anahtar görev oranı algoritma sayesinde belirlenmektedir. Benzetim çalışmasında bu oran 0,6 ile 0,9 arasında değişmektedir. Benzetim sonuçlarına ait görsel Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Konvertör elemanları değerleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Artan iletkenlik uygulanan konvertör devre parametreleri

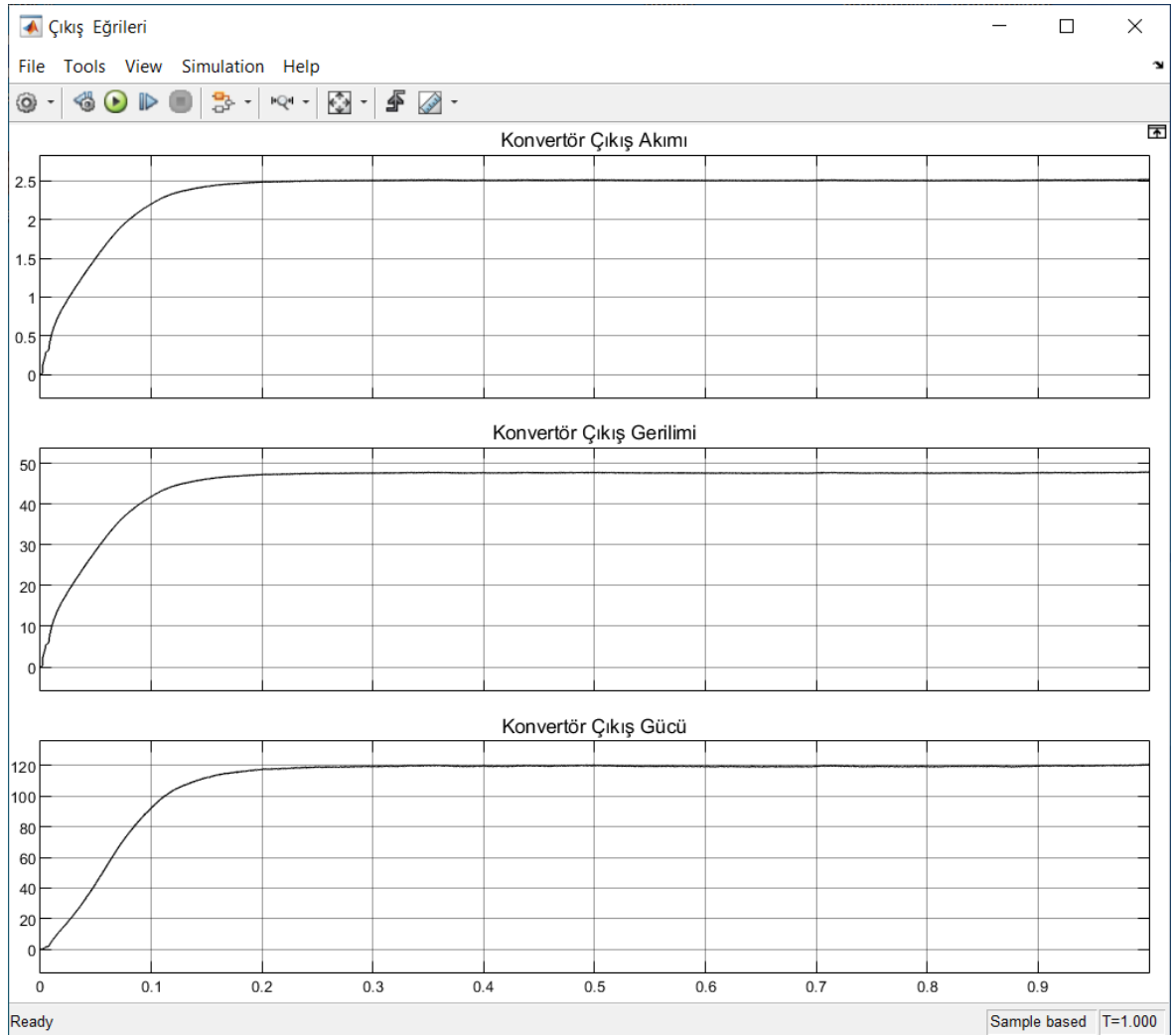
Parametre	Değer
V_i	18V
V_o	50V
L	340uH
C	2200uF
F_s	20kHz
Anahtar görev oranı	0,6-0,9



Şekil 3.11. Artan iletkenlik algoritması benzetimi sonuçları

Şekil 3.11'e göre fotovoltaiik panel gerilimi 15,45V, panel akımı 8,25A, panel gücü 127,6W, konvertör çıkış gerilimi 47,86V, konvertör çıkış akımı 2,51A, çıkış gücü ise 120,5W olarak ölçülmüştür. Konvertör verimi ise %94 civarında hesaplanmıştır.

Benzetim sonucunda elde edilen konvertör çıkış sonuçlarına ait grafikler ise Şekil 3.12'de verilmiştir. Grafiklerin karşılaştırılmasının kolay olması için grafikler bu kısımda da alt alta verilmiştir.



Şekil 3.12. Artan iletkenlik algoritması uygulanan boost konvertör çıkış değerleri

Benzetim sonuçlarına göre konvertör çıkış değerleri yaklaşık olarak 0,21sn de istenilen değerlere ulaşmıştır. Değişir ve Gözle algoritması grafiğindeki değişimler bu grafikte gözlemlenmemiş ve artan iletkenlik algoritması daha düzgün çalıştığı görülmüştür. Sonuç olarak her iki MGNİ algoritması benzetimde kullanılmış, sonuçları görülmüş ve karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya ait sonuçlar Çizelge 3.4'de verilmiştir. Gerçek

uygulama çalışmasında kullanım kolaylığı ve programlamadaki anlaşılabilirliği neticesinde Değiştir & Gözle algoritması tercih edilmiş ve uygulanmıştır.

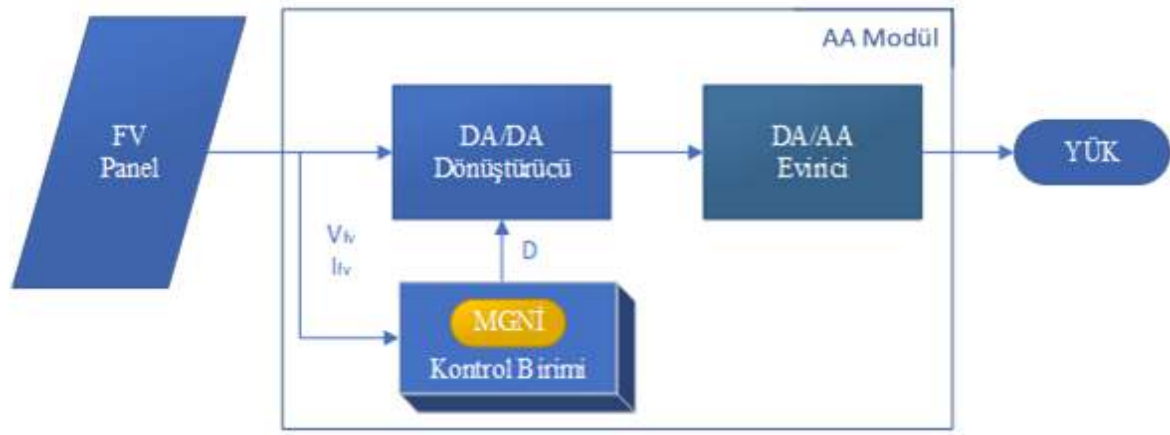
Çizelge 3.4. MGNİ uygulanan konvertör devre parametreleri karşılaştırması

Yöntem	Konvertör parametreleri					Çıkış değerleri			
	V _g	L	C	R	f _s	I _ç	V _ç	P _ç	Verim
MGNİ yokken	17V	340uH	2200uF	20Ω	19kHz	2,35A	47,18V	111,3W	%95
Değiştir Gözle	18V	340uH	1000uF	20Ω	20kHz	2,63A	50,06V	131,9W	%95
Artan İletkenlik	18V	340uH	1000uF	20Ω	20kHz	2,519A	47,86V	120,5W	%94



4. TASARIM VE UYGULAMA ÇALIŞMASI

Bu bölümde DA-DA konvertör tasarımı ile uygulama çalışması ele alınmıştır. İlk kısımda DA-DA yükselten tip konvertör için sayısal hesaplamalar yapılmıştır. İkinci kısımda konvertörün ve kontrol ünitesinin Proteus & ISIS tabanlı tasarımı ve baskı devresi yapılmıştır. Üçüncü kısımda evirici hakkında bilgi verilmiştir. Son kısımda ise sistemin hem laboratuvar ortamında hem de dış ortamda panel ile çalışması anlatılmış ve değerlendirmelerde bulunulmuştur. Tasarlanan sistemin blok diyagramı Şekil 4.1 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Tasarlanan sistemin blok diyagramı

Şekil 4.1'deki blok diyagrama göre fotovoltaiik sistemden elde edilen akım ve gerilim değerine göre kontrol biriminin işlemcisi tarafından anahtar görev oranı belirlenir. Bu orana göre DA-DA dönüştürücü giriş gerilimini çıkış gerilimine yükseltir. Yükseltile bu gerilim DA-AA Evirici yardımıyla AA yükleri besleyecek seviyede çıkış gerilimi sağlar.

4.1. Yükselten Tip (Boost) Konvertör Tasarımı

Bu tip konvertörün yapısında bobin, anahtarlama elemanı, hızlı diyot, kondansatör ve yük bulunmaktadır. Devrede kullanılan diyot üzerine düşen gerilim 1,3V, Giriş gerilimi (V_i) 17V (min. 12V), çıkış gerilimi (V_o) 48V (diyot gerilimi de dikkate alınıp $48+1,3$) olan konvertörün minimum (D_{min}) ve maksimum (D_{maks}) anahtar görev oranları Eşitlik 4.1 ve Eşitlik 4.2 ile hesaplamak mümkündür.

$$D = \frac{V_o - V_s}{V_o} = \frac{49,3 - 17}{49,3} = 0,6552$$

$$V_o = \frac{V_i}{1-D_{min}} \Rightarrow 48 = \frac{17}{1-D_{min}} \Rightarrow D_{min} = 0,545 \quad (4.1)$$

$$V_o = \frac{V_i}{1-D_{maks}} \Rightarrow 48 = \frac{12}{1-D_{maks}} \Rightarrow D_{maks} = 0,75 \quad (4.2)$$

Anahtarlama frekansı 10kHz için periyot ve anahtarlama süreleri;

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10kHz} = 100\mu Sn$$

$$T_{on}=65,52\mu Sn.$$

$$T_{off}=4,48\mu Sn. \text{ olarak hesaplanır.}$$

Minimum yük seçimi için giriş gerilimi ve güç (120W olarak belirlenirse) kullanarak;

$$R = \frac{V_o^2}{P} = \frac{48^2}{120} = 19,2\Omega \text{ bulunur.}$$

Devrede kullanılacak minimum bobin değeri;

$$L_{min} = \frac{R}{2.f} \cdot D \cdot (1 - D)^2 = 74\mu H \text{ bulunur.}$$

Konvertör çıkış akımı;

$$I_o = \frac{V_o}{R} = 2,5A \text{ bulunur.}$$

Tepeden tepeye akım dalgalılığı;

$$\Delta I_L = \frac{V_s}{L.D.T} = 1,11A \text{ bulunur.}$$

Ortalama bobin akımı, maksimum ve minimum değerleri;

$$I_{Lort} = I_s = \frac{I_o}{1 - D} = 7,25A$$

$$I_{Lmaks} = I_{Lort} + \frac{\Delta I_L}{2} = 7,8A$$

$$I_{Lmin} = I_{Lort} - \frac{\Delta I_L}{2} = 6,695A$$

Tepeden tepeye akım dalgalılığı için minimum kondansatör değeri;

$$C = \frac{D}{R.f.\frac{\Delta V_o}{V_o}} 100 = \frac{0.6552}{19,2.10000.0,01} = 341\mu F \text{ bulunur.}$$

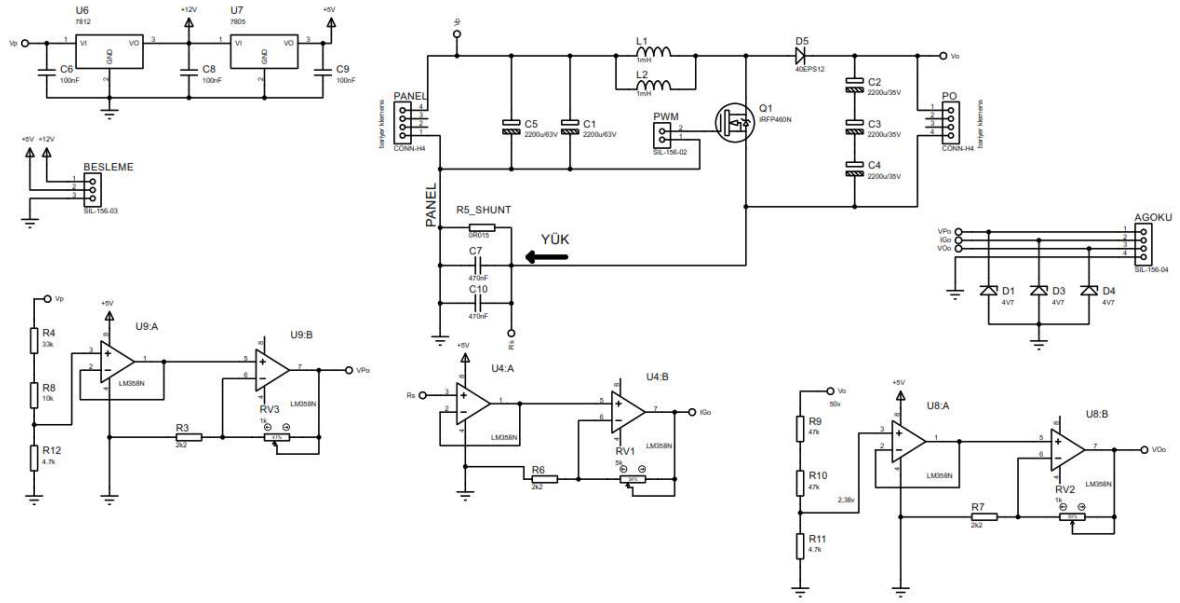
Bu hesaplamalar ile elde edilen sonuçlara göre yükselten konvertör değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hesaplanan konvertör değerleri

Parametre	Değer
Giriş Gerilimi (V)	12V-17V
Çıkış Gerilimi (V)	48V
Anahtar görev oranı(duty)	0,54-0,75
Minimum yük direnci (Ω)	19,2
Bobin (μH)	74
Çıkış akımı (A)	2,5
Kondansatör (μF)	341
Güç (W)	120

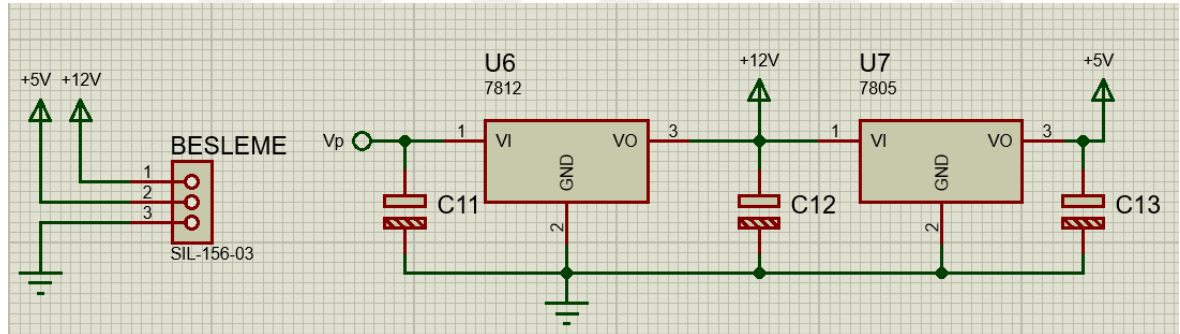
4.2. Konvertör Devresi ve Kontrol Kartı Tasarımı

Bu kısımda sistemin ve kontrolünün kolaylığı, fotovoltaiik panel giriş gerilimi ve kullanılacak MGNİ algoritması uyumu açısından yükselten tip (Boost) konvertör tasarlanmış ve uygulaması yapılmıştır. Yapılan konvertör devresinin ISIS dosyası Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Tasarlanan konvertörün ISIS devre çizimi

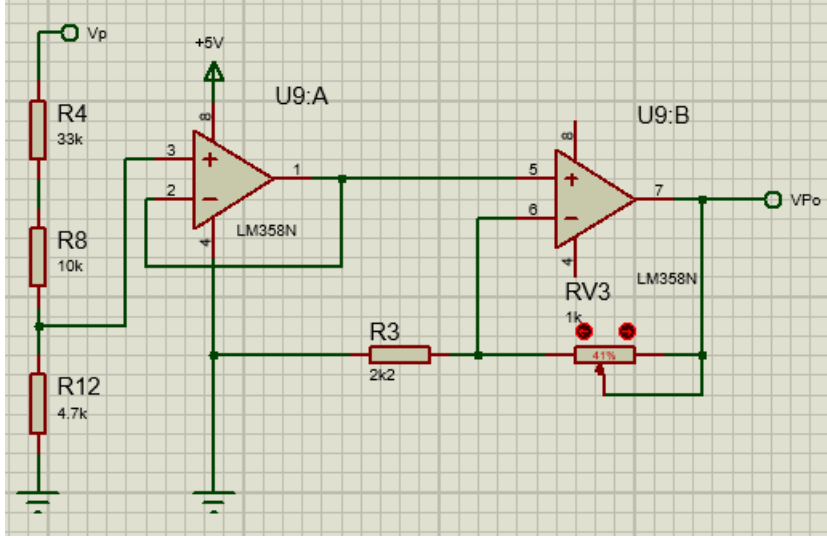
Tasarlanan konvertör devresinin beslemesi fotovoltaik panelden sağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 4.3’de besleme devresi gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Konvertör devresinin besleme devresi

Devrede iki farklı gerilim seviyesine ihtiyaç duyulmuştur. Burada istenilen seviyede gerilimi elde etmek için 78XX serisi gerilim regülatörleri kullanılmıştır. +5V seviyesi, hem akım gerilim okumada kullanılan op-amp devrelerinin beslenmesi hem de kontrol devresinde kullanılan mikro denetleyici ile LCD ekranın beslenmesi için kullanılmıştır. +12V seviyesi ise mikro denetleyici ile PWM sinyali üretiminde kullanılan TLP250 entegresinin beslenmesi sağlanmıştır.

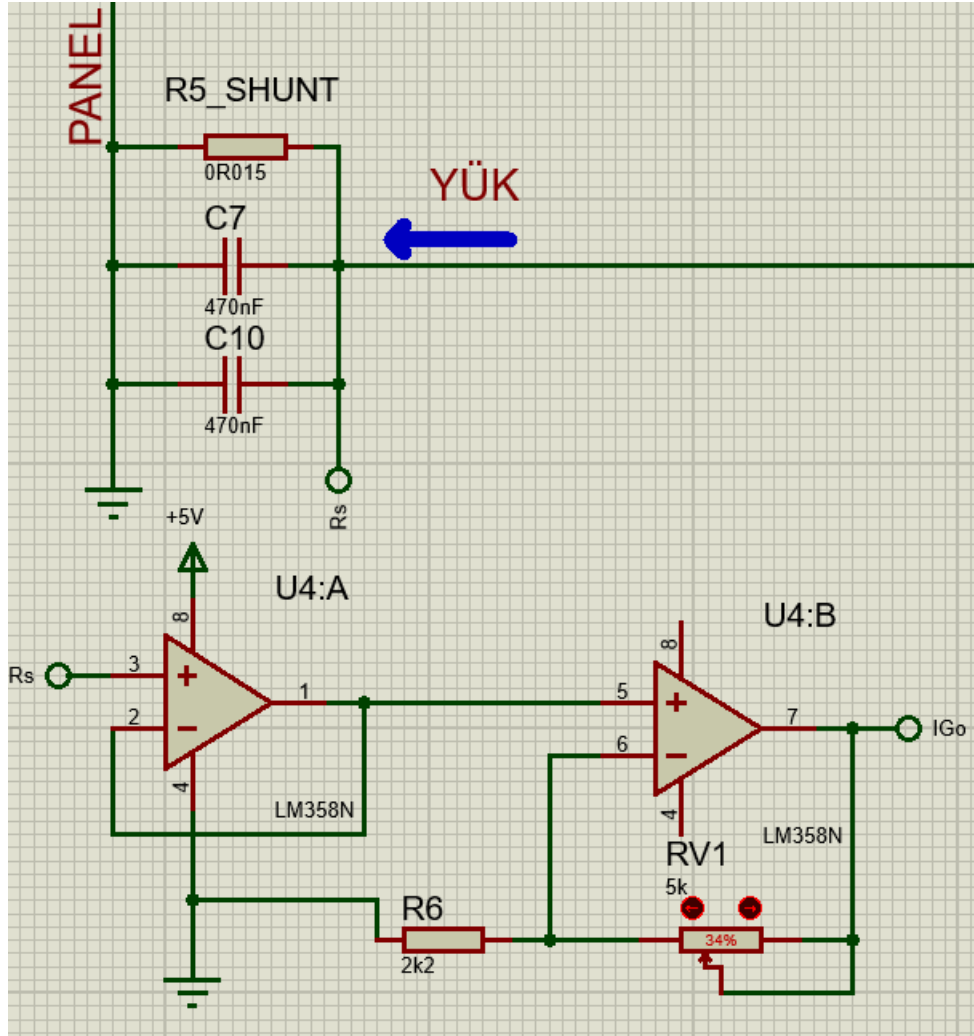
Konvertörün giriş ve çıkış gerilimlerinin ölçülmesinde gerilim bölücü devreler kullanılmıştır. Kullanılan devre şeması Şekil 4.4 ile verilmiştir.



Şekil 4.4. Gerilim bölücü devre ile gerilim okuma devresi

Gerilim bölücü devreler, giriş gerilimini seri bağlı dirençler ile belirli bir oranda düşüren devrelerdir. Düşürülen gerilim seviyesi op-amp entegrelerinin giriş seviyelerine uygun hale getirilir. Daha sonra op-amp kazancına göre mikro denetleyicilerin analog girişlerinden okunabilecek seviyeye getirilir. Şekil 4.3'te panel gerilimini okumak için tasarlanmıştır. R4, R8 ve R12 dirençleri gerilimi bölmek içindir. Bu devre ile maksimum 50V'a kadar gerilim okumak mümkündür. Op-Amp çıkışlarından 0 ile +5V'a kadar çıkış alınabilir. Daha fazlası mikro denetleyicinin girişine zarar verebileceği için zener diyot ile sınırlandırılması gerekmektedir.

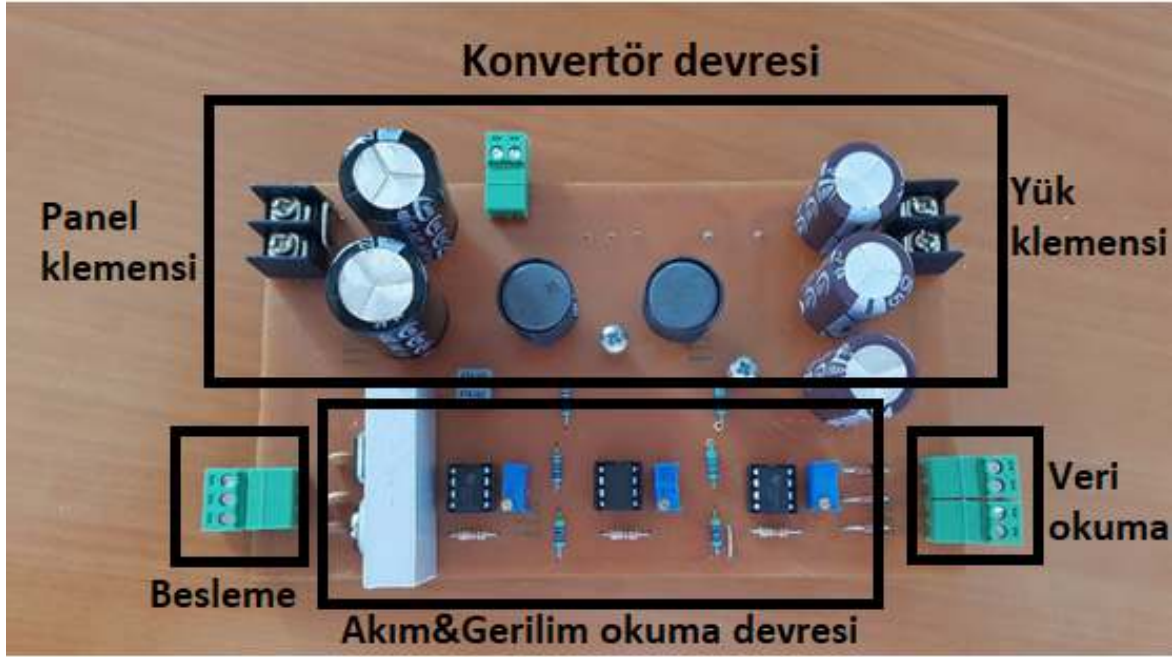
Akım okuma devresi ise gerilim bölücü devrelerden biraz farklıdır. Şönt direnç yöntemi (veya low side ölçüm) olarak da bilinen bu yöntem çok fazla tercih edilen ve maliyeti çok az olan bir yöntemdir. Bu yöntem ile 10 ampere kadar okuma yapılabilir. Bu değerlerden fazlası için izolasyon problemi olacağından "Hall Effect Sensörler" kullanılmaktadır. Tasarlanan devre ile kullanılacak panel akımları sınırlar dahilinde olacağından bu akım okuma yöntemi tercih edilmiştir. Akım okuma devresi Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Akım okuma devresi

Devredeki yüke göre oldukça küçük ve ihmal edilebilecek bir direnç (devrede 15mOhm seçilmiştir.) üzerinden geçen akımla orantılı gerilim okunarak akım ölçülmektedir. Şönt direnç üzerine düşen gerilim op-amp'lar vasıtasıyla kazanç oranında yükseltilir ve akım hesaplanır. Hem akım okumada hem de gerilim okumada 2 adet opamp kullanılmıştır. Bunlardan ilki gerilim izleyici olarak kullanılmıştır. Gerilim izleyici devrelerde kazanç 1'dir. Böylece giriş ile çıkış arasında yalıtım veya başka bir deyişle tampon görevi görmektedir. İkinci opamp ile de girişten alınan sinyal kazanç ile yükseltilmiştir. Konvertör devresine ait proteus programında hazırlanan baskı devre çizimleri ile 3 boyutlu görselleri tezin sonunda yer alan EK-1 bölümünde verilmiştir.

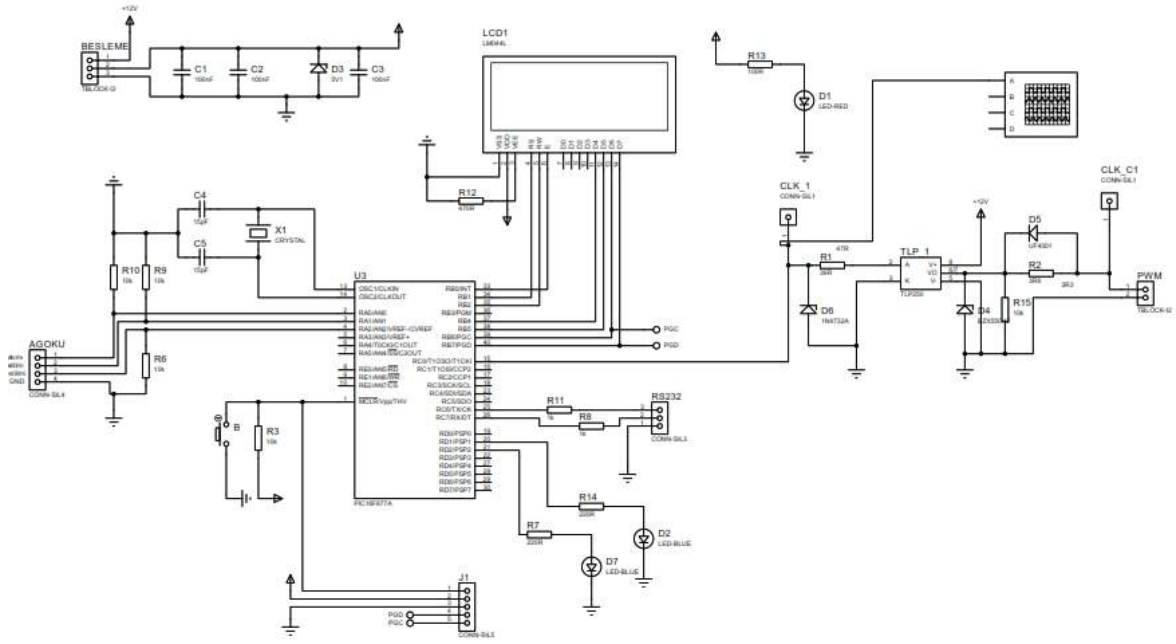
Gerçekleştirilen yükseltici tip konvertör devresi Resim 4.1'de gösterilmiştir. Devre tasarlanırken soğutucu üzerine monte edilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu yüzden devrede kullanılan mosfet ve hızlı diyot devrede ters olacak şekilde kullanılmıştır.



Resim 4.1. Tasarlanan konvertör devresi

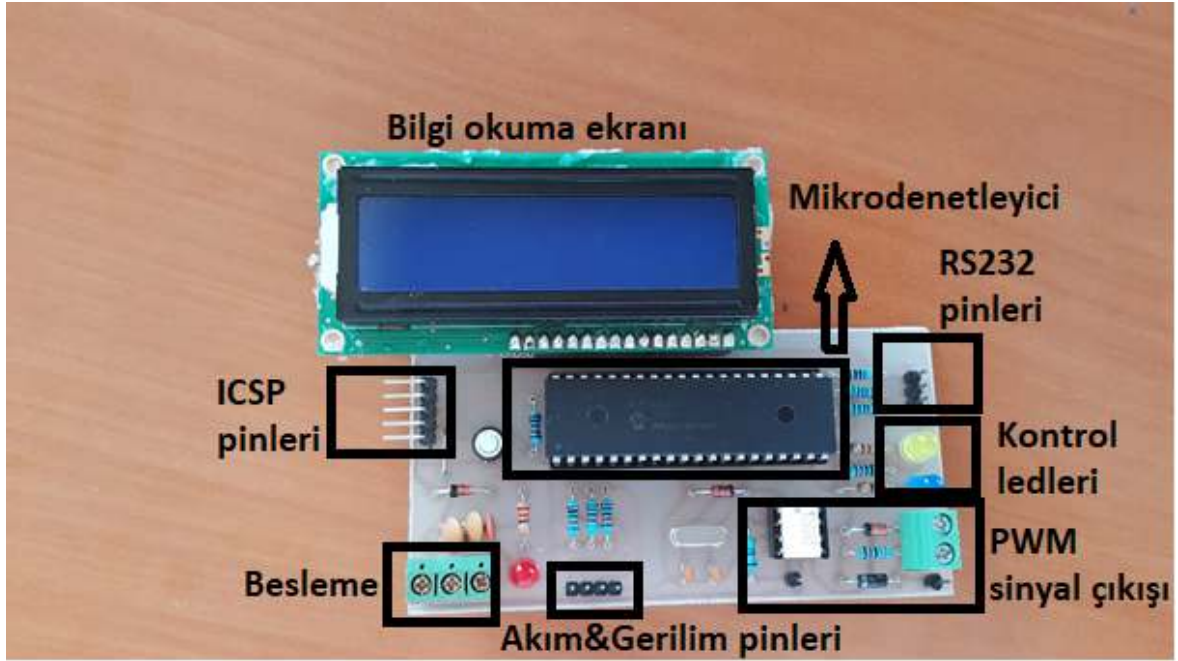
Konvertör devresi ile güneş panelinin maksimum güçte ürettiği 18V civarındaki DA gerilimi eviricinin girişine uygun olacak şekilde 48V DA gerilim seviyesine yükseltilmektedir. Yaklaşık olarak maksimum 120W güç elde edilmiştir.

Kontrol devresi besleme katı, denetleyici katı, mosfet sürücü katı ve bilgilendirme ekranı olmak üzere 4 bölümden oluşmaktadır. Besleme devresi, konvertör devresinden gelen gerilimin alındığı kısımdır. Mosfet sürücü katında konvertör devresinde kullanılan anahtarlama elemanın sürülmesine olanak sağlayan bölümdür. Burada sürücü entegresi olarak TLP250 kullanılmıştır. Yapılan kontrol devresinin ISIS dosyası Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Ayrıca devreye ait baskı devre ve 3D çizimi tezin sonunda yer alan EK-2 bölümünde verilmiştir.



Şekil 4.6. Tasarlanan kontrol devresinin ISIS devre çizimi

Devre tasarlanırken PIC mikro denetleyicisinin devreden çıkarılmadan programlanmasını sağlayan ICSP çıkışları konulmuştur. ICSP, devre üzerinden programlamadır. Yani mikro denetleyici programlanırken, kodları yüklemek için mikro denetleyiciyi her seferinde yerinden söküp takmak yerine sadece kablo yardımıyla devre üzerinden program yüklenmesine olanak sağlamaktadır. Böylece mikro denetleyicinin hem bacaklarının zarar görmesi engellenmiş olur hem de statik elektriklenme sonucunda mikro denetleyicinin zarar görmesi engellenmiş olmaktadır. Tasarlanan devre Resim 4.2’de gösterilmiştir.



Resim 4.2. Tasarlanan kontrol devresi

Bununla birlikte veri transferi için RS232 çıkışları da eklenmiştir. RS232 bir haberleşme standardıdır. Bu haberleşme standardı ile kısa mesafe haberleşmelerde, devre ile bilgisayar arasında uyumlu kablolar vasıtasıyla veri transferi gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca devrede bazı durumların (LCD'ye veri gönderilmesi, MGNI çalışması gibi) gözlemlenebilmesi için devreye 2 adet bilgilendirme ledleri yerleştirilmiştir.

4.3. Uygulamada Kullanılan Evirici Hakkında Bilgiler

Genellikle güç çevirici olarak bilinen eviriciler, girişinde bulunan DA gerilimi çıkışında genlik ve frekansı kontrol edilebilen AA gerilime dönüştüren cihazlardır. Eviricilerin başlıca uygulama alanları; güç kaynakları, motor sürücüleri, elektrik dağıtım şebekeleri, güneş enerjisi sistemleri gibi sıralamak mümkündür. Güneş panellerinden, rüzgâr türbinlerinden veya bataryalardan sağlanan DA akım, kontrollü bir şekilde AA akıma eviriciler sayesinde dönüştürülür. Yapılarında güç değerlerine göre IGBT, mosfet gibi anahtarlama elemanları kullanılır.

Piyasada genellikle 3 tip evirici bulunmaktadır.

- 1) Kare dalga evirici
- 2) Sinüs benzeşimli (Modifiye) evirici
- 3) Tam sinüs evirici

Kare dalga eviriciler çıkış sinyalleri kare dalga gibidir. Şebeke gerilimi tam sinüs dalga şeklindedir. Dolayısıyla hassas cihazlar kare dalga şeklindeki sinyallerden olumsuz etkilenirler. Sinüs benzeşimli (modifiye sinüs) eviriciler kare dalga eviricilere göre biraz daha düzgün çıkış sinyaline sahiptir. Ancak buzdolabı, çamaşır makinası, hassas elektronik cihazlar vb. cihazların bozulmalarına neden olabilirler. Tam sinüs evirici çıkışı, şebeke sinyaline oldukça yakındır. Verimleri %89 ile %94 arasında değişmektedir. Çalışma frekansları ise 50Hz/60Hz dir. Genellikle harmonik bozulma oranları da %3 civarındadır.

Sistemde kullanılan evirici Resim 4.3'te gösterilmiştir. Bu evirici 400W sürekli çıkış gücüne sahiptir ve tam sinüs dalga çıkışlı eviricidir. Giriş gerilimi 48V DA gerilim seviyesindedir. Çıkış gerilimi ise 220V-240V AA gerilimdir. Bazı özellikleri aşağıda verilmiştir [26].

- 1- Tam sinüs dalga çıkışı (THD<3%)
- 2- %92'ye kadar yüksek verimlilik oranı
- 3- Termostat kontrollü soğutma fanı
- 4- Açma/kapama anahtarı
- 5- Standby tasarruf modunda çalışma seçilebilir.
- 6- Koruma: Batarya düşük alarm/ batarya düşük kapanıyor/ aşırı voltaj/ aşırı sıcaklık/ çıkış kısa devre/ giriş kutup koruma/ aşırı yük



Resim 4.3. Sistemde kullanılan evirici

4.4. Devrelerin Test Edilmesi

Devreler test aşamasında ilk önce laboratuvar ortamında test edilmiştir. Kaynak olarak programlanabilir DA güç kaynağı kullanılmıştır. Fotovoltaik simülatör özelliği olan güç kaynağı ile yapılan deneyler bu kısımda anlatılmıştır.

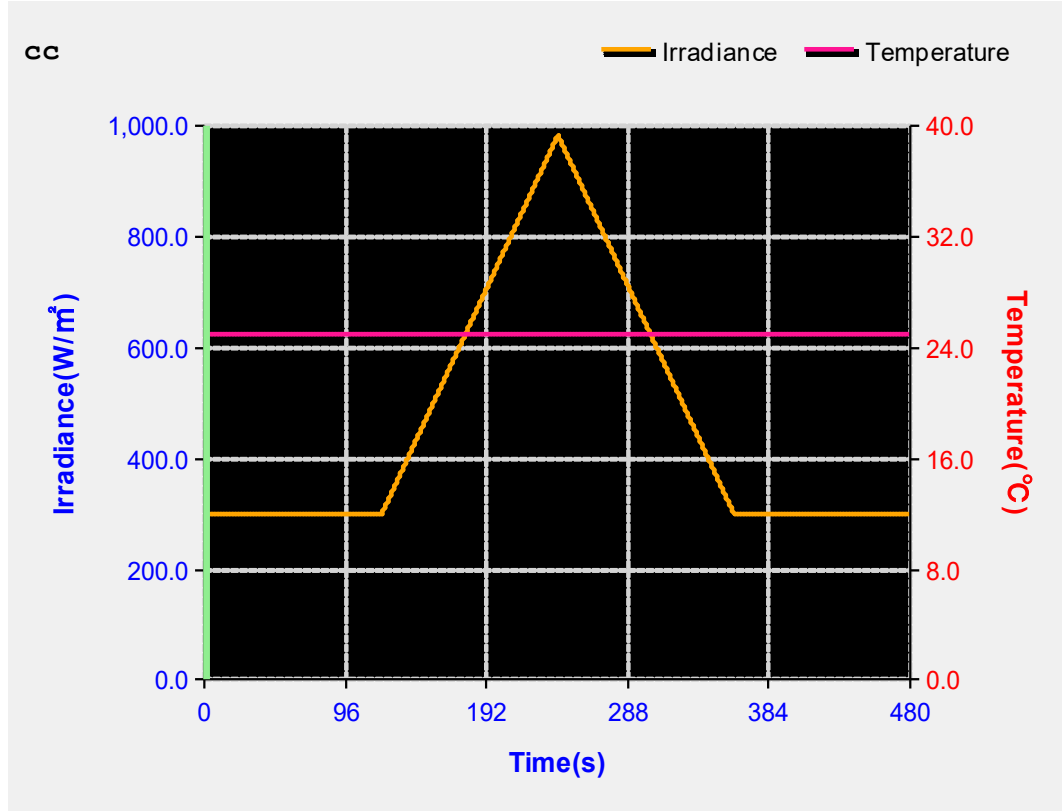
Testlerde kullanılan DA güç kaynağı BK PRECISION firmasının ürettiği PVS60085MR modeli yüksek güçlü programlanabilir DA güç kaynağı Resim 4.4’de gösterilmiştir.



Resim 4.4. Testlerde kullanılan programlanabilir DA güç kaynağı

DA güç kaynağı ile 600V, 8.5A ile 5kW güç elde etmek mümkündür. Ancak test koşullarında 140W güç üretebilen fotovoltaik panel modeli kullanılmıştır.

Teste başlamadan önce sanal bir senaryo belirlenmiştir. Bu senaryoda, sıcaklık sabit tutulmuştur. Işınım değerleri değişkendir. Sıcaklık 25 °C derece değerlendirilmiştir. Işınım değeri ise Nevşehir şartlarında belirlenen maksimum 900W/m² civarı belirlenmiştir. Senaryoya ait görsel Şekil 4.7’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Test koşullarında belirlenen senaryo grafiği

Şekil 4.7’deki senaryo belirlenirken gün içinde elde edilebilecek ışıınım değerleri baz alınmıştır. 120 sn. yaklaşık $300W/ m^2$ ışıınım altında enerji üretilip konvertöre uygulanmıştır. Daha sonra ışıınım değeri kademeli olarak artacak şekilde 120 sn. boyunca konvertöre uygulanmış ve elde edilen değerler kaydedilmiştir. Tepe noktasında yaklaşık $900W/ m^2$ ışıınım değerinden sonra 120sn. süresince ışıınım değeri kademeli olarak düşürülmüştür. 120sn sonunda $300W/ m^2$ ışıınımında 120sn. boyunca sabit tutulmuştur. Toplamda 8 dakikalık bir senaryoda panel verileri, akım, gerilim, üretilen güç, MGNİ değerleri vb. veriler kaydedilmiştir. Veriler birçok formatta kaydedilebilmektedir. Bu çalışmada farklı platformlarda işlenebilmesi açısından “.txt” formatında veriler kaydedilmiştir. Verilerin “.txt” formatı Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Report 2019-10-26 17-09-59.txt - Not Defteri

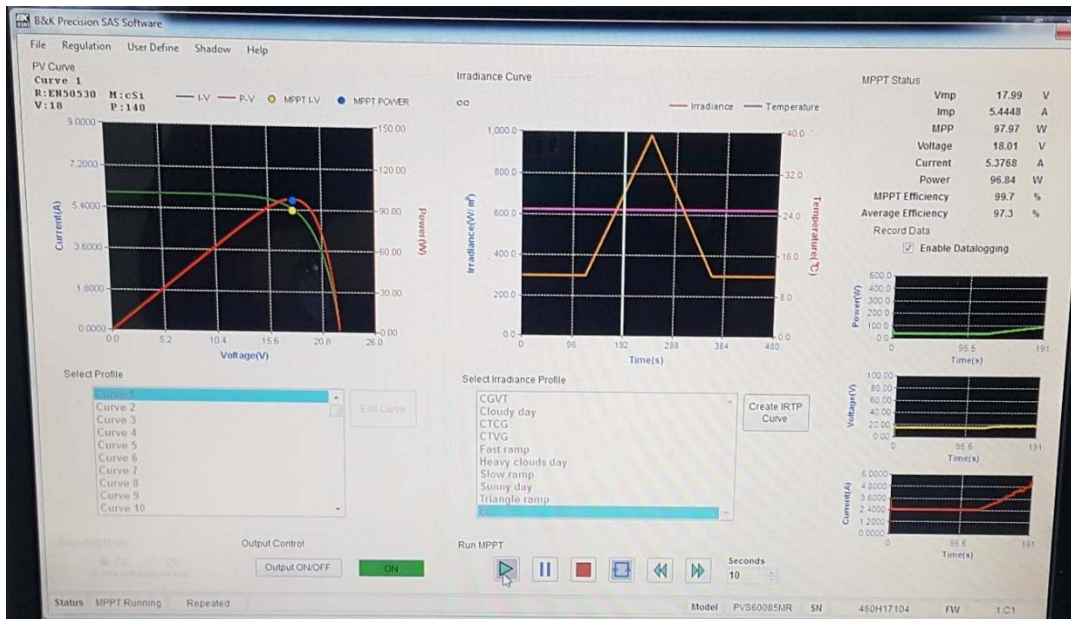
Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım

Time	DCV	DCI	DCP	Max Power	MPPT(%)
2019/10/26 17:09:59	20.07	3.5638	71.5	40.82	99.9
2019/10/26 17:10:00	15.06	2.5160	37.9	40.82	92.8
2019/10/26 17:10:01	15.18	2.5156	38.2	40.82	93.5
2019/10/26 17:10:02	15.08	2.5198	38.0	40.82	93.1
2019/10/26 17:10:03	15.25	2.5130	38.3	40.82	93.9
2019/10/26 17:10:04	15.25	2.5122	38.3	40.82	93.9
2019/10/26 17:10:05	15.25	2.5118	38.3	40.82	93.8
2019/10/26 17:10:06	15.27	2.5116	38.4	40.82	94.0
2019/10/26 17:10:07	15.31	2.5164	38.5	40.82	94.4
2019/10/26 17:10:08	15.30	2.5114	38.4	40.82	94.1
2019/10/26 17:10:09	15.32	2.5108	38.5	40.82	94.2
2019/10/26 17:10:10	15.33	2.5104	38.5	40.82	94.3
2019/10/26 17:10:11	15.32	2.5096	38.4	40.82	94.2
2019/10/26 17:10:12	15.37	2.5082	38.6	40.82	94.4
2019/10/26 17:10:13	15.38	2.5076	38.6	40.82	94.5
2019/10/26 17:10:14	15.37	2.5066	38.5	40.82	94.4
2019/10/26 17:10:15	15.21	2.5076	38.1	40.82	93.4
2019/10/26 17:10:16	15.40	2.5062	38.6	40.82	94.6
2019/10/26 17:10:17	15.37	2.5154	38.7	40.82	94.7
2019/10/26 17:10:18	15.43	2.5058	38.7	40.82	94.7
2019/10/26 17:10:19	15.43	2.5048	38.6	40.82	94.7
2019/10/26 17:10:20	15.44	2.5086	38.7	40.82	94.8

St 1, Stn 79 100% Windows (CRLF) UTF-8

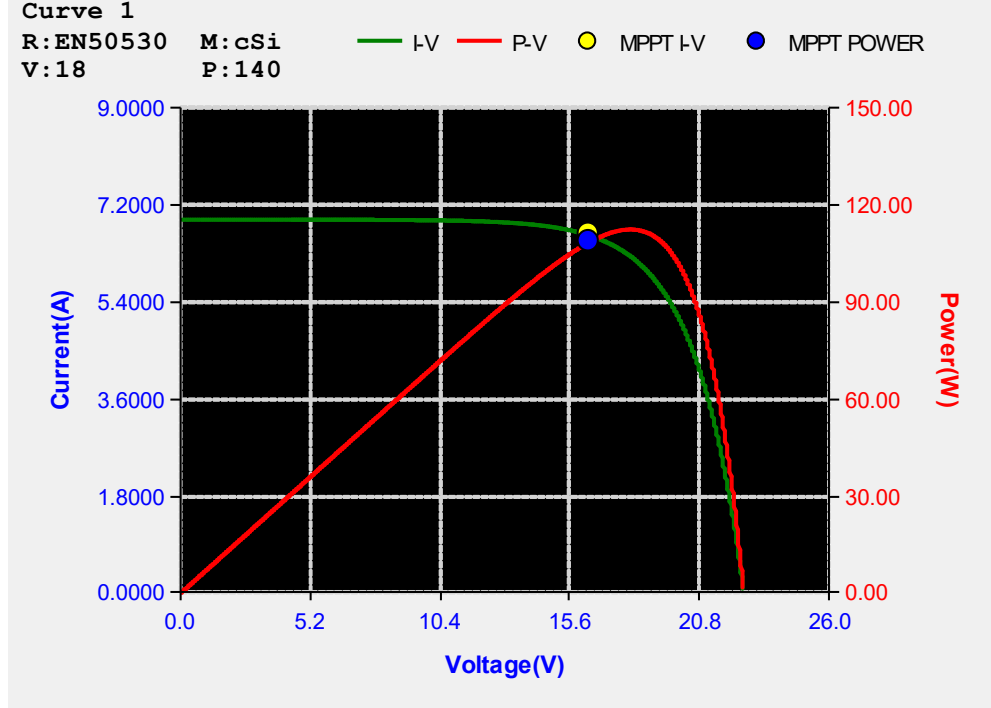
Şekil 4.8. Elde edilen verilerin .txt formatında elde edilmesi

Firmanın yazılımsal ara yüzü sayesinde hem P-V eğrisi hem de I-V eğrisindeki değişimleri anlık olarak görmek mümkündür. Anlık değişimlerde MGNİ noktasının takibi yine aynı eğriler üzerinden izlenebilmektedir. Ara yüz Resim 4.5 ile gösterilmiştir.



Resim 4.5. Simülâtörün yazılım ara yüzü

Senaryo süresince herhangi bir andaki MGNİ takibi Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Burada panelin P-V eğrisi ile I-V eğrisi üzerinde iki adet nokta ile MGNİ noktası gösterilmektedir. Sarı nokta ile gösterilen I-V eğrisi üzerindeki MGNİ noktasıdır. Mavi nokta ise üç eğrisi üzerindeki MGNİ noktasını ifade etmektedir.



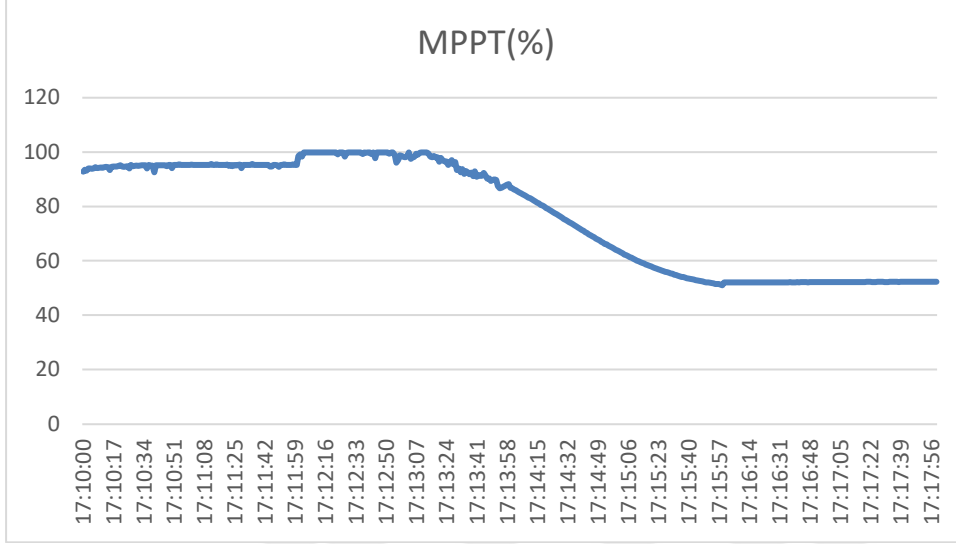
Şekil 4.9. Panel eğrileri üzerindeki MGNİ noktaları

Ekranın sağ üst köşesinde MGNİ durumunun detayları gösterilmektedir. Maksimum güçteki akım ve gerilim değerleri, maksimum güç noktası, akım, gerilim, güç değerleri, MGNİ verimi ve ortalama verim gibi değerler Şekil 4.10'da verilmiştir.

MPPT Status		
Vmp	17.99	V
Imp	5.4448	A
MPP	97.97	W
Voltage	18.01	V
Current	5.3768	A
Power	96.84	W
MPPT Efficiency	99.7	%
Average Efficiency	97.3	%
Record Data		
☒ Enable Datalogging		

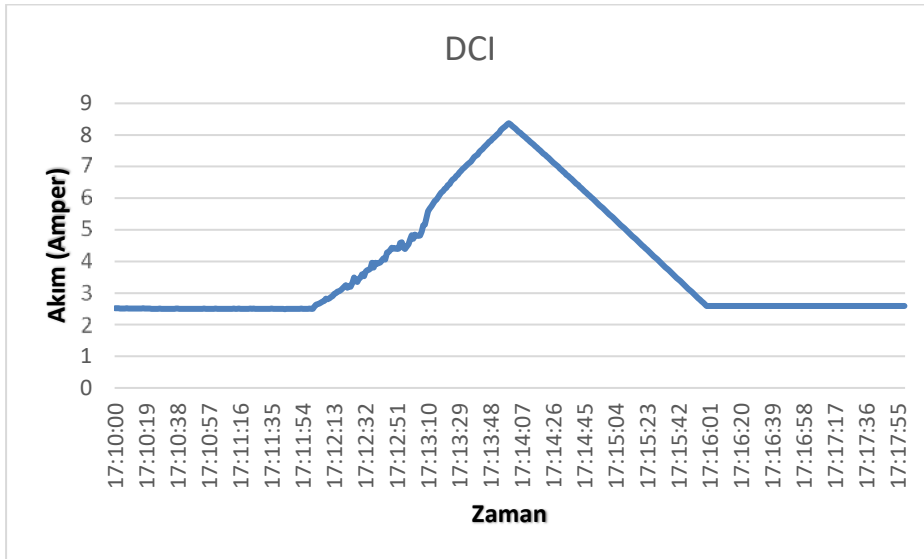
Şekil 4.10. MGNİ durumu detayları

Şekil 4.10'dan da anlaşılacağı üzere sistemin maksimum güç noktası 97,97W iken sistemin ürettiği güç 96,84W olmuştur. Dolayısıyla verim %99,7 civarındadır. Tasarlanan senaryo süresi boyunca verimdeki değişim grafiksel olarak Şekil 4.11 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.11. MGNİ veriminde değişim grafiği

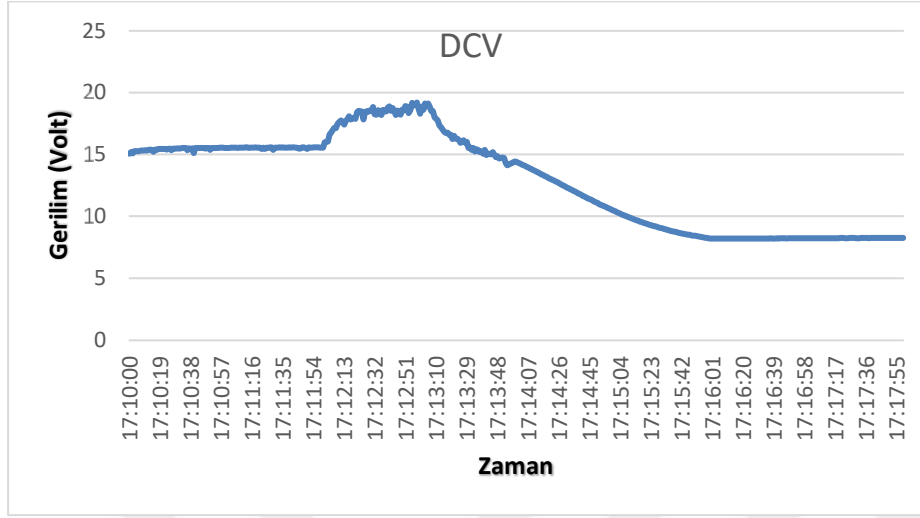
Ekranın sağ alt köşesinde ise akım, gerilim ve güç grafikleri gösterilmektedir. Senaryo uygulanması sürecinde elde edilen grafikler Şekil 4.12'de akım grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Akım grafiği

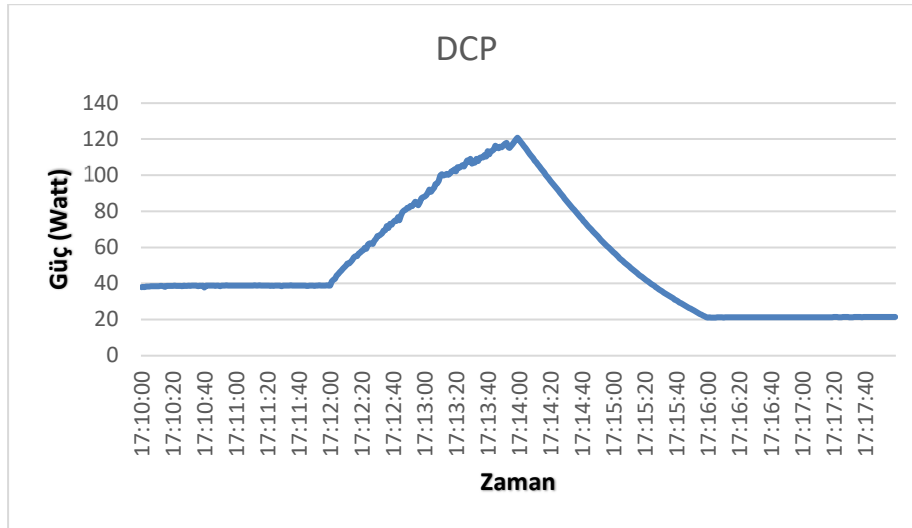
Şekil 4.12'de akım grafiği incelendiğinde maksimum akım 8,37A, minimum akım ise 2,5A civarındadır. Şekil 4.7'de gösterilen senaryodaki ışınlım değerleri ile orantılı şekilde artıp

azaldığı gözükmemektedir.



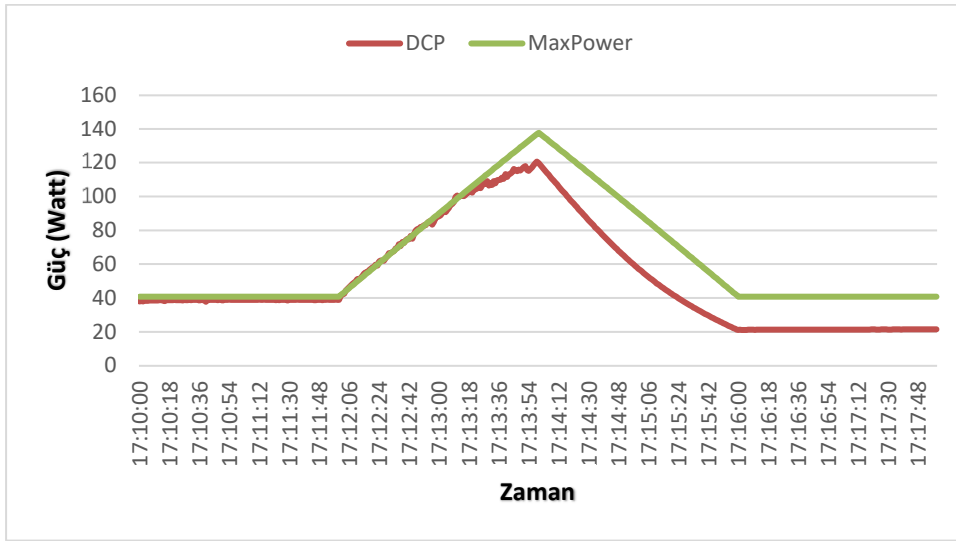
Şekil 4.13. Gerilim grafiği

Şekil 4.13'de ise zamana bağlı gerilim değerleri gösterilmiştir. Maksimum gerilim değeri 19,12V, minimum gerilim değeri ise 8,2V olarak kaydedilmiştir. Bu değerler ile gün içerisinde panelden elde edilebilecek gerilim değerleri ile test gerçekleştirilmiş olmuştur.



Şekil 4.14. Güç grafiği

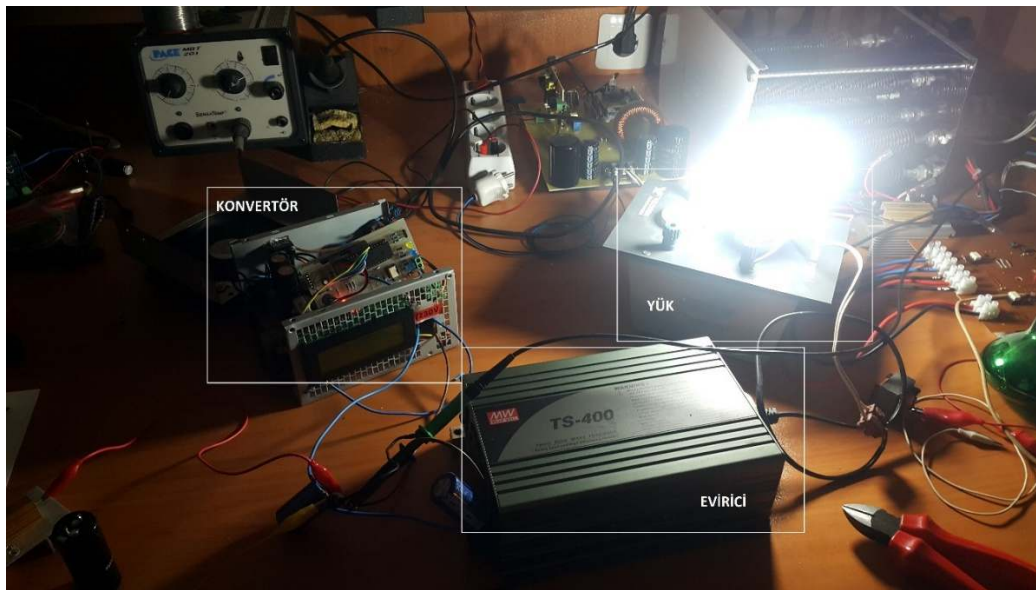
Şekil 4.14'de ise güç grafiği gösterilmiştir. Konvertörün giriş gücü 120,8W civarı elde edilmiştir. Çıkış gücü ise yaklaşık 111W civarı elde edilmiştir. Dolayısıyla konvertör verimi yaklaşık %91,8 elde edilmiştir. Senaryo koşullarında elde edilecek maksimum güç değeri ile elde edilen güç değeri Şekil 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.15. Maksimum güç ile üretilen güç arasındaki ilişki

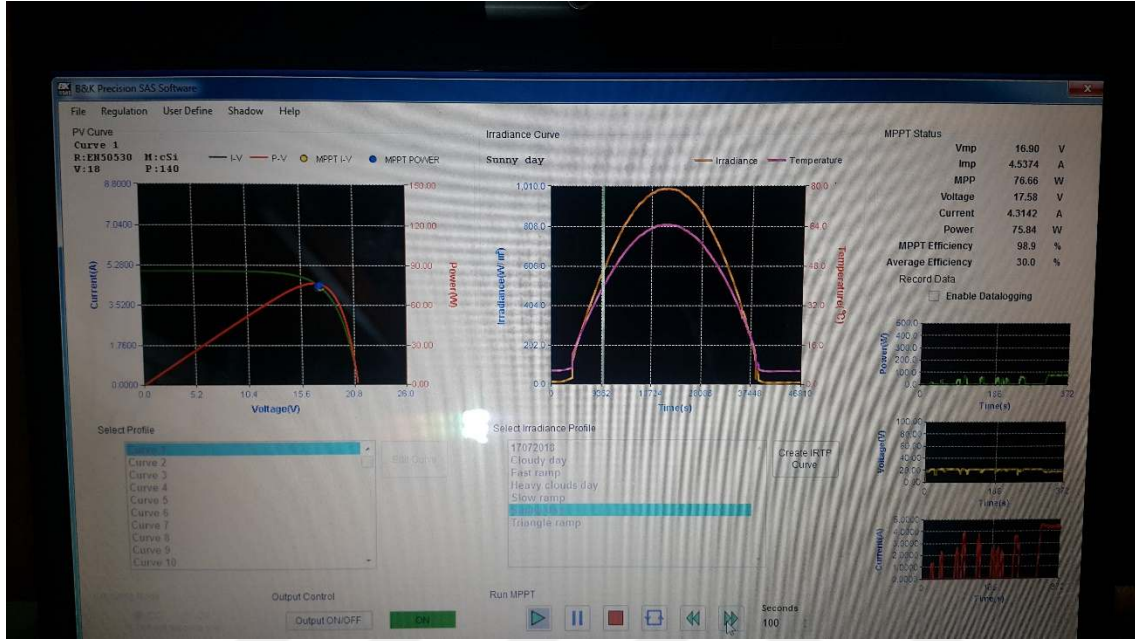
Şekil 4.15’de elde edilen gücün maksimum güç ile benzer şekilde arttığı ve azaldığı gözükmemektedir. 4.dakikadan sonra yani ışıının azalmaya başladığı durumda MGNİ verimi ile orantılı olacak şekilde güçteki değişim gözükmemektedir.

Resim 4.6 ile tasarlanan konvertörün evirici ile birlikte çalışması gösterilmektedir. Bu çalışmada güneşli bir gün senaryosu ile test edilmiştir. Yük olarak 40W bir lamba kullanılmıştır.



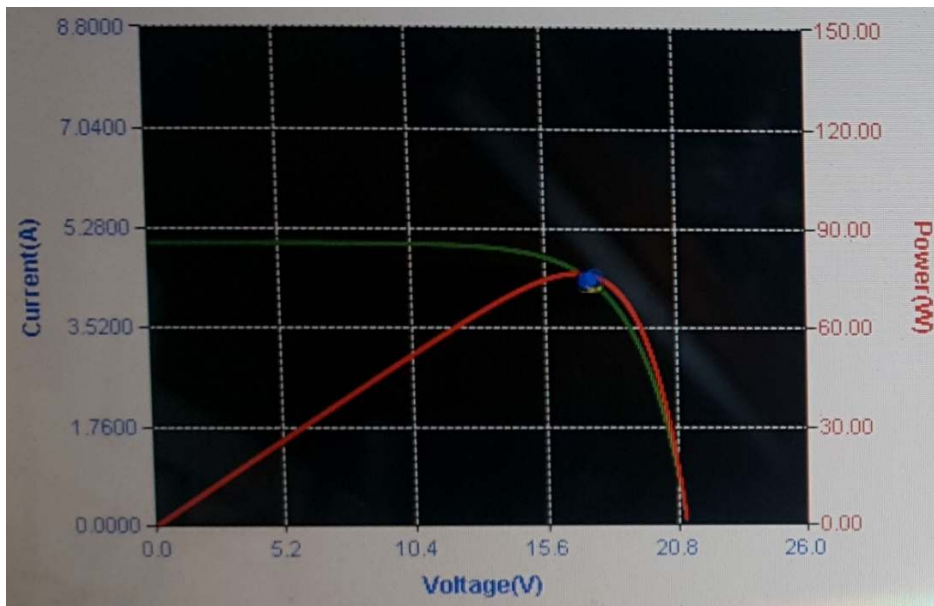
Resim 4.6. Konvertörün evirici ile birlikte çalışması

Bu test çalışmasına ait bilgilerin bulunduğu ara yüz Resim 4.7’de gösterilmiştir. Simülâtörün ürettiği gerilim 17,5 Volt, akım 4,31 Amper, 75 Watt civarı güç elde edilmiştir.



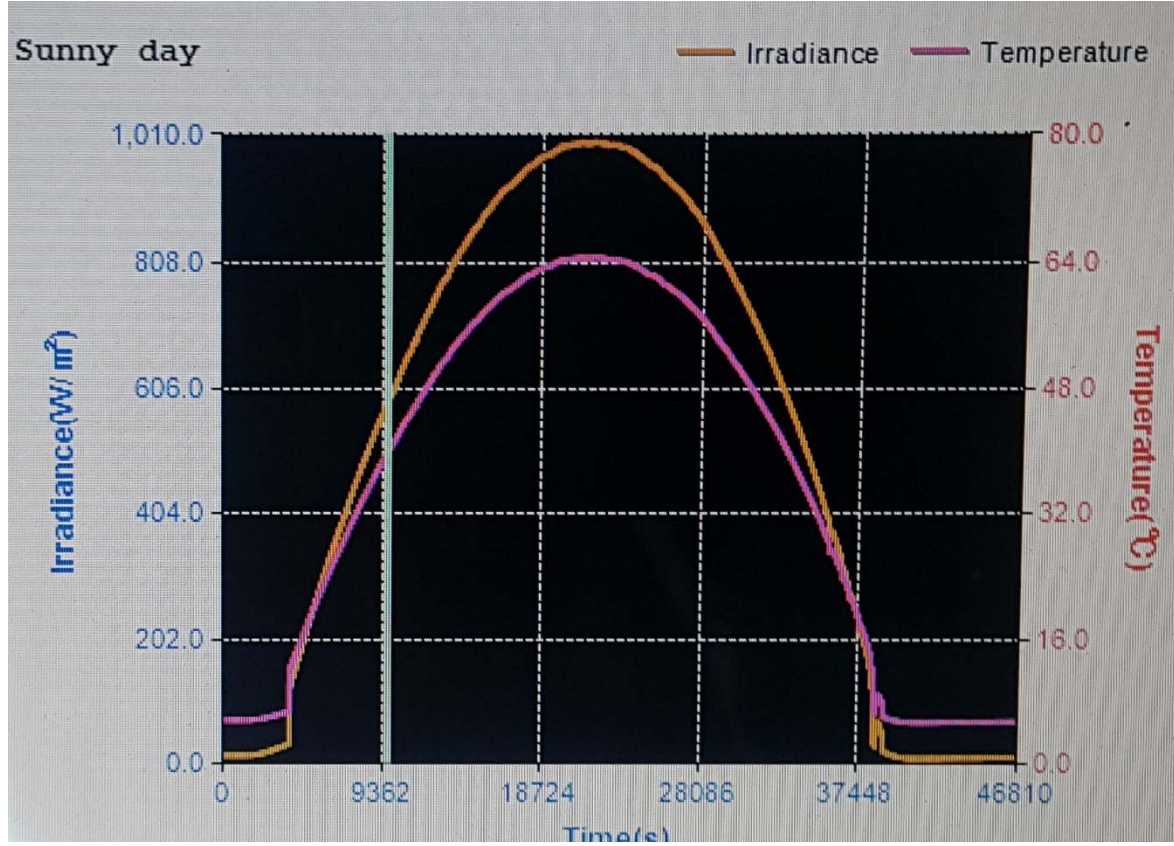
Resim 4.7. Konvertör ile evirici çalışması ekran görüntüsü

Şekil 4.16 ile Akım-Gerilim(I-V) grafiği ile Güç-Gerilim (P-V) grafiği gösterilmektedir. Burada panelin P-V eğrisi ile I-V eğrisi üzerinde iki adet nokta ile MGNİ noktası gösterilmektedir.



Şekil 4.16. Panelin P-V eğrisi ile I-V eğrisi

Sarı nokta ile gösterilen I-V eğrisi üzerindeki MGNI noktasıdır. Mavi nokta ise güç eğrisi üzerindeki MGNI noktasını ifade etmektedir. MGNI verimi %98,9 olarak kaydedilmiştir. Şekil 4.17’de farklı ışıınım ve farklı sıcaklık değerleri ile oluşturulan güneşli gün senaryosu gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Farklı ışıınım ve sıcaklık değerlerini gösteren senaryo

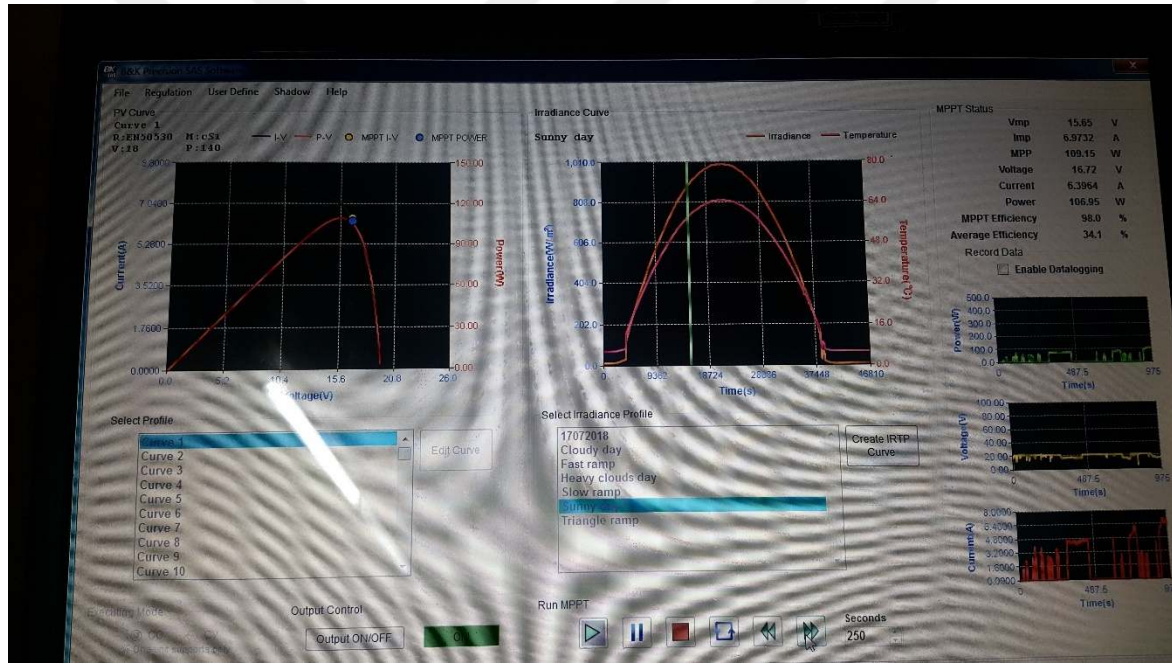
Turuncu renk ile gösterilen grafik ışıınım miktarını, pembe renk ile gösterilen grafik ise sıcaklık miktarını göstermektedir. Panel verileri, yaklaşık 38 °C sıcaklık ve 606 W/m² ışıınım değerleri altında üretilmiştir.

Benzer şekilde yük olarak 60W’lık bir lamba ile test çalışması gerçekleştirilmiştir. Senaryo olarak yine güneşli bir gün seçilip test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2 ile verilmiştir.

Çizelge 4.2. 60W yük çalıştırırken elde edilen sonuçlar

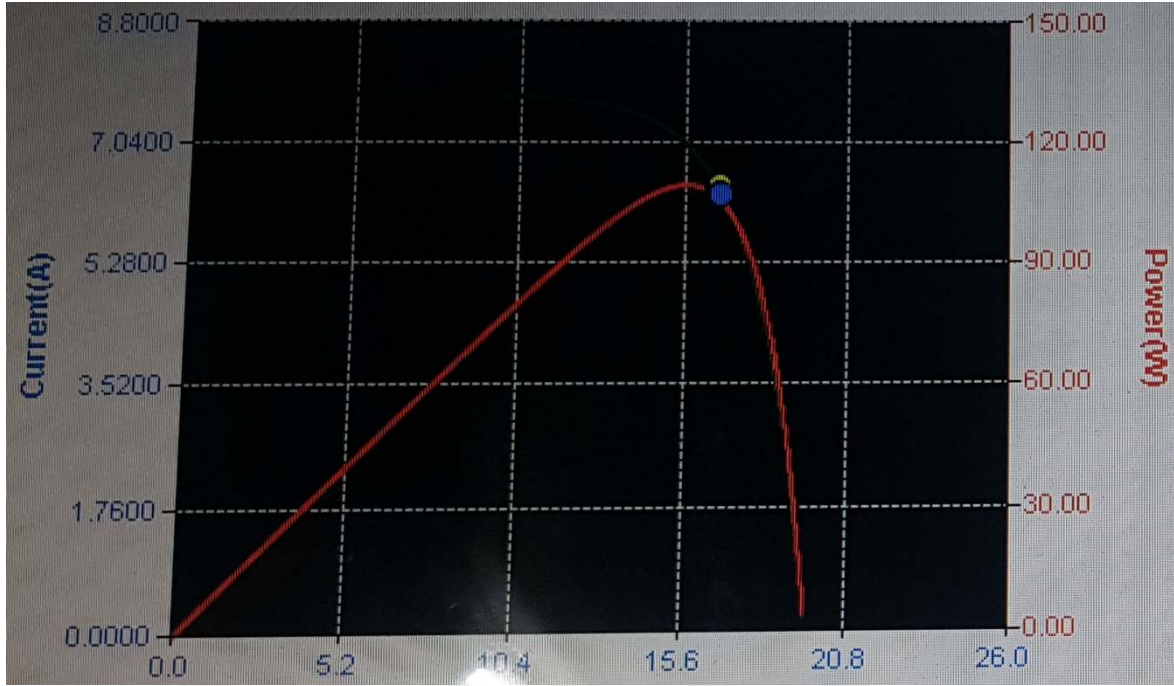
Parametre	Değer
Gerilim	16,72 V
Akım	6,39 A
Güç	106,95 W
MGNİ verimi	%98

Bu test çalışmasına ait bilgilerin bulunduğu ara yüz Resim 4.8’de gösterilmiştir. Çizelge 4.1 ile de belirtildiği üzere simülatörün ürettiği gerilim 16,72 Volt, akım 6,39 Amper, 106,95 Watt civarı güç elde edilmiştir.



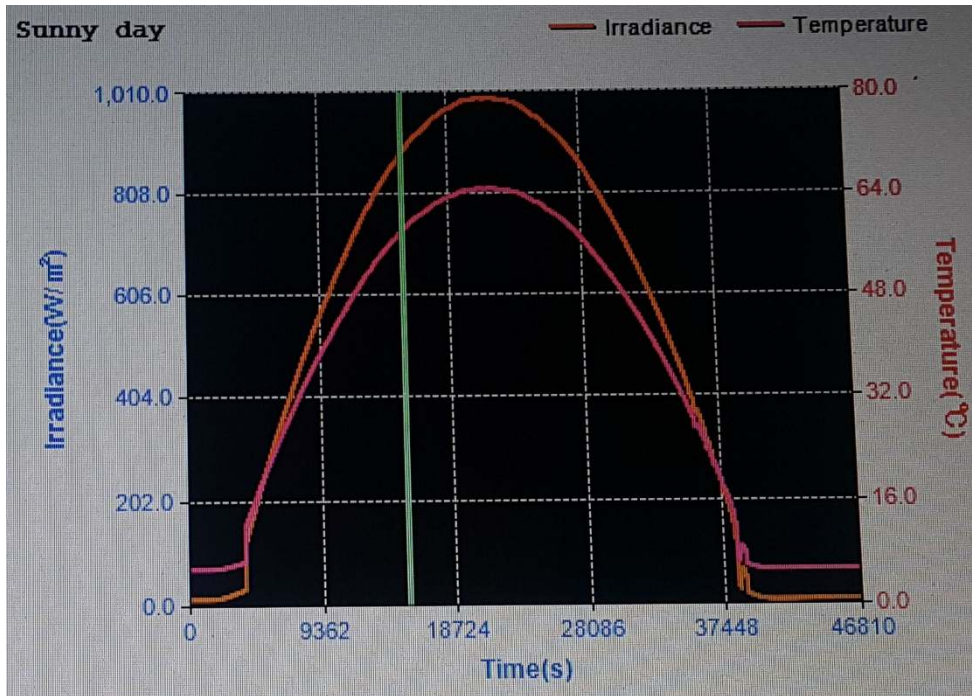
Resim 4.8. 60W yük ile konvertör ve evirici çalışması ekran görüntüsü

Şekil 4.18 ile Akım-Gerilim (I-V) grafiği ile Güç-Gerilim (P-V) grafiği gösterilmektedir. Burada panelin P-V eğrisi ile I-V eğrisi üzerinde iki adet nokta ile MGNİ noktası gösterilmektedir.



Şekil 4.18. 60W yük ile panelin P-V eğrisi ile I-V eğrisi

Sarı nokta ile gösterilen I-V eğrisi üzerindeki MGNİ noktasıdır. Mavi nokta ise güç eğrisi üzerindeki MGNİ noktasını ifade etmektedir. MGNİ verimi %98 olarak kaydedilmiştir. Şekil 4.19'da farklı ışıınım ve farklı sıcaklık değerleri ile oluşturulan güneşli gün senaryosu gösterilmiştir.



Şekil 4.19. 60W yük ile farklı ışıınım ve sıcaklık değerlerini gösteren senaryo

Laboratuvar ortamındaki test çalışmasından sonra gerçek fotovoltaiik paneller ile testi gerçekleştirilmiştir. 20W değerinde 2 adet fotovoltaiik panel paralel bağlanmak suretiyle g değeri arttırılmıştır. Deneye ait görsel Resim 4.9’da gösterilmiştir. Deneyler açık alanda, açık bir hava şartlarında Hacıbektaş/NEVşEHİR ilinde 14/11/2019 tarihinde saat 13.35 civarında gerçekleştirilmiştir. Ortalama hava sıcaklığı 20 °C civarında test yapılmıştır.



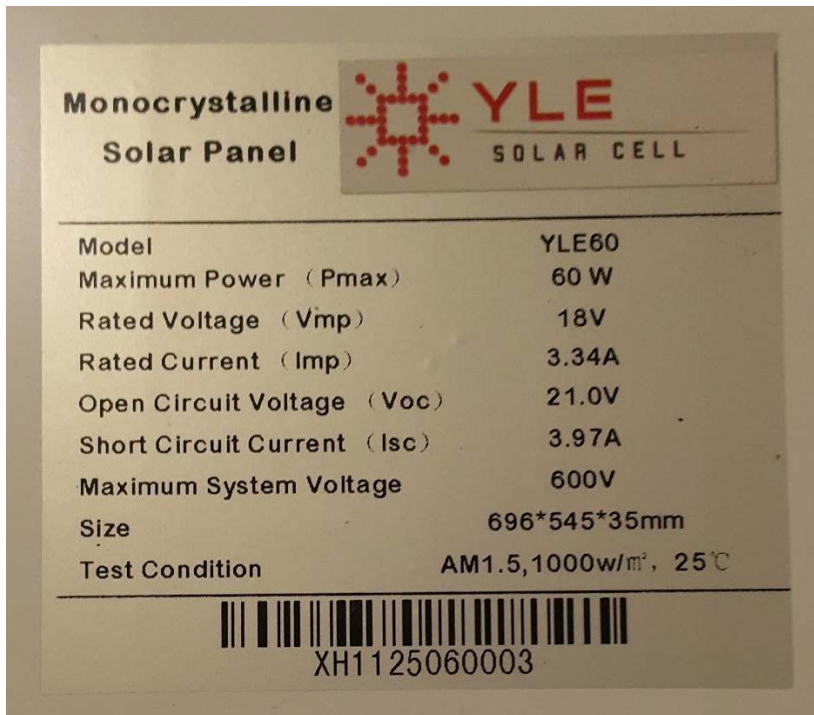
Resim 4.9. Açık alanda devrelerin test edilmesi

Belirtilen şarlarda Resim 4.10’da da gösterildiği üzere yaklaşık olarak 25W civarı güç elde edilmiştir. Giriş gerilimi 15V, giriş akımı ise 1,7A civarındır. Konvertör ıkış gerilimi ise 51-52V aralığındadır. Bu şarlarda evirici ile 220V AA gerilim ile küçük güçte alıcı çalıştırmak mümkündür.



Resim 4.10. Devreler test edilirken akım gerilim ve güç değerleri

Başka bir test çalışmasında 60W'lık panel ile bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, güneşli bir günde, hava sıcaklığı yaklaşık 13 °C civarında, Hacıbektaş ilçesinde 21/12/2019 tarihinde saat 13.30 civarında gerçekleştirilmiştir. Güneş paneline ait etiket değerleri Resim 4.11 ile gösterilmiştir.



Resim 4.11. 60W'lık panelin etiket değerleri

Resim 4.12’de ise testte kullanılan panel gösterilmiştir.



Resim 4.12. Testte kullanılan 60W’lık panel

Panel yüksüz durumda 21V civarında gerilim üretmektedir. Yük altında ise 15V-17,5V aralığında değişen gerilimler üretmektedir. Üretilen akım değerleri ise 2,4A ile 2,7A arasındadır. Bu çalışma şartlarında panelden elde edilen maksimum güç ise 44W civarında elde edilmiştir. Test çalışmasına ait görsel Resim 4.13’da gösterilmiştir.



Resim 4.13. 60W’lık panel ile gerçekleştirilen test görseli

Resim 4.13 ile verilen görselde yük olarak 2 adet 15W'lık lamba kullanılmıştır. Toplam yük 30W'tır. Panelden elde edilen gerilim 17,04 volt, akım ise 2.5A civarındadır. Konvertör çıkış gerilimi ise 44V-45V aralığındadır. Bu çalışmayı sağlayan anahtar görev oranı %61'tir. Çalışma süresince bu değer %61-%63 arasında değişmiştir. Konvertöre ait değerler Resim 4.14 ile verilmektedir.



Resim 4.14. Konvertör değerleri

Konvertör çıkış gerilimi evirici giriş gerilimi için yeterli seviyededir. 43V'un altında evirici uyarı vermektedir ve kendini korumaya almaktadır. Evirici çıkışında ise 230 Volt alternatif akım elde edilmekte ve yükler sağlıklı bir şekilde çalıştırılmaktadır.

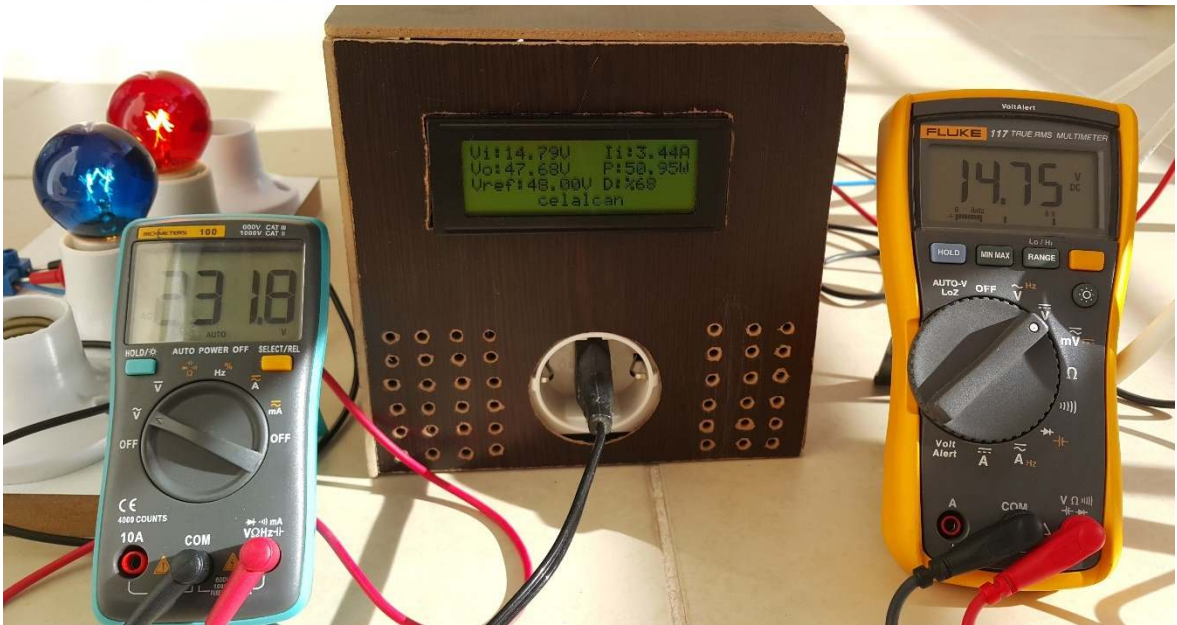
Yukarıdaki test çalışmalarına ek olarak bu sefer aynı panel ile Nevşehir Merkez'de test çalışması gerçekleştirilmiştir. Açık bir havada, yaklaşık 13 °C sıcaklıkta, 22/12/2019 tarihinde ve saat 12.00 civarında test yapılmıştır. Deney düzeneğine ait görsel Resim 4.15 ile verilmiştir.

Bu test çalışmasında panelden 15,63V gerilim ve 3,35A akım ile 52,36W güç elde edilmiştir. Konvertör çıkış gerilimi 46 Volt ile 52 Volt aralığında değişmektedir. Bu değerlerin elde edilmesi için konvertör %66 anahtar görev oranı ile çalışmaktadır. Bu oran %61 ile %70 aralığında değişim göstermektedir.



Resim 4.15. Test düzeneği

Tüm bu test çalışmalarının ardından bütün devreler toparlanmış ve tek bir kutu haline getirilmiş ve test edilmiştir. Teste ait görsel Resim 4.16 ile verilmiştir.



Resim 4.16. Devrelerin toparlanmış şekli ile test sonuçları

Resim 4.16 ile verilen görselde fotovoltaiik panelden elde edilen 14,75V gerilim %68 anahtar görev oranı ile referans olarak belirtilen DA 48V seviyelerine yükseltilmiş, evirici yardımıyla bu değer AA 230V seviyelerine evirilmiştir. Test şamasında yine 2 adet 15W'lık

lambalar kullanılmış ve sağlıklı bir şekilde çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen farklı değerler Resim 4.17 ile gösterilmiştir.



Resim 4.17. Konvertörden elde edilen farklı test sonuçları

Hem laboratuvar ortamında hem de açık alanda fotovoltaik paneller ile gerçekleştirilen çalışmalarda üretilen DA gerilim ile maksimum güç elde edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3 ile verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yapılan denemelerin karşılaştırılması

Yer	Maksimum Güç	Panel gerilimi	Panel akımı	Panel gücü	Anahtar görev oranı	Konvertör çıkış gerilimi	Yük
Laboratuvar	140W	17,58V	4,31A	75,84W	%63	48,24V	40W
Hacıbektaş	60W	17,01V	2,46A	41,84W	%61	43,83V	30W
Nevşehir	60W	15,63V	3,35A	52,36W	%67	48,05V	30W

Bütün çalışmalarda maksimum gücü elde edebilmek için Değiştir ve Gözle algoritması kullanılmış, %98'in üzerinde MGNİ verimi ile güç elde edilmiştir. Tasarlanan yükselten tip konvertör ile panelden elde edilen gerilim 48V seviyelerine yükseltilmiş, yükseltilecek gerilim 48V girişli evirici ile 230V AA gerilime dönüştürülmüştür. Bu şekilde fotovoltaik sistemlerde AA gerilim elde etme çalışması gerçekleştirilmiştir.

4.5. Sistem Maliyeti

Fotovoltaik sistemlerde verimin yüksek olması önemli olduğu halde bir de maliyet konusu önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuda çeşitli literatür çalışmaları bulunmaktadır. Evsel fotovoltaik sistemlerin maliyeti, güneş takip sistemi optimum verim belirleme, mikro sulama sistemleri, güneş enerji santralinin maliyet analizi bu konulardan bazılarıdır.

Bu kısımda kullanılan devrelerin ve sistemin maliyeti hakkında bilgi verilmiştir. Bu bilgiler tablo halinde sunulmuştur. Test aşamasında kullanılan fotovoltaik simülatör yurt dışı menşeli olduğundan dolayı ve değişen döviz kurlarından dolayı fiyatları bir hayli yüksektir. Yine testlerde kullanılan panel 60W gücünde ve piyasada kolaylıkla temin edilebilecek niteliktedir. Kontrol kartı ve konvertör devresi için kullanılan elektronik devre elemanları da kolaylıkla elde edilebilen değerlerde ve bütçeyi zorlamayacak türden elemanlardır. Bu elemanlar elektronik devre elemanı satışı yapan internet sitelerinden rahatlıkla temin edilebilir. Çizelge 4.4 ile sistemde kullanılan elemanların özellikleri ile birlikte fiyatları verilmektedir.

Çizelge 4.4. Sistemde kullanılan elemanlarının özellikleri ve maliyetleri

Devre elemanı	Adet	Özellikleri	Fiyatı
Fotovoltaik Simulatör	1	600V- 8,5A- 5,1kW	4.8040,00 \$
Güneş paneli	1	60W	400TL-500TL
Konvertör devresi	1	130W	160TL
Kontrol devresi	1	LCD gösterge, ICSP, RS232	80TL
Evirici	1	400W, 10A'e kadar giriş	765TL

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Güneş enerjisinden elektrik üretiminin enerji üretim sistemleri arasındaki payı gün geçtikçe artmaktadır. Bunun sebebi fotovoltaiik teknolojideki gelişmeler sebebiyle üretim maliyetlerindeki iyileşmeler, üretim santralleri kurarken verilen devlet desteği, santralin uzun sayılmayacak sürede kendini amorti etmesi, bina sistemlerinde üretilen enerjilerin şebekeye entegre edilmesi ve bundan gelir elde edilmesi gibi sebeplerdir. Dolayısıyla günümüzde hemen hemen her yerde karşımıza çıkan bu teknoloji, gelecekte de birçok alanda kullanılacak alternatif enerji kaynaklarındandır.

Güneş enerjisinden elektrik üretiminde konvertör tasarımı ve evirici tasarımı oldukça önemli konulardır. Bu çalışmada fotovoltaiik paneller için DA akımı AA akıma dönüştüren modül geliştirilmiştir. Bunun için ilk önce konvertör tasarımı ve hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Daha sonra MATLAB/Simulink ortamında konvertörün benzetimi yapılmıştır. Konvertörden maksimum güç elde edilebilmesi için MGNİ algoritmalarının analizi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Gerçek uygulamada çalışma kolaylığı ve uygulama bakımından en uygun algoritma olarak Değiştir & Gözle algoritması seçilmiş ve denenmiştir. Bilgisayar analizlerinden sonra laboratuvar ortamında fotovoltaiik panel simülatörü gibi çalışan programlanabilir DA güç kaynağı ile testler gerçekleştirilmiştir. Test için gün içinde elde edilen ışıınım değerlerinde senaryo hazırlanmış ve veriler elde edilmiştir. Bu veriler ile akım, gerilim, güç, MGNİ verimi gibi değerler incelenmiş ve sonuçları yorumlanmıştır. Laboratuvar testlerinden sonra gerçek fotovoltaiik paneller ile uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

İlk uygulamada, 20W'lık 2 adet fotovoltaiik panel ile elde edilen gücün evirici için yeterli güçte güç elde edildiği ve alternatif gerilim ile çalışan küçük bir alıcının çalıştırılabileceği gözlemlenmiştir. İkinci uygulamada ise 60W'lık bir panel ile açık hava şartlarında 30W'lık yük çalıştırılmıştır. Üçüncü uygulama ise farklı bir merkezde ve farklı koşullarda gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada da aynı panel ve aynı yük değerleri denenmiş, farklı güç değerleri elde edilmiştir. Daha sonra bu üç uygulama için konvertör çıkış değerleri ile elde edilen güç değerleri karşılaştırılmıştır.

Güneş ışığının olmadığı zamanlarda fotovoltaik panel ile tasarlanan modül gece şartlarında çalıştırılmak istenmiştir. Bunun için panel yüzeyine güneş ışığına yakın değerlerde büyük güçlü projektörler ile led aydınlatma sağlayan projektörler uygulanmıştır. Her ne kadar güneş ışığına yakın projektör de olsa panelden etiket değerlerine yakın uç gerilimi elde edilse de yük altında panelin istenilen derecede güç elde edilemediği görülmüştür. Bu sebepten dolayı panelden güç elde edilebilmesi için güneş ışığına ihtiyaç olduğu açıktır.

Güneş paneli normal şartlarda güneş ışınım şiddeti, hava sıcaklığı, ışığın geliş açısı gibi parametrelere göre güç üretmektedir. Bulutlanma veya gölgelenme gibi durumlarda akım ve gerilim azalmaları oluşmaktadır. Laboratuvar ortamında DA güç kaynağı ile modül çalıştırılmak istendiğinde, kaynak güneş paneli gibi davranmadığından dolayı uzun süreli çalışma yapılamamaktadır. Bunun sebebi DA kaynağı akımı üst sınırdaki sabit tutmaya çalışırken gerilim seviyesi düşmekte ve kaynak çökmesi meydana gelmektedir. Maksimum güç noktası takibi algoritmasına göre akım ve gerilimdeki değişimler güç noktası hesaplama ve bu noktayı sabit tutmada kararsızlıkları meydana getirmektedir.

Fotovoltaik panellerden elde edilen DA gerilim için uygun yük pek kullanılmadığından, günümüzde birçok elektronik cihaz için alternatif gerilime ihtiyaç duyulmaktadır. Bina çatı sistemlerinde kullanılan veya enerji üretim santrallerinde kullanılan fotovoltaik dizilerde oluşabilecek güç kayıplarını en aza indirebilmek için her bir güneş paneline AA gerilim üretebileceği sistemler entegre etmek gerekmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulama geliştirilerek fotovoltaik sistemlerde enerji kaybına uğrayan panelin diğer panelleri etkilemesi önlenmiş olur. Bu sayede sistemlerin genel verimleri düşmemiş olacak hem ekonomiye katkı daha fazla olacak hem de güneş enerjisinden maksimum düzeyde faydalanılmış olacaktır. Bu çalışma ile yapılan uygulama geliştirilerek ticari ürün elde etme anlamında da kazanç sağlamak mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

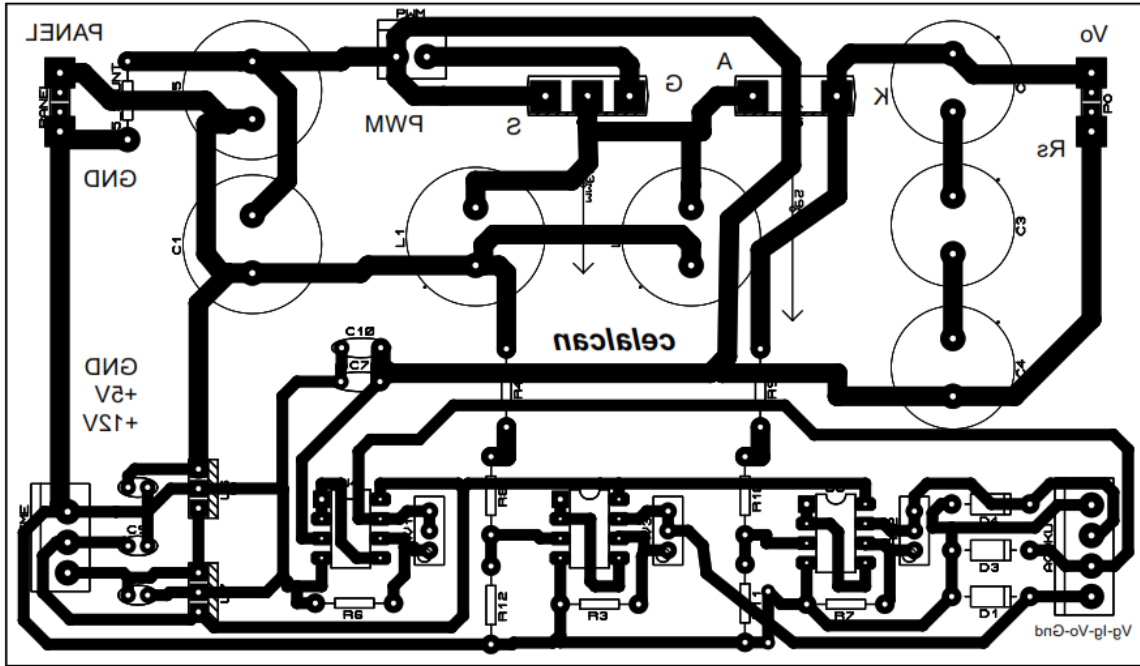
1. Cebeci, S. (2017). *Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi*, Uzmanlık Tezi, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü.
2. Nakir İ. (2007). *Fotovoltaik Güneş Panellerinde GTS ve MGTS Kullanılarak Verimliliğin Artırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. Çıtanak, N. (2014). *Güneş Enerji Kaynağından Elektrik Enerjisi Üretimi*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
4. Güneş, O. (2019). *Binaya Ekleme Fotovoltaik Sistemlerin Bir Konut Binası Çatısında Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.
5. Urfan, S. (2019). *Sürdürülebilirlik İlkesi Doğrultusunda Güneş Enerjisi Potansiyelinin Fotovoltaik Sistemler ile Değerlendirilmesi; Kadıköy-Fikirtepe Kentsel Dönüşüm Alanı Test Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, İstanbul.
6. Başay, V. (2019). *Orta Yükseklikte Dağlık Bölgelerde Kurulan Fotovoltaik Sistemlerin Performansını Belirleyen Parametrelerin Etki Oranlarının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
7. Şimşek, S. (2018). *Fotovoltaik Sistemlerde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
8. Köklü, T. (2017). *Fotovoltaik Sistemlerin Uzaktan İzlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
9. Bayram, M. (2019). *Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Maksimum Güç Noktasının Gerçek Zamanlı Olarak İzlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
10. Başoğlu, M. E. (2017). *Fotovoltaik Sistemler için Yeni Bir Maksimum Güç Noktası İzleme Yönteminin Geliştirilmesi ve Uygulanması*, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
11. Qassab, K. S. Q. (2015). *Design and Simulation Of Maximum Power Point Tracking Controller for Solar Photovoltaic Systems by Perturb and Observe Method*, Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
12. Haliloğlu, C. (2019). *Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemler için Araya Yerleştirilmiş Flyback Mikro-Evirici Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

13. Boyar, A. (2018). *Güneş Panelleri İçin Mikro Evirici Tasarımı Ve Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
14. Zengin, S., Deveci, F., Boztepe, M. (2015). Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler için flyback mikro-evirici tasarımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(2), 30-36.
15. Nayar, CV, Islam, SM, ve Sharma, H. (2001). *Power Electronics Handbook*, USA: Academic Press, 540-541.
16. Kulaksız, A. A. (2007). *Maksimum Güç Noktası İzleyicili ve UVM İnverterli Fotovoltaik Sistemin Yapay Sinir Ağları Tabanlı Kontrolü*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
17. Kangal, H. (2008). *Fotovoltaik Sistem Analizi ve Labview Tabanlı MPPT Simülasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
18. Bayrak, G., Cebeci, M. (2012). 3.6kW gücündeki fotovoltaik generatörün matlab simulink ile modellenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(3),198-204.
19. Sira-Ramirez, H. J., Silva- Ortigoza, R. (2006). *Control Design Techniques in Power Electronics Devices*, London: Springer-Verlag London Limited, 11-53.
20. Chen, Y. M., Hsieh, C. H., and Cheng, Y. M. (2001). *Modified SPWM control schemes for three-phase inverters*, 4th IEEE International Conference on Power Electronics and Drive-Systems, 651-656.
21. Kabalci E., Boyar A., Kabalci Y. (2017). *Design and Analysis of a Micro Inverter for PV Plants*. Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Targoviste-România, 1-6.
22. Das P. (2015). *Maximum Power Tracking Based Open Circuit Voltage Method for PV System*. 5th International Conference on Advances in Energy Research (ICAER), Mumbai, India, 2-13.
23. Abdelsalam, A. K., Massoud, A.M., Ahmed, S., and Enjeti, P. N. (2011). High-Performance Adaptive Perturb and Observe MPPT Technique for Photovoltaic-Based Microgrids, *IEEE Transactions on Power Electronics*, 26(4), 1010–1021.
24. Verma D., Nema S., Shandilya A. M., Dash S. K. (2015). Comprehensive analysis of maximum power point tracking techniques in solar photovoltaic systems under uniform insolation and partial shaded condition. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 7, 1-27.
25. Ishaque K., Salam, Z. (2012). A review of maximum power point tracking techniques of PV system for uniform insolation and partial shading condition. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 19, 475-488.
26. Internet: Evirici katalog verileri. URL: <https://www.meanwell.com/Upload/PDF/TS-400/TS-400-SPEC.PDF>, Son Erişim Tarihi: 22.11.2019

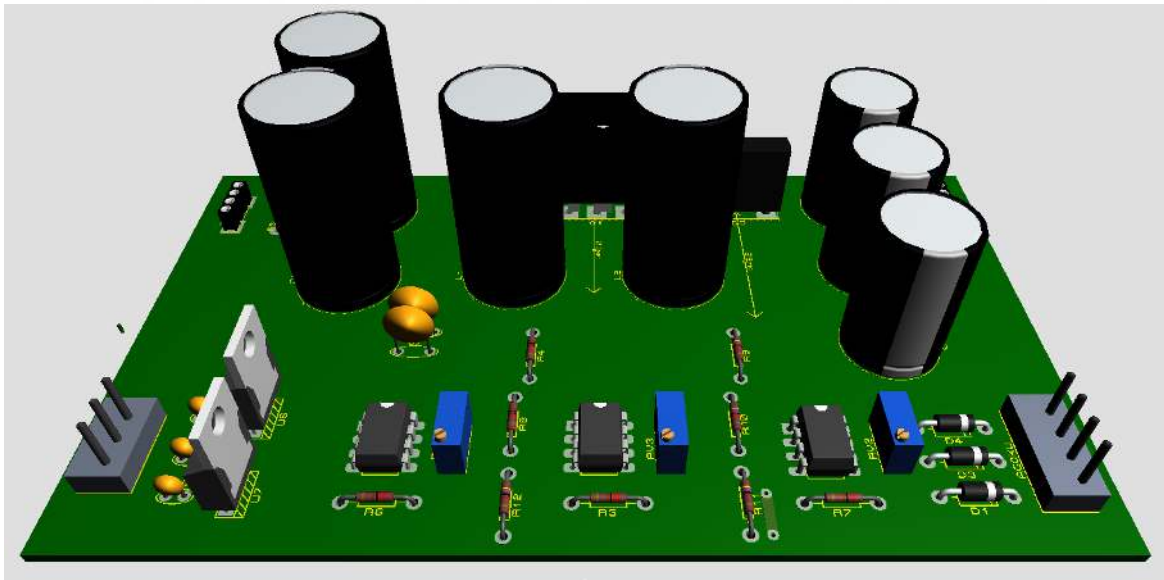


EKLER

EK-1. Tasarlanan yükselten tip konvertöre ait şekiller

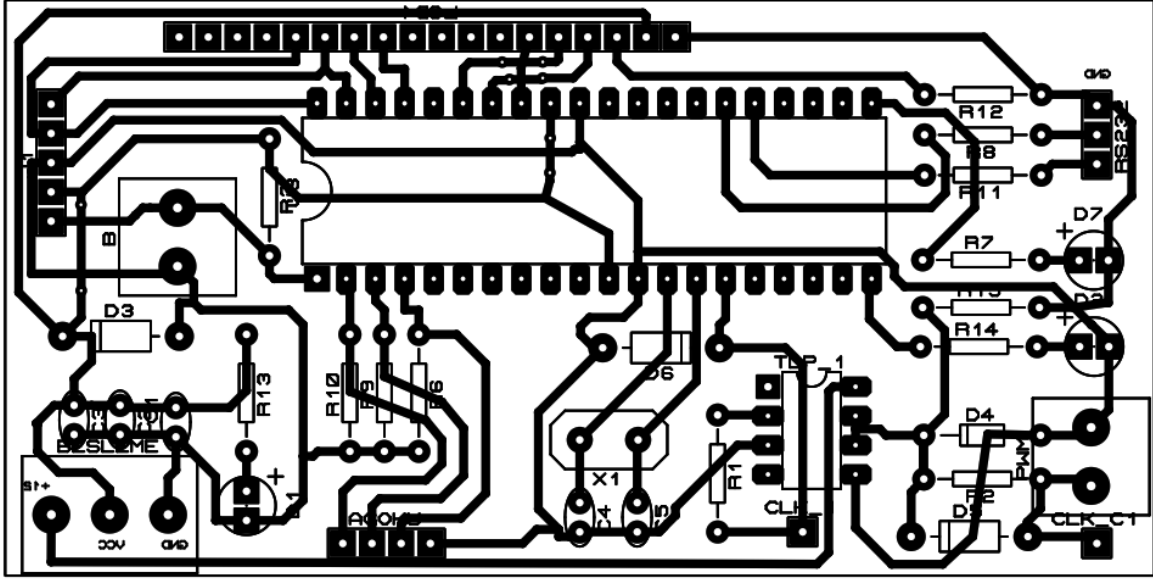


Şekil 1.1. Tasarlanan konvertörün ARES baskı devre çizimi

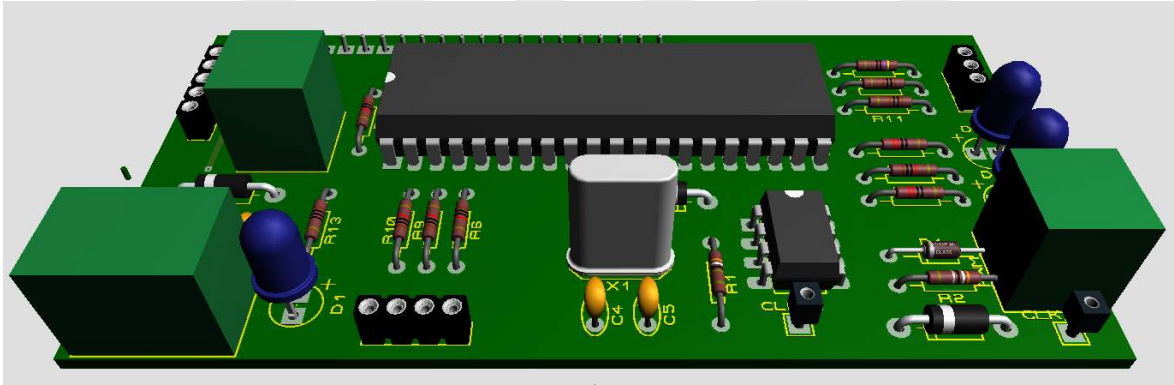


Şekil 1.2 Tasarlanan konvertörün ARES 3D çizimi

EK-2. Tasarlanan kontrol kartına ait şekiller



Şekil 2.1 Tasarlanan devrenin ARES baskı devre çizimi



Şekil 2.2 Tasarlanan devrenin ARES 3D çizimi

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : CAN, Celal
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 27.08.1983, Kadirli
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (384) 441 34 32
 Faks : 0 (384) 441 34 41
 e-mail : celalcan@nevsehir.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Elektrik Eğitimi	Devam ediyor
Lisans	Erciyes Üniversitesi / Elektrik Elektronik Müh.	2019
Lisans	Gazi Üniversitesi / Elektrik Öğretmenliği	2008
Lise	Kadirli Teknik Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-Halen	Nevşehir HBV Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2009-2012	Gazi Üniversitesi Atatürk MYO	Öğretim Görevlisi
2011-2012	Mamak Battalgazi Endüstri Meslek Lisesi	Öğretmen (ücretli)
2009-2011	Çubuk Endüstri Meslek Lisesi	Öğretmen (ücretli)

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Can C., İpek A., Azapoğlu E., Türker R., O. (2010). Lazer Güvenlik Sistemi ve GSM Haberleşme. *MYO-ÖS 2010 Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu*, 21-22 Ekim, Düzce, Türkiye.

2. Bayındır R., Çolak İ., Kaplan O., Can C. (2011). MATLAB/GUI Based Simulation for Photovoltaic Systems, *III International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives (PowerEng'11)*, 11-13 Mayıs, Malaga, İspanya.
3. Bayındır R., Kaplan O., Can C. (2011). C#.NET and MATLAB® Based Simulation Program for Basic Electrical Circuits, *International Aegean Conference on Electric Machines and Power Electronics & Electromotion (ACEMP'11)*, 8-10 Eylül, İstanbul, Türkiye.
4. Can C. (2012). Matlab/GUI Tabanlı Yakıt Hücresi Analizi ve Benzetimi, *Uluslararası Meslek Yüksekokulları Çalıştayı ve Sempozyumu UMÇÖS'2012*, 13-15 Haziran, Nevşehir, Türkiye.
5. Bayındır R., Can C. (2012), Fotovoltaik Sistemler İçin SD/MMC Veri Okuma&Yazma Kartı Tasarımı ve Uygulaması, *Uluslararası Meslek Yüksekokulları Çalıştayı ve Sempozyumu UMÇÖS'2012*, 13-15 Haziran, Nevşehir, Türkiye.
6. Bayındır R., Kabalcı E., Keven G., Can C. (2012), Matlab/GUI Based Analysis Tool Development for Wind Turbines, *European Workshop on Renewable Energy Systems (EWRES'12)*, 17-28 Eylül, Alanya/Antalya, Türkiye.
7. Bayındır R., Kabalcı E., Bülbül H. İ., Can C. (2012), Optimization of Operating Conditions of Photovoltaic Systems: A Case Study, *International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA'2012)*, 11-14 Kasım, Nagasaki, Japonya.
8. Bayram M. B., Bülbül H. İ., Can C., Bayındır R. (2013), Matlab/GUI Based Basic Design Principles of PID Controller in AVR, *4th International Conference on Power Engineering, Energy and Elektrical Drives*, 13-27 Mayıs, İstanbul, Türkiye.

Hobiler

Doğa yürüyüşü, Fotoğrafçılık, Tenis, Filografi sanatı, Yazılım & Kodlama, Web tasarımı



GAZİ GELECEKTİR..