GAZİ ÜNİVERSİTESİ

Gazi

1926

PVSYST VE MATLAB/SIMULINK PROGRAMLARI İLE TASARLANAN BİR FOTOVOLTAİK SİSTEMİN SİMÜLASYON SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Büşra KARACA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OCAK 2023

ETİK BEYAN

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

- 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 çalışmasında 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.

Büşra KARACA

19/01/2023

PVSYST VE MATLAB/SIMULINK PROGRAMLARI İLE TASARLANAN BİR FOTOVOLTAİK SİSTEMİN SİMÜLASYON SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Büşra KARACA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2023

ÖZET

Dünya nüfusunun artmasıyla ve teknolojinin gelişmesiyle enerji ihtiyacı gün geçtikçe daha da artmaktadır. Günümüzde enerji ihtiyacının çoğunluğu fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların rezervinin sınırlı olması, çevreye zarar vermesi ve küresel ısınmaya sebep olması gibi nedenlerle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakların bazıları; güneş, su, rüzgâr, biyokütle ve diğerleridir. Bunlar arasında en çok tercih edilen güneş enerjisi sistemleridir. Güneş enerji sistemleri, ülkemizde de son zamanlarda oldukça ön plana çıkmıştır. Herhangi bir fotovoltaik (FV) projesini uygulamadan önce elektrik üretimini, güvenilirliğini ve maliyetlerini optimize etmek için teknolojik ve ekonomik fizibilite yapılması gerekmektedir. Bugün itibariyle, bir FV sistemi tahmin etmek ve optimize etmek için çeşitli simülasyon araçları oluşturulmuştur. Bu çalışmada PVsyst ve Matlab/Simulink programları kullanılarak Ankara ilinde 75 kW'lık bir FV sistem tasarlanmıştır ve iki programdan elde edilen simülasyon çıktıları karşılaştırılmıştır. Matlab/Simulink ile MGNİ (Maksimum Güç Noktası İzleyici) algoritması kullanılan ve kullanılmayan iki tasarım yapılmıştır. Matlab/Simulink MGNİ algoritması kullanılan tasarımın çıkış verileri PVsyst'e göre daha yüksek elde edilmesine rağmen çıkış güçleri oldukça yakın çıkmıştır. PVsyst programında sıcaklık değerleri Matlab/Simulink'e göre daha etkili sonuçlar alınmasını sağlamıştır. Matlab/Simulink daha çok ışınım değerinin yüksek olduğu yaz aylarında daha yüksek çıkış gücü vermiştir. İki program ve üç tasarım sonuçları arasındaki aylık farklar oldukça değişkendir. PVsyst ile Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarımda %0,36 ile %10,72 arasındadır. PVsyst ile Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarımda %14,21 ile %43,71 arasındadır. Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım ile Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarımda %17,65 ile %49,32 arasındadır. MATLAB/Simulink programının sıcaklık değişimine duyarlılığı PVsyst programına göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca MGNİ algoritmalarının değişken olması, verilerin otomatik veya manuel girişinin olması gibi nedenler de fark oluşmasında etkilidir.

Bilim Kodu	:	92802
Anahtar Kelimeler	:	Yenilenebilir enerji, güneş enerjisi, FV sistemler, Matlab/Simulink, PVsyst
Sayfa Adedi	:	51
Danışman	:	Prof. Dr. Adem ACIR

COMPARISON OF SIMULATION RESULTS OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM DESIGNED WITH PVSYST AND MATLAB/SIMULINK PROGRAMS

(M. Sc. Thesis)

Büşra KARACA

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2023

ABSTRACT

With the increase in the world population and the development of technology, the need for energy is increasing day by day. Today, the majority of energy needs are met from fossil fuels. The limited reserves of fossil fuels have increased the tendency towards renewable energy sources due to reasons such as harming the environment and causing global warming. Some of the renewable energy sources; sun, water, wind, biomass and others. Among them, the most preferred ones are solar energy systems. Solar energy systems have recently come to the fore in our country as well. Before implementing any photovoltaic (PV) project, technological and economic feasibility is required to optimize electricity generation, reliability and costs. As of today, various simulation tools have been created to predict and optimize a PV system. In this study, a 75 kW PV system was designed in Ankara using PVsyst and Matlab/Simulink programs and the simulation outputs obtained from the two programs were compared. With Matlab/Simulink, two designs were made with and without MPPT (Maximum Power Tracker Algorithm). Although the output data of the design using the Matlab/Simulink MPPT algorithm was higher than that of PVsyst, the output powers were quite close. Temperature values in the PVsyst program provided more effective results than Matlab/Simulink. Matlab/Simulink gave higher output in the summer months when the irradiance value is higher. The monthly differences between the two programs and the three design outcomes are highly variable. It is between 0.36% and 10.72% in the design with PVsyst and Matlab/Simulink MPPT algorithm. Matlab/Simulink MPPT with PVsyst is between 14.21% and 43.71% in the design without algorithm. With Matlab/Simulink MPPT algorithm design and Matlab/Simulink MPPT design without algorithm, it is between 17.65% and 49.32%. It has been determined that the sensitivity of the MATLAB/Simulink program to temperature change is higher than the PVsyst program. In addition, reasons such as the variable MPPT algorithms and the automatic or manual entry of the data are also effective in the difference.

Science Code	:	92802
Key Words	:	Renewable energy, solar energy, PV systems, Matlab/Simulink, PVsyst
Page Number	:	51
Supervisor	:	Prof. Dr. Adem ACIR

TEŞEKKÜR

Danışmanım Sayın Prof. Dr. Adem ACIR'a, bana güvendiği ve verdiği sonsuz destek için, Sayın Oğuz Kaan ÇİNİCİ'ye ve Doç. Dr. Semih ÖZDEN'e destekleri için; Mathwork iş birliği ile akademik lisans sağladığı için Gazi Üniversitesi'ne teşekkür ederim. Ayrıca sevgili eşim Emrah KARACA'ya bana her türlü desteği sağladığı, annem Rukiya KOÇAK'a yorulmadan, sıkılmadan benimle ve oğlumla ilgilendiği ve son olarak rahmetli babacığım Ziyattin KOÇAK'a bugünlere gelmemde verdiği emekler için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi

SİMGELER VE KISALTMALAR xiii

1. GİRİŞ 1

2. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER 5

2.1 FV Hücreler (Güneş Pilleri) 5

2.2. Fotovoltaik Paneller 8

2.3. DA-AA Eviriciler (İnverterler) 9

2.4. Sistem Tipleri 10

3. MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEYİCİ 11

3.2. MGNİ Devreleri 11

3.2.1. DA-DA dönüştürücüler 11

3.3. MGNİ Takibinde Klasik Yöntemler 12

3.3.1. Açık devre gerilimi (sabit gerilim) yöntemi 12

3.3.2. Perturb and observe (hata ve gözlem, p&o) yöntemi 13

3.3.3. Artan iletkenlik yöntemi 14

4. FV SİSTEM TASARIMINDA KULLANILAN PROGRAMLAR 15

4.2. PVsyst Programı 15

4.3. Matlab/Simulink Programı 16

Sayfa

5. ANKARA İLİNDE 75 KW KURULU GÜCÜNDE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ TASARIMI 21

5.1. Proje Tasarımı 21

5.2. Sonuç Verileri 27

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 45

KAYNAKÇA 47

ÖZGEÇMİŞ 51

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Güneş pillerinde kullanılan malzemeler ve bant genişlikleri 5

Çizelge 5.1. Ankara İli Işınım ve Sıcaklık Verileri [25]..... 21

Çizelge 5.2. CSun panel parametreleri [27]..... 26

Çizelge 5.3. Aylara göre üretilen enerji miktarı 35

Çizelge 6.1. Yıllık üretim miktarları..... 45

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)[2] 2

Şekil 2.1. FV hücre çalışma prensibi[5] 6

Şekil 2.2. FV hücrenin yapısı 6

Şekil 2.3. FV hücre eşdeğer devresi 7

Şekil 2.4. FV hücre, panel ve dizi 9

Şekil 2.5. İnverter Blok Şeması 9

Şekil 3.1. (a) Alçaltıcı (b) yükseltici (c) alçaltıcı-yükseltici DA-DA dönüştürücü eşdeğer devreleri 12

Şekil 3.2. Açık devre gerilimi yöntemi akış diyagramı 13

Şekil 3.3. P&O algortiması akış şeması 14

Şekil 4.1. Matlab/Simulink Library Browser 16

Şekil 4.2. Matlab/Simulink powergui elemanı 17

Şekil 4.3. Matlab/Simulink PV array elemanı 17

Şekil 4.4. PV array blok parametreleri 18

Şekil 4.5. PV array (a) gerilim-saat (b) akım-saat grafikleri 19

Şekil 4.6. (a) RLC branch (b) IGBT/Diode (c) Diode 19

Şekil 4.7. Matlab/Simulink product elemanı 20

Şekil 5.1. PVsyst panel yerleşimi 22

Şekil 5.2. PVsyst sistem parametreleri 23

Şekil 5.3. PVsyst panel eğim ve yönlendirmeleri 23

Şekil 5.4. Matlab/Simulink MGNİ Algoritmalı Sistem Tasarımı 24

Şekil 5.5. Matlab/Simulink MGNİ Algoritmasız Sistem Tasarımı 24

Şekil 5.6. Csun panel dizisi değişken ışınımda akım-gerilim ve güç-gerilim grafikleri. 25

Şekil **Sayfa**

Şekil 5.7. Csun panel dizisi değişken sıcaklıkta akım-gerilim ve güç-gerilim grafikleri 26

Şekil 5.8. Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız IGBT gate girişi..... 27

Şekil 5.9. Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı IGBT gate girişi..... 28

Şekil 5.10. Matlab/Simulink tasarımında kullanılan P&O algoritması [28]..... 29

Şekil 5.11. Matlab/Simulink aylık güç grafikleri (Ocak-Nisan)..... 30

Şekil 5.12. Matlab/Simulink aylık güç grafikleri (Mayıs-Ağustos) 31

Şekil 5.13. Matlab/Simulink aylık güç grafikleri (Eylül-Aralık)..... 32

Şekil 5.14. PVsyst proje, sistem ve sonuçların özeti 37

Şekil 5.15. PVsyst genel parametreler, kolektör alanı özellikleri ve dizi kayıpları..... 38

Şekil 5.16. PVsyst genel sonuçlar..... 39

Şekil 5.17. PVsyst kayıplar diyagramı..... 40

Şekil 5.18. PVsyst CO2 emisyon bilançosu..... 41

Şekil 5.19. Kullanılan programlara göre aylık üretilen enerji grafiği..... 42

Şekil 5.20. PVsyst ve Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım yüzde fark grafiği . 42

Şekil 5.21. PVsyst ve Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım yüzde fark grafiği 43

Şekil 5.22. Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı ve algoritmasız tasarım yüzde fark grafiği 44

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	**Açıklamalar**
°C	Derece celcius
A	Diyot ideal faktörü
CO_2	Karbondioksit
D	Görev oranı
E_g	Yarı iletkenin yasak bant enerjisi
I_g	Üretilen fotoakım
I_{ir}	Güneş ışınımı
I_{PV}	FV çıkış akımı
I_{RS}	Ters doyma akımı
I_s	Hücre doygunluk akımı
I_{SC}	Kısa devre akımı
k	Boltzmann sabiti
k_i	Kısa devre akımı sıcaklık katsayısı
ns	Seri FV hücreleri
np	Paralel FV hücreleri
P_{out}	Çıkış gücü
P_{PV}	Panelin sağladığı güç
q	Elektron yükü
R_s	Eşdeğer seri direnç
T	Sıcaklık
T_{ref}	Hücre referans sıcaklığı
V_{in}	Giriş gerilimi
V_{MGN}	Maksimum güç noktası gerilimi
V_{out}	Çıkış gerilimi

Kısaltmalar	Açıklamalar
AA	Alternatif Akım
BJT	Çift birleşim yüzeyli transistör
DA	Doğru Akım
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
EİE	Elektrik işleri Etüt İdaresi
FV	Fotovoltaik
GEPA	Güneş Enerji Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Enerji Santrali
h	Saat
IGBT	İzole edilmiş kapılı ve iki kutuplu transistör
kW	Kilowatt
KWH	Kilowatt saat
m^2	Metrekare
MGN	Maksimum Güç Noktası
MGNİ	Maksimum Güç Noktası İzleyici
Mosfet	Metal oksit yarı iletken alan etkili transistör
MW	Mega watt
PWM	Darbe Genişlik Modülasyonu
V	Volt
W	Watt
yy	Yüzyıl

1. GİRİŞ

Dünya, ihtiyaç duyduğu enerjinin büyük bir kısmını petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Bu yakıtların rezervleri sınırlıdır ve bu yakıtlar çevre için zararlıdır. Bu nedenle enerjinin karşılanma ihtiyacına bağlı olarak alternatif enerji kaynakları üzerine araştırma geliştirme çalışmaları yoğunlaşmıştır. Doğada kendiliğinden var olabilen güneş ışığı, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, dalga gibi yenilenebilir enerji kaynakları, kullanıma bağlı olarak tükenmez ve çevreye zararı yok denecek kadar azdır [1].

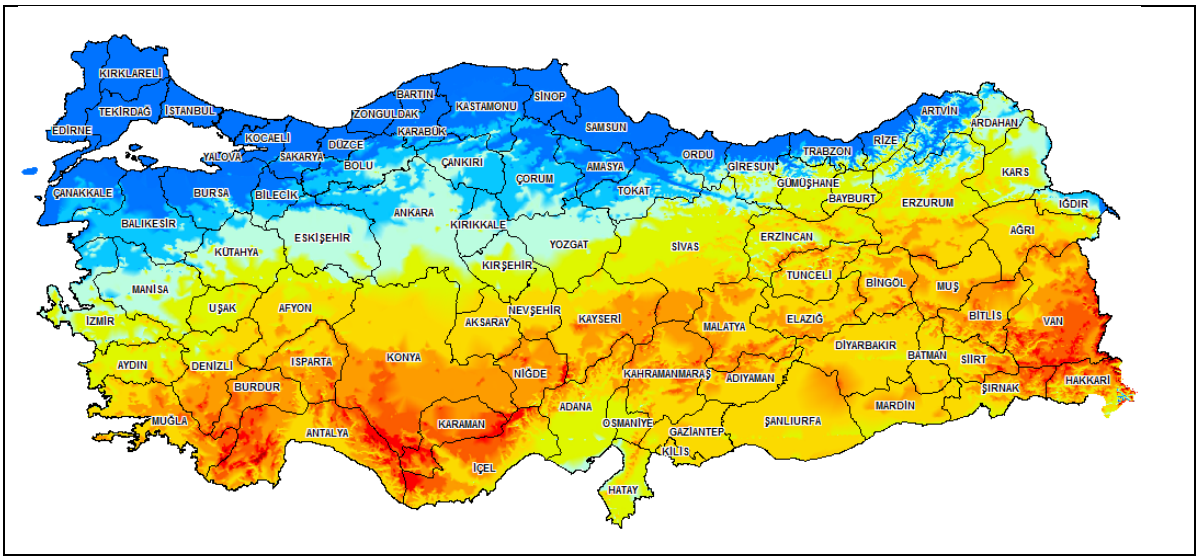
Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, sonsuz ve yaygın bir kaynak olması, doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi gibi avantajları sebebiyle hızla yaygınlaşmaktadır.

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmıştır. Güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşmektedir ve çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Özellikle temiz bir enerji kaynağı olması ve kurulumdan sonra düşük maliyetle çalışması güneş enerjisinin önemini arttırmaktadır.

Güneş ışınımının şiddeti yeryüzünde 0-1100 W/m^2 değerleri arasında değişim gösterir. Türkiye'de ise güneş enerji potansiyeli coğrafi konumu dolayısıyla oldukça yüksektir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan, Şekil 1.1 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre;

- Ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi = 2741,07 saat/yıl
- Ortalama günlük toplam güneşlenme süresi = 7,50 saat/gün
- Ortalama yıllık toplam ışınım şiddeti = 1527,46 kwh/m^2-yıl
- Ortalama günlük toplam ışınım şiddeti = 4,18 kwh/m^2-gün

Olarak hesaplanmıştır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'nin yaptığı araştırmalara göre başta Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri olmak üzere ülkemiz fotovoltaik uygulamalarına elverişlidir [2].



Şekil 1.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)[2]

Güneş enerjisi çeşitli şekillerde dönüştürülerek kullanılabilir. Güneş enerji santralleri, güneş ışığını fotovoltaik (FV) paneller ve diğer bileşenler ile elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Güneş ışığı, silisyum kristalleri ve galyum arsenit hammaddesine sahip güneş pillerinin birlikte kullanılarak oluşturduğu FV panellere düşer. Burada güneş ışığı doğru akım (DA) üretir. Üretilen DA inverter vasıtasıyla alternatif akıma (AA) dönüştürülür. Bazı santraller şebekeye bağlı olarak bazılar ise akülerle depolamalı olarak çalışmaktadır. Ülkemizin kurulu gücü Kasım 2022 itibariyle 103 541 MW'a ulaşmıştır. Kurulu gücün %9'unu 9308 santral ile FV enerji santralleri oluşturmaktadır [3]. FV panellerden maksimum güç üretilebilmesi, panele gelen güneş ışığı ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir.

<u>Konunun Tanımı</u>

FV sistemler son zamanlarda en öne çıkan enerji üretim sistemleridir. Bir FV projesinin kurulması için, ekonomik ve teknolojik fizibilite çalışmasının yapılması gerekir. Bu çalışmalar için geliştirilen birçok yazılımsal program mevcuttur. Bu programlar kullanım amacına göre değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada PVsyst ve Matlab/Simulink programları aynı koşullar altında incelenmiştir.

Araştırmanın Amacı

Günümüzde kullanılan simülasyon programlarının aralarındaki farklar, hangi alanda kullanıma daha uygun olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Literatürde olmayan bir karşılaştırma ile PVsyst ve Matlab/Simulink programlarının karşılaştırılması yapılarak, avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

Araştırmanın Önemi

PVsyst programında, manuel bir veri girişi olmaması, içerisindeki devrelere müdahale şansı olmaması Matlab/Simulink programının öne çıkmasını sağlamaktadır. Ancak ticari amaçlarda PVsyst daha basit ve çevrimiçi verilere ulaşma imkanı sağladığından daha fazla tercih edilmektedir. Matlab/Simulink, araştırma ve geliştirme kolaylığı sağlamaktadır ancak tasarım daha karmaşık yapıdadır. Bu araştırma ile hangi alanda hangi programın kullanılabileceği ortaya konulmaktadır.

2. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

Güneş, her gün ortalama 60 000 EJ enerjiyi dünyaya iletir. Bu enerjinin %6'sı atmosfer, %20'si bulutlar, %4'ü dünyanın yüzeyi tarafından yansıtılır; aynı zamanda %16'sı atmosfer, %3'ü bulutlar, %51'i ise karalar ve okyanuslar tarafından emilir. Üst atmosfere ulaşan toplam güneş enerjisi 1367 W/m^2'dir. Dünya yüzeyine ulaştığında, kullanılabilir güneş enerjisi ortalama olarak yaklaşık 300 W/m^2 olmaktadır [4].

Güneş enerjisini yakalayabilmek ve elektrik üretebilmek için çeşitli teknolojiler gelişmektedir. Bazıları güneşin ışık enerjisinden, bazıları ise ısı enerjisinden elektrik üretmektedir.

Güneş enerjisinden en yaygın olarak fotovoltaik sistemler ile elektrik enerjisi üretilir. FV sistemler 1950'li yıllardan sonra ileri teknoloji ürünü olarak ortaya çıkmıştır.

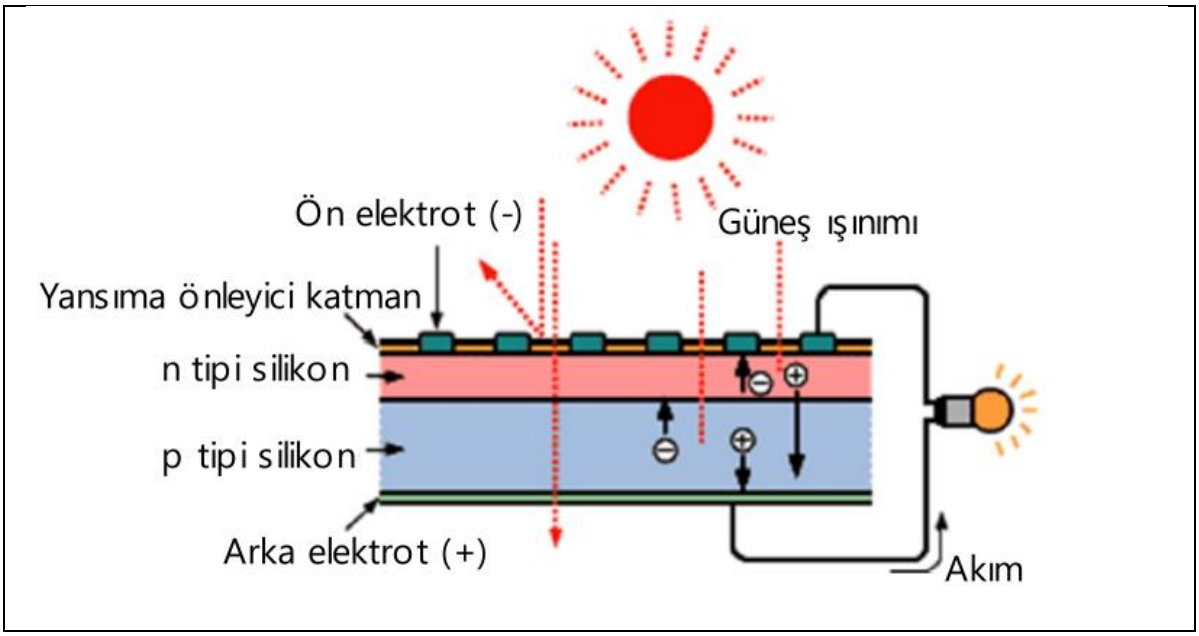
Güneşin ışınımından enerji üretimi ilk kez Fransız bilim adamı Antoine-Ce´sar Becquerel'in çalışmalarında, fotovoltaik etkiyi keşfetmesiyle görülmektedir. Ardından ilk gerçek güneş pili 19.yy sonlarında Charles Fritts tarafından üretildi [5].

2.1. FV Hücreler (Güneş Pilleri)

FV hücreler yarı iletken teknolojisi ile üretilmiştir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen veya daire şeklinde üretilir. En çok silisyum ve silisyum alaşımları kullanılır. FV hücre, fosfor atomları eklenmiş silisyumdan oluşan hücrenin negatif kısmını oluşturan n tabakası, bor atomları eklenmiş silisyumdan oluşan hücrenin pozitif kısmını oluşturan p tabakası ve n tabakası ile p tabakasının bağlantı noktası olan katkılı bir katman olmak üzere üç tabakadan oluşur. Işınım etkisiyle p tabakasından ayrılan elektronlar, n tabakasında birikir. Elektronların hareketi sayesinde enerji üretimi gerçekleşir [5,6].

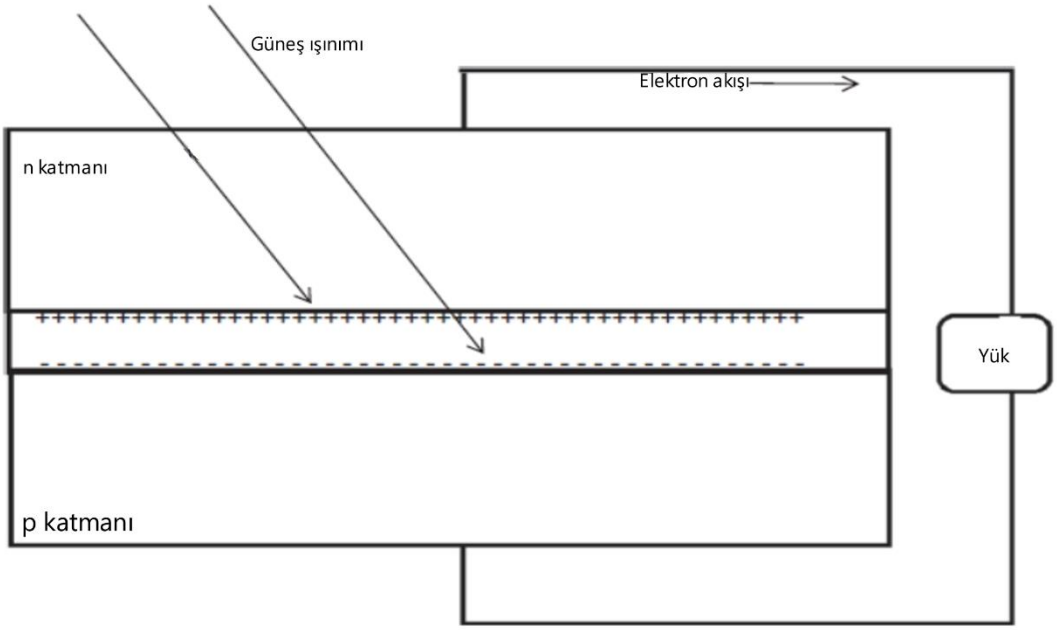
Çizelge 2.1. Güneş pillerinde kullanılan malzemeler ve bant genişlikleri

Yarıiletken malzemesi	Bant genişliği (eV)
Silikon	1,11
Kadmiyum tellür	1,44
Galyum arsenit	1,43
Bakır indiyum galyum diselenit	0,9-1,7



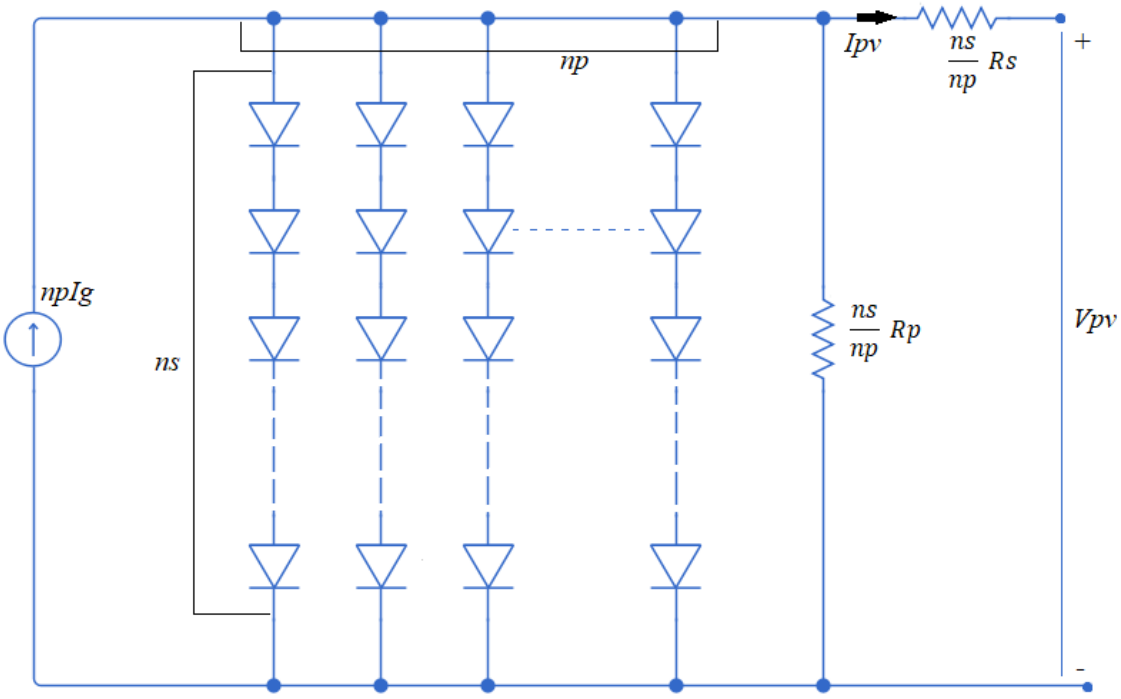
Şekil 2.1. FV hücre çalışma prensibi[5]

Hücrelerin üst ve alt tabakalarında da iletkenler bulunur. Üst tabakada, ışınımın geçişini sağlayan ızgara biçiminde tel metal iletkenler bulunmaktadır. Bu ızgaralar üzerinde koruyucu olarak cam bulunur. Alt tabaka ise ışınım ulaşmayacağı için tamamen metal iletkenle kaplıdır. FV hücreler karmaşık teknolojiyle üretilmesine rağmen çok dayanıklı, uzun ömürlü elemanlardır [6].



Şekil 2.2. FV hücrenin yapısı

Hangi malzeme kullanılırsa kullanılsın bir FV hücreden alınan en yüksek verimlilik yaklaşık %33 olmuştur. Hücrelerin üst üste yerleştirilmesi ile oluşturulan çok katmanlı hücrelerde ise bu oran %43'ü bulmuştur.



Şekil 2.3. FV hücre eşdeğer devresi

Şekil 2.3'te görüldüğü üzere belirli bir hücrenin eşdeğer devresini bir p-n bağlantı diyotu olarak göstermektedir. Seri ve paralel FV hücrelerinin sayısı sırasıyla n_s ve n_p olarak ifade edilir. Çıkış akımı (I_{PV}), üretilen fotoakım I_g ile diyot akımı arasındaki farktır.

$$I_{PV} = n_p \cdot I_g - n_p \cdot I_s \left[\exp\left(\frac{q}{A \cdot k \cdot T}\left(\frac{V_{PV}}{n_s} + \frac{I_{PV} \cdot R_s}{n_p}\right)\right) - 1\right] \tag{2.1}$$

Eş.2.1'de yer alan; A diyot ideal faktörü, k Boltzmann sabiti (1,380622x10^{-23} J/°K), q elektron yükü (1,6021917x10^{-19} C), T sıcaklık (°K), R_s eşdeğer seri dirençtir.

Güneş ışınımı I_{rr} tarafından üretilen akım I_g;

$$I_g = (I_{SC} + k_i(T - T_{ref}))\frac{I_{rr}}{1000} \tag{2.2}$$

Eş.2.2'de yer alan; I_{SC} referans sıcaklık ve ışınımdaki kısa devre akımı, T_{ref} hücrenin referans sıcaklığı, k_i kısa devre akımı sıcaklık katsayısıdır.

Hücre doygunluk akımı olan I_s ise aşağıdaki gibi değişir:

$$I_s = I_{RS} \cdot \left[\frac{T}{T_{ref}}\right]^3 \cdot exp\left[\frac{q \cdot E_g}{A \cdot k}\left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T}\right)\right] \tag{2.3}$$

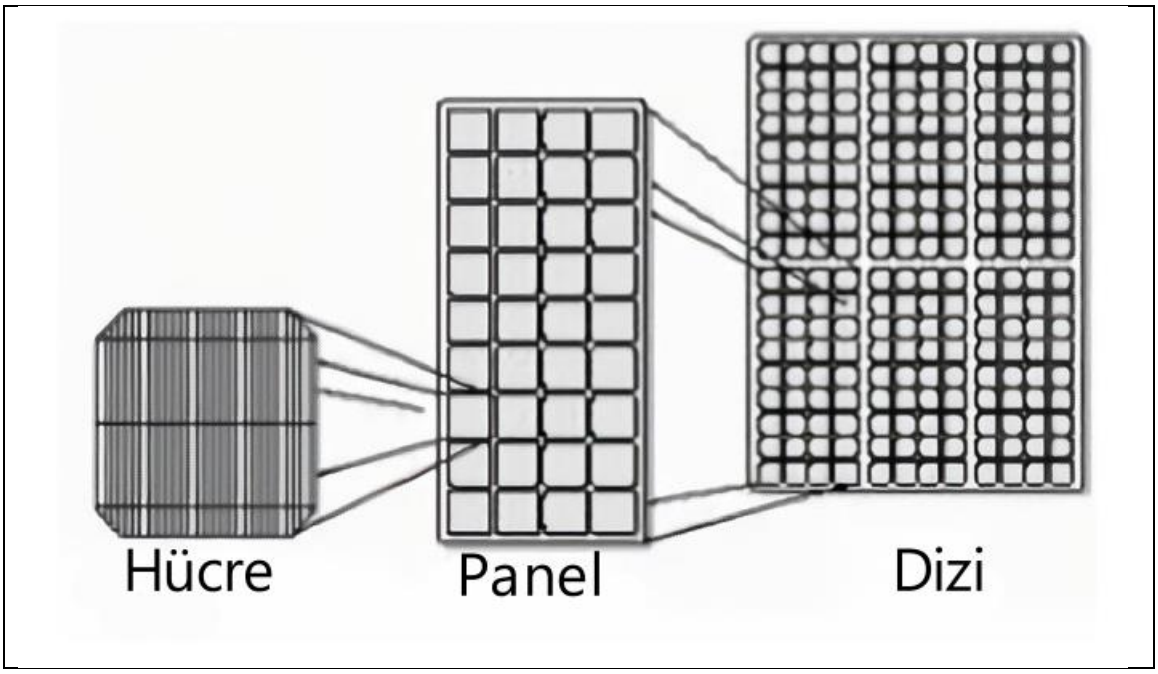
Eş.2.3'te verilen; I_{RS} ters doyma akımı ve E_g yarı iletkenin yasak bant enerjisidir.
Son olarak, panelin sağladığı güç P_{PV} şu şekilde hesaplanır:

$$P_{PV} = I_{PV} \cdot V_{PV} \tag{2.4}$$

FV hücreler P ve N tipi olarak bilinen yarı iletken malzemelerden oluşmaktadır. İki malzemenin birleşim bölgesine düşen güneş ışığı, malzemelerin son yörüngelerindeki elektronları hareket ettirerek elektrik akımı oluşturur. Uygulamalarda en çok monokristal ve polikristal silisyum yapıdaki hücreler tercih edilmektedir [7].

2.2. Fotovoltaik Paneller

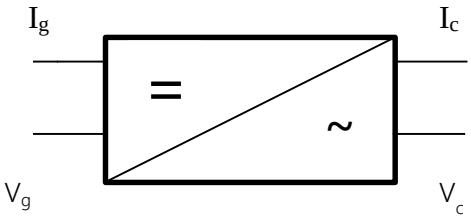
FV hücreler daha yüksek gerilim, akım ve güç üretmek için 36-54-60 veya 72 tanesi seri bağlanarak FV panelleri oluştururlar. Paneller, 12 V veya 24 V DA gerilim üretebilecek şekilde üretilirler. Bir FV dizi, ihtiyaç olan enerjiyi karşılayacak şekilde, istenen voltaj ve akımı sağlamak için seri ve paralel bağlanmış birkaç FV panelden oluşur. Bir FV hücrenin maksimum gücünü üretebildiği voltaja maksimum güç noktası (MGN) denir. MGN güneş ışınımı, ortam sıcaklığı ve FV hücre sıcaklığı ile değişir [8].



Şekil 2.4. FV hücre, panel ve dizi

2.3. DA-AA Eviriciler (İnverterler)

Fotovoltaik panel, güneş ışınımını DA olarak elektriğe çevirir. Bu şekildeyken şebekeye iletilemez durumdadır. İnverterler DA'yı, sabit frekansta bir AA'ya dönüştürürler.



Şekil 2.5. İnverter Blok Şeması

İnverter devresinde; kondansatör, transformatör rezistans ve anahtarlama elemanları bulunur. Aynı zamanda MGNİ algoritmaları da inverter içerisinde bulunur. İnverterler şebekeye bağlı FV sistemlerde, sistemin gücünün en az %10'u olacak şekilde seçilir [10,11].

2.4. Sistem Tipleri

Güneş enerji sistemleri kullanım alanına göre çeşitlidir. Evlerin, ticari amaçlar için okul, hastane, iş merkezleri gibi binaların enerji tüketimine destek olan küçük çaplı çatı üstü sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemler sayesinde, bina kendi elektriğinin bir kısmını üretebilmektedir. Özellikle üretim için kurulan şebekeye bağlı sistemler, ülkelerin enerji üretimlerine katkıda bulunmaktadır. Ülkemizde, lisanslı ve lisanssız olarak iki çeşit sistem kurulumu yapılmaktadır. 1MW kurulu güce kadar olan sistemlerde lisanssız kurulum sağlanabilmektedir. Son olarak şebekeden bağımsız, enerji nakil hattına sahip olmayan bölgelerde, enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için kurulan sistemler bulunmaktadır [12].

3. MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEYİCİ

FV hücreler geniş gerilim ve akım aralığında çalışabilirler. Maksimum güç noktası akım ve gerilim çarpımının en yüksek olduğu noktadır. Yani sistem bu noktada en yüksek gücü üretir. Her dizi için bir tane MGN bulunur. MGN'yi ışınım şiddeti, gölgelenme koşulları, panel kirliliği, hava kirliliği gibi birçok çevresel faktör etkiler. Sistemin MGN takibi için maksimum güç noktası izleyici (MGNİ) kullanılmaktadır. MGNİ içerisine farklı yöntemlerle yerleştirilen algoritmalar sayesinde sistemin maksimum güçte çalışması ve maksimum verimin alınması sağlanmaktadır. Yani MGNİ cihazları, her türlü çevre koşullarında maksimum değeri sağlar [16].

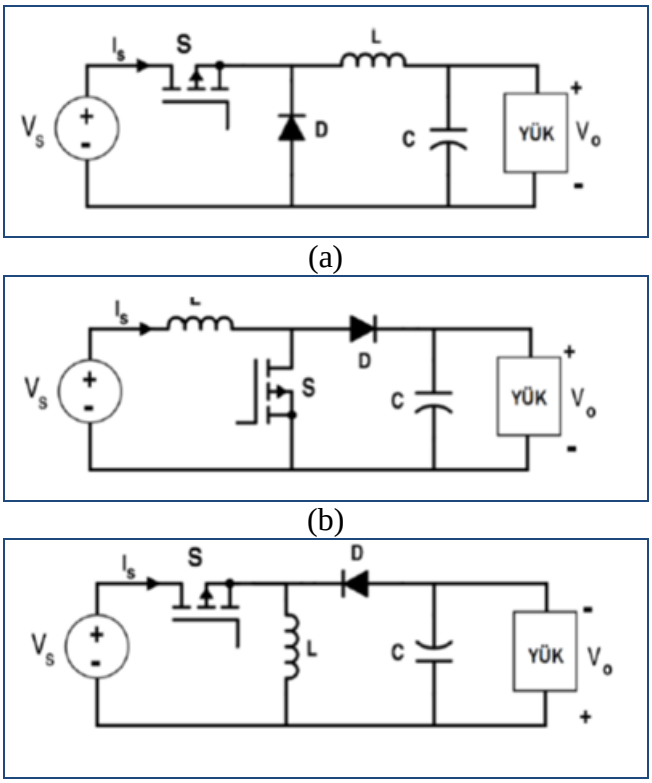
3.2. MGNİ Devreleri

3.2.1. DA-DA dönüştürücüler

FV panellerde çeşitli nedenlerden dolayı panellerin çıkışında sabit gerilim elde edilemez. İstenilen gerilim seviyesine ulaşılabilmek ve gerilimin sabitlenmesi için doğrudan FV dizisine DA-DA dönüştürücüler kullanılır. Bu dönüştürücüler, uygulamaya bağlı olarak MOSFET, IGBT, BJT ve tristör gibi anahtarlama elemanları kullanılır. Anahtarlama sinyali için darbe genişlik modülasyonu (PWM) kullanılır. Alçaltıcı, yükseltici ve alçaltıcı-yükseltici çeşitleri bulunmaktadır. Özellikle FV sistemlerde yükseltici DA-DA dönüştürücü kullanılır. Bu dönüştürücüler, D görev oranını istenen sonuca göre değiştirilerek çıkış gücü kontrol eder [16,15].

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}} \tag{3.1}$$

Denklemde V_{in} giriş gerilimi, V_{out} ise çıkış gerilimidir. Giriş gerilimi değiştirilerek görev oranı belirlenir.



Şekil 3.1. (a) Alçaltıcı (b) yükseltici (c) alçaltıcı-yükseltici DA-DA dönüştürücü eşdeğer devreleri

3.3. MGNİ Takibinde Klasik Yöntemler

MGNİ işlemi çeşitli tekniklerle yapılmaktadır. Geleneksel teknikler; Açık Devre Gerilimi (Sabit Gerilim), Kısa Devre Gerilimi (Sabit Akım), Değiştir-Gözle (P&O), Artan İletkenliktir (IC) [13].

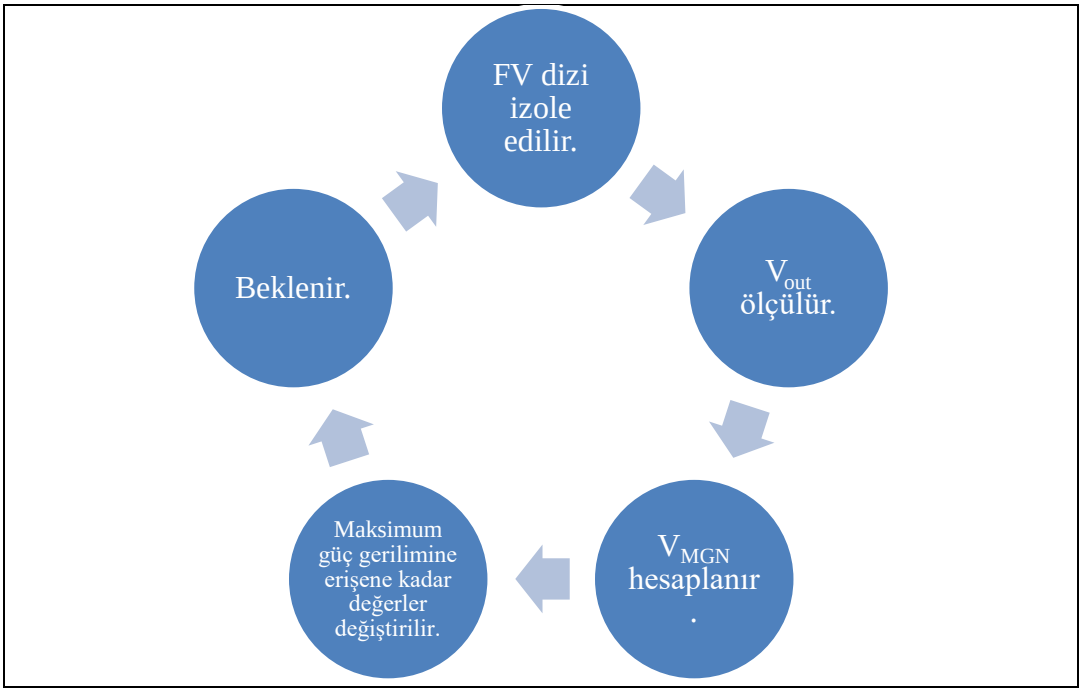
3.3.1. Açık devre gerilimi (sabit gerilim) yöntemi

Bu yöntemde MGN'deki gerilim ile açık devre gerilimi arasındaki oranın yaklaşık olarak sabit olduğu kabul edilir.

$$\frac{V_{MGN}}{V_{out}} = K \tag{3.2}$$

FV dizinin MGNİ yardımıyla izole edilerek çıkış gerilimi olan V_{out} ölçülür. Denklem 6 ile maksimum gerilim ölçülür. K sabittir ve genelde 0,73 ile 0,80 arasında kabul edilir. En yüksek değere ulaşılana kadar döngü devam eder. Şekil 3.2'de döngünün akış diyagramı

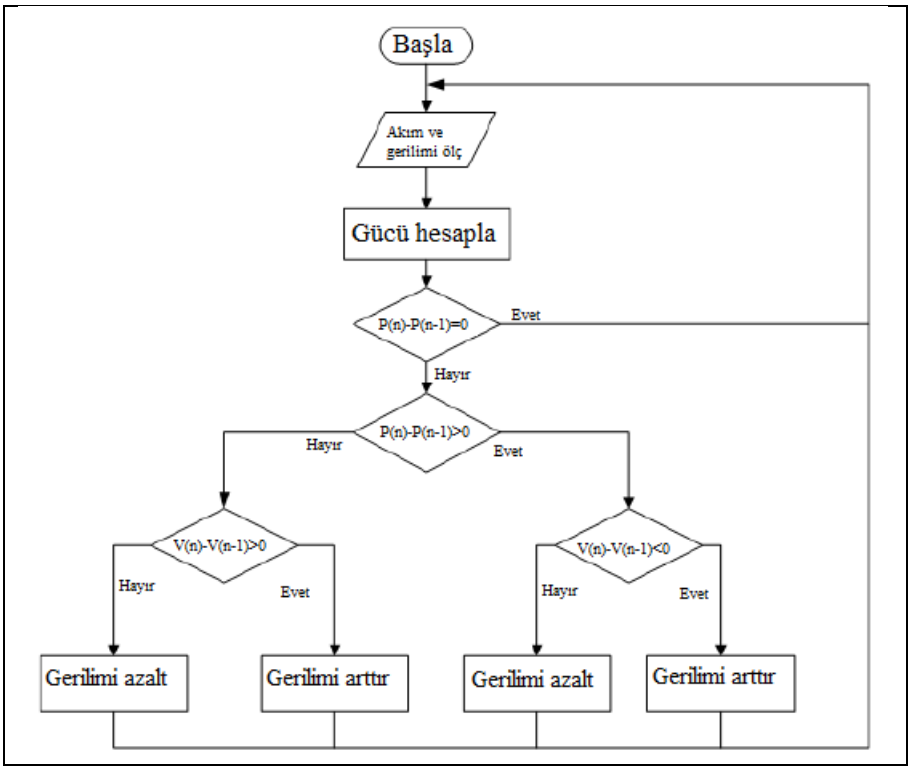
gösterilmektedir. Yükün ayrılması, açık devre geriliminin değişken olabilmesi gibi dezavantajları vardır [14].



Şekil 3.2. Açık devre gerilimi yöntemi akış diyagramı

3.3.2. Perturb and observe (hata ve gözlem, p&o) yöntemi

Bu yöntem tekrarlamalı bir yöntemdir. Temel olarak çıkış gücünün türevinin, maksimum gücün türevine oranının 0 olmasına dayanır. Belli aralıklarla çıkış akımı ve gerilimini ölçerek çıkış gücünü hesaplar. Her ölçüm bir önceki ölçümle karşılaştırılır. Artış olması maksimum güce yaklaşıldığını gösterir. Eğer azalma başladıysa maksimum güç noktasından uzaklaşılıyor demektir. Bu durumda, geriye dönülerek maksimum gücün elde edildiği nokta belirlenir.



Şekil 3.3. P&O algortiması akış şeması

P&O, uygulaması kolay ve basit bir yöntemdir. Ancak özellikle kısmi gölgelenme koşulları altında maksimum güç noktası etrafında çok salınım yapması gibi dezavantajlarının olması, alternatif yöntemler geliştirilmesine sebep olmuştur [15].

3.3.3. Artan iletkenlik yöntemi

Artan iletkenlik yönteminde, P&O'nun MGN etrafında oluşturduğu salınımı engellemek hedeflenir. Bu yöntem gerilimin ne yönde değiştirileceğini hesaplayabilmektedir. Kullanımının kolay ve basit olması, veriminin yüksek olması açısından avantajlıdır. Ancak karmaşık yapılarda yetersiz kalmaktadır [16].

4. FV SİSTEM TASARIMINDA KULLANILAN PROGRAMLAR

Herhangi bir FV projesini uygulamadan önce elektrik üretimini, güvenilirliğini ve maliyetlerini optimize etmek için teknolojik ve ekonomik fizibilite yapılması gerekmektedir. Bugün itibariyle, bir FV sistemi tahmin etmek ve optimize etmek için çeşitli simülasyon araçları oluşturulmuştur. Bu tür yazılım araçlarının kullanımı, enerji sistemlerinin optimum hassasiyet ve minimum masrafla etkin performans değerlendirmesi için yardımcı olabilir [17].

FV sistem ile enerji üretimi PVsyst, PVsol, Matlab/Simulink, Helioscope, PVcase vb. gibi simülasyon yazılım programları kullanılarak hesaplanabilmektedir. Literatürde bu programların incelemeleri ve karşılaştırılmaları üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Ceylan ve Taşdelen, simülasyon ortamında PVsol, Helioscope, Polysun ve PVGIS simülasyon programları kullanarak 1 MW kurulu güçteki güneş enerji santralinin (GES) sonuçlarının gerçek değerlerle karşılaştırılmasını yapmışlardır. Çalışma sonucunda Helioscope programının gerçek verilere en yakın sonucu verdiğini gözlemlemişlerdir [18]. Vashishtha vd. yapmış oldukları araştırmada, FV sistemlerin simülasyonlarında kullanılan SketchUp, PVsyst, HelioScope ve AutoCAD yazılımlarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda daha çeşitli değerlendirmeler yapma potansiyeli nedeniyle PVsyst programının en yaygın kullanılan program olarak, Helioscope programının ise en kullanıcı dostu yazılım olduğunu belirlemişlerdir [19].

Bu çalışmada PVsyst ile Matlab/Simulink programları karşılaştırılmıştır. Ankara ilinde 75 kW kurulu güce sahip bir sistem iki programla tasarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ve grafikler karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

4.2. PVsyst Programı

PVsyst 1992 yılında FV sistemlerin incelenmesi ve simülasyonu için İsviçre'de André Mermoud ve Michel Villoz tarafından geliştirilmiştir. Ges tasarımında en çok kullanılan program haline gelmiştir [20, 21].

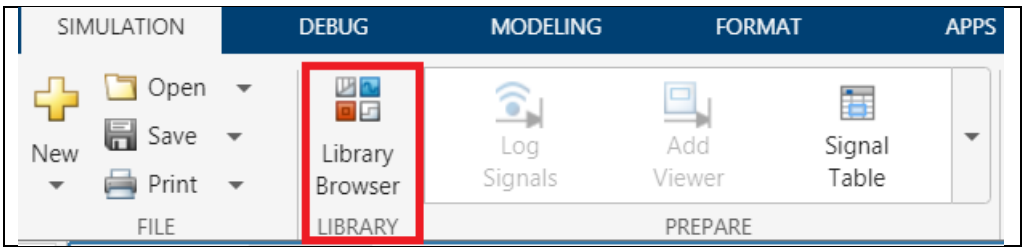
PVsyst ile sistem tasarımı yapılırken, öncelikle sistemin kurulacağı coğrafi konum seçilir. Program seçilen coğrafi konumun ışınım, sıcaklık gibi verilerini online olarak çeker. Kurulacak sistemin gücüne göre panel dizisi oluşturulur ve panel eğimleri ayarlanır. Panel eğim açısının yanında azimut açısı da ayarlanır. Azimut açısı, güney/kuzey ile toplayıcı düzlem arasındaki açı olarak tanımlanır. Oluşturulan dizi için uygun inverter seçimi yapılır. Sistem kurulumu tamamlandıktan sonra, simülasyon gerçekleştirilir [22].

Simülasyon gerçekleştirildikten sonra, program bir rapor hazırlar. Bu raporda genel parametreler, kolektör alanının özellikleri, dizi kayıpları, genel sonuçlar, kayıplar diyagramı, özel grafikler ve CO_2 emisyon bilançosu bulunmaktadır. Genel sonuç verileri aylık olarak programdan alınmaktadır. PVsyst'ten alınan çıkış verileri şunlardır: global yatay ışınlanma (GlobHor), yatay difüz ışınlanma (DiffHor), çevre sıcaklığı (T_Amb), kolektöre yansıyan global (GlobInc), IAM ve gölgeleme için düzeltilmiş etkin global (GlobEff), dizinin çıkışında etkin enerji (EArray), şebekeye enjekte edilen enerji (E_Grid), performans oranı (PR).

PVsyst, sistem kurulumunda tüm kayıpları hesaplayarak, kesin sonuçlar alınmasını sağlamaktadır. Üç boyutlu, gölgelenme koşulları altında tasarımlar yapabilmektedir. Tasarım kolay, sonuçlar gerçeğe yakın olmaktadır [23].

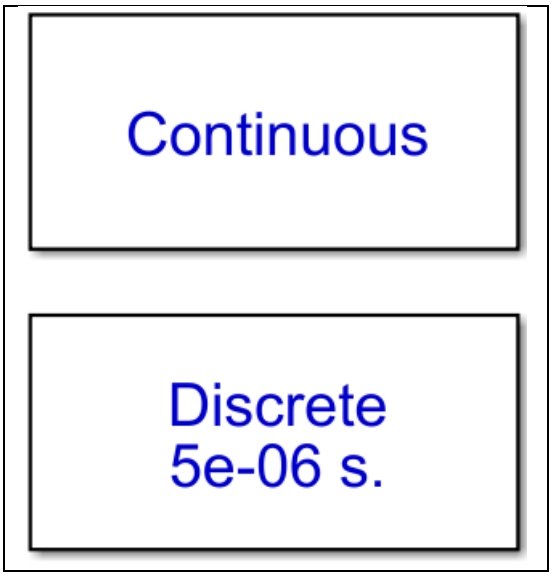
4.3. Matlab/Simulink Programı

Matlab, MathWorks şirketinin geliştirdiği yüksek performanslı teknik işlem ortamına sahip bir programdır. 1984 yılında Jack Little ve Cleve Moler tarafından kurulmuştur. Matlab/Simulink ise dinamik sistemlerin simülasyonu için geliştirilmiştir. Blok diyagramları sayesinde, kod yazmak gibi işlemleri yapmaya gerek kalmadan simülasyon gerçekleştirilebilmektedir [24].



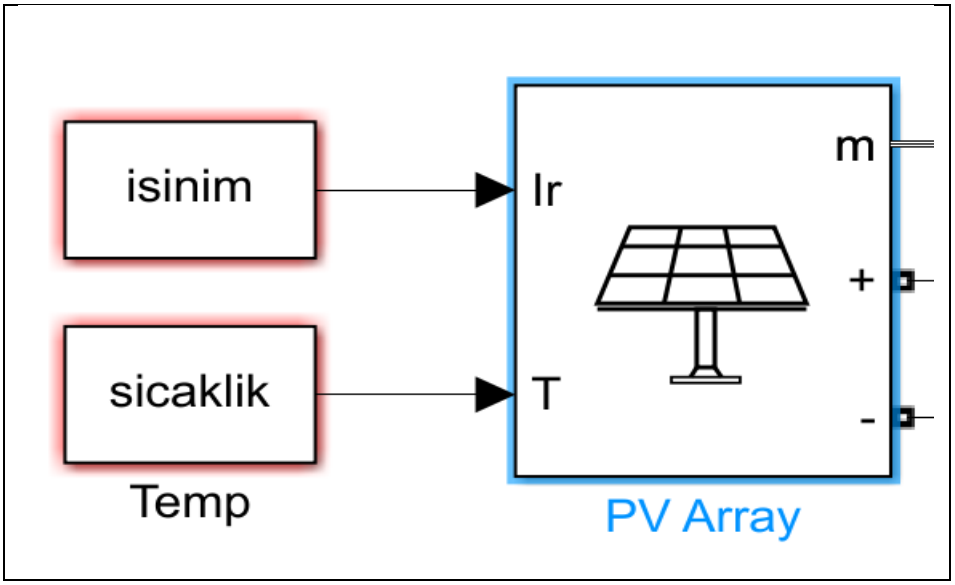
Şekil 4.1. Matlab/Simulink Library Browser

Matlab/Simulink ile bir güneş enerji santrali tasarımında, hemen her şey manuel olarak yapılır. Öncelikle library browser sekmesinden kullanılan elemanlar bulunur (Şekil 4.1). Bu elemanlardan ilki sistemin çalışma aralığının belirlenmesi için bir powergui elemanıdır. Powergui, Şekil 4.2'deki gibi ayrık veya sürekli zamanda çalıştırılabilir.



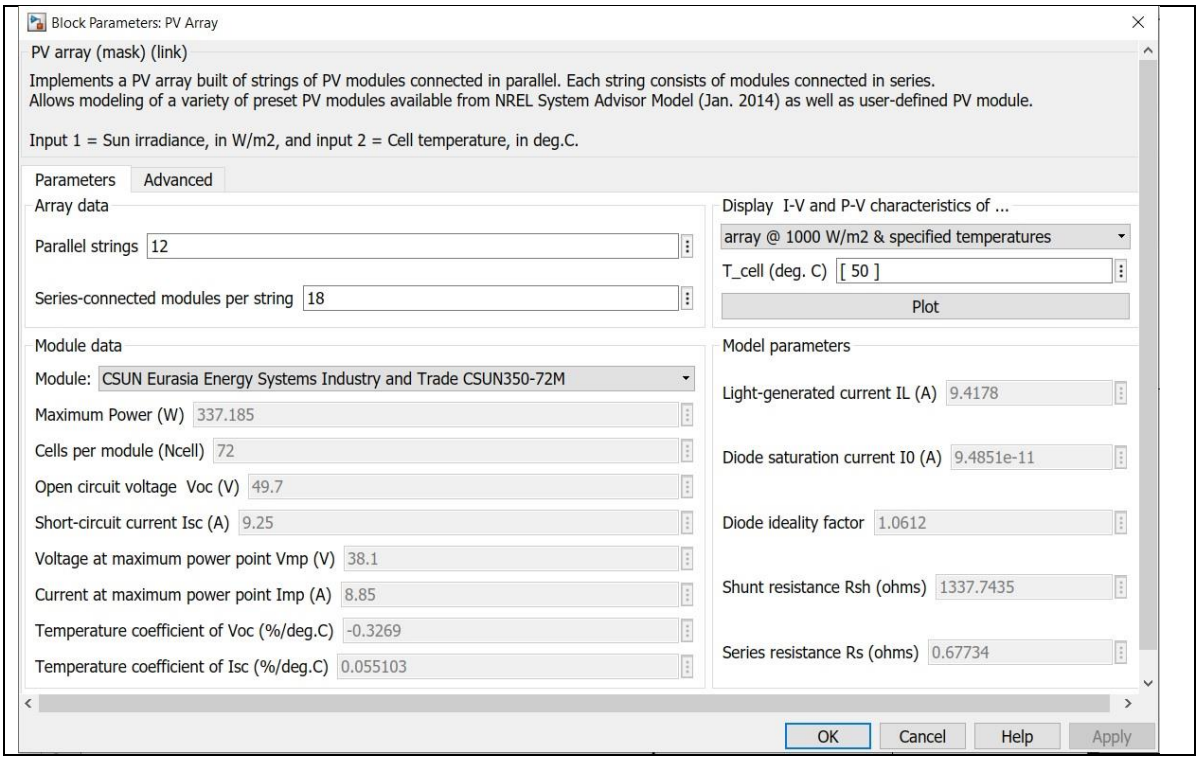
Şekil 4.2. Matlab/Simulink powergui elemanı

Daha sonra sırasıyla PV array elemanı, DA-DA dönüştürücü devresi, inverter devresi eklenir. Tüm devreler manuel olarak tasarlanır. PV array elemanı bir FV diziyi simüle eder.



Şekil 4.3. Matlab/Simulink PV array elemanı

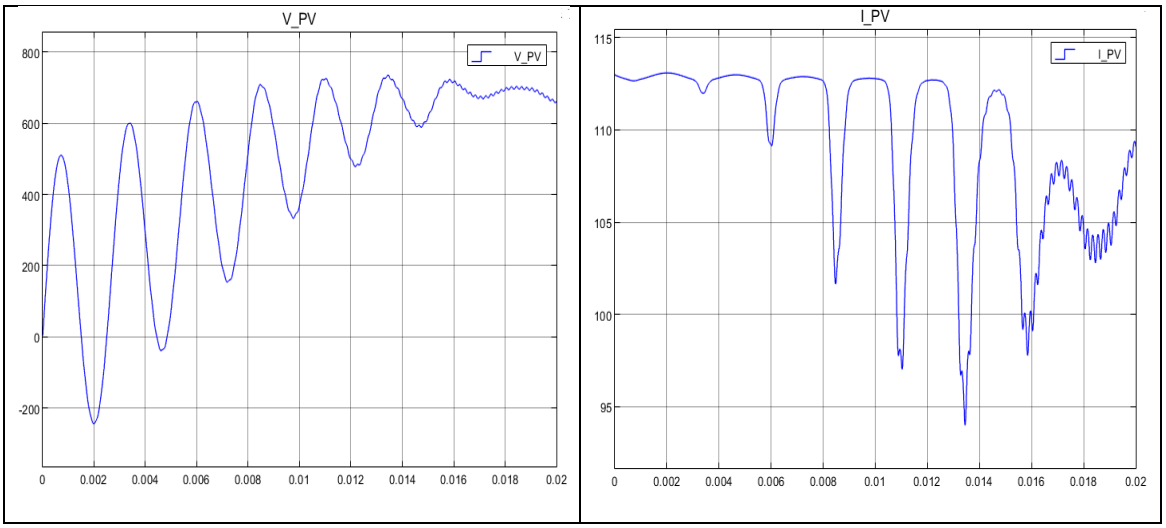
Şekil 4.3’te görüldüğü üzere PV array elemanının iki giriş ve üç çıkışı bulunmaktadır. Girişler güneş ışınımı ve sıcaklık, çıkışlar dizinin akım ve gerilim ölçme portu, devreye bağlanabilmesi için “+” ve “–“ portlardır. Dizinin tasarımı blok parametreleri ile gerçekleştirilir.



Şekil 4.4. PV array blok parametreleri

Şekil 4.4’deki blok parametreleri ile dizide paralel ve seri kaç panel kullanılacağı, panel markaları belirlenmektedir. PV array çıkış verileri, FV akımı ve gerilimidir. Bu değerler scope elemanına bağlanarak grafik elde edilmektedir.

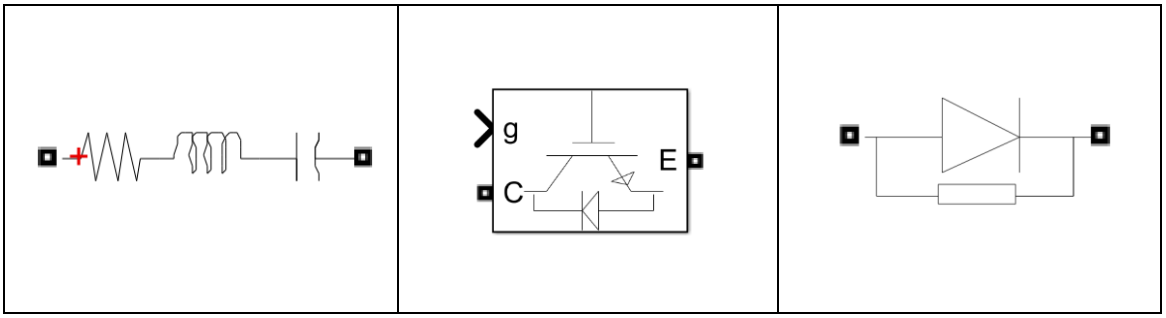
Şekil 4.5’te elde edilen grafikler verilmiştir.



(a) (b)

Şekil 4.5. PV array (a) gerilim-saat (b) akım-saat grafikleri

Tasarımın devamında inverter devresi eklenir. Bu devrede ise seri RLC branch, IGBT/Diode, diode elemanları kullanılır (Şekil 4.6.) DA-DA dönüştürücü devresi de inverterin içerisinde bulunur. Kullanılacak dönüştürücü türüne göre yerleşimler ve değerler değiştirilir.

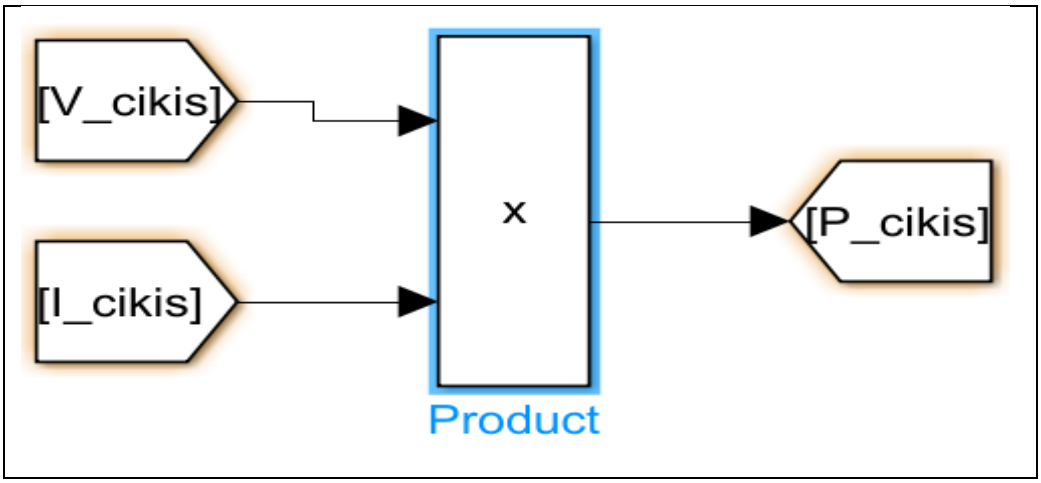


(a) (b) (c)

Şekil 4.6. (a) RLC branch (b) IGBT/Diode (c) Diode elemanları

Devrenin sonuna bir yük eklenir ve yüke akım ve gerilim ölçer elemanları eklenerek çıkış akımı ve gerilimi elde edilir. Bu değerler Eş. 4.1.'deki denkleme göre çarpılarak çıkış gücü elde edilir. Bu işlem program içerisinde product elemanı ile gerçekleştirilmektedir [25,26].

$$P_{cikis} = V_{cikis} * I_{cikis} \tag{4.1.}$$



Şekil 4.7. Matlab/Simulink product elemanı

5. ANKARA İLİNDE 75 KW KURULU GÜCÜNDE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ TASARIMI

5.1. Proje Tasarımı

Bu çalışmada Ankara ilinde kurulması planlanan bir sistem tasarımı yapılmıştır. Tasarımda kurulu güç 75 kW olarak belirlenmiştir. Sistem tasarımı için iki farklı program, PVsyst ve Matlab/Simulink, kullanılmıştır. İki programda da CSUN 350Wp 32V 72M olan 216 panel kullanılmıştır. Paneller 12 seri 18 paralel olacak şekilde dizi tasarlanmıştır. PVsyst veri tabanında bulunan Huawei Sun2000-70 kW inverter kullanılmıştır. Matlab/Simulink'te inverter devresi ayrıca tasarlanmıştır. Ayrıca Matlab/Simulink kullanılarak MGNİ algoritması eklenmeden bir tasarım yapılmıştır.

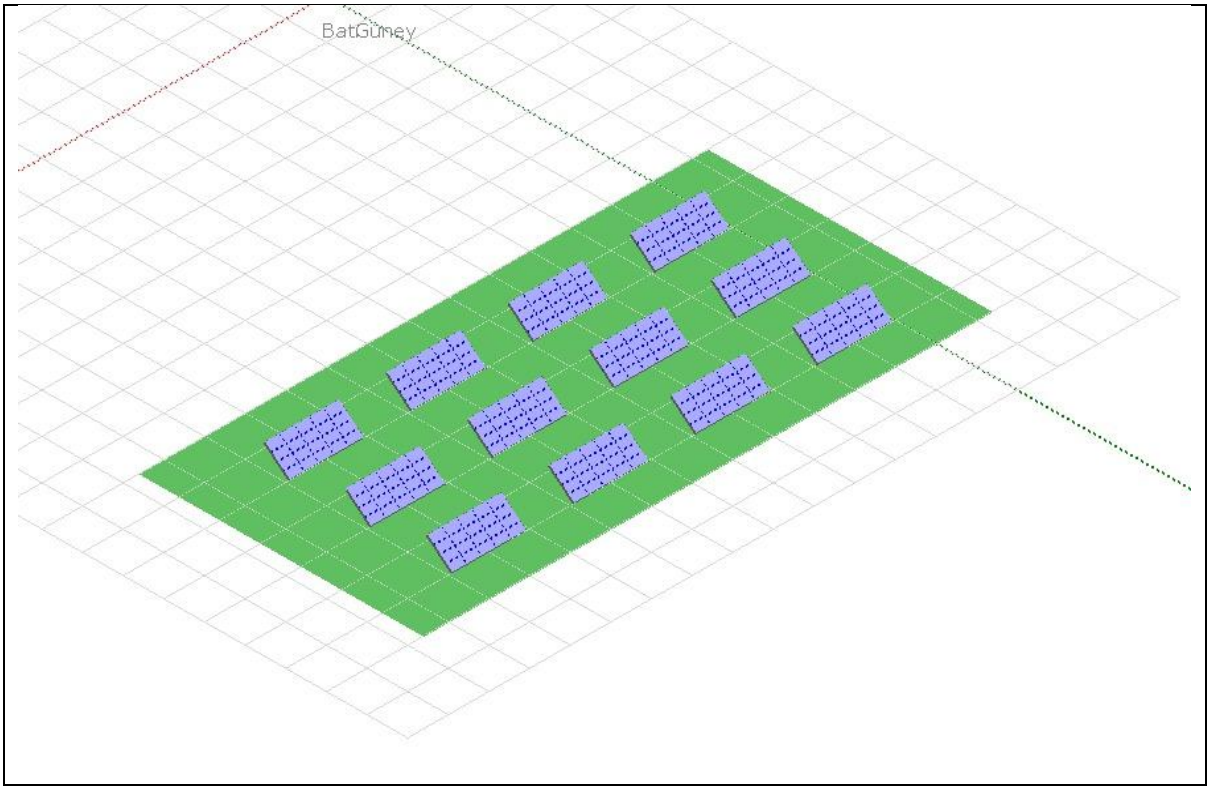
Ankara iline ait aylık ışınım ve sıcaklık değerleri, PVsyst'in veritabanında mevcutken Matlab/Simulink'e manuel olarak eklenmiştir.

Çizelge 5.1. Ankara İli Işınım ve Sıcaklık Verileri [25]

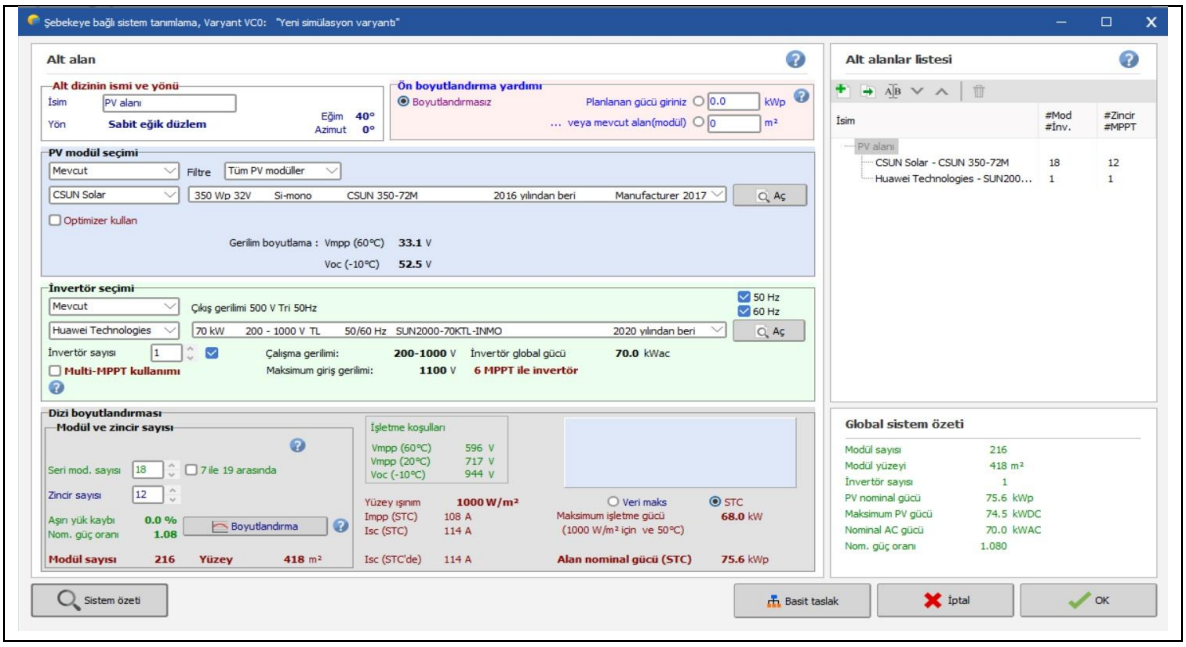
Aylar	Aylık Ort. Işınım(kWh)	Aylık ort. Günlük Güneşlenme Süresi (h)	Toplam Güneşlenme Süresi (h)	Aylık Toplam Işınım Ortalaması (W)	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	Aylık Ort. FV Sıcaklığı (°C)
Ocak	74,1	2,6	78	950,00	0,81	25,81
Şubat	105,3	3,8	106,4	989,66	1,68	26,68
Mart	126,9	5,1	153	829,41	2,38	27,38
Nisan	163,9	6,5	195	840,51	12,66	37,66
Mayıs	165,5	8,4	252	656,75	14,85	39,85
Haziran	198,2	10	300	660,67	21,08	46,08
Temmuz	214,1	11,2	336	637,20	25,84	50,84
Ağustos	226,9	10,6	318	713,52	27,56	52,56
Eylül	162,6	9,1	273	595,60	18,93	43,93
Ekim	167	6,7	201	830,85	16,03	41,03
Kasım	135,7	4,6	138	983,33	7,56	32,56
Aralık	76	2,5	75	1013,33	1,43	26,43
Yıllık	151,35	6,76	202,75	746,49	12,62	37,62

PVsyst Çizelge 5.1 deki verileri içerisinde bulundurur. Matlab/ Simulink'e aylık toplam ışınım ortalaması ve FV ortalama sıcaklık verileri manuel olarak, her ay için tek tek girilmiştir. Matlab/Simulink'te PV array elemanının ışınım ve sıcaklık verilerinin girildiği iki girişi vardır. Her ayın ışınım ve sıcaklık değerleri bu alanlara girilerek istenen düzeyde çalışması sağlanmıştır. Giriş verileri devreden geçirilerek çıkışta akım ve gerilim değerleri alınmıştır. Bu değerlerin product ile çarpılması sonucu çıkış gücü elde edilmiştir. PVsyst'te şebekeye enjekte edilen enerji raporda verilirken, Matlab/Simulink'te güç olarak alınan çıkış aylık ortalama güneşlenme süresi ile çarpılarak enerjiye dönüştürülür.

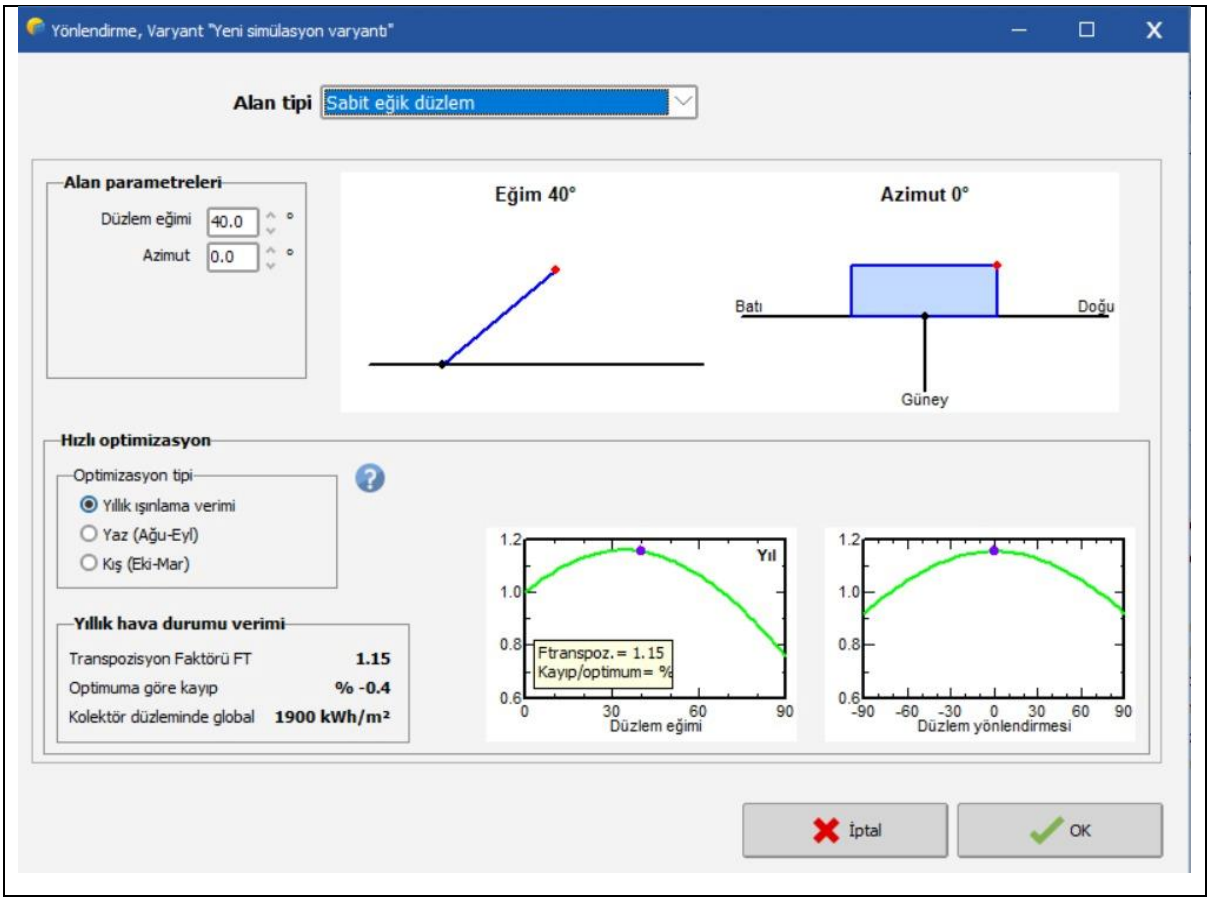
Matlab/Simulink, daha çok hesaplama işlemleri için kullanılmaktadır. Somut olarak hayata geçirilecek bir tasarım olanağı sunmamaktadır. Panel yerleşimi, inverter konumu gibi bilgilerle ilgilenmemektedir. PVsyst, coğrafi konuma göre sistemin yerleşimi yapmaktadır. Panellerin eğimi ayarlanarak güneşten en fazla verimi alması sağlanmaktadır. Hayata geçirilebilecek gerçek bir tasarım yapma olanağı sağlamaktadır [26].



Şekil 5.1. PVsyst panel yerleşimi

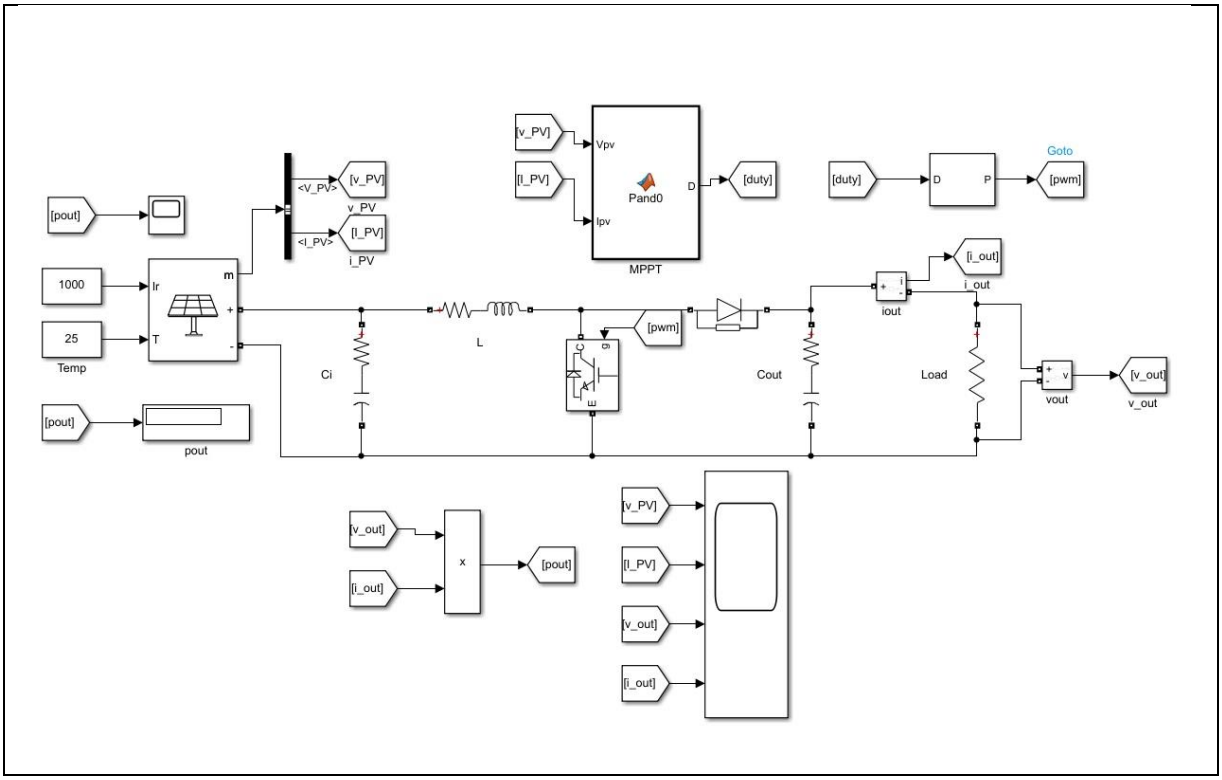


Şekil 5.2. PVsyst sistem parametreleri

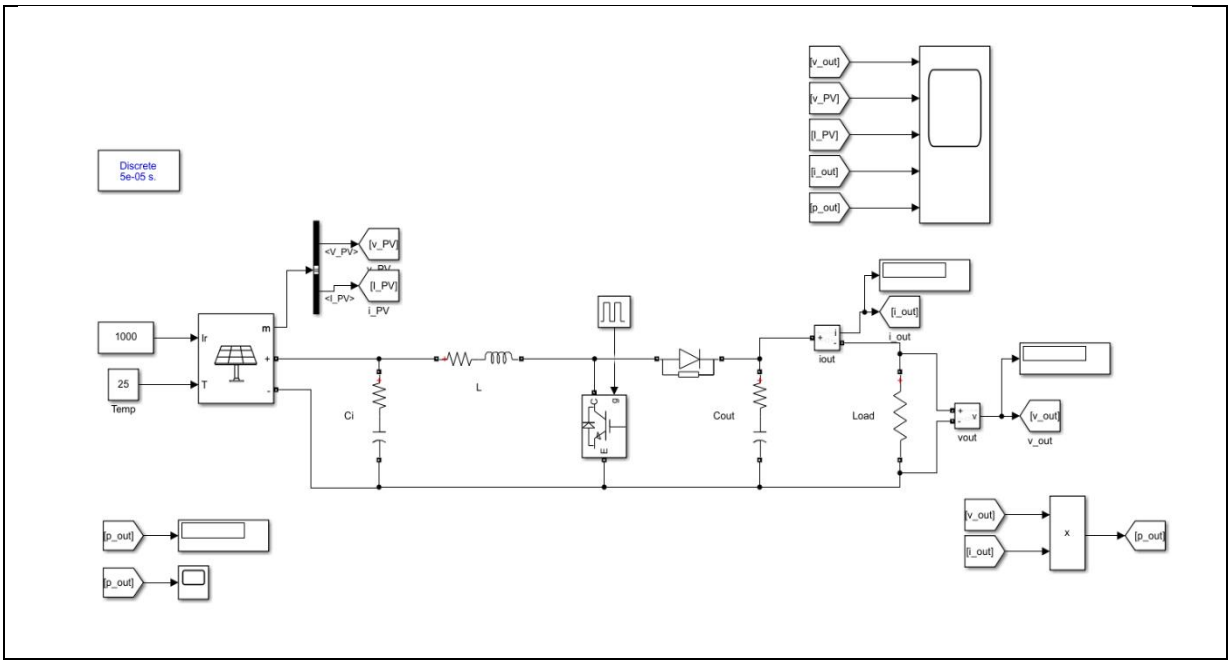


Şekil 5.3. PVsyst panel eğim ve yönlendirmeleri

Şekil 5.3’te panel eğimi 40° ve azimut açısı 0° olarak ayarlanmıştır. Bu ayarlamaya göre kurulan sisteme global olarak 1900 kWh/m^2 güneş ışınımı düşmesi tahmin edilmektedir.

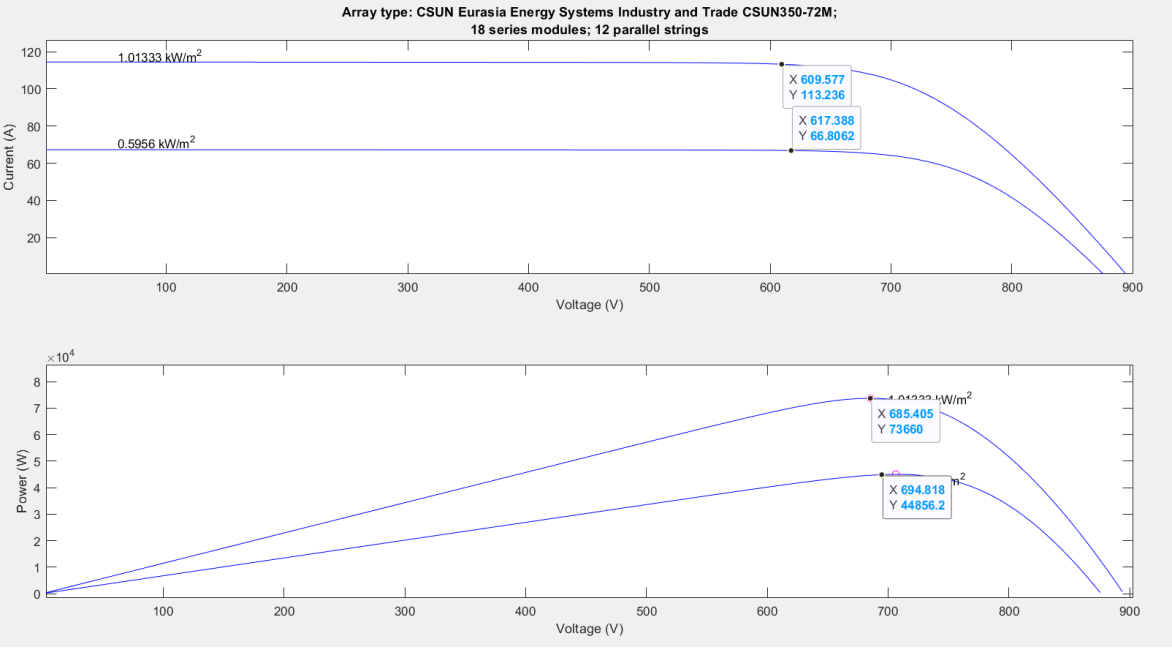


Şekil 5.4. Matlab/Simulink MGNİ Algoritmalı Sistem Tasarımı



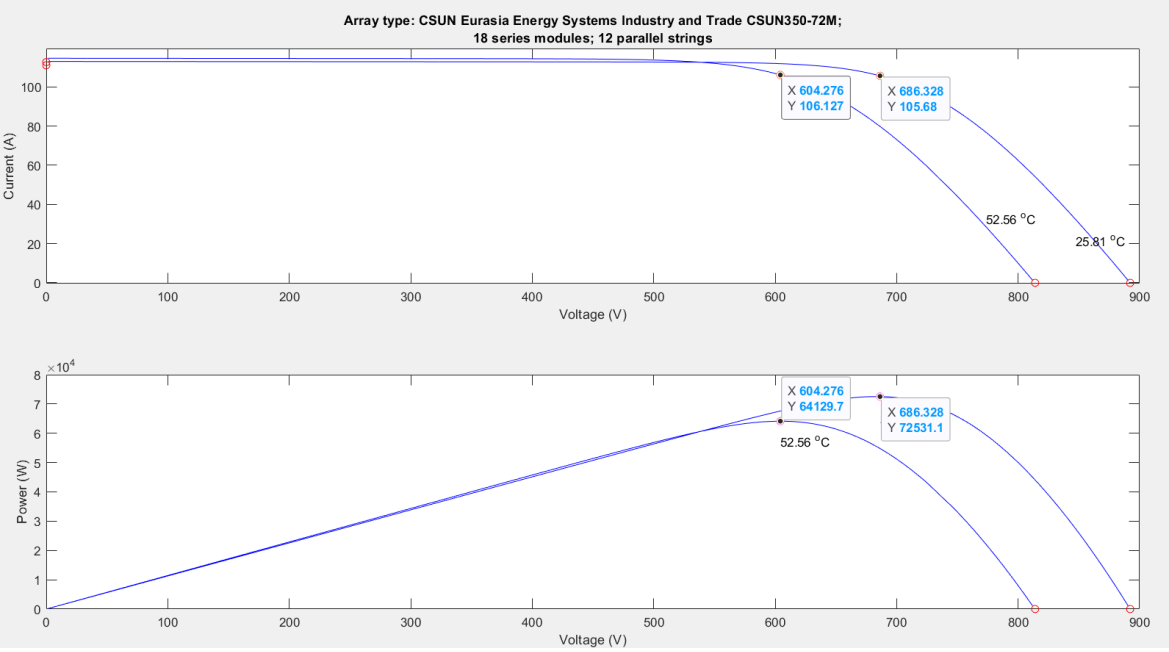
Şekil 5.5. Matlab/Simulink MGNİ Algoritmasız Sistem Tasarımı

Matlab/Simulink'te, PV array kullanılarak FV panel verileri içerisine eklenmiştir. Bu haliyle çalışma sıcaklık ve ışınım değerlerine göre panelin üretim yapması sağlanır. Aylık olarak ortalama ışınım ve sıcaklık değerlerinin girilmesiyle PVsyst ile aralarındaki farklar ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.6. Csun panel dizisi değişken ışınımda akım-gerilim ve güç-gerilim grafikleri

Şekil 5.6'da Ankara ili için en yüksek ve en düşük ışınım değerlerine göre FV dizinin üretebileceği akım, gerilim ve güç değerleri verilmiştir. En yüksek ışınım 1013,33 W/m^2 için üretilecek güç 73,66 kW, akım 113,54 A ve gerilim 609,58 V; en düşük ışınım 595,6 W/m^2 için üretilecek güç 44,87 kW, akım 66,81 A ve gerilim 617,39 V'tur.



Şekil 5.7. Csun panel dizisi değişken sıcaklıkta akım-gerilim ve güç-gerilim grafikleri

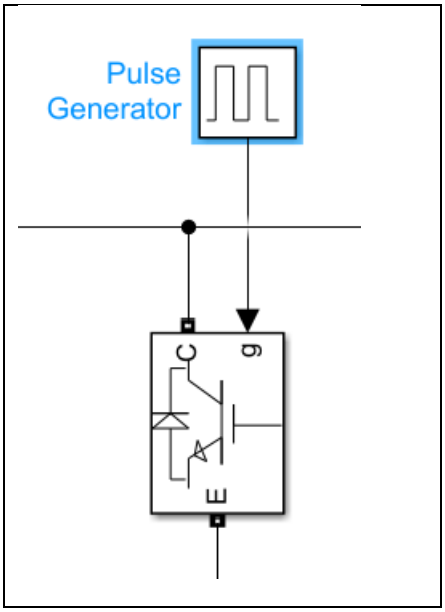
Şekil 5.7′de Ankara ili için en yüksek ve en düşük FV panel sıcaklık değerlerine göre üretebileceği akım, gerilim ve güç değerleri verilmiştir. En yüksek sıcaklık 52,56 °C için üretilecek güç 64,13 kW, akım 106,13 A ve gerilim 604,67 V; en düşük sıcaklık 25,81 için üretilecek güç 72,53 kW, akım 686,33 A ve gerilim 105,68 V'tur.

Çizelge 5.2. CSun panel parametreleri

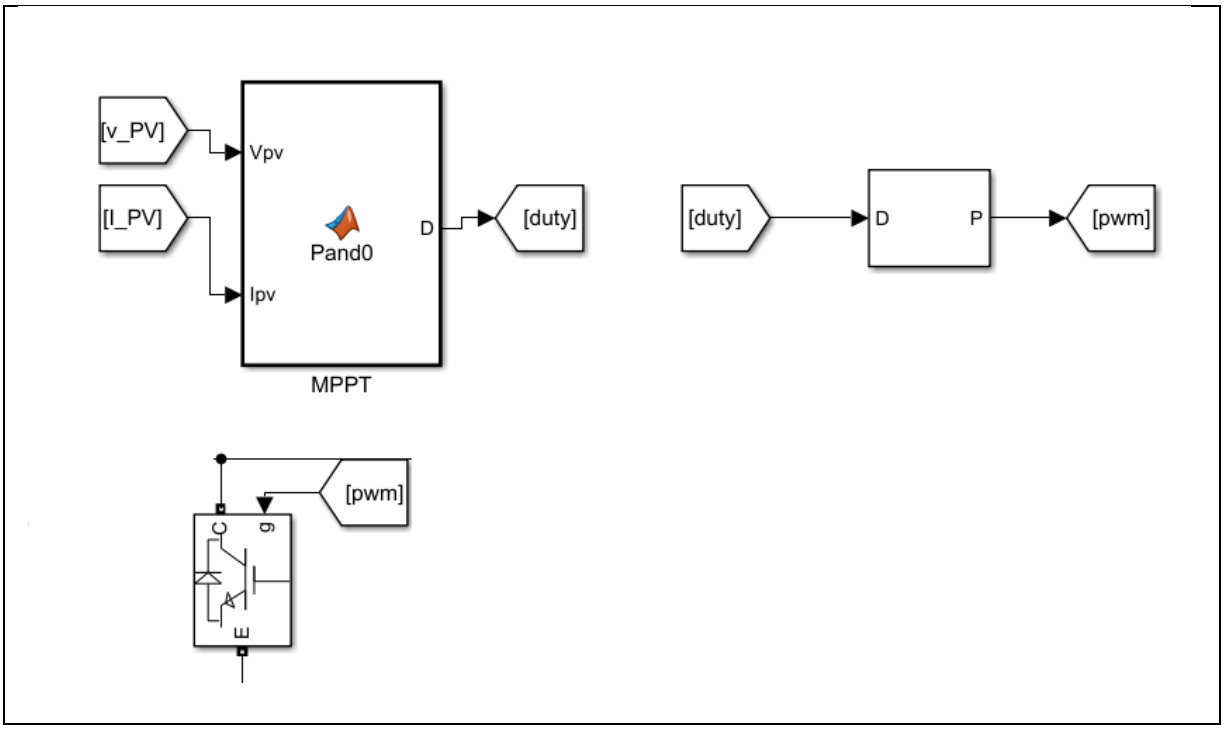
Maksimum güç (W)	337,185
Hücre Sayısı	72
Açık devre gerilimi Voc (V)	49,7
Kısa devre akımı Isc (A)	9,25
Maksimum güç noktasındaki gerilim Vmpp (V)	38,1
Maksimum güç noktasındaki akım Impp (A)	8,85
Açık devre sıcaklık katsayısı (%/ °C)	-0.3269
Kısa devre sıcaklık katsayısı (%/ °C)	0,055103

5.2. Sonuç Verileri

Matlab/Simulink tasarımlarında, PV array elemanına bir inverter devresi eklenmiştir. MGNİ algoritması kullanılan tasarımda IGBT'nin gate girişine algoritmanın çıktısı olan duty değeri, pwm jeneratöründen geçirilerek bağlanmıştır. MGNİ algoritması olmayan tasarımda ise duty verisi olmadığından gate girişine bir darbe modülasyonu eklenmiştir. Çıkışlar gerilim ve akım olarak alınmış, daha sonra product elemanı ile çarpılarak güç verisi elde edilmiştir.



Şekil 5.8. Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız IGBT gate girişi



Şekil 5.9. Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı IGBT gate girişi

MGNİ algoritması olarak P&O algoritması kullanılmıştır. Algoritma tasarımda Matlab Function elemanına eklenerek programa entegre edilmiştir. Function elemanının girişine panelden alınan akım ve gerilim değerleri girilir. Algoritma içerisinde çıkış olan duty verisi, işlenmiş panel akım ve gerilimidir. Şekil 5.10'da P&O algoritmasının kodları verilmiştir.

fv_sistem ▸ MPPT

```
function D = Pand0(Vpv, Ipv)

persistent Dprev Pprev Vprev

if isempty(Dprev)
     Dprev = 0.7;
     Vprev = 190;
     Pprev = 2000;
end

deltaD = 125e-6;

% Calculate measured array power
Ppv = Vpv*Ipv;

% Increase or decrease duty cycle based on conditions
if (Ppv-Pprev) ~= 0
    if (Ppv-Pprev) > 0
        if (Vpv-Vprev) > 0
            D = Dprev - deltaD;
        else
            D = Dprev + deltaD;
        end
     else
         if (Vpv-Vprev) > 0
             D = Dprev + deltaD;
         else
             D = Dprev - deltaD;
         end
     end
else
    D = Dprev;
end

% update internal values
Dprev = D;
Vprev = Vpv;
Pprev = Ppv;
```

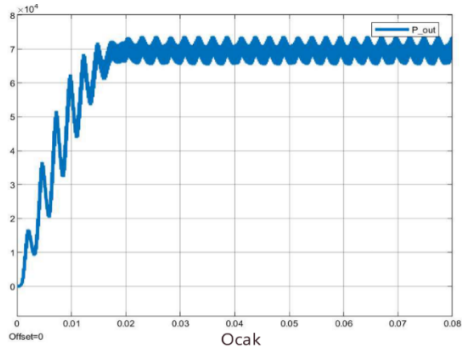
Şekil 5.10. Matlab/Simulink tasarımında kullanılan P&O algoritması [28]

P&O algoritması, MGNİ'lerde kolay uygulanabilmesi nedeniyle en çok kullanılan algoritmalardan biridir. Her koşulda uygun olmasa da MGNİ algoritması kullanılmayan duruma göre oldukça yüksek güç sağlamaktadır.

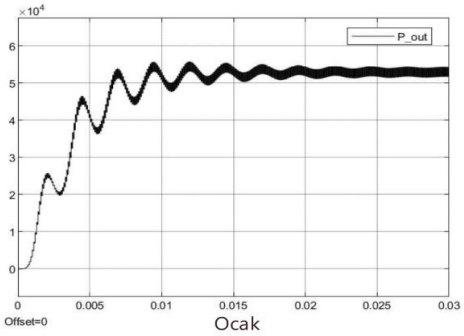
Şekil 5.11,

Şekil 5.12 ve

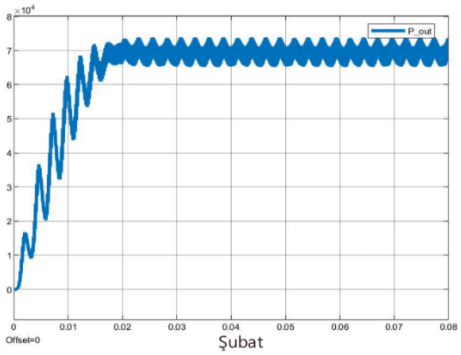
Şekil 5.13'de algoritma kullanılan ve kullanılmayan tasarımların çıkış güç grafikleri verilmiştir.



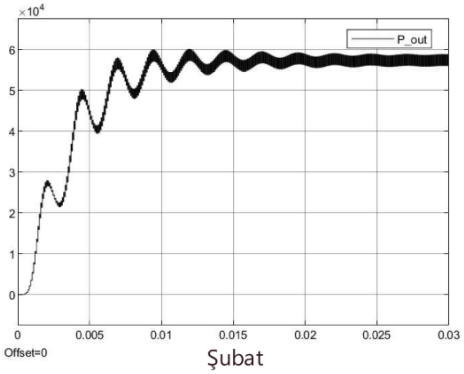
MGNİ Algoritmalı



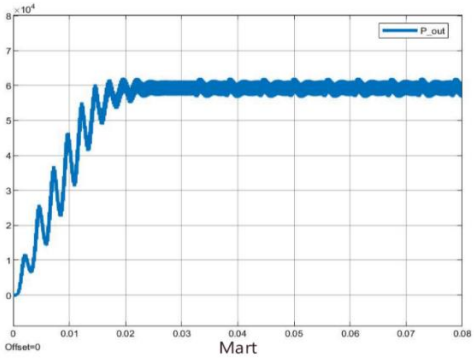
MGNİ Algoritmasız



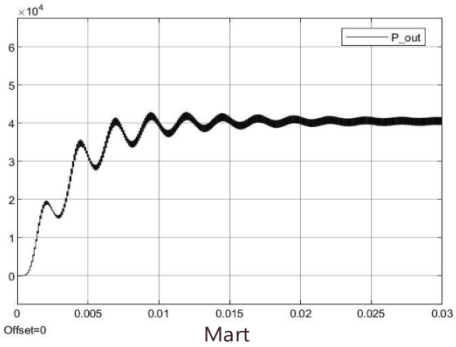
MGNİ Algoritmalı



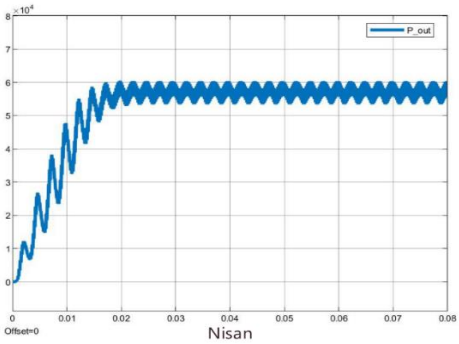
MGNİ Algoritmasız



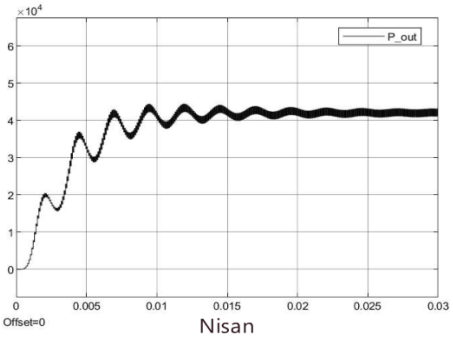
MGNİ Algoritmalı



MGNİ Algoritmasız

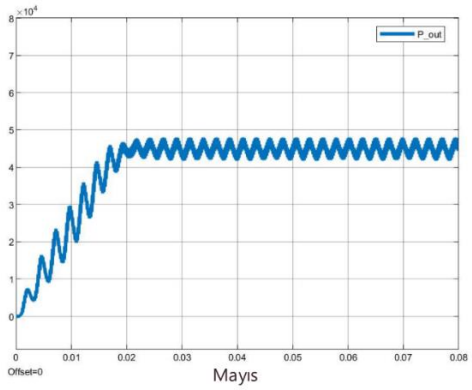


MGNİ Algoritmalı

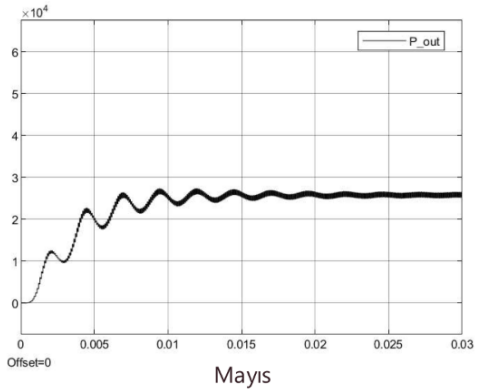


MGNİ Algoritmasız

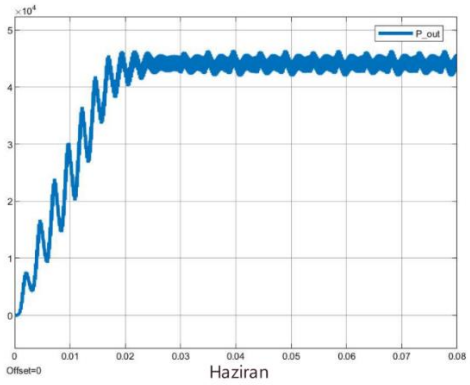
Şekil 5.11. Matlab/Simulink aylık güç grafikleri (Ocak-Nisan)



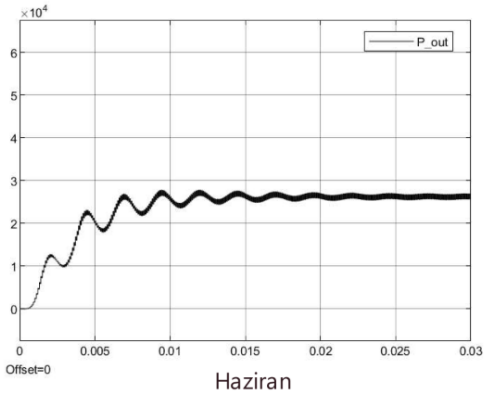
MGNİ Algoritmalı



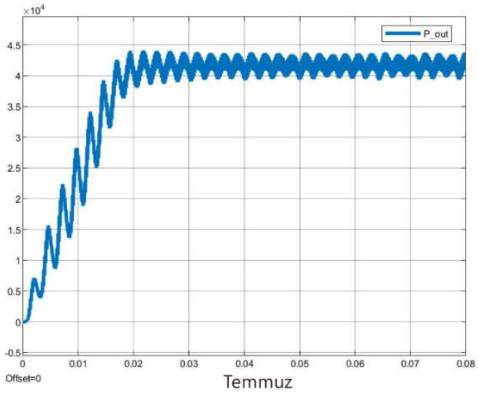
MGNİ Algoritmasız



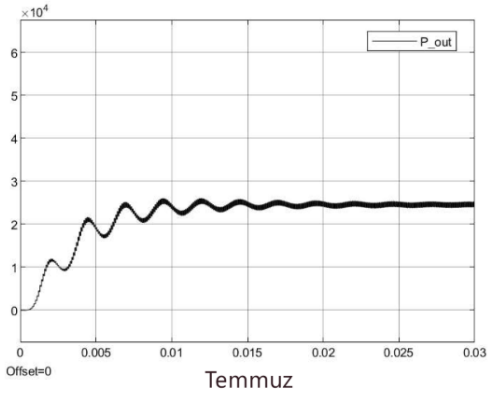
MGNİ Algoritmalı



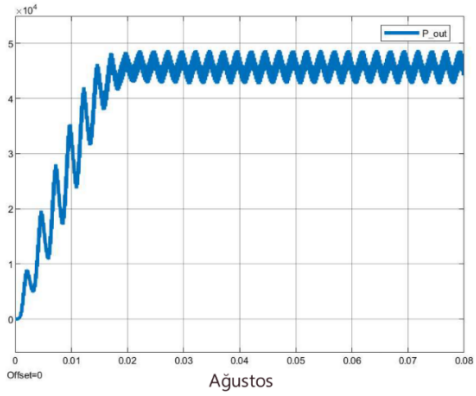
MGNİ Algoritmasız



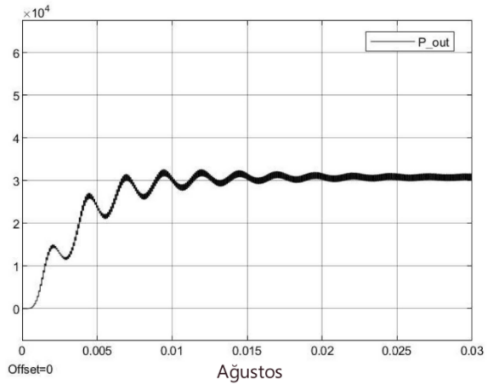
MGNİ Algoritmalı



MGNİ Algoritmasız

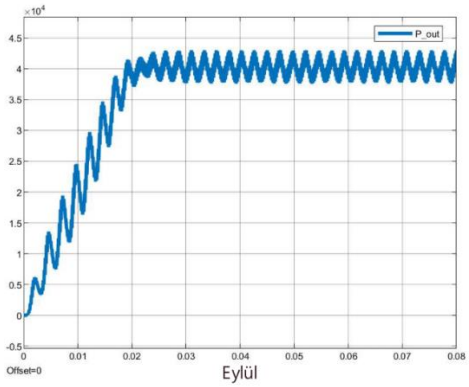


MGNİ Algoritmalı

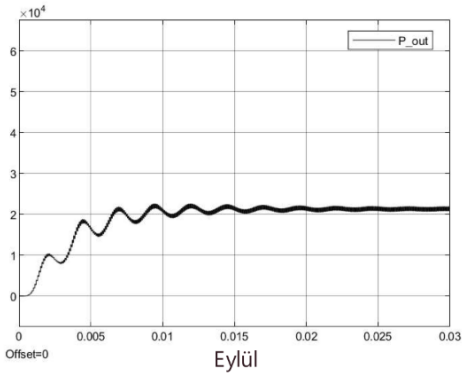


MGNİ Algoritmasız

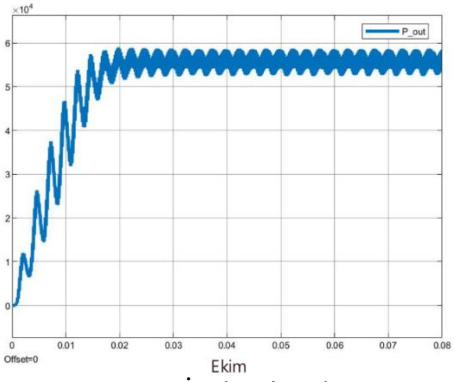
Şekil 5.12. Matlab/Simulink aylık güç grafikleri (Mayıs-Ağustos)



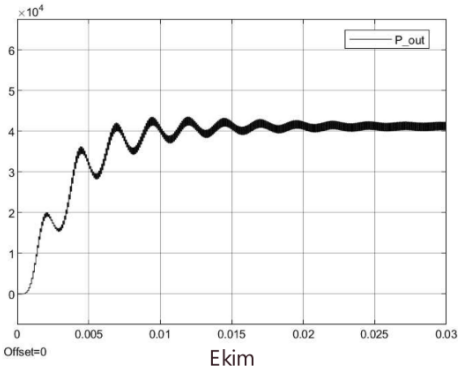
MGNİ Algoritmalı



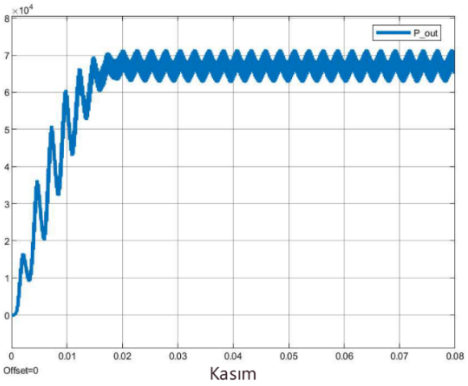
MGNİ Algoritmasız



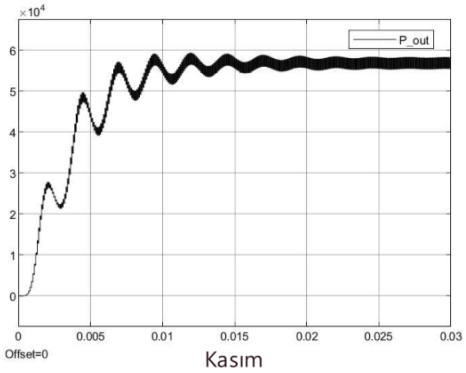
MGNİ Algoritmalı



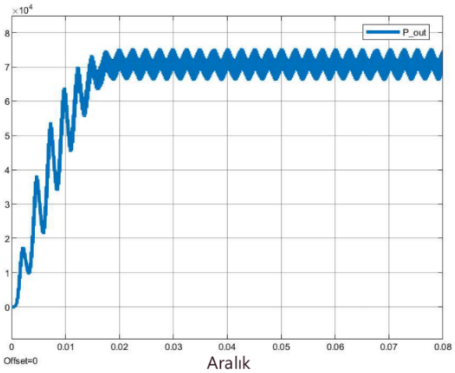
MGNİ Algoritmasız



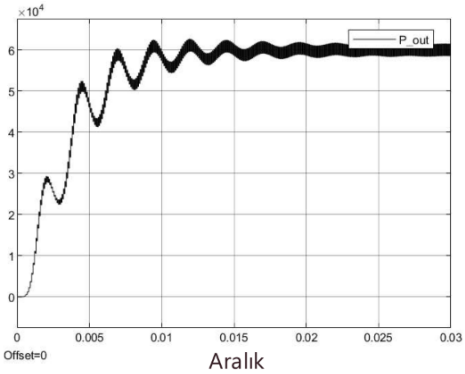
MGNİ Algoritmalı



MGNİ Algoritmasız



MGNİ Algoritmalı



MGNİ Algoritmasız

Şekil 5.13. Matlab/Simulink aylık güç grafikleri (Eylül-Aralık)

PVsyst, çevrimiçi olarak seçilen lokasyonun ışınım, sıcaklık verilerini çekebilmektedir. Aynı veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Enerji Bakanlığı sayfalarından alınmıştır. Bu veriler Matlab/Simulink tasarımlarına manuel olarak eklenmiştir.

Ocak ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 950 W ve ortalama FV sıcaklığı 25,81 °C ve toplam güneşlenme süresi 78 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 5,43 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 5,45 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 4,23 kWh'tir.

Şubat ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 989,66 W ve ortalama FV sıcaklığı 26,68 °C ve toplam güneşlenme süresi 106,4 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 7,55 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 7,59 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 6,25 kWh'tir.

Mart ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 829,41 W ve ortalama FV sıcaklığı 27,38 °C ve toplam güneşlenme süresi 153 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 8,86 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 9,48 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 6,34 kWh'tir.

Nisan ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 840,51 W ve ortalama FV sıcaklığı 37,66 °C ve toplam güneşlenme süresi 195 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 11,02 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 11,61 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 8,34 kWh'tir.

Mayıs ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 656,75 W ve ortalama FV sıcaklığı 39,85 °C ve toplam güneşlenme süresi 252 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 11,13 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 12 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 6,65 kWh'tir.

Haziran ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 660,57 W ve ortalama FV sıcaklığı 46,08 °C ve toplam güneşlenme süresi 300 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 12,76 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 13,93 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 8,06 kWh'tir.

Temmuz ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 637,20 W ve ortalama FV sıcaklığı 50,84 °C ve toplam güneşlenme süresi 336 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 13,34 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 14,1 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 8,44 kWh'tir.

Ağustos ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 713,52 W ve ortalama FV sıcaklığı 52,56 °C ve toplam güneşlenme süresi 318 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 13,89 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 15,38 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 10,03 kWh'tir.

Eylül ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 595,60 W ve ortalama FV sıcaklığı 43,93 °C ve toplam güneşlenme süresi 273 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 10,57 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 11,74 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 5,95 kWh'tir.

Ekim ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 830,85 W ve ortalama FV sıcaklığı 41,03 °C ve toplam güneşlenme süresi 201 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 10,93 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 11,86 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 8,48 kWh'tir.

Kasım ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 983,33 W ve ortalama FV sıcaklığı 32,56 °C ve toplam güneşlenme süresi 138 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 9,36 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 9,85 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 8,03 kWh'tir.

Aralık ayında Ankara ili için aylık ortalama ışınım süresi 1013,33 W ve ortalama FV sıcaklığı 26,43 °C ve toplam güneşlenme süresi 75 saattir. Bu verilerle şebekeye aktarılacak güç; PVsyst için 5,46 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım için 5,65 kWh, Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım için 4,61 kWh'tir.

Tüm bu çıkış verileri incelendiğinde Matlab/Simulink MGNİ algoritması içeren tasarım daha yüksek sonuç sağlamaktadır. MGNİ algoritmalarının değişkenlik göstermesi, ışınım ve güneşlenme sürelerinin daha ön planda olması bu sonuçları beraberinde getirmektedir.

Çizelge 5.3. Aylara göre üretilen enerji miktarı

Kullanılan Program	Ay	Üretilen Enerji (MWh)
PVsyst	Ocak	5,43
Matlab MGNİ Algoritmalı		5,45
Matlab MGNİ Algoritmasız		4,23
PVsyst	Şubat	7,55
Matlab MGNİ Algoritmalı		7,59
Matlab MGNİ Algoritmasız		6,25
PVsyst	Mart	8,86
Matlab MGNİ Algoritmalı		9,48
Matlab MGNİ Algoritmasız		6,34
PVsyst	Nisan	11,02
Matlab MGNİ Algoritmalı		11,61
Matlab MGNİ Algoritmasız		8,34
PVsyst	Mayıs	11,13
Matlab MGNİ Algoritmalı		12
Matlab MGNİ Algoritmasız		6,65

Çizelge 5.3. Aylara göre üretilen enerji miktarı (devamı)

PVsyst	Haziran	12,76
Matlab MGNİ Algoritmalı		13,93
Matlab MGNİ Algoritmasız		8,06
PVsyst	Temmuz	13,34
Matlab MGNİ Algoritmalı		14,1
Matlab MGNİ Algoritmasız		8,44
PVsyst	Ağustos	13,89
Matlab MGNİ Algoritmalı		15,38
Matlab MGNİ Algoritmasız		10,03
PVsyst	Eylül	10,57
Matlab MGNİ Algoritmalı		11,74
Matlab MGNİ Algoritmasız		5,95
PVsyst	Ekim	10,93
Matlab MGNİ Algoritmalı		11,86
Matlab MGNİ Algoritmasız		8,48
PVsyst	Kasım	9,36
Matlab MGNİ Algoritmalı		9,85
Matlab MGNİ Algoritmasız		8,03
PVsyst	Aralık	5,46
Matlab MGNİ Algoritmalı		5,65
Matlab MGNİ Algoritmasız		4,61

Proje özeti

Coğrafi konum	Konum		Proje ayarları	
Ankara	Enlem	39.92 °N	Albedo	0.20
Türkiye	Boylam	32.85 °E		
	Rakım	859 m		
	Saat dilimi	UTC+3		

Hava durumu verileri
Ankara
PVGIS api TMY

Sistem özeti

Şebekeye bağlı sistem — **3B sahne tanımlanmadı, gölgelemesiz**

Kolektör düzleminin yönlendirmesi		Yakın gölgelemeler	Kullanıcı ihtiyaçları
Sabit düzlem		Gölgelemesiz	Sınırsız yükleme (şebeke)
Eğim/Azimut	40 / 0 °		

Sistem bilgisi

PV alanı		İnvertör	
Modül sayısı	216 birim	Öğe sayısı	1 Birim
Toplam nom. güç	75.6 kWp	Toplam nom. güç	70.0 kWac
		Nom. güç oranı	1.080

Sonuçların özeti

Üretilen enerji	120.3 MWh/yıl	Üretilebilir	1591 kWh/kWp/yıl	Perf. oranı PR	85.45 %

Şekil 5.14. PVsyst proje, sistem ve sonuçların özeti

Şekil 5.14’de PVsyst ile tasarlanan projenin özet verileri gösterilmektedir. Bu veriler PVsyst raporunun ikinci sayfasında yer almaktadır. Seçilen coğrafi konum Ankara’da belirlenen koordinatlara göre hava durumu, ışınım verileri online olarak çekilmektedir. Panel eğimleri 40°’dir. Yıllık üretilen enerji 120,3 MWh, performans oranı %85,45’tir.

Genel parametreler

Şebekeye bağlı sistem		**3B sahne tanımlanmadı, gölgelemesiz**			
Kolektör düzleminin yönlendirmesi					
Yönlendirme		**Dizi ayarları**		**Kullanılan modeller**	
Sabit düzlem				Transpozisyon	Perez
Eğim/Azimut	40 / 0 °			Difüz	İndirildi
				Circumsolar	ayrı
Ufuk		**Yakın gölgelemeler**		**Kullanıcı ihtiyaçları**	
Ufuk tanımlanmadı		Gölgelemesiz		Sınırsız yükleme (şebeke)	

Kolektör alanının özellikleri

PV modül		**İnvertör**	
Üretici	CSUN Solar	Üretici	Huawei Technologies
Model	CSUN 350-72M	Model	SUN2000-70KTL-INMO
(Orijinal PVsyst veritabanı)		(Orijinal PVsyst veritabanı)	
birim gücü	350 Wp	birim gücü	70.0 kWac
PV modül sayısı	216 birim	İnvertör sayısı	1 adet
Nominal (STC)	75.6 kWp	Toplam güç	70.0 kWac
Modül	12 Zincir x 18 Seri	Çalışma gerilimi	200-1000 V
İşletme şartlarında (50°C)		Nom. güç oranı (DC:AC)	1.08
Pmpp	68.0 kWp		
U mpp	627 V		
I mpp	108 A		
Total PV gücü		**İnvertör toplam gücü**	
Nominal (STC)	76 kWp	Toplam güç	70 kWac
Toplam	216 modül	İnvertör sayısı	1 Birim
Modül yüzeyi	418 m²	Nom. güç oranı	1.08

Dizi kayıpları

Termal kayıp faktörü		**DC kablolama kaybı**		**Modül kalite kaybı**	
Işınıma göre modül sıcaklığı		Global alan direnci	97 mΩ	Kayıp oranı	-0.8 %
Uc (sabit)	20.0 W/m²K	Kayıp oranı	1.5 STC'de%		
Uv (rüzgar)	0.0 W/m²K/m/s				
Modül uyumsuzluk kaybı		**Dizi uyumsuzluk kaybı**		**IAM kayıp faktörü**	
Kayıp oranı	2.0 MPP'de%	Kayıp oranı	0.1 %	ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosi -1)	
				bo param.	0.05

Şekil 5.15. PVsyst genel parametreler, kolektör alanı özellikleri ve dizi kayıpları

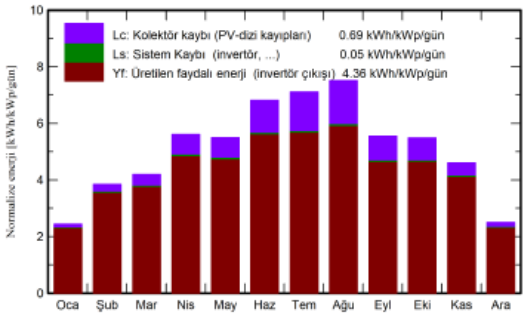
Şekil 5.15'e göre toplanma alanının bilgileri verilmiştir. Yine PVsyst sonuç raporu içinde olan bu sayfada panel marka ve çalışma değerleri, inverter marka ve çalışma değeri verilmiştir. Ayrıca şebekeye aktarılacak gücün daha net bulunabilmesi için termal kayıp faktörü, DC kablolama kaybı, modül kalite kaybı, modül uyumsuzluk kaybı, dizi uyumsuzluk kaybı ve IAM kayıp faktörü olarak dizi kayıpları hesaplanmıştır.

Genel sonuçlar

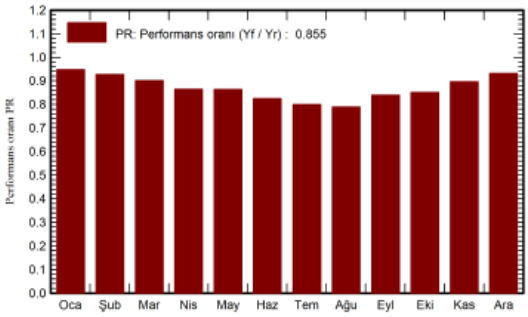
Sistem üretimi

Üretilen enerji	120.3 MWh/yıl	Üretilebilir	1591 kWh/kWp/yıl
		Performans oranı PR	85.45 %

Normalize üretim (kWp başı)



Performans oranı PR



Bilanço ve genel sonuçlar

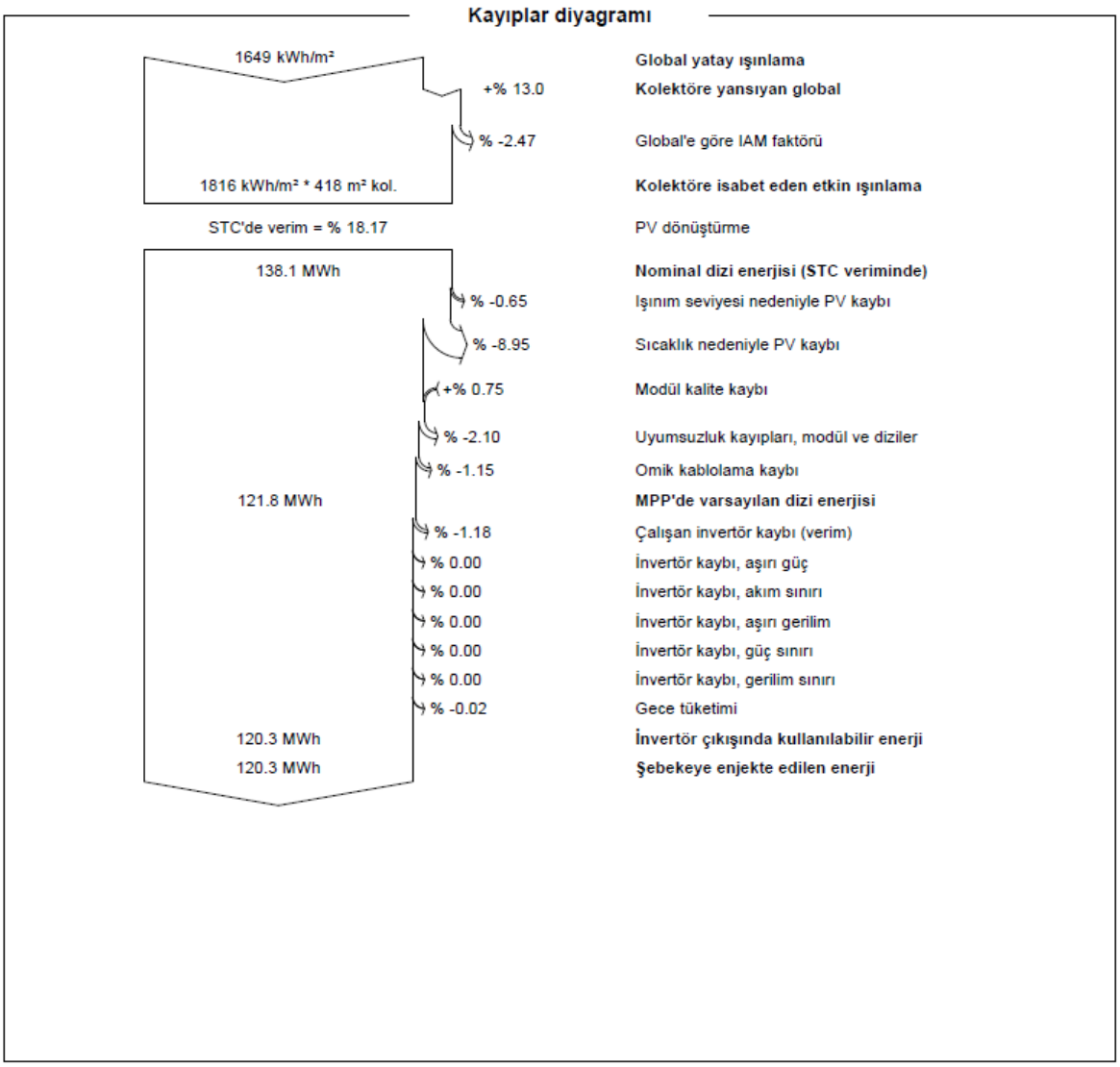
	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR oran
Ocak	51.1	33.76	0.81	75.8	74.1	5.51	5.43	0.948
Şubat	75.0	38.76	1.68	107.6	105.3	7.64	7.55	0.928
Mart	110.4	52.19	2.38	130.0	126.9	8.97	8.86	0.901
Nisan	159.7	73.13	12.66	168.5	163.9	11.16	11.02	0.865
Mayıs	179.6	82.58	14.85	170.5	165.5	11.27	11.13	0.863
Haziran	227.4	69.29	21.08	204.5	198.2	12.91	12.76	0.825
Temmuz	237.5	65.52	25.84	220.5	214.1	13.50	13.34	0.800
Ağustos	223.2	54.29	27.46	232.8	226.9	14.05	13.89	0.789
Eylül	140.3	53.77	18.93	166.4	162.6	10.70	10.57	0.841
Ekim	117.6	42.17	16.03	170.0	167.0	11.06	10.93	0.851
Kasım	79.4	28.11	7.56	138.2	135.7	9.47	9.36	0.896
Aralık	47.4	26.47	1.43	77.5	76.0	5.54	5.46	0.932
Yıl	1648.6	620.05	12.62	1862.2	1816.2	121.77	120.31	0.855

Açıklama

GlobHor	Global yatay ışınlama	EArray	Dizinin çıkışında etkin enerji
DiffHor	Yatay difüz ışınlama	E_Grid	Şebekeye enjekte edilen enerji
T_Amb	Çevre sıcaklığı	PR	Performans oranı
GlobInc	Kolektöre yansıyan global		
GlobEff	IAM ve gölgeleme için düzeltilmiş etkin Global		

Şekil 5.16. PVsyst genel sonuçlar

Şekil 5.16. PVsyst'in kullandığı bazı veriler ve çıkış güçleri verilmiştir. Çevre sıcaklığı ışınlanma değerleri kullanılan veriler; dizinin çıkış gücü, şebekeye enjekte edilen enerji çıkış verileridir.



Şekil 5.17. PVsyst kayıplar diyagramı

Kayıplar diyagramı, sistem elemanlarının oluşturduğu kayıp faktörlerini göstermektedir. Kayıplar olmaksızın şebekeye aktarılan enerji 138,1 MWh iken kayıplar sonrası 120,3 MWh olmaktadır. Kayıpların oluşma sebepleri çeşitlidir. Elemanların üretildiği malzeme tipinden, sıcaklık ve ışınım değerlerinin değişkenliğine kadar birçok sebebi vardır. Bu projede, ışınım seviyesi nedeniyle FV kaybı, sıcaklık nedeniyle FV kaybı, modül kalite kaybı, modül ve dizilerde uyumsuzluk kayıpları, omik kablolama kaybı, çalışan inverter kaybı ve gece tüketimi kayıpları belirlenmiştir.

CO_2 emisyon bilançosu

Toplam: 1394.5 tCO_2

Üretilen emisyonlar

Toplam: 136.85 tCO_2

Kaynak: Aşağıdaki tablodan ayrıntılı hesaplama:

Önlenen emisyon

Toplam: 1764.9 tCO_2

Sistem üretimi 120.31 MWh/yıl

Şebeke enerjisine bağlı emisyonlar: 489 gCO_2/kWh

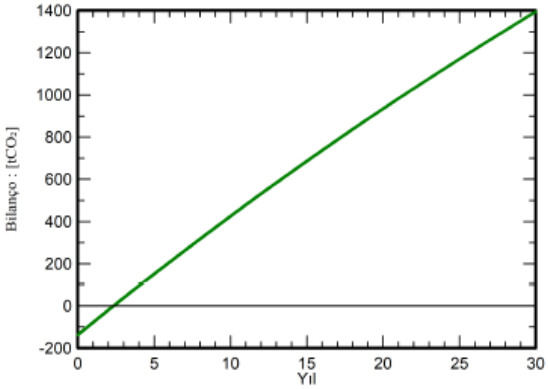
Kaynak: IEA listesi

Ülke: Turkey

Sistem ömrü: 30 yıl

Yıllık degradasyon: 1.0 %

Zaman içinde CO_2 tasarrufu



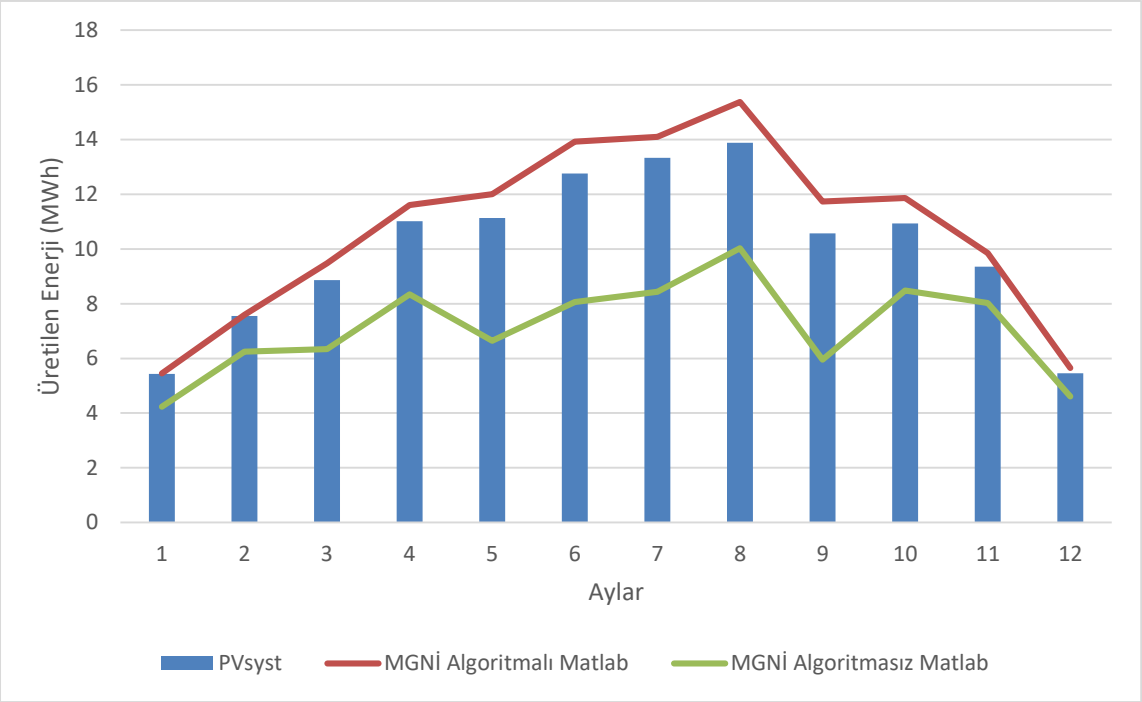
Sistem yaşamında emisyon ayrıntıları

Öğe	LCE	Miktar	Alt toplam
			[$kgCO_2$]
Modül	1713 kgCO2/kWp	75.6 kWp	129482
Destekler	3.26 kgCO2/kg	2160 kg	7045
İnvertör	323 kgCO2/	1.00	323

Şekil 5.18. PVsyst CO_2 emisyon bilançosu

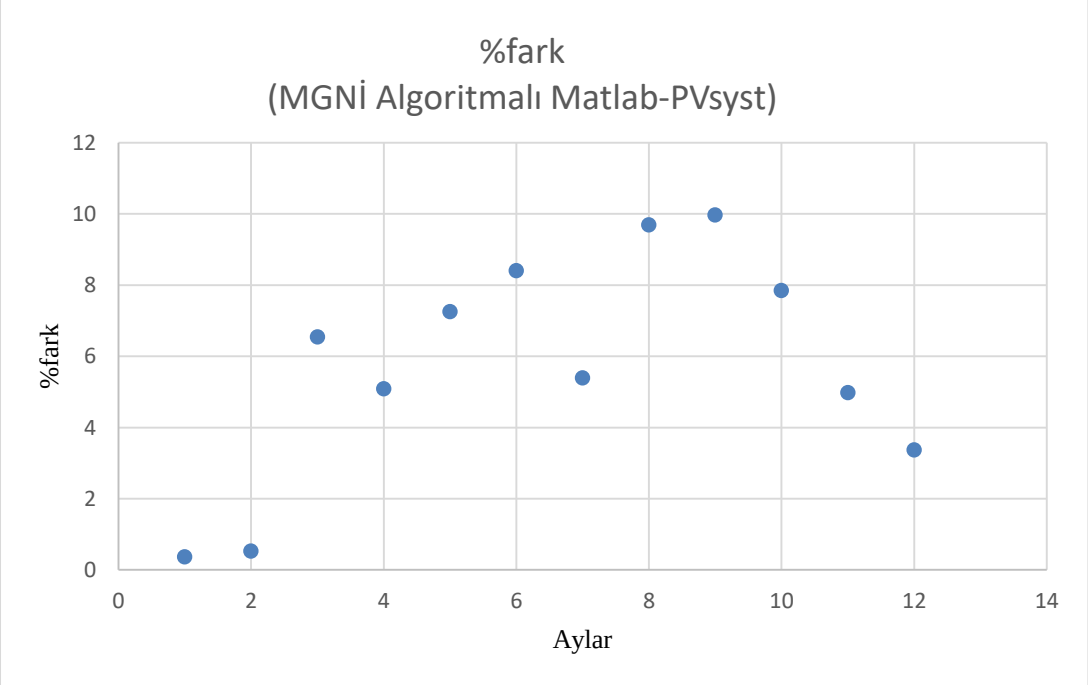
Özellikle

Şekil 5.18'da görüldüğü üzere, CO_2 emisyonunun düşük olması, güneş enerjisinin kullanımını yaygınlaştıran önemli nedenlerden birisidir.



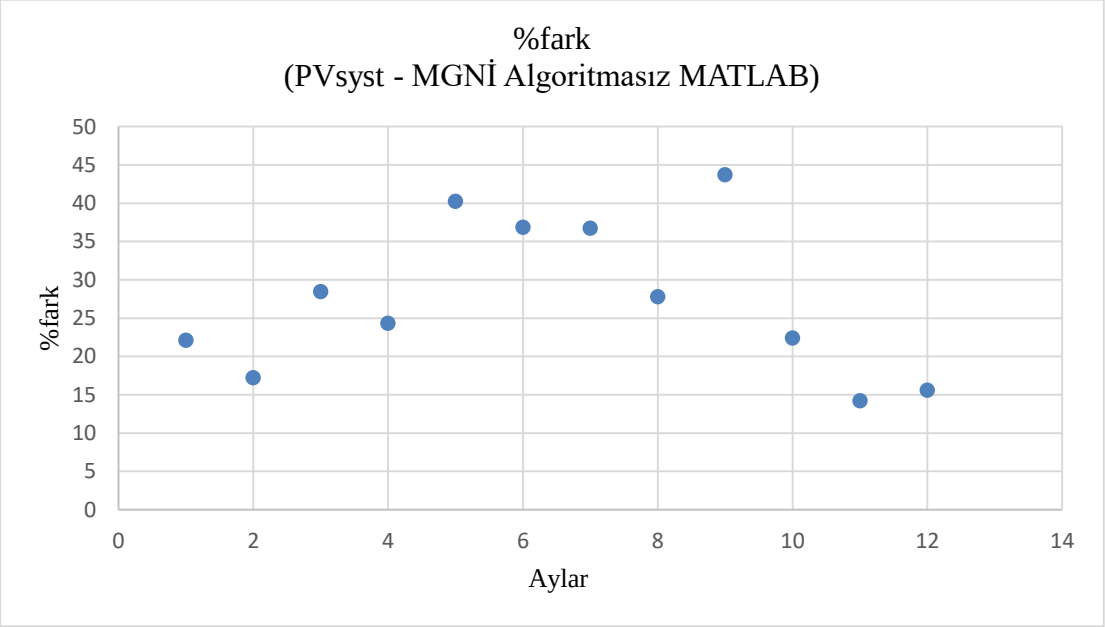
Şekil 5.19. Kullanılan programlara göre aylık üretilen enerji grafiği

Yapılan tasarımların sonucunda, Matlab/Simulink MGNİ algoritması içeren tasarımın çıkış verileri PVsyst ve algoritmasız tasarımdan daha yüksektir. MGNİ algoritması olmayan tasarımın çıkış verileri oldukça düşüktür. Bu durum gösteriyor ki, daha etkili algoritmalar kullanılarak çıkış gücünün arttırılabilir.



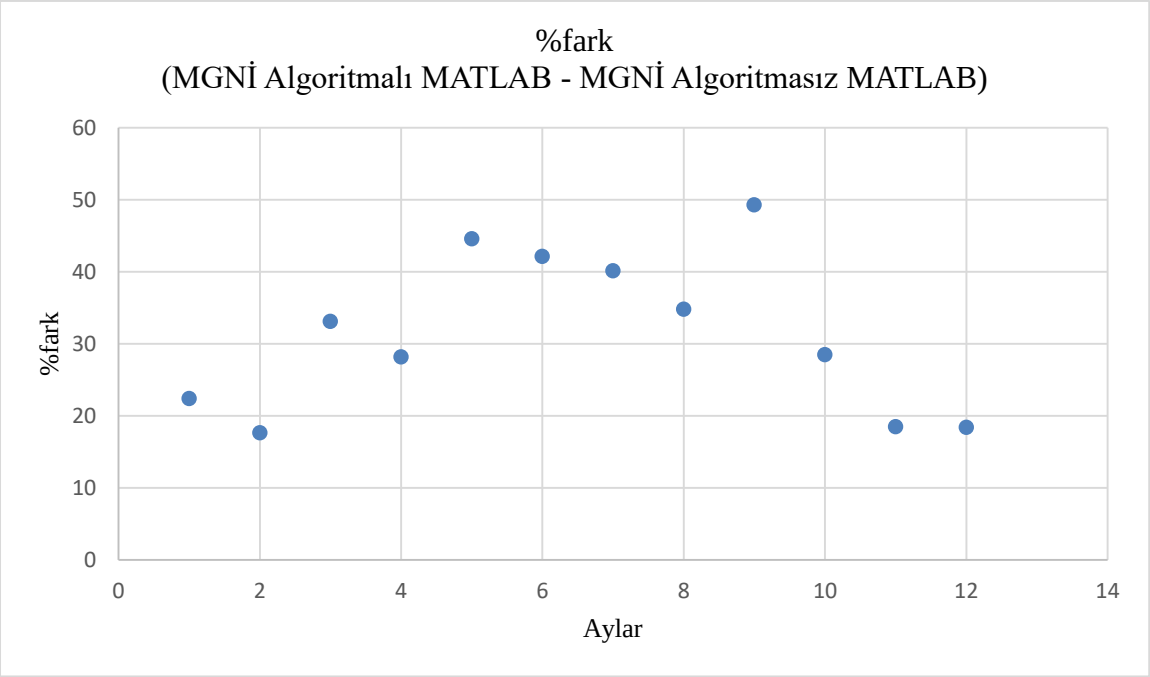
Şekil 5.20. PVsyst ve Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarım yüzde fark grafiği

Şekil 5.20'de verilen MGNİ algoritmalı Matlab/Simulink tasarımının PVsyst tasarımına göre yüzde farklarıdır. Bu farklar; ocak ayında %0,37, şubat ayında %0,53, mart ayında %6,54, nisan ayında %5,08, mayıs ayında %7,25 haziran ayında %8,40, temmuz ayında %5,39, ağustos ayında %9,69, eylül ayında %9,96, ekim ayında %7,84, kasım ayında %4,97 ve aralık ayında %3,36 olarak hesaplanmıştır. En yüksek fark eylül ayına aitken, en düşük fark ocak ayına aittir. Bu farkların değişken olmasının sebebi ışınım ve sıcaklık değerlerini programların farklı işlemesidir.



Şekil 5.21. PVsyst ve Matlab/Simulink MGNİ algoritmasız tasarım yüzde fark grafiği

Şekil 5.21'de verilen PVsyst tasarımının MGNİ algoritmasız Matlab/Simulink tasarımına göre yüzde farklarıdır. Bu farklar; ocak ayında %22,1, şubat ayında %17,22, mart ayında %28,44, nisan ayında %24,32, mayıs ayında %40,25 haziran ayında %36,83, temmuz ayında %36,73, ağustos ayında %27,79, eylül ayında %43,71, ekim ayında %22,41, kasım ayında %14,21 ve aralık ayında %15,58 olarak hesaplanmıştır. En yüksek fark eylül ayına aitken, en düşük fark kasım ayına aittir. Bu farkların değişken olmasının başlıca sebebi, PVsyst içerisindeki inverterde MGNİ'nin olmasıdır. Bu sayede PVsyst, sistemi daha yüksek güç seviyesinde çalıştırabilmektedir.



Şekil 5.22. Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı ve algoritmasız tasarım yüzde fark grafiği

Şekil 5.22'de verilen MGNİ algoritmasız Matlab/Simulink tasarımının MGNİ algoritmalı Matlab/Simulink tasarımına göre yüzde farklarıdır. Bu farklar; ocak ayında %22,38, şubat ayında %17,65, mart ayında %33,12, nisan ayında %28,16, mayıs ayında %44,58 haziran ayında %42,14, temmuz ayında %40,14, ağustos ayında %34,78, eylül ayında %49,32, ekim ayında %28,5, kasım ayında %18,48 ve aralık ayında %18,41 olarak hesaplanmıştır. En yüksek fark eylül ayına aitken, en düşük fark şubat ayına aittir. Bu farkların değişken olmasının sebebi MGNİ algoritmasıdır. MGNİ algoritmalarının değişken olmaları aradaki farkların da değişken olması anlamına gelmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Ankara iline ait ışınım, sıcaklık, güneşlenme süresi verileri kullanılarak, 75 kW kurulu güce sahip bir Ges iki farklı program olan PVsyst ve Matlab/Simulink ile tasarlanmıştır. Matlab/Simulink'te MGNİ algoritması kullanılan ve MGNİ algoritması kullanılmayan iki tasarım yapılmıştır. Çıkış verileri birbirleriyle karşılaştırılarak hangi konuda avantajlı veya dezavantajlı oldukları belirlenmiştir.

Her bir tasarımda üretilen en yüksek enerji ağustos ayında, en düşük enerji ise ocak ayında sağlamaktadır. Özellikle güneşlenme süresinin yüksek olduğu mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında Matlab/Simulink MGNİ algoritmalı tasarımla ürettilen enerji PVsyst'e göre çok daha yüksek çıkmaktadır. Diğer aylarda güneşlenme süresi kısaldığından aradaki fark azalmaktadır. Eylül ayı dikkate alındığında, MGNİ algoritması olmayan Matlab/Simulink tasarımı ışınım ve sıcaklığın düşük olması nedeniyle en düşük enerji değerine sahiptir.

Çizelge 6.1. Programlara göre yıllık üretim miktarları

Kullanılan Program	Ay	Üretilen Enerji (MWh)
PVsyst	Yıllık	120,31
Matlab MGNİ Algoritmalı		128,62
Matlab MGNİ Algoritmasız		85,45

Yıllık olarak yüzde farklar ; MGNİ Algoritmalı Matlab/Simulink ile PVsyst tasarımı arasında %6,46, MGNİ Algoritmasız Matlab/Simulink ile PVsyst tasarımı arasında %28,97 ve MGNİ Algoritmalı Matlab/Simulink ile MGNİ Algoritmasız Matlab/Simulink tasarımı arasında %33,56'dır.

PVsyst çıkış verilerini bir rapor hazırlayarak sunar. Matlab/Simulink çıkış verilerini, scope, display gibi kullanılan elemanlarla sunar.

PVsyst; tasarımın kolay olması, içerisinde lokasyona ait verileri bulundurması, enerji üretiminin yanında ekonomik fizibilite yapabilmesi, panel ve inverterlerin hazır bir şekilde olması nedenleriyle ticari amaçlarla kullanıma daha uygundur. Aynı zamanda hayata geçirilebilecek türden bir üç boyutlu tasarım yapabilmektedir. Tüm tasarımın yapılmasını, hesaplanmasını sağlamaktadır.

Matlab/Simulink; panel verileri hazır ancak ışınım ve sıcaklık değerlerinin manuel eklenmesi, inverter devresinin ayrıca tasarlanması, tüm giriş verilerinin yine manuel eklenmesi gibi nedenlerle daha karmaşık bir programdır. İnverter devresinin kullanıcı tarafından tasarlanabilmesi, MGNİ algoritması kullanımı ile yüksek çıkış alınmasını sağlamaktadır. MGNİ algoritmalarının değişkenlik göstermesi, istenilen düzeyde tasarım yapılabilmesini sağlamaktadır. Panel yerleşimi gibi tasarımları yapamaz yalnızca hesaplama işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Bu durum ticari amaçlar için uygun olmaması ancak araştırma ve geliştirme çalışmalarında oldukça etkili olması sonucunu getirmektedir.

Pvsyst, bir GES'in üç boyutlu tasarımı, coğrafi konuma ait verilerin hali hazırda olması, kayıpları hesaplaması gibi nedenlerle ticari amaçlar için daha uygundur. Matlab/Simulink'in en büyük avantajı ise istenen değerlerde inverter, panel tasarımının yapılabilmesi ve MGNİ algoritmalarının çeşitlendirilebilmesidir.

Güneş enerji sistemleri yaygınlaştıkça, olumsuz hava ve çevre şartlarında kullanımına yönelik çalışmalar artmıştır. Bu çalışma ile anlaşılmıştır ki Matlab/Simulink güneş enerji sistemlerinde kullanılan MGNİ algoritmaları çeşitlendirilmesi ile verimin yükselmesi sağlanabilir.

PVsyst içerisinde bulunan MGNİ'nin kontrol edilememesi bir dezavantaj oluşturmaktadır. Bu konuda da bir takım çalışmalar yapılmalıdır.

MGNİ algoritması olarak bu çalışmada P&O algoritması kullanılmıştır. Farklı algoritmalar ile alınan sonuçlar karşılaştırılabilir. Meta-sezgisel algoritmalar ile MGN önemli düzeyde arttırılabilir.

KAYNAKÇA

1. Khan, M. A. (2022) "Experimental and simulation analysis of grid-connected rooftop photovoltaic system for a large-scale facility," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, (53), 102-773.

2. İnternet: Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Güneş Enerjisi. URL: https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes Son erişim tarihi 18.09.2022.

3. İnternet: GEPA Atlası: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. URL: https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/ Son erişim tarihi: 16.09.2022,

4. Breeze, P. (2014). *Power Generation Technologies*, (2. Baskı). Consultant, UK: Newnes Yayınevi, 259-286.

5. Towler, B. F. (2014).. *The Future of Energy*, (1. Baskı). Brisbane, Avustralya: Akademic Press Yayınevi, 161-185.

6. Denholm, P. D. (2010). *Generating Electricity in a Carbon-Constrained World*, (1. Baskı). Brisbane, Avustralya: Akademic Press Yayınevi, 271-302.

7. Şahin, M., & Okumuş, H. (2013). Güneş Pili Modülünün Matlab/Simulink ile Modellenmesi ve Simülasyonu. *EMO Bilimsel Dergi*, 3(5), 17-25.

8. Yiğit, A. , Arslanoğlu, N. & Eker, B. S. (2019). Fotovoltaik Sistemlerin Projelendirme, Kurulum ve İşletilmesinde Önemli Faktörler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(3), 483-490.

9. Mubarak, R., Luiz, E. W., Seckmeyer, G. (2019). Why PV modules should preferably no longer be oriented to the south in the near future. *Energies*, 12(23), 28-45.

10. Sefa, I., & Altin, N. (2009). Grid interactive photovoltaic inverters - A review . *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 24(3), 409-424.

11. Selamoğulları, U. S. (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Sahip Bir Evin Talep Karakteristiğine Uygun Bir İnverter Tasarımının İncelenmesi. *Journal of Polytechnic*.23(2), 427-433.

12. TAEK. (1998). Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği. *Resmi Gazete*.

13. Avila, L., de Paula, M., Trimboli, M., Carlucho, I. (2020). Deep reinforcement learning approach for MPPT control of partially shaded PV systems in Smart Grids. *Applied Soft Computing*, 9(7), 1-14.

14. Noguchi, T., Togashi, S., Nakamoto, R. (2002). Short-current pulse-based maximum-power-point tracking method for multiple photovoltaic-and-converter module system. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 49(1), 217-223.

15. Kumar, V., Bindal, R. K. (2023). MPPT technique used with perturb and observe to enhance the efficiency of a photovoltaic system. *Materials Today: Proceedings*. 2(89), 1-4.

16. Bollipo, R. B., Mikkili, S., Bonthagorla, P. K. (2021). Hybrid, optimal, intelligent and classical PV MPPT techniques: A review. *CSEE Journal of Power and Energy Systems* 7(1), 9-33.

17. Akcan, E. K. (2020). PVsyst Yazılımı İle 30 Kw Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu. *European Journal of Science and Technology* 1(18), 248-261.

18. Ceylan, O., & Taşdelen, K. (2018). Investigation of TheAccuracy of Photovoltaic Programs Simulation Resultsfor Isparta City. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, *18*(3), 895-903.

19. Kumar Vashishtha, V., Yadav, A., Kumar, A., & Kumar Shukla, V. (2022). An overview of software tools for the photovoltaic industry. *Materials Today: Proceedings*, 1(64), 1450–1454.

20. Khatib, T., Mohamed, A., & Sopian, K. (2012). A software tool for optimal sizing of PV systems in Malaysia. *Modelling and Simulation in Engineering*, 2012(13), 1-11.

21. İnternet: PVsyst team: PVsyst. URL: https://www.pvsyst.com/pvsyst-team/ Son Erişim Tarihi: 09.10.2022.

22. Baqir, M., & Channi, H. K. (2022). Analysis and design of solar PV system using Pvsyst software. *Materials Today: Proceedings*, 1(48), 1332–1338.

23. Shrivastava, A., Sharma, R., Kumar Saxena, M., Shanmugasundaram, V., Lal Rinawa, M., & Ankit. (2021). Solar energy capacity assessment and performance evaluation of a standalone PV system using PVSYST. *Materials Today: Proceedings*. 12(13), 2384-2390.

24. İnternet: About Mathworks: Mathworks. URL: *https://www.mathworks.com/company.html?s_tid=hp_ff_a_company* Son erişim tarihi: 10.10.2022.

25. Reddy, G. S., Reddy, T. B., & Kumar, M. V. (2017). A MATLAB based PV Module Models analysis under Conditions of Nonuniform Irradiance. *Energy Procedia*, 117(2017), 974-983.

26. Banik, A., Shrivastava, A., Manohar Potdar, R., Kumar Jain, S., Gopal Nagpure, S., & Soni, M. (2021). Design, Modelling, and Analysis of Novel Solar PV System using MATLAB. *Materials Today: Proceedings*, 51(1), 756-763.

27. Aladağ, İ. (2017) *Matlab/Simulink Programı Kullanılarak Örnek Bir Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi.

28. İnternet: Add Ons: Mathworks. URL: https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/39641-perturb-and-observe-p-o-algorithm-for-pv-mppt Son erişim tarihi 19.12.2022

Gazili olmak ayrıcalıktır