T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRIK-ELEKTRONIK MÜHENDISLIĞI ANA BILIM DALI

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN UYARLANABİLİR NÖRO BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI TAKİP ALGORİTMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ

MUHAMMAD ANAS MOSTAFA ELMABROUK

YÜKSEK LISANS TEZI

PROF. DR. AYBABA HANÇERLİOĞULLARI

ARALIK - 2021
KASTAMONU

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıcatez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Muhammad Anas Mostafa Elmabrouk

ÖZET

YÜKSEK LISANS TEZI

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN UYARLANABİLİR NÖRO BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEME ALGORİTMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ

MUHAMMAD ANAS MOSTAFA ELMABROUK

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRIK-ELEKTRONIK MÜHENDISLIĞI ANA BILIM DALI

DANIŞMAN:PROF. DR. AYBABA HANÇERLİOĞULLARI

Bu tezde maksimum güç noktası takibi MPPT ve DC-DC yükseltici dönüştürücü sunulmaktadır. Bu tasarım, bulanıklığın, maksimum güç noktası izleme algoritmasının performansını aşmasına uygun olan performans gereksinimlerini karşılar. Güneş pili, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılan güneş fotovoltaik sisteminde PV temel eleman olarak kabul edilir. Güneş pilinin performansı, çevreye ve güneşin sıcaklığı ve ışınımı gibi hava koşullarına bağlıdır. Bu faktörler doğada değişkendir. Normal koşulların etkisi altında, fotovoltaik benzersiz maksimum çalışma noktası üretir. PV optimum noktalarda çalıştığında yükte maksimum verim elde edilebilir. PV sisteminden yüksek verim elde etmek için MPPT kullanılabilir. MPPT şarj kontrol tekniği, DC yükü ile PV modülü arasındaki koşullandırma sisteminin bir parçası olarak kullanılmalıdır. MPPT, PV'den gelen değişken DC elektrik enerjisini sabit DC'ye dönüştürmek ve PV modülünden gelen maksimum gücü izlemek için kullanılır. Maksimum güç noktası, ışınlama seviyesi ve sıcaklık değiştiğinde dalgalanır. Bu nedenle MPPT, DC-DC dönüştürücünün görev döngüsünü değiştirerek yük ve pil arasındaki empedansı eşleştirmek için kullanıldı.

ANAHTAR KELİMELER: Maksimum Güç Noktası İzleme Algoritması, Uyarlanabilir Nöro Bulanık Çıkarım Sistemi, Güneş Enerjisi Sistemleri

Aralık 2021, 38 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

IMPROVEMENT OF MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHM WITH ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS

MUHAMMAD ANAS MOSTAFA ELMABROUK

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING
SUPERVISOR:PROF. DR. AYBABA HANCERLİOGULLARI

In this thesis, maximum power point tracking MPPT and DC-DC boost converter is presented. This design meet performance requirements, where fuzzy are suitable to surpass the performance of maximum power point tracking algorithm. Solar cell is considered as the basic element in solar photovoltaic system which is used to convert the sunlight into electrical energy. The performance of the solar cell depends on the environment and the weather conditions such as temperature and irradiation of the sun. These factors are fluctuating in the nature. Under the effect of the normal conditions, the photovoltaic produces unique maximum operating point. Maximum efficiency at load can be achieved when solar PV operates in optimum points. In order to achieve high efficiency from the solar PV system, MPPT can be used to obtain high efficiency. MPPT charge control technique should be utilized as a part of conditioning system between the DC load and PV module. MPPT is used to convert the incoming variable DC electrical energy from the solar PV into fixed DC and track the maximum power from the solar PV module. The maximum power point is fluctuating when the irradiation level and temperature are varied. For this reason, MPPT used to match the impedance between the load and the battery by changing duty cycle of the DC-DC converter.

KEYWORDS: Maximum Power Point Tracking Algorithm, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, Solar Energy Systems

December 2021, 38 Page

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamı yönlendiren, çalışmalarım boyunca yol gösterici ve destekleyici olan danışmanım Prof. Dr. Aybaba HANÇERLİOĞULLARI'na minnettarlığımı belirtmek istiyorum. Görüş ve önerileri ile tez çalışmama destek veren Tez İzleme Komitesi üyelerine, çalışmalarımda bana yardımcı oldukları için arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Muhammad Anas Mostafa Elmabrouk

Kastamonu, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **ix**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **x**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Amaç ve Özgünlük 6
1.2 Önerme 7
1.3 Tezin Düzenlenmesi 7
2. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ VE LİTERATÜR TARAMASI **8**
2.1 Arka Plan 8
2.2 Fotovoltaik Etki 9
2.2.1 Foton Emilimi 9
2.2.2 PV Hücre 10
2.3 Fotovaoltaik Model 12
2.4 PV Hücre Malzeme Türleri 13
2.5 PV Hücre Modellemesi 13
3. FOTOVOLTAİK SİSTEMİN SİMULİNK MODELİ VE BULANIK MANTIK **16**
3.1 Fotovoltaik Hücrelerin Devre Modeli ve Denklemleri 16
3.2 DC-DC Boost Dönüştürücüler 18
3.3 Maksimum Güç Noktası İzleme 20
3.4 Bulanık Mantık 22
3.4.1 Arka Plan 22
3.4.2 Bulanık Çıkarım Kuralları Veri Tabanı ve Motoru 23
3.4.3 Bulanık ve Bulanık Olmayan 23
3.4.4 Bulanık Üreteçler 24
3.4.5 Avantajlar 24
4. SİMULASYON SONUCU **27**
4.1 Model Referansı tabanlı Bulanık Kontrol Cihazı kullanarak DC Motor Kontrolü 27
5. SONUÇ VE TARTIŞMALAR **33**
5.1 Sonuç 33
KAYNAKLAR **34**
ÖZGEÇMİŞ **38**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Güneş Enerjisi üzerine Trablus şehrinde Hazne Uygulaması 4
Şekil 1.2 2011 olaylarından sonra elektrik talebi (pik) büyümesi yavaşlamış ancak devam etmiş, 2016'da Trablus'ta ~7 GW'a ulaşmıştır 5
Şekil 1.3 Libya'daki enerji haritası 5
Şekil 1.4 Trablus'ta telekomünikasyon kulesini beslemek için kurulan PV paneller .. 6
Şekil 1.5 Libya Merkezi Elektrik Şirketi'nden (GECOL) 2013 – 2020 Yük Geliştirme 6
Şekil 2.1 PV hücresi, modül ve dizi yapıları 8
Şekil 2.2 Yarı iletken için enerji bandı diyagramı 10
Şekil 2.3 P-N bağlantı bant diyagramı 10
Şekil 2.4 PV etkisi, foton enerjisini P-N bağlantısı boyunca voltaja dönüştürür 11
Şekil 2.5 Performans arttırıcı özelliklere sahip PV hücresinin temel yapısı 11
Şekil 2.6 Kısa devre iletimi gösterimi 14
Şekil 2.7 Açık devre iletimini gösteren diyagram 14
Şekil 2.8 PV hücresinin eşdeğer devresi 15
Şekil 3.1 PV devre modeli 16
Şekil 3.2 Similüle edilmiş PV'nin alt sistem modeli 17
Şekil 3.3 Seri bağlı 6 PV modülü 18
Şekil 3.4 DC-DC boost dönüştürücü 18
Şekil 3.5 DC-DC boost dönüştürücünün Matlab Simulink modeli 19
Şekil 3.6 MPP gösterimi için I-V eğrisi 20
Şekil 3.7 P-V karakteristik eğrisi 1000 w/m^2 21
Şekil 3.8 Matlab Simulink modeli 21
Şekil 4.1 Akım-Gerilim özellikleri 27
Şekil 4.2 P-V özellikleri 28
Şekil 4.3 Giriş sinyali için üyelik fonksiyonu 28
Şekil 4.4 Çıkış sinyali için üyelik fonksiyonu 29
Şekil 4.5 Bulanık kuralların Matlab penceresi 30
Şekil 4.6 Çıkışın girişe karşı yüzeyi 31
Şekil 4.7 Simulasyon sonuçları 31
Şekil 4.8 PV dizilerinden birinin giriş sinyali 32
Şekil 4.9 Diğer PV panelleri için giriş sinyali 32

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Kullanılan bulanık kurallar 25
Tablo 3.2 Kural tablosu 26
Tablo 4.1 Bu tezde kullanılan parametreler 29

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

MMPT	**:**Maksimum güç noktası takibi
DC-DC BOOST	**:**DC-DCvoltaj yükseltici
NASA	**:** Ulusal Havacılık ve uzay dairesi
GECOL	**:** Libya merkezi elektrik şirketi
MATLAB	**:**Çok paradigmalı sayısal hesaplama yazılımı
İŞLETİM SİSTEMİ	**:** Windows, macOS ve Linux
RMSE	**:** Karakök ortalama hatası
MSE	**:** Ortalama karesinin hatası
MAE	**:** Ortalama mutlak hatası
PCOE	**:** Çevirim içi gönürür portalı
CLAHE	**:** Kontrast sınırlı histogram eşitleme

Kısaltmalar

DC	**:**Doğru Akım
PV	**:**Foto Voltaik
$\mathbf{V_L}$	**:**Bobin üzerindeki gerilim
$\mathbf{V_C}$	**:** Kondensatör üzerindeki gerilim
$\mathbf{V_R}$	**:** Direnç üzerindeki gerilim
$\mathbf{I_d}$	**:**Diyottan geçen doğru akım
Isc	**:** Kısa devre akımı

1. GİRİŞ

Bugün kullandığımıza çok benzeyen ilk güneş kollektörü, Einstein'a Nobel Ödülü kazandıran fotoelektrik etki konulu makalenin yayınlanmasından üç yıl sonra, 1908'de üretildi. İkinci Dünya Savaşı sırasındaki enerji kıtlığı, Amerika Birleşik Devletleri'nde pasif güneş binalarının yayılmasını ve "güneş evleri" ve mimarlar hakkında kitapların yayınlanmasını sağladı. Sonunda 1954'te ilk silikon fotovoltaik hücre yaratıldı ve selenyum selefinden farklı olarak elektrikli ekipmana güç sağlamak için yeterli elektrik üretmeyi başardı. Güneş verimliliği, bugünkü %20'ye ulaştı. Aleksandr Stoletov, 19. yüzyılın sonlarında fotoelektrik etkiye dayalı ilk güneş pilini geliştirdi (Akramova ve Ortiqova, 2017). Ancak endüstri, 1950'lerde Bell Labs tarafından silikon bazlı bir güneş pili geliştirilene kadar büyümeye başlamadı. Bireysel güneş pillerinin geliştirilmesi, güneş pillerinin bir derlemesi olan panellerin üretilmesine yol açtı. Güneş panelleri, en fazla ışığı yakalamak için en uygun yüzeylerdir. 1950'ler boyunca, güneş pillerinin verimliliği 1957'de %8'e, 1960'ta %14'e yükselmeye devam etti. Uzay yarışı, sürdürülebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç yarattı. Güneş enerjisi sektöründeki yatırımlara ve gelişmeye yön verdi. 1960'larda, Bell Labs tarafından fırlatılan ilk telekomünikasyon uydusu TelStar 1, en gelişmiş güneş hücrelerine sahipti (Akramova ve Ortiqova, 2017; Bosi ve Pelosi, 2007; Durini ve Arutinov, 2020).

Bu buluştan sonra güneş enerjisiyle çalışan ilk cihazlar piyasaya çıkmaya başladı ve güneş enerjisiyle su ısıtma gibi güneş enerjisi teknolojileri ofis binalarında ticari amaçlı kullanılmaya başlandı. Eski güneş pillerinin en dikkate değer uygulamalarından biri uydulardır . Güneş pillerinin ticarileştirilmesi başlangıçta başarısız olurken, yüzyılın ikinci yarısında inşa edilen birçok uydu güneş teknolojisini sorunsuz bir şekilde entegre etmiştir ve bugün hala kullanılmaktadır (Almosni 2018; Jones ve Bouamane 2012; Pagliaro vd., 2008).

1970 yılında, silikon güneş pilinin çok daha ucuz bir versiyonu piyasaya sürüldü ve bu, güneş panellerinin ticarileştirilmesinin başlangıcı oldu. Sonrasında, güneş enerjisi seçeneği sadece büyük şirketler ve NASA için uygun olmakla kalmadı, aynı zamanda yurt içinde ve küçük kamu altyapıları için de kullanılabilirdi. Sonraki

yıllarda, artan sayıda güneş enerjisi uygulaması arabalar, uçaklar, güneş çiftlikleri, ince filmler ve daha fazlası için bir seçenek haline geldi: 2000 yılında yüzyılın başında, bilim adamları güneş panellerini daha verimli ve kullanışlı hale getirmenin yollarına odaklandılar. Sonuç olarak, teknoloji herkes için daha erişilebilir hale geldi. Nihai hedef, hala yeterince rekabetçi olmadığı için güneş enerjisini geleneksel enerji kaynakları kadar ucuz hale getirmektir. Ulaşım, iletişim ve hatta giyim bile bir gün bu sistemden bir şekilde faydalanabilir. Uygulamalar tam anlamıyla sonsuzdur (Constable ve Somerville, 2003; Deambi, 2011; Rifkin 2014; Zehner 2012).

2008 yılından bu yana, güneş enerjisi, fiyatı çok daha geniş bir piyasa için uygun hale geldiğinden, yenilenebilir bir enerji türü olarak giderek daha da popülerleşmiştir. Güneş enerjisi teknolojisindeki araştırma ve yatırım, mühendis ve inavatör sıkıntısı olmaksızın enerjik bir hızla devam etmektedir. Güneş enerjisi üreticileri, güneş panellerini daha verimli ve daha ucuz hale getirmek için teknolojik iyileştirmeler yapmaya devam etmektedir (Smil 2010;Smil 2016).

Günümüzde yerli güneş paneli sistemleri çok daha ucuzdur. Öyle ki, Birleşik Krallık hükümeti, güneş panellerinin teşvik olmadan bile ev sahipleri için yeterince uygun hale gelmesi nedeniyle Mart 2019'da Şebekeye Satış Tarifesini emekliye ayırmaya karar verdi. Bu durum, güneş enerjisinin geleceğini Birleşik Krallık ‘ta çok umut verici kılmaktadır (Brown 2015).

Son yıllarda dünyada nüfus artışına bağlı olarak kentsel gelişimin yaygınlaşması, enerji talebini artıran önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, dünya enerji sorununu çözmek için birçok zorlukla karşı karşıyadır. Kömür, gaz, fosil yakıtlar gibi yenilenemeyen enerjinin konvansiyonel enerji kaynakları günümüzde yüksek kullanım nedeniyle zamanla azalmaktadır. Ayrıca bu enerji kaynakları hava kirliliğini ve küresel ısınmayı artırmaktadır. Bu nedenle fosil yakıtlar yerine kullanılabilecek alternatif bir enerji kaynağı bulmak önemlidir. Yenilenebilir enerji veya yeşil enerji, Jeotermal Hidroelektrik, Güneş enerjisi, Gelgit gücü ve Dalga gücü gibi alternatif güç kaynakları olarak kabul edilir. Güneş fotovoltaik (PV) sistemi ve rüzgâr enerjisi sistemleri, arzu edilen çevre ve güvenlik yönleri nedeniyle diğer yenilenebilir enerji kaynakları türlerine göre daha uygun bulunmuştur. Ayrıca,

güneş enerjisinin yenilenebilir alanlarda daha fazla dikkat çekmesini sağlayan kendi avantajları da vardır (Safari ve Mekhilef, 2010).

Bu avantajlar, az bakım gerektiren uzun ömürlü, yüksek güç kapasitesi ve uygulama kolaylığı sağlayan güneş pilleridir. Ayrıca pil şarj etme, su pompalama, uydu güç sistemi gibi günümüzde güneş enerjisini kullanan birkaç temel uygulama vardır.

Güneş pili, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılan güneş fotovoltaik sisteminde temel eleman olarak kabul edilir (Kachhiya vd., 2011). Güneş pilinin performansı çevreye ve güneşin sıcaklığı ve ışınımı gibi hava koşullarına bağlıdır. Bu faktörler doğada değişkendir. Normal koşulların etkisi altında, fotovoltaik benzersiz bir maksimum çalışma noktası üretir. Solar PV optimum noktalarda çalıştığında yükte maksimum verim elde edilebilir. Solar PV sisteminden yüksek verim elde etmek için, maksimum güç noktası takibi (MPPT) kullanılabilir, DC yük ile PV modülü arasındaki koşullandırma sisteminin bir parçası olarak MPPT şarj kontrol tekniği kullanılmalıdır (Cha ve Lee, 2008). MPPT, Solar PV'den gelen değişken DC elektrik enerjisini sabit DC'ye dönüştürmek ve güneş PV modülünden gelen maksimum gücü izlemek için kullanılır. Işıma seviyesi ve sıcaklık değiştiğinde maksimum güç noktası dalgalanır. Bu nedenle MPPT, DC-DC dönüştürücünün görev döngüsünü değiştirerek yük ve pil arasındaki empedansı eşleştirmek için kullanılır.

Son yıllarda birçok MPPT tekniği önerilmiştir (Urayai ve Amaratunga, 2011). Bu teknikler performans açısından birbirinden farklı özelliklere sahiptir. Bazı yöntemler şu şekilde sıralanabilir (Subudhi ve Pradhan, 2012): Boz ve gözlemle yöntemi (Zaki vd., 2012), Artımlı iletkenlik (Hussein vd., 1995), Bulanık mantık kontrolü (Yaden vd., 2011) ve sinir ağı (Veerachary vd., 2003).

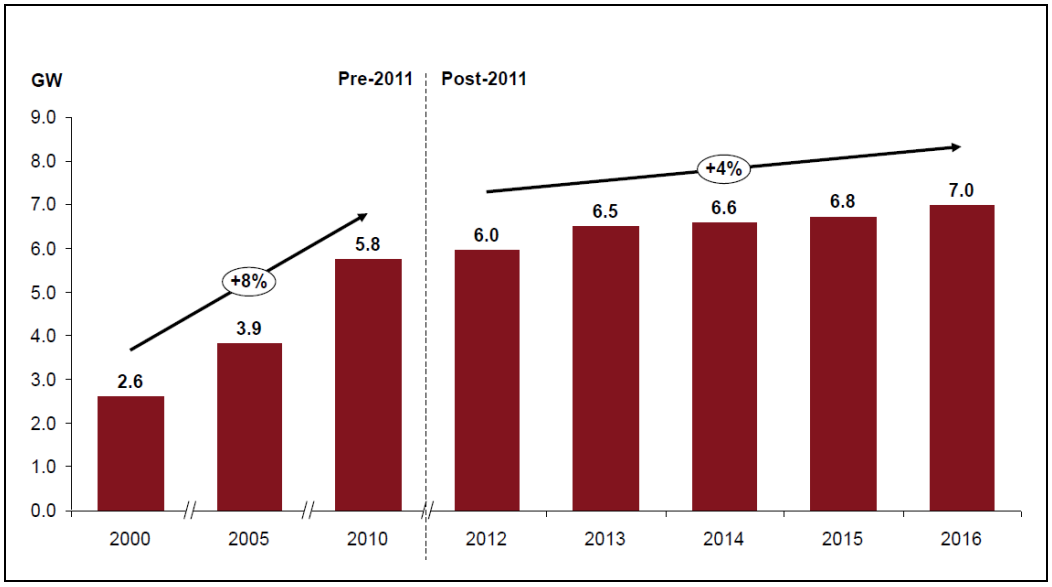
Güneş pili, maksimum güce karşılık gelen bir optimal noktaya sahiptir. PV panelin çıkış gücü güneş ışığına ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. PV panellerinden maksimum güç elde etmek için PV sistemleri, analog veya dijital MPPT (Maksimum Güç Noktası İzleme) denetleyicileri (Esram ve Chapman, 2007; Ouariachi vd.,2010; Sivagamasundari vd.,2013) ile Maksimum Güç Noktasını (MPP) takip eder. Analog MPPT kontrolü durumunda, kullanılan elektronik bileşenlerin boyutu ve sapması sorunu ortaya çıkarmaktadır (Ouariachi vd.,2010).

Dijital MPPT kontrolü durumunda literatürde birkaç algoritma kullanılmıştır (Esram ve Chapman, 2007; Salas vd.,2006): artımlı iletkenlik yöntemi (IC) (Hussein vd.,1995), bulanık mantık yöntemi (Bulanık Mantık Kontrolü) (Yaden vd., 2011), sinir ağları (Sinir Ağı) (Veerachary vd., 2003) ve MPP çevresindeki düzende kesinlik sorunları yaratan geleneksel boz ve gözlemle yöntemi (P&O) (Zaki vd., 2012). Şekil 1.1'de Güneş Enerjisi üzerine Trablus şehrinde hazne uygulaması gösterilmektedir.



Şekil 1.1 Güneş Enerjisi üzerine Trablus şehrinde Hazne Uygulaması

2011 olaylarından sonra elektrik talebi (pik) büyümesi yavaşlamış ancak devam etmiş, 2016'da Trablus'ta ~7 GW'a ulaşmıştır, Şekil 1.2'de gösterilmektedir.Libya'daki enerji haritasıŞekil 1.3'te gösterilmektedir.



Şekil 1.2 2011 olaylarından sonra elektrik talebi (pik) büyümesi yavaşlamış ancak devam etmiş, 2016'da Trablus'ta ~7 GW'a ulaşmıştır

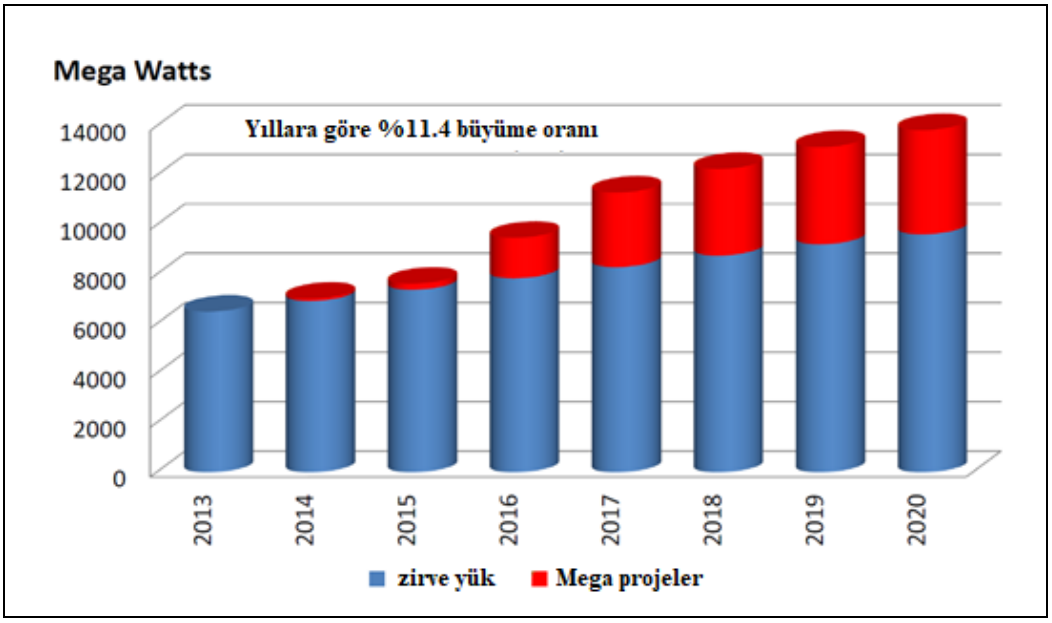


Şekil 1.3 Libya'daki enerji haritası

Trablus'ta telekomünikasyon kulesini beslemek için kurulan PV paneller Şekil 1.4'te gösterilmektedir.Libya Merkezi Elektrik Şirketi'nden (GECOL) 2013 – 2020 Yük Geliştirme, Şekil 1.5'te gösterilmektedir.



Şekil 1.4 Trablus'ta telekomünikasyon kulesini beslemek için kurulan PV paneller



Şekil 1.5 Libya Merkezi Elektrik Şirketi'nden (GECOL) 2013 – 2020 Yük Geliştirme

1.1 Amaç ve Özgünlük

Maksimum güç noktası takibi (MMPT), güneş fotovoltaikinden (PV) gelen değişken DC elektrik enerjisini sabit doğru akıma (DC) dönüştürmek ve güneş PV modülünden gelen maksimum gücü izlemek için kullanılır. Işıma seviyesi ve sıcaklık değiştiğinde maksimum güç noktası dalgalanır. Bu nedenle MPPT, DC-DC dönüştürücünün görev döngüsünü değiştirerek yük ve pil arasındaki empedansı eşleştirmek için kullanılır.

1.2 Önerme

Son yıllarda dünyada nüfus artışına bağlı olarak kentsel gelişimin yaygınlaşması, enerji talebini artıran önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, dünya enerji sorununu çözebilmek için birçok zorlukla karşı karşıyadır. Kömür, gaz, fosil yakıtlar gibi yenilenemeyen enerjinin konvansiyonel enerji kaynakları günümüzde yüksek kullanım nedeniyle zamanla azalmaktadır. Ayrıca bu enerji kaynakları hava kirliliğini ve küresel ısınmayı da artırmaktadır. Bu nedenle fosil yakıtlar yerine kullanılabilecek alternatif bir enerji kaynağı bulmak önemlidir. Yenilenebilir enerji veya yeşil enerji, Jeotermal Hidroelektrik, Güneş enerjisi, Gelgit gücü ve Dalga gücü gibi alternatif güç kaynakları olarak kabul edilir. Güneş fotovoltaik (PV) sistemi ve rüzgâr enerjisi sistemleri, arzu edilen çevre ve güvenlik yönleri nedeniyle diğer yenilenebilir enerji kaynakları türlerine göre daha uygun bulunmuştur. Ayrıca, güneş enerjisinin yenilenebilir alanlarda daha fazla dikkat çekmesini sağlayan kendi avantajları da vardır.

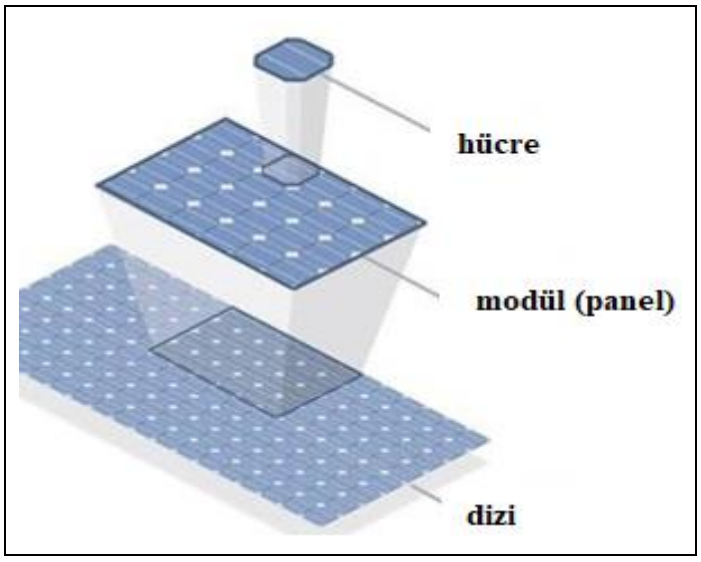
1.3 Tezin Düzenlenmesi

Birinci bölümde tezin tanıtımı gösterilmiştir. Literatür taraması ve güneş enerjisi sistemi ikinci bölümde sunulmaktadır. Üçüncü bölüm, bulanık tarafından maksimum güç noktası izleme algoritmasını bulmak için önerilen yöntemin metodolojisini göstermektedir. Dördüncü bölümde deneysel sonuçlar sunulacaktır. Son olarak, sonuç ve gelecek çalışmalarla birlikte bu tez tamamlanacaktır.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ VE LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Arka Plan

Fotovoltaik (PV) teknolojisi, güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürmektir. Fotovoltaik kelimesi iki kelimenin birleşimidir. "Fotoğraf" kelimesi ışık ve "voltaik" elektrik anlamına gelir. Fotovoltaik (PV) hücre, güneş pili olarak da bilinir. Üzerine ışık düştüğünde elektrik üreten yarı iletken bir cihazdır. Fotovoltaik etki 1839'da Fransız bilim adamı Edmund Becquerel tarafından bulunmasına rağmen, ışık ve katı hal fiziğinin kuantum teorisinin gelişmesine kadar tam olarak anlaşılamamıştır. Fotovoltaik sistemler, fotovoltaik hücrelerle tasarlanmıştır. Tipik bir fotovoltaik hücre, yüksek güç uygulaması için yaklaşık 0,5 volt DC'de 3 watt'tan daha az elektrik ürettiğinden, hücreler modüller halinde yapılandırılır ve modüller diziler olarak bağlanır. Modüller, birkaç watt'tan 300 watt'a kadar değişen pik yapma gücüne sahip olabilir. Megawatt dizisi mevcut olmasına rağmen, çoğunlukla Fotovoltaik dizi çıkış gücü 100 watt ile kilo watt aralığındadır. Bu hücre, modül ve dizi yapıları Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 PV hücresi, modül ve dizi yapıları

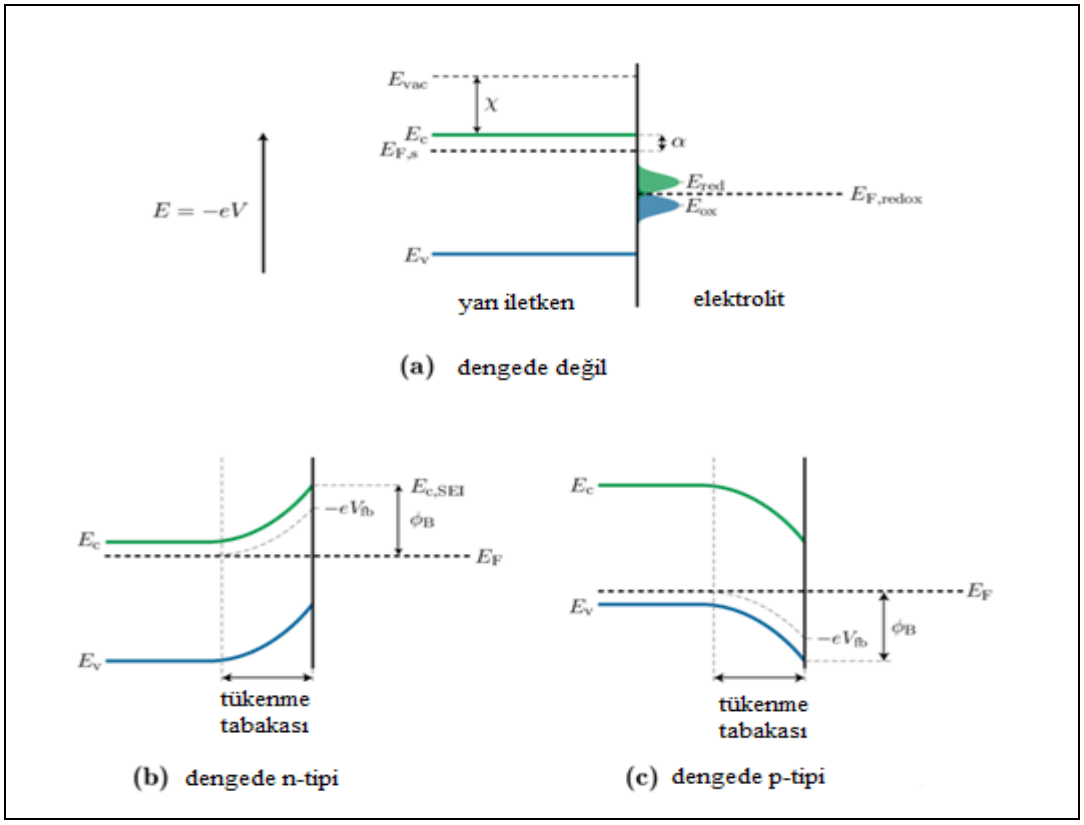
2.2 Fotovoltaik Etki

Işık bir metalin üzerine düştüğünde yansıtılır, iletilir ya da emilir. Işığın absorpsiyonu, basitçe, gelen fotonda bulunan enerjinin başka bir enerji formuna, tipik olarak ısıya dönüştürülmesidir. Ancak bazı materyaller, gelen fotonların enerjisini elektriğe dönüştürecek özelliklere sahiptir (Wang vd., 2011). Foton enerjisi absorbe edildiğinde, enerjisini materyaldeki bir elektrona vermek gibi, absorbe eden materyalin atomları ile etkileşime girer. Bu enerji transferi, momentumun korunumu ve enerjinin korunumu kuralına göre gerçekleşir. Fotonun enerjisine bağlı olarak, bir elektron bir atom içinde daha yüksek enerji durumuna yükseltilebilir veya atomdan serbest bırakılabilir. Serbest elektronlar daha sonra kristal içinde hareket edebilir.

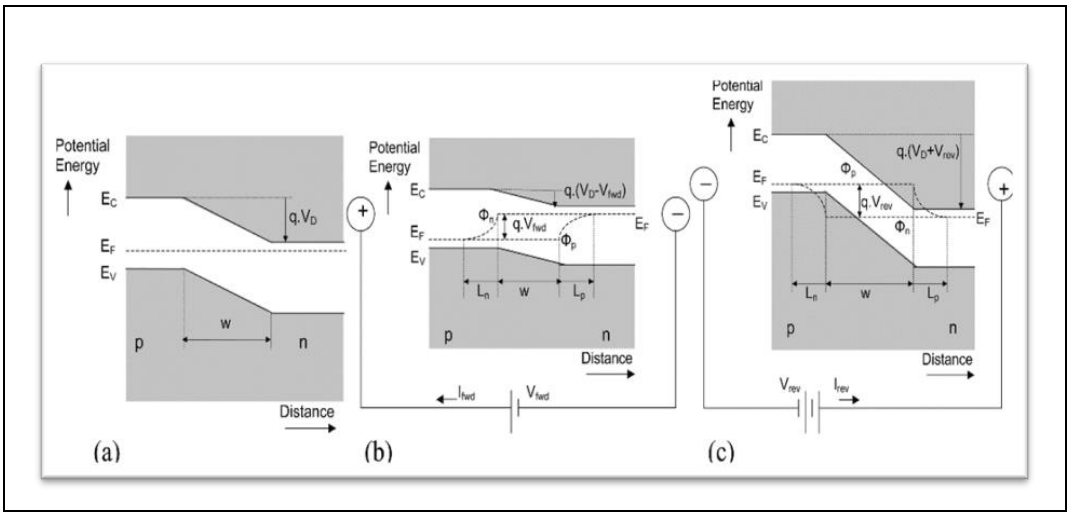
2.2.1 Foton Emilimi

Fotovoltaik enerji dönüşümünde güneş enerjisini elektriğe dönüştürmeyi ararız. Bu, P-N bağlantı esasına göre çalışır. Silisyum (Si) gibi bir yarı iletken malzeme 3. veya 5. grup safsızlıklar (Ph, Br) ile katkılanırsa, elektron boşluk dengesi aşağıdaki gibi değişir: fosfor safsızlığı (Fazla Boşluklar) P-tipi ve bor safsızlığı ile katkılı (Fazla Elektronlar) N-tipi. Elektronlar iletkenlik bandında, boşluklar ise valans bandında hareket ederken, Fermi seviyesi genellikle böyle bir malzemenin hareketlerini tasvir eder.Bu durum, Şekil 2.2'de gösterilmiştir. P tipi yarı iletkende Fermi seviyesi valans bandına daha yakınken, N tipi malzemede Fermi seviyesi iletim bandına daha yakındır.

P-tipi bir yarı iletken ile N-tipi yarı iletken birleştirilirse, Şekil 2.3'te görüldüğü gibi bir P-N bağlantı malzemesi oluşur. Her ikisinde de yaşanan zıt varyasyon nedeniyle Fermi seviyesi ortada eşit ve dengeli hale gelir.Bu durumdan dolayı elektronlar bant tepesine çıkmayı zor bulurken ve boşluklar banttepesinden inmeyi zor bulur.



Şekil 2.2 Yarı iletken için enerji bandı diyagramı



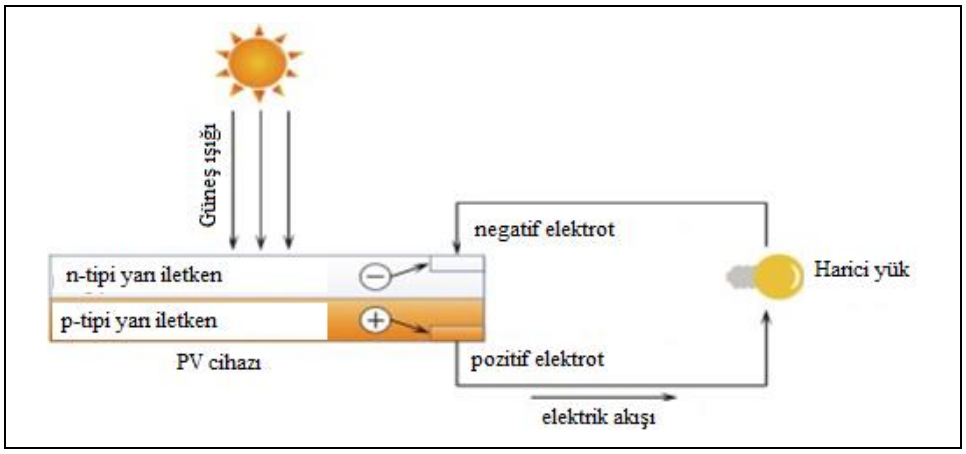
Şekil 2.3 P-N bağlantı bant diyagramı

2.2.2 PV Hücre

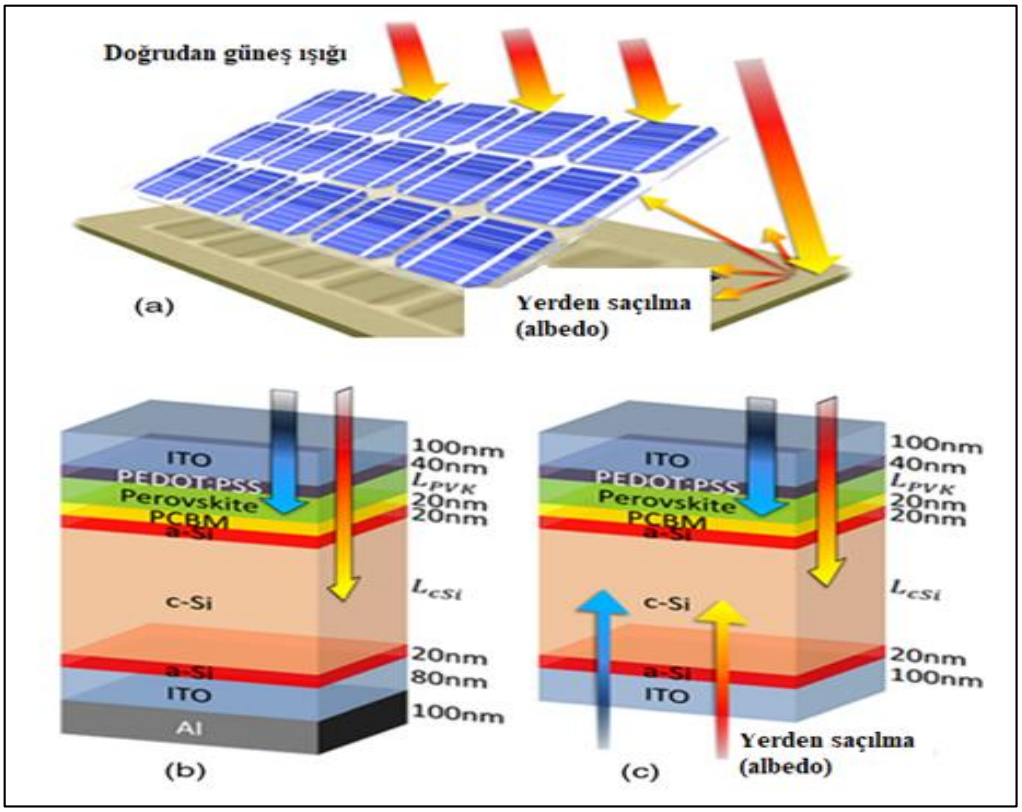
Bir fotovoltaik hücrede, ışık geldiğinde ve bu ışık enerjisi bant aralığı enerjisinden (Fermi seviyesi) büyükse; elektronlar bu enerjiyi emecek ve konumlarından hareket ederek serbest kalacak ve yerlerinde boşluklar oluşacaktır. Boşluklar yokuş yukarı giderken serbest hareket eden elektronlar yokuş aşağı akacaktır. Bu, N tarafında

büyük bir elektron konsantrasyonunun ve P tarafında büyük bir boşluk konsantrasyonunun oluşmasına sebep olacaktır.

Bu yükler, Şekil 2.4'te gösterildiği gibi bağlanarak sistemde akım çekebilir ve oluşturabilir. Ayrıca, akım toplayan gümüş ağ, yansıma önleyici kaplama ve kapak camı koruması gibi performans arttırıcı özelliklere sahip PV hücresinin temel yapısı Şekil 2.5'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4 PV etkisi, foton enerjisini P-N bağlantısı boyunca voltaja dönüştürür



Şekil 2.5 Performans arttırıcı özelliklere sahip PV hücresinin temel yapısı

Fotonlar tarafından indüklenen elektrik akımını toplamak için bağlantının her iki tarafında metalik teller bulunur. Üst yüzeye yerleştirilmiş ince bir iletken gümüş lif ağı, akımı toplar ve ışığın içinden geçmesine izin verir. Temel unsurlara ek olarak, yapıya çeşitli geliştirme özellikleri de dahil edilmiştir. Örneğin, hücrenin ön yüzünde, mümkün olduğu kadar çok ışığı emmek için yansımayı en aza indiren yansıma önleyici bir kaplama bulunur.

Mekanik koruma bir kapak camı ile sağlanır. Hücrelere akan ışık olduğu sürece hücrelerden akan elektronlar vardır. Hücre, bir pil gibi, elektronlarını ve gücünü asla tüketmez. Bir tür enerjiyi diğerine çevirerek dönüştürücü olarak çalışır. Bağlı telden dışarı akan her elektron için, diğer dönüş telinden geriye akan başka bir elektron vardır. Hücre, aynı elektronların aynı yolda hareket ettiği, güneş ışığından enerji aldığı ve bu enerjiyi yüke verdiği bir devrenin parçasıdır.

2.3 Fotovaoltaik Model

Tam Fotovoltaik sistem iki unsurdan oluşur. Biri güneş pillerini içeren bir modül, diğeri ise "Sistem Dengesi"dir (Balance of System 'BoS'). BoS temel olarak dönüştürücü, invertör, kablolama, destek yapıları, elektrik depolama ve güneş takip cihazları gibi elektronik bileşenlerden oluşur.

Bugün piyasada iki ana tip PV sistemi mevcuttur: Düz plaka ve Yoğunlaştırıcılar. En yaygın PV sistemleri türü olan düz plaka sistemleri, güneş ışığını yakalamak için PV modüllerini sert ve düz bir yüzey üzerine kurar. Yoğunlaştırıcı sistemler, güneş ışığını PV hücrelerine yoğunlaştırmak ve hücre güç çıkışını artırmak için lensler kullanır. İki sistem karşılaştırıldığında, düz plaka sistemleri tipik olarak daha az kıvrımlı ancak daha fazla sayıda hücreye ihtiyaç duyarken, yoğunlaştırıcı sistemler daha küçük hücre alanları kullanır ancak daha karmaşık ve pahalı izleme sistemleri gerektirir. Yoğunlaştırıcı sistem dağınık güneş ışığına odaklanamaz, bu nedenle bu sistem bulutlu koşullarda çalışmaz.

2.4 PV Hücre Malzeme Türleri

PV hücreleri yarı iletken malzemelerden yapılmıştır. Başlıca malzeme türleri, ışık emiliminin ve enerji dönüşümünün verimliliğine, üretim teknolojisine ve üretim maliyetine göre birbirinden farklılık gösteren kristal ve ince filmlerdir (Tiwari ve Dubey, 2009).

PV hücre tipleri aşağıdaki gibi temsil edilebilir:

a. Kristal Malzemeler

1. Tek Kristal Silisyum
2. Polikristal Silisyum
3. Galyum Arsenid (GaAs)

b. İnce Film Malzemeleri

1. Amorf Silisyum (a-Si)
2. Kadmiyum Tellür (CdTe)
3. Bakır İndiyum (CuInSe2 veya CIS)

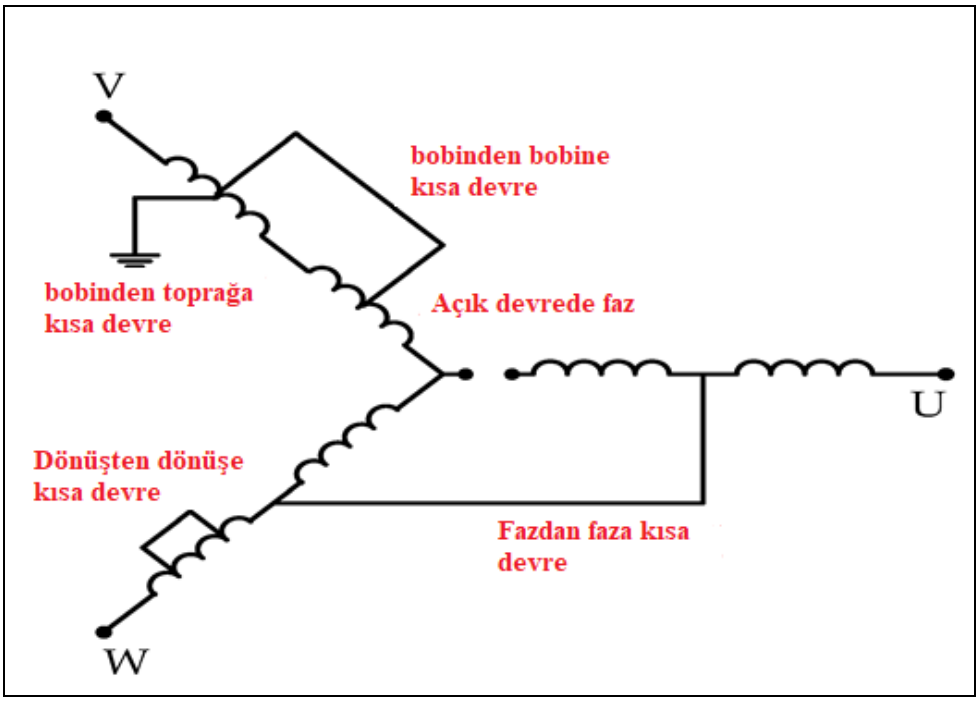
Kristal silisyum son yirmi yıldır PV hücreleri için en yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, ince film teknolojisindeki son gelişmeler, birçok endüstri uzmanını ince film PV hücrelerinin nihayetinde pazara hâkim olacağına inandırmıştır.

2.5 PV Hücre Modellemesi

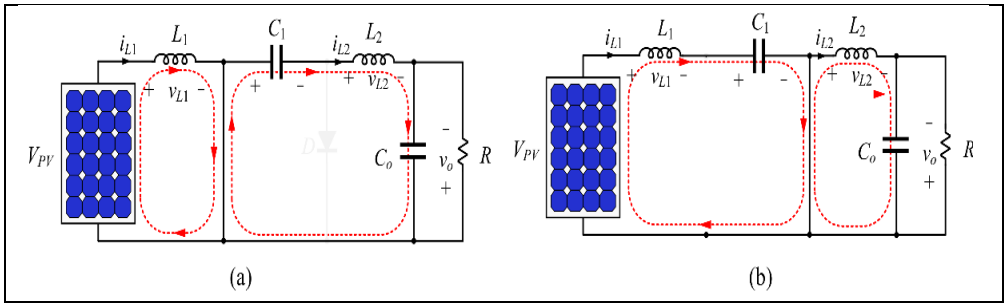
Eşdeğer devrelerin kullanılması, bir PV hücresinin özelliklerinin modellenmesini mümkün kılar. Yöntem MATLAB yazılımında uygulanmaktadır. Bir PV modülünü modellemek için de aynı modelleme tekniği uygulanabilir.

Bir PV hücresini karakterize etmek için sıklıkla kullanılan iki anahtar parametre, kısa devre akımı ve açık devre voltajıdır.

Hücrenin terminalleri birbirine kısa devre yapıyorsa, foton tarafından üretilen akım (I_{ph}), Şekil 2.6'da gösterilen bir kısa devre akımı (I_{sc}) olarak hücreden dışarı akacaktır. Şekil 2.7'de gösterilen PV hücresinde (açık devre), foton tarafından üretilen akım dahili P-N bağlantı diyotu tarafından şöntlenir. Bu, açık devre voltajını (V_{oc}) verir. PV modülü veya hücre üreticileri genellikle bu parametrelerin değerlerini veri sayfalarında sağlar (Sheriff vd., 2003).



Şekil 2.6 Kısa devre iletimi gösterimi



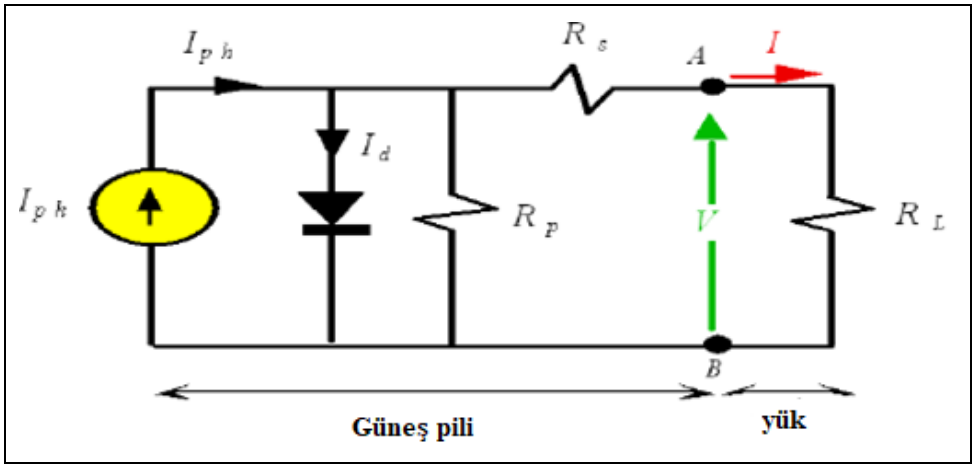
Şekil 2.7 Açık devre iletimini gösteren diyagram

PV tasarımı, bir diyot ile paralel bir akım kaynağı olarak modellenmiştir. Herhangi bir akım üretecek ışık olmadığında, PV hücresi bir diyot gibi davranır. Şekil 2.8'de

gösterilen eşdeğer devre üzerinde Kirchhoff'un akım yasasını uygulayarak oluşturulan PV hücresinin çıkış akımı I aşağıdaki gibidir,

$$I = I_{sc} - I_d \tag{2.1}$$

I_{sc} kısa devre akımı ve I_d diyottan geçen akımdır.



Şekil 2.8 PV hücresinin eşdeğer devresi

Diyot akımı I_d, Shockley diyot denklemi ile bulunur (Tsai vd.,2008):

$$I_d = I_o(e^{qV_d/kT} - 1) \tag{2.2}$$

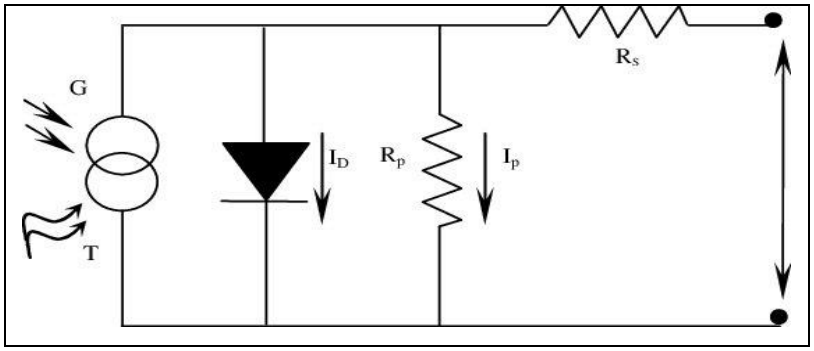
Burada *T*, I_o, *q*, $V_d$ve K sırasıyla, Kelvin K cinsinden bağlantı sıcaklığı, diyotun ters doyma akımı, elektron yükü (1.602*10^{-19} C), diyot üzerindeki voltaj ve Boltzmann sabitidir (1.381*10-23 J/K). R_s seri dirençtir. Denklem (2.1)'deki I_d'yi denklem (2.2)'deki ile değiştirmek, PV hücresinin Akım-Gerilim ilişkisini verir; bu denklem (2.3)'de gösterilmiştir.

$$I = I_{sc} - I_o(e^{qV_d/kT} - 1) \tag{2.3}$$

3. FOTOVOLTAİK SİSTEMİN SİMULİNK MODELİ VE BULANIK MANTIK

3.1 Fotovoltaik Hücrelerin Devre Modeli ve Denklemleri

PV devre modeli Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1PV devre modeli

Bu devre için Kirchhoff'un akım yasası uygulanırsa kısa devre akımı şu şekilde yazılabilir:

$$I_{SC} - I_D - \frac{V_D}{R_P} - I = 0 \tag{3.1}$$

Burada R_p şönt direnci ve I_{pv} fotovoltaik akımdır. Diyot için akımın niteliği:

$$I_D = I_o(e^{V_D/V_T} - 1) \tag{3.2}$$

Benzer şekilde Kirchhoff'un gerilim yasasını da uygulayabiliriz. Bu şekilde PV hücre voltajı şu şekilde yazılabilir:

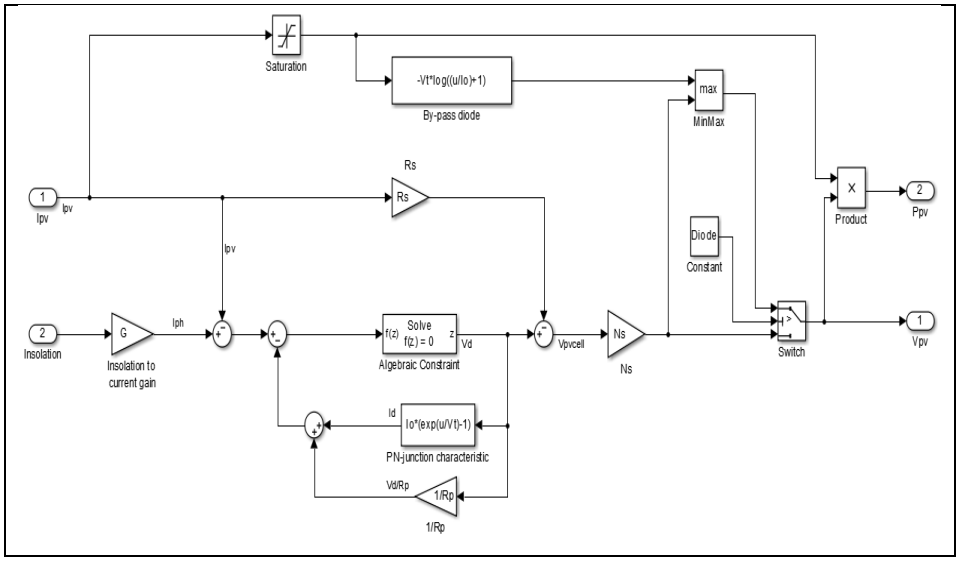
$$V_{PVcell} = V_D - R_s I \tag{3.3}$$

Burada Rs seri dirençtir. Böylece PV'nin voltajı:

$$V_{PV} = N_s V_{PVcell} \tag{3.4}$$

Burada N_s serideki hücre sayısıdır.

PV hücre modeline dayalı PV modülünün Simulink modeli Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



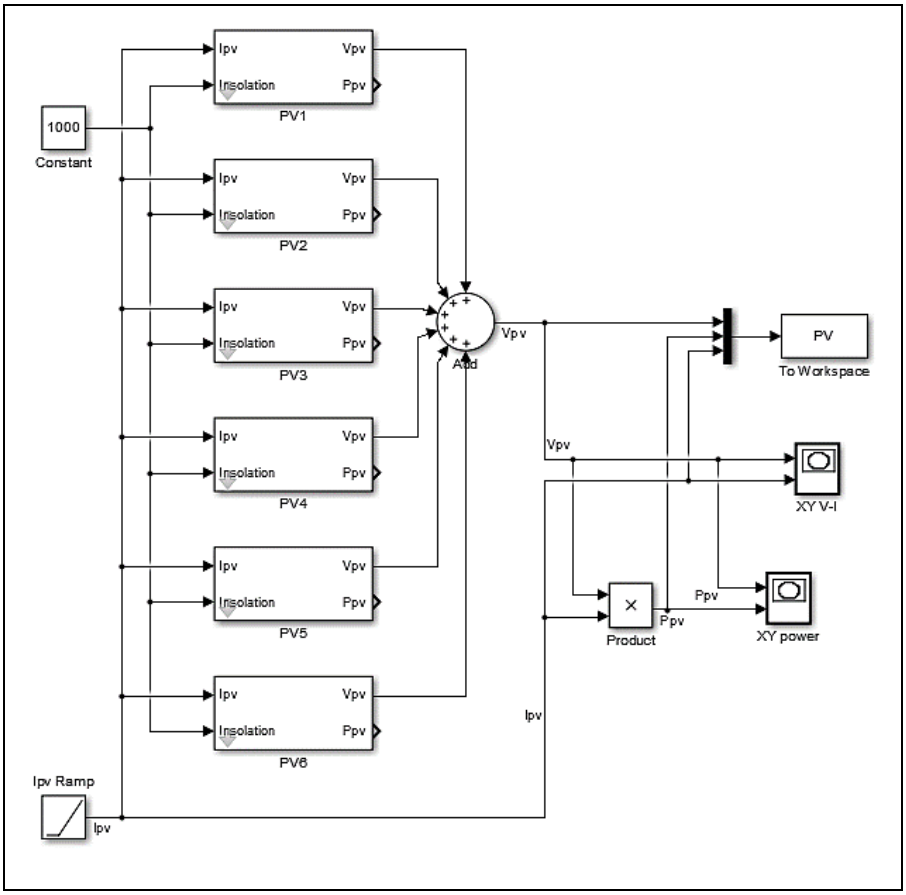
Şekil 3.2 Similüle edilmiş PV'nin alt sistem modeli

Bu modelde kısa devre akımı 5,45 (A), açık devre gerilimi ise 22,2 (V) olarak seçilmiştir.

İleri yönde gerilim kullanırsak, baypas diyot voltajı;

$$V_{Dbypass} = V_t \ln(\frac{I_{bypass}}{I_o} + 1) \tag{3.5}$$

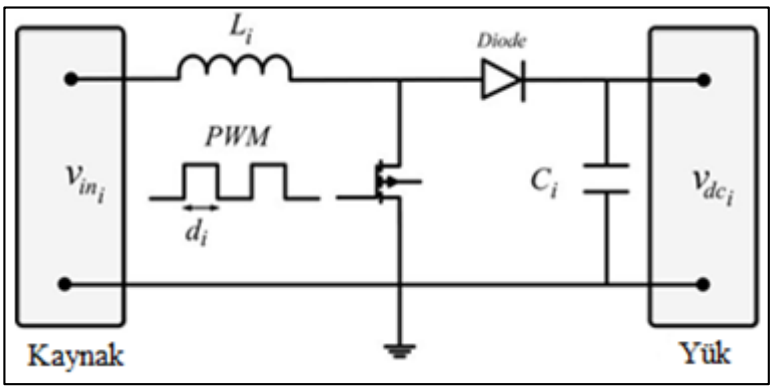
Bu çalışmada, Şekil 3.3'te gösterilen seri formda 6 adet PV modülü kullanılmıştır.



Şekil 3.3Seri bağlı 6 PV modülü

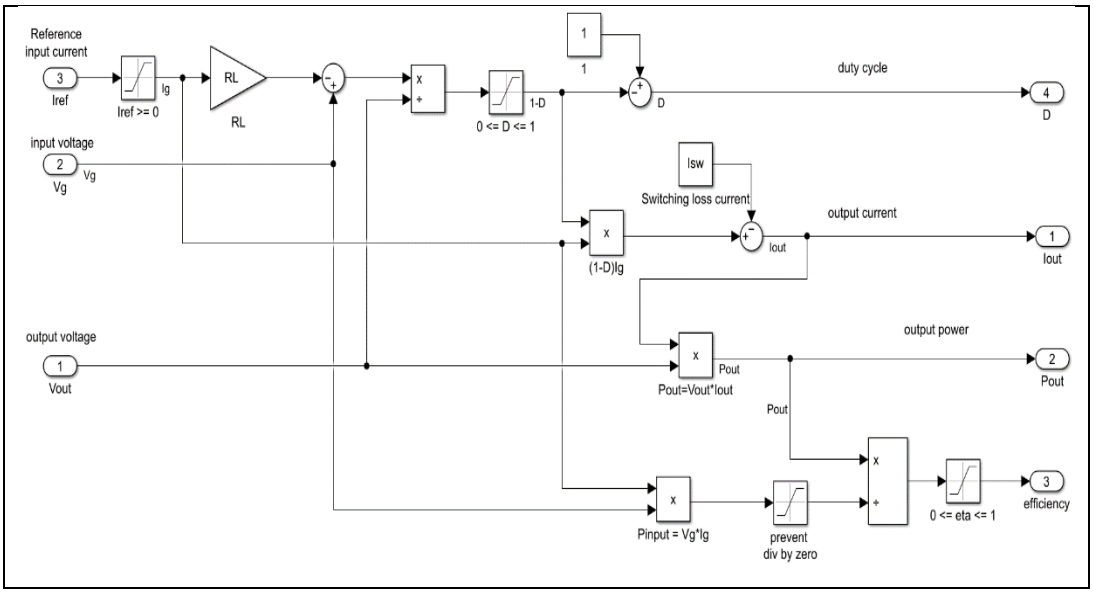
3.2 DC-DC Boost Dönüştürücüler

DC-DC boost dönüştürücü, PV voltajını artırır. Puls jeneratörünün görev döngüsünün değişmesine göre voltajı yükseltir. Bu tez projesinde Şekil 3.4'te gösterilen DC-DC boost dönüştürücü kullanılmıştır.



Şekil 3.4 DC-DC boost dönüştürücü

Ayrıca DC-DC boost dönüştürücünün Simulink modeli Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 DC-DC boost dönüştürücünün Matlab Simulink modeli

DC-DC boost dönüştürücü, panelin maksimum güç noktasında çalışmasına izin vererek güneş enerjisi girişinden elektrik çıkışına maksimum güç aktarımı sağlar. Boost dönüştürücü için aşağıdaki denklemler dikkate alınır:

V_g, Şekil 3.5'te giriş voltajını temsil eder.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{1-D} \tag{3.6}$$

$$V_o = V_{in} * \frac{1}{(1-D)} \tag{3.7}$$

$$D = \frac{V_o - V_{in}}{V_o} \tag{3.8}$$

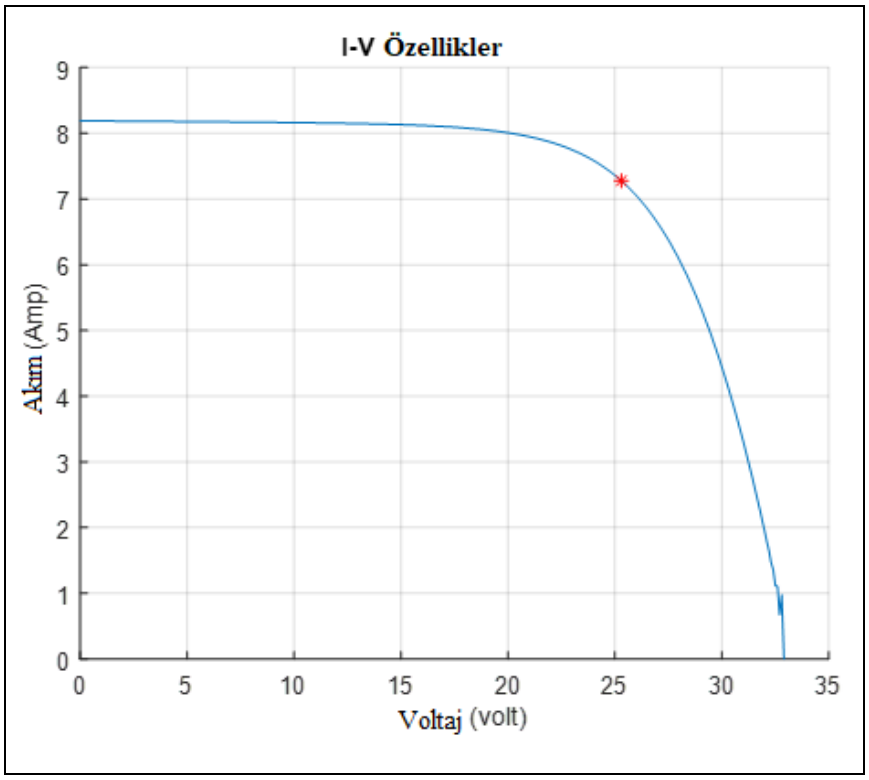
$$I_o = I_{in} * (1-D) \tag{3.9}$$

$$P = V_o * I_o \tag{3.10}$$

Burada $D, I_{in}, I_o, V_{in}, V_o$ ve P sırasıyla görev döngüsü, giriş akımı, çıkış akımı, giriş voltajı, çıkış voltajı ve çıkış gücüdür. DC-DC boost dönüştürücüsünde, darbe genişlik modülatörünün (PWM) görev döngüsü artarsa çıkış voltajı artar. Giriş voltajını iki kat artırmak için görev döngüsünün %50'de sabitlenmesi gerekir.

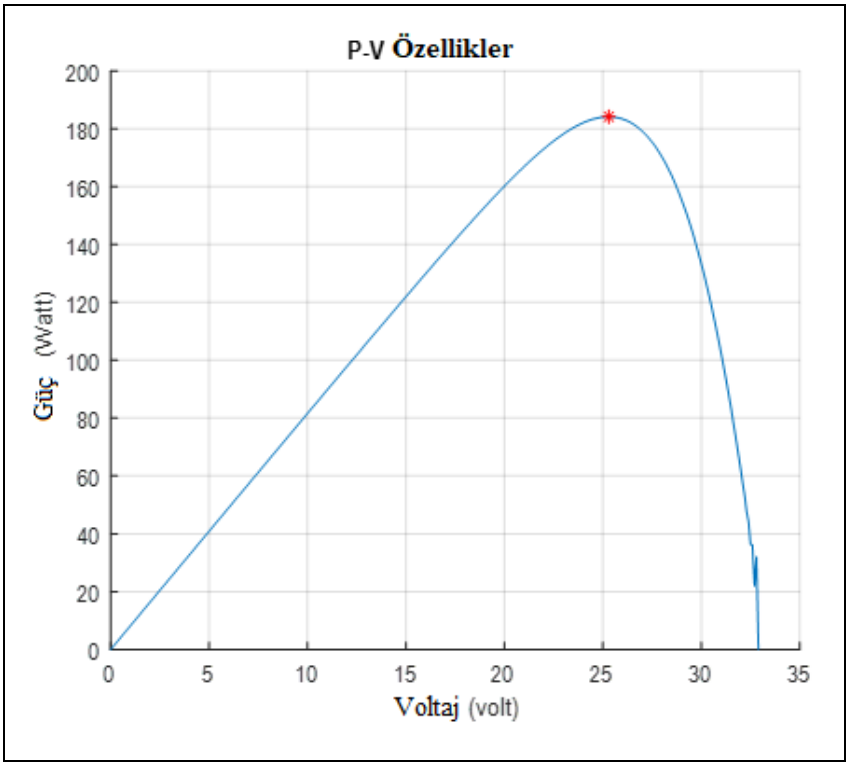
3.3 Maksimum Güç Noktası İzleme

Bir PV modülü gücü, I-V eğrisi üzerinde bulunan, çalışma noktası olarak adlandırılan bir noktada üretebilir. I-V eğrisinin dizinin yanında, modülün maksimum verimle çalıştığı ve maksimum çıkış gücünü ürettiği maksimum güç noktası (MPP) olarak adlandırılan benzersiz bir nokta vardır. Bu modeli simüle ederek, 1000 w/m^2 için I-V karakteristik eğrisini ve I-P karakteristik eğrisini elde ederiz. Bu durum Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de gösterilmektedir. Bu rakam, Şekil 3.3 için sonuçtur.



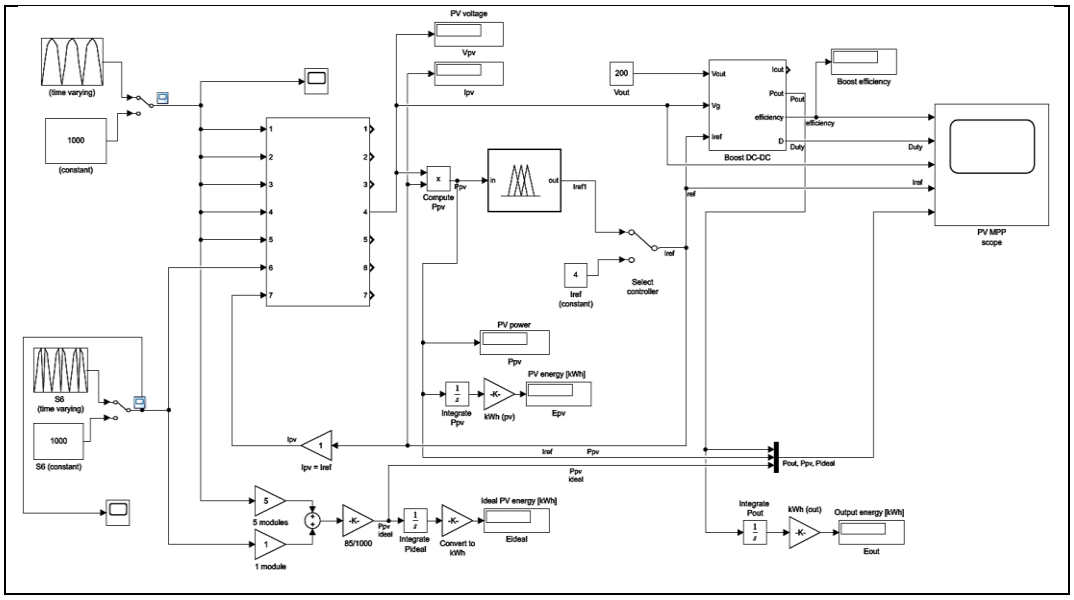
Şekil 3.6 MPP gösterimi için I-V eğrisi

Bu şekilde 6 PV kullanılmıştır, dolayısıyla V_{oc} 6*22.2(V) olacaktır. Ayrıca I_{sc} 5.5(A)'dır. Noktalar, P_2'deki güç ve akımın değerini gösterir, görüldüğü gibi akım değeri 3 (A) ve voltaj 120 (V), dolayısıyla güç P=VI = 360 (W) olur. Ayrıca P_1'de görüldüğü gibi akım I_{mpp} değeri 5 (A) ve voltaj V_{mpp} =100 (V), dolayısıyla güç $P_{mpp}=V_{mpp}I_{mpp}$= 500 (W)'dir. P_3'te görüldüğü gibi I akımının değeri 5.35 (A) ve gerilim V=50 (V), dolayısıyla güç P=VI= 267.5 (W)'dir. Bu nedenle güç için maksimum değer P_1 noktasında 500 (W) olur.



Şekil 3.7 P-V karakteristik eğrisi 1000 w/m^2

Yüzeye göre farklı ışınım değerleri için [200, 400, 600, 800 ve 1000 W/m^2] analiz, Şekil 3.8'de gösterilen Matlab-Simulink modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.8 Matlab Simulink modeli

Bu şekil, farklı ışınım seviyeleri değerleri için I-V karakteristik eğrisinin ve I-P karakteristik eğrisinin hesaplanmasını gösterir.

3.4 Bulanık Mantık

3.4.1 Arka Plan

Bulanık mantık, sistem tasarımını geleneksel yöntemler uygulayarak daha basit, daha doğru ve daha verimli hale getirmeyi amaçlayan, bulanık değerler ve yasalar kullanarak nispeten karmaşık matematik ve olasılıklar gerektiren, görece yeni bir teknolojidir (Almosni vd., 2018). Bulanık mantık kontrol sistemleri, karar vermede ve sonuçların ve çalışma raporlarının sunumunda şeffaf olmaları nedeniyle kullanılmaya çok uygundur. Klasik mantıkta ifadeler ikili biçimde ifade edilir (sıfır veya bir, beyaz veya siyah, evet veya hayır), ancak bulanık mantık Boolean doğru ifadeleri bir doğruluk derecesi ile ifade eder.

Bulanık çıkarım sistemi, bir girdi, bir işleme sistemi ve bir çıktıdan oluşur. İlk adım, girdileri bulanık üyelik fonksiyonlarına doğru derecede eşler. İkinci adım, her kuralın işlenmesi ve buna göre sonuçları toplamaktır. Son olarak son adım, birleşik çıktı sonuçlarını çıktı değerleri olarak sunar.

Bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonu, özel bir durumda, uzaydaki her noktanın üyelik derecesine nasıl eşlendiğini veya üyelik derecesinin sıfır ile bir arasında nerede olduğunu gösteren bir eğridir. Üyelik işlevleri veya bulanık etiketler için en yaygın biçim, üçgen gösterimidir; elbette işin türüne bağlı olarak yamuk ve çan üyelik fonksiyonları gibi diğer üyelik fonksiyonları da kullanılmaktadır. Daha önce bahsedildiği gibi, çıkarım motoru olarak adlandırılan işleme basamağı, EĞER-ÖYLEYSE ifadeleri biçimindeki bir dizi bulanık kurala dayanır; EĞER bölümü kendisinden önce gelen kısımdır ve ÖYLEYSE bölümü sekans olarak adlandırılır. Bulanık EĞER-ÖYLEYSE kuralına bir örnek şudur: Tekrarlama düşükse, yer değiştirme önceliği o kadar çok yüksektir, "öncelik" ve "tekrar" ifadeleri dilsel değişkenlerdir ve "düşük" ve "çok yüksek" ifadeleri dilsel ifadelerdir. Her ifade bir üyelik işlevine karşılık gelir.

3.4.2 Bulanık Çıkarım Kuralları Veri Tabanı ve Motoru

Bulanık çıkarım kurallarının veri tabanını ve motorunu tartışmaya devam etmeden önce, bulanık bir sistemin açık bir tanımını vermek gerekir. Bir bulanık sistem, bir dizi girdi, bir veya daha fazla çıktı ve girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkinin tanımlandığı bir kurallar tabanıdır.

Girdiyi çıktıya doğru bir şekilde eşlemek için, kurallar veritabanında bir kurallar kombinasyonu elde etmek ve ardından bulanık sistemin çıktısını, aynı zamanda girdi durumunu, buna dayalı olarak belirlemek gerekir. Bu sisteme bulanık çıkarım motoru denir. Genel olarak, bir bulanık çıkarım motorunda çıkarım için iki farklı bakış açısı tanımlanır. "Kural tabanlı çıkarım" olarak bilinen ilk yöntemde, bulanık kural veritabanındaki tüm kurallar U × V'de (iki ortaklık veya paylaşım işlemine dayanan) bir bulanık ilişki içinde birleştirilir ve ardından Eğer-Bulanık kuralı yalnız incelenir. Böyle bir kombinasyonun bir örneği Mamdani kuralıdır. İkinci yönteme "ayrı kurallara dayalı çıkarım" denir. Bulanık kural veritabanındaki her kural bir bulanık çıktı belirtir ve nihai çıktı, bulanık kümelerin ayrı çıktılarının bir kombinasyonu M olacaktır. Birleştirme eylemi ortaklık veya paylaşım yoluyla yapılabilir.

Çoğu uygulamada, bulanık sistemin giriş ve çıkışı gerçek sayılar olduğundan, gerçek ortamdaki gerçek sayıları bulanık sisteme bulanık girdi olarak sağlamak için, çıkarım motoru ile gerçek ortam arasında aracılar kullanmamız gerektiğine veya bir bulanık çıkarım motorunun bulanık çıktısının gerçek dünyaya dönüştürülmesine dikkat edilmelidir. Bu tür aracılara genellikle bulanık üreteçler (gerçek sayıları bulanık girdilere dönüştürmek için) ve bulanık olmayan üreteçler (bulanık çıktıyı gerçek sayılara dönüştürmek için) denir. Bulanık ve bulanık olmayan üreteçlerin tasarım kriterlerine dayalı olarak, özel uygulamaları olan bu tür aracıların çeşitli türleri sunulmuştur.

3.4.3 Bulanık ve Bulanık Olmayan

Çoğu durumda, bulanık sistemlerin pratik uygulamalarında, girdileri bulanık sisteme uygulamadan önce özel aracılar kullanarak gerçek girdileri bulanık değerlere dönüştürmek ve ayrıca bulanık çıktı sonucunu gerçek çıktıya dönüştürmek gerekir.

Bu aracılara bulanık ve bulanık olmayan denir ve her birinin kendine özgü özellikleri ve uygulamaları olan farklı türleri tanımlanmıştır (V.Rao 2010) .

3.4.4 Bulanık Üreteçler

Matematiksel olarak bulanık, bir $X^* \in U \subset R^n$ noktasından belirli bir matematiksel ilişki ile tanımlanan bir bulanık kümeye $(A)' \in U$ eşlemedir. Ancak bir bulanık üretecin matematiksel ilişkisini tanımlarken hangi kriterler dikkate alınmalıdır?

Bir bulanık üretecin matematiksel ilişkisini tanımlarken, X^* noktasındaki girdinin kesin olduğu ve dolayısıyla bu noktada maksimum değer fonksiyonuna sahip olması gerektiği gerçeğini hesaba katmalıyız.

Bulanık sistemin girişi gürültüden zarar görürse, bulanık sistem gürültüyü azaltabilmeli ve ortadan kaldırabilmelidir.

Üretecin bulanık matematiksel ilişkileri, çıkarım motoruyla ilgili matematiksel ilişkileri mümkün olduğunca basitleştirebilmelidir.

Tek bulanık üreteci, Gauss bulanık üreteci, üçgen bulanık üreteci gibi farklı bulanık üreteci türleri vardır. Bu tez çalışmasında üçgen bulanık üreteci kullanılmıştır.

3.4.5 Avantajlar

Günlük hayatta olduğu gibi, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmış sistemlerin kontrolüne basit çözümler sunar.Bu tezde kullanılan bulanık kurallar Tablo 3.1'de gösterilmiştir:

Tablo 3.1 Kullanılan bulanık kurallar

System	**Input1**
Name='Mppt_po_fuzz' Type='mamdani' Version=2.0 NumInputs=1 NumOutputs=1 NumRules=49 AndMethod='min' OrMethod='max' ImpMethod='min' AggMethod='max' DefuzzMethod='centroid'	Name='e' Range=[-3 3] NumMFs=7 MF1='NB':'zmf',[-3 -1] MF2='NM':'trimf',[-3 -2 0] MF3='NS':'trimf',[-3 -1 1] MF4='Z':'trimf',[-2 0 2] MF5='PS':'trimf',[-1 1 3] MF6='PM':'trimf',[0 2 3] MF7='PB':'smf',[1 3]
Output1	**Output1**
Name='D' Range=[-3 3] NumMFs=7 MF1='NB':'zmf',[-3 -1] MF2='NM':'trimf',[-3 -2 0] MF3='NS':'trimf',[-3 -1 1] MF4='Z':'trimf',[-2 0 2] MF5='PS':'trimf',[-1 1 3] MF6='PM':'trimf',[0 2 3] MF7='PB':'smf',[1 3]	Name='D' Range=[-3 3] NumMFs=7 MF1='NB':'zmf',[-3 -1] MF2='NM':'trimf',[-3 -2 0] MF3='NS':'trimf',[-3 -1 1] MF4='Z':'trimf',[-2 0 2] MF5='PS':'trimf',[-1 1 3] MF6='PM':'trimf',[0 2 3] MF7='PB':'smf',[1 3]

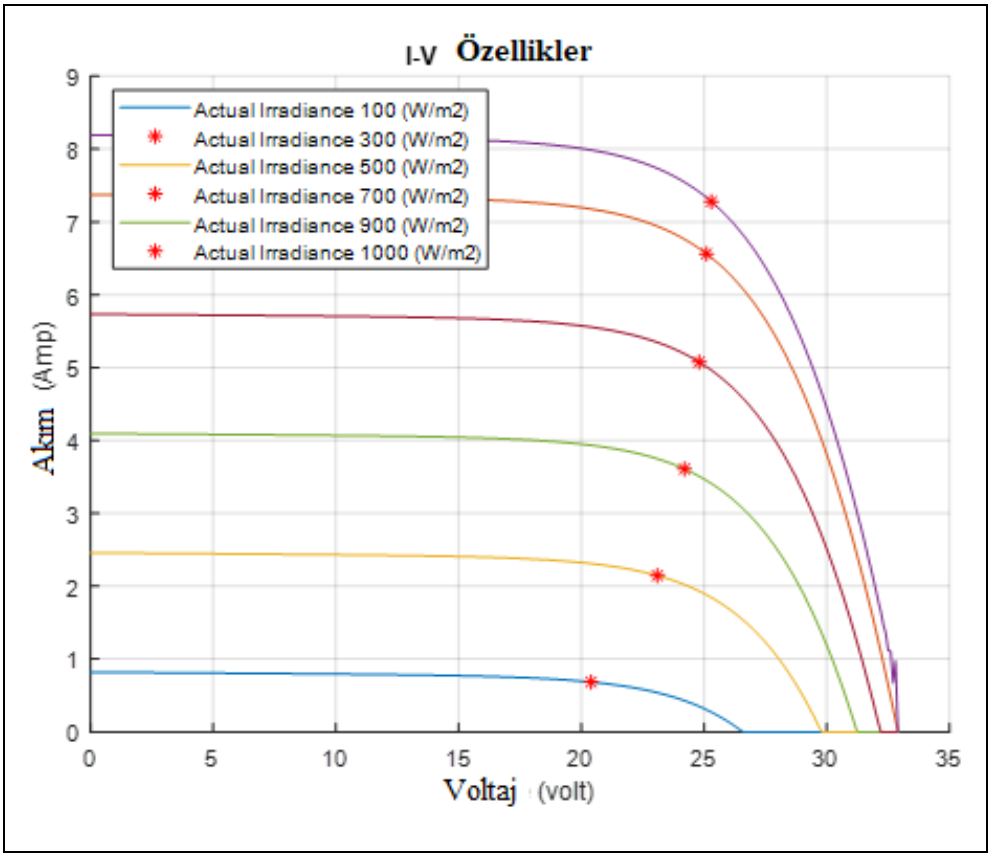
Tablo 3.2 Kural tablosu

Kurallar		
1, 4 (1) : 1	4, 2 (1) : 1	5, 4 (1) : 1
1, 4 (1) : 1	4, 3 (1) : 1	5, 4 (1) : 1
1, 4 (1) : 1	4, 4 (1) : 1	5, 4 (1) : 1
1, 1 (1) : 1	4, 4 (1) : 1	6, 6 (1) : 1
1, 1 (1) : 1	4, 4 (1) : 1	6, 6 (1) : 1
1, 1 (1) : 1	4, 5 (1) : 1	6, 6 (1) : 1
1, 2 (1) : 1	4, 6 (1) : 1	6, 4 (1) : 1
2, 4 (1) : 1	5, 5 (1) : 1	6, 4 (1) : 1
2, 4 (1) : 1	5, 6 (1) : 1	6, 4 (1) : 1
2, 4 (1) : 1	5, 6 (1) : 1	6, 4 (1) : 1
2, 3 (1) : 1	4, 2 (1) : 1	7, 7 (1) : 1
2, 2 (1) : 1	4, 3 (1) : 1	7, 7 (1) : 1
2, 2 (1) : 1	4, 4 (1) : 1	7, 7 (1) : 1
2, 2 (1) : 1	4, 4 (1) : 1	7, 4 (1) : 1
3, 3 (1) : 1	4, 4 (1) : 1	7, 4 (1) : 1
3, 4 (1) : 1	4, 5 (1) : 1	7, 4 (1) : 1
3, 4 (1) : 1	4, 6 (1) : 1	7, 4 (1) : 1
3, 4 (1) : 1	5, 5 (1) : 1	
3, 3 (1) : 1	5, 6 (1) : 1	
3, 3 (1) : 1	5, 6 (1) : 1	
3, 3 (1) : 1	5, 5 (1) : 1	

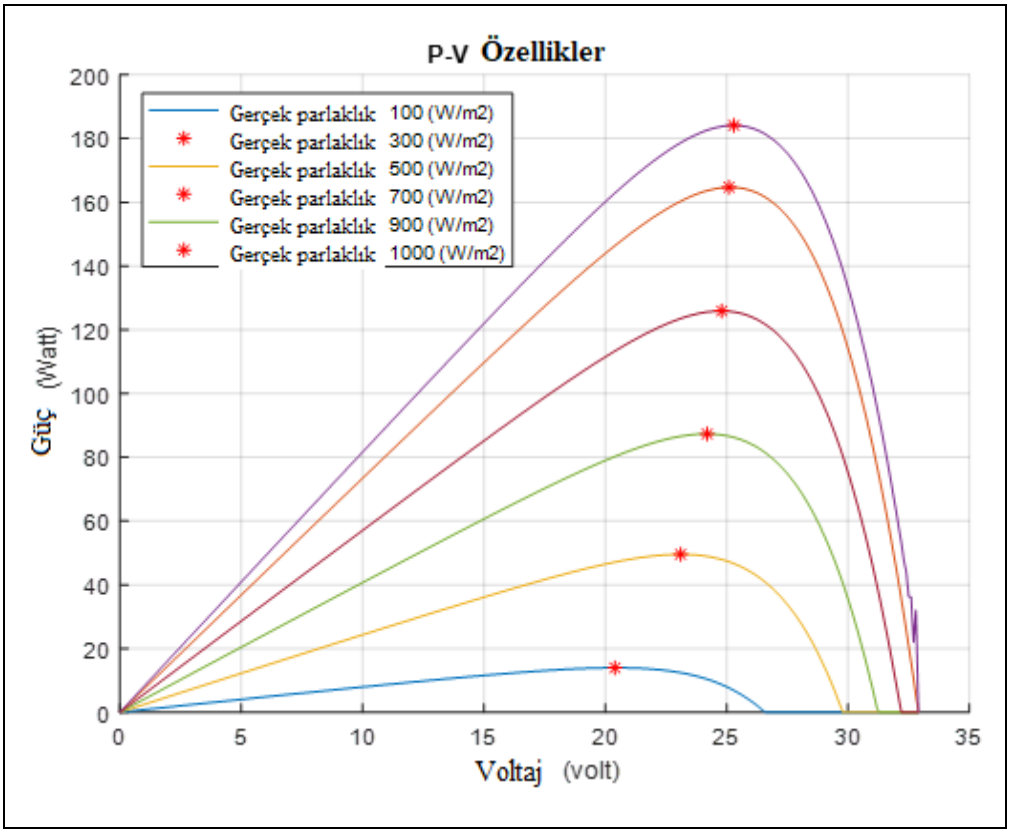
4. SİMULASYON SONUCU

4.1 Model Referansı tabanlı Bulanık Kontrol Cihazı kullanarak DC Motor Kontrolü

Bu tezde, model referansı tabanlı bulanık denetleyici kullanarak BLDC motor kontrolünü uyguluyoruz. Bu sistemin uygulanması üç aşamadan oluşmaktadır. İlk adım, referans modelin tasarımıdır. İkinci adım Tesisat Modeli'dir. Tesisat modeli için BLDC motor kullanıyoruz. Son adım, bulanık denetleyiciyi tasarlamaktır. I-V özellikleri Şekil 4.1'de akım-gerilim özellikleri gösterilmiştir.

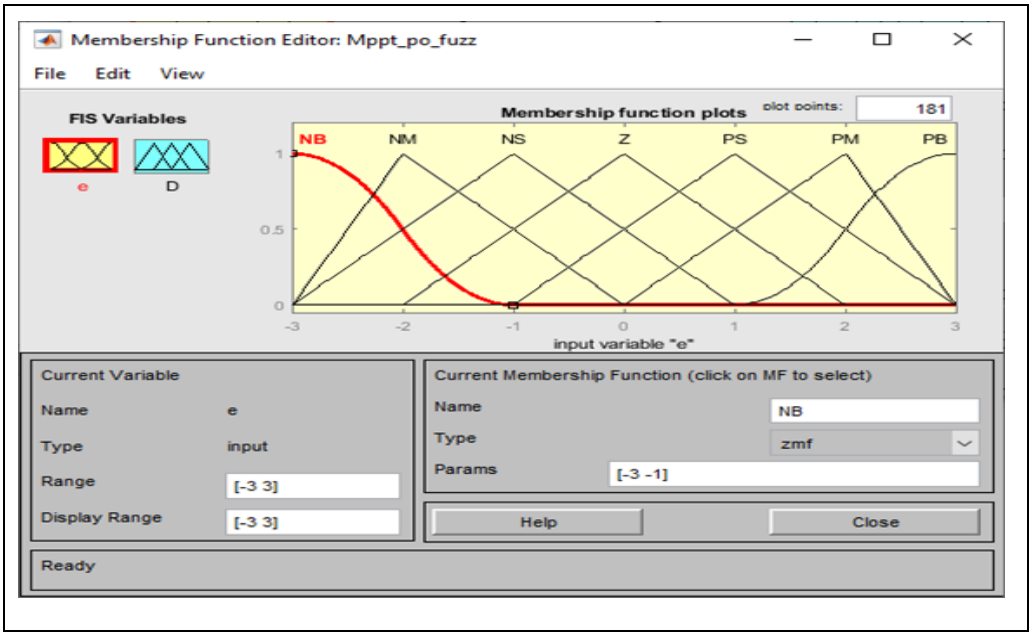


Şekil 4.1 Akım-Gerilim özellikleri



Şekil 4.2 P-V özellikleri

Bulanık sistemde bir giriş ve bir çıkış kullanılır. Giriş sinyali için üyelik fonksiyonu Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan parametreler Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

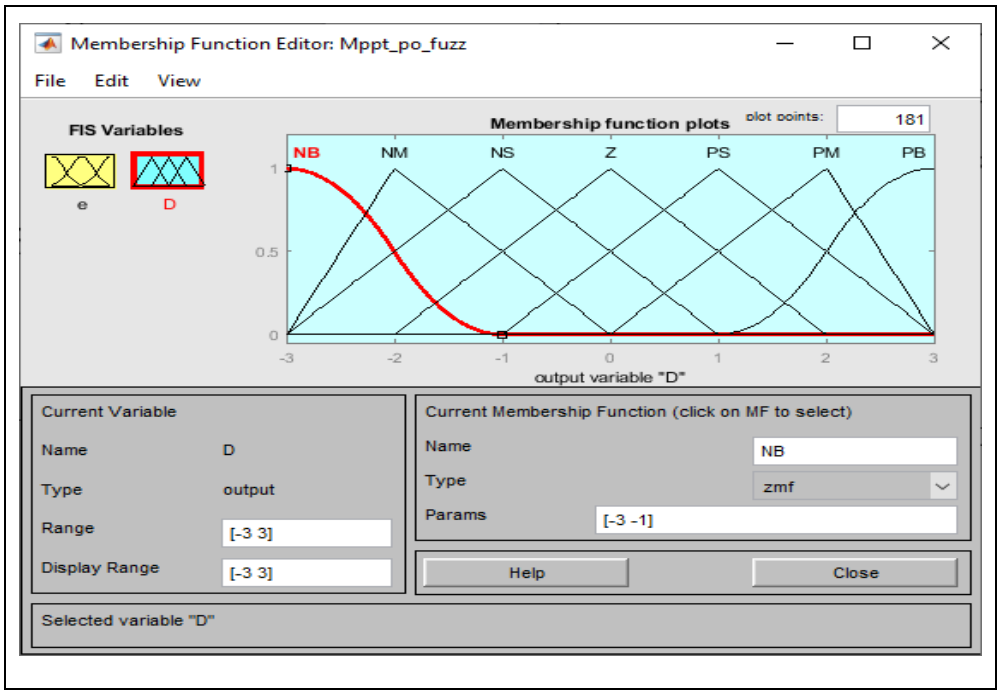


Şekil 4.3 Giriş sinyali için üyelik fonksiyonu

Tablo 4.1 Bu tezde kullanılan parametreler

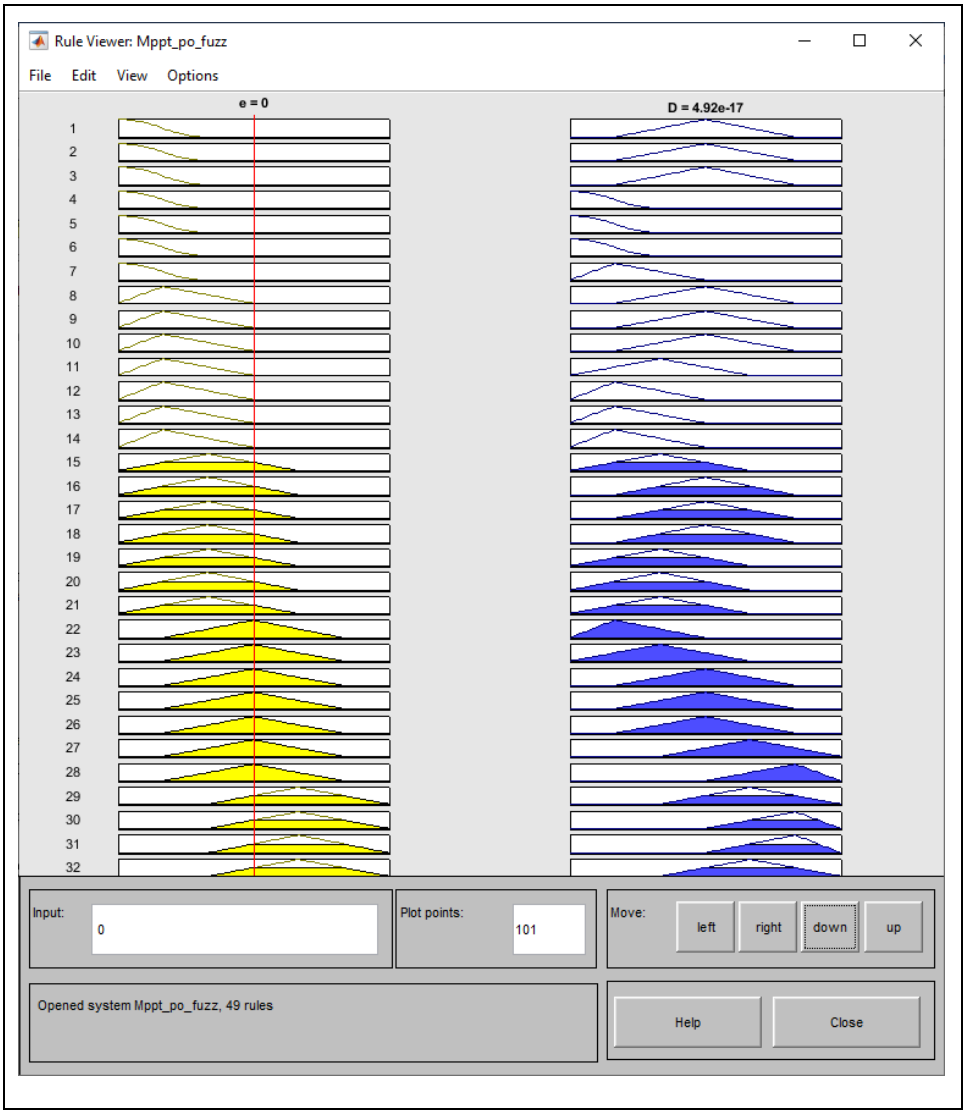
Parametre	Değer	Açıklama
K	$1{,}38065e^{-23}$	Boltzman Sabiti
q	$1{,}602e^{-19}$	Elektron Yükü
Iscn	8,21	İstenilen Kısa Devre Akımı
Vocn	32,9	İstenilen Açık Devre Voltajı
Kv	-0,123	Sıcaklık Voltaj Sabiti
Ki	0,0032	Sıcaklık Akım Sabiti
Ns	54	Seri Bağlı Hücre Sayısı
T	25+273	Kelvin Cinsinden Çalışma Sıcaklığı
Tn	30+273	Standart Test Koşullarındaki (STK) Sıcaklık
Gn	1000	STK'deki Işınım ((W/m^2))
a	2,0	Diyot İdeallik Sabiti [1<a<2]
Eg	1,2	STK sıcaklığında Silisyumun Bant Boşluğu [25 ^oC]
G	1000	Gerçek Işınım ((W/m^2))
Rs	0,221	Eşdeğer PV hücresinin Seri Direnci
Rp	415,405	Eşdeğer PV hücresinin Paralel Direnci

Çıkış sinyali için üyelik fonksiyonu Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



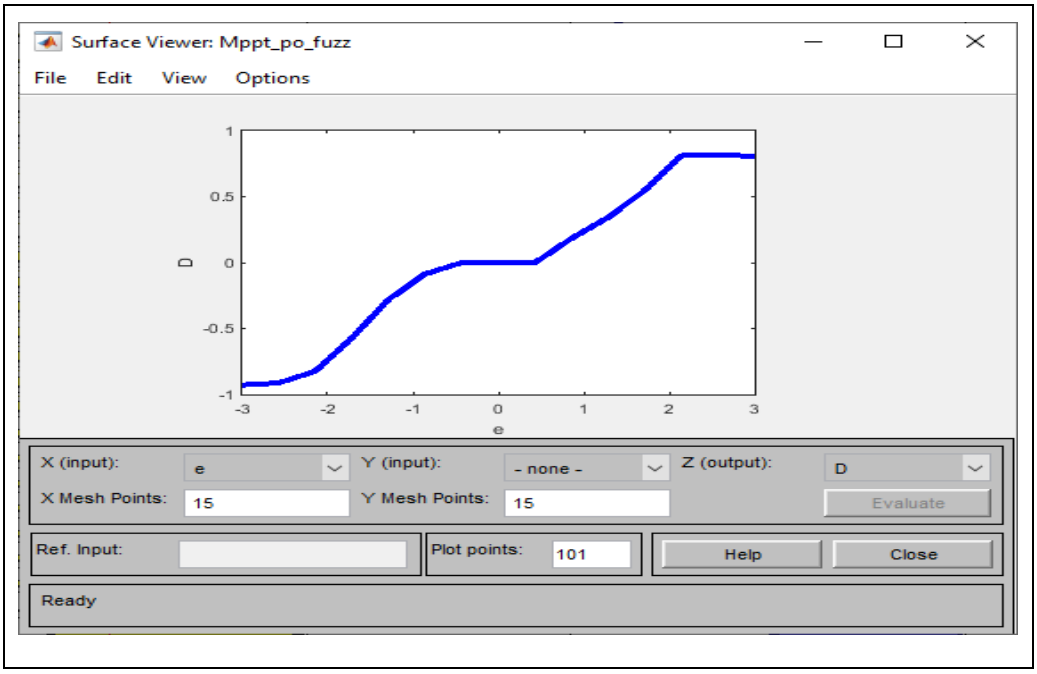
Şekil 4.4 Çıkış sinyali için üyelik fonksiyonu

Önerilen bulanık için kurallar Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

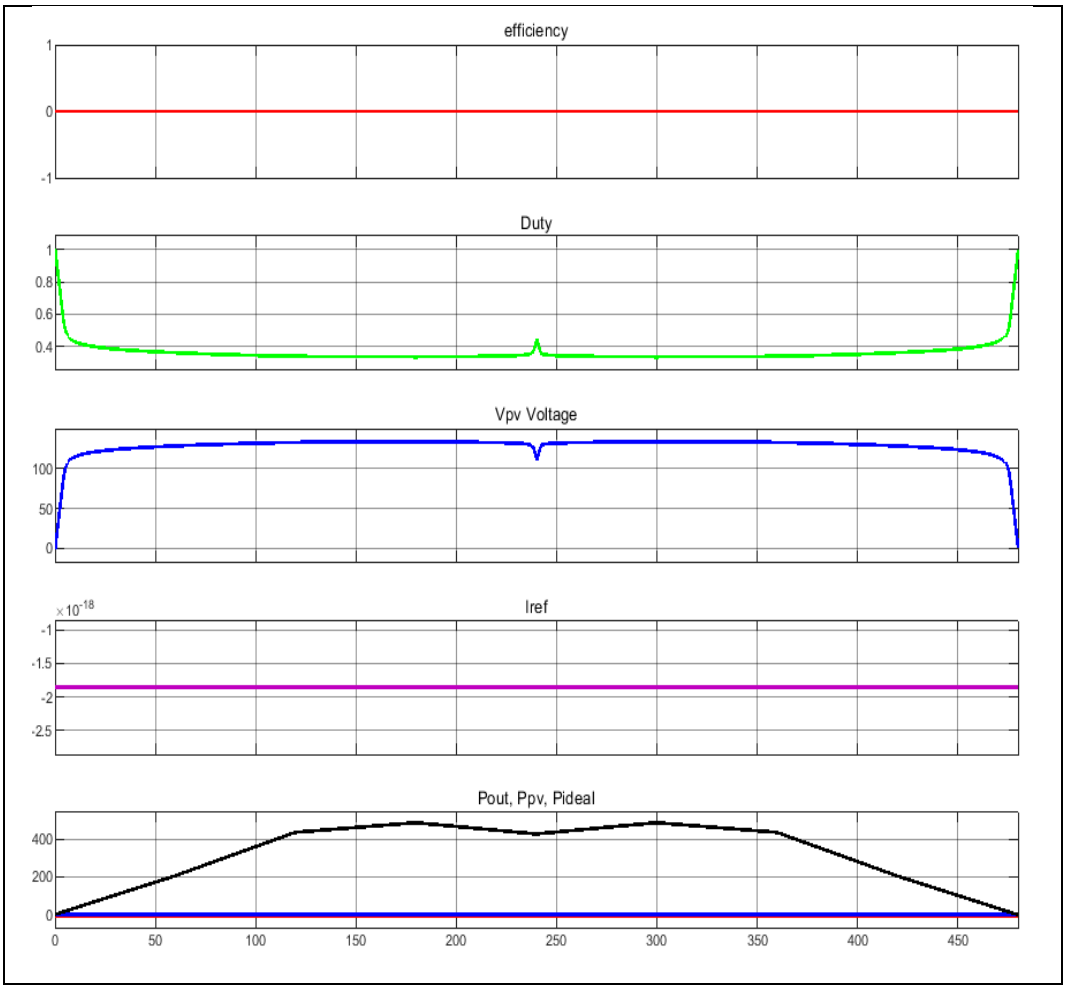


Şekil 4.5 Bulanık kuralların Matlab penceresi

Çalışmalarımızda49 kural kullanılmıştır.Çıkışın girişe karşı yüzeyi Şekil 4.6'da gösterilmiştir.Sonuçlar Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

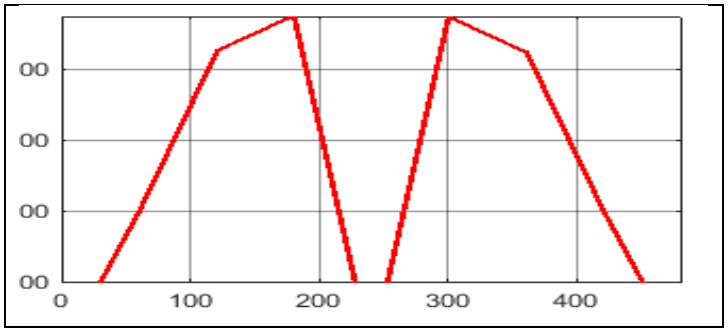


Şekil 4.6 Çıkışın girişe karşı yüzeyi



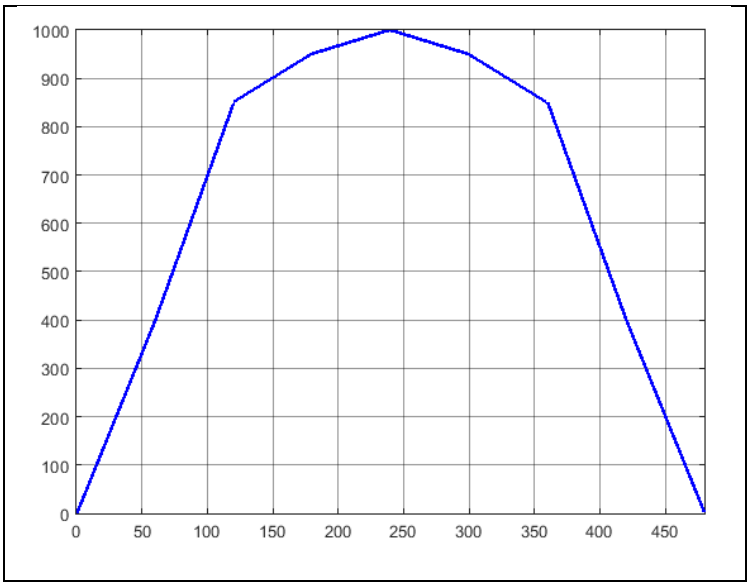
Şekil 4.7 Simulasyon sonuçları

Sistemde altı panel kullanılmaktadır. PV dizilerinden birinin giriş sinyali Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8PV dizilerinden birinin giriş sinyali

Diğer PV panelleri için giriş sinyali Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9Diğer PV panelleri için giriş sinyali

Boost dönüştürücü için, giriş akımı kontrollü bir destek (yükseltici) DC-DC dönüştürücünün ortalama modeli kullanılır. Model, giriş portu ile seri olarak RL (iletim kaybı modeli) ve çıkış portu ile paralel olarak I_{sw} (anahtarlama ve diğer kayıplar modeli) içerir. Giriş portu serisi direnci RL 0,5 olarak kullanılır. Ayrıcaanahtarlama kaybı akımı için I_{sw} 0,03 kullanılır.

5. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

5.1 Sonuç

Son yıllarda dünyada nüfus artışına bağlı olarak kentsel gelişimin yaygınlaşması, enerji talebini artıran önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, dünya enerji sorununu çözmek için birçok zorlukla karşı karşıyadır. Kömür, gaz, fosil yakıtlar gibi yenilenemeyen enerjinin konvansiyonel enerji kaynakları günümüzde yüksek kullanım nedeniyle zamanla azalmaktadır. Ayrıca bu enerji kaynakları hava kirliliğini ve küresel ısınmayı da artırmaktadır. Bu nedenle fosil yakıtlar yerine kullanılabilecek alternatif bir enerji kaynağı bulmak önemlidir. Yenilenebilir enerji veya yeşil enerji, Jeotermal Hidroelektrik, Güneş enerjisi, Gelgit gücü ve Dalga gücü gibi alternatif güç kaynakları olarak kabul edilir.

Bu tezde, güneş enerjisi sisteminde yüksek performans elde etmek için mevcut değeri kontrol etmekte uyarlamalı bulanık denetleyici kullanılmıştır. Altı adet fotovoltaik panel kullanılmış, test edilmiş ve analiz edilmiştir. Bu tezin katkısı, güç değerini kontrol etmek ve akım değeri optimum değeri bulmak için. uyarlanabilir nöroblur kullanmamızdır. Daha sonra yapılabilecek bilimsel çalışmalarda, bulanık yöntemi PV paneller üzerinde uygulamada kullanabilir ve en yüksek güç enerjisini elde edebiliriz. Panel sayısını arttırabilir, farklı panel tiplerive veri alıştırması için derin öğrenmeyi kullanabiliriz.

KAYNAKLAR

Adouni, A., & J Marques Cardoso, A. (2021). Thermal Analysis of Low-Power Three-Phase Induction Motors Operating under Voltage Unbalance and Inter-Turn Short Circuit Faults. Machines, 9(1), 2.

Akramova, D. S., & Ortıqova, G. T. Q. (2017). The future of solar power technology is bright. From photovoltaic paint to thermal fuel, we peek at a future beyond today's solar cell. In Молодежь И Системная Модернизация Страны (pp. 134-138).

Allik, A., Lill, H., & Annuk, A. (2019). Ramp rates of building-integrated renewable energy systems. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), 9(2), 572-578.

Almosni, S., Delamarre, A., Jehl, Z., Suchet, D., Cojocaru, L., Giteau, M., ... & Guillemoles, J. F. (2018). Material challenges for solar cells in the twenty-first century: directions in emerging technologies. Science and Technology of advanced MaTerialS, 19(1), 336-369.

Alsayid, B. (2012). Modeling and simulation of photovoltaic cell/module/array with two-diode model.

Alzahrani, A. (2020). A Fast and Accurate Maximum Power Point Tracking Approach Based on Neural Network Assisted Fractional Open-Circuit Voltage. Electronics, 9(12), 2206.

Bataineh, K., & Eid, N. (2018). A hybrid maximum power point tracking method for photovoltaic systems for dynamic weather conditions. Resources, 7(4), 68.

Bosi, M., & Pelosi, C. (2007). The potential of III-V semiconductors as terrestrial photovoltaic devices. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 15(1), 51-68.

Brown, L. R. (2015). The great transition: Shifting from fossil fuels to solar and wind energy. WW Norton & Company.

Cha, H., & Lee, S. (2008, October). Design and implementation of photovoltaic power conditioning system using a current based maximum power point tracking. In 2008 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (pp. 1-5). IEEE.

Chy, D. K., Khaliluzzaman, M., & Islam, M. M. (2015). Comparative Experimental Analysis with and without Proposed Algorithm for MPPT using a DC-DC Converter for PV Array. Asian Journal of Engineering and Technology, 3(2).

Constable, G., & Somerville, B. (Eds.). (2003). A century of innovation: Twenty engineering achievements that transformed our lives. Joseph Henry Press.

Deambi, S. (2011). Solar PV Power: A global perspective. The Energy and Resources Institute (TERI).

Dervos, C. T., Skafidas, P. D., Mergos, J. A., & Vassiliou, P. (2004). pn junction photocurrent modelling evaluation under optical and electrical excitation. Sensors, 4(5), 58-70.

Durini, D., & Arutinov, D. (2020). Fundamental principles of photosensing. In High Performance Silicon Imaging (pp. 3-24). Woodhead Publishing.

El Ouariachi, M., Mrabti, T., Yaden, M. F., Kassmi, K., & Kassmi, K. (2010, June). Analysis, optimization and modelling of electrical energies produced by the photovoltaic panels and systems. In 18th Mediterranean Conference on Control and Automation, MED'10 (pp. 1614-1619). IEEE.

Esram, T., & Chapman, P. L. (2007). Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques. IEEE Transactions on energy conversion, 22(2), 439-449.

Hadjab, M., Berrah, S., & Hamza, A. (2012). Neural network for modeling solar panel. International journal of energy, 6(1), 9-16.

Harrison, S. (2016). Exploring and exploiting charge-carrier confinement in semiconductor nanostructures: heterodimensionality in sub-monolayer InAs in GaAs and photoelectrolysis using type-II heterojunctions. Lancaster University (United Kingdom).

Hussein, K. H., Muta, I., Hoshino, T., & Osakada, M. (1995). Maximum photovoltaic power tracking: an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions. IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution, 142(1), 59-64.

Jones, G. G., & Bouamane, L. (2012). " Power from Sunshine": A Business History of Solar Energy. Harvard Business School Working Paper Series.

Kachhiya, K., Lokhande, M., & Patel, M. (2011, May). MATLAB/Simulink model of solar PV module and MPPT algorithm. In National Conference on Recent Trends in Engineering & Technology (Vol. 13).

Krishnan, U., Kaur, M., Kumar, M., & Kumar, A. (2019). Factors affecting the stability of perovskite solar cells: a comprehensive review. Journal of Photonics for Energy, 9(2), 021001.

O'Keeffe, D., Riverso, S., Albiol-Tendillo, L., & Lightbodyt, G. (2017, June). Distributed hierarchical droop control of boost converters in DC microgrids. In 2017 28th Irish Signals and Systems Conference (ISSC).

Pagliaro, M., Palmisano, G., & Ciriminna, R. (2008). Flexible solar cells.

Rifkin, J. (2014). Sıfır marjinal maliyetli toplum: Nesnelerin interneti, ortaklaşa müşterekler ve kapitalizmin çöküşü. Aziz Martin Basın.

Safari, A., & Mekhilef, S. (2010). Simulation and hardware implementation of incremental conductance MPPT with direct control method using cuk converter. IEEE transactions on industrial electronics, 58(4), 1154-1161.

Salas, V., Olias, E., Barrado, A., & Lazaro, A. (2006). Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaic systems. Solar energy materials and solar cells, 90(11), 1555-1578.

Sheriff, F., Turcotte, D., & Ross, M. (2003, August). PVTOOLBOX: A Comprehensive Set of PV System Components for the Matlab/Simulink Environment. In Proceedings of the 2003 Conference of the Solar Energy Society of Canada Inc., Kingston, Ontario, Canada, August 18 to (Vol. 20).

Sivagamasundari, M. S., Mary, P. M., & Velvizhi, V. K. (2013). Maximum power point tracking for photovoltaic system by perturb and observe method using buck boost converter. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 2(6), 2433-2439.

Smil, V. (2010). Energy transitions: history, requirements, prospects. ABC-CLIO.

Smil, V. (2016). Energy transitions: global and national perspectives. ABC-CLIO.

Subudhi, B., & Pradhan, R. (2012). A comparative study on maximum power point tracking techniques for photovoltaic power systems. IEEE transactions on Sustainable Energy, 4(1), 89-98.

Tiwari, G. N., & Dubey, S. (2009). Fundamentals of photovoltaic modules and their applications. Royal Society of Chemistry.

Tsai, H. L., Tu, C. S., & Su, Y. J. (2008, October). Development of generalized photovoltaic model using MATLAB/SIMULINK. In Proceedings of the world congress on Engineering and computer science (Vol. 2008, pp. 1-6).

Urayai, C., & Amaratunga, G. A. (2011, March). Single sensor boost converter-based maximum power point tracking algorithms. In 2011 Twenty-Sixth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC) (pp. 1238-1243). IEEE.

Veerachary, M., Senjyu, T., & Uezato, K. (2003). Neural-network-based maximum-power-point tracking of coupled-inductor interleaved-boost-converter-supplied PV system using fuzzy controller. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 50(4), 749-758.

Wang, C., Chen, W., Shao, S., Chen, Z., Zhu, B., & Li, H. (2011). Energy management of stand-alone hybrid PV system. Energy Procedia, 12, 471-479.

Yaden, M. F., El Ouariachi, M., Mrabti, T., Kassmi, K., Tidhaf, B., Chadli, E. L., & Kassmi, K. (2011, April). Design and realization of a photovoltaic system equipped with a digital MPPT control. In 2011 International Conference on Multimedia Computing and Systems (pp. 1-6). IEEE.

Zehner, O. (2012). Green illusions: the dirty secrets of clean energy and the future of environmentalism. U of Nebraska Press.