

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİNDE KULLANILAN  
ÇEVİRİCİLERİN KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Aynur AHMADOVA

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

EYLÜL, 2021



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİNDE KULLANILAN  
ÇEVİRİCİLERİN KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aynur AHMADOVA

(Y1813.10002)

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Murtaza FARSADI

EYLÜL, 2021

# ONAY FORMU



## **YEMİN METNİ**

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Fotovoltaik sistemlerinde kullanılan çeviricilerin kontrolü” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya ’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (05/09/2021)

**Aynur AHMADOVA**





*Aileme,*

## ÖNSÖZ

Tez çalışmam sürecinde bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, sayesinde yeni birçok bilgi öğrendiğim ve böylesine değerli bir akademisyen ile çalışma fırsatı bulabildiğim için kendimi gerçekten şanslı hissediyorum. Danışman hocam Prof. Dr. Murtaza FARSADI'e tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Jüri üyesi olan sayın hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmam süreci boyunca her zaman yanımda olan ve bana her konuda inanan, güvenen ve her koşulda yanımda olup hiçbir zaman desteğini ve sevgisini benden esirgemeyen aileme tüm içtenliğimle teşekkür ediyorum.

**Eylül 2020**

**Aynur AHMADOVA**

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>YEMİN METNİ</b> .....	<b>i</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Sorun Analizi.....	2
1.2. Çalışma Kapsamı.....	2
1.3. Yöntem .....	2
1.4. Tez İçeriği .....	3
<b>2. LİTERATÜR TARAMASI</b> .....	<b>4</b>
2.1 DC-DC Dönüştürücü.....	4
2.2 Yükseltici Dönüştürücü.....	5
2.3 Çalışma prensipi .....	5
2.3.1 Sürekli iletim modu .....	5
2.3.2 Süreksiz iletim modu .....	6
<b>3. YÖNTEM</b> .....	<b>8</b>
3.1 Fotovoltaik devre.....	8
3.2 FV devre hesaplamaları.....	9
3.2.1 Açık devre gerilimi ve kısa devre akımı .....	9
3.2.2 Maksimum güç noktası .....	9
3.2.3 Verim .....	10
3.2.4 Doldurma faktörü.....	11
3.2.5 Fotovoltaik enerjinin hesaplanması .....	11
3.3 MATLAB Simulink modeli .....	11
3.3.1 FV panel.....	13
3.3.2 MPPT .....	15
3.3.3 DC-DC dönüştürücü .....	16
3.3.4 Simülasyonun inverter bölümü.....	17
3.3.5 VSC.....	18
3.3.6 Ölçümler ve şebeke bağlantısı .....	23
3.4 Simülasyon .....	23
3.5 İkinci Simülasyon.....	26
<b>4. SONUÇ VE TARTIŞMA</b> .....	<b>27</b>
<b>5. SONUÇ</b> .....	<b>29</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>30</b>
<b>EKLER</b> .....	<b>31</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>33</b>

## **KISALTMALAR**

<b>AC</b>	: Alternating Current
<b>DC</b>	: Direct Curent
<b>PWM</b>	: Pulse With Modulation
<b>SPWM</b>	: Sinusoidal Pulse With Modulation
<b>kW</b>	: Kilo Watt
<b>MPPT</b>	: Maximum Power Point Tracker
<b>PV</b>	: PhotoVoltaic Panel



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 1 : SunPower SPR-305E-WHT-D özellikleri.....	14
Çizelge 2 : İkinci simulasyon giriş ve çıktı verileri.....	26



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : DC-DC dönüştürücü türleri .....	4
Şekil 2.2 : DC-DC yükseltici dönüştürücünün genel devresi .....	5
Şekil 2.3 : Sürekli iletim modu devreleri .....	6
Şekil 2.4 : DC-DC donusturucu süreksiz iletim modu esdeger devreleri .....	7
Şekil 3.1 : Fotovoltaik hucrenin calisma prensipi .....	8
Şekil 3.2 : Fotovoltaik sistem devresi .....	8
Şekil 3.3 : FV systemin MATLAB Simulink modeli .....	12
Şekil 3.4 : FV Panel .....	13
Şekil 3.5 : Sıcaklık etkisi grafiği .....	14
Şekil 3.6 : PV Dizisinin Akim ve Gerilim ölçütleri .....	14
Şekil 3.7 : MPPT matematiksel devresi .....	15
Şekil 3.8 : Maksimum güç noktası .....	15
Şekil 3.9 : MPPT kontrol devresi .....	16
Şekil 3.10 : DC-DC Yükseltici Dönüştürücü devresi .....	16
Şekil 3.11 : DC-DC yükseltici matematiksel devresi .....	17
Şekil 3.12 : Olusturulan Sinyaler .....	17
Şekil 3.13 : DC-DC yükseltici control algoritması .....	17
Şekil 3.14 : Invertor Koprusu .....	18
Şekil 3.15 : SPWM uretimi için invertor devresi .....	19
Şekil 3.16 : Inverter Controller with PLL .....	19
Şekil 3.17 : abc to dq cevirim .....	20
Şekil 3.18 : SPWM üretim grafiği .....	21
Şekil 3.19 : VSC Akım kontrolü (ileri beslemeli) .....	22
Şekil 3.20 : VSC akım kontrolü matematiksel modeli .....	22
Şekil 3.21 : Ölçümler ve Şebeke Bağlantısı .....	23
Şekil 3.22 : FV model sicaklik ve irradyasyon seviyesi .....	24
Şekil 3.23 : FV ve DC-DC akim ve voltaj egrisi .....	25
Şekil 3.24 : Simülasyon cikti grafiği .....	25
Şekil 3.25 : Min/Max değerleri .....	25
Şekil 4.1 : İkinci simülasyon sonuçları .....	28

# FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİNDE KULLANILAN ÇEVİRİCİLERİN KONTROLÜ

## ÖZET

Bu tez, PV sistem uygulaması için DC-DC yükseltici dönüştürücünün tasarımı, analizini ve deneysel değerlendirmesini kapsamaktadır. Arttırıcı dönüştürücü tasarımı ayrıntılı olarak anlatılmış, çıktı sonuçları sunulmuştur.

Maksimum güç elde etmek için, elektrik parametreleri incelenmiş ve en etkili olanı seçmek için çıktılar karşılaştırılmıştır. Matematiksel modelde, 5 kHz DC-DC güçlendirme dönüştürücü ve 3 fazlı VSC aracılığıyla 25 kV'lık bir şebekeye bağlanan 100 kW'lık PV dizisi kullanılmıştır. Anahtarlama görev döngüsü, "Artımlı İletkenlik + Entegre Regülatör" tekniğini kullanan bir MPPT ile optimize edilmiştir. DC-DC yükseltici dönüştürücü simülasyonu gerçekleştirilir ve sonuçlar sabit DC beslemesinden elde edilir. Simülasyon MATLAB Simulink yazılımında gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *DC-DC Çevirici, kontrol, FV, MATLAB*

## **CONTROL OF INVERTES USED IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS**

### **ABSTRACT**

This thesis represents design, analysis and experimental evaluation of DC-DC boost converter for PV system application. Details of design boost converter discussed, presented output plots from simulation.

For obtaining maximum power from system studied electrical parameters of DC-DC boost converter and compared outputs for choosing most effective one. As mathematical model used 100-kW PV array connected to a 25-kV grid via 5 kHz DC-DC boost converter and a 3phase VSC. Switching duty cycle is optimized by a MPPT uses “Incremental Conductance + Integral Regulator” technique. Simulation of DC-DC boost converter is performed and the results are obtained from constant DC supply. Simulation performed out in MATLAB Simulink software.

**Keywords:** *DC-DC Converter, control, PV, MATLAB*

## 1. GİRİŞ

İnsanlığın temel ihtiyaçlarının başında enerji ve enerji kaynaklarına olan talep vardır. Elektrik enerjisi farklı kaynaklar kullanılarak üretilir. Bunların arasında kimyasal ve nükleer kaynaklar (örnek: fosil yakıtlar), rüzgâr ve güneş enerjisi gibi kaynaklar vardır. Güneş enerjisi sınırsız ve ucuz olduğu için elektrik üretimi için sık tercih edilen kaynak olmuştur [1].

Elektrik gücü çoğunlukla kimyasal kaynak olan petrol ve doğal gazdan üretilir. Uluslararası Enerji Kurumu, dünyadaki enerji talebinin 2030 yılı için %55 artacağı ve fosil yakıtların %84 bir miktarda artışını tahmin etmiştir [1]. Bu tarz kimyasal kaynakların doğada gelişmesi uzun zaman alması ve çevreye verdiği olumsuz etkilerden dolayı sürekli alternatif yollar aranmaktadır.

Alternatif enerji kaynağı için örnek olarak güneş, rüzgâr, jeotermal tip enerjileri verilebilir. Alternatif enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi, güneş üzerinde meydana gelen reaksiyonların bir sonucudur. Çıkan radyasyon güneş enerjisi olarak adlandırılmıştır. Güneş enerjisinin yaklaşık yarısı atmosferi geçerek dünyaya ulaşır, sıcaklığının sabitlenmesi ve yer yüzünde yaşamın var olmasına neden olur. Sıcaklık değişimi sonucu olarak, havada ve suda hareketler oluşur.  $1370 \text{ W / m}^2$  kadar güneş enerjisi miktarı atmosferin dışında, 0 ila  $1100 \text{ W / m}^2$  arasında yüzyededir. Bu rakamlardan çıkan sonuçta göre, dünyaya ulaşan enerjinin yıllık enerji tüketiminden daha fazlası olduğu gözlemlenebilir. Yapılmış olan literatür araştırmalarına göre, 1970'lerden sonra güneş enerjisi kullanılarak elektrik enerjisini üretme teknolojisini sürekli arttırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynağı olan Fotovoltaik (FV) sistemler olarak adlandırılmış güneş enerjisi sistemleri son teknolojik yeniliklerle daha düşük maliyetli ve temiz bir sistem olmuştur.

### **1.1. Sorun Analizi**

Fotovoltaik (PV) sistemler günümüzde yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji sistemlerinden biridir. PV'den üretilen elektrik depolanabilir veya doğrudan kullanılabilir, şebekeye geri beslenebilir veya bir veya daha fazla elektrik jeneratörü veya daha fazla yenilenebilir enerji kaynağı ile birleştirilebilir. Gunes FV sisteminin ana bileşenleri gunes şarj kontrolörü, çevirici, akü ve yardımcı enerji kaynaklarıdır [1].

Şebekeye bağlı Fotovoltaik sistemlerinde temel amac, Fotovoltaik jeneratör tarafından sağlanan enerjiden çevirici tarafından şebekeye verilen gücü kontrol etmektir. Şebekeye enjekte edilen gücün kalitesi ve dönüştürücü sistemin performansı, çevirici akım kontrolünün kalitesine bağlıdır. Sabit bir voltaj seviyesi elde etmek için sistemdeki dönüştürücünün görev döngüsü ayarlanmalıdır. Bu fonksiyon dönüştürücüler elde eder. Yaygın olarak kullanılan dönüştürücü tiplerinden biri DC-DC yükseltici dönüştürücülerdir.

### **1.2. Çalışma Kapsamı**

Bu tezde ana odak noktası, detaylı inceleyeceğimiz önerilen topolojiyi kullanarak, yüksek verimli DC-DC dönüştürücüden üretilen DC gerilimi artırmaktır. Bu amaca giriş verilerini etkileyerek en yüksek çıkış gerilimi alarak ulaşılmıştır.

### **1.3. Yöntem**

Yöntem, bu alanda daha önce yapılmış çalışmaların incelenmesiyle başlamıştır [2]. Çalışmanın amacı, devreden elde edilen sonuçlara göre çıkış voltajının değişimini araştırmaktır. Bunun için dönüştürücünün L/C değerleri sırayla değiştirilerek elde edilen eğriler karşılaştırılmıştır. MATLAB /Simulink yazılımı, önerilen topolojinin pratik testini yapmak için kullanılmaktadır. Devre PV Array, MPPT algoritması ve DC-DC dönüştürücü devreleri yardımıyla düzenlenmiştir. Sistemden alınan en iyi sinüs dalgası en verimli sonuca ait olarak kabul edilmiştir.

#### **1.4. Tez İçeriği**

Tezin yapısı aşağıda verilen bölümlerden oluşmaktadır:

- 1,** Bu bölümde giriş verilmektedir.
- 2,** Bu bölümde literatür taraması ve g dönüştürücü topolojileri alanında yapılan çalışmalar, özellikleri ve karşılaştırmaları verilmektedir.
- 3,** Bu bölümde yapılmış olan tezin metodolojisi, simülasyon ve devre anlatılmaktadır.
- 4,** Calismanin sonuçları, tartışma ve sonuçlar birbiriyle karşılaştırılması bu bolumde yer almaktadır.

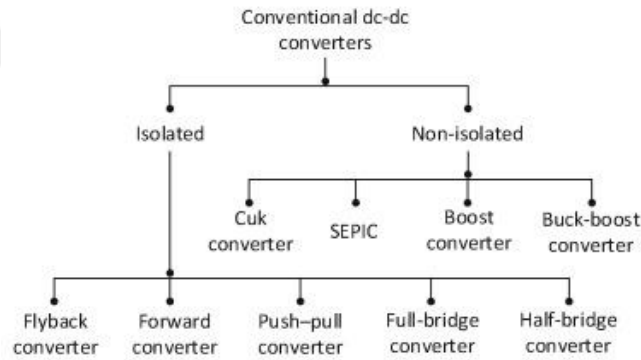


## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Tezin bu bölümünde DC-DC dönüştürücü çeşitlerinin teorik olarak anlatılacaktır. Çalışmanın tasarım gereksinimleri ve hedefleri göz önünde bulundurularak hangi tip dönüştürücünün topolojisini kullanılacağına karar verilmektedir.

### 2.1 DC-DC Dönüştürücü

DC-DC dönüştürücüler doğrusal akım kullanan güç kaynaklarında kullanılır. Fotovoltaik uygulamalarda gelen sabit olmayan DC gerilimini düzenleme ve artırma rolünü icra eder. Giriş voltajı değişse bile çıkış regüle edilebilir. Bu çalışma şekli enjeksiyon ve emilme süreçleri olarak gerçekleşir. İki çalışma sürecinin toplamı anahtarlama döngüsü yaratır. Sistem aynı zamanda enerji depolaması yapmaktadır, bu da döngüler arasında kullanılabilir. Dönüştürücü iki farklı moda- sürekli mod ve devam etmeyen iletim modu [3].

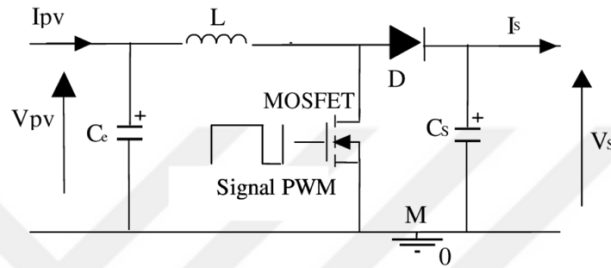


Şekil 0.1 : DC-DC dönüştürücü türleri

Aşağıdaki Şekil 2.1’de DC-DC Dönüştürücüler, aynı tip dönüştürücülere sahip izole ve izole olmayan dallar olarak sınıflandırılır [4]. Bazı uygulamalarda, elektrik şebekesine bağlı olan izole olmayan cihazlar kullanılamaz. İzole olmayan dönüştürücüler düşük gerilim ve güç sistemlerinde kullanılabilir. En son güç elektroniği teknolojileri ile DC-DC dönüştürücüler 98% gibi yüksek verim değerlerine ulaşmakta ve modülasyon tekniği ile darbe adı verilen farklı tipteki anahtarlama desenleri (PWM) ile kontrol edilmekte, ayrıca yarı iletken endüstrisi 40-50 gibi çok yüksek anahtarlama frekansına ulaşmaktadır.

## 2.2 Yükseltici Dönüştürücü

DC-DC yükseltici dönüştürücünün genel devresi Şekil 2.2’de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi devre çok basit elektronik devre olup diod, indüktör, kapasitör, elektronik anahtardan ve yardımcı bileşenlerden oluşmaktadır. Her DC-DC dönüştürücü gibi yükseltici de 2 farklı modda çalışır. Bunlar sürekli iletim modu - CCM ve süreksiz iletim modu - DCM olarak tanımlanır.



Şekil 0.2 : DC-DC yükseltici dönüştürücünün genel devresi

## 2.3 Çalışma prensipi

DC-DC yükselticinin iki çalışma modu vardır: sürekli iletim modu - CCM ve süreksiz iletim modu - DCM [5].

### 2.3.1 Sürekli iletim modu

CCM  $0 < t \leq t_{on}$  durumu: IGBT  $t=0$  baslar  $t=t_{on}$  biter. Indüktör akımı  $i_L(t)$  doğrusal olarak yükselip sıfırdan büyük oluyor.  $t_{on} < t \leq T_s$  durumu IGBT'ler  $t=t_{on}$  da baslar ve  $t=T_s$  esit olduğunda sona erer. Çalışma modunun eşdeğer devresi Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Daha sonra döngüde IGBT açılır ve indüktör akımı azalır. Bu devirde voltaj  $V_i-V_o$  olarak tanımlanır [4,6]. Kararlı durum modunda integral sıfır olmalıdır.

$$V_i t_{on} + (V_i - V_o) t_{off} = 0 \quad (2.1)$$

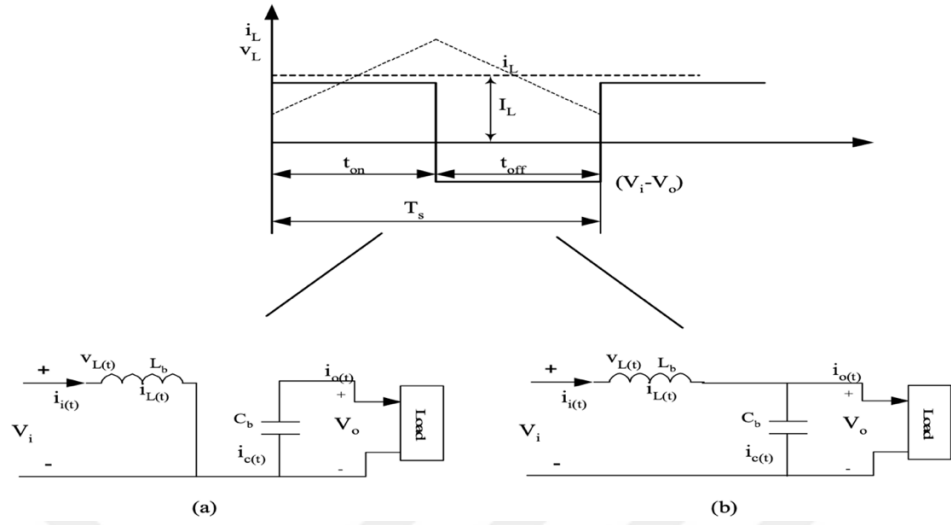
$V_i$  -giriş voltajı

$V_o$  -çıkış voltajı

$t_{on}$  : IGBT çalışma başlama zamanı

$t_{off}$  : IGBT çalışma bitme zamanı

CCM devreleri (a) ( $0 < t_{on} \leq t_{off}$ ) (b) ( $t_{on} < t \leq T_s$ )



Şekil 0.3 : Sürekli iletim modu devreleri

CCM genel formülü aşağıdaki formülle tanımlanmaktadır:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{T_{on}}{T_s} = \frac{1}{1-D}$$

(2.2)

### 2.3.2 Süreksiz iletim modu

Endüktörden gelen akım, anahtarlama IGBT'lerinin açılmadan önce sıfıra düştüğünde bu mod DCM ortaya çıkar (Şekil 2.4). Hesaplama gösterilen formüle göre yapılmaktadır, sırasıyla gerilim ve akım hesaplaması tanımlanmıştır.

$$V_i D T_s + (V_i - V_o) D_1 T_s = 0$$

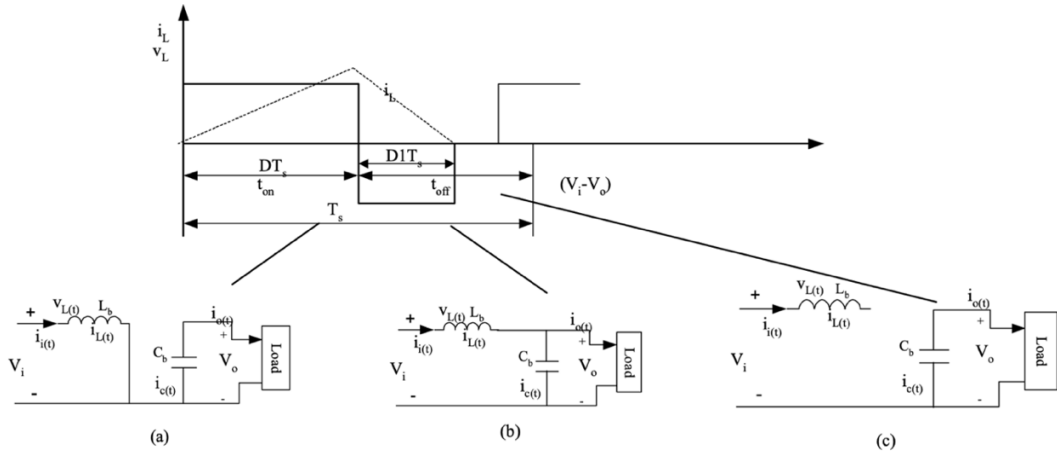
(2.3)

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{D_1 + D}{D_1}$$

(2.4)

$$\frac{I_o}{I_i} = \frac{D_1}{D_1 + D}$$

(2.5)



**Şekil 0.4 :** DC-DC dönüştürücü süreksiz iletim modu eşdeğer devreleri

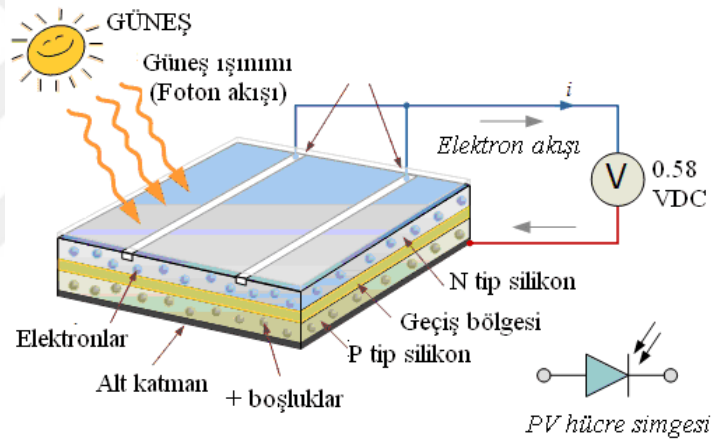
(a)  $0 < t \leq t_{on}$     (b)  $t_{on} < t \leq (D+D1)T_s$     (c)  $(D+D1)T_s < t \leq T_s$

### 3. YÖNTEM

Tezin bu bölümünde uygulanan yöntem anlatılacaktır. Araştırılan FV sistem bileşenleri ve DC-DC dönüştürücü için önerilen topoloji derinlemesine incelenmiştir.

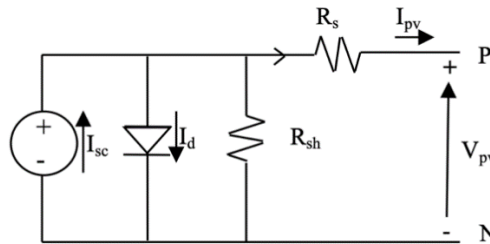
#### 3.1 Fotovoltaik devre

FV sistem teknolojisi güneş ışığını elektriğe dönüştürmek için FV hücreleri veya güneş hücrelerini kullanır. Güneş ışığı, güneş hücresi üzerine geldiğinde, fotonlar yansiyabilir, emilebilir veya içinden geçebilir. Sadece emilen fotonlar elektrik üretimine katkıda bulunur. Bir fotonun absorbe edilmesi için, enerjisinin, güneş hücresinin bant boşluğundan daha büyük olması gerekir.



Şekil 3.1 : Fotovoltaik hücrenin çalışma prensibi

Sistemde yüksek güç elde etmek için, seri ve paralel devrelerde çok sayıda hücre bağlanır (Şekil 3.2). Fotovoltaik modül kendi aralarında bağlanan birkaç ayrı fotovoltaik hücrelerden oluşur. Panel ise ortak bir yapı üzerinde birlikte gruplandırılmış bir veya birkaç modülden oluşur [7].



Şekil 3.2 : Fotovoltaik sistem genel devresi

$$I = I_{sc} - I_0 \left\{ \exp \left[ \frac{q(V + R_s I)}{nkT_k} \right] - 1 \right\} - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} \quad (3.1)$$

Formülde olan kısaltmalar aşağıda anlatılmıştır:

- V/ I, FV'nin çıkış voltajı ve akımı
- Rs/ Rsh- hücrenin seri ve şönt direnci
- q- elektronik yük
- ISC- ışık tarafından üretilen akım
- Io- ters doyma akımı
- n-boyutsuz bir faktör
- k- Boltzman sabiti Tk, oK cinsinden sıcaklıktır.

## 3.2 FV devre hesaplamaları

### 3.2.1 Açık devre gerilimi ve kısa devre akımı

Devrenin elektriksel performansını göstermek için açık devre voltajı ve kısa devre akımı formülleri kullanılır. Kısa devre akımı  $I_{sc}$ , çıkış terminallerinde kısa devre durumu yaratılarak değeri ölçülür ve sıfır voltaj durumundaki akımdır ( $V_{pv} = 0$ ). Açık devre voltajı beradere sıfır akımdaki voltaj ( $I_{pv} = 0$ ). Standart koşullarda hesaplanan  $I_{sc} / V_{oc}$  değerleri  $I_{sc-ref} / V_{oc-ref}$  olarak yeniden adlandırılır. Ölçülen değerler modülün veri sayfasında verilir.

### 3.2.2 Maksimum güç noktası

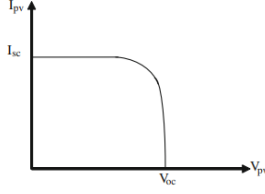
Bir fotovoltaik jeneratör tarafından sağlanan güçtür

$$P_{pv} = V_{pv} I_{pv} \quad (3.2)$$

Bu güç, I-V eğrisinin, açık devre noktası ve kısa devre noktası, böylece V değerleri için durumudur

$$0 < V_{pv} < V_{oc} \quad (3.3)$$

### I-V karakteristiği



### 3.2.3 Verim

FV modülünün dönüşüm verimliliği, modülün elektrik enerjisine dönüştürdüğü alınan güneş ışığı enerjisinin oranıdır.

$$\eta_1 = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{pv} \cdot I_{pv}}{A_{pv} \cdot G} \quad (3.4)$$

FV panelin gerçek verimliliği bu formülle verilir:

$$\eta_{pv} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \quad (3.5)$$

Burada  $\eta_1$ , yukarıda hesaplanan FV panelinin verimliliğidir

$\eta_2$ , alınan güneş akısının bir kısmı nedeniyle bağlantı sıcaklığı artışından kaynaklanmaktadır elektrik enerjisine dönüştürülmez ancak modülün içinde ısı olarak dağılır. Fotovoltaik havalandırmanın yetersiz olması durumunda sıcaklık artışı daha yüksektir modüller  $0,8 < \eta_2 < 0,9$

$\eta_3$ , kablolardaki Joule etkisinden kaynaklanan güç kayıplarından kaynaklanır. Azaltmak için bu kayıplar, kablo bölümü kablolardaki voltaj düşüşüne göre boyutlandırılmıştır.  $\eta_3 \approx 0,98$

$\eta_4$  invertördeki kayıplardan kaynaklanmaktadır  $\eta_4 \approx 0,95$

$\eta_5$ , maksimum güç noktası takibi ile ilgilidir. Dönüştürücünün kayıpları izlemenin  $\eta_5$ 'e dahil edildiğini taşıyan,  $\eta_5$  yalnızca maksimum güç noktası izlemenin ( $\eta_5 \approx 0,95$ ) kusurları.  $\eta_5$  daha düşükse izleme dönüştürücüsünün ( $\eta_5 \approx 0,95$ ) kayıplarını da dikkate alır.

### 3.2.4 Doldurma faktörü

I<sub>pv</sub>-V<sub>pv</sub> eğrisinin kare olcusunu açıklar:

$$FF = \frac{P_{MPP}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} = \frac{V_{MPP} \cdot I_{MPP}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (3.6)$$

### 3.2.5 Fotovoltaik enerjinin hesaplanması

Fotovoltaik jeneratör tarafından üretilen enerji, eğimli bir düzlemde küresel ışınlama, ortam sıcaklığı ve üretici tarafından verilen fotovoltaik modülün veri sayfası kullanılarak tahmin edilir.

$$E_{pv} = \eta_{pv} A_{pv} G [1 - f_b + f_b \eta_{batt}] \quad (3.7)$$

## 3.3 MATLAB Simulink modeli

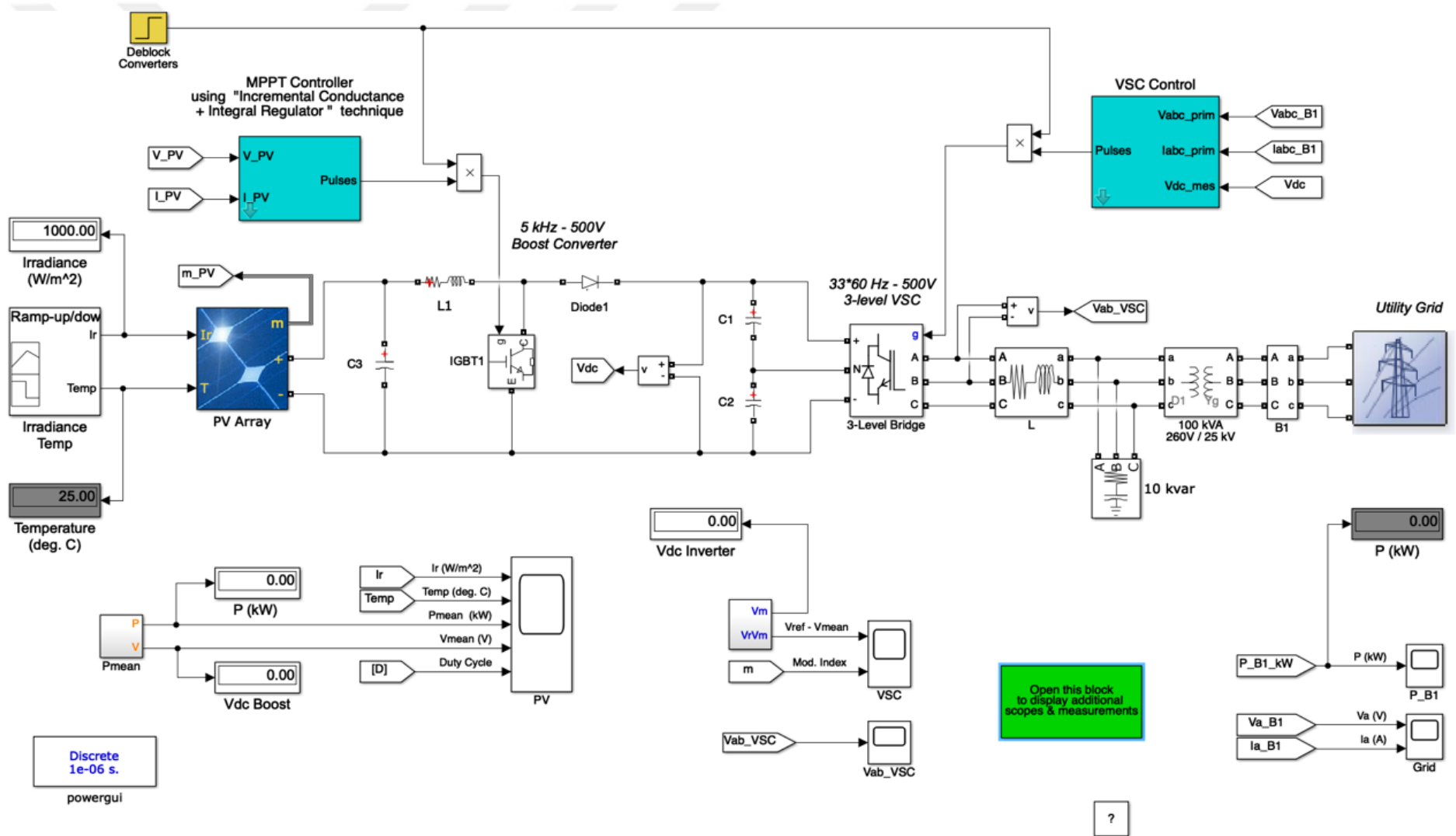
Bu bölümde, güç elektroniği bileşenleri, kontrol devresi ve mosfet gibi yarı iletken anahtarlama elemanları olan kontrol elemanları, indüktör ve kapasitör gibi pasif devre elemanları ve önerilen topoloji kontrolöründen oluşan önerilen devre anlatılacaktır. Devrenin tüm bileşenlerini tek tek incelenmiştir.

100 kW'lık FV dizisi modeli tasarımı için Matlab Simulink® yazılımı kullanılmıştır. Sekil 3.2 de gösterilmiştir. Model DC-DC boost dönüştürücü, üç fazlı üç seviyeli Gerilim Kaynağı Dönüştürücü (VSC)ve Maksimum Güç Noktası İzleme (MPPT), 'Artımlı İletkenlik + İntegral Regülatör' tekniği kullanılarak Simulink® aracılığıyla tasarlanmış 25 kV şebekeye bağlı FV dizisidir.

PV dizi bloğunda değişen güneş ışınımını (W / m<sup>2</sup> olarak giriş 1) ve sıcaklığı (derece C olarak giriş 2) sağlayan iki giriş vardır. Girişlere bağlanan Sinyal Oluşturucu blok ışınım ve sıcaklık profillerini algılar.

100 kW FV dizisi 330 SunPower modülü kullanıyor. Dizi, paralel bağlanmış 5 seri 66 diziden oluşur. Bu esittir  $66 * 5 * 305.2 \text{ W} = 100.7 \text{ kW}$ .

Devrede doğal voltajı 273V den 500 V kadar artıran 5-kHz DC-DC yükseltici dönüştürücü kullanılmıştır . MPPT denetleyicisi “Artımlı İletkenlik-İntegral Regülatör” algoritmasını kullanarak anahtarlama görev döngüsünü optimize eder.

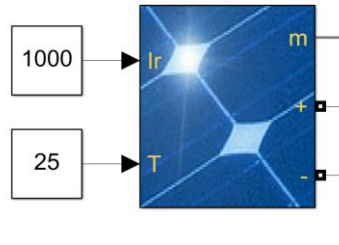


Şekil 3.3 : FV sistemin MATLAB Simulink modeli

Bu tarz algotirmayla calisan MPPT sistem görev döngüsünü otomatik olarak değiştirir ve gerekli voltajı üretir. 3-seviye 3-fazlı 1980-Hz VSC devrede olusan 500 V DC bağlantıda voltajı 260 V AC'ye kadar dusurur ve dönüştürür. VSC kontrol sistemi iki kontrol döngüsü kullanır: DC bağlantı voltajını +/- 250 V'a düzenleyen bir harici kontrol döngüsü ve Id ve Iq şebeke akımlarını (aktif ve reaktif akım bileşenleri) düzenleyen bir dahili kontrol döngüsü. Id akım referansı, DC voltaj harici kontrolörün çıkışıdır. Iq akım referansı, birlik güç faktörünü korumak için sıfıra ayarlanır. Akım kontrolörünün Vd ve Vq voltaj çıkışları, PWM Jeneratörü tarafından kullanılan üç modülasyon sinyaline Uabc\_ref dönüştürülür. Kontrol sistemi, voltaj ve akım kontrolörleri ile PLL senkronizasyon ünitesi için 100 mikro saniye örnekleme zamanı kullanır. Boost ve VSC dönüştürücülerin puls üreteçleri, PWM dalga formlarının uygun bir çözünürlüğünü elde etmek için 1 mikro saniyelik hızlı bir örnekleme süresi kullanır.

Sistemde 100-kVA 260V / 25kV üç fazlı transformör vardir. şebeke 25 kV dağıtım besleyici + 120 kV eşdeğer iletim sisteminden oluşmaktadır.

### 3.3.1 FV panel

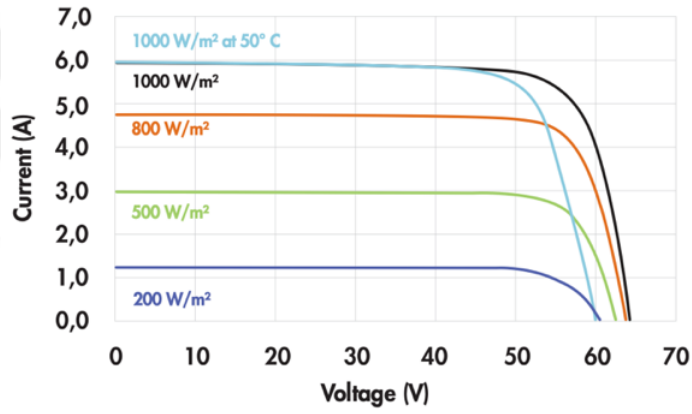


şekil 3.4 : FV Panel

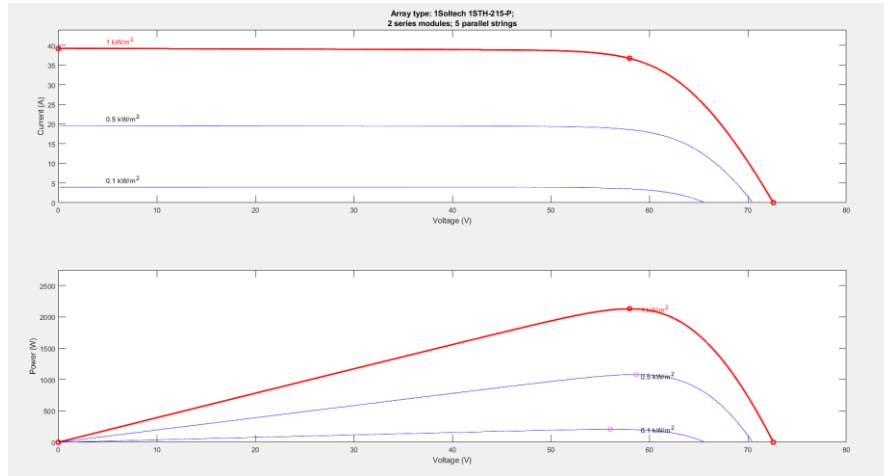
Model, PV hücrelerinin matematiksel denklemlerine dayalı olarak geliştirilmiştir. Modeli geliştirmek için güneş paneli turu olan SunPower seçilmiştir [4]. 100 kW'lık FV sisteminde 330 SunPower modülü (modeli SPR-305E-WHT-D) kullanılmıştır. Çalışma için kullanılan standart test koşulları Çizelge 1'de gösterilmektedir. Çizelge 'de gösterilen bir güneş PV'sinin çıkış özellikleri gosterilmistir. Grafikten (şekil 3.5-3.6) görüldüğü gibi, güneş PV'sinin çıkış akımının sıcaklık değişimlerinden bağımsız olduğu açıktır.

**Çizelge 2 : SunPower SPR-305E-WHT-D özellikleri**

Information	Value
Open circuit voltage	64.2 V
Short circuit current	5.96 A
Voltage at maximum power point	54.7 V
Current at maximum power point	5.58 A
Maximum power	305.226 W
Parallel strings	66
Series-connected modules per string	5
Active PV power at 1000 (W/m <sup>2</sup> ) and 25 °C	100 kW
Active PV power at 500 (W/m <sup>2</sup> ) and 25 °C	50 kW
Active PV power at 250 (W/m <sup>2</sup> ) and 25 °C	25 kW
Active PV power at 100 (W/m <sup>2</sup> ) and 25 °C	10 kW



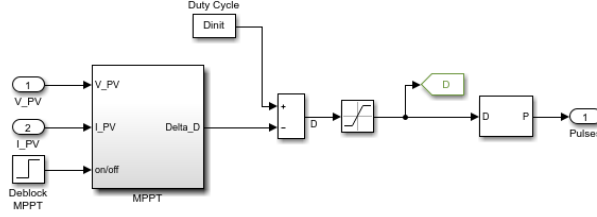
**Şekil 3.5 : Sıcaklık etkisi grafiği**



**Şekil 3.6 : PV Dizisinin Akım ve Gerilim ölçütleri**

### 3.3.2 MPPT

MPPT güneş dizisi (FV paneller ile pil bankası arasındaki eşleşmeyi optimize eden yüksek frekanslı elektronik DC-DC dönüştürücüsüdür. Bu cihaz DC girişi güneş panellerinden alır, yüksek frekanslı AC'ye değiştirirler ve panelleri pillerle eşleştirmek için DC akımına ve voltajına geri dönüştürürler (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 : MPPT matematiksel devresi

MPPT soğuk hava, bulutlu veya puslu koşullar altında etkilidir. FV sistemi soğuk sıcaklıklarda iyi çalışır ve MPPT bunlardan maksimum gücü elde etmek için kullanılır. MPPT pil boşaldığında daha fazla akım çekebilir ve gerekirse yani pilin şarj oranı düşerse pili şarj edebilir kapasitededir.

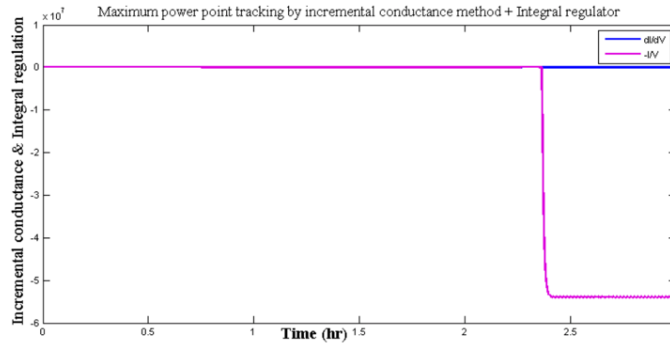
Maksimum güç noktası şu durumlarda elde edilir (Şekil 3.8):

- Entegre regülatör hatayı en aza indirir ( $dI / dV + I / V$ )
- Regülatör çıkışı = Görev döngüsü düzeltmesi
- Maksimum güç noktası  $dP / dV = 0$  olduğunda elde edilir,  $P = V * I$

$$\rightarrow d(V * I) / dV = I + V * dI / dV = 0$$

$$\rightarrow dI / dV = -I / V$$

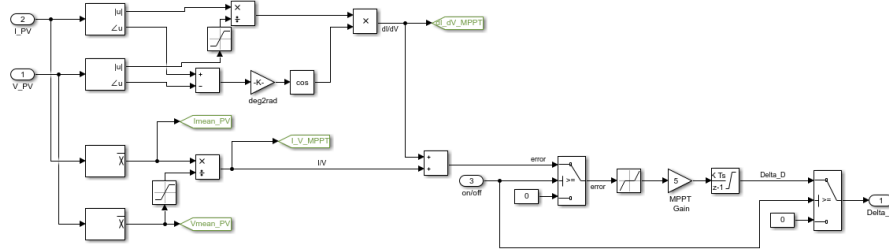
Burada,  $dI$ ,  $dV$  = Kayan zaman penceresi  $T_{MPPT}$  ile ölçülen  $I$  ve  $V$  dalgalanmalarının temel bileşenleridir.



Şekil 3.8 : Maksimum güç noktası

$I, V = V'$ 'nin ortalama değerleri ve kayan zaman penceresi  $T\_MPPT$  ile ölçölür.

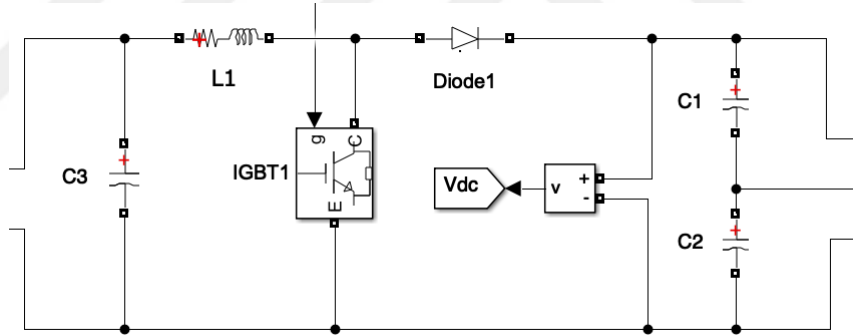
Şekil 3.9'da MPPT için kontrol devresi gösterilmiştir. MPPT control için C yazılımı EK 1'dir



Şekil 3.9 : MPPT kontrol devresi

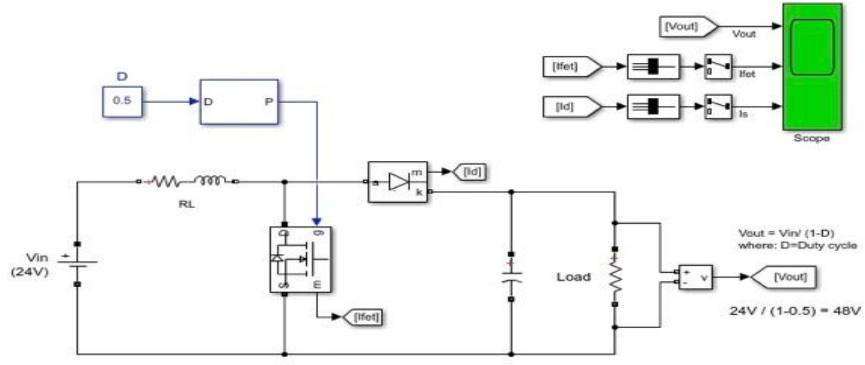
### 3.3.3 DC-DC dönüştürücü

Yapılmış olan modelde, DC-DC yükseltici dönüştürücü voltajı 500V'a yükseltir 273,5 V'den., Maksimum gücü elde etmek için gerekli voltajı görev döngüsü yardımıyla üretmek için bu dönüştürücü otomatik çalışan MPPT sistemi kullanır. Şekil 3.10'da DC-DC dönüştürücünün önerilen topolojisinin devresi gösterilmiştir [8].

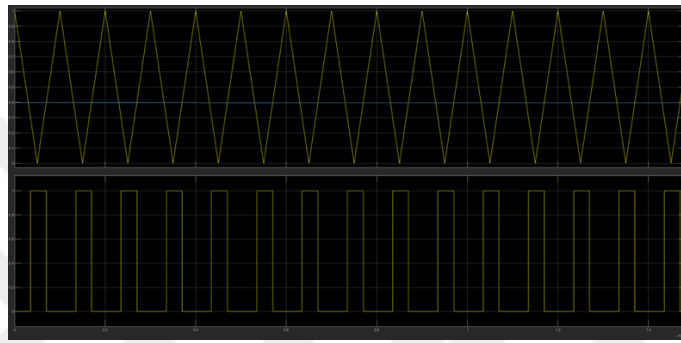


Şekil 3.10 : DC-DC Yükseltici Dönüştürücü devresi

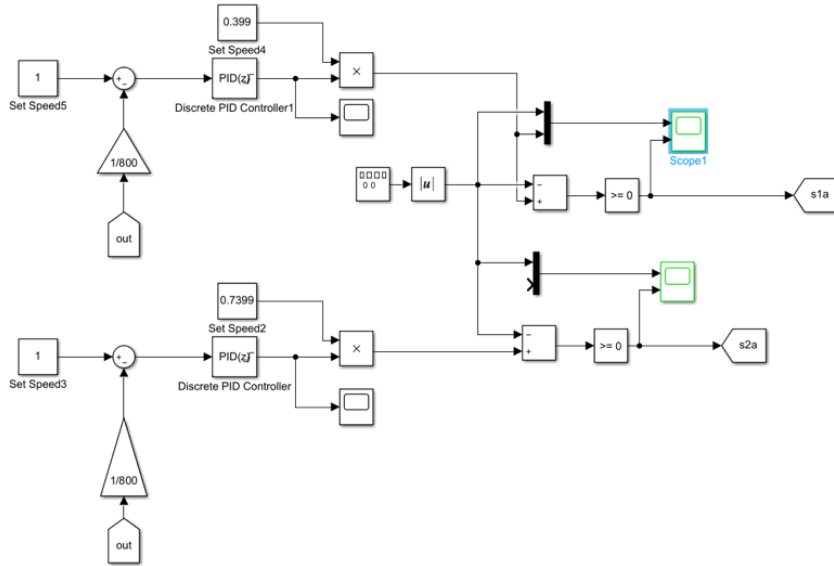
Dönüştürücü sistemi yükseltici indüktör, elektronik anahtar cihazı, diyot, çıkış filtre kapasitansı ve yükten oluşmaktadır (Şekil 3.11). Burada diod (D), PV dizisini negatif akıma karşı korumak için kullanılır [9]. Kondansatör C, yüksek frekans harmoniklerini sınırlamak için kullanılır. Şekil 3.12'de PV sistemine uyarlanmış devre gösterilmiştir, ve kontrol devresi Şekil 3.13'de. Simulasyon sonucunda ortaya çıkan sinyaller Şekil 3.12 de olduğu gibidir.



Şekil 3.11 : DC-DC yükseltici matematiksel devresi



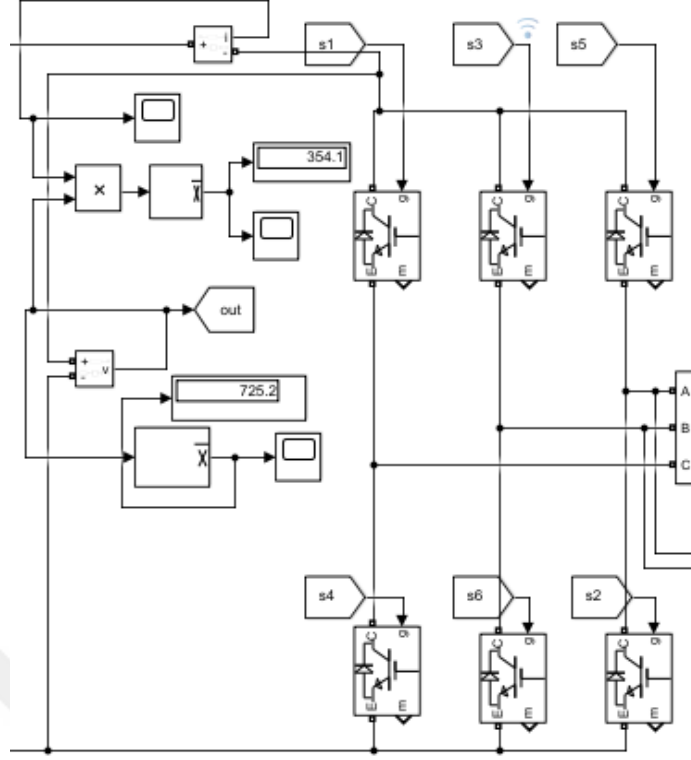
Şekil 3.12 : Oluşturulan Sinyaller



Şekil 3.13 : DC-DC yükseltici kontrol algoritması

### 3.3.4 Simülasyonun inverter bölümü

Önerilen DC-DC dönüştürücünden sonra, üç fazlı AC voltaj üretmek için üç fazlı evirici köprüsü kullanılmıştır ve Şekil 3.13 seması gösterilmiştir.



**Şekil 3.14 : İnverter Köprüsü**

### 3.3.5 VSC

Güç dönüştürücünün görevi, kullanıcı yükleri için en uygun biçimde voltaj ve akımlar sağlayarak elektrik enerjisi akışını işlemek ve kontrol etmektir. Voltaj kaynaklı dönüştürücüdür, DC voltajından AC voltaj üretir.

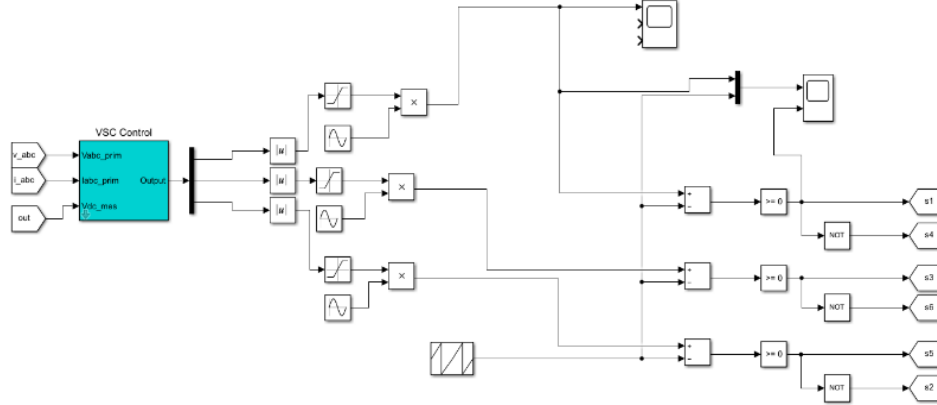
Voltaj kaynağı dönüştürücü ile çıkış voltajının büyüklüğü, faz açısı ve frekansı kontrol edilebilir. Bu dönüştürücülerde DC voltajı polariteye sahiptir ve güç geri dönüşü akım polaritesi tersine çevrilme yoluyla gerçekleşir. Voltaj DC tarafında kapasitör tarafından desteklenir [10].

Üç seviyeli VSC DC gerilimini 500 V'ta düzenlerken güç faktörünü korur. Kontrol sistemi iki yolla kontrol döngüsü ayarlar: DC bağlantı voltajını +/- 250 V'a düzenleyen haricden kontrol döngüsü ve  $I_d/I_q$  düzenleyen dahili tip kontrol döngüsü.

Akım referansı olan  $I_d$  DC voltajın harici kontrol çıkışıdır. Akım referansı  $I_q$ , güç faktörünü korumak için sıfır olarak alınır. Akım kontrolörünün  $V_d/V_q$  çıkışları PWM 3 etaplı titreşim üretici kullanılan 3  $U_{ref\_}$  modülasyon sinyaline dönüştürülür.

Kontrol sistemi, voltaj ve akım kontrolörleri ve PLL senkronizasyonun ünitesi için 100 s ortalama zamanı kullanır.

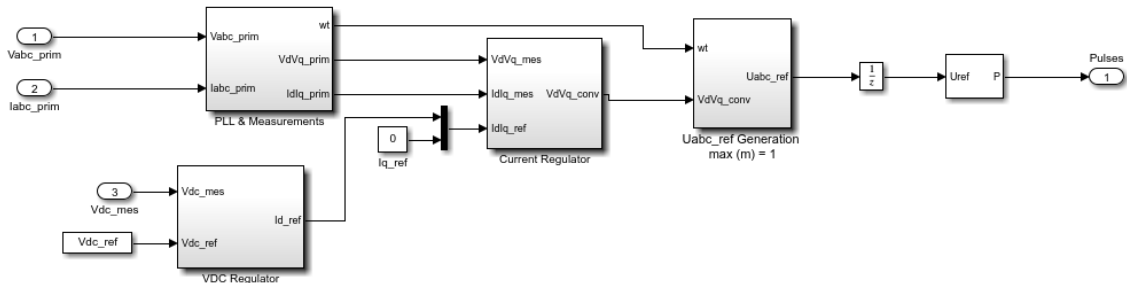
Sinüsoidal PWM sinyali klasik sinyalden farklıdır. Şekil 3.15'te invertorin devresi gösterilmiştir.



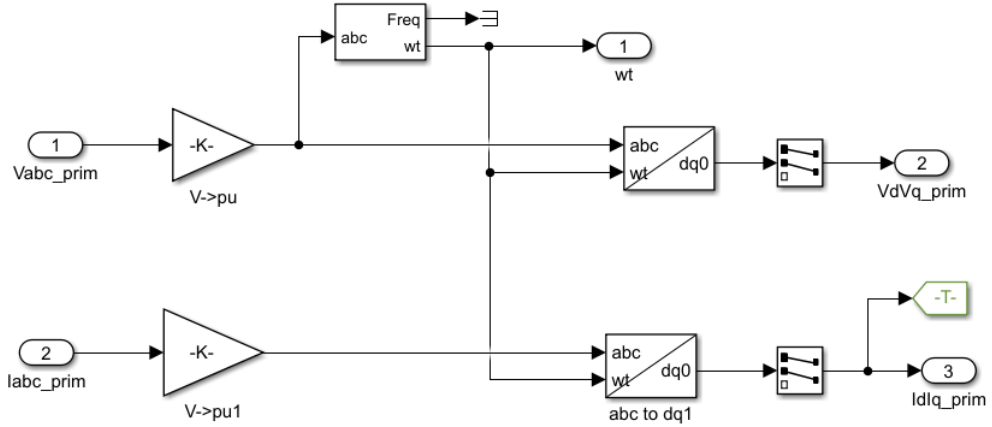
Şekil 3.15 : SPWM üretimi için invertor devresi

SPWM sinyali üretmek, normal PWM sinyali üretmeye benzer, normal PWM'de referans olarak sabit voltaj kullanılıyor, ancak SPWM'de referans sinyali olarak saf sinüs dalgası. Üç faz üretmek için birbirinden 120 derece farklı üç referans sinüs dalgası kullanılıyor [9].

İnvertör çıkışlı kapalı çevrim sistemi yapmak için hali hazırda Faz kilitleme döngüsüne sahip hazır MATLAB invertör kontrolörü ve sistemin akım ve voltajı olan invertörün çıkışından ölçüm alan ve DC girişinden ölçüm alan ve kapı darbeleri için referans sinüs üreten akım regülatör kontrolörü kullanılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 : Inverter Controller with PLL



**Şekil 3.17 : abc to dq cevrim**

Şekil 3.17'de, hesaplamada abc'den dq çerçevesine matematiksel hesaplama gösterilmiştir. Şekil 3.18'de SPWM'nin üretim grafiği gösterilmiştir. Uçlara yakın yarım dögünün darbeleri, yarım dögünün merkezine yakın darbelerden sürekli olarak daha dardır, öyle ki darbe genişlikleri çevrimin o kısmındaki bir sinüs dalgasının eşdeğer genliği ile karşılaştırılır. Verimli çıkış voltajını değiştirmek için, sinüzoidal orantılılık korunurken tüm darbelerin genişlikleri büyütülür veya azaltılır. PWM (darbe genişlik modülasyonu) sayesinde darbelerin açık kalma süresi değiştirilir.

Ceviricinin anahtarlama fonksiyonu  $d_k^*$  ( $k = 1,3,5$ ) olarak tanımlanmıştır

$$d_k^* = \begin{cases} 1, & \text{if } S_k \text{ is on and } S_{k+1} \text{ is off} \\ 0, & \text{if } S_k \text{ is off and } S_{k+1} \text{ is on} \end{cases} \quad (3.8)$$

Faz başına gerilim değerleri, aşağıdaki formülden o periyotta anahtar konumuna göre hesaplanır:

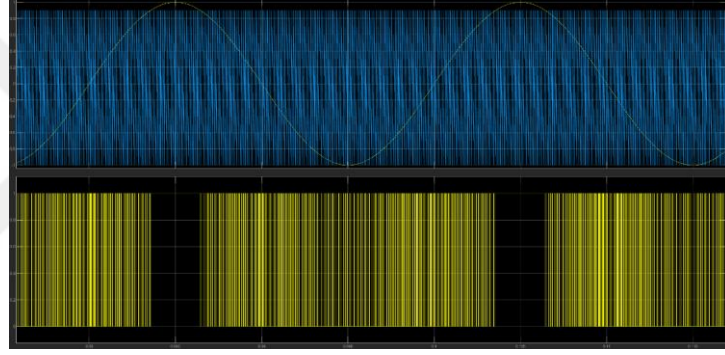
$$e_{a-VnN} = V_{dc} \left( d_1^* - \frac{d_1^* + d_3^* + d_5^*}{3} \right) \quad (3.9)$$

$$\begin{cases} L \frac{di_a}{dt} = -i_a R - v_a + \left( d_1^* - \frac{d_1^* + d_3^* + d_5^*}{3} \right) v_{dc} \\ L \frac{di_b}{dt} = -i_b R - v_b + \left( d_3^* - \frac{d_1^* + d_3^* + d_5^*}{3} \right) v_{dc} \\ L \frac{di_c}{dt} = -i_c R - v_c + \left( d_5^* - \frac{d_1^* + d_3^* + d_5^*}{3} \right) v_{dc} \\ C \frac{dv_{dc}}{dt} = I_{pv} - (d_1^* i_a + d_3^* i_b + d_5^* i_c) \end{cases} \quad (3.10)$$

Temel frekanstaki pozitif dizi bileşenleri sabit hale gelir ve sonuç olarak zamanla değişen dönüşüm şu şekilde verilir:

$$T_{dq0}^{abc} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\omega t) & \cos\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right) & \cos\left(\omega t + \frac{2}{3}\pi\right) \\ \sin(\omega t) & \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right) & \sin\left(\omega t + \frac{2}{3}\pi\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{di_d}{dt} \\ \frac{di_q}{dt} \\ \frac{dv_{dc}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & \omega & \frac{d_d}{L} \\ -\omega & -\frac{R}{L} & \frac{d_q}{L} \\ -\frac{d_d}{C} & \frac{d_q}{C} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ v_{dc} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{1}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{L} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_d \\ v_q \\ I_{pv} \end{bmatrix} \quad (3.12)$$



Şekil 3.18 : SPWM üretim grafiği

- **VSC Akım kontrolü (ileri beslemeli)**

İşaret Konvansiyonu: Dönüştürücüden çıkan akım = pozitif akım

$I_d$  pozitif -> Dönüştürücü aktif güç üretir ("Çevirici modu") = Aktif Güç P pozitif

$I_q$  pozitif -> Dönüştürücü reaktif gücü emer ("Endüktif mod") = Reaktif Güç Q negative

$$L_{tot} = L_{xfo} + L_{choke} \quad (3.13)$$

$$R_{tot} = R_{xfo} + R_{choke}$$

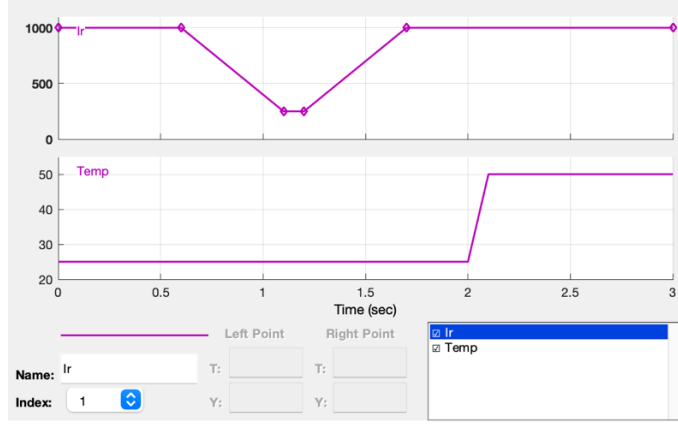
For  $L_{tot} \gg R_{tot}$  :

$$(V_{q\_prim} - V_{q\_conv}) \sim = - I_d * L_{tot}$$

$$(V_{d\_prim} - V_{d\_conv}) \sim = + I_q * L_{tot}$$



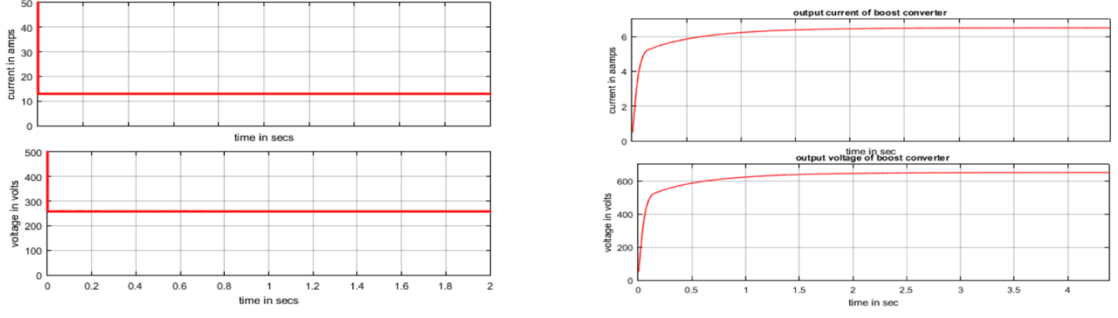




**Şekil 3.22** : FV model sıcaklık ve irradyasyon seviyesi

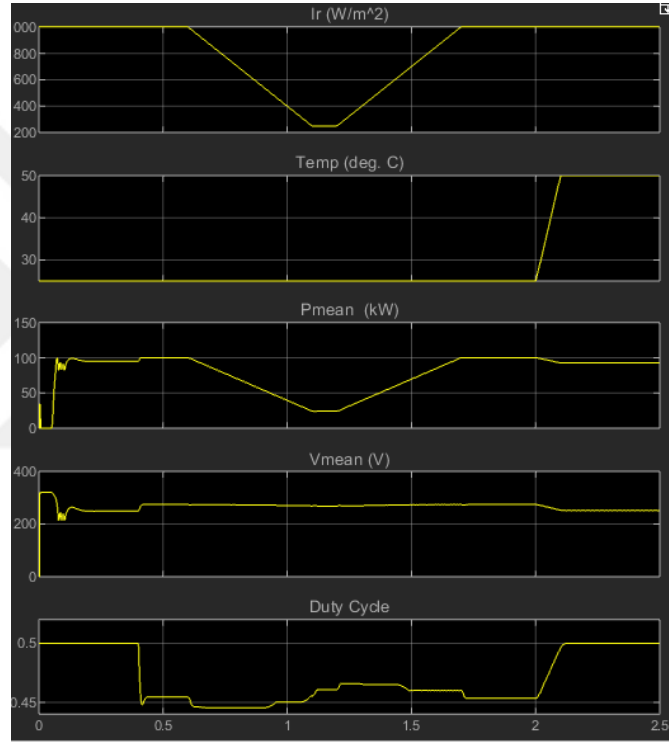
Simülasyon aşamaları, aşağıda listelenen sistemin çıktı kapsamından (şekil 10) görülebilir:

- $t = 0-0.05$  s., Boost ve VSC dönüştürücülerine giden sinyaller bloke edilir. FV voltajı  $N_{ser} * V_{oc} = 5 * 64.2 = 321$  V. Üç seviyeli köprü diyot doğrultucu olarak DC akım kapasitörleri 500 V'un üzerinde şarj eder
- $t = 0.05$  s., Yükseltici ve VSC dönüştürücülerin bağlantısı kaldırılır. DC bağlantı voltajı  $V_{dc} = 500$ V'de olarak ayarlanır. Yükseltici dönüştürücünün görev döngüsü sabit olarak scope  $D = 0,5$  esittir ve güneş ışınımı  $1000$  W / m<sup>2</sup>. Duragan duruma sistem  $t = 0.25$  saniyede ulaşılır. FV voltajı sonuc olara bu degere ulasir  $V_{PV} = (1-D) * V_{dc} = (1-0,5) * 500 = 250$  V. FV dizi çıkış gücü  $96$  kW'dır,  $1000$  W / m<sup>2</sup> ışınım ile maksimum güç  $100,7$  kW'dır. Kapsam Şebekesinde,  $25$  kV faz A veriyolundaki akımının ve voltajın fazda olduğunu (birlik güç faktörü) gözlemleniyor.
- $t = 0,4$  sn'de MPPT etkinleştirilir. MPPT maksimum gücü elde etmek için FV gerilimini görev döngüsünü değiştirerek düzenleme yapar. Görev döngüsü  $D = 0,453$  olduğunda maksimum güç  $100,7$  kW elde edilir.  $T = 0,6$  sn'de FV ortalama voltajı = FV modülü özelliklerinden beklendiği gibi  $274$  V ( $N_{ser} * V_{mp} = 5 * 54,7 = 273,5$  V) olur.
- $t = 0,7 -1,2$  sn arasında, güneş ışınımı  $1000$  W / m<sup>2</sup>'den  $250$  W / m<sup>2</sup>'ye düşer. MPPT maksimum gücü izlemeye devam ediyor.  $T = 1.2$  saniyede görev döngüsünde ışınım  $250$  W / m<sup>2</sup>'ye ulasir.  $D = 0.485$  esittir. Karşılık gelen FV voltajı ve gücü  $V_{mean} = 255$  V ve  $P_{mean} = 22,6$  kW'dır.
- $t = 1,5-3$  sn MPPT kontrol cihazının iyi performansını göstermek için arasında çeşitli ışınım değişiklikleri uygulanır.



Şekil 3.23 : FV ve DC-DC akim ve voltaj eğrisi

Şekil 3.24’de simülasyon sonucu genel grafik gösterilmiştir. Simülasyon min max değerleri Şekil 3.25’de yer almıştır.



Şekil 3.24 : Simülasyon çıktı grafiği

Trace Selection		
Ir (W/m^2)		
Signal Statistics		
	Value	Time
Max	1.000e+03	0.000e+00
Min	2.500e+02	1.100
Peak to Peak	7.500e+02	
Mean	8.200e+02	
Median	1.000e+03	
RMS	8.588e+02	

Trace Selection		
Vmean (V)		
Signal Statistics		
	Value	Time
Max	3.210e+02	6.200e-03
Min	0.000e+00	0.000e+00
Peak to Peak	3.210e+02	
Mean	2.669e+02	
Median	2.718e+02	
RMS	2.673e+02	

Şekil 3.25 : Min/Max değerleri

### 3.5 İkinci Simülasyon

Birinci simülasyonda devre (Şekil 3.25) 25 derece, 1000 W/m<sup>2</sup> standart koşullarda simüle edilmiş ciktıları sunulmuştur. İstenilen sonuca ulaşmak için FV devresinde dönüştürücünün L/C değerleri sırayla değiştirilerek elde edilen eğriler karşılaştırılmıştır. Varsayima göre sistemden alınan en iyi sinüs dalgası en verimli sonuca ait olmalıdır.

Aşağıdaki tablo dönüştürücüye verilen değerleri ve değerden çıkan p/v sonuçlarını göstermektedir. Daha kapsamlı bir yorum için her bir sonuçtan elde edilen eğriler karşılaştırılmıştır. Simüle edilmiş sistemden ilk girişler ve çıkışlar aşağıda gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}C_3 &= 100e - 6, \\L_1 &= 5e - 3, \\C_1 = C_2 &= 12000e - 06\end{aligned}$$

$$P = 92.90$$

$$V_{dc} = 251.48$$

**Çizelge 3 :** İkinci simülasyon giriş ve çıktı verileri

	$C_3$	$L_1$	$C_1$	$C_2$	P	V
1	5e-3	5e-3	12000e-06	12000e-06	90.90	260.82
2	10e-3	10e-3	12000e-06	12000e-06	59.19	149.93
3	100e-3	100e-3	12000e-06	12000e-06	69.31	279.22
4	100e-6	5e-3	10000e-06	10000e-06	92.90	251.50
5	100e-6	5e-3	13000e-06	13000e-06	92.89	251.60
6	100e-6	5e-3	15000e-06	15000e-06	92.90	251.15

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu son bölümde ilk olarak kullanılan devrenin ilk hali araştırılacaktır, daha sonra bir sonraki simülasyonlarda alınan çıktılarla kıyaslanacaktır. Sonda hangisinin daha verimli olduğu tartışılacaktır.

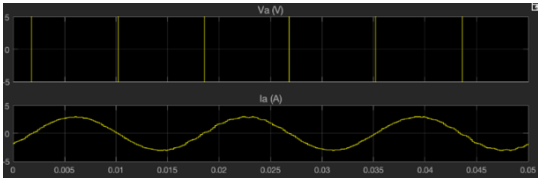
İlk simülasyon sonucunda alınan değerler tabi gösterilmiştir. Deneysel simülasyonda aynı veya daha iyi sonuç elde edilmesi hedefleniyor. Tablo 2’de simülasyon için değerler gösterilmiştir. Her durumu kapsayan çıktılarıyla birlikte ele alalım.

Önce C ve L değerlerinin eşit alınacağını duruma bakalım. İlk durumda P ve V değerleri çok değişmedi, ancak arttı (Şekil 1). Değerler beş kat artırıldığında ise durum değişir, P/V değerlerinde anormal değişimler oldu. Bu durumda P değeri,  $\approx 90$ 'dan daha farklı olan 59-69 arasında değişiyor. V değeri de azalıyor sonra artarak anormallik göstermektedir. Şekilde (c) görüldüğü gibi de sinüs dalgası bozulmuş hatta tamamen kayboluyor. Sonuç olarak 2 durum olumsuz olarak değerlendirilmiştir.

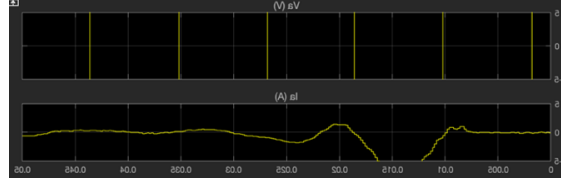
Diğer bir yöntem ise devreye paralel bağlanan C1 ve C2 değerlerini eşit almaktır (d,e,f). Daha önceki sonuçların aksine bu sefer P/V sonuçlarında pek bir değişiklik olmadı ki bu da çıkış eğrilerinden görülebiliyor. Bu durumda, neredeyse orijinal verilerle yakın bir sonuç alınmıştır.

C1 ve C2’ye aynı ve biraz fazla değerler verildiği durumda sonuçlar olumlu olmuştur. İlk verilerle kıyaslandığında hem değer hem fiziksel olarak başarılı bir sonuç elde edilmiştir.

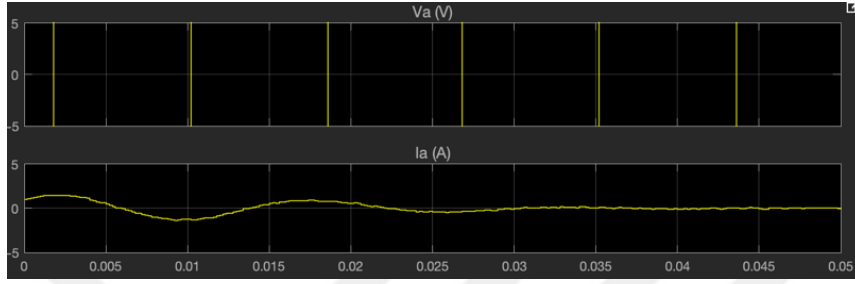
Simülasyon sonucunda elde edilen tüm verileri orijinal verilerle karşılaştırıldığında dördüncü ve beşinci seçenekler orijinaliyle hemen hemen aynı ve başarılı olarak değerlendirilmiştir.



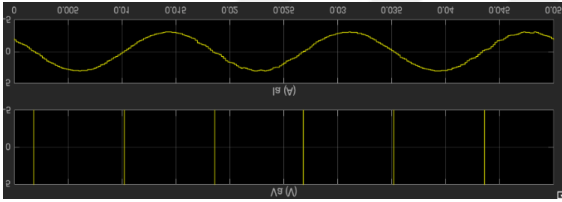
(a)



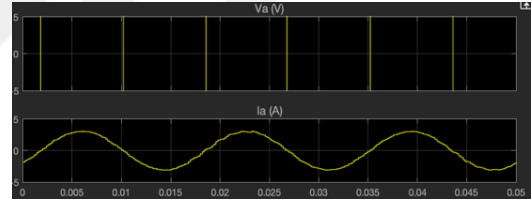
(b)



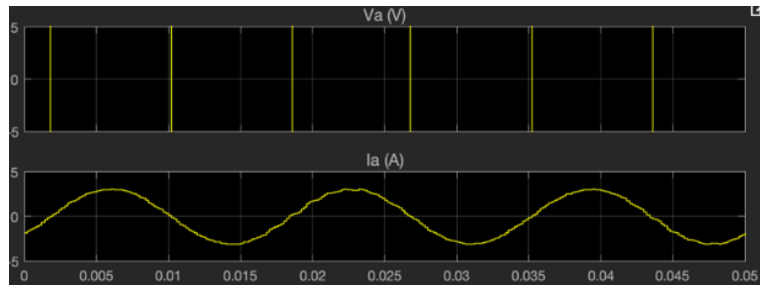
(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 4.1 : İkinci simülasyon sonuçları

## 5. SONUÇ

Bu çalışma, FV uygulaması için DC-DC yükseltici dönüştürücünün simülasyonunu sunmuştur. Tezin genel amacı, var olan FV matematiksel modelin dönüştürücü devresine bazı değişiklikler yaparak sisteminin ne kadar verimli olabileceğini araştırmaktır ve DC-DC yükseltici dönüştürücünün FV sistem uygulamasında ne kadar başarılı olduğunu öğrenmektir. Çalışma, daha iyi sonuçlar verebilecek çeşitli girdiler ve çıktıların karşılaştırılmasına odaklanmaktadır. İncelenen tüm durumlar arasında yalnız iki seçenek beklenen sonuca yakındır. Sonuç çıkış P ve V değerleri ve çıkış eğrileri karşılaştırılarak karar verilir. Dolayısıyla alınan sonuçlara bakılırsa DC-DC dönüştürücünün PV sistemi için en basit ve verimli çözüm olduğunu da kanıtlıyor.

## KAYNAKÇA

- [1] **Freris, L., D. Infield.** (2008). Renewable energy in power systems, John Wiley & Sons
- [2] **V. Venkata Swathi, G.Chandra Sekhar, P.V.V.Pawan Kumar.** (2015). Design and Simulation of 100kw Grid Connected Solar PV System Using MATLAB/Simulink, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 7, Issue 9
- [3] **Mousumi Biswal.** (2011). Control Techniques for DC/DC Buck Converter
- [4] **Dr. Stephan Bayne.** (2015). Analysis of DC/DC Boost Converters Design Methods
- [5] **B. M Hasaneen.** (2016). DESIGN AND SIMULATION OF DC/DC BOOST CONVERTER, Energy Harvesting Using Thermoelectric Generators, The Deanship of Graduate Studies
- [6] **Rahmi İlker KAYAAL.** (2015). MODELLING AND ANALYSIS OF BIDIRECTIONAL DC-DC CONVERTER, ÇUKUROVA UNIVERSITY
- [7] **Mohanta Prasanta Kumar.** (2016). Modeling and Control of a Grid Connected Photovoltaic System. Diss.
- [8] **Rahmi İlker KAYAALP.** (2015). MODELLING AND ANALYSIS OF BIDIRECTIONAL DC-DC CONVERTER, ÇUKUROVA UNIVERSITY
- [9] **Solar PV 305 panel specifications.** (2020). Link: <https://www.ncspo.com/rflp/solar%20panel%20cut%20sheet.pdf>, available online 09.05.21
- [10] **Y.B.KOCA, Yılmaz ASLAN, Ahmet YÖNETKEN, Yüksel OĞUZ.** (2019). Boost Converter Design and Analysis for Photovoltaic Systems, 4<sup>th</sup> International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences (ICETAS)
- [11] **Ashish Deswal.** (2016). Voltage Source Converter (VSC) Control of Grid Connected PV System, Advanced Research in Electrical and Electronic Engineering.

## EKLER

### EK A MPPT için kullanılan C yazılımı

```
function duty = MPPT_algorithm(vpv,ipv,delta)
% I used the MPPT algorithm in the MATLAB examples
% I only modify somethings.
duty_init = 0.1;
% min and max value are used to limit duty between
% 0 and 0.85
duty_min=0;
duty_max=0.85;
persistent Vold Pold duty_old;
% persistent variable type can be store the data
% we need the old data by obtain difference
% between old and new value
if isempty(Vold)
    Vold=0;
    Pold=0;
    duty_old=duty_init;
end
P= vpv*ipv; % power
dV= vpv - Vold; % difference between old and new voltage
dP= P - Pold;% difference between old and new power

% the algorithm in below search the dP/dV=0
% if the derivative equal to zero
% duty will not change
% if old and new power not equal
% &
% pv voltage bigger than 30V
% the algorithm will works
if dP ~= 0 && vpv>75
    if dP < 0
        if dV < 0
            duty = duty_old - delta;
        else
            duty = duty_old + delta;
        end
    else
        duty = duty_old;
    end
end
```

```
if dV < 0
    duty = duty_old + delta;
else
    duty = duty_old - delta;
end
end
else
    duty = duty_old;
end
%the below if limits the duty between min and max
if duty >= duty_max
    duty=duty_max;
elseif duty<duty_min
    duty=duty_min;
end
end
% stored data
duty_old=duty;
Vold=vpv;
Pold=P;
```

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad :** Aynur Ahmadova

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans :** 2016, Hazar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
- **Yüksek Lisans :** 2021, İstanbul Aydın Üniversitesi, Elektrik-elektronik Anabilim Dalı, Elektrik-elektronik Mühendisliği Programı

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

### TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Ahmadova.A., Farsadi.M., 2021. Fotovoltaik Sistemlerinde Kullanılan Çeviricilerin Kontrolü, *International Journal of Electronics, Mechanical and Mechatronic Engineering*.