



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

**BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**FOTOVOLTAİK PANEL DESTEKLİ BATARYA
ŞARJ/DEŞARJ DEVRESİ TASARIMI VE SİMÜLASYONU**

**Fatma Aslan
Yüksek Lisans Tez**

**Tez Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin ÖNAL**

**BİLECİK, 2019
Ref. No.: 10313294**



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

**BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**FOTOVOLTAİK PANEL DESTEKLİ BATARYA
SARJ/DEŞARJ DEVRESİ TASARIMI VE SİMÜLASYONU**

**Fatma Aslan
Yüksek Lisans Tez**

**Tez Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin ÖNAL**

BİLECİK, 2019



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

BİLECİK

SEYH EDEBALI UNIVERSITY

**Graduate School of Sciences
Department of Energy Systems Engineering**

**PHOTOVOLTAIC PANEL BASED DESIGN AND
SIMULATION OF THE BATTERY
CHARGE/DISCHARGE CIRCUIT**

**Fatma Aslan
Master Thesis**

**Thesis Advisor
Assist Prof. Dr. Yasemin ONAL**

BİLECİK, 2019



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 05.11.2019 tarih ve 43-01 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 26.11.2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan “Fotovoltaik Panel Destekli Batarya Şarj Kontrol Devresi Tasarımı Ve Simülasyonu” başlıklı tez çalışması Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/ oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Yasemin ÖNAL

ÜYE : Dr. Öğr. Üyesi Harun ÖZBAY

ÜYE : Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ÇİLLİYÜZ

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun
...../...../..... tarih ve/...../..... sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmamda bana yardımcı olan ve bilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli tez danıőmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yasemin Önal'a teşekkür eder ve saygılarımı sunarım.

Ve en önemlisi her zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve yol arkadaşşıma çok teşekkür ederim.

BEYANNAME

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada, tez içindeki tüm verileri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu Üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmada kullanılmadığını beyan ederim.

.../.../2019

Fatma ASLAN

FOTOVOLTAİK PANEL DESTEKLİ BATARYA ŞARJ/DEŞARJ DEVRESİ TASARIMI VE SİMÜLASYONU

ÖZET

Batarya şarj/deşarj devrelerinde doğru akıma (DA) ihtiyaç duyulmaktadır. Şebeke bağlantılı devrelerde DA elde etmek için güç dönüştürücüleri kullanılmaktadır. Güç dönüştürücülerde en çok kullanılan dönüştürücü ise alternatif akımın doğru akıma dönüştürüldüğü (AA-DA) devrelerdir.

Bu tez çalışmasında, tek fazlı köprüsüz güç faktörü düzeltme devreli ya da fotovoltaik panel destekli yükselten DA-DA dönüştürücü devreli batarya şarj/deşarj devresi tasarımı ve simülasyonu yapılmıştır. İlk olarak ihtiyaç duyulan DA elde etmek ve güç kalitesini iyileştirmek için tek fazlı köprüsüz güç faktörü düzeltme (GFD) devresi kullanılmıştır. Tek fazlı köprüsüz GFD devresinde PQ kontrol metodu önerilmiştir. Önerilen kontrol metodunda ilk olarak aktif ve reaktif güç akım ve gerilim bilgileri kullanılarak hesaplanmaktadır. Daha sonra aktif güç yüksek geçiren filtreden geçirilerek aktif gücün DA bileşeni elde edilmektedir. DA bara gerilim bilgisi kullanılarak Pdc elde edilmektedir. Son olarak referans akım hesaplanmaktadır ve PWM anahtarlama sinyali üretilmektedir. Elde edilen DA sinyali çift yönlü alçaltıcı-yükseltici DA-DA dönüştürücüye verilmektedir. Bu devrede şarj/deşarj blokları ve PI kontroller kullanılarak sabit akım veya sabit gerilimde bataryanın şarj/deşarj işlemi yapılmaktadır.

İkinci olarak fotovoltaik panel destekli yükselten DA-DA dönüştürücü devresi maksimum güç noktası izleme (MGNI) metodlarından değiştir-gözle algoritması kullanılarak kontrol edilmiştir. Değiştir-gözle algoritmasında fotovoltaik panel çıkışındaki akım ve gerilim bilgisi kullanılarak güç hesaplanmakta ve gücün gerilime göre türevi alınarak maksimum güç elde edilmektedir. Elde edilen DA sinyali çift yönlü alçaltıcı-yükseltici DA-DA dönüştürücüye verilmektedir. Bu devrede şarj/deşarj blokları ve PI kontroller kullanılarak sabit akım veya sabit gerilimde bataryanın şarj/deşarj işlemi yapılmaktadır. Batarya şarj/deşarj devrelerinin simülasyon çalışmaları PSIM paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tek Fazlı Köprüsüz Yükselten GFD; Fotovoltaik Panel; PQ Kontrol; MGNI Kontrol; Batarya Şarj/Deşarj

PHOTOVOLTAIC PANEL BASED DESIGN AND SIMULATION OF THE BATTERY CHARGE/DISCHARGE CIRCUIT

ABSTRACT

The battery charge/discharge circuits require direct current (DC). Power converters are used to obtain direct current in grid connected circuits. The most commonly used type of power converter is the AC/DC converter circuits. But, these circuits cause power quality disturbance and harmonics in energy systems.

In this thesis study, the battery charge/discharge circuit is designed and simulated with the single phase bridgeless boost power factor correction circuit or boost DC-DC converter circuit with the photovoltaic panel. Firstly, a single-phase bridgeless power factor correction circuit was used to obtain the required DC and improve the power quality. The PQ control method is proposed for the single phase bridgeless power factor correction circuit. In the proposed control method, the active and reactive power is calculated from current and voltage measurements. The active power is passed from a high pass filter for obtain the DC component of the active power. P_{dc} is obtained from the DC bus voltage measurement. Finally, the reference current is calculated from the obtained power values and the PWM switching signal is generated. The obtained DC signal is applied to the bidirectional buck-boost DC-DC converter. The charge/discharge blocks and PI controls are used to this circuit for battery charge/discharge at constant current or constant voltage.

Secondly, the boost DC-DC converter circuit with photovoltaic panel was controlled by using perturb&observe algorithm from maximum power point tracking (MPPT) methods. In the perturb & observe algorithm, power is calculated from current and voltage measurement in the output of the photovoltaic panel. The maximum power is obtained by derivative of power according to the voltage. The obtained DC signal is applied to the bidirectional buck-boost DC-DC converter. The charge/discharge blocks and PI controls are used to this circuit for battery charge/discharge at constant current or constant voltage. Simulation studies of battery charge/discharge circuits are implemented by using PSIM package program.

Key Words: Single Phase Bridgeless Boost Power Factor Correction; Photovoltaic Panel; PQ Controller; MPPT Control; Battery Charge/Discharge

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR	
BEYANNAME	
ÖZET	I
ABSTRACT	II
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	IX
1 GİRİŞ	1
2. BATARYALAR	4
2.1. Batarya Parametreleri.....	4
2.1.1. Batarya ve hücre gerilimleri	4
2.1.2. Dolum kapasitesi.....	5
2.1.3. Depolanan enerji	5
2.1.4. Enerji yoğunluğu.....	5
2.1.5. Spesifik enerji	5
2.1.6. Spesifik güç.....	5
2.1.7. Enerji verimliliği.....	5
2.1.8. Batarya doluluk oranı (BDO)	5
2.1.9. Deşarj derinliği (DOD)	6
2.2. Batarya Modelleme	6
2.2.1. Basit batarya modeli	7
2.2.2. Thevenin devre modeli	8
2.3. Lityum-iyon (Li-ion) bataryalar.....	8
2.3.1. Lityum-iyon batarya modellemesi	9
3. DÖNÜŞTÜCÜLER	10
3.1. Güç Faktörü Düzeltme Devreleri.....	10
3.1.1. Tek fazlı geleneksel yükseltici GFD devresi	10
3.1.2. Tek fazlı köprüsüz düşürücü GFD devresi	11
3.1.3. Tek fazlı köprüsüz yükselten GFD devresi.....	13
3.2. DA-DA Dönüştürücüler.....	17
3.2.1. Alçaltıcı (Buck) tip dönüştürücüler	17

3.2.2. Yükseltici (Boost) tip dönüştürücüler.....	21
3.2.3. Alçaltıcı-yükseltici (Buck-Boost) tip dönüştürücüler.....	23
3.2.4. Çift yönlü alçaltıcı-yükseltici DA-DA dönüştürücü.....	26
4. BATARYALARDA VE DÖNÜŞTÜRÜCÜLERDE KULLANILAN ALGORİTMALAR.....	28
4.1. Batarya Şarj Devresi Olarak Kullanılan DA-DA Dönüştürücüler İçin Kontrol Algoritmaları.....	28
4.1.1. Sabit akımda şarj etme.....	28
4.1.2. Sabit gerilimde şarj etme.....	28
4.1.3. Sabit akım-sabit gerilimde şarj etme.....	28
4.1.4. Çift yönlü batarya şarj algoritması.....	30
4.2. GFD Devrelerinde Kontrol Algoritmaları.....	32
4.2.1. Ortalama akım kontrolü.....	32
4.2.2. Histerezis kontrol.....	33
5. SİSTEM TASARIMI VE KULLANILAN ALGORİTMALAR.....	35
5.1. Tek Fazlı Köprüsüz Yükselten GFD Devresi Tasarımı ve Hesaplamalar.....	35
5.2. Fotovoltaik Panel Destekli Yükselten DA-DA Dönüştürücü Devresi.....	37
5.3. Çift Yönlü Alçaltıcı-Yükseltici DA-DA Dönüştürücü Devresi Tasarımı ve Hesaplamalar.....	40
5.4. Kullanılan Kontrol Algoritmaları.....	40
5.4.1. PQ denetleyici.....	40
5.4.2. Maksimum güç noktası izleme (MGNİ).....	43
5.4.3. Batarya şarj/deşarj kontrol algoritması.....	46
6. SİMÜLASYON ÇALIŞMASI.....	48
6.1. Şebeke Destekli Batarya Şarj/Deşarj Simülasyonu.....	48
6.1.1. Bir fazlı GFD devresi kullanılarak şarj devresi simülasyonu.....	50
6.1.2. Bir fazlı GFD kullanılarak deşarj devresi simülasyonu.....	53
6.1.3. Bir fazlı GFD kullanılarak şarj/deşarj devresi simülasyonu.....	55
6.2. FV Panel Destekli Batarya Şarj/Deşarj Simülasyonu.....	58
6.2.1. Batarya şarj sonuçları.....	58
6.2.2. Batarya deşarj sonuçları.....	61
6.2.3. Batarya şarj/deşarj sonuçları.....	65

7. SONUÇLAR.....	68
KAYNAKLAR	70
ÖZ GEÇMİŞ.....

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Batarya eşdeğer devresi (altı adet hücre).....	4
Şekil 2.2: Basit Batarya Modeli	7
Şekil 2.3: Thevenin devre modeli	8
Şekil 2.4: Li-ion Batarya Thevenin eşdeğer devre modeli.....	9
Şekil 3.1: Geleneksel Yükseltici Türü GFD Devresi	11
Şekil 3.2: Tek Fazlı Köprüsüz Düşürücü GFD Devresi.....	11
Şekil 3.3: Düşürücü GFD Devresi-Mod 1.....	12
Şekil 3.4: Düşürücü GFD Devresi-Mod 2.....	12
Şekil 3.5: Düşürücü GFD Devresi-Mod 3.....	13
Şekil 3.6: Tek Fazlı Köprüsüz Yükselten GFD Devresi	14
Şekil 3.7: Yükselten GFD, pozitif yarım periyot, S1 anahtarı iletimdeyken akım yolu	14
Şekil 3.8: Temel köprüsüz yükselten dönüştürücü, pozitif yarım periyot, S1 anahtarı kesimdeyken akım yolu	15
Şekil 3.9: Yükselten GFD, negatif yarım periyot, S2 anahtarı iletimdeyken akım yolu	16
Şekil 3.10: Yükselten GFD, negatif yarım periyot, S2 anahtarı kesimdeyken akım yolu	16
Şekil 3.11: Alçaltıcı tip dönüştürücü devre şekli	18
Şekil 3.12: - DA-DA alçaltıcı dönüştürücü bobin akımı ve çıkış gerilimi değişimi	19
Şekil 3.13: Yükseltici tip dönüştürücü devre şekli.....	22
Şekil 3.14: DA-DA yükseltici dönüştürücü bobin akımı ve çıkış gerilimi değişimi ...	23
Şekil 3.15: Alçaltıcı Yükseltici tip dönüştürücü devre şekli.....	24
Şekil 3.16: DA-DA alçaltıcı yükseltici dönüştürücü bobin akımı ve çıkış gerilimi değişimi.....	26
Şekil 3.17: Temel çift yönlü alçaltıcı-yükseltici DA-DA dönüştürücü.....	26
Şekil 4.1: Şarj kontrol algoritması (Kayıklı, Balıkçı, 2008)	30
Şekil 4.2: Tek fazlı çift yönlü batarya şarjı (Kisacikoglu, Kesler ve Tolbert , 2014)	30
Şekil 4.3: AA-DA dönüştürücü kontrol algoritması(Kisacikoglu, Kesler ve Tolbert , 2014).....	31

Şekil 4.4.:	DA-DA dönüştürücü kontrol algoritması (Kisacikoglu, Kesler ve Tolbert , 2014)	32
Şekil 4.5.:	Ortalama Akım Modlu Kontrol Şeması (Çetin, 2011).	33
Şekil 4.6.:	Histerezis modlu kontrol şeması (Çetin, 2011).	34
Şekil 5.1:	Tek Fazlı Köprüsüz Yükselten GFD Devresi	35
Şekil 5.2:	Pozitif mod.....	36
Şekil 5.3:	Negatif mod	36
Şekil 5.4:	Fotovoltaik panel destekli yükselten DA-DA dönüştürücü devresi	38
Şekil 5.5:	PSIM FV Panel Modeli.....	38
Şekil 5.6:	Çift Yönlü Alçaltıcı-Yükseltici DA-DA Dönüştürücü Devresi.....	40
Şekil 5.7:	PQ tabanlı kontrol blok diyagramı.....	41
Şekil 5.8:	FV Panel Güç Eğrisi (Abouobaida, 2017)	43
Şekil 5.9:	Değiştir Gözle Kontrol Algoritması	45
Şekil 5.10:	Değiştir-Gözle Metodu PSIM Modeli	46
Şekil 5.11:	Batarya Şarj/Deşarj Kontrol Algoritması	47
Şekil 6.1:	Simülasyon Devresi	49
Şekil 6.2:	GFD çıkışından elde edilen $V_{ac}, i_{ac}, V_{dc}, i_{dc}$ değerleri	50
Şekil 6.3:	Giriş gerilimi V_{ac} , giriş akımı i_{ac} için PF	51
Şekil 6.4:	Giriş gerilimi V_{ac} , giriş akımı i_{ac} için THB.....	51
Şekil 6.5:	Batarya Şarj Değerleri	53
Şekil 6.6:	Batarya Deşarj Değerleri-Akım modu.....	54
Şekil 6.7:	Batarya Deşarj Değerleri-Gerilim Modu	55
Şekil 6.8:	Simülasyon devresi-Şarj/Deşarj Kontrol	55
Şekil 6.9:	Şarj/Deşarj Kontrol-Gerilim modu	56
Şekil 6.10:	Şarj/Deşarj Kontrol-Akım Modu	57
Şekil 6.11:	$IDC - low, V_{batarya}, BDO$ değerleri.....	57
Şekil 6.12:	FV Panel Destekli DA-DA Yükselten Devresi.....	58
Şekil 6.13:	FV Panel Destekli Batarya Şarj Devresi.....	59
Şekil 6.14:	FV Panel Destekli-Batarya Şarj Değerleri-	60
Şekil 6.15:	FV Panel Destekli-Batarya Şarj Değerleri 2.....	61
Şekil 6.16:	FV Panel Destekli Batarya Deşarj Devresi.....	62
Şekil 6.17:	FV Panel Destekli-Batarya Deşarj Değerleri-Akım Modu.....	63

Şekil 6.18:	FV Panel Destekli-Batarya Deşarj Değerleri-Akım Modu 2.....	63
Şekil 6.19:	FV Panel Destekli-Batarya Deşarj Değerleri-Gerilim Modu	64
Şekil 6.20:	FV Panel Destekli-Batarya Deşarj Değerleri-Gerilim Modu 2	64
Şekil 6.21:	FV Panel Destekli-Batarya Şarj/Deşarj Değerleri-Gerilim Modu	65
Şekil 6.22:	FV Panel Destekli-Batarya Şarj/Deşarj Değerleri-Gerilim Modu 2.....	66
Şekil 6.23:	FV Panel Destekli-Batarya Şarj/Deşarj Değerleri-Akım Modu 2	66
Şekil 6.24:	FV Panel Destekli-Batarya Şarj/Deşarj Değerleri-Akım Modu	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 5-1: Simülasyon Parametleri	37
Çizelge 5-2: FV Panel Parametreleri	39
Çizelge 5-3: Yükselten DA-DA Dönüştürücü Parametreleri	39
Çizelge 5-4: Simülasyon Parametleri	40
Çizelge 6-1: Simülasyon Kontrol Değerleri /PSIM.....	48
Çizelge 6-2: Lityum-iyon batarya parametreleri	48
Çizelge 6-3: DA-DA Şarj Kontrol Blok Parametleri.....	52
Çizelge 6-4: DA-DA Deşarj Kontrol Blok Parametleri-Gerilim Modu	54

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
P_{cmd}	: Aktif referans gücü
Q_{cmd}	: Reaktif referans gücü
R_1	: Geçici durum direnci
R_b	: Batarya direnci
V_{dc}	: DC gerilim
$i_b(t)$: Batarya akımı
i_{bt}^*	: Referans batarya akımı
m^3	: Metreküp
A	: Dolum Kapasitesi
C	: Kapasitör
D	: Diyot
f	: Şebeke frekansı
f_{sw}	: Anahtarlama frekansı
I	: Akım
K_S	: Gerilim indirgeme faktörü
L	: Bobin
N	: Batarya hücre sayısı
P	: Aktif güç
Q_0	: Bataryanın tutacağı toplam şarj miktarı
Q	: Reaktif güç
R	: Direnç
S	: Anahtar
V	: Gerilim
Wh	: Watt-saat
α	: Alfa
β	: Beta
π	: Pi sayısı
T	: Sıcaklık
S	: Işınım

i_{sc} : FV Panel kısa devre akımı
 V_{oc} : Açık devre gerilimi

Kısaltmalar

AA: Alternatif akım
AGFD: Aktif güç faktörü düzeltme
Co: Kobalt
DA: Doğru akım
DGM: Darbe genişlik modülasyonu
DOD: Deşarj Derinliği
GF: Güç faktörü
GFD: Güç faktörü düzeltme
Kg: Kilogram
Li-ion: Lityum-iyon
 Mn_2 : Manganez
Ni: Nikel
PI: Oransal-integral (proportional-integral)
PQ:Aktif-Reaktif güç teorisi
PR: Oransal-rezonans
DGM: Dalga genişlik modülasyonu
BDO Batarya şarj doluluk oranı (State of Charge)
SoH: Yaşlanma etkisi (State of Health)
THB: Toplam harmonik bozulma
THD: Total harmonicdistortion
FV: Fotovoltaik
MGNI: Maksimum Güç Noktası İzleme

1 GİRİŞ

Dünyamızda gelişen teknoloji ile birlikte artan enerji ihtiyacı karşılanamaz hale gelmiştir. Günümüzde sıkça kullanılan kesintisiz ve anahtarlamalı güç kaynakları, akümülatör şarj sistemleri, elektronik balastlar gibi lineer olmayan yükler, elektrik şebekesinden harmonik akımlar çekmekte ve şebekeyi bozmaktadır (Bodur, 2012). Bu durum kısıtlı enerji kaynaklarını daha verimli ve tasarruflu kullanmaya yöneltmiştir. Yaygın olarak kullandığımız elektrik enerjisinin efektif olarak kullanılması, kalitesinin artırılması ve kayıplarının azaltılması için yapılan çalışmalar önem kazanmaktadır.

Bu tez çalışmasında Lityum-iyon (Li-ion) bataryalar için iki aşamalı batarya şarj/deşarj devresi tasarlanmıştır. Birinci aşama için iki farklı devre simülasyonu yapılmıştır. Bunlar tek fazlı yükselten güç faktörü düzeltme (GFD) devresi ve fotovoltaik panel girişli yükselten DA-DA devresidir. İkinci aşama olarak çift yönlü DA-DA dönüştürücü ile batarya şarj/deşarj işlemi tamamlanmıştır.

Tek fazlı yükselten tip GFD devresi, akımdaki güç faktörünü (GF) düzeltmek ve toplam harmonik bozulmayı (THB) azaltmak için kullanılmıştır. GFD devreleri, elemanlarının akım ve gerilim streslerinin düşük olması, basit devre topolojisi, devre eleman sayısının azalması ve kolay kontrol edilebilir olmalarından dolayı tercih edilmektedir. GFD devreleri iki temel sınıfa ayrılır, bunlar aktif ve pasif GFD'lerdir. Yaygın olarak kullanılan GFD devreleri yükseltici, düşürücü, yükseltici-düşürücü devrelerdir.

Bu tez çalışmasında tek fazlı köprüsüz yükselten GFD devresi kullanılmıştır. Bu devre AA-DA güç dönüştürücüsü içermektedir. Literatürde bu devreyi incelediğimizde; En eski AA-DA dönüştürücü devresi, şebeke tarafından sağlanan AA kaynağın diyot köprüsü yardımıyla giriş gerilimin doğrultulduğu topolojilerdir. Bu topolojiye tam köprü adı verilmektedir. Burada doğrultulan giriş gerilimi direkt olarak yüke aktarılamaz. Doğrultulmuş gerilim (DG), çıkış yüküne paralel olarak bağlanmış bir kondansatör üzerinden filtrelenir ve çıkışa aktarılır. Bu topolojinin yapısı basit ve maliyeti düşüktür fakat güç kalitesi bakımından tercih edilmez. Topoloji içerisindeki tam köprü diyot yapısı doğrultma işlemi sırasında lineer olmayan bir yük gibi davranır ve kaynak tarafında harmonik oluşmasına sebep olur (Figueiredo, 2010; Gopinath ve Ramareddy, 2011). Tam AA-DA dönüştürücü yapısı, diyotlardan oluştuğu için güç dönüşümü esnasında kontrol edilemez. Bundan dolayı bu topolojiyi GFD işleminde

kullanmak istiyorsak tam köprü yapının devamına yükselten DA-DA dönüştürücü eklememiz gerekmektedir. DA-DA dönüştürücü yapısında yer alan yarı iletken anahtar, yüksek frekanslarda anahtarlanır ve kaynak gerilimi ve akımının aynı fazda olmasını sağlar. Bu birleştirilmiş yapı güç faktörü değerini olmasını istenen seviyede tutar (Choi vd., 2007; Huber vd., 2008).

Son dönemlerde, yukarıda bahsedilen tam köprü diyot yapısının getirmiş olduğu olumsuz özellikleri devreden çıkarmak için tek fazlı köprüsüz yükselten AA-DA dönüştürücü devreleri kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu topoloji tam köprü yapıda yer alan dört diyotun iki tanesinin kontrol edilebilen yarı iletken anahtarlarla değiştirilmiş halidir. Literatürde farklı özelliklerde tek fazlı GFD devreleri bulunmaktadır. Başlıca GFD devreleri tek fazlı geleneksel yükseltici GFD devresi, Tek fazlı düşürücü GFD devresi, tek fazlı köprüsüz yükselten GFD devresidir (Hwu vd., 2017; Fardoun vd., 2014; Ohnuma ve Itoh, 2014; Ye vd., 2004; Salmon, 1995; Liu vd., 2001; Kim vd., 2011; Choe vd. 2010).

Fotovoltaik (FV) panel girişli yükselten DA-DA devresi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi sistemleri önemli bir yer almaktadır. Güneş enerjisini fotovoltaik etki ile elektrik enerjisine dönüştürmek, güneş enerjisini kullanmanın en yaygın yoludur. Çok sayıda FV hücrenin paralel ve/veya seri bağlanması ile oluşan güneş panelleri elektrik enerji üretmek için kullanılır. Bu panellerin verimliliği sıcaklık, güneşin ışınımı ve doğuşu, gölge gibi bir çok dış faktöre bağlıdır. FV sistemlerin verimliliğini arttırmak için MGNİ metodları kullanılır. Bu metod, mümkün olan en yüksek elektrik güç değerini elde edilmesini sağlar. MGNİ metodunda, Sabit Gerilim Algoritması, Artan İletkenlik Algoritması ve Değiştir Gözle Algoritması (D&G) yöntemleri kullanılmaktadır (Holm, 2003). Bu tez çalışmasında değiştir gözle kontrol algoritması kullanılmıştır. FV panel çıkışında elde edilen doğru akım ve gerilim, yükselten tip DA-DA dönüştürücü ile istenilen seviyeye çıkarılmıştır.

Elde edilen doğru gerilim ile ikinci aşama olarak batarya şarj/deşarj işlemi gerçekleştirilmiştir. Li-ion batarya şarj/deşarj işlemi için çift yönlü alçaltıcı-yükseltici DA-DA dönüştürücü devresi kullanılmıştır. DA-DA dönüştürücüler temel olarak alçaltıcı, yükseltici ve alçaltıcı-yükseltici olarak sınıflandırılmaktadır. Literatürde çift yönlü batarya şarjı için yapılan çalışmaları incelediğimizde; tek yönlü batarya şarj sistemleri üzerinde durulmuş, daha sonra bataryadan şebekeye enerji aktarılması için çift yönlü

şarj sistemleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Tan vd., 2014). Batarya ve elektrik şebekesi arasında çift yönlü güç akışı sağlayan batarya şarj devresi, elektrik şebekesinde yer alan gerilim dalgalanmalarının elimine edilmesi ve sistem kararlılığının artırılması için çalışma yapılmıştır (Liaw vd., 1991). İki yönlü dönüştürücü üzerinde akım kontrollü tek faz anahtarlama modlu bir çalışma yapılmıştır (Kisaciklioglu, 2013). Reaktif gücün tek fazlı çift yönlü batarya şarj devreleri tasarımı ve çalışması üzerine olan etkileri ele alınmıştır. Güç transfer kapasitelerine göre elektrikli araçlarda kullanılabilen AA- DA dönüştürücüleri incelenmiştir ve iki yönlü batarya şarj devresi tasarlanmıştır. DA-DA/AA-DA/DA-AA iki yönlü dönüştürücü türlerinin özellikleri verilmiş ve çalışma prensipleri anlatılmıştır (Ni, 2010). Bataryalar ve ultrakapasitörler arasında çalışan çok fazlı iki yönlü DA-DA dönüştürücü ve ikili enerji kaynağı kontrol metodları üzerinde çalışma yapılmıştır (Man ve Parsa, 2007). Yüksek güç ve yüksek gerilim gereken çalışmalarda geleneksel DA-DA yükselticinin verimini arttırmak için, iki bobinli DA-DA yükseltici tasarlanmıştır (Sbordone, 2015). Li-polimer bataryalar için, enerji depolama sistemi ile birlikte hızlı şarj sistemi uygulaması yapılmıştır (Melo vd., 2017). Yapılan çalışmalarda çift yönlü DA-DA dönüştürücüler kullanılmıştır (Silva, 2011; Tarlak ve İşen, 2018; Caricchi, 1994; Overington ve Rajakaruna, 2012).

İki aşamalı batarya şarj/deşarj kontrol devresi uygun kontrol yöntemleri ile kontrol edilip şarj/deşarj işlemleri gerçekleştirilmiştir. GFD devreler için devre topolojisi ve güce göre farklı kontrol yöntemleri mevcuttur. Bu kontrol yöntemleri temelde lineer ve lineer olmayan kontrol yöntemleri olarak ikiye ayrılır (Park vd., 2016). En sık kullanılan yöntemler ortalama akım kontrolü (Das vd., 2017), fuzzy kontrol (Lee vd., 2005; Wirasinhga ve Emadi, 2010), histerisis kontrol ve diğer sinyal işlemeye yönelik digital kontrol yöntemleridir (Akagi vd., 2017). GFD devrelerinde güç faktörünü yükseltmek ve THB'yı düşürmek için, üç fazlı sistemlerde kullanılan kontrol algoritmalarından birisi aktif ve reaktif (PQ) güç teorisidir. Daha sonra PQ güç teorisini tek fazlı aktif filtrelerde alfa-beta koordinatlarına geçişte başarılı bir şekilde uygulamışlardır. Bu çalışmada AA-DA GFD Dönüştürücü aktif anahtarlama sinyallerini oluşturmak için PQ tabanlı bir denetleyici kullanılmıştır. Kullanılan PQ tabanlı denetleyicide referans akım sinyali anlık aktif ve reaktif güçler kullanarak elde edilmektedir. DA-DA dönüştürücü aktif anahtarlama sinyalleri şarj/deşarj blokları ile sağlanmıştır. Tüm çalışma PSIM programında uygulanmıştır.

2. BATARYALAR

Bataryalar, elektrik enerjisi üretmek için kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır. Bataryalar hücrelerden meydana gelmektedir. Bu hücreler bir elektrolit ve negatif ve pozitif anotlardan oluşmaktadır. Elektrolit ve elektronlar arasındaki kimyasal etkileşim sonucu DA elektrik elde edilmektedir (Uzun, 2014).

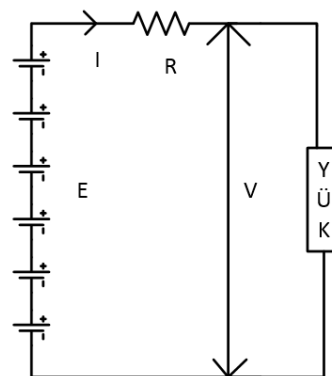
Bataryaların, yüksek spesifik güç ve enerji, uzun ömürlü ve uzun çevrim ömrüne sahip olması beklenmektedir. Günümüz teknolojisinde enerji depolama ünitesi olarak kullanılan bataryalarda ilk olarak lityum-iyon bataryalar gelmektedir. Lityum-ion bataryalar diğer bataryalar ile karşılaştırıldığında daha hafiftir ve enerji yoğunlukları daha yüksektir.

2.1. Batarya Parametreleri

Bir bataryanın performansını belirlemek için aşağıda sıralanan parametreler incelenmelidir.

2.1.1. Batarya ve hücre gerilimleri

Hücre ve batarya gerilimlerinin ifadesi direnç terimi ile ifade edilmektedir. Bu terimle batarya sabit bir E gerilimine sahip olarak gösterilmekte fakat terminallerdeki gerilim iç direnç R 'nin geriliminde dolayı farklı V gerilimi oluşmaktadır. Şekil 2.1'de bataryanın eşdeğer devresinden I akımının geçtiği düşünülerek aşağıdaki bağlantı elde edilmektedir (Uzun, 2014).



Şekil 2.1: Batarya eşdeğer devresi (altı adet hücre)

2.1.2. Dolum kapasitesi

Dolum kapasitesi, A-saat (Ah) veya mA-saat (mAh) olarak ifade edilmektedir. Bu ifadeler batarya ömrü ile şarjları ile aralarındaki derecenlendirme faktörü olarak adlandırılmaktadır. Batarya akımı C oranı birimi ile ifade edilmektedir. Burada C, Ah/mAH türünden dolum kapasitesini, C oranı ise C/1 saat olarak ifade edilmektedir. Örneğin; 1000mAh'lik bir batarya için 1 C'ye karşılık gelen akım 1000mA, 0.1 C'ye karşılık gelen akım 100mA'dır (Alpsalaz, 2018).

2.1.3. Depolanan enerji

Bir bataryada depolanan enerji o bataryanın gerilim ve dolum kapasitesi ile ilişkilidir. Depolanan enerji watt-saat (Wh) olarak ifade edilmektedir.

2.1.4. Enerji yoğunluğu

Bataryanın bir metreküpünde (m^3) depolanan elektrik enerjisi olarak ifade edilmektedir. Birimi Wh/ m^3 'tür.

2.1.5. Spesifik enerji

Bataryanın bir kilogramında (kg) depolanan elektrik enerji miktarı olarak ifade edilir. Birimi Wh/kg'dır.

2.1.6. Spesifik güç

Bataryanın bir kilogramından elde edilen güç miktarını göstermektedir. Birimi W/kg'dır.

2.1.7. Enerji verimliliği

Bataryanın sağladığı elektrik enerjisi miktarının, deşarjdan önceki duruma dönmesi için gerekli olan enerjiye oranı olarak tanımlanmaktadır.

2.1.8. Batarya doluluk oranı (BDO)

Bataryanın bir çeşit yakıt göstergesidir. Başka bir ifadeyle o anki enerji miktarının, tam dolu olduğu enerji miktarına oranıdır. Bu oran batarya doluluk oranı (BDO) olarak ifade edilmektedir. Çevrim ömrü neredeyse tamamlanmış bataryalarda tam doluluk oranı %100 yerine %80 civarındadır. Bu oran yaşlanma etkisi yani State of Health (SoH) ile belirlenmektedir. Bu yüzden hesaplamalarda SoH göz önünde bulundurulmalıdır. Bataryalar $i_b(t)$ şarj akımı ile şarj edilir. Böylece t_0 ' dan t'ye kadar,

batarya elektrik yükünü tutacaktır. Eş. 2.1 ve 2.2’de bataryanın tutabileceği toplam şarj miktarı verilmiştir (Sarıkurt ve Balıkçı, 2018).

$$Q_0 = \int_{t_0}^t I_b(\tau) d\tau \quad (2.1)$$

$$Q_0 = \int_{t_0}^{t_2} I_b(\tau) d\tau \quad (2.2)$$

Buradaki t_2 kesme süresidir ve bataryanın daha fazla şarj almadığı durumdur. Bu eşitliklerden yararlanılarak BDO Eş. 2.3’deki gibi ifade edilmektedir.

$$BDO(t) = \frac{\int_{t_0}^t I_b(\tau) d\tau}{Q_0} \times 100\% \quad (2.3)$$

Tüm bataryalar, üretici verileri veya deneysel olarak belirlenmiş BDO’ye karşı gerilim eğrisine sahiptir.

2.1.9. Deşarj derinliği (DOD)

Bataryanın boşaldığı batarya kapasitesinin yüzdesidir. Yani %80 DOD demek bataryanın Ah olarak belirtilen kapasitesinin %80’e kadar deşarj edilmesi anlamına gelmektedir. DOD denklemi Eş. 2.4’de verilmiştir (Sarıkurt ve Balıkçı, 2018).

$$DOD(t) = \frac{Q_0 - \int_{t_0}^t I_b(\tau) d\tau}{Q_0} \times 100\% \quad (2.4)$$

2.2. Batarya Modelleme

Bataryalar modellenirken öncelikli olarak tutarlılık ve basitlik göz önüne alınmalıdır. Batarya modelleri dört ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar istatistiksel, analitik, elektrokimyasal ve elektriksel devre modelleri olarak ifade edilebilir.

Elektrokimyasal modeller, hücrelerin dahili kimyasal reaksiyonlarına bağlıdır. Bu modeller karmaşık olmalarının yanısıra tutarlılıkları oldukça yüksektir ve birçok lineer olmayan eşitlik içerir, bundan dolayı uzun hesaplama süreleri gerektirirler.

İstatistiksel modeller, bu modeller için gerekli olan istatistiksel veriler farklı deneysel senaryolar yardımıyla toplanır. Bu modeller için tutarlılık, deneysel ortamlardan daha farklı ortamlarda kullanıldığında düşer. Yarı deneysel yaklaşımlar,

istatistiksel analiz, stokastik ve bulanık yapay sinir ağları üzerine yapılan çalışmalar bu gruba örnektir.

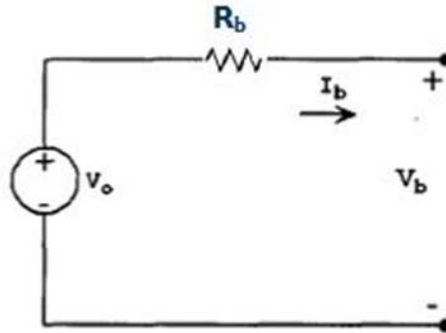
Analitik modeller, analitik yapıları nedeniyle bu modeller daha az hesaplama zamanına ihtiyaç duyarlar.

Elektriksel modeller, bu modellerde devre analiz teorileri kullanılarak matematiksel çıkarımlar yapılabilmesidir. Batarya parametreleri devre elemanları ya da alt devreler olarak gösterilir. Bir eşdeğer devre batarya modeli tek, çift veya daha fazla paralel direnç-kondansatör alt devresinden oluşabilir (Tremblay vd., 2007).

Elektriksel devre bazlı modeller, bataryaların elektriksel karakteristiklerini anlamak ve simüle etmek için diğer üç modele göre daha kullanışlıdır (Kroeze ve Krein, 2008; Avgın, 2014). Elektriksel devre modelleri basit batarya modeli, dirençsel thevenin eşdeğer modeli, thevenin devre modeli, doğrusal elektriksel model, geliştirilmiş elektriksel devre modeli, reaktif batarya modeli, parazitik etki elemanlı dinamik model, dinamik seri devre modeli, kapasite kullanımlı devre modeli, RC batarya modeli olarak alt başlıklar sıralanabilir (Ehsani vd., 2005). En çok kullanılan batarya elektriksel batarya modellerine örnek olarak basit batarya modeli ve thevenin devre modeli aşağıda gösterilmiştir.

2.2.1. Basit batarya modeli

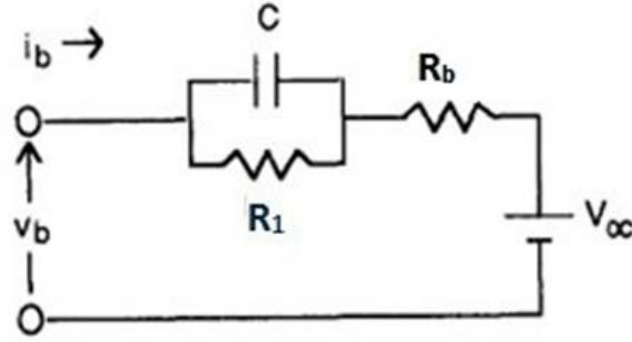
Bu batarya modeli en basit devre modelidir. Şekil 2.2’de gösterilen bu model, Gerilim kaynağı (V_0) ve R_b direncinden oluşmaktadır. R_b batarya direncidir ve dolma-boşalma durumunda değişken olmadığı varsayılır. Ayrıca bu modelde, elektrolit yoğunluğu, batarya plakaları arasındaki maddelerin yayılımı gibi bataryanın iç dinamikleri dikkate alınmamıştır (Ehsani vd., 2005).



Şekil 2.2: Basit Batarya Modeli

2.2.2. Thevenin devre modeli

Bu batarya modeli basit batarya modeline göre daha doğru sonuçlar vermektedir. Şekil 2.3’de gösterilen bu devre modeli için devre elemanları sabit kabul edilmektedir. Gerçekte bu değerler BDO ve batarya sıcaklığı gibi batarya dinamiklerinin fonksiyonu olarak değişmektedir. Bu modelde R_b batarya direncini, R_1 geçici durum direncini, C ise geçici durum kapasitörüdür (Ehsani vd., 2005).



Şekil 2.3: Thevenin devre modeli

2.3. Lityum-iyon (Li-ion) bataryalar

Bu tez çalışmasında Li-ion bataryalar tercih edilmiştir. Genel özellikleri, avantaj ve dezavantajlarından aşağıdaki bahsedilmiştir.

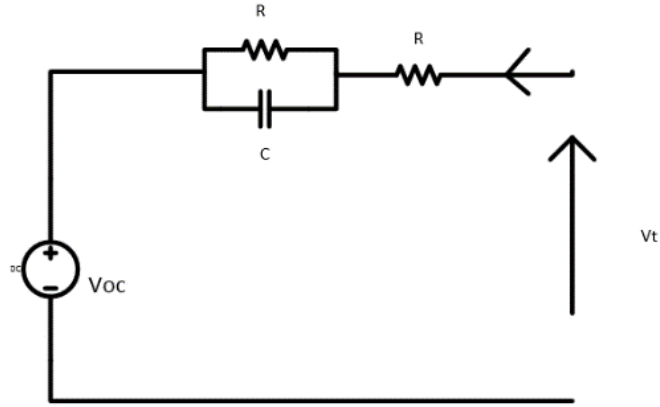
Li-ion batarya hücresi, negatif elektrot olarak Li_xC , pozitif elektrot olarak $Li_{1-x}M_yO_2$ 'nin sıvı organik çözelti ya da katı polimer elektrolitine daldırılmasıyla elde edilmektedir. Burada M_y Nikel (Ni), mangan (Mn), kobalt (Co) olabilir. Kobalt bazlı lityum-iyon bataryalar mangan ve nikel'e göre daha yüksek spesifik enerji ve enerji yoğunluğu değerine sahiptirler; ama kendilerinden deşarj olma miktarları ve maliyetleri yüksektir. Mangan bazlı Lityum-iyon bataryalara bakıldığında en düşük maliyete sahiptirler ve enerji yoğunluğu ve spesifik enerji değerleri Nikel ve Kobalt bazlı bataryalar arasında yer almaktadır (Khaligh ve Li, 2010). Li-ion bataryalar genel olarak uzun çevrim ömrü, yüksek enerji verimliliği, hafıza etkisine sahip olmama, düşük kendiliğinden deşarj olma miktarı, az bakım gerektirme, yüksek spesifik güç, yüksek sıcaklık çalışma performanslarının iyi olması gibi avantajlarına sahiptirler. Bunların yanı sıra maliyetlerinin yüksek olması akımı ve gerilimi güvenli seviyede tutmak için koruma devresi gerektirmeleri dezavantajlarıdır (Lowe vd., 2010; Ceylan vd., 2013).

2.3.1. Lityum-iyon batarya modellemesi

Li-ion batarya için elektriksel eşdeğer devre anlatılmış, modelde ihtiyaç duyulan açık devre gerilimi V_{oc} değeri bataryanın şarj durumu kullanılarak matematiksel bir fonksiyon olarak belirlenmiştir. Bu modelleme V_{oc} gerilimi kullanılarak V_t 'nin belirlenmesine dayanmaktadır. Burada V_t bataryanın terminallerinden ölçülen gerilimi göstermektedir. V_{oc} ise BDO'ye bağlı bir fonksiyondur. BDO bataryada kullanılacak durumdaki yük miktarının (Q) bataryadaki maksimum sayıdaki yük miktarına (C) oranı şeklinde Eş. 2.5'de gösterilmektedir.

$$SoC = \frac{Q}{C} \%100 = \frac{C-Q_d}{C} \%100 \quad (2.5)$$

Q_d kullanılan yük miktarını göstermektedir. Benzetim için Şekil 2.4'de yer alan thevenin eşdeğer devresi kullanılmıştır (Hua ve Lin, 2000).



Şekil 2.4: Li-ion Batarya Thevenin eşdeğer devre modeli

3. DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

AA-DA dönüştürücüler AA gerilimi DA gerilime dönüştüren güç elektroniği devreleridir. Güç elektroniğinin temel güç devrelerinden dönüştürücüler iki temel grup altında incelemek gerekmektedir. Bu grupları kontrolsüz ve kontrollü dönüştürücüler olarak sınıflandırabiliriz.

Kontrolsüz dönüştürücüler sabit DA gerilim çıkışlı, kontrollü dönüştürücüler ise değişken DA çıkışlı güç devreleridir ve genellikle DA motorların kontrolünde kullanılmaktadır. Kontrolsüz dönüştürücülerde kullanılan temel güç elemanı diyotdur. Diyot, kontrolsüz bir güç elemanı olduğu için bu dönüştürücüye böyle bir isim verilmiştir. Kontrollü dönüştürücülerde kullanılan temel güç elemanı ise “tristör”dür. Tristör, iletme geçmesi kontrol edilebilen bir eleman olduğu için bu dönüştürücüye böyle bir isim verilmiştir.

3.1. Güç Faktörü Düzeltme Devreleri

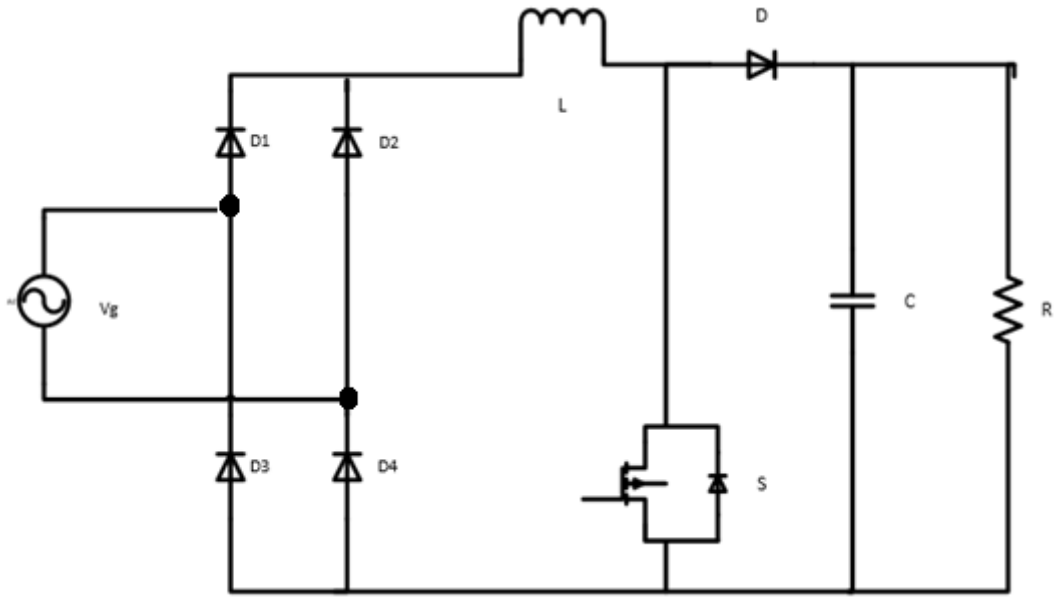
Bobin, kondansatör ve direncin çeşitli bağlantı kombinasyonlarının, dönüştürücü içerisinde ve genelde diyot köprüsünün önünde konumlandırılmasıyla elde edilen güç faktörü düzeltme tekniğine, pasif güç faktörü düzeltme yöntemi denir (Akın, 2012; Lee vd., 1999).

Aktif güç faktörü düzeltme (AGFD) yöntemi, AGFD yönteminde girişteki köprü diyotun devamına uygun olarak bir DA-DA dönüştürücü devresi ilave edilir ve bu devre üzerinde yer alan yarı iletken anahtarlama elemanlarının kontrolü sağlanır. Bu dönüştürücüler genellikle yükseltici, düşürücü, yükseltici-düşürücü veya fly-back topolojilerinden seçilmektedir (Grigore ve Kyyra, 2000).

Çıkış geriliminin giriş geriliminden büyük olması, bunun yanında güç kayıplarının ve maliyetinin oldukça düşük seviyede bulunmasından dolayı, burada yükseltici tip dönüştürücü devresi ele alınmıştır. Bu devrelerdeki L bobini sayesinde hat akımının ani şekilde azalma ve artması engellenir.

3.1.1. Tek fazlı geleneksel yükseltici GFD devresi

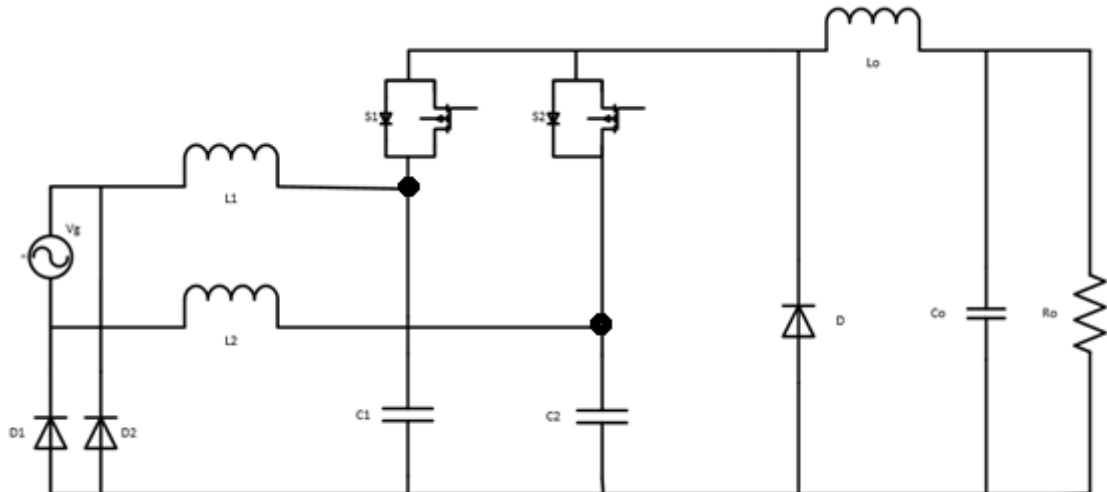
Geleneksel Yükseltici Türü GFD Devresinde temel olarak girişe uygulanan gerilim diyot köprüsü ile doğrultulur, bu DA gerilim yükseltilerek çıkışa aktarılır. Devre şeması Şekil 3.1’de verilmiştir. Burada verimi arttırmak ve THB’yı düşürmek için Şekil 3.2’deki devre geliştirilmiştir.



Şekil 3.1: Geleneksel Yükseltici Türü GFD Devresi

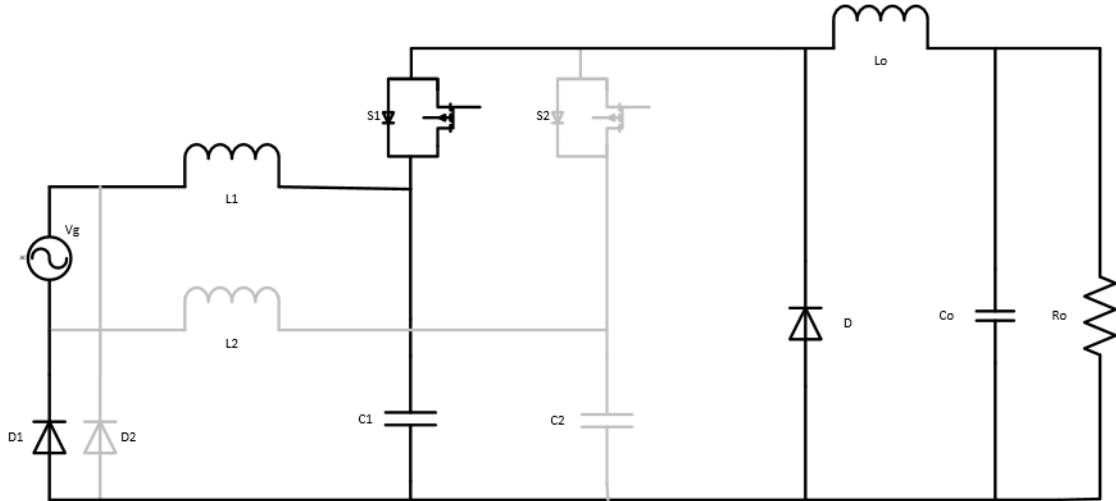
3.1.2. Tek fazlı köprüsüz düşürücü GFD devresi

Tek fazlı köprüsüz düşürücü GFD devresi Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Devre iki aktif anahtar içerir ve bu anahtarlar tek bir anahtarlama sinyali ile kontrol edilebilir. Geleneksel GFD yapısı ile kıyaslandığında, köprüsüz topoloji de yer alan bobin ve kondansatörler maliyet ve boyut açısından dezavantajdır. Devrede yer alan D_1 ve D_2 dönüş diyotları daima dönüş akımı için düşük empedanslı bir akım yolu oluşturur (Kurian ve Mohan,2014; Jang ve Jovanovicacute,2011; Onal, 2018).



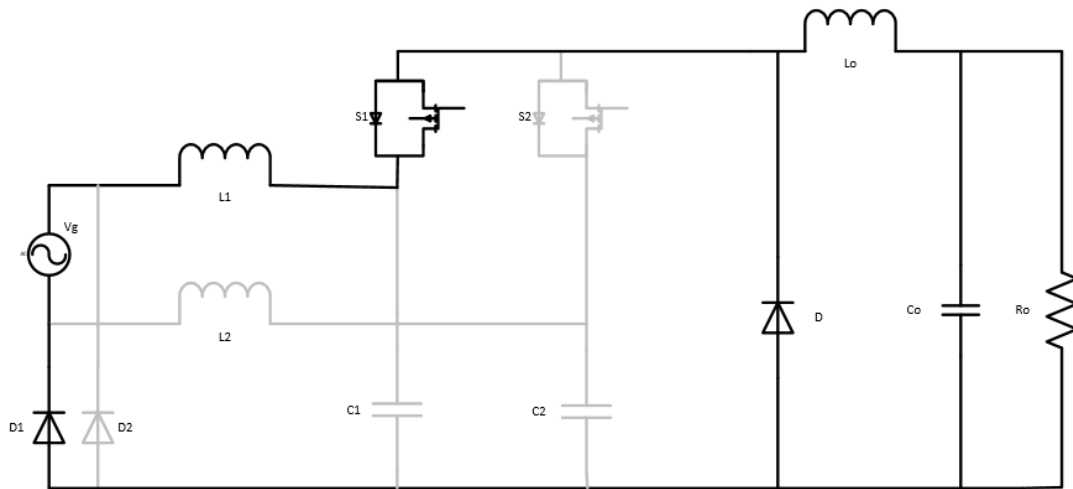
Şekil 3.2: Tek Fazlı Köprüsüz Düşürücü GFD Devresi

Devre üç farklı modda çalışmaktadır. Mod1'de S_1 anahtarı kapalı, C_1 kondansatörü deşarj olmaktadır. Bu evre C_1 kondansatör gerilimi (V_{C_1}) sıfıra düştüğünde tamamlanmaktadır. Bu modda S_1 anahtar akımı ve çıkış bobini (L_o) akımına eşit olmaktadır ve D diyotu C_1 kondansatör gerilimi tarafından pasif olarak tutulmaktadır.



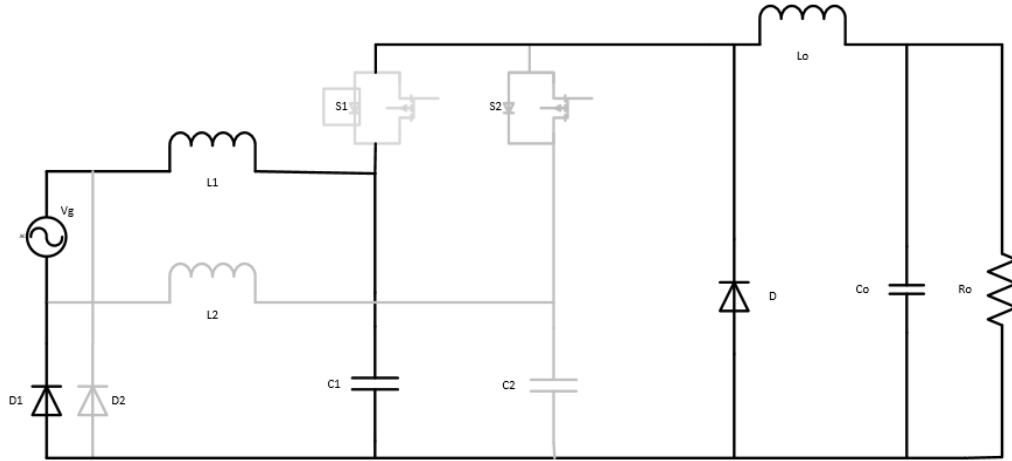
Şekil 3.3: Düşürücü GFD Devresi-Mod 1

Mod 2, S_1 anahtarı kapalı, C_1 kondansatörü deşarj modunda kalmaktadır. Bu modda çıkış diyotu D iletmeye başlar ve S_1 anahtarı kapatıldığında devre tamamlanır.



Şekil 3.4: Düşürücü GFD Devresi-Mod 2

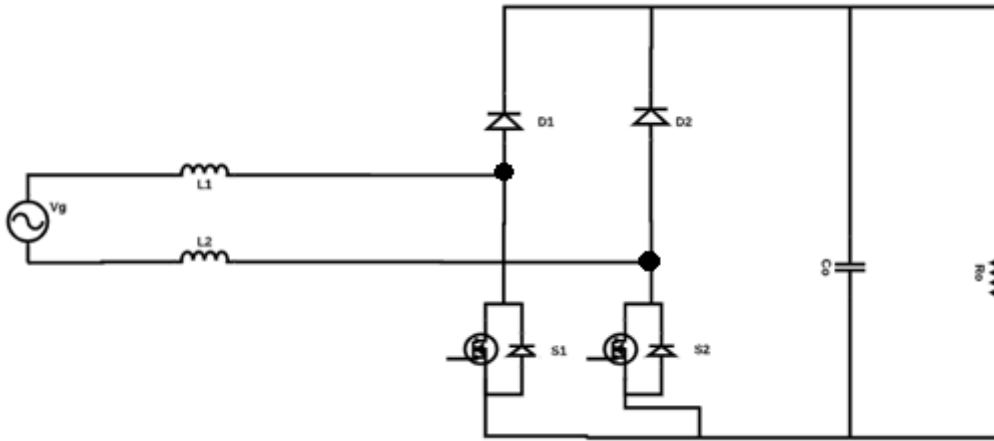
Mod 3, S_1 anahtarı açık konumdadır, giriş bobin akımı (i_{L1}) tarafından giriş kondansatör akımı (i_{C1}) şarj edilir ve V_{C1} doğrusal olarak artar. C_1 sabit bir i_{L1} akımı ile şarj edilir (Petrea ve Lucanu, 2007).



Şekil 3.5: Düşürücü GFD Devresi-Mod 3

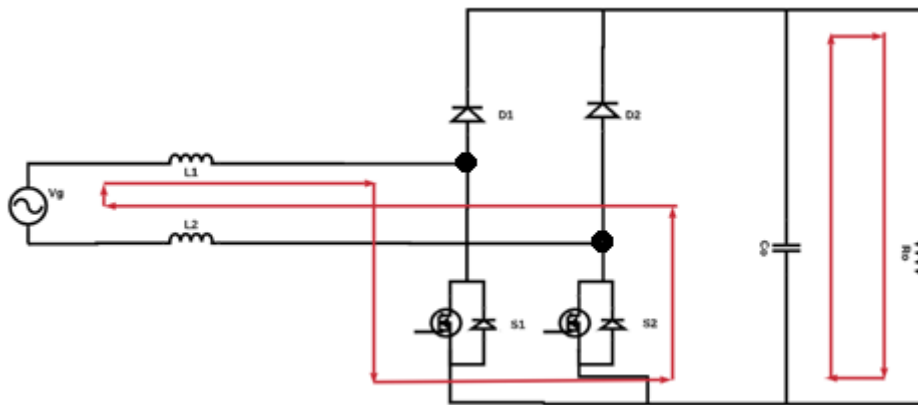
3.1.3. Tek fazlı köprüsüz yükselten GFD devresi

Tek fazlı AA-DA dönüştürücü devrelerinde kullanılan tam köprü yapının, dönüşüm sistemine getirdiği olumsuzlukları ortadan kaldırmak amacıyla çeşitli sayıda ve türde köprüsüz dönüştürücü devreleri önerilmiştir. Bu devrelerin her birinin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır ve dönüşüm işlemi esnasında iletim kayıplarını önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Bu tez çalışmasında yükselten tip köprüsüz dönüştürücüler ele alınmıştır. Köprüsüz yükselten GFD Devresi, temel güç faktörü düzeltme devresinden farklı olarak, bobin iki kısma ayrılır ve AA şebekenin giriş tarafına ilave edilir. Bu sayede yükseltme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Yükselten GFD devresi Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



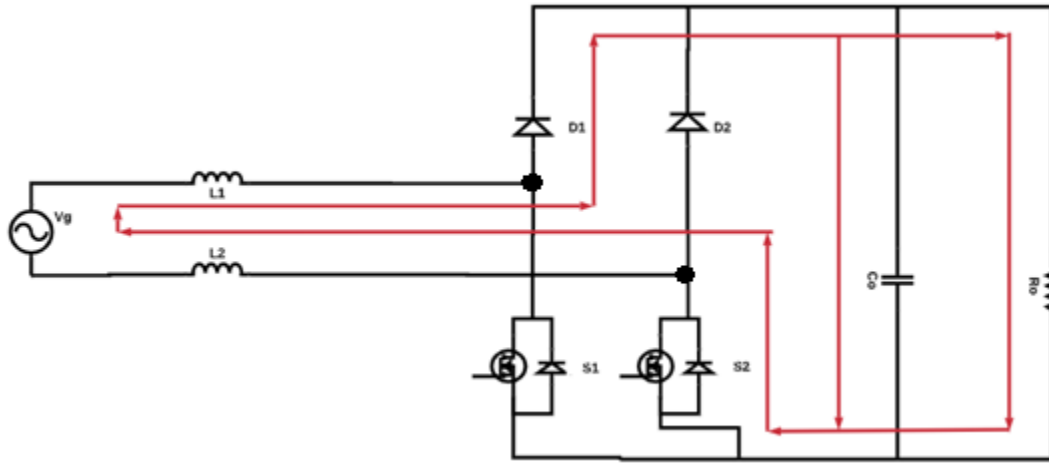
Şekil 3.6: Tek Fazlı Köprüsüz Yükselten GFD Devresi

Devre, girişteki AA gerilimin pozitif ve negatif yarımlarına göre iki çalışma aralığına sahiptir. Yükselten GFD devresinin pozitif yarımdaki çalışması; Pozitif yarımdun başlangıcında S1 anahtarı iletime giderken, S2 anahtarı kesimde kalır. S1 anahtarının iletime gitmesiyle, D1 diyotu da ters gerilim altında tutularak kesime gider. D1 diyotunun kesime gitmesiyle devrenin çıkışındaki yük bölgesi şebekeden izole edilmiş olur. Akım sırasıyla L_1 , S1, D1 (dahili diyot) ve L_2 elemanlarının üzerinden geçerek devresini tamamlar. Bu işlemle beraber L_1 ve L_2 bobinleri enerji depolama işlemine başlar. Bu çalışma periyodunda şebeke, çıkıştaki yük bölgesinden izole edildiği için yükü çıkış kondansatörü (C) besler. S1 anahtarı iletimdeyken, akımın devre üzerinde izlediği yollar Şekil 3.7’de gösterilmiştir (Noon, 2004).



Şekil 3.7: Yükselten GFD, pozitif yarımlar periyot, S1 anahtarı iletimdeyken akım yolu

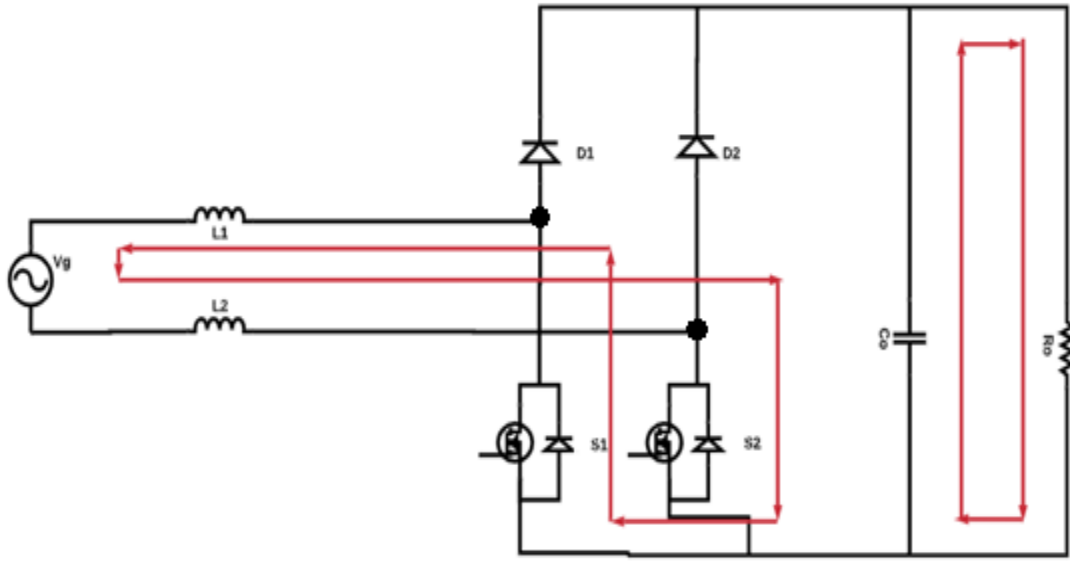
S1 anahtarının iletim durumundan kesime durumuna geçmesiyle, D1 diyotu da kesim durumundan iletim durumuna geçer ve bu sayede şebeke gerilimi ile yük arasındaki bağlantı sağlanır. Devrenin çıkışındaki yük ve kondansatör grubu, şebeke ve bobinler tarafından beslenerek, gerilim yükseltme işlemi gerçekleşir. Bu aralıkta akım sırasıyla L1, D1, yük grubu (direnç-kondansatör), D4 ve L2 elemanlarının üzerinden geçerek devresini tamamlar. S1 anahtarı kesimdeyken, akımın devre üzerinde izlediği yollar Şekil 3.8’de gösterilmiştir (Noon, 2004).



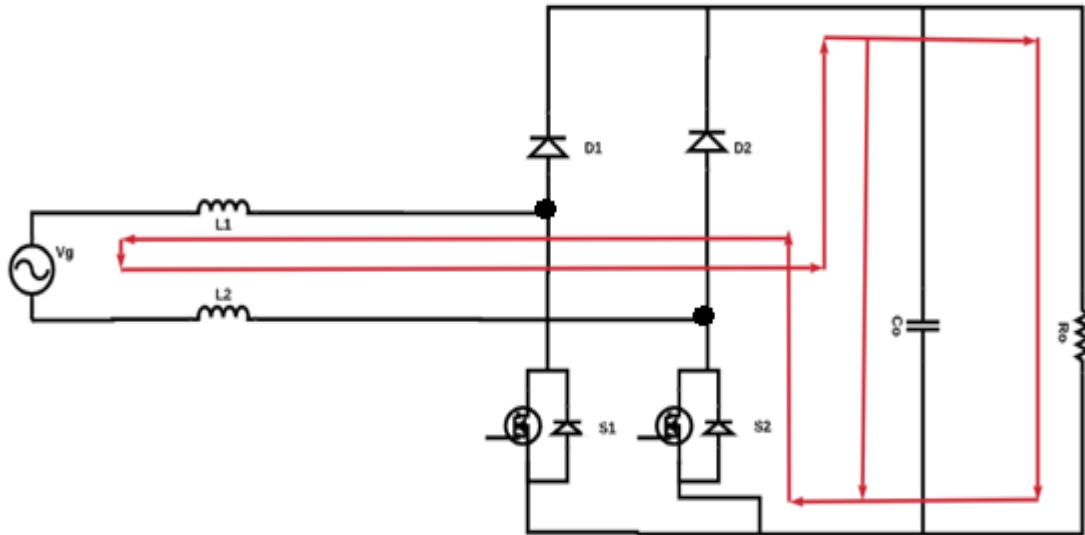
Şekil 3.8: Temel köprüsüz yükselten dönüştürücü, pozitif yarım periyot, S1 anahtarı kesimdeyken akım yolu

Yükselten GFD, negatif yarım periyottaki çalışması; Devrenin negatif periyot aralığında çalışması tıpkı pozitif periyot da olduğu gibidir fakat bu sefer S1 anahtarı bütün aralık boyunca kesimde kalır. S2 anahtarının iletime gitmesiyle, D2 diyotu da ters gerilim altında tutularak kesime gider. D2 diyotunun kesim durumuna geçmesiyle devrenin çıkışındaki yük bölgesi şebekeden izole edilmiş olur. Akım sırasıyla L2, S2, D3 (dahili diyot) ve L1 elemanlarının üzerinden geçerek devresini tamamlar. Bu işlemle beraber L1 ve L2 bobinleri yeniden enerji depolamaya başlar.

Bu çalışma periyodunda şebeke, çıkıştaki yük bölgesinden izole edildiği için yükü, çıkış kondansatörü besler. S2 anahtarı iletimdeyken, akımın devre üzerinde izlediği yollar Şekil 3.9’da gösterilmiştir (Noon, 2004).



Şekil 3.9: Yükselten GFD, negatif yarım periyot, S2 anahtarı iletimdeyken akım yolu



Şekil 3.10: Yükselten GFD, negatif yarım periyot, S2 anahtarı kesimdeyken akım yolu

Negatif periyodun son kısmında ise, S2 anahtarının iletim durumundan kesime durumuna geçmesiyle, D2 diyotu da kesim durumundan iletim durumuna geçer ve bu sayede şebeke gerilimi ile yük arasındaki bağlantı sağlanır. Devrenin çıkışındaki yük ve kondansatör grubu, şebeke ve bobinler tarafından beslenerek, gerilim yükseltme işlemi gerçekleşir. Bu aralıkta akım sırasıyla L2, D2, yük grubu (direnç-kondansatör), D3 ve

L1 bobininin üzerinden geçerek devresini tamamlar. S2 anahtarı kesimdeyken, akımın devre üzerinde izlediği yollar Şekil 3. 10'da gösterilmiştir (Noon, 2004).

3.2. DA-DA Dönüştürücüler

DA-DA dönüştürücüler temel olarak üç ana grup altında incelenir. Bunlar alçaltıcı (buck), yükseltici (boost) ve alçaltıcı-yükseltici (buck-boost) dönüştürücülerdir. DA-DA dönüştürücüler anahtarlama güç kaynakları, güç faktörü düzeltme devresi, bilgisayar, kontrol ve haberleşme devrelerinin beslenmesi gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Bu tez çalışmasında güç faktörü düzeltme devresi için DA-DA dönüştürücüler kullanılmıştır (Su vd., 2011).

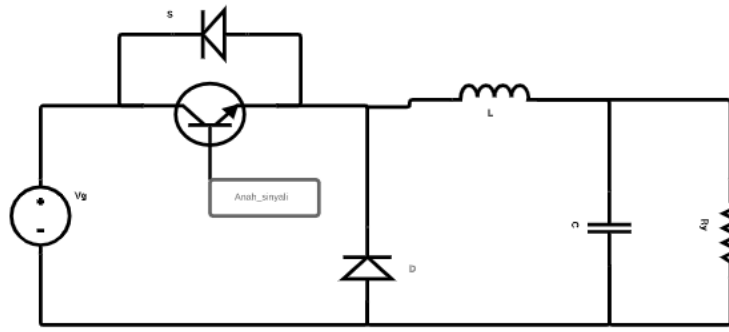
3.2.1. Alçaltıcı (Buck) tip dönüştürücüler

Çıkış gerilimini giriş geriliminde düşük bir seviyeye düşüren dönüştürücülerdir. Anahtarlama elamanlarının kontrolü ile giriş gerilimi periyodik olarak açılır-kapanır ve böylelikle çıkışta düşük bir gerilim elde edilebilir.

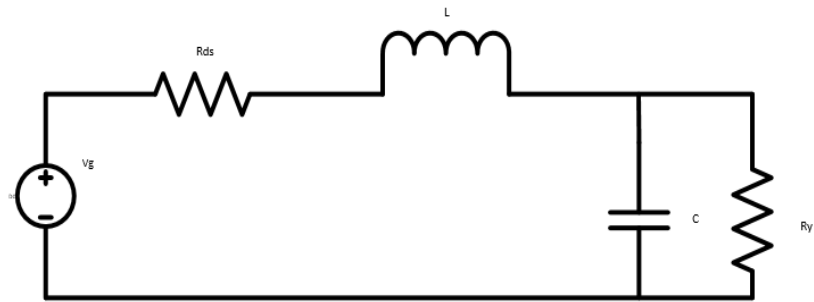
Temel alçaltıcı dönüştürücü devre şekli Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Çıkış geriliminde gerilim dalgalanması istenmediği için devreye seri olarak bir bobin, yüke paralel olarak bir kondansatör eklemiştir. Burada bobin, yüke giden akımdaki dalgalanmaları azaltır. Kondansatör ise çıkış gerilimindeki dalgalanmaları azaltır. DA-DA dönüştürücüler genellikle Darbe genişlik modülasyonu (DGM) ile kontrol edilirler. Bu yöntemde kontrol sinyali $0 < D < 1$ arasındadır. D doluluk oranı, t_D sinyalin geçerli olduğu süre, t_p ise çalışma periyodu olmak üzere Eş. 3.1'de gösterilmiştir.

$$D = \frac{t_D}{t_p} \quad (3.1)$$

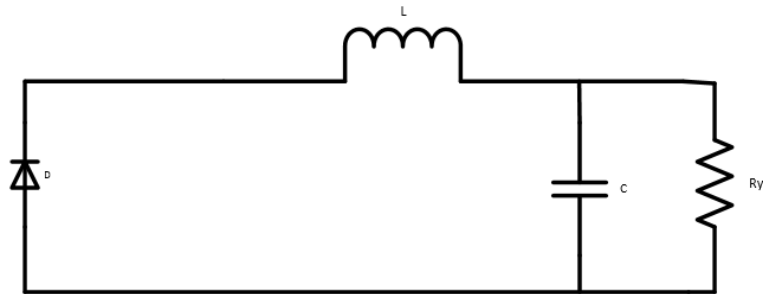
Devre şekli sırası ile alçaltıcı dönüştürücü için sırasıyle genel durum (a), iletim durum (b) ve kesim (c) durumunu göstermektedir. Burada L bobini üzerinden geçen akım I_L , C kondansatörü üzerinden geçen akım I_C , R_Y direnci üzerinden geçen akım ise I_o olarak tanımlanır.



(a) Genel durum



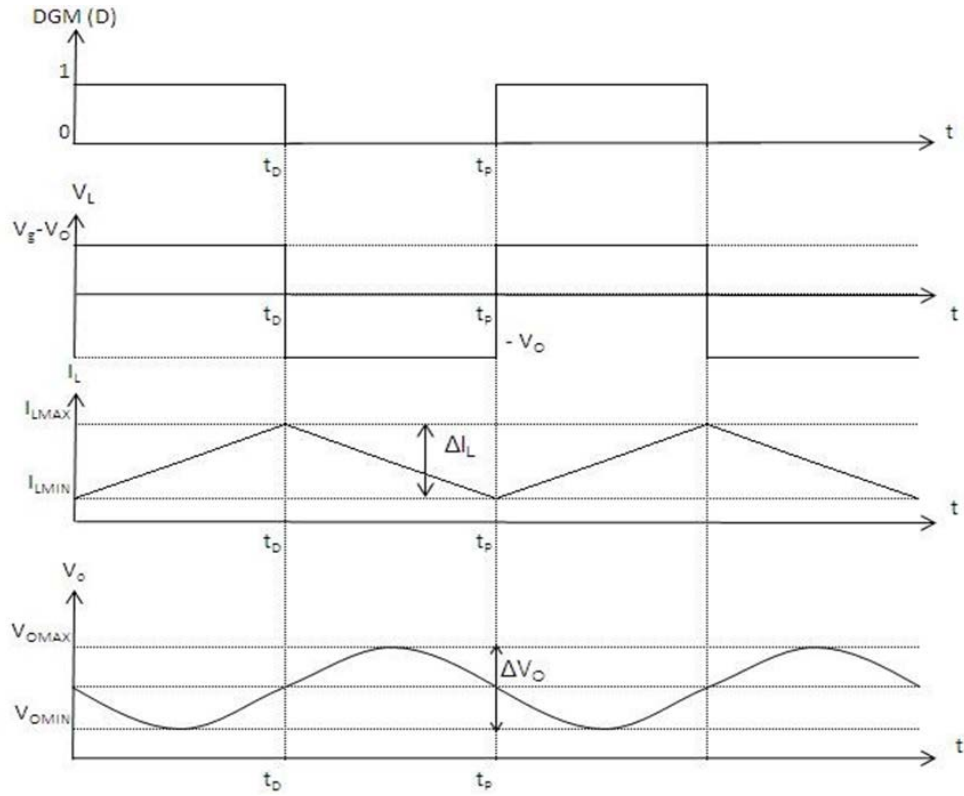
(b) İletim durumu



(c) Kesim durumu

Şekil 3.11: Alçaltıcı tip dönüştürücü devre şekli

Doluluk oranı 0,5 olarak alındığında devreye ait bobin akımı, bobin gerilimi ve çıkış gerilimi gibi temel değişkenlerin değişimi Şekil 3.12'deki gibidir.



Şekil 3.12: -DA-DA alçaltıcı dönüştürücü bobin akımı ve çıkış gerilimi değişimi

Yarı iletken güç elektroniği anahtarına uygulanan anahtarlama sinyali 1 konumunda iken yarı iletken anahtar iletim halindedir ve direnç özelliği gösterir (R_{ds}). t_D anına kadar 1 konumunda çalışır ve çıkışta yer alan R_Y direnci bobin üzerinde beslenir ve bobin üzerindeki akım miktarı artmaya başlar. $t=t_D$ zamanında, yarı iletken anahtar üzerindeki sinyal kesilir ve yarı iletken anahtar kesime girer. Kesim anı ile birlikte bobin üzerinde biriken enerji D diyotu üzerinden $t=t_P$ anına kadar yükü yani R_Y direncini beslemeye devam eder. DA-DA dönüştürücüler temel olarak iki çalışma durumuna sahiptir. Bunlar sürekli akım modu ve süreksiz akım modudur. Devre elemanları ideal kabul edilmiştir. Sürekli akım modu incelenmek istendiğinde;

Bobin üzerindeki akımın artma ve azalma miktarlarının eşit olduğu kabul edilir. Eş 3.2'de gösterilmiştir.

$$(V_g - V_o) \cdot t_D = V_o(t_P - t_D) \quad (3.2)$$

Çıkış gerilimi V_o Eş. 3.3'de verilmiştir.

$$V_o = D \cdot V_g \quad (3.3)$$

Giriş akımı I_g Eş. 3.4'de verilmiştir.

$$I_g = D \cdot I_o \quad (3.4)$$

L bobini üzerindeki gerilim pozitif ve negatif alternans için Eş.3.5 ve Eş. 3.6'da verilmiştir.

$$V_g - V_o = L \frac{dI_L}{dt} \quad (3.5)$$

$$-V_o = L \frac{dI_L}{dt} \quad (3.6)$$

Bobin akımının pozitif ve negatif alternanstaki değişimleri Eş.3.7 ve Eş.3.8'de verilmiştir.

$$\Delta I_{Lp} = \frac{(V_g - V_o)}{L} t_D \quad (3.7)$$

$$\Delta I_{Ln} = \frac{V_o}{L} (t_P - t_D) \quad (3.8)$$

Yukarıdaki denklemler kullanıldığında bobin akımının dalgalanma değeri Eş. 3.9'da verilmiştir.

$$\Delta I_L = D(1 - D) \frac{(V_g)}{f_p L} \quad (3.9)$$

Bobinin endüktans değeri Eş.3.10'da verilmiştir.

$$L = \frac{(V_g)}{D(1-D)f_p \Delta I_L} \quad (3.10)$$

Devre çıkışında yer alan kondansatörün şarj ve deşarjı bobin akımına göre değişmektedir. C için akım denklemi Eş 3.11'de verilmiştir.

$$I_C = I_L - I_o \quad (3.11)$$

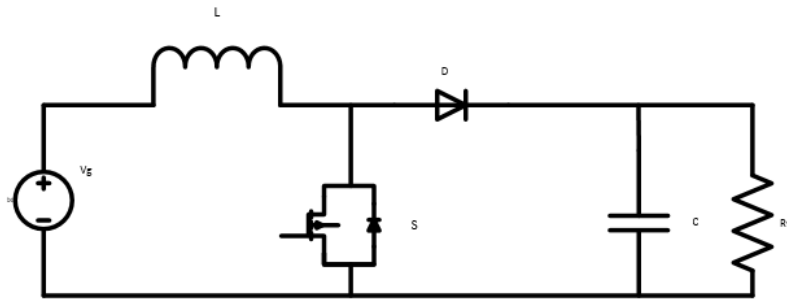
Kondansatör akımı tamamen bobin akıma bağlıdır. Kondansatör değeri Eş.3.12'de verilmiştir.

$$C = \frac{\Delta I_L}{8f_p \Delta V_C} \quad (3.12)$$

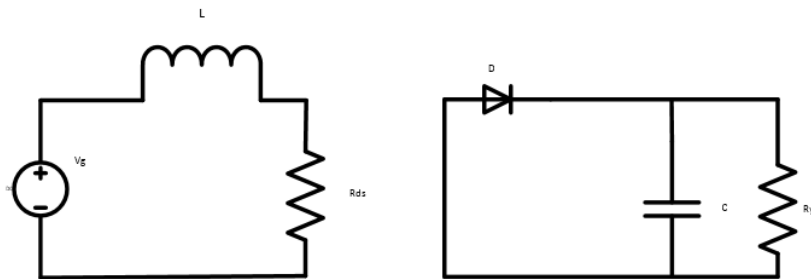
Şeklinde hesaplanır.

3.2.2. Yükseltici (Boost) tip dönüştürücüler

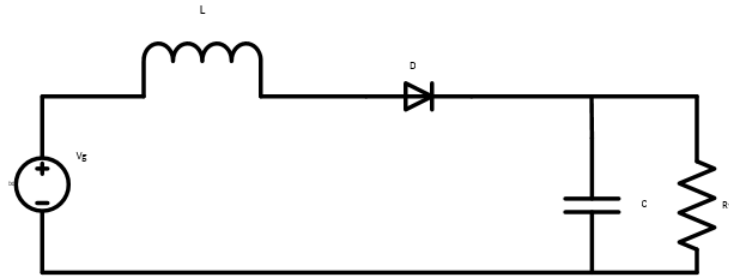
Yükseltici tip dönüştürücüler çıkış gerilim seviyesini giriş gerilim seviyesine göre yükselten güç elektroniği devreleridir. Burada DA giriş gerilimi bir bobin ile seri bağlı olduğu için akım kaynağı gibi davranır. Çıkış gerilimine ve akım kaynağına paralel olarak bağlanan bir anahtar açılıp kapanarak çıkış gerilimini yükseltir. Bu dönüştürücüler alçaltıcı tip dönüştürü devresinde yer alan elemanların farklı yerlerde kullanılması ile elde edilir. Yükseltici dönüştürücüler için Şekil 3.13'de sırasıyla genel durum (a), iletim durum (b) ve kesim (c) durumunu göstermektedir. Burada L bobini üzerinden geçen akım I_L , C kondansatörü üzerinden geçen akım I_C , R_Y direnci üzerinden geçen akım ise I_o olarak tanımlanır.



a) Genel



b) İletim



c) Kesim

Şekil 3.13: Yükseltici tip dönüştürücü devre şekli

Burada yarı iletken anahtarın $t = 0$ anında anahtarlama sinyali uygulandığında, yarı iletken anahtar iletim moduna girer ve Şekil 3.13 (b)'de görüldüğü gibi L üzerinden devresini tamamlar, burada bobin üzerinde depolanan enerji Eş. 3.13'de verilmiştir.

$$W_L = \frac{1}{2} L I_L^2 \quad (3.13)$$

$t = t_D$ anında yarı iletken anahtar kesime girer ve bobin üzerinde depolanan enerji, $t = t_p - t_D$ süresi boyunca çıkışı besler. Yarı iletken elemanın kesimde olduğu süre boyunca V_o çıkış gerilimi $V_g + V_L$ gerilimine maruz kaldığı için gerilim seviyesinde yükselme meydana gelecektir.

$t = t_D$ anına kadar I_L bobinindeki dalgalanma miktarı Eş. 3.14'da verilmiştir.

$$\Delta I_{Lp} = \frac{V_g}{L} t_D \quad (3.14)$$

$t = t_p - t_D$ anında ise bobin akımındaki dalgalanma miktarı Eş. 3.15'de verilmiştir.

$$\Delta I_{Ln} = \frac{(V_o - V_g)}{L} (t_p - t_D) \quad (3.15)$$

Bobin üzerindeki gerilim V_L 'nin pozitif ve negatif alternansları eşit olmalıdır. Bu durumdan faydalanılarak Eş. 3.16'dan elde edilir.

$$V_o = \frac{V_g}{1-D} \quad (3.16)$$

Bobin enduktans değeri Eş. 3.17;

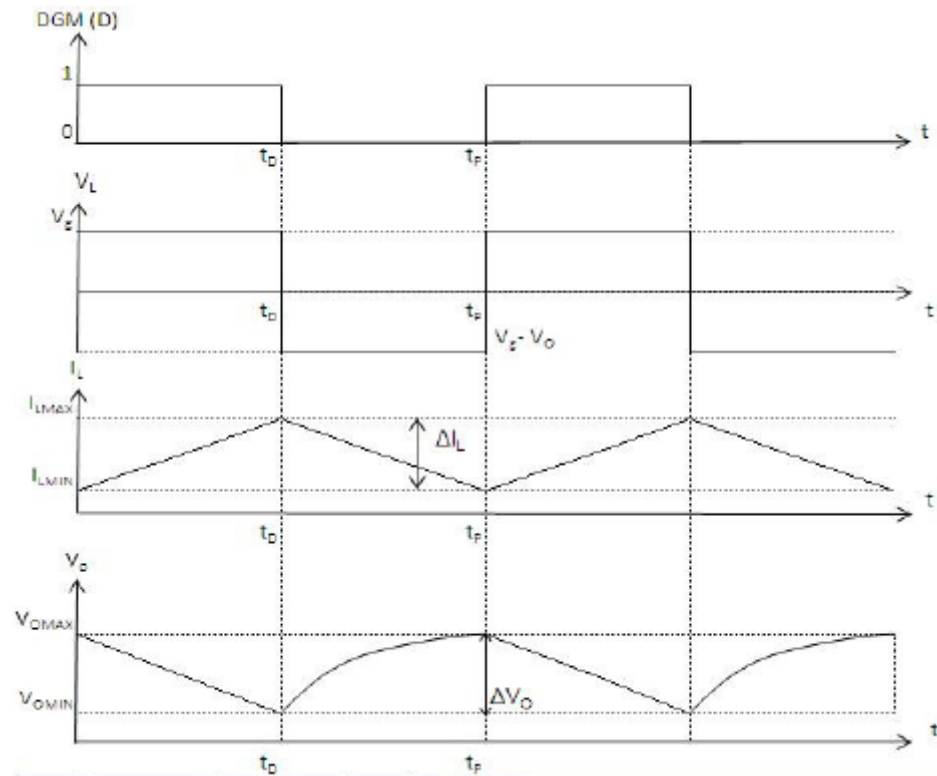
$$L = \frac{V_g \cdot D(1-D)}{f_p \Delta I_L} \quad (3.17)$$

Çıkış kondansatör değeri Eş. 3.18;

$$C = \frac{I_o \cdot D}{f_p \Delta I_C} \quad (3.18)$$

Şeklinde hesaplanır.

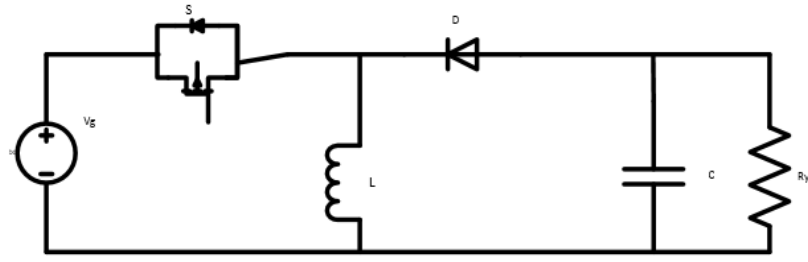
D=0,5 değeri için bobin gerilim ve akım, çıkış gerilim büyüklükleri Şekil 3.14'de verilmiştir.



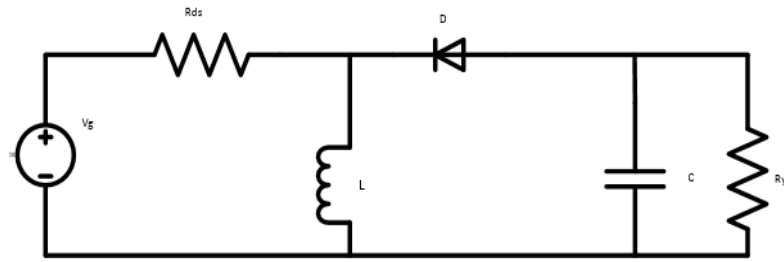
Şekil 3.14: DA-DA yükseltici dönüştürücü bobin akımı ve çıkış gerilimi değişimi

3.2.3. Alçaltıcı-yükseltici (Buck-Boost) tip dönüştürücüler

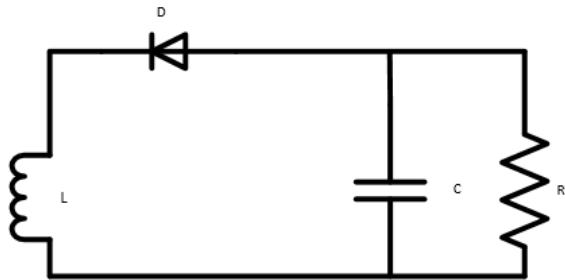
Alçaltıcı-Yükseltici tip dönüştürücü devre Şekil 3.15'de verilmiştir. Bu arada D doluluk oranına göre alçaltıcı ya da yükseltici dönüştürücü olarak görev yapar.



a) Genel



b) İletim



c) Kesim

Şekil 3.15: Alçaltıcı Yükseltici tip dönüştürücü devre şekli

$t=0$ anından $t=t_D$ anına kadar yarı iletken anahtarın kapı ucuna gönderilen sürme sinyali ile yarı iletken güç anahtarı iletimde kalır. Bu devre Şekil 3.15'de ikinci devrede yer almaktadır. Burada giriş akımı L üzerinden devresini tamamlar ve L üzerinde Eş. 3.13'e göre enerji depolanır. Bu süre boyunca yük, çıkış kondansatörü C 'yi besler ve Şekil 3.16'da görüldüğü gibi çıkış gerilimi V_o azalır. $t=t_D$ anında yarı iletken anahtar kesime gider ve Şekil 3.15 (c)'deki devre geçerli olur. Üçüncü durumda bobin L devrenin yeni enerji kaynağı olur ve yükü besler. Şekil 3.16'daki grafikler için $D=0,5$ için geçerlidir. Devre elemanları ideal kabul edildiğinde, bobin akımı için denklemler Eş. 3.19 ve Eş.3.20'de verilmiştir.

$$\Delta I_{Lp} = \frac{V_g}{L} t_D \quad (3.19)$$

$$\Delta I_{Ln} = \frac{V_o}{L} (t_p - t_D) \quad (3.20)$$

Çıkış gerilimi Eş. 3.21'de verilmiştir.

$$V_o = \frac{D}{1-D} V_g \quad (3.21)$$

Giriş akımı Eş. 3.22'de verilmiştir.

$$I_g = \frac{D}{1-D} I_o \quad (3.22)$$

Endüktans değeri ve abobin akımı Eş. 3.23 ve Eş.3.24'de verilmiştir.

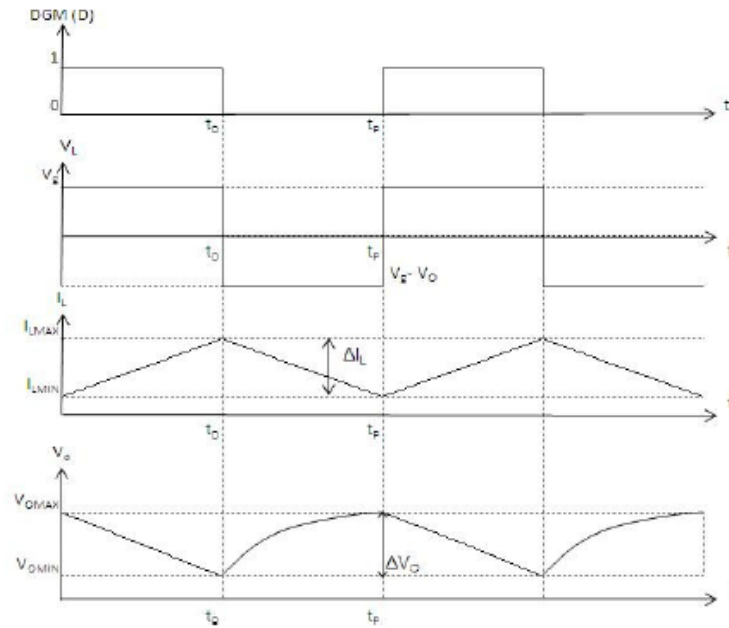
$$I_L = I_g + I_o \quad (3.23)$$

$$L = \frac{D(1-D)(V_g + V_o)}{f_p \Delta I_L} \quad (3.24)$$

Devre çıkışında yer alan kondansatör şarj ve deşarjı bobin akımı ile ilişkilidir. Kondansatör değeri Eş. 3.25'de verilmiştir.

$$C = \frac{I_o \cdot D}{f_p D V_C} \quad (3.25)$$

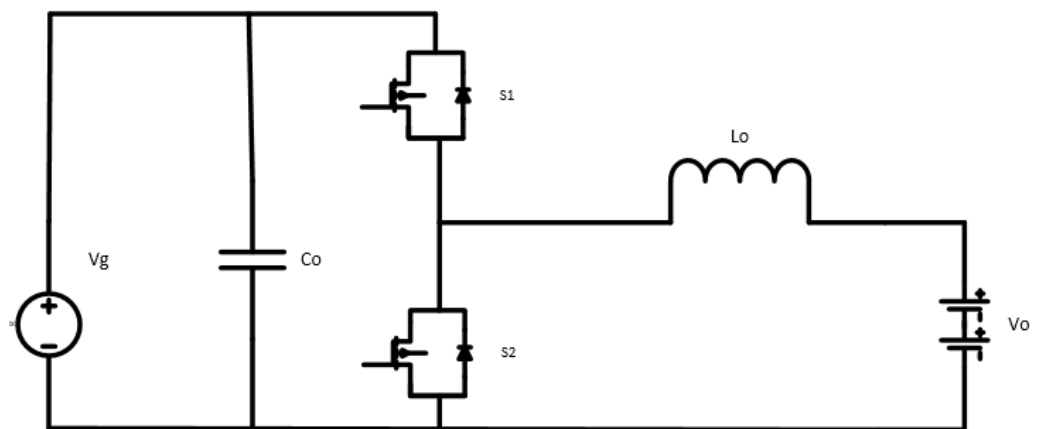
Şeklinde elde edilir.



Şekil 3.16: DA-DA alçaltıcı yükseltici dönüştürücü bobin akımı ve çıkış gerilimi değişimi

3.2.4. Çift yönlü alçaltıcı-yükseltici DA-DA dönüştürücü

Bu devre alçaltıcı-yükseltici dönüştürücülerin anti paralel şekilde bağlanması ile elde edilir. Temel devre şeması Şekil 3.17’de verilmiştir. Devre üzerindeki aktif anahtarlar dönüştürücünün bataryadan şebekeye ya da şebekeden bataryaya şeklinde çalışması için kullanılmaktadır. Burada V_0 bataryayı temsil etmektedir. Batarya şarj edildiğinde DA-DA dönüştürücü alçaltıcı modunda çalışır, batarya enerjisi kullanıldığında yükseltici olarak çalışmaktadır.



Şekil 3.17: Temel çift yönlü alçaltıcı-yükseltici DA-DA dönüştürücü

DA-DA dönüştürücü için, anahtarlama periyodu T 'dir. Sürme periyodu T_{on} ve kesme periyodu T_{off} olarak ifade edilir.

Alçaltıcı modu için, doluluk oranı D eşitlik 3.26'daki gibi ifade edilir.

$$D = \frac{T_{on}}{T} \quad (3.26)$$

Batarya gerilimi V_b , Eş. 3.27'deki gibi ifade edilir. Burada V_c kondansatör üzerindeki gerilimdir.

$$V_b = V_c \cdot D \quad (3.27)$$

Yükseltici modu için, Eş. 3.28 ve Eş. 3.29 geçerlidir.

$$\frac{1}{1-D} = \frac{V_c}{V_b} \quad (3.28)$$

$$V_b = V_c \cdot (1 - D) \quad (3.29)$$

Burada L_o ve DA bara kapasitörü C_o belirleyici konumundadır. L_o ne kadar enerji alınabileceğini belirleyici pozisyonda çalışır. Ayrıca kaynak akım dalgalanmalarının kontrolünde ve bazı yüksek frekanslı anahtarlama etkilerinin hafifletilmesinde rol alır. Alçaltıcı modda çalıştırıldığında L_o Eş. 3.30'a göre hesaplanır. Yükseltici modda çalıştırıldığında Eş. 3.31'e göre hesaplanır.

$$L_o = \frac{V_c - V_b}{2 \cdot \Delta I_L} \cdot T_{on} \quad (3.30)$$

$$\Delta I_L = \frac{V_b}{2 \cdot L} \cdot T_{on} \quad (3.31)$$

Eş. 3.32 ve Eş.3.33'de C_o üzerinden geçen akım ve kapasitans değeri sırası ile verilmiştir (Silva vd., 2011; Tarlak ve İşen, 2018; Cariccihi vd., 1994; Overington ve Rajakaruna, 2012).

$$I_{C_o} = \frac{P_{max}}{V_c} \quad (3.32)$$

$$C = \frac{\Delta t}{\Delta V_c} \cdot I_{max} \quad (3.33)$$

4. BATARYALARDA VE DÖNÜŞTÜRÜCÜLERDE KULLANILAN ALGORİTMALAR

4.1. Batarya Şarj Devresi Olarak Kullanılan DA-DA Dönüştürücüler İçin Kontrol Algoritmaları

4.1.1. Sabit akımda şarj etme

Bu yöntemde batarya şarj akımı seri bağlanmış tüm batarya hücrelerinde eşittir. Bataryalarda şarj durumu arttıkça iç direnç artış gösterir. Bu yüzden sabit akımda şarj edebilmek için gerilim sürekli arttırılmalıdır. Bu yöntemde şarj akım değeri çok önemlidir. Yüksek şarj akımları bataryanın kısa sürede şarj olmasını sağlayacaktır, bu durum bataryanın aşırı şarja maruz kalması ve fazla ısınmasına bu sebeplerden dolayı zarar görmesine sebep olabilir. Düşük akım ile şarj edilmek istendiğinde şarj süresinin uzamasına sebep olur (Satılmış ve Meşe, 2011).

4.1.2. Sabit gerilimde şarj etme

Bu yöntemde şarjın başlangıcında, düşük batarya iç direncine bağlı olarak kaynaktan yüksek bir akım çekilebilir, batarya elemanlarına zarar vermemesi için bu akımın sınırlandırılması gerekir. Bu elemanlara zarar vermeyecek bir gerilim uygulanarak şarj başlatılır. Batarya gerilimi istenen seviyeye ulaştığında, gerilim sabit tutularak şarj işlemine devam edilir. Şarj artışına bağlı olarak artan batarya direnci nedeniyle şarj akımı zamanla azalır. Bu da şarjın, sızıntı akımı ile edilmesi ve bu sayede aşırı şarj olma ihtimalinin azalması sağlanır. Şarj akımındaki azalma nedeniyle batarya şarj edilme süresi, sabit akım da şarj etme yöntemine göre daha uzundur (Satılmış ve Meşe, 2011).

4.1.3. Sabit akım-sabit gerilimde şarj etme

Bu yöntemde batarya iki periyotta şarj edilir. Batarya şarj parametreleri akım, gerilim ve sıcaklıktır. Sabit akım evresinde, batarya açık devre gerilimine erişinceye kadar sabit akım modunda şarj edilir. Bu evreden sonra sabit gerilim modunda şarj edilir, bu evrede batarya gerilimi korunarak şarj akımının eşik değerinin altına inmesi ile şarj işlemi sonlanmış olur (Kayıklı ve Balıkçı, 2008).

Şarj kapasitesi Q ile tanımlanır, Q değerini hesaplayabilmek için hücre asgari deşarj gerilimine boşaltılır, bir sonraki işlem olarak açık devre gerilimine kadar sabit akımda şarj edilir. Eş. 4.1'de Q denklemi verilmiştir (Muratoglu, 2017).

$$Q = (i.t) \text{ mAh} \quad (4.1)$$

Burada şarj süresi t 'dir, şarj akımı i olarak tanımlanır. Batarya kapasite değeri C 'yi hesaplamak istediğimizde, asgari deşarj gerilimi ile azami şarj gerilimi farkına bölümü ile hesaplanır (Muratoglu, 2017).

$$C = \frac{(i.t)}{V} \quad (4.2)$$

Batarya kalan şarj durumu BDO hesaplaması için çeşitli yöntemler vardır. Amper-sayma metodu, açık devre voltajı metodu, bulanık mantık ve yapay sinir ağları metodu, kalman filtresi yaygın kullanılan yöntemlerdir (Kısacıklıoğlu vd., 2014).

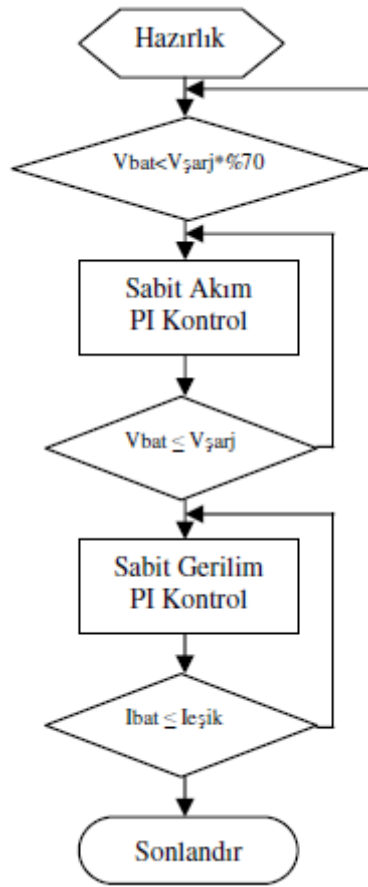
Tüm bu verilerden yola çıkarak şarj-deşarj kontrol algoritmasını incelediğimizde, batarya şarj işlemi batarya çevrim oranının azalmaması için belirlenen batarya doluluk oranından daha düşük ise batarya şarj işlemi başlamaz. Sabit akım evresinde batarya gerilimine ulaşıncaya kadar düşürücü dönüştürücünün darbe genişliği değişken oranda sürekli olarak arttırılır. Bu oran referans akımı ile çekilen akım arasındaki farkın Eş. 4.3 ve Eş. 4.4'de nolu denklemlerdeki PI denetleyici ile belirlenir. Sabit gerilim evresi batarya gerilimi belirlenen seviyeye geldiğinde başlar ve bataryanın çektiği akım eşik değerinin altına düştüğünde son bulur. Bu evrede gerilimin sabit tutulması amaçlandığından batarya aşırı şarj durumuna geçmemesi için PI parametleri Eş. 4.5 ve Eş. 4.4 ile belirlenir.

$$e_i = i_{bat} - i_{ref} \quad (4.3)$$

$$\text{Duty} += (K_p \cdot e_i) + [K_i \cdot (e_i + e_{ison})] \quad (4.4)$$

$$e_v = V_{ref} - V_{bat} \quad (4.5)$$

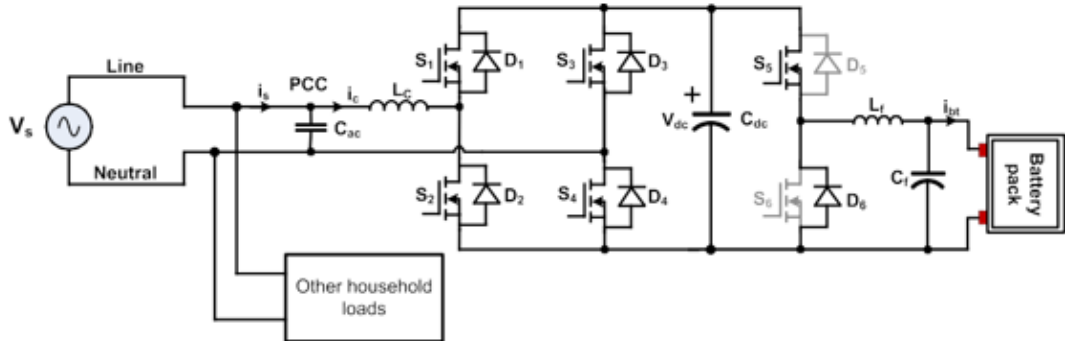
Burada i_{bat} , bataryanın şebekeden çektiği akımı göstermektedir. i_{ref} , bataryanın çekebileceği maksimum akım değeridir. Duty, dönüştürücü için görev zamanıdır. K_p PI kontrol oran katsayısı, K_i PI kontrol integral katsayısıdır. V_{ref} Batarya geriliminin maksimum değeri, V_{bat} batarya geriliminin ani değeridir. Kontrol algoritması Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1: Şarj kontrol algoritması (Kayıklı, Balıkcı, 2008)

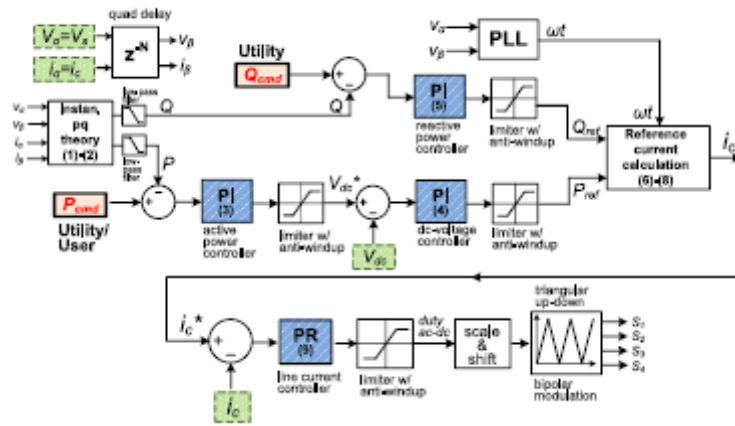
4.1.4. Çift yönlü batarya şarj algoritması

Bu algoritmanın uygulandığı batarya şarj devresi iki ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler AA-DA dönüştürücü ve DA-DA dönüştürücüdür. Devre şeması Şekil 4.2’de verilmiştir. Kontrol algoritmaları Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.2: Tek fazlı çift yönlü batarya şarjı (Kisacikoglu, Kesler ve Tolbert , 2014)

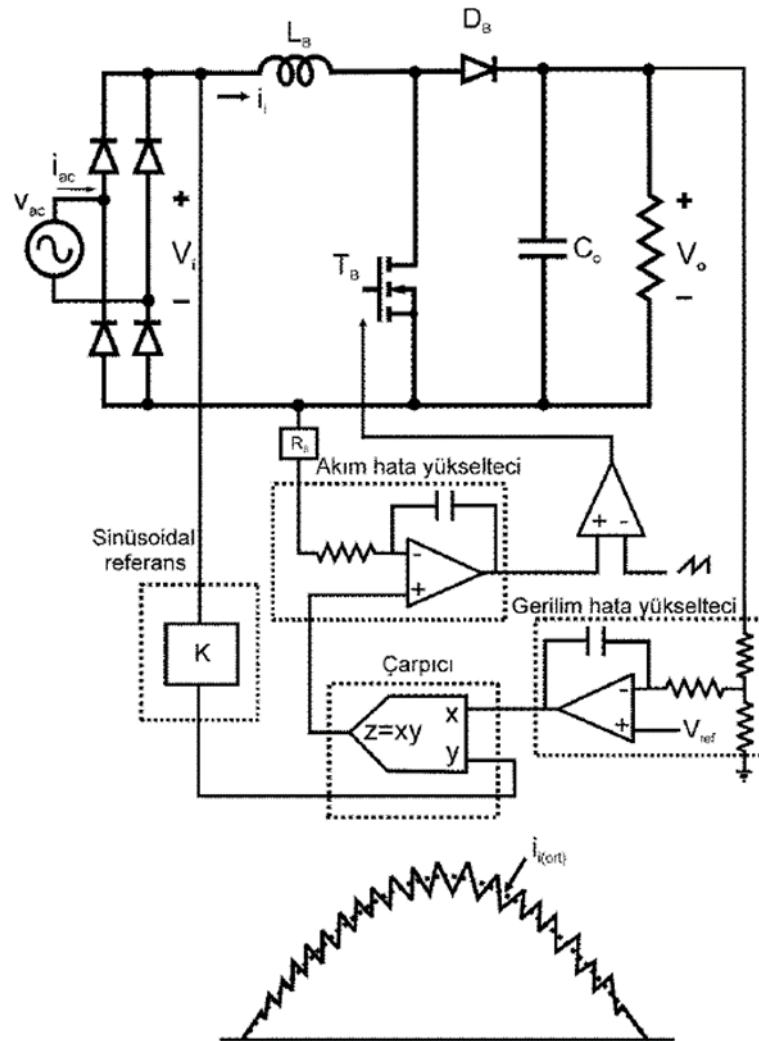
Şekil 2.6’da görüldüğü gibi PQ kontroller kullanılmıştır. Bu kontroller şebeke tarafından sağlanan giriş geriliminin ve akımının $\frac{\pi}{2}$ kadar geciktirmesiyle iki fazlı sistem haline getirilir ve PQ teori kullanılarak aktif ve reaktif (P ve Q) güç değerleri elde edilir. Elde edilen bu güç değerleri referans olarak verilen P_{cmd} ve Q_{cmd} değerleri ile birlikte PI kontrolcüye gönderilir ve bir referans akımı elde edilir. Elde edilen referans akımı ve giriş akımındaki hata sinyali PR kontrolcüye gönderilir ve PR kontrol çıkışından anahtarlama sinyalleri üretilir.



Şekil 4.3:AA-DA dönüştürücü kontrol algoritması(Kisacikoglu, Kesler ve Tolbert , 2014)

İkinci olarak, AA-DA çıkışında ölçülen DA gerilim (V_{dc}) ile referans olarak verilen DA gerilim PI kontrolcüye gönderilir. PI çıkışındaki hata sinyali kullanılarak referans batarya akım i_{bt}^* elde edilir, i_{bt}^* ve ölçülen batarya akımı (i_{bt}) PI kontrolcüye gönderilir, PI çıkışından S_5 yarı iletkeni için anahtarlama sinyali üretilir ve batarya şarj/deşarj işlemi yapılır. Kontrol algoritması referans güç değeri P_{cmd} ve Q_{cmd} ’yi başarılı bir şekilde takip eder P_{cmd} ’nin artması/azalması ile birlikte V_{dc} artar/azalır. V_{dc} üzerindeki küçük değişiklikler i_{bt} ’yi artırır ya da azaltır. Bu şekilde batarya şarj işlemi kontrol edilmiş olur. Bu algoritmada şarj cihazı sabit akım şarj modunda olduğu sürece nominal şarj gücü çekilebilir. BDO değerleri kontrol edilerek sabit akım şarjını tamamlandıktan sonra sabit gerilim moduna geçilir (Umesh vd., 2014).

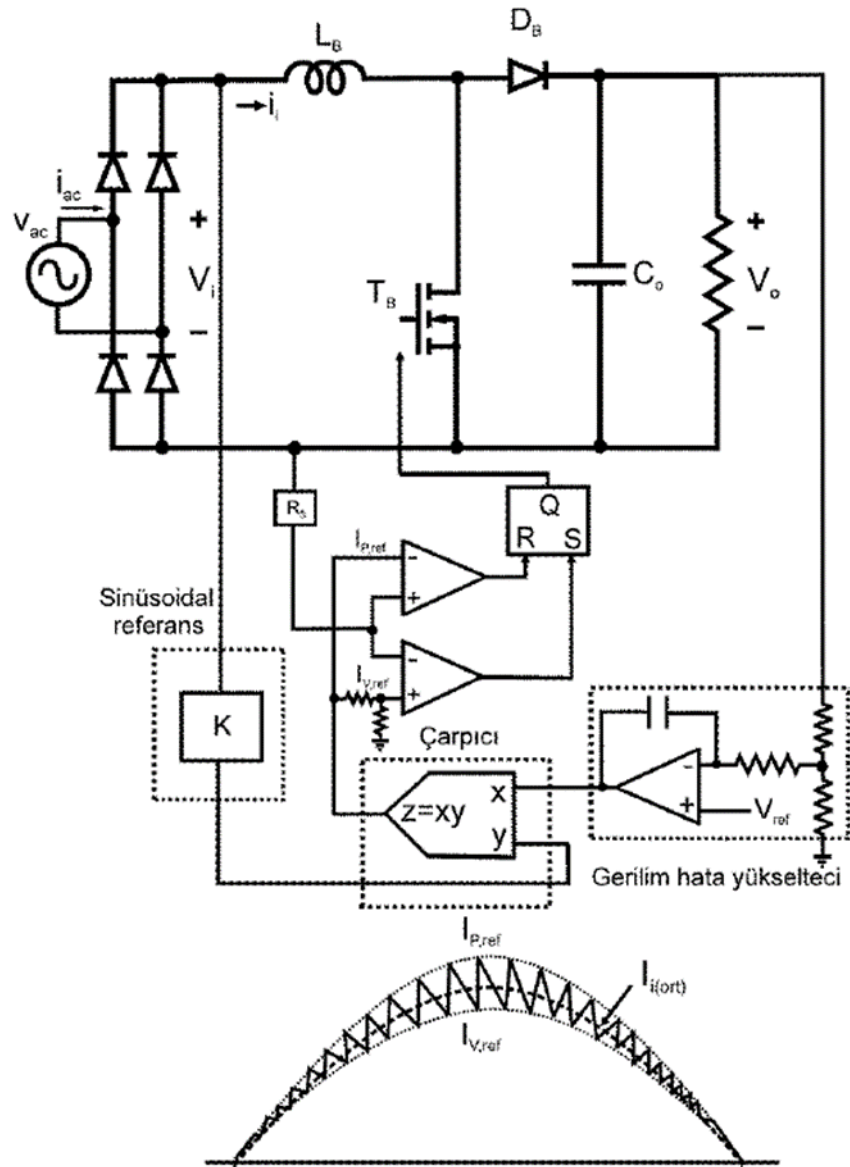
geçişlerinde bire yaklaşıp sıfır geçişlerindeki bozulmaları engellemeye çalışır (Çetin, 2011).



Şekil 4.5: Ortalama Akım Modlu Kontrol Şeması (Çetin, 2011).

4.2.2. Histerezis kontrol

Histerezis Kontrol, bu kontrolde iki farklı referans sinyali kullanılır. Bu sinyal anahtarın iletimde ya da kesimde olmasına bağlıdır. Anahtar kesimde iken düşen kenar referansına, iletimde ise yükselen kenar referansına bakılır. Kontrol şeması Şekil 4.6'da verilmiştir (Çetin, 2011).



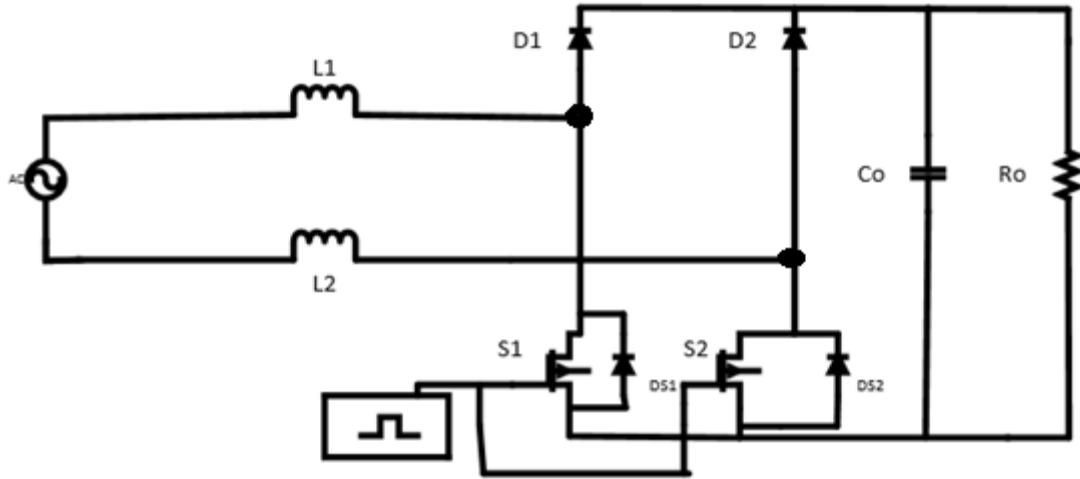
Şekil 4.6: Histerezis modlu kontrol şeması (Çetin, 2011).

5. SİSTEM TASARIMI VE KULLANILAN ALGORİTMALAR

Batarya şarj/deşarj devresi iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla Tek Fazlı Köprüsüz Yükselten GFD Devresi ya da Fotovoltaik panel destekli yükselten DA-DA dönüştürücü devresi ve Çift Yönlü Alçaltıcı-Yükseltici DA-DA Dönüştürücü devresidir. Üç devre farklı kontrol algoritmaları ile kontrol edilir. GFD devresi için, PQ denetleyici kullanılmıştır. Aktif anahtarlama sinyallerinin elde edilmesi için kullanılan PQ tabanlı kontrolcüde referans akım sinyali anlık aktif ve reaktif güçler kullanılarak elde edilmektedir. Elde edilen referans akım sinyali ile akım kontrol döngüsünde kullanılır ve DGM anahtarlama sinyalleri üretilir. Panel destekli devre için MGNİ metod kullanılmıştır. Çift yönlü DA-DA şarj bloğu için, sabit akım-sabit gerilim yöntemi uygulanır. Deşarj bloğu için sabit akım yöntemi uygulanır.

5.1. Tek Fazlı Köprüsüz Yükselten GFD Devresi Tasarımı ve Hesaplamalar

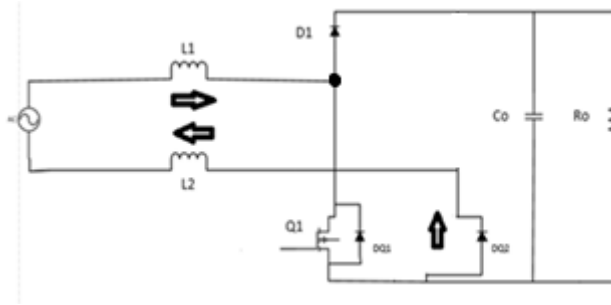
Devre şeması Şekil 5.1’de verilmiştir. L_1 ve L_2 yükseltici bobinlerdir, bu bobinler şebekeden çekilen akımı sinusoidal formda çekmek için tasarlanmıştır. Çekilen akımın düşük harmonikli ve güç faktörünün 1 olması istenmektedir. Ayrıca S_1 ve S_2 anahtarları, şebeke akımı ile aynı frekansta bir sinusoidal akım çekmesi için uygun kontrol algoritması ile kontrol edilmelidir (Akın, 2012).



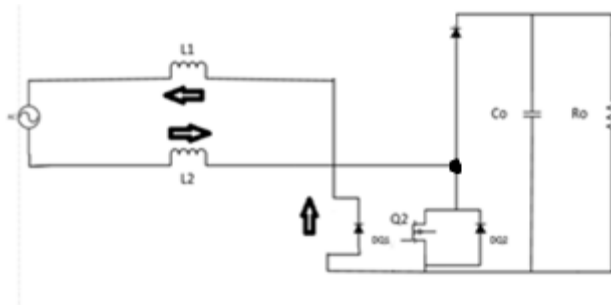
Şekil 5.1: Tek Fazlı Köprüsüz Yükselten GFD Devresi

Bu GFD devresi iki operasyon moduna sahiptir. Bunlar sırası ile pozitif ve negatif modlardır. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’ de gösterilmiştir. Her mod bir aktif anahtar içerir. Aktif anahtar S_1 ve pasif anahtar D_1 bağlantısı noktasında anahtarlama

döngüsünü diğer yarım döngüye geçirir. Pozitif mod, S_2 'nin pasif anahtarı üzerinden akım yolu oluşturulur. Negatif modda, S_1 'in pasif anahtarı üzerinden akım yolu oluşturulur. S_1 ve S_2 anahtarları PQ kontroller tarafından oluşturulan DGM sinyalleri tarafından kontrol edilir.



Şekil 5.2: Pozitif mod



Şekil 5.3: Negatif mod

Yükselten GFD devresinde yer alan bobin ve kondansatör değerlerini hesaplamak için aşağıdaki formuller kullanılır (Akın, 2012).

Maksimum giriş gücü Eş. 5.1'de verilmiştir.

$$P_{i(max)} = \frac{P_{o(max)}}{\eta_{min}} \quad (5.1)$$

Maksimum giriş akımı, giriş akımının maksimum tepe değeri, giriş akımının maksimum ortalama değeri Eş. 5.2, 5.3, 5.4'de verilmiştir.

$$I_{i(max)} = \frac{P_{o(max)}}{\eta_{min} \cdot (V_{i_{min}}) \cdot PF} \quad (5.2)$$

$$I_{i(peak)max} = \frac{\sqrt{2} \cdot P_{c(max)}}{\eta_{min} \cdot (V_{i_{min}})} \quad (5.3)$$

$$I_{i(ave)max} = \frac{2.I_{i(peak)max}}{\pi} \quad (5.4)$$

Giriş geriliminin maksimum tepe değeri Eş.5.5;

$$V_{i(peak)min} = \sqrt{2}. V_{i(rms)} \quad (5.5)$$

Bağlı iletim süresi Eş.5.6, 5.7;

$$\lambda = \frac{V_c - V_{i(peak)min}}{V_c} \quad (5.6)$$

$$\Delta L = \%0 I_L \cdot I_{i(peak)max} \quad (5.7)$$

Akımın maksimum tepe değeri Eş.5.8;

$$I_{L(peak)max} = I_{i(peak)max} + \frac{\Delta L}{2} \quad (5.8)$$

Çıkış enduktans ve kapasitans değeri Eş. 5.9, 5.10'da hesaplanmıştır.

$$L = \frac{V_{i(peak)min} \cdot \lambda}{f_{sw} \cdot \Delta L} \quad (5.9)$$

$$C_o = 1.1 \left(\frac{2 \cdot P_o \cdot \Delta t}{V_o^2 - V_{i(peak)min}^2} \right) \quad (5.10)$$

Devrede kullanılan devre elemanlarının değerleri Çizelge 5.1 verilmiştir.

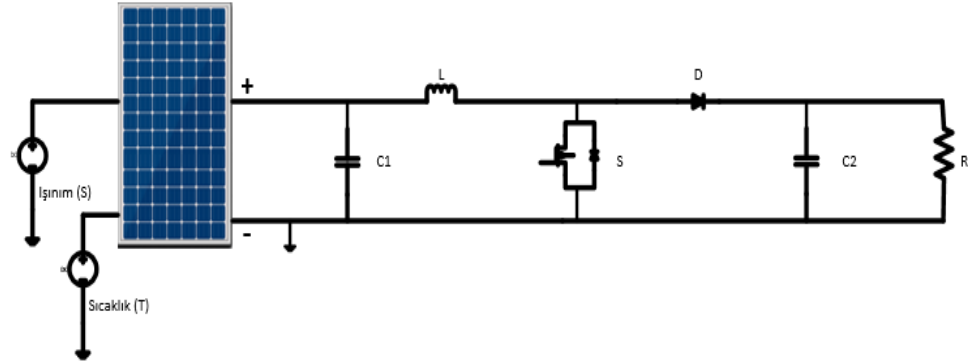
Çizelge 5-1: Simülasyon Parametreleri

Tek Fazlı Köprüsüz Yükselten GFD		
Giriş gerilimi	V_{ac}	220Vrms
Şebeke frekansı	f	50Hz
Çıkış yükü	R_o	49Ω
Giriş bobinleri	L_1, L_2	2mH
Çıkış kondansatörü	C_o	350uF
Anahtarlama frekansı (Hz)	f_{sw}	40kHz
Çıkış gerilimi	V_{dc} (V)	500V

5.2. Fotovoltaik Panel Destekli Yükselten DA-DA Dönüştürücü Devresi

Devre şeması Şekil 5.4'de verilmiştir. FV panel ve yükseltici tip dönüştürücüden oluşmaktadır. FV panel çıkışından elde edilen doğru gerilim yükseltici tip dönüştürücü

yardımı ile istenilen seviyeye getirilebilmektedir. Anahtarlama sinyalleri maksimum güç noktası izleme metodu ile oluşturulur ve aktif anahtar S kontrol edilmektedir.



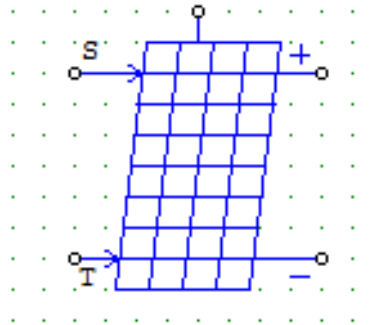
Şekil 5.4: Fotovoltaik panel destekli yükselten DA-DA dönüştürücü devresi

FV akım temel denklemi Eş. 5.11 kullanılarak elde edilmektedir (Bouzelata ve ark., 2015). Panel gerilimine ait denklem Eş. 5.12’de verilmiştir. Burada V_D diyot üzerindeki gerilimi ifade etmektedir. Panel gücü akım ve gerilim denklemlerinin çarpılmasıyla elde edilmektedir.

$$I = I_{fv} - I_0 \left(e^{\frac{q(V+R_S I)}{\alpha k_B T}} - 1 \right) - \frac{V+R_S I}{R_{sh}} \quad (5.11)$$

$$V_{fv} = V_D - I_{fv} \cdot R_S \quad (5.12)$$

Fotovoltaik panellerin maksimum güç noktaları sıcaklığa, aydınlatılmasına, tasarımına ve yapılarına göre değişmektedir. Bu tez çalışmasında Şekil 5.5’de gösterilen PSIM FV paneli kullanılmıştır.



Şekil 5.5: PSIM FV Panel Modeli

Burada S gelen ışık miktarı (W/m^2), T güneş panelinin sıcaklığını ifade eder. İstenilen aydınlatma şiddeti ve sıcaklığa göre bu girişlere gerilim kaynağı bağlanır. PSIM FV panel modelinde akım ve gerilim (I-V) çıkışını kontrol edebilmek için, gerçek güneş pilleri baz alınarak güneş pili formüllerinin değişkenleri belirlenir ve gerçek değerlere en yakın şekil elde edilir. Model üzerinde bulunan çıkış panel gücünü ifade etmektedir. Bu kısma voltmetre bağlanarak güç ölçümü yapılır. Devrede kullanılan devre elemanlarının değerleri Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5-2: FV Panel Parametreleri

FV Panel Parametreleri		
Hücre Sayısı	N_s	72*7
Güneş ışınımı	S	1000 W/m^2
Sıcaklık	T	25
Seri direnç	R_s	0.0075/4 Ω
Paralel (Şönt) direnç	R_{sh}	1000/4 Ω
Kısa devre akımı	I_{sc}	5.65*4 A
Doyma akımı	I_s	9.54e-9*4 A
Bant enerjisi	E_g	1.12
İdealite faktörü	A	1.2
Sıcaklık katsayısı	C_t	0.002825*4
Katsayı	K_s	0
PI- Kazanç Sabiti	k	200m
PI-Zaman Sabiti	T	50m

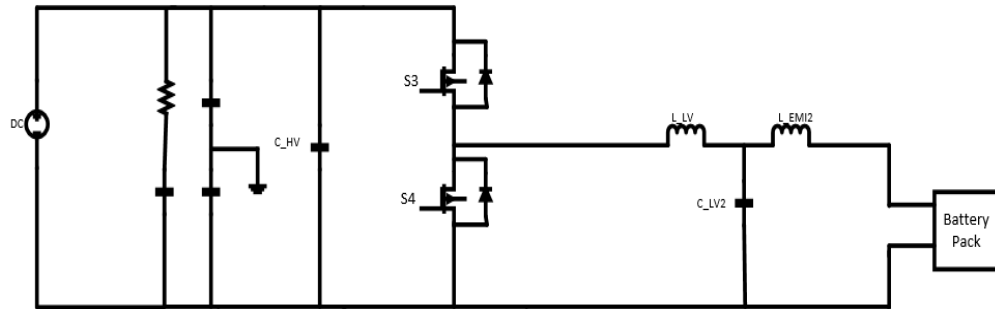
Çizelge 5-3: Yükselten DA-DA Dönüştürücü Parametreleri

Yükselten DA-DA Dönüştürücü Parametreleri		
Giriş gerilimi	V_g	250 V
Anahtarlama Frekansı	f_{sw}	50k Hz
Çıkış yükü	R	47 Ω
Giriş bobini	L	4mH
Giriş kondansatörü	C_1	470 μ F
Çıkış kondansatörü	C_2	1000 μ F

Panel çıkışında yer alan yükseltici devre çalışma presibi bölüm 3.2.2’de anlatılmıştır.

5.3. Çift Yönlü Alçaltıcı-Yükseltici DA-DA Dönüştürücü Devresi Tasarımı ve Hesaplamalar

Devre şeması Şekil 5.5’de verilmiştir. Bu devre alçaltıcı-yükseltici dönüştürücülerin anti paralel şekilde bağlanması ile elde edilmiştir. Yükseltme işlemi boyunca devre S_3 aktif anahtarı üzerinden devre tamamlanır, S_4 aktif değildir. Alçaltma işlemi boyunca S_4 aktif anahtarı üzerinden devre tamamlanır. Her iki işlem arasında çarpaz iletimden kaçınmak için küçük bir ölü zaman bırakılır.



Şekil 5.6: Çift Yönlü Alçaltıcı-Yükseltici DA-DA Dönüştürücü Devresi

Devreye ait hesaplamalar bölüm 3.2.3.1’de anlatılmıştır. Devrede kullanılan devre elemanlarının değerleri Çizelge 5.4 verilmiştir.

Çizelge 5-4: Simülasyon Parametreleri

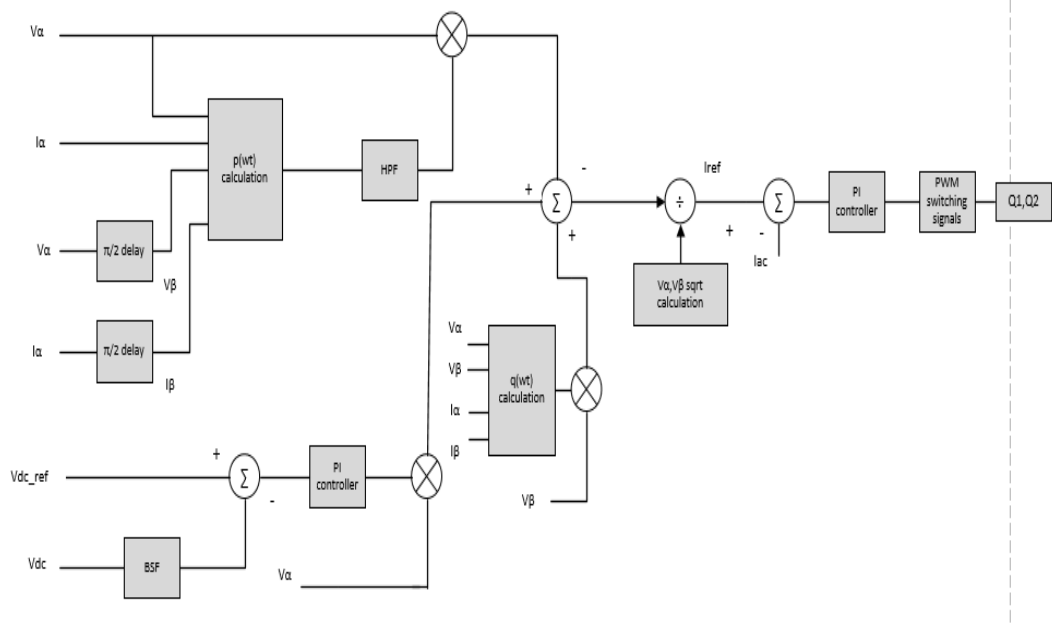
Çift Yönlü Alçaltıcı-Yükseltici DA-DA Dönüştürücü		
Alçaltıcı-Yükseltici giriş	C_{HV}	1 μ F
Alçaltıcı-Yükseltici çıkış	C_{LV}	10mF
Alçaltıcı-Yükseltici EMI filter	L_{EMI}	10uF
Alçaltıcı-Yükseltici çıkış bobini	L_{LV}	0.8mH

5.4. Kullanılan Kontrol Algoritmaları

5.4.1. PQ denetleyici

Yükselten tip GFD devresi aktif anahtarlama sinyallerini üretmek için PQ kontroller kullanılmıştır. Tek fazlı sistemlerde PQ teorisini kullanılması için bazı dönüşümler yapılması gerekmektedir. PQ tabanlı kullanılan denetleyicide, tek fazlı sistemi iki fazlı hale dönüştürmek için akımın ve gerilimin $\frac{\pi}{2}$ gecikmeli olarak

bileşenleri elde edilmelidir. Bu sayede sistem $\alpha-\beta$ koordinatlarına kolayca dönüştürülebilmektedir. Kullanılan PQ tabanlı denetleyici için algoritmanın blok diyagramı Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.7: PQ tabanlı kontrol blok diyagramı

Tek fazlı giriş geriliminin $\alpha-\beta$ koordinatlarında gösterimi Eş. 5.13 ve Eş.5.14’de verilmiştir. Aynı şekilde tek fazlı giriş akımının $\alpha-\beta$ koordinatlarında gösterimi Eş. 5.15 ve Eş.5.16’da verilmiştir.

$$V_{s\alpha}(\omega t) = V_m \sin(\omega t) = V_s(\omega t) \quad (5.13)$$

$$V_{s\beta}(\omega t) = V_s \left(\omega t + \left(\frac{\pi}{2} \right) \right) = V_m \cos(\omega t) \quad (5.14)$$

$$i_{s\alpha}(\omega t) = i_s(\omega t + \varphi_s) \quad (5.15)$$

$$i_{s\beta}(\omega t) = i_s \left(\omega t + \left(\frac{\pi}{2} \right) + \varphi_s \right) \quad (5.16)$$

Gerilim eşitliklerinde V_m maksimum giriş gerilimi, $V_s(\omega t)$ anlık giriş akımı, $V_{s\alpha}(\omega t)$ giriş geriliminin α bileşeni, $V_{s\beta}(\omega t)$ β bileşenidir.

Akım eşitliklerinde $i_s(\omega t)$ anlık giriş gerilimi, φ_s güç açısı, $i_{s\alpha}(\omega t)$ giriş akımının α bileşeni, $i_{s\beta}(\omega t)$ β bileşenidir.

Tek fazlı anlık aktif ve reaktif güç Eş. 5.17 ve 5.18'da verilmiştir.

$$p(\omega t) = V_{s\alpha}(\omega t) + i_{s\alpha}(\omega t) + V_{s\beta}(\omega t) + i_{s\beta}(\omega t) \quad (5.17)$$

$$q(\omega t) = -V_{s\beta}(\omega t) + i_{s\alpha}(\omega t) + V_{s\alpha}(\omega t) + i_{s\beta}(\omega t) \quad (5.18)$$

$p(\omega t)$ ve $q(\omega t)$ anlık aktif ve reaktif güç bileşenleridir. Eş 5.19 ve 5.20'de verilmiştir.

$$q(\omega t) = \bar{q}(\omega t) + \bar{\bar{q}}(\omega t) \quad (5.19)$$

$$p(\omega t) = \bar{p}(\omega t) + \bar{\bar{p}}(\omega t) \quad (5.20)$$

Bu denklemde $\bar{p}(\omega t)$ ve $\bar{q}(\omega t)$ anlık aktif ve reaktif gücün DA bileşenlerini ifade ederken, $\bar{\bar{p}}(\omega t)$ ve $\bar{\bar{q}}(\omega t)$ harmonik güçten sorumlu AA bileşenleri ifade etmektedir [60]. Yük için gereken reaktif gücü yok etmenin yanında, tek fazlı bir yük tarafından harmonikleri azaltmak için, harmonik ve reaktif akımların birleşimi kadar bir kontrol akımı sisteme verilmektedir. $\bar{\bar{p}}(\omega t)$, yüksek geçiren filtre kullanılarak $p(\omega t)$ bileşeninden elde edilmektedir.

Yüksek frekanslı anahtarlama DA bara üzerinde anahtarlama dalgacıklarına sebep olmaktadır. Bu anahtarlama dalgacıkları, referans sinyal tahmininin hatalı olmasına sebep olmaktadır. Bundan dolayı, referans değerle kıyaslamadan önce ölçülen DA bara gerilimi bir bant durduran filtreden geçirilip kayıp güç $\bar{p}_{dc}(\omega t)$ elde edilmektedir. Referans akımı Eş. 5.21'de verilmiştir.

$$i_{sref}(\omega t) = \frac{1}{V_{s\alpha}^2(\omega t) + V_{s\beta}^2(\omega t)} * [V_{s\alpha}(\omega t) * (-\bar{\bar{p}}(\omega t) + \bar{p}_{dc}(\omega t) + V_{s\beta}(\omega t) * q(\omega t)] \quad (5.21)$$

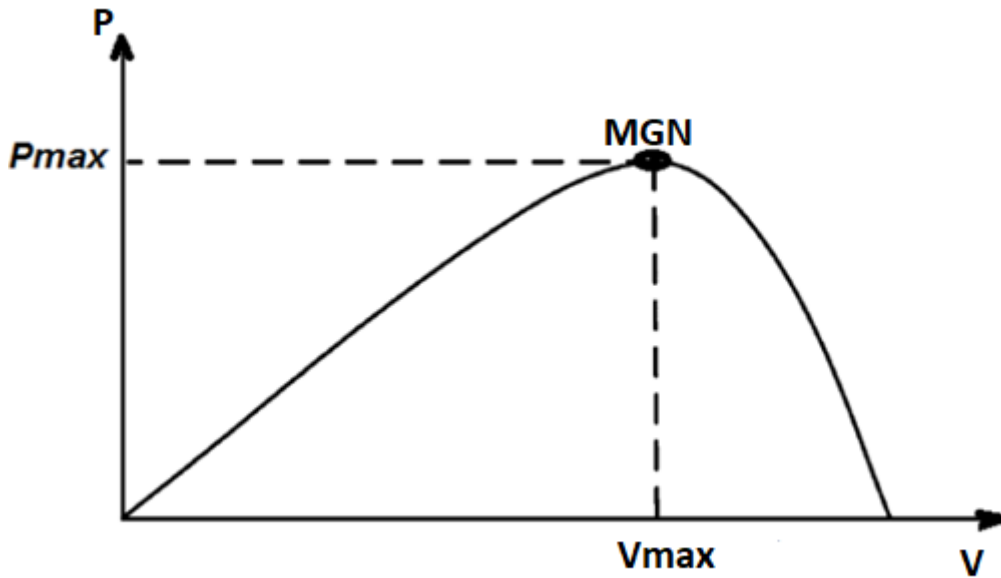
Bu referans akımı ($i_{sref}(\omega t)$), akım kontrol döngüsünde DGM (pulse with modulation) anahtarlama sinyalleri üretmek için elde edilen referans akım sinyali ölçülen kaynak akımı ile kıyaslanmakta ve PI kontrolör çıkışında sinusoidal DGM anahtarlama sinyalleri üretmektedir.

5.4.2. Maksimum güç noktası izleme (MGNI)

FV sistemin çıkış gücü, güneş ışınlarının panel yüzeyiyle yaptığı açı ve panel sıcaklığı ile değişim göstermektedir. FV panellerde akım gerilim karakteristiklerinin doğrusal olmaması bu kaynağın enerji üretiminde verimi düşürmektedir. Bu olumsuzluğu minimize etmek için MGNI yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. MGNI yöntemi için geliştirilen birçok fiziksel yapı ve algoritma bulunmaktadır.

MGNI tekniği, FV sistemin gerilim ve akım değerlerini izleyen ve bir algoritma yapısı ile çıkış gerilimini kontrol edebilen elektronik bir donanımdır. Günümüzde yarı iletken üreticileri elektronik donanımsal MGNI kontrolü sağlayan dijital ve analog yapıdan oluşan tüm devre yapılar üretmeye başlamıştır.

Şekil 5.8’de gösterilen FV karakteristik eğrisi eğiminin sıfır olduğu $dP/dV=0$ veya $dP/dI=0$ noktaları maksimum güç noktası (MGN) olarak tanımlanır. Maksimum güç noktasının güç, gerilim veya akım eksenlerine iz düşümleri, PMGN, VMGN ve IMGN değerlerini ifade eder (Kurak vd., 2016)



Şekil 5.8: FV Panel Güç Eğrisi (Abouobaida, 2017)

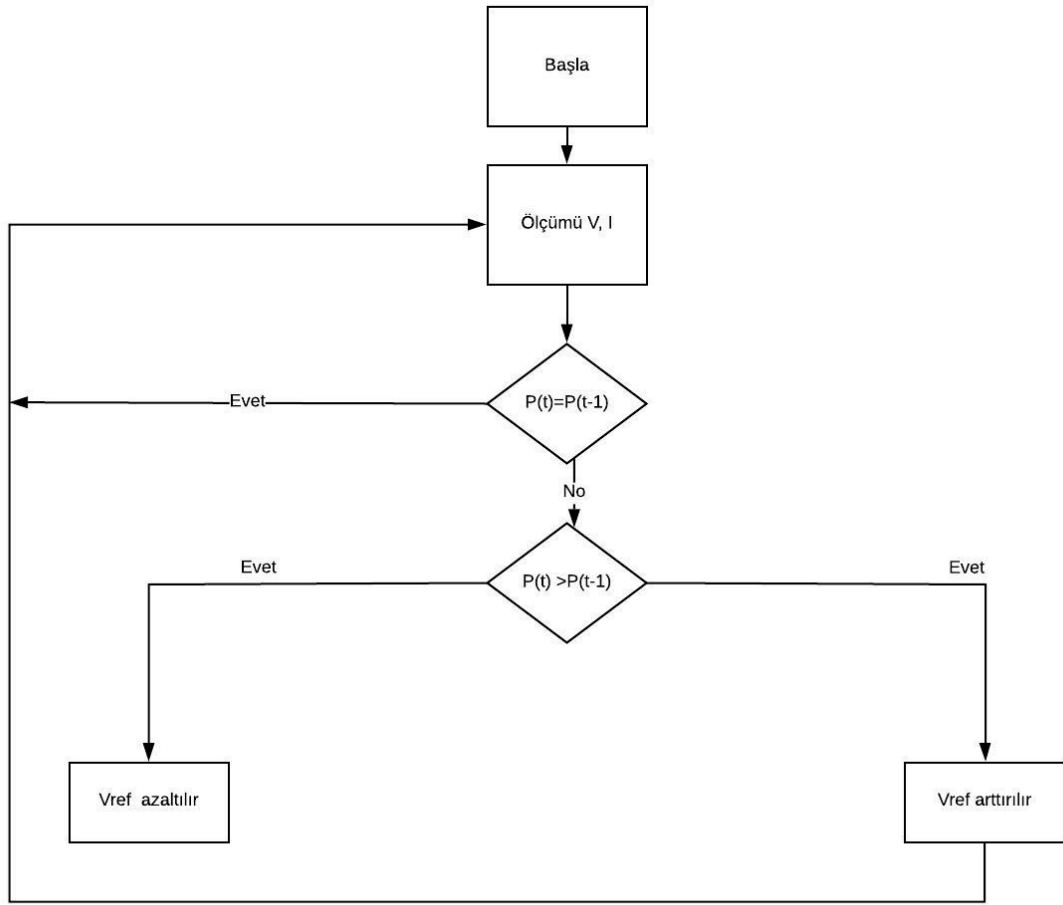
MGMİ tekniği, belirli bir güneş ışınımı altında FV panelden PMGN maksimum güç çıkışı elde etmek için, VMGN gerilim değeri, IMGN akım değerlerinin bulunması ilkesine dayanır. Dış etkilere bağlı olarak (güneş ışınımı, panel sıcaklığı veya yük)

maksimum güç noktasını oluşturacak gerilim veya akım değeri farklılık gösterebilir. Dolayısı ile sürekli olarak gerilim ve akım parametrelerinin takip edilerek bir önceki durum ile karşılaştırılması gerekmektedir (Das vd., 2012; Abouobaida vd.,2014).

MGNİ tekniğinde, Sabit Gerilim Algoritması Artan İletkenlik Algoritması ve Değiştir Gözle Algoritması

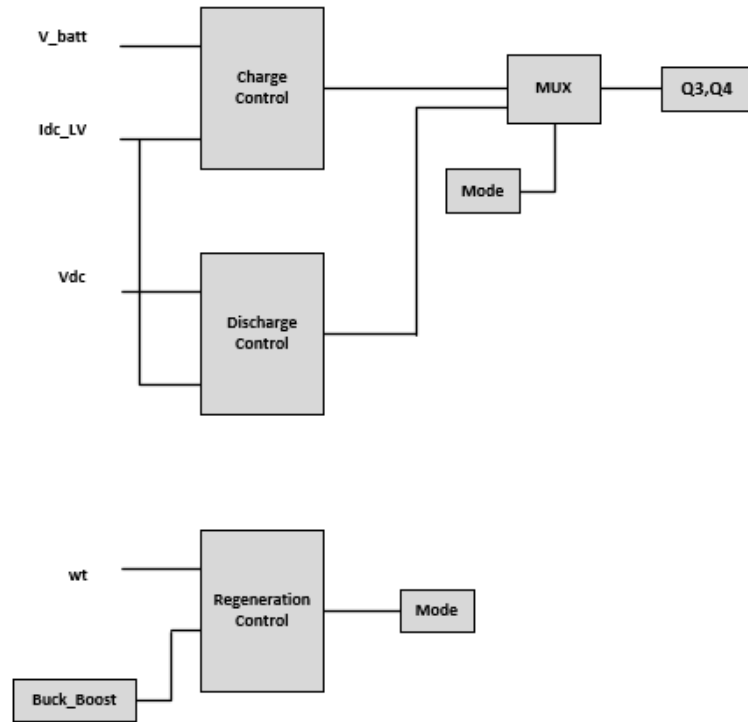
yöntemleri kullanılmaktadır (.Hohm ve Ropp, 2003). Bu tez çalışmasında Değiştir Gözle Algoritması kullanılmıştır.

Değiştir gözle algoritması, FV panel çıkış gücündeki değişimin panel akımının ve geriliminin ölçülerek hesaplanması temelini esas almaktadır. Bu algoritma panel giriş gerilimini periyodik olarak artırarak veya azaltarak çalışmaktadır. Bu yöntemin çalışma prensibine bakıldığında kontrol değişkeninde yapılan bir değiştirme işlemi, panel giriş gücünde bir artışa yol açıyorsa, gelecek değiştirme işlemi aynı yönde, azalmaya yol açıyorsa değiştirme işlemi tersi yönde yapılmaktadır. Bu işlemler maksimum güç noktasına ulaşılan kadar devam etmektedir. Gerçek uygulamalarda ise sistem tam olarak bu maksimum güç noktasına ulaşamamakta ve bu nokta civarında salınım yapmaktadır. Değiştir gözle algoritmasının çalışma prensibi Şekil 5.9'da verilmiştir. Algoritmaya ait Psim devre modellemesi Şekil 5.10'da görülmektedir.



Şekil 5.9: Değişir Gözle Kontrol Algoritması

Bu yöntem FV sistemlerde oldukça yaygın kullanım alanı bulmuştur. Bunun nedeni basit bir kontrol yapısına sahip olması ve güç takibi için birkaç ölçüm gerektirmesidir. Ek olarak FV panel karakteristiğinden bağımsız olması ve bu nedenle herhangi bir panele kolaylıkla uygulanabilmesi de bu yöntemin tercih edilme sebebidir. Kararlı çalışma durumunda bile maksimum güç noktası etrafındaki salınım nedeniyle, bir miktar güç kaybı olması ve hızla değişen hava koşullarına karşı tepsi süresinin uzun olması bu algoritmanın dezavantajlarıdır (Şaban, 2007).



Şekil 5.11: Batarya Şarj/Deşarj Kontrol Algoritması

6. SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

6.1. Şebeke Destekli Batarya Şarj/Deşarj Simülasyonu

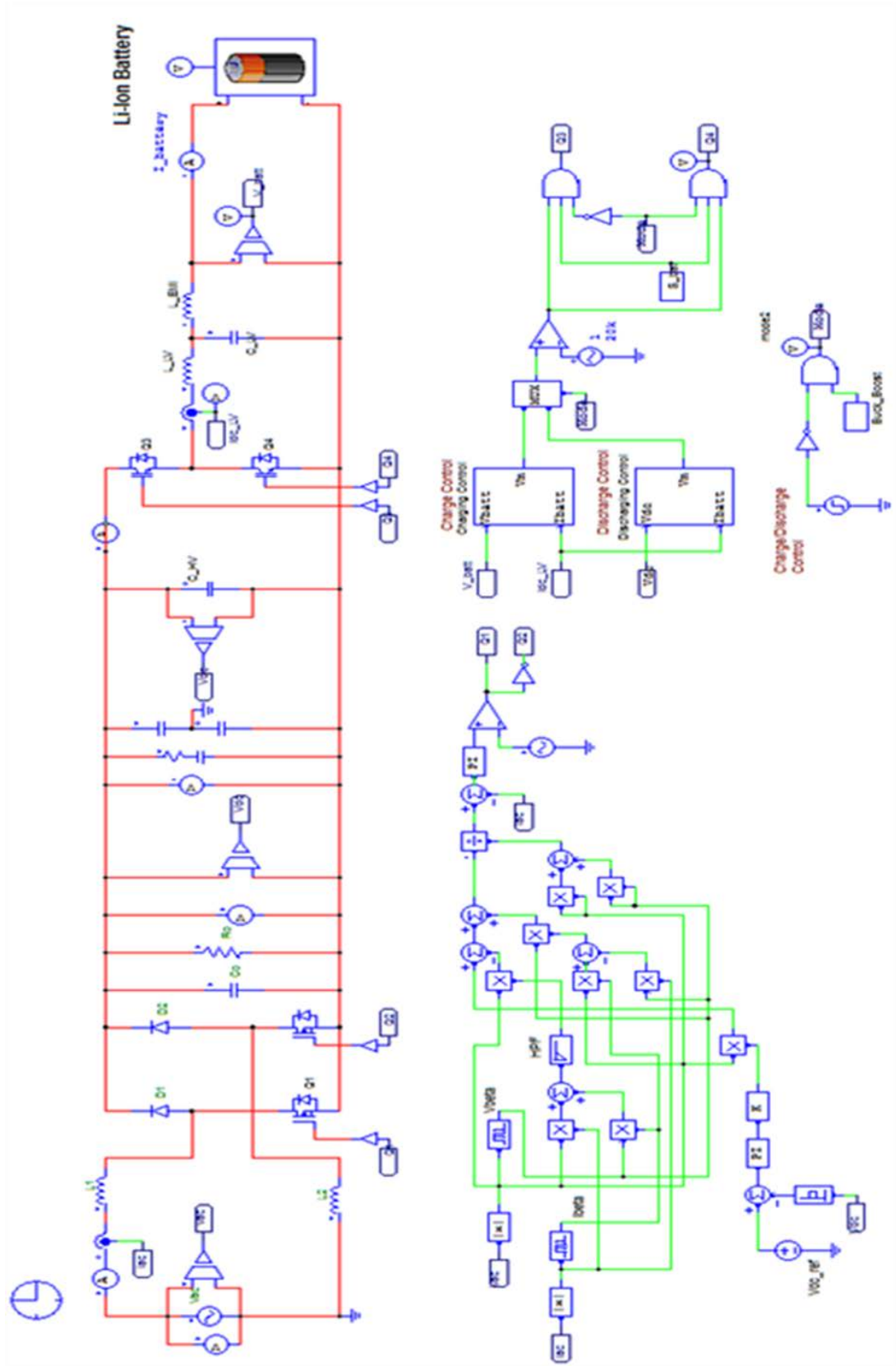
Kullanılan kontrol algoritmaları için yapılan simülasyon çalışması devresi Şekil 6.1’de verilmiştir. Kullanılan PQ kontrol algoritması, hesaplama ve kontrol bloklarının geçerliliğini kanıtlamak için çalışma PSIM (Software for Power Electronics Simulation Powersim) programında simülasyon çalışması yapılmıştır. Devrede kullanılan devre elemanlarının değerleri Çizelge 6.1, 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6-1: Simülasyon Kontrol Değerleri /PSIM

Simülasyon Kontrol	
Zaman adımı	1E-006
Toplam zaman	0.3s
Yazdırma zamanı	0.1s
Yazdırma adımı	1

Çizelge 6-2: Lityum-iyon batarya parametreleri

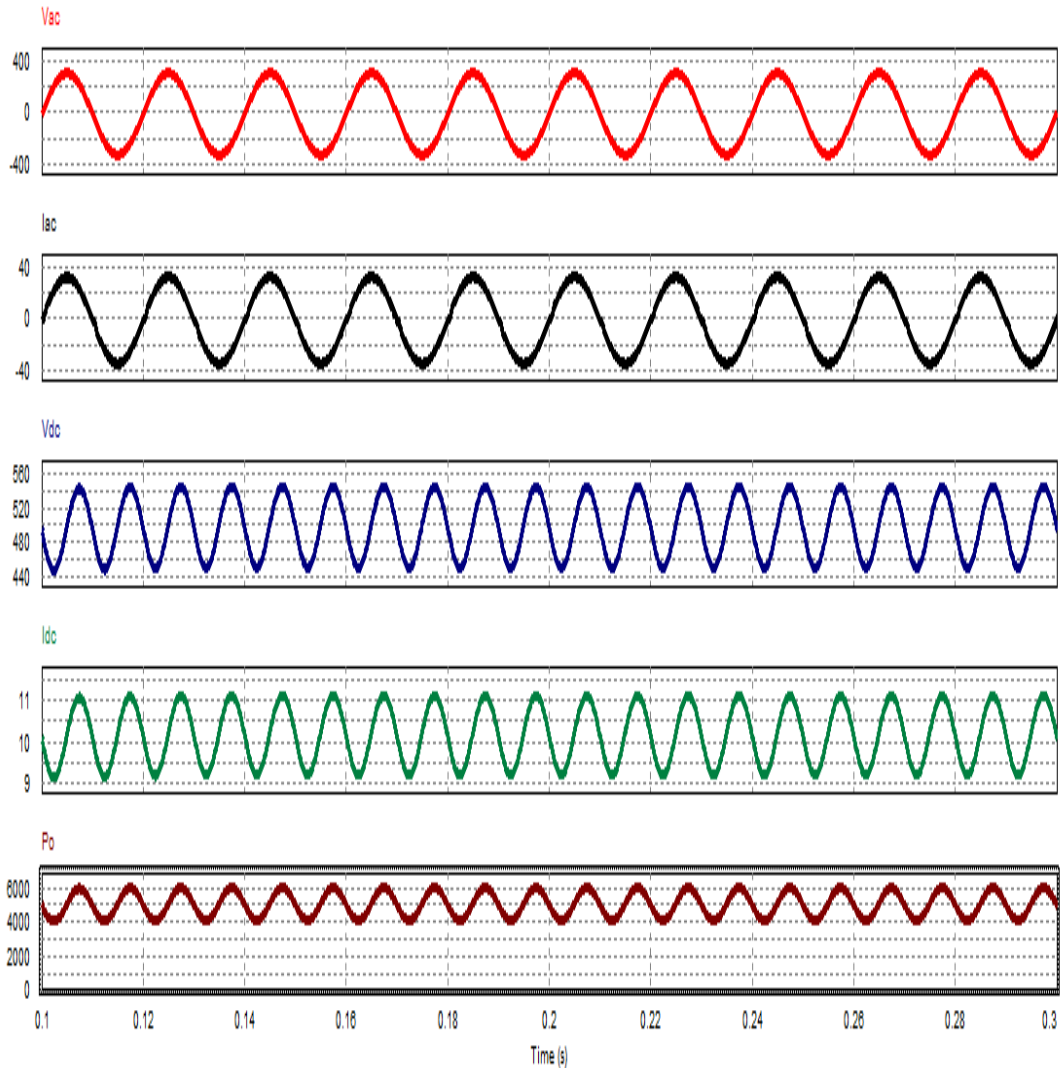
Lityum-İyon Batarya Parametreleri		
Seri hücre sayısı	N_s	60
Paralel hücre sayısı	N_p	6
Ful batarya voltajı	V_{bat}	4.2V
Batarya anahtarlama frekansı	f_{bat}	20kHz
Gerilim indirgeme faktörü	K_s	1
Kapasite indirgeme faktörü	-	1
Anma voltajı	-	3.7V
Deşarj kesme voltajı	-	2.7V
Anma direnci	-	5.4 Ω
İç direnç	-	0.05 Ω
Deşarj akımı	-	1.08A
Kapasite faktörü	-	1.02
Üstel nokta voltajı	-	3.9V
Nominal voltaj	-	3.6V
Maksimum kapasitans	-	5.56
Üstel nokta kapasitesi	-	1.08
Nominal kapasite	-	5.4
Başlangıç şarj doluluk durumu	BDO	0.5



Şekil 6.1: Simülasyon Devresi

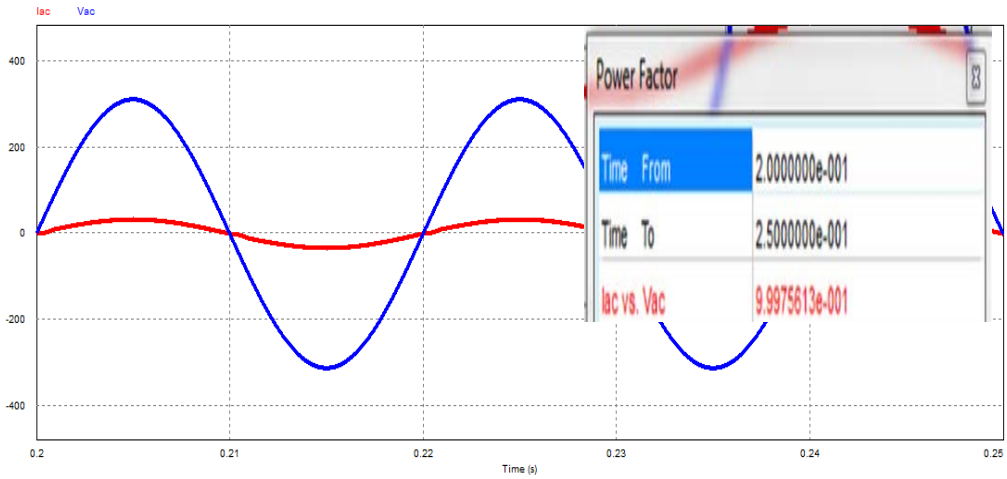
6.1.1. Bir fazlı GFD devresi kullanılarak şarj devresi simülasyonu

Giriş gerilimi V_{ac} , akımı i_{ac} , çıkış gerilimi V_{dc} , çıkış akımı i_{dc} , yükselten GFD devresi çıkışından elde edilir. Bu devreye PQ kontrol algoritması uygulandığında, i_{ac} V_{ac} ile aynı açığa sahip sinusoidal dalga şeklindedir. Simülasyon sonuçları Şekil 6.2’de verilmiştir. Çıkış gerilim 500 volt DA gerilimdir. Çıkış gücü 5000W’tır.

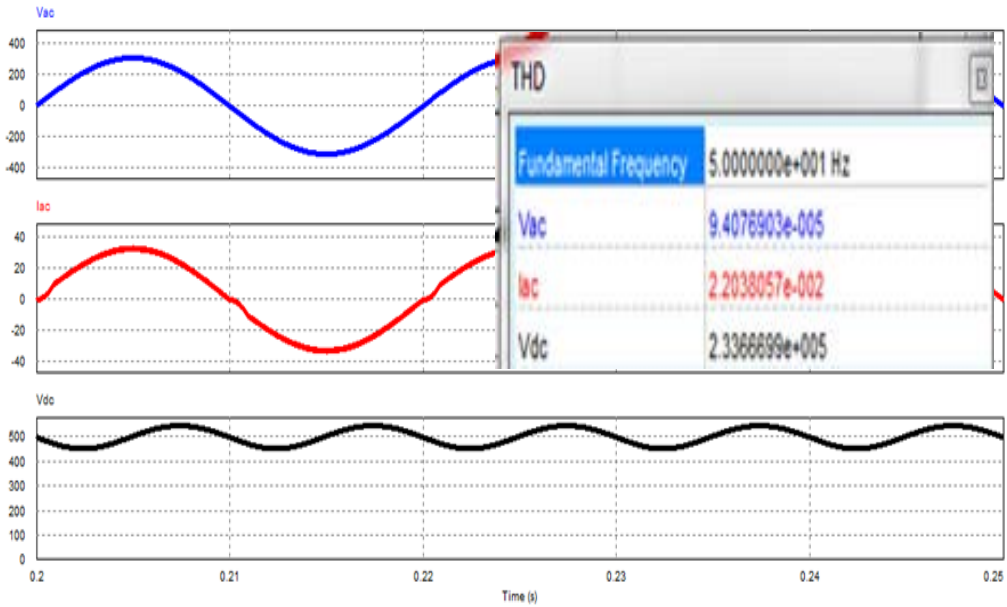


Şekil 6.2: GFD çıkışından elde edilen $V_{ac}, i_{ac}, V_{dc}, i_{dc}$ değerleri

Devreye ait güç faktörü (GF) 0.999’dur, Şekil 6.3’de verilmiştir. Total harmonik bozulma (THB) %2.20’dur, Şekil 6.4’de verilmiştir. THB değeri IEEE 519-1992 standartlarının altında kalmıştır.



Şekil 6.3:Giriş gerilimi V_{ac} , giriş akımı i_{ac} için GF



Şekil 6.4:Giriş gerilimi V_{ac} , giriş akımı i_{ac} için THB

Simülasyon devresinde kullanılan DA-DA şarj kontrol bloğu için parametreleri Çizelge 6.3’de verilmiştir. Bu kontrol bloğu sabit gerilim-sabit akım modunda çalışarak batarya şarj işlemini gerçekleştirir. Digital PI denetleyicileri akım ve gerilim döngülerinde kullanılmıştır.

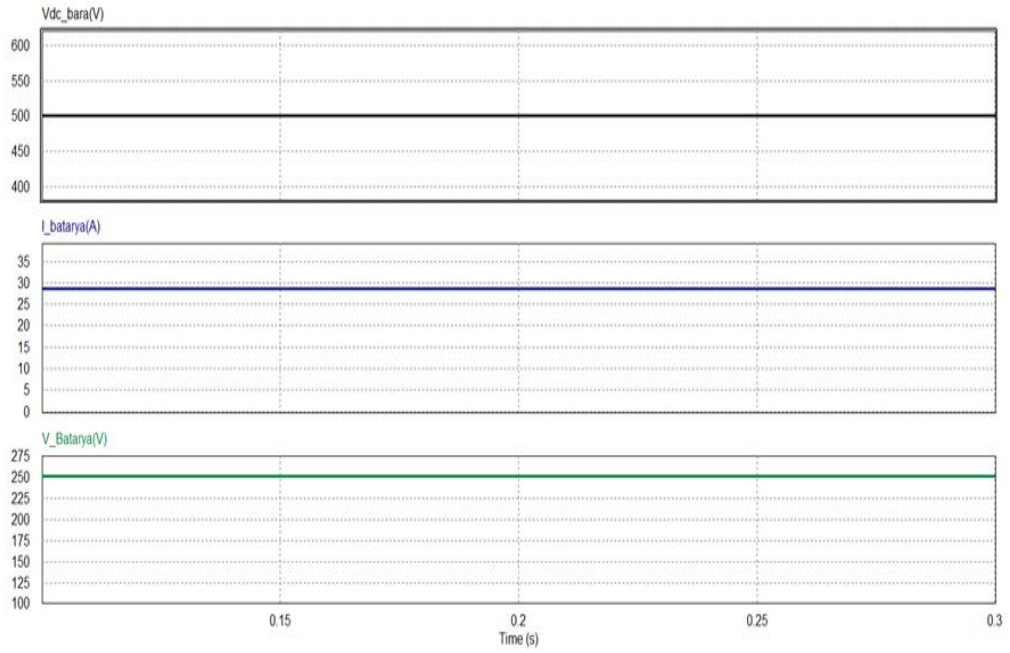
Batarya şarj gücü, bataryayı şarj etmek için kullanılacak maksimum güçtür ve birimi watt’dır.

Seri ve paralel hücre sayısı, bataryayı oluşturan hücrelerdir. Maksimum batarya voltajı, batarya hücrelerinin gelebileceği maksimum voltaj değeridir. Batarya direnci, batarya hücrelerinin iç direncidir. Akım PI kazancı, akım döngüsündeki PI kazancıdır. Akım PI zaman sabiti, akım döngüsündeki PI kazancının zaman sabitidir. Gerilim PI kazancı, gerilim döngüsündeki PI kazancıdır. Gerilim PI zaman sabiti, gerilim döngüsündeki PI kazancının zaman sabitidir. Anahtarlama frekansı, DA-DA dönüştürücü devresinden aktif anahtarlar için anahtarlama frekansdır.

Çizelge 6-3: DA-DA Şarj Kontrol Blok Parametleri

DA-DA Şarj Kontrol Blok Parametleri	
Batarya Şarj Gücü	5000W
Batarya Şarj Gerilimi	200V
Akım PI kazancı	0.06
Akım PI zaman sabiti	0.0005
Gerilim PI kazancı	2.01062
Gerilim PI zaman sabiti	0.000994719
Kontrol Blok çıkış limiti	1

Şarj blok çıkışından elde edilen batarya değerleri aşağıdaki gibidir. Burada batarya akımı 30A, batarya gerilimi 250V, V_{dc_bara} gerilimi 500V'dur. Simülasyon sonuçları Şekil 6.5'de verilmiştir.



Şekil 6.5: Batarya Şarj Değerleri

6.1.2. Bir fazlı GFD kullanılarak deşarj devresi simülasyonu

DA-DA şarj kontrol bloğu iki ayrı modda çalıştırılmıştır. Bunlar akım ve gerilim modlarıdır.

6.1.2.1. Akım modunda deşarj

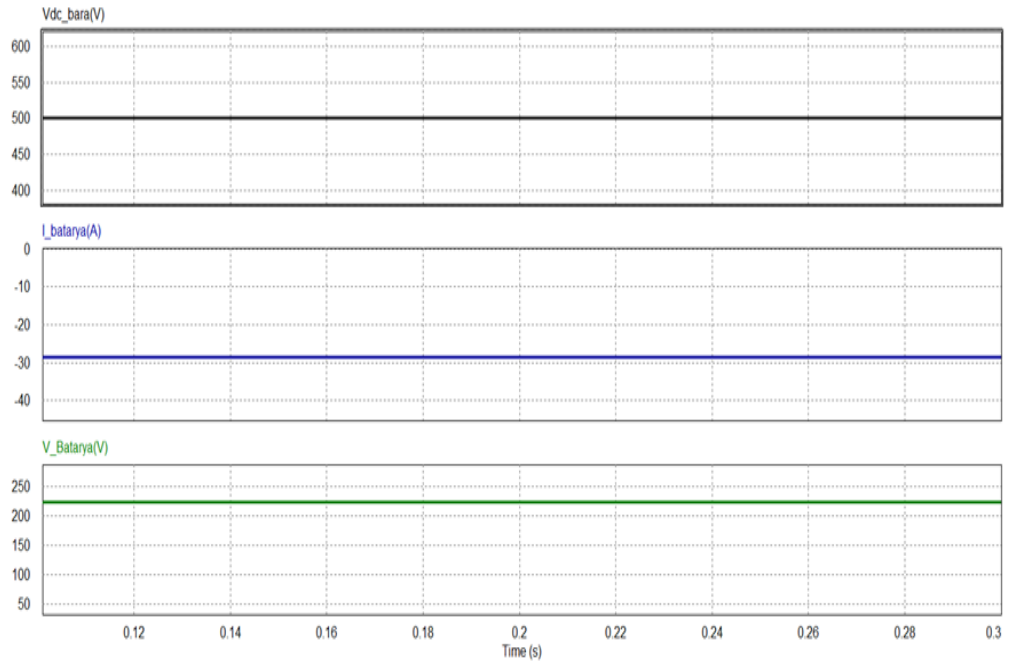
Çizelge 6.4'deki değerler kullanılarak Deşarj kontrol bloğu akım modunda çalıştırılmıştır. Burada;

Batarya deşarj gücü, bataryanın maksimum deşarj edilebileceği güç değeridir. Batarya anma gerilimi, batarya tarafındaki dönüştürücü anma gerilimidir.

Simülasyon sonuçları Şekil 6.6'da verilmiştir. Burada batarya akımı yaklaşık olarak -30A, batarya gerilimi yaklaşık olarak 250V, V_{dc_bara} gerilimi 500V'dur.

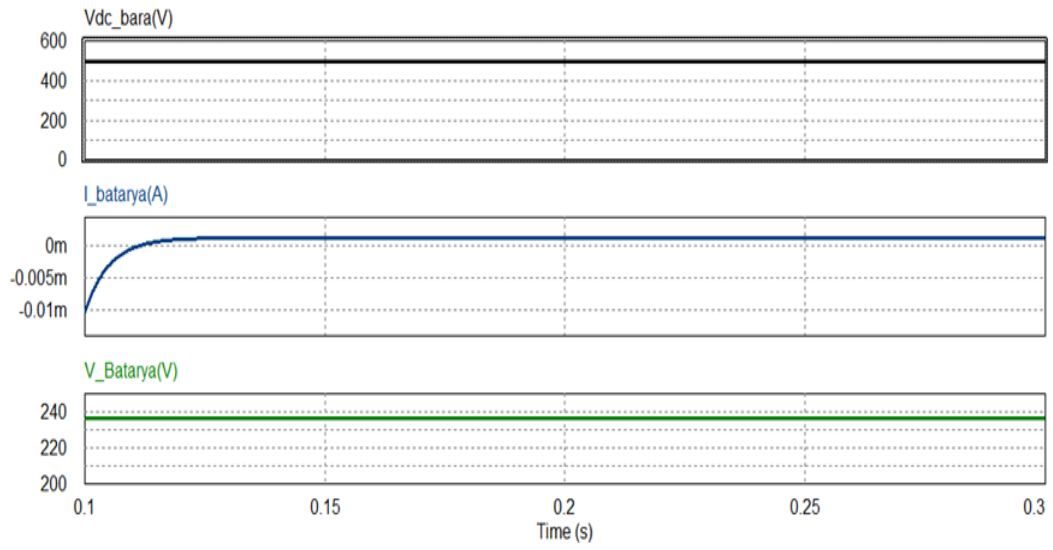
Çizelge 6-4: DA-DA Deşarj Kontrol Blok Parametleri-Gerilim Modu

DA-DA Deşarj Kontrol Blok Parametleri-Gerilim Modu	
Batarya deşarj gücü	5000W
Batarya anma gerilimi	200V
DA bara voltaj referansı	400V
Akım PI kazancı	0.04
Akım zaman sabiti	0.0005
Gerilim PI kazancı	0.578053
Gerilim zaman sabiti	0.000994719
Kontrol Blok çıkış limiti	1
Anahtarlama frekansı	20kHz

**Şekil 6.6: Batarya Deşarj Değerleri-Akım modu**

6.1.2.2. Gerilim modunda deşarj

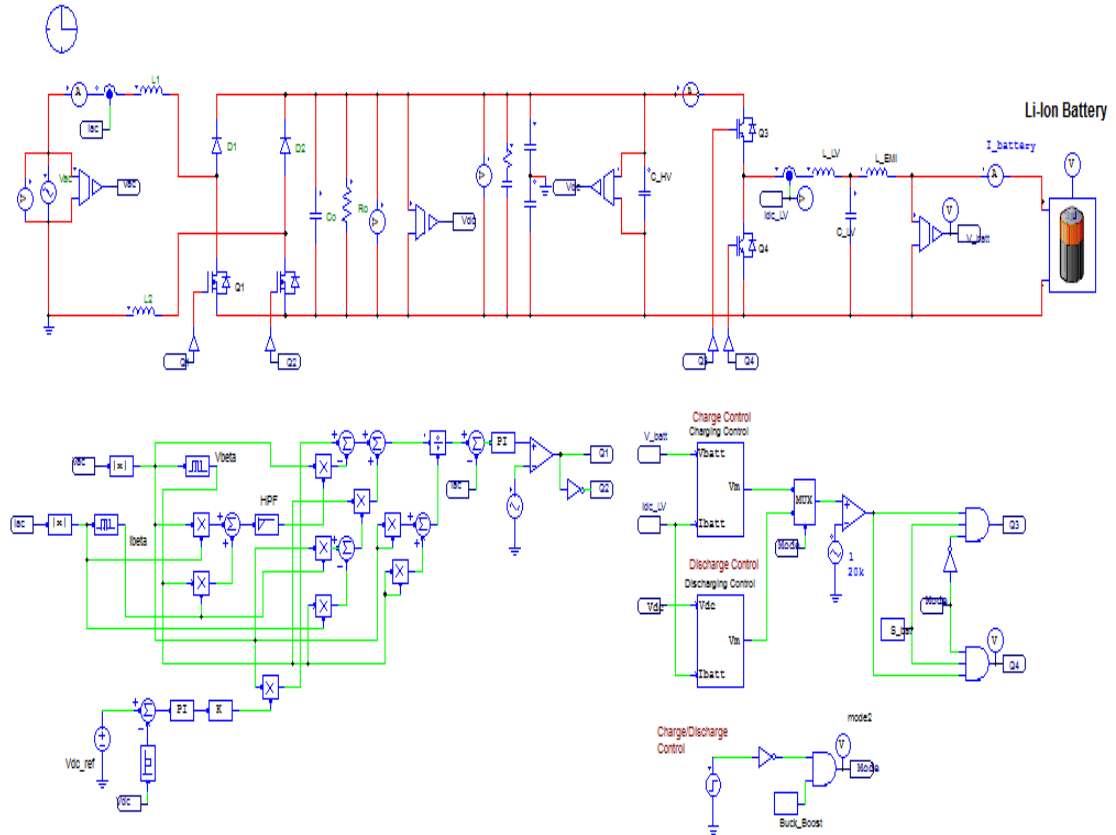
Çizelge 6.4'deki değerler kullanılarak deşarj kontrol bloğu gerilim modunda çalıştırılmıştır. Simülasyon sonuçları Şekil 6.7'de verilmiştir. Burada batarya akımı yaklaşık olarak 0A, batarya gerilimi yaklaşık olarak 240V, V_{dc_bara} gerilimi 500V'dur.



Şekil 6.7: Batarya Deşarj Değerleri-Gerilim Modu

6.1.3. Bir fazlı GFD kullanılarak şarj/deşarj devresi simülasyonu

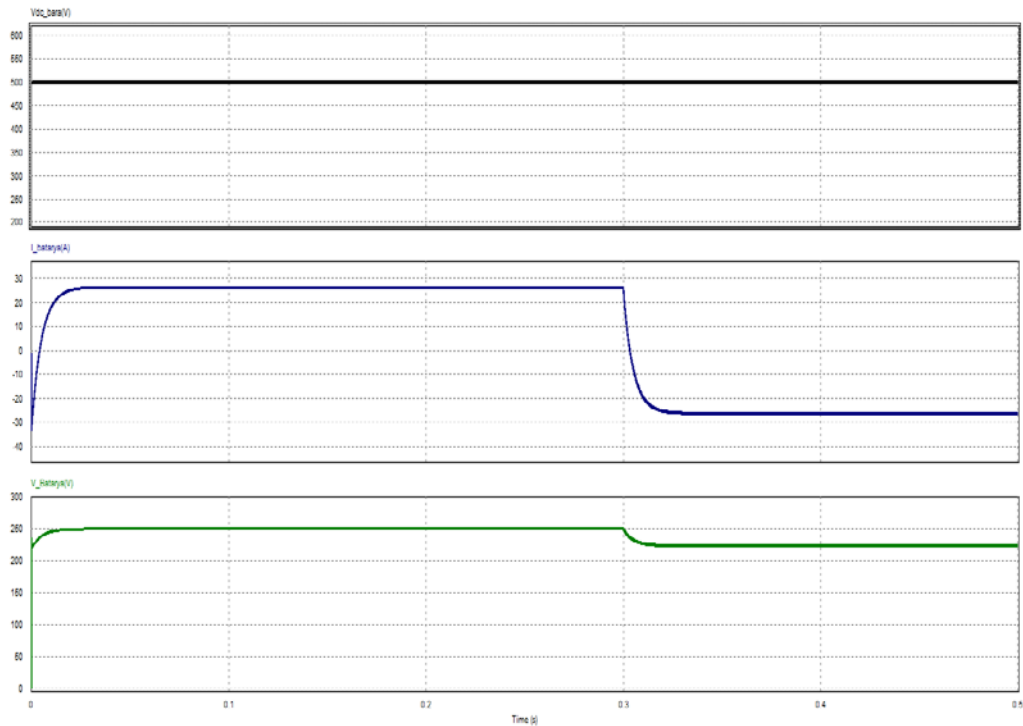
Devreye ait simülasyon Şekil 6.8'de gösterilmiştir. Burada şarj ve deşarj blokları akım ve gerilim modunda çalıştırılarak beraber simüle edilmiştir.



Şekil 6.8: Simülasyon devresi-Şarj/Deşarj Kontrol

6.1.3.1. Gerilim modunda şarj/deşarj

Gerilim modu simülasyon sonuçları Şekil 6.9'da gösterilmiştir. V_{dc_bara} gerilimi 500V, $t = 0.3s$ anına kadar batarya gerilim modunda şarj edilmiştir, batarya akımı yaklaşık 30A, batarya gerilimi 250V'tur. $t = 0.3s$ 'den $t = 0.5s$ anına kadar batarya deşarj edilmiştir, batarya akımı yaklaşık olarak -30A, batarya gerilimi yaklaşık 220V olarak ölçülmüştür.

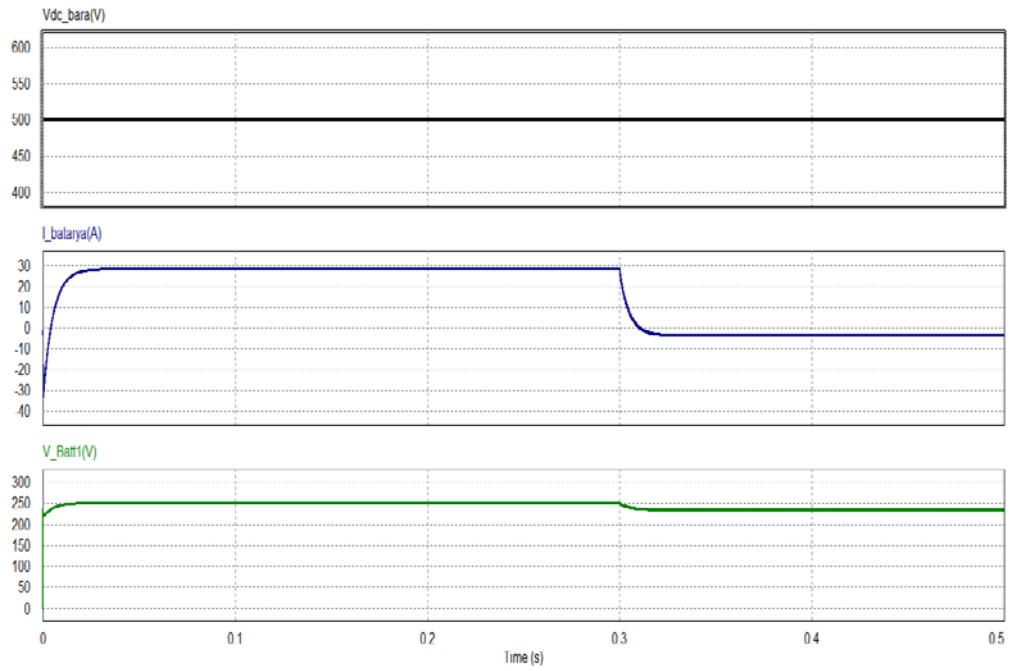


Şekil 6.9: Şarj/Deşarj Kontrol-Gerilim modu

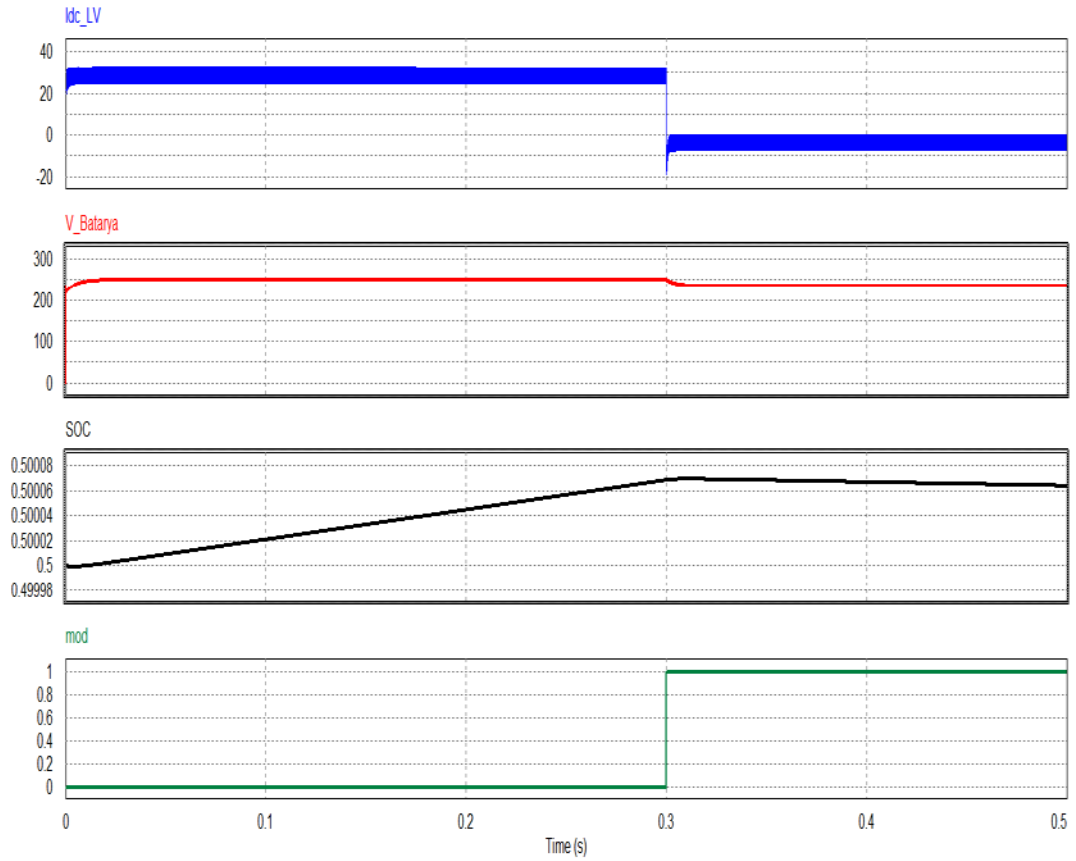
6.1.3.2. Akım modunda şarj/deşarj

Akım modu simülasyon sonuçları Şekil 6.10'da gösterilmiştir. V_{dc_bara} gerilimi 500V, $t = 0.3s$ anına kadar batarya akım modunda şarj edilmiştir, batarya akımı 30A, batarya gerilimi 250V'tur. $t = 0.3s$ 'den $t = 0.5s$ anına kadar batarya deşarj edilmiştir, batarya akımı yaklaşık olarak 0A, batarya gerilimi yaklaşık 245V olarak ölçülmüştür.

Şarj/deşarj kontrol akım ve gerilim modu için, I_{DC-low} , $V_{batarya}$, BDO değerleri Şekil 6.11'de verilmiştir. Mod 0 şarj durumu, Mod 1 deşarj durumunu ifade etmektedir.



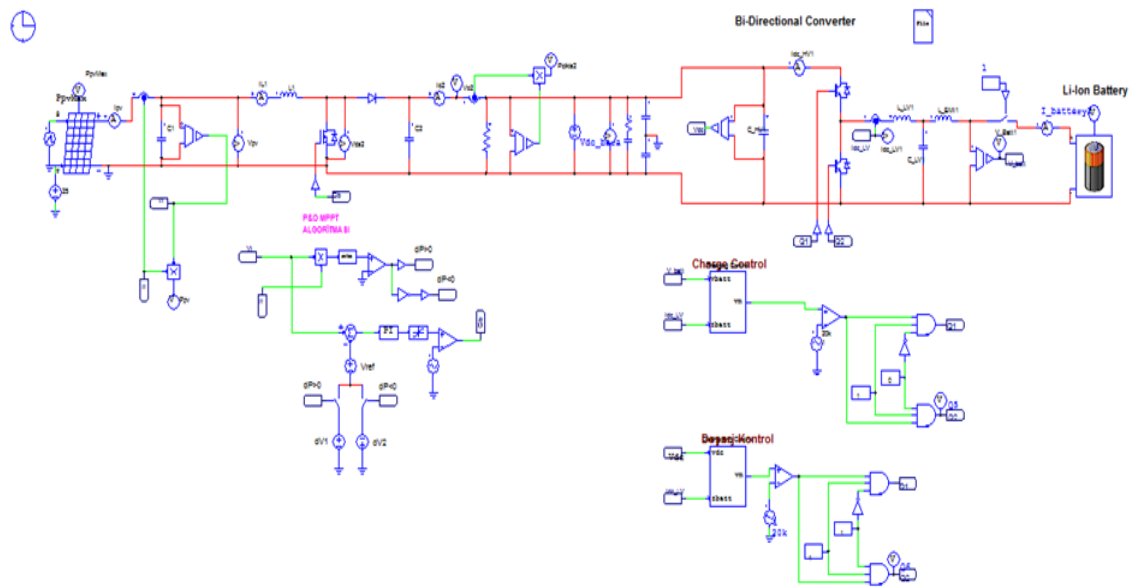
Şekil 6.10: Şarj/Deşarj Kontrol-Akım Modu



Şekil 6.11: I_{DC-low} , $V_{batarya}$, BDO değerleri

6.2. FV Panel Destekli Batarya Şarj/Deşarj Simülasyonu

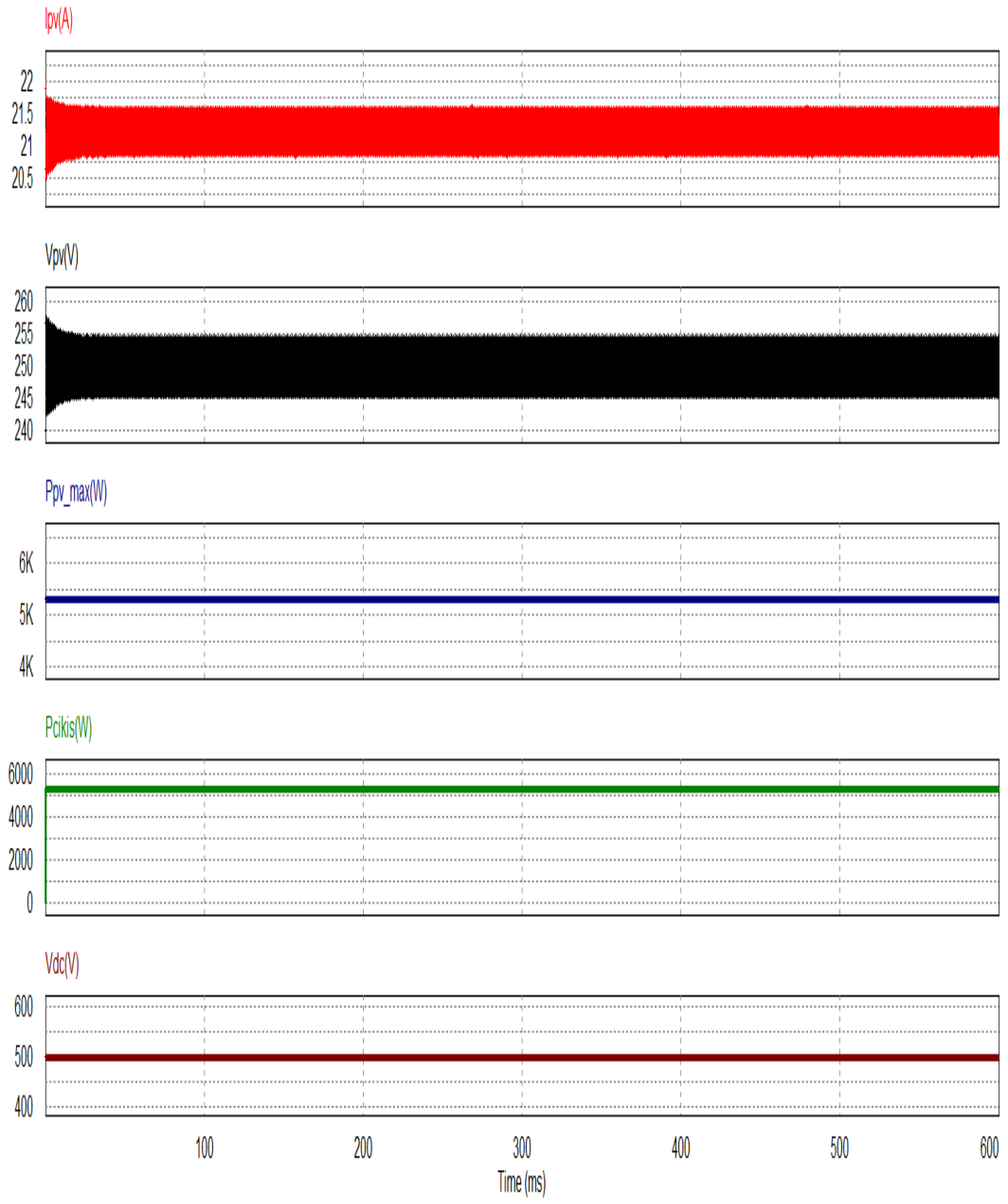
FV panel destekli DA-DA yükselten devresine ait devre simülasyonu ve MGNİ kontrol algoritması Şekil 6.12’de verilmiştir. Kullanılan MGNİ kontrol algoritması, hesaplama ve kontrol bloklarının geçerliliğini onaylamak için çalışma PSIM (Software for Power Electronics Simulation Powersim) programında uygulama çalışması yapılmıştır. Simülasyon Çizelge 5.2 ve 5.3’de verilen parametrelere göre çalıştırılmıştır.



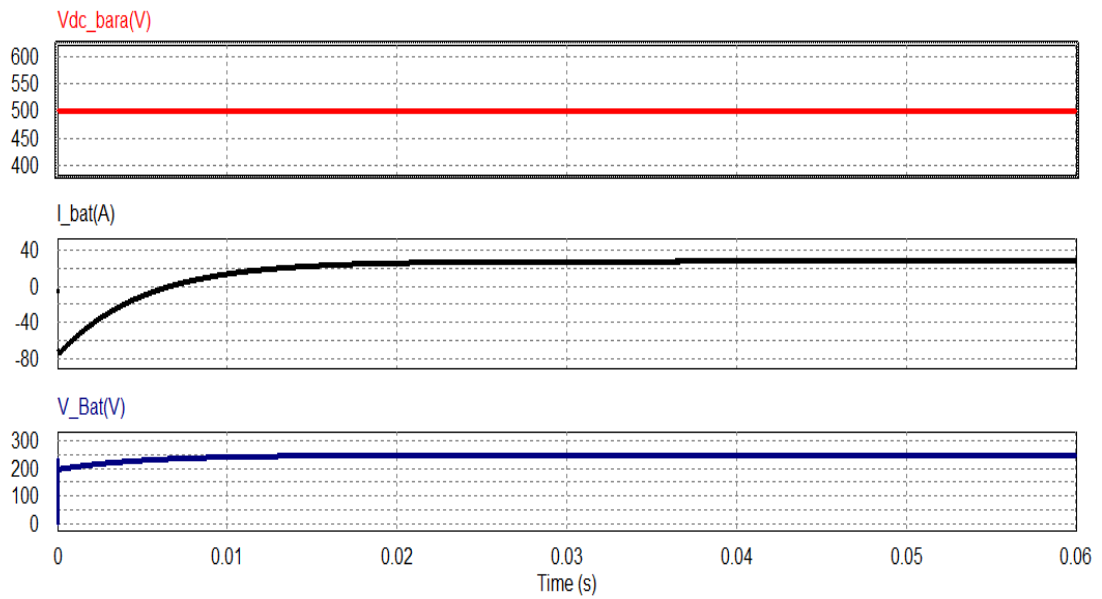
Şekil 6.12 FV Panel Destekli DA-DA Yükselten Devresi

6.2.1. Batarya şarj sonuçları

DA-DA yükselten devresi çıkışına batarya şarj işlemi için çift yönlü DA-DA dönüştürücü ilave edilmiş olup, şarj kontrol blokları ile şarj işlemi tamamlanmıştır. Devre simülasyonu Şekil 6.13’de gösterilmektedir. Elde edilen 500V DA gerilim batarya şarj işlemi için çift yönlü DA-DA dönüştürücüye verilmiştir. Bu çift yönlü dönüştürücü şarj kontrol blokları ile kontrol edilmiştir. Simülasyona ait sonuçlar Şekil 6.14 ve Şekil 6.15’de verilmiştir. Yükselten DA-DA dönüştürücü devresi MGNİ kontrol algoritması ile kontrol edilir. Devre çıkışından 500 volt DA gerilim elde edilmiştir, panel akımı i_{pv} yaklaşık 21A’dır, panel gerilimi V_{pv} yaklaşık 250V’dur. Devreye ait güç sonuçları incelendiğinde çıkış gücü $P_{çıkış}$ 5000W, FV panel gücü P_{pvmax} 5320W’dır ve güç değerleri birbirini takip etmektedir. Batarya akımı I_{bat} yaklaşık 30A, batarya gerilimi V_{bat} yaklaşık 250V’tur.



Şekil 6.14: FV Panel Destekli-Batarya Şarj Değerleri-



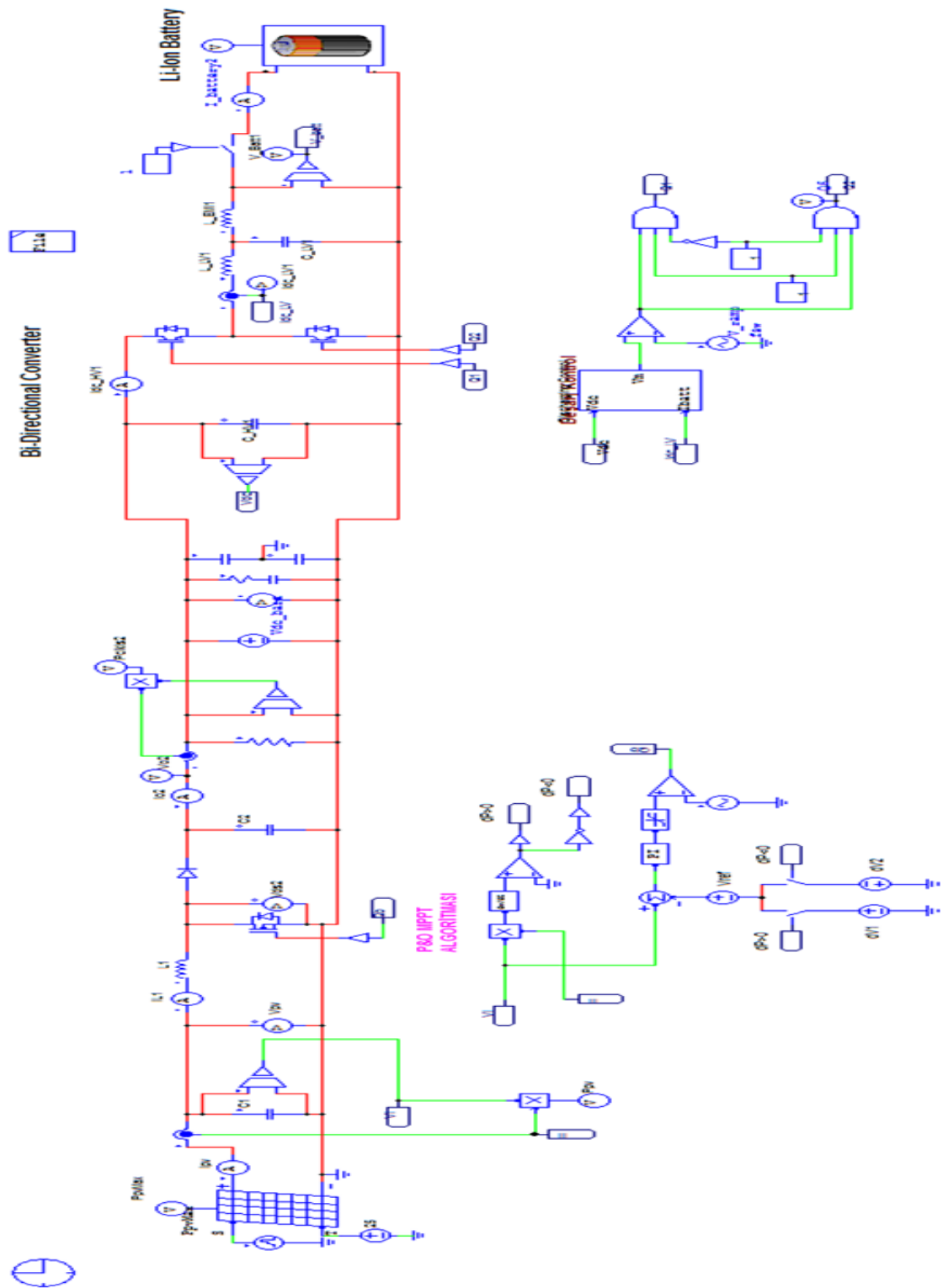
Şekil 6.15: FV Panel Destekli-Batarya Şarj Değerleri 2

6.2.2. Batarya deşarj sonuçları

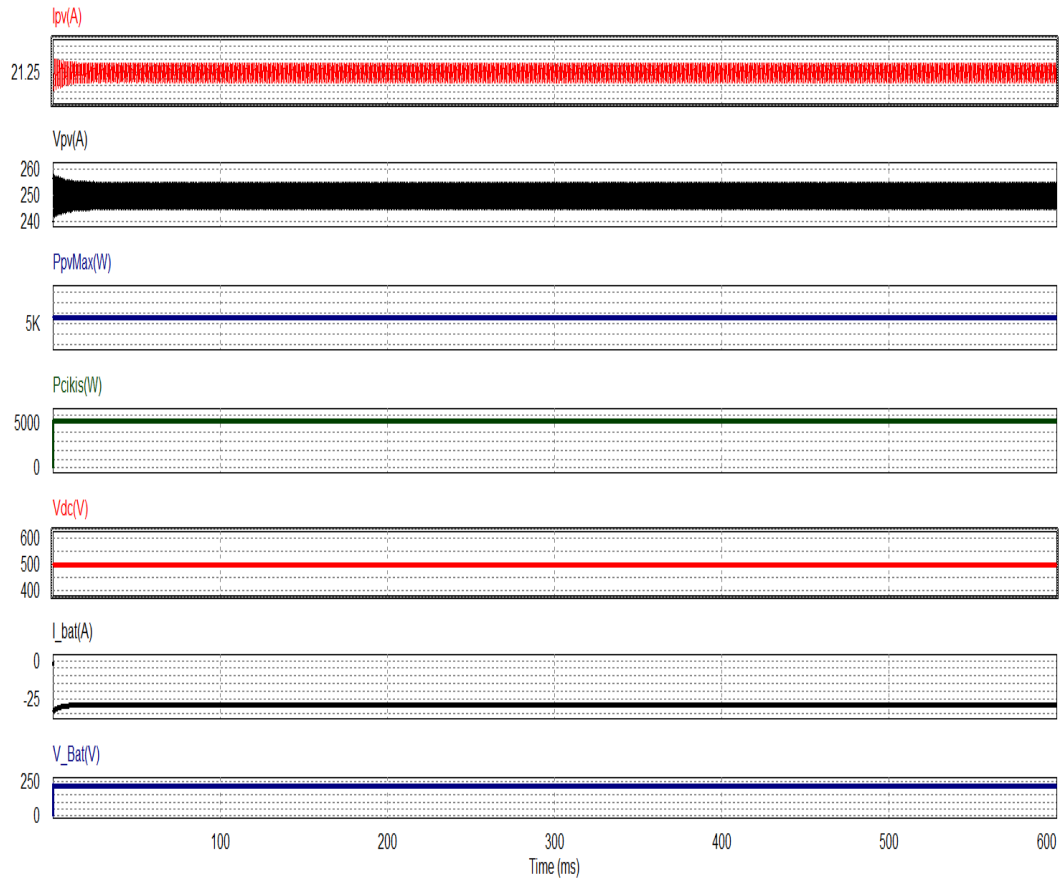
DA-DA yükselten devresi çıkışına batarya deşarj işlemi için çift yönlü DA-DA dönüştürücü ilave edilmiş olup, deşarj kontrol blokları ile deşarj işlemi tamamlanmıştır. Devre simülasyonu Şekil 6.16'de gösterilmektedir. Elde edilen 500V DA gerilim batarya şarj işlemi için çift yönlü DA-DA dönüştürücüye verilmiştir. Deşarj kontrol blokları ile kontrol edilmiştir. Burada enerji gerekli durumlarda DC baradaki yüke aktarılmıştır.

6.2.2.1. Akım modunda deşarj

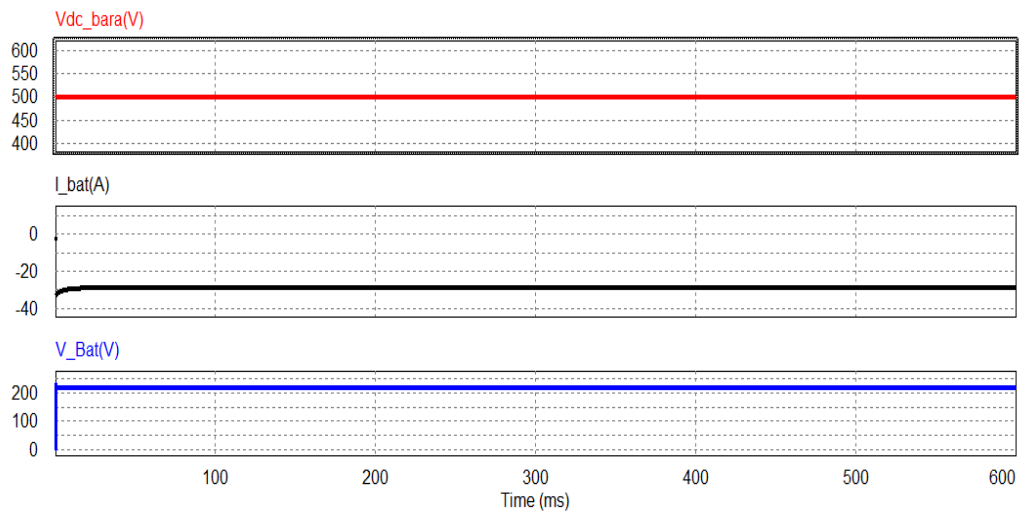
Simülasyona ait sonuçlar Şekil 6.17 ve Şekil 6.18'de gösterilmiştir. Batarya akımı i_{pv} yaklaşık 21A'dır. Batarya gerilimi V_{pv} yaklaşık 250V'dur. Çıkış gücü $P_{çıkış}$ 5000W, FV panel gücü P_{pvmax} 5320W'dır Batarya akımı I_{bat} yaklaşık -30A, batarya gerilimi V_{bat} yaklaşık 250V olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.16: FV Panel Destekli Batarya Deşarj Devresi



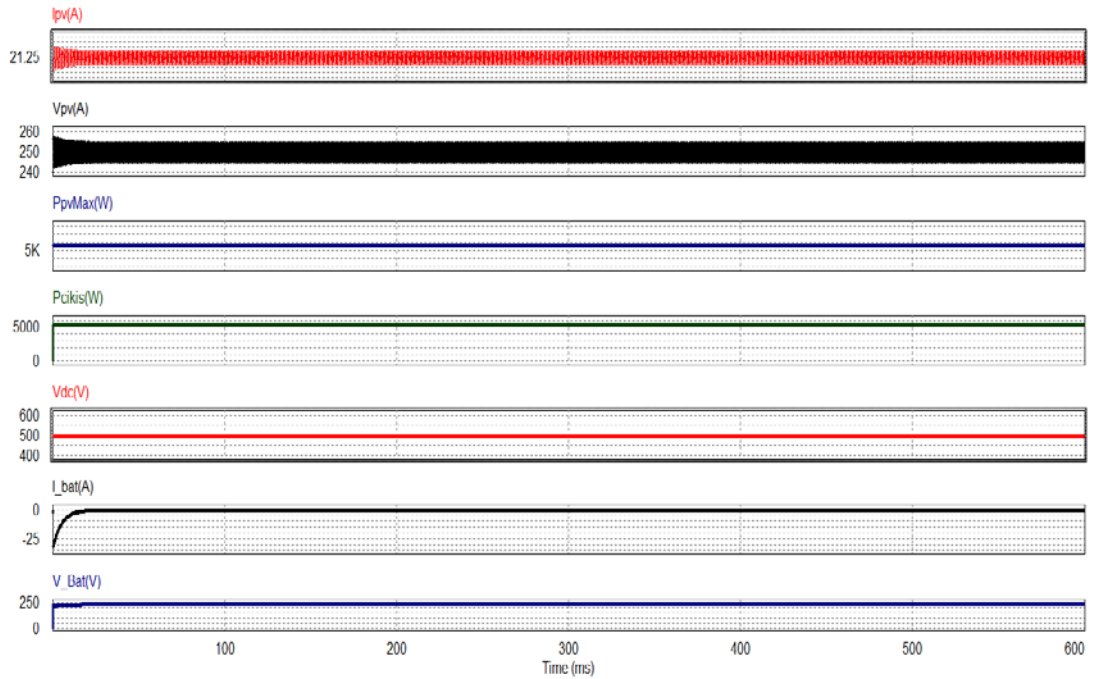
Şekil 6.17: FV Panel Destekli-Batarya Deşarj Değerleri-Akım Modu



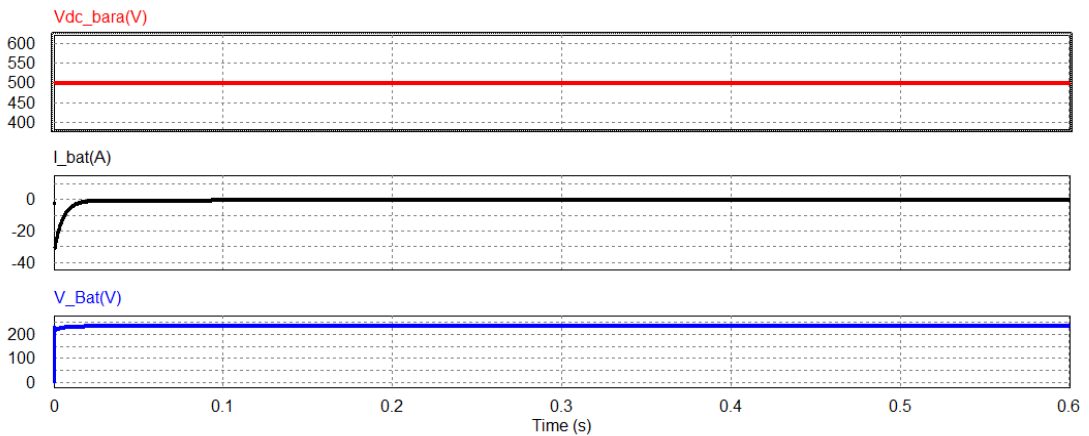
Şekil 6.18: FV Panel Destekli-Batarya Deşarj Değerleri-Akım Modu 2

6.2.2.2. Gerilim modunda deşarj

Simülasyona ait sonuçlar Şekil 6.19 ve Şekil 6.20’de gösterilmiştir. Batarya akımı i_{pv} yaklaşık 21A’dır. Batarya gerilimi V_{pv} yaklaşık 250V’dur. Çıkış gücü $P_{çıkış}$ 5000W, FV panel gücü P_{pvmax} 5320W’dır Batarya akımı I_{bat} yaklaşık 0A, batarya gerilimi V_{bat} yaklaşık 250V’tur.



Şekil 6.19: FV Panel Destekli-Batarya Deşarj Değerleri-Gerilim Modu



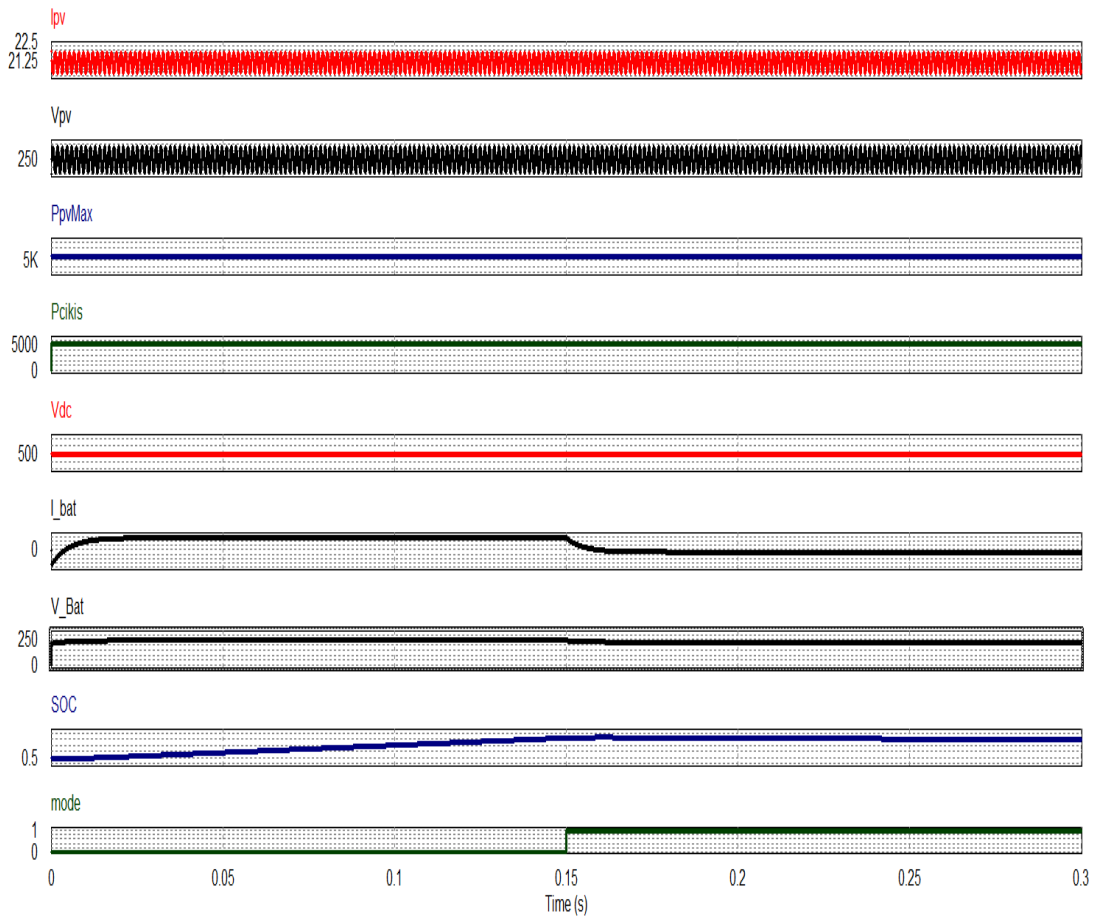
Şekil 6.20: FV Panel Destekli-Batarya Deşarj Değerleri-Gerilim Modu 2

6.2.3. Batarya şarj/deşarj sonuçları

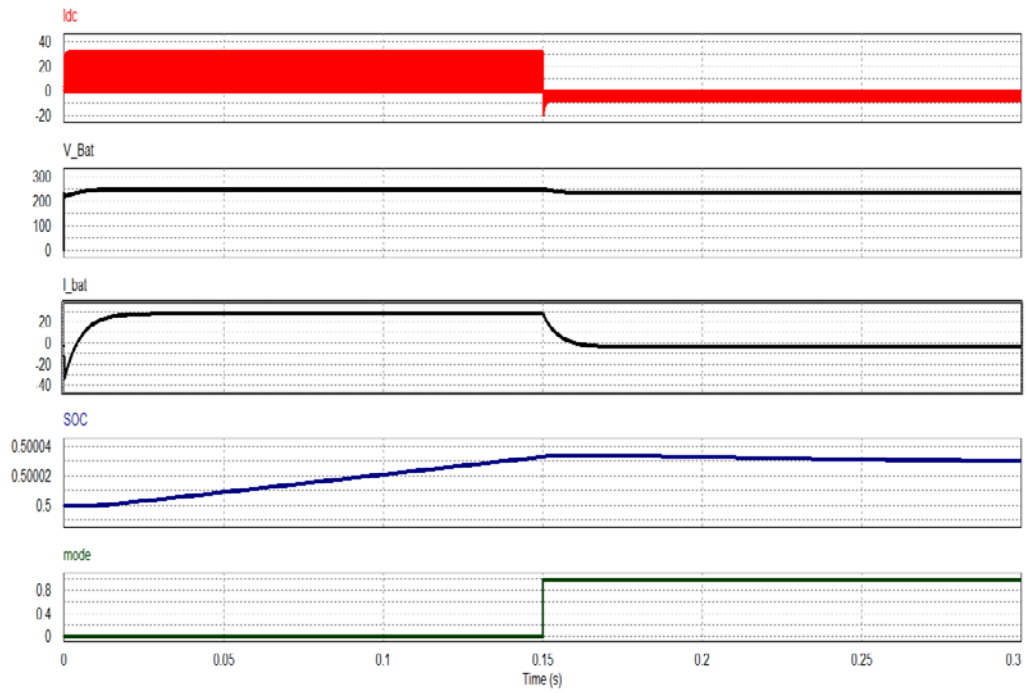
DA-DA yükselten devresi çıkışına batarya şarj/deşarj işlemi için çift yönlü DA-DA dönüştürücü ilave edilmiş olup, şarj/deşarj kontrol blokları ile şarj/deşarj işlemi tamamlanmıştır. Elde edilen 500V DA gerilim batarya şarj/deşarj işlemi için çift yönlü DA-DA dönüştürücüye verilmiştir. Devre iki moda çalıştırılmıştır. Bunlar sırasıyla gerilim ve akım modudur.

6.2.3.1. Gerilim modunda şarj/deşarj sonuçları

Simülasyona ait sonuçlar Şekil 6.21 ve Şekil 6.22’de gösterilmiştir. Batarya akımı i_{pv} yaklaşık 21A’dır. Batarya gerilimi V_{pv} yaklaşık 250V’dur. Çıkış gücü $P_{çıkış}$ 5000W, FV panel gücü P_{pvmax} 5320W’dır $t = 0.15s$ anına kadar batarya gerilim modunda şarj edilmiştir, batarya akımı yaklaşık 30A, batarya gerilimi 250V’tur. $t = 0.15s$ ’ten $t = 0.3s$ anına kadar bataryadeşarj edilmiştir, batarya akımı yaklaşık olarak 0 A, batarya gerilimi yaklaşık 220V olarak ölçülmüştür.



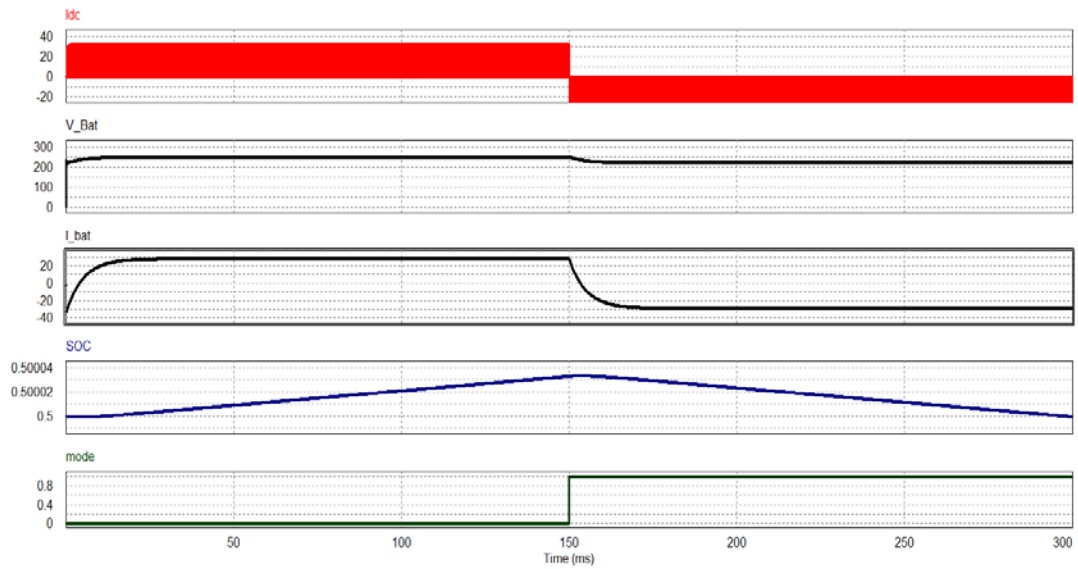
Şekil 6.21: FV Panel Destekli-Batarya Şarj/Deşarj Değerleri-Gerilim Modu



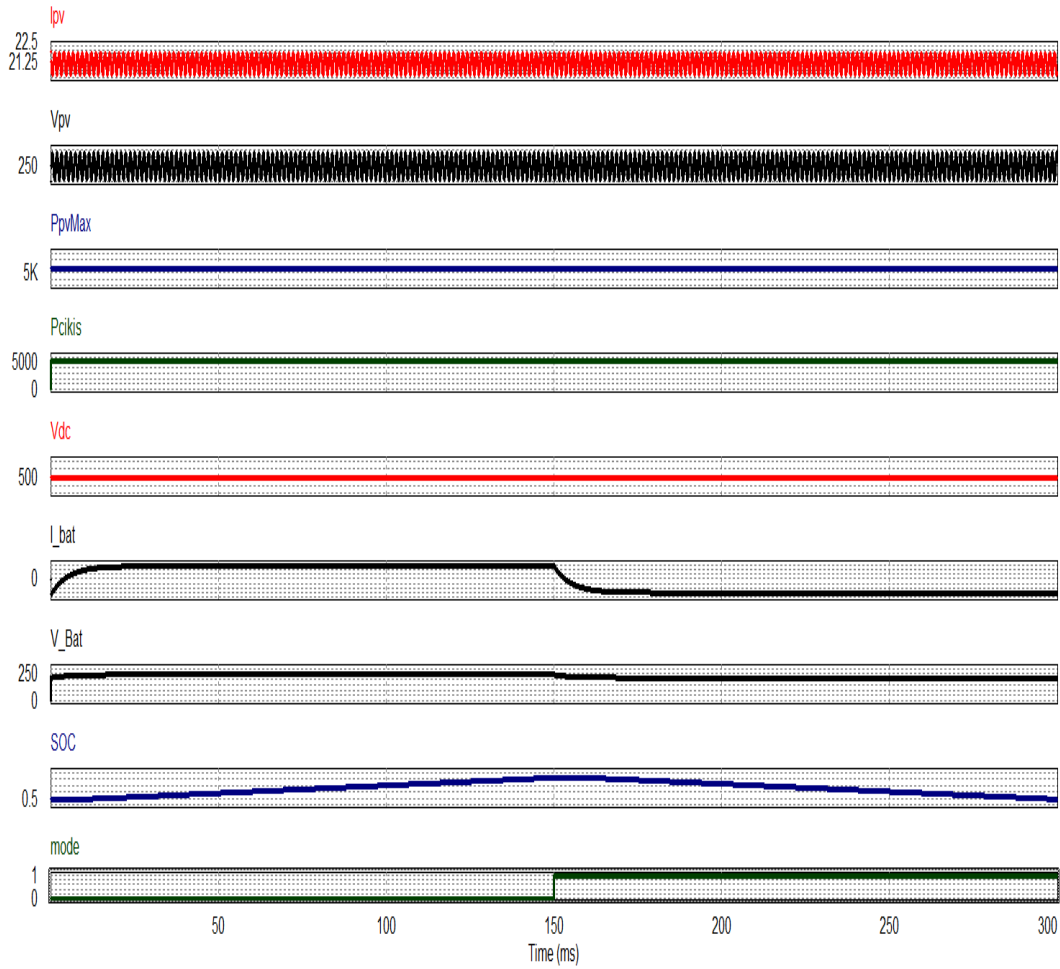
Şekil 6.22: FV Panel Destekli-Batarya Şarj/Deşarj Değerleri-Gerilim Modu 2

6.2.3.2. Akım modunda şarj/deşarj sonuçları

Simülasyona ait sonuçlar Şekil 6.23 ve Şekil 6.24’de gösterilmiştir.



Şekil 6.23: FV Panel Destekli-Batarya Şarj/Deşarj Değerleri-Akım Modu 2



Şekil 6.24: FV Panel Destekli-Batarya Şarj/Deşarj Değerleri-Akım Modu

Batarya akımı i_{pv} yaklaşık 21A'dır. Batarya gerilimi V_{pv} yaklaşık 250V'dur. $t = 0.15s$ anına kadar batarya gerilim modunda şarj edilmiştir, batarya akımı yaklaşık 30A, batarya gerilimi 250V'tur. $t = 0.15s$ 'ten $t = 0.3s$ anına kadar batarya deşarj edilmiştir, batarya akımı yaklaşık olarak -30A, batarya gerilimi yaklaşık 220V olarak ölçülmüştür.

7. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında Lityum-iyon (Li-ion) bataryalar için iki aşamalı batarya şarj/deşarj devresi tasarlanmış ve simülasyonu yapılmıştır. Bu çalışma için iki tip şarj devresi tasarlanmış ve PSIM programında uygulanabilirliği kanıtlanmıştır.

Birinci şarj devre topolojisi tek fazlı köprüsüz GFD devreli AA-DA dönüştürücü ve çift yönlü DA-DA dönüştürücü içermektedir. İlk aşama olarak akımdaki GF düzeltmek ve THB azaltmak için tek fazlı GFD devresi kullanılmıştır. Tek fazlı GFD devresi PQ denetleyici ile kontrol edilmiştir. GFD devreleri, elemanlarının akım ve gerilim streslerinin düşük olması, basit devre topolojisi, devre eleman sayısının az olması ve kolay kontrol edilebilir olmalarından dolayı tercih edilmiştir. Kullanılan köprüsüz dönüştürücü ile şebeke akım ve gerilimi için GF ve THB değerleri iyileştirilmiştir ve yüksek gerilimli DA elde edilmiştir. İkinci aşamada elde edilen DA gerilim çift yönlü DA-DA dönüştürücüye uygulanmış ve batarya şarj-deşarj işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tek fazlı köprüsüz GFD devresinde PQ kontrol metodu önerilmiştir. Önerilen kontrol metodunda ilk olarak aktif ve reaktif güç akım ve gerilim bilgileri kullanılarak hesaplanmaktadır. Daha sonra aktif güç yüksek geçiren filtreden geçirilerek aktif gücün DA bileşeni elde edilmektedir. DA bara gerilim bilgisi kullanılarak P_{dc} elde edilmektedir. Son olarak referans akım hesaplanmaktadır ve DGM anahtarlama sinyali üretilmektedir. PQ kontrol algoritması uygulandığında çıkışında giriş gerilimi V_{ac} , akımı i_{ac} , çıkış gerilimi V_{dc} , çıkış akımı i_{dc} , çıkış gücü P_o elde edilmiştir. Simülasyon sonuçlarından i_{ac} V_{ac} ile aynı açıya sahip sinusoidal dalga şekli olduğu görülmektedir. Çıkış gerilim 500 volt DA gerilimdir. Devreye ait güç faktörü (GF) 0.999'dur. Total harmonik bozulma (THB) %2.20'dir. THB değeri IEEE 519-1992 standartlarının altında elde edilmiştir. Gerilim modu şarj çalışma durumunda batarya akımı yaklaşık 30A, batarya gerilimi 250V'tur. $t = 0.3s$ 'den $t = 0.5s$ anına kadar bataryadeşarj edilmiştir, batarya akımı yaklaşık olarak -30A olarak ölçülmüştür. Akım modudeşarj çalışma durumunda batarya akımı yaklaşık olarak 0A, batarya gerilimi yaklaşık 245V olarak ölçülmüştür.

İkinci şarj devre topolojisi FV panel destekli yükselten DA-DA dönüştürücü ve çift yönlü DA-DA dönüştürücü içermektedir. İlk aşama olarak FV panelden elde edilen 250V DA gerilim, yükselten DA-DA dönüştürücüye giriş olarak verilmiştir ve gerilim 500V'a yükseltme işlemi yapılmıştır. Burada anahtarlama sinyalleri MGNİ metodu ile

oluşturulmuştur. Bu tez çalışmasında MGNİ kontrol algoritmalarından değiştir&gözle kontrol algoritması uygulanmıştır. Simülasyon sonuçlarına bakıldığında panel akımı i_{pv} yaklaşık 21A, panel gerilimi V_{pv} yaklaşık 250V görülmektedir. DA-DA yükselten devre çıkışından 500 volt DA gerilim elde edilmiştir, devreye ait güç değerleri çıkış gücü $P_{çıkış}$ 5000W, FV panel gücü P_{pvmax} 5320W'dır ve güç değerleri birbirini takip etmektedir. Elde edilen DA gerilim, çift yönlü DA-DA dönüştürücüye giriş olarak verilip batarya şarj/deşarj işlemi tamamlanmıştır.

Sonuç olarak, FV panel beslemeli batarya şarjdeşarj devresinin ve önerilen PQ denetleyicili batarya şarjdeşarj devresinin geçerliliği PSIM programında yapılan uygulama ile doğrulanmıştır. Simülasyon sonuçları PQ kontrol algoritmasının giriş akımının toplam harmonik bozulma oranını azalttığını ve güç faktörünü (GF) 0.999'a yükselttiğini göstermektedir. Ayrıca önerilen FV panelli şarjdeşarj sisteminin sabit akım-sabit gerilim metodu ile Li-ion bataryalara uygulanabildiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Abouobaida, H. (2017). Practical Performance Evaluation of Maximum Power Point Tracking Algorithms in a Photovoltaic System. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 8(4), 1744.
- Akagi, H., Watanabe, E. H., & Aredes, M. (2017). *Instantaneous power theory and applications to power conditioning* (Vol. 62). John Wiley & Sons.
- Akin, B. (2012, August). Comparison of conventional and interleaved pfc boost converters for fast and efficient charge of li-ion batteries used in electrical cars. *International Conference on Power and Energy Systems* (Vol. 13, pp. 499-504).
- Akin, B. (2012, August). Comparison of conventional and interleaved pfc boost converters for fast and efficient charge of li-ion batteries used in electrical cars. *International Conference on Power and Energy Systems* (Vol. 13, pp. 499-504).
- ALPSALAZ, F., "Using supercapacitors and lithium-ion batteries in hybrid and electric vehicles power systems"
- Avgın M.S., "BATARYA ŞARJ DOLULUK DURUMU MODEL PARAMETRESİNİN G.E.P İLE TAHMİN EDİLMESİ"
- Battery University, Lithium-based Batteries
http://batteryuniversity.com/learn/article/lithium_based_batteries, (Erişim Tarihi: 29/05/2013)
- Bodur H., *Güç Elektroniği Temel Analiz ve Sayısal Uygulamalar*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2010.
- BODUR, H., AKBOY, E., & AKSOY, İ. Üç Fazlı Güç Faktörü Düzeltme Devrelerinin İncelenmesi A Review of Three Phase Power Factor Correction Circuits.
- Bouzelata, Y., Kurt, E., Chenni, R., & Altın, N. (2015). Design and simulation of a unified power quality conditioner fed by solar energy. *International journal of hydrogen energy*, 40(44), 15267-15277.
- Caricchi, F., Crescimbin, F., Noia, G., & Pirolo, D. (1994, February). Experimental study of a bidirectional DC-DC converter for the DC link voltage control and the regenerative braking in PM motor drives devoted to electrical vehicles. In *Proceedings of 1994 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition-ASPEC'94* (pp. 381-386). IEEE.
- Çetin, S., (2011). *Yeni Bir Yumuşak Anahtarlamalı ve Yüksek Güç Faktörlü AC-DC Dönüştürücünün Geliştirilmesi ve Gerçekleştirilmesi*, Doktora, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Ceylan, M., SARIKURT, T., & BALIKÇI, A. (2013). Elektrikli araçlarda kullanılan lityum-iyon bataryalar için model geliştirilmesi. 5. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Kongresi, 23-24.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Choe, G. Y., Kim, J. S., Lee, B. K., Won, C. Y., & Lee, T. W. (2010). A Bi-directional battery charger for electric vehicles using photovoltaic PCS systems. In Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), Lille France, 1-3 September.
- Choi, W. Y., Kwon, J. M. ve Kim, E. H., (2007). "Bridgeless Boost Rectifier with Low Conduction Losses and Reduced Diode Reverse-Recovery Problems", IEEE Transactions on Industrial Electronics, 54.2 (2007): 769-780.
- Das, S., Thotakanama, N. K., & Manickavasagam, K. (2017, December). Analysis and design of fuzzy based PWM controller for solar power generation. In 2017 International Conference on Technological Advancements in Power and Energy (TAP Energy) (pp. 1-6). IEEE.
- de Melo, H. N., Trovao, J. P. F., Pereirinha, P. G., Jorge, H. M., & Antunes, C. H. (2017). A controllable bidirectional battery charger for electric vehicles with vehicle-to-grid capability. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 67(1), 114-123.
- Ehsani, M., Gao, Y., Gay, S.E. ve Emadi, A., (2005). Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals Theory, and Design, First Edition CRC.
- Fardoun A.A., Ismail E.H., Khraim N., Sabzali A.J., Al-Saffar M.A. 2014. Bridgeless High Power Factor Buck-Converter Operating in Discontinuous Capacitor Voltage Mode, IEEE Transactions on Industry Applications, 50 (5): 3457–3467.
- Figueiredo, J. P. M., Tofoli, F. L. ve Silva, B. L. A. (2010). "A Review of Single- Phase PFC Topologies Based on the Boost Converter", Industry Applications (INDUSCON), 8-9 November 2010, Sao Paulo.
- Gopinath, M., ve Ramareddy, S., (2011). "A Brief Analysis on Bridgeless Boost PFC Converter", International Conference on Sustainable Energy and Intelligent Systems (SEISCON 2011), 20-22 July 2011, Chennai.
- Grigore V., Kyyra J. 2000. High power factor rectifier based on buck converter operating in discontinuous capacitor voltage mode, IEEE Transactions on Power Electronics, 15 (6): 1241- 1249.
- Hua, Chih-Chiang, Lin, Meng-Yu, "A Study of Charging Control of Lead-Acid Battery for Electric Vehicles", 2000 IEEE International Symposium on, vol.1., pp. 135-140, 2000.
- Huber, L., Jang, Y. ve Jovanovic, M. M., (2008). "Performance Evaluation of Bridgeless PFC Boost Rectifiers", IEEE Transactions on Power Electronics, 23.3 (2008): 1381-1390.
- Hwu K. I., Shieh J.J., Jiang W.Z. 2017. A new bridgeless buck PFC rectifier, International Journal of Circuit Theory and Applications, 45: 707-719.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Jang Y., Jovanovicacute M.M. 2011. Bridgeless high-power-factor buck converter, IEEE Transactions on Power Electronics, 26 (2): 602-611.
- Kayıklı, T., & Balıkçı, A. (2008). Elektrikli Araçlarda Kullanılan Lityum-Polimer Aküler İçin Bir Şarj Cihazı Tasarımı.
- Khadkikar, V., Chandra, A., & Singh, B. N. (2009). Generalised single-phase pq theory for active power filtering: simulation and DSP-based experimental investigation. IET Power Electronics, 2(1), 67-78.
- Khaligh A. ve Li, Z., (2010). "Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles: State of the Art", (2010). IEEE Transactions on Vehicular Technology, 59 (6): 2806-2814.
- Kim, Y. S., Lee, B. K. ve Lee, J. W., (2011). "Topology Characteristics Analysis and Performance Comparison for Optimal Design of High Efficiency PFC Circuit for Telecom", Telecommunications Energy Conference (INTELEC), 9-13 October 2011, Amsterdam.
- Kisacikoglu, M. C. (2013). Vehicle-to-grid (V2G) reactive power operation analysis of the EV/PHEV bidirectional battery charger, Knoxville, (Doctoral dissertation), The University of Tennessee.
- Kisacikoglu, M. C., Kesler, M., & Tolbert, L. M. (2014). Single-phase on-board bidirectional PEV charger for V2G reactive power operation. IEEE Transactions on Smart Grid, 6(2), 767-775.
- Kroeze R.C. ve Krein, P.T., "Electrical Battery Model for Use in Dynamic Electric Vehicle Simulations", (2008). in Power Electronics Specialists Conference, 2008. PESC 2008. IEEE, 15-19 June 2008, Rhodes
- Kurian N.S., Mohan F. 2014. Performance Evaluation of Bridgeless High Power factor Buck Front End, International Journal of Engineering Research and Technology, 3 (4): 224-227.
- Larminie, J. ve Lowry, J., (2003). "Electric Vehicle Tecnology Explained", John Wiley&Sons, West Sussex, England.
- Lee, J. Y., Chang, Y. M. ve Liu, F. Y., (1999). "A New UPS Topology Employing a PFC Boost Rectifier Cascaded High-Frequency Tri-port Converter", IEEE Transactions on Industrial Electronics, August 1999, IEEE Industrial Electronics Society.
- Lee, Y. S., & Cheng, M. W. (2005). Intelligent control battery equalization for series connected lithium-ion battery strings. IEEE Transactions on Industrial electronics, 52(5), 1297-1307.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Liaw, C. M., Chen, T. H., Wang, T. C., Cho, G. J., Lee, C. M., & Wang, C.T. (1991, May). Design and implementation of a single phase current- forced switching mode bilateral convertor. In IEE Proceedings B (Electric Power Applications). Vol. 138, No. 3, pp. 129-136.
- Liu, J., Chen, W., Zhang, J., Xu, D. ve Lee, F. C., (2001). "Evaluation of Power Losses in Different CCM Mode Single-Phase Boost PFC Converters Via a Simulation Tool", Industry Applications Conference, 30 September-4 October 2001, Chicago.
- Lowe, M., Tokuoka, S., Trigg, T. ve Gereffi, G., (2010). "Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles: THE U.S. VALUE CHAIN".
- Mamano, R., "New Developments in High Power Factor Circuit Topologies", HPFC Record, (1996): 63-74.
- Man Dwari, S., & Parsa, L. (2007). A novel high efficiency high power interleaved coupled-inductor boost DC-DC converter for hybrid and fuel cell electric Vehicle, In Vehicle Power and Propulsion Conference, Arlington, TX, USA 9-12 September.
- Muratoglu, Y., Elektrikli araçlarda kullanılan lityum iyon pillerin şarj durumlarının kokusuz kalman filtresi ile kestirilmesi
- Ni, L. (2010). Energy storage and management for a small series plug-in hybrid electric vehicle. Lincoln, Nebraska, (Doctoral dissertation) The University of Nebraska.
- Noon, J. "UC3855A/B High Performance Power Factor Preregulator" Texas Instruments Application Report, April 2004
- Ohnuma Y., Itoh J. 2014. A novel single-phase buck PFC AC-DC converter with power decoupling capability using an active buffer, IEEE Transactions on Industry Applications, 50 (3): 1905-1914.
- Overington, S., & Rajakaruna, S. (2012, June). Review of PHEV and HEV operation and control research for future direction. In 2012 3rd IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG) (pp. 385-392). IEEE.
- Park, J. H., Kim, D. J., & Lee, K. B. (2016). Predictive control algorithm including conduction-mode detection for PFC converter. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 63(9), 5900-5911.
- Petrea, C., ve Lucanu, M., (2007). "Bridgeless Power Factor Correction Converter Working at High Load Variations", Signals, Circuits and Systems, 2007. ISSCS 2007. International Symposium, 13-14 July 2007, Iasi.
- Şaban Ö., Fotovoltaik Sistemler için Mikrodenetleyicili en Yüksek Güç Noktasını İzleyen bir Konvertörün Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007, 212683.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Salmon, J. C., (1995). "Circuit Topologies for PWM Boost Rectifiers Operated from 1-Phase and 3-Phase AC Supplies and Using Either Single or Split DC Rail Voltage Outputs", Applied Power Electronics Conference and Exposition, 1995. APEC'95, 5-9 March 1995, Dallas.
- Sarı Kurt, T., & Balıkçı, A. (2018). Elektrikli araç uygulamalarında kullanılan lityum bataryalar için göreceli kapasite tahmin yöntemi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(5), 809-816.
- Satılmış, O., & Meşe, E. (2011). ELEKTRİKLİ VE HİBRİT ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN BATARYA ŞARJ CİHAZLARI.
- Sbordone, D., Bertini, I., Di Pietra, B., Falvo, M. C., Genovese, A., & Martirano, L. (2015). EV fast charging stations and energy storage technologies: A real implementation in the smart micro grid paradigm, Electric Power Systems Research, 120, 96-108.
- Silva, M. A., Trovão, J. P., & Pereirinha, P. G. (2011, July). Implementation of a multiple input DC-DC converter for Electric Vehicle power system. In Proceedings of the 2011 3rd International Youth Conference on Energetics (IYCE) (pp. 1-8). IEEE.
- Standard IEC 61000-3-2. 2010. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits-Limits for Harmonic Current Emissions (Equipment Input Current ≤ 16 A per Phase), 26s.
- Su B, Zhang JM, ZY Lu, 2011. Totem-Pole Boost Bridgeless PFC Rectifier With Simple Zero-Current Detection and Full Range ZVS Operating at the Boundary of DCM/CCM. IEEE Trans. on Power Electron., 26: 427-435.
- Tan, K. M., Ramachandaramurthy, V. K., & Yong, J. Y. (2014). Bidirectional battery charger for electric vehicle. In Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT Asia), 2014 IEEE pp. 406-411.
- Tarлак, H., & İşen, E. (2018). Elektrikli Araçlar ve Akü Şarj Sistemleri.
- Tremblay, O., Dessaint, L.-A. ve Dekkiche, A.-I., (2007). "A Generic Battery Model for the Dynamic Simulation of Hybrid Electric Vehicles", (2007). in Vehicle Power and Propulsion Conference, 2007, VPPC 2007. IEEE, 9-12 September 2007, Arlington, TX.
- Umesh, S., Venkatesha, L. ve Usha, A., (2014). "Active Power Factor Correction Technique for Single Phase Full Bridge Rectifier", Advances in Energy Conversion Technologies (ICAECT), 2014 International Conference on, 23-25 January 2014, Manipal
- Uzun, T., "Şarj Edilebilen Bataryalar ve Şarj Devreleri", <http://www.yildiz.edu.tr/~uzun/images/MkBatarya1.pdf>, 22 Şubat 2014.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Wirasingha, S. G., & Emadi, A. (2010). Classification and review of control strategies for plug-in hybrid electric vehicles. *IEEE Transactions on vehicular technology*, 60(1), 111-122.
- Yasemin, Ö. N. A. L. Tek fazlı köprüsüz düşürücü GFD konvertörleri için PQ tabanlı yeni bir denetleyici. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 349-360.
- Ye, H., Yang, Z. ve Dai, J., (2004). "Common Mode Noise Modeling and Analysis of Dual Boost PFC Circuit", *Telecommunications Energy Conference, 2004. INTELEC 2004, 19-23 September 2004, Chicago*.

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Fatma ASLAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Sakarya 06.12.1993



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Elektrik-Elektronik
Mühendisliği

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri :

1. Yasemin ONAL ve Fatma Aslan, "SIMULATION OF SINGLE PHASE
BIDIRECTIONAL BATTERY CHARGER" 2nd International Conference on Physical
Chemistry & Functional Materials, Kapadokya, Turkey, 23-27 June 2019

İş Deneyimi

Stajlar :Teiaş 5. Bölge Müdürlüğü

Lucas Enerji

Çalıştığı Kurumlar : Piem Enerji A.Ş. (Elektrik-Elektronik Mühendisi)

Huawei Telekomünikasyon A.Ş. (Elektrik-Elektronik Mühendisi)

İletişim

Adres : Valide atik mah. Eski topbaşı cad.Ugur apt. Daire 8

Üsküdar İstanbul

E-Posta Adresi : faatmaslan@gmail.com

Tarih: 26.09.2019