

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇİN
ZEKİ DENETİMLİ GENEL AMAÇLI ŞARJ
DENETLEYİCİSİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**2012
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

Memnun DEMİR

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇİN ZEKİ DENETİMLİ,
GENEL AMAÇLI ŞARJ DENETLEYİCİSİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Memnun DEMİR

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Eylül 2012

Memnun DEMİR tarafından hazırlanan “YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇİN ZEKİ DENETİMLİ GENEL AMAÇLI ŞARJ DENETLEYİCİSİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ.” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Raif BAYIR

Tez Danışmanı, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 18/09/2012

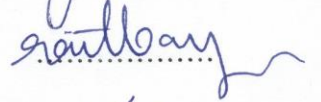
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN (KBÜ)



Üye: Doç. Dr. Raif BAYIR (KBÜ)



Üye: Yrd. Doç. Dr. A. Hayrettin YÜZER (KBÜ)



...../...../2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Memnun DEMİR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇİN ZEKİ DENETİMLİ, GENEL AMAÇLI ŞARJ DENETLEYİCİSİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Memnun DEMİR

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Raif BAYIR

Eylül 2012, 72 sayfa

Bu çalışmada, farklı özelliklere sahip yenilenebilir enerji sistemlerinin ihtiyaçlarına cevap verebilecek, esnek kullanım özelliğine sahip zeki denetimli şarj denetleyicisi gerçekleştirilmiştir. Bu sistem DA-DA (Doğru Akım – Doğru Akım) dönüştürücü devresi ve kontrol devresinden oluşmaktadır. DA-DA dönüştürücü devresi hem alçaltan hem de yükselten olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Kontrol kartının amacı tasarlanan DA-DA dönüştürücü üzerinden giriş akımı, çıkış akımı, giriş gerilimi ve çıkış gerilim değerlerini okumak ve istenilen çalışma algoritmasına uygun şekilde tutmaktır. Kontrol yazılımında bulanık mantık zeki denetim sağlanmıştır, bu sayede giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi değerlerinin kontrolü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sistem modbus protokolünü kullanarak diğer denetleyiciler ile iletişim kurabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede hibrit veya büyük ölçekli uygulamalarda sistemi oluşturan birleşenlerin bir bütün olarak çalışabilmesine olanak vermektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları için zeki denetimli, şarj denetleyicisinin programlanabilir olmasından dolayı, kullanılacak batarya veya batarya grubuna ait parametrelerin güncellenmesi yapılabilmektedir. Böylelikle yenilenebilir enerji kaynağının karakteristik özelliklerine göre bu kaynaktan yüksek verimde faydalanılabilmesini de sağlamaktadır.

Anahtar Sözcükler : Zeki denetim, bulanık mantık, şarj denetleyicisi, yenilenebilir enerji, DA-DA dönüştürücü, modbus.

Bilim Kodu : 702.1.084

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INTELLIGENT CONTROLLED, GENERAL-PURPOSE CHARGING CONTROLLER FOR RENEWABLE ENERGY RESOURCES

Memnun DEMİR

Karabuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electronic and Computer Education

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Raif BAYIR

September 2012, 72 Pages

In this study, with different features to meet the needs of renewable energy systems, have the use of flexible, intelligent charge controller designed controlled. The designed system is composed of DC-DC (Direct Current-Direct Current) converter and controller board. DC-DC converter designed to operate both the buck and boost. The aim of the control board is to read the input current, output current, input voltage and output voltage values through the designed DC-DC converter and to accompany with the desired working algorithm. Intelligent control algorithms utilizing fuzzy logic control software is provided so that input current, output current and output voltage values, control is performed. Besides the system is able to communicate with other control units using Modbus protocol. By this means, it allows the system to be able to run as a whole at the large-scale or hybrid applications.

It is because the intelligent charge controller is programmable; it can be easily used at the battery or battery group by entering the appropriate parameters. In the same

way by adopting to the characteristics of any energy source to be known, it enables the highest efficiency from the source.

Key Words : Intelligent control, fuzzy logic, charge controller, renewable resource, DC-DC converter, modbus.

Science Code : 702.1.084

TEŞEKKÜR

Eğitimim süresince katkı ve yardımları ile beni yönlendiren, her ne koşulda olursa olsun değerli zamanını ve tüm manevi yardımlarını eksik etmeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Raif Bayır'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, bana yürekten inanan saygıdeğer aileme sonsuz Őükranlarımı sunar, tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	5
2.1. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	5
2.1.1. Güneş Pilleri	5
2.1.2. Güneş Pili Karakteristiği.....	6
2.1.3. Güneş Pilleri İçin Maksimum Güç Noktası Takibi	7
2.1.4. Güneş Pilleri İçin Şarj Denetleyicisi Tasarım Kriterleri.....	7
2.2. RÜZGAR ENERJİSİ.....	8
2.2.1. Rüzgâr Türbinleri.....	9
2.2.2. Rüzgâr Türbinleri İçin Maksimum Güç Noktası Takibi.....	10
2.2.3. Rüzgâr Türbinleri İçin Şarj Denetleyicisi Tasarım Kriterleri.....	10
2.3. HİDRO ENERJİ	10
2.4. DALGA ENERJİSİ	11
2.5. BİYOKÜTLE ENERJİSİ	11
2.6. JEOTERMAL ENERJİ	11

BÖLÜM 3	13
DA-DA DÖNÜŞTÜRÜCÜLER	13
3.1. DA-DA ALÇALTAN DÖNÜŞTÜRÜCÜ	14
3.2. DA-DA YÜKSELTEN DÖNÜŞTÜRÜCÜ	16
3.3. DA-DA ALÇALTAN YÜKSELTEN DÖNÜŞTÜRÜCÜ	19
BÖLÜM 4	22
BULANIK MANTIK KONTROLÜ	22
4.1. BULANIKLIK KAVRAMI	22
4.2. BULANIK MANTIKLI KONTROL	24
4.2.1. Bulanıklaştırma Birimi	25
4.2.2. Bilgi Tabanı	26
4.2.3. Bulanık Çıkarım.....	26
4.2.4. Durulaştırma Birimi.....	26
4.2.4.1. Yükseklik Yöntemi	27
4.2.4.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi	27
BÖLÜM 5	29
İLETİŞİM.....	29
5.1. SENKRON FORMAT	30
5.2. ASENKRON FORMAT.....	30
5.3. MODBUS PROTOKOLÜ.....	31
5.3.1. Modbus Seri Hat Tanımları ve Uygulamaları	32
5.3.2. Modbus Adresleme Kuralları	32
5.3.3. Modbus Çerçeve Tanımı.....	32
5.3.4. Modbus ASCII Mod İletişim	35
5.3.5. Modbus ASCII Mod Çerçeve	35
5.3.6. Modbus RTU Mod Çerçeve.....	36
BÖLÜM 6	37
GENEL AMAÇLI ŞARJ DENETLEYİCİSİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ.....	37
6.1. DA-DA DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI.....	37
6.1.1. DA - DA Dönüştürücünün Yükselten Olarak Çalışması	37

6.1.2. DA - DA Dönüştürücünün Alçaltan Olarak Çalışması.....	38
6.1.3. Tasarlanan DA-DA Dönüştürücünün Benzetimi.....	39
6.1.4. DA-DA Dönüştürücünün Tasarımında Kullanılan Pasif Yumuşak Anahtarlama Snubber'ı	44
6.1.5. Akım ve Gerilimin Ölçülmesi	45
6.1.6. Sistemde Kullanılan Anahtarlama Elemanlarının Tetiklenmesi.....	47
6.1.7. DA – DA Dönüştürücü Modülün Gerçekleştirilmesi	47
6.2. KONTROL MODÜLÜ	49
6.2.1. MSP430G2553 Mikrodenetleyicisi	49
6.2.2. MSP430G2553 Mikrodenetleyicisinin Çalışma Modları	49
6.2.3. TimerA Modülü Kullanılarak Kontrol Sinyalinin Üretilmesi	50
6.2.4. MSP430G2553 Mikrodenetleyicisi ADC10 Modülü	52
6.2.5. Kontrol Modülünün Gerçekleştirilmesi	53
6.3. DENETLEYİCİ YAZILIMI.....	54
6.3.1. Denetleyici Algoritmasının Oluşturulması	54
6.3.2. Denetleyici Algoritmasının Simülasyonu.....	57
6.4. MODBUS RTU PROTOKOLÜ İLE SİSTEMİN KONTROLÜ	59
BÖLÜM 7	62
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	62
BÖLÜM 8	65
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Siemens M10 güneş pili.....	6
Şekil 2.2. Siemens M10 güneş piline ait akım gerilim grafiği.....	7
Şekil 2.3. Arthur O'Connor tarafından geliştirilen yatay rüzgâr türbini.	9
Şekil 3.1. DA-DA alçaltan dönüştürücü.	14
Şekil 3.2. Alçaltan dönüştürücü kontrol sinyali simülasyon grafiği.	16
Şekil 3.3. DA-DA yükselten dönüştürücü.	17
Şekil 3.4. DA-DA yükselten dönüştürücünün simülasyon grafiği.....	18
Şekil 3.5. DA - DA alçaltan yükselten dönüştürücü.	19
Şekil 3.6. Alçaltan-yükselten alçaltan olarak çalışmasına ait simülasyon grafiği.	20
Şekil 3.7. Alçaltan-yükselten yükselten olarak çalışmasına ait simülasyon grafiği. .	20
Şekil 4.1. Çeşitli geometrilere sahip bulanık mantık üyelik fonksiyonları.	23
Şekil 4.2. Yeşil, siyah ve kırmızı bulanık renk kümeleri.	24
Şekil 4.3. Bulanık mantık denetim sistemi.	25
Şekil 4.4. Yükseklik metodunun gösterimi.....	27
Şekil 4.5. Ağırlık merkezi yönteminin gösterimi.....	28
Şekil 5.1. Modbus mesajı.....	33
Şekil 5.2. Modbus veri işlem akış şeması.	34
Şekil 5.3. Modbus-ASCII mod byte yapısı.	35
Şekil 6.1. Tasarlanan alçaltan, yükselten dönüştürücünün şeması.	37
Şekil 6.2. Q1 ve Q3 mosfetlerinin tetiklenmesi.	38
Şekil 6.3. Q1 ve Q3 mosfetlerinin kesime gitmesi ve Q2 mosfetinin tetiklenmesi. ..	38
Şekil 6.4. Q1 mosfetinin tetiklenmesi.	38
Şekil 6.5. Q1 mosfetinin kesime giderek Q2 mosfetinin tetiklenmesi.....	39
Şekil 6.6. Plecs uygulama ortamında gerçekleştirilmiş simülasyon şeması.	39
Şekil 6.7. Yükselten Modda % 40 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği.	40
Şekil 6.8. Yükselten Modda % 40 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait anahtarlama elemanları tetikleme sinyali grafiği.	40

Şekil 6.9. Yükselten Modda % 80 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği.	41
Şekil 6.10. Yükselten Modda % 80 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyonuna ait anahtarlama kontrol sinyalinin grafiği.	42
Şekil 6.11. Alçaltan Modda % 40 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği.	42
Şekil 6.12. Alçaltan Modda % 40 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait anahtarlama elemanları tetikleme sinyali grafiği.	43
Şekil 6.13. Alçaltan Modda % 80 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği.	43
Şekil 6.14. Alçaltan Modda % 80 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait anahtarlama elemanları tetikleme sinyali grafiği.	44
Şekil 6.15. Pasif Yumuşak anahtarlama snubberı.	45
Şekil 6.16. Hall etkisi.	45
Şekil 6.17. ACS712 Akım sensörünün bağlantı şeması.	46
Şekil 6.18. ACS712 Akım sensörüne ait sıcaklığa bağlı hata değişim grafiği.	46
Şekil 6.19. IR2111 Yarım köprü mosfet sürücü bağlantı şeması.	47
Şekil 6.20. DA-DA dönüştürücü için PCB kart tasarımı (Bakır hat ve yerleşim).	48
Şekil 6.21. Gerçekleştirilen DA-DA dönüştürücü modül.	48
Şekil 6.22. Msp430 Mikrodenetleyicisi kontrol sinyali üretilmesi.	52
Şekil 6.23. Kontrol modülü için PCB kart tasarımı üst görünümü.	53
Şekil 6.24. Gerçekleştirilen kontrol modülü.	54
Şekil 6.25. Hata giriş üyelik fonksiyonu.	55
Şekil 6.26. Hata değişimi giriş üyelik fonksiyonu.	56
Şekil 6.27. Çıkış üyelik fonksiyonu.	56
Şekil 6.28. Kontrol algoritması akış şeması.	57
Şekil 6.29. Kontrol algoritmasının simülasyonu.	58
Şekil 6.30. Simülasyonun I_i , I_o , V_o değerlerine ait grafiği.	58
Şekil 6.31. Kontrol sinyalinin görev süresi değerine ait grafiği.	59
Şekil 6.32. Modbus Poll yazılımı ekran görüntüsü.	60
Şekil 6.33. Sistemin EasyView MT506LV ile kontrolü.	60
Şekil 6.34. Parametrelerin gönderimi ve veri okumak için gerçekleştirilen yazılımın ekran görüntüsü.	61
Şekil 7.1. Deneysel çalışma sistemi.	62
Şekil 7.2. Sabit akım kontrollü şarj işlemi çıkış akımı ve zaman grafiği.	63

Sayfa

Şekil 7.3. Sabit akım kontrollü şarj işlemi çıkış gerilimi ve zaman grafiği.	63
Şekil 7.4. Akım kısıtlamalı gerilim kontrollü şarj işlemi çıkış akımı grafiği.	63
Şekil 7.5. Akım kısıtlamalı gerilim kontrollü şarj işlemi çıkış gerilimi grafiği.	64
Şekil 7.6. Akım kontrollü aç-kapa şarj işlemi akım ve zaman grafiği.	64
Şekil 7.7. Akım kontrollü aç-kapa şarj işlemi gerilim ve zaman grafiği.	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1. Modbus cihaz adresleri tablosu.....	32
Çizelge 6.1. MSP430 Mikroişlemcisinin ait çalışma modları.....	50
Çizelge 6.2. Timer modülünün kaynak seçimi	50
Çizelge 6.3. Timer modülünün bölücü seçimi	51
Çizelge 6.4. Şarj kontrolü için örnek çıkış sınırlılık tablosu.....	55
Çizelge 6.5. Bulanık kural tabanı	56

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	:	Amper
C	:	Kondansatör
D	:	Görev süresi (Duty cycle)
E	:	Enerji (Joule)
F	:	Frekans
F_s	:	Anahtarlama frekansı (Hertz)
Ho	:	Hight output (Yüksek çıkış)
I_i	:	Giriş akımı (Amper)
I_L	:	Bobin akımı (Amper)
I_{Lmin}	:	En düşük bobin akımı (Amper)
I_{Lpk}	:	En yüksek bobin akımı (Amper)
I_o	:	Çıkış akımı (Amper)
L	:	Bobin (Henry)
Lo	:	Low output (Alçak çıkış)
R	:	Direnç (Ohm)
T	:	Zaman sabiti
t_{off}	:	Pasif olduğu süre
t_{on}	:	Aktif olduğu süre
V	:	Volt
V_i	:	Giriş gerilimi (Volt)
V_L	:	Bobin gerilimi (Volt)
V_o	:	Çıkış gerilimi (Volt)
W	:	Watt
Σ	:	Toplam fonksiyonu
Ω	:	Ohm
\$:	Amerikan para birimi
μ	:	Bulanık mantık kontrolü için üyelik fonksiyonu

KISALTMALAR

AA	: Alternatif akım
ADC	: Analog to digital converter (Analog sayısal dönüştürücü)
ASCII	: American standard code for information interchange (Bilgi değişimi için Amerikan standart kodlama sistemi)
CPU	: Central processing unit (Merkezi işlem birimi)
DA	: Doğru akım
DA-DA	: Doğru akım – doğru akım
DC-DC	: Direct current – direct current (Doğru akım – doğru akım)
DGM	: Darbe genişlik modülasyonu
HES	: Hidro elektrik santrali
HMI	: Human machine interface (İnsan makine arayüzü)
IGBT	: Insulated gate bipolar transistor (İzole kapılı bipolar transistör)
MPPT	: Maximum power point tracker (Maksimum güç noktası izleyici)
OSI	: Open systems interconnection (Açık sistemler arabağlantısı)
PC	: Personal computer (Kişisel bilgisayar)
PI	: Proportional integral (Oransal integral)
PLC	: Programmable logic controller (Programlanabilir mantık denetleyicisi)
PV	: Photo voltaic
RTU	: Remote terminal unit (Uzak terminal birimi)
USART	: Universal asynchronous receiver / transmitter (Evrensel asenkron alıcı / verici)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerjinin günlük hayatımızdaki önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Bu sebeple yeni enerji kaynaklarının elde edilmesi ve mevcut kaynaklardan daha verimli faydalanma yollarının bulunması konularında çalışmalar önem kazanmaktadır. Özellikle yenilenebilir kaynaklarından enerji elde etmek için kullanılan yöntemlerin maliyetli oluşu, bu sistemlerden elde edilen enerjinin en yüksek verimde kullanılması konusunda baskı oluşturmakta ve verimlilik için yapılan araştırmalara yönlendirmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları başlıca hidrolik, rüzgâr ve güneş enerjisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji kaynağı aynı olan sistemlerde bile yapısal farklılıklardan dolayı enerjinin verimli kullanılmasını sağlayacak gereksinimler birbirinden ayrı özellikler göstermektedir.

Sistemlerin gereksinimlerinin araştırılması ve bu sistemlerden elde edilecek enerjinin en verimli şekilde kullanılmasını sağlayacak bir kontrol aracına ihtiyaç duyulmaktadır. Gerçekleştirilecek kontrol uygulaması geniş kullanım alanına sahip olmalı geliştirilmeye açık ve kolaylıkla sistem gereksinimleri için tekrar programlanabilir olmalıdır. Ayrıca farklı kontrol birimleri ile kolaylıkla bir arada kullanılmasını sağlamak amacıyla ortak bir iletişim protokollü kullanabilmelidir. Bu sayede gerçekleştirilecek sistem araştırmacıların enerji kaynakları üzerine çalışmaları hızlandıracak ve verimlilik üzerine çalışmalarda ortak çözümler üretmelerini sağlayacaktır.

Şarj denetleyicileri ve yenilenebilir enerji kaynakları hakkında yapılmış olan çok sayıda araştırma mevcuttur. Ancak genel amaçlı olarak kullanılacak bir şarj denetleyicisi üzerine yapılmış çalışmalara az rastlanmaktadır. Ayrıca enerjinin

depolanmasında kullanılacak batarya çeşidine göre ve enerji kaynağının gereksinimlerine göre programlanabilen sistemlere rastlamak oldukça güçtür.

Tufan Kayıklı ve Abdulkadir Balıkçı enerji kaynağı olarak şehir şebekesini kullanarak, yükselten dönüştürücülü ve alçaltan dönüştürücülü, Lityum-Polimer batarya şarj cihazı tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Bataryanın şarjında % 85'lik doluluk oranına kadar sabit akımla, bu sınırın üstünde ise sabit gerilimle şarj işlemini gerçekleştirmişlerdir. Sabit gerilim altında şarj devam ederken akımın eşik sınırın altına inmesiyle şarj işlemini tamamlamışlardır. Akım ve gerilim kontrolünde PI (Oransal integral) kontrol yöntemini kullanmışlardır [1].

Mehmet Yörükoğul ve Ali Naci Çeli fotovoltaik sistemler için akü kontrol stratejileri ve simülasyonları üzerine çalışma gerçekleştirmişlerdir. Kurşun-Asit akülerin tam dolu ve tam boş durumlarındaki gerilimin kontrol altında tutulması ile akünün ömrü ve performansında artırıcı etki yapacağından yola çıkarak, simülasyon ortamında bir kontrol algoritması geliştirmişlerdir [2].

II-Song Kim et al. tarafından fotovoltik sistemler için bir lityum batarya şarj denetleyicisi tasarlanmış alçaltan dönüştürücü kullandıkları tasarımda sensörsüz MPPT (Maksimum güç noktası izleyici) kontrol metodu kullanmışlardır. Kullanılan metot ile lityum iyon bataryanın şarj akımı izin verilen en yüksek akımdan düşükse MPPT algoritmaları ile şarj akımını artırmaya çalışmışlardır. Eğer şarj akımı bataryanın izin verilen en yüksek akımından fazla ise şarj akımını azaltarak bataryayı güvende tutmuşlardır. Kontrol algoritmaları Kalman filtresi temel alınarak hazırlanmıştır [3].

Yu-Lung Ke et al. batarya şarjı için yüksek verimlilikte, sıfır gerilim geçişli, darbe genişlik modülasyonlu (DGM), yükselten tip dönüştürücü tasarımı yapmışlardır ve Kurşun-Asit batarya şarjında denemişlerdir. Tasarlamış oldukları sistemde anahtarlama kayıplarını azaltarak şarj verimini artırmayı amaçlamışlardır, bu amaçla iki adet anahtarlama elemanı kullanmışlar ve aktif yumuşak anahtarlama gerçekleştirmişlerdir. Sistemlerinin verimliliğini kullandıkları teknik ile % 91,25'e çıkarmayı başarmışlardır [4].

Ke Liu and John Makaran güneş enerjisi ile batarya şarjı cihazı tasarımı üzerine bir çalışma yapılmış ve bu çalışmada yükselten tip DA-DA dönüştürücü kullanılmıştır. Gerçekleştirdikleri çalışmada güneş enerjisinden en verimli şekilde faydalanabilmeyi amaçlamışlardır. Giriş akım ve gerilimi ile çıkış akım ve gerilimini okuyarak kontrol algoritmaları sayesinde en uygun çalışma durumunda olması gereken darbe genişlik sinyalini elde etmişler ve bu sinyalle anahtarlama elmanı olarak kullandıkları mosfet'i sürmüşlerdir. Kontrol algoritmaları, *“eğer çıkış akımı limit değerinde değilse ve batarya aktarılan güç artıyorsa çıkış akımını artır, eğer bataryaya aktarılan güç azalıyorsa akımı azalt”* şeklinde gerçekleşmektedir [5].

Jensak Eakburanawat ve Itsda Boonyaroonate tarafından geliştirilen mikrodenetleyici kontrollü en yüksek güç noktası izleme teknoloji termoelektirik batarya şarj cihazı alçaltan yükselten DA-DA dönüştürücü içermektedir. Dönüştürücü olarak SEPIC DA-DA dönüştürücüsü kullanılmıştır. MPPT algoritması olarak ise çıkış akımını takip etmektedir. Eğer çıkış akımı artıyorsa kontrol sinyalinin görev süresi artırılmış, çıkış akımı azalıyorsa kontrol sinyalinin görev süresi azaltılmıştır [6].

Her-Terng Yau et al. yaptıkları çalışmada fotofolvtik sistemler için en yüksek güç izleyicili MPPT Li-ion batarya şarj sistemi tasarlamıştır. Sistemlerinde güneş panelinden elde ettikleri enerjiyi yükselten DA-DA dönüştürücü ile kapasitör bloğuna aktarmışlar ve bu aşamada En Yüksek Güç Noktası İzleme (EYGNİ) algoritması kullanarak PV (Photo Voltaic) sistemi en verimli şekilde kullanmaya çalışmışlardır. Kapasitör bloğundan bataryaya alçaltan DA-DA dönüştürücü ile enerji aktarmışlar ve kontrolünde PI kullanmışlardır. Bu sayede yüksek verimlilikte Li-ion bataryaları şarj etmeyi başarmışlardır [7].

Bu çalışmada birbirinden farklı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında kolaylık sağlayacak olan programlanabilme özelliğine sahip ve kullanılacağı sisteme uygun olarak çalışabilen bir şarj denetleyicisi tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Giriş bölümünde konu ile ilgili çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde enerji kavramı, yenilenebilir enerji kaynakları, güneş ve rüzgâr enerjisinin özellikleri ve bu enerjilerin en yüksek verimde nasıl kullanılacakları hakkında bilgi verilmektedir. Üçüncü bölüm DA-DA dönüştürücüler hakkında

bilgiler içermektedir, ayrıca DA-DA dönüştürücülerin yapıları ve matematiksel ifadeleri verilmektedir. Dördüncü bölüm sistemin kontrolünde kullanılan bulanık mantık hakkında bilgileri içerir. Beşinci bölümde tasarlanan şarj denetleyicisinin diğer sistemlerle nasıl haberleşebileceği hakkında bilgiler açıklanmaktadır. Altıncı bölümde sistemin donanımı ve yazılımı hakkında bilgiler verilmektedir. Yedinci bölümde deneysel sonuçlar yer almaktadır. Sekizinci bölümde ise gerçekleştirilen sistemin başarımı ve bundan sonra yapılacak çalışmalara öneriler yer almaktadır.

BÖLÜM 2

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji sürekli devam eden doğal süreçlerde var olan enerjidir, yenilenebilir enerji kaynakları ise enerji kaynağından temin edilen enerji oranında veya daha hızlı kendini yenileyebilen kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin kalıcı olarak tüketilmesi mümkün değildir. Yenilenebilir enerji kaynağı olmayan fosil yakıtların ise yoğun kullanılması sonucu yakın gelecekte tamamen tükenme tehlikesi mevcuttur.

Günümüzde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek olarak güneş enerjisi (ısı, ışık), rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi şeklindedir.

2.1. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi yenilenebilir kaynaklar içinde kullanımı dünya ülkelerinde en çok yaygınlaşmış kaynaktır. Bunu sebebi güneşin enerjisini dünya geneline yayması ve enerji dönüşümü için büyük ve karmaşık yapılar inşa edilmesi gerekmemesidir. Kullanılan teknolojinin kolay uygulanabilirliği sayesinde güneş enerjisinden bireyler kendi imkânları ile faydalanabilme imkânına sahiptir [8].

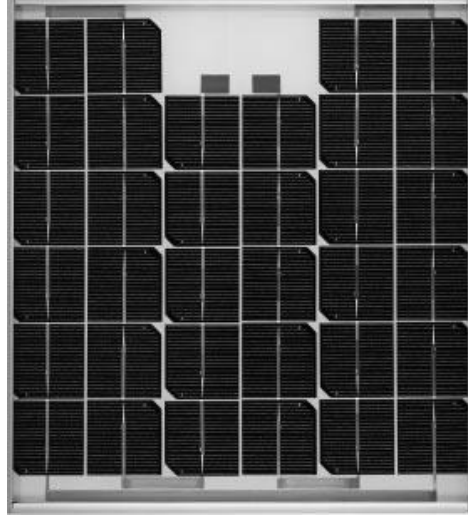
2.1.1. Güneş Pilleri

Güneş ışığından elektrik enerjisi üreten güneş pilleri, Yunanca, ışık anlamına gelen “photo” ve elektrik akımını geliştiren makinayı tasarlayan Alessandra Volt’tan esinlenerek voltaj anlamına gelen “voltaic” kelimelerinin birleşmesinden türetilmiştir [9]. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır. Yarı

iletken malzemenin güneş pili olarak çalışması; hücrenin ara yüzüne gelen ışık fotonlarının elektron sökmesi ve bu elektronların dış çevrede hareketi esasına dayanır [10]. Bir PV hücrenin çıkış voltajı yaklaşık olarak 0,5 Volttur. Güç çıkışını arttırmak için çok sayıda hücre seri ya da paralel bağlanarak ‘modül’, modüller birleştirilerek ‘panel’ ve paneller birleştirilerek ‘dizi’ elde edilir [11]. Bu şekilde ihtiyaç duyulan güç sağlanabilmektedir.

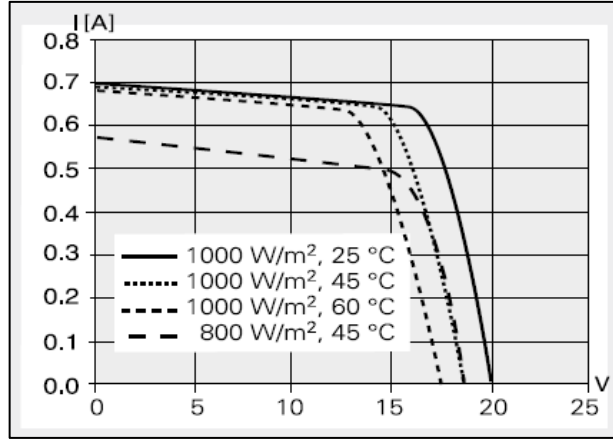
2.1.2. Güneş Pili Karakteristiği

Bir Fotovoltaj güneş pilinin elektriksel özelliklerini belirlemek için bu pilin akım ve geriliminin yükten nasıl etkilendiğini gözlemek gerekir. Fotovoltaik pil paneli seri bağlı bir ampermetre üzerinden ayarlanabilen bir yüke doğrudan bağlanmıştır. Günün belirli bir saatinde, gün ışığı ve ortam sıcaklığındaki değişmelerin ihmal edilebilecek kadar az olduğu kabul edilerek, yük açık konumdan uçlarının kısa devre olduğu konuma kadar ayarlanırken, ampermetre ve voltmetredeki değerler her yük kademesi için kaydedilip grafik olarak çizilirse, Şekil 2.2’de verilen Akım-Gerilim (A-V) karakteristiği elde edilebilir [12].



Şekil 2.1. Siemens M10 güneş pili [13].

Şekilde 2.1’de resmi verilmiş olan Siemens firmasına ait M10 güneş pilinin Akım Gerilim grafiği Şekil 2.2’de verilmektedir.



Şekil 2.2. Siemens M10 güneş piline ait akım gerilim grafiği [13].

2.1.3. Güneş Pilleri İçin Maksimum Güç Noktası Takibi

PV güneş pillerinin karakteristikleri incelendiğinde, akım-gerilim ya da güç-gerilim ilişkilerinin klasik doğru akım kaynaklarına benzemediği görülür. PV pillerin bu karakteristikleri doğrusallıktan oldukça uzaktır. Öyle ki, maksimum çıkış güçleri maksimum akım ve gerilim değerlerinde değil, akım-gerilim karakteristiğinin diz bölümü civarındadır. Ayrıca PV güneş pilleri sıcaklıktan olumsuz yönde etkilenmektedir. Sıcaklık arttıkça PV pilin çıkış gerilimi ve gücü azalmaktadır [12].

Maksimum güç noktası takip edici adı verilen sistemler değişim gösterebilen çıkış gücünü hep en üst tepe noktasında tutmaya çalışırlar. MPPT devreleri basit bir akım sınırlayıcıdan çok daha öte bir tasarım alt yapısını içermektedirler. Çünkü güneş panellerindeki maksimum güç noktası panelin üzerinde düşen güneş ışınlarının enerjisine göre yer değiştirebilmektedir. Güneş panelindeki bu güç noktasının yeri güneşli bir günde bile değişmektedir. Güç izleyici ise her türlü durumda etkin güç noktasını hemen tespit edip enerji kullanım verimini en üstte tutmaya çalışacaktır.

2.1.4. Güneş Pilleri İçin Şarj Denetleyicisi Tasarım Kriterleri

Maksimum güç noktası izleyicisi bazı hedefleri sağlaması gerekir. Bunlar; Çevresel koşulların değişmesiyle maksimum güç noktası değiştiğinde sistemin bu noktaya yakın çalışması gerekmektedir. Yüksek dönüşüm verimliliği sağlaması gerekir.

Çevresel koşulların geniş bir ölçekte değişimine karşın izlemeyi düzenleyebilmesi yük ile uyumlu bir şekilde çıkış ara yüzü sağlayabilmelidir. Bir MPPT devresi tasarlamaya başlamadan önce aşağıdaki kriterlerin göz önünde bulundurulması gerekir.

- Elektriksel karakteristiği: PV'nin verdiği gerilim aralığı ve bu gerilim aralığına karşılık ürettiği akım değeri.
- Kazanç: Sistemin en önemli kriterlerden birisi de kazanç olmaktadır. DA-DA çeviricilerde, ideal olmayan elemanlar yüzünden hiçbir zaman giriş gücü, çıkış gücüne eşit değildir. Gerek bobinin omik direncinde, gerek anahtarlama elemanının iç direncinde ve gerekse de diyotun oluşturduğu ileri yönlü gerilim düşümü ve diğer ısı vs. gibi durumlar mutlaka ekstra bir güç sarfiyatı oluşturacaktır. Önemli olan bu sarfiyatın en aza indirilmesidir [2].
- Algoritmanın esnekliği ve hızı: MPPT devresi, MPPT algoritması görevini yürüten her türlü değişken giriş gücüne olabildiğince hızlı bir şekilde tepki vererek maksimum güç noktasını hemen tespit edebilmelidir.
- Elverişsiz ortam şartları: Devre, dış çevreden kaynaklanan bozucu etkilere karşı özellikle de yüksek çevre ısısına ve ortamın ışınım şiddetindeki değişimlerine karşı etkin olabilmelidir.
- Maliyet: Ticari MPPT devrelerinin ortalama satış fiyatı 1000-2000\$ arasındadır [2]. Bu fiyat MPPT devresinin gücüne göre büyük oranda artış gösterebilmektedir. Üretilecek güç izleyici devrenin maliyeti de bu miktarları geçmemelidir.

2.2. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisinin çevrime uğramış şeklidir. Güneş enerjisinin karaları, denizleri ve atmosferi her yerde özdeş ısıtmaması nedeniyle oluşan sıcaklık ve basınç farkları, rüzgârları oluşturmaktadır. Rüzgâr yüksek basınç alanından, alçak

basınç alanına yer değiştiren havanın, dünya yüzeyine göre bağlı olarak yaptığı hareketlerdir [14].

Rüzgâr atmosferde bol ve serbest olarak bulunan, kararlı, güvenilir ve sürekli bir kaynaktır. Doğası gereği kinetik enerji taşımaktadır. Havanın özgül kütlesi az olduğundan, rüzgârdan sağlanacak enerjinin miktarı rüzgârın hızına bağlıdır. Rüzgârın hızı yükseklikle, gücü ise hızının küpü ile orantılı olarak artar. Sağlayabileceği enerji gücüne estiği süreye bağlıdır. Özgül rüzgâr gücü, hava debisine dik olarak birim yüzeye düşen güçtür [14].

2.2.1. Rüzgâr Türbinleri

Rüzgâr türbinleri dikey ve yatay olmak üzere ikiye ayrılır. Dikey rüzgâr türbinleri daha çok deneysel olup, ticari amaçlı uygulamaları azdır. Günümüzde enerji üretiminde büyük oranda kullanılan sistemler yatay türbin sistemlerdir. Böyle bir türbin sistemi Şekil 2.3'te görülmektedir [15].



Şekil 2.3. Arthur O'Connor tarafından geliştirilen yatay rüzgâr türbini.

Düşük güç sistemlerinde eskiden daha fazla kullanılan doğru akım generatörleri şimdi senkron veya asenkron generatörlerle değiştirilmektedirler. Bu generatörler, çok pahalı olmayan doğrultmaçlar yardımıyla kolayca doğru akıma dönüştürülebilen alternatif akım üretirler. Günümüzde kullanılan doğru akım makineleri ise kalıcı magnetler içerirler. Rotor kalıcı magnetik kutuplar içerir ve stator de alternatif akım üretir. Alternatif akım daha sonra doğrultucular yardımıyla doğrultulur. Bu tip

makinelere komutator ve fırçalar kullanmazlar böylece makinaların güvenilirliği artırılmış olur. Kalıcı magnetli DA makineler küçük türbinlerle kullanılırlar. Bunun sebebi magnet kapasitesindeki sınırlamalardır [16].

2.2.2. Rüzgâr Türbinleri İçin Maksimum Güç Noktası Takibi

Rüzgâr türbinlerindeki kontrol sistemlerinin amacı parametreleri kontrol ederek, türbin faaliyetlerini bütün iklim ve rüzgâr koşullarında, en verimli enerji üretecek şekilde optimize etmeyi sağlamaktır [17].

Rüzgâr türbininden üretilen elektrik enerjisinin şebekeyi doğru beslemesi sürekli denetimi gerektirir. Üreteç Kontrol Sistemi, rüzgâr türbinlerinde kanatlardan alınan hareket enerjisini, elektrik enerjisine çeviren üreticinin çıkış gerilimi, akım ve frekansının şebeke değerlerine uyumlu olmasını denetleyen birimdir [17].

2.2.3. Rüzgâr Türbinleri İçin Şarj Denetleyicisi Tasarım Kriterleri

Düşük rüzgar hızlarında şarj işlemini başlatabilmesi ve yüksek rüzgar hızlarında ise frenleme özelliğine sahip olmalıdır. MPPT tekniği ile geniş DA giriş aralığında çalışabilmelidir. Akıllı yük yönetimi ile 3 aşamalı şarj/deşarj işlevi gibi özelliklere sahip olmalıdır [18].

2.3. HİDRO ENERJİ

Elektrik enerjisi üretiminde fosil ve nükleer yakıtlı termik, jeotermal ve doğal gazlı santraller yanında hidroelektrik santrallerin (HES) yenilenebilir ve puant çalışma gibi iki önemli özelliği vardır. HES ilk yatırım maliyeti yönünden de doğalgaz santrali dışında diğer termik ve nükleer santrallerle rekabet edecek konumdadır. İşletilmesi ekonomiktir ve çevrecidir. Hidrolik potansiyelin ulusal ve yenilenebilir bir kaynak olması, HES'lerin ekonomiye faydaları ve yerli yapım oranının diğer santrallara oranla daha yüksek olması gibi sebepler dikkate alınarak, hidroelektrik potansiyelini değerlendirme oranının önümüzdeki 20 yıl içerisinde asgari %90 düzeyine getirilmesi ülkemizin yararına olacaktır. Ülkemizin her köşesine yayılmış olan

akarsular üzerinde kurulacak küçük HES'ler, hem enterkonnekte şebekenin yükünü hafifletecek, hem de iletim ve dağıtım kayıplarını azaltıcı ve ulusal şebekenin stabilitesini artırıcı bir rol oynayacaktır [19].

2.4. DALGA ENERJİSİ

Dünya yüzeyinin farklı ısınması sonucu oluşan rüzgârların deniz yüzeyinde esmesi ile meydana gelen deniz dalgalarındaki gücün diğer yenilenebilir enerji kaynaklarındakinden 10-15 defa daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Kullanabildiği takdirde bol ve çoğu ülkenin elde edebileceği kadar yaygındır.

Her ne kadar bulunduğu yere göre değişse de ortalama günlük güneş enerjisi akışı metre kare başına 100 W'dır. Güneş enerjisinin kullanımında yüzey etkin olduğundan yüzey örnek verilirse; ideal şartlarda 1 kW elektrik üretimi için 10 metrekarelik bir alan gereklidir. Rüzgâr enerjisi kullanılarak aynı miktarda elektrik üretimi için 2 metrekare yer gereklidir. (1-5 veya 1-10) Dalga gücü için bu alan sadece 1 metrekaredir. (Kıyı Dalgası) Ayrıca okyanuslardaki bu gücün sadece yüzde biri bugünkü dünya enerji talebinin beş katından fazladır [20].

2.5. BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Dünyanın çoğalan nüfusu ve sanayileşmesi ile giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek kaynaklardan belki de en önemlisi biyokütle enerjisidir. Bitki yetiştirilmesi, güneş var olduğu süre süreceği için, biyokütle tükenmez bir enerji kaynağıdır. Biyokütle; tükenmez bir kaynak olması, her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir [21].

2.6. JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde bulunan ve yeryüzündeki havzalardan beslenen sularla potansiyelini oluşturan birikmiş ısının meydana

getirdiği sıcaklıkları bölgesel olarak değişen ve bünyesinde daha çok erimiş mineral tuzlar ve gazlar içeren su ve buhardan oluşan bir hidrotermal kütledir. Yeraltındaki bazı granit gibi sert kayaların oluşturduğu sistemler de bünyelerinde su içermemesine rağmen bir jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilir. Bu kayalar herhangi bir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki sıcak kuru kayalardır. En geniş anlamda yerkabuğunda depolanan ısı enerjisi, jeotermal enerjiyi oluşturmaktadır [22].

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalalar, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtma olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kâğıt ve dokuma sanayisinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki karbondioksitten den kuru buz eldesinde) kullanılmaktadır. Ancak, orta entalpili sahalardaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Yüksek entalpili sahalardan elde edilen akışkan ise, elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir. Teknik ilerlemeler nedeniyle yüksek sıcaklık değerine sahip olan jeotermal akışkanların sebep olduğu korozyon, hızlı tortulaşma ve kabuklaşma gibi sorunların giderilmesi mümkün hale geldikten sonra dünyada ve Türkiye’de önemli bir potansiyel kaynak değer özelliği kazanan jeotermal akışkanlardan yararlanma düzeyi ve sağlanan verim oldukça yükselmiştir [22].

BÖLÜM 3

DA-DA DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

DA-DA dönüştürücüler güç elektroniği sistemleri olup, anahtarlama yolu ile bir seviyedeki elektrik gerilimini başka bir seviyeye dönüştürürler. Yüksek verimli ve küçük boyutlu olduklarından günümüzde çok popüler olup bilgisayarlardan çevre birimlerine ve birçok elektronik cihazlara da gerilim sağlayan güç kaynaklarında kullanılmaktadırlar [23]. İdealde pasif elemanlar bulundurup enerji dönüşüm işlemini kayıpsız olarak yaparlar. Gerçekte ise verimleri %70 ile %95 arasında değişir [24]. DA-DA Dönüştürücüler izolasyonlu veya izolasyonsuz olarak iki gruba ayrılabilir. Bu iki grup içerisinde farklı tiplerde alçaltan, yüksekten ve alçaltan yükselten dönüştürücü örnekleri bulunmaktadır.

Çalışma koşullarına göre DA-DA dönüştürücüler sürekli kip (iki durumlu) ve kesintili kip (üç durumlu) olmak üzere iki çalışma kipinde çalışırlar. Alçaltan, yükselten ve alçaltan-yükselten dönüştürücülerin endüktans değeri kritik değerden büyük olduğunda sürekli kip ve endüktans değeri kritik değerden küçük olduğunda kesintili kipte çalışırlar [25].

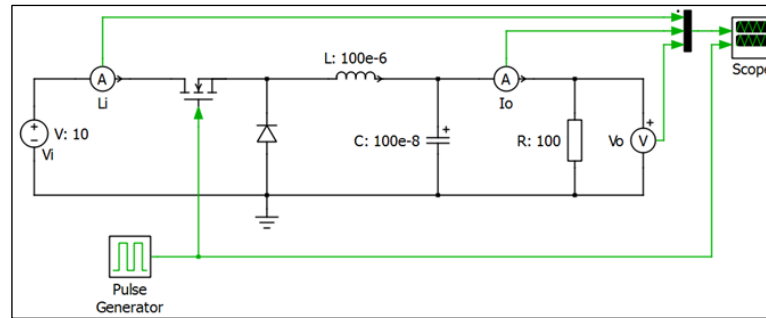
Sürekli durumda DA-DA dönüştürücü gerilim ve akım dalga şekilleri incelendiğinde bir DA bileşenin bir de anahtarlama frekansında dalgalanma ve harmoniklerinin olduğu görülür. İyi tasarlanmış DA-DA dönüştürücülerde, DA bileşenle kıyaslandığında dalgalanmanın çok küçük genlikte olması gerekir. İndüktans akımı ele alındığında anahtarlamanın oluşturacağı dalgalanma maksimum yük için DA bileşenin genliğinin %10-20'si civarında, çıkış gerilimindeki dalgalanmanın ise çıkış DA geriliminin %1'inin altında olması istenmektedir. Her iki durumda da DA bileşenle kıyaslandığında dalgalanmanın genliği küçük olduğundan ihmal edilebilmektedir [23].

Temel olarak DA-DA dönüştürücülerin kontrolü akım kipinde kontrol, gerilim kipinde kontrol ve hem akım hem de gerilim kipinde kontrol olmak üzere üç farklı yöntemde gerçekleştirilmektedir. Kontrol yapısının işleyişine göre darbe genlik modülasyonu ile kontrol sinyali üretilir ve bu sayede sistemin istenilen şekilde çalışması sağlanmaktadır [26, 27].

3.1. DA-DA ALÇALTAN DÖNÜŞTÜRÜCÜ

DA-DA alçaltan dönüştürücü yalıtımsız DA-DA dönüştürücüler arasında çok kullanılan yapılardan bir tanesidir. Güç kaynağı tasarımcılarının DA-DA alçaltan dönüştürücü yapılarını kullanmalarının sebebi istenilen çıkış geriliminin her zaman giriş geriliminden düşük olmasıdır. Yarı iletken anahtarın kaynak ve bobin arasında seri olarak bağlanmasından dolayı giriş akımı süresizdir. Bunun dışında, bobinin ve kapasitenin her durumda yükü beslemesinden dolayı çıkış akımı da sürekli [28].

Şekil 3.1’de DA-DA alçaltan dönüştürücüsü için devre şeması görülmektedir. Anahtarlama elemanı olarak mosfet kullanılmıştır. Mosfet tetiklendiği zaman diyot ters polarlanarak yalıtıma geçecektir, akım bobin üzerinden akacak ve bir miktar enerji bobin üzerinde depolanacaktır. Mosfet yalıtıma geçtiğinde ise bobin üzerinde depolanmış olan enerji yük ve diyot üzerinden deşarj olacaktır. Mosfetin yalıtımda veya iletimde olmasıyla gerçekleşen darbe genişliği süresi değiştirilerek çıkış gerilimi istenilen seviyede ayarlanabilir. Bobinin endüktans değerine veya uygulanan anahtarlama elemanına uygulanan tetikleme frekansına göre sürekli veya kesintili kipte çalışabilir [28, 29].



Şekil 3.1. DA-DA alçaltan dönüştürücü.

Sistem güç kaynağı ile beslendiğinde bobin üzerinde gerilim düşümü Eşitlik 3.1'deki gibi olacaktır.

$$V_L = V_i - V_o \quad (3.1)$$

Bobin üzerinden geçen akım zamanla artacaktır. Devre açıldığında ise diyot iletime geçer ve bobin üzerindeki gerilim dönüşümü Eşitlik 3.2'deki gibi olacaktır.

$$V_L = -V_o \quad (3.2)$$

Zaman için de I_L akımı azalacaktır. Bobin tarafından depolanmış enerjinin Eşitlik 3.3'teki gibidir.

$$E = \frac{1}{2} L I_L^2 \quad (3.3)$$

Devrenin Kapalı ve açık olmasına göre kapalı olduğu süreye t_{on} açık olduğu süreye ise t_{off} dersek Eşitlik 3.4'teki denklemleri elde ederiz.

$$\frac{(V_i - V_o)t_{on}}{L} - \frac{V_o t_{off}}{L} = 0 \quad (3.4)$$

$t_{on} = D.T$ ve $t_{off} = T-D.T$ eşitliklerinden D görev süresi (Görev süresi) olarak adlandırılmaktadır. 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Buradan çıkarımla Eşitlik 3.5, 3.6, 3.7'ye ulaşabiliriz.

$$V_o = D V_i \quad (3.5)$$

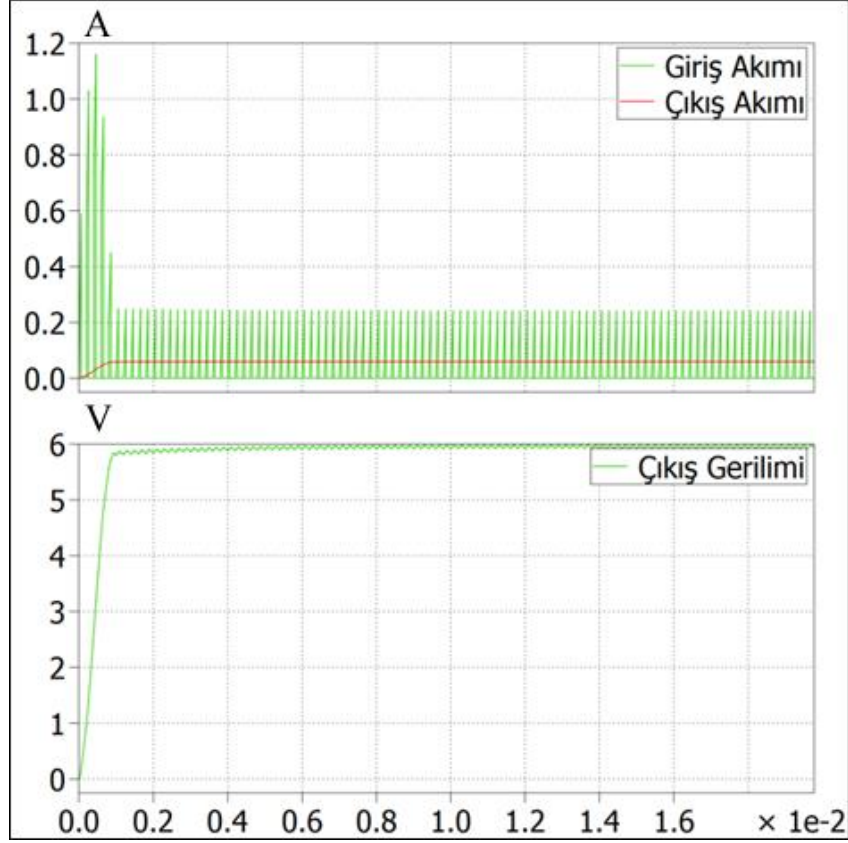
$$D = V_o / V_i \quad (3.6)$$

$$D = t_{on} / T \quad (3.7)$$

Bu eşitliklerden çıkarımla çıkış geriliminin giriş gerilimine eşit veya küçük olabileceğine, çıkış gerilimi ile giriş gerilimi arasındaki oranın görev süresini vereceğine ulaşılabilmektedir.

Şekil 3.2'de DA-DA alçaltan dönüştürücü için gerçekleştirilmiş simülasyonun giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimine ait grafiği görülmektedir. Girişe uygulanan 10

Volt gerilim ve 0,6 görev süresi ile sistemin çıkış gerilimi yaklaşık 6 Volt olmaktadır.



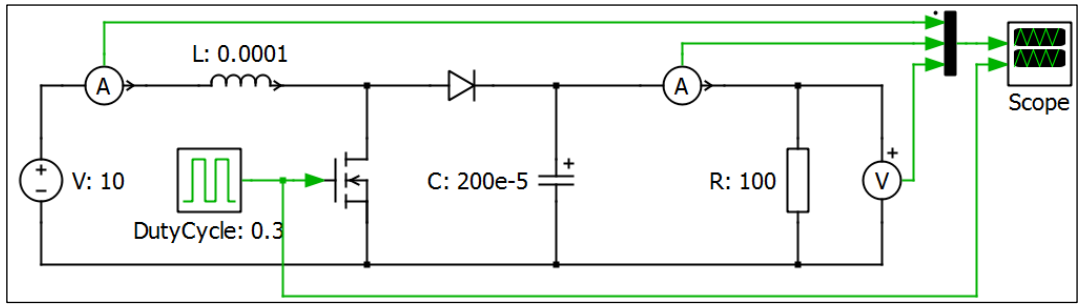
Şekil 3.2. Alçaltan dönüştürücü kontrol sinyali simülasyon grafiği.

3.2. DA-DA YÜKSELTEN DÖNÜŞTÜRÜCÜ

İdeal bir DA-DA yükselten dönüştürücü yapısı yarı iletken anahtar, diyot, bobin ve kapasite elemanlarından oluşmaktadır. Çalışma yapısı yarı iletken güç anahtarının iletme ve kesime götürülmesine göre gerçekleştirilmektedir. Anahtar elemanı iletme götürüldüğünde bobin içerisinden geçen akım artar ve bobin üzerinde enerji depolanmaya başlar. Anahtar kesime götürüldüğü anda, bobin içerisinden geçmekte olan şarj akımı diyot üzerinden kondansatör ve yüke doğru akmaya başlar. Bobin, enerjisini deşarj eder ve bobin üzerindeki gerilimin polaritesinin yönü gerilim kaynağının polaritesi ile aynı olur ve diyot üzerinden yüke bağlanır. Böylece çıkış geriliminin seviyesi yükseltilmiş olur. Böylece diyot da kesime gider ve devre Şekil

3.3'de görüldüğü gibi iki farklı parçaya bölünür. RC devresinin zaman sabitinin anahtarlama periyodundan çok büyük olduğu sürece çıkış gerilimi sabit kalır [30].

Büyük endüktans değerleri istenilen gerilim seviyesine gelmek için gerekli süreyi azaltırken, küçük endüktans değerleri ise yüksek gerilim seviyelerine ulaşmaya olanak vermektedir. Genellikle ferrit çekirdekli veya eşdeğer endüktanslar önerilir. Verimli değerlere ulaşmak için yüksek saturasyon akımına sahip düşük dirençli bobinler kullanılmalıdır [31].



Şekil 3.3. DA-DA yükselten dönüştürücü.

Yükselten dönüştürücünün çıkış gerilimi hesaplamak için Eşitlik 3.8'de ki eşitliklerden faydalanılır, Anahtarlama elemanı iletimde durumundayken bobin üzerindeki gerilim de Eşitlik 3.8 ile hesaplanmaktadır.

$$V_L = L \frac{d_i}{d_t} = L \frac{I_L}{t_{on}} \quad (3.8)$$

Anahtarlama elemanı iletim durumundayken akım ise Eşitlik 3.9 ile hesaplanır.

$$I_L = \left[\frac{V_i - V_o}{L} \right] t_{on} \quad (3.9)$$

Anahtarlama elemanı yalıtım durumuna geçtiğinde ise bobin üzerindeki gerilim Eşitlik 3.10'da verildiği gibi olacaktır.

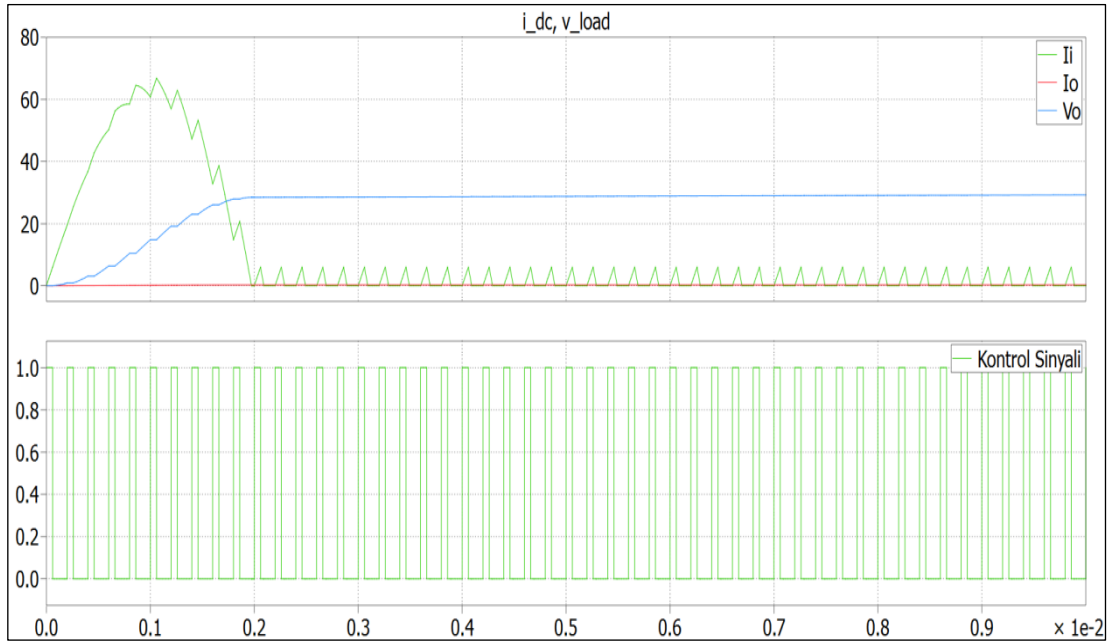
$$V_L = L \frac{d_i}{d_t} = L \left[\frac{I_{Lmin} - I_{Lpk}}{t_{off}} \right] \quad (3.10)$$

Anahtarlama elemanı yalıtım durumundayken bobin üzerindeki akım ise Eşitlik 3.11’de verilmektedir.

$$I_{Loff} = I_{Lpk} - \left[\frac{V_o + V_F - V_i}{L} \right] t_{off} \quad (3.11)$$

Anahtarlama elemanının iletimde ve yalıtımda olma zamanının oranına göre çıkış geriliminin hesaplanması için ise Eşitlik 3.12’den faydalanılır.

$$\frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{V_o + V_F - V_{i(min)}}{V_{i(min)} - V_{sat}} \quad (3.12)$$

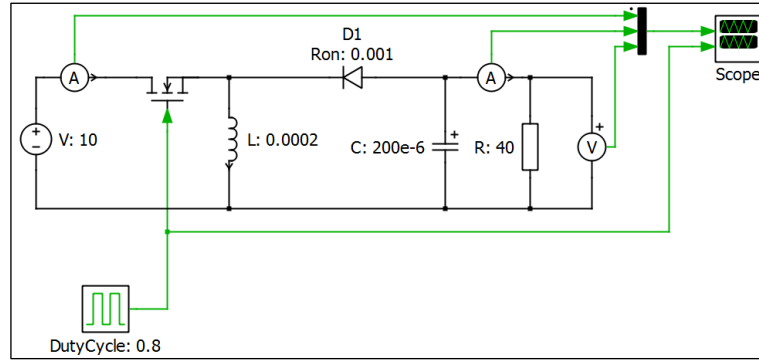


Şekil 3.4. DA-DA yükselten dönüştürücünün simülasyon grafiği.

Şekil 3.4.’te DA-DA yükselten dönüştürücü için gerçekleştirilmiş simülasyonun giriş akımı, çıkış akımı, çıkış gerilimine ve kontrol sinyaline ait grafiği görülmektedir. Girişe uygulanan 10 V gerilim, çıkışta 100 Ω yük üzerinde yaklaşık 30 V olmaktadır.

3.3. DA-DA ALÇALTAN YÜKSELTEN DÖNÜŞTÜRÜCÜ

Şekil 3.5'te anahtarlama elemanının tetiklenmesiyle diyot ters polarlanır ve bobin üzerinde akım oluşur. Anahtarlama elemanı kesime geçince bobinde depo edilen enerji çıkışa aktarılır. İletim kesim zamanı arasında bobinden geçen akımda bir azalma meydana gelir. Bu azalmadan dolayı yük üzerinden geçen akımda istenmediği halde azalma olacaktır. Klasik DA-DA alçaltan - yükselten dönüştürücüler, düşük anahtar verimliliğinden dolayı yüksek güç gerektiren çalışma oranlarında uygun değildir.



Şekil 3.5. DA - DA alçaltan yükselten dönüştürücü.

Anahtarlama elemanı iletim durumundayken bobin üzerindeki akımı, Eşitlik 3.13 ile hesaplanır.

$$I_{on} = \frac{V_i DT_s}{L} \quad (3.13)$$

Anahtarlama elemanı yalıtım durumundayken bobin üzerinden geçecek olan akımın hesaplanması ise Eşitlik 3.14'te verilmektedir.

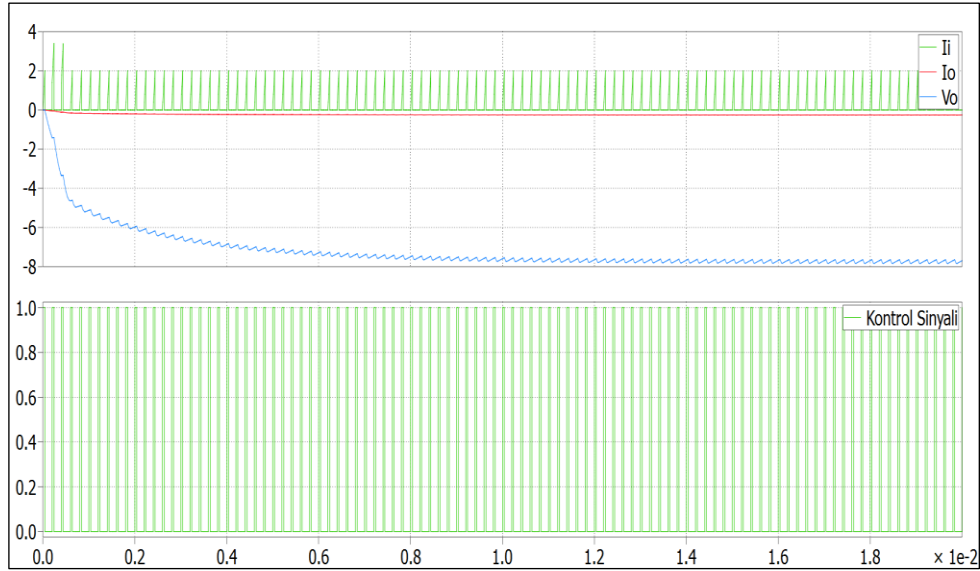
$$I_{off} = \frac{(1 - D)V_o T_s}{L} \quad (3.14)$$

Bobin şarj deşarj modunda çalışmasından dolayı Eşitlik 3.15 oluşmaktadır.

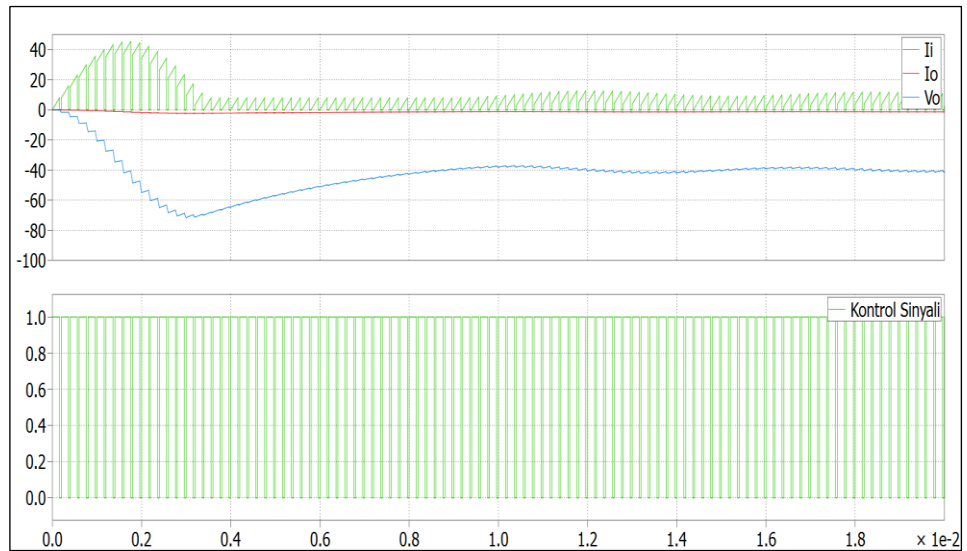
$$I_{on} + I_{off} = 0 \quad (3.15)$$

Eşitlik 3.13-3.15'ten çıkarımla istenilen gerilime ulaşmak için anahtarlama elemanına uygulanan kontrol sinyalinin görev süresi Eşitlik 3.16 ile hesaplanabilmektedir.

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



Şekil 3.6. Alçaltan-yükselten alçaltan olarak çalışmasına ait simülasyon grafiği.



Şekil 3.7. Alçaltan-yükselten yükselten olarak çalışmasına ait simülasyon grafiği.

Şekil 3.6'da ve Şekil 3.7'da 10 V giriş gerilimi uygulanırken görev süresindeki değişime bağlı olarak çıkış gerilimdeki değişim görülmektedir. Anahtarın iletim süresi kısa tutulduğunda bobinin üzerine aldığı enerji düşük olacağından devre alçaltıcı olarak çalışacaktır ve çıkış gerilimi -8 V olmaktadır. Anahtarın iletim süresi uzun tutulduğunda ise bobin üzerinde daha çok enerji birikecek ve kondansatör üzerindeki gerilim giriş gerilimine eşitlenecektir. Bu anahtarlardan dolayı bobin üzerindeki sıçrama gerilimleriyle kondansatör üzerindeki şarj gerilimi giriş geriliminden daha yüksek değerlere ulaşacaktır ve çıkış gerilimi -40 V olmaktadır [32].

BÖLÜM 4

BULANIK MANTIK KONTROLÜ

Zekânın davranış olarak makinelerde kullanılması ile düşünmenin hesaplama olarak mantık şebekeli elektronik cihazlarda uygulanması, sibernetik ve onunla doğrudan ilgili bilimlerdeki gelişmeleri ve insan zekâsı hakkında daha ayrıntılı çalışmaları tetiklemiştir. Azeri asıllı Amerikalı sibernetikçi Lotfy A. Zadeh tarafından geliştirilen fuzzy logic (bulanık mantık) kuramı, iki değerli klasik mantık kuramlarına bir alternatif oluşturmuş, sibernetik ve yapay zekâ çalışmalarını hızlandırmıştır [33].

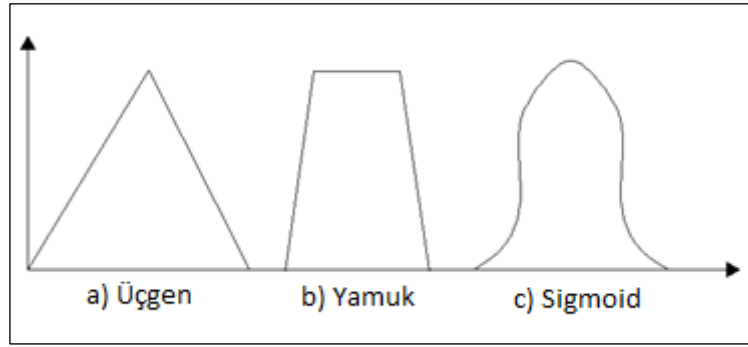
Sözel ifadelerin bilgisayara aktarılması matematiksel bir temele dayanmaktadır. Bu matematiksel temel, bulanık kümeler kuramı ve bulanık mantık olarak adlandırılır. Bulanık mantık bilinen klasik mantık gibi (0, 1) olmak üzere iki seviyeli değil, [0, 1] aralığında çok seviyeli işlemleri ifade etmektedir. Dilsel olarak tanımlanmış denetim stratejisini uzman tabanlı otomatik denetim algoritmasına çeviren Bulanık Mantık ilk defa Amerika Birleşik Devletlerinde düzenlenen bir konferansta 1956 yılında duyurulmuştur. Ancak bu konudaki ilk ciddi adım 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından yayınlanan bir makalede bulanık mantık veya bulanık küme kuramı adı altında ortaya konulmuştur [34-38]. Son yıllarda ekonomi, yönetim, kontrol sistemleri gibi çok geniş alanlarda başarı ile uygulanmaktadır [39].

4.1. BULANIKLIK KAVRAMI

Günlük hayatta rastgele kullandığımız birçok terim genellikle bulanık bir yapıya sahiptir. Bir şeyi tanımlarken, bir olayı açıklarken, komut verirken ve daha birçok durumda kullandığımız sözel veya sayısal ifadeler bulanıklık içerir. Bu terimlere örnek olarak; yaşlı, genç, uzun, kısa, sıcak, soğuk, ılık, bulutlu, güneşli, hızlı, yavaş, çok, az, biraz, fazla, çok az, çok fazla gibi daha pek çok sözel terim gösterilebilir [40]

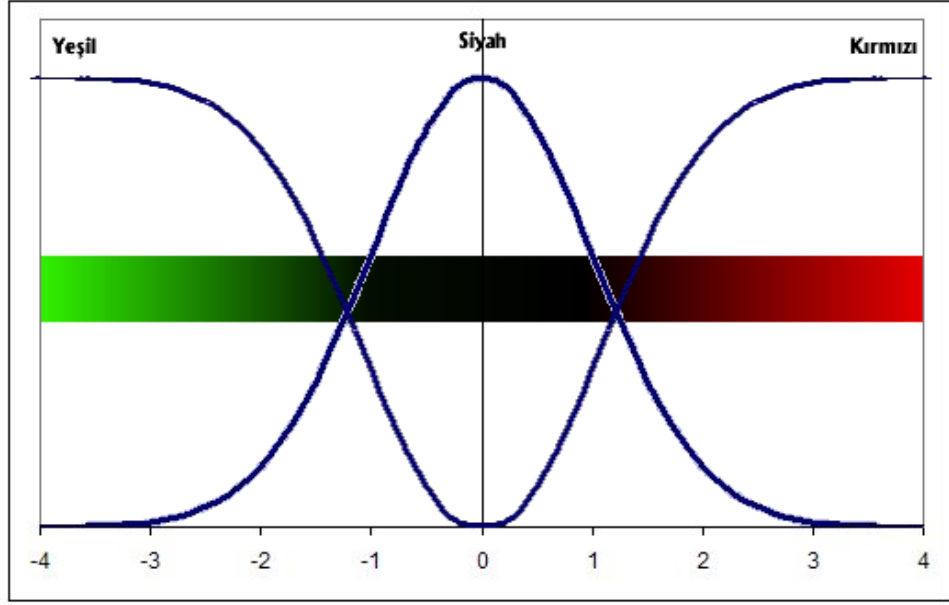
Klasik küme kuramında bir eleman o kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Hiç bir zaman kısmi üyelik olmaz. Nesnenin üyelik değeri 1 ise kümenin tam elemanı, 0 ise elemanı değildir. Zadeh, Boolean mantığında ikilik sistem (0, 1) olarak ifade edilen sayıları genişleterek çok değerli üyelik fonksiyonları şeklinde göstermiştir. Başlangıç değeri (0) üye olmama, son değer (1) ise tam üyelik anlamına gelmektedir, 0 ile 1 arasında sonsuz sayıda üyelik değerleri vardır [40].

Bulanık mantık konusunun temel elemanı bulanık kümedir. Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonları ile karakterize edilirler. Aslında bu üyelik fonksiyonları da birer bulanık sayıdan başka bir şey değildir [40]. Bu üyelik fonksiyonları üçgen, trapez, çan eğrisi gibi farklı şekillerden oluşabilir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Çeşitli geometrilere sahip bulanık mantık üyelik fonksiyonları.

Bulanık mantık, üyelik fonksiyonu ve bulanık sayı gibi kavramların iyi anlaşılabilmesi için öncelikle bulanıklık kavramının anlaşılması gerekir. Şekil 4.2. incelendiğinde, renkler uzayında tanımlı yeşil, siyah ve mavi değişik tonlara sahiptirler. Örneğin soldan sağa doğru ilerledikçe yeşilin renk tonu koyulaşmakta ve siyaha dönüşmektedir. Şeklin tam ortasında renk tam siyahken, sağa doğru ilerleme sürdürülürse, siyahın renk tonu da açılıp mavi olmaktadır. Görüleceği gibi yeşilin bitip siyahın başladığı, siyahın bitip mavinin başladığı noktalar kesin bir şekilde ayrıştırılamamaktadır. Verilen üç renk bölgesi de kesin, sabit bir renk tonuna sahip değildir. Dolayısıyla bu üç renk bölgesini birer bulanık küme ile temsil etmek uygun olacaktır. Verilen şekilde sadece yeşil, siyah ve mavinin tonları bulunduğundan, sadece bu üç rengi temsil eden yeşil, siyah ve mavi bulanık kümelerini tanımlamak yeterli olacaktır [37].



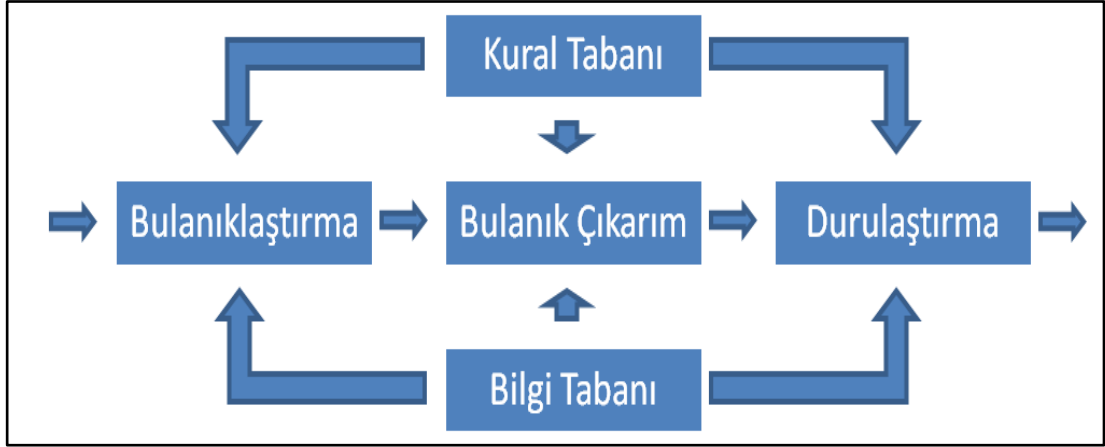
Şekil 4.2. Yeşil, siyah ve kırmızı bulanık renk kümeleri.

Şekil 4.2’de yeşilden siyaha ve kırmızıya renk geçişi görünmektedir. Bu renk geçişi şeklin ortasından sağa doğru siyahtan yeşile renk geçişi, şeklin ortasından sağa doğru incelendiğinde ise siyahtan kırmızıya geçiş mevcuttur. Yeşil, siyah ve kırmızı renkleri bulanık kümeler ile ifade edecek olursak, Yeşil bulanık kümesi şeklin solunda en güçlü ve ortasına doğru zayıflayan sağında ise etkisiz olacaktır. Kırmızı renginin bulanık kümesi ise şeklin sağında en güçlü ortasına doğru zayıflayan ve solunda ise etkisi olacak şekilde belirtilebilir. Siyah renge ait bulanık küme ise şeklin hem sağında hem de solunda etkisi olan ortada en güçlü kenarla doğru gidildikçe zayıflayan olarak nitelendirilebilir.

4.2. BULANIK MANTIKLI KONTROL

Bu kontrol metodu literatüre ilk olarak Ebrahim Mamdani’nin 1975 yılında Londra Üniversitesinde yaptığı buhar makinesinin bulanık kontrol uygulamasıyla girmiştir. Yapay zekanın konularından biri olan bulanık mantık, kontrol alanında matematiksel modele ihtiyaç duyulmaması sayesinde kompleks modele sahip sistemler için geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Bulanık mantıklı kontrolün klasik kontrol yöntemlerine göre birçok üstünlükleri mevcuttur. Koşulların ve kaynakların nitel, kesinlik olmadığı ve belirsiz olduğu durumlarda özellikle non-linear sistemlerde bu metod

oldukça avantaj sağlar. Ancak bu metodun olumsuz yönleri de yok değildir. Bu zorluklar kural tanımlama güçlükleri, optimizasyon problemleri, hesaplamadaki güçlükler ve maliyet olarak sıralanabilir [41].



Şekil 4.3. Bulanık mantık denetim sistemi.

Bulanık mantık kontrol, dört ana bileşen içermektedir (Şekil 4.3). Bunlar: bulanıklaştırma birimi, bilgi tabanı, karar üretme mantığı, durulaştırma birimi şeklindedir [42-44].

4.2.1. Bulanıklaştırma Birimi

Bu birim, gerçek fiziksel değerleri dilsel ifadelerle dönüştürmektedir. Bulanıklaştırma operatörü, fiziksel değeri bulanık bir ifadeye dönüştürür. Bunun sonucunda ifade, belirlenmiş olan alan içerisinde bir üyelik değerine ve bu aralığın dışındaki tüm noktalarda sıfır üyelik değerine ve fonksiyonuna sahip olacaktır. Bulanıklaştırma birimi aşağıdaki işlevleri içermektedir [44].

- Giriş değişken değerlerinin ölçülmesi,
- Giriş değişkenlerinin evrensel kümeye karşı düşen seviyeye getirmek için ölçeklendirilmesi.
- Giriş değerlerini bulanık kural tablosunda görülebilecek olan uygun dilsel değerlere çevirir [44].

4.2.2. Bilgi Tabanı

Bilgi tabanı, uygulama bölgesi bilgisini ve istenen kontrol hedef bilgilerini içermektedir. Bilgi tabanı, veri tabanı ve dilsel kontrol kural tabanına sahiptir.

- Bulanık mantık kontrolde dilsel kontrol kurallarının ve bulanık bilgi kullanımını için gerekli tanımları bilgi tabanı sağlar.
- Dilsel kontrol kuralları tabanı aracılığı ile kontrol hedeflerinin karakterize edilmesini sağlar.
- Veri tabanı, bulanıklaştırma birimi, kurallar ve durulama biriminin düzgün çalışması için gerekli olan bilgiyi tedarik eder. Bu bilgi, sistemin durumunu ve denetleme çıkış değişkenlerini belirten bulanık kümelerden yani üyelik fonksiyonlarından ve normalizasyon/denormalizasyon (ölçekleme) faktörleri ile birlikte fiziksel değerler ve onların normalize edilmiş değerlerinden oluşur [44].

4.2.3. Bulanık Çıkarım

Karar Üretme Mantığı, bulanık mantık kontrolün çekirdeğidir. Bulanık kavramlara dayanan insan kararını benzetme ve bulanık uzantıya dayanan bulanık kontrol olaylardan anlam çıkarma yeteneğine sahiptir [44].

4.2.4. Durulaştırma Birimi

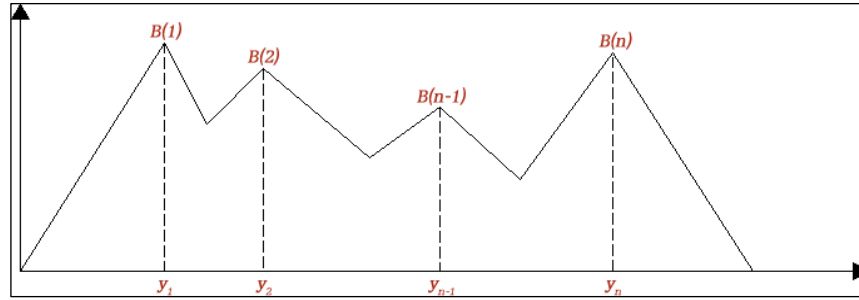
Pratik uygulamalarda, özellikle mühendislik plan, proje ve tasarımlarında boyutlandırmalar için kesin sayısal değerlere gerek duyulmaktadır. Yapay zekâ çalışmalarındaki bulanık değişken, küme, mantık ve sistemlerin bulanık olabilecek çıkarımlarının kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden durulaştırma işlemleri adı verilir. Durulaştırma işleminde kullanılan yöntemlerine örnek olarak yükseklik ve ağırlık merkezi yöntemi verilebilir [43].

4.2.4.1. Yükseklik Yöntemi

Durulaştırmada kullanılan yöntemlerden bir tanesi yükseklik yöntemidir. Kullanılması için tepeleri olan çıkarım bulanık kümelerine gerek vardır. Yükseklik metoduna göre durulaştırma işlemi yapıldığında, sonuç Eşitlik 4.1'den elde edilir.

$$y_o = \frac{\sum \mu(y_i)y_i}{\sum \mu(y_i)} \quad (4.1)$$

Eşitlik 4.1'de görülen y_i değerleri, bulanıklaştırmada oluşmuş her bir fonksiyonun üyelik derecesi en büyük olan elemanlarıdır. $\mu(y_i)$ değerleri ise, bu elemanlara karşılık gelen üyelik derecelerini belirtir. Yükseklik yönteminin mantığının anlaşılması amacıyla Şekil 4.4.'de bir örnek gösterilmiştir.



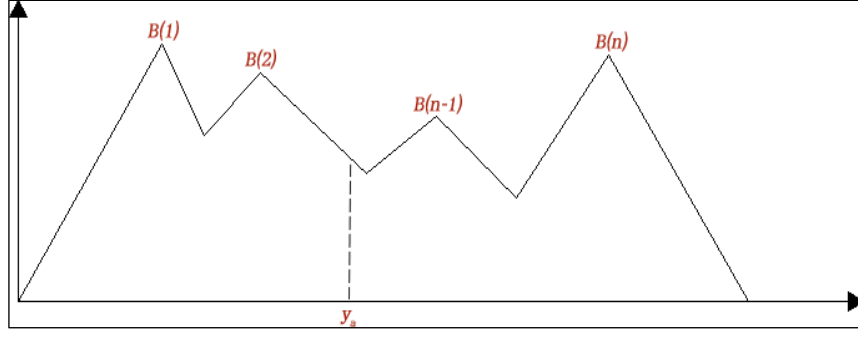
Şekil 4.4. Yükseklik metodunun gösterimi.

Burada $B(1)$, $B(2)$... $B(n)$ her bir kurala karşılık gelen çıkışları göstermektedir [43].

4.2.4.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi

Durulaştırma işlemlerinde, yaygın olarak kullanılan işlemlerden biri de ağırlık merkezi yöntemidir. Şekil 4.5'te gösterilmekte olan bu yöntemle, çıkış fonksiyonunun altında kalan alanın ağırlık merkezi Eşitlik 4.2'deki ifadeden faydalanılarak bulunur.

$$y_o = \frac{\int \mu(y)y}{\int \mu(y)} \quad (4.2)$$



Şekil 4.5. Ağırlık merkezi yönteminin gösterimi.

Durulaştırma işleminde bu iki yöntemin dışında, üyelik derecesi en büyük olan elemanların aritmetik ortalamasına dayanan, en büyüklerin ortası yöntemi ve simetrik üyelik fonksiyonlarının bulunması halinde kullanılan ağırlıklı ortalama yöntemleri de mevcuttur [43].

BÖLÜM 5

İLETİŞİM

Bir cihazı oluşturan modüllerin ve aynı tipteki cihazlar veya farklı cihazlar kullanılarak oluşturulan sistemlerin bir bütün olarak çalışması için genellikle aralarında veri iletişimi kurulması gerekmektedir.

Tasarlanan modülün kontrolünün gerçekleştirilmesinde, farklı enerji kaynaklarının hibrit kullanılması ve farklı akü guruplarından eş zamanlı en yüksek verimde faydalanması amacıyla modüller ile kontrol sistemi arasında iletişim büyük öneme sahiptir.

Seri haberleşme, çok yüksek hız gerektirmeyen ve veya uzun mesafelerde tercih edilen bir haberleşme yöntemidir. Seri bağlantıda cihaz veya sürücü veriyi her defada bir bit olacak şekilde gönderir. Sadece iki cihaz arasındaki bağlantılarda her yön için özel bir yol olabilir veya vericiler hattı olarak her iki taraftan paylaşılan tek bir yolu kullanabilirler. Üç yada daha fazla cihaz haberleşmesi olacağına bir ağ protokolü belirlenmelidir [45].

Seri haberleşmenin tanımlanmasında dört adet parametreye ihtiyaç duyulmaktadır [49]. Bu parametreler veri aktarım hızı, bir karakter olarak kodlanmış veri bitlerinin sayısı, eşlik biti seçimi ve durdurma bitleri tercihi olarak sıralanabilir. Örnek olarak “8N1” veya “7E2” gibi ifade edilebilir, bu ifadede baştaki sayı veri biti sayısını göstermektedir. Ortada bulunan harf eşlik biti seçimini gösterirken, sonda bulunan sayı ise durma biti veya bitlerinin sayısını göstermektedir.

Başlangıç biti sinyalleri her bir karakter çerçevesinin başlangıcıdır. Bu negatif ve pozitif gerilimler arasındaki geçiştir. Burada geçen süre veri iletim hızına göre değişiklik gösterir. Eğer cihaz 9600 veri hızında haberleşiyorsa başlangıç bitinin ve

onu takip eden her bir bitin süresi yaklaşık 0.104 ms kadardır. Onbir bitten oluşan tam bir karakter çerçevesinin iletimi yaklaşık 1.14 ms sürmektedir[45].

Seri haberleşme saat sinyaline bağlı olarak asenkron ve senkron olmak üzere ikiye ayrılır.

5.1. SENKRON FORMAT

Senkron haberleşmede bütün cihazlar, bir cihaz tarafından veya harici bir kaynak tarafından üretilen ortak bir saat sinyali kullanırlar. Saat sinyali sabit veya düzensiz aralıklarla değişen bir şekilde olabilir. İletilen bütün bitler saat sinyali ile senkronizedir. Bir başka deyişle iletilen her bir bit saat sinyalinin (yükselen veya alçalan kenar) değişmesine kadar geçerlidir. Alıcı, saat sinyali geçişlerini gelen her bitin ne zaman okuyacağına karar vermek için kullanır. Örneğin alıcı gelen veriyi saat sinyalinin alçalan veya yükselen kenarında veya tespit edilen yüksek veya alçak lojik düzeyde anahtarlayabilir. Senkron formatta haberleşmeyi başlatırken veya bitirirken, başlangıç ve durdurma bitleri ve tahsis edilen yonga-seçme sinyallerini içeren çok çeşitli sinyaller kullanılabilir [46].

Senkron ara yüzler, kısa bağlantılar için kullanılabilir. Yaklaşık 4.5 metreyi geçmeyen bağlantılar ve tek devre üzerindeki ekipmanların haberleşmesinde kullanılması uygundur. Daha uzak mesafeler için gürültülerden ve saat sinyali için ekstra hat çekilmesi gerektiğinden uygulanabilir değildir [46].

5.2. ASENKRON FORMAT

Asenkron bağlantılarda harici bir saat sinyali kullanılmaz. Çünkü her ucun kendi saat sinyalini sağlayan bir yapısı vardır. Her bir ucun, saat sinyali frekansını kabul etmiş olması ve kendi içinde eşleşebiliyor olması gerekir. Bu nedenle iletilen her byte'ta saatleri eşlemek üzere bir başlat biti ve iletimin bittiğini bildirmek üzere bir stop biti bulunur. RS232 ve RS485 iletişimler asenkron haberleşmelerdir [46].

Asenkron haberleşme birçok ortak format kullanabilir. Verici her bir byte için 1 başlangıç biti ve bunu izleyen 8 veri biti gönderir. “0”, en az ağırlıklı bit (Leas sign bit) ile başlar ve “1” durdurma biti ile biter. [8-N-1] haberleşme de eşlik biti kullanılmaz. Eşlik bit kullanılan formata örnek [7-E-1] formatıdır. Bu format verici 1 başlangıç biti, 7 veri biti, 1 eşlik biti ve 1 durdurma bitinden oluşur [46].

5.3. MODBUS PROTOKOLÜ

Modbus, haberleşme protokolünün OSI (Açık sistemler arabağlantısı) modelinin 7. seviyesindeki uygulama katmanıdır ve network üzerindeki çeşitli cihazlar arasındaki client/server haberleşmeyi sağlar. Modbus protokolü, ağ mimarilerinin bütün tiplerinde kolay haberleşme yapılmasına izin veren bir yapıya sahiptir [47]. Modicon firması tarafından kendi ürünleri arasındaki iletişimi sağlamak üzere 1978 yılında geliştirilmiştir. Zamanla PLC (Programlanabilir mantık denetleyicisi) sistemler arasında veri transferi ve bilgi alışverişini sağlayan standart bir iletişim protokolü olarak bilfiil sektörde yerini almıştır [48]. Modbus diğer veri yolları ile kıyaslandığında daha yavaş olsa da, aygıt üreticileri ve kullanıcılar tarafından yaygın olarak kullanılabilme avantajına sahiptir [47]. Modicon’a rakip pek çok endüstriyel kontrol cihazı imalatçısı kendi iletişim protokollerinin yanı sıra Modbus iletişim desteğini de vermektedirler [47].

Bir süre sonra Gould-Modicon, sonra AEG-Modicon adını alan Modicon firması, 1979 yılında Schneider Grup tarafından satın alınmıştır. Bir sonraki önemli gelişme olarak Schneider Electrics’in protokol üzerindeki isim hakkını, 2002 yılında endüstriyel iletişim teknolojisini geliştirmek üzere kurulan ve kar amacı taşımayan MODBUS-IDA adlı bir organizasyona aktarması, MODBUS iletişim protokolünün gelişimini ve yaygınlığını olumlu yönde etkilemiştir [47].

Teknolojik olarak bir kaç adım öndeki diğer standart iletişim protokollerinin yanında MODBUS bugün hala herhangi bir PC (Kişisel bilgisayar) veya küçük bir mikroşlemci ile birlikte kullanılabilmekte ve sağlam geçmişi ve basit altyapısıyla artan sayıda imalatçı tarafından desteklenmekte ve mevcut pek çok endüstriyel sistemle iletişim kurabilmektedir [47].

5.3.1. Modbus Seri Hat Tanımları ve Uygulamaları

Modbus seri haberleşme protokolü bir client/server protokolüdür. Bir veri yoluna sadece bir ana cihaz ve 1 den 247'e kadar uydu cihaz bağlanır. Uydu cihazlar ana cihazdan bir istek gelmedikçe bilgi alışverişinde bulunmazlar. Uydu cihazlar asla birbirleriyle haberleşmezler. Ana cihaz her seferinde bir kez işlem başlatır [49].

Ana cihaz tek yönlü yayın ve çok yönlü yayın olmak üzere iki şekilde istek gönderebilir. Tek yönlü yayında ana cihaz belli bir uydu cihaza istek gönderir. Uydu cihazı istek işlemini aldıktan sonra ana cihaza cevap bilgisi döner. Bu modda haberleşme, istek ve cevaptan oluşan ikili mesajdan meydana gelir. Çok yönlü yayında ana cihaz bütün uydu cihazlara istek gönderir. Uydu cihazlardan alınan bilgisi dönmez. "0" adresi çok yönlü yayın tanımlaması için ayrılmıştır [48].

5.3.2. Modbus Adresleme Kuralları

Modbus adresleme 256 farklı adresi kapsar (Çizelge 5.1.).

Çizelge 5.1. Modbus cihaz adresleri tablosu.

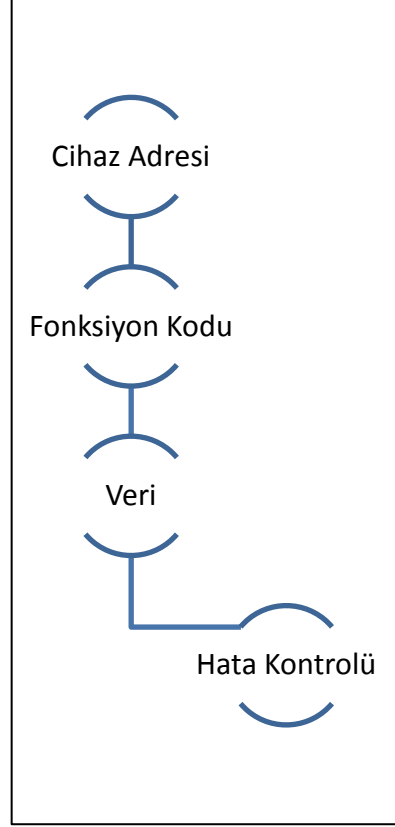
0	Çok Yönlü Adresler
1-247	Cihaz Adresleri
248-255	Ayrılmış Adresler

"0" çok yönlü yayın (broadcast) için ayrılmıştır. Bütün uydu cihazların adreslerinin tanımlanması gerekir. Modbus ana cihazının özel bir adresi yoktur sadece uydu cihazların adresleri vardır. Modbus seri veri yolunda uydu adresleri tek ve benzersiz olmalıdır [53].

5.3.3. Modbus Çerçeve Tanımı

Modbus protokolü veriyi, ASCII (Bilgi değişimi için amerikan standart kodlama sistemi) veya RTU (Uzak terminal birimi) seri haberleşme modlarında haberleşme cihazının başlangıç ve bitiş noktalarını bildiği bir çerçeve içerisinde tanımlar [49].

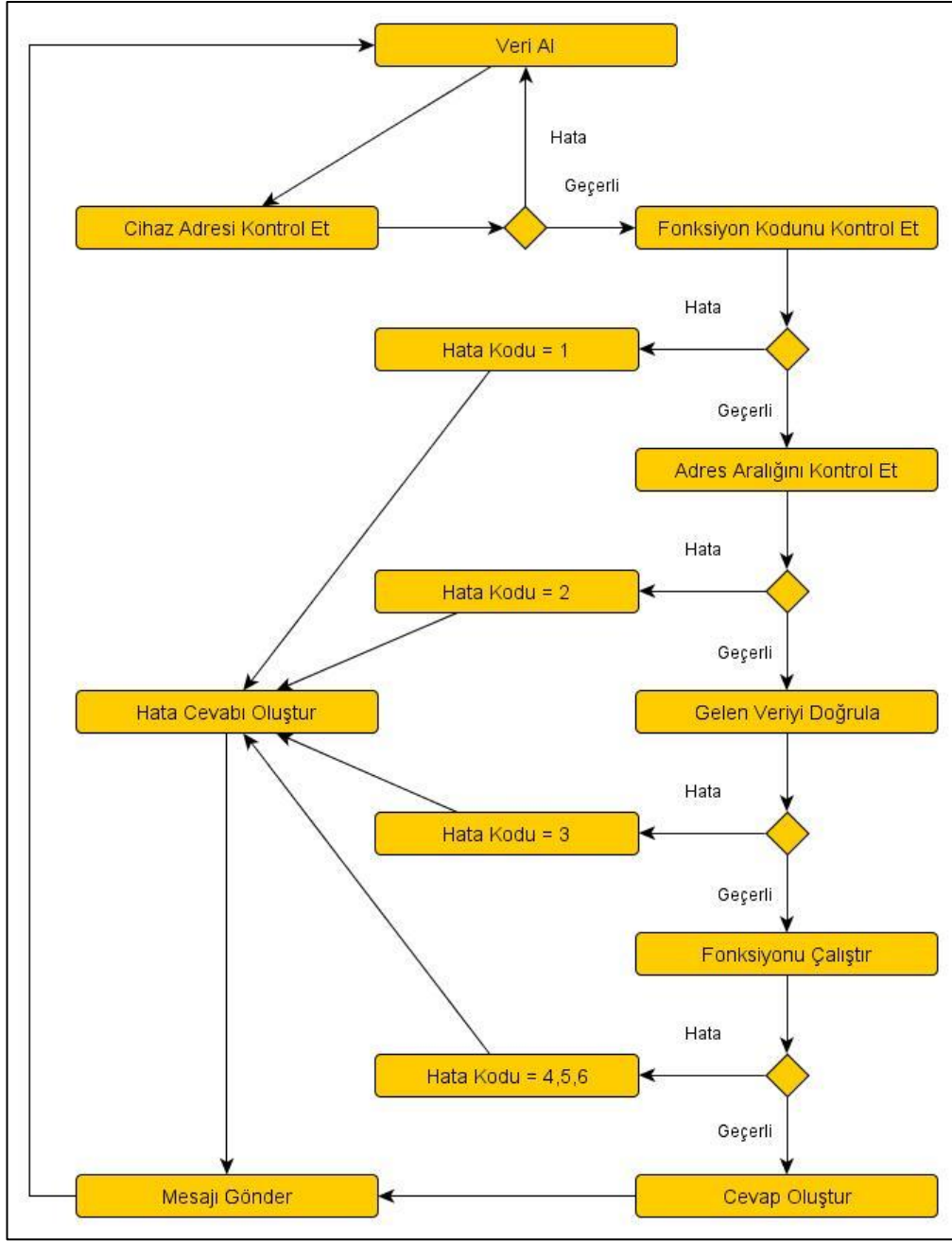
Bu çerçeve Modbus protokolü haberleşme katmanlarından bağımsız bir protokol veri birimidir. Özel veri yolları ve ağlardaki Modbus protokolünün haritalanmasında uygulama veri birimi, protokol veri birimi üzerine birçok ek alanlar eklenerek oluşturulur [50].



Şekil 5.1. Modbus mesajı.

Modbus uygulama veri birimi, Modbus iletişimini kuran istemci tarafından oluşturulur. Fonksiyon istemcinin sunucudan ne tür bir istekte bulunduğunu açıklar. İstemci tarafından başlatılan bir istek ile Modbus uygulama protokolü kurulmuş olur [50].

Bir Modbus veri biriminin fonksiyon kodu alanı bir byte'lık bir koddur. Geçerli kodlar 1-255 aralığındadır. 128-255 arası kodlar istisna durumlar için ayrılmıştır. İstemciden sunucuya bir mesaj gönderildiğinde fonksiyon kod alanı ne tür bir istek olduğunu söyler. "0" fonksiyon kodu olarak geçerli değildir. Birden çok işlem yapılması isteniyorsa bazı fonksiyon kodlarına alt fonksiyon kodları eklenir [49].



Şekil 5.2. Modbus veri işlem akış şeması.

Veri alanı fonksiyon kodu tarafından tarif edilen işlemin ek bilgilerini içerir. Bu bilgiler, farklı ve kayıtlı adresleri, yürütülen iş kalemlerinin miktarını ve güncel veri byte'ını içerir. Veri alanı, isteğin çeşidine göre ek bir bilgi gerektirmiyorsa hiç veri içermiyor olabilir. Bu durumda fonksiyon kodu tek başına bir işlem belirler [49].

Eğer hata yok ise istemcinin isteğine sunucu cevap vererek Modbus protokolünü tamamlar. Eğer hata oluşur ise istisnai duruma ait fonksiyon kodu ve “istisna durum kodu” istemciye geri gönderilir [50].

5.3.4. Modbus ASCII Mod İletişim

Cihazlar Modbus-ASCII modda haberleşmek için ayarlandığında, mesajdaki her bir 8 bit ikili ASCII karakter olarak gönderilir (Şekil 5.3). Bu modun avantajı karakterler arasında bir hata meydana gelmeden 1 saniyeye kadar bir zaman aralığına izin vermesidir [51].

Kodlama sistemi: Hexadecimal, ASCII Karakterler 0-9, A-F Mesajın her bir ASCII karakteri bir Hexadecimal karakter içerir.



Şekil 5.3. Modbus-ASCII mod byte yapısı.

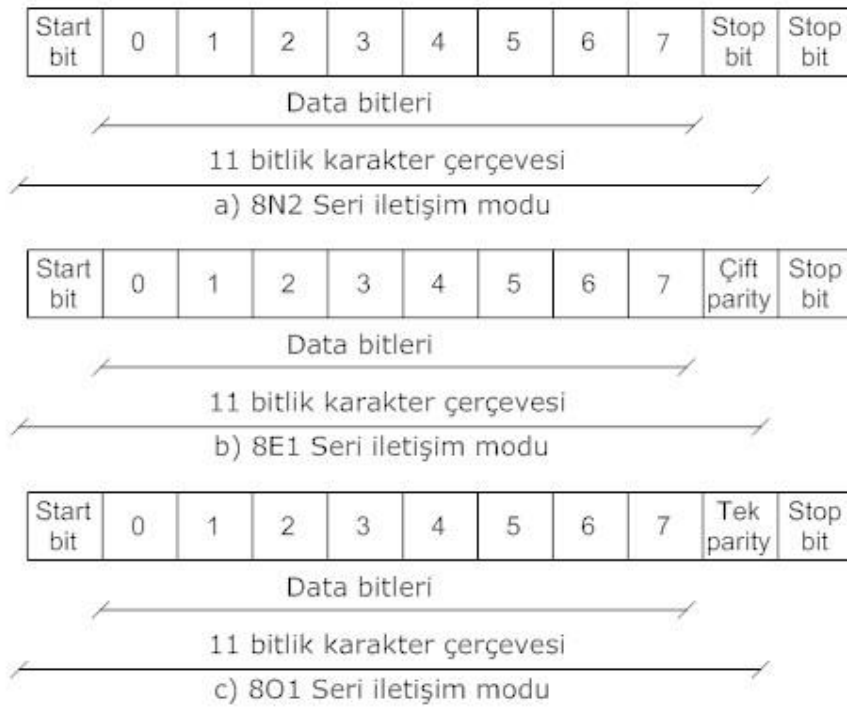
5.3.5. Modbus ASCII Mod Çerçeve

ASCII modda mesajlar “:” iki nokta üst üste karakteriyle başlar ve “CR-LF” ASCII karakterleriyle biter. Haberleşen cihazlar sürekli olarak “:” karakterini izlerler. “:”

karakterini aldığı zaman eğer adreslenmiş bir cihaz ise her bir cihaz gelecek alanı (adres alanını) çözer. Mesajda iki karakter arasında bir saniyeye kadar süre geçer. Eğer daha büyük bir ara olursa alıcı cihaz bir hata meydana geldiğini farz eder [51].

5.3.6. Modbus RTU Mod Çerçeve

RTU modda her 8 bitlik mesaj iki 4 bit hexadecimal karakter içerir (Şekil 5.9). Bu modun en temel avantajı daha büyük karakter yoğunluklarına izin vermesi ve ASCII mod ile karşılaştırıldığında bazı veri hızlarında daha iyi veri çıktısı vermesidir. Bu da haberleşme hızının daha hızlı olması anlamına gelmektedir. Bununla birlikte her mesaj devam eden bir veri akışı halinde iletilebilir [51, 52].



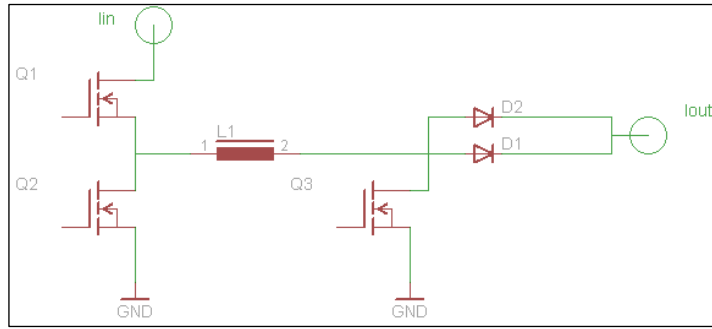
Şekil 5.9. Modbus-RTU mod byte yapısı.

BÖLÜM 6

GENEL AMAÇLI ŞARJ DENETLEYİCİSİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

6.1. DA-DA DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI

Sistem DA - DA dönüştürücü ve kontrol ünitesinden meydana gelmektedir. Sistemin DA - DA dönüştürücü yapısı Şekil 6.1.'de verilmektedir. Dönüştürücü sistem üç mosfet ve diyot grubuyla tasarlanmıştır,

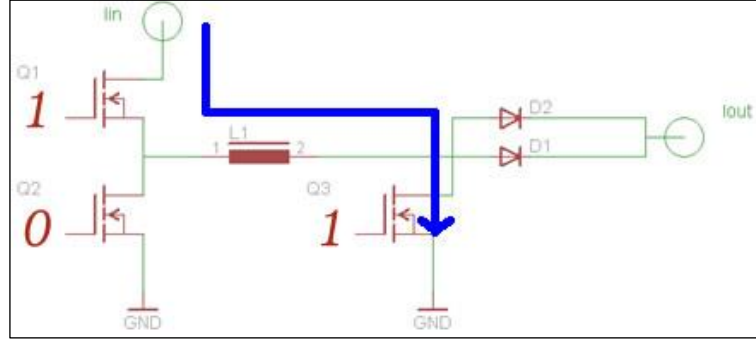


Şekil 6.1. Tasarlanan alçaltan, yükselten dönüştürücünün şeması.

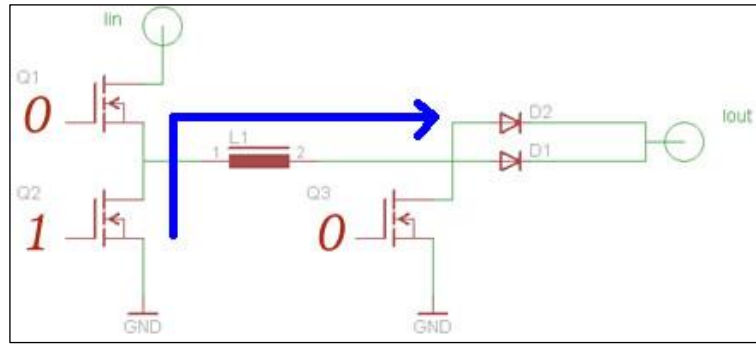
Tasarlanan sistem Q1 ve Q2 mosfetlerinin kullanılması ve Q3 mosfetinin pasif durumda tutulmasıyla yarım köprü DA-DA dönüştürücü olarak çalışmaktadır. Q1 mosfeti ile Q3 mosfeti eş zamanlı kullanıldığında yükselten dönüştürücü olarak çalışmaktadır.

6.1.1. DA - DA Dönüştürücünün Yükselten Olarak Çalışması

Tasarlanan yükselten alçaltan modülün yükselten olarak çalışmasında sırası ile Q1 ve Q3 mosfetleri tetiklenmektedir, ardından Q1 ve Q3 mosfetleri kesime giderek Q2 mosfeti tetiklenir. Bu şekilde sistemden geçen akım Şekil 6.2'de ve Şekil 6.3'te gösterilmektedir.



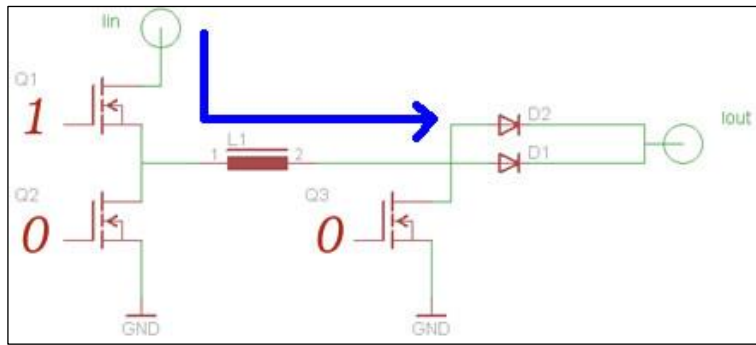
Şekil 6.2. Q1 ve Q3 mosfetlerinin tetiklenmesi.



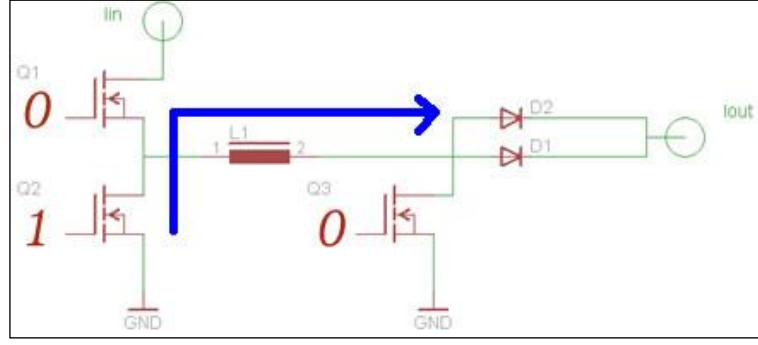
Şekil 6.3. Q1 ve Q3 mosfetlerinin kesime gitmesi ve Q2 mosfetinin tetiklenmesi.

6.1.2. DA - DA Dönüştürücünün Alçaltan Olarak Çalışması

Tasarlanan yükselten alçaltan modülün alçaltan dönüştürücü olarak çalışması Q1 ve Q2 mosfetlerinin Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'te gösterilen yarım köprü dönüştürücü olarak kullanılması ile gerçekleştirilir.



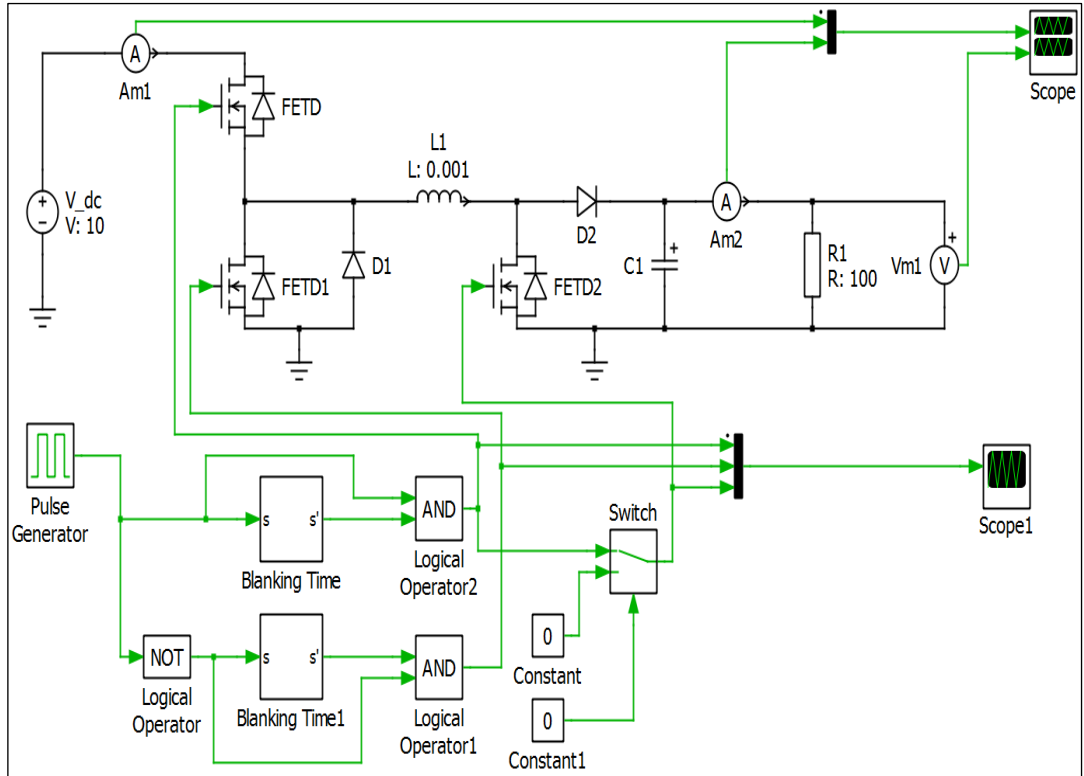
Şekil 6.4. Q1 mosfetinin tetiklenmesi.



Şekil 6.5. Q1 mosfetininin kesime giderek Q2 mosfetinin tetiklenmesi.

6.1.3. Tasarlanan DA-DA Dönüştürücünün Benzetimi

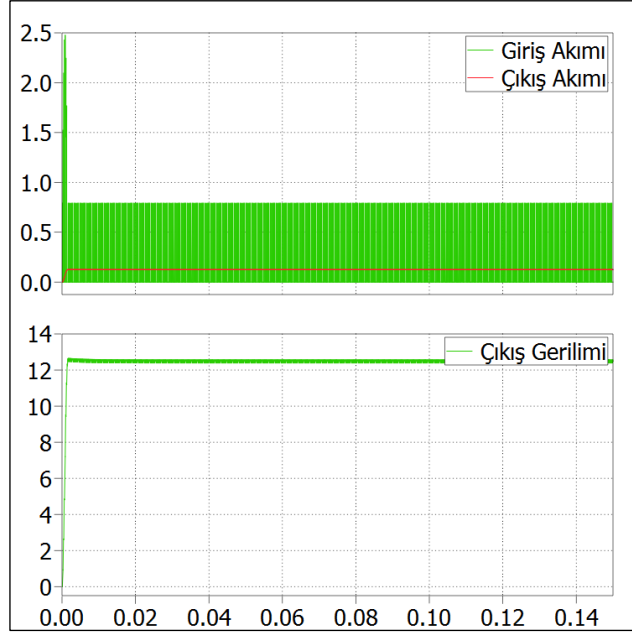
Tasarlanan alçaltan yüksekten dönüştürücünün Plecs uygulaması ile modeli oluşturularak farklı çalışma durumlarında simülasyonu incelenmiştir (Şekil 6.6).



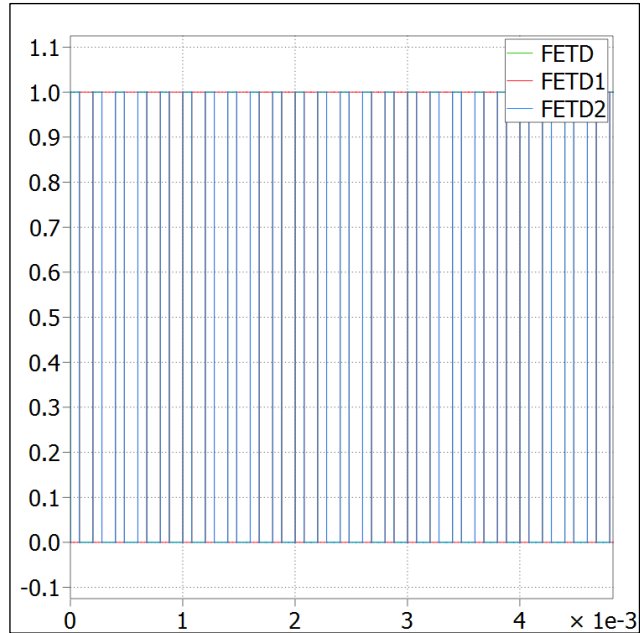
Şekil 6.6. Plecs uygulama ortamında gerçekleştirilmiş simülasyon şeması.

Sistemin giriş gerilimi 10 Volt, çalışma modu sırası ile yükselten ve alçaltan olarak değiştirildiğinde, kontrol sinyali ise 0,4 ve 0,8 görev süresi oranlarıyla 5 KHz

olduğunda gerçekleştirilen simülasyonlara ait grafikler Şekil 6.7-6.14'de yer verilmektedir.

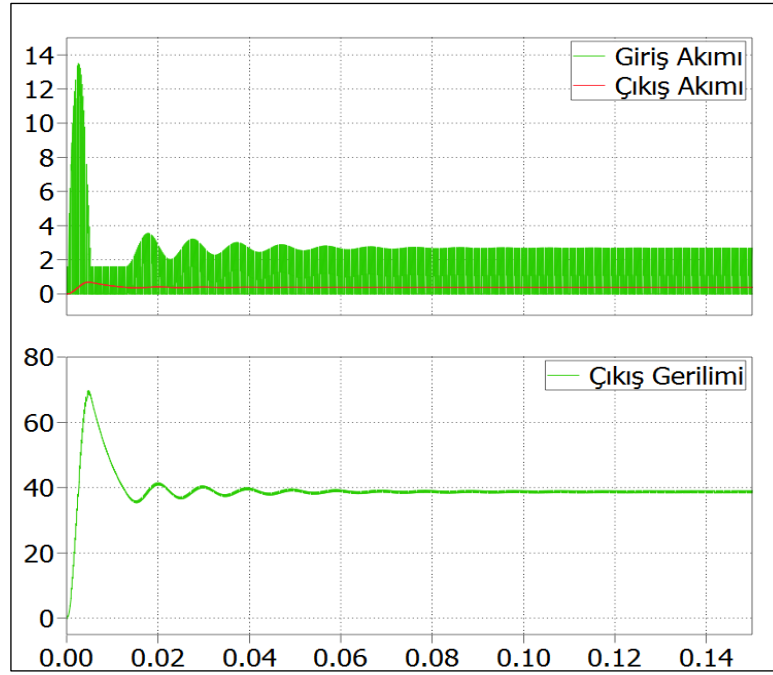


Şekil 6.7. Yükselten Modda % 40 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği.



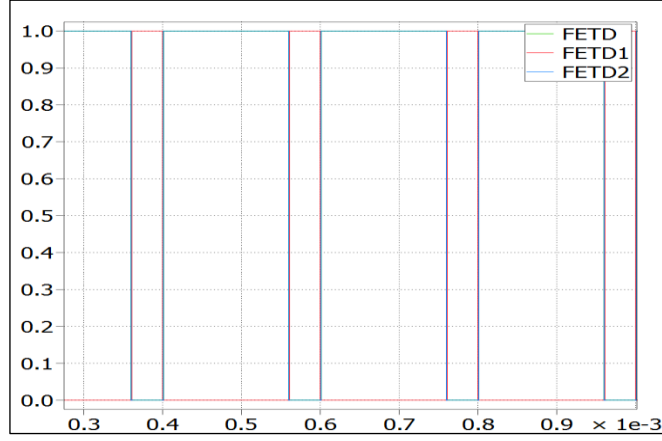
Şekil 6.8. Yükselten Modda % 40 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait anahtarlama elemanları tetikleme sinyali grafiği.

Şekil 6.7’de % 40 oranında görev süresi ayarlanmış 5 KHz frekanslı darbe genlik modülasyonu ile yükselten modda sürüldüğünde giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi görülmektedir. 10 Volt giriş gerilimi uygulandığında çıkışın 12.2 Volt seviyesinde olduğu görülmektedir. Anahtarlama elemanlarının tetikleme sinyalleri ise Şekil 6.8’de verilmektedir.



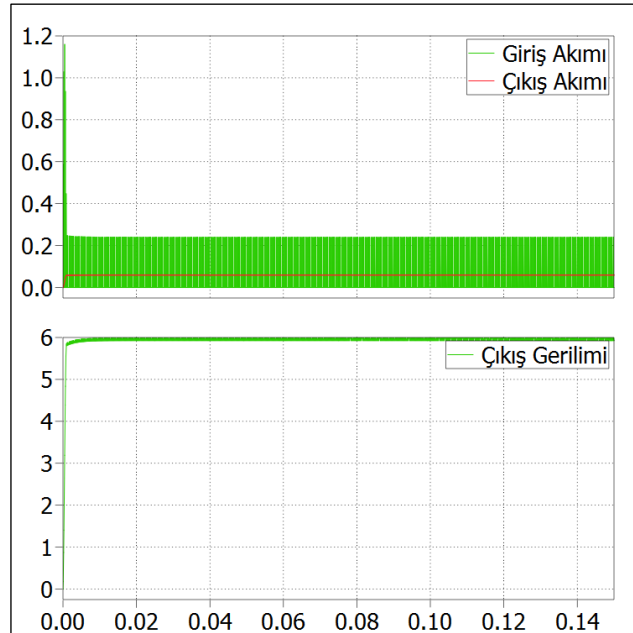
Şekil 6.9. Yükselten Modda % 80 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği.

Şekil 6.9’da % 80 oranında görev süresi ayarlanmış 5 KHz frekanslı darbe genlik modülasyonu ile yükselten modda sürüldüğünde giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi görülmektedir. 10 Volt giriş gerilimi uygulandığında çıkışın 40 Volt seviyesinde olduğu görülmektedir. Anahtarlama elemanlarının tetikleme sinyalleri ise Şekil 6.10’da verilmektedir.

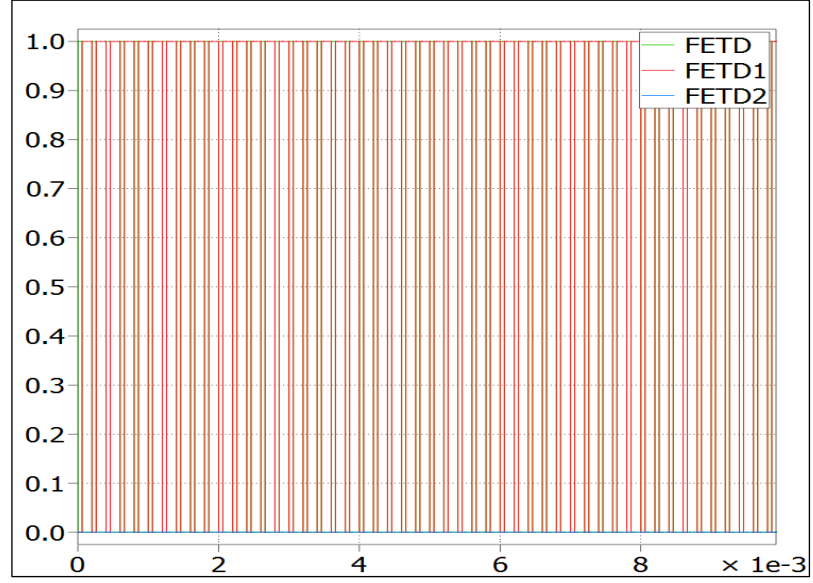


Şekil 6.10. Yükselten Modda % 80 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyonuna ait anahtarlama kontrol sinyalinin grafiği.

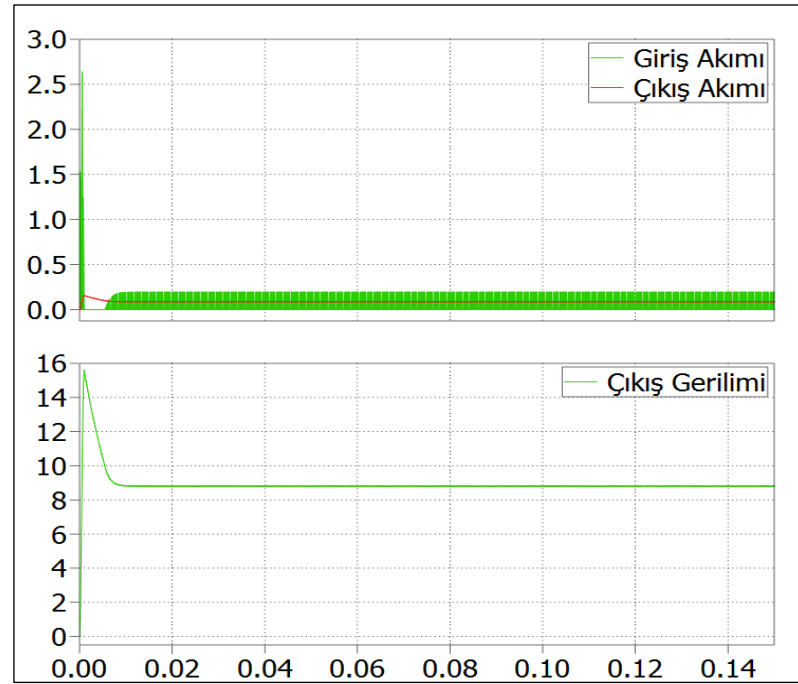
Şekil 6.11’de % 40 oranında görev süresi ayarlanmış 5 KHz frekanslı darbe genlik modülasyonu ile alçaltan modda sürüldüğünde giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi görülmektedir. 10 Volt giriş gerilimi uygulandığında çıkışın 6 Volt seviyesinde olduğu görülmektedir. Anahtarlama elemanlarının tetikleme sinyalleri ise Şekil 6.12’de verilmektedir.



Şekil 6.11. Alçaltan Modda % 40 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği.



Şekil 6.12. Alçaltan Modda % 40 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait anahtarlama elemanları tetikleme sinyali grafiği.



Şekil 6.13. Alçaltan Modda % 80 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği.

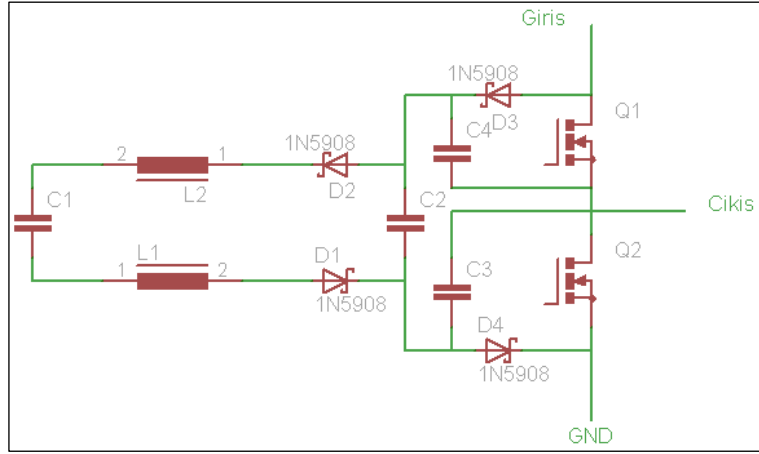


Şekil 6.14. Alçaltan Modda % 80 görev süresi oranında gerçekleştirilmiş simülasyona ait anahtarlama elemanları tetikleme sinyali grafiği.

Şekil 6.13'te % 80 oranında görev süresi ayarlanmış 5 KHz frekanslı darbe genlik modülasyonu ile alçaltan modda sürüldüğünde giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimi görülmektedir. 10 Volt giriş gerilimi uygulandığında çıkışın 8.2 Volt seviyesinde olduğu görülmektedir. Anahtarlama elemanlarının tetikleme sinyalleri ise Şekil 6.14'de verilmektedir.

6.1.4. DA-DA Dönüştürücünün Tasarımında Kullanılan Pasif Yumuşak Anahtarlama Snubber'ı

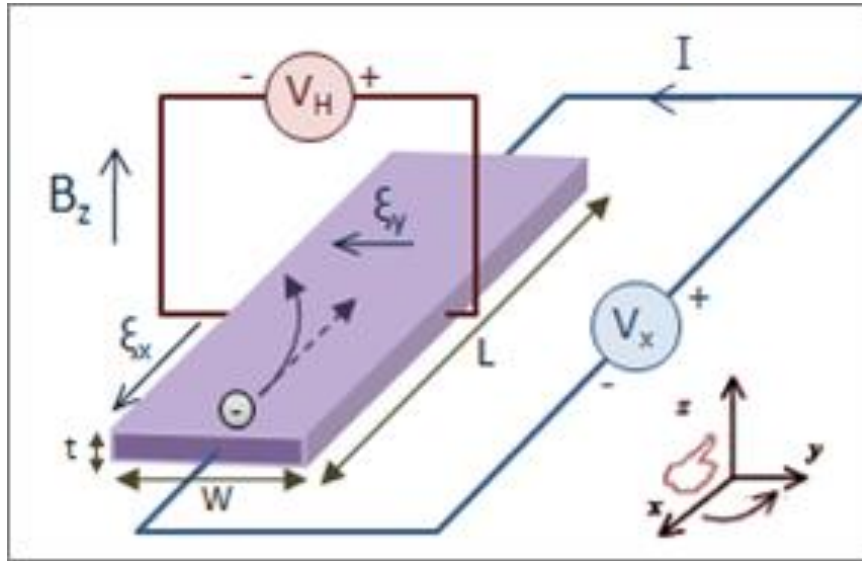
Anahtarlama elemanları kesime girme esnasında anahtar uçlarında hızlı bir gerilim yükselmesine ve iletme girme esnasında hızlı bir akım yükselmesine maruz kalmaktadır. İletim esnasında snubbersız durumda, akımın yükselmesi anahtarın müsaade edilen di/dt 'sinden çok daha büyük olabilir. Bu durumda bir turn-on snubber devresi kullanılarak akımın yükselme hızı sınırlandırılabilir. Benzer olarak anahtar, kesim esnasında aşırı gerilimlere veya dv/dt 'ye maruz kalabilir. Bu durum Şekil 6.15'teki snubber devresi ile düzeltilmeye çalışılmıştır.



Şekil 6.15. Pasif Yumuşak anahtarlama snubberı.

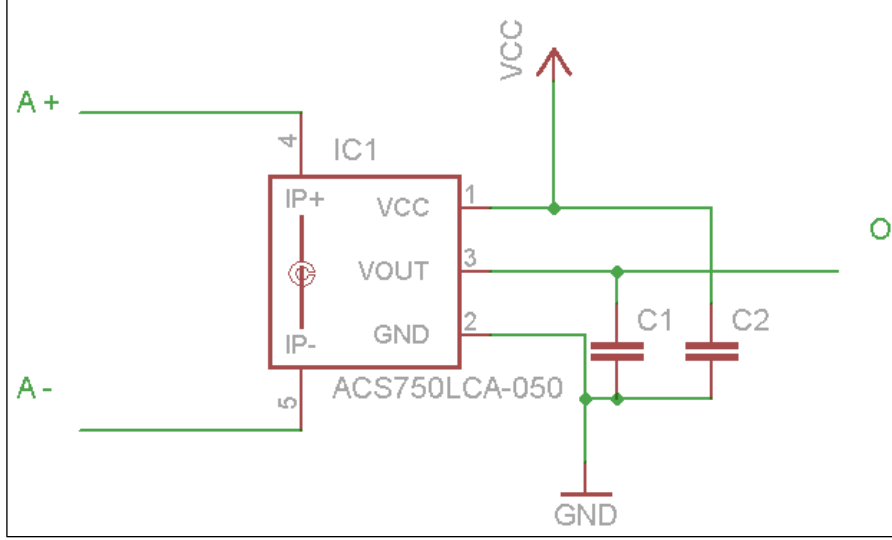
6.1.5. Akım ve Gerilimin Ölçülmesi

DA – DA dönüştürücünün kontrolünde akım ve gerilim değerlerinin okunması kontrol işleminin en önemli basamağını oluşturmaktadır. Tasarlanan sistemde hem giriş hem de çıkış akım değerlerini okumak için ALLEGROMİCRO firması tarafından üretilmiş olan ACS712 hall etkisi tabanlı lineer akım sensörü kullanılmaktadır. Hall etkisini temel alarak akımın ölçülmesi Şekil 6.16’da gösterilmektedir.



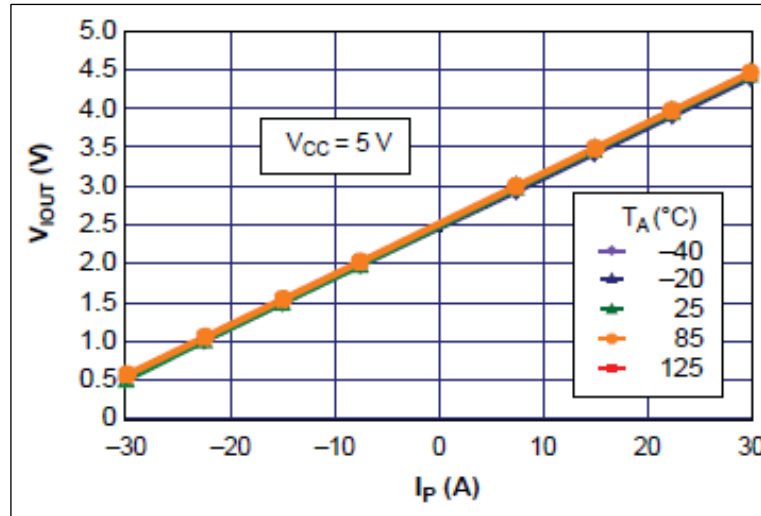
Şekil 6.16. Hall etkisi.

Hall etkisi içerisinde akım geçen bir iletkende meydana gelen gerilim farkıdır. Genellikle bu fark manyetik alan etkisi ile oluşur. Bunun nedeni manyetik alanın elektronları bir yöne doğru itmeleri yani kuvvet oluşturacak etkiyi oluşturmasıdır. Devre bağlantı şeması Şekil 6.17’de verilmektedir.



Şekil 6.17. ACS712 Akım sensörünün bağlantı şeması.

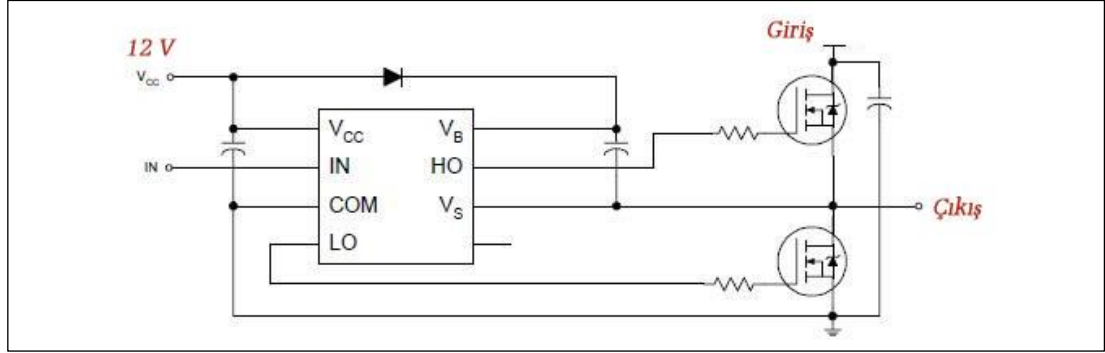
ACS712 Akım sensörü düşük maliyetli ve sistem üzerinde az yer kaplayan yapısı ile tercih edilmiştir. Simetrik beslemeye ihtiyaç duymaması ve 0.5 V ile 4.5 V arasında V_{OUT} çıkışıyla (Şeil 6.18) akım bilgisini okumayı kolaylaştırmaktadır [53].



Şekil 6.18. ACS712 Akım sensörüne ait sıcaklığa bağlı hata değişim grafiği.

6.1.6. Sistemde Kullanılan Anahtarlama Elemanlarının Tetiklenmesi

Tasarlanan sistemde anahtarlama elemanı olarak mosfet kullanılmıştır. Kullanılan Q1 ve Q2 mosfetlerinin tetiklenmesinde IR2111 yarım köprü mosfet sürücüsünden yararlanılmıştır.



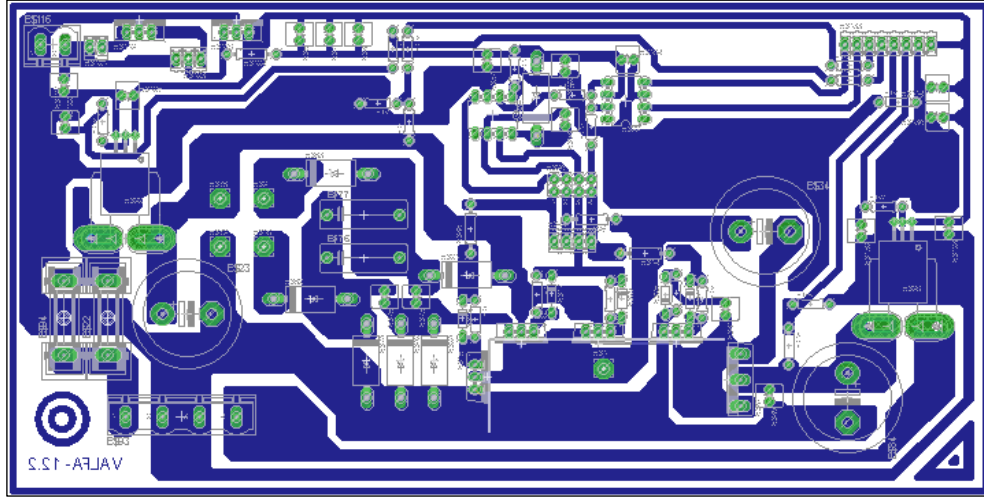
Şekil 6.19. IR2111 Yarım köprü mosfet sürücü bağlantı şeması.

Yükselten dönüştürücü modunda çalışmasını sağlayan Q3 mosfetinin sürülmesi ve IR2111 yarım köprü mosfet sürücüsünün giriş portunun uygun seviyede gerilimle tetiklenmesi amacıyla microchip firmasına ait T4422 çift düşük taraf mosfet sürücüsü kullanılmıştır.

IR2111 yarım köprü mosfet ve IGBT (İzole kapılı bipolar transistör) devrelerini sürmek için tasarlanmış düşük maliyetli seçenektir. IR2111 ile birlikte kullanılan boost kapasitörü ile giriş gerilimini Vs girişindeki gerilime ekleyerek Ho (High Side Output) çıkışından aktarmaktadır. Lo (Low Side Output) çıkışından ise besleme gerilimi oranında çıkış alınabilmektedir [54]. IR2111 devre bağlantı şeması Şekil 6.19'da verilmektedir.

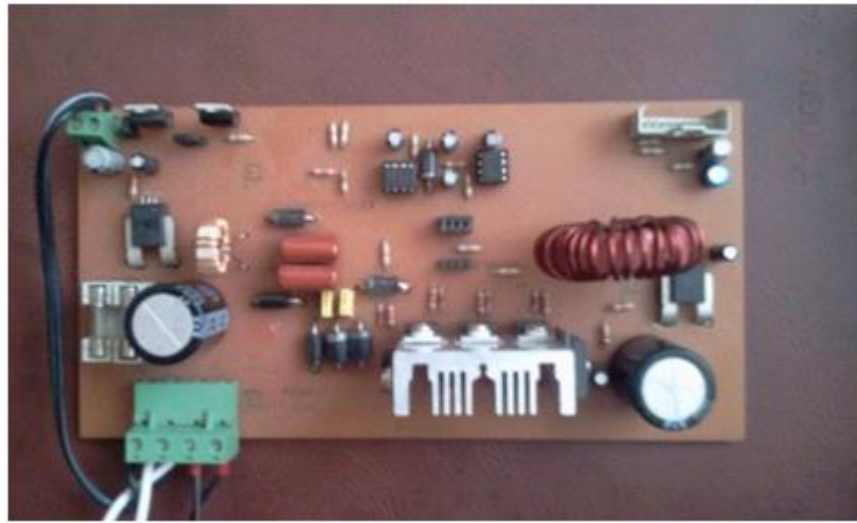
6.1.7. DA – DA Dönüştürücü Modülün Gerçekleştirilmesi

DA – DA dönüştürücü Modülün Eagle PCB yazılımı ile baskı devre kart tasarımı (Şekil 6.20) yapılmıştır.



Şekil 6.20. DA-DA dönüştürücü için PCB kart tasarımı (Bakır hat ve yerleşim).

Tasarlanan DA-DA Dönüştürücü 2 adet kontrol sinyali girişine sahiptir bu girişlere çalıştırılmak istenen moda göre sinyal gönderilerek ister yarım köprü alçaltan DA-DA dönüştürücü istenirse de iki kanala da sinyal gönderilerek Yükselten DA-DA dönüştürücü olarak kullanılabilir. Ayrıca DA-DA Dönüştürücü 4 adet analog çıkışa sahiptir bunlar giriş akımı ve gerilimi, çıkış akımı ve gerilimidir. Bu analog sinyaller ile kontrol algoritmasına göre istenildiğinde kapalı çevrim kontrolle imkân tanmaktadır. DA-DA Dönüştürücünün gerçekleştirilmiş devre görüntüsü Şekil 6.21’de verilmektedir.



Şekil 6.21. Gerçekleştirilen DA-DA dönüştürücü modül.

6.2. KONTROL MODÜLÜ

Sistemin kontrol modülünde Texas Instruments'ın ürettiği ultra düşük güçlü MSP430 ailesinin G2553 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Düşük güç harcaması ve maliyetine oranla yüksek performanslı oluşu bu mikrodenetleyicinin seçilmesinde etkili olmuştur. Kontrol modülü DA-DA Dönüştürücü üzerinden analog olarak giriş akımı, giriş gerilimi, çıkış akımı ve çıkış gerilimi bilgisini okuyarak. Şarj algoritmasına uygun olarak ürettiği kontrol sinyali ile sistemin denetimini gerçekleştirmektedir.

Ayrıca üzerinde bulunan MAX485 TTL RS485 hat sürücüsü sayesinde RS485 hattı üzerinden MODBUS RTU protokolü ile haberleşmeyi desteklemektedir.

6.2.1. MSP430G2553 Mikrodenetleyicisi

Özellikle düşük güç uygulamaları için tasarlanmış olan MSP430 mikrodenetleyici ailesi, 5 farklı güç seçeneği ile ihtiyaç duyulan çalışma moduna göre ayarlana bilinir. Güçlü 16 bit RISC CPU mimarisini kullanılmıştır ve 16 bit saklayıcıları ile maksimum verimlilik hedeflenmiştir. Sayısal olarak kontrol edilen osilatörü (DCO) sayesinde düşük güç çalışma modlarından aktif moda 6 µs'den daha az sürede uyandırmaya izin verir. Bu sayede ihtiyaç duyulan anda en uygun çalışma moduna geçişe izin vermektedir. Sahip olduğu 2 adet 16 bitlik sayıcı 10 bitlik analog dijital dönüştürücüleri ve donanımsal UART (Universal asynchronous receiver/transmitter) birimi ile sistemin kontrolünü sağlamak için gerekli şartları üzerinde barındırmaktadır.

6.2.2. MSP430G2553 Mikrodenetleyicisinin Çalışma Modları

MSP430, biri aktif ve diğerleri de düşük güç olmak üzere yazılımsal olarak seçilebilir 6 farklı çalışma moduna sahiptir. Kesme olayı 5 düşük güç modundan mikrodenetleyiciyi uyandırır, istenilen servisi uygular ve istenilen düşük güç moduna geri döner. Çizelge 6.1'de verilen 6 tane yazılım ile seçilebilen çalışma modları

vardır. Burada belirtmek gerekir ki, bu çalışma modları modüllerin çalışmasını doğrudan etkilemez. Etkilemesi sadece saatlerin kapanması nedeniyle olur.

Çizelge 6.1. MSP430 Mikroişlemcisinin ait çalışma modları.

	Aktif Mod	LPM0	LPM1	LPM2	LPM3	LPM4
CPU	Aktif	Pasif	Pasif	Pasif	Pasif	Pasif
MCLK	Aktif	Pasif	Pasif	Pasif	Pasif	Pasif
SMCLK	Aktif	Aktif	Aktif	Pasif	Pasif	Pasif
ACLK	Aktif	Aktif	Aktif	Aktif	Aktif	Pasif
DCO	Aktif	Aktif	Pasif	Aktif	Pasif	Pasif

6.2.3. TimerA Modülü Kullanılarak Kontrol Sinyalinin Üretilmesi

MSP430G2553 mikrodnetleyicisi genel amaçlı 16 bitlik sayıcıya sahiptir. TimerA birimi kullanılarak belirli zamanlarda kesme alınabildiği gibi kontrol sinyali üretmek içinde kullanılabilir.

Timer modülünün çalışmasını sağlayan işaret kaynağını seçmek için TASSELx kaydedicisi kullanılır. Kaydedicinin 8 ve 9 numaralı bitlerinin durumuna göre seçilen işaret kaynağı Çizelge 6.2'deki gibi olmaktadır.

Çizelge 6.2. Timer modülünün kaynak seçimi.

TASSELx bit 9	TASSELx bit 8	Kaynak Seçimi
0	0	TACLK
0	1	ACLK
1	0	SMCLK
1	1	INCLK

Seçilen işaret kaynağı sinayli IDx kaydedicisinin 6 ve 7 numaralı bitleri ile 2, 4 ve 8'e bölünebilmektedir (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3. Timer modülünün bölücü seçimi.

IDx bit 7	IDx bit 6	Bölücü Seçimi
0	0	1
0	1	2
1	0	4
1	1	8

TimerA modülünün 4 farklı çalışma modu vardır, bunlar Pasif, Yukarı, Sürekli, Yukarı-Aşağı olarak sıralanır. Pasif modda iken TimerA modülü çalışmaz.

Yukarı modunda çalışırken, TimerA kaydedicisi 0 dan başlar ve TACCR0 kaydedicisinin tuttuğu değere kadar artar ve 0 değerine geri düşer. Bu modda çalışırken modülün çıkış frekansı Eşitlik 6.1’de belirtilmektedir.

$$f_o = \frac{f_{clk}}{\text{Secilen Bölücü Katsayısı} * (TACCR0 + 1)} \quad (6.1)$$

TimerA modülü Sürekli Modda Çalışırken, 0’dan başlar ve 0xFFFF değerine ulaştığında tekrar 0’a değerine düşer. Bu modda çalışırken modülün çıkış frekansı Eşitlik 6.2’de belirtilmektedir.

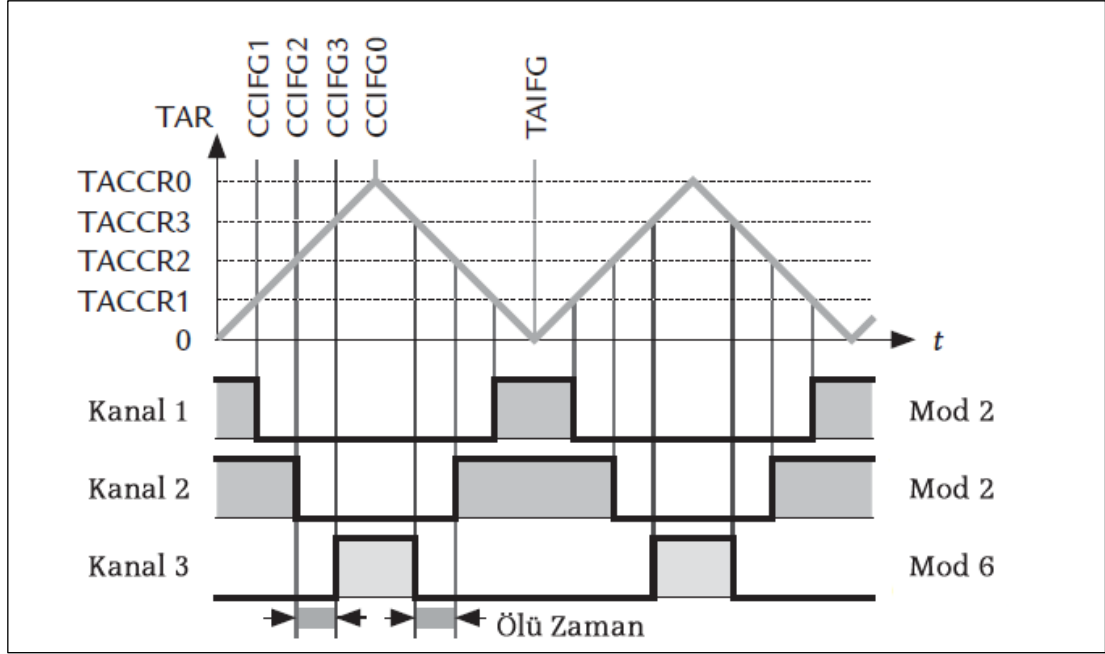
$$f_o = \frac{f_{clk}}{\text{Secilen Bölücü Katsayısı} * 65536} \quad (6.2)$$

TimerA modülü Yukarı-Aşağı modunda çalıştığında ise 0 değerinden TACCR0 kaydedicisinin tuttuğu değere kadar artar ve bu değerden 0 değerine geri azalarak gelecektir. Bu modda çalışırken modülün çıkış frekansı Eşitlik 6.3’de belirtilmektedir.

$$f_o = \frac{f_{clk}}{\text{Secilen Bölücü Katsayısı} * TACCR0 * 2} \quad (6.3)$$

TimerA modülünün çalışma modlarının haricinde Karşılaştırma (Compare) modunda çalıştırıldığında çıkış dalga tipini belirlemek amacıyla kullanılacak 8 farklı

seçenek bulunmaktadır. Bu seçenekler yardımıyla çıkış sinyalini şekli kontrol edilebilmektedir.



Şekil 6.22. MSP430 Mikrodenetleyicisi kontrol sinyali üretilmesi [55].

Şekil 6.22’de görüldüğü gibi çalışma modu ve dalga tipi seçilerek en uygun sinyali oluşturmamıza olanak sağlayan esnek bir yapıya mevcuttur. Özellikle Anahtarlama elemanlarının tetiklenmesinde açık veya kapalı konuma geçiş süreleri dikkate alınarak sinyaller arasında ölü zaman kullanılabilir.

Şekil 6.22’de verilen örnekte TACCRO artırılıp veya azaltıldığında sinyalin frekansı değişecektir, Kanal 1 ve Kanal 2 deki sinyalin görev süreleri sabit kalırken, Kanal 3 teki sinyalin görev süresi artacaktır.

6.2.4. MSP430G2553 Mikrodenetleyicisi ADC10 Modülü

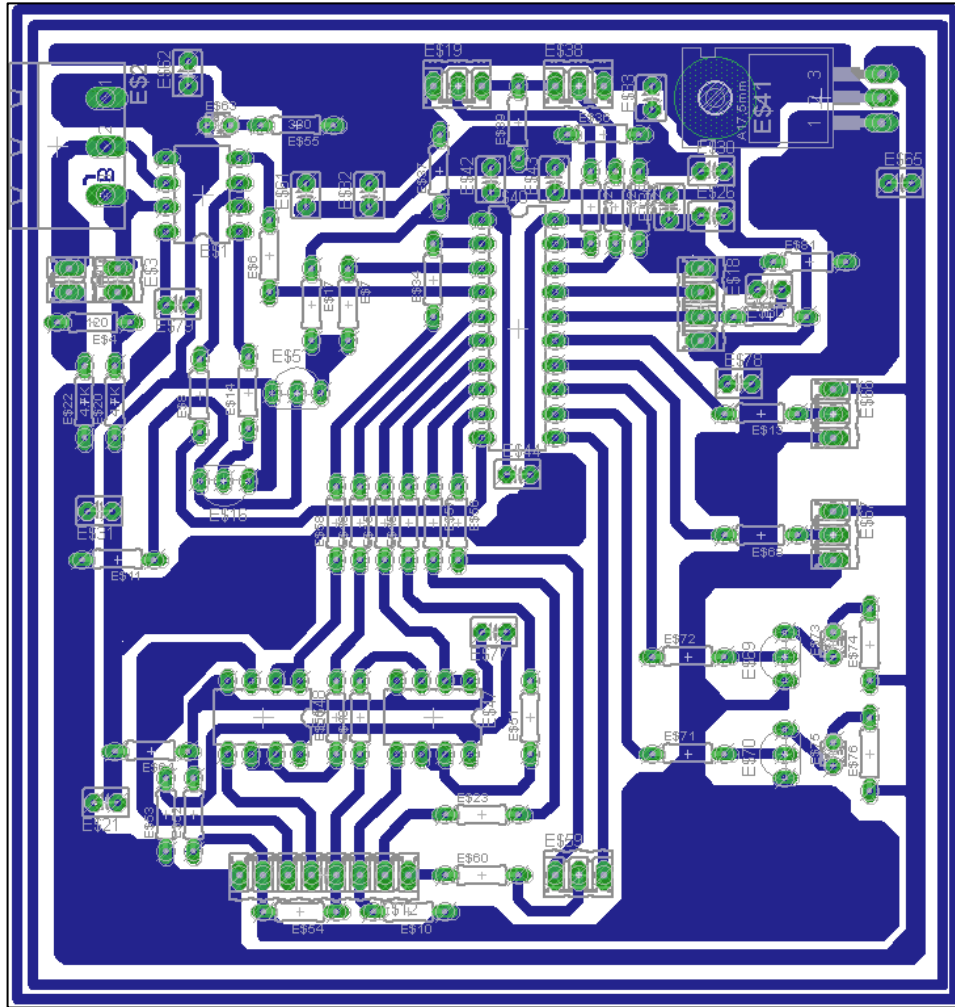
MSP430G2553 mikrodenetleyicisi sahip olduğu ADC10 modülü sayesinde 10 bitlik çözünürlüğe sahiptir. Ayrıca istenirse dışarıdan referans gerilimi ayarlanabildiği gibi kendi içerisinde 1.5V ve 2.5V referans gerilimi üretebilmektedir veya referans için besleme gerilimi de kullanılabilir. ADC10 modülünün çalışmasını sağlayan çevrim

sinyali içinde 4 farklı kaynak seçeneğe sahiptir bunlar ACLK, SMCLK, MCLK ve modülün kendi ürettiği ADC10CLK işaret kaynaklarıdır.

ADC10 modülü kullanılarak analog değer okunacak kanalın seçimi ADC10CTL1 kaydedicisi ile gerçekleştirilir. Girişin analog moda ayarlanması için ADC10E0 kaydedicisi kullanılır.

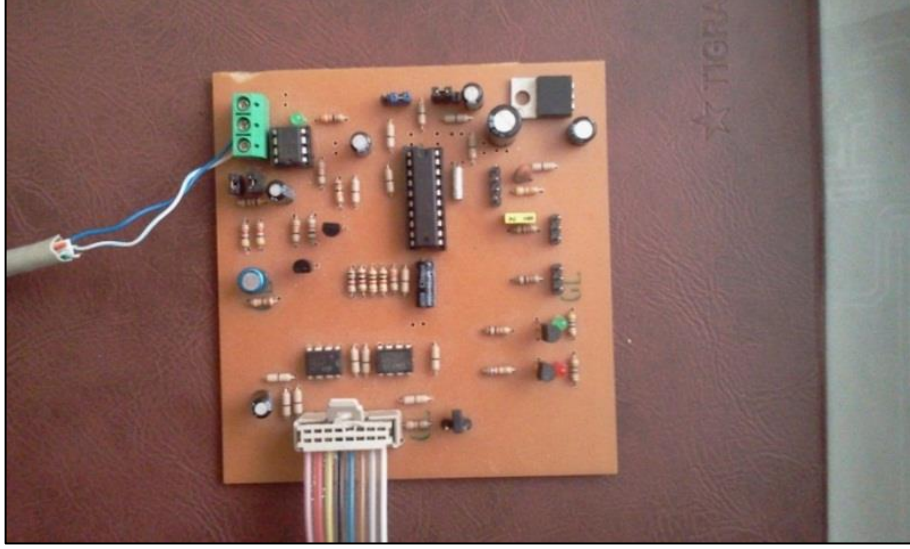
6.2.5. Kontrol Modülünün Gerçekleştirilmesi

Kontrol Modülü için Eagle PCB yazılımı ile baskı devre kart tasarımı yapılmıştır (Şekil 6.23).



Şekil 6.23. Kontrol modülü için PCB kart tasarımı üst görünümü.

Geçekleştirilen kontrol modülü (Şekil 6.24) 4 adet analog giriş ve 2 adet kontrol sinyali çıkışına sahiptir. Bunun dışında RS485 hat sürücü olarak MAX485 entegresi kullanılmıştır. Bu sayede RS485 hattı üzerinden seri iletişim kurabilmektedir. Bunun haricinde 2 adet analog giriş farklı uygulamalar için ayrılmıştır.



Şekil 6.24. Gerçekleştirilen kontrol modülü.

6.3. DENETLEYİCİ YAZILIMI

6.3.1. Denetleyici Algoritmasının Oluşturulması

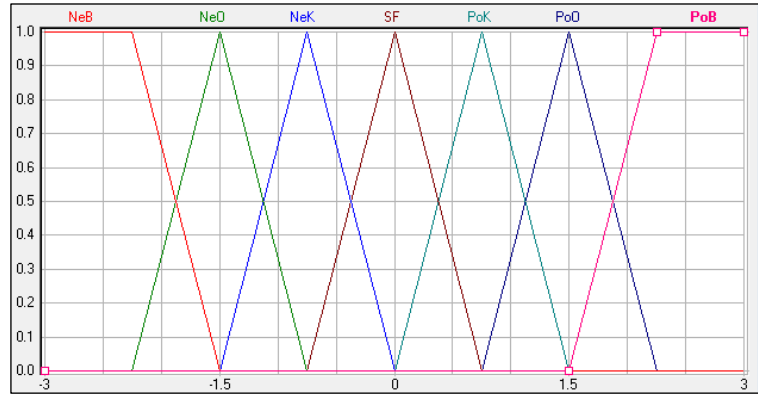
Tasarlanan sistem üzerinden ölçülen giriş akımı, giriş gerilimi, çıkış akımı ve çıkış gerilim şeklinde 4 farklı değer kontrol bloğuna giriş olarak alınmaktadır. Bu değerler haricinde giriş ve çıkış gerilimlerine bağlı olarak, giriş akımı ve çıkış akımının olması gereken en uygun değerleri kullanıcı tarafından oluşturulan tablodan elde edilmektedir. Sistemin çıkışının istenilen kriterlerde olması ise bulanık mantık kontrollü hata denetimi ile sağlanmaktadır.

Çıkış akım ve gerilim sınırlarının belirtildiği tabloya 10 farklı ifade girilebilir bu ifadeler doğru ise istenilen değer ataması gerçekleştirilir. Örnek tablo Çizelge 6.4'de yer almaktadır.

Çizelge 6.4. Şarj kontrolü için örnek çıkış sınırlılık tablosu.

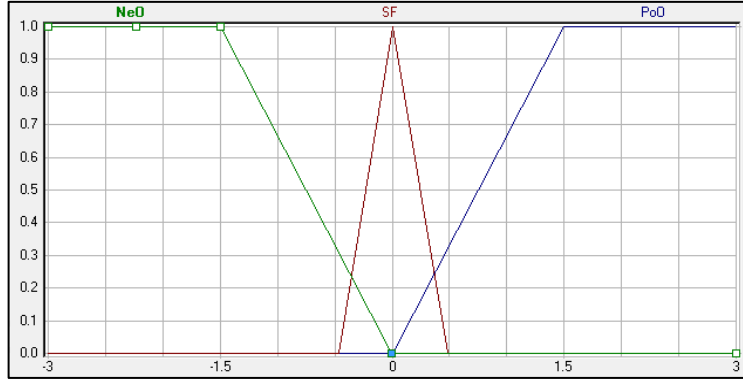
Küçük Değer	Karşılaştırılacak İfade	Büyük Değer	Atama İşlemi	Değer
0	Vo	10	Çıkış Akımı Üst Sınır	5
11	Vo	13	Çıkış Akımı Üst Sınır	3
13.5	Vo	15	Çıkış Akımı Üst Sınır	0.5

Çizelge 6.4'te görüldüğü üzere giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış geriliminin sınırları çizelgede belirtilen karşılaştırma ifadeleri doğrultusunda değiştirilebilmektedir. Verilen örnekte çıkış gerilimi 14 Voltun üzerinde ise sistem durdurulmaktadır, çıkış geriliminin 10 Voltun altına inmesi durumunda ise sistem tekrar başlatılmaktadır. Giriş gerilimi 10 Voltun altında sistem durdurulmaktadır. En son girilmiş sınır değeri en öncelikli olmaktadır. İstenilen gerilim ve istenilen akım değerlerinde çalışması bulanık mantık ile kontrol edilmektedir. Bulanık mantık giriş verileri hata ve hata değişimi olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Hata ve hata değişimi toplamda 10 üyelik fonksiyonundan meydana gelmekte ve 21 kural oluşturmaktadır.

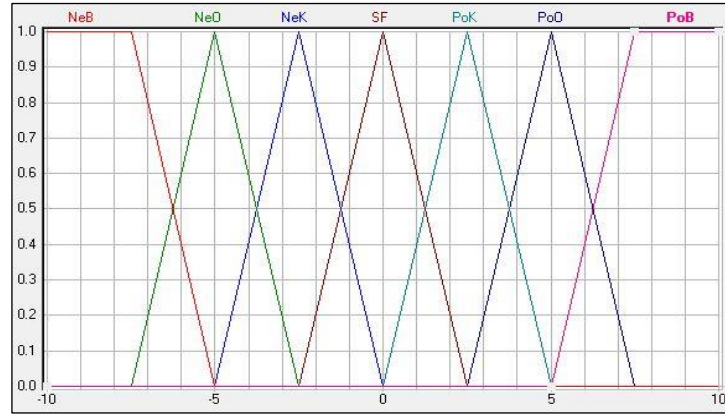


Şekil 6.25. Hata giriş üyelik fonksiyonu.

Üyelik fonksiyonlarının dilsel ifadeleri NeB, NeO, NeK, SF, PoK, PoO ve PoB (Negatif Büyük, Negatif Orta, Negatif Küçük, Sıfır, Pozitif Küçük, Pozitif Orta, Pozitif Büyük) olarak belirlenmiştir. Okunan akım veya gerilim bilgisinin istenilen akım veya gerilim değerden çıkartılmasıyla elde edilen hata bilgisine ulaşılır. Hata bilgisi 7 adet üyelik fonksiyonu içeren hata giriş fonksiyonuna uygulanmaktadır (Şekil 6.25.). Hesaplanan hatanın bir önceki hata değerinden çıkartılmasıyla da hatanın değişimi hesaplanmaktadır. Hatanın değişimi bilgisi 3 adet üyelik fonksiyonu içeren hata değişimi giriş fonksiyonuna uygulanmaktadır (Şekil 6.26.).



Şekil 6.26. Hata değişimi giriş üyelik fonksiyonu.

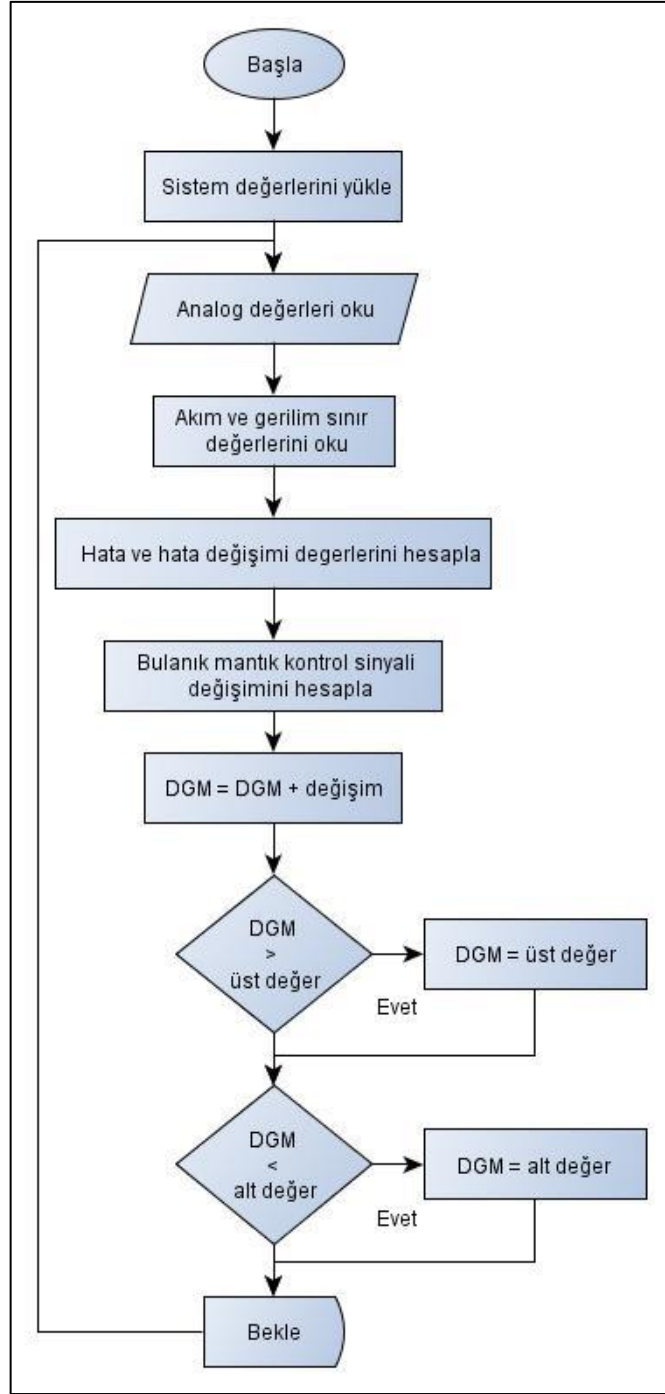


Şekil 6.27. Çıkış üyelik fonksiyonu.

Bulanık çıkarım, bulanık değerler elde edildikten sonra bu değerlerin belirlenen 21 adet kuraldan hangi kurallara tekabül ettiği bulunarak elde edilir. Bulanık çıkarım çıkış üyelik fonksiyonu Şekil 6.27’de verilmektedir. Bulanık çıkarım yöntemi olarak Mamdani yöntemi, durulama yöntemi olaraksa ağırlık ortalama seçilmiştir. Çizelge 6.5’te kural tabanı verilmektedir. Şekil 6.28’de kontrol algoritmasına ait akış şeması verilmektedir.

Çizelge 6.5. Bulanık kural tabanı.

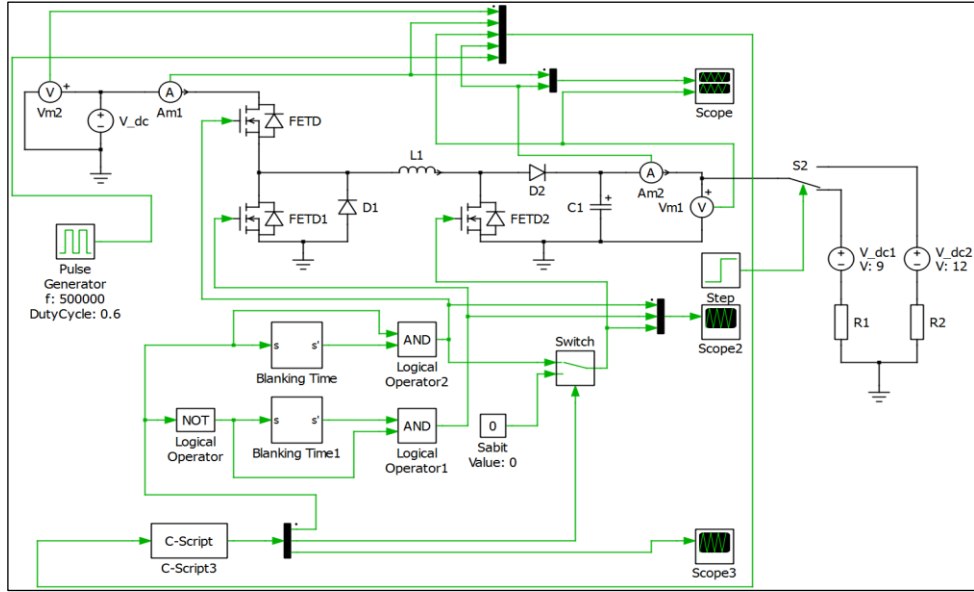
hata değişim	NeB	NeO	NeK	SF	PoK	PoO	PoB
NeO	NeB	NeB	NeO	SF	PoK	PoO	PoB
SF	NeB	NeO	NeK	SF	PoK	PoO	PoB
PoO	NeB	NeO	NeK	SF	PoO	PoB	PoB



Şekil 6.28. Kontrol algoritması akış şeması.

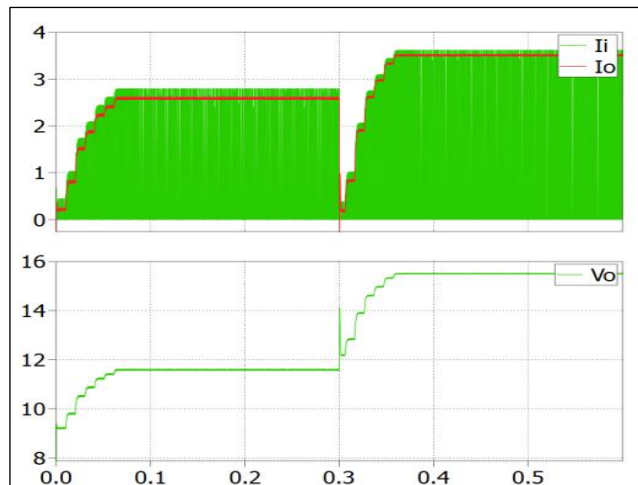
6.3.2. Denetleyici Algoritmasının Simülasyonu

Tasarlanan kontrol algoritmasının bilgisayar ortamında simülasyonu için Plecs uygulaması kullanılmıştır Şekil 6.29’da verilmiş olan blok şeması tasarlanmış ve farklı durumlara karşı sistem tarafından verilen tepkiler incelenmiştir.



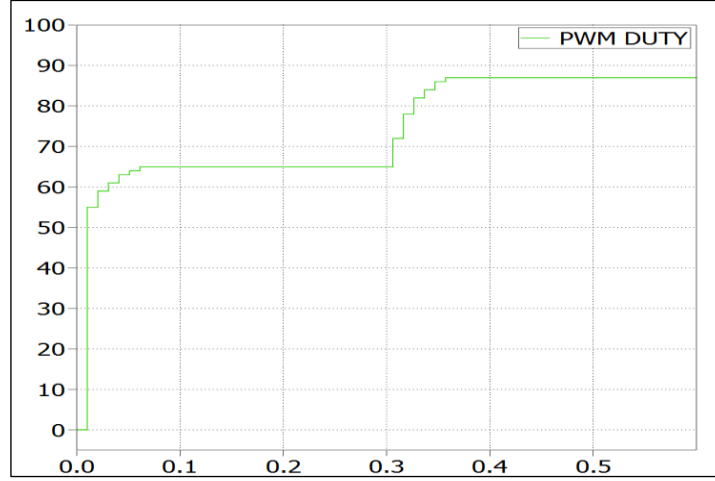
Şekil 6.29. Kontrol algoritmasının simülasyonu.

Plecs yazılımının simülasyon ortamında sistem 18 V giriş gerilimi, 9 V ve 12 V 1 Ω iç dirence sahip yükler olacak şekilde tasarlanmıştır. Simülasyon süresi 0,6 saniye olarak belirtilmiş ve ilk 0,3 saniyelik kısımda 9 V'luk yük, ikinci 0,3 saniyelik bölümde ise 12 V'luk yük devreye alınmıştır. Uygulama alçaltan modda çalıştırılmıştır. Kural olarak çıkış geriliminin 12 V'un altındaki değerleri için çıkış akımı 3 A'i geçmeyecek ve çıkış gerilimin 12 V'un üzerindeki değerleri için çıkış akımı 3,5 A'i geçmeyecek şeklinde belirtilmiştir. Giriş akımının ise 5 A geçmemesi istenmiştir.



Şekil 6.30. Simülasyonun Ii, Io, Vo değerlerine ait grafiği.

Şekil 6.30'da Sistemin simülasyonu sonucunda elde edilen giriş akımı, çıkış akımı ve çıkış gerilimine ait verilerin grafiği yer almaktadır. Buradan çıkarımla sistemin ilk durum için belirten 3 A değerindeki çıkış akımı ile sınırlandığı ve ikinci duruma adapte olarak çıkış akımının 3,5 A seviyesinde sınırladığı görülmektedir. Şekil 6.31'de kontrol sinyalinin görev zamanı yüzde olarak görülmektedir.



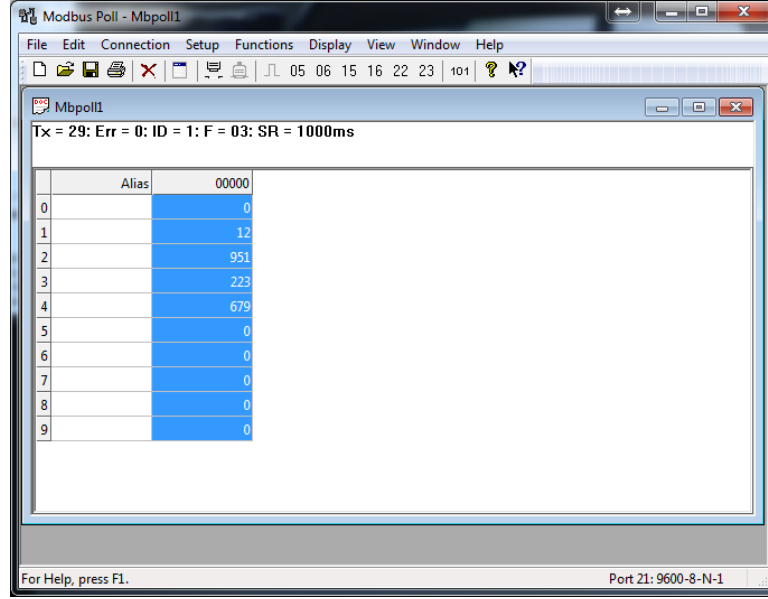
Şekil 6.31. Kontrol sinyalinin görev süresi değerine ait grafiği.

6.4. MODBUS RTU PROTOKOLÜ İLE SİSTEMİN KONTROLÜ

Gerçekleştirilen sistem MODBUS RTU protokolü ile RS485 standardını kullanarak haberleşebilmektedir. Haberleşmede birçok otomatik kontrol cihazının desteklediği bir protokolü kullanabilmesiyle oldukça esnek bir kullanım alanına sahip olmuştur.

Modbus iletişimi Witte Software firması tarafından yazılmış olan Modbus Poll yazılımı ile denenmiştir. Şekil 6.32'de Modbus Poll yazılımına ait ekran görüntüsü bulunmaktadır.

Gerçekleştirilen sistemin RS485 seri iletişim standardı ile modbus RTU protokolünü kullanan gerek farklı bilgisayar yazılımları gerekse PLC gibi farklı cihazlar ile de haberleşerek çalışabileceği görülmüştür.



Şekil 6.32. Modbus Poll yazılımı ekran görüntüsü.



Şekil 6.33. Sistemin EasyView MT506LV ile kontrolü.

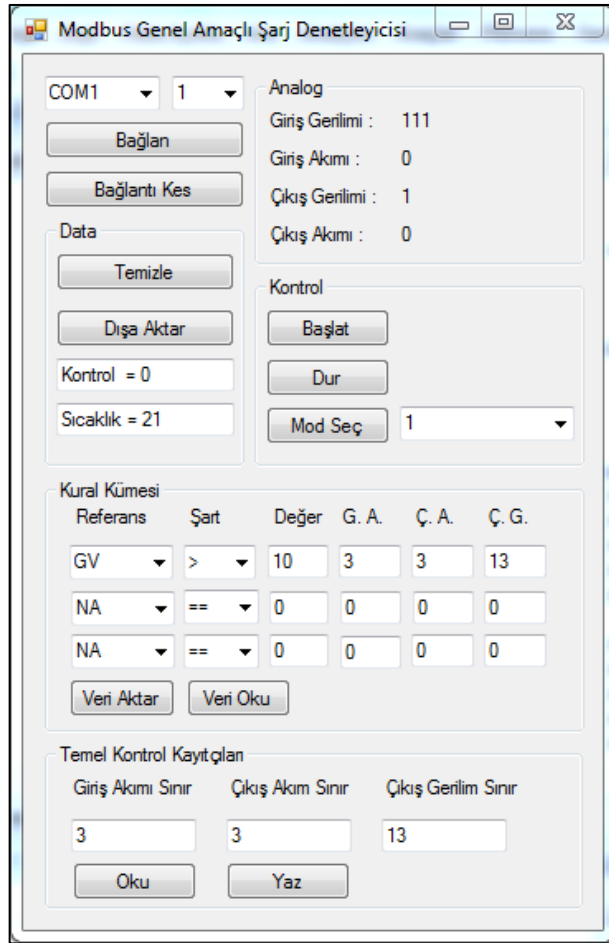
Gerçekleştirilen sistemin modbus protokolü kullanarak haberleşmesi EasyView MT506LV HMI (İnsan makine arayüzü) ile denenmiştir (Şekil 6.33).

0 numaralı bellek adresi kontrol kayıtcısı olarak kullanılmıştır. Bu adrese 0 değeri yazılırsa şarj işlemi kesilecek, 1 yazıldığı zaman kullanıcı tarafından yüklenmiş olan kural tabanına göre, alçaltan modda çalışacak, 2 yazıldığı zaman alçaltan yükselten

modda çalışacak ve 3 yazıldığında ise en uygun modu algoritması ile kendi seçerek buna göre çalışacak şekilde programlanmıştır.

Ayrıca 1 numaralı adresten çıkış akımı, 2 numaralı adresten çıkış gerilimi, 3 numaralı adresten giriş akımı ve 4 numaralı adresten de giriş gerilimi verileri okunabilmektedir. Diğer kaydediciler ise kural tabanı için ayrılmıştır.

Şekil 6.34’de ekran görüntüsü verilen yazılım hazırlanarak bilgisayar ortamından sistemin kontrolü gerçekleştirilmiştir.

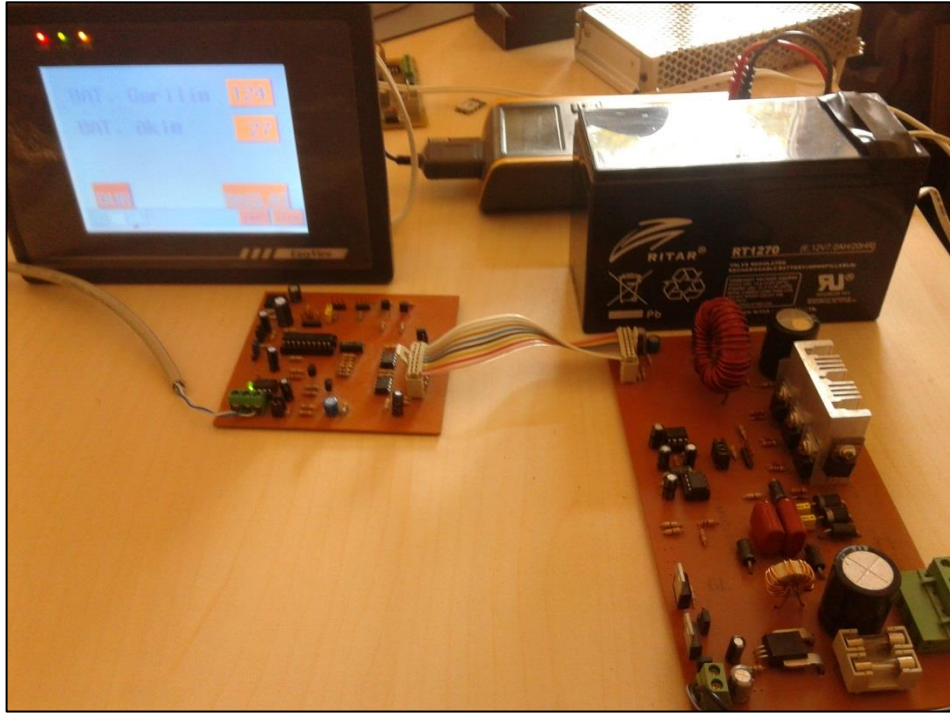


Şekil 6.34. Parametrelerin gönderimi ve veri okumak için gerçekleştirilen yazılımın ekran görüntüsü.

BÖLÜM 7

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

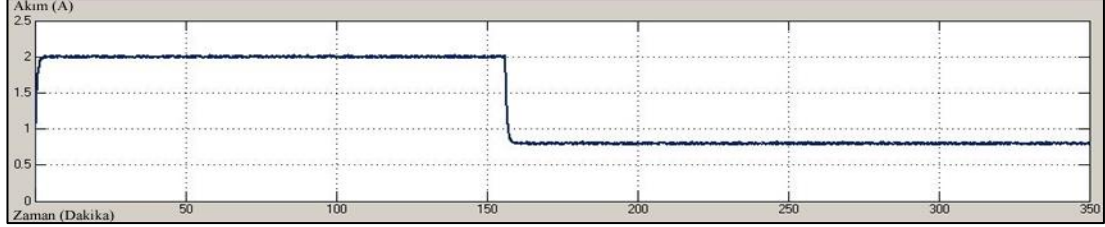
Gerçekleştirilen sistem ile farklı kurallar tanımlanarak şarj işlemi test edilmiştir. Testlerde sabit akım kontrollü şarj ve akım kısıtlamalı gerilim kontrolü ile şarj yöntemleri uygulanmıştır. Elde edilen veriler incelenmiştir. Şekil 7.1’de deneysel çalışma sistemini oluşturan kontrol modülü, DA-DA dönüştürücü modülü, arabirim olarak kullanılan EasyView MT506LV HMI ve akü görülmektedir.



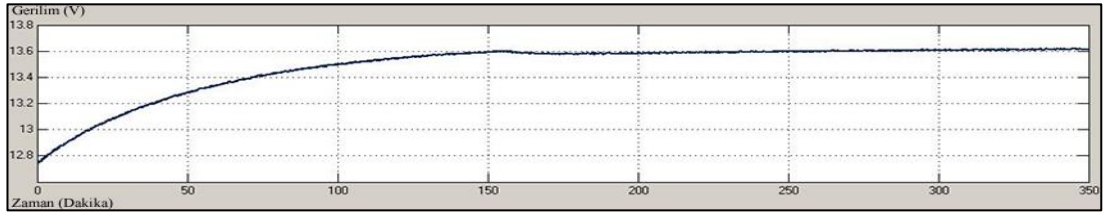
Şekil 7.1. Deneysel çalışma sistemi.

Deneysel sistemde istenilen şarj karakteristiğine uygun parametreler girilerek oluşturulan kural tabanına göre çalışarak farklı özelliklerdeki aküleri şarj edebilmesi ve farklı şarj algoritmalarını gerçekleştirebilmesi test edilmiştir.

Deneyde 12 Voltluk 7 Amper akü kullanılarak, 13,6 Volt'luk çıkış gerilimine ulaşıncaya kadar 2 Amper'lik çıkış akımı verilmesi ve 13,6 Voltluk çıkış gerilimi elde edildikten sonra şarj işlemine 0,8 Amperlik çıkış akımı ile devam edilerek sabit akım kontrollü şarj işleminin gerçekleştirilmesi istenmiştir.



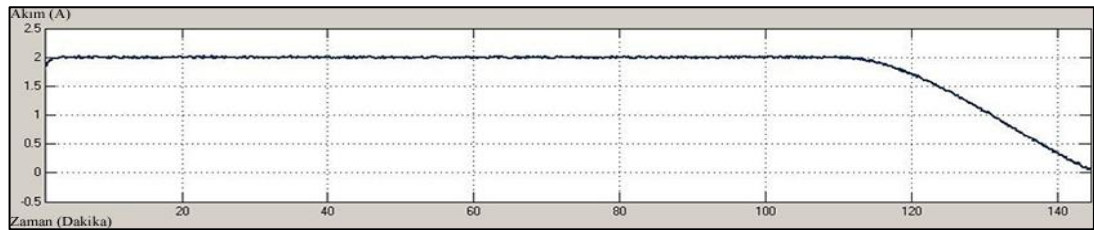
Şekil 7.2. Sabit akım kontrollü şarj işlemi çıkış akımı ve zaman grafiği.



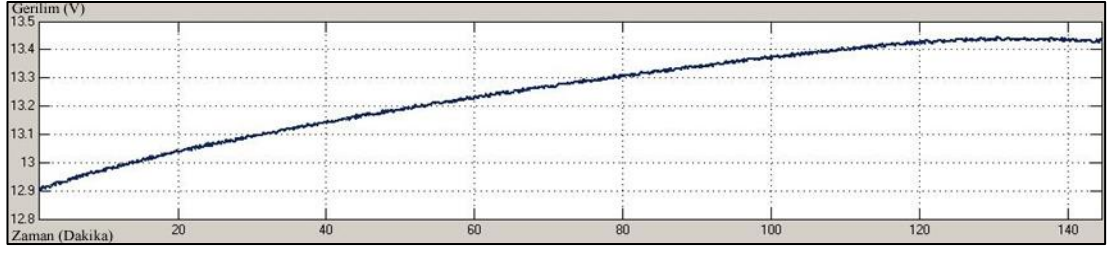
Şekil 7.3. Sabit akım kontrollü şarj işlemi çıkış gerilimi ve zaman grafiği.

Şekil 7.2'de verilen çıkış akımı ve Şekil 7.3'te verilen çıkış gerilimine ait grafikler incelendiğinde çıkış gerilimi 13,6 Volt seviyesinin altında iken sistem 2 Amper sabit akım ile şarj ederken çıkış gerilimi 13,6 Volt seviyesine ulaştığında şarj akımı 0,8 Amper olmaktadır.

Deneyde 12 Voltluk 7 Amper akü kullanılarak, 13,4 Volt gerilim kontrollü ve 2 Amper akım sınırı ile şarj işlemi gerçekleştirilmek istenmiştir.



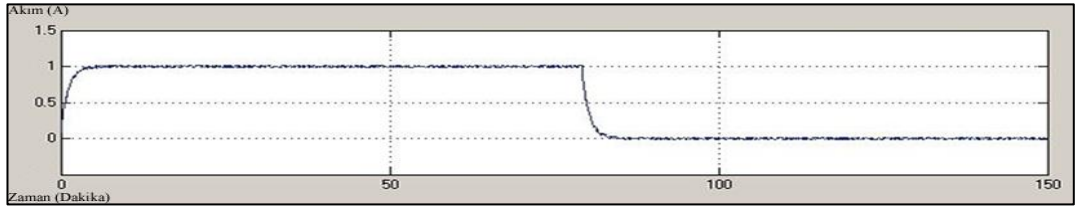
Şekil 7.4. Akım kısıtlamalı gerilim kontrollü şarj işlemi çıkış akımı ve zaman grafiği.



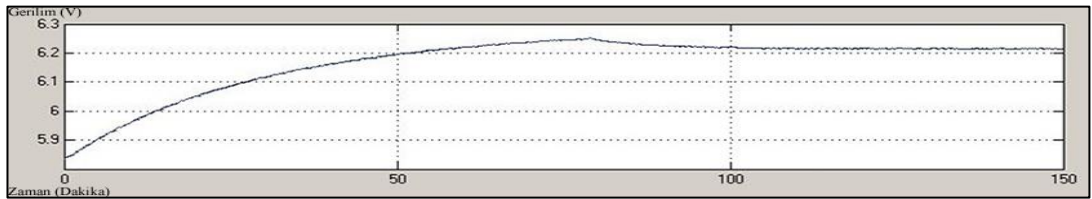
Şekil 7.5. Akım kısıtlanmalı gerilim kontrollü şarj işlemi çıkış gerilimi ve zaman grafiği.

Şekil 7.2'de verilen çıkış akımı ve Şekil 7.3'te verilen çıkış gerilimine ait grafikler incelendiğinde şarj işleminin istenilen doğrultuda 2 Amper akım sınırını geçmediği ve 13,4 Volt seviyesinde bir gerilim ile şarj olduğu görülmektedir.

Deneyde 6 Volt 7 Amper akü kullanılarak belirlenen gerilime ulaşıncaya kadar sabit akım ile şarj edilmesi ve ulaşıldığında ise şarj işleminin durdurulması gerçekleştirilmektedir.



Şekil 7.6. Akım kontrollü aç-kapa şarj işlemi akım ve zaman grafiği.



Şekil 7.7. Akım kontrollü aç-kapa şarj işlemi gerilim ve zaman grafiği.

Şekil 7.6 ve Şekil 7.7' de görüldüğü gibi gerçekleştirilen sistem istenildiği üzere 6,25 Volt çıkış gerilimine ulaşıncaya kadar 1 Amper ile şarj işlemini gerçekleştirmiş, belirtilen gerilime ulaşıldıktan sonra şarj işlemini durdurmuştur.

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği ve elde edilen elektrik enerjisinin depolanmasında kullanılan akülerin birbirinden farklı şarj denetimi gereksinimlerinin bulunmasından dolayı uygulamalarda zorluklar yaşanmaktadır.

Bu çalışmada yukarıda belirtilen soruna çözüm getirmek amacıyla gerekli yazılım ve donanım tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistem ile akım ve gerilim kontrollü, modbus protokolü ile haberleşen, zeki denetimli genel amaçlı bir şarj denetleyicisi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sırasında hem akım kontrolünün hem de gerilim kontrolünün başarılı olarak sağlandığı görülmüştür.

Yenilenebilir enerji üzerine çalışan araştırmacılara yardımcı olması amacıyla tasarlanmış bir sistem olmasına karşılık sistemin yeteneklerinin daha farklı birçok alanda kullanılabileceği görülmektedir. Özellikle PLC kullanılan saha otomasyon sistemlerinde PLC tarafından akü gerilimi, şarj durumu vb gibi bilgilerin okunabilirliğine izin vermesi ve bunu modbus protokolünü kullanarak gerçekleştirmesi sayesinde analog girişi bulunmayan ya da analog girişi farklı uygulamalar tarafından kullanılan sistemlerde ayrıca avantaj sağlayabilecektir. Bu sistem farklı tip akü gruplarının bir arada kullanıldığı bir yapıda düşük maliyeti ve programlanabilirliği sayesinde yapının tasarımını kolaylaştırıp farklı çeşitlerde şarj denetleyicileri ile çalışma zorluğunu ortadan kaldıracaktır.

Sistem bir şarj denetleyicisi olarak tasarlanmış olsa da içerdiği DA-DA modül ve programlanabilirliği sayesinde aynı zamanda bir çıkış regülatörü olarak da kullanılabileceği görülmektedir. Bu sayede farklı tipteki akü veya akü gruplarının eş zamanlı veya farklı zamanlı olarak sisteme kontrollü olarak bağlanabilmesine olanak sağlayabilecektir.

Sistem, ayrıca bilgisayar tarafından kontrol edilerek de kullanılabilmesi sayesinde elektronik ve enerji alanında eğitim gören öğrencilerin DA-DA dönüştürücüler üzerinde uygulama çalışmaları yapabilmesini kolaylaştırabilecektir.

Sistemin kontrol modülünün tasarımında MSP430 mikrodenetleyicisi kullanılması sayesinde yazılımının geliştirilerek daha etkin çalışması sağlanabilir. Ayrıca kontrol modülü üzerinde 2 adet analog giriş daha mevcuttur bu girişler ile akü sıcaklığının da takip edilmesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR

1. Kayıtlı, T. ve Balıkçı, A., “Elektrikli araçlarda kullanılan lityum-polimer aküler için bir şarj cihazı tasarımı”, *Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ve Fuarı*, Bursa, 357-362 (2008).
2. Yörükoğul, M. ve Çeli, A. N., ”Akülü bağımsız fotovoltaik enerji sistemlerinde kullanılan akü kontrol stratejileri ve simülasyonları”, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi*, Mersin, 266-275 (2003).
3. Kim, I., Ji, N., Han, U., Lhee and C., Kim, H., “ State estimator design for solar battery charger”, *Industrial Technology, 2009. ICIT 2009. IEEE International Conference*, Australia, 1-6 (2009).
4. Ke, Y., Chuang, Y. and Chen, M., “Implementation of high efficiency battery charger with zero-voltage-transition pulse-width-modulated boost converter”, *Industrial & Commercial Power Systems Technical Conference - IEEE*, Calgary, 6-9 (2009).
5. Liu, K. and Makaran, J. “Design of a solar powered battery charger”, *Electrical Power & Energy Conference (EPEC)*, Quebec, 2: 1-5 (2009).
6. Eakburanawat, J. and Boonyaroonate, I., “Development of a thermoelectric battery-charger with microcontroller-based maximum power point tracking technique”, *Applied Energy*, 83 (7): 687-704 (2006).
7. Yau, H., Liang, Q. and Hsieh, C., “Maximum power point tracking and optimal Li-ion battery charging control for photovoltaic charging system”, *Computers & Mathematics with Applications*, 64 (5): 822-8325 (2012).
8. Sunan, M., “Güneş enerjisi ile çalışan aracın elektrik ve elektronik sisteminin mikrodenetleyiciler ile tasarımı ve uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 3-5 (2006).
9. Turhan, S. ve Çetiner, İ., “Fotovoltaik sistemlerde performans değerlendirmesi”, *6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, Bursa, 6: 4 (2012).
10. Türe, E., 2008. “Çatı malzemesi olarak güneş enerjisi sistemleri”, *4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*, İstanbul, 4 (2008).
11. Çelebi, G., “Bina düzeyi kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanım ilkeleri”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 17 (3) : 17-33 (2002).

12. Altaş, İ., “Fotovoltaaj güneş pilleri :yapısal özellikleri ve karakteristikleri”, *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 47: 66-71 (1998).
13. İnternet: İstanbul Teknik Üniversitesi, “Siemens M10 Güneş Pili”, <http://triton.elk.itu.edu.tr/~gunes> (2012).
14. Cerit, B. ve Yılmaz, B., “Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinin elektrik enerjisi potansiyeli üzerine bir araştırma”, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Ankara, 1 : 179-185 (2008).
15. Nurbay, N. ve Çınar, A., “Rüzgar türbinlerinin çeşitleri ve birbirileriyle karşılaştırılması”, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Ankara, 1: 26 (2008).
16. Ergür, Ö., “Rüzgar türbinleri ile enerji üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 24-27, 34 (2006).
17. Ataseven, M. S. ve Ataseven, S., “Senkron rüzgar türbinleri ve kontrol sistemleri”, *IV. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Ankara (2009).
18. Demirtaş, M., “Güneş ve rüzgar enerjisi kullanarak şebeke ile paralel çalışabilen hibrit enerji santrali tasarımı ve uygulanması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 8-15 (2008).
19. Gençsoy, M. T., “Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye açısından önemi”, *Firat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14 (2): 57-64 (2002).
20. Sağlam, M.ve Uyar, T. S., “Dalga enerjisi ve Türkiye'nin dalga enerjisi teknik potansiyeli”, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Ankara, 83-89 (2008).
21. Topal, M. ve Arslan, E. I., ”Biyokütle enerjisi ve Türkiye”, *VII Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, İstanbul, 241-248 (2008).
22. Kelekçi, Ö. Ç., “Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi”, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1 (2): 45-47 (2009).
23. Arslan, M. ve Güldemir, H., “Yükseltici tip DA-DA dönüştürücünün kayma mod kontrolü”, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (2): 18 (2005).
24. Erickson, R. W., “DC-DC Power converters”, *Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, 5: 53-63 (1999).
25. Ho, H. and Lu, C., “Study of nonlinear phenomena in switching DC/DC converters”, *Degree of PhD, Department of Electronic an Information Engineering The Hong Kong Polytechnic University*, Hong Kong SAR, China, 1-166 (2000).

26. Kırac, T., “Güç çarpanı düzeltilmiş. çok çıkışlı. anahtarlamalı kaynak teori ve uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 10-18 (2007)
27. Çorapsız, F., “DC-DC dönüştürücüleri gerçek zamanlı denetiminde akıllı sistem uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 22-36 (2009).
28. Ürgün, S., Erfidan, T. ve Çoruh, N., “DA-DA buck dönüştürücü tasarımı ve gerçekleştirilmesi”, *Eleco'2008 Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, (2008).
29. Demirtaş, M. ve Gezer, G., “Analyzing of PI controlled DC/DC converter output voltage using Labview”, *Signal Processing and Communications Applications Conference*, Diyarbakır, 704-707 (2010).
30. Çoruh, N., Erfidan, T. ve Ürgün, S., “DA-DA boost dönüştürücü tasarımı ve gerçekleştirilmesi” *Eleco'2008 Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, (2008).
31. Hasaneen, B. M. and Kena, E. M., ”Design and simulation of DC/DC boost converter”, *Power System Conference, 2008. MEPCON 2008. 12th International Middle-East*, Ankara, 16-21 (2008).
32. Gör, M., “Çok amaçlı dinamik bir güç kaynağı tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 27,36 (2011).
33. Işıklı, Ş., “Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler”, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi*, 19: 105-126 (2007).
34. Zadeh, L. A., "Fuzzy algorithms", *Information and Control*, 12 (2): 94-102 (1968).
35. Zadeh, L. A., “Concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning”, *Information Sciences*, 8: 43-80 (1975).
36. Zadeh, L. A., Fu, K. S, Tanaka, K. and Shimura, M., “Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes”, *Academic Press*, New York, 1-39 (1975).
37. Zadeh, L. A., “Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility”, *Fuzzy Sets and Systems*, 1: 3-28 (1978).
38. Schwartz, D. G., Klir, G. J., Lewis, H. W. and Ezawa, Y., “Applications of fuzzy sets and approximate reasoning”, *Proc. of the IEEE*, 82 (4): 482-497 (1994).
39. Yılmaz,C.,”Profibus-dp tabanlı bina otomasyonu”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-6 (2007).

40. Altaş, İ. H., “Bulanık mantık: bulanıklılık kavramı”, *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 62: 80-85 (1999).
41. Dalcı, K. B., “Bulanık kazanç ayarlamalı nonlineer pi kontrolörünün kalıcı mıknatıslı doğru akım motor-dinamo sisteminde uygulanması”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 5 (1): 71-88 (2004).
42. Loveday, D. L., Virk, G. S., Cheung, J. Y. M. and Azzi, D., “Intelligence in buildings: the potential of advanced modelling”, *Automation in Construction*, 6: 447-461 (1997).
43. Kıyak, E. ve Kahvecioğlu, A., “Bulanık mantık ve uçuş kontrol problemine uygulanması”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 2: 63-72 (2003).
44. Umarusman, F. Z., “AC motor sürücüler için bulanık denetleyici tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 16, 24-32 (2009).
45. Freeman, R. L., “Fundamentals of telecommunications”, *IEEE Press*, ISBN 0-471-71045-8: 9 (2005).
46. Çölkesen, R. ve Örencik, B.: “Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri”, *Papatya Yayıncılık*, İstanbul, 5, 7, 10-14 (2000).
47. Yetişken, F. M., “Elektrik sayaçlarının uzaktan okuma teknikleri ve prototip geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 24-32 (2010).
48. Tyco Electronics, “RS485 & Modbus protocol guide” *Tyco Electronics Energy Division*, 6 (1): 2-16 (2007).
49. İnternet: infoPLC.net “DELTA PLC Modbus Communication Protocol Ver 1.0”, http://www.infopl.net/files/descargas/delta/infoPLC_net_DVP_%20communication%20Protocol.pdf (2012).
50. Thompson, M., “Industrial Data Communication, 3.0 Edition”, *Westermo Teleindustri AB*, 12-25, (1994).
51. Modbus-IDA., “Modbus application protokol specification”, *Modbus-IDA*, V1.1b: 2-10 (2006).
52. MODICON Inc., “Modicon Modbus Protocol Reference Guide”, *MODICON Inc*, 6-25 (1996).
53. İnternet: Allegro MicroSystems , “ACS756”, <http://www.allegromicro.com/en/Products/Current-Sensor-ICs.aspx> (2012)

54. Internet: International Rectifier, “IR2111”, <http://www.irf.com/productinfo/datasheets/data/ir2111.pdf> (2012).
55. Davies, J. H., “MSP430 microcontroller basics”, *Elsevier*, ISBN-10 0750682760: 351 (2008).

ÖZGEÇMİŞ

Memnun DEMİR, 1984’de İzmit’te doğdu. İlkokulu Isparta Fevzi Paşa İlkokulunda ortaöğretim ve lise eğitimini Isparta Anadolu Lisesinde tamamladı. Lisans eğitimini Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bilgisayar Öğretmenliğinde tamamladı. Halen “Karabük Üniversitesi” Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi ABD’da Yüksek Lisans eğitimini sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Sinop Üniversitesi Gerze Meslek Yüksekokulu

Gerze / SİNOP

Tel : 05442231181

E-posta: mdemir@sinop.edu.tr