

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GİRİŞ GERİLİMİ VE YÜKÜ DEĞİŞKEN DA/DA YUKARI DÖNÜŞTÜRÜCÜ
DENETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Müh. Erhan SESLİ

**KASIM 2012
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GİRİŞ GERİLİMİ VE YÜKÜ DEĞİŞKEN DA/DA YUKARI DÖNÜŞTÜRÜCÜ
DENETİMİ

Elektrik-Elektronik Müh. Erhan SESLİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"ELEKTRONİK YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12/10/2012
Tezin Savunma Tarihi : 13/11/2012

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR

Trabzon 2012

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
Erhan SESLİ tarafından hazırlanan

GİRİŞ GERİLİMİ VE YÜKÜ DEĞİŞKEN DA/DA YUKARI DÖNÜŞTÜRÜCÜ
DENETİMİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 23 / 12 / 2012 gün ve 1479 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Adnan CORA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa ULUTAŞ

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Değişken giriş gerilimi ve değişken yük altında çalışan bir DA/DA yukarı dönüştürücünün mikrodenetleyici tabanlı tasarımı ve denetimini amaçlayan bu tez, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektronik Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'nda yapılan bir çalışmadır.

Bu tezde mikrodenetleyici tabanlı olarak tasarlanan yukarı dönüştürücünün değişken giriş gerilimi ve değişken yük altında sabit bir çıkış gerilimi üretmesi üzerine çalışılmış ve sonuçlara ilişkin başarımlar analizleri yapılmıştır.

Öncelikle her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen eşime, anneme, babama ve kardeşime ve de varlığıyla yaşama sevincime sevinç katan biricik oğluma sonsuz minnettarım.

Tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmaların yürütülmesi sırasında yardım ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı yaparken verdiği desteklerden ötürü değerli hocam Prof. Dr. İ. Hakkı ALTAŞ'a, maddi, manevi yardımını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Öğr. Gör. Murat KÜÇÜKALİ 'ye, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocalarım Öğr. Gör. Emre ÖZKOP, Öğr. Gör. Mevlüt TOPALOĞLU, Öğr. Gör. Ömür AKYAZI'ya ve bugünlere gelmemde emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Erhan SESLİ
Trabzon 2012

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “GİRİŞ GERİLİMİ VE YÜKÜ DEĞİŞKEN DA/DA YUKARI DÖNÜŞTÜRÜCÜ DENETİMİ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 12/10 /2012

Erhan SESLİ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Amaç ve Kapsam.....	2
1.3 DA/DA Dönüştürücüler.....	3
1.3.1. Dönüştürücü Devre Tipleri.....	3
1.3.2. DA/DA Yukarı Dönüştürücü.....	5
1.3.2.1. Sürekli İletim Modundaki Yukarı Dönüştürücünün DA Analizi	6
1.3.2.1.1. Sürekli ve Süreksiz İletim Modu Arasındaki Sınır.....	10
1.3.2.1.2. Sürekli İletim Modunda Çıkış Gerilimi Dalgalanması.....	13
1.3.2.1.3. Sürekli İletim Modunda Oluşan Kayıplar ve Verim	14
1.3.2.1.4. Sürekli İletim Modunda Çalışan Kayıplı Yukarı Dönüştürücünün Çıkış/Giriş Gerilimi Oranı	17
1.4. Denetleyici Tasarımı.....	18
1.4.1. Mikrodenetleyiciler	18
1.4.1.1. Mikrodenetleyicilerin Sahip Olduğu Özellikler	19
1.4.1.2. PIC (Peripheral Interface Controller) Mikrodenetleyicilerin Üstünlükleri ..	19
1.4.2. PIC18F452 Mikrodenetleyicisi.....	20
1.4.3. Denetim Algoritması	24
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR	28
2.1. Giriş	28

2.2.	Sistemin Bileşenleri.....	28
2.2.1.	Değişken Kaynak Gerilimi	29
2.2.2.	DA/DA Yukarı Dönüştürücü Tasarımı	29
2.2.3.	Omik Yük	35
2.2.4.	Geri Besleme Devresi.....	36
2.2.5.	Denetleyici Kartı.....	37
2.2.6.	MOSFET Sürücü Devresi.....	38
2.2.7.	Güç Kaynağı	39
2.3.	Oluşturulan Sistemin Başarım Analizi	40
3.	SONUÇLAR.....	50
4.	ÖNERİLER	52
5.	KAYNAKLAR.....	53
6.	EKLER	55
	ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

GİRİŞ GERİLİMİ VE YÜKÜ DEĞİŞKEN DA/DA YUKARI DÖNÜŞTÜRÜCÜ
DENETİMİ

Erhan SESLİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR
2012, 54 (Tez Sayfa), 2 (Ek Sayfa)

Yarıiletken teknolojisi ve yüksek bilgi işleme kabiliyetine sahip mikrodenetleyicilerin son yıllardaki gelişimine bağlı olarak güç elektroniği sistemleri de ilerleme göstermiştir. Günümüzde güç elektroniği uygulamaları geniş bir alanda kullanılmaktadır. Önemli uygulamalardan biri, doğru akımdan - doğru akıma (DA-DA) dönüşüm yapan devrelerdir. DA-DA dönüştürücülerden beklenenler; yüksek regülasyon kabiliyeti, geniş bir aralıkta çalışabilme ve yüksek verimdir.

Bu bilgiler ışığında tez çalışmasının amacı; 12-22V DA giriş gerilimi aralığında ve değişken çıkış güçlerinde, sabit 24V DA çıkış gerilimine yükseltecek DA/DA yukarı dönüştürücünün tasarımının mikrodenetleyici tabanlı gerçekleştirilmesi olarak belirlenmiştir. Tasarımın benzetim çalışması MATLAB/Simulink ortamında gerçekleştirilmiştir. Tasarım gerçekleştirilirken sistemin denetimi, mikrodenetleyici içine gömülmüş denetim algoritması vasıtasıyla yapılmıştır.

Sistem oluşturulduktan sonra sırasıyla; değişken giriş gerilimi altında çıkış gerilimi başarımı, sabit giriş gerilimi ve değişken yük altında çıkış gerilimi başarımı şeklinde analizler yapılmıştır. Daha sonra yapılan başarım analizleri bir bütün halinde ortaya konularak değişken giriş ve değişken çıkış gücü için tasarlanan yükselten dönüştürücünün başarımı ve bu çıkış gücü aralığında sistemin verimi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yukarı Dönüştürücü, Mikrodenetleyici, Denetim Algoritması.

Master Thesis

SUMMARY

CONTROL OF THE BOOST CONVERTER WITH VARIABLE INPUT VOLTAGE
AND VARIABLE OUTPUT LOAD

Erhan SESLİ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Electrical-Electronics Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAVDAR
2012, 54 (Thesis Pages), 2 (Additional Pages)

In recent years, due to development of high-performance semiconductor technologies especially microcontrollers and power electronic systems have progressed. Today, most kind of power electronic applications are used widely. One of the important power electronic applications is the DC-DC converter. Expectations from the converters are high regulation capability, wide operation range and high efficiency.

In light of the foregoing, the purpose of this thesis is to design microcontroller based boost converter which boosts output voltage to fixed 24V under given conditions as 12-22V DC input voltage range and variable output load. Simulation study of the design has been simulated in MATLAB/Simulink environment. In the design phase, control of the system performed via control algorithm which is embedded in the microcontroller.

In the implementation phase, some performance analyses have been done. These are respectively, performance of the output voltage under conditions of variable input voltage, performance of the output voltage under conditions of fixed input voltage and variable output load. Then obtained performance analyses have been put together, as performance of the boost converter, which works in variable input voltage and variable output load.

Finally, system efficiency has been assessed under mentioned output power range.

Key Words: Boost converter, Microcontroller, Control Algorithm.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Kaynak ve yük arasındaki güç elektroniği ara yüzü [1].....	1
Şekil 2. Güneş panelinden elde edilen elektrik enerjisi ile şebekenin doğrudan beslenmesi [7, 8].....	2
Şekil 3. Çeşitli dönüştürücü devre tipleri ve (V_o/V_i) -D karakteristiği.....	4
Şekil 4. DA/DA yukarı dönüştürücü genel yapısı	6
Şekil 5. (a) MOSFET (ON) konumunda iken devrede oluşan durum ve V_{GS} 'nin zamanla değişimi (üstte). (b) MOSFET (OFF) konumunda iken devrede oluşan durum ve V_{GS} 'nin zamanla değişimi (altta).....	7
Şekil 6. Endüktans akımının zamanla değişimi.....	8
Şekil 7. Diyot akımının zamanla değişimi	9
Şekil 8. Endüktans gerilimi V_L 'nin zamanla değişimi	10
Şekil 9. Sürekli ve Süreksiz iletim modu aralığındaki bir yukarı dönüştürücünün endüktans akımının zamanla değişimi	11
Şekil 10. DA/DA yukarı dönüştürücü çıkış katının eşdeğer devresi.....	13
Şekil 11. DA/DA yukarı dönüştürücünün parazitik dirençler ve diyot eşik gerilimi ile düzenlenmiş eşdeğeri	14
Şekil 12. Parazitik elemanların $D-(V_o/V_i)$ eğrisine etkisi.....	17
Şekil 13. Microchip firmasının ürettiği 18F452 model bir mikrodenetleyici.....	19
Şekil 14. PIC18F452 pin yapısı.....	21
Şekil 15. Donanımsal denetleyici devresi.....	21
Şekil 16. ISIS ortamında oluşturulan test devresi	22
Şekil 17. ISIS ortamındaki test devresine ait osiloskoptan görünen DGM çıkışı	23
Şekil 18. Denetim algoritması akış diyagramı.....	25
Şekil 19. Tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün 10W çıkış gücünde parazitik elemanlardan dolayı oluşturduğu $D-(V_o/V_i)$ eğrisi	26
Şekil 20. Tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün 80W çıkış gücünde parazitik elemanlardan dolayı oluşturduğu $D-(V_o/V_i)$ eğrisi	27
Şekil 21. Mikrodenetleyici tabanlı DA/DA yukarı dönüştürücüye ait blok diyagramı.....	28
Şekil 22. Değişken gerilimi tedarik eden “Huayi Electronics” firması tarafından üretilmiş DA güç kaynağı	29
Şekil 23. MATLAB/Simulink’te hazırlanan DA/DA yukarı dönüştürücü benzetimi	34

Şekil 24. Tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücü	35
Şekil 25. Çalışmada kullanılan omik yük	35
Şekil 26. Tasarlanan gerilim bölücülü geri besleme devresi	36
Şekil 27. Fark yükselteci devresi	37
Şekil 28. Gerçekleştirilen denetleyici kartı.....	38
Şekil 29. MOSFET sürücü devresi	39
Şekil 30. Güç kaynağı devresi	39
Şekil 31. Gerçekleştirilen güç kaynağı	40
Şekil 32. 12V giriş için doluluk oranının tespitinde kullanılan (V_o/V_i)-D eğrisi	41
Şekil 33. Benzetimde $V_i=12V$, $P_o=50W$ gücünde V_o 'ın zamanla değişimi	41
Şekil 34. Gerçek sistemin $V_i=12V$, $P_o=50W$ gücünde V_o 'ın zamanla değişimi	42
Şekil 35. 22V giriş için doluluk oranının tespitinde kullanılan (V_o/V_i)-D eğrisi	43
Şekil 36. Benzetimde $V_i=22V$, $P_o=50W$ gücünde V_o 'ın zamanla değişimi	44
Şekil 37. Gerçek sistemin $V_i=22V$, $P_o=50W$ gücünde V_o 'ın zamanla değişimi	44
Şekil 38. 50W çıkış gücü için zamanla değişen giriş gerilimlerinde DA/DA yukarı dönüştürücünün ürettiği çıkış geriliminin zamanla değişimi	46
Şekil 39. Sabit giriş gerilimi ve değişken yük durumunda çalışan DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış geriliminin zamanla değişimi	47
Şekil 40. Değişken giriş gerilimleri ve farklı güçlerde çıkış gerilimi değişimi.....	47
Şekil 41. Tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün farklı çıkış güçlerindeki verimleri	48
Şekil 42. Oluşturulan güneş paneli uygulaması	49

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Birinci analiz için benzetim ve gerçekleştirilen sistemden elde edilen sonuçlar.....	42
Tablo 2. İkinci analiz için benzetim ve gerçekleştirilen sistemden elde edilen sonuçlar	45

SEMBOLLER DİZİNİ

A_1	Endüktans gerilimi pozitif alternans taralı alanı
A_2	Endüktans gerilimi negatif alternans taralı alanı
ADC	Analog Dijital Çevirici
C	Kondansatör
C_{min}	Minimum kondansatör değeri
C_o	Çıkış kapasitesi
D	Doluluk oranı
D_k	Son çevrimde ki doluluk oranı
D_{k-1}	Bir önceki çevrimdeki doluluk oranı
D_{mak}	Maksimum doluluk oranı
D_{min}	Minimum doluluk oranı
D_{10W}	10W çıkış yükünde üretilen doluluk oranı
D_{80W}	80W çıkış yükünde üretilen doluluk oranı
DA	Doğru akım
DGM	Darbe genişlik modülasyonu
EEPROM	Elektriksel olarak silinip programlanabilen bellek
EPROM	Silinip programlanabilen bellek
ESD	Eşdeğer seri direnç
f_{DGM}	Darbe genişlik modüleli işaretin frekansı
f_{OSC}	Mikrodenetleyici osilatör frekansı
f_s	Anahtarlama frekansı
Hz	Hertz
I_{imak}	Maksimum giriş akımı
I_{Sd}	Diyot stres akımı
I_{Sm}	MOSFET stres akımı
I_{Le}	Endüktans akımının etkin değeri
i_{ant}	Anahtarlama akımı
i_{Ce}	Kondansatör akımının etkin değeri
i_{ctt}	Kondansatör akımının tepeden tepeye değeri
i_D	Diyot akımı

i_{De}	Diyot akımının etkin değeri
i_{DM}	Diyottan geçen maksimum akım
i_i	Giriş akımı
i_{is}	Sürekli-sürekli iletim modu sınırında endüktans akımının ortalama değeri
i_L	Endüktans akımı
Δi_L	Endüktans akımı değişimi
i_o	Çıkış akımı
i_{omak}	Çıkış akımının maksimum değeri
i_{omin}	Çıkış akımı minimum değeri
i_{os}	Sınır bölgesinde çıkış akımı
i_{os-mak}	Sınır bölgesinde ki çıkış akımının maksimum değeri
i_s	MOSFET'ten geçen akım
i_{se}	MOSFET'ten geçen akımın etkin değeri
Δi_{Lmak}	Yük direncindeki maksimum akım dalgalanması
kHz	Kilohertz
L	Endüktans
L_{min}	Minimum endüktans değeri
M_{Tmak}	Çıkış geriliminin giriş gerilimine maksimum oranı
M_{Tmin}	Çıkış geriliminin giriş gerilimine minimum oranı
M_{VDC}	Kayıplı yukarı dönüştürücünün çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı
MHz	Megahertz
mA	Miliamper
P_{ant}	MOSFET anahtarlama kayıp gücü
P_D	Diyotta oluşan toplam kayıp güç
P_i	Giriş gücü
P_M	MOSFET elemanında oluşan toplam güç kaybı
P_o	Çıkış gücü
P_{omak}	Maksimum çıkış gücü
P_{rC}	Kondansatör seri eşdeğer direncinde oluşan güç kaybı
P_{rDS}	MOSFET'in iletim kayıp gücü
P_{RF}	Diyot ileri yön direncinde oluşan güç kaybı
P_{rL}	Endüktans seri eşdeğer direncinde oluşan güç kaybı
P_{TOP}	Toplam güç kaybı

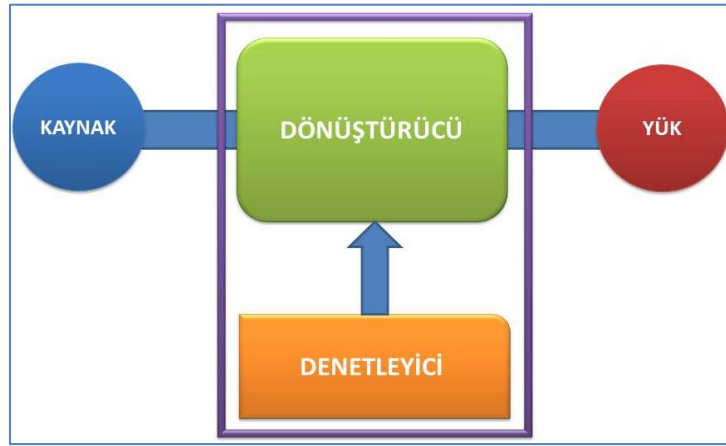
P_{VF}	Diyot eşik geriliminin oluşturduğu kayıp güç
pF	Pikofarad
$PR2$	Ön bölümlendirme değeri
PIC	Çevresel ara yüz denetleyicisi (Peripheral Interface Controller)
R	Direnç
r_C	Kondansatör eşdeğer seri direnci
r_{Cmak}	Maksimum kondansatör eşdeğer direnç değeri
r_{DS}	MOSFET iletim direnci
R_F	Diyot ileri yön direnci
r_L	Endüktans seri eşdeğer direnci
R_L	Yük direnci
R_{LS}	Sınır bölgesinde ki yük direnci
R_{LSmin}	Sınır bölgesinde ki yük direncinin minimum değeri
R_{Lmak}	Maksimum yük direnci
R_{Lmin}	Minimum yük direnci
s	Saniye
t	Zaman
T	Periyot
T_{DGM}	Darbe genişlik modüleli işaretin periyodu
$TMR2$	Mikrodenetleyici içerisinde ki zamanlayıcı
V_{Ctt}	Filtre kondansatör üzerinde ki dalgalanma gerilimi
V_D	Diyot gerilimi
V_{dlg}	Çıkışta ki dalgalanma gerilimi
V_{DSS}	MOSFET drain-source gerilimi
V_F	Diyot ileri yön eşik gerilimi
V_{GS}	Gate-Source gerilimi
V_i	Giriş gerilimi
V_{imak}	Giriş geriliminin minimum değeri
V_{imin}	Giriş geriliminin minimum değeri
V_L	Endüktans gerilimi
V_o	Çıkış gerilimi
V_{rctt}	Kondansatör eşdeğer seri direnci üzerinde ki gerilim düşümü
V_{Sd}	Diyot stres gerilimi

V_{Sm}	MOSFET stres gerilimi
Q_g	Gate yükü
η	Verim
μA	Mikroamper
μs	Mikrosaniye

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Güç elektroniği sistemleri, farklı gerilim, frekans veya faz değerlerine sahip olabilen ve kaynak tarafı ile yük tarafı arasında yer alan ara yüz sistemlerdir. Güç elektroniğinde amaçlanan, gücü kaynak tarafından yük tarafına yüksek verimle aktarmaktır [1]. Bu işlemi Şekil 1.'de görüldüğü gibi en basit anlamda bir dönüştürücü ve bir denetleyici ile yapar.



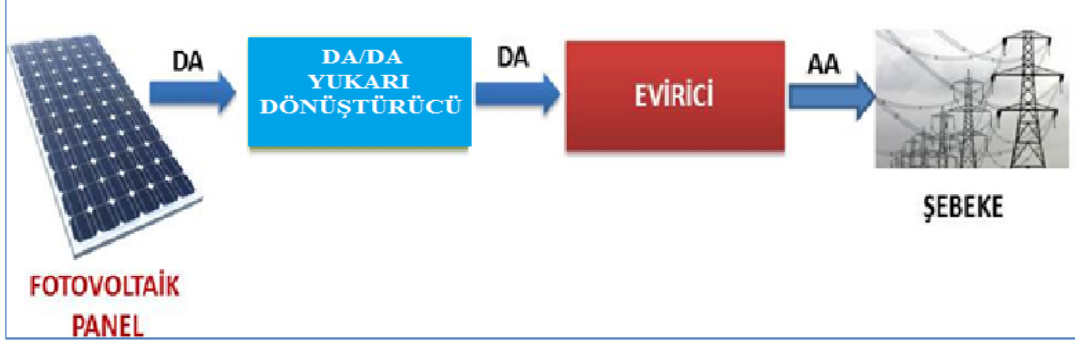
Şekil 1. Kaynak ve yük arasındaki güç elektroniği ara yüzü [1].

Yarı iletken teknolojisi ve yüksek enformasyon işleme kabiliyetine sahip mikrodenetleyicilerin son yıllardaki gelişimine bağlı olarak güç elektroniği sistemleri de ilerleme göstermiştir [2]. Yaşanan bu süreç, günümüzde güç elektroniği sistemlerinin kullanıldığı birçok uygulamayı beraberinde getirmiştir. Bu uygulamaları; güneş enerji sistemleri [1], kesintisiz güç kaynakları [3], robotik uygulamalar [4], melez elektrikli araç teknolojisi [5], rüzgâr enerji sistemleri şeklinde sıralamak mümkündür [1,6].

Uygulamaların çoğunda, doğru akımdan - doğru akıma (DA/DA) dönüşüm yapan dönüştürücü tipleri kullanılır. Bu dönüştürücülerden beklenenler; yüksek regülasyon kabiliyeti ve yüksek verimdir.

DA/DA dönüştürücüler temelde yukarı, aşağı, yukarı-aşağı tip olarak tasarlanır.

DA/DA yukarı tip dönüştürücülerin birçok uygulama alanı mevcuttur. Örnek olarak, DA/DA yukarı tip dönüştürücülerin güneş enerji sistemlerindeki görevi; Şekil 2.'de görüldüğü gibi güneş paneli ile yük arasında ara yüz oluşturmaktır.



Şekil 2. Güneş panelinden elde edilen elektrik enerjisi ile şebekenin doğrudan beslenmesi [7, 8].

Şekil 2.'deki sistemde güneş panelinden elde edilen elektrik enerjisi direk olarak şebekeyi beslemektedir. Sistemde DA/DA yukarı dönüştürücü ve evirici kullanılmıştır. Akü grubu kullanılmayan bu tip sistemlerde maliyet böylelikle düşürülebilmektedir.

DA/DA yukarı dönüştürücünün işlevi, gün ışığı ve sıcaklığın zamanla değişimi sonucu oluşan gerilim dalgalanmalarını yükselterek sabit bir gerilime dönüştürmektir [8,9].

Günümüzde yukarı tip dönüştürücünün denetimi, giderek artan bir ivmeyle, içine farklı algoritmalar gömülmüş mikrodenetleyiciler tarafından yapılmaktadır.

1.2. Amaç ve Kapsam

Yenilenebilir enerji kaynaklarından ya da bir DA kaynağından elde edilen gerilim bir evirici vasıtasıyla alternatif akıma (AA) dönüştürülerek ev, ofis veya bir karavanın içindeki çalışan cihazlarda kullanılabilir ya da Şekil 2.'de görüldüğü gibi direk olarak şebekeyi besleyebilir.

Şekil 2.'de gösterilen sistemde evirici katı girişindeki DA gerilim değeri çoğu zaman 24V seviyelerinde olmaktadır [7,8]. Ayrıca günümüzde birçok elektronik cihazın DA çalışma gerilim değeri yine 24V'dur.

Bu gerilim değerini referans alarak ve verilen detayların ışığında bu tezin amacı; 12-22V DA giriş gerilimi aralığında ve değişken çıkış güçlerinde, sabit 24V DA çıkış

gerilimine yükseltecek DA/DA yukarı dönüştürücünün tasarımının mikrodenetleyici tabanlı gerçekleştirilmesidir. Tasarım gerçekleştirilirken sistemin denetimi, mikrodenetleyici içine gömülmüş denetim algoritması vasıtasıyla yapılmıştır.

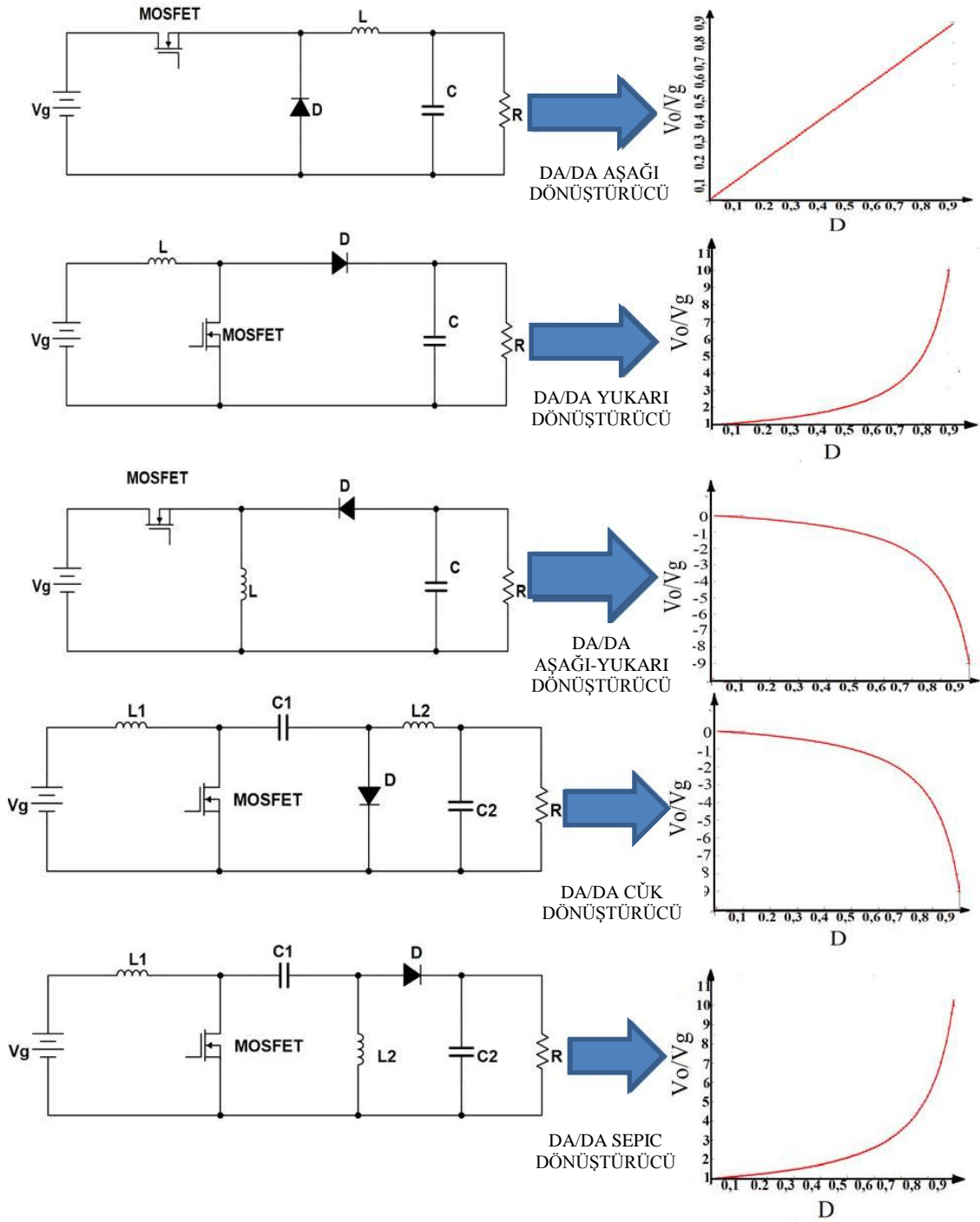
Bu doğrultuda yapılan çalışmada önce DA/DA dönüştürücüler hakkında bilgi verilmiş ve özel olarak yukarı dönüştürücülerin yapısı incelenmiştir. Daha sonra mikrodenetleyiciler ve denetim algoritması hakkında bilgi verilmiştir. Yapılan çalışmalar ve bulgular kısmında ise sistem tasarımının nasıl gerçekleştirildiği açıklanmış, uygulamada denetim algoritması kullanarak elde edilen farklı yükler altındaki başarımlar sonuçları karşılaştırılmıştır.

1.3. DA/DA Dönüştürücüler

DA/DA dönüştürücüler, Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) vasıtasıyla çıkış gerilimini istenilen değere ayarlayan devrelerdir. Günümüzde elektrikli araç teknolojilerinden robotik uygulamalara kadar birçok alanda kullanılmaktadır. DA/DA dönüştürücülerin aşağı, yukarı, aşağı-yukarı gerilim seviyelerine dönüşüm yapan tipleri olduğu gibi, “cuk” ve “sepic” gibi özel isimle anılan tipleri de mevcuttur. Aşağı-yukarı, “cuk” ve “sepic” gibi dönüştürücüler, dönüştürücü tiplerinin ilk ikisinden türetilmiştir [1]. Bu bölümde DA/DA dönüştürücülerin yapıları hakkında genel bilgiler verilecek ve çalışmada kullanılan DA/DA yukarı dönüştürücülerin üstünde önemle durulacaktır.

1.3.1. Dönüştürücü Devre Tipleri

Şekil 3.'de çeşitli dönüştürücülere ait devre tipleri ve (V_o/V_i) -D grafikleri verilmiştir. Grafikte yer alan (V_o/V_i) çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı, D ise DGM işaretinin doluluk oranını temsil etmektedir. Her devre tipinde anahtarlama elemanları olarak MOSFET ve diyot kullanılmıştır.



Şekil 3. Çeşitli dönüştürücü devre tipleri ve (V_o/V_i) - D karakteristiği

İlk örnek devre tipi DA/DA Aşağı dönüştürücüdür. Aşağı dönüştürücü giriş gerilimini düşürür. Çıkış gerilimi V_o , giriş geriliminden V_i küçüktür. Aşağı dönüştürücüde $(V_o/V_i)=D$ ilişkisi vardır. Şekil 3.'de görülen ikinci tipi DA/DA Yukarı dönüştürücüdür. Yukarı dönüştürücüde çıkış geriliminin genliği (V_o), giriş geriliminden (V_i) büyüktür. Dönüştürme

oranı ise denklem (1.1)'de ifade edilmiştir. Bu tezde kullanılan dönüştürücü tipi olduğu için ayrıca incelenecektir.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{(1-D)} \quad (1.1)$$

Üçüncü örnek DA/DA Aşağı-Yukarı dönüştürücü tipidir. Aşağı-Yukarı dönüştürücü, arttırıcı ve azaltıcı özelliği bir arada taşımaya karşın, çıkış geriliminin polaritesi girişe göre negatiftir. Dönüştürme oranı ise denklem (1.2)'de ifade edilmiştir.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{-D}{(1-D)} \quad (1.2)$$

Cük dönüştürücünün aşağı-yukarı dönüştürücüye çok benzer bir yapısı vardır. Dönüştürme oranı aşağı-yukarı ile aynıdır. Sepic dönüştürücü aşağı-yukarı dönüştürücü gibi arttırıcı ve azaltıcı özellik taşır, fakat aşağı-yukarı dönüştürücüden farklı olarak çıkış geriliminin polaritesi değişmez.

DA/DA dönüştürücü tiplerinin hepsinin tasarımında aşağıdaki faktörleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir;

- Mevcut kaynak giriş gerilimi değeri (V_i),
- İstenen çıkış gerilimi genliği (V_o),
- Dönüştürücünün yukarı, aşağı, aşağı- yukarı dönüştürme kabiliyeti,
- DA/DA dönüştürme verimi (P_o/P_i),
- Çıkış gerilimi dalgalanması,
- Çıkış yükü geçici tepkisi,
- Çözüm zorluğu (tek entegre devre kullanımı, pasif eleman kullanımı, denetleyici v.b.)[10].

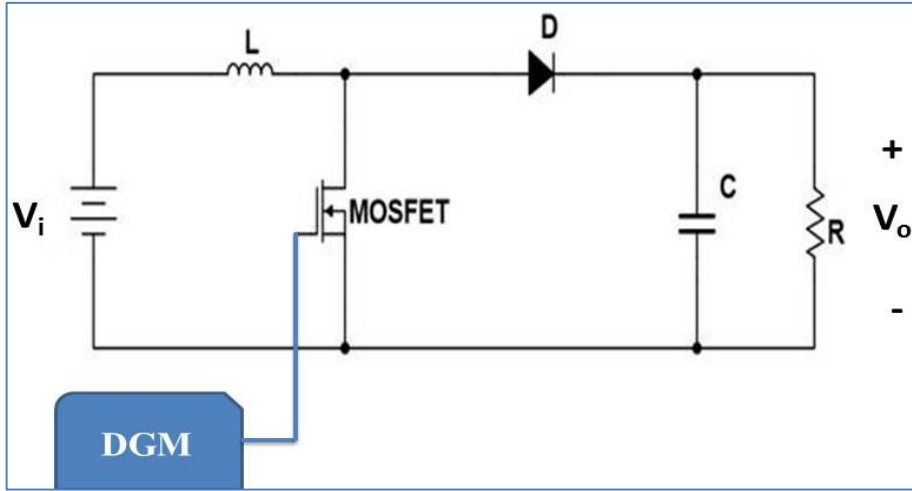
1.3.2. DA/DA Yukarı Dönüştürücü

Bu tez çalışmasının da konusu olan DA/DA yukarı dönüştürücüler genel anlamıyla giriş gerilimi V_i 'ye göre, çıkış gerilimi V_o 'ın genliğini DA/DA yukarı bir DA/DA

dönüştürücü tipidir. Bu bölümde yukarı dönüştürücünün sürekli iletim modu ve sürekli-sürekli iletim modu arasındaki bölge analizleri yapılacak, dönüştürücüde oluşan kayıplar ve verim kavramları hakkında bilgiler verilecektir.

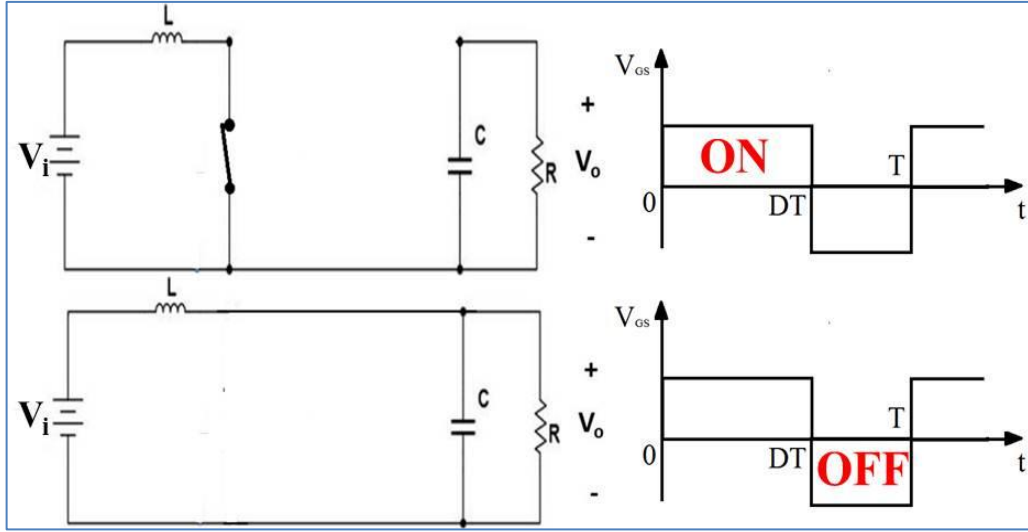
1.3.2.1. Sürekli İletim Modundaki Yukarı Dönüştürücünün DA Analizi

Bir DA/DA yukarı dönüştürücünün genel yapısı Şekil 4.'de görülmektedir. Devre bir endüktans (L), kapı (Gate) ucuna uygulanan DGM işareti ile birlikte anahtar vazifesini gören güç MOSFET'i, güç diyodu (D), çıkıştaki gerilim dalgalanmasını azaltmak için kullanılan filtre kondansatör (C) ve yük (R) den oluşmaktadır. DA/DA yukarı dönüştürücüler endüktans akımının dalga şekline göre sürekli ve sürekli modda çalışabilirler [11].



Şekil 4. DA/DA yukarı dönüştürücü genel yapısı

Yapılan analiz güç MOSFET'i ve diyodun ideal, diyot kapasitesinin ve anahtarlama kayıplarının olmadığı, pasif elemanların ideal davranış gösterdiği ve kaynak tarafı giriş empedansının sıfır olduğu varsayımıyla gerçekleştirilmiştir. Sürekli iletim modunda endüktans akımı sürekli akmaktadır [1]. Sürekli iletim modunda MOSFET (ON) konumunda iken, D diyodu kesimde yani (OFF) olur. $0 < t \leq DT$ zaman aralığında oluşan bu duruma ilişkin devre ve V_{GS} nin zamanla değişimi Şekil 5.(a)'da görülmektedir.



Şekil 5. (a) MOSFET (ON) konumunda iken devrede oluşan durum ve V_{GS} 'nin zamanla değişimi (üstte). (b) MOSFET (OFF) konumunda iken devrede oluşan durum ve V_{GS} 'nin zamanla değişimi (altta)

$0 < t \leq DT$ zaman aralığında diyot üzerindeki gerilim $V_D = -V_o$ olacağından diyot ters kutuplanır. Diğer taraftan endüktans üzerindeki gerilim $V_L = V_i$ olur. Bu durumdaki endüktans gerilimi denklem (1.3)'de ifade edilmiştir.

$$V_L = V_i = L \frac{di_L}{dt} \quad (1.3)$$

Endüktans akımı i_L ise;

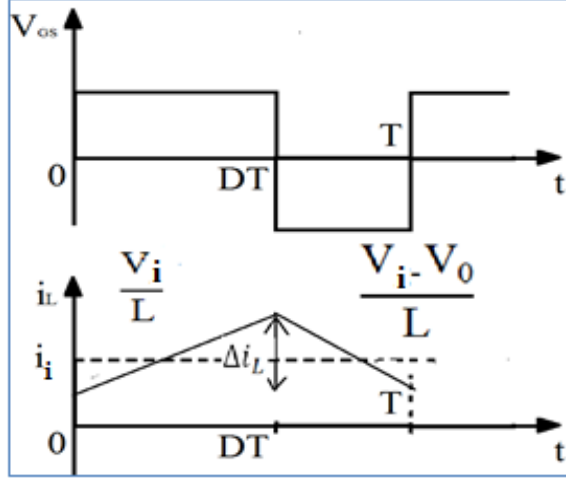
$$i_L = \frac{1}{L} \int_0^t V_i dt + i_L(0) = \frac{V_i}{L} \cdot t + i_L(0) \quad (1.4)$$

$i_L(0)$ endüktansın $t=0$ anındaki başlangıç değeridir. i_L maksimum değerini $t=DT$ anında alır. Bu durum denklem (1.5)'de ifade edilmiştir.

$$i_L(DT) = \frac{V_i \cdot D \cdot T}{L} + i_L(0) \quad (1.5)$$

Bunun sonucu olarak endüktans akımının zamanla değişimi V_i/L gereğince doğrusal bir eğimle artar. $DT < t \leq T$ zaman aralığında endüktans akımı $(V_L - V_o)/L$ eğimi ile azalır.

$0 < t \leq T$ zaman aralığında endüktans akımının değişimi Şekil 6.'da görülmektedir.



Şekil 6. Endüktans akımının zamanla değişimi

Δi_L , endüktans akımının değişimini temsil etmektedir. Δi_L 'nin cebirsel ifadesi denklem (1.6)'da verilmiştir.

$$\Delta i_L = \frac{V_o \cdot D \cdot (1-D)}{f_s \cdot L} \quad (1.6)$$

Burada f_s anahtarlama frekansdır. Δi_L maksimum değerini, DGM işaretinin doluluk oranı $D=0,5$ olduğunda alır. Anahtarlama akımının maksimum değeri, DA giriş akımı i_i ve ortalama endüktans akımının toplamına eşittir. Bu durum denklem (1.7)'de ifade edilmektedir.

$$i_{ant} = i_i + \frac{\Delta i_L}{2} \quad (1.7)$$

$t=DT$ olduğunda V_{GS} gerilimi ile anahtar OFF konumuna geçer ve $DT < t \leq T$ zaman aralığında bu konumda kalır. Bu aralıkta bir akım kaynağı gibi davranan endüktansın etkisiyle, D diyotu ON konumuna geçer ve Şekil 5.(b)'deki devre gibi davranır. Bu durumda endüktans gerilimi denklem (1.8)'de ifade edildiği gibidir.

$$V_L = V_i - V_o = L \frac{di_L}{dt} < 0 \quad (1.8)$$

(1.8)'deki $V_i - V_o < 0$ eşitsizliği DA/DA yukarı dönüştürücünün genel karakteristiğini, yani çıkışın girişten büyük olduğunu göstermektedir. Bu durumda endüktanstan diyot boyunca akan akım denklem (1.9)'daki gibidir.

$$i_D = i_L = \frac{1}{L} \int_{DT}^t V_L dt + i_L(DT) = \frac{1}{L} \int_{DT}^t (V_i - V_o) dt + i_L(DT) \quad (1.9)$$

İntegral işlemi sonuçlandırıldığında diyot akımının ifadesi denklem (1.10)'daki gibi olur.

$$i_D = \left(\frac{V_L - V_o}{L} \right) \cdot (t - DT) + i_L(DT) \quad (1.10)$$

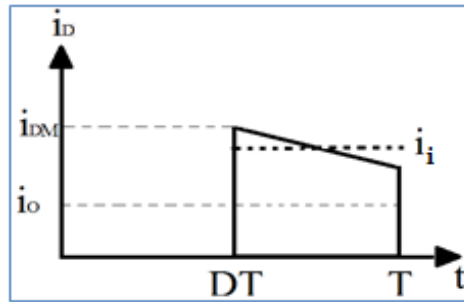
$i_L(DT)$ akımı i_L akımının $t = DT$ anındaki değeridir. Bu durumda tepeden tepeye endüktans akımı ise denklem (1.11)'de ifade edildiği gibidir.

$$\Delta i_L = i_L(DT) - i_L(T) = \frac{(V_o - V_i) - (1-D) \cdot T}{L} = \frac{V_o \cdot D \cdot (1-D)}{f_s \cdot L} \quad (1.11)$$

Diyottan akan akımın maksimumunu veren ifade denklem (1.12)'de de gibidir.

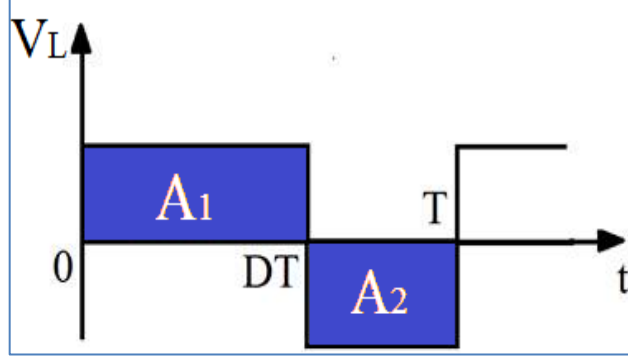
$$i_{DM} = i_i + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{i_o}{1-D} + \frac{\Delta i_L}{2} \quad (1.12)$$

$0 < t \leq T$ zaman aralığında diyot akımının değişimi Şekil 7.'de gösterilmiştir [11].



Şekil 7. Diyot akımının zamanla değişimi

Endüktans geriliminin bir periyot için ortalaması 0 olacaktır. Bu durumda Şekil 8.'de görülen A_1 ve A_2 taraflı alanları toplamı 0 olmalıdır.



Şekil 8. Endüktans gerilimi V_L 'nin zamanla değişimi

Endüktans geriliminin $0 < t \leq DT$ ve $DT < t \leq T$ zamanlarında aldığı değerler (1.3) ve (1.8)'deki ifadelerde verilmişti. O halde;

$$A_1 + A_2 = 0 \quad (1.13)$$

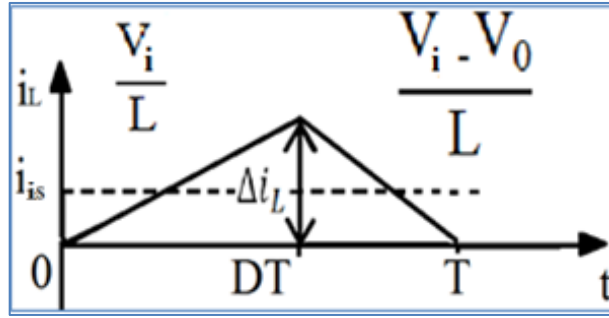
$$V_i \cdot D \cdot T + (V_i - V_o) \cdot (1-D) \cdot T = 0 \quad (1.14)$$

(1.14) Düzenlendiğinde giriş gerilimi ile çıkış gerilimi arasındaki ilişki kayıpsız olduğu düşünülen bir DA/DA yukarı dönüştürücü için (1.15)'de ifade edildiği gibi olur [1].

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1-D} \quad (1.15)$$

1.3.2.1.1. Sürekli ve Süreksiz İletim Modu Arasındaki Sınır

Sürekli ve süreksiz iletim modu arasında çalışan bir DA/DA yukarı dönüştürücünün endüktans akımının bir periyot için dalga şekli Şekil 9.'da verilmiştir.



Şekil 9. Sürekli ve Süreksiz iletim modu aralığındaki bir yukarı dönüştürücünün endüktans akımının zamanla değişimi

Bu koşulda çalışan bir DA/DA yukarı dönüştürücünün endüktans akımının $0 < t \leq DT$ aralığındaki değeri;

$$i_L = \frac{V_i}{L} t \quad (1.16)$$

i_L , $t=DT$ anında Δi_L değerinde olur. Bu durum (1.17)'de ifade edilmiştir.

$$\Delta i_L = i_L(DT) = \frac{V_i \cdot D \cdot T}{L} = \frac{V_o \cdot D \cdot (1-D)}{f_s \cdot L} \quad (1.17)$$

endüktans akımının sınırdaki ortalama değeri;

$$i_{is} = \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_i \cdot D \cdot T}{2 \cdot L} = \frac{V_o \cdot D \cdot (1-D)}{2 \cdot f_s \cdot L} \quad (1.18)$$

$D=0,5$ doluluk oranında i_{is} maksimum değerini almaktadır. Sınır bölgesindeki çıkış akımı i_{os} denklem (1.19)'de ifade edilmiştir.

$$i_{os} = i_{is} \cdot (1-D) = \frac{V_o \cdot D \cdot (1-D)^2}{2 \cdot f_s \cdot L} \quad (1.19)$$

Sınır bölgesindeki yük direnci R_{LS} ise (1.20)'de ifade edilmiştir.

$$R_{LS} = \frac{V_o}{i_{os}} = \frac{2 \cdot f_s \cdot L}{D \cdot (1-D)^2} \quad (1.20)$$

Çıkış akımı i_{os} 'nin maksimum değerini bulabilmek için D ye göre türevini alıp 0'a eşitlemek gerekmektedir. Bu durumda;

$$\frac{di_{os}}{dD} = \frac{V_o \cdot (3 \cdot D^2 - 4 \cdot D + 1)}{2 \cdot f_s \cdot L} = 0 \quad (1.21)$$

(1.21) çözümlendiğinde i_{os} 'nin maksimum değerini $D=1/3$ de aldığı bulunur. O halde bu D değeri (1.19)'da yerine konarak, maksimum çıkış akımını veren ifade (1.22)'deki gibi bulunur.

$$i_{os-mak} = \frac{2}{27} \frac{V_o}{f_s \cdot L_{min}} \quad (1.22)$$

Bu bilgilere dayanarak sınır bölgesinde yük direnci R_{LSmin} değeri denklem (1.23)'de ifade edilmiştir.

$$R_{LSmin} = \frac{V_o}{i_{os-mak}} = 13,5 \cdot f_s \cdot L_{min} \quad (1.23)$$

i_{os-mak} değerinin, sürekli iletim modundaki i_{omin} değerine eşit olduğuna göre sürekli iletim modundaki minimum L değeri, herhangi bir D için denklem (1.24)'deki gibi olur.

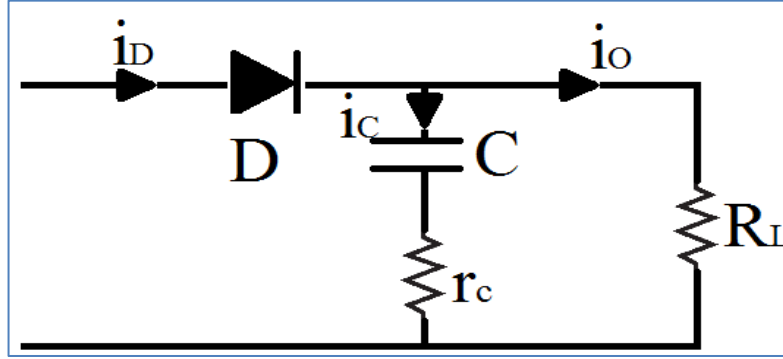
$$L_{min} = \frac{2}{27} \frac{V_o}{f_s \cdot i_{os-mak}} = \frac{2}{27} \frac{R_{Lmak}}{f_s} \quad (1.24)$$

L_{min} 'nin ise $D_{mak} < 1/3$ veya $D_{min} \geq 1/3$ için değerleri (1.25)'de ifade edilmiştir [2].

$$L_{min} \begin{cases} \frac{R_{Lmak} \cdot D_{mak} \cdot (1 - D_{mak})^2}{2 \cdot f_s}, & D < 1/3 \\ \frac{R_{Lmak} \cdot D_{min} \cdot (1 - D_{min})^2}{2 \cdot f_s}, & D \geq 1/3 \end{cases} \quad (1.25)$$

1.3.2.1.2. Sürekli İletim Modunda Çıkış Gerilimi Dalgalanması

DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkışındaki son eleman Şekil 4.'de C ile gösterilen filtre kondansatörüdür. Bu kondansatörün eşdeğer devresi Şekil 10.'da görüldüğü gibi bir kapasite (C) ve seri eşdeğer dirençle (r_c) temsil edilir.



Şekil 10. DA/DA yukarı dönüştürücü çıkış katının eşdeğer devresi

Diyot üzerinden akan i_D akımının doğru akım bileşenleri R_L yükünden akarken alternatif akım bileşenleri C ve R_L arasında paylaşılır. Tasarımda R_L değerine göre çok çok düşük r_c değerine sahip kondansatörün kullanımı buradan geçecek alternatif akım bileşenlerini arttıracığından R_L direncinden neredeyse sadece doğru akım bileşenleri geçer. Böylece çıkıştaki dalgalık azaltılmış olur.

Kondansatörden geçen i_c akımının tepeden tepeye değeri (1.26)'da ifade edilmiştir.

$$i_{ctt} = \frac{i_{omak}}{1-D_{mak}} \quad (1.26)$$

r_c üzerindeki gerilim düşümünün tepeden tepeye değeri olan V_{rctt} (1.27)'de ifade edilmiştir

$$V_{rctt} = i_{ctt} \cdot r_c \quad (1.27)$$

Çıkışın tepeden tepeye dalgalanma gerilimi V_{dlg} olarak belirtilirse kondansatör üzerindeki dalgalanma gerilimi V_{ctt} eşitlik (1.28)'de ifade edildiği gibidir.

$$V_{Ctt} \approx V_{dlg} - V_{rctt} \quad (1.28)$$

Diğer taraftan V_{Ctt} denklem (1.29)'daki gibi de ifade edilebilir.

$$V_{Ctt} = \frac{V_o \cdot D_{mak}}{f_s \cdot R_{Lmin} \cdot C_{min}} \quad (1.29)$$

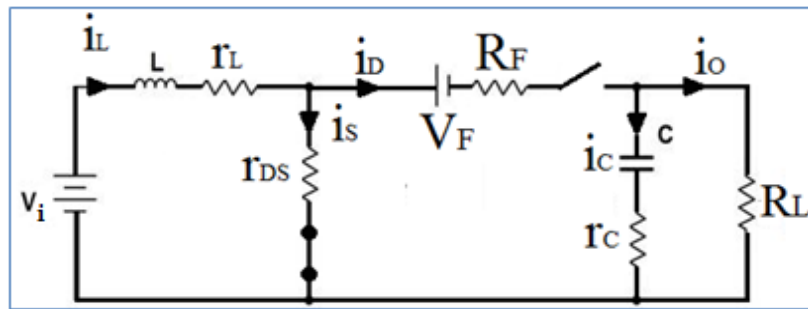
Bu ifade de C_{min} yalnız bırakılırsa;

$$C_{min} = \frac{V_o \cdot D_{mak}}{f_s \cdot R_{Lmin} \cdot V_{Ctt}} \quad (1.30)$$

Minimum C için gerekli bağıntının (1.30)'daki gibi olduğu görülmektedir.

1.3.2.1.3. Sürekli İletim Modunda Oluşan Kayıplar ve Verim

DA/DA yukarı dönüştürücünün analizi yapılırken bir takım kabul ve varsayımlarda bulunulur. Hâlbuki gerçekte güç MOSFET'inin bir iletim direnci (r_{DS}), diyotun ileri yön eşik gerilimi (V_F) ve ileri yön direnci (R_F), endüktans ve kondansatörün eşdeğer seri iç dirençleri sırasıyla (r_L) ve (r_C) mevcuttur. Var olan bu dirençler parazit direnç olarak ifade edilir. Şekil 11.'de bu parazit dirençler ve diyot eşik gerilimini içeren eşdeğer devre görülmektedir.



Şekil 11. DA/DA yukarı dönüştürücünün parazitik dirençler ve diyot eşik gerilimi ile düzenlenmiş eşdeğeri

$i_L = i_i$ varsayımıyla MOSFET elemanından geçen i_s (1.31)'de ifade edildiği gibi olur.

$$i_s \begin{cases} i_i = \frac{i_o}{1-D}, & 0 < t \leq DT \\ 0 & DT < t \leq T \end{cases} \quad (1.31)$$

i_s akımının etkin değeri ise (1.32)'de verildiği gibidir.

$$i_{se} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{DT} i_s^2 dt} = \frac{i_o \sqrt{D}}{1-D} \quad (1.32)$$

Bu ifadelerden güç MOSFET'inin iletim kaybını (1.33)'deki ifadeden hesaplamak mümkündür.

$$P_{rDS} = r_{DS} \cdot i_{se}^2 \quad (1.33)$$

MOSFET'in çıkış kapasitesi C_o doğrusal kabul edilirse, P_{ant} kaybı (1.34)'deki gibi ifade edilebilir,

$$P_{ant} = f_s \cdot C_o \cdot V_o^2 \quad (1.34)$$

MOSFET elemanında oluşan toplam P_M kaybı ise (1.35)'de ifade edilmiştir.

$$P_M = \frac{P_{ant}}{2} + P_{rDS} \quad (1.35)$$

Aynı şekilde diyot elemanından geçen i_D akımı (1.36) ile ifade edilebilir.

$$i_D \begin{cases} 0, & 0 < t \leq DT \\ i_i = \frac{i_o}{1-D}, & DT < t \leq T \end{cases} \quad (1.36)$$

i_D akımının etkin değeri (1.37)'de verildiği gibidir.

$$i_{De} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_D^2 dt} = \frac{i_o}{\sqrt{1-D}} \quad (1.37)$$

O halde diyodun ileri yön direnci R_F de oluşan güç kaybı (1.38)'de ifade edildiği gibidir.

$$P_{R_F} = R_F \cdot i_{De}^2 \quad (1.38)$$

Diyotta harcanan gücün diğer bileşeni V_F , eşik gerilimi ile ilişkili kayıptır. Bu kayıp cebirsel olarak eşitlik (1.39)'da ifade edilmiştir.

$$P_{V_F} = V_F \cdot i_D \quad (1.39)$$

Diyotta harcanan toplam iletim kaybı ise (1.40)'daki denklemde verilmiştir.

$$P_D = P_{R_F} + P_{V_F} \quad (1.40)$$

$i_L = i_i$ olduğundan endüktansın eşdeğer seri iç direnci r_L 'de harcanan güç denklem (1.41)'de belirtildiği gibi olur.

$$P_{r_L} = r_L \cdot i_L^2 \quad (1.41)$$

Kondansatör eşdeğer seri iç direnci r_C 'de harcanan güç ise denklem (1.42)'de belirtildiği gibi olur.

$$P_{r_C} = r_C \cdot i_C^2 \quad (1.42)$$

Bu analizlerden sonra bir DA/DA yukarı dönüştürücüde oluşan toplam kaybı (1.43) ile ifade etmek mümkündür.

$$P_{TOP} = P_{ant} + P_{r_{DS}} + P_{V_F} + P_{R_F} + P_{r_L} + P_{r_C} \quad (1.43)$$

Bu durumda dönüştürücünün verimi η denklem (1.44)'deki gibi hesaplanır.

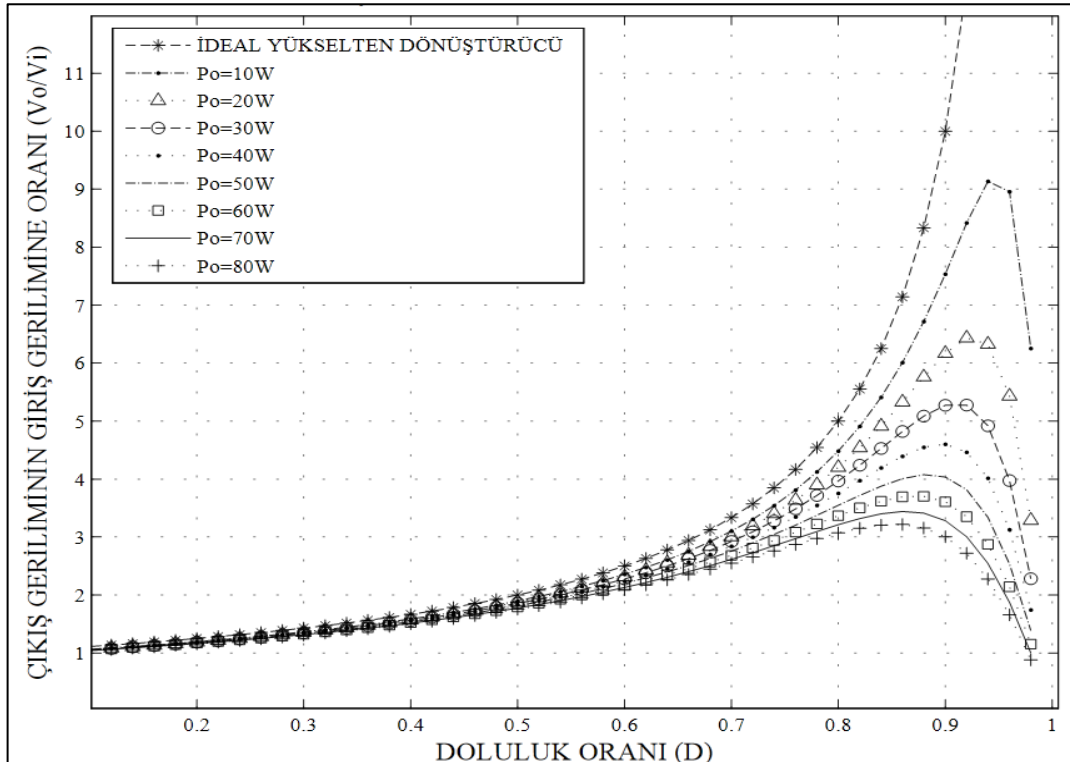
$$\eta = \frac{P_O}{P_O + P_{TOP}} \quad (1.44)$$

1.3.2.1.4. Sürekli İletim Modunda Çalışan Kayıplı Yukarı Dönüştürücünün Çıkış/Giriş Gerilimi oranı

Bir DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkışı ile girişi arasındaki bağıntı kayıpsız olduğu düşünülerek ifade (1.15)'de elde edilmişti. Fakat tasarım yapılırken Şekil 11.'de gösterilen tam eşdeğer devre dikkate alınmalıdır. Kayıplı bir DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı (M_{VDC}), denklem (1.45)'de ifade edilmiştir [11].

$$M_{VDC} = \frac{1}{(1-D) \cdot \left[1 + \frac{r_L + D \cdot r_{DS}}{(1-D)^2 \cdot R_L} + \frac{R_F + D \cdot r_C}{(1-D) \cdot R_L} + \frac{V_F}{V_o} + f_S \cdot C_o \cdot R_L \right]} \quad (1.45)$$

Görüldüğü gibi doluluk oranı (D) ile transfer fonksiyonu (V_o/V_i) arasındaki ilişki matematiksel olarak logaritmik yükselen bir eğri gibi olmaz. Bunun nedeni parazitik dirençler ve diyot eşik gerilimidir. Bu etkiyi Şekil 12.'de görmek mümkündür.



Şekil 12. Parazitik elemanların D-(V_o/V_i) eğrisine etkisi

Şekilde ideal bir DA/DA yukarı dönüştürücünün ve bu tez çalışması için tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün farklı çıkış güçlerinde oluşturduğu D-(V_o/V_i) eğrileri

MATLAB ortamında çizdirilmiştir. İdeal dönüştürücünün V_o/V_i değeri $D=1$ anında sonsuza giden logaritmik bir eğri iken, tasarlanan dönüştürücünün farklı çıkış güçlerinde farklı maksimum noktaları oluşmakta ve $D=1$ iken V_o/V_i oranı sıfıra gitmektedir.

Dolayısıyla tez çalışmasında gerekli dönüştürücü ve denetleyici tasarımı yapılırken bu durum göz önünde bulundurulmuştur.

1.4. Denetleyici Tasarımı

DA/DA yukarı dönüştürücü, kaynak tarafı ile yük tarafı arasında ara yüz oluştururken bir denetleme mekanizmasına ihtiyaç duyar. Son yıllarda anahtarlama dönüştürücülerin denetimi mikrodenetleyiciler tarafından sağlanmaktadır [12]. Bunun sebeplerinin başında mikrodenetleyicilerin donanımsal kazanımları, sayısal-analog işlemlerin kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmesi ve programlanabilme kabiliyeti sayesinde denetimi basitleştirmesi gelmektedir. Sayısal denetleyici tasarımında iki önemli nokta vardır bunlar; donanım ve yazılımdır. Bu kısımda mikrodenetleyiciler hakkında genel bilgiler verilecek, tasarlanan denetleyicinin donanımsal ve yazılımsal kısımları açıklanacaktır.

1.4.1. Mikrodenetleyiciler

Hafıza, Giriş/Çıkış ünitesi gibi elemanların, merkezi işlem birimi ile birlikte tek bir yonga içerisinde üretilmiş haline mikrodenetleyici adı verilir. Mikroişlemciler gibi hafıza ve diğer çevresel ünitelerle bağlantıyı sağlayacak harici veri yolları içermemesi ve donanımsal açıdan basit bir yapıya sahip olması nedeniyle endüstride mikroişlemcilerden daha çok tercih edilir hale gelmiştir. Şekil 13.'de tez çalışmasında kullanılan PIC18F452 görülmektedir.

Günümüzde Microchip, Intel, Motorola, Atmel, Texas Instruments gibi firmaların ürettiği mikrodenetleyiciler endüstride sıkça kullanılmaktadır.



Şekil 13. Microchip firmasının ürettiği 18F452 model bir mikrodeneleyici

1.4.1.1. Mikrodeneleyicilerin Sahip Olduğu Özellikler

Mikrodeneleyicilerin sahip olduğu özellikleri şöyle sıralamak mümkündür;

- Programlanabilir Dijital Giriş / Çıkış,
- Programlanabilir Analog Giriş,
- Seri Giriş / Çıkış,
- Darbe genişlik modülasyonu (DGM) işareti çıkışı,
- Harici hafıza bağlanabilme,
- Dâhili hafıza seçenekleri
- Kesme, Zamanlayıcı ve Sayıcı gibi özellikler.

1.4.1.2. PIC (Peripheral Interface Controller) Mikrodeneleyicilerin Üstünlükleri

Az ve basit yapılı PIC komutları bellekte çok az yer kaplarlar. Dolayısıyla bu komutlar 12 veya 14 bitlik bir program bellek sözcüğüne sığarlar.

PIC' in 16C5X ailesinde bir yazılım yapmak için 33 komuta ihtiyaç duyulurken 18FXXX serisinde ise ihtiyaç duyulan komut sayısı 75 dir. PIC tarafından kullanılan komutların hepsi register temellidir. Komutlar 16C5X ailesinde 12 bit, 16CXX ailesinde 14 bit 18FXXX ailesinde ise 16 bit uzunluğundadır.

PIC oldukça hızlı bir mikrodeneleyicidir. Her bir komut döngüsü 1µs dir. Yani 5 milyon komutluk bir programın 20MHz' lik bir kristalle iletilmesi yalnız 1s sürer.

PIC durağan bir denetleyicidir. Yani saat durdurulduğunda da tüm register içeriği korunur. PIC enerjilendiğinde program kaldığı yerden devam eder.

PIC mikrodenetleyicisi uyku moduna geçirilerek microdenetleyicinin çok düşük akım çekmesi sağlanabilir.

PIC yüksek bir çıkış sürme kapasitesine sahiptir. Tek bacadan 40mA akım çekebilme ve yonga toplamı olarak 150mA akım akıtma kapasitesine sahiptir. Yonganın 4MHz osilatör frekansında çektiği akım çalışırken 2mA, bekleme durumunda ise 2µA kadardır.

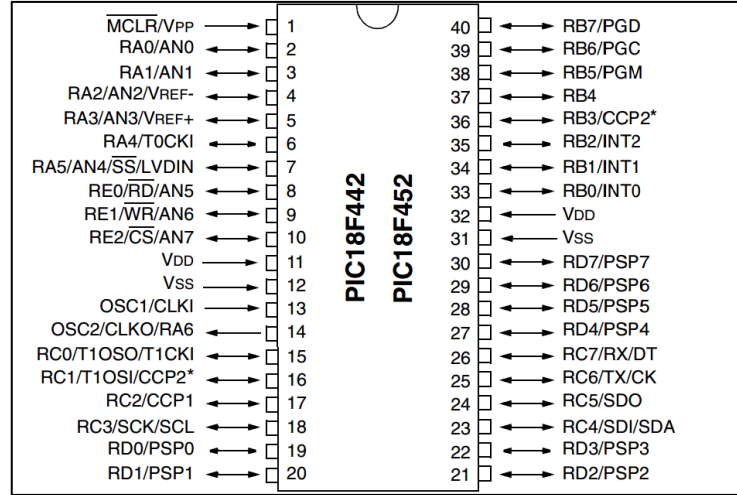
PIC iyi bir kod koruma özelliğine sahiptir. Koruma bitinin programlanmasından itibaren, program belleğinin içeriği, program kodunun yeniden yapılandırılmasına olanak verecek şekilde okunmaz.

PIC EPROM ve EEPROM bellek teknolojileri ile silinip tekrar programlanabilme yeteneğine sahiptir [13].

1.4.2. PIC18F452 Mikrodenetleyicisi

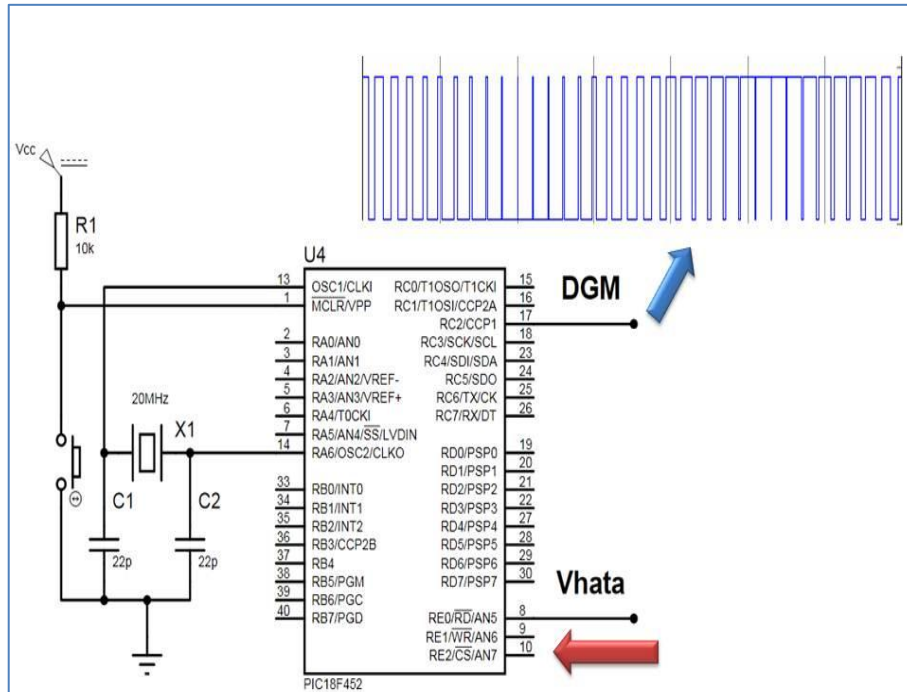
PIC 18F452, C programlama dili ile optimize edilmiş ve PIC16 ve PIC17 ailesi ile uyumlu komut setine sahiptir. 10 bitlik ADC bulunan 18F452, 32 kbyte bir belleğe ve 8 ya da 10 bit çözünürlüklü DGM çıkışı sağlayabilme özelliklerini içinde barındırmaktadır. 18F452'nin bu özellikleri nedeni ile tez çalışmasında kullanılmasına karar verilmiştir. Şekil 14.'de 18F452'nin pin yapısı görülmektedir [13].

18F452'nin A,B,C,D ve E olmak üzere 5 adet giriş/çıkış portu bulunmaktadır. Bunlardan A portu 6 bit, B portu 8 bit, C portu 8 bit, D portu 8 bit ve E portu 3 bittir. 18F452'nin 2 adet besleme (V_{DD}) ve toprak (V_{SS}) ucu bulunmaktadır. Uygulamada bunlardan herhangi birinin kullanılması yeterlidir. Şekil 14.'de görüldüğü gibi 13 ve 14 numaralı uçlar osilatör uçlarıdır.



Şekil 14. PIC18F452 pin yapısı [13]

PIC18F452 için 20 MHz kristal ve iki adet 22pF kondansatörle yapılmış osilatör devresi kullanılmıştır. Şekil 15.'den görüldüğü gibi donanımsal denetleyici devresinde PIC18F452'nin 10 bitlik ADC özelliğine sahip olan 8 nolu pininden analog V_{hata} girişi gerilimi alınmıştır.



Şekil 15. Donanımsal denetleyici devresi

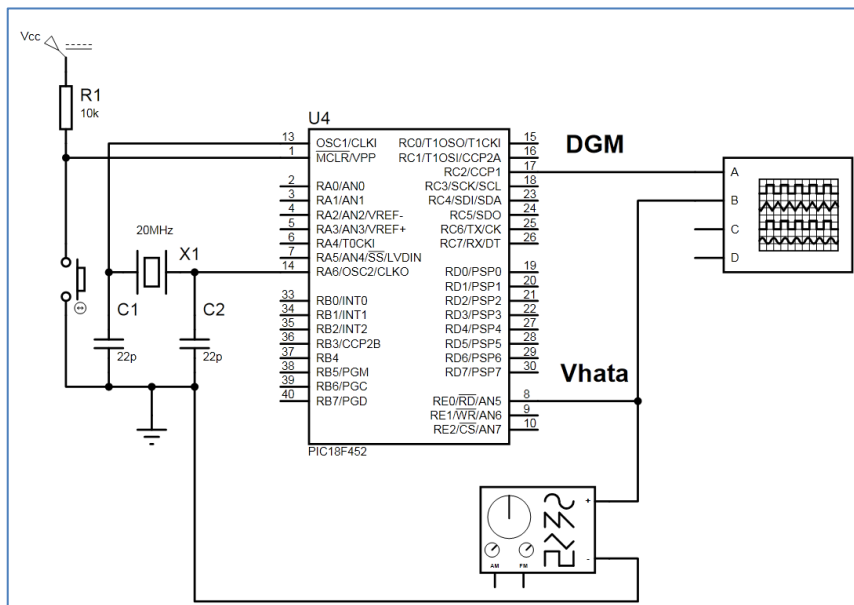
Mikrodenetleyici içine gömülmüş ve bir sonraki kısımda anlatılacak olan denetim algoritması yordamıyla alınan hata işareti yorumlanmış ve ilgili çıkış DGM işareti olarak 17 nolu pinden üretilmiştir. Burada yine PIC18F452'nin DGM çıkışı verebilme özelliğinden yararlanılmıştır. Fakat DGM işaretinin frekansının istenilen değere atanması yazılımsal olarak bazı ayarlamalar gerektirmektedir. Bu ayarlamayı denklem (1.46)'daki ifadeye göre yapmak mümkündür.

$$f_{DGM} = \frac{f_{OSC}}{(1+PR2) \cdot 4 \cdot TMR2} \quad (1.46)$$

(1.46)'daki ifade de f_{DGM} DGM işaretinin frekansı, f_{OSC} 18F452'nin osilatör devresi tarafından üretilen saat frekansı, PR2 (0-255) sayıları arasında seçilebilen ön bölümlendirme değeri, TMR2 ise 18F452 içindeki zamanlayıcının ön bölümlendirme değeridir. Bu değer 1,4 veya 16 sayılarından biri olabilir.

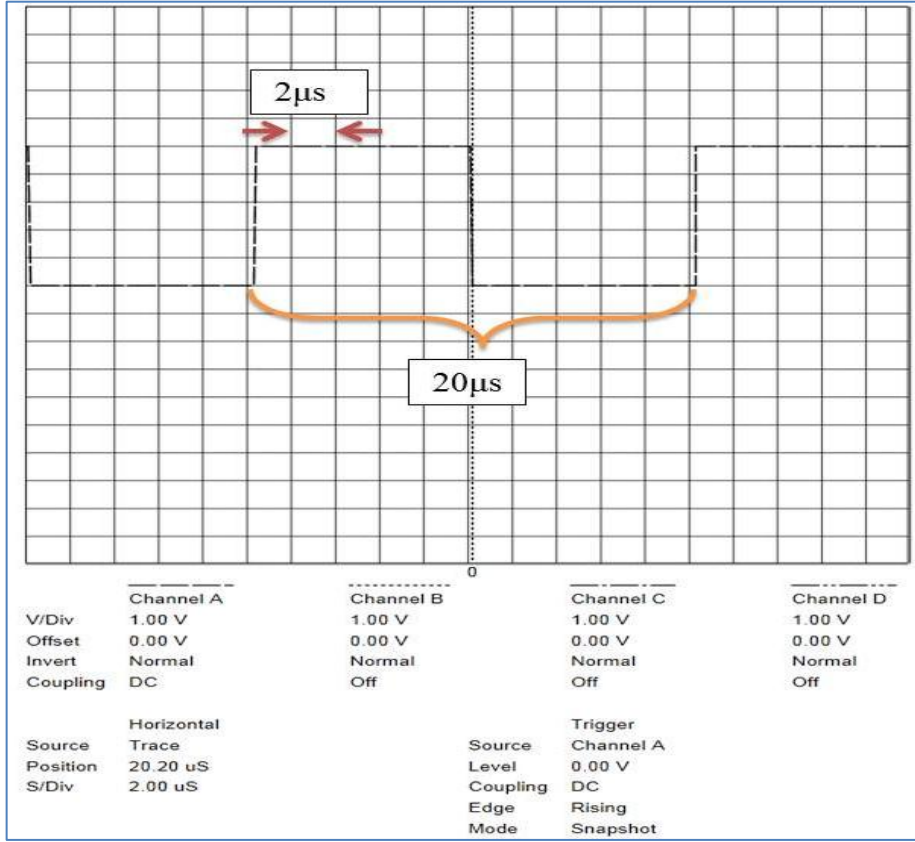
Bu çalışmada 18F452'den üretilen DGM işaretinin frekansı 50 kHz olarak seçilmiş ve bu frekans değerine göre gerekli tasarım gerçekleştirilmiştir. 50 kHz'lik frekansı yazılımsal olarak ayarlayabilmek için TMR2 değeri 1 olarak seçilmiş ve buna göre PR2 ön bölümlendirme değerinin 99 olacağı hesaplanmıştır.

Bu durumun doğruluğunu sınamak için ISIS ortamında Şekil 16.'daki test devresi kurulmuş yazılan ufak bir yazılım vasıtasıyla DGM çıkışının frekansı gözlemlenmiştir.



Şekil 16. ISIS ortamında oluşturulan test devresi

Benzetimde osiloskobun A kanalından alınan işaret Şekil 17.'de gösterilmiştir.



Şekil 17. ISIS ortamındaki test devresine ait osiloskoptan görünen DGM çıkışı

Görüldüğü gibi işaretin periyodu $T_{DGM} = 20\mu s$ dir. Dolayısıyla DGM işaretinin frekansı (f_{DGM}), (1.47)'deki ifade gereğince $=50kHz$ olur.

$$f_{DGM} = 1/T_{DGM} \quad (1.47)$$

Buraya kadar, tezde kullanılan mikrodenetleyici hakkında donanımsal birtakım bilgilendirmeler yapılmış, yazılımsal olarak arzulan frekanstaki bir DGM işareti nasıl elde edilir sorusu aydınlatılmaya çalışılmıştır. Sistem bütün olarak düşünüldüğünde Şekil 16.'da görülen ve giriş bilgisi olan V_{hata} geriliminin elde edilişi 2. Bölümde açıklanacaktır.

1.4.3. Denetim Algoritması

Sistemde denetim mekanizması görevi olan mikrodenetleyicinin bunu gerçekleştirmesi, hiç şüphesiz tasarımcı tarafından yazılacak algoritmaya bağlıdır. Kapalı çevrim bir sistemde bir referans işaretle, sistemin çıkışı karşılaştırılarak bir hata işareti elde edilir [14].

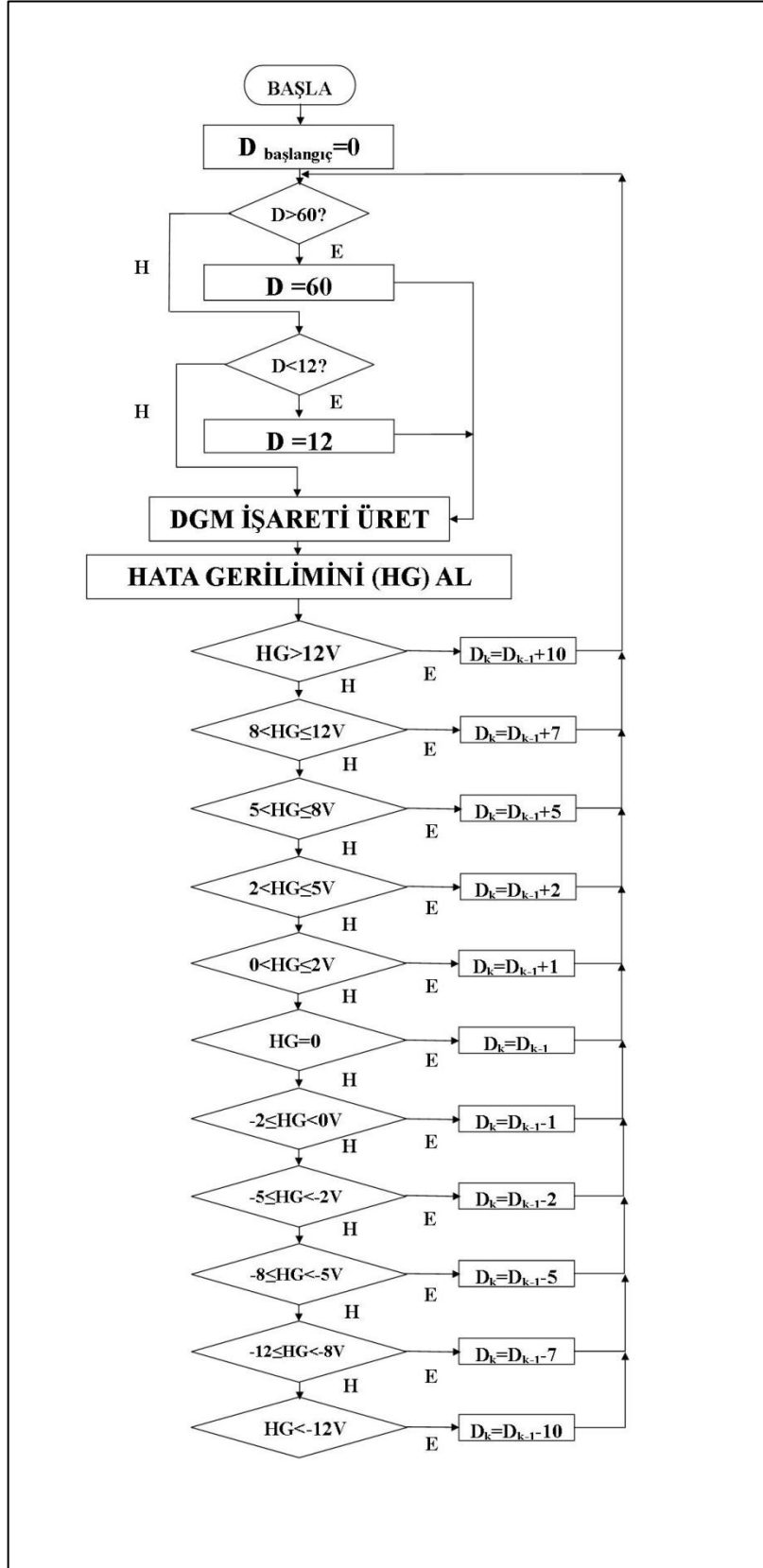
Benzer şekilde, tasarlanan denetim algoritmasında gerekli hata işareti elde edilerek mikrodenetleyicinin ADÇ ucuna uygulanmıştır.

Önerilen denetim algoritması, çıkış olarak her çevrimde bir DGM işareti üretir. Üretilen DGM işareti için aşağıdaki gibi bir sınaama yaklaşımı oluşturulmuştur. Buna göre;

Hata gerilimi $\geq 12V$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1} + 10,$
$8 \leq$ Hata gerilimi $< 12V$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1} + 7,$
$5 \leq$ Hata gerilimi $< 8V$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1} + 5,$
$2 \leq$ Hata gerilimi $< 5V$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1} + 2,$
$0 <$ Hata gerilimi $< 2V$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1} + 1,$
Hata gerilimi $= 0$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1}$
$-2 \leq$ Hata gerilimi $< 0V$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1} - 1,$
$-5 \leq$ Hata gerilimi $< -2V$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1} - 2,$
$-8 \leq$ Hata gerilimi $< -5V$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1} - 5,$
$-12 \leq$ Hata gerilimi $< -8V$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1} - 7,$
Hata gerilimi $< -12V$ ise doluluk oranı	$D_k = D_{k-1} - 10$

D_k son doluluk oranını, D_{k-1} ise önceki çevrimde üretilen doluluk oranını göstermektedir. Görüldüğü gibi hata gerilimi $12V$ üzerindeyse algoritma bir döngüde doluluk oranını 10 birim arttırmaktadır. İkinci döngüde hata geriliminin $9V$ 'a düştüğü varsayılırsa doluluk oranı 7 birim artar. Böylece her döngüde hata azaltılarak birkaç çevrim sonunda referans değere ulaşılmış olur. Aynı durum hata geriliminin negatif değerler alması durumunda da geçerlidir. Yani geri beslemeden elde edilen gerilim referans geriliminin üzerindeyse algoritma bu sefer doluluk oranını hatanın büyüklüğü ile orantılı olarak azaltacak ve referans noktasına indirecektir.

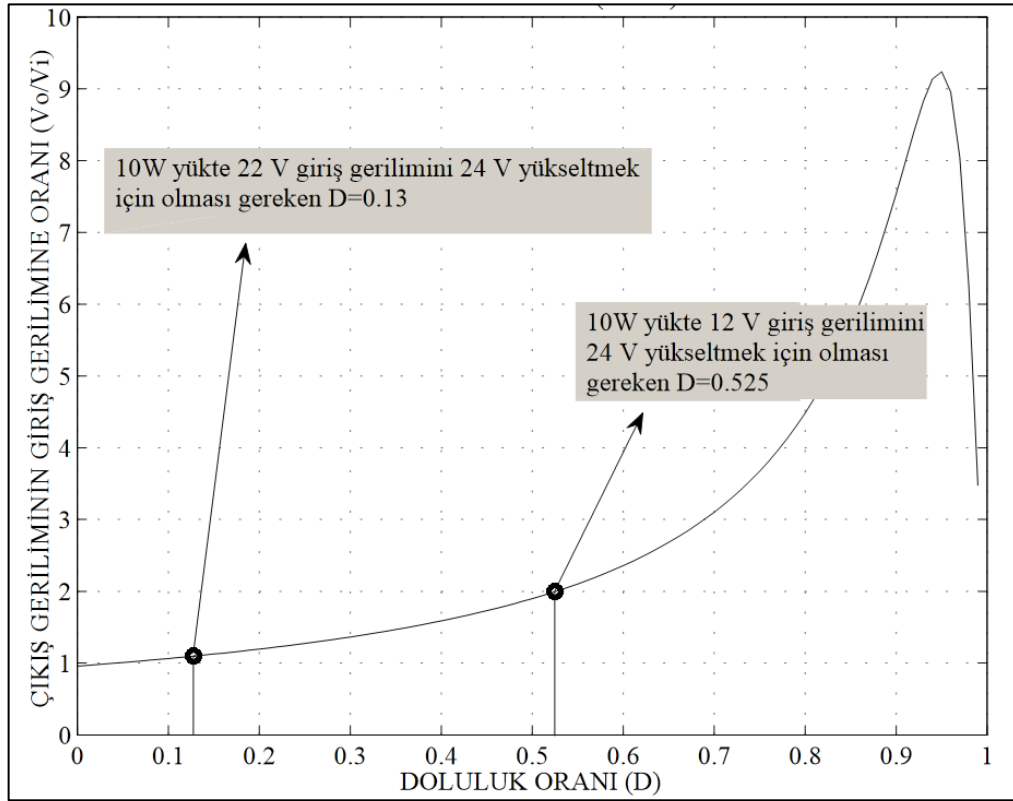
Geliştirilen algoritmanın getirdiği üstünlükler; az bellek alanı kaplaması, koşturma süresinin az olması ve bunun sonucu olarak performansın yüksek olmasıdır. Tasarlanan denetim algoritmasının akış diyagramı Şekil 18.'de gösterilmiştir.



Şekil 18. Denetim algoritması akış diyagramı

Şekil 18.'de gösterilen akış diyagramına dikkat edilirse başlangıçta $D_{\text{başlangıç}}=0$ olarak ayarlanmıştır. Akış diyagramında ilk sorgulanan o döngüde doluluk oranının % 60'dan büyük olup olmadığıdır. Eğer büyükse % 60'da sabit kalması istenmektedir. Değilse bu sefer o döngüdeki doluluk oranının % 12'den küçük olup olmadığı sorgulanmaktadır. Eğer küçükse % 12'de sabit tutulmaktadır. Çünkü tasarımda 12-22V değişken giriş gerilimi için üretilecek doluluk oranları bu sınırlar içindedir. Bunu şöyle açıklamak mümkündür;

Şekil 12.'de tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücü için parazitik elemanların $D-(V_o/V_i)$ eğrisine etkisi gösterilmiştir. Tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün düşük güçte (10W), parazitik elemanlardan dolayı oluşturduğu $D-(V_o/V_i)$ eğrisi Şekil 19.'da gösterilmiştir.

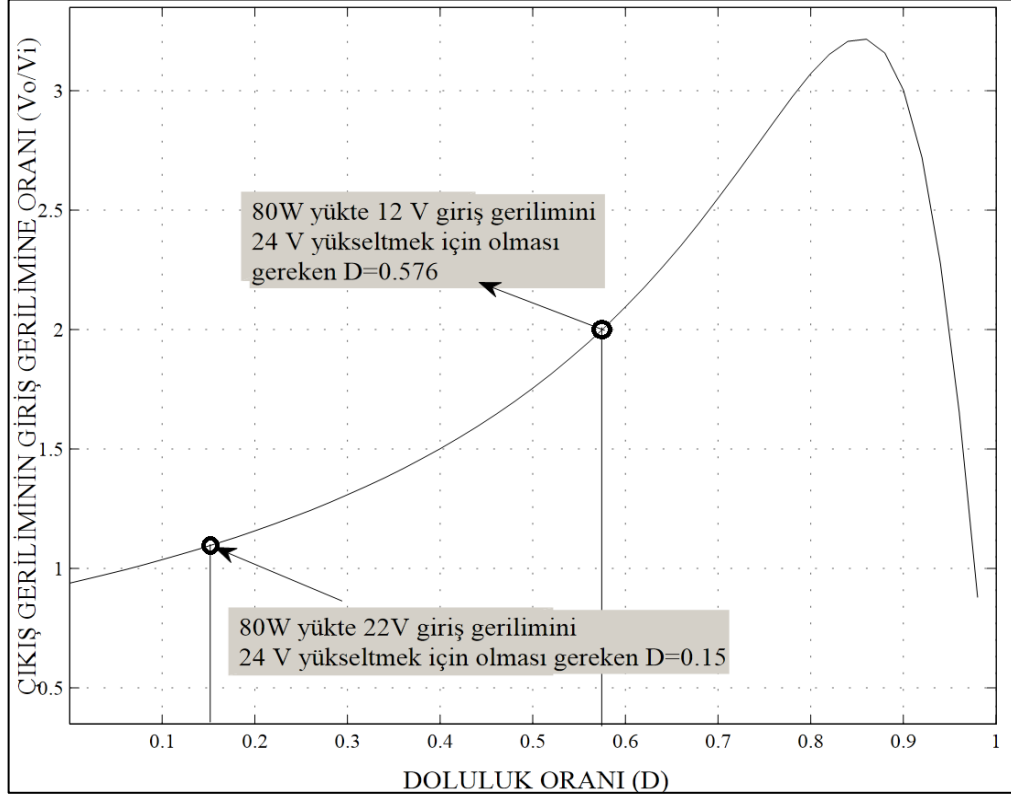


Şekil 19. Tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün 10W çıkış gücünde parazitik elemanlardan dolayı oluşturduğu $D-(V_o/V_i)$ eğrisi

Görüldüğü gibi 10W çıkış gücünde, 12-22V giriş gerilimi aralığında üretilecek doluluk oranı aralığı (1.48)'de ifade edilmiştir.

$$0,13 \leq D_{10W} \leq 0,525 \quad (1.48)$$

Diğer taraftan 80W çıkış gücünde tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün parazitik elemanlardan dolayı oluşturduğu $D-(V_o/V_i)$ eğrisi Şekil 20.'de gösterilmiştir.



Şekil 20. Tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün 80W çıkış gücünde parazitik elemanlardan dolayı oluşturduğu $D-(V_o/V_i)$ eğrisi

Görüldüğü gibi 80W çıkış gücünde, 12-22V arası giriş gerilimlerinde üretilecek doluluk oranı aralığı (1.49)'da ifade edilmiştir.

$$0,15 \leq D_{80W} \leq 0,576 \quad (1.49)$$

Dolayısıyla eşitlik (1.48) ve (1.49) incelenirse doluluk oranlarının en düşük ve en yüksek değerlerinin % 13 ile % 57,6 arasında olacağı görülmektedir. Sonuç olarak denetim algoritmasındaki doluluk oranı değişimi yaklaşık bu sınırlar içinde bırakılmıştır.

2.2.1. Değişken Kaynak Gerilimi

Şekil 21.'deki blok diyagramda 1 ile gösterilen kısım değişken kaynak gerilimidir. Bu değer 12-22V aralığında zamanla değişen bir kaynak gerilimi olabilir. Tez çalışmasında değişken kaynak gerilimi "Huayi Electronics" firması tarafından üretilen DA güç kaynağı tarafından tedarik edilmiştir. Kaynak vasıtasıyla giriş için istenilen akım ve gerilim değerleri ayarlanmıştır. Kullanılan DA kaynağı Şekil 22.'de gösterilmiştir.



Şekil 22. Değişken gerilimi tedarik eden "Huayi Electronics" firması tarafından üretilmiş DA güç kaynağı

2.2.2. DA/DA Yukarı Dönüştürücü Tasarımı

Şekil 21.'de görülen 2 numaralı sistem bileşeni DA/DA yukarı dönüştürücüdür. Bu tezde tasarlanan yukarı dönüştürücü için giriş gerilimi, $V_i=12\sim 22V$ arasında değişken iken çıkış gerilimi sabit $V_o=24V$ olarak belirlenmiştir. Dönüştürücünün maksimum çıkış gücü $P_{omak}=80W$ 'tır. Tasarım için gerekli diğer parametreler aşağıda sıralanmıştır;

$r_{DS} = 0,0175\Omega$:MOSFET (IRFZ44N) drain-source direnci,
$r_L = 0,14\Omega$:Endüktans seri direnci,
$r_C = 0,036\Omega$:Kapasite eşdeğer seri direnci,
$R_F = 0,035\Omega$:Diyot eşdeğer ileri yön direnci,
$V_F = 0,975V$:Diyot eşik gerilimi,
$f_s = 50kHz$:Anahtarlama frekansı
$R_{Lmak} = 60\Omega$:Maksimum yük direncidir.

DA/DA yukarı dönüştürücünün maksimum çıkış akımı;

$$i_{\text{omak}} = \frac{P_{\text{omak}}}{V_o} = \frac{80}{24} = 3,33 \text{ A 'dir} \quad (2.1)$$

Bu durumda minimum yük direnci $R_{L\text{min}}$,

$$R_{L\text{min}} = \frac{V_o}{i_{\text{omak}}} = \frac{24}{3,33} = 7,2 \Omega \text{ 'dur} \quad (2.2)$$

Çıkış geriliminin giriş gerilimine oranının maksimum ve minimum değerleri,

$$M_{T\text{min}} = \frac{V_o}{V_{\text{imak}}} = \frac{24}{22} = 1,09 \quad (2.3)$$

$$M_{T\text{mak}} = \frac{V_o}{V_{\text{imin}}} = \frac{24}{12} = 2 \quad (2.4)$$

Değerleri bulunur. DA/DA yukarı dönüştürücünün parazitik elemanlardan dolayı belirlenen çıkış gücü aralığında sahip olması gereken D_{min} ve D_{mak} değerleri, (1.49) ve (1.50)'deki ifadelerden %13 ve % 57,6 olarak belirlenmişti.

Çalışmada DA/DA yukarı dönüştürücünün anahtarlama frekansı $f_s = 50\text{kHz}$ 'dir. Sürekli iletim modunda çalışan yukarı dönüştürücünün herhangi bir doluluk oranı için minimum endüktansı L_{min} denklem (2.5)'deki gibi tespit edilmiştir.

$$L_{\text{min}} = \frac{2}{27} \frac{R_{L\text{mak}}}{f_s} = \frac{2}{27} \cdot \frac{60}{50000} \cong 89 \mu\text{H} \quad (2.5)$$

Endüktans değeri $1250 \mu\text{H}$ olarak seçilmiştir. Seçilen endüktansın direnci $r_L = 0,14 \Omega$ dur. Yük direncindeki maksimum akım dalgalanması $\Delta i_{L\text{mak}}$;

$$\Delta i_{L\text{mak}} = \frac{V_o \cdot D_{\text{mak}} (1 - D_{\text{mak}})}{f_s \cdot L} = \frac{24 \cdot (0,576) \cdot (0,424)}{50000 \cdot 1250 \cdot 10^{-6}} = 93,78 \text{ mA} \quad (2.6)$$

MOSFET ve Diyotta oluşan stres akımı ve gerilimi denklem (2.7) ve (2.8)'deki gibi hesaplanmıştır.

$$I_{Sm}=I_{Sd}=\frac{i_{omak}}{1-D_{mak}}+\frac{V_o \cdot D_{mak} \cdot (1-D_{mak})}{f_s \cdot L}=\frac{3,33}{1-0,576}+\frac{24 \cdot (0,576) \cdot (0,424)}{50000 \cdot 1250 \cdot 10^{-6}}=7,95A \quad (2.7)$$

$$V_{Sm}=V_{Sd}=V_o=24V \quad (2.8)$$

Bu verilere dayanarak, MOSFET olarak IRFZ44N seçilmiştir. IRFZ44N nin drain-source gerilimi $V_{DSS}=55V$, $I_{Sm}=49A$, $r_{DS}=0,0175\Omega$, toplam gate yükü $Q_g=63nC$ ve çıkış kapasitesi $C_o=360pF$ 'dır. Diyot olarak seçilen MUR1620CT 600V/16A çalışma gerilim ve akımına sahiptir. Ayrıca eşik gerilimi $V_F=0,975V$ ve ileri yön direnci $R_F=0,035\Omega$ dur.

Çıkıştaki gerilim dalgalanması $V_{dlg}=0,03V_o$ olması amaçlanmıştır. Bu durumda dalgalanma gerilimi V_{dlg} kondansatör ve kondansatör eşdeğer seri direnci tarafından eşit şekilde paylaşılır.

$$V_{rect}=V_{Ctt}=\frac{V_{dlg}}{2}=\frac{24 \cdot (0,03)}{2}=0,36V \quad (2.9)$$

Kondansatör maksimum seri eşdeğer direnç değeri r_{Cmak} ise;

$$r_{Cmak}=\frac{V_{rect}}{I_{Sd}}=\frac{0,36}{9,36} \cong 0,0384\Omega \text{ dur.} \quad (2.10)$$

Bu çalışmada $r_C=0,036\Omega$ olarak seçilmiştir. DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkışındaki minimum kapasite değeri;

$$C_{min}=\frac{D_{mak} \cdot V_o}{f_s \cdot R_{Lmin} \cdot V_{Ctt}}=\frac{(0,576) \cdot 24}{50000 \cdot (7,2) \cdot (0,36)} \cong 107\mu F \text{ dir.} \quad (2.11)$$

Kondansatör olarak 11,5mF/35V ve 0,036 Ω ESD (Eşdeğer seri direnç) değerleri seçilmiştir. Tasarımda belirlenen C_{min} ve L_{min} değerlerinin ardından DA/DA yukarı dönüştürücüde meydana gelecek kayıpların analizini yapmak için endüktans akımının etkin değeri;

$$I_{Le} \cong I_{imak}=\frac{I_{omak}}{1-D_{maks}}=\frac{3,33}{0,424} \cong 7,86A \quad (2.12)$$

Endüktans akımının etkin değeri denklem (2.12)'de elde edildikten sonra endüktansta oluşacak kayıp denklem (2.13)'deki gibi bulunur.

$$P_{r_L} = (I_{Le})^2 \cdot r_L = (7,86)^2 \cdot (0,14) \cong 8,65W \quad (2.13)$$

MOSFET'te oluşan iletim kaybı denklem (2.14) ve (2.15)'deki ifadelerden çıkarılır.

$$i_{se} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{DT} i_s^2 dt} = \frac{i_{omak} \cdot \sqrt{D_{mak}}}{1-D_{mak}} = \frac{3,3 \cdot \sqrt{0,576}}{1-0,576} = \frac{2,50}{0,424} \cong 5,91A \quad (2.14)$$

$$P_{r_{DS}} = r_{DS} \cdot (i_{se})^2 = 0,0175 \cdot (5,91)^2 \cong 0,611W \quad (2.15)$$

MOSFET'in çıkış kapasitesi C_o doğrusal kabul edilirse, P_{ant} kaybı (2.16)'daki gibi ifade edilir,

$$P_{ant} = f_s \cdot C_o \cdot V_o^2 = 50000 \cdot (360 \cdot 10^{-12}) \cdot (24)^2 \cong 0,01W \quad (2.16)$$

Böylece MOSFET'te oluşan toplam kayıp denklem (2.17)'de ifade edilmiştir.

$$P_M = \frac{P_{ant}}{2} + P_{r_{DS}} = 0,005 + 0,611 = 0,616W \quad (2.17)$$

Diyodun eşik geriliminden kaynaklanan kayıp ise,

$$P_{V_F} = V_F \cdot i_D = (0,975) \cdot (3,3) \cong 3,25W \quad (2.18)$$

i_D akımının etkin değeri (2.19)'da verildiği gibidir.

$$i_{De} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_D^2 dt} = \frac{i_{omak}}{\sqrt{1-D_{mak}}} = \frac{3,3}{0,759} \cong 4,35A \quad (2.19)$$

Diyodun ileri yön direnci R_F de oluşan güç kaybı ise denklem (2.20)'de bulunmuştur.

$$P_{R_F} = R_F \cdot i_{De}^2 = 0,035 \cdot (4,35)^2 \cong 0,662W \quad (2.20)$$

Diyotta harcanan toplam iletim kaybı ise (2.21)'deki gibi hesaplanmıştır.

$$P_D = P_{R_F} + P_{V_F} = 0,662 + 3,25 = 3,912W \quad (2.21)$$

Kondansatörden geçen akımın etkin değeri;

$$i_{C_e} = i_{o_{mak}} \cdot \sqrt{\frac{D_{mak}}{1-D_{mak}}} = 3,3 \cdot \sqrt{\frac{0,576}{1-0,576}} = 3,846A \quad (2.22)$$

Kondansatör eşdeğer seri direnci r_C de harcanan güç denklem (2.23)'de belirtildiği gibi hesaplanmıştır.

$$P_{r_C} = r_C \cdot (i_{C_e})^2 = 0,036 \cdot (3,846)^2 = 0,532W \quad (2.23)$$

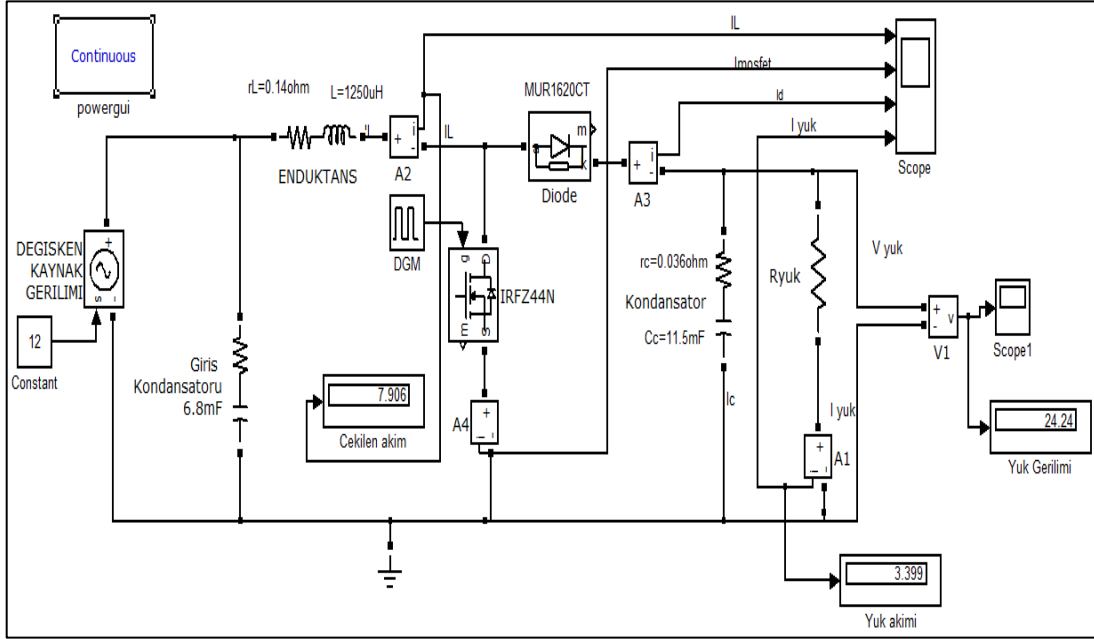
DA/DA yukarı dönüştürücüde oluşan toplam kayıp denklem (2.24)'de hesaplanmıştır.

$$P_{TOP} = 0,616 + 3,912 + 8,65 + 0,532 \approx 13,71W \quad (2.24)$$

Bu durumda dönüştürücünün verimi η denklem (2.25)'deki gibi hesaplanmıştır.

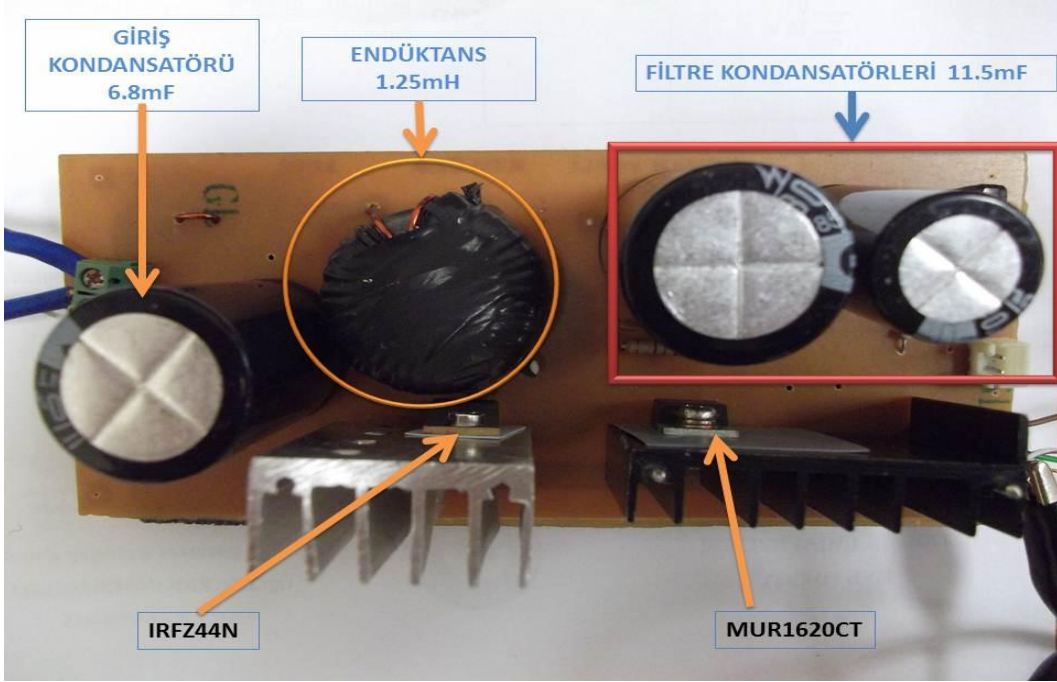
$$\eta = \frac{P_O}{P_O + P_{TOP}} = \frac{80}{80 + 13,71} \approx \% 85,37 \quad (2.25)$$

Yapılan hesaplamalardan sonra DA/DA yukarı dönüştürücü devresinin MATLAB/Simulink ortamında ve eldeki parametreler kullanılarak benzetimi yapılmış, maksimum çıkış akımı ($I_{o_{mak}}$), çıkış gerilimi (V_o), giriş gerilimi (V_i), giriş akımı (i_i) ve verim (η) değerleri incelenmiştir. Benzetimde 12V giriş gerilimi, $D_{mak}=0,576$ doluluk oranı ve $R_{L_{min}} = 7,2\Omega$ minimum yük direnci kullanılmıştır. Bu şartlar altında benzetim programı koşturulduğunda elde edilen giriş akımı $i_i=7,906$, maksimum çıkış akımı $i_{o_{mak}}=3,399A$ ve çıkış gerilimi $V_o=24,24V$ değerleri Şekil 23.'de görülmektedir. Elde edilen değerler kullanılarak hesaplanan verim ise $\eta=\%86,8$ 'dir. Böylelikle benzetimden elde edilen sonuçlar ile tasarımda hesaplanan verim ve akım değerlerinin örtüştüğü görülmüştür.



Şekil 23. MATLAB/Simulink'te hazırlanan DA/DA yukarı dönüştürücü benzetimi

Tasarımı ve benzetimi yapılan DA/DA yukarı dönüştürücünün gerçekleştirilmiş hali Şekil 24.'de gösterilmiştir. Yukarı dönüştürücünün girişi 12-22V arasında zamanla değişebilen güç kaynağıdır. PIC18F452 tarafından üretilen denetleme işareti (DGM), MOSFET sürücü devresi vasıtasıyla yukarı dönüştürücüdeki MOSFET'i tetiklemektedir. Denetlenen yukarı dönüştürücünün çıkışı 24V'a sabitlenmektedir. Yukarı dönüştürücünün çıkışında ise omik yük mevcuttur.



Şekil 24. Tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücü

2.2.3. Omik Yük

Sistem bileşenlerinin 3 numaralı elemanı çıkış yani omik yüküdür. Gerçekleştirilen sistemin çıkışında $250\Omega/500W$ 'lık reosta bağlanmıştır. Kullanılan reosta Şekil 25.'de gösterilmiştir.

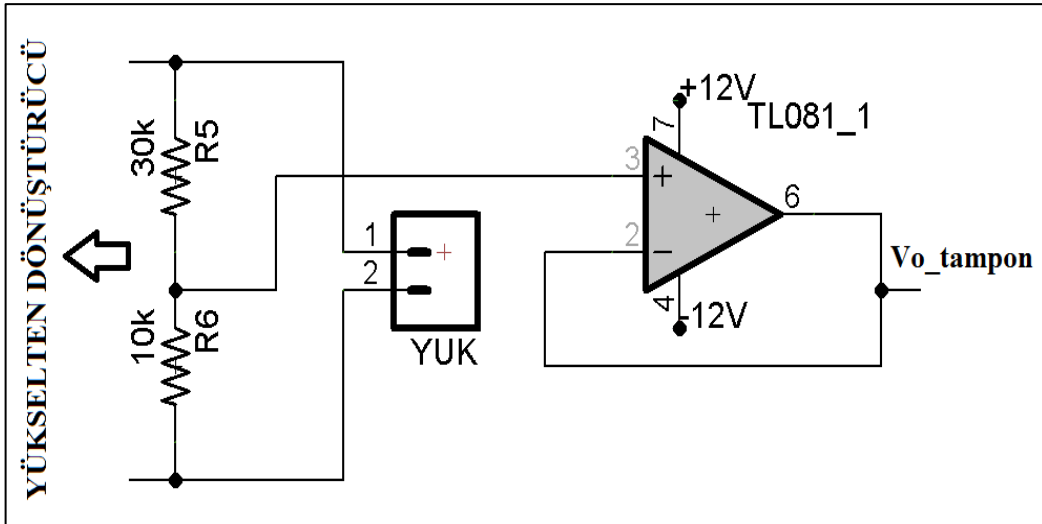


Şekil 25. Çalışmada kullanılan omik yük

2.2.4. Geri Besleme Devresi

Tasarlanan sistemin kapalı çevrim bir sistem olmasının sonucu olarak, çıkıştaki gerilim işaretinden örnek alınarak bir sonraki adımda referans işaretle karşılaştırılır, sonuç denetleyici sistemin girişine verilir. Uygulamada çıkış geriliminden örnek alma işlemini gerçekleştirebilmek için, alınan gerilim örneği değerinin hangi sınırlarda olması gerektiği iyi tespit edilmelidir.

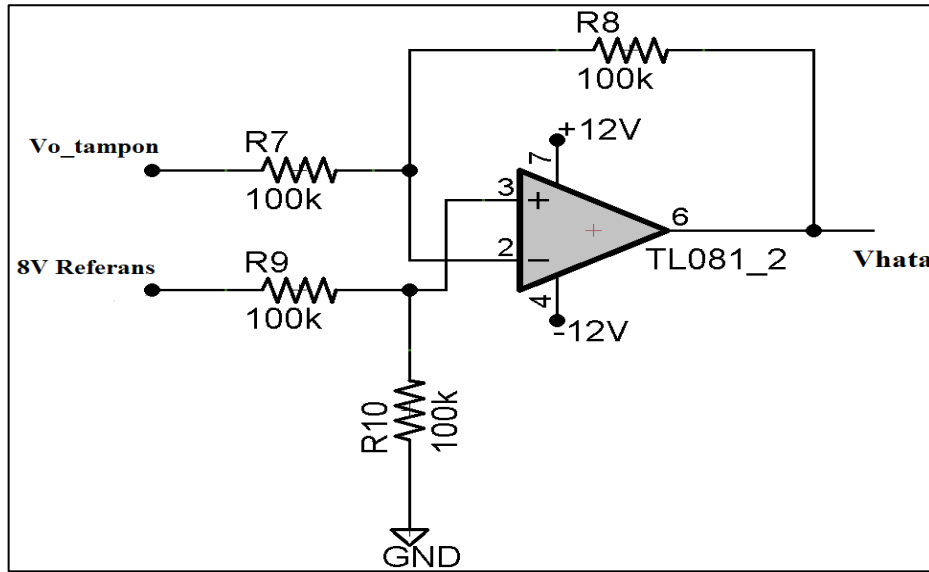
Bu çalışma için kullanılan PIC18F452 mikrodenetleyicisinin algılayabileceği analog giriş gerilimi 0-5V değerleri arasındadır. Bu detay göz önünde bulundurularak, bu işlem için gerilim geri besleme yöntemi kullanılmış, DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkışına paralel bağlı 30k ve 10k değerli iki seri direnç üzerinden $\frac{1}{4}$ oranında bölünmüş gerilim örneği alınmıştır. Örneğin çıkıştaki gerilim seviyesi 10V ise geri besleme gerilimi 2,5V, 20V ise geri besleme gerilimi 5V dur. Alınan gerilim örneğini kaskat bağlı diğer sistemin girişine vermeden önce empedans uyumsuzluğunu yok etmek gerekmektedir. Bunun için geri besleme işareti TL081 entegresi kullanılarak yapılan tamponun girişine verilmiş ve tampon çıkışı kas kat bağlı diğer sistemin girişi halini almıştır. Tasarlanan gerilim bölücülü geri besleme devresi Şekil 26.'da gösterilmektedir.



Şekil 26. Tasarlanan gerilim bölücülü geri besleme devresi

2.2.5. Denetleyici Kartı

Şekil 21.'de gösterilen 5 numaralı sistem bileşeni denetleyici kartı kısmıdır. Denetleyici kartı, girişinde gerilim bölücülü geri besleme devresinden gelen geri besleme işaretini alır ve bunu referans gerilimle karşılaştırıp hata işaretini elde eder. Daha sonra hata işareti PIC18F452'nin ADC görevi yapan 8 nolu pinine gönderilir. Burada önemli olan nokta fark işaretinin sınırlarını 0-5V arasında belirlemektir. Bunun nedeni PIC18F452'nin analog dijital çeviricisinin negatif gerilim değerlerini dijitalle çevirememesidir. Çalışmada bu durum için uygulanan çözüm ise yazılımsal olmuştur. Referans gerilim olarak 8V kullanılmıştır. 12-32V aralığındaki çıkış gerilimlerinden gerilim bölücü ile 3-8V aralığında geri besleme gerilimleri elde edilmiştir. Daha sonra TL081 ile yapılan fark yükseltecinde geri besleme gerilimi ile referans gerilim 8V karşılaştırılmıştır. Buna ilişkin fark yükselteci devresi Şekil 27.'de gösterilmiştir.

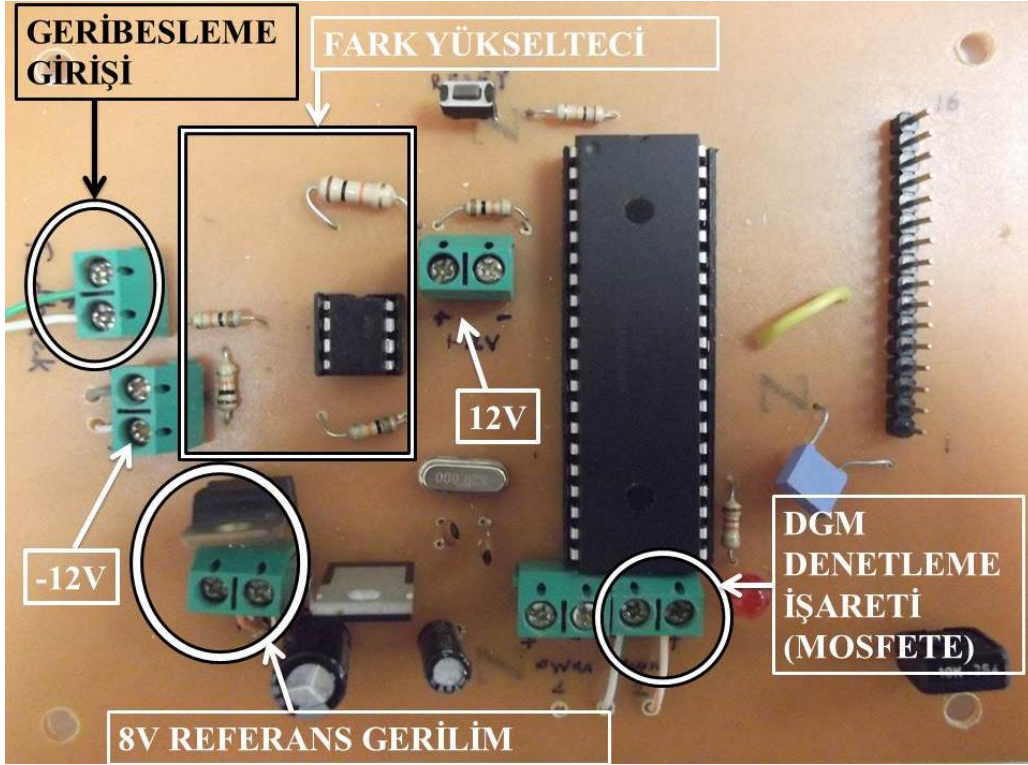


Şekil 27. Fark yükselteci devresi

Sonuç olarak fark yükseltecinin çıkışında 0-5V arası değişen hata gerilimi elde edilmiş olup bu haliyle denetleyicinin ADC girişine verilmiştir. Tasarlanıp gerçekleştirilen denetleyici kartı Şekil 28.'de gösterilmiştir.

Şekil incelendiğinde $\pm 12V$ besleme gerilimi girişleri görülmektedir. İleride de açıklanacak olan harici bir güç kaynağından elde edilen bu gerilim değerleri vasıtasıyla;

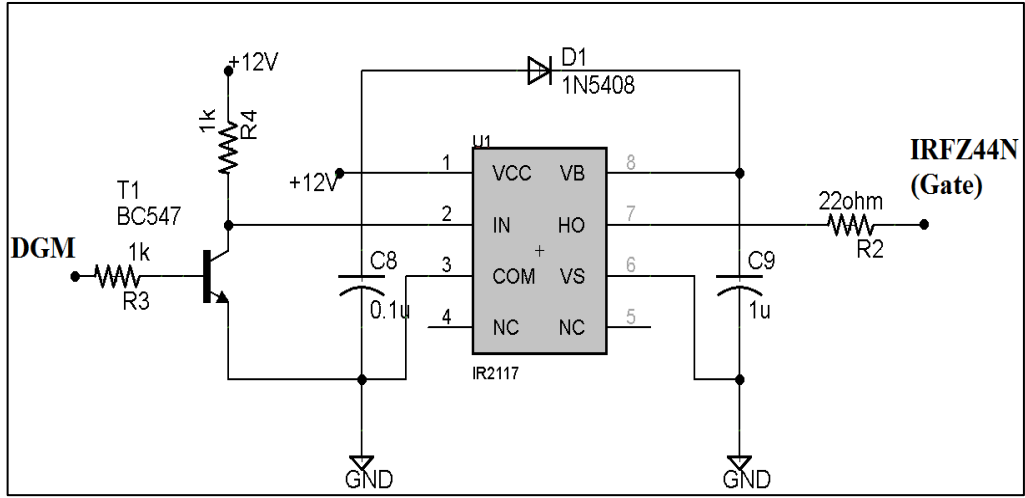
TL081 entegresi ile yapılan fark yükselteci devresinin ihtiyaç duyduğu $\pm 12V$ besleme gerilimi, +12V gerilimden 7808 regülatörü ile 8V'luk referans gerilimi ve +12V gerilimden 7805 regülatörü ile 5V'luk mikrodenetleyicinin ihtiyaç duyduğu besleme gerilimi tedarik edilmiştir.



Şekil 28. Gerçekleştirilen denetleyici kartı

2.2.6. MOSFET Sürücü Devresi

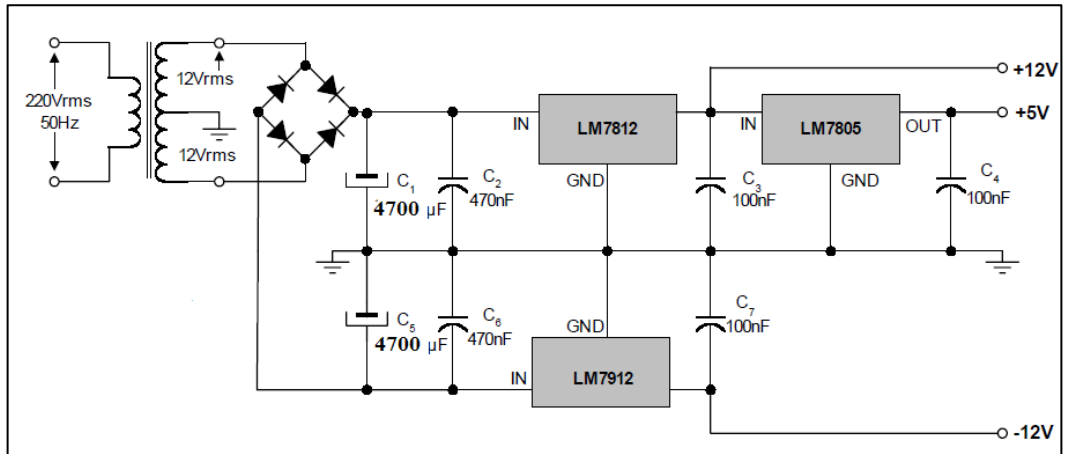
Şekil 21.'de 6 numara ile gösterilen sistem elemanı MOSFET sürücü devresidir. PIC18F452'nin 17 nolu pininden alınan 5V genlikli DGM işareti, IRFZ44N güç mosfetinin sürülebilmesi için yeterli değildir. Bu nedenle MOSFET sürücü devresi kullanılmalıdır. Sistemde IR2117 MOSFET sürücü devresi kullanılmıştır. Kullanılan MOSFET sürücü devresi Şekil 29.'da gösterilmiştir.



Şekil 29. MOSFET sürücü devresi

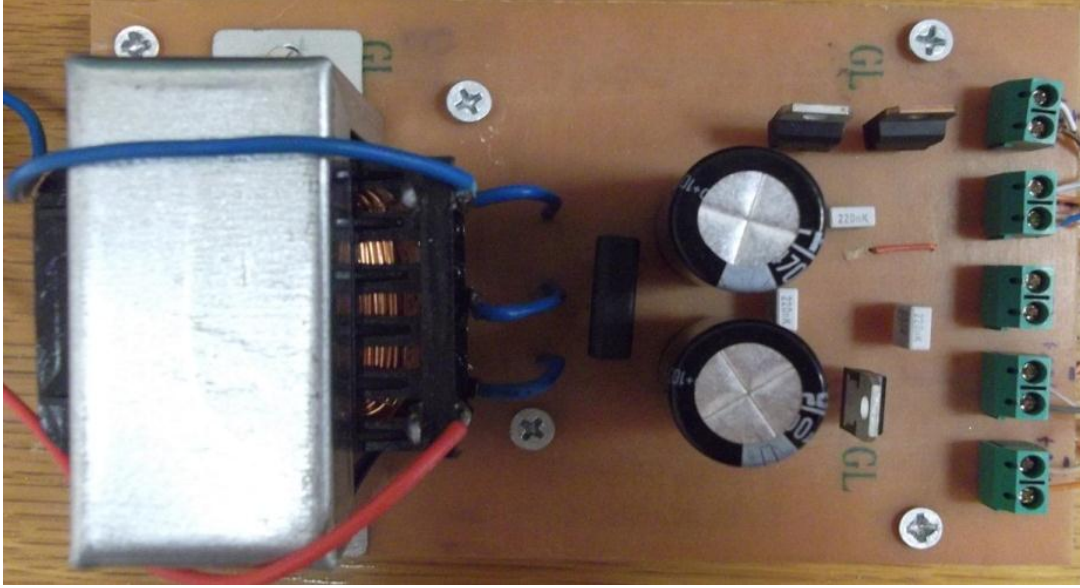
2.2.7. Güç Kaynağı

Şekil 21.'deki sistem blok diyagramında gösterilmeyen fakat denetleme kartında; işlemsel yükselteç için gerekli $\pm 12V$, PIC18F452'nin beslenmesi için gerekli olan $+5V$, MOSFET sürücü devresi için gerekli $+12V$ ve geri besleme devresindeki işlemsel yükselteç için gerekli olan $\pm 12V$ gerilimleri tedarik etmektedir. Bu gerilimleri karşılamak için 15W sabit simetrik çıkışlı ve regüleli güç kaynağı tasarlanmıştır. Tasarlanan güç kaynağı devresi Şekil 30'da gösterilmiştir. Tezde tasarlanan sistem bir ürün olarak uygulandığında, bu tür besleme gereksinimleri değişken kaynaktan bir aşağı-yukarı dönüştürücü aracılığı ile de sağlanabilir.



Şekil 30. Güç kaynağı devresi

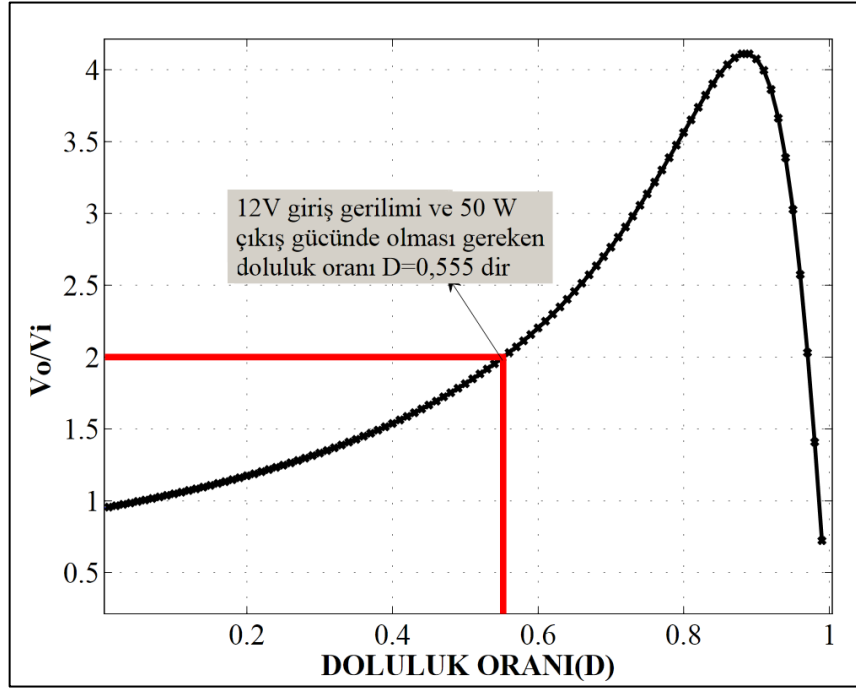
Güç kaynağında kararlı bir DA gerilim seviyesi elde etmek için 4700 μ F'lık kondansatörler kullanılmıştır. Kondansatörlerin çıkışına 7812 ve 7912 gerilim regülatörleri konularak kararlı ve düzenli \pm 12V elde edilmiştir. +5V gerilim ise yine 7812'ye kas kat bağlı bir 7805 gerilim regülatörü ile elde edilmiştir. Gerçekleştirilen güç kaynağı devresi Şekil 31.'de gösterilmiştir.



Şekil 31. Gerçekleştirilen güç kaynağı

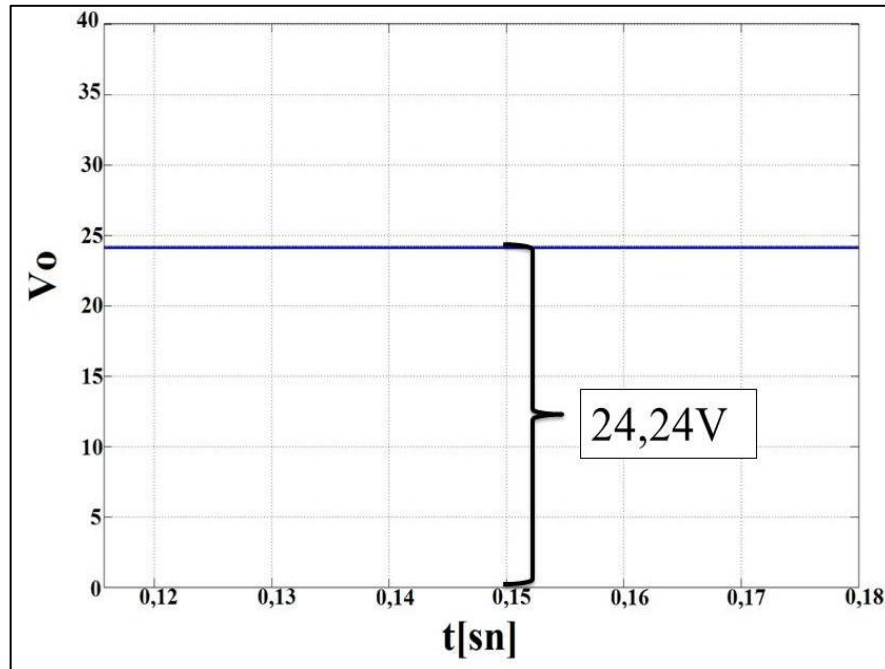
2.3. Oluşturulan Sistemin Başarım Analizi

Yapılan başarım analizlerinde giriş gerilimi için 12-22V aralığında değişebilen gerilim kaynağı kullanılmıştır. İlk analiz sabit 12V giriş gerilimi ve 50W çıkış gücü değerleri için yapılmıştır. Şekil 23.'deki benzetim devresinde giriş gerilimi (12V) ve çıkış gücü için gerekli direnç değeri (11,5 Ω) ayarlanmıştır. Benzetimde kullanılan DGM üreticinin frekansı $f_s=50$ kHz ve doluluk oranı $D=\%55,5$ olarak ayarlanmıştır. Doluluk oranının bu değeri alacağı yine 50W çıkış gücü için MATLAB'da çizdirilen (V_o/V_i) -D eğrisinden tespit edilmiştir. Doluluk oranının tespitinde kullanılan (V_o/V_i) -D eğrisi Şekil 32.' de gösterilmiştir.



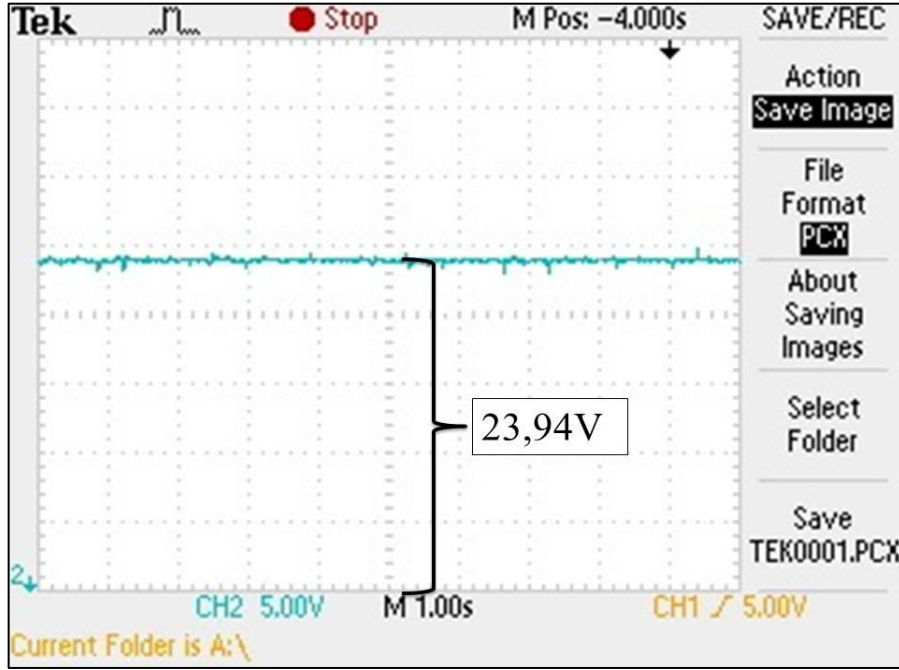
Şekil 32. 12V giriş için doluluk oranının tespitinde kullanılan (V_o/V_i) - D eğrisi

Benzetim bu değerler kullanılarak yapılmış, çıkış gerilimi (V_o)'nın zamanla değişimi Şekil 33.'deki gibi elde edilmiştir. Görüldüğü gibi benzetimi yapılan DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış gerilimi 24,24V'dur.



Şekil 33. Benzetimde $V_i=12V$, $P_o=50W$ gücünde V_o 'nın zamanla değişimi

Gerçekleştirilen sistemin de çıkış gücü 50W olacak şekilde ayarlanmış ve sistemin çıkışına bağlanan osiloskop vasıtasıyla çıkış geriliminin zamanla değişimi gözlemlenmiştir. Şekil 34.'de gerçekleştirilen sistemin, 50W çıkış gücünde çıkış geriliminin zamanla değişimi gösterilmiştir. Gerçekleştirilen DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış gerilimi 23,94V olarak ölçülmüştür.



Şekil 34. Gerçek sistemin $V_i=12V$, $P_o=50W$ gücünde V_o 'ın zamanla değişimi

Benzetimden ve gerçekleştirilen sistemden elde edilen V_o çıkış gerilimleri birbirine yakın elde edilmiştir. Bunun haricinde Tablo 1.'de; giriş akımı (i_i), çıkış akımı (i_o), çıkış gerilimi (V_o) ve elde edilen verimlere (η) ilişkin değerler karşılaştırılmıştır.

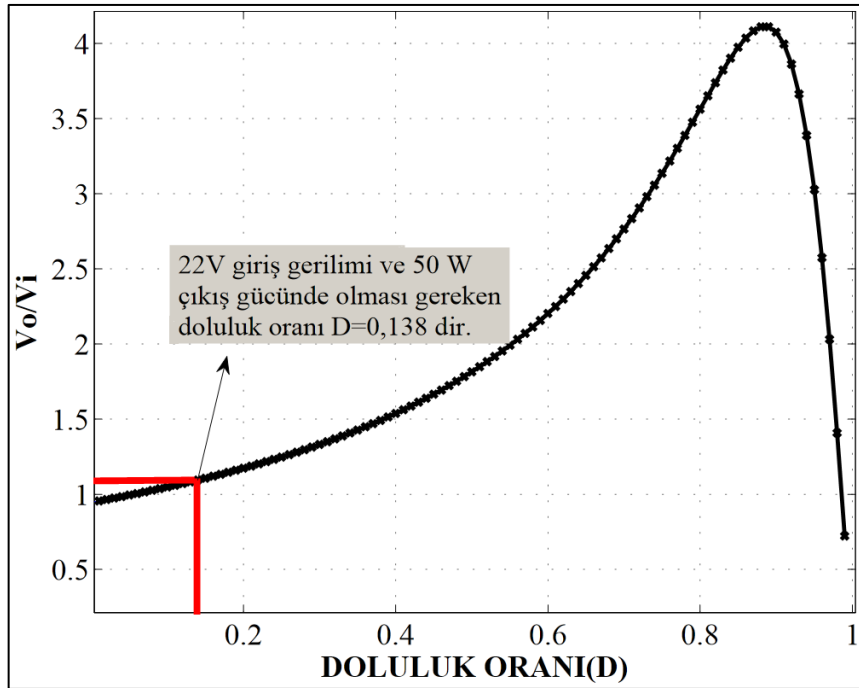
Tablo 1. Birinci analiz için benzetim ve gerçekleştirilen sistemden elde edilen sonuçlar

	Benzetim	Gerçel
Giriş Akımı (i_i)	4,67A	4,86A
Çıkış Akımı (i_o)	2,108A	2,11A
Çıkış Gerilimi(V_o)	24,24V	23,94V
Verim (η)	%91,2	%86,6

Tablo 1.'de elde edilen verilere bakıldığında benzetim sonuçlarıyla gerçekleştirilen sistem sonuçlarının birbirine oldukça yakın çıktığı görülmektedir. Karşılaştırmada görülen farklar gerçekleştirilen sistemde var olan iletim yolu kayıplardan kaynaklanmaktadır.

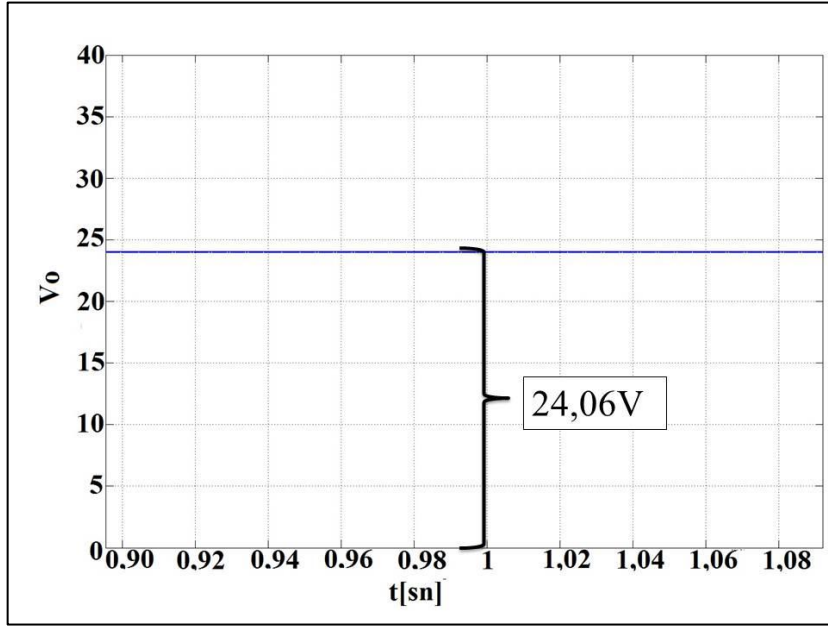
Birinci analizde, tasarlanan sistem için alt sınır giriş değeri olan 12V gerilim irdelenmiştir. İkinci olarak, tasarlanan sistemin üst sınır giriş değerini irdelemek gerekmektedir. Bu değer önceki bölümlerde de açıklandığı gibi 22V giriş gerilimidir.

Birinci analizle benzer şekilde, benzetim devresinde giriş gerilimi (22V) ve çıkış gücü için gerekli direnç değeri ($11,5\Omega$) ayarlanmıştır. Benzetimde kullanılan DGM üreticinin frekansı $f_s=50\text{kHz}$ ve doluluk oranı $D=\%13,8$ olarak ayarlanmıştır. Doluluk oranının bu değeri alacağı, 50W çıkış gücü için MATLAB'da çizdirilen (V_o/V_i) -D eğrisinden tespit edilmiştir. Doluluk oranının tespitinde kullanılan (V_o/V_i) -D eğrisi Şekil 35.' de gösterilmiştir.



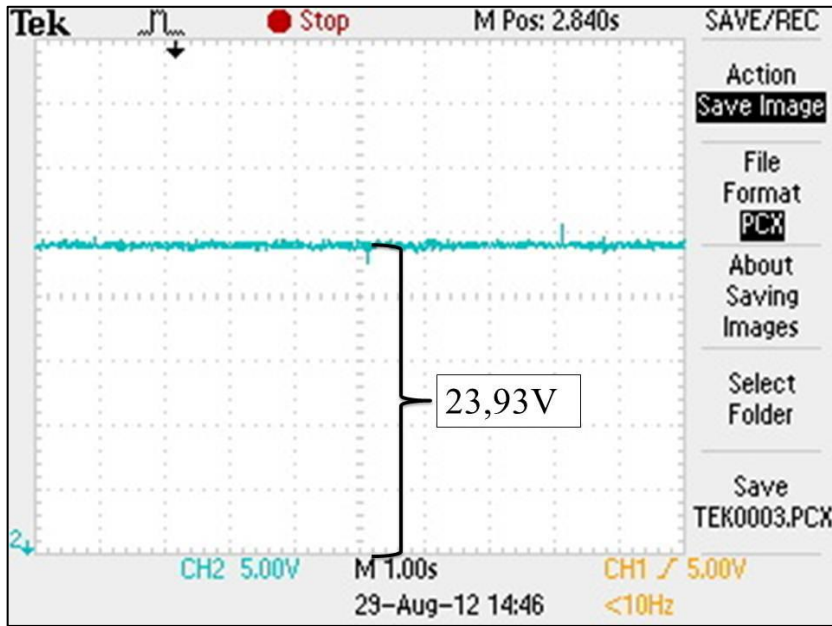
Şekil 35. 22V giriş için doluluk oranının tespitinde kullanılan (V_o/V_i) -D eğrisi

Benzetim bu değerler kullanılarak sonuçlandırılmış çıkış gerilimi V_o 'ın zamanla değişimi Şekil 36.'daki gibi elde edilmiştir. Görüldüğü gibi benzetimi yapılan DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış gerilimi 24,06 V'dur.



Şekil 36. Benzetimde $V_i=22V$, $P_o=50W$ gücünde V_o 'ın zamanla değişimi

İlk analizde olduğu gibi gerçekleştirilen sistemin de çıkış gücü 50W olacak şekilde ayarlanmış ve sistemin çıkışına bağlanan osiloskop vasıtasıyla çıkış geriliminin zamanla değişimi gözlemlenmiştir. Şekil 37.'de gerçekleştirilen sistemin, 50W çıkış gücünde çıkış geriliminin zamanla değişimi gösterilmiştir. Gerçekleştirilen DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış gerilimi 23,93V olarak ölçülmüştür.



Şekil 37. Gerçek sistemin $V_i=22V$, $P_o=50W$ gücünde V_o 'ın zamanla değişimi

İkinci analizde, benzetimden gözlemlenen ve gerçekleştirilen sistemden ölçülen V_o çıkış gerilimleri birbirine çok yakın değerdedir. Bu analizde de; giriş akımı (i_i), çıkış akımı (i_o), çıkış gerilimi (V_o) ve elde edilen verimlere (η) ilişkin değerler Tablo 2.'de karşılaştırılmıştır.

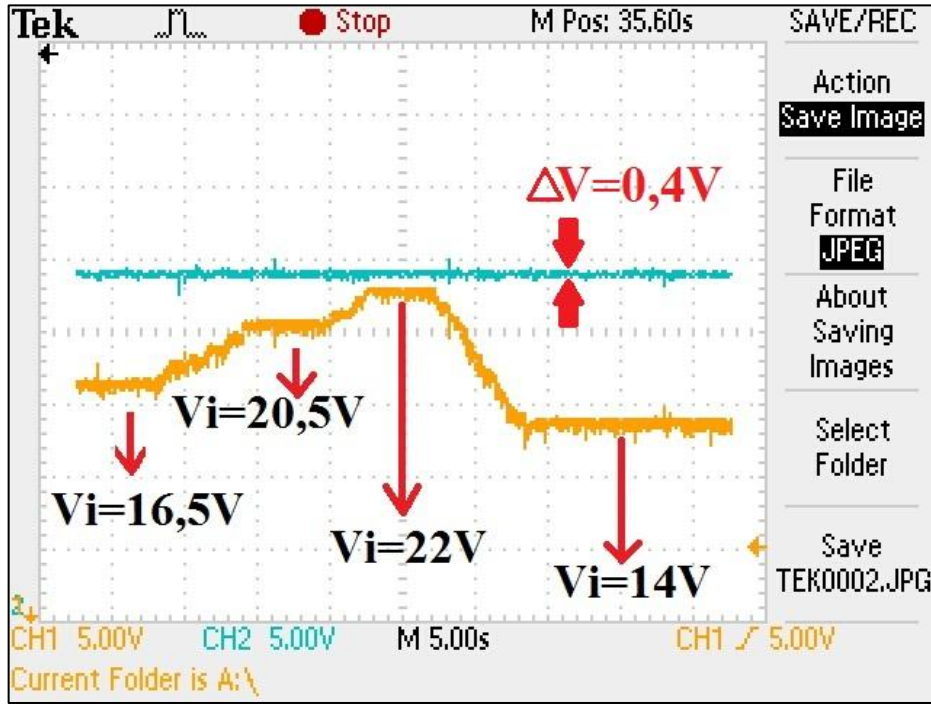
Tablo 2. İkinci analiz için benzetim ve gerçekleştirilen sistemden elde edilen sonuçlar

	Benzetim	Gerçel
Giriş Akımı (i_i)	2,4A	2,48A
Çıkış Akımı (i_o)	2,092A	2,07A
Çıkış Gerilimi(V_o)	24,06V	23,93V
Verim (η)	%95,3	%91,2

İlk analizde olduğu gibi ikinci analizde de elde edilen sonuçlara bakıldığında benzetim ve gerçekleştirilen sistemlerin sonuçları birbirine yine oldukça yakın çıktığı görülmektedir.

Simulink ortamında yapılan benzetimde, denetim algoritması Simulink'e aktarılamadığı için analizlerde hangi koşul için hangi doluluk oranının uygulanacağı grafiksel analizden elde edilerek benzetimde uygulanmıştır. Diğer taraftan gerçekleştirilen sistemde ise böyle bir analize gerek kalmamıştır. Çünkü sistemin kapalı çevrim özelliğinden dolayı doluluk oranını kendisi ayarlayabilmektedir.

Bir sonraki analizde, yine aynı çıkış gücünde, denetim algoritması ile gerçekleştirilen DA/DA yukarı dönüştürücünün değişken giriş gerilimlerine karşı çıkış geriliminin zamanla değişimi Şekil 38.'de gözlemlenmiştir. Şekil incelendiğinde giriş gerilimi; 16,5V'dan 14. saniyede 20,5 V'a çıkmış, bir süre sabit kaldıktan sonra gerilim yükselişi devam ederek 22. saniyede 22V'a ulaşmış, yine bir süre sabit kaldıktan sonra düşüşe geçerek 33. saniyede 14V olmuştur. Bu süreç içinde çıkış geriliminin 23,8-24V aralığında elde edildiği, gerilim dalgalanması (ΔV) maksimum 0,4V olduğu ve bu değerle %1,6 oranında bir dalgalanmanın olduğu tespit edilmiştir.

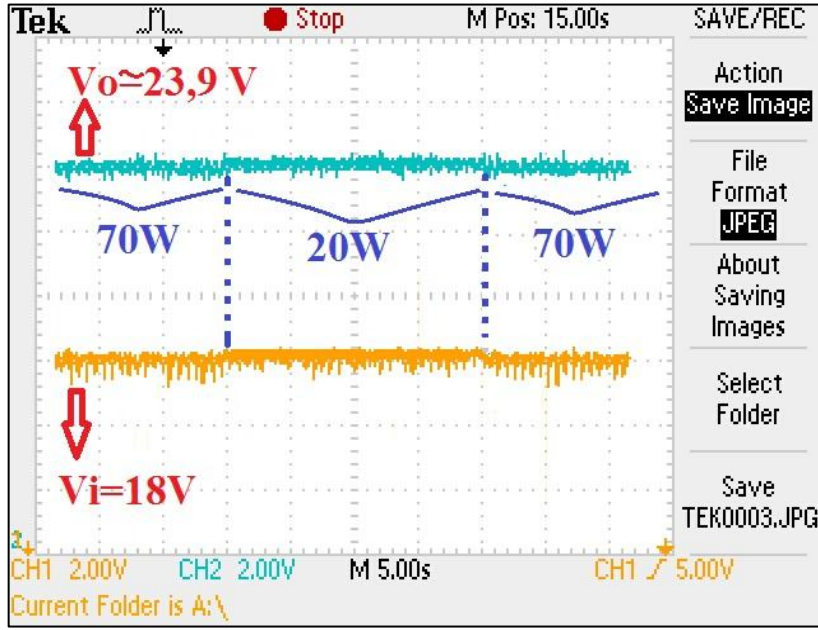


Şekil 38. 50W çıkış gücü için zamanla değişen giriş gerilimlerinde DA/DA yukarı dönüştürücünün ürettiği çıkış geriliminin zamanla değişimi

Açıklanan deneysel çalışmalarda 50W sabit çıkış gücünde değişken giriş gerilimlerine karşı çıkış geriliminin değişimi gözlemlenmiştir. Bir sonraki analizde ise sabit gerilim altında ve ani yük değişiminde çıkış geriliminin değişimi incelenmiştir.

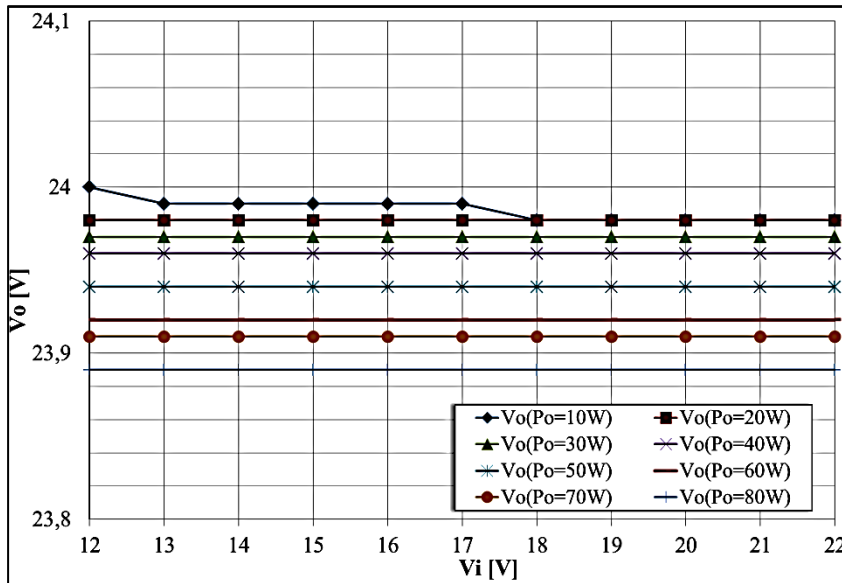
Sabit 18V giriş geriliminde ve 20-70W değişen yük durumunda çalışan DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış gerilimi değişimi Şekil 39.'da gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Şekilden de görüldüğü gibi 70W yük durumunda çalışan DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış gücü $t=15s$ sonra 20W düşürülmüştür Daha sonra $t=35s$ 'de yük tekrar 70W'a çıkartılarak çıkış geriliminin değişimi incelenmiştir. 20W yükte elde edilen çıkış gerilimi 23,98V olup, yük 70W'a çıkarıldığında 23,91V'luk çıkış gerilimi elde edilmiştir. Böylelikle ani yük değişiminde çıkış gerilim seviyesinin ihmal edilebilecek seviyede etkilendiği gözlemlenmiştir. Ani yük değişiminde dikkate alınabilecek bir geçici durum gözlemlenmemiştir.



Şekil 39. Sabit giriş gerilimi ve değişken yük durumunda çalışan DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış geriliminin zamanla değişimi

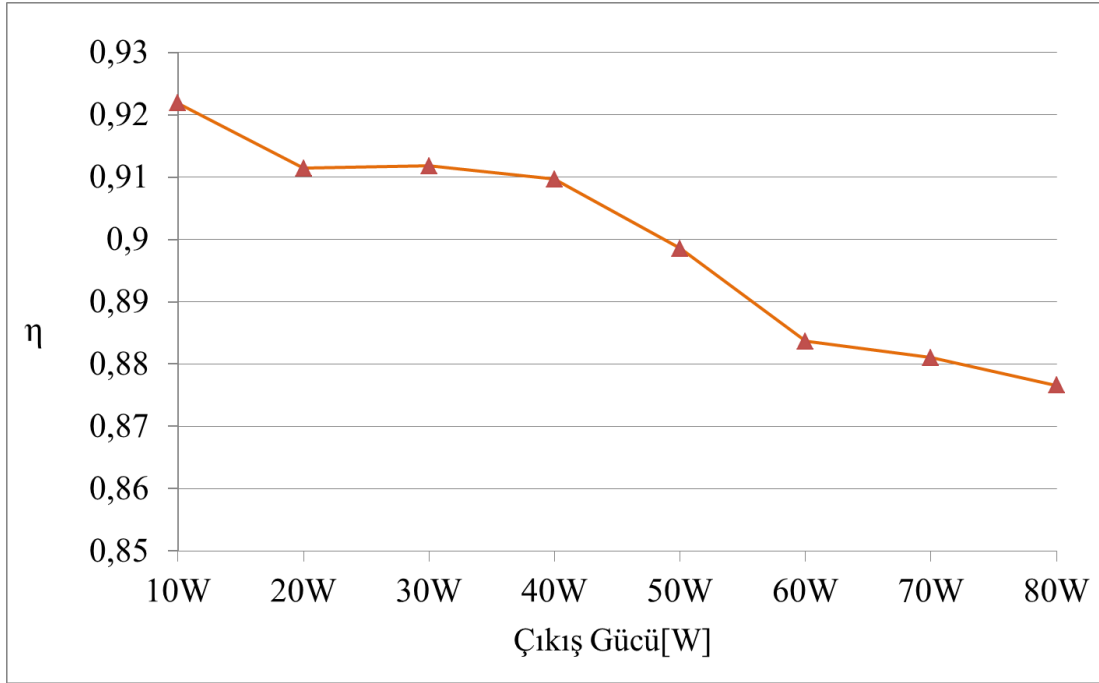
İlk analizlerde sabit yük değişken giriş gerilimleri ve sonraki analizde sabit gerilim ve değişken yüklerdeki çıkış gerilimi davranışı incelendikten sonra, değişken giriş gerilimleri ve değişken yükler altındaki DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış gerilimlerini tek bir grafik altında Şekil 40.'da görmek mümkündür.



Şekil 40. Değişken giriş gerilimleri ve farklı güçlerde çıkış gerilimi değişimi

Şekil 40.'da görüldüğü gibi 12-22V giriş gerilimi ve 10-80W çıkış gücü aralığında çıkış gerilimi ortalama değeri 23,89V-24V aralığında değişmektedir. Bu aralıkta hedeflenen çıkış gerilim seviyesi değişken giriş gerilimleri ve değişken yükler altında % 0,45 hatayla gerçekleştirilmiştir. Grafiğin ortaya çıkarılmasında kullanılan deneysel veriler Ek 2.'de gösterilmiştir.

DA/DA yukarı dönüştürücü tasarımında göz önünde bulundurulması gereken etkenlerden biri de verimdir. Ek 2.'de gösterilen verilerden faydalanarak tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün farklı çıkış güçlerindeki veriminin değişimi Şekil 41'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 41. Tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün farklı çıkış güçlerindeki verimleri

Şekil 41.' de görüldüğü gibi çıkış gücü arttıkça verim değişimi %92,18 -% 87,65 aralığında azalan bir eğilim göstermektedir. Tasarım, bir DA/DA yukarı dönüştürücünden beklenen verim seviyelerini, geniş bir çıkış gücü aralığında çalışmasına rağmen başarı ile karşılamıştır.

Bu deneysel çalışmaların haricinde tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücü Şekil 42. 'de gösterilen ve K.T.Ü. Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Elektrik Makinaları ve Güç Sistemleri Laboratuvarı'nda bulunan güneş enerjisi deney setinde de denenmiştir.



Şekil 42. Oluşturulan güneş paneli uygulaması

Şekil 42.'deki deney düzeneğinde görüldüğü gibi güneş ışığını temsil eden bir halojen ışık kaynağı ve bu ışık kaynağından gelen ışığı elektrik enerjisine çeviren 12V ve 20W'lık bir güneş paneli mevcuttur. Dönüştürücünün bu aralıkta %90'lara varan verimle çalıştığı bilindiği için çıkış yükü 18W olacak şekilde ayarlanmış, daha sonra güneş panelinin çıkışı tasarlanan DA/DA yukarı dönüştürücünün girişine uygulanmıştır. Sonuçta çıkış gerilimi sabit 23.98 V olarak elde edilmiştir.

3. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, 12-22V DA giriş gerilimi aralığında ve değişken çıkış güçlerinde, sabit 24V DA çıkış gerilimine yükseltecek DA/DA yukarı dönüştürücü tasarımı mikrodenetleyici tabanlı gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ilk adımı, DA/DA yukarı dönüştürücünün belirlenen sınırlarda tasarlanması olmuştur. DA/DA yukarı dönüştürücü de kullanılacak eleman değerleri ve sınırları tespit edildikten sonra MATLAB/Simulink ortamında sistemin benzetimi gerçekleştirilmiş, tam yük altında giriş ve çıkış akım-gerilim değerleri ve sistem verimi elde edilmiştir. Benzetimden elde edilen bu değerlerin, tasarım aşamasındaki matematiksel analizlerle elde edilen değerlerle çok yakın olduğu görülmüştür.

Tasarımı gerçekleştirilen sistem için ilk iki analiz; değişken giriş geriliminin alt ve üst sınırında çıkış geriliminin zamanla değişimi üzerine olmuştur. Bu analizler için yapılan benzetim çalışmasında, DGM üretici için uygun doluluk oranları grafiksel analizden tespit edilmiştir. Daha sonra benzetimler koşturularak sonuçlar elde edilmiş ve gerçekleştirilen sistemden alınan sonuçlar ile karşılaştırma yapılmıştır. Bu iki analizde de benzetim ile gerçekleştirilen sistem sonuçlarının birbirine çok yakın çıktığı Tablo 2.1. ve Tablo 2.2.'den görülmüştür.

Daha sonra yapılan deneysel çalışmada sabit yük altında girişin zamanla değişimine karşı çıkış geriliminin davranışı incelenmiştir. 50W sabit çıkış gücünde değişken giriş gerilimlerine karşı çıkış geriliminin 23,8-24V seviyelerinde ve gerilim dalgalanması (ΔV) maksimum 0,4V olduğu bu değerle %1,6 oranında bir dalgalanmanın olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçla hedeflenen çıkış gerilimi seviyesi % 0,83 hatayla elde edilmiştir.

Bir sonraki analizde, sabit giriş gerilimi ve değişken çıkış güçlerinde çalışan DA/DA yukarı dönüştürücünün çıkış geriliminin zamanla değişimi irdelenmiştir. Bu analizde 20-70W arası ani yük değişiminde çıkış gerilimi seviyesi 23,91-23,98V arasında değişmiş ve değişimler sırasında dikkate alınacak bir geçici durum gözlemlenmemiştir. Bu haliyle tasarlanan sistemin yük değişiminden fazla etkilenmediği görülmüştür.

En son yapılan analizde ise farklı güç değerlerinde ve farklı giriş gerilimi seviyelerinde elde edilen ortalama verimler düzenlenmiş ve tasarlanan sistemde çıkış gücü arttıkça verimin %92,18 -% 87,65 aralığında azalan bir eğilim gösterdiği görülmüştür. Tasarım, bir

DA/DA yukarı dönüştürücüden beklenen verim seviyelerini, geniş bir çıkış gücü aralığında çalışmasına rağmen başarılı bir şekilde karşılamıştır.

4. ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında oluşturulan sistemde, denetleme ve geri besleme devrelerinde ihtiyaç duyulan gerilimler harici bir güç kaynağı tarafından karşılanmıştır. Fakat gerçekleştirilen sistem bir ürün olarak uygulamaya sokulduğunda, bu tür besleme gereksinimleri, güneş enerji sisteminden bir aşağı-yukarı tip dönüştürücü aracılığı ile de sağlanabilir.

Yükselten dönüştürücünün çıkışından alınan geri besleme işaretinin endüktans elemanından kaynaklanabilecek elektromanyetik girişimden etkilenmemesi için iletim yolu, endüktör elemanından olabildiğince uzak mesafede konumlandırılarak tasarlanmalıdır.

Fark yükselteci devresi için seçilen işlemsel yükseltecin yükselme zamanı kısa olmalıdır.

Kullanılan mikrodenetleyicide 20 MHz osilatör kullanılmıştır. Mikrodenetleyicinin yazılımı koşturma hızı, mikrodenetleyicinin osilatör frekansıyla ilişkilidir. Maliyeti arttırıp yüksek çalışma hızına sahip mikrodenetleyicilerin kullanımı başarıyı arttırabilir.

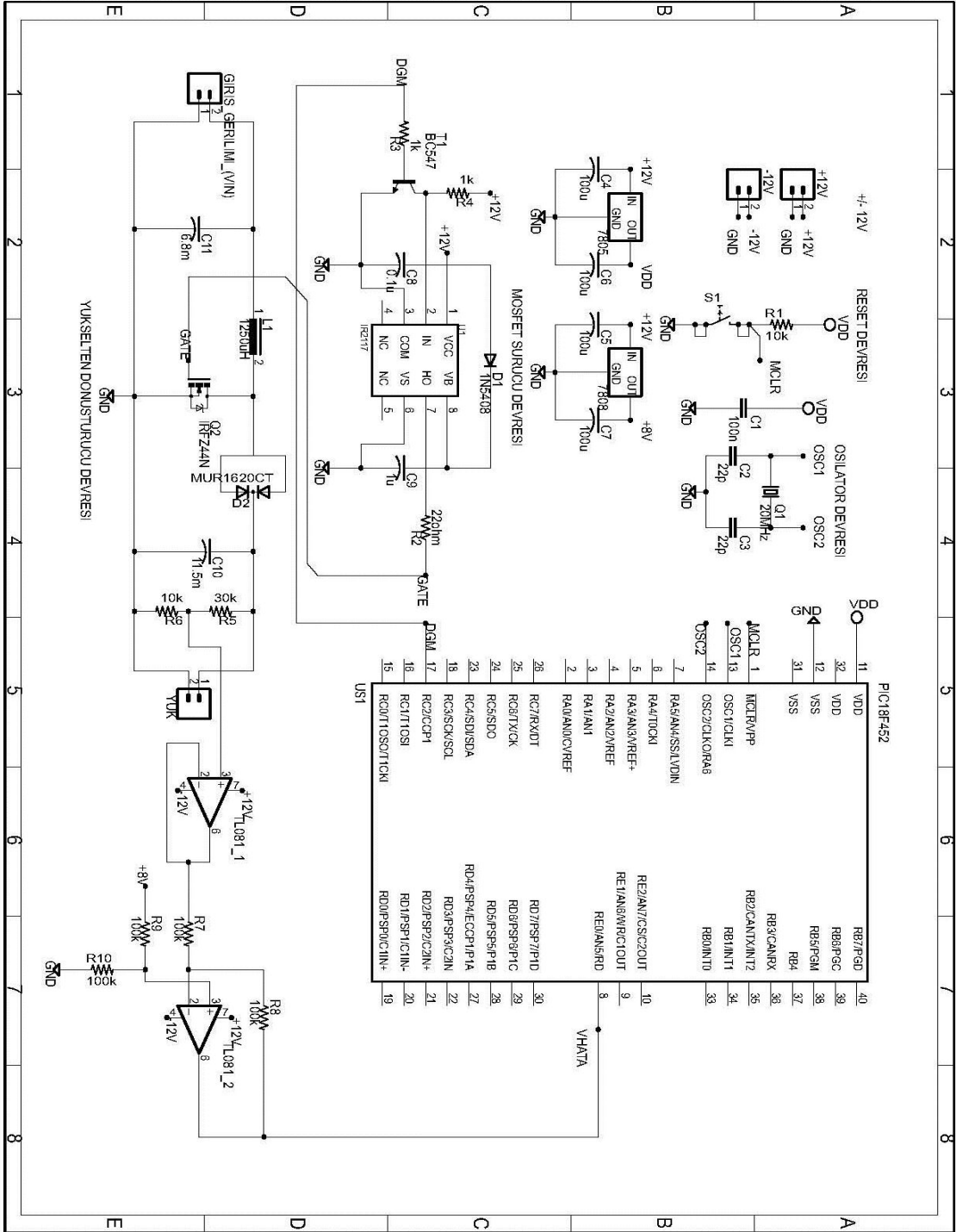
5. KAYNAKLAR

1. Mohan N., First Course on Power Electronics and Drives, MNPERE, Minneapolis, 2003.
2. Van Wyk J.D., Skudelny H. ve Müller-Hellmann A., Power electronics, control of the electromechanical energy conversion process and some applications, Electric Power Applications, IEE Proceedings B, 1986, 369-399.
3. Arias M., Lamar D.G., Rodriguez M., Hernando M. ve Fernandez A., Simple Droop Voltage Control System for Parallel Operation of UPS, Applied Power Electronics Conference and Exposition, Twenty-Third Annual IEEE, 2008, 1946-1951.
4. Karpelson M., Wei G. ve Wood R.J., A review of actuation and power electronics options for flapping-wing robotic insects, Robotics and Automation, ICRA 2008 IEEE International Conference, 2008, Pasadena, CA/USA, 779-786.
5. Maggetto G., Van Mierlo J., Electric and electric hybrid vehicle technology: a survey, Electric, Hybrid and Fuel Cell Vehicles (Ref. No. 2000/050), IEE Seminar, 2000, 1/1-111.
6. Shukla R.D., Tripathi R.K. ve Gupta S., Power Electronics Applications in Wind Energy Conversion System: A Review, International Conference of Power, Control and Embedded Systems (ICPCES), 2010, Chennai, 1-6.
7. Masri S. ve Chan P.W., Development of a Microcontroller-Based Boost Converter for Photovoltaic System, European Journal of Scientific Research, Vol. 41 No.1, 2010, pp. 38-47.
8. Wang Y. ve Cao F., Implementation of a Novel Fuzzy Controller for Grid-Connected Photovoltaic System, Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2009, Asia-Pasific, 1-4.
9. Elshaer M. ve Mohamed A., Smart Optimal Control of DC-DC Boost Converter in PV Systems, Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2010, Latin America, 403-410.
10. Öztürk O., Design of Boost Converter for Educational Test Bench (Master of Science), Middle East Technical University, Ankara, 2006
11. Kazimierczuk M.K, Pulse-width Modulated DC–DC Power Converters, A John Wiley and Sons, Ltd, Publication, Dayton, Ohio, USA, 2008
12. Wang S., Wang M., Ma Y. ve Hong H., Series Connected Buck-Boost Type Solar Power Converter Based on Microcontroller, International Conference on Mechatronics and Automation, 2009, Changchun, China, 2642-2646.

13. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39564c.pdf>, PIC18F452 veri katalogu, 14 Aġustos 2012.
14. Dunn W.C., Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control, McGraw-Hill, Newyork, USA, 2005.

6. EKLER

Ek 1. Tasarlanan Sistemin Eagle Programı Yardımıyla Tüm Devre Çizilmiş Halı



Ek 2. Farklı Çıkış Güçlerinde Elde Edilen Çıkış Gerilimi ve Ortalama Verimler

Po=10W				
Vi[V]	Vo[V]	Ii[A]	Io[A]	η
12	24	0,95	0,42	0,884
13	23,99	0,89	0,42	0,871
14	23,99	0,8	0,42	0,9
15	23,99	0,74	0,42	0,908
16	23,99	0,68	0,42	0,926
17	23,99	0,64	0,42	0,926
18	23,98	0,6	0,42	0,933
19	23,98	0,57	0,42	0,93
20	23,98	0,53	0,42	0,95
21	23,98	0,5	0,42	0,959
22	23,98	0,48	0,42	0,954
η(ort)				0,922

Po=20W				
Vi[V]	Vo[V]	Ii[A]	Io[A]	η
12	23,98	1,95	0,86	0,881
13	23,98	1,78	0,86	0,891
14	23,98	1,63	0,86	0,904
15	23,98	1,52	0,855	0,899
16	23,98	1,41	0,85	0,904
17	23,98	1,3	0,85	0,922
18	23,98	1,24	0,85	0,913
19	23,98	1,16	0,85	0,925
20	23,98	1,1	0,85	0,927
21	23,98	1,04	0,85	0,933
22	23,98	1	0,85	0,927
η(ort)				0,911

Po=30W				
Vi[V]	Vo[V]	Ii[A]	Io[A]	η
12	23,97	2,84	1,25	0,879
13	23,97	2,6	1,25	0,886
14	23,97	2,38	1,245	0,896
15	23,97	2,22	1,24	0,893
16	23,97	2,05	1,24	0,906
17	23,97	1,92	1,24	0,911
18	23,97	1,8	1,24	0,917
19	23,97	1,67	1,24	0,937
20	23,97	1,6	1,24	0,929
21	23,97	1,52	1,24	0,931
22	23,97	1,43	1,24	0,945
η(ort)				0,912

Po=40W				
Vi[V]	Vo[V]	Ii[A]	Io[A]	η
12	23,96	3,87	1,67	0,862
13	23,96	3,53	1,67	0,872
14	23,96	3,24	1,67	0,882
15	23,96	3,05	1,67	0,875
16	23,96	2,7	1,67	0,926
17	23,96	2,58	1,67	0,912
18	23,96	2,46	1,67	0,904
19	23,96	2,25	1,67	0,936
20	23,96	2,08	1,67	0,962
21	23,96	2,02	1,67	0,943
22	23,96	1,95	1,67	0,933
η(ort)				0,91

Po=50W				
Vi[V]	Vo[V]	Ii[A]	Io[A]	η
12	23,94	5	2,11	0,842
13	23,94	4,46	2,11	0,871
14	23,94	4,08	2,11	0,884
15	23,94	3,88	2,11	0,868
16	23,94	3,53	2,11	0,894
17	23,94	3,31	2,11	0,898
18	23,94	3,09	2,11	0,908
19	23,94	2,89	2,11	0,92
20	23,94	2,72	2,11	0,929
21	23,94	2,58	2,11	0,932
22	23,94	2,45	2,11	0,937
η(ort)				0,899

Po=60W				
Vi[V]	Vo[V]	Ii[A]	Io[A]	η
12	23,92	6,08	2,55	0,836
13	23,92	5,66	2,55	0,829
14	23,92	5,07	2,55	0,859
15	23,92	4,69	2,55	0,867
16	23,92	4,33	2,55	0,88
17	23,92	4	2,55	0,897
18	23,92	3,75	2,55	0,904
19	23,92	3,54	2,55	0,907
20	23,92	3,32	2,55	0,919
21	23,92	3,15	2,55	0,922
22	23,92	3,08	2,55	0,9
η(ort)				0,884

Po=70W				
Vi[V]	Vo[V]	Ii[A]	Io[A]	η
12	23,91	7,1	2,94	0,825
13	23,91	6,55	2,94	0,826
14	23,91	5,9	2,94	0,851
15	23,91	5,33	2,94	0,879
16	23,91	5,03	2,94	0,873
17	23,91	4,71	2,94	0,878
18	23,91	4,35	2,94	0,898
19	23,91	4,11	2,94	0,9
20	23,91	3,86	2,94	0,911
21	23,91	3,62	2,94	0,925
22	23,91	3,45	2,94	0,926
η(ort)				0,881

Po=80W				
Vi[V]	Vo[V]	Ii[A]	Io[A]	η
12	23,89	7,87	3,35	0,847
13	23,89	7,24	3,35	0,85
14	23,89	6,82	3,35	0,838
15	23,89	6,24	3,35	0,855
16	23,89	5,65	3,35	0,885
17	23,89	5,4	3,35	0,872
18	23,89	5,08	3,35	0,875
19	23,89	4,72	3,35	0,892
20	23,89	4,43	3,35	0,903
21	23,89	4,2	3,35	0,907
22	23,89	3,97	3,35	0,916
η(ort)				0,877

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Trabzon'un Maçka ilçesinde doğdu. Lise eğitimini 2001 yılında Etimesgut Eryaman Lisesi'nde tamamladı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümüne girerek 2005 yılında mezun oldu. Askerliğini Foça 4. Jandarma Komando Eğitim Tugay Komutanlığı ve Bornova 10. Jandarma Er Eğitim Alayı'nda yedek subay olarak tamamladı.

2007-2008 yıllarında Türk Telekomünikasyon A.Ş. Samsun Canik Telekom Müdürlüğü'nde Erişim Şebekeleri Mühendisi olarak görev yaptı. 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Abdullah Kanca Meslek Yüksekokulu'nda Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. Lisansüstü eğitimine 2009 Yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladı. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir. Evlidir ve Göktuğ Kayhan adında bir oğlu vardır.