

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FLYBACK DC-DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİN
PARALEL BAĞLANMASI VE KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Süleyman KAVAK

Balıkesir, Temmuz - 2011

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FLYBACK DC-DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİN
PARALEL BAĞLANMASI VE KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Süleyman KAVAK

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Metin DEMİRTAŞ

Sınav Tarihi: 08/07/2011

Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Metin DEMİRTAŞ

(Danışman – BAÜ) 

Yrd. Doç. Dr. Bayram ESEN

(BAÜ) 

Yrd. Doç. Dr. Ayhan İSTANBULLU

(BAÜ) 

Enstitü Yönetim Kurulu tarih sayılı oturumunun
nolu kararı ile mezun olmuştur.

Balıkesir, Temmuz– 2011

ÖZET

FLYBACK DC-DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİN PARALEL BAĞLANMASI VE KONTROLÜ

Süleyman KAVAK
Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Metin DEMİRTAŞ)

Balıkesir, 2011

Tek çıkışlı konvertör (dönüştürücü) uygulamalarında karşılaşılan en önemli sorunlardan biri çıkış yükünün azalmasıyla beraber konvertörün istenilen gücü çıkışa aktaramamasıdır. Ayrıca yüksek çıkış akımı gerektiren uygulamalarda kullanılacak donanımın hacimsel büyüklüğü ve maliyeti artış göstermektedir.

Yüksek çıkış akımı elde edilmek istendiğinde bu işlemi tek bir konvertörle çözmeye çalışmak birçok mahsuru da beraberinde getirir. Bunun yerine birbiri ile özdeş çok sayıda konvertör gerçekleştirip çıkış akımını bu konvertörlere dağıtarak kontrol açısından daha problemsiz, düşük maliyetli, düşük hacimli ve optimum çalışma koşullarından uzaklaşmayan bir sistem gerçekleştirilebilir.

Bu çalışmada, paralel konvertörlerin çalışma koşullarını ve optimum parametrelerini incelemek üzere paralel tip Flyback konvertör sistemi tasarlanmış, gerekli yazılım geliştirilmiş ve mikrodenetleyici tabanlı bir donanım gerçekleştirilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Flyback / DC-DC Konvertör/PWM/
Mikrodenetleyici

ABSTRACT

PARALLEL CONNECTION OF FLYBACK DC-DC CONVERTERS AND THEIR CONTROL

Süleyman KAVAK
Balikesir University, Institute of Science,
Department of Electric – Electronics Engineering

(M.Sc. Thesis / Supervisor: Assist.Dr. Metin DEMİRTAŞ)

Balikesir - Turkey, 2011

For the converter applications with one output, one of the most important problems is the transfer incapability of the desired power when low load impedances are supplied. The high output current or power applications of the converters also have larger volumes and higher costs.

When a high output current is the aim to carry out the procedure with one converter would bring about other malfunctions. Instead, a number of identical converters in parallel should be employed to distribute output current with these converters. As a result, a system which is less problematic in terms of control, cheaper, having less volume and which is not much far from optimum working conditions can be realized.

In this thesis a parallel type Flyback converter system is designed to investigate operating conditions and optimum parameters of parallel converters. In addition to that, software and microcontroller based hardware are developed to control this converter system.

KEY WORDS: Flyback / DC-DC Converter/PWM/Microcontroller

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
SEMBOL LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ	xii
1. GİRİŞ	1
2. FLYBACK KONVERTÖR TASARIMI	6
2.1. Flyback DC-DC Konvertör Ünitesi	6
2.1.1. Sürücü Katı	10
2.1.2. Manyetik Kuplaj	13
2.1.3. Doğrultma ve Filtre.....	15
2.1.4. DC-DC Konvertörün Çalışmasının Bir Bütün Olarak İncelenmesi.....	15
2.2. Merkezi Kontrol Ünitesi	17
2.2.1. Mikrodenetleyici Birimi.....	18
2.2.2. Görüntüleme Birimi	21
2.2.3. Tampon Yükselteç	22
2.2.4. Bilgisayar Arabirimi	23
2.3. Sistemin Üretim Aşamaları	23
3. FLYBACK KONVERTÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASI.....	29
3.1 Yüksüz Çalışmadaki Sinyallerin İncelenmesi.....	29
3.2 Yüklü Çalışmadaki Sinyallerin İncelenmesi.....	34
3.3 Konvertörlerin Yüksüz Paralel Bağlanması.....	42
3.4 Konvertörlerin Omik Yük Üzerinden Paralel Bağlanması	45
3.4.1 16 Ohm Omik Yük İçin Çalışma Durumları.....	45

3.4.2 64 Ohm' luk Omik Yük İçin Çalışma Durumları	48
3.4.3 220 Ohm' luk Omik Yük İçin Çalışma Durumları	51
3.5 Omik-Endüktif Yük İçin Çalışma Durumları	54
4. DENEYSEL VERİLERİN ANALİZİ.....	57
SONUÇ	60
KAYNAKLAR	61
EKLER.....	63
EK A: DENEY DÜZENEĞİ DEVRE ŞEMASI.....	63
EK B: DENEY DÜZENEĞİ YERLEŞİM PLANLARI.....	64
EK C: DENEY DÜZENEĞİ BASKILI DEVRE GÖRÜNÜŞLERİ.....	65
EK D: CCS C İLE YAZILAN MİKRODENETLEYİCİ YAZILIMI	66

SEMBOL LİSTESİ

<u>Simge Adı</u>	<u>Tanımı/Değeri</u>	<u>Birimi</u>
R_L	Yük direnci	Ω
W_{o1}	Birinci konvertörün çıkış gücü	Watt
W_o	Paralel bağlı konvertörlerin çıkış gücü	Watt
V_{o1}	Birinci konvertörün çıkış gerilimi	Volt
V_o	Paralel bağlı konvertörlerin çıkış gerilimi	Volt
I_{o1}	Birinci konvertörün çıkış akımı	Amper
I_o	Paralel bağlı konvertörlerin çıkış akımı	Amper
L	Endüktans	mH
n	Sarım oranı	spir
D	Darbeleme görev oranı	%
V_{dc}	DC giriş gerilimi	Volt

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 Flyback Konvertör Devresi.....	2
Şekil 1.2 Flyback Konvertörün Akım Yönleri Ve Eşdeğer Devresi.....	4
Şekil 2.1 Tasarımı Gerçekleştirilen Sistemin Blok Şeması	6
Şekil 2.2 Tek Anahtarlama Elemanlı Flyback Konvertör	8
Şekil 2.3 Tek Anahtarlama Elemanlı Flyback Konvertörde Sönümleyici Bağlantısı..	9
Şekil 2.4 İki Anahtarlama Elemanlı DC-DC Konvertör Devresi.....	9
Şekil 2.5 Tasarlanan DC-DC Konvertörde Kullanılan Sürücü Ünitesi.....	10
Şekil 2.6 TLP 250 (a) İç Yapısı (b) Pin Bağlantıları.....	11
Şekil 2.7 IXGH40N60C2D1 (a) Sembolü (b) Pin Yapısı	12
Şekil 2.8 Sarımı Yapılan Transformatörün Prensip Şeması	13
Şekil 2.9 Transformatörün Sarım Aşamaları	14
Şekil 2.10 Manyetik Kuplaj Doğrultma ve Filtre Devreleri	15
Şekil 2.11 Tasarlanan DC-DC Konvertörün Tek Bölümü	16
Şekil 2.12 Tasarlanan DC-DC Konvertörün Çalışması (Mod1)	17
Şekil 2.13 Tasarlanan DC-DC Konvertörün Çalışması (Mod2)	17
Şekil 2.14 Merkezi Kontrol Ünitesi Devre Şeması.....	18
Şekil 2.15 PIC 16F877' nin Pin Yapısı.....	20
Şekil 2.16 Mikrodenetleyici Programına Ait Akış Şeması	21
Şekil 2.17 LCD Karakter Seti	22
Şekil 2.18 PCWHD Kullanıcı Ara Yüzü	23
Şekil 2.19 WinPic800 V.3.59 Kullanıcı Ara yüzü.....	24
Şekil 2.20 USB Pic Programlayıcı	24
Şekil 2.21 Mcloader Kullanıcı Ara yüzü	25
Şekil 2.22 Proteus ISIS 7.6 Kullanıcı Ara yüzü.....	25
Şekil 2.23 Proteus ARES 7.6 Kullanıcı Ara yüzü.....	26
Şekil 2.24 Mastercam Kullanıcı Ara Yüzü	27
Şekil 2.25 Baskı Devre Çizim İşlemi.....	27
Şekil 2.26 Üretimi Tamamlanan Sisteme Ait Fotoğraflar	28
Şekil 3.1 Deney Düzenegi Ve Ölçü Aletleri	29
Şekil 3.2 Yüksüz Çalışmada Tetikleme Darbeleri	30

Şekil 3.3 Yüksüz Çalışmada Q1 Ve Q2 Kapı Darbeleri	30
Şekil 3.4 Yüksüz Çalışmada Q3 Ve Q4 Kapı Darbeleri	31
Şekil 3.5 Yüksüz Çalışmada Primer Sargı Uçlarındaki Sinyaller.....	32
Şekil 3.6 Yüksüz Çalışmada Sekonder Sargı Uçlarındaki Sinyaller.....	32
Şekil 3.7 Yüksüz Çalışmada Konvertör Çıkışları	33
Şekil 3.8 80 Ohm' luk Yük için Mikrodenetleyici Çıkışları.....	34
Şekil 3.9 80 Ohm' luk Yük İçin Q1 Ve Q2 Kapı Darbeleri.....	35
Şekil 3.10 80 Ohm' luk Yük İçin Q3 Ve Q4 Kapı Darbeleri.....	35
Şekil 3.11 80 Ohm' luk Yük İçin Primer Uçlarındaki Sinyaller.....	36
Şekil 3.12 80 Ohm' luk Yük İçin Sekonder Uçlarındaki Sinyaller	37
Şekil 3.13 80 Ohm' luk Yük İçin Konvertör Çıkışları.....	37
Şekil 3.14 Omik-Endüktif Yük İçin Mikrodenetleyici Çıkışındaki Sinyaller.....	38
Şekil 3.15 Omik-Endüktif Yük İçin Q1 Ve Q2 Kapı Darbeleri.....	39
Şekil 3.16 Omik-Endüktif Yük İçin Q3 Ve Q4 Kapı Darbeleri.....	39
Şekil 3.17 Omik-Endüktif Yük İçin Primer Uçlarındaki Sinyaller.....	40
Şekil 3.18 Omik-Endüktif Yük İçin Sekonder Uçlarındaki Sinyaller.....	40
Şekil 3.19 Omik-Endüktif Yük İçin Konvertör Çıkışları.....	41
Şekil 3.20 Tekli ve Paralel Bağlantı İçin Ölçüm Noktalarının Gösterimi	42
Şekil 3.21 Yüksüz Çalışmada Primer Gücü.....	43
Şekil 3.22 Yüksüz Çalışmada Çıkış Gerilimleri	44
Şekil 3.23 Yüksüz Çalışmada Çıkış Akımları	44
Şekil 3.24 16 Ohm' luk Omik Yük Çıkış Gerilimleri.....	46
Şekil 3.25 16 Ohm' luk Omik Yük İçin Çıkış Akımları	46
Şekil 3.26 16 Ohm' luk Omik Yük İçin Güç	47
Şekil 3.27 16 Ohm' luk Omik Yük İçin Verim.....	47
Şekil 3.28 64 Ohm' luk Omik Yük Çıkış Gerilimleri.....	49
Şekil 3.29 64 Ohm' luk Omik Yük İçin Çıkış Akımları	49
Şekil 3.30 64 Ohm' luk Omik Yük İçin Güç	50
Şekil 3.31 64 Ohm' luk Omik Yük İçin Verim.....	50
Şekil 3.32 220 Ohm' luk Omik Yük Çıkış Gerilimleri.....	52
Şekil 3.33 220 Ohm' luk Omik Yük Çıkış Akımları	52
Şekil 3.34 220 Ohm' luk Omik Yük İçin Güç	53
Şekil 3.35 220 Ohm' luk Omik Yük İçin Verim.....	53

Şekil 3.36 Omik-Endüktif Yükün Eşlenik Devresi.....	54
Şekil 3.37 Omik-Endüktif Yük İçin Çıkış Gerilimleri.....	55
Şekil 3.38 Omik-Endüktif Yük İçin Çıkış Akımları	55
Şekil 3.39 Omik-Endüktif Yük İçin Güç	56
Şekil 3.40 Omik-Endüktif Yük İçin Verim.....	56
Şekil 3.41 Konvertör Veriminin Yüke Göre Değişimi	58
Şekil 3.42 Konvertör Gücünün Yüke Göre Değişimi	59

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1	TLP 250 Doğruluk Tablosu	11
Çizelge 2.2	PIC16F877 Mikrodenetleyicisinin Genel Özellikleri	19
Çizelge 3.1	Yüksüz Tekli Çalışma.....	43
Çizelge 3.2	Yüksüz Paralel Çalışma	43
Çizelge 3.3	16 Ohm' luk Yük İçin Tekli Çalışma	45
Çizelge 3.4	16 Ohm' luk Yük İçin Paralel Bağlantılı Çalışma	45
Çizelge 3.5	64 Ohm' luk Yük İçin Tekli Çalışma	48
Çizelge 3.6	64 Ohm' luk Yük İçin Paralel Bağlantılı Çalışma.....	48
Çizelge 3.7	220 Ohm' luk Yük İçin Tekli Çalışma	51
Çizelge 3.8	220 Ohm' luk Yük İçin Paralel Bağlantılı Çalışma.....	51
Çizelge 3.9	Omik-Endüktif Yük İçin Tekli Çalışma	54
Çizelge 3.10	Omik-Endüktif Yük İçin Paralel Bağlantılı Çalışma.....	54

ÖNSÖZ

Çalışmalarım esnasında yakınlığı ve sevecen kişiliği ile beni cesaretlendiren, elektrik-elektronik alanındaki bilgi birikimi ve tecrübelerini aktaran ve her konuda bana destek olan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Metin DEMİRTAŞ 'a teşekkür ederim.

Bu yüksek lisans tez çalışması ile yapılan DC-DC Konvertör sisteminin tasarım ve üretiminde büyük katkıları olan Poyraz Alper ÖNER ve Serkan GÜRKAN 'a, en yakın arkadaşım Emir Seyit KARAMAN 'a ve mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmasına başlamamda ve devam eden süreçte bana destek olan ve yardımlarını esirgemeyen çok sevdiğim biricik sevgilim Melike CERŞİT' e teşekkür ederim.

Balıkesir, 2011

Süleyman KAVAK

1. GİRİŞ

Son zamanlarda teknolojinin hızlı gelişmesi ve buna bağlı olarak da artan enerji talebinin büyük çoğunluğunu kullanım kolaylığı nedeniyle elektrik enerjisi oluşturmaktadır. Elektrik enerjisi üretim kaynaklarının özellikle yer altı kaynaklarının sınırlı olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının da yaygın olarak kullanılmamasına rağmen bu enerjiyi kullanan elektrikli cihaz sayısı her geçen gün hızlı bir şekilde artmaktadır. Enerji üretim kaynaklarının kısıtlı olması var olan enerjinin daha verimli kullanılmasını öne çıkarmıştır. Bu nedenle son yıllarda yapılan çalışmaların çoğunda verimlilik konusu işlenmektedir. Hatta bunun için bakanlık düzeyinde kurumların oluşturulması da sık sık gündeme gelmekte ve enerji verimliliği çok disiplinli çalışmaları zorunlu hale getirmektedir. Enerji maliyetlerindeki artış tüketiciye doğrudan yansıdığı için elektrik enerjisine ödenen miktarlarda da bir artış olmuştur. Bu nedenle tüketiciler verimli cihazlara yönelmiş ve bunun sonucu olarak da üreticiler ürünlerini daha yüksek verimli olarak tasarlamak zorunda kalmışlardır. Tüketicilerin daha bilinçli olması ve pazarlamacıların tüketicilere doğrudan ulaşması nedeniyle birçok cihaz kullanım ömrünü tamamlamadan hizmet dışı bırakılmıştır. Akkor telli lambalar yerini tasarruflu ampullere bıraktığı gibi dirençli yol verme ya da dirençli gerilim bölücüler de büyük güç kayıplarından dolayı yerini yarı iletken teknolojisine bırakmıştır.

Güç elektroniğindeki hızlı gelişmelerden dolayı doğrusal güç kaynakları artık yerini anahtarlamalı güç kaynaklarına bırakmıştır. Gerilimin sürekli dalgalandığı, yüksek verimin ve küçük boyutların istendiği durumlarda anahtarlamalı güç kaynakları tercih edilmektedir. Bu devrelerde yarı iletken anahtarların aktif bölgede çalışma zorunluluğu yoktur. Anahtar olarak iletimde ve kesimde çalışmaktadırlar.

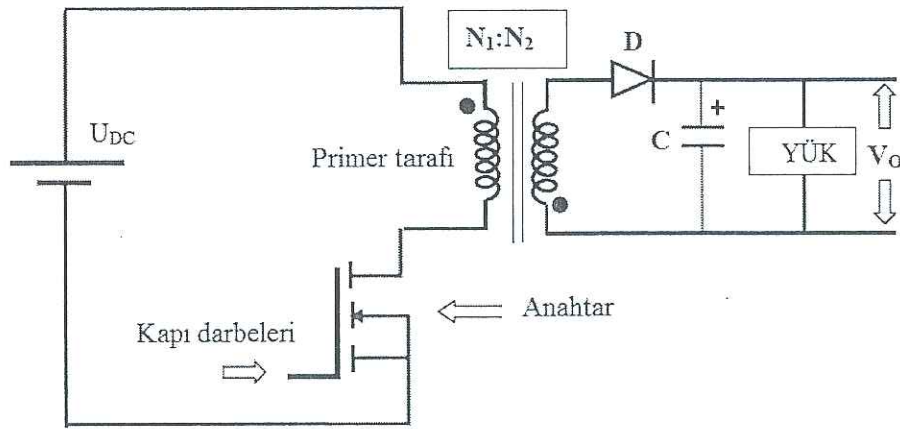
Anahtarlamalı güç kaynakları ilk olarak 1960' lı yıllarda gündeme gelmeye başlamıştır. Bu kaynaklar genel olarak sıralanırsa; alçaltıcı (step or buck) dönüştürücü, yükseltici (up-boost) dönüştürücü ve alçaltıcı-yükseltici (buck-boost or step-up) dönüştürücü olmak üzere üç çeşittir. Daha sonra bu yapılardan Flyback, cuk

gibi yeni devreler türetilmiştir. Anahtarlama güç kaynakları içinde en çok kullanılan konvertör Flyback tipi konvertörlerdir.

Flyback DC-DC konvertörler giriş ana kaynağından izole edilmesi gereken çıkış gerilimli düşük çıkış güç uygulamaları için en yaygın olarak kullanılan anahtarlama güç kaynağıdır. Flyback tipi dönüştürücülerin gücü birkaç Watt' tan 100Watt' a kadar değişmektedir. Bu dönüştürücülerin topolojisi diğer anahtarlama güç kaynaklarından daha basittir. Giriş devresi gerilimi bir doğrultucu üzerinden sağlandığı için genellikle tam regüle edilmemiştir. Devre tekli veya çoklu izoleli çıkış gerilimleri için tercih edilebilir. Giriş voltajının değişimine bağlı olarak geniş bir aralıkta çalıştırılabilir. Enerji verimliliği bakımından Flyback güç kaynakları birçok anahtarlama güç kaynağı devresinden küçüktür. Flyback konvertör yapısının basit ve maliyetinin düşük olması nedeniyle popülerdir.

Yaygın olarak kullanılan Flyback konvertör MOSFET gibi bir tane kontrol edilebilir eleman gerektirmektedir. Kullanılan anahtarlama frekansı 100 KHz civarındadır.

Flyback konvertörün basit devre topolojisi şekil 1.1' de gösterilmiştir. İstenen çıkış gerilimini elde etmek için anahtarlama görev süresi (Duty cycle) üzerinde hızlı bir dinamik kontrol için MOSFET gibi çok hızlı anahtarlama elemanları kullanılmaktadır.



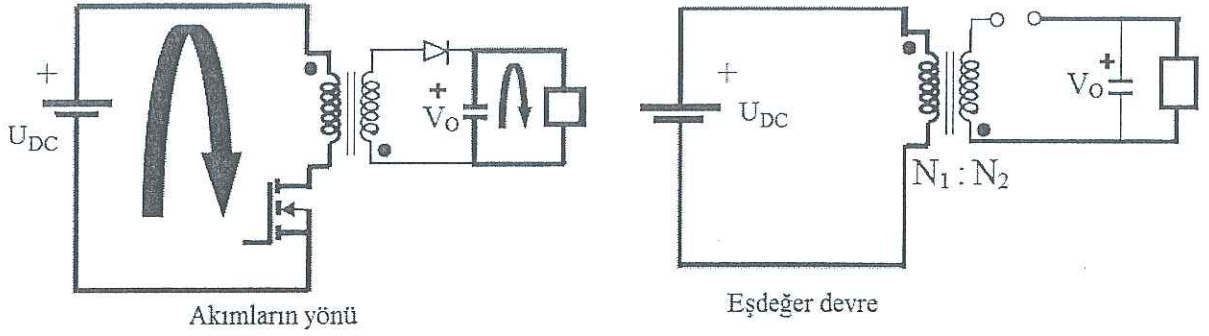
Şekil 1.1 Flyback Konvertör Devresi

Flyback konvertörde kullanılan transformatörlerin çalışması primer ve sekonder sargılarından geçen akımların eş zamanlı olmamasından dolayı diğer transformatörlerden farklıdır. Bu yüzden bobin transformatörler olarak da adlandırılırlar. İki ayrı manyetik kuplajlı bobin gibi çalışırlar. Bu transformatörün primer ve sekonder sargıları çok iyi bir kuplaja sahiptirler ve hemen hemen aynı akı ile kesilirler.

Şekil 1.1' de görüldüğü gibi sekonder sargı çıkışı diyot ve bir kondansatör kullanılarak doğrultulmuştur. Bu filtre üzerindeki gerilim anahtarlama güç kaynağının çıkış gerilimidir. Anahtar iletme geçtiğinde primer sargısının kaçak endüktansında depolanan enerjinin harcanması için bastırma devresi gerekmektedir.

Flyback dönüştürücüler çalışma periyodu süresinde farklı devre konfigürasyonları sergilemektedirler. Bu konfigürasyonların her biri devrenin çalışma modları diye anılmaktadır. Güç kaynağı devresinin bir bütün olarak çalışması bu farklı modlardaki eşdeğer devrelerin fonksiyonel yardımlarıyla açıklanmaktadır. Şekil 1.1' deki devre diyagramından görüldüğü gibi, S anahtarı iletme geçtiğinde transformatörün primer sargısının noktalı ucu giriş kaynağının pozitif ucuna bağlanır. Bu anda sekonder sargıya seri bağlı D diyodu, sekonderin noktalı ucunda endüklenen gerilimin daha yüksek olmasından dolayı ters kutuplanmış olur. S anahtarının iletme geçmesiyle primer sargıları akım taşıyabilir fakat sekonder sargıları ters kutuplanmış diyot nedeniyle bloke edilmektedir. Transformatör nüvesinde meydana gelen ve sargıları kesen akı tamamen primer sargı akımına bağlıdır.

Şekil 1.1' de giriş kaynak gerilimi primer sargı endüktansı üzerine düşmektedir ve primer akımı doğrusal olarak yükselmektedir. Bu devreler ideal kabul edildiğinde, anahtar iletimde iken üzerlerindeki gerilim düşümü sıfır, kesimde iken üzerinden geçen akım sıfır olarak kabul edilmektedir. Flyback konvertör devresi sürekli ve süreksiz çalışma modlarına sahiptirler. Şekil 1.1' deki S anahtarının iletimde olması durumundaki akımların yönü ve eşdeğer devresi şekil 1.2' de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Flyback Konvertörün Akım Yönleri Ve Eşdeğer Devresi

Çıkış kondansatörü şarj edilirken (yük beslenirken), sekonder sargılar Flyback dönüştürücü transformatörünün manyetik alanından güç kaynağının çıkışın elektriksel olarak enerji aktarmaya başlar. Anahtarın kapalı kalma süresi çok uzun tutulursa, sekonder akımı yeterli bir süre sonra sıfıra düşer ve manyetik alan enerjisi tamamen çıkış kondansatörüne ve yüke aktarılır. Ters olarak, anahtarın kapalı kalma süresi kısa tutulursa, bir sonraki iletim sekonder akımı sıfıra gelmeden olur. Devre sürekli çalışma modunda kalmış olur.

Sürekli çalışma modunda, manyetik alan enerjisinin tamamı çıkışa aktarıldıktan sonra akım gibi sekonder elektromotor kuvveti sıfıra düşer ve sargıyla seri bağlı olan diyot iletimi durdurur. Fakat çıkış kondansatörü kesintisiz bir gerilimle yükü beslemeye devam eder.

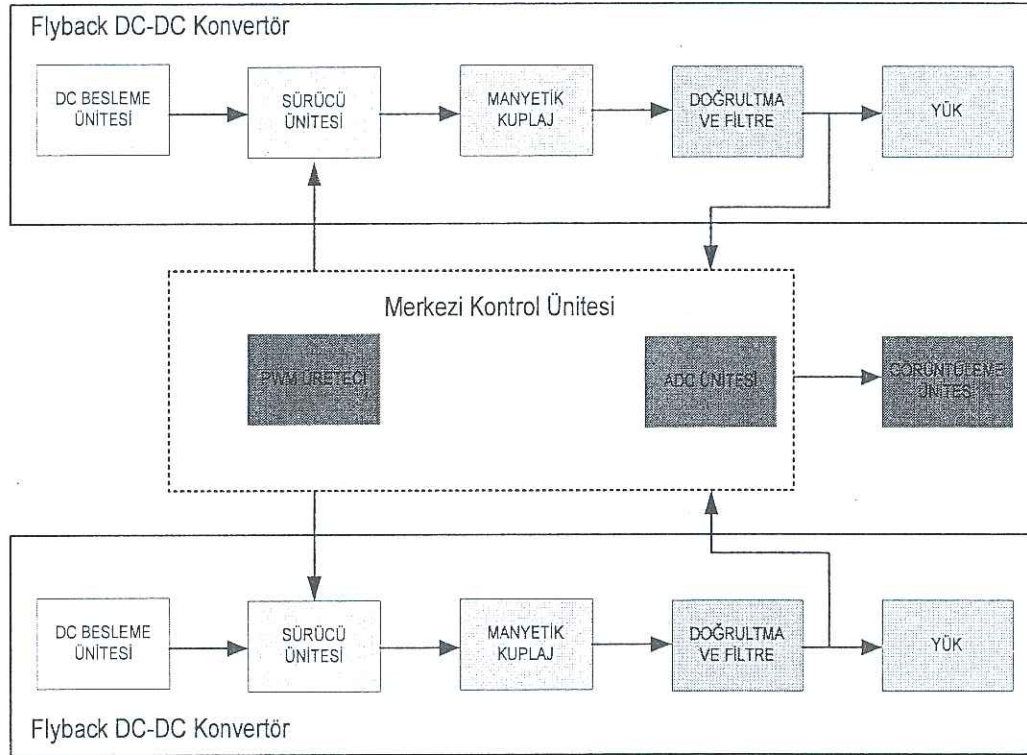
Literatüre bakıldığında Flyback konvertörle ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan bazılarını kısaca şöyle özetleyebiliriz; K.I. Arshak ve arkadaşları yüksek frekanslı kalın filmlerle bir transformatör tasarlamışlar ve anahtarlama DC-DC güç kaynağı olan Flyback konvertörde uygulamışlardır. Transformatörün güç yoğunluğuna etkisini incelemişlerdir [1]. Kim ve arkadaşları eşzamanlı giriş güç faktörü düzeltilmesi ve kontrolü ile çıkış gerilim regülasyonunu iyileştirmek için iki Flyback konvertör kullanarak paralel bağlı tek fazlı güç faktörü düzeltme topolojisi önermişlerdir. Bu yaklaşım toplam güç işlemiyle ilgili daha yüksek verim ve daha düşük maliyet sağlamaktadır [2]. Kasa ve arkadaşları küçük ölçekli güneş enerjisi sistemleri ve maksimum güç noktası takip eden kontrolörler için akım sensörü kullanılmaksızın bir Flyback evirici tasarımı yapmışlardır. Bu çalışmada elde edilen

sonuçlara göre güneş panel sistemleri düşük maliyet ve yüksek verimlilik açısından paralel bağlanması gerekmektedir [3]. Lee ve arkadaşları DC çıkış gerilimini ayarlayan ve güç faktörünü hemen hemen 1 yapan tek aşamalı yükseltici bir Flyback konvertör tasarlamışlardır. Tasarlanan konvertörün çıkış gücünü artırmak için iki tane paralel bağlı modüller kullanmışlardır. Her bir modül tek aşamalı AC-DC Flyback konvertörden oluşmaktadır [4]. Bellur ve arkadaşları iki anahtarlı Flyback ileri doğru darbe genişlik modülasyonlu DC-DC konvertörün sürekli hal analizini, basitleştirilmiş tasarım işlemini ve deneysel uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Önerilen konvertör topolojisi iki anahtarlı Flyback konvertörün sekonder tarafının toplanmasının sonucudur. Simülasyon ve deneysel sonuçlar teorik analizleri doğrulamak için 10 V/30W, 100 kHz' lik prototip üzerinde gerçekleştirilmiştir [5]. Demirtaş ve arkadaşları PIC16F877 üzerinden kontrol edilen mikrodenetleyici tabanlı Flyback dönüştürücü tasarlamıştır. Bu çalışmada anahtarlama sinyalleri mikrodenetleyici tarafından üretilmektedir. Anahtarlama sinyalinin iletim ve kesim oranları değiştirilerek çıkış gerilimi ayarlanmaktadır. Devrenin giriş gerilimi 9Volt, çıkış gerilimi ise 100Volt ile sınırlandırılmıştır. Gerilim değişiminin yüke etkisini göstermek için devreye akkor telli lamba bağlanmıştır [6]. Kıraç yaptığı Yüksek Lisans çalışmasında; çok çıkışlı Flyback tipi bir SMPS' in önüne aktif güç çarpanı düzeltici tasarlayıp şebeke akımı dalga şeklinin şebeke gerilimi ile aynı fazda ve sinüzoidal olmasına çalışmıştır. Güç çarpanı düzeltilmesine yük olarak anahtarlama kaynağı tasarımı için çok çıkışlı Flyback tipi SMPS tercih edilmiş ve tasarımı incelenmiştir. Bu tasarımda Flyback tipi SMPS elemanları ile SMPS trafosunun seçimi ve hesaplanması anlatılmıştır. Süreksiz iletim modu tekniğinde akım denetimli olarak çalışan dâhili anahtara sahip bir denetleyici kullanılarak 22Watt' lık Flyback tipi bir SMPS tasarlanmıştır [7].

Tezin ilk bölümünde konvertörle ilgili temel bilgiler ve literatür taraması verilmiştir. İkinci bölümde Flyback konvertörün tasarımı ve deney düzeneği sunulmuştur. Üçüncü bölümde ise Flyback konvertörlerin paralel bağlanması gerçekleştirilmiş ve deneysel sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçların analizi ise dördüncü bölümde yapılmıştır. Deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler ise tezin sonuç kısmında verilmiştir.

2. FLYBACK KONVERTÖR TASARIMI

Yapılan çalışmada mikrodenetleyici tabanlı bir paralel konvertör sistemi tasarlanmıştır. Sistem; merkezi kontrol ünitesi ve Flyback DC-DC konvertör olmak üzere iki temel üniteden oluşmaktadır. Tasarımı gerçekleştirilen sisteme ait blok şema Şekil 2.1’ de verilmiştir. Aşağıdaki bölümlerde bu blok şemadan yola çıkılarak tasarım ilkelerinden ve sistemin özelliklerinden bahsedilmiştir.



Şekil 2.1 Tasarımı Gerçekleştirilen Sistemin Blok Şeması

2.1. Flyback DC-DC Konvertör Ünitesi

Verimlilik ve güç yoğunluğu açısından bakıldığında anahtarlamalı güç kaynakları doğrusal güç kaynaklarına göre daha popülerdir[8]. Çoğu ileri düzey haberleşme ve bilgisayar sistemlerinde yüksek güç yoğunluklu, yüksek verimli ve sabit çalışma frekansı olan anahtarlamalı güç kaynakları tercih edilmektedir[9]. Anahtarlamalı güç kaynakları için birçok dönüştürücü yapısı literatürde mevcuttur. Var olan yalıtımlı DC-DC dönüştürücüler arasında en basiti Flyback dönüştürücüdür.

Çıkış filtresinde bobin olmaması, manyetik eleman olarak sadece transformatör (kuplajlı bobin) kullanılması, sadece bir tane yarı iletken anahtar kullanılması dönüştürücüyü basitleştirmektedir. Bunun yanı sıra 5000Volt' a kadar çıkış gerilimi elde edilebilmesi ve birden fazla çıkış verebilmesi bu dönüştürücünün üstünlükleridir[10-11]. Bu sebeplerden dolayı anahtarlamalı güç kaynakları içinde Flyback dönüştürücüler en çok kullanılan DC-DC dönüştürücüler haline gelmiştir[12].

Flyback dönüştürücülerin başlıca özellikleri şöyle sıralanabilir.

- Düşük güçler için yüksek frekanslı transformatör (kuplajlı bobin) tasarımı basittir.
- Bileşen sayısı az olduğundan kurulum maliyeti düşüktür. Manyetik eleman olarak sadece transformatör kullanılır, çıkış filtresinde bobin yoktur.
- Diğer yapılarda filtre endüktansı üzerinde oluşan tıkama geriliminin olmaması çıkış diyotu maliyetini azaltır.
- Çıkış devresinde sekonder bobini dışında fazladan bobin yoktur. Çok çıkışlı kaynak olarak kullanımını kolaylaştırır.
- Çıkış bobini olmadığından geçici durumlara hızlı cevap verir.

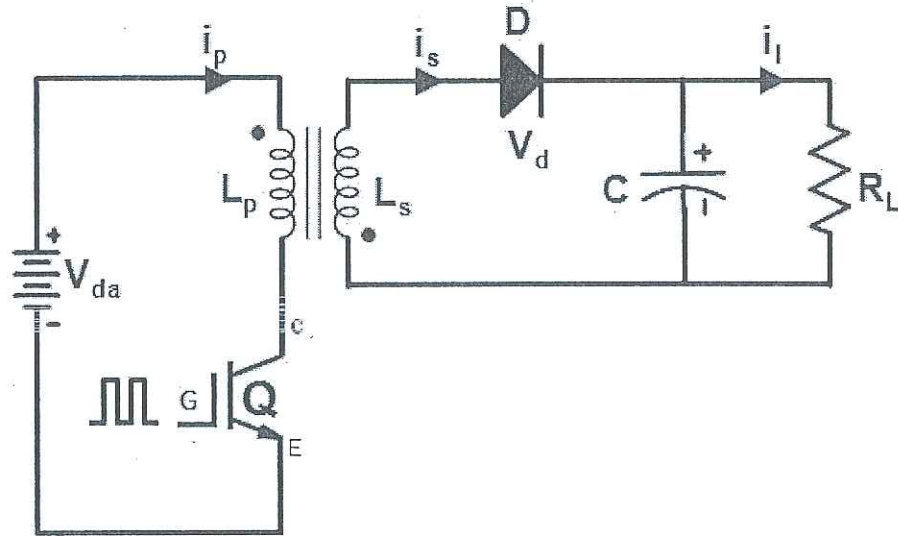
Manyetik çekirdeğin kısıtlamalarından dolayı düşük güçlü uygulamalar (5W-150W) için tercih edilir. Başlıca uygulama alanları şunlardır;

- Düşük güçlü anahtarlamalı güç kaynağı uygulamaları,
- Cep telefonu şarj cihazları, bilgisayar güç kaynakları (250Watt' tan küçük),
- TV ve monitörlerdeki CRT' ler için yüksek gerilim kaynağı,

- Xenon flash lambaları, lazerler ve fotokopi makinaları için yüksek gerilim üretimi,

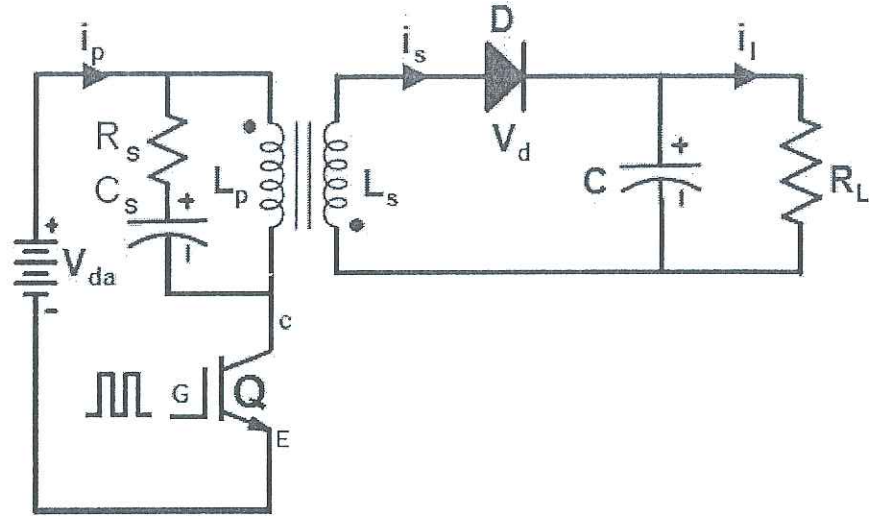
- Yalıtımlı sürücü devreler.

Pratik uygulamalarda genellikle tek anahtarlama elemanlı Flyback konvertörler tercih edilir. Tek anahtarlama elemanlı Flyback konvertör devresi şekil 2.2’ de verilmiştir. Bu düzenlemenin düşük maliyetli ve kontrolü kolaydır. Düşük güç uygulamalarında tasarımcıya ve kullanıcıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ancak yüksek güç uygulamalarında Q anahtarının tetiklenmesi ile transformatörün primer bölümü enerji depolar. Q anahtarı kesime gittiğinde transformatörün primer sargısında i_p akımına zıt yönlü bir akım akar. Bu akım anahtarlama elemanını zorlayıcı bir etkidir. Dolayısıyla bu enerjiyi hızlı bir şekilde boşaltmak gerekir. Bunun için yüksek güçlerde çalışan tek anahtarlama elemanlı Flyback konvertör düzenlemesinde snubber (sönümleyici) devrelerinin kullanılması zorunludur.



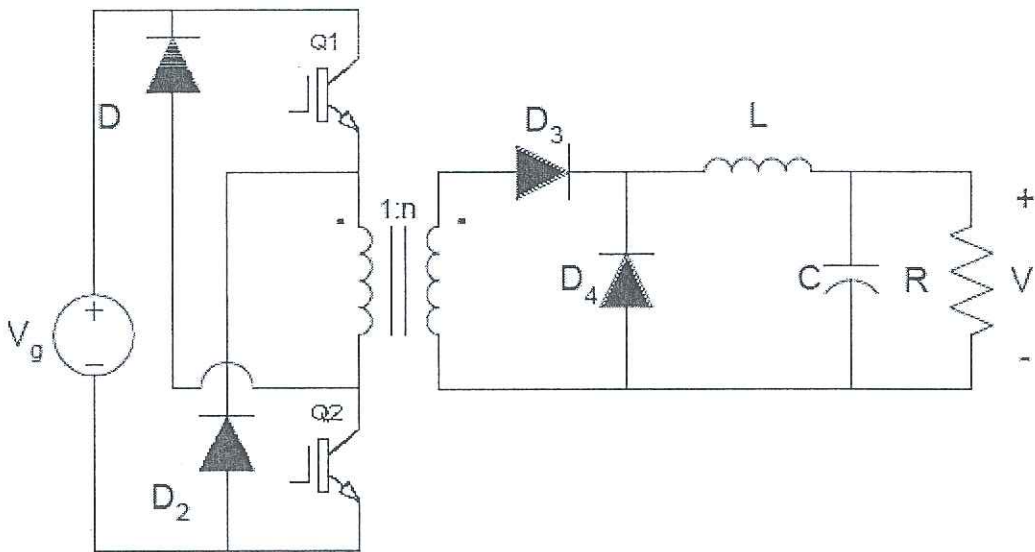
Şekil 2.2 Tek Anahtarlama Elemanlı Flyback Konvertör

Güç devrelerinde kullanılan birçok sönümleyici devre mevcuttur. Bunlardan bir örnek şekil 2.3’ te verilmiştir.



Şekil 2.3 Tek Anahtarlama Elemanlı Flyback Konvertörde Sönümleyici Bağlantısı

Yüksek güç uygulamalarında sönümleyici kullanılmasına rağmen anahtarlama elemanı üzerinde aşırı bir ısı açığa çıkar. Bu da tek anahtarlama elemanlı Flyback konvertörün bir mahsuru olarak karşımıza çıkar. Bu durumun önüne geçmek için bu çalışmada iki anahtarlama elemanlı bir DC-DC dönüştürücü tasarlanmıştır. İki anahtarlama elemanlı bir DC-DC konvertöre ait prensip şema şekil 2.4' te verilmiştir. Bu şemadan hareketle iki anahtarlama elemanlı bir DC-DC konvertörü; sürücü, manyetik kuplaj, doğrultma ve filtre katlarına ayırmak mümkündür.

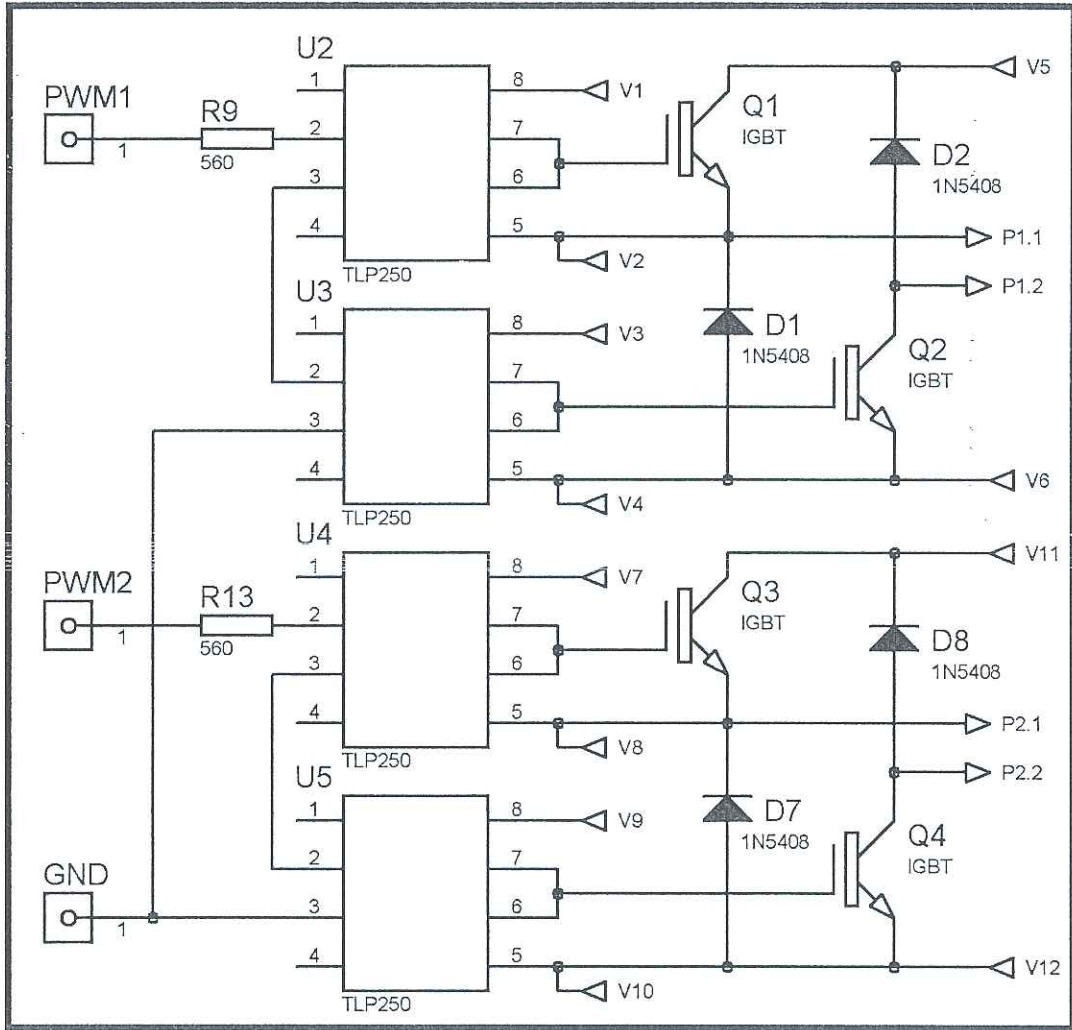


Şekil 2.4 İki Anahtarlama Elemanlı DC-DC Konvertör Devresi

2.1.1. Sürücü Katı

Tasarlanan DC-DC konvertörde kullanılan sürücü ünitesine ait elektronik devre şeması şekil 2.5' te verilmiştir.

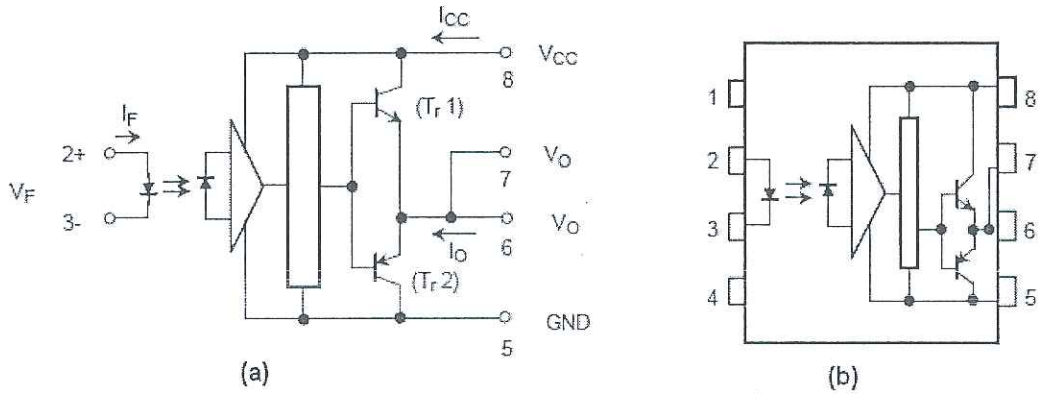
Tasarlanan DC-DC konvertörde kontrol üniteleri ile güç ünitelerinin birbirinden yalıtımına dikkat edilmiştir. Bu maksatla merkezi kontrol ünitesi ile DC-DC konvertör ünitesi arasında optik yalıtım maksadı ile TLP 250 optik mosfet sürücü elemanı kullanılmıştır. Bu sayede yükte ve sürücü katında meydana gelebilecek ters elektro motor kuvveti, harmonik ve istenmeyen gürültü kaynaklarının kontrol mekanizmasını etkilemesinin önüne geçilmiştir.



Şekil 2.5 Tasarlanan DC-DC Konvertörde Kullanılan Sürücü Ünitesi

TLP 250 GaAlAs (Galium-Aluminium-Arsenide) LED içeren bir foto dedektördür (Şekil 2.6). 8 pin plastik kılıflı bir yapıya sahiptir. IGBT ve güç mosfetlerinin gate uçlarını sürmek için kullanılır. TLP 250' nin tanımlayıcı özellikleri şu şekilde sıralanabilir [13].

- Giriş tutma akımı I_F : 5mA (max.)
- Kaynak akımı (I_{CC}): 11mA (max.)
- Kaynak gerilimi (V_{CC}): 10–35Volt
- Çıkış akımı (I_O): ± 1.5 Amper (max.)
- Anahtarlama süresi (t_{pLH}/t_{pHL}): 1.5 μ s(max.)
- Yalıtım gerilimi: 2500Vrms (min.)



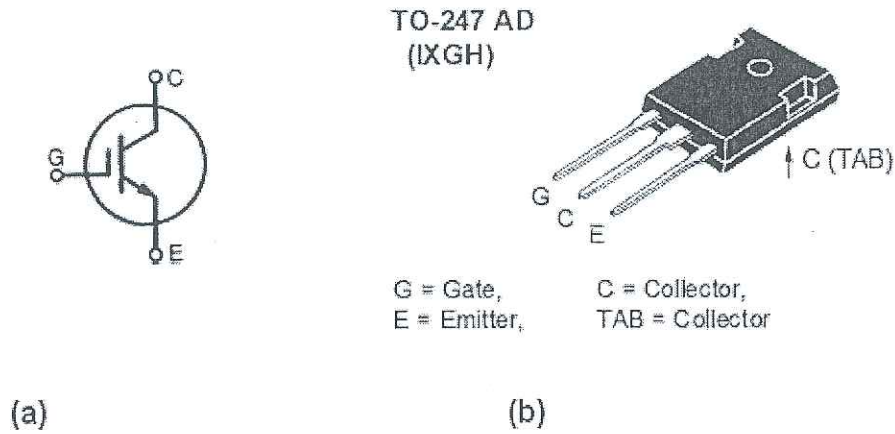
Şekil 2.6 TLP 250 (a) İç Yapısı (b) Pin Bağlantıları

Çizelge 2.1 TLP 250 Doğruluk Tablosu

		Tr1	Tr2
Giriş LED' i	Açık	Açık	Kapalı
	Kapalı	Kapalı	Açık

Tasarlanan sistemde transformatörü sürmek için IXYS firmasına ait IXGH40N60C2D1 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)' si kullanılmıştır. IXYS firmasına ait IXGH40N60C2D1 IGBT şekil 2.7' de gösterilmiştir. Bilindiği üzere IGBT kontrol kısmı mosfet çıkış kısmı transistör özellikleri gösteren ve günümüz güç kontrol sistemlerinde yaygın şekilde kullanılan bir elemandır. Günümüzde DC-DC konvertörler, kesintisiz güç kaynakları, motor kontrol devreleri gibi uygulamalarda IGBT' lere rastlamak mümkündür.

IXGH40N60C2D1 kollektör-emiter gerilimi (V_{CE}) 600V, kolektör akımı (I_C) 75A, kollektör-emiter doyum gerilimi ($V_{CE(sat)}$) 2,5V, anahtarlama tepki süresi (t_{F_i}) 75 nS olan bir IGBT' dir [14].



Şekil 2.7 IXGH40N60C2D1 (a) Sembolü (b) Pin Yapısı

Şekil 2.5' teki devrede iki adet DC-DC konvertör mevcuttur. Bu konvertörlerin kontrolü PWM1 ve PWM2 sinyalleri tarafından yapılmaktadır. PWM işaretinin frekans değeri 20KHz olarak ayarlanmıştır. PWM1 ve PWM2 hatları mikrodenetleyici biriminde farklı iki noktadan alınmaktadır. Bununla birlikte aynı genlik ve frekans değerine sahiptirler. Dolayısıyla her iki DC-DC konvertör de aynı PWM işareti tarafından beslenmektedir denilebilir. İstenildiği durumlarda her iki PWM sinyalinin frekansı birbirinden farklı olarak ayarlanılabilmektedir.

PWM işaretinin sayısal 1 (High) olduğu durumlarda TLP 250 sürücülerinin (U_2, U_3, U_4, U_5) V_o çıkışları (6-7 nolu uçlar) besleme gerilimi olan 12V seviyesine

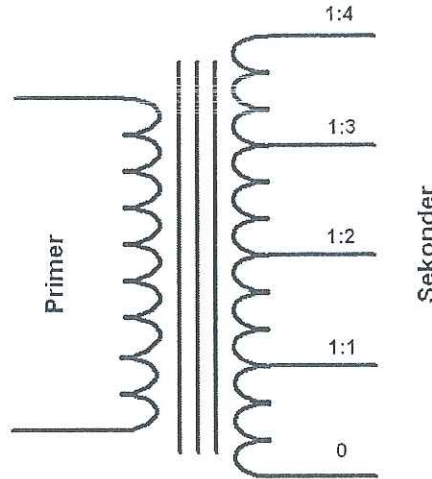
ulaşacaktır. Bu durumda IGBT' lerin (Q1,Q2,Q3,Q4) ilettime geçmesi için gerekli olan tetikleme sinyali sağlanmış olur. IGBT' lerin tetiklenmesi ile beraber Q1-Q2 ve Q3-Q4 elemanlarının ilgili uçlarına bağlı olan transformatörler enerjilenmiş olur.

PWM işaretinin sayısal 0 (Low) olduğu durumlarda TLP 250 sürücülerinin (U2,U3,U4,U5) Vo çıkışları (6-7 nolu uçlar) 0 seviyesine ulaşacaktır. Bu durumda IGBT' ler (Q1,Q2,Q3,Q4) kesime gidecektir.

2.1.2. Manyetik Kuplaj

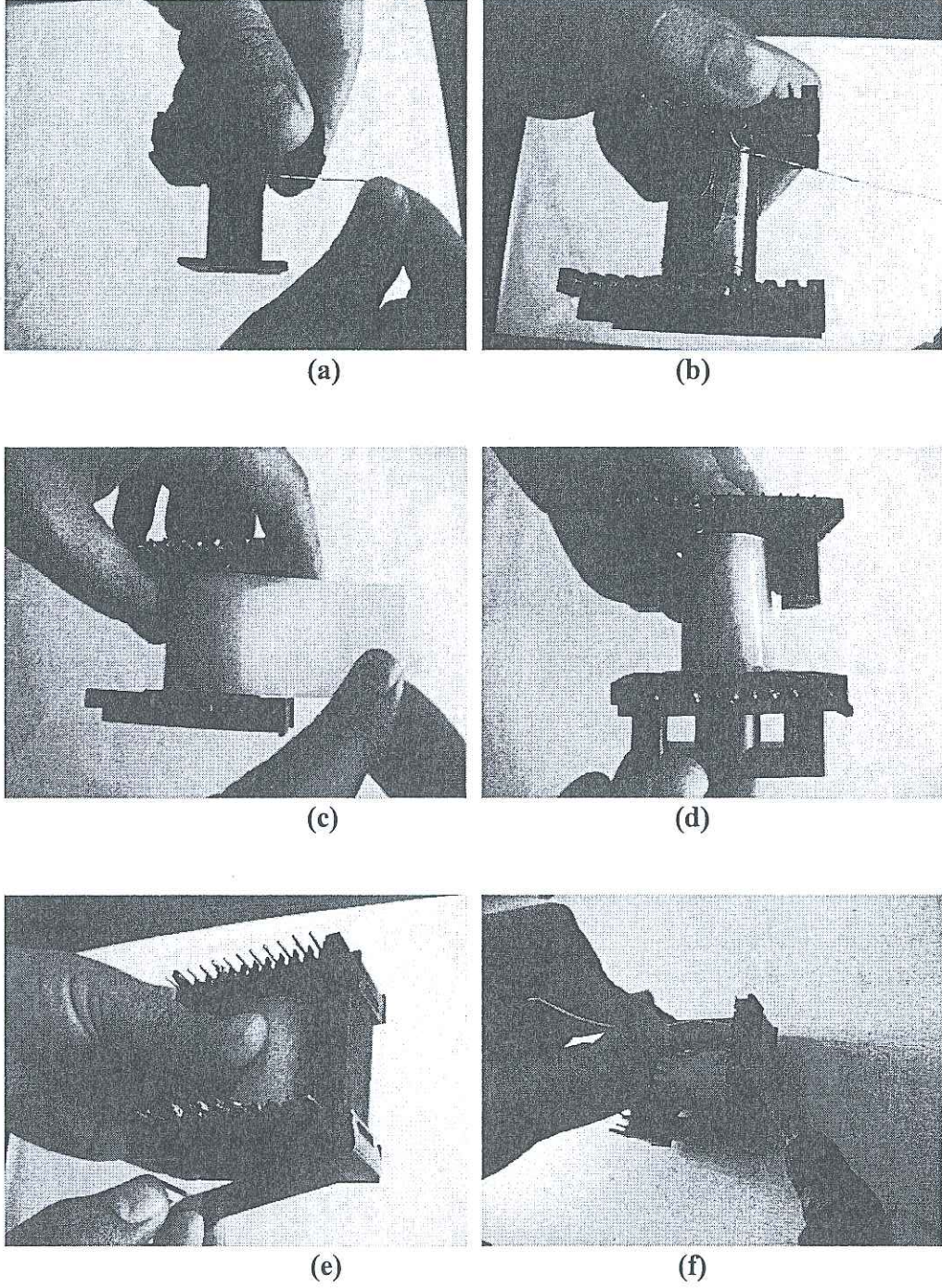
Tasarlanan sistemde, sürücü ünitesinde gerçekleştirilen anahtarlamaya bağlı olarak enerji aktarımı ve enerji dönüşümü manyetik kuplaj ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Bu ünite ETD59 nüvesi kullanılarak bir DC-DC konvertör transformatörü gerçekleştirilmiştir. Sarımı yapılan transformatörün prensip şeması şekil 2.8' de verilmiştir. Transformatörün çıkışındaki gerilim şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$V = n \left[\frac{D}{1-D} \right] V_{dc} \quad (2.1)$$



Şekil 2.8 Sarımı Yapılan Transformatörün Prensip Şeması

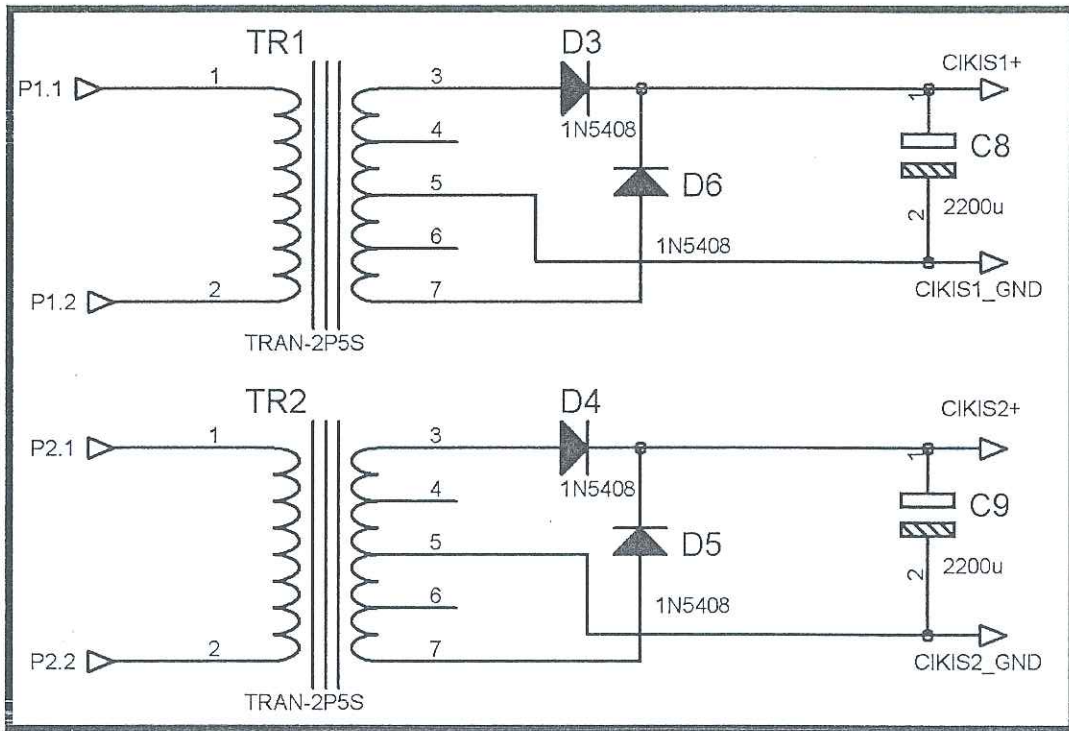
Transformatörde, primer sargıları 0,9 mm çaplı emaye kaplı bakır telden 45 spir olacak şekilde sarılmıştır. Sekonder sargılarında ise 0,5 mm çaplı emaye kaplı bakır tel kullanılmış ve her kademe için 45 spir olacak şekilde bir sarım gerçekleştirilmiştir. Transformatörün sarım aşamaları aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2.9 Transformatörün Sarım Aşamaları

2.1.3. Doğrultma ve Filtre

Sistemde kullanılan doğrultma ve filtre devresi, manyetik kuplaj devresi ile birlikte şekil 2.10' da verilmiştir. Bu birimin görevi sürücü ve manyetik kuplaj devrelerinde elde edilen yönlü sinyalleri doğrultup, dalgalı sinyali doğru gerilime çevirmektir. Bu sistemin çalışması ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.



Şekil 2.10 Manyetik Kuplaj Doğrultma ve Filtre Devreleri

2.1.4. DC-DC Konvertörün Çalışmasının Bir Bütün Olarak İncelenmesi

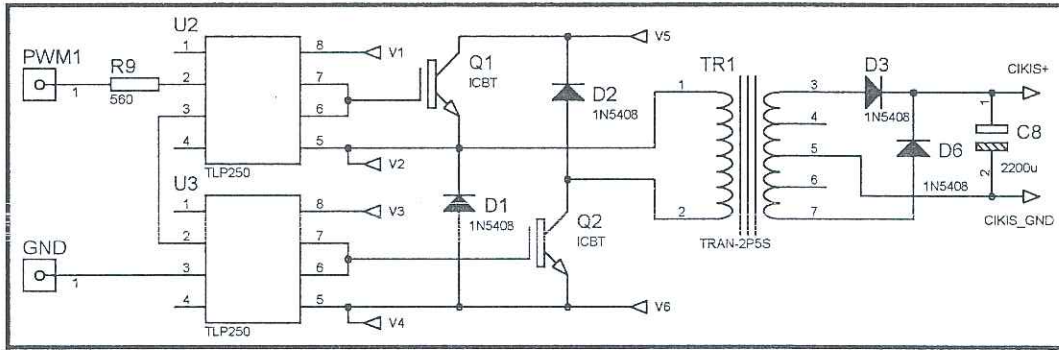
Şekil 2.11' de tasarlanan DC-DC konvertörün tek bir bölümü verilmiştir. Bu bölümdeki inceleme şekil 2.11 üzerinden yapılacaktır.

Devrede V1-V2, V3-V4, V5-V6 bağımsız gerilimlerdir ve uçlar arası potansiyel fark +12Volt' tur.

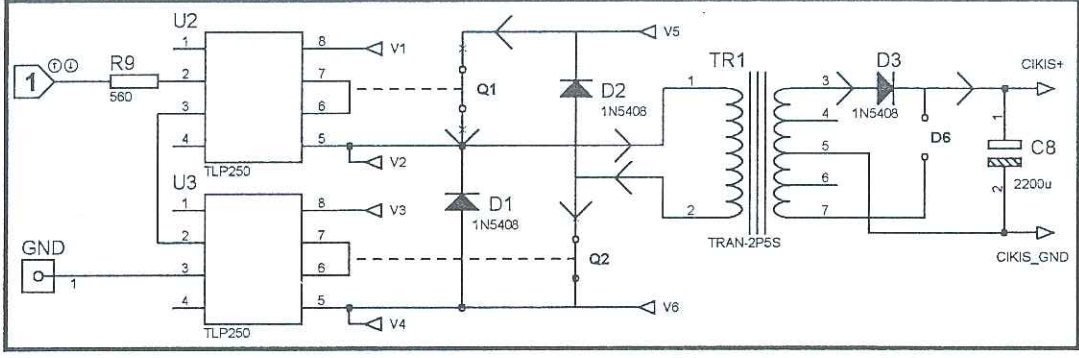
Devrenin çalışmasını 2 moda incelemek mümkündür. Mod1' de Q1 ve Q2 iletimde (ON), mod2' de Q1 ve Q2 kesimde (OFF).

Mod1' de PWM sinyali sayısal 1 (High) durumundadır. Bu durumda TLP 250 sürücülerinin (U2, U3) çıkışları Q1 ve Q2 IGBT' leri iletime götürür. Bununla beraber şekil 2.12' de gösterilen akım transformatörün primerinden akar. Transformatörün sekonderinde ise D3 iletimde, D6 kesimde.

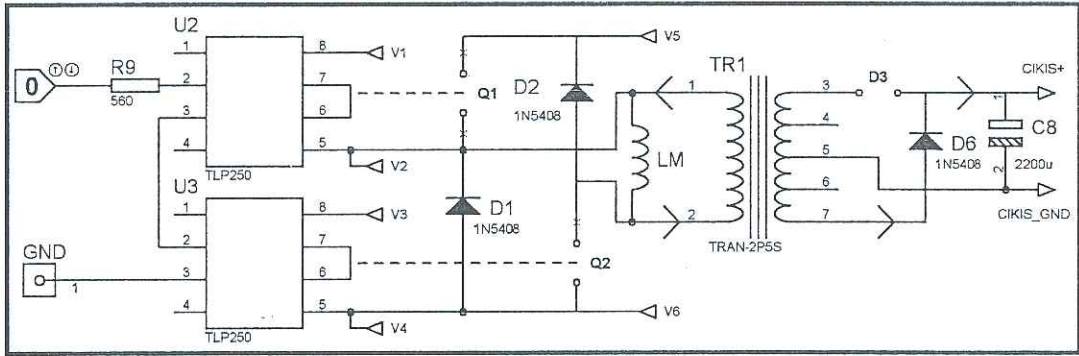
Mod2' de PWM sinyali sayısal 0 (Low) durumundadır. Bu durumda TLP 250 sürücülerinin (U2,U3) çıkışları Q1 ve Q2 IGBT' leri kesime götürür. Bununla beraber şekil 2.12' te gösterilen akım transformatörün primerinden akar. Bu akım mod1 anında transformatörde depolanan, mod2 anında Q1 ve Q3 IGBT' lerin kesime gitmesi ile beraber primere paralel olduğu varsayılan LM elemanı üzerinden geçer. Mod2 anında primerden geçen bu akım, mod1 anında geçen akıma göre ters yönlüdür. Bu durumda transformatörün sekonderinde ise D6 iletimde, D3 kesimde. Mod1 ve mod2 durumlarında çıkış gerilimleri karşılaştırıldığında, her iki durumda da çıkış polaritesinin aynı yönde olduğu görülmektedir.



Şekil 2.11 Tasarlanan DC-DC Konvertörün Tek Bölümü



Şekil 2.12 Tasarlanan DC-DC Konvertörün Çalışması (Mod1)



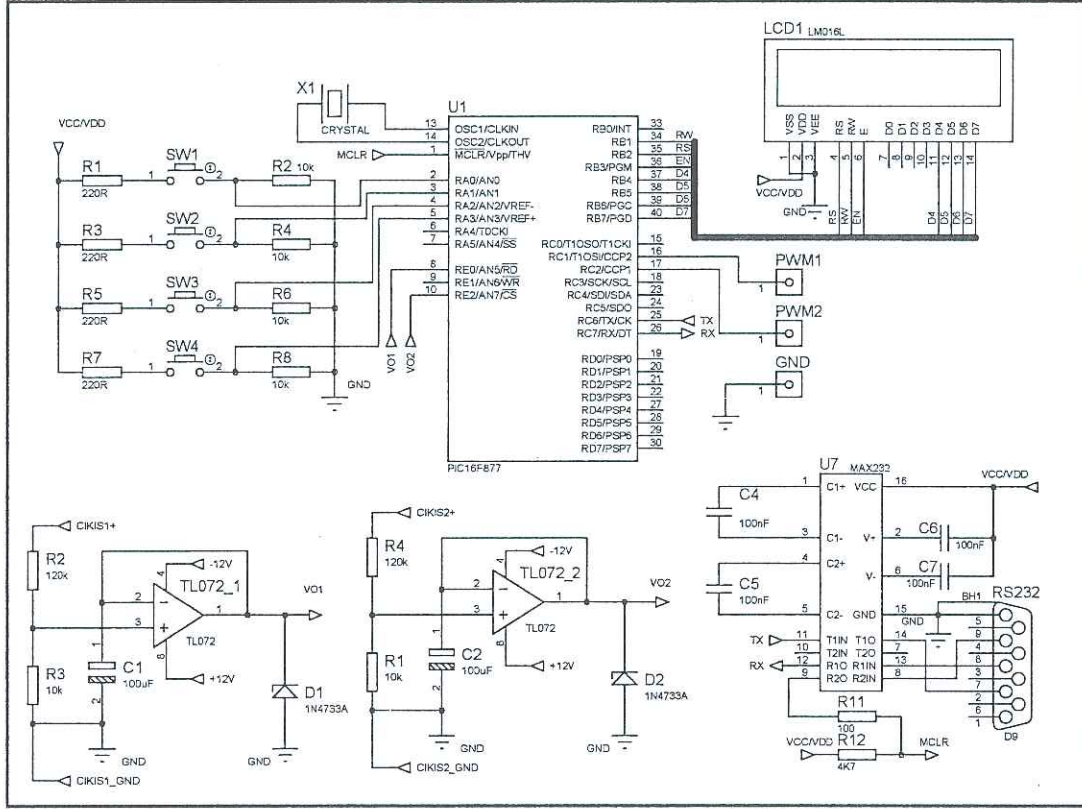
Şekil 2.13 Tasarlanan DC-DC Konvertörün Çalışması (Mod2)

2.2. Merkezi Kontrol Ünitesi

Merkezi kontrol ünitesi sistemde tüm çevresel birimlerin kontrol edildiği ve kontrol sinyallerinin üretildiği birimdir. Merkezi kontrol ünitesi mikrodenetleyici tabanlı olup temel işlevleri aşağıdaki gibidir.

- PWM modülü sayesinde DC-DC konvertör için ihtiyaç duyulan PWM darbelerini üretmek.
- Sahip olduğu tuş takımı ile PWM' in görev süresini ayarlamak.
- Çıkış gerilimlerine ait analog bilgiyi sayısala çevirmek.
- Sayısala dönüştürülen çıkış gerilimlerini anlamlı hale getirerek görüntüleme birimine aktarmak.

Merkezi kontrol ünitesi; mikrodenetleyici birimi, tampon yükselteç, bilgisayar arabirimi ve görüntüleme birimi olarak gruplara ayrılarak incelenebilir. Tasarlanan sistemde kullanılan merkezi kontrol ünitesinin devre şeması şekil 2.14' te verilmiştir.



Şekil 2.14 Merkezi Kontrol Ünitesi Devre Şeması

2.2.1. Mikrodenetleyici Birimi

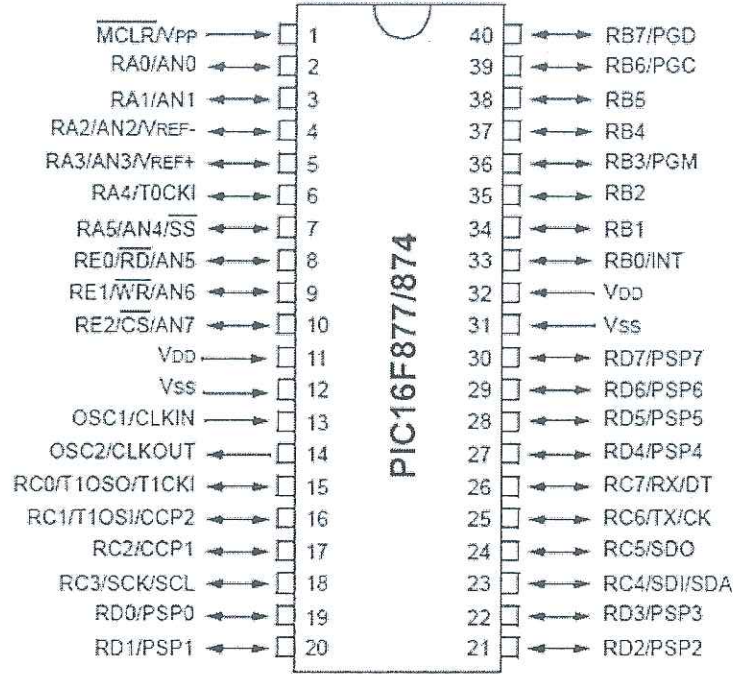
Tasarlanan sistemde mikrodenetleyici olarak Microchip firmasının ürettiği PIC16F877 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır.

PIC16F877 yüksek performanslı, CMOS, full-statik, 8 bit bir mikrodenetleyicidir. Tüm PIC16/17 mikrodenetleyicileri gibi PIC16F877' de de RISC mimarisini kullanmaktadır. PIC16F877 mikrodenetleyicisi PIC16F84' e göre birçok ek özellik içermektedir. 14 seviyeli, derin küme ve çoklu iç ve dış kesme kaynaklarına sahiptir. 2 aşamalı komut hattı tüm komutların tek bir saykılıda (çevrimde) işlenmesini sağlamaktadır. Yalnızca bazı özel komutlar 2 saykıl çekerler.

Bu komutlar dallanma komutlarıdır. PIC16F877 ailesi dış elemanları azaltacak belirleyici özelliklere sahiptir ve böylece maliyet en aza inmekte, sistemin güvenilirliği artmakta, enerji sarfiyatı azalmaktadır. Bunun yanı sıra tüm PIC' lerde 4 adet osilatör seçeneği mevcuttur. Bunlar RC osilatör, LP osilatör, XT osilatör veya seramik rezonatör osilatörüdür. PIC mikrodenetleyicilerinin en büyük özelliği sleep (uyku) modu özelliğidir. Bu mod sayesinde işlem yapılmadığı durumlarda PIC uyuma moduna geçerek çok düşük akım çeker. Kullanıcı bir kaç iç ve dış kesme ile PIC' i uyuma modundan çıkarabilmektedir. Yüksek güvenilirlikli Watchdog Timer kendi bünyesindeki çip üstü RC osilatörü ile yazılımı kilitlemeye karşı korumaktadır. PIC16F877; EEPROM program belleği sayesinde depolama işlemlerine de olanak vermektedir [15]. Kullanılan mikrodenetleyiciye ait pin yapısı şekil 2.15' te işlemcinin genel özellikleri çizelge 2.2' de verilmiştir.

Çizelge 2.2 PIC16F877 Mikrodenetleyicisinin Genel Özellikleri

No	Özellik
1	Yüksek hızlı RISC işlemci
2	35 adet komuttan oluşan komut takımı
3	Bir çevrimlik komutlar (Dallanma komutları 2 çevrim)
4	20 Mhz' ye kadar işlem hızı
5	8Kx14 word flash program belleği
6	368x8 byte data belleği
7	256x8 byte EEPROM data belleği
8	PIC16C73B/74B/76/77 ile uyumlu pin yapısı
9	Doğrudan ve dolaylı adresleme
10	Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) , üzerinde bulunan RC osilatör ile çalışan Watchdog Timer (WDT)
11	Programlanabilen kod koruma
12	Enerji tasarrufu için uyku (SLEEP) modu
13	Düşük güçlü yüksek hızlı CMOSFLASH/EEPROM teknolojisi
14	Tamamen statik dizayn
15	Devre üzerinde seri programlama
16	5 V' luk kaynak ile çalışma
17	2 V ile 5.5 V arasında işlem yapabilme özelliği
18	Düşük güç harcaması, < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz -20 mA typical @ 3V, 32 kHz

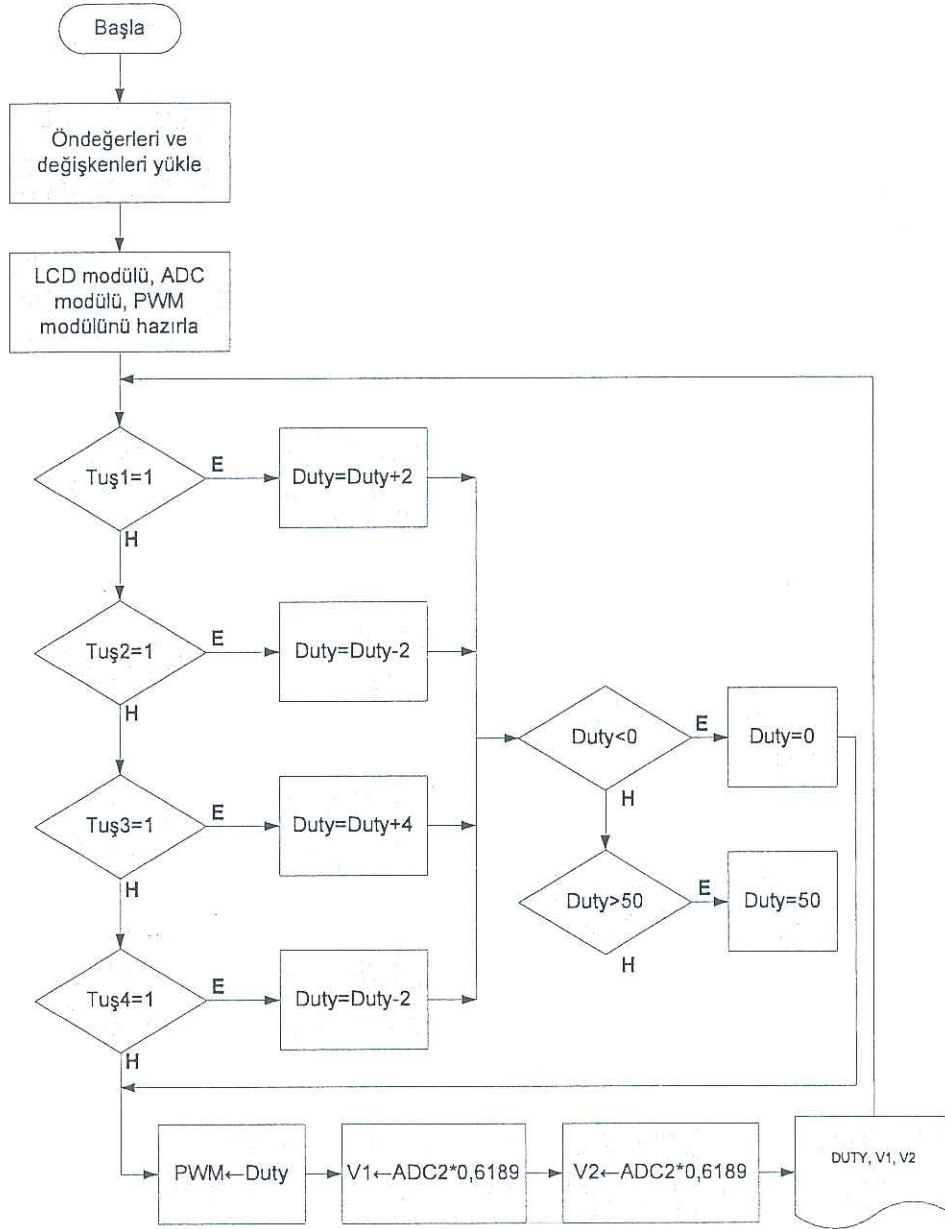


Şekil 2.15 PIC 16F877' nin Pin Yapısı

Tasarlanan sistemde mikrodenetleyici ünitesi kontrol birimi programı şekil 2.16' da verilen akış şemasına göre çalışmaktadır. Program geliştirmek için PIC-C compiler kullanılmıştır.

Buna göre, eğer sistemde herhangi bir tuşa basılmamış girilen en son görev süresi değerine karşı gelen PWM sinyali üretilmek üzere mikrodenetleyici çıkışlarına aktarılır. Aynı zamanda çıkışa aktarılan PWM sinyaline ait görev süresi bilgisi LCD de görüntülenir. Ardından ADC girişlerine uygulanan gerilim sayısala çevrilir ve elde edilen veriye karşılık gelen gerilim değeri LCD' de görüntülenir.

Eğer görev süresine müdahale etmek üzere butonlara basılmış ise görev süresi değerini tutan değişkenin yeni değeri güncellenir ve ardından yukarıda bahsedilen aşamalar yeni görev süresi için tekrarlanır. Sistemde görev süresi %50' ye kadar artırılabilir.



Şekil 2.16 Mikrodenetleyici Programına Ait Akış Şeması

2.2.2. Görüntüleme Birimi

Görüntüleme birimi olarak HD44780 (Industry Standard Character-LCD) serisi 2x16 satırlık LCD modül kullanılmıştır. Kullanılan LCD' ye ait karakter seti şekil 2.17' de verilmiştir [16].

Görüntüleme biriminin etkin şekilde kullanılabilmesi için kullanım ve deney kolaylığı getiren bir tasarım yapılmıştır. Mikrodenetleyici tarafından işlenen veriler görüntüleme birimine aktarılır ve PWM işaretinin görev süresi ve DC-DC konvertörlerin çıkış gerilimleri görüntülenir.

Hex	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000		!	@	P	`	Б	ω	||	°	À	Ð	À	À	À	À	À
xxxx0001	(2)	!	1	A	Q	a	9	À	À	À	À	À	À	À	À	À
xxxx0010	(3)	“	”	2	B	R	b	r	Ж	Г	Ф	²	À	Ò	À	Ò
xxxx0011	(4)	”	#	3	C	S	c	s	Э	π	ℓ	³	À	Ó	À	Ó
xxxx0100	(5)	£	\$	4	D	T	d	t	Н	Σ	κ	ξ	À	Ô	À	Ô
xxxx0101	(6)	₯	%	5	E	U	e	u	Ў	σ	ף	μ	À	Õ	À	Õ
xxxx0110	(7)	•	&	6	F	V	f	v	Ј	Ј	ı	ı	À	Ö	À	Ö
xxxx0111	(8)	¢	'	7	G	W	g	w	П	τ	§	•	Ç	×	Ç	÷
xxxx1000	(1)	†	<	8	H	X	h	x	У	‡	ƒ	ω	È	ƒ	È	ƒ
xxxx1001	(2)	↓	)	9	I	Y	i	y	Ч	Б	¹	É	Ù	É	Ù	Ù
xxxx1010	(3)	→	*	:	J	Z	j	z	Ч	Ω	æ	œ	É	Ú	É	Ú
xxxx1011	(4)	←	+	:	K	[	k	<	Ш	δ	«	»	È	Û	È	Û
xxxx1100	(5)	≤	,	<	L	\	l	|	Щ	≈	№	‰	İ	Ü	İ	Ü
xxxx1101	(6)	>	-	=	M	]m	>	б	•	¶	‰	‰	İ	Ý	İ	Ý
xxxx1110	(7)	▲	.	>	N	^	n	~	б	ε	¶	¶	İ	Þ	İ	Þ
xxxx1111	(8)	₯	/	?	0	_	o	ó	3	0	'	¿	İ	ß	İ	ß

Şekil 2.17 LCD Karakter Seti

2.2.3. Tampon Yükselteç

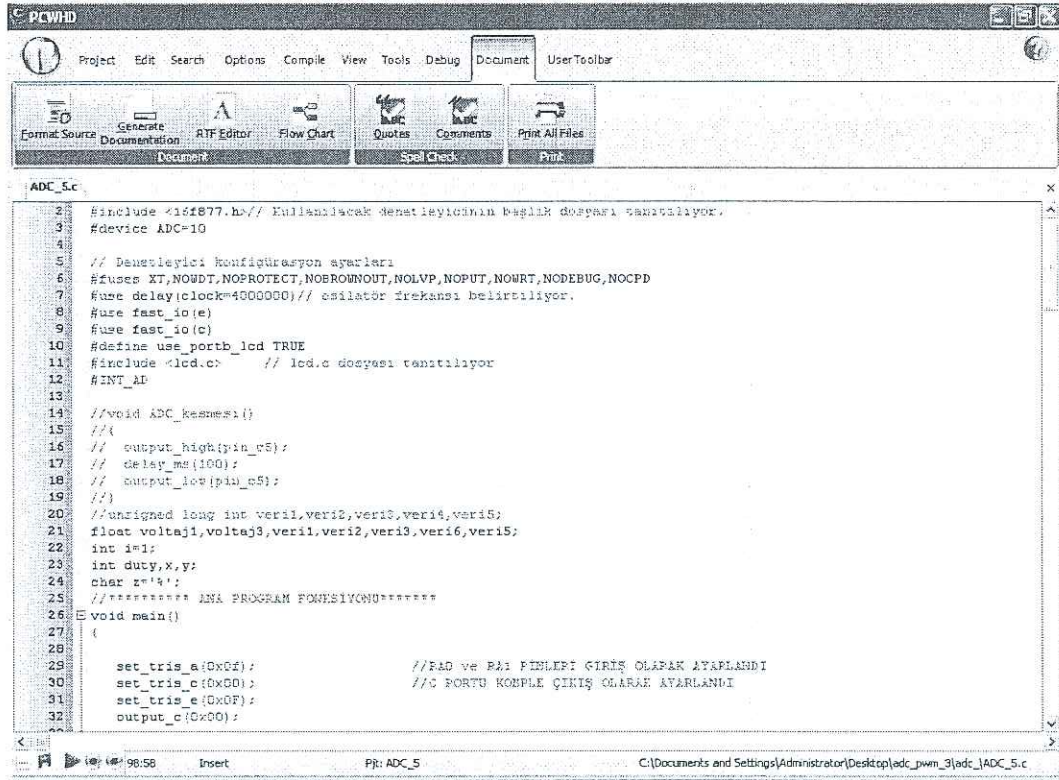
Sistemde DC-DC konvertör çıkışını mikrodenetleyicinin ADC girişlerine uygulamak için bir yükselteç kullanılmıştır. Mikrodenetleyicinin ADC girişi 0-5V arasında uygulanan gerilimleri sayısala çevirir. Ancak DC-DC konvertör çıkışı bu gerilim değerine göre oldukça yüksektir. Bu yüzden DC-DC konvertör çıkış gerilimi öncelikle 13:1 oranında dönüşüm yapan bir gerilim bölücüden geçirilmiştir. Ardından bu gerilim bir tampon yükselteçten geçirilerek mikrodenetleyiciye uygulanmıştır. Bu sayede DC-DC konvertör çıkışı mikrodenetleyici girişlerine uygun hale getirilmiştir.

2.2.4. Bilgisayar Arabirimi

Donanım ve yazılım geliştirme aşamalarında bilgisayar arabirimi etkin şekilde kullanılmıştır. Öncelikle mikrodenetleyiciye PIC16F877 4MHz bootloader program parçacığı yüklenmiştir. Ardından mikrodenetleyici sistemdeki yerine monte edilmiştir. Böylelikle yazılım geliştirme aşamasında, geliştirilen her programı mikrodenetleyiciye yüklemek için yerinden sökme zorunluluğu ortadan kalkmıştır. Bootloader sayesinde mikrodenetleyici yerinden çıkarılmadan programlama yapmak mümkündür. Bilgisayar arabiriminde MAX232 tümleşik devresi kullanılmıştır. MAX232 entegresi mikrodenetleyici ve bilgisayar arasında uygunluk sağlayarak kaynak kodların mikrodenetleyiciye aktarılmasını sağlar.

2.3. Sistemin Üretim Aşamaları

Bu bölümde tasarlanan sistemin hangi aşamalardan geçerek imal edildiği ve kullanılan programlar üzerinde durulmuştur.

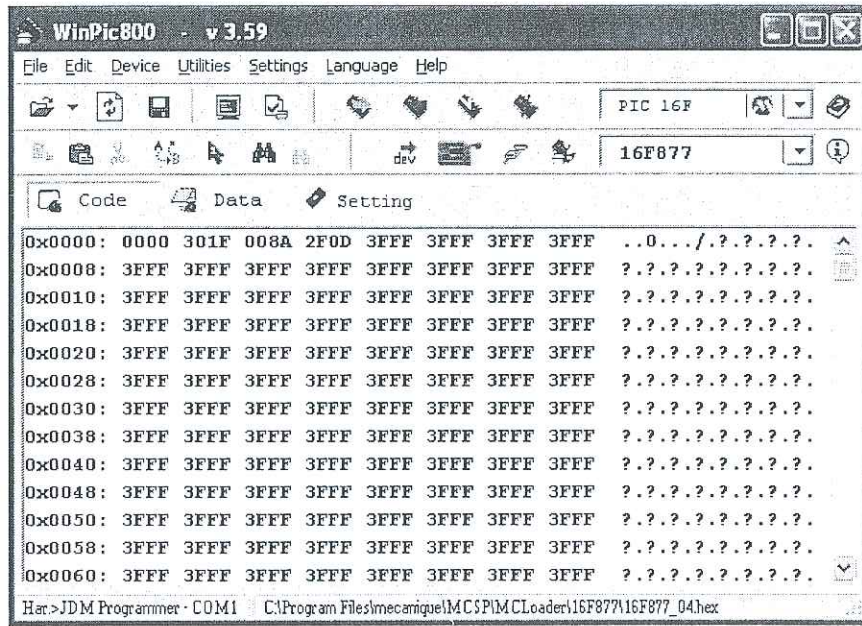


```
ADC_5.c
2 #include <16f877.h> // Kullanılacak denetleyicinin başlık dosyası tanımlıyor.
3 #device ADC=10
4
5 // Denetleyici konfigürasyon ayarları
6 #uses XT,NOWDT,NOPROTECT,NOBROWNOUT,NOLVP,NOPUT,NOVRT,NODEBUG,NOCPD
7 #use delay(clock=4000000) // osilatör frekansı belirleniyor.
8 #use fast_io(e)
9 #use fast_io(c)
10 #define use_porth_lcd TRUE
11 #include <lcd.c> // lcd.c dosyası tanımlıyor
12 #INT_AD
13
14 //void ADC_kesmesi()
15 /**
16 // output_high(pin_e5);
17 // delay_ms(100);
18 // output_low(pin_e5);
19 //)
20 //unsigned long int veri1,veri2,veri3,veri4,veri5;
21 float voltaj1,voltaj3,veri1,veri2,veri3,veri6,veri5;
22 int i=1;
23 int duty,x,y;
24 char z[4];
25 //***** İNİ PROGRAM FONKSİYONU*****
26 void main()
27 {
28
29     set_tris_a(0x0f); //P4D ve P4E PINLERİ GİRİŞ OLARAK AYARLANDI
30     set_tris_c(0x00); //C PORTU KOMPLE ÇIKIŞ OLARAK AYARLANDI
31     set_tris_e(0x0f);
32     output_c(0x00);
33 }
```

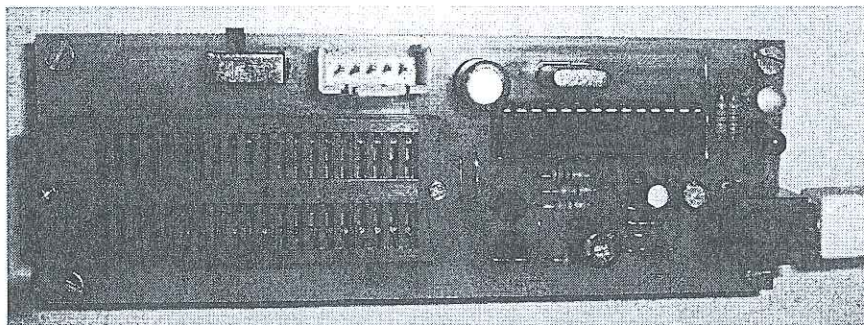
Şekil 2.18 PCWHD Kullanıcı Ara Yüzü

Mikrodenetleyici yazılımını geliştirmek için PIC-C Compiler programı kullanılmıştır. PIC-C Compiler programının PCWHD ara yüzüne ait görüntüsü şekil 2.18’ de verilmiştir.

Mikrodenetleyiciye bootloader program parçacığını aktarmak için WinPic800 V.3.59 programı ve programlayıcısı kullanılmıştır. WinPic800 V.3.59 programı kullanıcı ara yüzü şekil 2.19’ da programlayıcı şekil 2.20’ de verilmiştir.

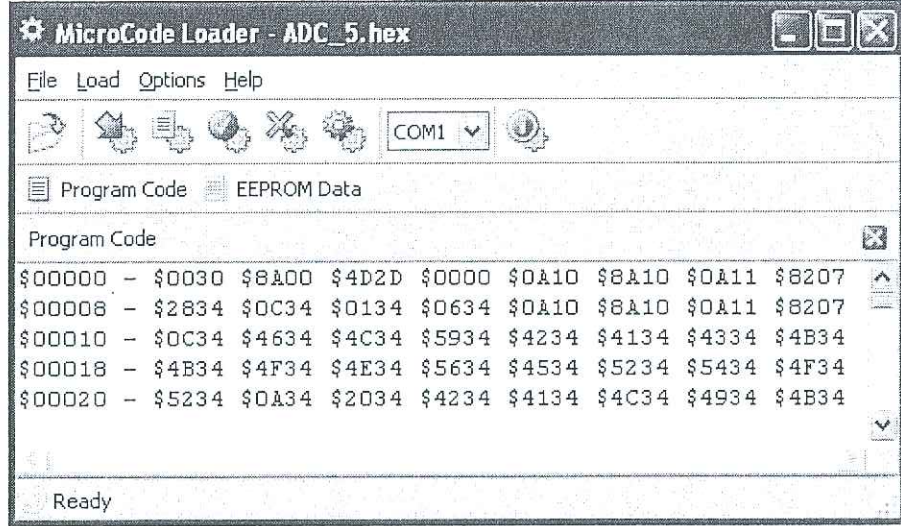


Şekil 2.19 WinPic800 V.3.59 Kullanıcı Ara yüzü



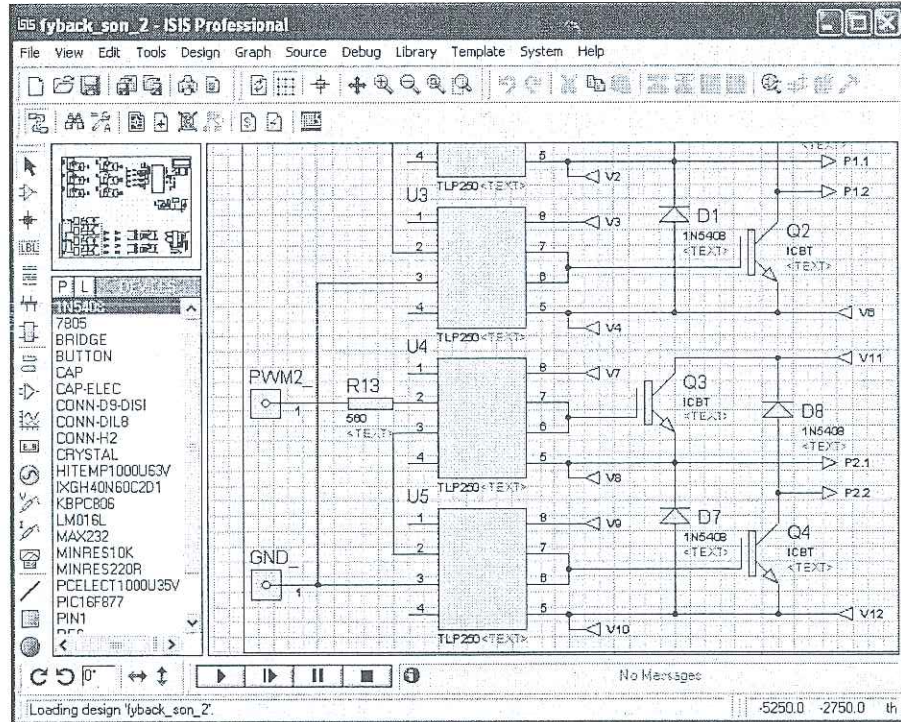
Şekil 2.20 USB Pic Programlayıcı

Yazılım geliştirme aşamasında PIC-C Compiler ile derlenen programa ait kaynak kodların mikrodenetleyiciye aktarılması için mcloader programı kullanılmıştır. Mcloader programına ait kullanıcı ara yüzü şekil 2.21’ de verilmiştir.



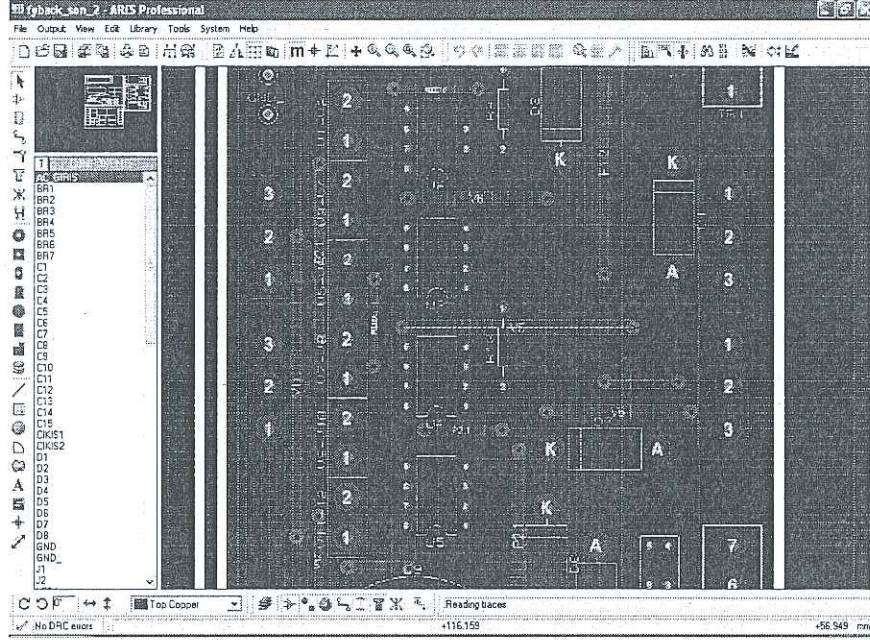
Şekil 2.21 Mcloader Kullanıcı Ara yüzü

Tasarlanarak üretilen sistemin devre şemaları Labcenter Electronics firması tarafından geliştirilen Proteus ISIS 7.6 programı ile hazırlanmıştır. Proteus ISIS 7.6 programına ait ara yüz şekil 2.22' de verilmiştir.



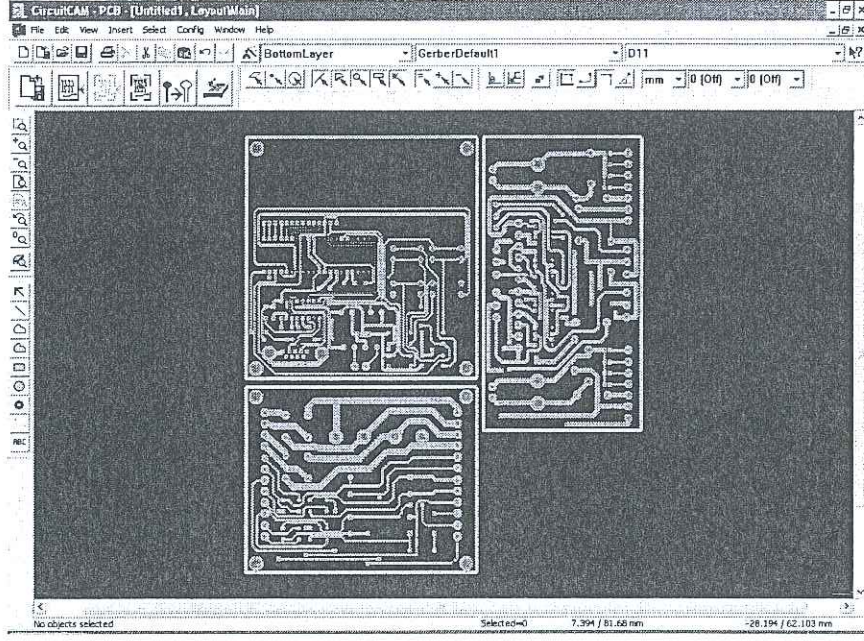
Şekil 2.22 Proteus ISIS 7.6 Kullanıcı Ara yüzü

Tasarlanarak üretilen sisteme ait baskı devre şemaları Labcenter Electronics firması tarafından geliştirilen Proteus ARES 7.6 programı ile hazırlanmıştır. Proteus ARES 7.6 programına ait ara yüz şekil 2.23' te verilmiştir.



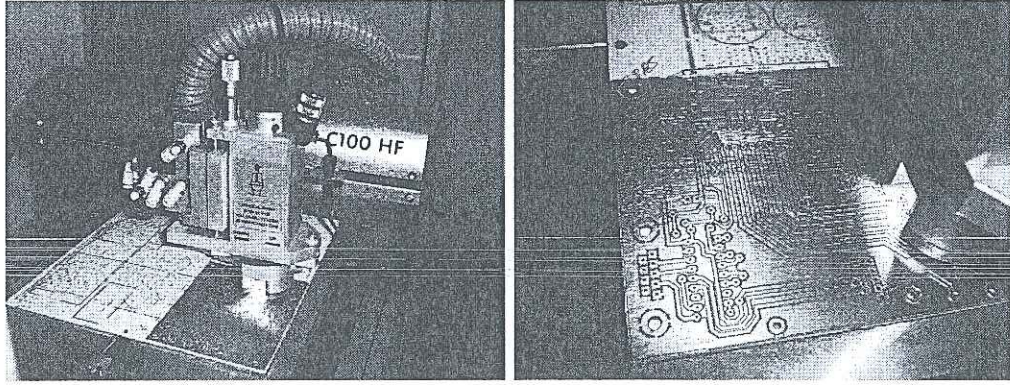
Şekil 2.23 Proteus ARES 7.6 Kullanıcı Ara yüzü

Proteus ARES 7.6 programı ile hazırlanan baskı devre kartlarının üretilmesi için LPKF firmasının baskı devre çizici cihazı kullanılmıştır. Baskı devresi ARES ortamında hazırlanarak alınan gerber dosyaları Boardmaker ve Circuitcam programları ile baskı devre çizici cihaza aktarılmış ve kartlar çizdirilmiştir. Circuitcam programına ait ara yüz şekil 2.24' te verilmiştir.



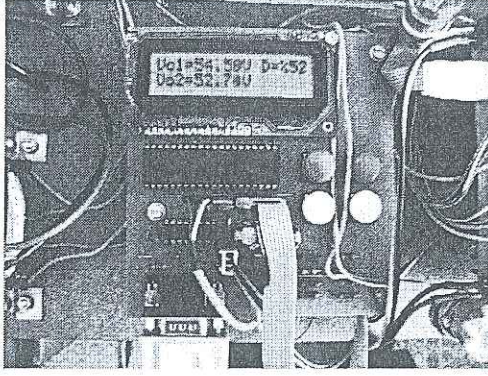
Şekil 2.24 Mastercam Kullanıcı Ara Yüzü

Baskı devre çizici cihazın kartı çizmesini gösteren fotoğraf şekil 2.25' te verilmiştir.

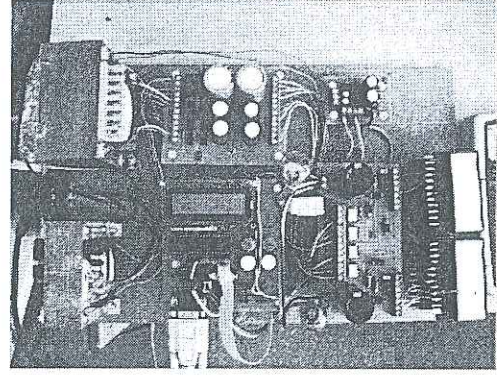


Şekil 2.25 Baskı Devre Çizim İşlemi

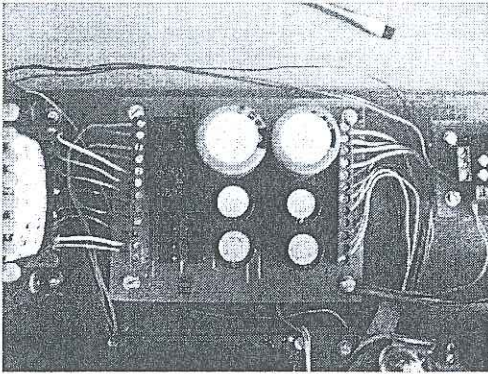
Baskı devre çizim işlemlerinin tamamlanmasının ardından devre şemasına bağlı kalarak montaj işlemi yapılmıştır. Tamamlanan sistemin değişik açılarından alınan görüntüler şekil 2.26' da verilmiştir.



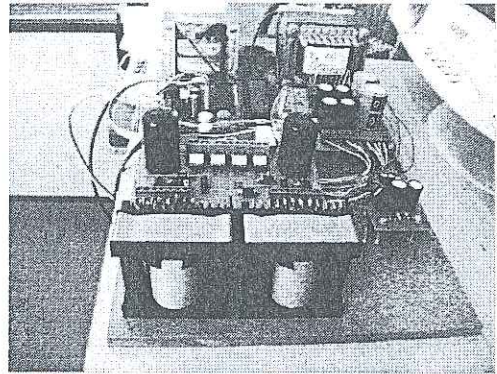
(a)



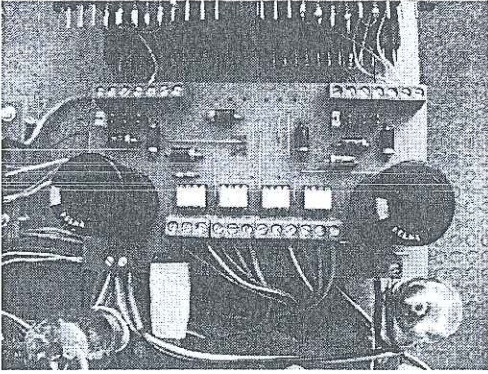
(b)



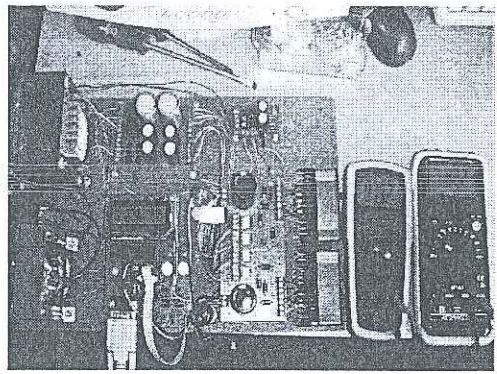
(b)



(d)



(e)



(f)

Şekil 2.26 Üretimi Tamamlanan Sisteme Ait Fotoğraflar

3. FLYBACK KONVERTÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASI

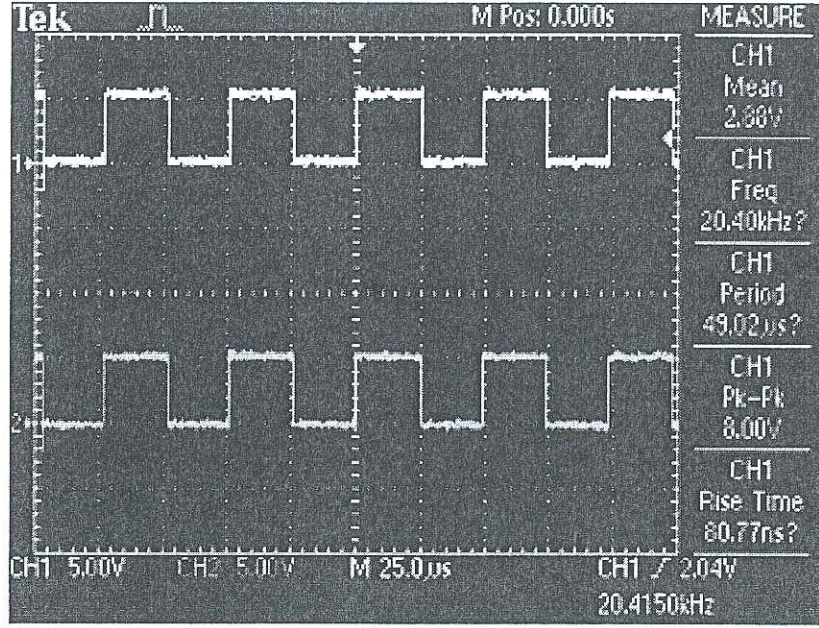
Bu bölümde tasarımı gerçekleştirilen konvertör düzeneği üzerinde tekli ve paralel çalışma durumları incelenmiştir. Yapılan deneylerde yüksüz ve farklı direnç değerlerindeki yükler için konvertörler tekli olarak ve paralel bağlantı yapılarak çalıştırılmıştır.

3.1 Yüksüz Çalışmadaki Sinyallerin İncelenmesi

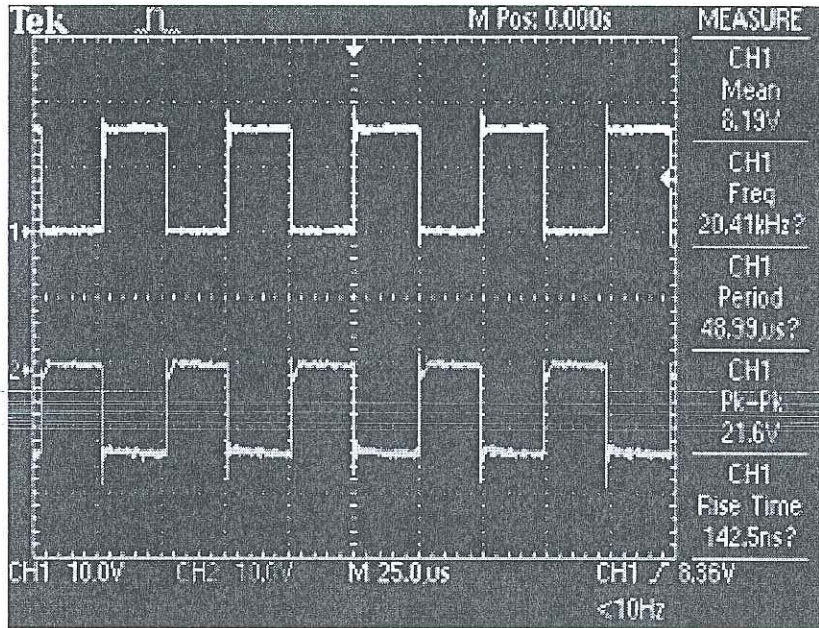
Paralel ve tekli çalışma koşullarının incelenmesine geçmeden önce sistemin performansının ve doğru çalışıp çalışmadığının kontrolü için osiloskop ile farklı noktalardan ölçümler alınmıştır. Transformatörün dönüştürme oranı 1:2 olarak alınmıştır. Tüm ölçümlerde PWM sinyalinin görev süresi %50 olarak tercih edilmiştir. Deneysel çalışmaların ve ölçümlerin yapıldığı çalışma ortamını gösteren resim şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1 Deney Düzeneği Ve Ölçü Aletleri

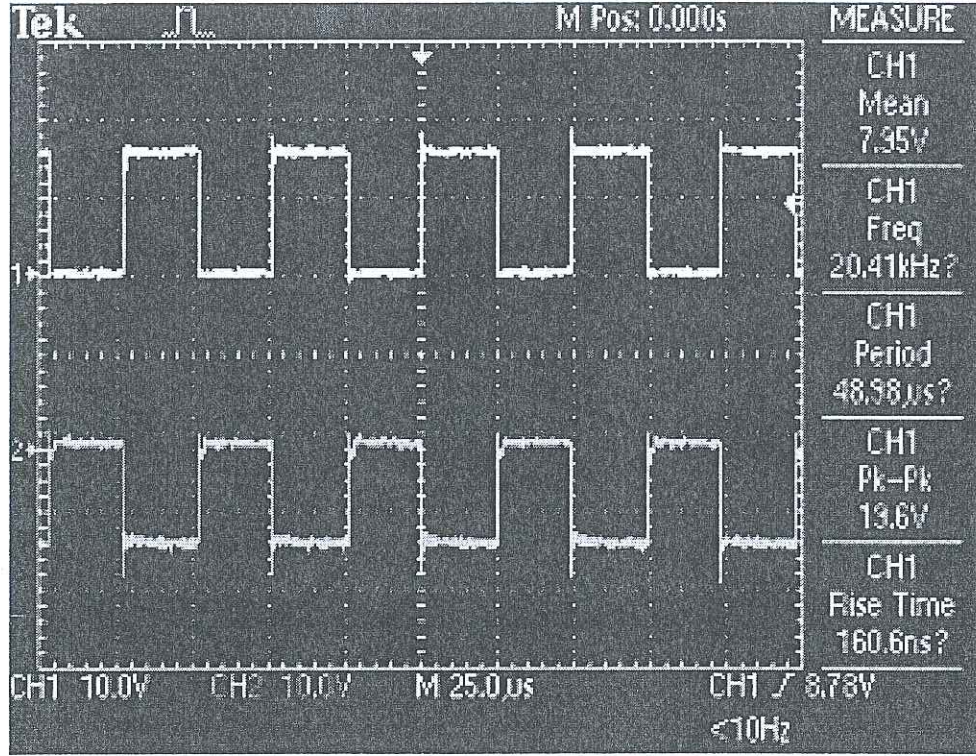


Şekil 3.2 Yüksüz Çalışmada Tetikleme Darbeleri



Şekil 3.3 Yüksüz Çalışmada Q1 Ve Q2 Kapı Darbeleri

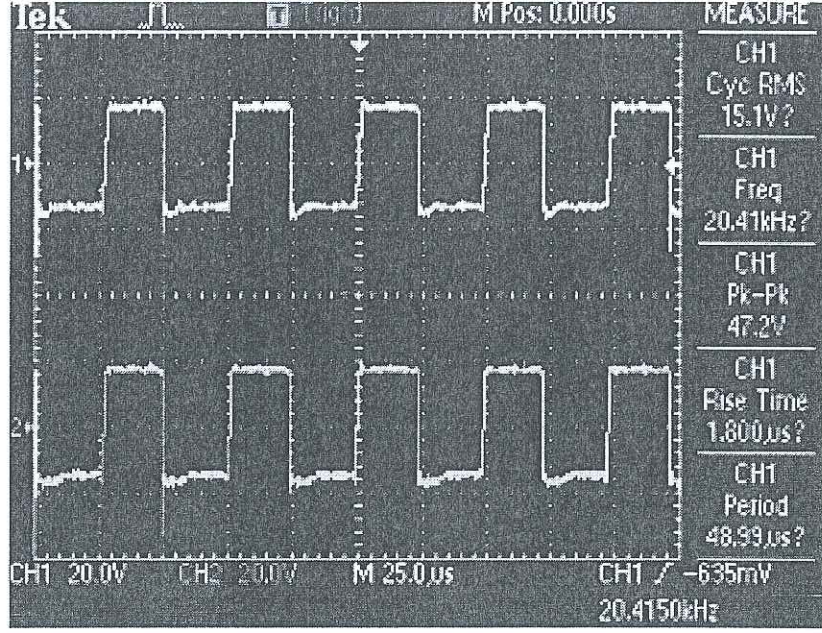
Optokuplörü sürmek için PIC' in çıkışında elde edilen 5Volt' luk PWM sinyali şekil 3.2' de verilmiştir. Dikkat edilecek olursa sinyalin efektif değeri 2,88V ve frekans değerinin yaklaşık 20KHz olduğu görülmektedir.



Şekil 3.4 Yüksüz Çalışmada Q3 Ve Q4 Kapı Darbeleri

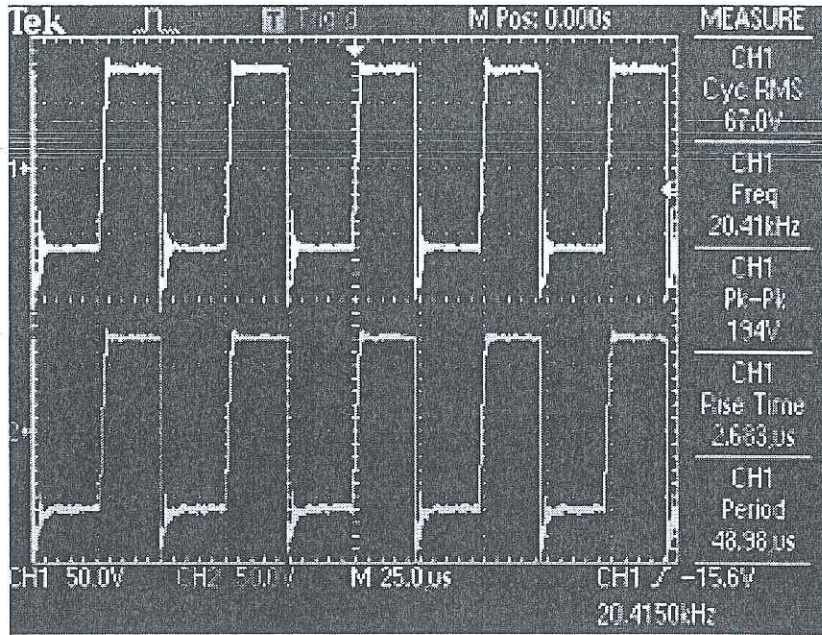
PIC çıkışındaki sinyal akım ve gerilim yönünden IGBT' leri sürebilecek seviyede değildir. Bu nedenle şekil 3.2 de PIC çıkışında oluşan 5Vpp PWM işaretinin genliği optokuplörler vasıtasıyla yaklaşık 8Vpp seviyesine yükseltilmiştir. Böylece hem IGBT' lerin sürülmesi sağlanmış hem de kontrol ünitesi ile sürücü ünitesi birbirinden izole edilmiştir. Yükseltilen sinyaller şekil 3.3 ve şekil 3.4' te gösterilmiştir.

Osilaskop ekranından birinci kanalda ölçülen sinyalin ikinci kanaldakine nazaran daha az bozunuma sahip olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise PWM işaretinin her bir optokuplör çiftinin girişine aynı şekilde uygulanmamasından kaynaklanmaktadır. Bu durum şekil 2.11 incelenerek anlaşılabilir. Bu bağlantının yapılmasındaki maksat her bir optokuplörün ayrı ayrı PIC' ten akım çekip PIC' e zarar vermesini önlemek içindir. Bu bağlantı sayesinde PIC' ten çekilen akım yarıya indirilmiş olur. İkinci kanaldaki sinyalde az da olsa bozulma görülmekte fakat bu bozulmanın miktarı devrenin çalışmasına olumsuz bir durum oluşturacak seviyede değildir.



Şekil 3.5 Yüksüz Çalışmada Primer Sargı Uçlarındaki Sinyaller

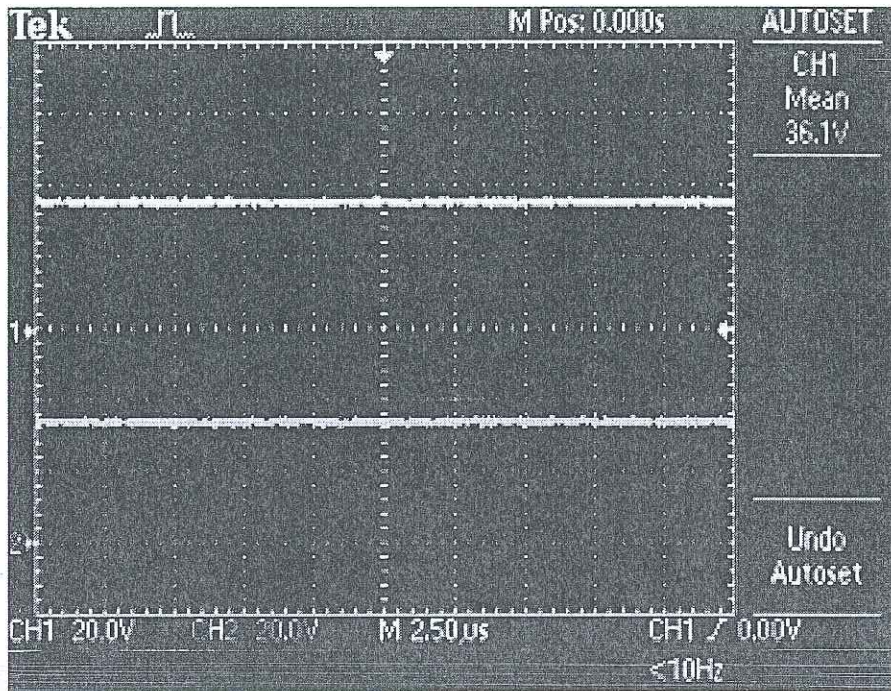
Daha sonra IGBT'lerin kolektör ve emiter uçlarına uygulanan yaklaşık 13Volt seviyesindeki DC besleme gerilimi IGBT'ler tarafından anahtarlanarak tepe değeri yaklaşık 36Volt olan kare dalgaya benzer bir sinyal elde edilir. Transformatörlerin primer uçlarındaki sinyaller şekil 3.5' te gösterilmiştir



Şekil 3.6 Yüksüz Çalışmada Sekonder Sargı Uçlarındaki Sinyaller

Primere uygulanan sinyal sekonder tarafında yükseltilir. Yüksüz çalışmadaki sinyal ölçümlerinde transformatörün dönüşüm oranı 1:4 olarak alınmıştır. Yapılan deneyde yüksüz durumda 36Vpp gerilim sekonder tarafında yaklaşık 150Vpp seviyesine yükseltilmiştir. Bu durum şekil 3.5 ve şekil 3.6' da görülmektedir.

Osilaskop görüntülerinde okunan değerlerde hatalı durumlara rastlanılabilir. Bunun nedeni de sinyalin ani yükselme ve ani düşme anlarında pik' lerdir. Dolayısıyla osilaskop ekranında yazan değer gözlenen değerden daha büyük olabilmektedir. Bu durum şekil 3.5 ve şekil 3.6 da görülmektedir.



Şekil 3.7 Yüksüz Çalışmada Konvertör Çıktıları

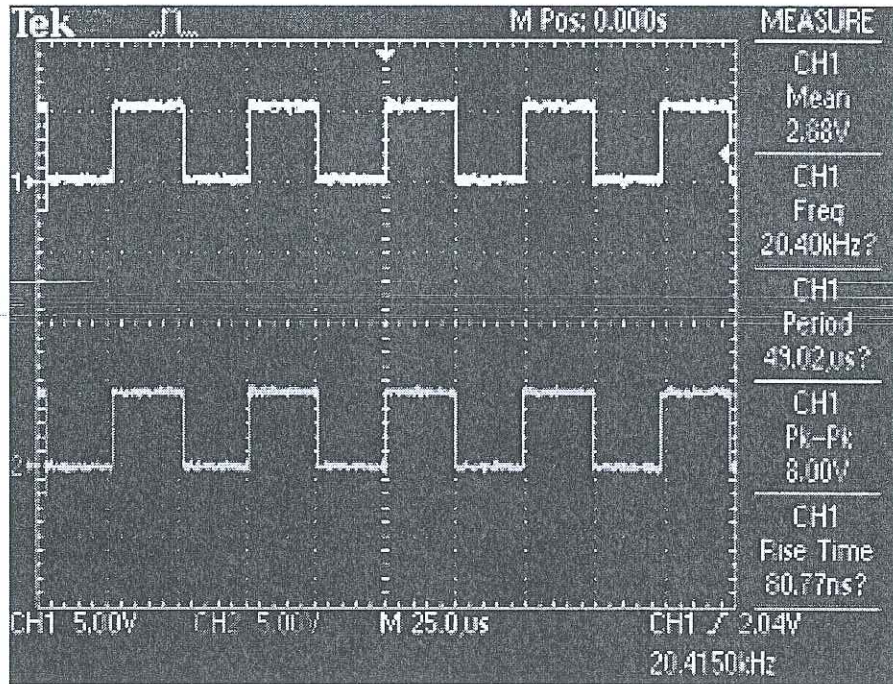
Daha sonra sekonder uçlarındaki sinyaller diyot tarafından doğrultulur ve kondansatör vasıtasıyla filtre edilir. Böylece DC seviyede bir çıkış sinyali elde edilir. Bu işlemden sonra oluşan DC gerilim değeri yaklaşık 36V civarında ölçülmüştür. Konvertör çıkışlarındaki sinyal şekilleri şekil 3.7' de verilmiştir.

3.2 Yüklü Çalışmadaki Sinyallerin İncelenmesi

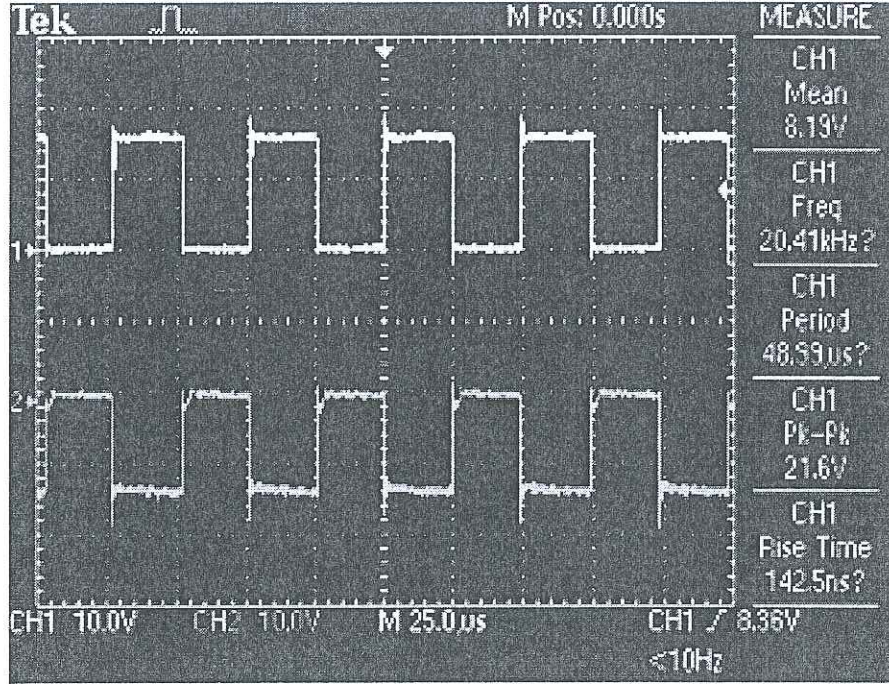
Bu aşamada yük olarak 80 Ohm' luk omik yük ve 350 Ohm' luk 1mH-220V/15Watt' lık akkor lamba seçilmiştir. Transformatörün dönüştürme oranı 1:2 olarak alınmıştır. Yüklü çalışma durumlarında osilaskopta gözlenen sinyal şekilleri bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

Bir sonraki aşamada konvertörler çıkışları paralel bağlanarak 80 Ohm' luk omik yük altındaki çalışmada sinyal şekilleri incelenmiştir.

Optokuplörü sürmek için PIC' in çıkışında elde edilen 5Volt' luk PWM sinyali şekil 3.8' de verilmiştir. Dikkat edilirse sinyalin efektif değeri 2,88V ve frekans değerinin yaklaşık 20KHz olduğu görülmektedir. Sürücü ünitesi ile kontrol ünitesi izoleli olduğundan paralel bağlantının PIC' li kısımdaki sinyallerde herhangi bir değişmeye yol açmadığı gözlenmiştir.

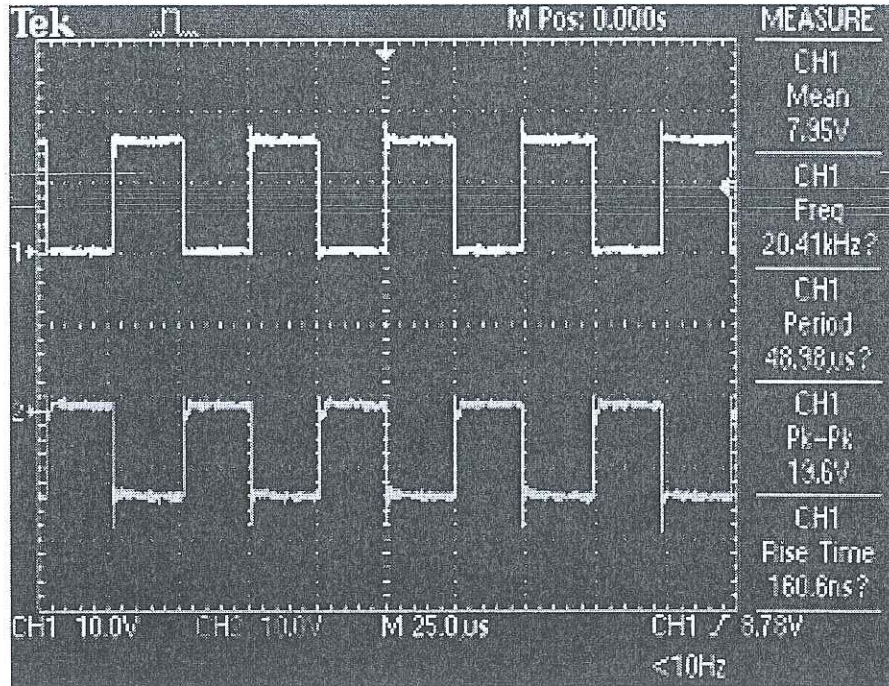


Şekil 3.8 80 Ohm' luk Yük için Mikrodenetleyici Çıkışları



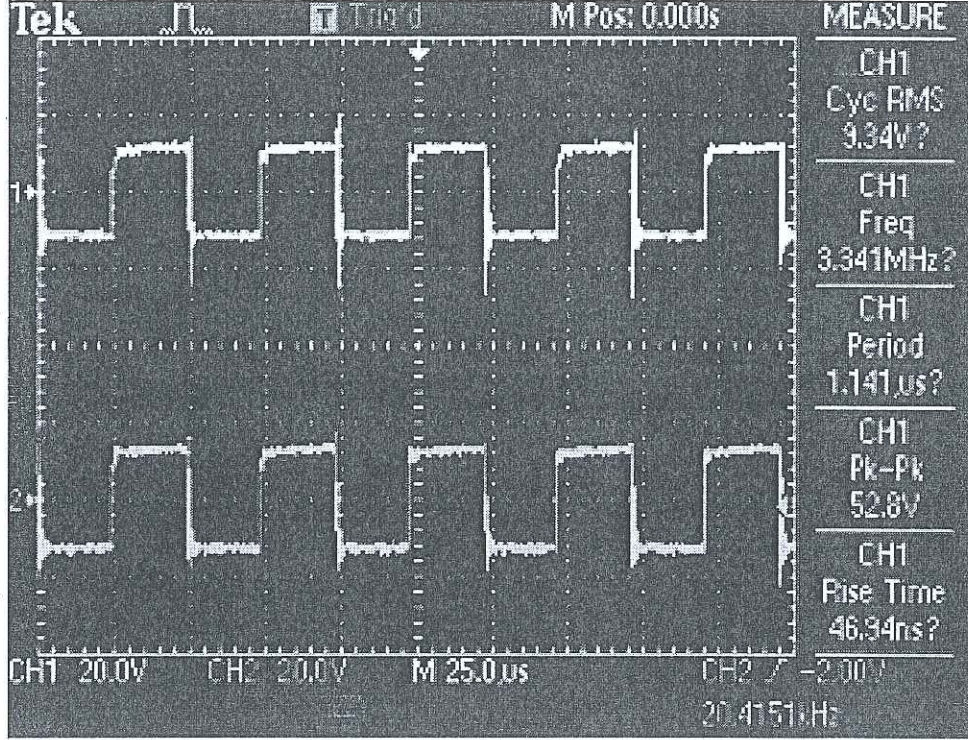
Şekil 3.9 80 Ohm' luk Yük İçin Q1 Ve Q2 Kapı Darbeleri

Paralel 80 Ohm' luk yük için Q1 Ve Q2 kapı darbeleri şekil 3.9' da, Q3 Ve Q4 kapı darbeleri şekil 3.10' da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 80 Ohm' luk Yük İçin Q3 Ve Q4 Kapı Darbeleri

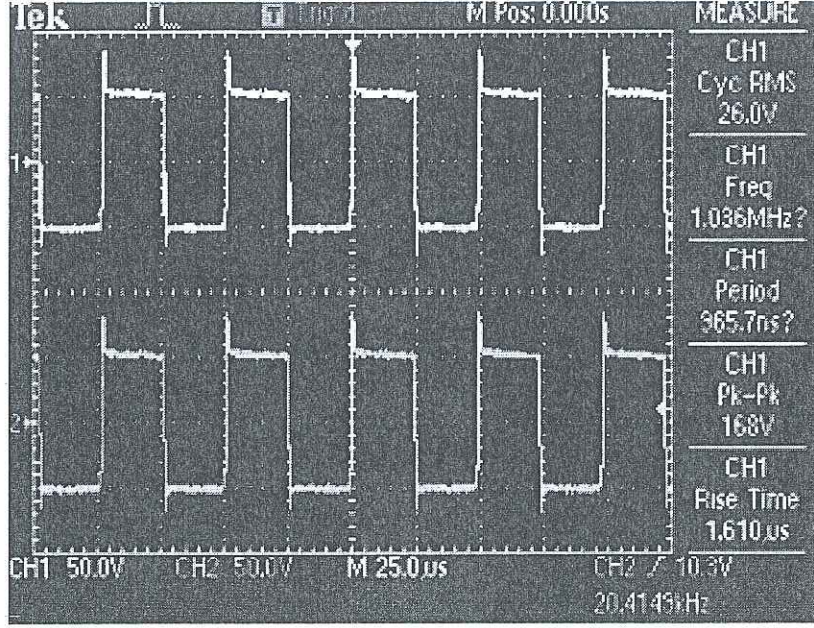
Şekil 3.9 ve şekil 3.10' da gerilim seviyelerinin birbirine yakın olduğu gözlenmektedir. Küçük çapta farklılıkların nedeni ise besleme transformatörünün çıkışlarının aynı değerlerde olmamasındandır.



Şekil 3.11 80 Ohm' luk Yük İçin Primer Uçlarındaki Sinyaller

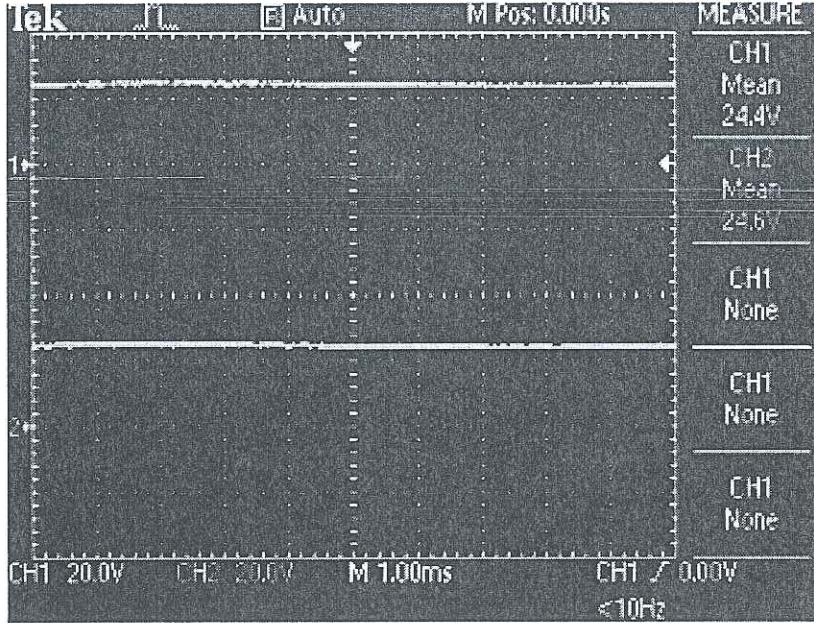
80 Ohm' luk yük için yapılan paralel bağlantı sonucunda primer uçlarındaki sinyaller şekil 3.11' de verimiştir. Şekil incelendiğinde yüklü çalışmadaki gerilim seviyesi yüksüz çalışmadakine nazaran azaldığı görülecektir. Şekilde her iki konvertörün primer uçlarındaki sinyallerin gerilim seviyeleri yaklaşık olarak 52Vpp seviyesinde olduğu görülmektedir.

80 Ohm' luk yük için yapılan paralel bağlantılı çalışmada primer uçlarındaki sinyallerin yüksüz çalışmadakine oranla daha az bozulmuş olduğu ayrıca genliklerinin düştüğü gözlenmiştir. Bu durum şekil 3.5 ve şekil 3.11' de görülmektedir.



Şekil 3.12 80 Ohm' luk Yük İçin Sekonder Uçlarındaki Sinyaller

Primere uygulanan sinyal sekonder tarafında yükseltilir. Yapılan deneyde yüksüz durumda 25Vpp gerilim sekonder tarafında yaklaşık 100Vpp seviyesine yükseltilmiştir. Bu durum şekil 3.11 ve şekil 3.12' de görülmektedir.

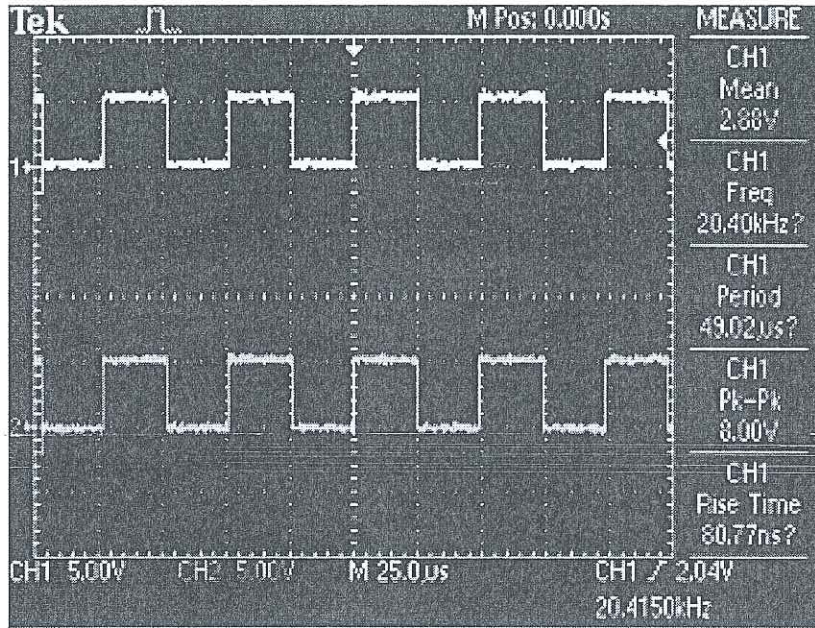


Şekil 3.13 80 Ohm' luk Yük İçin Konvertör Çıkışları

Daha sonra sekonder uçlarındaki sinyaller diyot tarafından doğrultulur ve kondansatör vasıtasıyla filtre edilir böylece DC seviyede bir çıkış sinyali elde edilir. Bu işlemten sonra yüklü paralel çalışmada oluşan DC gerilim değeri yaklaşık 24V civarında ölçülmüştür. Konvertör çıkışları şekil 3.13' te verilmiştir. Yüklü çalışma durumunda gerilim seviyesi yüksüz çalışmaya göre azalmıştır. Bu durum şekil 3.7 ve şekil 3.13' te görülmektedir.

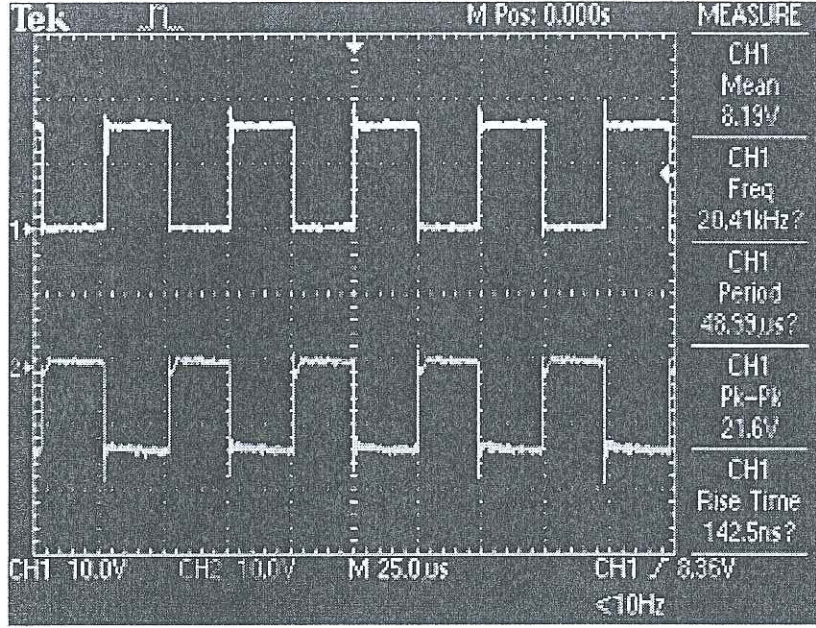
Bir sonraki aşamada konvertörler çıkışları paralel bağlanarak omik-endüktif yük olarak 350 Ohm 1mH-220V/15W değerlerine sahip akkor flamanlı lamba kullanılmış ve sinyal şekillerindeki değişimler gözlenmiştir.

Yüklü ve yüksüz çalışma durumları incelendiğinde her iki durumda da PIC' in çıkışlarındaki sinyal şekillerinde ciddi bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir.



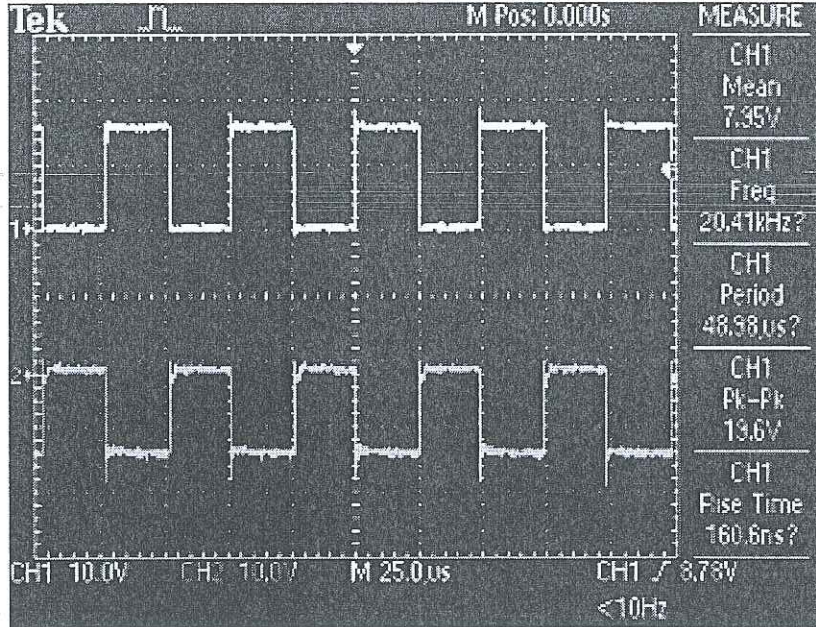
Şekil 3.14 Omik-Endüktif Yük İçin Mikrodenetleyici Çıkışındaki Sinyaller

Paralel bağlantıda omik-endüktif yük için mikrodenetleyici çıkışındaki sinyallerin osilaskop görüntüsü şekil 3.14' te gösterilmiştir.

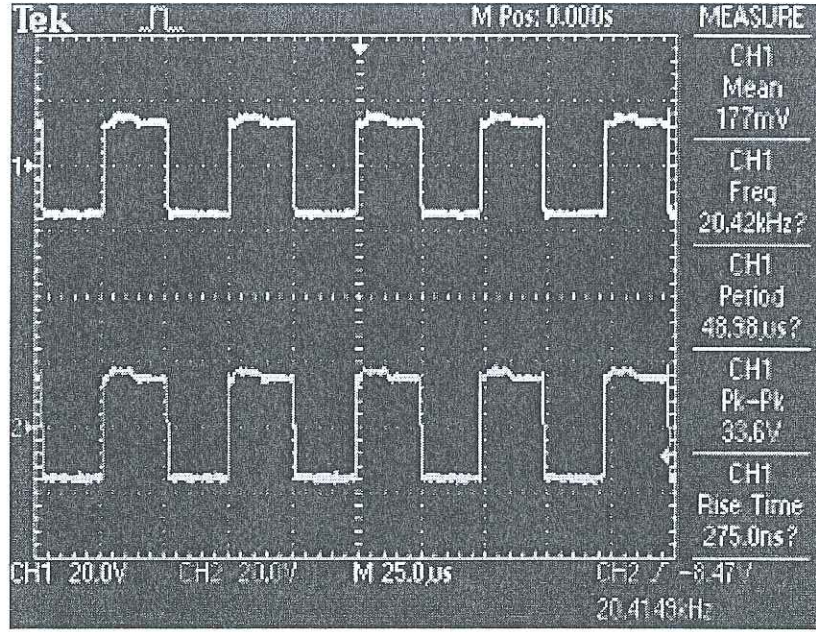


Şekil 3.15 Omik-Endüktif Yük İçin Q1 Ve Q2 Kapı Darbeleri

Omik-endüktif yük için paralel çalışmada kapı darbelerinde daha önce yapılan incelemelerde de olduğu gibi bu kısımda kayda değer bir değişim gözlenmemiştir. Bu durum şekil 3.15 ve şekil 3.16 da görülmektedir.

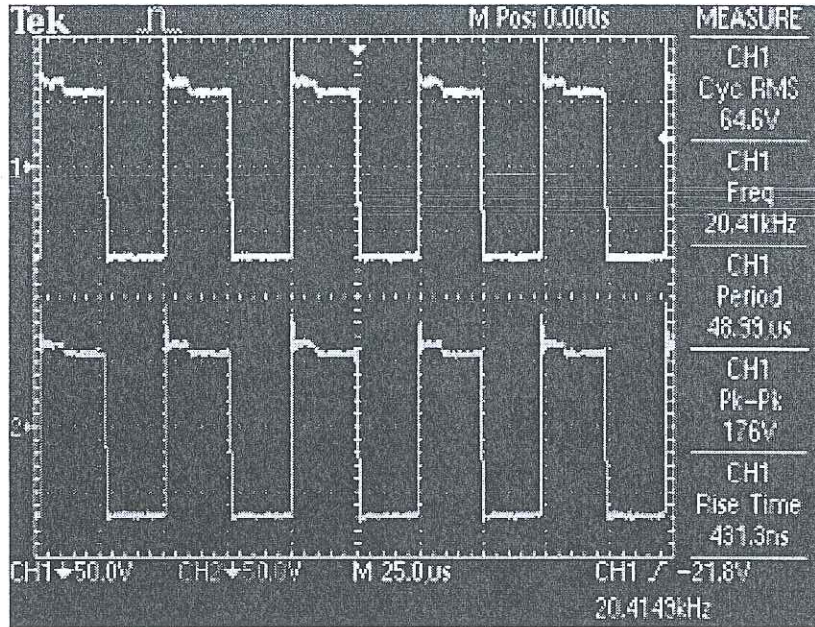


Şekil 3.16 Omik-Endüktif Yük İçin Q3 Ve Q4 Kapı Darbeleri

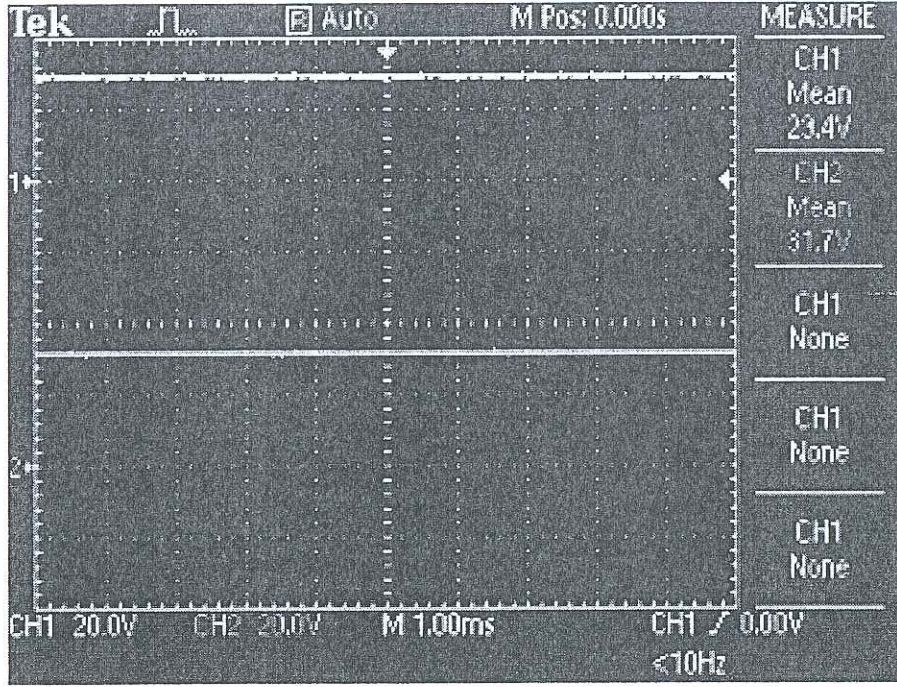


Şekil 3.17 Omik-Endüktif Yük İçin Primer Uçlarındaki Sinyaller

Omik-endüktif yük için paralel çalışmada endüktif etki nedeniyle primer uçlarındaki sinyal şekillerinde bir takım bozukluklara sebebiyet vermiştir. Bu durum şekil 3.15 ve şekil 3.16 da görülmektedir.



Şekil 3.18 Omik-Endüktif Yük İçin Sekonder Uçlarındaki Sinyaller



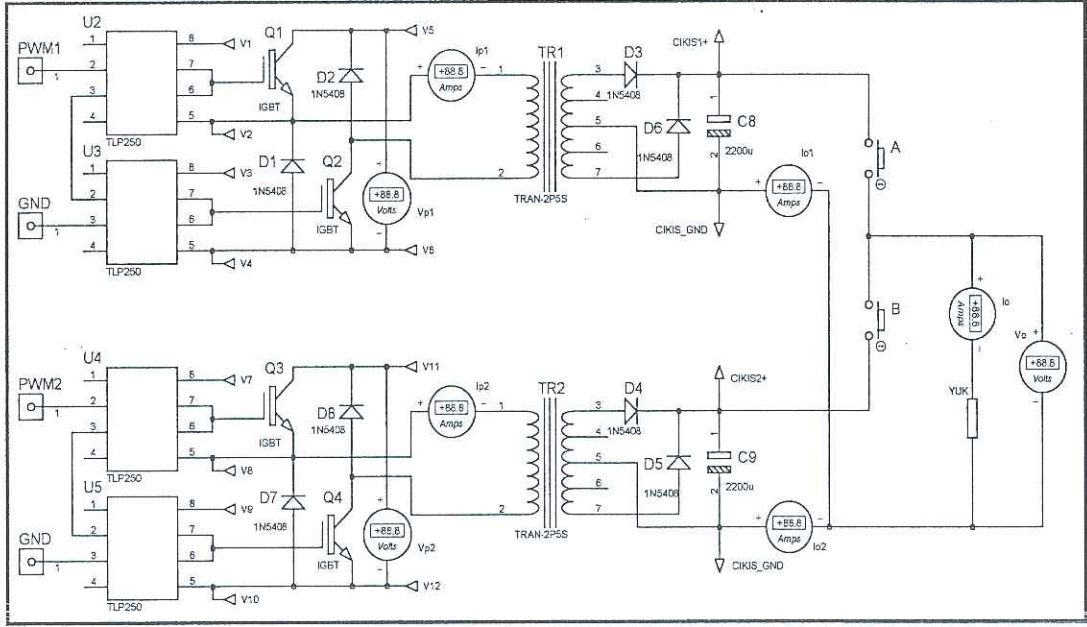
Şekil 3.19 Omik-Endüktif Yük İçin Konvertör Çıkışları

Son olarak konvertör çıkışlarındaki gerilim değerinin 80 Ohm' luk yüke göre biraz daha arttığı gözlemlenmiştir. Konvertör çıkışlarındaki sinyal şekilleri şekil 3.19' da verilmiştir.

3.3 Konvertörlerin Yüksüz Paralel Bağlanması

Bu aşamada her bir konvertör katı için şekil 3.20’ de gösterilen ölçüm noktalarına voltmetre ve ampermetreler bağlanarak aynı anda akım ve gerilim seviyelerindeki değişimler gözlenmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda görev sürelerine göre giriş ve çıkışlardaki akım ve gerilimler ölçülmüştür. Elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılmış böylece verilerin grafiksel olarak analizi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.20 Tekli ve Paralel Bağlantı İçin Ölçüm Noktalarının Gösterimi

Deneylerin ilk aşamasında konvertör çıkışlarına herhangi bir yük bağlanmamış ve tekli çalışma ve paralel bağlantıda çalışma durumları incelenmiştir.

Her iki konvertör birbirinden bağımsız ve özdeş olduğundan tekli çalışma durumlarında birinci konvertör tercih edilmiştir.

Çizelge 3.1 Yüksüz Tekli Çalışma

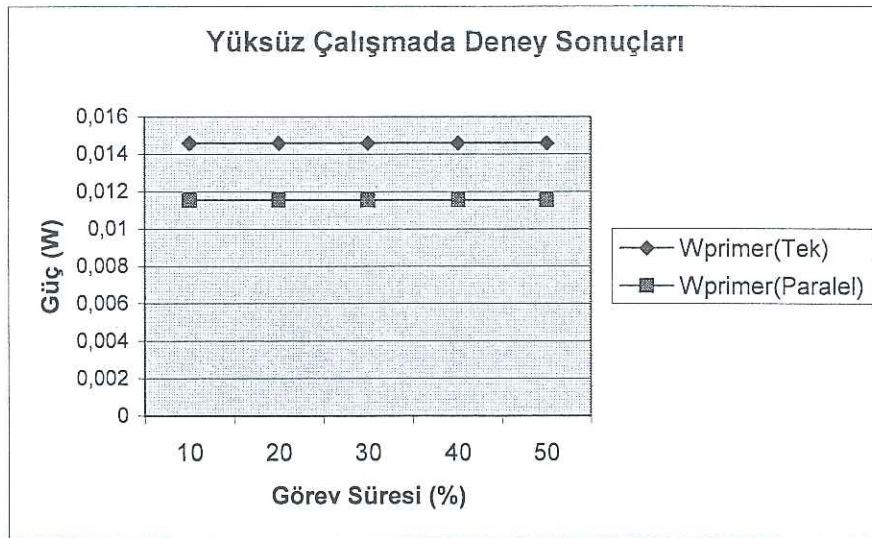
Görev süresi(%)	Tekli Çalışma				
	Vprimer(V)	Iprimer(A)	Wprimer(W)	Vo1(V)	Vo2(V)
10	14,61	0,001	0,01461	32,34	31,97
20	14,61	0,001	0,01461	32,34	31,97
30	14,61	0,001	0,01461	32,34	31,97
40	14,61	0,001	0,01461	32,34	31,97
50	14,61	0,001	0,01461	32,34	31,97

Elde edilen veriler çizelge 3.1 ve çizelge 3.2' de gösterilmektedir.

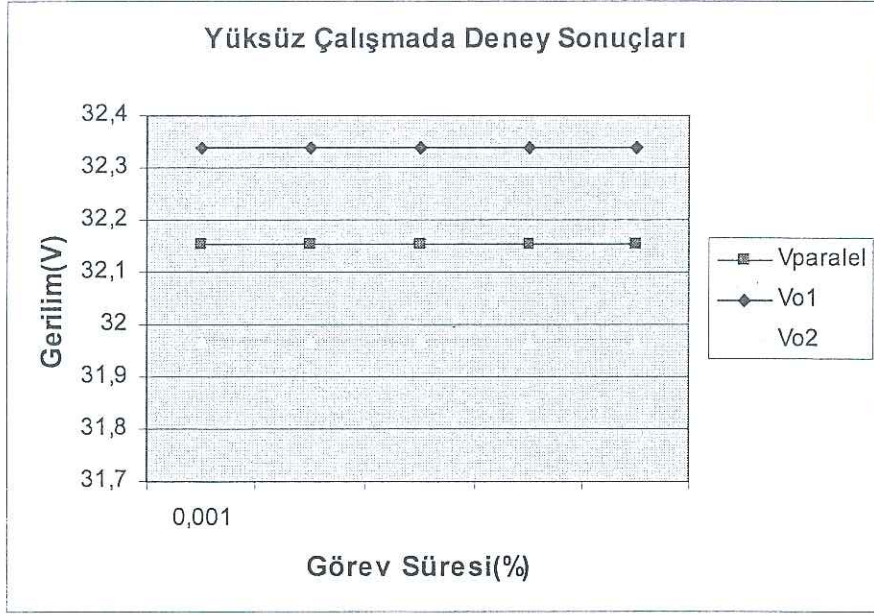
Çizelge 3.2 Yüksüz Paralel Çalışma

Görev süresi(%)	Paralel Bağlantılı Çalışma			
	Vprimer(V)	Iprimer(A)	Wprimer(W)	Vo(V)
10	14,42	0,0008	0,011536	32,155
20	14,42	0,0008	0,011536	32,155
30	14,42	0,0008	0,011536	32,155
40	14,42	0,0008	0,011536	32,155
50	14,42	0,0008	0,011536	32,155

Yüksüz çalışmada; boşa çalışma akımı hariç herhangi bir akım çekilmediği ve harcanan gücün çok düşük olduğu gözlenmiştir.

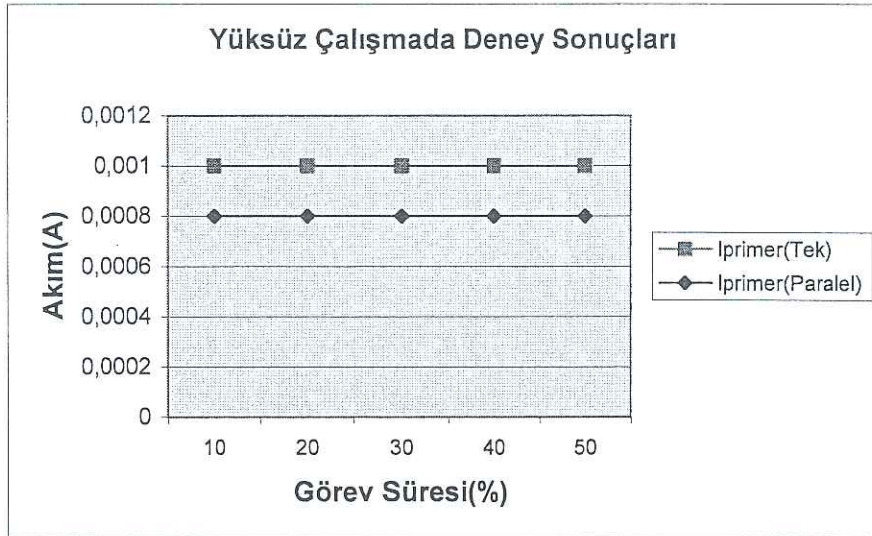


Şekil 3.21 Yüksüz Çalışmada Primer Gücü



Şekil 3.22 Yüksüz Çalışmada Çıkış Gerilimleri

Yüksüz çalışmada; kondansatör sürekli dolmakta ve herhangi bir yük tarafından boşaltılmadığı için gerilim değeri en üst seviyeye çıkmış ve sabit kalmıştır. Aynı şekilde yük olmadığı için de çekilen akım da sıfıra yakındır. Bu durum şekil 3.22 ve şekil 3.23’ te verilmiştir.



Şekil 3.23 Yüksüz Çalışmada Çıkış Akımları

3.4 Konvertörlerin Omik Yük Üzerinden Paralel Bağlanması

Bu aşamada konvertör çıkışlarına farklı direnç değerlerine sahip omik yükler bağlanmış olup tekli ve paralel bağlantıda çalışma durumları incelenmiştir.

3.4.1 16 Ohm Omik Yük İçin Çalışma Durumları

Konvertör çıkışına 16 Ohm' luk omik yük bağlanmış ve sonuçlar gözlenmiştir. Elde edilen veriler çizelge 3.3 ve çizelge 3.4' te gösterilmektedir.

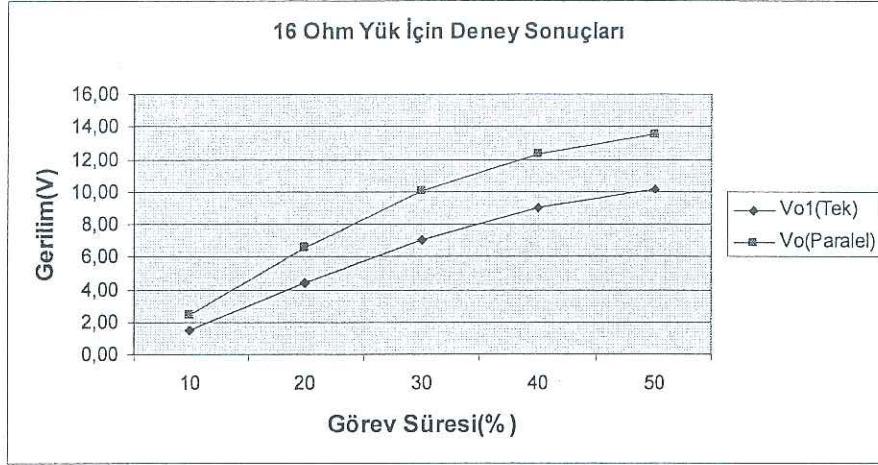
Her iki konvertör birbirinden bağımsız ve özdeş olduğundan tekli çalışma durumlarında birinci konvertör tercih edilmiştir.

Çizelge 3.3 16 Ohm' luk Yük İçin Tekli Çalışma

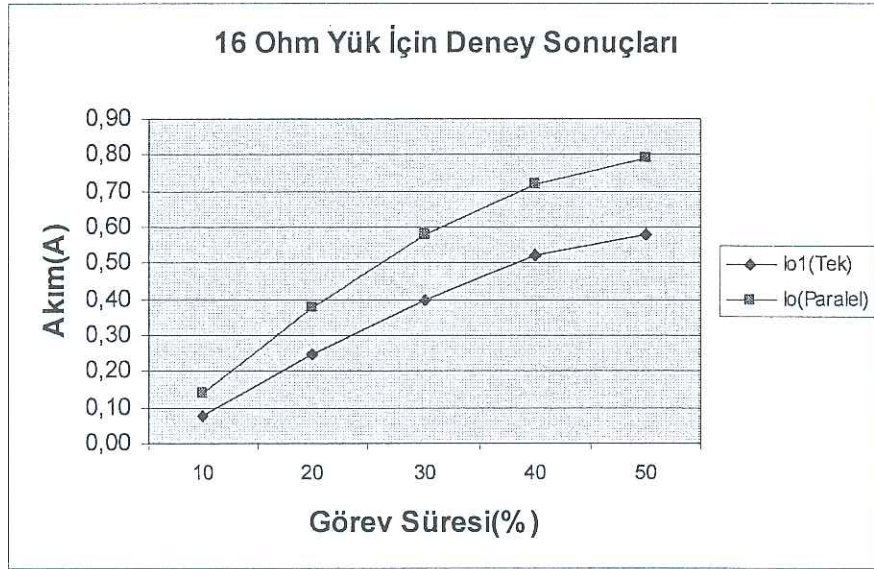
Tekli Çalışma							
Görev süresi(%)	Vp1(V)	Ip1(A)	Wp1(W)	Vo1(V)	Io1(A)	Wo1(W)	η (%)
10	13,7	0,24	3,29	1,53	0,08	0,12	3,72
20	12,9	0,65	8,39	4,43	0,25	1,11	13,21
30	12,4	1,06	13,14	7,10	0,40	2,84	21,61
40	11,9	1,47	17,49	9,00	0,52	4,68	26,75
50	11,3	1,94	21,92	10,15	0,58	5,89	26,85

Çizelge 3.4 16 Ohm' luk Yük İçin Paralel Bağlantılı Çalışma

Paralel Bağlantılı Çalışma							
Görev süresi(%)	Vp(V)	Ip(A)	Wp(W)	Vo(V)	Io(A)	Wo(W)	η (%)
10	14,39	0,38	5,47	2,45	0,14	0,34	6,27
20	13,23	1,03	13,63	6,63	0,38	2,52	18,47
30	13,05	1,59	20,75	10,07	0,58	5,84	28,13
40	12,83	2,10	26,94	12,30	0,72	8,86	32,87
50	12,07	2,69	32,45	13,57	0,79	10,72	33,02

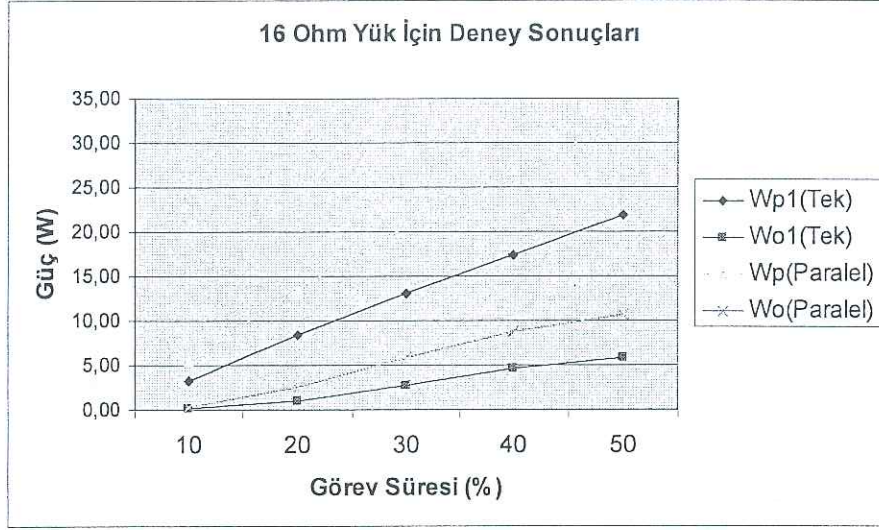


Şekil 3.24 16 Ohm' luk Omik Yük Çıkış Gerilimleri



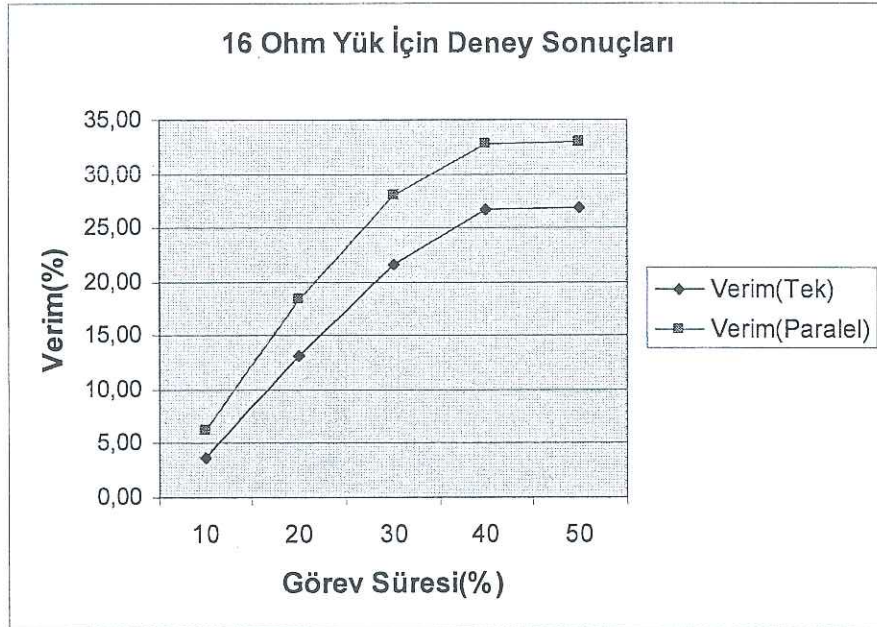
Şekil 3.25 16 Ohm' luk Omik Yük İçin Çıkış Akımları

16 Ohm' luk yük için yapılan deney sonucundaki grafik incelendiğinde çıkışa 16 Ohm' gibi küçük dirençli bir yük bağlandığında çıkıştan çekilen akım arttığı bununla beraber çıkış geriliminin düştüğü görülmektedir. Görev süresi arttırıldıkça aynı oranda çıkış akımı ve geriliminin arttığı gözlemlenmiştir. Çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği şekil 3.24 ve şekil 3.25' te verilmiştir.



Şekil 3.26 16 Ohm' luk Omik Yük İçin Güç

Görev süresi arttırıldığında çıkış akımı ve gerilimi artmış, dolayısıyla harcanan güç te orantılı olarak artmıştır. Paralel bağlantılı çalışmada çıkışta elde edilen akım ve gerilimin tekli çalışmaya göre daha yüksek olduğu, paralel bağlantıda gücün ve verimin arttığı gözlenmiştir. 16 Ohm için güç ve verim grafikleri şekil 3.26 ve şekil 3.27' de verilmiştir.



Şekil 3.27 16 Ohm' luk Omik Yük İçin Verim

3.4.2 64 Ohm' luk Omik Yük İçin Çalışma Durumları

Konvertör çıkışına 64 Ohm' luk omik yük bağlanmış ve sonuçlar gözlenmiştir. Elde edilen veriler çizelge 3.5 ve çizelge 3.6' da gösterilmektedir.

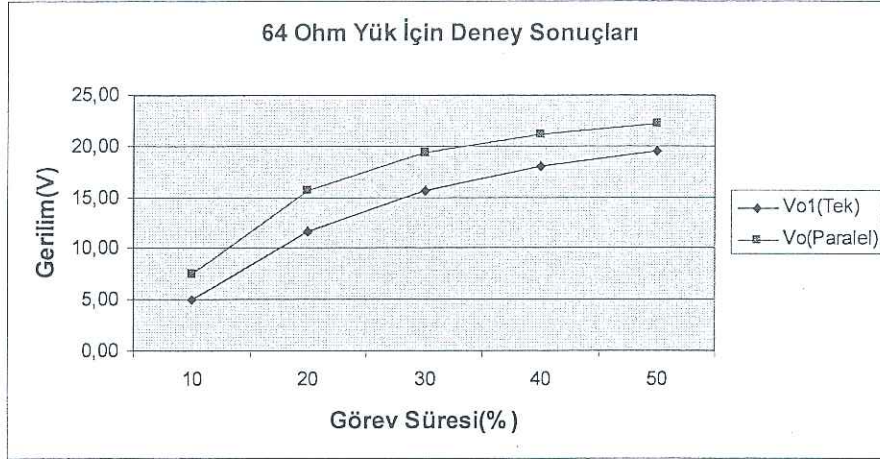
Her iki konvertör birbirinden bağımsız ve özdeş olduğundan tekli çalışma durumlarında birinci konvertör tercih edilmiştir.

Çizelge 3.5 64 Ohm' luk Yük İçin Tekli Çalışma

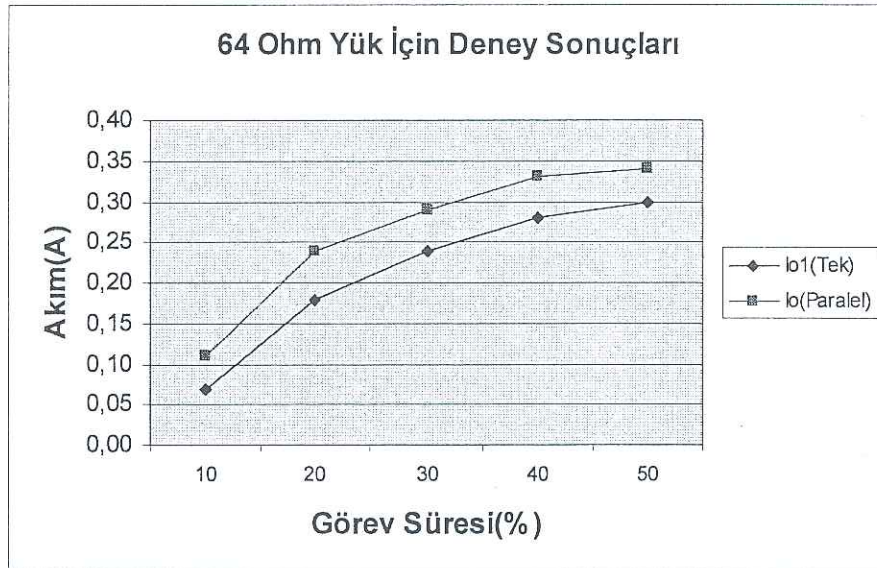
Tekli Çalışma							
Görev süresi(%)	Vp1(V)	Ip1(A)	Wp1(W)	Vo1(V)	Io1(A)	Wo1(W)	η (%)
10	13,7	0,21	2,88	5,00	0,07	0,35	12,17
20	13,2	0,49	6,47	11,62	0,18	2,09	32,34
30	12,9	0,70	9,03	15,70	0,24	3,77	41,73
40	12,6	0,84	10,58	18,10	0,28	5,07	47,88
50	12,4	1,06	13,14	19,50	0,30	5,85	44,51

Çizelge 3.6 64 Ohm' luk Yük İçin Paralel Bağlantılı Çalışma

Paralel Çalışma							
Görev süresi(%)	Vp(V)	Ip(A)	Wp(W)	Vo(V)	Io(A)	Wo(W)	η (%)
10	14,35	0,33	4,74	7,60	0,11	0,84	17,65
20	13,53	0,68	9,20	15,75	0,24	3,78	41,10
30	13,30	0,88	11,70	19,40	0,29	5,63	48,07
40	13,18	1,03	13,58	21,10	0,33	6,96	51,29
50	13,03	1,22	15,90	22,13	0,34	7,52	47,32

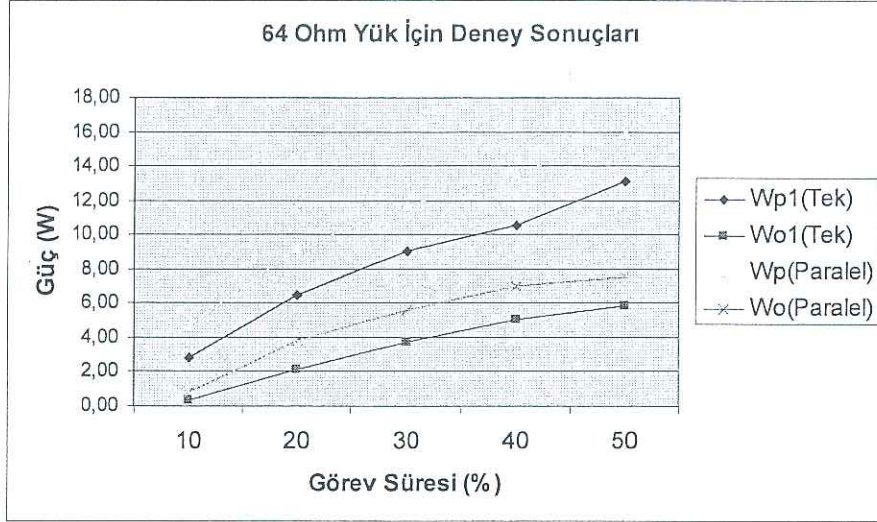


Şekil 3.28 64 Ohm' luk Omik Yük Çıkış Gerilimleri



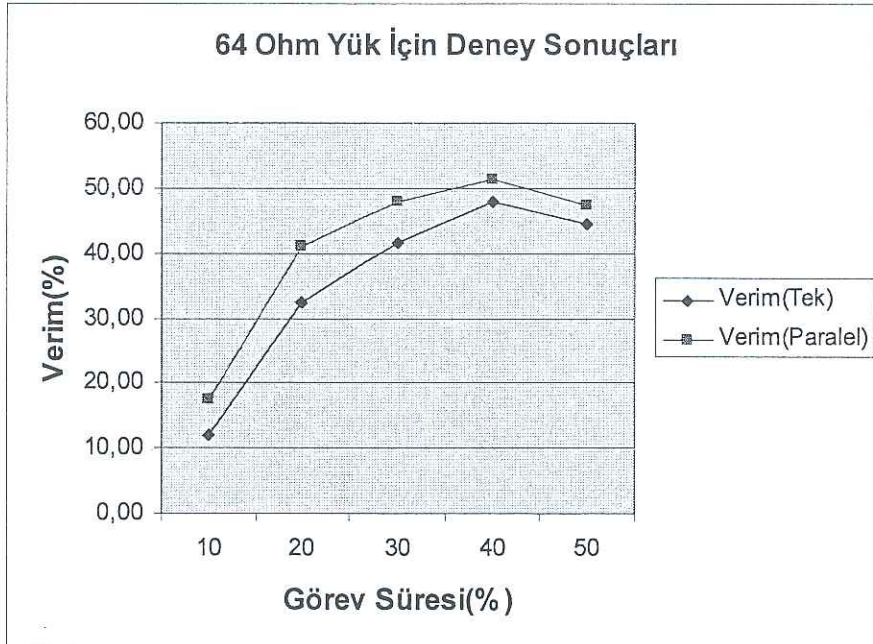
Şekil 3.29 64 Ohm' luk Omik Yük İçin Çıkış Akımları

64 Ohm' luk yük için yapılan deney sonucundaki grafik incelendiğinde yük direnç değeri artırıldığında çıkıştan çekilen akım azalmakta bununla beraber çıkış geriliminin arttığı görülmektedir. Görev süresi arttırıldıkça aynı oranda çıkış akımı ve geriliminin arttığı gözlemlenmiştir. Çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği şekil 3.28 ve şekil 3.29' da verilmiştir.



Şekil 3.30 64 Ohm' luk Omik Yük İçin Güç

Görev süresi arttırıldığında çıkış akımı ve gerilimi artmış, dolayısıyla harcanan güç te orantılı olarak artmıştır. Paralel bağlantılı çalışmada çıkışta elde edilen akım ve gerilimin tekli çalışmaya göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Paralel bağlantıda gücün ve verimin arttığı gözlenmiştir. 64 Ohm için güç ve verim grafiği şekil 3.26 ve şekil 3.27' de verilmiştir.



Şekil 3.31 64 Ohm' luk Omik Yük İçin Verim

3.4.3 220 Ohm' luk Omik Yük İçin Çalışma Durumları

Konvertör çıkışına 220 Ohm' luk omik yük bağlanmış ve sonuçlar gözlenmiştir. Elde edilen veriler çizelge 3.7 ve çizelge 3.8' de gösterilmektedir.

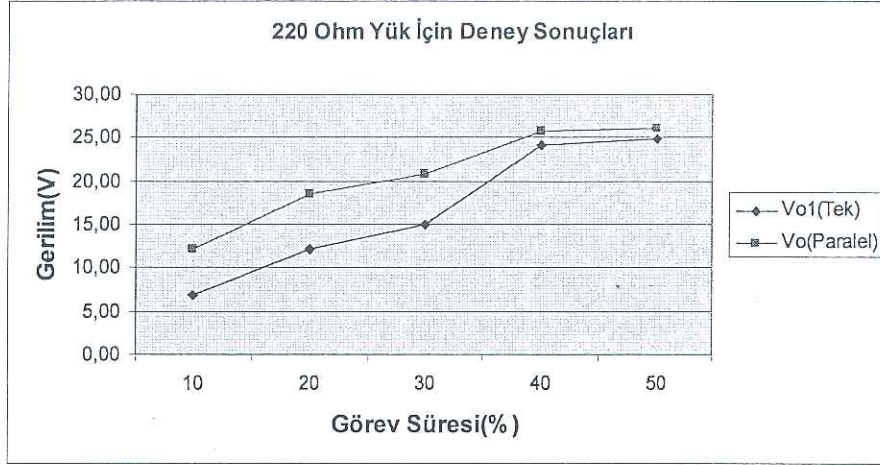
Her iki konvertör birbirinden bağımsız ve özdeş olduğundan tekli çalışma durumlarında birinci konvertör tercih edilmiştir.

Çizelge 3.7 220 Ohm' luk Yük İçin Tekli Çalışma

Tekli Çalışma							
Görev süresi(%)	V _{p1} (V)	I _{p1} (A)	W _{p1} (W)	V _{o1} (V)	I _{o1} (A)	W _{o1} (W)	η(%)
10	14,03	0,09	1,30	6,95	0,03	0,21	15,98
20	13,85	0,17	2,31	12,19	0,05	0,64	27,88
30	13,72	0,22	3,05	14,94	0,06	0,97	31,78
40	13,43	0,38	5,10	24,20	0,10	2,52	49,32
50	13,49	0,42	5,67	24,92	0,12	2,92	51,46

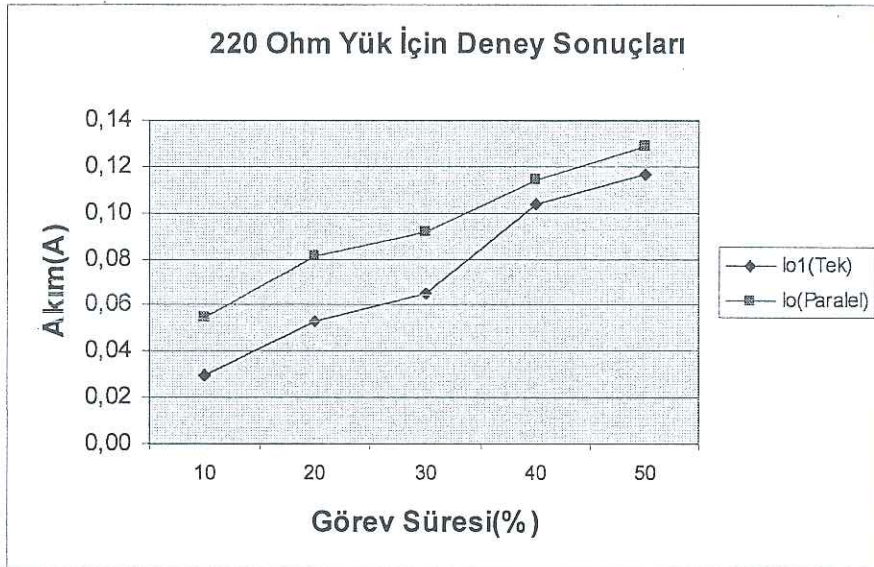
Çizelge 3.8 220 Ohm' luk Yük İçin Paralel Bağlantılı Çalışma

Paralel Çalışma							
Görev süresi(%)	V _p (V)	I _p (A)	W _p (W)	V _o (V)	I _o (A)	W _o (W)	η(%)
10	14,36	0,16	2,34	12,26	0,05	0,67	28,60
20	14,20	0,25	3,56	18,45	0,08	1,49	41,93
30	14,10	0,31	4,30	20,76	0,09	1,90	44,17
40	13,98	0,40	5,59	25,77	0,11	2,94	52,54
50	13,95	0,43	6,00	26,12	0,13	3,36	56,08



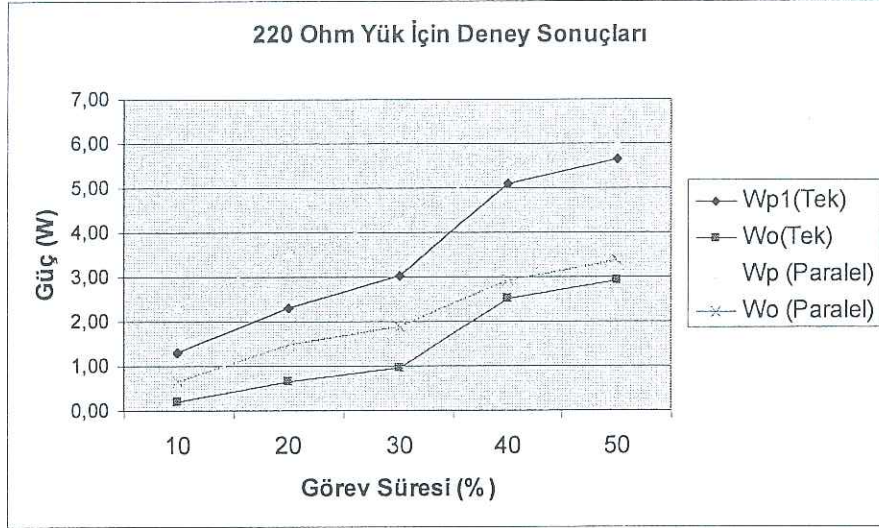
Şekil 3.32 220 Ohm' luk Omik Yük Çıkış Gerilimleri

220 Ohm' luk yük için yapılan deney sonucundaki grafik incelendiğinde yük direnci artırıldığında çıkıştan çekilen akım azalmakta bununla beraber çıkış geriliminin arttığı görülmektedir. Görev süresi arttırıldıkça aynı oranda çıkış akımı ve geriliminin arttığı gözlemlenmiştir.



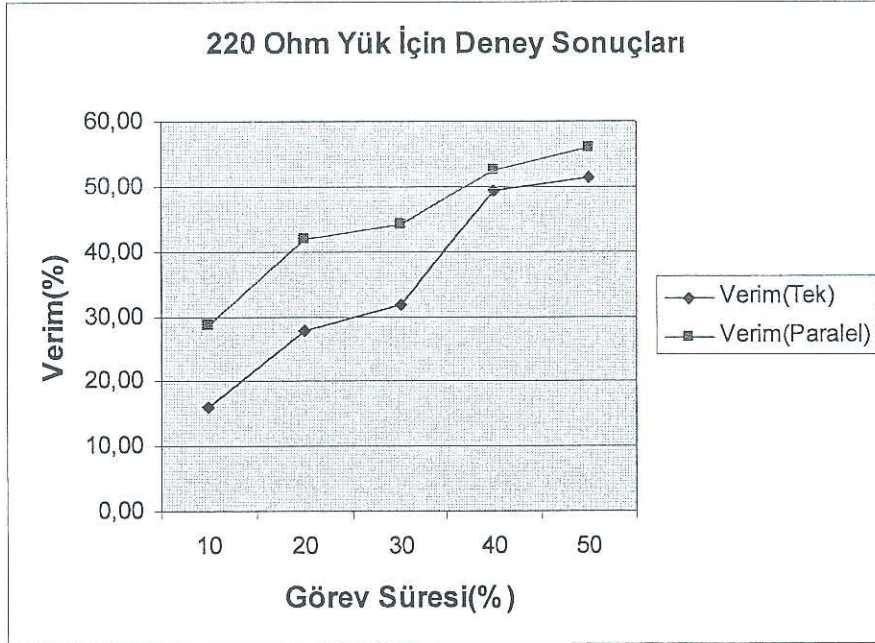
Şekil 3.33 220 Ohm' luk Omik Yük Çıkış Akımları

Grafiklerde inişli çıkışlı durumlara da rastlanılmaktadır. Bunun nedeni deney sırasında deney devresi elemanlarının ısınması ve çabuk soğumamasıdır. Deneye ara verilip tekrar kalınan yerden başlanıldığında aynı sonuçlar alınmayabilmektedir. Çıkış akımı ve çıkış gerilimi grafiği şekil 3.32 ve şekil 3.33' te verilmiştir.



Şekil 3.34 220 Ohm' luk Omik Yük İçin Güç

Görev süresi arttırıldığında çıkış akımı ve gerilimi artmış, dolayısıyla harcanan güç te orantılı olarak artmıştır. Paralel bağlantılı çalışmada çıkışta elde edilen akım ve gerilimin tekli çalışmaya göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Paralel bağlantıda gücün ve verimin arttığı gözlenmiştir. 220 Ohm için güç ve verim grafiği şekil 3.34 ve şekil 3.35' te verilmiştir.

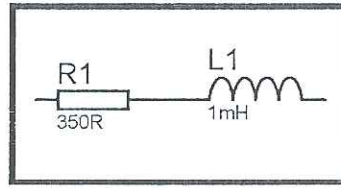


Şekil 3.35 220 Ohm' luk Omik Yük İçin Verim

3.5 Omik-Endüktif Yük İçin Çalışma Durumları

Konvertör çıkışına şekil 3.54' de eşleniği verilen omik-endüktif yük (220Volt-15Watt Akkor Lamba) bağlanmış ve sonuçlar gözlenmiştir. Elde edilen veriler çizelge 3.19 ve çizelge 3.20' de gösterilmektedir.

Her iki konvertör birbirinden bağımsız ve özdeş olduğundan tekli çalışma durumlarında birinci konvertör tercih edilmiştir.



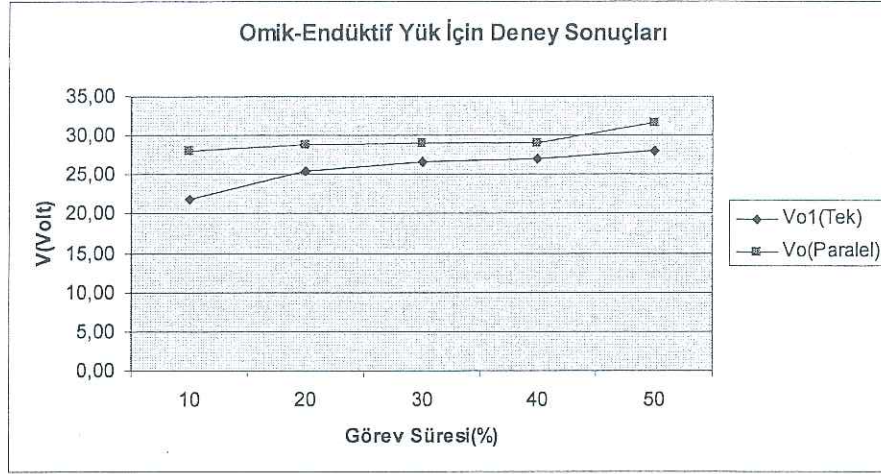
Şekil 3.36 Omik-Endüktif Yükün Eşlenik Devresi

Çizelge 3.9 Omik-Endüktif Yük İçin Tekli Çalışma

Tekli Çalışma							
Görev süresi(%)	Vp1(V)	Ip1(A)	Wp1(W)	Vo1(V)	Io1(A)	Wo1(W)	η (%)
10	14,1	0,05	0,71	21,80	0,01	0,22	30,92
20	14	0,06	0,84	25,50	0,02	0,38	45,54
30	14	0,07	0,91	26,60	0,02	0,48	52,62
40	14	0,07	0,98	27,00	0,02	0,51	52,35
50	14	0,08	1,09	28,00	0,02	0,56	51,28

Çizelge 3.10 Omik-Endüktif Yük İçin Paralel Bağlantılı Çalışma

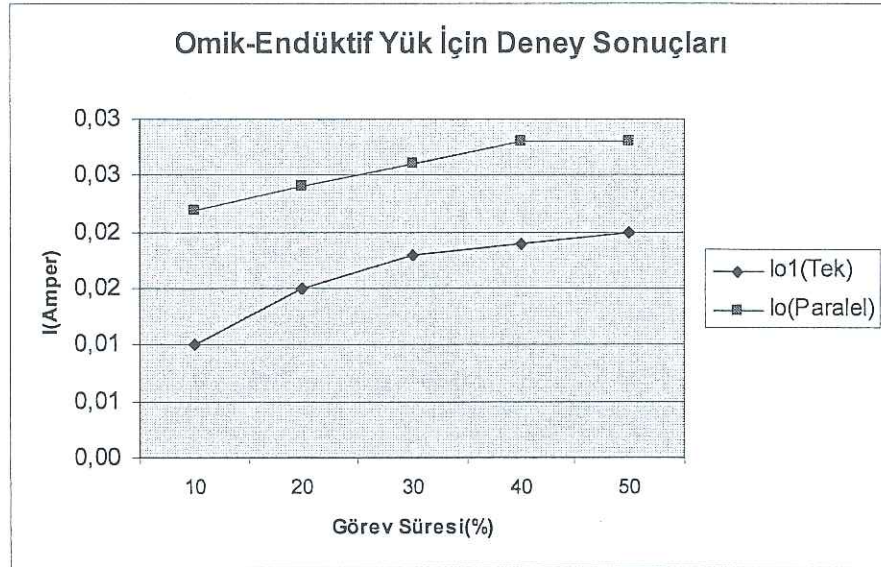
Paralel Çalışma							
Görev süresi(%)	Vp(V)	Ip(A)	Wp(W)	Vo(V)	Io(A)	Wo(W)	η (%)
10	14,65	0,07	1,04	28,00	0,02	0,62	59,22
20	14,68	0,07	1,07	28,80	0,02	0,69	64,52
30	14,61	0,08	1,10	28,95	0,03	0,75	68,72
40	14,62	0,08	1,13	29,00	0,03	0,81	72,13
50	14,49	0,08	1,14	31,60	0,03	0,88	77,29



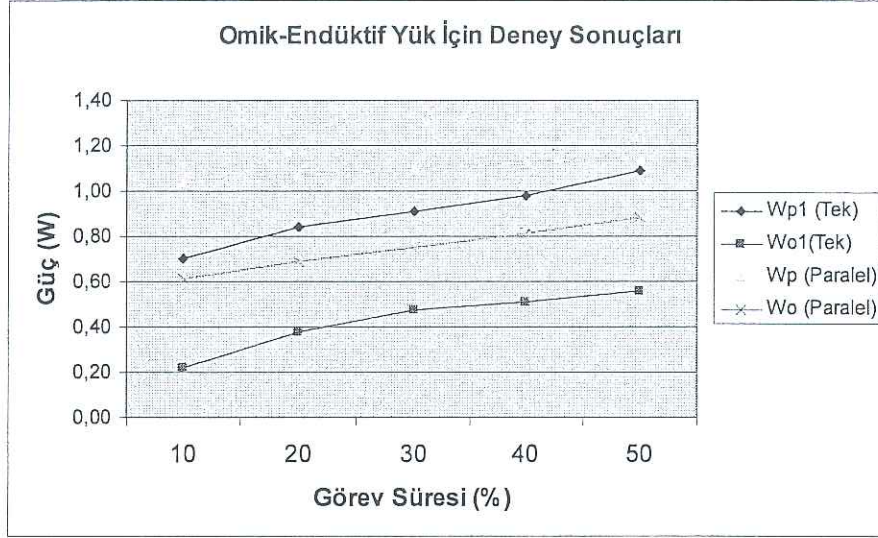
Şekil 3.37 Omik-Endüktif Yük İçin Çıkış Gerilimleri

Konvertörün tekli çalışmasında yük devreye girdiğinde konvertör çıkışının yaklaşık DC 22V seviyesine düştüğü bununla birlikte çekilen akımın 10mA civarında olduğu gözlenmiştir. Konvertör paralel bağlandığında ise gerilim seviyesinin artarak 26V seviyesine çıktığı, çıkış akımının da artarak 26mA seviyesine yükseldiği gözlenmiştir.

Tekli ve paralel çalışmada çıkış akım ve gerilimleri şekil 3.37 ve şekil 3.38' de verilmiştir.



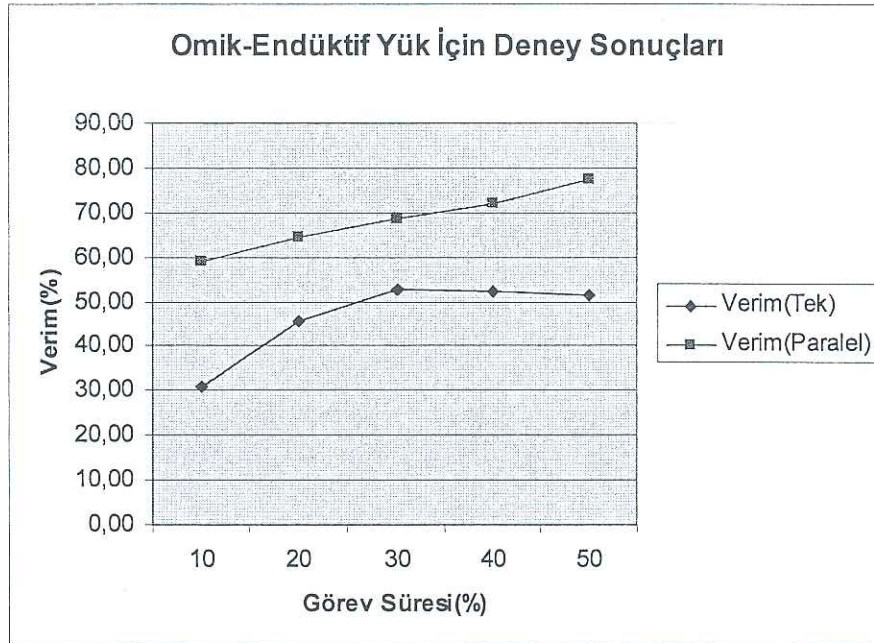
Şekil 3.38 Omik-Endüktif Yük İçin Çıkış Akımları



Şekil 3.39 Omik-Endüktif Yük İçin Güç

Paralel bağlantılı çalışmada gerek primer gerekse sekonderde harcanan güçlerin tekli çalışmaya nazaran artış gösterdiği gözlenmiştir. Yine paralel bağlantılı çalışmada sistemin veriminin tekli çalışmaya nazaran arttığı gözlenmiştir.

Tekli ve paralel çalışma durumlarındaki güç ve verim grafikleri şekil 3.39 ve şekil 3.40' ta verilmiştir.



Şekil 3.40 Omik-Endüktif Yük İçin Verim

4. DENEYSEL VERİLERİN ANALİZİ

Bu bölümde önceki bölümde yapılan deneyler ve elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak tasarımı yapıp gerçekleştirilen sistemin çalışma şartları ile ilgili analizlere yer verilmiştir. Ayrıca bu sonuçlardan faydalanılarak bazı öneriler sunulmuştur.

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği üzere Flyback konvertörler 100Watt-150Watt'lık güçlere kadar istenilen çalışma şartlarını sağlamaktadır. Daha yüksek güçlerde ideal çalışma şartlarından uzaklaşmakta buna bağlı olarak verim de azalmaktadır. Konvertörün verebileceği maksimum güce yaklaşıldıkça çıkış gerilimi ile kontrol sinyalinin görev süresi arasındaki doğrusal artış ilişkisi de ortadan kalkmaktadır. Bunun önüne geçmek için daha yüksek güçlerde çalışabilecek bir transformatörün kullanılması bir çözüm gibi görünse de bu durum kayıpların artmasına, verimin düşmesine, maliyetin ve hacmin artmasına sebep olacaktır.

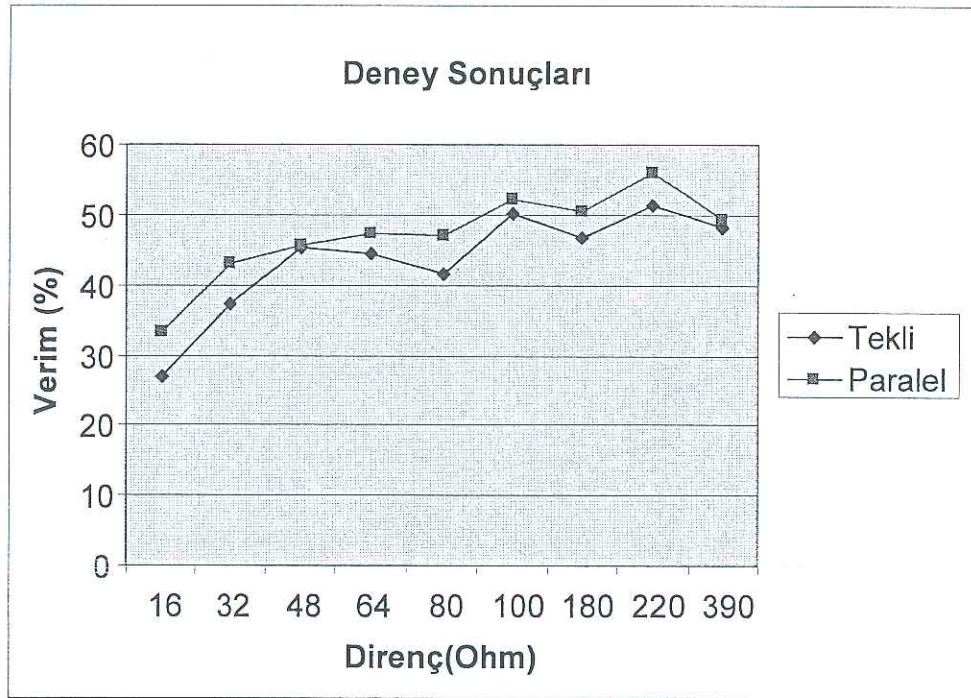
Üçüncü bölümde yapılan deneylere göre tek bir Flyback konvertör için 10Watt' a kadar çıkış gücü alınabilmektedir. Maksimum gücün ve verimin elde edildiği durum PWM sinyalinin görev süresinin %50 olduğu durumdur. %50 görev süresinde %40' a varan verimlere ulaşılmıştır. Konvertörün verebileceği maksimum güce yaklaşıldığında çıkış gerilimi sabit kalmakta, çıkış akımı artış göstermektedir. Bu da çıkış gerilimi ile görev süresi arasındaki orantılı artışın ortadan kalktığının göstergesidir.

İki Flyback konvertör paralel bağlandığında ise 20Watt' a kadar çıkış gücü alınabilmektedir. Maksimum gücün ve verimin elde edildiği durum PWM sinyalinin görev süresinin %50 olduğu durumdur. %50 görev süresinde %55' e varan verimlere ulaşılmıştır. Konvertörün verebileceği maksimum güce yaklaşıldığında çıkış gerilimi sabit kalmaktadır. Bu da çıkış gerilimi ile görev süresi arasındaki orantılı artışın ortadan kalktığının göstergesidir. Ancak paralel bağlantıda doğru orantının bozulma şartında tek konvertörlü bağlantıya göre yaklaşık %20' lik bir iyileşme gerçekleşmektedir. Ayrıca paralel bağlantıda, tek çıkışlı bağlantıya göre verimde de %30' luk bir iyileşme gerçekleşmiştir.

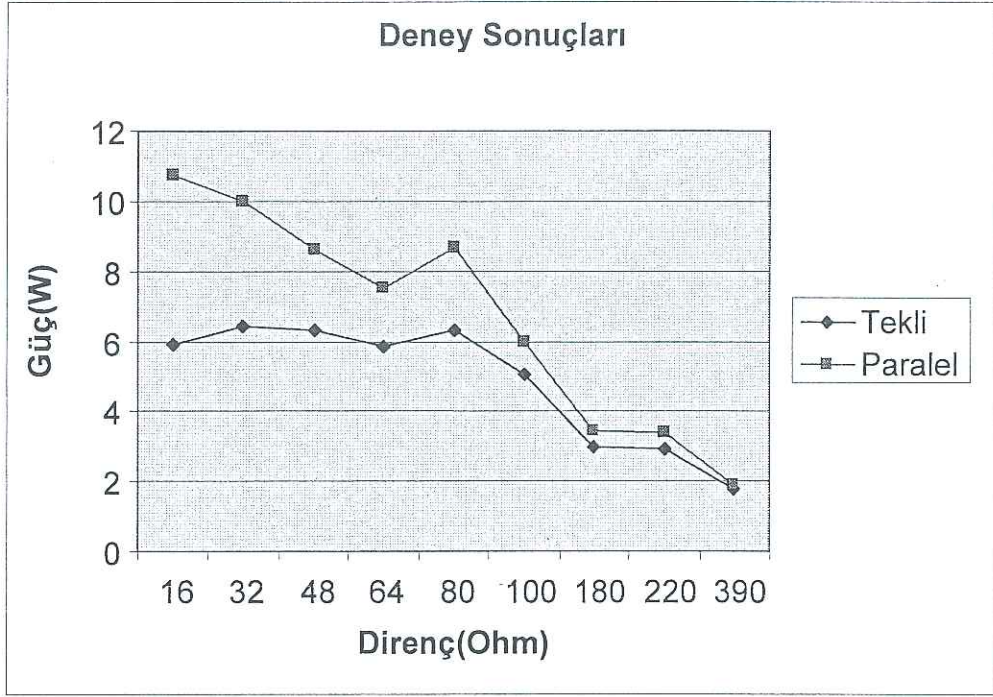
Yük direncinin artması ile beraber verim artmaktadır. Ayrıca görev süresi ile çıkış gerilimi arasındaki doğru orantı daha yüksek gerilimlere kadar sürmektedir.

Bu sonuçlardan anlaşılıyor ki, çok yüksek güçlere sahip DC çıkışlar elde etmek için düşük güçlerde gerçekleştirilen Flyback konvertörler paralel bağlanabilir. Bu durumda hacim, maliyet ve kayıplar azaltılmış olur.

Flyback konvertörlerin tek ve paralel bağlı çalışma durumlarında aynı yükü beslemelerine göre elde edilen güç ve verim grafikleri şekil 3.41 ve şekil 3.42' de sunulmuştur. Şekiller incelendiğinde verimin düşük direnç değerlerinde küçük, büyük direnç değerlerinde ise daha yüksek olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.41 Konvertör Veriminin Yüke Göre Değişimi



Şekil 3.42 Konvertör Gücünün Yüke Göre Değişimi

SONUÇ

Yapılan çalışmada iki adet konvertör tasarlanmıştır. Bu konvertörler farklı yükler kullanılarak tek ve paralel bağlanarak çalıştırılmıştır. Çalışma durumları görev süresinin farklı değerlerinde yapılmış olup en verimli durumun yüzde elli olduğu tespit edilmiştir. Konvertör verimleri incelendiğinde paralel bağlı konvertör veriminin aynı yükü beslemeleri durumunda tekliye göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Verim hesabı yük tarafında ölçülen akım ve gerilim çarpımının konvertörü besleyen DC kaynaktan çekilen akım ve gerilimin çarpımına oranı olarak hesaplanmıştır. Verimin anahtarlama süresinin yüzde elli olması durumunda maksimum olduğu ve yük drenajının küçük değerlerinde düşük, büyük değerlerinde ise daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Tek konvertör gücünün beslemek için yeterli olmadığı yüklerde iki konvertörün paralel bağlanarak bu yükü beslemelerinin mümkün olduğu tespit edilmiştir. Paralel bağlamada olumsuz herhangi bir durumla karşılaşmamıştır. Paralel bağlı konvertörlerin mümkünse görev süresinin yüzde elli oranında tutulması önerilmektedir. Görev süresinin yüzde elliyi aşması durumunda primer tarafındaki tetikleme sinyallerinin bozulduğu ve kontrolün zorlaştığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] K.I. Arshak, B. Almkhtar, The design and development of a novel flyback planar transformer for high frequency switch mode DC-DC converter applications, *Microelectronics Journal*, **31**, (2000), 929-935.
- [2] Sangsun Kim, and Prasad N. Enjeti, A Parallel-Connected Single Phase Power Factor Correction Approach with Improved Efficiency, *IEEE Transactions on Power Electronics*, **19**, (2004), 87-93.
- [3] Nobuyuki Kasa and Takahiko Iida, Flyback Type Inverter for Small Scale Photovoltaic Power System, *IEEE Transactions On Industrial Electronics*, **52** (2002), 1089-1094.
- [4] Jhuo-Yan Lee, Lung-Sheng Yang, Tsrong- Juu Liang, and Ming-Yang Cheng, Analysis and Implementation of Interleaved Single-Stage Single-Phase AC-DC Boost-Flyback Converter, *Power Electronics and Motion Control Conference, 2009. IPEMC '09. IEEE 6th International*, (2009), 678-682.
- [5] Dakshina Murthy-Bellur, Marian K. Kazimierczuk, Two-Switch Flyback-Forward PWM DC-DC Converter with Reduced Switch Voltage Stres, *IEEE*, (2010), 3705-3708.
- [6] Metin Demirtaş, Süleyman Kavak, Mustafa Taşçı, PIC 16F877 Kullanılarak Kontrol Eğitimi İçin Flyback DC/DC Dönüştürücü Tasarımı, *Tok' 10, Gebze*, (2010).
- [7] Tarık Kırarç, Güç Çarpanı Düzeltilmiş Çok Çıkışlı Anahtarlamalı Kaynak Teori Ve Uygulaması, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2007).
- [8] Chung H., Hui S.Y.R., Wang W.H., "An Isolated Fully Soft-Switched Flyback Converter with Low Voltage Stress", *Power Electronics Specialists Conference*, **2**, (1997), 1417 – 1423.
- [9] Henry S.H. Chung, Wai-leung Cheung, Kam-shing Tang, "A ZCS Bidirectional Flyback Converter", *Power Electronics Specialists Conference, IEEE*, **2**, (2004), 1506 – 1512
- [10] Chen, T.H., Lin, W.L., Liaw, C.M., "Dynamic modeling and controller design of flyback converter", *IEEE Transactions on*, **35**, (1999), 1230 – 1239.
- [11] Pressman A.I., "Switching Power Supply Design", Second Ed. McGraw-Hill, (1998) 105-140.

[12] Prieto, R., Cobos, J.A., Garcia, O., Asensi, R., Uceda, J., “Optimizing the winding strategy of the transformer in a flyback converter” Power Electronics Specialists Conference, 1996. PESC '96 Record., 27th Annual IEEE, 2, (1996), 1456 – 1462.

[13] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/32418/TOSHIBA/TLP250.html> erişim tarihi 09.06.2011 03.44.05

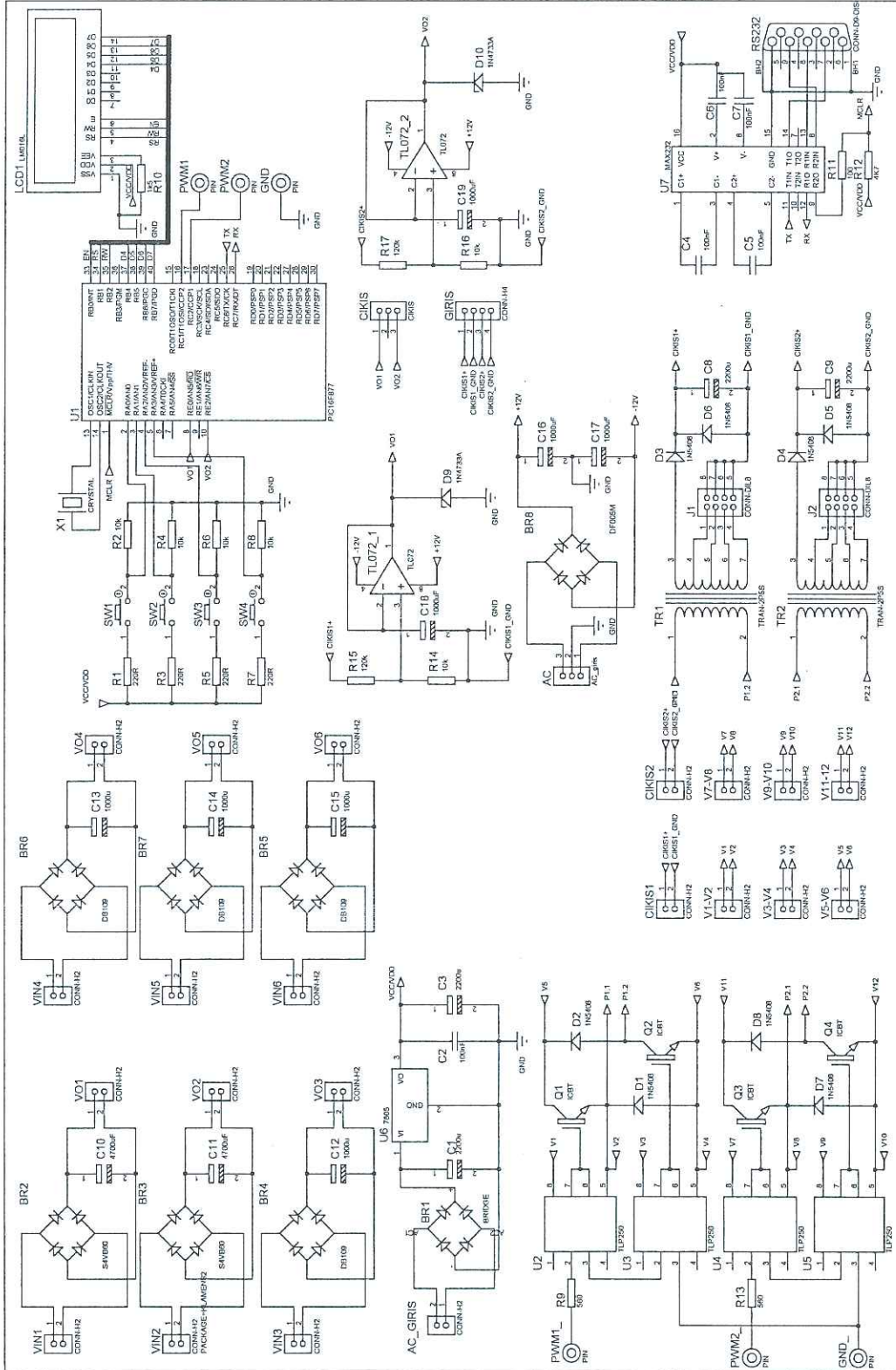
[14] <http://www.datasheetarchive.com/pdf-datasheets/Datasheets-34/DSA-666950.html> erişim tarihi 09.06.2011 02.44.05

[15] <http://world.honda.com/ASIMO/>

[16] <http://www.picproje.org/index.php?topic=8927.0> erişim tarihi 09.06.2011 02.27.0

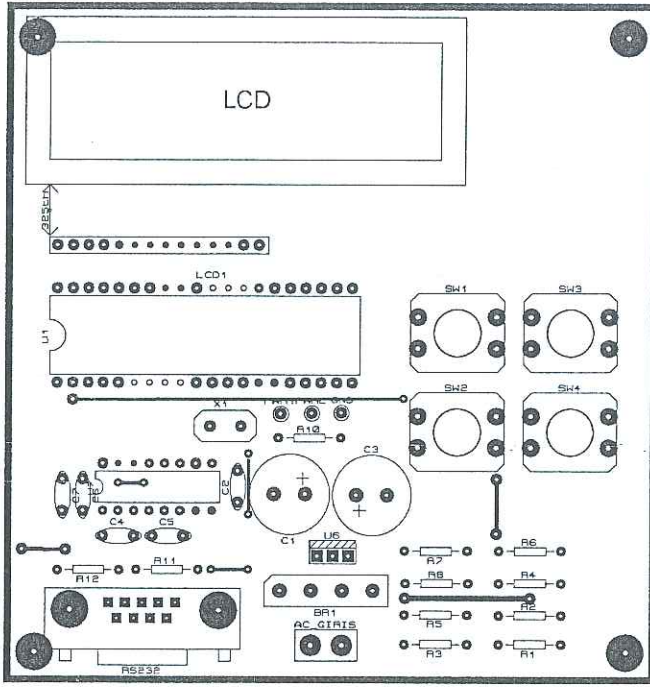
EKLER

EK A: DENEY DÜZENEĞİ DEVRE ŞEMASI

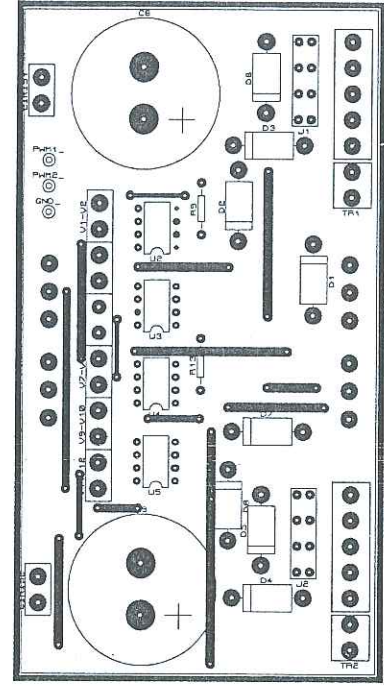


(a) Deney Düzenegi Devre Şemasi

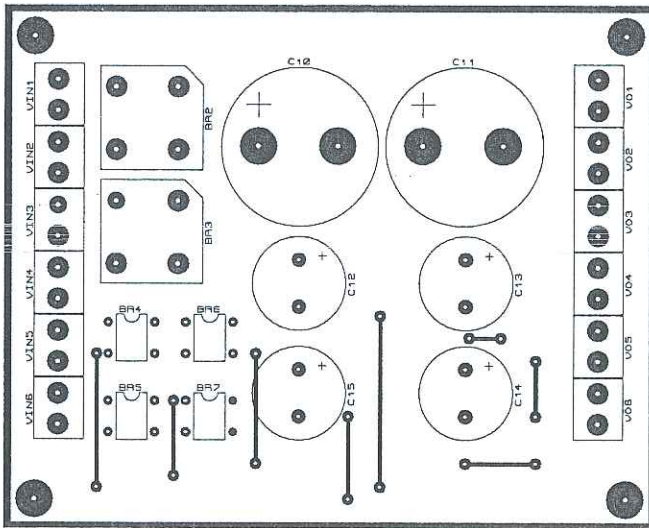
EK B: DENEY DÜZENEĞİ YERLEŞİM PLANLARI



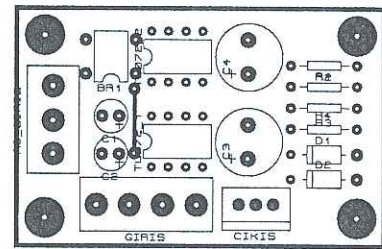
(a) Kontrol Ünitesi



(b) Sürücü Ünitesi

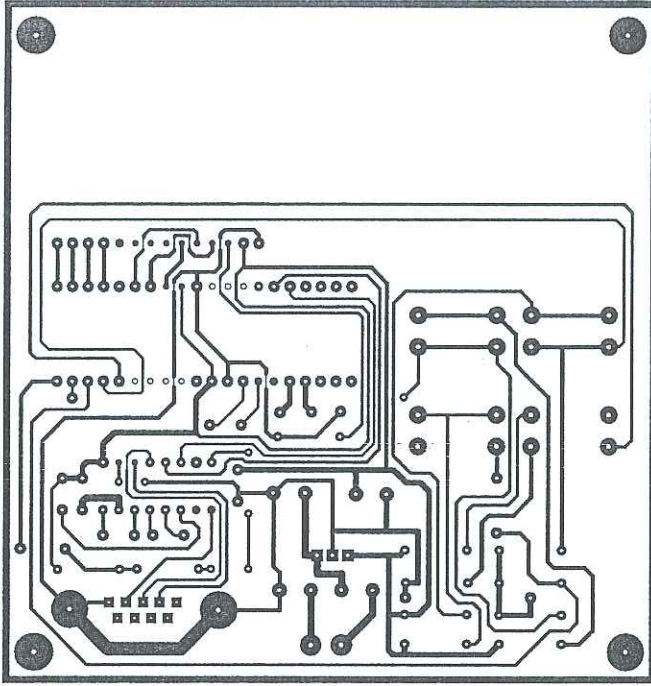


(c) Besleme Ünitesi

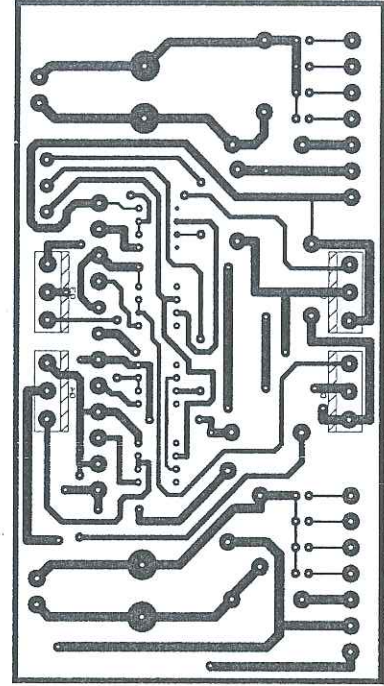


(d) ADC Ünitesi

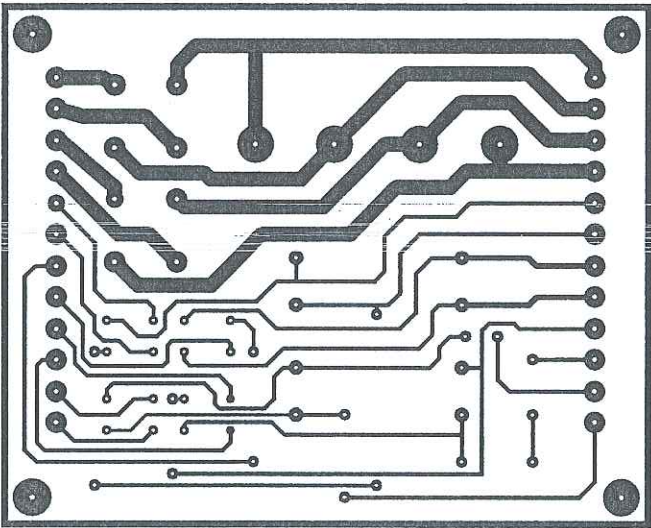
EK C: DENEY DÜZENEĞİ BASKILI DEVRE GÖRÜNÜŞLERİ



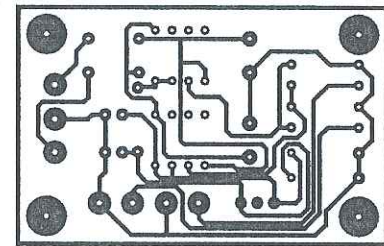
(a) Kontrol Ünitesi



(b) Sürücü Ünitesi



(c) Besleme Ünitesi



(d) ADC Ünitesi

EK D: CCS C İLE YAZILAN MİKRODENETLEYİCİ YAZILIMI

```
#include <16f877.h>
#device ADC=10

#fuses
XT,NOWDT,NOPROTECT,NOBROWNOUT,NOLVP,NOPUT,NOWRT,NO
DEBUG,NOCPD
#use delay(clock=4000000)
#use fast_io(e)
#use fast_io(c)
#define use_portb_lcd TRUE
#include <lcd.c>
#INT_AD

float voltaj1,voltaj3,veri1,veri2,veri3,veri6,veri5;
int i=1;
int duty,x,y;
char z='%';

//***** ANA PROGRAM FONKSİYONU*****

void main()
{

    set_tris_a(0x0f);
    set_tris_c(0x00);
    set_tris_e(0x0F);
    output_c(0x00);

    setup_ccp1(CCP_PWM);
    setup_ccp2(CCP_PWM);

    setup_timer_2(T2_DIV_BY_1,48,1);

    set_pwm1_duty(i);
    set_pwm2_duty(i);

    setup_adc(adc_clock_div_32);

    enable_interrupts(INT_AD);
    enable_interrupts(GLOBAL);

    lcd_init();

    printf(lcd_putc,"%f");
```

```

delay_ms(10);
printf(lcd_putc, "\fFLYBACKKONVERTOR\n BALIKESIR 2011 ");
delay_ms(1500);

while (1)
{
    set_adc_channel(5);
    delay_us(20);

    veri5=0;
    for(y=0;y<=100;)
    {

        veri1=read_adc();
        veri5=veri5+veri1;
        y+=1;
    }
    veri5=veri5/100;
    voltaj1=0.06189*veri5;

    duty=i*2;

    set_adc_channel(7);
    delay_us(20);

    veri6=0;
    for(x=0;x<=100;)
    {
        veri3=read_adc();
        veri6=veri6+veri3;
        x+=1;
    }

    veri6=veri6/100;
    voltaj3=0.06189*veri6;

    printf(lcd_putc, "\fVo1=%fV D=%c%d\nVo2=%fV", voltaj1,z,duty,voltaj3);
    delay_ms(500);

    if (input(pin_a0))
    {
        delay_ms(100);

        while(input(pin_a0));
        i+=1;

        if(i>=25)

```

```

    i=25;

    set_pwm1_duty(i);
    set_pwm2_duty(i);

}

if (input(pin_a1))
{
    delay_ms(100);

    while(input(pin_a1));

    i-=1;

    if(i<=1)

    i=1;

    set_pwm1_duty(i);
    set_pwm2_duty(i);
}

if (input(pin_a2))
{
    delay_ms(100);

    while(input(pin_a2));
    i+=2;

    if(i>=25)
    i=25;

    set_pwm1_duty(i);
    set_pwm2_duty(i);
}

if (input(pin_a3))
{
    delay_ms(100);

    while(input(pin_a3));

    i-=1;

    if(i<=1)
    i=1;
}

```



```
    set_pwm1_duty(i);  
    set_pwm2_duty(i);  
  }  
}  
}
```