

ÇOK AMAÇLI BİR ANAHTARLAMA DEVRESİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Abdullah SAVAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2011

ANKARA

Abdullah SAVAŞ tarafından hazırlanan “ÇOK AMAÇLI BİR ANAHTARLAMA DEVRESİNİN GELİŞTİRİLMESİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç.Dr. Timur AYDEMİR

Tez Danışmanı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. İres İSKENDER

Elektrik- Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Doç.Dr.Timur AYDEMİR

Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Doç.Dr. Mahir DURSUN

Elektrik Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi

Tarih: 01/07/2011

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Abdullah SAVAŞ

ÇOK AMAÇLI BİR ANAHTARLAMA DEVRESİNİN GELİŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Abdullah SAVAŞ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2011

ÖZET

Bu çalışmada güç elektroniği uygulamalarında kullanılabilecek çok amaçlı bir dönüştürücü devresi altyapısının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilmesi amaçlanan devre, farklı topolojilerin hızla denenebilmesine olanak tanıyan, aynı zamanda lisans ve yüksek lisans programlarında laboratuvar çalışmalarında da kullanılabilecektir. Planlanan altyapıda mikroişlemci sayesinde anahtarlama işaretleri üretilmekte, bu işaretler akıllı güç modüllerindeki uygun sayıdaki yarıiletkeni anahtarlamaaktadır. Dışarıdan bağlanan çevre elemanları ile bir çok topoloji çalıştırılabilmektedir.

Tasarlanan devrede klasik düşüren (buck), yükselten (boost), yarı köprü ve tam köprü DA/DA dönüştürücüler çalıştırılabilmektedir. Ayrıca, yine çevre elemanlarının eklenmesiyle DGM evirici veya doğrultucu devreleri de elde edilebilmektedir.

Bilim Kodu : 912.1.080

**Anahtar Kelimeler : Darbe Genişlik Modülasyonu, DA-DA
Doğrultucular, Akıllı Güç Modülü**

Sayfa Adedi : 42

Tez Yöneticisi : Doç.Dr.Timur AYDEMİR

DEVELOPMENT OF A MULTIFUNCTION SWITCHING CIRCUIT
(M.Sc. Thesis)

ABDULLAH SAVAŞ

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
May 2011

ABSTRACT

The objective of this thesis is to develop a multifunction converter circuit that can be used in power electronic applications. The circuit enables the user to test different topologies quickly. It can also be used in undergraduate and graduate program power electronics experiments. Switching signals are generated by a microcontroller and these signals are used to switch appropriate number of power semiconductors of an intelligent power module. Several topologies can be obtained by adding external components to the circuit.

Classical buck, boost, half-bridge and full-bridge DC-DC converters can be operated in the designed circuit. Also, by adding proper peripheral components PWM inverter and PWM rectifier can be obtained.

Science Code : 912.1.080
Key Words : PWM, DC/DC Converters, Intelligent Power Modules
Page Number : 42
Adviser : Assoc. Prof.Dr. Timur AYDEMİR

TEŐEKKÖR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Doç. Dr. M. Timur Aydemir'e teőekkörü borç bilirim. Ayrıca eőim Efsane SAVAş 'a bana manevi desteklerini hiç eksik etmeyen arkadaşlarım Doç. Dr. Abbas Taner'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	vii
1.GİRİŞ	1
2.ÇOK AMAÇLI DÖNÜŞTÜRÜCÜ	3
2.1. Sistem Yapısı.....	3
2.2.Akıllı Güç Modülü Yapısı.....	3
2.3.Denetleme Sistemi.....	5
2.4.AGM ile Yapılan Deneyler	5
3.DA-DA Dönüştürücülerin Denenmesi	7
3.1.Düşüren (Buck) DA-DA Dönüştürücü.....	7
3.2.Yükselten (Boost) DA-DA Dönüştürücü	9
3.3.Yarı Köprü DA-DA Dönüştürücü	11
3.4.Tam köprü DA-DA Dönüştürücü.....	13
3.5.Deneysel Çalışmalar.....	15
4.Darbe Genişlik Modülasyonlu Doğrultucular	16
4.1.Faz Diyotlu Doğrultucular	16
4.2.Faz DGM Doğrultucular	18
4.3.Yükselten Tür (Boost) DGM Doğrultucular	18
4.4.Düşüren Tür DGM Doğrultucular	22
4.5.3-Faz DGM Doğrultucuların Denetimi	24
4.6.Benzetim Sonuçları	26
5.SONUÇ	31
KAYNAKLAR.....	38
ÖZGEÇMİŞ	x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Resim 2.1. Kullanılan AGM.....	4
Şekil 2.1. AGM güç devresi	4
Şekil 2.2. AGM içyapısı	5
Şekil 2.3. AGM arayüz devresi	6
Şekil 3.1. Düşüren DA-DA dönüştürücü yapısı	7
Şekil 3.2. Düşüren DA-DA dönüştürücü dalga biçimleri.....	8
Şekil 3.3. AGM üzerinde Düşüren DA-DA dönüştürücü bağlantısı	9
Şekil 3.4. Yükselten DA-DA dönüştürücü yapısı	9
Şekil 3.5. Yükselten DA-DA dönüştürücü dalga biçimleri	10
Şekil 3.6. AGM üzerinde yükselten DA-DA dönüştürücü bağlantısı	11
Şekil 3.7. Yarı köprü DA-DA dönüştürücü yapısı	12
Şekil 3.8. Yarı köprü DA-DA dönüştürücü için dalga şekilleri.....	12
Şekil 3.9. AGM üzerinde yarı köprü DA-DA dönüştürücü bağlantısı	13
Şekil 3.10. Tam köprü DA-DA dönüştürücü yapısı	14

Şekil 3.11. Tam köprü DA-DA dönüştürücü için dalga biçimleri.....	14
Şekil 3.12. AGM üzerinde tam köprü DA-DA dönüştürücü bağlantısı	15
Şekil 4.1. 3 fazlı diyotlu doğrultucu	16
Şekil 4.2 3 fazlı diyotlu doğrultucunun tipik dalga biçimleri.....	17
Şekil 4.3. 3 fazlı diyotlu doğrultucunu giriş akım harmonik içeriği	17
Şekil 4.4. Yükselten tür DGM doğrultucu devre.....	19
Şekil 4.5. Giriş gerilim pozitif iken yükselten tür DGM doğrultucuda akımlar.....	19
Şekil 4.6 Giriş gerilim negatif iken yükselten tür DGM doğrultucuda akımlar	20
Şekil 4.7. DGM analizi için tek faz eşdeğer devre ve fazör çizimi	20
Şekil 4.8. Farklı faz durumlarında fazör diagramları.....	21
Şekil 4.9. DGM doğrultucunun çalışma modları.....	22
Şekil 4.10. Düşüren DGM dönüştürücü devresi.....	23
Şekil 4.11. Anahtar sayısı üçe indirilmiş düşen DGM doğrultucu.....	24
Şekil 4.12. DGM doğrultucunun basit gösterimi.....	25
Şekil 4.13. DGM doğrultucu için denetim sistemi.....	25

Şekil 4.14. Histerezis akım dentleyici yapısı.....	26
Şekil 4.15. Benzetimi yapılan yükselten tür DGM doğrultucu devre şeması.....	27
Şekil 4.16. sinüs ve üçgen sinyalinin karşılaştırmasıyla üretilen DGM işareti.....	27
Şekil 4.17. $m=1$ ve $\Phi=0^\circ$ için çıkış gerilimi , giriş gerilimi ve giriş akımı	28
Şekil 4.18. $m=1$ ve $\Phi=-10^\circ$ için çıkış gerilimi , giriş gerilimi ve giriş akımı	28
Şekil 4.19. $m=0,8$ ve $\Phi=0^\circ$ için çıkış gerilimi , giriş gerilimi ve giriş akımı	29
Şekil 4.20. $m=0,6$ ve $\Phi=0^\circ$ için çıkış gerilimi , giriş gerilimi ve giriş akımı	29
Şekil 4.21. Giriş faz açısı eşitlenmiş durumda.....	30
Şekil 4.22. Giriş akımının harmonik içeriği.....	30
Şekil 4.23. Üst ve alt anahtar akımları.....	31

1.GİRİŞ

Güç elektroniği son yirmi yıl içerisinde en hızlı gelişen bilim dallarından biridir. Bu büyümenin itici gücü enerjinin verimli kullanımı ve etkin dönüştürülmesi gereksinimi olurken, destekleyicisi de yarıiletken devre elemanlarındaki hızlı gelişimle birlikte mikroişlemci ve denetleyicilerin hız ve kapasitelerindeki sürekli artış olmaktadır.

Güç elektroniği alanındaki bu hızlı ilerleme, konuya ilgi duyan araştırmacı sayısını da doğal olarak arttırmıştır. Araştırmacılar, düşünce aşamasındaki yeni topolojileri veya denetleyicileri denemek için güvenilir deneme ortamlarına gerek duyarlar. Aynı biçimde, bu alanda eğitim gören öğrenciler için de güvenilir ve etkili deney düzeneklerine gereksinim vardır.

Bu tezde, merkezinde bir mikroişlemci ile birlikte bir akıllı güç modülü bulunan bir deney platformunun geliştirilmesi amaçlanmıştır. Akıllı güç modülü içerisinde bulunan altı yarıiletken anahtar, seçilen topolojiye uygun olarak anahtarlanarak değişik devrelerin sınanmasına olanak verebilecektir.

Tasarlanan sistemde klasik DA-DA dönüştürücüler yanında, daha karmaşık sistemler de denenebilir. Bu çalışma kapsamında incelenen devrelerden biri de Darbe Genişlik Modülasyonlu Doğrultucu (DGM) devreleridir. Bu doğrultucular, diyotlu veya tristörlü AA-DA doğrultuculara alternatif olarak geliştirilmiş olup, en dikkat çekici özellikleri çıkış gerilimlerinin sabit olması, giriş akımlarının düşük harmonikli olması, çift yönlü güç akışına izin vermeleri ve giriş güç katsayısının ayarlanabilir olmasıdır [1-3]. Bu özellikleri nedeniyle DGM doğrultucular özellikle kesintisiz güç kaynaklarında, ve sıkça hızlanıp yavaşlaması beklenen endüstriyel tip AA sürücülerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. DGM doğrultucular düşüren (buck), yükselten (boost) veya düşüren-yükselten (buck-boost) yapısında olabilir. Ayrıca, bu tür devreler yalıtımlı veya yalıtımsız yapıda da olabilir [4-8].

DGM doğrultucuların anahtarlanmasında değişik modülasyon tekniklerinden yararlanılır. Deđiřtirilmiř sinüzoidal DGM [5], uzay vektör modülasyonu [9], ve delta modülasyonu [10] teknikleri tek aşamalı üç fazlı düşüren tür DGM yükselteçleri için önerilmiştir.

Tezin 2. Bölümünde kurulması düşünülen sistemin yapısı tanıtılmaktadır.

Tezin 4. Bölümünde eřitli DA-DA dönüştürücü yapılarının çalışması incelenmekte, önerilen sistem içerisinde bu yapının nasıl bağlanılacağı anlatılmaktadır.

Tezin 5. Bölümünde, DGM doğrultucular tanıtılmakta ve bazı benzetim sonuçları verilmektedir.

2.ÇOK AMAÇLI DÖNÜŞTÜRÜCÜ

Bu çalışmanın amacı, güç dönüştürücüleri konusunda çalışanların araştırmalarında ve laboratuvar deneylerinde kullanabileceği standart bir yapı oluşturmaktır. Oluşturulacak yapının merkezinde bir adet Akıllı Güç Modülü (AGM) bulunmaktadır. AGM, bir mikroişlemci veya sayısal işaret işleyiciden gönderilecek denetim işaretleri ile sürülmektedir. IPM bağlantıları değiştirilerek ve uygun anahtarlara denetim işaretleri gönderilerek bu yapı üzerinde düşüren (buck), yükselten (boost), yarı köprü, tam köprü da-da dönüştürücü, da-aa evirici ve aa-da Darbe Genişlik Modülasyonlu (DGM) doğrultucu deneyleri yapılabilmektedir. Bu bölümde, oluşturulan sistemin genel yapısı anlatılmaktadır.

2.1.Sistem Yapısı

Çok amaçlı anahtarlama sistemi merkezinde bir adet AGM (Mitsubishi XXX) bulunmaktadır. Bu modülün denetim işaretleri bir mikroişlemci tarafından üretilmektedir. AGM çıkışlarına ise deneysel yükler bağlanmaktadır.

2.2.Akıllı Güç Modülü Yapısı

Akıllı modüller çeşitli yarıiletken firmaları tarafından, daha küçük hacimde daha fazla sayıda anahtarı güvenilir bir biçimde kullanmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu modüllerin içerisinde anahtarlara ek olarak çeşitli koruma ve kontrol devreleri de bulunmaktadır.

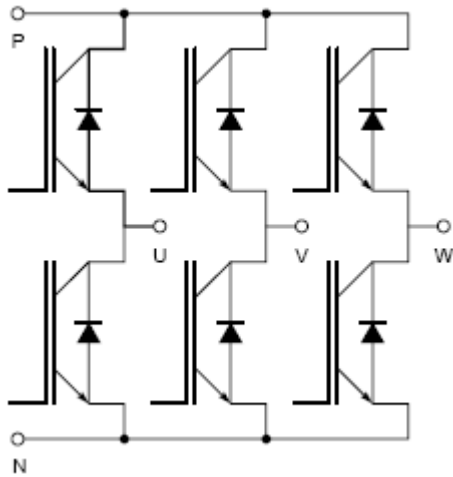
Modül içerisinde anahtar olarak yüksek hızlı ve düşük kayıp değerlerine sahip IGBT kullanılır. Bu anahtarların kapı devreleri de uygulama kolaylığı açısından optimize edilmiştir. Akımlar algılayıcılar aracılığıyla izlenmekte ve aşırı akım ve kısa devre korumaları gerçekleştirilmektedir. Bunların yanında aşırı ısınma ve düşük gerilimde çalışma durumları da gözlenmekte ve bu durumlarda koruma devreye girmektedir PS12308.

Çalışmada kullanılan AGM Mitsubishi firmasına ait olup, bu firmanın 10 A, 600 V ile 800 V, 1200 V aralığında AGM elemanları bulunmaktadır. Firma ayrıca, çeşitli uygulamalar için farklı tipte modüller geliştirmiştir. Bazı uygulamalar özellikle düşük kayıp değerleri için bazıları da düşük elektromanyetik girişim için optimize edilmiştir.

Resim 2.1.'de kullanılan modül, Şekil 2.1.'de ise bu modülün içerisindeki güç devresi yapısı gösterilmektedir. Modül içerisinde altı adet IGBT anahtar ve bu anahtarların ters paralel diyotları bulunmaktadır.



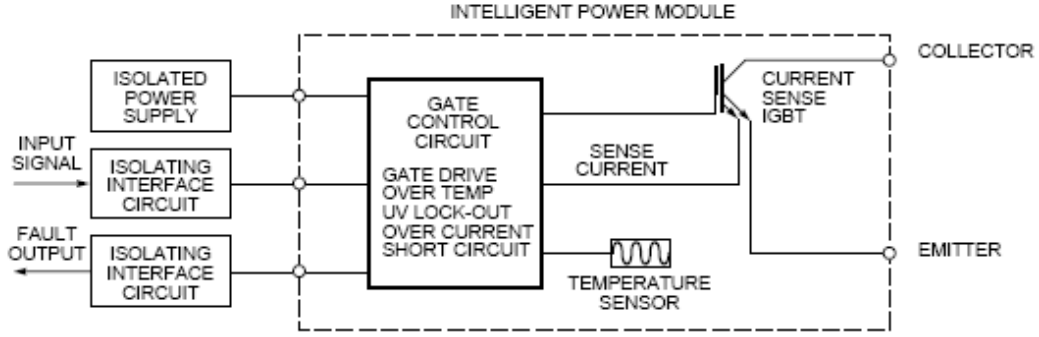
Resim 2.1. Kullanılan AGM



Şekil 2.1. AGM güç devresi

Şekil 2.2.'de AGM iç yapısı görülmektedir. Modülü güç elemanları yanında algılama, kontrol ve kontrol devrelerini içermektedir. Modüle gönderilecek anahtarlama işaretleri ile

modül tarafından üretilen hata işaretleri ise yalıtımlı ara yüz devreleri üzerinden aktarılmaktadır. Ara yüz devresi de Şekil 2.3’de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. AGM iç yapısı

2.3.Denetleme Sistemi

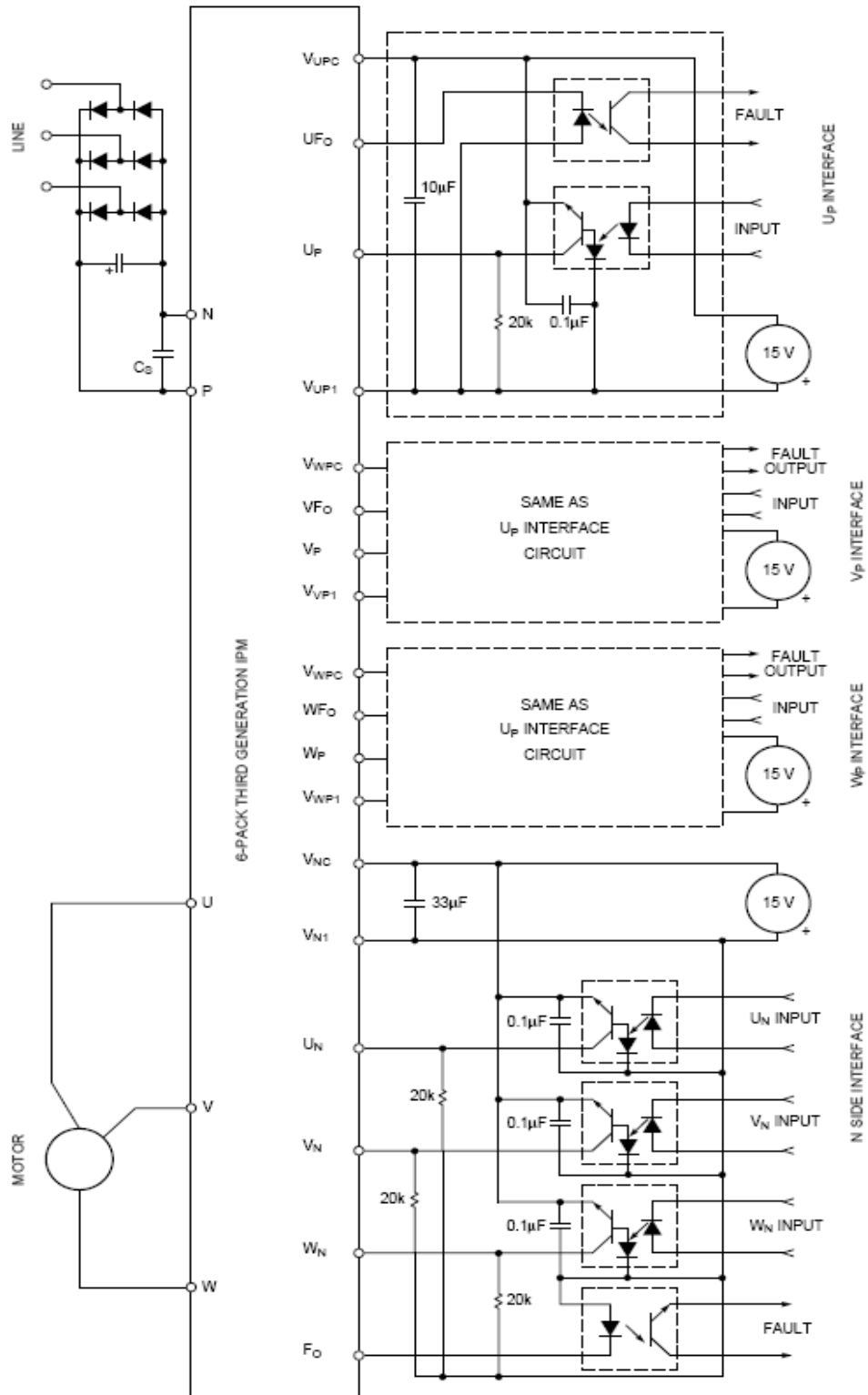
Kurulan sistemde DA-DA dönüştürücülerin kapı işaretlerini üretmek için bir adet mikroişlemci kullanılmıştır (Microchip PIC16F777). Bu mikroişlemci için yazılan programlarla, denenen her bir yapıya uygun kapı işaretleri üretilmiştir. Kullanılan programlar Ek 1’de verilmektedir.

DGM üretiminde ise işlemciye ait donanımsal DGM'leri kullanılmıştır. Bu tümdevreye ilişkin bilgiler de EK 2 tasarımı olan devre EK 3’de verilmektedir.

2.4.AGM ile Yapılan Deneyler

Yukarıda anlatılan yapı kullanılarak düşüren (buck), yükselten (boost), yarı köprü ve tam köprü DA-DA dönüştürücüler, 3-faz DGM evirici ve 3-faz DGM doğrultucu denenmiştir. Sonraki bölümlerde bu dönüştürücü yapıları teker teker

incelenmektedir.



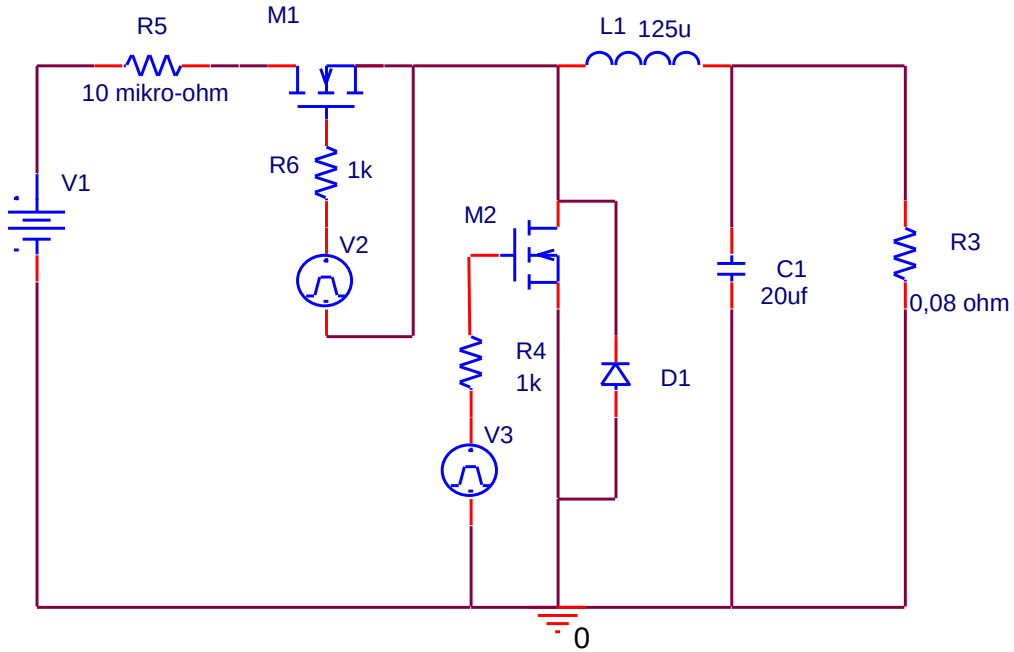
Şekil 2.3. AGM arayüz devresi

3.DA-DA Dönüştürücülerin Denenmesi

Bu bölümde, kurulu sistem üzerinde denenen DA-DA dönüştürücü yapıları teker teker incelenmekte, önce bu dönüştürücülerin Pspice benzetimlerine ilişkin sonuçlar verilmekte, ardından bu devrenin geliştirilen yapı ile nasıl deneneceği gösterilmektedir.

3.1.Düşüren (Buck) DA-DA Dönüştürücü

Düşüren DA-DA dönüştürücü en basit DA-DA dönüştürücü yapısı olup bir çok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek anahtar içeren bu yapı Şekil 3.1.'de gösterilmektedir. Şekil üzerindeki değerler, benzetim çalışmalarında kullanılan elemanların değerleridir.

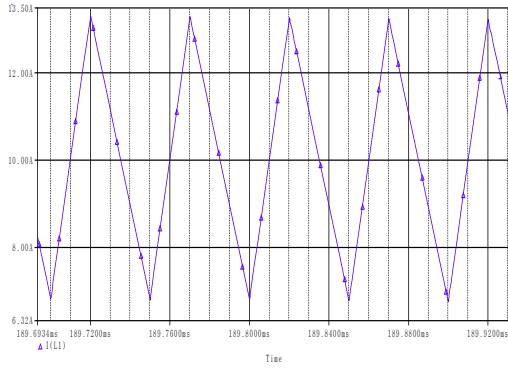


Şekil 3.1. Düşünen DA-DA dönüştürücü yapısı

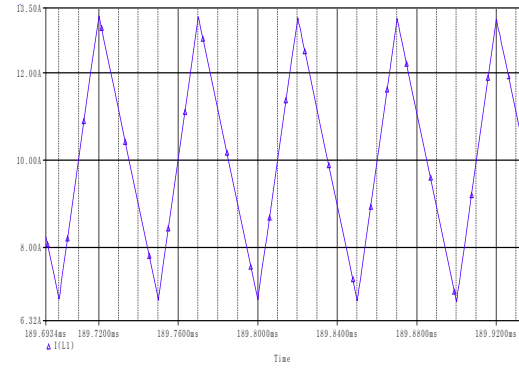
Düşüren devrenin giriş çıkış ilişkisi $V_o = dV_s$ ile tanımlanır.

Bu eşitlikte V_s ve V_o sırasıyla giriş ve çıkış gerilim değerlerini, d ise anahtarlama işaretinin doluluk oranını göstermektedir.

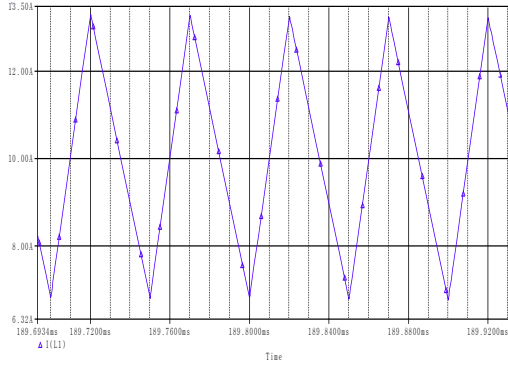
Şekil 3.2, devre ile ilgili dalga biçimlerini göstermektedir. Şekil 3a'da çıkış süzgecinin akımının, Şekil 3b'de ise çıkış geriliminin değişimleri görülmektedir. Şekil 3.c ve 3.d'de ise bu değişimler yakından gösterilmektedir.



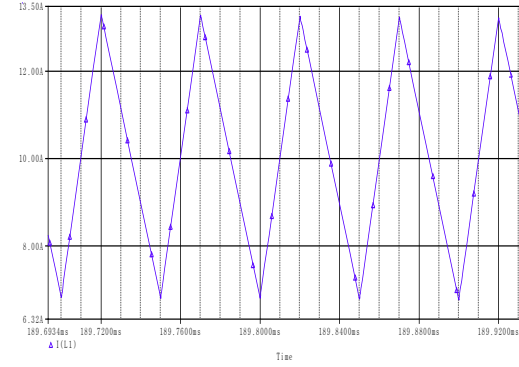
(a)



(b)



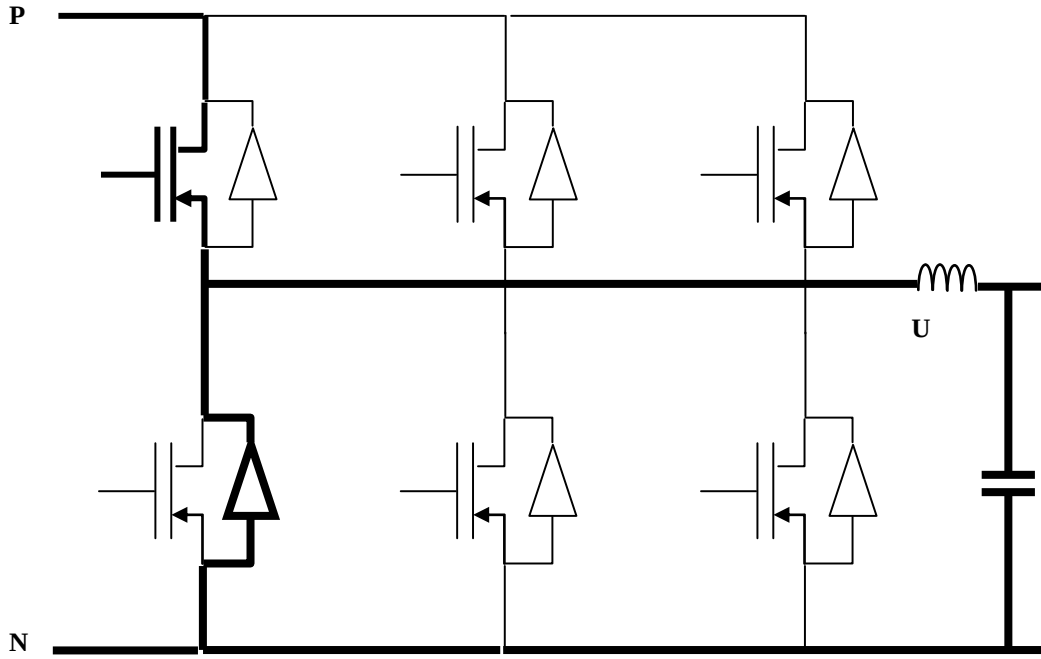
(c)



(d)

Şekil 3.2. Düşüren (Buck) DA-DA dönüştürücü dalga biçimleri (a) devrenin çıkış süzgecinin akımı (b) çıkış gerilimi, (c-d) bu değişimlerin ayrıntılı gösterimi

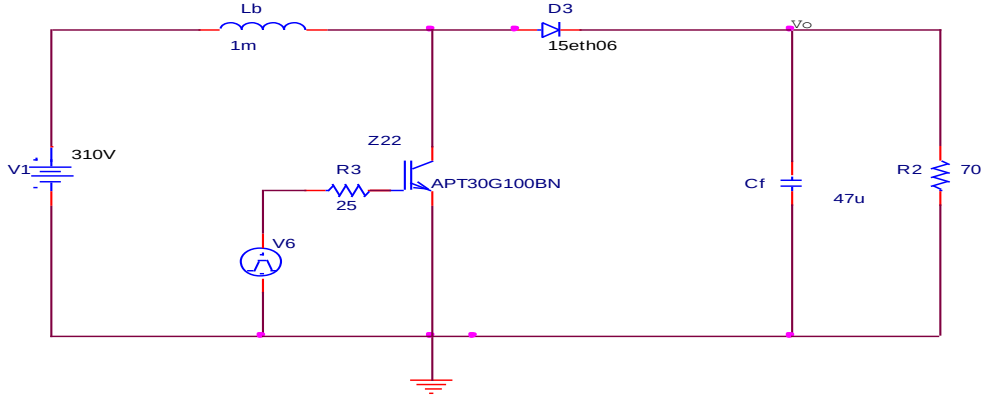
Bu devreyi, geliştirilen sistemde oluşturabilmek için kullanılan bağlantı biçimi Şekil 3.3'de gösterilmektedir. Modülün kullanılan elemanları ve bağlantıları şekilde kalın çizgilerle gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, anahtarlardan yalnızca bir tanesi devrededir. Kaynak, modülün P-N uçları arasına, çıkış süzgeci de U çıkışı ile N ucu arasına bağlanır.



Şekil 3.3. AGM üzerinde düşüren DA-DA dönüştürücü bağlantısının elde edilmesi

3.2.Yükselten (Boost) DA-DA Dönüştürücü

Yükselten DA-DA dönüştürücü yapısı Şekil 3.4.'de gösterilmektedir. Şekil üzerindeki değerler, benzetim çalışmalarında kullanılan elemanların değerleridir.

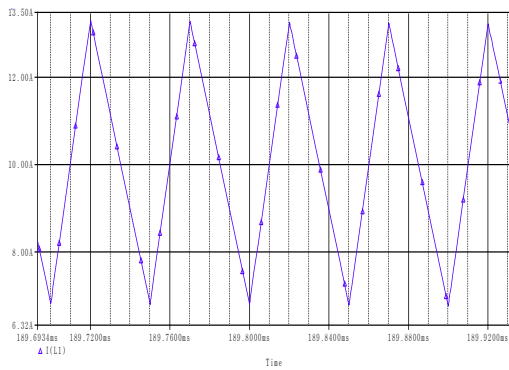


Şekil 3.4. Yükselten DA-DA dönüştürücü yapısı

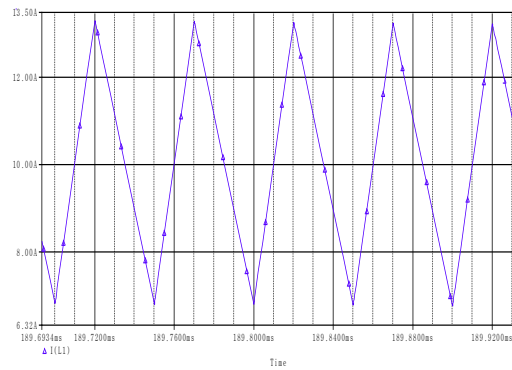
Düşüren devrenin giriş çıkış ilişkisi $V_o = V_s / (1-d)$ ile tanımlanır.

Bu eşitlikte V_s ve V_o sırasıyla giriş ve çıkış gerilim değerlerini, d ise anahtarlama işaretinin doluluk oranını göstermektedir.

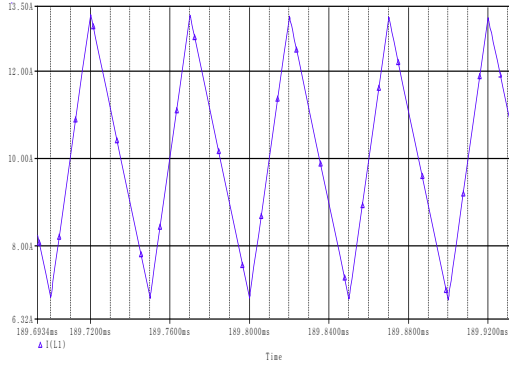
Şekil 3.5, devre ile ilgili dalga biçimlerini göstermektedir. Şekil 3.5a'da giriş akımının, Şekil 3.5b'de ise çıkış geriliminin değişimleri görülmektedir. Şekil 3.5c ve 3.5d'de ise bu değişimler yakından gösterilmektedir.



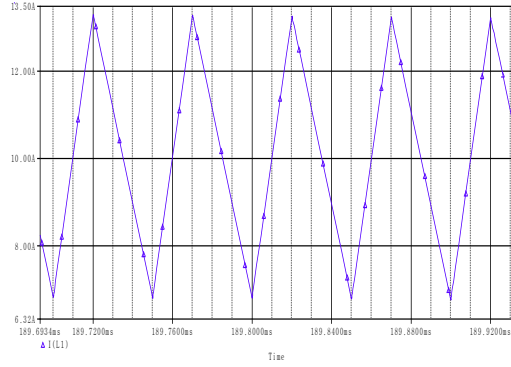
(a)



(b)



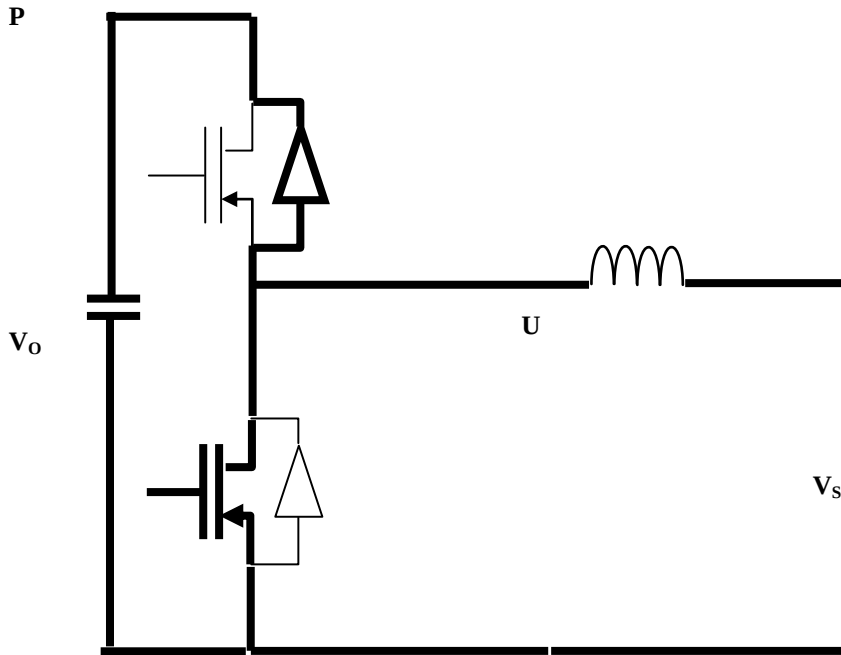
(c)



(d)

Şekil 3.5. Yükselten (Boost) DA-DA dönüştürücü için dalga biçimleri (a) devrenin giriş akımı (b) çıkış gerilimi, (c-d) bu değişimlerin ayrıntılı gösterimi

Bu devreyi, geliştirilen sistemde oluşturabilmek için kullanılan bağlantı biçimi Şekil 3.6'da gösterilmektedir. Modülün kullanılan elemanları ve bağlantıları şekilde kalın çizgilerle gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, yine anahtarlardan yalnızca bir tanesi devrededir. Ancak bu kez, giriş kaynağı ve süzgeci modülün çıkış uçlarından birisi ile N bara arasına bağlanmakta ve çıkış gerilimi, P barası ile N barası arasından alınmaktadır.



Şekil 3.6. AGM üzerinde yükselten DA-DA dönüştürücü bağlantısının elde edilmesi

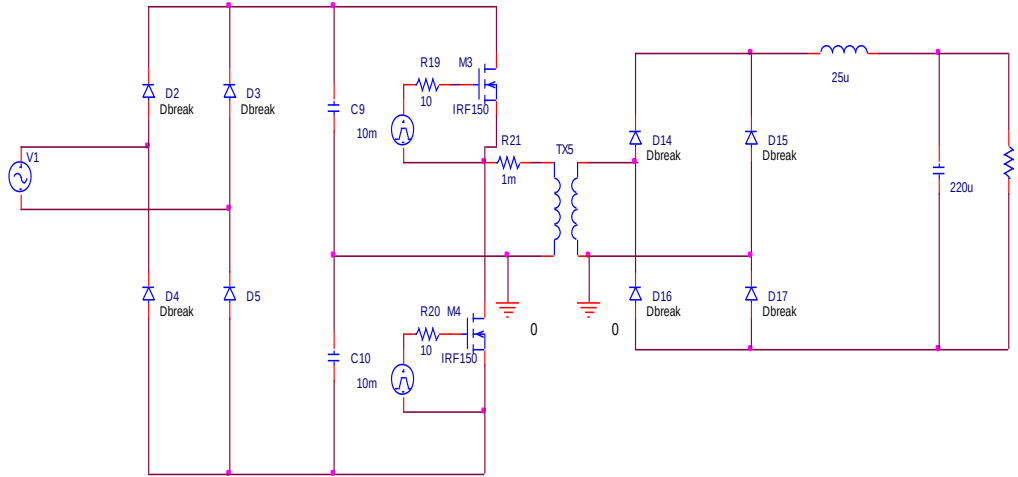
3.3.Yarı Köprü DA-DA Dönüştürücü

En basit yalıtımlı DA-DA dönüştürücü topolojilerinden olan yarı köprü devresinin yapısı Şekil 3.7.'de gösterilmektedir. Şekil üzerindeki değerler, benzetim çalışmalarında kullanılan elemanların değerleridir.

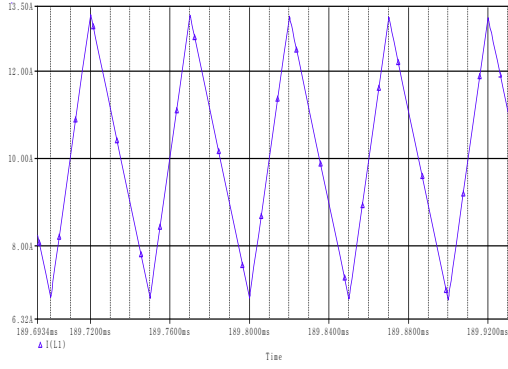
Yarı köprü dönüştürücü devresinin giriş çıkış ilişkisi $V_o = ndV_s$ ile tanımlanır.

Bu eşitlikte V_s ve V_o sırasıyla giriş ve çıkış gerilim değerlerini, d anahtarlama işaretinin doluluk oranını ve n kullanılan transformatörün sarım oranını göstermektedir.

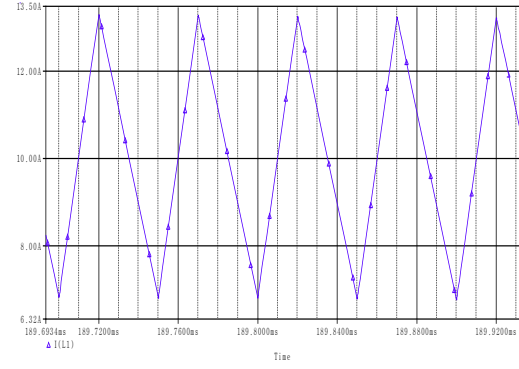
Şekil 3.8, devre ile ilgili dalga biçimlerini göstermektedir. Şekil 3.8a'da çıkış süzgeci akımının, Şekil 3.8b'de ise çıkış geriliminin değişimleri görülmektedir. Şekil 3.8c ve 3.8d'de ise bu değişimler yakından gösterilmektedir.



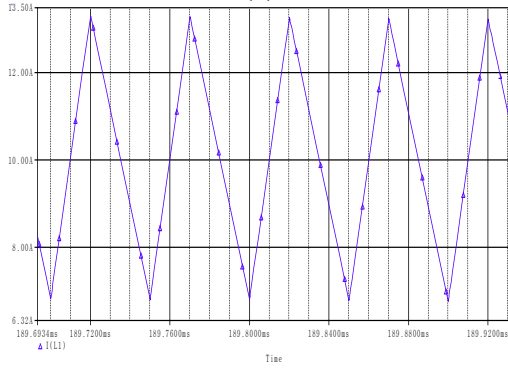
Şekil 3.7. Yarı köprü DA-DA dönüştürücü yapısı



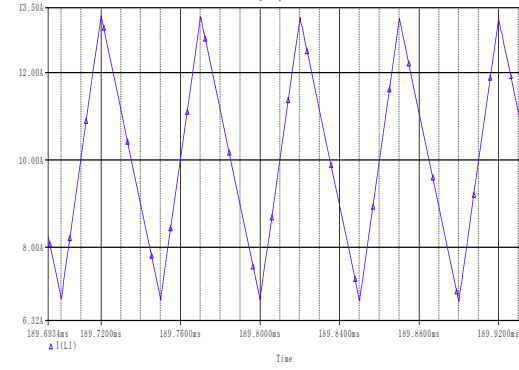
(a)



(b)



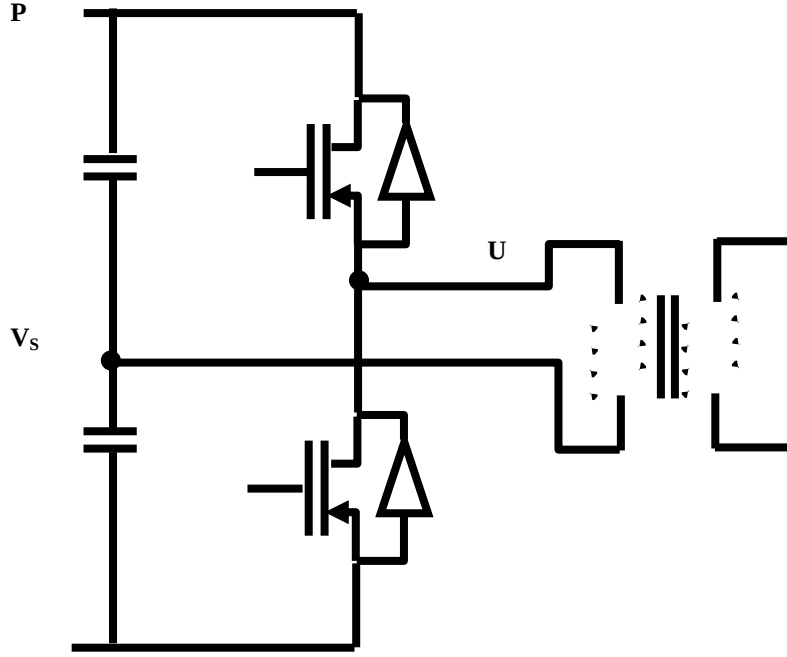
(c)



(d)

Şekil 3.8. Yarı köprü DA-DA dönüştürücü için dalga biçimleri (a) devrenin çıkış süzgecinin akımı (b) çıkış gerilimi, (c-d) bu değişimlerin ayrıntılı gösterimi

Bu devreyi, geliştirilen sistemde oluşturabilmek için kullanılan bağlantı biçimi Şekil 3.9'da gösterilmektedir. Bu kez eviricinin kollarından bir tanesi devreye girmektedir. Yüksek frekans trafosu, bu kola ait çıkışla (U) bara bölücü kondansatörlerin orta noktası arasına bağlanmaktadır. Bu kondansatörler, PP ve N uçları arasına uygulanan giriş gerilimini eşit bölmek için kullanılmaktadır. Transformatorün sekonderine bağlanacak olan doğrultucu ve süzgeç devresi şekilde gösterilmemektedir.



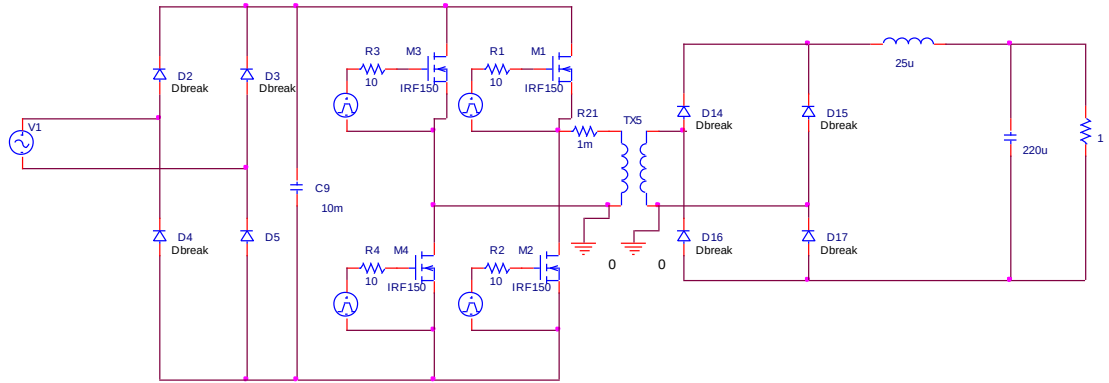
Şekil 3.9. AGM üzerinde yarı köprü DA-DA dönüştürücü bağlantısının elde edilmesi

3.4.Tam köprü DA-DA Dönüştürücü

Yüksek güçlerde tercih edilen yalıtımlı DA-DA dönüştürücü topolojisi olan tam köprü devresinin yapısı Şekil 3.10.'da gösterilmektedir. Şekil üzerindeki değerler, benzetim çalışmalarında kullanılan elemanların değerleridir.

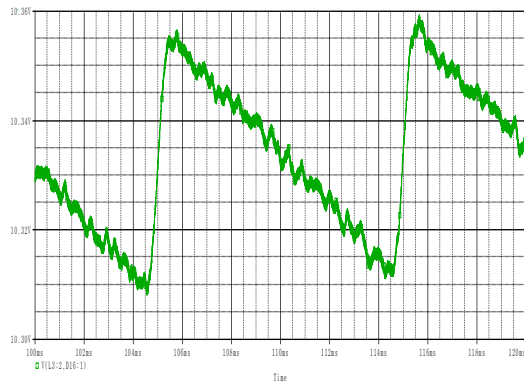
Tam köprü dönüştürücü devresinin giriş çıkış ilişkisi $V_o = 2ndV_s$ ile tanımlanır.

Bu eşitlikte V_s ve V_o sırasıyla giriş ve çıkış gerilim değerlerini, d anahtarlama işaretinin doluluk oranını ve n kullanılan transformatörün sarım oranını göstermektedir.

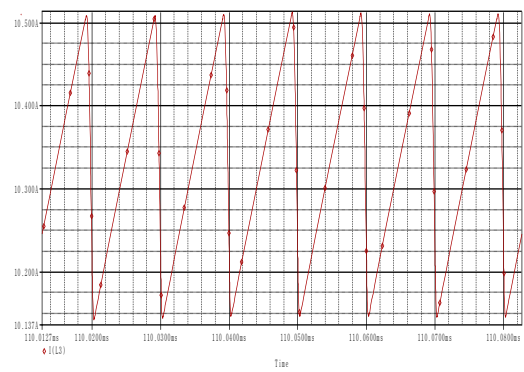


Şekil 3.10. Tam köprü DA-DA dönüştürücü yapısı

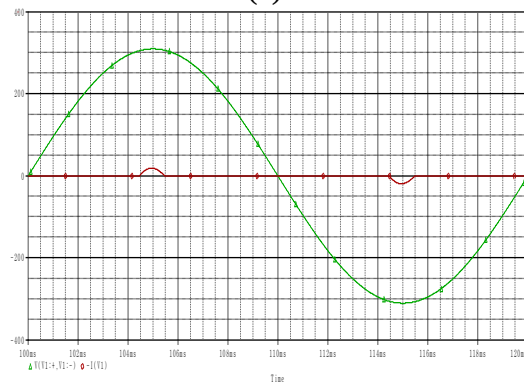
Şekil 3.11, devre ile ilgili dalga biçimlerini göstermektedir. Şekil 3.14a’da çıkış süzgeci akımının, Şekil 3.11b’de ise çıkış geriliminin değişimleri görülmektedir. Şekil 3.11c ve 3.11d’de ise bu değişimler yakından gösterilmektedir.



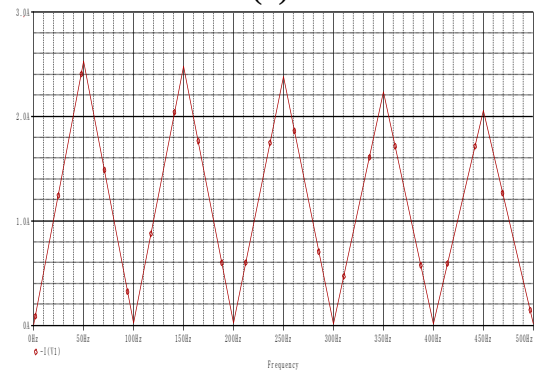
(a)



(b)



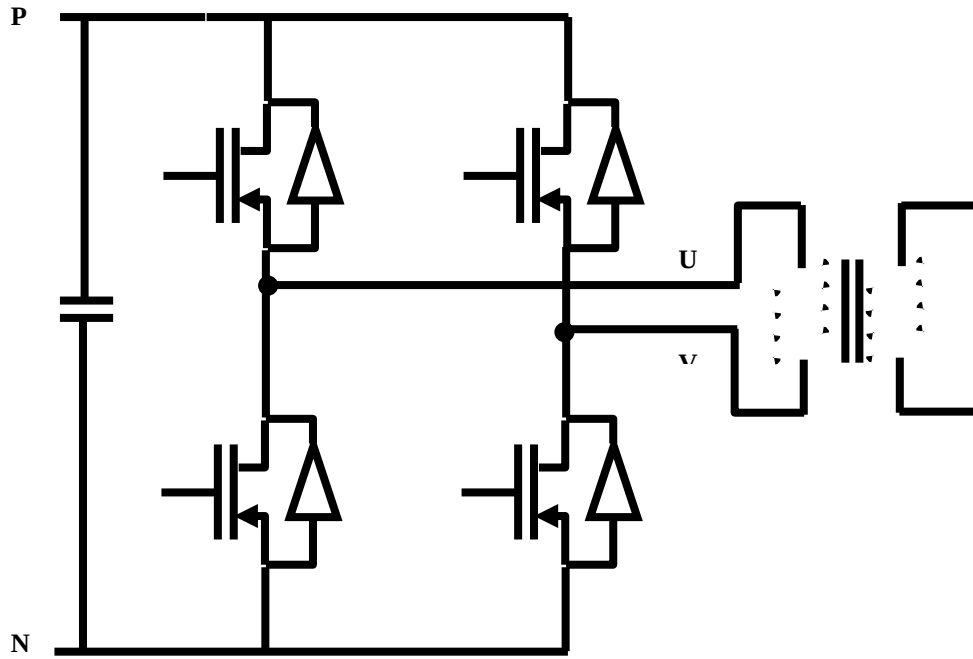
(c)



(d)

Şekil 3.11. Tam köprü DA-DA dönüştürücü için dalga biçimleri (a) devrenin çıkış süzgecinin akımı (b) çıkış gerilimi, (c-d) bu değişimlerin ayrıntılı gösterimi

Bu devreyi, geliştirilen sistemde oluşturabilmek için kullanılan bağlantı biçimi Şekil 3.12’de gösterilmektedir. Bu kez eviricinin kollarından iki tanesi devreye girmektedir. Yüksek frekans trafosu, bu iki kola ait çıkışların (U-V) arasına bağlanmaktadır. Transformatörün sekonderine bağlanacak olan doğrultucu ve süzgeç devresi şekilde gösterilmemektedir.



Şekil 3.12. AGM üzerinde tam köprü DA-DA dönüştürücü bağlantısının elde edilmesi

3.5.Deneysel Çalışmalar

Bu bölümde tanıtılan DA/DA dönüştürücülerin çalıştırılması için deneysel çalışmalar da yapılmış ancak sunulabilecek sonuçlar elde edilememiştir. Zaman yetmezliği nedeniyle deneysel çalışmalar yarım kalmıştır.

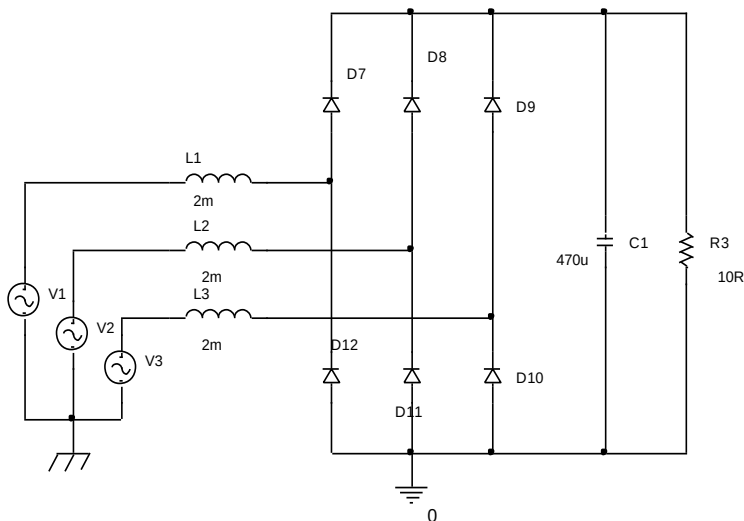
4.Darbe Genişlik Modülasyonlu Doğrultucular

Darbe Genişlik Modülasyonlu (DGM) doğrultucular, hem kaliteli bir doğru gerilim elde etmek hem de girişten güç katsayısı bir olan, sinüs biçimnli akımlar çekmek için kullanılırlar. Bu bölümde önce, diyotlu, sonra DGM doğrultucularla ilgili bilgiler verilecek, daha sonra da basit bir doğrultucu devrenin benzetim sonuçları verilecektir.

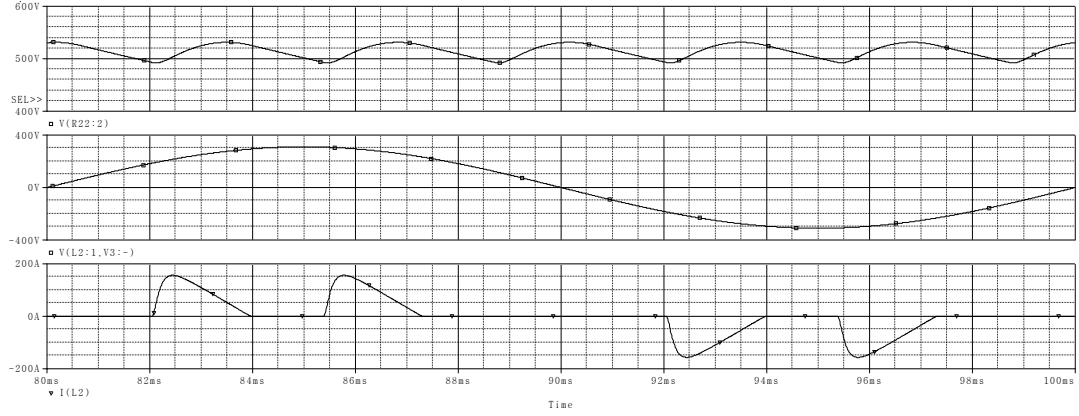
4.1.3-Faz Diyotlu Doğrultucular

3-Faz diyotlu doğrultucular basitlikleri ve ucuz olmalarından dolayı en yaygın kullanılan doğrultuculardır. Fakat bu tür doğrultucuların çıkışlarına bağlanan kondansatör nedeniyle diyotlar kısa süreli ve yüksek tepe değerli akım çekerler. Bu da giriş akımının harmonik bozunumunun standartlarca tanımlanan sınırların dışına çıkmasına yol açar.

Şekil 4.1’de 3 fazlı diyotlu doğrultucu devresi gösterilmektedir. Bu tür devrelerde giriş indüktansının önemi büyüktür. Endüktans değerinin büyük olması akımın şeklinin sinüse bir miktar yaklaşmasına neden olsa da, akımın bir diyottan başka bir diyota aktarımı sırasında çakışma süresinin uzamasına ve böylece, aynı kaynaktan beslenen diğer cihazlara uygulanan gerilimin bozulmasına yol açar.

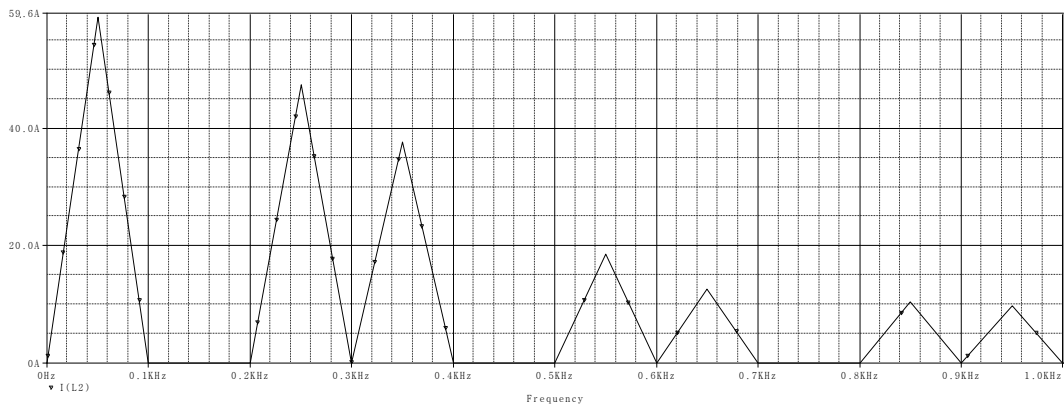


Şekil 4.2’de üç fazlı diyotlu doğrultucunun tipik dalga biçimleri verilmektedir.



Şekil 4.2. 3-fazlı diyotlu doğrultucunun tipik dalga biçimleri a) çıkış gerilimi, b) giriş a fazı gerilimi, c) giriş (a fazı) akımı

Şekil 4.3’de ise aynı çalışma koşullarında giriş akımının harmonikleri görülmektedir. Akımın ana harmoniği 60 A civarında iken, 5., 7., 11. ve 13. harmonikler de sırasıyla 47 A, 38 A, 18 A, 13 A ve 10 A civarındadır. Akımın toplam harmonik bozunum değeri %60 kadardır.



Şekil 4.3. 3-fazlı diyotlu doğrultucunun giriş akımının harmonik içeriği

Çıkış gerilim kalitesine bakıldığında ise, mevcut koşullar için çıkış geriliminin ortalama değerinin 515V, gerilimin tepeden tepeye dalgalanma değerinin ise 39 V olduğu, dolayısıyla dalgalanma katsayısının %7,6 olduğu görülmektedir.

Diyotlu doğrultucular sabit çıkış gerilimi verirler. Çıkış geriliminin ayarlanabilir olması istendiğinde diyotlar yerine tristörler kullanılır. Ancak, diyotlu devrede karşılaşılan sorunların her biri tristörlü dönüştürücü için de geçerlidir ve tristörlerin ateşleme açısı büyüdükçe güç katsayısı ve harmonik bozunum değerleri de kötüleşir. Bu nedenle, tristörlü dönüştürücüler burada ayrıca incelenmeyecektir.

4.2.Faz DGM Doğrultucular

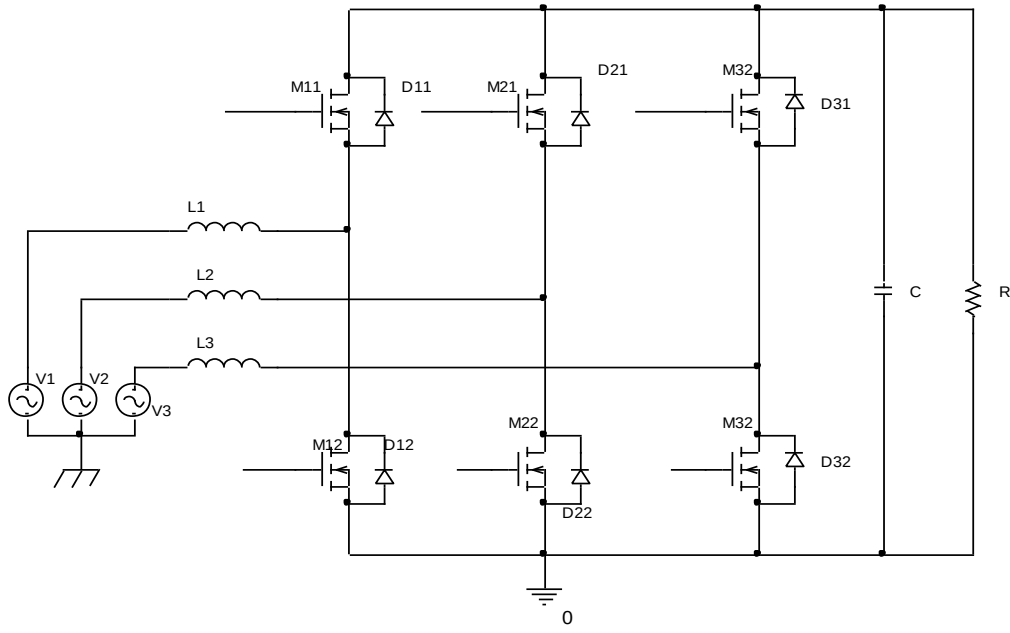
DGM doğrultucular tristörlere göre çok daha hızlı anahtarlanabilen MOSFET veya IGBT anahtarlar kullanılarak gerçekleştirilirler. Bu nedenle de bu doğrultucuların tepki hızları diğerlerine göre daha yüksektir.

DGM doğrultucular düşüren (buck) ve yükselten (boost) olmak üzere iki tür yapıya sahip olabilirler. Her iki doğrultucu tipi de burada anlatılacaktır.

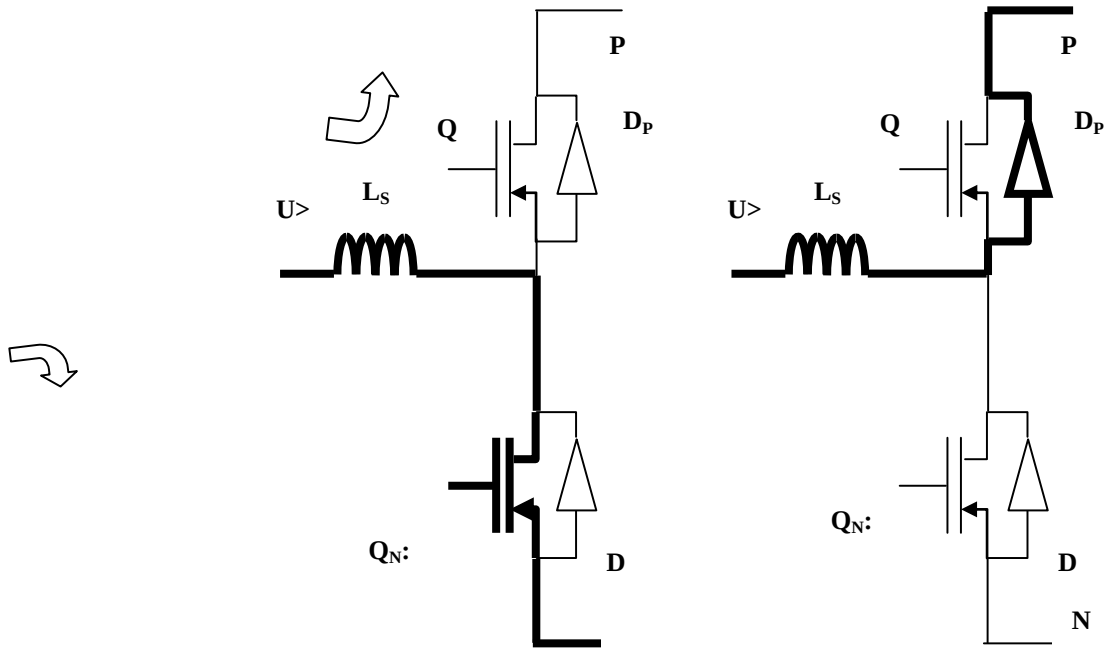
4.3.Yükselten Tür (Boost) DGM Doğrultucular

Yükselten tür DGM doğrultucu yapısı Şekil 4.4.'de görülmektedir. Güç devresi, klasik evirici yapısı ile aynıdır. Ancak burada amaç alternatif gerilimden doğru gerilim elde etmektir. Devre yapısındaki tek farklılık da burada AA girişte hat endüktanslarına özellikle gereksinim duyulmasıdır.

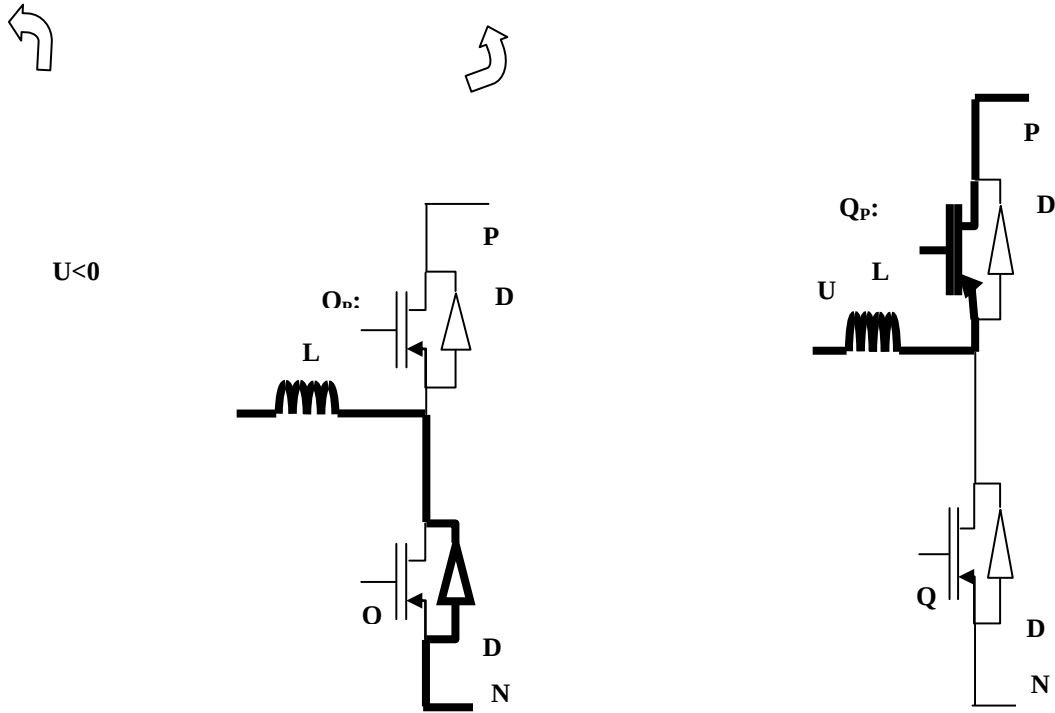
Doğrultucunun bir fazının giriş gerilim değeri pozitifken, akım, o faza bağlı alttaki anahtar (Q_N) ON olduğunda bu anahtardan, anahtar tıkalı ise üstteki D_p diyotun üzerinden akmaktadır. Bu fazın gerilimi negatif iken ise, akım üstteki anahtar (Q_p) ON olduğunda bu anahtardan, anahtar tıkalı ise alttaki D_N diyotun üzerinden akmaktadır. Bu çalışma ilkesi, Şekil 4.5. ve Şekil 4.6'da gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Yükselten tür DGM doğrultucu devre

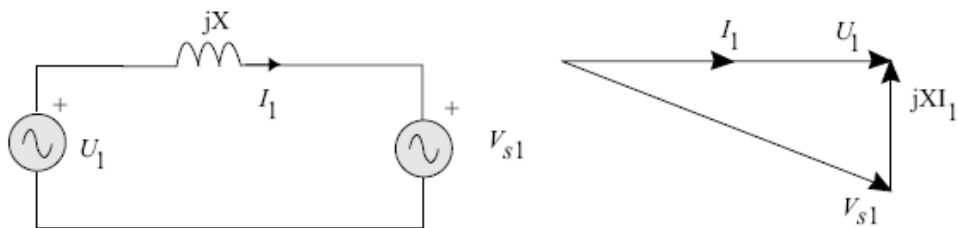


Şekil 4.5. Giriş gerilimi pozitif iken yükselten tür DGM doğrultucuda akımlar



Şekil 4.6. Giriş gerilimi negatif iken yükselten tür DGM doğrultucuda akımlar

DGM doğrultucuda güç akışının denetimi, kaynak gerilimi ile dönüştürücünün çıkışından yansıyan gerilim arasındaki faz açısı (δ) ayarlanarak yapılır. Bu durum, Şekil 4.7.'deki eşdeğer devre ve fazör çizimi ile gösterilebilir.



Şekil 4.7. DGM analizi için tek faz eşdeğer devre ve fazör çizimi

Giriş gerilimi (V_{s1}) yansıyan doğrultucu geriliminden (V_{r1}) ileri fazda ise etkin güç akışı AA kaynaktan DA tarafa doğru, geri fazda ise DA tarafından AA tarafa doğru olur. Şekil

4.6'deki fazör diyagramı, giriş gerilimi ile akımının aynı fazda olması, yani güç katsayısının bire eşit olması durumunu göstermektedir.

Bu devrede aktarılan etkin güç

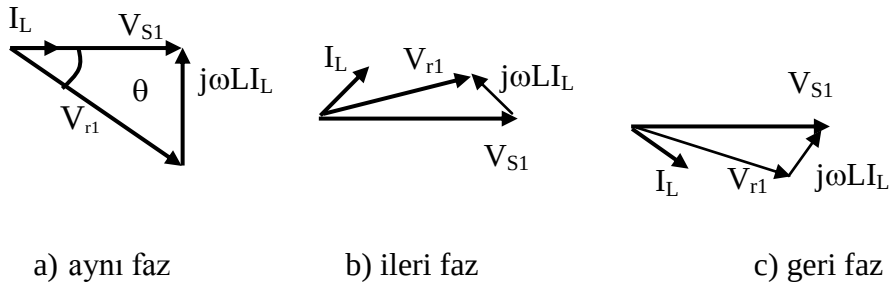
$$P = (U_1 V_{s1} / X_1) \sin(\delta) \quad (4.1)$$

bağıntısıyla gösterilir. Giriş güç katsayısı V_{r1} geriliminin genliği ayarlanarak değiştirilir. Birim güç katsayısı isteniyorsa, Şekil 4.7.'deki fazör diyagramına göre,

$$V_{s1} = \sqrt{U_1^2 + (X_1 I_L)^2} \quad (4.2)$$

eşitliğinin sağlanması gerekmektedir.

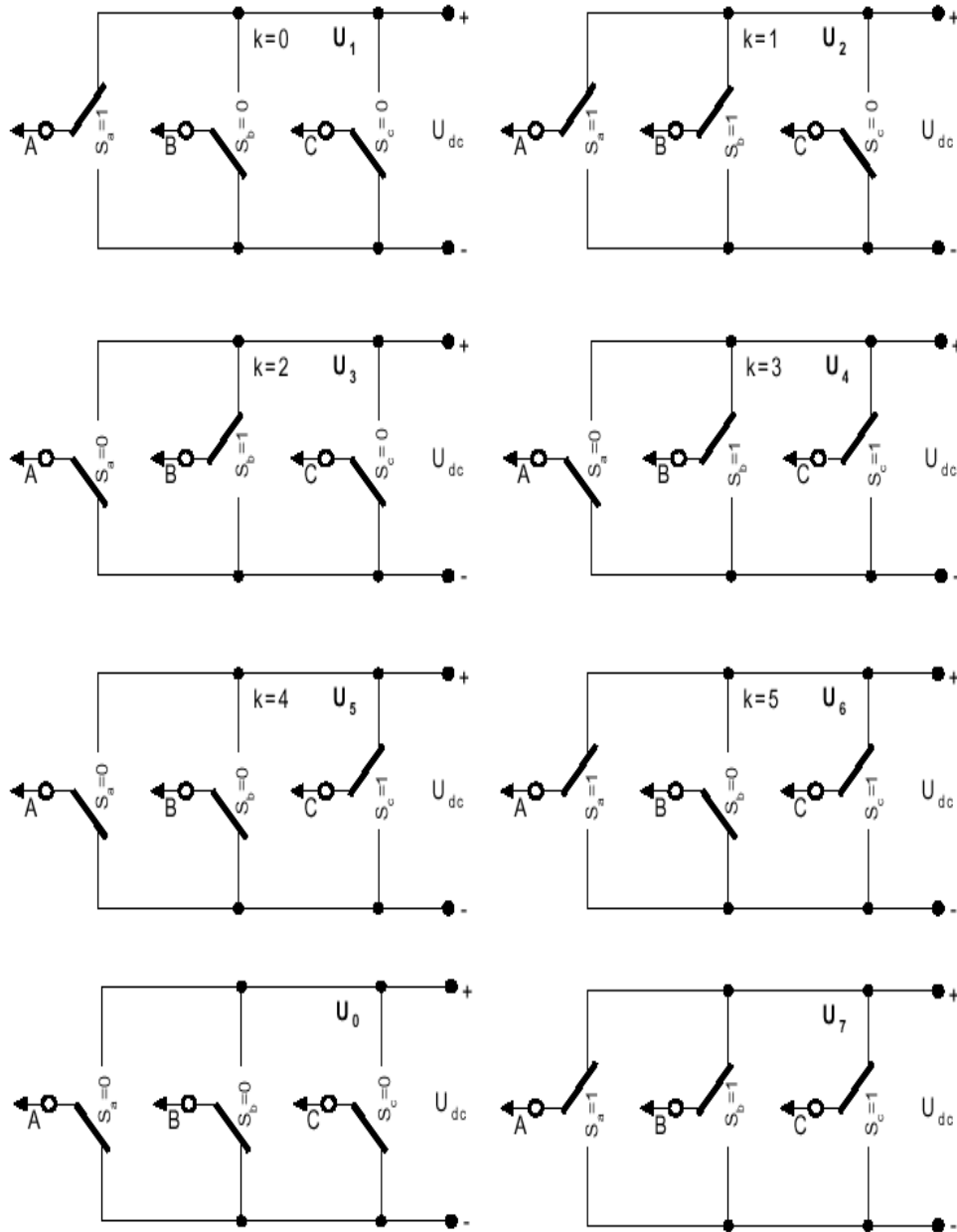
Şekil 4.8.'de akımı giriş gerilimine göre aynı fazda, ileri fazda ve geri fazda olması durumları için fazör diyagramları verilmektedir.



Şekil 4.8. Farklı faz durumlarında fazör diyagramları

DGM doğrultucunun çalışması sırasında anahtarlar için 6 aktif, 2 pasif olmak üzere toplam 8 olası durum bulunmaktadır. Bu durumlar Şekil 4.9.'da gösterilmektedir. Anahtarların hepsinin ON veya hepsinin OFF olduğu durumlarda giriş ile çıkış arasında bir bağlantı bulunmamaktadır. Bunun dışındaki altı durumun hepsinde giriş ile çıkış arasında bir bağlantı vardır ve dolayısıyla güç aktarımı gerçekleşir. Şekilde, anahtarların konumları S

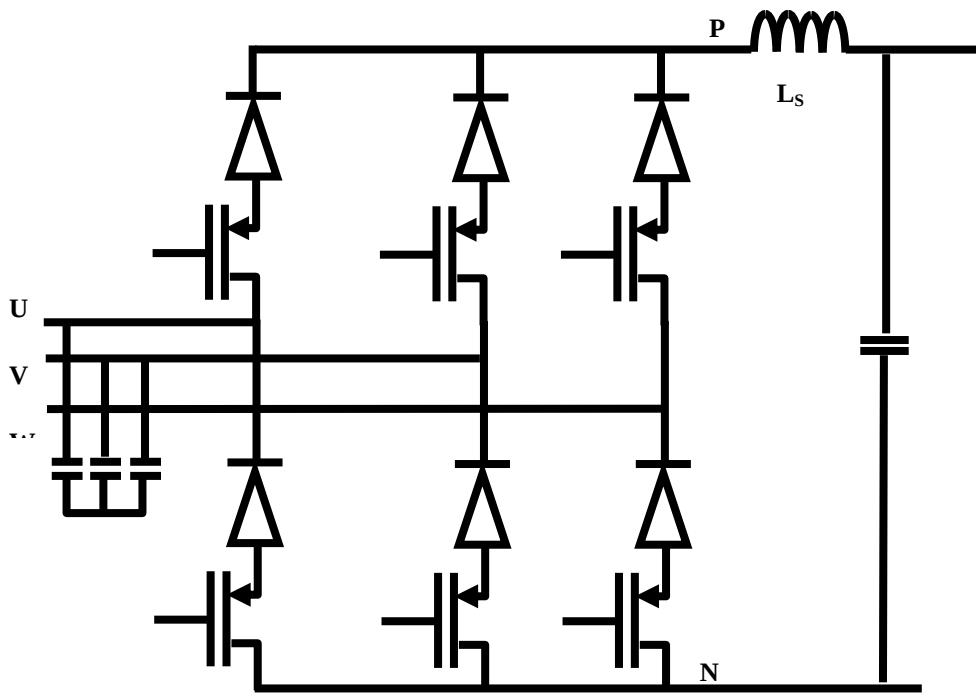
ile gösterilmekte olup, $S=1$ anahtarın iletimde (ON), $S=0$ ise anahtarın tıkamada (OFF) olduğunu gösterir.



Şekil 4.9. DGM doğrultucusunun çalışma modları

4.4.Düşüren Tür DGM Doğrultucular

Şekil 4.10’da düşüren (buck) tür DGM doğrultucu yapısı gösterilmektedir. Adından da anlaşılacağı gibi, çıkışta elde edilen gerilim, giriş geriliminin tepe değerinden daha düşük olacaktır. Ayrıca bu devrede güç akışı tek yönlüdür. Giriş harmonikleri bakımından yükselten dönüştürücüye göre daha kötüdür. Bu devrede giriş, kondansatörler nedeniyle gerilim kaynağı gibi, çıkış da endüktör nedeniyle akım kaynağı gibi davranır.

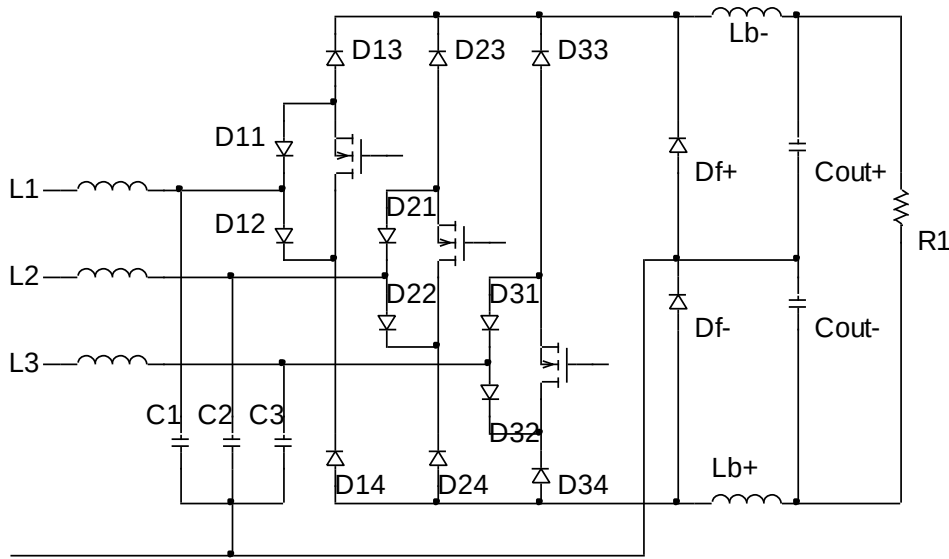


Şekil 4.10. Düşüren (buck) DGM dönüştürücü devresi

Bu devrede giriş pozitifken akım üstteki anahtardan, negatif iken alttaki anahtardan akar. Dolayısıyla giriş pozitif iken üstteki anahtar tıkalı ise girişle çıkış arasında bağlantı olmamaktadır.

Bu tip doğrultucular için diyot sayısını arttırmak suretiyle anahtar sayısını yarıya indirmek mümkündür. Bunun için her çift anahtardan birini atarak diğerine ters yönde iki diyot eklenir. Bu devre Şekil 4.11.’de görülmektedir.

Devrenin nasıl çalıştığı, A fazı üzerinden incelenebilir. A fazının gerilimi pozitif değerdeyken D_{12} diyotu iletme geçer ve D_{13} üzerinden DA baraya ulaşır. Negatif değerlerde ise D_{14} diyotu iletme geçer ve D_{11} üzerinden DA baradan AA hata doğru akım akar. Dıştaki D_{13}/D_{14} diyotları çıkış kapasitelerinin gerilimi çıkış gerilimini geçtiğinde anahtarların negatif yönde kutuplanmasını engeller.



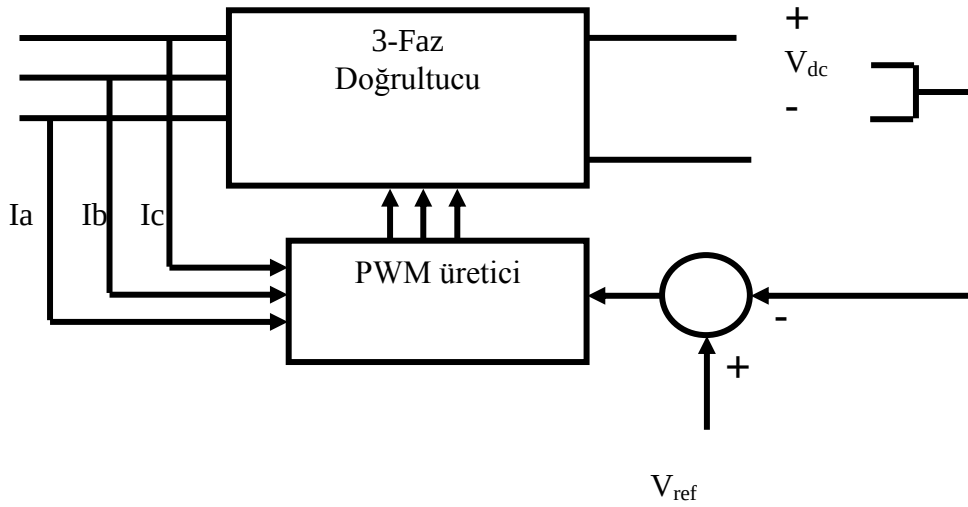
Şekil 4.11. Anahtar sayısı üçe indirilmiş düşüren DGM doğrultucu

Genelde düşüren tür doğrultucularda endüktans L_{b+}/L_{b-} ne kadar büyükse çıkış da o kadar düzgün olmaktadır. Fakat bu doğrultucularda endüktans değeri küçük olsa da akımın sürekliliği sağlanabilmektedir.

4.5.3-Faz DGM Doğrultucuların Denetimi

DGM doğrultucuların denetiminde kullanılan yapının basit gösterimi Şekil 4.12’de verilmektedir. Denetleyici, çıkış gerilimi ve giriş akımından örnekler alarak giriş akımının istenen açıda olmasını sağlar. Şekil 4.13’de ise denetleyici tüm bileşenleri ile gösterilmektedir.

Çıkış gerilimini istenen değerde tutabilmek için giriş akımının regüle edilmesi gerekmektedir. Çıkış gerilimi ile bu gerilimin referans değeri arasındaki hata kullanılarak giriş akımı için bir referans üretilir. Burada yapılan işlem, tepe değeri gerilim hatası ile orantılı olan bir sinüs işareti üretmektir. Bu sinüs giriş gerilimi ile aynı fazda ise akımın fazı gerilimle aynı olacak ve böylece birim güç katsayısı elde edilecektir. Akım denetleyicisinde kullanılan yöntemlerden biri, histerezis denetleyicidir. Histerezis denetleyici yapısı Şekil 4.14’de gösterilmektedir.



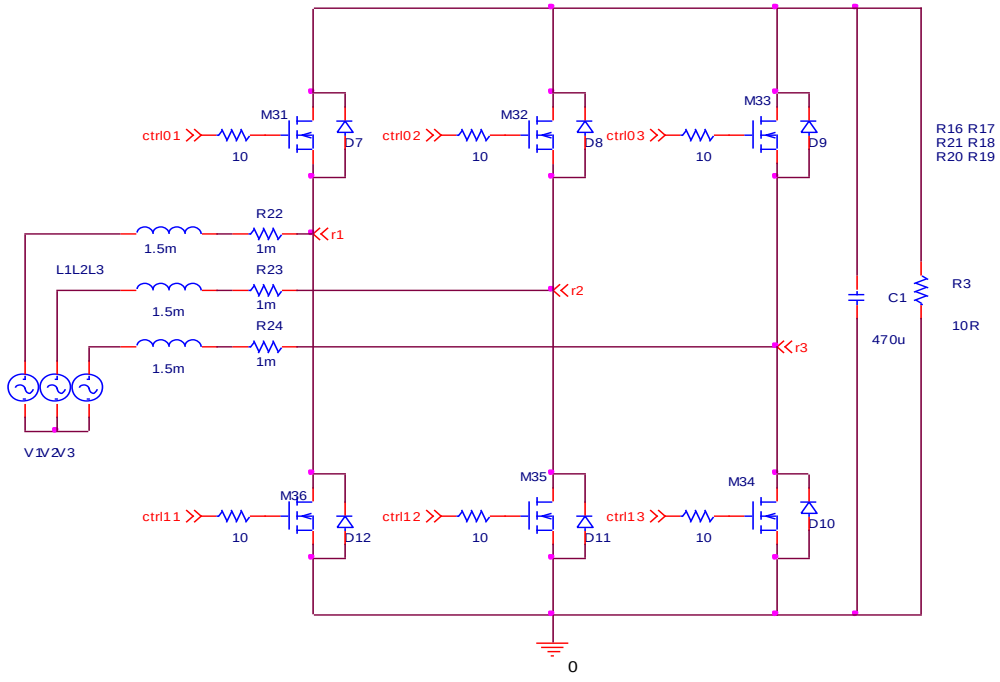
Şekil 4.12. DGM doğrultucunun basit gösterimi

4.6.Benzetim Sonuçları

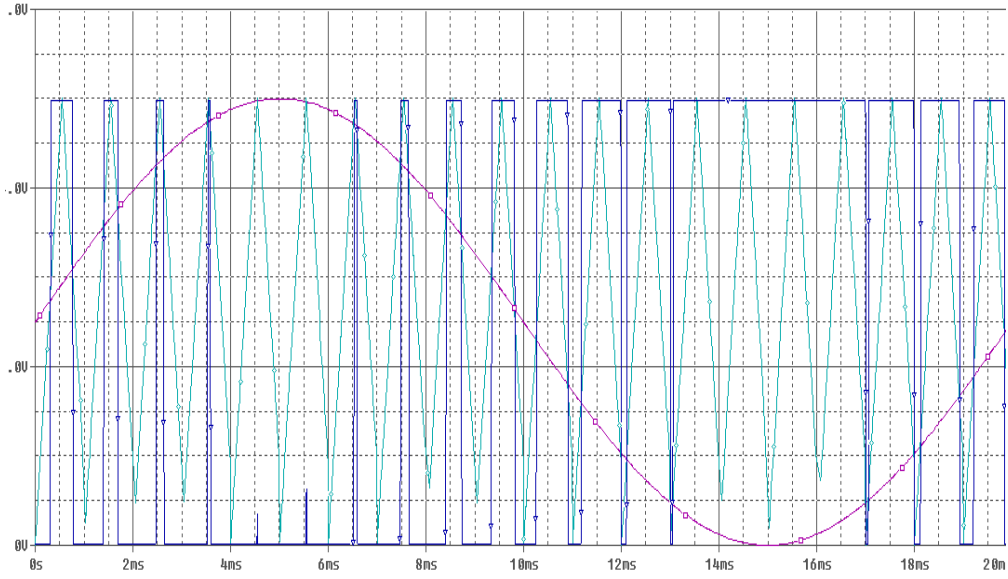
Bu bölümde, yükselten tür DGM dönüştürücünün nasıl çalıştığını göstermek için yapılan benzetim çalışmaları verilmektedir. Benzetimde geri beslemeli denetleyici kullanılmamış, DGM darbeleri, kaynağın fazına göre fazı kaydırılan bir sinüs kaynağı ile frekansı anahtarlama frekansını belirleyecek olan bir üçgen sinyalin karşılaştırılmasıyla üretilmiştir. Benzetimlerde kullanılan devre Şekil 4.15.'de gösterilmektedir.

Şekilde görülen üçgen sinyalin frekansı 1kHz'dir. Dolayısıyla her 1ms'lik zaman aralığında sinüs sinyalinin genliğiyle orantılı bir şekilde ON süresi değişen bir DGM sinyali ile anahtar kontrol edilmektedir. Burada önce modülasyon indeksi sabit tutularak ve fazda değişimler yapılarak, sonra da fazı sabit tutulup modülasyon indeksi değiştirilerek çıkışın nasıl etkilendiği gözlemlenmiştir.

Referans sinyalinin fazı bağlı olduğu faz gerilim sinyaline göre isimlendirilmektedir. Modülasyon indeksi de referans sinyalin tepe değerinin, üçgen sinyalin tepe değerine oranı olmaktadır. Dolayısıyla değeri 0 ile 1 arasında olmalıdır.

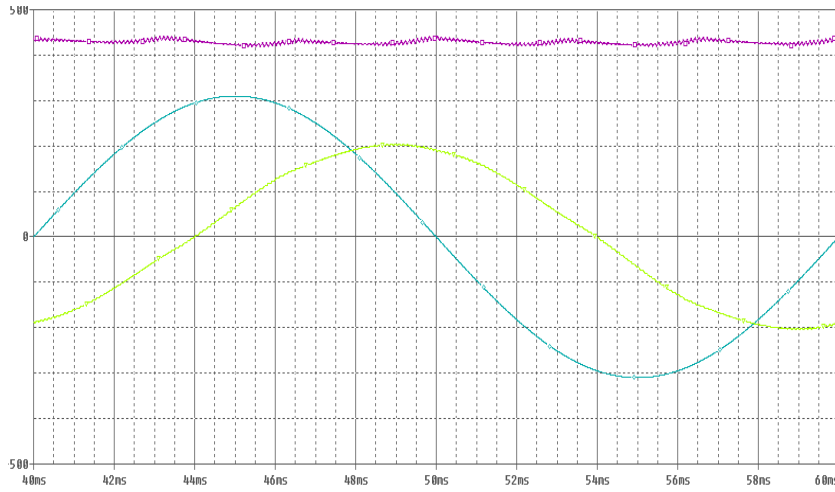


Şekil 4.15. Benzetimi yapılan yükselten tür DGM doğrultucu devre şeması



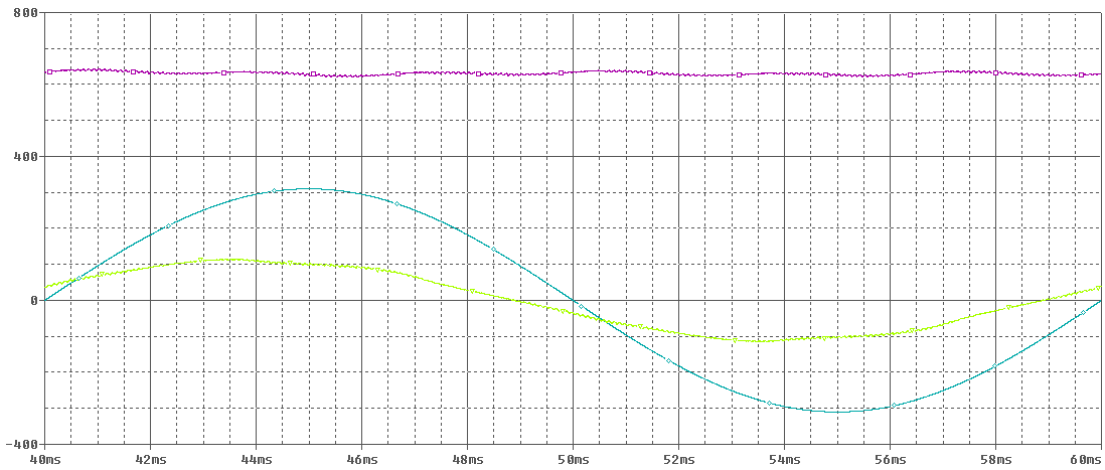
Şekil 4.16. Sinüs ve üçgen sinyalinin karşılaştırılmasıyla üretilen DGM işareti

Şekil 4.17’de modülasyon indeksi 1, referans gerilimin faz açısı 0° iken alınan dalga biçimleri (çıkış gerilimi, giriş gerilimi ve giriş akımı) gösterilmektedir. Görüldüğü gibi referansın fazı geriliminki ile aynı olmakla birlikte, akım aynı fazda olmamaktadır. Akımın aynı fazda olabilmesi için kapalı çevrimli denetim uygulamak gereklidir.



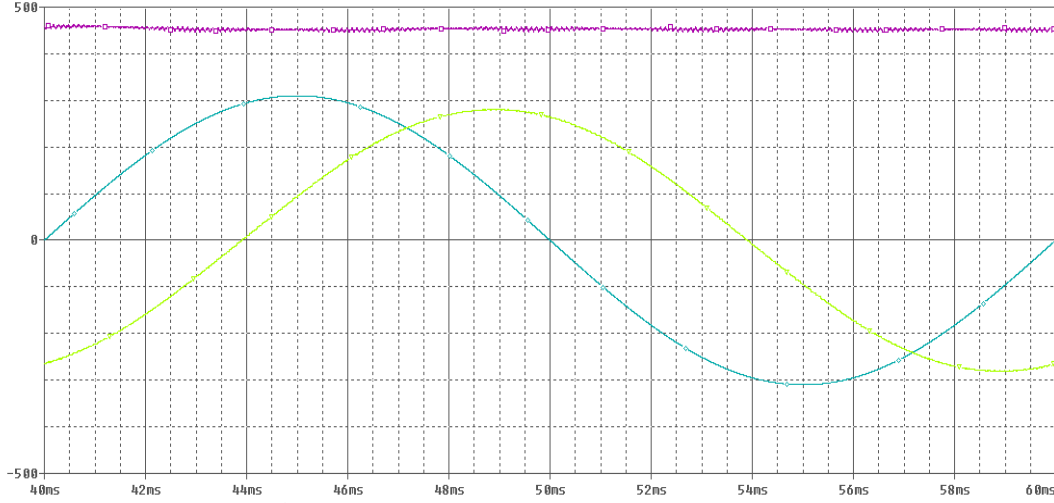
Şekil 4.17. $m=1$ ve $\Phi=0^\circ$ için çıkış gerilimi (V_{dc}), giriş gerilimi (v_{in}) ve giriş akımı (i_{in})

Şekil 4.18’de modülasyon indeksi 1, referans gerilimin faz açısı -10° iken alınan dalga biçimleri (çıkış gerilimi, giriş gerilimi ve giriş akımı) gösterilmektedir..



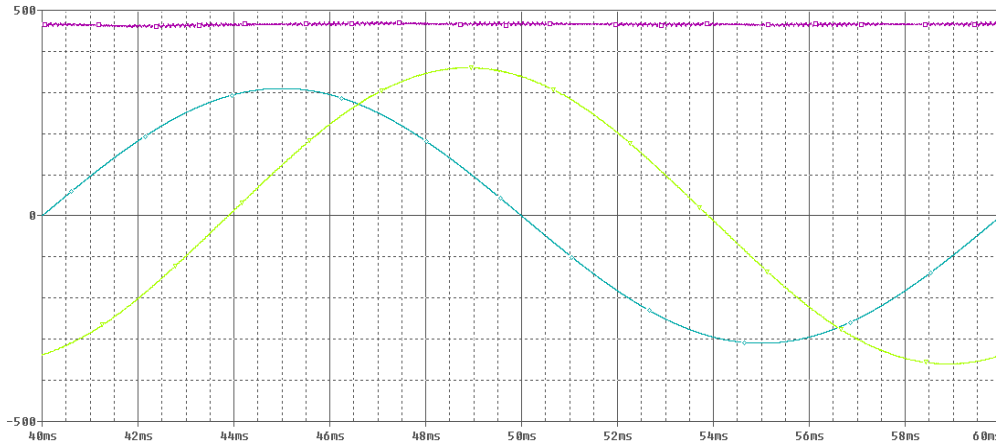
Şekil 4.18. $m=1$ ve $\Phi=-10^\circ$ için çıkış gerilimi (V_{dc}), giriş gerilimi (v_{in}) ve giriş akımı (i_{in})

Şekil 4.19’da modülasyon indeksi 0,8, referans gerilimin faz açısı 0° iken alınan dalga biçimleri (çıkış gerilimi, giriş gerilimi ve giriş akımı) gösterilmektedir. Modülasyon indeksinin küçülmesi nedeniyle çıkış geriliminin de azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.19. $m=0,8$ ve $\Phi=0^\circ$ için çıkış gerilimi (V_{dc}), giriş gerilimi (v_{in}) ve giriş akımı (i_{in})

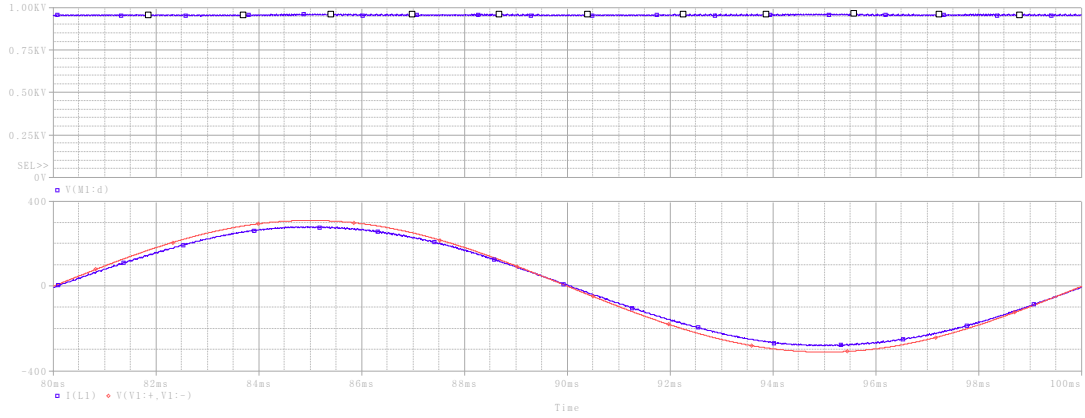
Şekil 4.20’de modülasyon indeksi 0,6, referans gerilimin faz açısı 0° iken alınan dalga biçimleri (çıkış gerilimi, giriş gerilimi ve giriş akımı) gösterilmektedir.



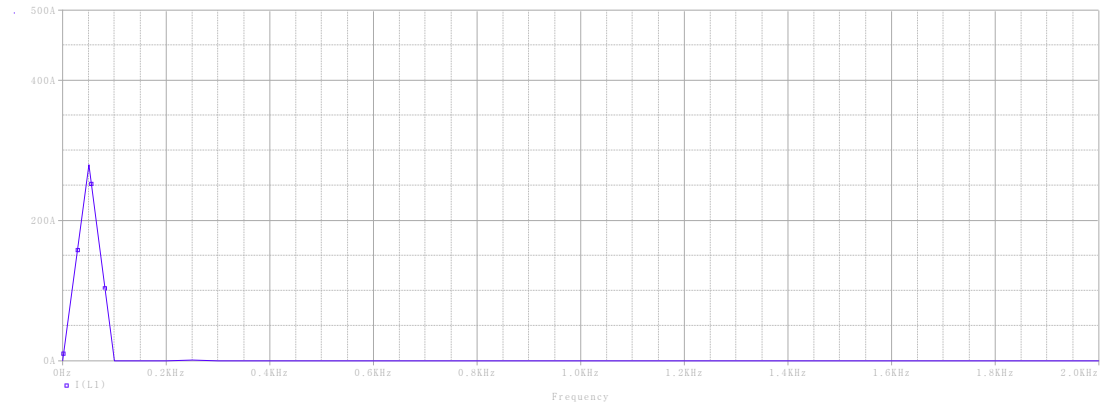
Şekil 4.20. $m=0,6$ ve $\Phi=0^\circ$ için çıkış gerilimi (V_{dc}), giriş gerilimi (v_{in}) ve giriş akımı (i_{in})

Şekil 4.21’de, giriş akımı ile giriş gerilimi aynı fazda olacak biçimde çalışan devrenin çıkış gerilimi, giriş gerilimi ve giriş akımı gösterilmektedir. Gröüldüğü gibi giriş güç katsayısı

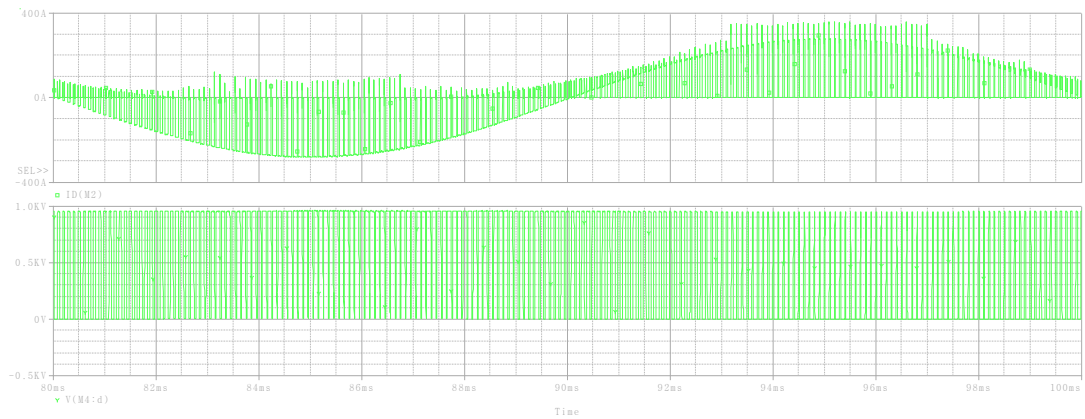
birim değere yakındır. Şekil 4.22’de giriş akımının harmonik içeriği verilmektedir. Görüldüğü gibi ana harmonik dışında bir harmonik bulunmamaktadır.



Şekil 4.21. Giriş faz açısı eşitlenmiş durumda



Şekil 4.22. Giriş akımının harmonik içeriği



Şekil 4.23. Üst ve alt anahtar akımları

Şekil 4.23’de, eviricinin bir kolundaki üst ve alt anahtarların akımları gösterilmektedir.

5.SONUÇ

Bu tezde güç elektroniğı deneylerinde kullanılabilecek çok amaçlı bir devrenin tasarımı ve gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Mikroişlemci ile denetlenen ve akıllı güç modülü kullanan bu devrede temel DA-DA dönüştürücü deneyleri yanında DGM evirici ve DGM doğrultucu deneyleri de yapılabilecektir.

Tez kapsamında denenebilecek tüm devrelerin nasıl çalıştığı anlatılmış, benzetim sonuçları verilmiştir. Ancak, hazırlanan deney düzeneğı başarılı olamadığından deneysel çalışma sonuçları teze konulamamıştır.

Burada tanımlanan devre yapısı kullanılarak oluşturulabilecek bir altyapı ile aynı zamanda araştırmacılara hizmet edecek, prototiplerin hızlıca kurulabileceğı, farklı denetim algoritmalarının denenebileceğı bir sistem oluşturulabilir.

EKLER

EK-1 Kullanılan C programı

program :

```
#include <16f777.h>
#device ADC=8
#fuses XT,NOWDT,NOPROTECT,NOBROWNOUT,PUT,NODEBUG
#use delay(clock=4000000)
#define use_portd_lcd TRUE
#include <lcd.c>
#use fast_io(a)
#use fast_io(b)

void pwm(void);
void main()
{
    set_tris_A(0b00101011);
    set_tris_B(0b00000001);
    set_tris_C(0b00010000);

    // portA=0X00;
    // portB=0X00;
    // portC=0X00;

    lcd_init();
    while(true)
    {
        delay_ms(80);
        output_low(pin_c2); // pwm i açip kapattiktan sonra çıkis değerinin +5 de kalir
        //pwm();
        // void pwm(void)
        {
            int deger;
            //int adcvalue;
            //int adcvalueold;
            float lcdx,sonuc;
            setup_ccp1(ccp_pwm);
            setup_ccp2(ccp_pwm);
            setup_ccp3(ccp_pwm);
            setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,124,1);
            setup_adc_ports(ALL_ANALOG);
```

EK-1 (Devam) Kullanılan C programı

```
setup_adc(adc_clock_internal);
while(true)
{
    {
        //  ADCValue=Read_ADC();
        //  delay_ms(100);    // monitor 10 times a second
        //if (input(PIN_C4)==0 ) // only PWM2 pWM3
        {
            // if ( ADCValue != ADCValueOld )
            {
                //  set_pwm3_duty(ADCValue);
                //  set_pwm2_duty(ADCValue);
                //  set_pwm1_duty(ADCValue);
                //  ADCValueOld = ADCValue;
            }
        }

        //1 if (input(PIN_C5)==0 ) // only PWM2 pWM3
        {
            // if ( ADCValue != ADCValueOld )
            {
                //2  set_pwm3_duty(deger);
                //3  set_pwm2_duty(deger);
                //4  set_pwm1_duty(deger);
                //  ADCValueOld = ADCValue;
            }
        }

        deger=read_adc();
        set_pwm1_duty(deger);
        set_pwm2_duty(deger);
        set_pwm3_duty(deger);
        //5 if (input(PIN_C5)==1 )
        {
            //6  set_pwm3_duty(125);
            //7  set_pwm2_duty(125);
            //8  set_pwm1_duty(deger);
            //  ADCValueOld = ADCValue;
        }
        //9 if (input(PIN_C4)==1 )
        {
```

```
//10    set_pwm1_duty(125);
//11    set_pwm2_duty(125);
//12    set_pwm1_duty(deger);
EK-1 (Devam) Kullanılan C programı
//    ADCValueOld = ADCValue;
    }
    lcdx=deger;
    sonuc=(lcdx/500)*200;
    printf(lcd_putc,"\f");
    lcd_send_byte(0,0x01);
    printf(lcd_putc,"PWM DUTY CLE:%3.1f",sonuc );
    lcd_send_byte(0,0xC0);
    printf(lcd_putc,"'S' key to evaluate ");
    lcd_send_byte(0,0x94);
    printf(lcd_putc,"S1=HB S2=FB S3=MFET " );
    lcd_send_byte(0,0xD4);
    printf(lcd_putc,"S4=IGBT S5=3pure PWM");
```

```
//set_tris_a(0b00001111);
//set_tris_b(0x00);
```

```
delay_ms(80);
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```




PIC16F7X7

28/40/44-Pin, 8-Bit CMOS Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology

Low-Power Features:

- Power-Managed modes:
 - Primary Run (XT, RC oscillator, 76 μ A, 1 MHz, 2V)
 - RC_RUN (7 μ A, 31.25 kHz, 2V)
 - SEC_RUN (9 μ A, 32 kHz, 2V)
 - Sleep (0.1 μ A, 2V)
- Timer1 Oscillator (1.8 μ A, 32 kHz, 2V)
- Watchdog Timer (0.7 μ A, 2V)
- Two-Speed Oscillator Start-up

Oscillators:

- Three Crystal modes:
 - LP, XT, HS (up to 20 MHz)
- Two External RC modes
- One External Clock mode:
 - ECIO (up to 20 MHz)
- Internal Oscillator Block:
 - 8 user-selectable frequencies (31 kHz, 125 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz, 8 MHz)

Analog Features:

- 10-bit, up to 14-channel Analog-to-Digital Converter:
 - Programmable Acquisition Time
 - Conversion available during Sleep mode
- Dual Analog Comparators
- Programmable Low-Current Brown-out Reset (BOR) Circuitry and Programmable Low-Voltage Detect (LVD)

Peripheral Features:

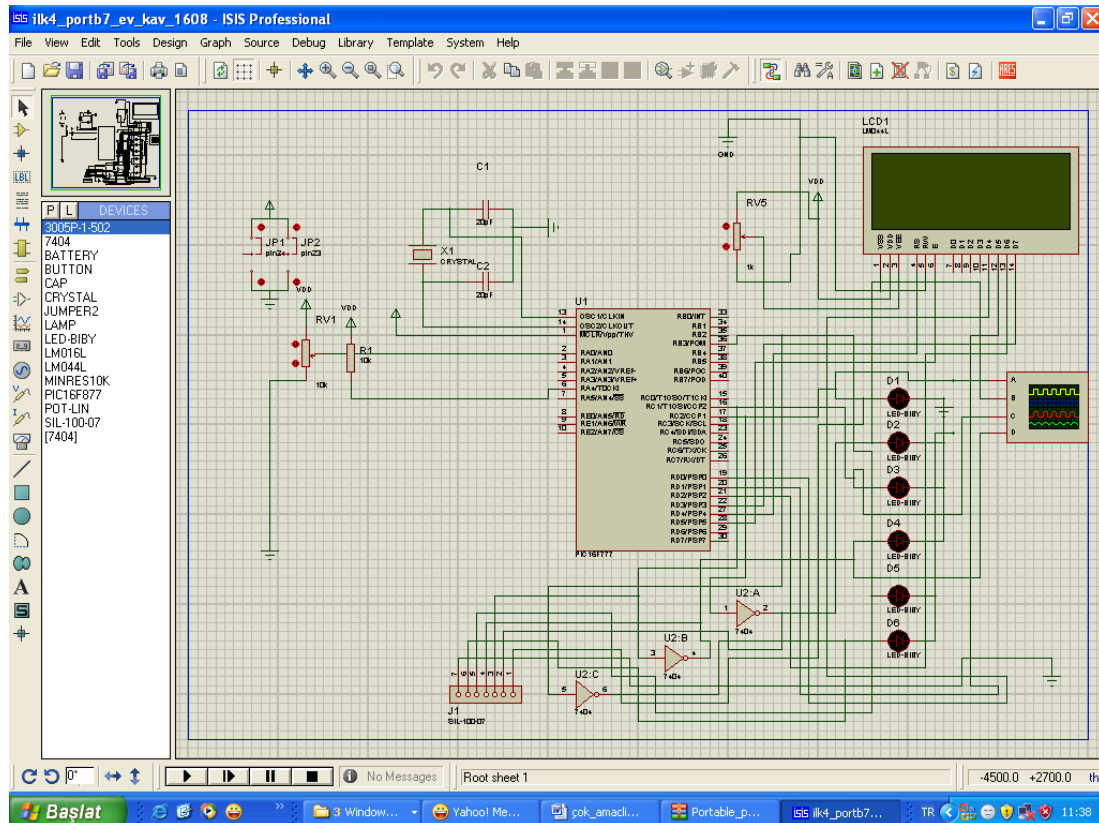
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Two 8-bit Timers with Prescaler
- Timer1/RTC module:
 - 16-bit timer/counter with prescaler
 - Can be incremented during Sleep via external 32 kHz watch crystal
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) with 3-wire SPI™ and I²C™ (Master and Slave) modes
- Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (AUSART)
- Three Capture, Compare, PWM modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10 bits
- Parallel Slave Port (PSP) – 40/44-pin devices only

Special Microcontroller Features:

- Fail-Safe Clock Monitor for protecting critical applications against crystal failure
- Two-Speed Start-up mode for immediate code execution
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Programmable Code Protection
- Processor Read Access to Program Memory
- Power-Saving Sleep mode
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- MPLAB® In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- MCLR pin function replaceable with input only pin

Device	Program Memory (# Single-Word Instructions)	Data SRAM (Bytes)	I/O	Interrupts	10-bit A/D (ch)	Comparators	CCP (PWM)	MSSP		AUSART	Timers 8/16-bit
								SPI™	I ² C™ (Master)		
PIC16F737	4096	368	25	16	11	2	3	Yes	Yes	Yes	2/1
PIC16F747	4096	368	36	17	14	2	3	Yes	Yes	Yes	2/1
PIC16F767	8192	368	25	16	11	2	3	Yes	Yes	Yes	2/1
PIC16F777	8192	368	36	17	14	2	3	Yes	Yes	Yes	2/1

EK-3 Çalışma devrenin şeması



KAYNAKLAR

- 1.J. W. Dixon and B. T. Ooi, "Indirect current control of a unity power factor sinusoidal boost type 3-phase rectifier," **IEEE Trans. Ind. Electron.**, vol. 35, pp. 508–515, Nov. 1988.
- 2.R.Wu, S. B. Dewan, and G. R. Slemon, "Analysis of an ac to dc voltage source converter using PWM with phase and amplitude control," **IEEE Trans. Ind. Applicat.**, vol. 27, pp. 355–364, Mar./Apr. 1991.
- 3.A. Draou, Y. Sato, and T. Kataoka, "A new state feedback based transient control of PWM ac to ac voltage type converters," **IEEE Trans. Power Electron.**, vol. 10, pp. 716–724, Nov. 1995.
- 4.R. Ridley, S. Kern, and B. Fuld, "Analysis and design of a wide input range power factor correction circuit for three-phase applications," in Proc. **IEEE APEC'93**, 1993, pp. 299–305.
- 5.L. Malesani and P. Tenti, "Three-phase AC/DC PWM converter with sinusoidal AC currents and minimum filter requirements," **IEEE Trans. Ind. Applicat.**, vol. IA-23, pp. 71–77, Jan./Feb. 1987.
- 6.B. H. Kwon and B. Min, "A fully software-controlled PWM rectifier with current link," **IEEE Trans. Ind. Electron.**, vol. 40, pp. 355–363, June 1993.
- 7.V. Vlatkovic, D. Borjovic, and F. C. Lee, "A zero-voltage switched, three phase isolated PWM buck rectifier," **IEEE Trans. Power Electron.**, vol. 10, pp. 148–157, Mar. 1995.
- 8.W. Kolar and H. Ertl, "Status of the techniques of three phase rectifier systems with low effects on the mains," in Proc. **21st INTELEC**, June 1999, pp. 9–18.
- 9.B. H. Kwon and B. Min, "A fully software-controlled PWM rectifier with current link," **IEEE Trans. Ind. Electron.**, vol. 40, pp. 355–363, June 1993.
- 10.B. M. M. Rwinyiwiwa, P. M. Birks, and B. T. Ooi, "Delta-modulated buck-type PWM converter," **IEEE Trans. Ind. Applicat.**, vol. 28, pp. 552–557, May/June 1992.

- 11.L. Moran, P. D. Ziogas, and G. Joos, "Design aspects of synchronous PWM rectifier-inverter system under unbalanced input voltages conditions", **IEEE Trans. Ind. Appl.**, 28(6), 1286–1293, Nov./Dec. 1992.
- 12.J. W. Wilson, "The forced-commutated inverter as a regenerative rectifier", **IEEE Trans. Ind. Appl.**, IA-14(4), 335–340, July/Aug. 1978.
- 13.A. V. Stankovic and T. A. Lipo, "A novel control method for input-output harmonic elimination of the PWM boost type rectifier under unbalanced operating conditions", **IEEE Trans. Power Electron.**, 16(5), Sept. 2001.
- 14.J. W. Dixon, and B. T. Ooi, "Indirect current control of a unity power factor sinusoidal current boost type three-phase rectifier", **IEEE Trans. Ind. Electron.**, 35(4), 508–515, Nov./Dec. 1988.
- 15.D. M. Brod and D. W. Novotny, "Current control of VSI-PWM inverters", **IEEE Trans. Ind. Appl.**, IA-21(4), 769–775, Nov./Dec. 1984.
- 16.T. A. Lipo, "Recent progress and development of solid state AC motor drives", **IEEE Trans. Power Electron.**, 3(2), 105–117, April 1988.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SAVAŞ, Abdullah

Uyruđu : T.C. /İran
Doğum tarihi ve yeri : 28.06.1962 İran/Tebriz
Medeni hali : Evli
Telefon : (312) 427 27 47 , (532) 424 47 84
e-mail : abdullahsavas@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Elektrik-Elektronik Müh	...
Lisans	Gazi Üniversitesi /Elektrik-Elektronik Müh.	2000
Lise	29 BAHMAN Lisesi /İran-Tebriz	1979

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1990- 1996	Halıcı Bilgi işlem /ANKARA	Teknik Servis sorumlusu
1997- 2004.	PROTA Bilgisayar / ANKARA	Teknik Servis Şef Müh.
2005- 2008	İran SIEMENS (MAHARAN) /İRAN	Bakım Onarım Müd.
2009-	TOBB ETÜ Hastanesi / ANKARA	Biyomedikal Müh.

Yabancı Dil

Azerice, Farsça, İngilizce, Almanca

Hobiler

Sinema, tiyatro, masa tenisi