



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜÇ ELEKTRONİĞİ DÖNÜŞTÜRÜCÜ MODELLERİ EĞİTİM
MODÜLÜ GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ASLINUR BÜŞRA KARAGÜL

ARALIK 2013

DÜZCE

KABUL VE ONAY BELGESİ

Aslınur Büşra KARAGÜL tarafından hazırlanan Güç Elektroniği Dönüştürücü Modelleri Eğitim Modülü Geliştirilmesi isimli yüksek lisans tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 09.12.2013 tarih ve 2013/643 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye
(Tez Danışmanı)
Doç. Dr. İbrahim YÜCEDAĞ
Düzce Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Resul KARA
Düzce Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. Dr. Devrim AKGÜN
Sakarya Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih : 18.12.2013

ONAY

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Aslınur Büşra KARAGÜL'ün Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

.....

(İmza)

Aslımur Büşra KARAGÜL

Sevgili Aileme

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanması süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. İbrahim YÜCEDAĞ'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Arş. Gör. Mustafa ERTAY'a da şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşım Derya BAŞOL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2013

Aslınur Büşra KARAGÜL

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	V
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ	IX
ÖZET	1
ABSTRACT	2
EXTENDED ABSTRACT.....	3
1. GİRİŞ	7
1.1. AMAÇ VE KAPSAM.....	8
2. MATERYAL VE YÖNTEM	10
2.1 GÜÇ ELEKTRONİĞİ.....	10
2.2. TEMEL GÜÇ DEVRELERİ/DÖNÜŞTÜRÜCÜLER	12
2.2.1. Alternatif Akımdan Doğru Akıma (AC-DC) Dönüştürücüler / Doğrultucular	15
2.2.1.1 Doğrultma Verimi	17
2.2.1.2. Kontrolsüz Doğrultucular	18
2.2.1.3 Yarım Dalga Doğrultucular	18
2.2.1.4 Tam Dalga Doğrultucular	20
2.2.1.5 Faz Kontrollü Doğrultucular (Dönüştürücüler)	21
2.2.1.5.1 Tek Fazlı Dönüştürücüler	21
Tek Fazlı Tam Dalga Diyotlu Doğrultucular	22
2.2.1.5.2 Üç Fazlı Dönüştürücüler.....	23

Üç Fazlı Tam Dalga Köprü Doğrultucular.....	23
2.2.2. Doğru Akımdan Doğru Akıma (DC-DC) Dönüştürücüler / DC Kıyıcılar ...	24
2.2.2.1. Alçaltıcı DC-DC Dönüştürücü (Buck Konvertör).....	26
2.2.2.2. Yükseltici DC- DC Dönüştürücü (Boost Konvertör).....	27
2.2.2.3. Alçaltıcı-Yükseltici DC- DC Dönüştürücü (Buck-Boost Konvertör)....	27
2.2.2.4. CUK DC- DC Dönüştürücü (CUK Konvertör).....	27
2.2.3. Doğru Akımdan Alternatif Akıma (DC-AC) Dönüştürücüler / İvertörler .	28
2.2.3.1. Tek Fazlı İvertörler.....	32
2.2.3.2. Üç Fazlı İvertörler	33
2.2.3.3. Darbe Genlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation=PWM) Tabanlı İvertörler.....	33
2.2.4. Alternatif Akımdan Alternatif Akıma (AC-AC) Dönüştürücüler / AC Kıyıcılar	34
2.2.4.1. Tek Fazlı Temel AC Kıyıcı	37
2.2.4.2. Üç Fazlı Temel AC Kıyıcı.....	37
2.2.4.3. AC-AC Değişken Frekanslı Konvertör (Cycloconverter).....	37
2.3. MATLAB YAZILIM ORTAMI.....	38
2.3.1. MATLAB'ın Kullanım Alanları.....	39
2.3.2. MATLAB İle Güç Elektroniği Uygulamaları	40
2.3.3. SIMULINK Programı	40
2.3.4. GUI.....	42

2.3.4.1. MATLAB GUIDE ile GUI Tasarımı	43
2.3.4.2. GUI'nın Programlanması	44
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
3.1. DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRELER VE MATLAB SİMULINK MODELLERİ.....	50
3.1.1. AC-DC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri	50
3.1.2. DC-DC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri	56
3.1.3. DC-AC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri	59
3.1.4. AC-AC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri	60
3.2. GÜÇ ELEKTRONİĞİ DÖNÜŞTÜRÜCÜLER EĞİTİM MODÜLÜ.....	61
3.3. EĞİTİM MODÜLÜNÜN ÇALIŞMA SONUÇLARI.....	62
3.3.1. AC-DC Arayüzü	62
3.3.2. DC-DC Arayüzü	70
3.3.3. DC-AC Arayüzü	73
3.3.4. AC-AC Arayüzü	74
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
5. KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	81

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2. 1: Bir güç elektroniği düzeneğinin genel yapısı	11
Şekil 2. 2: Dönüştürücü modelleri	13
Şekil 2. 3: AC-DC dönüştürücü devrelerin temel blok şeması	15
Şekil 2. 4: Temel yarım dalga diyotlu doğrultucu devre ve dalga formları	18
Şekil 2. 5: Temel Yarım Dalga Kondansatörlü Doğrultucu Devre ve Dalga Formları ..	18
Şekil 2. 6: Farklı kapasite değerlerine sahip doğrultucu devrelerin gerilim grafikleri ...	19
Şekil 2. 7: Orta uçlu trafo ve iki diyot kullanılan doğrultucu devre ve dalga formları ...	20
Şekil 2. 8: Orta uçlu trafo ve dört diyot kullanılan doğrultucu devre ve dalga formları	20
Şekil 2. 9: Tek Faz Kontrollü Tristörlü Dönüştürücü Devre Şeması	21
Şekil 2.10: Orta uçlu bir transformatörlü doğrultucu devre şeması ve giriş-çıkış karakteristiği	22
Şekil 2. 11: Üç fazlı kontrollü dönüştürücü	23
Şekil 2. 12: Üç Faz Tam Dalga Köprü Diyot Doğrultucu.....	24
Şekil 2. 13: DC-DC dönüştürücü devrelerin temel blok şeması	24
Şekil 2. 14: Temel Alçaltıcı DC-DC Dönüştürücü (Buck Konvertör) Devre Şeması	26
Şekil 2. 15: Yükseltici DC-DC Dönüştürücü Devre Şeması.....	27
Şekil 2. 16: Alçaltıcı-Yükseltici DC- DC Dönüştürücü Devre Şeması	27
Şekil 2. 17: Cuk Dönüştürücü Devre Şeması	28
Şekil 2. 18: DC-AC dönüştürücülerin temel blok şeması.....	28
Şekil 2. 19: Tek fazlı bir invertör devre şeması.....	32

Şekil 2. 20 Üç Faz İnvörtör Devre Şeması	33
Şekil 2. 21: AC-AC dönüştürücülerin temel blok şeması	34
Şekil 2. 22: AC Kıyıcının Temel Dalga Şekilleri.....	35
Şekil 2. 23: Bir triyak ile gerçekleştirilen AC kıyıcı devre şeması	36
Şekil 2. 24: Tek fazlı AC kıyıcı temel devre şeması	37
Şekil 2. 25: Üç fazlı AC kıyıcı temel devre şeması (Y bağlı yük için).....	37
Şekil 2. 26: AC_AC.fig.....	44
Şekil 2. 27: AC_AC.m.....	45
Şekil 3. 1: (a) Bir Fazlı Yarım Dalga Kontrolsüz Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli.....	51
Şekil 3. 2: (a) Bir Fazlı Yarım Dalga R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli	51
Şekil 3. 3: (a) Bir Fazlı Yarı Kontrollü R-L Yüklü Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli.....	52
Şekil 3. 4: (a) Bir Fazlı Yarı Kontrollü R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli	52
Şekil 3. 5: (a) Bir Fazlı Kontrolsüz R Yüklü Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli.....	53
Şekil 3. 6: (a) Bir Fazlı Kontrolsüz R-L Yüklü Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli.....	53
Şekil 3. 7: (a) Bir Fazlı Kontrollü R Yüklü Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli	54
Şekil 3. 8: (a) Bir Fazlı Kontrollü R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli.....	54

Şekil 3. 9: (a) Üç Fazlı Yarım Dalga Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli.....	55
Şekil 3. 10: (a) Üç Fazlı Yarı Kontrollü Tam Dalga Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli.....	55
Şekil 3. 11: (a) Orta Uçlu Tam Dalga Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli	56
Şekil 3. 12: (a) Üç Fazlı SPWM Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli	56
Şekil 3. 13: (a) Buck Dönüştürücü Devresi ve (b) Simulink Modeli	57
Şekil 3. 14: (a) Boost Dönüştürücü Devresi ve (b) Simulink Modeli.....	57
Şekil 3. 15: (a) Buck-Boost Dönüştürücü Devresi ve (b) Simulink Model	58
Şekil 3. 16: (a) Cuk Dönüştürücü Devresi ve (b) Simulink Modeli	59
Şekil 3. 17: (a) Bir Fazlı SPWM Kontrollü İnvörtör Devresi ve (b) Simulink Model ..	59
Şekil 3. 18: (a) Tek Fazlı AC Kıyıcı Devresi ve (b) Simulink Modeli.....	60
Şekil 3. 19: (a) Üç Fazlı AC Kıyıcı Devresi ve (b) Simulink Modeli	61
Şekil 3. 20: Ana Sayfa.....	62
Şekil 3. 21: Bir Fazlı Yarım Dalga Kontrolsüz Doğrultucu Devresi Arayüzü.....	62
Şekil 3. 22: Bir Fazlı Yarım Dalga R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi Arayüzü	63
Şekil 3. 23: Bir Fazlı Yarı Kontrollü R-L Yüklü Doğrultucu Devresi Arayüzü	64
Şekil 3. 24: Bir Fazlı Yarı Kontrollü R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi Arayüzü	64
Şekil 3. 25: Bir Fazlı Kontrolsüz R Yüklü Doğrultucu Devresi Arayüzü	65
Şekil 3. 26: Bir Fazlı Kontrolsüz R-L Yüklü Doğrultucu Devresi Arayüzü.....	66
Şekil 3. 27: Bir Fazlı Kontrollü R Yüklü Doğrultucu Devresi Arayüzü	66

Şekil 3. 28: Bir Fazlı Kontrollü R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi Arayüzü	67
Şekil 3. 29: Üç Fazlı Yarım Dalga Doğrultucu Devresi Arayüzü	68
Şekil 3. 30: Üç Fazlı Yarı Kontrollü Tam Dalga Doğrultucu Devresi Arayüzü	68
Şekil 3. 31: Orta Uçlu Tam Dalga Doğrultucu Devresi Arayüzü.....	69
Şekil 3. 32: Üç Fazlı SPWM Doğrultucu Devresi Arayüzü.....	70
Şekil 3. 33: Buck Dönüştürücü Devresi Arayüzü.....	70
Şekil 3. 34: Boost Dönüştürücü Devresi Arayüzü.....	71
Şekil 3. 35: Buck-Boost Dönüştürücü Devresi Arayüzü	72
Şekil 3. 36: Cuk Dönüştürücü Devresi Arayüzü	72
Şekil 3. 37: Bir Fazlı SPWM Kontrollü İnvörtör Devresi Arayüzü	73
Şekil 3. 38: Tek Fazlı AC Kıyıcı Devresi Arayüzü	74
Şekil 3. 39: Üç Fazlı AC Kıyıcı Devresi Arayüzü.....	74

SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

AC	Alternatif Akım
DC	Doğrusal Akım
Ω	Ohm
G	İletkenlik
P	Güç (elektrik akımı için)
PWM	Darbe Genişlik Modülasyonu
SPWM	Sinüs Darbe Genişliği Modülasyonu
GUI	Grafik Kullanıcı Arayüzü
GUIDE	Grafik Kullanıcı Arayüzü Dizaynı

ÖZET

GÜÇ ELEKTRONİĞİ DÖNÜŞTÜRÜCÜ MODELLERİ EĞİTİM MODÜLÜ GELİŞTİRİLMESİ

Aslınur Büşra KARAGÜL

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. İbrahim YÜCEDAĞ

Aralık 2013, 81 sayfa

Güç yarı iletken teknolojilerinde meydana gelen ilerlemeler, güç elektroniği devrelerinin yer aldığı sistemlerin kullanımını arttırmıştır. Güç Elektroniği, gün geçtikçe daha da genişleyen elektronik sektörünün en önemli dallarından biri haline gelmiştir. Güç elektroniğinin önemli uygulamalarından birini dönüştürücüler oluşturmaktadır. Dört temel dönüştürücü vardır. Bu çalışmada, güç elektroniği sistemlerinden dönüştürücü devre modellerinin karakteristiklerinin incelenmesi amacıyla MATLAB GUI ortamında ara yüz tasarlanmıştır. Bu çalışma ile dönüştürücü devrelerin ayrı ayrı simülasyonlarının ara yüz yardımıyla yapılması amaçlanmaktadır. Bu çalışmadaki güç elektroniği devre modelleri MATLAB Simulink programında tasarlanmıştır. MATLAB GUI'de tasarlanan ara yüz ile Simulink dosyaları ilişkilendirilerek simülasyonlar ara yüz üzerinde yapılmakta, devrelere ait grafikler görüntülenebilmekte ve karakteristikleri incelenebilmektedir. Böylece özellikle uygulamalı derslerin bilgisayar eşliğinde simülatörlerle işlenmesi hem zamanı kısaltmakta, hem de öğretimin daha iyi kavranması sağlamaktadır. Bu amaçla hazırlanan bu çalışmada oldukça yaygın kullanılan MATLAB programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arayüz Tasarımı, Güç Elektroniği, Güç Elektroniği Sistemleri, Güç Elektroniği Devreleri, Dönüştürücüler, Simulink, MATLAB GUI, MATLAB/SIMULINK Benzetimi

ABSTRACT

DEVELOPING POWER ELECTRONICS CONVERTERS MODELS TRAINING MODULE

Aslınur Büşra KARAGÜL

Duzce University

Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Computer Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Associate Professor Dr. İbrahim YÜCEDAĞ

December 2013, 81 pages

Developments in power semiconductor technology have been increased the use of systems that include power electronic circuits. Power Electronics has become one of the most important branches of the electronic industry which expands day by day. Converters are one of the most important applications of power electronics. There are four basic converters. In this study, in order to examine the characteristics of the converters circuit models which are the one of power electronics systems aimed to design an interface to MATLAB GUI environment. This work is to be done with the help of the converters circuits separate simulation interface. The circuit models designed at MATLAB Simulink program using Equations. With the designed interface, the graphics of Circuits will be displayed and also their characteristics will be analyzed. In this way, especially doing the practical courses in computer with simulators both reduces the processing time and provides a better understanding of education. In this study which is prepared for this purpose, the most widely used MATLAB program was used.

Keywords: Power Electronics, Power Electronics Systems, Power Electronics Circuits, Converters, Simulink, MATLAB GUI, MATLAB / SIMULINK simulation

EXTENDED ABSTRACT

DEVELOPING POWER ELECTRONICS CONVERTERS MODELS TRAINING MODULE

Aslınur Büşra KARAGÜL

Duzce University

Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Computer Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Associate Professor Dr. İbrahim YÜCEDAĞ

December 2013, 81 pages

1. INTRODUCTION:

The very broad term power electronics includes electronic circuits. Power electronics, received from any source of electrical energy was controlled by electronic methods (converted or processed) is the process of transferring a controlled load [1]. Since 1950, with the invention of semiconductor power elements of power electronics, communications, transportation, lighting, automotive, heating, space systems, uninterruptible power supplies, motor control applications found in many areas [2]. Power electronic circuits by the DC and AC regulated power supplies, lighting and heating control, electric machines, drive circuits, induction heating, static reactive power compensation as well as various applications of semiconductor power switches using the electrical power conversion (DC-DC, AC-AC, AC-DC, DC-AC) performs operations [3]. Power electronics processing circuits that process electrical power, filtering, control performs maximum yield [4].

Interconverting forms of electrical energy to the circuit in general is called Converters. There are four basic converters [5]. This circuit structures, types of alternating current or direct current electrical energy to each other or among themselves in different ways and levels perform is to be returned. Basic power circuits, AC-DC converters, AC-AC converters, DC-DC converters, DC-AC converters are [1]. Generally, the power electronics MATLAB is preferred. MATLAB wide variety of commands, as well as its possession of the graphical interface, easy and customarily interaction offer a useful environment, which serve a wide variety of areas it is advantageous to have different and wide library. MATLAB especially preferred for scientific research environment has become popular and used in [6].

Electronic rapid and continuous development is one of the areas of science that. In the electronics field has an increasing importance of power electronics and power electronics teaching of basic circuits are important. Power electronic circuits to complex mathematical equations, nonlinear voltage and current change are based on. Power electronic circuits have these characteristics of the process of teaching and learning difficult. These difficulties in teaching the use of different techniques are needed. Educational content based on student interaction with simulation and animation techniques to be presented in its enriched form is a method used in teaching power electronics [7]. Student's study the basic principles of power electronics circuits will help to clarify and reinforce concepts they have learned will enable them aided simulation and animation training materials are needed [8]. Electronic training in the concepts covered in class, is confirmed by the application. Offering a combination of theoretical knowledge and practical programs are an effective teaching tool. These programs give students practical skills as well as theoretical studies also helps reinforce [9,10]. Used in educational environments, visual elements, permanent learning helped is known [11]. With the introduction of computers in education, making education more efficient, many efforts are underway to expand and individualize [12]. PCs immediate feedback is provided for the student's learning time savings , the kidnapped course or subject by students at any time permit the repetition , the student's active participation , providing the teacher's job to facilitate the most boring classes even easier and enjoyable by bringing teachers to help for reasons such as educational environments are widely used [13]. Techniques in the areas of computers that have been taken one of ease, thanks to the software developed, pre-production of many system simulations can be performed. Thus, many experiments cannot be done in an educational environment is carried out in a virtual environment [14, 15]. These types of programs and sub-programs that they use automatically operated by entering the required data on the screen once they are prepared to be used by any user can be presented .Because it provides a flexible work environment impact on system performance parameters to be accessed quickly and accurately [16].

In the first part of the thesis provides general information about the study, describes the purpose and scope of the thesis and the method has been mentioned. In the second part of the definition of power electronics, history, uses and basic power circuits are described in detail for the understanding of the subject. The study was carried out in MATLAB software environment which is briefly given. In addition, from studies conducted so far on this issue and the advantages of this thesis are mentioned. The work performed in the third section have been described in detail, the interface was introduced. In the fourth chapter of the thesis describes the results obtained and the study was reviewed. Work in the future and can be developed that can be added to the indicated sections, that can be done about it are given suggestions for new studies.

2. MATERIAL AND METHODS:

The concept of Power Electronics, considered a revolution in 1957 with the discovery of the first thyristor and power emerged in the 1960s with the rapid development of the elements have been used. Power Electronics, considered a new revolution after producing the first microprocessor in 1974, developed very quickly and has played a major role in increasing the level of welfare. Power electronics, energy conversion and control are branch of science that studies. Power electronics, power electronics and control with a strong bond between disciplines creates. Power Electronics Systems, located between energy sources and users of semiconductor or static load applications. Semiconductor and micro- electronics technology, along with the ability to control conversion and developing customers' needs and demands are increasing. More efficient use of electrical energy and quality of existing and evaluation of alternative energy sources is recommended and encouraged. They require intensive and thus the power electronic converter and the importance of market share is constantly increasing with the charm [5].

In this study, MATLAB software contained in the GUI editor using the power electronic converter circuit simulations of a graphical user interface has been designed [19]. Circuit simulation of MATLAB Simulink and after the design of the system interface MATLAB GUI was performed using. Prepared interface, the user wants to select the type of circuit allows. In addition to this, the user wants to input parameters of the circuit by setting values, the results on the same interface can also display numerically and graphically. Thus, the simulation process and the results obtained in a short time and with integrity to the user by presenting educational efficiency reduces a lot of the negativity is prevented [20]. Moreover, this study , the power electronic converter circuit applications encountered in the time constraints, lack of equipment such problems in removing a certain amount of benefit that It is thought [21].

3. RESULTS AND DISCUSSIONS:

In this thesis examined the power electronics converters and interface converters are designed for teaching. Belonging to the converter simulation models are designed to prepare a training module. Started training modules designed four basic converter interface is prepared separately. Each interface also contains sub models. AC - AC, DC-AC and AC - DC as a result of change of variables in the model were observed graphics. DC-DC obtained by change of variables in the model when compared to the graph, the model elements are controlled precisely controlled observed. Future study and simulation times more comprehensive filtering methods can be added. Training module as seen normally four different converter of the separate circuit to establish and implement them difficult whilst working here interfaces through the desired pattern is chosen and attached to it as the result obtained by subtracting user-friendly interface which provides have been developed. Flexible working environment parameters that impact on the performance of the system can be accessed quickly and accurately.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK:

This study Engineering, Faculty of Technical Education and Vocational High School students studying in the present indicated power electronics course to be understood and grasped to facilitate aimed [17]. The study, conducted converter circuits are widely used on students when they want and where they want to reach will allow information from [18].

1. GİRİŞ

Güç elektroniği terimi çok geniş bir şekilde elektronik devreleri içine alır. Güç elektroniği, herhangi bir kaynaktan alınan elektrik enerjisinin, elektronik yöntemlerle kontrol edilerek (dönüştürülerek veya işlenerek) kontrollü olarak yüke aktarılması işlemidir [1]. 1950'lerden bu yana yarı iletken güç elemanlarının icat edilmesiyle güç elektroniği; haberleşme, ulaşım, aydınlatma, otomotiv, ısıtma, uzay sistemleri, kesintisiz güç kaynağı, motor kontrolü gibi birçok alanda uygulama buldu [2]. Güç elektroniği devreleri tarafından DC ve AC regüle edilmiş güç kaynakları, aydınlatma ve ısıtma kontrolü, elektrik makinelerinin sürme devreleri, indüksiyon ısıtma, statik reaktif güç kompanzasyonu gibi çeşitli uygulamalar için yarı iletken güç anahtarları kullanarak elektrik güç dönüşümü (DC-DC, AC-AC, AC-DC, DC-AC) işlemini yerine getirir [3]. Güç elektroniği devreleri bu işlemi elektrik gücünün işlenmesi, filtrelenmesi, kontrollü maksimum verimle yerine getirir [4].

Elektrik enerji şekillerini birbirine dönüştüren devrelere genel olarak Dönüştürücüler adı verilir. Dört temel dönüştürücü vardır [5]. Bu devre yapıları, alternatif akım veya doğru akım türündeki elektrik enerjisinin birbirlerine veya kendi içlerinde farklı şekillere ve seviyelere döndürülmesi işlemi gerçekleştirmektedir. Temel güç devreleri; AC-DC dönüştürücüler, AC-AC dönüştürücüler, DC-DC dönüştürücüler, DC-AC dönüştürücülerdir [1]. Güç elektroniği uygulamalarında genellikle MATLAB programı tercih edilir. MATLAB'ın çok çeşitli komutlarının yanı sıra, grafiksel arabirime sahip oluşu, kolay alışılabılır ve kullanışlı bir ortam etkileşimi sunması, çok çeşitli alanlara hizmet eden farklı ve zengin kütüphanesinin olması avantaj sağlar. MATLAB özellikle bilimsel araştırmalar için tercih edilen ve popüler olarak kullanılan bir ortam haline gelmiştir [6].

Elektronik hızlı ve sürekli gelişmelerin olduğu bilim alanlarından biridir. Elektronik alanında güç elektroniği giderek artan bir öneme sahiptir ve güç elektroniğinin temel devrelerinin öğretimi önemli yer tutar. Güç elektroniği devreleri karmaşık matematiksel bağıntılara, doğrusal olmayan gerilim ve akım değişimlerine dayalıdır. Güç elektroniği devrelerinin bu özelliklere sahip olması öğrenme ve öğretme sürecini zorlaştırmaktadır. Bu zorluklar öğretme sürecinde farklı tekniklerin kullanımını gerekli kılmaktadır. Eğitim içeriklerinin öğrenci etkileşimini temel alan benzetim ve canlandırma teknikleri

ile zenginleştirilmiş biçimde sunulması güç elektroniği öğretiminde kullanılan bir yöntemdir [7]. Öğrencilerin güç elektroniği devrelerinin temel çalışma ilkelerini kavramalarına yardımcı olacak ve öğrendikleri kavramları pekiştirmelerini sağlayacak benzetim ve canlandırma destekli eğitim materyallerine gerek duyulmaktadır [8]. Elektronik eğitiminde derste işlenen kavramlar, yapılan uygulamalarla pekiştirilir. Teorik bilgi ve uygulamaları bir arada sunan programlar etkili birer öğretim aracıdır. Bu programlar, öğrencilere pratik beceri kazandırmasının yanı sıra, teorik çalışmalarını pekiştirmede de yardımcı olur [9,10]. Eğitim ortamlarında kullanılan görsel unsurların, kalıcı öğrenmelere yardımcı olduğu bilinmektedir [11]. Bilgisayarların eğitim alanında kullanılmaya başlanmasıyla, eğitimi daha verimli hale getirmek, yaygınlaştırmak ve bireyselleştirmek için birçok çalışma yapılmaktadır [12]. Bilgisayarlar anında dönüt sağlandığı için öğrencinin öğrenme zamanından tasarruf sağlaması, kaçırılan ders veya konunun öğrenci tarafından istenildiği zaman tekrar edilebilmesi, öğrencinin derse aktif katılımını sağlayarak, öğretmenin işini kolaylaştırması, en sıkıcı dersleri bile kolay ve zevkli hale getirerek öğretmene yardımcı olması gibi nedenlerden dolayı eğitim ortamlarında yaygın olarak kullanılmaktadır [13]. Teknik alanlarda, bilgisayarların sağlamış olduğu kolaylıklardan biri de, geliştirilen yazılımlar sayesinde, üretim öncesi birçok sistemin simülasyonunun yapılabilmesidir. Böylece eğitim ortamında yapılması mümkün olmayan birçok deney sanal ortamda gerçekleştirilmektedir [14,15]. Bu tip programlar alt programları otomatik olarak kullandıkları ve gerekli verileri ekrandan girilerek işletildikleri için bir kez hazırlanıp her hangi bir kullanıcı tarafından kullanılmaya sunulabilir. Esnek çalışma ortamı sağladığı için parametrelerin sistem başarımına etkisine hızlı ve doğru bir şekilde ulaşılabilir [16].

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

Tezin birinci bölümünde yapılan çalışma ile ilgili genel bilgiler verilmiş, tezin amaç ve kapsamı anlatılmış ve yöntemden bahsedilmiştir. İkinci bölümde güç elektroniğinin tanımı, tarihçesi, kullanım alanları ve temel güç devreleri, konunun anlaşılması için detaylıca anlatılmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği yazılım ortamı olan MATLAB hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Ayrıca bugüne kadar bu konuda yapılan çalışmalardan ve bu tez çalışmasının getirdiği avantajlardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde gerçekleştirilen çalışma detaylarıyla anlatılmış, ara yüz tanıtımı yapılmıştır. Dördüncü

bölümde tez çalışmasından elde edilen sonuçlar açıklanmış ve çalışma yorumlanmıştır. İleride çalışmaya eklenebilecek ve geliştirilebilecek kısımlar belirtilmiş, bu konuda yapılabilecek yeni çalışmalar için öneriler verilmiştir.

Bu çalışma ile Mühendislik, Teknik Eğitim Fakülteleri ve Meslek Yüksek Okullarında öğrenim gören öğrencilere günümüzde gösterilen güç elektroniği dersinin anlaşılması ve kavranmasının kolaylaştırılması amaçlanmıştır [17]. Yapılan çalışma, öğrencilerin yaygın olarak kullanılan dönüştürücü devreleri hakkında istedikleri zaman ve istedikleri yerden bilgiye ulaşmalarına olanak sağlayacaktır [18].

Bu çalışmada, MATLAB paket programı içerisinde bulunan GUI editörü kullanılarak güç elektroniği dönüştürücü devrelerinin simülasyonları için bir grafiksel kullanıcı ara yüzü tasarlanmıştır [19]. Devrelerin simülasyonları MATLAB Simulink ile tasarlandıktan sonra, sistemin ara yüzü MATLAB GUI kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan ara yüz, kullanıcının istediği devre tipini seçmesine olanak sağlamaktadır. Bunun yanı sıra kullanıcı, devrenin giriş parametrelerini istediği değerlere ayarlayarak, sonuçları aynı ara yüz üzerinde sayısal ve grafiksel olarak görüntüleyebilmektedir. Böylece yapılan simülasyon işlemi ve elde edilen sonuçlar kısa sürede ve bütünlük içerisinde kullanıcıya sunulurken, eğitimde verimi azaltan bir çok olumsuzluğun önüne geçilmiştir [20]. Ayrıca bu çalışmanın, güç elektroniği dönüştürücü devre uygulamalarında karşılaşılan zaman kısıtlaması, donanım eksikliği gibi problemlerin giderilmesinde belli oranda yarar sağlayacağı düşünülmektedir [21].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

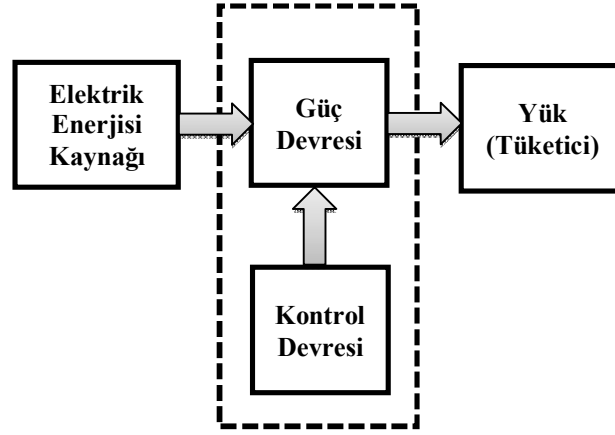
2.1 GÜÇ ELEKTRONİĞİ

Güç Elektroniği kavramı, bir devrim kabul edilen ilk Tristörün 1957’de keşfiyle ortaya çıkmış ve güç elemanlarının hızlı gelişmesiyle 1960’lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Güç Elektroniği, yeni bir devrim sayılan ilk Mikroişlemcinin 1974’te üretilmesinden sonra, çok hızlı bir şekilde gelişmiş ve refah düzeyinin artmasında büyük rol oynamıştır. Güç Elektroniği, enerjinin dönüştürülmesi ve kontrol edilmesini inceleyen bilim dalıdır. Güç Elektroniği, güç ile elektronik ve kontrol bilim dalları arasında güçlü bir bağ oluşturur.

Güç Elektroniği Sistemleri, enerji kaynakları ile kullanıcı yükleri arasında yer alan yarı iletken veya statik uygulamalardır. Yarı iletken ve mikro elektronik teknolojileri ile birlikte, dönüştürme ve kontrol yeteneği gelişmekte, müşterilerin ihtiyaç ve istekleri artmaktadır. Mevcut elektrik enerjisinin daha verimli ve kaliteli kullanılması ve alternatif enerji kaynaklarının değerlendirilmesi önerilmekte ve teşvik edilmektedir. Bunlar yoğun olarak dönüştürücü gerektirmekte ve böylece güç elektroniğinin önemi ve cazibesi ile pazar payı sürekli artmaktadır [5].

Güç Elektroniği, gün geçtikçe daha da genişleyen elektronik sektörünün en önemli dallarından birisidir. Önceleri endüstriyel alanlardaki elektronik yöntemlerle çözümlerde kullanılan güç elektroniği devre ve düzenekleri, günümüzde endüstrinin dışına taşarak evlere, ofislere ve araçlara girmiştir.

Bir güç elektroniği düzeneğinin temel yapısı blok olarak Şekil 2.1’de görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi bir güç düzeneği, güç devresi ve kontrol devresi olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır [1].



Şekil 2. 1: Bir güç elektroniği düzeneğinin genel yapısı

1980'lerin başlarından itibaren sayısal elektronik alanındaki gelişmeler ve mikroişlemcilerin geliştirilmeye başlaması ile güç elektroniğinde yeni ufuklar açılmaya başlamıştır. Bu gelişmelere uygun olarak tristöre alternatif yeni güç elektroniği elemanları geliştirilme çalışmaları başlamış ve bu çalışmalar sonucunda o zamana kadar düşük güçlülere kullanılmakta olan Güç Transistörleri ve Güç Mosfetleri geliştirilmiştir. Güç transistörleri, güç mosfetleri ve bu elemanların daha ileri versiyonlarının geliştirilmesiyle birlikte, daha önceki yıllarda tristörler kullanılarak hem daha zor hem de daha pahalı olarak yapılmaya çalışılan birtakım güç elektroniği devreleri ve endüstriyel uygulamalar, bu yeni elemanların kullanılmaya başlamasıyla, hem daha basit, hem daha küçük, hem daha fonksiyonel hem de çok daha ucuza yapılabilir ve kullanılabilir hale gelmiştir [1].

Güç elektroniği devreleri hemen her alanda kullanılmaktadır. Endüstride; enerji iletimi ve dağıtımında, makine otomasyonunda, her tür motor kontrolü, ısıtma soğutma işlemleri, üretim ve montaj sanayii, güç kaynağı ve güç kontrol sistemlerinde. Yaygın olarak kullanılır. Bina otomasyon sistemleri, ısıtma, soğutma, havalandırma ve güvenlik sistemleri, tüm ofis araçları, eğlence, spor ve oyun araçları, tıbbi cihazlar, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, buzdolabı, klima, elektrik süpürgesi vb. ev cihazları gibi günlük hayatta sıklıkla kullanılan sistem ve cihazlarda güç elektroniği devreleri karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, uçak ve diğer hava araçlarındaki tüm güç sistemlerinde, demiryolu ve metro araçlarında ve yer sistemlerinde, otobüs, kamyon ve

çekici gibi ağır vasıtaların tüm elektronik sistemlerinde, otomobillerdeki tüm elektriksel güç ve kontrol sistemlerinde, forklift, seyyar vinç, beton makinesi vb. ulaşım araçlarında da güç elektroniği devreleri kullanılmaktadır. Güç elektroniği devrelerinin bir diğer kullanım alanı da tarım ve hayvancılıktır. Sera otomasyonu ve kontrolü, açık hava sulama ve ürün kontrol sistemleri, tarım makinelerinin otomasyonu, kümes, ahır vb. hayvan yetiştirme tesislerinin bakım ve otomasyonu, tarla ve arazilerin ekim, dikim ve gübreleme kontrolleri ve tohumculuk, fide yetiştirme vb. çalışmalarda güç elektroniği devrelerinin kullanıldığını görüyoruz [1].

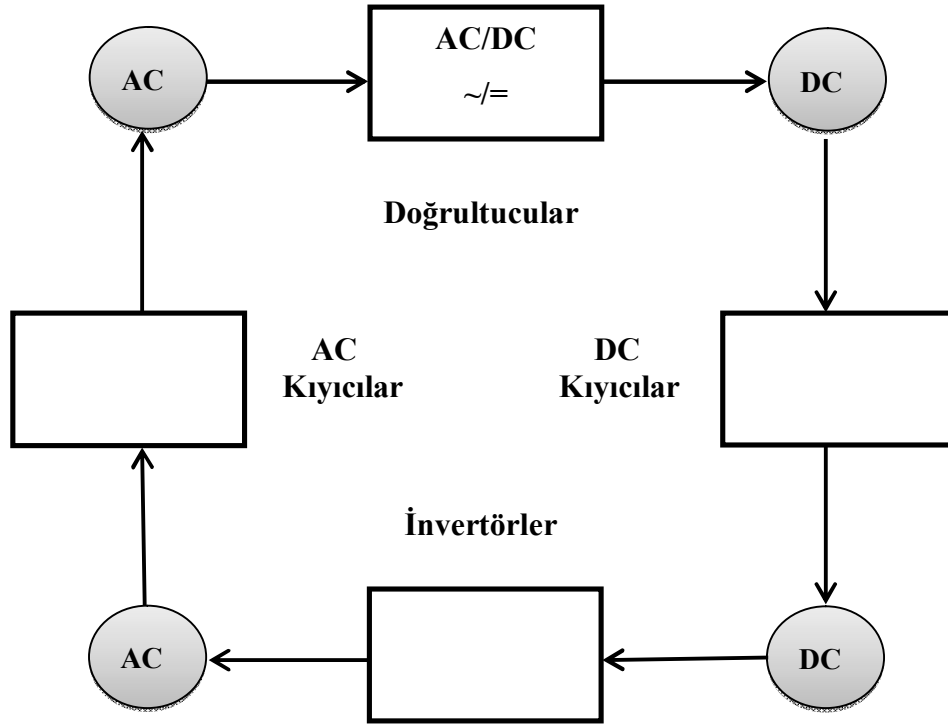
2.2. TEMEL GÜÇ DEVRELERİ/DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Geniş anlamıyla güç elektroniğinin görevi tüketici yüklerine optimal olarak ayarlanmış bir biçimde gerilim ve akım sağlamak için güç dönüşümü yaparak elektrik enerjisi akışını işlemek ve kontrol etmektir. Güç girişi genellikle elektrik şebeke kaynağıdır. Uygulamaya bağlı olarak yüke uygulanan çıkış doğru akım (DC) veya alternatif akım (AC) formlarından biri olabilir [7].

Elektrik enerji şekillerini birbirine dönüştüren devrelere genel olarak dönüştürücüler adı verilir. Dört temel dönüştürücü vardır [5]. Bu devre yapıları, alternatif akım veya doğru akım türündeki elektrik enerjisinin birbirlerine veya kendi içlerinde farklı şekillere ve seviyelere döndürülmesi işlemini gerçekleştirmektedir [1]. Güç dönüştürücü sistemleri giriş ve çıkış gücünün tipine göre genel olarak aşağıda belirtilen kapsamlı kategorilerde incelenebilir;

- ✓ Alternatif Akımdan Doğru Akıma Dönüştürücüler (AC/DC)
- ✓ Doğru Akımdan Doğru Akıma Dönüştürücüler (DC/DC)
- ✓ Doğru Akımdan Alternatif Akıma Dönüştürücüler (DC/AC)
- ✓ Alternatif Akımdan Alternatif Akıma Dönüştürücüler (AC/AC)

Dönüştürücü modelleri Şekil 2.2’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. 2: Dönüştürücü modelleri

Güç elektroniği çeviricileri elektrik enerjisinin form değiştirmesini gerektiren her yerde kullanılabilir. DC/DC çeviriciler özellikle cep telefonu ve pda gibi mobil cihazlarda gerilim seviyesini pilin şarj değerinde sabit tutmak için kullanılır. AC/DC çeviriciler elektrik şebekesine bağlı her türlü elektronik devre içerisinde kullanılır [22].

Bu yüzden kullanılabildikleri enerji aralığı miliwatt (mW) değerlerinden (örneğin cep telefonları) megawatt (MW) değerlerine (örneğin trenlere enerji sağlanması) kadar değişebilir. Klasik elektronikte elektrik akımı ve gerilim bilgi taşımak için kullanılırken güç elektroniğinde elektriksel gücü taşımak için kullanılırlar. Bu yüzden güç elektroniğinin ana kriteri "verim" olarak tanımlanabilir [22].

Verimliliğin güç elektroniği çeviricilerinde en önemli parametre olduğu göz önüne alındığında, güç elektroniği cihazlarının mümkün olduğu kadar az güç kaybına neden olmaları gerekmektedir. Bir cihazın anlık kayıp gücü, cihaz üzerindeki gerilimle üzerinden geçen akımın çarpımına eşittir [22].

$$P = U \times I \quad (2.1)$$

P: Cihazın anlık kayıp gücü

U: Cihaz üzerindeki gerilim

I: Cihaz üzerinden geçen akım

Denklem 2.1'den de görüleceği gibi gerilimin 0 olduğu durumda (açık durumu) ya da cihaz üzerinden akım akmazken (kapalı durumu) cihazın kayıp gücü minimumdur. Bu yüzden güç elektroniği çeviricileri açık ya da kapalı modunda çalışabilen bir ya da daha fazla cihaz etrafında tasarlanır. Bu tip bir yapı ile çeviricinin girişinden verilen enerji çıkışına tetiklemeler üzerinden transfer edilir [22].

Yukarıda da bahsedildiği üzere giriş elektrik gücünün bir formdan diğer bir forma dönüştürme işlemi güç dönüşümü, güç dönüşümü işlevini yerine getiren güç elektroniği devreleri ise güç dönüştürücüler (konvertörleri) olarak adlandırılır. Son zamanlarda güç elektroniği aygıtlarındaki ilerlemeler elektriksel sistemlerin performansını ilerletmiştir [23]. İletişim ve sinyal-veri işleme gibi elektronik sistemlere zıt olarak, güç elektroniğinde büyük miktarlarda elektriksel güç işlenir [22].

Güç çeviricilerinde güç dönüşümü diyot, tristör ve transistör gibi yarı iletken anahtarlama elemanları tarafından gerçekleştirilir. Elektrik güç dönüşümü, yarıiletken güç elemanları tarafından inşaa edilmiş ve kontrol elektroniği tarafından kontrol edilen güç konvertörleri tarafından gerçekleştirilmiştir [2].

Dönüştürücüler diğer deyişle konvertörler hızlı tekrar değerinde açılıp kapanan yarıiletken anahtarlar kullanılarak kaynaktan belirli bir düzeyde işlenmiş ve genlik ve frekans kontrolü yapılmış enerjiyi transfer ederler [24,25]. Güç çeviricileri, çevirici içinde bulunan elemanların nasıl anahtarlandığına göre hat frekanslı/doğal komütasyonlu, anahtarlama/zorlanmış komütasyonlu ve rezonant ve yarı-rezonant dönüştürücüler olmak üzere üç şekilde sınıflandırılabilir.

Şebeke gerilimi yarı-iletken güç elemanlarının kesime gitmesini kolaylaştırır. Elemanlar iletme geçtiğinde hat gerilim dalga şekline kilitlenir. Bu yüzden elemanlar 50 ya da 60 Hz'lik hat frekansında açılıp kapanarak anahtarlanırlar [7]. Bu şekilde anahtarlanan dönüştürücüler "Hat frekanslı/ Doğal komütasyonlu Dönüştürücüler" olarak bilinir.

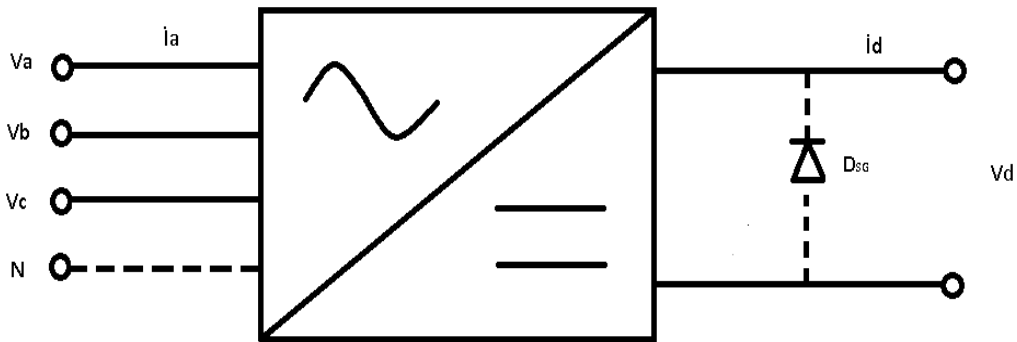
Kontrol edilebilir anahtarlar hat frekansı ile karşılaştırıldığında, daha yüksek frekanslarda açılıp kapanırlar. Çevirici içindeki yüksek açma/kapama frekansına karşın, çevirici çıkışı ya DC ya da hat frekansı ile karşılaştırılabilir bir frekansta olabilir [7]. Bu şekilde anahtarlanan dönüştürücüler “Anahtarlamalı/ Zorlanmış komütasyonlu Dönüştürücüler” olarak bilinir.

Kontrol edilebilir anahtarlar sıfır gerilimde ve /ya da sıfır akımda açılır kapanırlar [7]. Bu şekilde anahtarlanan dönüştürücüler de “Rezonant ve yarı-rezonant Dönüştürücüler” olarak bilinir.

2.2.1. Alternatif Akımdan Doğru Akıma (AC-DC) Dönüştürücüler / Doğrultucular

AC-DC dönüştürücüler diğer bir deyişle doğrultucular, genel olarak bir AC gerilimi bir DC gerilime dönüştürür [5]. Doğrultma kavramına değinmek gerekirse alternatif akımın (AC) doğru akıma (DC) döndürülmesi işlemidir. Doğrultucu ise, bir ya da daha fazla yarı iletken elemandan (örneğin diyot) oluşan alternatif akımı doğru akıma çevirmek için kullanılan elektriksel bir devredir. Bütün doğrultucular, tek bir diyot ile mümkün olan AC’yi DC’ye dönüştürme işlemi için daha verimli yapabilmek için birden fazla diyotun belirli bir şekilde birbirine bağlanmasıyla yapılır. Doğrultma işlemi özel olarak yarı iletken diyotlar üzerinden gerçekleştirilir. Yarı iletken elemanlardan oluşan doğrultucular geliştirilmeden önce vakum tüpleri kullanılırdı [22].

Şekil 2.3’te AC-DC dönüştürücü devrelerin temel blok şeması gösterilmiştir.



Şekil 2. 3: AC-DC dönüştürücü devrelerin temel blok şeması

V_a, V_b, V_c : Giriş faz gerilimleri (efektif değerler)

V_d : Çıkış gerilimi

i_a : Giriş a fazı akımı

i_d : Çıkış akımı

N : Şebeke nötr hattı

D_{SG} : Serbest geçiş diyotu (Söndürme, komütasyon diyotu)

Doğrultucular doğal komütasyonlu ve problemsiz devrelerdir. Tristör ve diyotlarla gerçekleştirilir [5]. Çoğu güç elektroniği uygulamasında, elektrik şebekesinden sağlanan 50 ya da 60 Hz'lik sinüzoidal alternatif gerilim, önce doğru gerilime çevrilir. AC/DC dönüştürücü pek çok tüketici elektroniği cihazı (örneğin, televizyon, kişisel bilgisayarlar, pil şarj üniteleri vb.) içinde kullanılan, güç elektroniğinin en tipik cihazıdır. Güç aralığı onlarca watt'dan birkaç yüz watt'a kadar değişebilmektedir. Doğrultucuların ilk uygulamalarından biri genlik modülasyonlu radyo sinyallerinin bir diyot tarafından algılanmasıydı [22]. Endüstride en yaygın olarak kullanılan dönüştürücülerdir. Endüstrideki en yaygın kullanım şekli değişken hız sürücüsü olarak (VSD) endüksiyon motorlarını kontrol etmekte kullanılır. VSD'lerin güç aralığı birkaç yüz watt'dan başlayıp megawatt'lara kadar çıkabilmektedir [22]. Uygulama alanları DC motor kontrolü, akümülatör şarjı, galvano teknikle kaplama ve DC gerilim kaynakları şeklinde sıralanabilir [5].

AC gerilimi basit bir transformatör tarafından bile kolaylıkla kontrol edilebildiğinden enerji iletiminde kullanılmaktadır. Yüksek gerilim enerji iletim hatları elektriği uzak mesafelere, indirgenmiş akım (ısı ve böylece enerji kayıpları azalmış olur) ile iletmek için kullanılır. Güç hedef noktaya vardığında indirgeme transformatörleri tarafından kontrol edilebilir gerilimlere düşürülür. DC gerilimi bir gerilim değerinden diğerine indirmek daha karmaşık bir yapı gerektirir. DC den DC ye gerilim çevirmenin bir yolu önce AC ye çevirip (evirici ismi verilen cihaz kullanılır) daha sonra bir transformatör ile gerilim değeri düşürülür ve son olarak DC ye doğrultma işlemi gerçekleştirilir. DC günlük yaşamda faydalanılan elektrik ve elektronik cihazların iç devrelerinde kullanılır. Bilgisayarlar, telefonlar, televizyonlar, saatler, sürekli aydınlatma vb. DC kullanacak şekilde tasarlanırlar [22].

Doğrultucular DC çıkışının bir formunu üretmekte yeterli olsalar da hiç birisi sabit DC gerilimi sağlayamamaktadırlar. Doğrultulmuş AC kaynağından sabit DC elde etmek

için bir düzleyici devre gereklidir. En basit şekliyle bunu gerçekleştirmek için bir depo sığaç ya da düzleyici sığaç doğrultucunun DC çıkışına konabilir. Buna rağmen hala bir miktar AC dalgacık kalacak ve elde edilen gerilim tamamen düz olmayacaktır. Bu dalgacıklardan daha fazla kurtulmak için sığaç giriş filtresi kullanılabilir. Bu filtre bir choke ve ikinci bir filtre sığaç ile tümleşerek daha karalı bir DC çıktı elde edilebilir. Choke akım dalgacıklarına yüksek bir empedans sunar [22].

2.2.1.1 Doğrultma Verimi

Doğrultma verimi bir doğrultucunun AC'yi DC'ye ne kadar verimli bir şekilde dönüştürdüğünü ölçer. DC çıkış gücünün AC giriş gücüne oranı olarak tanımlanır. Burada DC çıkış gücü ortalama akım ve gerilimin çarpımından ibarettir. Verimliliği hesaplamanın en kolay yolu V_{DC}^2/V_{AC}^2 formülü ile verilebilir. Düzleme olmaksızın tam dalga doğrultucuların verimi $8/\pi^2$ ya da %81, yarım dalga doğrultucuların ise $4/\pi^2$ ya da %40.5'dir. Özelleştirilmiş bir takım doğrultucular %90 verimin üstüne çıkabilmektedir [22].

AC DC dönüştürücüleri kullanılan anahtara göre kontrollü veya kontrolsüz dönüştürücü olarak adlandırılabilir. Kontrolsüz dönüştürücülerde anahtar olarak diyot kullanılır ve AC girişi kontrolsüz bir şekilde DC'ye çevrilmektedir. Güç akışı sadece şebeke AC tarafından DC tarafına doğru olmaktadır. Güç elektroniği uygulamalarının çoğunluğunda; ayarlı DC güç kaynakları, AC motor sürme sistemleri, DC servo sürme sistemleri ve benzeri uygulamalarda bu tip kontrolsüz dönüştürücüler kullanılmaktadır.

Bunun yanı sıra akümülatör doldurma devreleri ve bir grup DC'ye AC motor sürme sistemleri gibi bazı uygulamalarda DC geriliminin kontrol edilebilir olması gereklidir. AC'nin kontrollü DC'ye dönüştürülme işi şebeke frekanslı faz kontrollü dönüştürücülerde kullanılan tristörler yardımıyla gerçekleştirilir. Anma gerilimi ve akımı yüksek ve daha iyi kontrol edilebilir anahtarların geliştirilmesi nedeniyle tristörlü çeviricilerin günümüzde kullanımı üç fazlı yüksek uygulamalarla sınırlanmıştır. Özellikle yüksek güçlü AC ve DC tarafları arasında güç akışının her iki yönde de kontrolün sağlanması istendiği uygulamalarda geçerlidir. Bu tip uygulamalara örnek olarak yüksek gerilimli DC güç iletiminde kullanılan çeviriciler ve DC motor ve geri kazanım kapasiteleri olan AC motor sürme sistemleri gösterilebilir [7].

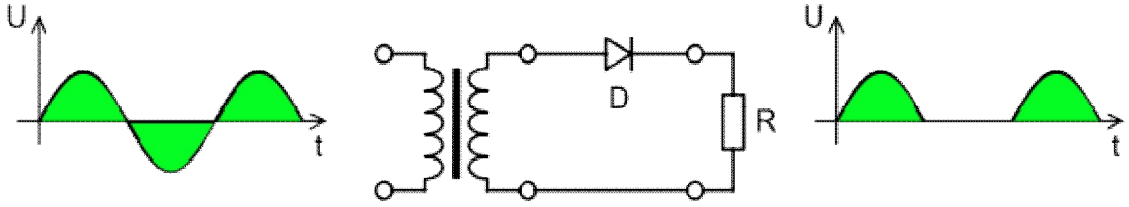
2.2.1.2. Kontrolsüz Doğrultucular

Eğer kullanılan elemanlar kontrol edilmeyen elemanlar ise böyle devreler kontrolsüz doğrultucu devrelerdir [26]. Diyotlu doğrultucular AC girişini kontrolsüz bir biçimde DC'ye dönüştürürler ve kontrolsüz doğrultucular olarak adlandırılırlar.

2.2.1.3 Yarım Dalga Doğrultucular

Yarım dalga doğrultucu kıyıcı devrelerin özel bir şeklidir. Giriş dalga formunun yalnızca bir yarısı çıkışa ulaştığından, güç transferi için kullanılması oldukça verimsizdir [22].

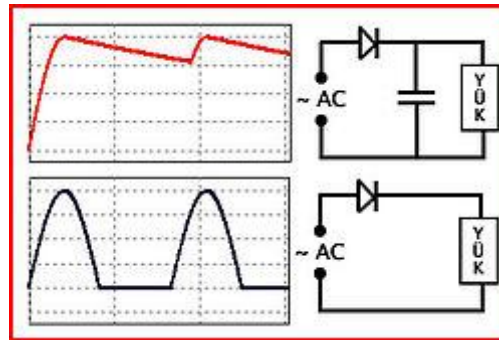
Şekil 2.4'te en temel yarım dalga diyotlu doğrultucu devre şekli ve dalga formları verilmiştir. Kaynak periyodu 2π ve V_m maksimum değerinde sinüs dalga formundadır.



Şekil 2. 4: Temel yarım dalga diyotlu doğrultucu devre ve dalga formları

$t=0$ anında kaynak gerilimi pozitifdir ve diyot iletimdedir. Ve yük üzerinde bir akım akar. Akan I_L yük akımı sonrası indüktans üzerinde $V_L = L \cdot d_i/d_t$ denklemi ile ifade edebileceğimiz bir gerilim görülür [7].

Diyota ek olarak kondansatör kullanılırsa Şekil 2.5'ten de görüldüğü üzere dalga DC'ye daha çok benzer.

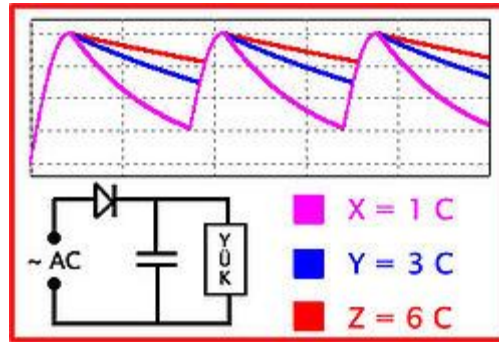


Şekil 2. 5: Temel Yarım Dalga Kondansatörlü Doğrultucu Devre ve Dalga Formları

Filtre kondansatörlerinin kapasitesi arttıkça dalgacık genliği düşer ve çıkış gerilimi DC gerilime yaklaşır. Kondansatörler içlerinde biriktirdikleri enerjiyi yüke boşaltmak suretiyle doğrultucu devrelerinde kullanılabilirler. En basit doğrultuculardan olan yarım dalga doğrultucuda yüke ulaşan gerilimin dalga formu grafiği Şekil 2.5'in alt kısmında yer alana grafikte görülmektedir. Ancak DC gerilimle çalışan bir alet için elde edilen bu gerilim grafiği uygun değildir. Çünkü aletin istediği, bir pilden elde edilebilecek kadar düz ve pürüzsüz bir gerilimdir [22].

Şekil 2.5'in üst kısmında yarım dalga doğrultucuya bağlı bir yüke paralel kondansatör bağlanması örneği görülür. Gerilim artarken yük depolayan kondansatör, gerilimin düşmeye başlamasıyla, yani gerilimin türevi negatif değer alınca içindeki elektrik yükünü, yüke iletmeye başlar. Bu noktadan itibaren AC gerilim azalırken, kondansatör bir kaynak gibi davranır ve içindeki yükü önündeki empedans değerine göre boşaltır. Yüke iletilen gerilimin grafiği Şekil 2.5'te üst kısımda yer alan gerilim grafiği haline gelir. İlk duruma göre bu grafik DC gerilime daha yakındır. Bu da DC gerilimle çalışan bir aletin düzgün şekilde çalışması için daha uygundur [22].

Kararlılığa ulaşmış bir kondansatörlü doğrultma devresi göz önüne alındığında, üstteki grafikte gerilimin bir maksimum ve bir minimum değerleri olduğunu görürüz. Bu iki değer arasındaki fark *dalgacık (ripple)* olarak adlandırılır. Bu dalgacıkların genliği ne kadar düşük olursa o kadar doğru gerilim değerini yakalanmış olur [22].



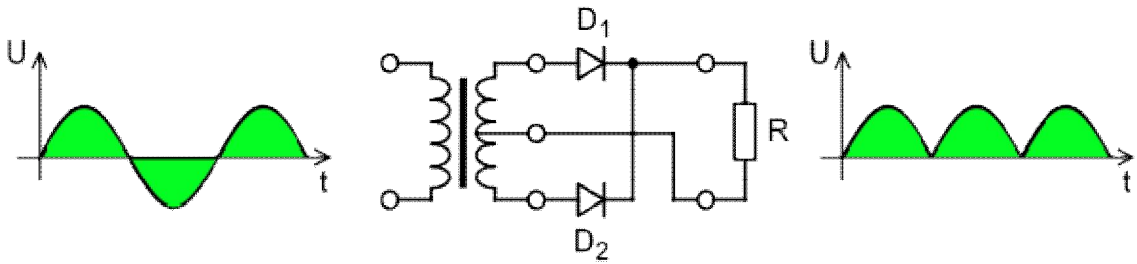
Şekil 2. 6: Farklı kapasite değerlerine sahip doğrultucu devrelerin gerilim grafikleri

Doğrultucuda kullanılan kondansatörlerin kapasite değerleri de elde edilen gerilim grafiğini etkiler. Kapasiteleri farklı 3 kondansatör ($X=C < Y=3C < Z=6C$) aynı doğrultucu devresine bağlandığında Şekil 2.6'daki grafikte olduğu gibi, kapasite değeri arttıkça yük geriliminin DC gerilime yaklaştığı görülür. Bunun nedeni ise

kondansatörün kapasitesinin arttıkça depoladığı yük miktarının artması ve bu elektrik yükünün daha uzun süre yükü beslemesidir. Yani kısaca, doğrultucu kondansatörlerinin kapasite değerleri arttıkça, DC gerilime yaklaşım sağlanır ve dalgacık genliği düşer [22].

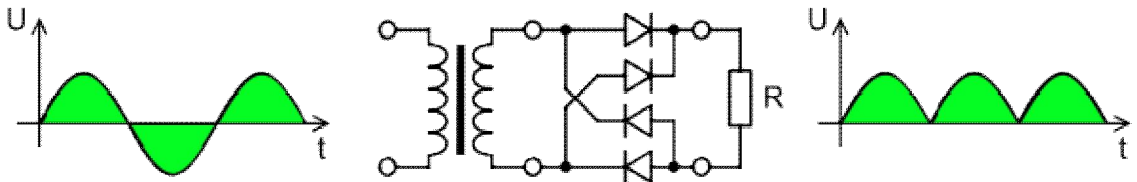
2.2.1.4 Tam Dalga Doğrultucular

Tam dalga doğrultucular AC gerilimi DC gerilime kayıpsız olarak dönüştüren doğrultucu devrelerdir.



Şekil 2. 7: Orta uçlu trafo ve iki diyot kullanılan doğrultucu devre ve dalga formları

İki diyotlu tam dalga doğrultucuların kurulabilmesi için orta uçlu trafo gerekir. Bu şekilde AC'nin her iki alternasının da alıcıdan tek yönlü olarak akıp geçmesi sağlanır [22].



Şekil 2. 8: Orta uçlu trafo ve dört diyot kullanılan doğrultucu devre ve dalga formları

Dört diyot kullanılan, köprü tipi tam dalga doğrultmaç devresi diye de geçen bu devre AC'yi en iyi şekilde DC'ye dönüştüren devre olduğundan çok sık kullanılır ve her türlü elektronik aygıtın beslenme katında karşımıza çıkar [22].

Tam dalga doğrultucularının önemli noktalarından biri giriş tepe voltajından çıkış tepe voltajına olan kayıptır. Bir diyot köprü devresindeki bu kaybın nedeni 0,7 volt civarında olan diyot eşik gerilimidir. Çıkış tepe değeri bu miktara eşit olan değer kadar giriş tepe değerinden düşük olur. Aynı zamanda diyotlar bu gerilimin altındaki değerlerde iletim

yapmazlar dolayısıyla devre sadece her bir yarım dörüngünün bir kısmını geçirir, bu da dalga formunu oluşturan kamburlar arasında sıfır gerilim parçalarının görülmesine neden olur [22].

2.2.1.5 Faz Kontrollü Doğrultucular (Dönüştürücüler)

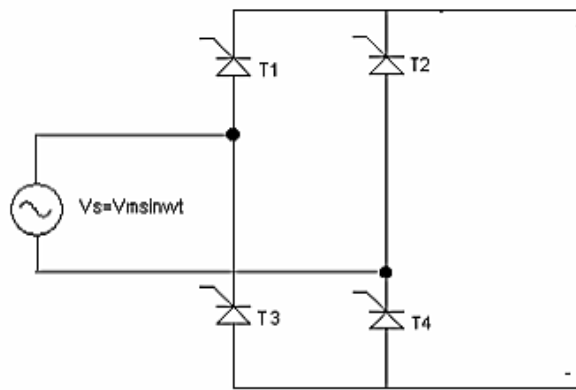
Doğrultucu devrelerinde kontrolü sağlayan eleman olarak tristör kullanılır [21]. AC'nin kontrollü DC'ye çevrilme işi şebeke frekanslı faz kontrollü çeviricilerde diyot yerine tristör kullanılması ile olur. Anma gerilimi ve akımı yüksek olduğundan tristörlü çeviriciler üç fazlı, yüksek güçlü uygulamalarla sınırlandırılmıştır. Bu tür devrelerde tristörün iletme girmesi şebeke geriliminin dalga şekline ve kontrol girişlerine bağlıdır. Yani tristörler arasındaki komütasyon kaynak geriliminin dalga şekline bağlı olarak doğal olarak gerçekleşir [7].

Faz kontrollü dönüştürücüler kaynak faz sayısına göre iki grupta sınıflandırılabilir;

1. Tek fazlı dönüştürücüler
2. Üç fazlı dönüştürücüler

2.2.1.5.1 Tek Fazlı Dönüştürücüler

Şekil 2.9'da tek faz tam dalga tristörlü (faz kontrollü) dönüştürücü devre şeması verilmiştir. Bu devrenin analizi diyotlu doğrultucuların analizine benzer. İki devre arasındaki fark, faz kontrollü devrelerde diyot yerine tristör (SCR) kullanılmaktadır.



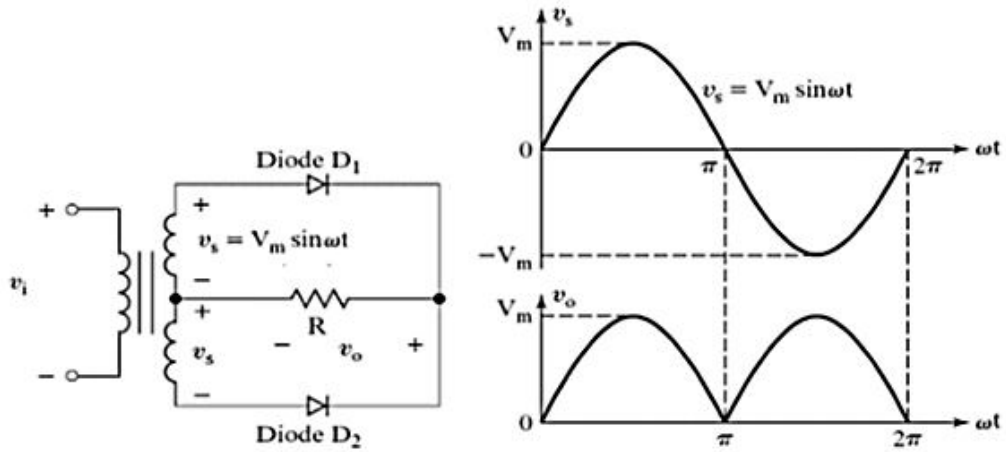
Şekil 2. 9: Tek Faz Kontrollü Tristörlü Dönüştürücü Devre Şeması

$t=0$ anında kaynak gerilimi pozitif iken birinci tristör grubunda T_1 ileri yönde

kutuplanırken T_3 tıkama yönünde kutuplanır. İkinci grup tristörlere ise kaynağın negatif ucu bağlıdır ve T_4 iletim yönünde kutuplanırken T_2 tıkama yönünde kutuplanır. T_1 iletim yönünde kutuplanır ancak gecikme açısı α anına kadar iletme geçmez. Bu ana kadar yük akımı sıfır gözükür. $\omega t = \alpha$ olunca yük akımı T_1 - T_4 tristör grubu üzerinden devreyi tamamlar. Kaynak geriliminin negatif yarım periyodunda ise tristörlerin kutuplanma durumu pozitif durumun aksi şeklindedir. Kaynak geriliminin negatif olmasıyla T_1 - T_4 tıkama yönünde kutuplanırken T_2 - T_3 iletim yönünde kutuplanır. Ancak gecikme açısı $\alpha t = \pi + \alpha$ olana kadar T_1 - T_4 tristörleri hala iletimde T_2 - T_3 tristörleri hala tıkama yönündedir. Bu nedenle yük üzerinden negatif bir akım akmaya başlar [7].

Tek Fazlı Tam Dalga Diyotlu Doğrultucular

Tam dalga doğrultma, daha önce de bahsedildiği üzere dört adet diyot kullanılarak bir köprü tipi doğrultmaç veya iki diyot kullanılarak sekonderi orta uçlu bir transformatör ile sağlanabilir.

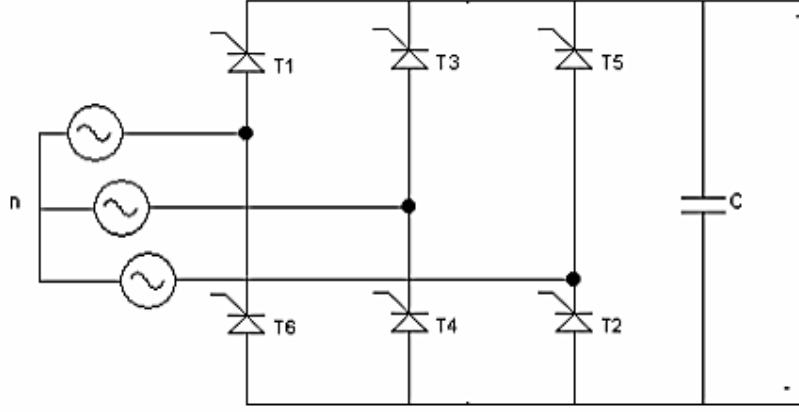


Şekil 2. 10: Orta uçlu bir transformatörlü doğrultucu devre şeması ve giriş-çıkış karakteristiği

Yukarıdaki şekil 2.10'da orta uçlu bir transformatörlü doğrultucu devre şeması ve çıkış karakteristiği verilmiştir ve görüldüğü gibi çıkış dalga işareti incelendiğinde giriş işaretinin negatif yarım dalgasının çıkış dalga formunda pozitif olduğu görülmektedir [7].

2.2.1.5.2 Üç Fazlı Dönüştürücüler

Çok fazlı dönüştürücüler kullanılarak tek fazlı dönüştürücülere göre kontrollü veya kontrolsüz olsun daha yüksek dalgacık frekansı ve daha düzgün bir çıkış elde edilir.

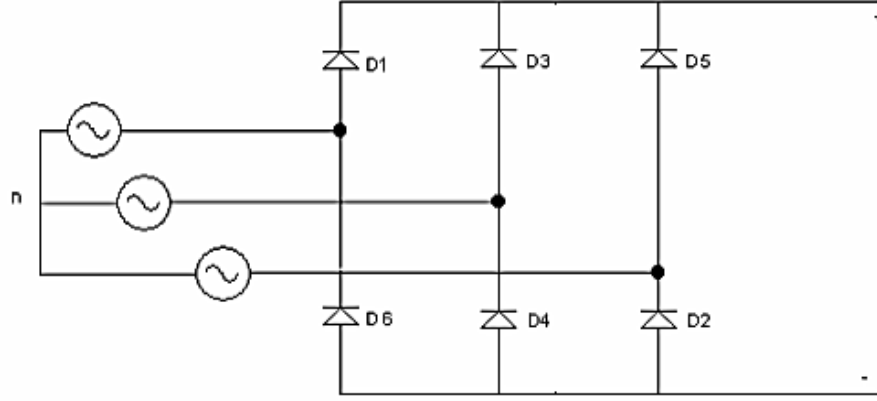


Şekil 2. 11: Üç fazlı kontrollü dönüştürücü

Üç fazlı köprü diyot doğrultucu devresinde daha önce de bahsedildiği üzere diyot yerine tristör kullanılarak üç fazlı kontrollü dönüştürücü elde edilir. Yük akımı kaynak geriliminin değerine bağlı olarak üst grup tristörlerden (T_1, T_3, T_5) birinden alt gruptaki tristörlerin (T_2, T_4, T_6) birine akar. Kapı akımları sürekli uygulanacak olursa tristörler diyot gibi davranır [7].

Üç Fazlı Tam Dalga Köprü Doğrultucular

Üç fazlı alternatif gerilimlerin olduğu sistemlerde üç faz tam dalga doğrultucu devrelerinin kullanımı bir faz tam dalga doğrultuculara göre daha düşük harmonikli dalga biçimleri ve daha yüksek güç oluşturma kapasiteleri nedeniyle tercih edilir. Devre şeması şekil 2.12'de verilmiştir.

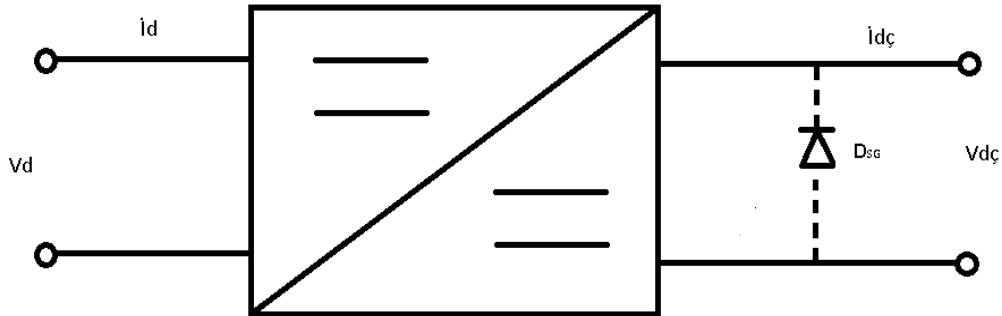


Şekil 2. 12: Üç Faz Tam Dalga Köprü Diyot Doğrultucu

Üç fazlı tam dalga köprü doğrultucular çıkış gerilimi üzerinde 6 darbeleri dalgalar üretir ve dönüşümü yaparak işlem yaparlar. Diyotların her biri 120 derece ile düzenlenir ve bağlantı dizim sırasına göre numaralandırılır [7].

2.2.2. Doğru Akımdan Doğru Akıma (DC-DC) Dönüştürücüler / DC Kıyıcılar

DC-DC dönüştürücüler, bir DC gerilimi yine bir DC gerilime dönüştüren ve bu gerilimin ortalama değerini kontrol eden devrelerdir. En az bir aktif ve bir pasif eleman kullanılarak gerçekleştirilir. Bu dönüştürücülere, DC transformatör veya anahtarlamalı devreler de denir. DC kıyıcılar zorlamalı komütasyonlu devrelerdir. Çalışma frekansı arttıkça, endüktans ile kondansatör değerleri düşer ve devrenin güç yoğunluğu yükselir. Öncelikle frekansa ve güce bağlı olarak BJT, IGBT ve MOSFET; çok yüksek güçlerde ise SCR kullanılır [5]. Bu dönüştürücülerin DC kıyıcılı, endüktanslı ve İnvertörlü türleri vardır. DC gerilim kaynağı, daha çok AC şebeke geriliminin doğrultulmasıyla elde edilir [7]. Şekil 2.13'te DC-DC dönüştürücülerin temel blok şeması görülmektedir.



Şekil 2. 13: DC-DC dönüştürücü devrelerin temel blok şeması

V_d : Giriş gerilimi

$V_{dç}$: Çıkış gerilimi

i_d : Giriş akımı

$i_{dç}$: Çıkış akımı

D_{SG} : Serbest geçiş diyotu

Kullanılan diyot, çıkış veya endüktans akımının devamını veya sürekliliğini sağlar. Bu diyotun kullanılması zorunludur. Aksi halde, akımın ani olarak kesilmesiyle, girişe yerleştirilecek bir L_f bobininin endüktansında V_d kaynak gerilimini destekleyecek yönde büyük değerli bir emk oluşur. Bu durumda, $V_d + emk$ toplam gerilimi elemanı veya yükü tahrip eder [5].

Frekans arttıkça, çıkış akım ve gerilimindeki dalgalanmalar azalır. Dolayısıyla, frekans yükseldikçe, filtre elemanları küçülür, devrenin boyutu ile fiyatı düşer ve güç yoğunluğu artar. Çalışma frekansı doğrudan kullanılan elemana bağlıdır. L_f endüktansı, akımı sürekli ve sabit hale getirir veya akımı düzgünleştirir. Buna akım düzeltme bobini de denir [5].

DC kıyıcıların çalışma prensibi, bir DC gerilimin yük üzerine anahtarlanmasına dayalıdır. Daha çok DC motor kontrolünde kullanılan kıyıcıların bir, iki ve dört bölgeli türleri vardır. Diğer DC-DC dönüştürücülerin prensibi, endüktansın enerji aktarımına dayalıdır. Endüktanslı dönüştürücülerin düşürücü, yükseltici, düşürücü-yükseltici ve CUK türleri uygulanır. Bu dönüştürücüler, anahtarlamalı güç kaynağı, güç faktörünün düzeltilmesi, bilgisayar, kontrol ve haberleşme devrelerinin beslenmesinde çok kullanılır. Bu dönüştürücülerde, bobin, trafo ve kondansatör kullanımı önem kazanır [7].

Dört bölgeli DC kıyıcılarda, enerjinin DC kaynaktan DC yüke doğru geçişini aktif elemanlar ve DC yükten DC kaynağa doğru geçişini pasif elemanlar sağlar. DC çıkışta iki yönlü bir gerilim ve iki yönlü bir akım ile dört bölgeli bir çalışma elde edilebilir [5].

Uygulama alanları, DC motor kontrolü, akümülatör şarjı, anahtarlamalı güç kaynakları, DC gerilim regülatörleri olarak sıralanabilir [5]. Birçok endüstriyel uygulamada, sabit-

voltaj DC kaynağının değişken voltaj DC kaynağına dönüştürülmesine ihtiyaç duyulur. Doğru akım-doğru akım (DC-DC) dönüştürücüler isminden de anlaşılacağı gibi ayarsız DC girişinden istenilen gerilim kademesinde kontrollü DC çıkışı elde etmek için kullanılır. DC-DC dönüştürücüler, yüksek performans, boyut ve ağırlık açısından avantajlı özelliklerinden dolayı DC motor sürücüleri ve regüle edilmiş güç kaynaklarında geniş açıda kullanılan güç elektroniği devrelerinin bir sınıfıdır [27].

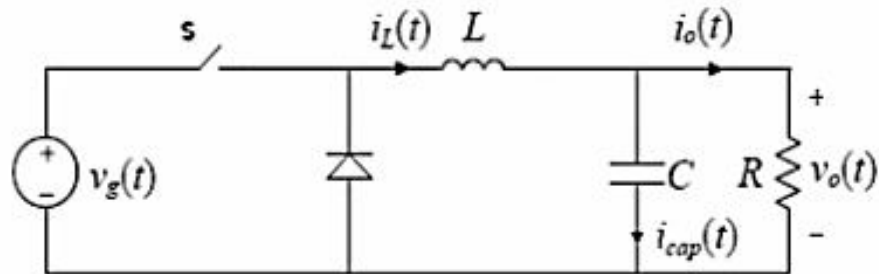
DC-DC dönüştürücülerin fonksiyonları şu şekilde sıralanabilmektedir [28] ;

- 1- DC gerilimini bir seviyeden diğer bir seviyeye transfer etmek
- 2- Yük değişimlerine ve girişe karşılık DC çıkış gerilimini regüle etmek
- 3- Giriş ve çıkış arasında izolasyonu hazırlamaktır.

Elektrik elemanlarının bağlantı ve birleştirilme şekillerinin farklı olması sonucu her biri farklı özelliklere sahip topolojiler mevcuttur. Güç anahtarlarının bağlantı şekillerine göre Alçaltıcı Dönüştürücü (BUCK Konvertör), Yükseltici Dönüştürücü (BOOST Konvertör), Alçaltıcı-Yükseltici Dönüştürücü (BUCK-BOOST Konvertör), CUK Dönüştürücü/Konvertör olarak dört bölümde incelenebilir.

2.2.2.1. Alçaltıcı DC-DC Dönüştürücü (Buck Konvertör)

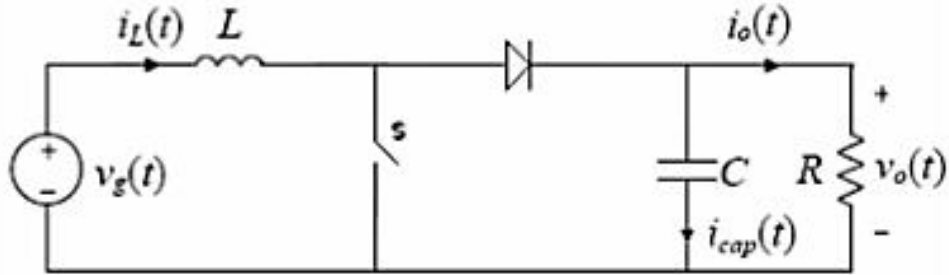
Alçaltıcı dönüştürücü DC kuyucunun çıkış gerilimi, giriş geriliminden daima daha düşük seviyededir. Bu nedenle bu tür çalışmaya “azaltan” tip çalışma denilmektedir [1]. Temel uygulama alanları, ayarlı güç kaynakları ile DC motor hız denetimidir. Kavramsal olarak Şekil 2.14’teki temel devre saf dirençten oluşan bir yük için bir alçaltıcı dönüştürücü oluşturur [7].



Şekil 2. 14: Temel Alçaltıcı DC-DC Dönüştürücü (Buck Konvertör) Devre Şeması

2.2.2.2. Yükseltici DC- DC Dönüştürücü (Boost Konvertör)

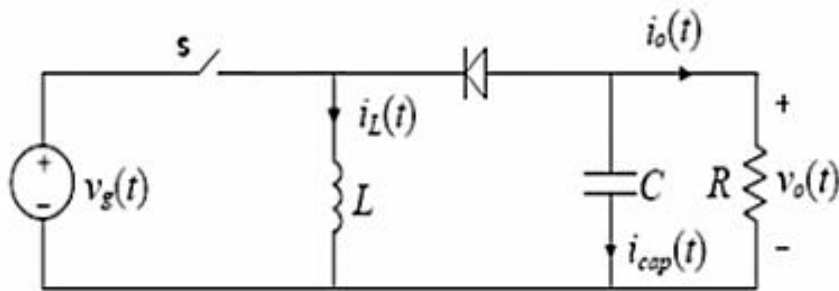
Azaltan tip çalışmada endüktif yük kullanılması durumunda serbest geçiş diyodu kullanılmalıdır [1]. Yükseltici dönüştürücüler temel olarak, en çok çıkış gerilimi ayarlı DC kaynakları ve DC motorlarının enerji geri kazanımlı frenlemesi uygulamalarında kullanılır. Şekil 2.15'te temel olarak yükseltici dönüştürücü devresi görülmektedir.



Şekil 2. 15: Yükseltici DC-DC Dönüştürücü Devre Şeması

2.2.2.3. Alçaltıcı-Yükseltici DC- DC Dönüştürücü (Buck-Boost Konvertör)

Bir alçaltıcı-yükseltici dönüştürücünün temel devre şeması Şekil 2.16'da verilmiştir. Çıkış geriliminin yönü girişe göre ters olan bu devreye, Ters Çıkışlı da denir [5]. Alçaltıcı-yükseltici dönüştürücülerin başlıca uygulaması, giriş uçlarına göre ters kutuplu çıkış gereken ve çıkış geriliminin giriş geriliminden yüksek ya da düşük olduğu ayarlı DC güç kaynaklarıdır [7].

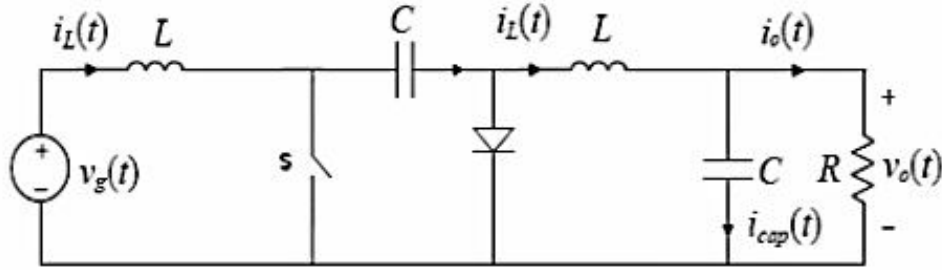


Şekil 2. 16: Alçaltıcı-Yükseltici DC- DC Dönüştürücü Devre Şeması

2.2.2.4. CUK DC- DC Dönüştürücü (Cuk Konvertör)

Cuk türü izolesiz bir dönüştürücünün temel devre şeması 2.17'de verilmiştir. Yükseltici-düşürücü bir devre olan bu dönüştürücü, düşürücü-yükseltici devrenin

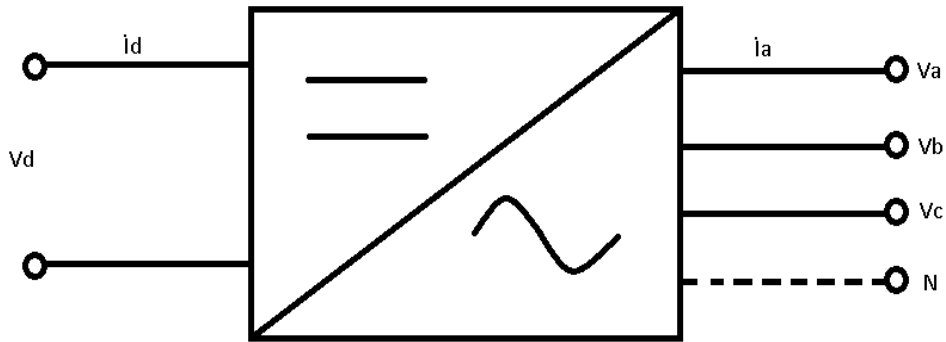
geliştirilmiş bir şekli olarak da kabul edilir. Burada aynı kontrol sinyali ve güç elemanları ile yükseltici ve düşürücü devreler eşzamanlı olarak çalışır [5].



Şekil 2. 17: Cuk Dönüştürücü Devre Şeması

2.2.3. Doğru Akımdan Alternatif Akıma (DC-AC) Dönüştürücüler / Invertörler

İnvertörler, bir DC gerilimden bir AC gerilim elde eden ve frekans ile bu gerilimin efektif değerini kontrol eden elektriksel devrelerdir [5]. Güç akış yönü DC girişinden AC çıkışına doğrudur ve bu yüzden bu devreler evirici olarak da adlandırılırlar. İnvertörün fonksiyonu DC girişinden sabit veya değişken frekans ve genlikte AC çıkışı elde etmektir [7]. İnvertör çıkışında üretilen AC güç, kullanılan transformatörlere, anahtarlama ve kontrol devrelerine bağlı olarak herhangi bir gerilimde ve frekansta olabilir. Günümüzde yarı iletkenlerle yapılmış invertörler hareketli parçalara sahip değildir [22].



Şekil 2. 18: DC-AC dönüştürücülerin temel blok şeması

DC-AC dönüştürücülerin temel blok şeması Şekil 2.18'de verilmiştir. Burada

V_d : giriş gerilimi

V_a, V_b, V_c : çıkış faz gerilimleri

i_d : giriş akımı

i_a : çıkış fazı akımı

N: çıkış nötr hattıdır.

İnvertörlerin çalışma prensibi, DC gerilimin pozitif ve negatif yönlerde yüke uygulanmasına dayalıdır. AC çıkış gerilimi, elemanların iletim ve yükün bağlantı durumuna göre, DC giriş gerilimine bağlı olarak oluşur. Tristörlü olanlarda kolayca ilettime giren tristörlerin zorla söndürülmesi gerektiğinden, invertörler zorlamalı komütasyonlu devreler olarak tanımlanır [7].

İnvertörlerde, AC şebekeden bağımsız olarak üretilen pozitif ve negatif sinyaller, ilgili pozitif ve negatif elemanlara uygulanır. Temel kontrol yöntemleri, kare dalga, kısmi kare dalga ve darbe genişlik modülasyonudur. Oldukça basit ve ucuz olan kare dalga kontrolünde, çıkış geriliminin kontrolü yapılamaz ve harmonik içerik yüksektir. Çıkış geriliminin hem frekans hem de değerini kontrol etmenin en kolay yolu, kısmi kare dalga veya faz kaydırma yöntemiyle, her bir yarı periyotta bir adet darbe genişliğinin kontrol edilmesidir. Büyük güçlerde, harmonik içerik açısından avantajlı olan PWM invertörler daha çok tercih edilir [7].

İnvertörlerde, enerjinin DC kaynaktan AC yüke doğru geçişini aktif elemanlar ve tersine AC yükten DC kaynağa doğru geçişini pasif elemanlar sağlar. AC çıkış gerilimi ve akımı hem pozitif hem de negatif değerler alabilir ve prensip olarak çıkışta dört bölgeli çalışma invertör çıkış geriliminin aynı frekanslı başka bir AC gerilime bağlanması ve bu iki gerilim arasındaki faz farkının kontrolü ile sağlanır [29].

Girişteki DC kaynağın türüne, faz sayısına, devre yapısına ve kontrol yöntemine göre adlandırılır. Tek fazlı olarak yarı köprü, tam köprü ve push-pull türü temel invertör yapıları mevcuttur. Üç fazlı uygulamalarda, genellikle tam köprü türü kullanılır. Faz başına biri negatif diğeri pozitif olmak üzere iki adet iki yönlü anahtar kullanılarak gerçekleştirilir. Her bir anahtar biri aktif diğeri pasif olan ters-paralel bağlı iki elemandan oluşur [7].

İnvertör çıkış dalga formunun sinüzoidal olması beklenir. Ancak pratik uygulamalarda İnvertör çıkış sinüzoidal değildir ve harmonik bileşenleri mevcuttur. Eviricilerin çıkış gerilimleri kare dalga formundadır. Eviriciden elde edilen gerilim tam sinüs olmadığı için çıkış işaretinin fourier serisine açılımının belirttiği frekanslarda, belirli genliklerde harmonikler meydana gelecektir [30]. Çıkış geriliminin harmonik bileşenleri yarıiletken güç anahtarlarının uygun biçimde anahtarlanması ile minimize edilebilir ve anahtarlama teknikleriyle önemli derecede indirgenebilir. Bu yarıiletken anahtarlar Transistör, Tristör(SCR), MOSFET, IGBT, GTO gibi anahtarlardır. Bu anahtarlardan Transistör ve MOSFET düşük ve orta güç uygulamalarında daha çok tercih edilir MOSFET ayrıca hızlı anahtarlama yapabildiğinden yüksek frekans uygulamalarında da kullanılır. Tristör ve GTO 'lar büyük güçlü uygulamalarda kullanılır, bu anahtarlarında anahtarlama hızları düşüktür. İnvertör devrelerinin nerdeyse tamamında IGBT kullanılmaktadır [31].

Bilgisayarlarda kullanılan küçük güçteki anahtarlama güç kaynaklarından (switching power supply), elektrik dağıtım şebekelerine güç verebilen büyük sistemlere kadar geniş bir uygulama alanı bulurlar. İnvertörler endüstride endüksiyonla ısıtma sistemlerinde, AC gerilim regülatörlerinde, kesintisiz güç kaynaklarında (UPS), değişken hızlı asenkron motor sürücü devrelerinde kullanılmaktadır [32]. Güneş paneli, rüzgar türbini, batarya gibi güç kaynaklarından sağlanan DC gücü kontrollü bir şekilde AC güce çevirmekte sıkça kullanılmaktadırlar. Kısaca invertörler, AC-DC doğrultucuların yaptığı işin tersini yaparak DC gücü istenilen gerilim, güç ve frekansta AC güce çevirirler [22].

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç ve ilginin artması üzerine, bu kaynaklardan elde edilen enerjinin kullanıma uygun hale getirilerek tüketiciye sunulabilmesi amacıyla kullanım alanları hızla çoğalmaktadır [22].

İnvertörler hem tek fazlı devrelerde, hem de 3 fazlı devrelerde kullanılabilirler. İnvertörler besleme kaynaklarına göre 2'ye ayrılırlar.

1. Gerilim Beslemeli (VSI) İnvertörler
2. Akım Beslemeli (CSI) İnvertörler

Gerilim beslemeli invertörlerde kaynak, gerilim kaynağıdır. Eğer yük, harmonik akımlara yüksek empedans gösteren bir özellik taşıyorsa bu yükün gerilim beslemeli bir invertör ile sürülmesi daha uygun olur. Çıkış geriliminin frekans ve genliği yükün

gereksinim duyduğu şekilde değişken veya sabit olabilir. İnvörtör çıkışı tek fazlı veya çok fazlı olabilir. Ayrıca invörtör çıkışı sinüs dalga olabileceği gibi kare dalga veya PWM dalga formlarında da olabilir [7].

220V AC çıkışlı olanları prensip olarak kare dalga, sinüs benzeşimli ve tam/saf sinüs dalga olmak üzere üç ana başlık altında toplamak mümkün olabilir. Yaşamımızda kullandığımız tüm elektrikli cihazları besleyen şebeke elektrik de tam / saf sinüs dalgadır. Uygulama alanlarının özetlemek gerekir ise; AC motor sürücüleri, kesintisiz güç kaynakları(UPS), indüksiyon ısıtma sistemleri, yüksek gerilim DC taşıma ve AC gerilim regülatörleri, mobil araçlar, rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji uygulamaları, şebeke elektriğinin mevcut olmadığı uzak sahalar, gsm dahil haberleşme uygulamaları, elektrik kesintilerine karşı akülü yedek enerji uygulamaları vb. [5, 22].

Genellikle 12, 24, 48 Volt vb. DC girişli ürünler, şebeke elektriğinin hiç olmadığı ve/veya kesintilere tahammül olmayan yerlerde tercih edilmektedir. Yeni nesil kompakt invedresör özellikli olanlar ise çok daha pratik ve işlevseldir [22].

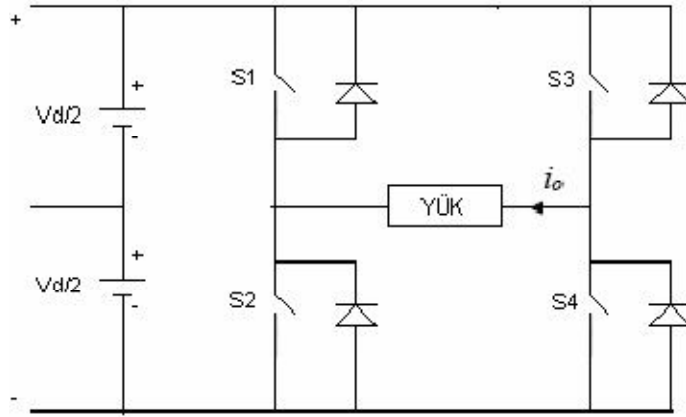
Çok daha profesyonel ve yüksek dc voltaj giriş aralığını haiz olanlar ise, yenilenebilir enerji uygulamaları için GRID CONNECTED ürünler olarak geliştirilmiştir. Günümüzdeki enerji sorunu, darboğazı, bağımsızlığı ile çevre dostu temiz enerji uygulamalarının vazgeçilmezidir. Bu tip uygulamalarda cihazların yüksek verimli ve güvenilir olması çok önemlidir. Güneş enerjisi uygulamalarını örneklersek, fotovoltaik paneller sayesinde güneşten elde edilen elektrik enerjisi, yeni nesiller ile AC 220 Volta dönüştürülür. Sistem şebeke ile paralel çalışır. Güneş enerjisi olduğu sürece öncelikli olarak bu kaynak kullanılır, hava kararınca da beslenen yük örneğin evimiz tekrar şebekeden gelen elektrik ile beslenir, sabah olup hava tekrar aydınlanana kadar. Başta Avrupa ülkeleri olmak üzere yaygın kullanılan ülkelerde, sistemler teşvik edilmekte ve özendirilmektedir. İnvörtör çıkışına yerleştirilen çift yönlü sayaç veya çift sayaç ile kendi ürettiğimiz ile şebekeden aldığımızı karşılaştırma ve ekonomik olarak mahsuplaşma imkânı dahi mevcuttur. Örneğin tükettiğimizden fazla üretiyor isek veya kullanmadığımız günlerde, mevsimlerde ekonomik kazanç elde etmemiz bile mümkündür. Son yıllarda Türkiye Cumhuriyeti'nin yasalarındaki değişikliklerle, birey tarafından üretilen enerjinin devlete satılması da söz konusudur [22].

Akım beslemeli invörtörlerde kaynak, akım kaynağıdır. Bunlar çok büyük güçlerde

kullanılırlar. Eğer yükün harmonik akımlara düşük empedans gösteren bir özelliği varsa, bu yükün akım beslemeli bir invertör ile sürülmesi daha uygun olacaktır [7].

2.2.3.1. Tek Fazlı İnvörtörler

Tek fazlı bir invertörde, karşılıklı 2 anahtar grubu (S_1+S_2) ile (S_3+S_4)'ün ardışık ve eşit aralıklarla iletimde tutulmasıyla, kare veya dikdörtgen dalga şeklinde bir Alternatif Gerilim elde edilir. Bu invertöre Kare Dalga İnvörtör de denilir.



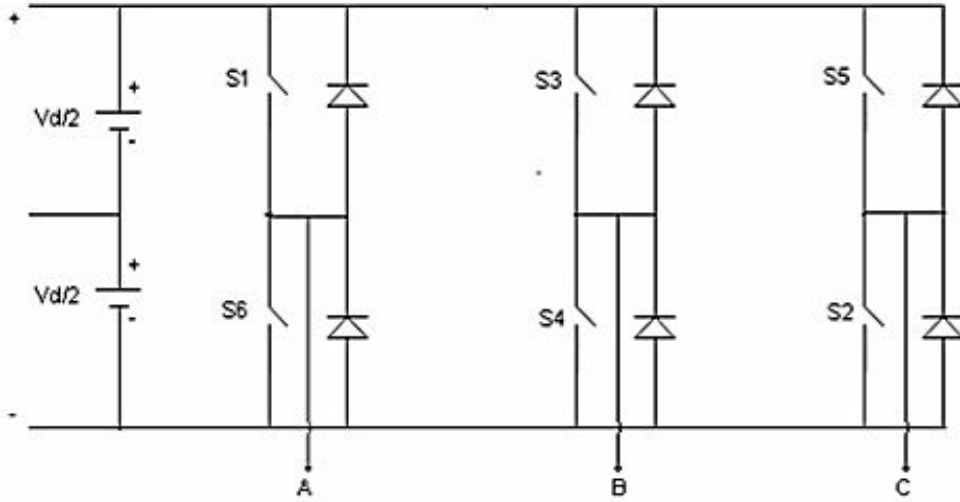
Şekil 2. 19: Tek fazlı bir invertör devre şeması

Burada, enerji akışı, tristörler iletimde iken DC kaynaktan AC yüke doğru ve diyotlar iletimde iken AC yükten DC kaynağa doğrudur. Diyotlar, temel olarak yükte biriken enerjiyi kaynağa geri verme görevini yaparlar. Yük akımının reaktif bileşeni arttıkça diyottan geçen akım da artar. Omik yüklerde teorik olarak diyotlara gerek kalmaz, fakat uygulamada emniyet açısından diyotlar yine bağlanır. Saf endüktif yüklerde, tristör ve diyotlardan geçen akımlar birbirine eşittir. Yani tristörler üzerinden yüke gelen enerji hiç harcanmadan diyotlar vasıtasıyla kaynağa geri verilir. Yükün gerilim ve akımı arasındaki faz farkı arttıkça, diyotların akımı artar [5].

İnvörtör uygulamalarında Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) yaygın olarak kullanılmaktadır. İnvörtörlerde PWM metodu ile hem gerilimin hem de frekansın kontrolü sağlanmaktadır. Aynı zamanda, uygun darbe genişlikleri seçilerek harmonik eliminasyonu da yapılabilmektedir [5].

2.2.3.2. Üç Fazlı İnvörtörler

Şekil 2.20’de üç faz invörtör devre şeması görülmektedir. Kesintisiz AC güç kaynakları ve AC motor sürücüler gibi uygulamalarda, üç fazlı yükleri beslemek için üç fazlı invörtörler kullanılır. Üç faz invörtörün her biri tek faz invörtörden oluşan üç kolu vardır ve bu kolun çıkışı anahtarın durumuna bağlıdır. Her iki anahtardan biri devamlı iletimde olduğu için çıkışın karakteristiği yükten bağımsızdır [7].



Şekil 2. 20 Üç Faz İnvörtör Devre Şeması

2.2.3.3. Darbe Genlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation=PWM) Tabanlı İnvörtörler

İnvörtör çıkışı her durumda olması beklenildiği gibi tam bir sinüs olmaz ve büyük harmonik bileşenleri oluşur. Çıkış geriliminin harmonik bileşenleri yarıiletken güç anahtarlarının uygun biçimde anahtarlanması ile minimize edilebilir ve anahtarlama teknikleriyle önemli derecede indirgenebilir. İnvörtör çıkışı darbe genlik modülasyon teknikleriyle kontrol edilerek harmoniklerin minimize edilmesi sağlanır. Birçok darbe genlik modülasyon tekniği mevcuttur. Darbe genlik modülasyonu tekniklerini şu şekilde sıralayabiliriz [31];

Sinüsodial (SPWM)

Harmonik Eliminasyonlu (SHE-PWM)

Minimum Akım Dalgalanmalı

Üçüncü Harmonik İlaveli (THIPWM)

Harmonik İlaveli (HIPWM)

Değiştirilmiş Sinüsodial (MSPWM)

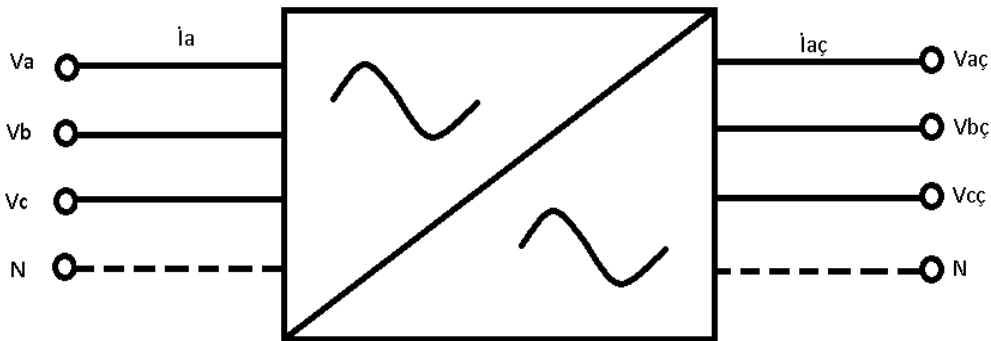
Sigma Delta Modülasyon

Uzay Vektör (SVPWM)

PWM kontrolde, yarım periyod başına sadece bir darbe vardır ve darbe genliği değiştirilerek invertör çıkış gerilimi kontrol edilir [7]. PWM'nin en büyük avantajı anahtarlama cihazlarının güç kaybının çok düşük olmasıdır. Bir anahtar kapalı olduğunda üzerinde hemen hemen hiçbir akım yoktur ve anahtar açık olduğunda ise üzerinde neredeyse hiç voltaj düşüşü yoktur. Bu nedenle gerilim ve akımın ürünü olan güç kaybı, iki durumda da sifıra yakın olmaktadır. PWM on/off doğasından dolayı dijital kontroller ile iyi çalışır ve kolayca gerekli görev döngüsüne ayarlanabilir [22].

2.2.4. Alternatif Akımdan Alternatif Akıma (AC-AC) Dönüştürücüler / AC Kıyıcılar

AC kıyıcılar (AC-AC dönüştürücüler), şebekeden aldıkları sabit genlik ve frekanslı AC gerilimi işleyerek çıkışına yine AC olarak veren güç elektroniği devreleridir [1].



Şekil 2. 21: AC-AC dönüştürücülerin temel blok şeması

AC-AC dönüştürücülerin temel blok şeması Şekil 2.21'de verilmiştir. Burada

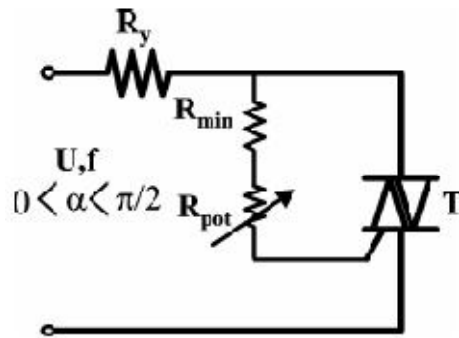
3. Gerektiğinde sinyaller izole edilmeli, yükseltilmeli ve kesilebilmelidir [5].

AC kıyıcılar, faz sayısı, kontrol türü, üç fazlı yükün bağlantı şekli gibi farklı açılardan sınıflandırılmaktadır. Yarım dalga veya tek yönlü kontrollü ve tam dalga ya da iki yönlü kontrollü olabilmektedir. Tam dalga kontrollü AC kıyıcılar, prensip olarak faz başına ters-paralel bağlı iki tristör veya triyak kullanılarak gerçekleştirilir. Yarım dalga kontrollü olanlarda ise genellikle negatif elemanlar olarak diyotlar kullanılır [7].

AC kıyıcılarda, genellikle faz gerilimlerine bazen de fazlar arası gerilimlere göre pozitif ve negatif sinyaller elde edilir. Bu sinyaller ilgili pozitif ve negatif güç elemanlarına uygulanır. AC faz akımlarının pozitif ve negatif yarımlarını ilgili elemanlar iletir ve kontrol eder. Ters-paralel bağlı iki tristörden iletimde olanı, diğerini negatif bir gerilim ile kesimde tutar [7].

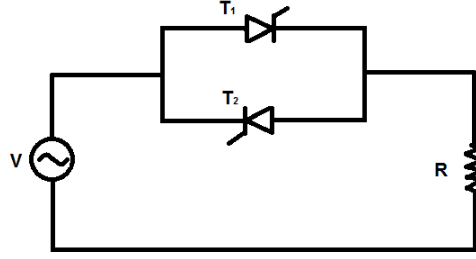
AC kıyıcıların giriş ve çıkışındaki gerilim ile akım değerleri hem pozitif hem de negatif olabildiğinden, prensip olarak AC kıyıcılar iki yönlü bir enerji akışı ve dört bölgeli bir çalışma özelliğine sahiptir [33].

Endüstride ısı ve ışık kontrolünde yaygın olarak kullanılırlar. Vantilatör karakteristikli yükleri tahrik eden düşük güçlü AC motorların kontrolünde de kullanılmaktadır. Prensip olarak her bir faz için, gücünün yettiği yere kadar bir adet triyak daha sonra ters paralel bağlı iki tristör kullanılır [5].



Şekil 2. 23: Bir triyak ile gerçekleştirilen AC kıyıcı devre şeması

2.2.4.1. Tek Fazlı Temel AC Kıyıcı

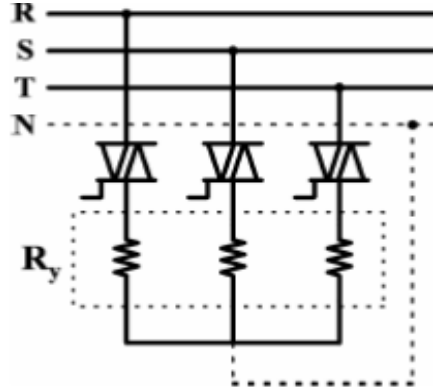


Şekil 2. 24: Tek fazlı AC kıyıcı temel devre şeması

Ters paralel bağlı 2 tristör ile gerçekleştirilen tek fazlı bir AC kıyıcının temel devre şeması Şekil 2.24'te görülmektedir. Bir fazlı AC kıyıcılar, düşük güçlü ısıtıcı kontrolü, aydınlatma kontrolü ve motor kontrolünde kullanılmaktadır [1].

Tek fazlı AC kıyıcıdaki bir güç elemanı, yüke bağlı olmaksızın an fazla faz geriliminin maksimum değerine maruz kalmaktadır [5].

2.2.4.2. Üç Fazlı Temel AC Kıyıcı



Şekil 2. 25: Üç fazlı AC kıyıcı temel devre şeması (Y bağlı yük için)

Üç fazlı AC kıyıcı devresi Şekil 2.25'te görülmektedir. Orta ve yüksek güçteki uygulamalarda üç fazlı AC kıyıcılar kullanılmaktadır. Yaygın olarak ısıtıcı ve fırınlar gibi omik yüklerin güç kontrolünde kullanılır. Düşük ve orta güçlerde ters paralel bağlı tristörler yerine triyak kullanımı daha uygun olmaktadır [1].

2.2.4.3. AC-AC Değişken Frekanslı Konvertör (Cycloconverter)

Alternatif akımdan alternatif akıma dönüştürücüler, sabit genlikli ve frekanslı bir alternatif giriş gerilimini yüksek frekansta anahtarlayarak, istenilen frekans ve genlikte

bir çıkış dalga şekli elde edilmesini sağlar [34]. AC giriş geriliminin genlik ve frekansı sabit değerli iken çıkış geriliminin genlik ve frekansı değişken olma eğilimindedir. Bu tür AC-AC dönüştürücüler Cycloconverter olarak adlandırılır. Diğer yandan frekans aynı kalmak kaydıyla AC giriş gerilimini farklı genlikte AC gerilime çeviren devre AC kıyıcı (AC Chopper) olarak bilinir. Endüstride, uygulamada tristörlü AC hat regülatörleri AC gerilim dönüşüm devrelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların en büyük dezavantajları; kaynak akımında daha büyük harmoniklerin üretilmesi, kurulu güç üretilirken faz açısı kontrolü ve integral kontrol yapılırken alt harmoniklerin oluşmasıdır [35].

AC Kıyıcılar sabit olmayan çıkış gerilimi sağlarlar fakat çıkış geriliminin frekansı sabittir ve yüksek harmonik bileşenleri içerir. Değişken frekansta değişken çıkış gerilimi iki aşamalı dönüştürme ile elde edilebilir ki bunlar; sabit AC'den değişken DC'ye dönüştürme (AC-DC Dönüştürücüler) ve değişken DC'den değişken frekansta değişken AC'ye (İnvertörler) dönüştürme aşamalarıdır. Cycloconverterlerde dönüşüm işlemini yapmak için bir veya daha fazla ara dönüştürücü devreye ihtiyaç duyulur. Cycloconverterler direk frekans dönüştürücüleridir [7].

2.3. MATLAB YAZILIM ORTAMI

MATLAB (matrix laboratory) sayısal hesaplama ve dördüncü nesil programlama dilidir. MathWorks tarafından geliştirilmektedir. MATLAB matris işlenmesine, veri çizilmesine, algoritmalar uygulanmasına, kullanıcı arayüzü oluşturulmasına ve diğer dillerle yazılmış programlar ile etkileşim oluşturulmasına izin verir. Ek paket, dinamik ve gömülü sistemler için Simulink'i, grafiksel çoklu alan simülasyonunu ve model tabanlı tasarımı ekler. MATLAB kullanıcıları mühendislik, bilim ve ekonomi gibi çeşitli alanlardan gelmektedir. MATLAB, yaygın olarak akademik ve araştırma kurumlarında olduğu kadar endüstriyel işletmelerde de çok kullanılmaktadır [22].

MATLAB, çok yönlü bir teknik hesaplama ortamı olarak matematiksel işlemler, görselleştirme ve kuvvetli bir programlama dili yapısı gibi gereksinimlerin bir birleşimidir. MATLAB'ın açık mimari yapısı ve kullanım kolaylığı; yapay sinir ağlarından güç sistemleri analizine, görüntü işlemeden finansal modelleme araçlarına, kontrol sistemlerinden veri tabanı uygulamalarına, havacılık sistemlerinden otomotiv

uygulamaları konularına ve çok daha fazla sayıdaki farklı alanlara yönelik özel ürünleri, kullanıcılara problemlerini en hızlı ve kolay yoldan çözebilme, algoritma hazırlama ve kişisel araçlar ve fonksiyonlar geliştirebilme imkanı tanır [36].

Güç elektroniği uygulamalarında genellikle MATLAB programı tercih edilir. MATLAB'ın çok çeşitli komutlarının yanı sıra, grafiksel arabirime sahip oluşu, kolay alışılabilir ve kullanışlı bir ortam etkileşimi sunması, çok çeşitli alanlara hizmet eden farklı ve zengin kütüphanesinin olması avantaj sağlar. MATLAB özellikle bilimsel araştırmalar için tercih edilen ve popüler olarak kullanılan bir ortam haline gelmiştir [6].

2.3.1. MATLAB'ın Kullanım Alanları

MATLAB, yüksek başarımlı sayısal hesaplamalar yapabilen teknik bir programdır. Sayısal analiz, matris işlemleri gibi diğer programlarda uzun ve zaman alıcı hesaplamaları kullanımı kolay bir ortamda bir bütün olarak sunar. MATLAB tüm mühendislik alanında, sayısal hesaplamalar, veri işlenmesi, çözümlenmesi ve grafiksel işlemlerde hızlı işlem olanağı sağlayan ve kolaylıkla kullanılabilen bir programlama dilidir. MATLAB'da temel eleman, boyutlandırma gerektirmeksizin bir matristir. Pek çok sayısal problemi çok kısa bir sürede çözmek mümkündür. MATLAB'da kullanılan algoritmaların temeli bilgisayar yardımı ile sayısal integral ve türev hesaplamalarında kullanılan en küçük kareler yöntemine dayanır [29].

FORTAN ve C dili gibi yüksek seviyeden programlama dili ile yapılabilen hesaplamaların pek çoğunu MATLAB ile daha pratik bir şekilde gerçekleştirmek mümkündür. Gerçekte MATLAB, M-dosyaları (M- files) olarak bilinen pek çok sayıda fonksiyon dosyalarından ve altprogramlardan ibarettir. Bu sayede hazırlanacak bir program içinde M-dosyalarını kullanmak sureti ile program komut sayısını çok kısa tutmak mümkündür [37].

MATLAB'ın başarıyla kullanıldığı yerlere; denklem takımlarının çözümü, doğrusal ve doğrusal olmayan diferansiyel denklemlerinin çözümü, integral hesabı gibi sayısal hesaplamalar, veri işleme ve çözümlenme işlemleri, istatistiksel hesaplamalar ve çözümlenmeler, grafik çizimi ve çözümlenmeleri, bilgisayar destekli denetim sistemi tasarımı gibi problemler örnek verilebilir.

2.3.2. MATLAB İle Güç Elektroniği Uygulamaları

Güç elektroniği devreleri karakteristik olarak anahtarlama davranışlarından dolayı oldukça değişik ve karmaşık yapılı ve zaman sabitlerinin oldukça farklı değerleriyle olağanüstülük içeren sistemlerdir [38,24]. Güç elektroniği sistemlerinde son yıllarda meydana gelen gelişmeler, bu sistemlerin özellikli davranışları için simülasyon araçları gerektirir [25]. Güç elektroniği sistemlerinin analizi, tasarımı ve fiziksel olarak gerçekleştirilmesi, bilgisayar simülasyonu olmadan son derece zahmetli, zaman alan ve oldukça da pahalı bir işlemdir. Bu nedenle modelleme ve bilgisayar simülasyonu güç elektroniği gibi sistemlerin tasarım ve analizinde önemli bir rol oynar [24]. Sistemlerin bilgisayar simülasyonu yapılarak incelenmesi günümüzde özellikle araştırma ve geliştirme alanında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin en büyük avantajı, sistemi laboratuvarında fiziksel olarak gerçekleştirip istenen verilerin alınması ve devre parametrelerinin etkilerinin gözlenmesi yerine aynı işi bilgisayar simülasyonu üzerinde daha hızlı bir şekilde yapabilmesi ve tasarım süresinin kısılmasıdır. Bilgisayar simülasyonu yapılırken modellemesi yapılacak sisteme uygun simülasyon programları seçilir. Simülasyon programlarından istenen, modelleme sonucu elde edilen verilerin sistemin fiziksel gerçekleştirilmesi sonucu alınan verilerle aynı olmasıdır. Ancak bu simülasyon sonucu gerçek değerlere yakın olmakla birlikte gerçek değerlerle aynı olmamaktadır. Bunun sebebi sistem bileşenlerinin modellenirken ideal olarak kabul edilmesidir. Ancak günümüzde gerçeğe yakın veriler elde edebilen simülatörler bulunmaktadır [7]. Matematiksel fonksiyonlardan oluşturulan bloklarla da simülasyon mümkündür. MATLAB/SIMULINK bunlardan en bilinenidir [39].

Bu tez çalışmasında MATLAB GUI ile bir kullanıcı ara yüzü tasarlanmış ve güç elektroniği dönüştürücü devreleri MATLAB SIMULINK programı yardımıyla bilgisayar simülasyonu yapılarak incelenmiştir. Güç elektroniği sistemlerinin modellenmesi sonucunda devre dalga şekilleri elde edilmiştir.

2.3.3. SIMULINK Programı

SIMULINK, gerçek dinamik sistemlerin modellenmesi, analiz edilmesi ve simülasyonu için kullanılan etkileşimli bir simülasyon ve prototipleme ortamıdır. MATLAB'ın nümerik, grafiksel ve programlama alanlarındaki tüm işlevselliğini koruyan bir blok şemaları arayüzü aracılığıyla çalışır. SIMULINK blok kümeleri adı verilen ek ürünler,

konuya özel modelleme ve tasarım, kod üretme, algoritma uygulama, test ve doğrulama gibi alanlarda SIMULINK ortamını daha da geniş kılmaktadır. Simulink ile hazırlanan uygulamalar bir test ortamındaymışçasına sürekli veya ayırık zamanlı analiz edilebilir, analize bağlı tasarım ve geliştirme işlemleri gerçekleştirilebilir.

Simulink birçok matematiksel ifadeden başlayarak; havacılık, haberleşme, elektrik, elektronik ve kontrol sistemleri, finansal, mekanik, kablosuz sistemler ile sinyal işleme, sanal gerçeklik, yüksek seviyeli gerçek zamanlı donanımsal çalışma, gömülü kontrol ve otomatik kod üretimi ile birim programlama gibi birçok özel alana yönelik blok kütüphaneleri içermektedir. Simulink grafiksel kullanıcı arayüzü; hali hazırda barındırdığı çeşitli blok setleri ile sürükle ve bırak işlemine dayanan basit bir mantıkla, sistem elemanlarını ve sistemleri oluşturur. Sistem elemanlarının parametrelerini değiştirmek temel çift tıklama ile yapılabilmektedir. Sistem özellikleri de hazır kullanıcı arayüzleri ile belirlenmektedir. İstenildiği takdirde, kullanıcılar kendi bloklarını oluşturabilmekte ve kendi kütüphanelerini hazırlayabilmektedirler.

Simulink birçok avantaj sağlar. Simulink, kullanıcılara modellemek istedikleri sistemler için bir yol haritası sunar. Standart programlamada mevcut olan kod yazma mantığına karşın Simulink'te bloklar ile görsel programlama yapıldığından, kullanıcılar bir bakışta modellemek istedikleri sistemi görebilir, girişlerin hangi aşamalardan geçtiğini ve hangi çıkışları oluşturduğunu pratik bir şekilde gözleyebilirler. Analizler sonucu elde edilen veriler, MATLAB ve Simulink ortamındaki diğer ürünler ile etkileşimli bir şekilde kullanılabilir, bu verilere yönelik farklı bilim dallarında görsellemeler ve işlemler tek platform özelliği ile uygulanabilir.

SIMULINK, elektromekanik sistemlerin tasarımını ve modellenmesini son derece verimli ve kolay bir hale getirir. SIMULINK denetim sistemleri tasarımı modülü sayesinde doğrusal ve doğrusal olmayan sistemlerin zaman ve frekans alanlarında analizleri yapılabilmekte ve kutup-sıfır dinamikleri kolaylıkla modellenmektedir. SIMULINK denetim sistemleri tasarımı modülü sayesinde doğrusal ve doğrusal olmayan sistemlerin zaman ve frekans alanlarında analizleri yapılabilmekte ve kutup-sıfır dinamikleri kolaylıkla modellenmektedir. Modellerinizi, fiziksel sistemlerinize bağlayarak gerçek zamanlı PC-tabanlı simülasyonlar gerçekleştirerek SIMULINK'in size sağladığı hızlı prototipleme yeteneklerinden faydalanabilirsiniz [36].

2.3.4. GUI

Graphical User Interface (GUI), içeriğinde yer alan nesnelerin kullanılması ile kullanıcıya etkileşim sağlayan ve bir işin veya bir programın yürütülmesini sağlayan grafiksel program arayüzüdür.

GUI nesneleri menüler, araç çubukları, radio butonlar, liste kutuları veya kaydırıcılar olabilir. Bunların yanında MATLAB GUI ile MATLAB'in sunduğu hesaplama imkânları kullanılarak da data alımı ve grafik çizimi gibi pek çok işlem gerçekleştirilebilir.

MATLAB programı ile arayüz/GUI(Graphical User Interface) tasarlanmanın en pratik yolu Guide editörünü kullanmaktır. Guide editörü, görünüm tasarımını ve tasarlanan bileşenlerin özelliklerinin belirlenmesini sağlayan bir editördür. Guide editörü Gui 'yi kaydetmek ve çalıştırmak için iki dosya kullanır. Bunlar .fig uzantılı grafik dosyası ve .m uzantılı m-file dosyasıdır. Grafik dosyası Gui' nin genel görünümü ile ilgili kod ve açıklamaları, bileşenleri ve bileşenlerin özellik değerlerini içerir. M-file dosyası ise Gui'yi çalıştırmak için kullanılan ve bileşenlerin işlevlerinin alt fonksiyonlar halinde kaydedildiği bir fonksiyon dosyasıdır [19].

Her bir nesne (veya komponent) GUI için tanımlanan programlama dosyasında callback diye adlandırılan ayrı alt rutin programlama parçalarına sahiptir. Bu şekilde her bir nesnede oluşan olaylara (örnek olarak bir buton nesnesinin tıklanması ile click event oluşması gibi) GUI o olaya ait callback rutinlerini icra ettirir. Yani, GUI hem bir arayüz hem de bir program çağrılarını icra ettirme mekanizması olarak çalışır. Buna tabanlı programlama denir. Bu tür programlamada her bir olaylara ait alt program parçaları birbirinden bağımsız olarak MATLAB GUI tarafından çalıştırılır.

MATLAB GUI tasarımları iki ayrı yöntem kullanılarak yapılabilir. Bunlar,

- ✓ MATLAB GUIDE aracı kullanılarak,
- ✓ M-File programlama yöntemi kullanılarak

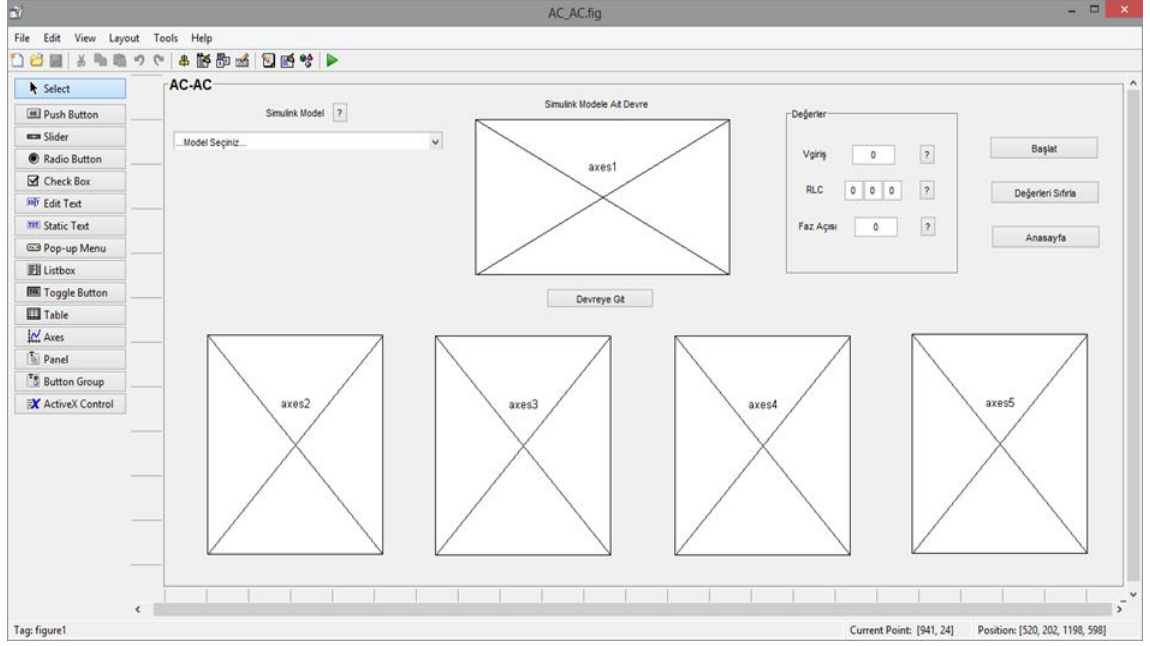
MATLAB GUIDE aracının kullanılması ile GUI arabirimi kolaylıkla ve yorulmadan sürükleyip bırak ve açılan pencerelerde özelliklerin değiştirilmesine dayanan bir yöntem kullanılır.

M-File programlama yönteminde tüm GUI tasarımları ve callback program parçalarının yazılması tamamı ile programlama kodları kullanılarak yapılır. Burada tasarımcı her şeye hakimdir ve bu teknik uzman bir programlama bilgisi gerektirir. Bu yöntem ile tasarım zamanı uzamasına rağmen programcı her türlü manipülasyonu yapabildiği için programcı açısından çok yararlıdır [40].

2.3.4.1. MATLAB GUIDE ile GUI Tasarımı

GUIDE matlabin GUI tasarımcılarına sunduğu içerisinde çeşitli araçlar içeren ve kolaylık sağlayan bir grafiksel GUI geliştirme ortamıdır. GUIDE kullanılarak tıkla ve sürükle-bırak tekniği ile GUI arayüzüne nesnelere (örneğin butonlar, text kutuları, liste kutuları, grafikler v.s.) kolaylıkla eklenebilir. Ayrıca, eklenen nesnelere hizalanması, tab sırasının değiştirilmesi, görsel ayarlar üzerinde manipülasyonlar yapılması da bu ortamın tasarımcılara sunduğu imkânlardan bazılarıdır.

MATLAB GUIDE aracını çalıştırmak için ya MATLAB komut satırından GUIDE komutu verilir ya da Start düğmesi tıklanarak MATLAB/GUIDE komutu verilir. Bu pencereden yeni bir GUI tasarımı yapmak için ise Blank GUI seçeneğini seçeriz. Sol tarafta bulunan nesne butonlarından istenilen nesneye ait buton tıklanır ve daha sonra çalışma alanında uygun görülen bir noktaya tıkladığında o noktaya ilgili nesne eklenmiş olacaktır. İstenirse çalışma alanındaki bir nesne farenin sol tuşu ile tıklanıp bırakılmadan çalışma alanının herhangi bir yerine sürüklenebilir [40].



Şekil 2. 26: AC_AC.fig

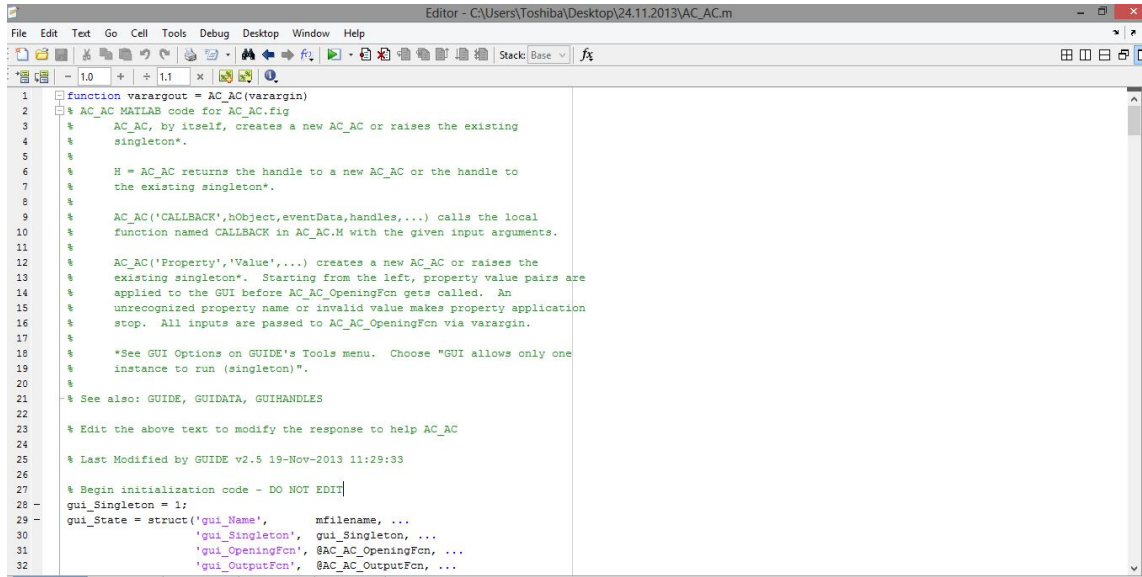
Bu tez çalışmasında Şekil 2.26'daki gibi sol tarafta bulunan nesnelere eklenerek bir arayüz hazırlanmıştır. Bu arayüzde

- Altı adet grafik çizim Axes nesnesi,
- Bir adet modellerin isimlerini gösteren Pop-up Menu,
- Beş adet Static Text nesnesi,
- Beş adet Edit Text nesnesi,
- Sekiz adet Push Button nesnesi (dört tanesi bilgi butonu),
- Bir adet Panel nesnesi yer almaktadır.

Eklediğimiz nesnelere üzerinden özellikleriyle ilgili olarak istenen değişiklikler yapılabilir. Örneğin buton rengi değiştirilebilir.

2.3.4.2. GUI'nin Programlanması

Bir GUI arayüzünün programlanması demek o çalışmanın kaydedildiği isimle aynı zamanda oluşturulan .m uzantılı dosya içerisine kodlama satırlarının eklenmesi demektir. Bu dosyanın içine görebilmek, değişiklik yapabilmek için GUIDE çalışma ekranı penceresinden View/ Editor komutu işlemlenebilir.



```
1 function varargout = AC_AC(varargin)
2 % AC_AC MATLAB code for AC_AC.fig
3 % AC_AC, by itself, creates a new AC_AC or raises the existing
4 % singleton*.
5 %
6 % H = AC_AC returns the handle to a new AC_AC or the handle to
7 % the existing singleton*.
8 %
9 % AC_AC('CALLBACK', hObject,eventData,handles,...) calls the local
10 % function named CALLBACK in AC_AC.M with the given input arguments.
11 %
12 % AC_AC('Property','Value',...) creates a new AC_AC or raises the
13 % existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
14 % applied to the GUI before AC_AC_OpeningFcn gets called. An
15 % unrecognized property name or invalid value makes property application
16 % stop. All inputs are passed to AC_AC_OpeningFcn via varargin.
17 %
18 % *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
19 % instance to run (singleton)".
20 %
21 % See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
22
23 % Edit the above text to modify the response to help AC_AC
24
25 % Last Modified by GUIDE v2.5 19-Nov-2013 11:29:33
26
27 % Begin initialization code - DO NOT EDIT
28 gui_Singleton = 1;
29 gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
30                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
31                  'gui_OpeningFcn',  @AC_AC_OpeningFcn, ...
32                  'gui_OutputFcn',   @AC_AC_OutputFcn, ...
```

Şekil 2. 27: AC_AC.m

Şekil 2.27'deki pencerede hazırlamış olduğumuz GUI tasarımına ait kodlar gözükmemektedir. Burada pek çok kod hazır olarak gelir. Bu kodlar otomatik olarak MATLAB GUIDE tarafından eklenmiştir. Burada GUI uygulamasına komut satırından gönderilen parametrelerin alınması ve GUI uygulaması çalıştıktan sonra bir fonksiyon olarak dışarıya gönderilecek parametrelerin tanımlanması ile ilgili kod satırları mevcuttur.

M-File programlama yöntemi kullanılarak GUI tasarımı oluşturma kısmında GUIDE gibi bir tasarım aracı kullanılmaz. Sadece kod satırları yazılarak hem GUI arayüzü hem de bu arayüzün komut satırları aynı dosya içerisinde yazılır. Bu dosyalar .m uzantısına sahiptirler [40].

Hazırlanan arayüzde function popupmenü bloğuna seçilen modelin resmi gelmesi için;

```
model=get(handles.popupmenu1,'Value')

if(model==1);

axes(handles.axes1)
I =imread('tek-faz-ac-kıyıcı.png');
imshow(I);
set(handles.axes5,'visible','on');
set(handles.axes4,'visible','on');

end
```

kodları yazılmıştır. Burada ayrıca modellere ait grafik sayıları farklı olduğundan axes görünürlüğü de seçilen modele göre değiştirilmiştir.

Model seçiminden sonra Başlat butonuna;

```
options = simset('SrcWorkspace','current');
```

kodu yazılarak simülasyonun gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Burada değişken değerleri de tanımlanarak değişkenlerin dışarıdan girilerek değer değişimi yapılması sağlanmıştır. Böylece GUIDE kullanarak arayüz tasarlanmıştır ve m-file programlama yöntemiyle de istenilen değişiklikler kod yazma yöntemiyle eklenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bilindiği üzere son 10 yılda yarı iletken teknolojisinin gelişmesi ile güç elektroniğinin sanayi ve günlük yaşantıdaki uygulamaları oldukça artmıştır. Aydınlatma, ısıtma, ev eşyaları, enerji iletimi gibi daha birçok alanda güç elektroniği devreleri kullanılmaktadır [17]. Bunun yanı sıra eğitim alanında güç elektroniği öğretimi de oldukça önemli bir konudur.

Hakan IŞIK ve arkadaşları 2004 yılında tek fazlı tam dalga doğrultucu devresi için MATLAB ve Electronic WorkBench gibi çeşitli bilgisayar yazılımları kullanılarak simülasyon yapmış ve iki yazılımı doğruluk derecesine göre karşılaştırmışlardır [41].

Muhlis Ak ve arkadaşları 2007 yılında mühendislik ve teknik eğitim fakültelerinde okutulan güç elektroniği dersi müfredatında yer alan bir fazlı tetikleme devrelerinin MATLAB Simulink ile simülasyonları için MATLAB GUI ile bir grafiksel kullanıcı ara yüzü tasarlamış ve mesleki eğitime aktarmışlardır [20].

Çetin Elmas ve Osman Özkaraca 2008 yılında mühendis, teknik öğretmen veya tekniker konumundaki kişilerin güç elektroniği devreleri hakkında istedikleri zaman ve istedikleri yerden bilgiye ulaşmalarına olanak sağlamak amacıyla Güç Elektroniği Dersi için Hazırlanmış İnternet Üzerinden Eğitim Uygulaması adlı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada güç elektroniği dersinin doğrultucu, çevirici ve evirici konuları Java programlama dili ile hazırlanmış benzetimler ile anlatılmış, ayrıca bir sohbet sayfası ve forum eklenmiştir [18].

Ahmet Altıntaş 2009 yılında MATLAB GUIDE programı ile birçok farklı topolojiye ait DC/DC konvertörlerin simülasyonu için eğitim amaçlı bir ara yüz sunan bir uygulama geliştirmiştir [42].

Nasır Çoruh ve arkadaşları DC-DC temel yükseltici (boost) tip dönüştürücünün teorik analizini gerçekleştirmiş, kontrol devre maliyetinin azaltılması için de PIC mikro denetleyicisi kullanmışlardır [40].

Bu çalışmada AC-DC, AC-AC, DC-AC ve DC-DC olmak üzere dört temel dönüştürücü modeli incelenmiştir. İncelenen modellere ilişkin olarak tezin ikinci bölümünde her

modele ait dönüştürücüler detaylarıyla anlatılmıştır. Bu bölümde ise modellerin ara yüz tasarımları verilecektir.

Bu çalışmadaki amaç, öğrencilere günümüzde gösterilen güç elektroniği dersinin uygulanmasını, anlaşılmasını ve kavranmasını kolaylaştırmaktır.

Güç elektroniği hakkında burada en çok kullanılan güç elektroniği sistemleri basitten zora doğru sıralanarak anlatılmıştır. Bir güç elektroniği sisteminin temelinde daha önce de belirtildiği gibi 4 tane güç çevrim işlemi vardır. Bunlar;

- AC'den DC'ye (AC-DC)
- DC'den DC'ye (DC-DC)
- DC'den AC'ye (DC-AC)
- AC'den AC'ye (AC-AC)

AC-AC yani alternatif akımdan alternatif akıma dönüştürücüler, sabit genlikli ve frekanslı bir alternatif giriş gerilimini yüksek frekansta anahtarlayarak, istenilen frekans ve genlikte bir çıkış dalga şekli elde edilmesini sağlar [26]. AC gerilimin her iki yarım dalgasını belli açılarda keserek, çıkış geriliminin efektif değerini değiştirir. Doğal komütasyonlu ve problemsiz devrelerdir. Hem şebeke hem de yük tarafında yüksek değerli harmonikler oluşur. Tek veya üç fazlı olarak gerçekleştirilirler. Endüstride ısı ve ışık kontrolünde yaygın olarak kullanılırlar. Prensipte olarak her bir faz için, gücünün yettiği yere kadar bir adet triyak daha sonra ters paralel bağlı iki tristör kullanılır [5].

AC-DC dönüştürücüler AC gerilimi DC gerilime dönüştürür. Doğal komütasyonludur. Diyot ve tristörler ile gerçekleştirilir. Faz kontrol yöntemi ile kontrol edilir. Ortalama olarak çıkış gerilimi ayarlanır. Uygulama alanları: DC motor kontrolü, akümülatör şarjı, galvano teknikte kaplama ve DC gerilim kaynakları şeklinde sıralanabilir. Endüstride en yaygın olarak kullanılan dönüştürücülerdir [1].

DC-AC dönüştürücüler DC gerilimi AC gerilime dönüştürür. Zorlamalı komütasyonludur. Genellikle tam kontrollü elemanlar ile gerçekleştirilir. Gerilim ve frekansı kontrol edebilen bağımsız bir AC gerilim üretilir [1]. AC motor kontrolü, kesintisiz güç kaynakları, endüksiyonla ısıtma sistemleri, yüksek gerilim DC taşıma ve AC gerilim regülatörleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır [5].

DC-DC dönüştürücüler genel olarak bir DC gerilimi yine bir DC gerilime dönüştürür. DC kıyıcılar, genellikle tam kontrollü elemanlar ile gerçekleştirilir. Sabit veya ayarlı ve izolesiz ya da izoleli bir DC gerilim üretilir. Kontrol tekniğine bağlı olarak DC çıkış geriliminde dalgalanma oluşur. DC giriş kaynağı akımında da önemli ölçüde dalgalanma oluşabilir [5]. Zorlamalı komütasyonlu devrelerdir. Uygulama alanları, DC motor kontrolü, akümülatör şarjı, anahtarlamalı güç kaynakları, DC gerilim regülatörleri olarak sıralanabilir [1].

Bu güç çevrim işlemlerinin MATLAB Simulink ile simülasyon devreleri ve MATLAB GUI ile ara yüz tasarlanmıştır. Tezin kapsamında bu devreler dört ana bölüm altında incelenmiştir. Bunlar;

- I. AC-DC çevrimi yapan doğrultucular
- II. DC-DC çevrimi yapan dönüştürücüler (Konvertörler)
- III. DC-AC çevrimi yapan eviriciler (İnvertörler)
- IV. AC-AC çevrimi yapan kıyıcılardır.

AC-DC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri başlığı altında doğrultucu devre modelleri ve simülasyon modelleri verilmiştir. Ara yüz de ise 12 tane doğrultucuya ait grafikler bulunmaktadır. Bu devreler şunlardır;

- Bir Fazlı Yarım Dalga R-L Yüklü Doğrultucu
- Bir Fazlı Yarım Dalga R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu
- Bir Fazlı Yarı Kontrollü R-L Yüklü Doğrultucu
- Bir Fazlı Yarı Kontrollü R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu
- Bir Fazlı Kontrolsüz R Yüklü Doğrultucu
- Bir Fazlı Kontrolsüz R-L Yüklü Doğrultucu
- Bir Fazlı Kontrollü R Yüklü Doğrultucu
- Bir Fazlı Kontrollü R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu
- Üç Fazlı Yarım Dalga Doğrultucu
- Üç Fazlı Yarı Kontrollü Tam Dalga Doğrultucu
- Orta Uçlu Tam Dalga Doğrultucu
- SPWM Doğrultucu

DC-DC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri ana başlığı altında devre modelleri ve simülasyon modelleri verilmiştir. Ara yüz de ise 4 tane dönüştürücüye ait grafikler bulunmaktadır. Bu devreler şunlardır;

- Alçaltıcı Dönüştürücü (Buck Converter)
- Yükseltici Dönüştürücü (Boost Converter)
- Alçaltıcı-Yükseltici Dönüştürücü (Buck-Boost Converter)
- Cuk Dönüştürücü (Cuk Converter)

Aynı zamanda bu bölümde, DC-AC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri ana başlığı altında DC'den AC'ye çevrim yapan invertörlerin devre modeli ve simülasyon modeli verilmiştir. Ara yüz de ise 1 tane dönüştürücüye ait grafikler bulunmaktadır. Bu devre;

- SPWM Tabanlı Bir Fazlı R-L Yük ile Kontrollü İnvörtör

Bu bölümde, AC-AC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri ana başlığı altında AC'den AC'ye çevrim yapan devre modelleri ve simülasyon modelleri verilmiştir. Ara yüz de ise 2 tane dönüştürücüye ait grafikler bulunmaktadır. Bu devreler şunlardır;

- Tek Fazlı AC Kıyıcı
- Üç Fazlı AC Kıyıcı

Tezin içeriğinde genel devre modelleri, simülasyon modelleri ve her dönüştürücüye ait ara yüzler yer almaktadır. Ayrıca ara yüzden seçilen her model için simülasyon sonucu elde edilen grafikler, ilgili bölüm başlıkları altında ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

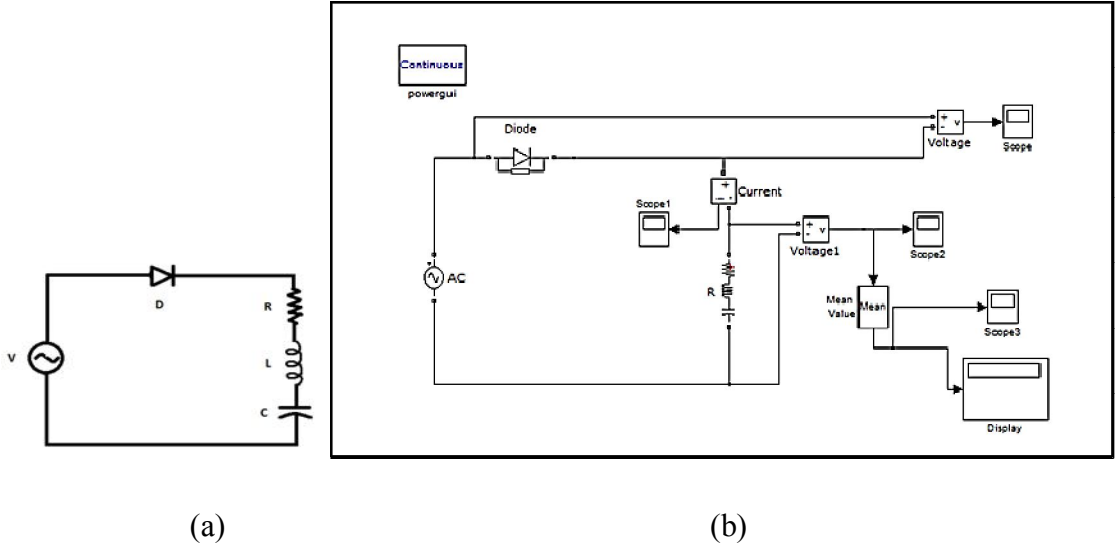
Ayrıca bunu bir eğitim modülü olarak düşündüğümüz için dışarıdan değer girişine bağlı grafiklerde meydana gelen değişimler modeller hakkında bilgi edinmeyi sağlamıştır. Kullanıcıların yardım almaları amacıyla bilgi butonları eklenmiştir.

3.1. DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRELER VE MATLAB SİMULİNK MODELLERİ

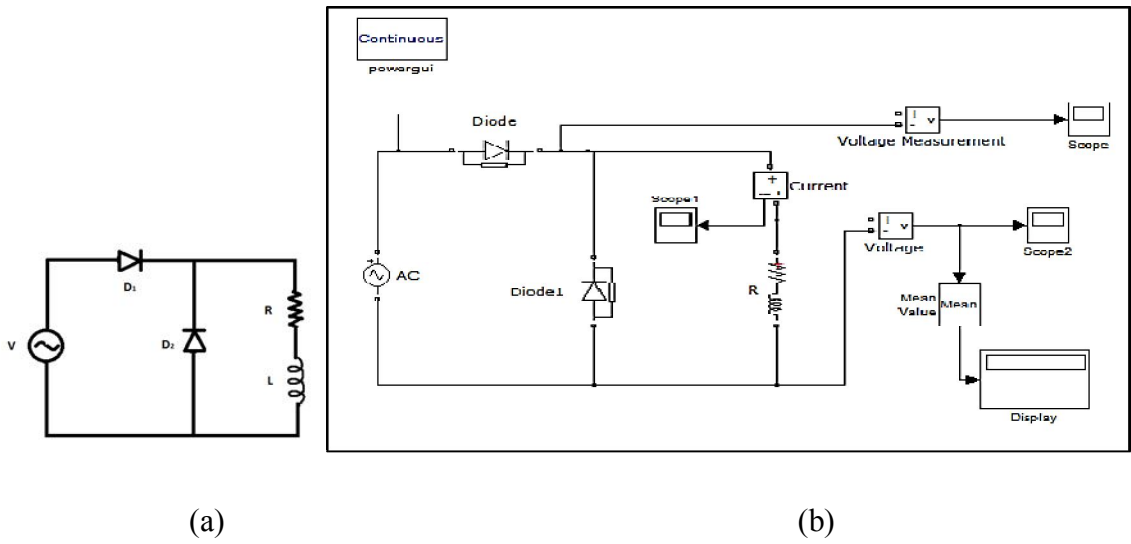
Dört farklı dönüştürücü tipi ve her bir dönüştürücü tipine ait alt modeller için oluşturulmuş devreler ve bu devrelerin MATLAB Simulink ortamında hazırlanmış olan simülasyon modelleri tezin genelinde takip edilen sıra ile verilmiştir.

3.1.1. AC-DC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri

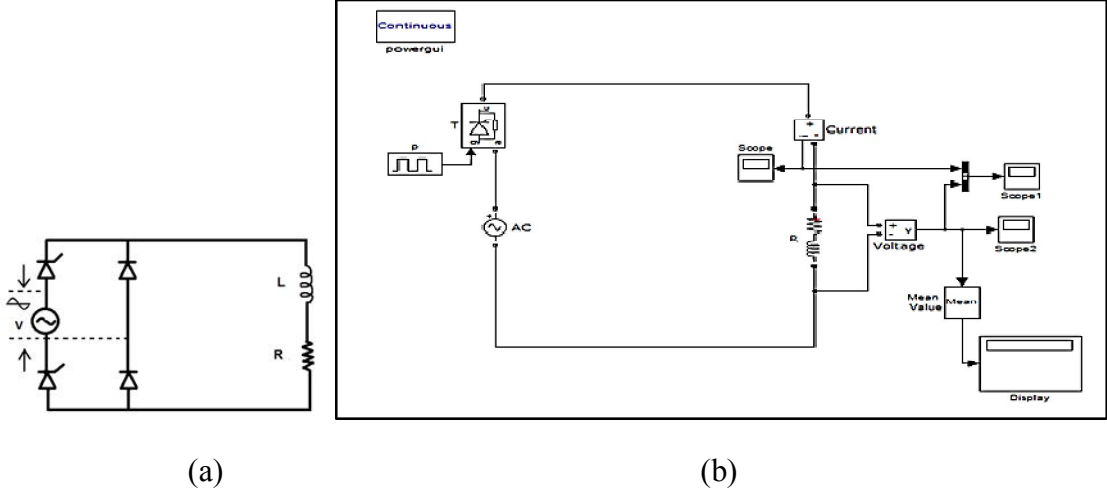
AC-DC dönüştürücü devrelerine ait 12 adet devre modelleri ve bu devrelerin MATLAB Simulink ortamında hazırlanmış olan simülasyon modelleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.



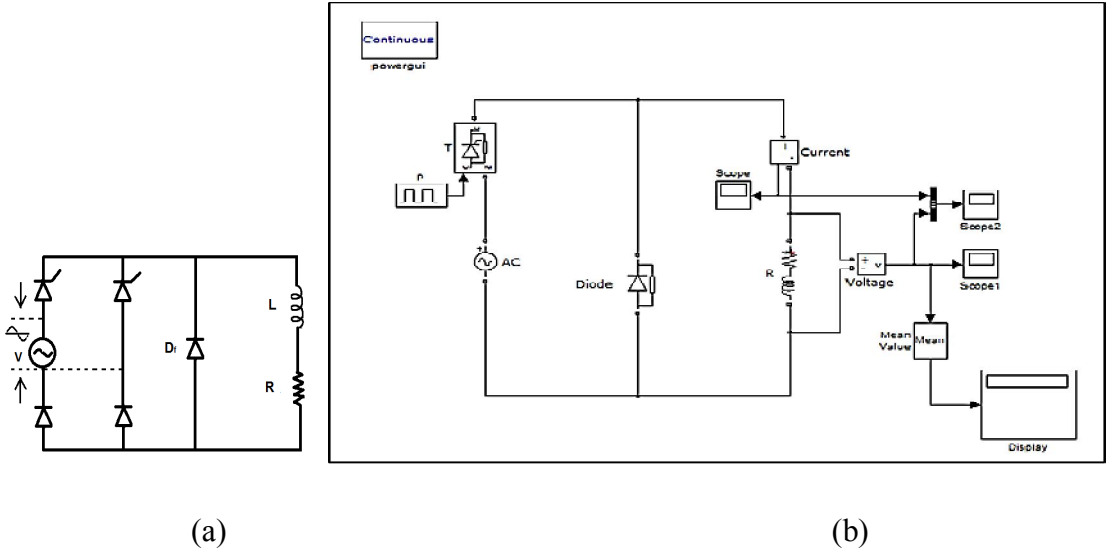
Şekil 3. 1: (a) Bir Fazlı Yarım Dalgı Kontrolsüz Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli



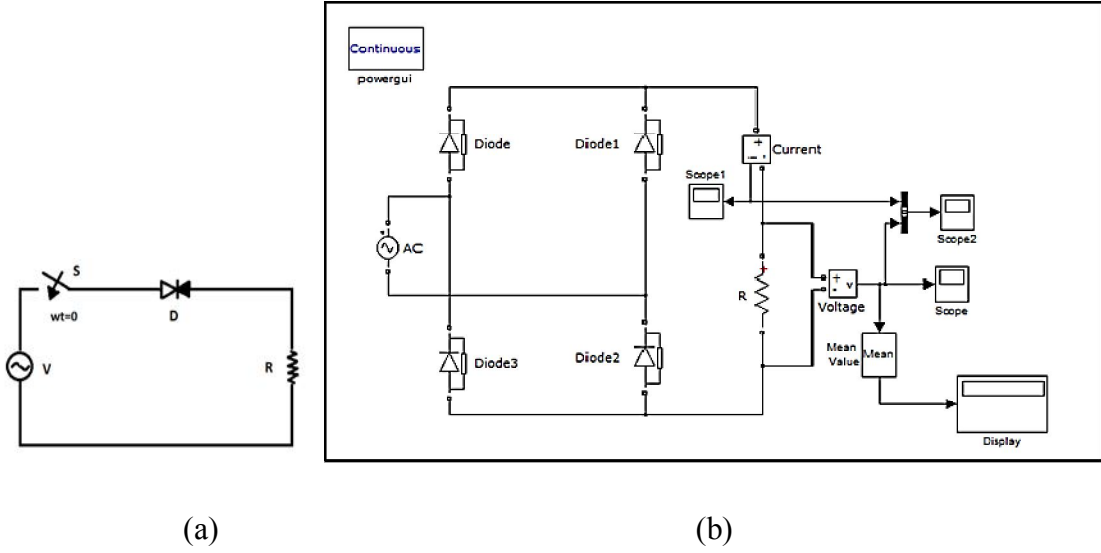
Şekil 3. 2: (a) Bir Fazlı Yarım Dalgı R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli



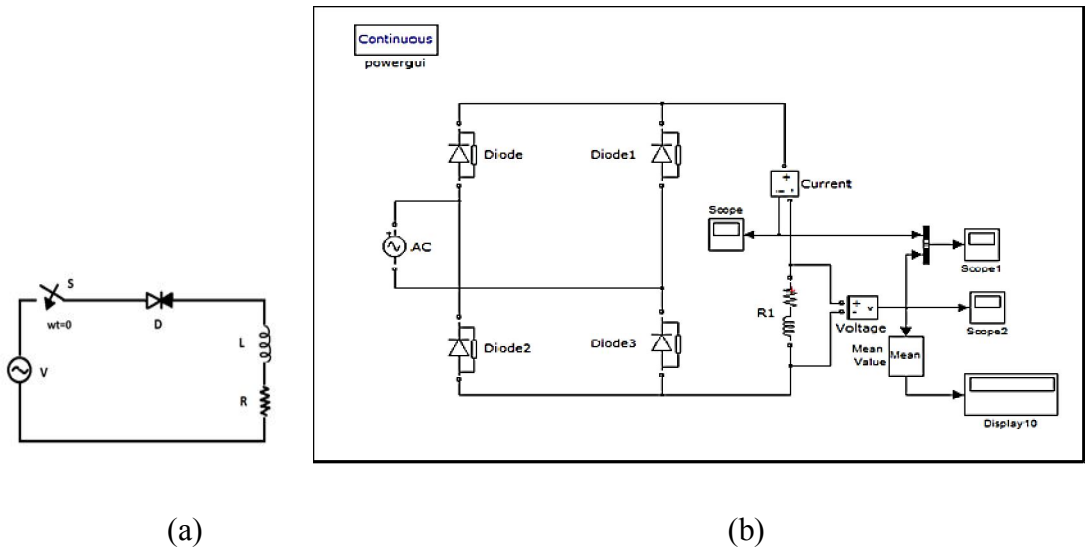
Şekil 3.3: (a) Bir Fazlı Yarı Kontrollü R-L Yüklü Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli



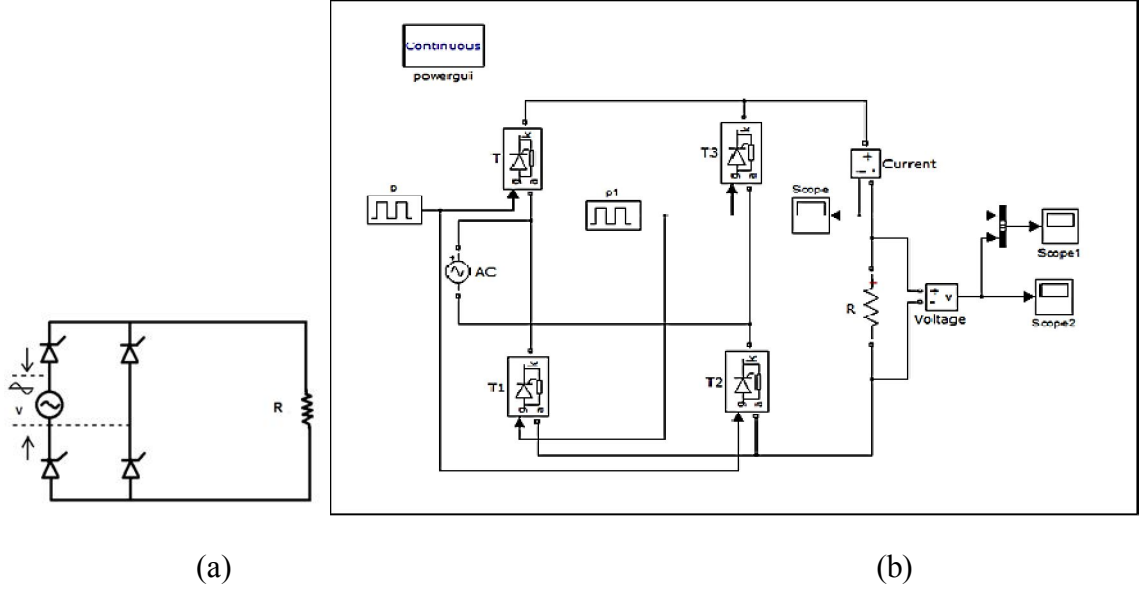
Şekil 3. 4: (a) Bir Fazlı Yarı Kontrollü R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli



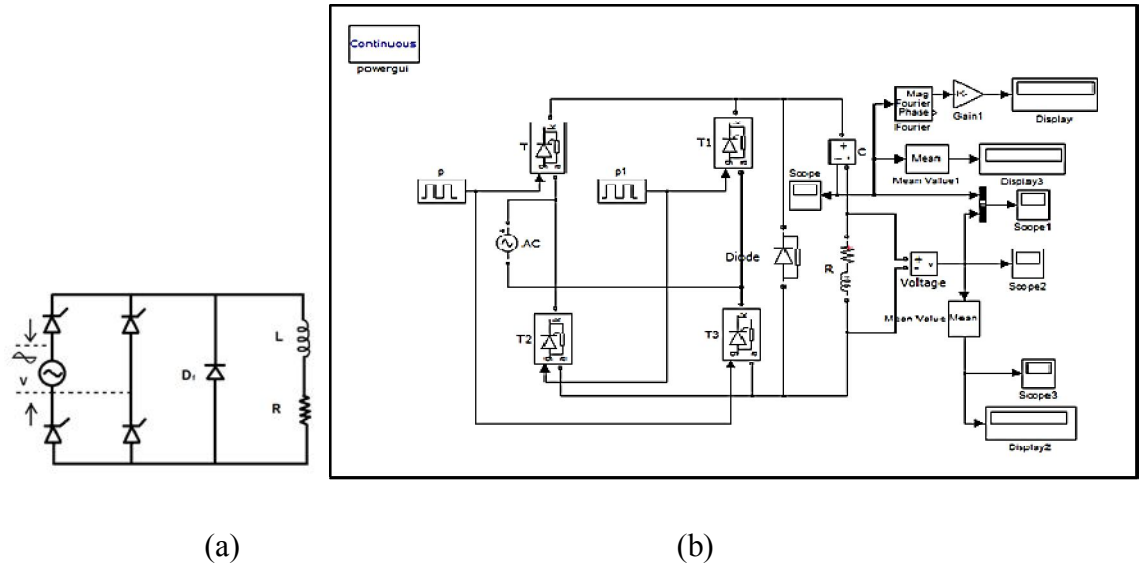
Şekil 3. 5: (a) Bir Fazlı Kontrolsüz R Yüklü Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli



Şekil 3. 6: (a) Bir Fazlı Kontrolsüz R-L Yüklü Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli

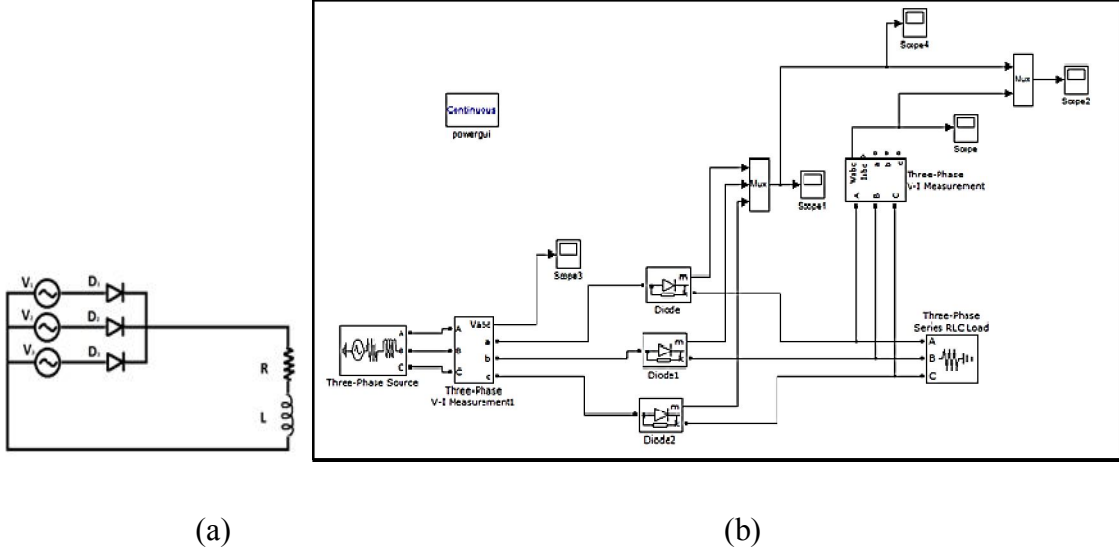


Şekil 3. 7: (a) Bir Fazlı Kontrollü R Yüklü Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli



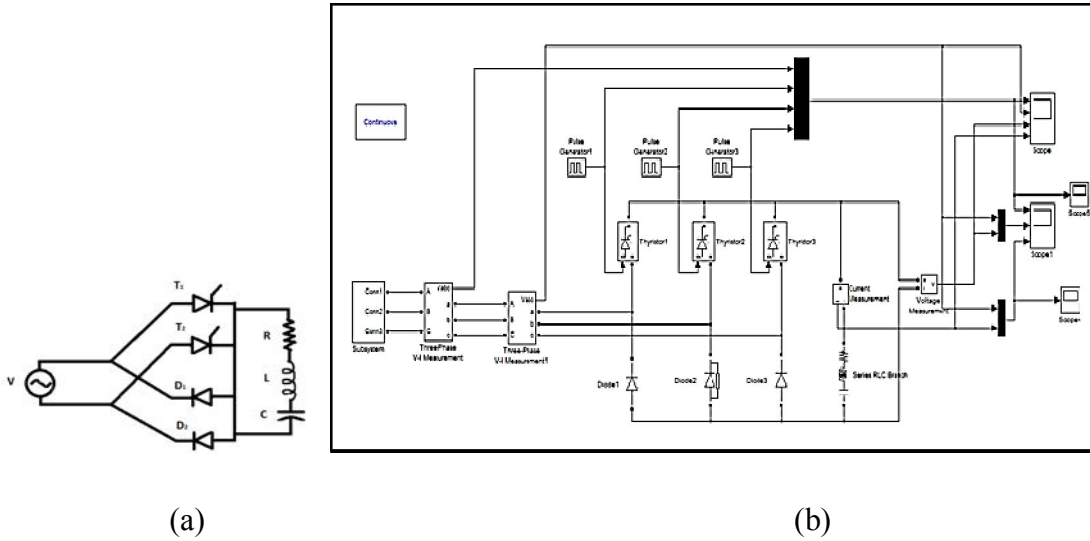
Şekil 3. 8: (a) Bir Fazlı Kontrollü R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli

Şekil 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 ve 3.8'de bir fazlı yarım dalga ve tam dalga doğrultma devreleri verilmiştir. Yarım dalga doğrultmada, doğrultucunun kutupsallığına bağlı olarak AC dalganın pozitif ya da negatif yarı tarafı geçirilirken diğer yarısı engellenir. Yarım dalga doğrultma, tek bir diyot aracılığı ile gerçekleştirilebilir. Tam dalga doğrultma, dört adet diyot kullanılarak bir köprü tipi doğrultmaç veya iki diyot kullanılarak sekonderi orta uçlu bir transformatör ile sağlanabilir.



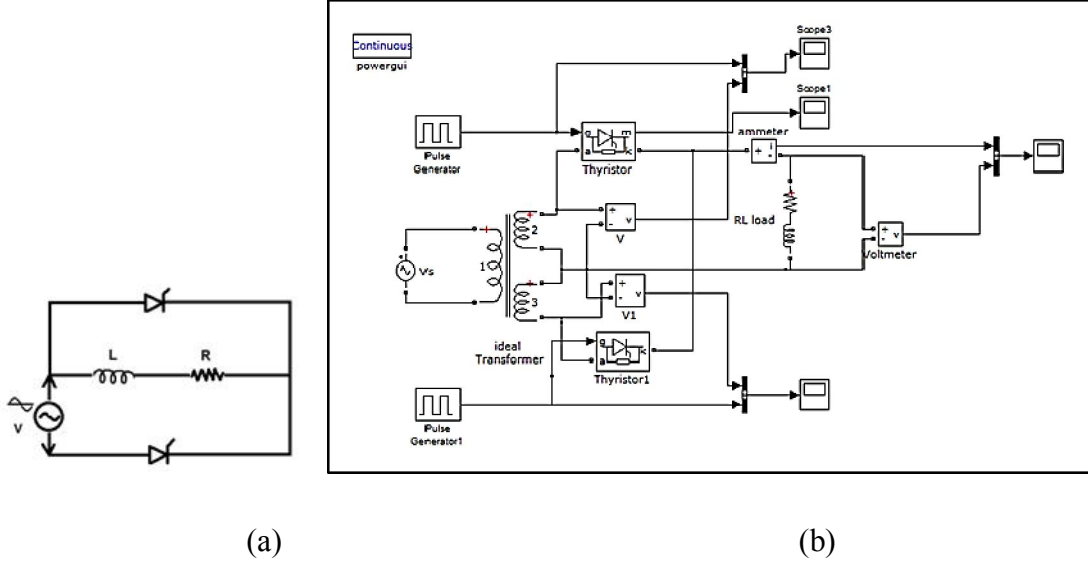
Şekil 3. 9: (a) Üç Fazlı Yarı Dalga Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli

Çok fazlı dönüştürücüler kullanılarak tek fazlı dönüştürücülere göre kontrollü veya kontrolsüz olsun daha yüksek dalgacık frekansı ve daha düzgün bir çıkış elde edilir. Yukarıda verilmiş olan üç fazlı köprü diyot doğrultucu devresinde diyot yerine tristör kullanılarak üç fazlı kontrollü dönüştürücü elde edilir.

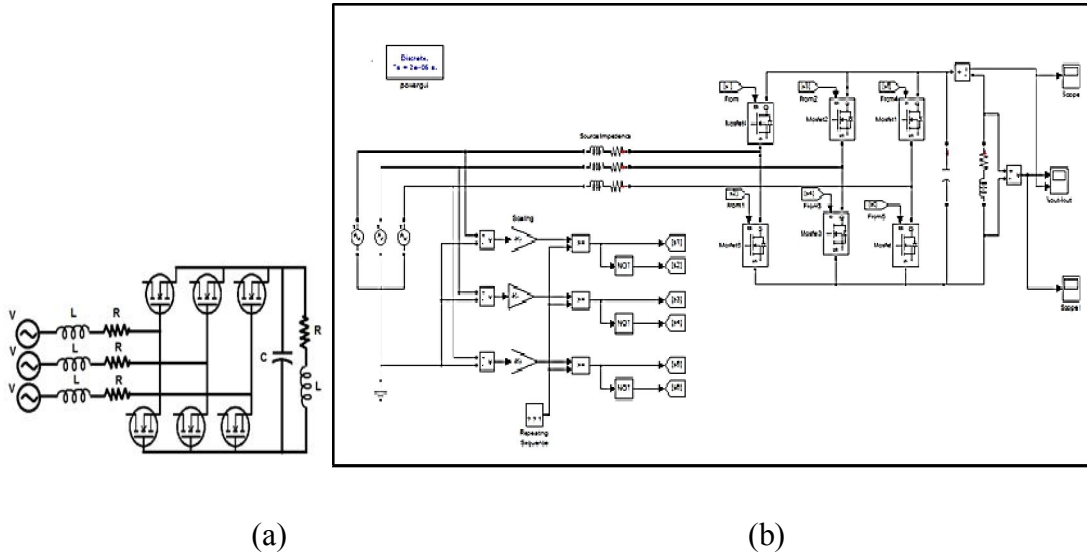


Şekil 3. 10: (a) Üç Fazlı Yarı Kontrollü Tam Dalga Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli

Üç fazlı alternatif gerilimlerin olduğu sistemlerde üç faz tam dalga doğrultucu devrelerinin kullanımı bir faz tam dalga doğrultuculara göre daha düşük harmonikli dalga biçimleri ve daha yüksek güç oluşturma kapasiteleri nedeniyle tercih edilir.



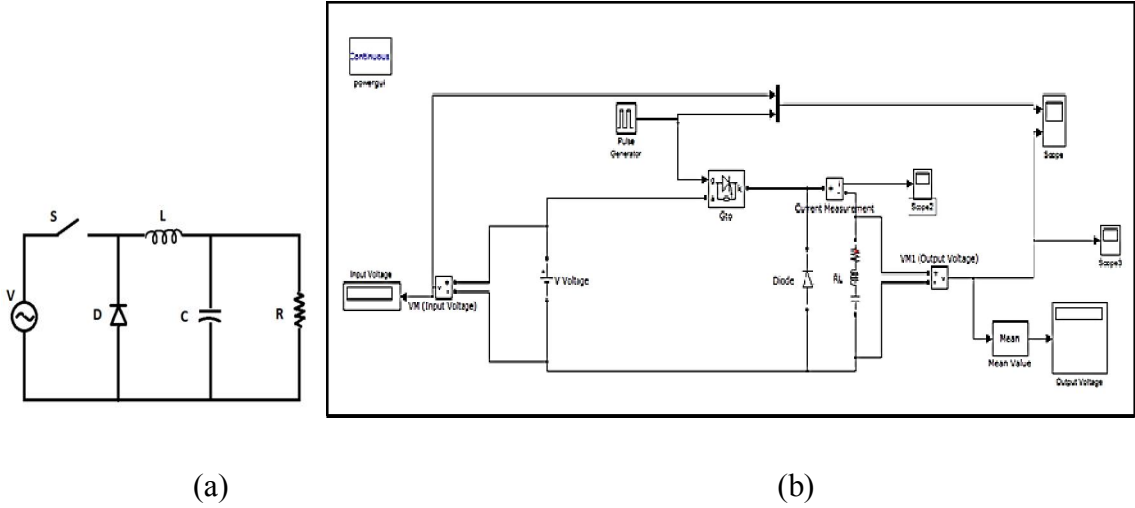
Şekil 3. 11: (a) Orta Uçlu Tam Dalga Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli



Şekil 3. 12: (a) Üç Fazlı SPWM Doğrultucu Devresi ve (b) Simulink Modeli

3.1.2. DC-DC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri

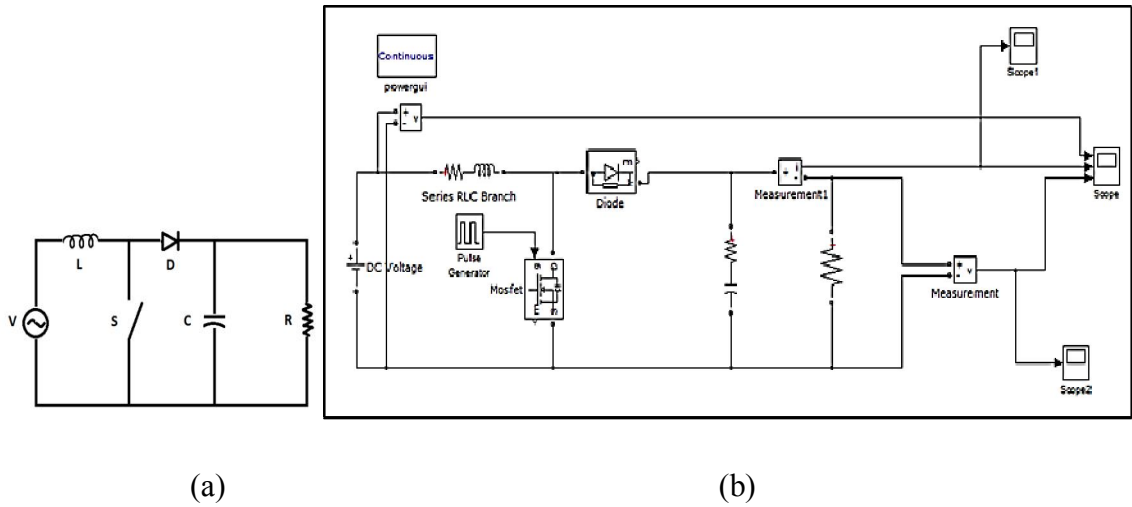
DC-DC dönüştürücü devrelerine ait 4 adet devre modelleri ve bu devrelerin MATLAB Simulink ortamında hazırlanmış olan simülasyon modelleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. 13: (a) Buck Dönüştürücü Devresi ve (b) Simulink Modeli

Alçaltıcı dönüştürücü DC girişinden daha düşük bir seviyede bir ortalama DC çıkış gerilimi üretir. Kavramsal olarak Şekil 3.13'teki temel devre saf dirençten oluşan bir yük için bir alçaltıcı dönüştürücü oluşturur.

Şekil 3.13 (a)'te verilen temel alçaltıcı D.C.-DC dönüştürücü (Buck Konvertör) devre şemasında anahtar klasik olarak s şeklinde verilmiştir. Burada s olarak verilen statik anahtar yerine Transistör (BJT), MOSFET, IGBT gibi yarıiletken güç anahtarları kullanılabilir. Devrede indüktans ve kapasite, çıkış geriliminin sınırlı bir dalgalanma içerisinde kalmasını sağlayan bir düzeltme işlemi için kullanılır. Yüke bağlı olarak gereken filtreleme işlemi gerçekleştirilir [7].



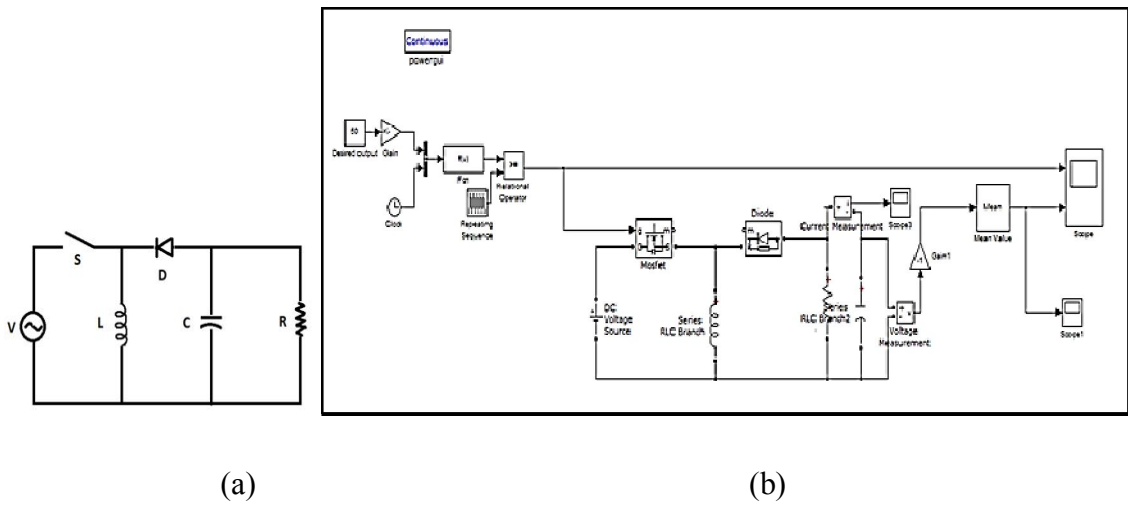
Şekil 3. 14: (a) Boost Dönüştürücü Devresi ve (b) Simulink Modeli

DC-DC anahtarlamalı yükseltici dönüştürücü (Boost konvertör) yük durumu ve giriş

geriliminin geniş aralığı için regüle edilmemiş giriş geriliminden regüle edilmiş çıkış gerilimi üretir [30].

Şekil 3.14 (a)'te temel olarak yükseltici dönüştürücü devresi görülmektedir. Devre şemasında da görüldüğü gibi Alçaltıcı dönüştürücünden farklı devrede kullanılan devre elemanlarının bağlantı şekillerinin farklı olmasıdır.

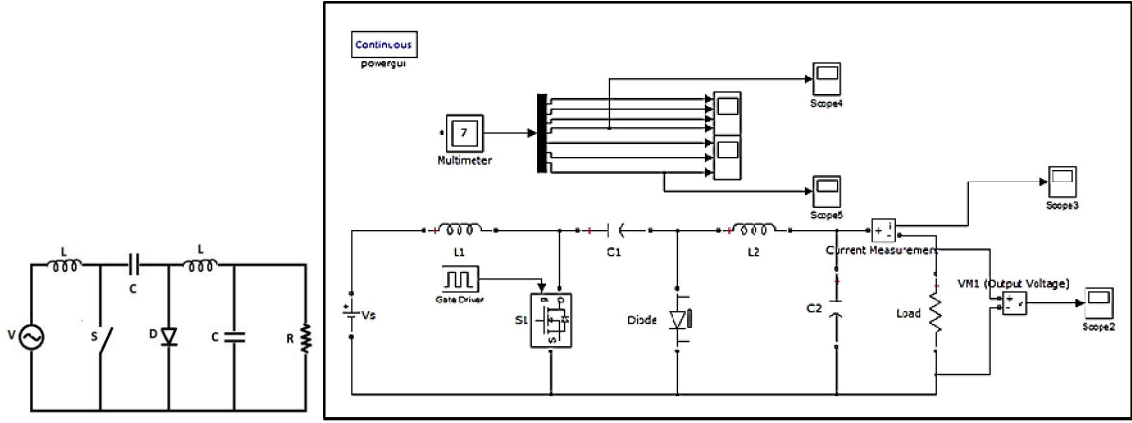
Kontrollü anahtar iletime geçince diyot ters kutuplanır ve çıkış devresini girişten ayırır, bu esnada girişten indüktansa enerji uygulanır. Anahtar kesime gidince, devrenin çıkışına hem girişten hem de indüktans üzerinden enerji uygulanır [7].



Şekil 3. 15: (a) Buck-Boost Dönüştürücü Devresi ve (b) Simulink Model

Bir alçaltıcı-yükseltici dönüştürücü, iki temel dönüştürücünün, alçaltıcı ve yükseltici dönüştürücünün ardı ardına bağlanmasıyla elde edilebilir. Alçaltıcı-yükseltici dönüştürücülerin başlıca uygulaması, giriş uçlarına göre ters kutuplu çıkış gereken ve çıkış geriliminin giriş geriliminden yüksek ya da düşük olduğu ayarlı DC güç kaynaklarıdır.

Sürekli durumda çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı olan gerilim çevirme oranı ardı ardına bağlı iki dönüştürücünün çevirme oranlarının çarpımına eşittir [7].



(a)

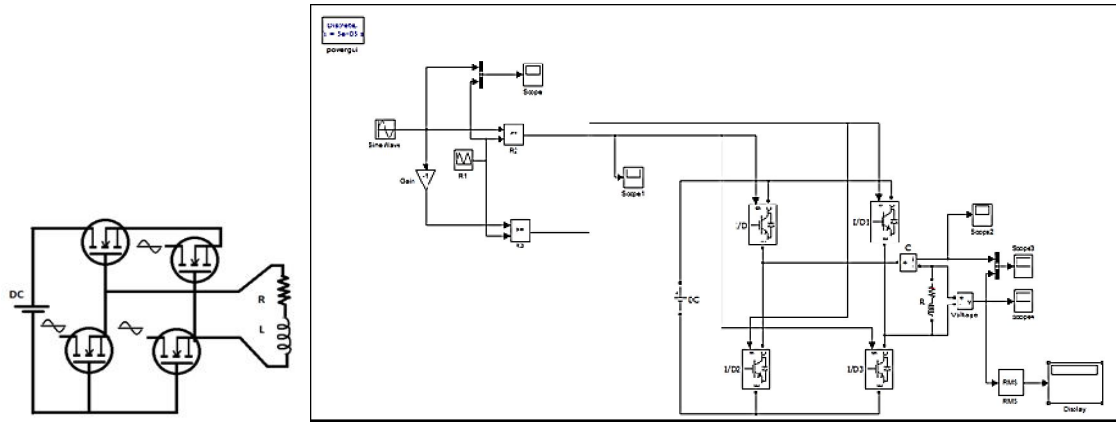
(b)

Şekil 3. 16: (a) Cuk Dönüştürücü Devresi ve (b) Simulink Modeli

Bulan kişinin adı ile anılan dönüştürücü, alçaltıcı-yükseltici dönüştürücü devresine dualite ilkesi uygulanarak elde edilir. Alçaltıcı-yükseltici dönüştürücüye benzer olarak Cuk dönüştürücü de giriş geriliminin ortak ucuna göre ters kutuplu çıkış gerilimi üretir [7]. Şekil 3.16 (a) 'da Cuk dönüştürücünün devre şeması verilmiştir.

3.1.3. DC-AC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri

DC-DC dönüştürücü devrelerine ait bir adet devre modeli ve bu devrenin MATLAB Simulink ortamında hazırlanmış olan simülasyon modeli aşağıda verilmiştir.



(a)

(b)

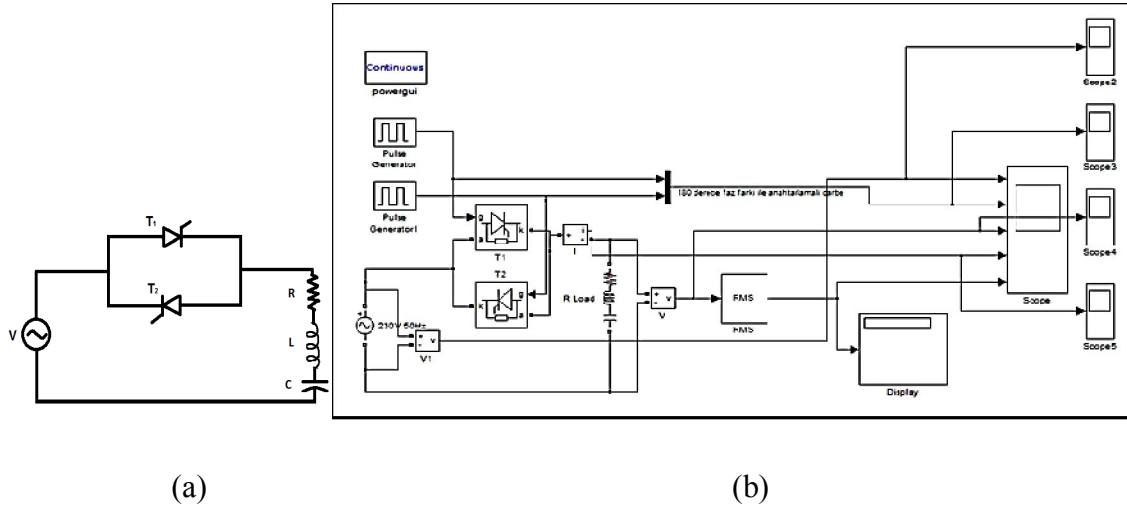
Şekil 3. 17: (a) Bir Fazlı SPWM Kontrollü İnvörtör Devresi ve (b) Simulink Model

SPWM kontrolde, yarım periyod başına sadece bir darbe vardır ve darbe genliği değiştirilerek invörtör çıkış gerilimi kontrol edilir.

SPWM invertörlerin genel PWM inverterlerden farkı referans sinyalinin sinüsoidal olmasıdır. Referans sinyalinin genliğinin taşıyıcı sinyalinin genliğinden büyük olduğu aralık boyunca çıkış gerilimi pozitifdir [7].

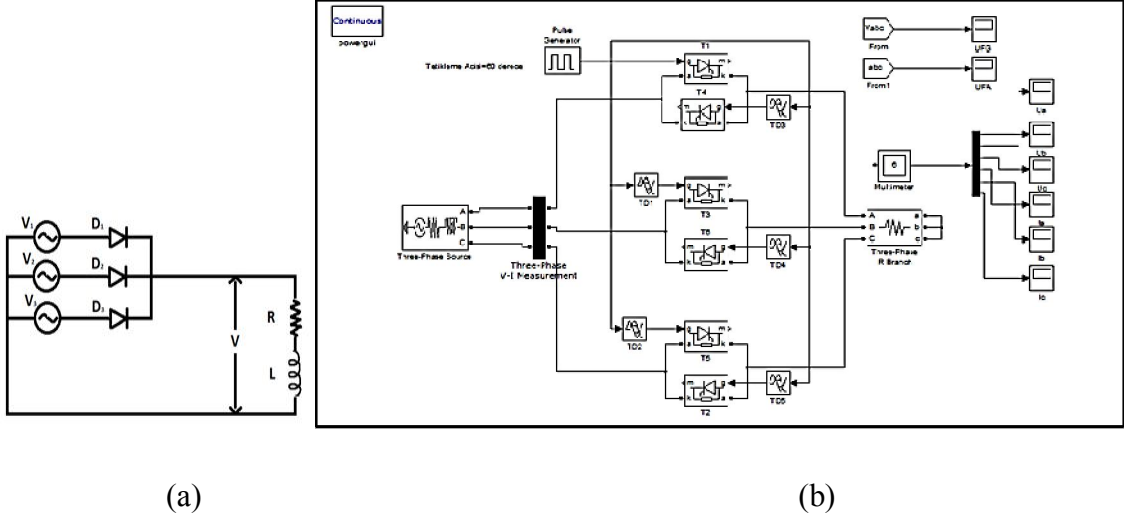
3.1.4. AC-AC Dönüştürücü Devre ve Simulink Modelleri

AC-AC dönüştürücü devrelerine ait 2 adet devre modelleri ve bu devrelerin MATLAB Simulink ortamında hazırlanmış olan simülasyon modelleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. 18: (a) Tek Fazlı AC Kıyıcı Devresi ve (b) Simulink Modeli

Ters paralel bağlı 2 tristör ile gerçekleştirilen tek fazlı bir AC kıyıcının temel devre şeması Şekil 2.24'te görülmektedir. Prensip olarak, AC akımının pozitif yarı dalgasını T_1 ve negatif yarı dalgasını T_2 geçirmektedir. Uygulamalarda, genellikle ters paralel bağlı iki tristör yerine bir triyak kullanılmaktadır. Bu durumda akımın her iki yarı dalgasını da triyak üstlenir. Tek fazlı AC kıyıcıdaki bir güç elemanı, yüke bağlı olmaksızın an fazla faz geriliminin maksimum değerine maruz kalmaktadır [5].



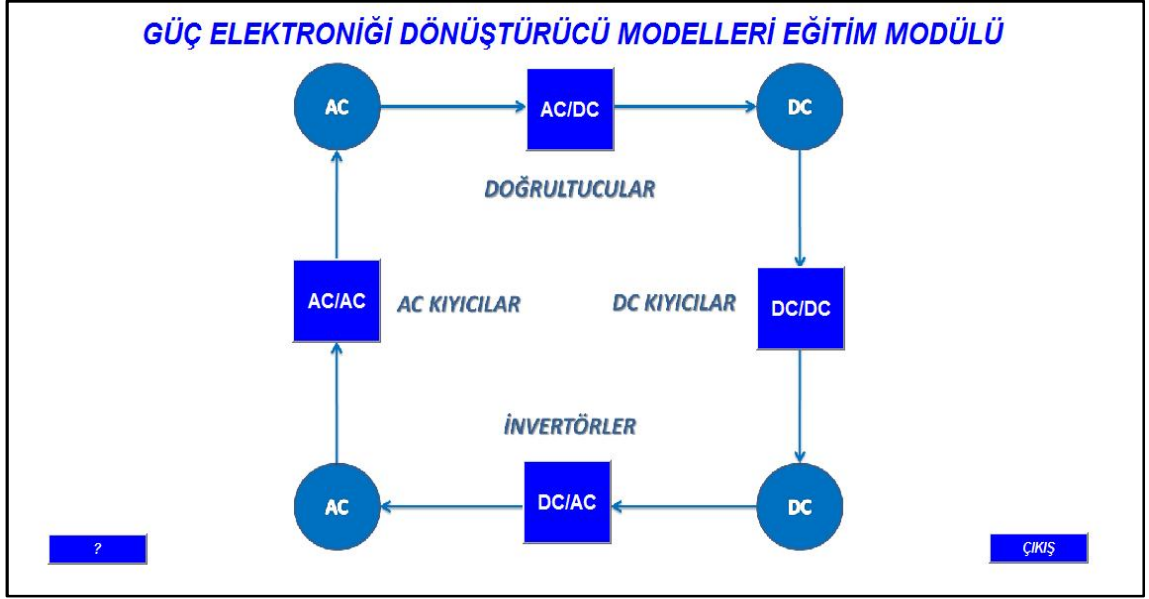
Şekil 3. 19: (a) Üç Fazlı AC Kıyıcı Devresi ve (b) Simulink Modeli

Üç fazlı AC kıyıcı devresi Şekil 3.19’da görülmektedir. Faz başına ters paralel bağlı 2 tristör kullanılarak gerçekleştirilir. Her bir faza ait AC akımın pozitif ve negatif yarım dalgalarının ilgili pozitif ve negatif tristörler geçirir ve kontrol eder. Uygulamalarda, ters paralel bağlı 2 tristör yerine bir triyak kullanılır. Bu durumda bir faz akımının her iki yarım dalgasını da ilgili triyak üstlenir [5].

3.2. GÜÇ ELEKTRONİĞİ DÖNÜŞTÜRÜCÜLER EĞİTİM MODÜLÜ

Bu çalışmada MATLAB GUI komutları kullanılarak kullanıcı kolaylığı sağlamak ve parametre değişimlerinin etkisini kolay ve hızlı izlemek amacıyla dört farklı dönüştürücü modeline ait eşdeğer devreleri dikkate alınarak Şekil 3.20’de yer alan görsel eğitim setine ait bir ara yüz tasarlanmıştır.

Hazırlanan ara yüzde Ana Sayfa ve AC/AC, AC/DC, DC/AC ve DC/DC dönüştürücüye ait ayrı ayrı 4 adet ara yüz bulunmaktadır. Her bir ara yüz için ekranda model tipi seçimine imkân sunulmaktadır. Önce istenen model tipi seçilmeli sonra istenen değerler verilerek çalıştırılmalıdır. “Başlat” butonuna tıkladığında simülasyon başlamakta ve modele ait grafikler görüntülenmektedir. Ayrıca modeller hakkında bilgi edinmek için soru işareti butonuna basılabilir. Burada gerekli bilgiler yer almaktadır. Kullanılacak model seçildikten sonra istenilirse “Devreye Git” butonu tıkladığında devrenin çizildiği simulink devresi detaylı olarak ekrana gelmektedir.

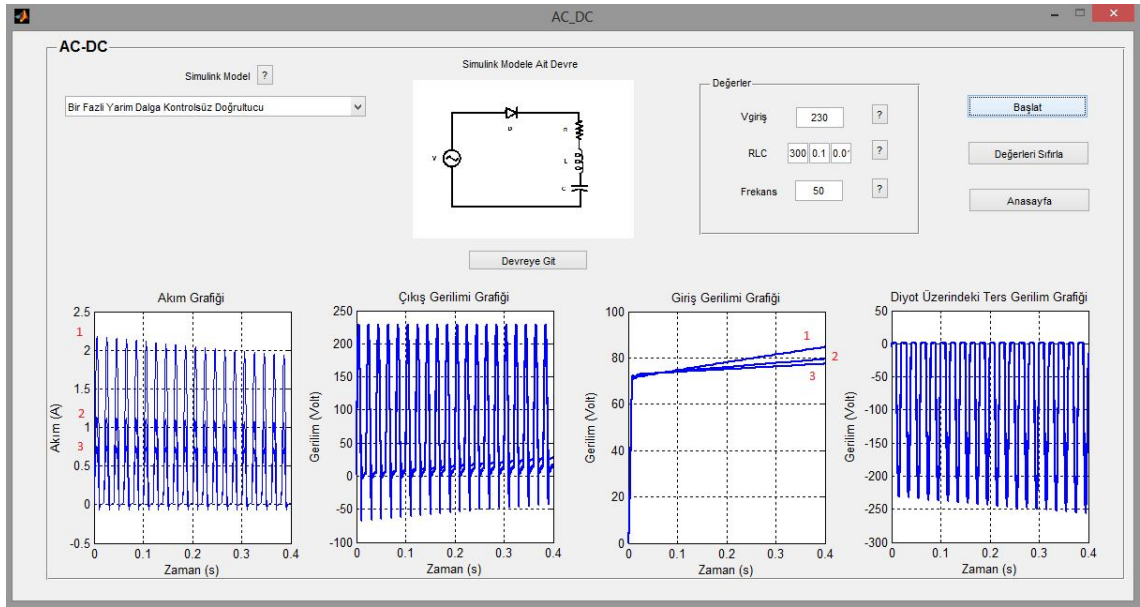


Şekil 3. 20: Ana Sayfa

3.3. EĞİTİM MODÜLÜNÜN ÇALIŞMA SONUÇLARI

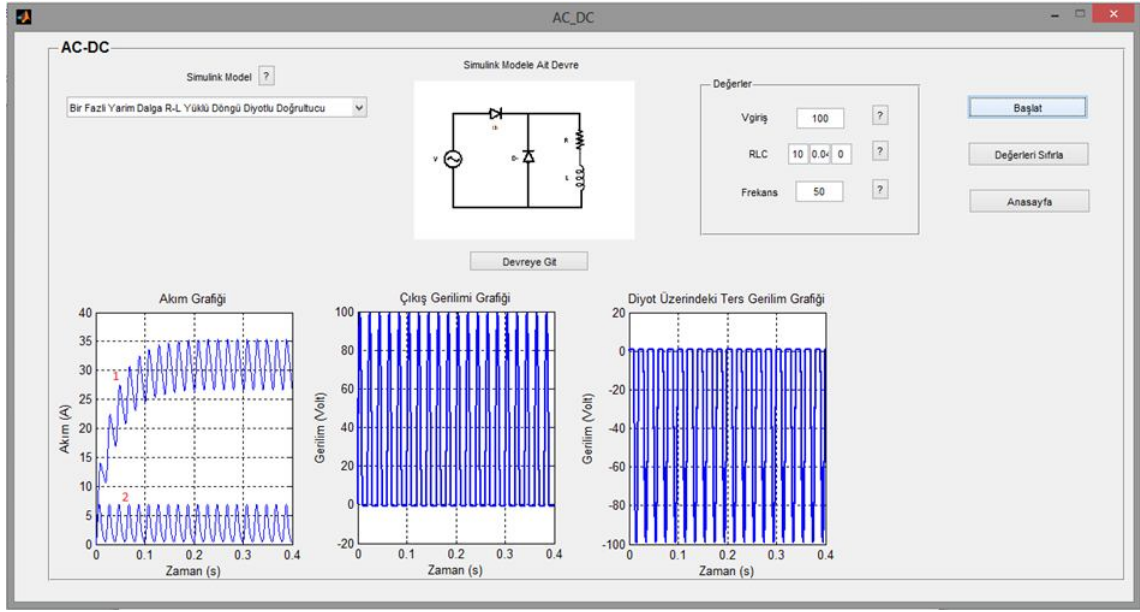
Aşağıdaki şekillerde sırayla AC-DC, DC-DC, DC-AC ve AC-AC modeller seçilip, istenen değerler eğitim setine girildiğinde elde edilen grafikler verilmiştir.

3.3.1. AC-DC Arayüzü



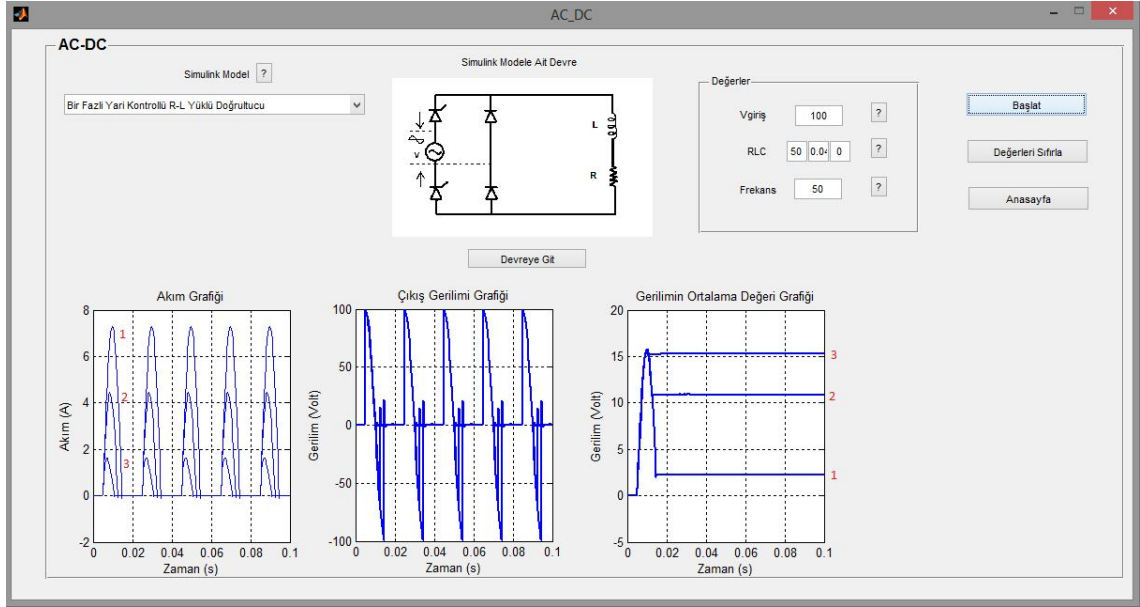
Şekil 3. 21: Bir Fazlı Yarım Dalga Kontrolsüz Doğrultucu Devresi Arayüzü

Şekil 3.21’de görülen AC-DC arayüzündeki örnek uygulamada; direnç değerleri (1) 100Ω, (2) 200Ω ve (3) 300Ω olarak değiştirilirken, giriş gerilimi $V_{giriş} = 230V$, bobin $L=0.1H$, $C=0.01F$ ve frekans=50Hz değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ara yüze girilerek program çalıştırıldığında akımın ve giriş geriliminin giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Çıkış geriliminde direncin artırılmasına bağlı olarak bir azalma olduğu görülmüştür. Diyot üzerindeki ters gerilim grafiğinde ise kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir.



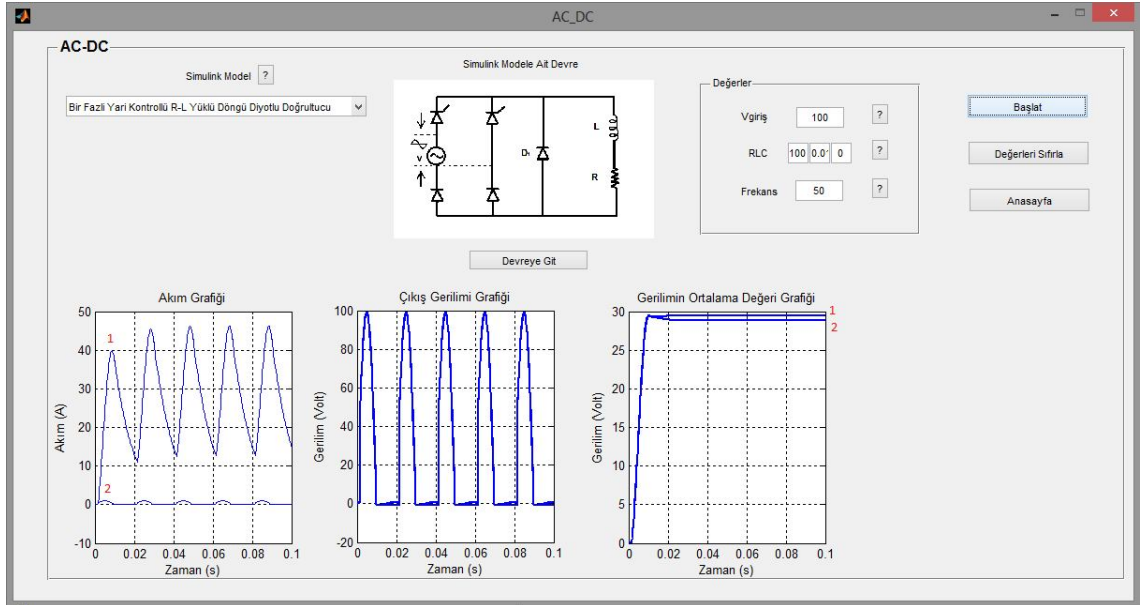
Şekil 3. 22: Bir Fazlı Yarım Dalga R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi Arayüzü

Şekil 3.22’deki örnek uygulamada direnç değerleri (1) 1Ω, (2) 10Ω olarak değiştirilirken $V_{giriş} = 100V$, $L= 0.04H$ ve frekans =50Hz değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ara yüze girilerek program çalıştırıldığında akımın azaldığı gözlemlenmiştir. Çıkış geriliminde direncin artırılmasına bağlı olarak bir azalma olduğu görülmüştür. Diyot üzerindeki ters gerilim grafiğinde ise kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir.



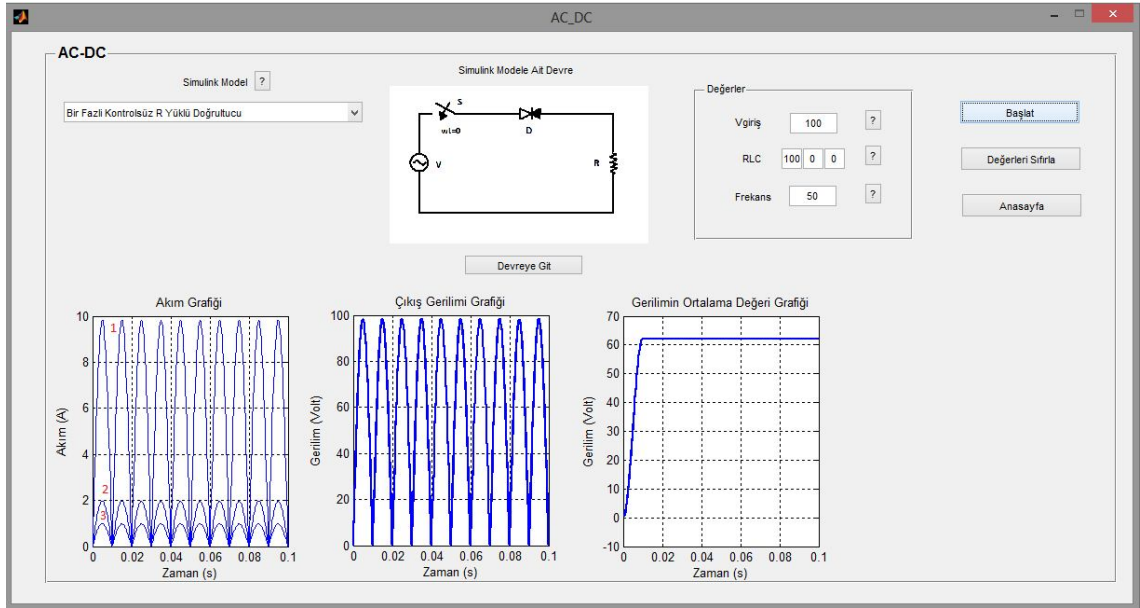
Şekil 3. 23: Bir Fazlı Yarı Kontrollü R-L Yüklü Doğrultucu Devresi Arayüzü

Şekil 3.23'teki örnek uygulamada direnç değerleri (1) 1Ω , (2) 10Ω ve (3) 50Ω olarak değiştirilirken $V_{giriş} = 100V$, $L = 0.04H$ ve frekans $= 50Hz$ değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ile program çalıştırıldığında akımın azaldığı gözlemlenmiştir. Çıkış geriliminde kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir. Gerilimin ortalama değerinde direncin artırılmasına bağlı olarak artış gözlemlenmiştir.



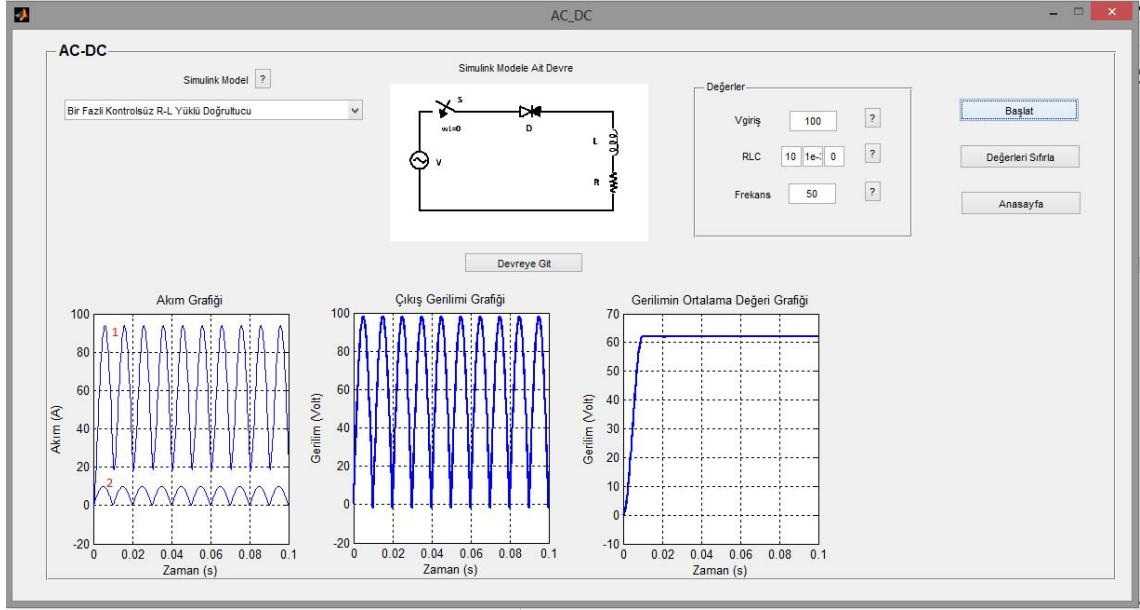
Şekil 3. 24: Bir Fazlı Yarı Kontrollü R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi Arayüzü

Şekil 3.24'teki örnek uygulamada direnç değerleri (1) 1Ω , (2) 100Ω olarak değiştirilirken $V_{giriş} = 100V$, $L = 0.01H$ ve frekans $= 50Hz$ değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ara yüze girilerek program çalıştırıldığında akımın azaldığı gözlemlenmiştir. Çıkış geriliminde direncin artırılmasına bağlı kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir. Gerilimin ortalama değeri grafiğinde ise azalma olduğu görülmüştür.



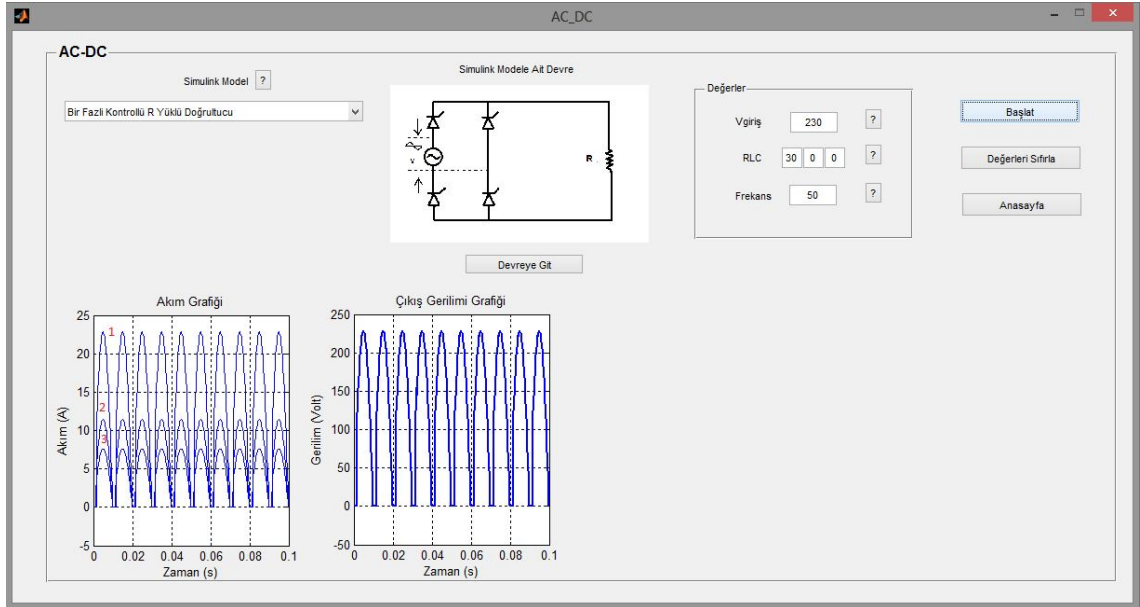
Şekil 3. 25: Bir Fazlı Kontrolsüz R Yüklü Doğrultucu Devresi Arayüzü

Şekil 3.25'te görülen örnek uygulamada; direnç değerleri (1) 10Ω , (2) 50Ω ve (3) 100Ω olarak değiştirilirken, giriş gerilimi $V_{giriş} = 100V$ ve frekans $= 50Hz$ değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ara yüze girilerek program çalıştırıldığında akımın giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Çıkış gerilimi ve gerilimin ortalama değerinde kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir.



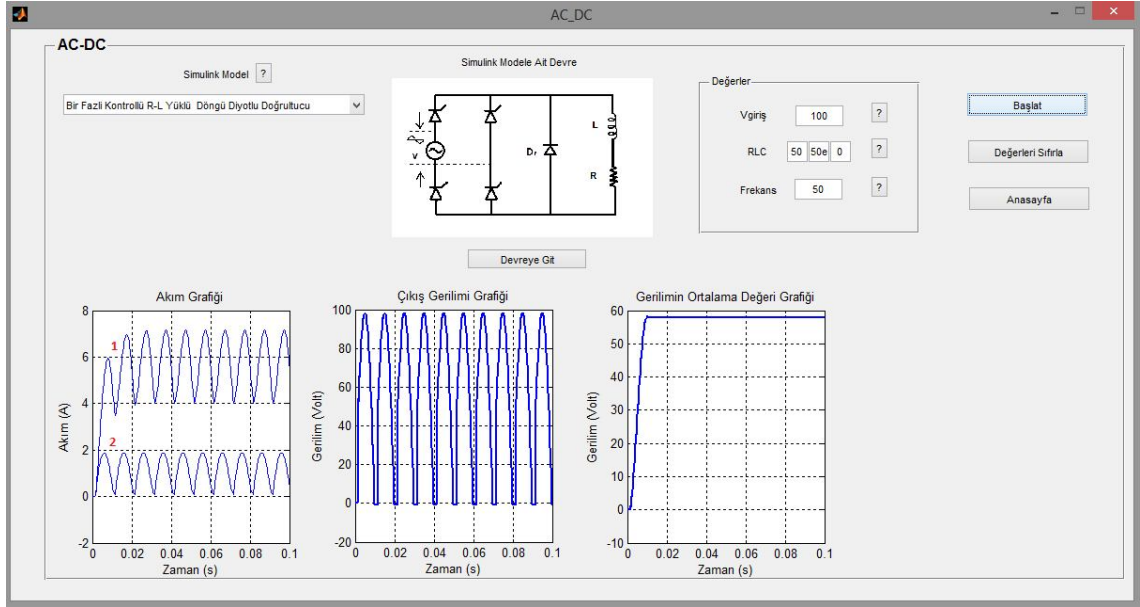
Şekil 3. 26: Bir Fazlı Kontrolsüz R-L Yüklü Doğrultucu Devresi Arayüzü

Şekil 3.26'daki örnek uygulamada, direnç değerleri (1) 1Ω , (2) 10Ω olarak değiştirilirken $V_{giriş} = 100V$, $L = 1e-3H$ ve frekans $= 50Hz$ değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ara yüze girilerek program çalıştırıldığında akımın azaldığı gözlemlenmiştir. Çıkış gerilimi ve gerilimin ortalama değeri grafiğinde direncin artırılmasına bağlı olarak kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir.



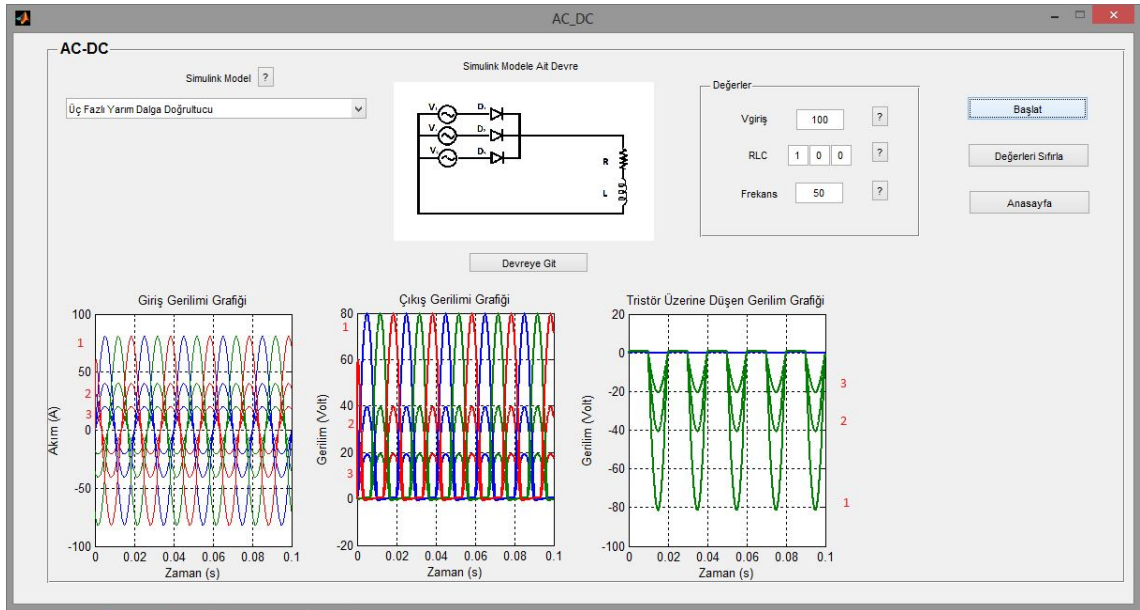
Şekil 3. 27: Bir Fazlı Kontrollü R Yüklü Doğrultucu Devresi Arayüzü

Şekil 3.27’de görülen örnek uygulamada, direnç değerleri (1) 10Ω , (2) 20Ω ve (3) 30Ω olarak değiştirilirken, giriş gerilimi $V_{giriş} = 230V$ ve frekans= $50Hz$ değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ile program çalıştırıldığında akımın giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Çıkış gerilimi grafiğinde ise kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir.



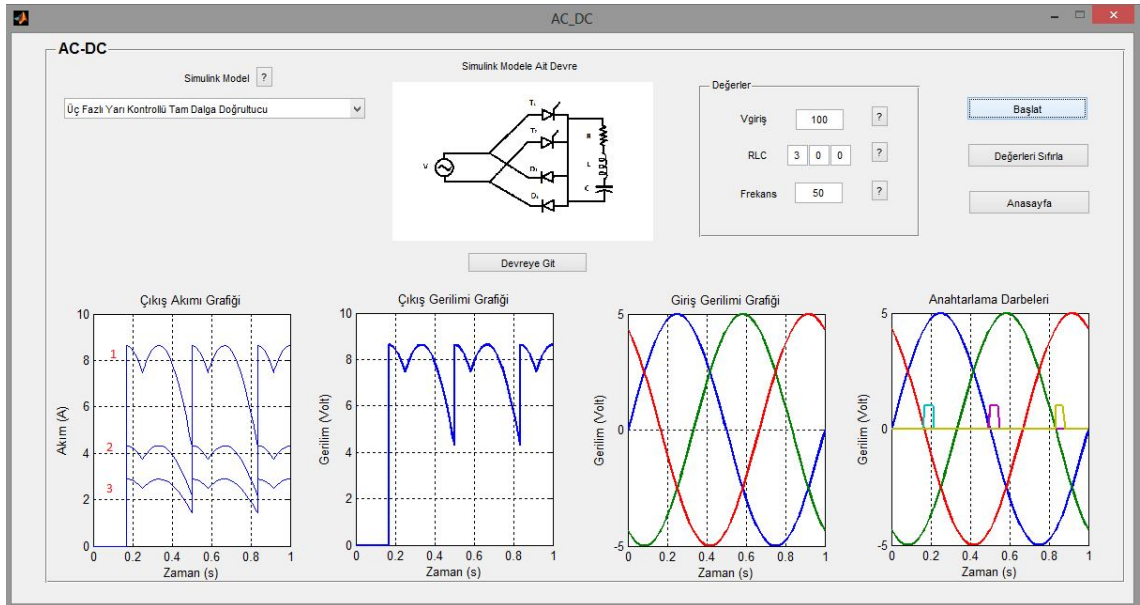
Şekil 3. 28: Bir Fazlı Kontrollü R-L Yüklü Döngü Diyotlu Doğrultucu Devresi Arayüzü

Şekil 3.28’deki örnek uygulamada, direnç değerleri (1) 10Ω , (2) 50Ω olarak değiştirilirken $V_{giriş} = 100V$, $L = 50e-3H$ ve frekans= $50Hz$ değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ara yüze girilerek program çalıştırıldığında akımın azaldığı gözlemlenmiştir. Çıkış gerilimi ve gerilimin ortalama değeri grafiğinde direncin artırılmasına bağlı olarak kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir.



Şekil 3. 29: Üç Fazlı Yarım Dalga Doğrultucu Devresi Arayüzü

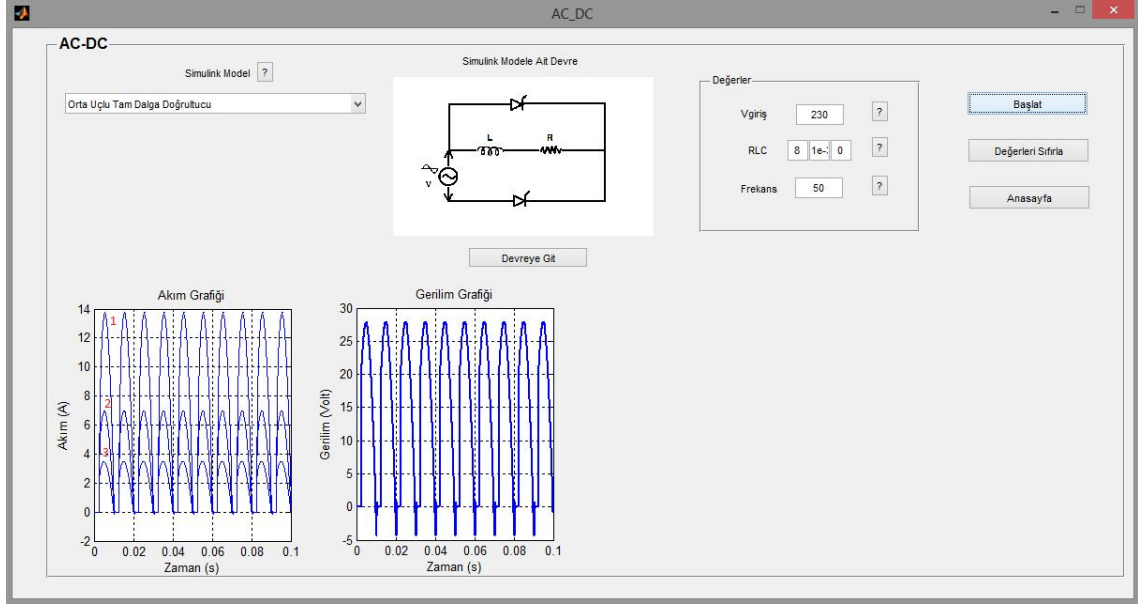
Şekil 3.29’da görülen örnek uygulamada, $V_{giriş}$ değerleri (1) 25V, (2) 50V ve (3) 100V olarak değiştirilirken, direnç değeri $R=1\Omega$ ve frekans=50Hz değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ile program çalıştırıldığında giriş ve çıkış geriliminin giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Tristör üzerine düşen gerilim grafiğinde (1) -80V,(2) -40V ve (3) -20V değerleri gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 30: Üç Fazlı Yarı Kontrollü Tam Dalga Doğrultucu Devresi Arayüzü

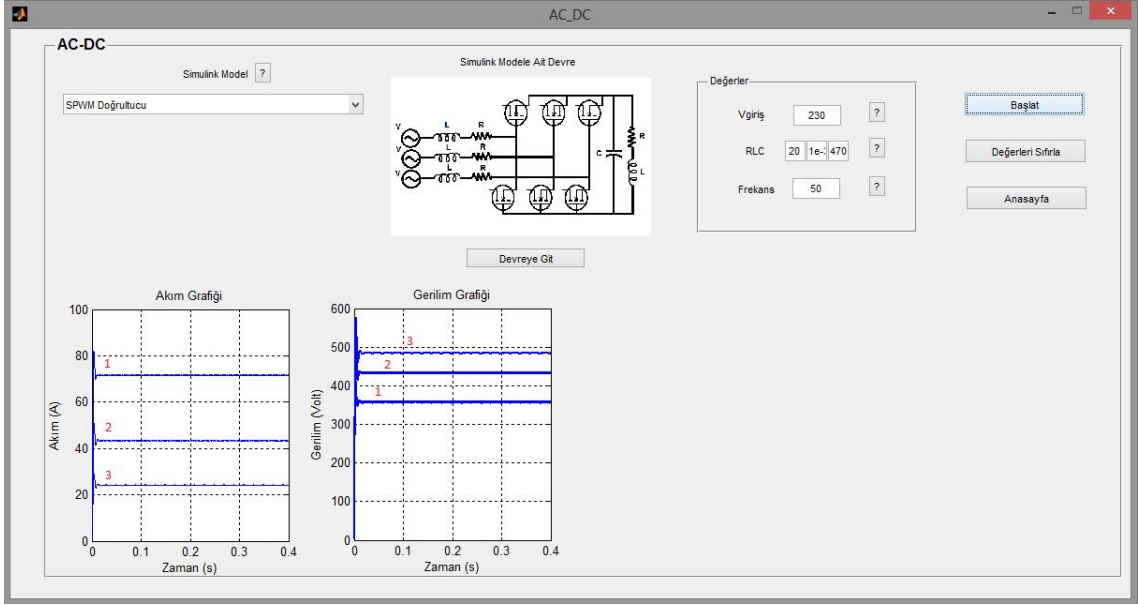
Şekil 3.30’da görülen örnek uygulamada, direnç değerleri (1) 1Ω , (2) 2Ω ve (3) 3Ω

olarak değiştirilirken, giriş gerilimi $V_{giriş} = 100V$ ve frekans=50Hz değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ile program çalıştırıldığında akımın giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Çıkış gerilimi, giriş gerilimi ve anahtarlama darbeleri grafiğinde ise kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir.



Şekil 3. 31: Orta Uçlu Tam Dalga Doğrultucu Devresi Arayüzü

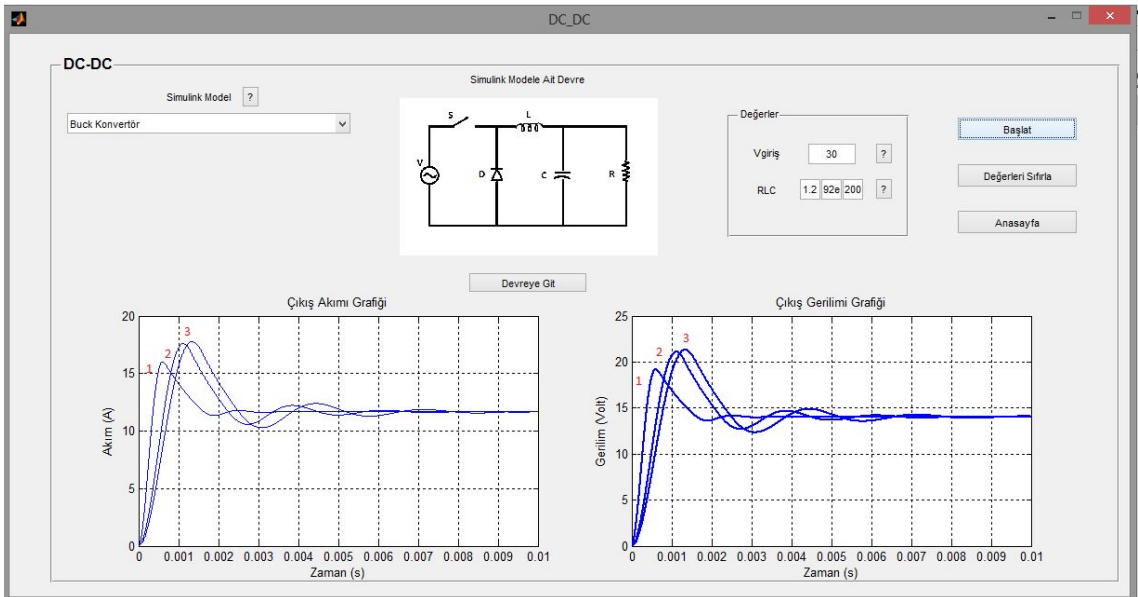
Şekil 3.31’de görülen örnek uygulamada, direnç değerleri (1) 2Ω , (2) 4Ω ve (3) 8Ω olarak değiştirilirken, giriş gerilimi $V_{giriş} = 230V$, $L = 1e-3H$ ve frekans=50Hz değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ile program çalıştırıldığında akımın giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Gerilim grafiğinde ise kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir.



Şekil 3. 32: Üç Fazlı SPWM Doğrultucu Devresi Arayüzü

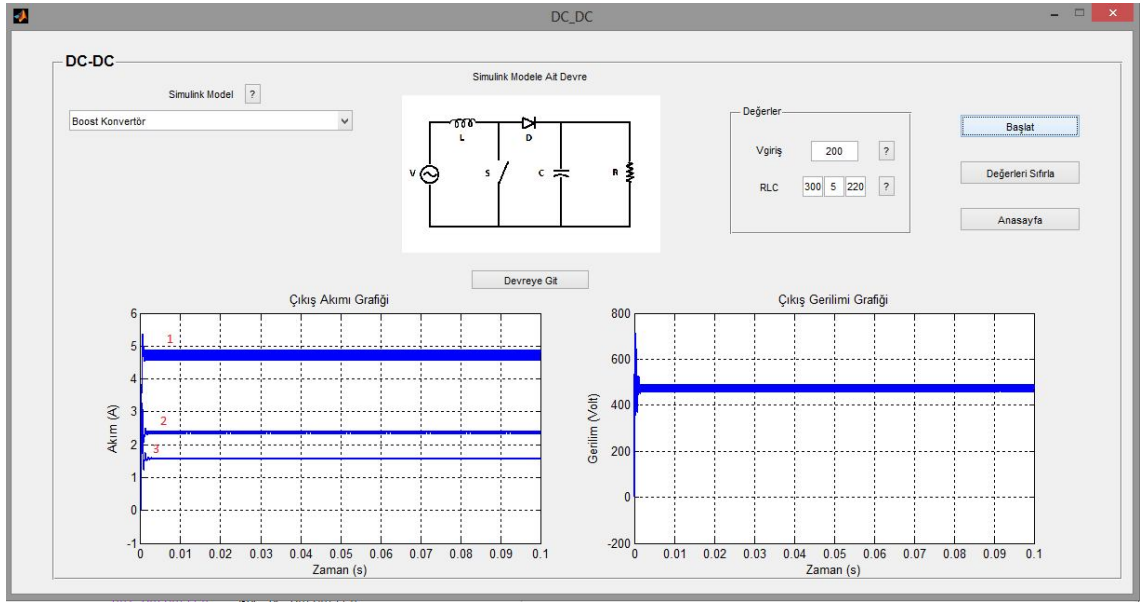
Şekil 3.32’de görülen örnek uygulamada, direnç değerleri (1) 5Ω , (2) 10Ω ve (3) 20Ω olarak değiştirilirken, giriş gerilimi $V_{giriş} = 230V$, bobin değeri $L = 1e-3H$, kapasitör değeri $C = 470e-6F$ ve frekans = $50Hz$ değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ile program çalıştırıldığında akımın giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Gerilim grafiğinde ise artış gözlemlenmiştir.

3.3.2. DC-DC Arayüzü



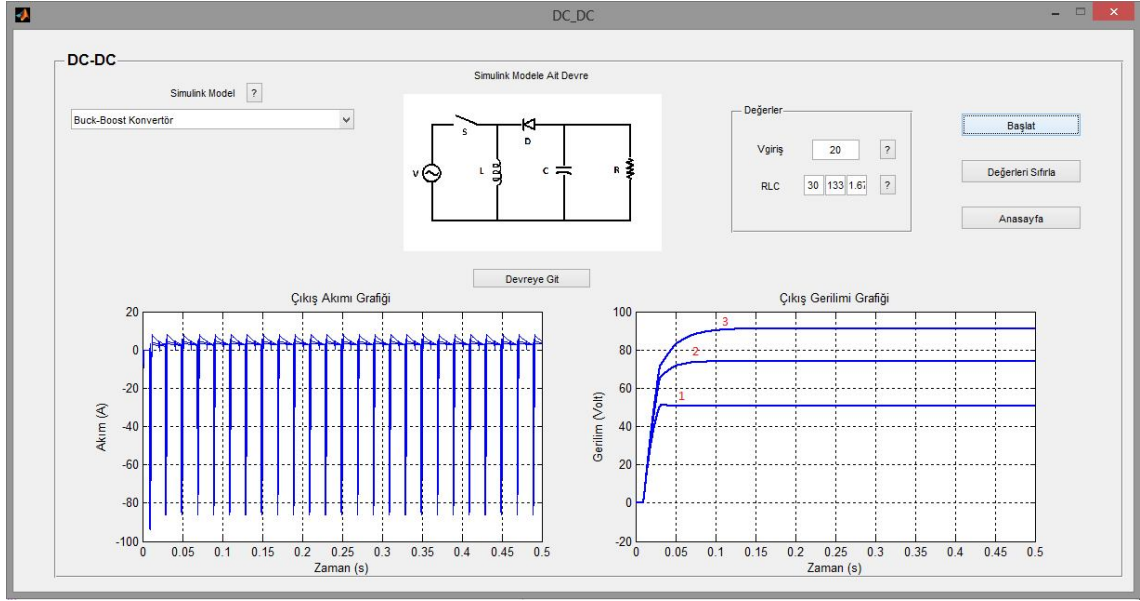
Şekil 3. 33: Buck Dönüştürücü Devresi Arayüzü

Şekil 3.33’de verilen DC-DC arayüzündeki örnek uygulamada; bobin değerleri (1) 18e-6H, (2) 64e-6H ve (3) 92e-6H olarak değiştirilirken, giriş gerilimi $V_{giriş}=30V$, direnç değeri $R=1.2\Omega$ ve kapasitör değeri $C=2000e-6F$ değerlerinde sabit tutularak çıkış akım ve çıkış gerilim değerleri elde edilmiştir. Şekil 3.33’teki grafiklerdeki değişimler görülmüştür. Bu grafiklerde bobin değerinin artması ile çıkış akımının ve çıkış geriliminin de giderek arttığı sonra azalarak bir optimum değerde sabitlendiği gözlemlenmiştir.



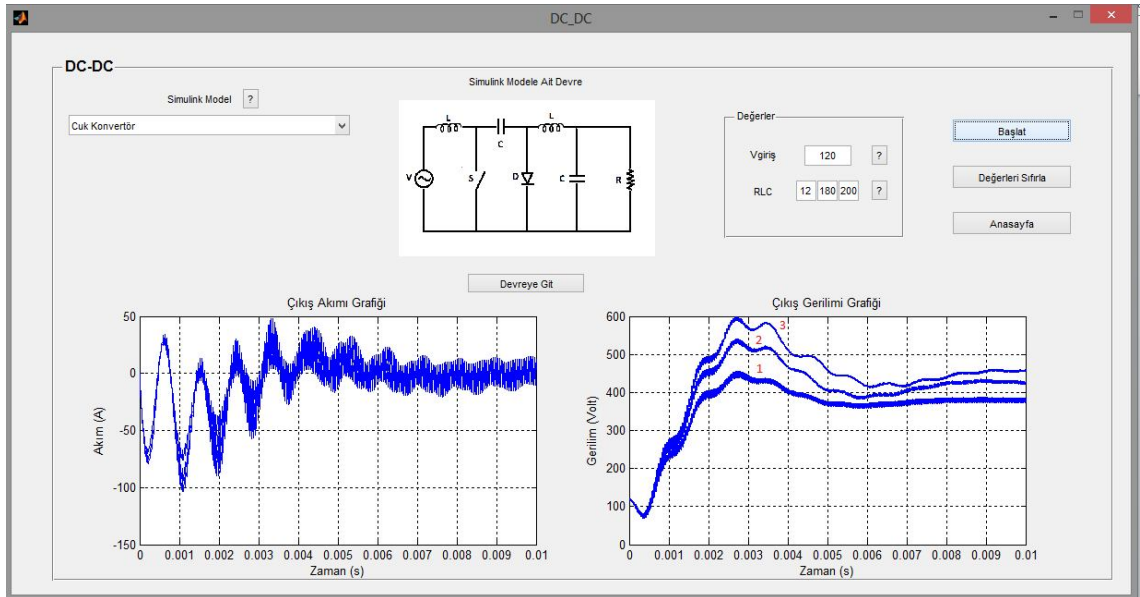
Şekil 3. 34: Boost Dönüştürücü Devresi Arayüzü

Şekil 3.34’de verilen örnek uygulamada, direnç değerleri (1) 100 Ω , (2) 200 Ω ve (3) 300 Ω olarak değiştirilirken, giriş gerilimi $V_{giriş}=200V$, bobin $L=5H$ ve kapasitör $C=220e-6F$ değerlerinde sabit tutularak çıkış akımı ve çıkış gerilimi değerleri gösterilmiştir. Şekil 3.34’teki grafiklerdeki değişimler görülmektedir.



Şekil 3. 35: Buck-Boost Dönüştürücü Devresi Arayüzü

Şekil 3.35'deki örnek uygulamada; direnç değerleri (1) 10Ω , (2) 20Ω ve (3) 30Ω olarak değiştirilirken, giriş gerilimi $V_{giriş}=20V$, bobin $L=133e-5H$ ve kapasitör $C=1.67e-3F$ değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ara yüze girilerek program çalıştırıldığında Şekil 3.35'teki grafiklerdeki değişimler görülmüştür.

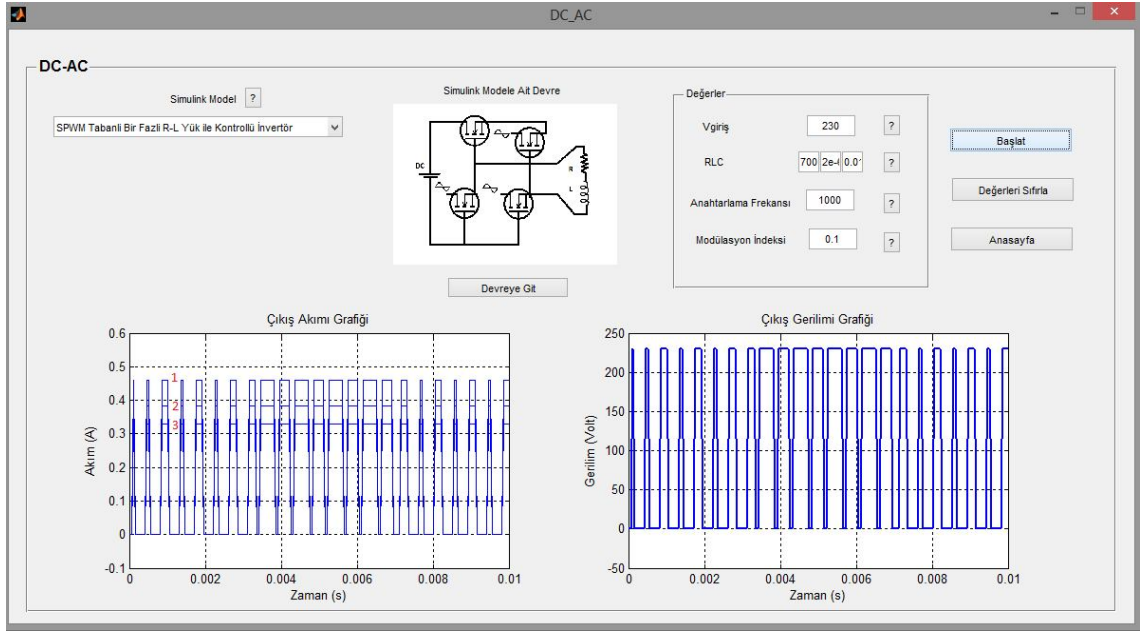


Şekil 3. 36: Cuk Dönüştürücü Devresi Arayüzü

Şekil 3.36'daki örnek uygulamada; direnç değerleri (1) 3Ω , (2) 6Ω ve (3) 9Ω olarak değiştirilirken, giriş gerilimi $V_{giriş}=120V$, bobin $L=180e-H$ ve kapasitör $C=200e-6F$

değerlerinde sabit tutulmuştur. Bu değerler ara yüze girilerek program çalıştırıldığında Şekil 3.36'daki grafiklerdeki değişimler görülmüştür. Bu grafiklerde direnç değerinin artması ile çıkış geriliminin de giderek arttığı sonra azalarak bir optimum değerlerde sabitlendiği gözlemlenmiştir.

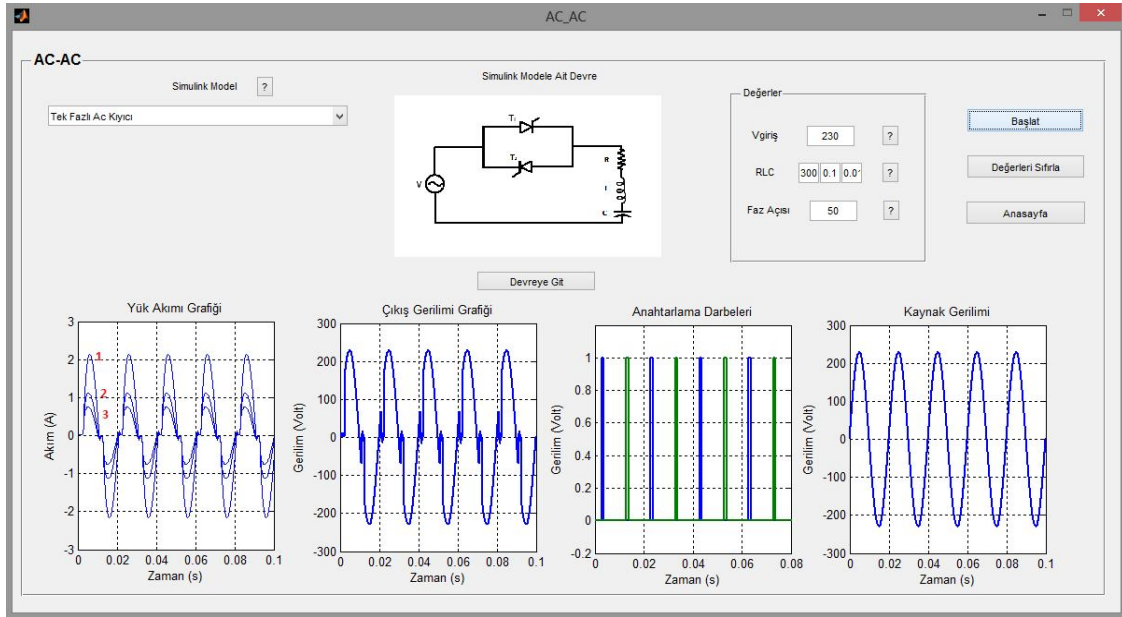
3.3.3. DC-AC Arayüzü



Şekil 3. 37: Bir Fazlı SPWM Kontrollü İntvertör Devresi Arayüzü

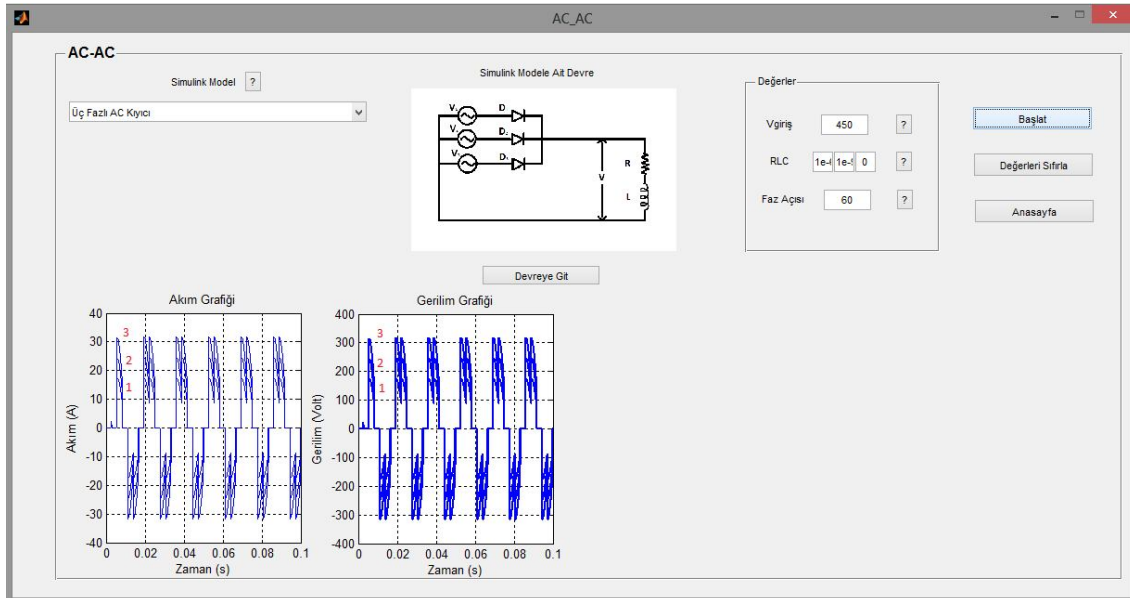
Şekil 3.37'de verilen DC-AC arayüzündeki örnek uygulamada direnç değerleri (1) 500Ω, (2) 600Ω ve (3) 700Ω olarak değiştirilirken, $V_{giriş}=230V$, bobin değeri $L=2e-6H$, kapasitör değeri $C=0.01F$, anahtarlama frekansı 1000Hz ve modülasyon indeksi 0.1 değerlerinde sabit tutularak Şekil 3.37'deki grafikler elde edilmiştir. Burada direnç değerinin artması ile akımın giderek azaldığı gözlemlenmiştir.

3.3.4. AC-AC Arayüzü



Şekil 3. 38: Tek Fazlı AC Kıyıcı Devresi Arayüzü

Şekil 3.38'de verilen AC-AC arayüzündeki örnek uygulamada $V_{giriş}=230V$, $R=100\Omega$, $L=0.1H$, $C=0.01F$ ve faz açısı= 50° değerleri verilmiştir. Direnç değerleri (1) 100Ω , (2) 200Ω ve (3) 300Ω olarak değiştirilirken, giriş gerilimi 230Volt, faz açısı 50° , bobin 0.1H ve kapasitör 0.01F değerlerinde sabit tutulmuştur. Değişken sadece direnç seçilip değerleri arttırıldığında grafikte görüldüğü gibi akım değerleri azalmıştır.



Şekil 3. 39: Üç Fazlı AC Kıyıcı Devresi Arayüzü

Şekil 3.39'daki örnek uygulamada $V_{giriş}=250V$, $R=1e-6\Omega$, $L=1e-9H$ ve faz açısı= 60° değerleri verilmiştir. Direnç, bobin ve faz açısı değerleri sabit tutularak giriş gerilim değeri 250Volt, 350Volt ve 450Volt olarak değiştirilmiş ve değişim gözlemlenmiştir. Bu grafiklerde giriş gerilimi değerinin artması ile akım ve gerilim sinyallerinin de arttığı gözlemlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında güç elektroniği dönüştürücülerin öğretimine yönelik bir ara yüz hazırlanmıştır. Dönüştürücülere ait simülasyon modelleri hazırlanarak bir eğitim modülü tasarlanmıştır. Tasarlanan eğitim modülünde dört temel dönüştürücü ait ayrı ayrı ara yüz hazırlanmıştır. Her ara yüze de ait alt modeller bulunmaktadır. AC-AC, DC-AC ve AC-DC modelindeki değişkenlerin değişimi sonucu elde edilen grafikler gözlemlenmiştir. DC-DC modelindeki değişkenlerin değişimi sonucu elde edilen grafiklere bakıldığında, tam kontrollü elemanlar ile modellerin kontrol edildiği gözlemlenmiştir. İleride bu çalışma simülasyon süreleri ve filtreleme yöntemleri eklenerek daha kapsamlı hale getirilebilir. Eğitim modülünden görüldüğü üzere normalde farklı dört dönüştürücüye ait ayrı ayrı devre kurmak ve onları uygulamak güç bir çalışma iken, burada ara yüzler üzerinden sadece istenilen model seçilerek ve ona bağlı olarak elde edilebilecek sonuçlar çıkarılarak kullanıcıya kolaylık sağlayan ara yüzler geliştirilmiştir. Esnek çalışma ortamı sağlandığından parametrelerin sistem başarımına etkisine hızlı ve doğru bir şekilde ulaşılabilir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Yıldız M.N., Güç Elektroniği Ders Notları, Ege Üniversitesi, (2009)
- [2] Zhou L., Evaluation And Dsp Based Implementation Of Pwm Approaches For Single – Phase Dc-Ac Converters, Master Thesis, The Florida State University, USA, (2005)
- [3] Bose B.K., Recent Advances In Power Electronic, Ieee Transactions On Power Electronics. Vol 7, No 1. Fellow, Ieee, (1992)
- [4] Higashi T., Nakahara M., An Educational Simulator For Switched-Mode Power Converter, Department Of Technology Education, Kumamoto University Energy Electronics Laboratory, Sojo University, (2001)
- [5] Bodur H., Güç Elektroniği, 2. Baskı, Birsen Yayınevi, (2012)
- [6] Irmak E., Bayindir R., Colak I., and Soysal M., A remote laboratory experiment for 4-quadrant control of a DC motor, Computer Applications in Engineering Education, (2009)
- [7] Sahin N., Güç Elektroniği Devrelerinin Bilgisayar Destekli Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, (2006)
- [8] Gündoğdu S., Boynak F., Benzetim Ve Canlandırma Teknikleri Kullanılarak Güç Elektroniği Dersi Uygulaması, 7th International Educational Technology Conference, Nicosia, NorthCyprus, May (2007) 657-662.
- [9] Kırklar N., Yayla A., Akar A., Web Tabanlı Görsel Laboratuvarda Haberleşme Sistemleri Deneyleri, 7th International Educational Technology Conference, Nicosia, NorthCyprus, May (2007) 517-522.
- [10] Akın E., Karaköse M., Elektrik Ve Bilgisayar Mühendisliği Eğitiminde Sanal Laboratuvarların Kullanımı, Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi I. Ulusal Sempozyumu, Ankara, Türkiye, (2003)
- [11] Kılıç R., Görsel Öğretim Materyalleri Tasarım İlkeleri , Millî Eğitim Dergisi, Sayı 136, (1997)
- [12] Usun S., Dünyada ve Türkiye’ de Bilgisayar Destekli Öğretim, Pegem Yayıncılık, Ankara, (2000)

- [13] Yalın H.İ., Öğretim Teknolojisi ve Materyal Geliştirme, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, (2000)
- [14] Demirel Ö., Seferoğlu S.S., Yağcı E. Öğretim Teknolojileri ve Materyal Geliştirme, Pegem Yayıncılık, Ankara, (2001)
- [15] Kılıç R., Görsel Öğretim Materyalleri Tasarım İlkeleri , Millî Eğitim Dergisi, Sayı 136, (1997)
- [16] Yavuz A., Başol D., Ertay M.M., Yücedağ İ., Güneş Pili Modelleri Eğitim Seti, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 2, (2013), 14-21
- [17] Özkaraca O., İnternet Tabanlı Güç Elektroniği Eğitimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, (2005)
- [18] Elmas Ç., Özkaraca O., Güç Elektroniği Dersi için Hazırlanmış İnternet Üzerinden Eğitim Uygulaması, Gazi Üniversitesi Bilişim Teknolojileri Dergisi, Cilt: 1, Sayı: 2, (2008)
- [19] Tosun İ., Güç Sistemleri Eğitimi İçin MATLAB GUI Tabanlı Bir Yük Akış Simülatorü, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, (2008)
- [20] Ak M., Tuna M., Ergün Amaç A., Bir Fazlı Tetikleme Devreleri İçin Eğitim Amaçlı Kullanıcı Arayüzü Tasarımı, UMES'07 – Ulusal Teknik Eğitim, Mühendislik ve Eğitim Bilimleri Genç Araştırmacılar Sempozyumu, (2007)
- [21] Gündoğdu S., Web Tabanlı Elektronik Eğitimi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2007)
- [22] <http://tr.wikipedia.org/wiki/>
- [23] Holtz J., Pulsewidth Modulation For Electronic Power Convension, Proceedings Of The IEEE, (1994)
- [24] Araújo R.E., Leite A.V., İlva Freitas D.S., Modelling And Simulation Of Power Electronic Systems Using A Bond Graph Formalism, Proceedings Of 10th Meditarrenean Conference On Control And Automotion –Med, (2002)
- [25] Zou M., Interpolation And Reinitialization For The Simulation Of Power Electronic Circuits, International Conference On Power Systems Transients – IPST İn New Orleans, USA, (2003)

- [26] Adak S., Enerji Sistemlerinde Harmonik Distorsiyununun Azaltılması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, (2003)
- [27] Beccuti A.G., Papafotiou G., Morari M., Explicit Model Predictive Control Of The Boost Dc-Dc Converter, Preprints Of The 2nd Ifac Conf. On Analysis And Design Of Hybrid Systems (Alghero, Italy), (2006)
- [28] Quan L., Eng B., Development Of High Frequency Power Conversion Technologies For Grid Interactive Pv Systems Dissertation Submitted In Partial Fulfilment Of The Requirements For The Degree Of Master Of Engineering, James Goldston Faculty Of Engineering Central Queensland University, USA, (2002)
- [29] Alataş Ş., Üç Faz Giriş İki Faz Çıkışlı Matris Çeviriciden Beslenen Tek Fazlı Asenkron Motorun Pspice Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi , Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, (2004)
- [30] İnce M.C., Gürsu B., Eviricilerin Harmonik Eliminasyonunda Optimum Anahtarlama Açılarının Genetik Algoritmalar İle Elde Edilmesi, F.Ü. Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, (2005)
- [31] Kocalmış A., Uzay Vektör Pwm Kontrollü Çok Seviyeli İnverterin Modellenmesi Ve Benzetimi, Master Tezi ,Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, (2005)
- [32] Bose, B.K, Modern Power Electronics And Ac Drivers, Printice Hall, ISBN:0-13-016743-6, (1983)
- [33] Rashid M.H., Rashid H.M., Spice For Power Electronics And Electric Power, Prentice- Hall International, Taylor&Francis Group, Second Edition, (2006)
- [34] Ayhan A.F., Tek Faz Direkt AC-AC Konvertörde Harmonik Eliminasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, (2001)
- [35] Fedyczak Z., Strzelecki R., Sozański K., Review Of Three-Phase Pwm Ac/Ac Semiconductor Transformer Topologies And Applications, Power Electronics Specialists Conference, IEEE 33rd Annual, Volume:2, (2002)
- [36] <http://forum.shiftdelete.net>
- [37] Gürdal O. , Güç Elektroniği (Analiz ,Tasarım , Simülasyon), Nobel Yayın Dağıtım, (2000)
- [38] Grotstollen H., Boecker J., Froehleke N., Simulation Of Power Electronic Circuits,

(from Institute Of Power Electronics And Electrical Drives, University Of Paderborn), ICSC Peking, China, **(2005)**

[39] Ustun M., Yilmaz R., Tuncay N., Simulation Of Power Electronic Circuits Using Vissimtm Software: A Study On Toolbox Development, IEEE 0-7803-6561-5/2000 **(2000)**

[40] Kenan SAVAŞ, “Kontrol Sistemleri İçin Matlab’te Gui Uygulamaları Tasarımı”, Bitirme Tezi, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul, **(2007)**

[41] Işık H., Özgönel O., Sungur C., Güç Elektroniği Devrelerinin Benzeşiminde Kullanılan Bilgisayar Teknikleri, Selçuk Üniversitesi Journal of Technical-Online Teknik-Online Dergi, Cilt 3, Sayı:1-2004 ISSN 1302/6178, **(2004)**

[42] Altıntaş A., A Gui-Simulink Based Education Toolbox For Power Electronic Dc/Dc Converters, e-Journal of New World Sciences Academy, Volume: 4, Number: 3, Article Number: 1A0036, ISSN:1306-3111, **(2009)**

[43] Çoruh N., Erfidan T., Ürgün S., DA-DA Boost Tipi Dönüştürücü Tasarımı ve Gerçeklenmesi, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (Eleco 2008), 1, 362-365, **(2008)**

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARAGÜL, Aslınur Büşra
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 18.02.1989, Trabzon
Telefon : 05058689551
E-posta : anbkaragul@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü	2013
Lisans	Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi	2011
Lise	Düzce Arsal Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012	Düzce Üniversitesi Teknopark	Araştırmacı

Yabancı Dil

İngilizce (ÜDS: 55)