

**ELEKTROLİZ YAPMAK İÇİN BULANIK MANTIK DENETİMLİ SENKRON
ALÇALTICI TİP DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Ali UYSAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2009
ANKARA**

Ali UYSAL Tarafından Hazırlanan ELEKTROLİZ YAPMAK İÇİN BULANIK MANTIK DENETİMLİ SENKRON ALÇALTICI TİP DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ Adlı Bu Tezin Yüksek Lisans Tezi Olarak Uygun Olduğunu Onaylarım.

Prof. Dr. Ömer Faruk BAY
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : _____

Üye : _____

Üye : _____

Tarih :/...../.....

Bu tez, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

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

Ali UYSAL

**ELEKTROLİZ YAPMAK İÇİN BULANIK MANTIK DENETİMLİ SENKRON
ALÇALTICI TİP DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Ali UYSAL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2009

ÖZET

Bu çalışmada, elektrolizle hidrojen üretmek için senkron alçaltıcı tip dönüştürücü gerçekleştirilmektedir. Enerji kaynağı olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Önerilen alçaltıcı tip dönüştürücüde değişken yük ve değişken giriş gerilimlerinde sabit çıkış akımı elde etmek hedeflenmektedir. Matlab Simulink ortamında DA-DA alçaltıcı tip dönüştürücünün bulanık mantık denetleyici ve PI(Proportional Integral) denetleyici için benzetimi yapılmıştır. Benzetim sonuçları doğrultusunda sistemin tasarımı gerçekleştirilmektedir. Sistemde kullanılan anahtarlama elemanlarının denetiminde Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) tekniği kullanılmaktadır. Kıyaslama yapmak için sistem aynı zamanda PI denetleyici ile de denetlenmektedir. Bulanık mantık denetleyicide akım hatası ve hatadaki değişim giriş değişkenleri olarak, görev saykılındaki değişim ise çıkış değişkeni olarak seçilmektedir. Sistem, bulanık mantık denetleyici ve PI denetleyici ile değişken giriş gerilimi, değişken yüklerde ve elektroliz ortamında performansları test edilmektedir. Deneysel çalışma sonuçlarına göre bulanık mantık denetleyicinin cevap verme süresinin hızlı, aşım oranının daha düşük ve kalıcı durum hatasının PI denetleyiciye göre çok daha az miktarda gerçekleştiği görülmüştür. Bulanık mantık denetleyicisinin yenilenebilir enerji

kaynaklarında kullanılacak alçaltıcı tip dönüştürücüler için uygun bir denetleyici olduğu görülmektedir.

Bilim Kodu :702.3.020
Anahtar Kelime :Elektroliz, Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücü, PI Denetleyici, Bulanık Mantık Denetleyici
Sayfa Adedi :60
Tez Yöneticisi :Prof. Dr. Ömer Faruk BAY

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A FUZZY LOGIC CONTROLLED
SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER FOR USE IN ELECTROLYSIS
APPLICATIONS
(M.Sc. Thesis)**

Ali UYSAL

**GAZI UNIVERSITY
INFORMATICS INSTITUTE
June 2009**

ABSTRACT

In this study synchronous buck converter design has been realized to produce hydrogen with electrolysis. As energy sources, electrical energy obtained from renewable energy sources is used. On the proposed buck converter, obtaining constant current source is aimed at variable loads and voltages. DC-DC buck converter simulation is done for fuzzy logic converter and PI converter on Matlab Simulink medium. According to the simulation results the design of the system are conducted. PWM technique is used for controlling of switching equipments on the system. To make comparison system has also been controlled using PI controller. Current error and change of current error has been chosen as input variables and variation of duty cycle has been chosen as output variables. System has been tested variable loads and variable supply voltages using both PI controller and fuzzy logic controller. According to experimental study results fuzzy logic controller is faster on responding time and has lower overshoot and less steady state error than PI controller. It is shown that fuzzy logic controller is suitable controller for buck converter that will use renewable energy sources.

Science Code : 702.3.020
Key Words :Electrolysis, Synchronous Buck Converter, PI
Controller, Fuzzy Logic Controller
Page Number :60
Adviser :Prof. Dr. Ömer Faruk BAY

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Ömer Faruk BAY'a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Yrd. Doç. Dr. Raif BAYIR'a, desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Arş Gör. Ergin YILMAZ'a, Arş Gör. Ferhat ATASOY'a, Arş Gör. Batıkan Erdem DEMİR'e, Arş Gör. Emel KOÇAK'a ayrıca manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan Deniz ALTINSERENLER ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTROLİZ.....	6
2.1. Hidrojen	6
2.2. Hidrojenin Depolanması	8
2.3. Hidrojenin Yakıt Olarak Kullanımı	9
2.4. Hidrojen Üretimi.....	10
2.5. Hidrojenin Sanayide Kullanımı.....	11
2.6. Güneş-Hidrojen Sisteminin Önemi	12
3. ANAHTARLAMALI DA-DA DÖNÜŞTÜRÜCÜLER	13
3.1. Alçaltıcı DA-DA Dönüştürücü.....	14
3.2. Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücü	16
4. DENETİM SİSTEMLERİ.....	18
4.1. Geleneksel Denetim Teknikleri ve Denetim Organları	18
4.1.1. Oransal denetim organı	19
4.1.2. Oransal integral denetim organı	20
4.1.3. Oransal türev denetim organı	22
4.1.4. Oransal integral türev denetim organı	23
4.2. Bulanık Denetim	25
4.2.1. Üyelik Fonksiyonları	27
4.2.2. Bulanıklaştırma.....	28
4.2.3. Dilsel Değişkenler.....	29
4.2.4. Bulanık Çıkarım.....	29
4.2.5. Durulaştırma.....	29

	Sayfa
5. ELEKTROLİZ YAPIMINDA KULLANILMAK ÜZERE BULANIK MANTIK DENETİMLİ SENKRON ALÇALTICI TİP DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI.....	31
5.1. Senkron Alçaltıcı tip Dönüştürücü için Bulanık Mantık Denetleyicisi Tasarımı ve Matlab Simulink'te Test Edilmesi	32
5.2. Senkron Alçaltıcı tip Dönüştürücü için PI Denetleyicisi Tasarımı ve Matlab Simulink'te Test Edilmesi	39
5.3. Akım Ayarlı Senkron Alçaltıcı tip Dönüştürücünün Gerçekleştirilmesi	43
6. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI	46
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. DA- DA dönüştürücü sistemi	13
Şekil 3.2. Alçaltıcı DA-DA çevirici devresi	14
Şekil 3.3. Alçaltıcı DA-DA çevirici anahtarlama sinyali.....	14
Şekil 3.4. Senkron alçaltıcı tip dönüştürücü devresinin genel görünüşü	16
Şekil 3.5. Senkron alçaltıcı tip dönüştürücünün çıkış dalga şekilleri	17
Şekil 4.1. P tipi denetim organının blok diyagramı olarak gösterimi.....	19
Şekil 4.2. P tipi denetim organının işlemsel yükselteçlerle gerçekleştirilmesi.	20
Şekil 4.3. PI denetim organın blok diyagramı.....	21
Şekil 4.4. PI tipi denetim organının işlemsel yükselteçlerle gerçekleşmesi..	21
Şekil 4.5. PD tipi denetimin blok diyagramı gösterimi.	22
Şekil 4.6. PD tipi denetim organının işlemsel yükselteçlerle gerçekleşmesi	23
Şekil 4.7. PID tipi denetim organının blok diyagramı gösterimi	24
Şekil 4.8. PID tipi denetimin işlemsel yükselteçlerle gerçekleşmesi.....	24
Şekil 4.9. Bulanık mantık denetleyicisi blok şeması	26
Şekil 4.10. Üyelik fonksiyonlarının şekilleri	27
Şekil 5.1. Akım Ayarlı Bulanık Mantık Denetimli Senkron Alçaltıcı Tip..... Dönüştürücü blok diyagramı	31
Şekil 5.2. Alçaltıcı tip dönüştürücü temel devresi	32
Şekil 5.3. DA-DA dönüştürücü için bulanık denetim blok şeması.....	34
Şekil 5.4. Bulanık mantık denetleyicisi hata(e) üyelik fonksiyonları.....	35
Şekil 5.5. Bulanık mantık denetleyicisi hatanın değişimi(ce) üyelik..... fonksiyonları.....	35
Şekil 5.6. Bulanık mantık denetleyicisi çıkış(du) üyelik fonksiyonları	36
Şekil 5.7. Bulanık Mantık denetleyici program akış şeması	37
Şekil 5.8. Matlab Simulink'te uygulanan Bulanık Mantık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü devre şeması.....	38
Şekil 5.9. Değişken giriş geriliminde Bulanık Mantık denetimli senkron..... alçaltıcı tip dönüştürücünün çıkış grafiği	39
Şekil 5.10. Denetim sisteminde %25 aşım oranı grafiği	40
Şekil 5.11. Denetim sistemi çıkış grafiği.....	40

Şekil	Sayfa
Şekil 5.12. PI denetleyici program akış şeması.....	41
Şekil 5.13. Matlab Simulink'te uygulanan PI denetimli senkron alçaltıcı tip dönüşürücü devre şeması.....	42
Şekil 5.14. Değişken besleme geriliminde PI denetimli senkron alçaltıcı tip dönüşürücünün çıkış akımının grafiği	43
Şekil 5.15. Akım ayarlı PI denetimli senkron alçaltıcı tip dönüşürücü resmi	44
Şekil 6.1. Bulanık mantık denetleyici kullanılırken yük değişimi durumunda.... çıkış akım ve gerilim değişim grafiği	46
Şekil 6.2. PI denetleyici kullanılırken yük değişimi olması durumunda çıkış akım ve gerilim değişim grafiği.....	47
Şekil 6.3. Bulanık mantık denetleyicisi kullanılırken değişik giriş gerilimi olması durumunda çıkış akımının değişim grafiği	48
Şekil 6.4. PI denetleyici kullanılırken değişik giriş gerilimi olması durumunda . çıkış akımının değişim grafiği.....	49
Şekil 6.5. Bulanık mantık denetleyicisi kullanılırken elektroliz ortamında..... değişken giriş gerilimi olması durumunda çıkış akımının değişim grafiği.....	50
Şekil 6.6. PI denetleyici kullanılırken elektroliz ortamında değişken giriş gerilimi olması durumunda çıkış akımının değişim grafiği.....	51

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Bulanık mantık denetleyicisi kural tablosu.....	36
Çizelge 5.2. Ziegler Nichals metoduna göre PID parametreleri tablosu.....	40

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmaktadır.

Simgeler	Açıklama
KW	Kilo watt
V	Volt
A	Amper
I	Akım
C	Kapasite
R	Direnç
L	Bobin
T	Periyot
D	Çalışma oranı
K_p	Oransal katsayı
K_i	İntegral katsayısı
K_d	Türev katsayısı
e	Hata
ce	Hatadaki değişim
du	Görev saykılındaki değişim miktarı
I_{ref}	Referans Akımı
I_ç	Çıkış Akımı
Ω	Ohm
Kısaltmalar	Açıklama
DGM	Darbe Genişlik Modülasyonu
P	Proportional (Oransal)
PD	Proportional Derivative (Oransal Türev)
PI	Proportional Integral(Oransal İntegral)

Kısaltmalar**PID****DA-DA****AA****LCD****Açıklama**

Proportional Integral Derivative
(Oransal İntegral Türev)

Doğru Akım – Doğru Akım

Alternatif Akım

Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal
Gösterge)

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak dünyanın enerji talebi de her geçen gün artmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtlar tükenmektedir. İnsanlar enerji ihtiyaçlarını giderebilecekleri alternatif kaynaklara yönelmektedir. İnsanoğlu sürekli, ekonomik ve çevre dostu yeni enerji kaynakları olarak güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrojen, biyogaz ve dalga enerjilerinden daha iyi faydalanma yollarını araştırmaktadır [1].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sağladığı enerjiler gün içerisinde ve mevsimlere göre değişkenlik göstermektedir. Bu kaynaklardan üretilen enerjinin depolanması büyük önem taşımaktadır. Enerjinin depolanması için kullanılan en yaygın yöntem enerjii elektriksel olarak akülerde depolamaktır. Yüksek güçlerde ise bu çok yüksek maliyet gerektiren ve verimli olmayan bir yöntemdir. Dolayısıyla enerjinin farklı şekillerde depolanması ve kullanılması için çözüm üretmek gerekmektedir. Son günlerde çözüm olarak önerilen yöntemlerden biri elektrik enerjisinden suyun elektrolizi yoluyla hidrojen elde etmek ve hidrojeni sıkıştırarak depolamaktır [2].

Arias, ve diğerleri tarafından yapılan çalışma dönüştürücü temelli bulanık denetleyici kullanılan alçaltıcı tip dönüştürücünün performansında önemli artışlar sağlamak için yapılmıştır. Bu çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci adımda dönüştürücü dinamiği bulanık mantık referans alınan bulanık denetleyici altında gözlenmiştir. İkinci adımda sebep etki ilişkileri denetleyici parametreleri değiştirilerek ve değişik çıkış cevapları analiz edilerek tanımlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada alçaltıcı tip dönüştürücü kullanılabilecek bulanık mantık denetleyicinin tasarımının nasıl gerçekleştireceği verilmiştir. Bulanık çıkarım işleminin iyi sonuç vermesi dönüştürücünün dinamik yapısının bilinmesinin önemli olduğunu da belirtmişlerdir. Bu tasarım işlemi diğer tip dönüştürücülerle rahatlıkla uygulanabilir [3].

Gomariz ve diğeri tarafından yapılan çalışmada alçaltıcı tip dönüştürücünün çıkış voltaj regülasyonu için bulanık denetleyicinin tasarımı sunulmaktadır. Çalışmada analitik ifadeler ve nümerik sonuçlar maksimum akım denetim tekniği kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada denetleyici için dört adet dilsel kural kullanılmaktadır. Bu sayede denetim algoritmasının hesaplama zamanı azaltılmıştır. Benzetim sonuçlarında; çalışmaya başlamada giriş voltaj değişiminde ve karışık durumlarda denetleyiciler benzer davranışlar göstermişlerdir. Bu davranışlar bulanık mantığın yapısına uygunken PI tipine göre yükteki veya giriş gerilimindeki değişikliklerde daha basit hale gelmektedir. Bu sebepten dolayı bulanık denetleyicinin sabit bir alan içerisinde maksimum akım tekniği ile daha iyi sonuç vermesini sağlamaktadır [4].

Wu ve Young tarafından yapılan çalışmada alçaltıcı tip dönüştürücü denetiminde kullanılacak DGM(Darbe Genişlik Modülasyonu)'nin nasıl olması konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada DGM ile denetimin bobin akımının gözlenmesi, denetleyicinin akıma bağlı denetlenmesi, ikinci yöntemde dolayı yoldan kayan mod denetim kuralları kullanılmaktadır. Çalışma sunulan geleneksel akım modlu denetim tekniklerine göre önemli avantajlar sağladığı belirtilmektedir. Gürültünün azaltılması ile dinamik cevap ve bobin akımı ölçülmeden elde edilmiştir. Benzetimle sunulan teori karşılaştırılmıştır. DGM'li denetimde başarılması gerekenler, sabit çalışma frekansı, düşük çıkış empedansı, çok hızlı dinamik cevaplar, giriş voltajındaki değişiklikten etkilenmemesi, kaplı döngü tasarımının iyi olması, denetimin basit olmasıdır. Çıkış geriliminin regülasyonu çok iyi sağlanmalıdır. Yarı iletken anahtarlama kayıpları ve gecikmeleri doğru olmalıdır [5].

Alejo ve diğeri tarafından yapılan çalışmada DA-DA alçaltıcı tip dönüştürücü model tabanlı çalışmalar yapılmaktadır. Çalışmada değişken yük altında DA-DA dönüştürücünün gerilim denetimi çoklu model denetimi ile gerçekleştirilmektedir. Bu geliştirilen strateji ile geleneksel denetleyicilerin

adım cevap (step response) performansı artmış ve daha net çıkışlar elde edilmektedir [6].

Rubai ve Chouikha tarafından yapılan çalışmada bulanık mantık ile DA-DA dönüştürücü tasarımı denetimi ve performansı verilmektedir. Çalışmada sunulan denetleyicinin çalışma noktasındaki kararlılığı, yük ve giriş voltajındaki değişmelerde giriş cevabının iyi olması ve değişik çalışma koşullarında değişmeyen dinamik performansı denetleyiciye üstünlük sağlamaktadır. Sunulan denetim topolojilerinin tasarım ve benzetimi çalışmada verilerek laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesinin oldukça kolay olduğu belirtilmektedir [7].

Liping ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada DSP TMS320F2812 işlemcisi kullanılarak alçaltıcı tip ve boost dönüştürücüler için bulanık mantık denetleyici gerçekleştirilmiştir. Bulanık mantık denetleyicisi uzman bilgisi ile tasarlanmış ve Matlab Simulink ortamında benzetimi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada alçaltıcı tip dönüştürücü için diğer geleneksel dönüştürücülere oranla daha hızlı ve kararlı sonuçların elde edildiği belirtilmektedir. Bulanık mantık denetleyicinin en büyük dezavantajı kuralların ayarlanmasıdır. Simulink test ve deneme zamanının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu çalışmanın çalışmaya başlama ve yük geçiş cevaplarında bulanık mantık denetleyici diğer geleneksel denetleyicilere göre daha iyi sonuç vermektedir. Hızlı geçiş cevabı yük değişimlerinin kolayca halledilmesi ve çalışma noktalarına olan bağımlılığı çok düşüktür [8].

Seshachalam ve diğerlerinin yaptığı çalışmada sürekli iletim modunda çalışan alçaltıcı tip dönüştürücüler için bulanık mantık temelli kayan tipli (sliding mode) denetimli dönüştürücü geliştirilmiştir. Bu çalışmada kural tabanını azaltarak geleneksel bulanık mantık denetleyicilerle karşılaştırmışlardır. Kurallar üyelik fonksiyonları ile katlanarak artmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar konvansiyonel 7x7 kural tabanına sahip geleneksel bulanık mantık denetleyici ve PID(Proportional Integral Derivative)

denetleyici ile aynı alçaltıcı tip dönüştürücü ile karşılaştırılmıştır. Geleneksel bulanık mantık kuralları ile azaltılmış bulanık mantık denetleyici ile karşılaştırıldığında kuralları azaltılmış denetleyici daha yavaş tepki ancak daha iyi sonuç vermektedir. PID denetleyicinin her iki bulanık denetleyiciden daha hızlı cevap verdiği ve meydana getirdiği aşım oranının daha küçük olduğu çalışma sonucunda görülmektedir [9].

Liping'in yaptığı bir başka çalışmada 8 bitlik 87C752 mikrodenetleyicisi kullanılarak DA-DA dönüştürücü denetimi gerçekleştirilmiştir. Mikrodenetleyici üzerinde A/D çevirici ve DGM üreteçleri barındırması ve ucuz olması nedeniyle tercih edilmiştir. Bu mikrodenetleyicide geleneksel ve bulanık denetleyicinin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. 8 bitlik mikro denetleyicide bulanık denetleyicinin çalışması için gerekenler açıklanmaktadır [10].

Sunmuş olduğumuz bu çalışmada elektroliz yapımında kullanılmak üzere bulanık mantık denetimli DA-DA dönüştürücü gerçekleştirilmektedir.

Giriş bölümünü takip eden ikinci bölümde, hidrojenin enerji üretimindeki önemi, kullanım alanları, kısaca açıklanmaktadır. Elektroliz yöntemi ile hidrojenin üretilmesi ve depolanması ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Üçüncü bölümde, anahtarlama DA-DA dönüştürücü temel yapısı verilmektedir. Alçaltıcı tip dönüştürücü ve senkron alçaltıcı tip dönüştürücü çalışma prensibi açıklanmaktadır.

Dördüncü bölümde, geleneksel denetim sistemlerin en temel özellikleri ve yapıları açıklanmaktadır. Bulanık mantık denetleyicilerin genel özellikleri verilmektedir.

Beşinci bölümde, sistemde kullanılacak bulanık mantık ve PI denetleyicisi tasarımı verilmektedir. Alçaltıcı tip dönüştürücü devre elemanlarının değeri hesaplanmaktadır.

Matlab Simulink ortamında senkron alçaltıcı tip dönüştürücü benzetimi yapılmaktadır. Benzetimden elde edilen veriler doğrultusunda tasarımı gerçekleştirilmektedir. Bu dönüştürücünün denetiminde Bulanık mantık denetim algoritması kullanılmaktadır.

Altıncı bölümde, tasarlanan sistem prototip olarak gerçekleştirilmektedir. Sistem bulanık mantık denetleyici ve PI denetleyici ile değişken yük ve değişken giriş gerilimlerinde denenmektedir. Elde edilen sonuçlar bu bölümde verilmektedir.

Yedinci bölümde, Oransal bulanık mantık ve PI denetleyicinin performansları karşılaştırılmaktadır. Bu konuda ileride yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmaktadır.

2. ELEKTROLİZ

Suyun doğru akım kullanılarak hidrojen ve oksijene ayrılması işlemine elektroliz denilmektedir. Elektroliz hidrojen üretimi için en basit yöntem olarak bilinmektedir. İlke olarak, bir elektroliz hücresi içinde, genelde düzlem bir metal veya karbon plakalar olan, iki elektrot ve bunların içine daldırıldığı, elektrolit olarak adlandırılan iletken bir sıvı bulunmaktadır. Doğru akım kaynağı bu elektrotlara bağlandığında akım, iletken sıvı içinde, pozitif elektrottan (anot), negatif elektroda (katot) doğru akacaktır. Bunun sonucu olarak da, elektrolit içindeki su, katottan çıkan hidrojen ve anottan çıkan oksijene ayrışacaktır. Burada yalnız suyun ayrışmasına karşılık, su iyi bir iletken olmadığı için elektrolitin içine iletkenliği artırıcı olarak genelde potasyum hidroksit gibi bir madde eklenmektedir [2].

Suyun elektrolizi için, normal basınç ve sıcaklıkta, ideal olarak 1,23 volt yeterlidir. Tepkimenin yavaş olması ve başka nedenlerle, elektroliz işleminde daha yüksek gerilimler de kullanılmaktadır. Hidrojen üretim hızı, geçen akım şiddeti ile orantılı olduğundan, ekonomik nedenlerle yüksek akım yoğunlukları tercih edilmektedir. Bundan dolayı pratikte, suyun ayrıştırılması için hücre başına uygulanan gerilim genelde 2 volt dolayındadır. İdeal şartlarda her metreküp oksijen için 2,8 kW-saat elektrik enerjisi yeterli olmaktadır. Uygulamada kullanılan elektrik' enerjisi miktarı bir metreküp hidrojen üretimi için 3,9-4,6 kW-saat arasında değişmektedir. Pratikte kullanılan elektroliz hücrelerinde, nikel kaplı çelik elektrotlar kullanılmaktadır.

2.1. Hidrojen

Hidrojen doğadaki en basit atom yapısına sahip maddedir. Evrende %90'dan fazla hidrojen bulunmaktadır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeyle vermiş olduğu ısının yakıtı da yine hidrojendir.

Hidrojen evrenin temel enerji kaynağıdır. Periyodik cetvelin en başında yer alan hidrojenin çekirdeğinde bir proton ve çevresinde yalnız bir elektron bulunur [2].

Hidrojen (H₂), normal sıcaklık ve basınç altında kokusuz ve renksizdir. Hidrojen oksijenle birleştiğinde yaşam için en önemli madde, yani su elde edilmektedir. Hidrojen çok hafif bir gaz olup, yoğunluğu havanın 1/14'ü, doğal gazın ise, 1/9'u kadardır. Atmosfer basıncında -253 °C'ye soğutulduğunda sıvı hale gelen hidrojenin yoğunluğu ise, benzinin 1/10'u kadar olmaktadır. Hidrojen gazının ısı değeri, metre küp başına yaklaşık 12 milyon joule olarak verilmektedir. Sıvı hidrojenin ısı değeri ise, metre küp başına 8400 milyon joule veya kg başına 120 milyon joule olarak bulunmuştur. Uçak benzininin ısı değerinin kg başına yalnız 44 milyon joule olduğu göz önüne alındığında, sıvı hidrojenin roket yakıtı olarak kullanılmasının nedeni kolaylıkla anlaşılabilir.

Hidrojen her türlü birincil enerjiyi (petrol, kömür, vb.) kullanarak elde edilebilir. Hidrojen ikincil bir yakıt olmasına karşın, güneş enerjisinden kolaylıkla ve masrafsız olarak elde edilebilir. Güneş-hidrojen sistemi geleceğin yakıt üretim sistemi olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemle elde edilen hidrojenin yeniden oksijenle birleşmesi sonucu büyük bir enerji elde edilmekte ve atık ürün yine su olmaktadır.

Güneş enerjisi devam ettiği sürece, dünyanın enerji sorununu çözmek için hidrojen enerjisi kullanılacaktır. Okyanuslardan elde edilecek hidrojen miktarı, dünyaya milyarlarca yıl yetecek enerjiyi devamlı olarak üretebilecektir.

Son derece hafif bir yakıt olan hidrojen, ilk olarak hava taşıtlarında kullanılmaya başlanmıştır. Hidrojen kullanımında bazı kurallara uyulduğunda tehlike yok denilecek kadar azalmaktadır. Aslında, "hava gazı" olarak bilinen gaz karışımı içinde %50 hidrojen, %30 metan ve %7 oranında zehirli bir gaz olan karbonmonoksit bulunmaktadır [2].

Bugün uçaklarda kullanılan yakıtın kaza ile yanmasından aşırı sıcaklık ve duman oluşmakta ve bunun sonucunda birçok insan yaşamını yitirmektedir. Yakıt olarak hidrojen kullanılması durumunda, yandığında havadaki oksijen ile birleşerek su, su buharından başka hiçbir zararlı gaz çıkarmamaktadır. Hidrojen alevi, aynı zamanda çok az ısı yaymaktadır. Bu nedenle doğrudan alevle temas edilmediğinde tehlikesi yoktur.

Hava içinde alev alma sınırı, patlama enerjisi, alev sıcaklığı ve atık ürün gibi değişkenler göz önüne alınmaktadır. Fosil yakıtların güvenlik katsayılarının 0,5-0,80 arasındadır. Hidrojenin fosil yakıtlardan daha yüksek (1 dolayında) bir güvenlik katsayısı bulunmuştur. Bu bulgular, hidrojenin diğer yakıtlara göre daha emniyetli olduğunu açıkça göstermektedir.

2.2. Hidrojenin Depolanması

Hidrojenin önemli özelliklerinden biri depolanabilir olmasıdır. Bilindiği gibi, günümüzde büyük tutarlarda enerji depolamak için hala uygun bir yöntem bulunmuş değildir. Eğer bugün hidroelektrik santrallerinden üretilen elektrik enerjisini depolamamız mümkün olsaydı, enerji sorununu büyük ölçüde çözmek mümkün olabilirdi [2].

Hidrojenin bir diğer önemli özelliği de ekzotermik (ısıveren) kimyasal tepkimeyle, bazı metal ve alaşımlarla kolayca büyük miktarlarda hidrit biçimine dönüşebilmesidir. Bu özellik hidrojenin, metal veya metal alaşımlarla metal hidrit olarak depolanmasını sağlar. Metal hidrit ısıtıldığı zaman hidrojen gazı buradan ayrılır ve metal veya alaşım, tekrar depolama için yeniden kullanılabilir. Hidrojeni daha iyi şekilde depolamak için çeşitli metal alaşımları üzerindeki çalışmalar günümüzde sürmekte olup, en iyi depolama için gerekli koşullar aşağıda verilmiştir:

- Metal veya alaşım oldukça ucuz olmalı,
- Birim hacim başına en çok hidrojeni depolayabilmeli,

- Metal, hidrojenle kolayca tepkimeye girip hidrit oluşabilmeli ve oda sıcaklığında kararlı olmalı,
- Hidrojen gazı oldukça yüksek bir sıcaklıkta belirgin bir basınçta metalden ayrılabilirdir.

2.3. Hidrojenin Yakıt Olarak Kullanımı

Bir yakıtın her yerde, örneğin, sanayide, evlerde, taşıtlarda kullanılabilmesi büyük önem taşımaktadır. Diğer yakıtlarla karşılaştırıldığında, bunların birçoğunun ancak belirli uygulamalar için kullanılabilirdiği görülmektedir. Kömürü, otomobillerde veya uçaklarda kullanmak pratik açıdan uygun değildir. Hidrojen ise, hemen her yerde kolaylıkla kullanılabilir. Evlerde, ısıtma amacı ile kalorifer, fırın ve şofbenlerde doğal gaz yerine rahatlıkla kullanılabilir. Yalnız hidrojenin doğal gaza göre daha az olan yoğunluğu nedeniyle, daha fazla miktarda hidrojenin kalorifer sistemindeki yakıcıya gelmesi gerekir. Hidrojenin oksijenle birleşerek doğrudan yakıldığı bu sistemlerde, atık ürün suyun yanında, alevin yüksek sıcaklığa çıkmasından dolayı az bir miktar azot oksit oluşabilmektedir [2].

Hidrojenin yakıtlı piller içinde elektriğe dönüştürülmesi ile üretilen elektriğini de, evlerde olduğu gibi, sanayide de bölgesel olarak üretilip kullanılması olanaklıdır. Yakıtlı piller konusunda yapılan yoğun çalışmalar sonucu bu alanda büyük ilerlemeler sağlanmış ve yakıtlı piller ile çalışan araçlar deneme amacı ile kullanılmaya başlanmıştır.

Hidrojen yakıtının içten yanmalı motorlarda, yani otobüs, kamyon, otomobili traktör ile tarım makineleri gibi tüm taşıtlarda kullanılabilir. Hidrojenin sınırlı rezerve sahip petrol ürünlerinin yerini almaktadır. Benzin veya mazot yerine hidrojen gazı kullanılması ile motorların yakma sisteminde bazı değişiklikleri gerektirmektedir.

2.4. Hidrojen Üretimi

Hidrojen sentetik bir yakıt olup, üretim kaynakları son derece bol ve çeşitlidir. Bunlar arasında su, hava, kömür ve doğal gaz sayılabilmektedir. Ancak, sayılan bu kaynaklardan kömür ve doğal gaz fosil yakıt olup, sınırlı rezerve sahiptir. Ayrıca, bu yakıtların gerek birincil enerji kaynağı, gerekse hidrojen üretim kaynağı olarak kullanması çok büyük çevre zararlarına yol açmaktadır. Bu nedenle, hidrojenin temiz enerji kaynakları ile sudan üretilmesi en doğru seçim olmaktadır [2].

Türkiye'nin henüz ulusal bir Hidrojen programı bulunmamaktadır. 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel. Enerji Özel İhtisas Komisyonu'nun Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporunda hidrojen enerjisi geleceğin enerjisi olarak tanımlanmakla birlikte, Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu tarafından saptanan, 1993-2003 yılı ulusal bilim ve teknoloji politikasında, hidrojen enerjisi öncelikli alanlar arasına girememiştir. Bu konu üzerinde araştırma kuruluşları ve çeşitli üniversitelerce sınırlı şekilde çalışma yapılmaktadır. Türkiye'de hidrojenin taşınması, saklanması, üretimi ve diğer konuları ile ilgili olarak değişik üniversitelerde yapılan araştırma-geliştirme çalışmaları aşağıda belirtilmiştir.

- Değişik gaz karışımları ve hidrojenin boru ile taşınması,
- Hidrojen-metan kombinasyonunun yakılması,
- Sıvı hidrojen tanklarında basınç yükselmesinin incelenmesi,
- Doğal gaz motorlarında yakıtta hidrojen katılmasının etkileri,
- Hidrojen elde etmek için güneş pillerinin kullanımı,
- Hidrojenin fotokimyasal yolla üretimi.

Türk sanayinde hidrojen oldukça büyük miktarlarda üretilip, kullanılmakta veya havaya atılmaktadır. Hidrojenin yer aldığı bu sanayi sektörleri ve yaklaşık üretilen hidrojen tutarları aşağıda verilmektedir.

- Suni gübre sanayi (25 000 m³),
- Bitkisel yağ (margarin) üretimi (16 000 m³),
- Petrol arıtım yeri (rafinerileri) (1 200 m³),
- Petrokimya endüstrisi (30 000 m³),
- Hidrojene hayvansal yağ üretimi (200-300 m³),
- Çeşitli yerlerde kullanılmak üzere basınçlı silindirlerde gaz veya sıvı hidrojen üretimi (6 000 m³).

2.5. Hidrojenin Sanayide Kullanımı

Sanayide çok önemli bir yeri olan hidrojen günümüzde büyük miktarlarda üretilip, margarin yapımından metal işlemeye kadar çok çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Hidrojenin sanayide kullanıldığı başlıca alanlar aşağıdaki listede verilmektedir.

- Amonyak sentezi
- Metil alkol sentezi
- Sıvı yakıt sentezi
- Bitkisel yağ katılaştırma
- Yağ asitlerinden alkol elde edilmesinde
- Fenolden kapalı hegzanol, benzenden kapalı hegzan elde edilmesinde
- Yapay iplik elde edilmesinde
- İlaç üretimi

Yakıt olarak:

- Kaynak alevi
- Metal ısı bileşiminde
- Elektrik üretiminde
- Roketlerde

Metalürjide:

- İndirgeme maddesi
- Tungsten ve molibden elde edilmesinde
- Metal hidritleri hazırlamada

2.6. Güneş-Hidrojen Sisteminin Önemi

Ülkemizde fosil yakıt rezervleri açısından oldukça fakir bir ülke konumunda olup, her yıl enerji gereksiniminin %50'den fazlasını ithal etmek zorundadır. Türkiye'deki fosil yakıt rezervlerine bir göz atılacak olursa, neredeyse linyiti rezervlerinin yarısını oluşturan Elbistan ve diğer benzer havzaların kalite açısından oldukça düşük sayılabilecek durumdadır. Buradaki linyitlerin kalorileri çok düşük, kükürt, kül ve nem miktarları oldukça yüksektir. Enerji olarak yakılan miktar değil, üretilen kalori önem taşıdığından, bu rezervler kalori yönünden değerlendirildiğinde, Türkiye'de bugünkü üretimle 70-80 yıl yetecek kömür bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Düşük kalorinin yanı sıra, yukarıda belirtilen kirletici özellikler de dikkate alındığında, bunların çevreye vereceği zararın boyutları sanılanın çok üzerinde olmaktadır [2].

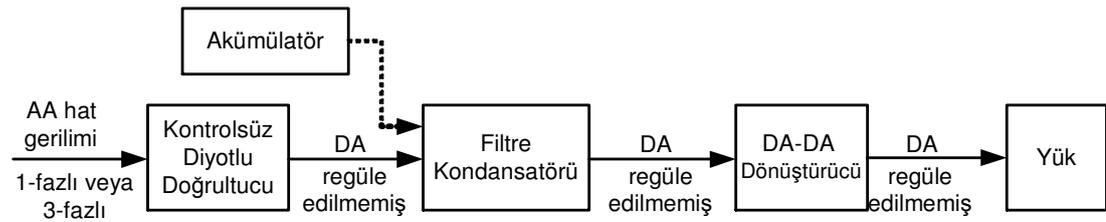
Petrol ve doğal gaz yönünden de oldukça sınırlı rezerve sahip Türkiye, bütün bunlara karşın güneş, rüzgâr ve biokütle gibi doğal, temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları açısından son derece zengindir. Bu durumda, yeni gelişmekte olan güneş-hidrojen sistemi teknolojisi üzerinde zaman geçirilmeden gerekli çalışmaların yapılması önem taşımaktadır.

3. ANAHTARLAMALI DA-DA DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

DA-DA dönüştürücüler, ayarlanmış DA-DA anahtarlama güç kaynaklarında ve da motor sürücü uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu dönüştürücülerin girişinde hat gerilimlerini doğrultulmasıyla elde edilmiş, genellikle ayarsız doğru gerilim bulunmaktadır. Bu nedenle girişte hat gerilimlerinin değişimleri sonucunda iniş çıkışlar meydana gelir. Anahtarlama DA-DA dönüştürücüler, ayarsız da girişi, istenilen gerilim kademesinde, kontrollü doğru akım çıkışı elde etmek için kullanılırlar. Şekil 3.1'de temel yapıda DA-DA dönüştürücü blok şeması verilmektedir [11].

DA-DA dönüştürücü çeşitleri;

1. Alçaltıcı Dönüştürücü
2. Yükseltici Dönüştürücü
3. Alçaltıcı Yükseltici Dönüştürücü
4. Cuk Dönüştürücü
5. Tam Köprü Dönüştürücü

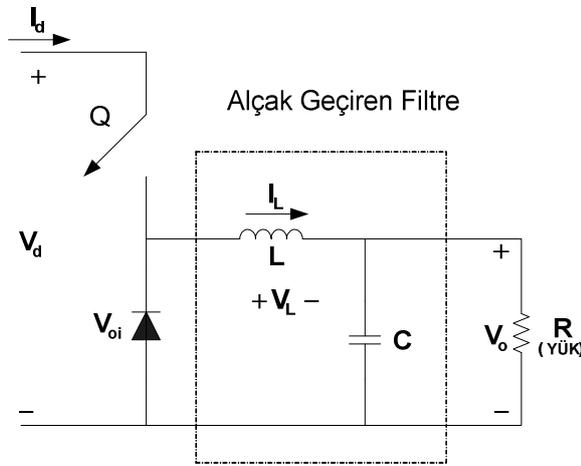


Şekil 3.1. DA- DA dönüştürücü sistemi

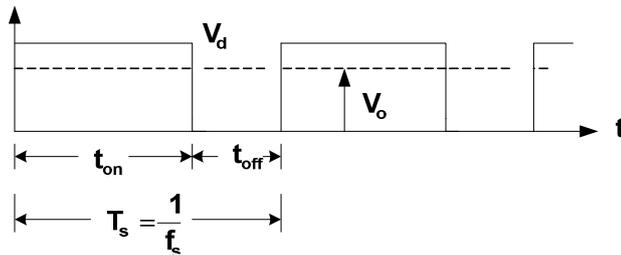
Bu dönüştürücüler arasında yalnızca alçaltıcı ve yükseltici dönüştürücüler temel dönüştürücü yapılarıdır. Alçaltıcı-yükseltici dönüştürücü ile Cuk dönüştürücü bu iki temel yapının birleşimidir. Tam köprü dönüştürücü ise alçaltıcı tip dönüştürücüden türetilmiştir.

3.1. Alçaltıcı DA-DA Dönüştürücü

Doğru gerilim girişinden daha düşük seviyede bir çıkış gerilimi üretmektedir. Temel uygulama alanları, ayarlı güç kaynakları ile DA motor hız denetimidir. Kavramsal olarak Şekil 3.2'deki temel devre saf dirençten oluşan bir yük için bir alçaltıcı çevirici oluşturur. Şekil 3.3'de Q anahtarının anahtarlama sinyali verilmektedir[22-24].



Şekil 3.2. Alçaltıcı DA-DA çevirici devresi



Şekil 3.3. Alçaltıcı DA-DA çevirici anahtarlama sinyali

Q anahtarı kusursuz, V_d gerilimi sabit ve yük saf direnç kabul edildiğinde, anlık çıkış geriliminin dalga şekilinde anahtar durumunun fonksiyonu olarak gösterilmektedir. Ortalama çıkış gerilimi anahtar çalışma oranı cinsinden Eş. 3.1 ile hesaplanmaktadır [11].

$$V_o = \frac{1}{T_s} \int_0^{t_s} v_o(t) dt = \frac{1}{T_s} \left(\int_0^{t_{on}} V_d dt + \int_{t_{on}}^{t_s} 0 dt \right) = \frac{t_{on}}{T_s} V_d = D V_d \quad (3.1)$$

DA-DA dönüştürücüde anahtarın çalışma oranı olan t_{on}/T_s 'i değiştirilerek V_o denetlenebilir. Eş 3.1'de V_o çıkış ortalama gerilimini, T_s anahtarlama sinyali periyodunu, t_{on} anahtarın iletimde olduğu süreyi, t_{off} anahtarın kesimde olduğu süreyi, D dönüştürme oranını ifade etmektedir. Devrenin anahtarlama sinyali Şekil 3.3'de verilmektedir. Verilen giriş gerilimi için çıkış gerilimi anahtarın çalışma oranıyla doğrusal olarak değişmektedir. Herhangi bir devre parametresiyle ilgisi yoktur.

Şekil 3.1'deki devrede Q anahtarı periyodik olarak açılır ve kapatılır. Toplam periyot T_s ve anahtarın kapalı olduğu zaman parçasının çarpanı D 'dir. Anahtarın kapalı olduğu süre boyunca (t_{on}) diyot ters polarmadır. Akım bobin üzerinden yüke ulaşır. Aynı zamanda kondansatör şarj olur. Anahtar açık olduğu zaman bobin akımı devreyi diyot üzerinden tamamlar [11-13].

$$(V_d - V_o) t_{on} = V_o (T_s - t_{on}) \quad (3.2)$$

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{t_{on}}{T_s} = D \text{ (çalışma oranı)} \quad (3.3)$$

Eş. 3.2 ve Eş. 3.3 ile D çalışma oranı ve çıkış ortalama gerilimi hesaplanmaktadır.

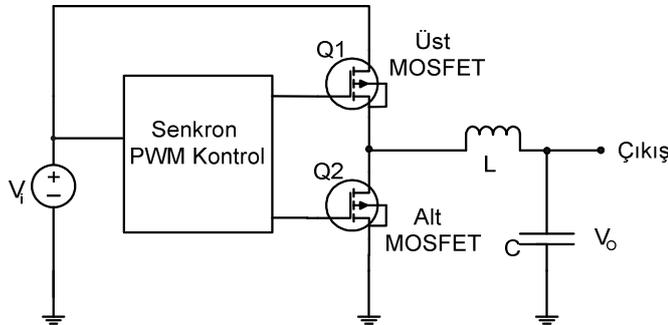
Devre elemanları ile ilişkili güç kayıplarını ihmal ederek, giriş gücü P_d çıkış gücü P_o ile eşit olur. Besleme gerilimi, besleme akımı, çıkış gerilimi, çıkış akımı ve çalışma oranı arasındaki bağıntı Eş. 3.4'de verilmektedir.

$$V_d I_d = V_o I_o \quad (3.4)$$

Alçaltıcı dönüştürücü sürekli akım durumunda, gerilim değiştirme oranı sürekli bir şekilde değiştirilebilen bir DA transformatörü olarak da düşünülmektedir. Değişim anahtarın çalışma oranını elektronik olarak 0–1 değerleri arasında değiştirerek sağlanmaktadır.

3.2. Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücü

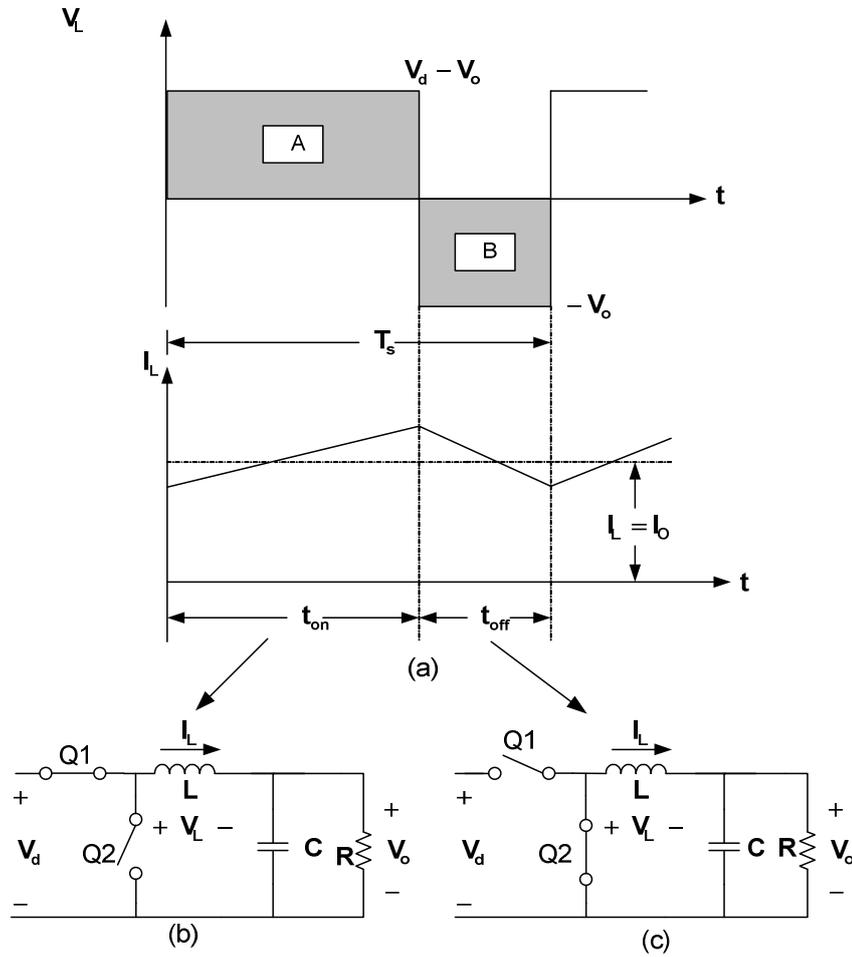
Senkron alçaltıcı tip dönüştürücü yük akım aralığı düşünüldüğünde sürücü yüksek verimlilik sağlayan en uygun gerilim sürücü devresidir. Yüksek akımlar söz konusu olduğunda, düşük çıkış gerilimli dönüştürücülerin verimleri de düşük olmaktadır. Bunun nedeni, anahtar ile serbest döngü diyotu üzerindeki çıkış gerilimi ile karşılaştırılabilir boyutta olmasıdır. Bu sorunun çözümü için önerilen yöntem düşüren senkron dönüştürücü kullanmaktır.



Şekil 3.4. Senkron alçaltıcı tip dönüştürücü devresinin genel görünüşü

Bu dönüştürücüde serbest döngü diyotu yerine ikinci bir yarıiletken anahtar kullanılır. Gerilim düşük olması nedeniyle anahtar olarak genellikle mosfet kullanılır. Bu elemanlar iletimdeyken küçük bir direnç gibi davrandığından ve mosfetler ile diyotlar gibi sabit bir gerilim düşümleri olmadığından, senkron dönüştürücülerin verimi yüksek olmaktadır [14]. Senkron alçaltıcı tip dönüştürücünün devre şeması Şekil 3.4'de verilmektedir.

Senkron alçaltıcı tip dönüştürücü devresinde Q1 anahtarı iletimdeyken kaynaktan gelen enerji endüktans akımını sabit bir eğimle artırırken, anahtarın kesime sokulmasıyla, endüktans akımı senkron mosfet üzerinden serbest döngü yapmaya başlar. Endüktans akımının sürekli olduğu durum için alçaltıcı tip dönüştürücünün çalışması ile ilgili dalga biçimleri Şekil 3.5’de verilmektedir.



Şekil 3.5. Senkron alçaltıcı tip dönüştürücünün çıkış dalga şekilleri

4. DENETİM SİSTEMLERİ

Bir denetim sistemi birtakım elamanların karşılıklı bağlanmasından meydana gelmektedir. Bu sistem elamanları birbirine girişler ve çıkışlar yoluyla bağlanmaktadır. Sistem elamanlarının işlevleri, bireysel giriş çıkışları ve sistem elamanları arasındaki bilgi akışı blok şemaları ile gösterilmektedir. Bu şemalar sistem elemanlarının neden sonuç ilişkisine göre sıralanmalarını ve sistemin yapısının incelenmesini sağlamaktadır.

4.1. Geleneksel Denetim Teknikleri ve Denetim Organları

Bir kapalı döngü denetim sistemi içinde denetim organının görevi ölçme elemanı üzerinden geri beslenen çıkış büyüklüğünü referans giriş büyüklüğü ile karşılaştırmak ve karşılaştırmadan ortaya çıkabilecek hata değerine ve kendi denetim etkisine bağlı olarak uygun bir kumanda denetim sinyali üretmektir. Denetim organlarında kullanılan belli başlı dört temel denetim etkisi vardır [15]. Bunlar:

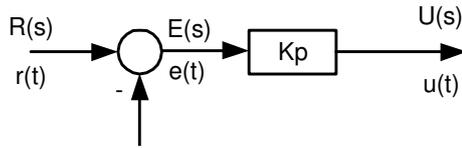
- İkili veya aç kapa denetim etkisi
- Oransal denetim etkisi (P etki)
- İntegral denetim etkisi (I etki)
- Türev denetim etkisi (D etki)

Bu temel denetim etkilerinin bir veya birkaçının bir arada uygun şekilde kullanılmasıyla değişik denetim etkilerinde çalışan denetim organları oluşturulur. Bunlar:

- Oransal integral tipi denetim organı (PI tipi)
- Oransal türev tipi denetim organı (PD tipi)
- Oransal integral türev tipi denetim organı (PID tipi)

4.1.1. Oransal denetim organı

Orantı etkide herhangi bir anda çıkış işareti $u(t)$ hatanın büyüklüğüne bağlıdır ve o anda hata $e(t)$ ne kadar büyük olursa denetim sinyali $u(t)$ o oranda büyük olur. Hata çok küçük olduğunda ise denetim organı yeteri kadar etkili düzeltici sinyal üretmez. Bu nedenle orantı etki ile çalışan sistemler kalıcı durum hatası verirler. Kazanç katsayısı K_p yi artırmak sureti ile kalıcı durum hatasını azaltmak mümkündür. Direnç değerleri uygun bir şekilde seçilerek istenen K_p değeri elde edilebilir. P denetim organının blok diyagramı Şekil 4.1'de verilmektedir. P denetim organının işlemsel yükselteçlerle gerçekleştirilmiş devre şeması Şekil 4.2'de verilmektedir.

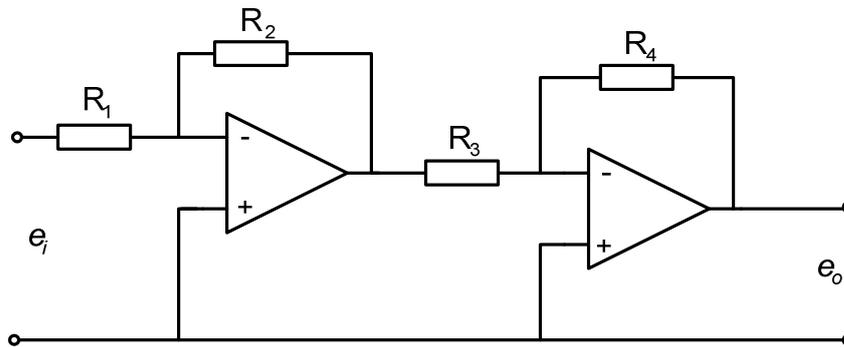


Şekil 4.1. P tipi denetim organının blok diyagramı olarak gösterimi.

P tipi denetim organının s ve t domeninde çıkış fonksiyonları Eş. 4.1 ve Eş. 4.2 ile hesaplanmaktadır.

$$t\text{- domeninde} \quad : u(t) = K_p \times e(t) \quad (4.1)$$

$$s\text{- domeninde} \quad : u(s) = K_p \times E(s) \quad (4.2)$$



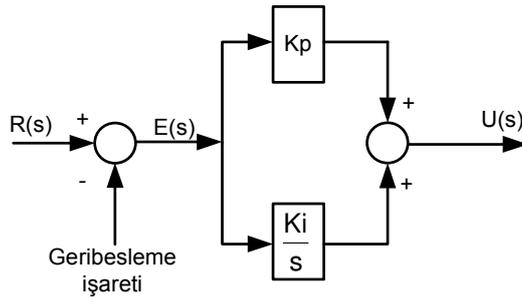
Şekil 4.2. P tipi denetim organının işlemsel yükselteçlerle gerçekleştirilmesi.

$$K_p = \frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{R_4 \times R_2}{R_3 \times R_1} \quad (4.3)$$

Eş. 4.3 ile K_p değeri hesaplanmaktadır. Direnç değerleri uygun bir şekilde seçilerek istenen K_p değeri elde edilebilmektedir.

4.1.2. Oransal integral denetim organı

Bu denetim organı oransal ve integral denetim etkilerinin birleştirilmesinden meydana gelmektedir. PI tipi denetim organının t domeninde çıkış fonksiyonu Eş. 4.4'de verilmektedir. PI tipi denetim organının transfer fonksiyonu Eş. 4.5 ile bulunabilir. Orantı etkiye integral etki ilavesi orantı etkinin tek başına kullanılması halinde sistemde ortaya çıkan kalıcı durum hatasını ortadan kaldırır. İntegrasyon işlemi kalıcı durum hatasını ortadan kaldırmakla beraber aynı bağıl kararlılık koşullarında sistemin cevap hızını azaltır. İntegral etki kazancını artırmak sureti ile cevap hızı artmakla beraber kazanç değerinin çok fazla artırılması sistemi kararsızlığa sürükleyebilmektedir [15,16]. PI denetim organının blok diyagramı Şekil 4.3'de verilmektedir. PI denetim organının işlemsel yükselteçlerle gerçekleştirilmiş devre şeması Şekil 4.4'de verilmektedir.



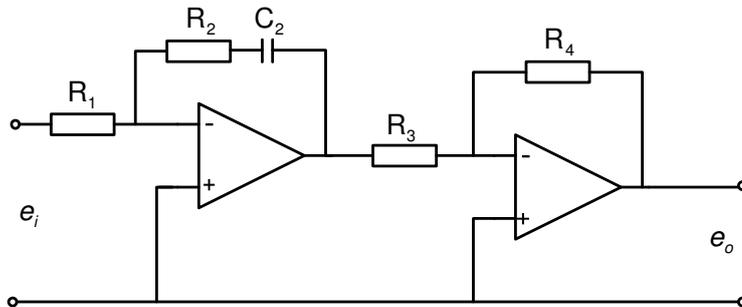
Şekil 4.3. PI denetim organının blok diyagramı

$$U(t) = K_p \times e(t) + K_i \int_0^t e(t) \times dt \quad (4.4)$$

$$\frac{u(s)}{E(s)} = \left(K_p + \left(\frac{K_i}{s} \right) \right) = \left(\frac{sK_p + K_i}{s} \right) = K_p \left(1 + \left(\frac{K_i}{sK_p} \right) \right) \quad (4.5)$$

$$T_i = \frac{K_p}{K_i} \Rightarrow \text{integral zamanıdır.}$$

PI denetim organı yapısı basit olup özellikle süreç denetim sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 4.4. PI tipi denetim organının işlemsel yükselteçlerle gerçekleştirilmesi.

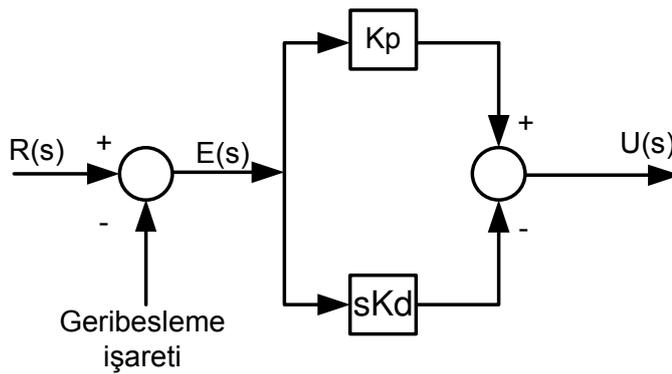
$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \left(\frac{R_4 R_2}{R_3 R_1} \right) \times \left(\frac{s R_2 C_2 + 1}{s R_2 C_2} \right) = \left(\frac{R_4 R_2}{R_3 R_1} \right) + \left(\left(\frac{R_4}{R_3 R_1 C_2} \right) \times \frac{1}{s} \right) \quad (4.6)$$

Eş. 4.6'daki direnç ve kapasite değerleri ayarlanarak istenen K_I ve K_P değerleri elde edilebilir.

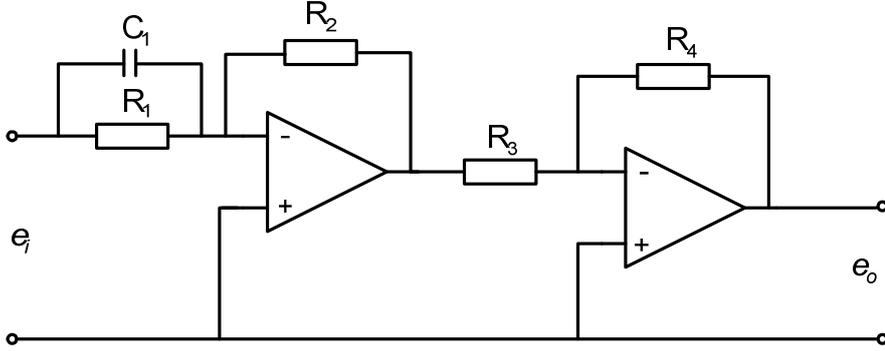
4.1.3. Oransal türev denetim organı

PD tipi denetim organının transfer fonksiyonu Eş. 4.7 kullanılarak bulunabilir. Burada T_d , Oransal etki ile PD etki arasındaki zaman farkıdır. PD denetim organının blok diyagramı Şekil 4.5'de verilmektedir. PD denetim organının işlemsel yükselteçlerle gerçekleştirilmiş devre şeması Şekil 4.6'da verilmektedir.

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p + sK_d = K_p \left(1 + \frac{sK_d}{K_p} \right) \quad (4.7)$$



Şekil 4.5. PD tipi denetimin blok diyagramı gösterimi.



Şekil 4.6. PD tipi denetim organının işlemsel yükselteçlerle gerçekleştirilmesi

Eş. 4.8'deki direnç ve kapasite değerleri ayarlanarak istenen K_p ve K_D değerleri elde edilebilmektedir.

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \left(\frac{R_4 R_2}{R_3 R_1} \right) (s R_1 C_1 + 1) = \left(\frac{R_4 R_2}{R_3 R_1} \right) + \left(\frac{R_4 R_2 C_1}{R_3} s \right) = K_p + s K_d \quad (4.8)$$

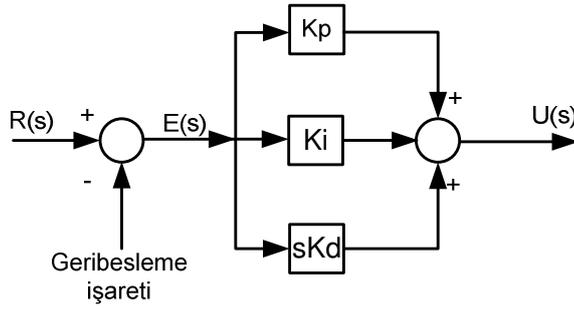
4.1.4. Oransal integral türev denetim organı

PID denetimde K_p , K_d , K_i , T_d , T_i ayarlanabilir sabitlerdir. PID tipi denetim organının transfer fonksiyonu Eş. (4.9) ile hesaplanmaktadır.

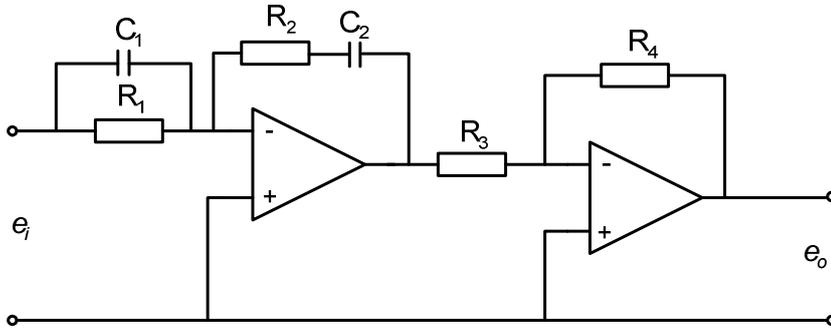
$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \left(K_p + \frac{K_i}{s} + s K_d \right) = K_p \left(1 + \frac{K_i}{s K_p} + \frac{s K_d}{K_p} \right) \quad (4.9)$$

K_p arttığında sistem hızı artar (aşmaya doğru eğilimle) ve sabit durum hatası azalır, ancak yok edilemez. K_d arttığında, sönme faktörü, aşmayı azaltarak artar. Türev denetimi gürültüye hassastır ve asla yalnız kullanılmaz.

K_i arttığında sabit durum hatası sifıra yaklaşır ve sistem dengesiz olma eğilimine girer. İntegral kontrolde hiçbir zaman tek başına kullanılmaz [15,16]. PID denetim organının blok diyagramı Şekil 4.7'de verilmektedir. PID denetim organının işlemsel yükselteçlerle gerçekleştirilmiş devre şeması Şekil 4.8'da verilmektedir.



Şekil 4.7. PID tipi denetim organının blok diyagramı gösterimi



Şekil 4.8. PID tipi denetimin işlemsel yükselteçlerle gerçekleşmesi.

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \left(\frac{R_4 R_2}{R_3 R_1} \right) \times \left(\frac{(sR_1 C_1 + 1)(sR_2 C_2 + 1)}{sR_2 C_2} \right) = \left(K_p + \frac{K_i}{s} + sK_d \right) \quad (4.10)$$

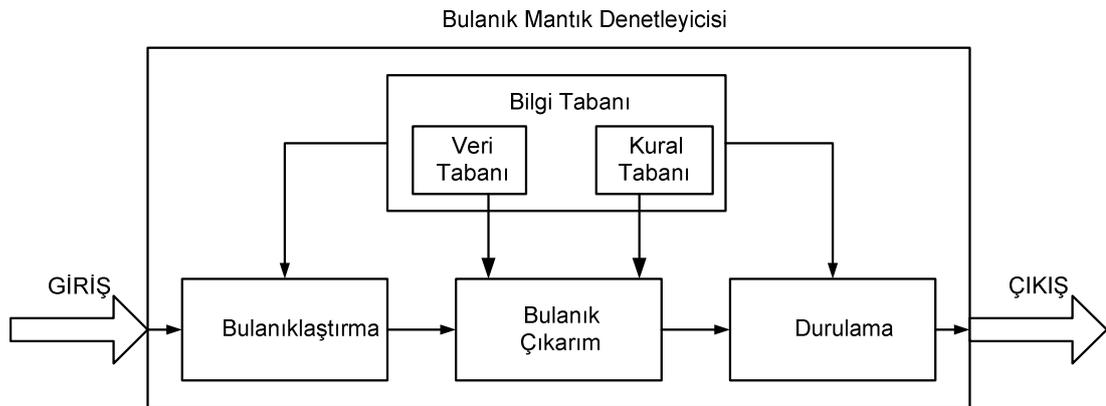
Eş. 4.10'daki kapasite ve direnç değerleri ayarlanarak uygun K_p , K_i ve K_d değerleri seçilebilir.

4.2. Bulanık Denetim

Bulanık mantığın ilk uygulaması, Mamdani' tarafından 1974 yılında bir buhar makinesinin bulanık denetiminin gerçekleştirilmesi olmuştur. 1980 yılında bir Hollandalı şirketi çimento fırınlarının denetiminde bulanık mantık denetimi uygulanmıştır. Üç yıl sonra Fuji elektrik şirketi su arıtma alanları için kimyasal püskürtme aleti üzerinde çalışmalar yapmıştır. 1987'de ikinci IFSA kongresinde ilk bulanık mantık denetleyicisi sergilenmiştir. Bu denetimler 1984 yılında araştırmalara başlayan Omron şirketinin 700'den fazla uygulamaları içermektedir. 1987 yılında ise Hitachi takımının tasarladığı Japon Sendai metrosu denetleyicisi çalışmaya başlamıştır. Bu bulanık mantık denetim metro da daha rahat bir seyahat, düzgün bir yavaşlama ve hızlanma sağlamıştır. 1989 yılında Omron şirketi Japonya'nın Harumi şehrinde bulunan çalışma merkezinde yapmış olduğu bulanık sonuç-board'la yapılan depolama, tekrar etme ve bulanık sonuçlarını elde etmek için kullanılan bilgisayara dayalı olan çalışmaları tanıtmıştır [17,18].

Bulanık mantık, elektrikli ev aletlerinden oto elektriğine, gündelik kullandığımız iş makinelerinden, üretim mühendisliğine, endüstriyel teknolojilerden, otomasyona kadar aklımıza gelebilecek her yerde kendisine uygulama alanı bulmuştur.

Bulanık mantık, motorlarda hataların bulunması ve teşhis edilmesinde de başarıyla kullanılmaktadır. Bulanık mantık, motorlar konusunda uzman kişinin bilgisinin, dilsel ifadeler haline getirilerek kullanılmasını sağlar. Bu özellik bulanık mantığa büyük bir esneklik sağlar. Bu sayede motor hata teşhis ve analiz çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bulanık mantığın tek dezavantajı kesin sonuç vermemesidir. Bu bulanık mantığın doğal yapısından kaynaklanmaktadır [17,18,27]. Bulanık mantık denetleyicisi blok şeması Şekil 4.9'da verilmektedir.



Şekil 4.9. Bulanık mantık denetleyicisi blok şeması

Bulanık mantık denetleyicisinin üstünlükleri;

- Giriş ile çıkış arasında kolayca anlaşılabilir bağlantı kurar.
- Hızlı modellemeye izin verir, çünkü sistemi tasarlayanın kurulmadan önce sistem hakkında her şeyi bilmesine gerek yoktur.
- Ucuzdur, çünkü tasarımı kolaydır.
- Sistemin sağlamlılığını artırır.
- Kazanılmış ve temsil edilen bilgiyi kolaylaştırır.
- Bazı kurallar çok büyük zorluklara yol gösterir.
- Daha az osilasyon ve tepkime ile sonuçlanır.
- Daha kısa zamanda sabit durumda başarıyla bitirilebilir.

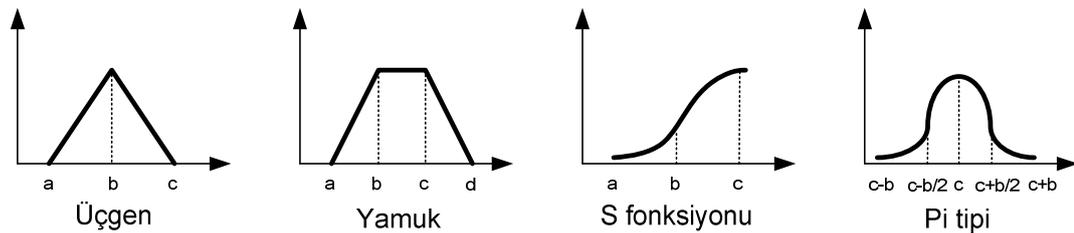
Bulanık mantık denetleyicisinin sınırlıkları;

- Bir bulanık sistemden model geliştirmek zordur.
- Modellemeden önce ince ayar benzetimi gerektirir.
- Daha öncede söz edildiği gibi bulanık kelimesi (en azından batı dünyası için) kötü bir çağrışım yapmaktadır. Mühendisler ve insanların çoğu kesinliğe (crispness) alışkındırlar ve bulanık kontrolden ve bulanık karar verme işlemlerinin yapılmasından çekinmektedirler[18].

Bulanık mantık, her gün kullandığımız ve davranışlarımızı yorumladığımız yapıya ulaşmamızı sağlayan matematiksel bir disiplindir. Temelini doğru ve yanlış değerlerin belirlendiği bulanık küme kuramı oluşturur. Burada yine geleneksel mantıkta olduğu gibi “1” ve “0” değerleri vardır. Ancak bulanık mantık, bu değerlerle yetinmeyip, bunların ara değerlerini de kullanır.

4.2.1. Üyelik fonksiyonları

Bulanık kümenin her elemanı, bu küme içerisinde bir üyelik değerine sahiptir ve bulanık bir kümenin değerleri 0 ile 1 arasındaki gerçek sayılardan oluşur. Bulanık mantık süreçlerinin başlatılabilmesi için gerekli üyelik fonksiyonları (membership function), dilsel niteleyicilerden oluşan bir anlam gurubudur. Bu anlam üyelik fonksiyonlarının ağırlık merkezleriyle tanımlanırlar[17,25].



Şekil 4.10. Üyelik fonksiyonlarının şekilleri

Üyelik fonksiyonları genellikle biçimsel olarak gösterilirler ve en çok kullanılan biçimler; üçgen (triangular), yamuk (trapezoidal), çan eğrisi (bell – shaped) ve Pi tipi (π type) dir. Şekil 4.10’da bu fonksiyonların şekilleri verilmiştir. Eş. 4.11 - Eş. 4.14’de bu fonksiyonlara ait formüller verilmektedir [18,19].

$$\text{üçgen}(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (4.11)$$

$$\text{yamuk}(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \quad (4.12)$$

$$\text{çan}(x;a,b,c) = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & x < a \\ 2 \cdot \left[\frac{x-a}{c-a} \right]^2 & b \leq x \leq c \\ 1 - 2 \cdot \left[\frac{x-b}{c-x} \right]^2 & x > c \end{array} \right\} \quad (4.13)$$

$$\text{pi}(x;b,c) = \left\{ \begin{array}{ll} 2 \cdot \left[\frac{x-(c-b)}{b} \right]^2 & c-b \leq x < c - \frac{b}{2} \\ 1 - 2 \cdot \left[\frac{c-x}{b} \right]^2 & c - \frac{b}{2} \leq x < c \\ 1 - 2 \cdot \left[\frac{x-c}{b} \right]^2 & c \leq x < c + \frac{b}{2} \\ 2 \cdot \left[\frac{(c+b)-x}{b} \right]^2 & c + \frac{b}{2} \leq x \leq c+b \end{array} \right\} \quad (4.14)$$

4.2.2. Bulanıklaştırma

Fiziksel giriş bilgilerinin, dilsel niteleyicilerle ifade edebileceğimiz bulanık mantık bilgileri şekline çevirme işlemine bulanıklaştırma (fuzzification) adı verilmektedir. Bulanıklaştırma işlemi önemli ölçüde kesin olmayan bilgiyi de içine almakta ve bulanıklaştırmaktadır. Bulanıklaştırma sonucu elde edilen değişkenlere dilsel değişkenler (linguistic variables) denir. İşlemle birlikte tüm giriş değişkenlerinin değerleri, üyelik derecesi olarak atanmaktadır. Örneğin, 100 km' lik bir uzaklık giriş bilgisi, dilsel niteleyici olarak "uzak" olarak ifade edilebilmektedir. Bununla beraber yine 100-150 km arası, tam kesin olmayan bir bilgi olarak yine "uzak" olarak ifade edilebilmektedir[15,25].

Bulanıklaştırma işlemi göreceli olarak bu kadar kolay olmasına karşın, daha önce de değinildiği gibi uzman sistem kalıplarından dolayı bu işlemlerin yapılması büyük ölçüde deneyime dayanmaktadır. Operatörün sistemde çalışırken gösterdiği davranışlar, sistemin matematiksel modelinden daha

önemlidir. Dolayısıyla bulanıklaştırma aşamasına gelinebilmesi için gerekli süre bazen çok uzun olabilmektedir. Bununla birlikte kesin olmayan bilgileri kullanabilmesi, sürecin matematiksel bir modeline gereksinim duyulmaması ve uygulamaya çabucak geçilebilmesi, bütün bunlardan sonra da yüksek derecede verim alınabilmesi bulanık mantığın önemini açıkça ortaya koymaktadır.

4.2.3. Dilsel değişkenler

Bulanık kümeler genellikle üç, beş ya da yedi üyelik fonksiyondan oluşabilmektedirler. Örneğin hız giriş değişkeni için; yavaş, az hızlı, orta hızlı; hızlı, çok hızlı şeklinde beş üyelik fonksiyonuna sahip bir bulanık kümesi oluşturulabilmektedir. Burada da olduğu gibi, tanımlar uzmanın söylemlerine göre geliştirilmektedir. Bunlar dilsel niteleyiciler (Linguistic Variables) olarak adlandırılmaktadır. Bunların fonksiyonel olarak elde edilmeleri ve uygulama aşamasına getirilmeleri büyük ölçüde sistemde daha önce elde edilmiş deneyimlere bağlı olmaktadır.

4.2.4. Bulanık çıkarım

Bulanık mantıkta da geleneksel mantıkta olduğu gibi bazı mantık işlemleri yer almaktadır. Ancak bu işlemin komutları AND, OR, NOT ve IF, THEN (VE, VEYA, DEĞİL, EĞER, ÖYLEYSE) ile sınırlı çok basit ve aynı zamanda da kullanışlı olmaktadır. Bu kurallar bütününe kurallar (rules) yada bulanık mantık denetleyicisi üzerinde kural tabanı (rule base) olarak adlandırılmaktadır [18,26].

4.2.5. Durulaştırma

Bulanık küme çıkarımlarının, sistem üzerinde uygulanabilmesi için yeniden fiziksel ve kesin sayılara dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işleme durulaştırma (defuzzification) adı verilmektedir. Çeşitli durumlara göre

durulama yöntemleri geliştirilmiştir. Bulanık işlemciden elde edilen mantıksal çıkarımların üyelik işlevleri, bir yada birden fazla olmaktadır. Bulanık çıkarım bu kümelerin bileşkesi olmaktadır. Bulanık işlemcilerden elde edilen bulanık çıkarımlar, aslında ikiden çok daha fazladır. Üyelik işlevlerinin biçimleri farklı şekillerde de olabilmektedir [20,21]. Bununla beraber bulanık çıkarımı genel olarak Eş. 4.15'deki gibi ifade edilebilmektedir:

$$A_k = \bigcup_{i=1}^k A_i = A \quad (4.15)$$

Literatürde en çok kullanılan sekiz çeşit durulama yöntemi bulunmaktadır. Bunlar:

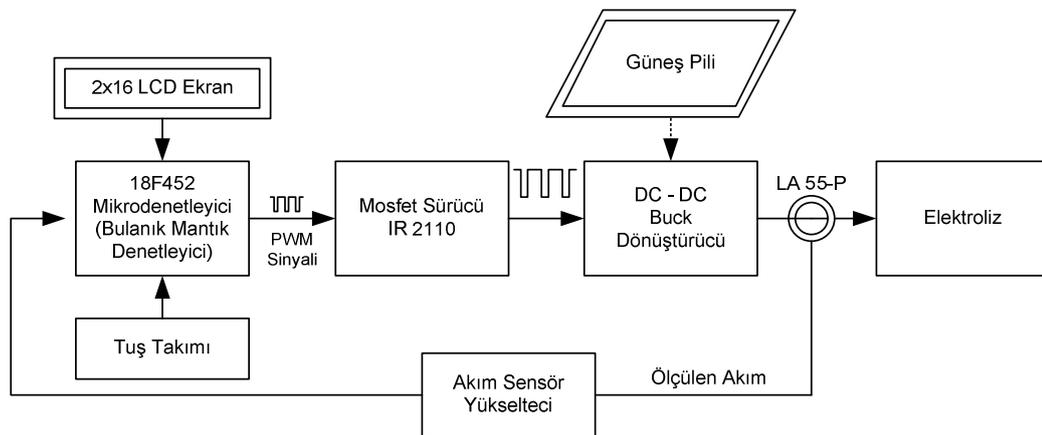
1. Üyelik fonksiyonunun en yüksek noktası (Max-Membership Principle)
2. Üyelik fonksiyonunun en düşük noktası (Min-Membership Principle)
3. Merkez (Centroid Method)
4. Ağırlık ortalama yöntemi (Weighted Average Method)
5. Üyelik işlevinin en yüksek noktalarının ortalaması (Mean-Max Membership)
6. Toplamların ortası (Center of Sums)
7. Geniş alan merkezi (Center of Largest Area)
8. İlk veya son yükselti (First or Last of Maxima)

Bunlardan sisteme en uygun olanı seçilmelidir. Hellendorn ve Thomas, 1993 yılında uygun olanın seçilmesi için beş dayanak ortaya atmıştır. Bunlar; süreklilik (continuity), belirsiz olmama (disambiguity), uygunluk (plausibility), hesapsal kolaylık (computational simplicity) ve ağırlaştırma yöntemidir (weighting method). Ayrıca fiziksel sistemin yapısı ve kullanıcıların deneyimleri de durulama yönteminin seçilmesi için birer büyük dayanak noktası oluşturmaktadır.

5. ELEKTROLİZ YAPIMINDA KULLANILMAK ÜZERE BULANIK MANTIK DENETİMLİ SENKRON ALÇALTICI TİP DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI

Bu çalışmanın tasarım aşamasında yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi yardımıyla sabit akımda suyun elektrolizini yaparak hidrojen elde etmekte kullanılacak bir alçaltıcı tip DA-DA dönüştürücü devresi yapılmaktadır. Devrenin denetimi Bulanık mantık denetleyici ile sağlanmaktadır. Öncelikle devrenin blok şema tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamanın blok şeması Şekil 5.1'de görülmektedir.



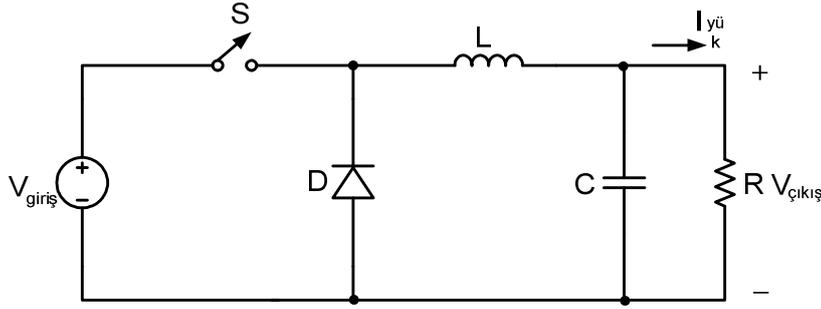
Şekil 5.1. Akım Ayarlı Bulanık Mantık Denetimli Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücü blok diyagramı

Değişken yük ve giriş geriliminden sabit çıkış akımı sağlamak amacıyla sistemde senkron alçaltıcı tip dönüştürücü kullanılmaktadır.

Alçaltıcı tip dönüştürücünün matematiksel analizi

Şekil 5.2'de alçaltıcı dönüştürücünün temel devresi verilmektedir. Bu devrede; giriş besleme gerilimi $V_{giris} = 12V$, çıkış gerilimi $V_{çikis} = 2V$ ve çıkış

yük akımı $I_{yük} = 10A$ olduğunda; görev saykılı $D = V_{in} / V_{out} = 2V / 12 = 0,167$ olmalıdır. Devrede çıkış akım salınımı %3 seçildiğinde $I_{ripple} = 0,03.I_{yük}=0,3A$ olur. Bobin değeri Eş. 5.1 ile hesaplanmaktadır.



Şekil 5.2. Alçaltıcı tip dönüştürücü temel devresi

$$L = \frac{(V_g - V_ç)D}{f.I_r} \quad (5.1)$$

Anahtarlama frekansı $F_s = 32kHz$ iken Eş. 5.1'e göre bobinin en düşük değeri $L = 174\mu H$ olarak hesaplanmaktadır. Kondansatör değeri Eş. 5.2 ile hesaplanmaktadır.

$$C = \frac{(1-D).V_ç}{2.V_r.L.f^2} \quad (5.2)$$

Devrede çıkış geriliminin salınım değeri $V_r=50mV$ olarak seçilmektedir. Kondansatörün en düşük değeri $C = 93\mu F$ olarak hesaplanmaktadır.

5.1. Senkron Alçaltıcı tip Dönüştürücü için Bulanık Mantık Denetleyicisi Tasarımı ve Matlab Simulink'te Test Edilmesi

Mikrodenetleyicide bulanık denetim algoritması kullanmak için gerekli işlemler aşağıda verilmektedir.

1. İki giriş, hata (e) ve hatanın değişimi(ce) fiziksel olarak negatif değer alabilmektedir. Mikrodenetleyiciler 8-bit işaretli işlem yapabildiğinden, hata ve hatanın değişiminin gösterimi Eş. 5.3ve Eş. 5.4'de verilmektedir.

$$e \begin{cases} > 0 & \text{then } 128 < e \leq 255 \\ = 0 & \text{then } e = 128 \\ < 0 & \text{then } 0 \leq e < 128 \end{cases} \quad (5.3)$$

$$ce \begin{cases} > 0 & \text{then } 128 < ce \leq 255 \\ = 0 & \text{then } ce = 128 \\ < 0 & \text{then } 0 \leq ce < 128 \end{cases} \quad (5.4)$$

Hata ve hatanın değişimi değişkenlerinin ofset değerleri 128 olarak ayarlanmaktadır. Hata ve hatanın değişimi 0 ile 255 arasında ölçeklendirilmektedir.

2. Hata ve hatanın değişimi için üyelik fonksiyonları evreni -1,0 la 1,0 aralığından normalize edilmektedir. Mikrodenetleyicinin işaretli tamsayı aritmetiğinden dolayı üyelik fonksiyonları evreni 0 dan 255'e dönüştürülmektedir. Üyelik fonksiyonları 256 değer alabilir.
3. Bulanık kümenin üyesi olarak hata ve hatanın değişiminin bulanık gösterimi üyelik fonksiyonunun merkezi ve giriş üyelik fonksiyonunun derecesidir. Her giriş iki bulanık kümenin üyesi olduğundan bulanık gösterim iki merkez, iki de derecesi olmak üzere dört değer almaktadır.
4. Kural tablosu çıkış bulanık kümelerin merkezlerini içeren taramalı tablo olarak kaydedilmektedir. Görev saykılı değişikliği için (çıkış bulanık kümeler) bulanık kümeler belirlenmektedir. Çıkış üyelik fonksiyonları için sözel evren aralığı sınırlıdır, çünkü sadece beş çıkış bulanık kümesi seçilmektedir. Bu da görev saykılında maksimum değişikliği

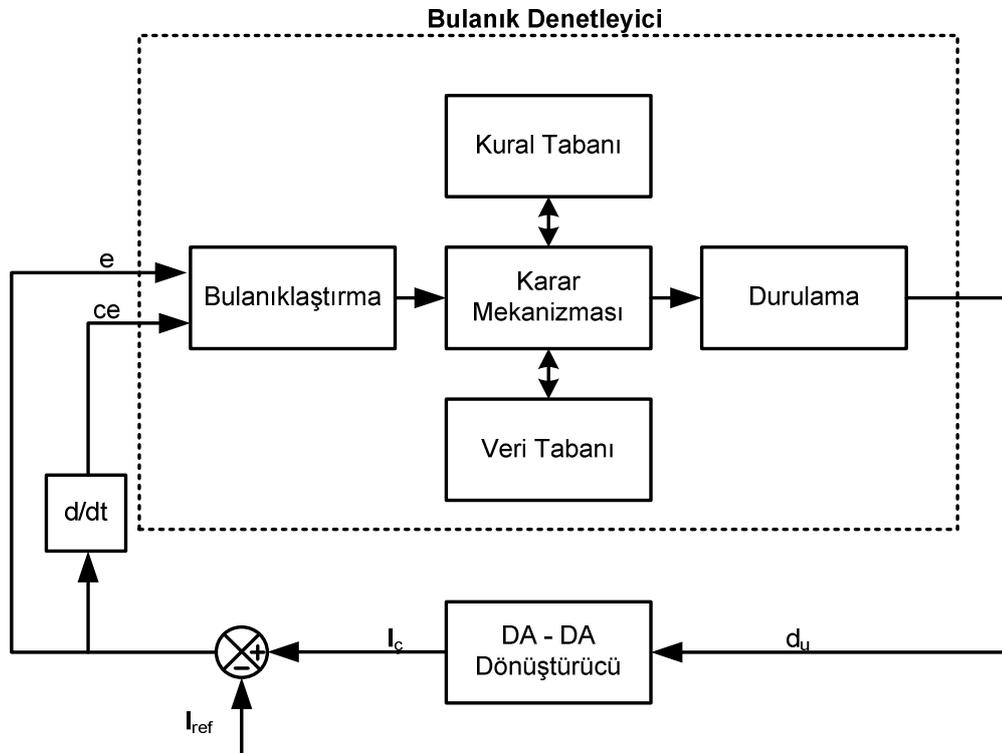
sınırlamaktadır. Çıkışın ait olduğu bulanık kümeye ait üyelik derecesi hesaplanmaktadır.

5. Bulanık çıkışın derecesi, görev saykılını değiştirmektedir. Ait olduğu bulanık kümeler Mamdani'nin minimum bulanık çıkarımıyla belirlenmektedir.

6. Ağırlık merkezi metodu, en kötü koşul altında, bir değer üretmektedir.

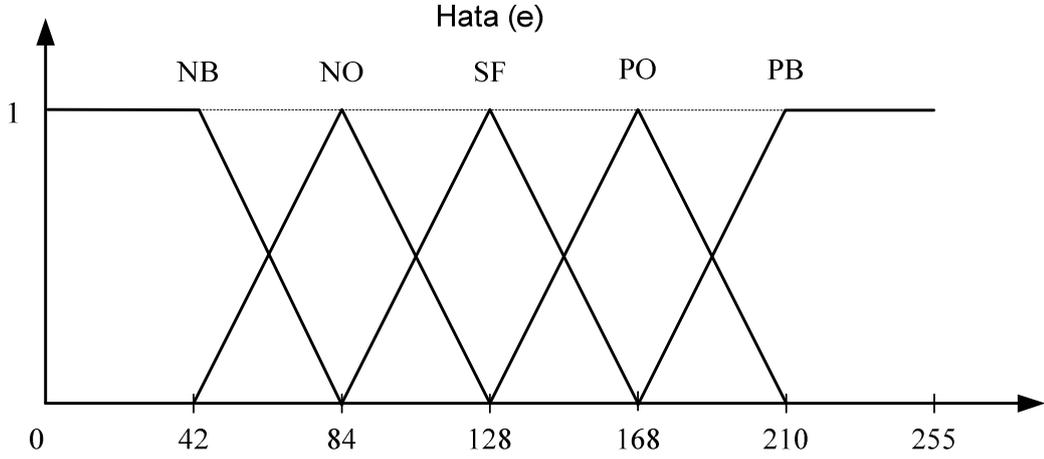
7. Bulanık denetim algoritması görev saykılındaki değişikliği hesaplamaktadır.

DA-DA dönüştürücü için tasarlanmış bulanık mantık denetleyicisi Şekil 5.3'de verilmektedir.



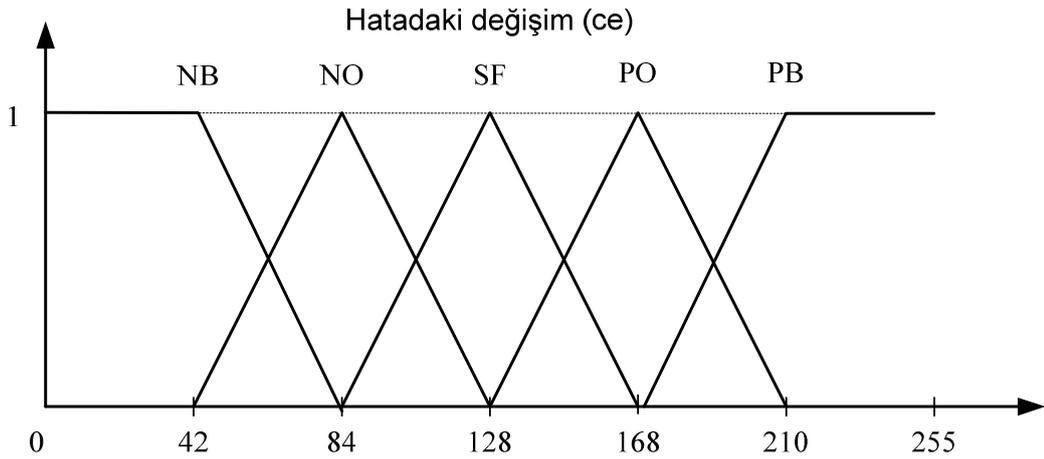
Şekil 5.3. DA-DA dönüştürücü için bulanık denetim blok şeması

Sistemde kullanılacak bulanık mantık denetleyicisinin hata(e) girişi üyelik fonksiyonları Şekil 5.4'de verilmiştir.



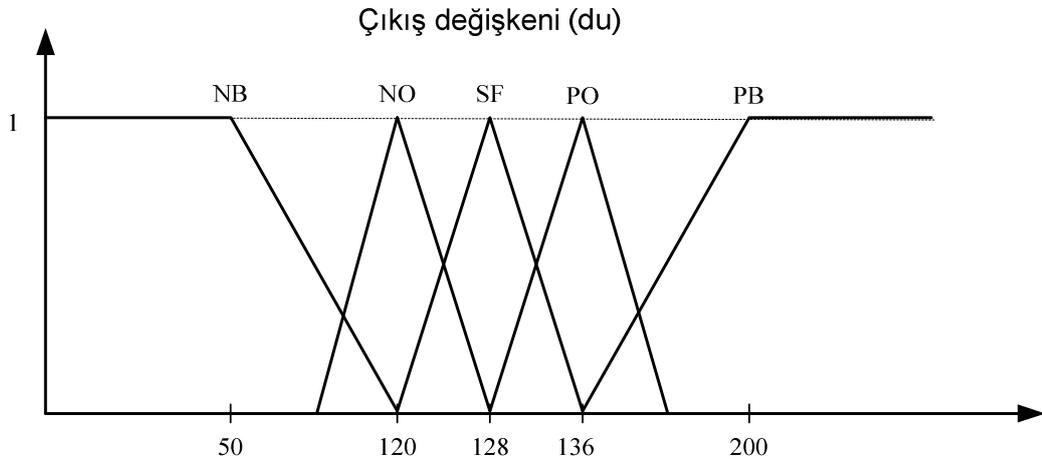
Şekil 5.4. Bulanık mantık denetleyicisi hata(e) üyelik fonksiyonları

Sistemde kullanılacak bulanık mantık denetleyicisinin hatanın değişimi(ce) girişi üyelik fonksiyonları Şekil 5.5'de verilmektedir.



Şekil 5.5. Bulanık mantık denetleyicisi hatanın değişimi(ce) üyelik fonksiyonları

Sistemde kullanılacak bulanık mantık denetleyicisinin çıkış(du) üyelik fonksiyonları Şekil 5.6'da verilmektedir.



Şekil 5.6. Bulanık mantık denetleyicisi çıkış(du) üyelik fonksiyonları

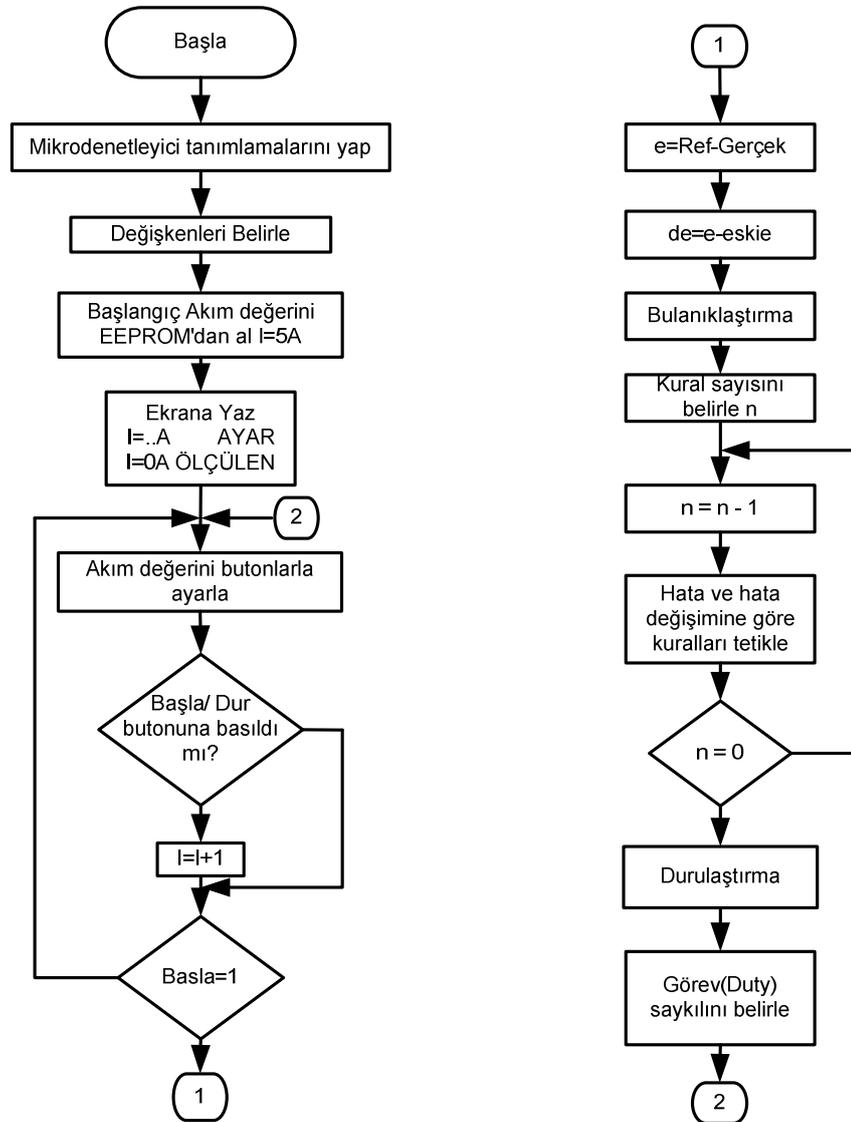
Sistemde kullanılacak bulanık mantık denetleyicisinin kural tablosu Çizelge 5.1'de verilmektedir.

Çizelge 5.1. Bulanık mantık denetleyicisi kural tablosu

		Hatadaki Değişim (ce)				
		NB	NB	SF	PO	PB
Hata (e)	NB	NB	NB	NO	NO	SF
	NO	NB	NO	NO	SF	PO
	SF	NO	NO	SF	PO	PO
	PO	NO	SF	PO	PO	PB
	PB	SF	PO	PO	PB	PB

Bulanık mantık denetleyici için kodlar Pic Basic dilinde yazılmıştır. Yazılımın akış diyagramı Şekil 5.7'de verilmiştir. Bulanık mantık denetleyicide çıkarım metodu olarak maks – min metodu kullanılmaktadır. Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları üyelik fonksiyonları üçgen ve yamuk olarak seçilmiştir. Durulama yöntemi olarak ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılmıştır. Programda tuş takımından girilen referans bilgisi ile akım algılayıcısından alınan gerçek

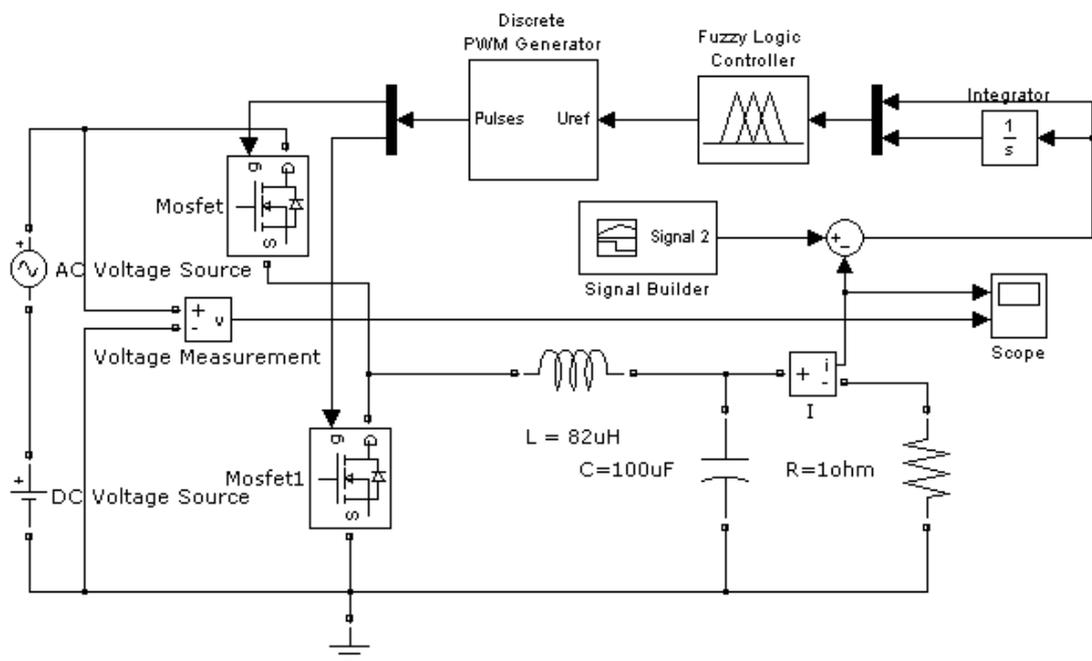
akım bilgisinin farkını hata, hata ile eski hatanın farkını hatanın değişimi olarak belirler.



Şekil 5.7. Bulanık Mantık denetleyici program akış şeması

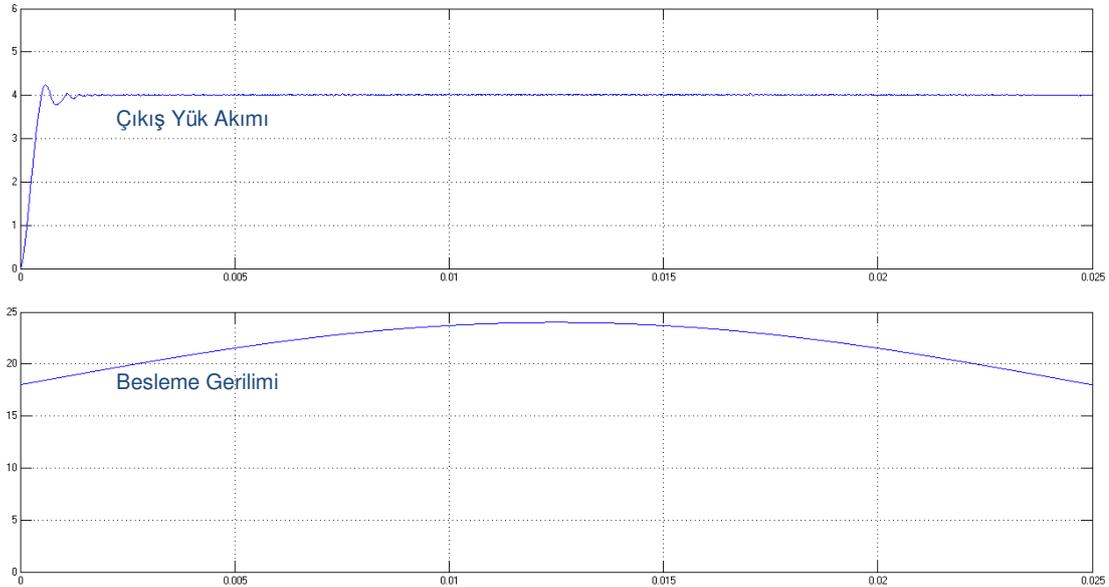
Bulanık mantık denetleyici program içerisinde belirlenen üyelik fonksiyonları ve kural tabanına göre görev saykılını üretir. Üretilen bu sinyal mosfet sürücü devre tarafından DA-DA dönüştürücü devrenin güç elemanlarına uygulanmaktadır.

Bulanık mantık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü devresi Şekil 5.8'deki gibi çizilmiştir. Referans bilgisi ile ölçülen akımın farkı hata, hatanın integrali hatanın değişimi olarak bulanık mantık denetleyicisine uygulanmaktadır. Bulanık mantık denetleyicisinin çıkış bilgisi darbe genişlik modülasyonu üreticinin girişine uygulanmaktadır. Darbe genişlik modülasyonu üretici Q1 ve Q2 mosfetleri için gerekli olan anahtarlama sinyallerini oluşturur.



Şekil 5.8. Matlab Simulink'te uygulanan Bulanık Mantık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü devre şeması

Bulanık mantık denetleyicisine referans olarak 4A akım değeri girilmektedir. Değişken besleme geriliminde elde edilen çıkış akımının grafiği Şekil 5.9'daki gibi elde edilmektedir. Benzetim çalıştırıldığında bulanık mantık denetleyici çıkış akımını referans akım değeri olan 4A'e sabitlemektedir. Besleme gerilimi değişikliğinde çıkış akımı referans değerinde sabit kalmaktadır.



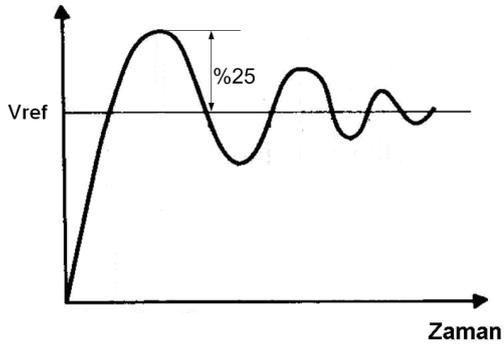
Şekil 5.9. Değişken giriş geriliminde Bulanık Mantık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücünün çıkış grafiği

5.2. Senkron Alçaltıcı tip Dönüştürücü için PI Denetleyicisi Tasarımı ve Matlab Simulink'te Test Edilmesi

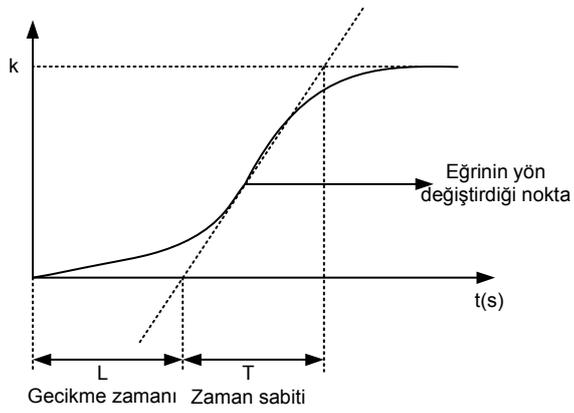
Ziegler Nichols Kuralları ile PI parametrelerinin bulunması

Ziegler Nichols K_p , T_i ve T_d değerlerini sistemin transient cevabından elde etmektedir. Parametreleri ayarlamak için iki metot sunmuşlardır. Her iki metoda %25 aşım oranı olduğu varsayarak hesaplamalar yapılmaktadır. Denetim sistemlerinin çıkış cevabında oluşan aşım grafiği Şekil 5.10 'da verilmiştir.

Ziegler Nichols metoduna göre gecikme zamanı ve zaman sabiti ifadeleri Şekil 11'de gösterilmektedir. Ziegler Nichols metoduna göre PI parametreleri Çizelge 5.2'deki eşitlikler ile bulunur. Ziegler Nichols metoduna göre, $L = 0,01s$ ve $T = 0,1s$ için K_p ve K_i katsayıları; $K_p=9$ ve $K_i=0,033$ olarak hesaplanmaktadır.



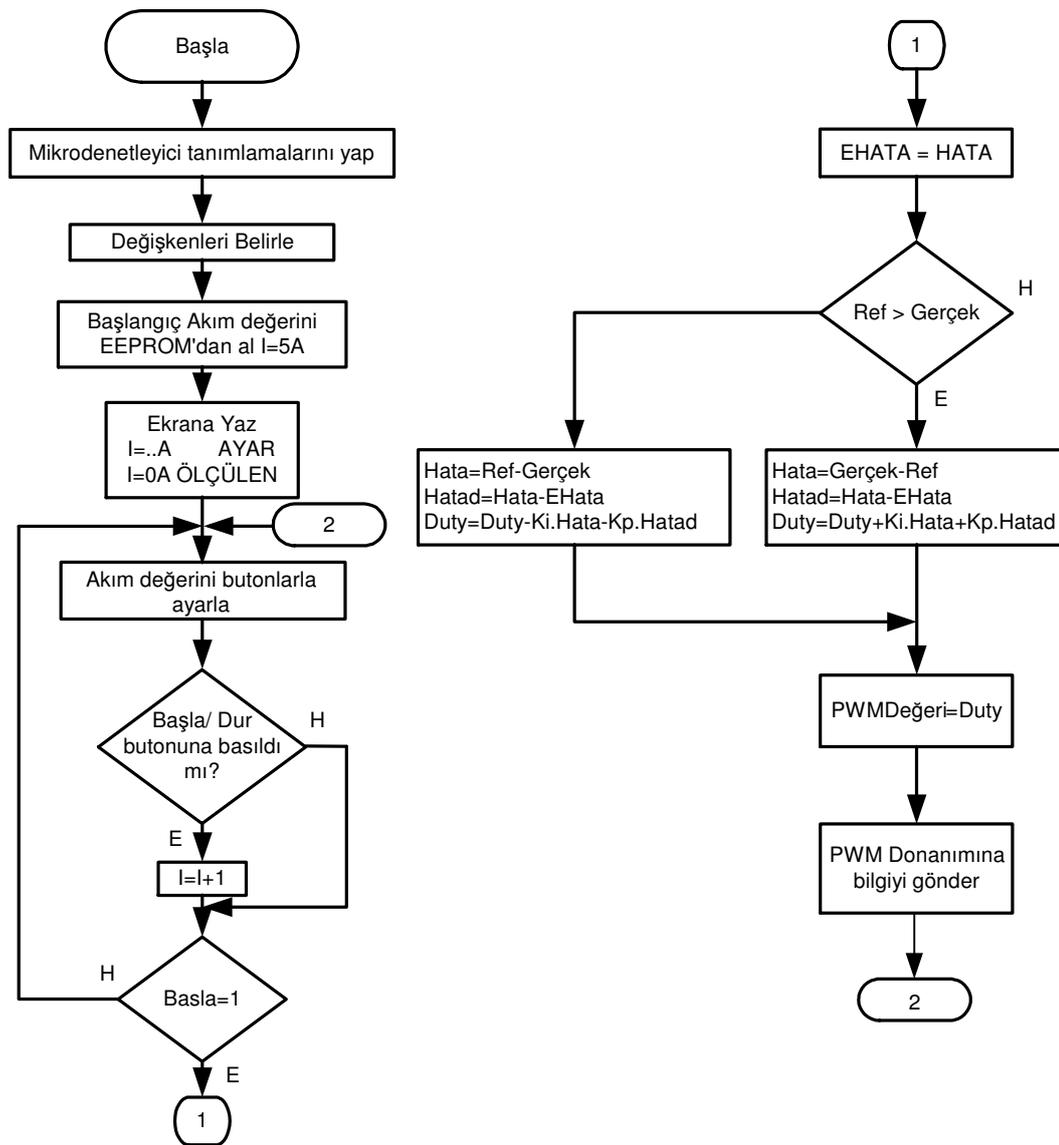
Şekil 5.10. Denetim sisteminde %25 aşım oranı grafiği



Şekil 5.11. Denetim sistemi çıkış grafiği

Çizelge 5.2. Ziegler Nichols metoduna göre PID parametreleri tablosu

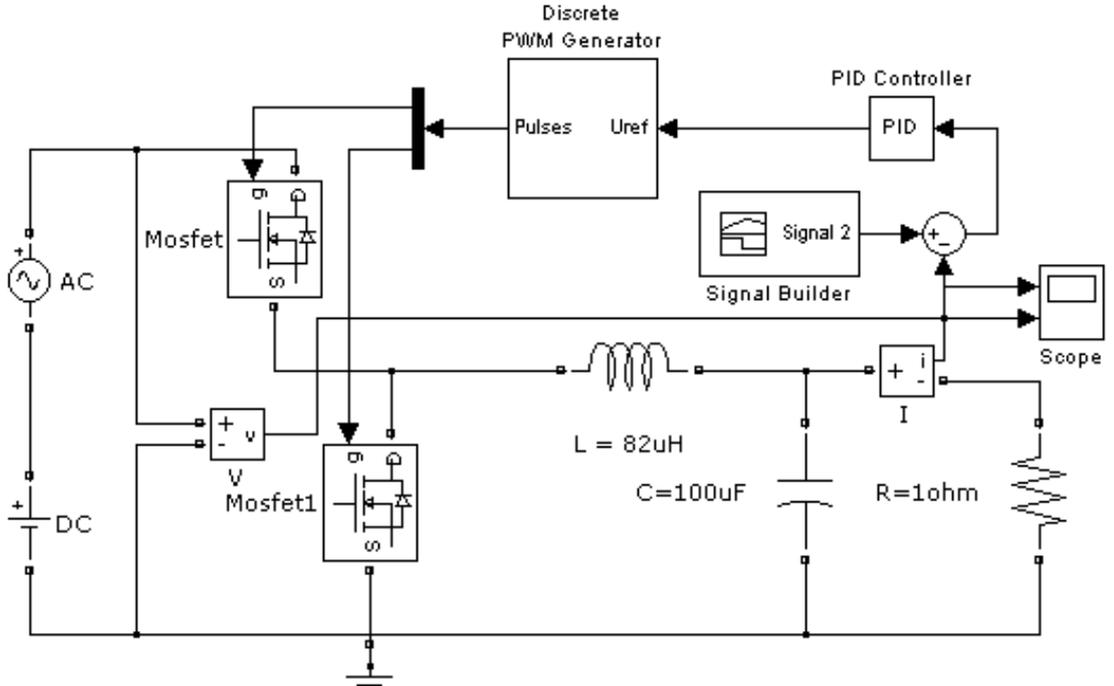
Denetleyici tipi	K_p	T_i	T_d
P	T/L	∞	0
PI	$0,9.T/L$	$L/0,3$	0
PID	$1,2.T/L$	$2L$	$0.5L$



Şekil 5.12. PI denetleyici program akış şeması

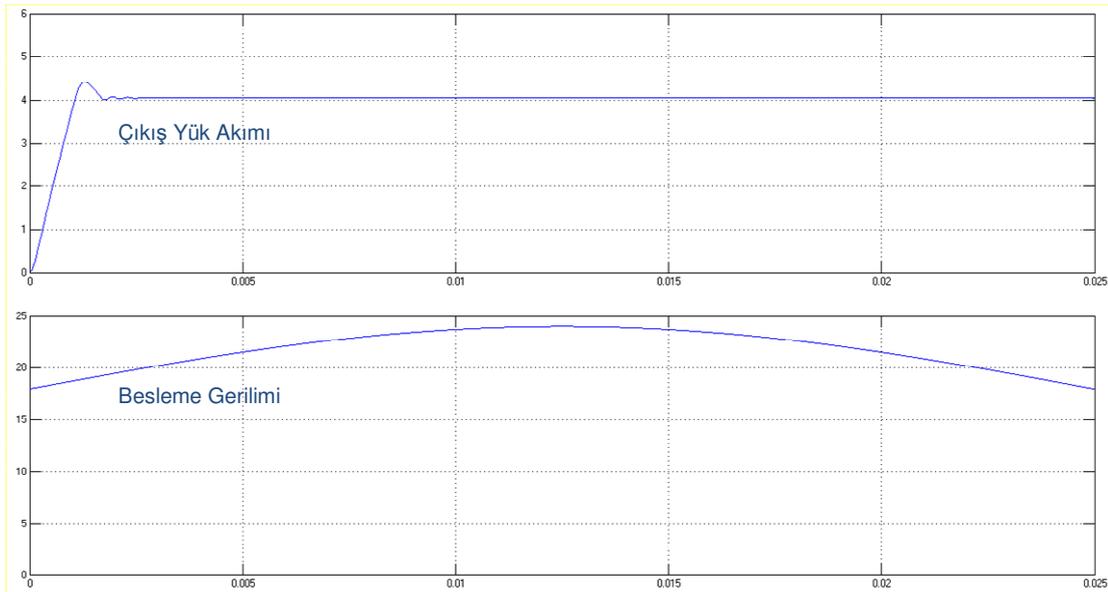
PI denetleyicinin yazılımı Pic Basic dilinde yazılmıştır. Yazılım için geliştirilen akış diyagramı Şekil 5.12'de verilmiştir. Programda tuş takımından girilen referans bilgisi ile akım algılayıcısından alınan gerçek akım bilgisinin farkını hata, hata ile eski hatanın farkını hatanın değişimi olarak belirlenir. PI denetleyici program içerisine yazılan K_p , K_i değerleri ile hesaplanan hata ve hatanın değişimi değerlerine göre görev saykılını üretir. Üretilen bu sinyal mosfet sürücü devre tarafından DA-DA dönüştürücünün güç elemanlarına uygulanır.

Matlab Simulink'te PI denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü devresi benzetimi Şekil 5.13'deki gibi gerçekleştirilmektedir. Devrede özel amaçlı sinyal oluşturma kutusundan (Signal Builder) alınan referans bilgisi alınmaktadır. Referans bilgisi ile ölçülen akımın farkı hata olarak PI denetleyiciye uygulanmaktadır. PI denetleyicinin çıkış bilgisi darbe genişlik modülasyonu üreticinin girişine uygulanmaktadır. Darbe genişlik modülasyonu üretici Q1 ve Q2 anahtarları için gerekli olan anahtarlama sinyallerini oluşturur.



Şekil 5.13. Matlab Simulink'te uygulanan PI denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü devre şeması

PI denetleyiciye referans olarak 4A akım değeri girilmektedir. Değişken besleme geriliminde elde edilen çıkış akımının grafiği Şekil 5.14'deki gibi elde edilmektedir.



Şekil 5.14. Değişken besleme geriliminde PI denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücünün çıkış akımının grafiği

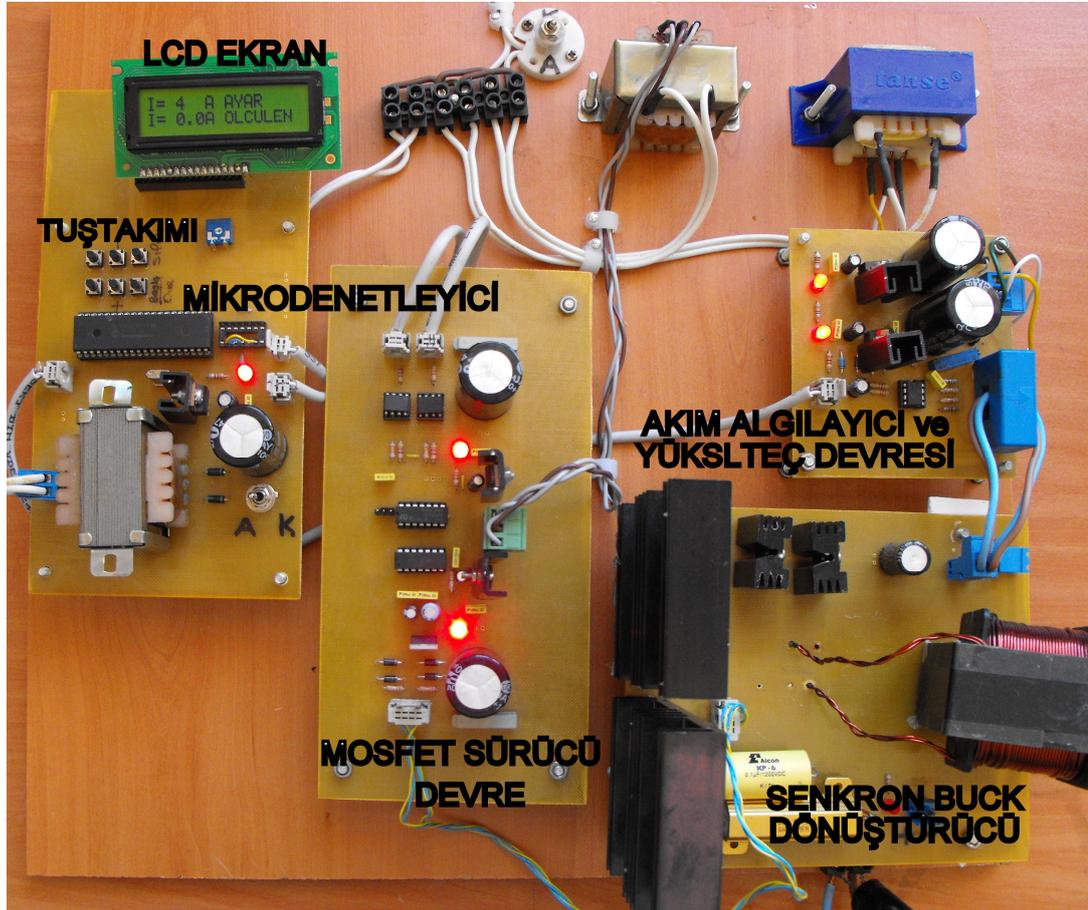
Benzetim çalıştırıldığında bulanık mantık denetleyici çıkış akımını referans akım değeri olan 4A'e sabitlemektedir. Besleme gerilimi değişikliğinde çıkış akımı referans değerinde sabit kalmaktadır.

Yapılan benzetim çalışmasında PI denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü devrenin ve Bulanık mantık denetleyicili devrenin Simulink'ten elde edilen sonuçlara göre devre tasarımı gerçekleştirilmiştir.

5.3. Akım Ayarlı Senkron Alçaltıcı tip Dönüştürücünün Gerçekleştirilmesi

DA-DA dönüştürücü ve denetleyiciler Matlab Simulink programı kullanılarak benzetimi yapılmış ve benzetim sonuçları doğrultusunda uygulama gerçekleştirilmiştir. Elektroliz işlemi için değişken giriş gerilimi (12V-35V) ve değişken yük değerlerinde çalışabilen, çıkış akımı 20A'e kadar ayarlanabilen Bulanık mantık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü tasarımı yapılmıştır. Bu dönüştürücünün denetiminde Bulanık mantık denetim

algoritması kullanılmıştır. Bu çalışmada gerçekleştirilen prototipi resmi Şekil 5.15'de görülmektedir.



Şekil 5.15. Akım ayarlı PI denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü resmi

Akım algılayıcı, DA-DA dönüştürücünün çıkış akımını algılar ve mikrodeneleyicinin ölçebileceği analog gerilim değerine dönüştürür. Akım algılayıcı olarak LA 55-P akım algılayıcısı kullanılmıştır. LA 55-P akım algılayıcısı simetrik 12V besleme ile çalışmakta ve 50A rms akım değerine kadar ölçüm yapabilmektedir. LCD (Liquid Crystal Display) ekranda ölçülen akım değerini ve ayarlanan akım değerini gösterir. Ekran olarak 2x16 karakter LCD kullanılmıştır. LCD'de ölçülen ve ayarlanan akım değerleri görüntülenmektedir. Sistemde kullanılan Tuş takımı; İstenen akım değerini ayarlamak ve sistemi çalıştırıp durdurmak için kullanılır. Mikrodeneleyici;

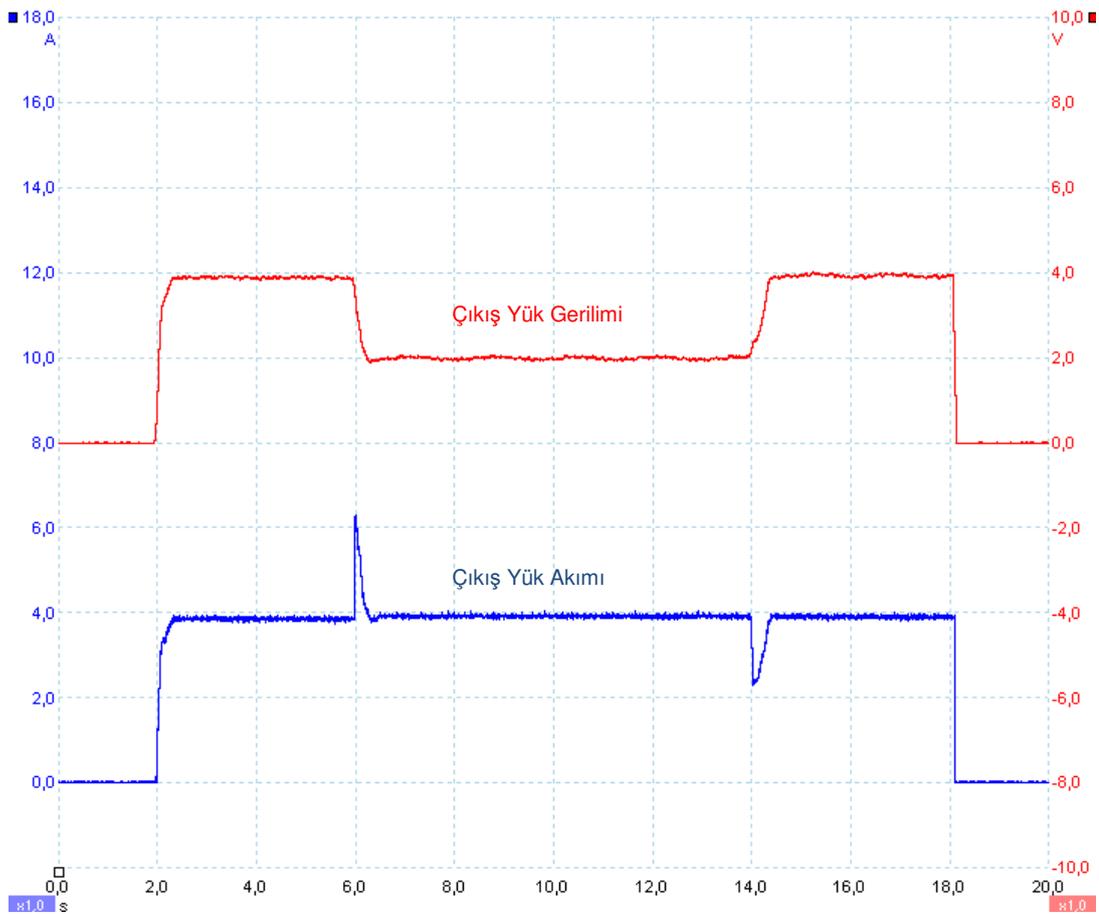
Akım algılayıcısından alınan akım bilgisini sabit tutmak amacıyla, PI denetim mantığı ile senkron alçaltıcı tip dönüştürücü için DGM sinyali üretir. Mikrodenetleyici olarak Microchip firmasının PIC18F452 mikrodenetleyicisi seçilmiştir[6]. Mosfet sürücü; Mikrodenetleyiciden gelen anahtarlama bilgisini mosfetleri tetiklemek için uygun hale getirir. Mosfet sürücü olarak sistemimizde senkron alçaltıcı tip dönüştürücü yapısına uygun olan IR2110 entegresi kullanılmıştır. Güneş Pili veya batarya; DA-DA dönüştürücü için gerekli olan besleme gerilimini sağlar. Sistem için gerekli besleme kaynağı güneş pilleri tarafından şarj edilmiş aküler kullanılmıştır. DA-DA dönüştürücü; Güneş paneli veya batarya gurubundan elde edilen enerjiyi mikrodenetleyici denetiminde elektroliz için uygun değere düşürür. DA-DA dönüştürücü olarak senkron alçaltıcı tip dönüştürücü kullanılmıştır.

Tasarlanan sistem dört ayrı devreden oluşmaktadır. Bu devrelerden denetim devresi ekran, tuş takımı ve mikrodenetleyici bloklarını içerir. Akım ölçme kartı, akım algılayıcısı ve yükselteç devresini içerir. DA-DA dönüştürücü iki ayrı devreden oluşmaktadır. Birincisi mosfet sürücü kartı diğeri mosfetlerin bulunduğu karttır.

Sisteme enerji verildiğinde sistem çıkış akımı 0A'dır. İşlemci devresinde bulunan LCD ekranda en son ayarlanan akım değeri ve ölçülen akım değeri görüntülenmektedir. İşlemci devresinde bulunan butonlar ile istenen akım değeri ayarlanabilmektedir. Başla/Dur butonuna basıldığında çıkış akımı istenilen akım değerine bulanık mantık denetleyicisi ile sabitlenmektedir. Sistem çalışır iken çıkış akım değeri değiştirilmek istendiğinde, butonlarla istenen değer ayarlanır. Çıkış akımının ayarlanan akım değere gelmesi için Ayarla butonuna basılmalıdır. Bu buton sistem çalışır iken çıkış akımının istenen değere tam belirlendikten sonra aktif hale getirilmesi için kullanılmaktadır. Çalışan sistemi durdurmak için yine Başla/Dur butonuna basmak gerekmektedir.

6. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI

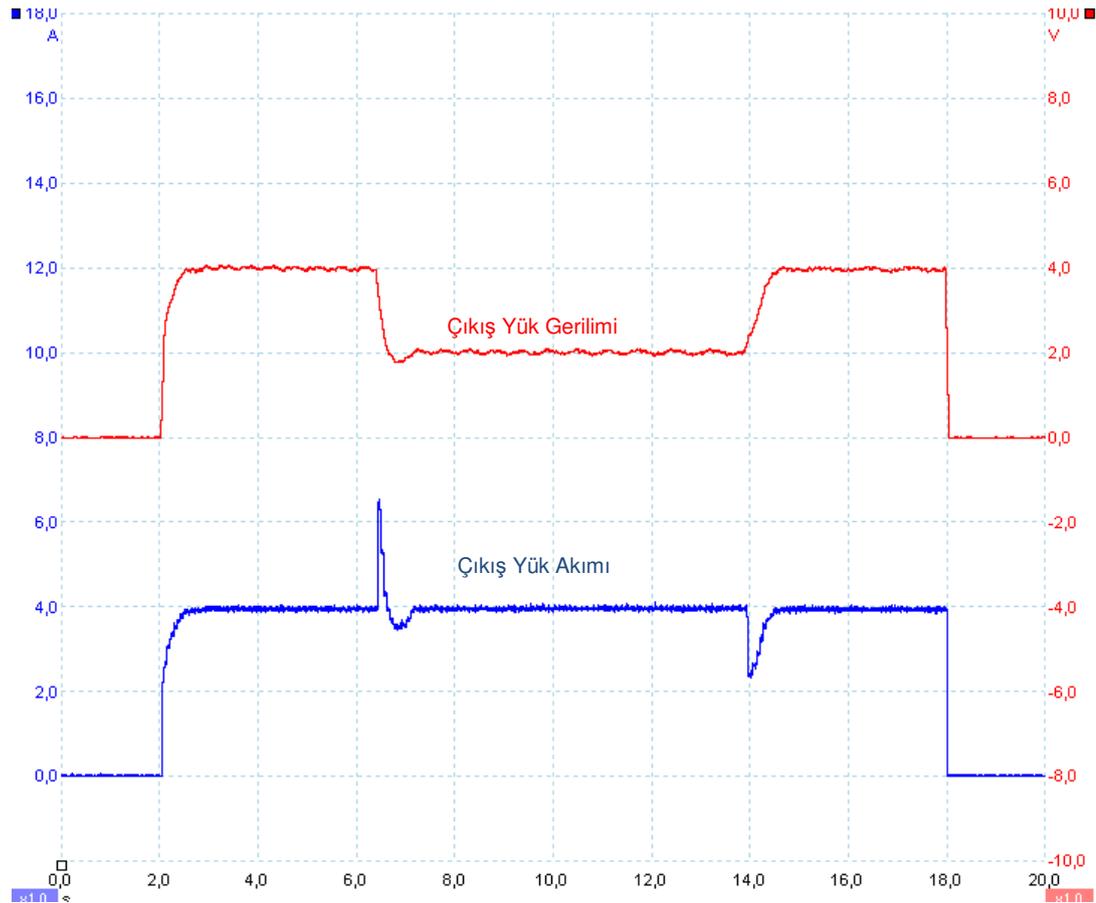
Sistem üzerindeki deneysel çalışmalarda bulanık mantık denetleyicisi ve PI denetleyici ile performans ölçümleri aşağıda verilmektedir. Ölçümler PICO Automotive 3000 osilaskopu ile yapılmıştır.



Şekil 6.1. Bulanık mantık denetleyici kullanılırken yük değişimi durumunda çıkış akım ve gerilim değişim grafiği

Bulanık mantık denetleyicisi 4A'lık referans akımında yük direnci değişimi ile değişen çıkış gerilim ve akımının grafiği Şekil 6.1'de görüldüğü gibi elde edilmiştir. Burada 2. saniyede elektroliz işlemi başlamaktadır. 6.saniyede yük olarak bağlanan 1Ω'luk direnç değeri 0,5Ω'a düşürülmüştür. Bu anda çıkış akımı ani olarak artmaktadır. Bulanık mantık denetleyicisi çıkış akımını kısa

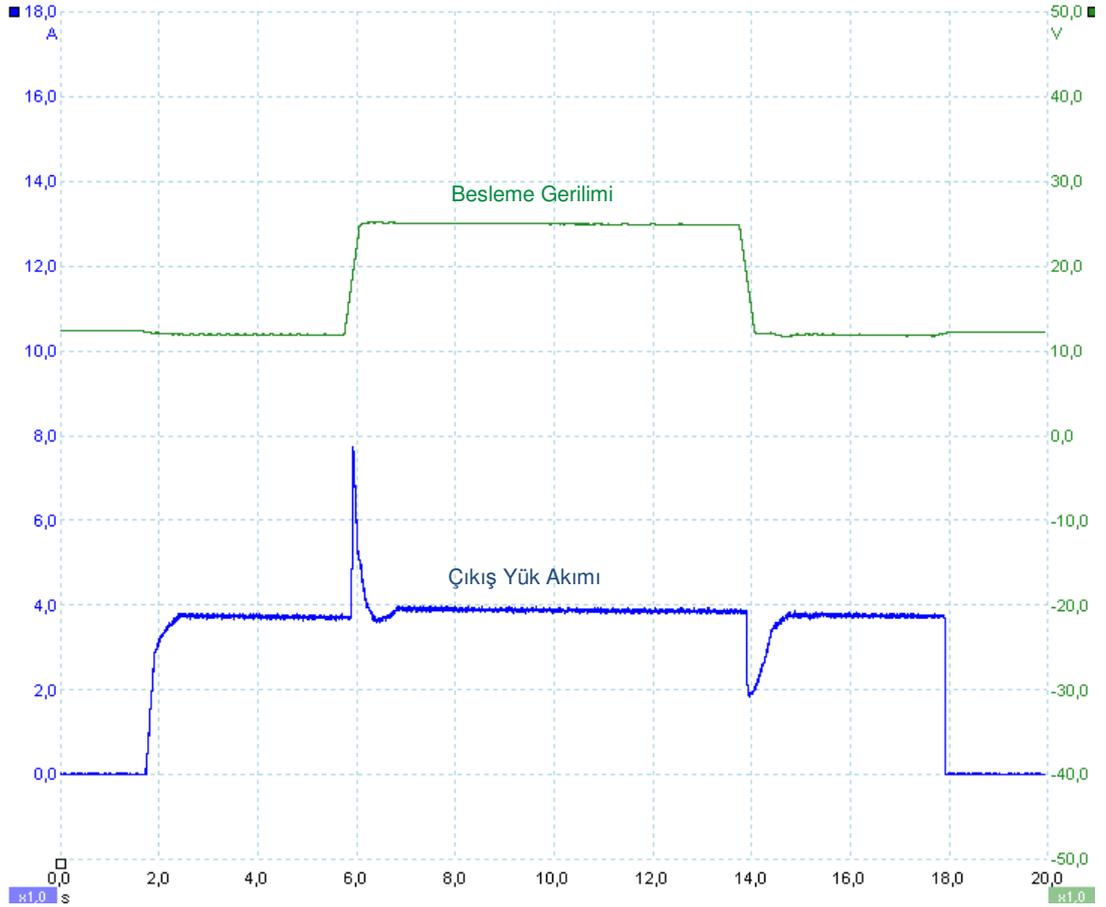
bir sürede istenen 4A'lık akım değerine getirmiştir. 14. saniyede çıkışa bağlı olan yük direnci tekrar 1 Ω 'a yükseltilmiştir. Bu anda çıkış akımı ani olarak azalmaktadır. Bulanık mantık denetleyicisi azalan çıkış akımını arttırarak ayarlanan 4A değerine sabitlemektedir.



Şekil 6.2. PI denetleyici kullanılırken yük değişimi olması durumunda çıkış akım ve gerilim değişim grafiği

PI denetleyici 4A'lık referans akımında yük direnci değişimi ile değişen çıkış gerilim ve akımın grafiği Şekil 6.2'de görüldüğü gibi elde edilmiştir. Burada 2. saniyede elektroliz işlemi başlamaktadır. 6.saniyede yük olarak bağlanan 1 Ω 'luk direnç değeri 0,5 Ω 'düşürülmüştür. Bu anda çıkış akımı ani olarak artmaktadır. PI denetleyici çıkış akımını istenen 4A'lık akım değerine getirmiştir. 14. saniyede çıkışa bağlı olan yük direnci tekrar 1 Ω 'a

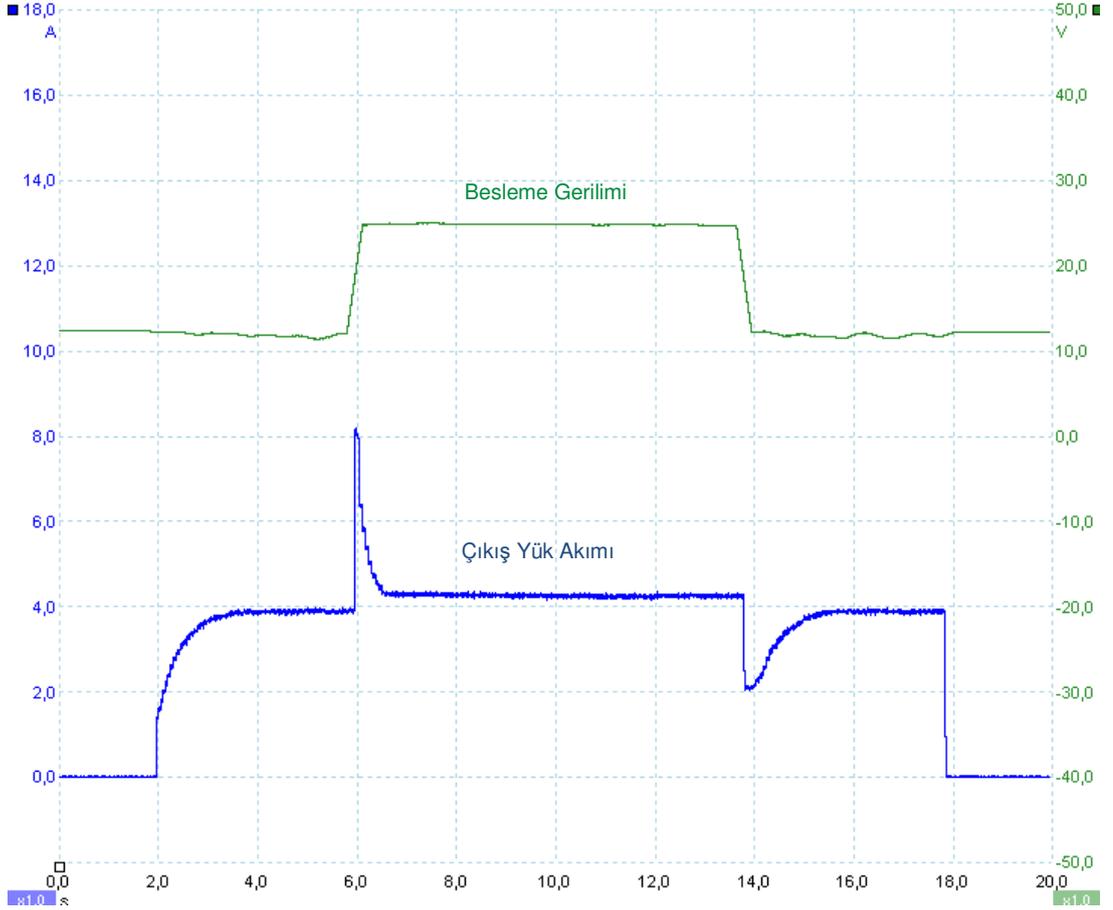
yükseltilmiştir. Bu anda çıkış akımı ani olarak azalmaktadır. PI denetleyici azalan çıkış akımını arttırarak ayarlanan 4A değerine sabitlemektedir.



Şekil 6.3. Bulanık mantık denetleyicisi kullanılırken değişik giriş gerilimi olması durumunda çıkış akımının değişim grafiği

Devreye sabit direnç yükü bağlı, bulanık mantık denetleyicisi referans akım değeri 4A iken besleme geriliminin 12V-24V-12V değişimi yapıldığında çıkış akım eğrisi Şekil 6.3'de görüldüğü gibi elde edilmiştir. Burada 2. saniyede elektroliz işlemi başlamaktadır. 6. saniyede sistemin besleme gerilimi 12V'dan 24V'a çıkartılmıştır. Bu anda çıkış akımı ani olarak artmaktadır. Bulanık mantık denetleyicisi çıkış akımını kısa bir sürede istenen 4A'lık akım değerine getirmiştir. 14. saniyede besleme gerilimi tekrar 12V'a düşürülmüştür. Bu anda çıkış akımı ani olarak azalmaktadır. Bulanık mantık

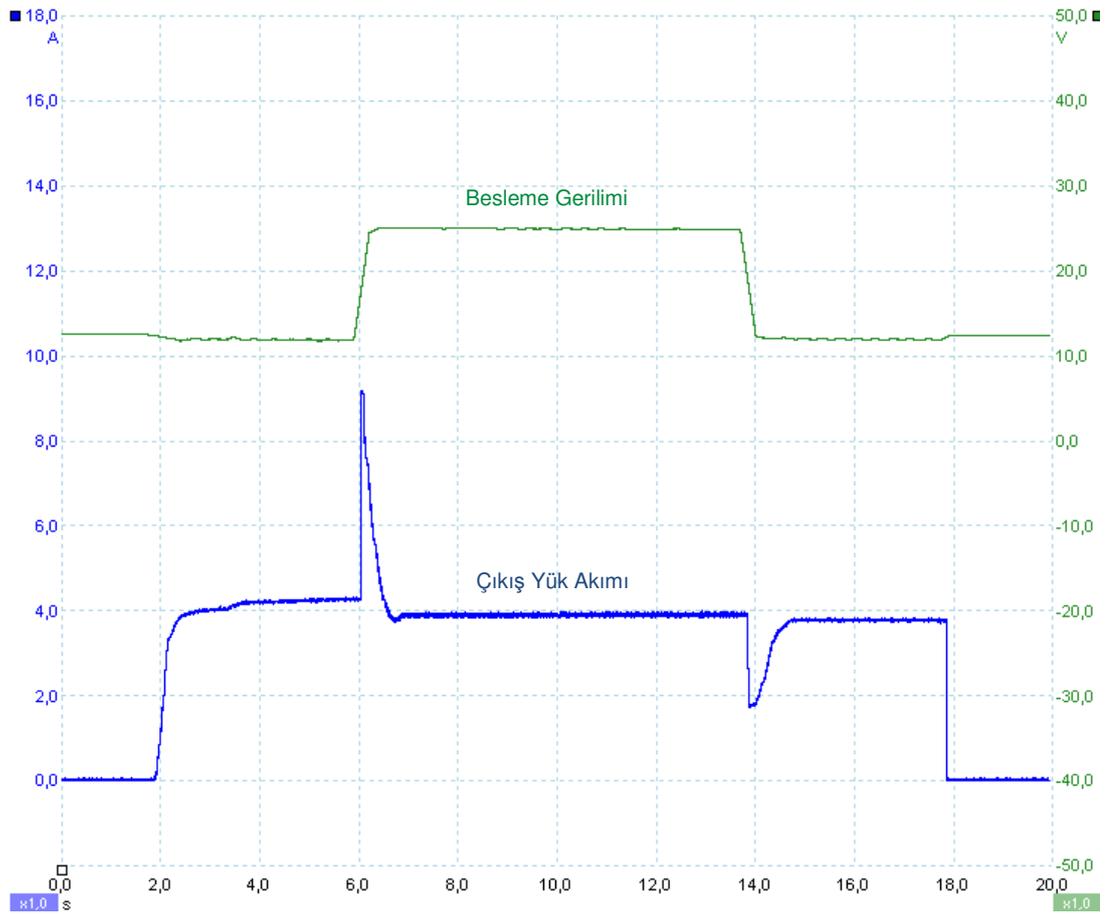
denetleyicisi azalan çıkış akımını artırarak ayarlanan 4A değerine sabitlemektedir.



Şekil 6.4. PI denetleyici kullanılırken değişik giriş gerilimi olması durumunda çıkış akımının değişim grafiği

Devreye sabit direnç yükü bağlı, PI denetleyici referans akım değeri 4A iken besleme geriliminin 12V-24V-12V değişimi yapıldığında çıkış akım eğrisi Şekil 6.4'de görüldüğü gibi elde edilmiştir. Burada 2. saniyede elektroliz işlemi başlamaktadır. 6.saniyede sistemin besleme gerilimi 12V'dan 24V'a çıkartılmıştır. Bu anda çıkış akımı ani olarak artmaktadır. PI denetleyici çıkış akımını kısa bir sürede istenen 4A'lik akım değerine getirmiştir. 14. saniyede besleme gerilimi tekrar 12V'a düşürülmüştür. Bu anda çıkış akımı ani olarak

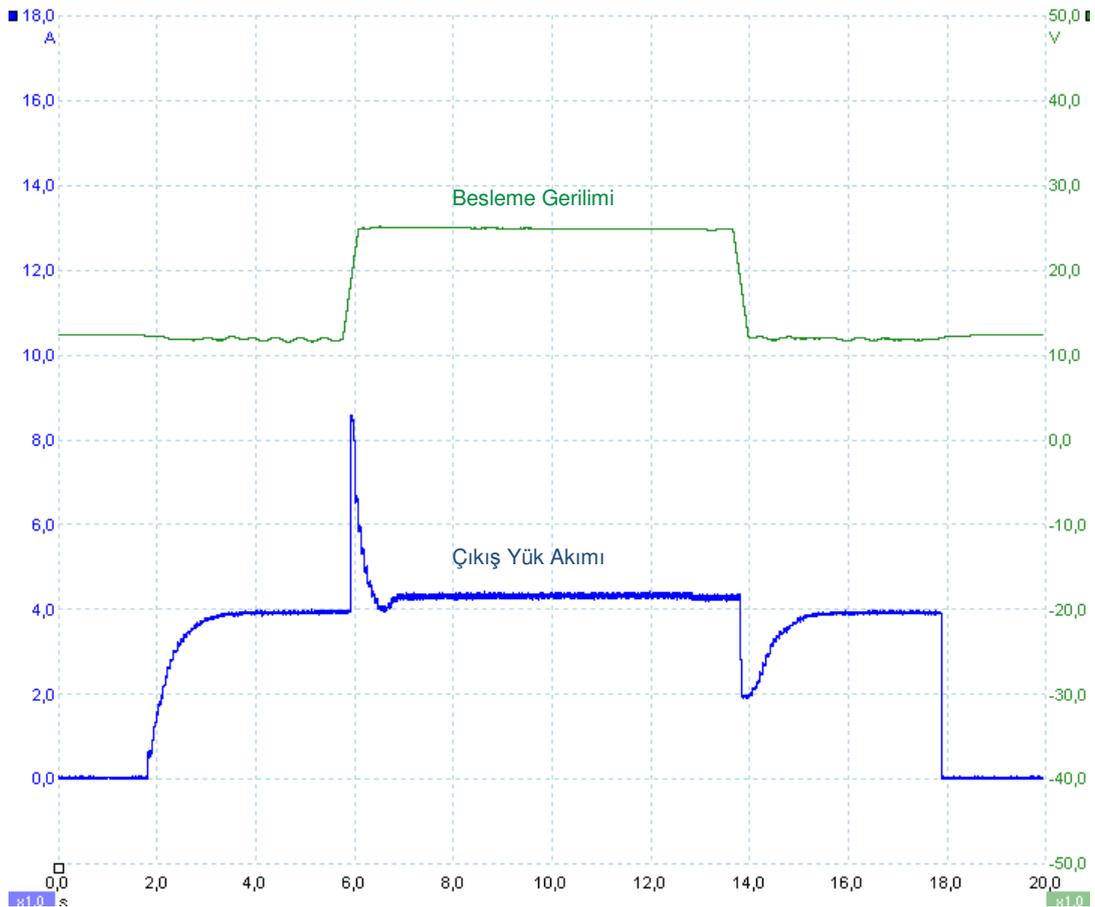
azalmaktadır. PI denetleyici azalan çıkış akımını artırarak ayarlanan 4A değerine sabitlemektedir.



Şekil 6.5. Bulanık mantık denetleyicisi kullanılırken elektroliz ortamında değişken giriş gerilimi olması durumunda çıkış akımının değişim grafiği

Devreye elektroliz düzeneği bağlı, Bulanık mantık denetleyici referans akım değeri 4A iken besleme geriliminin 12V-24V-12V değişimi yapıldığında çıkış akım eğrisi Şekil 6.5'da görüldüğü gibi elde edilmiştir. Burada 2. saniyede elektroliz işlemi başlamaktadır. 6.saniyede sistemin besleme gerilimi 12V'dan 24V'a çıkartılmıştır. Bu anda çıkış akımı ani olarak artmaktadır. Bulanık mantık denetleyicisi çıkış akımını kısa bir sürede istenen 4A'lık akım değerine getirmiştir. 14. saniyede besleme gerilimi tekrar 12V'a düşürülmüştür. Bu

anda çıkış akımı ani olarak azalmaktadır. Bulanık mantık denetleyicisi azalan çıkış akımını arttırarak ayarlanan 4A değerine sabitlemektedir.



Şekil 6.6. PI denetleyici kullanılırken elektroliz ortamında değişken giriş gerilimi olması durumunda çıkış akımının değişim grafiği

Devreye elektroliz düzeneği bağlı, PI denetleyici referans akım değeri 4A iken besleme geriliminin 12V-24V-12V değişimi yapıldığında çıkış akım eğrisi Şekil 6.6'de görüldüğü gibi elde edilmiştir. Burada 2. saniyede elektroliz işlemi başlamaktadır. 6.saniyede sistemin besleme gerilimi 12V'dan 24V'a çıkartılmıştır. Bu anda çıkış akımı ani olarak artmaktadır. PI denetleyici çıkış akımını kısa bir sürede istenen 4A'lik akım değerine getirmiştir. 14. saniyede besleme gerilimi tekrar 12V'a düşürülmüştür. Bu anda çıkış akımı ani olarak

azalmaktadır. PI denetleyici azalan çıkış akımını arttırarak ayarlanan 4A değerine sabitlemektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elektroliz yapmak için bulanık mantık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistem öncelikle bulanık mantık denetleyicisi ile denetlenmiştir. Dönüştürücü karşılaştırma yapmak için PI denetleyici ile de denetlenmiştir. Bulanık mantık denetleyicisi ve PI denetleyicileri çeşitli deneysel ortamlarda karşılaştırılmıştır.

Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 incelendiğinde sistem çıkışındaki değişken çıkış yükünde bulanık mantık denetleyici çıkış akımının PI denetleyiciye göre 0,4s daha hızlı istenilen değere ulaşmaktadır. Aynı zamanda bulanık mantık denetleyicinin çıkış akımındaki aşım oranı PI denetleyiciden %70 daha düşüktür.

Şekil 6.3 ve Şekil 6.4 incelendiğinde sistemin sabit çıkış yükünde değişken giriş gerilimi testlerinde, giriş besleme gerilimi arttığında bulanık mantık denetleyici çıkış akımını PI denetleyiciden 0,2s daha hızlı istenilen değere ulaştırmaktadır. Giriş besleme gerilimi azaltıldığında ise bulanık mantık denetleyici çıkış akımını PI denetleyiciden 0,8s daha hızlı istenilen değere ulaştırmaktadır. Besleme geriliminin yükselmesi durumunda PI denetleyici çıkış akımında kalıcı durum hatası oluşturmaktadır.

Şekil 6.5 ve Şekil 6.6 incelendiğinde sistem elektroliz ortamında kullanılırken besleme gerilimi değiştirildiğinde bulanık mantık denetleyici çıkış akımını PI denetleyiciden 0,5s daha hızlı istenilen değere ulaştırmaktadır. Besleme gerilimi yükselmesi PI denetleyici çıkış akımında kalıcı durum hatası vermektedir.

Deneysel çalışma sonucunda çıkış yük değişimlerinde ve giriş besleme değişikliklerinde bulanık mantık denetleyicinin çıkış akımını istenen değerde sabitlediği görülmektedir. Bulanık mantık denetleyici ile PI denetleyici

karşılaştırıldığında bulanık mantık denetleyicinin cevap verme süresinde daha hızlı, aşım oranının daha az olduğu görülmektedir. PI denetleyici farklı giriş gerilimi değerlerinde kalıcı durum hatası vermektedir. Elektroliz yapımında kullanılmak için bulanık mantık denetleyici alçaltıcı tip dönüştürücüde istenilen performansı göstermektedir.

Bulanık mantık denetimli DA-DA dönüştürücü elektroliz sistemini sabit akım sağladığından sabit hidrojen çıkışı temin edilmektedir. Bu özelliğinden dolayı sabit hidrojen gereksinimi olan yerlerde rahatlıkla bu sistem kullanılabilir.

Bu konuda bundan sonra yapılacak çalışmalarda, güneş enerjisinden elde edilen enerjiyi maksimum güç noktası izleyicisi ile denetleyip DA-DA dönüştürücünün girişine uygulayarak sistemin güneş enerjisini daha verimli kullanması sağlanabilir. DA-DA dönüştürücünün çıkışına bağlanacak elektroliz kabının zeki denetimi yapılarak elektroliz daha verimli hale getirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Yılkıran, N., "Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları ve Kullanım Potansiyeli", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü**, Ankara, 1-3 (2004).
2. Türk, İ., E., "Hidrojen Enerjisi", **Temiz Enerji Vakfı Yayınları**, Ankara, 2-24 (2001).
3. Arias, J., Arias, A., Gomariz, S., Guinjoan, F., "Generating design rules for buck converter-based fuzzy controllers", **IEEE International Symposium on Circuits and Systems, ISCAS '96., 'Connecting the World'.**, Atlanta, 1: 585-588 (1996).
4. Gomariz, S., Biel, D., Martinez, L., Guinjoan, F., Moreno, J.M., "Simple fuzzy controller for a buck converter, comparison with maximum current control technique", **23rd International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation, IECON 97, New Orleans**, 2:765-769 (1997).
5. Wu, C. C., Young, C. M., "A new PWM control strategy for the buck converter", **The 25th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON '99 Proceedings**, San Jose, 1: 157-162 1999. (Kon)
6. Alejo, D., Maussion, P., Faucher, J., "Multiple model control of a Buck dc/dc converter", **Mathematics and Computers in Simulation**, 63: 249-260 (2003).
7. Rubaai, A., Chouikha, M. F., "Design and Analysis Of Fuzzy Controllers For DC-DC Converters", **First International Symposium on Control, Communications and Signal Processing**, Tunisia 479 – 482 (2004).
8. Liping, G., Hung, J.Y., Nelms, R.M., "Experimental Evaluation Of a Fuzzy Controller Using a Parallel Integrator Structure For DCDC Converters", **Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2005**, Dubrovnik, 707- 713 (2005).
9. Seshachalam, D., Tripathi, R.K., Chandra, D., Kumar, A., "New Fuzzy logic Controller for a Buck Converter", **International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems, PEDES '06**, India, 1-3 (2006).

10. Liping, G., "Implementation Of Digital PID Controllers For DC-DC Converters Using Digital Signal Processors", **IEEE International Conference on Electro/Information Technology**, Chicago, 306-311 (2007).
11. Mohan, N., Undeland, T., M., Robbins, W., P., "Güç Elektroniği", Tuncay, N., Gökaşan, M., Boğosyan, S., **Literatür Yayıncılık Dağıtım**, İstanbul, 176-185 (2003).
12. Abut, N., "Güç Elektroniği Güç Yarı İletkenleri ve Dönüştürücüler", **Birsan Yayınevi**, 309-312 (2004).
13. Gürdal, O., "Güç Elektroniği", **Nobel Yayın Dağıtım**, Ankara, 255-259 2000.
14. Şahin, M. E., "Senkron Buck Dönüştürücü ile Elektroliz Olayının Gerçekleştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü**, Ankara, 1-30 (2006).
15. İbrahim, A., "Gömülü Sistemlerde Bulanık Mantık", Cervatoğlu, N., **Bileşim Yayınevi**, İstanbul, 53-65 (2004).
16. Kuo, B., C., "Otomatik Kontrol Sistemleri", Bir, A., **Literatür Yayınları**, Ankara 687-738 (1999).
17. Elmas, Ç., "Yapay Zeka Uygulamaları", **Seçkin Yayıncılık**, Ankara, 289-290 (2007).
18. Elmas, Ç., "Bulanık Mantık Denetleyiciler", **Seçkin Yayıncılık**, Ankara, 24-39 (2003).
19. Sivanandam, S., N., Sumathi, S., Deepa, S., N., "Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB", **Springer**, New York, 321-356 (2007).
20. Lin, B. R., Hua, C., "Buck/Boost Converter Control With Fuzzy Logic Approach", Industrial Electronics, **International Conference on Control, and Instrumentation, Proceedings of the IECON apos;93.**, Maui, 1342 – 1346 (1993).
21. So, W. C., Tse, C. K., Lee, Y. S., "An Experimental Fuzzy Controller For DC-DC Converters", **26th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, PESC '95 Record.**, Atlanta, 1339-1345 (1995).

22. So, W.C., Tse, C.K., Lee, Y.S., "Development Of a Fuzzy Logic Controller For DC DC Converters Design, Computer Simulation, And Experimental Evaluation", ***IEEE Transactions on Power Electronics***, 11: 24- 32, (1996).
23. Mattavelli, P., Rossetto, L., Spiazzi, G., Tenti, P., "General-purpose fuzzy controller for DC-DC converters", ***IEEE Transactions On Power Electronics***, 12 (1): 79-86 (1997).
24. Liping, G., Hung, J.Y., Nelms, R.M., "PID Controller Modifications To Improve Steady-State Performance Of Digital Controllers For Buck And Boost Converters", ***Seventeenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, APEC 2002.***, Dallas, 381-388 (2002).
25. Lee, C. C., "Fuzzy Logic in Control System: Fuzzy Logic Controller - Part 1", ***IEEE Transaction On Systems, Man, And Cybernetics***, 20 (2): 404-418,(1990).
26. Lee, C., C., "Fuzzy Logic in Control System: Fuzzy Logic Controller - Part 2", ***IEEE Transaction On Systems, Man, And Cybernetics***, 20 (2): 419-435,(1990).
27. Bay, Ö.F., Deperlioğlu, Ö. Elmas, C., "Fuzzy control of dc-dc converters based on user friendly design", ***International Journal of Electronics***, 90, 445-458, (2003).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : UYSAL, Ali
 Uyuşu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 22.04.1983 Bornova
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (505) 502 49 80
 e-mail : uysali@gmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üni./ Elektronik Öğrt. Bölümü	2006
Lise	Çınarlı Teknik Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2008-Halen	Karabük Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2007-2008	MEB	Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. UYSAL, A., BAY, Ö. F., "Elektroliz Yapmak İçin PI Denetimli Senkron Buck Dönüştürücü Tasarımı", IATS, **5th International Advanced Technologies Symposium**, Karabuk/TURKEY :186-190. (2009).
2. KAYNAKLI, M., UYSAL, A., KOÇAK, E., BAYIR, R., "Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretiminde Kullanılan Sabit Miknatıslı Alternatörlerin Arızalarının Tespiti İçin Bilgisayar Destekli Test Standı Üretimi", **RÜGES 2009, 2. Rüzgar Enerjisi Sempozyumu**, Samsun/TÜRKİYE, (2009)

Hobiler

Robotik, Bilgisayar teknolojileri, Masa tenisi