



LABVIEW TABANLI DENEY
MODÜLÜNDE DC MOTOR HIZ
KONTROLÜNÜN YAPAY SİNİR AĞLARIYLA
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ümit KÖK

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU

Elektrik Eğitimi

Nisan, 2012

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LABVIEW TABANLI DENEY MODÜLÜNDE DC MOTOR HIZ
KONTROLÜNÜN YAPAY SİNİR AĞLARIYLA
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Ümit KÖK

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU

Elektrik Eğitimi

Nisan, 2012

TEZ ONAY SAYFASI

Ümit KÖK tarafından hazırlanan “LabVIEW tabanlı deney modülünde dc motor hız kontrolünün yapay sinir ağlarıyla gerçekleştirilmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 16./04/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Elektrik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd.Doç.Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU

Başkan : Prof. Dr. Hasan ÇİMEN
Afyon Kocatepe Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU
Afyon Kocatepe Ü. Mühendislik Fakültesi, İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Said Mahmut ÇINAR
Afyon Kocatepe Ü. Mühendislik Fakültesi, İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Enstitü Müdürü
(Ünvanı, Adı ve Soyadı)

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım
bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

24/04/2012

Ümit KÖK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

LABVIEW TABANLI DENEY MODÜLÜNDE DC MOTOR HIZ KONTROLÜNÜN YAPAY SİNİR AĞLARIYLA GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Ümit KÖK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU

DC (Direct Current - Doğru Akım) motorları günümüzde gerek endüstriyel uygulamalarda gerekse günlük hayattaki birçok uygulamada oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüklerde meydana gelen dengesizlikler bu tür motorların kontrolünü zorlaştırmaktadır. Bu çalışmanın ilk aşamasında, DC motorlarının hız kontrolünü farklı yöntemlerle gerçekleştirebilmek ve bu yöntemleri karşılaştırmak amacıyla bir deney düzeneği tasarlanmıştır. Tasarlanan deney düzeneği bilgisayara bağlanabilir niteliktedir ve üzerinde yine bu tez çalışması kapsamında geliştirilmiş bir kontrol kartı ile bir veri toplama kartı mevcuttur. Düzenek sayesinde ölçülen parametreler bilgisayara aktarılmaktadır ve bilgisayar tarafından üretilen kontrol sinyalleri DC motora uygulanabilmektedir. Parametrelerin değerlendirilmesi ve kontrolör yapılarının tasarlanması işlemleri LabVIEW grafik programlama dili ve Matlab programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise kullanılan DC motorunun hız kontrolü için PID kontrolör ve YSA (Yapay Sinir Ağı) tabanlı bir kontrolör tasarlanmıştır. YSA yapısı hem Matlab hem de LabVIEW programlarında oluşturulmuştur.

Düzenek sayesinde ölçölüp kaydedilen veriler Matlab'ta oluşturulan YSA yapısında eğitilmiş ve YSA'nın parametreleri (Sinir Hücrelerinin Ağırlıkları) LabVIEW yazılımında gerçekleştirilmiş olan YSA yapısına uygulanmıştır. Bu sayede farklı yüklenme durumları için gerekli kontrol parametreleri hesaplanmıştır. Tasarlanan YSA kontrolör yapısı PID kontrolör ile gerçek zamanlı olarak karşılaştırılmış ve kontrolörlerin performansları tartışılmıştır.

2012, xii + 65 sayfa

Anahtar Kelimeler: LabVIEW, 18F4550, USB, DC motor, YSA, PID, LEM LA-55, CCS C, PID kontrolör

ABSTRACT
M.Sc Thesis

**SPEED CONTROL OF DC ENGINES USING LABVIEW-BASED EXPERIMENTAL
SETUP WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

Ümit KÖK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical Education

Supervisor:

Assist. Prof. Dr. Fatih HOCAOĞLU

DC (Direct Current) Engines have been used in widespread applications not only in industry but also in everyday life. Un-stationary situations observed at the loads complicate the control of DC engines. In this thesis an experimental setup is designed to realize the control of DC engines by different methods and to compare these methods as a first step. The experimental setup is able to be connected with personal computers (PC). It includes a control card and a data acquisition card that are designed within this study, besides. The data measured and collected are transferred to the PC, evaluated by controller structure and necessary control signals are transferred to the DC engine by the help of this experimental setup. Controller design and data evaluation operations are carried out using LabVIEW (graphical programming language) and Matlab software's. At the second step of the study, An Artificial Neural Network (NN) based controller and a PID controller is designed for speed control of a DC engine. NN structure is formed not only at Matlab but also at LabVIEW environments. Measured and collected data are transferred to PC via experimental setup and presented to NN structure formed at Matlab environment.

The ANN structure is trained and final values of neuron weights are obtained. Following, these weights are entered to the NN structure formed at LabVIEW environment. Finally, real time control is applied to DC engine. To compare the performance of NN controller a PID based controller is designed, besides. All results are compared, discussed and presented.

2012, xii + 65 pages

Key Words: LabVIEW, 18F4550, USB, DC motor, YSA, ANN, PID, LEM LA-55, CCS C, PIC Controllor

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanlarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatih HOCAOĞLU ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Said Mahmut ÇINAR'a her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma, aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Ümit KÖK

AFYONKARAHİSAR, 2012

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. DONANIMSAL ÇALIŞMALAR:	4
2.1 Kontrol Kartı	4
2.2 Yük Motoru	5
2.3 DC Motor ve Yapısı.....	6
2.3 Kademeli Yük Değiştirme ve Veri Okuma Kartı	7
3. MATERYAL ve METOD	9
3.1 USB 2.0 Port Haberleşmesi.....	9
3.2 PIC 18F4550 ve ÖZELLİKLERİ	10
3.3 LMD18200T Motor Sürücü Entegresi.....	11
3.4 LA-55 Akım ve Gerilim Transdüseri.....	12
4. YAZILIMSAL ÇALIŞMALAR.....	15
4.1 Ara Yüz 1.Bölüm.....	16
4.2 Ara Yüz 2.Bölüm.....	16
4.3 Ara Yüz 3.Bölüm.....	18
4.4 Ara Yüz 4. Bölüm.....	19
4.5 Ara Yüz 5. Bölüm.....	20
5. KONTROLÖR TASARIMI	21
5.1 PID Kontrolör Tasarımı	21
5.1.1 Ziegler – Nichols Metodu	23
5.2 Yapay Sinir Ağı Kontrolör Tasarımı:	25
5.2.1 Sinir Hücresi.....	30
5.2.2 Yapay Sinir Hücresi.....	32
5.2.2.1 Girişler	33

5.2.2.2 Ağırlıklar	34
5.2.2.3 Birleştirme Fonksiyonu.....	34
5.2.2.4 Aktivasyon Fonksiyonu	34
5.2.2.4.1 Doğrusal Fonksiyon.....	35
5.2.2.4.2 Basamak Fonksiyonu.....	36
5.2.2.4.3 Kutuplamalı Basamak Fonksiyonu.....	36
5.2.2.4.4 Parçalı Doğrusal Fonksiyon	37
5.2.2.4.5 Sigmoid Tipi Fonksiyon	38
5.2.2.4.6 Tanjant Hiperbolik Tipi Fonksiyonu	39
5.2.2.4.7 Sinüs Tipi Fonksiyon.....	39
5.2.2.5 Çıktılar	40
5.2.3 Yapay Sinir Ağı Yapısı	40
5.2.4 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması	41
5.2.4.1 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları	41
5.2.4.2 Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları.....	42
5.2.5 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme ve Öğrenme Yöntemleri.....	42
5.2.5.1 Öğrenme Türleri	42
5.2.5.1.1 Öğreticili (Denetimli) Öğrenme	43
6. KONTROLÖR SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	47
6.1 Hedef Hız Değeri 20 d/dak.....	48
6.2 Hedef Hız Değeri 40 d/dak.....	49
6.3.Hedef Hız Değeri 60 d/dak.....	50
6.4 Hedef Hız Değeri 70 d/dak.....	51
6.5 Hedef Hız Değeri 75 d/dak.....	52
6.6 Hedef Hız Değeri 80 d/dak.....	53
6.7 Hedef Hız Değeri 85 d/dak.....	54
6.8 Hedef Hız Değeri 90 d/dak.....	55
6.9 Hedef Hız Değeri 95 d/dak.....	56
7. SONUÇ ve BULGULAR.....	58
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ	62
EK-1	63

EK-2.....	64
EK-3.....	65

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

V+	Pozitif gerilim
V-	Negatif gerilim
mA	Mili amper
Ms	Mili saniye
SW	Local Değişken
d/dak	Devir / Dakika
P	Oransal
I	Integral
D	Türev
C(s)	Pid transfer fonksiyonu
Kc	LabVIEW oransal değişken
Ti	LabVIEW integratif değişken
Td	LabVIEW türevsel değişken
W	Kontrolör çıkışı
SP	Set Point
Y	Hedef Hız
d+	Geçerli hız değerine eklenmesi gereken
Sp1	Set point 1
Sp2	Set point 2
X	Yapay sinir ağı giriş değeri
FNET	Aktivasyon fonksiyonu çıkış değeri
NET Toplam	Ağırlık ve Giriş çarpımlarının toplamı
Σ	Birleştirme fonksiyonu
y(v)	Yapay sinir ağı çıkışı
θ	Yapay sinir ağı eşik değeri
Xi	Toplam giriş değerleri
Wi	Toplam ağırlık değerleri
A	
∞	Sonsuz değer

Kısaltmalar

YSA	Yapay Sinir Ağı
ANN	Artificial neural network
PID	Proportional–integral–derivative controller
DAQ	Data acquisition
PWM	Pulse width modulation
LCD	Liquid crystal display
USB	Universal Serial Bus
DC	Direct Current
RS232	Poliakrilamid jel elektroforez
NRZI	Non-return to Zero Inverted
PIC	Programmable Interface Controller
RMSE	Read Mean Square Error

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Sistem kontrol şeması.....	4
Şekil 2.2 Kontrol kartı.....	5
Şekil 2.3 DC motor miline bağlanan yük motoru.....	5
Şekil 2.4 Doğru akım motoru eş değer devresi	6
Şekil 2.5 Yük kontrol ve Veri okuma kartı	8
Şekil 3.1 DC motor kontrol kartı ve veri okuma ara kartı.....	9
Şekil 3.2 LMD18200T entegresinin Dc Motora bağlantısı.....	12
Şekil 3.3 LEM LA 55-P akım okuma transdüseri	12
Şekil 3.4 LEM LA 55-P Transdüserinin Gerilim okuma bağlantısı.....	13
Şekil 3.5 LEM LA 55-P Transdüserinin Akım okuma bağlantısı	13
Şekil 3.6 Analog sinyallerin yükselteç devresi.....	14
Şekil 3.7 Yük kademesi değişim şeması	14
Şekil 4.1 Ara yüz programı	15
Şekil 4.2 Motor Kontrol Paneli.....	16
Şekil 4.3 Hedef Hız ve Kademeli Yük Değişim paneli	17
Şekil 4.4 Yük Kontrol Bölümü.....	17
Şekil 4.5 Veri Alma – Kaydetme paneli	18
Şekil 4.6 Veri Alma ve Verileri kaydetme bölümü	19
Şekil 4.7 Grafik izleme paneli	20
Şekil 5.1 LabVIEW PID(DBL) toolbox.....	22
Şekil 5.2 PID kontrolör tasarımı.....	23
Şekil 5.3 Otomasyon Sistem Bölümü	24
Şekil 5.4 Yüksüz durum için motor ve YSA parametreleri grafiği	26
Şekil 5.5 Hafif yük durumu için motor ve YSA parametreleri grafiği	26
Şekil 5.6 Orta yük durumu için motor ve YSA parametreleri grafiği	27
Şekil 5.7 Tam yük durumu için motor ve YSA parametreleri grafiği	28
Şekil 5.8 Biyolojik Sinir.....	31
Şekil 5.9 Biyolojik Sinir.....	32
Şekil 5.10 Örnek Yapay Sinir Ağı Tasarımı	33
Şekil 5.11 Doğrusal Fonksiyon	35

Şekil 5.12 Basamak Fonksiyonları	36
Şekil 5.13 Tek kutuplamalı basamak fonksiyonu.....	37
Şekil 5.14 Çift kutuplamalı basamak fonksiyonu.....	37
Şekil 5.15 Parçalı doğrusal fonksiyon.....	38
Şekil 5.16 Sigmoid Fonksiyonus	38
Şekil 5.17 Tanjant Hiperbolik Tipi Fonksiyonu.....	39
Şekil 5.18 Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu	39
Şekil 5.19- Çok katmanlı bir yapay sinir ağı.....	40
Şekil 5.20 İleri beslemeli yapay sinir ağı.....	41
Şekil 5.21 Geri beslemeli yapay sinir ağı.....	42
Şekil 5.22 Öğreticili öğrenme sistemi.....	43
Şekil 5.23 2 giriş, 1 çıkışlı YSA yapısı.....	44
Şekil 5.24 LabVIEW ortamında Yapay Sinir Ağı tasarımı.....	45
Şekil 5.25 LabVIEW’de YSA blok yapısı	46
Şekil 6.1 Hedef hız değeri 20 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi	48
Şekil 6.2 Hedef hız değeri 20 d/dak PID yapısının sisteme etkisi.....	49
Şekil 6.3 Hedef hız değeri 40 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi	49
Şekil 6.4 Hedef hız değeri 40 d/dak PID yapısının sisteme etkisi.....	50
Şekil 6.5 Hedef hız değeri 60 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi	50
Şekil 6.6 Hedef hız değeri 60 d/dak PID yapısının sisteme etkisi.....	51
Şekil 6.7 Hedef hız değeri 70 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi	51
Şekil 6.8 Hedef hız değeri 70 d/dak PID yapısının sisteme etkisi.....	52
Şekil 6.9 Hedef hız değeri 75 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi	52
Şekil 6.10 Hedef hız değeri 75 d/dak PID yapısının sisteme etkisi.....	53
Şekil 6.11 Hedef hız değeri 80 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi	53
Şekil 6.12 Hedef hız değeri 80 d/dak PID yapısının sisteme etkisi.....	54
Şekil 6.13 Hedef hız değeri 85 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi	54
Şekil 6.14 Hedef hız değeri 85 d/dak PID yapısının sisteme etkisi.....	55
Şekil 6.15 Hedef hız değeri 90 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi	55
Şekil 6.16 Hedef hız değeri 90 d/dak PID yapısının sisteme etkisi.....	56
Şekil 6.17 Hedef hız değeri 95 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi	56
Şekil 6.18 Hedef hız değeri 95 d/dak PID yapısının sisteme etkisi.....	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge.3.1. PIC 18F4550 ve Özellikleri	11
Çizelge.4.1. Kademeli yük değişim tablosu	17
Çizelge.5.2. Ziegler – Nicols Katsayıları	23
Çizelge.5.3 Dc Motorun yüksük çalışma parametreleri	29
Çizelge.5.4. Matlab ortamında eğitilen ağ sonuçları	45
Çizelge.6.1. Ağır yük durumuna göre RMSE tablosu	47

1. GİRİŞ

DC motorların kontrolü gelişen teknoloji ile birlikte her geçen gün daha basit, daha kolay ve kullanışlı bir hale gelmiş özellikle endüstri alanlarında ve robotik sistemlerde kullanımı çok yaygınlaşmıştır.

DC motorları yüksek performanslı motor sürücü sistemlerinde ve birçok endüstriyel uygulamada tercih edilen bir seçenek haline gelmiştir (Plett, 2003). Güç elektroniği ve mikroişlemciler motor sürücülerinin dijital kontrollerinde kullanılarak daha ön plana çıkmıştır. DC / AC motorlar için dijital kontrol stratejileri ile Mikro-bilgisayar tabanlı kontrol sistemleri, kullanım alanı en geniş alan olarak görmektedir. Ancak, geleneksel kontrol sistemlerinin (oransal-integral denetleyici gibi) bazı sınırlamaları vardır. Sistem parametreleri değiştiği zaman iyi bir hızda tepki elde edilemez (Seo and Lee, 1996). Bir takım zorluklarla ve son derece doğrusal olmayan yapılar ile aynı anda karşılaşabilir. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak için, DC motorun çalışması için gerekli olan parametreler (Hız, Akım, Gerilim ve Yük Durumu bilgileri) tasarlanan bir deney düzeneği yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar ileriki çalışmalarda kullanılabilir nitelikte olup DC motorun yük dengesizliği, durumunda meydana gelebilecek zorlanmalara daha hızlı tepki vererek daha kararlı çalışabilmesine olanak verilmiştir.

Daha önceki çalışmalarda AC Servo motora yapay sinir ağlarının performansa etkisi Matlab ve LabVIEW programlarının hibrit çalışması uygulanıp, çalıştırılmıştır (Hong Horng, 2008). Başka bir çalışmada ise DC motor hız kontrol sistemine, yapay sinir ağlarının uyarlanması ile matematiksel ve program tabanlı olarak modellenmiştir (Minkova et al., 1998). Lineer olmayan bir DC motor sürücüsüne yapay sinir ağlarının adaptif kontrolü uygulanmıştır. DC motor hız kontrolü, DAQ veri toplama kartının elde ettiği veriler, C++ yazılım dili ile yazılan ara yüz programına aktarılıp, yapay sinir ağı kontrolörünün hız performansına etkisi incelenmiştir (Khaled *et al.*, 2007). Bu çalışmalarda ve benzerlerinde gerçek zamanlı bir kontrol gerçekleştirilmemiş olup kontrol işlemi benzetimlerle sağlanmıştır.

Bu çalışmada ise Dc Motor hız kontrol performansının incelenmesi üç aşamaya ayrılmıştır. İlk aşamada bir veri toplama kartı olarak tasarlanmıştır. Bu kart sayesinde Dc Motor'a ait parametreler toplanmış ve Usb port aracılığı ile bilgisayarda yazılmış olan ara yüz programına aktarılmıştır.

Usb port kullanılmış olması nedeniyle veri aktarma hızı ve sistemin cevap verme süresi oldukça hızlıdır. İkinci aşamada ise bilgisayarda grafik programlama dili olarak bilinen LabVIEW programı kullanılarak bir ara yüz tasarlanmıştır.

Tasarlanan ara yüz önceki çalışmalara göre kullanımı daha kolay ve veri toplama mantığına paralel çalışmasından dolayı PID veya YSA kontrolör yapıları Dc motoru daha kararlı yapmayı hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilecek niteliktedir. Burada PID ve YSA kontrolörlerinin Dc motorun hız performansına etkisinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Üçüncü aşamada ise YSA'nın eğitimi için Matlab programında eğitilen ağın aynısı LabVIEW programı ortamında da oluşturulmuştur. Kontrolör yapıları ara yüz programı içerisinde tasarlandığı için karar verme süreci bilgisayar işlemcisi tarafından sağlanmaktadır. Bu sayede karar verme süreci hızlı bir şekilde işletilmekte ve bu sayede sistemin Dc Motor'a tepkisi hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. DC motorların bu şekilde sistematik kontrolü sağlanabilir ve kullanım alanlarına göre çeşitli elektronik devreler tasarlanabilir.

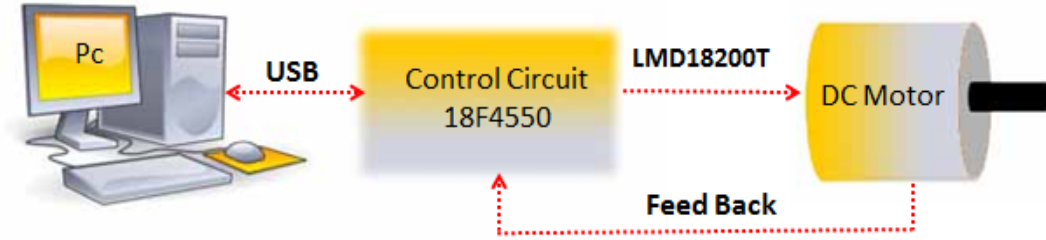
DC motorları direkt olarak mikro denetleyici çıkışı ile sürülemezler Bu nedenle içerisinde bazı transistörlü sürücü devreleri barındıran motor sürücü entegresi (LMD18200T) kullanılmaktadır. Bu entegre ile uygulamada PWM hız kontrol girişi kullanılarak motorun pozisyon ve hız kontrolü yapılmıştır. Gerekli hız bilgisini motora gönderdikten sonra motorun hangi devirle döndüğünü öğrenmek için motor miline bağlı devir ölçer sistemi (enkoder) kullanılmıştır. Micro denetleyici enkoder devresine göndereceği pals sayısını LCD ve LabVIEW ara yüz programında hız bilgisi olarak göstermektedir. Motorun çekmiş olduğu akım ve gerilim değerleri de transdüserler aracılığıyla analog veri olarak LabVIEW ara yüz programı ile okunmaktadır.

DC motor kontrollerinde mikro denetleyiciler oldukça kullanışlıdır. Bu nedenle ve uygulamada donanımsal özellikleri bakımından yeterli donanıma sahip olması nedeniyle bu çalışmada PIC18F4550 mikro denetleyicisini tercih edilmiştir. CCS C programı ile yazılan programda mikro denetleyici haberleşme protokolü kullanılarak bilgisayarın USB portu üzerinden haberleşmesi sağlamıştır. Bilgisayar tabanlı DC motor kontrolü daha başka programlama dilleri, farklı mikro denetleyiciler ve farklı devreler ile de yapılabilir. Bu proje tez çalışması ile LABVIEW grafik programlama dilinin diğer programlara göre sisteme cevap verme hızını ve DC motorun dengesizliklere karşı kısa sürede kararlı çalışması amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde donanımsal çalışmalar yaparak DC Motor hız, yön kontrolünü yapabilen ve aynı zaman da bilgisayar ile bağlantısını kurabilen bir ara kontrol kartı tasarlandı. Ayrıca Dc Motor parametrelerini okuyabilmesi için ara kontrol kartına ek olarak veri toplama kartı tasarlandı. İkinci bölüm uygulama esnasında kullanılan elektrik, elektronik ve mekanik malzemelerin detaylı anlatımı ve ne amaçla kullanıldığı anlatılmıştır. Üçüncü bölümde yazılım çalışmaları olarak ele alınmış LabVIEW programının uygulamadaki işlevi ve tasarlanan ara yüz programının kullanımı anlatılmıştır. Dördüncü bölümde kontrolör sistemlerinin tasarımı PID ve YSA'nın uygulamadaki önemi detaylıca anlatılmıştır. Ayrıca kontrolör yapılarının LabVIEW programına nasıl entegre edildiği ve çalışma prensipleri anlatılmıştır. Beşinci bölümde DC Motor performansına etki eden kontrolör yapılarının karşılaştırılması ara yüz programından elde edilen grafik parametreleri ile yapılmıştır. Altıncı bölümde ise bu uygulama ile elde etmiş olduğumuz sonuç ve bulgular yer almaktadır.

2. DONANIMSAL ÇALIŞMALAR:

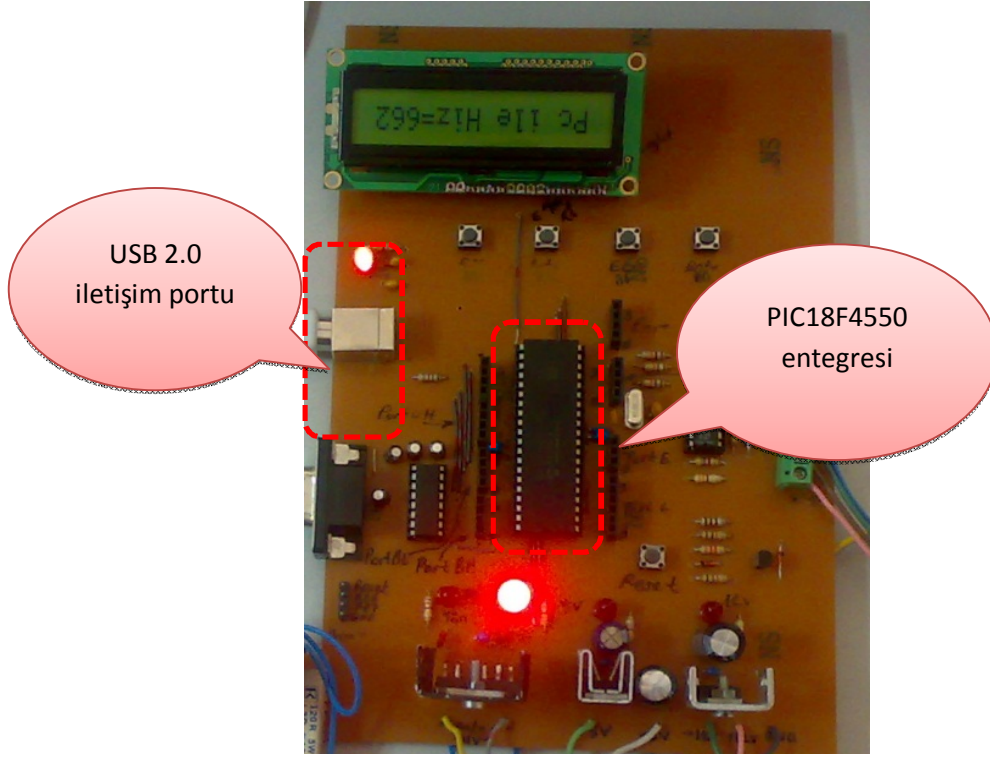
Çalışmada Şekil 2.1'deki gibi DC motor bir mikro denetleyici (PIC18F4550) tarafından ve aynı zamanda bilgisayarda LABVIEW grafik programlama dili ile oluşturulan kumanda panelinden kontrol edilmesi sağlanmaktadır. Bu kontrolün sağlanması için aşağıdaki donanımsal çalışmalar yapılmıştır.



Şekil 2.1 Sistem kontrol şeması

2.1 Kontrol Kartı

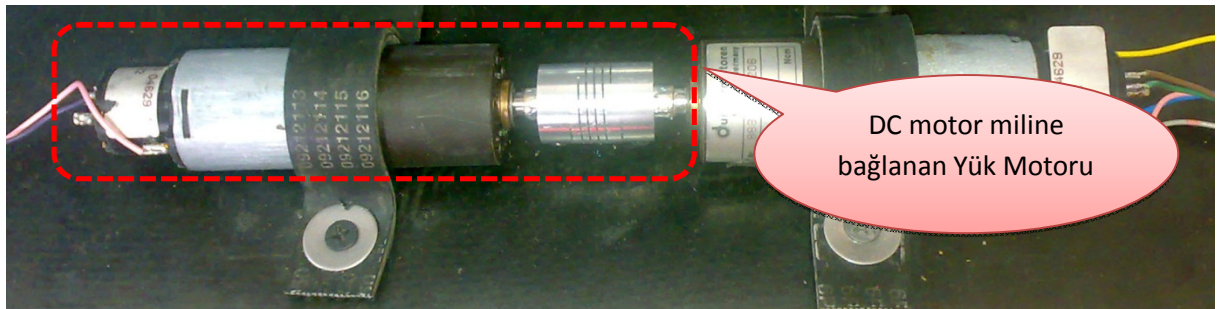
(Şekil 2.2) Bu çalışmada kontrol kartı işlemcisi olarak PIC18F4550 entegresi kullanıldı. Kontrol kartının bilgisayar ile iletişimi USB port ile sağlanmıştır. Bilgisayardan gelen verilere göre kontrol işlemini gerçekleştiren kontrol kartı, işlemci içerisindeki yazılım ile verileri işler. Veri sonucuna göre LMD18200T entegresi ile Doğru akım motorunun hız ve yön kontrolü sağlanmaktadır. 18F4550 entegresi ve USB port özellikleri materyal ve metot bölümünde anlatılacaktır.



Şekil 2.2 Kontrol kartı

2.2 Yük Motoru

Dunker firmasının üretmiş olduğu ikinci bir DC motor (Şekil 2.3) kaplin aracılığıyla motor millileri birbirine bağlanmıştır. Buradaki amaç DC motoru düzenli ve kademeli olarak yüklemektir.

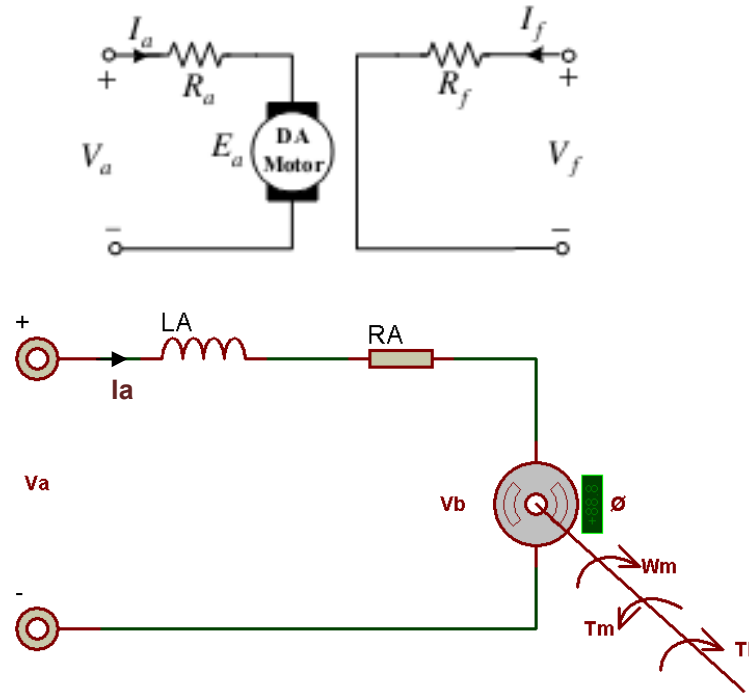


Şekil 2.3 DC motor miline bağlanan yük motoru

2.3 DC Motor ve Yapısı

Yüksek performans ve kolay kontrol edilebilen ve geniş kullanım alanına sahip, endüstride ayarlanabilir hız ve hassas konumlandırma uygulamalarında oldukça yaygındırlar. Doğru akım motoru, doğru akım elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren elektrik makinesidir. Doğru akım motoru, içinden akım geçen iletkenin manyetik ortam dışına itilmesi prensibine göre çalışır. Motorlarda manyetik alanı endüktör oluşturmaktadır. İçinden akım geçen iletkenler ise endüvi üzerinde bulunur.

Doğru akım motoru temelde birbirinden bağımsız iki sargı bulunmaktadır. Bunlardan birisi manyetik alanın oluşmasını sağlayan ve statorda bulunan uyarma sargısıdır. Diğeri ise rotora yerleştirilmiş, kollektör ve fırçalar yardımı ile beslenerek manyetik motor kuvvetini oluşturan sargıdır. Burada iki sargının birbirinden bağımsız beslenmesi kontrol açısından kolaylık sağlamaktadır. DA motorlarının genel kontrol prensipleri temel ilişkilerden elde edilmektedir. Şekil 2.4' de bir DA motoruna ait eşdeğer devre verilmiştir.



Şekil 2.4 Doğru akım motoru eş değer devresi

Bu eşdeğer devrede;

Ra : Armatür direnci

La : Armatür endüktansı

Ia : Armatür akımı

Va : Uygulanan giriş gerilimi

Vb : Zıt elektromotor gerilimi

Ø : Hava aralığı akısı

Ki : Moment sabiti

Kb : Zıt elektromotor sabiti

TL : Yük momenti

Tm : Motor momenti

Wm : Rotor açısal hızı

Øm : Rotorun açısal konumu

Jm : Motor eylemsizliği

Bm : Viskoz sürtünme katsayısı

Endüvi gerilimi veya zıt elektro motor kuvveti. Eşitlik 2.1 ile tanımlanır.

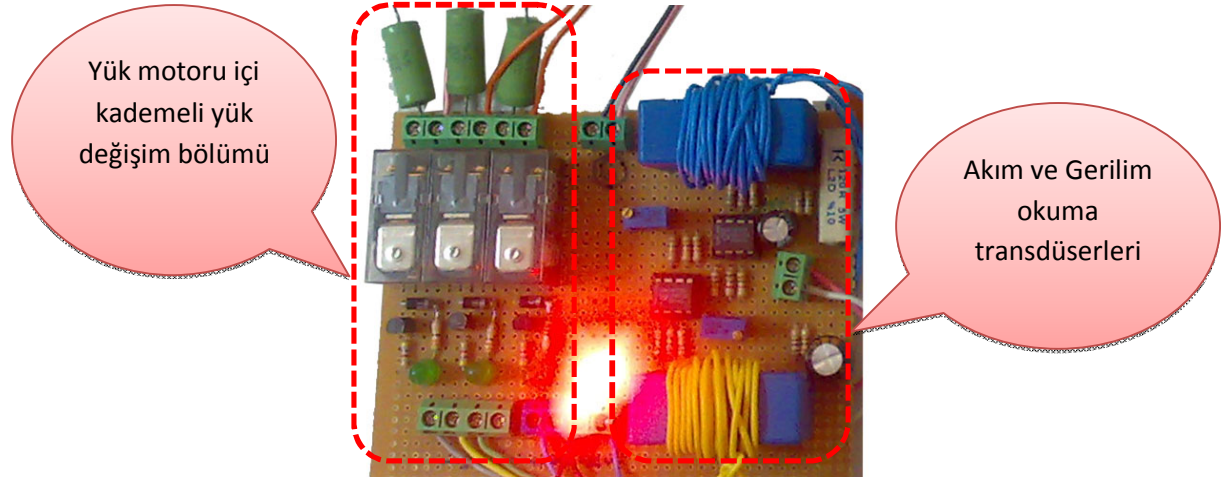
$$Ea = Va - Ia.Ra \quad (2.1)$$

Doğru akım motorları, değişken kolay hız değiştirme özelliklerine sahip olduğundan hızın kontrol edilmesi istenen yerlerde kullanılırlar. Yüksek yol alma momenti sağladığından, hız kontrolü geniş aralıklarda yapılır. Endüstride doğru akım motorlarını kontrol edebilmek için birçok sürücü sistemi vardır. Bu çalışmada mikro denetleyici tabanlı sürücü sistemi kullanılmıştır. Bu sürücü sisteminde istenilen gereksinimler kolayca karşılanabilir ve sistemde istenilen özelliklerin değişmesi durumunda bütün kontrol sisteminin yeniden tasarlanıp değiştirilmesi yerine mikro işlemci içerisindeki programı güncellemek yeterli olabilmektedir.

2.3 Kademeli Yük Değiştirme ve Veri Okuma Kartı

DC motorun çekmiş olduğu akım ve gerilim değerlerini okuyarak mikro denetleyici aracılığıyla bilgisayardaki ara yüz programına aktarılan motor verileri Lem firmasının üretmiş olduğu akım transdüserleri ile alınmıştır. Akım transdüserleri materyal ve metot bölümünde detaylıca anlatılmaktadır. Kademeli yük değiştirme ve veri okuma kartı (Şekil 2.5) kontrolü

ara kontrol kartı ile yapılmakta, transdüserlerden alınan sinyaller op-amp devreleri aracılığıyla yükseltilmiştir. Yükseltile analog sinyaller mikro denetleyiciye gönderilir. Yük kontrol kısmı ise ara yüz otomasyon sistemine bağlı olup, ara yüz programı kontrolünde yükler devreye alınıp çıkarılmaktadır. Kart tasarımında kullanılan malzemelerin görevi ve çalışma prensipleri materyal ve metot bölümünde detaylıca anlatılacaktır.



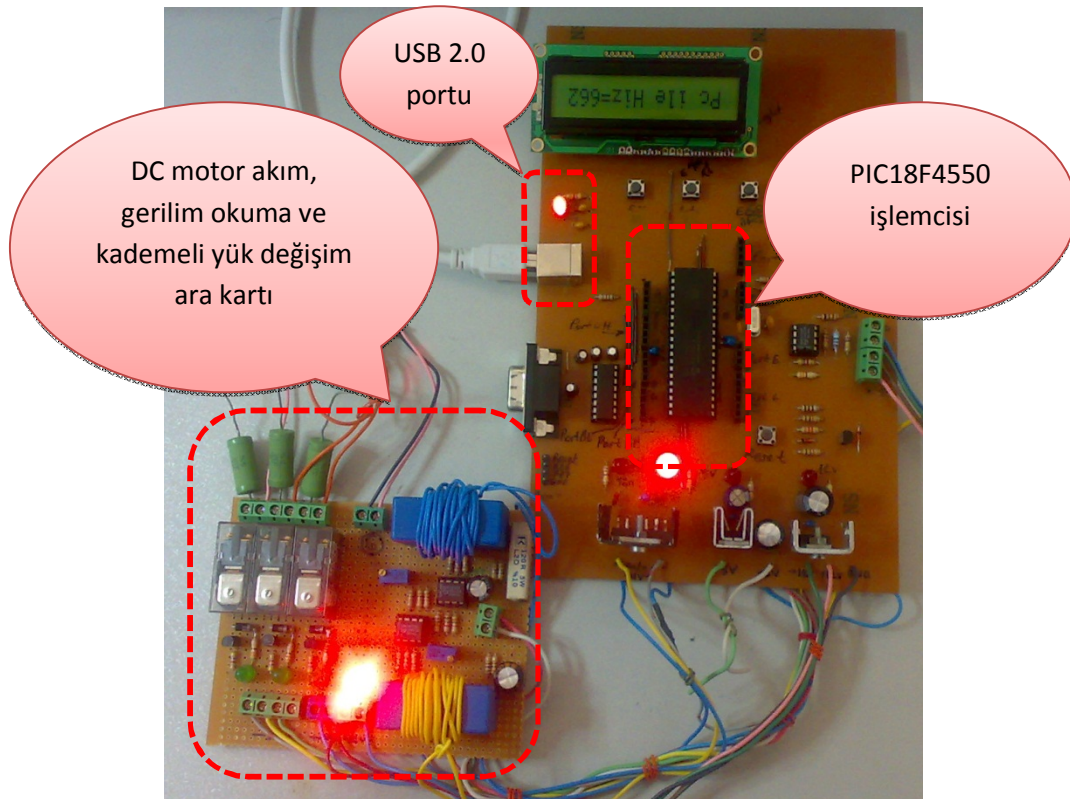
Şekil 2.5 Yük kontrol ve Veri okuma kartı

3. MATERYAL ve METOD

3.1 USB 2.0 Port Haberleşmesi

USB, İngilizce "**Universal Serial Bus**" kelimesinin kısaltmasıdır. USB'nin Türkçesi "*Evrensel Seri Veri yolu*" dur. USB dış donanımların bilgisayar ile bağlantı kurabilmesini sağlayan seri yapıyla bir bağlantı biçimidir. USB 2.0, 480 Mbps bant genişliği sunabilen USB sürümüdür. Standart bir usb 2.0 veri yolu 5.00 volt, 500ma çıkış verir. Evrensel seri veri yolu, çevre birimlerinin bilgisayara takıldıkları anda tanınıp otomatik çalışmalarını sağlamaktadır. Yani PnP'dir. Bu yolla 127 tür cihazı çalıştırma imkânı vardır, ek aparatlarla tek porta birden fazla cihaz bağlanabilir. USB basit bir dört telli bağlantıdır. Veri kodlamasına NRZI (Non-return to Zero Inverted) denir (Wikipedia, 2012).

USB portun haberleşme hızı seri port haberleşme sisteminden hızlı ve kullanımı ergonomik olduğundan uygulamada USB port modülü kullanıldı. Kontrolörün geri dönüşüm (feedback) hızı uygulamada önemli olduğundan USB 2.0 veri portu seçimi yapılmıştır.



Şekil 3.1 DC motor kontrol kartı ve veri okuma ara kartı

Yenilenen işlemci ile veri tarama hızı öncesine göre artarak işlemci USB port üzerinden (Şekil 3.1).bilgisayar ile haberleşerek kontrolör yapısının sağlıklı ve hızlı bir şekilde çalışmasını sağlandı.

3.2 PIC 18F4550 ve ÖZELLİKLERİ

PIC18F4550, Mikrochip Technology firması tarafından üretilen en gelişmiş mikro denetleyicilerden biridir. PIC18F Tam Hız ailesi olarak adlandırılan gruptaki PIC18F2455/2550/4455/4550 mikro denetleyicilerden biri olan PIC18F4550, birçok özelliğiyle (Çizelge 3.1) kendi üretim grubundaki mikro denetleyicilerden de üstündür. PIC18F Tam Hız ailesi mikro denetleyiciler çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Üstünlükleri;

- Tam Hızlı USB 2.0 (12Mbit / s) arabirimi
- 1K byte Çift Port RAM + 1K bayt GP RAM
- Tam Hız Alıcı - Verici
- 16 bitiş (IN / OUT)
- Gerçek Zamanlı Bağlantı Noktası
- İç dirençleri Pull Up (D + / D-)
- 48 MHz performans (12 MIPS)
- PIC16C7X5 ile pin uyumlu

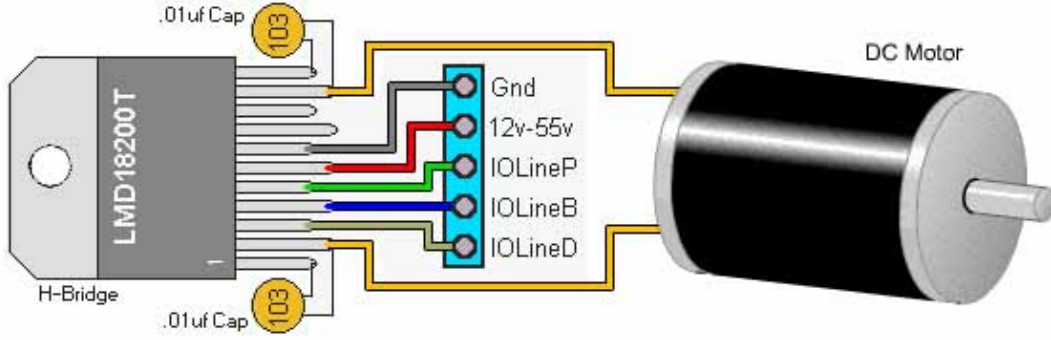
Çizelge.3.1. PIC 18F4550 ve Özellikleri

Parametre Adı	Değer
Program Hafıza Tipi	Flaş
Program Memory (KB)	32
İşlemci Hızı (MIPS)	12
RAM Bytes	2.048
Veri EEPROM (bayt)	256
Dijital İletişim Çevre Birimleri	1-A/E/USART, 1-MSSP (SPI/I2C)
Capture / / PWM Çevre Birimleri Karşılaştır	1 CCP, 1 ECCP
Zamanlayıcılar	1 x 8-bit, 3 x 16-bit
ADC	13 kanal, 10-bit
Karşılaştırıcılar	2
USB (ch, hız, uygunluk)	1, Full Speed USB 2.0,
Sıcaklık Aralığı (C)	-40 – 85
Çalışma Voltaj Aralığı (V)	2-5,5
Kont Pin	40

* (<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010300>)

3.3 LMD18200T Motor Sürücü Entegresi

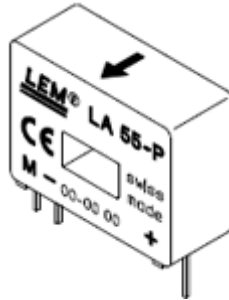
Deney modülünde kullanılan motor sürücü entegresi maksimum 55 volt ve 3 ampere kadar motorları sürebilen bir entegredir. LMD18200 entegresi DC motor ve step motor uygulamaları ile servo sistemlerde pozisyon ve hız kontrolü gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen uygulamada entegrenin PWM hız kontrol girişi kullanılarak DC motorun pozisyon ve hız kontrolü gerçekleştirildi. Entegrenin (Şekil 3.2) PWM girişine uygulanan sinyal ile motorun hızı ayarlanırken fren ve yön girişlerine uygulanan lojik sinyallerle yön ve fren durumları ayarlanabilmektedir.



Şekil 3.2 LMD18200T entegresinin Dc Motora bağlantısı

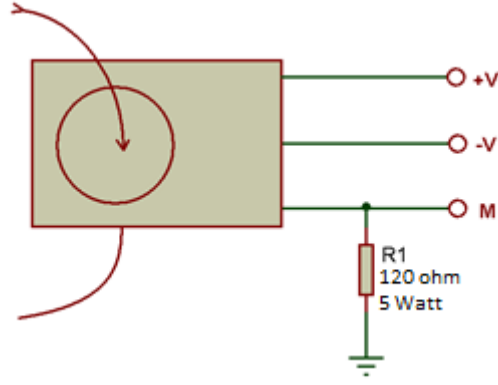
3.4 LA-55 Akım ve Gerilim Transdüseri

LEM firmasının ileri teknoloji ile üretmiş olduğu LA 55-P akım ve gerilim transdüseri 50A'e kadar hassas akım ve gerilim okuma kapasitesiyle hızlı bir şekilde sinyal bilgisini (M) analog pin ucuyla aktarmaktadır. +12V ve -12V gerilim ile çalışan LA 55-P transdüseri 3 pin ucuna sahiptir. Ölçülmek istenen iletken akım transdüserin orta deliğinden (Şekil 3.3) ok yönüne doğru geçirilerek bobin gibi ok yönüne doğru geçirilmelidir.



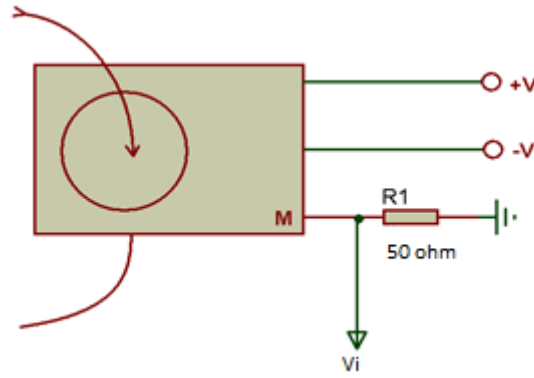
Şekil 3.3 LEM LA 55-P akım okuma transdüseri

Akım okuyabilmek için (M) pin ucundan Mikro denetleyicide tayin edilen PORTA'nın A1 (Akım) pinine bağlantı yapılmış ve (M) pin ucu direnç üzerinden toprağa bağlanmıştır. Şekil 3.4'te görüldüğü gibi gerilim parametrelerini elde edebilmek için (M) pin ucuna 120 ohm 5 Watt'lık direnç toprağa bağlanmıştır. LA 55-P transdüserlerin besleme uçlarına $\pm 5V$ gerilim uygulanmıştır. Böylece akım okuma değeri 50 Ampere karşılık 5V değeri ile okuma işlemi sağlanmıştır. 120 ohm üzerinden geçen akım transdüser üzerine 20 sipir sarıli olan iletkenlen geçerek analog sinyal sağlanmıştır. Akım okuma transdüserine 20 sipir sarılmasının nedeni ise transdüser 1A-50A arası akım değerlerini okuduğundan dolayı 1A altındaki akım değerlerini daha hassas okuyabilmek içindir.



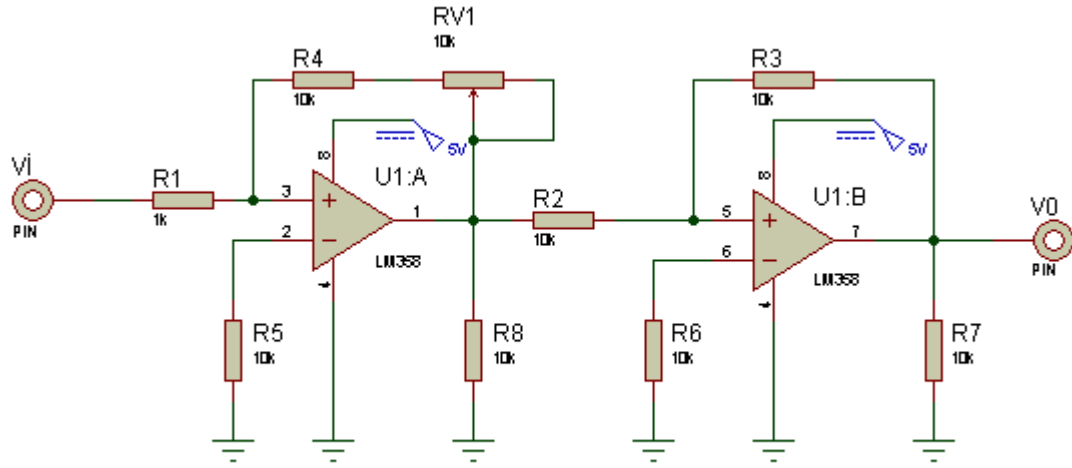
Şekil 3.4 LEM LA 55-P Transdüserinin Gerilim okuma bağlantısı

Akım parametrelerini elde etmek için ise 50 ohm'luk direncin bir ucu (M) pinine bir ucu da toprağa bağlanmıştır. (M) pin ucu ve Direnç arasından gerilim okuması sağlanmıştır. (Şekil 3.5)



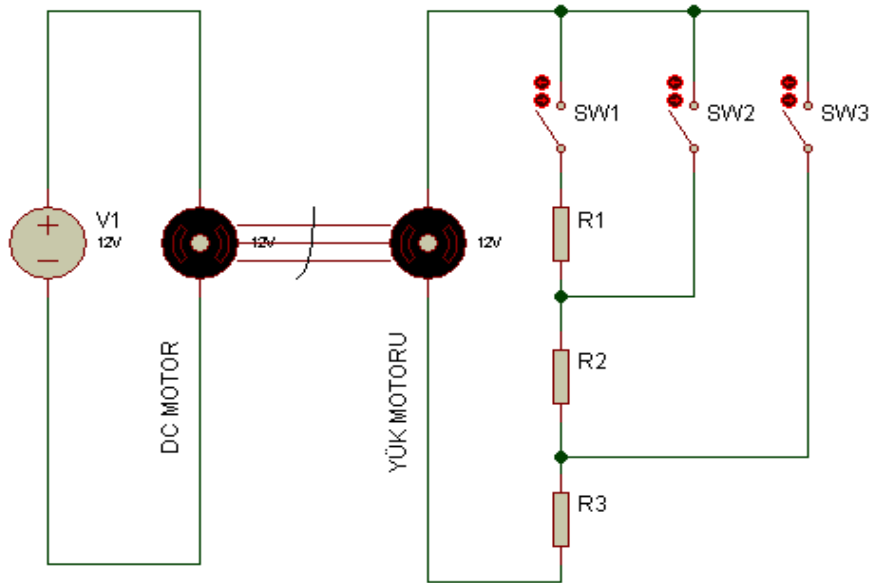
Şekil 3.5 LEM LA 55-P Transdüserinin Akım okuma bağlantısı

Akım transdüserlerinin dönüştürme oranı 1/1000 olduğu için transdüserlerden alınan düşük genlikli analog işaret yükseltip, mikro denetleyicinin analog uçlarına bağlanmıştır. Op-amp'ların devrelerine eklediğimiz trimpotlarla sinyallerin kalibrasyonu hassas bir şekilde yapılmıştır. R4 direncine seri olarak bağlanan (Şekil 3.6) trimpot, op-amp kazancını ayarlayarak sinyal kalibresini sağlar.



Şekil 3.6 Analog sinyallerin yükselteç devresi

Yük motorunun kademeli yük değişim için ara karta bağlanan yük dirençleri ara yüz programını kontrolü ve mikro denetleyici aracılığıyla yük dirençleri kademeli olarak devreye alınıp, devreden çıkarılabilmektedir. Röleler yardımıyla devreye kademeli (Şekil 3.7) olarak alınan 33 ohm değerindeki seri bağlı yük dirençler, aynı şekilde kademeli olarak devreden çıkarılmaktadır.



Şekil 3.7 Yük kademesi değişim şeması

4. YAZILIMSAL ÇALIŞMALAR

Bu uygulamada National Instruments firmasının üretmiş olduğu LabVIEW grafik programlama dili ile ara yüz programı oluşturuldu. LabVIEW kullanılmasının amacı veri toplama mantığına paralel hız yapısı, zamandan tasarruf ve bu tür çalışmalarda kullanılan Matlab, #C, C++ ,CSharp vb. gibi programlara kıyasla çalışma performansını incelemektir.

Tasarlanan ara yüz programı (Şekil 4.1) usb port iletişim birimi ile sistem kontrolü ve mikro denetleyesiden alınan veriler doğrultusunda kontrol görevi yapmaktadır. DC Motorun hız, akım ve gerilim bilgisi anlık olarak okunmuştur. Böylece alınan veri bilgileri kontrolör yapısında işlenerek geri dönüşüm (feedback) işlevi gerçekleşir. DC Motor farklı yük iterasyonlarına, PID veya YSA kontrolör yapısına göre Hedef hız doğrultusunda çalışmaktadır. PID ve YSA kontrolör sistemlerin çalışma prensipleri kontrolör tasarımı bölümünde anlatılacaktır.

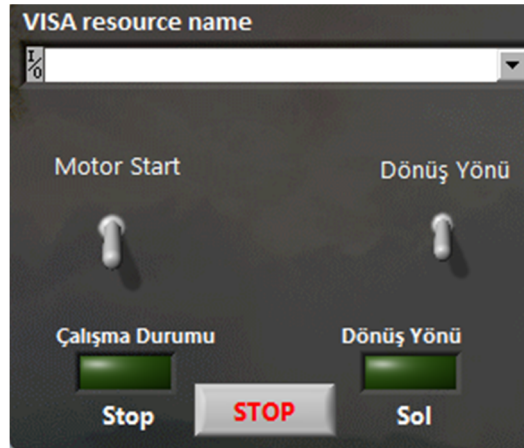


Şekil 4.1 Ara yüz programı

DC Motorun; akım, gerilim, geçerli hız bilgisi ve kontrolörün zamana göre veri grafiği programın grafik okuma bölümünden okunabilmektedir. İstenilen aralıkta veriler anlık olarak alınıp belirlenen bir “.txt” dosyasına toplanan verilerden bir veri tabanı oluşturulabilir. Bu kısım Yapay Sinir Ağlarının tasarımında kullanılacaktır.

4.1 Ara Yüz 1.Bölüm

Birinci kısımda usb (visa) seçim işlemleri, motor start-stop butonu, Motor yön değiştirme butonu, motor start durum sinyali, motor yön değişim sinyali ve sistem stop butonu bulunmaktadır. Visa resource name bölümünden (Şekil 4.2) bilgisayara bağlı olan Usb portları görülebilir ve bağlantı seçimini yapılmaktadır. Motoru çalıştırıp, durdurabilir veya yön kontrolü yapılabilir.



Şekil 4.2 Motor Kontrol Paneli

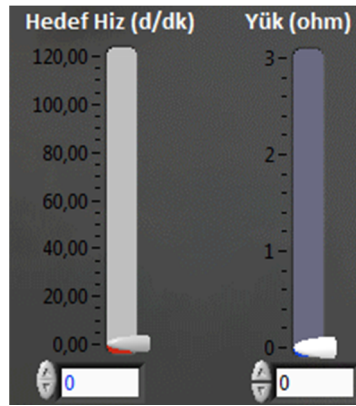
4.2 Ara Yüz 2.Bölüm

İkinci kısımda Dc Motorun ulaşabileceği Max. hız değeri 120 d/dk olduğundan, hedef hız değeri 0-120 arasında Şekil 4.3'teki gibi digital göstergeli Vertical Pointer Slide eklentisi kullanılmıştır. Tasarlanan yazılım Hedef hız değerine ulaşanilmek için kontrolör yapıları mikro denetleyiciyi kontrol eder ve mikro denetleyicisi pals sinyalinin kontrolünü yaparak hız parameteresni ayarlamaktadır. Kontrolör yapısı kontrolör tasarımı bölümünde detaylıca anlatılacaktır. Ayrıca yükü kademeli olarak devreye alıp ve devreden çıkaran Vertical Pointer Slide eklentisi kullanılmıştır. Yü kademeleri 0-3 arasında değişmektedir. Yü kademeleri Çizelge.4.1'den incelenebilir.

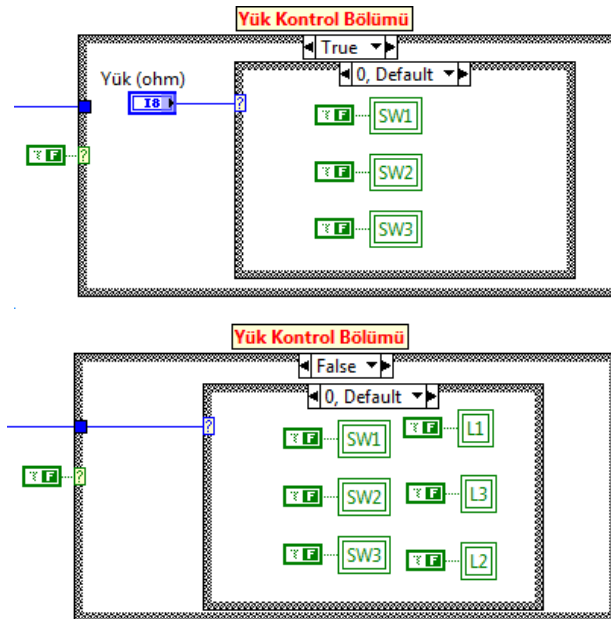
Çizelge.4.1. Kademeli yük değişim tablosu

Yük Kademesi	Yük Durumu
0	Yüksüz
1	Hafif Yük
2	Orta Yük
3	Tam Yük

Yük kademesi arttıkça motora uygulanan yük artmakta ve buna doğru orantılı olarak motorun çekmiş olduğu akım ve gerilim parametreleride artmaktadır.



Şekil 4.3 Hedef Hız ve Kademeli Yük Değişim paneli



Şekil 4.4 Yük Kontrol Bölümü

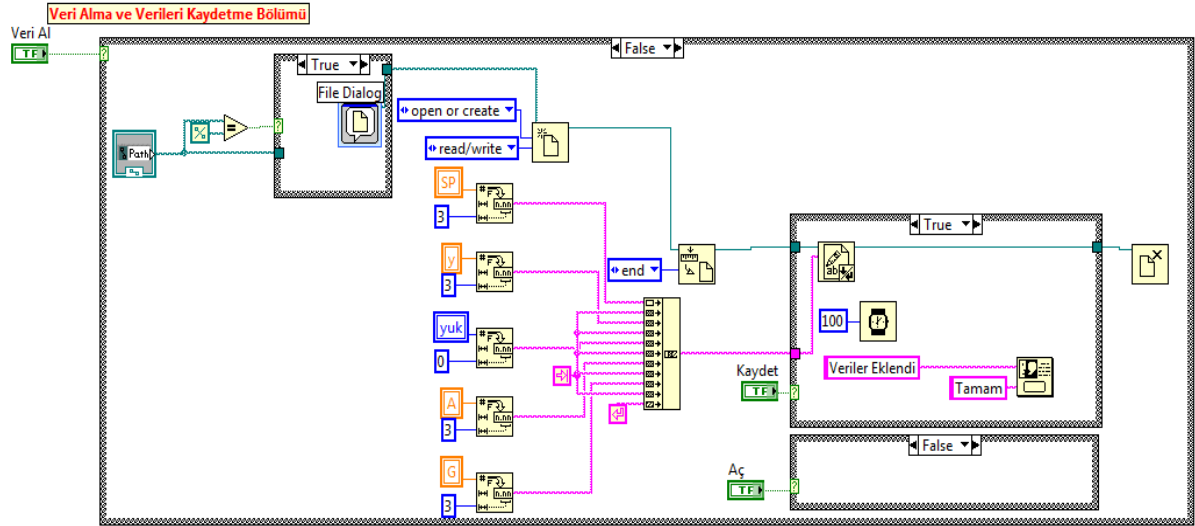
Yük kontrol bölümünde Kademeli yük değişim paneli (Şekil 4.3) aşağı veya yukarı doğru hareket ettirildiğinde yük değişim sayısına göre local değişkenler aracılığıyla Yük kontrol ünitesi kontrol edilmektedir. Yük durumu 0,default konumunda iken (Şekil 4.4) SW1, SW2, SW3 local değişkenleri false konumundadır. Diğer konumlarda ise yüklerin local değişken konumları değişken olmaktadır.

4.3 Ara Yüz 3.Bölüm

Veri alma bölümü Hedef Hız, Motor Gerilimi, Motor Akımı, Motor Hızı, Yük Durumu parametrelerini (Şekil 4.5) “Veri Al” butonuna basıldığı esnada veri parametrelerin ekrana taşır. “Kaydet” butonuna basıldığı esnada alınan veri parametrelerini seçmiş olduğumuz dosya yolundaki “.txt” dosyasına kaydeder. “Aç” butonuna basarak dosya yolundaki dosyayı açar. Grafik Data Kaydetme butonları ile grafiksel olarak alınan verinin çalışma süresi boyunca bütün verileri excell ortamına kaydeder. Böylece alınan parametrelerden bir veri tabanı oluşturuldu. Dc Motorun 0-1-2-3 kademeleri ve hedef hız 0-120 d/dk hız parametreleri aralığında Motorun çekmiş olduğu Hedef hız, Motor gerilimi, Motor akımı, Motor hızı, Yük durumu parametrelerinin veri tabanı oluşturuldu. Oluşturulan veri tabanında gerekli konfigürasyonlar yapılarak Matlab ortamında ağ eğitimleri yapılmıştır.



Şekil 4.5 Veri Alma – Kaydetme paneli



Şekil 4.6 Veri Alma ve Verileri kaydetme bölümü

Ara yüz programının grafik programlama tasarımında Veri Alma ve Verileri kaydetme bölümünde Alınan veriler Number To Fractional String Function elemanı ile veriler alınmaktadır. Alınan veriler Concatenate Strings Function elemanı ile birleştirilip (Şekil 4.6) aralarına bir tab boşluk oluşturmaktadır. Oluşan veri kümesi belirlenen text dosyasına kaydet butonuna bastığımız esnada veriler belirlenen text dosyasına kaydedilmiş olacaktır.

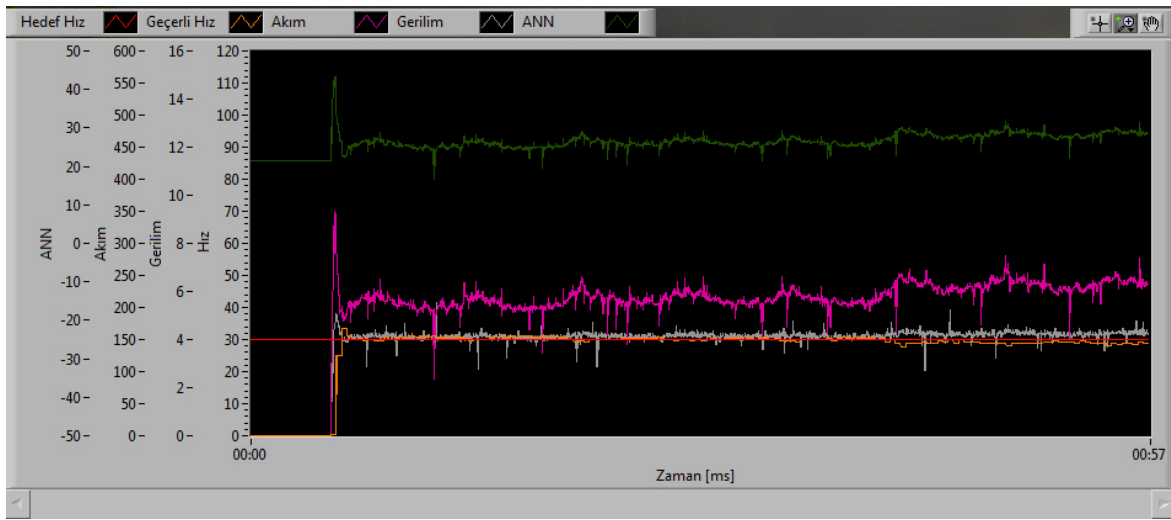
4.4 Ara Yüz 4. Bölüm

Bu kısımda Dc Motorun çekmiş olduğu Gerilim (V), Akım (mA) ve Geçerli hız (d/dak) değerlerini analog ve dijital göstergelerle okunmaktadır. Böylece motorun anlık durumunu göstergelerle takip edebilir.

4.5 Ara Yüz 5. Bölüm

Kontrolör, Akım(mA), Gerilim(V), ve Geçerli Hız (d/dk) değerlerinin, zamana (ms) göre grafiksel verilerinin aktarıldığı bölümdür.

LabVIEW grafiksel programlama dillinin grafik ön izleme eklenti özelliği (Şekil 4.7) avantajı ile elde edilen grafiğin zaman göre data bilgileri excel formu olarak kaydedilmektedir. Bu sayede veriler daha duyarlı hem grafiksel hem de sayısal olarak elde edilmektedir.



Şekil 4.7 Grafik izleme paneli

5. KONTROLÖR TASARIMI

Sistemler belirli görevleri yerine getirmek amacıyla tasarlandığı için, tasarlanacak sistemden hangi görevler beklendiği ve bu görevleri hangi doğrulukta ve sürede yapmaları konusu önem arz etmektedir (Boz, 2012).

Bu nedenle DC Motorun daha kararlı ve istenilen parametreler doğrultusunda çalışabilmesi kontrolörler aracılığıyla sağlanır.

5.1 PID Kontrolör Tasarımı

PID kontrolör üç terime sahiptir: birincisi: oransal terim olan P; oransal kontrole dayanmaktadır. İkincisi: integratif terim olan I; hatanın integrali oranını veren kontrol etkisidir. Bu; kalıcı hal hatanın sıfır olmasını veya çok küçük değerlerde kalmasını sağlar. Üçüncüsü: türevsel terim olan D; kontrol hatasının zamana göre türevi ile orantılıdır. Bu terim sonraki hatanın tahminine izin vermektedir. Basit PID algoritması performansının ve çalışmasının çok dayanıklı bir şekilde gelişmesini ve çalışmasını sağlayan birçok varyasyon mevcuttur.

Genel PID transfer fonksiyonu eşitlik 5.1 ve 5.2 'de görüldüğü gibi şu şekilde yazılır:

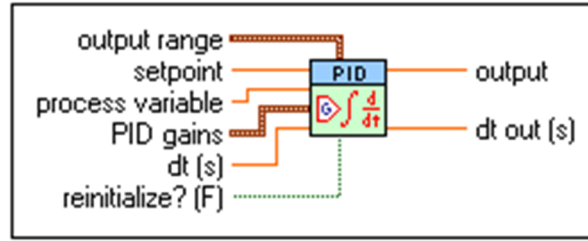
$$u = K_p e + K_i \int e dy + K_d \frac{de}{dt} \quad (5.1)$$

ve

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s} \quad (5.2)$$

1942'de Ziegler – Nichols'un geliştirmiş olduğu PID kontrolör yapısında Ziegler – Nichols hesaplamaları bu uygulamanın Pid kontrolöründe yol gösterici olmuştur. Pid tasarımı LabVIEW PID TOOLBOX (Şekil 5.1) yapısı kullanılarak kontrolör tasarlandı. Kontrolörün grafik programlama dili Şekil 5.2'de gösterilmektedir. PID (DBL) toolbox yapısı pin açıklamaları Çizelge.5.1'de verilmiştir.

PID (DBL)



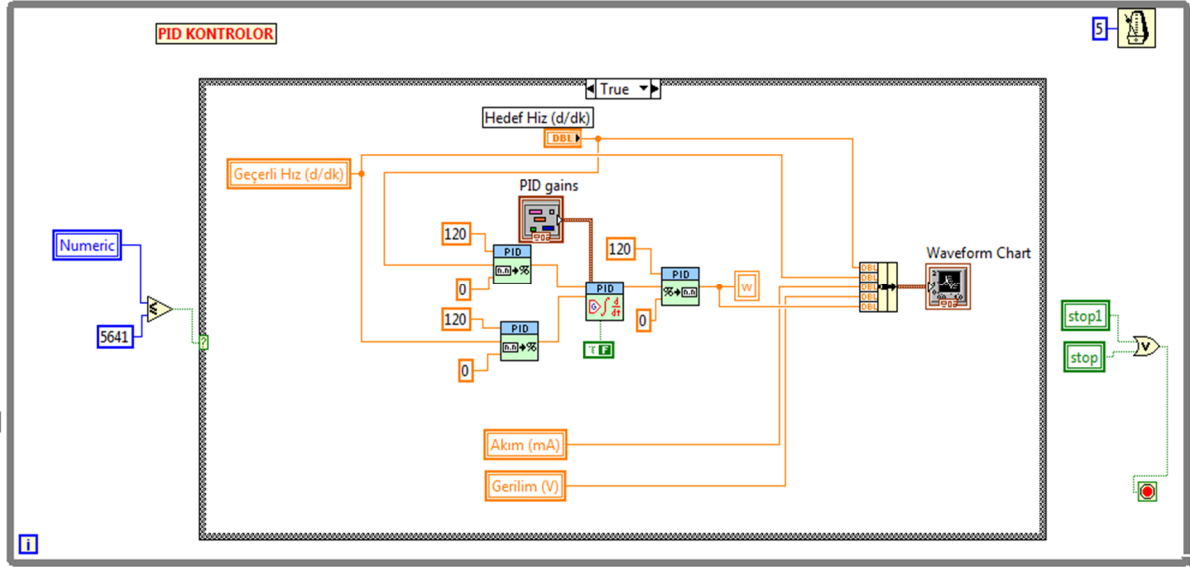
Şekil 5.1 LabVIEW PID(DBL) toolbox

Çizelge.5.1. LabVIEW PID(DBL) toolbox

Pin	Açıklama
Output Range	Çıkış Aralığı
Setpoint	İstenen Değer
Process Variable	Değişken Süreç
PID Gains	PID kazançlar
Dt(s)	Dt(s)
Reinitialize?(F)	Yeniden Başlasın mı? True-False
Output	Çıkış
Dt out (s)	Dt(s) çıkış

*LabVIEW Help index page

Şekil 5.2’de görüldüğü gibi PID Setpoint değeri Hedef Hız değerini referans alarak 0-120 değerleri arasında Pid yapısına uygulanır. Değişken Süreçte Process Variable Geçerli hız referans olarak 0-120 değerleri arasında süreç işlenir. Pid Gains yapısıyla Kc, Ti ve Td değerleri ayarlanarak Pid yapısı Output çıkışa aktarılır. Böylece Hedef Hız ile Geçerli Hız karşılaştırmasını yaparak çıkış sinyalini istenilen hedef değerine ulaştırmayı amaçlar. Çıkış sinyali “w” isimli local değişkene aktarılır. Lokal değişken USB iletişim arabirimiyle mikro denetleyiciye gönderilir. Mikro denetleyici almış olduğu bilgiye göre puls sayısını kontrol ederek DC Motor devrini ayarlar.



Şekil 5.2 PID kontrolör tasarımı

5.1.1 Ziegler – Nichols Metodu

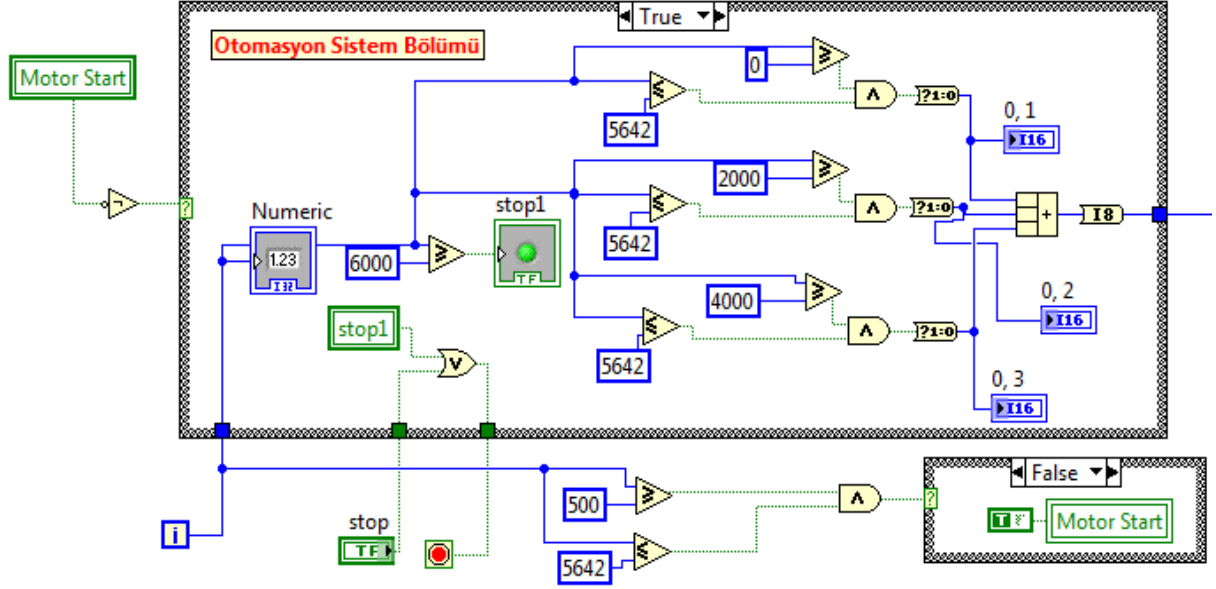
Bu metot PID parametrelerini ayarlama da eskiden beri kullanılan metotlardan biridir. Lakin bu metotla bulunan katsayılar üzerinde iyileştirmeler yapmadan kullanmak, pek de doyurucu sonuçlar vermemektedir. İki tip Ziegler – Nichols metodu mevcuttur. Her iki yöntemle de bulunacak PID parametreleri birtakım ampirik sonuçlardan yola çıkılarak bulunmaktadır. Pratikte sıklıkla kullanılmaları bu yüzden (Ziegler and Nichols, 1942).

PID kontrolörün I,D katsayıları sıfır yapılır. P sistem osilasyona girene kadar yavaş yavaş artırılır. Sistemin osilasyona gittiği andaki P değerine K_u , osilasyon frekansına da P_u dersek;

Çizelge.5.2. Ziegler – Nicols Katsayıları

Kontrolör Tipi	K_p	K_i	K_d
P	$K_p = K_u/2$	0	0
PI	$K_p = K_u/2,2$	$K_i = P_u/1,2$	0
PID	$K_p = K_u/1,7$	$K_i = 2/P_u$	$K_d = P_u/8$

$K_c=1,00000$ $T_i=0,00250$ $T_d=0,00001$ değeri ile pid kontrolörü yapıldı. Sistem otomasyonu (Şekil 5.3) otomatik olarak önce yüksüz durumda belirli bir zaman çalıştıktan sonra orta yük kademesine geçiş yapmakta bu kademede de belirli bir zaman çalıştıktan sonra son olarak tam yük kademesine geçiş yapmakta. Grafikselsel olarak alınan veriler veri tabanına kaydedilir.



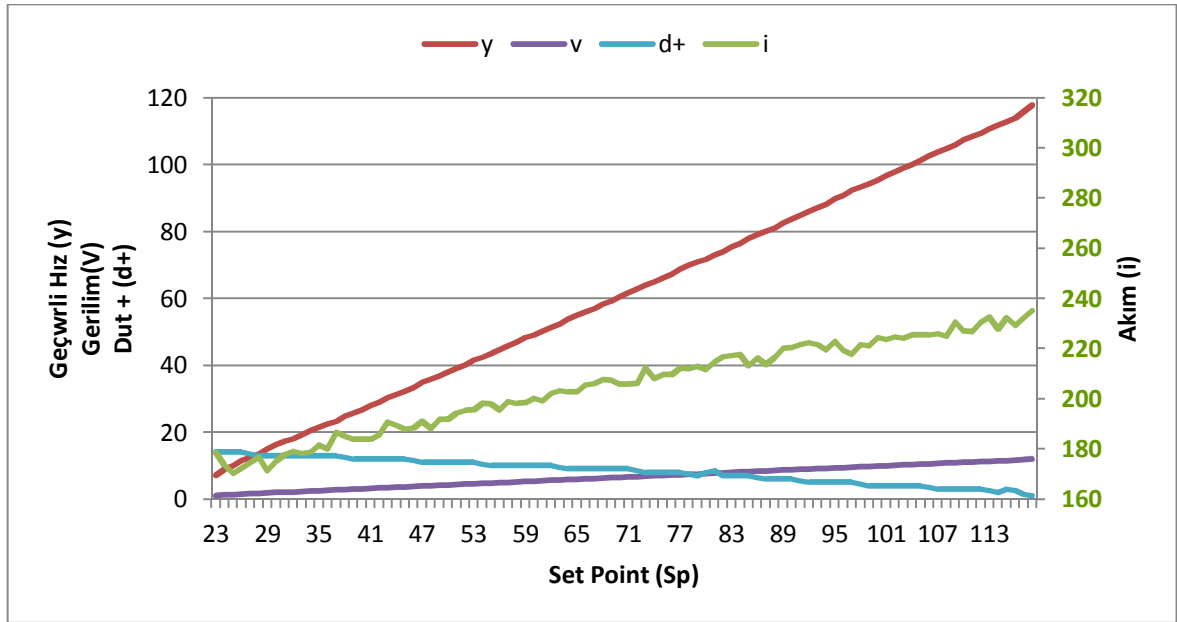
Şekil 5.3 Otomasyon Sistem Bölümü

5.2 Yapay Sinir Ağı Kontrolör Tasarımı:

Yapay zekâ, bilgi işlem modellerini kullanarak zihni yeteneklerin araştırılmasıdır. Yapay zekâ konusunda yapılabilecek ayrıntılı bir tanım, çeşitli kaynaklarda verilen tanımların bir bileşkesi olarak şu şekilde ifade edilebilir: Yapay zekâ, insana özgü zeka davranışlarının otomasyonunu araştıran, bilgilerin saklanması ve işlenmesinde veri yapıları, algoritmalar, programlama dilleri ve teknikleri gibi bilgi işlem yöntemlerini kullanan, bilgisayar biliminin bir alt dalıdır (Akpınar, 1993). Doğrusal olmayan etkilerde dâhil olmak üzere komple motor sürücü sistemini kontrol etmek zordur. Doğrusal olmayan sistemlerin kontrolü, yön değişim ve hız kontrolü sistemlerinde performansından dolayı son zamanların kontrolör yöntemi yapay sinir ağı kontrolü bu uygulamada da kullanılmıştır. Akıllı sistemlerin en önemli özelliği mevcut bilgiler ile olayları öğrenerek, benzer olaylar hakkında karar verebilmeleridir. Bu amaç ile insan beyninin öğrenme ve karar verme mekanizmaları taklit edilmektedir (Öztemel, 2003). YSA kavramı beynin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri olarak ortaya çıkmış ve ilk çalışmalar beyni oluşturan biyolojik hücrelerin, ya da literatürdeki ismi ile nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır (Efe ve Kaynak, 2000).

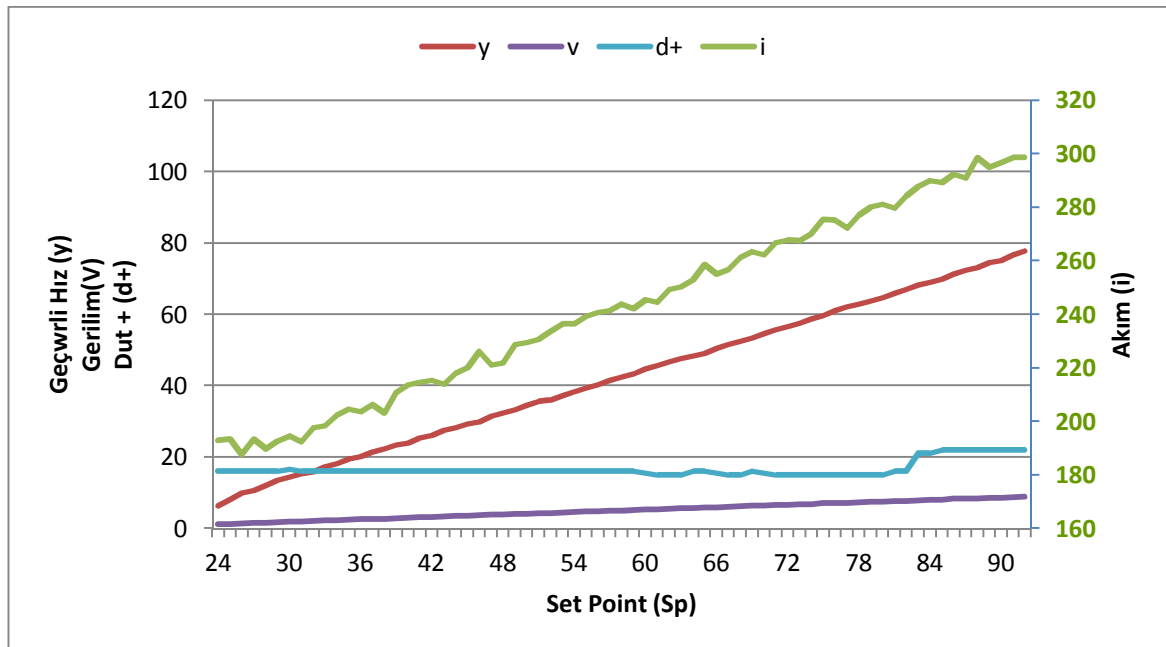
Yapay sinir ağının kontrolörünün tasarımı için Dc Motor için istenilen Hedef hız (**SP-Set Point**), Geçerli hız (**y**), motorun çalışma esnasında çekmiş olduğu akım (**i-mA**), çalıştığı gerilim (**V**) değerleri okunarak veri tabanı oluşturulmuştur. Dc Motorun çalışma hızları aralığı boyunca (**0-120d/dk**) Hedef hız parametresi birer birer artırılarak yukarıdaki parametrelerin beş adet değişken parametreleri veri tabanına kaydedilmiştir.

Dc Motorun miline bağlı olan yük motoru yüksüz, hafif yük, orta yük ve tam yük değerleri ile motorun çalışması sağlanmıştır. Yük dirençleri her kademede eşit olup, yük dirençleri 33ohm olarak devreye alınmıştır. Elde edilen verilerin grafiksel şekilleri excel programında oluşturulmuştur. Her yük durumu için elde edilen parametreler matlab ortamında eğitilmek üzere “.txt” dosyasına aktarılmıştır.



Şekil 5.4 Yüksüz durum için motor ve YSA parametreleri grafiği

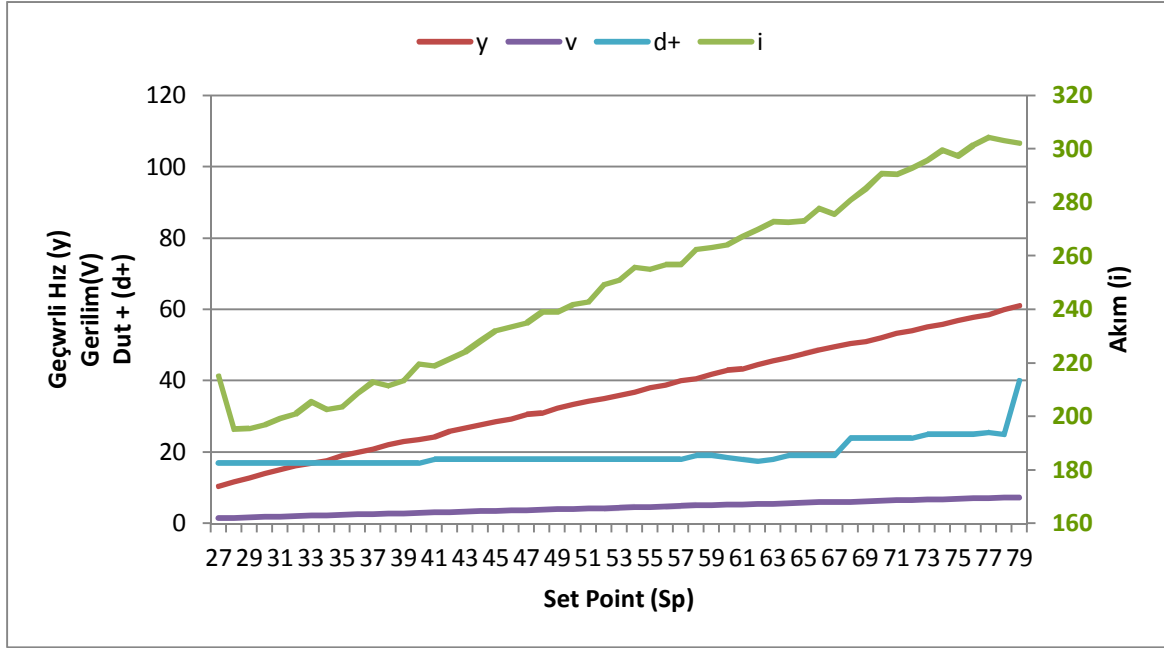
Yük motoru yüksüz durumda iken Set point (**Sp**) (Şekil 5.4) değeri artarken Geçerli hız (**y**) değeri de doğrusal olarak artmakta ilerleyen hız parametre değerlerinde iki değer birbirine tamamen yaklaşmış durumda. Akım ve gerilim değeri artarak **Sp** ve **y** değerleri arasındaki fark azalmakta ve **d+** değeri ise azalmaktadır.



Şekil 5.5 Hafif yük durumu için motor ve YSA parametreleri grafiği

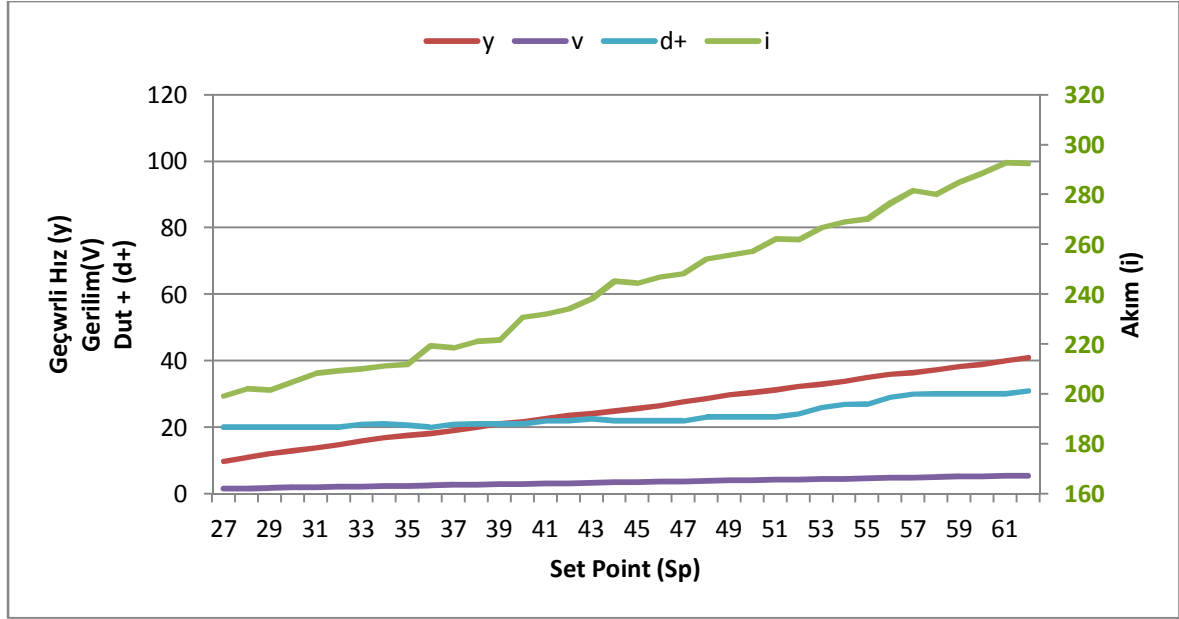
Motor hafif yüklükken Set Point(**Sp**) değeri artarken Geçerli Hız(**y**) (Şekil 5.5) değeri de doğrusal olarak artmakta fakat bu değerler hiçbir çalışma aralığında aynı doğrultuya gelememektedir.

Sp ve **y** parametreleri artarken akım ve gerilim değerleri artmaktadır. **d+** değeri ise motorun yüklü çalışmasından dolayı lineer olmayan bir yapı haline gelmiştir.



Şekil 5.6 Orta yük durumu için motor ve YSA parametreleri grafiği

Yük değeri orta yük kademesine alınırken **Sp** ve **y** parametreleri arasındaki fark artmakta **d+** daha düzensiz bir hal alarak değer sürekli artmaktadır (Şekil 5.6).



Şekil 5.7 Tam yük durumu için motor ve YSA parametreleri grafiği

Motor tam yük kapasitesinde çalıştığında ise **Sp** ve **y** değeri artarken **+d** parametresi de artmaktadır (Şekil 5.7). Sistem asla Set Point değerini yakalayamamakta ve hız değerleri arttıkça daha sistem daha düzensiz bir yapıyla karşı karşıya kalmaktadır. Doğrusal olmayan bu yapıyı daha kararlı hale getirebilmek için YSA kontrolörü kullanılacaktır. Elde edilen parametrelerin ortalaması alınarak her Hedef hız değeri için birer adet Geçerli Hız (**y**), motorun çalışma esnasında çekmiş olduğu akım (**i-mA**), çalıştığı gerilim (**V**) değerleri oluşturuldu. 0-120 d/dk aralığında Geçerli hız(y) değerinin, Hedef hız(Set Point) değerine eşit olabilmesi için Geçerli hız değerine eklenmesi gereken değer **duty+ (d+)** parametresi hesaplandı. Bu hesaplamalar her yük durumu için hesaplanarak veri tabanı oluşturuldu.

Çizelge.5.3 Dc Motorun yüksük çalışma parametreleri

Sp	Y	i	V	+d
24	10,526	140,381	1,66	12,000
25	9,649	166,016	1,733	12,000
26	11,111	157,471	1,807	12,000
27	13,392	152,0994	1,9044	12,000
28	14,2106	156,0058	2,0312	12,000
29	15,4386	154,0528	2,1534	12,000
30	16,8418	154,2968	2,2754	12,000
31	17,8946	153,3206	2,3438	12,000
32	19,3566	151,6114	2,5046	11,500
33	20,4092	156,9826	2,5976	11,000
34	21,8714	151,1228	2,7246	11,000
35	23,2162	156,7384	2,837	11,000
36	24,2106	156,7382	2,9296	11,000
37	24,5028	161,3768	3,0908	11,000
38	26,4914	154,5412	3,1838	11,000
39	27,5438	157,4706	3,2958	10,500
40	28,6548	151,367	3,3984	10,000

*Sp=Set Point (d/dak), y=Geçerli Hız (d/dak), i=Akım(mA), V=Gerilim (V), +d=Duty +

Örnek d+ hesaplaması:

Set point(Sp) =24 d/dak ise

Geçerli hız (y)=10,526 d/dak

Akım (i)=140,381 mA

Gerilim(V)=1,66 V

Geçerli hız sütununda Set point değerinin yakalandığı değer Çizelge.5.3'te 13. Satırdaki Set point değerinin 36 d/dk ve Geçerli hız değerinin 24,2106 d/dak olduğu değerdir.

$$d+= Sp_2 - Sp_1$$

$$d+= 36 - 24 = 12 \quad \text{Olarak elde edilir.}$$

Böylece yeni Geçerli Hız, Akım ve Gerilim parametreleri aşağıdaki gibi olur.

Set point(Sp) =36 d/dak ise

Geçerli Hız (y)= 24,2106 d/dak

Akım (i)= 156,7382 mA

Gerilim(V)= 2,9296 V olur.

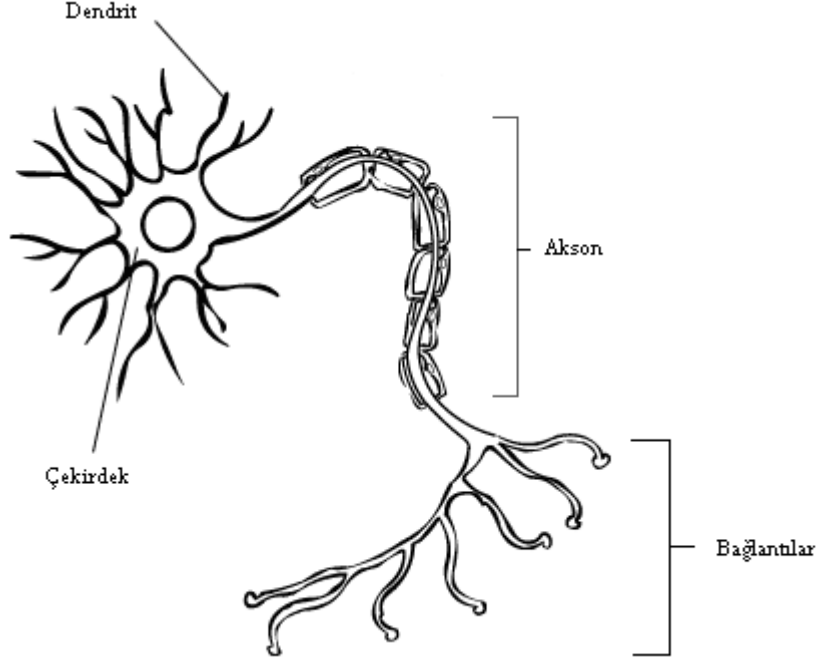
Sinir ağı giriş sinyalleri Geçerli hız(w) ve Akım(i) olarak belirlenir, yapay sinir ağının çıkışı ise Hedef hız (Sp) ile toplanarak w parametresine aktarılmaktadır.

5.2.1 Sinir Hücresi

Yapay sinir ağları da insan beynin çalışma prensibinden yararlanarak ortaya çıkarılmış bir yapay zekâ bileşenidir. Yapay sinir ağlarını oluşturan işlem elemanları biyolojik sinir sisteminde insan beynindeki nöronlara karşılık gelmektedir (Civalek ve Ülker, 2004).

Biyolojik sinir ağları, beynimizde bulunan birçok sayıda sinir hücresinin bütünüdür. Bir sinir ağı milyarlarca sinir hücresinin bir araya gelmesiyle oluşur. Sinir hücreleri birbirlerine bağlanarak işlevlerini yerine getirirler. Diğer taraftan bir sinir hücresinin tepki hızı, günümüz bilgisayarlarına göre oldukça yavaş olmakla birlikte duyuşal bilgileri son derecede hızlı değerlendirebilmektedir. Bu nedenle insan beyni; öğrenme, birleştirme, uyarılma ve yenelleştirme yeteneği nedeniyle son derece karmaşık, doğrusal olmayan ve paralel dağılmış

bir bilgi işleme sistemi olarak tanımlanabilir. Biyolojik sinir ağlarının performansları, küçümsenemeyecek kadar yüksek ve karmaşık olayları işleyebilecek yetenektedir. Yapay sinir ağları ile bu yeteneğin bilgisayarlara kazandırılması amaçlanmaktadır.



Şekil 5.8 Biyolojik Sinir

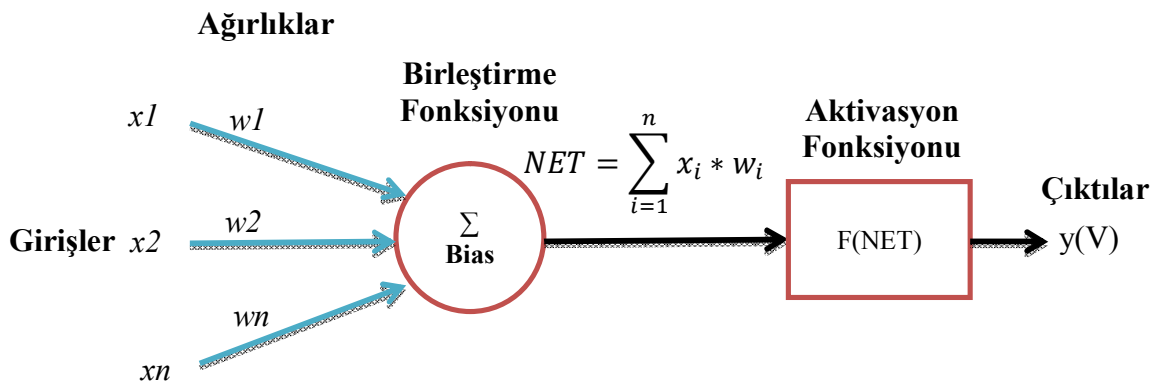
Biyolojik sinir sisteminin temel yapı taşı olan nöronların yapısı (Şekil 5.8) dört ana bölümden oluşmaktadır; dendrit, akson, çekirdek ve bağlantılar. Dendritler sinir hücresinin ucunda bulunur ve ağaç kökü görünümüne benzer bir yapıya sahiptir. Dendritlerin görevi bağlı olduğu diğer nöronlardan veya duyu organlarından gelen sinyalleri çekirdeğe iletmektir. Çekirdek, dendrit tarafından gelen sinyalleri bir araya toplayarak aksona iletir. Toplanan bu sinyaller akson tarafından işlenerek nöronun diğer ucunda bulunan bağlantılara gönderilir. Bağlantılar ise yeni üretilen sinyalleri diğer nöronlara iletir.

5.2.2 Yapay Sinir Hücresi

Yapay sinir hücreleri de biyolojik sinir hücrelerine benzer yapıdadır. Yapay nöronlar da aralarında bağ kurarak yapay sinir ağlarını oluştururlar. Aynı biyolojik nöronlarda olduğu gibi yapay nöronların da giriş sinyallerini aldıkları, bu sinyalleri toplayıp işledikleri ve çıktıları ilettikleri bölümleri bulunmaktadır. Birçok X girdisini kabul eden, bunları toplayan, bir transfer fonksiyonuna aktaran ve sonuçları çıkartan yapay sinir hücresi (nöron), bir yapay sinir ağının temel elemanıdır ve birbiriyle bağlantılı her bir sinir hücresi bir ağırlık katsayısına (w) sahiptir (Cox, 2002).

Bir yapay sinir hücresi beş bölümden (Şekil 5.9) oluşmaktadır;

- 1) Girdiler
- 2) Ağırlıklar
- 3) Birleştirme Fonksiyonu
- 4) Aktivasyon Fonksiyonu
- 5) Çıktılar

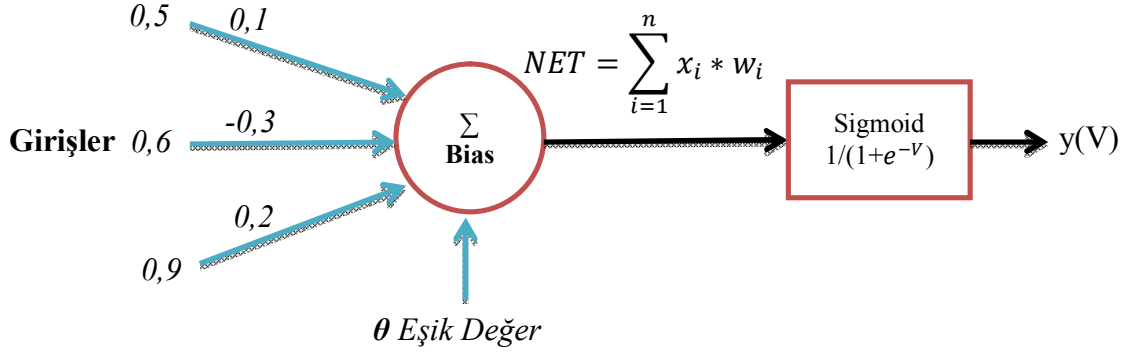


Şekil 5.9 Biyolojik Sinir

$$NET Toplam = \sum_i^n x_i * w_i = (x1 * w1) + (x2 * w2) + \dots + (x_i * w_i) \quad (5.3)$$

Yapay nöron davranışını belirleyen en önemli özellik aktivasyon fonksiyonudur. Birleştirme fonksiyonunda (Eşitlik 5.3) işlenerek hücreye gelen girişlere karşılık olan çıkışı belirler. Nöron tasarımında her zaman aynı fonksiyon kullanma zorunluluğu yoktur.

Örnek;



Şekil 5.10 Örnek Yapay Sinir Ağı Tasarımı

Örnek ağ tasarımı (Şekil 5.10) yapılan örnekte sigmoid fonksiyonuna göre ağ çıkışı aşağıdaki Eşitlik (5.4)'te bulunmuştur.

$$NET \text{ Toplam} = \sum_i^n x_i * w_i = (0,5 * 0,1) + (0,6 * (-0,3)) + (0,9 * 0,2) = 0,05$$

$$y = f(V) = \frac{1}{1+e^{-NET \text{ Toplam}}} = \frac{1}{2} \left[\tanh \left(\frac{NET \text{ Toplam}}{2} \right) + 1 \right] \quad (5.4)$$

$$y = f(V) = \frac{1}{1+e^{-0,05}} = \frac{1}{2} \left[\tanh \left(\frac{0,05}{2} \right) + 1 \right] = -0,48$$

5.2.2.1 Girişler

Bir yapay sinir ağında dış dünyada veya başka bir yapay sinir hücresinden bilgi alışı yapan kısımlardır. Bu bilgi alışları ağın öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenir.

5.2.2.2 Ağırlıklar

Ağırlıklar bir yapay sinir hücresinin girişleri tarafından alınan bilgilerin önemini ve hücre üzerinde etkisini gösteren uygun katsayılardır. Her bir giriş için bir ağırlık vardır. Bu ağırlığın büyük olması bu girişin önemli olduğu ya da ağırlığın küçük olması girişin önemsiz olduğunu göstermez. Bir ağırlığın değerinin sıfır olması o ağ için en önemli olay olabilir. Eksi değerler de yine girişin önemsiz olduğunu göstermez.

Ağırlığın artı ve eksi olması girişin etkisinin pozitif ya da negatif olduğunu gösterir. Ağırlıklar değişken ya da sabit olabilirler (Öztemel, 2003).

5.2.2.3 Birleştirme Fonksiyonu

Birleştirme fonksiyonu bir yapay sinirdeki her bir giriş ile o girişe ait olan ağırlığın çarpılarak bu çarpımların toplanmasıdır (Eşitlik 5.5).

$$NetToplam = \sum_i^n x_i w_i \quad (5.5)$$

Bütün girişlerin sıfır olduğu durumlarda çıkış değerinin sıfır değil de eşik değerine eşit olduğu görülür. Burada belirtilen şartlar altında nöron çıkışının sıfır olması zorunluluğu ortadan kalkar (Eşitlik 5.6). Eşik değerin kullanımı, birleştirme fonksiyonuna +1 ya da -1 değerine sahip bir girişin θ ağırlığına sahip bir bağlantı ile eklendiği şeklinde yorumlanır (Efe ve Kaynak, 2000).

$$NetToplam = \sum_i^n x_i w_i + \theta \text{ ya da } NetToplam = \sum_i^n x_i w_i - \theta \quad (5.6)$$

5.2.2.4 Aktivasyon Fonksiyonu

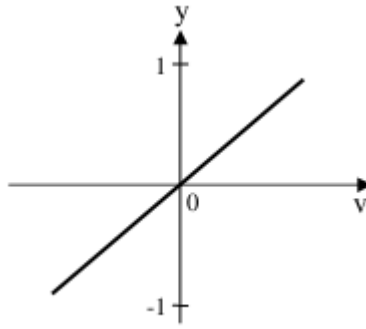
Yapay Sinir Ağıının davranışını belirleyen en önemli işlevi yapar. Birleştirme fonksiyonunu işleyerek gelen net bilgiye göre girişlere karşılık gelen çıkışları belirler. Aktivasyon fonksiyonları yapay sinir ağının farklı modelleri için farklı olabilir. Yapay sinir ağının kullanım amacına göre tek ve ya çift yönlü aktivasyon fonksiyonu kullanılabilir.

En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları aşağıdaki gibidir;

1. Doğrusal Fonksiyon
2. Basamak Fonksiyonu
3. Kutuplamalı Basamak Fonksiyonu
4. Parçalı Doğrusal Fonksiyon
5. Sigmoid Tipi Fonksiyon
6. Tanjant Hiperbolik Tipi Fonksiyon
7. Sinüs Tipli Fonksiyon

5.2.2.4.1 Doğrusal Fonksiyon

Hücreye gelen girişleri olduğu gibi çıkışa aktaran fonksiyon tipidir. Grafiği Şekil 5.11'deki gibi olan fonksiyon genellikle ADDLINE fonksiyonu olarak adlandırılır.



Şekil 5.11 Doğrusal Fonksiyon

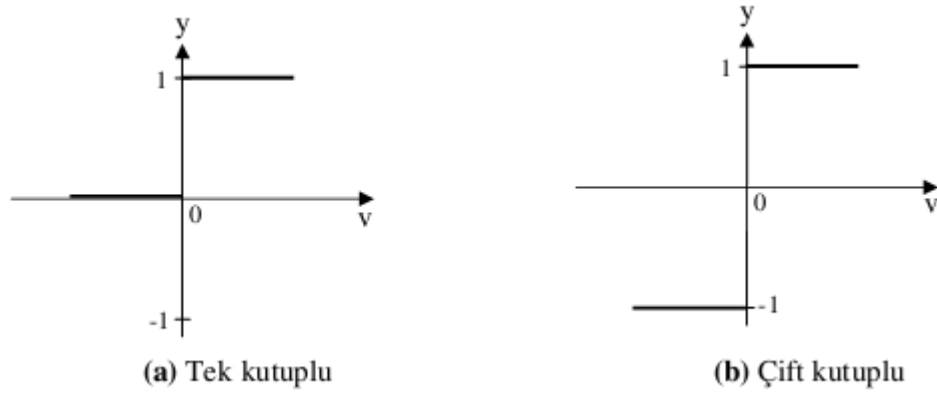
$$v = \sum_i^n x_i w_i \text{ ya da } v = \sum_i^n x_i w_i + \theta \text{ olmak üzere;} \quad (5.7)$$

$$y = F(v) = Av$$

Eşitlik 5.7'deki A sabit katsayıdır.

5.2.2.4.2 Basamak Fonksiyonu

Basamak fonksiyonu tek veya çift kutuplu olabilir. Perceptron (Basit Algılayıcı Model) olarak bilinen yapay sinir hücresi aktivasyonu olarak kullanılır. Matematiksel denklemleri (Eşitlik 5.8 ve 5.9) ve fonksiyon grafiği Şekil 5.12’deki gibi verilmiştir.



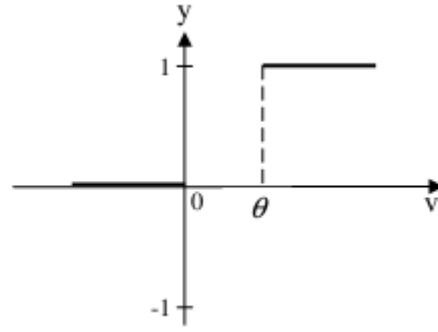
Şekil 5.12 Basamak Fonksiyonları

$$y = F(v) = \begin{cases} 1 & v \geq 0 \\ 0 & v < 0 \end{cases} \quad (5.8)$$

$$y = F(v) = \begin{cases} +1 & v \geq 0 \\ -1 & v < 0 \end{cases} \quad (5.9)$$

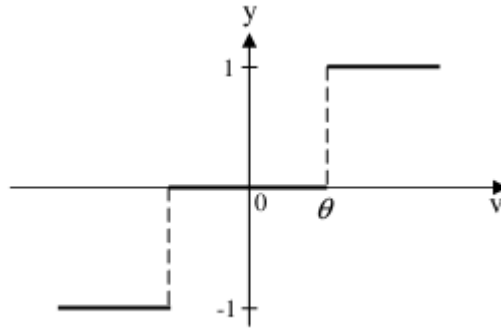
5.2.2.4.3 Kutuplamalı Basamak Fonksiyonu

Aktivasyon fonksiyonu eşik değeri θ ’yı aştığı zaman nöron aktif olur. Kutuplama değeri tek kutuplu ve çift kutuplu basamak fonksiyonun Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’teki gibi her ikisine de eklenebilir. Matematiksel denklemleri Eşitlik 5.10 ve 5.11’de görülmektedir.



Şekil 5.13 Tek kutuplamalı basamak fonksiyonu

$$y = F(v) = \begin{cases} 1 & wx \geq \theta \\ 0 & wx < \theta \end{cases} \quad (5.10)$$

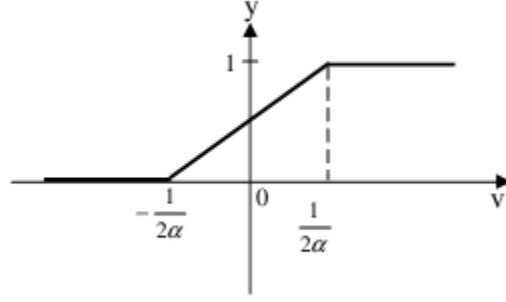


Şekil 5.14 Çift kutuplamalı basamak fonksiyonu

$$y = F(v) = \begin{cases} +1 & wx \geq \theta \\ -1 & wx < \theta \end{cases} \quad (5.11)$$

5.2.2.4.4 Parçalı Doğrusal Fonksiyon

Şekil 5.15'teki gibi Küçük aktivasyon potansiyeli için, α kazancı olan bir doğrusal toplayıcı olarak çalışır. Büyük aktivasyon potansiyeli için nöron doyuma ulaşır ve çıkış işareti 1 olur. Büyük kazançlar için $\alpha \rightarrow \infty$ iken, parçalı doğrusal fonksiyon basamak fonksiyonu gibi davranır. Matematiksel denklemi Eşitlik 5.12'de görülmektedir.

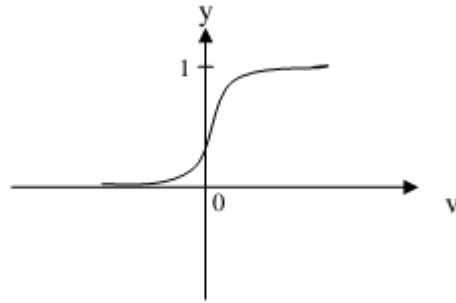


Şekil 5.15 Parçalı doğrusal fonksiyon

$$y = F(v) = \begin{cases} 0 & v \leq -1/2\alpha \\ \alpha v + \frac{1}{2} & |v| < 1/2\alpha \\ 1 & v \geq 1/2\alpha \end{cases} \quad (5.12)$$

5.2.2.4.5 Sigmoid Tipi Fonksiyon

Uygulamalarda en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonudur. Fonksiyon denklemi Eşitlik 5.13 ve grafiği Şekil 5.16'daki gibidir. Fonksiyonun en aktif bölgesi 0,2 il 0,8 arasındadır. Tek kutuplu fonksiyon olarak da adlandırılır.

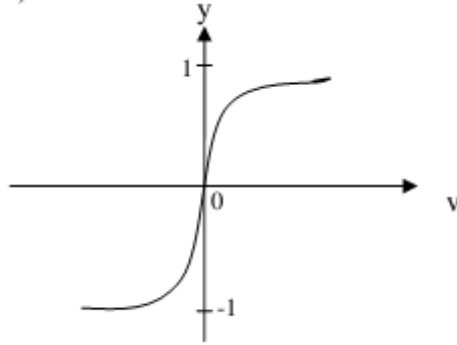


Şekil 5.16 Sigmoid Fonksiyonu

$$y = F(v) = \frac{1}{1+e^{-v}} = \frac{1}{2} [\tanh\left(\frac{v}{2}\right) + 1] \quad (5.13)$$

5.2.2.4.6 Tanjant Hiperbolik Tipi Fonksiyonu

Uygulamalarda çok kullanılan fonksiyon türlerinden biride Tanjant Hiperbolik tipi fonksiyonudur. Şekil 5.17’teki gibi giriş uzayının genişletilmesinde etkin bir şekilde kullanılan fonksiyon türüdür. Denklemi Eşitlik 5.14’te gösterilmiştir.

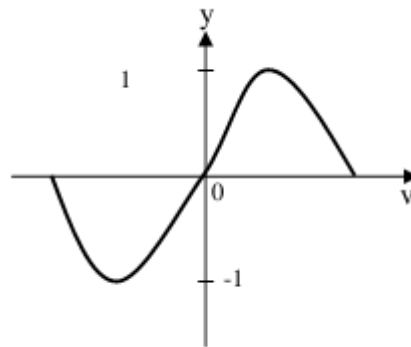


Şekil 5.17 Tanjant Hiperbolik Tipi Fonksiyonu

$$y = \frac{1-e^{-2v}}{1+e^{2v}} = \tanh(\beta v) \quad (5.14)$$

5.2.2.4.7 Sinüs Tipi Fonksiyon

Öğrenilmesi düşünülen olaylar sinüs fonksiyonuna (Şekil 5.18) uygun dağılım gösterdiği durumlarda aktivasyon fonksiyonu (Eşitlik 5.15) olarak sinüs fonksiyonu kullanılır.



Şekil 5.18 Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu

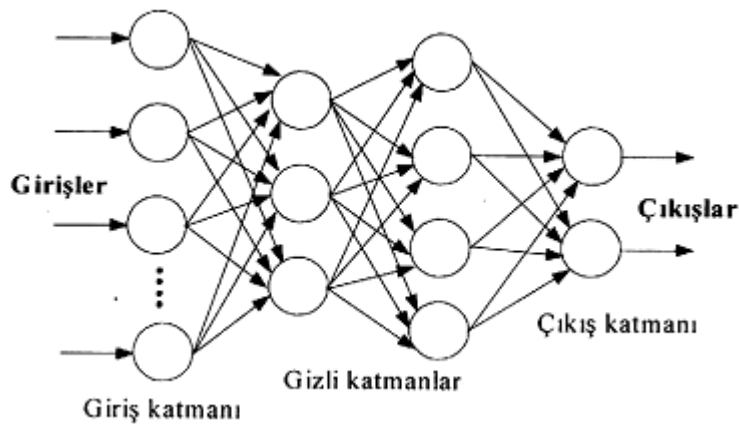
$$y = F(v) = \sin(v) \quad (5.15)$$

5.2.2.5 Çıktılar

Çıkış $y=F(v)$, aktivasyon fonksiyonunun sonucunun dış dünyaya veya diğer sinirlere gönderilmesidir. Bu sinirin çıkışı kendine ve kendinden sonra gelen bir ya da daha fazla sayıda sinire giriş olabilir. Biyolojik sinirde olduğu gibi bir sinirin birden fazla girişi varken tek bir çıkış etkinliği vardır. Ancak ağ şeklinde gösterildiğinde bir sinirin birden fazla çıkışı varmış gibi gözükür. Bu sadece şekil üzerinde böyledir. Her bir düğümün çıkışı aktivasyon fonksiyonunun sonucuna eşittir. Fakat bazı ağ yapılarında komşu düğümler arasında yarışma oluşturmak için aktivasyon fonksiyonlarını yeniden düzenlenebilir. Bunun sonucunda yarışmacı düğümlerin girişleri, hangi düğümlerin öğrenme işlemine katılacağına karar verilmesine yardımcı olurlar (Öztemel, 2003).

5.2.3 Yapay Sinir Ağı Yapısı

Birden fazla yapay sinir hücresi bir araya gelerek yapay sinir ağını oluşturur. Bu hücrelerin bir araya gelmesi rasgele olmaz. Ağdaki sinir hücreleri katmanlar içine yerleştirilir. Çoğunlukla hücreler 3 katman halinde ve her katman içinde paralel olacak şekilde bir araya gelerek ağı oluştururlar. Her katmandaki düğümler sadece kendinden bir önceki katmanda bulunan düğümlerden giriş alabilir. Bir düğüm kendinden sonraki bir sinir hücresine bağlanırken kendine asla bağlanamaz. Son katmandaki işaretler ağın çıkışıdır. Bu yapının daha iyi anlaşılması için Şekil 5.19’da çok katmanlı bir yapay sinir ağı verilmiştir.



Şekil 5.19- Çok katmanlı bir yapay sinir ağı

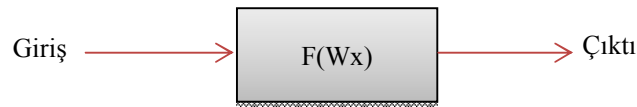
5.2.4 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Yapay sinir ağları yapılarına göre iki grupta incelenirler. Bunlar;

- İleri beslemeli Yapay sinir ağları
- Geri beslemeli yapay sinir ağları

5.2.4.1 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Nöronların katmanda bulunduğu yapay sinir ağı türüdür. Girişler bir katmandan sonraki katmana tek yönlü bağlantı ile gönderilir. Dolayısıyla alınan çıkışların geriye giriş olarak dönüşü söz konusu değildir.



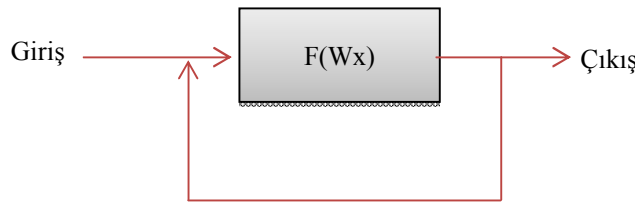
Şekil 5.20 İleri beslemeli yapay sinir ağı

Yapay sinir ağları mimarisinde ilk yapı 1958’de Rosenbalt tarafından geliştirilen algılayıcı (perceptron) modelidir. Bu yapı girdi, çıktı ve bir veya daha fazla ara katmandan oluşmaktadır (Galkin, 2003). İleri beslemeli ağlar nöron fonksiyonlarının birleşimi olan nonlineer girdi fonksiyonlarıdır. Bilgi akışının tek yönde aktığı (Şekil 5.20) (girdiden çıktıya doğru) birbirine bağlanmış nöron setinden oluşur. Bu yapılarda ileri yöndeki bağlantıları başlangıç noktasına geri yönlendiren bir döngü yoktur (Dreyfus, 2005). Herhangi bir çıktı katmanı aynı katmanı etkilemez. İleri beslemeli ağlar girdilerle çıktıları birleştiren doğrusal ileri ağlara meyillidirler. Örüntü tanımda (pattern recognition) yaygın olarak kullanılırlar. Bu tip bir ağ yapısında aşağıdan yukarı veya yukarıdan aşağı besleme söz konusudur (Stergiou and Dimitros, 1997).

5.2.4.2 Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Geri beslemeli ağlarda da işlem elemanları yani nöronlar ileri beslemeli ağlarda olduğu gibi katmanlarda bulunur. Ancak katmanlar arası bağlantılar çift yönlüdür.

Bağlantıların çift yönlü olması ara katmanların ya da çıkış katmanının çıkışlarının bir önceki katmana giriş olarak gönderilebileceği anlamına gelir. Bir geri beslemeli ağ tipi Şekil 5.21’de verilmiştir.



Şekil 5.21 Geri beslemeli yapay sinir ağı

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında çıkış ve ara katman çıkışları, giriş birimlerine veya kendinden önceki ara katmanlara geri beslenir ve bu şekilde girişlerin hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılması sağlanır. Bu özelliklerinden dolayı Geri Beslemeli yapay sinir ağları dinamik bir yapıya sahiptir. Bir andaki çıkış hem o andaki giriş hem de bir önceki giriş olarak kullanılır. Bu nedenle bu tür ağlar tahmin uygulamaları için kullanılır (Sağıroğlu, 2003).

5.2.5 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme ve Öğrenme Yöntemleri

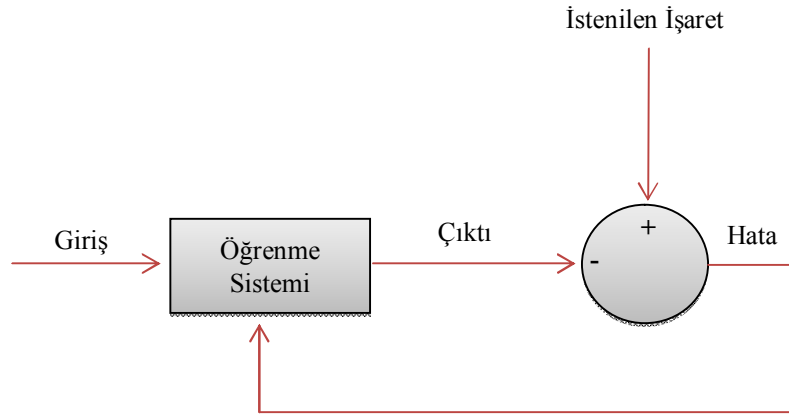
5.2.5.1 Öğrenme Türleri

Yapay Sinir Ağının öğrenme süreci, dış ortamdan alınan girişler ile başlar. Bu girişler Yapay Sinir Ağının aktivasyon fonksiyonundan geçerek bir tepki parametresi elde edilir. Bu çıkış tepkisi tecrübeyle verilen çıkışla karşılaştırılarak hata parametresi bulunur. Hata sinyali çeşitli algoritmalarla azaltılıp gerçek çıkışa yaklaştırmaya çalışır. Bu döngüde sürekli yenilenen sinir ağın ağırlıklarıdır. Ağırlıklar her döngüde yenilenerek amaca ulaşılmaya çalışır. Eğer yapay sinir ağı verilen giriş-çıkış çiftleriyle amaca ulaşmış ise ağırlık değerleri saklanır. Bu döngüde ağırlıkların sürekli yenileni istenilen çıkışı elde edene kadar geçen zamana öğrenme adı verilir. Biyolojik sinirlerden esinlenerek elde edilen yapay sinir ağı, doğrusal olmayan ve

paralel bilgi işleme özellikleriyle; bulunduğu ortamın değişmesiyle cevaptaki davranışı değiştirebilme, giriş uyarılarındaki küçük değişimleri tolere edebilme, değişik bazı uyarılar karşısında daha önceki uyarılar arasında benzer özellikler keşfederek deneyimi olmadığı halde uyarıyı cevaplayabilme gibi üstün özelliklere sahiptir (Karna, 1989). Öğrenme türleri öğreticili ve öğreticisiz olmak üzere ikiye ayrılır. Bu çalışmada öğreticili öğrenme yöntemi bir sonraki bölümde anlatıldığı şekilde kullanılmıştır.

5.2.5.1.1 Öğreticili (Denetimli) Öğrenme

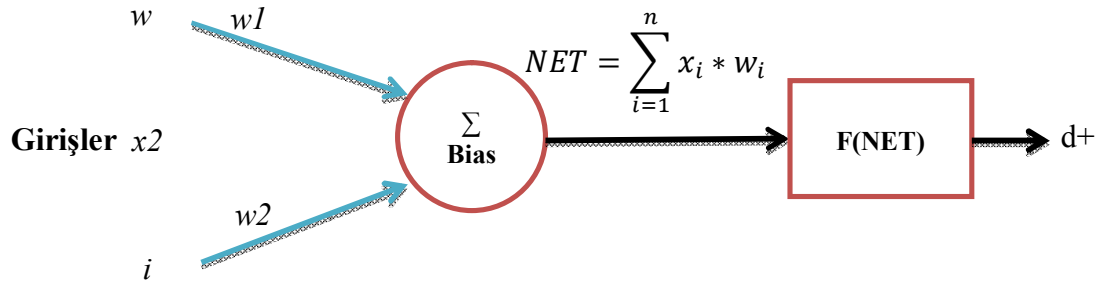
Öğrenme (Şekil 5.22) sistemin çıktısı ile istenilen çıktılar arasındaki karşılaştırmaya dayanır (Chum *et al.*, 1995). Bu öğrenme tipinde yapay sinir ağı kullanılmadan önce ağı eğitilmesi gerekir. Eğitim işleminde giriş parametrelerin yanında çıkış parametreleri de verilmelidir. Öğreticili öğrenmede çıkışlar bilindiğine göre sanki bir denetim çıkışları olması gerekenle karşılaştırarak kabul edip edilmeyeceğine dair karar verir. Elde edilen çıkışlar ile aynı girişler için önceden bilinen çıkışlar arasındaki fark hata olarak kabul edilir. Bu hataların karelerinin en küçük olacak şekilde sinirler arası bağlantılardaki ağırlık değerleri yeniden düzenlenerek en küçük hata ile çıkışa yaklaşılr. Hatanın istenilen değerden büyük olması durumunda çıkışlardan girişlere doğru bir geri besleme olacaktır. Böylece ağı en küçük hata ile çıkış tahmininde bulunması gerekir.



Şekil 5.22 Öğreticili öğrenme sistemi

Bu çalışmada DC Motorun Geçerli hızı ve Çalışma Akımı giriş parametreleridir. Çıkış değeri, Geçerli hız (y) değerinin, Hedef hız (Set Point) değerine eşit olabilmesi için Geçerli hız değerine eklenmesi gereken değer (w) olarak belirlenmiştir. Her Hedef hız değeri için farklı

yük durumlarında deneyler yapılmış ve motorun Geçerli hız (y) değerleri çekmiş olduğu Akım (mA), Gerilim (V) parametreleri ve d+ (motorun istenilen hıza ulaşması için gerekli hız artış miktarı) değerleri deney düzeneği üzerinden ölçülüp bilgisayar ortamına aktarılmış ve kaydedilmiştir. Matlab ortamında Şekil 5.23'te verilen 2 giriş 1 çıkışlı bir YSA yapısı tasarlanmıştır. Geçerli hız ve Akım değerleri giriş olarak seçilirken, d+ (motorun istenilen hıza ulaşması için gerekli hız artış miktarı) ağın çıkışı olarak belirlenmiştir. Tasarlanan YSA yapısı hızlı öğrenme kabiliyeti ile meşhur olan ve literatürde sıklıkla tercih edilen Levenberg-Marquardt öğreticili öğrenme algoritması ile eğitilmiştir. Eğitim sırasında tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Eğitimin 100 aşama sonrasında tamamlandığı varsayılmıştır. Gizli katmanda 5 nöron kullanılmıştır. Gizli katmanda kullanılan nöron sayısı deneme yanılma yöntemiyle tespit edilmiştir. Eğitim sonrasında ağ parametrelerinin son değerleri Çizelge.5.4'teki gibi elde edilmiştir.

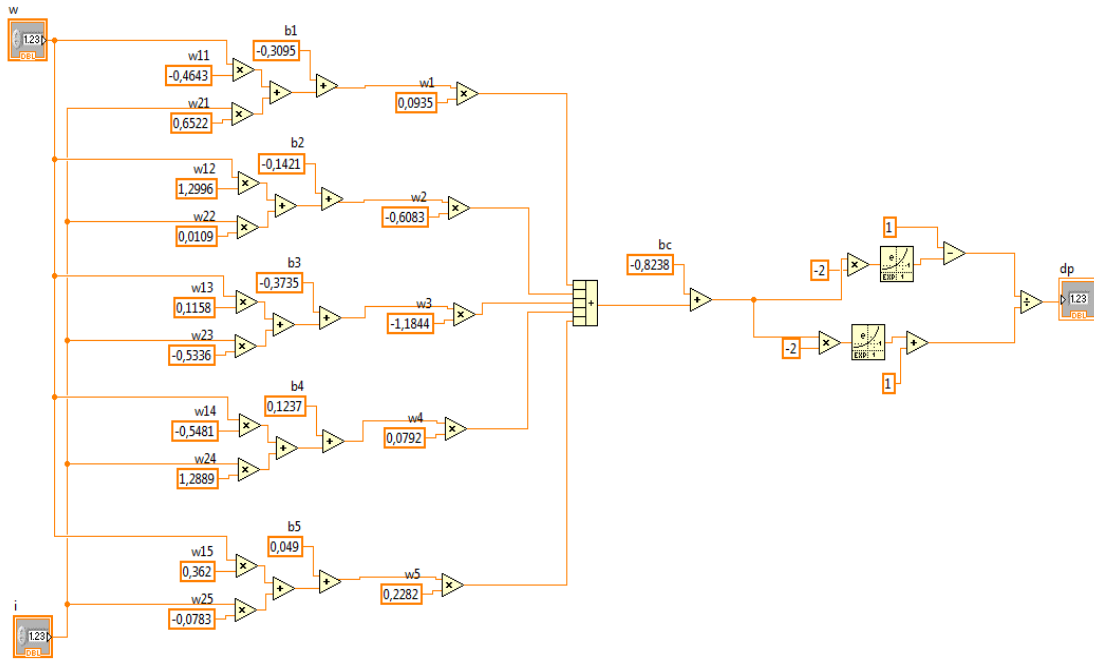


Şekil 5.23 2 giriş, 1 çıkışlı YSA yapısı

Tespit edilen ağ parametreleri kaydedilmiş ve LabVIEW ara yüz programında tasarlanan (Şekil 5.24) YSA yapısına girilmiştir.

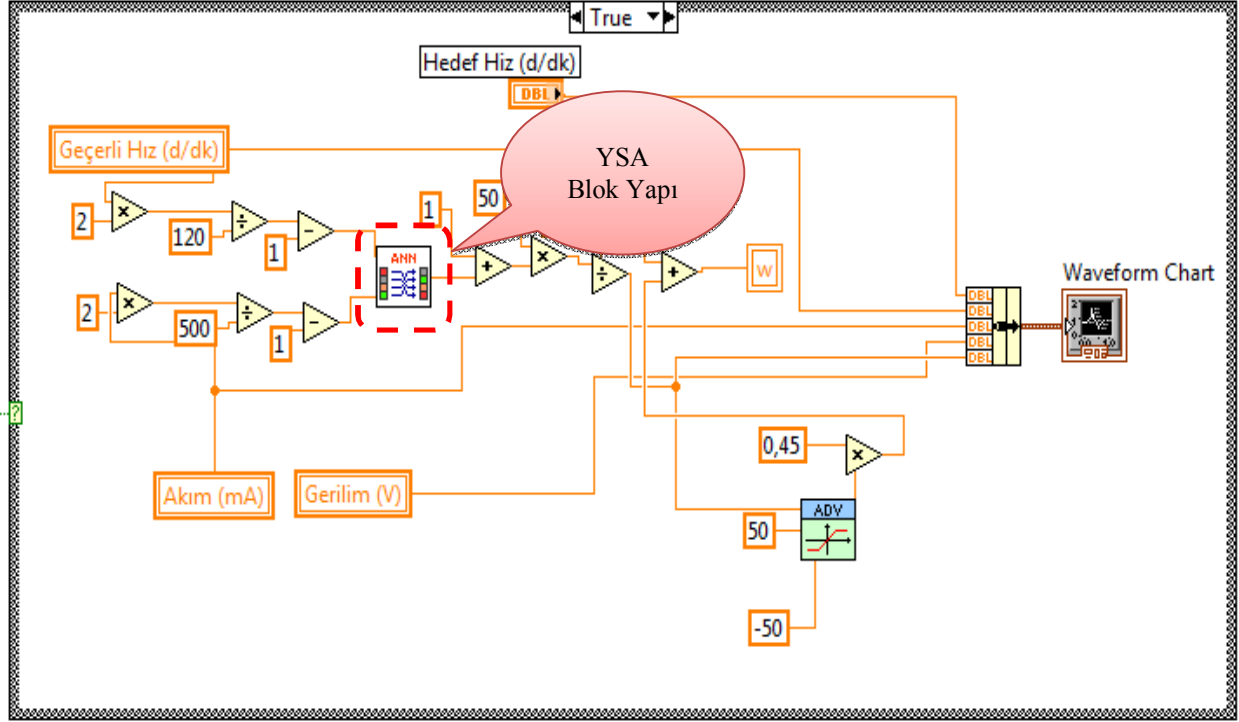
Çizelge.5.4. Matlab ortamında eğitilen ağ sonuçları

W1	Bias	W2	Çıkış Bias
-0.4643	-0.3095	0.0935	
0.6522			
1.2996			
0.0109	-0.1421	-0.6083	-0.8238
0.1158			
-0.5336	-0.3735	-1.1844	
-0.5481			
1.2889	0.1237	0.0792	
0.3620			
-0.0783	0.0490	0.2282	



Şekil 5.24 LabVIEW ortamında Yapay Sinir Ağı tasarımı

Siniri ağı tasarımı kullanım kolaylığı sağlaması açısından blok yapı olarak kaydedilmiştir. Oluşturulan blok ana programa eklenerek (Şekil 5.25) kontrolör yapısı oluşturulmuştur.



Şekil 5.25 LabVIEW’de YSA blok yapısı

LabVIEW ara yüz programında oluşturulan YSA yapısı Matlab’ta eğitilen YSA yapısından elde edilen parametreler sayesinde farklı hız ve yüklenme durumları için hız değerlerinde meydana gelecek artışları hesaplamakta ve motora iletmektedir. Çalışmada PID kontrolör ve YSA kontrolör tarafından farklı hızlarda ve yük durumlarında gerçekleştirilen kontrol başarımları bir sonraki bölümde sunulmuş ve tartışılmıştır.

6. KONTROLÖR SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde PID kontrolör ve YSA kontrolör yapılarının DC motorun çalışma performansına etkileri detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Farklı yük durumlarında kontrolör yapılarının performanslarını tespit etmek amacıyla literatürde sıklıkla kullanılan Eşitlik 6.1’de verilen RMSE (Root Mean Square Error) hata ölçütü kullanılmıştır. YSA ve PID kontrolörlerin RMSE hata ölçütüne göre kıyaslamaları Çizelge.6.1’de sunulmuştur.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (y - v)^2} \quad (6.1)$$

n : Kullanılan veri sayısı

y : Hedef hız

v : Geçerli hız

Çizelge.6.1. Ağır yük durumuna göre RMSE tablosu

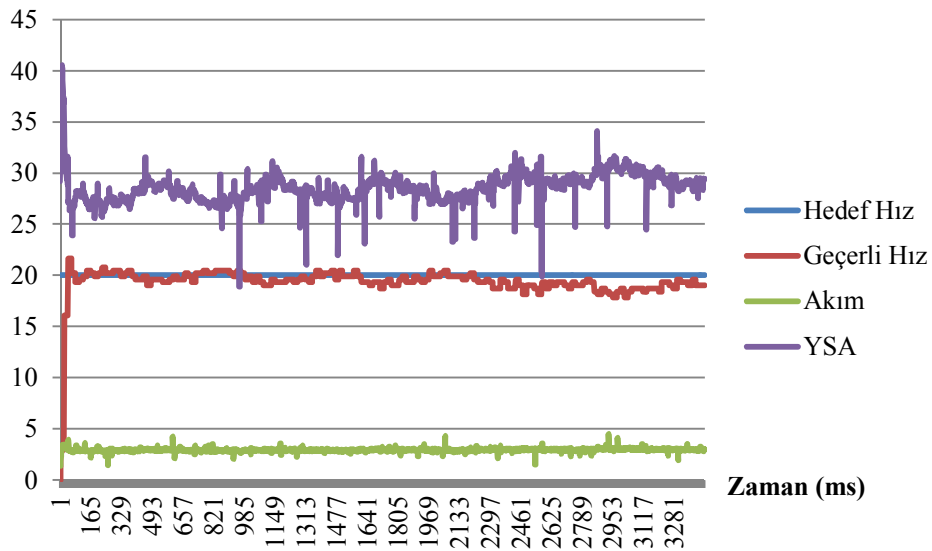
	Ağır Yük		Orta Yük		Hafif Yük	
Hedef	YSA RMSE	PID RMSE	YSA RMSE	PID RMSE	YSA RMSE	PID RMSE
10	0,99482181	1,290658454	0,544371926	0,387562991	1,488129144	2,191251624
20	1,635026419	1,682104807	0,587091619	0,320692531	2,556587713	2,929409734
30	2,355400638	2,015560899	0,989733393	0,297781992	3,497235589	3,5425115
40	3,292247778	2,840246869	1,279264109	0,400406648	4,957305602	5,023129181
45	3,678476999	3,391352178	1,501143456	0,44565357	5,510510586	5,964771516
50	4,167951503	3,615712943	1,557952937	0,368102531	6,301652254	6,410949083
55	4,662724638	3,862274451	1,892996962	0,456033053	6,923037171	6,798022598
60	5,460705967	4,592065568	1,266814461	0,540753636	8,89920413	8,151296998
65	5,161790341	4,914814703	0,826942938	0,431199625	8,303290904	8,663752051
70	5,940177201	5,277691436	1,390459671	0,5054286	9,651448164	9,284954894
75	6,536143828	5,720073871	1,166333375	0,545442195	10,67686319	10,07539596
80	7,200163901	6,215477485	1,273066728	0,512421868	11,74835368	10,96390558
85	7,302015128	6,79930553	1,17530748	0,482991241	11,78821608	12,06369793
90	8,417953204	6,96218081	1,418664759	0,595780051	13,76229886	12,28959785
95	8,917463136	9,078442234	1,65232151	2,0572968	14,43303083	15,0648331
100	9,72010885	7,763424782	1,999477288	0,492560062	14,4467484	13,39553981
105	15,13920312	9,251416026	2,178960981	0,493254671	22,73091791	16,04846715
110	25,52774488	9,745223241	2,611542385	1,296137211	43,13326683	16,03754207

Çizelgeden de anlaşılacağı üzere YSA kontrolör hafif yük durumunda PID kontrolöre nazaran daha başarılı bir performans sergilemiştir. Her ne kadar orta ve ağır yük durumlarında PID kontrolör daha düşük RMSE ile başarılı gözükse de hedef hız civarında salınımlara sebep olmakta ve YSA'ya göre daha kararsız bir kontrol işlemi gerçekleştirmektedir (Bakınız Şekil 6.1-6.18).

Sistem otomasyonu kademeli yük değişiminin otomatik olarak yapmakta ve bu yük değişim etkisi grafikler üzerinden okunabilmektedir. Belirli hız değerlerine göre hep PID kontrolör hemde YSA kontrolör sonuçları alınmıştır. Alınan sonuçlara göre kontrolör yapıları karşılaştırılmıştır.

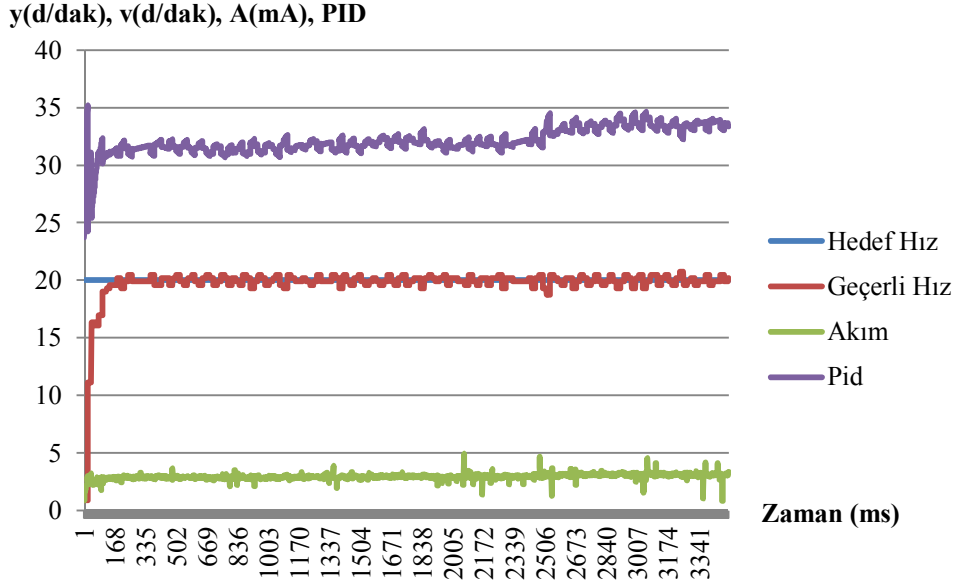
6.1 Hedef Hız Değeri 20 d/dak

y(d/dak), v(d/dak), A(mA), YSA



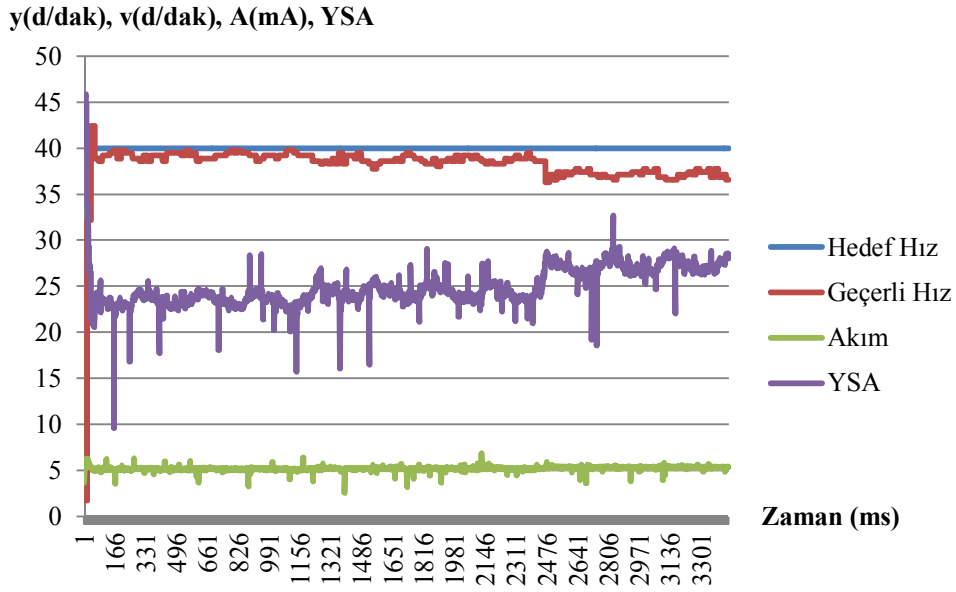
Şekil 6.1 Hedef hız değeri 20 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi

Zamana göre artan yük kademesi ile YSA kontrolör sisteminde hedef hız değeri 20d/dak değerinde iken Geçerli hız değeride, hedef hız değerini yakalayabilmektedir (Şekil 6.1). DC motorun miline uygulanan yük arttıkça motorun çektiği akım , çektiği gerilim ve YSA'nın çıkış sinyali artmaktadır. Aynı hız değeri PID kontrolör yapısına uygulandığında Geçerli hız değeri hedef hız değerine ulaşmaktadır. DC Motorun miilne uygulanan yük arttıkça motorun çektiği akım , çektiği gerilim ve PID'nin çıkış sinyali artmaktadır (Şekil 6.2).



Şekil 6.2 Hedef hız değeri 20 d/dak PID yapısının sisteme etkisi

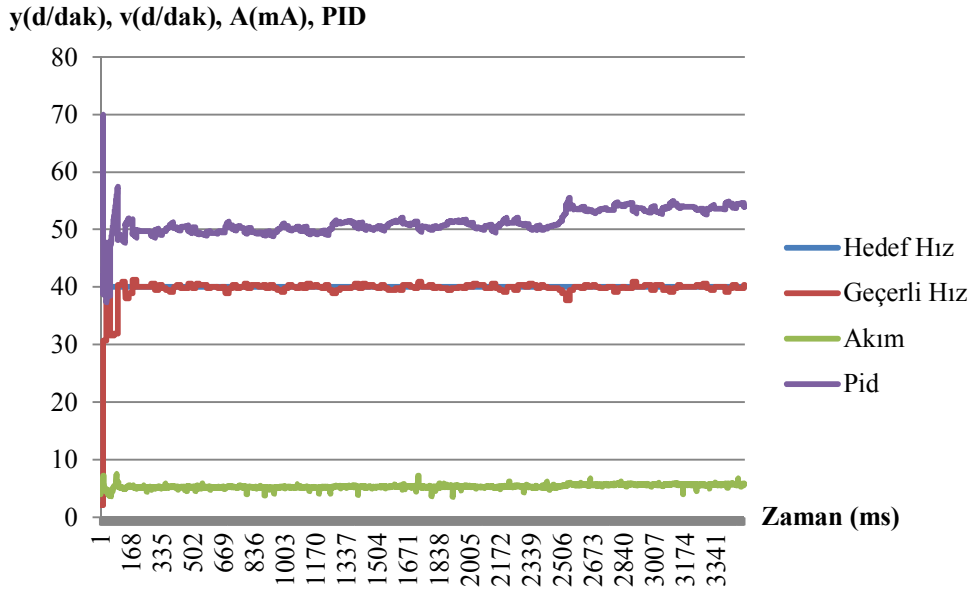
6.2 Hedef Hız Değeri 40 d/dak



Şekil 6.3 Hedef hız değeri 40 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi

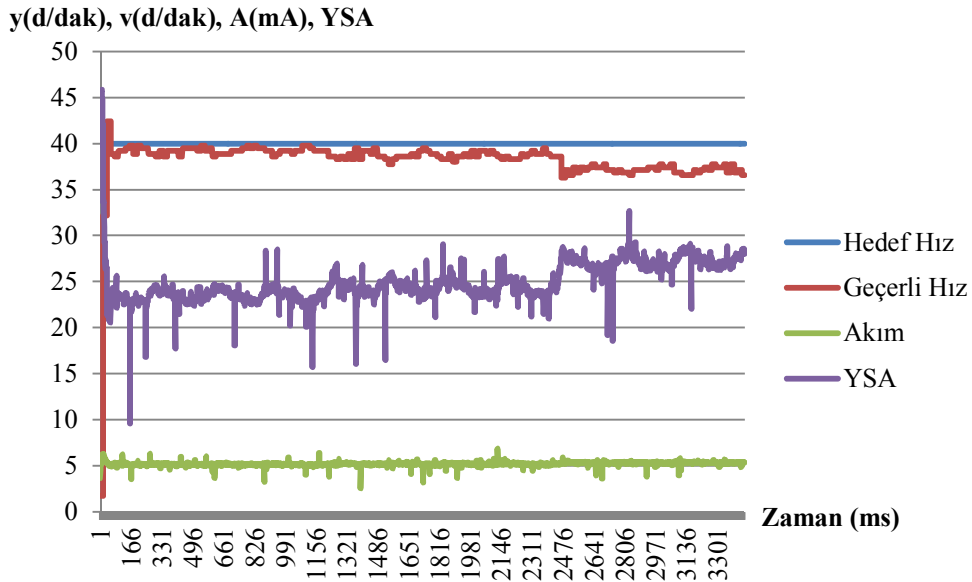
Hedef hız değeri 40 d/dak değerine çıkarılarak sistemin çalışması YSA kontrolör yapısında incelenmiştir (Şekil 6.3). Hız değeri arttıkça DC motorun çekmiş olduğu akım ve gerilim değerleri artmaktadır. Şekil 6.3'ten de anlaşılacağı üzere yükün zamana göre artışı sonucunda YSA çıkış sinyali artmış ve böylelikle, Geçerli hız değeri Hedef hız değerini yakalamıştır. Motorun Geçerli hızı ve yük miktarı artıkça kararsız olmaya çalışırken kontrolörler ile çalışma performansı daha kararlı hale getirilmiştir. Aynı koşullar altında çalıştırılan kontrolörler hedef hız değerine ulaşma süresi göz önüne alındığında PID kontrolör yapısı,

(Şekil 6.4). YSA yapısına göre motor performansını kararlı hale getirmede daha yavaş olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 6.4 Hedef hız değeri 40 d/dak PID yapısının sisteme etkisi

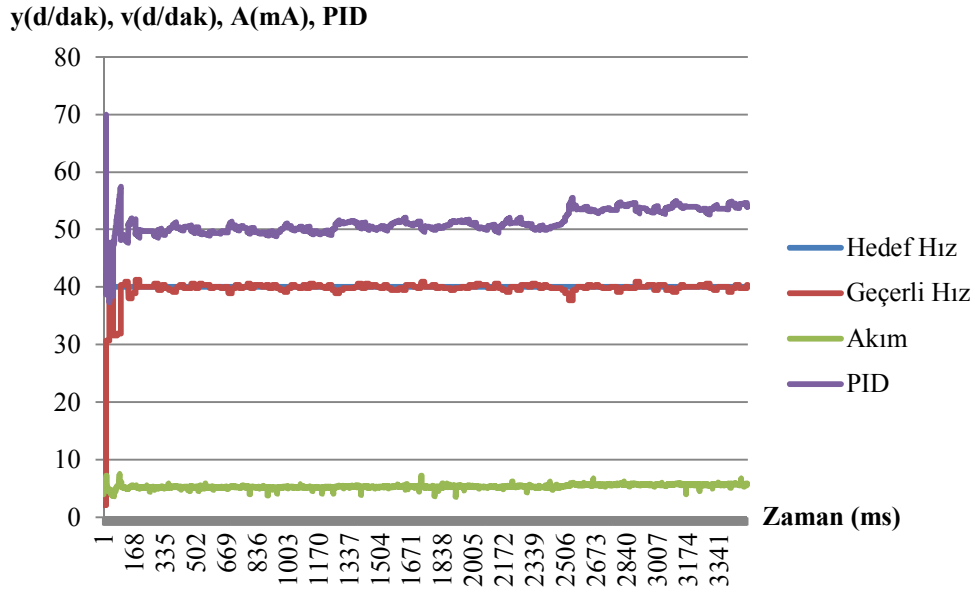
6.3.Hedef Hız Değeri 60 d/dak



Şekil 6.5 Hedef hız değeri 60 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi

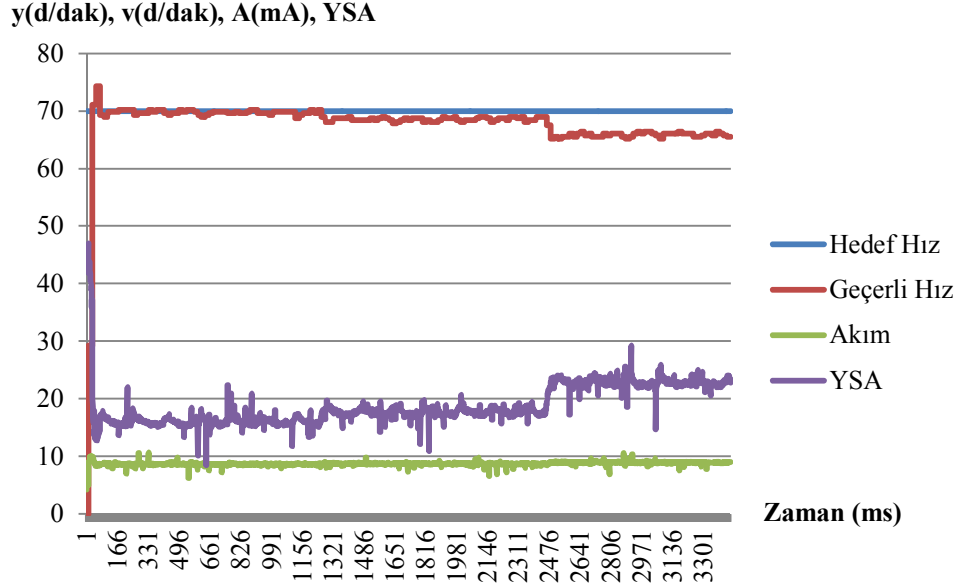
YSA kontrol denetiminde Hedef hız 60 d/dak değerine çıkarılarak DC Motor performansı incelendi (Şekil 6.5). Hedef hız değeri arttıkça doğru orantılı olarak Geçerli hız değeride artmakta böylece kademeli olarak artan yük değeri motor hızı arttığından dolayı DC motor miline uygulanan kuvvet artmaktadır.

Bu doğrultuda motorun çekmiş olduğu akım ve gerilim değerlerinin artması ağırlık çıkış sinyalinin artmasına sebep olmuştur.



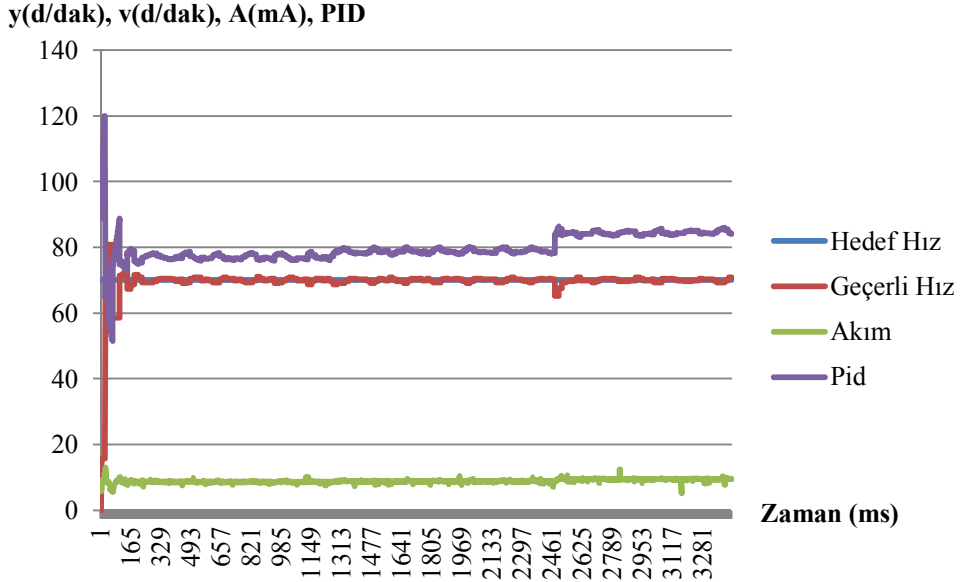
Şekil 6.6 Hedef hız değeri 60 d/dak PID yapısının sisteme etkisi

6.4 Hedef Hız Değeri 70 d/dak



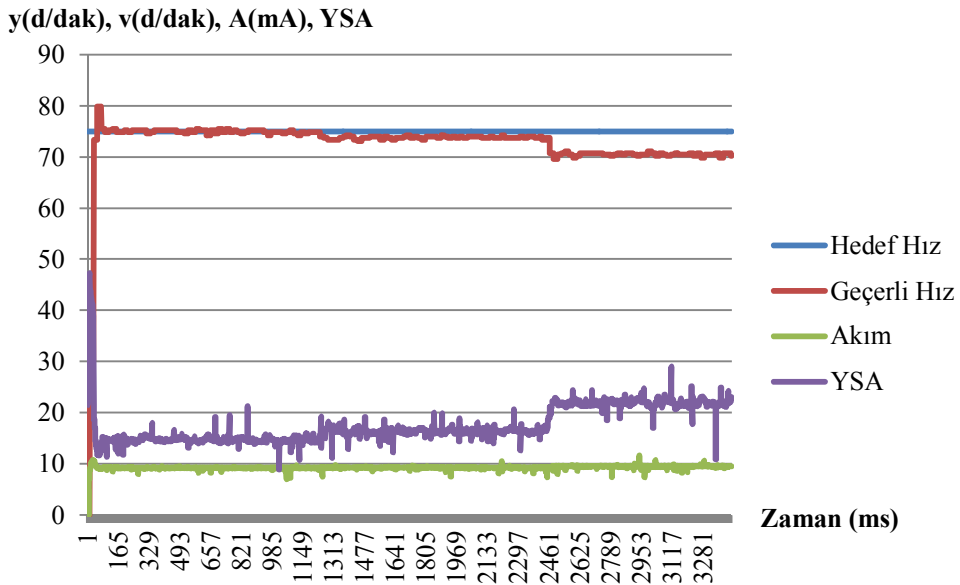
Şekil 6.7 Hedef hız değeri 70 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi

Hedef hız değeri 70 d/dak değerine çıkarılarak sistemin YSA kontrolör denetiminde çalışması sağlanmıştır.(Şekil 6.8) Önceki çalışmalara göre Geçerli hız değerinin, hedef hız değerine ulaşmasında kararsızlık yaşıyorsa, YSA kontrolör sistemi Geçerli hız değerini yük sabitken hedef hız değerine ulaştırmaktadır.



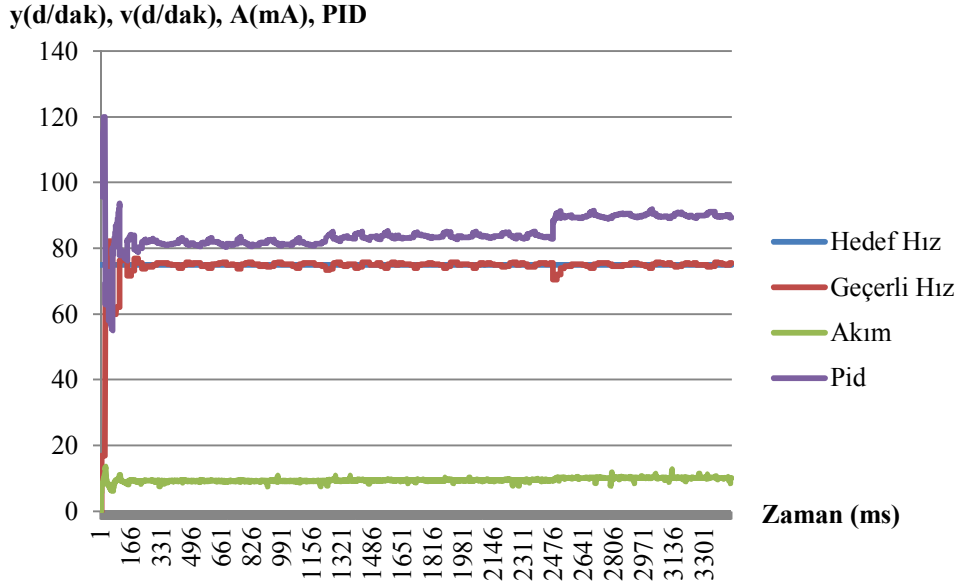
Şekil 6.8 Hedef hız değeri 70 d/dak PID yapısının sisteme etkisi

6.5 Hedef Hız Değeri 75 d/dak



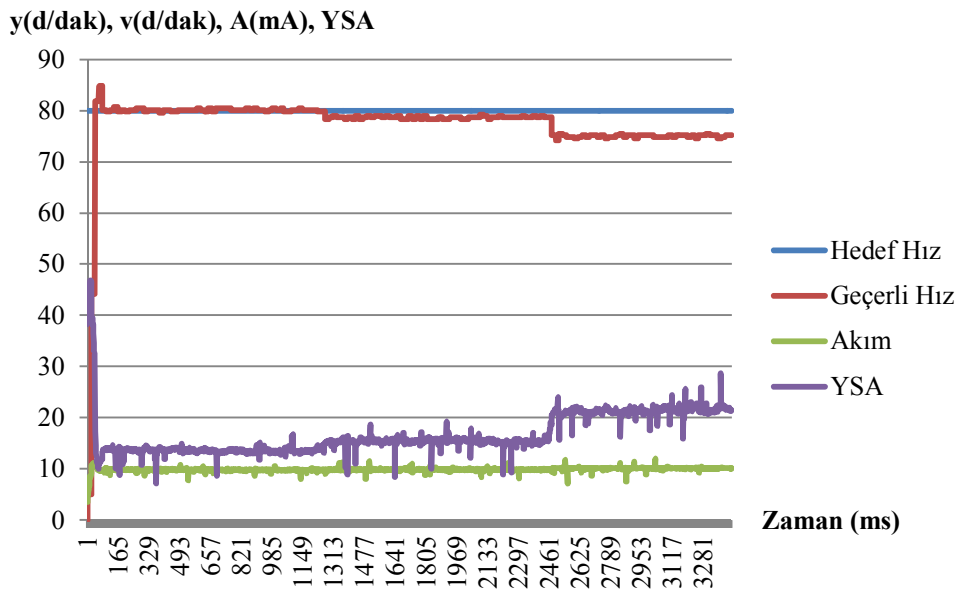
Şekil 6.9 Hedef hız değeri 75 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi

Hedef hız değeri ve yük değeri arttıkça (Şekil 6.5) sistem daha kararsız bir yapı kazanmakta. Aynı koşullar kontrolörsüz bir yapı ile karşılaştırılırsa sistem çok daha kararsız bir yapı haline gelerek DC motorun yol alması oldukça zor olacaktır.



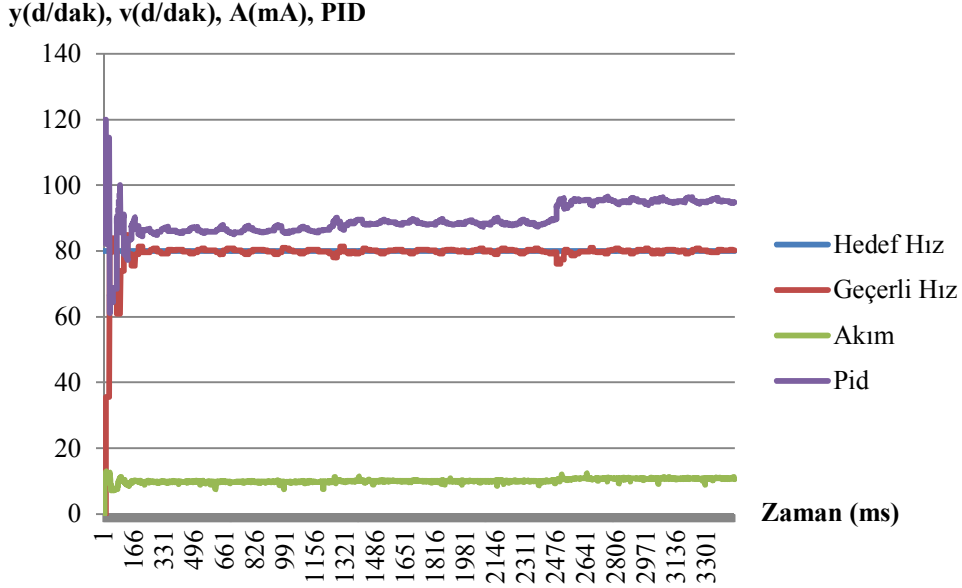
Şekil 6.10 Hedef hız değeri 75 d/dak PID yapısının sisteme etkisi

6.6 Hedef Hız Değeri 80 d/dak



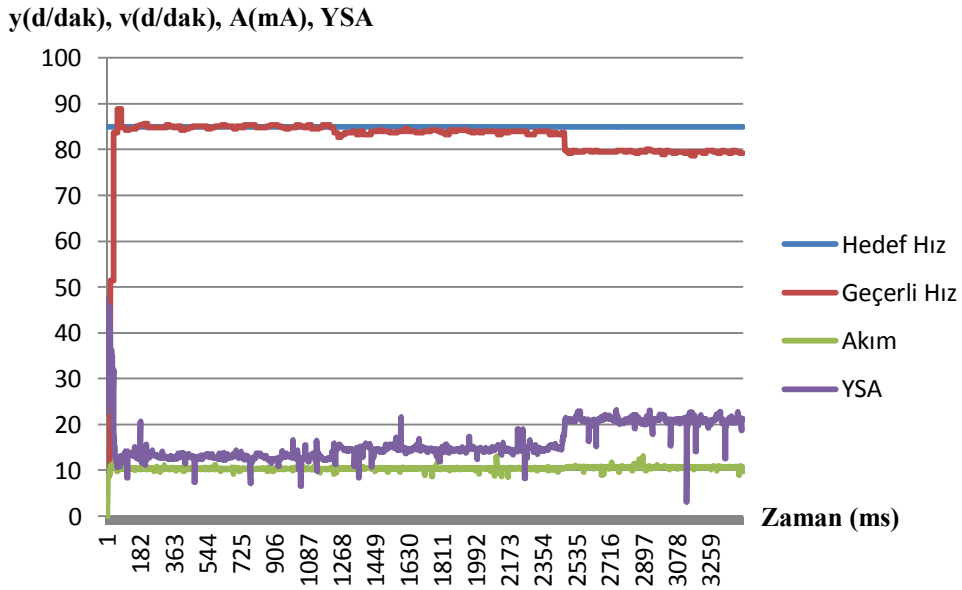
Şekil 6.11 Hedef hız değeri 80 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi

Hedef hız değeri arttıkça DC motorun Geçerli hız değerine ulaşabilmesi için yapmış olduğu salınımlar artmıştır (Şekil 6.11). Yük değeri arttıkça Geçerli hız değeri hedef hız değerinden uzaklaşmıştır. Geçerli hız değeri hedef hız değerinden uzaklaştıkça YSA çıkış sinyali, Geçerli hız değerinin hedef hızdan uzaklaşmaması için artmıştır.



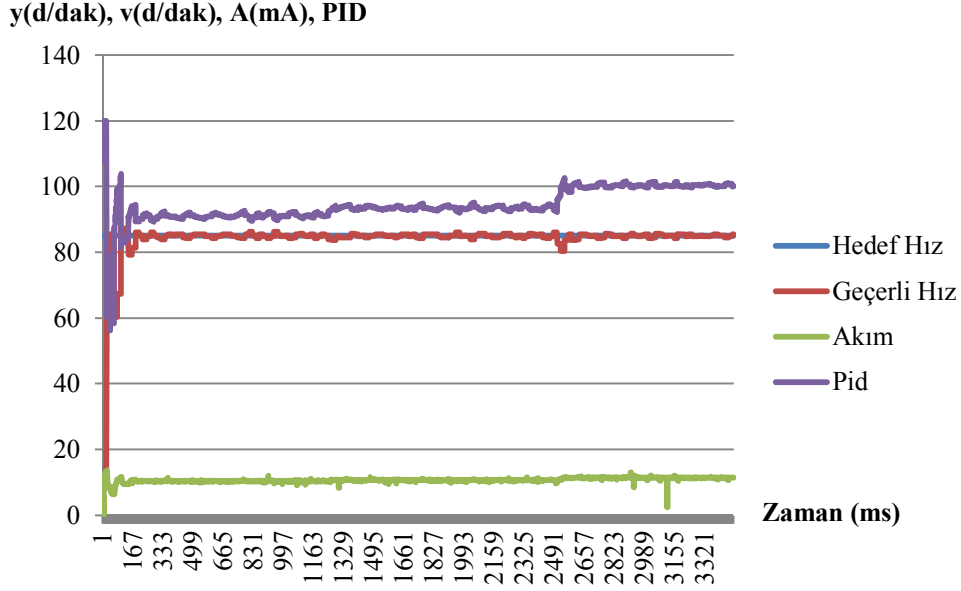
Şekil 6.12 Hedef hız değeri 80 d/dak PID yapısının sisteme etkisi

6.7 Hedef Hız Değeri 85 d/dak



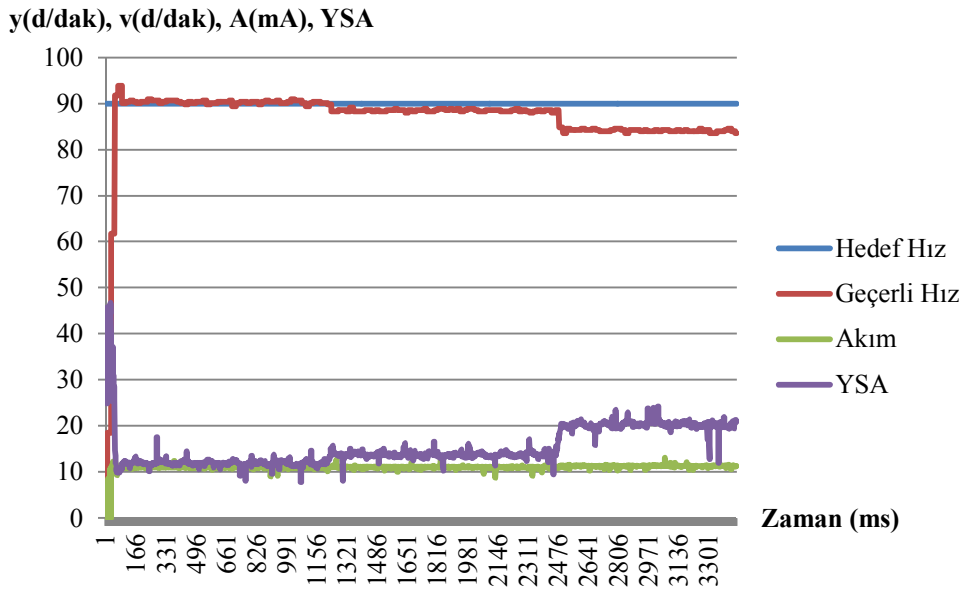
Şekil 6.13 Hedef hız değeri 85 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi

YSA kontrolör sisteminde DC motorun Hedef hız değerine ulaşması PID kontrolöre göre daha hızlı olduğu tespit edilmiştir.(Şekil 6.7)



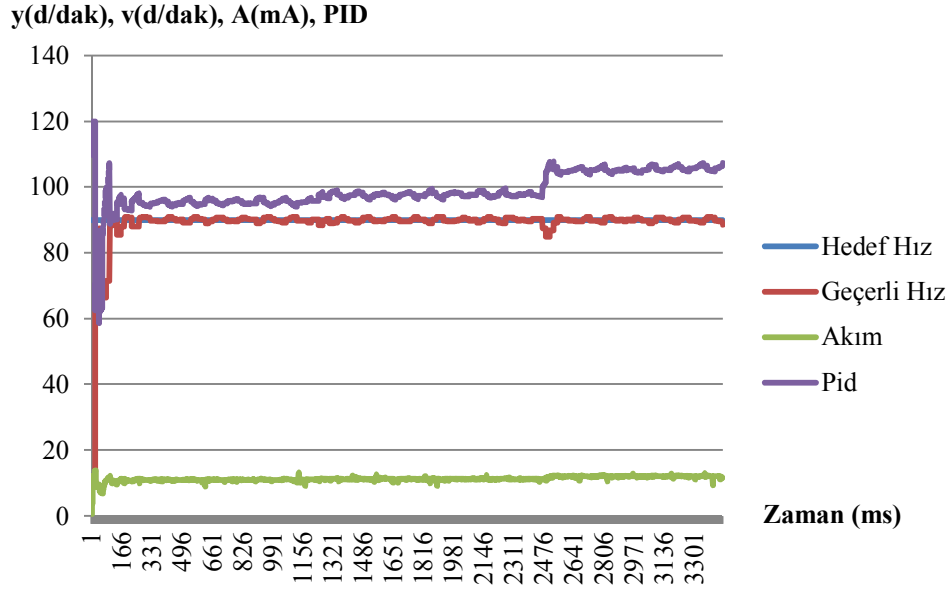
Şekil 6.14 Hedef hız değeri 85 d/dak PID yapısının sisteme etkisi

6.8 Hedef Hız Değeri 90 d/dak



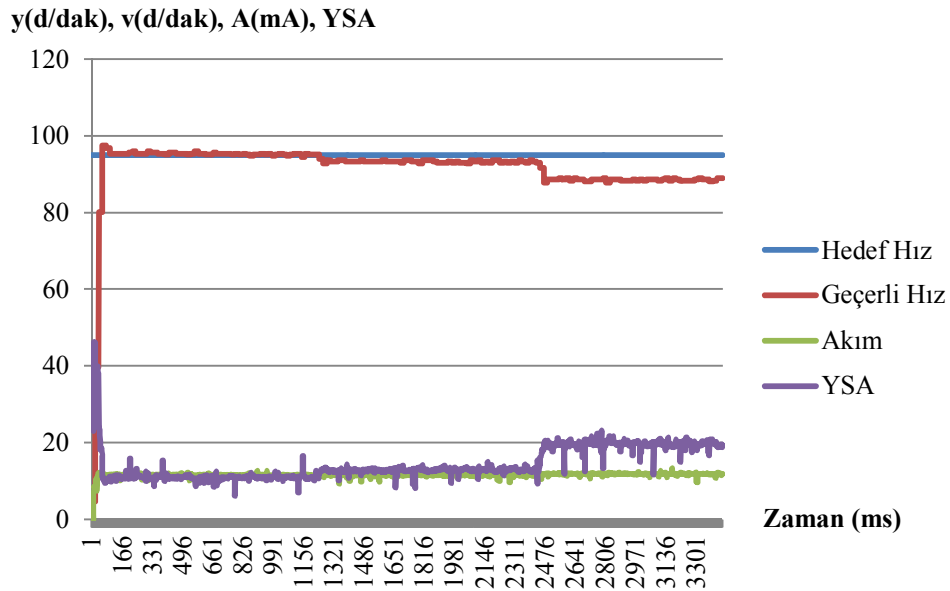
Şekil 6.15 Hedef hız değeri 90 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi

Hedef hız değeri arttıkça akım, gerilim ve ağ çıkış sinyalleri daha sıkı bir hal alarak değerleri artmaktayken, Geçerli hız değeri yük değeri arttıkça azaldığı gözlemlenmiştir. Bu azalmayı fark eden YSA ters orantılı olarak çıkış verilerini arttırmaktadır. (Şekil 6.15.)



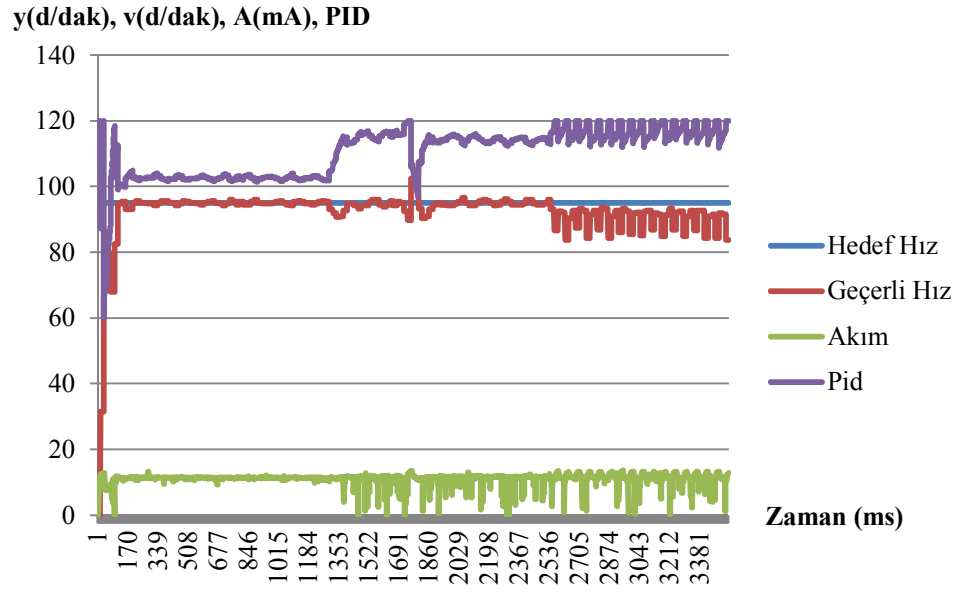
Şekil 6.16 Hedef hız değeri 90 d/dak PID yapısının sisteme etkisi

6.9 Hedef Hız Değeri 95 d/dak



Şekil 6.17 Hedef hız değeri 95 d/dak YSA yapısının sisteme etkisi

Yapılan deneyler sonucunda YSA ve PID kontrolör sistemlerinin karşılaştırılmasında YSA kontrolör sisteminin hafif yük durumunda kararlı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.18 Hedef hız değeri 95 d/dak PID yapısının sisteme etkisi

7. SONUÇ ve BULGULAR

Dc Motor hız kontrolünün Pc ortamından ara kontrol kartı aracılığıyla sağlanması, DC motorun çalışma parametrelerinin veri okuma ve yük kontrol kartından elde edilmiştir. Bu verilerin bir veri tabanında depolanmasıyla DC motorun farklı yükler karşısında daha kararlı olabilmesi açısından ara yüz programında PID ve Yapay Sinir Ağı kontrolörü oluşturulmuştur. Oluşturulan kontrolör sistemleri belirli hız değerlerinde karşılaştırılarak, kontrolörlerin, gerçek ortamda DC motor performansına etkisi gözlemlenmiştir. Yapılan incelemelere göre DC Motor hız kontrol performansında PID kontrolör yapısı orta ve ağır yükte kararlı gözükse de hafif yük durumunda YSA kontrolör yapısı daha kararlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bulgu sistem üzerinde yapılan deneyler sonucunda veri grafiklerinde gözlemlenmiş ve RMSE (Read Mean Square Error) çizelgesinde gerekli hesaplamalar yapılarak bu sonuca varılmıştır. Gözlemlenen grafiklerde DC motor geçerli hız durumundan, hedeflenen hız durumuna ulaşma süresinde YSA kontrolör yapısının PID kontrolöre göre daha kısa sürede ulaştığı gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular gerçek deney modülü üzerinde test edildiği için tasarlanan YSA yapısı geliştirilerek ileriye dönük endüstri uygulamalarına uyarlanabilir niteliktedir.

KAYNAKLAR

- Akpınar H., (1993). Yapay Zeka ve Tarihi Gelişimine Bakış, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, Cilt:22, Sayı:1, s.103.
- Bayındır, R., and Görgün, A., (2009). Pic Tabanlı Bir Pi Denetleyici ile Senkron Motor kullanılarak Bir Kompanzatör Uygulaması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimler Dergisi*, **15-1**, .87-99
- Boz, A.F., Otomatik Kontrol Sistemleri, 28st Jan, 2012, from <http://web.sakarya.edu.tr/~afboz/control/index.html?s=11>
- Chen-Wen V. Yen, Tsong-Zen Liu, and Tsang-Yi Wang, *Department of Mechanical Engineering, National Sun-Yat Sen University, Kaohsiung, Taiwan, 80024* (vincen@mail.nsysu.edu.tw)
- Chum W., Jyh-Ming K. and Principe J.C., (1995). A Relation Between Hebbian And MSE Learning, *IEEE*, **5**, s.3364.
- Civalek, Ö., ve Ülker, M., (2004). Dikdörtgen Plakların Doğrusal Olmayan Analizinde Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı”, *İMO Teknik Dergi*, Yazı **213** , s.3173.
- Cox, I.J., ve diğerleri, (2002). Application Of Neural Computing In Basic Oxygen Steelmaking, *Journal Of Materials Processing Technology*, **120**, s.311.
- Çimen, H., Çınar, S.M., Nartkaya, M., and Yabanova, İ.,(2008). Energy Efficiency in Natural Stone Cutting Process, *Energy 2030 Conference, Nov. 2008, Atlanta, GA USA*, **1-6**, 17-18
- Dreyfus, G., (2005). Neural networks methodology and applications, *Springer+Verlag Berlin Heidelberg*, 497 p.
- Efe, M.Ö., ve Kaynak, O., (2000). Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları, *İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınları*, s. 1.
- Elmas, Ç., (2003). Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), *Ankara: Seçkin Yayıncılık*, s.36

- Galkin, I., (2003). Crash introduction to artificial neural Networks. Retrieved February 25, 2006 from <http://ulcar.uml.edu/~iag/CS/Intro+to+ANN.html>.
- Horng, J.H., (2008). Hybrid MATLAB and LabVIEW with neural network to implement a SCADA system of AC servo motor. *Advances in Engineering Software* **39** 149–155
- Horng J.H., (1999) Neural Adaptive Tracking Control of a DC Motor, *Information Sciences*, vol. **118**, Elsevier, 1–13.
- Jang, J.O.A., (2001). Dead zone compensator of a DC motor system using fuzzy logic control, *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews* **31** (1) 42–48.
- Karna, K.N., David, M.B., (1989). An Artificial Neural Networks Tutorial Part:1-Basics, *Neural Networks*, Vol:1, No:1, 5-23.
- Khaled, N., Rached, D., and Naceur, B.B., (2007). Adaptive control of a nonlinear dc motor drive using recurrent neural networks., *Applied Soft Computing* ,8, 371-372.
- Minkova, M.D., Minkov D., Rodgerson, J.L, Harley, R.G., (1998). Adaptive neural speed controller of a dc motor. *Electric Power Systems Research* **47** 123–132
- Öztemel, E., (2003). Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Plett, G.L.,(2003). Adaptive inverse control of linear and nonlinear systems using dynamic neural networks, *IEEE Trans. Neural Netw* , **14** (2), 360–376.
- Rahma, M.A., Hoque , M.A. (1998). On-line adaptive neural network based vector control of permanent magnet synchronous motors, *IEEE Transactions on Energy Conversion* **13** :311–318.
- Rubaai, A., and Kotaru, R., (1999). Online identification and control of a DC motor using learning adaptation of neural networks, *IEEE Transactions on Industry Applications* **36** (3) :935–942.
- Rubaai, A., Ricketts, D., Kankam, M.D., (2002). Development and implementation of an adaptive fuzzy-neural-network controller for brushless drives, *IEEE Transactions on Industry Applications* **38** (2) :441–447.

- Sağıroğlu, ř., BEřDOK, E., ve ERLER, M., (2003). Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları I, *Yapay Sinir Ağları. Kayseri: Ufuk Kitap Kirtasiye*
- Sio, K.C., Lee, C.K., (1996). Identification of a non-linear system with neural networks, in: *Proceedings of the Advanced Motion Control'96, MIE, Japan*, pp. 287-292.
- Stergiou, D., and Siganos, D., (1997). Neural networks. Retrieved February 20, 2006 from http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html.
- Ziegler, J.G., and Nichols, N.B., (1942). Optimum settings for automatic controllers. *Transactions of the ASME*. **64**. 759–768.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ümit KÖK

Doğum Yeri ve Tarihi : Nusaybin / 01.01.1984

Yabancı Dil : İngilizce

İletişim (Telefon/e-posta) : +90 533 766 3314 / umt134@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Nusaybin Endüstri Meslek Lisesi Elektrik 2002

Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi - (Örgün Öğretim) Teknik Eğitim Fakültesi,
Elektrik Öğretmenliği 2008

Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Eğitimi
09.2009- *Devam Ediyor*

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

MEB Elektrik Öğretmeni/ Mardin/ Vekil Öğretmen **09.2010-**

Sağbil Paketleme Makineleri/ Elektrik Mühendisi/ Konya **09.2009-**Fritolay A.Ş/ Elektrik
Bakım Teknisyeni/ İstanbul **02.2009-05.2009**

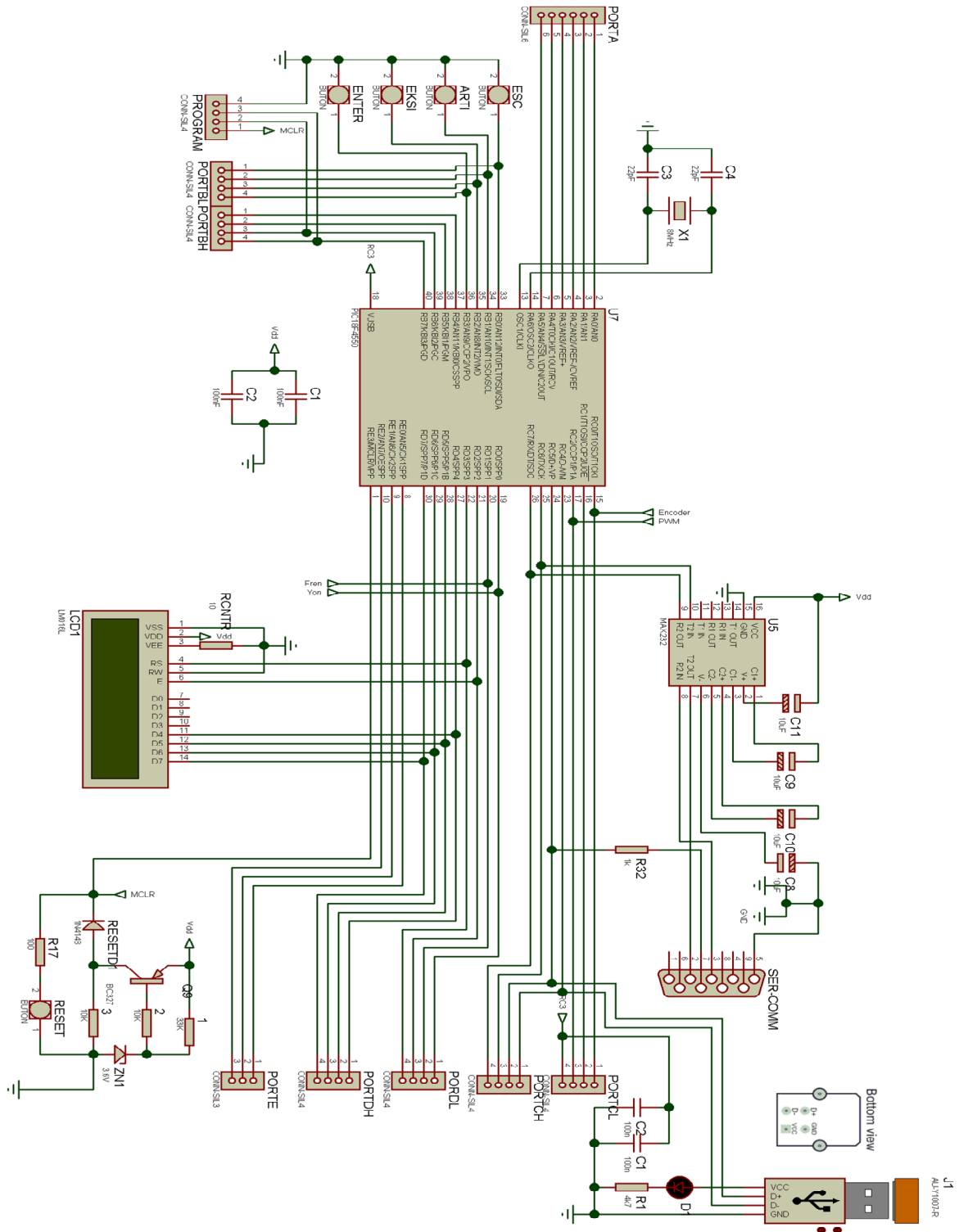
MEB/ Vekil Öğretmen/ Mardin **08.2008-12.2008**

UĞUR DERİN DONDURUCU /Aydın/ Stajyer Aydın **06.2007-08.2007**

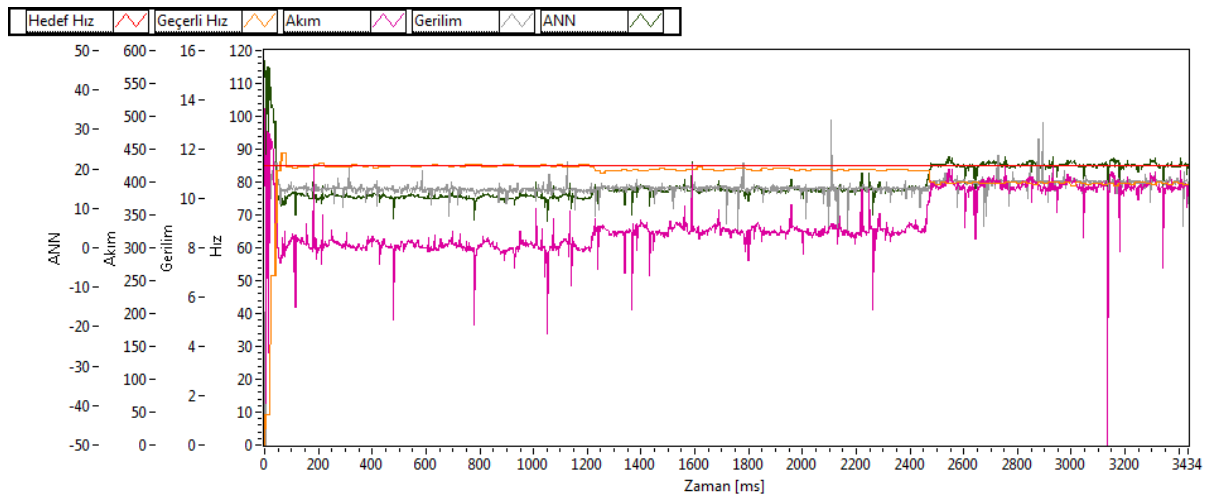
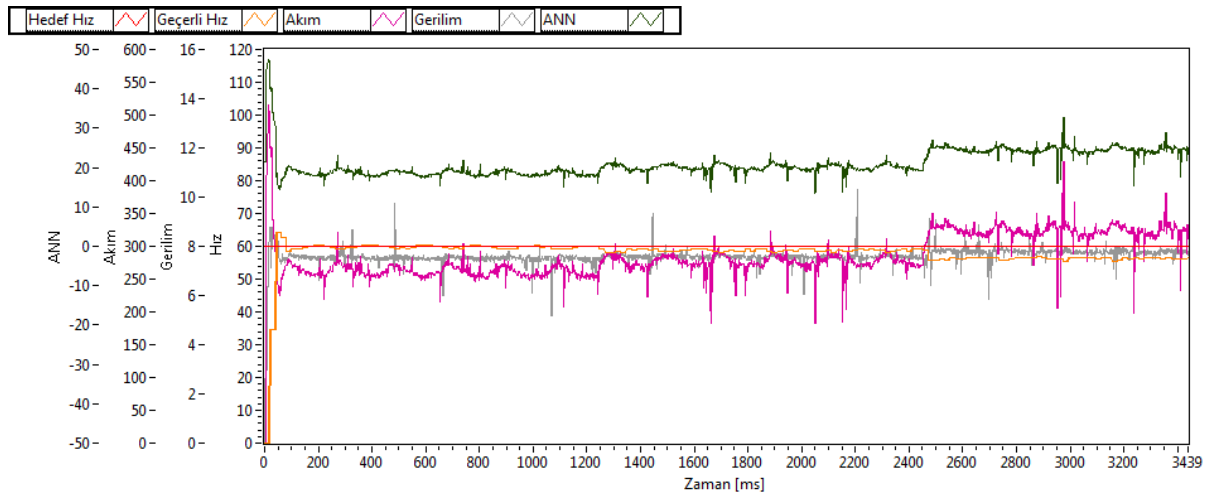
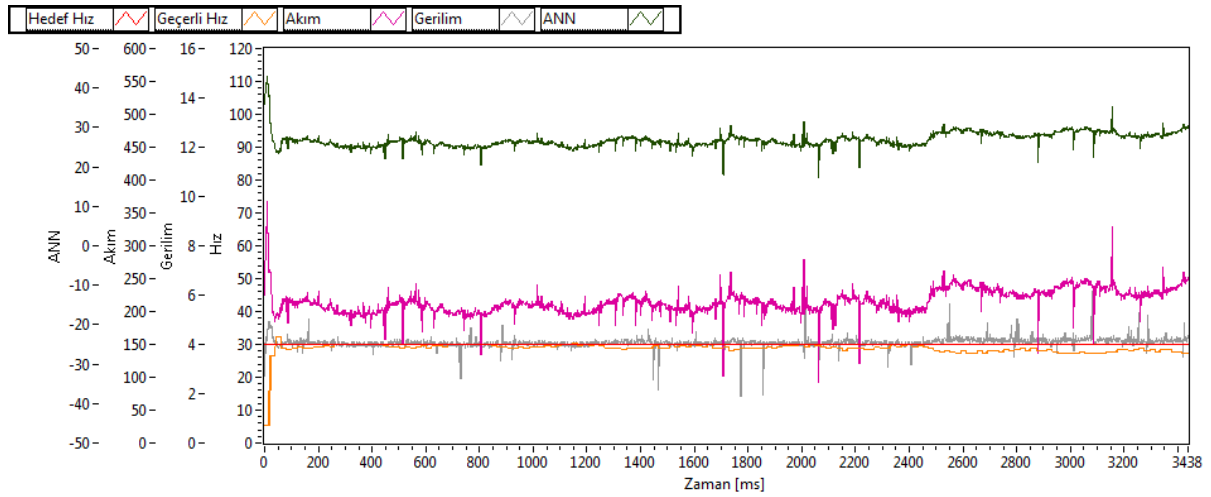
TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı)/ Stajyer/ Batman **06.2006-08.2006**

Yayımları (SCI ve diğer) :

Diğer konular :

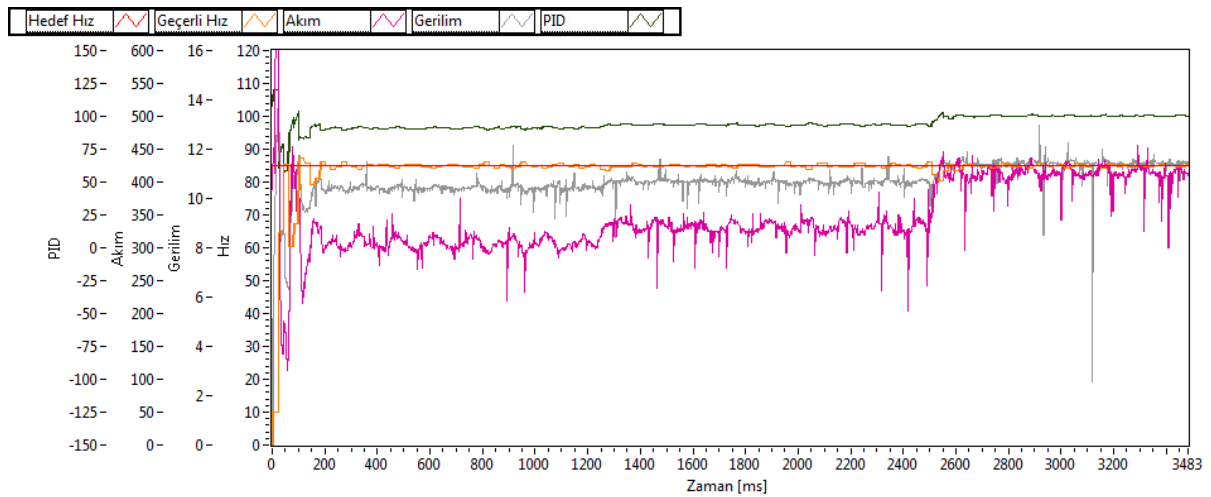
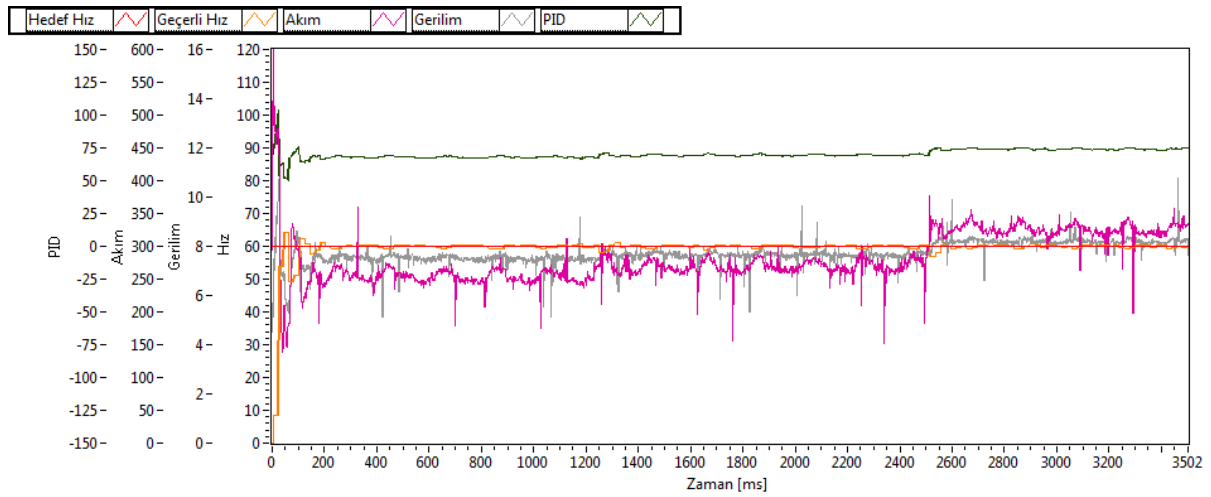
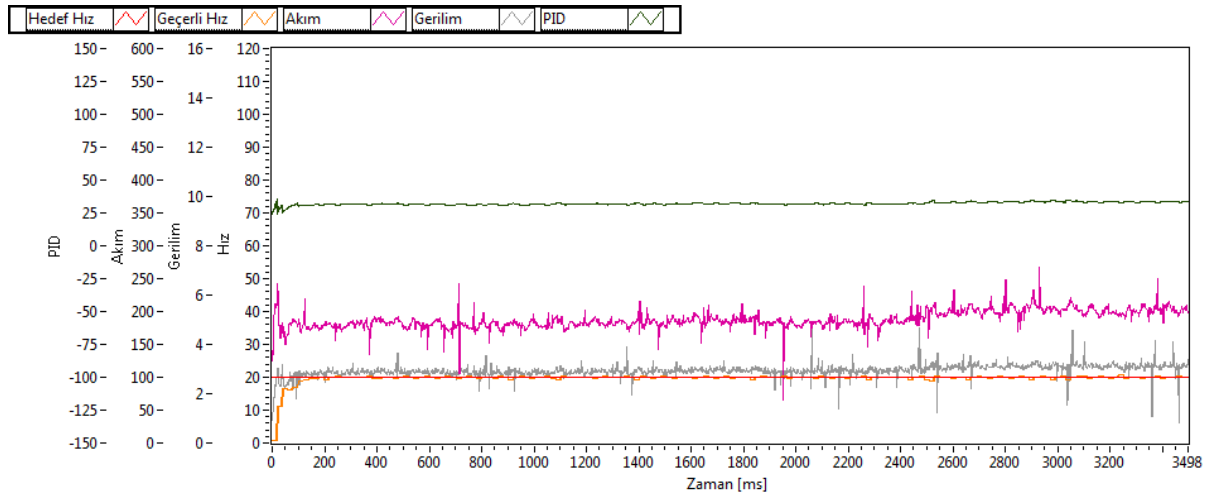


EK-2



EK-2 20 d/dk, 60 d/dk ve 85 d/dk hız hedef hız değerlerine ait LabVIEW YSA grafikleri

EK-3



EK-3 20 d/dk, 60 d/dk ve 85 d/dk hız hedef hız değerlerine ait LabVIEW PID grafikleri