

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

**PID, BULANIK MANTIK VE KAYAN KİP KONTROL YÖNTEMLERİ İLE
İNTERNET ÜZERİNDEN DC MOTOR HIZ KONTROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Akif Birol DUMANAY

Balıkesir, Eylül-2009

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

PID, BULANIK MANTIK VE KAYAN KİP KONTROL YÖNTEMLERİ İLE
İNTERNET ÜZERİNDEN D C. MOTOR HIZ KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Akif Birol DUMANAY

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ayhan İSTANBULLU

Sınav Tarihi : 07.09.2009

Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Ayhan İSTANBULLU (Danışman-BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Metin YAZGI (İTÜ)

Yrd. Doç. Dr. Metin DEMİRTAŞ (BAÜ)

Balıkesir, Eylül-2009

ÖZET

PID, BULANIK MANTIK VE KAYAN KİP KONTROL YÖNTEMLERİ İLE INTERNET ÜZERİNDEN DC MOTOR HIZ KONTROLÜ

Akif Birol DUMANAY

**Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**(Yüksek Lisans Tezi/Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ayhan İSTANBULLU)
Balıkesir, 2009**

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği bölümlerinde laboratuvar ekipmanlarının her yerde yeterli olmaması, zaman ve personel azlığı gibi nedenlerden dolayı uygulamalı eğitimden ödün verilebilmektedir. Bu problemin çözümünde alternatiflerden biri olan Uzaktan Laboratuvarlar artık kabul görmeye başlamıştır. Bu çalışmada Elektrik-Elektronik ve diğer mühendisliklerde verilmekte olan kontrol dersleri için bir uzaktan kontrol laboratuvarı gerçekleştirilmiştir. PID, Bulanık Mantık ve Kayan Kip gibi farklı kontrolörler DC motorun hız denetimi için başarı ile uygulanmıştır. Deney düzeneğinde NI-6024E DAQ kartı ve bağlantı modülü, H köprü sürme devresi, DC motor, enkoder, optokuplör ve IP kamera kullanılmıştır.

Kullanıcılar, Internet üzerinden öğrenme yönetim sistemine bağlanarak her bir kontrolör için önceden hazırlanmış teorik bilgi sayfalarını inceleyebilir. Uzaktan laboratuvar modülüne erişerek deney giriş parametrelerini değiştirebilir. Sistemin cevabını gerçek zamanlı grafik olarak ve kamera yardımıyla görebilir. İsterlerse grafik ve verileri kendi bilgisayarına kaydedebilmektedirler. Ayrıca kontrolörlerin Internet üzerinden performanslarını değerlendirebilmek için mekanik bir yük oluşturulup bozucu etki sisteme uygulanabilmektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Uzaktan Laboratuvar / e-öğrenme/ PID / Bulanık Mantık / Kayan Kip Kontrol

ABSTRACT

SPEED CONTROL OF DC MOTOR VIA INTERNET USING PID, FUZZY LOGIC AND SLIDING MODE CONTROL METHODS

Akif Birol DUMANAY

**Balıkesir University, Institute of Science,
Department of Electric-Electronics Engineering**

**(Master Thesis / Supervisor: Assist.Prof. Dr. Ayhan İSTANBULLU)
Balıkesir, 2009**

Due to insufficient Laboratory equipments lack of time and personnel in Electrical and Electronics engineering departments, practical education can be compromising. Remote control laboratories, one of the alternatives in the solution of this problem, has begun to be accepted. In this study, a remote control laboratory has been realized for automatic control course in Electrical-Electronics and other engineering departments . PID, Fuzzy-Logic and Sliding Mode controllers have been applied for DC motor speed successfully. The experiment setup has been prepared by using NI-6024E DAQ and connection module, H bridge, IP camera, DC motor and encoder.

The users can examine the information pages prepared for each controller by connecting the control system via internet. They can also change the experiment input parameters accessing the remote laboratory module. They can observe the response of the system real-time forms of graphics via the camera. If one requires, they can save the graphics and data in his own computers. Additionally, to evaluate the performance of the controllers via internet, a disturb effect is created with a mechanic load and can be applied for the system.

KEYWORDS: Remote laboratory, e-learning, PID, Fuzzy Logic, Sliding Mode Control

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMA LİSTESİ	vi
SİMGE LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xii
1. GİRİŞ	1
2. DENEYDE KULLANILAN KONTROL YÖNTEMLERİ	7
2.1 Kontrol Sistemlerinin Tanımları	7
2.2 Kontrol Sistemlerinin Türleri	8
2.3 PID Kontrol	15
2.3.1 Orantı Kontrol (P- Kontrol)	16
2.3.2 Orantı ve Integral Kontrol (PI- Kontrol).....	17
2.3.3 Orantı ve Türev Kontrol (PD- Kontrol).....	19
2.3.4 Orantı, Integral ve Türev Kontrol (PID- Kontrol).....	21
2.3.5 PID Kontrolörün Parametrelerinin Tespiti	25
2.4 Bulanık Mantık Kontrol.....	27
2.4.1 Bulanık Mantık Temel Kavramları	29
2.4.2 Bulanıklaştırma	32
2.4.3 Kural Tabanı	34
2.4.4 Karar mekanizması	36
2.4.5 Durulaştırma	37
2.5 Kayan Kip Kontrol	43
2.5.1 DYK 'un Özellikleri	45
2.5.2 Kontrolör Tasarımı	47
3. UZAKTAN ÖĞRENME YÖNETİM SİSTEMİ (MOODLE).....	48
3.1 Sunum Özellikleri	49
3.2 Etkileşim Özellikleri	51

3.3 Deneyde Kullanımı.....	51
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	57
4.1 Deney Düzenegi.....	57
4.1.1 Labview Programının Yapısı.....	61
4.1.1.1 LabVIEW Programının Ön Paneli.....	65
4.1.1.2 LabVIEW Programının Blok Diyagramı.....	66
4.1.2 Veri Toplama Kartı (6024E DAQ Kart).....	67
4.1.2.1 NI-6024 E Kartı Özellikleri.....	67
4.2 Deneyin Yapılışı.....	69
4.2.1 PID ile DC Motor Hız Kontrol Deneyi.....	69
4.2.2 Bulanık Mantık Kontrol ile DC Motor Hız Kontrol Deneyi.....	74
4.2.3 Kayan Kip Kontrol ile DC Motor Hız Kontrol Deneyi.....	80
4.3 Deneye İnternette Erişim ve Deneyin İnternette Yapılışı.....	82
4.3.1 İnternet Üzerinden PID ile DC Motor Hız Kontrol Deneyi.....	85
4.3.2 İnternet Üzerinden Bulanık Mantık Kontrol Deneyi.....	89
4.4.3 İnternet Üzerinden Kayan Kip Kontrol Deneyi.....	94
4.4 Deneysel Çalışmaların Karşılaştırılması.....	96
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	106
KAYNAKLAR.....	109

KISALTMA LİSTESİ

PWM	Darbe genişlik modülasyonu (Pulse-width modulation)
IP	İnternet protokolü
LabVIEW	(Laboratuary Virtual Instruments For Engineering Workbench)
NI	(National Instruments)
Moddle	Esnek Nesne Yönelimli Dinamik Öğrenme Ortamı (Modular-Object-Oriented-Dynamic-Learning-Environment)
DAQ	Veri toplama (Data Acquisition)
PID	Orantı integral türev (Proportional Integral Derivative)
PB	Orantı bandı (Proportional Band)
DYKS	Değişken Yapılı Kontrol Sistemleri
KKK	Kayan Kip Kontrol (Sliding Mode Control ,SMC)
Ftp	Dosya Transfer Protokolü (File Transfer Protocol)
VI	Sanal Enstrüman (Virtual Instrument)
DC	Doğru Akım
Sign	Signum fonksiyonu
RPM	Dakikadaki tur sayısı (Revulation Per Minute)

SİMGE LİSTESİ

$r(t)$	Giriş işareti
$u(t)$	Kontrol işareti
$b(t)$	Geri besleme işareti
$c(t)$	Çıkış işareti
K	Kontrol elemanı
G	Kontrol edilen sistem
H	Geri besleme elemanı
t_g	Gecikme zamanı
t_y	Yükselme zamanı
t_t	Tepe zamanı
M_p	Maksimum aşma
t_o	Oturma zamanı
K_p	Orantı kazancı
K_i	İntegral kazancı
T_i	İntegral zaman sabiti
K_d	Türev kazancı
T_d	Türev zaman sabiti
μ	Bulanık mantık üyelik oranı
w_r	Referans açısal hızı (dev/dak)
C	Kayan kip kontrolünde "kayma yüzeyinin eğimi"

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Şekil Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Basit kontrol sistemi blok diyagramı	8
Şekil 2.2	Açık Çevrim kontrol sistemi blok diyagramı	10
Şekil 2.3	Kapalı Çevrim kontrol sisteminin blok diyagramı	11
Şekil 2.4	Geri besleme sisteminin özelliklerini saptamak için diyagram ...	11
Şekil 2.5	Lineer Kontrol sistemin birim basamak cevabı	14
Şekil 2.6	Orantı kontrollü sistemin blok diyagramı	16
Şekil 2.7	PI kontrollü sistemin blok diyagramı	17
Şekil 2.8	PI kontrolörün dinamik özellikleri	18
Şekil 2.9	PD kontrollü sistemin blok diyagramı	20
Şekil 2.10	Türev etkinin sistem cevabına etkisi	20
Şekil 2.11	PID kontrollü sistemin blok diyagramı	22
Şekil 2.12	Çeşitli kontrol etkilerinin karşılaştırılması	24
Şekil 2.13	Bulanık küme ile klasik kümenin karşılaştırılması	29
Şekil 2.14	Çeşitli üyelik fonksiyonları	30
Şekil 2.15	Bir bulanık mantık denetleyicinin yapısı	30
Şekil 2.16	Yedi etiketli üyelik fonksiyonuna tanım uzayı	31
Şekil 2.17	Ateşli bir hastanın ateş durumunun üyelik fonksiyonlarına dağılımı	32
Şekil 2.18	Üçgen üyelik fonksiyonu ve sınırları	32
Şekil 2.19	Sıcaklık değişkeni için üyelik fonksiyonları	34
Şekil 2.20	Bulanık mantık kontrol sisteminin blok diyagramı	38
Şekil 2.21	İki ayrı hata değeri için karşılık gelen üyelik fonksiyonları	39
Şekil 2.22	Girişlere göre bulanık kuralların gerçekleştirilmesi	42
Şekil 3.1	Ana sayfa görüntüsü	52
Şekil 3.2	Kullanıcı adı ve şifre ekranı	52
Şekil 3.3	Konuk kullanıcı ile erişim sayfası	53
Şekil 3.4	Ders ve deney düzeneğine erişim sayfası	54
Şekil 3.5	Ders notları ile ilgili ekran görüntüsü	54
Şekil 3.6	PID ile DC motor hız kontrolü deney ekranı	55

Şekil 3.7 Forum ekranı.....	56
Şekil 3.8 Anket Görüntüsü	56
Şekil 4.9 Deneyin blok diyagramı.....	58
Şekil 4.10 Güç kaynağının bağlantı şeması	58
Şekil 4.11 H köprüsü devresi	59
Şekil 4.12 Deney düzeneğinin görüntüsü.....	60
Şekil 4.13 LabVIEW Program Girişi	62
Şekil 4.14 LabVIEW Programının Ön Panel ve kontrol çubuğu	65
Şekil 4.15 LabVIEW Programının blok diyagramı ve kontrol çubuğu	66
Şekil 4.16 6024E DAQ Kartı ve giriş-çıkış bağlantı uçları [43]	68
Şekil 4.17.a LabVIEW programı PID deneyi ön panel sekmesi 1.kısım	70
Şekil 4.17.b LabVIEW programı PID deneyi ön panel sekmesi 2.kısım	71
Şekil 4.18 LabVIEW programı PID ön panel yardım sekmesi	73
Şekil 4.19 LabVIEW programı PID Deney Blok Diyagramı	74
Şekil 4.20 Fuzzy –Logic Toolkit programının arayüzü.....	74
Şekil 4.21 Bulanık mantıkta hata(e), hata farkı(ce) ve çıkış(u) için oluşturulan kümeler (deneyde uygulanan dosyadan alınmıştır).....	75
Şekil 4.22 Bulanık mantık kural çizelgesinin LabVIEW de uygulanışı	77
Şekil 4.23 Fuzzy.xls dosyası	77
Şekil 4.24 LabVIEW programı bulanık mantık deneyi ön paneli.....	78
Şekil 4.25 LabVIEW programı bulanık mantık deneyi blok diyagramı	79
Şekil 4.26 Kayan kip kontrol yöntemi ön paneli.....	80
Şekil 4.27 Kayan kip kontrol yöntemi blok diyagramı	81
Şekil 4.29 http://193.255.187.100 adresi ekran görüntüsü.....	82
Şekil 4.30 Kayıtlı ve konuk kullanıcı şifre giriş web sayfası.....	83
Şekil 4.31 Ders seçimi web sayfası.....	83
Şekil 4.32 Ders konusu ve deney seçme web sayfası	84
Şekil 4.33 Deneyler için öncelikli yapılması gerekenler web sayfası.....	84
Şekil 4.34 İnternet üzerinden paylaşım açılan deney klasörü	85
Şekil 4.35 İnternet üzerinden PID kontrol deneyi görünüşü	86
Şekil 4.36 Motorun 1000 dev/dak için hız cevabı PID (bozucu yok).....	86
Şekil 4.37 Motorun 1000 dev/dak için hız cevabı PID (bozucu var)	87
Şekil 4.38 Motorun 1500 dev/dak için hız cevabı PID (bozucu yok).....	88

Şekil 4.39 Motorun 1500 dev/dak için hız cevabı PID (bozucu var)	88
Şekil 4.40 Hız grafiğinin zaman aralığının büyüteç simgesi ile büyütülmüş hali	89
Şekil 4.41 Bulanık mantık toolkit programının bulunduğu klasör ekranı	90
Şekil 4.42 Sistem çalıştırılmadan önceki internetten bağlantısı yapılmış görüntüsü (kurallar yüklü değil)	90
Şekil 4.43 Sistem çalışırken bulanık mantık kontrol ekranı (kurallar yüklü) ve ip kamera görüntüsü	91
Şekil 4.44 Hız Grafiğinin üzerinde Mouse un sağ tuşu ile gelen görüntü ..	92
Şekil 4.45 Grafiğin kayıt edilmesi	92
Şekil 4.46 Sistem cevabında kayıt edilen grafiğin çıktısı (bozucu yok)	93
Şekil 4.47 Sisteme bozucu eklenmiş hali	93
Şekil 4.48 Sistem cevabında kayıt edilen grafiğin çıktısı (bozucu var).....	94
Şekil 4.49 Kayan kip kontrol deney görüntüsü	95
Şekil 4.50 1500 dev/dak için motorun hız cevabı (bozucu yok).....	95
Şekil 4.51 1500 dev/dak için motorun hız cevabı (bozucu var)	96
Şekil 4.52 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için PID kontrol cevabı (bozucu yok)	99
Şekil 4.53 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için Bulanık Mantık Kontrol cevabı (bozucu yok).....	100
Şekil 4.54 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için Kayan Kip Kontrol cevabı (bozucu yok).....	100
Şekil 4.55 Üç kontrol yönteminin karşılaştırılması (bozucu yok)	101
Şekil 4.56 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için PID Kontrol cevabı (bozucu var).....	102
Şekil 4.57 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için Bulanık Mantık Kontrol cevabı (bozucu var)	103
Şekil 4.58 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için Kayan Kip Kontrol cevabı (bozucu var)	103
Şekil 4.59 Üç kontrol yönteminin karşılaştırılması (x: bozucu devrede, y:bozucu devredışı).....	104

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>	<u>Çizelge Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1	Ziegler-Nichols basamak yanıt metoduna göre kontrolör parametrelerinin tespiti	26
Çizelge 2.2	Ziegler-Nichols frekans yanıtı metodu ile kontrolör parametrelerinin tespiti	27
Çizelge 2.3	Hata ve hatanın değişimi örnek kural tablosu	36
Çizelge 2.4	Bir servomotor için bulanık mantık kuralları	40
Çizelge 3.1	Materyal sunum özellikleri	50
Çizelge 3.2	Etkinlik özellikleri	50
Çizelge 3.3.	Etkileşim Özellikleri	51
Çizelge 4.1	Bulanık mantık kural çizelgesi	76

ÖNSÖZ

Bu tezin deneysel çalışmaları Balıkesir Üniversitesi, Edremit Meslek Yüksekokulu Donanım Laboratuvarında 2009 yılında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalarımın yürütülmesinde bana gösterdiği maddi ve manevi desteklerinden dolayı danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ayhan İSTANBULLU 'ya teşekkür ederim. Deneysel çalışmaların yapılmasında, teorik ve donanım konusunda bana her zaman destek olan Yrd. Doç. Dr. Metin DEMİRTAŞ 'a, ayrıca mekanik konusunda bana yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. Raif SAKİN 'e ve de Tamer MAKİNA LTD. ŞTİ. 'ne çok teşekkür ederim.

Değerli eşim ve kızıma bana göstermiş oldukları sabır ve manevi desteklerinden dolayı ayrıca teşekkür ederim.

Balıkesir,2009

Akif Birol DUMANAY

1.GİRİŞ

Günümüzde özellikle mühendislik ve teknik eğitim alan öğrencilerin, derslerde aldıkları teorik bilgileri laboratuvar ortamında pratiğe dönüştürmesi çok önemlidir. Bir çok eğitim kurumunda fiziki koşulların yetersizliğinden dolayı öğrenciler laboratuvarlardan sınırlı zaman aralığında faydalanmaktadırlar. Ayrıca deneylerin yapılması esnasında emniyet ve güvenlik amacıyla uzman bir kişiye ihtiyaç duyulmaktadır. Eğitimde geleneksel laboratuvar ile internet yöntemleri karşılaştırıldığında, ekipman kullanım oranının artışı, öğrencilere daha fazla öğrenme imkanı sağlamadığı görülmüştür. Bu nedenle üniversiteler ve uzaktan eğitim enstitüleri tarafından kurulan, geliştirilen uzaktan deney laboratuvarlarının sayısında büyük bir artış vardır. Bu laboratuvarlar, öğrencilere deneylerin kontrolünü ve çalıştırmanın temel fikrini vermek için güçlü bir öğreticidir.

Literatürde, gerek benzetime dayalı sanal laboratuvarlar gerekse de web üzerinden kontrol edilebilen gerçek zamanlı deney setleri üzerine oldukça yoğun çalışmalar yapılmıştır. Aşağıda bu çalışmalardan bazı örnekler özetlenmiştir:

Singapur National Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde geliştirilen web tabanlı bir osiloskop deneyi yaklaşık 1000 öğrenci tarafından kullanılmış ve öğrencilerden son derece olumlu tepkiler alınmıştır. Geliştirilen sistem sayesinde, laboratuvar ortamındaki bir osiloskop internet üzerinden kontrol edilebilmektedir. Osiloskop kullanılarak temel fonksiyon ve kontroller, faz ölçümü, alçak geçiren filtre devresinin frekans cevabı ve seri bağlı RC devresinin kare dalga giriş sinyaline tepkisi internet üzerinden ölçülebilmektedir. Deney esnasında osiloskop ekranının görüntüsü bir web kamera ile uzaktan görüntülenebilmektedir. Sunucu tarafındaki donanım birimlerinin kontrolü için LabVIEW yazılımından yararlanılmıştır [1].

Çin 'deki Zhejiang Üniversitesi tarafından geliştirilen NETLAB sistemi ile elektrik mühendisliği branşı için önem taşıyan deneylerin Internet üzerinden yapılabilmesi hedeflenmiştir. Bu deneyler sadece elektrik mühendisliği konularıyla sınırlı kalmayıp, elektrik, elektronik, güç elektroniği, otomatik kontrol ve elektromotor alanlarında 30'dan fazla deneyin uzaktan gerçekleştirimi mümkün kılınmıştır [2].

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü tarafından, transistör gibi mikroelektronik cihazlarda ölçme deneylerinin uzaktan yapılabilmesi için WebLab adında bir proje gerçekleştirilmiştir [3].

National University of Singapur'da yapılan çalışmada, çok girişli-çok çıkışlı eş iki tank düzeneği üzerine bir laboratuvar deneyinin web tabanlı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ses ve görüntü geri beslemesi için video-konferans yöntemi kullanılmakla birlikte hareketli bir platform üzerine de bir kamera düzeneği kurulmuştur. Böylece kullanıcılar kameranın görüş açısını ve yakınlaştırma seçeneklerini değiştirebilmektedirler [4].

Ekipman içeren bazı deneylerde insan sağlığı için zararlı etkilere sahip olan geleneksel laboratuvar ile karşılaştırıldığında, uzaktan laboratuvar çok daha üstün bulunmaktadır. Kore Kongju Ulusal Üniversitesi ile Seowon Üniversitesi'nin ortak çalışması olan bu uygulamada nükleer malzemelerle ilgili bir deneyin uzaktan yapılması denenmiştir. Nükleer deney sistemlerinin kurulumu pahalı olduğu için konuyla ilgili tüm eğitim kurumlarında bu tür sistemler mevcut değildir. Dolayısıyla gerçekleştirilen bu çalışma ile bu tür bir kısıt ortadan kaldırılmış olmaktadır. Ayrıca, radyoaktivite ile ilgili deneyler öğrenciler için gerginlik nedeni olabilmektedir ve bu deneylerin uzaktan yapılabilmesi öğrencilerin deneyler üzerine daha rahat odaklanabilmelerine olanak sağlamaktadır [5].

Bir başka uygulama olan; 8051 mikro denetleyicileri için tasarlanan internet tabanlı Laboratuvar iki ana bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölüm "8051 mikro denetleyici devrelerinden ve deney modüllerinden"

oluşan “donanım” bölümüdür. İkinci bölüm ise “sunucu programı ve kullanıcı arayüzünden” oluşan “yazılım” bölümüdür [6].

Yeung ve Huang tarafından yapılan bir çalışmada, kontrol deneylerinin kullanıcılar tarafından internet üzerinden yapılabildiği uzaktan erişimli bir kontrol sistemi geliştirilmiştir. Sistem yerel ağ üzerinde veri toplama kartı ile uyumlu çalışan uygulama setinden oluşmaktadır. Sunucu-istemci mimarisini esas alan bu sistemde web-sunucusu, video sunucu ve LabVIEW yazılım/donanım ürünleri kullanılmıştır [7].

Chen ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, web tabanlı uzaktan erişimli bir laboratuvar oluşturma üzerine genel bir yöntem sunulmuştur. Hazırlanan sanal laboratuvar sisteminde, öğrenciler gerçek cihazlar üzerinde değişik ölçümler yapabilmekte, osiloskop ile gözlenen eğrileri web tabanlı olarak izleyebilmektedir. Sistemde LabVIEW donanım ve yazılım ürünleri kullanılmıştır. 3 Mart 1999’da kullanıma açılan sanal laboratuvar, 3 aylık süreç içerisinde 1500’ü aşkın ziyaret almış ve öğrenciler tarafından olumlu ve yerinde bir çalışma olarak değerlendirilmiştir [8].

Gustavsson tarafından yapılan sanal laboratuvar çalışması Blekinge Institute of Technology öğrencileri tarafından kullanılmaktadır. Öğrenciler deneyle ilgili istedikleri tüm parametreleri kendi istemci bilgisayarlarında hazırlayarak laboratuvar sunucusuna göndermektedirler. Sunucu istenilen ölçümlerden elde ettiği verileri istemciye tekrar göndermektedir. Bu işlem 1-2 saniye sürmekte ve aynı anda birden fazla istemci deneye ulaşabilmektedir. Tasarlanan sanal laboratuvar, kampüs öğrencilerinin normal derslerinde de kullanılabilir, ayrıca laboratuvara kampüs içinden veya dışından erişilebilmektedir [9].

Alaska Fairbanks Üniversitesi’nde Kontrol Laboratuvarı’nda MATLAB/Simulink yazılımının kullanıldığı, bir robot kolunun deneysel amaçlarla uzaktan kontrol edilebildiği bir sunucu-istemci yöntemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen ve halen bu laboratuvarında kullanımda bulunan

sistemde, MATLAB/Simulink'te hazırlanan uygulamanın internet üzerinden veri alışverişinde bulunabilmesi için C/C++ dili ile ayrıca bir program oluşturulmuştur [10].

Leiner tarafından yapılan çalışmada, doğru akım motoru deneyi esas alınmıştır. Öncelikle motor ve kontrol donanımı modellenerek benzetim yapılmış, benzetimde motor performansını optimize etmek için MATLAB/Simulink paket programı kullanılmıştır. Daha sonra, benzetimi yapılan motor, Real-Link/32 kullanan internet tabanlı laboratuarda gerçek donanıma uygulanmıştır. Motor hareketlerinin ses ve görüntüsünü aktarabilmek için bir mikrofon ve bir web-kamera kullanılmıştır [11].

Lin ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, uzaktan eğitim derslerini destekleyen bir web tabanlı laboratuvar yapısı açıklanmıştır. Uzaktan veri toplama, ölçme, endüstriyel kontrol ve otomasyon uygulamaları üzerine yoğunlaşan bu sanal laboratuarda gerçekleştirilebilen deneyler hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca bir alternatif akım motoru deneyinin, bu laboratuvarı kullanarak yapılışı örneklenmiştir [12].

University of Ancona ve University of Lece'de gerçekleştirilen uzaktan erişimli laboratuvarlarda, bir fan hızı kontrolü, bir robot kolu kontrolü, tank düzeneği, maket bir helikopter kontrolü gibi deneyler bu sanal laboratuarda uzaktan yapılabilmektedir. Öğrenciler, deney verilerini kendi istemci bilgisayarlarına indirebilmektedir [13].

Keyhani ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, motor sürme uygulamaları için DSP tabanlı kontrol yöntemlerini içeren, görsel ve internet tabanlı bir öğrenim sistemi oluşturulmuştur. Sistem, sayısal kontrol algoritmalarının daha hızlı modellenebilmesi ve verimli test imkânlarının sağlanabilmesi için bir grafik ara yüzü ve gerçek donanım birimlerinin bulunduğu bir setten oluşmaktadır. Sistemde bulunan 3 fazlı fırçasız doğru akım motorunun kontrolü için PWM ve gerilim kaynaklı inverter tasarlanmıştır [14].

Asumadu ve arkadaşları internet üzerinden uzaktan kontrol edilebilen bir deney seti geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu set sayesinde anahtarlama, veri okuma, veri işleme ve analiz işlemleri web tabanlı olarak gerçekleştirilebilmektedir. Çalışmada elektrik ve elektronik devreler üzerinde durulmuştur. Gerçekleştirilen çalışmada, öğrencilerin uzaktan belirli sınırlar içerisinde kendi devrelerini kurabilmeleri önemli bir özelliktir. Bu amacı gerçekleştirmek için Matrix Switching Board isimli özel bir deney kartı düzeneği geliştirilmiştir [15].

Bir mini-robot kullanılarak internet üzerinden uzaktan deney yapılabilmesini sağlayan sanal laboratuvar uygulaması tanıtılmıştır. Kullanıcı ara yüzünde bir çalışma alanı bulunmaktadır. Kullanıcılar, bu alan üzerine diledikleri bir rota çizmektedirler. Bu rota, görüntü tabanlı işlem yürütebilen sunucu bilgisayara aktarılmakta ve mini-robotun çizilen rotaya göre hareket etmesi sağlanmaktadır. Robotun tüm hareketleri, mobil kameralar ile internet üzerinde takip edilebilmektedir. Sunulan çalışmanın sonuç bölümünde, robotun çizilen rotayı takip etmedeki başarı analizi ve ağ gecikmesine ilişkin grafiksel bir analiz de verilmiştir [16].

Yüksek frekans deneylerinin yapılabildiği Avrupa uzaktan radyo laboratuvarı (ERRL) Avrupa birliği Leonardo Da Vinci fonundan desteklenmiş bir platformdur. Balıkesir Üniversitesi Bilgisayar Mühendisli bölümü de bu projenin ortaklarından olmuştur[17].

Yapılan bu tez çalışmasında, internet üzerinden üç farklı kontrol yönteminin dc motora uygulanması deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Kullanıcı internet vasıtasıyla web sayfasına girerek IP numarası üzerinden ilgili deneyi yaparak elde edilen sonuçları kendi bilgisayarında görebilmekte ve excel dosyası olarak ana bilgisayardan kendi bilgisayarına kayıt edebilmektedir. Ayrıca, internet'in WEB tabanlı eğitiminin etkili ve verimli olması için uzaktan eğitim programı kullanılmıştır.

Bu tezin 1. Bölümünde konuyla ilgili genel bilgiler verilmiş ve literatür taraması yapılmıştır. 2. Bölümde, deneyde kullanılan kontrol yöntemleri hakkında genel açıklamalar yapılmıştır. 3. Bölümde, geliştirilen web tabanlı uzaktan öğrenme yönetim sistemi (Moddle) hakkında bilgiler verilmiştir. 4. Bölümde, LabVIEW programı, Veri toplama kartı (DAQ kart), deney düzeneği ve geliştirilen web tabanlı deneysel çalışmalar hakkında veriler sunulmuştur. Son bölümde ise bütün bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar tartışılmış ve yapılan çalışmanın değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. DENEYDE KULLANILAN KONTROL YÖNTEMLERİ

İkinci Dünya Savaşından sonra ve özellikle son yıllarda kontrol sistemleri, insanlığın uygarlığın gelişme ve ilerlemesinde çok önemli rol oynayan bir bilim dalı haline gelmiştir. Bugün, modern ev ve bürolarda ısıtma ve havalandırma sistemi ya da düzenleri, otomatik kontrol yöntemleri yardımı ile yapılmaktadır. Endüstride modern araç ve gereçlerde, otomatik kontrol sistemlerinin sayısız uygulamaları vardır. Örneğin üretilen ürünlerin niteliklerinin kontrolü, ilaç endüstrisinde ilaçların kontrolü, takım üreten makinelerin kontrolü, uçakların oto-pilot ile kontrolü, gemilerin kontrolü, modern gerilim regülatörleri, güdümlü araçların kontrolü bilgisayar ile kontrol, trafik kontrolü, robotlar ve kontrolleri, kimya endüstrisinde üretilen ürünlerin kontrolü .v.b gibi.

Geniş bir görüş açısından bakıldığında, kontrol sistemleri teorisi, Elektrik, Makine, İnşaat v.b. mühendislikleri kapsamına giren sistemlerin kontrolüne uygulanabildiği gibi, çevre sağlığı kontrolünde, toplumsal ve ekonomik olayların kontrolünde, canlıların davranışının incelenmesinde de kullanılabilir. İşte bu nedenle kontrol teorisi sadece bir mühendislik dalı ile sınırlı kalmaz. Tıpta, Toplum ve Ekonomi Bilim Dallarında da otomatik kontrol vardır.

2.1 Kontrol Sistemlerinin Tanımları

Sistem: Bir bütünü oluşturan, birbiri ile bağlı ya da belli bir işlev için bir araya getirilmiş olan elemanların topluluğuna ya da kümesine denir.

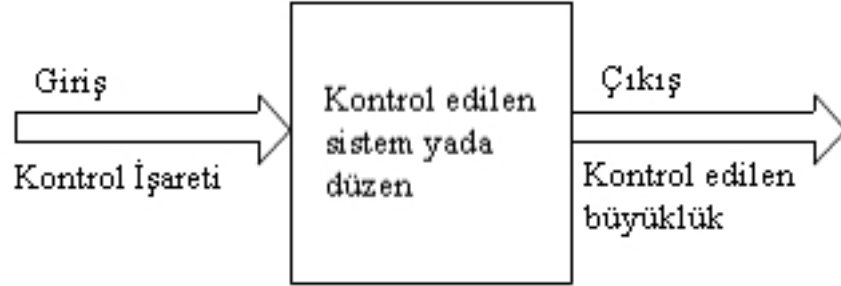
Kontrol: Genellikle ayar eden, düzenleyen, yöneten ya da kumanda eden anlamına gelir.

Kontrol Sistemi: Kendisini ya da başka bir sistemi, düzenlemek, kumanda etmek ya da yönetmek üzere uygun bir biçimde bağlanmış fiziksel elemanlar kümesidir.

Giriş: Sistemi, organı ya da kontrol edilecek düzeni, kontrol etme amacı ile uygulanan işaretleridir.

Çıkış: Belli bir girişe ya da girişlere ilişkin olan sistemin çıkış işareti ya da çıkış işaretleridir.

En basit kontrol sistemi, blok biçiminde Şekil 2.1 ile gösterilebilir. Eğer sistemin bir girişi ve bir çıkışı varsa, bu kontrol sistemine bir girişli ve bir çıkışlı sistem denir. Bu işaretler çok sayıda ise çok girişli ve çok çıkışlı sistem denir. Çevremizde bulunan kontrol sistemlerine bakılırsa giriş işareti, sistemin kumanda ya da kontrol işaretidir.



Şekil 2.1 Basit kontrol sistemi blok diyagramı

2.2 Kontrol Sistemlerinin Türleri

Kontrol sisteminin türü, sadece çıkış işaretinin kontrol ya da yönetilmesi açısından ele alınacaktır. Çıkışın ya da kontrol edilen büyüklüğün kumanda edilmesi bakımından kontrol sistemleri ikiye ayrılır:

1. Açık Çevrim Kontrol Sistemleri:

Girişindeki Kumanda ya da kontrol işareti çıkıştan (kontrol edilen büyüklükten) bağımsız olan bir kontrol sistemidir.

2. Kapalı Çevrim Kontrol Sistemleri:

Girişindeki kumanda ya da kontrol işareti, çıkış işaretine ya da, çıkışla orantılı bir işaretle bir referans işaret arasındaki farka ya da bunların toplamına bağlı olan bir kontrol sistemidir. Bu sistemlere geri beslemeli kontrol sistemleri de denir.

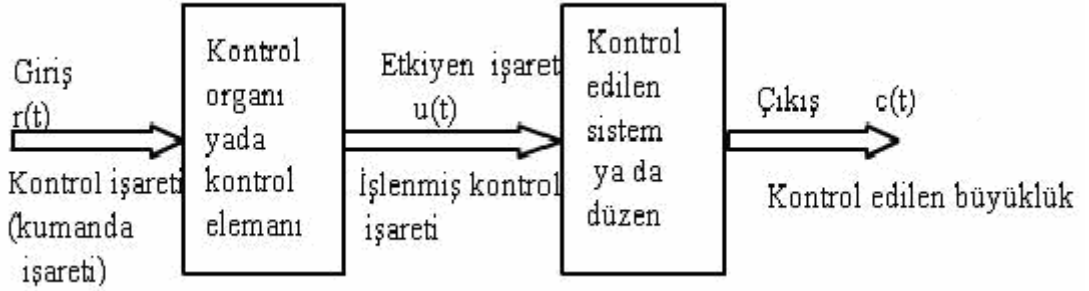
Yollarda trafik kontrolü yapan ışıklar düşünülürse, bunlar bir zaman ayarlayıcı (timer) ile yanıp sönerler. Belli bir t_k zamanı süresince kırmızı yanar, trafiği durdurur. Diğer belli bir t_y zamanı süresince yeşil yanarak trafiği açar. Böyle bir kontrol sistemi trafiği iyi düzenleyemez ve kontrol edemez. Trafik olmasa da ya da çok yoğun olsa da bu ışıklar aynı(t_k , t_y) zaman aralıkları ile kırmızı ve yeşil yanar. Burada kontrol sistemine giriş, (t_k , t_y) kırmızı ve yeşil yanma süreleri, çıkış ise trafik yoğunluğudur. Kontrol sisteminin girişi ya da kumanda işareti, örneğin t_y lambanın yeşil yanma süresine etkilemez. Başka bir deyimle, lambaların t_y yeşil yanarak trafiğe geçiş izni verme süresi trafik fazla aksın diye uzatılmaz. Buradan anlaşılmaktadır ki, kumanda işareti olan t_y yeşil yanma süresi, çıkışı oluşturan trafik yoğunluğundan bağımsızdır.

O halde bu sistem bir açık çevrim kontrol sistemini oluşturur. Eğer bu sistemde trafik yoğunluğu (sistem çıkışı) ölçülür ve bir referansla karşılaştırılır, aradaki farka göre yeşil ve kırmızı yanma sürelerini ayarlanır ise böyle bir sistem kapalı çevrim kontrol sistemini oluşturur.

Açık çevrim kontrol sistemine diğer bir örnek vermek amacı ile hızı bir tristör köprüsünün verdiği doğru gerilim ile kontrol edilen bir doğru akım

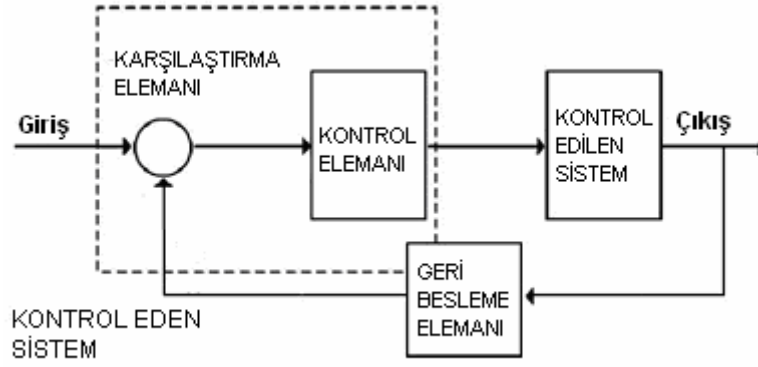
motoru ele alınabilir. Motoru değişken hızlarda çalıştırabilmek için tristörlerin kapı işaretleri ayar edilerek doğru akım motorunun rotoruna uygulanan gerilim değiştirilir. Bu işaret, motora uygulanan gerilim, çıkış ise motorun hızıdır. Şimdi varsayalım ki motor yüklenmiş ve hızı azalmıştır. Hızının sabit tutulması isteniyorsa, motora uygulanan giriş gerilimini arttırmak başka bir deyimle kontrol işaretini büyütmek lazımdır. Oysa sistemin girişi gerilimi, çıkış büyüklüğü olan hızın azalmasından habersiz ve bağımsızdır. İşte bu sistem bir açık çevrim kontrol sistemidir.

Açık çevrim kontrol sistemlerinde, kontrol işaretini, etkiyen işarete çeviren bir kontrol elemanı ya da organı vardır. Açık çevrim kontrol sistemi blok diyagramı Şekil 2.2 de gösterilmiştir.



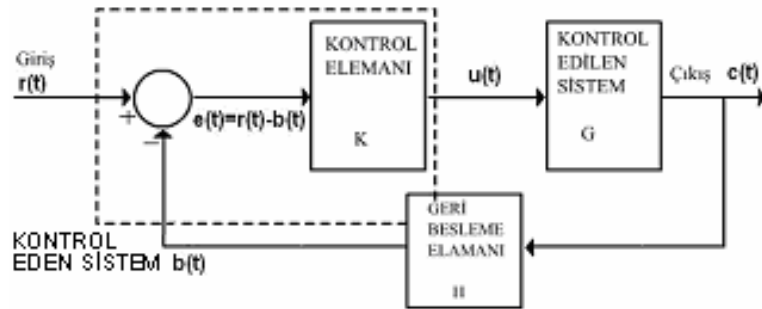
Şekil 2.2 Açık Çevrim kontrol sistemi blok diyagramı

Kapalı çevrim otomatik kontrol sisteminin tanımından ve yukarıda ele alınan örnek üzerinde yapılan açıklamalardan basit kapalı çevrim ya da geri beslemeli otomatik kontrol sisteminin blok diyagramı Şekil 2.3 'deki gibi gösterilebilir. Burada kontrol işareti, çıkışın bir referans ile karşılaştırma işleminden sonra elde edilmektedir. Bu nedenle literatürde, kontrol işareti için hata ya da sapma deyimleri de kullanılmaktadır.



Şekil 2.3 Kapalı çevrim kontrol sisteminin blok diyagramı

Geri beslemeyi çıkış ile girişi birbiri ile karşılaştırmak ve çıkışı, referans girişe bağlı olarak istenilen biçimde değiştirmek amacı ile kullandığımızı açıklamıştık. Geri besleme yardımı ile kapalı çevrim kontrol sistemlerinin elde edildiğini belirtmiş ve bu sistemlere ilişkin birkaç örnek vermiştik. Geri besleme, sadece girişi çıkış ile karşılaştırmak ve kontrol işareti ya da sapmayı küçültmek amacı ile kullanılmaz. Bu özellik belki geri beslemenin, kontrol sistemlerine getirdiği özelliklerden bir tanesidir. Hatayı küçültme yanında geri beslemenin diğer özelliklerini açıklamak için Şekil 2.4 'ü göz önüne alındığında, K, G, H şimdilik sabit büyüklük olarak düşünülecektir. Şekil üzerinde, blok diyagramı özellikleri yardımı ile aşağıdaki bağıntılar yazılabilir[18].



Şekil 2.4 Geri besleme sisteminin özelliklerini saptamak için diyagram

(K, G, H) şimdilik sadece kazanç olarak düşünülecektir. (+) pozitif geri besleme (-) negatif geri besleme için alınacaktır.

$$\left. \begin{aligned} e(t) &= r(t) - b(t) \\ u(t) &= Ke(t) \\ b(t) &= c(t)H \\ c(t) &= u(t)G \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

(2.1) bağıntılarından, sade hesaplarla aşağıda verilen önemli iki ifade elde edilir. Sistemin transfer fonksiyonu

$$T(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{KG(s)}{1 \pm KG(s)H(s)} \quad (2.2)$$

olarak yazılabilir. Hatanın girişe oranı ise

$$\frac{E(s)}{R(s)} = \frac{1}{1 \pm KG(s)H(s)} \quad (2.3)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Şekil 2.4 açık çevrim kontrol devresi ya da geri beslemesiz olarak kullanılırsa ileri yol kazancı, $b=0$ ve $H=0$ olduğundan denklem (2.2) den sadece $\frac{c}{r} = KG$ dir. Öte yandan geri besleme kullanıldığında, ileri yol kazancı ise denklem (2.2) de verilmiştir. Bu bağıntıdan görüleceği gibi ileri yol kazancı $1 \pm KGH$ faktörü ile bölünmektedir. $1 \pm KGH$ teriminin değeri birden büyükse kazanç küçülür.

Buna karşılık birden küçükse kazanç büyür. (2.2) ifadesinin paydasının sıfır olma koşulu araştırılırsa

$$KGH = -1 \text{ negatif geri besleme için} \quad (2.4)$$

$$KGH = +1 \text{ pozitif geri besleme için} \quad (2.5)$$

olduğu bulunur.

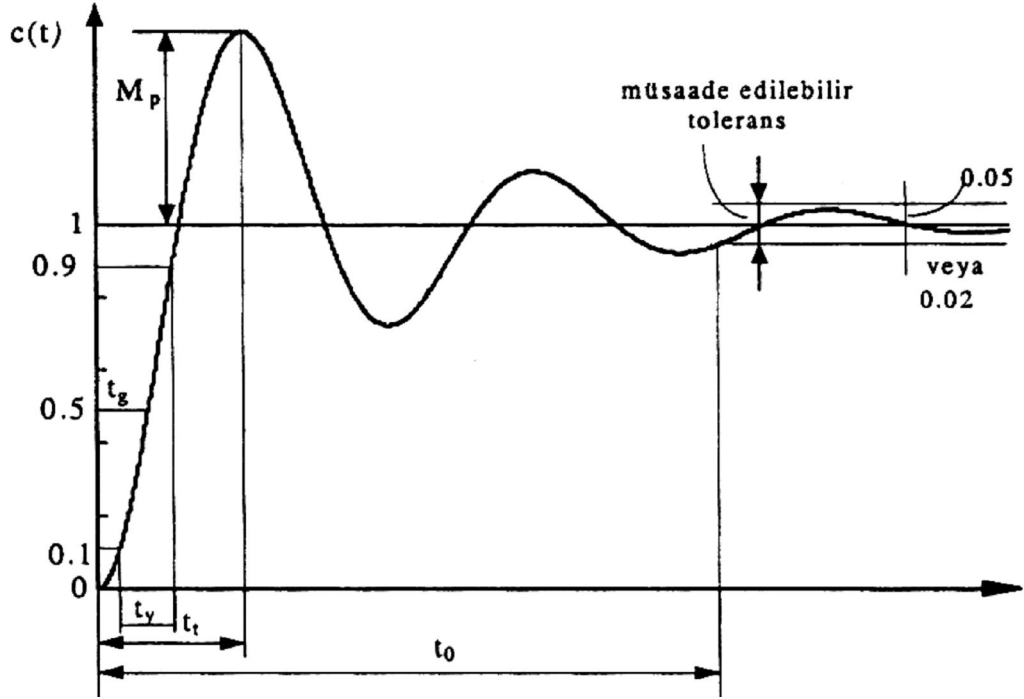
Paydanın sıfır olması ise (çıkış/giriş) oranının sonsuz olması anlamına gelir. Başka bir deyimle, kontrol sistemine sınırlı bir r girişi verildiği halde, çıkışında sınırlı kalmayan bir çıkış büyüklüğü elde edilebilmektedir. Bu sonuç sistemin kararlı olmaması anlamına gelir. Çevrede bulunan fiziksel sistemlerin parametrelerinin değişik nedenlerle değişebileceği ve sabit kalmalarının olanaksız olduğu gerçeğini göz önüne alındığında: Örneğin, direnç ve yarı iletkenlerin değerleri sıcaklıkla değişir, bazı elemanların değerleri ise, o elemanın eskime ve yıpranması ile değişir. Kısaca fiziksel elemanların parametreleri sabit değildir. (2.2) bağıntısından, herhangi bir eleman değerinin değişmesine göre, ileri yol kazancının değişmesi belirlenebilir.

$1 + KGH$ büyütülerek duyarlık küçültülebilir ve böylece herhangi bir elemanın değer değiştirmesi halinde kazancın değer değiştirmesi sağlanabilir.

Geri beslemenin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Açık çevrim kontrol sistemine göre daha duyarlı bir sistem oluşur. Örneğin kapalı çevrim kontrol sisteminin girişine uygulanan $r(t)$ fonksiyonunu, çıkışın izleme olanağı ve bu izlemenin duyarlılığı artar.
2. Sistemde eleman değerleri değişmesinin çıkışa yansımaları azalır.
3. Açık çevrim kontrol sisteminin kazancı değişir.
4. Bant genişliği büyür.
5. Buna karşılık kazanç değişmesinin artma biçiminde olması halinde kararsızlıklar ve salınımlar ortaya çıkar.

Otomatik olarak kontrol edilen bir lineer sistemin birim basamak cevabı Şekil 2.5 'te gösterilmiştir. Şekil üzerinde gösterilen bu parametreler sistemin geçici durumunu belirleyen parametrelerdir[18].



Şekil 2.5 Lineer Kontrol sistemin birim basamak cevabı

Bu parametreleri kısaca özetlersek:

1. Gecikme zamanı (t_g): Gecikme zamanı, cevabın nihai değerinin yarısına ilk defa ulaşması için geçen zamandır.

2. Yükselme zamanı (t_y): Yükselme zamanı, cevabın nihai değerinin %10'dan %90'ına, %5'ten % 95'ine veya %0'dan %100'üne kadar ulaşması geçen zamandır. Aşırı sönümlü birinci dereceden sistemler için %0-100 yükselme zamanı kullanılır. Titreşimli sönümlü sistemlerde ise genel olarak %10-90 yükselme zamanı kullanılır.

3. Tepe zamanı (t_t): Tepe zamanı cevabın nihai değerini ilk defa aşarak bir tepe yaptığı noktaya erişmesi için gerekli zamandır.

4. Maksimum aşma (M_p): Maksimum aşma cevap eğrisinin nihai değerinde erişmesi gerektiği birim değerden ölçülen maksimum tepe değeridir. Maksimum aşmanın miktarı doğrudan doğruya sistemin bağlı kararlılığını belirler. Birinci dereceden gecikmeli sistemlerde cevap eğrisi hiçbir zaman olması gerektiği nihai değeri aşmadığından maksimum aşma tanımlanmaz, sıfırdır.

5. Oturma zamanı (t_o): Oturma zamanı, cevap eğrisinde titreşim genliklerinin müsaade edilebilir tolerans değeri sınırlarına erişmesi için geçen zamandır. Müsaade edilebilir tolerans değerleri ise genellikle nihai değer % 5 veya % 2 lik aşma değerleri olarak tanımlanır. Oturma zamanı kontrol sisteminde tanımlanan en büyük zaman sabitidir. Birinci dereceden gecikmeli sistemlerde oturma zamanı yükselme zamanına eşittir.

Yukarıda tanımlanan sistemin birim zaman cevabı ile ilgili özellikler sistemlerin uygun cevap hızlarına göre tasarımlarında büyük önem arz ederler. Eğer t_g , t_y , t_t , M_p ve t_o değerleri belirlenebilirse sistemin cevap eğrisinin biçimi hemen hemen saptanabilir.

Burada tanımlanan tüm özelliklerin verilen herhangi bir duruma uygulanması gerekli değildir. Örneğin aşırı sönümlü ikinci derece ve birinci derece sistemler için tepe zamanı ve maksimum aşma tanımları uygulanmaz [18].

2.3 PID Kontrol

Bu kısımda PID (Proportional Integral Derivative) kontrolörünün daha iyi anlaşılabilmesi için P, PI, PD ve PID kontrol yöntemleri ayrı ayrı ele alınacaktır.

2.3.1 Orantı Kontrol (P- Kontrol)

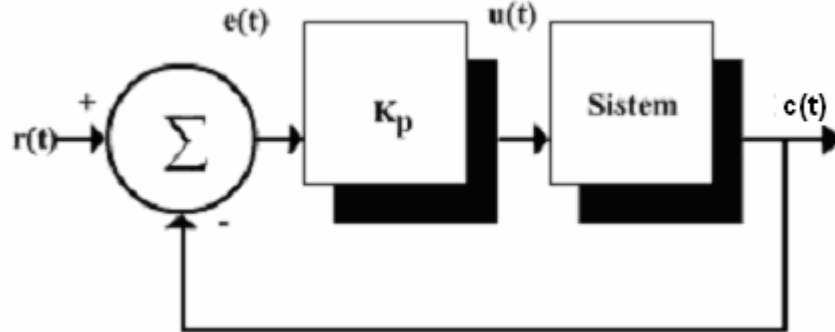
Orantı kontrolde, kontrol organı çıkışı bir oransal sabit yoluyla kontrol organı girişine oranlanır. Kontrol organı çıkışı $u(t)$ ile giriş hata işareti $e(t)$ arasındaki bağıntı

$$u(t) = K_p e(t) \quad (2.6)$$

şeklinde verilir. Burada K_p orantı kazancı olup bu etkinin transfer fonksiyonu

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \quad (2.7)$$

şeklinde orantı kazancı olan bir sabite eşittir.



Şekil 2.6 Orantı kontrollü sistemin blok diyagramı

Orantı etkide, herhangi bir anda kontrol organı çıkışı $u(t)$ hatanın büyüklüğüne bağlıdır ve o anda hata ne kadar büyük olursa düzeltici kontrol işareti $u(t)$ o oranda büyük olur. Hata çok küçük olduğunda ise kontrol organı yeteri kadar etkili düzeltici işaret üretemez. Bu nedenle orantı etki ile çalışan sistemler kalıcı-durum hatası verirler. Kazanç katsayısı K_p 'nin artırılması suretiyle kalıcı-durum hatasını azaltmak mümkündür. Orantı kontrolün en önemli üstünlüğü, yapısının basitliğidir. Basit bir

kuvvetlendirici yardımıyla dahi orantı etkide çalışan kontrol organı gerçekleştirmek mümkündür [19].

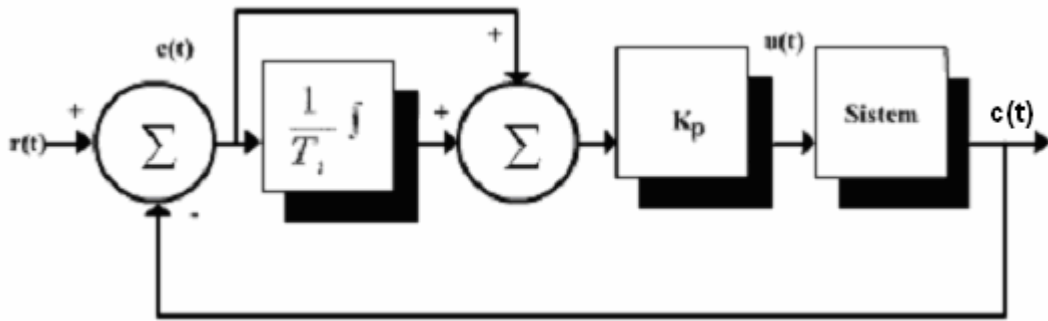
2.3.2 Orantı ve Integral Kontrol (PI- Kontrol)

Orantı kontrolde ortaya çıkan kalıcı-durum hatasını gidermenin yolu, kontrol organına hatanın integrali ile orantılı bir kontrol ilave etmektir. İntegral etkinin transfer fonksiyonu

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \text{ veya } \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{1}{T_i s} \quad (2.8)$$

olarak ifade edilebilir.

Burada K_i integral kazancı, T_i integral zaman sabiti adını alır. $K_i = 1/T_i$ olarak bilinir. Teorik olarak integral tipi bir kontrolün tek başına kullanılması mümkün ise de uygulamalarda integral daha çok orantı ile birlikte kullanılır. Orantı artı integral (PI) tipi kontrol, orantı ve integral kontrolün birleştirilmesinden meydana gelir. PI kontrollü bir sistemin blok şeması Şekil 2.7 'de verilmiştir.



Şekil 2.7 PI kontrollü sistemin blok diyagramı

PI kontrolörün transfer fonksiyonu;

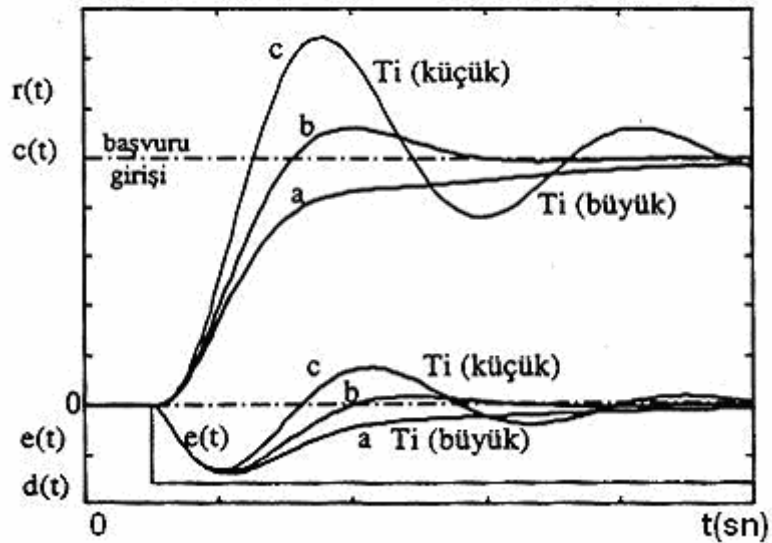
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (2.9)$$

şeklinde de ifade edilir. T_i integral zaman sabitidir. Kontrolör çıkışı ise

$$u(t) = K_p \left\{ e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt \right\} \quad (2.10)$$

şeklinde yazılabilir.

Şekil 2.8 'da çeşitli integral zaman sabiti için, bir sistemin basamak giriş cevabı eğrileri verilmiştir. İntegral etkinin kalıcı-durum hatasını ortadan kaldıracı etkisi gayet açık bir biçimde görülmektedir. 'a' eğrisinde Integral zaman sabiti en yüksek değerde olup hatanın sıfırlama işlemi çok uzun zaman almaktadır. Buna karşılık 'c' eğrisinde integral etki zamanı en düşük değerde olup cevabın olması gerektiği değere ilk defa ulaşması çok kısa zamanda olmakla beraber, eğri ulaşması gerektiği değere ulaşmadan önce biraz salınım yapmaktadır. Hem az salınımlılık ve hem de hızlı cevap açısından en iyi durumun 'b' eğrisinde olduğu görülmektedir [19].



Şekil 2.8 PI kontrolörün dinamik özellikleri

2.3.3 Orantı ve Türev Kontrol (PD- Kontrol)

Türev kontrolün transfer fonksiyonu

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_d s \quad \text{veya} \quad \frac{U(s)}{E(s)} = T_d s \quad (2.11)$$

şeklinde elde edilir.

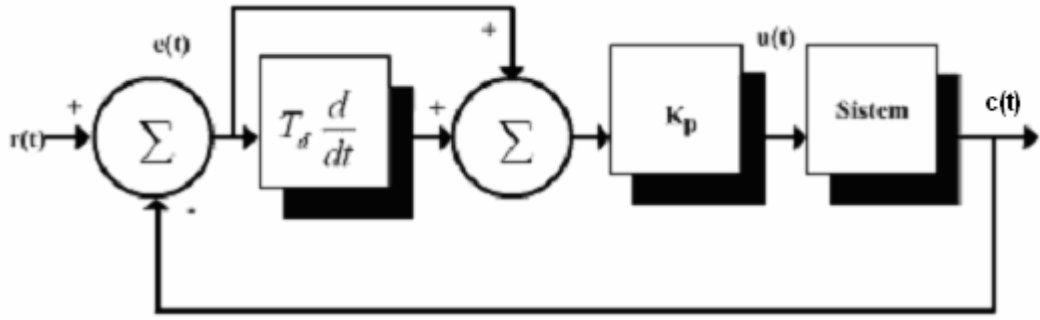
Burada K_d türev kontrol organı kazancı veya T_d türev zaman sabiti adını alır. Türev etkinin en önemli üstünlüğü; hatanın büyümesini önceden kestirmesi ve büyük bir hata ortaya çıkmadan bir düzeltme etkisi sağlamasıdır. Türev etki daha hata değişmeye başlar başlamaz harekete geçtiğinden “önceden sezgi etkisi” olarak da bilinir. Bir sabitin türevi sıfır olduğundan türev etkinin zamanla değişmeyen sabit hata üzerinde etkisi yoktur.

Türev etki yalnızca hatanın zamana göre değişimi karşısında etkili olduğundan kontrol organlarında yalnız başına kullanılmaz ve ancak diğer kontrol etkileri ile birleştirilerek kullanılabilir.

Orantı ve türev kontrol organı, orantı ve türev kontrol etkilerinin birleşiminden meydana gelmiş olup bu kontrol;

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p (1 + T_d s) \quad (2.12)$$

olarak yazılır. Burada, T_d türev zaman sabitidir.



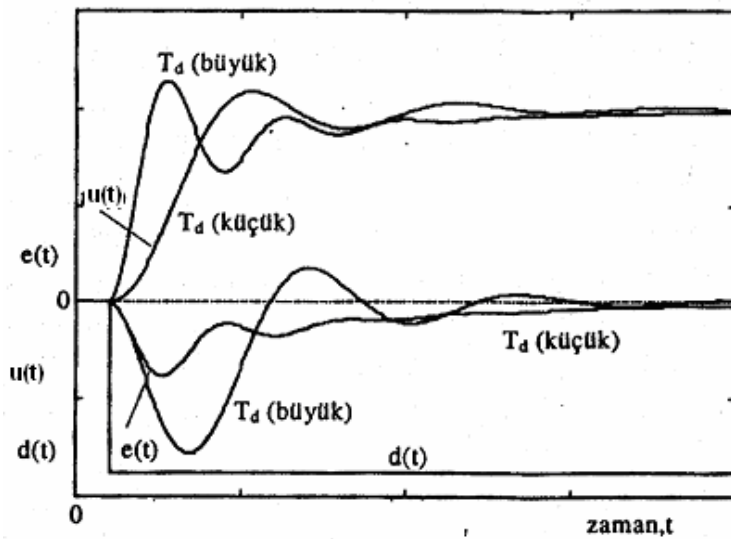
Şekil 2.9 PD kontrollü sistemin blok diyagramı

PD kontrolörün çıkış işareti

$$u(t) = K_p \left\{ e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} \right\} \quad (2.13)$$

şeklinde tanımlanabilir.

Orantı kontrol hatadaki değişimlere hızlı bir tepki göstermekle beraber hatanın değişim hızına duyarlıdır. Bu durumda hatanın değişim hızına duyarlı olan türev kontrol etkisi ilavesi uygun olmaktadır. Türev katsayısının sistem cevabına etkisi Şekil 2.10 'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10 Türev etkinin sistem cevabına etkisi

2.3.4 Orantı , Integral ve Türev Kontrol (PID- Kontrol)

PID Kontrol, üç temel kontrol etkisinin (P,I,D) birleşiminden meydana gelmiştir.

PID kontrol transfer fonksiyonu;

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (2.14)$$

olarak yazılır.

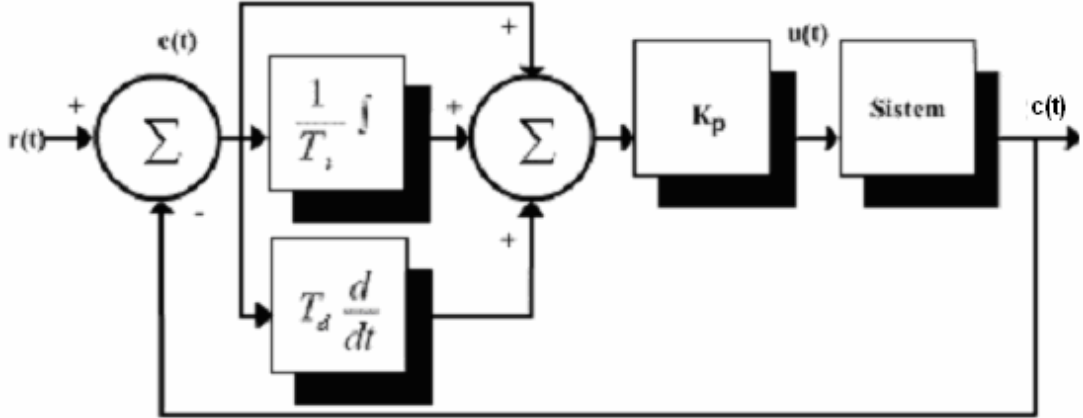
PID kontrol işaretinin çıkış işareti ise

$$u(t) = K_p \left\{ e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right\} \quad (2.15)$$

olarak yazılabilir.

PID kontrol; üç temel kontrolün üstünlüklerini tek bir birim içinde birleştiren bir kontrolördür. İntegral kontrol, sistemde ortaya çıkabilecek kalıcı-durum hatasını sıfırlarken türev kontrol, yalnızca PI kontrol etkisi kullanılması haline göre sistemin aynı bağıl kararlılığı için cevap hızını artırır. Buna göre PID kontrol organı sistemde sıfır kalıcı-durum hatası olan hızlı bir cevap sağlar. PID kontrolör diğerlerine göre daha karmaşık yapıda olup o oranda pahalıdır. Burada K_p , T_i ve T_d parametrelerinin uygun bir ayarı ile uygun bir kontrol sağlanabilir. Eğer bu katsayılar uygun bir şekilde ayarlanmayacak olursa, PID kontrolün sağlayacağı üstün özelliklerden yararlanılamaz.

Denetlenecek sistemin dinamik yapısına bağılı olarak üç temel kontrol etkisinin mümkün olan en basit bileşimleri kullanılır. PID kontrollü bir sistemin blok diyagramı Şekil 2.11 'de verilmiştir.



Şekil 2.11 PID kontrollü sistemin blok diyagramı

PID tipi kontrolörün denklem (2.14) 'deki genel transfer fonksiyonunu göz önüne alacak olursak:

1. P Kontrol: $T_i \rightarrow \infty$ ve $T_d \rightarrow 0$ halinde kontrol organı yalnızca orantı etki ile çalışır. Orantı kazancı K_p 'nin ayarı ile kontrol organının kontrol duyarlılığı artırılabilir. Pratikte genellikle orantı etki orantı bandı (PB) cinsinden ayarlanır.

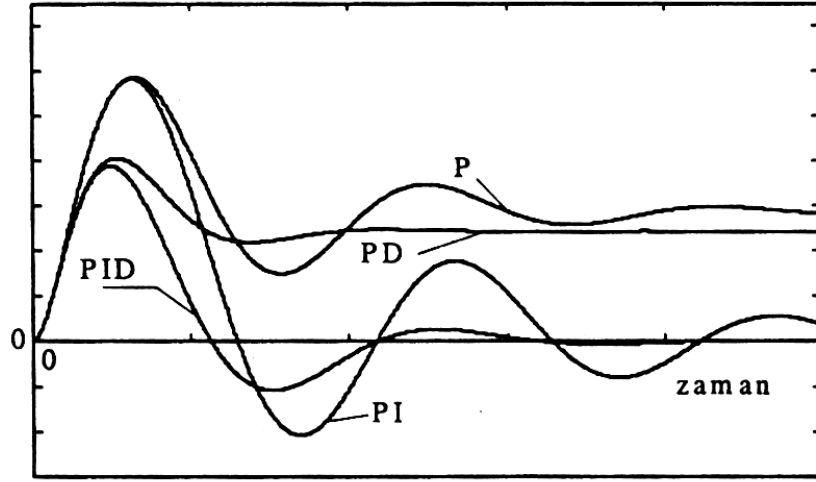
2. PI Kontrol: Orantı etkiye integral etki ilavesi ile elde edilen PI tipi kontrol organı yapısı nispeten basit olup özellikle süreç kontrol sistemlerinin %75-%90 arasında kullanılır. En yaygın kullanım alanları; basınç, seviye ve akış kontrol sistemleridir. İntegral etki denetlenen çıkış büyüklüğünde meydana gelebilecek kalıcı-durum hatalarını ortadan kaldırır. İntegral etkinin kullanım amacı sistemin değişen talepleri üzerinde yeterli bir kontrol etkisi sağlamaktır. Eğer sistemden gelen bir talep yalnız başına P etkisi ile karşılanabiliyorsa I etkinin kullanılması gereksizdir.

3. PD Kontrol: Orantı etkiye türev etki ilavesi ile elde edilen PD kontrol; kalıcı- durum hatasını sıfırlayamamakla beraber, bozucu girişten doğan kalıcı-durum hatasının fazla önemsenmediği, fakat buna karşılık orantı etkiye göre geçici-durum davranışının iyileştirilmesi istenen konum servomekanizmalarında tercih edilir. Türev etki ilavesi kararsız veya kararsızlığa yatkın bir sisteme sönüm ilave ederek sistemi daha kararlı hale getirebilir. Türev etki ilavesinin en önemli sakıncası kontrol işaretleri yanında sistemde ortaya çıkan gürültü (parazit) işaretlerindeki kuvvetlendirmesidir. Bunun sonucu olarak son kontrol organı (düzeltme elemanı) çıkışında salınımlı bir hareket meydana gelebilir.

4. PID Kontrol: Uzun ölü zaman gecikmelerinin ortaya çıktığı süreç kontrol sistemlerinde, PI kontrolde integral etkinin tamamlayıcısı olarak türev etki kullanılır. Sıcaklık, pH, yoğunluk, karışım v.b. ölçümlerinde ortaya çıkan ölü zaman gecikmeleri PID tipi kontrol organı kullanılarak telafi edilebilir. Bu kontrol organı aynı zamanda üç ifadeli kontrol organı adını da alır.

Düşük şiddetli bozucu girişlere maruz bir sistemin PI etki ile denetlenmesi halinde PB orantı bandı ayarının geniş ve türev etki kazancı ($K_i = 1/ T_i$) ayarının düşük tutulması tercih edilir. Bu ayarlar altında, sisteme geniş zaman aralıkları içerisinde büyük şiddetli bozucu girişler etki edecek olursa, PI etki tek başına hatada meydana gelen değişimleri izlemeye ve düzeltmeye yeterli olamaz. Bu durumda bir türev etki ilavesi orantı kazancı ayarının daha yüksek tutulmasına (orantı bandının daralması) olarak tanıyarak kontrol organı tepki süresini hızlandıracaktır. Çok küçük sönüm katsayısına sahip servomekanizmalarda PI kontrol yeterli olmamaktadır. Bu durumda da türev etki ilavesi, sistemde fazla bir kararsızlık problemi yaratmadan K_p orantı kazancının yüksek tutulmasını sağlayarak sistemin kararsızlığa yatkınlığı önlenmiş olur. Böylece PID kontrol etkisi ile bir taraftan kalıcı-durum hatası sıfırlanırken diğer taraftan da sistemin geçici-durum davranışı iyileştirilmiş olur.

Şekil 2.12 'de sistemde bir basamak bozucu giriş etki etmesi halinde; hata işareti ve kontrol işaretindeki değişimlerin durumu verilmiştir. Burada P, PI ve PID kontrolün çeşitli parametre (K_p, T_i, T_d) değişimlerine bağlı olarak sistemin geçici-durum davranışındaki durumları gösterilmiştir.



Şekil 2.12 Çeşitli kontrol etkilerinin karşılaştırılması

Bu eğrilerin birbirleri ile karşılaştırılmasından;

1. Yalnız başına orantılı kontrol kullanmak kontrol sisteminin çıkışından istenilen $c(t)$ yi zaman domeninde arzu edilen bir biçime sokmaya yeterli değildir. Çünkü, sistemde sadece bir serbestlik derecesi vardır ve o da kazançtır. Kazancın değeri orantılı kontrolde büyütülürse, kontrol sisteminin yükselme zamanı küçülür, sistem daha hızlanırsa da, sistemin aşım değeride büyür, üstelik büyük kazançlarda kararlılık da bozulabilir. Yalnızca P kontrol halinde, cevap eğrisi bir kaç salınım yaptıktan sonra kalıcı-durum halinde olması gerektiği noktadan belli bir sapma gösterir.

2. PI kontrol halinde, benzer biçimde bir cevap eğrisi elde edilmekle beraber kalıcı-durum halinde bir sapma meydana gelmez. Bununla beraber orantı etkiye türev etki ilavesi sistemin kararsızlığa yatkınlığını artırır. Bu durumu denkleştirmek için orantı kazancı, yalnızca orantı etki uygulamasına göre azaltılmalıdır. Bu durumda da hatadaki

düzeltilme işlemi, yalnız orantı etkide olduğu kadar hızlı olmaz ve başlangıç hatası da daha yüksek olarak ortaya çıkar.

3. PD kontrolde; hata ortaya çıkar çıkmaz hem orantı etki ve hem de türev etki hatayı azaltır ve dolayısıyla hatanın ilk en yüksek değeri daha küçük olur. Bu en yüksek değerden sonra orantı etki halen hatayı düşürmeye çalışır. Fakat buna karşılık hatanın değişim oranı ters yönde etki ederek değişimi önlemeye çalışır. Bu nedenle türev kontrol sistem üzerinde kararlılık kazandırıcı bir etki yaratarak daha kuvvetli bir orantı etki kazancı kullanma olanağı sağlar. Eğriden de görüldüğü gibi PD kontrol ile, P kontrole göre, daha az başlangıç sapması ve daha az kalıcı-durum hatası ortaya çıkar. Türev alan kontrol elemanı ancak zamana göre değişen $e(t)$ hata ya da kontrol işaretleri üzerine etkir. Eğer $e(t)$ sabit ise, örneğin sürekli hal hatası, türev elemanının bu işaret üzerinde işlem yapma olanağı yoktur. Çünkü bu elemanın çıkışı sıfır olur. Türev ve orantılı kontrol yüksek geçiren filtre özelliği taşıdığından, sistemde gürültüyü iletecek niteliktedir. Pratikte daha karmaşık kontrol elemanlarının kullanılması işte bu nedenlerle önem kazanır.

4. PID kontrolde daha büyük bir başlangıç hatası ortaya çıkmasına rağmen kalıcı-durum hatası tamamen sıfır olur [19].

2.3.5 PID Kontrolör Parametrelerinin Tespiti

PID kontrolörün yapıları ve programlanması hakkında gerekli bilgiler verildikten sonra, artık sıra kontrolörün sisteme uygunluğunu ve başarımını ortaya çıkaracak parametreleri tespit etmektedir. Endüstriyel uygulamalarda, PID 'lerin programlanması ve yapıları çok farklılık göstermez, bunların standart hale getirildiği bile söylenebilir. PID hangi tip ve yapıda olursa olsun, üzerinde çalışılan sisteme uygun kontrol parametrelerini belirlemek her zaman en hassas nokta olmaktadır.

Parametrelerin tespiti için çeşitli yollar mevcuttur. Bu yöntemlerden en çok kullanılanı Ziegler-Nichols metotları olarak anılan 1942 yılından kalma iki yöntemdir. Metot, kontrolör parametrelerini çok basit formüllere dayanarak hesaplamaya imkan verdiği için uygulamada oldukça sık kullanılmaktadır. Ancak bu hesap kolaylığı, metodun her zaman en uygun çözümü vereceğini göstermez. Metot yine de, parametreler hakkında kabaca bir ön fikir edinmek için kullanılabilir.

Ziegler-Nichols Metodu denilince ilk olarak anlaşılan Ziegler-Nichols basamak yanıt metodudur. Sistemin basamak yanıtından ölü zaman “L” ve yanıtın eğimi “K” olmak üzere $K=a/L$ şeklinde “a” parametresi tespit edilir. Daha sonra aşağıdaki Çizelge 2.1 ’deki kontrolör parametreleri belirlenir.

Çizelge 2.1 Ziegler-Nichols basamak yanıt metoduna göre kontrolör parametrelerinin tespiti

Kontrolör Tipi	K	T_i	T_d
P	1 /a	-	-
PI	0.9 /a	3.33L	-
PID	1.2 /a	2L	L /2

Ziegler-Nichols diye adlandırılan metotlardan ikincisi ise Frekans Yanıtı Metodu’dur. Sistem oransal kontrolör kullanılarak kapalı çevrim çalıştırılır. Bu halde oransal kontrolör parametresi “K” sürekli artırılarak çıkış gözlenir. Sistem çıkışının osilasyon yapmaya başladığı ana ait “K” değeri “ K_u ”, bu osilasyonun periyodu ise “ T_u ” olarak tanımlanır. Tanımlanan değer Çizelge 2.2 ’deki yerine konular ve kontrolör parametreleri hesaplanır [20].

Çizelge 2.2 Ziegler-Nichols frekans yanıtı metodu ile kontrolör parametrelerinin tespiti

Kontrolör Tipi	K	T_i	T_d
P	0.5 K_u	-	-
PI	0.4 K_u	0.8 T_u	-
PID	0.6 K_u	0.5 T_u	0.125 T_u

Tez çalışmasında, PID kontrol deneyinde LabVIEW programının içinde bulunan PID için yazılmış modüller kullanıldığından parametre ayarları daha kolay yapılmaktadır. Parametre değişimlerinde sistemin çıkışındaki değişimler anlık olarak görülmektedir.

2.4 Bulanık Mantık Kontrol

Bulanık Mantık, insan düşünme ve algılamasını modellemek için kullanılan güçlü bir yöntemdir. İki değerli önerme yerine bulanık sistemler, çok değerli kümelerle sonuç verir. Bulanık sistemler kuralları saklayıp dilsel girişten dilsel çıkışa örneklenmiş fonksiyonları belirler. Klasik mantığın dayandığı temel varsayım “her önerme doğru veya yanlış” şeklindedir. Bu Aristo’dan beri tartışma konusu olmuştur. Aristo “Temel varsayım” adlı tezinde gelecek şartlara bağlı olarak olayların şüpheli doğruluk durumlarından bahseder. Bahsettiği gelecek olaylar hakkındaki önermeler aslında ne doğru ve ne de yanlıştır. Fakat iki durumun da olması imkan dahilindedir. Bulanık kümeleri konusu ilk defa Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında ortaya atılmıştır. Zadeh’in bu çalışması şu gerçeği kuvvetlendirmiştir ki, insanların bazı sistemleri, makinelerden daha iyi kontrol edebilmelerinin bir

sebebi, insanların kesinlik ifade etmeyen bir takım bilgileri kullanarak karar verebilme özelliğine sahip olmalarındandır. Dolayısıyla eğer bu özellik sistemlerin modellenmesinde kullanılırsa dizayn edilen kontrolörlerin performansının artırılması mümkün olacaktır. Bulanık kümelerinin Bulanık Mantık Kontrol (Fuzzy Logic Control-Bulanık Mantık Kontrol) olarak pratik uygulamalarda kullanılması ise 1970'li yıllarda gerçekleşmiştir. Bunlar bazı küçük çaplı endüstriyel uygulamalardı. İlk bulanık çipi ise 1980'lerin başında AT&T Bell laboratuvarlarında Togai ve Watanabe tarafından geliştirilmiştir [21].

Bulanık mantık kontrolünün dünyaya tanıtılmasında önemli olaylardan biri bulanık mantık kontrolünün Sendai (Japonya) metrosunun otomatik kontrolü için kullanılması olmuştur (1987). Bu uygulamada bulanık mantık kontrolünün bir çok parametre açısından geleneksel bir PID kontrolörden daha üstün olduğu gösterilmiştir (Örneğin, istasyonda yavaşlayıp durma, yolcu konforu ve yakıt tüketimi gibi). Bu uygulamanın başarısı sebebiyle bulanık mantık kontrollü bu sistem yeni Tokyo metrosunda da kullanılmaktadır. Özellikle Japonya'da 1990'lı yıllarda bulanık mantık kullanılan tüketici ürünleri pazarda sıkça görülmeye başlanmıştır. Genellikle bu tüketici ürünlerinde (bulanık mantık çiplerinin yüksek hızlarına gerek olmadığından dolayı) bulanık mantık çipleri yerine, standart dijital çipler üzerinde çizelge göz atmaları (table look-up) vasıtasıyla simülasyonlar kullanılmıştır. Tüketici ürünleri örneklerini şöyle sıralayabiliriz: Çamaşır makineleri, elektrik süpürgeleri, klimalar, fanlar, ısıtıcılar, mikrodalga fırınları, çamaşır kurutucuları. Bunun yanında birçok endüstriyel uygulamalarda da bulanık mantık başarıyla kullanılmıştır [22].

Temel olarak geleneksel bir PID kontrolör sistemi, matematiksel olarak bir dizi diferansiyel eşitlik ile sistemin modellenmesi ve bunların çözümü ile sistem davranışının kontrol edilmesine dayanır. Fakat bir bulanık mantık kontrol sistemi ise bir insanın bir sistemi kendisi kontrol ediyorken yapacağı düşünce işlemlerinin mantıksal olarak modellenmesine dayanır. Bu mantığın

yapay sinir ağları (neural networks) ve genetik algoritmalar (Genetic Algorithms) ile beraber 'akıllı' kontrol sistemleri kuşaağının ilk adımlarını oluşturmakta olduğu bugün kabul edilmektedir [23].

Eğer bir insan kontrolörünün yaptığı gibi bu bilgileri otomatik kontrolde makinelere kullandırılabilirse, inceden inceye bir matematiksel modelleme yapılmasına gerek kalmayacaktır. Ayrıca bilgilerin mutlaka tecrübeye dayanması da gerekmemektedir. Uzman bir kişinin yeni geliştirilen bir sistem hakkındaki sezgisel bilgileri de bu gibi cümlelerle ifade edilebilmektedir. Bu da sistem dizaynının en zor tarafı olan modelleme, doğrusallaştırma gibi matematiksel kesinlik isteyen çalışmalarını ortadan kaldırmaktadır. Bu yönleriyle bulanık mantık kontrolünün endüstriyel uygulamalarda hızla yaygınlaşacağı anlaşılmaktadır.

2.4.1 Bulanık Mantık Temel Kavramları

Bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanmaktadır. Bulanık küme teorisi genel bir matematiksel yaklaşımdır. Çözülmesi güç olan problemler genel bir yapıya kavuşturularak daha kolay bir sonuca gidilir. Bulanık küme teorisi kısmi üyeliğe izin veren bir mantık sistemidir. Yani bir kümenin tam üyeliği ile o kümenin üyesi olmama durumları arasında derece derece geçişe izin verir. Verilen bir elemanın bir kümede kısmi üyeliğinin bulunması demek, aynı zamanda bu elemanın bu kümenin üyesi olmama durumunun da kısmen başlaması demektir. Çünkü bulanık küme teorisi, hem tam üyeliğe ve hem de hiç üye olmamaya izin verir.

Bulanık Mantık ile yapılan bir çözümün ilk aşamasında sistemin giriş ve çıkışlarına, üyelik fonksiyonları tayin edilir. Tipik olarak, bir üyelik fonksiyonu x-y düzleminde bir eğri olarak gösterilir. Bu düzlemde, x-ekseni, giriş ve çıkış değişkenlerinin değer aralığını ve y-ekseni ise 0-1 arasında

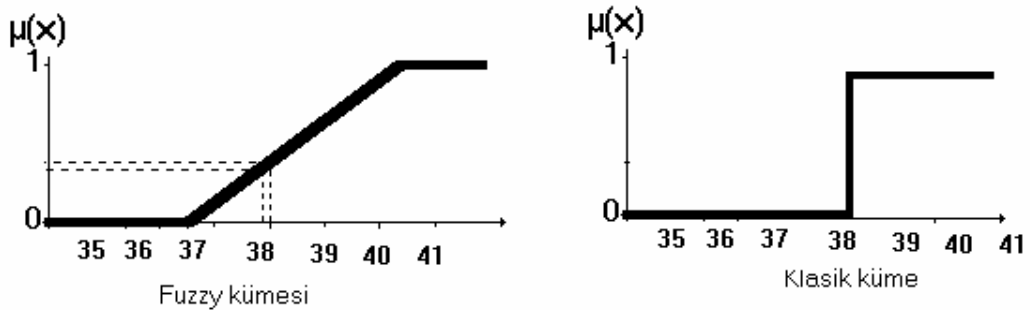
olmak üzere değişkenin üyelik derecesini gösterir. Bulanık küme ile klasik kümenin karşılaştırılması Şekil 2.13 'te gösterilmiştir.

Ayrıca Şekil 2.13 'te, her vücut sıcaklığı "yüksek ateş" örneklerine yakınlığına göre bir dereceyle belirtilmiştir. Bu derece " üyelik derecesi" olarak adlandırılır ve "yüksek ateş" YA kümesine X elemanının kümeye ait olma derecesini verir. Burada vücut sıcaklığı evrensel küme içinde bir x "temel değişken" olarak adlandırılır. Böylece

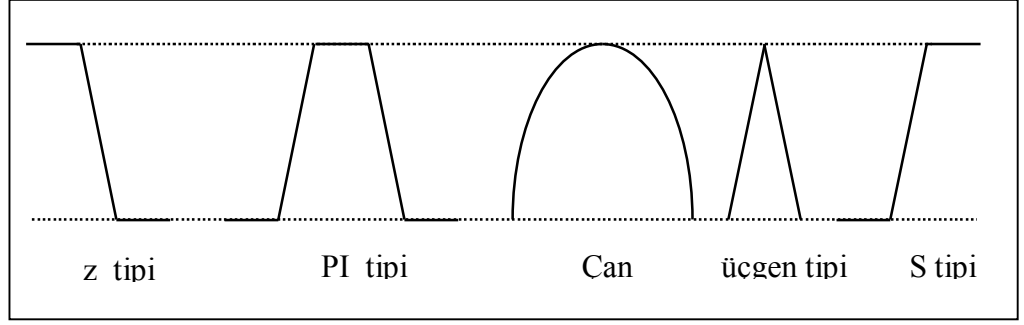
$$\mu_{YA}(x) \rightarrow YA:[0,1] \quad (2.16)$$

İfadesi, 0-1 aralığındaki değerleri kapsayan YA kümesindeki x elemanının üyelik derecesini gösterir. Buna göre çeşitli vücut sıcaklıklarının "Yüksek Ateş" kümesindeki üyelik dereceleri şu şekilde verilebilir.

$\mu_{SF}(34^{\circ}\text{C}) = 0$	$\mu_{SF}(37^{\circ}\text{C}) = 0.1$	$\mu_{SF}(40^{\circ}\text{C}) = 0.9$
$\mu_{SF}(35^{\circ}\text{C}) = 0$	$\mu_{SF}(38^{\circ}\text{C}) = 0.35$	$\mu_{SF}(41^{\circ}\text{C}) = 1$
$\mu_{SF}(36^{\circ}\text{C}) = 0$	$\mu_{SF}(39^{\circ}\text{C}) = 0.65$	$\mu_{SF}(42^{\circ}\text{C}) = 1$



Şekil 2.13 Bulanık küme ile klasik kümenin karşılaştırılması [24].



Şekil 2.14 Çeşitli üyelik fonksiyonları [24].

Üyelik fonksiyonları, denetlenen sürecin özelliklerine göre çok değişik biçimlerde şekillenebilirler. Çeşitli üyelik fonksiyonları Şekil 2.14 'te gösterilmiştir.

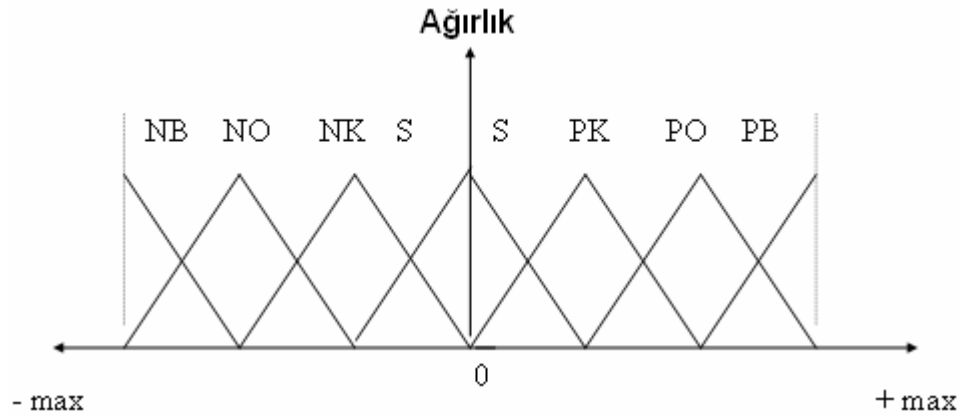
Bulanık mantık kontrolün dört bileşeni vardır. Bunlar ; bulanıklaştırma, kural tabanı, karar mekanizması ve durulaştırma. Bulanık mantık denetleyicinin blok diyagramı Şekil 2.15 'te gösterilmiştir.



Şekil 2.15 Bir bulanık mantık denetleyicinin yapısı.

2.4.2 Bulanıklaştırma

Sistemden alınan denetim giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Bulanık mantık dilsel terimleri genellikle Eğer-Öyleyse kuralı gibi mantıksal anlamlandırma formu şeklinde tanımlanır. Bu kurallar bulanık üyelik işlevi olarak bilinen değerlerin bir sınırıyla tanımlanır. Sistemin verimli çalışması için üçgen, yamuk, çan eğrisi gibi değişik şekillerde üyelik işlevleri seçilebilir. Sistemde hata, hatanın değişimi ve çıkış için kullanılan 7 bulanık değişkenli üçgen üyelik fonksiyonları Şekil 2.16 'de gösterilmiştir.



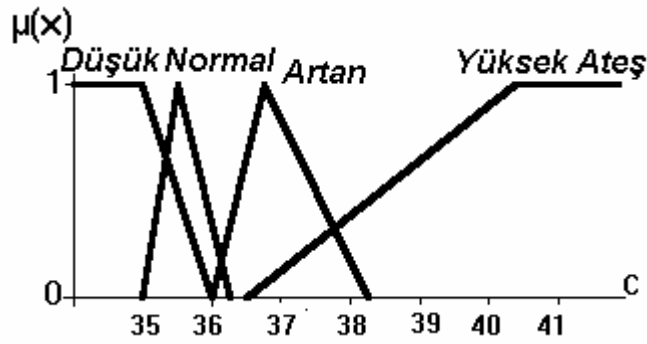
Şekil 2.16 Yedi etiketli üyelik fonksiyonuna tanım uzayı.

Üyelik fonksiyonlarında kullanılacak etiket sayısı 3,5,7 olabilir ve kullanıcı tarafından en uygun olanı seçilir. En yaygın kullanılanı yedi etiket olup Şekil 2.16 'da gösterilmiştir. Şekilde gösterilen kısaltmalar :

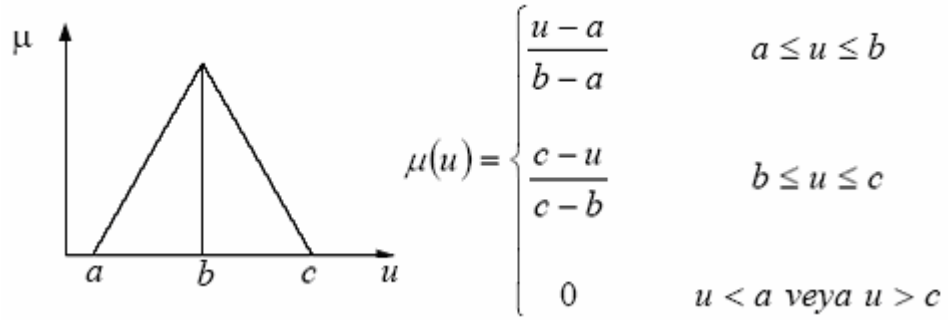
NB : Negatif Büyük	PB : Pozitif Büyük	
NO : Negatif Orta	PO : Pozitif Orta	
NK : Negatif Küçük	PK : Pozitif Küçük	S: Sıfır

olarak verilmiştir.

Bir Bulanık mantık sistemin ilk yapı bloğu “dilsel değişken” olarak adlandırılır. Aynı kavramı tanımlayan kategoriler birleştirilir. Ateş konusunda, yalnız “yüksek ateş” değil “yükselen ateş”, “normal ateş” ve “düşük ateş” kümeleri de oluşturulur. Aşağıdaki şekilde aynı grafik üzerinde birkaç dilsel değişkene ait üyelik fonksiyon gösterilmektedir. Bir dilsel değişken gerçek değerleri dilsel değerlere dönüştürür. Bunu gösteren üyelik fonksiyonları Şekil 2.17 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 2.17 Ateşli bir hastanın ateş durumunun üyelik fonksiyonlarına dağılımı [24]



Şekil 2.18 Üçgen üyelik fonksiyonu ve sınırları

Üçgen üyelik fonksiyonunda herhangi bir giriş veya çıkış değerinin (u) bulanık küme ne kadar üye olduğu $\mu(u)$, Şekil 2.18 'de gösterilmiştir.

2.4.3 Kural Tabanı

Kural tabanında denetim amaçlarına uygun dilsel denetim kuralları bulunur. Bulanık Mantık, makinelere operatörünün şahsi düşüncelerini işleyebilme ve deneyimlerinden faydalanarak çalışabilme imkanı sağlar. Bu, bir sistemin bulanık mantık ile yapılan tasarımında sistemin çalışma mekanizmasını belirleyecek olan “Kural Kümesi” ile gerçekleşir. Bu kurallar sayesinde, insana ait çıkarım şeklinin veya karar verme tarzının sistemlere uygulanması mümkün olur. Kuralların belirlenmesinde kullanılacak belli bir yöntem yoktur. Ama, bir uzmanın bilgi ve deneyimlerine dayanarak, sistemin bir bulanık modelinin kurulmasına göre ya da çeşitli öğrenen algoritmaları kullanarak kuralları oluşturabiliriz. Bir kural yazımı şu şekilde gerçekleşir [25].

$$\text{IF } \langle \text{ön şart} \rangle \text{ THEN } \langle \text{sonuç} \rangle \quad (2.17)$$

$\langle \text{ön şart} \rangle$, belirli bir durumu tanımlar. $\langle \text{sonuç} \rangle$ ise sistemin bu durum için vermesi gereken tepkisini kapsar. $\langle \text{ön şart} \rangle$ birden fazla şartı içinde bulundurabilir. Bu şartlar aşağıda belirtilen operasyonlar ile birbirlerine bağlanırlar.

$$x \text{ AND } y = \min (x\text{'in üyelik ağırlığı}, y\text{'nin üyelik ağırlığı}) \quad (2.18)$$

$$x \text{ OR } y = \max (x\text{'in üyelik ağırlığı}, y\text{'nin üyelik ağırlığı}) \quad (2.19)$$

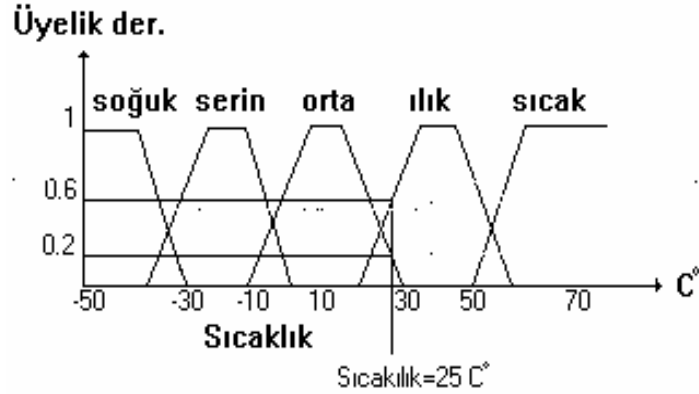
$$\text{NOT } x = 1 - x\text{'in üyelik ağırlığı} \quad (2.20)$$

Bir Bulanık Mantık sisteminin kuralları sistem bilgisini gösterir. Örnek için bir Bulanık Mantık kontrol sisteminin kontrol stratejisini ifade etmek için

kendisine ait sözcükler (vocabulary) olarak dilsel değişkenler kullanılır. Şekil 2.19 'da giriş sıcaklığı atanan beş üyelik fonksiyonu gösterilmiştir. Bu şekilde y eksenini her giriş değeri için ona karşılık gelen bütün üyelik fonksiyonlarındaki üyelik derecesini vermektedir. Mesela giriş sıcaklığı 25 C° olsun. y eksenine bakıldığında bu giriş değeri için ılık ve orta fonksiyonlarındaki üyelik derecesi sırasıyla 0.2 ve 0.6'dır (Şekil 4.7). Bu giriş değeri için diğer bulanık kümelerindeki üyelik derecesi sıfırdır. Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları atandıktan sonra yapılacak iş, sistemin davranışını tanımlamak için bulanık kuralları (rule) üretmektir. Bulanık kurallar tipik olarak IF-THEN şeklindedir. Mesela tipik bir bulanık kural olarak

IF sıcaklık Düşük AND basınç Orta ise THEN güç Hızlı (2.21)

Bu kural iki varsayım ve bir karar içermektedir. Bulanık mantıkta varsayımlar AND işlemi ile kurallar da OR işlemi ile ayrılır. Sıcaklık değişkenlerine göre üyelik fonksiyonlarının değeri Şekil 2.19 'da gösterilmiştir.



Şekil 2.19 Sıcaklık değişkeni için üyelik fonksiyonları.

Çizelge 2.3 Hata ve hatanın değişimi örnek kural tablosu

de e	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
NB	NB	NO	NO	NK	NK	NK	S
NO	NO	NO	NK	NK	NK	S	PK
NK	NO	NK	NK	NK	S	PK	PK
S	NO	NK	NK	S	PK	PK	PK
PK	NK	NK	S	PK	PK	PK	PO
PO	NK	S	PK	PK	PK	PO	PO
PB	S	PK	PK	PK	PO	PO	PB

Denetim sürecinde bulanıklaştırma, bulanık çıkarım(karar mekanizması) ve durulaştırma aşamalarında bu kural tablosundan faydalanılır. “If Then” Kural tablosu yapıldığında hata ve hatanın değişim örneği Çizelge 2.3 'de gösterilmiştir.

Burada kontrolün amacı izleme hatasını azaltmaktır. Hata ne kadar büyük ise kontrol girişinin de o kadar büyük olması gerekmektedir

2.4.4 Karar mekanizması

Bulanık mantık denetleyici içerisinde karar mekanizması bulanık içerme, bileşke kural çıkarımları ve cümle bağlayıcıları ile ilgilidir. Genel olarak bir bulanık denetim kuralı bir bulanık ilişkidir ve bulanık içerme ile açıklanır. Bulanık mantıkta bulanık içermeyi tanımlamanın birçok yolu vardır ve bulanık mantık denetleyici içinde hangi tipin kullanılacağı daha çok sezgisel olarak belirlenir. Mamdani'nin min (minimum kuralı), Larsen'in ürün işlemi (çarpım kuralı), Zadeh'in aritmetik ürün (aritmetik kural) ve Boolean kuralı bulanık içerme kurallarından bazılarıdır. Bu içermeler sırasıyla denklem (2.22), (2.23), (2.24) ve (2.25) 'de gösterilmiştir. Denklemlerde, A ve B sırasıyla V ve Y uzaylarında tanımlanmış olan bulanık kümeler olsun.

μ_A ve μ_B ise bu kümelerin üyelik işlevleri olsun. Buna göre bulanık içerme eşitlikleri [26]:

Minimum kuralı;

$$u = A \times B = \int_{V \times Y}^+ \mu_A(u) \cap \mu_B(u) / (V, Y) \quad (2.22)$$

Çarpım kuralı;

$$u = A \times B = \int_{V \times Y}^+ \mu_A(u) \bullet \mu_B(u) / (V, Y) \quad (2.23)$$

Aritmetik kural;

$$u = A \times B = \int_{V \times Y}^+ 1 \cap (1 - \mu_A(u) + \mu_B(u)) / (V, Y) \quad (2.24)$$

Boolean kuralı;

$$u = A \times B = \int_{V \times Y}^+ (1 - \mu_A(u)) \cup \mu_B(u) / (V, Y) \quad (2.25)$$

Bulanık içerme sonucu elde edilen değer kural tablosundan dilsel ifadeye çevrilir ve durulama birimine gönderilir.

2.4.5 Durulaştırma

Bulanık çıkarımın sonucu bulanık bir kümedir. Son çıktı değerinin elde edilmesi için bulandırılmış olan bir değer durulaştırılarak keskin değere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bulanık olabilecek çıkarımların kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. İşte bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden “durulaştırma” işlemi adı verilir [26,27]. Durulama işleminde maksimum üyelik, ağırlık

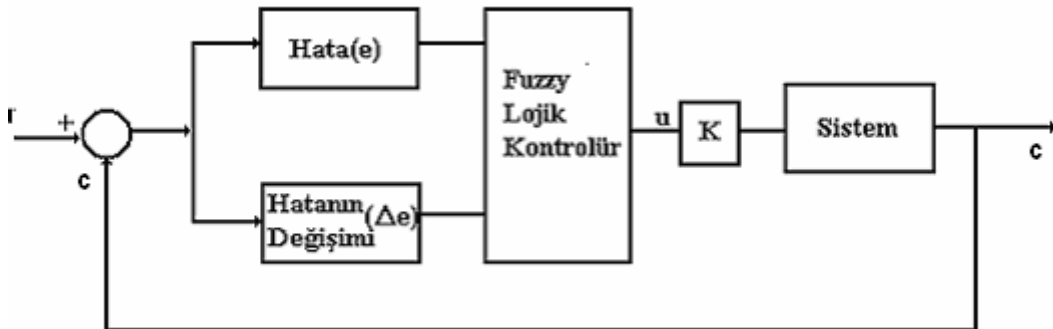
ortalaması gibi değişik yöntemler kullanılır. Maksimum üyelik yönteminde bütün üyelik dereceleri içinde en büyük olana eşittir. Eğer birden çok yerde maksimum oluşuyorsa her bir maksimuma karşı gelen değerlerin ortalaması alınır. Bu metod pratik uygulamalarda gerçekleşme yönünden çok kolaydır fakat bulanık mantık kontrol uygulamalarında daha çok 'ağırlık merkezi' (center of gravity) yöntemi kullanılmaktadır. Ağırlık merkezi yöntemi ise denklem (2.26) 'de verildiği gibidir.

$$du = \frac{\sum \mu(u).u}{\sum \mu(u)} \quad (2.26)$$

Durulama işleminde sonra sistemin çıkışı $u(k)$, denklem (2.27) ile bulunur.

$$u(k) = u(k-1)+du \quad (2.27)$$

Genel bir sistemin bulanık mantık kontrol yapısı Şekil 2.20 'de sunulmuştur.



Şekil 2.20 Bulanık mantık kontrol sisteminin blok diyagramı

Şekil 2.20 'deki bulanık mantık kontrol sistemi ile bir servo motorun nasıl kontrol edildiği aşağıda anlatılmıştır.

Bulanık mantık kontrol, hata (e) ve hata değişimi (Δe) gibi iki girişe ve konum bilgisi (c) olarak bir çıkışa sahiptir. Çıkıştan alınan geri besleme ile;

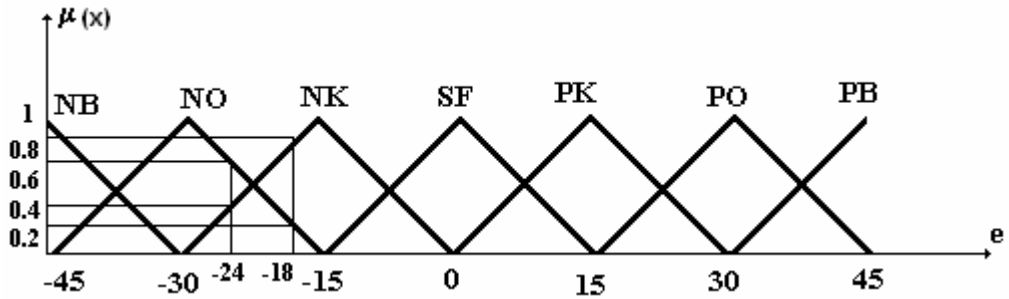
$$u = f (e, \Delta e) \quad (2.28)$$

olmak üzere,

$$\text{Hata}(e) = \text{İstenen Konum } (r) - \text{Çıkış Konumu } (c) \quad (2.29)$$

$$\text{Hata Değişimi } (\Delta e) = \text{Şimdiki Hata}(e_k) - \text{Önceki Hata } (e_{k-1}) \quad (2.30)$$

(2.29) ve (2.30) eşitlikleri yazılır. Bu eşitlikler bulanık mantık kontrolünün giriş değerleridir. Hata (e) ve Hata değişimi (Δe) değerleri iki ayrı evrensel kümeyi oluştururlar. Bu iki kümeye ait bulanık alt kümeler ve bunların üyelik fonksiyonları aşağıda gösterilmektedir. Bu üyelik fonksiyonlarında kullanılan dilsel değişkenler şu şekildedir.



Şekil 2.21 İki ayrı hata değeri için karşılık gelen üyelik fonksiyonları

Şekil 2.21 'de iki ayrı hata değerine karşılık gelen üyelik fonksiyonları gösterilmiştir. Üyelik fonksiyonları belirli bir anda hata (e) ve hata değişimi

(Δe) değerine karşılık düşen iki ayrı üyelik derecesini belirler. Ayrıca bu fonksiyonlar IF-THEN kurallarındaki şart bölümünü oluştururlar. Kurallar şu şekilde yazılır:

IF e =Negatif Büyük AND Δe =Pozitif Büyük THEN u =Negatif Büyük

IF e =Sıfır AND Δe =Sıfır THEN u =Negatif Büyük

Hata (e) ve hata değişimi (Δe)'nin ayrı ayrı yedi tane üyelik fonksiyonu olduğu için 49 tane kural yazılabilir. Burada önemli bir husus bu kuralların sistemi bilen ve kontrolünü yapmış olan bir kişinin kuralları istenilen amaca göre çıkarabilmesidir. Çizelge 2.4 'de bir servomotor için kurallar yazılmıştır.

Çizelge 2.4 Bir servomotor için bulanık mantık kuralları

Hata (e)

	NB	NO	NK	SF	PK	PO	PB
PB	NB	PO	PB	PB	PB	PB	PB
PO	NB	*	PB	PB	PB	PB	PB
PK	NB	*	*	PK	PB	PB	PB
SF	NB	NB	NK	SF	PB	PB	PB
NK	NB	NB	NB	NK	PK	*	PB
NO	NB	NB	NB	NB	*	*	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	PB

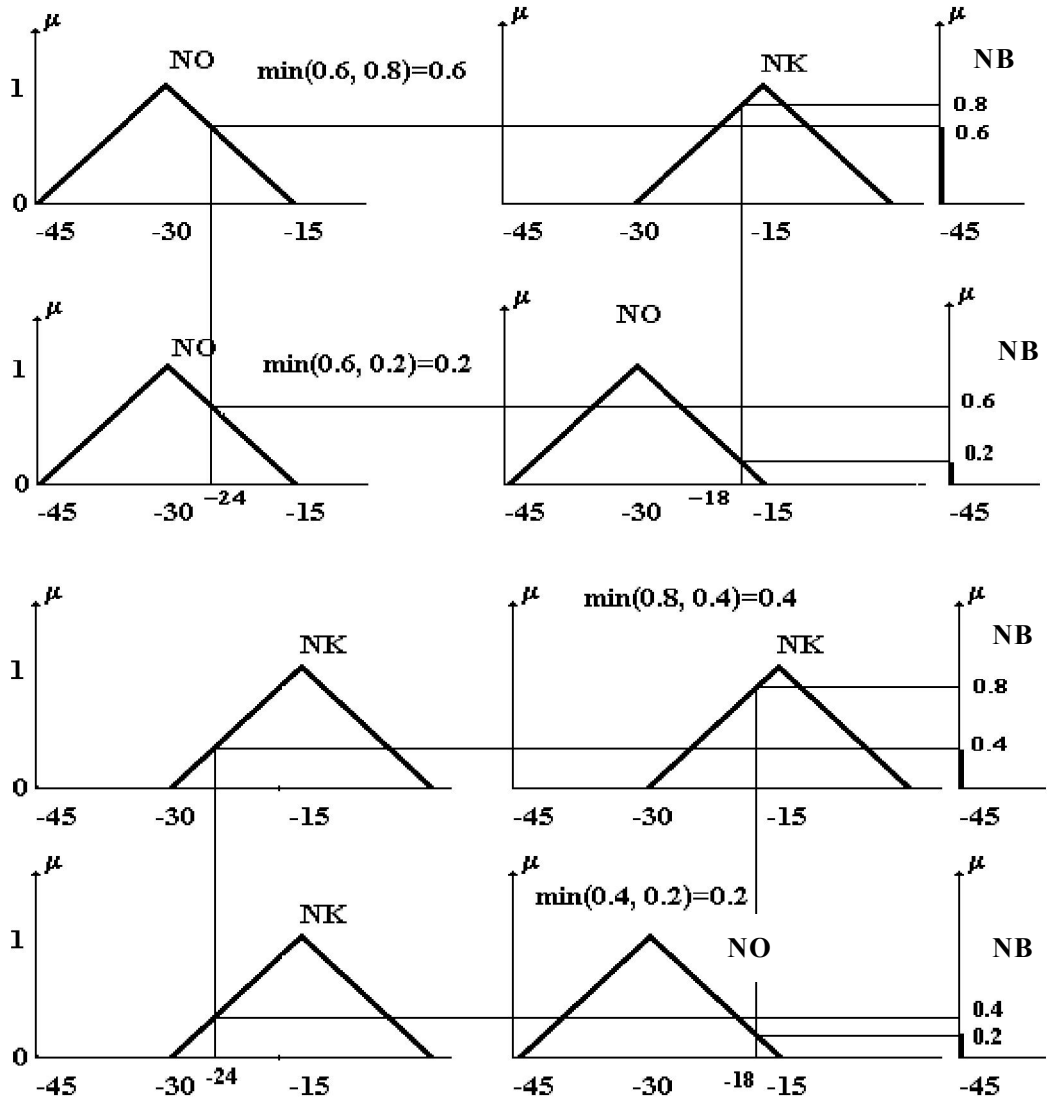
Çizelge 2.4 'de $e = -24$ ve $\Delta e = -18$ değerleri için bulanık mantık kontrolünün üreteceği değer nasıl hesaplandığı gösterilmiştir. Hata (e) değeri için NO ve NB üyelik fonksiyonlarında değer üretilmektedir. Hata değişimi değeri de iki üyelik fonksiyonunda değer üretmektedir. Buna göre

$e = -24$ ve $\Delta e = -18$ değerleri için bulanık mantık kontrol mümkün olan 49 kuraldan sadece 4 kuralı çalıştırmaktadır. Bu kurallar şunlardır:

IF	$e=NO$	AND	$\Delta e=NK$	THEN	$u=NB$
IF	$e=NO$	AND	$\Delta e=NO$	THEN	$u=NB$
IF	$e=NK$	AND	$\Delta e=NK$	THEN	$u=NB$
IF	$e=NK$	AND	$\Delta e=NO$	THEN	$u=NB$

Sisteme uygulanan değer bu kurallar sonucuna göre üretilmiştir. İşlem sonunda elde edilecek u kontrol girişi için 4 değer üretilmiştir. Kural tabanında üretilen bu 4 değer, daha sonra durulama ve gerçek değerlere dönüş işlemleri yapılıp, sisteme uygulanarak tek bir değere dönüştürülmüştür. Gerçek değer, kural tabanları sonucu oluşan bulanık değerlerin durulama işleminde geirilmeyle elde edilmiştir (şekil 2.22).

Çünkü kurallar sonucu elde edilen değer halen bulanık bir değerdir. Durulama için ağırlık merkezi bulma yöntemi kullanılırsa; u kontrol işareti değerini bulmak için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.



Şekil 2.22 Girişlere göre bulanık kuralların gerçekleştirilmesi.

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i(u_i) u_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i(u_i)} = \frac{0.6 \cdot (-45) + 0.2 \cdot (-45) + 0.4 \cdot (-45) + 0.2 \cdot (-45)}{(0.6 + 0.2 + 0.2 + 0.4)} = -45$$

Burada,

u : sisteme uygulanacak crisp değeri

n : Kural sayısı

u_i : i. kural sonucu elde edilen değer

$\mu(u_i)$: bulanık kümesindeki üyelik derecesi

anlamalarını ifade eder.

2.5 Kayan Kip Kontrol

Bu bölümde, değişken yapılı kontrol sistemlerinin tanımı, özellikleri, Lyapunov kararlılık kriterleri incelenmiştir ve motora uygulanacak olan kayan kip kontrolün yapısı anlatılmıştır.

Değişken Yapılı Kontrol Sistemlerinde (DYKS) Kayan Kip Kontrol (KKK), dış bozucular ve sistem parametreleri değişimlerine karşı kontrol sistemine büyük dayanıklılık sağlayan oldukça özel bir yaklaşımdır. Ayrıca, temelde Lyapunov kararlılık koşullarına dayanan bu tasarım yöntemi, doğrusal ya da doğrusal olmayan sistemler için kontrolör tasarımına da büyük bir kolaylık getirmektedir [29].

DYKS 1950'lerin başında ilk defa S. V. Emelyanov ve birlikte çalışan araştırmacılar tarafından ortaya atılmıştır. İlk çalışmalarında, faz değişkenleri formunda modellenmiş ikinci derece doğrusal bir sistem üzerinde bu kontrol yaklaşımının uygulanmasını göstermiş ve açıklamışlardır [30]. DYKS üzerindeki bu çalışmalar yakın zamana kadar batı dünyasında pek ilgi çekmemiştir.

Bu ilginin olmaması, önerilen yöntemlerin değişik sistemlere uygulamaları, çatırtı (chattering) sorunu, tasarım yöntemlerinin geliştirilmesi gibi konularda batı dillerinde yayınlanmış yeterli birikimin oluşmamasına sebep olmuştur. 1970'lerin sonlarında ise araştırmalar, DYKS'nin ek özelliklerini ortaya çıkarmış ve kontrolör tasarım kurallarında önemli gelişmeler sağlamıştır [29,31]. Bu aşamada, genel tasarım yöntemleri ortaya konmuş ve bunlar doğrusal olmayan, çok giriş/çıkışlı, ayrık zamanlı, geniş ölçekli ve stokastik sistemlere uygulanmıştır. Bu uygulamalarda, DYKS'nin başta kararlılık olmak üzere kontrol başarımlarına önemli katkılar sağladığı gösterilmiştir. Sonuçlar, kontrol sisteminin değişmez denebilecek kadar, parametre belirsizlikleri ve dış bozuculara karşı dayanıklı olduğunu

göstermiştir. Böylece DYKS'nin başarımı sadece kuramsal kestirimlerle sınırlı kalmamış, bir çok benzetim ve gerçek uygulamayla gösterilmiştir [29,31]. Böylece yaklaşım olgunlaşarak uygulamalara hazır hale gelmiştir.

Kayma kipli kontrolün en çok üzerinde durulan özelliği, çok dayanıklı ve hatta değişmezlik özelliğine sahip kontrol sistemlerine götürebilmesidir. Değişmezlik terimi, sistemin harici bozuculara ve parametre belirsizliklerine karşı bütünüyle duyarsız olması demektir. Bir değişken yapıli sistem süreksiz bir kontrol yoluyla yapı adı verilen sürekli alt sistemler arasında anahtarlanarak kurulur. KKK yapılarından seçilen belirli yörüngelere sistemi zorlamakla ortaya çıkar.

KKK, durum uzayında tanımlanmış anahtarlama yüzeyinde hareketi sağlamak için yüksek frekanslı anahtarlamanın kullanıldığı bir DYKS uygulamasıdır. Gerçekte bu anahtarlama yüzeyi alt sistemleri ayırır. KKK 'un çalışma mantığı, sistemin davranışının istenen performansta olmasını sağlayan anahtarlama yüzeyine erişmesini, istenen referansa ulaşınca kadar bu yüzey üzerinde kaymasını sağlamaktır. Kontrol işareti, frekansı ideal şartlarda sonsuz olan yüksek frekanslı bir anahtarlama şeklinde oluşur. Sonsuz frekans anahtarlama sayesinde sistem yörüngesi üzerinde kayma yüzeyine mükemmel oturacak ve böylece sistem, tasarımda arzulanan davranışı gösterecektir. Yönteme adını veren “kayma” kelimesi de buradan gelmektedir.

KKK, DYK sistemi yaklaşımının özel bir halidir. Bu yaklaşımdaki ana amaç, hatayı “anahtarlama yüzeyi (switching surface)” veya “kayma yüzeyi (sliding surface)”ne itmek ve bu yüzeyde tutmaktır. Bundan sonra sistem “kayma rejiminde”dir ve modelleme hataları ve/veya dış bozuculardan etkilenmez [32].

Klasik KKK'un bilinen iki temel sorunu vardır. İlki, çatırtı (chattering) adı verilen, kontrol çıkışıındaki yüksek frekanslı salınımlardır. İkincisi ise eşdeğer kontrolün (equivalent control) hesaplanmasındaki zorluktur. Çünkü, eşdeğer kontrol terimi kontrol edilecek sistemin tüm dinamiklerinin bilinmesini ve hesaba katılmasını gerektirir [33]. Literatürde bu sorunları çözmeye yönelik bazı yöntemler önerilmiştir. En iyi bilinen çatırtı giderme yöntemi klasik KKK'de kullanılan işaret fonksiyonu (sign) yerine yumuşak geçişli doyma fonksiyonu (saturation) kullanmaktır [34]. Eşdeğer kontrolü hesaplama zorluğu da en küçük kareler yöntemiyle kestirim veya ardışıl en küçük kareler yöntemiyle kestirim teknikleri ile aşılmaya çalışılmıştır [33]. Fakat bu yöntemleri uygulamak da çok kolay değildir.

2.5.1 DYK 'un Özellikleri

Bir DYK sisteminin yanıtı üç farklı kipten oluşmaktadır:

1. Yaklaşma kipi
2. Kayma kipi
3. Kararlı hal kipi

Burada bir sistemin kararlı hal kipi, özel bir hal olarak sabit durumunda içerildiği periyodik bir durum olarak ele alınmıştır. Kararlı hal durumunun, sıfır hata durumu, sabit hata durumu ve limit çevrim durumu gibi farklı formları da mevcuttur.

Tüm fiziksel elemanlarda sonlu gecikmeler bulunduğundan, kayma ve kararlı kipleri daima dikkat çekici miktarlarda çatırtı ile birlikte bulunmaktadır. Böylece bir DYK sisteminde, yanıt karakteristiği, dayanıklılık ve çatırtının miktarı performans ölçütleri olmaktadır [36,37].

İstenilen bir kayan kip dinamiği, anahtarlama fonksiyonunun uygun seşilmesiyle sağlanabilir. Kayan kipi daha önce de belirtildiği gibi karakteristiklerinden biri de modelleme hatalarına ve bozucu etkilere karşı dayanıklı ve duyarsız olmasıdır.

Dayanıklılık, DYK sistemlerinin en önemli özelliklerinden biridir. Yüksek mertebeden doğrusal veya doğrusal olmayan diferansiyel denklemlerle temsil edilen bir sistem iēin kayan kipi diferansiyel denklemi, modelleme hataları ve bozucu etkilerin yarattığı etkilerden tamamen bağımsızdır. Böylece kayan kipi modelleme hataları ve bozuculara karşı değişmediği söylenebilir. Bu değişmezlik özelliği birtakım uyumluluk koşullarının sağlanmasını gerektirir.

DYK sistemlerinin analizi ve dizaynı altında yatan temel n kabullerden biri de kontrolün bir değerden diğer bir değere sonsuz hızlı anahtarlabilmesidir. Pratikte ise birēok DYK sistemi iēin ihtiyaē duyulan bu yüksek anahtarlama hızına erişmek mümkün olmamaktadır. Bunun birēok nedeni vardır.

Birincisi, kontrol hesaplarında sonlu zaman gecikmelerinin varlığıdır. İkincisi ise, elemanların fiziksel sınırlarıdır. Buna bir örnek doğru akım servo motor dizaynıdır. Burada sık sık sistem girişinin akım olduğu kabul yapılır. Sargı endüktanslarının varlığı nedeniyle akımın sonsuz hızla anahtarlabilmesi mümkün değildir.

Kontrolün sonsuz hızla anahtarlanamaması nedeniyle DYK sistemlerinin kayma ve kararlı hal kiplerinde daima ēatırtı oluşur. Kararlı hal durumunda ēatırtı istenen denge noktası civarında yüksek frekanslı bir salınım olarak karşımıza ēıkar ve bu sistemin modellenmeyen yüksek frekanslı dinamiklerini uyaran (kararsızlığa yol aēan) bir kaynak durumuna gelmektedir [30].

Birçok DYK sisteminde kontrol, röle tipinde terimler içermektedir. İdeal röle karakteristiğinin gerçekleşmesi pratik olarak mümkün olmadığından çatırtıyı azaltmak için yaklaşımlardan biri de röle tipindeki süreksiz kontrolü, doyan bir kontrolle sürekli hale getirmektir [32].

2.5.2 Kontrolör Tasarımı

Yapılan çalışmada kayma yüzeyi

$$s = Cx_1 + x_2 \quad (2.31)$$

Şeklinde tanımlanmıştır. Burada C pozitif bir katsayıdır. x_1 ve x_2 ifadeleri

$$x_1 = \omega_r - \omega \quad (2.32)$$

$$x_2 = \frac{dx_1}{dt} \quad (2.33)$$

Olarak tanımlanmıştır. Burada ω_r referans açısal hızı tanımlamaktadır. Bu ifadeler denklem (2.31) 'de yerine yazılırsa

$$s = C(\omega_r - \omega) + \frac{d(\omega_r - \omega)}{dt} \quad (2.34)$$

elde edilir. Kontrol işareti ise

$$u = U_0 \text{sign}(s) \quad (2.35)$$

olarak alınmıştır. Buradaki U_0 değeri H köprü sürücü devresine uygulanan 5 voltluk gerilimdir. Kayan kip kontrol deneyinde bu yöntem kullanılmıştır.

3. UZAKTAN ÖĞRENME YÖNETİM SİSTEMİ (MOODLE)

Moodle, Açık kaynak kod bir uzaktan eğitim sistemidir. Açılımı, Modular-Object-Oriented-Dynamic-Learning-Environment yani Esnek Nesne Yönelimli Dinamik Öğrenme Ortamı olarak çevrilebilir.

Yazılım, MySQL ve PostgreSQL veri tabanı sistemleri altında ve PHP dilini destekleyen herhangi bir ortamda (Linux, Windows işletim sistemlerinde) çalışmaktadır.

Moodle, bir Uzaktan Eğitim sitesinde ihtiyaç duyulabilecek etkinliklerin çoğunu fazlasıyla yerine getirebilecek özelliklere sahiptir. En önemli özelliği, öğretmen ve öğrenci tarafından çok kolay şekilde kullanılabilmesidir.

Öğrenciyle eğitmeni veya öğrenciyle eğitim materyalini buluşturan Öğrenme Yönetim Sistemleri günümüzde web tabanlı eğitimde yaygın olarak kullanılmaktadır. E-öğrenme alanındaki gelişmeler Öğrenme Yönetim Sistemlerinin gelişmesine yol açmıştır. Eğer eğitimde İnternet'ten yararlanılacaksa, Kurs yönetim sistemi (Course management system -CMS) yazılımları yetersiz kalmaktadır. Eğitimde içeriğin paylaşılması ve yönetilmesi için geliştirilen “Öğrenme Yönetim Sistemi” (LMS – Learning Management System), Sanal Öğrenme Ortamları (Virtual Learning Environments -VLE) yazılımları geliştirilmiştir. Öğretim Yönetim Sistemleri, “ağ üzerinden eş zamanlı olmayan öğrenme materyali sunma, sunulan öğrenme materyalini değişik biçimlerde paylaşma ve tartışma, derslere kayıt olma, ödevler alma, sınavlara girme, öğrenme materyallerini düzenleme, öğrenci ve öğretmen ve sistem kayıtlarını tutma, raporlar alma gibi olanakların ağ üzerinden otomatik olarak gerçekleşmesini sağlayan yazılımlardır”. Başka bir ifadeyle; “Öğrenme Yönetim Sistemleri, öğrenci ile eğitim materyalleri ve öğrenci ile öğretmen arasındaki etkileşimi izleyen yöneten ve raporlayan yazılımlardır”.

Moodle Sisteminin genel özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

1. Moodle tamamiyle ücretsizdir.
2. Sistem hem Windows hem de Linux sistemleri altında çalışmaktadır.
3. Ölçeklenebilir özelliğe sahiptir : Sistem, 50,000 öğrencili ve binlerce kurslu örneklere sahiptir.
4. Tek başına ticari paketlerle (WebCT ve BlackBoard) yarışmakta olup eğitim sektöründe büyük bir paya sahiptir.
5. Çok büyük bir tematik topluluğa yani geliştirici ve son kullanıcı eğitimcilerden oluşan (yalnızca kendi sitesinde 100,000 kayıtlı üye) kitleye sahiptir.
6. 150 ülkede 70 dilde desteği mevcuttur.
7. Geniş geliştirici kitlesi vardır.
8. Geniş geliştirici kitlesi nedeniyle ürün yaşam çevrimi çok hızlıdır. Yani çok kısa sürede yeni sürümler geliştirilmektedir.
9. Çoğu son kullanıcı hiçbir programlama ve veri tabanı deneyimine sahip olmadan kullanabilmektedir.
10. Açık kaynak kodlu sistem olduğundan güvenlik açıklarının kapatılması ticari sistemlere göre çok daha hızlıdır.
11. Ücretsiz olduğundan test edici kitlesi çok geniştir.
12. Sürekli olarak çok miktarda yeni özellik (blok veya modül) geliştirilmektedir ve ücretsiz olarak dağıtılmaktadır [39].

3.1. Sunum Özellikleri

Moodle 5 farklı özellikte ders materyali sunma olanağı tanımaktadır. Bu yollarla materyaller hazırlandığında, öğrencilerin bütün duyu organlarına yönelik bir içerik hazırlanmasına olanak sağlamak mümkündür. Bu materyal sunum çeşitleri Çizelge 3.1 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Materyal sunum özellikleri

Özellik	Açıklama
Düz Metin Sayfasıyla	Bu sayfalara sadece metin yazılabilir.
Web sayfasıyla	HTML kodlarıyla ya da sayfada hazır bulunan editör sayesinde etkileşimli sayfalar oluşturulabilir.
İnternet'te başka sayfalara bağlantıyla	Moodle arabirimini kaybetmeden başka sayfaların içinde gezilebilir.
Dosyaya Bağlantı	Dizinler içerisinde önceden yüklenmiş dosyalara bağlantı kurulabilir.
Etiket Oluşturma	Başlıklarda ya metin yazılabilir ya da resim dosyası yüklenebilir.

Ayrıca Moodle yazılımıyla 6 farklı ders etkinliği sunulabilir. Bu materyal sunum etkinlikleri dersi daha da zevkli hale getirmektedir. Öğrencilere bu yolla daha zengin içerikli bir ders hazırlama olanağı sunulmaktadır. Bu sunum etkinlikleri Çizelge 3.2 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Etkinlik özellikleri

Özellik	Açıklama
Ödev	Öğrencilerin ödev dosyalarını ilgili ödev klasörüne yükleyebilmektedirler.
Tek Soruluk Anket	Moodle kullanıcılarına yönelik tek soruluk anket oluşturulabilir.
Bülten	Öğrencilere yönelik çevrim içi bültenler oluşturulabilir.
Ders	Bir konuyu koşullu, dallara ayırarak etkinlikler oluşturulabilir.
Quiz	Öğrencilere yönelik çevrim içi quiz yapmak olanağı sağlar.
Anket	Moodle 'da bulunan hazır anketleri öğrencilere sunulabilir. Sonuçlar hem öğrenciye hem de öğretmene yansıtılabilir.

3.2. Etkileşim Özellikleri

Öğrencilerin başkalarıyla etkileşimli bir şekilde iletişim kurabilmeleri için 5 farklı etkileşim mevcuttur. Bu etkileşimler iletişim açısından önemli bir yer tutmaktadır. Çünkü iletişim tek yolla değil birçok yolla yapılırsa dersler daha verimli geçer. Bu etkileşimler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir [40].

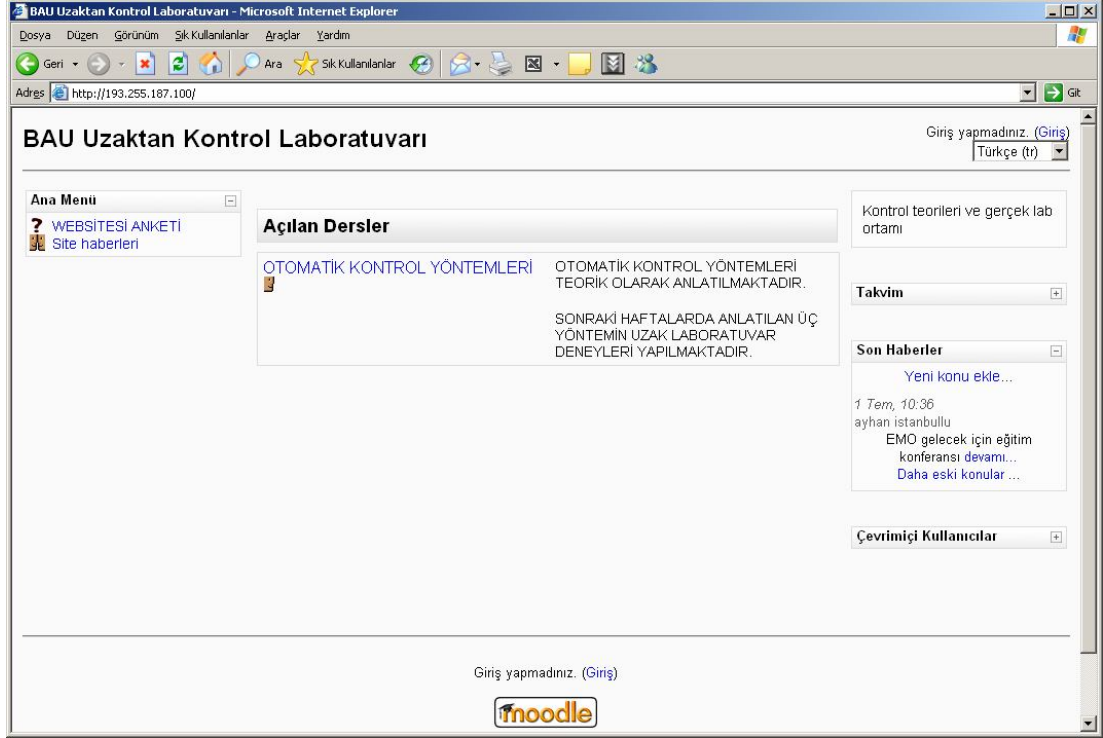
Çizelge 3.3. Etkileşim Özellikleri

Özellik	Açıklama
Sohbet odası	Öğrenciler kendileri arasında canlı sohbetlere katılabilirler.
Forum	Hazırda her bir ders için bir forum açılmış durumdadır. Ayrıca her hafta için farklı farklı forumlarda açmak mümkündür.
Sözlük	Öğrenciler ve/veya öğretmenler ders içinde sözlük veya sözlükler açabilir. Bu sözlüğe tüm katılımcılar veri girebilir.
Wiki	Tüm kullanıcılara yönelik ders içinde veya dersin bütününde Wiki açılabilir. Tüm katılımcılar buna veri girebilir.
Uygulamalı Çalışma	Ders içinde uygulamalı çalışmalar açmak mümkündür. Bu tür uygulamalar Öğrenciler arasında işbirliği sağlar.

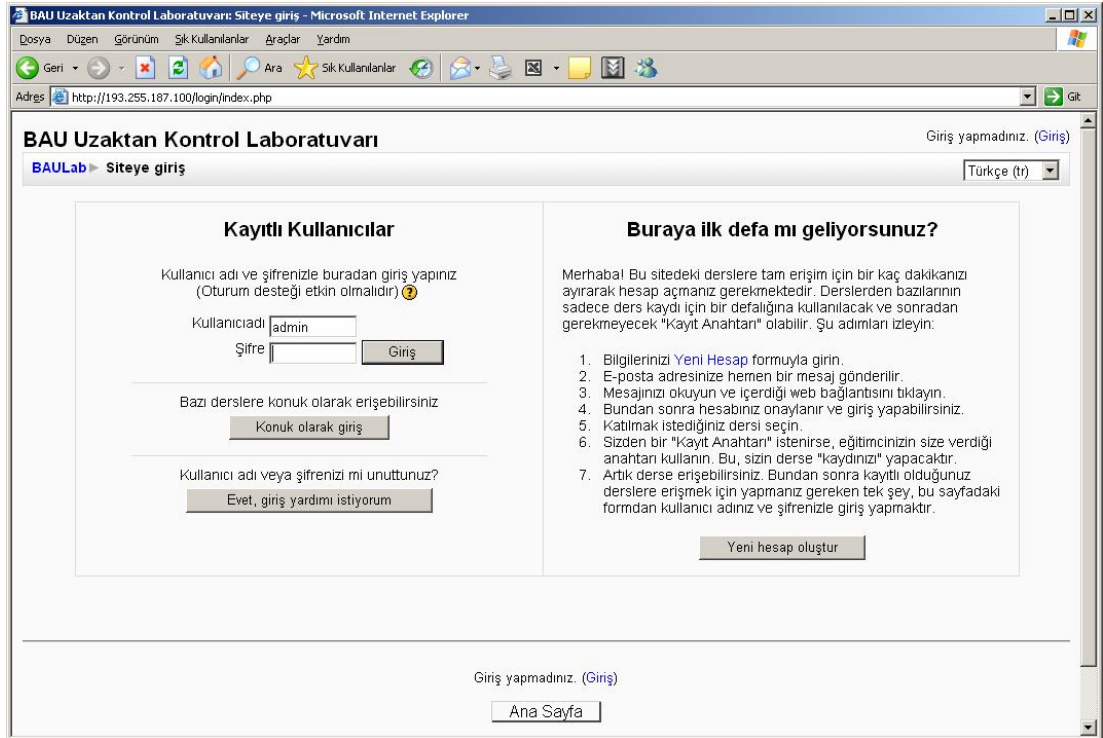
3.3 Deneyde Kullanımı

Bu Çalışmada Moodle, internetten derslerin teorik anlatım, deneysel çalışmalara yetkili giriş, forum ve ankete katılım amacıyla kullanılmıştır. Hazırlanan web sayfası <http://193.255.187.100/> adresine girildiğinde Şekil 3.1 'deki görüntü ekrana gelecektir.

Kullanıcı bu ekranda şifre girmeden site ile ilgili haberlere erişebilmektedir. Ekrandaki açılan derslerle ilgili kullanıcılara ayrı ayrı yetki sınırlandırması yapılabilmektedir. Kullanıcı ekranın sağ üst köşesindeki giriş kısmını tıklayarak Şekil 3.2 'de gösterilen kullanıcı ve şifre giriş ekranına erişmektedir.



Şekil 3.1 Ana sayfa görüntüsü



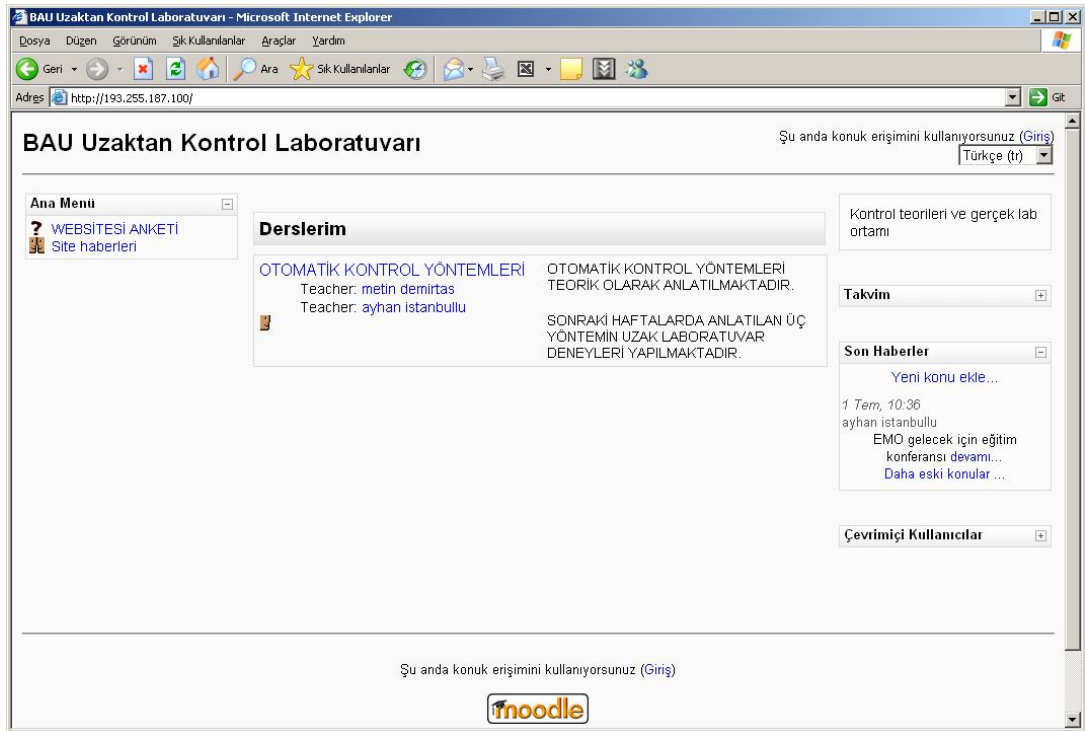
Şekil 3.2 Kullanıcı adı ve şifre ekranı

Siteye giren kişi, kayıtlı kullanıcı değilse yeni hesap oluşturarak verilen izinler dahilinde siteye giriş yapabilmektedir. Verilen yetki haricinde kullanıcı

adı ve şifresi olmayan kullanıcılar konuk olarak giriş kısmından istediği ders ve deney düzeneğine erişebilmektedir. Çalışmalar deneme aşamasında olduğu için konuk kullanıcıya bu yetki verilmiştir. İleriki zamanlarda bu yetki kaldırılacak ve sadece izin verilen kullanıcılar, deneyleri şifrelerini girerek yapacaklardır.

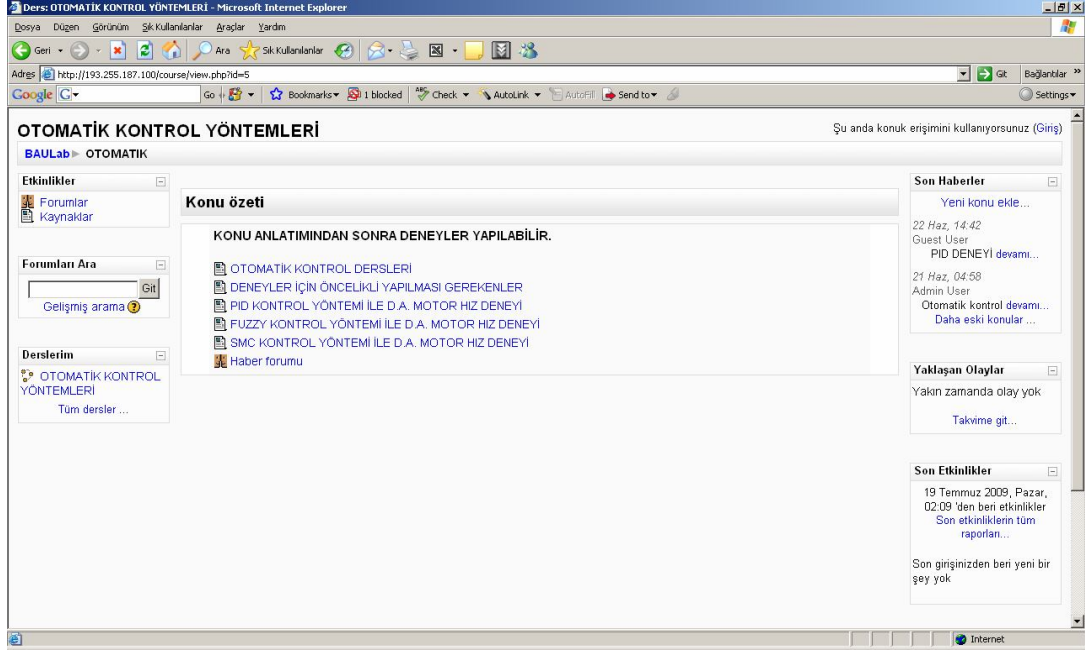
Siteye yönetici ya da öğretmen olarak girebilmek için yetkili şifreyi yazmak yeterlidir. Kullanıcı adı ve şifreye göre atanmış roller bulunduğundan web sayfası bu duruma göre görünümü değişecektir.

Yetkili (öğretmen), siteye hangi kullanıcının hangi tarih ve saatte girdiğini ve hangi sayfaları ziyaret ettiğini rapor halinde alabilir.



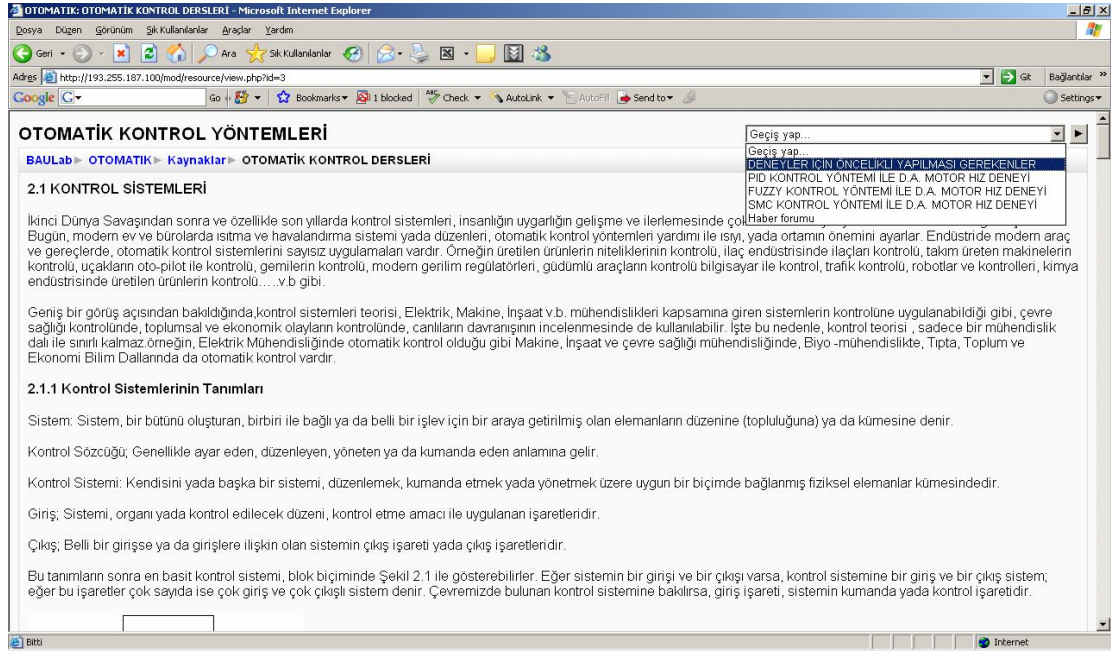
Şekil 3.3 Konuk kullanıcı ile erişim sayfası

Siteye konuk olarak giren kullanıcıların karşısına Şekil 3.3 'deki ekran gelmektedir. Kullanıcı bu ekrandan istediği çalışmalara girebilmektedir.



Şekil 3.4 Ders ve deney düzeneğine erişim sayfası

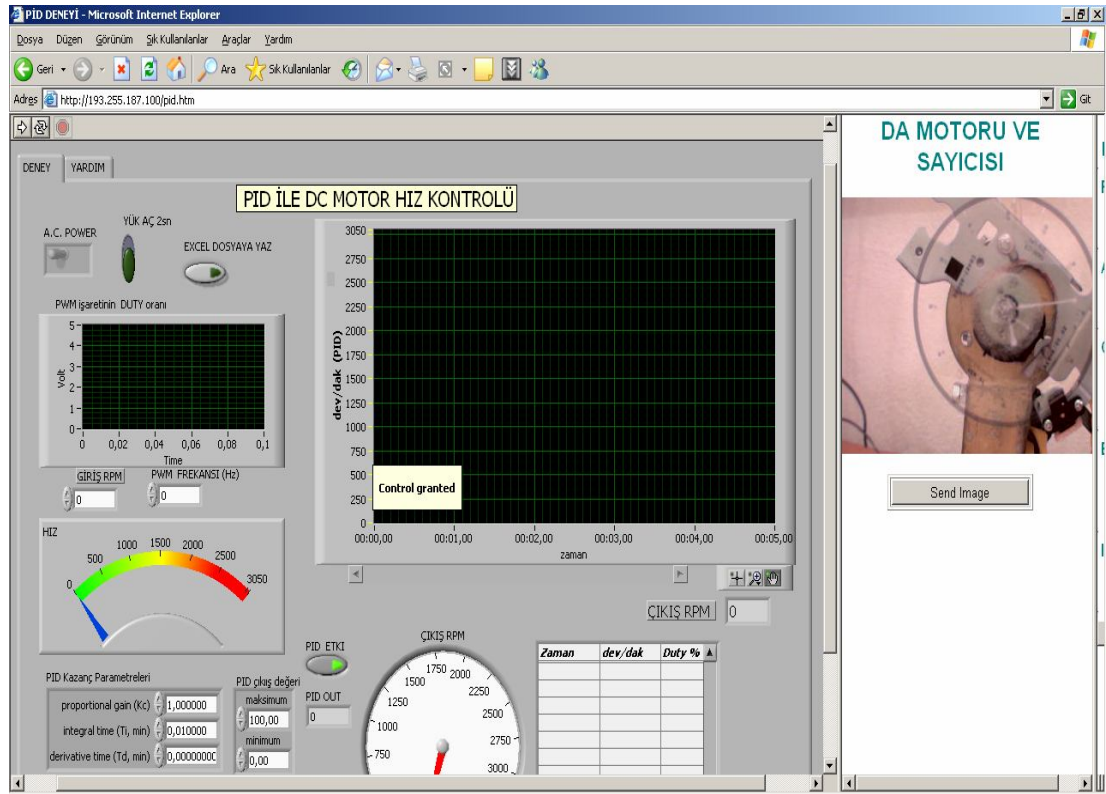
Kullanıcı Şekil 3.3 'de gösterilen ekrandaki "otomatik kontrol yöntemleri" linkini tıklayarak Şekil 3.4 'de gösterilen derse ve deney düzeneklerine erişebilmektedir. Bu ekranda ders notları okunabilmekte, deneyler yapılabilmekte ve sonuçları kendi bilgisayarına aktarabilmektedir.



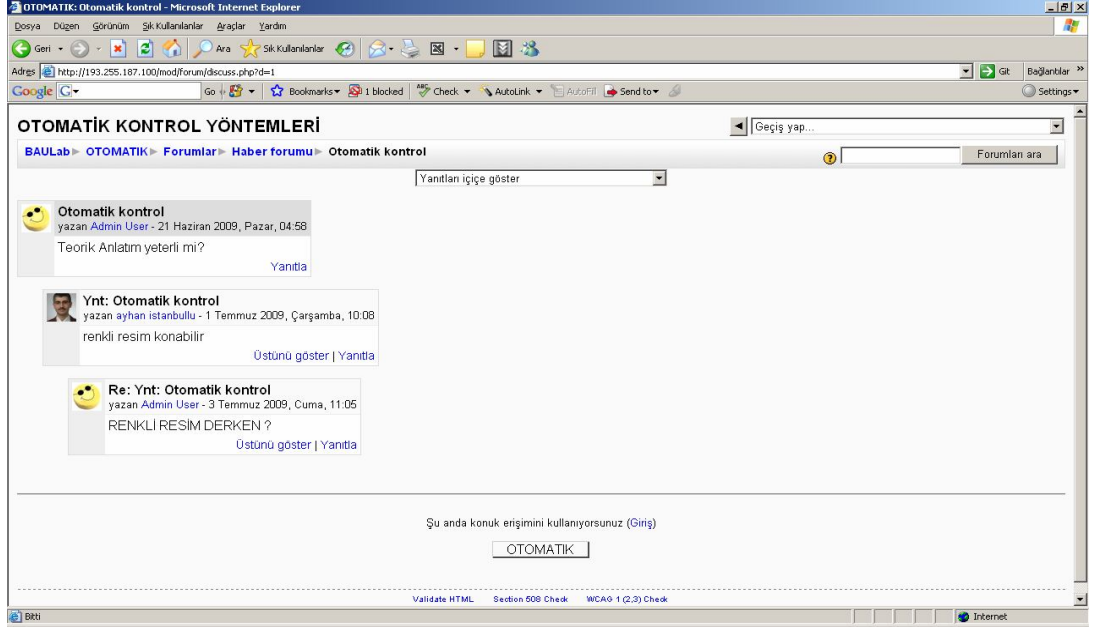
Şekil 3.5 Ders notları ile ilgili ekran görüntüsü

Kullanıcı konuyu teorik olarak öğrenmek isterse “OTOMATİK KONTROL DERSLERİ” linkini tıklayarak ders notu bilgilerine ulaşabilmektedir (Şekil 3.5).

Ders notlarını okuyan kullanıcı, dersin deneyine girmek için ekranın sağ üst kısmındaki geçiş düğmesi ile deneylere geçebilir. Kullanıcı “PID KONTROL YÖNTEMİ İLE DC MOTOR HIZ DENEYİ” linkini tıklaması durumunda, Şekil 3.6 ‘da gösterilen ekrana erişebilmektedir.

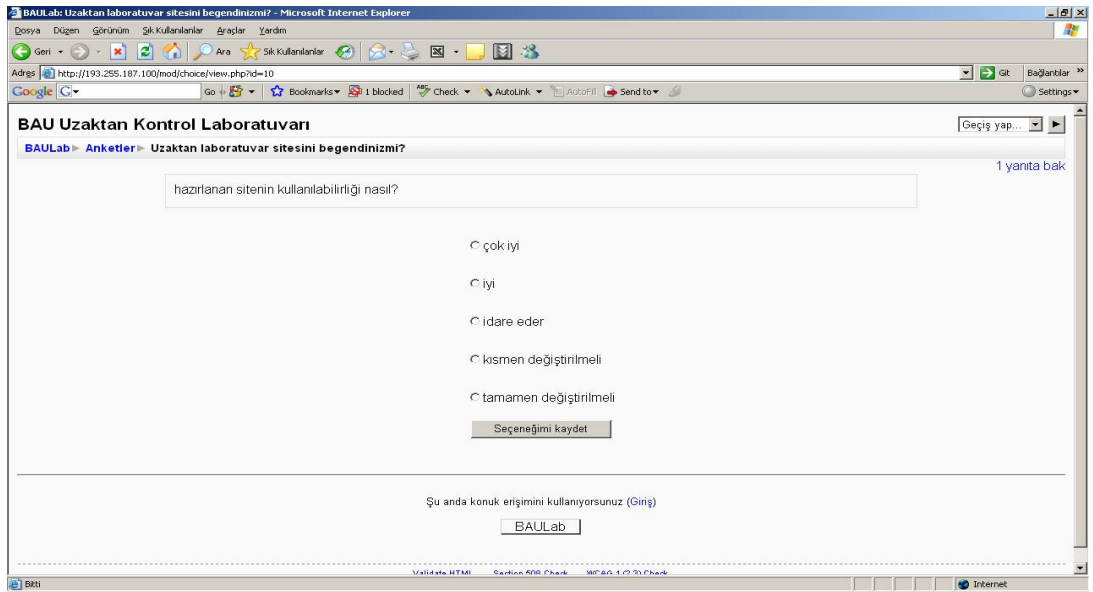


Şekil 3.6 PID ile DC motor hız kontrolü deney ekranı



Şekil 3.7 Forum ekranı

Deneyi yapan kullanıcı, Şekil 3.7 'de gösterilen Haber forumuna girerek, deneyler ve ders notları ile ilgili eğiticiye soru sorabilir ve cevap alabilir. Aynı şekilde ana sayfadan “WEBSİTESİ ANKETİ” linkini tıklayarak, Şekil 3.8 'de sunulan ankete katılabilir yada anket sonuçlarını görebilir. Ayrıca yetkili (öğretmen), tasarıma dersle ilgili sınav soruları ekleyerek öğrenciyi sınav yapabilir.



Şekil 3.8 Anket Görüntüsü

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Otomatik kontrol yöntemlerinde PID, bulanık mantık ve kayan kip kontrolör yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada da PID kontrolör, bulanık mantık ve kayan kip kontrolör tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan bu üç kontrolör ile motorun hız kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kullanıcıya, LABVIEW programı kullanılarak tasarlanan arayüz vasıtasıyla internet üzerinden deneyleri çalıştırma olanağı sunulmuştur. Kullanıcı, tasarlanan arayüze internet üzerinden girerek gerekli kontrolör parametrelerini değiştirip, parametrelerin sistem üzerindeki etkilerini görebilmekte ve üç kontrolörün birbirine göre avantajları ve dezavantajlarını anlayabilmektedir. Ayrıca kontrolörün sistem performansını ve kararlılığını nasıl etkilediğini görebilmektedirler.

Kayan kip kontrolde kontrolör işaretinde signum fonksiyonu bulunması nedeniyle sürücü devre olarak H köprüsü kullanılmıştır. H köprüsü diğer kontrolörler içinde sisteme cevap verdiği için deney düzeneğinde sürücü devre olarak yalnızca bu devre kullanılmıştır.

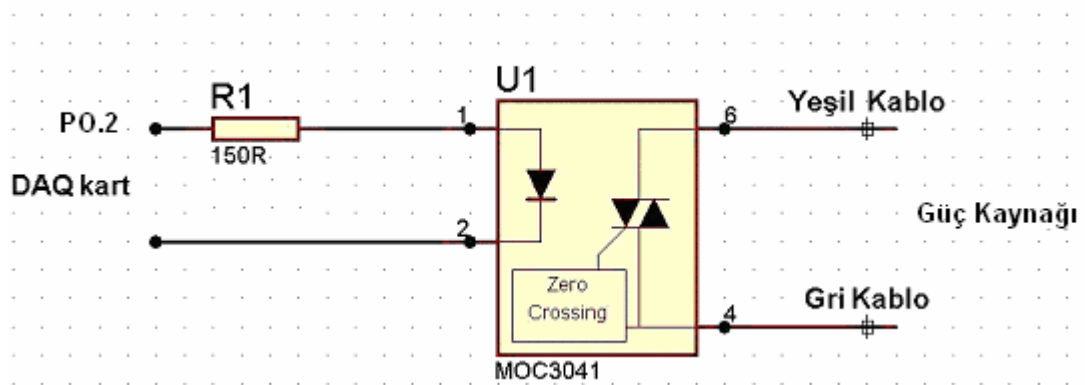
4.1. Deney Düzeneği

DC motorun hız kontrolü, deney düzeneğinde bilgisayardan sökülen güç kaynağı, püskürtmeli yazıcıdan sökülen motor ve enkoder kullanılmıştır. Sisteme bozucu etkiyi verebilmek için Lazer yazıcıdan sökülen röle kullanılmıştır. Röle çalıştığında, motorun mili röle kontakları arasında sıkışarak sisteme bozucu etkisi yapmaktadır. Sisteme kısa süreli (2sn) olarak verilen bu bozucu sayesinde kontrolörlerin toparlanma performansları görülebilmektedir. Deneyin blok diyagramı Şekil 4.9 'da verilmiştir.



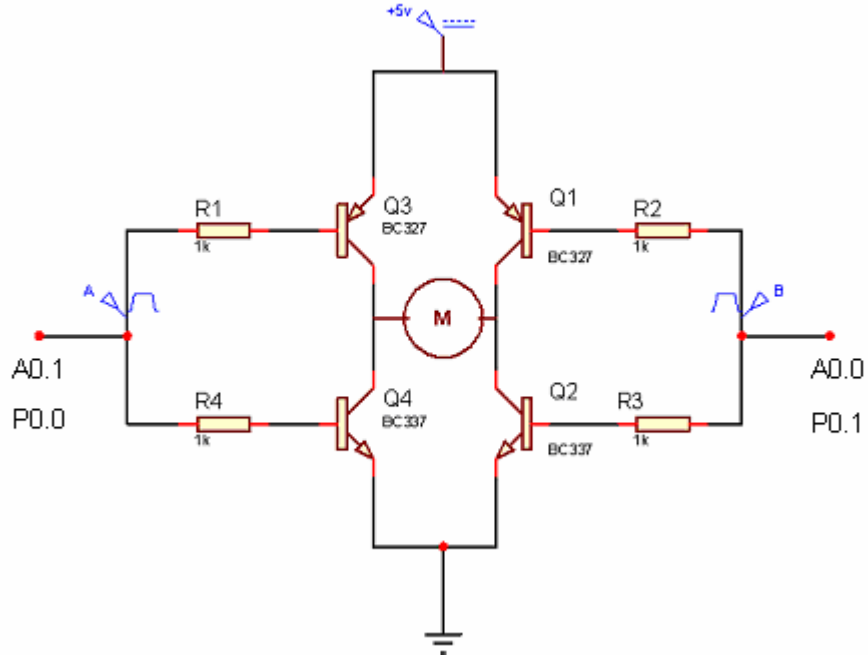
Şekil 4.9 Deneyin blok diyagramı

Devrenin, yalnızca deney yapıldığı anda çalışması için internet üzerinden kontrollü bir anahtar kullanılmıştır. Bu işlemi gerçekleştirmek için güç kaynağının yeşil ve gri uçlarının kısa devre edilmesi gerekmektedir. DAQ kartın P0.2 çıkışı optokuplör (MOC3041) 'e bağlanarak bu uçlar kısa devre edilmiştir. Güç kaynağının devreye alınmasıyla ilgili elektronik devrenin bağlantı şeması Şekil 4.10 'da verilmiştir.



Şekil 4.10 Güç kaynağının bağlantı şeması

PID ve Bulanık mantık kontrolörlerinde PWM ile kontrol yapılmıştır. Kayan kip kontrolöründe ise $\pm 5V$ verilmiştir. Üç yöntemin karşılaştırılması için deneysel çalışmada yalnızca bir tane H köprüsü sürücü devre olarak kullanılmıştır. Yine röle ile bozucu etki oluşturularak üç yöntemin sistem üzerindeki etkileri ve performansları incelenmiştir. Deney düzeneğinde kullanılan H köprüsü devresi Şekil 4.11 'de gösterilmiştir.



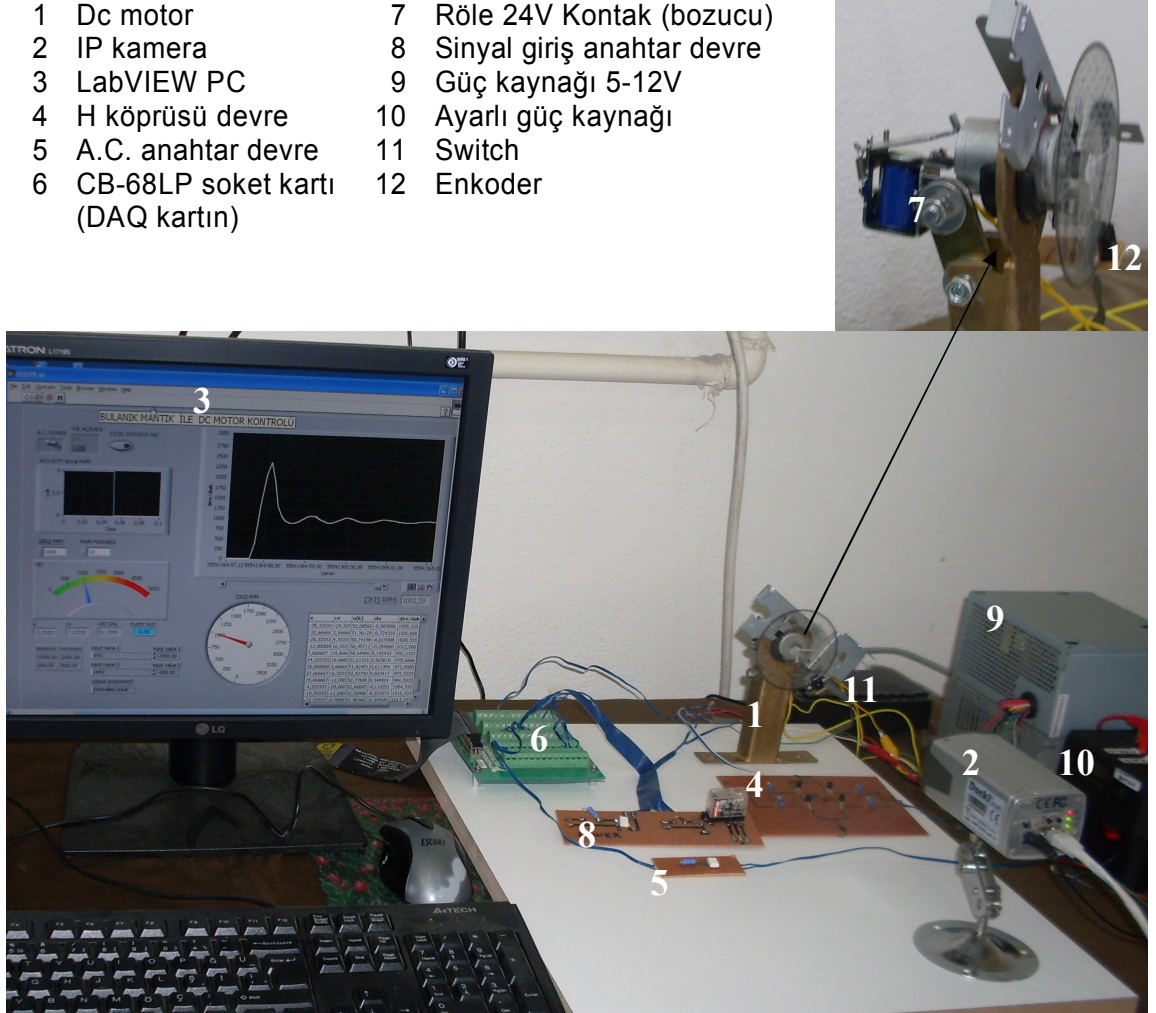
Şekil 4.11 H köprüsü devresi

PID ve bulanık mantık kontrol deneylerinde, DAQ kartındaki Analog çıkışları olan AO1 ve AO0, sırasıyla H köprüsündeki A ve B girişlerine bağlanmıştır. Motorun hız kontrolü yapıldığı ve tek yönlü çalışması deneysel çalışmada yeterli olduğundan B, AO0 ile topraklanmıştır. A' ya ise AO1 ile DAQ karttan PWM işareti verilmektedir.

Kayan kip kontrol deneyinde ise DQA kartın PO0 ve PO1 çıkışları sırasıyla A ve B 'ye bağlanmıştır. Devrede Sayısal çıkışların Analog işaretlerle çakışmaması için 5 V' luk röle kullanılmıştır. Kullanılan doğru akım motoru 5 voltluk H köprüsünde maksimum 3050 dev/dak hız ile dönmektedir. Bu devirde motora uygulanan gerilim 4.54 V 'dur. Motorun devreden yüksüzken çektiği akım 61.5 mA, bozucu girdiğinde ise maksimum çektiği

akım 178 mA olmaktadır. Deneysel çalışmaların yapıldığı deney düzeneğinin görüntüsü Şekil 4.12 'de verilmiştir.

- | | |
|------------------------------------|------------------------------|
| 1 Dc motor | 7 Röle 24V Kontak (bozucu) |
| 2 IP kamera | 8 Sinyal giriş anahtar devre |
| 3 LabVIEW PC | 9 Güç kaynağı 5-12V |
| 4 H köprüsü devre | 10 Ayarlı güç kaynağı |
| 5 A.C. anahtar devre | 11 Switch |
| 6 CB-68LP soket kartı (DAQ kartın) | 12 Enkoder |



Şekil 4.12 Deney düzeneğinin görüntüsü

Deney düzeneğini yazılım ve donanım olmak üzere iki kısımda incelenecektir.

Yazılım kısmı;

1. LabVIEW
2. Moodle
3. FtpServer programı

olmak üzere üç kısımdan oluşmuştur.

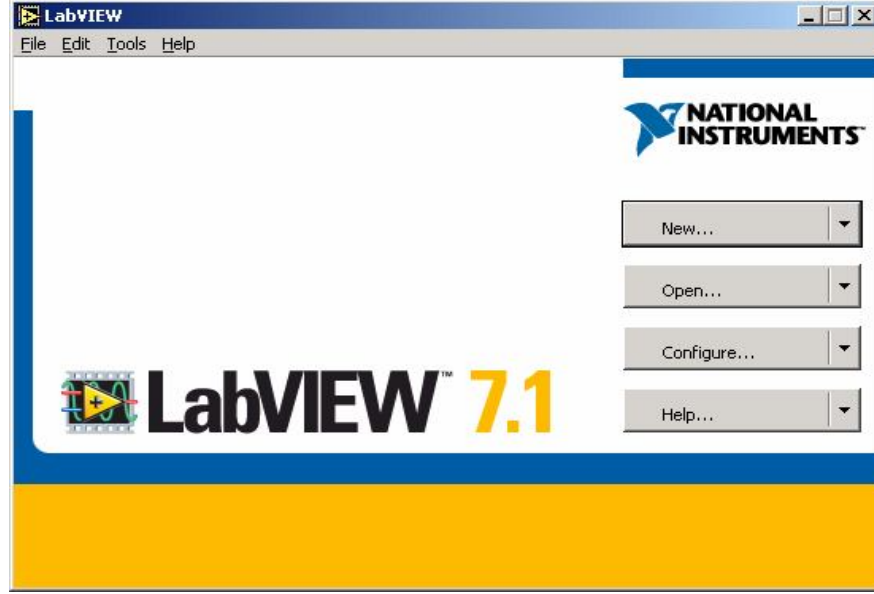
Donanım kısmı ise ;

1. DAQ 6024E Kartı
2. CB-68LP Soket Kartı
3. H köprüsü devre kartı
4. Power Supply (Güç Kaynağı 5V-12V)
5. Ayarlanabilir Güç Kaynağı 1-24V (bozucu yük için röleyi besler)
6. Sekizli switch
7. İki adet Sunucu (Deneyin bağlı olduğu LabVIEW yüklü Bilgisayar ve Moddle yüklü Bilgisayar)
8. Doğru Akım Motoru (12V, 8200 rpm)
9. Enkoder (1800 ct)(1 turda 1800 ttl darbe üretir.)
10. Ip Kamera (30 frame/sn,640x480 pixel)
11. Devrenin Elektrikliğini açıp kapayan devre (Optokuplör)
12. DC Motora yük 24 V 'luk Röle yardımıyla oluşturulmuştur.

olmak üzere oniki kısma ayrılmıştır.

4.1.1 LabVIEW Programının Yapısı

Mühendislik ve mühendislik teknolojisi programında sanal veya web tabanlı laboratuvarlar için LabVIEW kullanılmaktadır. Uzaktan laboratuvarlar, özellikle internet üzerinden öğrencilere aktif mühendislik veya bilim deneyleri yapmaya olanak sağlar. Güçlü grafiksel araçlarıyla birlikte LabVIEW 'in internet donanımı; bilimde, mühendislikte ve teknolojide uzaktan laboratuvarlar için en etkili bilgisayar yazılım paketlerinden biridir. LabVIEW programı giriş ana sayfası Şekil 4.13 'de verilmiştir.



Şekil 4.13 LabVIEW Program Girişi

Endüstride test veya ölçümler, çoğunlukla osiloskop, işaret analizörü v.b. enstrümanları kullanılarak yapılmaktadır. Ancak cihazların herhangi bir ihtiyaca göre değiştirilmesi gerektiğinde; üretici firmaya bağlı kalmak ve donanımsal farklılıklar gibi birçok sorunla karşılaşılmaktadır. Bu yüzden değişikliklerin yapılması ekonomik olmamaktadır. Tüm bu sakıncaları ortadan kaldırmak için, günümüzde bilgisayar tabanlı ölçme sistemleri ortaya çıkmaktadır. LabVIEW programı, bilgisayar tabanlı test ve ölçümde yeni bir kavram ortaya çıkarmıştır. Bu yeni kavram Sanal Enstrüman (VI Virtual Instrument) olarak tanımlanır. Bu şekilde bilgisayar, yazılım kullanılarak istenilen test ve ölçüm enstrümanına çevrilebilmektedir. Bunu yaparken kullanılacak fonksiyonlarını, ölçme alanı ve enstrüman renkleri tamamen kullanıcı tarafından belirlenir. Ortaya çıkarılan enstrüman gerçek bir enstrümanın tüm işlevlerini hatta daha fazlasını yerine getirmektedir. Ürün aynı zamanda bir bilgisayar programı olduğu için ihtiyaca göre değişiklik yapılması çok daha kolay olmaktadır [41].

LabVIEW, mühendislik ve bilim çevrelerine yönelik veri toplama ve işlemeye yoğunlaşmış grafik olarak programlanabilen bir platformdur.

Günümüzde mühendisliğin bazı dersleri (Matematik, Sayısal Tasarım, Kontrol, PLC, Mikroişlemciler vb.) artık sanal ortamda, bilgisayar başında işlenmekte hatta ders içerikleri simülatörler yardımıyla öğrencilere verilmekte ve öğrencinin kendi kendine tecrübe etmesi sağlanmaktadır. MatLAB, MathCAD, Mathematica, LabVIEW gibi programlar bu tür sanal ders ortamları arasında en çok tercih edilenleridir [41].

Veri toplama, işleme ve izleme, ölçme yaparken uygulanan en önemli adımlardır. Bu adımları en az hata ile istenilen şekilde yapabilmek için ölçme yapan kişiler azami çaba sarf etmektedir. Veri toplama sistemleri; çeşitli işaretlerin ölçülmesi, işlenmesi, iletilmesi ve kaydedilmesi için günümüzde yaygınlaşarak kullanılmaktadır [41].

LabVIEW uygulaması oluşturmak için komut satırlarının yerine ikonların birbirlerine bağlanması şeklinde kullanıldığı grafiksel bir programlama dilidir. Komut satırları üzerine kurulan programlama dillerindeki bilgi tespit yöntemlerine karşın, LabVIEW veri tespit yöntemi olarak veri akış yöntemini kullanır. Kolay kullanılan güçlü bir grafik program geliştirme ortamıdır. Kaynak kodu problemleri çözmek için şematik ve akış diyagramına benzeyen sezgisel bir blok diyagramı yaklaşımı kullanılır. LabVIEW programı esnek, güçlü, kullanımı rahat ve öğrenilmesi kolay olan bir programdır.

En fazla performansı elde etmek için LabVIEW 32 bit derleyici içermektedir. Böylece LabVIEW sanal enstrümanları C veya C++ ile oluşan programlar kadar hızlı çalışır. LabVIEW ile kendi başına çalışan programlar da oluşturabilir. LabVIEW programının yazıldığı dil G olarak anılmaktadır [41].

LabVIEW'da araçların ve nesnelerin ayarlanması yardımı ile bir kullanıcı ara yüzü oluşturulur. Kullanıcı ara yüzü ön panel olarak isimlendirilmektedir. Daha sonra ön panel nesnelarını kontrol etmek

için fonksiyonların grafiksel karşılıklarını kullanarak kod eklenmelidir. Blok diyagram bu kodları kapsamaktadır. Uygun şekilde düzenlendiğinde blok diyagram bir akış diyagramına benzemektedir.

Genişletilmiş özel uygulamalar yapabilmek için kişisel olarak eklenebilecek yazılım araç kutularının kullanımına imkân tanımaktadır. Tüm araç kutuları LabVIEW 'e kolayca birleşir.

LabVIEW GPIB, VXI, RS232, RS485, USB ve diğer veri akış sürücülerini gibi donanımlar ile haberleşme için uygun şekilde oluşturulmuştur. LabVIEW aynı zamanda uygulamanızı Web Server'ı kullanarak internete bağlamak için, TCP/IP ağı ve ActiveX gibi yazılım standartlarını kullanacak şekilde tasarlanmıştır [41].

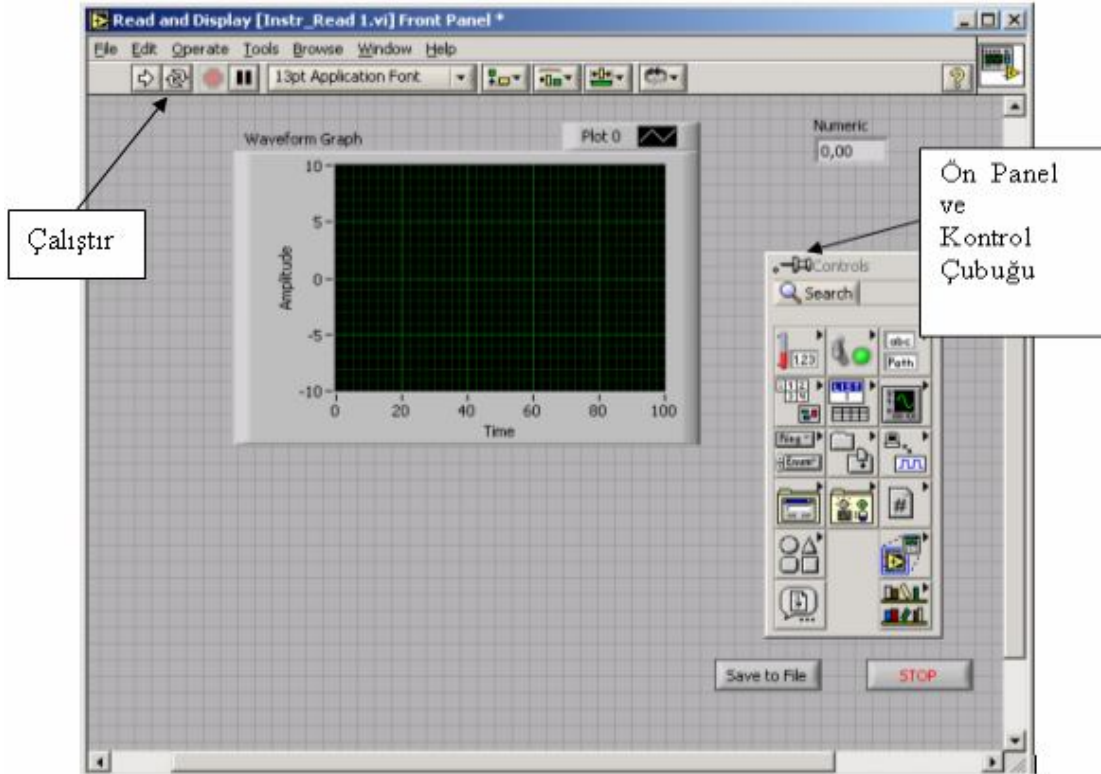
LabVIEW aynı zamanda analiz, kontrol ve saklama uygulamaları için kapsamlı bir veri koleksiyonuna sahiptir. LabVIEW geleneksel program geliştirme araçları içermektedir. Daha kolay gelişim göstermek için, uygulamada kırılma noktası oluşturabilir, animasyonlar oluşturabilir veya tek adımlık programlar oluşturabilir.

LabVIEW harici kod ya da DLL'ler, veri tabanları, ActiveX ve daha fazlası ile iletim sağlayabilmek için çok sayıda mekanizma içermektedir. Ayrıca eklenebilecek çok sayıda araç, uygulamanın ihtiyaç duyacağı çeşitliliği sağlayacak yetenektedir .

Program iki kısımdan oluşmaktadır: Ön panel ve blok diyagram. Ön panel kullanıcı ara yüzüdür. LabVIEW ile oluşturulacak uygulamayı kullanacak olan operatörün sisteme değerler girmesine ve çıkışları görmesine yardımcı olur. Blok diyagram ise esas işlemlerin yapıldığı yerdir. Ön panelde kullanıcı bir taraftan kontrolü sağlarken, diğer taraftan blok diyagramda sanal enstrümanlar çalışmaktadır. Ayrıca NI firmasının geliştirdiği donanım ile gerçek sistemlere hükmedebilmektedir.

4.1.1.1 LabVIEW Programının Ön Paneli

Ön panel, programın kullanıldığı, kullanıcının görebildiği ara yüzü ifade eder ve blok diyagramda programlanan yazılımın kullanıcı kısmını gösterir. Örnek bir LabVIEW programının ön panel ve kontrol çubuğu Şekil 4.14 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14 LabVIEW Programının Ön Paneli ve Kontrol Çubuğu

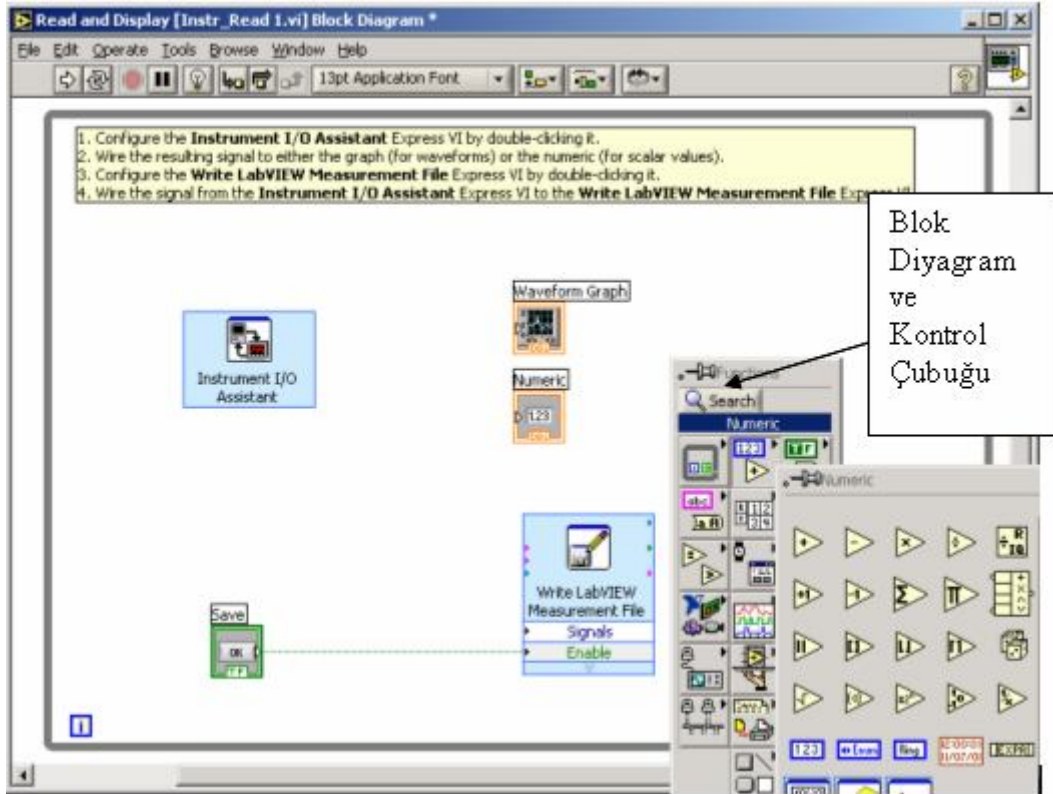
LabVIEW kontrolleri programın arayüzünü oluşturan nesnelere dir. Veri girişleri, veri çıkışları, görüntüleme vs. gibi işlemler bu kontroller yardımıyla yapılır. Bu kontroller sadece LabVIEW ön panelinde bulunurlar.

LabVIEW 'de oluşturulan dosyaların uzantısı VI olarak kaydedilir. VI' ların ön paneline kontrol paletinden seçilebilen sayısal göstergeler, ölçekler, metreler, termometreler, LED' ler, çizelgeler, grafikler ve daha fazlası yerleştirilebilir. Kullanıcı tasarımını tamamladığında, çalışan VI, bir anahtarı tıklayarak, bir sürgüyü oynatarak, grafiğe zoom yaparak veya klavyeden bir

değer girerek, kısacası seçilebilir bir tetikleme yapılarak, ön panelden kontrol edilebilmektedir.

4.1.1.2 LabVIEW Programının Blok Diyagramı

Blok Diyagram; kullanıcıların ön panelde yerleştirdikleri kontrolleri programladıkları kısımdır. Örnek bir LabVIEW programının blok diyagramı ve kontrol çubuğu Şekil 4.15 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.15 LabVIEW Programının blok diyagramı ve kontrol çubuğu

VI programlanırken, bilinen programlarda karşılaşılan detaylarla uğraşmadan, blok diyagram oluşturulabilir. Bu blokların içeriği basit aritmetik fonksiyonlardan, ileri veri toplama ve analiz işlemlerine, network ve dosya I/O işlemlerine kadar çeşitlilik göstermektedir. Kullanıcı blok diyagramda işlem yaparken fonksiyonun karşılığı anında ön panelden takip edilebilir. G

(graphical) programa dillerinin avantajları günümüzde çok daha iyi anlaşılmiştir.

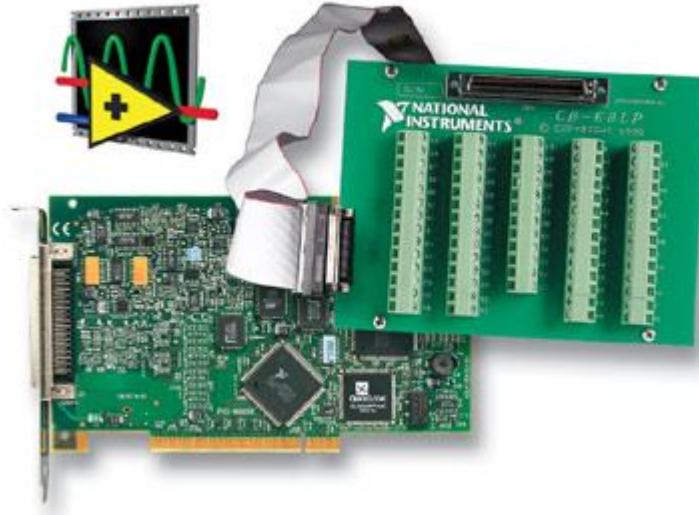
4.1.2 Veri Toplama Kartı (NI-6024 E DAQ Kart)

LABVIEW programı ile aynı firma tarafından geliştirilen veri toplama kartı (Data Acquisition Card-DAQ) uyumlu çalışmaktadır. Ancak birçok marka ve model veri toplama kartı bulunduğu için kullanılacak kartın LabVIEW sürücüsünün olup olmadığının bilinmesi gerekmektedir.

4.1.2.1 NI-6024 E Kartı Özellikleri

NI-6024 E model kartta 16 kanal analog giriş 2 kanal analog çıkış, 68 pin konektör ve 8 dijital GİRİŞ-ÇIKIŞ kanalı bulunmaktadır. 6024 E kartı zamanlama fonksiyonları için NI DAQ-STC Sistem zaman denetçisi (System Timing Controller- STC) kullanmaktadır. DAQ-STC üç adet zamanlama grubu içermektedir, Bunlar, analog giriş, analog çıkış ve genel amaçlı sayıcı/zamanlayıcı fonksiyonlarıdır. Bu gruplar toplam 7 adet 24 bit ve 3 adet 16 bit sayıcı içermektedir. En yüksek zamanlama çözünürlüğü 50 ns'dir. Bir çok DAQ kartında birkaç zamanlama fonksiyonu beraber çalıştığında uyum sağlamak zor olmaktadır. 6024 E'de ise gerçek zamanlı sistem bütünleşmesi (Real-Time System Integration-RTSI) mevcut olup bu problem çözülmüştür. Termokupullardan, gerinim ölçer, voltaj kaynakları ve akım kaynaklarından veri alınabilmektedir. Aynı zamanda haberleşme ve kontrol için dijital işaretler üretilmektedir[42].

Şekil 4.16 'da NI6024E PCI Kart ve bağlantı uç numaraları görülmektedir.



AI 8	34	68	AI 0
AI 1	33	67	AI GND
AI GND	32	66	AI 9
AI 10	31	65	AI 2
AI 3	30	64	AI GND
AI GND	29	63	AI 11
AI 4	28	62	AI SENSE
AI GND	27	61	AI 12
AI 13	26	60	AI 5
AI 6	25	59	AI GND
AI GND	24	58	AI 14
AI 15	23	57	AI 7
AO 0	22	56	AI GND
AO 1	21	55	AO GND
NC	20	54	AO GND
P0.4	19	53	D GND
D GND	18	52	P0.0
P0.1	17	51	P0.5
P0.6	16	50	D GND
D GND	15	49	P0.2
+5 V	14	48	P0.7
D GND	13	47	P0.3
D GND	12	46	AI HOLD COMP
PFI 0/AI START TRIG	11	45	EXT STROBE
PFI 1/AI REF TRIG	10	44	D GND
D GND	9	43	PFI 2/AI CONV CLK
+5 V	8	42	PFI 3/CTR 1 SRC
D GND	7	41	PFI 4/CTR 1 GATE
PFI 5/AO SAMP CLK	6	40	CTR 1 OUT
PFI 6/AO START TRIG	5	39	D GND
D GND	4	38	PFI 7/AI SAMP CLK
PFI 9/CTR 0 GATE	3	37	PFI 8/CTR 0 SRC
CTR 0 OUT	2	36	D GND
FREQ OUT	1	35	D GND

NC = No Connect

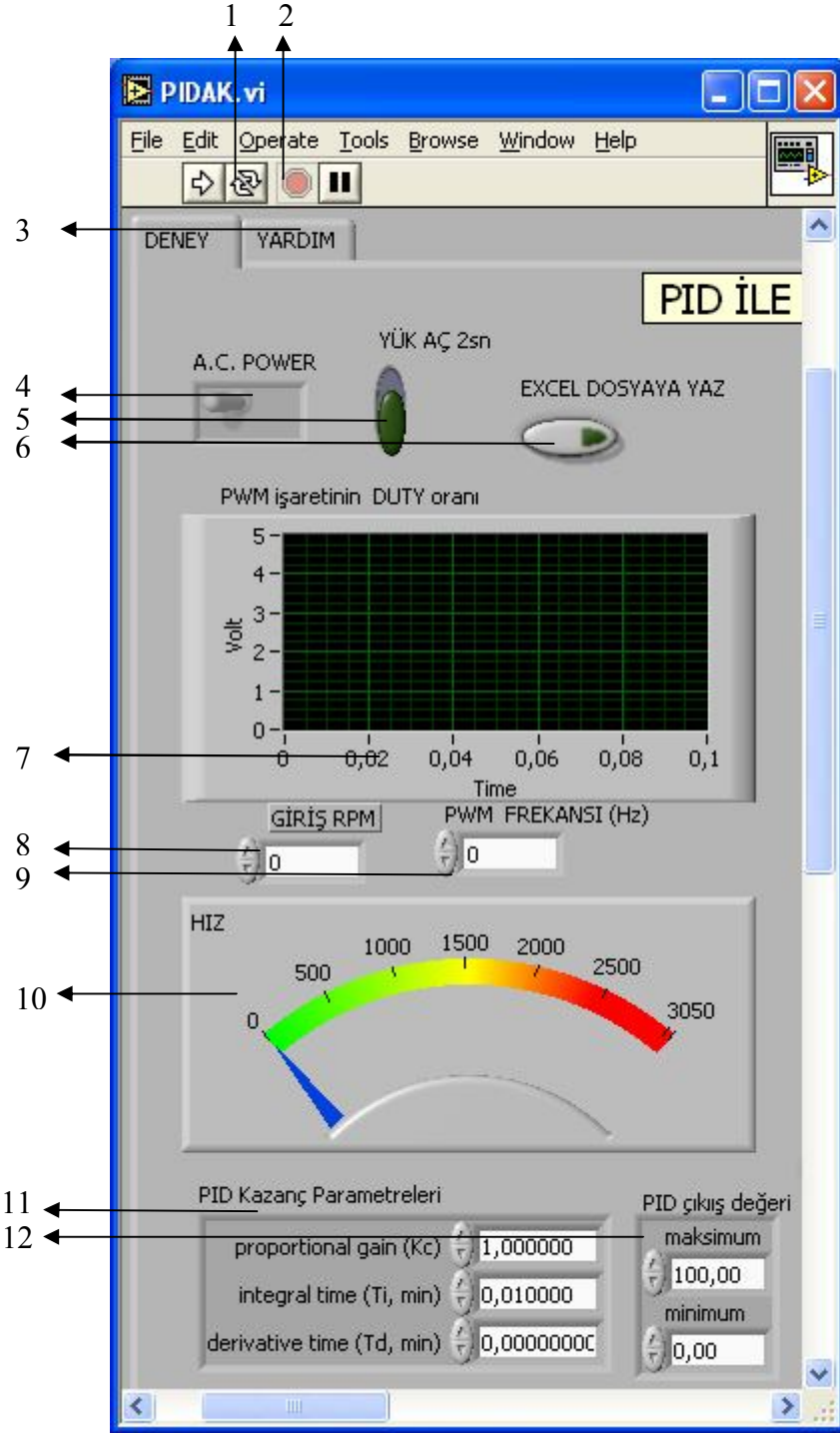
Şekil 4.16 NI-6024E DAQ Kartı ve giriş-çıkış bağlantı uçları [43]

4.2 Deneyin Yapılışı

Kullanıcı internet üzerinden <http://193.255.187.100> adresini kullanarak deney setini kullanabilmektedir. Web sayfasından yapmak istediği deneyle ilgili kısmı seçerek deney düzeneğini çalıştırabilmektedir. Kullanıcı deney düzeneğini görüntüleyen IP kamera vasıtasıyla kendi bilgisayar ekranından izleyebilmektedir. Kameranın görüntü aktarım hızı, internet hızına bağlı olarak 2-10 sn gecikme oluşmaktadır. Motorun hız değişimini grafiksel olarak anlık ekranda görebilmektedir. Bu grafiğin görüntüsü maksimum 2 sn gecikme ile alınmaktadır. Kullanıcı istediğinde motorun zaman göre hızı ve diğer gerekli bilgileri Excel dosyası olarak kendi bilgisayarına kaydedebilmektedir. DC motor hız kontrolü deneyi ile ilgili üç yöntem detaylı olarak açıklandıktan sonra internetten deneyin yapılışı ve sonuçlarının alınması ayrı bir başlıkta incelenecektir.

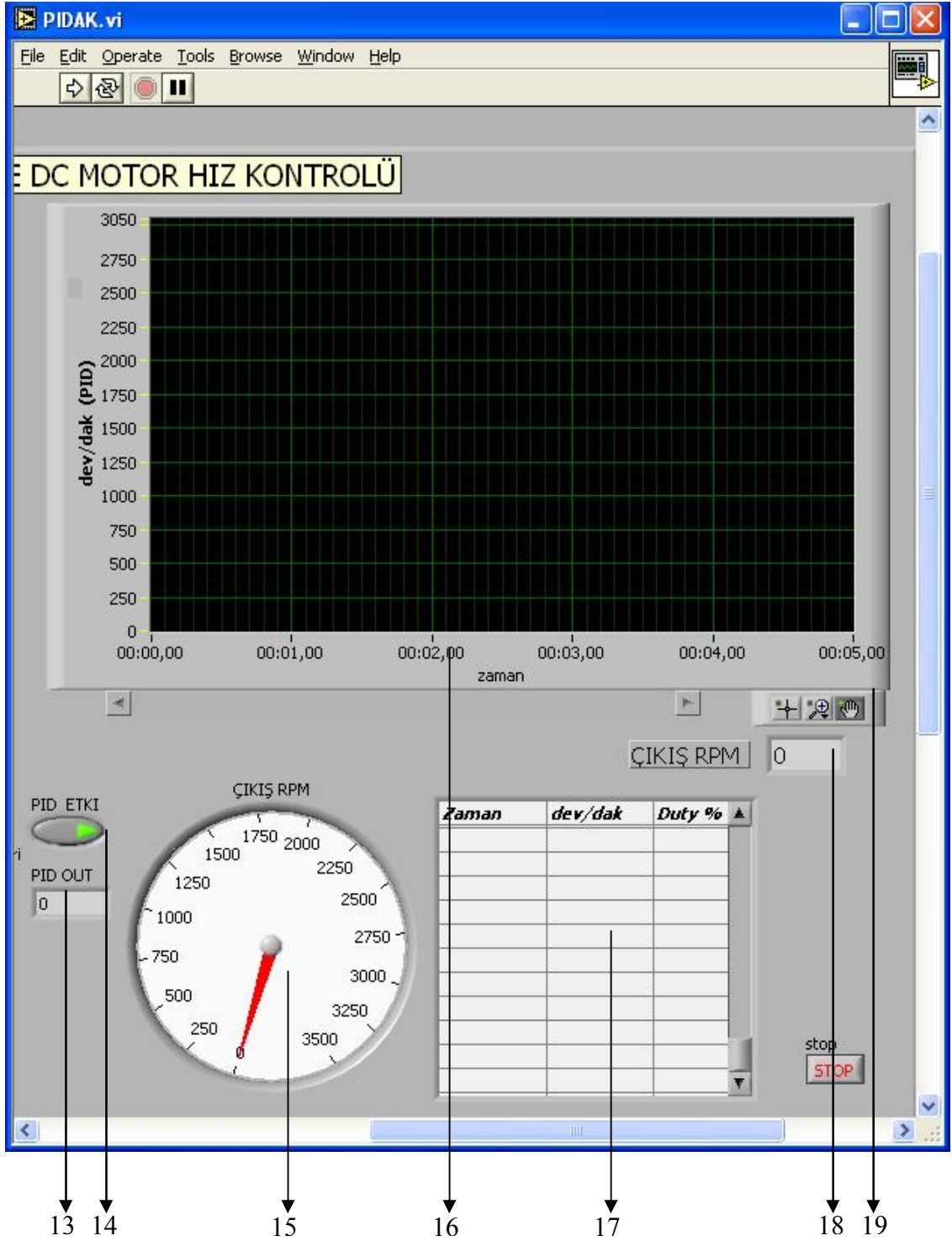
4.2.1 PID ile DC Motor Hız Kontrol Deneyi

Kullanıcı, internet üzerinden web sayfasına erişerek, yapılabilecek deney listesinden "PID ile DC motor hız kontrol deneyi"ni seçer. Bu bölüme girildikten sonra ekrana Şekil 4.17.a ve 4.17.b 'deki panel ekrana gelir. Ekran detaylı görüntü için iki kısma bölünerek verilmiştir.



Şekil 4.17.a LabVIEW programı PID deneyi ön panel sekmesi 1.kısım

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1- Programı çalıştır. | 7- Pwm Duty oranı gösteren grafik |
| 2- Programı durdur. | 8-“Girş Rpm” Referans Hız Girilir. |
| 3- Yardım Sekmesi | 9- “Pwm Frekansı” frekans girilir. |
| 4- Devreye elektrik veren düğme | 10- Hızı Vumetre gösterge |
| 5- Motora bozucu yük veren düğme | 11- “PID Kazanç” parametreleri girilir. |
| 6- Çizelgedeki değerleri kaydeder. | 12- PID çıkış aralığı girilir. |



Şekil 4.17.b LabVIEW programı PID deneyi ön panel sekmesi 2.kısım

- 13- "PID OUT" pid çıkış değerini gösterir.
- 14- "PID ETKİ" pid etkiyi resetler
- 15- Motor hızını Grafiksel olarak gösterir
- 16- Motor hızını Vumetre ile gösterir.
- 17- Zaman , Rpm ve Duty oranlarını gösterir çizelge
- 18- Anlık çıkış hız dev-dak gösterir.
- 19- Grafik Palet :Grafiğin detaylı incelenmesini sağlar.

. Kullanıcı bu panel üzerindeki K_c , T_i ve T_d kontrolör parametrelerini, motor referans hızını ve PWM işaretinin frekansını sistemin müsaade ettiği aralıklarda değiştirerek deney düzeneği çalıştırabilir. Bu katsayılar panele girildikten sonra deney düzeneğine enerji verecek düğmeye (4) basılarak çalışmaya hazır hale gelir. Programı çalıştır düğmesine basıldığında (1) deney düzeneği çalışacak ve motor referans hızda dönmeye başlayacaktır. PWM işaretinin anlık değişimleri 6 numaralı pencerede izlenebilir. Motorun hızı grafiksel olarak da (14) gözlenebilir. Sisteme ait zaman, duty ve dev/dak değerleri excel dosyası pid.xls olarak kayıt edilebilir (16).

Deney düzeneği çalışırken sisteme girilen parametreler kullanıcı tarafından değiştirilerek, sistemin değişen yeni parametrelere göre çalışması sağlanabilir. Deney düzeneğinin; programı durdur (2) düğmesine basarak yeni parametrelere göre yeniden çalıştırılmasına gerek yoktur. Bu nedenle kullanıcı değiştirdiği parametreye karşı sistemin tepkisini eşzamanlı olarak ekrandan izleyebilir. Ayrıca kullanıcı deney düzeneğini ekrandan izleyerek motorun çalıştığını veya durduğunu görebilmektedir. Kontrolörün performansını görmek için ise 5 numaralı ok ile gösterilen düğme ile sisteme bozucu ilave edilmektedir. Bozucu etki motorun milinin röle kontakları arasına sıkıştırılması ile gerçekleştirilmektedir.

Kullanıcı 3 numaralı okla gösterilen yardım sekmesini kullanarak yardım menüsüne ulaşabilmektedir. Kullanıcının ulaşabileceği LabVIEW programı ön panel yardım sekmesi Şekil 4.18 'de gösterilmiştir.

PID KONTROL İLE DENEYİN YAPILIŞI

1-	A.C. POWER	1- "A.C. POWER" DÜĞMESİ DEVREYE ELEKTRİK SAĞLAYAN GÜÇ DÜĞMESİDİR.
2-	POWER ANLIK AÇMA/KAPAMA OK Butonu	2- "ANLIK AÇMA-KAPAMA" DÜĞMESİ İSE ANLIK KAPATMA İŞLEVİNİ GÖRÜR.
3-	AK Duty Oran	3- DUTY SINYAL GRAFIĞI İSE DEVREYE VERİLEN PWM SINYALİNİN DUTY ORANINI GÖSTERİR
4-	GİRİŞ RPM 1000	4- "GİRİŞ RPM" İLE SAYISAL OLARAK MOTORUN İSTENEN DÖNME HIZININ GİRİŞİ SAĞLANIR.
5-	PWM FREKANSI (Hz) 1018	5- "PWM FREKANSI" İLE KONTROL EDİLEN PWM SINYALIN ÇALIŞMA FREKANSI GİRİLİR. DEVRENİN FREKANSINA GÖRE DEĞİŞİMİ İNCELENİR.
6-	METER	6- "METER" KONTROL İSE GÖRSEL OLARAK İSTENEN MOTOR DÖNME HIZINI AYARLAMAK MÜMKÜNDÜR
7-	PID ETKİ	7- "PID ETKİ" BUTONU KAPALI OLDUĞUNDA PID FONKSİYONU ÇALIŞMAZ. PID ETKİNİN GÖRÜLMESİ İÇİN ANLIK BUTONA BASMAK YETERLİ OLUR. DENEY ESNASINDA PARAMETRELERİN DEĞİŞİM ETKİSİ GÖZLENİR.
8-	PID Kazanç	8- "Pid Kazanç" Tablosunda PID Parametreleri girilir.
9-	DUTY %	9- "Duty %" Duty oranı max=100 Min=0 yapılmalıdır. Bu Oran Kullanıcıya bırakılarak Maksimum ve minimum değerlerini değiştirerek PID çıkışı sınırlanabilir ve sonuçları görülebilir.
10-	PID OUT 100	10- "Pid out" Değeri Devreye verilen PWM sinyalinin Duty oranıdır. U(t) yi Göstermektedir.
11-	EXCEL DOSYAYA YAZ	11- "Excel Dosyaya Yaz" Butonu Deneğin İstenildiği aralıktaki zaman, Duty ve Hız Değerleri 0,1 Sn aralıklarla kayıtları Excel Dosyasına yazmasına olanak sağlar. Deneğin sonunda bu dosya Download edilerek İstenen Grafikler çizdirilebilir.
12-	ÇIKIŞ RPM	12- "Çıkış Rpm" Motorun hızını Dev/dak ile anlık göstergesi ile görmemizi sağlar
13-	Yük AÇ/KAPAMA OK Butonu	13- Deneğin Başlamasını sağlayan Butondur.
14-	Yük AÇ/KAPAMA OK Butonu	14- Motora yük verme Butondur.

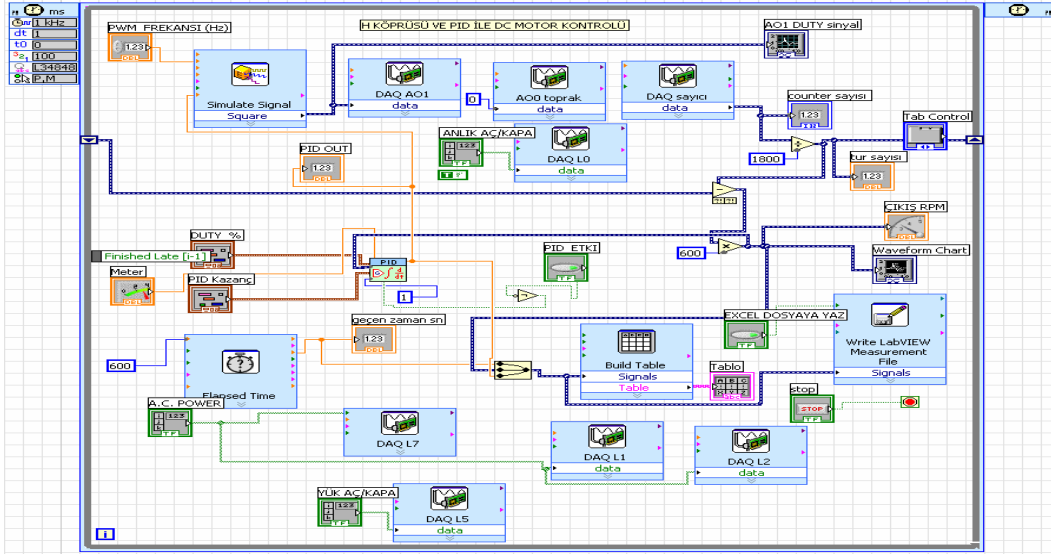
ÖNCELİKLİ YAPILMASI GEREKENLER

- 1- "Pid Kazanç" Tablosunda PID Parametreleri girilerek Duty oranı max=100 Min=0 yapılmalıdır.
- 2- "GİRİŞ RPM" yada "Meter" ile istenen Motor hızı Girilmelidir.
- 3- "A.C. POWER" Butonuna basılmalıdır.
- 4- "PWM FREKANSI" Değeri Girilmelidir.
- 5- Deneğin Başlamasını sağlayan butona Basarak Deneğe Geçilir.
- 6- DENEY SONUNDA A.C. POWER İLE DENEYİN ELEKTRİĞİ KESİLMELİDİR.
- 7- DENEYİ DURDURMAK İÇİN BASILMASI GEREKEN BUTONDUR.

Şekil 4.18 LabVIEW programı PID ön panel yardım sekmesi

Kullanıcı ön panel yardım sekmesini kullanarak Şekil 4.17 'de gösterilen ön panel deney sekmesindeki düğme ve göstergelerle ilgili detaylı bilgi ve açıklamaları görebilmektedir. Oluşturulan bu yardım sekmesi ile yeni kullanıcılara kolaylık sağlanması amaçlanmıştır.

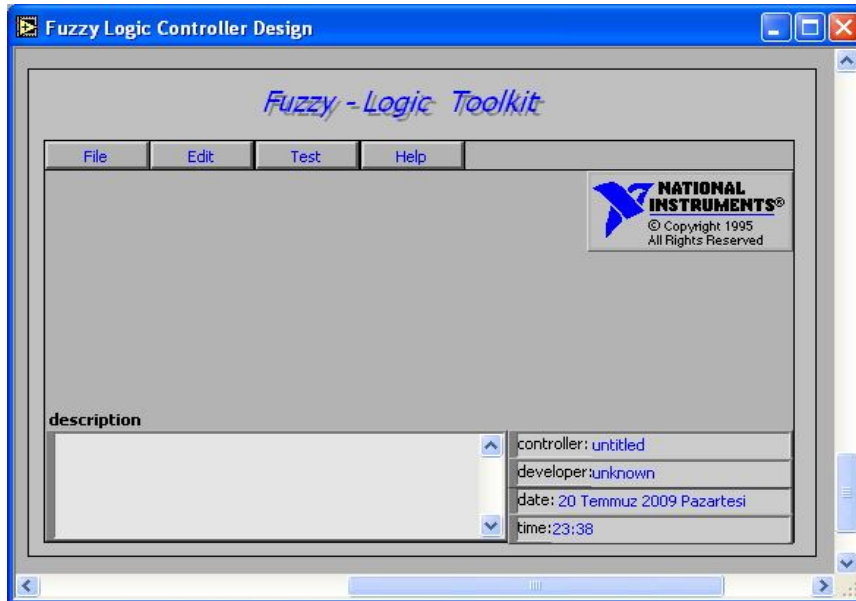
LabVIEW programı kullanarak hazırlanan PID kontrollü deney düzeneğinin blok diyagramı Şekil 4.19 'da verilmiştir. Kullanıcıya bu bölüme erişim izni verilmemektedir. Dolayısıyla kullanıcı sistemle ilgili yapısal değişiklik yapamamaktadır.



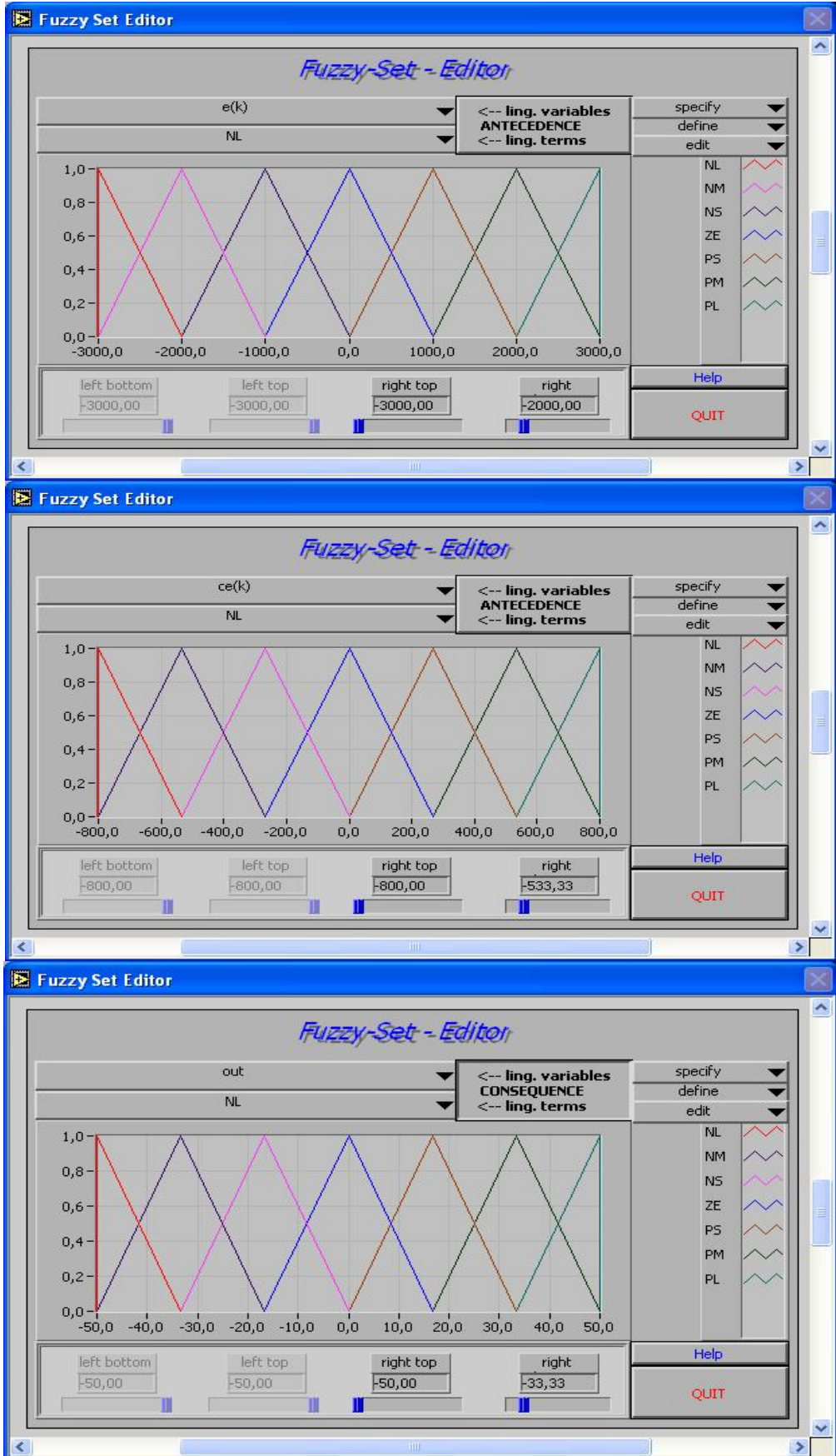
Şekil 4.19 LabVIEW programı PID Deney Blok Diyagramı

4.2.2 Bulanık Mantık Kontrol ile DC Motor Hız Kontrol Deneyi

Bulanık mantık kontrol deneyinde, deneye başlamadan önce Fuzzy – Logic Toolkit Programının bilgisayarda yüklü olması gerekmektedir. Kurulundan sonra programın arayüz görüntüleri Şekil 4.20, 4.21 ve 4.22 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 Fuzzy –Logic Toolkit programının arayüzü



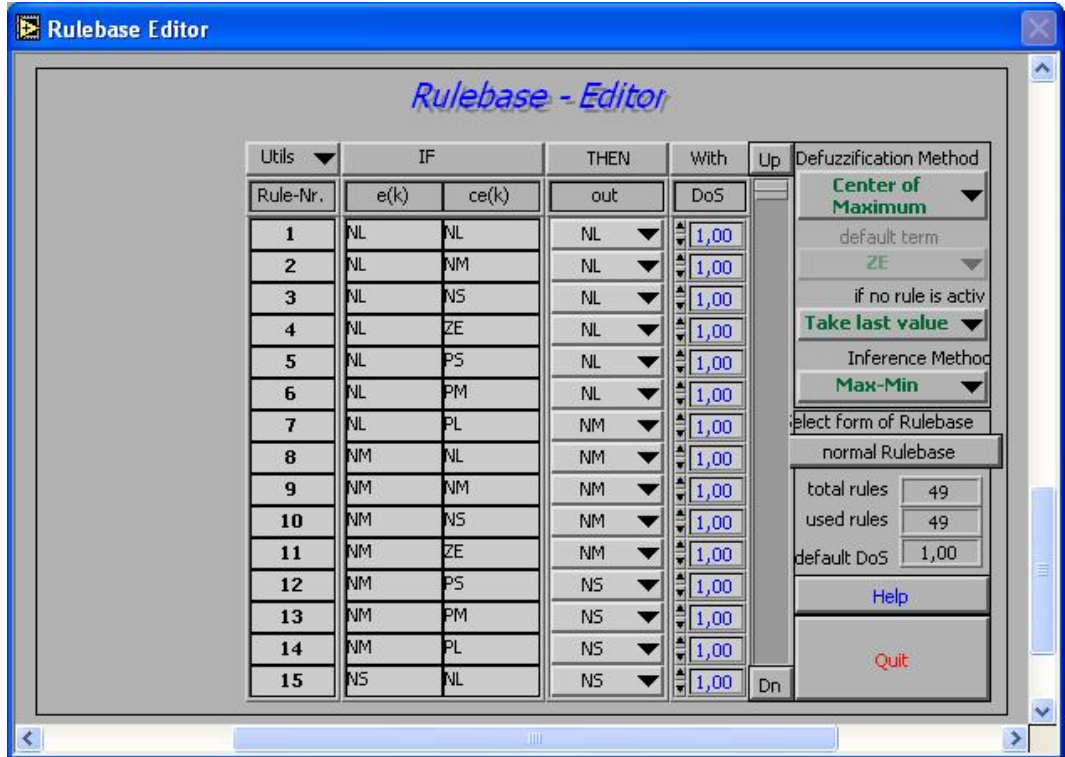
Şekil 4.21 Bulanık mantıkta hata(e), hata farkı(ce) ve çıkış(u) için oluşturulan kümeler (deneyde uygulanan dosyadan alınmıştır).

Şekil 4.21 'de giriş, çıkış ve aralık değerleri ayarlanır. İsteğe bağlı olarak kural sayısını 3, 5 veya 7 'li oluşturmak mümkündür. Deney düzeneğinde 7 tane bulanık küme kullanılmıştır. Giriş olarak hata ve hatanın değişimi, çıkış olarak da pwm işaretinin duty oranı değişimi alınmıştır.

Çizelge 4.1 'de if THEN kural çizelgesinin oluşturulması gösterilmiştir. Şekil 4.22 'de ise bu kural çizelgesinin programın içinde uygulanışı görülmektedir. Kullanıcı bulanık küme sayısı ve değer aralıklarını belirledikten sonra bu panelde kural çizelgesindeki sonuçları LabVIEW 'in Fuzzy–Logic Toolkit programında girmesi gerekmektedir. İhtiyaç duyulan tüm program ve dosyalar ftp://193.255.187.102 adresinden temin edilebilir.

Çizelge 4.1 Bulanık mantık kural çizelgesi
(N:NEGATİF, P:POZİTİF, L:BÜYÜK, M:ORTA, S:KÜÇÜK, Z:SIFIR olarak kısaltılmıştır.)

		e (hata)						
		NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
ce (hata değişimi)	NL	NL	NM	NL	NL	PS	NS	PM
	NM	NL	NM	NM	ZE	NS	ZE	PL
	NS	NL	NS	NS	ZE	PS	PS	PL
	Z	NL	NS	NS	ZE	PS	PS	PL
	PS	NM	NS	ZE	ZE	PS	PS	PL
	PM	NM	ZE	PS	ZE	PM	PM	PL
	PL	NS	PS	PM	ZE	PL	PM	PL



Şekil 4.22 Bulanık mantık kural çizelgesinin LabVIEW de uygulanaşı

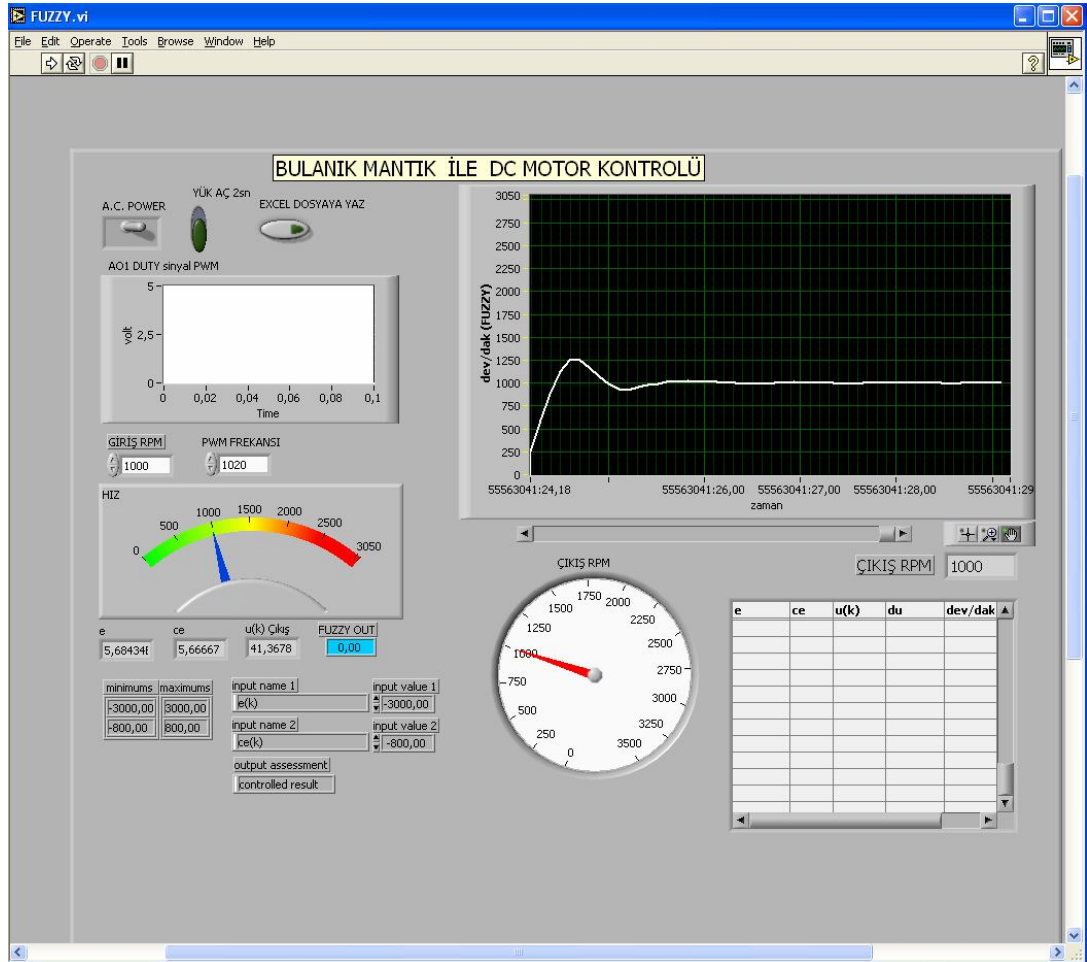
Bulanık mantık kural çizelgesi de oluşturulduktan sonra, Şekil 4.20 'deki arayüze geri dönölüp File bölümünden, dosya kayıt edilirken dosya ismi "fuzzy.fc" yapılmalıdır. Bu dosya LabVIEW yüklü anabilgisayara yüklenir.

	A	B	C	D	E
1	zaman	e	ce	u(k)	du
2	0.000000	108.000.000	-330.666.667	73.786.681	2.266.020
3	0.094000	-280.000.000	-388.000.000	56.741.226	-17.045.455
4	0.203000	-505.666.667	-225.666.667	46.741.226	-10.000.000
5	0.297000	-376.333.333	129.333.333	41.582.871	-5.158.355
6	0.406000	-118.000.000	258.333.333	40.920.564	-0.662307
7	0.500000	110.333.333	228.333.333	48.785.125	7.864.561
8	0.609000	200.333.333	90.000.000	61.285.125	12.500.000
9	0.703000	68.333.333	-112.000.000	66.663.634	5.378.509
10	0.812000	-135.333.333	-223.666.667	56.663.634	-10.000.000
11	0.906000	-295.000.000	-159.666.667	46.663.634	-10.000.000
12	1.015.000	-209.333.333	65.666.667	40.377.157	-6.286.477
13	1.125.000	23.000.000	232.333.333	41.384.100	1.006.943
14	1.219.000	216.000.000	193.000.000	53.884.100	12.500.000
15	1.328.000	218.000.000	2.000.000	66.384.100	12.500.000
16	1.422.000	25.666.667	-192.333.333	67.680.006	1.295.906
17	1.531.000	-248.666.667	-274.333.333	56.812.607	-10.867.399
18	1.625.000	-399.333.333	-150.666.667	46.812.607	-10.000.000
19	1.734.000	-298.000.000	101.333.333	40.596.850	-6.215.757
20	1.828.000	-51.333.333	246.666.667	39.617.471	-0.979379

Şekil 4.23 fuzzy.xls dosyası

Deney düzeneği çalıştırıldığında LabVIEW programı buradaki fuzzy.fc dosyasını otomatik olarak tanır ve bulanık mantık kontrolör kısmı aktif hale gelir.

Şekil 4.24 'de gösterilen bulanık mantık ön paneldeki "EXCEL DOSYAYA YAZ" düğmesine basıldığında, fuzzy.xls dosyası oluşturulur ve bu bilgiler ana bilgisayarda paylaşılmış klasöre kaydedilir. Kullanıcı bu dosyayı kendi bilgisayarına kopyalayarak bulanık mantık kontrolörün giriş ve çıkışları zaman göre değişim bilgilerini Şekil 4.23 'de gösterildiği gibi inceleyebilir, isterse bu verileri grafik olarak çizdirebilir.

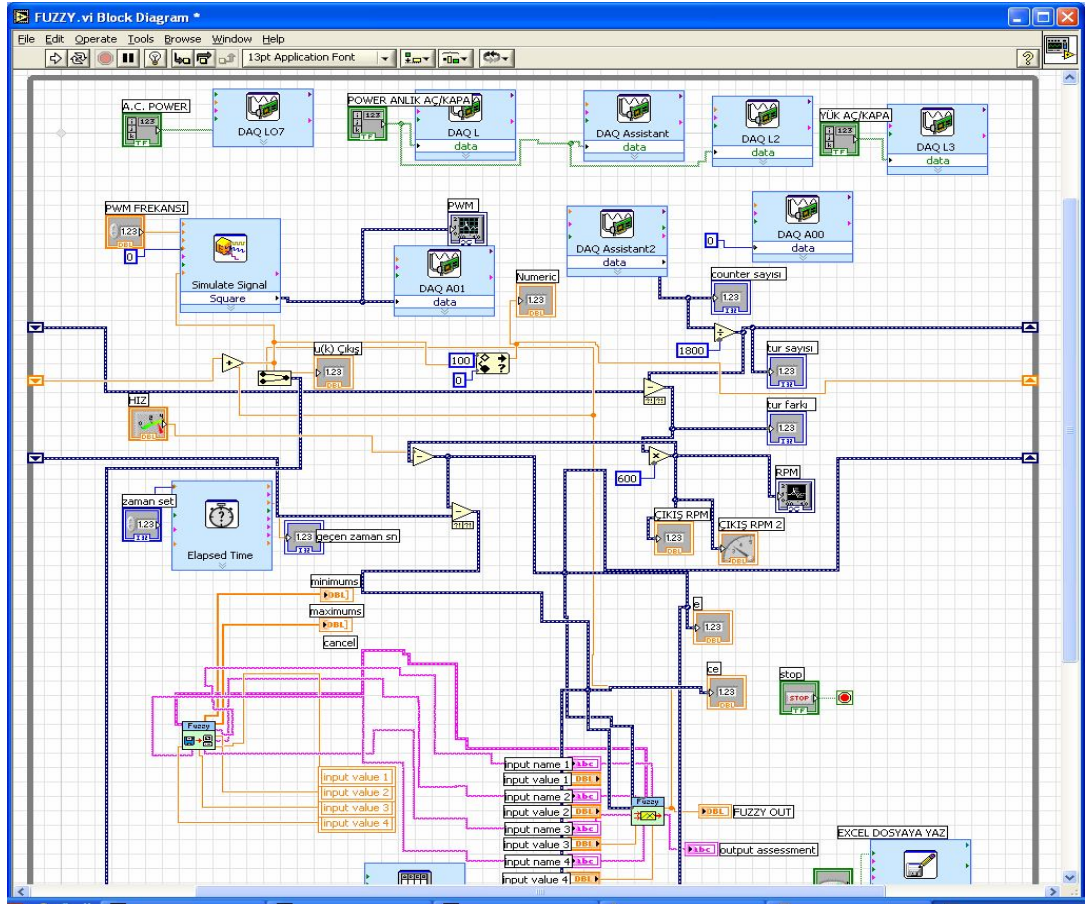


Şekil 4.24 LabVIEW programı bulanık mantık deneyi ön paneli

Bulanık mantık kontrol yöntemi ile dc motor hız kontrolünün gerçekleştirildiği ön panel arayüzü Şekil 4.24 'de gösterilmiştir. Kullanıcı bu

arayüzde kural çizelgesi ve üyelik fonksiyonlarının değiştirilmesi işlemini yapamamaktadır. Bu ön panelde yalnızca referans hızı, PWM frekansını ve devreye bozucu yükün giriş ve çıkışını değiştirebilmektedir.

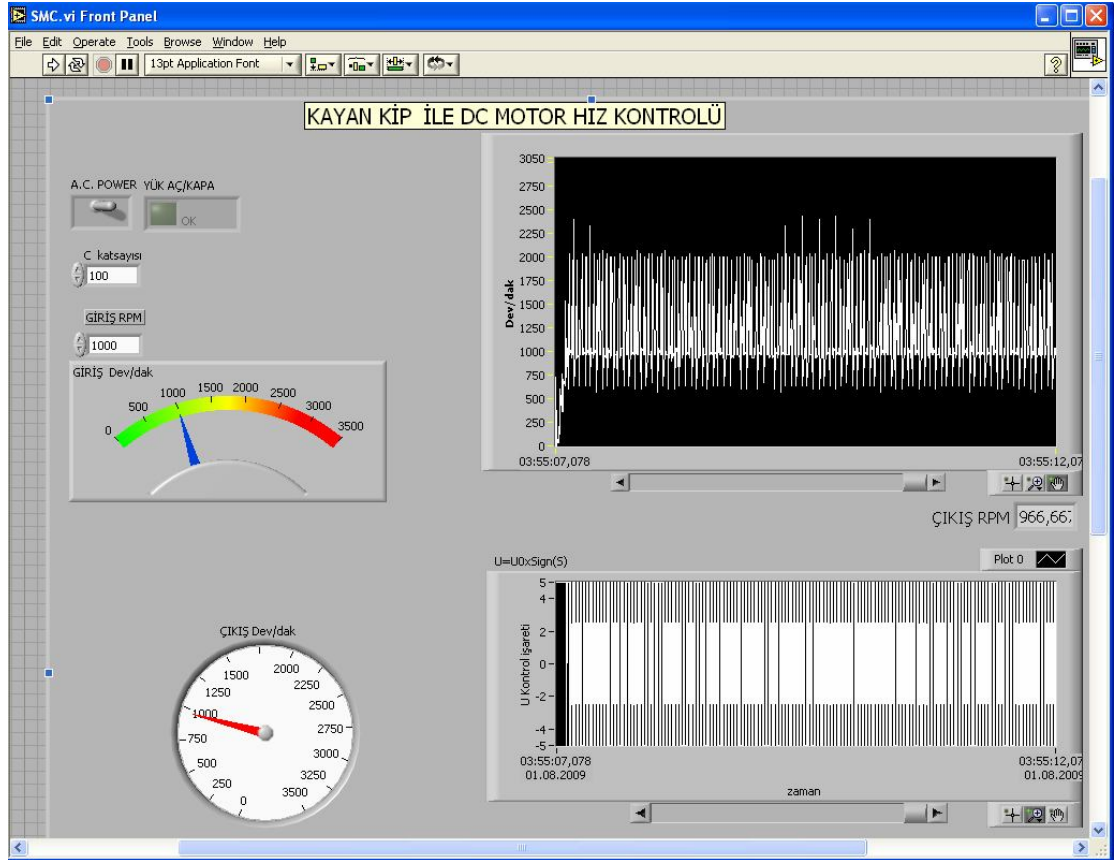
Bulanık mantık ile motor hız kontrolünün blok diyagramı Şekil 4.25 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.25 LabVIEW programı bulanık mantık deneyi blok diyagramı

4.2.3 Kayan Kip Kontrol ile DC Motor Hız Kontrol Deneyi

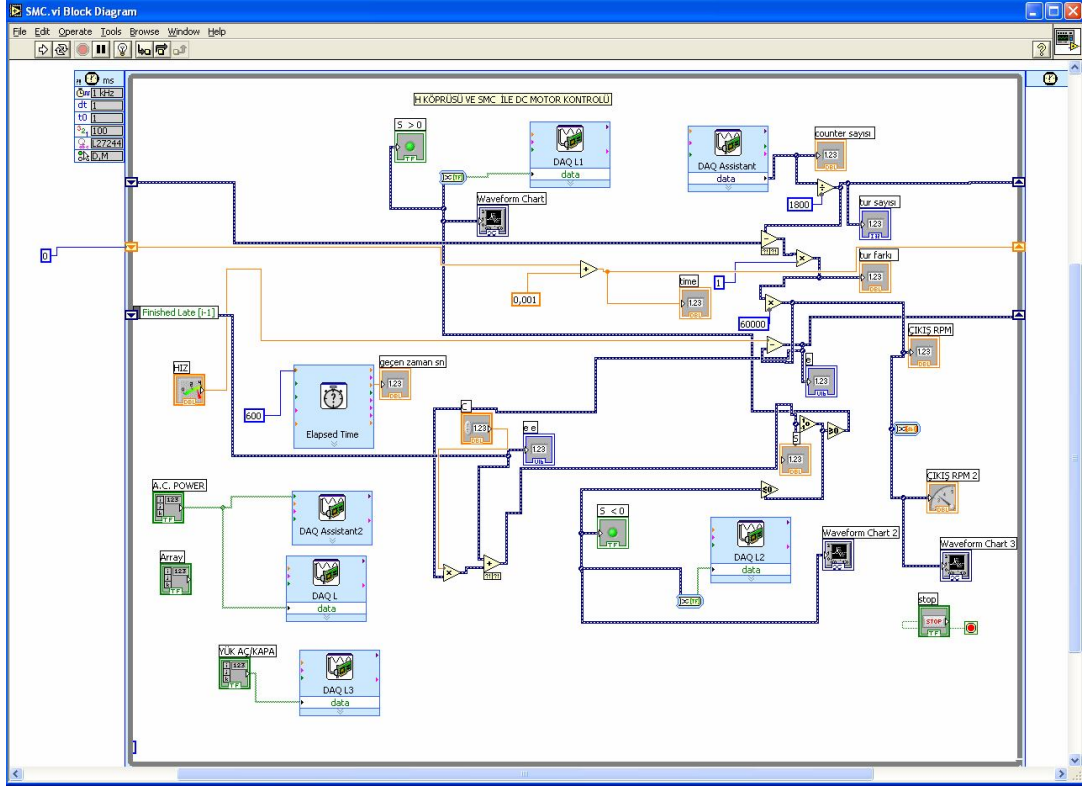
İnternet üzerinden kayan kip kontrol uygulamasını gerçekleştirmek isteyen kullanıcının karşısına Şekil 4.26 'da gösterilen ön panel gelmektedir. Kullanıcı bu ekran üzerindeki "C" katsayısı ve referans hız bilgilerini değiştirebilme yetkisine sahiptir. Kullanıcı "C" katsayısını farklı değerler girerek bu katsayının sisteme etkisini motor hız grafiğini inceleyerek görebilmektedir. Yine bu panelde kullanıcı kayan kip kontrolde oluşan çatırtı problemini görebilmektedir.



Şekil 4.26 Kayan kip kontrol yöntemi ön paneli

$u=U_0 \cdot \text{sign}(s)$ işlemi sonucunda "u" kontrol işaretinin grafiği, H sürücü devresindeki A ve B girişlerine verilen 5 volt sayısal işaretlerini panelde anlık görmek mümkündür.

Kayan kip kontrol yönteminde kullanılmak üzere tasarlanan blok diyagram Şekil 4.27 'de verilmiştir.



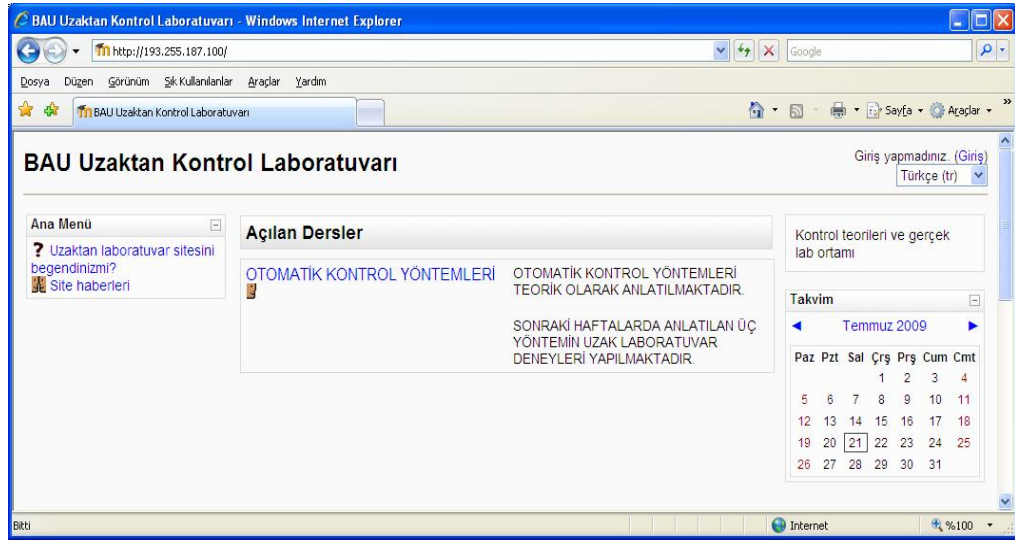
Şekil 4.27 Kayan kip kontrol yöntemi blok diyagramı

Kayan kip kontrolünde uygulanan yöntem signum fonksiyonudur. Kayan kip kontrol yönteminde sayısal işaretler verildiğinden sistem 60 ms 'de referans hıza oturmaktadır. Devreye bozucu girdiğinde diğer yöntemlere göre daha hızlı referans hıza ulaşmaktadır. Hatta bozucu etki olduğu fark edilememektedir. Fakat bu yöntemde Excel dosyası kaydı başlayınca motor devrinden çıkmakta ve kontrol dışı kalmaktadır. Bunun nedeni bilgisayar ms cinsinden binlerce bilgiyi çok kısa sürede harddiske yazmağa çalışmakta, işlemcinin çalışma oranı %33 lere kadar çıkmaktadır. Halbuki diğer kontrollerde işlemci %9 oranında çalışmaktadır. Grafik çizdirmek bile bilgisayarın sistemle ilgili çalışma hızını düşürmekte ve sonuçların kötü olmasına neden olmaktadır.

4.3 Deneye İnternette Erişim ve Deneyin İnternette Yapılışı

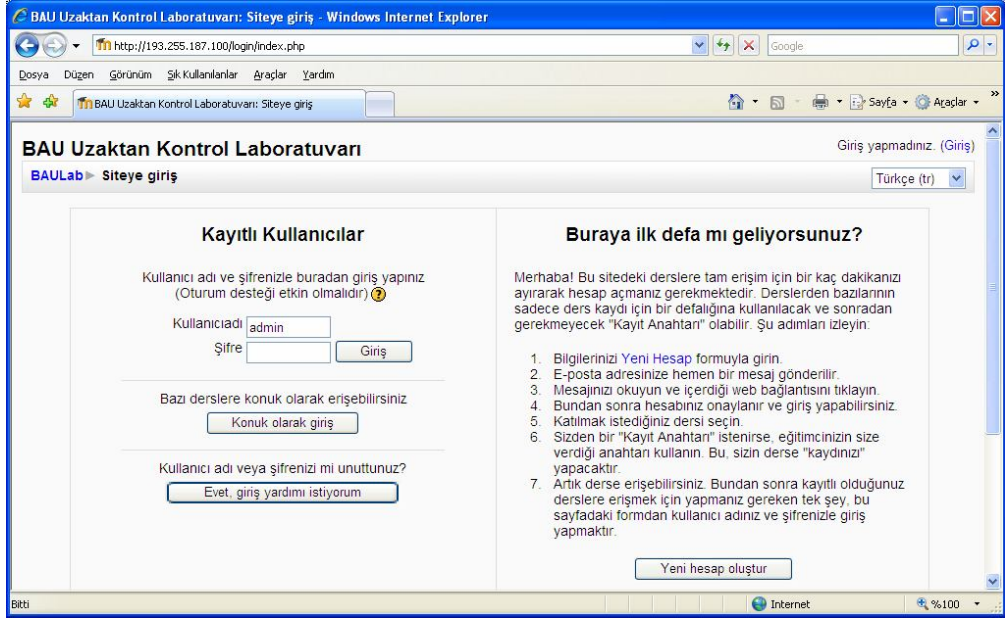
Uzaktan eğitime destek amaçlı yapılan bu çalışmada , kullanıcı <http://193.255.187.100> adresine girerek istediği deneyle ilgili dökümana ve deney düzeneğine ulaşabilmektedir.

Kullanıcı belirtilen adrese girdiğinde Şekil 4.29 'daki web sayfası gelmektedir.

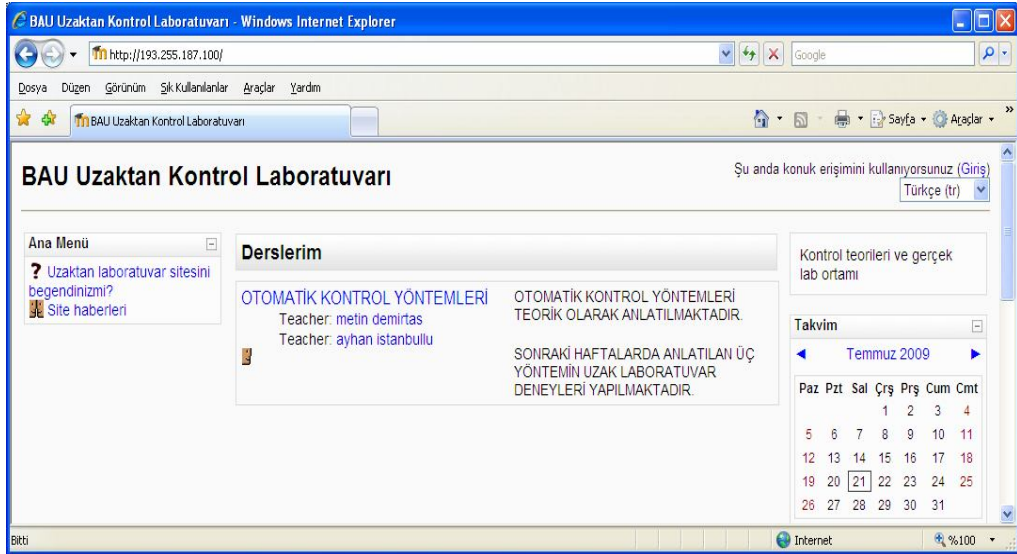


Şekil 4.29 <http://193.255.187.100> adresi ekran görüntüsü

Şekil 4.29 'daki sayfanın sağ üst tarafındaki giriş düğmesine tıkladığında Şekil 4.30 'da gösterilen kayıtlı yada konuk kullanıcılar için girişi ekranı görüntülenmektedir. Kayıtlı kullanıcı adı ve şifresini, konuk kullanıcı ise "konuk olarak giriş" düğmesini kullanarak Şekil 4.31 'de gösterilen web sayfasına erişmektedir. Kullanıcı buradan istediği derse erişebilmektedir. Kullanıcı otomatik kontrol yöntemleri düğmesine tıkladığında karşısına Şekil 4.32 'de gösterilen web sayfası gelmektedir.

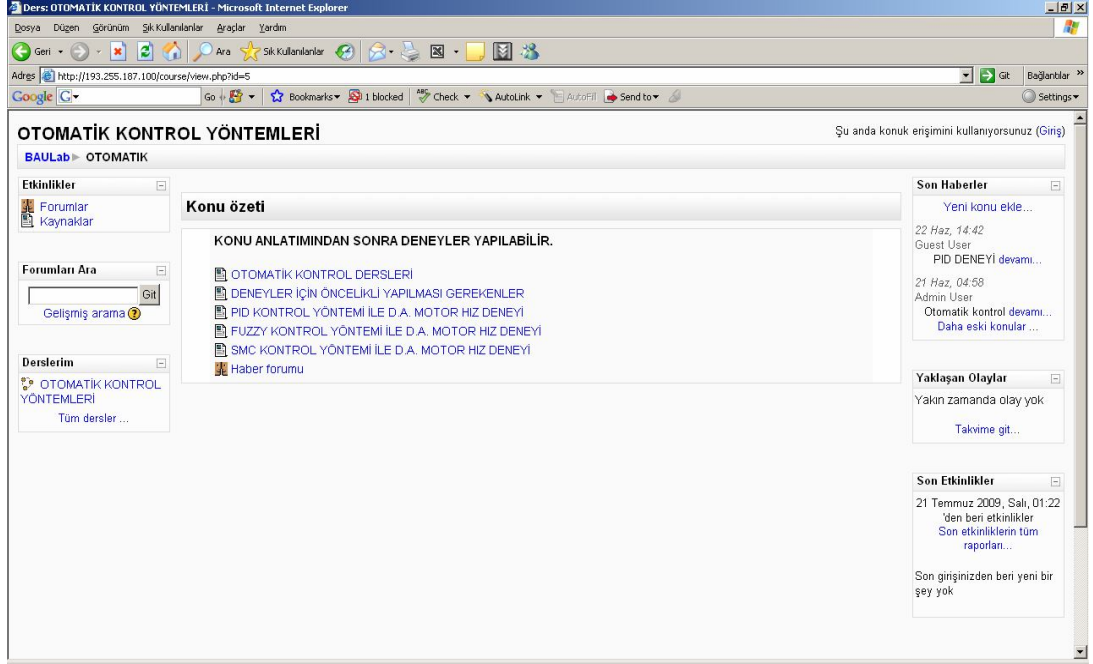


Şekil 4.30 Kayıtlı ve konuk kullanıcı şifre giriş web sayfası

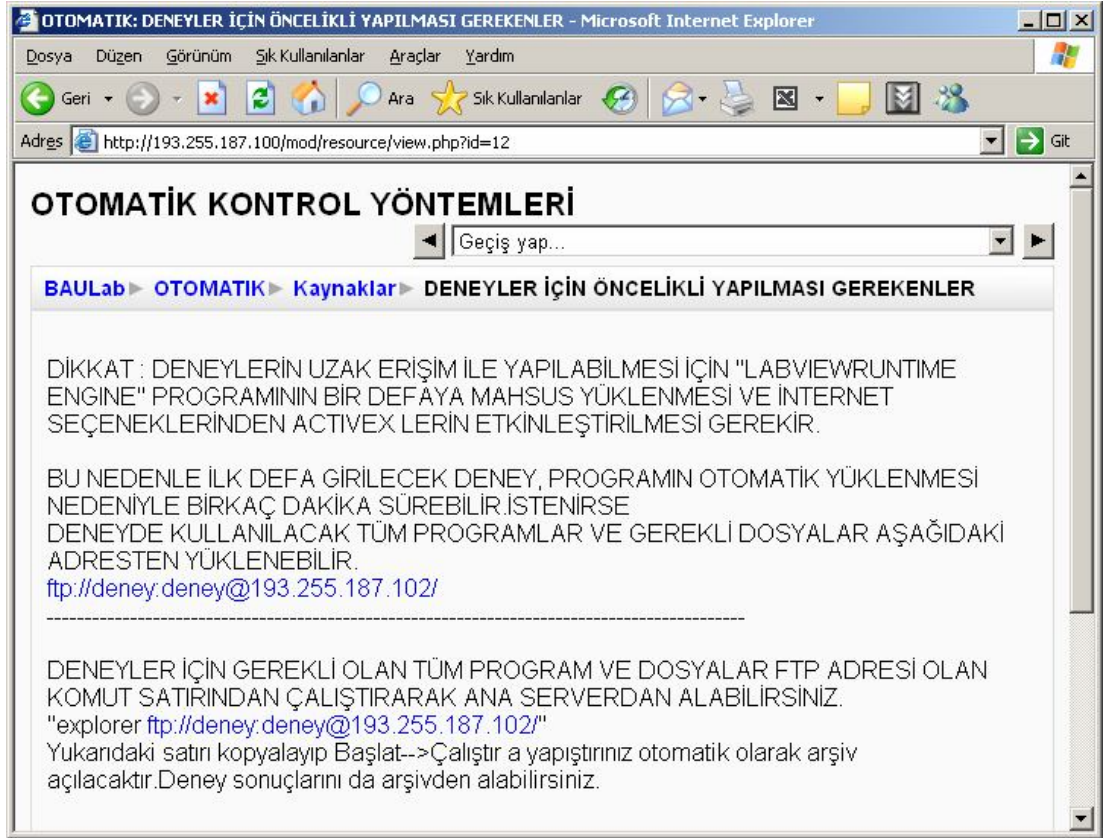


Şekil 4.31 Ders seçimi web sayfası

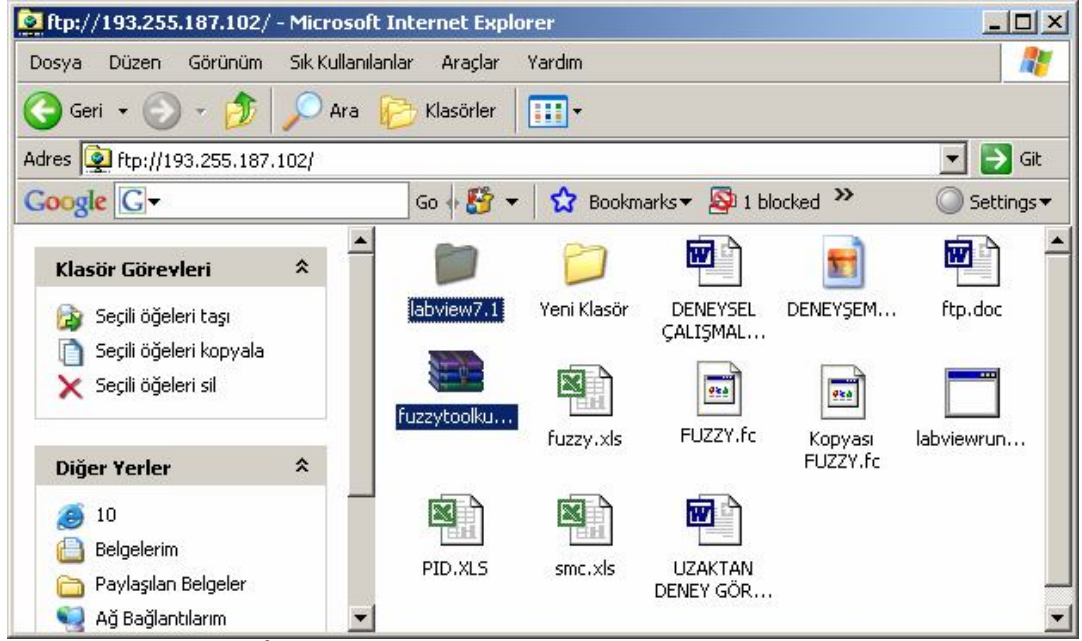
Kullanıcı Şekil 4.32 'de gösterilen web sayfasında dersle ilgili teorik bilgileri okuyabilmekte, deneyden önce yapılması gerekenleri öğrenmekte ve istediği deneyin adını seçerek deneysel çalışmasını gerçekleştirebilmektedir. Deneyler için öncelikli yapılması gerekenler düğmesine basıldığında Şekil 4.33 'de gösterilen web sayfası görüntülenmektedir.



Şekil 4.32 Ders konusu ve deney seçme web sayfası



Şekil 4.33 Deneyler için öncelikli yapılması gerekenler web sayfası

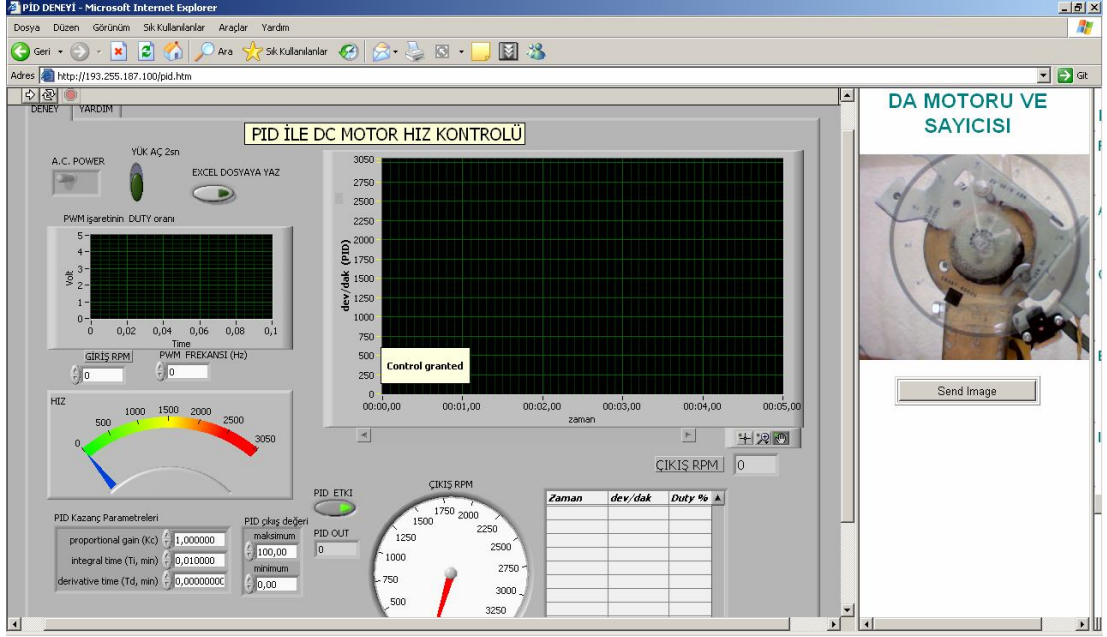


Şekil 4.34 İnternet üzerinden paylaşıma açılan deney klasörü

Deneyde kullanılacak tüm dosyalar, LabVIEW yüklü sunucuda çalıştırılan ftpserver programı sayesinde paylaşıma açılmıştır. Şekil 4.33 'de web sayfasında belirtilen ftp://deney:deney@193.255.187.102 adresine girildiğinde Şekil 4.34 'deki sayfa açılacaktır. Kullanıcı deney ile ilgili tüm dosya ve programlara buradan erişebilecektir. Paylaşıma açık olan bu klasörde en son yapılan deneylerin sonuçları saklanmaktadır.

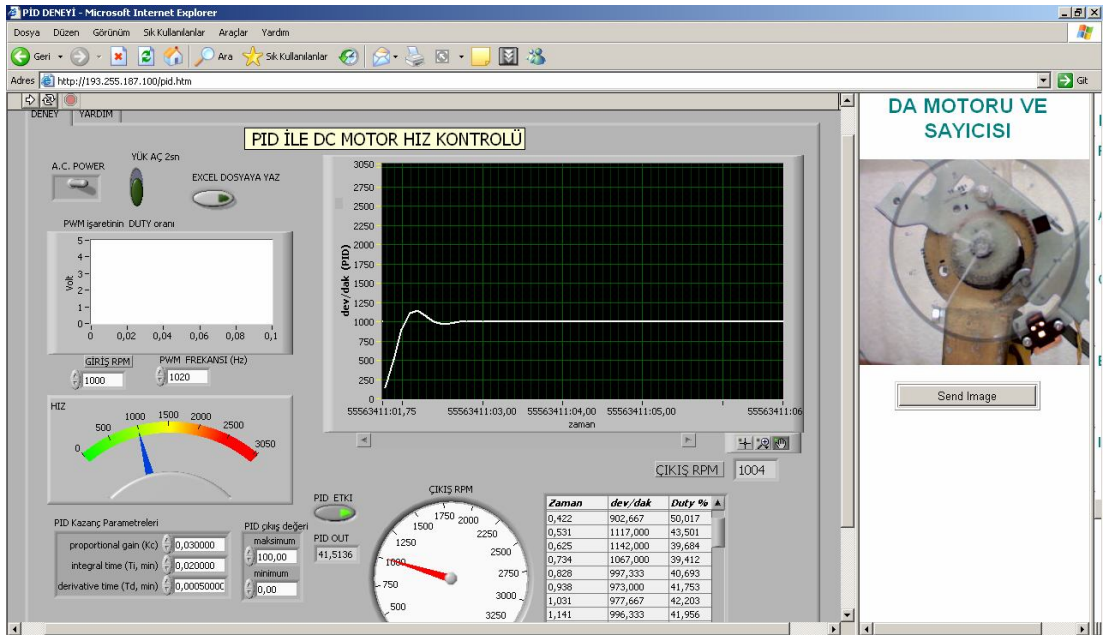
4.3.1 İnternet Üzerinden PID ile DC Motor Hız Kontrol Deneyi

Şekil 4.32 'de gösterilen deney seçme web sayfasındaki 3. satırdaki "PID kontrol yöntemi ile da motor hız deneyi " düğmesine basıldığında, Şekil 4.35 'de gösterilen web sayfası görüntülenmektedir. Kullanıcı bu sayfada PID katsayılarını, referans hız bilgisini, bozucu ekleme ve PWM frekansını internet üzerinden girebilmektedir.

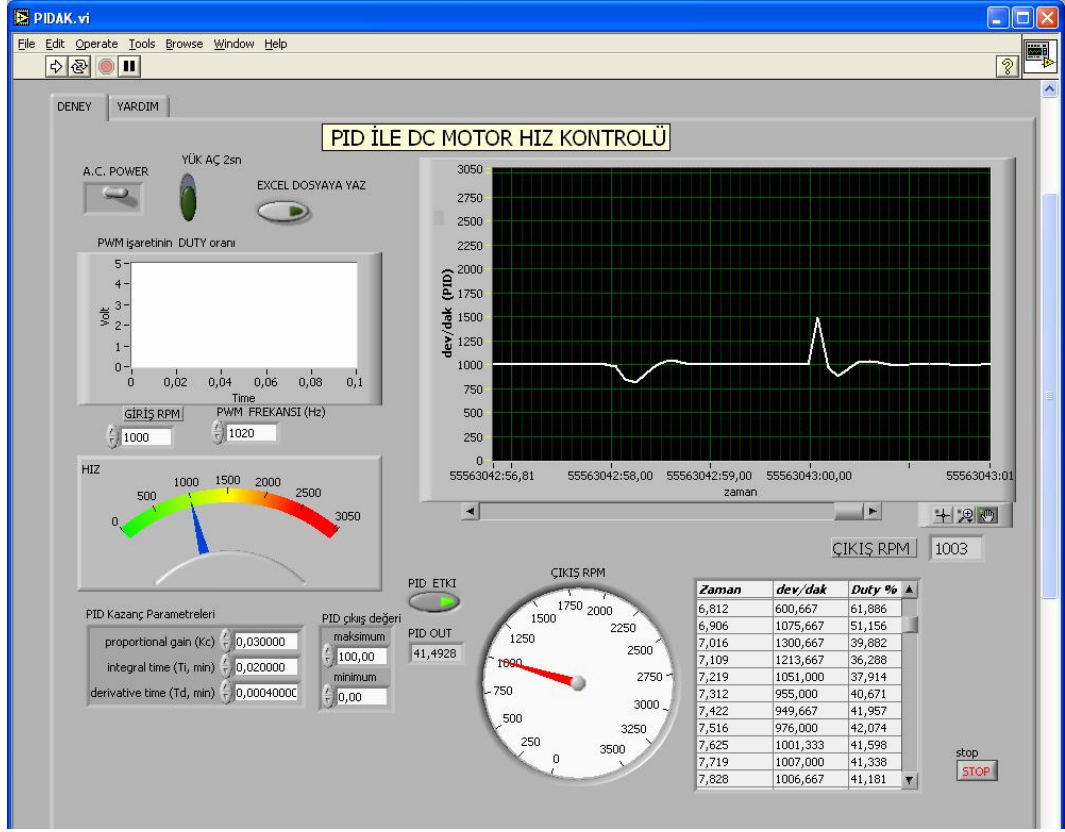


Şekil 4.35 İnternet üzerinden PID kontrol deneyi görünüşü

Motorun yüksüz ve 1000 dev/dak'lık referans hız için elde edilen sonuçlar Şekil 4.36 'da sunulmuştur. Zaman, hız ve duty oranı istendiğinde Excel dosyası (pid.xls) olarak da sunucudan internet üzerinden alınabilmektedir.



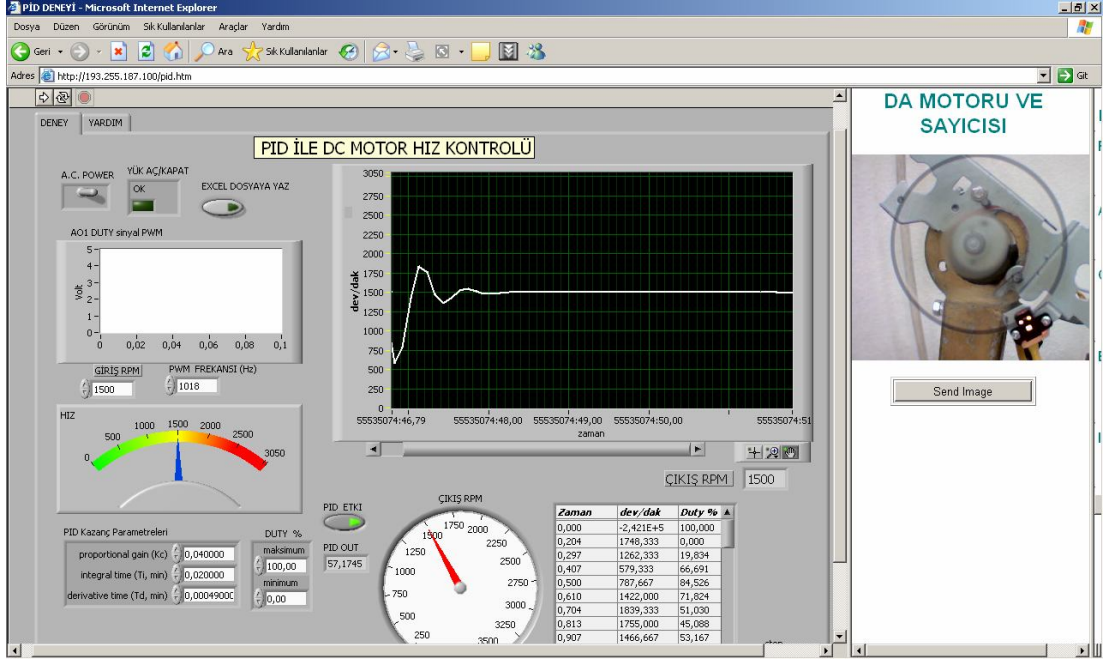
Şekil 4.36 Motorun 1000 dev/dak için hız cevabı PID (bozucu yok)



Şekil 4.37 Motorun 1000 dev/dak için hız cevabı PID (bozucu var)

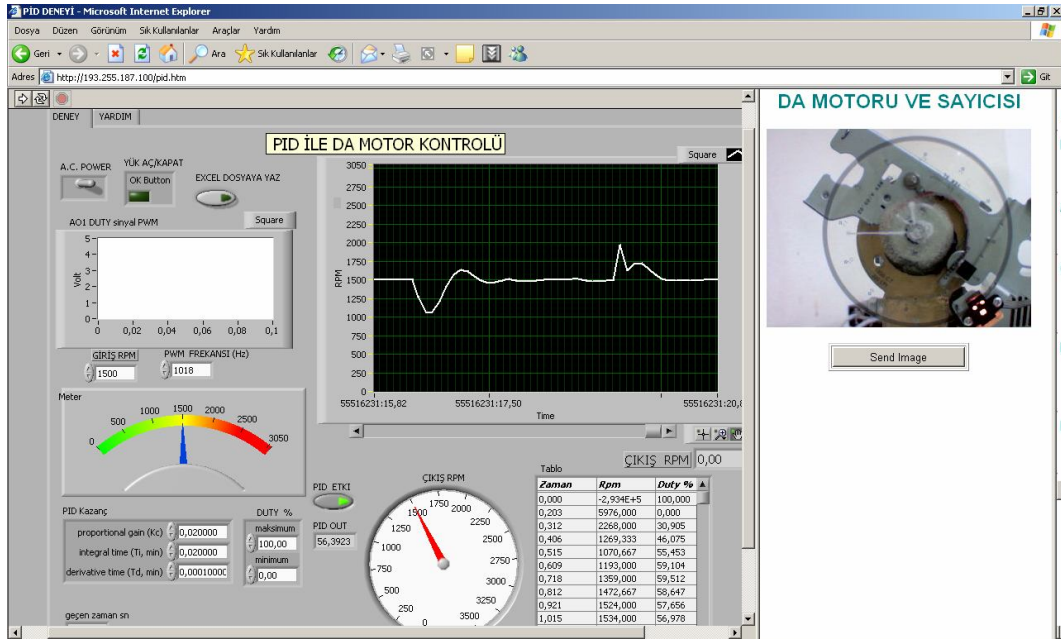
PID kontrol deneyinde motor 1000 dev/dak'lık hızla dönerken sisteme röle kontakları vasıtasıyla 2 sn'lik bir bozucu etkimiştir. Bozucu devreye girip çıkmasıyla elde edilen sistemin cevabı Şekil 4.37 'de verilmiştir. Sistemin bozucuya karşı tepkisinin iyi olduğu görülmektedir. Sistemin kendisini 600ms de toparlayabildiği görülmektedir.

Şekil 4.38 'de görüldüğü gibi, referans hız 1500 dev/dak için ayarlanmıştır. Motor çalıştırıldığında devrinin 1500 dev/dak 'lık referans hıza oturduğu görülmektedir.



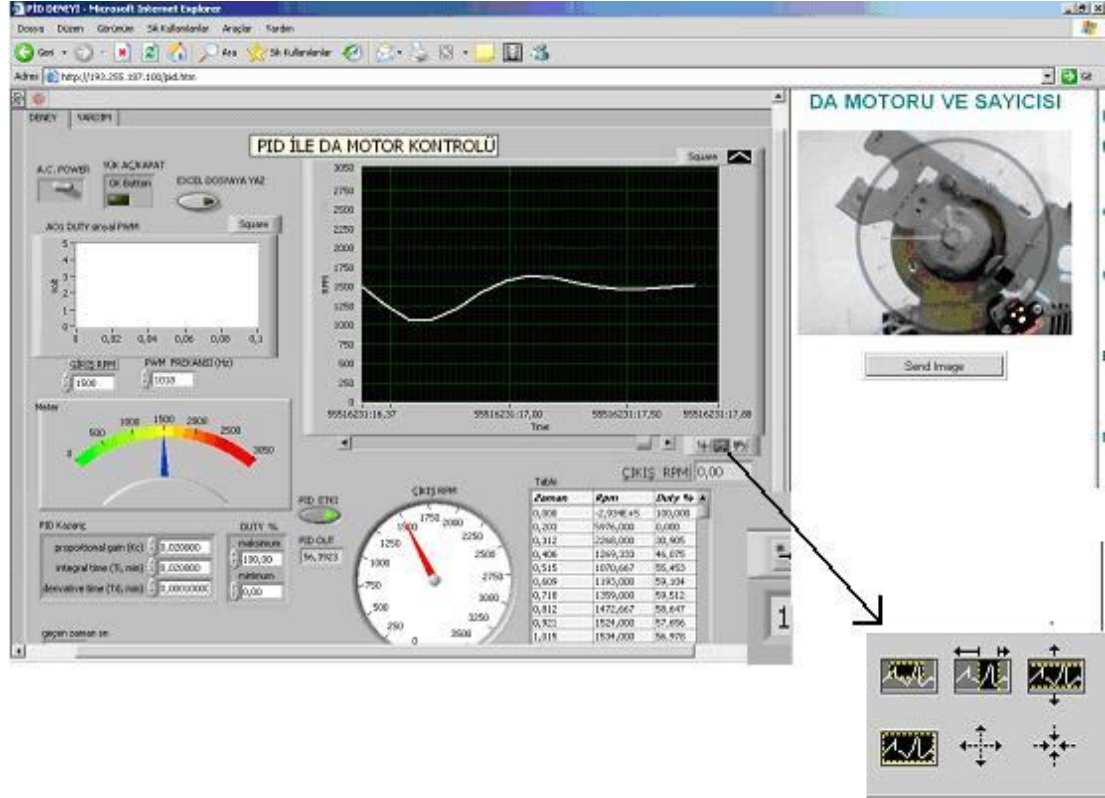
Şekil 4.38 Motorun 1500 dev/dak için hız cevabı PID (bozucu yok)

Şekil 4.39 'da gösterildiği gibi röle kontakları vasıtasıyla motor milini 2 sn süre ile bozucu etkilemektedir. 2 sn sonra, bozucu devreden çıkmaktadır. Böylece sistemin farklı hızlarda bozucuya karşı tepkisinin değişimi de incelenebilmektedir.



Şekil 4.39 Motorun 1500 dev/dak için hız cevabı PID (bozucu var)

Kullanıcı Şekil 4.40 'da gösterilen eğrinin sağ alt köşesindeki büyüteç simgesini tıklayarak, hız grafiğinde istenilen zaman aralığı seçilerek sadece o aralığın büyütülmüş halini inceleyebilir.

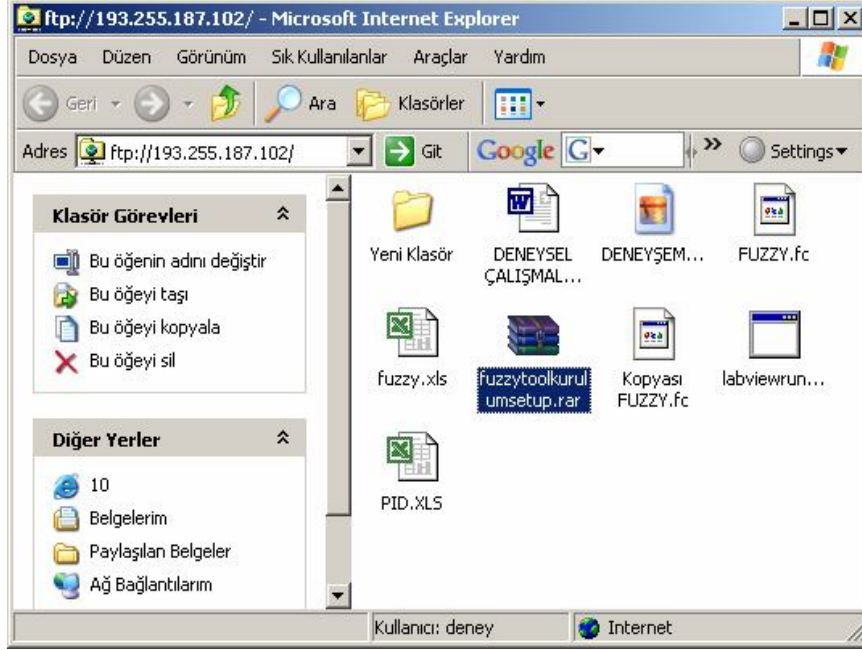


Şekil 4.40 Hız grafiğinin zaman aralığının büyüteç simgesi ile büyütülmüş hal

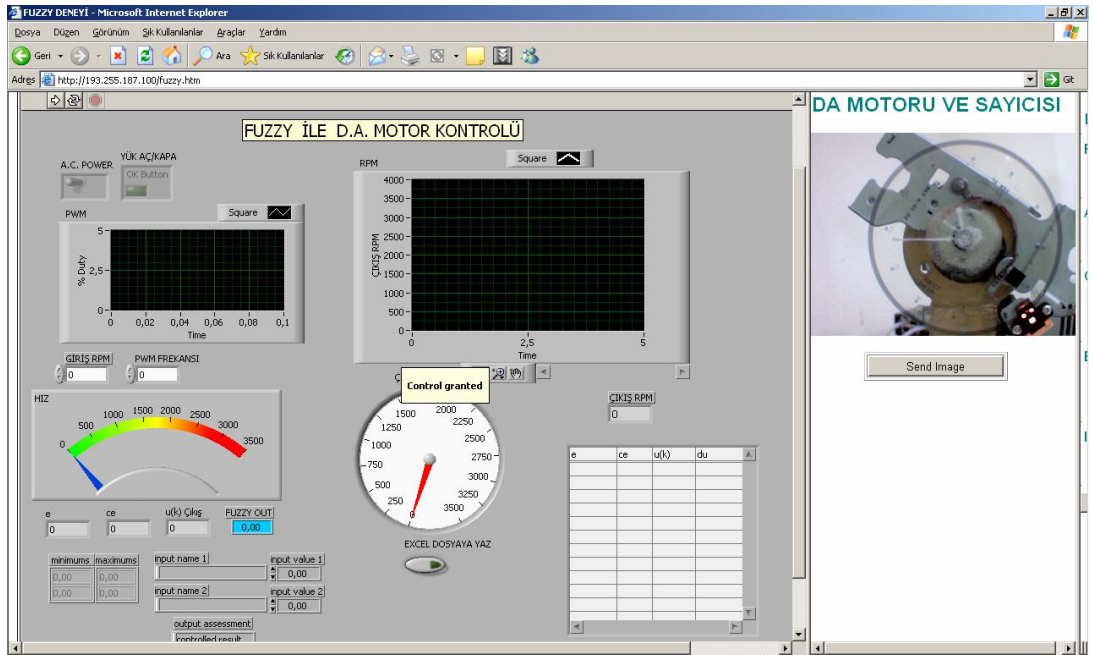
4.3.2 İnternet Üzerinden Bulanık Mantık Kontrol Deneyi

Bulanık mantık kontrol deneyinde, deneye başlanmadan önce Kullanıcının bilgisayarında LabVIEW ve Fuzzy–Logic Toolkit Programının kurulu olması gerekmektedir. Bu program internette paylaşım açılmış klasörün <ftp://deney:deney@193.255.187.102/> web adresinden indirilerek kullanıcının bilgisayarına yüklenebilir. Yüklenen program kullanıcının bilgisayarına kurularak gerekli düzenlemeler yapılabilir. Sunucuda paylaşım açılmış klasörde bulunan fuzzytool kurulum programı Şekil 4.41 'de gösterilmiştir.

Kullanıcı bilgisayarındaki bulanık mantık toolkit ile oluşturduğu “fc” uzantılı dosyayı fuzzy.fc dosyası olarak anabilgisayarın paylaşılmış klasörüne atarak deneyi çalıştırabilir. Sistem çalışmadan önceki web sayfası görüntüsü Şekil 4.42 'de gösterilmiştir.

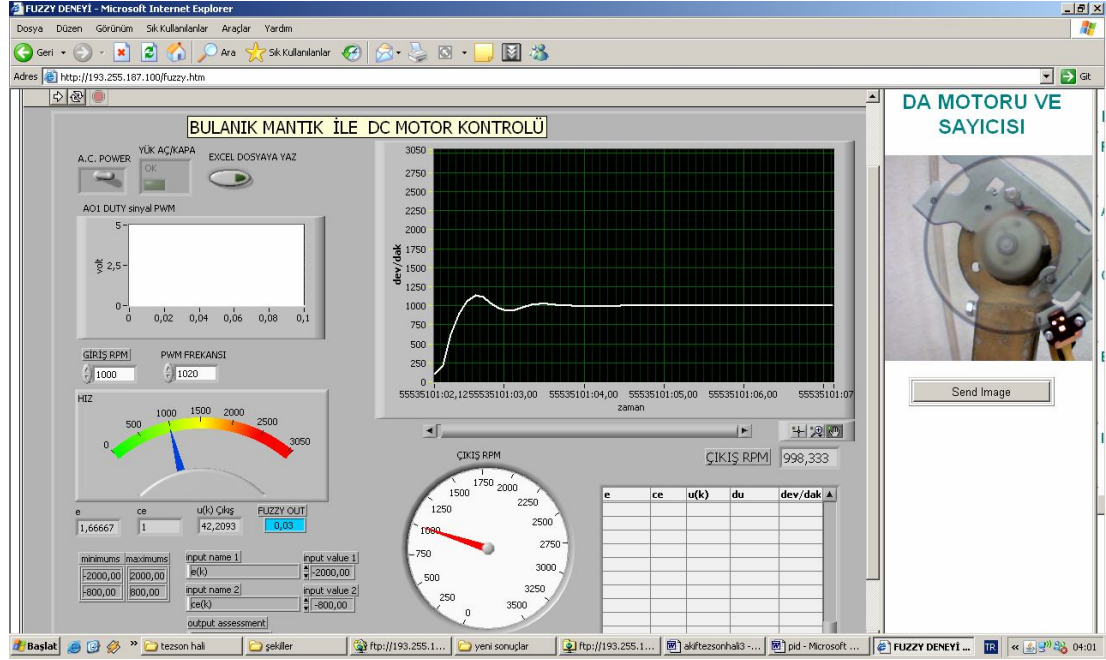


Şekil 4.41 Bulanık mantık toolkit programının bulunduğu klasör ekranı



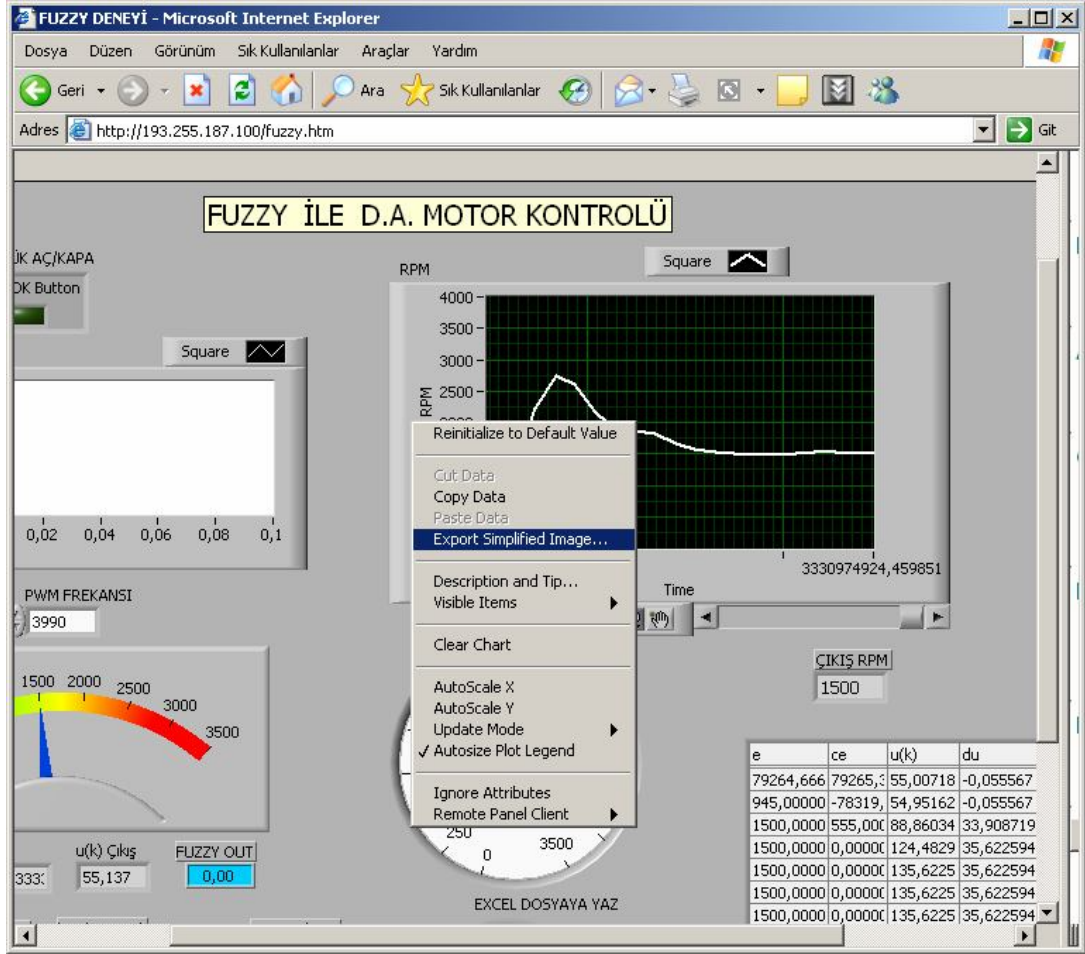
Şekil 4.42 Sistem çalıştırılmadan önceki internetten bağlantısı yapılmış görüntüsü (kurallar yüklü değil)

Fuzzy.fc dosyası anabilgisayara gönderildikten sonra deney çalıştırıldığında, dosya aktif hale gelmekte ve ekranda Şekil 4.43 'de gösterilen görüntü oluşmaktadır. Bu ekranda parametrelerin yüklendiği değerlerini görmek mümkündür.

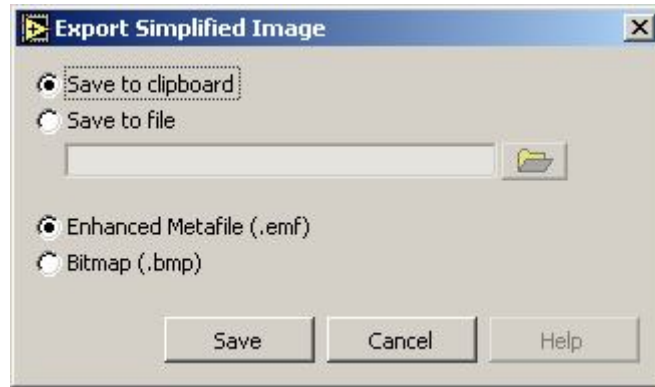


Şekil 4.43 Sistem çalışırken bulanık mantık kontrol ekranı (kurallar yüklü) ve ip kamera görüntüsü

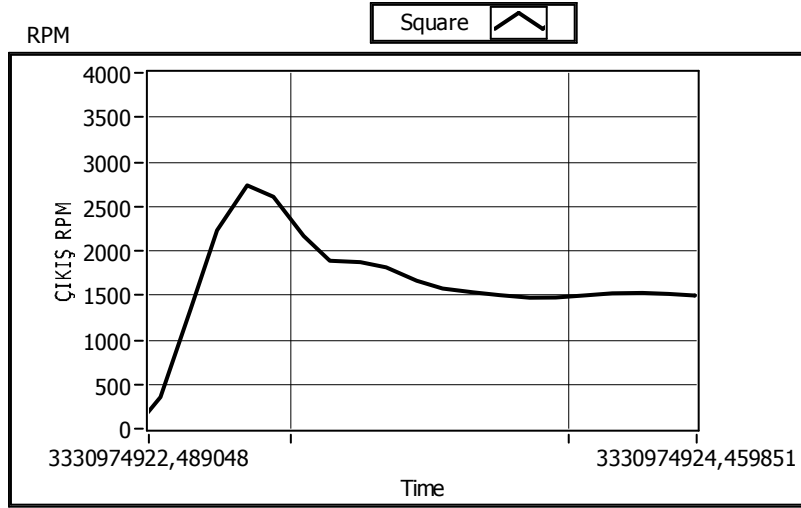
Şekil 4.43 'de gösterilen web sayfasındaki hız bilgisinin görüntüsünü Şekil 4.46 da grafiksel görüntüye dönüştürmek için, Şekil 4.44 'de gösterilen panelde grafik üzerinde mouse ile sağ tuşa basılarak "Export Simplified Image" seçeneğine basıldığında Şekil 4.45 'deki görüntü ekrana gelmektedir. Bu ekran üzerinde "save to file" düğmesine tıklanarak grafik kayıt edilebilir.



Şekil 4.44 Hız Grafiğinin üzerinde Mouse'un sağ tuşu ile gelen görüntü

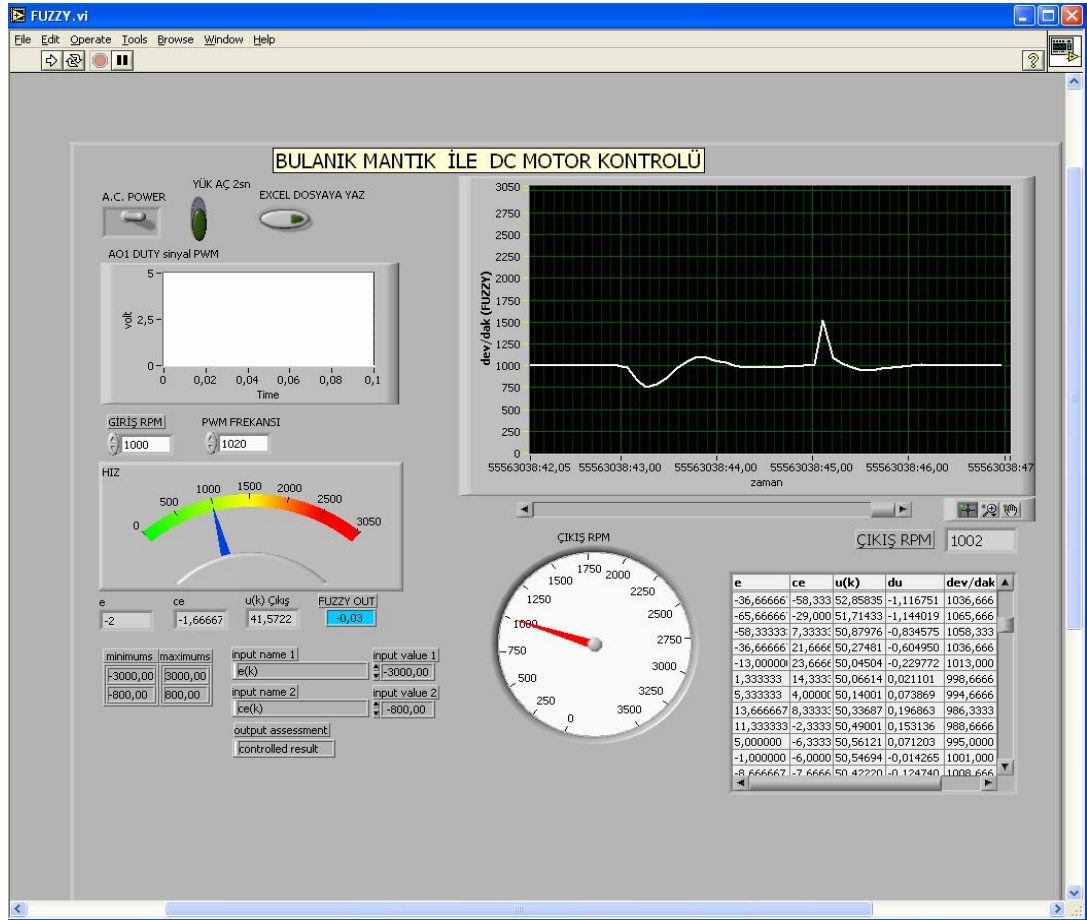


Şekil 4.45 Grafiğin kayıt edilmesi



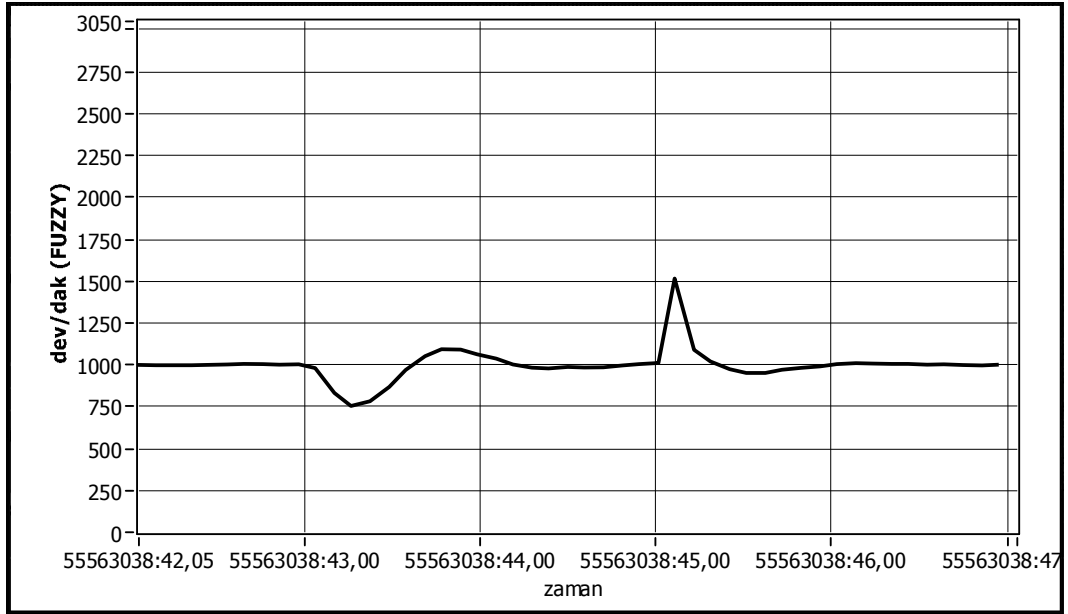
Şekil 4.46 Sistem cevabında kayıt edilen grafiğin çıktısı (bozucu yok)

Şekil 4.46 'daki grafik görüntüsünü diğer iki kontrol deneylerinde de almak mümkündür.



Şekil 4.47 Sisteme bozucu eklenmiş hali

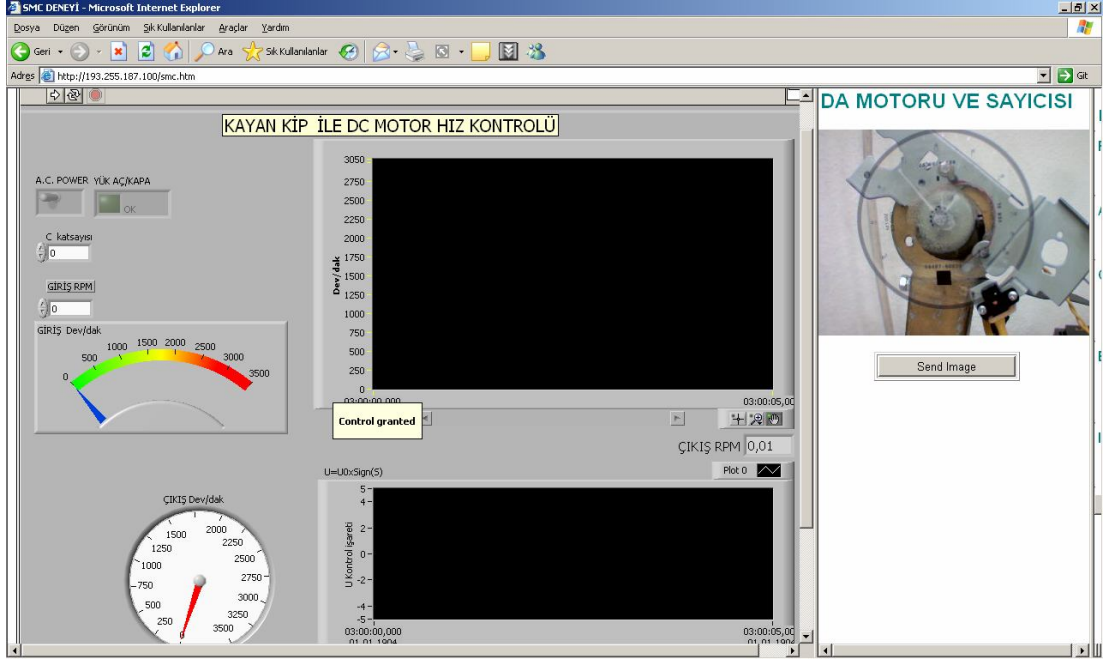
Bulanık mantık kontrol deneyinde motor 1500 dev/dak ile dönerken sisteme 2 sn süre ile röle kullanılarak bozucu girişi yapılmaktadır. Sistemin bozucuya karşı tepkisi ise Şekil 4.47 'de gösterilmiştir. Kullanıcı bu görüntü sayesinde sistemin performansını da değerlendirmektedir. Şekil 4.47 'deki grafik üzerinde sağ tuşla bu görüntünün grafiksel çizimi kaydedilerek Şekil 4.48 'deki görüntü elde edilebilmektedir.



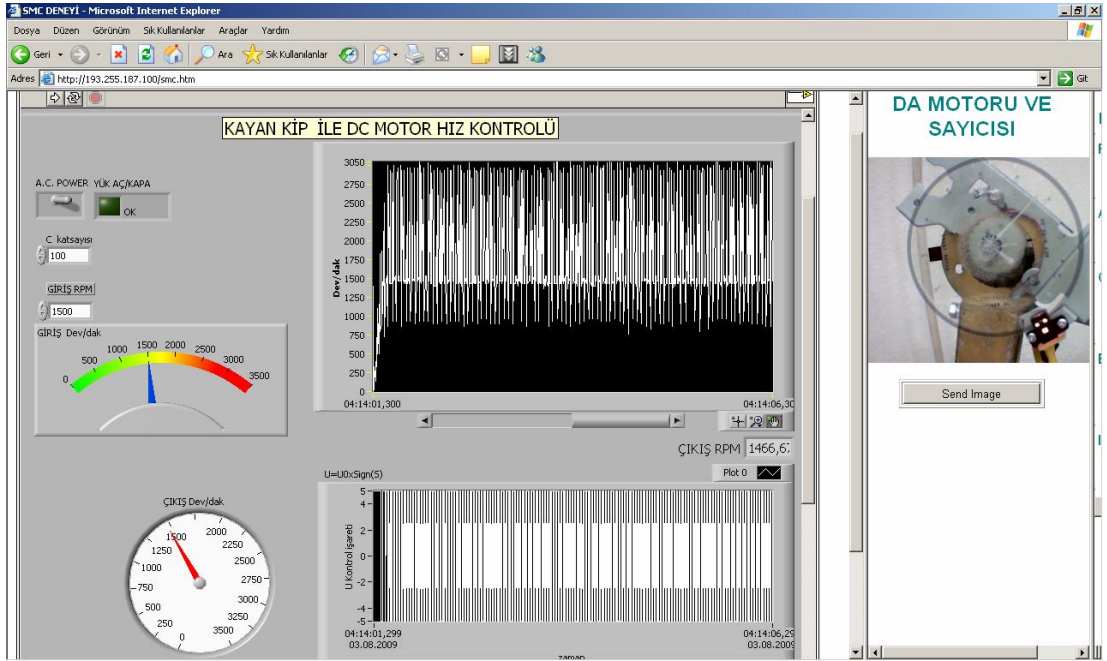
Şekil 4.48 Sistem cevabında kayıtlı edilen grafiğin çıktısı (bozucu var)

4.4.3 İnternet Üzerinden Kayan Kip Kontrol Deneyi

Kullanıcı internet üzerinden yapılacak deneyler listesinden “Kayan kip kontrol ile dc motorun hız kontrolü” nü seçtiğinde karşısına Şekil 4.49 'daki ekran görüntüsü gelmektedir. Kullanıcı ekranda “referans hız” ve “c” katsayısını internet üzerinden değiştirebilmektedir.

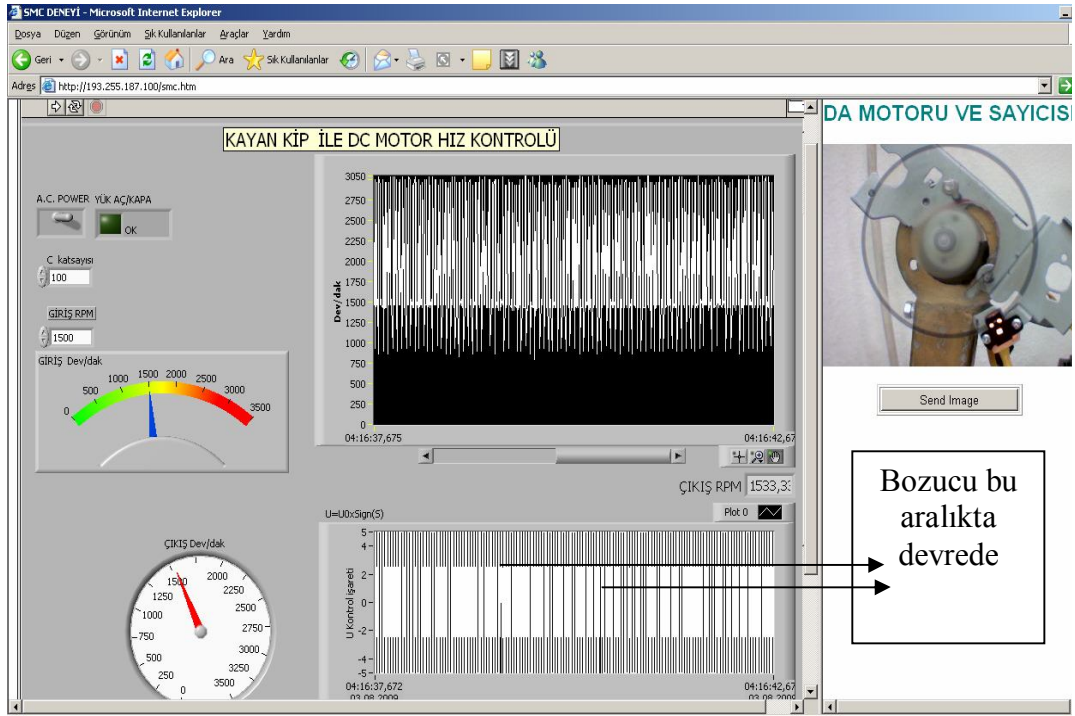


Şekil 4.49 Kayan kip kontrol deney görüntüsü



Şekil 4.50 1500 dev/dak için motorun hız cevabı (bozucu yok)

Sisteme röle vasıtasıyla bozucu eklendiğinde elde edilen sonuç Şekil 4.51 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.51 1500 dev/dak için motorun hız cevabı (bozucu var)

4.4 Deneysel Çalışmaların Karşılaştırılması

Bugün kullanılan geleneksel kontrol sistemlerinin çoğu geri besleme (feedback) üzerine kurulmuştur. Geri besleme, çıkıştan alınan işaretin istenen işaret ile karşılaştırılıp aradaki fark işaretini (error signal) çıkış işaretindeki hatayı düzeltecek şekilde sistem girişine uygulanması olarak tanımlanabilir. Geri besleme, bu tanımı ile insana algısal olarak uygulanması kolay gibi görünse de, uygulamada tam otomatik bir kontrol sisteminin geri besleme ile dizayn edilmesi karmaşık olmaktadır. Bunun başlıca nedeni kontrol mekanizmalarındaki (sensörler, aktivatörler gibi...) zaman gecikmeleridir.

Bir geri beslemeli otomatik kontrol sisteminde etkin bir kontrol için bir çok sistem parametresinin bilinmesi lazımdır. Fakat bu bahsedilen zaman gecikmesi yüzünden bu parametrelerin aynı anda bilinmesi her zaman

mümkün olmayabilir. Sistemde dışarıdan gelen olağandışı bir gürültü yüzünden ani bir değişiklik olduğunda, kontrol sistemi kontrol edilen sistemin çıkışlarını mümkün olduğu kadar çabuk düzeltmektedir. Fakat eğer sistem çok kuvvetli olarak bu ani değişikliğe cevap verirse, sistem davranışının kararsız olma ihtimali yükselir. Bu gibi problemler yüzünden sadece basit bir geri besleme ile etkin bir tam otomatik kontrol sistemi gerçekleştirmek mümkün olmayabilir. Fakat, günümüz kontrol teorisi bu problemlere bir takım çareler bulmuştur. Birisi geleneksel kontrolde dizayn ve ayarlama yöntemlerinin tamamen gelişmiş matematiksel modellemelere dayandırılmasıdır. İkinci olarak, PID kontrol sistemlerinin geliştirilmesidir [44].

Bulanık kontrole bakıldığında tamamına yakın örneklerde geri besleme yapısı üzerinde kurulduğu görülmektedir. Ayrıca bulanık kontrolde geleneksel kontrol kuramındaki PID geri besleme yapısı da kullanılabilir. Bu özellikler bulanık kontrol teorisine geleneksel kontrolün bazı güzel ve gelişmiş taraflarını alma imkanını vermektedir. Geleneksel kontrolde doğrusal olmayan kontrol sistemleri ileri bir konu olarak düşünülmektedir. Fakat bu düşünce bulanık kontrol için geçerli değildir. Bulanık kontrol değişkenler arasında karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkilerde bile aynı mantığa sahiptir ve pratik olarak uygulaması nispeten daha kolaydır.

Bulanık mantık kontrolörünün normal PID kontrolörlere karşı bazı avantajları vardır. Bulanık mantık kontrolörler ilgili sensör verilerinin zayıflamasına ve bozunumuna karşı daha kuvvetlidirler ve sistem parametrelerinin değişmesine karşı tekrar dizayn etmeyi gerektirmezler. Doğrusal olmayan kontrolde de normal PID'e göre performansları daha yüksektir. Bulanık mantık kontrolörlerin dizaynı PID kontrol sistemlerine göre daha kolaydır ve az elektronik eleman gerektirir. Bu yüzden maliyetleri de düşüktür. Bu sebeple de PID kontrolünün rahatça kullanıldığı yerlerde bile Bulanık mantık kullanılması yaygınlaşmıştır. Bulanık mantığın en iyi uygulama alanları doğrusal olmayan, tam olarak bir matematiksel model ile

tanımlanamayan zamanla değişen sistemlerdir. Bulanık mantık kontrolün avantaj ve dezavantajlarını maddeler halinde sıralayabiliriz.

Avantajları;

1. Klasik kontrolörler (denetleyiciler) kontrol sürecinin matematiksel modeline ihtiyaç duyar. Bulanık denetleyicilerde sürecin matematiksel modeline gerek yoktur.

2. Klasik denetleyicilerde süreç değişkenlerinin ölçümleri kesin ve doğru olmalıdır. Bulanık denetleyici kesin olmayan bilgileri kullanabilir.

3. Bulanık denetleyiciler, klasik denetleyicilere göre daha hızlıdır.

Dezavantajları;

1. Bulanık kontrolde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır. Bu durum sistemi yeterince tanımayan birinin yazacağı kurallar ile bulanık mantık kontrol sistemi istenen şekilde kontrol etmesini zorlaştırır.

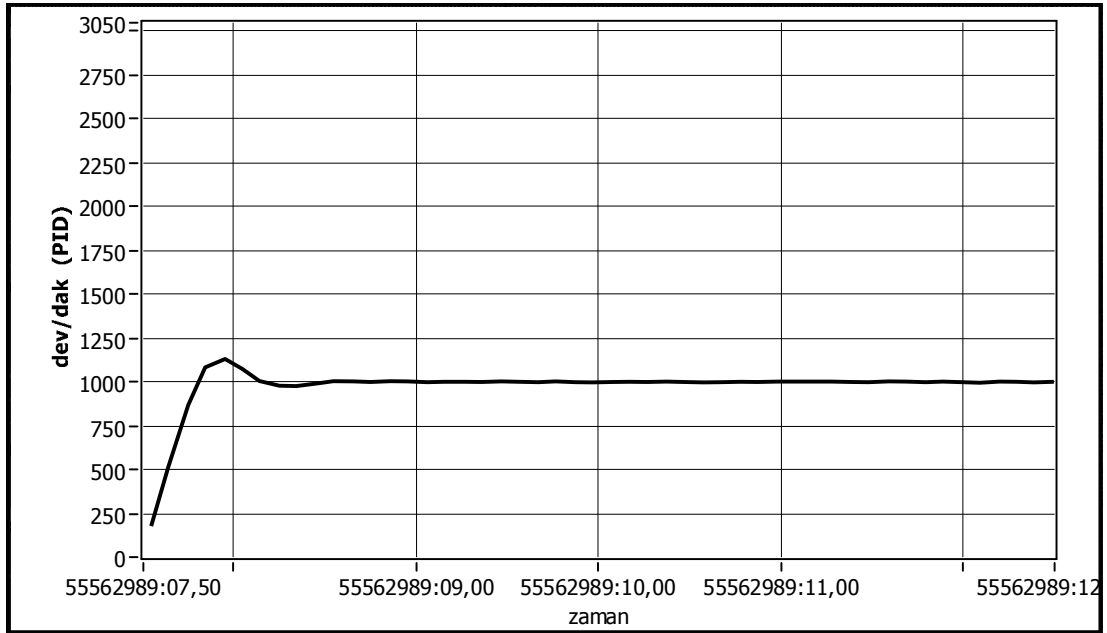
2. Üyelik işlevlerinin seçiminde kesin bir yöntem yoktur. En uygun işlev deneme ile elde edilebilir. Bu da fazla zaman kaybına neden olur ve sağlam bir kontrolör gerçekleştirilmesini geciktirir.

3. Yazılan kurallar ile sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz. Sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılabilecek tek şey benzetim çalışmasıdır.

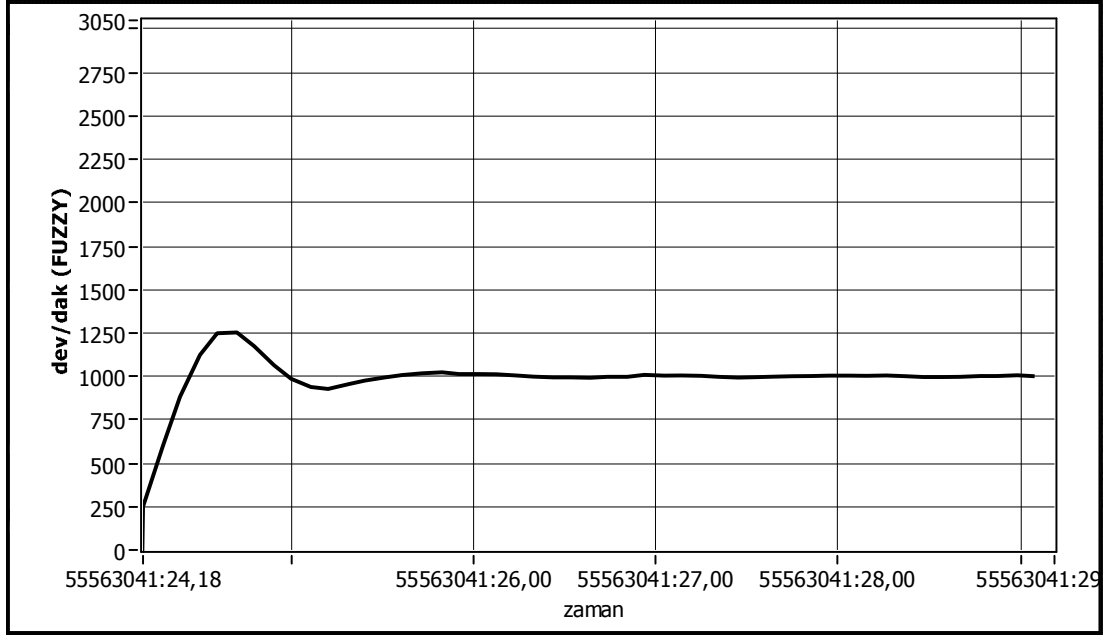
4. Bulanık denetleyici kontrol için uzman deneyimlerine ihtiyaç duyar.

Klasik kayan kip kontrol röle mantığına göre çalışmaktadır. Teorikte sonsuz olarak gerçekleştirilebilecek olan anahtarlama sayısı, elektronik ve elektromekanik sistemlerin dinamik yapısı nedeniyle sonsuz olamamaktadır. Bu nedenle anahtarlama sürecinde yavaşlamalar olmaktadır. Sisteme maksimum kontrol işareti uygulandığında sistemin dinamik tepkisi de hızlı olmaktadır. Klasik kayan kip kontrolde kullanılan kontrol işaretin matematiksel eşdeğeri signum fonksiyonuna karşılık gelmektedir. Bu yüzden

kayma yüzeyinin durumuna bağlı olarak motora +maksimum ve – maksimum gerilimleri uygulanmaktadır. Gerilimin sisteme zıt yönlü ve maksimum olarak uygulanması sistemde çatırtılara (Chattering) neden olmaktadır. Oluşan bu çatırtılar sistemin dinamik yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Kayan kip kontrol, PID ve Bulanık Mantığa göre daha hızlı olmasına karşılık, çatırtı nedeniyle dezavantajlı bir konuma sahiptir. Çatırtı giderme yöntemlerinden biri kullanılarak kayan kip kontrolün bu dezavantajlı durumu ortadan kaldırılmaktadır. Literatürde oluşan bu çatırtıların giderilmesine yönelik pek çok çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam etmektedir. Bunlardan bazıları; alçak geçiren filtre kullanmak, signum fonksiyonu yerine saturasyon fonksiyonu kullanmak yada bulanık mantıkla sınır tabaka oluşturmak şeklinde sayılabilir. Fakat çatırtı gidermeye yönelik oluşturulan bu sınır tabaka içerisinde kayan kipi belirgin bir özelliği olan dayanıklılık kaybolmaktadır.



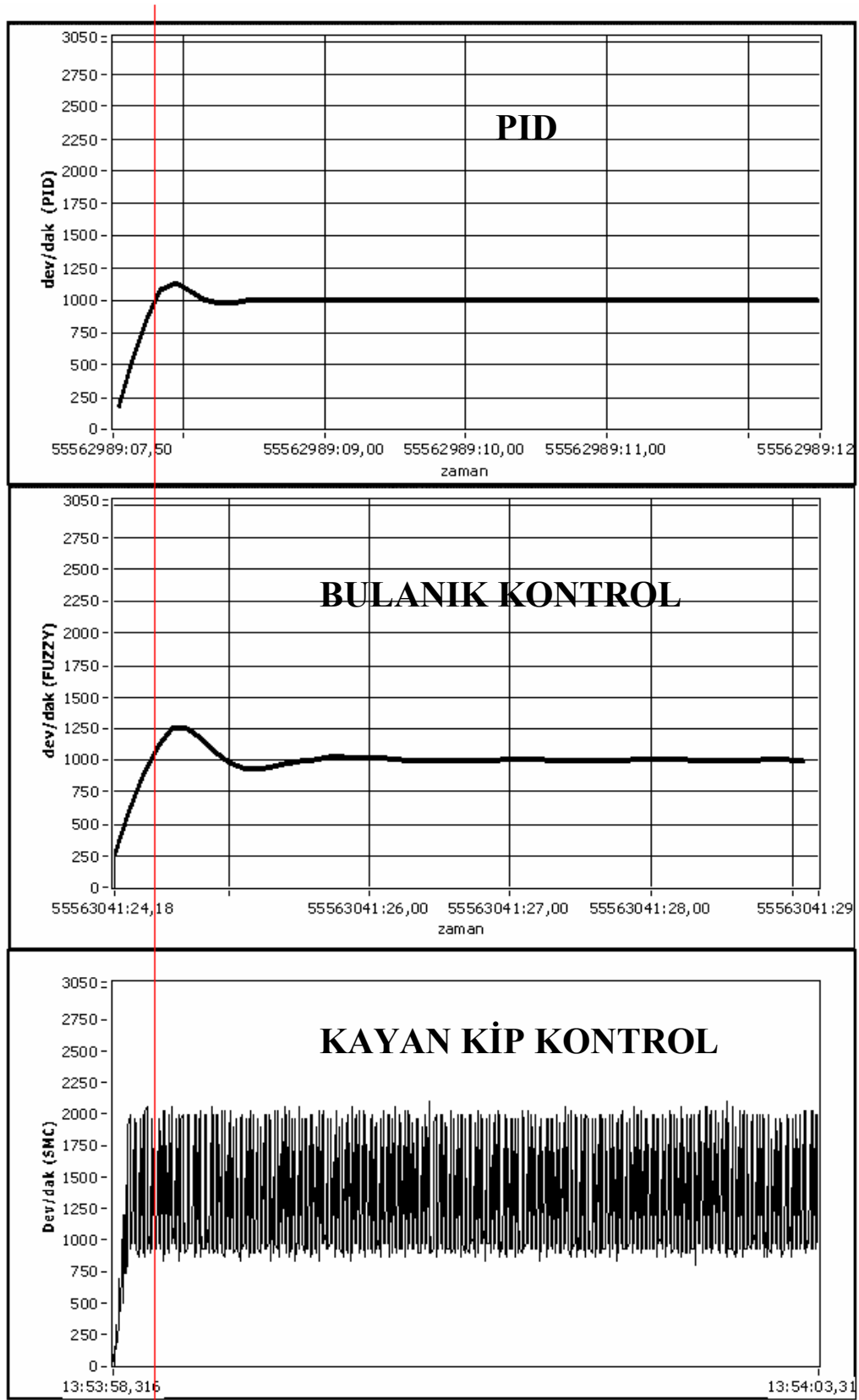
Şekil 4.52 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için PID kontrol cevabı (bozucu yok)



Şekil 4.53 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için Bulanık Mantık Kontrol cevabı (bozucu yok)



Şekil 4.54 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için Kayan Kip Kontrol cevabı (bozucu yok)

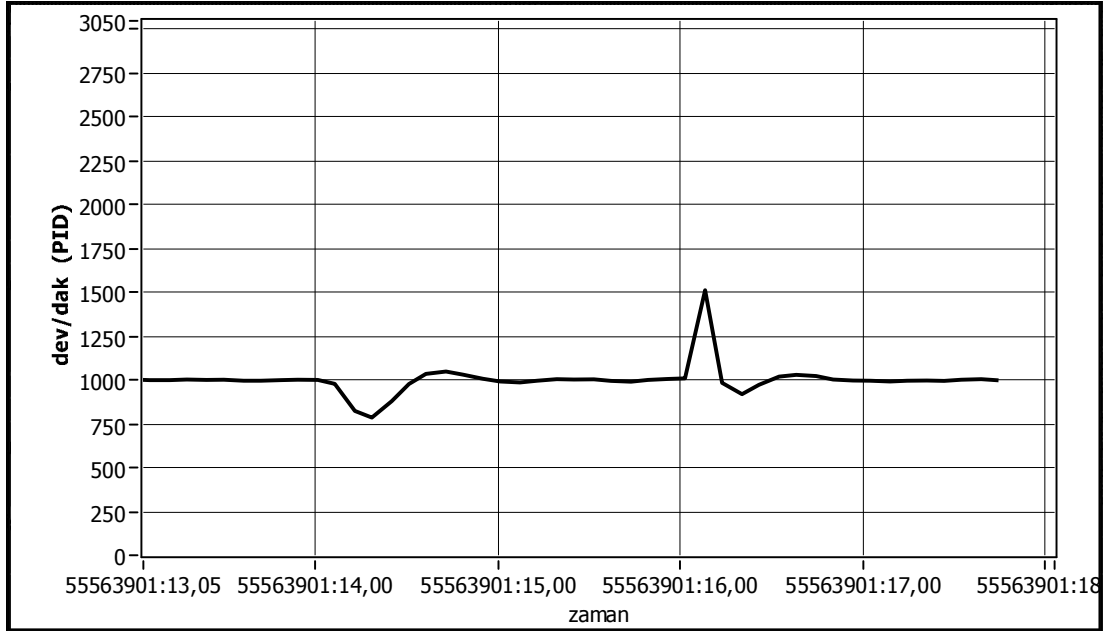


x

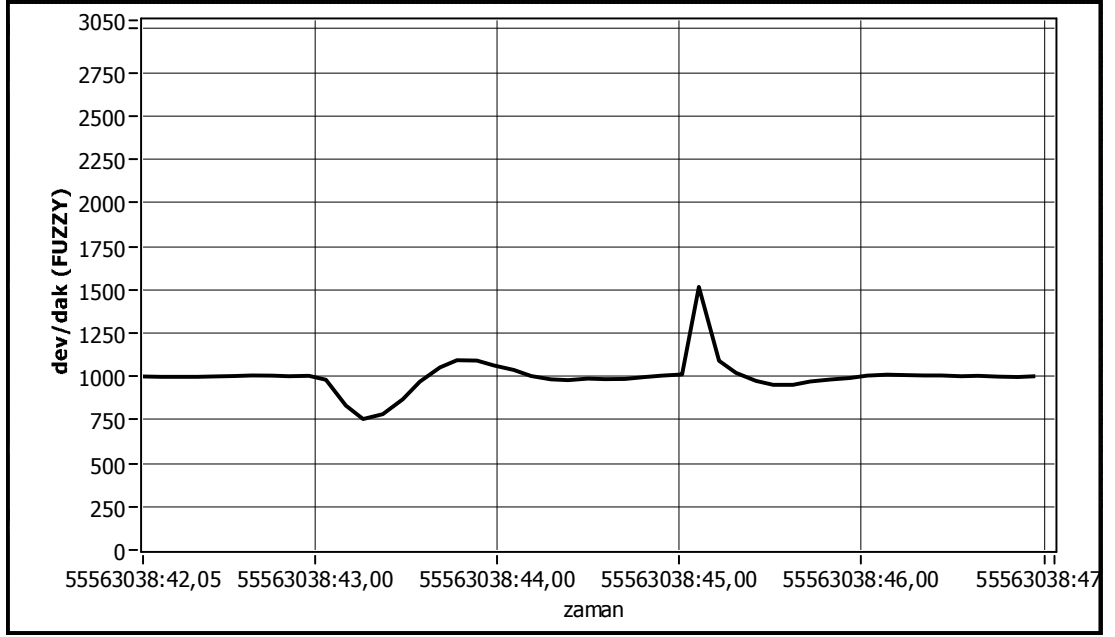
Şekil 4.55 Üç kontrol yönteminin karşılaştırılması (bozucu yok)

Şekil 4.52, 4.53 ve 4.54 'de görüldüğü gibi , devrede bozucu yokken, motorun 1000 dev/dak 'lık hızı için elde edilen grafikler incelendiğinde; oturma zamanının kayan kip kontrolde daha iyi olduğu (kayan kip kontrolde istenen hıza ulaşma süresi 110 ms olarak ölçülmüştür), maksimum aşım noktasında PID kontrolün daha iyi olduğu ve sürekli hal hatasının ise PID kontrolde daha iyi olduğu görülmektedir. Bu durum Şekil 4.55 'de gösterilmiştir. Kıyaslama işlemi x noktasına göre yapılmıştır.

Sisteme 2 sn bozucu eklenmesi durumunda, üç yöntem için elde edilen sonuçlar Şekil 4.56, 4.57 ve 4.58 'de verilmiştir.



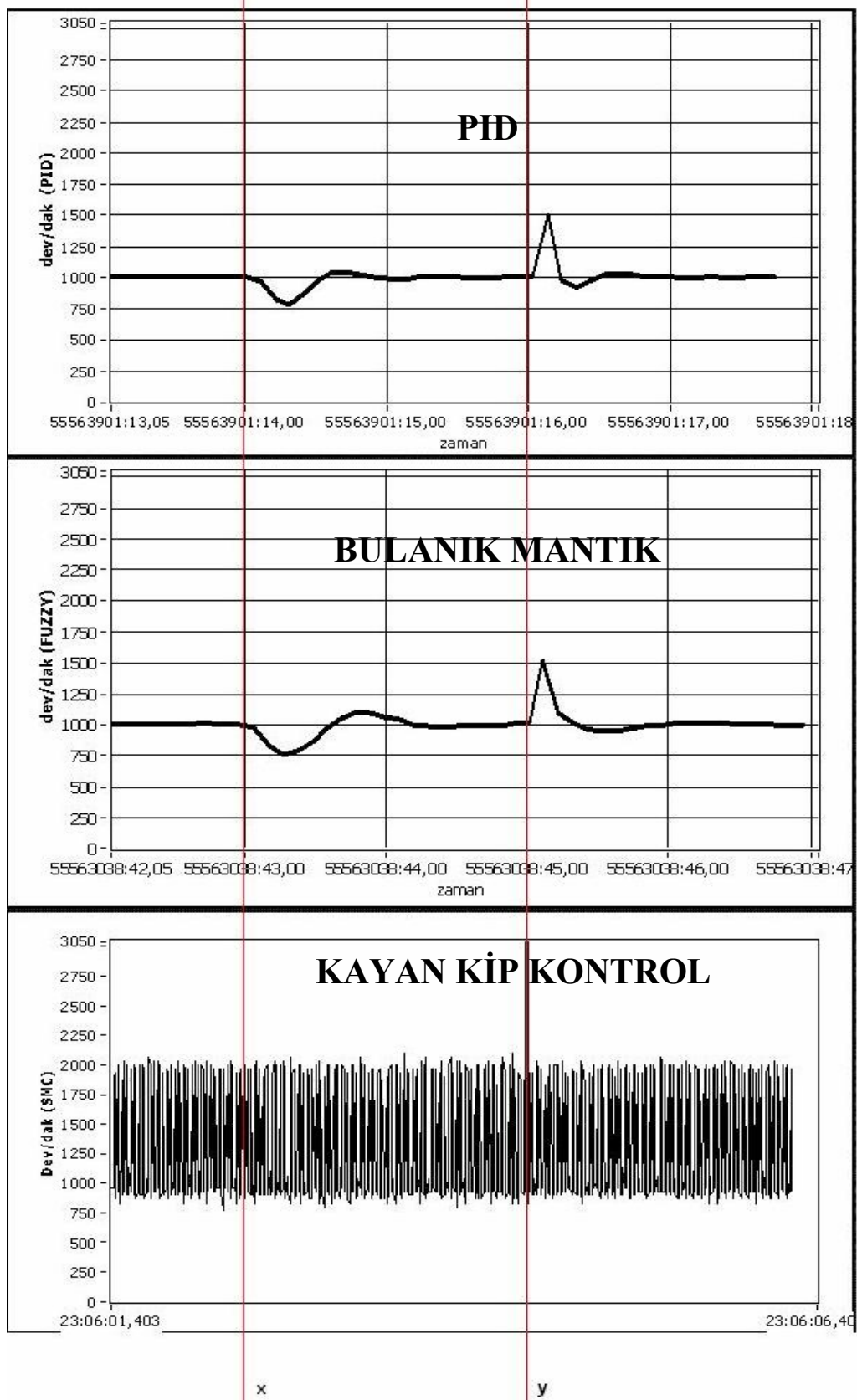
Şekil 4.56 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için PID Kontrol cevabı (bozucu var)



Şekil 4.57 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için Bulanık Mantık Kontrol cevabı (bozucu var)



Şekil 4.58 Motorun 1000 dev/dak referans hızı için Kayan Kip Kontrol cevabı (bozucu var)



Şekil 4.59 Üç kontrol yönteminin karşılaştırılması (x: bozucu devrede, y:bozucu devredışı)

Şekil 4.56, 4.57 ve 4.58 'deki grafikler incelendiğinde, sistemi 2 sn süre ile bozucunun girip çıkması sonucu elde edilen sonuçlara göre; kayan kip kontrolörün bozucuya karşı daha dayanıklı olduğu söylenebilir. Kayan kip kontrolde 15 ms 'de toparlanma görülmekte, diğer kontrollerde bu süre 1 sn 'ye kadar çıkmaktadır. Bu durum Şekil 4.59 'de görülmektedir. Kayan kip kontrol yönteminde diğer iki yöntemden farklı olarak pwm sinyal yerine sayısal sinyal ile kontrol yapılmış olması diğer yöntemlere göre daha hızlı sonuçlar alınmasına etkisi olmuştur. Kayan kip kontrol diğer iki kontrol yöntemine göre daha başarılıdır. Bu yüzden literatürde, Kayan Kip Kontrol için sistem parametre değişimlerine ve bozuculara karşı dayanıklılık özelliği vardır denmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişen teknolojiye bağlı olarak, eğitim araç ve gereçleri, deney setleri ve düzenekleri de hızla gelişmektedir. Buna paralel olarak yeni geliştirilen deney setlerinin fiyatlarında da artış olmaktadır. Gerek deney düzeneklerinin pahalı olması veya bazı laboratuarlarda bulunmaması, gerekse mevcut deney düzeneklerinin sürekli olarak kullanılmaması nedeniyle birçok ürün ve malzeme okullarda atıl olarak bulundurulmakta veya bazı deney düzeneklerinin bulunmaması nedeniyle deneyler yapılamamaktadır.

İnternet üzerinden yapılan bu çalışmanın amacı diğer meslek kollarındaki veya değişik deney düzeneklerinin birçok kullanıcı ile paylaşılmasını sağlamaktır. Bu yüzden atıl vaziyette olan güç kaynağı ve yazıcılardan çıkarılan dc motoru ve enkoder gibi ürünlerle deney seti oluşturulmuş ve bu deney seti internet üzerinden kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. Eğitim amaçlı olarak hazırlanan web sitesi vasıtasıyla kullanıcıya kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılan PID, bulanık mantık kontrol ve kayan kip kontrol yöntemleri öğretilmektedir. Bu uygulama pahalı ve bulundurulması zor olan deney setleri için kullanıldığında daha verimli ve ekonomik olmaktadır.

Kullanıcının WEB sitesi üzerinden deney setine erişmesi kullanıcıya verilecek şifre vasıtasıyla yapılabilmektedir. Kullanıcı WEB sayfasına girerek PID, Bulanık Mantık ve Kayan Kip Kontrol uygulamalarından birini seçerek DC motorun hız kontrolünü gerçekleştirebilmektedir. Kullanıcı isterse hız bilgisini kendi bilgisayar ekranında grafiksel olarak izleyebilmekte veya bu bilgileri EXCEL dosyası olarak ana bilgisayar üzerinden kendi bilgisayarına aktarabilmektedir. Daha sonra bu bilgileri istediği şekilde grafiğe dönüştürebilmekte ve analiz yapabilmektedir.

Kullanıcının WEB ana sayfasındaki kontrol yöntemlerinden PID kontrolörü seçmesi durumunda, kullanıcı bilgisayarında P, I ve D katsayılarını

değiştirebileceği bir ekran gözükmektedir. Kullanıcı bu ekran üzerinden bu katsayıları on-line ve off-line olarak değiştirme yetkisine sahiptir. Kullanıcı bu ekranda P, I ve D katsayılarından birini veya birkaçını değiştirerek sistem üzerindeki etkisini inceleyebilmektedir. Bu düzene kullanılarak, kontrol veya benzeri derslerde; P, PI, PD ve PID kontrol teorisinin pratik uygulamadaki benzer ve farklılıkları incelenebilmektedir. Bu sistemin ders işleme anında kullanılmasıyla eğiticinin dersi anlatması kolaylaşacak, eğitim alanların ise dersi daha iyi anlaması sağlanmış olacaktır.

Kullanıcının WEB sayfasından Bulanık Mantık Kontrol ile ilgili kısmı seçmesi durumunda ise kullanıcının karşısına Bulanık Mantık ile ilgili ekran gelmektedir. Kullanıcı bu ekran üzerinde kendi oluşturacağı kural tabanlarla motorun hız kontrolünü yapabilmektedir. Kullanıcı kural tabanların uzman bilgisi gerektirdiğini kuralları değiştirerek görebilmektedir. Kullanıcı rasgele seçilen kuralların daha kötü sonuç verdiğini, kuralların değiştirilip denenerek daha iyi sonuca gidildiğini kendi bilgisayar ekranındaki motor hız bilgisinden görebilmektedir.

WEB ana sayfasındaki Kayan Kip Kontrol uygulamasının seçilmesi durumunda ise, kullanıcı bilgisayar ekranında kayan kipte sistemin dinamik davranışını etkileyen C katsayı gelmektedir. Kullanıcı C katsayısını değiştirerek sistemin davranışını ve çarptı olayını ekranda görebilmektedir.

Hazırlanan deney düzeneğinde, sisteme bozucu bir etki oluşturmak için elektronik röle kullanılmıştır. Kontrolörlerin yüke karşı performanslarını incelemek için bu yük internet üzerinden kullanıcının isteğine bağlı olarak devreye alınmakta ve 2 sn sonra devreden çıkmaktadır. Böylece sisteme etkileyen bir bozucunun ne anlama geldiği, motoru fiziksel olarak nasıl etkilediği, kontrolörün bozucu etkisini nasıl giderdiğini, bozucunun devreden çıkması durumunda kontrolörün nasıl tepki verdiği ve sistemi referans değerinde nasıl tuttuğu ve salınımların nasıl oluştuğu kullanıcı tarafından izlenmekte ve daha iyi anlaşılabilir.

Sistemin elektro-mekanik donanımın bir tane olması nedeniyle deney seti aynı anda yalnızca bir kişi tarafından kullanılabilir. Sistem deneysel amaçlı olduğu için bir motor kullanılmıştır. Bu da tasarlanan sistemin dezavantajı olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bir kullanıcının girip deney setini uzun süre meşgul etme durumu söz konusu olmaktadır. Kullanıcıların uzun süre deney düzeneğini meşgul etmemesi için sistem WEB tasarımcı tarafından belirlenen bir süre sonunda kullanıcıyı otomatik olarak sistem dışı bırakmaktadır. Bu dezavantaj elektro-mekanik sistemin fazlalaştırılmasıyla ortadan kaldırılabilir. Aynı anda daha fazla kullanıcıya hizmet verilebilir.

Yapılan çalışmada yenilikler ; Deneyin enerjilendirilmesi internet üzerinden yapılabilen, bozucu devreye istendiği anda girebilme, üç kontrol yönteminin de aynı devre üzerinde gerçekleştirilebilmesidir.

Sonuç olarak yapılan çalışmanın üniversite kapsamı alanında yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi hem öğrenci hem de öğretici açısından çok faydalı olacaktır. Akademik düzeyde yapılan çalışmaların üniversite merkez araştırma laboratuvarında kurulması ve tüm araştırmacılara açılması hem ekonomik hem de bilgilerin paylaşılması açısından daha faydalı olacaktır. .

Bu tezde yapılan internet üzerinde kontrol yöntemlerinin karşılaştırılması deneyinden hareketle farklı deneylerinde internet üzerinden yapılması üniversite kapsamı alanında yaygınlaştırılabilir ve geliştirilebilir. Bu şekilde eğitim ve akademik çalışmaların kalitesi artırılabilir.

Yapılan bu çalışmanın gelecekte yapılacak olan uzaktan eğitim çalışmalarına ışık tutacağı ümit edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Ko, C.C., Chen, B.M., Chen, S.H., Ramakrishnan, V., Chen, R., Hu, S.Y., Zhuang, Y., "A large scale web based virtual oscilloscope laboratory experiment", *Engineering Science and Education Journal*, (2000), 69-76.
- [2] Zhang, S., Zhu, S., Lin, Q., Xu, Z., Ying, S.: "NETLAB-An Internet Based Laboratory For Electrical Engineering Education", *Journal of Zhejiang University Science*, (2004), 393-398.
- [3] Alamo, J.A., Brooks, L., McLean, C., Hardison, J.: "The MIT Microelectronics WebLab: a Web-Enabled Remote Laboratory for Microelectronic Device Characterization", *2002 World Congress on Networked Learning in a Global Environment* 77 Massachusetts Ave., Rm. 39-415, Cambridge, MA 02139, (2001)
- [4] Ko, C.C., Ben, M.C., Jianping, C., Yuan, Z., Kay, C.T., "Development of a web based laboratory for control experiments on a coupled tank apparatus", *IEEE Transactions on Education*, (2001), 76-86.
- [5] Lee, H., Park, S., Yuk, K.: "Remote Control Laboratory for Physics Experiments Via the Internet", *Journal of the Korean Physical Society*, Vol. 41, No. 5, (2002), 638-642
- [6] Kutlu Akif, Taşdelen Kubilay, Küçüksille Ecir Uğur, "8051 Mikrodenetleyicisi İçin İnternet Tabanlı Laboratuar Tasarımı", *4. International Advanced Technologies Symposium*, Konya, (2005), 306-308.
- [7] Yeung, K., Huang, J., "Development of a remote access laboratory: a dc motor control experiment", *Computers in Industry*, Vol.52 (3): (2003), 305-311.
- [8] Chen, S.H., Chen, R., Ramakrishnan, V., Hu, S.Y., Zhuang, Y., Ko, C.C., Chen, B.M., "Development of remote laboratory experimentation through internet", *Proceedings of the 1999 IEEE Hong Kong Symposium on Robotics and Control*, Hong Kong, (1999), 756-760.
- [9] Gustavsson, I., "Remote laboratory experiments in electrical engineering education", *Proceedings of the 4th. IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems*, Aruba, (2002),1-5.
- [10] Turan, A., Bogosyan, S., Gokasan, M., "Development of a client-server

communication method for MATLAB/Simulink based remote robotics experiments”, *Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Montreal, Quebec, Canada, (2006), 3201-3206.

- [11] Leiner, R., “Tele-experiments via internet a new approach for distance education”, *11th. Mediterranean Electrotechnical Conference*, Egypt, (2002), 538-541.
- [12] Lin, P.I., Broberg, H., Mon, A., “A web-based lab for distance learning”, *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference*, Montreal, (2002), 10161-10172.
- [13] Corradini, M.L., Ippoliti, G., Leo, T., Longhi, S., “An internet based laboratory for control education”, *Proceedings of the 40th. IEEE Conference on Decision and Control*, Orlando, (2001), 2833-2838.
- [14] Keyhani, A., Marwali, M.N., Higuera, L.E., Athalye, G., Baumgartner, G., “An integrated virtual learning system for the development of motor drive systems”, *IEEE Transactions on Power Systems*, 17(1): (2002), 1-6.
- [15] Asumadu, J.A., Tanner, R., Fitzmaurice, J., Kelly, M., Ogunleye, H., Belter, J., Koh, S.C., “A web-based electrical and electronics remote wiring and measurement laboratory (*RwmLAB*) instrument”, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 54(1): (2005), 38-44.
- [16] Von Borstel, F.D., Ponce, B.A., Gordillo, J.L., “Mobile robotics virtual laboratory over the Internet”, *Proceedings of the 4th Mexican International Conference on Computer Science*, Mexico, (2003), 308-313
- [17] Avrupa uzaktan radyo laboratuvarı: <http://errlmoddle.atilim.edu.tr> (2009)
- [18] Sarıoğlu, M.K., “Otomatik Kontrol I-II” İtü Baskı Atelyesi, İstanbul, (1985) 2-12,199.
- [19] Çolakoğlu, İ., “Süreç Kontrol “ Ders Notları , Mersin Ün. , (2007), 70-84.
- [20] Erdoğan, M.E., “Bir Sistemin Öz Uyarlamalı Bulanık Pıd Kontrolör İle Kontrolü” Yüksek Lisans Tezi, İTÜ. F.B.E., (2006), 4-11.
- [21] Atmaca H. ve Bulut M., “Bulanık Mantık Denetleyiciler Ve Uygulamaları”, Kara Harp Okulu Öğretim Başkanlığı, 1.Sistem

Mühendisliği ve Savunma Uygulamaları Sempozyumu, Ankara (1995)

- [22] King P.J., Mamdani, E.H., "The Applications of Fuzzy Control Systems to Industrial Processes", *Automatica*, vol.3, (1977), 235-242.
- [23] Kruse,R., Nauck, D., " Learning Methods For Fuzzy Systems", *Proc. 3rd German GI-Workshop Neuro-Fuzzy Systems*, Germany (1995)
- [24] Bulut, M., "Doğru Akım Motorunun Genetik Algoritmalar Yardımıyla Bilgisayar Temelli PI-Tip Bulanık Mantık Kontrolü", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, F.B.E. (2001)
- [25] Sugeno, M., "Industrial Applications of Fuzzy Control ", *Elsevier Science Pub.*, (1985)
- [26] Güvenç, U., Sönmez, Y., Biroğlu, S., "Bulanık Mantık Denetimli DA-DA Çeviricileri için Geliştirilen Bir Eğitim Seti " *Politeknik Dergisi, Journal of Polytechnic*, Ankara Cilt:10 Sayı: 4, (2007), 339-346.
- [27] Zadeh, L.A., "Fuzzy Sets As A Basis For A Theory Of Possibility", (1978), 3-10.
- [28] Şen, Z., "Mühendislikte Bulanık(Fuzzy) Modelleme İlkeleri" Ders Notları, İstanbul, (1999), 1-30.
- [29] Utkin, V.I., "Sliding Modes in Control Optimization", Springer-Verlag (1981)
- [30] Şahin, C., "Asenkron Motorlar için Algılayıcısız Akı Gözlemleyicisi ve Kontrolü", Doktora Tezi, İTÜ F.B.E. (1997)
- [31] Young, K.D., "Controller Design for a Manipulator Using Theory of Variable Structure Systems", *IEEE Trans. on Sys. Man and Cyb.*, Vol.SMC-8, (1978), 210-218.
- [32] Demirtaş, M., "Alan Yönlendirmeli Asenkron Motorun Bulanık Kayan Kip ve Genetik Kayan Kip Konum Kontrolü", Yıldız Teknik Üniversitesi, F.B.E., Doktora Tezi, (2002)
- [33] Astrom, K.J., Wittenmark, B., "Adaptive Control", *Addison-Wesley Pub* (1989)

- [34] Sabanovic, A., "Chattering Free Sliding Modes, First Turkish Automatic Control", April, Istanbul. (1994)
- [35] Holtz, J., "The Induction Motor-A Dynamic System", *Proc.IEEE 20th. Int.Conf.on Ind. Elec. Cont. and Instr.*, IECON'94, ISBN: 0-7803-1328-3, Vol.1, September, Bologna, Italy. (1993), 1-6, 5-9.
- [36] Doki, S., Kinpara, Y., Okuma, S., Sangwongwanich, S., "Unified Interpretation of Indirect and Direct Vector Control", *Proc.of Power Conv. Conf.*, ISBN:O-7803-0471-3, 19-21 April ,Yokohama, JAPAN. (1995), 297-302.
- [37] Ferrah, A., Bradley, K.J., Asher, G.M., "An FFT-Based Novel Approach to Noninvasive Speed Measurement in IM Drives", *IEEE Trans. on Inst.and Meas.*, Vol. 41, No.6, , December. (1992), 797-802.
- [38] Slotine, J.J., Li, W., "Applied Nonlinear Control", Prentice Hall (1991)
- [39] Wikipedia (Tr) Moodle. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Moodle> (2009)
- [40] Tanrısever, T & Akçakaya, V. " Eğitimciler İçin Yeni Bir Web Aracı", XII. "Türkiye'de İnternet Konferansı" (2007)
- [41] Kangal H., "Fotovoltaik Sistem Analizi ve Labview Tabanlı Mppt Simülasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Gazi Ün., F.B.E., Ankara ,Ocak.(2008)
- [42] Sevinç, B., "Geleneksel Charpy Vurma Deneyi Verilerinin Labview Programı Kullanılarak Elde Edilmesi Ve Değerlendirilmesi" Yüksek Lisans Tezi ,Muğla Ün. F.B.E (2007)
- [43] <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/10968> (2009)
- [44] Tremaine, B. P., "Comparison of Fuzzy and Classical Control: Applied to Disc Drive Spindle Servos", Seagate Technology, Scotts Valley, CAY. (1992)