

Geri Beslemeli Kontrol Sistemleri Dersi için Yenilikçi Laboratuvar Deney Seti (DC Motor Kontrol Eğitim Seti)

Nurdeniz Altınoluk - **Elektrik Elektronik Mühendisi**

nurdenizaltinoluk@desard.com.tr

Esra Ökmen - **Elektrik Elektronik Mühendisi**

esraokmen@desard.com.tr

Selin Özsert - **Makine Mühendisi**

selinozsart@desard.com.tr

Ahmet Davud Duran - **Makine Mühendisi**

davudduran@desard.com.tr

Coşku Kasnakoglu - **Elektrik Elektronik Mühendisi**

kasnakoglu@gmail.com

ÖZETÇE

Bu çalışmada, Kontrol Sistemleri dersi alan öğrencilerin başarılarını artırmak için yenilikçi deney setleri üzerine çalışılmıştır. Öğrencilerin teorik bilgilerini pratiğe dökme-lerine yardımcı olmak üzere geliştirilen deney seti modüler ve taşınabilir yapıda tasarlanmış olup gelenek- sel rakiplerine kıyasla daha az yer kaplamaktadır. Üni- versitelerde kullanmaya başlanan bilgisayar kontrollü DC Motor Deney Modülü, kontrol sistemlerinin temel konularını inceleyen deney föyleri ve ön çalışmalarını içermektedir. Setin kolay kurulum ve taşınabilir özellik- leri sayesinde kullanıcı pratik bir şekilde deneyleri set üzerinden uygulayabilmektedir. Set, MATLAB Simulink paketiyle programlanmakta ve DC Motor uygulamala- rından oluşmaktadır. Sistem olarak DC motor kullanıl- ması set ile uygulanabilecek deney yelpazesini genişle- tirken MATLAB ve Simulink programlarını öğrenciye aktif olarak kullandırarak modelleme, sensör, simülasyon, veri toplama, kontrolcü tasarımı, sinyal işleme, sinyal filtreleme konularında alt yapı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: eğitim, kontrol, mekatronik, za- man, mühendislik, sistem, eğitim setleri, dijitalleşme, yenilikçi.

1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 ile birlikte gelişen otomasyon teknolojisi endüstride kontrol teorilerini gerçek hayata uygulaya- bilen kontrol uzmanları ihtiyacı doğurmuştur. Bununla birlikte kontrol derslerinde uygulamalı eğitim önemi daha da artmıştır[1]. Bu alanda öğrencilerin teorik bil- gilerini gerçek hayat problemleriyle birleştirmek üzere laboratuvar çalışmaları derslerle birlikte sunulmakta- dır[2]. Günümüzde etkileşimli eğitimin önemi her geçen gün artmaktadır. MATLAB'ın sunmuş olduğu PID ara- çları sayesinde öğrenci oluşturduğu model ile etkileşimli bir deneyim elde etmesi sağlanmaktadır, böylece öğ- renci somut bir deneyim kazanmış olmakta ve etkili bir öğrenme metodu kullanılmaktadır[3]. Mevcut üniversite eğitim ve laboratuvar koşulları incelendiğinde üniver- sitelerin uygulama konusundaki eksikliği, laboratuvara sahip okullarda bulunan eğitim kitlerinin eski teknoloji, pahalı ve karmaşık olması dolayısıyla öğrenciye verimli öğrenme deneyimi sunmayan setler olduğu gözlen- miştir. Bu durum akademisyenleri alternatif çözümler bulmaya itmiş dolayısıyla laboratuvarlar açık kaynaklı donanım ve yazılımların yaygınlaşmasıyla birlikte kendi deney düzeneklerini geliştirmeye başlamıştır[4].

Yapılan literatür araştırmasında düşük maliyetli açık kaynaklı donanımlar sayesinde aynı sayıda öğrenciye daha fazla deney seti sağlandığında öğrencilerin deney-

lerde daha aktif rol alabildiği ve öğrencilerden kontrol konularını daha iyi anladıklarına yönelik olumlu geri-bildirimler alındığı görülmüştür[4]–[5]. Bu araştırmaların sonuçlarından yola çıkılarak Türkiye’deki kontrol dersi verilen üniversitelerin laboratuvarları incelenmiş kontrol derslerinde eski deney setlerinin kullanıldığı, kullanılan setlerin tamamen analog elemanlardan oluşması sebebiyle çabuk bozulmaya meyilli olduğu ve öğrencinin laboratuvar deney süresince gereksiz zaman kaybederek deneylerde öğretilmek istenen kontrol konularını kavrayamadığı görülmüştür. Eski setlerdeki bu verimsizlik, akademisyenleri laboratuvar kurma konusunda isteksiz kılmakta, bu setlere sahip okullarda ise öğrencinin pratik uygulamadan faydalanamayarak dersin teorisini tam olarak anlayamamasına sebep olmakla birlikte dersten uzaklaştırmaktadır. Yurt dışındaki bilgisayar kontrollü dijital deney setleri yüksek fiyatlı olmasından dolayı okullar bir laboratuvar da her öğrencinin faydalanabileceği miktarlarda alamamaktadırlar. Az miktarda alınan setler ile bir laboratuvar planı oluşturulamamakta ve alınan setler verimli bir şekilde kullanılamamaktadır. Bu eksiklikler göz önünde bulundurularak öğrencilerin teorik bilgilerini en etkili şekilde pratiğe dökebileceklerine yardımcı olacak laboratuvar ekipmanları üzerine çalışmaya başlanmıştır.

Geliştirmeye uygun açık kaynak modellere sahip olarak tasarlanan deney seti uygulama dersinde verilen deney yelpazesinin genişletilmesine ve çeşitlendirilmesine olanak sağlarken, öğrencilere ek uygulama ödevleri ve projelerinin verilmesine imkân sağlamaktadır. Bu sayede öğrenciler teorik bilgiyi pratiğe dökebilecek endüstrinin, kontrol teorilerini gerçek hayat problemlerine uygulayabilen mühendis ihtiyacı karşılanabilecektir.

DC Motor kontrol modülü (hello) bilgisayar kontrollü yapısı sayesinde kullanıcının kontrol sistemleri ders içeriğini pratiğe dökerek geniş bir deney havuzuna sahiptir. DESARD tarafından kurgulanan, deney seti kullanım videoları, eğitim videoları, MATLAB – Simulink eğitim videoları oluşturulan web sitesinde bulunmaktadır [8], kullanıcı kitlesine ve meraklılara çeşitli kontrol uygulamaları ortamı sağlamaktadır.

DC Motor kontrol modülünün (hello) yeni projelere imkân veren tasarımı kullanıcı kitlesinin yalnızca üniversite öğrencileriyle sınırlanamamaktadır. Mühendislik altyapısına sahip olan ve aynı zamanda kendini kontrol alanında geliştirmek isteyen amatörler de kullanabilecektir. Bu amaçla, kullanıcı hobi elektroniğini MATLAB, Simulink ve Arduino gibi yazılımlarla kodlayabileceği proje ve deneylerin bulunduğu geniş bir içerik oluşturulmuştur.

Deney seti ile birlikte uygulanacak deney paketleri, kullanıcının Simulink becerilerini arttırma yönündedir. Kontrol Sistemleri dersi teorik içeriği, kontrolcü, sistem

ve sensör kutucuklarından oluşan geri dönüşüm modelleriyle anlatılmaktadır. Ders sırasında bu kutucuklara odaklanarak, kontrolcü tasarımı için teorik hesaplamalar yapılmaktadır. Simulink blokları ile model oluşturma metodu, Kontrol Sistemleri dersinin teorik anlatımını en etkili şekilde pratiğe dönüştürme imkânı tanımaktadır. Deney süreleri kısıtlı bir zamanda gerçekleştirilmektedir. Bu kısa zamanda öğrenci uzun kodlamalar yerine, Simulink blokları yardımıyla sürükleyip bırak kodlama sayesinde, kısıtlı deney süresini en etkili bir şekilde gerçekleştirebilecektir.

Bildirinin ilerleyen bölümleri sırasıyla, deney seti tasarımının, set ile sağlanan araçların amaçlarının ve görevlerinin anlatıldığı 2. Bölüm, arkaplan, seti oluşturma aşamasında edindiğimiz temel hedeflerinin anlatıldığı 3. Bölüm, motivasyon, AR-GE çalışmaları sonucu oluşturulacak diğer kontrol modüllerinin anlatıldığı 4. Bölüm, deney seti ile verilecek olan deney föy içeriklerinin anlatıldığı 5. Bölüm, temel deneyler, deney föy içerikleri oluşturulurken kullanılan yazılım detaylarının anlatıldığı 6. Bölüm kullanıcı senaryosu ve son olarak deney seti üzerinde gerçekleştirilmesi hedeflenen görevlerin anlatıldığı 7. Bölüm, ilerideki planlar bölümlerinden oluşmaktadır.

2. ARKAPLAN

Okullar kısıtlı bütçe ile alınan malzemelerin ihtiyaca en iyi şekilde cevap vermesini ve ileriye dönük en etkili şekilde kullanılmasını ister. Bu amaçla akademisyenin, laboratuvar dan görevli asistanının daha az efor sarf edeceği, öğrencinin kendi başına deneyleri yapabileceği bir ortam istemektedirler. Bilgisayar kontrollü DC motor kontrol modülü ile öğrenci kendisine verilen şifre sayesinde web sitesinden deney dokümanlarına ulaşabilecek ve deneylerini verilen yönlendirmeler ile uygulayabilecektir. Gerekli durumlarda deney seti ile kullanılan araçların eğitim videoları ile öğrenci bilgilerini pekiştirebilecektir. Kullanıcılar tarafından deney seti ile yapılmış diğer deney ve uygulamalara da web sitesinden erişilebilecektir. MATLAB – Simulink temellerinin ve çeşitli uygulamalarının bulunduğu aynı zaman da Kontrol sistemleri simülasyon uygulamalarının bulunduğu videolar da öğrenciler ve ilgililere paylaşıma açık olacaktır.

3. MOTİVASYON

Bu set oluşturulurken aşağıda belirtilen temel düşüncelere dayanarak araştırma yapılmıştır.

Öncelik öğrencinin en verimli şekilde deneyleri gerçekleştirebilmesi, sınırlı laboratuvar süresince kablolu veya arızalanma gibi problemlerle uğraşmak yerine sadece öğretilmek istenen konuya odaklanarak deneyini yapabilmesi hedeflenmiştir.

İkinci olarak öğrencinin MATLAB – Simulink ve Arduino bilgilerini kontrol sistemleri üzerinde etkili biçimde pekiştirmesi amaçlandı. Böylece piyasaya daha donanımlı ve günümüz teknolojisine daimî olarak ayak uydurabilecek mühendislerin yetişmesi sağlanacaktır.

Yurt dışı deney setlerinin yüksek fiyatları, setlerin okullar tarafından alınamamasına ya da az miktarda alınıp her bir öğrencinin deney setini kullanamamasına neden olmaktadır. Türkiye üretimli ve halihazırda kullanılan deney setleri ise analog olup bozulmaya elverişli ve verimsiz deney içeriklerine sahiptir. Bunun yanında yurtdışı setlerine kıyasla uygun fiyatlı olmasına karşın bir dijitalleşme sağlanmaması, günümüz teknolojiye ayak uydurmadığını göstermektedir. Teknolojiye ayak uyduran, dersi alan her öğrencinin maksimum performans sağlayacağı ve deneyim elde edebileceği teknolojik ve yenilikçi deney seti oluşturmak temel hedefler arasındadır.

Eski teknoloji, analog elemanlardan oluşan, hantal deney setleri yerine taşınabilir, hafif ve daha güncel teknoloji setlerin üretilmesi hedeflenmektedir. Böylelikle öğrenci yaptığı deneyden zevk alarak maksimum kazanç sağlayacaktır.

Kullanıcı dostu bir set olması hedeflenmiştir. MATLAB uygulaması şeklinde tasarlanan kolay bir arayüz şeklinde tasarlanarak, öğrencinin deney süresince sadece öğrenilmesi gereken konuya odaklanması ve setin kullanışlı ve taşınabilir olması amaçlanmaktadır. Kolay taşınabilir olması sayesinde öğrenci veya öğretim görevlisi deney seti üzerindeki çalışmalarına dışarıda da devam edebilecektir.

Önem verilen konulardan biri de oluşturulan deney föyleri, Türkiye’de uygulanan müfredat ve dersin işleyiş şekline göre oluşturulması temel hedeflerdendir. ABET kriterlerince bir deney ortamının oluşturulması temel hedeftir.

Yurt dışı muadillerine kıyasla öğrenilen bilginin dersin içeriği ile benzer şekilde uygulanabilmesi aynı zamanda muadilleriyle de boy ölçüştürebilecek benzer içeriklere sahip bir deney seti oluşturmak temel amaçlarımızdandır.

Yukarıdaki hedeflerin gerçekleştirilmesi adına çalışmalara başlanılmıştır.

4. DC MOTOR KONTROL SETİ VE EK MODÜLLER

4.1. DC Motor Kontrol Modülü HELLO

Bilgisayar Kontrollü DC Motor Kontrol Deney Seti Hello, okulların bir dönem Kontrol Sistemleri ders içeriğini kapsayan eğitim dokümanları, kullanıcı dostu arayüzü, 3 adet 250 gram ağırlık diskleri, USB, enerji kablosu ve bu elamanların muhafaza edildiği bir adet çanta ile kullanışa hazır hali Şekil 1’de gösterilmiştir.

4.2. Ters Sarkaç Modülü

Bu modül DC Motor Kontrol Modülü ile uyumludur. Deney setinin ana motoruna takılan bir aparat sayesinde pendulum kolu kontrol edilebilmekte ve kullanıcının Inverted Pendulum uygulamaları yapabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu uygulamadaki temel amaç sistemi modelleme, veri işleme ve sistem kontrollünü sağlamaktır. Kullanıcıya adım adım nasıl kullanılacağı anlatılmaktadır. Sonrasında Simulink’de sistem modellemesi yapılır ve sisteme entegre edilen kontrolcü sayesinde pendulum kolunun bozucu etkilere karşı dik durulması sağlanmalıdır. Lisans dönemi öğrencileri için dönem projesi, yüksek lisans ve doktora öğrencileri için çalışma modülü olarak tasarlanmıştır.

4.3. Top ve Çubuk Modülü

DC Motor kontrol modülüne takılan aparat sayesinde çubuk üzerindeki topu, çubuğun belirli bölgesinde tutmaktır. Deney seti şekilde görüldüğü üzere yan tutulmalıdır. Yer çekimi veya dıştan gelen bozucu etkilere karşı topu dengede tutmak temel amaçtır. Dönem projesi veya araştırma konuları için bu modül tasarlanmıştır.

4.4. Ulaşılabilir Pin Yapısı

DC motor kontrol modülünün bir diğer versiyonu ulaşılabilir GND, VCC, Analog ve Dijital pinlere sahiptir. Kullanıcı ulaşılabilir açık pin yapısı sayesinde kendi ek sensör uygulamalarını yapabilmektedir. Geri dönüşümlü sistemler de ana modüle kullanılan encoder yerine farklı sensörler kullanılabilir ve farklı kontrolcü uygulamaları üzerine çalışılabilmektedir. Kullanıcı web sitesinden çeşitli uygulamalara erişebilir ve set ile hem yazılım ortamını hem de donanım ortamını deneyimleyebilmektedir. Kendi uygulamalarını da geliştirip web sitesine katkıda bulunabilmekte ve forum ortamında tartışmaya açık bir ortam sağlanmaktadır.



Şekil 1: DC Motor Kontrol Modülü

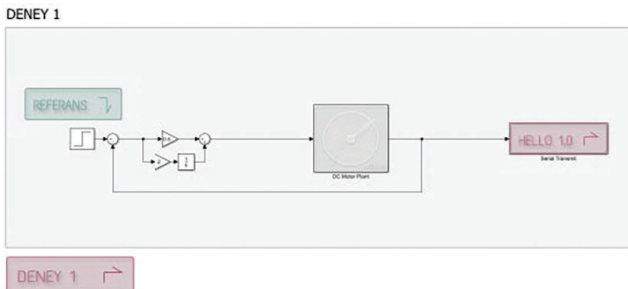
5. MODÜL İLE SAĞLANAN TEMEL DENEYLER

Oluşturulan deney havuzu ile kontrol sistemlerinin geniş bir bakış açısıyla tanıtımının yapılması ve uygulama becerilerinin öğrenciye kazandırılması amaçlanmıştır. Kontrol sistemlerinin günlük hayatta ve sektörde kullanım alanlarının tanıtımı, kontrol sistemleri tasarım yöntemleri, kullanılan yazılım ve elemanların tanıtımı ve ilgili becerilerin geliştirilebilmesi temel hedefler arasındadır.

Deney setinde kullanılan DC motor, sürücü vb. elemanların tanıtımı, bu elemanların kontrolünün nasıl sağlanması gerektiğine dair teknik bilgi, açıklama ve gerekli veri föyleri, öğrencinin yaptığı deneye daha iyi hâkim olabilmesi için yeri geldikçe deneyler içinde ve videolar ile açıklanmıştır. Temel deneyler ve açıklamaları aşağıdaki gibidir.

5.1. Kontrol Sistemlerine Giriş ve Aç-Kapa Kontrol

İlk deney ve ön çalışması Kontrol Sistemlerine giriş niteliğinde olup, öğrenciye Aç-Kapa kontrolcüyü deneyimleyerek öğrendiklerini pekiştirme imkânı vermektedir. Kontrol sistemi tasarlayabilmek için gerekli olan matematik altyapısı, bu altyapının neden gerekli olduğu ve kontrolcü tasarımında neler sağladığı bilgileri öğrenciye kazandırılacaktır.

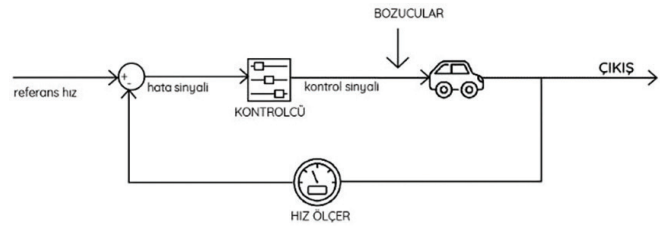


Şekil 2: Kullanılan Simulink Modeli

MATLAB/Simulink vb. mühendislik yazılımlarında kontrolcü tasarımı nasıl yapıldığı ve kontrol sistemleri analizleri için bu tarz yazılımların nasıl kullanıldığına dair temel bilgiler verilir. Aç-Kapa kontrolcünün bu tarz yazılımlarda simüle edilmesi ve daha sonra deney seti üzerinde fiziksel olarak test edilmesi ile deney devam eder. Transfer fonksiyonu, kapalı çevrim ve açık çevrim kavramları açıklanır. Geri beslemeli sistemlerin dış bozululara karşı daha az hassas ve avantajlı olduğu açıklanır. Kavramlar Şekil 3 ve Şekil 4'deki gibi kavramayı kolaylaştırıcı çizimlerle desteklenir.



Şekil 3: Açık Çevrim bir sistem



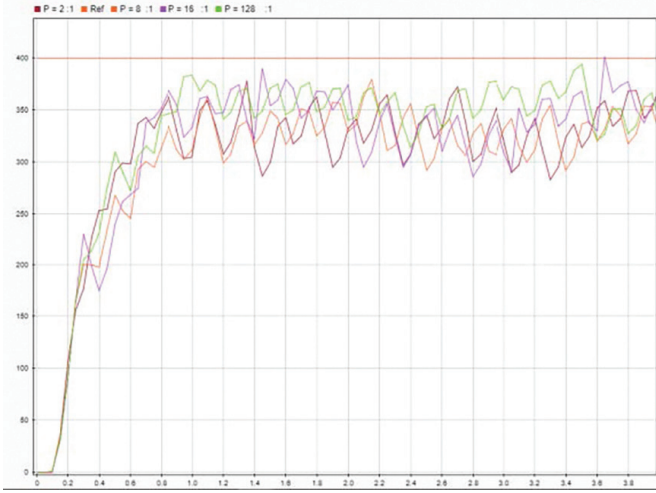
Şekil 4: Kapalı Çevrim bir sistem

5.2. PID ile DC Motor Hız Kontrolü

Bir diğer deney DC Motor hız kontrolü üzerinden ilerler. Öğrenci bu deney sayesinde teorik ve pratik anlamda PI kontrol hakkında bilgi ve beceri edinir.

Şekil 2'de gösterilen Simulink modeli örnek olarak verilmiştir, deneylerde de öğrenciden bu tarz modeller tasarlayarak DC motoru kontrol etmeleri beklenmektedir. Şekil 2'de verilen model ve Tablo 1'deki parametreler kullanılarak, motor hız kontrolü için test edildiğinde, I (Integral) katsayısı sabit tutulup, P (Proportional) değerleri artırıldığında Şekil 5'teki çıktılar elde edilmiştir. Tek başına P kontrolcü test edilerek kontrolcünün, hata ile orantılı bir çıkış sinyali ürettiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, hatanın büyüklüğü arttıkça, daha büyük olan düzeltici eylem uygulanır. Burada P (Kp) kontrolör kazancı olarak bilinen orantılı sabittir. Kp değeri 1'den büyükse, hata sinyali yükseltilir ve böylece yükseltilen hata sinyali tespit edilebilir[6]. Bu sebeple P değerleri; 2,4 ve 8 için deney gerçekleştirilmiştir. Sistem istenen değere yaklaştıkça, hata sinyali gittikçe küçülür. Daha küçük bir hatayı küçük bir kazançla çarparsak, çıkan sonuç herhangi bir etkiye sahip olmayacak kadar küçük olur ve sifra yaklaşır ve bu durum sabit durum hatasını meydana getirir.

Sonuç olarak sadece P kontrol ile referansa ulaşılma-
dığı, P katsayısındaki değişimin çıktığı nasıl etkilediği bu
deney ile gözlenmiştir. Deneylerde buna benzer şekilde
çeşitli pratik uygulamalar yoluyla öğrencinin kontrolcü
tasarımı ve değişkenlerin etkisi ile ilgili çıkarımları kendi
başına yapabilmesi hedeflenir.



Şekil 5: Kullanılan Simulink Modeli Çıktısı

5.3. DC Motor Transfer Fonksiyonu

Bu deney sayesinde öğrenci fiziksel bir sistemin trans-
fer fonksiyonunu elde edip, daha sonra bu transfer
fonksiyonuna uygun teorik olarak en verimli kontrolcü-
yü tasarlamayı öğrenir. Daha sonra teorik hesaplarını
deney seti ile test ederek çıktıları gözlemleyebilir. De-
neylerde MATLAB / Simulink ortamın sağladığı güncel
kontrol sistem tasarımı ve analizi için olan eklenti ve
uygulamaların kullanılabilmesi amaçlanmaktadır.

Limit sensivity method yöntemi öğrencinin deney seti
ile uygulayarak setin çıkış sinyallerini okuyarak yapılan
matematiksel hesaplamalar ile PID katsayılarını hesap
edebilir.

PID Tuning aracı sayesinde hesaplanan transfer fonk-
siyonu üzerinden istenilen kriterlere uygun kontrolcü
değerleri Tuning aracı sayesinde elde edilir. Ardından
elde edilen değerler deney seti üzerinden uygulanarak
simülasyon ve gerçek sistem arasındaki benzerlik ve
farklılıklar analiz edilir.

Deney seti ile sağlanan yükler sayesinde, bozucu et-
kilere karşı değişen motor çıktısı incelenir ve tekrar
kontrolcü değerleri hesap edilir. Bu sayede 250 gramlık
yükler teker teker konularak bozucu etkilere karşı sis-
tem çıktısı analiz edilir.

Kök yer eğrisi ile kontrolcü tasarım adımlarının anlatıl-
dığı deneyler ile Control System Designer aracı kullanı-
larak, sistem analizi, kararlılık durumu, birim basamak
cevabı gibi çıktılar analiz edilir. Kök yer eğrisi üzerinde
kutup ve sıfırların konum analizleri ile aşım, yükselme
zamanı oturma zamanı gibi kriterler hakkında bilgi alı-
nabilmektedir. Belirlenen eğri üzerinden PID değerleri
ne ulaşılabilir. Bu değerler deney seti üzerinde
uygulanarak simülasyon ile benzetimi yapılabilir.

5.4. PID ile DC Motor Konum Kontrolü

Hız verisi üzerinden kontrol sistemlerinin incelenmesi-
nin ardından öğrenci, motorun pozisyon kontrolü için
de Root Locus, PID tuner, Control System Toolbox vb.
eklentileri kullanmayı da öğrenerek kontrol sistemleri
üzerine çeşitli çalışmalar yapabileceği imkânı bulur.

Kontrol Sistemleri dersine ait bir dönemlik deney içerik-
leri şu şekildedir:

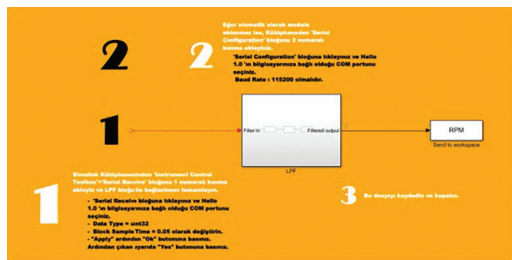
- Donanım elemanları motor, encoder yapısının ince-
lenmesi
- Sistem çıktılarının analizi ve incelenmesi
- Kontrol sistemlerine giriş, açık ve kapalı döngü sis-
temleri
- MATLAB / Simulink ile Kontrol sistemlerine giriş la-
boratuvarı
- Kararlılık analiz ve kavramlar
- Birinci ve İkinci sistem analiz laboratuvarı
- Aç – Kapa ve P, PI, PD, PID kontrolcü tasarımı ve sis-
teme etkisi
- Bump test ile sistem transfer fonksiyonu elde etme
ve analizi
- Motor iç parametrelerinin elde edilmesi ve sisteme
olan etkisini gözleme
- Limit Sensivity Method / Ziegler - Nichols Method
ile sistem fonksiyonu bilinmeyen sistemin kontrol-
cü değerlerini elde edilmesi
- Bozucu etkiler karşısında sistem analizi
- Gerçek sistem üzerinden PID tuning ile tasarım
kriterlerine uygun PID parametrelerini elde edilme-
si
- Kök yer eğrisi ve analizi
- Faz ilerletici ve geriletici kontrolcü tasarımı
- Konum kontrolü laboratuvarı

Kullanılan Parametreler	
Kullanılan Kp değerleri	2,8,16
Referans değeri	400 RPM
Model Çalıştırma Süresi	4 sn

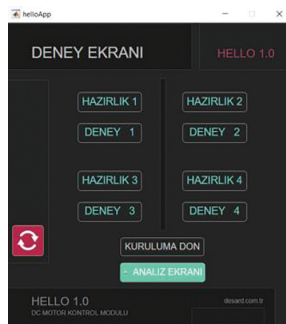
Tablo 1: Kullanılan Parametreler

6. KULLANIM SENARYOSU

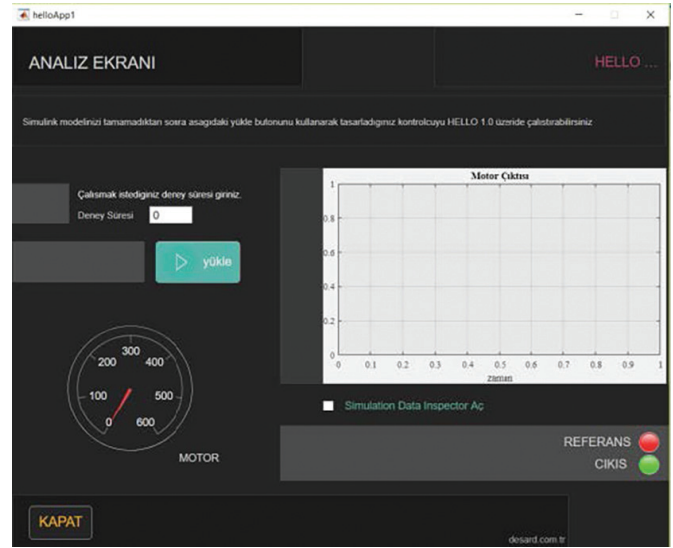
Simulink MATLAB'ın temel yazılım paketlerinden biridir. Öğrenci deney föy yönergeleri sayesinde Simulink bloklarıyla kontrolcü tasarımı yapıp deney seti üzerinde gözlemleyebilmektedir. Öğrenci ilk olarak MATLAB'ın Ad-dOn bölümünden HelloApp yazarak kullanıcı arayüzünü indirir. Geliştirilen arayüz üzerinden bilgisayar bağlantı ayarları Şekil 6'daki gibi girilmelidir. Ardından Şekil 7'de gösterildiği gibi ilgili deneye tıklayarak, deneyin simulink modeli açılmaktadır. Öğrenci deney yönergelerini takip ederek Simulink ortamında modellerini geliştirir ve sisteme yükler. Şekil 8'de gösterilen analiz ekranından deney süresi girilir, yükler butonuna basarak model deney setine yüklenir ve eş zamanlı olarak detaylı veri analizi yapılır. Arayüz akademisyen ve öğrenci kullanıcı deneyimleri analiz edilerek tasarlanmıştır. Asıl amaç öğrencinin yalnızca öğrenilmek istenen konuya yönelmesidir. Çalıştırma adımları gibi anlamsız beklemlerin önüne geçebilmektir. Öğrenci arayüz üzerinden ilgili deneye ait ön çalışmasını yaparak simülasyon değerlerini elde etmektedir. Şekil 9'da gösterildiği gibi deney sırasında elde edilen gerçek sistem değerleri ile simülasyon değerleri öğrenci tarafından karşılaştırmalı olarak analiz edilebilmektedir.



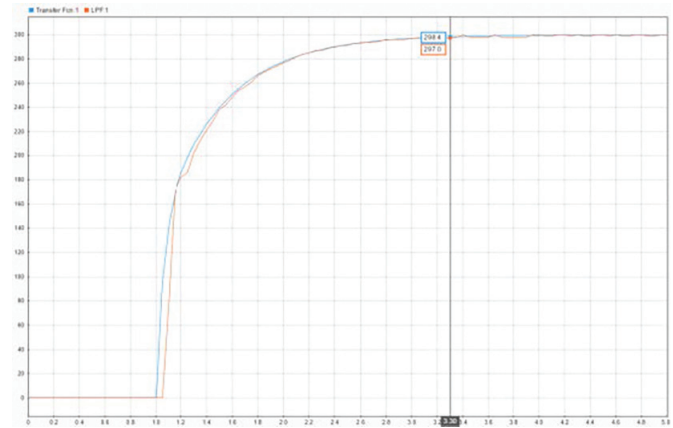
Şekil 6: Konfigürasyon ayarlama modeli



Şekil 7: Deney Seçim Ekranı



Şekil 8: Analiz Ekranı



Şekil 9: Karşılaştırmalı Grafik Mavi: Simülasyon, Turuncu: Gerçek sistem çıktısı

7. İLERİDEKİ PLÂNLAR

İleride üniversitenin Kontrol Sistemleri dersi veren diğer mühendislik bölümlerinin laboratuvar içerikleri üzerine yönelmesi plânlanmaktadır. Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü için tasarlanan ve yukarıda anlatılan özellikler dışında diğer mühendislik bölümlerine veya teknik liselere bu set farklı tasarım ve içeriklerle oluşturulması hedeflenmektedir. Bu amaçla tasarım ve içerik oluşturma sürecine başlamadan önce kullanıcı ile görüşüp ayrıntılar netleştirilmesi plânlanmaktadır.

Uzaktan kontrol özelliği ile deneylerin yapılabileceği sistemler geliştirmek ileriki hedeflerimizdendir. Böylece bulut sistemi üzerinden tasarlanan arayüzler ile öğrenci deneylerini deney setinden uzakta modelleyebilecek ve deney setine yükleyebilecektir. Öğrenci alışılmış labora-

tuvar saatlerinin aksine günün her saatinde deneylerini gerçekleştirebilecektir. Yurt dışında uygulaması artan bu sistem, ülkemiz de de uygulanıyor olması öğrenci, akademisyen ve üniversitelerin değerini arttıracak bir sistemdir.

MATLAB erişimi olmayan kurumlar için de açık kaynaklı ücretsiz bir alternatif yazılım olarak SciLab kullanılabilir. SciLab, Simulink mantığı ile benzer yapıya sahip açık kaynaklı ücretsiz bir yazılımdır[7]. Deneyler SciLab ile oluşturularak deney seti üzerinde uygulanabilmektedir.

Deney seti LabVIEW gibi blok kodlama yazılım mantığı ile de gerçekleştirilebilmektedir. Kullanıcı isteğine bağlı olarak set föyleri LabVIEW kullanılarak da oluşturulması planlanmaktadır.

Deney seti ara bir yazılım kullanmadan sadece Arduino kodlama ile de programlanabilmektedir. Aynı şekilde, kullanıcı isteğine bağlı olarak, kontrol modülü veya ek modül üzerinden öğrencinin Arduino becerilerini geliştirebileceği deney föyleri hazırlanması hedeflenmektedir.

Üzerinde çalışılan set için temel deneylerin oluşumu sırasında eş zamanlı olarak, mühendislik becerilerini zorlayacak, deney föyü üzerinde derin bir düşünme ve uygulama zamanı gerektirecek çeşitli föyler üzerine çalışılmaktadır. Daimî olarak artan deney föy havuzu oluşturulması hedeflenmektedir.

Öğrencilerin set ve deneyler hakkında bilgi alabileceği yönergeler ve kurulumlara yer veren bir internet sitesi [8] kurulmuştur. Site üzerinden deney seti ile yapılan uygulamalar, makale ve bildiriler yazılması planlanmaktadır. Deney setinin kullanımına ait videolar, MATLAB – Simulink eğitim videoları ve Kontrol sistem eğitim içerikleri internet sitesinde bulunmaktadır [9].

Çalışmalar sırasında edinilen bilgiler ve birikimler ışığında uygulamalı anlatımın olduğu tanıtım kitapçıkları hazırlanması hedefler arasındadır.

8. SONUÇLAR

Bu çalışmada üniversitelerde verilen kontrol derslerinin verimini, öğrencilerin başarısını arttırmak ve akademinin uygulamalı eğitim ihtiyacını karşılamak için bilgisayar kontrollü dijital bir deney seti geliştirilmiştir. Deney seti için kontrol teorisini özetleyen deneyler ve uygulamaları videolu anlatımlarla da desteklenerek açıklanmıştır. Seti ulaşılabilir ve kullanışlı kılmak için alternatif yazılımlar önerilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmamızı 1512 nolu program kapsamında destekleyen TÜBİTAK' a, bu süreç içinde değerli bilgi, yorum ve fikirlerini hiçbir zaman eksik etmeyen mentörlerimize ve danışman hocalarımıza çok teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] B. Çatalbaş and İ. Uyanık, "A Low-cost Laboratory Experiment Setup for Frequency Domain Analysis for a Feedback Control Systems Course," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 15704–15709, 2017.
- [2] L. D. Feisel and A. J. Rosa, "The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education," *Journal of Engineering Education*, vol. 94, no. 1, pp. 121–130, 2005.
- [3] A. Theorin and C. Johnsson, "An interactive PID learning module for educational purposes," in *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 2014, vol. 19, pp. 9038–9043.
- [4] F. A. Candelas et al., "Experiences on using Arduino for laboratory experiments of Automatic Control and Robotics," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 29, pp. 105–110, 2015.
- [5] Daniel, Jeronymo, "An Approach for Improving Student Performance in a Feedback Systems Course for Process Control Education," in *IFAC Proceedings Volumes*, 2014, vol. 47, no. 3, pp. 10574–10579.
- [6] K. Ogata, *Modern Control Engineering*. Prentice Hall, 2010.
- [7] ESI Group, https://www.scilab.org/en/legal_notice, Erişim Tarihi:24/05/18
- [8] <http://desard.com.tr/>
- [9] <http://desard.com.tr/dc-motor-control-module/>

EMO ANKARA ŞUBESİ BÜLTENİ YAZARLARI ÜYELERİMİZE TEŞEKKÜR BELGESİ VERİLDİ



EMO Ankara Şubesi Bülteni'ne 2005-2019 yılları arasında yazı yazarak katkı sunan üyelerimize 22 Kasım 2019 Cuma günü EMO Konferans Salonu'nda düzenlenen törenle teşekkür belgeleri verildi.