

DC Motorun PID ile Hız Denetimi için Uzaktan Laboratuvar Uygulaması

Akif Birol DUMANAY¹

Ayhan İSTANBULLU²

Metin DEMİRTAŞ¹

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü ²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

[adumanay{at}hotmai.com](mailto:adumanay@hotmai.com) [ayhan{at}ieee.org](mailto:ayhan@ieee.org) [mtdas{at}balikesir.edu.tr](mailto:mtdas@balikesir.edu.tr)

Balikesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi 10145-Çağış / BALIKESİR

Özet

Mühendislik eğitiminde Laboratuvar uygulamaları oldukça önemlidir. Ancak deney düzeneklerinin kurulması, yardımcı eleman azlığı, kısıtlı laboratuvar saatleri, malzeme ve cihaz eksikliği gibi nedenlerle çoğu zaman bu uygulamaların yapılamamasına ve bazen de gözardı edilmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada, internet üzerinden uzaktan erişimli bir doğru akım (DA) motoru deney düzeneği geliştirilmektedir. Yazılım ortamı olarak LabVIEW programı ve içindeki PID aracı kullanılmıştır. Deney düzeneği laboratuvar ortamında bir sunucu bilgisayara bağlanmıştır. Kullanıcılar internet bağlantısı olan herhangi bir bilgisayardan deney düzeneğine bağlanabilmekte ve gerçek zamanlı olarak deneyleri gerçekleştirebilmektedir. Kullanıcılar motorun referans hız değerini ve PID katsayılarını değiştirerek hız değişimini görebilmekte ve kendi hız değişimin verilerini bilgisayarına kaydedebilmektedir.

1. Giriş

Laboratuvar öğrencilerin tecrübe kazanacağı eğitimin önemli bir bileşenidir. Geleneksel laboratuvar çalışması herhangi bir eğitim programının tamamlayıcı bölümünü oluşturur. Bu deneysel çalışmalar öğrencilere pratik beceri kazandırır ve onları gerçek yaşam durumlarına hazır hale getirmekte yardımcı olur. Bununla birlikte geleneksel deneylerin değişik kısıtlamaları nedeniyle daha uygun alternatiflerin aranma zorunluluğu ortaya çıkabilmektedir. Bilgisayarların maliyet verimliliği ve çok yönlülüğünün yanında ağlarla haberleştirilmesi ile tüm dünyada geleneksel laboratuvarlara uygun bir alternatif olarak uzaktan laboratuvarların oluşturulması yaygınlaşmıştır [1].

Sanal laboratuvar, deneylerde etkileşimli bir gerçek zamanlı simülasyon olanağı sağlayan bilgisayar ortamı olarak tanımlanabilir. Uzaktan laboratuvar ise gerçek bir deney ortamına yerel ağ veya internet üzerinden bağlanarak deney parametrelerini görebilmek ve değiştirebilmeyi sağlar.

Son yıllarda hızlı bir gelişim gösteren internet teknolojisi, uzaktan eğitime de yansımıştır. Uzaktan

eğitimin bilgisayar teknolojisiyle bütünleşmesini sağlayacak web tabanlı eğitim modellerinin geliştirilmesi, yaygın eğitim sürecinde en iyi ve etkili sonuca ulaşılmasını sağlamaktadır [1].

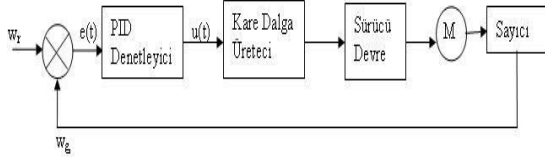
Benzetim her ne kadar önemli olsa da, hiçbir zaman gerçek laboratuvar çalışmasının yerini alamaz. Bunun alternatifi ise internet üzerinden kontrol edilebilen, gerçek zamanlı ve uzaktan erişimli deney düzenekleri geliştirmektir. Dünyada bu konu üzerinde de önemli çalışmalar yapılmaya devam etmektedir. Örneğin; çok girişli, çok çıkışlı eş iki tank düzeneği üzerine bir laboratuvar deneyi, robot kontrolü için bir gerçek zamanlı web platformu çalışması, telerobotik, online örüntü tanıma sistemi, kontrol sistemleri deneyleri, güç elektroniği deneyleri, ağlar arası iletişim çalışmaları, elektrik makinelerinin kontrolü ve benzer birçok konuda, mühendislik eğitimine katkı sağlayabilecek gerçek zamanlı uygulamalara literatürde rastlanılmaktadır [2,3,4].

Bu çalışmada, mühendislik ve teknik eğitimde destek materyali olarak kullanılacak, internet üzerinden erişimli bir deney düzeneği geliştirilmiştir. Bu kapsamda, PID denetleyici kullanılarak bir Doğru Akım (DA) motorunun hız kontrol deneyi gerçekleştirilmiştir. Kullanıcılar, internet bağlantısı olan herhangi bir bilgisayardan deney düzeneğine bağlanarak, denetleyici parametrelerini ve referans hız değerini değiştirebilmekte ve deneyden elde edilen sonuçları bilgisayar ekranında grafik olarak görebilmektedir. İstedikleri takdirde bu bilgileri kendi bilgisayarlarına kaydederek verilerin analizini de yapabilmektedirler. Yapılan çalışmanın en önemli avantajlarından biri de kullanıcıların her hangi bir yerden, her hangi bir zamanda sisteme bağlanarak deneyi gerçekleştirebilmeleridir.

2. DA Motorunun PID ile Denetlenmesi

Motor hız kontrolünün amacı, çıkış büyüklüğünü istenilen referans değerine oturtmaktır. Şekil 1'de

kapalı döngü DA motor hız kontrol sisteminin blok diyagramı verilmiştir. Burada referans hız (ω_r), enkoder yardımıyla ölçülen motor hızı (ω_g) ile karşılaştırılarak hata sinyali ($e(t)$) üretilmektedir. PID denetleyicinin oluşturduğu $u(t)$ değeri Kare dalga üreticisinin Duty oranı olarak girer. Duty oranına göre PWM sinyallerini DAQ kart üretir. PWM sinyallerine bağlı olarak sürücü devrede ki güç transistörleri yardımıyla motora gerilim uygulanmaktadır.



Şekil 1. PID denetleyicili DA motorunun hız kontrol blok diyagramı

Şekil 1’de PID denetleyicinin görevi referans hız ile gerçek hız arasındaki hatayı en aza indirmektir. Hata sinyali PID denetleyiciye girdiğinde oransal kazanç (K_p) ve hata sinyalinin integrali alınarak integral etki kazancı (K_i) ve türevsel kazanç (K_d) ile çarpılmaktadır. Oransal-integral-türevsel (PID) tipi kontrol, oransal, integral ve türevsel kontrol etkilerinin birleştirilmesinden meydana gelir. PID denetleyici çıkışı;

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

şeklinde ifade edilir [5].

Burada;

$u(t)$: PID denetleyici çıkışı

$e(t)$: Hata

K_p : Oransal etki kazancı

K_d : Oransal etki kazancı

K_i : İntegral etki kazancı olarak verilmiştir.

PID denetleyicisi kapalı döngü bir sistemle birleştirildiğinde, hata sıfır olana kadar kontrol etkisinin değişimine neden olacaktır. PID kontrolünün en büyük üstünlüğü sistemde kalıcı durum hatasının olmaması, kolay uygulanabilirliği ve

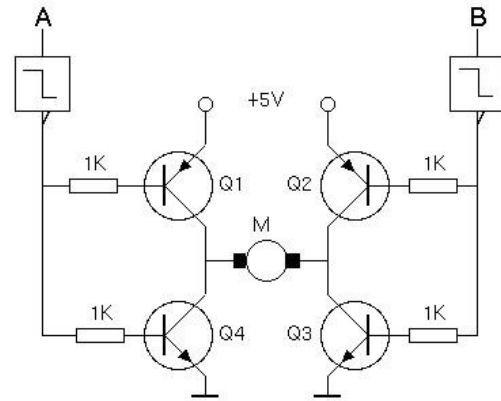
katsayılar doğru seçildiğinde hızlı tepki verebilmesidir.

3. Sistemin Yapısı

Oluşturulan deney düzeneği yazılım ve donanım olmak üzere iki kısımdan meydana gelmektedir. Donanım kısmı DA motor, DA güç kaynağı, sürücü devre ve DAC 6024E kartından oluşmaktadır. Yazılım kısmı ise LabVIEW programı kullanılarak oluşturulmuştur.

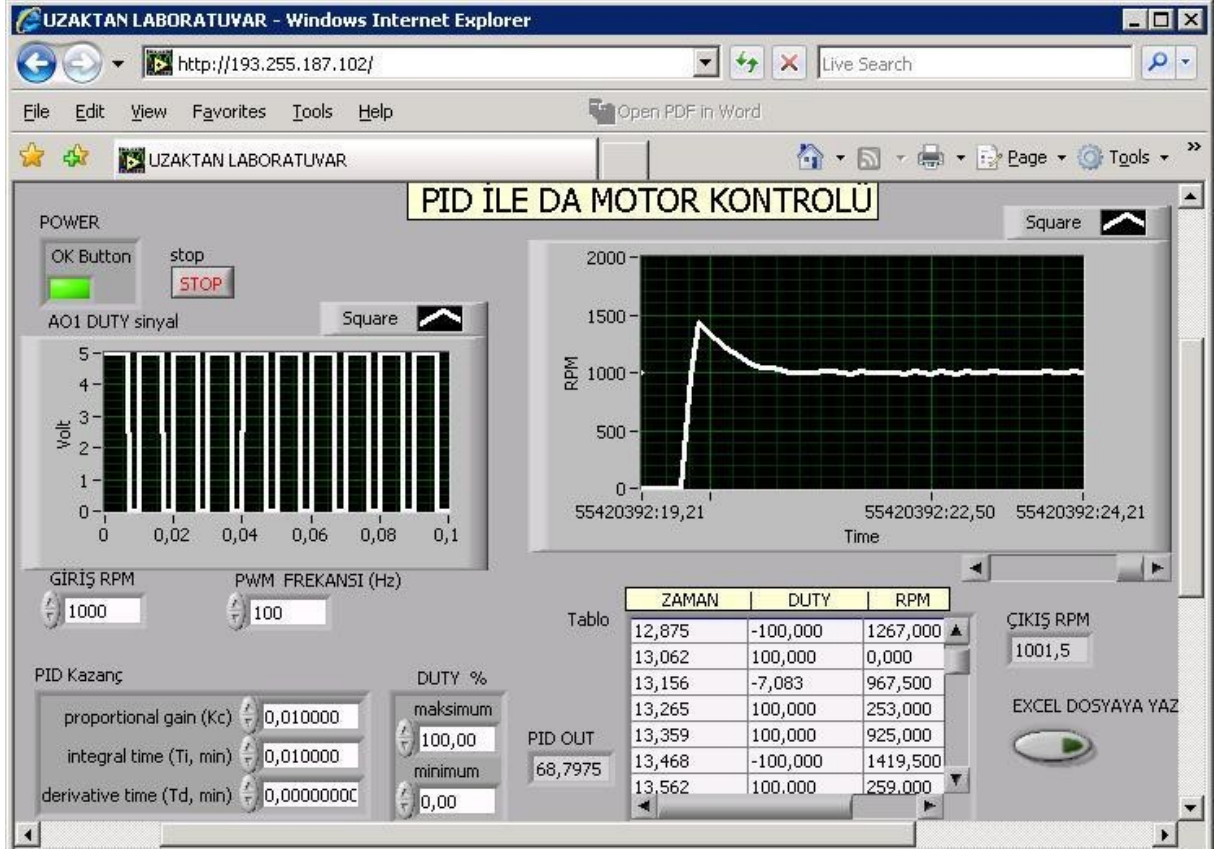
3.1 Donanım

Bu çalışmada DA motor kontrolü için H köprü devresi kullanılmıştır. H köprüsünün çapraz kolları değiştirilerek motorun devir yönü de değiştirmektedir. PID denetleyici ile kontrol edilen devrenin şekli Şekil 2’de verilmiştir. Burada $A=1, B=0$ verilerek motor bir yöne, $A=0, B=1$ verilerek motor diğer yönde döndürülebilir. Bu şekilde istenen yönünde hız kontrolü yapılabilir. LabVIEW programı ve DAQ 6024 kartı kullanılarak PWM sinyali üretilmektedir. Böylece transistörün iletim/kesim durumu ayarlanmak suretiyle motor hızı ayarlanmaktadır. Kullanılan H köprüsünün yapısı Şekil 2’te verilmiştir. Deney düzeneği ise Şekil 4’te sunulmuştur.



H köprüsü

Şekil 2. Deney düzeneği



Şekil 3 PID hız denetimi için LabVIEW programı kullanılarak tasarlanan arayüz

3.2 Yazılım

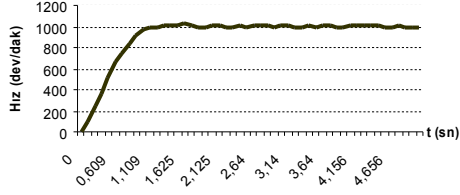
LabVIEW mühendislik ve bilim çevrelerine hitap eden veri toplama ve işlemeye yoğunlaşmış grafiksel programlama ve sanal enstrumantasyon platformudur [6]. LabVIEW programı kullanılarak tasarlanan arayüz Şekil 3'te sunulmuştur.

Kullanıcı internet'te web sayfası üzerinden bu arayüze erişerek motorun parametrelerini değiştirip hız kontrolünü gerçekleştirebilir. Arayüzdeki OK butonu deney düzeneğine enerji vermek için kullanılır. GİRİŞ RPM bölümüne motorun çalışmasını istediğimiz referans değeri devir/dakika cinsinden girilir. PWM FREKANS bölümünde ise kare dalgaının frekansı değiştirilerek, frekansın motor üzerindeki etkisi gözlenir. Motorun hızı ise devir/dakika cinsinden anlık değerler olarak ÇIKIŞ RPM bölümünde görülebilir. PID katsayıları PID Kazanç bloklarından ayarlanabilir. PWM doluluk oranı PID OUT bölümünde yüzde olarak izlenebilir. DUTY kısmındaki yüzdelik oranlar değiştirilerek PWM çıkışı, kapalı döngü devre dışı bırakılarak (PID denetleyici devre dışı bırakılır), motorun o değerdeki PWM çıkışı için hızı görülebilir. Bu işlemle motor sabit bir hızla döndürülür. EXCEL

DOSYAYA YAZ butonu ile deneysel çalışmanın sonucunda elde edilen hız bilgilerinin verileri web-server'a kaydedilir. Kullanıcı isterse server'dan bu verileri kendi bilgisayarına aktarabilir. Tablo kısmında ise veriler anlık olarak izlenebilir. Bu veriler motor dursa bile ekranda görülebilir. STOP butonuna basıldığında ise motorun çalıştırılması durur. Arayüzdeki ayarlanabilen parametreler sistem çalışırken de değiştirilebilir. Sistem değiştirilen parametrelere göre çalışmasına devam eder.

4. Deneysel Bulgular

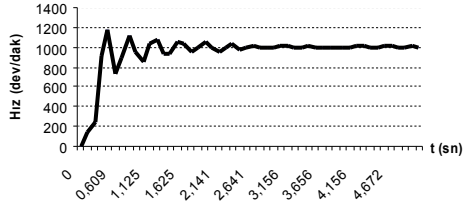
DA motorunun hız denetiminde K_p , K_I ve K_d katsayıları değiştirilerek, bu katsayıların sistem cevabı üzerindeki tepkileri incelenmiştir. Sonuçla ilgili veriler excel dosyasına aktarılarak, Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterildiği gibi, grafiksel olarak çizdirilmiştir. PID denetleyicinin katsayıları ayarlanarak ($K_p=0.01$, $K_I=0.01$, $K_D=0.00001$) elde edilen sonuç Şekil 4'te verilmiştir. Motorun referans hızı 1000 devir/dakika olarak alınmıştır. Şekilden görüldüğü gibi PID denetleyici motorun hızını referans hıza oturtmuştur



Şekil 4. DA motorunun hız zaman grafiği

$$(K_p=0.01, K_i=0.01, K_d=0.00001)$$

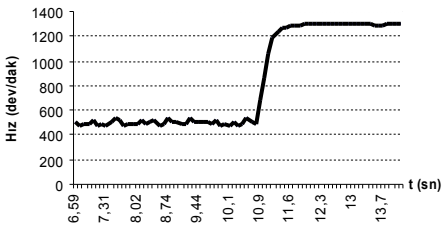
PID denetleyicinin katsayıları değiştirilerek (Şekil 4'ten farklı olarak, $K_p=0.05$, $K_i=0.03$, $K_d=0.00001$) katsayıların sistem dinamiği üzerindeki etkisi görülmüştür. Katsayıları Şekil 4'tekine göre daha kötü seçildiği, bu nedenle sistemin oturma zamanında gecikmenin ve dalgalanmaların daha fazla olduğu Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. DA motorunun hız zaman grafiği

$$(K_p=0.05, K_i=0.03, K_d=0.00001)$$

Sistemin performansını görmek için PID katsayıları değiştirilmeden ($K_p=0.01$, $K_i=0.01$, $K_d=0.00001$) sistemin referans hızı 500 dev/dakika'dan 1300 dev/dakika'ya on-line olarak değiştirilmiştir.



Şekil 6. DA motorunun hız zaman grafiği

$$(K_p=0.01, K_i=0.01, K_d=0.00001)$$

Böylece sistemin arayüz üzerinde tasarlanan parametre değişikliklerine çalışırken verdiği tepki gözlenmiştir. 0,9 saniyede arayüzdeki GİRİŞ RPM kısmındaki 500 değeri 0,9 saniyede 1300 olarak

değiştirilmiştir. Sistemin 500 dev/dakikada çalışırken, 1300 dev/dakika değerine çıktığı gözlenmiştir. Böylece arayüzdeki parametrelerin sistem çalışırken veya dururken değiştirilebileceği ve bu değerlerin sistemi aktif olarak etkileyeceği gösterilmiştir.

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, bir doğru akım motoru, NI DAQ 6024E veri toplama kartı, enkoder, H-köprüsü'nden oluşan bir deney düzeneğine, internet üzerinden erişebilmeye olanak sağlayan bir uygulama yapılmıştır. Doğru akım motorunun hız kontrolü PID denetleyici ile gerçekleştirilmiştir. Kullanıcılar, hazırlanan web sayfası üzerinden, denetleyici parametrelerini ve referans hızı değiştirerek set üzerinden hız kontrolü yapabilmektedirler. PWM ve Devir/dakika (RPM) grafiklerinde anlık değerler çizdirilmektedir. Ayrıca motor dönüşünü IP kamera ile görebilmektedir. Buna ilaveten, kullanıcı hız bilgilerini kendi bilgisayarına Excel dosyası olarak aktarabilir, sonra bu verilerin analizini yaparak, istediği grafikleri çizdirebilir.

4. Kaynaklar

- [1] Doğan İbrahim, Erdal Onurhan "Uzaktan Mühendislik Eğitiminde Laboratuvar Kullanımı", EEBM Eğitimi sempozyumu.
- [2] Chen, S.H., Chen, R, Ramakrishnan, S.Y., Zhuang, Y, Ko, C.C., Chen, B.M., "Development of Remote Laboratory Experimentation Through Internet", vlab.ee.nus.edu.sg/vlab/papers/C-IEEE-hksrc99.pdf
- [3] Hsu, S., Alhalabi, B., Ilyas, M., "A Java-based Remote Laboratory for Distance Learning", web sitesi: www.ineer.org/Events/ICEE2000/Proceedings/
- [4] Şevki Demirbaş, "İnternet Tabanlı PI Kontrollü Bir Doğru Akım Motoru Deney Seti", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 22, No 2, 401-410, 2007
- [5] Çolak İ. ve Bayındır R., "DA Motoru Hız Kontrolü İçin Denetleyiciyi PI Kontrolör Olarak Programlama", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 11, Sayı 2, 2005.
- [6] Gürüler,H., İstanbullu, A., Yiğitbaşı, O.N, Ersoy, O.K, "Endüstri'de Sanal Enstrümantasyon Uygulaması Ve Veri Toplama", TAINN'03, XII. Turk Yapay zeka ve Sinir Ağları Sempozyumu, 69-71, Çanakkale, (2003)