

# POZİSYON KONTROLÜNE YÖNELİK DC MOTOR UYGULAMASI

Ali İhsan DOĞMAN, Ali Fuat BOZ

**Özet** - Son yıllarda, çağdaş uygarlığın ve teknolojinin gelişmesi ve ilerlemesi ile birlikte, kontrol sistemlerinin önemi gittikçe artmaya başlamıştır. Kontrol sistemlerinin yaygınlaşması ile birlikte, kontrol sistemleri eğitime yönelik çalışmalarda hız kazanmıştır. Bu nedenle yapılan çalışmaların amaçlarından biriside teoride görülen konuların, pratik çalışmalarda kullanılmasında yaşanan sorunların çözümüdür. Bu çalışmada, bu problemin çözümüne yönelik olarak bir pozisyon kontrolü deney seti geliştirilmiş ve teoride görülen sistem performansı test işlemi ve kontrolör dizaynının buna etkisi deney seti üzerinde incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler** – Kontrol sistemleri, kontrolörler, geribesleme

**Abstract** – In the recent years, advances in technology and science also increased the importance of the control systems. On the other hand many problems are encountered on control systems education. One of the problem is the implementation or application of the control systems theories to the practice. In this study an experimental apparatus for testing the system performances and implementing the controllers has been proposed.

**Keywords** – Control systems, controllers, feedback

## I. KONTROL SİSTEMLERİNE GİRİŞ

Bir kontrol sisteminin temel öğeleri şöyle açıklanabilir:

- Kontrolün amaçları
- Kontrolün sistem öğeleri
- Sonuç ya da çıkışlar

Bu üç öğenin birbirleriyle ilişkisi daha teknik terimlerle ifade edilirse, amaçlar  $u$  girişleri ya da sürücü işaretler ile belirlenir, sonuçlar ise  $y$  çıkışlarını ya da kontrol edilen değişkenleri etkiler. Genel olarak kontrol sisteminin amacı, kontrol sisteminin elemanları aracılığı ile girişleri kullanarak, çıkışları önceden belirlenmiş bir şekilde kontrol etmektir[1].



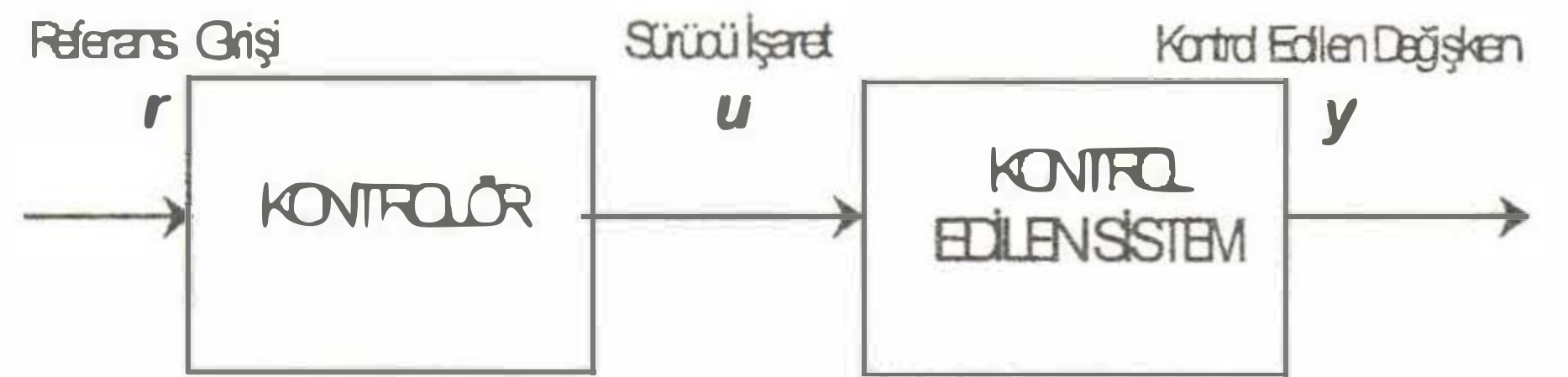
Şekil 1. Bir kontrol sisteminin temel öğeleri

Kontrol sistemleri temelde ikiye ayrılırlar:

- ✓ Açık çevrim kontrol sistemi
- ✓ Kapalı çevrim kontrol sistemi

### I.1. Açık Çevrim Kontrol Sistemi

Açık çevrimli kontrol sistemlerinin öğeleri Şekil 2’de görüldüğü gibi kontrolör ve kontrol edilen sistem (süreç) olmak üzere iki kısma ayrılır.  $u$  sürücü işaret çıkışlı kontrolöre  $r$  komutu ya da giriş işareti uygulanır; bu sürücü işaret, kontrol edilen sistem çıkışındaki  $y$  kontrol edilen işareti, önceden belirlenen standartlara göre davranmasını sağlayacak şekilde etkiler [1]. Basit durumlarda, sistemin özelliklerine bağlı olarak kontrolör, bir kuvvetlendirici, mekanik bağlantı, filtre ya da başka bir kontrol elemanı olabilir. Daha karmaşık durumlarda kontrolör bir mikroişlemci türü bilgisayar olabilir. Bu tür açık çevrimli kontrol sistemlerine, basit ve ekonomik olmaları nedeniyle, çok sayıda karmaşık olmayan uygulamada rastlamak mümkündür.



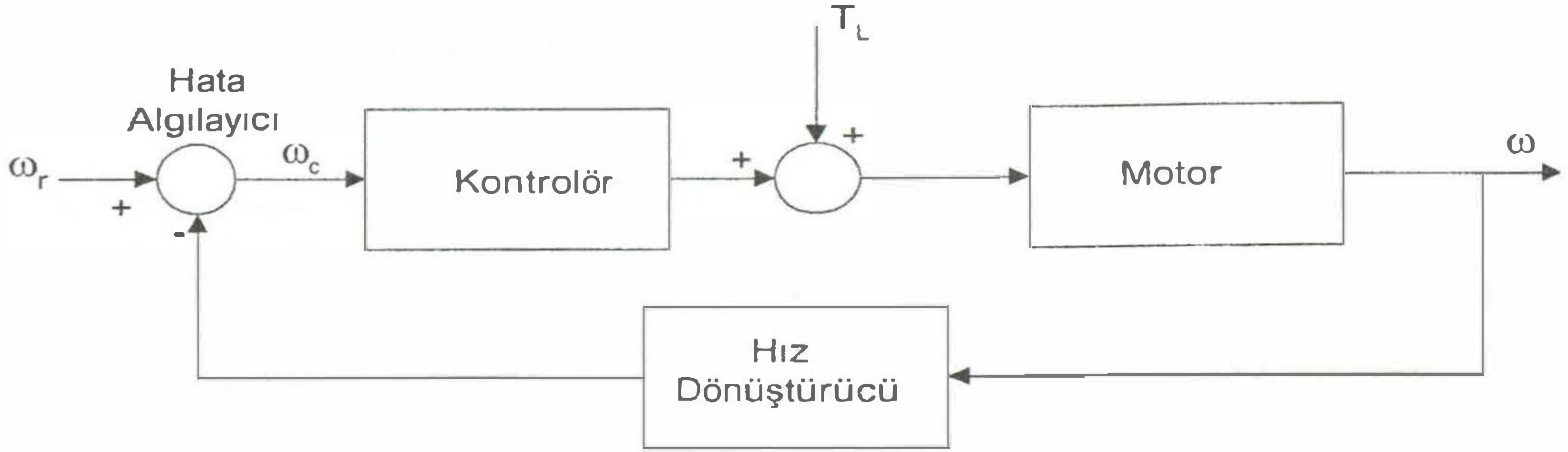
Şekil 2. Açık çevrim kontrol sistemlerinin öğeleri.

### I.2. Kapalı Çevrim Kontrol Sistemi

Açık çevrimli kontrol sistemlerinin; hatasız ve adaptif kontrolü için gerekli olan şey, sistem çıkışından girişine bir bağlantının oluşturulması ya da geri beslemedir. Daha hatasız bir kontrol elde etmek için,  $y$  kontrol edilen işaret geri beslenmeli ve referans işaretle karşılaştırılmalı, giriş-çıkış işaretleri farkı ile orantılı bir sürücü işaret - hatayı gidermek üzere - sisteme uygulanmalıdır. Burada tanımlandığı üzere bir veya daha çok geri besleme yoluna sahip bir sisteme kapalı çevrimli sistem denir. Şekil 3’te  $\omega_r$  referans girişi istenilen boşa hız değerini belirlemektedir. Boşa motor hızı  $w$  referans değeri ile aynı olmalıdır ve  $T_L$  yük momentinin neden olduğu, istenilen hız ile gerçek hız arasındaki her fark, hız dönüştürücü ve hata algılayıcı tarafından algılanmalıdır. Kontrolör, farka göre devreye

girer ve hatayı gidermek üzere  $\alpha$  kısma açısını ayarlayacak bir işaret üretir. Kapalı çevrimli sisteminin boştaki hızı,  $T_L$  uygulandıktan sonra, kendini hemen toparlayarak istenen değere geri gelir. Sistem çıkışını

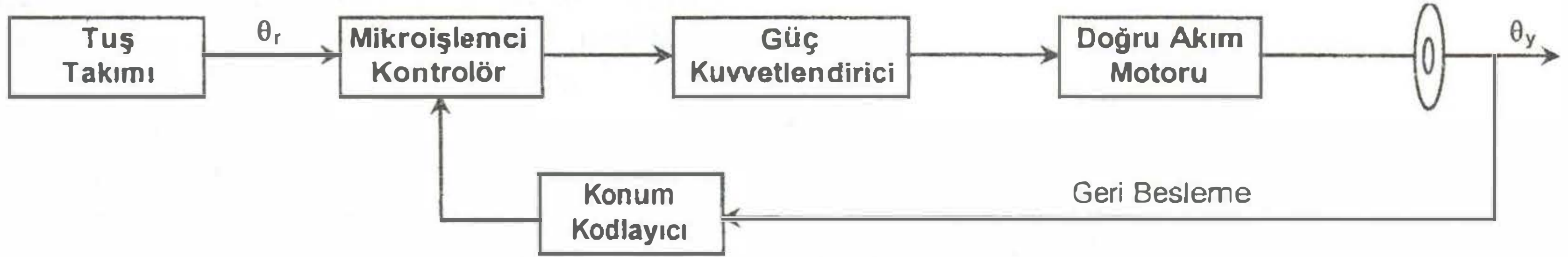
önceden belirlenen bir değerde tutmayı amaçlayan bu boşta hız kontrol sistemi "regülatör sistemi" olarak da bilinir [2].



Şekil 3. Kapalı çevrim boşta hız kontrol sistemi

Şekil 4'te baskı tekeri kontrol sisteminin geri beslemeli blok diyagramı görülmektedir. Bu durumda Baskı tekerinin konumu bir konum algılayıcı tarafından belirlenir. Bu konum algılayıcının çıkışı, tuş takımı ile belirlenen, istenen konumla karşılaştırılır ve mikroişlemcide değerlendirilir. Böylece baskı tekeri

motoru istenen konuma hatasız bir şekilde yönlendirilerek kontrol edilmiş olur. Baskı tekerinin konum bilgisi mikroişlemcide hız bilgisine dönüştürülerek değerlendirilebilir ve böylece baskı tekerinin hareket profili daha iyi kontrol edilmiş olur [4].



Şekil 4. Baskı tekeri kapalı çevrim boşta hız kontrol sistemi

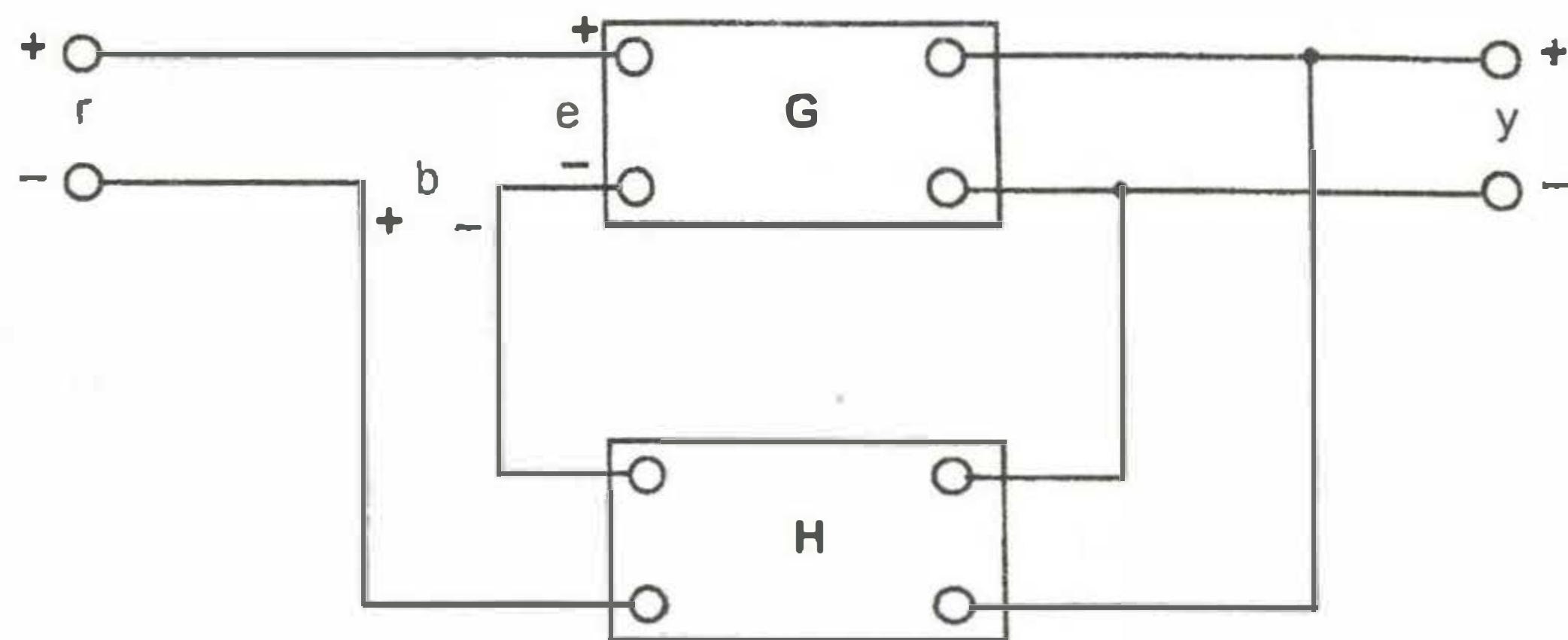
## II. GERİBESLEME

Sistem çıkış büyüklüğünün; girişe, pozitif veya negatif yönde etki etmesi "geribesleme" olarak adlandırılabilir. Şimdi geri beslemenin sistem davranışını farklı yönlerden ne şekilde etkilendiğini görelim. Basit cebirsel işlemlerle sistemin giriş-çıkış ilişkisinin

$$M = \frac{y}{r} = \frac{G}{1 + GH} \text{ olduğu gösterilebilir. Geri}$$

beslemeli sistem yapısının bu temel ilişkisinden yararlanarak geri beslemenin bazı önemli etkileri açıklanabilir [3]. Bu etkiler

- Geribeslemenin, sistemin toplam kazancına etkisi.
- Geribeslemenin, sistem kararlılığına etkisi.
- Geribeslemenin, sistem duyarlılığına etkisi.
- Geribeslemenin, sistemi etkileyen gürültülere etkisi.



Şekil 5. Geribeslemeli sistem.

## III. KONTROLÖR TÜRLERİ ve TASARIMI

Tasarım kriterleri genellikle sistemin ne yapması gerektiğini belirtmek ve nasıl yaptığını değerlendirmek

için kullanılır. Bu kriterler her bir uygulamaya özgü farklıdır ve genellikle görel kararlılık, kararlı hal doğruluğu (hata), geçici yanıt ve frekans yanıt özellikleri ile ilgili kısımlardan oluşur. Bazı uygulamalarda

parametre değişimlerine karşı duyarlılık (örneğin dayanıklılık ya da bozucuları etkisiz kılma) gibi ilave kriterlerden de yararlanır.

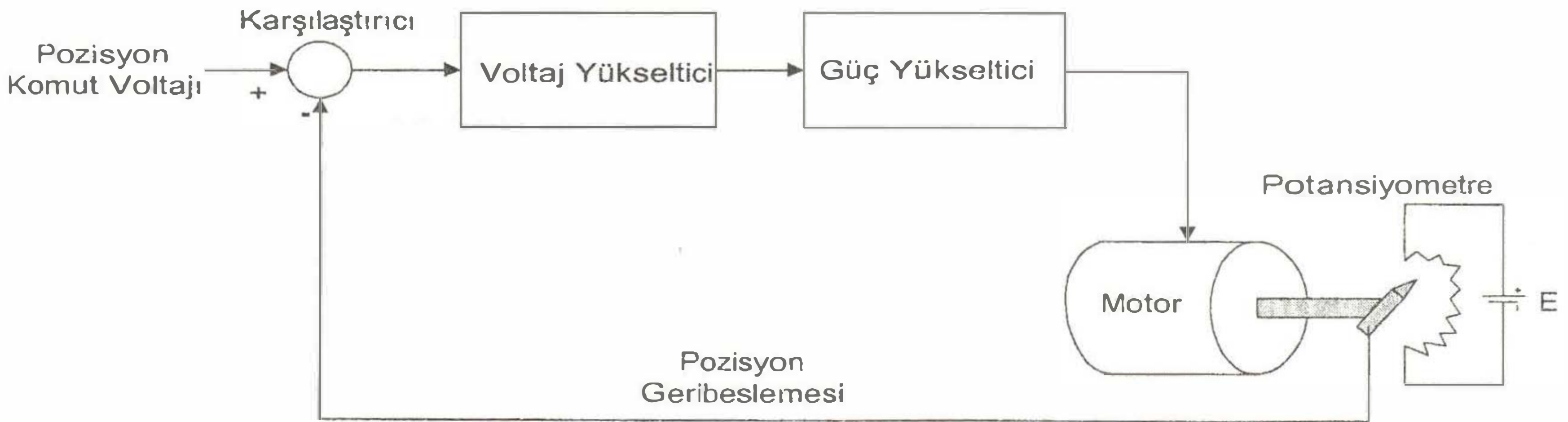
Doğrusal kontrol sistemlerinin tasarımı zaman ya da frekans tanım bölgesinde gerçekleştirilebilir. Örneğin kararlı hal doğruluğu genellikle birim basamak, rampa ya da parabolik giriş için tanımlanır. Belirli tasarım kriterleri zaman tanım bölgesinde çok daha kolay değerlendirilebilir. En büyük aşım, yükselme zamanı ve yerleşme zamanı gibi birim basamak giriş için tanımlanan kriterler genellikle zaman tanım bölgesi tasarımlarında kullanılır. Göreli kararlılığın kazanç payı, faz payı ve  $M_r$  gibi büyüklüklerle ölçülebileceğini göstermiş bulunuyoruz. Bu tür frekans tanım bölgesi kriterleri Bode diyagramı, kutupsal yer eğrisi, genlik-faz eğrisi ve Nichols abağı ile birlikte kullanılmalıdır.

Kontrolörlerin; PD kontrolör, PI kontrolör, PID kontrolör, Faz ilerlemeli kontrolör, Faz gerilemeli kontrolör, Faz ilerlemeli/gerilemeli kontrolör vb. türleri mevcuttur.

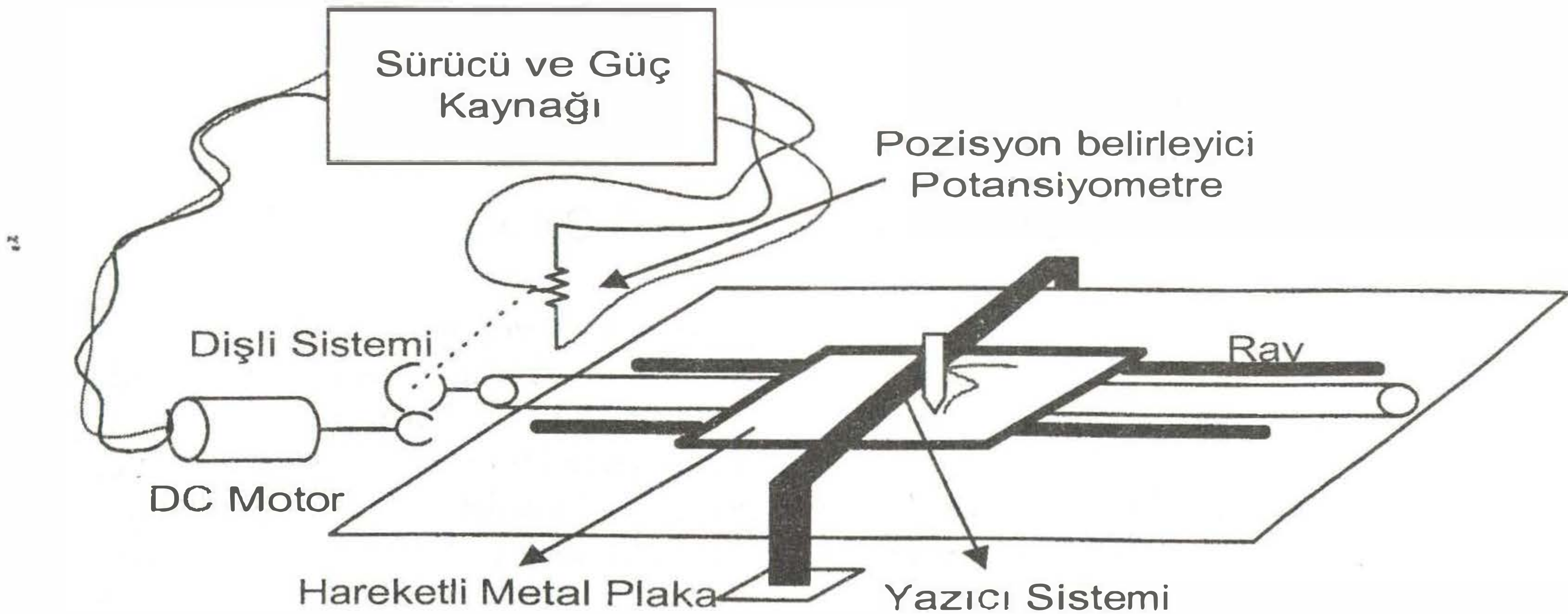
#### IV. ÖRNEK SİSTEM ve KONTROL SONUÇLARI

Bu çalışmada, pozisyon kontrolüne yönelik bir deney seti tasarlanmıştır. Tasarlanan deney setinin blok şeması ve genel görünümü sırası ile Şekil-6 ve 7 'de görülmektedir. Deney setinde raylar üzerinde hareket eden ve A4 büyüklüğünde olan bir metal plakanın pozisyonu DC bir motor ile kontrol edilmektedir. Motor

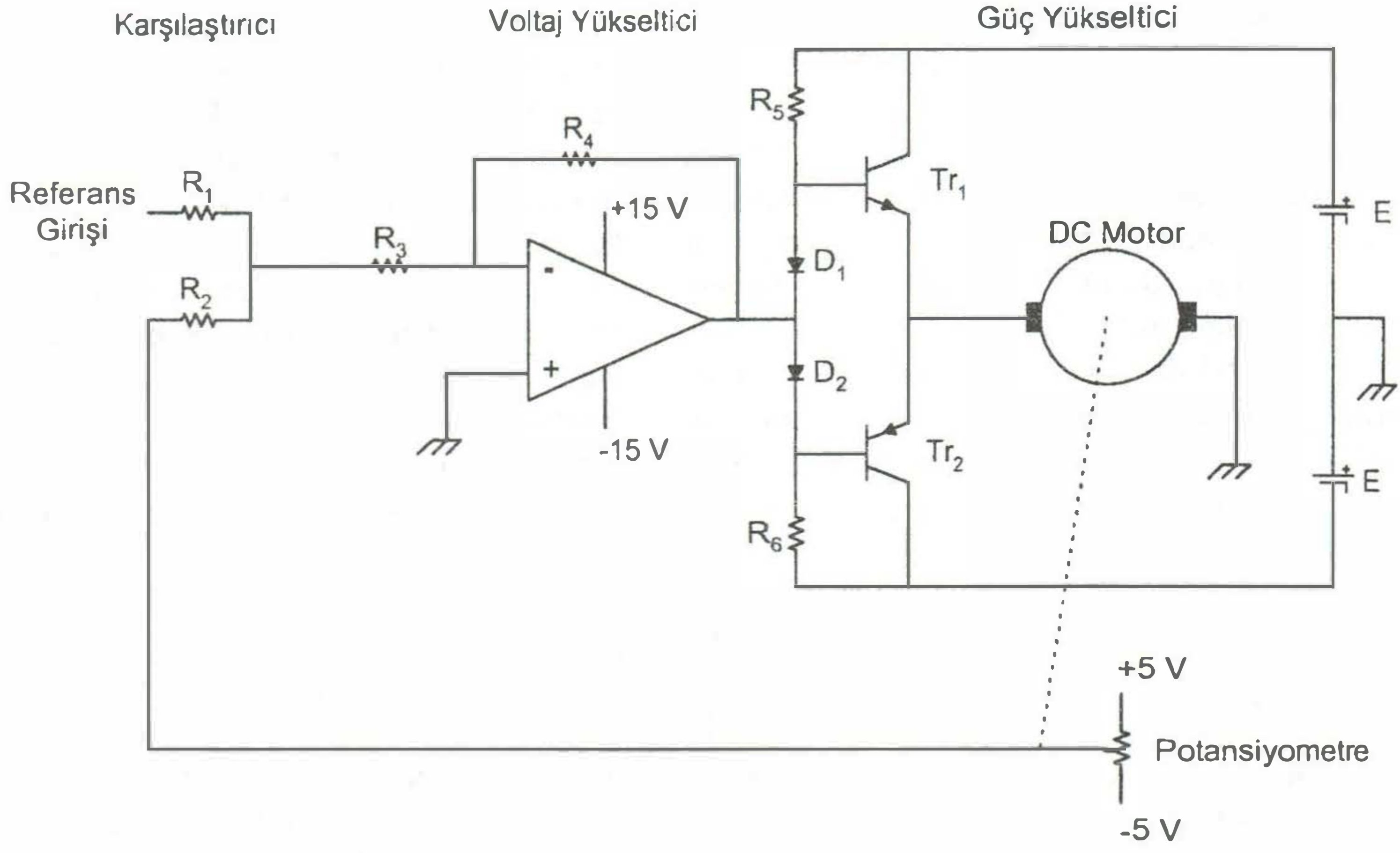
miline bağlı dişli sistemi sayesinde motor torku arttırılmaktadır. Yine motor miline bağlı potansiyometre vasıtası ile pozisyon ölçümü yapılarak, geribesleme olarak sisteme verilmektedir. Sistemde bulunan DC motoru beslemek için Şekil-8 'de görülen sürücü devresi kullanılmıştır[5]. Devre bir işlemsel yükselteç ve bu elemanın beslediği iki güç transistöründen oluşmaktadır. Sistem üzerinde farklı kontrolörlerin uygulamasının yapılabilmesi amacı ile hata algılayıcı ile motor sürücü devresi arasından bağlantı uçları çıkarılmıştır. Dizayn edilen kontrolörler bu uçlar arasına bağlanabilmektedir. Sistemin en önemli özelliği ise, sistem performansının direkt olarak bir A4 kağıdı üzerine çizdirilebilmesidir. Bu amaca yönelik olarak raylar üzerinde hareket eden metal plaka üzerine A4 kağıdı yapıştırılmakta ve bu plaka sistem girişine göre(genellikle birim basamak sinyali) hareket ederken, üzerine kalem monte edilmiş ve metal plakanın hareket yönünün  $90^\circ$  ters istikametinde hareket eden ve zaman boyutunu temsil eden bir yazıcı ile sistem performansı çizdirilmektedir. Böylece deney sırasında teoride elde edilen birim basamak cevabı direkt olarak sisteme çizdirilmektedir. Sistem performansı yine dizayn edilen farklı kontrollörler içinde aynı düzlem üzerine çizdirilebilmektedir. Böylece kullanıcı veya öğrencilerin teoride gördükleri konuları, pratikte direkt olarak test etme veya elde etme imkanları olmaktadır. Buda konunun anlaşılması açısından büyük önem arz etmektedir[4].



Şekil 6.Deney Setinin Blok Diyagramı



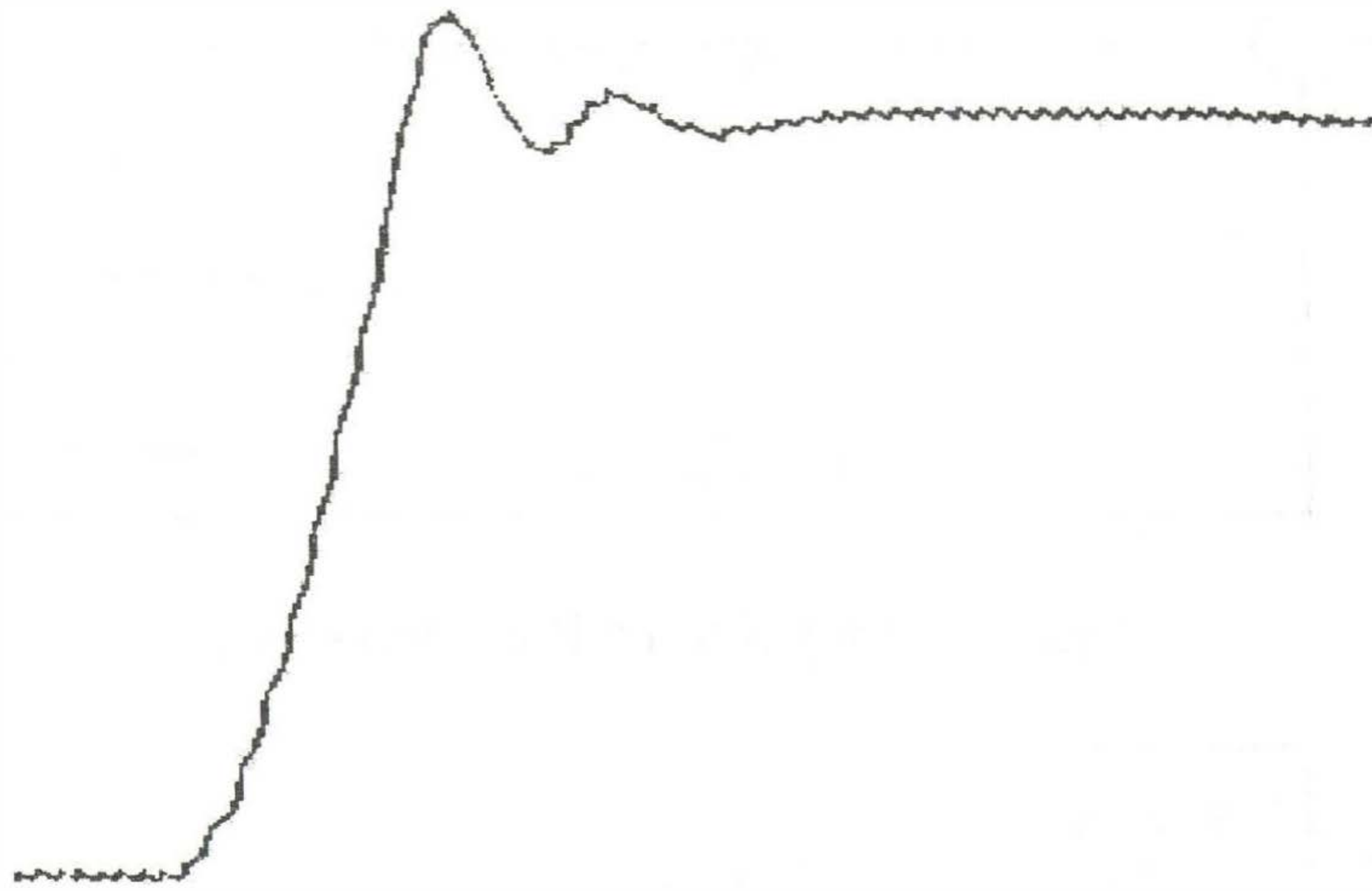
Şekil 7.Deney Setinin Genel Görünümü



Şekil 8. Karşılaştırıcı ve Sürücü Devre Şeması

Deney seti kullanılarak elde edilen basamak cevaplarından birisi Şekil-9'da verilmiştir. Buradan elde edilen basamak cevabı ile teoride hesaplanan cevabın aynı olduğu yine kullanıcı tarafından görülebilmektedir. Bunun yanı sıra kullanıcı hareketli metal plakaya bir

makara sistemi ile bağlı sarkaca farklı ağırlıklara sahip kütleler bağlayarak, sistemin dışarıdan verilen bir gürültü(disturbance) karşısında nasıl davrandığını da test edebilmekte ve sistemin cevabını çizdirebilmektedir.



Şekil 9 : Sistemin Basamak Cevabı

## V. SONUÇLAR

Günümüz teknoloji dünyasında kontrol sistemlerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Kontrol sistemlerinin kullanımının ve uygulamalarının yanısıra eğitimde günümüzde büyük önem arz etmektedir. Bu konuda

yetiştirilmiş eleman açığının kapatılabilmesi ve niteliklerinin artırılabilmesi için, eğitimde yeni metotlar ve yöntemler kullanılmalıdır. Lisans veya yüksek lisans düzeyinde eğitim veren kurumların en büyük problemlerinden birisi teoride öğrencilere kazandırılan bilgilerin, pratikte uygulama sıkıntısıdır. Bu problemin çözüm yollarından bir tanesi ders konularının genel uygulamalarının yapılabileceği uygun deney setleridir.

Genel veya özel amaçlara yönelik uygun deney setlerinin bulunabilmesi ise yine bir sorun teşkil etmektedir. Çünkü ya piyasada ticari olarak bulunan setler amaca yönelik olmamakta veya maliyetleri eğitim kurumlarının kaldırabileceğinin çok üzerinde olmaktadır[6][7].

Bu çalışmada yukarıda değinilen probleme yönelik olarak Kontrol sistemleri dersinde kullanılmak üzere bir pozisyon kontrolü deney seti tasarlanmıştır. Tasarlanan deney setinin en büyük özelliği, sistem performansının mekanik yolla direkt olarak çizdirilebilmesi ve elde edilen performans eğrisinin teoride görülen veya hesaplanan performans değerleri ile karşılaştırılabilmesidir. Yine dışarıdan uygulanan sistemi bozucu sinyaller karşısında performansın nasıl değiştiğide görülebilmektedir.

Sistem performansının test edilmesinden sonra, ikinci aşamada bu değerlerin istenilen sınırlar içerisinde olup olmadığının belirlenmesidir. Eğer istenilen değerler elde edilemiyorsa buna yönelik olarak kontrolör tasarımı yapılarak sistem performansı istenilen değerlere çekilebilmektedir. Bu amaçla tasarlanan ve uygulaması yapılan bu deney seti, farklı kontrolör uygulamalarına uygun hale getirilmiştir. Kullanıcı yine kontrolörlü ve kontrolörsüz sistem performans eğrilerini mekanik yolla çizdirerek, karşılaştırma yapabilmektedir. Maliyeti düşük, uygulaması ve kullanımı kolay ve çok farklı amaçlara yönelik olarak dizayn edilen bu sistem, eğitimde karşılaşılan uygulama probleminin çözümüne büyük katkılar sağlayacak özelliktedir.

## KAYNAKLAR

- [1] B.C.KUO, Linear Circuits and Systems, McGraw Hill Book Company, New York, 1967.
- [2] B.C.KUO and J. TAL, Incremental Motion Control, Vol. 1, DC Motors and Control Systems, SRL Publishing Co., Champaign, IL, 1979.
- [3] J. G. TRUXAL, Automatic Feedback Control System Synthesis, McGraw-Hill Book Company, New York, 1955
- [4] A.İ.DOĞMAN, Kontrol Sistemleri Eğitime Yönelik Pozisyon Kontrolü Deney Seti ve Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2002
- [5] T.KENJO-S.NAGAMORİ, Permanent-Magnet and Brushless DC Motors, Oxford 1985
- [6] K.A.STILLMAN, The Place of Classical Control In Control Education, The 4<sup>th</sup> IFAC Symposium on Advances in Control Education, 14-16 July 1997, İstanbul, Turkey
- [7] C.SCHMİD - S.MÜLLER, A Contribution to Control Engineering Education On the Web, 4th IFAC Symposium on Advances in Control Education, 14-16 July 1997, İstanbul, Turkey