

ANALOG SERVO MOTOR DEVRESİ TASARIMI VE SİMULASYONU

Caner BEYKONT, Çağatay ÇAKIR , İlker ALTAY

İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL
cbeykont@yahoo.com, cagataycakir@gmail.com, altayi@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, ülkemizdeki kontrol ihtiyaçlarını gözönüne alarak pratik bir uygulamayla dc motorların tasarlanan bir elektronik kartla kontrollü hale getirilmesi için yapılmıştır. Birçok otomasyon sisteminde kullanılan servomotorların en büyük dezavantajı hem kendilerinin hem de kontrol kartlarının pahalı oluşudur. Analog servo devre tasarımı ile pratik ve ucuz bir çalışma söz konusu olabilir. Temel hedefimiz birçok otomasyon sistemi bünyesinde kullanabilecek bir servomotor tasarımı için hem ekonomik hem de pratik bir yöntem geliştirmek ve bu tasarımı daha başka otomasyon sistemlerinde test etmektir.

Bu çalışmada öncelikle motorun mekanik modellemesi ADAMS programı ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra MATLAB/SIMULINK ortamında motorun elektriksel bileşenlerinin eklenmesi ve ADAMS programı ile eş zamanlı çalıştırılması sayesinde gerçeğe yakın bir benzetim modeli elde edilmiştir. Hazırlanan bu model üzerine uygulanması düşünülen servo-kontrol algoritmasının elektronik devre elemanları ile tasarımı ELECTRONIC WORKBENCH programında yapılmıştır. Motor kontrolündeki hassaslığın sayısal değerleri grafikler halinde verilmiştir. Yapılan bu çalışmalar neticesinde gerçek bir fiziksel sistemde kullanılacak bileşenler seçilmiş ve servomotor tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Servo Motor, Analog Kontrol

ANALOG SERVO MOTOR CIRCUIT DESIGN AND SIMULATION

ABSTRACT

This study ,taking the control system needs of our country into consideration, has been prepared to realize a servo-DC motor from a direct DC-Motor as a practical application. Although they have been used in many automation systems,servo motors have some disadvantages including their own and their control card price. With the “Analog Servo System Design” more practical and inexpensive construction will be available for specific purposes. Our main target is to a develop a method to design a practical and inexpensive servo motor that can be used in appropriate automation systems and to test this design in other automation systems.

In this study the mechanical modelling of the motor has been established in ADAMS software package. With the contribution of MATLAB-SIMULINK simulation software package, the model created is simulated with ADAMS and MATLAB/SIMULINK working coordinately giving out a model that is very close to practical situations. On this model the ELECTRONIC control equipment has been designed and tested by MULTISIM/ELECTRONIC WORKBENCH software package. The simulation results of the position of motor has been illustrated in graphs. As a result of the work, the equipment to be used in a practical physical system has been selected and the design of the servo motor has been realized.

1.GİRİŞ

Otomasyon; istenen işlerin otomatik olarak seri, hızlı ve düzgün bir şekilde tekrarlanarak yapılmasıdır. Bu amaçla çok

çeşitli yöntemler teknikler ve prosesler geliştirilmiştir. Otomasyon denince akla motorlar, robotik sistemler, mekatronik devre ve elemanlar gelmektedir. Bu elemanlar arasında en çok göze çarpan ve günümüzde

kullanılan parçalar servo motorlardır. Bir sistemi veya prosesi otomatik hale getirmek için başlıca yapılması gereken sistemin içinde kumanda edilecek parçaları gözlemlemektir. Kontrol çevrimi, bir sistemin çıkışını, belirli bir değişim aralığı içinde çeşitli değerler alabilen bir referans değeri etrafında tutmak için tasarlanmış ise bu kontrol çevrimine servomekanizma çevrimi denir [1]. Eğer söz konusu olan bir DC motor ise bunu servo kontrollü hale getirdiğimizde ortaya servo motor denen kumanda edilebilir sistem çıkmaktadır. Bu çalışmada temel hedefimiz birçok otomasyon ve kontrol sisteminde kullanılabilecek, pratik ve ekonomik bir servo motor üretimi gerçekleştirmek ve bunu daha sonradan tasarlanacak otonom bir sistemde kullanmaktır.

2. SERVO MOTORLAR

Servo motorlar belirli bir kumanda sinyali ile istenilen referans konuma gelen motorlardır. Bunların kontrol uygulamalarında sıkça kullanılan step motorlardan farkı, devamlı olarak kapalı çevrim kontrollerinin olmasıdır. Step motorlarda kapalı çevrim kullanılmayabilir çünkü bu motorlarda atılan adıma karşılık gelen dönme açısı bellidir fakat bu motorların dezavantajı adım atlama olayının olabilmesidir. Bu olursa pozisyon bilgisi kaybolur. Oysa kontrol algoritması ve çevre birimleri iyi dizayn edilmiş bir servokontrol sisteminde böyle bir sorunla karşılaşmaz [1,2].

Devamlı olarak kapalı çevrim kontrol bilgisinin gönderilmesi servomotora daha üst seviyede bir kontrol sağlanabilmesine imkan tanır. Eğer gerekli ayarlamalar yapılırsa bu motorlar kontrolcüde belirlenen bir kumanda sinyali ile istenen konuma istenen sürede gelebilirler.

3. PROJENİN GENEL OLARAK TANIMI

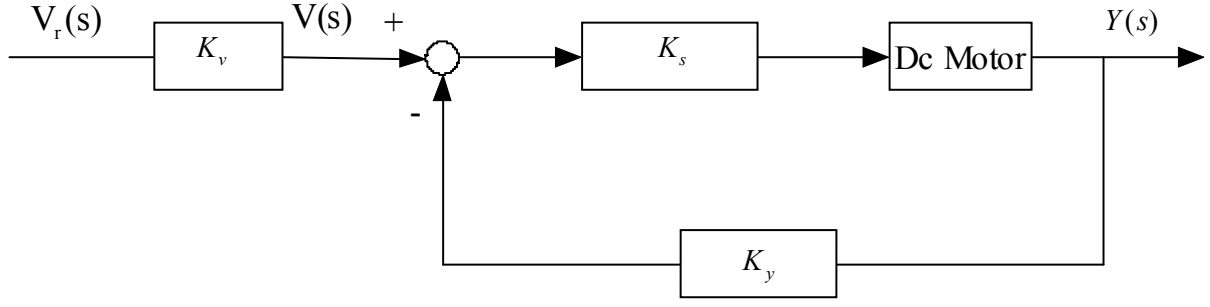
Bu projede sabit mıknatıslı bir dc motorun nasıl servo motor olarak kullanılabileceği

uygun matematiksel formülasyonlar ve tasarlanan kontrol çevrimleri ile gösterilecektir.

Bu çalışmada 3 ayrı paket program kullanılmıştır. Bunlardan ilki elektronik devre simülasyonlarını gerçekte nasıl uygulanabileceğini gösteren "MULTISIM-ELECTRONIC WORKBENCH" programıdır. Elektrik devreleri bu programda kurulmuştur. İkinci olarak kullandığımız program "MATLAB-SIMULINK" sistem modelleme ve simülasyon programıdır. Bu program ile sabit mıknatıslı bir dc motorun kontrol çevrimi gerçekleştirilmiş ve kullanılan elemanların sistem transfer fonksiyonları çıkarılmıştır. Üçüncü olarak kullandığımız program "Msc. ADAMS" dinamik sistem simülasyon programıdır. Bu program ile motorun meknik modeli çıkarılmış ve ileride kullanılabilecek başka sistem modellerine bir altyapı oluşturulmuştur. ADAMS programında oluşturulan motor modeli MATLAB programı altında çalıştırılmış ve kontrol çevrimi gerçekleştirilmiştir. Bununla eş zamanlı olarak aynı çevrim MULTISIM programı ile de gerçekleştirilmiş ve gerçek komponentlerin kullanımıyla ortaya çıkabilecek zorluklar öngörülme çalışılmıştır.

4. SİSTEM TANIMA VE MODELLEME

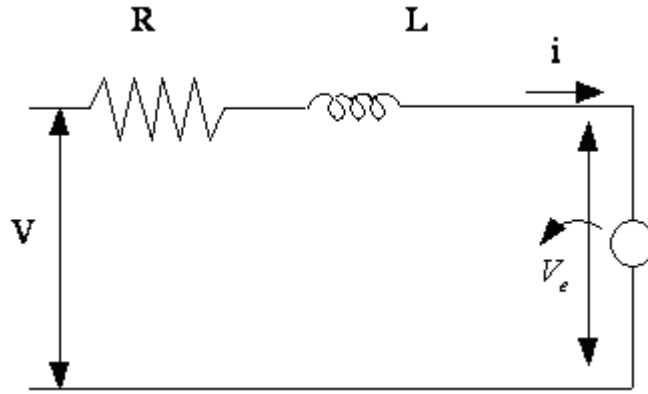
Sistem temelde Maxon marka bir DC motor, çevrim oranı 100 olan bir dişli kutusu ve konum sensörü olarak kullanılan bir potansiyometre ile analog konum kontrolü için tasarımı anlatılacak olan elektronik devreden oluşmaktadır. Motor üzerine bir robot kolu, bir kesici uç takımı veya bir yük bağlanıp konumun kontrol edilmesi düşünülebilir. Tasarım parametreleri içerisindeki yük eylemsizlik momenti motorun sürebileceği sınırlar içerisinde bir değer alınmıştır. Daha sonra tasarlanan bu çekirdek sistemin farklı bir yüke bağlanması ihtiyacı belirirse, hesaplar basit bir biçimde bu yeni yük durumu için yapılabilir.



Şekil 1. Sistemin Blok Diagramı

Basit biçimde tüm sistemin blok diagramı Şekil-1'deki gibi gösterilebilir [3,4]. Burada sistemin basamak cevabı daha sonra gösterileceği gibi K_v/K_y 'ye yakınsamaktadır. Sisteme uygulanacak referans cevabının karakteristiğini belirlemek için öncelikle

ana sürücü eleman olan DC motorun modelinin çıkarılması gereklidir. Motor modeli elektriksel ve mekanik kısım olarak ikiye ayrılabilir. Mekanik kısım için matematik model çıkarıldığı gibi ADAMS paket benzetimlerde hem ADAMS hem matematik model ayrı ayrı kullanılmıştır.



Şekil 2. DC Motor Modeli

Motor hızlandıkça ters elektromotor kuvveti denilen ve büyüklüğü $V_e = K_b \omega_m$ ifadesi uyarınca motor için karakteristik bir özellik olan K_b ters emk sabiti, motor açısal hızı (ω_m) ile değişen, işareti motora verilen voltaja zıt bir potansiyel ortaya çıkartır. Bu tanım ile beraber devre için potansiyel denklemi yazılabilir. [5]

$$V - V_e = Ri + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

$$V_e = \dot{\theta}_m K_b \quad (2)$$

$$V - \frac{d\theta_m}{dt} K_b = Ri + L \frac{di}{dt} \quad (3)$$

Son denklemde Laplace dönüşümü yapılırsa

$$V(s) - s \theta_m(s) K_b = RI(s) + LsI(s) \quad (4)$$

$$V_m(s) = I(s)[R + Ls] + s K_b \theta_m(s) \quad (5)$$

4.1. Mekanik Kısım

Motor mili (rotor) etrafında moment dengesi yazılırsa

$$T_m = i K_t = J_m \ddot{\theta}_m + B_m \dot{\theta}_m + T_y \quad (6)$$

Laplace transformu alınır

$$I(s) K_t = s^2 J_m \theta_m(s) + s B_m \theta_m(s) + T_y(s) \quad (7)$$

1 ve 2 den Şekil 3 deki blok diyagramı çizilebilir.

$$\frac{\theta_y}{V} = \frac{\frac{K_s K_t}{R}}{s^2(nJ_m + J_y) + \left(nB_m + B_y + \frac{K_b K_t n}{R}\right)s + \frac{K_y K_s K_t}{R}} \quad (13)$$

$$\frac{\theta_y}{V_r} = \frac{\frac{K_v K_s K_t}{R}}{s^2(nJ_m + J_y) + \left(nB_m + B_y + \frac{K_b K_t n}{R}\right)s + \frac{K_y K_s K_t}{R}} \quad (14)$$

Buradan V_r ifadesi denklemde diğer tarafa geçirilip birim basamak fonksiyonu olarak alınır

$$\theta_y = \frac{\frac{K_v K_s K_t}{R}}{s^2(nJ_m + J_y) + \left(nB_m + B_y + \frac{K_b K_t n}{R}\right)s + \frac{K_y K_s K_t}{R}} \cdot \frac{1}{s} \quad (15)$$

olur. Bu ifadeye de son değer teoremi uygulanır:

$$\lim_{s \rightarrow 0} s \theta_y = s \cdot \frac{\frac{K_v K_s K_t}{R}}{s^2(nJ_m + J_y) + \left(nB_m + B_y + \frac{K_b K_t n}{R}\right)s + \frac{K_y K_s K_t}{R}} \cdot \frac{1}{s} \quad (16)$$

$$\lim_{s \rightarrow 0} s \theta_y = \frac{K_v}{K_y} \quad (17)$$

çıkacaktır. Yani sisteme birim basamak referansı uygulandığında son değer teoremine göre motor rotor açısı

$$\theta_y \text{ değeri } \frac{K_v}{K_y} \text{ ifadesine}$$

yakınsamaktadır.

4.2 Kontrol Katsayıları Hesabı

Sistemin toplam transfer fonksiyonu ikinci dereceden istediğimiz karakteristik

polinomu belirler ve polinom eşitliğinden kontrol katsayısının (K_y) sayısal değeri için bir ifade bulunabilir.

Sönüm katsayısı $\zeta = 0.707$ ile belirlenen ve birçok sistem için ideal sönüm oranı olarak kabul edilen durum için kökleri ve karakteristik denklemi hesaplanabilir. İdeal sönümlü bir sistem hızlıdır ve fazla aşım yapmaz (aşım % 4 civarındadır). Ancak hassas işleme tezgahlarında veya ameliyat robotları gibi uygulamalarda kullanılamaz. Bu uygulamalar için aşırı sönümlü bir sistem tasarlanmalıdır.

İstenen karakteristik polinom

$$(s + \alpha - j\alpha)(s + \alpha + j\alpha) = s^2 + 2\alpha s + 2\alpha^2 \quad (18)$$

Bu polinom sistemin karakteristik polinomu ile eşitlenirse:

$$s^2 + 2\alpha s + 2\alpha^2 = s^2 + \frac{nB_m + B_y + \frac{K_b K_t n}{R}}{nJ_m + J_y} s + \frac{K_y K_s K_t}{R(nJ_m + J_y)} \quad (19)$$

$$\alpha = \frac{nB_m + B_y + \frac{K_b K_t n}{R}}{2(nJ_m + J_y)} \quad (20)$$

$$\alpha^2 = \frac{K_y K_s K_t}{2R(nJ_m + J_y)} \quad (21)$$

Buradan

$$\alpha^2 = \left(\frac{nB_m + B_y + \frac{K_b K_t n}{R}}{2(nJ_m + J_y)} \right)^2 = \frac{K_y K_s K_t}{2R(nJ_m + J_y)} \quad (22)$$

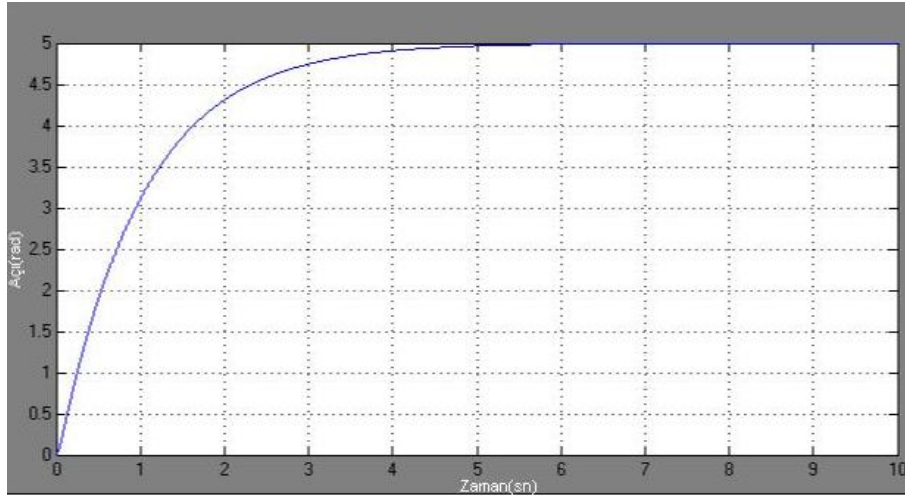
Gerekli sadeleştirmeler ve işlemler yapılırsa:

$$K_y = \frac{\left(n^2 B_m^2 + B_y^2 + \frac{K_b^2 K_t^2}{R^2} n^2 + 2n B_m B_y \right) R}{2(n J_m + J_y) K_s K_t} + \frac{\left(2n^2 B_m \frac{K_b K_t}{R} + 2B_y \frac{K_b K_t}{R} n \right) R}{2(n J_m + J_y) K_s K_t} \quad (23)$$

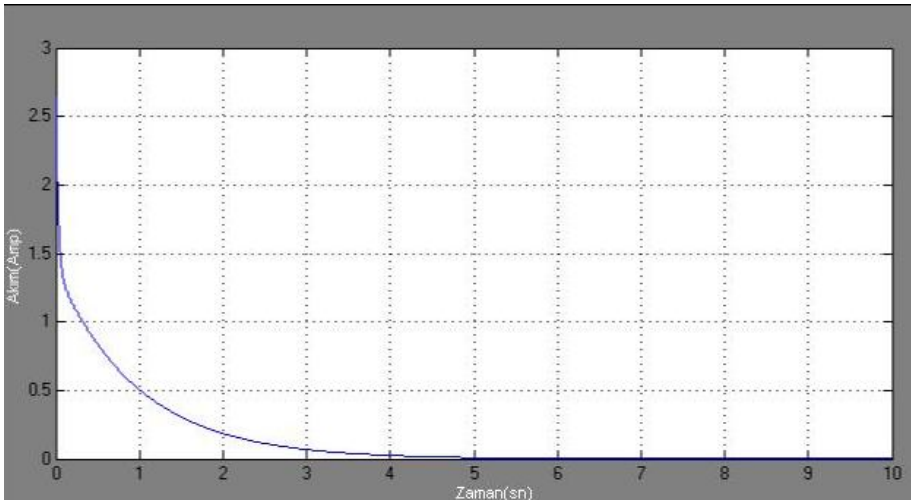
sistem parametreleri cinsinden K_y kontrol katsayısı ifadesine ulaşılır. Kullanılan

motor, sürücü ve dişli parametreleri için bu değer: $K_y = 22.45$ çıkmaktadır.

Sistemin MATLAB ortamında simülasyon sonuçları Şekil 5. ve Şekil 6. da verilmiştir. Simülasyonlardan da görüldüğü gibi motor 4 saniye sonra istenen konuma ulaşmaktadır. K_y ve K_v katsayılarının 22.45 olarak uygulanması pratik olarak zor olduğundan bu katsayılar 1.2 alınmış ve dolayısı ile simülasyonlarda motorun istenen konuma aşırı sönümlü halde ve daha geç bir sürede oturmuştur.



Şekil 5. Motor Konumu

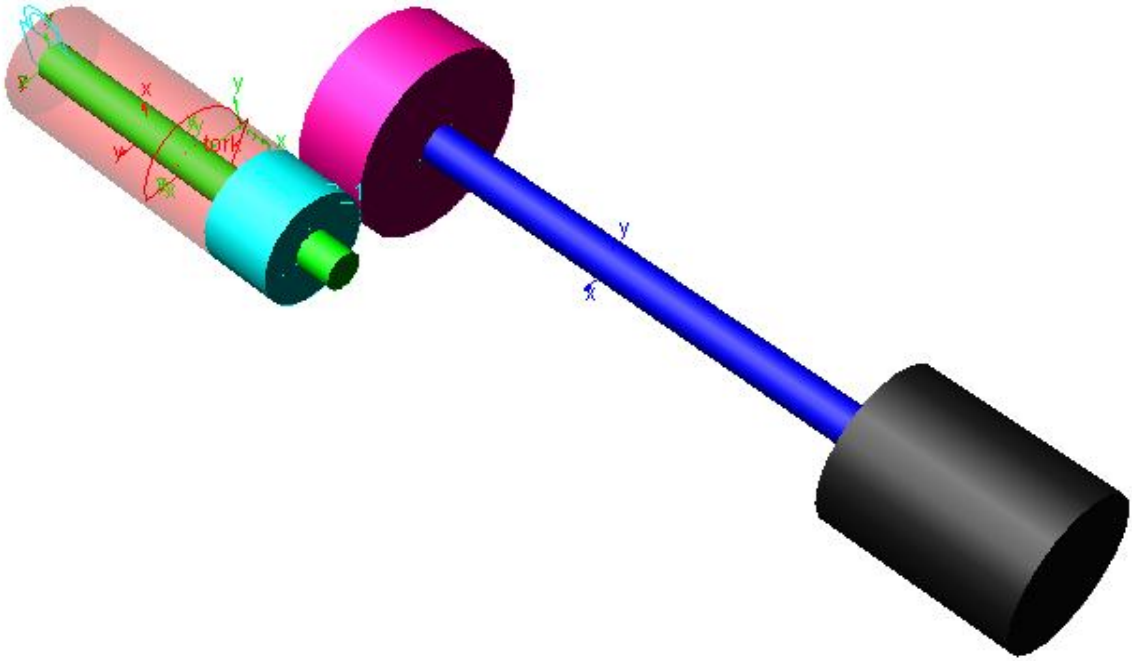


Şekil 6. Motor Akımı

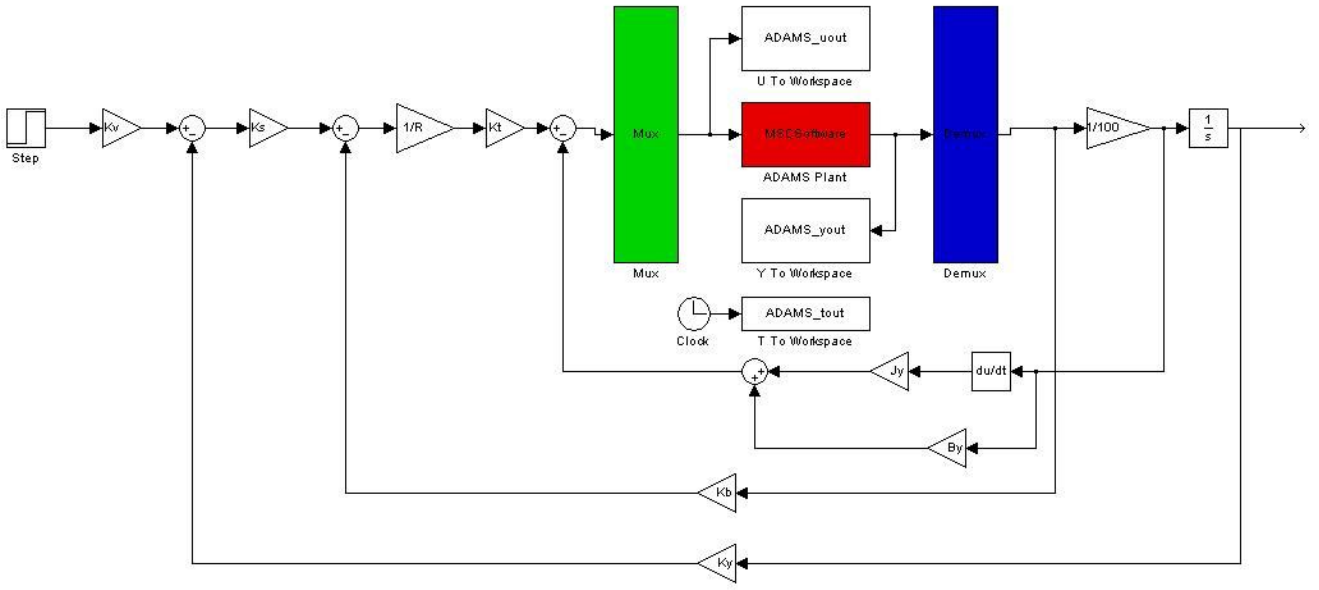
5. ADAMS-MATLAB ORTAK SİMÜLASYONLARI

Bir elektrik motorunu kontrol edebilmek için motorun ve yükün karakteristiğini bilmek gerekir. Bu karakteristiği belirten ise motor ve yük transfer fonksiyonudur. Eğer kontrol edilecek sistemin transfer fonksiyonunu bulmak zor ise dinamik analiz programlarından yararlanılabilir. Bu çalışmada elektrik motorunun dinamik denklemleri, kolay çıkarılabilir olmasına rağmen ADAMS programı kullanılarak MATLAB-SIMULINK ortamına aktarılmıştır. Burada hedeflenen ise ileride yapılacak uygulamalarda elektrik motoru ile örneğin bir robot kolunun kontrol edilmesini kolaylaştırmaktır. ADAMS

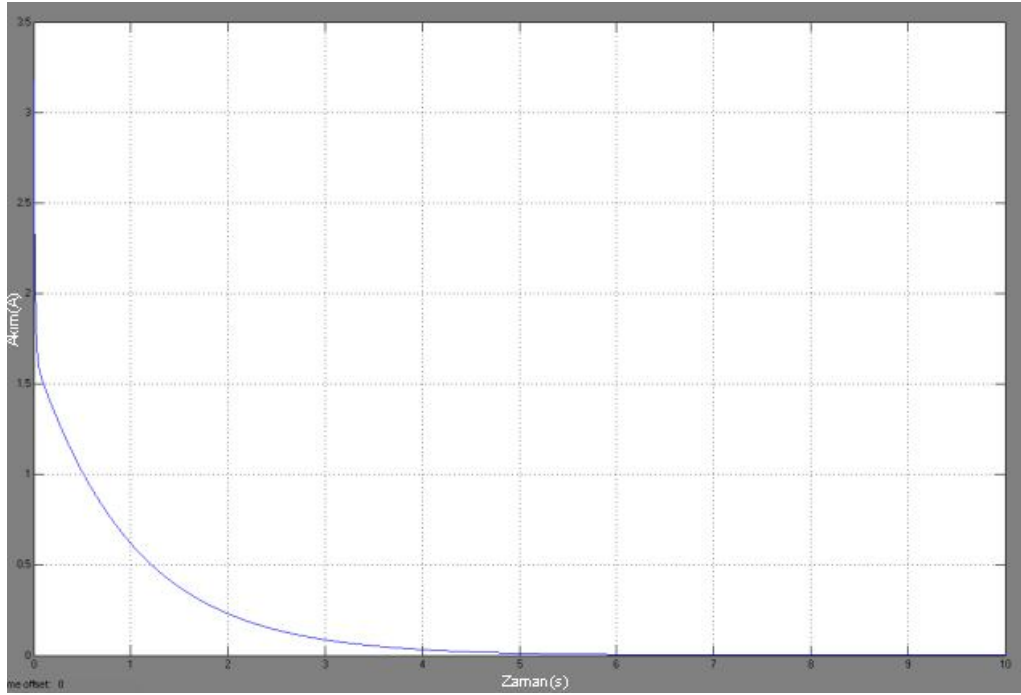
programında elektrik motoru ve yük , bağlantı elemanları ile mafsallar ve yataklar belirlenerek çizilmiştir. Ayrıca kütleler ve kütsel atalet momenti değerleri bu model üzerine eklenmiştir [6]. Bu verilerin ışığında MATLAB'dan SIMULINK'e ADAMS bloğu şeklinde veri aktarımı yapılarak MATLAB SIMULINK ile kontrol gerçekleştirilmiştir. DC motorun ADAMS modeli ve MATLAB kontrol çevrimi Şekil 7. ve Şekil 8. de görülmektedir.



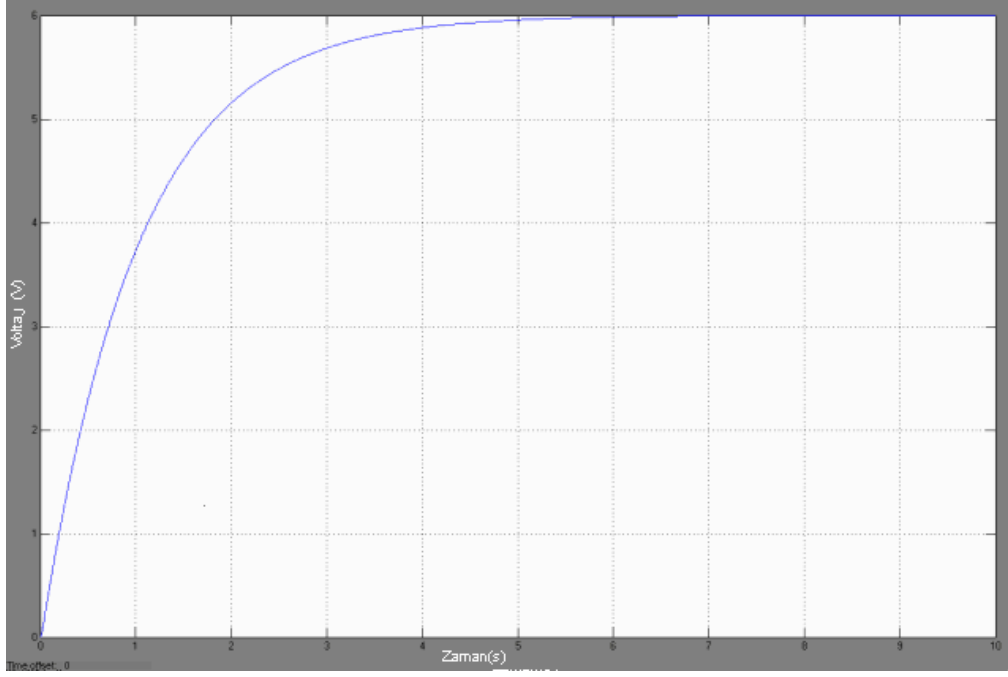
Şekil 7. DC Motor ADAMS Modeli



Şekil 8. ADAMS-MATLAB Motor Modeli



Şekil 9. ADAMS-MATLAB Motor Akımı



Şekil 10. ADAMS-MATLAB Modeli Motor Açısı (Ref = 6 rad)

Şekil 9. ve Şekil. 10 da MATLAB ile ADAMS paket programlarının çalışma sonuçları görülmektedir. Motor voltajı ve akımı MATLAB simülasyonları ile aynı değerlerdedir. Bu da ADAMS programı ile dinamik açıdan daha karmaşık modellerin sisteme kazandırılmasına olanak sağlayacaktır.

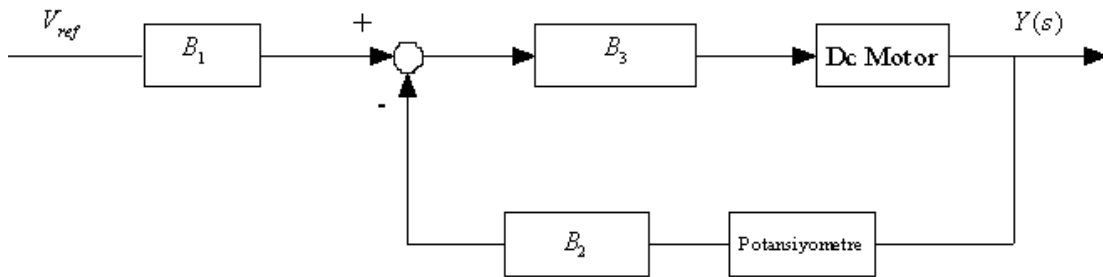
6. KONTROLÖR DEVRESİ TASARIMI

Kontrol sisteminde temel amaç, motor ile kontrolör kapalı çevrim transfer

fonksiyonunun istenilen kutuplarda olmasını sağlamaktır.

Servo motor kontrolör devresi Şekil 11. de görüldüğü gibi hazırlanmıştır. Burada bir kontrol çevrim bloğunun elektronik elemanlar kullanılarak nasıl uygulandığı gösterilecektir.

Öncelikle blok içinde gözüken toplama ve çıkarma işlemleri ile kazanç olarak gözüken semboller tamamen işlemsel yükselteçler denen (opamp-operational amplifiers) devre elemanlarıyla sağlanmıştır. Bu elemanlar ile hem voltaj kazancı hem de voltaj toplama çıkarma işlemleri yapılabilmektedir.



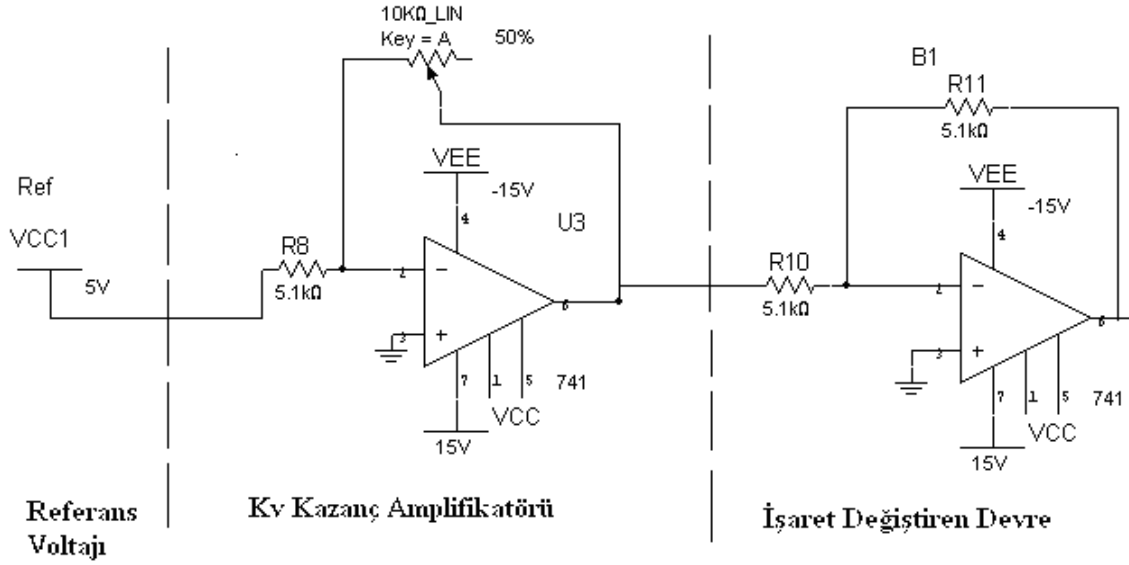
Şekil 11. Genel Kontrol Çevrimi

Şekil 11. de B_1 , B_2 ve B_3 ile gösterilen devreler kazanç ve kontrolör devreleridir. B_1, B_2 blokları ile gösterilen kısımlar sırası ile K_v, K_y kontrolör kazancı devreleridir.

B_1 devresinin MULTISIM ile çizilmiş elektriksel şeması Şekil 12. de görülmektedir. Burada 5 V'luk referans voltajı 5.1 Ω 'luk dirence gelmektedir. Voltaj sinyali opamp

devresinden geçerek $V_{çıkış} = -V_{pot} \frac{R_{pot}}{R_8}$ kazancı ile çıkmaktadır. Bu kazanç R9

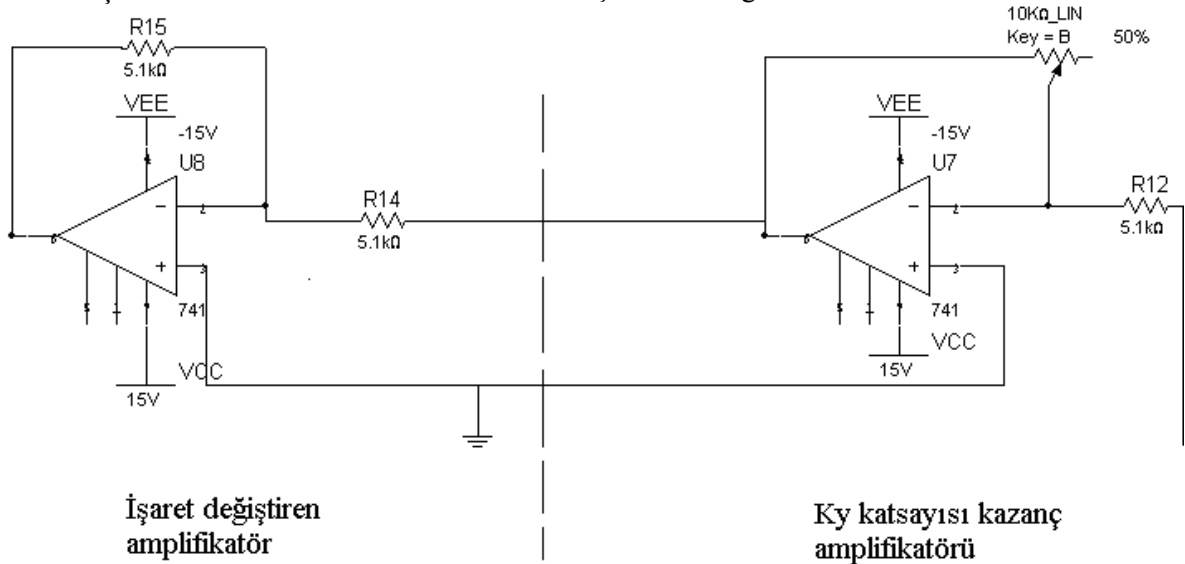
potansiyometre ayarının değiştirilmesi ile istenilen seviyeye getirilebilmektedir.



Şekil 12. B₁ Devresi

K_v kazancı ampifikatöründen çıkan sinyal formülden de anlaşılacağı gibi negatif işaretlidir. Bu işaretin pozitifte dönüştürülmesi için sabit kazançlı işaret eviren (değiştiren) amplifikatör devresi de tasarlanmıştır.

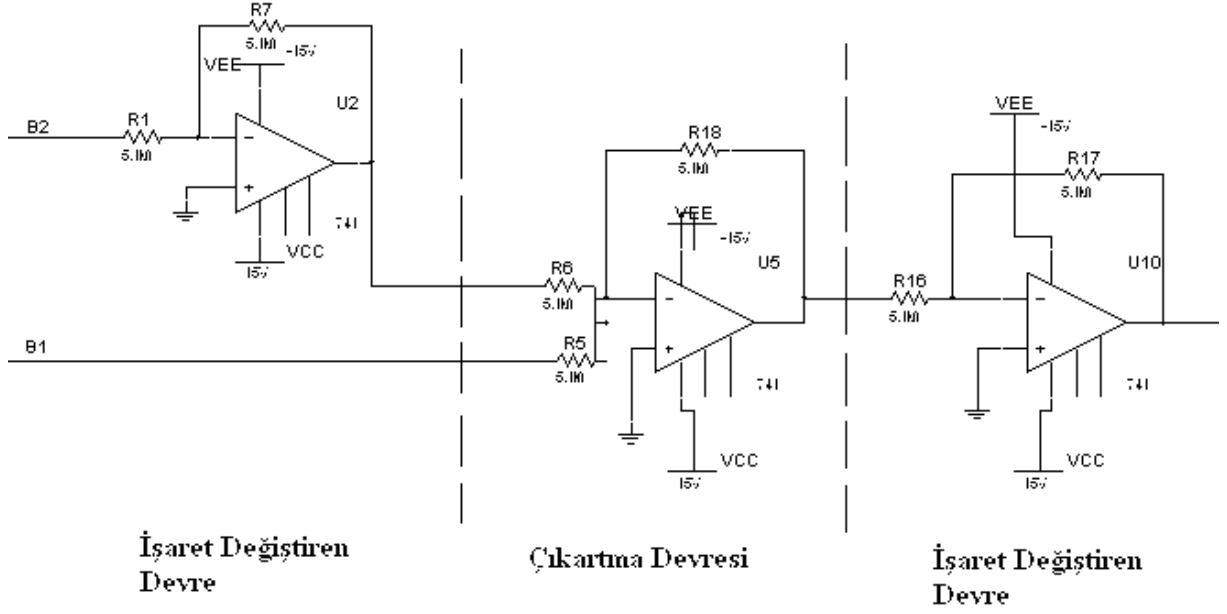
B_2 devresi de B_1 devresi ile aynı özellikleri taşımakta ve burada da K_y kazancı ayarlanmaktadır. B_2 devresinin ayrıntılı biçimi Şekil 13. de görülmektedir.



Şekil 13. B₂ Devresi

B_1 ve B_2 devrelerinden çıkan sinyaller Şekil 14. de görüldüğü gibi, B_3 devresine

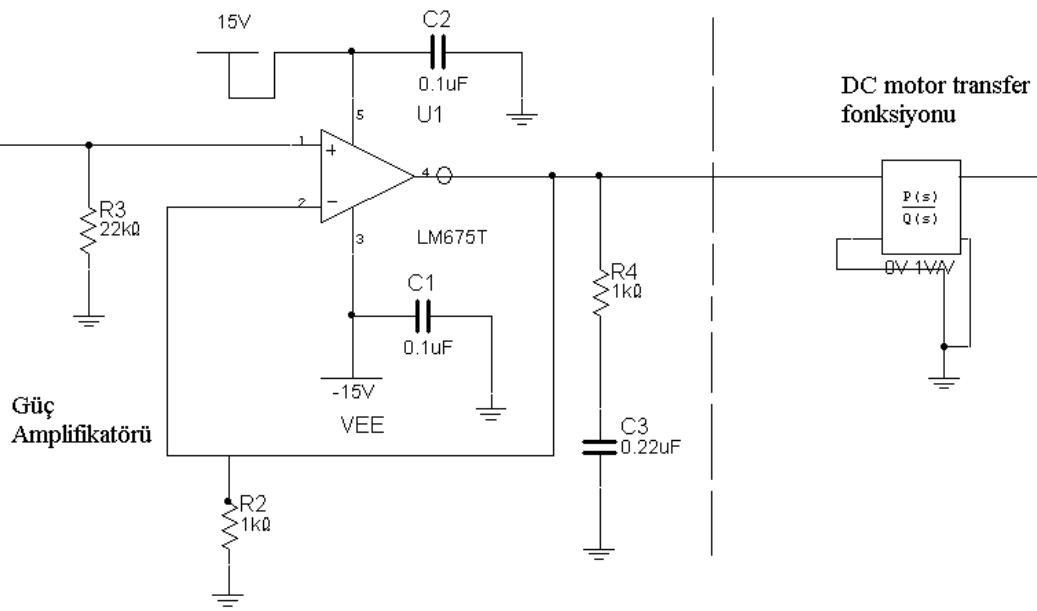
girmeden, bir çıkartma işleminden geçmektedirler.



Şekil 14. Fark Alma Devresi

Bu kısımda voltaj sinyali $V_0 = -\left(\frac{R_{18}}{R_6} V_2 + \frac{R_{18}}{R_5} V_1\right)$ sinyali ile çıkmaktadır. Burada elde edilmeye çalışılan ise $V_0 = V_2 - V_1$ (B_1 devresinden gelen voltaj - B_2 devresinden gelen voltaj). Bunu gerçekleştirmek için V_2 voltajı önce işaret değiştirme devresine sokulmuş ve dirençlerin hepsi $R=5,1 \text{ k}\Omega$ seçilmiştir. Böylece $V_0 = V_2 - V_1$ voltajı elde edilmiştir. Şekil 14. de görülen 3. devrede ise çıkartma

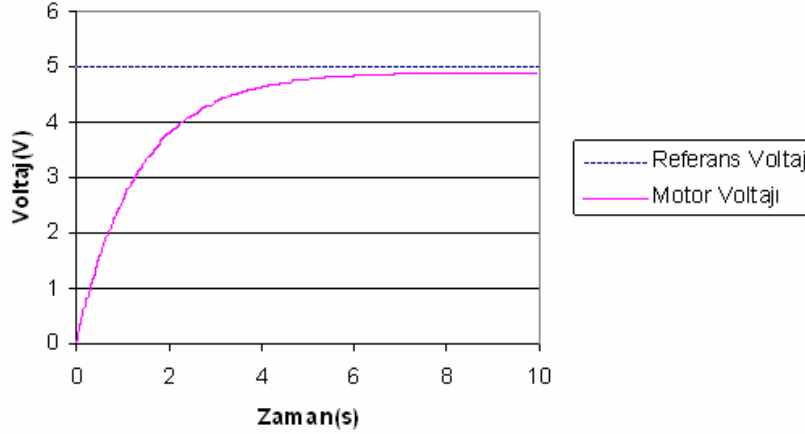
devresinden gelen voltajın işareti tekrar değiştirilmiş ve böylece $V_{00} = -(V_2 - V_1) = V_1 - V_2$ değerine ulaşılmıştır. En son olarak fark alma devresinden çıkan sinyal motor sürme devresine girmektedir. Şekil. 15 de görülen LM-675 yüksek akım verebilen bir güç amplifikatörüdür. Bu amplifikatörün girişi ve çıkışı arasında sinyal kuvvetlendirme olmamakta yani kazanç katsayısı 1 olmakta fakat yüksek akım çekilerek motor sürülebilmektedir.



Şekil 15. B3 Motor Sürme Devresi

Bu devredeki kapasitörlerin temel amacı motoru ilk çalışma anında gerilim dalgalanmalarına karşı korumak ve yüksek frekanslı sinyal bileşenlerini toprağa aktarmaktır.

Önceki simülasyonlarda K_v değerinin 22.45 çıktığı görülmüştür. Pratikte uygulamaya geçilebilmesi için bu kazancı



Şekil 16. MULTISIM Simulasyon Sonucu

Şekil 16. da görüldüğü gibi motor voltajı elektronik elemanların üzerindeki akım ve voltaj kayıplarından dolayı referans noktasına tam olarak ulaşamamaktadır fakat bu değer % 1.8 civarında bir hata payıyla sabitlenmektedir. Bu simülasyon, kurulan elektronik devre elemanlarıyla pratikte çalışılabileceğini ancak bu hali ile çok hassas uygulamalarda kullanılamayacağını göstermektedir. Daha hassas uygulamalar için özellikle LM741 tipi opamlarda görülen sıfır hatasını kompanse edecek ek elektronik devre tasarımına ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada anlatılan devrelerin kurulmasındaki temel amaç bir kontrol sistemi tasarımı sırasında teori ile pratiğin nasıl buluşturulabileceğini ve kapalı çevrim bir sistemin pratikte nasıl tasarlanabileceğini göstermektir. Bu yaklaşımla her türlü klasik ve ileri seviye kontrol çevrimi blok diyagramları elektronik elemanlar ile gerçekleştirilebilir ve gerçek bir sistem üzerinde uygulanabilir.

sağlayacak yüksek voltaj değerlerine ihtiyaç vardır. MULTISIM programında kontrolör devresini tasarlarken alınabilecek en yüksek kazanç değerleri kullanılmış ve böylece gerçek uygulamada bu nedenle çıkabilecek hataların önüne geçilmiştir.

Elde edilen sonuçlarda motor konumunun istenen referans konuma ulaştığı görülmüştür.

7. SONUÇ

Bu çalışmada bir DC motorun servo motor haline getirebilebilmesi için pratik bir yöntem sunulmuş, ADAMS ve MATLAB paket programları ile simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve MULTISIM paket programı ile elektronik devresi çizilmiştir. Simülasyonlarda motorun MATLAB altında ADAMS paket programının çalıştırılmasıyla istenen konuma ulaştığı görülmüştür. MATLAB programı ile ADAMS programının ortak çalıştırılarak başarılı sonuçlar elde edilmesi, ileride dinamik olarak farklı komponentlerin de sisteme eklenerek simülasyonlarının yapılmasını ve pratikte uygulanmasını kolaylaştırmıştır. Ayrıca MULTISIM paket programı sayesinde çizilen devre ile elektriksel açıdan çıkabilecek problemler öngörülmüş ve devre elemanları seçilmiştir.

8. SEMBOLLER VE KISALTMALAR

Sembol	Açıklama
J_m	Rotor kütleli atalet momenti
J_y	Yük kütleli atalet momenti

B_m	Sürtünme katsayısı
T_y	Yük momenti
T_m	Motor momenti
K_t	Motor tork sabiti
K_b	Geri voltaj besleme kazancı
K_s	Sürücü kazancı
ω_m	Motor rotor hızı
ω_y	Yük dönüş hızı
n	Dişli oranı
R	Motor iç direnci
V, V_m	Motor voltajı
V_r	Referans voltajı
I	Motor akımı

9. KAYNAKLAR

1. Özdaş, M. Nimet, Dinibütün, A. Talha, Kuzucu, Ahmet, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1998.
2. Bolton, W., Mechatronics-Electronic Control Systems in Mechanical Engineering, Longman, 1999.
3. Warwick, K., Control systems : An Introduction, Prentice Hall, New York, 1989.
4. Ogata, K., Modern Control Engineering, Prentice Hall, Pearson Education International, 2002.
5. Neculescu, Dan., Mechatronics, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
6. ADAMS, MSC.ADAMS Basic Full Simulation Package Training Guide, Release 2003 Version 1.0.