



İKİ EKSENLİ ELEKTRO-PNÖMATİK MANİPÜLATÖR TASARIMI, İMALATI VE KONTROLÜ

Alper KOYUNCU
Erol UYAR

ÖZET

Çalışma kapsamında hazırlanan sistemde; silindirik koordinatlarda hareket kabiliyetine sahip bir manipülatör hazırlanmıştır. Bu çalışmanın amacı: İki boyutlu düzlemde yörünge takip edebilen elektro-pnömatik bir manipülatör tasarımıdır. Sistemde döner silindirin açısız kontrolü, çift girişli oransız valf yardımıyla sağlanmıştır. Bilgisayar ve valf arasındaki iletişim protokolü DAQ (Data Acquisition Card) ile gerçekleştirilmiştir. Servo motorun da DAQ ile bilgisayarla haberleşimi sağlandıktan sonra, manipülatörün doğrusal hareket kontrolü sağlanmıştır. Yapılan çalışmada sadece Açık/Kapalı çalışan pnömatik elemanın potansiyometreden alınan geri besleme sinyali ile oransız valf üzerinden hassas konumlandırılması sağlanmıştır. Servo motorun da kontrolüyle ikinci serbestlik derecesi elde edilmiştir. Hazırlanan bilgisayar programı ile sistemin yörünge kontrolü gerçekleştirilmiştir.

ABSTRACT

In the scope of this study, a manipulator having the ability to move in cylindrical coordinates is designed. The purpose of this study is to design a pneumatic manipulator that tracks a planar trajectory. The angular position control of a rotary cylinder is achieved by using a proportional valve having two inputs. The communication protocol between the computer and the valve is constructed via a Data Acquisition Card (DAQ). After achieving the communication of the servomotor used in the system with the computer via data acquisition card, the linear motion control of the manipulator is done. In this study, only the accurate positioning of the on/off working pneumatic component is done by using the feedback signals which are taken from the potentiometer. The second degree of freedom of the system is obtained with the control of the servo motor. By using the interface designed for the control purpose, the trajectory control is achieved.

1. GİRİŞ

Günümüzde robot sistemlerin çok geniş kullanım alanları olduğundan dolayı tanımlanmalarında bazı ufak ayrıntılar önem kazanmıştır. Robot sistemlerin en yaygın kullanım alanlarından biri endüstri sahalarıdır. İngiliz Robot Birliği (BRA) ve Japon Endüstriyel Robot Birliği (JIRA) gibi ulusal robotik birliklerinin yayınladığı resmi robot tanımları, çoğunlukla endüstriyel robotların tanımıdır. Robot sistemlerin endüstri alanlarında kullanılmalarıyla ilgili olarak robot tanımı, Amerikan Robot Enstitüsü (RIA) tarafından şu şekilde yapılmıştır. "Robot, çeşitli görevleri yapmak amacıyla değişik şekillerde programlanmış hareketlerle; nesnelerin, gereçlerin, gereçlerin ya da özel düzeneklerin taşınması için tasarlanmış çok işlevli bir manipülatördür." [1]

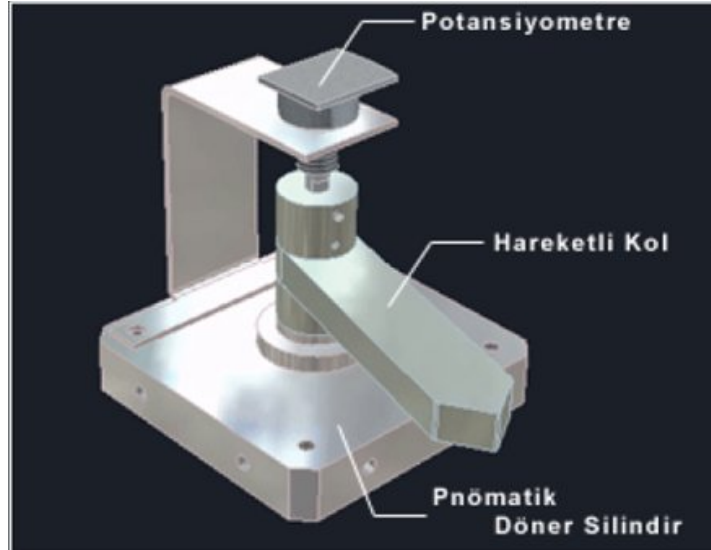
Robot sistemler, uygun şekilde bir araya getirilen mekanik ve elektronik alt sistemlerin amaca uygun olarak kumanda edilmesi ile çalışır. Bir robot sistemin tasarımında, istenilen hareketlerin kusursuz biçimde



elde edilmesi için, kontrol ünitelerinin ve programlama şekillerinin doğru seçilmeleri gerekir. Robot sistemlerin kontrollerinde ya da programlarında meydana gelebilecek yanlışlıklar, ilgili alt sistemlerin çalışmasında büyük hatalara sebep olabilir. Bu nedenle, robot sistemler içerisinde kullanılan bütün sürücüler ve alt sistemlerin en hassas biçimde kontrolleri sağlanmalıdır. Zamanla sistemdeki mekanik aşınmalar ve sürücü hatalarından meydana gelecek aksaklıklar, robot sistemin pozisyonunu kontrol eden denetleyicilerle, konum hatası sınır toleransları içerisinde tutulmalıdır.

2. SİSTEMİN YAPISI

Proje kapsamında hazırlanan manipülatör; pnömatik bir eleman olan döner silindirin açısal kontrolüyle gerçekleştirildi. Bu kontrolü sağlamak için çeşitli seçeneklerin avantaj ve dezavantajları değerlendirildi. Öncelikli olarak açısal hareketin geri beslemesi için hızlı ve kolay uygulanabilen bir yöntem araştırıldı. Bu aşamada en pratik çözümün bir "encoder " kullanmak olduğu görülse de yatırım maliyeti nedeniyle çözüm; tek turlu bir potansiyometrenin kullanımıyla elde edildi. Tek tura sahip potansiyometrenin mili döner silindirin miliyle eş eksenli hale getirildikten sonra iki mil birbirine bir burç yardımıyla kaymayacak şekilde sabitlendi (Şekil1).



Şekil 1. Sistemin yapısı

Potansiyometreden alınan geri besleme sinyalinin (geri besleme voltajı) bir bilgisayar yardımıyla işlenmesine olanak sağlayan Şekil 2'deki blok diyagramı oluşturuldu. Buna göre,

θ_r : Referans açı girdisi

θ_h : Hata sinyali (dijital)

θ_g : Geri besleme sinyali (dijital)

u_h : Hata sinyali (analog)

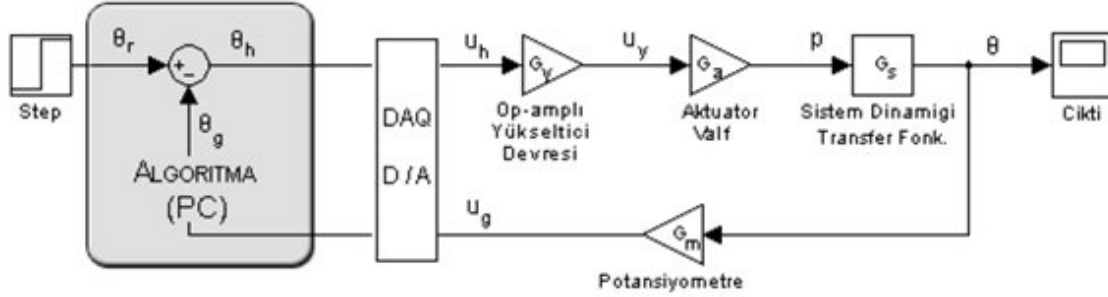
u_v : Güçlendirilmiş sinyal

u_g : Geri besleme sinyali (analog)

p : Basınç

ifadelerine karşılık gelmektedir.

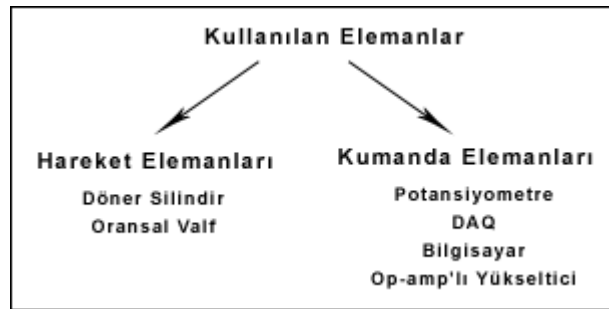
Şekil 2'deki blok diyagramından da görüleceği gibi analog bir devre elemanı olan potansiyometre ile dijital veri işleme sahip bilgisayarın haberleşmesi için Veri Toplama Kartlarından (Data Acquisition Card) yararlanılmıştır. DAQ dijital/analog sinyali analog/dijital sinyale çevirmektedir. Bilgisayara girilen referans değeri, potansiyometrenden alınan geri besleme sinyali ile karşılaştırılarak bir hata değeri oluşturulur. Bilgisayar tarafından oluşturulan bu sinyal DAQ yardımıyla tekrar analog sinyale çevrilir ve döner silindiri tetikleme için valfe gönderilir. Oransal valf sinyal gücüne göre değişen hava şiddeti uygulayabilir. Dolayısıyla döner silindiri farklı hızlarda hareket ettirebilir. Döner silindirin hareketiyle potansiyometrenin milinin de hareketi sağlanmış olunur. Döner silindirinin yeni konumu için oluşturulan hata sinyali ortadan kaldırılıncaya kadar işlem kendini tekrar eder.



Şekil 2. Kontrol blok diyagramı

2.1. Pnömatik Devrede Kullanılan Elemanlar

Pnömatik sistemde kullanılan elemanlar hareket ve kumanda elemanları olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Hareket elemanları açısai hareketi gerçekleştirecek olan; pnömatik döner silindir ve döner silindire uygun havayı gönderecek olan oransal valftir. Kumanda elemanları ise; geri beslemeyi sağlayan potansiyometre, haberleşme protokolü DAQ, veri işlenmesini sağlayan bilgisayar ve op-amp'lı yükseltici devresidir (Şekil 3).



Şekil 3. Kontrol blok diyagramı

2.1.1. Pnömatik Devrede Kullanılan Hareket Elemanları

Sistemde 240° stroğa sahip Festo firmasına ait "Swivel modules DSM 10" modeli pnömatik döner silindir kullanılmıştır.

Servo valfler ile on-off valfler arasındaki boşluğu doldurmak için geliştirilen oransal valfler günümüzde pnömatik sistemlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Oransal valfin çalışma mantığı şöyle açıklanabilir: Gerilim formunda bir elektrik giriş sinyali (çoğunlukla 0 ile 10V arasında) bir elektronik



kuvvetlendiricide elektrik akıma dönüştürülür. Oransal bobin, giriş değişkeni kuvvet ya da strok üretir. Kuvvet veya strok pnömatik valfin giriş değişkenleri olarak görev yapar. Valfin çıkış değişkeni belli değerdeki hacimsel debi ya da basınçtır. Sistemde, Festo firmasına ait "5/3-way proportional valve" (MPYE-5-1/8) modeli kullanılmıştır.

2.1.2. Pnömatik Devrede Kullanılan Kumanda Elemanları

2.1.2.1. Potansiyometre

Geri besleme sinyalini oluşturan potansiyometre; döner silindirin 240°lik stroğa sahip olması nedeniyle tek turlu olarak seçilmiştir. Tek turlu birkaç potansiyometre modelinin karakteristiklerinin incelenmesinin ardından en büyük doğrusal aralıklara sahip olanı seçilmiştir. Manipülatörün çalışma alanı 90° olarak tasarlanmıştır. Potansiyometre karakteristiği incelendiğinde potansiyometrenin 0°–10° ve 170°–180° aralıkları dışında lineere yakın çalıştığı görülmektedir. Ancak 90° aralığa her bölgede aynı cevabı vermemektedir. Dolayısıyla potansiyometreden alınan geri besleme sinyali 50°–95° ve 95°–140° olmak üzere iki bölgede incelenmiştir. Seçilen bu iki bölge döner silindirin 90° stroğu için yeniden kalibre edilmiş ve bu bölgelerin incelenmesiyle gerilim-açısal pozisyon ilişkisini veren iki lineer denklem elde edilmiştir. Yeni aralık gerilim-açısal pozisyon cinsinden hesaplanmıştır. Böylece potansiyometreden ölçülen her bir gerilim değerine karşılık manipülatör kolunun pozisyonu hesaplanabilmektedir.

2.1.2.2. Veri Toplama Kartı (NI-6008 DAQ)

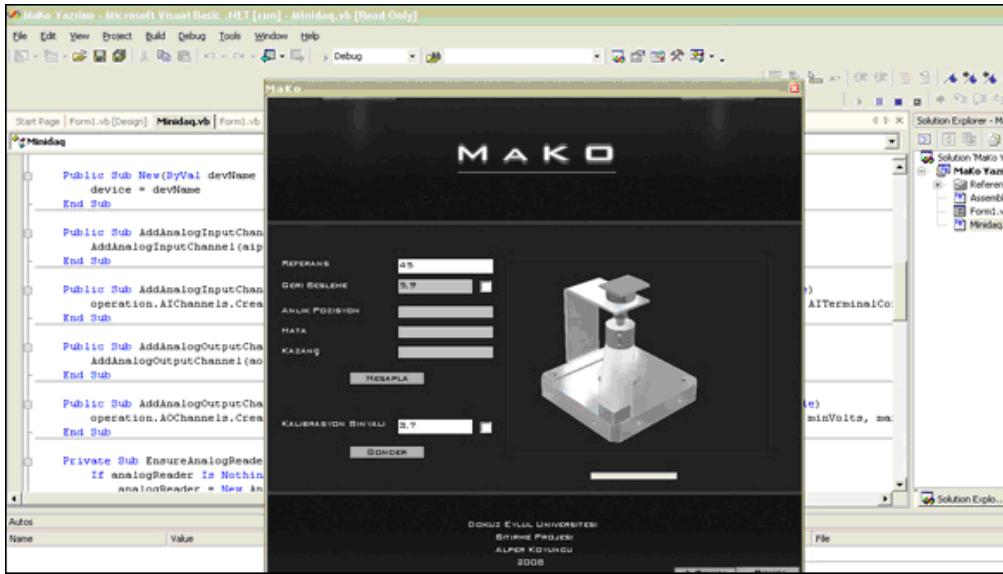
NI USB-6008 kartı 12bit çok amaçlı DAQ (Data Acquisition Card) kartıdır. PC tabanlı veri toplama sistemlerinde üzerlerinde bulunan dijital I/O, Counter/Timer , D/A ve A/D dönüştürücüler ile oldukça esneklik sağlamaktadır.

NI USB-6008 Data Acquisition kartının teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

- 12bit'lik 8 analog giriş
- 12bit'lik 2 analog çıkış
- 32-bit, 5 MHz sayaç (counter)
- Dijital tetikleme (Digital triggering)
- Bilgisayarın USB girişiyle beslenir (Bus-powered)

2.1.2.3. Bilgisayar

Bilgisayarda hazırlanan bir program ile konum girdisi programa girilir. Bilgisayar, sistemin o anki konumunu geri besleyerek gerekli veri işlemlerini yapar ve bir hata hesaplar. Daha sonra sistemi hareket ettirerek hata oranını azaltmaya çalışır. Bunun içinse bir hata sinyali oluşturulur ve bu hata sinyali sistemi harekete geçirir. Bu yöntemde; DAQ'dan alınan geri besleme gerilimi visual basic programına bir değişken olarak atanmaktadır. Bu değer birinci veya ikinci aralığa ait olup olmadığı kontrol edildikten sonra ilgili eğri denkleminde yerine yazılır. Böylece manipülatörün o anki pozisyonu elde edilmiş olunur.



Şekil 4. Bilgisayarda hazırlanan kontrol programının arayüzü

2.1.2.4. Op-amp'lı Yükseltici Devresi

Bu Yükseltici Devresi devrede yalnızca dönüştürücü görevi yapmaktadır. DAQ bilgisayardan aldığı besleme ile oransal valfin bobini tetikleyecek güce sahip değildir. Bu yüzden bilgisayardan gelen sinyal oransal valfe ulaşmadan önce op-amp'lı yükseltici devresine girer. Devrenin kazancı üzerinde bulunan iki adet potansiyometre ile ayarlanmaktadır.

Yükseltici devresi iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi op-ampli kısım diğeri ise transistörli kısımdır. Devre şeması Şekil 5'te verilmiştir.

Op-ampli kısım iki adet LM741 tipi op-amptan oluşmaktadır. Birinci op-amplar 4 ve 7 nolu bacaklarından "+" ve "-" gerilimle beslenir. Op-ampın 3 nolu bacağına bağlanan 10K'lık bir potansiyometre ile pozitif girişte istenen referans değeri elde edilir. Bu ayarlı direncin değeri yükseltip azaltılarak op-amp çıkışında "+" veya "-" fark değeri elde edilir. 7 numaralı devre girişi geri besleme girişidir. Buraya bir ışık sensöründen, ısı sensöründen alınan bir geri besleme bağlanabilir. Op-ampın kazancı buna göre ayarlanır. Kazanç op-ampın çıkışından 2 nolu "-" besleme bacağına bağlantı yapılarak sağlanır. İkinci op-am, birinci op-amptan gelen voltajı belli bir kazançla transistörli kısma gönderir. Birinci op-ampın çıkışı ikinci op-ampın 3 nolu "+" bacağına bağlanır. 6 nolu çıkış bacağından 2 nolu "-" giriş bacağına direnç değeri değiştirdikçe elde edilen kazançta değişir.

Devrenin ikinci kısmı olan transistörli kısım: burada npn ve pnp tipinde transistörler vardır. npn tipi transistörler negatif akımla tetiklenirken pnp tipi transistörler pozitif akımla tetiklenirler. Örneğin: op-ampli kısımdan "-" (negatif) akım geldiğinde BD242B-pnp transistör tetiklenmeyecek ve emiter - kolektör yönünde akım geçirmeyecektir. Ama BD241c-npn transistörün baz ucu tetiklenip kolektör - emiter yönünde akım akmaya başlayacaktır. Emiterden gelen sinyal 2N3055 transistörün baz ucunu tetikleyecek ve o da kolektör - emiter yönünde bir akım geçirmeye başlayacaktır.



2.2.3. Sinyal Toplama Kartı (NI-6008 DAQ) ve Bilgisayar

DAQ'nın counter modülü encoder'dan gelen sinyali ölçerek sistemin ne kadar hareket ettiğini anlamayı sağlamaktadır. Açısal hareket kontrolünde olduğu gibi burada da bilgisayarın bir hata sinyali oluşturması sağlanmış ve hatanın istenilen değerin altına düşürülünceye kadar sistemin hareket etmesi sağlanmıştır.

2.2.4. Motor Sürücü Kartı

Verilen referans girdisine karşılık olarak bilgisayar tarafından oluşturulan hata sinyali DAQ ile motor sürücü devresine gönderilir. Burada L293 entegreli hazır bir DC motor kontrol devresi kullanılmıştır.

3. SİSTEMİN KONTROLÜ

Bu bölümde iki serbestlik dereceli düzlemsel robotun istenen bir eğrinin çizimini yapabilmesi için izlenmesi gereken aşamalar sırası ile açıklanacaktır.

3.1. Kutupsal Koordinatlar

Matematikte kutupsal koordinat sistemi veya polar koordinat sistemi, noktaların birer açı ve kartezyen koordinat sistemindeki orijinin eşdeğeri olup "kutup" olarak bilinen bir merkez noktaya olan uzaklıklar ile tanımlandığı, iki boyutlu bir koordinat sistemidir. Kutupsal denklemler, çoğu eğri tipi için en kolay, bazıları içinse yegâne tanımlama yöntemidir.

Hareket edebilen çoğu robot, seyir için kutupsal koordinat sistemini ya da onun biraz değiştirilmiş hâlini kullanır. Bu, yapay zekâ için çok uygundur çünkü koordinat sisteminin merkezini (kutbunu) daima robotun o andaki konumu oluşturur. Dolayısıyla, robotun herhangi bir zamanda koordinat sisteminin neresinde olduğunu hesaplamasına gerek yoktur; tek gereken, hangi yönde ve ne kadar uzağa gideceğini belirlemesidir. Hâlbuki robotlar kartezyen koordinat sistemini kullanarak yol alsalardı, hareket için gerekli uzaklık ve açı hesaplamaları için cebir ve trigonometri kullanmak gerekirdi. Oysa kutupsal koordinat sistemindeki bir açı ile ifade edilen yön ile kat edilmesi gereken uzaklık bilgisi, robotun tam istenen yere gitmesini sağlamak için yeterlidir.

3.2. Sistemin Teorisi

İlk olarak çizimi yapılacak olan eğrinin denklemi bilgisayara tanımlanır. İstenilen eğriyi oluşturmak için uç noktanın yapması hareket fonksiyonu çıkarılır. Uç noktanın hareket fonksiyonu açısal hareket yani döner silindirin hareket fonksiyonu ve doğrusal hareket yani DC motorun hareket fonksiyonu olarak bulunur. Yapılan ters kinematik analiz ile bu iki fonksiyon zamana bağlı bir değişken ile ifade edilir. Böylece hareketin her anında uç noktanın açısal ve doğrusal olarak nerelerde bulunması gerektiği bulunur.

Bulunan bu denklemler döner silindirin kontrolü ve DC motorun kontrolü olmak üzere iki farklı işlem üzerinden bilgisayar tarafından kontrol edilmelidir.

Sonuç olarak; istenen bir eğrinin çizimi için mafsalların yapması gereken hareketin "r" ve "θ" koordinatlarındaki verileri elde edilmiştir. Bu veriler robotun anlık pozisyonuyla kontrol edilerek bilgisayar tarafından sürekli olarak yeni hata sinyalleri yaratılır.

Kontrol sırasında bilgisayar tarafından yapılan işlemleri özetlemek gerekirse:

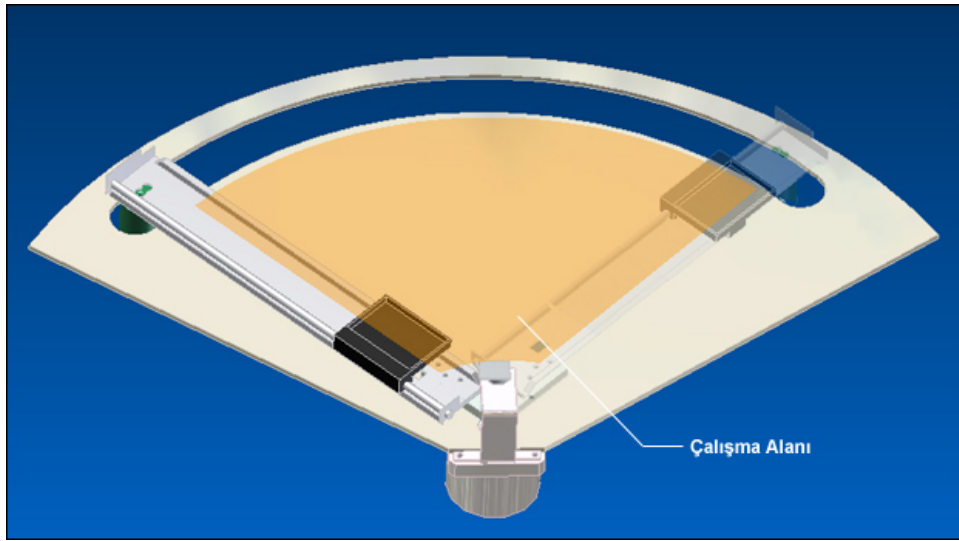
- Çizilmesi istenen eğri denklemi ile bilgisayara tanımlanır.



- Çizimi istenen bu eğrinin ters kinematik analizi yapılarak “r” ve “ Θ ” değerleri zamana bağlı olarak hesaplanır.
- “r” ve “ Θ ” değerleri arasından maksimum yer değiştirme yani $\Delta\Theta_{\max}$ ve Δr_{\max} değerleri hesaplanır. Bu değerlerin hesaplanmasının nedeni döner silindir ile DC motorun senkronize bir şekilde hareket edebilmesini sağlamak için gerekli olan en uygun hızın bulunması zorunluluğudur.
- Bilgisayar “r” ve “ Θ ”nın iki farklı işlem ile kontrolünü gerçekleştirir. Bu iki mutlak hareketin birleşimi; ilk adımda tanımlanmış olan eğriyi ortaya çıkarır.

3.3. Çalışma Alanı

Tasarımı yapılan manipatörün çalışma alanı silindirik koordinatlarda aşağıdaki gibi sınırlandırılmıştır. Şekil 7de manipatörün çalışma alanı görülmektedir.



Şekil 7. Çalışma Alanı

Çalışma alanı değerleri

- $4,5 < r < 25$ [cm]
- $0 < \Theta < 90^\circ$ olarak tasarlanmıştır.

3.4. Örnek Hesaplama

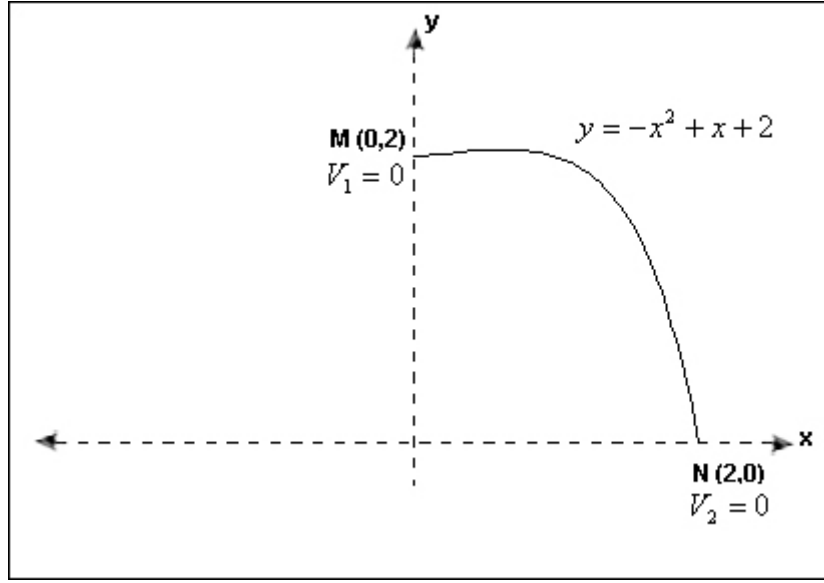
Yörünge takibi için yukarıda da belirtildiği döner silindirin ve motorun eş zamanlı olarak sürülmesi gerekmektedir. Bu iki uzvun hareket denklemleri aşağıdaki örnek ile açıklanmaktadır.

Eğri denklemi: $y = -x^2 + x + 2$

Sınır koşulları:

İlk durum: $M(0,2)$; $V_1 = 0$

Son durum: $N(2,0)$; $V_2 = 0$

**Şekil 8.** Yörünge

$$R(t) = (x(t), y(t))$$

$$R(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} ; \dot{R}(t) = \dot{x}(t)\vec{i} + \dot{y}(t)\vec{j}$$

$$R(0) = x(0)\vec{i} + y(0)\vec{j} = 2\vec{i} ; R(1) = x(1)\vec{i} + y(1)\vec{j} = 2\vec{j}$$

$$\dot{R}(0) = \dot{x}(0)\vec{i} + \dot{y}(0)\vec{j} = 0 ; \dot{R}(1) = \dot{x}(1)\vec{i} + \dot{y}(1)\vec{j} = 0$$

$$y = f(x(t)) ; \dot{y} = \frac{d}{d\tau} = (x(t))$$

Başlangıç durumu: $x(0) = 2 ; \dot{x} = 0$

Son Durum: $x(1) = 0 ; \dot{x} = 0$

Kabulü yapılacak harmonik fonksiyon: $x(t) = a \cdot \sin^2 b(c-t)$

O halde öyle bir a, b, c bulunmalı ki sınır şartlarını sağlasın.

Trigonometrik dönüşüm ile

$$x(t) = \frac{1}{2}a(1 - \cos 2b(c-t)) \text{ olarak hesaplanır}$$

Buradaki a, b, c;

$$a = 2 ; b = \pi/2 ; c = 1 \text{ olarak bulunur.}$$

$$x(t) = 1 - \cos \pi(1-t) = 2 \sin^2 \left(\frac{\pi}{2}(1-t) \right)$$



$$x(t) = 2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2}(1-t)\right)$$

Bulunan bu denklem $y = -x^2 + x + 2$ 'de yerine yazılırsa;

$$y(t) = -4 \sin^4\left(\frac{\pi}{2}(1-t)\right) + 2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2}(1-t)\right) + 2 \text{ olarak bulunur.}$$

Böylece kartezyen koordinatlarda zamana bağlı hareket denklemleri elde edilmiştir. Bulunan bu denklemleri silindirik koordinatlara çevirmek için ise aşağıdaki hesaplar yapılır.

$$R(t) = \sqrt{x^2(t) + y^2(t)}$$

$$R(t) = \left(4 \sin^4\left(\frac{\pi}{2}(1-t)\right) + \left(-4 \sin^4\left(\frac{\pi}{2}(1-t)\right) + 2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2}(1-t)\right) + 2\right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\theta(t) = \arctan\left[\frac{y(t)}{x(t)}\right] \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

SONUÇ

Tasarımı ve imalatı yapılan elektro-pnömatik manipülatörün oransal kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada; özellikle "Tam Açık" / "Tam Kapalı" pozisyonlarda çalıştırılan pnömatik elemanlar daha hassas konumlandırıldı. Potansiyometre duyarlılığının çok hassas olmaması ve histerisiz kayıplarından dolayı sistem yaklaşık olarak 2°'lik bir hata payı bırakmaktadır. Bu çalışmaya daha hasas bir geri besleme cihazının takılmasıyla bu hata payının kabul edilebilir seviyeye geleceği bu çalışmada gözlenmiştir. Maliyetin artmasına neden olduğu için projeye ekleyemediğimiz bu cihaz ile, hem hızlı hem de hasas bir pnömatik mekanizması rahatlıkla elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Demir M., 1996, "*Robot Sistem Elemanları Ve Hareket Analizleri*", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi
- [2] Sarıkaya H., Uzmay İ., Burkan R., 1996, "*Düzlemsel Ortak Robotik Mnipülasyonda Yörünge İzlemede Robust Kontrol Uygulaması*", Erciyes Üniversitesi
- [3] Kayhan G., 2003, "*Robot Kinematiğinin Esasları*", Yüksek Lisans Semineri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- [4] Boylestad R., Nashelsky L., *Elektronik Elemanlar ve Devre Teorisi*, MEB Yayınları,
- [5] İnternet web sayfası <http://www.mikrodenetleyici.com>
- [6] İnternet web sayfası <http://www.wekatronik.com>
- [7] İnternet web sayfası <http://www.picbasic.org>



ÖZGEÇMİŞLER

Alper KOYUNCU

Bornova Anadolu Lisesi Fransızca bölümünden 2003 yılında mezun oldu. Eğitimine Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümüyle devam etti. 2008 yılında bu üniversitedeki lisans öğrenimini tamamladı. Lisans öğrenimi boyunca katıldığı çeşitli seminer ve kurs programlarıyla bilgisayar programcılığı ve otomatik kontrol konularında kendisini geliştirdi. TÜBİTAK'ın düzenlediği Formula G güneş arabaları yarışmasında Dokuz Eylül Üniversitesini temsil eden Solaris ekibinde 2005–2006 yıllarında aktif olarak görev aldı. Kontrol sistemleri, otomasyon ve programcılık kişisel ilgi alanlarıdır.

Erol UYAR

1945 yılı İzmir doğumludur. 1970 yılında Stuttgart Üniversitesi Makina Mühendisliği'nden mezun olmuştur. 1976 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendislik Bilimleri Fakültesi'nden doktor mühendis unvanını almıştır. 1981 yılında Ege Üniversitesi Makina Fakültesi'nden doçentlik, 1989 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi – Müh. Mim. Fakültesi'nden profesörlük unvanını almıştır. Halen Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği – Makina Teorisi ve Dinamiği Ana Bilim Dalında Otomatik Kontrol , Sistem Dinamiği, Elektriksel Otomasyon ve Mekatronik derslerini vermektedir.