



DOGRUSAL BİR HIDROLİK HAREKETLENDİRİCİ SİSTEMİN BULANIK MANTIK YAKLASIMIYLA KONUM KONTROLÜ

Ali Volkan AKKAYA
Saban ÇETİN

ÖZET

Bu çalışmada, bir servovalf ile kontrol edilen asimetric bir hidrolik silindirin bulanik mantik yaklasimiyla konum kontrolü gerçekteştirilmiştir. Öncelikle, hidrolik sistemin matematiksel tanımlaması yapılmıştır. İkinci olarak, hidrolik sisteme uygulanacak olan bulanik mantik kontrolcünün yapısı irdelenmiştir. Daha sonra, bilgisayar ortamında çalıştırılan sistem modelinin simülasyon sonuçları verilmiştir. Son olarak, simülasyon neticeleri isiginda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.GIRIS

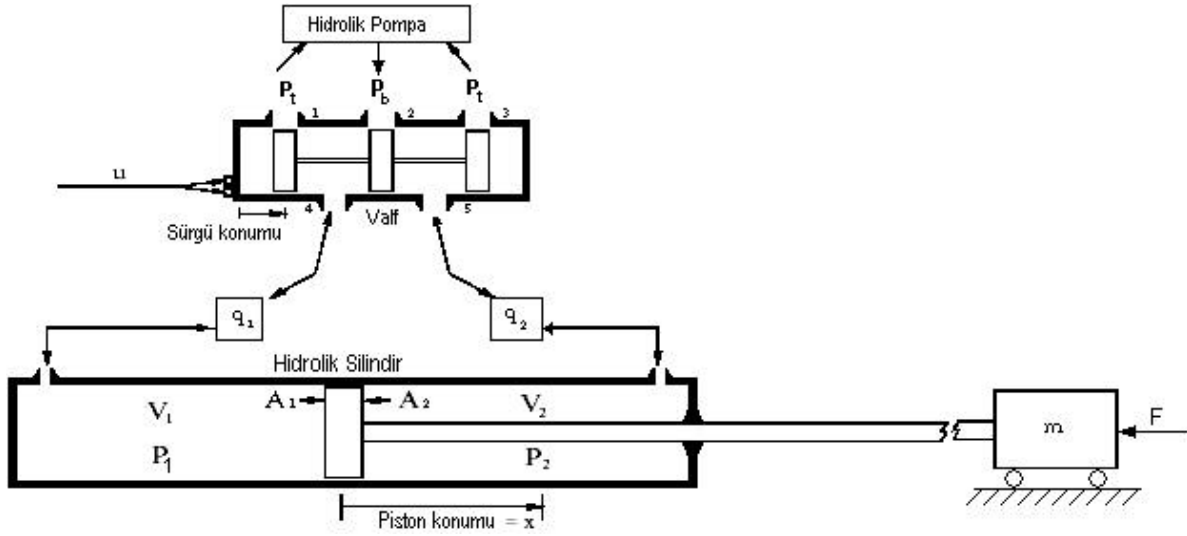
Hidrolik sistemler, metal sekillendirme proseslerinde, plastik enjeksiyon makinalarında, montaj ve transport makinalarında, bilgisayar kontrollü cihazlarda, materyal test cihazlarında vb. birçok endüstriyel uygulamalarda çok yaygın olarak kullanılırlar[1]. Özellikle, hidrolik silindirler hidrolik enerjiyi direkt olarak dogrusal harekete ve kuvvete dönüştürebilme yetenegine sahiptir. Son zamanlarda hidrolik silindirlerin elektronik olarak kontrol edilen oransal veya servovalfler ile çalıştırılmaları oldukça yaygın bir kullanimdır. Bu sistemlerden beklenen en önemli görev dogru ve hassas konum ve kuvvet kontrolüdür. Bunu gerçekteştirmek için uygun kontrol stratejileri uygulamak gerekir.

Mühendislik bakis açısından, adim, rampa ve sinüsoidal referans sinyalleri için iyi bir konum izleme gerçekteştirilmesi zorunludur. Fakat, hidrolik sistemlerin dinamik özellikleri yüksek derecede nonlineerlik içerir ve kontrol edilmeleri oldukça zordur. Nonlineer özellikler, hidrolik akışkanın sıkıştırılabilir olması, servovalfin kompleks akis özellikleri ve sürtünme kuvvetlerinden kaynaklanır. Bu dezavantajların giderilmesi ancak modern kontrol teorilerinin uygulanmasıyla başarılabilir. Diğer bir ifadeyle, modern servo hidrolik hareketlendiriciler nonlineer yapıya sahip kontrolcülere sahip olmak zorundadır. Bu noktada, istenilen hedeflere ulaşmada ümit verici yöntemlerden bir tanesi de bulanik mantik kontrolüdür.

Bu çalışmada, bir servovalf ile kontrol edilen asimetric bir hidrolik silindirin bulanik mantik yaklasimiyla konum kontrolü gerçekteştirilmiştir. Çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde incelenen hidrolik sistemin matematiksel tanımlaması yapılmıştır. Üçüncü bölümde, sisteme uygulanacak olan bulanik mantik kontrolcünün yapısı irdelenmiştir. Dördüncü bölümde, bilgisayar ortamında çalıştırılan sistem modelinin simülasyon sonuçları verilmiştir. Son olarak, besinci bölümde simülasyon neticeleri isiginda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. SİSTEM MODELİ

Şekil 1, bu çalışmada ele alınan hidrolik sistemin fiziksel modelini göstermektedir. Bu tip bir hidrolik servo sistemin analizi literatürde geniş bir şekilde yer almaktadır[2,3].



Sekil 1. Hidrolik sistemin fiziksel modeli

- P_b : Besleme basıncı [N/m^2]
 P_t : Tank basıncı [N/m^2]
 P_1 : Silindirin I. tarafındaki basınç [N/m^2]
 P_2 : Silindirin II. tarafındaki basınç [N/m^2]
 q_1, q_2 : Debiler [m^3/s]
 A_1 : Girsteki akıma dik kesit alanı [m^2]
 A_2 : Çıkıştaki akıma dik kesit alanı [m^2]
 V_1 : Silindirin I. tarafındaki hacim [m^3]
 V_2 : Silindirin II. tarafındaki hacim [m^3]
 m : Kütle [kg]
 F : Kuvvet [N]

2.1. Servovalf

Valf sürgüsüne uygulanan kontrol sinyalinin (u) direkt olarak sürgü konumuyla orantili olduğu ve valf dinamiğinin ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu kabulleri yapılmıştır. Bazı araştırmacılar tarafından servovalf dinamiğinin etkileri üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, konum izlemede sadece küçük bir performans artışının elde edildiği gözlenmiştir[4]. Valfteki sızıntılar ihmal edildiğinde silindirin 1. ve 2. bölmelerine giden debiyi karakterize eden denklemler aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$q_1 = \begin{cases} u \geq 0 \text{ için,} & k_1 u \sqrt{P_b - P_1} \\ u < 0 \text{ için,} & k_2 u \sqrt{P_1 - P_t} \end{cases} \quad (1)$$

$$q_2 = \begin{cases} u \geq 0 \text{ için,} & -k_3 u \sqrt{P_2 - P_t} \\ u < 0 \text{ için,} & -k_2 u \sqrt{P_b - P_2} \end{cases} \quad (2)$$

Burada k_1, k_2, k_3, k_4 valf orifis sabitleridir. Bu sabitlerin değerleri genellikle valf imalatçıları tarafından verilir.

2.2. Sikistirilabilirlik

Hidrolik akışkanın sikistirilabilirliği aşağıdaki 3 no'lu denklemle gösterilir.

$$\beta = -V \frac{dP}{dV} \quad (3)$$

Burada, β hacimsel esneklik modülünü ve V silindir bölmesinin hacmini temsil etmektedir. Bu denklem silindir bölmelerinin her iki tarafına uygulandığında aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$\dot{P}_1 = \frac{\beta}{V_1} (-\dot{V}_1 + q_1) \quad (4)$$

$$\dot{P}_2 = \frac{\beta}{V_2} (-\dot{V}_2 + q_2) \quad (5)$$

Burada, $V_1 = V_{10} + xA_1$ ve $V_2 = V_{20} + (s-x)A_2$ silindir her iki tarafındaki toplam akışkan hacimleridir. s silindir strokunu, x piston konumunu ve V_{10} , V_{20} silindirin her iki tarafında bulunan boru hatlarındaki ve bağlantı elemanlarındaki akışkan hacimlerini temsil etmektedir.

2.3. Piston Hareketi

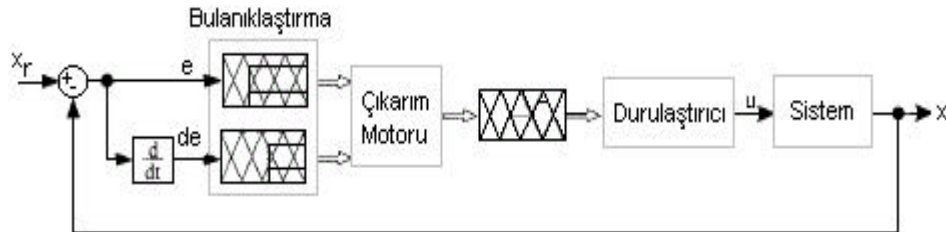
Hidrolik sisteme bağlı m kütleli yükün hareketlendirilmesini sağlayan hidrolik silindirin pistonuna etkiyen basınç kuvvetlerinin denge denklemi yazıldığında 6 no'lu eşitlik elde edilir.

$$m\ddot{x} = P_1A_1 - P_2A_2 - f_v\dot{x} - F \quad (6)$$

Burada, f_v viskoz sönüm katsayısıdır (Ns/m).

3. BULANIK MANTIK KONTROLCÜNÜN YAPISI

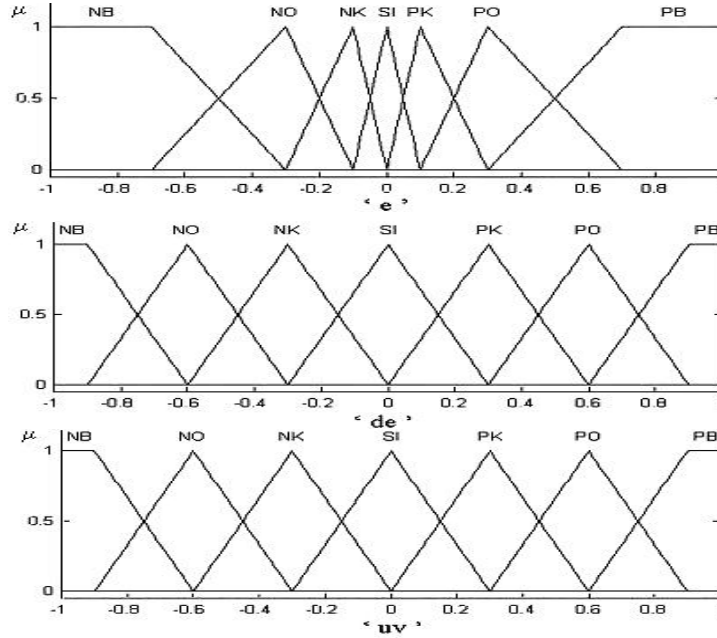
Bu çalışmada kullanılan bulanık mantik kontrolcünün iki giriş ve bir çıkış değişkeni vardır. Bu değişkenler sırasıyla hata (e), hatanın türevi (de) ve servovalf giriş sinyali (u)'dur. Bu değişkenleri birleştiren kurallar, kural tabanı içinde toplanır. Bulanık mantik kontrolcüsünün yapısı Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Bulanık mantik kontrolcünün yapısı

Değişkenlerin hepsi sözel değerlerle ifade edilmekte ve 7 sözel değer ile tanımlanmaktadır. Bu değerler şunlardır: NB-negatif büyük, NO-negatif orta, NK-negatif küçük, SI-sifir, PK-pozitif küçük, PO-pozitif orta, PB-pozitif büyük. Sözel değerlerin herbiri üçgen üyelik yapısına sahip bulanık yapı ile temsil edilmektedir (Şekil 3). Böylece e , de ve u değişkenleri, bulanık mantik sözel değerlere

dönüştürülmektedir. Değişken aralıkları $[-1, 1]$ aralığında tanımlanmıştır. Değişkenlerin gerçek aralıkları K_e , K_{de} , K_u ölçeklendirme katsayıları kullanılarak belirlenmiştir. Durulastırma işlemi için ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır[5].



Sekil 3. Değişkenlerin üyelik fonksiyonları

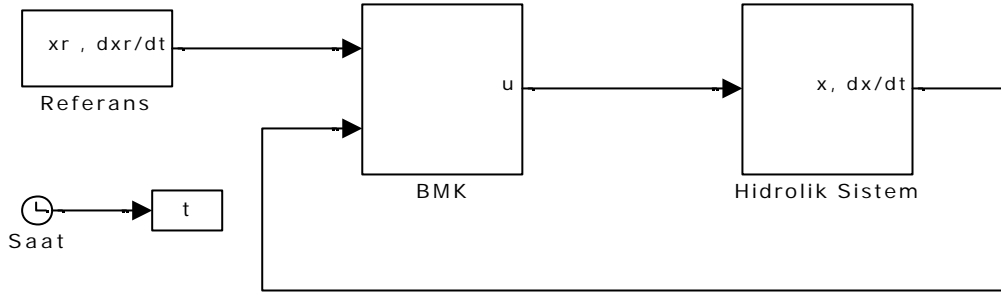
Kural tabanı mühendislik düşüncesi ve deneyimler kullanılarak oluşturulmuştur. Örneğin, muhtemel kurallardan bir tanesi şu yapıdadır: EGER $e=PK$ ve $de=NB$ İSE $u=NK$. Bu kural şu şekilde açıklanabilir: Eğer hata küçükse, piston hareketi istenilen referans konuma yakındır. Eszamanlı olarak, negatif büyük olan hatanın türevi piston kolunun referans konuma çok hızlı bir şekilde yaklaştığını göstermektedir. Sonuç olarak, kontrolcü çıkışı asmayı engellemek ve bir fren etkisi oluşturmak için negatif küçük olmak zorundadır. Bu şekilde oluşturulan kurallar kural tabanında toplanırlar. Bu çalışmada kullanılan kural tabanı Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Bulanık kontrolör kural tabanı

$e \backslash de$	PB	PO	PK	SI	NK	NO	NB
NB	SI	NK	NK	NO	NB	NB	NB
NO	PK	SI	NK	NO	NO	NO	NB
NK	PO	PK	SI	NK	NK	NO	NB
SI	PB	PO	PK	SI	NK	NO	NB
PK	PB	PO	PK	PK	SI	NK	NO
PO	PB	PO	PO	PO	PK	SI	NK
PB	PB	PB	PB	PO	PK	PK	SI

4. SIMÜLASYON

Bulanık mantık yaklaşımıyla konum kontrolü gerçekleştirilen hidrolik sistemin matematik modelinin simülasyonları, MATLAB paket programın "Simülink" ve "Bulanık Mantık" araç kutuları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sekil 4 simüle edilen sistemin blok diyagramını göstermektedir.

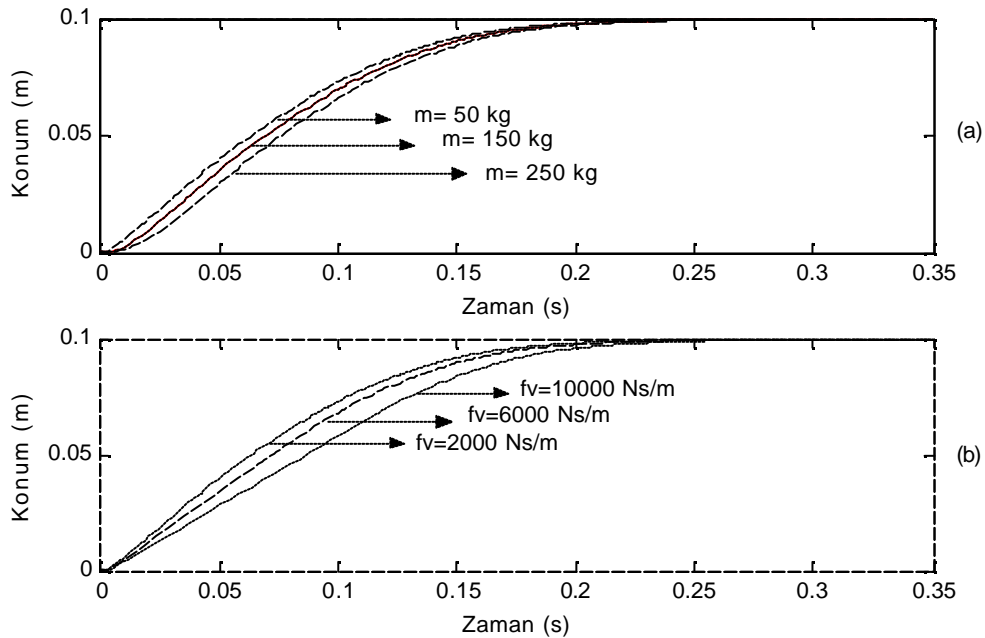
**Sekil 4.** Sistemin Simülink modeli

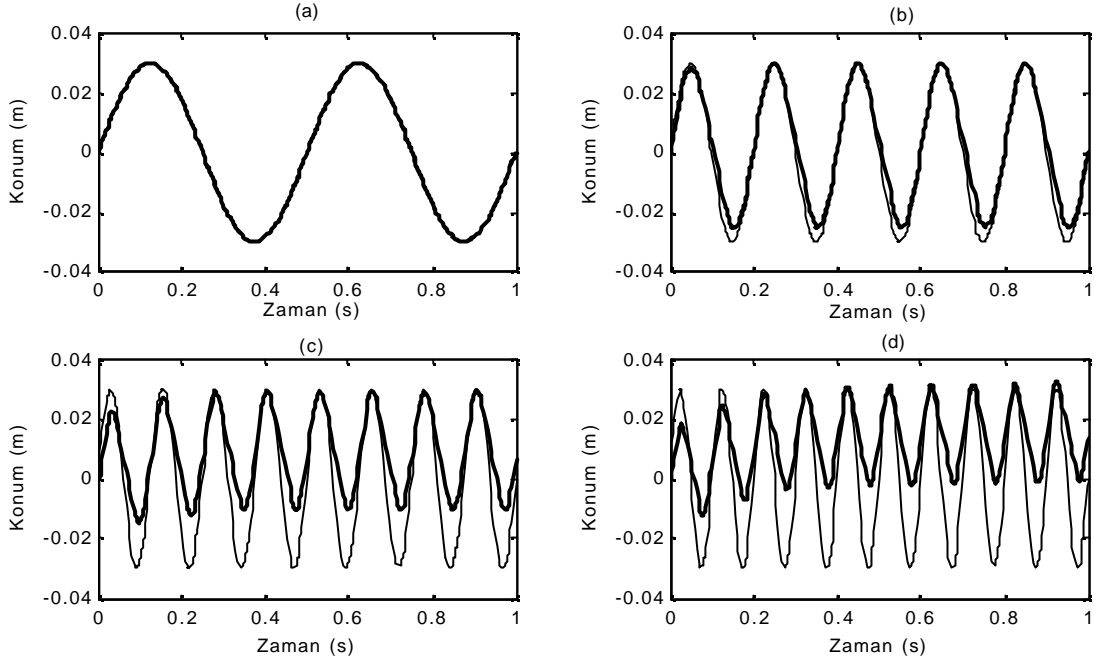
Simülink programında oluşturulan modelin çalışma şekli şu şekilde açıklanabilir: Referans değer ile karşılaştırılarak belirlenen hata ve hatanın türevi değerlendirilmek üzere kontrolcüye girer. Burada bulanıklaştırılan değişkenler karar tablosunda değerlendirmeye tabi tutulur ve sonuçlar durulastırma işlemine tabi tutulup kontrol sinyali olarak çıkar. Sinyal simüle edilen servo valfe gönderilir. q_1 ve q_2 debilerini elde etmek için 1 ve 2 no'lu denklemler kullanılır. Daha sonra 4 ve 5 nolu denklemler piston üzerine etki eden P_1 ve P_2 basınçları hesaplamak için kullanılır. 6 no'lu denklem vasıtasıyla piston hareketi elde edilir. Ve tekrar referans değerle karşılaştırılmak üzere geribesleme yapılır. Simülasyonda kullanılan hidrolik sistem parametreleri Tablo 2'de verilmistir.

Tablo 2. Hidrolik sistem parametreleri

M (kg)	F(N)	$P_s(N/m^2)$	$\beta(N/m^2)$	$f_v(Ns/m)$	Valf(m^3/s)	Silindir(mm)
50	0	75×10^5	1.4×10^9	2000	1.33×10^{-3}	40/20

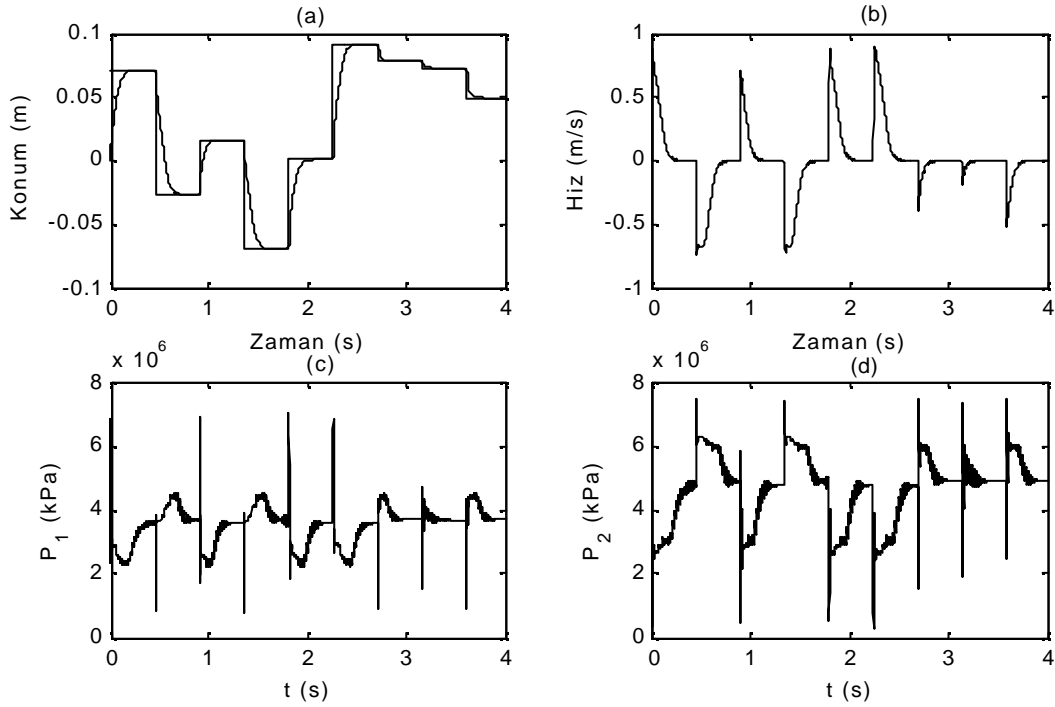
Hidrolik sistemin konum izleme karakteristiklerini belirlemek için çeşitli giriş sinyalleri kullanılarak çeşitli simülasyon senaryoları gerçekleştirildi. Sekil 5 sistem parametrelerindeki değişimin konumlamaya olan etkilerini göstermektedir. Parametre olarak kütle ve viskoz sürtünme katsayısı dikkate alındı.

**Sekil 5.** Sistem parametrelerinin konumlamaya etkileri, (a) kütle değişimi, (b) Viskoz sürtünme katsayısı değişimi



Sekil 6. Farkli frekanslarda sinüsoidal girise sistemin konum cevapları, (a) 2 Hz, (b) 5 Hz, (c) 8 Hz, (d) 10 Hz

Bulanik mantik ile kontrol edilen hidrolik sisteme farklı frekans değerlerinde sinüsoidal giriş sinyalleri verilerek konum izleme özellikleri incelenmiştir. 2 Hz'lik giriş sinyali ile piston konumu çakışmaktadır (Sekil 6(a)). Frekans değeri 5 Hz ve daha büyük olduğu zaman sistemin konum izleme kabiliyeti azalmaktadır (Sekil 6(b,c,d)). Konum izlemenin bozulması daha çok geri dönüşlerde gerçekleşmiştir. Bu silindir bölmelerindeki farklı piston alanlarından kaynaklanmaktadır. Hidrolik sistemin konum izleme özelliklerini daha iyi bir şekilde inceleyebilmek için izlenecek yol daha uzun ve karmaşık hâle getirildi. Bu şartlardaki sistemin konum ve dinamik davranış cevapları Sekil 7'de gösterilmiştir.



Sekil 7. Sistemin konum izleme karakteristikleri, (a) konum, (b) Hız, (c) P_1 basıncı, (d) P_2 basıncı



SONUÇLAR

Bu çalışmada, dogrusal bir hidrolik hareketlendirici sistem için model denklemlerinin elde edilmesi simülasyonu ve bulanik mantik kontrol uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulanan bulanik kontrolcü ile sistemin konum izleme karakteristikleri incelenmiştir. Bulanik mantik kontrolcü uygulanan hidrolik sistemin fiziksel parametrelerdeki değişime duysuz kaldığı simülasyon sonuçlarından anlaşılmıştır. Simüle edilen hidrolik sistem 5 Hz'lik sinüsoidal giriş sinyaline kadar başarılı bir konum izleme gerçekleştirmiştir. Frekans değeri büyüdükçe izlenecek konumdan sapmalar giderek artmıştır. Ayrıca, değişen konum izleme için hidrolik sistemin dinamik davranışları verilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] ESPOSITO A., "Fluid Power with Application", Prentice Hall International Editions (UK) Ltd. 1994
- [2] MCCLOY D., MARTIN H.R., "Control of Fluid Power, Analysis and Design", Ellis Horwood Limited, 1980.
- [3] WATTON J., "Fluid Power Systems, Modeling, Simulation, Analog and Microcomputer Control". Printice-Hall International (UK) Ltd, 1989.
- [4] SOHL G.A., BOBROW, J.E., "Experiments and Simulations on The Nonlinear Control of a Hydraulic System", IEEE Trans. on Control System Technology, vol.7, no. 2, pp. 238-247, 1999
- [5] TANAKA K., "Introduction to Fuzzy Logic for Engineering Application", Springer, ISBN 0-387-94807, USA, 1996.

ÖZGEÇMİSLER

Ali Volkan AKKAYA

1977 yılında Denizli'de doğdu. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Gemi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2001 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Enerji Makinaları Yüksek Lisans programını tamamladı. Hâlen aynı programda doktora eğitimine Araştırma Görevlisi olarak devam etmektedir.

Saban ÇETİN

1980 yılında Yozgat'ta doğdu. 2001 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2003 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Konstrüksiyon Yüksek Lisans programını tamamladı. Aynı üniversitede doktora eğitimine Araştırma Görevlisi olarak devam etmektedir.