



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology
Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 29, Sayı (Issue): 3, Haziran/June-2013
<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



Hidrolik silindirin bulanık mantık yöntemi ile konum kontrolü

Eşref ÇINAR¹, Hasan Basri ULAŞ², Musa BİLGİN³

¹ Hidromek, Ankara

² Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü, Ankara

³ Hacettepe Üniversitesi, Ankara Sanayi Odası 1. OSB Meslek Yüksekokulu, Ankara

ÖZET

Bu çalışmada, bulanık mantık ile elektro-hidrolik oransal bir sistemin açık çevrim davranışları laboratuvar ortamında deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında sistemi tanımlayan kural tabanı çıkarılmıştır. Bu kural tabanı çerçevesinde giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları çıkarılmıştır. Bu üyelik fonksiyonları ile hidrolik silindirin konum kontrolü sağlanmıştır. Pistonun konum bilgisi LVDT (linear variable differential transformer) ile Simulink'e aktarılmıştır. Daha sonra istenilen konum ile silindirin o andaki konumu karşılaştırılmış dolayısıyla hata bulunmuştur.

Anahtar

Kelimeler:

Hidrolik,
Konum
kontrolü,
Bulanık Mantık

Positioning control of hydraulic cylinders through fuzzy logic method

ABSTRACT

In this study, fuzzy electro-hydraulic proportional system with open-loop behavior is investigated experimentally in a laboratory environment. In the first phase of the study describing the system is written in the rule base. This rule base is issued within the framework of the input and output membership functions. The hydraulic cylinder position control are provided with these membership functions. The piston location information were transferred with LVDT to the Simulink. Then the desired position is compared to the current position of the cylinder and thus an error is found.

Key Words:

Hydraulic,
Position
Control, Fuzzy
logic

1. Giriş

Hidrolik sistemlerin uygulandığı her alanda, konum kontrolü çok fazla önem kazanmaktadır. Konum kontrolünün amacı, sistemi istenen konuma en optimum şekilde yani yüksek kararlılıkta düşük zaman ve enerji harcayarak getirmektir. Bu değişkenlerin gerçekleştirilmesi sistemin kuruluşuna, ölçüm cihazlarının hassasiyetine, uygulanan kontrol türlerine ve algoritmalarına bağlıdır. Hidrolik konum kontrolü sistemleri, büyük güç ve küçük stroklarda rahat bir şekilde kontrol uygulayabilme özelliklerinden ötürü tüm endüstri alanlarında kullanılmaktadır [1].

Bulanık mantık ile kontrol tekniğinin ilk uygulaması ise 1974 yılında Mamdani tarafından buhar makinesine uygulanmıştır. Böylelikle Mamdani, adı ile anılacak olan bulanık mantık yönteminin de ilk adımını atmış olacaktır [2]. Tarihteki ilk endüstriyel bulanık mantık uygulama ise 1982 yılında Danimarka'da ki bir çimento fabrikasının fırının kontrolüne uygulanmıştır [3].

Young ve Kopp (2001) çalışmalarında bulanık mantık kontrolü ile çalışan hidrolik dövme makinesi geliştirmişlerdir. Deneylerinde üç farklı iş parçası kullanmışlar ve bu iş parçalarına belirli bir form vermişlerdir. İş parçasını bükmede kullanılan silindirin hareketini bulanık mantık ile kontrol etmişlerdir. Bulanık mantık algoritmasını C programlama dilinde yazmışlardır. Ayrıca fuzzyTECH[®] programını da kullanmışlardır. Deneyleri sonucunda sac bükümünde $\pm 0,6$ mm hassasiyeti yakalamışlardır. Ayrıca çalışmada bulanık mantık kullanıldığından dolayı sistemin matematiksel modelini çıkarmaya gerek olmadığını da göstermişlerdir [4].

Jian ve ark. (2009) çalışmalarında hidrolik presin pompasından gönderilen yağın hacmini kontrol etmek üzere bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında pompanın elektrik motorunu PID-Fuzzy hibrit sistem ile kontrol etmişlerdir. PID girişlerini Fuzzy çıkışları ile kontrol etmişlerdir. Sonuçlarına baktığımızda kendi kendine ayarlayan PID sisteminin pozisyon izleme yeteneğini artırdığını göstermişlerdir [5].

Krasucki ve ark. (2009) yapmış oldukları çalışmada mobil bir vincin hidrolik silindirleri PID-Fuzzy hibrit sistemi ile kontrol etmişlerdir. Kontrol sistemi simulasyon modelini Matlab-Simulink programında geliştirmişlerdir [6].

Salhi ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada elektrik enerjisi üretiminde kullanılan hidrolik türbün'ün kontrolünde takagi-sugeno yöntemi kullanmışlardır. Deneylerinde PI kontrolü ile bulanık mantığı sentezlemişlerdir. PI girişlerini bulanık mantık çıkışları ile kontrol etmişlerdir [7].

Mashadi ve Nasrolahi (2009) çalışmalarında dik yamaçların eteklerinde hareket eden bir traktörün yere paralel bir şekilde ilerlemesi üzerine yapmışlardır. Bu amaçla bir traktörü modifiye etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada oransal valfi PI tekniği ile kontrol etmişlerdir. PI girişlerini ise Fuzzy ile kontrol etmişlerdir. Fuzzy'in girişleri ise tekerlek hızı ile açısı olmuştur. Yaptıkları çalışmanın sonucunda bulanık mantığın etkili bir şekilde kontrole yardımcı olduğu göstermişlerdir [8].

2. Bulanık mantık ve sistemin bulanık mantık modeli

Bilimsel çalışmaların yapılmasında son 30 yıla kadar sadece iki çıktılı olan Aristo Mantığı kullanılmıştır. Aristo mantığına göre sadece siyah veya beyaz çıktılardan bir tanesini tercih etmek gereklidir. Hâlbuki insanın düşünce sisteminde arada olan değişik derecede gri tercihlerinde yapılması söz konusudur. İşte buna imkân verecek olan bulanık (fuzzy) mantık ve ondan kaynaklanan sistemler ilk defa Azerbaycanlı Lütfü Askerzade tarafından 1965 yılında yayınlamış olduğu makale ile ortaya atılmıştır. Zadeh, bulanık mantığın genel özelliklerini şöyle ifade etmiştir [9];

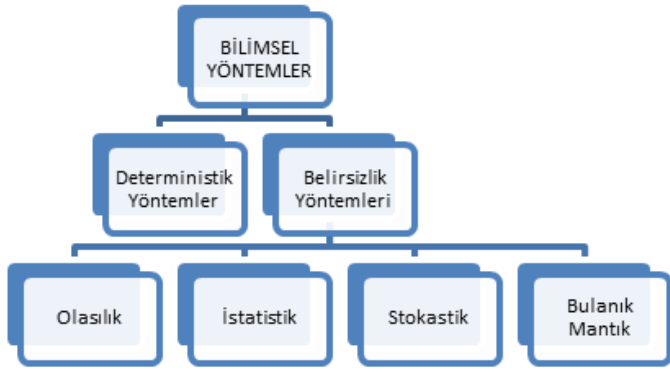
- Bulanık mantık, kesin değerlere dayanan düşünce yerine, yaklaşık düşünme kullanılmaktadır,
- Bulanık mantıkta bilgi sözel ifadeler (az, çok, sıcak, soğuk vb.) şeklindedir,
- Bulanık mantıkta kümelerin ağırlıkları $[0,1]$ aralığında ifade edilir,
- Durulaştırma işlemi, sözel ifadelerin birbiri ile arasında tanımlanan kurallar ile gerçekleşir,
- Bulanık mantık, matematiksel modelin elde edilmesinin zor ve karmaşık olduğu tüm sistemlerde kullanılabilir.

Günümüzde bulanık mantık ile kontrol edilen fiziksel sistemler Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Fiziksel sistemlerdeki bulanık mantığın rolü [10]

Fiziksel sistem	Bulanık mantığın rolü
Araba motoru	Benzin pompası, oksijen miktarı, su sıcaklığı,devir sayısı, tekleme ve manifold basıncına göre benzin enjeksiyonu ve patlamayı kontrol etmek
Buzdolabı	Kullanıcının alışkanlıklarına göre farklı raf soğukluğu ayarlamak
Elektrikli süpürge	Toz miktarı ve zemine göre motorun emme gücünü ayarlamak
Fotoğraf makinesi	Görüntünün herhangi bir yerindeki nesneyi bularak oto fokus yapmak
Fotokopi makinesi	Resim yoğunluğuna göre voltaj ayarlamak
Fren sistemi	Arabanın hızlanmasıyla ortaya çıkan tehlikeli durumlarda frenleri kontrol

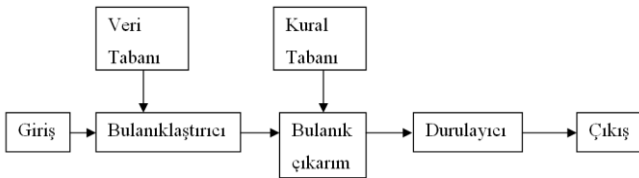
Modern bilimde bilimsel yöntemler (Şekil 1) belirli ve belirsiz yöntemler olarak ikiye ayrılmıştır. Bulanık mantık yaklaşımı da belirsizlik yöntemleri başlığı altındadır. Belirsiz yöntemlerden sayılmasından dolayı nonlineer yapıların kontrolünde oldukça başarılı sonuçlar vermektedir.



Şekil 1 Bilimsel Yöntemler

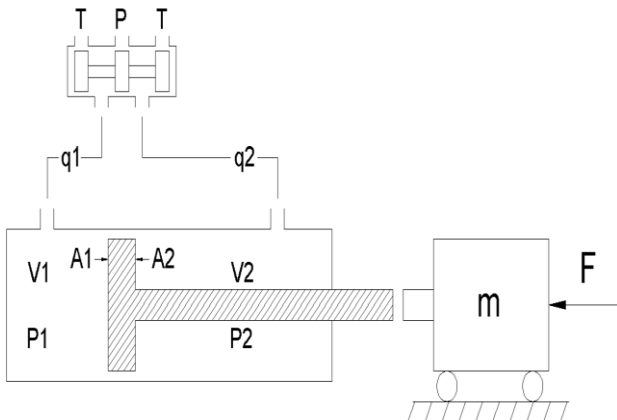
'Hava sıcak' kelimesindeki sıcak kelimesinin ifade ettiği anlam izafî (göreceli) olarak birbirinden farklı olabilir. Kutuplarda bulunan bir kişinin sıcak için $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'yi algılamasına mukabil ekvator civarındaki bir kişi için bu $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'yi bulabilir. Arada birçok kişinin görüşü olarak başka derecelerde bulunur. Böylece 'sıcak' kelimesinin altında insanların ima ettiği sayısal anlayışın bir sonucu olarak belirsiz bir durum ortaya çıkar. Bu rastgele değildir ancak belirsizdir ve bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizliklere bulanıklık (fuzzy) denir [11].

Şekil 2'de klasik bir bulanık mantık kontrolcüsünün genel yapısı görülmektedir.



Şekil 2 Bulanık mantık kontrolcüsünün yapısı

Şekil 3'de en temel düzeyde hidrolik sistemin fiziksel modeli görülmektedir.



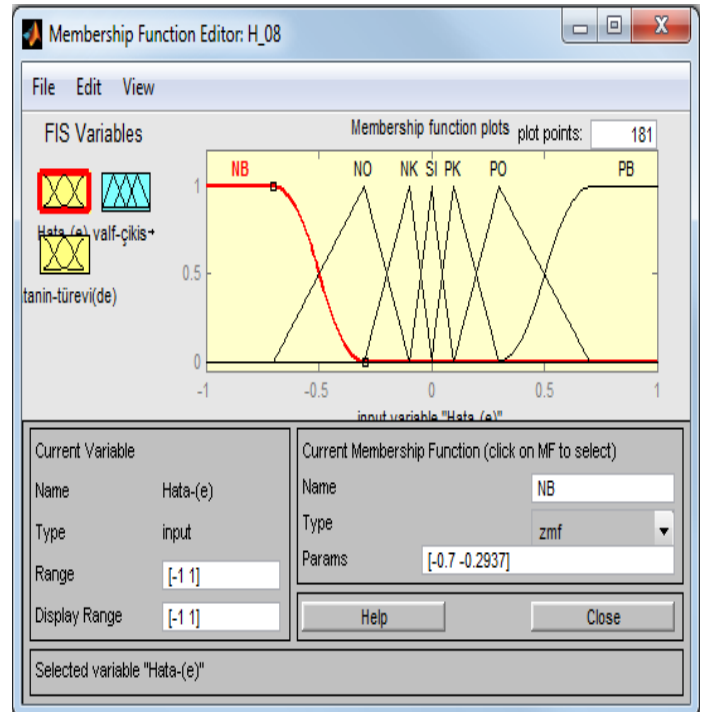
Şekil 3 Hidrolik sistemin fiziksel modeli [12]

Fiziksel modelde ki tüm bağımsız değişkenlerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

- P : Pompa basıncı
- T : Tank basıncı
- P1 : Silindirin 1. tarafındaki basınç
- P2 : Silindirin 2. tarafındaki basınç
- q1, q2 : Debiler
- A1 : 1. taraftaki kesit alanı
- A2 : 2. taraftaki kesit alanı
- v1 : Silindirin 1. tarafındaki hacim
- v2 : Silindirin 2. tarafındaki hacim
- m : Kütle
- F : Kuvvet

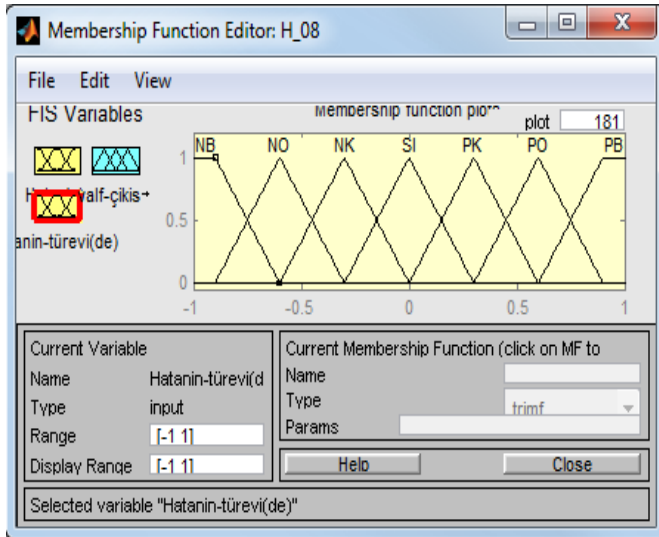
Valflerin kontrol edilebilmesi için bulanık mantık kümeleri ve kural tabanı oluşturulmuştur. Bu kümeler giriş ve çıkış değişkenlerinin sayısal değerleri ile ifade edilir. Bu çalışmada hata (e), hatanın türevi (de) olmak üzere iki giriş ve valf çıkış sinyali (u) olmak üzere üç farklı üyelik fonksiyonu vardır. Bu üyelik fonksiyonlarının değişkenleri 7 farklı sözel ifadelerle kümeleştirilmiştir. Bu sözel ifadeler şöyledir: negatif büyük (NB), negatif orta(NO), negatif küçük(NK), sıfır(0), pozitif küçük(PK), pozitif orta(PO), pozitif büyük(PB).

Sözel ifadelerden NB z biçimli, PB ise s biçimli üyelik fonksiyonu ile diğer ifadeler ise üçgen biçimli üyelik fonksiyonu ile temsil edilmektedir. Bu sözel ifadelerin her bir fonksiyonda ki sayısal aralığı -1 ila +1 arasında yazılmıştır. Hata (e) fonksiyonunun sıfır(0) kümesi -0,05 ila +0,05 arsındandır. Bunun anlamı hata %5'lik kümeye girdiğinde hatanın sıfır olduğu yani istenilen tolerans değerleri arasında olduğunu vermektedir (Şekil 4).



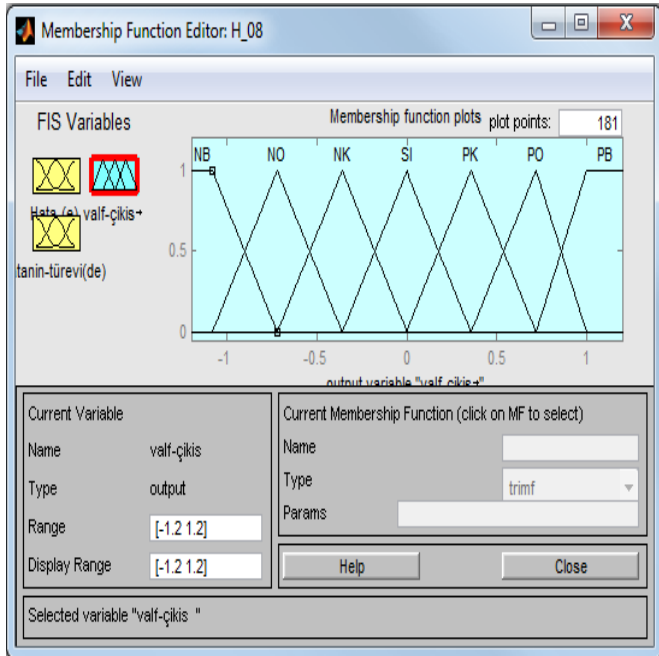
Şekil 4 Giriş fonksiyonu hata'nın, sözel kümelerinin sayısal karşılıkları

Hatanın türevi (de) konumun zamana göre türevini ifade etmek de yani hidrolik pistonun hızını vermektedir. Burada ki eksi(-) kümeler, piston negatif yönünde ki hızları ifade etmektedir (Şekil 5).



Şekil 5 Giriş fonksiyonu hata türevinin, sözel kümelerinin sayısal karşılıkları

Çıkış fonksiyonu (u) sözel kümeleri valfe gönderilecek olan giriş voltajı öncesini ifade eder. Bulanık mantık kümelerinde bu değer -1 ile +1 arasında alınmış fakat Simulink programında oransal deneylerde, kazanç değeri 10 ile çarpılmış ve sürücü devre giriş sinyali olan ± 10 değerine ulaşılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Çıkış fonksiyonu, sözel kümelerinin sayısal karşılıkları

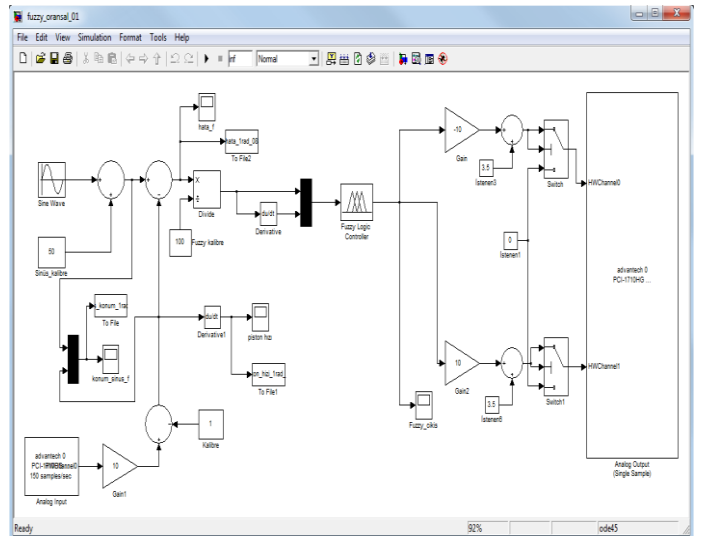
Giriş fonksiyonları kümeleri, bulanıklaştırıcıdan çıktıktan sonra kural tabanına girer ve bu kural tabanına göre bulanık çıkarım elde edilir. Deneylerde kullanılan kural tabanı (Tablo 2) hazırlama mantığı şöyledir. Eğer hata PB (pozitif büyük) ve hatanın türevi (piston hızı) PB ise çıkış fonksiyonu da PB olmalıdır. Bu mantıkla hata azaldıkça hatanın türevi de düşmesi gerekir dolayısıyla çıkışın düşmesi gerekir.

Tablo 2 Kural tabanı

e \ 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

Hidrolik silindiri kontrol etmek adına Matlab/Simulink ortamında Simulink blokları kullanılmıştır (Şekil 7).

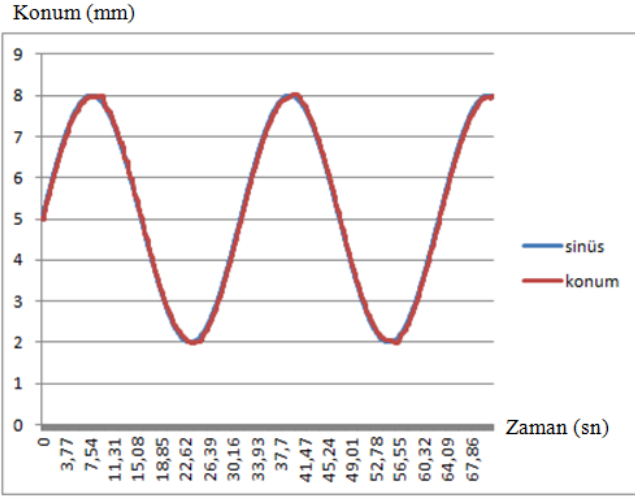
Simulink blok diyagramı (Şekil 7) bir analog giriş iki analog çıkış fiziksel bileşeninden oluşmaktadır. Diğer bloklar bir adet sinüs sinyali, matematiksel işlemler yapan bloklar ve bulanık mantık motoru bloklarından oluşmaktadır.



Şekil 7 Simulink blok diyagramı (oransal valf sürücü blokları)

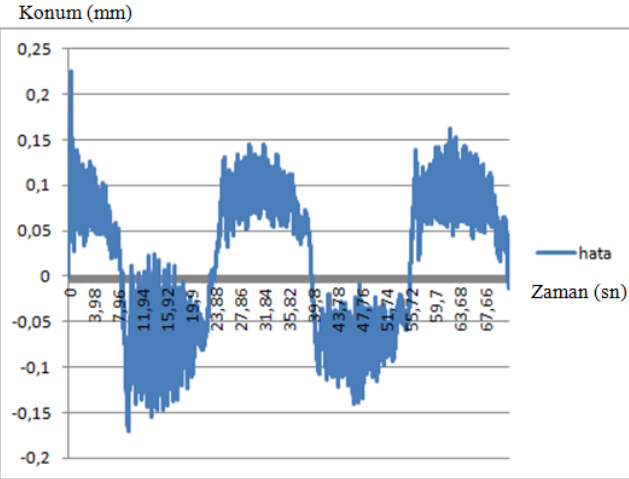
3. Deneysel çalışmalar

Sisteme bozucu sinüs sinyali gönderilmiş ve cevapları incelenmiştir. Sinüs sinyali frekansı 0,2 rad/sec olarak seçilmiştir. Şekil 8'i incelediğimizde 0,2 rad/sec frekans değerinde sisteme bozucu bir sinyal yollanmış ve anlık konum grafiği elde edilmiştir. Bulanık mantık çıkış fonksiyonu da en fazla -0,3 ile +0,3 olarak kabul edilmiştir.

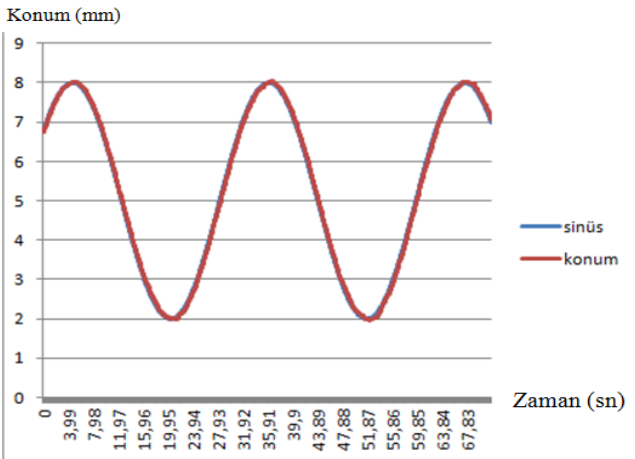


Şekil 8 Konum-zaman grafiği (sinüs 0,2 rad/sec, hata 0,3 mm)

Hata-zaman grafiğini incelediğimizde pistonun yukarı-aşağı yönlü hareketlerinde hatanın 0,15 mm mertebelerine kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 9).

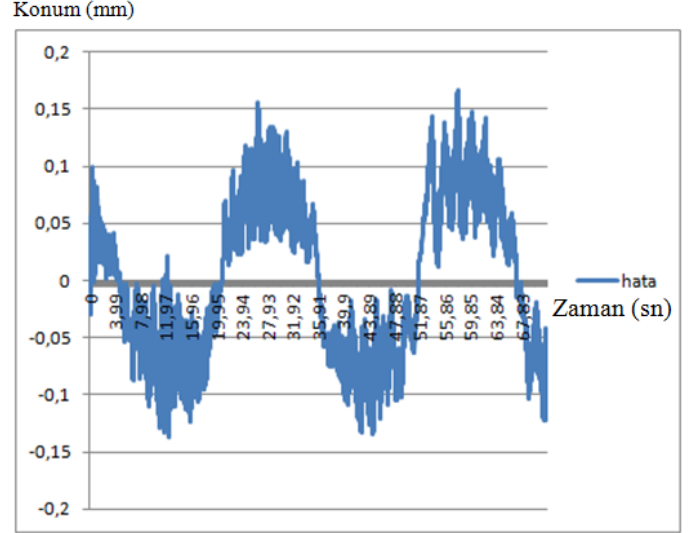


Şekil 9 Hata-zaman grafiği (sinüs 0,2 rad/sec, hata 0,3 mm)



Şekil 10 Konum-zaman grafiği (sinüs 0,2 rad/sec, hata 0,5 mm)

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde en fazla 0,15 mm'lik hata görülmüştür. Yalnız grafiği incelediğimizde hatanın 0,1 mm'lik hata bandının aşağısına gitme eğilimi olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 11 Hata-zaman grafiği (sinüs 0,2 rad/sec, hata 0,5 mm)

4. Sonuç ve öneriler

Deneylerde oransal sürücünün rampa set değerlerinin uygulamaya göre manuel olarak ayarlanabilen bir sürücü olmaması nedeniyle bulanık mantık üyelik fonksiyonları bu değerlere göre uyarlanmıştır. Bu deneylerde kullanılan oransal valf yaklaşık olarak 3,5 volt ile rampa edilebilmiştir. Deneyleri incelediğimizde 0,15 mm hata bandı yakalanmıştır. Literatürü incelediğimizde bu hatanın yeterli olduğu görülmektedir [5].

Öneriler

- 1) Oransal valflin valf makarasının (spool) oransal sürücüye vermiş olduğu ilk voltaj aralığının daha iyi olması gerekliliği olmuştur,
- 2) Voltaj kontrolü yerine akım kontrolü yapan oransal sürücü ve valfler tercih edilebilir,
- 3) Deneylerde görülen elektriksel gürültüyü aşmak için Simulink bloklarında analog filtre kullanılabilir yada fiziksel bir unsur olarak devreye uygun kondansatör seçilebilir.

5. Kaynaklar

1. Çınar, E., " Hidrolik Silindirin Bulanık Mantık Yöntemi İle Konum Kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-2 (2013).
2. Mamdani, E. H., "Application of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant", *Proceedings of the IEEE*, 121(12): 1585-1588, (1974).

3. Munakata, T., Jani, Y., “Fuzzy Systems: An Overview” , *Communications of the ACM*, 37(3): 69-76, (1994).
4. Young, H. L., Kopp, R., “Application of fuzzy control for a hydraulic forging machine” , *Fuzzy Sets and Systems*, 118: 99-108 (2001).
5. Jian, M. Z., Sheng, D. Z., Shu, G. W., “Application of self-tuning fuzzy PID controller for a SRM direct drive volume control hydraulic press” , *Control Engineering Practice*, 17: 1398–1404 (2009).
6. Krasucki, J., Rostkowski, A., Gozdek, L., Bartyś, M., “Control strategy of the hybrid drive for vehicle mounted aerial work platform” , *Automation in Construction*, 18: 130–138 (2009).
7. Salhi, I., Doubabi, S., Essounbouli, N., Hamzaoui, A., “Application of multi-model control with fuzzy switching to a micro hydro-electrical power plant” , *Renewable Energy*, 35: 2071-2079 (2010).
8. Mashadi, B., Nasrolahi, H., “Automatic control of a modified tractor to work on steep side slopes” , *Journal of Terramechanics*, 46: 299–311 (2009).
9. Zadeh, L. A., “Fuzzy Sets” , *Information and Control*, 8: 338-353, (1965).
10. Elmas, Ç., “Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık)” , *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, (2003).
11. Şen, Z., “Mühendislikte Bulanık Mantık ile Modelleme Prensipleri” , *Su Vakfı*, İstanbul, (2004).
12. Ercan, Y., “Mühendislik Sistemlerinin Modellenmesi ve Dinamiği” , *Literatür*, İstanbul, (2003).