



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 2, Article Number: 1A0175

ENGINEERING SCIENCES

Received: November 2010

Accepted: February 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

İlker Ali Özkan

İsmail Sarıtaş

Saadetdin Herdem

Selcuk University

isaritas@selcuk.edu.tr

sherdem@selcuk.edu.tr

Konya-Turkey

BİR DC MOTORUN BULANIK MANTIK DENETLEYİCİ İLE KONTROLÜ

ÖZET

Bu çalışmada bir Doğru Akım (DA) motorunun Bulanık Mantık Denetleyici (BMD) kontrolü ele alınmıştır. Bu çalışma yapılırken, analiz çalışmaları ve performans arttırıcı çalışmalara imkan vermesi nedeniyle benzetim MATLAB/Simulink ortamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada DA motor hızını denetlemek üzere oluşturulan BMD için durum değişkenleri olarak hata ve hata değişimi kullanılmış motor voltajı çıktı olarak kabul edilmiştir. Elde edilen bulanık mantık denetleyici çıktısı, PID kontrol çıktısı ile karşılaştırılarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık Denetleyici, Denetleyiciler, Bulanık Kontrol, DC Motor, PID Kontrol

THE CONTROL OF A DC MOTOR BY FUZZY LOGIC CONTROLLER

Having done this study, direct current (DC) motor was controlled by Fuzzy Logic Controller (FLC). Since the study included analysis and performance increase, simulation was implemented in MATLAB/Simulink environment. The inputs of the FLC were error and change in error whereas output of FLC was electrical engine voltage. It has been seen that FLC is much more successful than PID control according to the comparison made between outputs of PID and FLC control.

Keywords: Fuzzy Logic Control, Controllers, Fuzzy Control, DC Motor, PID Control

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Doğru Akım (DA) motorları endüstride hem açık çevrim hem de kapalı çevrim uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu uygulamaların birçoğu yüksek performans sağlayacak denetim gerektiren uygulamalardır [1]. Bunun nedeni yüksek performansın endüstri için elzem bir unsur olmasından kaynaklanır. Bu çalışmada ele alınan kıyıcı beslemeli doğru akım sürücüleri birçok uygulamada yüksek verim, esnek kontrol imkanı, küçük ve hafif fiziksel yapı özelliklerini içerdiği için kullanılmıştır [2 ve 3]. PID (Proportional Integral Derivative) gibi geleneksel denetleyicilerin, hız ve yük değişimlerinde aşım ve dalgalanmalara neden olması istenmeyen bir durumdur [4 ve 5]. Bu durum performans ve verimlilik açısından başka arayışları beraberinde getirmiştir.

Bulanık mantık denetleyicinin yapısı uyarlanabilir özelliklere sahiptir. Bu yüzden belirsizliklere, değişken parametrelere ve yük dağılımına sahip sistemlerin denetiminde kullanıldığında sistemin güçlü cevaplar vermesini sağlar. Bulanık mantık veya bulanık dizi teorisi ilk kez Zadeh tarafından sunulmuştur. Bulanık mantığın ortaya çıkışından bu yana birçok araştırmacı iyi tanımlanmamış ve doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesi üzerine çalışmışlardır. Elektrik makinelerinin sürücü sistemleri alanında bulanık mantık denetleyicileri başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Bunun yanında analog kontrol tekniklerinin donanım zorluğu ve karmaşık matematiksel modelleme gerekliliği de kontrol tekniklerinde yeni yaklaşımlar aramaya sebebiyet vermiştir. Bu anlamda gelişme gösteren denetim teknikleri arasında bulanık mantık yaklaşımı karmaşık matematiksel modellemeye ihtiyaç duymadığı için sıkça kullanılır hale gelmiştir [6].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Günümüzde kontrol alanında yapay zeka yöntemlerinin kullanımı hızla artmaktadır. Özellikle geleneksel kontrol yöntemleri yerine yapay zeka ile hesaplama (Soft computation) yapabilmek için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri olan bulanık mantık denetleyici pek çok alanda başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, bulanık mantık denetleyici ile bir DC motorun kontrolünün gerçekleştirilmesidir. Bu sayede uzman bir sistem operatörünün bilgi, deneyim, sezgi ve kontrol stratejisini, kontrolör tasarımında bilgi tabanı olarak oluşturmak ve kontrol işlemlerini karmaşık ve klasik kontrol algoritmalarıyla değil de bilgi ve deneyime dayanan sözel kurallarla gerçekleştirmektir.

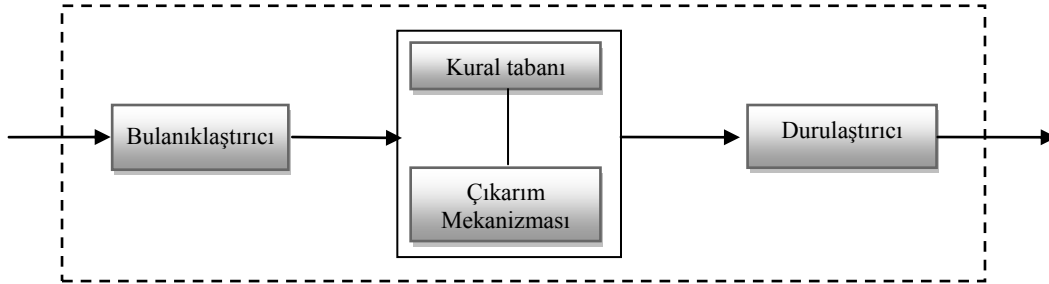
3. BULANIK MANTIK DENETLEYİCİLER (FUZZY LOGIC CONTROLLERS)

Bulanık kontrol sistemlerinin dayandığı temel nokta, uzman bir sistem operatörünün bilgi, deneyim, sezgi ve kontrol stratejisini, kontrolör tasarımında bilgi tabanı olarak oluşturmasıdır. Kontrol işlemleri, karmaşık ve klasik kontrol algoritmalarıyla değil de bilgi ve deneyime dayanan sözel kurallarla gerçekleştirilir. Örneğin bir uzman sistem için gerekli kontrol davranışlarını küçük, hızlı, yavaş gibi sözel bulanık terimlerini içeren komut kümesi ile temsil eder. Bu komut kümeleri "Eğer-İse (If-Then)" kuralları yardımıyla oluşturulur [7, 10 ve 12].

Bilgi tabanlı bulanık kontrol sistemleri (Fuzzy Controller) bilgisayarların doğruluğu ve hızları ile, insanların karar verme ve sonuç çıkarma özelliklerinin bir arada kullanılmasıyla elde edilen sistemlerdir. Şekil 1'de bulanık mantık denetleyicinin blok şeması görülmektedir [7]. Bulanık mantık denetleyici dört ana kısımdan oluşur.

- Birçok kontrol kuralından oluşan bir "kural tabanı"

- Bulanık kontrol kurallarını değerlendiren "çıkarım mekanizması"
- Algılayıcılardan alınan kesin sistem bilgilerini bulanık bilgiye dönüştüren bulanıklaştırma "Fuzzification" birimi
- Bulanık kontrol işaretini sayısal değere çevirerek sisteme uygulayan durulaştırıcı "Defuzzification" birimi.



Şekil 1. Bulanık Mantık Denetleyici temel yapısı
(Figure 1. Basic structure of Fuzzy Logic Control)

4. BULANIK MANTIK DENETLEYİCİNİN GELİŞTİRİLMESİ (DEVELOPMENT OF FUZZY LOGIC CONTROLLER)

4.1. DC Motor Modeli (Model of DC Motor)

Bu çalışmada DC motorun ikinci dereceden doğrusal durum uzay modeli kullanılmıştır. Bu modelde DC motorun armatür akımı (I_a) ve dönüş hızı (θ) durum değişkenleri olup giriş değişkeni olarak ise gerilim alınmıştır. Kullanılan DC motorun durum uzayı modeli $X' = Ax + Bu$ ve $y = Cx + Du$ formunda oluşturulmuş ve sisteme ilişkin durum denklemleri denklem 1,2'de verilmiştir.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \theta \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{b}{J} & \frac{K}{J} \\ -\frac{K}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} V \quad (1)$$

$$\theta = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ i \end{bmatrix} \quad (2)$$

Durum değişken modelinde kullanılan sistem matrisleri() ise denklem 3-6'da verilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{b}{J} & \frac{K}{J} \\ -\frac{K}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} \quad (4)$$

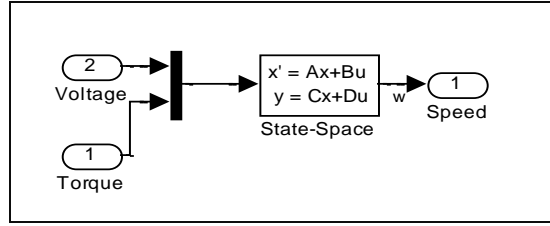
$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Bu çalışmada;

J=0.01; %kg*m2 (Motor eylemsizlik momenti)
b=0.1; %N*m/(rad/s) (Mekanik sistem sönüm oranı)
K=0.01; %V/(rad/s) (EMK)
R=1; %Ohm (Direnç)
L=0.5; %H=0,01 (İndüktans) olarak alınmıştır.

Simulink üzerinde oluşturulan DC motor durum uzayı modeli Şekil.2'de verilmektedir.

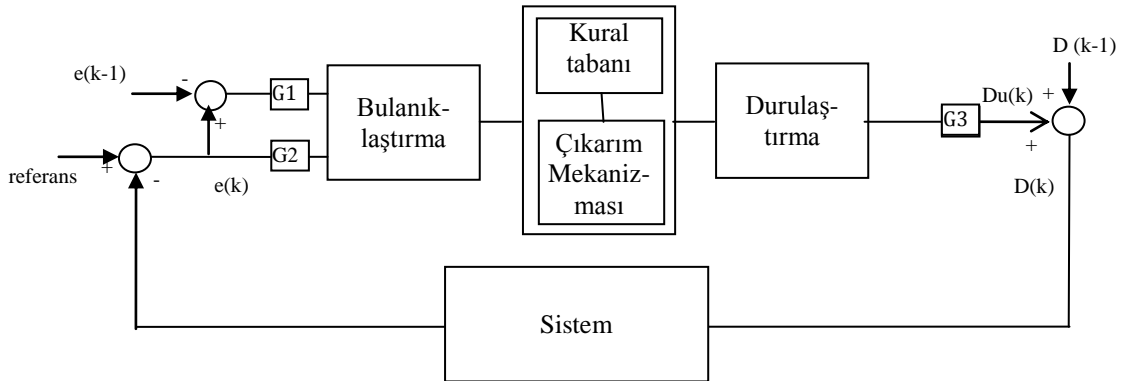


Şekil 2. Oluşturulan DC motor durum uzayı modeli
(Figure 2. The generated state space model of a DC motor)

4.2. Bulanık Mantık Denetleyici (Fuzzy Logic Controller)

Kontrol sistemi uygulamalarında bulanık mantık denetimi önemli bir alandır. Klasik sayısal $[0, 1]$ mantığının ötesine geçmiş bir yaklaşım olan bulanık mantık bu iki değerler arasında çok seviyeli değerler üretmesi sonucunda denetimin daha doğru kararlar üretmesini, böylece performansın ve verimin artmasını sağlamaktadır. Şekil 3'de bulanık mantık denetiminin temel blok yapısı görülmektedir [5, 8 ve 9].

Şekil 3'de görüldüğü gibi bulanık denetim mantığı temel olarak 4 bileşenden oluşmaktadır. Bunlar bulanıklaştırıcı, kural tabanı, çıkarım mekanizması ve durulaştırıcı birimlerdir. Bulanıklaştırıcı birim adından da anlaşılacağı üzere kendine gelen kesin giriş bilgilerini bulanık hale getirme görevini yapmaktadır. Bulanıklaştırılan değerler kural tabanı birimine gönderilir.

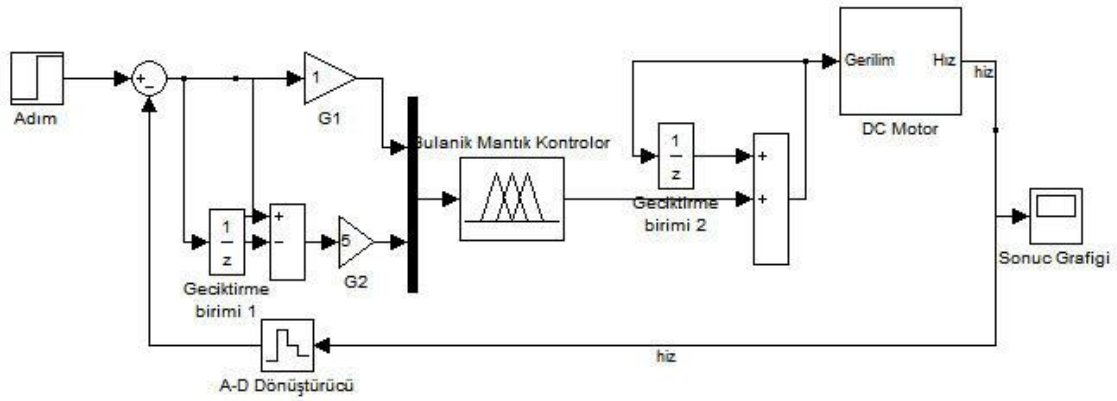


Şekil 3. Bulanık mantık denetiminin temel blok yapısı
(Figure 3. Basic block structure of fuzzy logic control)

Kural tabanında veri tabanı ve dilsel denetim öğeleri bulunmaktadır. Kurallar işlendikten sonra bulanık sonuç işareti bir sonraki adımda çıkışa yansıtılabilmek için durulaştırma birimine gönderilir. Burada kesin sonuçlar üretilir. Şekil 3'de $e(k)$ hata işareti, $e(k-1)$ bir örnekleme süresi içinde hatadaki değişimi ifade eder. $G1$, $G2$, $G3$ kazanç değerleridir. $Du(k)$ durulaştırma birimi çıkışıdır ve bir önceki değeri olan $D(k-1)$ ile toplanmak suretiyle $D(k)$ elde edilerek sistemin girişine verilmiştir [5].

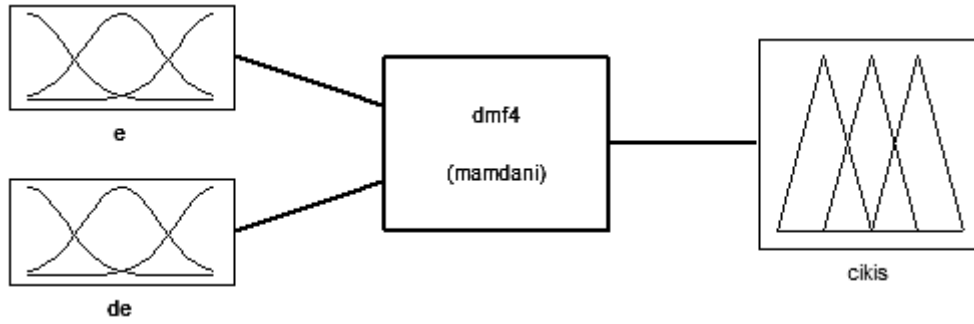
4.3. Bulanık Mantık Denetleyicinin Simulink Modeli (Simulink Model of Fuzzy Logic Controller)

Bulanık mantık denetleyici için oluşturulmuş simulink modeli Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Bulanık mantık denetleyici Simulink modeli
(Figure 4. Simulink model of the fuzzy logic controller)

Tasarlanan bulanık mantık denetleyici biriminde giriş değişkenlerini hız hatası ve hız hatasındaki değişim çıkış değişkenini ise kontrol çıkışı oluşturmaktadır (Şekil 5).



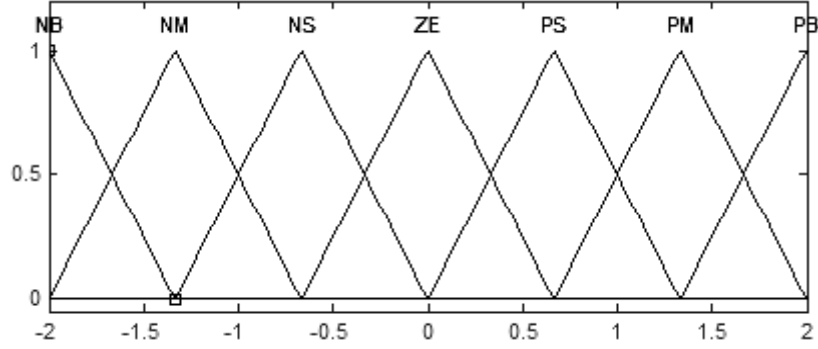
Şekil 5. Bulanık mantık denetleyici blok yapısı
(Figure 5. Fuzzy logic controller block structure)

Hız hatası (e) değeri $\text{hız_hata}(e) = \text{istenen_hız}(r) - \text{ölçülen_hız}(v)$ olarak tanımlanabilir. Hız hatasındaki değişim ise şimdiki hız_hata değerinden bir önceki hız_hata değerinin çıkarılması ile tespit edilebilir.

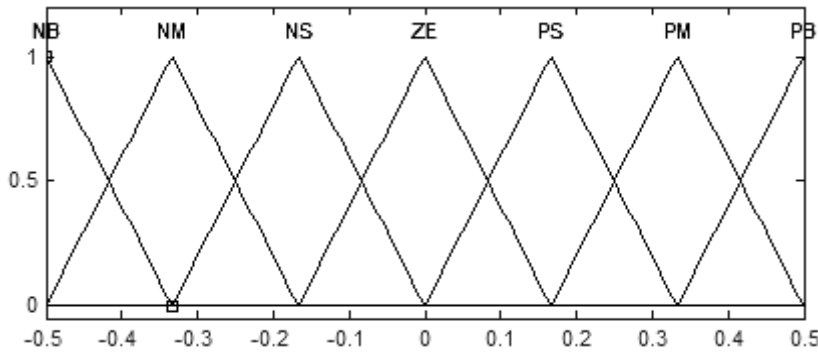
Hız_hatası_değişim(de) = Şimdiki_hız_hata($e(k)$) - Önceki_hız_hatası($e(k-1)$)

e ve de girişleri bulanıklaştırma işlemine tabii tutulmuştur. Bu işlem için hata ve hatadaki değişim 7 farklı dilsel ifadeye ayrılmıştır. Bulanık mantık denetleyici girişleri olan hata ve hata değişiminin üyelik fonksiyonları Şekil 6,7'de gösterilmiştir. Üyelik fonksiyonlarında:

- NB Negatif büyük
- NM Negatif orta
- NS Negatif küçük
- ZE Sıfır
- PS Pozitif küçük
- PM Pozitif orta
- PB Pozitif büyük dilsel ifadeleridir.

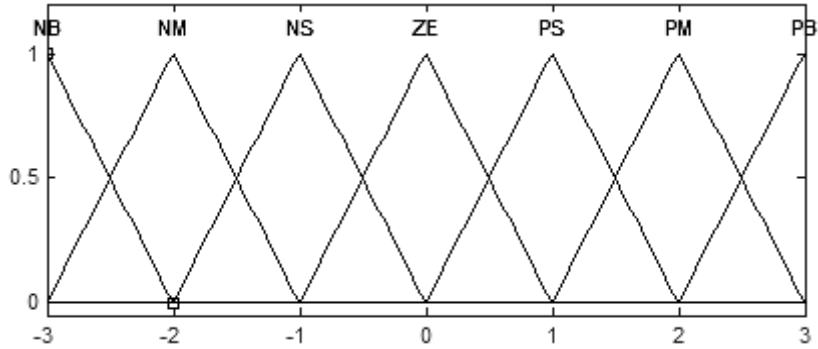


Şekil 6. Hız hatası için giriş üyelik fonksiyonları
(Figure 6. Input membership functions for speed error)



Şekil 7. Hız hata değişimi için giriş üyelik fonksiyonları
(Figure 7. Input membership functions for change of speed error)

Bulanık mantık denetleyici için oluşturulmuş çıkış üyelik fonksiyonları Şekil 8'de gösterilmiştir.



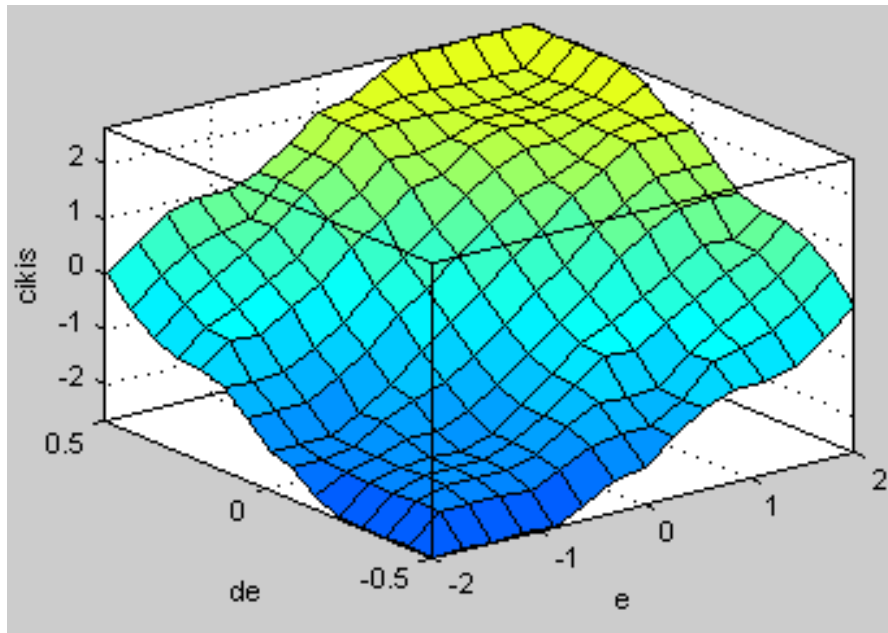
Şekil 8. Bulanık mantık denetleyici için çıkış üyelik fonksiyonları
(Figure 8. Output membership functions for fuzzy logic controllers)

Bulanık mantık denetleyicinin kural tabanı biriminde uygun çıkış değerlerinin oluşturulması için kullanılan kural tablosu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Bulanık mantık denetleyici için oluşturulan bulanık kural tablosu
(Table 1. The created fuzzy rule table for the fuzzy logic controller)

e de	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NM	NS	NS	ZE
NM	NB	NM	NM	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NM	NS	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PS	PM	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PM	PM	PB
PB	ZE	PS	PS	PM	PB	PB	PB

Bulanık mantık denetleyicinin hata, hata değişimi ve çıkış arasındaki ilişkinin 3-boyutlu gösterimi Şekil 9'da verilmiştir.

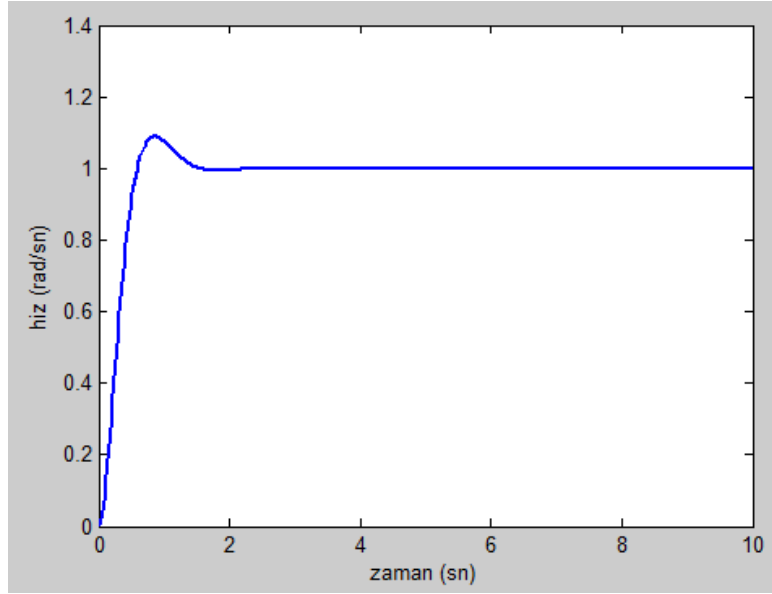


Şekil 9. Bulanık mantık denetleyicinin 3-boyutlu gösterimi
(Figure 9. 3-D representation of the fuzzy logic controller)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS)

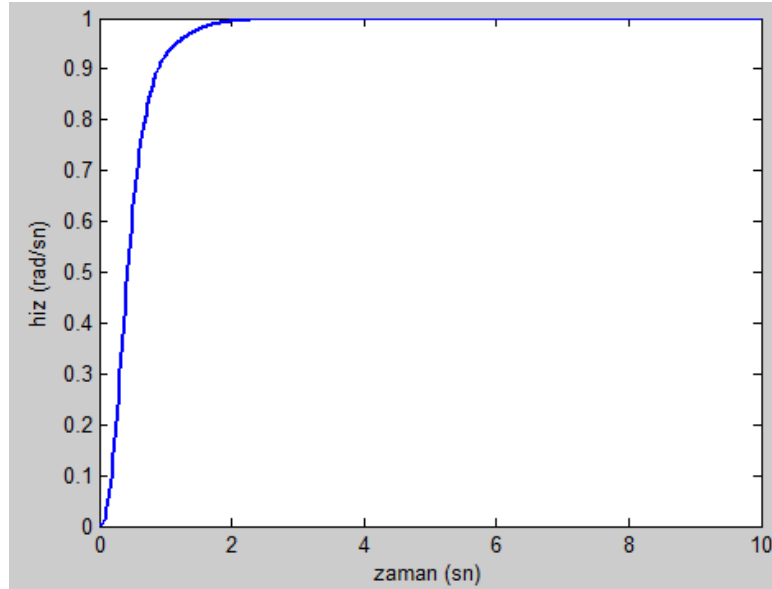
Şekil 4'de görüldüğü gibi DC motor ölçülen hız değeri ile hedeflenen hız değeri arasındaki hata değeri ve hata değerindeki değişim bulanık mantık kontrolöre giriş olarak verilmektedir. Bu girişler bulanık mantık kontrolör ile içerisinde bulanıklaştırma işlemine tabii tutularak, değerlerine uygun kural tabanı ateşlenmesi sağlanmaktadır. Ateşlenen kural durulaştırma işlemine tabii tutularak elde edilen kontrol girişi DC motor üzerine uygulanmaktadır. Hata ve hata değişiminin modellemesinden dolayı bu tipteki bulanık mantık kontrolörler PD (Proportional Derivative) tip bulanık mantık kontrolör olarak isimlendirilmektedir.

PID denetleyici ile DC motorun çıkışında alınan hız değerinin değişimi Şekil 10'da verilmiştir. Aşağıdaki şekilden de görüldüğü gibi referans hız değerine ulaşma süresinde istenmeyen bir aşma meydana gelmektedir.



Şekil 10. DC motor PID kontrolör çıkışı
(Figure 10. DC motor PID controller output)

Bulanık mantık denetleyici ile DC motorun hız değişimi aşağıdaki Şekil 10'da verilmiştir. Aşağıdaki şekilden de görüldüğü gibi referans hız değerine ulaşma süresinde istenmeyen bir aşma meydana gelmemiştir.



Şekil 11. Bulanık mantık denetleyicinin çıkışı
(Figure 11. Fuzzy logic controller output)

Gerçekleştirilen iki model karşılaştırıldığında BMD kullanılan sistemin çıkışında aşma olmadan referans hızı yakaladığı görülmektedir. Elde edilen BMD kural sayısının artırılması, kazanç katsayılarının BMD ile denetlenmesi vb teknikler ile geliştirilerek daha kısa sürede ve performanslı bir şekilde referans hıza ulaşabilen denetim yapıları elde edilebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. George, T.M., Bhatia, C.M., and Ahson, S.I., (1988). Implementation Of Sliding Mode Control For A Chopper Fed Separately Excited Dc Motor Using A Personal Computer. Industrial Electronics Society, IECON '88, Proceedings, 14 Annual Conference of, pp:714-719.
2. Parakash, D.D. and Dubey, G.K., (1976). Analysis of Chopper-fed DC Series Motor. IEEE Transaction on Industrial Electronics Control Instrumentation. Vol: IECI-23 No:1, pp:92-97.
3. Eker, İ. ve Torun, Y., (2006). Fuzzy logic control to be conventional method. Energy Conversion and Management, Volume 47, Issue 4, Pages 377-394.
4. Elmas, C., Akcayol, MA. ve Yigit, T., (2007). Fuzzy PI Controller For Speed Control of Switched Reluctance Motor. J. Fac. Eng. Arch. Gazi University, Vol: 22, No: 1, pp: 65-72.
5. Sesli, E., Akyazı, Ö. ve Cora, A., (2009). Kıyıcı Beslemeli DA Motorun Oransal İntegral ve Bulanık Mantık Oransal İntegral Denetleyicilerle Hız Kontrolü Karşılaştırılması. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği 13. Ulusal Kongresi, Ankara.
6. Sönmez, Y., (2007). DA Motor sürücüleri için Bulanık Mantık Denetimi. Akademik Bilişim'07, Kütahya.
7. Teker, A. ve Kuyumcu, FE., (2007). Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemleri. 12. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal kongresi. Eskişehir, pp:469-470.
8. Rigatos, G.G., (2009). Adaptive fuzzy control of DC motors using state and output feedback, Electric Power Systems Research, Volume 79, Issue 11, November 2009, Pages 1579-1592.
9. Fonseca, J., L Afonso, J., S Martins, J.S., and Couto, C., (1999). Fuzzy logic speed control of an induction motor. Microprocessors and Microsystems, Volume 22, Issue 9, Pages 523-534.
10. Czoga, E., (1988). Probabilistic fuzzy controller as a generalization of the concept of fuzzy controller. Fuzzy Sets and Systems, Volume 26, Issue 2, Pages 215-223.
11. Siler, W. and Ying, H., (1989). Fuzzy control theory: The linear case. Fuzzy Sets and Systems, Volume 33, Issue 3, Pages 275-290.
12. Guillemin, P., (1994). Universal motor control with fuzzy logic. Fuzzy Sets and Systems, Volume 63, Issue 3, Pages 339-348.