ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/280963576

# DC Servo Motor Speed Control in Nonlinear Load by Using Different Fuzzy Membership Functions

**Article** *in* Academic Platform Journal of Engineering and Smart Systems · January 2014

DOI: 10.5505/apjes.2014.02486

CITATIONS
2

READS
31

**4 authors**, including:



Ahmet Gani
Kayseri University
**132** PUBLICATIONS **419** CITATIONS
SEE PROFILE



Erdal Kılıç
Kahramanmaraş Sütçü İmam University
**53** PUBLICATIONS **140** CITATIONS
SEE PROFILE



O. Fatih Kececioglu
Kahramanmaraş Sütçü İmam University
**131** PUBLICATIONS **504** CITATIONS
SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Ahmet Gani on 31 December 2024.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

# Farklı Bulanık Üyelik Fonksiyonları Kullanarak Doğrusal Olmayan Yük Etkisindeki Doğru Akım Servo Motorun Hız Denetimi

[1]Hasan Rıza Özçalık, [*1]Ahmet Gani, [2]Erdal Kılıç, [1]Ö.Fatih Keçecioğlu
[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
[2]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Afşin Meslek Yüksekokulu, Elektrik Programı Bölümü

**Özet**

Gerçek hayattaki sistemlerin hemen hemen hiçbiri lineer değildir. Bulanık mantık doğrusal olmayan denetim yöntemleri arasında alternatif bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Sistemlerin doğrusal olmayan karakteristikleri; üyelik fonksiyonları, bulanık kural tabanı ve bulanık çıkarım işlemi ile temsil edilir. Durağan olmayan, enerji depolayıcı elemanlar içeren ve sistem parametrelerinin durum değişkenlerine bağlı olarak değiştiği sistemler lineer olmayan dinamik sistemlerdir. Dinamik sistemlerin genellikle lineer olmayan bir yapıya sahip olmasından dolayı kontrol uygulamalarını gerçekleştirmek oldukça zordur. Bu tür sistemlerin kontrol uygulamalarında lineer olmayan dönüşüm yeteneklerine sahip olan bulanık mantık esaslı denetleyiciler başarılı olmaktadır. Bu denetleyicilerin performansı, tasarım aşamasında kullanılan yöntemlerin iyileştirilmesiyle arttırılabilmektedir. Bu çalışmada, dc servo motorun lineer olmayan modelinin hız denetimi için farklı bulanık üyelik fonksiyonları kullanılarak geliştirilen bulanık mantık esaslı denetleyicinin sistem performansına etkileri araştırılacaktır.

***Anahtar Kelimeler:*** DC Servo Motor, Farklı Bulanık Üyelik Fonksiyonu, Doğrusal Olmayan Yük

# DC Servo Motor Speed Control in Nonlinear Load by Using Different Fuzzy Membership Functions

[1]Hasan Rıza Özçalık, [*1]Ahmet Gani, [2]Erdal Kılıç, [1]Ö.Fatih Keçecioğlu
[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
[2]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Afşin Meslek Yüksekokulu, Elektrik Programı Bölümü

**Abstract**

Almost none of the systems is not linear in real life. Fuzzy logic control has emerged as an alternative approach with non-linear methods. Non-linear characteristics of the systems are represented by membership functions, fuzzy rule base and fuzzy inference process. The systems that contain non-stationary, energy storage elements and system parameters that vary depending on the state variable are non-linear dynamic systems. Control applications of dynamic systems are difficult to realize because dynamic systems have usually non-linear structure. Fuzzy logic based controllers that have the ability with non-linear conversion capabilities are successful control applications of such systems. The performance of this controller can be increased by treating the method used at the design stage. In this study, fuzzy logic based controller that is improved nonlinear model of dc servo motor for speed control by using different fuzzy membership functions will be investigated on the system performance.

***Keywords:*** DC Servo Motor, Different Fuzzy Membership Function, Non-Linear Load

*Corresponding author: Address: Kahramanmaras Sutcu Imam University, Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Kahramanmaras, Turkey, E-mail address ahmet_gani87@hotmail.com, Phone: +90344 280 1638

Doi: 10.5505/apjes.2014.02486

## 1. Giriş

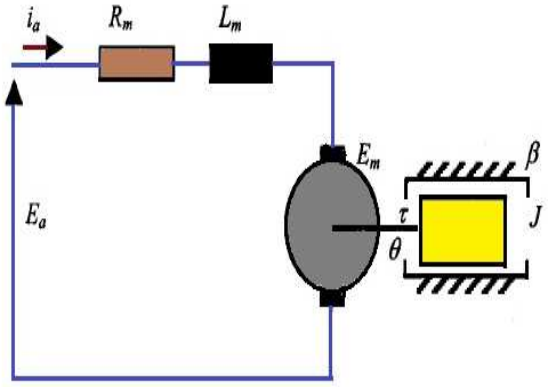
Bulanık mantık esaslı modelleme ve denetim yöntemleri, son yıllarda, hem üniversite çevrelerinde hem de endüstride gittikçe artan oranda benimsenen ve kullanılan uygulamalar haline gelmiştir. Klasik denetim sistemlerinin aksine bu tip yöntemlerde, sistemlerin matematiksel modeline gerek duymadan sadece istenilen çıkışı oluşturacak şekilde kontrol edilen sisteme uygulanan denetim işaretleri ayarlandığı için bulanık denetimin işlemesi tıpkı usta bir insanın (uzman) o sistemi denetlemesi gibidir [1]. Bulanık mantık denetleyiciyi geliştirmek, matematiksel ifadeler gerekmediği için kolaydır. Bu yüzden bulanık mantık lineer olmayan karmaşık sistemlerde kolaylıkla kullanılabilmektedir[2-4].

1 d/dk'lık hız bölgelerinin altında bile kararlı çalışan, hız-moment kontrolü yapan yardımcı motorlara veya akımı bilezikler (motor miline takılan halkalar) üzerinden devresini tamamlayan motorlara servo motor denir. Yıllardır elektrik motorları endüstride tahrik elemanı olarak kullanılmakta ve bunların kontrolü de büyük önem arz etmektedir. Servo motorlar hassas kontrol uygulamalarına imkan verdiği için günümüz endüstrisinde aranan makinalar olmuştur.

Servo motorlar yardım amaçlı motorlardır. Asıl iş makinaları gibi çalışmazlar. Servo motorların anma güçleri yaklaşık 5 kW kadardır. Servo motorların fırçasız yapıları ve yüksek hız kapasiteleri belirgin özellikleridir. Teknolojideki hızlı ilerleme makinaların daha hassas ve hızlı tahrik üniteleri ile donatılmasını gerekli kılmaktadır[5,6].

## 2. Dc Servo Motor ve Matematiksel Modeli

Bilindiği gibi, kontrol mühendisliğindeki çalışmaların başarısını gösteren bazı yararlı akademik örnekler vardır. Açıkçası, endüvi kontrollü Dc motorlar aralarında iyi örneklerdir. Bu çalışmada bir fan tipi Dc servo motor kullanılmıştır[7]. Bu makina, endüvi geriliminin ayarlanması ile geniş bir hız aralığında çalışma yeteneğine sahiptir[8].




Şekil 1. DC servo motorun elektro - mekanik eşdeğer devresi

### *2.1. Sürekli zamanlı model*

Dc servo motor elektro-mekaniksel bir sistemdir. Kirchoff ve Newton yasalarının yardımıyla aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

$$V_a(t) = K_w(t) + R_a \dot{I}_a(t) + L_a[di_a(t)/dt] \quad (1)$$

$$J[dw(t)/dt] = Ki_a(t) - Bw(t) - T_L(t) \quad (2)$$

Burada,

W(t) : Motor Hızı (Rad/s)

$V_a(t)$ : Endüvi Gerilimi (V)

$\dot{I}_a(t)$ : Endüvi Akımı (A)

$T_L(t)$ : Yük Momenti (Nm)

J : Atalet Momenti ($Nm^2$)

K : Moment Sabiti($NmA^{-1}$)

B : Sürtünme Katsayısı (Nms)

$R_a$ : Endüvi Direnci (Ohm)

$L_a$ : Endüvi Endüktansı (H)

μ : Yük Katsayısı

Yük bir fan tipidir ve yük momenti $T_L=\mu w^2$ [sign(w)] yaklaşık olarak ifade edilebilir. Bu eşitlikte, sign(.) fonksiyonu yük etkisi yapmaktadır. Yük momenti doğal olarak hız ve yük katsayısı ile değişmektedir.

### *2.2. Ayrık zamanlı model*

$$D^r c(\mathrm{kT}) \approx \frac{1}{T^r}\left\{\nabla^{r-1} c(\mathrm{kT}) - \nabla^{r-1} c\left[(\mathrm{k}-1)\mathrm{T}\right]\right\} = \frac{1}{T^r}\nabla^r c(\mathrm{kT}) \qquad (3)$$

Geriye doğru fark alma yöntemi kullanılarak, sürekli zamanlı model ayrık zamanlı forma kolay bir şekilde dönüştürülebilir:

$$w^2(\mathrm{k})\,\mathrm{sign}[\mathrm{w(k)}] + \mathrm{a}_1\, w(\mathrm{k}) + \mathrm{a}_2\, w^2(\mathrm{k}-1)\,\mathrm{sign}[\mathrm{w(k)}]$$
$$+\mathrm{a}_3\, w(\mathrm{k}-1) + \mathrm{a}_4\, w(\mathrm{k}-2) + \mathrm{bV}_a(\mathrm{k}) = 0 \qquad (4)$$

Burada;

$$a_1 = \frac{K^2T^2 + R_aJT + T^2R_aB + L_aJ + TL_aB}{\mu T[-R_aTK + L_a]} \qquad (5)$$

$$a_2 = \frac{-L_a\mu}{L_a\mu - R_a\mu TK} \qquad (6)$$

$$a_3 = \frac{-R_aJT + R_aL_aJ + L_aBT}{-R_a\mu T^2K + L_a\mu T} \qquad (7)$$

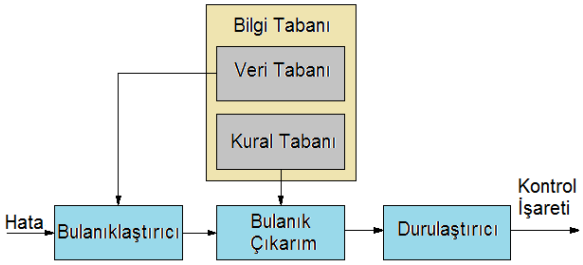
$$a_4 = \frac{-L_aJ}{R_a\mu TK + L_a\mu} \qquad (8)$$

$$b = \frac{TK}{-R_a\mu TK + L_a\mu} \qquad (9)$$

Burada, T kontrol süreci için örnekleme zamanıdır. Bu değer sistemin doğal zaman sabitinden çok küçük olmalıdır. Eşitlik (4)'ten görüldüğü gibi, benzetim çalışması Dc servo motorunun gerçek çalışmasını yansıtır ve elde edilen dijital model doğrusal değildir.

## 3. Bulanık Mantık Denetleyici

Bir Bulanık Mantık Denetleyici (BMD) blok diyagramı Şekil 2'de verilmiştir. BMD, genel yapısıyla bulandırma, bulanık çıkarım, durulama ve bilgi tabanı olmak üzere dört temel bileşenden oluşmuştur.




Şekil 2. Genel BMD yapısı

*Bulandırma birimi*, sistemden alınan giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir.

*Bulanık çıkarım birimi*, bulandırma biriminden gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerinde uygulayarak bulanık sonuçlar üretilmektedir. Bulanık çıkarım yöntemleri içerisinde en yaygın kullanılanı ve bu çalışmada da kullanılan yöntem Mamdani yöntemidir.

*Durulama birimi*, karar verme biriminden gelen bulanık bir bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değerin elde edilmesini sağlar. Durulama, bulanık bilgilerin kesin sonuçlara dönüştürülmesi işlemidir.

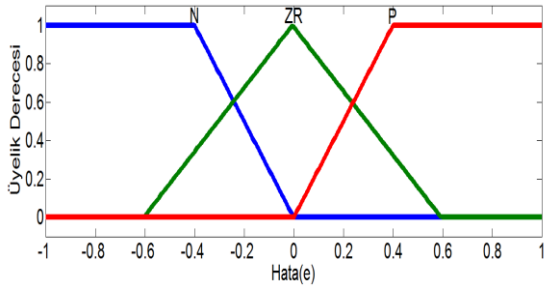
*Bilgi tabanı,* denetlenecek sistemle ilgili bilgilerin toplandığı bir veri tablosundan ibarettir. Girişler ve çıkışlar arasındaki bağlantılar, kural tabanındaki kurallar kullanılarak sağlanır. Bir sistem için kural tabanı geliştirilirken, sistem çıkışını etkileyebilecek giriş değerleri tespit edilmelidir. Bulanık kontrol kuralları genellikle uzman bilgisinden türetilir [9-15].

Bu çalışmada tasarlanan denetleyici için iki tane giriş seçilmiştir. Bu girişler hata ve hata değişimidir. Hata (e), istenen seviye değeri (r) ile gerçek seviye değeri (y) arasındaki farktır. Hata değişimi de(k), mevcut hata e(k) ile önceki hata e(k-1) arasındaki farktır İterasyon sayısını k benzetim programında göstermek üzere hata ve hata değişiminin ifadesi denklem 10 ve 11'teki gibi olacaktır.

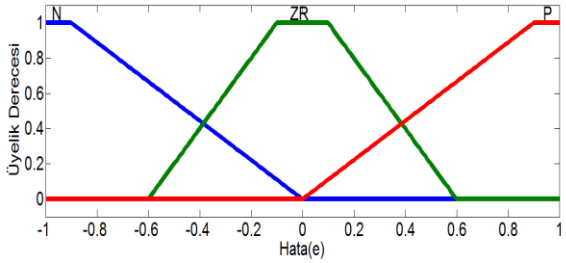
$$e(k)=r(k)-y(k) \qquad (10)$$

$$de(k)= e(k)-e(k-1) \qquad (11)$$

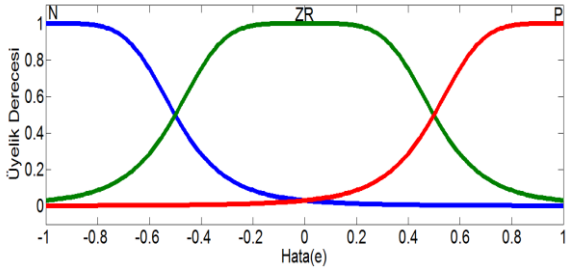
BMD'nin bulandırma işleminde giriş ve çıkış değişkenleri sembolik ifadelere dönüştürülmektedir. Tasarlanan denetleyicide kullanılan dilsel değişkenleri N (Negatif), ZR (Sıfır), P (Pozitif ) olmak üzere üç değişken kullanılmıştır. Sisteme verilen her bir giriş için üyelik fonksiyonlarının seçimi tamamen keyfi olmakla birlikte üçgen, yamuk, sinüsoid, cauchy, çan, sigmoid, gaussian tiplerde olabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan üyelik fonksiyonları Şekil 3-6'da gösterilmiştir.



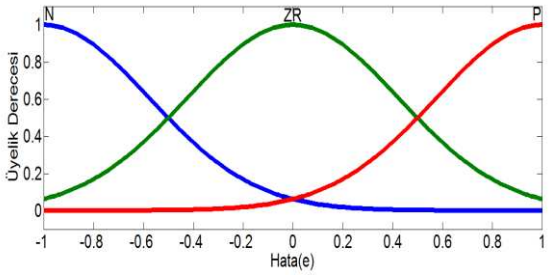
Şekil 3. 3 kurallı üçgen üyelik fonksiyonu



Şekil 4. 3 kurallı yamuk üyelik fonksiyonu



Şekil 5. 3 kurallı çan üyelik fonksiyonu



Şekil 6. 3 kurallı gauss üyelik fonksiyonu

Yukarıdaki üyelik fonksiyonları için kullanılan bağıntılar eşitlik (12-15)'de verilmektedir.

$$A_{üçgen} = \max\left[\min\left(\frac{x-x_1}{x_T-x_1}, \frac{x_2-x}{x_2-x_T}\right), 0\right] \quad (12)$$

$$A_{yamuk} = \max\left[\min\left(\frac{x-x_1}{x_{T1}-X_1}, 1, \frac{x_2-x}{x_2-x_{T2}}\right), 0\right] \quad (13)$$

$$A_{gaussian} = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-X_T}{W}\right)^2} \quad (14)$$

$$A_{çan} = \frac{1}{1+\left|\frac{x-x_T}{d}\right|^{2m}} \quad (15)$$

Denetleyicinin bulanık çıkarım biriminde girişlerin çıkış ile olan ilişkisi uzman bilgisinden faydalanılarak belirlenen kurallarla sağlanır.

Çalışmada kurallar belirlenirken AND (ve) bulanık operatörü kullanılmıştır. Bu kurallar "Eğer *e* N ve *de* P ise *u* ZR" şeklinde oluşturulmuştur. Bu çalışmada tüm dilsel değişkenler kullanılarak dokuz tane kural oluşturulmuştur. Bu kural tablosu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. 3x3 kural tablosu

| **u** | | **de** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **N** | **ZR** | **P** |
| **e** | **N** | **N** | **N** | **ZR** |
| | **ZR** | **N** | **ZR** | **P** |
| | **P** | **ZR** | **P** | **P** |

Durulama biriminde, her kural için hata ve hata değişiminin üyelik ağırlık değerleri bulunarak, bu iki değerin en az üyelik ağırlığı ve buna göre çıkış üyelik (u) değerleri tespit edilir. Durulama biriminin çıkışında elde edilen sayısal değer sisteme uygulanır.[16-18]

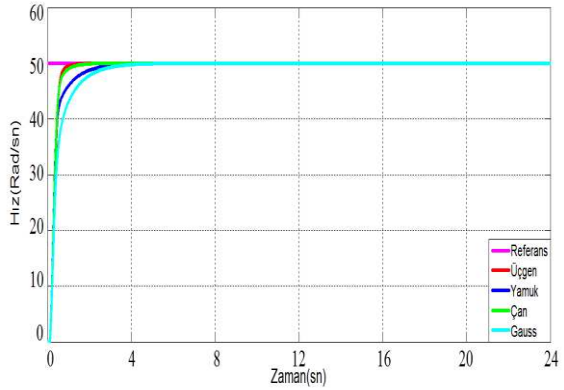
## 4. Benzetim Çalışmaları

Bu çalışmada kullanılan Dc servo motorun nominal değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

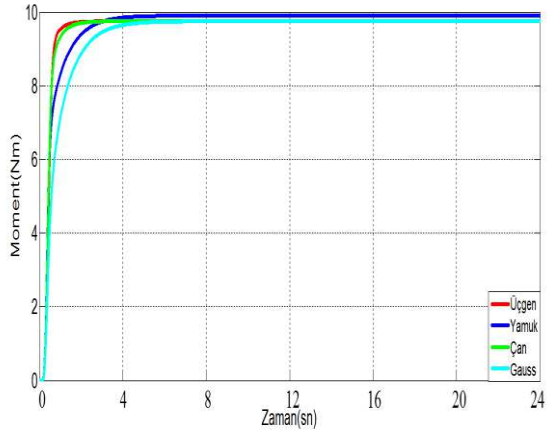
Tablo 2. Dc servo motor nominal değerleri

| Dc Servo Motor Parametreleri | |
|---|---|
| **Sembol &Ad** | **Değeri &Birim** |
| **Güç** | **1 Hp** |
| **Gerilim** | **220 V** |
| **Hız** | **550 rpm** |

| | |
|---|---|
| **Moment** | **10 Nm** |
| **J** | **0.068 Kg.m$^2$** |
| **K** | **3.475 Nm.A$^{-1}$** |
| **Ra** | **7.56 Ohm** |
| **La** | **0.055 H** |
| **B** | **0.03475 Nm.s** |
| **μ** | **0.0039 Nm.s$^2$** |

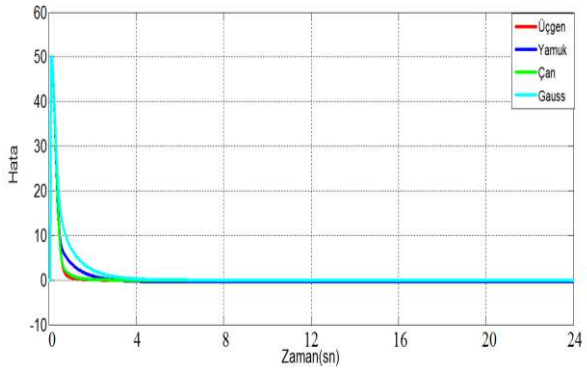



Şekil 7. 50 rad/sn referans hız için sistemin hız cevabı

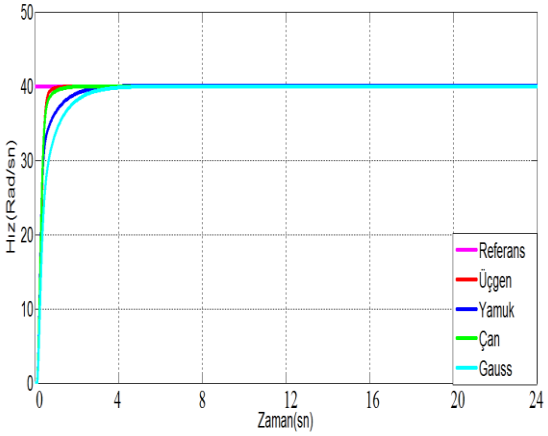



Şekil 9. 50 rad/sn hız için sistemin moment cevabı

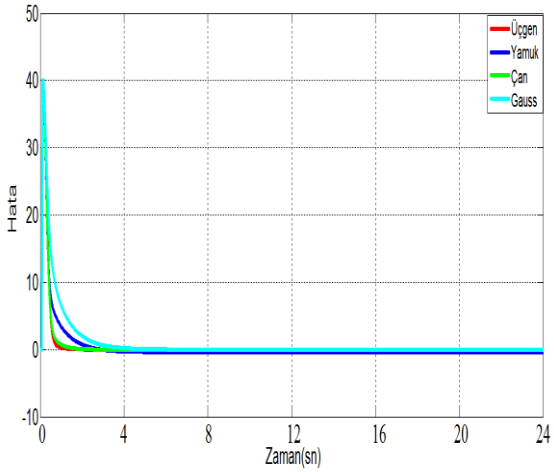
Tasarlanan bulanık mantık denetleyicide dokuz kurallı bir kural tablosu kullanılmış ve dört farklı üyelik fonksiyonunun etkisi elde edilmiştir. Matlab m.file ortamında oluşturulan sistemin 50 rad/sn referans hız karşısında $T_L=\mu w^2$ [sign(w)] yük etkisine göre hız cevabı, hatanın zamanla değişimi ve moment cevabı Şekil 7-9'da, 40 rad/sn referans hız karşısında $T_L=\mu w^2$ [sign(w)] yük etkisine göre hız cevabı, hatanın zamanla değişimi ve moment cevabı Şekil 10-12'de, 50 rad/sn ve 40 rad/sn referans hızlar karşısında $T_L=\mu w^2$ [sign(w)] yük etkisine göre hız cevabı, hatanın zamanla değişimi ve moment cevabı Şekil 13-15'de verilmiştir.



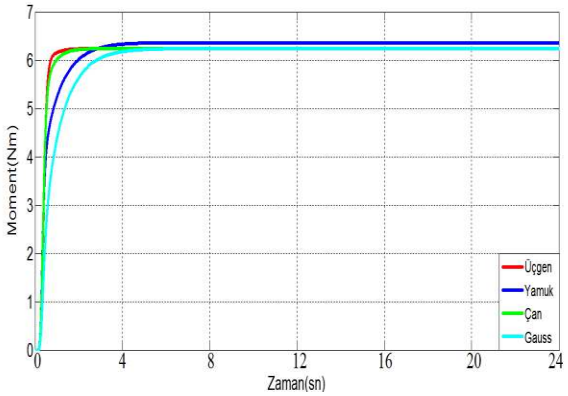

Şekil 8. 50 rad/sn referans hız için hatanın zamanla değişimi



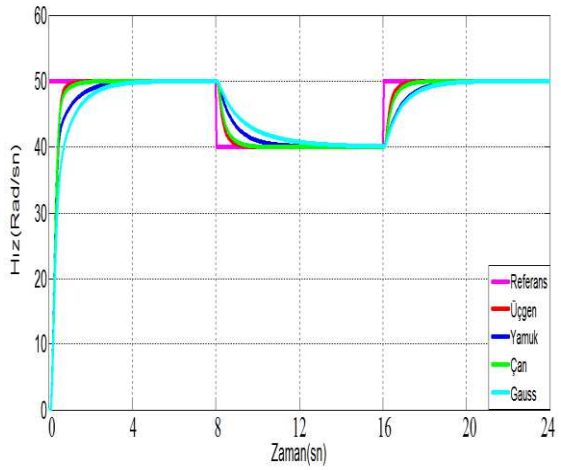

Şekil 10. 40 rad/sn referans hız için sistemin hız



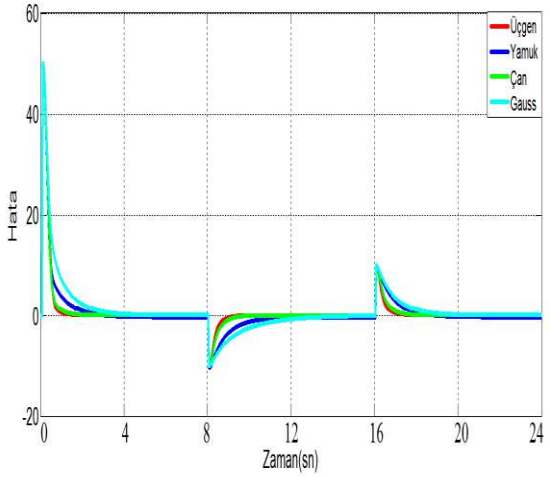

Şekil 11. 40 rad/sn referans hız için hatanın zamanla değişimi



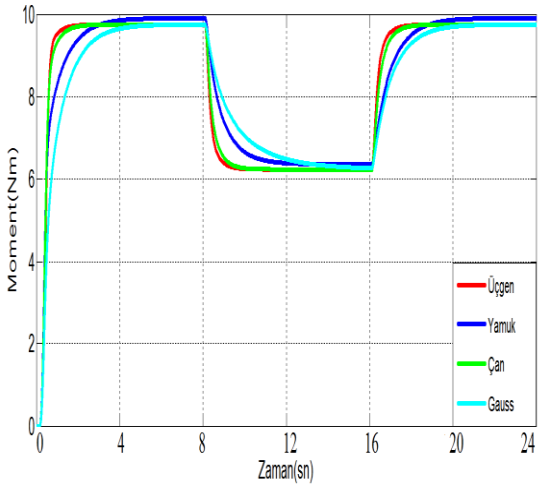

Şekil 12. 40 rad/sn referans hız için sistemin moment cevabı




Şekil 13. 50 rad/sn ve 40 rad/sn referans hızlar için sistemin hız cevabı




Şekil 14. 50 rad/sn ve 40 rad/sn referans hızlar için hatanın zamanla değişimi




Şekil 15. 50 rad/sn ve 40 rad/sn referans hızlar için sistemin moment cevabı

Şekil 7-8 incelendiğinde bütün üyelik fonksiyon tiplerinin referans hız değişimini takip ettiği ancak referans hızlara ulaşma sürelerinin farklı olduğu gözlenmektedir. 50 rad/sn referans hıza en kısa sürede en az hata ile üçgen biçimli üyelik fonksiyonunun ulaştığı görülmektedir. Şekil 9 incelendiğinde 50 rad/sn referans hız için en iyi moment cevabını yamuk biçimli üyelik fonksiyonunun verdiği görülmektedir. Şekil 10-11 incelendiğinde bütün üyelik fonksiyon tiplerinin referans hız değişimini takip ettiği ancak referans hızlara ulaşma sürelerinin farklı olduğu gözlenmektedir. 40 rad/sn referans hıza en kısa sürede en az hata ile üçgen biçimli üyelik fonksiyonunun ulaştığı görülmektedir. Şekil 12 incelendiğinde 40 rad/sn referans hız için en iyi moment cevabını yamuk biçimli üyelik fonksiyonunun verdiği görülmektedir. Şekil 13-14 incelendiğinde bütün üyelik fonksiyon tiplerinin referans hız değişimini takip ettiği ancak referans hızlara ulaşma sürelerinin farklı olduğu gözlenmektedir. 50 rad/sn ve 40 rad/sn referans hızlarına en kısa sürede en az hata ile üçgen biçimli üyelik fonksiyonunun ulaştığı görülmektedir. Şekil 15 incelendiğinde 50 rad/sn ve 40 rad/sn referans hızlar için en iyi moment cevabını yamuk biçimli üyelik fonksiyonunun verdiği görülmektedir.

## 4. Sonuçlar

Bulanık mantık temelli çalışmalar hızla artarken diğer taraftan da bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, tasarlanan sistemlerin gerçeğine uygun bir biçimde dijital ortamda gerçeklenmesine imkân sağlamaktadır. Bu çalışmada lineer olmayan yük etkisindeki dc servo motorun hız denetimi bulanık mantık denetleyici ile gerçekleştirilmiştir. Ancak burada tek bir tip üyelik fonksiyonlu bulanık mantık denetleyici yerine üçgen, yamuk, gauss ve çan üyelik fonksiyonlarına sahip bulanık mantık denetleyici kullanılmış ve böylece üyelik tiplerinin sisteme olan etkileri incelenerek en uygun üyelik tipi ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Benzetim sonuçları incelendiğinde hız cevaplarında 50 rad/sn hız ve 40 rad/sn referans hızlar için en iyi hız cevabını üçgen biçimli üyelik fonksiyonu verirken 50 rad/sn ve 40 rad/sn referans hızlar için en iyi moment cevabını yamuk biçimli üyelik fonksiyonu vermiştir. 50 rad/sn ve 40 rad/sn referans hızlar için en az hatanın üçgen biçimli üyelik fonksiyonunda olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın hazırlık aşamasında farklı kural tabanları kullanılarak kural sayıları arttırılmış sonuçlar incelendiğinde dokuz kuralın sistemin optimum denetimi için yeterli olduğu görülmüştür. Daha sonra yapılacak olan çalışmalarda dc servo motor için daha iyi hız cevabı, daha iyi moment cevabı ve en az hata karma üyelik fonksiyonları kullanılarak elde edilebilir.

## 5. Kaynaklar

[1] M. Faik, “Elektrik Makineleri (Doğru Akım Makineleri) ”, Birsen Yayınevi 2006.
[2] El-Samahy, A.A., Speed Control of Using Adaptive Variable Structure Control, Power Electronics Specialist Conference, Vol.3, pp.1118-1123, 2000.
[3] Cheung,J.Y.M, Cheng, K.W.E, Kamal, A.S., Motor Speed Control by Using a Fuzzy Logic Model Reference Adaptive Controller, 6th International Conference on Power Electronics and Variable Speed Drives, pp.430-435,1996.
[4] Taheri, A., Tarihi, M.R, Adaptive Position Control of Three Degrees Freedom Platform, 2006 1st IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, pp. 1-5, 2006.
[5] Akar, M., “Bulanık Mantık Yöntemiyle Bir Servo Motorun Kontrolü Ve Geleneksel Yöntemlerle Karşılaştırılması”, Marmara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2005.
[6] Özçalık, H.R., Türk, A., Yıldız, C., Koca,Z., “Katı Yakıtlı Buhar Kazanında Yakma Fanının Bulanık Mantık Denetleyici ile Kontrolü”, KSÜ Fen Bilimleri Dergisi, 11(1), 2008.
[7] Jiang, W., “The Application of the Fuzzy Theory in the Design of Intelligent Building Control of Water Tank”, Journal of Software, Vol. 6,, No. 6, June 2011.
[8] S.N.Engin, J.Kuvulmaz, V.E.Ömürlü “Fuzzy Control of an ANFIS Model Representing A Nonlinear Liquid-Level System” Neural Comput & Applic (2004) 13:202-210.
[9] Jiang, W., “The Application of the Fuzzy Theory in the Design of Intelligent Building Control of Water Tank”, Journal of Software, Vol. 6,, No. 6, June 2011.
[10] Berk, P., Stajnko, D., Vindis, P., Mursec, B., Lakota, M., “Synthesis Water Level Control by Fuzzy Logic”, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Volume 45, Issue 2, April 2011.
[11] Berk, P., Stajnko, D., Vindis, P., Mursec, B., Lakota, M., “Synthesis Water Level Control by Fuzzy Logic”, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Volume 45, Issue 2, April 2011.

[12] Özçalık, H.R., Kılıç, E., Yılmaz, Ş., Gani, A.,"Bulanık Mantık Esaslı Sıvı Seviye Denetiminde Farklı Üyelik Fonksiyonlarının Denetim Performansına Etkisinin İncelenmesi ",Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı (TOK2013), 26-28 Eylül 2013, Malatya.
[13] Gani, A., Kılıç, E., Yılmaz, Ş., "Bulanık Mantık Esaslı Sıvı Seviye Denetimi İçin Sugeno Çıkarım Yönteminin Performansının İncelenmesi",İlk Bildiriler Konferansı (İBK 2013),14-16 Haziran 2013, Ankara.
[14] Açıkgöz, H., Şekkeli, M., "Bulanık Mantık Denetleyici ile Doğrudan Moment Denetim Yöntemi Uygulanan Asenkron Motorun Hız Denetim Performansının İncelenmesi", Akademik Platform Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi (APJES), Cilt 1, Sayı 2 , Mayıs - 2013.
[15] Reznik, L., "Fuzzy Controllers", Newnes, 1997
[16] Açıkgöz, H., Keçecioğlu, Ö.F., Şekkeli, M., "Vektör Denetim Yöntemi Uygulanan Sürekli Mıknatıslı Senkron Motorun Bulanık Mantık Denetleyici ile Hız Denetimi",Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı (TOK2013), 26-28 Eylül 2013, Malatya.
[17] Özçalık, H.R., Kılıç, E., Şit, S., "Uzay Vektör Darbe Genişlik Modülasyonu İle Sürülen Üç Fazlı Bir Asenkron Motorun Denetiminde PI-Fuzzy Tipi Denetim Yönteminin Başarımının İncelenmesi", Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı (TOK2013), 26-28 Eylül 2013, Malatya.
[18] Gani, A., Özçalık, H.R., Açıkgöz H., Kılıç, E., Ö.F. Keçecioğlu "Farklı Kural Tabanları Kullanarak PI-Bulanık Mantık Denetleyici ile Doğru Akım Motorunun Hız Denetim Performansının İncelenmesi", Akademik Platform Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi (APJES), Cilt 2, Sayı 1, Ocak - 2014.

View publication stats