

Farklı Kural Tabanları Kullanarak PI-Bulanık Mantık Denetleyici ile Doğru Akım Motorunun Hız Denetim Performansının İncelenmesi

*¹ Ahmet Gani, ² Hasan Rıza Özçalık, ³Hakan Açıkgoz, ⁴ Ö.Fatih Keçecioglu, ⁵ Erdal Kılıç
^{1,2,4} Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
³ Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis Meslek Yüksekokulu Elektrik Programı Bölümü
⁵Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Afşin Meslek Yüksekokulu, Elektrik Programı Bölümü
¹ ahmet_gani87@hotmail.com, ² ozcalik@yahoo.com, ³hakanacikgoz@kilis.edu.tr, ⁴o.fatihkececioglu@gmail.com
⁵ ladrekilic@hotmail.com

*Corresponding author: Address: Kahramanmaras Sutcu Imam University, Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Kahramanmaras, Turkey, E-mail address: ahmetgani8733@gmail.com , Phone: +90344 280 1638

Özet:

Doğru akım (DA) motorları kolay denetlenmeleri ve yüksek performans gibi özelliklerinden dolayı endüstride konum ve hız denetimi uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Doğru akım motorlarının hız denetiminde bulanık mantık esaslı denetim yaygın olarak kullanılmaktadır. Bulanık mantık esaslı denetimin, geleneksel denetim yöntemleri ile elde edilen sonuçlardan daha üstün olduğunu birçok uygulama göstermektedir. Bu çalışmada, doğru akım motorunun hız denetimi için bir PI-bulanık mantık denetleyici tasarlanmıştır. Tasarlanan PI-bulanık mantık denetleyicide tek kural tabanı yerine değişik yapılarıdaki kural tabanları kullanılarak aynı koşullar altında performanslarının karşılaştırılması yapılmıştır. Benzetim çalışmaları MATLAB/Simulink'te gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: DC motor; PI-Bulanık Mantık Denetleyici; Kural Tabanı

Abstract:

DC motors are commonly used speed and position control applications in industry because DC motors are easy to supervise and have high performance features. Fuzzy logic based control are widely used the speed control of DC motors. Many applications show that the fuzzy logic based controllers provide superior results compared to conventional control methods. In this study, a PI-fuzzy logic controller is designed for DC motor speed control. PI-fuzzy logic controller that is designed has been compared instead of a single rule base using by different structures rule bases of performance analysis under the same conditions. Simulation studies have been done in Matlab/Simulink.

Keywords: DC motor; PI-Fuzzy Controller; Rule Base

1. Giriş

DA motorları hız denetim karakteristiklerinin çok iyi olmasından dolayı endüstride sıkça tercih edilmektedir [1]. Günümüzde, DA motorları genellikle hız veya konum denetimi gerektiren sistemlerde kullanılmaktadır. Bu bakımdan DA motorlarının hız ve konum denetimleri hala önemli bir konudur. DA motorları için çeşitli denetim yöntemleri bulunmaktadır. Bunların en başında ise klasik denetim yöntemlerinden olan PID denetleyiciler gelmektedir[2]. Bilindiği gibi PID denetleyicilerin P, I ve D kazanç parametreleri sistem

için önemlidir. Geleneksel yöntemlerden olan Ziegler-Nichols [3] yöntemi PID denetleyicinin kazanç parametrelerinin bulunmasında sıkça kullanılmaktadır. Fakat bu yöntemin uygulanmasında, verilen denetim sistemi için en büyük kazanç değerinin belirlenmesi veya salınım periyodunun bulunması gibi bazı sorunları beraberinde getirmektedir.

Bu sorunları ortadan kaldırmak için ve PID denetleyicinin performansını daha etkili hale getirmek için birçok araştırmacı farklı optimal denetim

yöntemlerini kullanarak PID denetleyici tasarlamışlardır. İlk önce genetik algoritmalar (GA) kullanılarak optimal P, I ve D parametreleri belirlenip oluşturulan PID denetleyici sisteme uygulanmış ve başarılı sonuçlar vermiştir [4]. Daha sonra parçacık sürü en iyilemesi (PSO), lineer kuadratik regülatör (LQR) gibi optimal denetleyiciler kullanarak yeni bir PID denetleyici tasarlamışlardır [5-6].

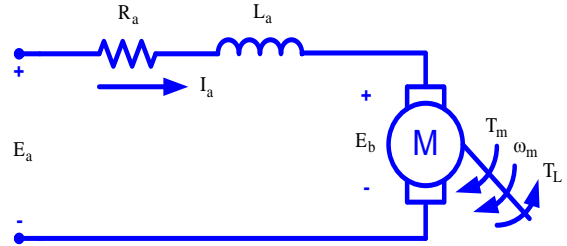
Gelişen teknolojiyle birlikte daha optimal denetim sistemleri oluşturulmaya başlanmıştır. 1965 yılında Lotfi A.Zadeh [7] tarafından ileri sürülen bulanık mantık denetleyici (BMD) tekniğidir. BMD sistemin herhangi bir matematiksel modeline ihtiyaç duymadan tamamen uzman kişinin bilgi ve becerisine dayandığı için endüstri de yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır ve oldukça iyi sonuçlar vermektedir [7-10].

Günümüz imalat sanayinde kullanılan makinelerin hızlı çalışmaları, üretimin artması bakımından önemlidir. Üretimde insan faktörünün en aza indirilmesi, üretimin kalitesi ve üretimin eşdeğerliği bakımından önem arz etmektedir. Bunu gerçekleştirecek sistemlere otomasyon sistemleri adı verilmektedir [1,3]. Endüstriyel süreç denetiminde bazı zorluklar vardır. Bu zorluklar sürecin matematiksel modelinin bilinmemesi, denetlenecek sistemin lineer olmaması, ölçme zorlukları, model parametrelerinin zamanla büyük değişiklikler gösterebilmesidir. Ayrıca, istenilen sistem davranışı ve bunun gerçekleştirilmesi için gerekli sınırlamalar nümerik değerlerle ifade edilemeyebilir. Böyle durumlarda bir uzman kişiden yararlanmak gerekir. Uzman kişi denetiminde kesin matematiksel ilişki yerine "sıcak,"az sıcak,"ılık", "soğuk" gibi sözel ifadeler kullanılır. Bulanık denetim bu tür bulanık mantık ilişkileri üzerine kurulmuştur [7-9]. Bulanık mantık, su arıtma denetimi, metro denetimi, elektronik pazarlar, otomotiv ürünleri, ısı, sıvı, gaz akımı denetimleri, kimyasal ve fiziksel süreç denetimleri gibi bir çok alanda kullanılmaktadır [10-17].

Bu çalışmada DA motorunun hız denetiminde PI tipi BMD kullanılarak farklı kural tabanlarının performansının incelenmesi amaçlanmıştır. İkinci bölümde DA motorunun modellenmesi, üçüncü bölümde BMD 'nin çalışma prensibi, oluşturulan BMD'lerin kural tabloları ve denetim yüzeylerine ilişkin tablo ve şekiller verilmiştir. Dördüncü bölümde ise yapılan çalışmada elde edilen benzetim çalışmaları, beşinci bölümde sonuçlar tartışılmaktadır.

2. DA Motorunun Modellenmesi

DA motorunun hızı devreye uygulanan gerilimle orantılıyken momenti motor akımıyla orantılıdır. DA motor modeli şekil 1'de verilmiştir. Endüvi devresi R_a direncine seri bağlı L_a indüktasından ve E_b zıt e.m.k'den oluşmaktadır.



Şekil 1. DA motor eşdeğer devresi

$$T_m = K_i I_a \quad (1)$$

$$E_b = K_b \omega_m = K_b \frac{d\theta}{dt} \quad (2)$$

Denklem 1'den de görüldüğü gibi moment (T_m), endüvi akımı (I_a) ve moment sabiti (K_i) ile orantılıdır.

E_b zıt emk ise açısal hız ile ilişkilidir ve denklem 2'de verilmiştir. Şekil 1'den Newton ve kirchoff kanunlarına göre aşağıdaki eşitlikleri yazabiliriz.

$$L_a \frac{dI_a}{dt} + R_a I_a = E_a - K_b \frac{d\theta}{dt} \quad (3)$$

$$J_m \frac{d^2\theta}{dt^2} + B_m \frac{d\theta}{dt} = K_i I_a \quad (4)$$

DA motor modeli, durum uzay modeli şeklinde oluşturulabilir ve aşağıdaki denklemlerle gösterilebilir.

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (5)$$

$$y = Cx + Du \quad (6)$$

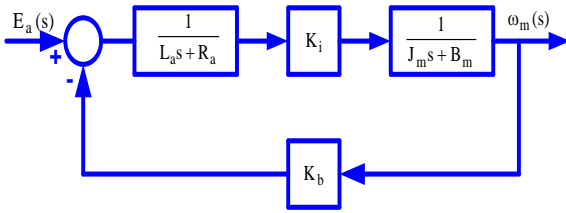
Denklem 2-4'e göre, durum uzay modeli

aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_a \\ \dot{\omega} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R_a/L_a & -K_b/L_a & 0 \\ K_i/J_m & -B_m/J_m & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ \omega_m \\ \theta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/L_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} E_a \quad (7)$$

$$\omega_m = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ \omega_m \\ \theta_m \end{bmatrix} \quad (8)$$

Şekil 2'de DA motoruna ait blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 2. DA motor blok diyagramı

Tablo 1'de ise benzetim çalışmalarında kullanılan DA motoruna ait parametreler ve değerleri verilmiştir.

Tablo 1. DA motorunun sembol ve parametreleri

Parametre	Değer
Endüvi Direnci(R _a)	11.2 Ω
Endüvi İndüktansı (L _a)	0.1215 H
Atalet Momenti(J _m)	0.02215 kgm ²
Motor Sabiti(K _i -K _b)	1.28
Sürtünme Katsayısı (B _m)	0.002953 Nms/rad

3. Bulanık Mantık Denetleyici

İlk BMD küçük bir buhar makinesini denetlemek için Mamdani ve Assilian tarafından gerçekleştirilmiştir. BMD algoritması, sezgisel

denetim kurallar kümesinden içermektedir ve dilsel terimleri ifade etmek için bulanık kümeler ve kuralları değerlendirmek için bulanık mantık kullanılmaktadır [7-12]. Genel bir BMD blok diyagramı şekil 3'de verilmiştir. BMD, genel yapısıyla bulandırma birimi, bulanık çıkarım birimi, durulama birimi ve bilgi tabanı olmak üzere dört temel bileşenden oluşmuştur.



Şekil 3. Genel BMD yapısı

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

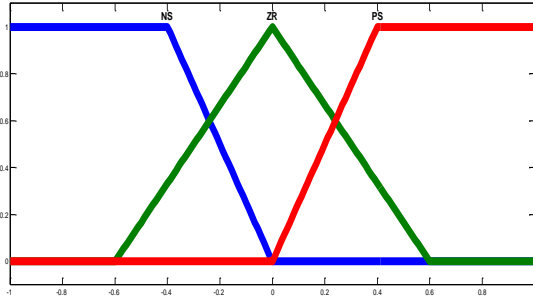
Bulanık çıkarım birimi, bulandırma biriminden gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerinde uygulayarak bulanık sonuçlar üretmektedir. Girişler ve çıkışlar arasındaki bağlantılar, kural tabanındaki kurallar kullanılarak sağlanır. Bu kurallar If-Then (Eğer-O halde) mantıksal ifadeleri kullanılarak oluşturulur. Bu birimde elde edilen değer kural tablosundan dilsel ifadeye çevrilir ve durulama birimine gönderilir. Durulama birimi, karar verme biriminden gelen bulanık bir bilgidan bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değer elde edilmesini sağlar. Durulama, bulanık bilgilerin kesin sonuçlara dönüştürülmesi işlemidir. Durulama işleminde değişik yöntemler esas alınmaktadır. Ağırlık merkezi yöntemi en yaygın kullanılan durulama yöntemidir. Bilgi tabanı, denetlenecek sistemle ilgili bilgilerin toplandığı bir veri tablosundan ibarettir [10-12].

Bu çalışmada tasarlanan BMD 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 Δe(k), mevcut hata e(k) ile önceki hata e(k-1) arasındaki farktır. k simülasyon programındaki iterasyon sayısını göstermek üzere hata ve hata değişiminin ifadesi denklem 9 ve 10'daki gibi olacaktır.

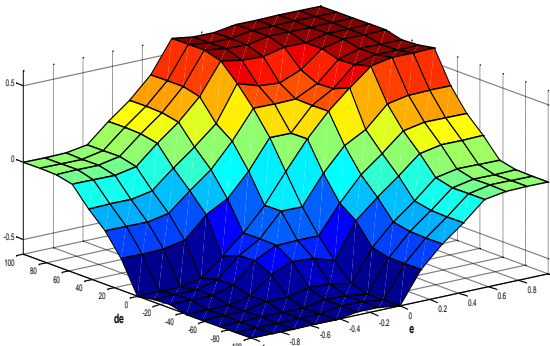
$$e(k) = r(k) - y(k) \quad (9)$$

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k-1) \quad (10)$$

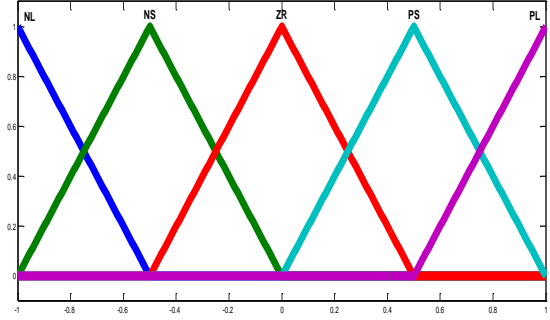
BMD'nin bulandırma işleminde giriş ve çıkış değişkenleri sembolik ifadelerle dönüştürülmektedir. BMD'nin dilsel değişkenleri NL (Negatif Büyük), NM (Negatif Orta), NS (Negatif Küçük), ZR (Sıfır), PS (Pozitif Küçük), PM (Pozitif Orta), PL (Pozitif Büyük) şeklinde kullanılmıştır. Sisteme verilen her bir giriş için üçgen tipi üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Oluşturulan üyelik fonksiyonları ve bu fonksiyonlara ait denetim yüzeyleri şekil 4-9'da verilmiştir. [11-14]. Bulanık çıkarım biriminde girişlerin çıkış ile ilişkisi belirlenen kurallarla sağlanır. Kurallar yazılırken AND (ve) bulanık operatörü kullanılmıştır. Bu çalışmada 3x3, 5x5 ve 7x7'lik kural tabloları kullanılmıştır. Kural tabloları tablo 2-3-4'de verilmiştir.



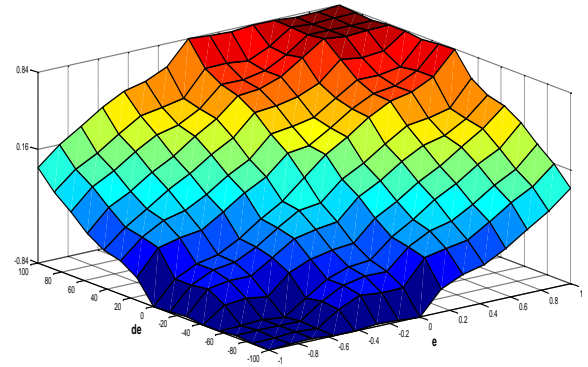
Şekil 4. 3 kurallı üçgen üyelik fonksiyonu



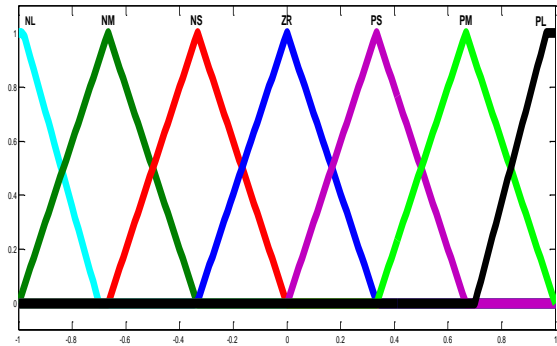
Şekil 5. 3 kurallı BMD'nin denetim yüzeyi



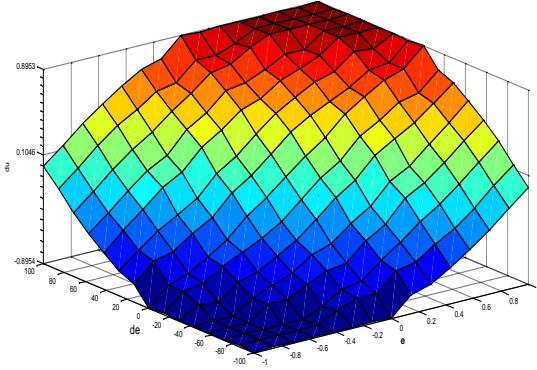
Şekil 6. 5 kurallı üçgen üyelik fonksiyonu



Şekil 7. 5 kurallı BMD'nin denetim yüzeyi



Şekil 8. 7 kurallı üçgen üyelik fonksiyonu



Şekil 9. 7 kurallı BMD'nin denetim yüzeyi

Tablo 2. 3x3 kural tablosu

		Δe		
		N	ZR	P
e	N	N	N	ZR
	ZR	N	ZR	P
	P	ZR	P	P

Tablo 3. 5x5 kural tablosu

		Δe				
		NL	NS	ZR	PS	PL
e	NL	NL	NL	NL	NS	ZR
	NS	NL	NL	NS	ZR	PS
	ZR	NL	NS	ZR	PS	PL
	PS	NS	ZR	PS	PL	PL
	PL	ZR	PS	PL	PL	PL

Tablo 4. 7x7 kural tablosu

		Δe						
		NL	NM	NS	ZR	PS	PM	PL
e	NL	NL	NL	NL	NM	NM	NS	ZR
	NM	NL	NL	NL	NM	NS	ZR	PS
	NS	NL	NM	NM	NS	ZR	PS	PM
	ZR	NB	NS	NS	ZR	PS	PM	PB
	PS	NM	NS	ZR	PS	PM	PB	PB
	PM	NS	ZR	PS	PM	PB	PB	PB
	PL	ZR	PS	PM	PB	PB	PB	PB

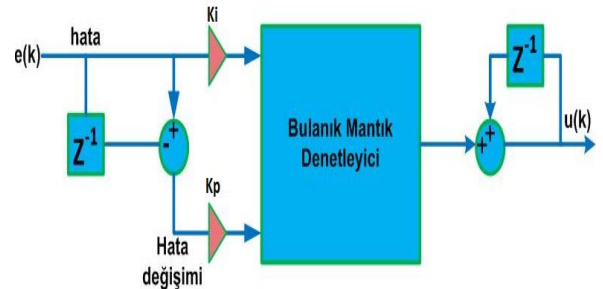
3.1 PI-Bulanık Mantık Denetleyici

Klasik PI denetleyicide K_p oransal kazanç sabiti, K_i ise integral kazanç sabitidir.

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t) dt \quad (11)$$

PI-bulanık mantık denetim sistemi klasik PI denetim sistemi referans alınarak oluşturulmuş ve iki girişli tek çıkışlı bir bulanık denetim sistemidir. Burada K_i hata ile kullanılan kazanç faktörünü, K_p ise hata değişimi ile kullanılan kazanç faktörünü temsil etmektedir. Şekil 7'de PI-BMD'nin temel yapısı verilmiştir [13-15].

$$u(k) = K_p[e(k) - e(k-1)] + K_i \cdot T_s \cdot e(k) + u(k-1) \quad (12)$$



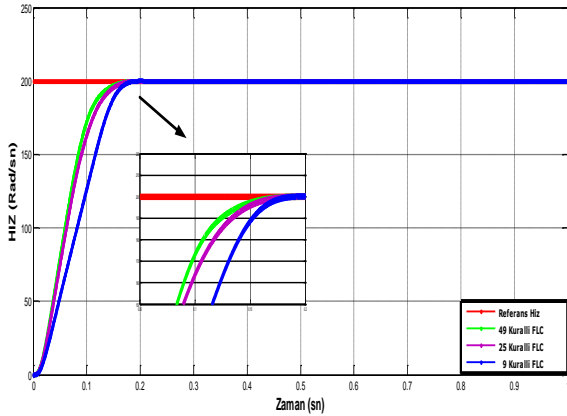
Şekil 7.PI-bulanık mantık denetim sistemi

Şekil 7’de gösterilen PI-bulanık mantık denetim sisteminin çıkışına anti-windup integrator bağlanarak sürekli durum hatasının oluşması engellenir [14-17]. PI-BMD modelinin yapısı şekil 7’de gösterilmektedir.

4. Benzetim Çalışması Sonuçları

Tasarlanan bu sistemde, DA motorunun hız denetim ünitesine farklı kural tabanlarıyla oluşturulan PI tipi BMD uygulanmıştır. Farklı kural tabanları ile oluşturulan denetleyiciler için aynı şartlar altında hız denetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan PI tipi BMD Matlab programında gerçekleştirilmiştir.

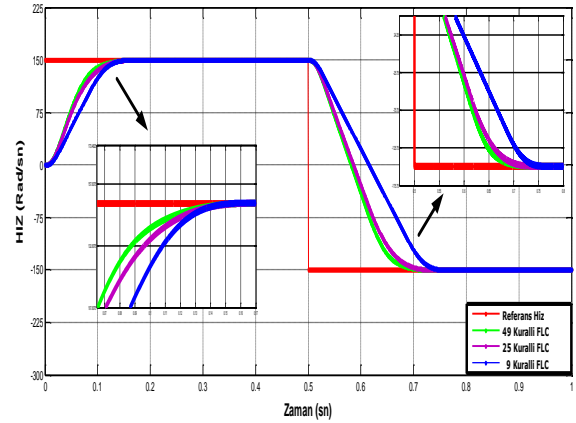
Şekil 8’de DA motoru başlangıçtan itibaren yüksüz durumda iken motor hızının oluşturulan farklı üyelik fonksiyonlu PI tipi BMD’ler ile 200 rad/sn’lik referans hızı izleme başarımı gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi bütün BMD’ler çok hızlı bir sürede referans hızı yakalamış ve sürekli durum hatası olmadan referans hızı takip etmişlerdir. Tablo 5’te şekil 8’deki BMD’lere ait aşma, yükselme zamanı ve yerleşme zamanına ait bilgiler verilmektedir.



Şekil 8. 200 rad/sn basamak hızda ve yüksüz durumda elde edilen hız cevapları

Tablo 5. 200 rad/sn basamak hız ve yüksüz durumda denetim performans değerleri

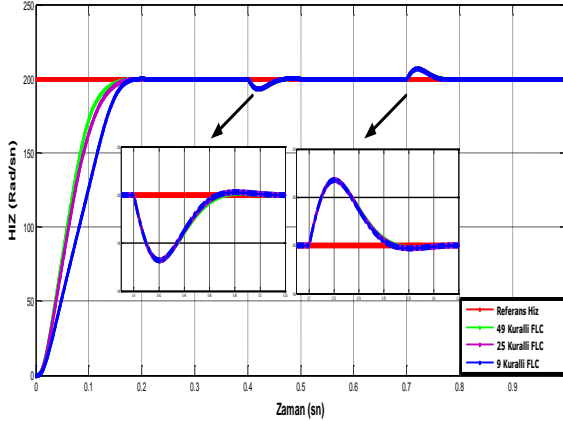
Kural	Yükselme Zamanı(sn)	Yerleşme Zamanı(sn)	% Aşım
9	0.112	0.165	0.1
25	0.093	0.150	0.05
49	0.086	0.145	0.03



Şekil 9.150 rad/sn basamak hızda ve yüksüz durumda elde edilen hız cevapları

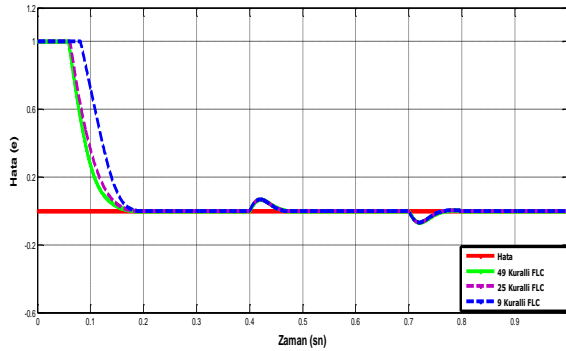
Şekil 9’da sisteme 0.5 sn boyunca 150 rad/sn basamak hız yüksüz durumda uygulanmıştır. Oluşturulan BMD’ler referans hızı çok az bir aşma ve sürekli durum hatası olmadan takip etmişlerdir.

Daha sonra 0.5 sn’den itibaren sisteme -150 rad/sn’lik hız uygulanmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi 49 kurallı BMD -150 rad/sn’lik hızı diğer BMD’lerden daha hızlı bir şekilde yakalamış ve sürekli durum hatası olmadan başarılı bir şekilde izlemiştir. Yükselme zamanı, yerleşme zamanı ve aşma bakımında 49 kurallı BMD en iyi performansı vermiştir.



Şekil 10. 200 rad/sn basamak hızda yüklü durumda elde edilen hız cevapları

Şekil 10'da ise DA motoru başlangıçta yüksüz durumdadır ve 200 rad/sn'lik basamak hız 1sn boyunca DA motorunun hız ünitesine uygulanmıştır. İlk olarak DA motoruna 0.4. sn'den itibaren 5 N.m'lik yük uygulanmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi bütün PI tip BMD'ler çok kısa sürede referans hızı sürekli durum hatası olmadan yakalamışlardır. 0.7. sn'de ise DA motoruna uygulanan yük kaldırılmıştır. Yüklü ve yüksüz durumda yükselme zamanı, yerleşme zamanı ve aşma gibi denetim parametrelerinde optimum hız cevabını en kısa sürede ve en az aşma ile 49 kurallı PI tipi BMD vermiştir. Şekil 11'de ise yüklü durumda elde edilen hata şekli görülmektedir.



Şekil 11. Yüklü durumda elde edilen hata

4. Sonuçlar

Bu çalışma ile bu alanda yapılacak olan gerçek zamanlı uygulamalara bir temel oluşturmak amaçlanmıştır. Benzetim çalışmaları Matlab/Simulink ortamında gerçekleştirilmiştir. DA motorunun hız

denetiminde, farklı kural tabanlarına sahip olan PI-bulanık tip denetleyici kullanılmıştır. Bütün kural tabanları için aynı koşullar altında benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiş ve sistem çıkışı incelenmiştir.

Benzetim çalışmalarına göre; bütün referans hızları izleme başarımında yüklü ve yüksüz durumda en az hata, daha iyi tepki ve en iyi hız cevabını, 49 kural içeren PI-bulanık tip denetleyici vermektedir.

5. Kaynaklar

- [1] Mergen Faik, "Elektrik Makineleri (Doğru Akım Makineleri)", Birsen Yayınevi 2006.
- [2] Kuo Benjamin C., "Otomatik Kontrol Sistemleri", Yedinci Baskı, Prentice Hall 1995.
- [3] J.G. Zigler, N.B. Nichols, "Optimization Setting for Automatic Controller", Trans. ASME, Vol. 64, pp. 756- 769, 1942.
- [4] C. Li, J. Lian, "The Application on Immune Genetic Algorithm in PID Parameter Optimization for Level Control System", IEEE International Conference on Automation and Logistics, Jinan, China, pp. 782-786, 2007.
- [5] J.S. Yang, "PID Control for a Binary Distillation Column Using a Genetic Searching Algorithm", WSEAS Trans. Syst., Vol. 5, pp. 720-726, 2006.
- [6] T.H. Kim, I. Maruta, T. Sugie, "Robust PID Controller Tuning Based on the Constrained Particle Swarm Optimization", Automatica, Vol. 44, pp. 1104-1110, 2008.
- [7] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," Inform, Control, Vol.8, 1965, pp.338-353
- [8] 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.
- [9] Akar, M., "Bulanık Mantık Yöntemiyle Bir Servo Motorun Kontrolü Ve Geleneksel Yöntemlerle Karşılaştırılması", Marmara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2005.
- [10] 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.
- [11] 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.

- [12] 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.
- [13] Berk, P., Stajko, 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] Açıkgöz, H., Keçecioglu, 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.
- [18] 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.