

Nötrosofik Üyelik Fonksiyonlu Bulanık Mantık Denetleyici ile Sabit Mıknatıslı Doğru Akım Motor Milinin Dönüş Açısının Kontrolü

Mehmet Serhat Can¹ Ömerül Faruk Özgüven²

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Zile Meslek Yüksekokulu, Mekatronik Programı

² İnönü Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü

¹mehmetserhat.can@gop.edu.tr

²omer.ozguven@inonu.edu.tr

Özet

Bu bildiride, hatanın ve hata değişiminin nötrosofik üyelik fonksiyonlarıyla değerlendirildiği bir bulanık kontrol yaklaşımı sunulmuştur. Sunulan yöntem, hatayı ve hatanın değişimini birbirlerinden ayrı iki kural tabanı üzerinde nötrosofik üyelik değerleri ile değerlendirmektedir. Belirsiz üyelik değerlerinin hesaba katılması, hata ile hata değişiminin iki ayrı kural tabanında ayrı ayrı incelenmesi daha ayrıntılı bir değerlendirme imkanı sağlamaktadır. Önerilen yöntem Matlab/Simulink programı üzerinde bir doğru akım motor milinin dönüş açısının kontrolü ile test edilmiştir. Çalışma sonucunda önerilen yöntemin sonuçlarda iyileşmeler sağladığı görülmüştür.

1. Giriş

Günümüzde PID (Proportional Integral Derivative) denetleyici, özellikle endüstriyel proses işlemleri olmak üzere bir çok kontrol uygulamalarında tercih edilmektedir. PID denetleyici, kolay tasarım, sıfır kalıcı durum hatasının elde edilebilmesi, düşük osilasyon oranının elde edilebilmesi, hızlı sistem cevabının elde edilebilmesi gibi önemli özellikleri bir araya getirir [1,2]. PID denetleyici tasarımında K_p , K_i ve K_d adı verilen üç temel parametre, PID denetleyicinin istenen sistem performansını sağlamasında başrole sahiptirler.

Bulanık mantık yaklaşımını, 1965 yılında Zadeh tarafından literatüre kazandırılmıştır [3]. Klasik mantıktaki bir olgunun bir kümeye aitliği 0 ve 1 değerleriyle keskin bir biçimde değerlendirilirken, bulanık mantıkta [0,1] aralığında sonsuz değerlerle gösterilir. [0,1] aralığı için de bir zorunluluk yoktur, genellikle mühendislik uygulamalarında bu aralık tercih edilir. Böylece, bir olgu bulanık mantık yaklaşımında kesin olmayan (belirsiz, gri) değerlerle de değerlendirilebilir. Bu daha zengin bir değerlendirme imkanı sunmaktadır.

Smarandache, bulanık mantık ve bulanık mantığın genişletilmiş hali olan nötrosofi ve nötrosofik küme yaklaşımlarını literatüre sunmuştur [4]. Bu yaklaşımda bir olgu, bulanık mantıktan farklı olarak, doğru (Truth = T), belirsiz (Indeterminacy = I) ve yanlış (Falsity = F) şeklinde üç üyelik değeriyle temsil edilir. Örneğin bir bir E evrensel kümesindeki A alt kümesi içindeki x değişkeninin üyelik değeri $x(0.8, 0.2, 0.3)$ şeklinde olabilir. Bu gösterim $x(T,I,F)$ gösteriminin karşılığıdır. Burada x değişkeni 0.85 değeri ile

A kümesine dahil, 0.14 değeri ile belirsiz ve 0.18 değeri ile de dahil değildir. $T+I+F$ toplamının 1 olma zorunluluğu yoktur [4]. T , I ve F değerleri gerçel değerli olmak koşuluyla, sürekli, ayrık, tek değerli, sonlu (sayılabilen veya sayılamayan), sonsuz veya farklı alt küme kesişimleri veya birleşimleri olabilir [5]. Buradan da görüleceği üzere, klasik bulanık mantıktan farklı olarak, bir eleman nötrosofik küme yaklaşımında belirsizlik değerine de sahiptir. Bu yönüyle insan düşünce mantığına daha yakındır.

PID denetleyici, kolay tasarım imkanına sahip olmakla birlikte, kararsız ve salınımlı sistemlerde iyi sonuç üretememektedir [6]. PID denetleyicinin başarılı olamadığı uygulamalar için bulanık mantık denetleyici kullanılabilir. 1974 yılında, Mamdani bulanık mantık yaklaşımını temel alan bir algoritma sunmuştur [7]. Günümüzde bulanık mantık denetleyiciler (BMD) farklı alanlarda sıkça kullanılmaktadır [8-12]. Hatta araştırmacılar, PID denetleyici ve bulanık mantık denetleyicinin bir araya gelmesiyle oluşan Bulanık-PID karma denetleyici türlerini önermişlerdir [13-15].

Gerek bulanık mantık tasarımında gerekse bulanık-PID tasarımlarında, sistem girişi değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarının tipleri ve evrensel küme üzerindeki yerleşimleri önemli olup, sonuç üzerinde etkileri bulunmaktadır [16,17]. Bu sebeple bu çalışmada, bulanıklaştırma mekanizması içinde, sistemden alınan hata ve hata değişiminin her birisinin bulanıklaştırılmasında T , I ve F üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Bu üyelik fonksiyonları, evrensel küme üzerinde belirli bölgelerde gruplandırılmıştır. Kural tablosunda ise bu üç üyelik fonksiyonlarının yerleşimlerine göre çıkış kuralları oluşturulmuştur. Önerilen yöntem bir doğru akım motor milinin dönüş açısının kontrolünde test edilmiş ve sonuçlar sunulmuştur.

2. Ön bilgiler

2.1. PID Denetleyici ve Bulanık Mantık Denetleyici (BMD)

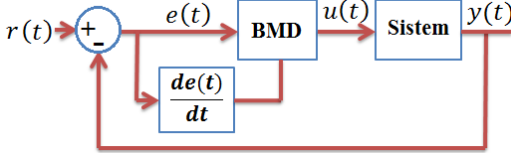
PID kontrol tekniğinde hata K_p , toplam hata K_i ve hata değişimi K_d adı verilen üç katsayı ile çarpılır ve bu çarpımlar toplanır. Böylece kontrol işareti elde edilir. PID denetleyici için kontrol işaretinin zaman domenli gösterimi aşağıdaki Denklem 2'de gösterilmiştir.

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (1)$$

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2)$$

Yukarıdaki denklemlerde $r(t)$ referans değerini, $e(t)$ hata değerini, $u(t)$ ise kontrol işaretini ve $y(t)$ çıkış işaretini göstermektedir.

Kontrol uygulamalarında kullanılan PID'den başka sıkça tercih edilen diğer bir denetleyici türü BMD'dir. BMD dört ana birimden oluşur. Bunlar, bulanıklaştırma birimi, bilgi tabanı, karar üretme mantığı ve durulaştırma birimidir. Genel olarak BMD'de giriş değişkenleri olarak hata ve hatanın değişimi kullanılır. Genel bir BMD blok diyagram Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Klasik BMD blok diyagramı

Bulanıklaştırmada, giriş değişkenleri üyelik değerlerinden (üçgen, Gauss eğrisi, çan eğrisi, yamuk, cauchy fonksiyonları) geçirilir, böylece evrensel kümedeki hangi alt küme/kümelere hangi üyelik değeriyle ait olduğu bulunmuş olur. Bilgi tabanı, denetlenecek sistemle ilgili kontrol kurallarını içerir. Karar üretme mantığında, kural tabanına göre bulanık operatörler kullanılarak denetleyicinin bulanık cevabı oluşturulur. Durulaştırma biriminde ise, denetleyicinin bulanık cevabı sisteme uygulanabilir kesin kontrol işaretine dönüştürülür.

2.2. Nötrosofik Mantık ve Nötrosofik Küme

Bu kısımda nötrosofik mantık ve nötrosofik küme kavramlarıyla ilgili temel bilgiler verilmiştir.

Tanım 1 [18] X bir evrensel küme olsun. x bu evrensel kümede bir eleman olsun. X söylem evreninde bir A nötrosofik alt kümesi olsun. A alt kümesi için;

$T_A(x)$: Doğruluk üyelik fonksiyonu.

$I_A(x)$: Belirsizlik üyelik fonksiyonu.

$F_A(x)$: Yanlışlık üyelik fonksiyonu.

$T_A(x)$, $I_A(x)$ ve $F_A(x)$ fonksiyonları $]0^-, 1^+[$ 'nın gerçel, standard yada standart olmayan alt kümesidir.

$T_A(x): X \rightarrow]0^-, 1^+[$

$I_A(x): X \rightarrow]0^-, 1^+[$

$F_A(x): X \rightarrow]0^-, 1^+[$

$T_A(x)$, $I_A(x)$ ve $F_A(x)$ fonksiyonlarının toplamı için bir sınırlama yoktur ve $0^- \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^+$ durumu geçerlidir.

Tanım 2 [18] A kümesi, X içinde bir tek değerli nötrosofik küme (Single Valued Neutrosophic Set=SVNS). $A = \{x, T_A(x), I_A(x), F_A(x)\}: x \in X\}$.

$T_A(x): X \rightarrow [0,1]$

$I_A(x): X \rightarrow [0,1]$

$F_A(x): X \rightarrow [0,1]$

$0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$ her $x \in X$ için geçerlidir.

Tanım 3 [18] A bir SVNS olsun. A 'nın komplementi A^c ile gösterilir ve her $x \in X$ için;

$T_{A^c}(x) = F_A(x)$

$I_{A^c}(x) = 1 - I_A(x)$

$F_{A^c}(x) = T_A(x)$

$A^c = \{x, F_A(x), 1 - I_A(x), T_A(x)\}: x \in X\}$ için geçerlidir.

Tanım 4 [18] SVNS A ve SVNS B kümeleri için, $A \subseteq B$ ve $B \subseteq A$ koşulunun sağlanması durumunda $A = B$ 'dir.

Tanım 5 [19] A , B ve C nötrosofik kümeler ve her $x \in X$ dir. $T_A(x)$, $I_A(x)$ ve $F_A(x)$ ifadeleri, sırasıyla, doğruluk üyelik fonksiyonu, belirsizlik üyelik fonksiyonu ve yanlışlık üyelik fonksiyonudur.

Kesişim/VE operatörü:

$T_C(x) = \min(T_A(x), T_B(x))$

$I_C(x) = \min(I_A(x), I_B(x))$

$F_C(x) = \min(F_A(x), F_B(x))$

Birleşim/OR operatörü:

$T_C(x) = \max(T_A(x), T_B(x))$

$I_C(x) = \max(I_A(x), I_B(x))$

$F_C(x) = \max(F_A(x), F_B(x))$

Komplement/NOT operatörü:

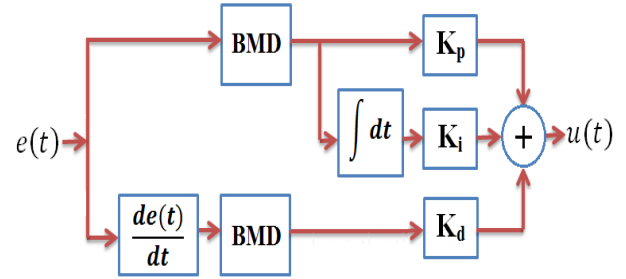
$T_{\bar{A}}(x) = F_A(x)$

$I_{\bar{A}}(x) = 1 - I_A(x)$

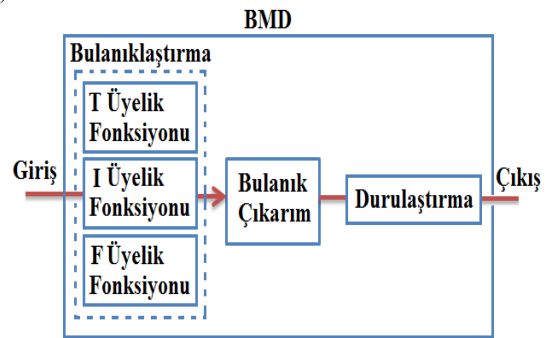
$F_{\bar{A}}(x) = T_A(x)$

3. Yöntem

Bu çalışmada, bulanık mantık denetleyici için nötrosofik üyelik değerlerinin kullanımı önerilmektedir. Bulanık mantık denetleyicinin giriş değişkenleri olarak hata ve hata değişimi kullanılmıştır. Hata ve hatanın değişimi ayrı ayrı iki bulanık çıkarım biriminde dikkate alınmıştır. Çalışmada kullanılan denetleyici blok diyagramı Şekil 2'de görülmektedir.

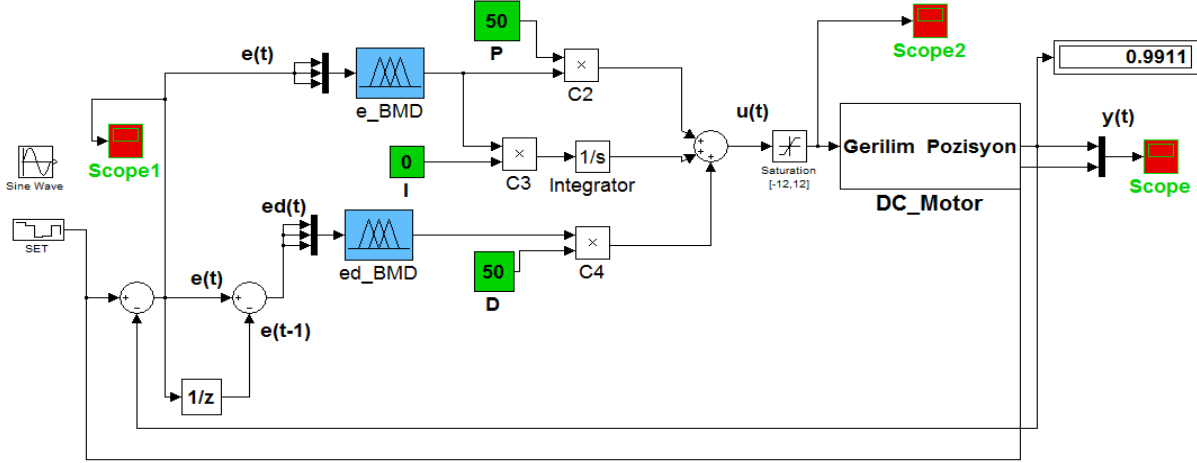


(a)



(b)

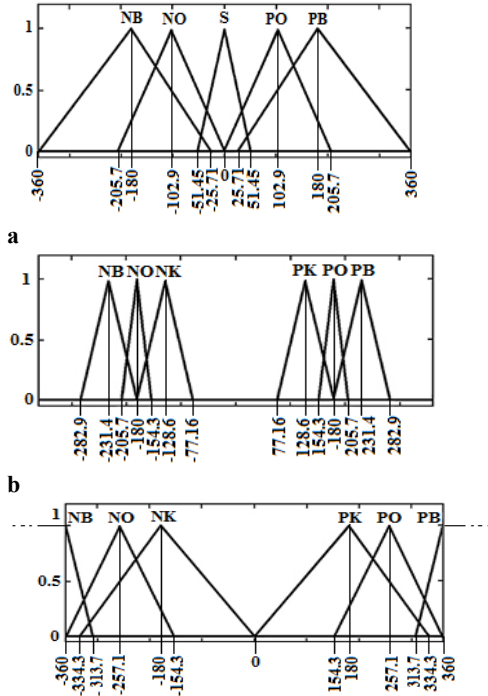
Şekil 2: a: Çalışmada kullanılan bulanık mantık denetleyicinin blok şeması b: Blok şemada kullanılan BMD'nin iç yapısı



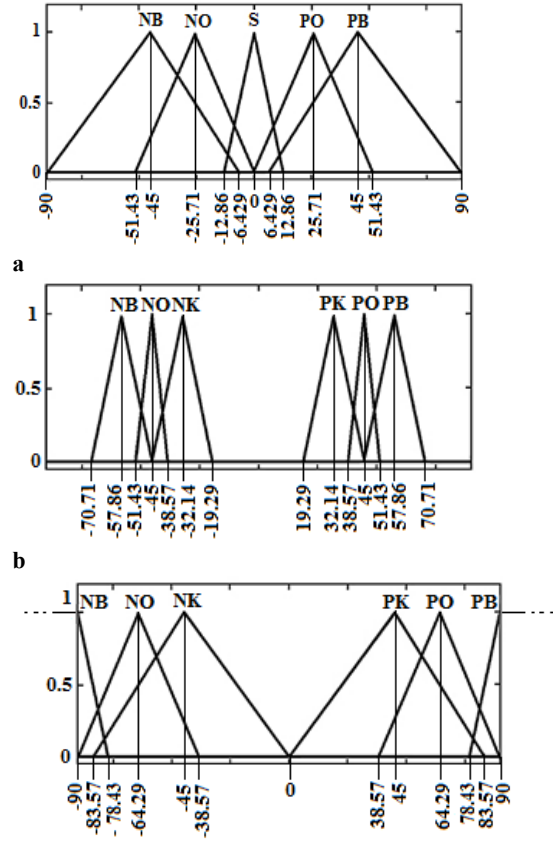
Şekil 3: SIMULINK blok şeması

Şekil 2'deki hata ve hatanın değişimi için kullanılan bulanık mantık denetleyicilerde T , I , F üyelik fonksiyonları evrensel küme üzerinde aynı şekilde gruplandırılmış ve yalnızca evrensel küme ölçekleri arasında farklılık bulunmaktadır. Giriş değişkenleri, evrensel küme üzerinde, belirli bölgelerde gruplandırılmış T , I ve F üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanıklaştırılmıştır. Bulanıklaştırma aşamasında üçgen ve trapezoid üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Kural tablosu nötrosofik üyelik fonksiyonlarına göre oluşturulmuştur.

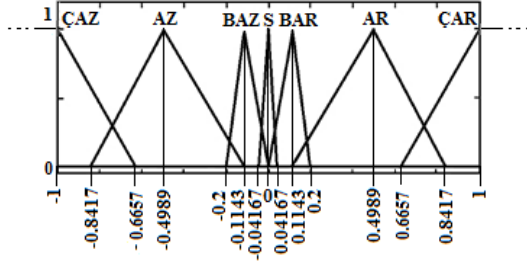
Hata için kullanılan üyelik fonksiyonları Şekil 4'te, hatanın değişimi için kullanılan üyelik fonksiyonları Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 4: Hata için kullanılan üyelik fonksiyonları. a: T üyelik fonksiyonu. b: I üyelik fonksiyonu. c: F üyelik fonksiyonu.



Şekil 5: Hatanın değişimi için kullanılan üyelik fonksiyonları. a: T üyelik fonksiyonu. b: I üyelik fonksiyonu. c: F üyelik fonksiyonu. Yukarıda verilen giriş üyelik fonksiyonlarında NB, NO, NK, S, PK, PO ve PB gösterimleri sırasıyla, "Negatif Büyük", "Negatif Orta", "Negatif Küçük", "Sıfır", "Pozitif Küçük", "Pozitif Orta", "Pozitif Büyük" dilsel ifadelerini temsil etmektedir. Hata ve hatanın değişimini değerlendiren BMD'lerin her ikisinde de aynı çıkış üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Çıkış için kullanılan üyelik fonksiyonları Şekil 6'te gösterilmiştir.



Şekil 6: BMD'de hata ve hatanın değişimi için çıkış üyelik fonksiyonları

Hata (e) ve hatanın değişiminin (ce) her ikisi için de aşağıdaki Tablo 1'de verilen kural tablosu kullanılmıştır. Tablo 1'de ve üyelik fonksiyonlarında, ÇAZ, AZ, BAZ, S, BAR, AR, ÇAR terimleri sırasıyla “Çok Azalt”, “Azalt”, “Biraz Azalt”, “Sıfır”, “Biraz Artır”, “Artır” ve “Çok Artır” dilsel ifadelerini temsil etmektedir. e_T , e_I ve e_F sırasıyla doğruluk, belirsizlik ve yanlışlık üyelik değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 1: BMD'de kullanılan kural tablosu

1. If (e_T is S) or (e_F is PK) then (output1 is S)
2. If (e_T is S) or (e_F is NK) then (output1 is S)
3. If (e_T is PO) or (e_F is PK) then (output1 is BAR)
4. If (e_T is NO) or (e_F is NK) then (output1 is BAZ)
5. If (e_T is PO) or (e_I is PK) or (e_F is PK) then (output1 is BAR)
6. If (e_T is NO) or (e_I is NK) or (e_F is NK) then (output1 is BAZ)
7. If (e_T is PB) or (e_I is PK) or (e_F is PK) then (output1 is BAR)
8. If (e_T is NB) or (e_I is NK) or (e_F is NK) then (output1 is BAZ)
9. If (e_T is PB) or (e_I is PO) or (e_F is PK) then (output1 is ART)
10. If (e_T is NB) or (e_I is NO) or (e_F is NK) then (output1 is AZ)
11. If (e_T is PB) or (e_I is PB) or (e_F is PO) then (output1 is ART)
12. If (e_T is NB) or (e_I is NB) or (e_F is NO) then (output1 is AZ)
13. If (e_T is PB) or (e_I is PB) or (e_F is PO) then (output1 is ART)
14. If (e_T is NB) or (e_I is NB) or (e_F is NO) then (output1 is AZ)
15. If (e_T is PB) or (e_F is PO) then (output1 is ÇAR)
16. If (e_T is NB) or (e_F is NO) then (output1 is ÇAZ)
17. If (e_T is PB) or (e_F is PB) then (output1 is ÇAR)
18. If (e_T is NB) or (e_F is NB) then (output1 is ÇAZ)
19. If (e_F is PB) then (output1 is ÇAR)
20. If (e_F is NB) then (output1 is ÇAZ)

MATLAB'ın “fuzzy” ara yüzünde, BMD birimlerinin her birinde aynı özellikler kullanılmıştır. Bu özellikler şöyledir;

FIS type: “mamdani”
 Rule connections: “or”
 For “or” method: “max”
 For defuzzification: “centroid”

4. Uygulamalar

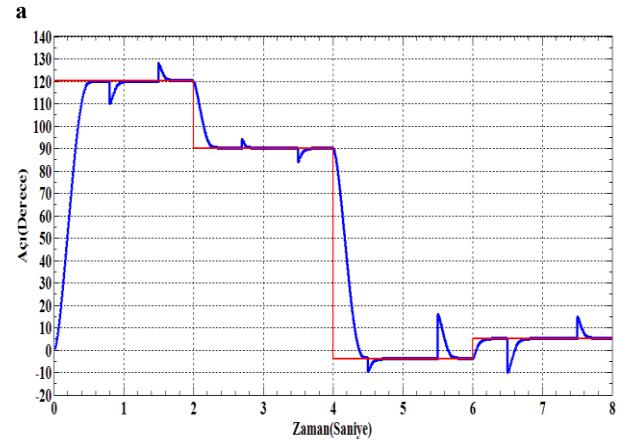
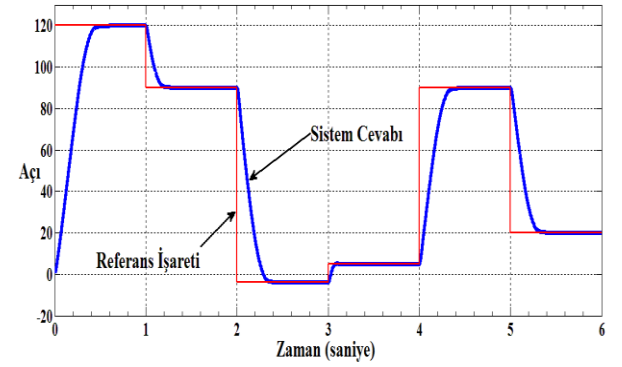
Bu kısımda, önerilen yöntem bir doğru akım motoru modeli üzerinde test edilmiştir. Çalışmada kullanılan doğru akım motoru transfer fonksiyonu Denklem 6'da verilmiştir.

$$TF_{motor} = \frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K}{s((Js + B)(Ls + R) + K^2)} \quad (3)$$

Denklem 6'daki motor K , J , R , L ve B parametreleri ise şöyledir;

$$K = 0.007384; R = 1.2284; L = 0.000230081; J = 0.0009 \\ B = 0.00724$$

Denklem 6'daki transfer fonksiyonunda θ motor milinin dönüş açısını, V ise motora uygulanan gerilimi ifade etmektedir. Bu uygulamada denetleyicinin K_p değeri 50, K_i değeri 0 ve K_d değeri 50 olarak alınmıştır. Birinci uygulamada, doğru akım motorunun Denklem 6'da verilen transfer fonksiyonuna farklı referans değerleri verilerek, denetleyicinin sistem çıkışının bu referans değerlerini izleyebilmesi test edilmiştir. Referans değerleri ve sistem yanıtı Şekil 7'de verilmiştir.



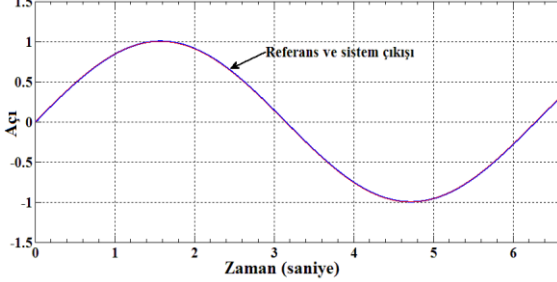
Şekil 7: a: Farklı referans değerleri ve sistem cevap eğrileri. Referans değerleri sırasıyla, 120, 90, -4, 5, 90 ve 20 derecedir.

b: Motor miline uygulanmış bozuluculara göre sistem cevabı.

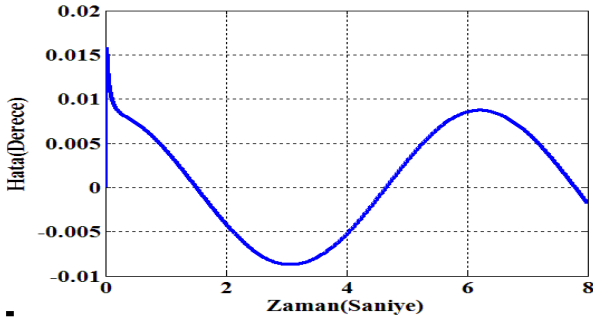
Pozisyon kontrol uygulamalarında, aşım oranının ve osilasyon oranının mümkün olduğunca düşük olması istenir. Bu test uygulamasında, Şekil 7'den de görülebileceği üzere,

aşım oranı büyük referans değerlerinde sıfır, küçük referans değerlerinde çok küçük, osilasyon oranı ise tüm referans değerlerinde sıfır olarak elde edilmiştir. Kalıcı durum hatası da tüm referans değerleri için sıfır olarak elde edilmiştir.

İkinci uygulamada, referans işareti olarak genliği 1 ve frekansı 1 radyan/saniye olan sinüs eğrisi verilmiş, sistemin bu eğriyi izlemesi test edilmiştir. Sinüs referansı ve sistemin bu referans işaretine verdiği cevap eğrisi Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8: Birbirine çok yakın seyreden sinüs referans işareti ve sistem çıkışı.



Şekil 9: Sinüs referans işareti için hata değişim grafiği.

Şekil 9’da, sisteme uygulanan sinüs referansı ile sistemin bu işarete vermiş olduğu cevap arasındaki hata değişimi gösterilmektedir. Görüldüğü gibi çok küçük bir hata ile sistem, sinüs referans işaretini izleyebilmektedir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, nötrosofik üyelik fonksiyonlarının kullanıldığı bir bulanık mantık denetleyicili kontrol yöntemi önerilmektedir. Önerilen yöntem bir doğru akım motorunun mil dönüş açısının kontrolünde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda, düşük aşım oranı, sıfır osilasyon oranı ve sıfır kalıcı durum hatası elde edilmiştir. Bu bakımdan önerilen yöntem, eyleyici (aktüatör) olarak doğru akım motorunun kullanıldığı pozisyon kontrol uygulamalarında kullanılabilir. Önerilen yöntemin farklı transfer fonksiyonları üzerinde, yük değişimlerinde ve gürültü etkisi altında test edilmesi, çalışmanın ilerletilebilmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

6. Kaynaklar

[1] Shahrokhi, M., Zomorodi, A., “Comparison of PID Controller Tuning Methods”, *Proceedings of 8th National Iranian Chemical Engineering Congress*, Ferdowsi University, Mashhad, Iran, 2003.

[2] Hussain, K. M., Zepherin, R. A. R., Kumar, M. S., Kumar, S. M. G., “Comparison of PID Controller Tuning Methods with Genetic Algorithm for FOPTD System”, *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 4, issue 2 (Version 1), pp. 308-314, 2014.

[3] Zadeh, L. A., “Fuzzy Sets”, *Information & Control*, vol.8, pp. 338-353, 1965.

[4] Smarandache, F., “Neutrosophy a New Branch of Philosophy”, *Multi. Val. Logic – Special Issue: Neutrosophy and Neutrosophic Logic*, vol. 8(3), pp. 297-384, (2002)

[5] Smarandache, F., “Definition of Neutrosophic Logic, a Generalization of the Intuitionistic Fuzzy Logic”, *Proceeding of the Third Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology*, (2003)

[6] Mitsantisuk, Nandayapa, C., M., K. Ohishi, Katsura, S., “Design for Sensorless Force Control of Flexible Robot by Using Resonance Ratio Control Based on Coefficient Diagram Method”, *Automatika*, Vol 54, No 1, special issue, selected papers from AMC2012 Conference, DOI: 10.7305/automatika.54-1.311

[7] Mamdani, E.H., “Application of fuzzy logic algorithms for control of simple dynamic plant”, *Proc Inst Elec Eng.*, pp. 1585-1588, 1974.

[8] Jahanshahi, E., Sivalingam, S., Schofield, J. B., “Industrial test setup for autotuning of PID controllers in large-scale processes: Applied to Tennessee Eastman process”, *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, Issue 8, pp. 469-476, 2015.

[9] Ponce, P., Molina, A., Tello, G., Ibarra, L., MacCleery, B., Ramirez, M., “Experimental study for FPGA PID position controller in CNC micro-machines”, *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, issue 3, pp 2203-2207, 2015

[10] Reyes, F., Rosado, A., “Polynomial family of PD-type controllers for robot manipulators”, *Control Engineering Practice*, vol. 13, issue 4, pp 441-450, April 2005.

[11] Sondhi, S., Hote, Y. V., “Fractional order PID controller for load frequency control”, *Energy Conversion and Management*, vol. 85, pp. 343-353, September 2014

[12] Jingzhuo, S., Yu, L., Jingtiao, H., Meiyu, X., Juwei, Z., Lei, Z., “Novel intelligent PID control of traveling wave ultrasonic motor”, *ISA Transactions*, vol. 53, issue 5, pp. 1670-1679, September 2014

[13] Karasakal, O., Yeşil, E., Güzelkaya, M., Eksin, İ., “Implementation of a new self-tuning fuzzy PID controller on PLC”, *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 13 (2), pp. 277-286, 2005.

[14] Tang, K. S., Man, K. F., Chen, G., Kwong, S., “An optimal fuzzy PID controller”, *Industrial Electronics, IEEE Transactions on* Vol.48, Issue. 4, pp. 757 – 765, Aug 2001, DOI:10.1109/41.937407

[15] Carvajal, J., Chen, G., Ogmen, H., “Fuzzy PID controller: Design, performance evaluation, and stability analysis”, *Information Sciences*, Volume 123, Issues 3–4, pp. 249–270, April 2000, DOI: 10.1016/S0020-0255(99)00127-9

[16] Godjevac, J., “Comparison between PID and fuzzy control”, *Internal Report R93.36I, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne Département d’Informatique Laboratoire de Microinformatique*.

[17] Ali, O. A. M., Ali, A. Y., Sumait, B. S., “Comparison between the Effects of Different Types of Membership

Functions on Fuzzy Logic Controller Performance”,
*International Journal of Emerging Engineering
Research and Technology*, Vol. 3, Issue 3, PP 76-83,
March 2015.

- [18] Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Y. Q., Sunderraman, R., “Single Valued Neutrosophic Sets”, *Multispace and Multistructure* (4), pp. 410-413, 2010.
- [19] Arora, M., Pandey, U.S., “Generalization of Functional Dependencies in Total of Functional Dependencies in Total Neutrosophic Relation”, *IJCSI International Journal of Computer Science*, Issues, vol. 9, issue 3, No 2, May 2012.