

Isıl İşlem Uygulamalarında Kullanılan Bir Karışım Tankının Bulanık Mantık Esaslı Denetimi

Erdal KILIÇ^{1*}, Hasan Rıza ÖZÇALIK², Şaban YILMAZ³, Ahmet GANI²

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Afşin Meslek Yüksekokulu, Kahramanmaraş, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu, Kahramanmaraş, Türkiye

ÖZET: Karışım tanklarının kontrolü, gıda sanayi, tarımsal ilaçlama, tekstil, atık su arıtma, süt üretimi, nükleer enerji üretimi, petrokimya endüstrisi, kimyasal süreçler ve ilaç sanayi gibi endüstriyel uygulamalar için çok önemlidir. Bu çalışmada çok girişli çok çıkışlı ve doğrusal olmayan bir sistem olan sıvı karışım tankının kontrolü, MATLAB/Simulink benzetim programı ile yapılmıştır. Bu karışım tankına iki pompa vasıtasıyla sıcak ve soğuk su akışı sağlanmaktadır. Suyun akış miktarı valfler ile kontrol edilerek, tankta istenilen su sıcaklığı ve seviyesi elde edilmektedir. Kontrol sistemi, karışım tankı içindeki suyun seviye ve sıcaklığını istenilen değerlerde tutmak amacıyla iki bağımsız bulanık mantık denetleyiciden oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Bulanık Mantık Denetim, Sıvı Seviye Kontrolü, Karışım Tankı.*

Fuzzy Logic Based Control of the Mixing Tank Used in Heat Treating Applications

ABSTRACT: Controlling mixing tanks is of utmost importance for industrial applications such as food processing, agricultural pesticides, textile, waste water treatment, dairy production, nuclear power generation, petrochemical industries, chemical processing and pharmaceutical manufacturing. In this study, fluid mixing tank, which is a nonlinear multi input multi output system, is simulated by MATLAB/Simulink. Hot and cold water flow is provided to the mixing tank through two water pumps. Desired water temperature and level in the tank is obtained thanks to the water flow valves. The control system consists of two independent fuzzy logic controllers in order to keep the desired level and temperature of the water in the mixing tank.

Keywords: *Fuzzy Logic Control, Liquid Level Control, Mixed Tank.*

1. GİRİŞ

Karışım tanklarının kontrolü, gıda sanayi, tarımsal ilaçlama, tekstil, atık su arıtma, süt üretimi, nükleer enerji üretimi, kimyasal işleme, ilaç sanayi gibi endüstriyel uygulamalar için çok önemlidir [1-6]. İki veya daha fazla sıvının karışımından oluşan endüstriyel sıvı karıştırma süreçleri kontrol ve otomasyon sistemleri ile denetlenmektedir [7]. Karışım tankı çok girişli çok çıkışlı ve doğrusal olmayan dinamik bir sistemdir [6,8].

Bulanık mantık uygulamaları ısı, elektrik akımı, sıvı gaz akım denetimi, kimyasal ve fiziksel süreç denetimlerinde kullanılmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımı matematiksel modele ihtiyaç duymadığından, matematiksel modeli iyi tanımlanamamış, zamanla değişen ve doğrusal olmayan sistemler en başarılı uygulama alanlarıdır [9].

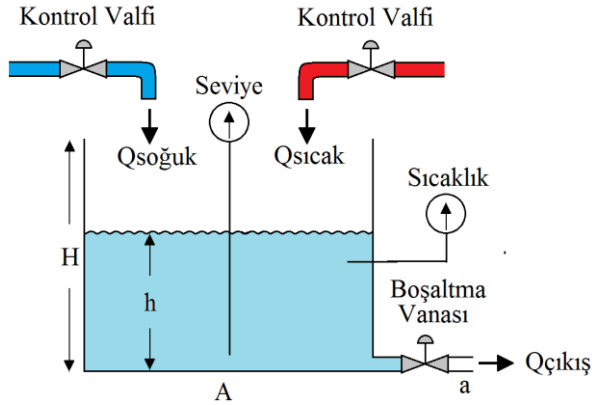
Bu çalışmada iki girişli ve iki çıkışlı bir karışım tankı ve kontrol sistemi MATLAB/Simulink benzetim programı ile modellenmiştir. Karışım tankına iki pompa vasıtasıyla sıcak ve soğuk su akışı sağlanmaktadır. Suyun akış miktarı valfler ile kontrol edilerek, tankta istenilen

su sıcaklığı ve su seviyesi elde edilmektedir. Sistemi kontrol etmek amacıyla iki girişli iki çıkışlı bulanık mantık esaslı bir kontrol yöntemi geliştirilmiştir. Sistemin çalışması simülasyon ortamında test edilmiştir.

2. SİSTEMİN YAPISI

Bu çalışmada dikdörtgen prizma şeklinde bir su tankı kullanılmıştır. Tanka 0,025 m³/s debiyle çalışan pompalar vasıtasıyla sıcak su ve soğuk su verilmektedir. Tanka giren sıcak ve soğuk suyun akış miktarı, istenilen su seviyesine ve su sıcaklığına göre denetleyiciler tarafından kontrol valfleri ayarlanarak yapılmaktadır. Tanktan su çıkışı için kullanılan boşaltma vanasının ayarı ise kullanıcı tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Karışım tank sisteminin genel yapısı Şekil-1'de gösterilmektedir.

*Sorumlu Yazar: Erdal KILIÇ, ekilic@ksu.edu.tr



Şekil-1. Sistemin genel yapısı

Tanka giren sıcak suyun sıcaklığı (T_1) ve soğuk suyun sıcaklığı (T_2) değerleri sabit kabul edilmektedir. Karışım tankına giren sıcak su akışı $Q_{sıcak} = Q_{maks} * C_{sıcak}$ ile soğuk su akışı $Q_{soğuk} = Q_{maks} * C_{soğuk}$ şeklinde tanımlanmıştır. Burada Q_{maks} pompa kapasitesini, $C_{sıcak}$ ve $C_{soğuk}$ kontrol valflerinin (0-1) aralığındaki açıklık oranını göstermektedir. Tanka giren toplam su akış miktarı $Q_{giris} = Q_1 + Q_2$, karışım suyunun sıcaklığı T ve akış miktarı ise Q_{cikis} şeklinde tanımlanmıştır.

Tanktaki suyun seviyesini ve sıcaklığını kontrol etmek amacıyla sistem dinamiklerini ifade eden diferansiyel denklemler, denklem 1, 2 ve 3'te verilmiştir [1,10-14].

$$Q_{cikis} = a\sqrt{2gh} \quad (1)$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{A} (Q_{sıcak} + Q_{soğuk} - Q_{cikis}) \quad (2)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{Ah} [Q_{sıcak} (T_1 - T) + Q_{soğuk} (T_2 - T)]$$

Burada h tanktaki suyun yüksekliğini, A tankın taban alanını göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan su tankının yapısı ile ilgili değerler Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo-1. Su tankının özellikleri

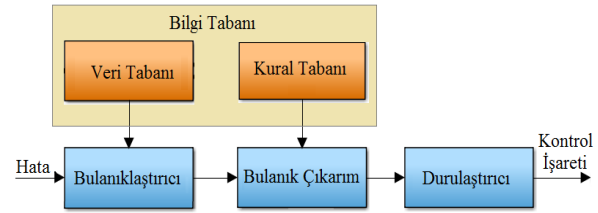
Açıklama	Sembol	Değer
Taban alanı	A	1 m ²
Çıkış ağız kesiti	a	0,025 m ²
Yükseklik	H	2.5 m
Yer çekim ivmesi	g	9,82 m/s ²
Başlangıç seviyesi	h_0	0.1 m
Pompa kapasitesi	Q_{maks}	0,025 m ³ /s
Sıcak su sıcaklığı	T_1	80 °C
Soğuk su sıcaklığı	T_2	10 °C
Başlangıç sıcaklığı	T_0	10 °C

3. BULANIK MANTIK DENETLEYİCİ

Bulanık mantık yaklaşımı, makineler insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve öngörülerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanır. Bulanık mantık denetleyici (BMD)'nin temeli sözlü ifadeler ve bunlar arasındaki mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur. Bulanık mantık, klasik mantığın aksine iki seviyeli değil, çok seviyeli işlemleri kullanmaktadır. BMD uygulanırken sistemin matematiksel modellenmesi şart değildir [9].

BMD, zamanla değişen, doğrusal olmayan ve özellikle matematiksel modeli tam olarak bilinmeyen sistemlerin denetlenmesinde son yıllarda klasik denetim yöntemlerine pratik bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır [15].

BMD, genel yapısıyla bulandırma, çıkarım, durulama ve bilgi tabanı olmak üzere dört temel bileşenden oluşmuştur. Genel bir BMD blok diyagramı Şekil-2'de verilmiştir.



Şekil-2. Bulanık mantık denetleyici yapısı

Bulandırma birimi, sistemden alınan giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevinden faydalanılarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeleri ve üyelik derecesi tespit edip, girilen sayısal değere küçük, en küçük gibi dilsel değişken değerler atanır.

Bulanık çıkarım birimi, bulandırma biriminden gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerinde uygulayarak bulanık sonuçlar üretilmektedir. Girişler ve çıkışlar arasındaki bağlantılar, kural tabanındaki kurallar kullanılarak sağlanır. Bu birimde elde edilen değer kural tablosundan dilsel ifadeye çevrilir ve durulama birimine gönderilir. Bulanık çıkarım yöntemleri içerisinde en yaygın kullanılan ve bu çalışmada da kullanılan yöntem Mamdani yöntemidir.

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

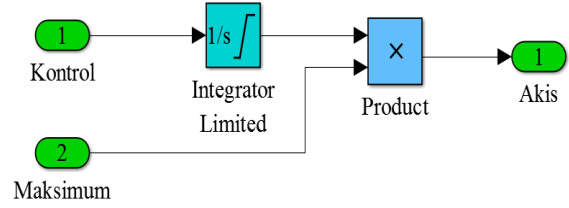
Durulama işleminde değişik yöntemler esas alınmaktadır. Bu yöntemlerden ağırlık merkezi yöntemi en yaygın kullanılan durulama yöntemidir.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \mu_A(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_A(y_i)} \quad (4)$$

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 [9,16-18].

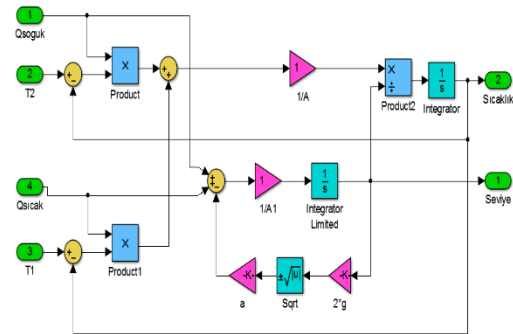
4. SİSTEMİN SİMULİNK YAPISI

Bu çalışmada MATLAB/Simulink benzetim programı ile bütün sistem elemanlarının modelleri oluşturularak karışım tankının modeli elde edilmiştir. Tankta giren suyun akış miktarını kontrol etmek için kullanılan akış kontrol valfinin simulink modeli Şekil-3'te gösterilmiştir [19-20].



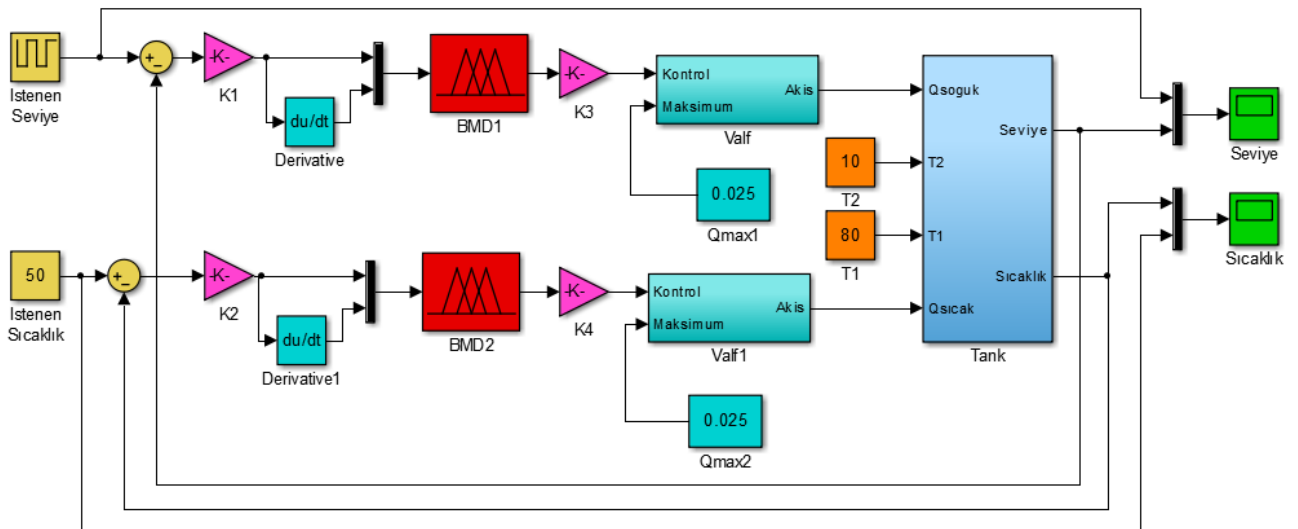
Şekil-3. Valfin simulink modeli

Karışım tankının simulink modeli Şekil-4'teki gibidir.



Şekil-4. Su tankının simulink modeli.

Karışım tankının sıcaklık ve seviye kontrolünün oluşturulduğu sistemin simulink modeli Şekil-5'te gösterilmiştir.



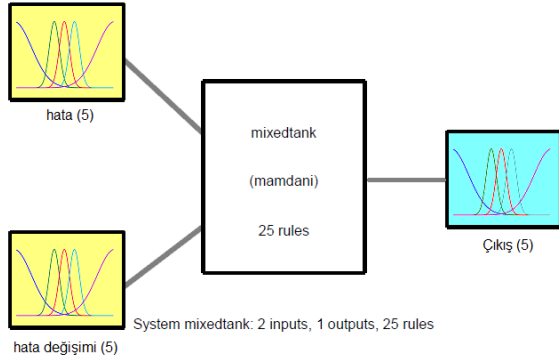
Şekil-5. Sistemin simulink modeli

5. BMD TASARIMI

BMD'nin tasarım aşamasında, giriş ve çıkış değişkenlerinin, bulanık kümelerin tanımlanmasının, kuralların, bulanık çıkarımın ve durulama işleminin belirlenmesi gerekmektedir.

Bulandırma işleminde giriş ve çıkış değişkenleri sembolik ifadelerle dönüştürülmektedir. Denetleyicinin

dilsel değişkenleri NB (Negatif Büyük), NK (Negatif Küçük), SS (Sıfır), PK (Pozitif Küçük), PB (Pozitif Büyük) şeklinde kullanılmıştır. BMD'nin yapısı Şekil-6'da gösterilmiştir.



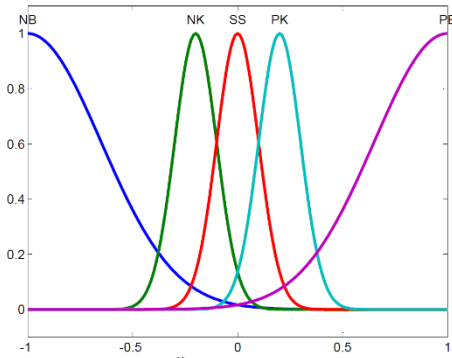
Şekil.6. BMD giriş ve çıkış değişkenleri

Her BMD için iki tane giriş seçilmiştir. Bu girişler seviye denetleyici için seviye hatası (e_1) ve seviye hata değişimi (Δe_1), sıcaklık denetleyici için sıcaklık hatası (e_2) ve sıcaklık hata değişimi (Δe_2) parametreleridir. k iterasyon sayısını göstermek üzere hataların ifadesi denklem 5 ve 6'da verilmiştir.

$$e_1(k) = h_{ref}(k) - h(k) \quad (5)$$

$$e_2(k) = t_{ref}(k) - t(k-1) \quad (6)$$

Bu çalışmada girişler ve çıkışlar için Şekil-7'de gösterilen gaussian tipi üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.



Şekil-7. Üyelik fonksiyonları

Bulanık çıkarım biriminde girişlerin çıkış ile ilişkisi belirlenen kurallarla sağlanır. Bulanık çıkarım için birçok farklı yapı kullanılmaktadır. Bu çalışmada min-max çıkarım yapısı kullanılmıştır ve her denetleyici için 25 adet kural yazılmıştır. Kural tablosu Tablo-2'de verilmiştir.

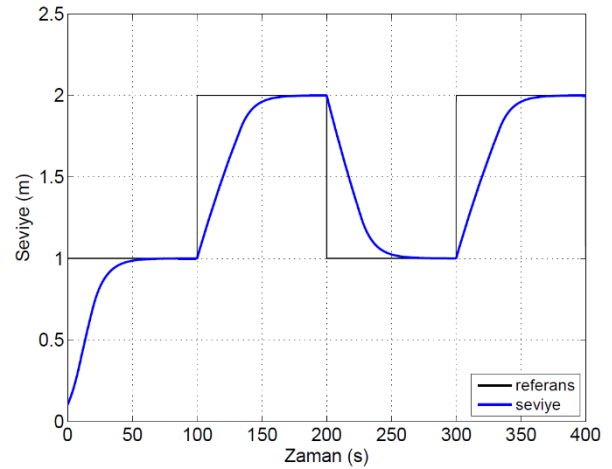
Tablo-2. Bulanık kural tablosu.

u	Δe				
	NB	NK	SS	PK	PB
NB	NB	NB	NB	NK	SS
NK	NB	NB	NK	SS	PK
SS	NB	NK	SS	PK	PB
PK	NK	SS	PK	PB	PB
PB	SS	PK	PB	PB	PB

Durulama biriminde, her kural için hata ve hata değişiminin üyelik ağırlık değerleri bulunarak, bu iki değerlerin en az üyelik ağırlığı ve buna göre çıkışların üyelik değerleri tespit edilmektedir. Durulama biriminin çıkışındaki sayısal değer sisteme uygulanan gerçek değerdir.

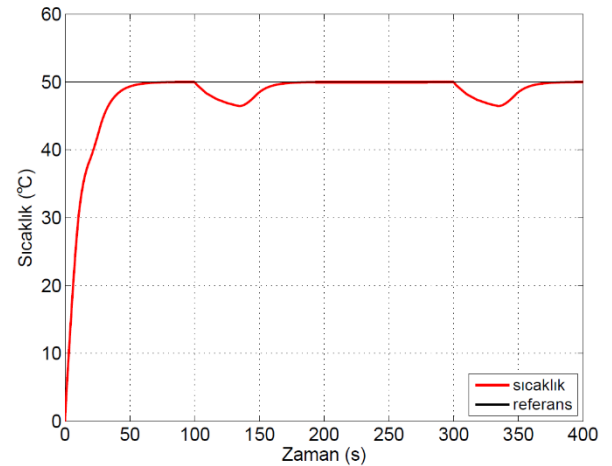
6. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Simülasyon çalışmasında sisteme ilk olarak sıcaklık sabit referansta iken değişken seviye referansı verilmiştir. Bu durumda elde edilen seviye grafiği Şekil-8'de gösterilmiştir.



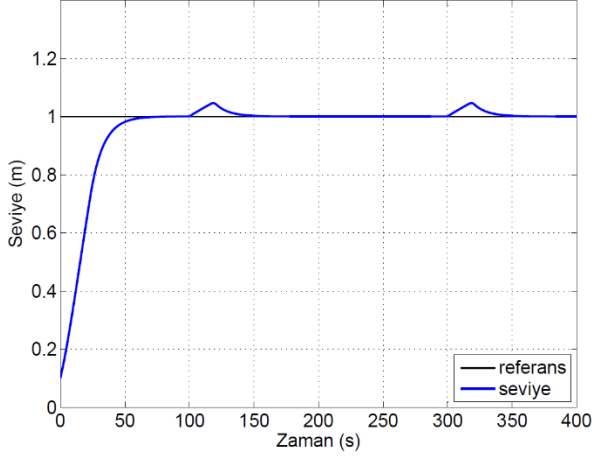
Şekil-8. Değişken referanslı seviye grafiği

Seviye denetleyicisi tanktaki su seviyesini referans değerlere oldukça başarılı bir şekilde yaklaştırmıştır. Aynı zamanda sıcaklık denetleyicisi de suyun sıcaklık değerini istenilen değere ulaştırmıştır. Seviye referans değerlerinin değişimi sistemde bozucu etki oluşturmaktadır. Bu değişim noktalarında sıcaklık değerlerinde %4'lük bir hata meydana gelmiştir. Bu hatalar sıcaklık denetleyici tarafından başarı bir şekilde düzeltilmiştir. Sıcaklık grafiği Şekil-9'da verilmiştir.



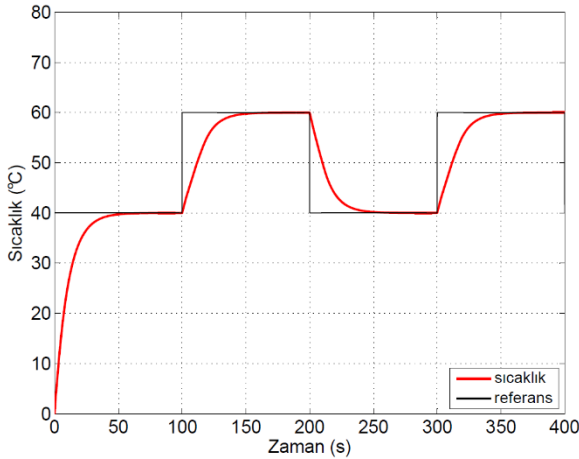
Şekil-9. Sabit referanslı sıcaklık grafiği

Simülasyon çalışmasının ikinci kısmında ise sistemde, seviye referans değeri sabit iken değişken sıcaklık referansı verilmiştir. Seviye grafiği Şekil-10'da gösterilmiştir.



Şekil-10. Sabit referanslı seviye grafiği

Sistemdeki sıcaklık denetleyicisi, tanktaki suyun sıcaklığını istenilen değerlere yaklaştırmıştır. Seviye denetleyicisi de suyun seviyesini istenilen değere ulaştırmıştır. Seviye değişiklik çalışmasında olduğu gibi sıcaklık referans değerlerinin değişimi de sistemde bozucu etki oluşturmuştur. Bu değişim noktalarında seviye değerlerinde yaklaşık %5'lik bir hata meydana gelmiştir. Bu hatalar seviye denetleyici tarafından kısa sürede düzeltilmiştir. Bu çalışma durumunda elde edilen sıcaklık grafiği Şekil-11'de verilmiştir.



Şekil-11. Değişken referanslı sıcaklık grafiği

7. SONUÇ

Bu çalışmada iki girişli iki çıkışlı bir sıvı karışım tankının seviye ve sıcaklık denetim sistemi MATLAB/Simulink ile modellenmiştir. Sistemin seviye ve sıcaklık değişkenlerinin kontrolünde iki bağımsız BMD yaklaşımı ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Hem seviye kontrolünde hem de sıcaklık kontrolünde aşım olmadığı gözlemlenmiştir. Her iki çıkış değişkeni sonuçları incelendiğinde yükselme zamanı 45 s, yerleşme zamanı 50 s ve kararlı hal hatasının çok küçük olduğu görülmüştür. Ayrıca BMD sistemde oluşan bozucu etkileri kısa bir sürede düzeltmiştir.

Bu çalışma ile çok girişli çok çıkışlı doğrusal olmayan dinamik yapıdaki bir sistemin kontrolünde BMD'nin iyi bir denetim performansına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

8. KAYNAKLAR

- [1]. Güneş, M., Arslan, S., Bay, A.E., “ Çok Fonksiyonlu Bir Elektronik Pülverizatörde İlaçlama İşleminin Optimal ve Bulanık Kontrolü”, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(2), 2013.
- [2]. Pradeepkannan, D., Sathiyamoorthy, S., “Design and Modeling of State Feedback with Integral Controller for a Non-linear Spherical tank Process”, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 11, November 2012.
- [3]. Tiwari, S.K., Kaur, G., “Analysis of Fuzzy PID and Immune PID Controller for Three Tank Liquid Level Control”, International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) ISSN: 2231-2307, Volume-1, Issue-4, September 2011.
- [4]. Hasan, S., Khan, S.K., Alam, S., “Design and Implementation of a Neural Control System and Performance Characterization with PID Controller for Water Level Control”, International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAA), Vol.2, No.2, April 2011.
- [5]. Aslam, F., Haider, M.Z., “An Implementation and Comparative Analysis of PID Controller and their Auto Tuning Method for Three Tank Liquid Level Control”, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 21– No.8, May 2011.
- [6]. Lanas, A.I, Mota, G.L.A., Tanscheit, R., Vellasco, M.M., Barreto, J.M., “ Fuzzy Control of a Multivariable Nonlinear Process”, In Proceedings of eight International Fuzzy Systems Association World Congress, Vol.2 (8), pp. 660-664, 1999.
- [7]. Şahin, S., “Endüstriyel Otomasyon Eğitimi İçin Lookout Yazılım Tabanlı Sıvı Karışım Süreci Tasarımı”, SDU Teknik Bilimler Dergisi, Cilt.2, Sayı.1, SS.42-45, 2012.
- [8]. Damarla, S.K., Kundu, M., “Design of Multivariable Neural Controllers using a Classical Approach”, International Journal of Chemical

- Engineering and Applications, Vol. 1, No. 2, August 2010.
- [9]. Elmas, Ç., “Yapay Zeka Uygulamaları”, Seçkin Yayıncılık, 2.Baskı, Ankara, 2011.
- [10]. 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, S.243-247.
- [11]. Shahgholian, G., Movahedi, A., “Modeling and Controller Design Using ANFIS Method for Non-Linear Liquid Level System”, International Journal of Information and Electronics Engineering, Vol. 1, No. 3, November 2011.
- [12]. <http://wikis.controltheorypro.com/images/MIMO-article.doc> Access Time: 15.09.2014 14.20 PM.
- [13]. Engin, S.N., Kuvulmaz, J., Ömürlü, V.E., “Fuzzy Control of an ANFIS Model Representing A Nonlinear Liquid-Level System” Neural Computer & Application (2004) 13:202-210.
- [14]. Kılıç, E., Özbacı, Ü., Özçalık, H.R., “Lineer Olmayan Dinamik Sistemlerin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesinde MLP ve RBF Yapılarının Karşılaştırılması”, Eleco 2012 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, S.694-698, 29 Kasım – 01 Aralık 2012, Bursa.
- [15]. Passino, K., and Yurkovich S., Fuzzy Control, Addison-Wesley Publishing Company, 1998.
- [16]. Özkop, E., Altaş, İ.H., “Bulanık Mantık Denetleyici ile Aktif Otomobil Süspansiyon Denetimi” XII. EEBS Mühendisliği Ulusal Kongresi Ve Fuarı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir. Kasım 14–18, 2007.
- [17]. Şekelli, M., Yıldız, C., Özçalık H.R., “Bulanık Mantık ve PI Denetimli DC-DC Konvertör Modellenmesi ve Dinamik Performans Karşılaştırılması”, 4. otomasyon sempozyumu , Samsun ,Mayıs 2007.
- [18]. Özek, A., Sinecen, M., “Klima Sistem Kontrolünün Bulanık Mantık ile Modellenmesi”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:10,Sayı:3, Sayfa: 353-358, Yıl:2004.
- [19]. Dharamniwas, Ahmad, A., Redhu, V., Gupta, U., “Liquid Level Control by Using Fuzzy Logic Controller”, International Journal of Advances in Engineering & Technology, July 2012, ISSN: 2231-1963.
- [20]. 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.