

İKLİMLENDİRME (HVAC) SİSTEMİNİN MERKEZCİL TABAN FONKSİYONLU YAPAY SİNİR AĞLARI (RBF) KULLANILARAK DENETLENMESİ

Mustafa ŞEKKELİ¹
mustafasekkeli@hotmail.com

Ceyhun YILDIZ²
ceyhuny@ksu.edu.tr

Muharrem İMAL³
muharremimal@ksu.edu.tr

¹ Sütçü İmam Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Elektrik-Elektronik Müh. Böl. K.Maraş

² Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Çankaya, Ankara

³ Sütçü İmam Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Makine Müh. Böl. K.Maraş

ABSTRACT

In this study, a new control system design was made for industrial air conditioning system(HVAC). Design of the system, before beginning work in real time conditions of the model were examined, and this model has been solved in the Matlab simulation. Review the results of the model solution of the system change over time to be understood that the behavior control system. Instead of conventional control methods, an adaptive control system is designed using Application of a radial basis function neural network (RBF) in the air conditioning system.

Anahtar sözcükler: Klima, rutubet, yapay sinir ağları

1. GİRİŞ

İklimlendirme; kapalı bir ortamın sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketini insan sağlık ve konforuna veya yapılan endüstriyel işleme en uygun seviyelerde tutmak amacıyla havanın şartlandırılmasıdır. İklimlendirmenin önemli işlevlerinden biri olan bağıl nemin kontrolü; özellikle tekstil sanayinde yoğun olarak uygulanmakta ve üretilen ürünlerin kalitesi üzerinde çok etkin olmaktadır[1].

Günümüzde gelişen teknolojiyle beraber mikroişlemcili veya bilgisayarlı sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Pnömatik ve elektrikli kontrol yöntemlerinde sistem açma/kapama çalıştığı için istenen hassasiyet elde edilememektedir. Elektronik sistemlerde de oransal kontrol yapılabilmektedir. Ama hiçbir yöntem mikroişlemcili kontrol kadar hassas değildir. Güncel kontrol yöntemlerinden olan Yapay Sinir Ağları birçok sahada kullanılmaktadır. Akıllı sistem olarak tanımlanan Yapay Sinir Ağları, tekstil fabrikalarının bir çok noktasında olduğu gibi, nem ve sıcaklık kontrolü için de kullanılabilir[2-4]

Yapay sinir ağları insan zekasını taklit edebilme özelliğinden dolayı bir çok uygulamada kullanılmaktadır. İnsan beyni analog olarak paralel mantık sistemine göre çalışmaktadır. Yapay sinir ağları da, insan beynini taklit ederek, basit işlem birimlerini yoğun bir şekilde birbirine bağlayarak yüksek verim elde etmektedir. Yapay Sinir Ağlarının bağlantı, katman ve düğüm sayılarının çokluğu temsil edebilecekleri sistemin karmaşıklığını belirler. Ne kadar çok düğüm varsa o kadar karmaşık sistemler modellenebilir[5].

YSA, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymadan, herhangi bir varsayımda bulunmadan, doğrusal olmayan modellemeyi sağlayabilmektedir . Ağa, girdi bilgileri ve bu girdilere karşılık gelen çıktı bilgileri verilmekte ve ağın girdi-çıkışı arasındaki ilişkiyi öğrenmesi sağlanmakta, böylece ağın eğitimi gerçekleştirilmektedir[6].

Bu çalışmada, sanayide kullanılan iklimlendirme sistemi (HVAC) için bir kontrol sistemi tasarımı yapılmıştır. Tasarıma başlanmadan önce sistemin gerçek koşullarda çalışması modeli incelenmiş ve bu model Matlab ortamında

özdürölmüştür. Model özümü sonuçları incelenerek sistemin zaman içinde değışen davranışları anlaşılmaya çalışılmıştır.

İklimlendirme sistemlerinde Rutubet ve Sıcaklık olmak üzere iki adet kontrol edilmesi istenilen büyüklük mevcuttur. Sistem, doğrusal olmayan bir yapıya sahiptir ve çok girişli çok çıkışlı bir kontrol sistemine ihtiyaç duymaktadır. Geleneksel bir kontrol sistemi yerine bu çalışmada merkezci taban fonksiyonlu (RBF) yapay sinir ağıları kullanarak adaptif bir kontrol sistemi tasarımı yapılmıştır. Kontrol sistemi, düşük dereceli referans model ile gerçek sistem çıkışlarını karşılaştırarak RBF yapay sinir ağılarının hızlı öğrenme özelliğı yardımıyla kendisini uyarlayan bir yapıya sahiptir.

2. RBF TABANLI YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağıları; insan beyninden esinlenerek, öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesi uğraşı sonucu ortaya çıkmıştır. Yapay sinir ağıları (YSA), deneme yolu ile öğrenme ve genelleştirme yapabilmektedir. YSA, veriler arasındaki bilinmeyen ve fark edilmesi güç ilişkileri ortaya çıkartabilir. YSA doğrusal değildir. Doğrusal modeller, önemli detayları anlayabildikleri ve açıklayabildikleri takdirde avantajlı olabilirler. Ancak ilgilenilen problemin temelindeki ilişki doğrusal olmadığı durumlarda doğrusal modeller uygun değildir [7].

Yapay sinir ağıları (YSA), insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri, herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir.

Şekil.1 de birçok sinir hücresinin bir birine bağlandığı ileri yönlü çok katmanlı bir yapay sinir ağı görölmektedir. Giriş katmanı ile çıkış katmanı arasındaki katman veya katmanlar gizli katman olarak

adlandırılır. Sinir ağılarında kaç tane gizli katman kullanılacağı ve her bir gizli katmanda kaç nöron olacağı bugüne kadar belirlenememiştir, probleme göre değışen bu nitelikler deneme-yanılma yoluyla bulunur. [8]

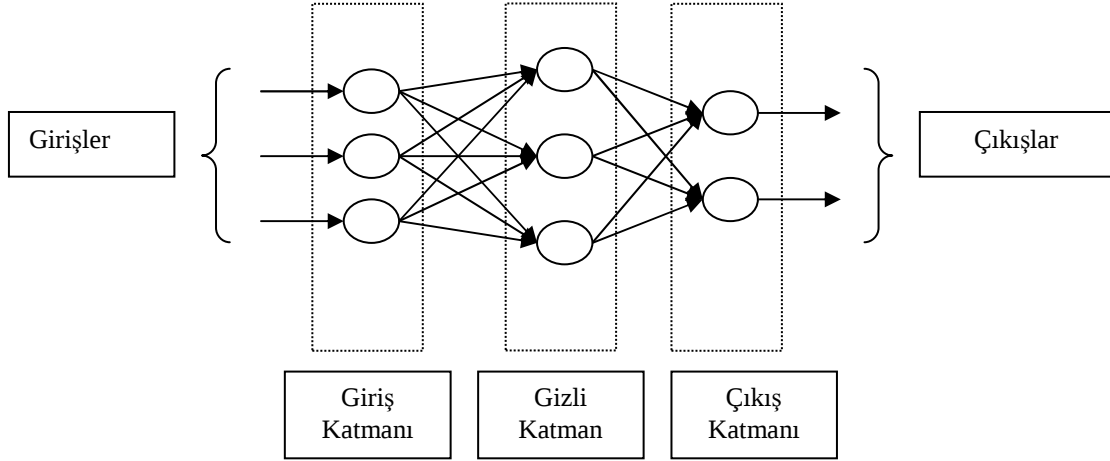
Yapay sinir ağıları bir programcının geleneksel yeteneklerini gerektirmeyen, kendi kendine öğrenme düzenekleridir. Bu ağılar öğrenmenin yanı sıra, ezberleme ve bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneğine sahiptir. Birçok yapay sinir ağı tipi bulunmakla birlikte bazılarının kullanımı diğerlerine göre daha yaygındır.

Yapay sinir ağılarının tümünde saklı tabakanın hücrelerindeki işlemciler ya iki kutuplu veya girilen değerlere göre sürekli artan türdendir. Bunlar büyük değerlere büyük küçüklere de küçük işlemci değerleri atayan matematik fonksiyonlarıdır. Bu tür işlemciler girdi verilerinde bir kümelemenin veya sınıflandırmanın bulunmaması durumlarında kullanılır. Ancak verilerde veya desenlerde bazı kümelenmelerin bulunması durumunda bunun bir yansıması olarak saklı tabaka işlemcilerinin böyle bir yapıya sahip olması beklenir. Bu tür kümeleme işlemlerine pratik uygulamalarında sıkça rastlanılır. Bu nedenle bir yapay sinir ağı saklı tabakası işlemcilerinin önceden kümelenmiş verilerle çalışması için radyal tabanlı işlemcili (RBF) yapay sinir ağıları kullanılır[9].

Bir RBF ağıının çalışma ilkesi, gizli katmanda bulunan RBF'lerin, ağıın istenilen giriş-çıkış ilişkisini sağlaması için uygun genişlik ve merkez parametreleri ile çözüm uzayına yerleştirilmeleri olarak açıklanabilir. Yani veri takımında bulunan her bir giriş verisi için, ağıdaki her bir RBF, bu verinin kendi merkezine olan uzaklığı ile doğru orantılı bir değer üretir. RBF'lerin her birinin ürettiğı bu değerler çıkış katında ağırlıklandırılarak toplanır. Böylece ağıın bu giriş verisi için ürettiğı çıkış elde edilmiş olur.

Kümelenmiş veya sınırlı zaman veya alan üzerinde çalışmalar yapmak yapay sinir ağının saklı tabakasındaki işlemcilerin daha işin başında istenen kümelemeye yer verecek biçimde ayarlanmasında yarar vardır. Bu nedenle saklı tabakada sürekli artan bir işlemci yerine belirli bir tesir alanı bulunan işlemcilerin kullanılması yönüne

gidilir. Bu tür işlemciler üçgen, yamuk, yarım daire ve benzeri şekillerde olabileceği gibi matematik bakımından türevi alınabilecek türden bir eğrinin olması teorik ve pratik hesaplamalar için daha uygundur. Bu nedenle genel olarak Gaussian (çan eğrisi) şeklinde bir işlemci tercih edilir[10-11].

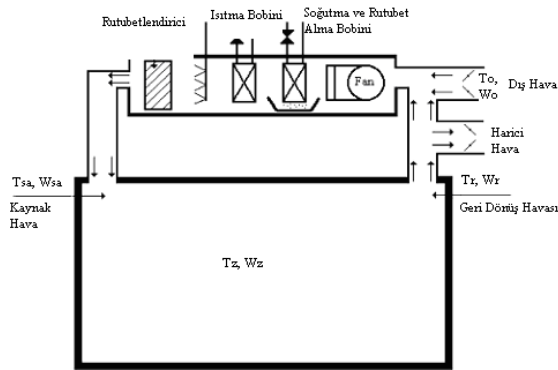


Şekil 1. İleri beslemeli çok katmanlı sinir ağı

3. KLİMA SİSTEM MODELİ

3.1 Sistemin Tanımı

Esas parçalar sistem modelindeki havası şartlandırılacak oda ve hava işleme ünitesi, fan, soğutma ve rutubetlendirme bobini, ısıtma bobini, rutubetlendirici, filtre ve çalışma kanalını içerir. Şekil.2 'de görülmektedir.



Şekil .2 HVAC Sisteminin Şematik Diyagramı

Bu çalışmada, sanayide kullanılan iklimlendirme sisteminin (HVAC) gerçek koşullarda çalışması modellenmiştir. HVAC sisteminin gerçek çalışması şu şekilde özetlenebilir: Odanın havası emiş kanalı vasıtasıyla ortamdan çekilir. Ortam sıcaklığı ve rutubeti ölçülür. İstenen set değerlerinde olup olmadığı kontrol edilir. Eğer sıcaklık yüksek ise, kapalı çevrim olarak çillerde soğutulan su pompası ile, su deposundan alınarak hava kanalına yerleştirilmiş olan radyatörden geçer. Geçen su miktarı 3 yollu vana ile ayarlanır[12].

Soğuk suyun fazlası depoya geri döner. Sıcaklık eğer düşük ise, yine hava kanalı üzerindeki elektriksel ısıtıcı vasıtası ile istenen set değerine ulaşınca kadar ısıtılır. Rutubet kontrolünde ise odanın rutubeti ölçülür ve değerlendirilir. Eğer yüksekse hava kanalı üzerindeki radyatör vasıtası ile hava, kanal içerisinden geçerken soğutulmuş radyatör üzerinde yoğunlaştırılır. Radyatörden geçen soğuk su, yine 3 yollu elektriksel vana yardımı ile

ayarlanır. Vana %0 ile %100 arasında açılıp kapanır.

Eğer rutubet az ise sisteme rutubet vermek için buhar silindiri cihazına istek sinyali yollar. Buhar silindiri rutubet değerini istenen değere çıkarınca ya kadar buhar üretir. Buhar silindiri sistemde elektriksel ısıtıcının önüne yerleştirilmiştir. İstenen oranda üretilen buhar bir boru vasıtasıyla kanal içerisine verilerek, kapalı çevrimde olan hava akışına karıştırılır ve ortama verilir. Isıtıcı ve buhar silindiri önüne aşırı ısı ve rutubeti ölçmek için sensörler emniyet olarak konulmuştur.

Taze hava, egzoz havası ve hava geri dönüşü için bir damper mevcuttur. Bu damperler ile oda içerisindeki dolaşan hava miktarı ayarlanır.

3.2 Oda Modeli

Bölgelerdeki karmaşık termal sistemlerde, model oluştururken tamamıyla teorik yaklaşımlar kullanışsızdır. Oda modelinde 3 değişkenli durum karakterize edilmiştir. Oda sıcaklığı (T_z), iç duvar sıcaklığı (T_{wi}) ve odanın rutubet oranı (W_z). Oda homojen karışım olduğu farz edilmiştir. Bu yüzden sıcaklık odaya düzenli ve her tarafı dolduracak şekilde dağıtılmalıdır. İlave olarak kuzey duvarının etkisi güney ile aynı, doğu duvarı ve batı duvarının etkisi aynı, farz edilmiştir. Oda toprağın sıcaklık etkisi dikkate alınmamıştır. Havanın yoğunluğu sabittir. İnsanlar, lambalar ve aşırı hava şartları kontrol dışı girişler olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında enerji ve kütle dengesi eşitliği[12];

$$C_z \frac{dT_z}{dt} = f_{sa} \rho_a C_{pa} (T_{sa} - T_z) + 2U_{w1} A_{w1} (T_{w1} - T_z) + U_R A_R (T_R - T_z) + 2U_{w2} A_{w2} (T_{w2} - T_z) + q(t) \quad (1)$$

$$C_{w1} \frac{dT_{w1}}{dt} = U_{w1} A_{w1} (T_z - T_{w1}) + U_{w1} A_{w1} (T_0 - T_{w1}) \quad (2)$$

$$C_{w2} \frac{dT_{w2}}{dt} = U_{w2} A_{w2} (T_{za} - T_{w2}) + U_{w2} A_{w2} (T_0 - T_{w2}) \quad (3)$$

$$C_R \frac{dT_R}{dt} = U_R A_R (T_z - T_R) + 2U_R A_R (T_0 - T_R) \quad (4)$$

$$V_z \frac{dW_z}{dt} = f_{sa} (W_{sa} - W_z) + \frac{\rho(t)}{\rho_a} \quad (5)$$

(1) Eşitlik durumunda odadan konveksiyon ve enerji çıkarılmıştır veya iletkenlikle odanın enerji transferi arasındaki fark, odadaki enerjinin değişim hızına eşittir.

(2-4) Bu eşitlikte hız değişim oranı, duvar içi ve dış hava arasındaki sıcaklık farkının duvarların geçirgenliğine bağlı olarak enerji transferine eşittir.

(5) Benzer bir şekilde odadan taşınan ve ilave edilen rutubet arasındaki odanın neminin değişim hızıdır.

3.3 Isıtma Bobin Modeli:

Isıtma bobini içerisindeki su hava ısısını değiştirir ve bina içerisindeki ventilasyon ile havanın şartlandırılmasını sağlar. Bobin içerisindeki suyu ve kütle akış oranını sabit farz eder. 0.084 Kg/s' ye eşittir. Soğutulan materyalin iletkenliği yüksek olmalı ve suyun termal direnci önemsizdir. Su ısıtma bobini ile ısıtılır T_{wi} . Su sıcaklığı ısıtma bobininden çıkar, T_{wo} sabit ve 10°C' ye eşittir. Sıcak su ve havanın eşitliği;

$$C_{ah} \frac{dT_{co}}{dt} = f_{sw} \rho_w C_{pw} (T_{wi} - T_{wo}) + (UA)_a (T_o - T_{co}) + f_{sa} \rho_a C_{pa} (T_m - T_{co}) \quad (6)$$

Kütle dengesi;

$$V_{ah} \frac{\partial W_{co}}{\partial t} = f_{sa} (W_m - W_{co}) \quad (7)$$

(6) denklemi çepeçevre dönen havanın enerji transferi ve ısıtma bobinindeki suyun

akış hızının kattığı enerji bobindeki geçen havanın değişim hızını gösterir.

3.4 Rutubetlendirme Modeli:

Atmosferik havaya su buharının kütesel aktarma süreci rutubetlendirme olarak adlandırılır. Sonuç olarak su buharı ortama karıştırılarak artırılır. Aşırı derecede düşük rutubet insan bünyesinde istenmeyen etkiler yapar. Bu ölçme ve kontrol hava şartlandırma işleminin önemli bir aşamasıdır. rutubet modeli için enerji ve kütle eşitliğini şöyle tanımlamıştır;

$$C_h \frac{dT_h}{dt} = f_{sa} C_{pa} (T_{si} - T_h) + \alpha_h (T_o - T_h) \quad (8)$$

$$V_h \frac{dW_h}{dt} = f_{sa} (W_{si} - W_h) + \frac{h(t)}{\rho_a} \quad (9)$$

(9) eşitliği, $h(t)$ rutubet oranını, fonksiyonu ve rutubetlendiricinin üretim miktarı, havadaki rutubetin oranıdır.

3.5 Sensor Modeli:

Sistemin performansını ve kontrol sisteminin düzenini geri besleme sinyalinin ve bölgenin mutlak ve neminin sıcaklığını veren sensörlerin fonksiyonudur. Sadeleştirecek olursak bu çalışmada, ilk olarak sistemin düzeni için zaman sabiti τ 'yi 1 sn' ye eşit olarak alıyoruz. Bu yüzden;

$$T_{se}(s) = \frac{\tau_{se}}{\tau_{se}s + 1} T_{me}(s) \quad (10)$$

3.6 Fan Modeli:

İlk olarak fan modeli seçilmelidir ve havanın fiziksel özelliklerinin etkisindeki hava sıcaklık değişimleri ihmal edilebilir. Fan motorunun yeri akışta ise fan motoru, havaya ısı transferi yapar. Normalde bu sebeple ısı artışı, yaklaşık 1-2 °C' dir. Burada fanın rutubete etkisi yoktur. Çünkü Şekil 2 'de görüldüğü gibi yeri fandan sonradır.

3.7 Karışım Kutusu:

Hava şartlandırma sistemlerinde, ortak uygulamalarda hava dağılımı karışıktır ve genellikle adiyabatik şartlar sabit ve düzgün bir şekilde meydana gelmektedir. Bu çalışmada, birleşme noktasındaki sürtünmenin etkisi ihmal edilmiştir. Enerji ve kütle dengesinin eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$m_r C_{pa} T_r + m_o C_{pa} T_o = m_m C_{pa} T_m \quad (11)$$

$$m_r + m_o = m_m \quad (12)$$

$$T_m = \frac{m_r T_r + m_o T_o}{m_r + m_o} \quad (13)$$

$$W_m = \frac{m_r W_r + m_o W_o}{m_r + m_o} \quad (14)$$

3.8 Kanal Modeli:

Kanal ünitesi için bir model geliştirip kullanmıştır. Giriş hava sıcaklığı T_{in} ve çıkış hava sıcaklığı, T_{out} hava sıcaklığının hız değişimidir.

$$\frac{dT_{out}}{dt} = \frac{(h_i + h_o) m a C_p}{h_i m_c C_c} (T_{in} - T_{out}) \quad (15)$$

3.9 Soğutma ve Rutubet Alma Bobin Modeli:

Soğutma bobini ikincil hava dağıtım sistemlerinin ve ilk tesis arasındaki fark çok önemli bir ara birimdir. Hava, şartlandırmanın önem arz eden bir parçasıdır. Hava bobine temas ederek geçer ve yüzeyine temas anında hava tribün içerisindeki suyun ısını transfer eder. Soğutma bobininin önemi, birçok modelde cevap karakteristiği ve geçici davranışları üzerinde çalışmalar geliştirilmiştir. Soğutulmuş su bobininin geçici modeli çıkarılmıştır. Hava sıcaklığı T_a ve rutubet oranı W_a ve suyun sıcaklığının T_w fonksiyon eşitliği yaklaşık olarak şöyledir:

Kontrol edilecek sistem ve referans model aşağıdaki eşitliklerle ifade edilebilir.

$$\dot{c}(t) + f[c(t)] = u(t), t \geq 0 \quad (30)$$

$$\dot{c}_m(t) + a_m c_m(t) = k_m r(t), t \geq 0 \quad (31)$$

Burada $c(t) = [c_1(t), c_2(t)]$ ve $c_m(t) = [c_{m1}(t), c_{m2}(t)]$ sırasıyla sistem referans model çıkışlarıdır. $u(t) = [u_1(t), u_2(t)]$ kontrol işaretidir. $f(\cdot)$ Lipschitz ve sürekli olarak değişebilen (doğrusal olmayan) bir fonksiyondur. $k_m = [k_{m1}, k_{m2}]$ ve $a_m = [a_{m1}, a_{m2}]$ kontrol senaryosu hazırlanırken seçilen katsayılarıdır. Burada amaç ağ parametrelerini güncelleyerek $u(t)$ kontrol işaretinin elde edilmesidir. Böylece kontrol kuralı aşağıdaki eşitlik ile ifade edilebilir.

$$u(t) = -a_m c(t) + k_m r(t) + N_f[c(t), w(t)] = \theta^T \Phi(t) \quad (32)$$

N_f RBF ağının çıkışı, w yapay sinir ağının ağırlık vektörüdür. $\theta = [a_m, k_m, 1]^T$, sabit parametreler vektörü, $\Phi(t) = [-c, r, N_f]$ fonksiyonlar vektörüdür. Kontrol şemasının daha iyi anlaşılması açısından yukarıdaki eşitlikler aşağıdaki gibi birleştirilebilir.

$$[\dot{c}(t) - \dot{c}_m(t)] + a_m [c(t) - c_m(t)] = N_f[c(t), w(t)] - f[c(t)] \quad (33)$$

$$e(t) \triangleq c(t) - c_m(t) \quad (34)$$

$N_f, f(\cdot)$ 'e yaklaştığı zaman eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir.

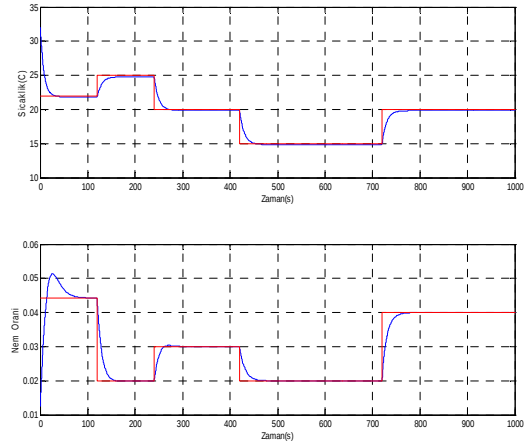
$$\dot{e}(t) + a_m e(t) \approx 0$$

Bu eşitlik sistemin hata dinamiklerini ve hatanın sıfıra yaklaştırılması durumunu ifade etmektedir.

5. KONTROL SİSTEMİ SİMÜLASYON DEĞERLERİ

Matematiksel model ve kontrol sistemi Matlab ortamında çözdürülmüş ve farklı set değerleri için aşağıdaki sonuçlar elde

edilmiştir. Şekil 5 te simülasyon sonucu elde edilen grafikler gösterilmiştir.



Şekil 5 Simülasyon sonu elde edilen grafikler

6. SONUÇ

Önerilen kontrol sistemi sayesinde kontrol edilen sistemin kullanılan referans modele yaklaşan çıkış büyüklüklerini yakalayabildiği ve oldukça iyi bir performansa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu kontrol sisteminin matematiksel çalışmalar yapılmadan farklı yapıya sahip benzer sistemlerde de iyi bir performans göstereceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın matlab ortamında simülasyonu yapılarak gerekli algoritmalar ve çıkış büyüklükleri grafikler halinde verilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] O. Doğmuş, A. Onat, Ş. Yılmaz Ş, Ş. Ergün, Tekstil Fabrikalarındaki Bağlı Nemin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Kontrolü, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 8(1)-2005, K. Maraş
- [2] G. Clifford, Modern Heating, Ventilating and Air Conditioning., Prentice Hall, Endlewood Cliffs, New Jersey, 1990, 164p
- [3] A. Özek, M. Sinecen, Klima Sistem Kontrolünün Bulanık Mantık ile Modellemesi, 2004 PAU, mühendislik fak. Dergisi, sayı 3 sayfa 353-358

- [4] K.J.Chua, J.C. Ho, S.K. Chou, A Comparative Study of Different Control Strategies For Indoor Air Humidity, 2006, Energy and Building, Singapore
- [5] T.M.Peng,, N.F Hubele, G.G Karady, Advancement in the Application of Neural Networks for STLF, IEEE Trans. on Power Sys., Cilt 7, No1, 250-257, 1992.
- [6] S.Haykin,, Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Prentice Hall, New Jersey, 1998
- [7] J.Park,I.W. Sandberg, Universal Approximation Using Radial Basis Function Networks, Neural Computation, Cilt 3, 246- 257, 1991.
- [8] J.Park,I.W. Sandberg, Approximation and Radial Basis Function Networks. Neural Comput., 1993, 5, 305–316.
- [9] S.V.Kartalopoulos, Understanding Neural Network and Fuzzy Logic, IEEE Press, New York,1996.
- [10] H.Demuth, M. Beale, Neural Network Toolbox For Use with MATLAB User's Guide Version 4, MA, 2000.
- [11] P.Venkatesan, S.Anitha, Application Of A Radial Basis Function Neural Network For Diagnosis Of Diabetes Mellitus Current Science, Vol. 91, NO. 9, 10 november 2006 India
- [12] G. Elbistanlı, (HVAC) Sisteminin MLP Tipi Yapay Sinir Ağları (YSA) Kullanarak Denetlenmesi, KSÜ, Y.lisans tezi, 2007