

Received: November 16, 2017

Accepted: January 17, 2018

Thermal Model of Jet Dyeing Machine

Lütfullah Dağkurs^{1*}, İsmail İŞERİ²

¹ Tekstil Teknolojileri Bölümü / Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye

² Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

Abstract

Jet dyeing machines are dyeing machines used for dyeing knitted and woven fabrics in the form of tubes or ropes under high temperature and pressure. It is generally used for dyeing and pre-finishing cotton, synthetic or cotton-synthetic blends. In this study, the thermal model of the jet dyeing machines used in the textile sector was constructed and the thermal characteristics were compared with different control systems.

Keywords: Jet Dyeing Machine, Control Systems, Thermal Model

Jet Boyama Makinesinin Termal Modeli

Lütfullah Dağkurs^{1*}, İsmail İŞERİ²

Özet

Jet boyama makineleri yüksek sıcaklık ve basınç altında tüp veya halat formunda örme ve dokuma kumaşlarının boyanması için kullanılan boyama makineleridir. Genel olarak pamuk, sentetik veya pamuk-sentetik karışımı kumaşların boyanmasında ve ön terbiyesinde kullanılır. Yapılan çalışmada tekstil sektöründe kullanılan jet boyama makinelerinin termal modeli oluşturularak termal karakteristikleri farklı kontrol sistemleri kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Jet Boyama Makinesi, Termal model, Kontrol Sistemleri

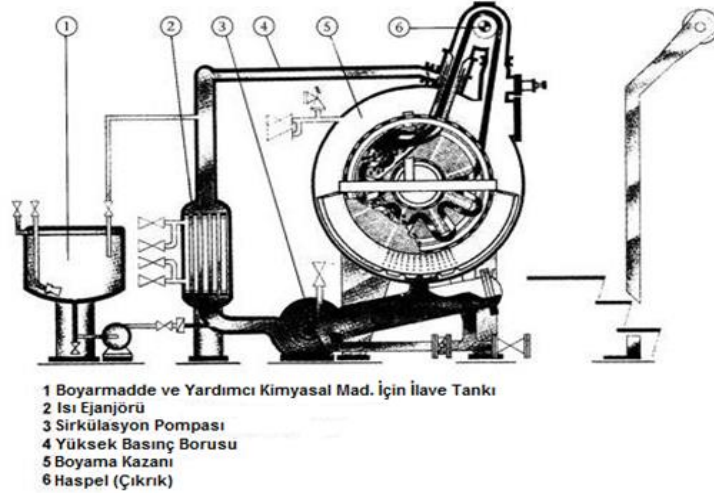
1. Giriş

Boya çözeltilisinin bir jet ile püskürtülerek kumaşın boyama makinesi içinde hareketinin sağlanması fikri ilk defa Victor Faringer (1958) tarafından ortaya atılmış ve bu prensibe dayalı olarak çalışan ilk makina 1962’de fuarda sergilenmiştir. ITMA67 fuarında ise jet prensibine dayanarak çalışan sadece bir makina sergilenirken Paris’de yapılan ITMA71 fuarında ise 25’in üzerindeki makine üretici firmalar bu sisteme göre çalışan makinalarını sergilemiştir [1].

Yüksek basınç altında yüksek sıcaklığa çıkılarak yapılan boyama işleminin başlanmasından sonra PES liflerinin boyanmasında kullanılan dispers boyarmaddesinin uygulama teknikleri hızlı bir şekilde ilerlemiştir. PES liflerinin hidrofobik yapısından dolayı çok düşük boyama hızları göz önüne alındığında önceleri bir hızlandırıcı veya carrier ilavesiyle yapılan boyamalar, yüksek basınç ve sıcaklığın uygulandığı jet boyama makinalarının çok hızlı banyo sirkülasyonu sayesinde düşük olan boyama hızlarını arttırmıştır [2].

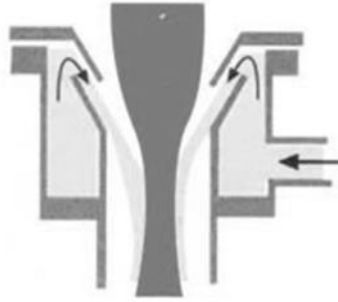
*Corresponding Author, e- mail: lutfullah.dagkurs@gop.edu.tr

Günümüzde tekstil sektöründe PES liflerinden oluşan kumaşların boyanmasında Jet Boyama Makineleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Boyama süresinin diğer boyama makinelerine göre kısa oluşu, flotte (birim kumaş ağırlığı başına düşen çözelti miktarı) oranının düşük oluşu, düşük su tüketimi ve yüksek boyama kapasiteleri gibi nedenlerle tekstil boyama sektöründe kullanımı zamanla yaygınlaşmıştır. Jet boyama makineleri basınca dayanıklı yapıları sayesinde PES için gerekli olan $130C^0$ - $140C^0$ gibi sıcaklıklara çıkabilmektedir. Bir jet boyama makinesini oluşturan kısımlar şematik olarak Şekil 1. 'de gösterilmiştir [3].



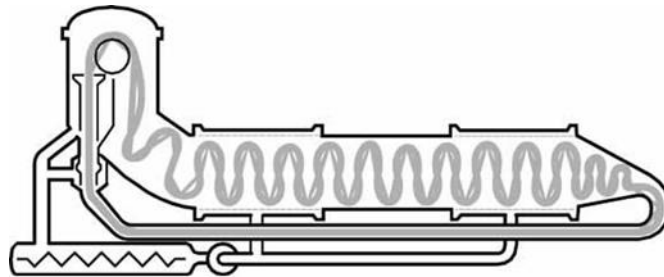
Şekil 1 . Jet Boyama Makinesi (Anonim)

Jet boyama makinasında sirkülasyon ana kazanın dibinden emilen flottenin santrifüj pompası aracılığıyla eşanjöre basılarak ısıtılması ve buradan da ventüri borusuna (düze) basılması (Şekil 2) şeklinde sağlanır [4].



Şekil 2. Düze (Heshan Perfect Dyeing Equipment Factory Co.,Ltd.)

Makinanın içinde kumaş düze yardımıyla kumaş sevk borusuna doğru emilerek (Şekil 3) boyama çözeltisi ile dolu olan ana kazanın tabanında pileler oluşturarak yığılır. Kumaş halat veya tüp şeklinde olabilmektedir [4].



Şekil 3. Kumaşın Jet Boyama Makinesi İçindeki Hareketi (Anonim)

2. Materyal ve Yöntem

Yapılan bu çalışmada oluşturulan model Matlab® Simulink'de bulunan “Thermal Model of a House” demosundan yararlanılarak oluşturulmuştur [5].

Referansı verilen model üzerinde aç-kapa kontrol denetimine ilave olarak PID kontrol denetimi eklenmiş, jet boyama makinasına ait parametreleri içeren bir .m dosyası oluşturulmuş, hata sinyali ve kumanda sinyalinin okunabilmesi için grafik ekranı eklenmiştir.

Jet boyama makinesindeki çözeltili işletmenin buhar kazanından gelen yüksek basınçlı buharın eşanjörden geçmesi ile ısıtılmaktadır.

Kayıplar ihmal edilirse, eşanjörden çözeltiliye geçen birim zamandaki ısı miktarı;

$$\frac{dQ}{dt} = (T_e - T_j) \cdot \dot{m} \cdot c \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanabilir. Burada;

- $\frac{dQ}{dt}$: Eşanjörden çözeltiliye verilen ısı miktarı
- \dot{m} : Eşanjörden geçen buharın debisi (kg/sa)
- c : Sabit basınçtaki buharın ısı kapasitesi
- T_e : Eşanjörden geçen buhar sıcaklığı
- T_j : Çözeltili sıcaklığı'dır.

Boyama kazanı ile çevre arasındaki ısı alışverişi ise;

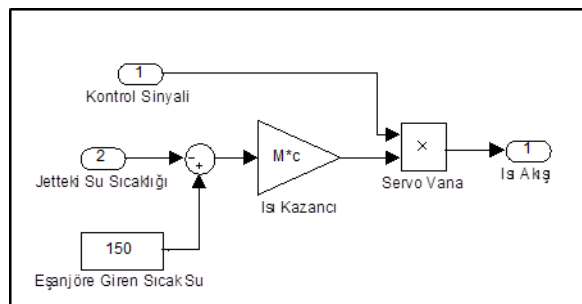
$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{kayıp} = \frac{T_j - T_{ortam}}{R_j} \quad (2)$$

$$\frac{dT_j}{dt} = \frac{1}{M_{su} \cdot c} \left(\frac{dQ_{eşanjör}}{dt} - \frac{dQ_{kayıp}}{dt} \right) \quad (3)$$

eşitliklerinden hesaplanabilmektedir. Burada;

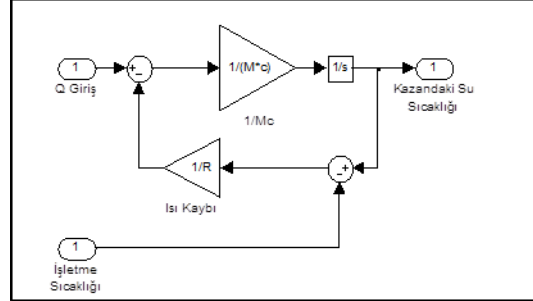
- M_{su} : Jet içerisindeki çözeltili kütlesi
- R_j : Boyama makinesinin termal direnci

Eşanjörden çözeltiliye geçen ısı miktarının hesaplanmasında eşanjöre giren sıcak su sıcaklığı ve boyama makinesinden eşanjöre gelen çözeltilinin sıcaklığı (1) numaralı eşitlik kullanılarak Matlab® Simulink'de oluşturulan modelde hesaplanmıştır (Şekil 4).



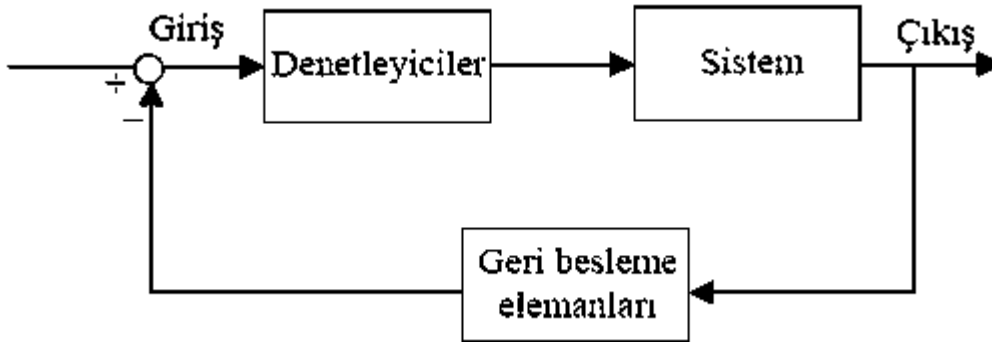
Şekil 4. Eşanjör Simülasyon Modeli

Jet boyama makinesinin termodinamik modelinin oluşturulmasında (2) ve (3) numaralı eşitlikler kullanılarak eşanjörden boyama makinasına verilen ısı miktarı ($Q_{Giriş}$)'na bağlı olarak boyama makinesinde bulunan çözelti sıcaklığı (T_j) Matlab® Simulink'de oluşturulan model ile hesaplanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Jet Boyama Makinesinin Termodinamik Modeli

Kontrol sisteminin temel çalışma mantığı, çıkıştaki değişimlerden meydana gelen geri besleme sinyalinin giriş sinyali ile arasındaki fark olan hata sinyali alınarak sistem çıkışının istenen değere ulaşmasını sağlamaktır. Bu tür sistemlerde daima giriş ile çıkışın bir farkı alınır ve denetim organına bir hata girişi olarak iletilir. Bu tür sistemlere aynı zamanda geri beslemeli sistemler de denir (Şekil 6).



Şekil 6. Geri Beslemeli Denetim Sistemi

Denetim organı çıkışın istenen değere getirilmesini ve bu değerın sabit tutulmasını sağlar. Negatif geri besleme endüstriyel sistemlerin en belirgin özelliğidir ve daima hatayı en küçük tutmayı veya sıfır yapmayı amaçlar [6].

Yapılan çalışmada istenilen boyama sıcaklığının eldesi için kullanılan kontrol denetçisi hesaplanan hata sinyaline göre eşanjöre bağlı bir servo vanayı istenilen oranda açıp kapatabilmek için bir kumanda sinyali göndermektedir. Hata sinyali;

$$e(t)_{hata} = e(t)_{giris} - e(t)_{cikis} \quad (4)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Burada;

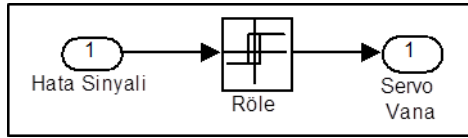
$e(t)_{hata}$: Hata sinyali

$e(t)_{giriş}$: İstenilen boyama sıcaklığı

$e(t)_{çıkış}$: Boyama çözeltisinin o anki sıcaklığı'dır.

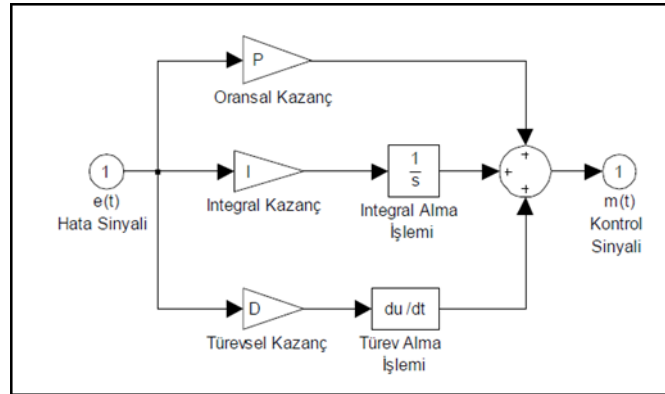
Aç-kapa kontrol sisteminin kullanılması durumunda sistemin enerjisi güç elemanına ya tam uygulanır, ya da tam kesilir. Güç elemanı iki durumda bulunabilir; ya çalışıyordur ya da duruyordur. Bu tip açık – kapalı kontrol denetiminde kontrol değişkeni olan ortam sıcaklığı sürekli olarak değişim halindedir [7].

Bu değişim değeri ayar değerinden düşük olduğunda buhar vanası açılmakta, yüksek olduğunda ise buhar vanası kapatılmaktadır. Oluşturulan modelde aç-kapa denetimi için bir termostat devresi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu devre istenilen sıcaklık değerinin $+5C^{\circ}$ üstüne çıktığında vanayı kapatacak, $-5C^{\circ}$ altına indiğinde ise vanayı açacak şekilde çalışmaktadır. Oluşturulan modele ait termostat devresi Şekil 7'de verilmiştir.



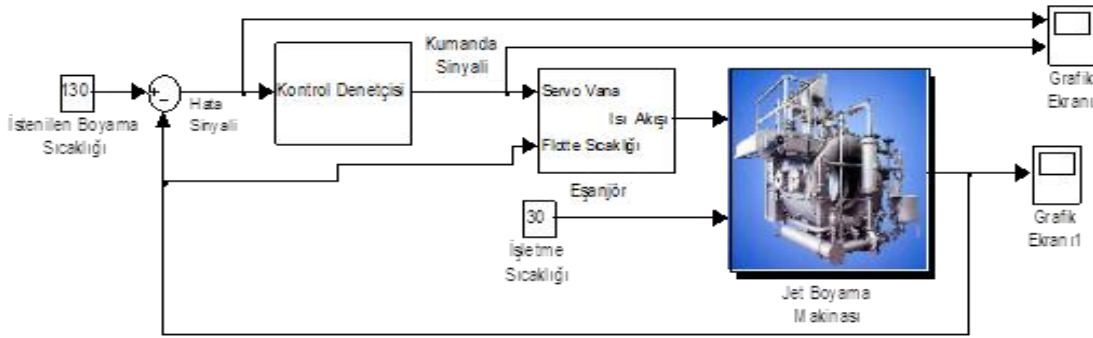
Şekil 7. Termostat Modeli

PID (orantı-türevl-integral) günümüzde çok kullanılan bir kontrol yöntemidir. PID denetim; orantı, türev ve integral gibi 3 temel denetim etkisinin bileşiminden meydana gelmiştir. PID denetim üç temel etkisinin üstünlüklerini tek bir birim içinde birleştiren bir denetimdir [7]. Oluşturulan modele ait PID denetim organı Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8. PID Modeli

Yapılan çalışmada oluşturulan simülasyon modeli Tablo 1'de verilen başlangıç parametreleri ile çalıştırılmış, sırasıyla aç-kapa ve PID kontrol denetçisi kullanılması durumunda jet boyama makinesindeki sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Kontrol denetçisi ilave edildikten sonraki modelin en son hali Şekil 9'da görülmektedir.



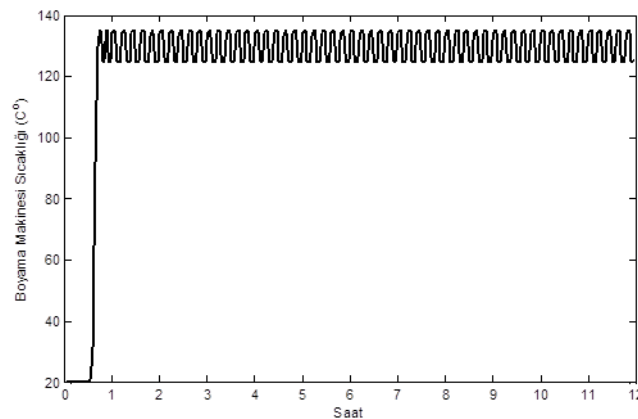
Şekil 9. Simülasyon Modelinin Genel Görünümü

Tablo 1. Simülasyon Başlangıç Değerleri

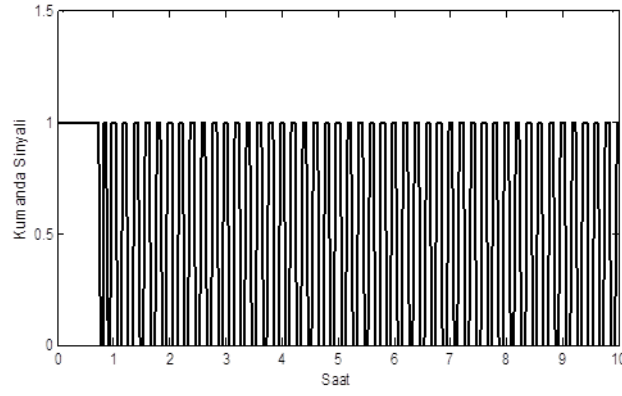
PARAMETRE	DEĞER
Kumaş Miktarı	500Kg
Flotte Oranı	1/5
İşletme İçi Sıcaklığı	30C ⁰
Eşanjöre Gelen Buhar Sıcaklığı	160C ⁰
Boyama Makinesinin Termal Direnci	4.7E-7W/mK
Flotte Başlangıç Sıcaklığı	20C ⁰
Pompa Debisi	4000Kg/h
Su cp	4200J/Kg.K

3. Bulgular

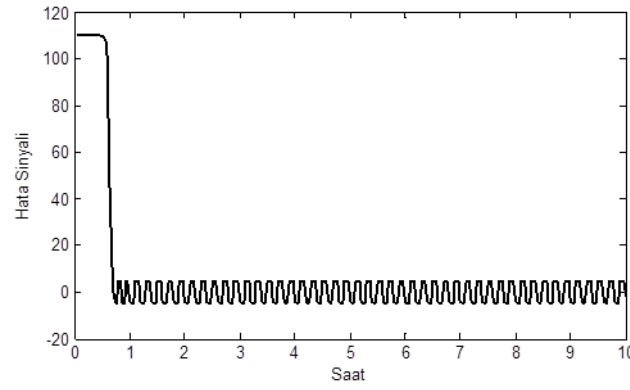
Aç-kapa denetim sistemi kullanılması durumunda istenilen boyama sıcaklığı, aç-kapa sinyali ve hata sinyali değişimi Şekil 10, 11 ve 12’de gösterilmiştir.



Şekil 10. Aç-Kapa Denetim Sistemi Kullanılması Durumundaki Sistemin Cevap Grafiği

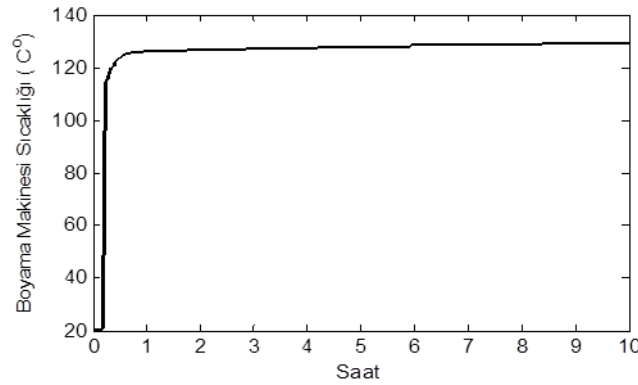


Şekil 11. Aç-Kapa Denetim Sisteminin Kumanda Sinyali

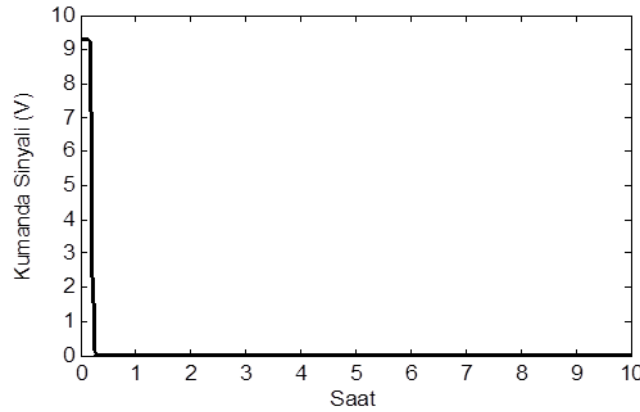


Şekil 12. Aç-Kapa Denetim Sisteminin Hata Sinyali

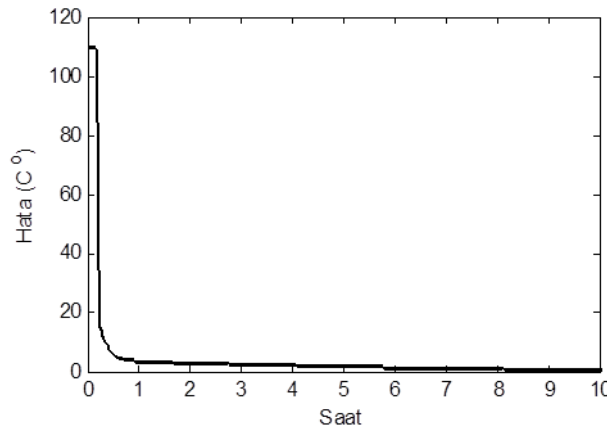
PID (orantı-türev-integral) kontrol denetçisi kullanılması durumunda istenilen boyama sıcaklığı, kumanda sinyali ve hata sinyali değişimi Şekil 13,14 ve 15'de gösterilmiştir.



Şekil 13. PID Denetim Sistemi Kullanılması Durumundaki Sistemin Cevap Grafiği



Şekil 14. PID Denetim Sistemi Kullanılması Durumundaki Sistemin Kumanda Sinyali



Şekil 15. PID Denetim Sistemi Kullanılması Durumundaki Sistemin Hata Sinyali

4. Sonuç

Açık – kapalı kontrol denetiminde kontrol değişkeni olan ortam sıcaklığı sürekli olarak değişim halindedir. Bu değişim değeri ayar değerinden düşük olduğunda ısıtıcı devreye girmekte, yüksek olduğunda ise devreden çıkmaktadır. Sürekli olarak açma kapama şeklinde gerçekleşen kontrol denetimi devamlı bir osilasyona neden olmaktadır. Böyle bir osilasyon güç elemanını çalıştırıp durduran sürücü devrenin çabuk bozulmasına neden olmakta ve sistemin verimini düşürmektedir [7].

Özellikle PES lifinden oluşan kumaşın boyanması düşünüldüğünde PES lifinin boyanmasında kullanılan dispers boyama maddesinin life yerleşimi için gerekli sıcaklıkta boyarmadde çözeltisinin sabit sıcaklıkta tutulması önemlidir. Aksi halde kumaşın boyanması sırasında problemler açığa çıkabilmektedir.

PID denetim sisteminin kullanılması durumunda istenilen boyama sıcaklığına açık-kapalı kontrol sistemine göre daha hızlı bir şekilde ulaştığı görülmektedir. Ayrıca açık-kapalı kontrol sisteminde görülen osilasyon PID denetimde görülmemekte istenilen sıcaklık değerinde kalıcı-durum hatası olmadan boyama işleminin sabit sıcaklıkta olmasını sağladığı görülmektedir.

5. Kaynaklar

- [1] M. Clark, “Handbook of textile and industrial dyeing”, Woodhead Publishing Limited, 2011, p258
- [2] N. Board, “ The Complete Technology Book On Dyes & Dye Intermediates”, National Institute Of Industrial Research, India, p484
- [3] (2017) Tekstil Sayfası website. [Online].
Available : <https://tekstilsayfasi.blogspot.com.tr/2013/01/jet-boyama-makinasi>
- [4] Y.Özcan, Tekstil Elyaf Ve Boyama Tekniği, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniv. Kimya Fak. Y., 1978,pp 163-164
- [5] (2017) The Mathworks website. [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/>
- [6] L. Dağkurs, “Yapay Zeka Yöntemleri Kullanılarak Dokuma Makinelerinde Çözümlü Besleme Sistemi Tasarımı,” M. Dr. thesis, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa,Turkey, 2010.
- [7] Yılmaz M., Kaya İ., Servo-Senkro Mekanizmalar Ders Notu, Mersin Üniversitesi, 1992, s.62