

KENDİNDEN AYARLAMALI SAYISAL PID TASARIMI

İrfan Yazıcı, Ayhan Özdemir, Fahri Vatansever

Özet - Bu çalışmanın konusu, parametrelerini kendisi ayarlayan dijital PID kontrolörünün mikrokontrolör tabanlı olarak gerçekleştirilmesidir. Kendinden ayarlama özelliği, özellikle matematiksel modellerinin elde edilmesi zor olan sistemler için çok kullanışlıdır. Bu çalışmada parametrelerin hesaplanmasında Nichols-Ziegler açık çevrim metodu kullanılmıştır. Sistemin cevap eğrisi, polinomal eğri uydurma yöntemi kullanılarak, sistemden alınan sıcaklık verilerinden oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler– Nichols-Ziegler, PID, Eğri Uydurma

Abstract – In this study, a microcontroller based self tuning PID controller is designed. Nichols –Ziegler open loop method is used for PID controller parameter calculation. The response curve of the system is calculated with temperature data by using polynomial curve fitting method. Maximum slope and dead time are calculated from this response curve.

Key Words – Nichols - Ziegler, PID, Curve Fitting

I. GİRİŞ

Bugün endüstride kullanılan kontrolörlerin çok büyük bir kısmını oluşturan PID kontrolörleri, ilk kullanımlarından bugüne kadar teknolojiye paralel olarak büyük değişiklikler göstermişlerdir. İlk kullanılan analog PID kontrolörlerinden günümüzde parametrelerini kendi ayarlayabilen PID' lere ulaşılmıştır. Mikroişlemcilerin gelişmesi ve kontrol sistemlerinde kullanılması kontrol sistemlerine, otomatik parametre tayini, kazancın ayarlanabilmesi gibi çeşitli özellikler katmıştır. [1] Mikrokontrolör tabanlı uygulamalar mikroişlemci tabanlı uygulamalardan farklıdır. Mikrokontrolörler, tek bir entegre içersinde A/D, D/A veri ve program hafıza alanı,

İYAZICI, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Böl. Esentepe/Sakarya iyazici@sakarya.edu.tr
ÖZDEMİR, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Böl. Esentepe/Sakarya aozdemir@sakarya.edu.tr
VATANSEVER, Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Elektronik Eğitimi, Esentepe/Sakarya fahriv@sakarya.edu.tr

giriş-çıkış hatları gibi bir kontrol sisteminde ihtiyaç duyulabilecek çevresel birimleri içerir. Bu birimlere yapılacak az bir donanım ilavesiyle dijital kontrolörler oluşturulabilir.

II. PID KONTROLÖRÜNÜN TRANSFER FONKSİYONU

Sürekli işaretle çalışan PID kontrolörü,

$$x(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) \cdot dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt}$$

denklemleriyle ifade edilir. [7]

z- tanım bölgesinde PID kontrolörünün transfer fonksiyonunu elde edebilmek için integral ve türev ifadelerini,

$$Z \left\{ \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \right\} = \frac{K_i T}{2} \frac{z+1}{z-1}, \quad Z \left\{ K_p \cdot \frac{de(t)}{dt} \right\} = \frac{z-1}{zT} K_d$$

şeklinde yeniden düzenlersek, dijital PID kontrolörünün transfer fonksiyonu,

$$G_{PID} = \frac{X(z)}{E(z)} = K_p + \frac{K_i T}{2} \frac{z+1}{z-1} + K_d \frac{z-1}{z}$$

şeklinde olur.

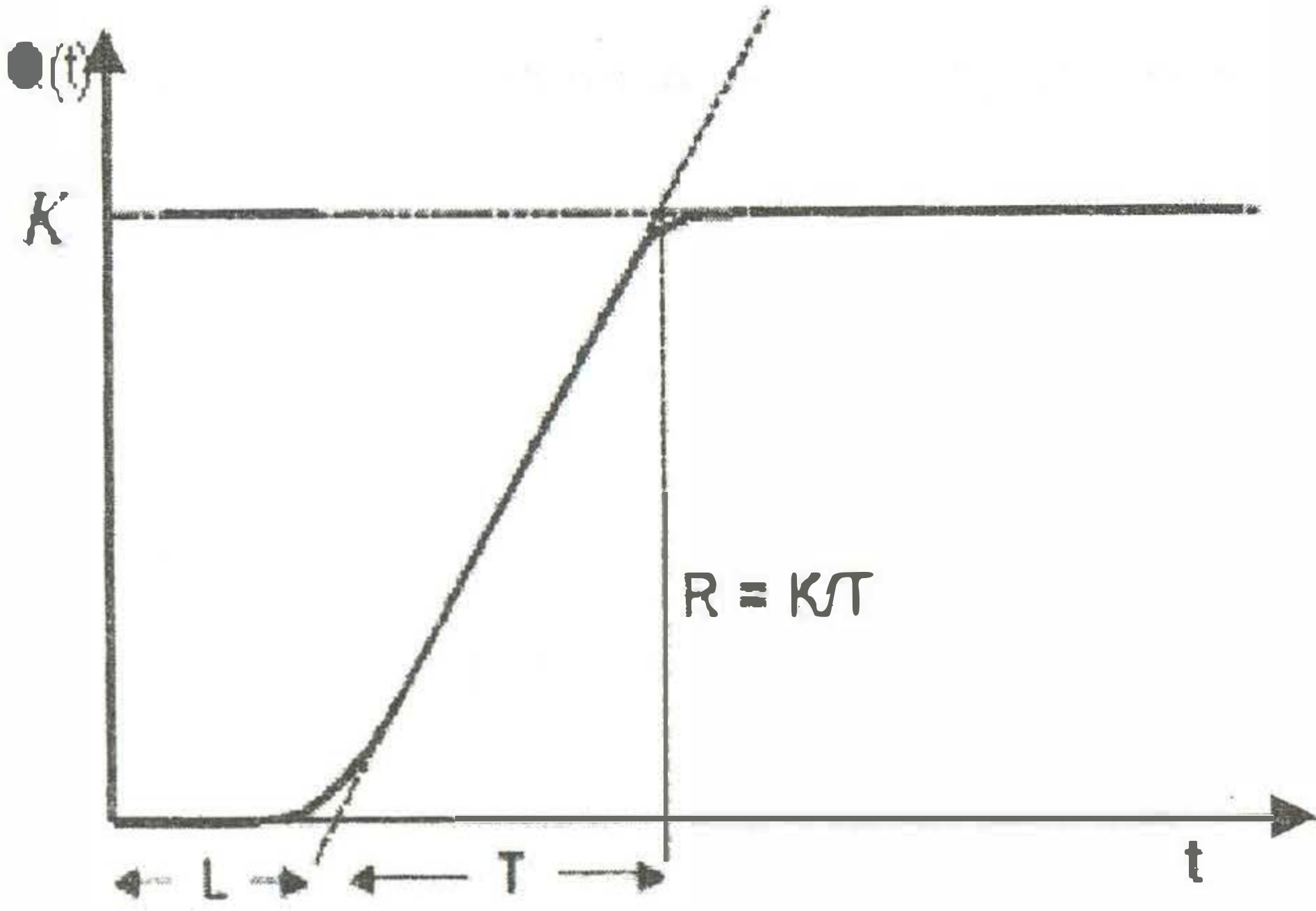
III. PARAMETRELERİN HESAPLANMASINDA KULLANILAN METODLAR

Kendinden ayarlama kullanılan metodlarda son yıllarda büyük gelişmeler kaydedilmiştir.[3] Röle yöntemi, Cohen-Coon metodu ve Nichols-Ziegler metodları sıkça kullanılan metodlardır. Bu metodlar içersinde, pratik uygulamalarda en çok tercih edilen Nichols-Ziegler metodlarıdır.

III.1. Nichols-Ziegler Metodu

Açık çevrim ve kapalı çevrim olmak üzere iki tip Nichols-Ziegler metodu vardır. Kapalı çevrim Nichols-Ziegler metodunda sistem osilasyona sokulur, osilasyon periyodu ölçülür ve Nichols-Ziegler tarafından önerilen ifadeler kullanılarak PID' nin parametreleri hesaplanır.

Bu çalışmada açık çevrim Nichols-Ziegler metodu kullanılmıştır. Bu metod "sistem cevap eğrisi metodu" olarak bilinir. Bu metodda sisteme uygulanması mümkün olan en küçük test işareti uygulanır ve sistemin kararlı hale gelmesi beklenir. Sistem kararlı hale geldikten sonra sistem cevap eğrisinden, maksimum eğim ve ölü zaman hesaplanır. Şekil 1' te herhangi bir sistemin cevap eğrisi üzerinde maksimum eğim ve ölü zaman gösterilmiştir.[4]



Şekil 1 Herhangi bir sisteme ait cevap eğrisi

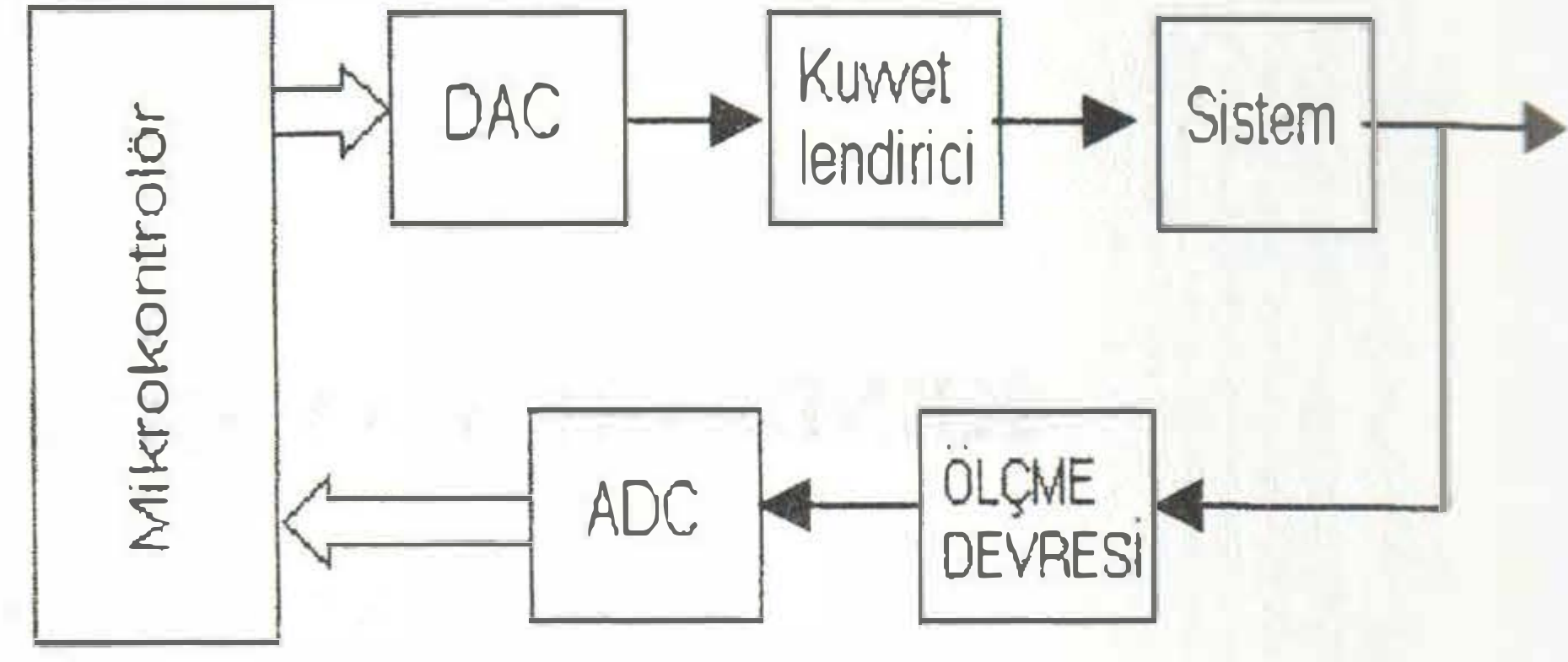
Bulunan ölü zaman, L, ve maksimum eğim, R, değerleri Nichols-Ziegler tarafından önerilen,

$$K_p=1.2P/RL, K_i=1/2L, K_d=0.5L$$

ifadelerinde yerine konarak PID kontrolörünün katsayıları bulunur. İfadelerde kullanılan "P" sisteme uygulanan test sinyalidir.[2]

IV. DENEY DÜZENEGİ

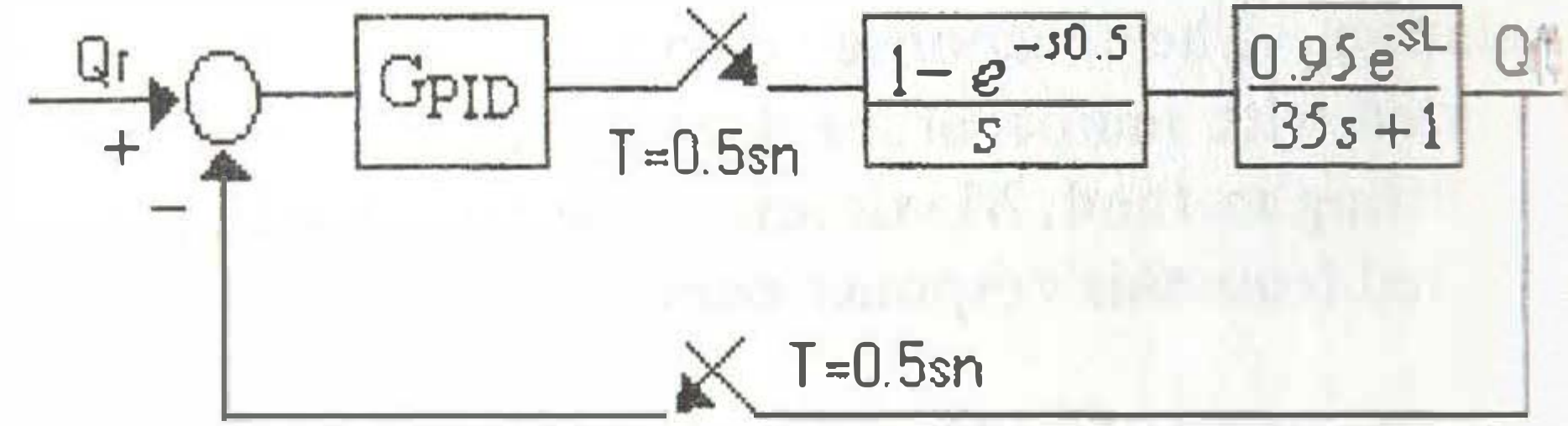
Yapılan çalışmalarda Dallas firması tarafından CMOS teknolojisi kullanılarak üretilen 8-bit DS5000T mikrokontrolörü kullanılmıştır. DS5000T mikrokontrolörü, 128 byte' lik veri hafıza, 32 Kbyte' lik program hafıza, 8 bitlik 4 adet giriş-çıkış portu, 2 adet 16 bitlik zamanlayıcı/sayıcı, iki öncelik seviyeli 5 kesme kaynağı, full duplex seri porta sahiptir.[5] Oluşturulan deney düzenine blok diyagramı Şekil 2' de verilmiştir



Şekil 2. Deney düzenine blok diyagramı

Verilen blok diyagramında da gözüktüğü gibi sistemde alınan analog bilgi A/D ile dijital çevrilip mikrokontrolöre girilmiştir. Çalışmada A/D olarak 8 bitlik ZN4 kullanılmıştır. Mikrokontrolörün oluşturduğu dijital kontrol işareti ZN428 D/A kullanılarak analog bilgiye çevrilip sistem girişine uygulanmıştır. Isıtıcı girişi ve sistem çıkışı 0..10 V arasındadır. Sıcaklık ölçme devresinin kazancı 1 mV/°C dir. A/D' nin girişi 2.55 V' la ve D/A' nın çıkışı 2.55 V' la sınırlı olduğundan dolayı gerilim bölücü kuvvetlendirici kullanılarak gerilim seviyelerinde farklılıklar giderilmiştir.

Sistemin ayırık kapalı çevrim blok diyagramı Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 3. Sisteme ait ayırık kapalı çevrim blok diyagramı

V. UYGULAMA

Bu bölümde mikrokontrolör tabanlı kendinden ayarlanabilir PID kontrolörü endüstride çok sık kullanılan fırınların bir modeli olarak, TQ firması tarafından üretilen sıcaklık kontrol seti üzerinde uygulanmıştır.

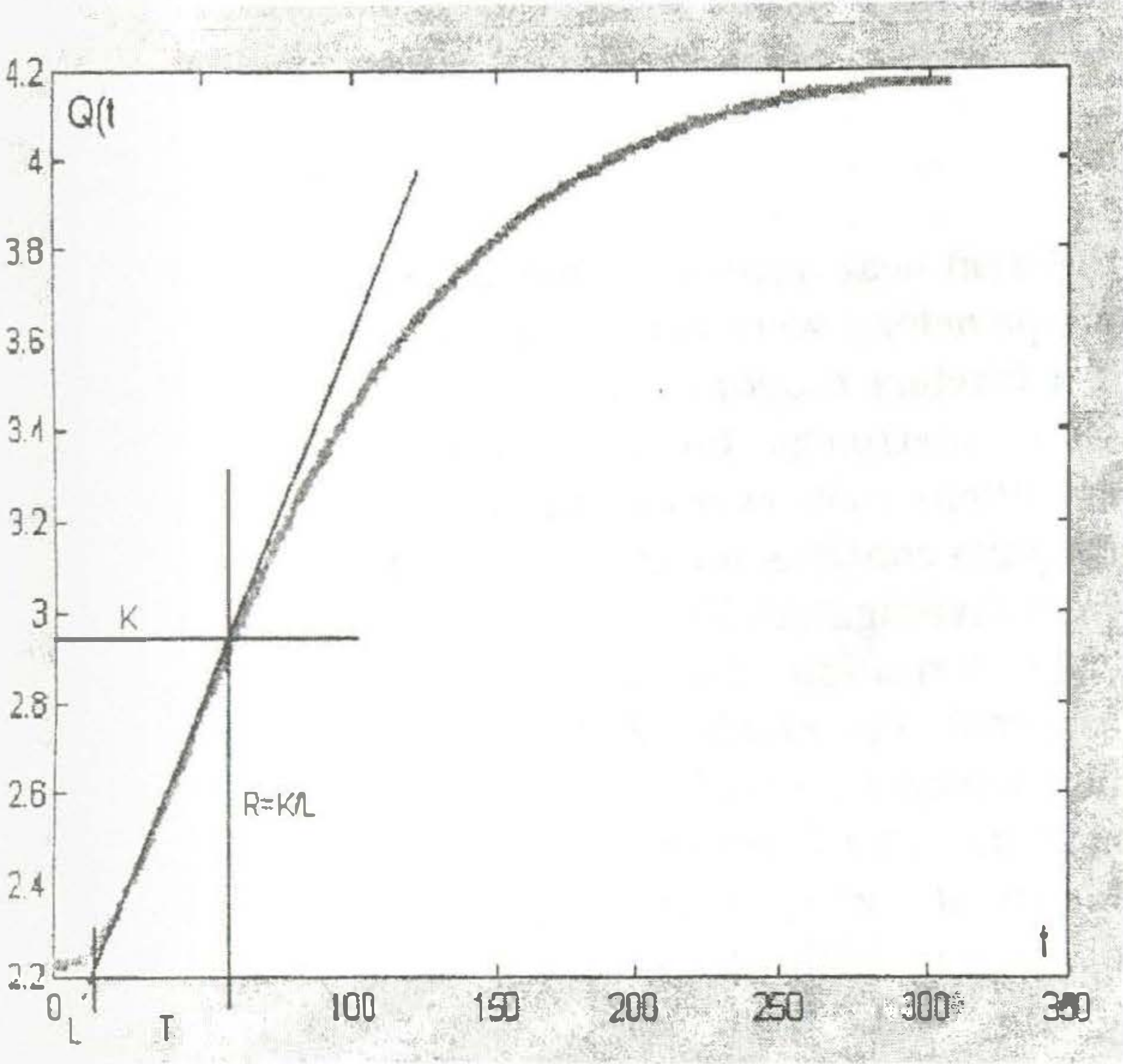
İlk olarak, açık çevrim halindeyken sistem girişine 5 V luk DC gerilim uygulanmış ve sistem kararlı hale gelinceye kadar her 500 ms' de sistem çıkışından sıcaklık bilgisi okunmuş ve okunan değerler bilgisayara saklanmıştır. Kaydedilen bu veriler Matlab ortamına aktarılmış ve "polinomal yöntem" kullanılarak bu veriler karşılık gelen eğri oluşturulmuştur.[6]

Oluşturulan eğri üzerinden sistemin maksimum eğim hesaplanmış ve bu maksimum noktadan eğriye çizilen teğet yardımıyla sistemin ölü zamanı bulunmuştur. Matlab ortamında oluşturulan eğri üzerinde maksimum eğimin ve ölü zamanın hesaplanması Şekil 3' de verilmiştir.

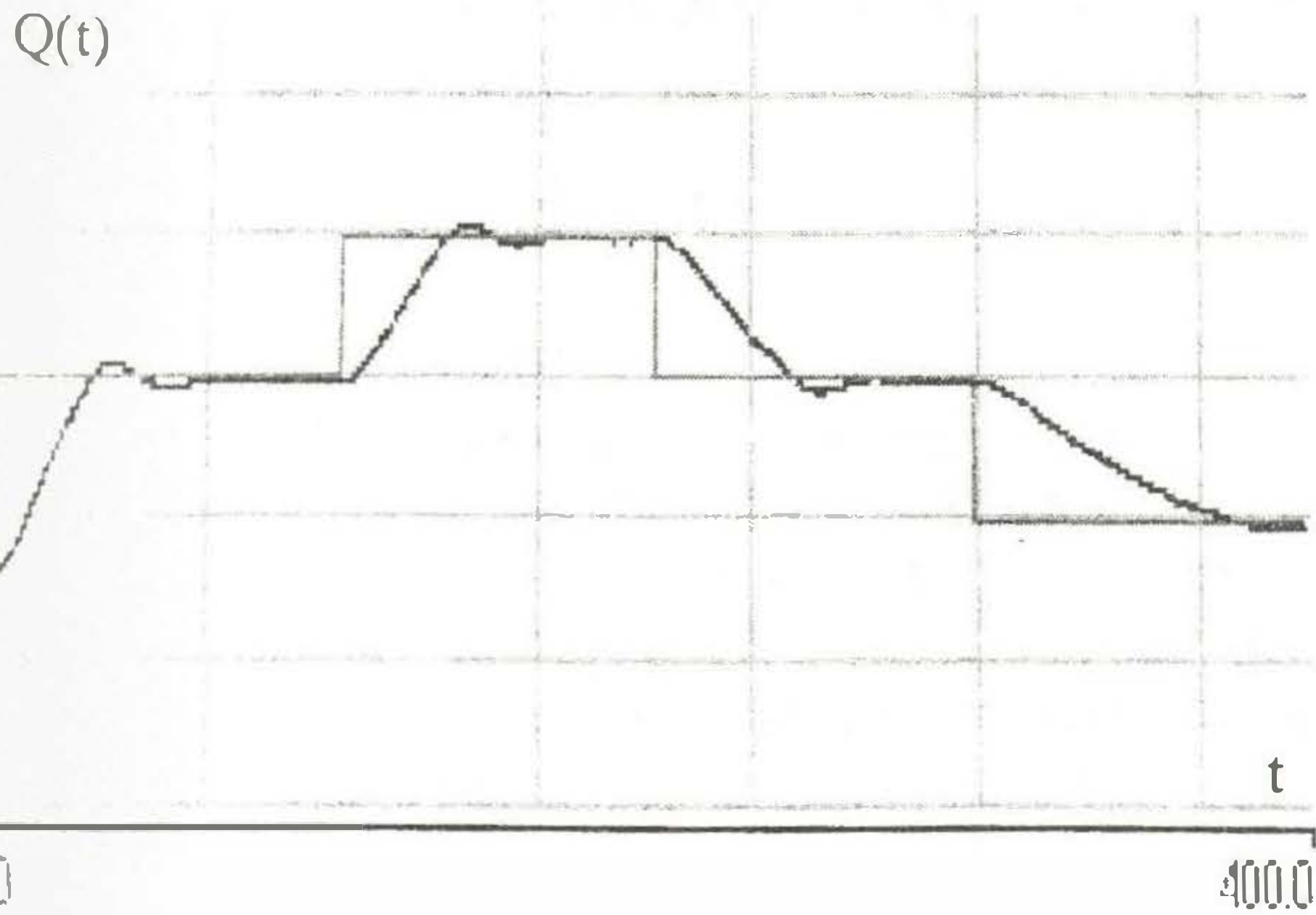
Bulunan maksimum eğim ve ölü zaman değerleri 2. kısımda verilen Nichols-Ziegler ifadelerinde yerine konulmuş ve PID katsayıları;

$$K_p = 34, K_i = 0.1, K_d = 2.5$$

olarak hesaplanmıştır. Bulunan PID katsayıları mikrokontrolöre aktarılmış ve sisteme uygulanmıştır. Sistemin çıkış işareti Şekil 4' te gösterilmiştir.



Şekil 3. Sistem cevap eğrisi ve eğri üzerinde maksimum eğim ve ölü zamanın hesaplanması



Şekil 4. Kontrol edilmiş sistem çıkışı

VI. SONUÇLAR

Bu çalışmada, dijital PID kontrolörünün parametrelerinin kendinden ayarlanması için açık çevrim Nichols-Ziegler metodu kullanılmış ve sıcaklık kontrol seti üzerinde yapılan uygulamalarda başarılı sonuçlar vermiştir.

Sistemin giriş işaretinde olan değişikliklere karşı vereceği tepkiyi görmek amacıyla, sistemin referans değerinde, yanda verilen şekilde gözüktüğü gibi ani olarak basamak fonksiyonu şeklinde değişiklikler yapılmıştır. Yapılan bütün değişikliklerde tasarlanan PID kontrolörü sürekli hal cevabında yaklaşık %5'lik bir aşım değeriyle referans değerine oturmuştur.(Bkz - Şekil 4)

Yapılan çalışmalarda, doğrudan sistemin çıkışından alınan verilerle oluşturulan cevap eğrisi kullanılarak yapılan hesaplamalarda, işaretlerdeki gürültüden dolayı, ölü zaman ve maksimum eğim'in yanlış ölçüldüğü, dolayısıyla elde edilen PID parametrelerinin sistemi kontrol edemediği görülmüştür. İşaretlerdeki gürültünün etkisini gidermek için polinomal eğri uydurma yöntemi kullanılarak sistemin cevap eğrisi yeniden oluşturulmuştur ve PID katsayıları bu eğri üzerinden doğru olarak hesaplanmıştır.

Fakat eğri uydurmada kullanılan matematiksel hesaplamaların fazla olmasından dolayı, C gibi üst düzey dillerin Assembly derleyicilerine gereksinim duyulmuştur.

PID parametrelerinin hesaplanmasında açık çevrim Nichols-Ziegler metodu yerine, kapalı çevrim Nichols-Ziegler metodu veya Röle yöntemi gibi sistemi osilasyona sokma temeline dayanan metodlar kullanılabilir. Ancak her sistemi osilasyona sokmak mümkün olmadığı gibi osilasyona giren sistemlerde osilasyon genliğini kontrol etmek de zordur.

KAYNAKLAR

- [1] YU CHENG, C., "Autotuning of PID" Springer Vertag Berlin Heidellarg, USA, 1998.
- [2] BOLTON, W., "Control Engineering " Longman, Malaysia, 1998.
- [3] CHAI TIAN, Y., "A Pole Placement Self-Tuning Feedforward Controller and Application to Multivariable Electric-Heated System" Syposium on Microcomputer Application In Process Control, İstanbul, 1984.
- [4] <http://www.eie.polyu.edu.hk/~enkin/hd/PID.pdf>
- [5] <http://pdfserv.maxim-ic.com/arpdf/DS5000T.pdf>
- [6] MATHAWS, J.H., FİNK, K.D., "Numerical Methods Using Matlab" Prentice Hall, 1999.
- [7] SARIOĞLU, K. M., "Dijital Kontrol Sistemleri" Birsen Yayınevi, İstanbul, 1998.