

1. Parametrik Denklem İle Sayısal PID Kontrolör Tasarımı

1.1. Deneyin Amacı

Bu deneyin amacı, m kütlesine sahip bir malzemenin sıcaklığının tasarlanan sayısal **PID** kontrolör ile belirlenen performansa göre kontrol edilmesidir.

Bu amaç için sırası ile,

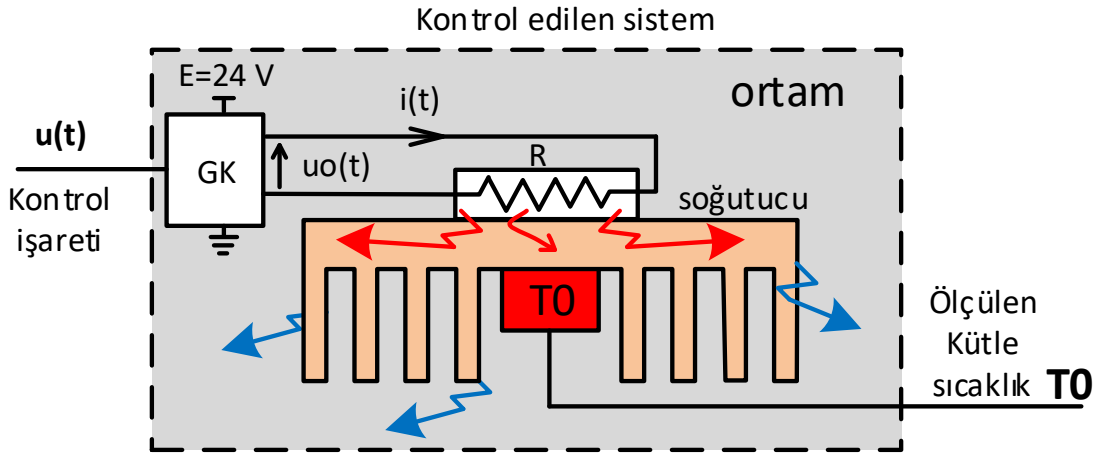
1-Önce kontrol edilecek olan sistemin basamak cevabından kazanç ve zaman sabiti belirlenerek açık çevrim transfer fonksiyonu elde edilecektir

2- Açık-çevrim transfer fonksiyonu kullanılarak PID kontrolör katsayıları belirlenen performansa göre hesap edilecektir.

3- Hesap edilen PID kontrolör katsayıları ile sistem kapalı çevrim olarak çalıştırılacaktır.

1.2. Deney Düzeneği

Kontrol edilecek olan sistem, güç kuvvetlendirici (**GK**) ile dirençten (**R**) oluşan bir ısı enerji üreticisi kaynağı, m kütlesi (soğutucu) ve **T0** sıcaklık ölçme düzeneğinden ibarettir, şekil 1.



Şekil 1. Kontrol edilecek olan sistem

Kontrol edilecek olan sistem, bozucu etkilerin oluşturulabileceği bir hava tüneli sisteminin içerisine yerleştirilmiş ve sayısal PID kontrolöre bağlanarak deney düzeneği oluşturulmuştur şekil 2.



Şekil 2. Hava tüneli içindeki kontrol edilecek olan sistem

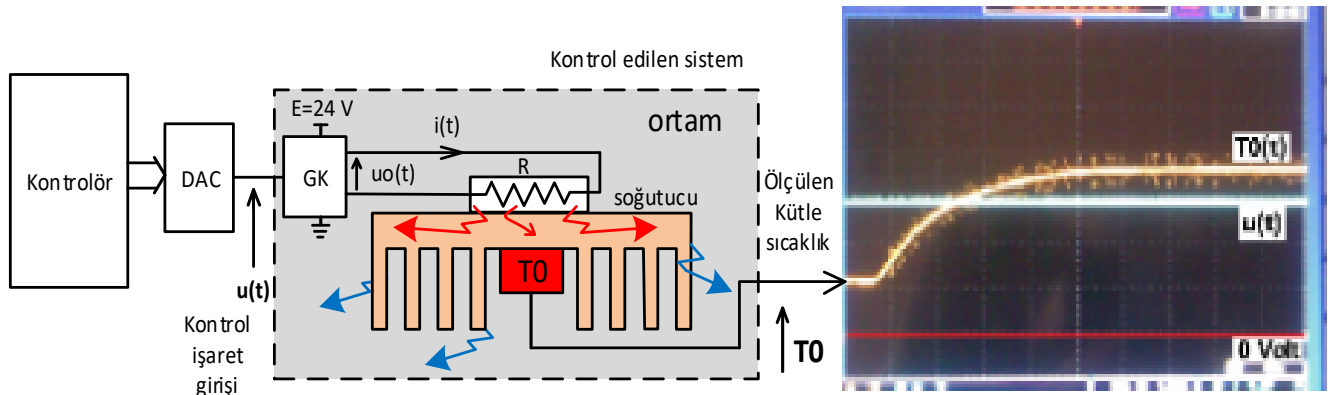
Hava tünelineki rüzgar hızı girişteki fan hızının **(0-5)** kademe arasında ve çıkış hava miktarı ise tünel çıkışındaki kapağın yine **(0-5)** kademe aralığında seçilmesi ile belirlenebilmektedir. Böylece kütlenin içinde bulunduğu ortam sıcaklığını ve dolayısı ile kütle sıcaklığına bozucu olarak etki edebilecek şartlar oluşturulabilmektedir.

1.3. Açık-Çevrim Transfer Fonksiyon Parametrelerinin Elde Edilmesi

Kontrol edilecek olan sıcaklık kontrol sisteminin açık-çevrim transfer fonksiyonu

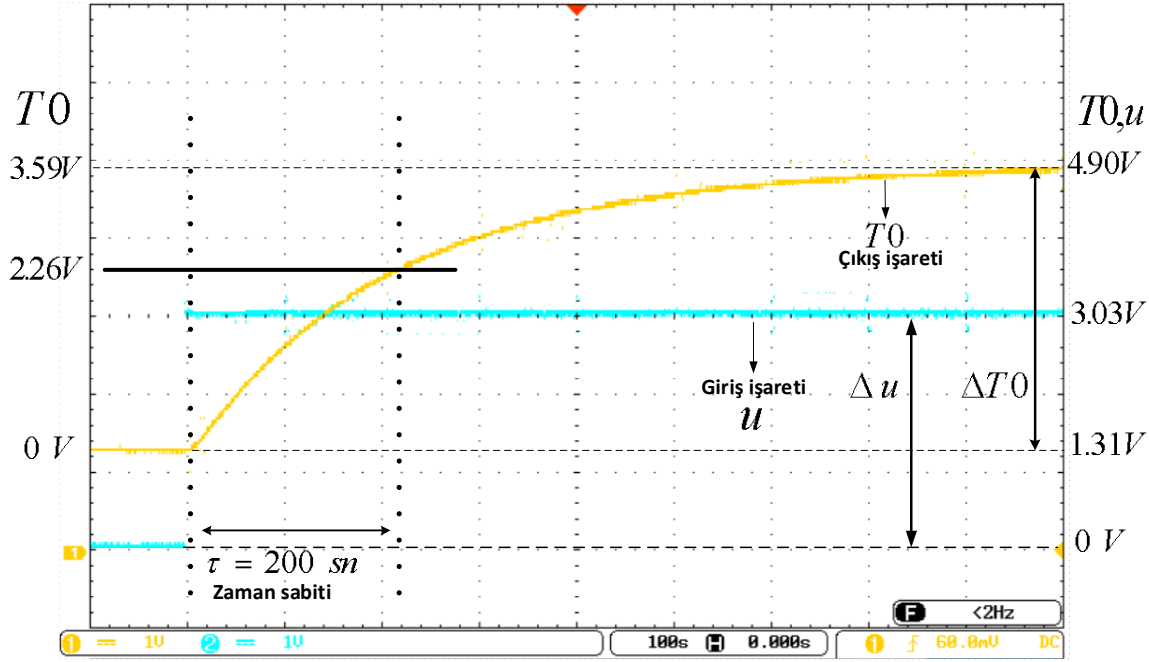
$$G(s) = \frac{\text{Çıkış işaretinin Laplace dönüşümü}}{\text{Giriş işaretinin Laplace dönüşümü}} = \frac{T(s)}{U(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \text{ ve } K = \frac{\Delta T_0}{\Delta U} \text{ dir.}$$

Deney düzeneğinde açık-çevrim mod seçilerek aşağıda verilen osiloskop çıktısından Açık-çevrim kazancı K hesap edilir ve zaman sabiti τ ölçülür Şekil 3.



Şekil 3. Açık-çevrim deney düzeneği ve osiloskop çıktısı örneği.

Aşağıda açık-çevrim kazancının hesabı ve zaman sabitinin ölçümü için basmak girişi karşılık açık-çevrim cevap eğrisi verilmiştir. Örneği deney sonuçlarınızda kullanmak üzere inceleyiniz Şekil 4.



Şekil 4. Basmak giriş için açık-çevrim cevap eğrisi

1.4) Deneyin Yapılışı

- 1) Deney seti üzerinde bulunan hava tünelineki rüzgar hızı girişteki fan hızının **(0-5)** kademe arasında ve çıkış hava miktarı ise tünel çıkışındaki kapak aralığının yine **(0-5)** kademe aralığında seçim yapınız. (örn: hava tünelineki rüzgar hızı için fan ayar=2 ve çıkış hava miktarı için kapı aralığı=3 yapınız.)
- 2) Mikroişlemci üzerinde bulunan '**kütle sıcaklığına**' osiloskobun **CH1** kanalı '**kontrol işareti DAC0'a**' osiloskobun **CH2** kanalı propları bağlayınız.
- 3) Mikroişlemci ve deney seti enerjilendirildikten sonra sistemi açık çevrim çalıştırmak için kontrol kartı üzerinde bulunan **BT1** butonuna basınız ve sistem çıkış cevabının sürekli hal durumuna ulaşmasını bekleyiniz.
- 4) Sistemin açık çevrim cevabından sistemin K ve τ değerleri hesaplayınız.

$$G_p(s) = \frac{\text{Çıkış işaretinin Laplace dönüşümü}}{\text{Giriş işaretinin Laplace dönüşümü}} = \frac{T0(s)}{U(s)} = \frac{K}{\tau s + 1}$$

$T = \frac{\tau}{10}$ olarak seçiniz.

$G_p(z) = Z\{G_p(s)\}$ elde ediniz.

5) Performans için %2 kriterine göre yerleşme zamanını $4\tau < t_s < 7\tau$ ve aşım için $0.6 < \zeta < 0.95$ arasında belirleyiniz.

w_n ve ζ değerlerini elde ediniz. Bulunan w_n ve ζ 'den

$$e_{ss} = \frac{2\zeta}{w_n} \text{ hız hatası ve } K_V = \frac{1}{e_{ss}} \text{ hız hata katsayısını hesaplayınız.}$$

$$K_V = \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} (z - 1) \left(K_p + K_i \frac{z}{z-1} + K_d \frac{z-1}{z} \right) G_p(z) \text{ den } K_i \text{ 'yi bulunuz.}$$

6) Elde edilen T , w_n ve ζ kullanılarak $s_1 = -\zeta w_n + jw_n \sqrt{1 - \zeta^2}$ $z_1 = e^{s_1 T}$ ifadeleri yardımı ile $|z_1|, \beta, |G_p(z_1)|$ ve ψ değerlerini hesaplayınız.

$$z_1 = \sigma_{z1} + jw_{z1} = |z_1|e^{j\beta} \quad z_1 = \sqrt{\sigma_{z1}^2 + w_{z1}^2} \quad \beta = \tan^{-1}\left(\frac{w_{z1}}{\sigma_{z1}}\right)$$

$$G_p(z_1) = |G_p(z_1)|e^{j\psi} \quad \psi = \angle G_p(z_1)$$

7) K_i , $|z_1|, \beta, |G_p(z_1)|$ ve ψ değerlerini kullanarak parametrik denklemler ile K_p ve K_d kat sayılarını elde ediniz.

$$K_d = \frac{|z_1|}{\sin \beta} \left\{ \frac{K_i \sin \beta}{|z_1| - 2 \cos \beta + \frac{1}{|z_1|}} + \frac{\sin \psi}{|G_p(z_1)|} \right\} \quad z_1 = |z_1|e^{j\beta} \quad G_p(z_1) = |G_p(z_1)|e^{j\psi}$$

$$K_p = -\frac{\cos \psi}{|G_p(z_1)|} - 2K_i|z_1| \frac{|z_1| - \cos \beta}{|z_1|^2 - 2|z_1| \cos \beta + 1} + \frac{-|z_1| \sin \psi + \cos \beta \sin \psi}{|G_p(z_1)| \sin \beta}$$

Bulunan katsayılar aşağıda verilmiş olan Sayısal PID Kontrolör'de kullanılacaktır.

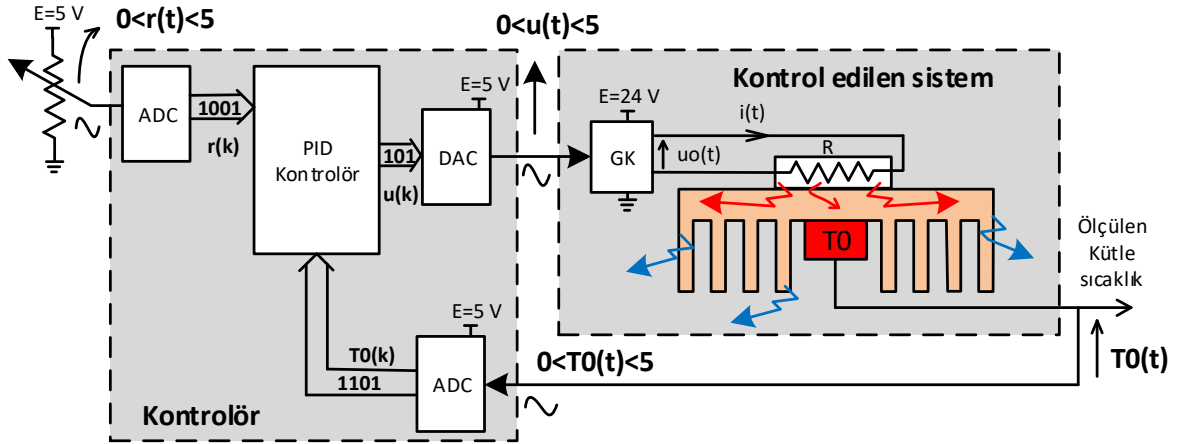
$$\frac{U(z)}{E(z)} = \underbrace{(K_p + K_i + K_d)}_{K_{pid}} \frac{z^2 - \frac{(K_p + 2K_d)}{(K_p + K_i + K_d)}z + \frac{K_d}{(K_p + K_i + K_d)}}{z(z-1)}$$

8) Sistemin kapalı çevrim çalıştırmak için önce Kontrolör kartı üzerindeki reset tuşuna ve menüden '**kapalı çevrim için**' **BT3**'e basınız, Şekil 5. Bulunan K_p , K_i ve K_d katsayılarını kontrolcüye giriniz. Ekrandaki yönlendirmeleri takip ediniz.

9) Sıcaklık deney düzeneğinde Kontrolör kartı üzerindeki ekrandaki yönlendirmeler yardımı ile Kapalı-çevrim deneyini yapınız.

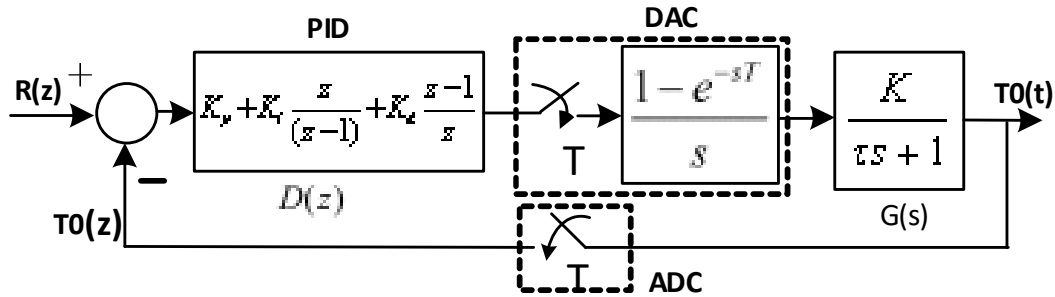
Kapalı Çevrim:

Kontrolör ve kontrol edilen sistemden oluşan kapalı çevrim sisteme ait donanım ve işaret büyüklükleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 5. Kapalı çevrim sisteme ait donanım

Kapalı çevrim sisteme ayrık-zaman kontrol blok diyagramı aşağıda verilmiştir.



Şekil 6. Kapalı-çevrim kontrol blok diyagramı.