

## 1. Sayısal Oransal Kontrolör Tasarımı

### 1.1. Deneyin Amacı

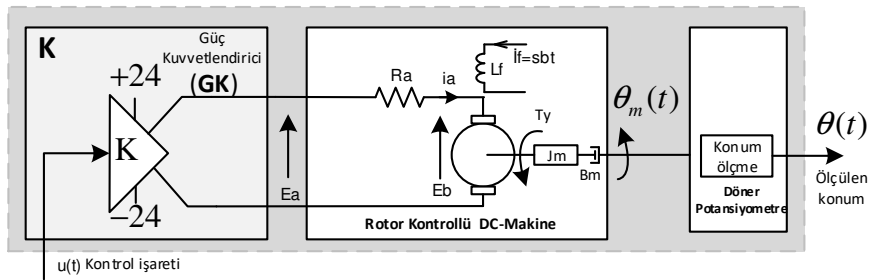
Bu deneyin amacı, **DC Motor Konum kontrolü** için **Oransal sayısal kontrolcü katsayısı**  $K_p$  'nin hesap edilmesidir.

Bu amaç için sırası ile,

- 1- Rotor kontrollü DC makinenin basitleştirilmiş (*rotor endüktansı*  $L_a = 0$ ) matematik modeli konum çıkış olmak üzere elde edilecektir.
- 2- Bu matematik modelde  $\tau$  ve açık-çevrim kazancı  $G$  için bir önceki deneyde elde edilmiş olan parametreler kullanılacaktır.
- 3- Seçilen performans kriterleri için  $\xi$ ,  $w_n$  ve  $T$  örnekleme zamanı kullanılarak oransal kontrol katsayısı  $K_p$  hesap edilecektir.

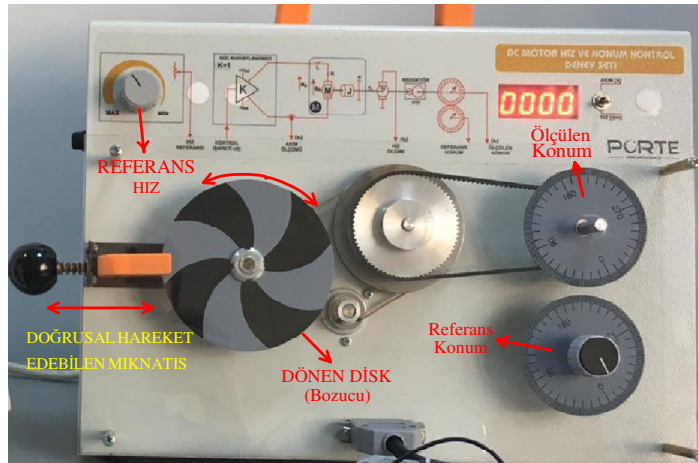
### 1.2. Deney Düzeneği

Kontrol edilecek olan sistem, kazancı  $K$  olan güç kuvvetlendirici (**GK**) ile rotor kontrollü DC-makine ve konum ölçmek için döner potansiyometreden oluşmaktadır şekil 1.



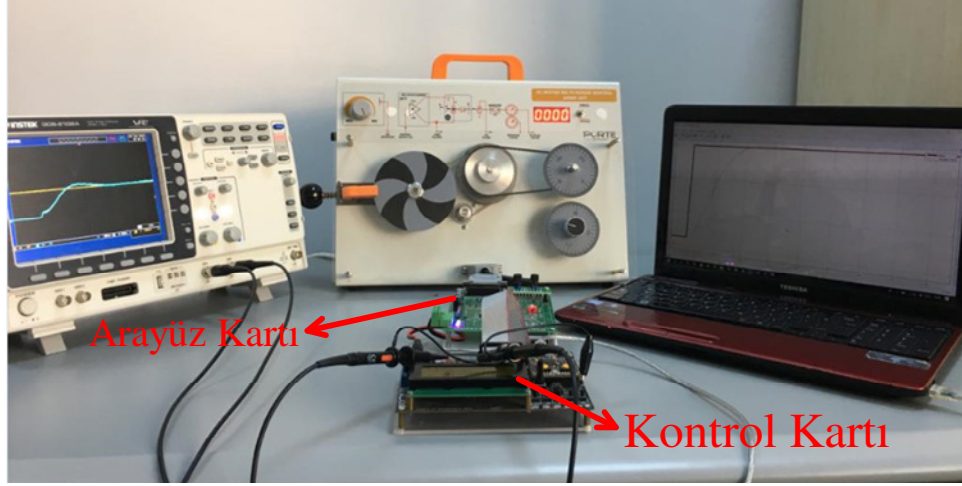
Şekil 1. Kontrol edilecek olan sistem

Ayrıca kontrol edilecek olan sisteme ait deney düzeneğinde, doğrusal hareket edebilen bir mıknatıslı sistem ve dönen bir diskten oluşan bozucu etkilerin oluşturulabileceği bir bozucu sistem (**Yük**) mevcuttur şekil 2.



Şekil 2. DC-makine konum kontrol deney düzeneği

DC-makine konum referansı **referans konum potansiyometresi** ile verilmektedir. Bozucu etkisi ise doğrusal hareket edebilen mıknatısın konumu ayarlanarak dönen diske frenleme etkisi ile oluşturulmaktadır. Motor devir sayısı veya çektiği akım seçilen anahtar pozisyonuna göre 4-haneli 7-parçalı göstergede gösterilmektedir, şekil 3.



Şekil 3. Deney düzeneği

### 1.3. DC-Makine Açık-Çevrim Transfer Fonksiyonu

Şekil 1 de verilmiş olan DC –makineye ait blok diyagram göz önünde bulundurularak aşağıdaki dinamik denklemler yazılmıştır.

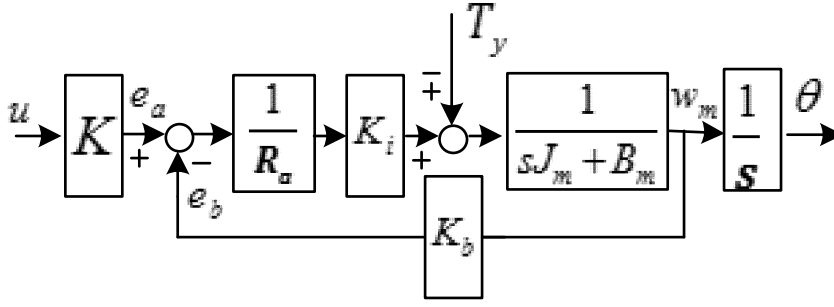
#### t-domen

- 1)  $e_a(t) = Ku(t)$
- 2)  $e_a(t) = R_a i_a(t) + e_b(t)$
- 3)  $e_b(t) = K_b w_m(t)$
- 4)  $T_e(t) = K_i i_a(t)$
- 5)  $T_m(t) = J_m \frac{dw_m(t)}{dt} + B_m w_m(t) + T_y(t)$
- 6)  $T_e(t) = T_m(t)$  sürekli rejimde
- 7)  $w_m(t) = \frac{d\theta_m(t)}{dt}$
- 8)  $\theta(t) = \theta_m(t)$

#### s-domen

- 1)  $E_a(s) = KU(s)$
- 2)  $I_a(s) = \frac{E_a(s) - E_b(s)}{R_a}$
- 3)  $E_b(s) = K_b \Omega_m(s)$
- 4)  $T_e(s) = K_i I_a(s)$
- 5)  $T_m(s) = (J_m s + B_m) \Omega_m(s) + T_y(s)$
- $\Omega_m(s) = \frac{T_m(s) - T_y(s)}{J_m s + B_m}$
- 6)  $T_e(s) = T_m(s)$
- 7)  $\Omega_m(s) = s \theta_m(s) \rightarrow \theta_m(s) = \frac{\Omega_m(s)}{s}$
- 8)  $\theta(s) = \theta_m(s)$

Yukarıdaki şekilde verilen konum kontrolüne ait dinamik denklemler t ve s domeninde olmak üzere elde edilmiştir. s-domen’de elde edilen ifadeler kullanılarak Şekil 1’de verilen hız kontrolüne ait **açık-çevrim kontrol blok diyagramı** Şekil 4’de verildiği gibi elde edilebilir.


 Şekil 4. Rotor Kontrollü DC-Makine Konum kontrolü için **açık-çevrim kontrol blok diyagramı**

Şekil 4'deki kontrol blok diyagramından  $U(s)$  ile  $\theta(s)$  arasındaki transfer fonksiyonu (yük momenti,  $T_y = 0$  ve rotor endüktansı  $L_a = 0$  için) aşağıda verildiği gibi elde edilir.

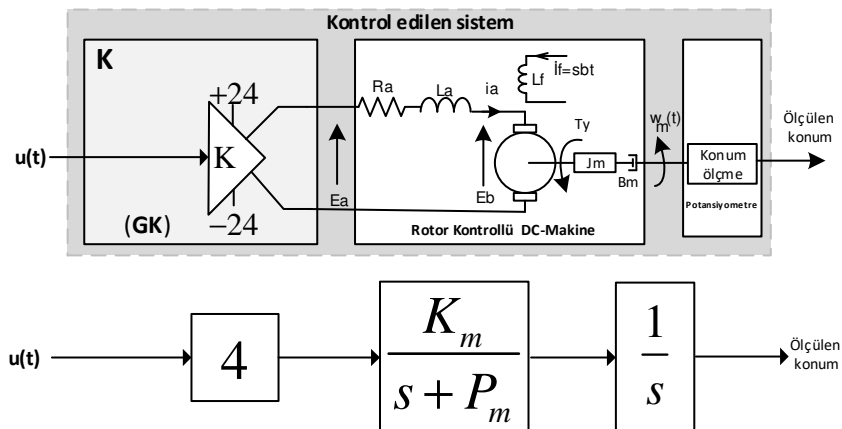
$$\frac{w_m(s)}{U(s)} = \frac{\frac{KK_i}{R_a(sJ_m + B_m)}}{1 + \frac{KK_iK_b}{R_a(sJ_m + B_m)}} = \frac{KK_i}{R_a(sJ_m + B_m) + KK_iK_b} = \frac{\frac{KK_i}{R_aJ_m}}{s + \frac{B_m + KK_iK_b}{R_aJ_m}} = \frac{G}{\tau s + 1}$$

$$\frac{\theta(s)}{U(s)} = \frac{\frac{KK_i}{R_aJ_m}}{s(s + \frac{B_m + KK_iK_b}{R_aJ_m})} = \frac{K_m}{s(s + P_m)} = \frac{\frac{KK_i}{B_m + KK_iK_b}}{s(\frac{R_aJ_m}{B_m + KK_iK_b}s + 1)} = \frac{K_m}{s(s + P_m)} = \frac{G}{s(\tau s + 1)} \quad (1)$$

Denklem (1) kullanılarak  $K_m = \frac{KK_i}{R_aJ_m}$ ,  $P_m = \frac{B_m + KK_iK_b}{R_aJ_m}$  olarak eşitlenir.  $\tau$  ve  $G$  parametreleri “1.4) Motor Parametrelerinin Bulunması” deneyinde elde edilmiş olan parametreler  $K_m$  ve  $P_m$  kullanılarak  $G = \frac{K_m}{P_m}$  ve  $\tau = \frac{1}{P_m}$  eşitlikleri ile hesap edilir.

#### 1.4) Motor Parametrelerinin Bulunması

$K_m$  ve  $P_m$  motor parametreleri “**Sistem Model Parametrelerinin Elde Edilmesi**” deneyinde elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar kullanılabilir. Bu parametrelerin hesabı için “**Sistem Model Parametrelerinin Elde Edilmesi**” deneyini inceleyiniz. Şekil 5.'de açık çevrim sistem modeli verilmiştir.



Şekil 5. Açık çevrim sistem modeli

**Not:** Ayırık-Zaman konum kontrolü deneyinde Arayüz Kartı kazancı  $K = 4$  açık çevrim modele eklenmelidir.

Konum çıkışı için transfer fonksiyonu yazılırken  $G(s) = \frac{\theta(s)}{U(s)} = \frac{4K_m}{s(s+P_m)}$  olarak alınacaktır.

Örnekleme zamanını ise başlangıç olarak,  $T = \frac{\tau}{10} = \frac{1/P_m}{10}$  olarak seçebilirsiniz.

### Kontrol kutup Hesabı:

Performans için;

%2 kriterine göre yerleşme zamanını  $4\tau < t_s < 6\tau$  ve

aşım için  $0.7 < \zeta < 0.85$  arasında belirleyiniz.

$w_n$  ve  $\zeta$  değerlerini hesap ediniz.

$w_n$  ve  $\zeta$  değerlerini kullanarak olması istenen sürekli zaman karakteristik denklem kökleri sırasıyla,

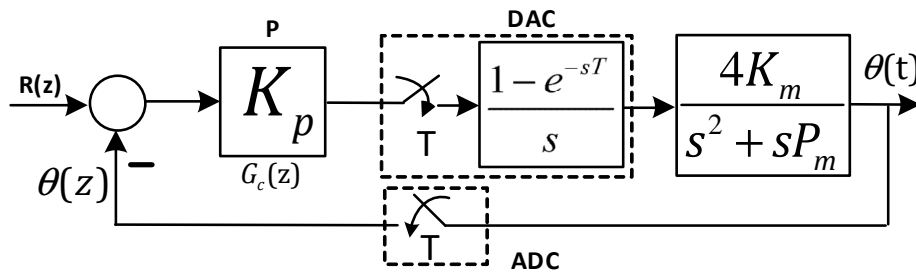
$$s_{1,2} = -\zeta w_n \mp jw_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

Seçilen örnekleme zamanı  $T$  ve  $s_{1,2}$  kullanılarak ayırık zaman kontrol kutupları (istenen karakteristik denklem kökleri)

$$z_i = e^{s_i T} \quad i = 1,2$$

için hesap edilir.

### 1.5) Karakteristik Denklem Yöntemi ile Kp Katsayı Hesabı



Şekil 6. Kapalı-çevrim kontrol blok diyagramı.

Oransal kontrolcüye ait transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir,

$$G_c(z) = K_p$$

Karakteristik denklemden  $G_p(z) = Z \left\{ \frac{1 - e^{-sT}}{s} \frac{4K_m}{s^2 + sP_m} \right\}$  olmak üzere,

$$F(z) = 1 + G_c(z)G_p(z) = 0$$

$$K_p = -\frac{1}{G_p(z)}$$

olarak düzenlenir.

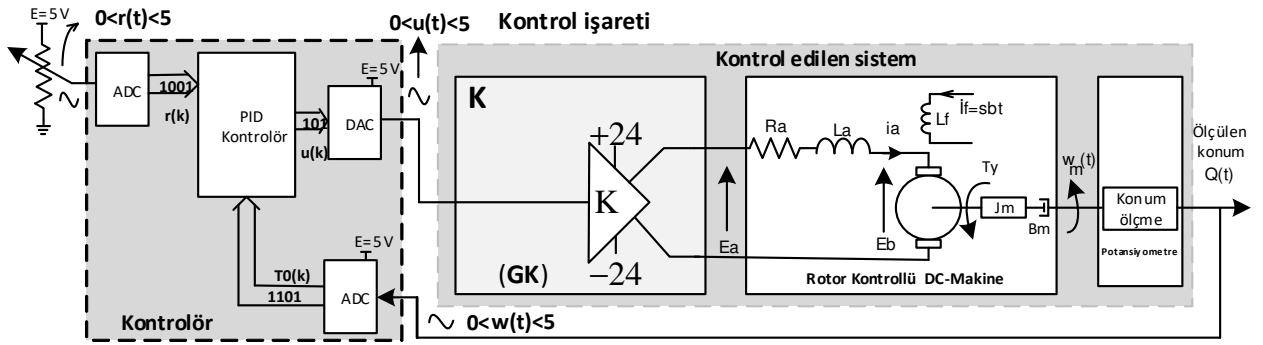
Performans kriterlerinden elde edilecek  $z_i$  kontrol kutbu (baskın kutup) aşağıdaki eşitlikte  $z = z_i$  yapılır ve genlik koşulu kullanılarak

$$K_p = \frac{1}{|G_p(z_1)|}$$

ifadesi ile  $K_p$  hesap edilir.

### 1.6) Kapalı Çevrim Deney

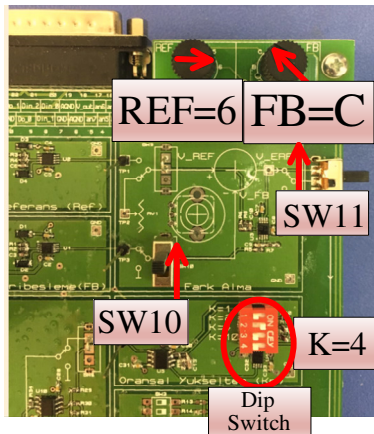
Kontrolör ve kontrol edilen sistemden oluşan kapalı çevrim sisteme ait donanım ve işaret büyüklükleri Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Kapalı çevrim sisteme ait donanım

Rotor kontrollü DC-makine deney setinde **kapalı çevrim konum kontrolü** yapılabilmesi için

1) Deney setinin **enerjisi kesilir** ve Şekil 8'da gösterilen **Arayüz kartı** üzerindeki anahtarları aşağıda verilen konumlara getiriniz.



a) REF=6

b) FB=C

c) SW10=ÜST

d) SW11=ÜST

e) Şekilde kazanç **K=4** için

'dip switch 2' **on** .

Şekil 8) Kapalı-Çevrim konum kontrolü Arayüz kart konfigrasyonu

2) Osiloskop problemlerini kontrol kartı üzerinde bulunan “**Ölçülen konum**” ve “**Referans Konum**” pinlerine bağlayınız.

3) Hesaplanan  $K_p$  katsayısını ve belirlenen örnekleme zamanını **T** ‘yi kontrol kartına giriniz ve ekran yönlendirmelerini takip ediniz.

**NOT:** Osiloskop problemleri kontrol kartında ölçülen konum ve referans konum pinlerine takılmalıdır.

Kapalı çevrimde basamak giriş vermek için kontrol kartında BT5 basılı tutarak referans konumu değiştirin ve BT5 bırakınız.

**NoT:** Sisteme uygulanacak basamak giriş büyüklüğünün alabileceği en büyük değer

$$\Delta ref \leq \frac{(ref - ölç)}{K_p}$$

olmasına dikkat edilmelidir.