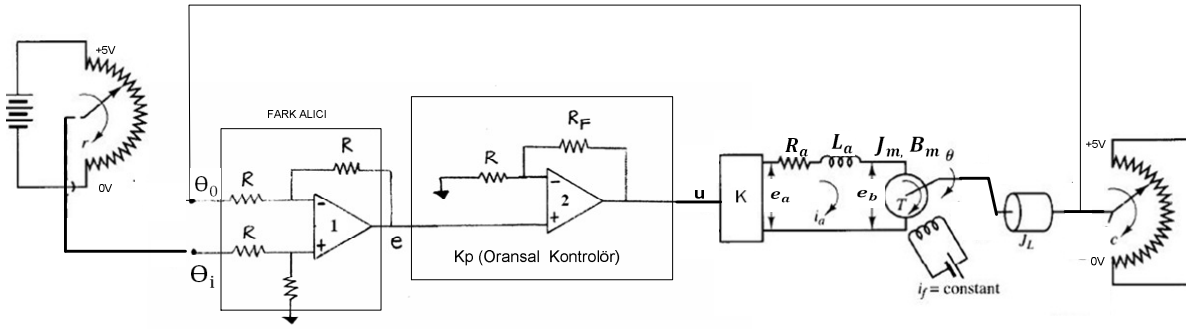


1. Sistem Model Parametrelerinin elde edilmesi

1.1 Deneyin Amacı

Bu deneyin amacı ikinci dereceden bir sistemin **model parametrelerinin deneysel yöntem** ile elde edilmesini sağlamaktır. Bu deney için, parametrelerin hesaplanacağı sistem olarak, basitleştirilmiş DC makine modeli alınarak ($L_a = 0$) ikinci dereceden sistem seçilmiştir. Deneyde ayarlanan K_p oransal kontrolcü kazancına karşılık gelen geçici rejim cevabından, Aşım ve tepe zamanı, sönüm oranı (ζ), doğal açısal frekans (ω_n) hesap edilir. K_p , ζ , ω_n kullanılarak açık çevrim kazancı K_m ve kutup P_m hesap edilir. Sürekli zaman deney düzeneğine ait basitleştirilmiş kontrol blok diyagram Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Sürekli Zaman Oransal Kontrolcülü DC Motorun elektriksel diyagramı

Bu deneyin adımları sırası ile,

- 1- Sistemin kapalı çevrim transfer fonksiyonun tespit edilebilmesi için sisteme ait dinamik denklemler sırası ile t-domen’de ve s-domen’de elde edilir.
- 2- K_p oransal kazancına ait kapalı çevrim cevap elde edilerek, osiloskop ekranı üzerinden Aşım (M_p) ve tepe zamanı (t_p) değerleri ölçülecektir.
- 3- Ölçülen değerler ile sistem parametreleri hesaplanacak ardından farklı K_p değeri için doğrulama yapılacaktır.

1.1 Kapalı Çevrim Transfer Fonksiyonun Elde Edilmesi

K_p oransal kazanç ile DC motor konum kontrolüne ait (Şekil 1) dinamik denklemler aşağıda elde edilmiştir.

t-domen’e ait dinamik denklemler:

- 1) $e = \theta_i - \theta_0$
- 2) $u = K_p e$
- 3) $e_a = Ku$
- 4) $e_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + e_b$
- 5) $e_b = K_b w(t)$
- 6) $T_e = K_i i_a$
- 7) $T_m = J_m \frac{dw_m}{dt} + B_m w_m + T_{yük}$

$$8) \quad w_m = \frac{d\theta_m}{dt}$$

$$9) \quad \text{Sürekli rejimde; } T_e = T_m$$

s-domen'e ait Laplace dönüşümleri:

$$1) \quad E(s) = \theta_i(s) - \theta_0(s)$$

$$2) \quad U(s) = K_p E(s)$$

$$3) \quad E_a(s) = K_s U(s)$$

$$4) \quad I_a(s) = \frac{E_a(s) - E_b(s)}{R_a + sL_a}$$

$$5) \quad E_b(s) = K_b \Omega(s)$$

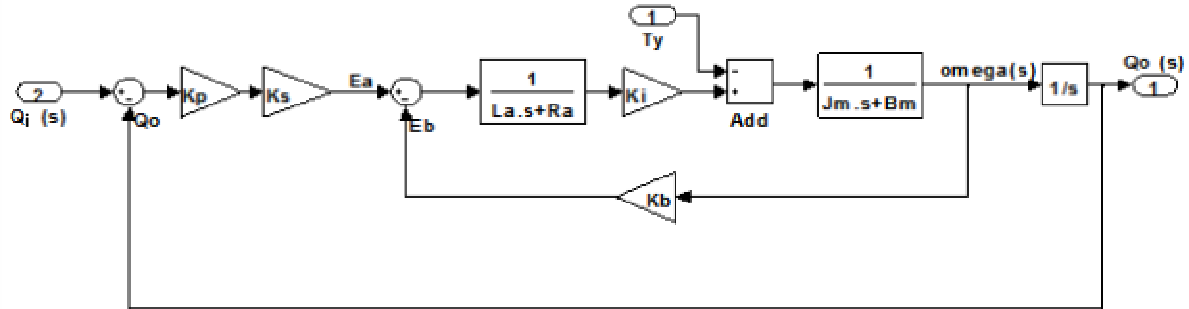
$$6) \quad T_e(s) = K_i I_a(s)$$

$$7) \quad T_m(s) = (J_m s + B_m) \Omega_m(s) + T_y(s) \quad \Omega_m(s) = \frac{T_m(s) - T_y(s)}{J_m s + B_m}$$

$$8) \quad \Omega_m(s) = s \theta_m(s) \quad \theta_m(s) = \frac{1}{s} \Omega_m(s)$$

$$9) \quad T_e = T_m$$

Yukarıdaki şekilde verilen konum kontrolüne ait dinamik denklemler t domen ve s domende olmak üzere elde edilmiştir. s-domen'de elde edilen ifadeler kullanılarak Şekil 1'de verilen pozisyon kontrolüne ait **kapalı çevrim kontrol blok diyagramı** Şekil 2'de verildiği gibi elde edilebilir.

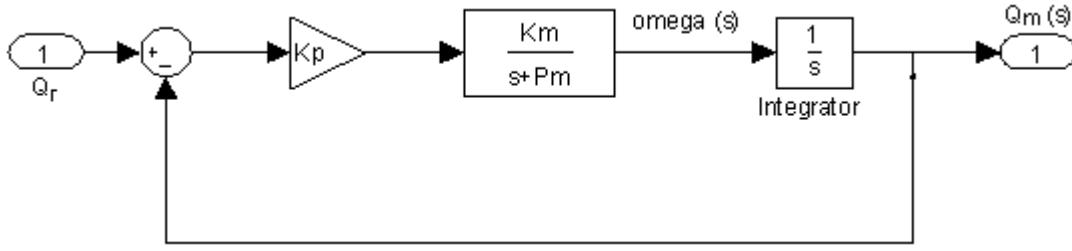


Şekil 2. Sürekli Zaman Oransal Kontrolcülü DC Motorun kapalı çevrim kontrol blok diyagramı

Şekil 2'deki kapalı çevrim kontrol blok diyagramından $\theta_i(s)$ ile $\theta_0(s)$ arasındaki transfer fonksiyonu (yük momenti, $T_y = 0$ ve rotor endüktansı $L_a = 0$ için) aşağıda verildiği gibi elde edilir.

$$\frac{\theta_0(s)}{\theta_i(s)} = \frac{K_p \frac{\frac{K_s K_i K_b}{R_a J_m}}{s(s + \frac{B_m R_a + K K_i K_b}{R_a J_m})}}{1 + K_p \frac{\frac{K_s K_i K_b}{R_a J_m}}{s(s + \frac{B_m R_a + K K_i K_b}{R_a J_m})}} = \frac{K_p G(s)}{1 + K_p G(s)} \quad G(s) = \frac{\frac{K_s K_i K_b}{R_a J_m}}{s(s + \frac{B_m R_a + K K_i K_b}{R_a J_m})} \quad (1)$$

Denklem (1) kullanılarak $K_m = \frac{K_s K_i K_b}{R_a J_m}$, $P_m = \frac{B_m R_a + K K_i K_b}{R_a J_m}$ şeklinde eşitlenir ve birim geri beslemeli olarak aşağıda verildiği kapalı-çevrim blok diyagram çizilebilir.



Şekil 3 Oransal Kontrolcü ile kontrol edilen sistemin blok diyagramı

Şekil 3 de verilen blok diyagram kullanılarak II. Dereceden sisteme ait standart form elde edilir.

$$\frac{\theta_m(s)}{\theta_r(s)} = \frac{\frac{K_p K_m}{s(s+P_m)}}{1 + \frac{K_p K_m}{s(s+P_m)}} = \frac{K_p K_m}{s^2 + sP_m + K_p K_m} = \frac{w_n^2}{s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2} \quad (2)$$

Denklem (2)'den;

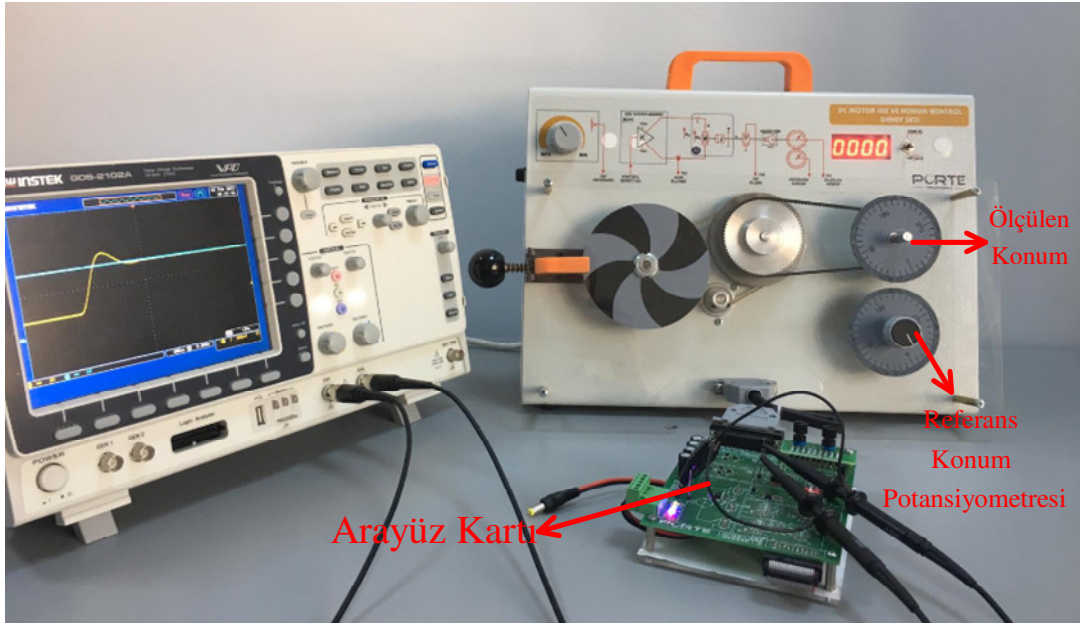
$$w_n = \sqrt{K_p K_m} \quad (3)$$

$$\zeta = \frac{P_m}{2w_n} = \frac{P_m}{2\sqrt{K_p K_m}} \quad (4)$$

Şeklinde elde edilir. K_p deney esnasında seçildiğinden/seçilebildiğinden değeri bilinmektedir.

1.2 Deney Düzeneği ve Kapalı Çevrim Cevabının Elde Edilmesi

Şekil 4'de DC Motor konum kontrolüne ait deney düzeneği görülmektedir.

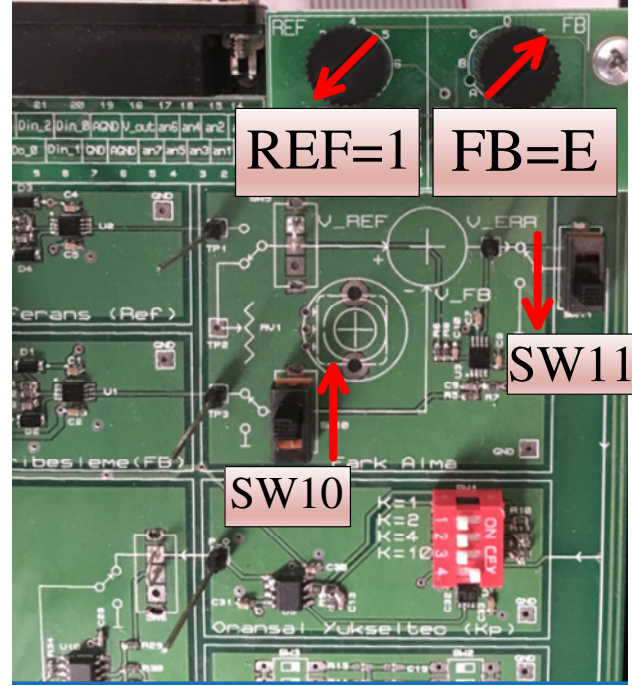


Şekil 4 DC Motor Hız ve Konum Kontrolü Deney Seti düzeneği

Deney düzeneği kapalı çevrim için Arayüz kartı konfigrasyonu

- a) REF=1
- b) FB=E
- c) SW10=ÜST
- d) SW11=ALT

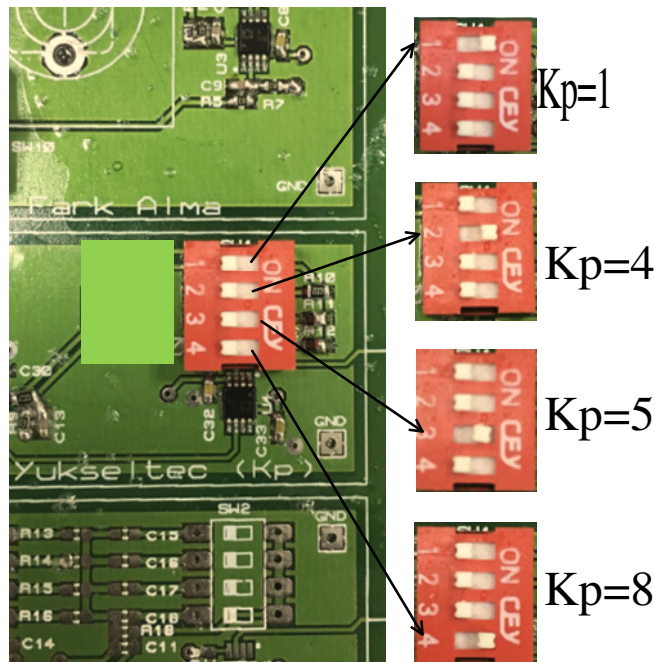
olacak şekilde Şekil 5'te gösterildiği gibi yapılmalıdır.



Şekil 5. Sürekli-Zaman Oransal Kontrolör Arayüz kartı Konfigrasyonu

Kapalı çevrim cevap için Şekil 6'da yerleri gösterilen **Referans** (TP1) ve **Geri besleme** (TP3) pinlerini Osiloskop'un **CH1 kanalı** ve **CH2 kanalı** problemlerine sırasıyla bağlanmalıdır.

Hata Kuvvetlendirici katsayıları- Kp değerleri sırası ile Şekil 6'de gösterildiği gibi **Kp=1**, **Kp=4**, **Kp=5** ve **Kp=8** olarak analog kontrol kartı üzerindeki 'dip switch' yardımı ile ayarlanabilmektedir.

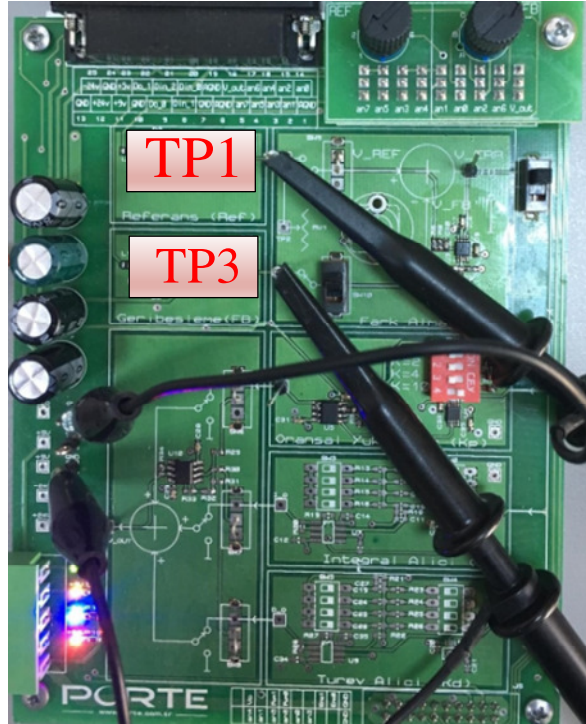


Şekil 6 Hata Kuvvetlendiricisi kazanç ayarı

Kapalı Çevrim Cevap:

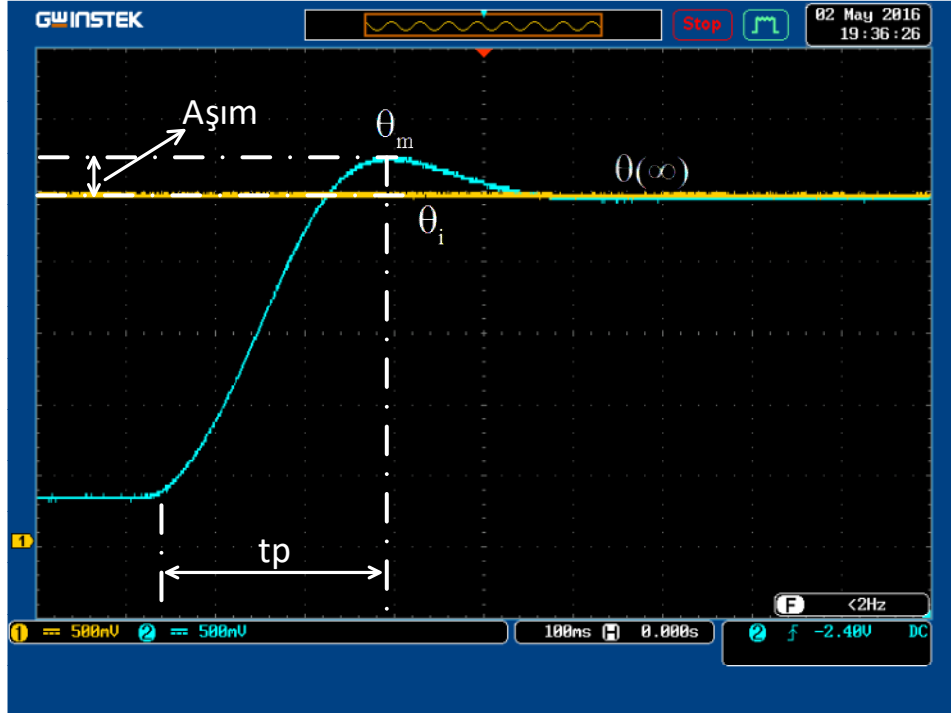
Kapalı Çevrim cevabın elde edilmesi için sırası ile gerçekleştirilecek adımlar aşağıda verilmiştir;

- 1) **K_p=5** için arayüz kartı üzerinden Şekil 6'da gösterildiği gibi ayarlayınız.
- 2) Kapalı çevrim cevap için Şekil 7'te yerleri gösterilen **Referans (TP1)** ve **Geri besleme (TP3)** pinlerini Osiloskop'un **CH1 kanalı** ve **CH2 kanalı** problarına sırasıyla bağlayınız



Şekil 7. Arayüz Kartı Osiloskop Bağlantısı

- 3) Basamak Fonksiyon giriş için Şekil 5'te gösterilen ;
 - i- **SW11** anahtarını **ALT** konuma getiriniz
 - ii-Referans konum potansiyometre değerini 0-2.5 Volt arası her hangi bir değere ayarlayınız.
 - ii-**SW11** anahtarını **ÜST** konuma getiriniz. Sistem çıkışı referansı giriş basamak işaretini takip ettiğini şekil 8 deki gibi gözleyiniz,



Şekil 8 Kp=4 için Kapalı Çevrim sistem cevabı

Şekil 8’de gösterilen osiloskop görüntüsünü elde ettikten sonra Aşım (**M_p**) ve tepe zamanı (**t_p**) değerlerini osiloskop ekranından ölçerek elde ediniz.

1.3 Sistem parametrelerinin Elde Edilmesi

A) ξ ,**nın hesabı:** Şekil 8’de osiloskop çıktısından gösterildiği gibi elde edilen kapalı çevrim cevap eğrisinden θ_m ve $\theta(\infty)$ değerleri okunur.

$$\%Aşım = \%M_p = \frac{\theta_m - \theta(\infty)}{\theta(\infty)} \cdot 100 \quad (5)$$

İfadesi ile $\%M_p$ yüzde aşım hesaplanır. Bilinen $\%M_p$ değeri kullanılarak

$$\%Aşım = \%M_p = e^{\frac{-\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}\pi} \cdot 100 \rightarrow \xi = \frac{-\ln(\%M_p / 100)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(\%M_p / 100)}} \quad (6)$$

ifadesi ile sönüm oranı ξ elde edilir.

B) w_n hesabı: Şekil 7’de osiloskop çıktısından t_p tepe zamanı okunur ve daha önce hesap edilen sönüm oranı ξ değerleri kullanılarak $t_p = \frac{\pi}{w_n \sqrt{1-\xi^2}}$ eşitliği göz önünde bulundurularak

$$w_n = \frac{\pi}{t_p \sqrt{1-\xi^2}} \quad (7)$$

ifadesi ile doğal açısal frekans elde edilir.

C) Hesap edilmiş olan ζ ve w_n parametre değerlerinin kullanılması ile K_m ve P_m katsayıları aşağıda verilmiş olduğu gibi elde edilir.

$$K_m = \frac{w_n^2}{K_p} \quad (8)$$

$$P_m = 2\zeta w_n \quad (9)$$

1.4 Elde Edilen Sistem parametrelerinin Doğrulanması

$K_p=8$ değeri için **sistem parametreleri K_m ve P_m** değişmeyecektir (Sistemin zamanla değişmediği kabul edildiğinden). Ancak buna karşın **Aşım değeri** değişecektir. Aşım değeri ,

$M = e^{-\frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}\pi}$ ζ 'ye bağlıdır. Denklem (3) ve denklem(4)'den görüldüğü gibi ζ 'nin değişimi ise K_p 'ye bağlıdır.

1-Aşağıdaki tabloda verilmiş olan K_p değerleri için göre ζ ve aşım değerleri M_h 'leri hesaplayınız.

2-Her bir aynı K_p değerleri için deney yaparak osiloskop çıktısından M_o değerlerini ölçünüz. Çıkan sonuçları yorumlayınız.

Tablo:

K_p	ζ	M_h (Hesaplanan Aşım)	M_o (Ölçülen Aşım)
5			
8			