	SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ OTOMOTİF MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI								
	ÖĞRENCİ ADI				NO		İMZA		TARİH
OTM309 MEKATRONİK									26.11.2013
SORU/PUAN	1/20	2/20	3/30	4/30	/	/	/	TOPLAM/100	
ALINAN PUAN									

2013-2014 GÜZ DÖNEMİ ARA SINAV SORULARI

TOPLAM SÜRE: 70 DAKİKA

İlk 2 soru için ayrılan süre 30 dakikadır ve bu bölümde notlar kapalıdır.

Son 2 soru için ayrılan süre 40 dakikadır ve bu bölümde notlar açıktır.

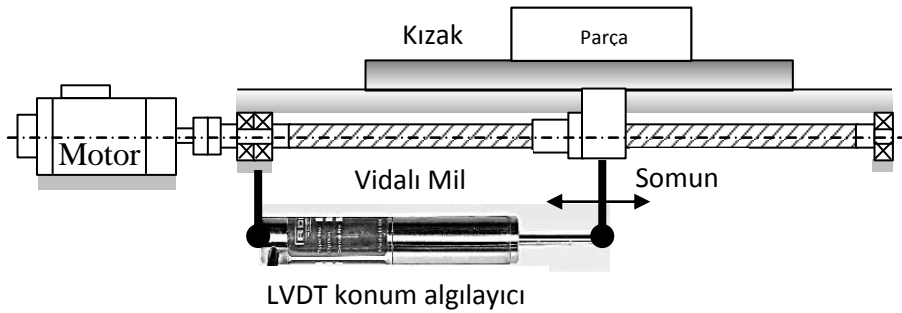
1. Soru (20 puan)

Otomasyon teknolojilerinde bir sistemin istenilen davranışları gerçekleyebilmesi için sistemdeki konum, hız, ivme, kuvvet vb. fiziksel nicelikler sürekli ölçülmeli ve bu ölçümler denetim sistemine gerçek zamanlı gönderilmelidir. Bu ölçümleri gerçekleştirmek için kullanılacak olan algılayıcıların seçiminin doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bir algılayıcının seçiminde göz önünde bulundurulması gereken teknik parametrelerden beş tanesini yazınız ve bu parametrelerin açıklamalarını yapınız.

2. Soru (20 puan)

Şekilde verilen doğrusal konumlama sistemi motor, vidalı mil ve kızak gibi mekanik elemanlardan oluşmaktadır. Kızakın konum ölçümünde LVDT (Doğrusal değişkenli diferansiyel dönüştürücü) konum algılayıcısı kullanılmaktadır. Bu sistemde kullanılan LVDT konum algılayıcısının (iç yapısındaki) çalışma prensibini anlatınız.

Not: Algılayıcının iç yapısını çizerek çizimi destekleyici bir açıklama yapılması önerilmektedir.



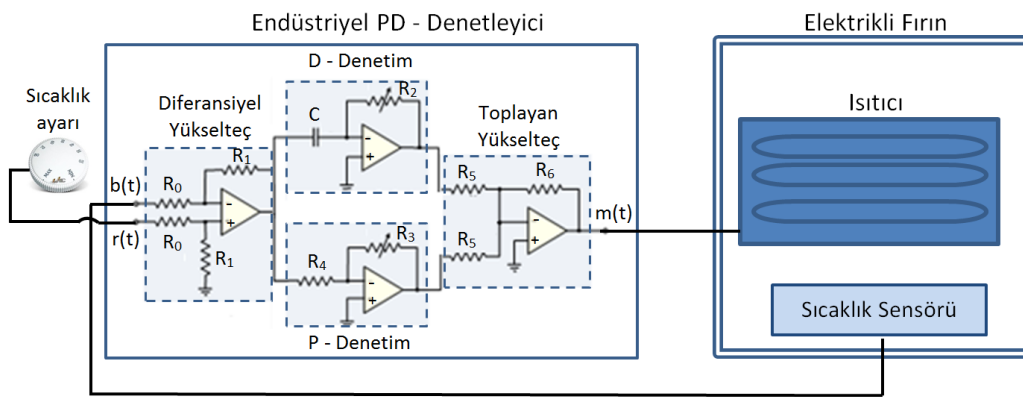
Şekil 1. Hassas konumlama sistemi

3. Soru (30 puan)

Şekilde verildiği gibi bir elektrikli fırın, ısıtıcı, sıcaklık sensörü ve bir PD endüstriyel denetleyici kısımlarından oluşmaktadır. Bu sistemin PD denetleyici ünitesi şekilde gösterildiği gibi Op-Amp devreleri ile oluşturulmuştur ve denetleyicinin K_p ve K_d denetleyici katsayıları R_2 ve R_3 direnç değerleri değiştirilerek ayarlanmaktadır. Oluşturulan elektrikli fırın denetim sisteminde fırının sıcaklığının istenen davranışları sağlayabilmesi için PD denetleyici katsayılarının $K_p=40$ ve $K_d=8$ olarak ayarlanması gerekmektedir. Bu denetleyici katsayılarının sağlanabilmesi için Op-Amp devresindeki R_2 ve R_3 dirençlerinin değerlerini hesaplayınız. Op-Amp devresindeki diğer direnç ve kapasitör değerleri aşağıda verilmektedir.

Not: Diferansiyel ve toplayan yükselteç dirençlerinin de hesaplamalara dahil edilmesi gerekmektedir.

$$R_0=1000 \Omega, R_1=2000 \Omega, R_4=2000 \Omega, R_5=1000 \Omega, R_6=2000 \Omega, C=2 \times 10^{-3} \text{ F}$$

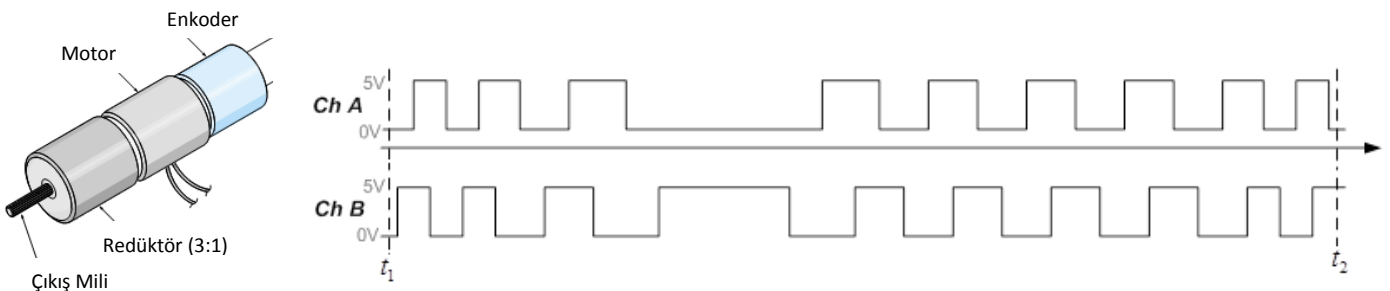


Şekil 2. Elektrikli fırın denetim sistemi

4. Soru (30 puan)

Şekilde verilen motor, redüktör ve artımsal enkoder üçlüsü, çıkış mili ile bir mekanik sistemi konumlamak için kullanılmaktadır. Redüktör 3:1 çevrim oranına sahiptir. Enkoder diskindeki toplam delik (veya yarık) sayısı 100 dür ve çıkış mili t_1 anında saat yönünün tersi (counter clockwise – CCW) yönde 5° dedir. Sensörün **Ch A** ve **Ch B** kanallarından gelen sinyal türü aşağıda gösterilen şekilde olduğuna göre; **2X Dekoder** okuma prensibini kullanarak t_2 anında çıkış milinin hangi saat yönünde kaçınıcı derecede olduğunu hesaplayınız.

Not: *A kanalı B kanalına öncülük yapıyorsa hareket yönü saat yönünün tersi (counter clockwise – CCW) ve B kanalı A kanalına öncülük yapıyorsa hareket yönü saat yönü (clockwise – CW) olarak alınacaktır. Redüktör çevrim oranını hesaba katmayı unutmayınız.*



Şekil 3. Motor-redüktör-enkoder sistemi ve enkoder çıkış sinyali

CEVAPLAR

1. Cevap

Bir algılayıcının seçiminde göz önünde bulundurulması gereken teknik parametreler ve açıklamaları aşağıda verildiği gibi özetlenebilir. Bunlardan herhangi beşini yazılması bu soru cevaplanması için yeterlidir.

Çalışma aralığı (Range): Algılayıcının ölçebileceği minimum ve maksimum değer aralığıdır. Bir sistemde ölçülecek olan niceliğin aralığına uygun olarak seçilmelidir. Sistemin çalışma aralığı ile algılayıcının çalışma aralığı birbirine çok yakın olmalıdır. Aksi halde etkili bir ölçüm gerçekleştirmek mümkün değildir.

Çözünürlük (Resolution): Sensörün algılayabileceği en küçük değer aralığıdır. Etkili bir ölçüm yapmak için bu değer mümkün olduğu kadar düşük seçilmesi gerekmektedir.

Doğruluk (Accuracy): Ölçülen değer ile gerçek değer arasındaki farktır. Genellikle bir sensörün çalışma aralığı içinde yapabileceği en büyük hata miktarlarının ortalaması olarak açıklanır. Bu değer mümkün olduğu kadar düşük olması gerekmektedir.

Tekrarlanabilirlik/Hassasiyet (Repeatability/Precision): Sensörün aynı giriş sinyaline göre ürettiği çıkış sinyallerinin birbirine ne kadar yakın olduğudur. Alınan ölçümlerin asıl hedef değere ne kadar yakın olduğu değil alınan ölçümlerin birbirine olan yakınlığının bir ölçüsüdür. Kararlı bir ölçüm için bu değer mümkün olduğu kadar düşük olması gerekmektedir.

Duyarlık (Sensitivity): Sensör elemanının giriş sinyalindeki değişime gösterdiği tepkinin ölçüsüdür. Mesela bir konum ölçme cihazında 0.001 mm'lik yer değiştirme çıkış voltajında 0.02V'luk bir gerilim değişimine sebep oluyorsa, bu ölçme cihazının ilgili noktadaki duyarlılığı (0.02/0.001) 20 V/mm dir. Hassas bir ölçüm için bu değer mümkün olduğu kadar yüksek olması gerekmektedir.

Sıfır Öteleme(Zero Offset): Sensöre uygulanan giriş sinyali olmadığı halde çıkış sinyali var ise bu sinyalin değeridir. Özellikle sıfır bölgesi yanında ölçümler yapılacaksa bu değer mümkün olduğu kadar düşük olması gerekmektedir

Doğrusallık (Linearity): Sensör çıkışının en uygun doğrusal kalibrasyon çizgisine göre yaptığı hatanın yüzdesidir. Etkili bir ölçüm için mümkün olduğu kadar düşük olması gerekmektedir

Doymuşluk (Saturation): Giriş sinyali belli bir seviyeyi geçtikten sonra çıkış sinyalinin sabit olma durumudur. Bu değer sensör çalışma aralığı ile ilişkilidir. Sensör çalışma aralığı üzerinde bir ölçüm yapıldığında sensör artık aynı çıkış değerini verecektir.

Ölü bölge (Deadband): Sensör giriş sinyali sıfıra yakın bölgelerde çıkış sinyali üretmiyorsa bu kritik bölgenin mesafesini belirtir. Özellikle sıfıra yakın bölgelerde ölçümler yapılacaksa bu değer mümkün olduğu kadar düşük olması gerekmektedir.

Boşluk (Backlash): Giriş sinyalinde bir yön değişikliği olduğu zaman o noktadan sonra ne kadarlık bir aralık boyunca giriş sinyalinin çıkış sinyalinde bir tepkiye yol açmadığını belirtir. Bu aralığın değeri sensör boşluğu olarak ifade edilir ve mümkün olduğu kadar düşük olması gerekmektedir.

Sıfır Sürüklenme (Zero Drift): Sensör giriş sinyali değişmediği halde sensör çıkış sinyalinin belli bir zaman içerisinde değerini değiştirmesidir ve bu değişim miktarıdır. Bu değerin mümkün olduğu kadar düşük olması gerekmektedir.

Cevap zamanı (Response Time): Sensöre giriş sinyali uygulandıktan sonra çıkış sinyalinin en erken ne kadar zaman sonra doğru çıkış değerini vereceğini gösterir. Bu parametre mümkün olduğu kadar düşük seçilmelidir.

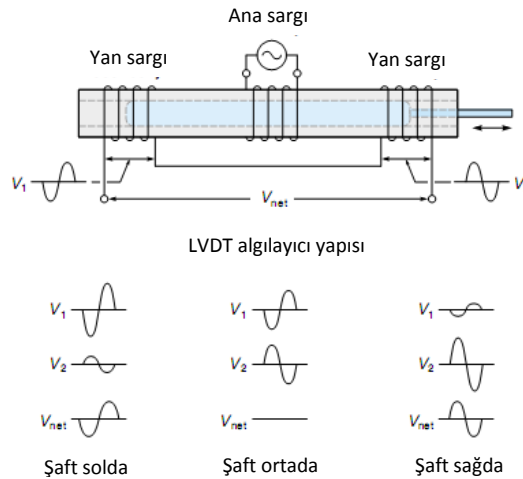
Band genişliği (Bandwidth): Sensör çıkışının hangi frekanstaki giriş sinyaline kadar doğru cevaplar üretebileceğini gösterir. Bu parametrenin mümkün olduğu kadar yüksek olması gerekmektedir.

Sinyal-Gürültü oranı (Signal to noise ratio): Çıkış sinyal genliğinin gürültü sinyali genliğine oranıdır. Bu parametrenin mümkün olduğu kadar düşük olması gerekmektedir.

2. Cevap

LVDT (Doğrusal değişkenli diferansiyel dönüştürücülü) konum algılayıcıları doğrusal hareketi elektrik sinyaline çeviren bir dönüştürücüdür.

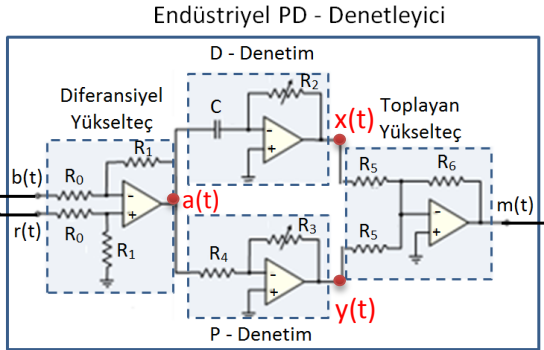
Temel olarak silindirik bir gövde içerisinde hareket eden bir demir çubuk ve silindirik gövde içine sarılmış 3 adet bobinden oluşur. Merkezdeki sargıya (primary coil) AC gerilim uygulanır ve demir çubuğun konumuna göre diğer sargılarda da indüklenme ile AC gerilim oluşur. Şekil A da bir LVDT algılayıcısının şematik gösterimi verilmektedir. Yan sargılar birbirlerine seri bağlanmış olup indüklenen gerilimler ters fazlıdır. Böylelikle yan sargılardaki indüklenen toplam AC gerilimin genliği demir çubuğun konumu hakkında bilgi verirken faz açısı ise demir çubuğun yönünü belirtir.



Şekil A. LVDT konum algılayıcı çalışma prensibi şematik gösterimi

3. Cevap

Öncelikle analog denetleyicideki her kısım için (Diferansiyel yükselteç, P-denetim, D-denetim ve toplayan yükselteç) formüller ayrı ayrı kullanılmalıdır:



Bir PD denetleyicinin girişi ve çıkışı arasındaki transfer fonksiyonu aşağıdaki denklem ile ifade edilir:

$$\frac{M(s)}{R(s) - B(s)} = \frac{M(s)}{E(s)} = K_d s + K_p$$

Diferansiyel yükselteç: $A(t) = \frac{R_1}{R_0} [r(t) - b(t)] \xrightarrow{\text{Laplace}} A(s) = \frac{R_1}{R_0} [R(s) - B(s)] \rightarrow A(s) = \frac{R_1}{R_0} E(s)$

P - denetim devresi: $Y(s) = \left[-\frac{R_3}{R_4}\right] A(s) \rightarrow Y(s) = \left[-\frac{R_3}{R_4}\right] \left[\frac{R_1}{R_0}\right] E(s)$

D - denetim devresi: $X(s) = [-R_2 C s] A(s) \rightarrow X(s) = [-R_2 C s] \left[\frac{R_1}{R_0}\right] E(s)$

Toplayan yükselteç devresi: $M(s) = \left[-\frac{R_6}{R_5}\right] (Y(s) + X(s)) \rightarrow M(s) = \left[-\frac{R_6}{R_5}\right] \left[-R_2 C s - \frac{R_3}{R_4}\right] \left[\frac{R_1}{R_0}\right] E(s)$

$$\frac{M(s)}{E(s)} = \left[\frac{R_1 R_2 R_6 C}{R_0 R_5}\right] s + \left[\frac{R_1 R_3 R_6}{R_0 R_4 R_5}\right] = K_d s + K_p \rightarrow K_d = \frac{R_1 R_2 R_6 C}{R_0 R_5} \quad \text{ve} \quad K_p = \frac{R_1 R_3 R_6}{R_0 R_4 R_5}$$

$$R_2 = \frac{K_d R_0 R_5}{R_1 R_6 C} \quad \text{ve} \quad R_3 = \frac{K_p R_0 R_4 R_5}{R_1 R_6}$$

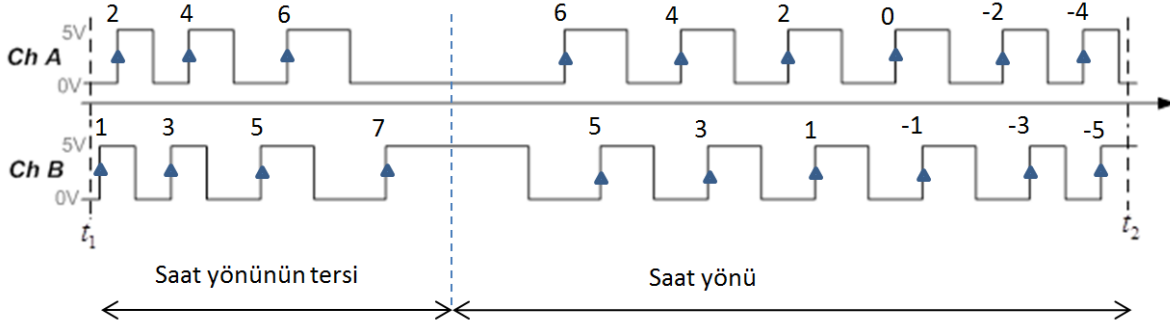
$$R_0 = 1000 \, \Omega, R_1 = 2000 \, \Omega, R_4 = 2000 \, \Omega, R_5 = 1000 \, \Omega, R_6 = 2000 \, \Omega, C = 2 \times 10^{-3} \, \text{F}$$

$$R_2 = \frac{8 * 1000 * 1000}{2000 * 2000 * 2 \times 10^{-3}} = 1 \, \text{k}\Omega \quad \text{ve} \quad R_3 = \frac{40 * 1000 * 2000 * 1000}{2000 * 2000} = 20 \, \text{k}\Omega$$

4. Cevap

2X Dekoder okuma prensibine göre A ve B kanallarının (ikisinin) kare darbelerindeki çıkışlar **ya da** inişler sayılarak işlem yapılır. Bu çözümde çıkışlar sayılarak sonuç bulunmuştur. Sayımlarda saat yönünün tersi pozitif yön olarak kabul edilmiştir.

Kare darbelerdeki çıkışlar sayılırsa t_2 anında çıkış milinin açısı değeri:

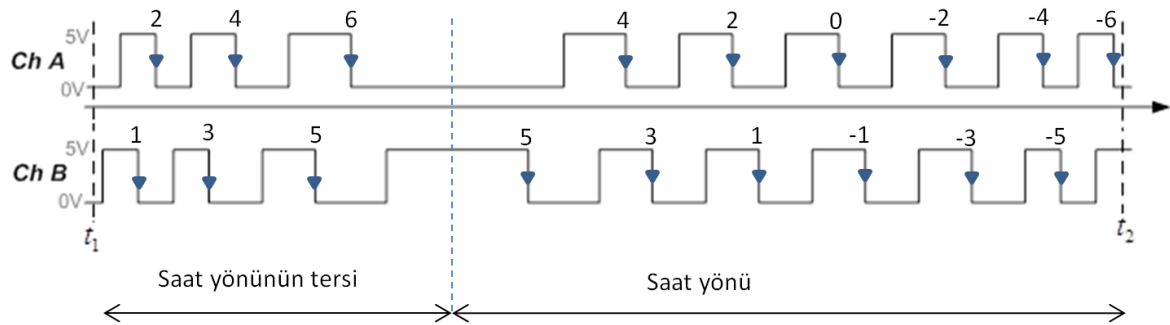


Redüktör çevrim oranı $\rightarrow \Gamma = 3$, t_2 anındaki darbe sayısı $\rightarrow n = -5$ ve yarık sayısı $\rightarrow N = 100$

$$\theta_{t_2} = \theta_{t_1} + \frac{1}{\Gamma} * \frac{360^\circ * n}{2 * N} = 5^\circ + \frac{1}{3} * \frac{360^\circ * (-5)}{2 * 100} = 2^\circ$$

Çıkış mili t_2 anında saat yönünün tersi yönde 2° lik bir konumdadır.

Kare darbelerdeki inişler sayılırsa t_2 anında çıkış milinin açısı değeri:



Redüktör çevrim oranı $\rightarrow \Gamma = 3$, t_2 anındaki darbe sayısı $\rightarrow n = -6$ ve yarık sayısı $\rightarrow N = 100$

$$\theta_{t_2} = \theta_{t_1} + \frac{1}{\Gamma} * \frac{360^\circ * n}{2 * N} = 5^\circ + \frac{1}{3} * \frac{360^\circ * (-6)}{2 * 100} = 1.4^\circ$$

Çıkış mili t_2 anında saat yönünün tersi yönde 1.4° lik bir konumdadır.