

HİDROLİK BİR SERVO SİSTEMİN KAYAN REJİMLİ KONUM KONTROLU

Kenan KUTLU
Murat BÜYÜKSAVCI

ÖZET

Bu çalışmada asimetrik hidrolik bir silindir, oransal yön valfi ve lineer optik kodlayıcıdan oluşan bir deney tesisatında klasik PD kontrol ve Kayan Rejimli Kontrol (KRK) uygulanmıştır. Her iki kontrolde konum hatası ve konum hatasının değişimi geri besleme değerleri olarak kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar aşım, oturma süresi ve kararlı hal hatası açısından karşılaştırılmıştır.

GİRİŞ

Hidrolik servo sistemler, endüstrideki güç ve hassasiyet gerektiren uygulamalarda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadırlar. PD kontrol algoritmaları, bu tür uygulamalarda kullanılan en yaygın kontrol türüdür. Ancak genel olarak PD kontrol uygulamalarında, bir servo valf veya bir oransal valf kullanılmaktadır. Bu tip kontrol valfleri, ikili yön kontrol valflerine göre oldukça pahalı elemanlardır. Elektronik ve kontrol teknolojilerinin sayısal yöne doğru kaymasına paralel olarak kontrol elemanları da bu yönde gelişmek zorundadırlar. Öyle ikili valfler geliştirilmelidir ki, bu valfler servo veya oransal valfler kadar hızlı davranabilmelidir ve bu valflerle uygulanan kontrol tekniklerinin performansları, servo veya oransal valfler ile uygulanan kontrol tekniklerinin performanslarına en azından yakın olabilmelidir. Bu fikre paralel olarak bu çalışmada servo valf ile uygulanan PD tipi bir kontrolör ile ikili valfler ile uygulanan Kayan Rejimli Kontrolör, hidrolik bir sistemde, deneysel olarak uygulanarak kıyaslanmıştır.

MATEMATİK MODEL ve SİMÜLASYON

Sistemin dördüncü dereceden matematik modeli, durum değişkenleri $X_1 = y$, $X_2 = dy/dt$, $X_3 = P_1$, $X_4 = P_2$ şeklinde seçilerek aşağıda verilmiştir [2-3]:

$$\frac{dX_1}{dt} = X_2 \quad (1)$$

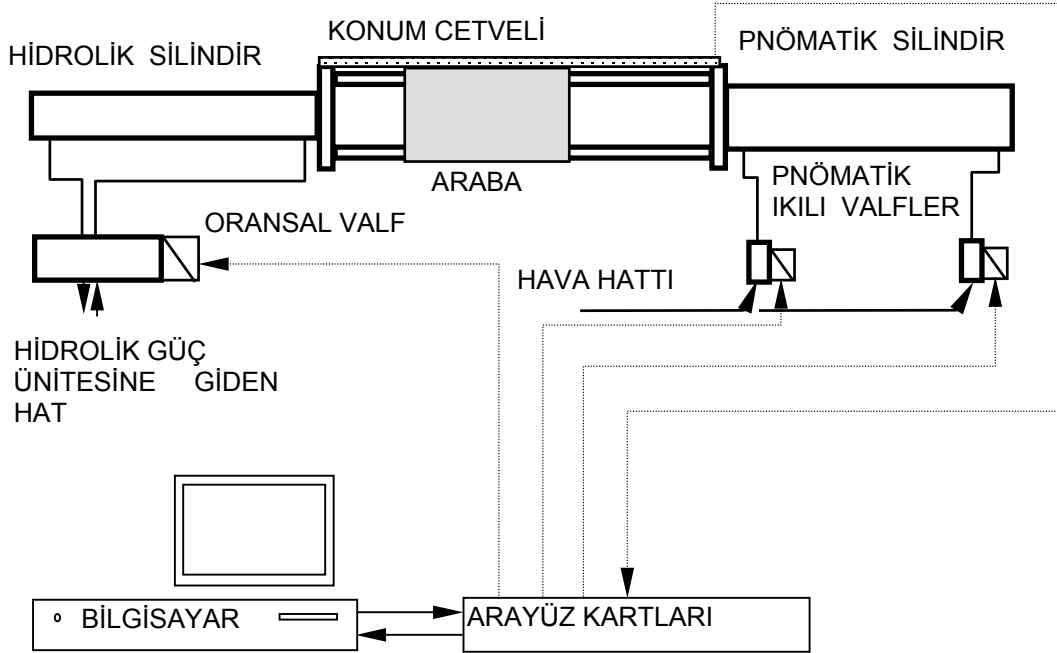
$$\frac{dX_2}{dt} = -\frac{B_V}{m} X_2 + \frac{A_1}{m} (X_3 - \alpha X_4) - \frac{F}{m} \quad (2)$$

$$\frac{dX_3}{dt} = \frac{\beta}{X_1} \left[-X_2 + \frac{Q_1(X_3, U)}{A_1} \right] \quad (3)$$

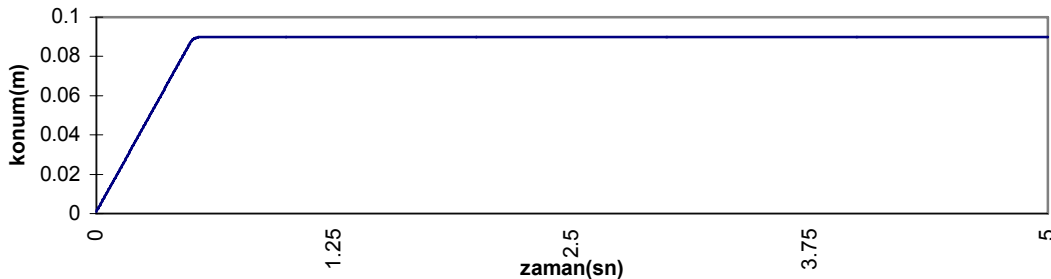
$$\frac{dX_4}{dt} = \frac{\beta}{(L - X_1)} \left[X_2 - \frac{Q_2(X_4, U)}{A_2} \right] \quad (4)$$

- y : Konum
dy/dt : Hız
P₁ : Birinci haznedeki basınç
P₂ : İkinci haznedeki basınç
F : Sisteme etkiyen dış kuvvet
m : Toplam kütle
B_v : Vizkoz sürtünme katsayısı
A₁ : Silindirin 1. Haznesinin kesit alanı
A₂ : Silindirin 2. Haznesinin kesit alanı
β : Hacimsel elastisite modülü
L : Silindirin toplam stroku
t : Zaman

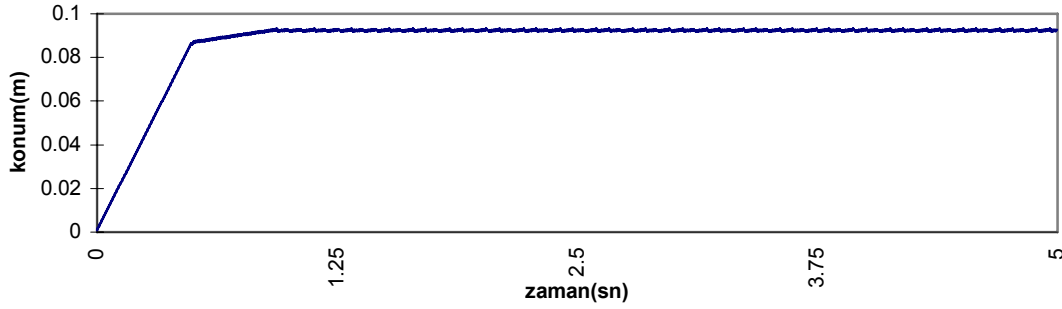
Valfin sıfır boşluklu veya negatif boşluklu olması durumunda bu denklemler değişmez, ancak Q₁(X₃,U) ve Q₂(X₄,U) debi denklemleri değişir. Elde edilen matematik model kullanılarak sistemin kontrolünün simülasyonu MATLAB paket programı ile yapılmıştır. Simülasyon sonuçları itibarı ile sistemin matematik modelinin gerçek sisteme yakınlık gösterdiği tespit edilmiştir. PD kontrol simülasyon sonuçları Şekil 2 de Kayan Rejimli Kontrol simülasyon sonuçları Şekil 3 de verilmiştir.



Şekil 1. Deney tesisatı yapısı.



Şekil 2. PD kontrol simülasyonu konum-zaman grafiği



Şekil 3. Kayan Rejimli Kontrol simülasyonu konum-zaman grafiği

DENEY TESİSATI ve DENEYSEL ÇALIŞMA

Hidrolik sistem bir hidrolik güç ünitesi ile asimetrik bir hidrolik güç silindirinden oluşmaktadır. Akışkanın debisinin kontrolünde kullanılan valf, elektrohidrolik oransal valftir. Deney tesisatının şeması Şekil 1'de verilmiştir. Silindir birbirine paralel iki mil üzerinde yataklanmış hareketli bir tablayı tahrik etmektedir. Konum ölçme tablanın yanına yerleştirilmiş optik bir kodlayıcı vasıtasıyla sağlanmaktadır. Optik kodlayıcı Heidenhain firması tarafından üretilmiş 270 mm ölçme boyuna sahip sinüs dalga çıkışlı 20 mikron çözünürlüklü doğrusal bir kodlayıcıdır. Sinüs dalga tercih edilmesinin nedeni, bilgisayar ile kodlayıcı arasındaki kablo boyu nedeni ile oluşabilecek sinyal zayıflamasını en aza indirmektir. Bu sinüs sinyal karşılaştırıcı bir devre ile kare dalgaya çevrilmektedir. Daha sonra da kodlayıcının A ve B kanalları arasındaki faz farkından hareket yönünün belirlenmesi mümkün olmaktadır. İşlenmiş olan bu işaretler bir aşağı-yukarı sayan sayıcı devresine beslenerek konum bilgisi bilgisayardan okunur. Sistemde kullanılan oransal valf Abex-Denison firmasına ait D1P-01 tipinde bir valftir. Valfe ilişkin teknik özellikler Tablo.1'de verilmiştir.

Tablo 1. Oransal Valf teknik özellikleri

Çalışma basınçları	P, A, B portları 7-245 bar T portu 0-70 bar
Akışkan sıcaklığı	-18 c +80
Max çıkış debisi	36 Lt /dk
Pilot debisi(245 bar)	1.2 Lt/dk
Basınç kazancı	70 Bar / %1 kumanda
Besleme gerilimi	12 +/- 0.5 Volt(DC)
Max besleme akımı	0.3 A
Max güç tüketimi	3.6 W
Kumanda sinyali	+/- 5 VDC
Histerisiz	< +/- %1
Treshold	<%0.25

Sistemde bozucu üretmek üzere bir adet pnömatik silindir ile pnömatik ikili valfler bulunmaktadır. Sistemi kontrol etmek için üzerinde analog çıkış ve sayısal giriş-çıkışlar bulunan bir PCLAB kartı kullanılmıştır. Gerekli programlar turbo C programlama diliyle yazılmıştır. Sisteme başlangıç olarak klasik PD kontrol uygulanmıştır. PD kontrollörün en genel ifadesi şu şekildedir[7].

$$u(t) = K \left[e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (5)$$

Bu sürekli ifade ayrık formda düzenlenirse

$$\frac{de(t)}{dt} = \frac{e(k) - e(k-1)}{\Delta t} \quad (6)$$

olur ve

$$u(t) = \text{sign} \left[(y_{ref} - y) - K_v * \frac{dy}{dt} \right] \quad (7)$$

sonucu elde edilir.

$K_p = K$: Oransal kontrol katsayısı
 $K_d = K * T_d / \Delta t$: Türevsel kontrol katsayısı
 $e(k) = y_{ref} - y(k)$: k'inci adımdaki konum hatası
 Δt : Örnekleme zamanı'nı ifade eder.

Sisteme uygulanan Kayan rajimli kontrolün en genel matematiksel ifadesi [1-7]

$$u(t) = \text{sign} \left[(y_{ref} - y) - K_v * \frac{dy}{dt} \right] \quad (8)$$

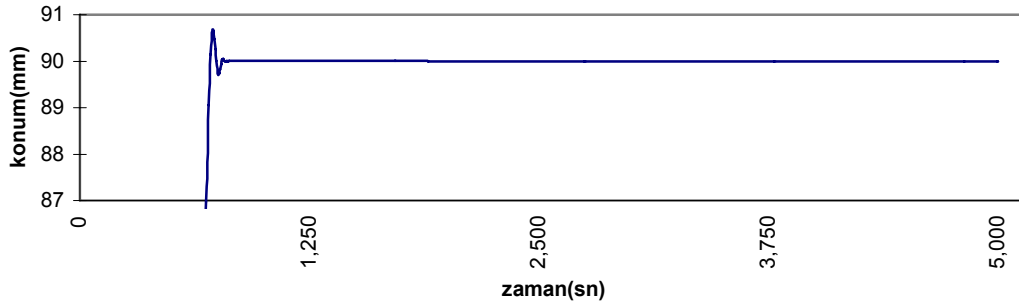
şeklinde. Bu ifadenin ayrık hali ise

$$u(k) = \text{sign} \left[(y_{ref} - y(k)) - K_v \frac{y(k) - y(k-1)}{\Delta t} \right] \quad (9)$$

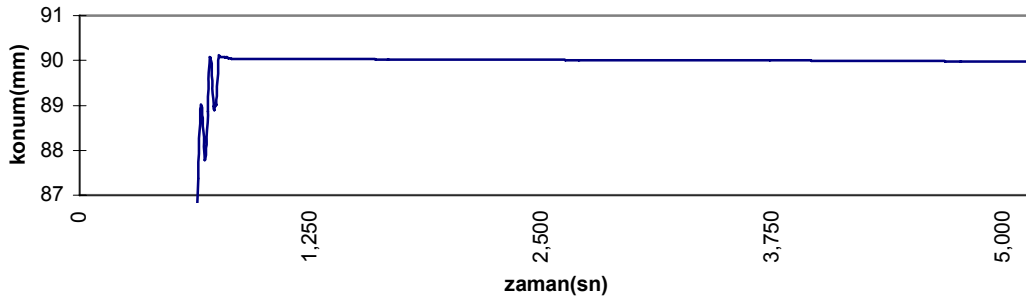
şeklinde. Burada K_v hız geri besleme katsayısıdır. Sistem signum fonksiyonunun parametresi olan ifadenin gösterdiği eğriyi dikkate alarak, k'inci adımda ölçülen konum hatası ve hız değerlerine göre sonuç negatif çıkıyorsa, yön valfine negatif işaret, pozitif çıkıyor ise yön valfine pozitif işaret gönderilir. Deney tesisatı üzerinde bir oransal valf bulunduğu için, Kayan rejimli kontrol, oransal valf bir yön valfi gibi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler neticesinde valfin en büyük genlikte kumanda edilmesi halinde sistemin referans etrafındaki dar bir bölgede sürekli titreşimde kaldığı gözlenmiştir. Bu sebeple sistemin anahtarlanma genliğinin referans etrafında tanımlanan dar bir bölgede en büyük anahtarlama genliğinin 1/10'u kadar seçildiğinde, titreşimlerin ortadan kalktığı gözlenmiştir. Bu sistem oransal valf yerine farklı valf kesitlerine sahip, iki yön valfi ile sağlanabilir.

SONUÇLAR

Deney tesisatında yapılan deneylerde tekrar edilebilirlik gözlenmiştir. Her 10 deneyden en az 8'i aynı sonucu üretmektedir. Bu şekilde raslantısal olarak üretilen deney sonuçları elenmiştir. PD kontrol ve KRK kontrol sonuçlarına ilişkin konum-zaman grafikleri Şekil 4 ve Şekil 5 te verilmiştir. PD kontrolde sistem, %0.755'lik maximum aşma, 10 μm 'lik sürekli hal hatası ve 0.677 sn'lik oturma süresi ile (%5 tolerans ile) referans değere oturmaktadır. KRK kontrolde sistem, %0.077'lik maximum aşma, 10 μm 'lik sürekli hal hatası ve 0.657 sn'lik oturma süresi ile (%5 tolerans ile) referans değere oturmaktadır. Bu sonuçlar KRK tekniğinin performansının, PD kontrol tekniğinin performansına benzer olduğunu göstermektedir. Ancak, KRK'de kullanılan ikili velfler, PD kontrol'de kullanılan servo valf maliyetinin 1/5'i civarında olduğundan, KRK uygulanması daha ekonomiktir.



Şekil 4. PD kontrol konum-zaman grafiği



Şekil 5. KRK kontrol konum-zaman grafiği

KAYNAKLAR

- [1] KOÇ M. "Hassas ve Katı Pnömatik Konum Kontrolü".Yüksek Lisans Tezi , İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü , Haziran 1998
- [2] KUTLU K. "Hidrolik sistemlerde ikili konum kontrolü ve mikro işlemci uygulaması.Doktora tezi , İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü , Tubat 1988
- [3] GÜNER H. "Elektrohidrolik Bir Servo sistemin Mikrobilgisayar ile kontrolü" ,Yüksek lisans tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü , Şubat 1990
- [4] GUNER H.,KUTLUY K."Hidrolik bir servosistemde PD,PID ve Fuzzy Kontrol Yaklaşımlarının Deneysel İncelenmesi. İ.T.Ü Cilt 48 , Yıl 48 sayı 4,1990
- [5] ERTUĞRUL Ş. "Industrial Applications of Fuzzy Logic" ders notları ,İ.T.Ü. F.B.Enst. 1997-1998-Kış Yarıyılı.
- [6] CHEN P. SHIH M:-"An Experimental Study On the Position Of a Hydraulic Cylinder Using a Fuzzy logic Controler.J:S:M:E: International Journal
- [7] BÜYÜKSAVCI M.:-"Hidrolik Bir Servo Sistemin PD, Bulanık mantık ve Kayan Rejimli Konum Kontrolü", İ.T.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Haziran 1999



ÖZGEÇMİŞ

Kenan KUTLU

1954 yılı İstanbul doğumludur. 1978 yılında İTÜ Makina Fakültesini Makina Mühendisi olarak bitirmiştir. Aynı üniversiteden Şubat-1981 de Yüksek Mühendis, Haziran-1988 de Doktor, Kasım-1988 de Yardımcı Doçent, 1991 yılında Doçent ünvanını almıştır. Çalışma hayatının tamamı İTÜ'de geçmiştir. Çalışmaları hidrolik servosistemler ve mikrobilgisayar kontrollu sistemler üzerine yoğunlaşmıştır.

Murat BÜYÜKSAVCI

1974 Batman doğumludur. 1995 yılında İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesinden Mühendis olarak mezun oldu. Haziran 1999 da İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Makina Teorisi ve Kontrol programından Yüksek Mühendis ünvanını aldı.