



**HIZLI ANAHTARLAMA ELEMANLI BİR İKİ KADEMELİ ELEKTROHİDROLİK
VALF İLE GERÇEK ZAMANDA KONUM DENETİMİNİN İNCELENMESİ**

**(INVESTIGATION OF REAL-TIME POSITION CONTROL BY A TWO STAGE
ELECTROHYDRAULIC VALVE WITH SWICHTING)**

Mesut ŞENGİRGİN*, İbrahim YÜKSEL*

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada, pilot kademesi hızlı anahtarlama valfi olan iki kademeli elektrohidrolik valf ile gerçek zaman konum denetim olanakları incelenmektedir. Pilot kademesinde disk valf şeklindeki bir hızlı anahtarlama elemanı olan valfin, giriş işareti ile çıkış işareti arasında oransal denetim sağlamak amacı ile Darbe Genişlik Modülasyon (DGM) tekniğinden yararlanılmıştır. Yüksüz, çift piston çubuklu silindir ile kurulu hidrolik sistem üzerinde, dSPACE kart yardımı ile gerçek zaman konum denetimi gerçekleştirilmiştir.

In this study, real-time position control of hydraulic system with two stage electrohydraulic valve which its pilot stage is a fast switching valve are investigated. Pulse Width Modulation (PWM) Technique is used to obtain a proportional control between input signal and output signal. Real-time position control is realized by using dSPACE card and hydraulic system with the double rod piston.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Disk valf, Hızlı anahtarlama valfi, Darbe genişlik modülasyon, Konum denetimi, Gerçek zaman denetim.

Disc valve, Fast switching valve, Pulse width modulation, Position control, Real-time control.

* Uludağ Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Makine Müh. Bölümü, Görükle, BURSA.

1. GİRİŞ

1950'lerden bu yana geliştirilen ve günümüzde en mükemmel gelişme aşamasına gelmiş bulunan tork motorlu servovalfler oldukça karmaşık bir yapıya sahip olup çok hassas denetim gerektiren sistemlerde kullanılmaktadırlar. Genellikle çift kademeli olan bu valflerin birinci ve ikinci kademesi arasında oldukça karmaşık yapıda bir geribesleme mekanizması yer alır ve çoğunlukla sürgülü valf biçiminde olan ikinci kademesi de çok dar toleranslı imalat işlemi gerektirir. Bütün bu özellikler bir taraftan valfin en yüksek seviyede bir denetim elemanı olmasını sağlarken diğer taraftan da maliyetini aşırı derecede yükseltmektedir. Bu nedenlerle, bu valflerin daha çok hassas ve güvenilir bir denetim gerektiren uçaklarda, uzay taşıtlarında, bilgisayar denetimli takım tezgahlarında ve özel test makinelerinde kullanılmaları ekonomik ve uygun olmaktadır. Servovalfler üzerinde yapılan geliştirme çalışmaları günümüzde devam etmekte olup bu çalışmalar daha çok valfin maliyetini düşüren değişiklikler şeklinde olmaktadır.

Elektrohidrolik devrelerde servovalflerin dışında kullanılan valfler; yapıcı daha basit, dinamik performansları servovalflerden daha düşük, fakat buna karşılık daha düşük maliyetli olup kabaca solenoid veya elektromıknatıs valfler olarak bilinirler. Bunlarda, temelde servovalflerde olduğu gibi elektriksel sinyali akışkan sinyaline dönüştüren elektro akışkan valflerindedir. Mıknatıs akı devrelerinde genellikle kalıcı mıknatıs yerine geçici mıknatıs (elektromıknatıs) devresi kullanılmaktadır.

Geleneksel anlamda solenoid valfler basit bir aç-kapa elemanı olarak belli bir elektrik giriş sinyali değerinde tamamen açık veya tamamen kapalı durumda çalışırlar. Diğer bir deyişle bunlarda elektrik giriş sinyali ile akışkan çıkış sinyali arasında doğrusal bir bağıntı yoktur. Bu nedenle hassas denetim gerektiren elektrohidrolik devrelerde kullanılamazlar.

Son senelerde servovalflere göre daha ucuz fakat geleneksel solenoidlere göre daha yüksek performansa sahip valfler üzerinde çalışmalar sürdürülmüş ve bunun sonucu olarak; oransal solenoidler ve yüksek açma-kapama hızına sahip özel anahtarlama valfleri geliştirilmiştir.

1970'li yılların ortalarından beri oransal solenoidler üzerinde pek çok çalışmalar yapılagelmekte ve bu çalışmalara dayanarak çeşitli firmalar tarafından oransal basınç ayar, debi ayar ve yön denetim valfleri imal edilmektedir. Oransal solenoidlerle oluşturulan yön denetim valfleri genellikle sürgülü valf türündendir. Basınç düşürme, basınç ayar ve debi ayar valfleri ise hem oturtma elemanlı hem de sürgülü valf türünde olmaktadır. Oransal valfler üzerinde çeşitli geliştirme çalışmaları günümüzde de devam etmektedir.

Servovalflerin performanslarının yüksek olmasına karşılık maliyetlerinin de o oranda yüksek olması ve diğer taraftan oransal valflerin de özel uygulama alanlarında yeterli performansı gösterememesi bazı özel amaçlı valfler üzerinde araştırmalar yapılmasına ve özel türde minyatür valfler ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunlardan bir grubu hızlı çalışan aç-kapa tipi anahtarlama valfleri diğeri de özellikle yer sorunu olan uygulamalarda kullanıma yönelik minyatür valflerdir.

Elektrohidrolik valfleri zayıf bir elektrik giriş sinyali yardımı ile sürmek için özel elektronik devreler kullanılmakta ve devreler elektrohidrolik sistemlerin tamamlayıcı parçaları olarak ele alınmaktadır. Analog elemanlardan meydana gelebilen bu devreler günümüzde elektronik teknolojisinde ortaya çıkan gelişmelere paralel olarak sayısal (dijital) elemanlardan oluşturulabilmektedir. Bu devreler ayrıca sistemin doğrudan bilgisayarlı denetimini de olanaklı kılarlar.

Bir aç-kapa biçiminde çalışan solenoid valfe uygulanan elektriksel giriş işaretine karşılık, çıkışından akışkan debisi olarak bir işaret üretmesi için geçen zamanın çok az olması gerekir.

Bu şekilde hızlı cevap veren ve aç-kapa çalışan solenoid valflere hızlı anahtarlama valfleri denilmektedir. Bu valflerden oransal ve hızlı cevap elde etmek için çeşitli uygulamalar mevcuttur. Bunlar, valf gövdesindeki tasarım çalışmaları ile bu valflerin sürülmesi için üzerinde yapılan çalışmalardır.

Elektronikte haberleşme ve motor hız denetiminde yaygın olarak kullanılan Darbe Genişlik Modülasyon, DGM tekniği, elektronik alanındaki hızlı gelişmelere paralel olarak hızlı anahtarlama valflerindeki gelişmeler DGM tekniğini tekrar gündeme getirmiştir.

DGM sinyali, doluluk ve boşluklara sahip darbeler treni şeklinde bir işarettir. Valfin girişine uygulanan bu işaret ile valf çıkışından elde edilen akışkan debisinin zaman ortalaması oransal olmaktadır. Bu oransallığı sağlamak için aç-kapa çalışan solenoid valfin hızlı cevap vermesi gerekmektedir.

Anahtarlama valfleri genellikle oturtma elemanı tipi valflerdir. Anahtarlama valfler üzerine ilk çalışmalarda 3-yollu ve 4-yollu hidrolik valfler yerine, serbest yüzer bilye elemanlı valfler kullanılmıştır (Post, 1974; El-ibiary vd., 1978; Taft ve Harned, 1978) Anahtarlama elemanı olarak bilye yerine disk valfler kullanılarak yapılan çalışmalar, tek ve iki diskli olarak valflerin tasarımı, elektromanyetik ve akışkan karakteristiklerinin çıkarılması ve mikroişlemci ile denetimi üzerine gerçekleştirilmiştir (Bahr, 1965; Yüksel, 1981; Parker ve Yüksel, 1983; Usman ve Parker 1984; Sun ve Parker 1993; Parker ve Sun, 1995). Aç-kapa olarak çalışan hızlı solenoid valfler ve disk valflerin sürülmesinde DGM ve fark DGM tekniği kullanılarak oransal denetim üzerine çalışmalar yapılmıştır ve çalışmalar devam etmektedir (Mansfeld, 1981; Wennmacher, 1992; Sun ve Parker, 1992; Şengirgin vd, 2000).

Sayısal İşaret İşleme (DSP) tekniği ve MATLAB-Simulink Real-Time Workshop yardımı ile gerçek zamanda denetim yapmak mümkün olmaktadır. Bunun için sayısal işaret işleme ve veri toplama özelliği olan bir kart ile bu kartı destekleyen bir yazılım yeterli olmaktadır. Denetim algoritması ya da bu çalışmada kullanılan DGM üretici MATLAB-Simulink'te modeli oluşturulduğunda ve uygun birleştirmeler yapıldığında esnek yapıda bir gerçek zaman denetim gerçekleştirilir.

Bu çalışmada, hidrolik konum denetim sisteminde kullanılan hızlı anahtarlama elemanlı iki kademeli valfin genel yapısı ve bu valfin DGM tekniği ile sürülmesi ve gerçek zamanda konum denetimi ele alınmıştır. DGM üretici MATLAB-Simulink programı ile oluşturulmuştur (Şengirgin, 2000). Gerçek zamanda denetim için dSPACE kart kullanılmıştır.

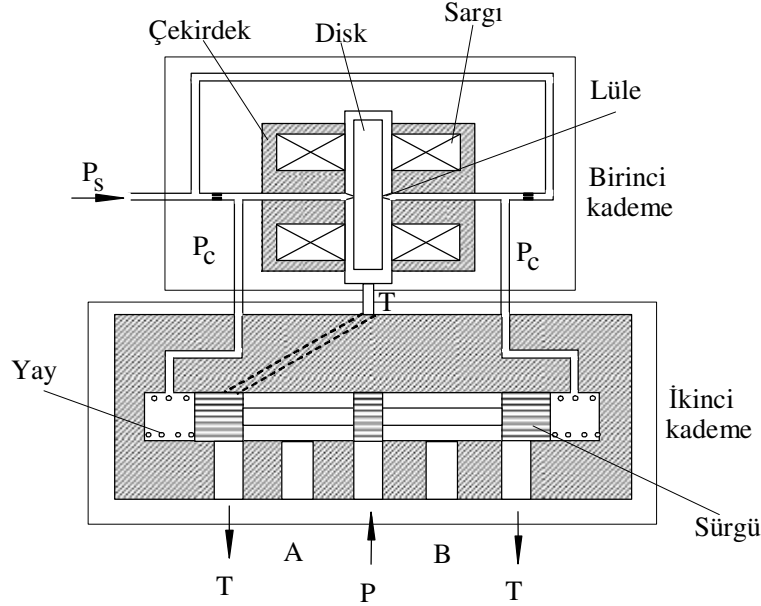
2. HIZLI ANAHTARLAMA ELEMANLI İKİ KADEMELİ VALFİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Hızlı anahtarlama elemanlı valf, iki kademeli bir valfin birinci (pilot) kademesini oluşturmaktadır. Temel elemanlar olarak, solenoid devresi, disk ve lüle elemanını sayabiliriz. Bu valfte disk yüzer durumdadır ve boşta konumda pilot akışkan tanka bağlanmaktadır.

Birinci kademede bulunan bobinlerden biri uyarıldığında (enerjilendiğinde), oluşan mıknatıs kuvveti diski kendine doğru çeker. Diskin yaklaşma miktarına ve akışkan karakteristiklerine bağlı olarak, lüle arkasında bir denetim basıncı oluşacaktır. Bu denetim basıncı, ikinci kademede olan sürgülü valfin sürgü elemanını hareket ettirerek, kullanıcıya gidecek olan basınçlı akışkanın yönünü denetlemektedir. Şekil 1'de birinci kademesi çift bobinli bir disk valf olan iki kademeli valf şematik olarak görülmektedir.

3. HIZLI ANAHTARLAMA ELEMANLI İKİ KADEMELİ VALF İLE KONUM DENETİMİ

Genelleştirilmiş kapalı döngü denetim sistemini, valf denetimli silindir sistemine uyarladığımızda Şekil 2'deki blok şemayı elde ederiz.

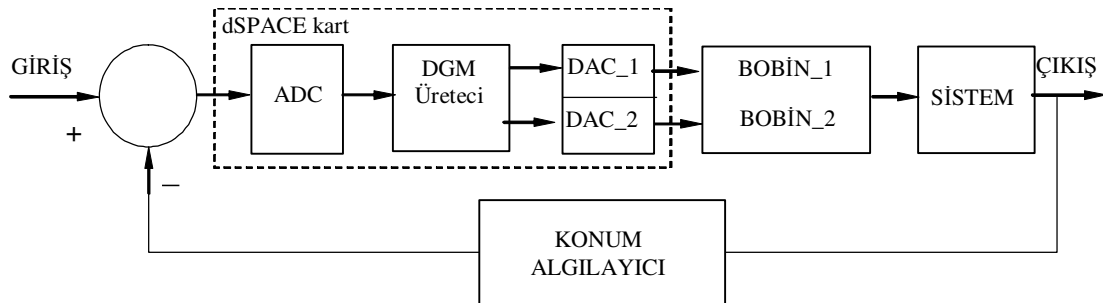


Şekil 1. Pilot kademesi hızlı anahtarlama elemanı, iki kademeli valf modeli

Analog denetimde DGM üretici de analog olmaktadır. Analog DGM üretici sıfır hata girişinde zaman ortalaması sıfır olacak şekilde bir kare dalga üretmektedir. Bu ise sistemde sürekli bir salınım oluşturmaktadır. Sıfır hata girişinde sıfır DGM sinyali üretecek ve gerçek zamanda çalışabilecek bir sayısal DGM üreticini oluşturmak mümkündür. Fakat gerçek sistem ile çalışabilmesi özel bir kart ve yazılım gerektirmektedir.

Hızlı anahtarlama elemanı iki kademeli valf ile konum denetimi için, dSPACE ve Control Desk yazılım programlarından yararlanılmıştır. dSPACE kart ile denetim sisteminin gerçek zaman modeli için Simulink modeli oluşturulmuştur.

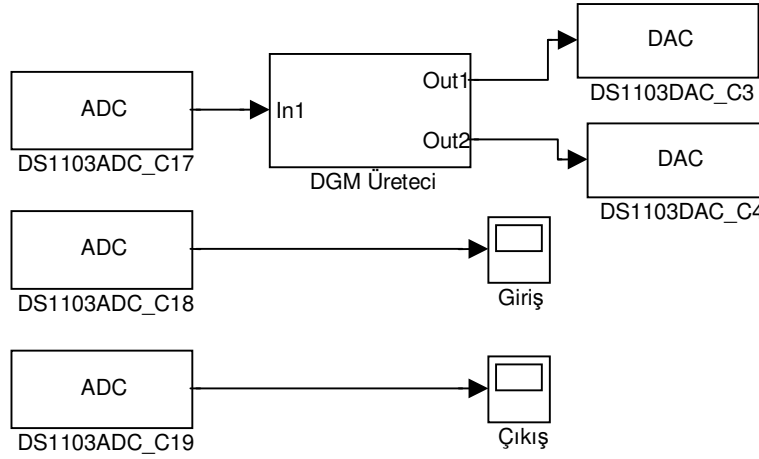
dSPACE kart, gerçek sistem ile MATLAB-Simulink yardımı ile kurulmuş bir denetim organının gerçek zamanda benzetimi için kullanılmaktadır. Ayrıca bu kart yardımı ile veri toplama işlemi de gerçekleştirilmektedir. Programların çalıştırılmasına yardım etmek ve elde edilen sonuçların görüntülenmesi ve analizi için Control Desk adlı bir programdan yararlanılmaktadır.



Şekil 2. Hızlı anahtarlama elemanı valf konum denetim sistemi blok şeması

Hızlı anahtarlama elemanlı iki kademeli valf konum denetim sisteminin Simulink modeli, daha önce hazırlanmış DGM üretici, DGM üreticine giriş işaretini almak için bir adet ADC ve elde edilen DGM sinyalinin sisteme gönderilmesi için iki adet DAC'den oluşmaktadır. Ayrıca arzu edilen giriş ve elde edilen çıkış işaretinin saklanması için iki adet ADC ilave edilmiştir. Şekil 3'te oluşturulan sistemin Simulink modeli verilmiştir.

Bu modelde, arzu edilen giriş elde edilen çıkış işareti ile karşılaştırıldıktan sonra oluşan hata miktarına göre DGM üreticisinden doluluk-boşluk oranına sahip bir darbeler dizisi elde edilecektir. Hata değeri sifıra yaklaştıkça doluluk oranı azalacak ve hata sifır olduğunda sifır işaret üretecektir. Hatanın sifır olması ile arzu edilen değere ulaşılmış olunacaktır.



Şekil 3. Hızlı anahtarlama elemanlı valf konum denetim sistemi Simulink modeli

4. DENEY DÜZENEGİ

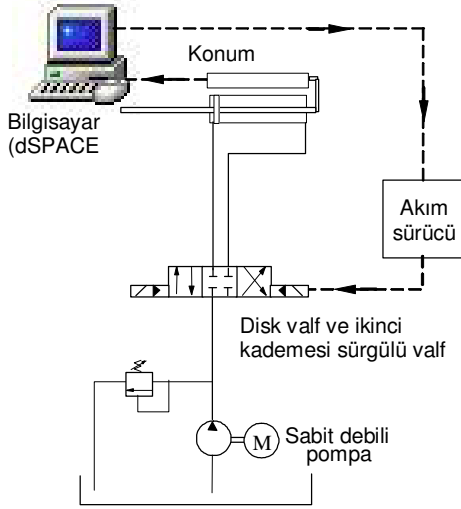
Deneyler, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Laboratuvarında kurulu bulunan hidrolik sistem üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Deney düzeneğini, hidrolik sistem elemanları ve denetim elemanları olmak üzere iki kısma ayırmak mümkündür. Hidrolik devre elemanları olarak, güç ünitesi, yön denetim valfleri ve kullanıcıları sayabiliriz. Denetim elemanlarını ise, dSAPCE kontrol ve veri toplama kartı (ds1103), akım sürücü ve konum algılayıcısı oluşturmaktadır. Deney düzeneği şeması Şekil 4'te ve deney düzeneği Şekil 5'te verilmiştir.

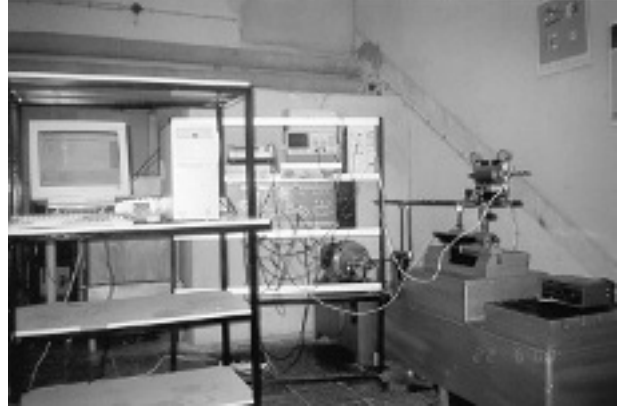
Deney düzeneğini oluşturan hidrolik sistemin güç ünitesi ve kullanıcı eleman olarak silindirin özellikleri şunlardır.

Güç ünitesi; 20 l/dak debi ve 125 bar basınç sağlayabilen Hema marka dişli pompa ve bu pompayı tahrik etmek için 1450 dev/dak hıza sahip 5.5 kW'lık elektrik motorundan oluşmaktadır. Ayrıca emme ve dönüş filtreleri, sıcaklık ve seviye göstergeleri, hava filtesi ve basınç emniyet valfi standart elemanlar olarak bulunmaktadır. Tankın yağ kapasitesi yaklaşık olarak 80 litredir.

Kullanıcı olarak silindir; 200 mm strok, 25 mm piston çapı ve 16 mm piston çubuğu çapına sahip çift piston çubukludur.



Şekil 4. Hızlı anahtarlama elemanlı valfi için deney düzeneği şeması



Şekil 5. Hızlı anahtarlama elemanlı valf konum denetim sistemi deney düzeneği

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

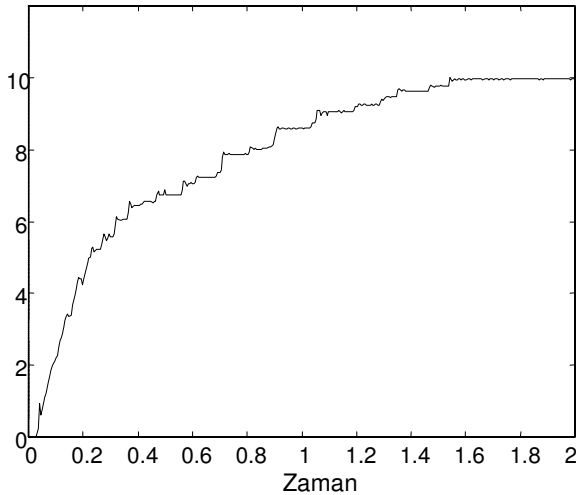
Birinci kademesi hızlı anahtarlama elemanlı valf, ikinci kademesi hidrolik uyarılı, yay merkezli bir yön denetim valfi ile oluşturulan konum denetim sisteminin, çeşitli DGM frekanslarında basamak giriş cevabı elde edilmiştir.

Şekil 6 ve Şekil 7'de 20 Hz ve 160 Hz'lik DGM frekanslarında konum denetim sisteminin basamak giriş cevapları verilmiştir.

Şekil 6'da verilen basamak giriş cevap eğrisinde sistem birinci derece sistem gibi davranmakta olup zaman sabiti yaklaşık 0.36 s'dir. Disk uyarı yapılar yapılmaz harekete geçemediği için silindir hareketinde de bir gecikme meydana gelmektedir ve bu değer 0.027 s civarındadır. Sistem herhangi bir kalıcı durum hatası oluşturmamaktadır.

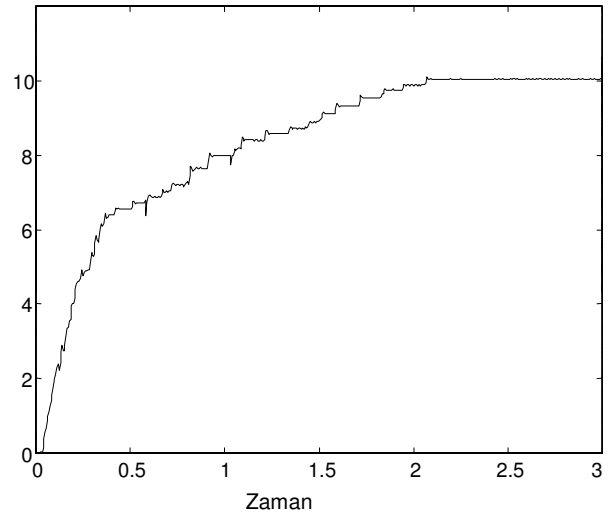
Şekil 7'de 160 Hz'lik DGM sinyalinde basamak giriş cevabı görülmektedir. Sistem cevabında bir değişiklik olmamakla beraber 0.5 s'den sonra daha dik ve düz bir çıkış göstermektedir. Bu da doluluk-boşluk oranının azalmasına karşılık bu doluluk oranlarının sıklığı hızlı hareket etmesini sağlamaktadır. Ölü zaman gecikmesinde de bir değişiklik olmayıp yaklaşık 0.035 s civarındadır.

Silindir konumu



Şekil 6. DGM=20 Hz basamak giriş cevabı

Silindir konumu

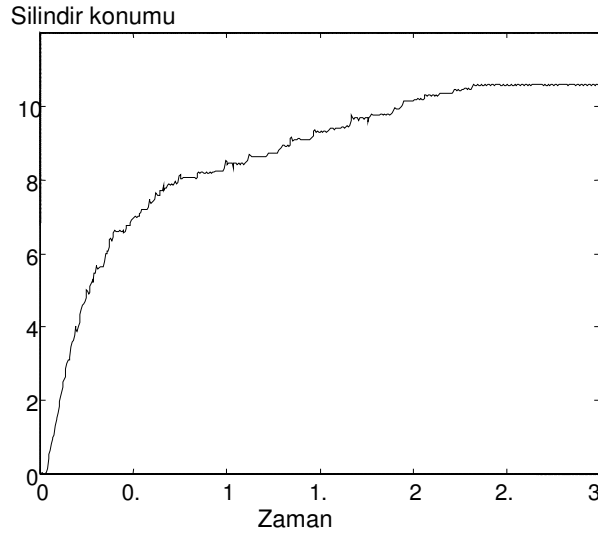


Şekil 7. DGM=160 Hz de basamak giriş cevabı

Bu iki durumdan en uygun çalışma frekansının 20 Hz ile 160 Hz arasında olduğu söylenebilir. Şekil 8’de 80 Hz’lik DGM sinyalinde konum denetim sisteminin basamak giriş cevap eğrisi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi 20 Hz’lik cevap eğrisi ile 160 Hz’lik cevap eğrisi arasında bir davranış göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Solenoid valflerde giriş işareti doğru akım gerilim seviyesi, çıkış işareti debi olarak oluşmaktadır. Bobin uçlarına uygulanan DGM sinyalindeki doluluk oranları, dc gerilim seviyesidir. Bu doluluk süreleri içerisinde valf açılmakta ve valften akışkan geçmesi sağlanmakta, boşluk sürelerinde ise valf kapatılmaktadır. Sürekli açılıp kapanan valften kesikli bir akış elde ediliyor gibi gözükse de zaman ortalaması alındığında sürekli bir akış elde edilmektedir. Bu akış miktarı DGM sinyalinin frekansı ve doluluk boşluk oranlarındaki değişime bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 8. DGM=80 Hz’de basamak giriş cevabı

Elde edilen simülasyon sonuçlarından, çift bobinli disk valfin cevap hızınının 2-2.5 ms civarında olduğu gözlemlenmektedir (Şengirgin, 2000). DGM frekansının belirlenmesi için önemli bir kriter olan anahtarlama elemanının frekansı yaklaşık 160 Hz olmaktadır. Bu frekansın üzerindeki frekansları valfin takip etmesi zor olacağından çalışma frekansı ya da DGM frekansının 160 Hz’in üzerinde olmaması gerekir. Alt sınır için ise silindir sisteminin cevap hızı olacaktır. Çift bobinli disk valf ile denetlenen silindir sisteminin cevap hızı yaklaşık olarak 27 ms’dir. Buna göre çift bobinli disk valf için alt sınır değer yaklaşık 37 Hz olarak çıkmaktadır.

Oluşturulan konum denetim sisteminde, aç-kapa olarak çalışan tek bobinli disk valf ve çift bobinli disk valf ile DGM tekniği kullanılarak oransal bir denetim gerçekleştirilmiştir.

Oransal denetimde kullanılan, oransal solenoid valfler ve özellikle servovalfler çok pahalıdır ve özel elektronik devreler gerektirmektedir. Servovalfler çok hassas imal edilmeleri gerektiğinden çok pahalıdır imalatı karmaşık ve zordur.

Basit yapısı, çok yüksek toleranslar gerektirmeyen bir şekilde imal edilen bu tür valfler ile DGM tekniği kullanılarak denetim yapmak mümkündür. Yüksek imalat teknolojisi gerektirmediği içinde servovalflere göre daha ucuza imal etmek mümkündür.

KAYNAKLAR

- Post K.H. (1974): "Study of Electro-hydraulic Control Valves with Fluidic Ball Elements", Institut für Flugführung, Braunschweig, West Germany, Report DLR-FB 73-75.
- El-Ibiary Y. M., Ukrainetz P. R., P. N. Nikiforuk. (1978): "Design and Assessment of A New Solenoid-operated Ball Valve for Digital Application", Proceedings of 34th National Conference on Fluid Power, Philadelphia, Vol. 32, 31-35.
- Taft C. K., Harned T. J. (1978): "Electro-fluid Pulse-Width Modulated Valve", ASME 78-WA/DSC-8.
- Mansfeld G. (1981): "Fast Switching Ball Valves as Digital Control Elements for an Electro-hydraulic Servo Actuator", Sixth International Fluid Power Symposium, 335-348, Cambridge, England.
- Bahr J. (1965): "The Foil Element, A New Fluid Logic Element", IBM Zurich Research Lab., Report No. RZ-181.
- Yüksel İ. (1981): "An Investigation of Electro-hydraulic Floating Disc Switching Valves", Doktora tezi, University of Surrey.
- Parker G.A., Yüksel İ. (1983): "An Electro-hydraulic Floating Double-Disc Valve", National Fluid Power Conference, Chicago, Illinois.
- Usman A., Parker G.A. (1984): "A Microprocessor Controlled Electrohydraulic Floating-disc Valve", I. Mech. Conference on Microprocessor in Fluid Power Engineering, C228/84, 43-50.
- Sun Y., Parker G.A. (1993): "A Permanent Magnetic Diaphragm-disc Force Motor for A Hydraulic Pilot Valve", ASME 93-WA-FPST-1, New Orleans, Louisiana.
- Wennmacher G. (1992): "Elektrohydraulischer Positionerantrieb mit Schnell-schaltventilen und Digitaler Regelung", o+p Olhydraulik und pneumatik, Nr.2, 85-90.
- Parker G.A., Sun Y.B. (1995): "A Mechanronic approach to compact fluid disc valve design" Proc. Instn. Mechn. Engrs., Vol. 209, sayfa 115-125
- Şengirgin M. (2000): "Elektrohidrolik Disk Valflerin Geliştirilmesi ve Bunların Çeşitli Sinyal İşleme Teknikleri Yolu İle Denetlenmesinin Araştırılması" Doktora Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.