

ELEKTRO-HİDROLİK AÇ-KAPA (ON-OFF) VALFLAR

İbrahim YÜKSEL*

ÖZET

Bu yazıda elektrohidrolik denetim sistemleri ve bu sistemlerde kullanılan elektrohidrolik valflar kısaca tanıtılmaktadır. Özellikle, sayısal (digital) elektrohidrolik denetim sistemlerde kullanılabilen, yeni gelişmekte olan aç-kapa (on-off) valfların çalışma ilkeleri ve özellikleri araştırılmaktadır.

Ayrıca daha önceki bir çalışmada geliştirilen aç-kapa (on-off) türü serbest yüzer disk valflar genel özellikleriyle tanıtılmaktadır.

Bunlardan tek diskli valf, basit yapıda olma özelliğine sahip olmakla beraber, 25 mm çapında disk kullanılması halinde önemli miktar sürekli durum güç kaybı içermektedir. Bu nedenle mevcut valfın yarısı büyüklüğünde imal edilebilecek bir modelinin minyatür öncü (pilot) veya birinci kademe valf olarak uygulama alanı bulabileceği düşünülmüştür.

Çift diskli valf, daha karmaşık yapıda olmakla beraber hiçbir güç kaybı içermeme ve yağdaki pisliklerle daha az tıkanma tehlikesi gösterme gibi üstünlüklere sahiptir.

SUMMARY

This paper describes elektrohydraulic systems and elektro-hdraulic control valves used in these systems. Especially, operations of new developing on-off digital electro-hydraulic systems, which could be used in digital electro-hydraulic systems, have been investigated. Furthermore, on-off type of free floating disc valves are described.

The single-dise valve, while having the merit of simplicity, was found to have a significant steady state power loss when using a 25 mm diameter discs size. Due to this, Its main application is thought to be as a miniature pilot or first stage valve, as it could be manufactured to less than half the present size.

The double-dise valve, while being more complex, has the important advantages of no quiescent power loss and low sensitivity to particle contamination

1. GİRİŞ

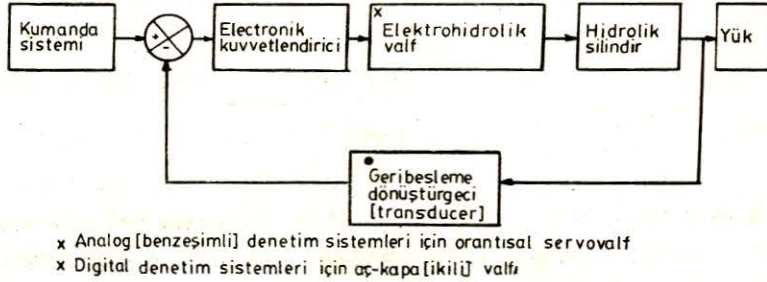
1.1. ELEKTRO-HİDROLİK DENETİM SİSTEMLERİ

Elektro-hidrolik denetim sistemleri konum, hız, ivme, kuvvet veya buru (torque) denetimi gereken yerlerde kullanılmaktadır. Özellikle, duyarlı ve sıhhatli bir denetim arzu edilen, yer ve ağırlığın sınırlı

* Yard.Doç.Dr.; Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bursa.

olduğu durumlarda birim ağırlık başına düşen güç miktarlarının çok yüksek olması bunları çok ideal denetim elemanları haline getirmiştir.

Elektro-hidrolik denetim sistemlerini benzeşik (analog) ve sayısal (digital) denetim olmak üzere işlemsel biçimlerine göre sınıflandırmak mümkündür. Uygulamaların pek çoğunda, bir elektro-hidrolik denetim sisteminden bir elektro-hidrolik valf ve hareket ettirici bir silindir vasıtasıyla iş yükünü hızla ve doğru bir şekilde bir konumdan diğer bir konuma hareket ettirmesi istenir. Herbir denetim biçimi Şekil 1. de görülen kendi özel tür hidrolik valfına ve geri besleme dönüştürgecine (transducer) sahiptir. Elektro-hidrolik servo (orantısal) valfların evrimine ve gelişmesine dayalı olarak benzeşik (analog) denetim biçimi endüstri alanında pratik olarak 30-40 yıldır kullanılmaktadır.



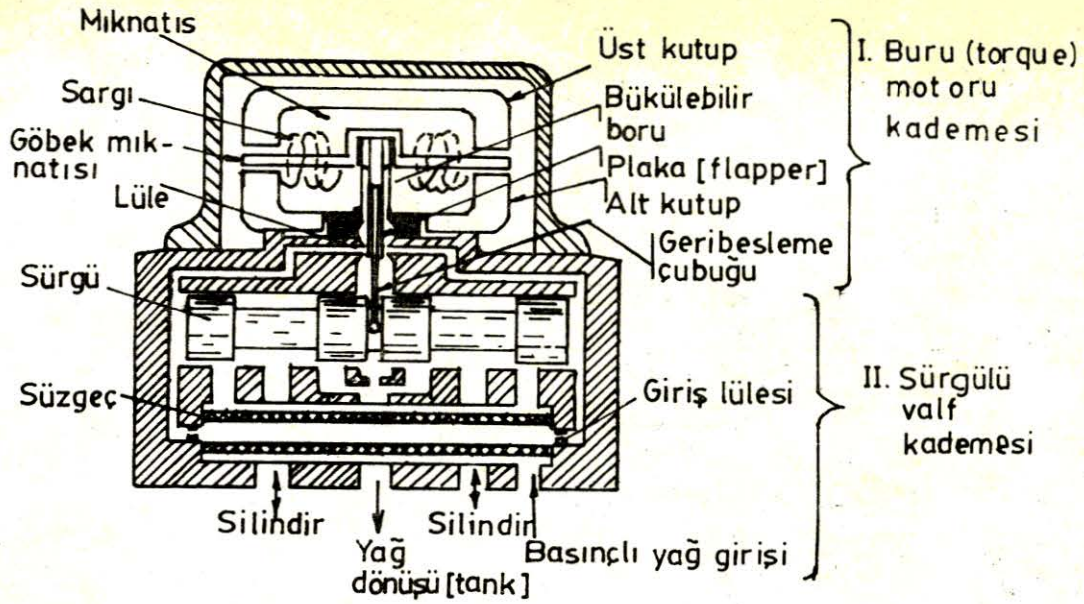
Şekil 1 – Genel bir elektro-hidrolik denetim sistemi

Bu tür denetim sistemleri güvenilir ve yüksek başarımlı olup giriş ve çıkışları arasında orantısal ve diğer belirtilen bağıntılar sağlarlar. Bununla beraber son zamanlarda elektronik teknolojisinin hızla değişmesi ve mikroişlemcilerin gelişmesi sonucu elektro-hidrolik sistemlerinin sayısal (digital) denetim biçiminde kullanılabilme olanakları ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu konuda ilk gelişmeler geleneksel servovalfların aç-kapa (on-off) valfları biçiminde uyarlanmasıyla başlamıştır. Sayısal (digital) denetim sistemlerinde geleneksel servovalfları kullanmanın sakıncası; sayısal (digital) elektronik devrelerle benzeşik (analog) valflar ve diğer çıkış aygıtları arasında benzeşik-sayısal (analog-digital) ve sayısal-benzeşik (digital-analog) dönüştürücülere gereksinim göstermesidir. Buna karşılık, yapısı daha az karmaşık, ucuz ve yanıt hızı yüksek aç-kapa valfları kullanmak suretiyle sayısal denetim biçiminden daha iyi yararlanılabileceği aşikârdır.

Yeni tip elektro-hidrolik valfların gelişmesi elektro-hidrolik sistemlerinin doğrudan denetiminde bazı üstünlükler sağlayabilecektir. Sayısal (digital) denetim sistemleri daha güvenilir, iş yüklemelerindeki ani değişmelere karşı daha az duyarlı olup, kuru sürtünme, kesiklilik (hysteresis) gibi mekaniksel düzensizliklerden daha az etkilenmektedirler. Sayısal biçimde çalışan aç-kapa (on-off) valfları sayısal bilgisayarlarla akışkan gücün doğrudan bağlantısına olanak veren düşük maliyetli güvenilir ve yağdaki pisliklere karşı daha az tıkanma tehlikesi gösteren valflardır.

1.2. ELEKTRO-HİDROLİK VALFLAR

Benzeşik (analog) yada sayısal (digital) denetim sistemlerindeki en önemli eleman küçük bir elektriksel giriş sinyali vasıtasıyla akışkanın çıkışının denetlendiği elektro-hidrolik valftir. Elektro-hidrolik valflar işlem biçimlerine göre orantısal veya servovalflar ve aç-kapa (on-off) valfları olarak sınıflandırılabilir. Orantısal yada servovalflar sabit iş yükü koşulları altında elektriksel giriş sinyali ile orantılı çıkış debisi sağlayacak şekilde tasarlanırlar. Şekil 2.de görüldüğü gibi, servovalflar yukarıdaki işlevi yerine getirebilmek için elektriksel sinyali akışkan basıncına dönüştüren buru (torque) motoru kullanılır. Buru (torque) motoru; ilave akışı kalıcı bir mıknatıs tarafından üretilen bir elektro-mıknatıs alan içinde çalışır. Güç kuvvetlendirici olarak bir veya iki kademeli sürgülü denetim valfı mekanizması kullanılmaktadır.



Şekil 2 — Çiftkademeli elektro-hidrolik servo valf (Dowty Sesi 4551)

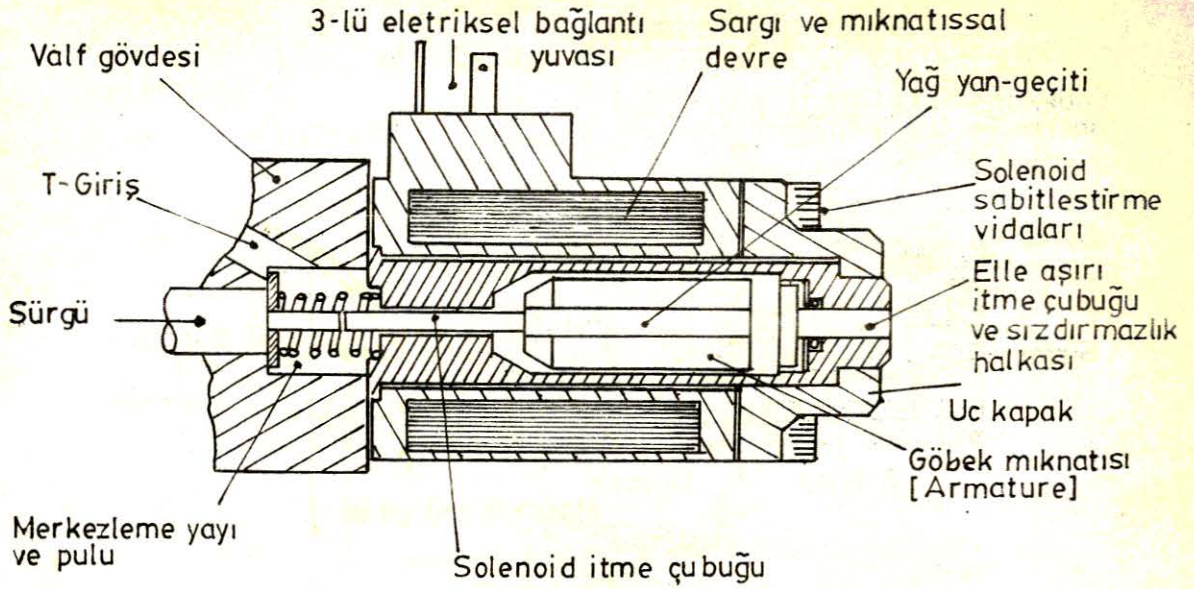
Aç-kapa (on-off) valfları ise yalnızca iki sabit konuma sahiptirler ve bu konumları vasıtasıyla çıkış aygıtındaki akış yönünü başlatma, durdurma ve ters çevirme işlevlerini yerine getirirler.

Servovalflar son derece iyi gelişmiş olup benzeşik denetim sistemlerinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna karşılık servovalflar imalatlarının çok pahalı ve yapılarının karmaşık olması gibi sakıncalı yanlar içerirler. Ayrıca, hareketli kısımlarının çok ince boşluklu işlenmesi gerektiğinden yağdaki pisliklere karşı çok duyarlı olup kolayca tıkanma gösterebilirler. Bunu önlemek için hidrolik yağın çok ince yapılı süzgeçlerden geçirilmesi gerekir ki bu da devrede güç kaybına neden olur.

Diğer tarafından fazla duyarlılık gerektirmeyen elektro-hidrolik denetim sistemlerinde orantısal veya aç-kapa (on-off) biçiminde çalışan solenoid valflar da kullanılabilir. Günümüzde bu tür valflar genellikle sürgülü tip solenoidlerle çalışmaktadırlar. Bir solenoid, Şekil 3. de görüldüğü gibi hareketli mıknatısal bir demir göbek (armature) ile bir sargı devresinden ibarettir. Yalıtkan bir makara üzerine yalıtılmış iletken tellerle sarılan sargı ile sargının etrafını çevreleyen mıknatısal demir kabuk sargı devresini teşkil etmektedir. Sargı tellerinden elektrik akımı geçirince sargı devresi ve göbekte mıknatısal bir alan meydana gelir ve bunun sonucu göbek hareket eder. Buna göre solenoidler elektriksel giriş sinyalini mekaniksel çıkış sinyaline dönüştüren elektro-mekaniksel (transducer) dönüştürgeçlerdir. Solenoidler çekme tipi aygıtlar olup sargıya elektrik akımı verildiği zaman göbek (armatur) sargı devresinin içine doğru çekilir ki bu da bir sürgülü valf sürgüsünü sağ ve sola kaydırmaya yarar. Sargıdaki elektrik akımı kesilince sıkıştırılmış bir yay vasıtasıyla sürgü ve göbek başlangıç konumuna geri döndürülür.

Son senelerde karmaşık yapıda servovalflar yerine maliyet yönünden ucuz, yağdaki pisliklerden daha az etkilenen aç-kapa biçimi çalışan elektro mıknatıs valflar üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Bunlarda genellikle elektro-mekaniksel dönüştürücü olarak solenoidler kullanılmaktadır. Bu tür valfların sayısal denetim sistemlerinde kullanılabilmesi için dinamik davranışlarının çok iyi ve uzun dönem güvenilir olmaları gerekmektedir. Dinamik bakımından hızlı bir aç kapa hareketi sağlayabilmek için valfta kullanılan hareketli parçalardaki eylemsizlik kuvvetinin küçük olması ve aynı zamanda hareketli parçaların küçük sürtünme yüzeyleri içermesi gerektiği aşıkardır. Buna göre solenoid valflarda kullanılmakta olan sürgü oldukça geniş sürtünme yüzeyi içerdiğinden hızla cevap bakımından kurumsal olarak pek uygun düşmemektedir.

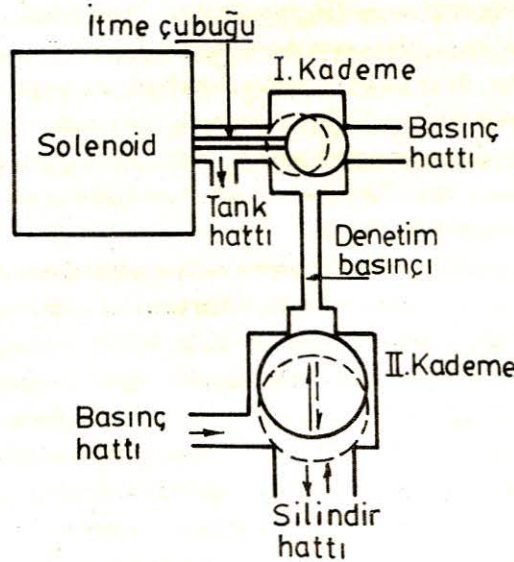
Post¹, 3-yol ve 4-yol yön valfları oluşturmak üzere çeşitli serbest yüzer kürecik düzenlemeleri üzerinde araştırmalar yapmıştır. Keza yine Post ana güç kademesini oluşturan kürecik valf biriminin denetimi



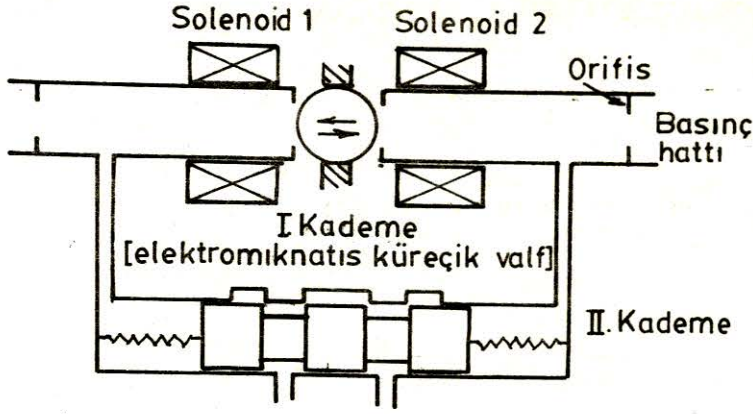
Şekil 3 - İtme çubuklu solenoid

için gerekli olan elektro-mekaniksel kürecik valf öncü kademesini de tanımlamıştır (Şekil 4 bkz.) Yüzer kürecik elemanları kullanmak suretiyle valfin akışkan basıncı ile denetlenen ana güç kademesinde çok hızlı aç-kapa cevapları elde edilebilmiştir. Fakat buna karşılık elektro-mekaniksel olarak denetlenen birinci kademedeki öncü kürecik valfta çok küçük kürecikler (yaklaşık 3 mm çapında) kullanılması nedeniyle çok ince imalat işlemi gerektirdiği anlaşılmaktadır. Taft² doğrudan doğruya elektro-mekaniksel olarak çalışan, Şekil 5'teki pnömatik serbest yüzer kürecik valfi geliştirmiştir. Burada kullanılan akışkan havadır ve dolayısıyla kürecik elemanı üzerine etki eden akışkan kuvvetleri sıvı bir akışkana göre oldukça küçüktür.

Bu nedenle bu valfin kullanım alanı pnömatik denetim sistemleri içinde sınırlı kalmaktadır. Valfteki kürecik elemanın doğrudan elektro-mıknatıs alanla hareketinde, kürecik elemanında yaratılan akı yoğun-



Şekil 4 - Elektro-hidrolik kürecik valf örneği



Şekil 5 – Elektro-mekaniksel çalışan yüzer kürecikli valf

luğunun zayıf olması nedeniyle daha büyük akışkan kuvvetlerini yenebilecek bir mıknatısal çekim kuvveti üretmemesi gibi bir sakıncası vardır.

Yukarıdaki açıklamalara göre bir elektro-hidrolik valfin en çapraşık kısmı elektriksel giriş sinyalini bir akışkan sinyaline dönüştüren birinci kademe elemanı olmaktadır. İdeal olarak, giriş sinyalinin mikroişlem sinyalleriyle uygunluk göstermesi ve valf çıkış sinyalinin de güç kuvvetlendirici kademeyi denetleyebilecek yeterlilikte olması istenir. Bu bir valf denetim elemanının yüksek kazanç faktörü içermesi demektir. Bu karakteristikleri içeren aygıtların gözden geçirilmesi sonucu sayısal elektro-hidrolik sistemlerin gelişmesine de katkıda bulunabilecek elektro mıknatısal olarak çalışan aç-kapa (on-off) disk valfları geliştirilmiştir³.

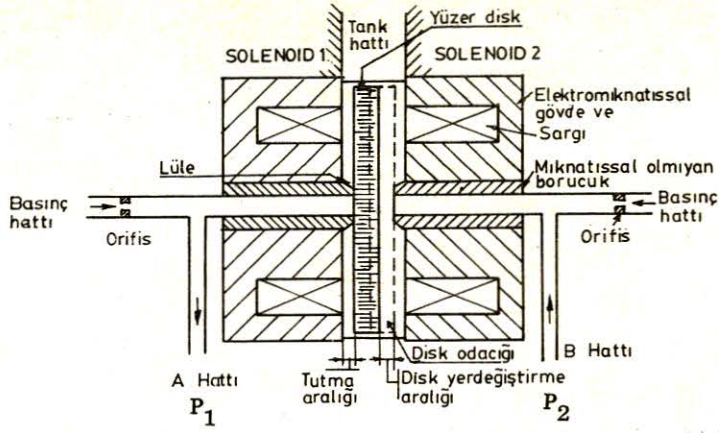
Bu çalışmadaki amaçlardan birincisi geleneksel servo-valflara göre imalat yönünden yapısı daha basit, düşük maliyetli ve buna karşılık solenoid yön valflarına göre daha üstün dinamik başarımlar içeren uzun dönem çalışmalarda güvenilir bir valf geliştirmektir. Bunun sonucu geometrik olarak basit aç-kapa hızı yüksek ve hareketli kısımları çok ince işleme boşluğu gerektirmeyen elektro-mekaniksel olarak çalışır, tek diskli valf ve çift diskli valf olmak üzere iki çeşit disk valf modeli araştırılmıştır. Disk valflarda elektro-mıknatısal olarak solenoid yön valflarında kullanılmakta olan sürgülü göbek (armature) solenoid düzenlemesi yerine küçük disk yerdeğiştirmelerinde aynı ölçülerdeki sürgülü göbek solenoide göre daha büyük mıknatısal çekim kuvveti sağlayabilen disk şeklinde göbek (armature) içeren valf düzenlemesi kullanılmıştır. Bu düzenlemede disk elemanı elektro-mıknatısal devrenin bir parçasını teşkil ettiğinden valfin elektro-mıknatısal hareketi küçük disk yerdeğiştirmelerinde çok kuvvetli bir mıknatısal alanı yaratmaktadır.

Her iki valf modelinin ilk örnekleri (prototype) imal edilmiş olup, bunların kuramsal ve deneysel olarak karakteristikleri araştırılmıştır.

2. DİSK VALFLARIN ÇALIŞMA İLKELERİ

2.1. TEK DİSKLİ VALF

Şekil 6'da 4-Yol aygıtı olarak hareket edebilen valfin temel özelliklerini içeren basit bir şeması verilmiştir. Serbest yüzer bir disk solenoid 1 ve 2 merkezine sıkı geçmeli olarak yerleştirilmiş iki lüle arasında elektromıknatısal ve akışkan kuvvetleri etkisi altında aksel olarak hareket eder. Disk mıknatısal demir malzemesinden imal edilmiştir ve sargılardan herhangi birine elektrik akımı verildiği zaman etrafını çevreleyen mıknatısal malzeme ile birlikte kuvvetli bir akım yolu oluşturur. Herbir basınç hattında girişteki akışkanı kısır birer orifis bulunmakta ve A ve B hatları (silindir bağlantı hattı) bu kısıcıların akıntı aşağısına bağlanmıştır.



Şekil 6 – Tek-diskli valf

Örneğin, Solenoid 1 elektrik akımı ile uyarılıp solenoid 2 akımdan kesildiği zaman disk sol taraf-taki lüleyi kapatır ve A hattındaki basınç kısa bir süre içinde basınç hattındaki seviyeye yükselir.

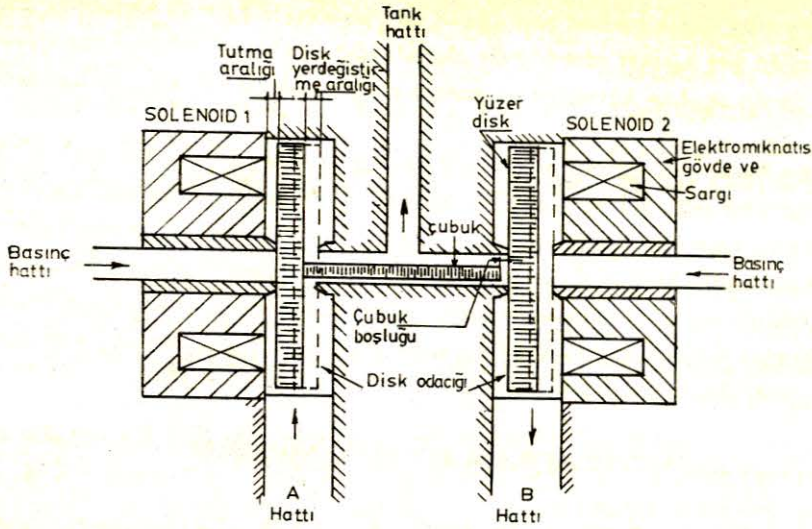
Bu sırada aynı zamanda akışkan sağ lüleden çıkarak merkezden çevreye doğru (radial) akarak çembersel bir çıkış yoluna boşalır. Böylece A ve B hatlarındaki basınçlar orifis ve lüle kesit alanları oranına bağlı olarak belli bir değere düşer.

Sonuçta, diskin lüleyi sızdırmazlığı sağlayacak yeterlikte kapatabilmesi ve akış yolundaki kısıcılardan uygun bir şekilde seçilmiş olması kaydıyla A ve B hatlarında esaslı bir basınç farkı ($P_1 - P_2$) oluşur. Disk lülelerden herhangi birinin üzerinde oturduğu zaman kendisini lüleden uzaklaştırmaya çalışan dengelenmemiş akış kuvvetine maruz kalır. Bu kuvvet diskin bulunduğu lüleye ait solenoid devredeki mıknatıssal çekim kuvveti ile karşılanır. Şekilden görüleceği gibi lüleler disk odacığına doğru çıkıntı yapmakta olup diskin sargı devresi yüzeylerine dokunması önlenmiştir. Sargı devresi yüzeyi ile lülebaşı arasında kalan aralık tutma aralığı olarak isimlendirilir. Bu valfin tasarım hesaplarında önemli bir parametredir. Sargı devresinin elektriksel olarak uyarılması sonucu meydana gelen elektromıknatıs çekim kuvveti diskin sargı devresine yaklaşıyla birlikte hızla artar. Buna göre tutma aralığı küçüldükçe ortaya çıkan elektro-mıknatıs kuvvet büyüyecektir ki, bu akışkan kuvvetlerin yenilmesi yönünden arzu edilen bir durumdur. Fakat diğer taraftan bu aralık aç-kapa süreci sırasında diskin lülebaşından ayrılıp harekete başlamasıyla meydana gelecek radial akışın hızla tank hattına gidebilmesine olanak verecek miktardan az olmamalıdır. Keza çok küçük tutma aralıklarında sargı devresindeki akım kesilmesinden hemen sonraki artık mıknatıssanma ve geçici akım düşüşündeki gecikme diskin aç-kapa sürecini yavaşlatabilmektedir. Aç-kapa süreci başlangıcında, örneğin şekilde soldan sağa doğru disk hareketinde, solenoid 1 devresindeki akım kesilir kesilmez aynı anda solenoid 2 devresine akım verilir. Lülebaşı kesit alanı ile orantılı dengelenmemiş akışkan kuvveti diski lülebaşından itmeye çalışır ve aynı anda diskin sağ taraftaki lüleye hareketi ile birlikte solenoid 2 de oluşan mıknatıssal çekme kuvveti diskin sağ lülebaşına yaklaşmasında hakim rol oynayacaktır.

2.2. ÇİFT DİSKLİ VALFIN ÇALIŞMASI

Şekil 7'de şeması görülen çift diskli valf elektro-mekaniksel olarak çalışan bir aç-kapa aygıtı olup iki adet eksenel yüzer mıknatıs demir diske sahiptir. Herbir disk bir elektro-mıknatıssal sargı devresinin yardımıyla basınç hattı lüle çıkışını sızdırmayacak şekilde kapatabilmektedir. Valf üzerinde iki adet basınç hattı, bir adet tank hattı ve iki adet silindir hattı (A ve B hattı) için olmak üzere beş adet delik vardır. Bu delik bağlantıları; basınç hattı silindir hatlarından birine yönlendirildiği zaman tank hattı diğer silindir hattına yönlendirilecek şekilde düzenlenmişlerdir.

Tank hattı deliği boyunca tank akışı için çembersel geçit yolu oluşturacak biçimde gevşek geçme bir çubuk vardır. Çubukla diskler arasında valfin aç-kapa işleminde önemli yer tutan bir boşluk vardır.

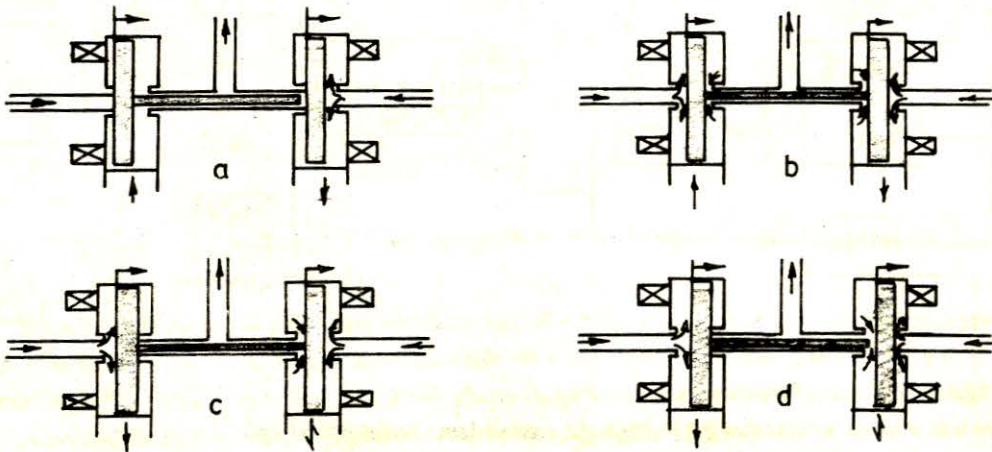


Şekil 7 - Çift-diskli valf

Herbir disk odacığı etrafında akışkanın radial olarak silindir hatlarına kolayca giriş ve çıkışına olanak veren çembersel bağlantı kanalları mevcuttur. Tek diskli valfa benzer bir şekilde lüleler hem basınç hattı ve hem de tank hattı tarafından disk odacıklarına doğru çıkıntı yapmaktadırlar. Bu sayede diskler, yerine göre, hem basınç hattını ve hem de tank hattını sızdırmazlığı sağlayacak biçimde kapatabilmektedir.

Valfin aç-kapa hareketi Şekil 8'de gösterilmiştir. Şekil 8 a da diskler tamamen sol tarafa oturtulmuş olup disk 1 basınç hattı lülesini ve disk 2 de tank hattı lülesini kapatmaktadır. Solenoid 1 de oluşan elektro-mıknatıs kuvveti disk 1 i basınç hattı lülebaşı üzerinde tutmakta ve bu esnada akışkan kuvvetleri yardımıyla disk 2 de tank hattı lülebaşı üzerinde tutulmaktadır. Bu durumda, yağ solenoid 2 basınç hattı lülesinden disk 2 boyunca radial olarak B silindir hattına akarken A silindir hattından radial olarak solenoid 1 disk odacığına giden akışkan disk 1 boyunca tank hattı lülesine girer. Radial akıştan doğan akışkan kuvveti disk 1 tank hattı tarafına etki ederken basınç hattı lülesindeki durgun basınç kuvveti diskin diğer yüzüne etki eder.

Bileşke eksenel akışkan kuvveti Solenoid 1 de oluşan mıknatıssal çekim kuvveti ile karşılanmalıdır. Örneğin, Solenoid 1 deki akım kesilip solenoid 2 ye akım verilerek valf aç-kapa hareketine başlamış olsun. Bu durumda solenoid 2 deki elektromıknatıssal kuvvetin düşmesiyle basınç hattından etki eden basınç kuv-



Şekil 8 - Çift-diskli valf çalışma şeması

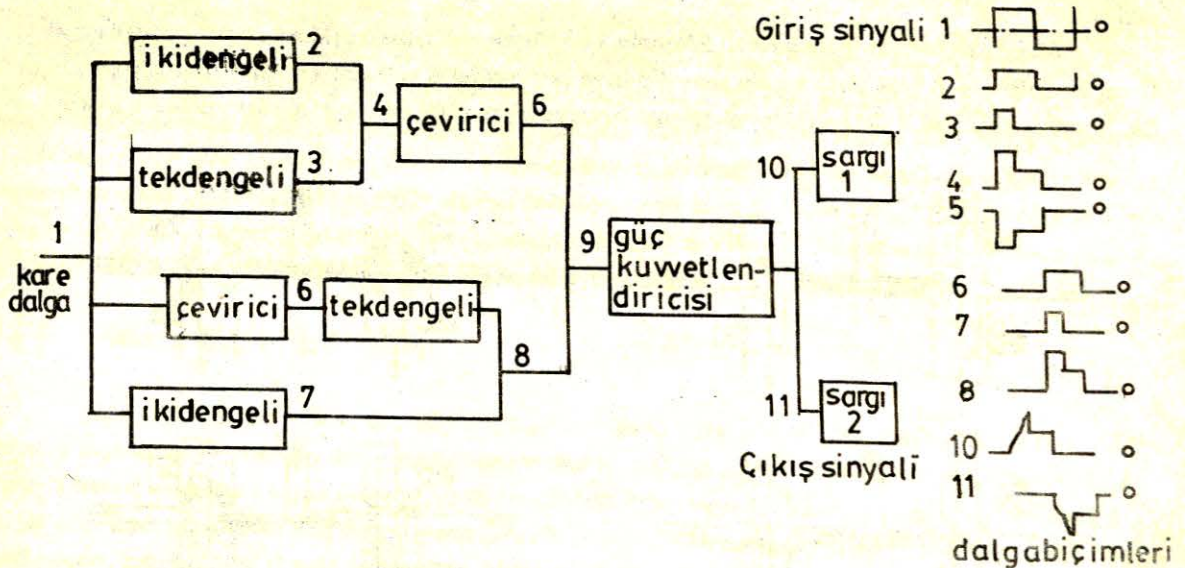
veti nedeniyle disk 1 sağa doğru hareket etmeye başlayacaktır. Disk 1, disklerle çubuk arasındaki boşluk kapanıncaya kadar, serbest olarak hareket eder (Şekil 8b). Bu boşluk kapanır kapanmaz disk 1, disk 2 ve çubuk yekpare bir cisim gibi hareket edeceklerdir. Burada disk 1, disk 2 ve çubuk üzerindeki aksel kuvvetin solenoid 2 ve bileşke akışkan kuvvetleri yardımıyla net bir aç-kapa kuvveti meydana getirmesi gereklidir.

Aç-kapa sürecinin enson aşaması, solenoid 2 de oluşan mıknatıssal çekim kuvveti yardımıyla, çubuk ile birlikte yekpare bir cisim gibi hareket eden iki diskin ivmelendirme hareketini kapsar. Disk 2 basınç hattı lülesini erişmezden önce disk 1 halihazırda tank hattı lülesini kapattığından disk 2 nin çubuk tarafından itilme hareketi sona erer (Şekil 8 c). Bu durumda disk 2 tek başına hareketine devam etmekte ve akışkan kuvvetleri tarafından hareketi engellenmeye çalışılmaktadır. Diğer taraftan disk 2 solenoid 2ye çok fazla yaklaşmış olduğundan akışkan kuvvetlerine karşı koyacak yeterlikte mıknatıssal çekim kuvveti oluşmuştur ve disk 2 basınç hattı lülesini kapatarak hareketini tamamlayacaktır (Şekil 8d).

3. VALF AÇ-KAPA KUVVETLENDİRİCİSİ

Aç-kapa hareketi esnasında valf sargı devrelerini yüksek genlikte bir atım (pulse) akımı ile aşırı uyarım tekniği kullanarak valf sistemlerinin aç-kapa hızını artırmak mümkün olmaktadır. Bu teknikte aç-kapa hareketi esnasında, sargı devresi yüksek genlikte bir atım (pulse) akımı ile aşırı olarak uyarılmakta ve aç-kapa hareketi tamamlandıktan sonra ise uyarı akımı diski lülebaşında tutmaya yeterli elektromıknatıssal kuvveti sağlayabilecek bir seviyeye düşürülebilmektedir. Bu teknik vasıtasıyla aç-kapa hızı artırılabilir ve elektriksel güç tüketimi düşürülebilmektedir.

Şekil 9 da dört seviyeli sinyal üreten aç-kapa kuvvetlendiricisinin şematik diyagramı ve gerilim dalga biçimleri gösterilmiştir. Kuvvetlendirici esas olarak bir tekkararlı (monostable) atım (pulse) üretici, bir çiftkararlı (bistable) sinyal üretici ve bir güç kuvvetlendirici devresinden ibarettir. Bu türden bir aç-kapa kuvvetlendirici tasarımında ya ayrışık elektronik elemanlar yada tümleşik devreler (IC) kullanılabilir. Tümleşik devrelerin ayrışık elemanlardan daha sıhhatli, güvenilir ve yapımı daha kolay olması nedeniyle kuvvetlendiricinin imalinde işlem kuvvetlendiricileri (örneğin 741) ve zaman ayarlayıcı (örneğin 555 Timer) gibi çeşitli tümleşik devreler kullanılmıştır.



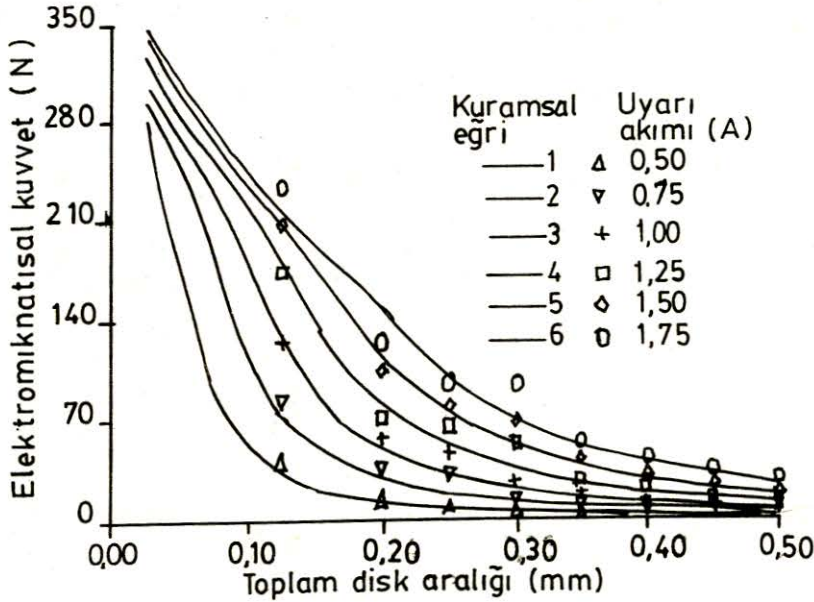
Şekil 9 - Aç-kapa anahtarlama kuvvetlendiricisi

4. VALFLARIN GENEL KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Valfların karakteristik özelliklerini elde etmek üzere bunların elektriksel ve akışkan ile ilgili karakteristikleri kuramsal ve deneysel olarak araştırılmış, matematiksel modelleri üzerinde yapılan çalışmalardan bazı önemli sonuçlar elde edilmiştir (Ref. 3). Ayrıca hem tek diskli ve hem çift diskli valf düzenlemesini disk çapları 25 mm. olan ilkörneklere imal edilmiş ve bunlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalardan bazı veriler elde edilmiştir.

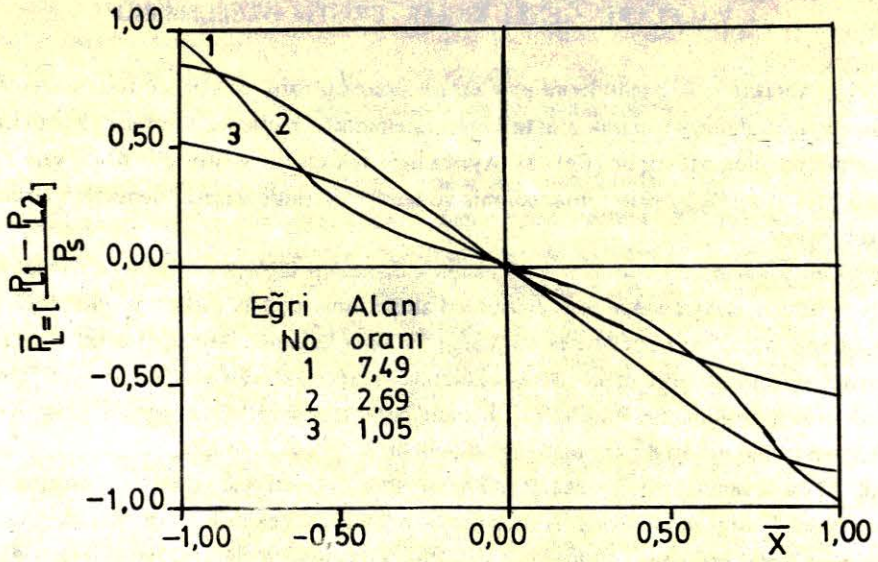
Öncelikle valfların elektromekaniksel olarak çalışmasını sağlayan solenoid düzenlemelerinin tasarımı yapılmış ve bunun elektromekaniksel özellikleri araştırılmıştır. Tek diskli valf ilkörneği solenoidinde toplam etkin direnci 5,8 Ohm olan 210 sarım içeren bir sargı kullanılmıştır. Çift diskli valfta oluşan akışkan kuvvetleri tek diskli valfa göre daha yüksek olduğundan çift diskli valf aç-kapa hareketi için daha büyük bir mıknatıssal kuvvet gerekmiştir. Bu nedenle solenoid düzenlemesindeki elektromıknatıssal devre derinleştirilmiş, toplam etkin direnci 10,8 ohm olan 380 sarımlı bir sargı kullanılmıştır.

Şekil 10'da artımsal disk yerdeğiştirmelerine göre değişen, yarı kararlı (quasi-steady) bir model üzerinde hesaplanmış, sargı devresi ve disk arasındaki mıknatıssal çekim kuvveti sonuçları verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi mıknatıssal kuvvet küçük disk yerdeğiştirmelerinde aşırı derecede bir artış göstermektedir. Bu kuvveti belli bir değerde sınırlandırmak ve aç-kapa hareketi esnasındaki artık mıknatıssal kuvveti enaza düşürmek için disk ile sargı devresi yüzü arasında tutma aralığı olarak isimlendirilen bir aralık oluşturulmuştur. Bu aralığın büyüklüğünün tayininde ayrıca disk yüzeyinde oluşacak basınç dağılımı ve akışkan kuvvetlerinin aç-kapa hareketi üzerindeki etkisi de gözönünde bulundurulmuştur. Bu koşullar altında tutma aralığı tek diskli valf ilkörneğinde 0,254 mm., çift diskli valf ilkörneğinde ise 0,127 mm. alınmıştır.



Şekil 10 - Valf disk yerdeğiştirme-kuvvet eğrileri

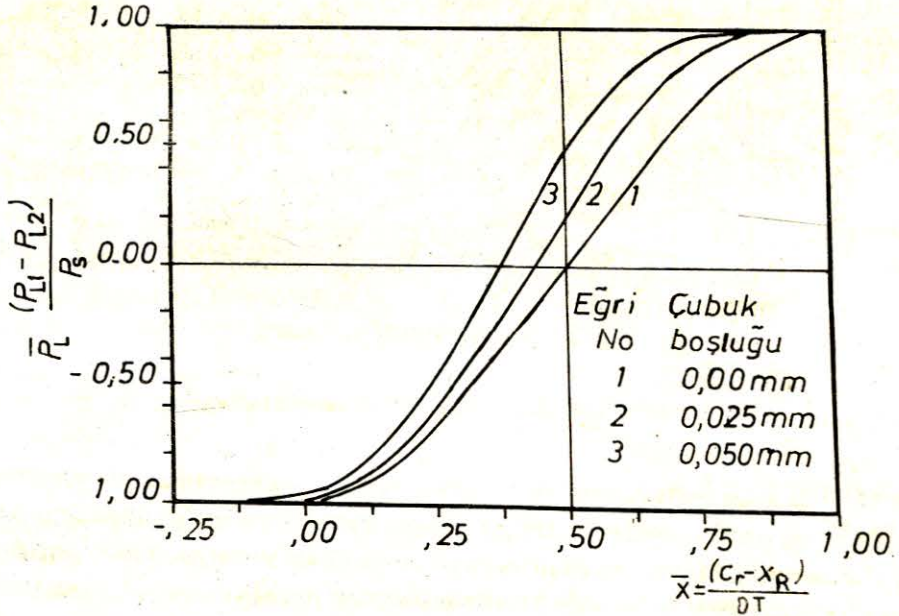
Şekil 11'de üç ayarlı orifis için tek diskli valf ilkörneğine göre hesaplanan disk yerdeğiştirmelerine karşılık gelen yük basınç karakteristikleri verilmiştir. Hesaplamalarda bir öncü (pilot) valf olarak kullanılması tasarlanan valfta en kritik durum olan tıkalı yük yolu varsayımı ele alınmıştır. Burada görüldüğü gibi disk yerdeğiştirmeleri ile basınç farkı değişimleri ters yönde (artı disk yerdeğiştirmesine karşılık eksi basınç farkı) olup lülebaşı çevresel alanının orifis kesit alanına oranı olan alan oranı büyüdükçe yük yolunda oluşabilecek en yüksek basınç farkı da artmaktadır. Bu şekli ile her bir yük hattı çıkışı esas olarak arka-basınç veya



Şekil 11 — Tek diskli valf basınç karakteristikleri

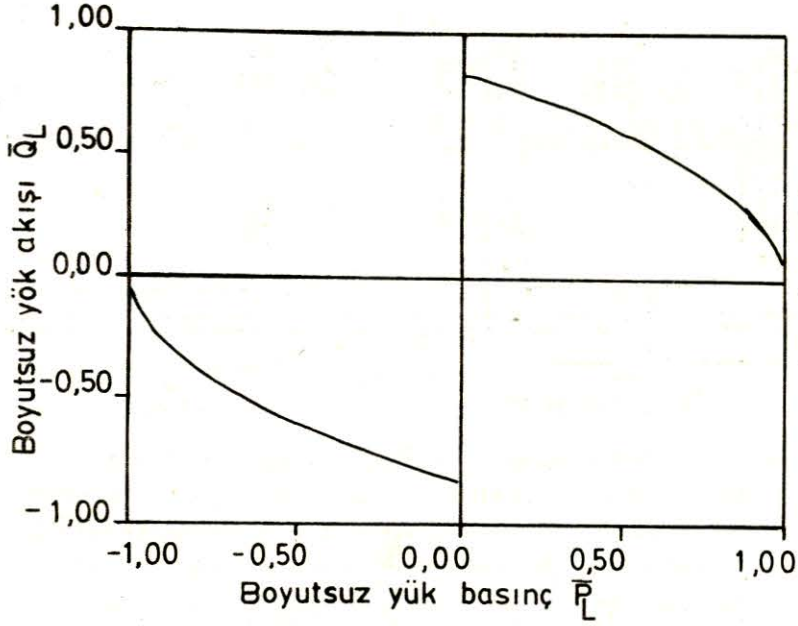
plaka (flapper) kolu kuvvetlendiricisi gibi etki etmektedir. Bir arka-basınç aygıtı olarak valfin karakteristik negative kazancı yük hattı basıncında en hızlı düşme doğuran en fazla kısılma durumuna veren 1 nolu eğride açıkça görülmektedir.

Şekil 12'de üç farklı çubuk aralık değerine karşılık gelen, çift diskli valf ilkörneğine göre hesaplanmış, disk yerdeğiştirmelerine karşılık gelen yük basınç farkı eğrileri verilmiştir. 1 nolu eğride disklerle çubuk arasındaki aralık sıfır alınmıştır ve buna karşılık basınç farkı diskin orta konumunda (toplam disk yerdeğiştirmesinin % 50 si) sıfır olmaktadır. 2 ve 3 nolu eğrilerde disklerle çubuk arasında belli bir aralık bulunmakta ve bu değer hesaplamalara eksi olarak etki ettirilmektedir. Tek diskli valfin aksine burada pozitive disk yerdeğiştirmelerine karşılık pozitive basınç farkı ortaya çıkmakta ve yük basınç kazancı pozitive ol-



Şekil 12 — Tek diskli valf debi-basınç eğrileri

maktadır. Şekil 13'de tek kademe valf olarakta kullanılabilen, çift diskli valfın yük basınç-akış eğrisi (çalışma eğrisi) verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi yük hattındaki sıfır basınç farkına karşılık yük hattına % 80 lik bir akışkan akabilmektedir. Yük hattındaki basınç farkı arttıkça yük hattına (silindir) gidebilecek akışkan miktarı düşmektedir.



Şekil 13 – Çift diskli valf debi-basınç eğrileri

Dinamiksel deneyler hem tek diskli ve hem de çift diskli valf ilkörneği üzerinde yürütülmüştür. Valflarda tıkalı yük yolu koşulları altında 100 bar basıncında hidrolik yağ ile çalışmalarda yaklaşık olarak 50 Hz frekansa kadar aç-kapa cevabı alınabilmektedir. Tek diskli valfın hava ortamında ki aç-kapa cevabı 1,5 saniye, hidrolik yağ ortamındaki aç-kapa cevabı ise 8 saniye olarak ölçülebilmektedir. Çift diskli valfın hidrolik yağ ortamındaki cevap hızı yine yaklaşık olarak 8-10 saniye arasında değişmektedir. Valf solenoidinde kullanılan uyarı akımı aç-kapa esnasında 1,75-2,00 Ampere arasındadır. Tutma esnasında ise yaklaşık 500-700 mA uyarı akımı yeterli olmaktadır.

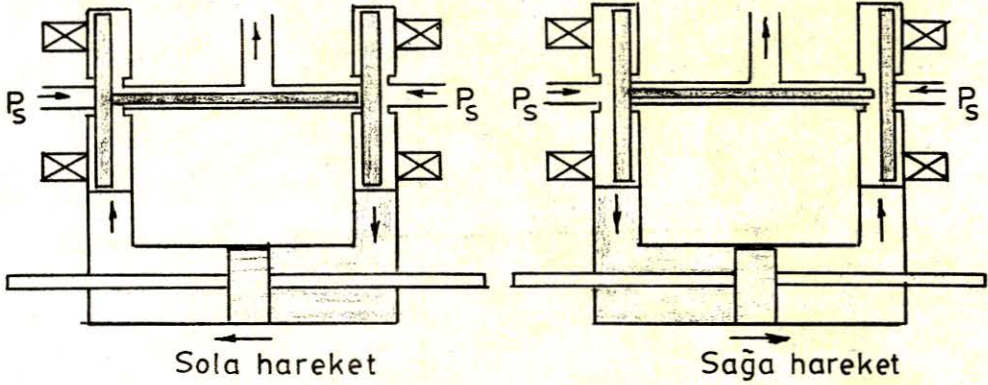
5. SONUÇ

Elektrohidrolik sistemlerde, özellikle sayısal (digital) biçimde kullanılan çeşitli türden aç-kapa valflarına ilaveten elektrohidrolik aç-kapa aygıtı olarak geliştirilen serbest yüzer disk valflar imalatlarının basit ve kolay olmaları, yağdaki pisliklere karşı fazla tıkanma tehlikesi göstermeme gibi özelliklere sahiptirler. Ayrıca disk elemanı elektromıknatıs devrenin bir parçasını oluşturduğundan özellikle çok küçük disk yer-değiştirmelerinde çok kuvvetli mıknatıssal çekim kuvvetleri sağlanabilmektedir.

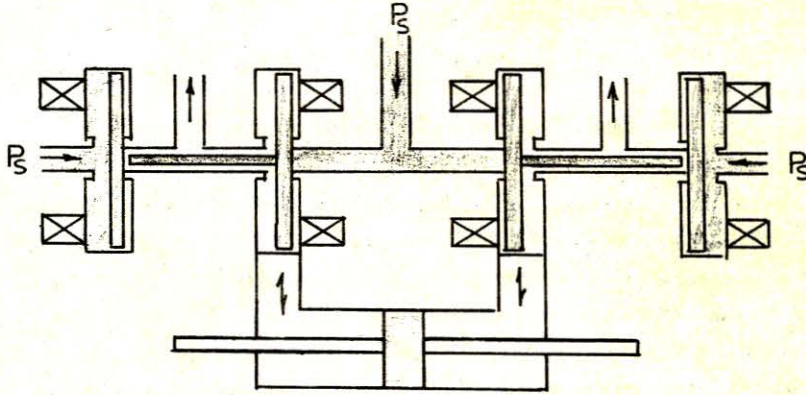
Tek diskli valf ve çift diskli valf olmak üzere iki çeşit disk valf üzerinde çalışma yapılmış ve her ikisinin de 25 mm. çapında bir disk içeren ilkörneği imal edilmiştir. Tek diskli valf ilkörneği 2-konum 4-yol yön aç-kapa valfi biçiminde düzenlendi ve sürekli durum güç kaybı içerdiğinden, eniyi şekilde, herhangi bir iki kademeli elektrohidrolik valfta birinci kademe öncü (pilot) valf olarak kullanılabileceği öngörüldü. İlkörneğinde 25 mm çapında bir disk kullanılmış olmasına rağmen, yüksek cevap hızı ve güç kayıplarında düşme sağlayan daha küçük modellerini yapmak mümkün olabilecektir. Bu da düşük maliyet gerektiren mikroişlem uygulamalarında çekici görünmektedir.

Tek diskli valfın aksine, çift diskli valf hiçbir kalıcı durum güç kaybı içermemektedir. Çift diskli valfın küçültülmüş bir modeli herhangi bir iki kademeli elektrohidrolik valfta öncü (pilot) kademesine

de elektromekaniksel dönüştürücü olarak kullanılabilir. Keza basınç hattı girişindeki orifislerin çıkarılmasıyla, tek diskli valfa göre daha yüksek basınç duyarlılığı elde etmek ve yağdaki pisliklere karşı tıkanma tehlikesini enaza indirmek mümkündür. Valfın biraz daha büyükçe bir modeli orta veya yüksek akışkan gücü gerektiren yerlerde tek kademe aç-kapa valfi olarak kullanılabilir. Çift diskli valf için muhtemel uygulamalara bir örnek olarak, Şekil 14 de bir hidrolik silindirin denetimi gösterilmiştir. Şekil 15'de bir silindiri



Şekil 14 – Bir çift-diskli valf ile silindir denetimi



Şekil 15 – İki çift-diskli valf ile silindir denetimi

denetleyen 3-yol 2-konum aygıtı olarak çalışan valfin diğer bir düzenlemesi verilmiştir. Bu türden iki adet valfi kullanmak suretiyle, pistonun hareketsiz durumundaki yüksek dereceden esnemezliği dahil olmak üzere valf aç-kapa hareketinde önemli bir esneklik elde etmek mümkündür. Valfın bu yolla kullanımında bir yük hattı olarak yalnızca bir tek disk odacığı gerekir.

Görüldüğü gibi çift diskli valf elektromekaniksel olarak çalışan ve hiçbir kalıcı durum yük kaybı içermeyen çeşitli aç-kapa valf düzenlemeleri sunmaktadır. Çift diskli valfin bir sakıncası, aynı büyüklükte bir tek diskli valfa göre daha yüksek aç-kapa gücü ve biraz daha karmaşık imalat yapısı gerektirmesidir.

KAYNAKLAR

1. Post, K.H.; "Study of elektro-hydraulic control valves with fluidic ball elements". Institut für Flugführung, Baunschweig, West Germany, Report DLR-FB 73-75.
2. Taft, C.K. and Harned, T.J.; "Electro-Fluid Pulse-width modulated Valve" ASME Paper No. 79-WA/DSC-1.
3. Yüksel, İ.; "An investigation of elektro-hydraulic floating disc switching valves". Ph.D. thesis, University of Surrey, 1981.