



# SERVO VALFLER – ÖZELLİKLERİ VE BAKIMI

Saban YAZICI

## ÖZET

Servo Valflerin sahip olduğu bazı karakteristikleri vardır. Bunlar valfin servo hidrolik sistem içindeki performansını belirler. Servo valflerin karakteristikleri statik ve dinamik olarak iki kısma ayrılmaktadır.

Servo valflerin karakteristikleri bilinmeden ve çıkarılmadan bu valflerin kullanıldığı servo sistemleri tasarlamak, bakım ve iyileştirme faaliyetlerinde bulunmak tamamen hatalı sonuçların çıkmasına sebep olur.

Özellikle, sistemde arıza yapan veya arıza yaptığı zannedilerek sökülen valflerin tekrar kullanılıp kullanılmayacağı, her kullanıcı için hızla cevap verilmesi gereken bir sorudur. Bu soruların cevabı için servo valfin statik ve dinamik karakteristikleri, test istasyonunda incelenmiş ve yapılan bakım faaliyeti sonucunda karar verilecek verilere ulaşılmıştır.

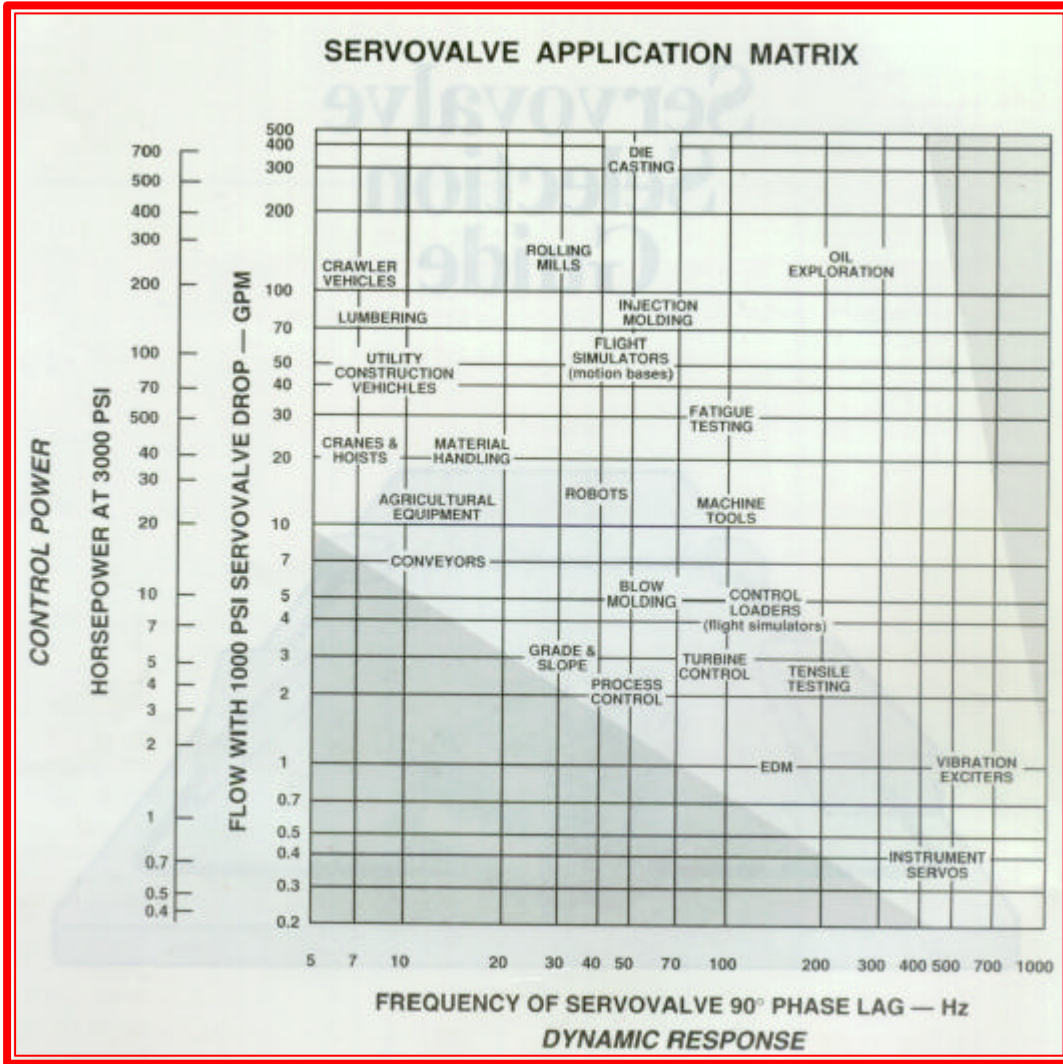
## 1. GİRİŞ

“Servo” kelime manası ile amplifikasyon demektir. Yani kuvvetin (hidrolik, pnömatik, elektrik vb. gibi) amplifiye edilmesidir. Çok küçük kuvvetler ile büyük güç gerektiren işleri yapmaktır. Servo mekanizmaları, kopya tezgahlarında, çelik endüstrisinde, imalat sanayinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

Servo sistemlerin, hidrolik ile tanışması 2. Dünya Savaşında uçak ve gemilerde askeri amaçlar için başlamıştır. Servo sistemin kalbi olan servo valfler, ağır yükleri; hızlı, fakat darbesiz, yüksek hassasiyette, iyi zamanlama ile ve istenildiği gibi hareket ettirme ihtiyaçlarına cevap verebilen kabiliyetleri ile önem kazanmıştır. Tabii olarak bu fonksiyonları, yalnız servo valf ile halletmek imkansızdır. Servo sistemin vazgeçilmez elemanları olan, Elektronik (Servo Kontroler), Kapalı Çevrim Kontrol (Closed Loop Control), Ölçme Teknolojisi, bu fonksiyonların elde edilmesinde servo valf ve hidrolik sistem kadar önemlidir. Servo hidrolik sistemlerin endüstriye uygulamaları geçen 10 yıl içerisinde başlamıştır. Endüstrideki genel uygulamalara baktığımızda;

- Büyük imalat tezgahlarında- Ana tahrik mili ve pozisyon kontrolünde,
- Endüstriyel Robotlarda- Genel de ağır malzemeler için,
- Çelik İmalat Endüstrisinde- AGC, AWC, AJC gibi,
- Gemi Endüstrisinde- Yön tahrik sistemi, Motor Kontrol sistemi,
- Test ekipmanlarında- Deprem test makinaları, Malzeme test makinaları,
- Büyük preslerde,
- Bir çok eğitim amaçlı simülatör’de ve özellikle eğlence amaçlı makinalarda kullanıldığı görülmektedir.

Şekil 1’deki servo valf uygulamaları matrisi, servo valflerin frekans responsuna göre kullanım alanlarını belirtmektedir.

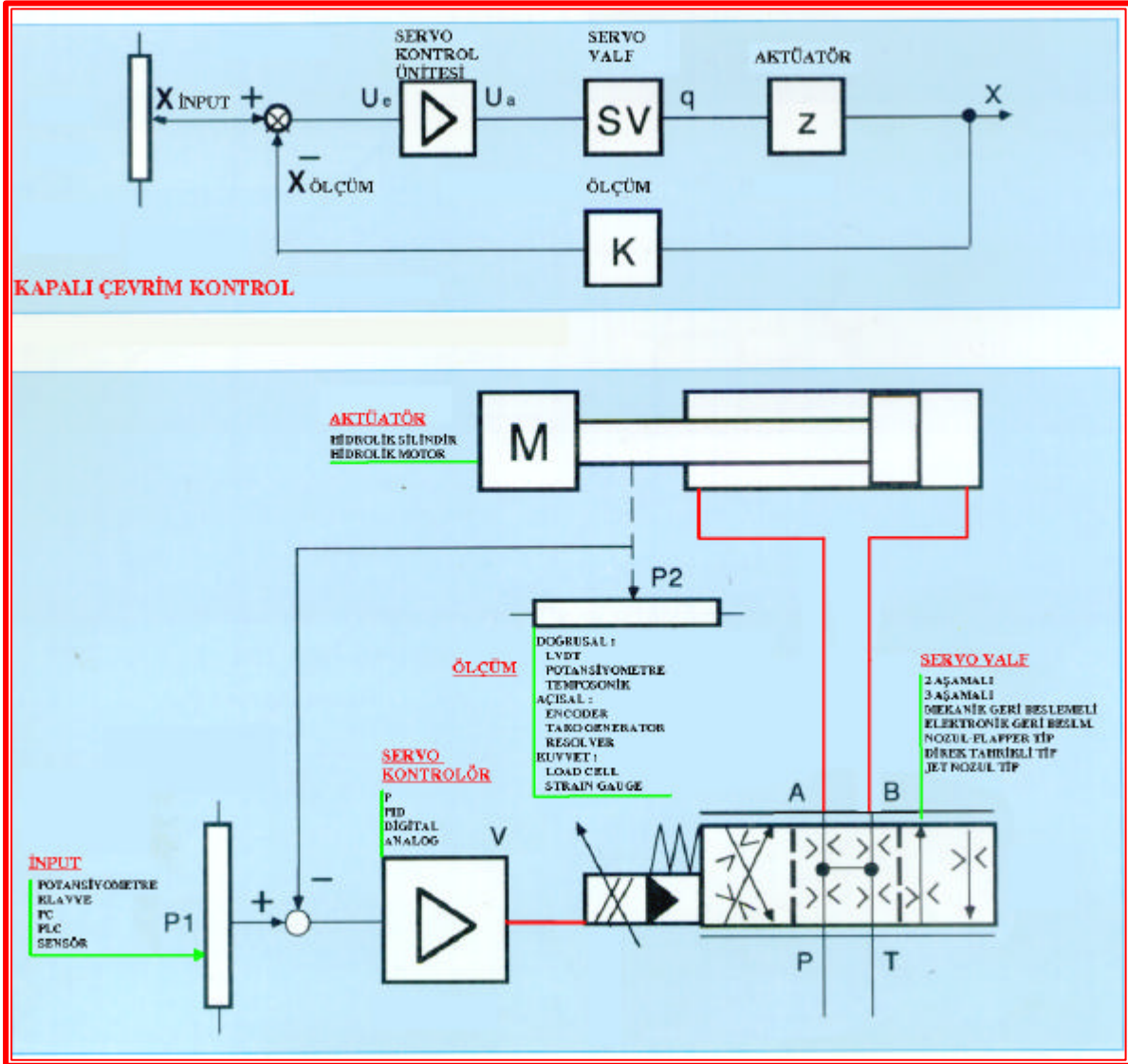


Sekil 1. Servo Valf Uygulamaları Matrisi

### 1.1. Kapalı Çevrim Kontrol

Kapalı Çevrim Kontrol sistemini temel olarak incelemek, konuya daha da açıklık getirecektir. Kapalı çevrim sistemlerde, şekil 2'de görüldüğü gibi bes ana eleman vardır.

- **INPUT** : Kontrol ettiğimiz aktüatörün uymasını istediğimiz set parametresi sistemin inputudur. Kapalı Çevrim sistemde, amacımız bu parametrenin sağlanmasıdır. Bu input, potansiyometre, klavye, PC, PLC, veya sensör vb. tarafından servo kontrollöre verilebilir.
- **SERVO KONTROLÖR** : Ölçüm değeri ile input değerini karşılaştırır ve oluşan hata değerine göre servo valf input değerini değiştirir, kontrol edilecek parametreye göre, P, PID, Digital, Analog kontrollere kullanılabilir. Sistemin stabilesi ve istenilen değere gitmesinde, kullanılacak kontrolörün ve kontrol edilecek sistemin karakteristiklerinin bilinmesinin önemi büyüktür.
- **SERVO VALF** : Kapalı çevrim sisteminin önemli elemanlarından olan servo valf, servo kontrolörden aldığı elektronik sinyali hidrolik olarak debi yada basınca çevirir. Karakteristiklerine göre 2 aşamalı, 3 aşamalı, mekanik geri beslemeli, elektronik geri beslemeli, nozul flapper tipli, direkt sürücü tipli gibi bir çok çeşitleri vardır. Kapalı Çevrim sisteminde servo valf, statik ve dinamik özellikleri ile verilen elektronik sinyale karşı istenilen hassasiyet ve cevap verme süresinde tepki gösterebilir.



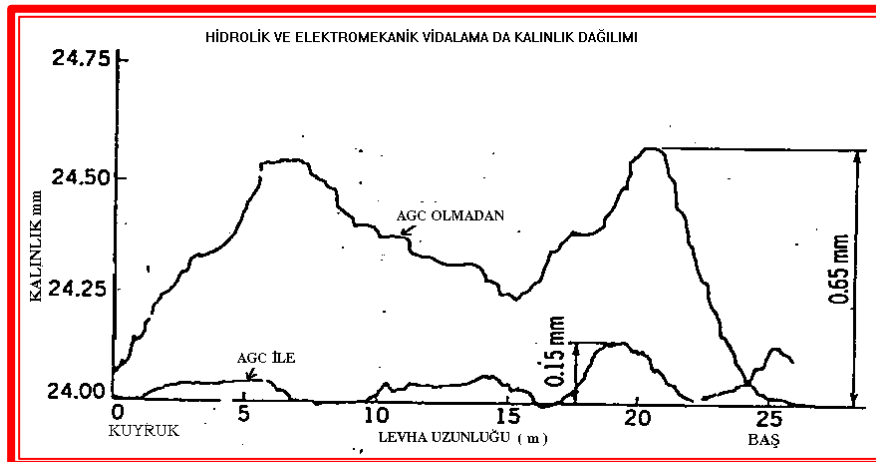
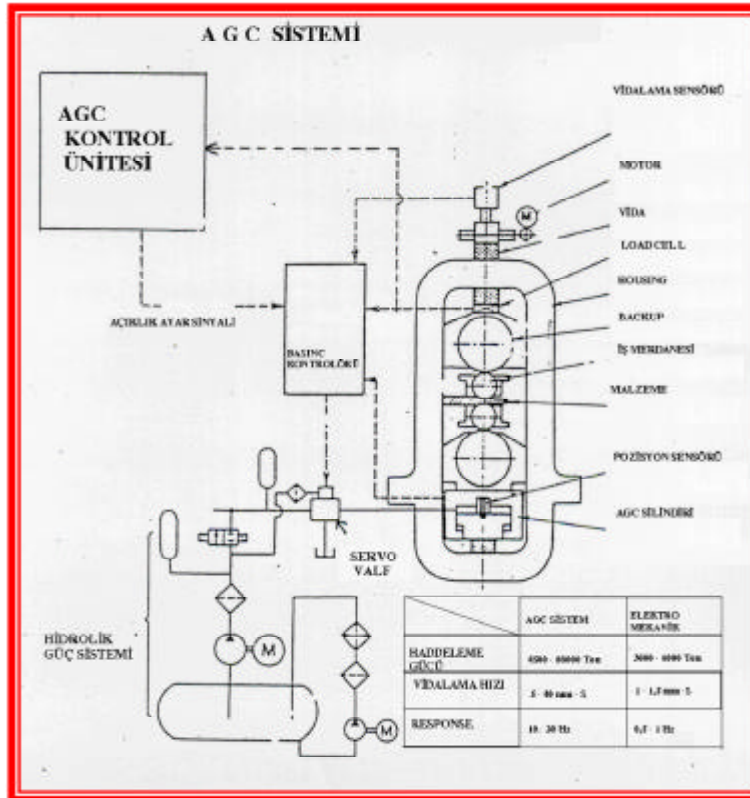
**Sekil 2.** Kapalı Çevrim Kontrol

- **AKTÜATÖR** : Hidrolik sistemlerde aktüatörler, silindirler ve motorlardır. Esas amaç aktüatöre bağlı olan mekanizmaları kontrol etmektir.
- **ÖLÇÜM** : Kapalı Çevrimde kontrol ettiğimiz sistemleri, geri besleme olarak ölçmek zorundayız. Çünkü geri besleme olarak ölçülen bu bilgi, servo kontrolör tarafından input ile karşılaştırılacak ve aktüatörümüzün istediğimiz değere gitmesi için servo valfe düzeltme sinyali verilmesini sağlayacaktır. Ölçümler, doğrusal pozisyonda; LVDT (Lineer Variable Differential Transducer), potansiyometre, temposonik vb gibi, açısız pozisyonda ; enkoder, tako generatör, resolver, kuvvette; laod cell, strain gauge gibi ölçüm elemanlarıdır. Ölçüm elemanlarının da cevap verme süreleri servo valfler gibi çok önemlidir. Çünkü bu da kontrol edilen toplam sistemin geçirme süresini yada reponsunu etkileyecektir. Kısa, Kapalı çevrim kontrol sisteminin temel mantığını izah edildi. Servo valfler bu kontrol sayesinde hidrolik sistemlere esneklik getirmiştir. Bir çok mekanik ve elektrik motor kontrollü sistemin, servo hidrolik sistemlere yerini bırakmasına sebep olmuştur. Bu durumu örneklemek gerekirse AGC (Otomatik Kalınlık Kontrol) sistemini incelemek yerinde olacaktır.



### 1.1.1. AGC (Automatic Gauge Control)

Sıcak ve soğuk haddehanelerde malzeme kalınlığını kontrol etmek için elektrik motor tahrikli sonsuz vida grubu kullanılmakta idi. Servo hidroliğin avantajlarını düşünenler, malzeme kalınlığında daha dar toleranslarda çalışabilmek için otomatik kalınlık kontrol sistemini geliştirdiler. Bu sistemin avantajlarını gerçek örnekleme ile sunmak daha faydalı olacaktır. Şekil 3'de Nippon Steel'de uygulanan AGC sisteminin avantajları listelenmiştir. Haddeleme gücü 6000 ton'dan, 8000 tona, hadde açıklık ayar hızı 1,5 mm/s'den, 40 mm/s'ye, cevap verme süresi ise, 1 Hz'den, 20 Hz'ye çıkmıştır. Bunların yanında kalınlık dağılımına baktığımızda 0,65 mm sapma, 0,15 mm'e kadar düşmüş olduğunu görüyoruz. Mekanik vidalamadaki enerji kayıpları ve vida elastisitesinden gelen hata paylarının elimine edilmesi AGC sisteminin avantajları arasındadır.



**Şekil 3.** Otomatik Kalınlık Kontrol Sistemi

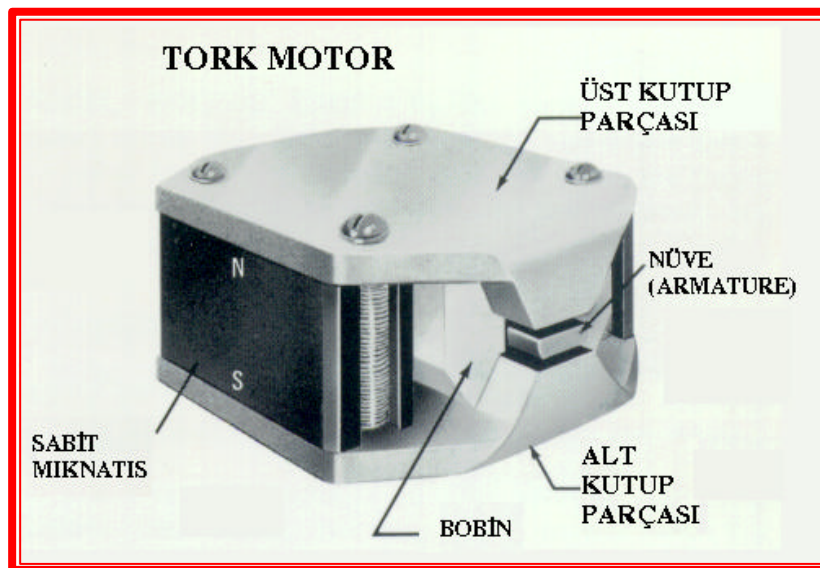
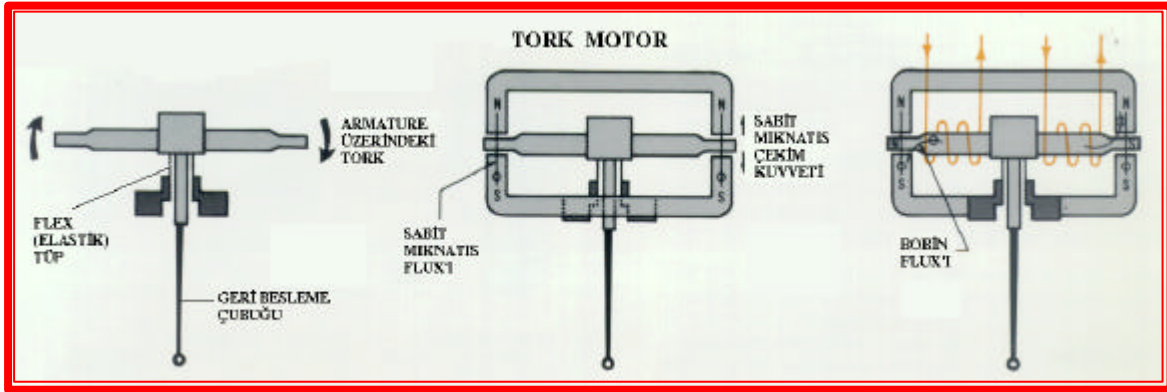
## 2. SERVO VALFLER VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Servo valfleri yapısına göre üç tipe ayırmak mümkündür ; 1-Nozzle Flapper (Nozul +Yaprak), 2-Jet Pipe, 3-Direct Drive (Direkt Tahrikli). Bunlardan nozzle flapper ile Direct Drive tipleri endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu iki tip hakkında, çalışma prensipleri avantajları ve dezavantajları hakkında gelecek paragraflarda bilgiler verilecektir.

### 2.1. Nozzle-Flapper Servo Valf

Bu tip servo valflerin ilk aşamasında tork motor ve nozullar vardır. Endüstride genel olarak yaygın kullanılan tip budur. Bu kısım sürgü ile beraber kullanılır ve valfin ikinci aşamasını oluşturur. Kısaca çalışma prensibini incelediğimizde ;

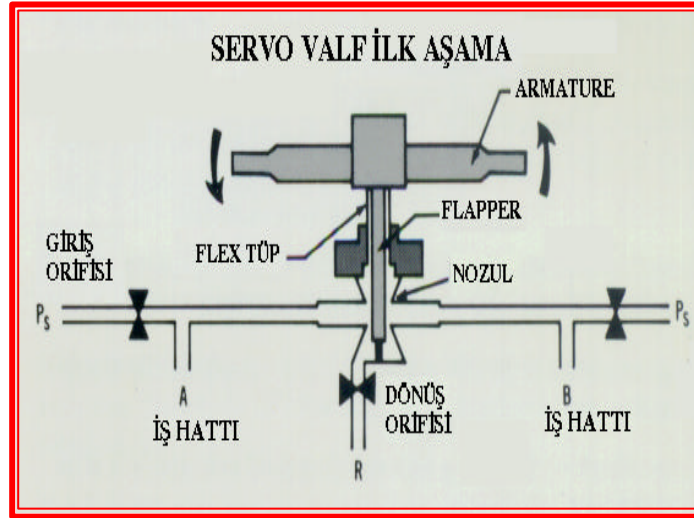
- **TORK MOTOR** : Şekil 4'te gösterilen tork motor, çok ufak akım sinyallerini, mekanik harekete oransal olarak çevirir. Ana eleman olarak, iki adet sabit mıknatıs, bobin, nüve, nüveye bağlı elastik (flex) tüp ve alt, üst kutup plakalarından oluşmaktadır. Bobinlerden geçen akım, nüvenin mıknatıslanmasına, dolayısı ile hava boşluğu içinde, akıma orantılı olarak, nüveye bağlı tüp ile beraber dönmesine sebep olur. Nüveye bağlı olan bu tüp elastisitesi sayesinde, akım sıfırlandığında, nüvenin tekrar eski pozisyona dönmesini sağlar. Bu tip tork motorun avantajları; sürtünmenin az olması, histeris düşük olması ve hidrolik ortamla manyetik ortamın ayrı olmasıdır.



Sekil 4. Tork Motor

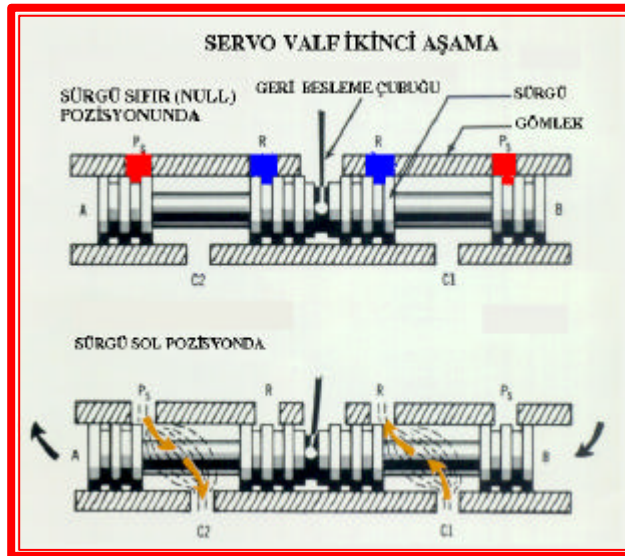


- **HIDROLİK AMPLİFİKATÖR** : Bu sistemde, tork motora ilave olarak iki adet giriş orifisi ve nozul ve nüveye bağlı olan esnek tüpün içindeki yaprak yani flapper da eklenir. Fonksiyon olarak; giriş orifislerden geçen basınçlı hidrolik nozullardan geçerek ve flapper'a çarparak dönüşe gider. Aynı çapta olan nozullar ve orifisler ve ortada duran flapper A ve B kanalındaki hidrolik basıncın eşit olmasını sağlar. Tork motorun bobinlere uygulanan akımla orantili olarak flapperi hareket ettirmesi, A ve B kanalındaki basınç farkının orantili olarak değişmesini sağlar. Böylece akımla, iki kanal arasındaki basınç farkının lineer olarak değiştiği görülür. Şekil 5'de sematik olarak hidrolik amplifikatörü gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Hidrolik Amplifikatör

- **VALF SÜRGÜSÜ** : Şekil 6'da görüldüğü gibi, bu aşamada bir tanıma daha ihtiyacımız var ; Geri Besleme yayı: bu kısım yalnızca mekanik geri beslemeli servo valflerde vardır, fakat bu valfler çok yaygın kullanımı olduğundan ve valfin cevap verme süresini iyileştirdiğinden bu tip valf kullanıldığı varsayılacaktır. Sürgü, gömleğin içerisinde belirli bir tolerans ile serbest gezebilir. Gömlekteki yuvarlak veya dikdörtgen kanallar, basınç hattını, dönüş hattını ve iş hatlarını birbirinden ayırır. Sürgünün sağa veya sola hareketi, iş hattının birini basınç hattına bağlarken diğerini dönüş hattına bağlar.



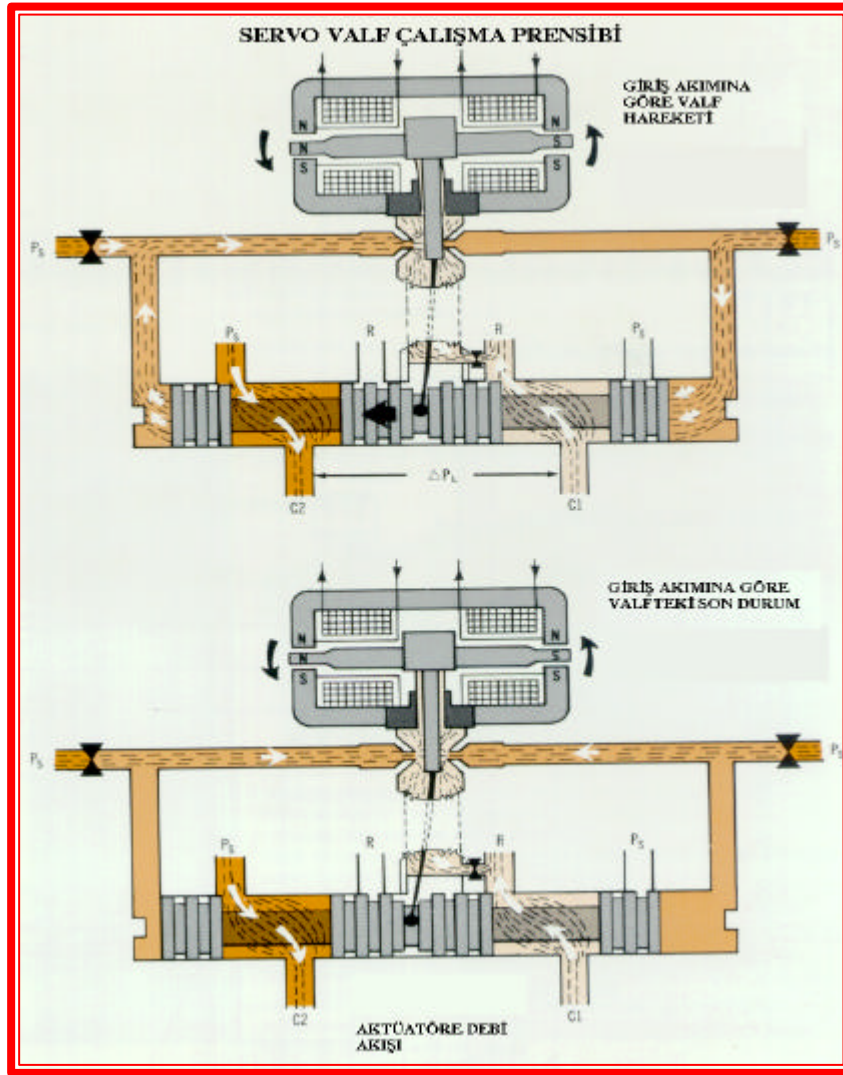
**Şekil 6.** Servo Valf Sürgüsü



## 2.2. Çalışma Prensibi

Iste bu üç asamayı birleştirdiğimizde iki asamalı Nozzle Flapper servo valf oluşturulmuş olur. Şekil 7' nin ışığında bu valfin çalışma prensibini anlamaya çalışalım:

- Bobinlere verilecek elektrik akımı, tork motorun üzerinde manyetik kuvvetler oluşturur,
- Nüve ve Flapper, nüve tüpü ekseninde etrafında, verilen akım değerine orantili olarak döner,
- Flapper, nozulun bir tanesine yakın, diğerine uzak olduğundan ; yakın nozulun arkasındaki basınç artar ve diğerinki azalır,
- Valfin sürgüsü bu basınç farkı ile iki kanallarının bir tanesini basınç hattına, diğerini dönüş hattına bağlar,
- Valfin sürgüsü geri besleme yayı ile flapper'a bağlı olduğundan, flapper'a dengeleme kuvveti uygular,
- Bu dengeleme kuvveti, tork motordaki manyetik kuvvete denk geldiğinde, flapper orta pozisyonu alır ve nozullar arkasındaki basınç farkı da sıfır olur,
- Valf nüvesi, basınç farkları sıfır olduğundan, bu pozisyonda durur,
- Böylece tork motora verilen akım ile orantili olarak, valf sürgüsü pozisyonu elde edilmiş olunur,
- Valften geçen debi miktarı, basınç farkı aynı kaldığı sürece, sürgü pozisyonuna bağlı olduğundan, tork motordaki akımla da doğru orantilidir.



Sekil 7. Servo Valf Çalışma Prensibi



### 2.3. Bazi Mekanik Ölçüler

Servo valflerin ne kadar hassas toleranslarla islendiğini kavrayabilmek için, bazı mekanik parçalardaki ölçü toleranslarını bilmek faydalı olacaktır.

▪ Flapper - Nozul arası mesafe	0.060 - 0.070 mm
▪ Giriş Orifis çapı	0.125 - 0.250 mm
▪ Valf nüve stroku	0.250 - 0.500 mm
▪ Valf Nüvesi ile Gömlek arası boşluk	0.7-1.5 mikron

Verilen ölçülerden anlaşılacağı gibi, çok hassas bir imalat teknolojisi, servo valf üretiminde kullanılmaktadır.

### 2.4. Bazi Parçaların Malzemeleri

Servo valfler yüksek imalat teknolojisi yanında, kullanılan parçaların malzemeleri de özeldir. Bazı parçaların malzemeleri aşağıda belirtilmiştir.

▪ Valf nüvesi ve Gömleği	440-C Paslanmaz
▪ Tork motor nüve tüpü	Berylium bakır
▪ Miknatıslar	Alnico VI
▪ Filtre (35-40 mikron absolute)	Sinterlenmiş paslanmaz tel

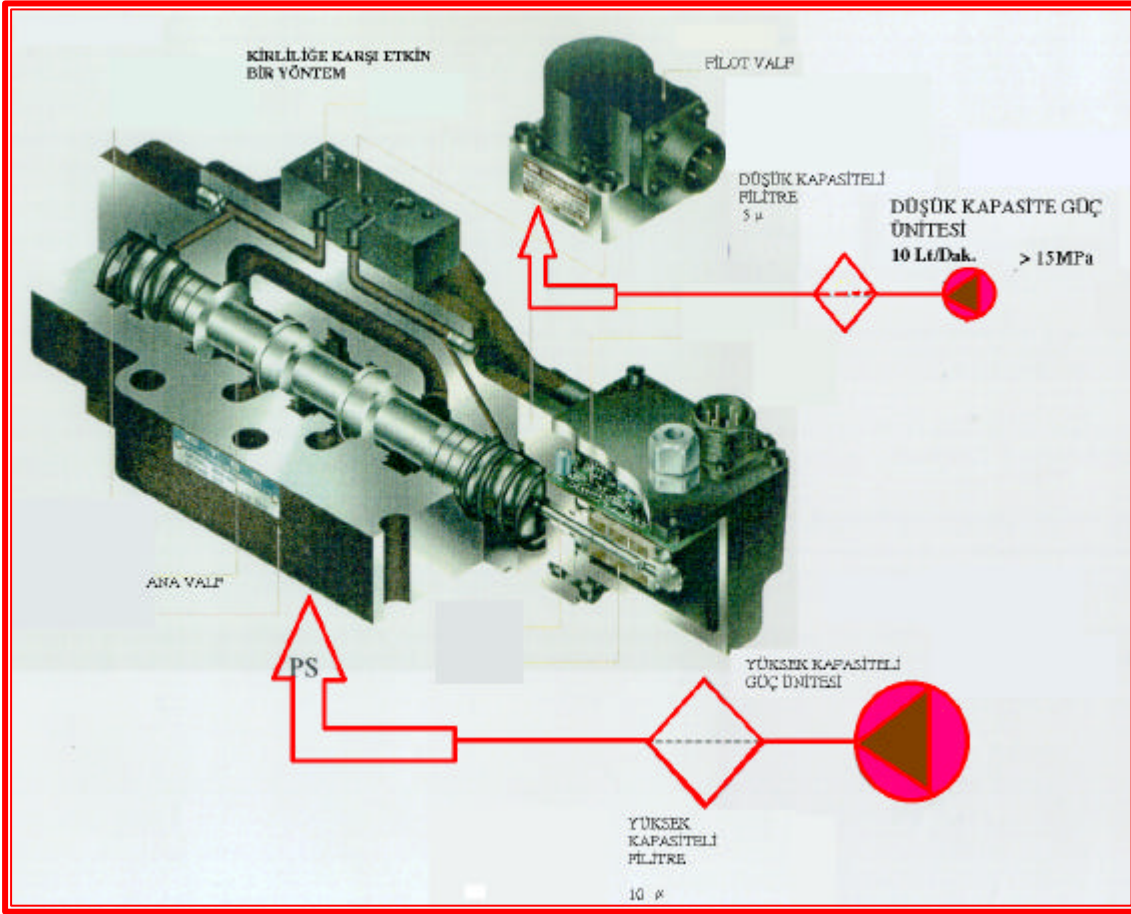
### 2.5. Avantaj ve Dezavantajları

Nozul - flapper tip servo valfler, mekanik yapısından dolayı bazı dezavantajlara sahiptir. Cevap verme karakteristikleri valfin büyüklüğüne, tork motor verimliliğine bağlıdır ve genelde tatmin edici karakteristikte valf bulmak mümkündür.

- Valfin en büyük dezavantajı, hassas ölçülerden dolayı yağdaki kirliliğe izin vermemesidir. Valf arızalarının % 80'ini kirlilikten dolayı olduğu tespit edilmiştir. Bu valfler NAS CLASS 6-7 mertebesinde kirlilikte çalışabilir.
- Yine kirliliğe bağlı olarak, nozul ve orifislerdeki tıkanma valfin çalışmasını engelleyebilir.
- Geri besleme telinin ucundaki küre, valf nüvesine boşluksuz geçtiğinden valf nüvesi hareketi esnasında burada ki asınmalar, yine valf karakteristiklerini etkiler.
- Valf nüvesi keskin köselere sahip olduğu için, yine yağdaki kirlilik bu köselerin asınmasına ve karakteristiklerin bozulmasına sebep olmaktadır.
- Devamlı olarak nozullardan tank hattına hidrolik aktığından, hidrolik yağda ısınma olmaktadır ve iyi bir soğutma sistemine ihtiyaç vardır.
- Tork motor nüvesinin hava boşluğunda manyetik alanda olması, sürtünmeden dolayı oluşabilecek kayıpları ortadan kaldırır, histerisis'i azaltır.
- Flapper'in ağırlığının birkaç gram mertebesinde ve anti manyetik malzeme olmasından dolayı yüksek rezonans frekansa sahiptir, buda valfin yüksek frekanslarda problemsiz olarak çalışmasını sağlar. Nozzle flapper tip çok özel servo valflerle 150-200 Hz frekanslara çalıştırılabilir.
- Servo valfin karakteristikleri, sistem basıncına ve kullanılan debi miktarına da bağlıdır.
- Servo valflerin genel karakteristikleri olarak, basınç ve debiyi kontrol etmek mümkündür.

Görüldüğü gibi yağdaki kirlilik bu valflerin en büyük dezavantajıdır. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için bazı tedbirleri hidrolik devrelerde almak gerekir. Genelde servo valflerde daha önce bahsettiğimiz gibi, bir yada iki adet iç filtre bulunmaktadır. Bu filtreler absolute filtrelerdir, yani bahsedilen oranı % 99 tutarlar. Şekil 8'deki gibi hidrolik devrede Nozzle - Flapper servo valfin basınç hattına 3 mikronluk bir filtre ilave etmek veya bu valfi besleyen ayrı bir ünite kurmak kirlilik problemini azaltacaktır. Çünkü sistem tankı çok büyük ve kirliliği bu tankta kontrol etmek çok zor olduğundan, ayrıca genelde ana valfler daha az hassas olduğundan, ayrı 15-20 lt civarında bir ünite hazırlamak problemin kirlilik tarafını ortadan büyük ölçüde kaldıracaktır.





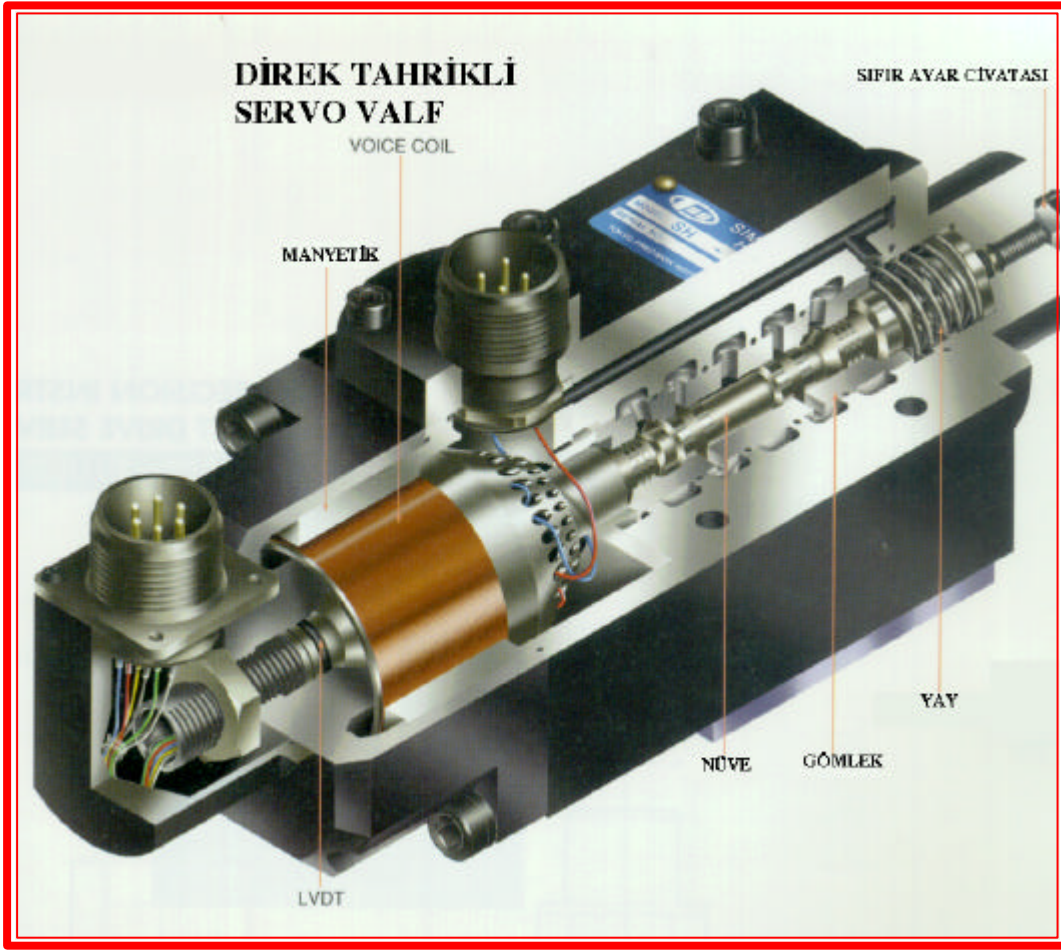
Sekil 8. Kirliliğe Karşı Etkin Bir Yöntem

## 2.6. Direct Drive Servo Valf (Direkt Tahrikli)

Sekil 9'da görüldüğü gibi, yapı olarak oransal veya normal on-off hidrolik valfleri andıran bu valfler, solenoid bobini ve sürgü yapısı ile değişiklik arz etmektedir. Bu valflerin ortaya çıkmasının asıl sebebi yukarıda nozzle - flapper tip servo valflerin dezavantajlarını ortadan kaldırmaktır. Force motor olarak adlandırılan solenoid, neodimiyum dan yapılmış mıknatıs stator ve Voice coil olarak adlandırılan çok ince sarımlı rotordan oluşur. Ayrıca solenoid kısmında valf nüvesinin pozisyonunu ölçmek için LVDT mevcuttur. Bu yapı solenoide, küçük akımlar ile yüksek güç elde etme imkânını sağlamıştır.

Valf, diğer servo valfler gibi servo amplifier tarafından sürülür. Valfin karakteristiklerini iyileştirmek için valf nüvesi pozisyonu ölçülür ve servo amplifier kapalı çevrim sayesinde valf input akımını hata sıfır oluncaya kadar azaltır veya artırır. Kısaça çalışma prensibini aşağıda açıklanmıştır.

- Servo amplifier giriş sinyaline göre Voice coil'e giriş akımını uygular,
- Voice coil giriş akımına orantili olarak valf nüvesini hareket ettirir,
- Valf sürgüsü hareketi LVDT tarafından ölçülür ve servo amplifier tarafından bu değer giriş sinyali ile karşılaştırılır, Bu karşılaştırmaya göre servo valf giriş akımı hata sıfır oluncaya kadar azalır.
- Giriş sinyali, valf sürgü pozisyonuna eşit olduğunda, valf giriş akımı sıfırlanır ve valf sürgüsü durur,
- Sonuç olarak, valf sürgü pozisyonu ile orantili olan debi, giriş sinyali ile de orantili olur.

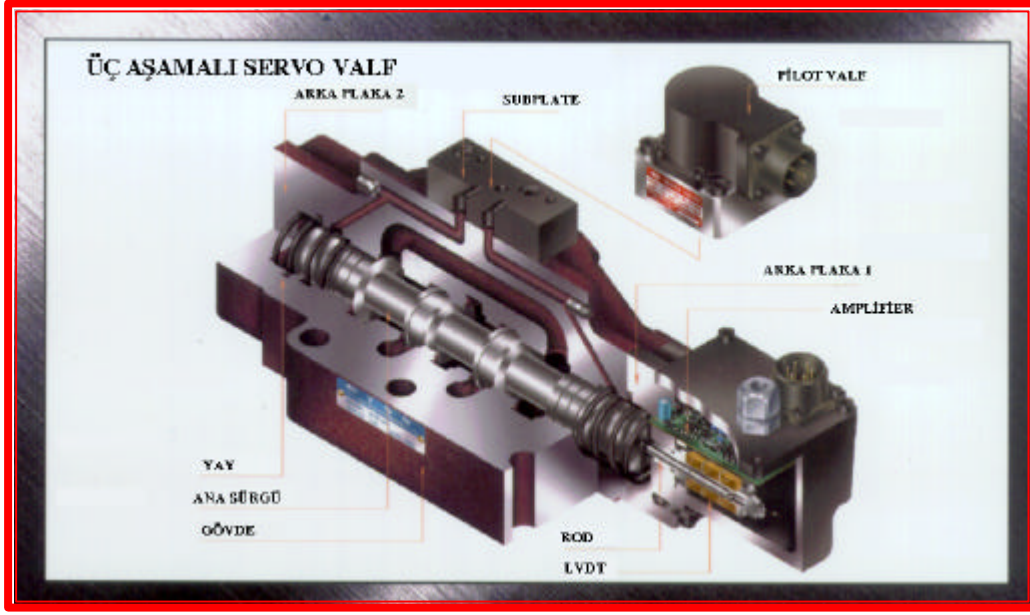


**Sekil 9.** Direkt Tahrikli Servo Valf

Direk tahrikli servo valflerin çıkış amacının, Nozzle - flapper servo valflerinin dezavantajlarını ortadan kaldırmak olduğu belirtilmiştir. Aşağıda bu özellikleri listelenmiştir.

- Bu tip servo valfin stroku  $\pm 1,5$  mm ve nüve ile gömlek arasındaki boşluk, aynı tip on-off valf kadar olduğundan, yüksek oranda yağdaki kirliliğe karşı karakteristiklerini kaybetmemektedir. Yani NAS CLASS 10 -11 kirlilik seviyesine kadar bu tip valfle çalışmak mümkündür.
- Pilot olarak herhangi bir hidrolik basınca ihtiyacı yoktur, dolayısıyla yağda ekstrasından bir ısı kaynağı ortadan kaldırılmaktadır.
- Valfin dinamik özellikleri, sistem basıncına bağlı değildir.
- Voice coil özelliğinden ve LVDT ile valf sürgü pozisyonu, kapalı çevrim ile kontrol edildiğinden, yüksek cevap verme ve düşük histeresis özelliği vardır. 600 Hz maksimum.

Bu valfler genelde 80 lt/dak kadar debi verebilen valflerdir. Bu durum Nozzle - flapper tipleri içinde geçerlidir. Daha fazla debi için daha büyük valflere ihtiyaç vardır. Bu da yukarıda bahsettiğimiz valfler pilot valf olarak kullanılır ve ana valfin nüvesinin pozisyonunu kontrol ederler. Bu durumda ortaya çıkan Sekil 10'daki yeni konfigürasyona 3 aşamalı valf diyoruz. Pratikte 4 aşamalı valfe kadar uygulamalar vardır. En büyük servo valf ise deprem test ekipmanında kullanılmak üzere 40 000 lt/dak olarak imal edilmiştir, tamamen özel bir uygulamadır.

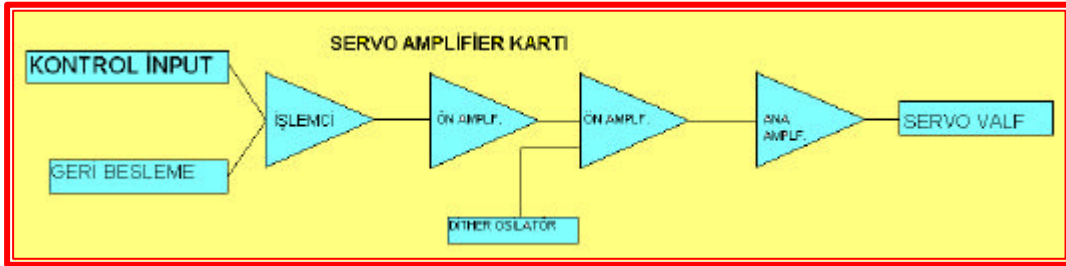


Sekil 10. Üç Aşamalı Servo Valf

## 2.7. Servo Amplifier

Servo valflerin kapalı çevrim ile kontrol edildikleri daha önce belirtilmişti. Bu kontrol sistemi, servo valf ile giriş sinyali arasındaki ilişkiyi kuran, servo amplifier valfin karakteristiklerini düzeltmek için bazı fonksiyonlar ile donatılmıştır. Bilindiği gibi servo valf te kullanabileceğiniz amplifier firmalar tarafından belirtilmiştir.

Servo amplifier (Sekil11), temel olarak operational amplifierler ve çıkışta güç transistörlerden oluşur. Tipik devre görünümü aşağıdaki gibidir.



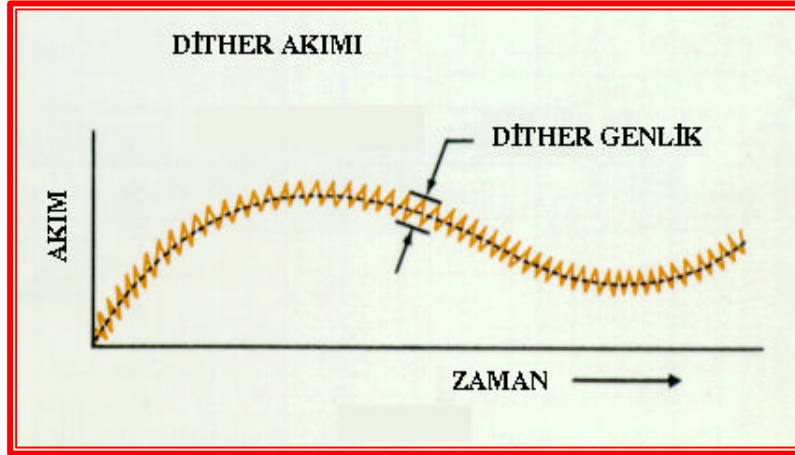
Sekil 11. Servo Amplifier Kartı

Hesaplama Fonksiyonu : Input, hata ve geri besleme sinyallerini çıkarır yada toplar.

Maksimum stabil seviyeye kadar hata sinyallerini amplifiye eder. Fakat bu amplifikasyon sistemin elverdiği kadardır, bu değer aşılar ise, sistem stabilitesi kaybolabilir.

Tork motoru ve Voice coil'i sürmek için gerekli olan akımı sağlar. Bu değer tork motorda 10-1000 ma, voice coilde ise 1- 2 Amp (PWM) arasındadır.

Dither Fonksiyonu: Çıkış akımının üzerine yüksek frekansta AC akımı bindirilerek valfin karakteristikleri arttırmaya çalışılır. Genel de 200- 500 Hz frekans kullanılır ve valf nominal akımının genlik olarak %10'u geçilmez. Dither akımının (Sekil 12) bir çok faydası vardır.



**Sekil 12.** Dither Akimi

- Sürtünme etkisini azaltarak histerisisi azaltır
- Valf sürgüsünün yapışmasını engeller,
- Sürgüye hidrolikten gelen pisliğin yapışmasını engeller.

Servo valf bobinini asiri akımdan korur.

Bazı servo valf amplifier kartlarında, valf cevap verme süresi karakteristliğini arttırmak için, faz kayma kompensasyon fonksiyonları da vardır.

### 3. SERVO VALFLERİN KARAKTERİSTİKLERİ

Servo Valflerin daha önceki metinlerde belirttiği gibi bazı karakteristikleri vardır. Bunlar valfin servo hidrolik sistem içindeki performansını belirler. Servo valflerin karakteristikleri statik ve dinamik olarak iki kısma ayrılmaktadır.

Servo valflerin karakteristikleri bilinmeden ve çıkarılmadan bu valflerin kullanıldığı servo sistemleri dizayn etmek, bakım ve iyileştirme faaliyetlerinde bulunmak tamamen hatalı sonuçların çıkmasına sebep olur.

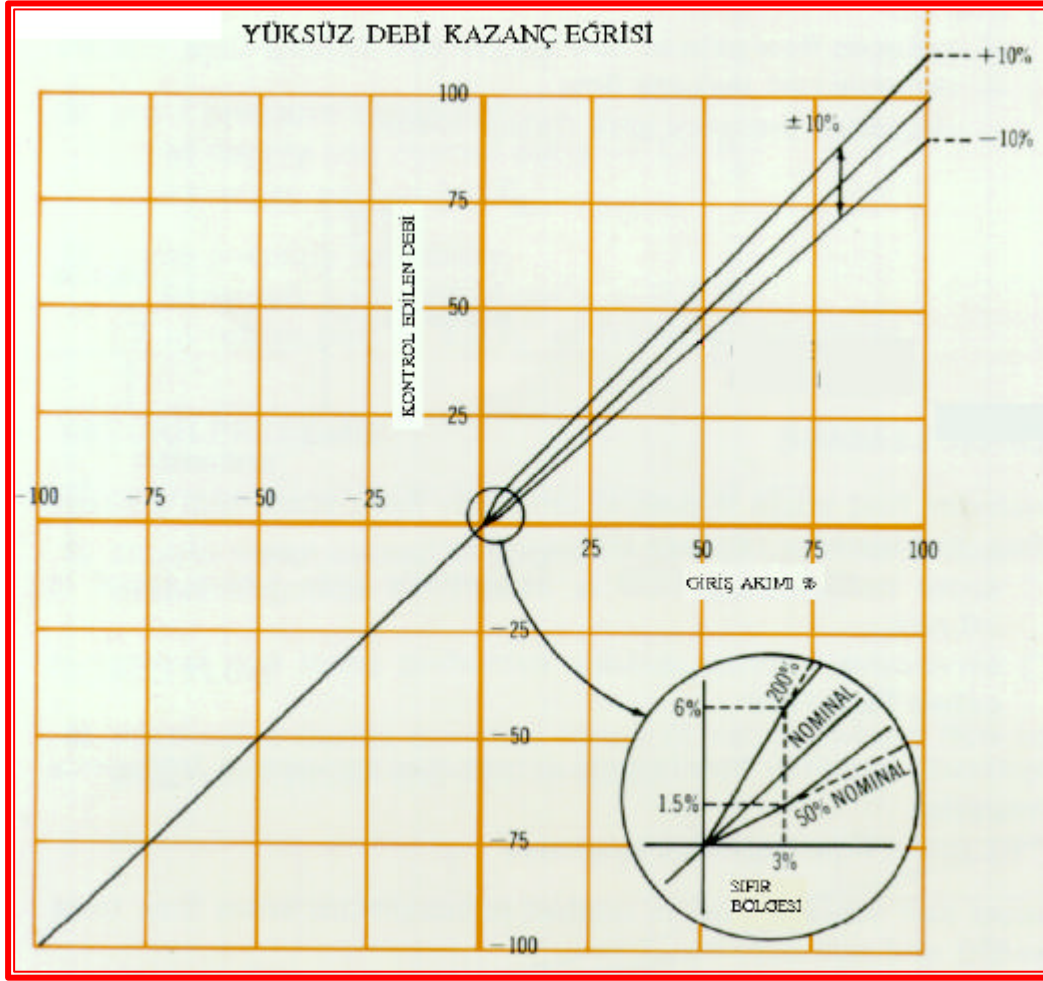
#### 3.1. Statik Karakteristikler

##### 3.1.1. Yüksüz Debi Kazanç Eğrisi

Servo valfin giriş akımı, yüksüz olarak çıkış portlarından elde edilen debi ile doğru orantılıdır. Sekil 13'de bu ilişki gösterilmiştir. Bu grafiği elde edebilmek için, valfin giriş portları birbirine, araya debi ölçer konarak bağlanır ve giriş akımı sıfırdan, valf nominal akımına kadar kademeli olarak çıkarılır, ve debi bu değerlerde ölçülür. Bu durumda valf yüksüz olarak debi eğrisi elde edilmiş olur. Bu grafik, histerisis ve Null bias hatalarını içermemektedir.

Genelde % 100 nominal akımda verilen debi değerleri, maksimum değildir, maksimum değerler % 120 - 140 nominal akım değerlerinde elde edilir. Bunun sebebi ise nominal akımdan sonra debi eğrisinde doğru orantı, debi doyumundan dolayı lineerliğini kaybeder.

Asıl lineerliğin kaybolduğu nokta ise sıfır noktasıdır (Null Region) Bu da nüve geçişi ile direkt alakalıdır. Valf sürgü geçişi, seçimi yapılacak olan kontrol ile doğrudan alakalıdır.



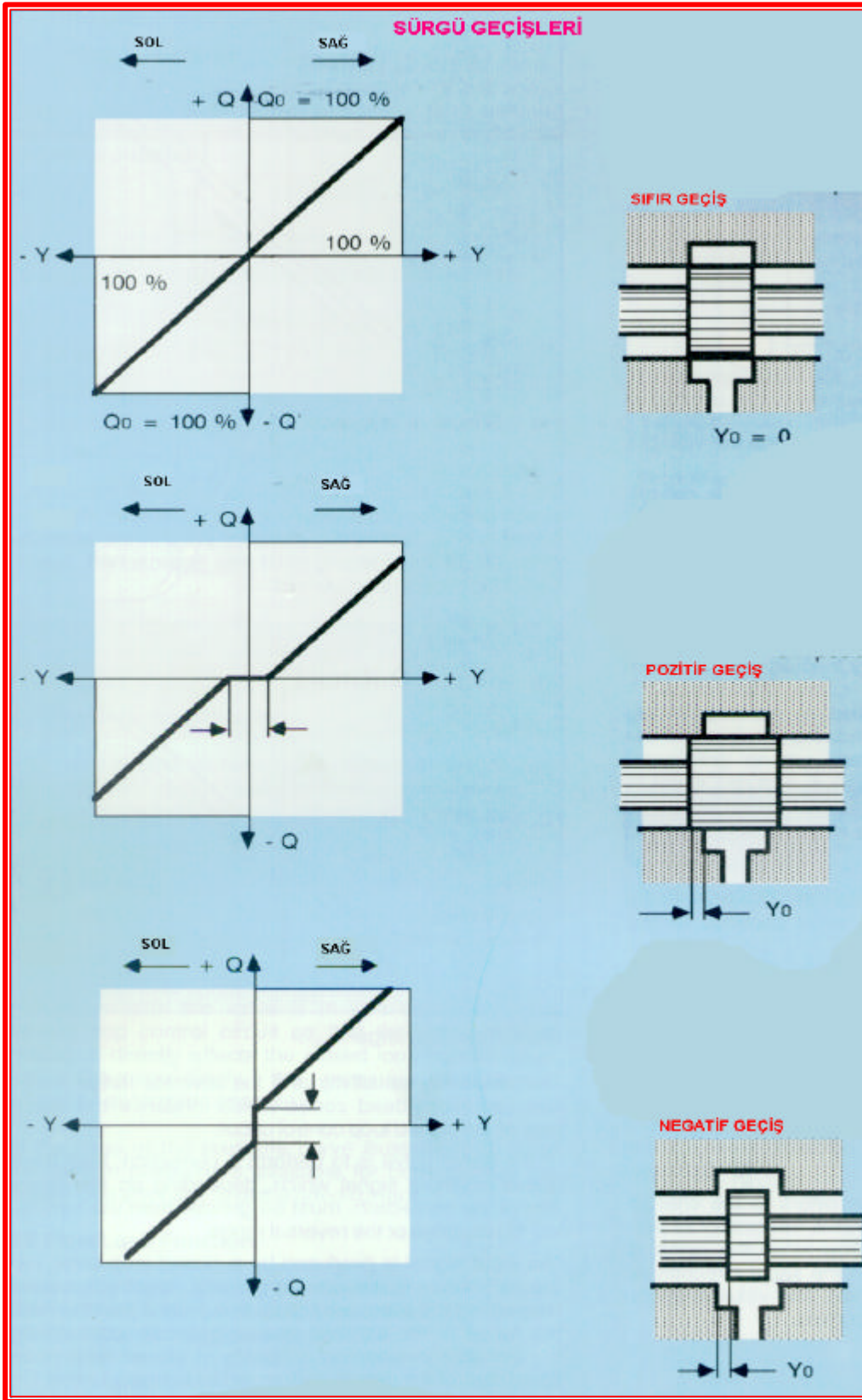
**Sekil 13.** Yüksüz Debi Kazanç Eğrisi

Valf sürgüsü, üç durumda da olabilir bu durumları incelediğimizde, bazı avantaj ve dezavantajları yakalanabilir. Bu durum Sekil 14'de verilmiştir.

Sürgü geçisi sıfır (+0.....0.5 %) : Pratik olarak sıfır geçiş mümkün değildir, o yüzden sürgü ve strokunu % 0.5'ine kadar geçiş sıfır olarak adlandırılır. Genel olarak, hız, pozisyon ve basınç kontrolleri için kullanılabilir. Teorik olarak sıfır pozisyonunda, akım- debi eğrisi lineerdir. Sıfır pozisyonunda iç kaçak, pozitif nüve geçişine göre fazladır.

Sürgü geçisi pozitif (0.5....5 %) : Pozitif sürgü geçişinde sıfır noktasında, bir ölü bandı oluşur, akıma karşılık debi kazancı çok düşüktür. % 3 den sonraki geçişler, açık çevrim kontrollerinde kullanılır. Genelde hız kontrollerinde kullanmak daha yaygındır. Sıfır pozisyonunda iç kaçak diğer geçişlere göre daha azdır.

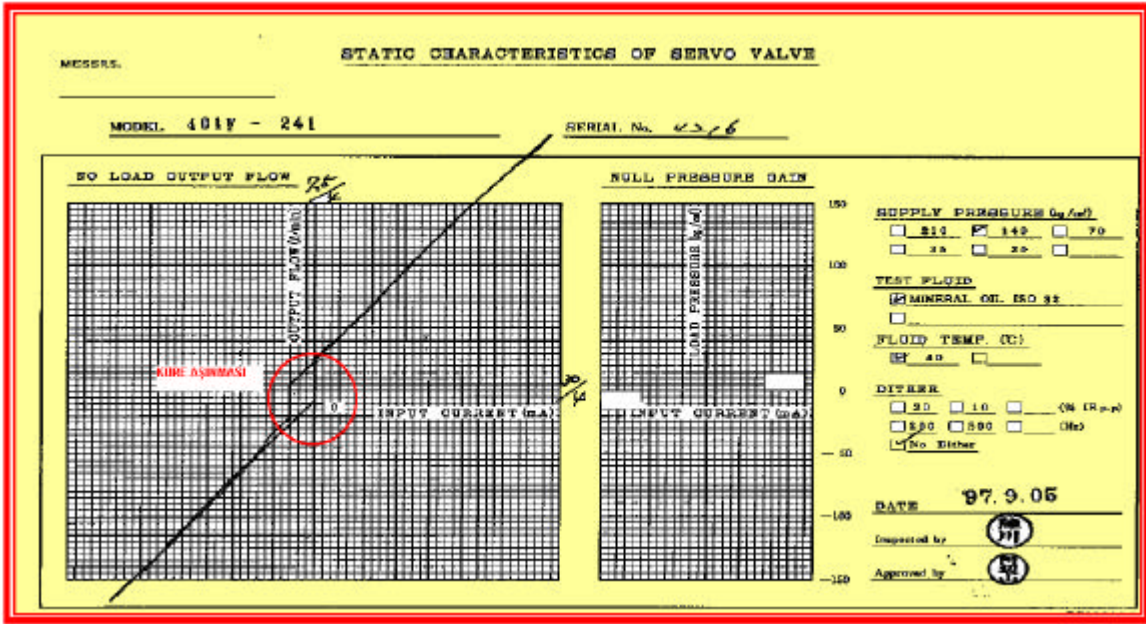
Sürgü geçisi negatif (-0.5.....-1.5 %) : Negatif sürgü geçişinde, sıfır noktası civarında, akıma karşılık debi kazancı fazladır, bu yüzden negatif geçişli valfleri pozisyon ve basınç kontrollerinde kullanmak daha mantıklıdır. Tabii olarak sıfır noktasındaki iç kaçak diğer geçişlere göre daha fazladır.



Sekil 14. Sürgü Geçişleri



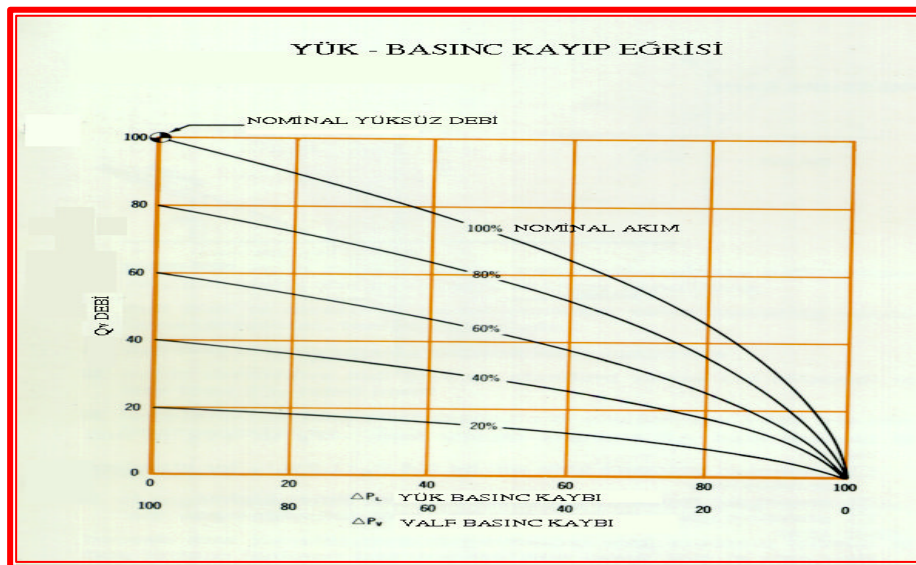
Sonuç olarak valfin debi kazancını (lt/ma) gösteren bu grafiği, valfin mekanik yapısına göre irdelediğimizde arızalı olan valf hakkında bazı sonuçlar elde edebiliriz. Şekil 15'de bir servo valfin, gerçek yüksüz debi - akım grafiği gösterilmektedir. Bu egride sıfır noktasında, asiri bir sıçrama gözükmektedir, valf açıldığında geri besleme çubugunun ucundaki kürenin asındığı gözlenmiştir. Bu sonuç tahmin edilebilir, çünkü sıfır pozisyonunda küredeki asınmadan dolayı valf belirli bir akıma kadar cevap vermeyecektir, taki bu boşluk bitinceye kadar. Tabii ki bu bir örnektir, bu grafiğe bakarak elde edebileceğimiz birçok sonuçlar vardır, bu konulara daha sonra değineceğiz.



Sekil 15. Küre asınması

### 3.1.2. Yük - Basınç Kayıp Eğrisi

Bu eğri servo valfin yüke karşı çalışma karakteristik eğrisidir. Valf bir pompa veya güç üreten bir mekanik ekipman gibi bu eğri doğrultusunda hareket eder.



Sekil 16. Yük-Basınç Kayıp Eğrisi



Sekil 16'daki eğri incelendiğinde yatay eksende basınç kaybı, dikey eksende debi ve üçüncü bir faktör olarak bu iki değişkenin akıma göre değişimini verir. Servo valf üreticileri bu eğrileri valf tiplerine göre çıkarmışlardır. Bu eğride değişkenleri formülize etmek mümkündür.

$$\text{Yüke karşı nominal Debi} : Q_v = K I \sqrt{\Delta P} \quad ?p = (P_s - R) - ?P_1$$

K: Valf büyüklük faktörü

$P_s$  : Sistem Basıncı

I: Uygulanan giriş akımı

R : Dönüş basıncı

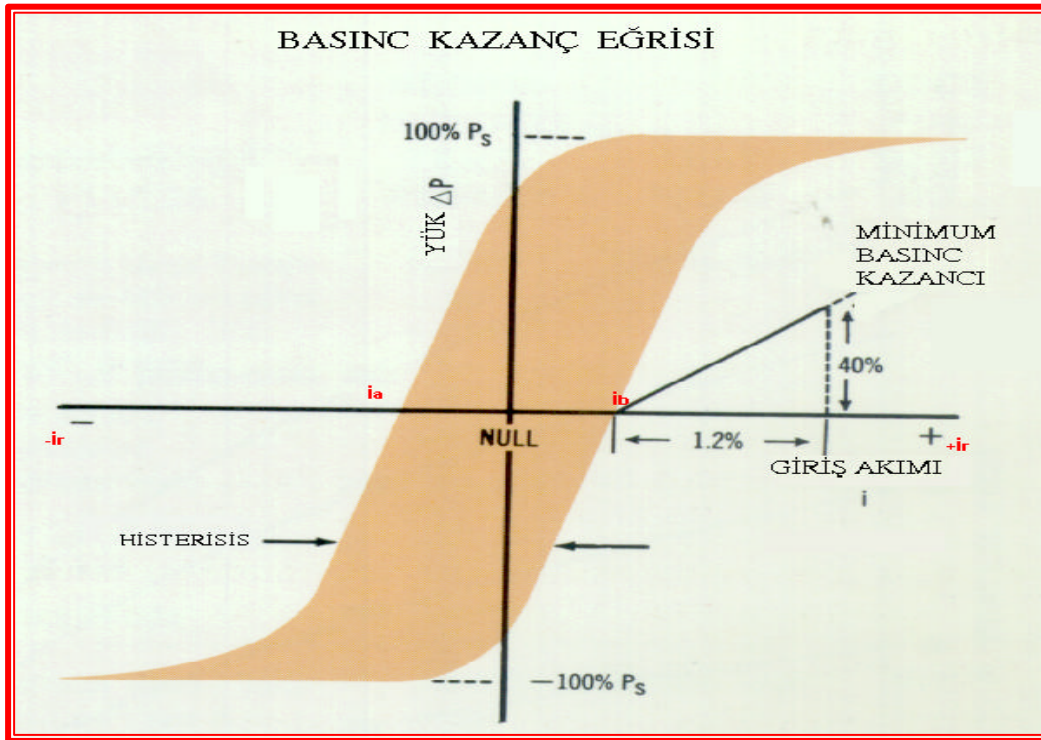
?P: Valf basınç kaybı

?P<sub>1</sub> : Yük basınç kaybı

Egriden anlaşılacağı gibi, valf basınç kaybı maksimum olduğunda debide maksimum değerine ulaşır ve akımın artması ile nüve stroku artacağından debi yine artar. Bu eğriyi elde etmek için ilk önce bir giriş akımında, çıkış portunu bir tanesinin vanası kademeli olarak kapatılır ve bu değerlere karşılık gelen debi değerleri alınır, bu işlem diğer akım değerlerinde de yapılır ve grafiğin tamamı oluşturulur. Kontrol portunun bir adedini kapatmak ile sisteme yük verilmiş olunur. Arızalı valflerde bu eğrileri çıkarmak, valfin çalışma karakteristiginin ne derece bozulduğunu ve bunun sebepleri açısından bazı ip uçları verebilir. Sürgünün kontrol port kenarlarındaki aşınmalar, bu eğrinin durumunu değiştirecektir. Fakat genelde bu gibi arızalar, servo valfin iç kaçak ve debi veya basınç kazanç eğrilerine bakılarak daha iyi netice alınabilir.

### 3.1.3. Basınç Kazanç Eğrisi

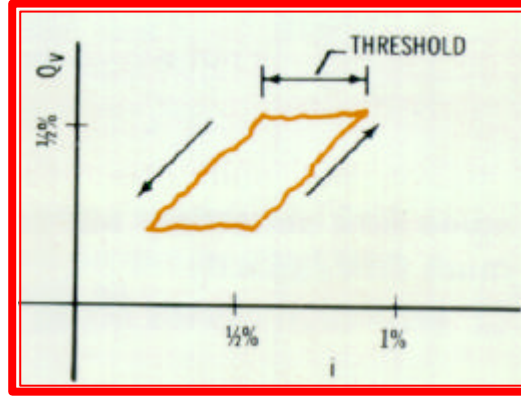
Servo valfin, kontrol portlarını kapatıp, verilen akım karşılığında bu portlarda meydana gelen basınç farkını gösteren eğri basınç kazanç eğrisidir (Sekil 17). Eğrinin yatay eksenini akımı, dikey eksenini basınç farkını gösterir. Aşağıda tipik bir basınç kazanç eğrisi gösterilmektedir. Grafikte dikkat edilecek husus, nominal akımın % 2-3 uygulandığında kontrol portlarında sistem basıncını görmek mümkündür. Bu da valfin sıfır noktasındaki karakteristiginin basınç fark eğrisini ne kadar etkilediğini gösterir. Bunun yanında aşağıdaki hususlarda bu grafikten anlaşılabilir.



Sekil 17. Basınç Kazanç Eğrisi



- Bu egrisi, akim ile basıncın orantılı olarak değiştiğini gösterir. Bu oran standard servo valflerde minimum,  $0.4 \cdot P_s$  (sistem basıncı) /  $0.012 \cdot I_r$  (nominal akım) ve maksimum bu değer üç katıdır.
- Histerisis : Bu grafikte, egrinin bir bandı içerisinde hareket ettiği görülür, bu da histerisis kavramını ortaya çıkarmaktadır. Egrisi elde edilirken akım değeri, sıfırdan başlayıp, nominal akıma, pozitif nominal akımdan, negatif nominal akıma ve buradan da sıfıra getirilir. Egride basıncın kazancının bir bandı içerisinde hareket etmesi, yani aynı akım değerine karşılık iki ya da daha fazla nokta olmasına histerisis denir. Bu grafikte histerisis (yüzde olarak)  $(I_b - I_a) / I_r \cdot 100$  dir. Histerisis, valf sürgüsünün yapışmasından, valfin mekanik özelliğinden, hidrolik yağın sıcaklığı, yağdaki kirliliğin valf sürgüsüne yapışmasından oluşabilir. Mekanik sistemlerde histerisisi sıfır yapmak imkansızdır. Bu durum servo valfler içinde böyledir, %3-5 değeri servo valfler için çalışma sıcaklığına göre kabul edilebilir.
- Threshold (Esik): Threshold (Şekil 18), servo valf çıkış değerinin değişimi için gerekli olan, giriş akımındaki değişim miktarına denir. Genelde servo valf giriş akımı bir değere set edilir, çıkış debisi veya basıncı farkı not edilir. Daha sonra bu değer sıfıra doğru azaltılır, ve debi veya basıncı farkı değişimindeki ilk değer not edilir. Bu iki değer arasındaki fark valfin threshold' unu bize verir. Genelde bu değer yüzde olarak verilir, % 0.5 - 1 arasında değişir. Bu değerler alınırken valfin lineer karakteristik bölgeleri göz önüne alınmalıdır.

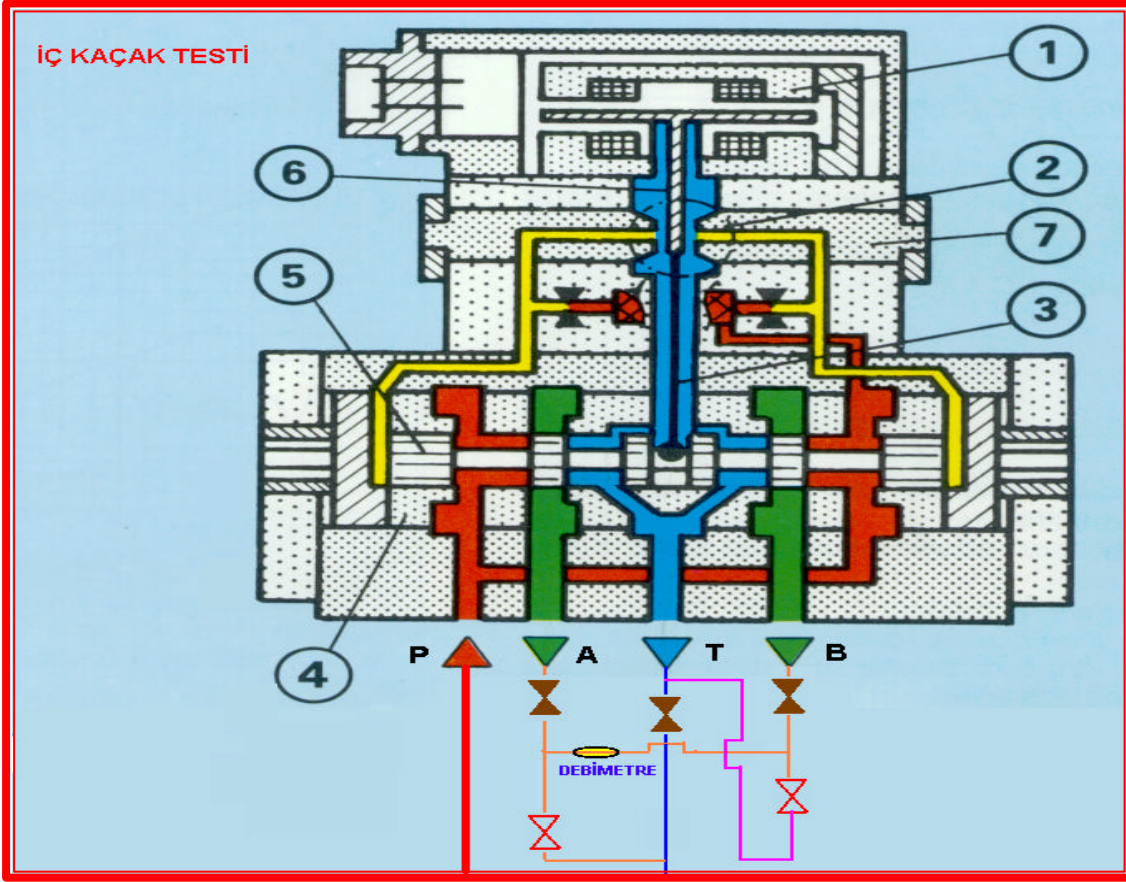


Sekil 18. Threshold (Esik)

- Servo valfin histerisis ve threshold değerleri sistem basıncı, yağ sıcaklığı ile alakalıdır. Daha öncede belirttiğimiz gibi nozzle - flapper tip servo valflerin karakteristikleri, sistem basıncı yağ sıcaklığı ve kirliliği gibi parametrelerden etkilenmektedir.
- Null Bias (Sifir Düzeltme Akımı): Null Bias, sürgüyü orta pozisyonda tutmak için, yani kontrol portlarındaki basıncı farkının sıfır olması için gerekli olan kontrol akımıdır. Basıncı kazanç eğrisi veya debi kazanç eğrisi her zaman sıfır noktası etrafında oluşmaz, iste bu kaçıklığı sıfır noktasına getirmek için gerekli olacak akıma sıfır düzeltme akımıdır. Genelde servo valflerin bias akımları valf nominal akımının % 2' si mertebesindedir. Valfin bu karakteristiği servo valf giriş basıncı ile direkt alakalıdır. Bu yüzden tavsiye edilen nozzle - flapper tip servo valfleri 140 bar'ın üzerinde kullanılmasıdır. Aslında null bias akımı nominal akımın % 10 -15 'ini geçmediği sürece, valfin cevap verme süresini ve dinamik karakteristiklerini etkilemez. Zaten bazı sistemler kasıtlı olarak null bias ta çalıştırılır, bunun sebebi de sistemde enerji kesilmesi olduğu zaman, mekanik sistemin istenilen pozisyonda kalması sağlanır.

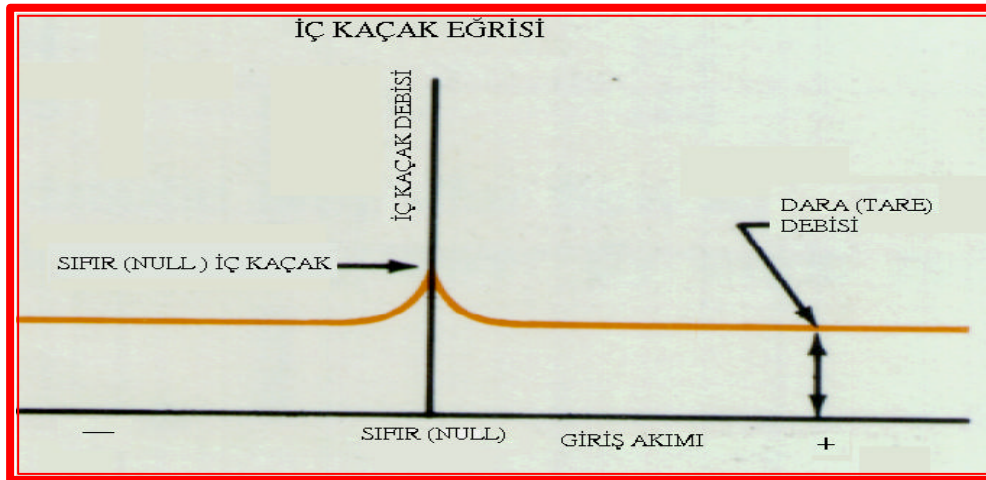
#### 3.1.4. İç Kaçak Eğrisi

Servo valfin ilk aşamasındaki, nozullardan tanka akan debiyi ve Valf nüvesinin sıfır noktasında basıncı hattından, kontrol portlarına kaçan hidroliği gösteren iç kaçak eğrisidir. Valfin iç kaçığını ölçmek için özel bir düzenek hazırlamak gerekir. Bu düzenek Şekil 19'da verilmektedir.



**Sekil 19.** İç Kaçak Düzenegi

Servo valf nozullarından tanka bosalan kaçağa Tare Flow (Sekil 20, tara debisi) adıda verilir. Servo valfin nüvesindeki ve nozullardaki asinmalari ve tikanmalari bu egride görmek mümkündür. Servo valf sürgü gömleğindeki O'ring patlamalarından dolayı meydana gelebilecek kaçaklarida tespit etmek mümkündür.



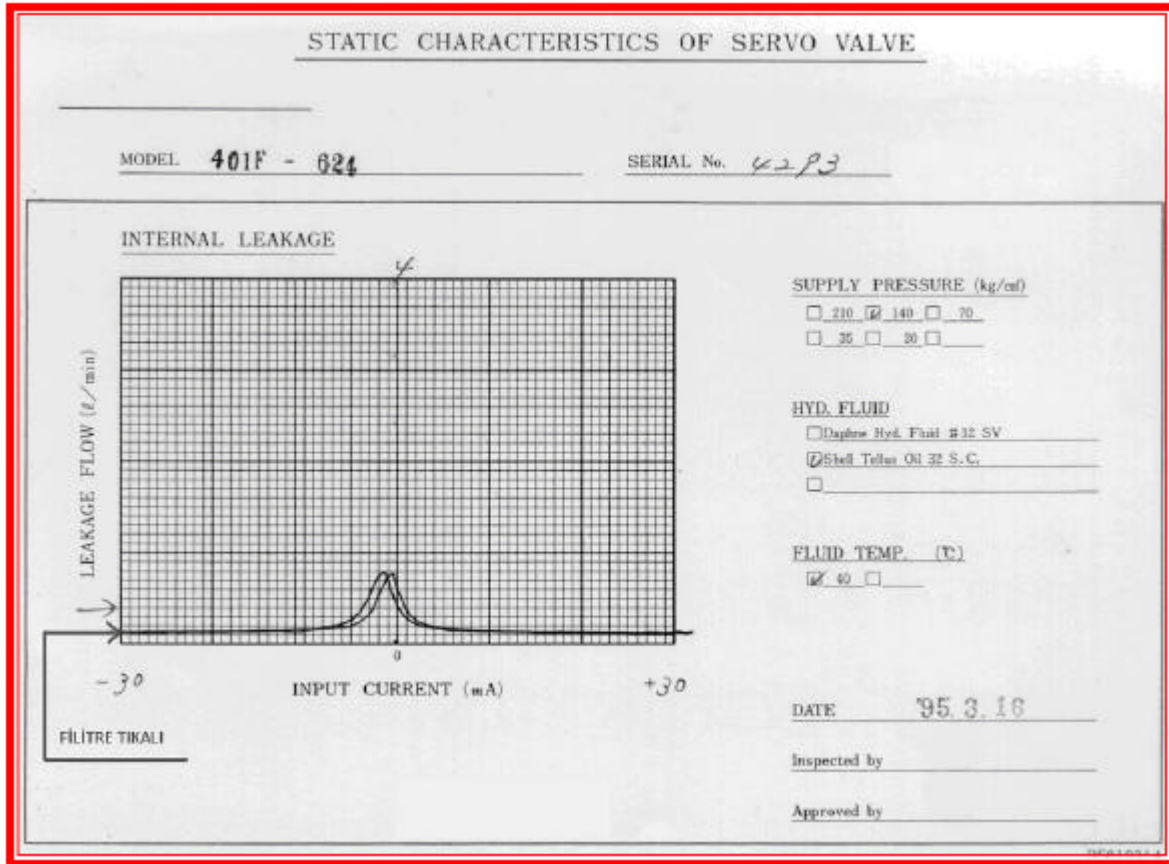
**Sekil 20.** İç Kaçak Egrisi



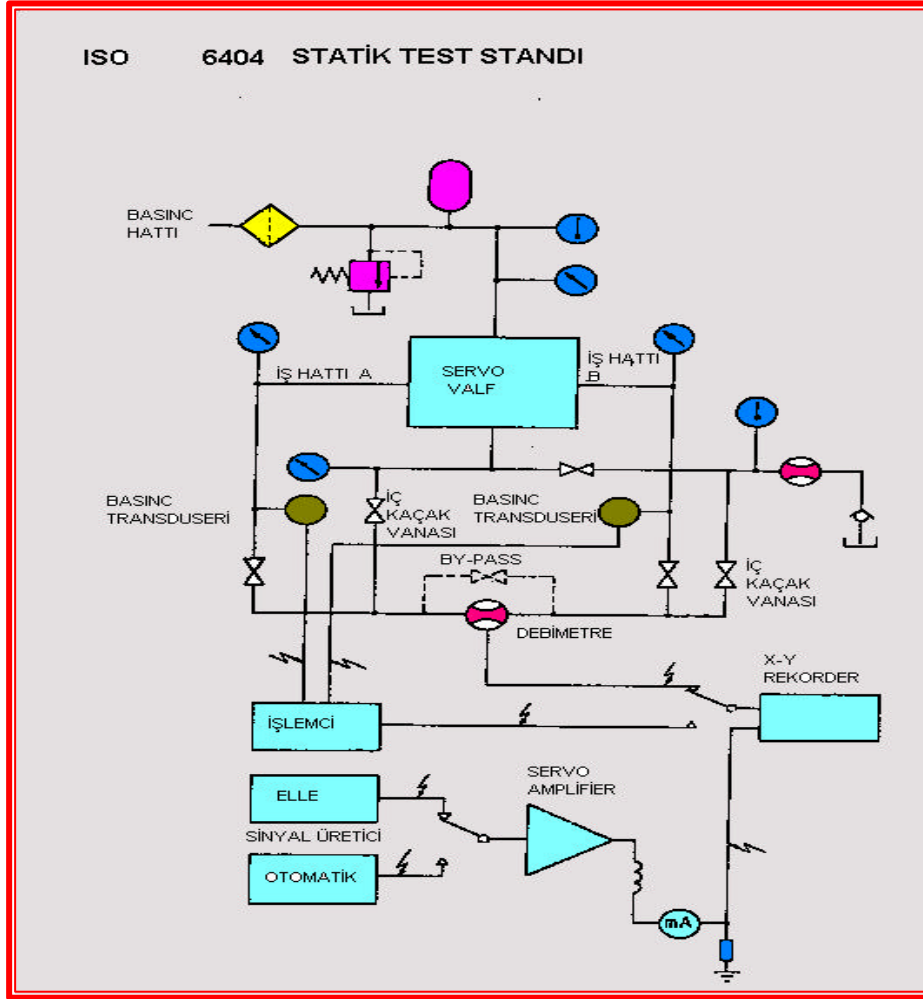
Ayrıca servo valf nozul debisinin azalması, giriş filtresinin tıkalı olabileceğinin ya da pislik tıkanmasının bir isareti olacağından, servo valf cevap verme süresini azaltır. İç kaçak valf nüve geçişi ile direkt alakalı olduğunu da hatırlatmak yerinde olur.

Genelde servo valf nozullarından dolayı meydana gelen kaçak 1.90 – 7.30 lt/dak seviyesindedir. Bu değerlerinde sistem basıncı ile direkt alakalı olduğunu tekrar hatırlatmakta yarar vardır.

Servo valflerin statik karakteristiklerinden, su ana kadar incelenen, yüksüz debi kazanç eğrisi, basınç kazanç eğrisi ve iç kaçak eğrileri ile arızalı olarak sökülen valf için ilk tespitler yapılabilir. Bu tespitler içinde; valf sürgüsü asınmasını, nozul asınmasını, iç filtre tıkanıklığını (Şekil 21), iç kaçak egrisinden, geri besleme çubuğu küresinin asınmasını, sürgü yapışıklığını, sürgüdeki ufak çizilmeleri, tork motor arızalarını, Null Bias akımını, sıfır kaçıklığını, debi ya da basınç kazanç egrisinden çıkarmak mümkündür. Bu eğrileri çıkarmak için bir test düzenine ihtiyacımız vardır. Bu test düzenekleri ISO 6404 (Şekil 22) standardında belirtilmiştir. Valfin statik karakteristiklerini tespit etmek için gerekli düzenek aşağıda verilmiştir. Verilen bu düzenek standartların öngördüğü bir düzenektir. Tork motor bobin karakteristiklerini tespit için ve özel valfler için, özel test standları mevcuttur. Çünkü özellikle 100 Hz in üzerinde çalışan servo valflerde tork motor bobin empedansının, dinamik karakteristiklere etkisi vardır.



**Şekil 21.** Filtresi Tıkanık Servo Valf



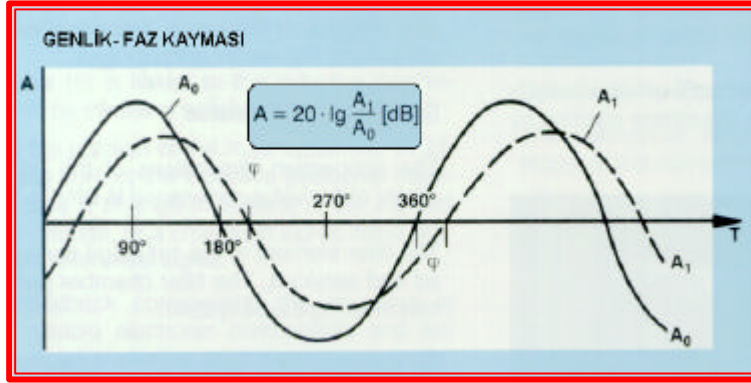
Sekil 22. Statik Test Standı

### 3.2. Dinamik Karakteristikler

Servo valflerin statik karakteristikleri yanında, kontrol sistemini etkileyen dinamik karakteristiklerinin de ayrı bir önemi vardır. Bu karakteristikler, frekans response ve step response dur. Bu karakteristikler kontrol edilen hidrolik sistemin stabil hareket edebilmesi için çok önemlidir. Aynı zamanda sistemden istediğimiz cevap verme süresi yada response süresi bu karakteristiklere bağlıdır. Daha önce de belirtildiği gibi, kapalı çevrim sistemlerde eğer sistemin cevap verme süresi bir birim ise servo valf en az 4 yada 5 birim hızlı olmalıdır. Ayrıca genelde input olarak step input, servo sistemlerde kullanıldığından, sistemin bu input'a karşı stabil ve hızlı hareket etmesi gerekmektedir. Bu da sistemin ve de servo valfin damping ratio (sönümlenme oranı), doğal frekansı (Natural Frequency) ile doğrudan alakalıdır. Bu iki faktör servo valfin dinamik karakteristiklerini ortaya koymaktadır.

#### 3.2.1. Frekans Response

Bir sistemin veya ekipmanın frekans response özellikleri, sisteme değişik frekanslarda sinüs dalgası formunda inputlar gönderilerek, çıkış genlik ve faz kayması ölçülür. Sekil 23'de gösterildiği gibi, çıkış dalgası genliğinin giriş dalgası genliğine oranının logaritmasının, 20 ile çarpılması frekans response (Sekil 24) egrisinin dikey eksenini ve uygulanan dalganın frekansı da yatay eksenini oluşturur. Ayrıca egrinin diğer dikey eksenini, faz kayması oluşturur.

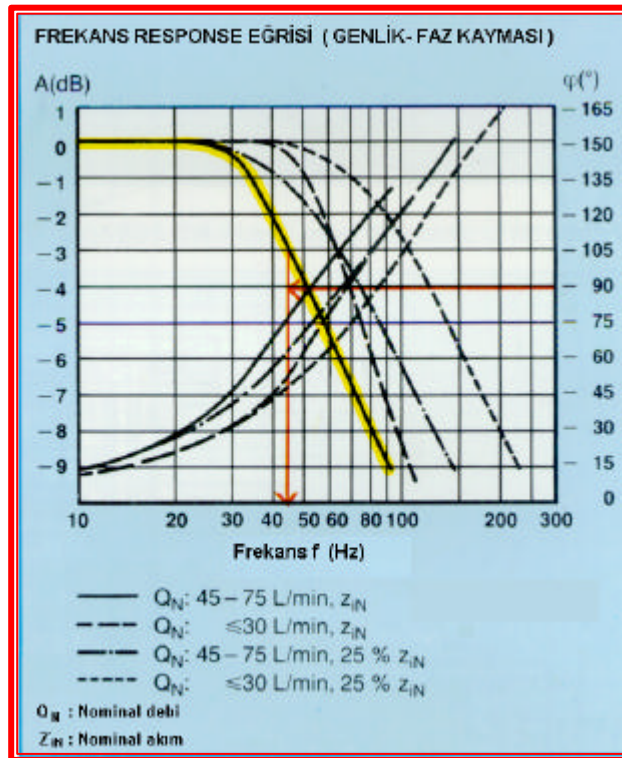


**Sekil 23.** Genlik – Faz Kayması

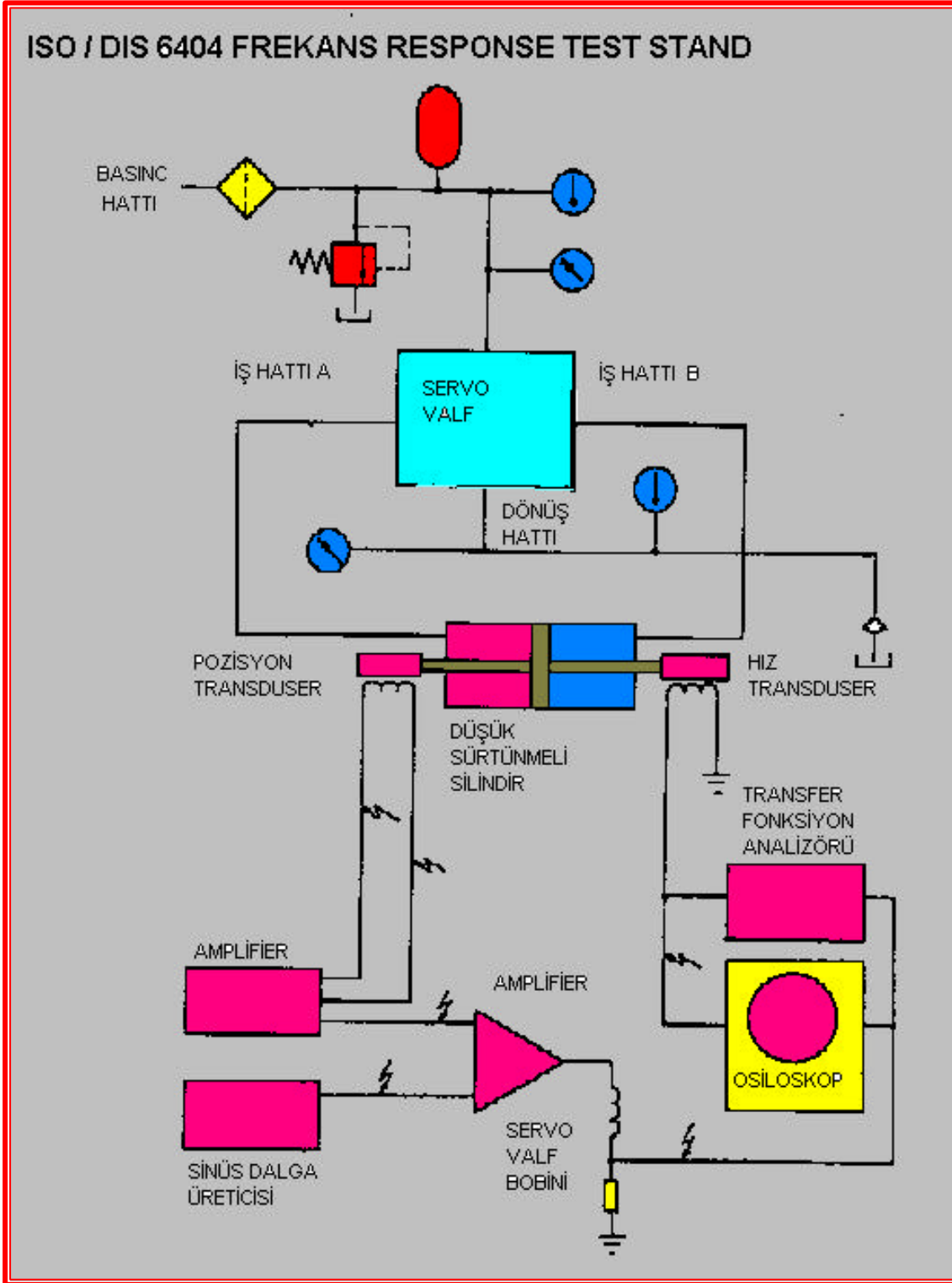
Kontrol uzmanları frekans response'u -3 dB genlikte ki frekans olarak tanımlarlar. Yada faz kayma açisi  $90^\circ$  ye karşılık gelen frekans değeridir.

Servo valfin frekans response karakteristigi, nozullardaki debi miktarı artırılarak veya daha kısa stroklu valfler imal edilerek artırılabilir. Tabii olarak bir optimum nokta vardır, bu özellikleri elde etmek, imalat ve malzeme teknolojisindeki gelişmelere bağlıdır.

Servo valflerin, frekans response eğrilerini çıkarmak için şekil 25'deki düzeneğe ihtiyacımız vardır. Input olarak değişik frekanslarda verilen akım, output olarak debi ile orantılı olarak valf sürgü pozisyonu ölçülebilir. Frekans response karakterinin tespiti, valfin dinamiği hakkında bize bilgiler verir. Statik karakteristiklerde test edemediğimiz tork motorunun, flapper elastisitesinin etkilerini bu eğrilerde görebiliriz. Tabii statik karakteristiklerde olduğu gibi, kullandığımız valfin orijinal karakteristik eğrilerinin daha önce bilinmesi gerekmektedir.



**Sekil 24.** Frekans Response Eğrisi

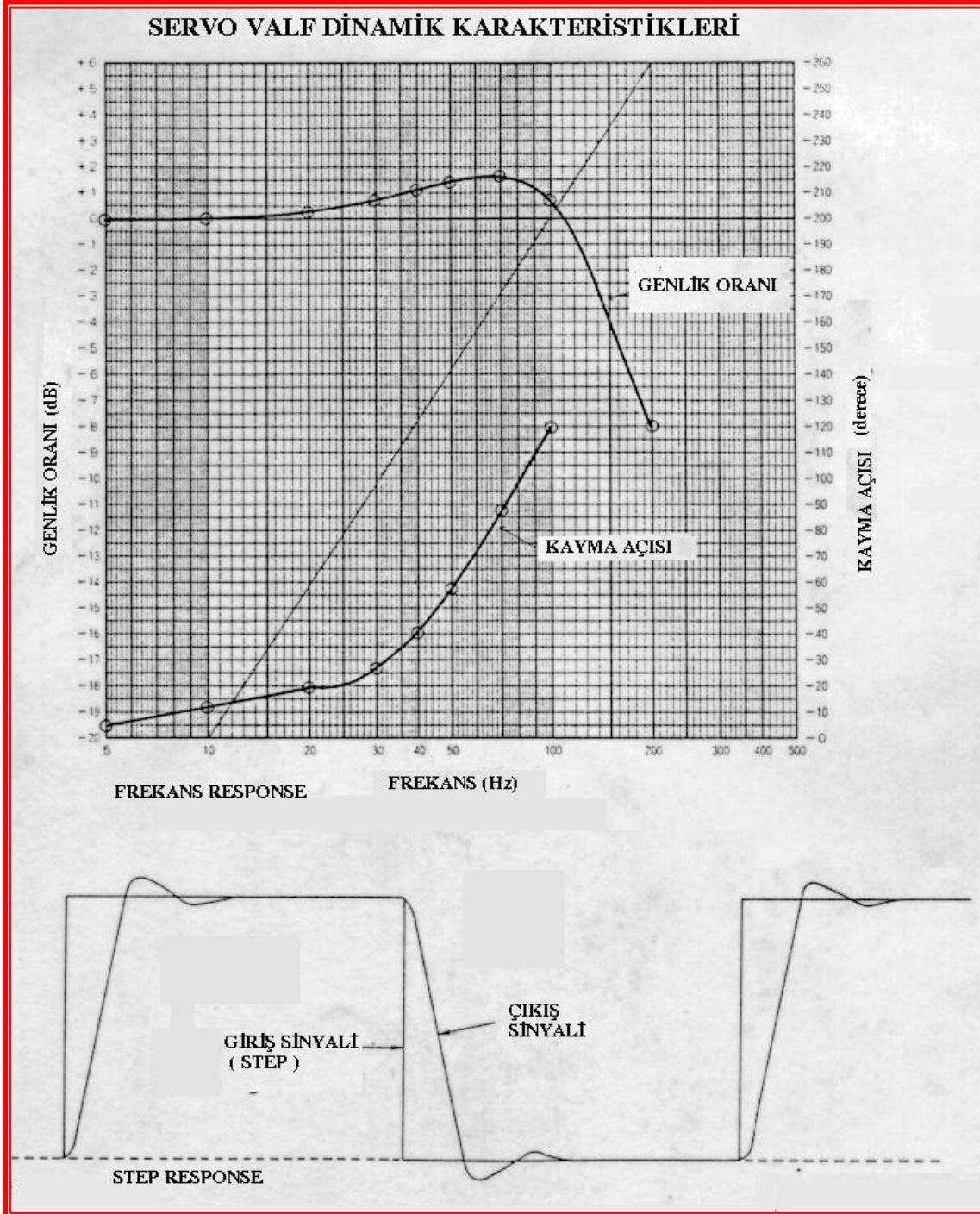


Sekil 25. Frekans Response Test Standi



### 3.2.2. Step Response

Servo valf step response karakteristigi, valfe step input olarak verilen akimin, sürgü pozisyonu olarak ölçülmesi ile elde edilir. Bu da servo valfin gecikme süresini verir. Sekil 26'da örnek te bir step response grafigi gösterilmiştir.



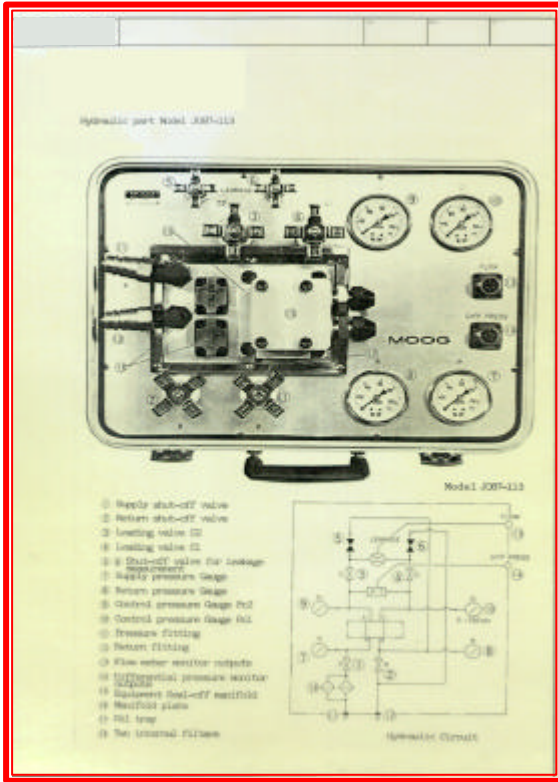
Sekil 26. Servo Valf Dinamik Karakteristikleri



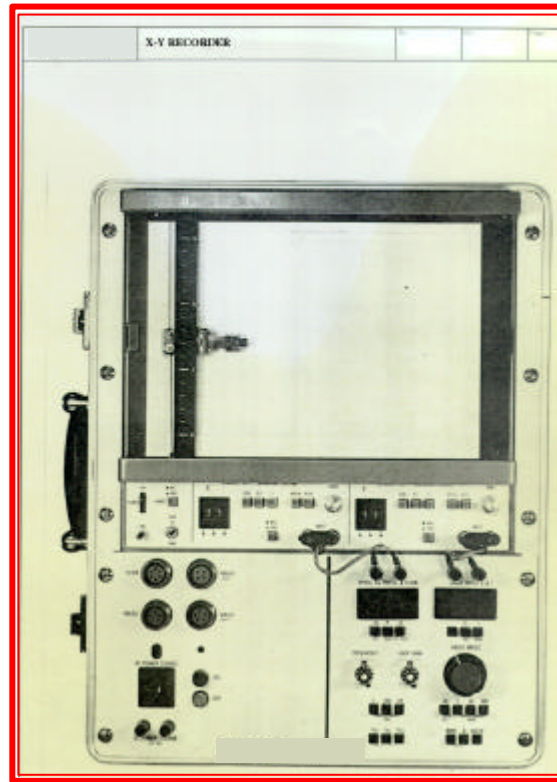
### 3.2.3. Erdemir ve Servo Valfler

Erdemir gerçek manada servo valf ve teknolojisi ile tanışması, 1992 yılında Kapasite Arttırma Projelerinin devreye alınması ile başlamıştır ve devam etmektedir. Bir çok yeni kurulan tesislerde servo ve oransal hidrolik sistemler baskın olarak kullanılmaktadır.

Erdemir de kurulu servo valf sabit kıymeti yaklaşık olarak 1 milyon Alman Markidir. Bu sabit kıymete 1992 yılından bu yana kabaca 300 000 Alman Marki yedek parça ve bakım hizmeti maliyeti eklenmiştir. Bakım olarak, servo valfler genelde üretici firmalara geri gönderilmektedir, dünyada ki uygulamalarda böyledir. Burada iki faktörü birbirinden ayırmak gerekir, arızalı valf ve kullanıla birliği şüpheli valf. Bu faktörleri tespit edebilmek içinde valfleri test etmek gerekir yada valf maliyetinin % 70 olan bakım maliyetlerine katlanmak gerekir. Valfleri test etmek için yukarıda belirtilen ISO normunda test standartları kullanılması gerekmektedir. 2. Sıcak Haddehane de bu amaca yönelik Sekil 27-28'deki test standı kurulmuştur. Bu stand da pilot dedigimiz 2 aşamalı servo valflerin statik karakteristiklerini tespit etmek mümkündür.



Sekil 27. Valf Test Standı

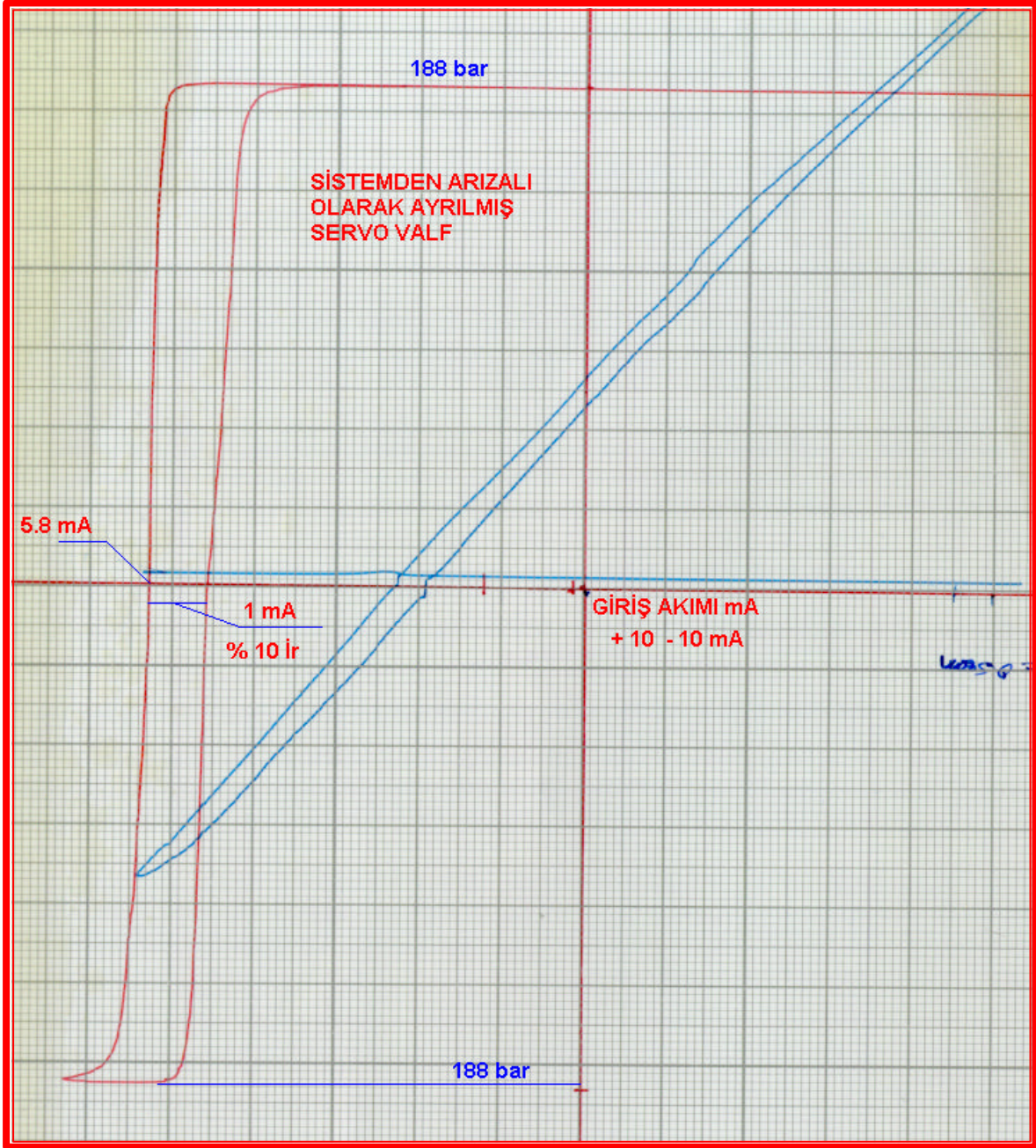


Sekil 28. X-Y Yazıcı

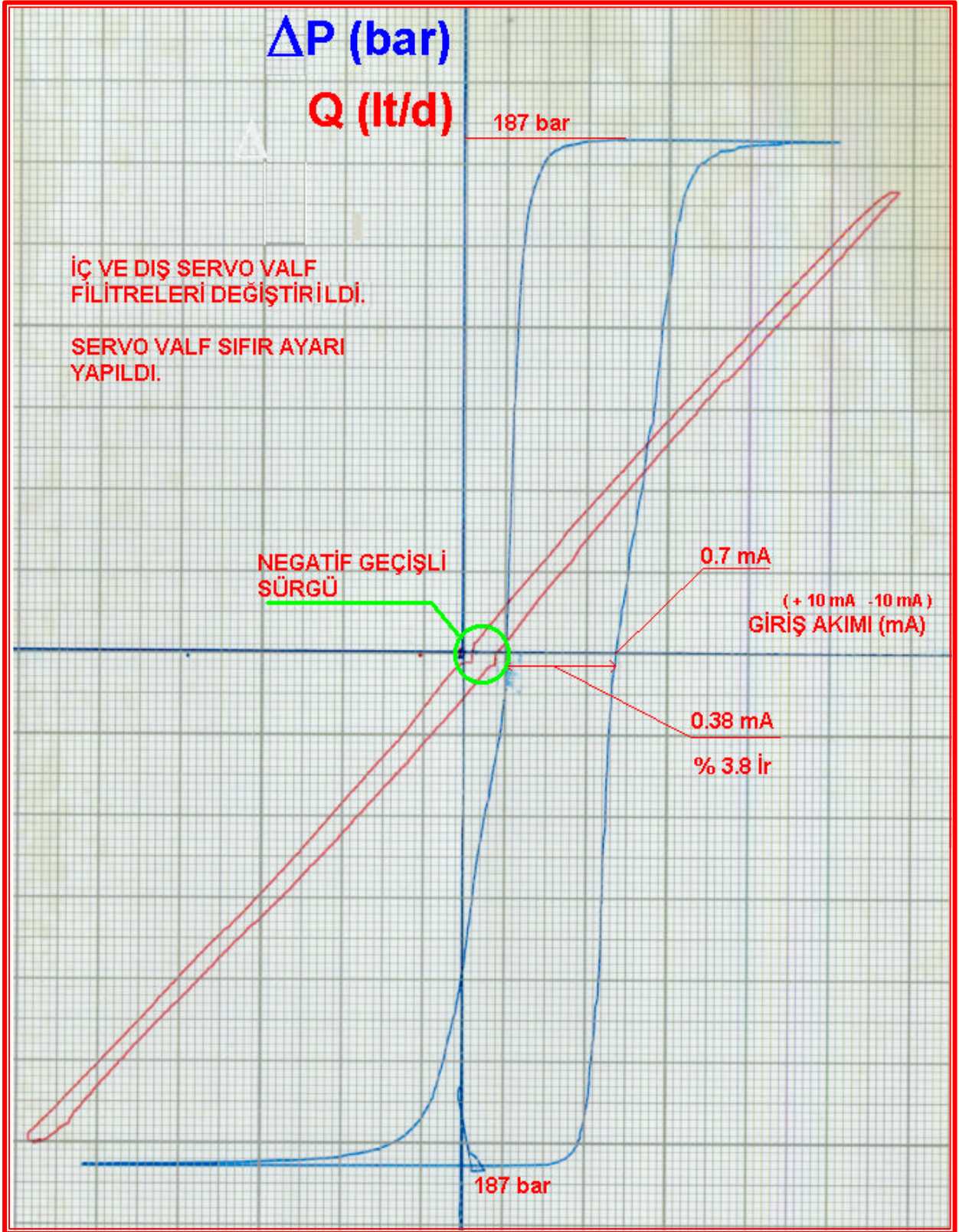
Bu düzenek kullanılarak, Statik karakteristikleri Sekil 29'daki gibi olan iki aşamalı servo valf, iç ve dış filtre değişiminden sonra, sıfır ayarı yapılarak, histerisis ve sıfır kaçıklığı gibi problemleri giderilmiştir. Bu grafik Sekil 30'da gösterilmiştir.

Servo valflerin temizlik ve filtre değişimi gibi basit bakımlar ile tekrar kullanılabilirliği, servo valf statik karakteristikleri test standında elde edilerek, sağlanabilir. Dikkate alınacak önemli husus, testteki servo valfin, orijinal statik ve dinamik karakteristiklerinin bilinmesidir. Ayrıca, test ortamı servo valf kullanım ortamı ile aynı olmalıdır, sıcaklık, pilot basıncı ve temizlik gibi.





Sekil 29. Arızalı Örnek Servo Valf Karakteristik Eğrileri



Sekil 30. Bakımdan Sonra Örnek Servo Valf Karakteristik Egrileri



## SONUÇ

Servo valflerin, diğer bütün mekanik sistemler gibi, dikkatlice incelenip, irdelenmesi lazımdır. Bu da ancak bu valflerin statik ve dinamik karakteristik eğrilerinin çıkarılması ile mümkündür.

Servo valflerin mekanik yapıları derinlemesine incelendiğinde, ve bu karakteristik eğrileri çıkarıldığında, valftaki arızanın kaynağı tespit edilebilir. Daha öncede belirttiğimiz gibi arızalı ve kullanılması şüpheli valflerdeki problemler, bazen bir filtre ve temizlik işlemi ile giderilebilir. Eğer problem giderilemiyor ise, muhakkak ki bazı ana elemanların fonksiyonları normal değildir. Buradaki arıza tespitindeki doğru kararlar, ancak zamanla oluşacak veri tabanı ile mümkün olacaktır.

Karakteristik eğriler, nozul-flapper valfler için, sistem basıncından, yağ sıcaklığından ve kirliliğinden etkilendiği belirtilmiştir. Bu yüzden test, sistem şartlarına en yakın ortamda yapılmalıdır. Her şeyden önce, orijinal valfin karakteristik eğrileri, üretici firmadan temin edilmiş veya sisteme takılmadan önce çıkarılmış olmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Moog Servo and Proportional System Catalog, Moog GmbH.
- [2] TSS Servo Valf Catalog, TSS Japan.
- [3] The Hydraulic Trainer, Volume 2, Rexroth GmbH.
- [4] Contamination Control in Steel Plant, S.Okamoto
- [5] Application of Computational Fluid Dynamics to Fluid Mechanics, K.Tanaka.
- [6] Electro-Hydraulics Servo System, H. Tamura
- [7] Servo Mechanism, S. Ohyağı.
- [8] Proportional Valves, S.Shimoo.

## ÖZGEÇMİŞ

### Saban YAZICI

1965 yılında Zonguldak'ta doğdu. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden 1987 yılında "Makine Mühendisi", Aynı üniversitenin Makine Mühendisliği Bölümünden 1990 yılında "Yüksek Lisans", derecelerini aldı. 1988-1989 yıllarında TCDD Loko Bakım Atölyesinde imalat mühendisi olarak çalıştı. 1989 yılından beri ERDEMİR' de çalışmaktadır. 1991 yılında ODTÜ İşletme bölümünde hızlandırılmış İşletmecilik master eğitimi ve 1997 yılında Japonya'da Hidrolik ve Mekatronik kursu aldı. Halen ERDEMİR 2.Sıcak Haddehane Mekanik Bakım Basmühendisliği görevini yürütmektedir.