



# POMPANIN DEĞİŞKEN DEVİRLİ TAHRİKİ İLE HASSAS BASINÇ KONTROLÜNÜN YAPILMASI

*PRECISE PRESSURE CONTROL USING VARIABLE SPEED DRIVEN PUMP*

Özgür Çelikdemir

## ÖZET

Konvansiyonel hidrolik sistemlerde hassas debi, basınç, pozisyon ve kuvvet kontrolü oransal valfler kullanılarak yapılmaktadır. Son yıllarda hidrolik pompa değişken devirli tahrik teknolojileri ile sürülerek ve bu yönde algoritmalar geliştirilerek bu kontrollerin yapılması sağlanmaktadır.

Bu çalışmada pompanın değişken devirli tahriki ile sağlanan basınç kontrolü incelenmiştir. Atölyemizde deneylerin yapılması için tasarlanan hidrolik ünite ve kontrol bloğu düzeneği kullanılarak farklı devir ve orifis çaplarında oluşan basınç parametresi izlenmiş, hedeflenen basınç değerinin sağlanması için gerekli olan pompa devri ile hidrolik sistemde sağlanması gereken sızıntıyı oluşturacak orifis delik çapı arasındaki ilişki incelenmiştir. Aynı hidrolik devre, simülasyon yazılımında oluşturularak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Değişken devir, hassas basınç kontrolü, enerji tasarrufu, değişken motor devri, orifis.

## ABSTRACT

In conventional hydraulic systems, precise flow rate, pressure, position and force control are achieved by using proportional valves. In recent years, the hydraulic pump is driven with variable speed drive technologies and algorithms are developed to achieve these precise controls.

In this study, pressure control was achieved by the variable speed drive of the pump. Using the hydraulic powerpack and control manifold setup in our workshop, the relation between required pump speed to achieve the target pressure value and the orifice inner diameter that will create enough leakage in the hydraulic system has been examined. The same hydraulic circuit was created in the simulation software and the results were compared.

**Key Words:** Variable speed drive, precise pressure control, energy saving, variable motor speed, orifice.

## 1. GİRİŞ

Hassas basınç kontrolü takım tezgahlarında parça/aparat tutma, silindir test istasyonları, çakma, ezme, sıvama ve sıkıştırma işlemleri gibi bir çok endüstriyel uygulamada yapılmaktadır. Basınç kontrolü manuel ayarlanabilir valfler ile yapılabildiği gibi, değişken basınç ihtiyacı olan yerlerde oransal valfler ile yapılabilmektedir. Bu tip kontrollerde, ihtiyaç duyulan basınç için gerekli olan yağdan fazlası, sistemde bulunan emliyet valfi üzerinden tanka basınçlı bir şekilde geri döndürülmektedir. Dolayısı ile ısı enerjisi açığa çıkarak hem mevcut hidrolik tank içerisindeki yağ ısınacak, hem de bu yağı soğutmak için ilave güç ve ekipmana ihtiyaç duyulacaktır. Bu sistemlerdeki enerji kaybı oldukça fazladır.

Değişken devirli tahrik uygulamasında sisteme ihtiyaç duyulan basıncı oluşturacak kadar yağ debisi gönderilmektedir. Buradaki kısıt pompa devrinin izin verilen minimum ve maksimum devirler arasında döndürülmesidir. Pompa tipine bağlı olarak daha düşük devirlerde verimli emiş yapamama veya basınç hattında pulsation gibi farklı sorunlar çıkabilmektedir. Daha yüksek devirlerde ise emiş hattı basıncının pompa için belirlenmiş olan basınç değerinin altına düşmemesi için ek önlemlere ihtiyaç duyulur.

Pompayı izin verilen minimum ve maksimum devir aralıklarında döndürülerek ve uygun orifis'ler kullanılarak 10Bar ile 250Bar arasında hassas basınç kontrolü yapılması sağlanacaktır.

## 2. Yöntem

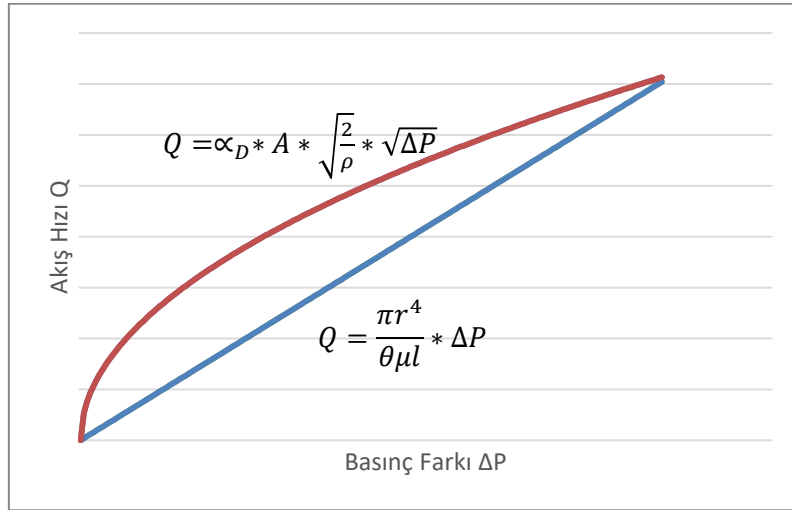
Kontrol edilmesi gereken basınç değeri aralığı genişledikçe, başarılabilinecek basınç hassasiyeti azalmaktadır. 250 Bar ile 300 Bar arasında hassas basınç kontrolü yapılması için tasarlanan bir sistem, 1 bar ile 10 bar arasında aynı hassasiyette kontrol sağlayamayacaktır.

Bu çalışmada, 10 Bar ile 250 Bar arasında geniş bir aralıkta hassas basınç kontrolü yapılabilmesi için değişken devirli tahrik yöntemi kullanılmıştır. Pompanın zarar görmeden kontrol hasasiyetin sağlanabilmesi için gerekli orifis çapları öncelikle teorik olarak belirlenmiştir. Belirlenen orifis çapları kullanılarak deney düzeneği ile elde edilen değerler ve teorik değerler kontrol edilmiştir. Ayrıca teorik değerler ile simulasyon programında elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

### 2.1 Orifis çapının belirlenmesi:

Orifis girişindeki alan daralmasından dolayı akış sırasında oluşan direnç basınç farkı oluşturur.

Bernoulli ve süreklilik denklemleri kullanılarak, orifis akış denklemi aşağıda gibi bulunur. [1]



Şekil 1. Orifis ve kısıcılarda debi ve basınç farkı ilişkisi.

$$Q_{orifis} = 0,6 * \alpha_k * \frac{d_B^2 * \pi}{4} * \sqrt{\frac{2 * \Delta p}{\rho}} \quad (1)$$

Burada;

$Q_{orifis}$  : Orifis içerisinden geçen yağ miktarı  $\left[\frac{Lt}{dk}\right]$

$\alpha_k$ : Akış katsayısı (0,6 – 0,8) [2]

$d_B$ : Orifis Çapı [mm]

$\Delta p$ : Basınç Farkı [bar]

$\rho$ : Yoğunluk [ $kg/dm^3$ ]

Pompanın üreceği debi miktarı, pompanın deplasmanı (bir turda üretebileceği yağ miktarı) ve pompanın devir sayısının fonksiyonudur.

$$Q \left( \frac{Lt}{dk} \right) = PompaHacmi(cc) * Devir Sayısı \left( \frac{d}{dk} \right) / 1000 \quad (2)$$

8cc pompa kullanılması ve M6x0.8 - M6x1 - M6x1.2 - M6x1.4 - M6x1.6 farklı orifis çaplarına kullanılması durumunda, farklı devirlerdeki debi ve teorik olarak hesaplanan  $\Delta p$  basınç fark değerleri Tablo1 de gösterilmiştir.

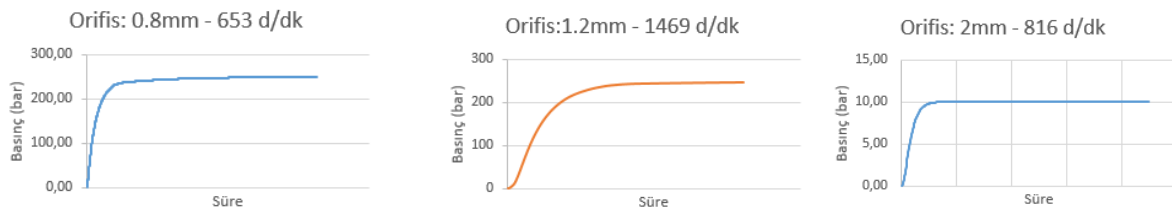
( $\alpha_k$ : 0,727 ve  $\rho$ : 0,88  $kg/dm^3$  olarak alınmıştır.)

**Tablo 1.** Orifis çapına ve debiye göre basınç fark değişimi.(Teorik olarak hesaplanmıştır.)

Basınç Farkı (bar)	Orifis Çapı (mm)	Pompa Deplasmanı (cc)	Debi (lt/dk)	Pompa Devri (d/dk)
10	0,8	8	1,04	131
40	0,8	8	2,09	261
70	0,8	8	2,76	346
100	0,8	8	3,30	413
130	0,8	8	3,77	471
160	0,8	8	4,18	522
190	0,8	8	4,55	569
220	0,8	8	4,90	613
250	0,8	8	5,22	653
280	0,8	8	5,53	691
310	0,8	8	5,82	727
340	0,8	8	6,09	761
10	1	8	1,63	204
40	1	8	3,26	408
70	1	8	4,32	540
100	1	8	5,16	645
130	1	8	5,89	736
160	1	8	6,53	816
190	1	8	7,12	889
220	1	8	7,66	957
250	1	8	8,16	1020
280	1	8	8,64	1080
310	1	8	9,09	1136
340	1	8	9,52	1190
10	1,2	8	2,35	294
40	1,2	8	4,70	588

Basınç Farkı (bar)	Orifis Çapı (mm)	Pompa Deplasmanı (cc)	Debi (lt/dk)	Pompa Devri (d/dk)
70	1,2	8	6,22	777
100	1,2	8	7,43	929
130	1,2	8	8,48	1059
160	1,2	8	9,40	1175
190	1,2	8	10,25	1281
220	1,2	8	11,03	1378
250	1,2	8	11,75	1469
280	1,2	8	12,44	1555
310	1,2	8	13,09	1636
340	1,2	8	13,71	1713
10	1,4	8	3,20	400
40	1,4	8	6,40	800
70	1,4	8	8,47	1058
100	1,4	8	10,12	1265
130	1,4	8	11,54	1442
160	1,4	8	12,80	1600
190	1,4	8	13,95	1743
220	1,4	8	15,01	1876
250	1,4	8	16,00	2000
280	1,4	8	16,93	2116
310	1,4	8	17,81	2227
340	1,4	8	18,66	2332
10	1,6	8	4,18	522
40	1,6	8	8,36	1045
70	1,6	8	11,06	1382
100	1,6	8	13,22	1652
130	1,6	8	15,07	1883
160	1,6	8	16,72	2089

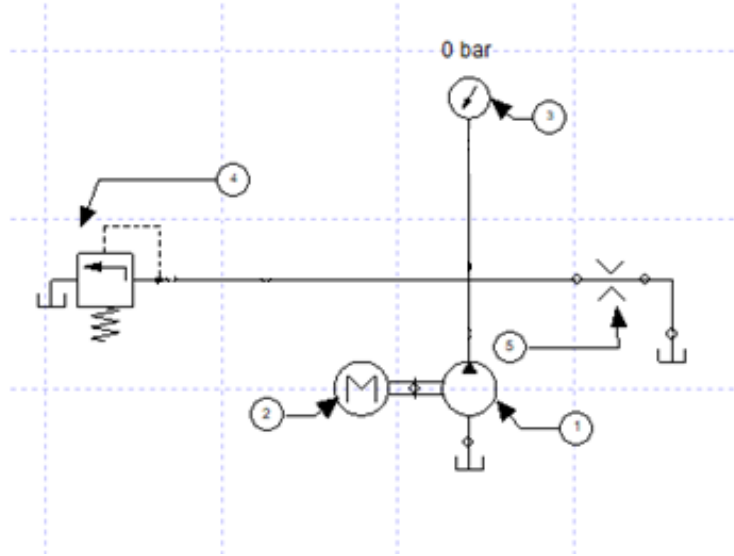
Tablo1 de orifis debi formülüne (1) göre teorik olarak hesaplanarak bulunan değerler, simülasyon programında tasarlanan hidrolik devre (şekil3) kullanılarak elde edilen değerler (şekil2) ile karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre; 250 bar basınç farkı için 0.8mm orifis iç çapı kullanılması durumunda gerekli devir 653 d/dk; 1.2mm orifis kullanılması durumunda gerekli olacak devir 1469 d/dk ve 10 bar basınç farkı için 2mm orifis iç çapı kullanılması durumunda gerekli olacak devir 816 d/dk olarak bulunmuştur. Simülasyon programı sonuçları ile orifis debi formülüne (1) göre teorik olarak hesaplanan değerler örtüşmüştür.



Şekil 2. Orifis çapına göre devir ve basınç farkı ilişkisi.

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR:

Bu çalışmada referans olarak alınan ISO 46 mineral hidrolik yağı kullanılarak yöntem kısmında belirtilen değişken devir ile basınç kontrol çalışması deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Yağ sıcaklığı 25 derecedir. Değişen orifis çaplarına ve değişken devire bağlı kontrollü deneylerin yapılabilmesi için aşağıdaki hidrolik devre ile deney düzeneği kurulmuştur.



Şekil 3. Deney düzeneği hidrolik devre şematik çizimi.

Devrede elektrik motorunun (2) tahriki ile dönen pompa(1) hidrolik tank içerisinde bulunan yağ emerek orifis(5) üzerinden tanka geri döndürmektedir. Bu akış sırasında oluşan basınç farkları transmitterden (3) okunarak kaydedilmiştir. Kullanılan komponentler aşağıdaki belirtilmiştir.

**Hidrolik tank;** 40Lt alüminyum (KTR)

**Pompa;** 8cc Dişli Pompa. Pompa devri: Min:600 d/dk. – 1800d/dk. (REXROTH)

**Akuplaj;** Kaplin Kampana Takımı (KTR)

**Elektrik motoru;** 3kW 1450 RPM Elektrik Motoru (GAMAK)

**Transmitter;** PT160R-14-LI3-H1131 (160 Bar / 4-20 mA Basınç Transmitteri) (TURCK)

**Hız kontrol;** 3kW frekans konverter (REXROTH)

DeneySEL düzenek üzerinde hız kontrol cihazı ile devir değiştirilerek Tablo2 deki değerler elde edilmiştir.

Tablo 2. Devir sayısı kısıtına göre orifis çapı ve basınç ilişkisi (DeneySEL)

Basınç Farkı (bar)	Orifis Çapı (mm)	Pompa Deplasmanı (cc)	Debi (lt/dk)	Pompa Devri (d/dk)
190	0,8	8	4,9	609,0
220	0,8	8	5,3	658,3
123	1	8	5,8	725,0
220	1	8	8,2	1023,7
51	1,2	8	4,9	609,0
220	1,2	8	11,6	1450,0

Deneyde kullanılan yağın  $\alpha_k$ : akış katsayısı ve  $\rho$  yoğunluğu, hesaplanan kısımda kullanılan farklı olduğu için teorik olarak hesaplanan Tablo1'deki ve deneysel olarak bulunan Tablo2'deki aynı pompa devirlerine karşılık gelen basınç fark değerlerin farklı olduğu; ancak devir, orifis çapı ve basınç farkı ilişkisinin orifis debi formülüne (1) uyduğu gözlemlenmiştir.

Pompanın minimum ve maksimum devir aralıkları (600d/dk-1800d/dk.) göz önüne alındığında Tablo1 üzerindeki teorik olarak hesaplanan değerler kullanılarak, izin verilen devir aralığına uygun kullanılabilir orifis çapları ve devir sayıları Tablo3'de belirtilmiştir.

**Tablo 3.** Devir sayısı kısıtına göre orifis çapı ve basınç ilişkisi

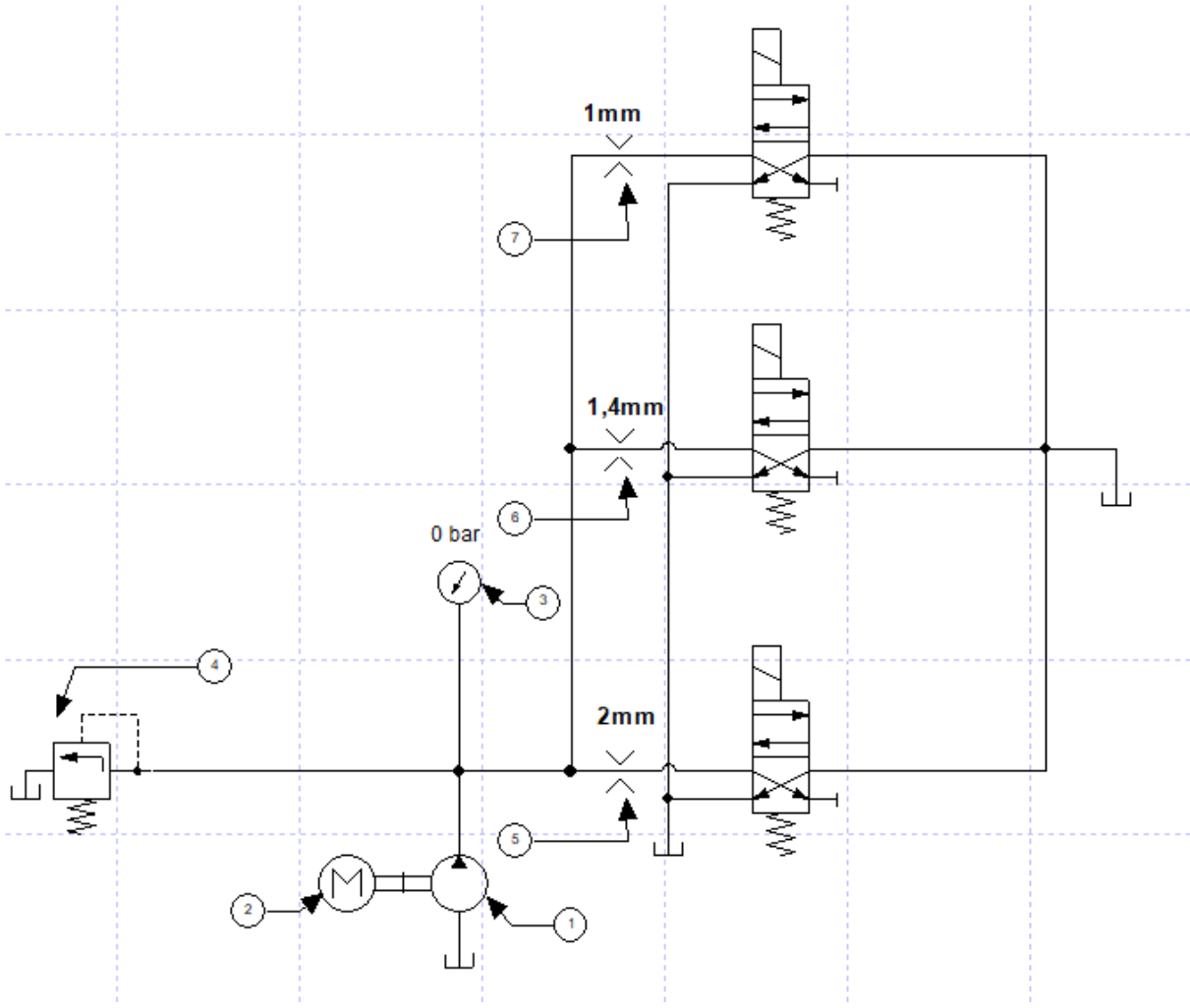
Basınç Farkı (bar)	Orifis Çapı (mm)	Pompa Deplasmanı (cc)	Debi (lt/dk)	Pompa Devri (d/dk)
10	2	8	6,53	816
50	2	8	14,60	1825
14	1,6	8	4,94	618
130	1,6	8	15,07	1883
23	1,4	8	4,85	607
220	1,4	8	15,01	1876
42	1,2	8	4,82	602
250	1,2	8	11,75	1469
87	1	8	4,81	602
250	1	8	8,16	1020
211	0,8	8	4,80	600
250	0,8	8	5,22	653

Tablo3'de görüldüğü üzere 10 bar ile 250 bar arasında basınç kontrolü yapabilmek için farklı orifis kullanım kombinasyonları mevcuttur. Kullanılacak orifisler, sistemin hangi basınç aralığında daha sık çalışacağına bakılarak seçilmelidir. Enerji tüketimini azaltmak için; istenilen basınç değerini yüksek devirler yerine daha düşük devirlerde sağlayacak orifisler tercih edilmelidir. Buna göre uygun orifisler seçilerek Tablo4 oluşturulmuştur.

**Tablo 4.** 10-250 bar basınç ayar aralığı için kullanılacak orifis çapları ve devir sayıları

Basınç Farkı (bar)	Orifis Çapı (mm)	Pompa Deplasmanı (cc)	Debi (lt/dk)	Pompa Devri (d/dk)
10	2	8	6,53	816
23	2	8	9,90	1238
23	1,4	8	4,85	607
87	1,4	8	9,44	1180
87	1	8	4,81	602
250	1	8	8,16	1020

Elde edilen deneysel sonuçlar, istenilen ayar basınç aralığı ve pompanın çalışabileceği devir aralıkları ele alınarak aşağıdaki hidrolik devre önerilmiştir.



Şekil 3. Önerilen hidrolik devre şematik çizimi.

## SONUÇ

Bu çalışmada, değişik çaplardaki orifis kullanımına ve değişken debiye bağlı olarak teorik olarak hesaplanan basınç fark değerleri ile deney düzeneği üzerinden ölçülen değerlerin aynı olduğu gözlemlenmiştir.

Farklı değer aralıklarında basınç kontrolü yapmak için, kullanılacak olan pompa deplasmanına bağlı olarak kullanılması gereken orifis çap seçim yöntemleri önerilmiştir.

Basınç hassasiyet kriterine, devir sayılarına, sistemin çalışma süresine ve çalışma sıklığına bağlı olarak Şekil3 de önerilen devredeki yön valfleri sayısı arttırılabilir veya azaltılabilir; orifis çapları değiştirilebilir. Orifis çapı daraldıkça hidrolik sistemdeki filtrasyon seviyesi arttırılmalıdır.

Değişken devirli pompa tahriki ile 10 bar ile 250 bar arasında istenilen basınç değerleri, uygun orifisler seçilerek sağlanmıştır.



## KAYNAKLAR

- [1] JELALI,M. AND KROLL,A., “Hydraulic Servo-systems”, Springer-Verlag London, 2003
- [2] Bean, Howard S., ed. (April 1983). Fluid Meters (2nd printing with editorial changes of 6th ed.). The American Society of Mechanical Engineers (ASME).

## ÖZGEÇMİŞ

### Özgür Çelikdemir

Lisans eğitimini Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. Daha sonra İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde yüksek lisans yapmıştır. Hali hazırda Hidropar İzmir A.Ş de çalışmaktadır. Araştırma alanı hidrolik sistem tasarımı ve kontrol sistemleridir.