



# HİDROLİK SİLİNDİRLE VAKUM ALTINDA YAĞ DOLUMU VE SIKIŞTIRILABİLİRLİK TESTİ

Orhan Fatih ERCİS

## ÖZET

Savunma sanayi uygulamalarında kapalı çevrim hidrolik eyleyici sistemlerine vakumlu yağ dolumu makineler aracılığıyla yapılmaktadır. Bu çalışmada, hidrolik silindir ile vakum altında yağ dolumu yapan bir cihazın çalışma ilkeleri ve geliştirilen kısımları açıklanmıştır. Mevcut vakumlu yağ dolumu yapan sistemlerde kullanılan hidrolik pompanın yarattığı dezavantajlar hidrolik silindir kullanımı ile ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca, hidrolik silindirin servo kontrolü ile yağın sıkıştırılabilirlik testleri yapılmış ve yağın içerisindeki hava oranı literatürdeki grafiklerin yardımı ile saptanmıştır. Böylece, vakum altındaki yağ dolum işlemi daha yüksek vakum düzeylerinde gerçekleşmiş, doldurulan yağın sıkıştırılabilirliği kontrol altına alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Vakum altında yağ dolumu, yağ içindeki çözünmemiş hava, sıkıştırılabilirlik testi, hacim modülü

## ABSTRACT

Oil filling machines are used for filling oil under vacuum to the closed circuit hydraulic actuator systems in defense industry applications. In this study, the working principles and developed parts of the device filling oil under vacuum with hydraulic cylinder are explained. Disadvantages of using hydraulic pump in current oil filling systems under vacuum are eliminated with the use of a hydraulic cylinder. Furthermore, a set of oil compressibility tests are performed with the servo control of hydraulic cylinder and the amount of entrained air in oil is determined with the use of graphics given in literature. By this way, it becomes possible to conduct oil fillings under high vacuum levels and the compressibility of the filled oil under vacuum is kept under control.

**Key Words:** Oil filling under vacuum, entrained air in oil, compressibility test, bulk modulus

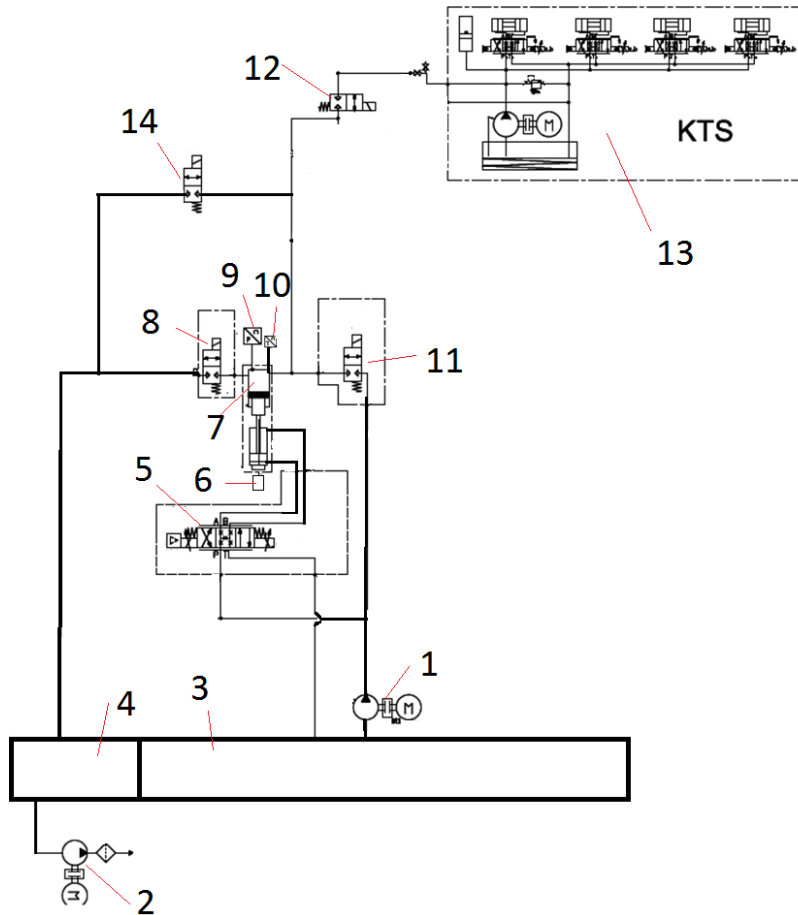
## 1. GİRİŞ

Savunma sanayi uygulamalarında, yüksek emiş hızlarında pompa veya debi kaynağına sahip olan hidrolik eyleyici sistemlerinde, kullanılan hidrolik yağ sisteme vakum altında doldurulmaktadır. Bu sayede yüksek hızda çalışan pompaların emiş hatlarında oluşabilecek kavitasyon problemleri en aza indirgenmektedir. Kaviteasyon, hidrolik sistemlerde yol açtığı mekanik zorlanmaların yanı sıra, pompanın ve eyleyici sisteminin daha geç durağan duruma ulaşmasına da neden olmaktadır. Mevcut vakum altında yağ dolum makineleri vakum altındaki yağı kapalı hacme bir pompa yardımı ile doldurmaktadır [1]. Ancak, daha önce vakum altına alınmış olan kapalı hacme vakumlu yağ basmak mümkün olmayacağı için, vakum altındaki yağ tankı atmosfer basıncına açılarak yağ içerisinde havanın karışmasına izin verilmektedir. Bu nedenle, kapalı hacme istenilen vakum düzeyinden bir miktar kaybedilerek dolum yapılabilmektedir. Bu çalışmada pompa ile yağ dolum yerine hidrolik silindirle yağ dolumu yapan bir makinenin çalışma ilkesi sunulmuştur. Ayrıca, yağ dolumu için kullanılacak hidrolik silindir ile yağ hacim modülü (İng. bulk modulus) testleri yapılarak dolum kalitesi kontrol altında tutulmuştur.

## 2. HİDROLİK SİLİNDİRLE YAĞ SIKIŞTIRILABİLİRLİK TESTİ

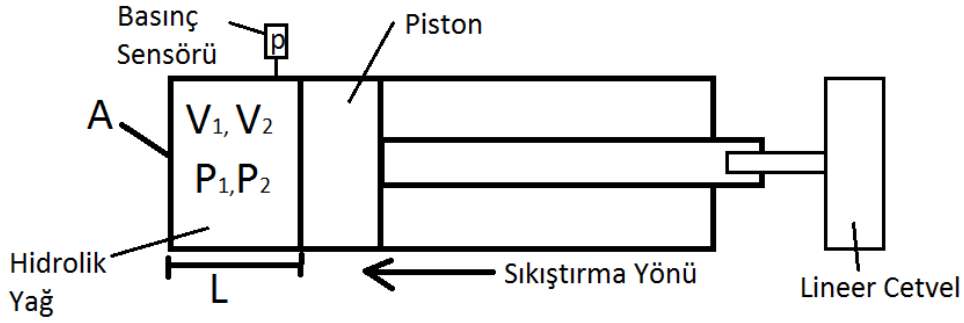
Kapalı devre hidrolik kontrol tahrik sistemlerine (KTS) vakum altında yağ dolumu yapan mevcut sistemde hidrolik pompa kullanılmaktadır. Hidrolik pompa kapalı bir tanktaki yağın vakumlanması sonrası emiş yaparak vakumlu haldeki KTS hacmine yağı basınçlı olarak doldurmaktadır. Ancak vakumlu yağın vakumlu haldeki hacme basılması mümkün olmayacağı için, kapalı tank atmosfere açılarak vakum düzeyi düşürülmektedir. Dolayısıyla, KTS'ne çözünmemiş hava miktarı artırılmış yağ gönderilmektedir. Bu durum hidrolik yağın sıkıştırılabilirliğini artırarak hidrolik makinelerin başarımını düşürmektedir. Özellikle yüksek hızla çalışan pompalarda kavitasyon sonucunda istenilen basınca çıkmakta gecikmeler ve pompada istenmeyen titreşim, aşınma, deformasyon gibi mekanik etkiler oluşmaktadır. Ayrıca pompa ile dolum yönteminde yağın sıkıştırılabilirlik değerinin uygunluğu kontrol edilememektedir.

Bu çalışmada, vakumlanan hidrolik yağın, hidrolik silindir yardımı ile KTS'ne doldurulması ve yukarıda açıklanan dezavantajın giderilmesi amaçlanmıştır. Tasarlanan yeni sisteme ait basitleştirilmiş hidrolik devre Şekil 1.'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Hidrolik Silindirle Vakum Altında Yağ Dolu ve Yağ Sıkıştırılabilirlik Test Düzenegi

Hidrolik sistemde ilk olarak KTS (13) hacmi solenoid valfler açılarak (8, 12 ve 14) vakuma alınır ve atık yağ, hava ve diğer yabancı maddeler atık yağ tankına (4) atılır. Daha sonra hidrolik silindire (7) dolurma pompası (1) ile temiz tanktaki (3) hidrolik yağ doldurulur. Dolu sonrası silindir içerisindeki yağ vakumlanır. Tank yerine silindirdeki küçük hacmin vakumlanması mutlak vakum basıncına daha kısa sürede yaklaşılmasını sağlar. İstenilen vakum basıncına ulaşıldıktan sonra silindire ait servo yön kontrol valfine (5) enerji verilerek pistonun yağı sıkıştırmasını sağlar. Bu sıkıştırma işlemi esasında silindirin önünde bulunan solenoid valfler (8, 12 ve 14) kapalı konumdadır. Kapalı hacimdeki yağın sıkıştırılması nedeniyle oluşan basınç artışı ve hacim azalmasından yararlanılarak yağın o basınçtaki sıkıştırılabilirliği hesaplanabilmektedir. Hidrolik silindirle sıkıştırma işlemi Şekil 2'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Hidrolik Silindirle Yağ Sıkıştırılabilirlik Testi

Hidrolik silindirin yağı sıkıştırması ile oluşan basınç artışı silindir üzerindeki basınç sensöründen ölçülmektedir. Yağ hacmindeki azalma ise lineer cetvelden ölçülen yer değişimi yardımı ile hesaplanmaktadır. İlk hacim hesabı için sabit piston alanı (A) ve uzunluk (L) ölçülerinden yararlanılmaktadır. Bu ilk ve son durum ölçümleri aşağıda verilen hacim modülü (İng. bulk modulus) formülü içine yazılırsa

$$B = V \frac{P_2 - P_1}{V_2 - V_1} = V(\Delta P / \Delta V) \quad (1)$$

elde edilir.

(1) numaralı formülden elde edilen hacim modülü değeri formül (2)'de kullanılırsa yağ içerisindeki çözünmemiş hava miktarı hesaplanır [2].

$$B = E_p E_t E_a B_{ref} \quad (2)$$

$E_p$  (Basınç etki katsayısı),  $E_t$  (Sıcaklık etki katsayısı),  $E_a$  (Çözünmemiş hava etki katsayısı) Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'e göre hesaplanır [2].

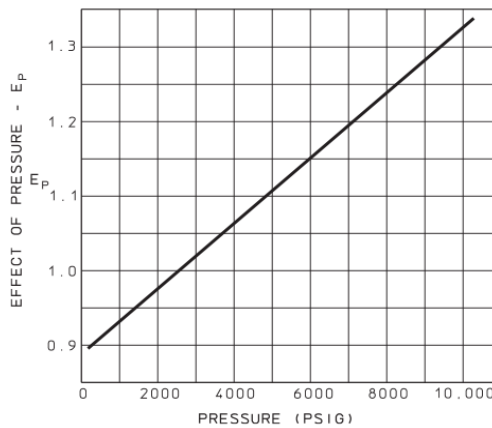
Örnek olarak;

60 °F (15,5 °C) sıcaklıkta, 200 psig dolum basıncında bulunan ve test sonucunda hacim modülü (B) 150.000 psig olarak ölçülen MIL-H-5606 yağın ( $B_{ref} = 260.000 \text{ psi} / 18200 \text{ bar}$ ) formül (2)'deki etki katsayıları Şekil 3 ve 4'ten okunursa

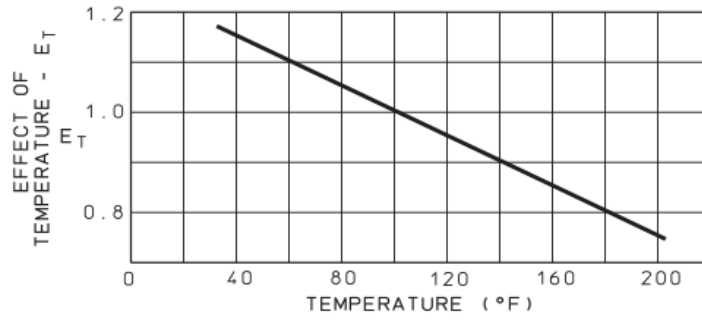
$$E_p: 0,88$$

$$E_t: 1,1$$

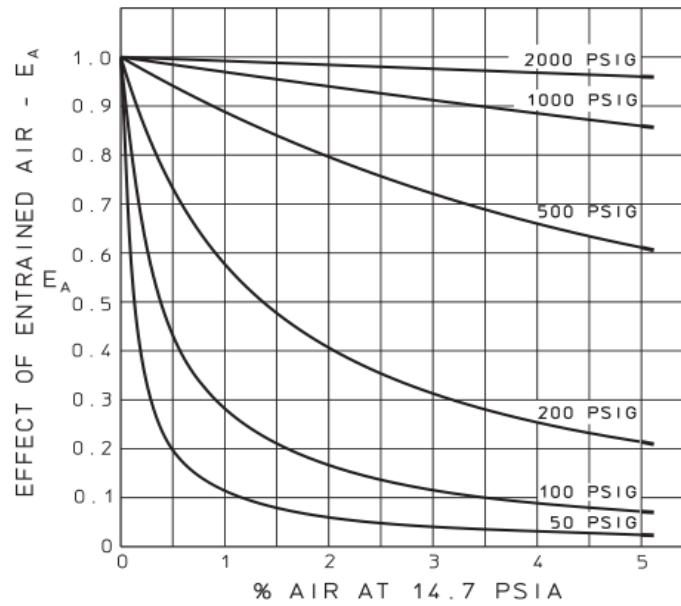
elde edilir.



**Şekil 6.** Çalışma Basıncının Sıkıştırılabilirliğe Etkisi [2]



Şekil 7. Çalışma Sıcaklığının Sıkıştırılabilirliğe Etkisi [2]



Şekil 8. Çözünmemiş Havanın Akışkanların Sıkıştırılabilirliğine Etkisi [2]

Bu durumda çözünmemiş hava etki katsayısı

$$E_a = B / (E_p E_t B_{ref}) = 150.000 / (0,88)(1,1)(260.000) = 0,596$$

olarak hesaplanır.

Hava etki katsayısını ve çalışma basıncını Şekil 8'de kullanarak yağ içerisindeki çözünmemiş hava oranı % 0,85 olarak bulunur.

### 3. HİDROLİK SİLİNDİRLE VAKUM ALTINDA YAĞ DOLUMU

Yapılan sıkıştırılabilirlik testleri sonucunda hesaplanan çözünmemiş hava yüzdesi istenen uygunluğa sahipse, KTS kapalı hacmine yağ dolum işlemine başlanır. Yağ dolum işlemi KTS giriş solenoid valfinin (12) açılarak pistonun yukarı hareketi ile gerçekleşir. Vakum altında bulunan KTS içerisine yağ doldukça basınç sensörünün (9) basıncı artar. Bu basınç değeri istenen dolum basıncına gelince piston hareketi servo yön kontrol valfi (5) vasıtasıyla durdurularak dolum işlemi tamamlanır. KTS içerisine doldurulan yağ hacmi piston deplasmanının lineer cetvel aracılığıyla ölçülmesiyle hesaplanır. Dolum sonrasında silindir içerisinde kalan yağ boşaltma solenoid valfinin (11) açılması ile temiz tanka (3) aktarılır.



## SONUÇ

Bu çalışma ile vakum altındaki hidrolik yağın, hidrolik eyleyici kapalı hacmine pompa yerine hidrolik silindir ile doldurularak daha yüksek mertebeden vakum seviyelerinin elde edilmesi, dolum sonrası yağın sıkıştırılabilirlik testinin yapılabilmesi ve bu sayede yağ içindeki çözünmemiş hava miktarının belirlenebilmesi, yağ dolum işleminin hızlanması ve standartlaştırılması, hidrolik eyleyici performans testleri öncesinde yağ dolum problemlerinin tespit edilebilmesi ve kapalı devre sistemi ile çalışan yüksek hızlı pompaların nominal basınca ulaşma süresinin kısılması sağlanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Vacuum oil pumping circulation filter system, Patent No, CN102650306 A.
- [2] Bulk Modulus, Lee Company, <http://www.theleeco.com/engineering/liquids/bulk-modulus.cfm>, son erişim: 05.04.2017.

## ÖZGEÇMİŞ

### Orhan Fatih ERCİS

1986 yılı İstanbul doğumludur. 2009 yılında Gazi Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. ODTÜ Makina Mühendisliği bölümünden 2013 yılında Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 2010-2013 arası ODTÜ Makina Mühendisliği bölümünde Aselsan Anti Torpido projesinde çalışmıştır. ODTÜ Makina Mühendisliği bölümündeki görevinden sonra 2013 yılında Roketsan A.Ş.'ye geçmiştir. 2013 yılında Gazi Üniversitesi'nde başladığı doktora çalışmasına devam etmektedir. Halen Roketsan A.Ş.'de görev yapmakta olup, Hidrolik, Pnömatik, Elektro-Mekanik Sistemler, Otomasyon ve Test, Mekanik Tasarım, Simülasyon, CFD ve Yapısal Analiz konularında çalışmaktadır.