

HİDRODİNAMİK KAYMALI YATAK DENEYLERİ

A- DENEY DÜZENEGİ

Radyal hidrodinamik kaymalı yataklarda yük miktarı radyal boşluk ve hız gibi faktörlere bağlı olarak meydana gelen basınç dağılımı, sürtünme momenti ve mil konumunun belirlenebilmesine olanak veren hidrodinamik yağlama sistemidir.

1- Basıncılı Yağlama Sistemi : Bir yağ silindirini pnömatik olarak ileri geri çalıştıran çift etkili bir silindirden ibarettir. Devrede ki çek valfler silindirin her iki strokta pompalamasına olanak vermek için kullanılır. Devrede bulunan 8 barlık hidrolik besleyici pompalama stroku değişirken sistemin basıncını korur. Ayrıca devrede, kaymalı yatak ve hidrostatik yastığının besleme basıncını yaklaşık olarak kaymalı yatakta 1,5 bar hidrostatik yastıkta 16 barda sınırlandıran iki adet basınç emniyet valfi vardır. Kaymalı yatak ve hidrostatik yastıktan sızan yağlar toplama tablasından tekrar tanka geri gider.

2- Kontrol Sistemleri :

a. Hız Kontrol Ünitesi : Hız kontrolü 0 ± 1000 d/dak aralığında hızı ayarlanabilen bir D.C hız değiştirilebilir kontrol ünitesi ile yapılmaktadır. Bunun için ön paneldeki hız kontrol başlığı kullanılır. Hız göstergesinde okunan değer in saglıklı olabilmesi için ayrıca bir takometre ile kontrol edilmesi gerekir.

b. Moment Ölçümü : Milin dönmesiyle oluşan sürtünme momenti akseni serbestçe dönebilen yatak gövdesine bağlı yay-ibreye sistemiyle ölçülmektedir. Bu ölçümde, milin dönmesiyle serbest olan yatak gövdesi sürtünme momentine eşit bir momentle ters yönde döndürülmektedir. Buna bağlı kalibre edilmiş yay ibreyi harekete geçirecektir. Deneylere başlamadan önce moment ölçü düzenegi yatay konuma getirilip çengele 204 grlık bir kalibrasyon kütlesi asılmalıdır. Bu durumda göstergedeki sürtünme momenti değeri 0,2 Nm olarak okunmalıdır.

c. Kontak (Temas) Göstergesi : Eger varsa yatak ve mil arasındaki değme derecesini göstermek için kullanılır.

d. Basınç Ölçerler: Yağ ve hava besleme basınçlarını gösteren basınç ölçerler ön panoda yerleştirilmiştir.

e. Ayar Vanaları : Yağ ve hava beslemelerini kontrol etmek için ayar vanaları sisteme bağlanmıştır.

f. Yağ Çıkışları: Kaymalı yatak ve hidrostatik yastığı beslemek için yağ çıkışları bulunmaktadır.

3- Kaymalı Yatak Yuvası

Kaymalı yatak yuvası dökme demirden yapılmış ve motorlu taşıtlarda kullanıldığı gibi standart ince cidarlı yatak zarfının yerleştirilmesi için honlanmış delik hassasiyetine sahip elemandır. Ayrıca eş merkezli hidrostatik yastığının yerleştirilmesine de olanak verir.

4- Yatak Milleri (Muylu)

Farklı çaplarda, sertleştirilmiş, uc muylu 0,025, 0,05, 0,075 mm nominal radyal boşluk vermek için standart olarak yapılmışlardır.

5- Hidrostatik Yastık

Hidrostatik yastık yumuşak çelikten yapılmış ve yataktaki yuvasına hassas olarak oturtmak için leplenmiştir. Etrafındaki 11 (onbir) adet puskürtücü delik, duyarlı sürtünme momenti ölçümlerini etkilemeksizin, 500 N'a kadar olan yükleri yatağa aktarılmasını sağlayan hidrostatik kaldırma için yağ sağlar.

6- Basıncı Dağılımının Ölçülmesini Sağlayan Aparatlar

Yatak malzemesi	Dökme demir
Nominal delik çapı	50,85 mm
Nominal Yatak genişliği	44,5 mm

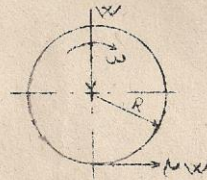
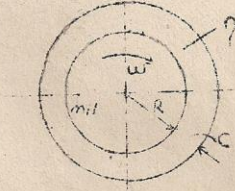
Yatak yüzeyi üzerindeki basınç dağılımını belirtmek amacıyla çevresel ve eksenel olmak üzere 30 adet delikli geçitleri olan dökme demir yatak yuvasından ibarettir. Yatak yüzeyinde çeşitli noktalara gelen basınçlar bu delikler sayesinde sondaj borusu bulunan kadranlı monometre ile ölçülmektedir.

B- DENEYLERİN YAPILIŞI

1. Kaymalı Yatakta Sürtünme Momentinin Ölçülmesi :

Kaymalı yatak düzenli bir çalışmaya sahip olduğu zaman temas yüzeyleri arasında metal-metal değmesi olmaz. Bu durumda sürtünme momenti yalnızca viskoz etkilere bağlıdır.

Yatağın yarıçapı R, genişliği L, açısal hızı ω ; radyal boşluk C ve kullanılan yağın viskozitesi η olsun. Viskoz akışkanlar için Newton yasası kullanılarak çevresel sürtünme kuvveti bulunur.



Buna göre sürtünme kuvveti

$$F = \eta \times 2\pi \times R L \times \frac{\omega R}{C} \quad \dots \dots \dots (1)$$

Buradan sürtünme momenti

$$M_s = F \cdot R = 2\pi \times \frac{R^3 L}{C} \omega \eta \quad \dots \dots \dots (2)$$

Şekilden yatak için sırtlanma momenti

$M_3 = \mu WR$ ve sürtünme katsayısı

$$\mu = \frac{M_s}{WR} \quad \text{dir. (2) denkleminde;}$$

$$\mu = 2\pi \frac{R^2 L}{C} \cdot \frac{w_2}{w} \dots \dots \dots (3)$$

Yatak basıncı

$$P_1 = \frac{W}{2\pi R L} ; \text{ ve (3) eşitliğinden}$$

$$\mu = \pi \frac{R}{C} \left(\frac{w\eta}{F_i} \right) \text{ olur.} \dots\dots\dots (4)$$

(1) nolu eşitlik genellikle Petroff eşitliği olarak adlandırılır.
(4) nolu eşitlik hafif yüklü yataklarda yeterli doğrulukta sonuç verirken yük arttıkça hatada artmaktadır.

Sürtünme momentinin yüke ve hıza göre değişimini çizelgeye aktararak $M_S - n$, $M_S - W$ diyagramları çizilip irdelenecektir. Sürtünme momentinin hızla olan değişimleri her sabit yük için aynı diyagramda gösterilebilir.

Ayrıca sürütünme katsayısı hesaplanarak belirli bir yük için hızla göre değişimi diyagramda gösterilecektir.

Sabit degerler :

Mil çapı

Yatak çapı "

Radial boyluk :

Viskozite :

Yatak genişliği:

[illegible]

2. Basıncı Dağılımının Ölçümü

Basıncı dağılımının ölçülmesi amacıyla deney düzeneginde kullanılan yatağın yüzeyinde, çevresel 6 ve eksenel 5 sıra olmak üzere toplam 30 delik vardır. Yatak yüzeyinde çeşitli noktalara gelen basınçları bu delikler sayesinde sondaj borusu bulunan kadranlı manometre ile ölçülmektedir.

Dökme demirden yapılan yatağı, ağırlık kanca takımını ve en küçük çaplı muyluyu (en büyük radyal boşluğu veren yatak mili) motor miline yerleştiriniz.

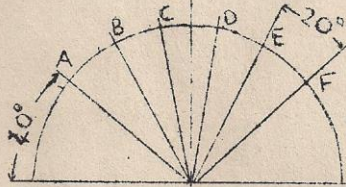
Kontrol vanasını kullanarak yatağa yağ ikmalını yapıp basıncı 0,5 bara ayarlayınız. Bu basıncın değişmemesine, değişirse tekrar ayarlanmasına dikkat ediniz.

Yağın yataktan akmasını sağladıktan sonra işletme motorunu çalıştırıp mil hızını 300 d/dak ayarlayınız. Yatağı 50 kg lık bir kütla ile yükleyip, elektrikli değme direnci ölçücüsünü kullanarak muylu ve yatak arasında hiç bir yüzey teması olmasını sağlamak için kontrol ediniz. Eğer temas varsa, temas ortadan kalkana kadar, yükü azaltınız ya da hızı artırınız.

Basıncı ölçer takımını kullanarak sistemli olarak yatak üzerindeki çevresel ve eksenel basınçları okuyunuz. Basıncı ölçümleri eksenel ve çevresel bir sıra olmak üzere toplam 10 delik üzerinden olacaktır. Böylece aynı yük altında değişik devir sayılarındaki basınç dağılımları için okumaları elde ediniz. Aynı deneyleri 30 ve 10 kg lık yükler altında tekrarlayarak yükün ve hızın basınç dağılımı üzerindeki etkisini belirleyiniz.

Basıncı Dağılımı Ölçüm Yatağı

Yatağın açılmış haldeki görünüşü



Eksenel	A	B	C	D	E	F
5						
4						
3						
2						
1						

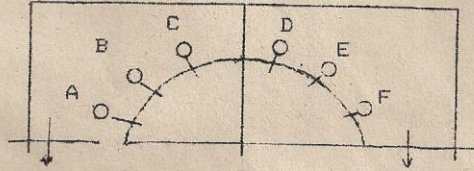
→ Radyal

Deneyler

- 1) Minimum film kalınlığı bölgesinde (radyal yönde E sırasında)
- 2) B sırasında olmak üzere iki değişik yük değeri için yapılarak aşağıdaki çizelge doldurulacak ve eksenel basınç diyagramları (P-L, P-W) çizilecektir. Ayrıca minimum film bölgesinde yük sabit tutularak hız parametresine göre eksenel basınç dağılımı incelenerek P-n diyagramında gösterilecek, diyagramlar irdelenecektir.

W =		W =	
n =			
E	B	E	B

W =			
E sırasındaki basınç değeri.			
n =	n =	n =	n =



3. sıradan

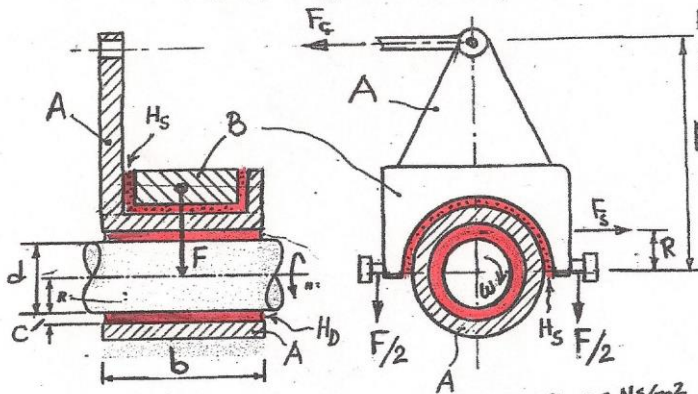
Sabit Değerler :
Mil Çapı :
Yatak Çapı :
Radyal Boşluk :
Viskozite :

n =			
W =	W =	W =	W =
A			
B			
C			
D			
E			
F			

W =			
n =	n =	n =	n =
A			
B			
C			
D			
E			
F			

Radyal basınç dağılımı yatağın aksenal 3. sırasında sabit hızda uç farklı yük değeri için belirlenecektir. Ayrıca sabit bir yük altında milin hızı değiştirilerek radyal basınç dağılımına etkisi incelenecektir. Çizelge doldurulduktan sonra P-θ, P-n diyagramları çizilerek sonuçlar irdelenecektir.

Sürtünme Momenti Ölçümü :



H_s : Hidrostatik yağ filmi
 H_D : Hidrodinamik yağ filmi

$R_g = 102,5 \text{ mm}$

A : Yatak Yuva Gövdesi

B : Yükleme Papucu

F_g : Çevresel geki kuvveti

R_g : geki yarıçapı

F : Yatak Kuvveti

b : Yatak genişliği

R : Mil yarıçapı

c : Radyal boşluk

n : Milin devir sayısı

ω : Açısal Hız

γ : Dinamik Viskozite

F_s : Hidrodinamik yağ filmindeki sürtünme kuvveti

U : Milin çevresel hızı

M_s : Yağ filmindeki sürtünme Momenti

$P = \frac{F}{2Rb}$: Ortalama yüzey basıncı

$d = 50,76 \text{ mm}$ $b = 18 \text{ mm}$ $c = 0,045 \text{ mm}$ $\gamma = 0,2 \text{ Ns/m}^2$

1. Kaymalı Yatakta Sürtünme Teorisi:

Akışkan tabakasındaki kayma gerilmesi

$$\tau = \gamma \frac{du}{dy} ; \tau = \frac{F_s}{A_1} ; \frac{du}{dy} = \frac{U}{c} \quad \frac{F_s}{A_1} = \gamma \frac{U}{c}$$

$$F_s = \gamma A_1 \frac{U}{c} = \gamma 2\pi R b \frac{U}{c} ; U = R\omega$$

$$F_s = \gamma 2\pi R b \frac{R\omega}{c} ; M_s = F_s \cdot R$$

$$M_s = MFR \rightarrow M = \frac{M_s}{FR} \quad M = \gamma \cdot \frac{2\pi R b \cdot R\omega}{F \cdot c}$$

$$M = \pi \frac{R}{c} \frac{\gamma \omega}{P} \quad (\text{Petroff Eşitliği})$$

$\frac{\gamma \omega}{P}$: Yatak Parametresi

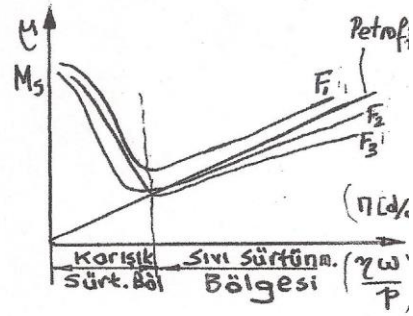
2. Deneysel Ölçme

$$M_s = F_g R_g = M_s = MFR \rightarrow M = \frac{F_g R_g}{FR}$$

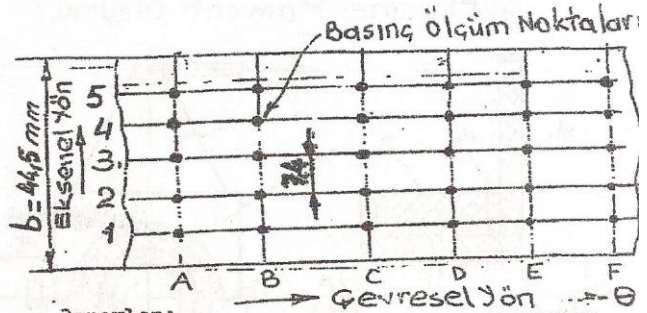
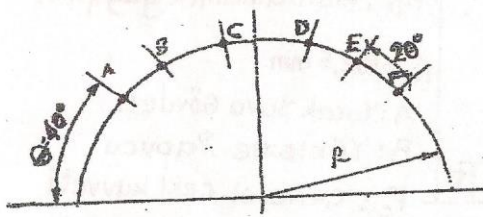
Ölçülen (F_g) değerleri :

F	n								
$F_1 =$									
$F_2 =$									
$F_3 =$									

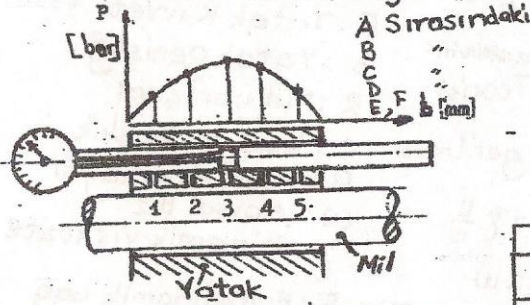
F	n								
$F_1 =$									
$F_2 =$									
$F_3 =$									



Basınç Dağılımı Ölçüm Yatağı



1. Eksenel Basınç Dağılımı



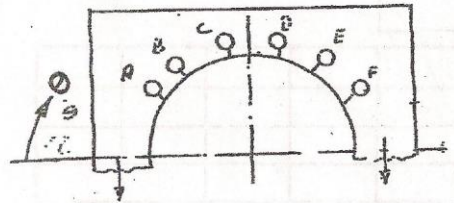
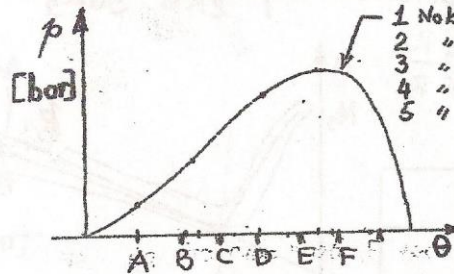
Mil Çapı : $d = 50,76 \text{ mm}$
 Yatak Çapı : $D =$
 Radyal Boşluk : $C = 0,045 \text{ mm}$
 Viskozite : $\gamma = 0,02 \text{ Ns/m}^2$
 Yatak Genişliği : $b = 44,5 \text{ mm}$

Deneysel:

$n_1 =$	$F =$	$n_1 =$	$n_2 =$	$n_3 =$	$n_4 =$
F_1	F_2	F_1	F_2	F_3	F_4
F_1	F_2	E sırasındaki basınç değeri			
1					
2					
3					
4					
5					

	$F =$	N	$n =$	d/d_k		
	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3						
4						
5						

2. Gevresel Basınç Dağılımı

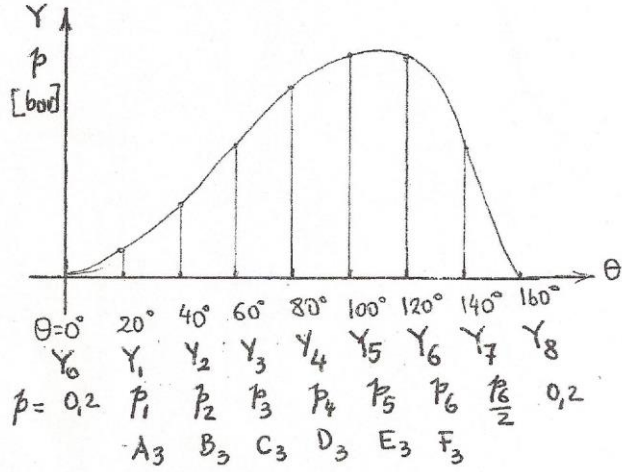
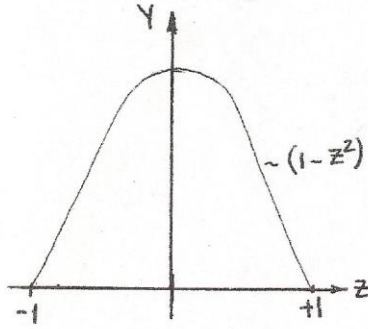


3. Sıradaki Gevresel Basınç Değerleri

$n =$			$F_A = \dots N$		
F_1	F_2	F_3	n_1	n_2	n_3
A					
B					
C					
D					
E					
F					

Yatakta "Eksenel Basınç Dağılımı" ve "Gevresel Basınç Dağılımı" gözönüne alınan "F", "N" ve benzeri parametrelere göre ayrı ayrı sızılıp yorumlanacaktır.

Basınç Dağılımının İntegrasyonu ve Yatak Kuvveti



Yatakta yağ filminde ölçülen basınç değerlerinin integrasyonu için Simpson-Kuralı uygulanabilir.

Genel form:
$$J = \int_{x_0}^{x_n} Y(x) dx = \frac{h}{3} (Y_0 + 4Y_1 + 2Y_2 + 4Y_3 + \dots + 2Y_{n-2} + 4Y_{n-1} + Y_n)$$

Kaymalı yataklara uygulanarak yatak kuvveti şu şekilde hesaplanabilir. [A8]. Burada Eksenel yönde basınç dağılımı parabolik olarak alınmıştır.

$$J_x = \frac{4}{3} \frac{h}{3} [Y_0 \cos \theta_0 + 4Y_1 \cos \theta_1 + 2Y_2 \cos \theta_2 + 4Y_3 \cos \theta_3 + 2Y_4 \cos \theta_4 + 4Y_5 \cos \theta_5 + 2Y_6 \cos \theta_6 + 4Y_7 \cos \theta_7 + Y_8 \cos \theta_8]$$

$$J_y = \frac{4}{3} \frac{h}{3} [Y_0 \sin \theta_0 + 4Y_1 \sin \theta_1 + 2Y_2 \sin \theta_2 + 4Y_3 \sin \theta_3 + 2Y_4 \sin \theta_4 + 4Y_5 \sin \theta_5 + 2Y_6 \sin \theta_6 + 4Y_7 \sin \theta_7 + Y_8 \sin \theta_8]$$

$$h = \frac{\pi}{9} \sim 3,14$$

$$\pi = \frac{1}{4} \sqrt{J_x^2 + J_y^2}$$

$$F = b \cdot d \cdot \pi \cdot 0,1 [N] ; d = 50,76 \text{ mm}, b = 44,5 \text{ mm}$$

Hesap ile bulunan F_{yatak} kuvveti ile yatağa uygulanan kuvvet arasındaki farklılık indelenerek yorumlanacaktır.

Prof. Dr. A. Bıyıklıoğlu

Deney Raporları

Kabul edilebilir bir deney raporunun aşağıda belirtilen kısımları kapsamalı gerekir:

- 1) Kapak sayfası (deney adı ile birlikte öğrencinin numara, ad/soyad, grup numarasını içermeli)
- 2) Deneyde hangi büyüklüklerin nasıl ölçüldüğünün belirtilmesi
- 3) Deneyde ölçülen büyüklüklerin (sürtünme ve basınç) çizelgeler halinde paylaşımı
- 4) Kalibrasyon eğrisi, Stribeck eğrileri ve radyal/eksenel basınç dağılımlarının uygun eksen takımı kullanılarak grafik haline getirilmesi
- 5) Sonuçların yorumlanması/ tartışılması
- 6) Deney düzeneğinde var olan/olmayan ölçüm aletlerini kullanarak farklı bir kaymalı yatak deney düzeneğinin tasarlanması ve şematik olarak gösterimi

KTÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KAYMALI YATAKLAR DENEYİ

... Grubu (DT:)(STT:)

Öğrenci No :

İmza :

1- Sürtünme verileri ve kalibrasyon eğrisi ($y=ax$) göz önüne alınarak gerekli hesaplamalar yapılacak (F_c , F_s , M_s , μ) ve Stribeck Eğrileri ($\mu-n$ ve M_s-n) oluşturulacaktır (η =sabit; W =sabit).

Yük, W (N)	Devir sayısı, n (dev/dak)													
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...														
...														

2- Basınç verileri kullanılarak eksenel [$P(\text{bar})$ – Yatak genişliği(mm)] ve radyal [$P(\text{bar})$ – Çevresel yön (Θ)] basınç dağılımı grafikleri oluşturulacaktır.

	... N			
	... dev/dak	... dev/dak	... dev/dak	... dev/dak
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

... sırasındaki basınç değerleri

	... dev/dak			
	... N		... N	
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

... sırası ... sırası ... sırası ... sırası

	... N			
	... dev/dak	... dev/dak	... dev/dak	... dev/dak
A				
B				
C				
D				
E				
F				

.... sıradaki ölçüm

	300 dev/dak		
	... N	... N	... N
A			
B			
C			
D			
E			
F			

.... sıradaki ölçüm