

50973

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜÇÜK GÜÇLERİN MOMENTİNİ ÖLÇEBİLECEK BİR SU
FRENİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÖZGÜL DEĞERLERİNİN DENEYSEL
OLARAK ARAŞTIRILMASI

Cebeli ÖZEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Nazif DİNÇER

ELAZIĞ - 1996

50973

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜÇÜK GÜÇLERİN MOMENTİNİ ÖLÇEBİLECEK BİR SU
FRENİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÖZGÜL DEĞERLERİNİN DENEYSEL
OLARAK ARAŞTIRILMASI

Cebeli ÖZEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez, tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından
oybirliği / oy çokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

(İmza)

(İmza)

(İmza)

Danışman : Prof. Dr. Nazif DİNÇER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**KÜÇÜK GÜÇLERİN MOMENTİNİ ÖLÇEBİLECEK BİR SU
FRENİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÖZGÜL DEĞERLERİNİN DENEYSEL
OLARAK ARAŞTIRILMASI**

Cebeli ÖZEK

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Eğitimi Anabilim Dalı

1996, 92

Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler, insanlara daha fazla çalışma zorunluluğu getirmiştir. Az enerji harcayarak , çok iş üretmek insanoğlunun temel görevidir. Bunun için, makinalar işletme şartlarında en yüksek bir verimde çalıştırılmalıdır. Su freni, güç ölçmeye yarayan en basit ve ekonomik bir güç ölçme aletidir.

Bu çalışmada, farklı viskozitelerdeki akışkanlar kullanılarak viskozitenin moment üzerindeki etkisinden giderek bir su freninin imalat ve dizaynı yapılarak, bu su freninin karakteristikleri araştırılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde, güç ölçmenin önemi, güç kaynakları ve çeşitli su frenlerinin özellikleri tanımlanmıştır. İkinci bölümünde, güç frenleri,

güç frenlerinin özellikleri, "Prony Freni", ve "Bandlı Fren" hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde, hidrolik dinamometreler, açık sistem olarak çalışan hidrolik dinamometreler, kapalı sistem olarak çalışan hidrolik dinamometreler, hidrolik dinamometre veya su frenlerinin hidrolik kavramalar ile olan benzerliği, bir su freninin genel çalışma prensibi, "Junkers Türbülanslı su freni", "Froude - Krupp su freni" ve "Schenk su freni" hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde, geliştirilen su freninin genel çalışma şeması, moment denkleminin teorik irdelenmesi ve bu su frenine ait teorik moment denklemi çıkarılmıştır. Beşinci bölümde, deneysel çalışma yöntemi, su freninin karakteristikleri üzerinde etkili olan faktörler ve deneysel çalışma değerleri verilmiştir. Altıncı bölümde, deneysel sonuçlar ve bu sonuçların teorik sonuçlarla mukayeseleri yapılarak, momentin akışkan miktarına, devir sayısına ve zamana bağlı olarak değişimini veren deney sonuç grafikleri çizilmiştir.

Sonuç olarak moment, doldurulan akışkan miktarına, su freninin devir sayısına ve hareketli kanat yüzeylerine bağlı olarak artmakta, belli bir çalışma süresinden sonra ise azaldığı tespit edilmiştir.

III

SUMMARY

MSc Thesis

DEVELOPMENT OF A WATER - BRAKE
CAPABLE TO MEASURE TORQUES OF SMALL LOADS AND
INVESTIGATION OF ITS SPECIFIC (QUANTITIES) VALUES
EXPERIMENTALLY.

Cebeli ÖZEK

Fırat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Machine Education

1996, 92

The developments in science and technology force the people to work more. The basic duty of the human being is to produce more and more consuming less and less energy. Therefore, machines must be run with high performance water - brake is a very basic measuring machine which is used to measure powers and economical.

In this study, by using various fluids having different viscosities and depending on the effects of the viscosity on the torque, a Water-brake is designed and constructed and its characteristics are investigated.

In the first chapter of the study, importance of power measurement, power sources and the properties of various Water-brakes are described. In the second chapter, an information about power brakes their characteristics, "Prony brake" and "Type brake" given. In the third chapter information about hydraulic dynamometers, closed circuit hydraulic dynamometers, the similarities of water brakes to hydraulic couplings are defined. The general working principles of a water-brakes, "Junkers Türbülant water brake", "Froude-Krupp water brake" and "Schenk water brake" are presented. In the fourth chapter, the general working system of the water-brake and its theoretical torque equation are given. In the fifth chapter the experiments done, the parameters affecting the water-brake characteristics and the results of the experiments are presented. In the sixth chapter, the results from the experiments are compared to the theoretical ones by plotting the graphs showing the relations between the parameters.

As a results, it was determined that the torque increased depending on the fluid amount the rotation speed and rotating wing area and lowered after a certain running time.

TEŞEKKÜR

Bu tezin önerilmesi, yönlendirilmesi ve tamamlanmasında benden her türlü yardımlarını esirgemeyen danışman hocam, bölüm başkanım sayın **Prof. Dr. Nazif DİNÇER'e**, makina mühendisliği bölümü öğretim üyelerinden sayın **Yrd. Doç. Dr. Ali İNAN'a**, Bölümümüz öğretim görevlilerinden sayın **Celal SARSILMAZ'a**, D.S.İ 9. Bölge Müdürlüğü Merkez atelyesi atelye şefi sayın **Mehmet Sait YAR** ve atelye baş mühendisi sayın **Ahmet YÜRTEN'e** teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Cebeli ÖZEK

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM - I

GİRİŞ	1
--------------------	---

BÖLÜM - II

GÜÇ FRENLERİ	5
---------------------------	---

2.1. Giriş.....	5
2.2. Prony Freni.....	6
2.3. Bandlı Fren.....	11

BÖLÜM - III

HİDROLİK DİNAMOMETRELER VE SU FRENLERİ	13
---	----

3.1. Hidrolik Dinamometreler.....	13
3.1.1. Açık sistem olarak çalışan hidrolik dinamometreler	14
3.1.2. Kapalı sistem olarak çalışan hidrolik dinamometreler	15
3.2. Hidrolik Dinamometreler Veya Su Freninin Hidrolik Kavramalar İle Olan Benzerliği	16
3.3. Su Freni Ve Çeşitleri.....	20
3.3.1. Bir su freninin genel çalışma prensibi.....	20
3.3.2. Junkers türbülanslı su freni.....	22
3.3.3. Froude - krupp su freni	23
3.3.3. Froude - krupp su freni	24

BÖLÜM - IV

KÜÇÜK GÜÇLERİN MOMENTİNİ ÖLÇECEK OLAN BİR SU FRENİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE DİZAYN EDİLMESİ	25
--	----

4.1.2. Geliştirilen Su Frenine Ait Moment Denkleminin Teorik İrdelenmesi.....	25
--	----

VII

4.1.1. Dönen kanatların çevreleri boyunca etkili olan moment	25
4.1.1.1. AB Çevresi boyunca etkili olan momentin hesabı (M_1)	27
4.1.1.2. CD Çevresi boyunca etkili olan moment (M_2)	28
4.1.1.3. EF Çevresi boyunca etkili olan moment (M_3)	29
4.1.1.4. GH Çevresi boyunca etkili olan moment (M_4)	30
4.1.2. Rotor Ve Stator Kanatlarının Alınları Boyunca Etkili Olan Momentin Hesabı	30
4.1.2.1. BD Alın yüzeyi boyunca etkili olan moment (M_5)	31
4.1.2.2. KL Alın yüzeyi boyunca etkili olan moment (M_6)	32
4.1.2.3. FH Alın yüzeyi boyunca etkili olan moment (M_7)	32
4.2. Geliştirilen Su Frenini (Test Cihazını) Çalıştırmak İçin Gerekli Olan Gücün Hesabı	34
4.3. Geliştirilen Su Freninin Çalışma Prensibi Ve Çalışma Şeması	35

BÖLÜM - V

DENEY ÇALIŞMALARI

38

5.1. İmalat Ve Dizaynı Gerçekleştirilen Su Freninin Kalibre Edilmesi....	38
5.2. Su Freni Karakteristikleri Üzerinde Etkili Olan Faktörler.....	39
5.3. Deney Çalışmaları İçin Kullanılan Çalışma Değerleri ve deneysel çalışma yöntemi	41
5.3.1. Deneysel moment hesabı.....	42
5.3.2. Teorik moment hesabı.....	42

BÖLÜM - VI

DENEY SONUÇLARI.....

45

6.1. Sabit devir sayısı altında yağ miktarına bağlı olarak momentin değişiminin incelenmesi	45
6.2. Sabit yağ miktarı için devir sayısına bağlı olarak momentin değişiminin incelenmesi	54

VIII

6.3. Sabit yağ miktarı ve sabit devir sayısı için zamana bağlı olarak momentin değişiminin incelenmesi.....	69
---	----

BÖLÜM - VII

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	78
------------------------	----

KAYNAKLAR	80
-----------------	----

EKLER

EK 1: İMALAT VE DİZAYNI YAPILAN SU FRENİNİN ÖNDEN KESİT GÖRÜNÜŞÜ	83
EK 2: İMALAT VE DİZAYNI GERÇEKLEŞTİRİLEN SU FRENİNİN SOLDAN KESİT GÖRÜNÜŞÜ	84
EK 3: İMALATI GERÇEKLEŞTİRİLEN SU FRENİNİN İMALAT (DETAY) RESİMLERİ	85

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Anadolu Üniversitesinde Konstrüksiyon ve Dizaynı Yapılmış 9 (kW) güç ve 6000 (d/d)'ya kadar motorların momentini ölçen bir su freni	3
Şekil 1.2 İ.T.Ü'de 50 (PS) 'ye kadar motorların gücünü ölçen bir kaynak konstrüksiyon su freni	4
Şekil 2.1 Basit bir güç freni için genel 'Moment - Güç' karakteristiği	5
Şekil 2.2 Basit bir prony freni çalışma prensibi	8
Şekil 2.3 Göstergeli bir prony freni çalışma şekli	9
Şekil 2.4 Baskı yapan bandlı fren	11
Şekil 3.1 Açık sistem çalışan hidrolik bir dinamometre (Su freni)	14
Şekil 3.2 Kapalı sistem olarak çalışan hidrolik bir dinamometre (Su freni) .	15
Şekil 3.3 Bir su freninin rotor ve statorünün aksenel kesiti	17
Şekil 3.4 Junkers turbülanslı su freni için Güç karakteristiği	23
Şekil 3.5 Froude-krup su freni için güç karakteristiği	23
Şekil 4.1 İmalatı gerçekleştirilen su freninde moment üzerinde etkili olan yüzeyler.(Alın ve çevre yüzeyleri)	26
Şekil4.2 Değişik Kalitelerdeki Yağların Sıcaklığa Bağlı Olarak Viskozite Değerleri	36
Şekil 4.3 İmalatı gerçekleştirilen su freninden genel bir görünüş	37
Şekil 4.4 İmalatı gerçekleştirilen su freninden ayrı bir görünüş	37
Şekil 5.1.1. Giriş dinamosunun (elektrik motorunun) kalibre edilmesi	38
Şekil 5.1.2 .Çıkış dinamosunun (imalatı gerçekleştirilen su freninin) kalibre edilmesi	39
Şekil 6.1.1. SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 940 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak momentin değişimi.....	45
Şekil 6.1.2. SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak, 1210 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi	46
Şekil 6.1.3. SAE 10 Numaralı yağ kullanıldığında 1470 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi	47

Şekil 6.1.4. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 940 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi	48
Şekil 6.1.5. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 1210 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi	49
Şekil 6.1.6. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 1470 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi	50
Şekil 6.1.7. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 940 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi	51
Şekil 6.1.8. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 1210 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi	52
Şekil 6.1.9. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 1470 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi	53
Şekil 6.2.1. SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 2 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi	54
Şekil 6.2.2. SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 3 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi	55
Şekil 6.2.3. SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 4 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi	56
Şekil 6.2.4. SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 5 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi	57
Şekil 6.2.5. SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 6 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi	58
Şekil 6.2.6. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 2 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi	59
Şekil 6.2.7. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 3 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi	60
Şekil 6.2.8. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 4 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi	61
Şekil 6.2.9. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 5 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi	62
Şekil 6.2.10. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 6 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi	63

Şekil 6.2.11. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 2 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.....	64
Şekil 6.2.12. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 3 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.....	65
Şekil 6.2.13. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 4 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.....	66
Şekil 6.2.14. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 5 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.....	67
Şekil 6.2.15. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 6 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.....	68
Şekil 6.3.1. SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak, 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.....	69
Şekil 6.3.2. SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak, 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.....	70
Şekil 6.3.3. SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.....	71
Şekil 6.3.4. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.....	72
Şekil 6.3.5. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.....	73
Şekil 6.3.6. SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.....	74
Şekil 6.3.7. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.....	75
Şekil 6.3.8. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.....	76
Şekil 6.3.9. SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.....	77

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 5. Farklı kalitelerdeki yağların 15°C ve 100°C'de dinamik viskosite, kinematik viskosite ve özgül kütle değerleri	40
Tablo 6.1.1 SAE 10 Numaralı yağ için 940 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri.....	45
Tablo 6.1.2 SAE 10 Numaralı yağ için 1210 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri.....	46
Tablo 6.1.3 SAE 10 Numaralı yağ için 1470 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri	47
Tablo 6.1.4 SAE 20 Numaralı yağ için 940 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerler.....	48
Tablo 6.1.5 SAE 20 Numaralı yağ için 1210 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri	49
Tablo 6.1.6 SAE 20 Numaralı yağ için 1470 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri	50
Tablo 6.1.7 SAE 30 Numaralı yağ için 940 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri.....	51
Tablo 6.1.8 SAE 30 Numaralı yağ için 1210 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri	52
Tablo 6.1.9 SAE 30 Numaralı yağ için 1470 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri	53
Tablo 6.2.1 SAE 10 Numaralı yağ için 2 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	54
Tablo 6.2.2 SAE 10 Numaralı yağ için 3 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	55
Tablo 6.2.3 SAE 10 Numaralı yağ için 4 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	56
Tablo 6.2.4 SAE 10 Numaralı yağ için 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	57
Tablo 6.2.5 SAE 10 Numaralı yağ için 6 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.....	58

Tablo 6.2.6 SAE 20 Numaralı yağ için 2 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	59
Tablo 6.2.7 SAE 20 Numaralı yağ için 3 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	60
Tablo 6.2.8 SAE 20 Numaralı yağ için 4 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	61
Tablo 6.2.9 SAE 20 Numaralı yağ için 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	62
Tablo 6.2.10 SAE 20 Numaralı yağ için 6 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	63
Tablo 6.2.11 SAE 30 Numaralı yağ için 2 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	64
Tablo 6.2.12 SAE 30 Numaralı yağ için 3 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	65
Tablo 6.2.13 SAE 30 Numaralı yağ için 4 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	66
Tablo 6.2.14 SAE 30 Numaralı yağ için 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	67
Tablo 6.2.15 SAE 30 Numaralı yağ için 6 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri	68
Tablo 6.3.1 SAE 10 Numaralı yağ için 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.....	69
Tablo 6.3.2 SAE 10 Numaralı yağ için 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.....	70
Tablo 6.3.3 SAE 10 Numaralı yağ için 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.....	71
Tablo 6.3.4 SAE 20 Numaralı yağ için 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.....	72
Tablo 6.3.5 SAE 20 Numaralı yağ için 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.....	73
Tablo 6.3.6 SAE 20 Numaralı yağ için 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.....	74

Tablo 6.3.7 SAE 30 Numaralı yağ için 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.....	75
Tablo 6.3.8 SAE 30 Numaralı yağ için 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.....	76
Tablo 6.3.9 SAE 30 Numaralı yağ için 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.....	77



SEMBOLLER LİSTESİ

r	: Yarıçap (m)
f	: Sürtünme kuvveti (N.m)
F	: Gösterge değeri, Uygulanan kuvvet. (N)
R	: Fren moment kolu uzunluğu. (m)
P	:Güç (kW)
M_d	: Prony freni döndürme momenti (N.M)
L	: Moment kolu uzunluğu (m)
ω	: Açısal hız (1/s)
n	: Devir sayısı (d/d)
N_k	: Karterin dönmesi için gerekli güç. (kW)
n_k	: Karterin devir sayısı (d/d)
M_k	: Karterin döndürme momenti (N.m)
G	:Rotor toplam ağırlığı (kg)
D	:Rotor dış çapı (m)
I	:Rotorun eksene göre kütle atalet momenti (kg.m ²)
α	: Açısal ivme (1/s ²)
t_s	:Kavramanın nominal çalışma devrine çıkma süresi. (s)
s	:Kayma oranı
n_d	:Tahrik motorunun Devir sayısı (d/d)
μ	:Akışkanın viskozite değeri. (kg.s/m ²); (dyn.s/cm ²)
u	:Çevresel hız (m/s)
b	:Kanatlar arası boşluk (m)
τ	:Akışkanın kayma gerilmesi (N/m ²)
A	:Sürtünme yüzeyleri alanı (m ²)
M	:Geliştirilen su freninin momenti (N.m)

BÖLÜM-I

GİRİŞ

Hızla gelişen, çağın teknolojik yeniliklerini takip eden günümüzdeki dünya ülkeleri, teknik gelişmenin daha illeri bir seviyede organizasyonunu araştırmışlar, dolayısıyla enerjide güç faktörünün önemini vurgulamak ihtiyacını duymuşlardır.

Gelişme yolundaki ülkelerden biri olmamız nedeniyle çok hızlı bir teknoloji dünyasına ayak uydurabilmemiz için enerjide güç ve güç ölçme metodları bizim içinde önem arz etmektedir.

Bir memleketin sanayi bakımından gelişmesi sadece kurulan fabrika, tesisat veya makina gruplarına bağlı olmayıp, bu hususta yazılmış ve yayınlanmış olan çeşitli kitap, literatür ve bunların özünede bağlıdır. İnsanoğlunun, üretimde kas gücü yerine makinaları kullanması 18. yüzyılda James Waat'ın buhar makinasını icadıyla başlar. Bu dönemde makinalarda enerji kaynağı olarak kömürün kullanıldığı görülmektedir. İçten yanmalı motorların icadıyla, enerji kaynağı olarak kömürün yerini petrol almıştır. 1920'li yıllarda dünya enerji üretiminde %80 payı olan taş kömürü ve linyit'in enerji üretimindeki payı %30' lara düşmüştür. Buna karşılık petrol ve doğalgazın enerji üretimindeki payı sırasıyla %20 ve %50'lere yükselmiştir. Diğer taraftan gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişmeleri, enerji talebindeki artış ve kişi başına düşen enerji tüketimi ile değerlendirilmektedir. Uzun bir süre, özellikle ortadoğu ülkelerinde büyük miktarlarda üretilen ham petrolün nimetlerinden, gelişmiş ülkelerin faydalandığı görülmektedir.

Günümüzde ise dünya nüfusunun yaklaşık %70'ini besleyen ve kalkınmakta olan ülkelerin sanayileşme yolundaki çabaları sonucu, enerji talebi hızla artmıştır. Bu durum dünya petrol kaynaklarının zorlanmasına ve buna bağlı olarak enerji fiyatlarının hızla artmasına sebep olmuştur.

Bu gerçekler kalkınmış ve kalkınmakta olan ülkelerde artan enerji talebini karşılayabilmek için, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki araştırmaların hızlandırılmasına sebep olmuştur. Diğerk taraftan bu ülkeler, sanayi, tarım ve ulaştırma sektörlerindeki gelişmelerin yeterli enerji kaynaklarına yönlendirilmesi içinde oldukça büyük yatırım programlarını uygulamaya koymuşlardır.

Tüm bunların yanında kaliteli ve kullanılabilir yakıtlar ile seyretmekte olan makina veya ölçümü gerçekleştirilecek ölçü aletinde iyi düşünülüp, tasarlanıp dizayn edilmesi, sonuçta yüksek bir verim ve uzun çalışma süresi boyunca özelliğini kaybetmemesi gerekir.

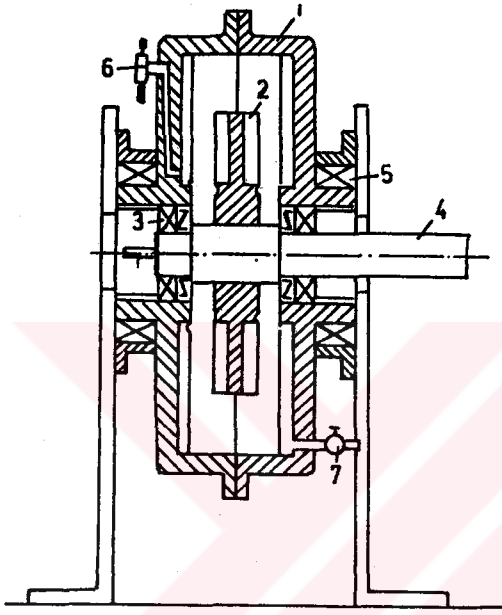
Bir makinanın verimi, insanoğlunun o makinadan faydalanabilme oranına bağlıdır. Bunu sağlayabilmek içinde, makinanın uygun malzeme, uygun konstrüksiyon ve iyi bir şekilde projelendirilip dizayn edilmesine bağlıdır. Bunların yanında, bir de iyi bir g kontrolünden de geçirilmesi şarttır.

İşte bunun için, makinalar kullanılmadan önce mutlaka çalışma şartları gözlenir ve buna göre verimi incelenir. Bununla birlikte tüm kayıpların gözönünde bulunması gerekir. Bir makinanın verimi g ile mukayese edildiğinden tüm sanayi tesislerinde g önem arz etmektedir.

Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünde 6000 (d/d) ve 9 (kw)'ya kadar küçük içten yanmalı motorların motor momentini ölçmek için geliştirilmiş "TD-15" hidrolik tip bir dinamometre yani su freni geliştirilmiştir.

Dinamometrenin su freni kısmı, i yüzeyinde kanatlar bulunan ve kısmen su ile dolu karter içerisinde dönebilen, kanatlı bir fandan ibarettir. Fan, karterdeki bilyalı yataklar üzerinde serbestçe dönebilen paslanmaz elik bir şaft üzerinde monte edilmiştir. şaft bir ucunda esnek kavrama ile motora, diğerk ucundan gene esnek bir kavrama ile mekanik takometreye direk olarak

bağlanmıştır. Karter ise oynak bilyalı yataklar üzerinde serbestçe salınabilmektedir. su frenine su giriş ve çıkışı, dirençleri ihmal edilebilecek 10 mm çapında esnek hortumlarla sağlanmıştır. Su girişi, iğne valf, su çıkışı sürgülü vana ile kontrol edilmektedir. İğne valfin bir miktar açılması ile frene suyun giriş ve çıkış debileri bozulur. Su giriş ve çıkış debileri dengeye gelinceye kadar, karterdeki su seviyesi yükselir.



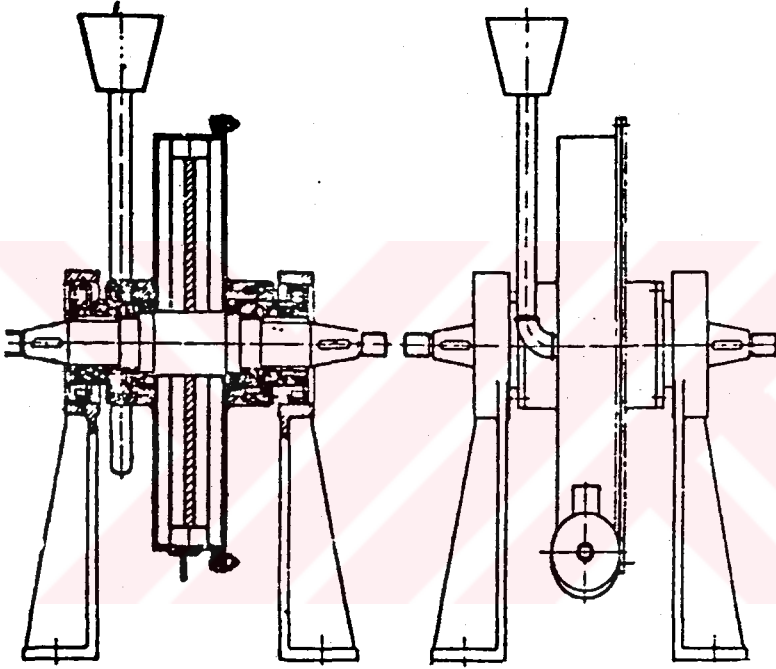
- 1- Gövde (Stator)
- 2- Rotor
- 3- Tane bilyalı rulman
- 4- Mil
- 5- Oynar bilyalı rulman
- 6- Doldurma vanası
- 7- Boşaltma vanası

Şekil 1.1- Anadolu Üniversitesinde Konstrüksiyon ve Dizaynı Yapılmış 9 (kW) güç ve 6000 (d/d)'ya kadar motorların momentini ölçen bir su freni.

Bu durumda fanın daha büyük bir kısmı su ile temasta olduğundan, fana uygulanması gereken moment'te artar. Diğer bir deyişle motora uygulanan yük, iğne valf ile kontrol edilen su debisi ile ayarlanmaktadır. Fan ile karter arasında sürüklenen su, oynak bilyalı yataklar üzerindeki karteri de beraberinde sürüklemeye çalışır. Kartere uygulanan motor momenti, karter çevresine bağlanarak karşı ağırlıkla dengelenmiş 20 (Nm)'ye kadar moment ölçebilen dinamometreden okunmaktadır. Sistemde motor yükü, karter ile fan arasında sürüklenen su tarafından yutularak ısıya dönüşür. Bu nedenle sistemin dengeli çalışabilmesi için, sisteme giren suyun sıcaklığının, çıkışta 60 °C'yi

geçmeyecek şekilde ayarlanması gerekmektedir. (M. R. Uğurlubilek, B. Kuşhan ,1989)

İ.T.Ü de 50 (BG)'lik güçlere kadar olan traktör motorlarının güç karakteristiklerini muayane etmek üzere geliştirilmiş bulunan kaynak konstrüksiyon su freni görülmektedir. Kaynak konstrüksiyonunun düzgünlüklerini izale etmek maksadıyla yataklar sarkaç tipi rolmanlarla teçhiz edilmiştir. (İ. H. Öz. 1967)



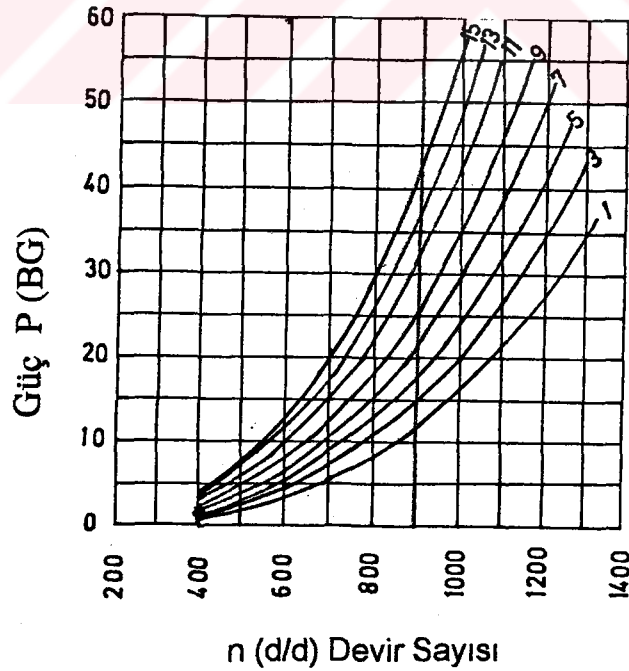
Şekil 1.2 - İ.T.Ü'de 50 (PS) 'ye kadar motorların gücünü ölçen bir kaynak konstrüksiyon su freni.

BÖLÜM-II

GÜÇ FRENLERİ

2.1.Giriş:

İmalatı sona ermiş termik bir makina atelyeden alınmadan önce denenmek amacıyla güç kontrolünden geçirilir. Yani motor performansının ölçülmesi gerekir. Performansı ölçülen makina, elektriki tesislerde kullanılmadığı zaman gücünün kontrolü bir fren vasıtasıyla yapılır. Bu güç frenleri mekanik, mekanik veya hidrolik olarak çalışır. Mekanik tip güç frenleri, nispeten alçak devirlerde ve ancak küçük güçlerde kullanılabilirler. Bu frenlerde gücü ölçülecek olan makina şaftının uygun bir yeri, bir mengene içine sıkıştırılmaktadır. Bu mengenenin diğer tarafına, makinanın dönme momentinin aksi yönünde bir moment tatbik edilmektedir. Dengenin tespit edilmesi halinde makinanın gücü bulunmuş olur. Bazı tip mekanik frenlerde mengenenin yerine şaft üzerine bir kaç defa sarılmış uygun bir ebatta halat kullanılmaktadır.



Şekil 2.1 - Basit bir güç freni için genel 'Moment - Güç' karakteristigi.

En basit mekanik frenler;

1. Prony Freni,
2. Bandlı Fren ve
3. Hava Freni dir.

Motor performansının ölçülmesinde en önemli basamak motor çıkış momentinin ölçülmesidir. Motorun çıkış milinden alınan gerçek ve kullanılabilir momentin ölçülmesinde kullanılan cihazlara "Dinamometre" veya "Fren" denilmektedir.

2.2. Prony Freni:

Motor çıkış milindeki momentin ölçülmesinde kullanılan ilk araçlardan bir tanesi "Prony" frenidir. Prony freni ile motor çıkış gücü ölçülürken, frenin kasnağı, çıkış gücü ölçülecek motorun krank miline kamalı olarak bağlanır. Kasnağın etrafındaki band bir ayar kolu vasıtasıyla sıkıştırılabilir. Bandın sıkıştırılma miktarı, kasnağın çevresi boyunca etki eden ve dönmesine karşı koyan sürtünme direncini belirler. Band ve onun dönme yüzeyinin sınırlı bir açı dışındaki hareketi, terazinin ölçme yüzeyi ve fren çerçeve kolu tarafından önlenmektedir.

İş, yol ile kuvvetin aynı yol üzerindeki bileşkesinin çarpımı olduğundan, shaftın bir defa dönmesi sırasında kasnağın çevresi, sürtünme direncine karşı $(2 \cdot \pi \cdot r)$ kadar yol alır. Bu nedenle her bir devirdeki iş;

$$W = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot f \dots\dots\dots (2.1)$$

Burada;

r : Kasnağın yarıçapı (m)

f : Sürtünme kuvveti (N)

Diğer yandan frenin dış momenti, göstergede okunan "F" değeri ile "R" kolunun çarpımı olup, motorun belirlenen çevirme momentini tam olarak karşılamak, yani dengelemek zorundadır.

Buda;

$$r \cdot f = R \cdot F$$

Böylece bir devir için yapılan iş;

$$W = 2 \cdot \pi \cdot F \cdot R \dots\dots\dots(2.2)$$

Şayet motor n(d/d)'lik bir hızla çalışıyorsa; o zaman dakikada yapılan iş

$$W = 2 \cdot \pi \cdot F \cdot R \cdot n \dots\dots\dots(2.3)$$

Birim zamanda yapılan iş güç olduğuna göre;

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot F \cdot R \cdot n}{60} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$P = \frac{\pi \cdot F \cdot R \cdot n}{30 \cdot 1000} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$P = \frac{M \cdot n}{9550} \dots\dots\dots(2.6)$$

Burada;

R : Fren moment kolu uzunluğu (m)

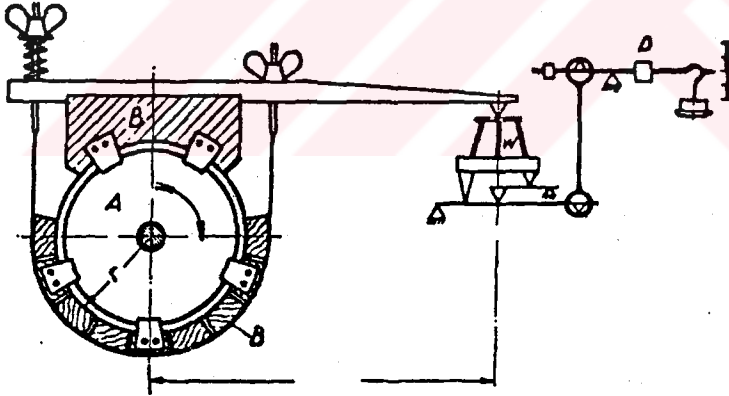
F : Göstergeden okunan kuvvet (N)

n : Motorun devir sayısı (d/d)

P : Güç (kW)

M_d: Döndürme momenti (N.m)

Prony freninde, motor tarafından verilen enerji, sürtünme yoluyla ısıya dönüşür. Bu durumda motorun volanına veya iş miline bağlı bulunan bir kasnağa basan takozlar kasnağı dönmekten alıkoymaya çalışır, yani motoru frenler, sonuçta kasnakta frenleme kuvvetine eşit bir kuvvetle takozu beraber sürüklemeye çalışır. Şekil 2.2' de görüldüğü gibi, iş miline kamalı olarak geçmiş olan A kasnağı üzerine bastırılan B takozları kasnak tarafından sürüklenmeye zorlanır. Eğer takozların bağlı bulunduğu sistem dönmeye karşı alıkonursa, kasnakla takozlar arasındaki izafi hız ve baskı kuvvetine bağlı olarak motor belli bir oranda frenlenir. Motorun milini belli bir oranda frenlemeye çalışan momentle orantılı kol kuvvetinin değeri, takozların bağlı bulunduğu sisteme ait kolun (L) terazi üzerine bastırılması ile ölçülür. Motorun miline "Prony" freni vasıtasıyla tatbik edilen moment, takozları kasnak üzerine az veya çok bastırmak süretiyle ayarlanabilir. Bu şekilde sol taraftaki kelebek somunlu vidayı sıkıp gevşetmek süretiyle moment ayarlanır. Yüklemenin darbesiz olabilmesi için kelebek somunun altına darbeleri alabilecek bir yay konulmuştur.

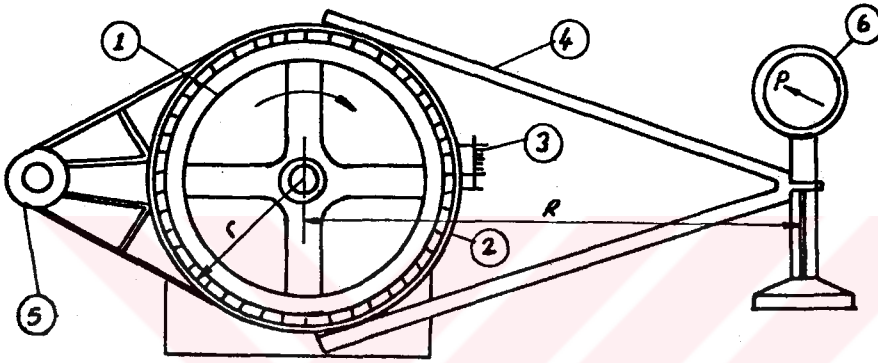


Şekil 2.2 - Basit bir prony freni çalışma prensibi.

Prony freni; maksimum 100 (BG)'ye kadar Güç ve $1000(d/d)$ 'yi geçmeyen motorların gücünü ölçmede kullanılır. Bu tip frenlerde, motor volanını saran frenleme şeridinin içinde sürtünme katsayısı yüksek frenleme papuçları, frenleme miktarını saptayan baskül ve bağlantı kolları vardır.

Motor tam gazda ve yüksüz olarak en yüksek devire çıkarılır. Sıkma vidaları yavaş yavaş sıkılarak motor yüklenir. Motorun devri düşmeden çıkabileceği en büyük yük baskülde bulunur. Saptanan değerler aşağıdaki formüller uygulanarak motorun ölçme devrindeki faydalı gücü hesaplanır.

Burada kuvvet, volanı döndürmeye çalışan ve volan çemberine teğet olduğunu kabul ettiğimiz iç kuvvettir. Yol ise volan yarıçapı uzunluğu (r) dir.



Şekil 2.3 - Göstergeli bir prony freni çalışma şekli.

Motorun döndürme momenti;

$$M_d = F \cdot R \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Aynı zamanda; bu moment mili döndürmeye çalışan çıkış gücü ile doğru orantılıdır. Yani;

$$M_d = F \cdot R \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Volan dakikada n devir ile dönsün, buna göre faydalı gücü ölçmemize yarayan formülü çıkaralım: Volan bir devir yaptığı zaman alınan yol volanın çevresine eşittir. Öyleyse;

$$Yol = 2 \cdot \pi \cdot r$$

Böylece n devirde yapılan iş;

$$W = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot F \cdot n \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

$$W = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot F \cdot n \dots\dots\dots(2.10)$$

Güç; birim zamanda yapılan iş olduğuna göre;

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots(2.11)$$

$t = 60$ (sn) olduğundan;

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot F \cdot n}{60} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot F \cdot R \dots\dots\dots(2.13)$$

$$P = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot F \cdot R \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} ; \quad M_d = R \cdot \omega$$

$$P = \omega \cdot M_d \dots\dots\dots(2.15)$$

Burada;

R : Moment kolu uzunluğu (m)

F : Dinamometreden ölçülen Kuvvet (N)

ω : Açısal hız (1/s)

P : Güç (kW)

M_d : Döndürme momenti (N.m)

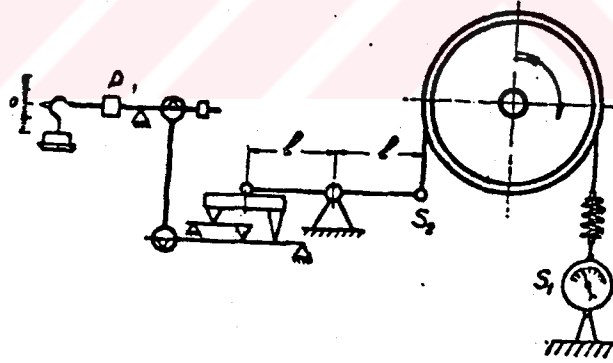
Yukarıda görüldüğü gibi, verilen bir motor sabit hızında ve sabit bir güçte iken " $F \cdot R$ " ifadesi fren kolunun uzun yada kısa olmasına bağlı olmaksızın sabit ve eşittir. Kol uzatıldıkça F 'nin sayısal değeri düşecek, kol kısaltıldıkça F 'nin sayısal değeri yükselecektir. " $F \cdot R$ " sayısal değeri "TORK" yada "FRENLEYİCİ MOMENT" olarak adlandırılır. Tork, bükme yada döndürme momenti olup, kuvvetin döndürücü etkisinin bir ölçüsüdür.(H. P. Andersen.)

Güç, söz konusu motorun birim zamanda yaptığı işi gösterirken, tork motorun iş yapabilme yeteneğini belirler.

2.3. Bandlı Fren:

Bandlı frenlerde fren bandı, bez veya deri kayıştan yapılır. Deri kayış kullanılması halinde, kayış üzerine otomobil frenlerinde kullanılan balatalardan da perçinlenebilir. Perçinin kasnak yüzeyini aşındırmasını önlemek için perçin başlarının balata yüzeyinden 2 ila 3 mm derinlikte bırakılmasına dikkat edilmelidir.

Bez kayış kullanılması halinde bezin iyice yağ emmiş olması temin edilmelidir. Sert ağaç, kasnağın çabucak aşınmasına sebep olabilir. Kasnak yüzeyinin aşınmasını azaltmak, takoz ve balata yüzeylerinin yanıp koklaşmasını önlemek için sürtünmeli frenlerde yüzey basıncı $10 \text{ (N/Cm}^2\text{)}$ 'den daha büyük alınamaz. Daha büyük momentlerin frenlenmesinde kayışların yerine, kasnak üzerine birkaç defa sarılan bez halatlar kullanılır.



Şekil 2.4- Baskı Yapan Bandlı Fren

Güç ölçümünün hassasiyeti, momentin ve devir sayısının ölçümüne bağlıdır. Moment, kuvvet ve kuvvet kolu ile belirtilmiştir. Terazi ve takometre genel olarak hazır ve pratik maksatlara yetecek hassasiyette olduğuna göre dikkat etmemiz gerekli husus, frenin iyi bir şekilde dengelenmiş olmasıdır. Yani; terazi üzerinde ölçtüğümüz kuvvetin sadece motor tarafından hasıl edilmiş olan

kuvvet olması gerekir. Bunun için, ya düşey istikamete nazaran, statik olarak dengelenmiş, yani sağ tarafı sol tarafına nazaran eşit momentle yüklenmiş bulunan bir fren yapılır. Veyahutta fren kolunun darası ölçülür.

Dikkat edilmesi gereken ikinci husus, moment kolu uzunluğunun dikatli olarak ölçülmesi ve moment kolunun terazi üzerinde dik istikamette basmasıdır. Moment kuvvetin dönme eksenine olan mesafe olarak alınır. Bu mesafe kuvvetin tatbik eksenine dik olarak ölçülmelidir.



BÖLÜM - III

HİDROLİK DİNAMOMETRELER VE SU FRENLERİ

Enerji üreten makinalar, yapılış tarzlarına ve amaçlarına göre, silindir hacimleri, güçleri ve devir sayıları bakımından çok çeşitlidirler. Bu kadar çok yapı ve işletme özelliklerine sahip motorların birbiri ile kıyaslanabilmesi ve özelliklerinin belirtilebilmesi için işletme büyüklükleri ve karakteristiklerinin iyi tespit edilmesi gerekir. Bunun için, motorların denenmesi, yani çeşitli işletme büyüklüklerinin ölçülebileceği bir deney tesisatına bağlanarak yüklenmesi ve gerekli büyüklüklerin ölçülmesi gerekir. Yükleme, motor iş miline bir karşı moment tatbik edilmesidir. Buda ancak bir mekanik fren veya hidrolik dinamometre vasıtasıyla olur.

Termik makinalarda gücün bir fren vasıtasıyla tespiti istenmediği zaman yalnız hidrolik frenler kullanılır. Hidrolik frenler, "Hidrolik Dinamometre" veya "Su Freni" olarak adlandırılır.

3 .1.Hidrolik Dinamometreler.

Dinamometreler uygun göstergelerle moment, hız ve güç çıkışlarını ölçmek için kullanılan, enerji dönüştürücüler olarak bilinirler. Akışkan sürtünmeli tipte yapılan hidrolik dinamometreler, motorun ısıya dönüşen işini gövde içinden akışkan vasıtası ile muhafaza üzerinden atmosfere atan cihazlardır.

Dinamometreler, araştırma yada üretimde, hareket üreten her türlü makinanın gücünü belirlemekte, yeni veya yenileştirilmiş motorların kabul testlerinde, ateşleme sistemleri, yakıt sistemleri vb. sistemlerin testlerinde kullanılır. Bu nedenle, içten yanmalı motorların üretim ve bakımlarında dinamometrelerin önemi ve rolü gitikçe artmaktadır.

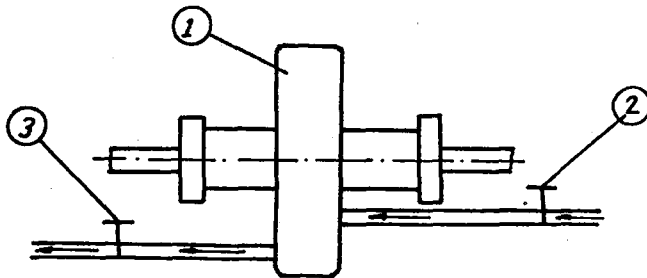
Akışkan sürtünmeli hidrolik dinamometreler, genellikle stator diskleri ile yakın aralıklarla dönen bir yada daha çok sayıda rotor disklerinden oluşurlar. Güç, rotor ve stator diskleri arasında oluşturulan sıvı sürtünmesi ile yutulur. Tork yüklerinin değişimi, diskler arasındaki sıvı hacmini değiştirmekle sağlanır.

Gücün yutulması sırasında oluşansı, dinamometre içinden akan su ile dışarı atılır. Verilen tork yükünü korumak için, güç yutma ünitesi içerisindeki suyun miktarı sabit tutulur. Suyun bu miktardaki en küçük bir değişimi, tork yükünde değişmesine sebep olur.

Güç, suyun rotorla sürtünmesi sonucu yutulduğu için, gücün yutulmasında ana etken suyun viskozitesinden çok, suyun yoğunluğudur. Viskositeye oranla yoğunluk, sıcaklıktan çok daha az etkilendiğinden bu önemli bir avantajdır. Bu nedenle iyi derecede soğutma düzenlemelerine ihtiyaç duyulmadanda sabit tork yükleri elde edilebilir Hidrolik dinamometrelerin yükleme ve soğutma suyu düzenlemeleri genellikle iki şekilde yapılmaktadır.

3.1.1. Açık sistem olarak çalışan hidrolik dinamometreler:

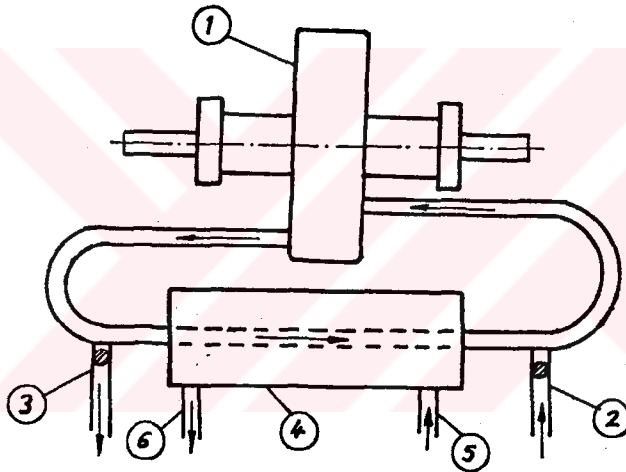
Bu sistemde, dış kaynaktan alınan yükleme suyu merkeze yakın bir yerden dinamometreye alınarak, çevreye yakın bir yerden dinamometreden atılmakta ve sistemi terk etmektedir.



Şekil 3.1 - Açık sistem çalışan hidrolik bir dinamometre (Su freni).

3.1.2. Kapalı sistem olarak çalışan hidrolik dinamometreler.

Kapalı sistemlerde güç yutma ünitesi, giriş ve çıkış kanalları birbirine bağlanarak, kapalı devre sirkülasyonu sağlanarak elde edilmektedir. Kontrol vanaları ile devredeki yükleme suyunun miktarı değiştirilebilmekte, tork yükünün sabit olarak korunması yada değiştirilmesi bu şekilde sağlanmaktadır. Çalışma suyu tarafından üretilen ısı ise, suyun bir ısı dönüştürme ünitesi içerisinden geçirilmesi sırasında alınmaktadır. Soğutma üniteleri, hava veya su soğutmaları şeklinde düzenlenebilirler. Yükleme suyunun çok hızlı bir sirkülasyonuna karşı, soğutma ünitesi çok az bir miktarda su harcamaktadır. Bukapalı sistemin bir üstünlüğüdür.



Şekil 3.2 - Kapalı sistem olarak çalışan hidrolik bir dinamometre (Su freni).

Rotor muhafazası serbestçe hareket edebilir bir şekilde yataklandırılmıştır ve kendisini durdurucu hiçbir şeyin bulunmadığı durumlarda, içerisinde bulunan suyun direncine bağlı olarak, rotorla birlikte dönebilir. Ancak rotor muhafazası, hidrolik silindir içerisinde hareket eden bir pistonun üzerine etki eden bıçak ağızlı bir kol ile donatılmıştır ve döndürücü etki burada hidrolik basınca dönüştürülerek torkmetreye iletilmektedir. Gösterge üzerinde yapılan bölüntü ile tork direk olarak ölçülebilir.

Dinamometre göstergelerinden okunan tork ve devir sayıları yardımıyla gücün belirlenmesinde aşağıdaki yol takip edilir.(H. P. Andersen)

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot F \cdot R \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

$$P = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot F \cdot R \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

$$M_d = F \cdot R$$

olduğundan,

$$P = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot M_d \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

$$P = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \frac{1}{1000} \cdot M_d \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

$$P = \frac{M_d \cdot n}{9550} \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

Burada;

P : Güç (kW)

F : Uygulanan kuvvet (N)

R : Moment kolu uzunluğu (m)

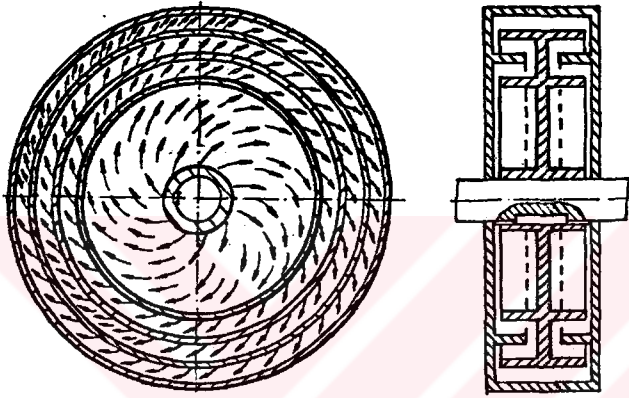
n : Dinamometrenin deviri (d/d)

M_d: Döndürme momenti (N.m)

3. 2. Hidrolik Dinamometreler Veya Su Freninin Hidrolik Kavramalar İle Olan Benzerliği :

Su freni veya hidrolik dinamometre denildiği zaman, aynı mil üzerinde bulunan ve eksenleri aynı olan dış bir karter ile iç kısmında kanatçıklar bulunan iki ana kısımdan oluşmuş bir sistem akla gelir. Su freni aynı zamanda bir kavrama olarakta düşünülebilir. Bu şekliyle tasarlandığı zaman içinde yağ miktarı sabit olan bir sistem olarak düşünülmelidir.

Su freni sistem olarak giriş ve çıkış olmak üzere iki kısımdan meydana gelir. Giriş kısmını, direk olarak bir elektrik motoru oluşturmaktadır. Giriş gücü bir kayış kasnak vasıtasıyla ana mile yani rotora iletilmektedir. Dış gövde üzerinde statöre yataklandırılmış rotor mili tahrik edildiği zaman, statör içinde bulunan akışkan, merkezkaç kuvvetlerin tesiri ile statör ve rotorun eş eksenli silindirik sürtünme yüzeyleri arasına yayılır. Dönen rotor akışkanıda merkez eksenini etrafında sürükleyerek döndürür. Dönen akışkan viskoz kuvvetlerin etkisi ile statörü döndürmeye başlar. Bu döndürme sonucunda bir enerji kazanılır.



Şekil 3.3 - Bir su freninin rotor ve statörünün aksenal kesiti.

Kazanılan bu enerji sürtünme yolu ile muhafaza kanatlarına nakledilir. Bu enerjinin tesiri ile muhafaza dönmeye başlar. Burada görüldüğü gibi, sistem için herhangi bir mekanik bağın mevcut olup olmadığından söz etmek mümkün değildir. Mevcut olan ilişki akışkan hareketiyle sağlanmaktadır.

Statörde oluşan moment elektrik motorunun momentine eşittir. Eğer arada akışkan olmazsa bu özelliği ile sistem aynen mekanik bir kavramaya benzer. Ancak aradaki fark giriş ve çıkış devirlerinin eşit olmamasıdır. Moment iletiliği süre içerisinde çıkış milinin deviri, giriş milinin devirinden küçüktür. Su frenlerine benzer tipte çalışan hidrolik kavramalarda bir kayma oranı mevcuttur. Bu oran %1 ila %3 arasındadır. Buna kavramanın kayması denir.

Frenin rejim halinde çektiği güç, kalkış anında çektiği güçten oldukça düşüktür. Zira bu güç yalnızca hidrolik sürtünme momenti ile orantılıdır. Kalkış anında ise hem sürtünme momenti yenilecek ve hemde akışkan kütleleri hızlandırılacaktır. Bu yüzden harekete geçen akışkan kütlelerinin stator eksenine göre kütle atalet momentlerinden oluşan dirençleride yenmesigerekir. Fren rejim haline geçince direnç sıfırdır.

Dış gövde içerisinde dönen kanatçıkların yada iç diskin tahrik makinasında gerektirdiği güç, moment ve devir sayısı ile doğru orantılıdır.

(A. İnan, A. Esin. 1983)

$$N_k = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_k}{60} \cdot M_k \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

$$M_k = \frac{1}{2} \cdot G \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \alpha \quad ; \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t_s}$$

$$M_k = \frac{1}{2} \cdot G \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \frac{\omega}{t_s} \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

$$M_k = \frac{1}{2} \cdot G \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \frac{\pi \cdot n_k}{30 \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

$$N_k = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_k}{60} \cdot \frac{1}{2} \cdot G \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \frac{\pi \cdot n_k}{30 \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots(3.10)$$

$$N_k = \left(\frac{\pi \cdot n_k}{30}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot G \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \frac{1}{t_s} \quad \dots\dots\dots(3.11)$$

$$N_k = \left(\frac{\pi \cdot n_k}{30}\right)^2 \cdot \frac{1}{8} \cdot G \cdot \frac{D^2}{t_s} \quad \dots\dots\dots(3.12)$$

Burada;

N_k : Karterin döndürülebilmesi için gerekli güç (w)

G : Karterin ağırlığı (kg)

D : Karterin çapı (m)

α : Açısal ivme ($1/s^2$)

ω : Açısal hız ($1/s$)

t_s : Kavramanın nominal çalışmaya geçmesi için geçen süre (s)

M_k : Rotor kütle atalet momenti ($Kg.m^2$), (N.m)

n_k : İçteki volan yani kanatçıkların devir sayısı.

n_d : Tahrik makinası yani elektrik motorunun devir sayısı.

Devir sayılarının farkının yüzdesi kayma oranını verir. Kayma oranını "s" ile gösterirsek;

$$s = \frac{n_d - n_k}{n_d} \dots \dots \dots (3.13)$$

veya

$$s = 1 - \frac{n_k}{n_d} \dots \dots \dots (3.14)$$

Kayma oranının hasıl olabilmesi için, akışkanın kanatçıklardan dolayı meydana getirdiği sürtünme kuvvetinin, gövdeyi hareket ettirecek oranda olması gerekir. Kanatlar ve gövde arasındaki hızın aynı olması halindede sürtünme sıfır olur. Bunun sonucundada güç iletimi sağlanamaz.

Konuyu yalnızca mühendislik uygulamaları açısından ele alırsak, belli bir devir ve belli bir torkun uygun bir süre içerisinde giriş milinden çıkış miline aktarılması sırasında akışkan özelliklerinden dolayı tork da meydana gelebilecek değişimleri incelemektir. İnceleme kolaylığı açısından aşağıdaki parametreler iyi tespit edilmelidir. (A. İnan, A: Esin., 1983)

- 1- Giriş milinin deviri,
- 2- Kullanılan akışkanın viskosite veya yoğunluğu.
- 3- Çalışma esnasında akışkanın çıkmış olduğu maksimum yükseklik,
- 4- Kanatçıklar arasındaki boşluk.

Bu parametrelerin sistemin özelliklerine etkisi, birbirinden bağımsız olmadığından etki derecelerinin teorik olarak saptanması mümkün değildir. Dolayısı ile yarı ampirik ve sonuçlara gitmek için bazı kabuller yapmak gerekir.

Sisteme benzersiz özellikleri veren, kanatlar arasındaki akışkan tabakasının girişi olduğu kesindir. Akışkan tabakası ile kanatlar arasındaki girişim, giriş milindeki momentin kanatlara aktarılmasına neden olur. Bu moment, kanatlar vasıtası ile çıkış miline yani gövdeye nakledilir ve gövde dönmeye başlar. Böylece giriş milinden çıkış miline güç aktarılmaya başlamış olur. Aktarılan bu güç, gövdeye bağlı moment kolu vasıtası ile önce sistemin taşıyabileceği frenleyici döndürme momenti olarak hesaplanır. Bu moment değerinden gidilerek, sistemin ölçebileceği güç hesaplanabilir.(A. İnan, A. Esin. 1983)

3. 3. Su Freni Ve Çeşitleri:

3.3.1. Bir su freninin genel çalışma prensibi:

Su freninin esas kısmı, daire kesitli bir karter ile bunun içinde dönen bir veya birkaç diskten meydana gelmiştir. Çalışma esnasında tahrik motoru veya türbin tarafından döndürülen çark, karter içindeki suyun birlikte dönmesini sağlamakta, bu suretle harekete geçen herhangi bir akışkan veya su kütlede sürtünmeler sebebi ile karteri döndürmeye çalışır. karterin döndürme hareketi, kartere bağlı bir moment kolu yada dengeleme çubuğu vasıtası ile bu kola bağlı teraziye ağırlık koymak yani ters yönde bir moment oluşturarak önlenmektedir. Tam denge sağlanması halinde teraziye konulmuş ağırlıkların etkisi ile meydana gelen engelleyici moment ile momentin ölçüldüğü andaki devire ait açısal hızın çarpımı giriş mili gücünü vermektedir. Bu sebeple, moment ve devir sayısı ölçülebilen büyüklükler olmasına rağmen, güç hesap sonucu bulunan bir büyüklüktür.

Su frenlerinin ilk yapılanlarında diskler düz paletliydi. Bunlarda güç ayarı, karter içindeki su miktarının değiştirilmesi ile sağlanmaktadır. Daha sonraları çarkın suyla daha fazla temasını sağlamak için kanatçıklı bir şekilde yapılmalrı daha uygun görülmüştür. Ayrıca karter içerisine suyun dönmesine karşı koyacak şekilde sabit kanatlar yerleştirilmiştir. Uygun bir tertibat yardımı ile bu kanatların durumu değiştirilebilir. Yani frenleme işi, ölçülecek güce göre ayarlanmış olur.

Su ile disk arasındaki sürtünme sebebi ile dönme esnasında disk suyu beraberinde suruklemeye çalışır. Diğer taraftan su içinde bulunduğu muhafazanın cidarları ile temasta olduğundan cidarı beraberinde götürmeye çalışır. Böylece, eğer gövde sarkaçvari yani dönebilecek bir şekilde yataklanmışsa rotordan suya intikal eden momentin değerini, kartere bağlı teraziye ağırlıklar koymak suretiyle okumak mümkün olur. Bunun için gövdeye bir moment kolu tespit etmek ve bu kolun bir teraziye basmasına müsaade etmek gerekir. Böylece, moment koluna asılacak olan kütleler ile de moment ölçülebilir.

Su frenlerinde genel olarak, kuvvet makinasının miline bağlanmış bulunan diskin enerjisi sürtünme yolu ile karterin içindeki akışkana nakledilir. Dolayısı ile muhafaza içinde bulunan akışkan kütlesi ısınır. Bunun için muhafaza içinde bulunan akışkanın devamlı olarak değiştirilmesi gerekir. Taze su girişi tevzi yerinin, dönme eksenine en yakın, yani en küçük basıncın hüküm sürdüğü bir yerden muhafaza içerisine doldurulması sağlanmalıdır. Disk tarafından muhite doğru savrulan ve aynı zamanda ısınan akışkanın mühite en yakın bir yerden dışarıya atılması gerekir. (Bu nokta merkezden en uzak, çevreye en yakın olmalıdır.)

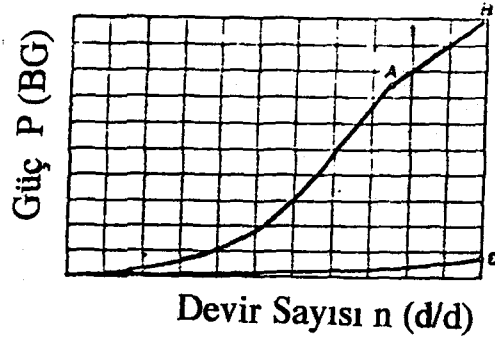
Hidrolik dinamometre veya su frenlerinde genellikle su kullanılır. Bununda gerçek ve temel nedeni suyun bol ve istenildiği zaman bulunmasıdır.(İ. H. Öz 1967)

3. 3.2. Junkers türbülanslı su freni:

Junkers turbulanslı su freninde, rotor üzerine tespit edilmiş olan radyal kanatlar sayesinde suya kuvvetli bir türbülans hareketi verilir. Böylece rotora verilen enerji ısıya dönüşür. Junkers türbülanslı su freninde, rotordan suya ve sudan gövdeye geçen moment muhtelif şekillerde ölçülür.

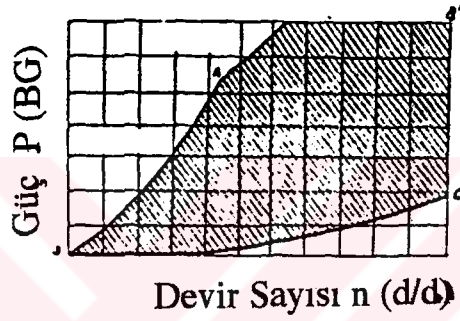
Junkers türbülanslı su freninin en büyük mahsuru alçak devirlerde yutulabilen gücün çok küçük olmasıdır. İkinci mahsur fren içerisindeki su kuşağı derinliğinin sabit kalmasıdır. Yukarda izah edilen frenin sağlamış olduğu mukavim momentin değeri, su kuşağı derinliğinin çok küçük bir değişimi bile momentte büyük bir değişmeye sebep olabilir. Dolayısı ile motorun yük ve devir sayısı sabit kalmaz. Motorun karakteristik eğrileri çıkarılırken yük ve devir sayısının her deney için sabit kalması gerekir. Su freninde bu durumu sağlamak için düşünülmesi gereken ilk husus suyun frene sabit basınç altında girmesini sağlamaktır.(İ. H. Öz. 1967)

Junkers türbülanslı su freninde suyun girişi, şamandra ile kumanda edilen sabit bir seviye kabı kullanılarak sağlanır. Bu da junkers türbülanslı su freninin diğer su frenlerinden farklı olan en belirgin özelliğidir. Bu seviye kabı sayesinde, frenin ayarlanan yük civarında, su kuşağı derinliğinin sabit kalması sağlanır. Yani bu kap, bir yük regülatörü vazifesi görür. Huni şeklinde olan bu kap bir cidarla üç bölmeye ayrılmıştır. Bu cidarlardan birisi belli bir istikametteki, diğeri aksi bir yöndeki dönüş esnasında frene giren suyun miktarını kumanda eder. Mukavim momenti artırmak için su kuşağı derinliğini, yani frenin içerisine giren suyun miktarını artırmak lazımdır. Bu ağızlık sayesinde bu miktar otomatik olarak sağlanır.



Şekil 3.4 - Junkers turbülanslı su freni için Güç karakteristiği.

3.3.3. Froude - krupp su freni:



Şekil 3.5 - Froude-krup su freni için güç karakteristiği.

Froude - krupp su freninde, sarkaç yataklar üzerinde bulunan bir muhafaza mevcut olup, muhafazanın iç kısmına, üzerinde kaşık şeklinde cepler bulunan iki astar yerleştirilmiştir. Bu astar gövde ile civatalanmış vaziyettedir. İç kısımda rotorun her iki yüzeyinde gövdedekine benzer cepler vardır. Su tevzi borusundan gelen su, rotorun içinde döndüğü hacmi doldurur. Gövdenin içteki serbest hacmi tamamen su ile doludur. Rotorun dönmesi neticesinde meydana gelen santrifüj kuvvet, su zerreciklerini, üzerindeki cebin istikametini takiben tekrar merkeze doğru yönelir ve böylece karşılıklı iki cebin teşkil ettiği hacim içerisinde dönmeye başlar. Diğer taraftan rotorun dönmesi sebebi ile, su akımı birbirine nazaran izafi olarak hareket eden ceplerin kenarları tarafından kesilir. Böylece fren içerisinde, rotordan suya sudanda gövdeye doğru, hidrolik sürtünme yoluyla kuvvetli bir enerji transferi olur. Bu sebepten, Froude - Krupp su freni düşük hızlarda bile oldukça büyük güçleri yutabilecek bir özelliğe sahiptir. (İ. H. Öz. 1967)

3. 3. 4. Schenk su freni:

Schenk su freninin çalışma prensibi Froude - Krupp su freninin aynısıdır. Yani alçak devir sayılarında yüksek mukavim momentler elde etmek için gerek rotor, gerekse gövde üzerinde dar kanallı cepler yerleştirilmiştir. Bu ceplerin düşük devir sayılarında yeteri derecede mukavim moment verebilmeleri için, mekanik sürtünmeli bir kısım ilave edilmiştir. Rotor muhafaza edilerek, silindirik dış yüzü Prony Freni kasnağı olarak kullanılabilir. Bu nedenle, bu kısım alçak devir sayılarında su freninin eksikliğini gidermektedir.



BÖLÜM - IV

KÜÇÜK GÜÇLERİN MOMENTİNİ ÖLÇECEK OLAN SU FRENİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE DİZAYN EDİLMESİ

4.1. Geliştirilen Su Frenine Ait Moment Denkleminin Teorik İrdelenmesi

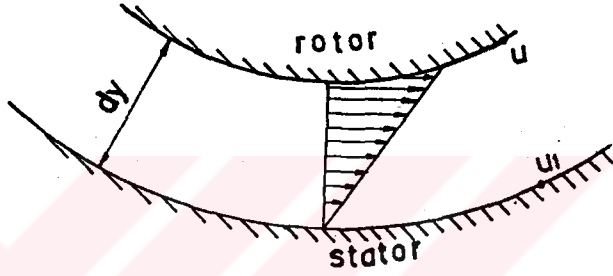
Rotor (dönen) ve stator (sabit) kanatçıklar arasındaki akışkan tabakasının kayma gerilmesi, Newton'un viskosite kanunundan ;

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy}$$

$$du = u - u_1 ; \quad u_1 = 0$$

$$du = u$$

$$dy = y$$



Stator kanatları gövdeye kaynaklı, yani sabit olduğundan bunların hızı sıfırdır. Bundan dolayı $u_1=0$ olmaktadır.

Rotor ve stator kanatları arasındaki boşluk sürekli sabit olduğundan;

$dy=y$ ve $y=b$ olsun.

Öyleyse;

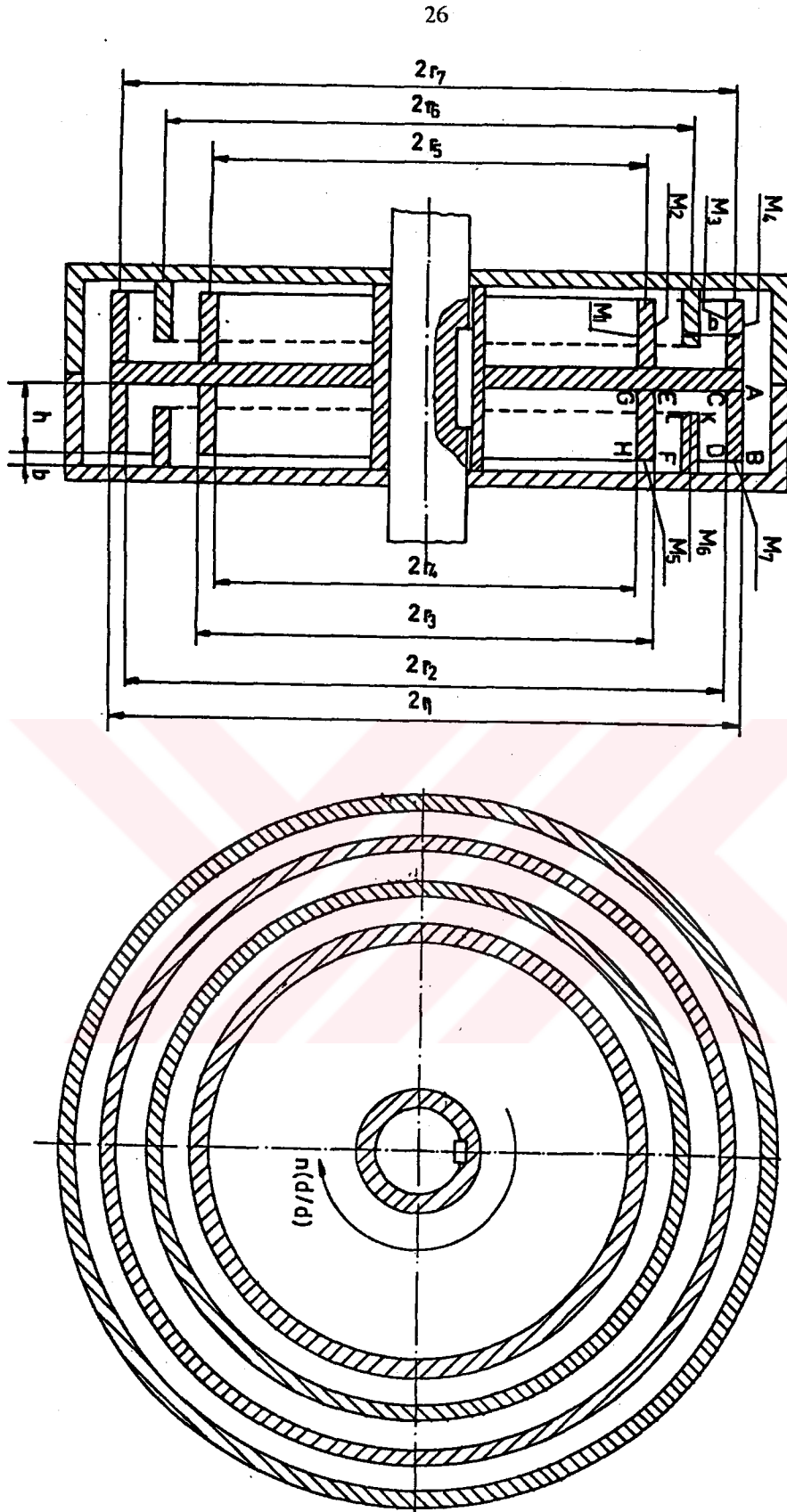
$$\tau = \mu \cdot \frac{u}{b} \dots\dots\dots(4.1)$$

4.1.1. Dönen kanatların çevreleri boyunca etkili olan moment:

AB Çevresi boyunca etkili olan moment M_1

CD Çevresi boyunca etkili olan moment M_2

EF Çevresi boyunca etkili olan moment M_3



Şekil 4.1-İmalatı gerçekleştirilen su freninde moment üzerinde etkili olan yüzeyler.(Alın ve çevre yüzeyleri)

GH Çevresi boyunca etkili olan moment M_4 olsun.

Belli bir merkez çevresinde dönen noktasal bir cismin momentini;

$$M = (\text{Noktaya etki eden kuvvet}) \times (\text{Kuvvetin noktaya uzaklığı})$$

Olduğundan;

Bizim için genel denklem aşağıdaki gibi olacaktır.

$$M = F \cdot r \quad \dots\dots\dots(4.2)$$

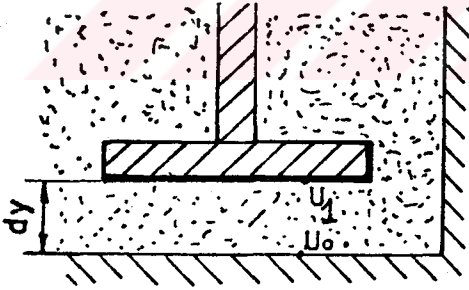
Burada;

M: Moment (N m)

F : Uygulanan kuvvet (N)

r : Kuvvetin merkeze olan uzaklığı (m)

4.1.1.1. AB Çevresi boyunca etkili olan momentin hesabı (M_1):



$$M_1 = F_1 \cdot r_1$$

$$F_1 = \tau_1 \cdot A_1 ; \quad \tau_1 = \mu \cdot \frac{u_1}{b} ; \quad A = 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot h$$

$$F_1 = \mu \cdot \frac{u_1}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot h$$

$$M_1 = \mu \cdot \frac{u_1}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot h \cdot r_1$$

$$M_1 = \mu \cdot \frac{u_1}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot h ; \quad u_1 = \omega_1 \cdot r_1$$

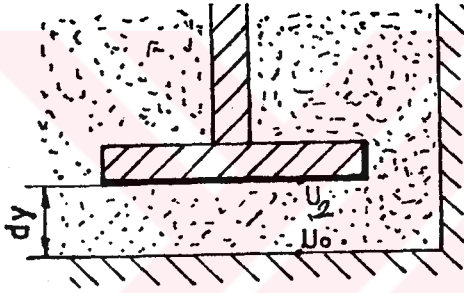
$$M_1 = \mu \cdot \frac{\omega_1 \cdot r_1}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot h$$

$$M_1 = \mu \cdot \frac{\omega_1}{b} \cdot r_1^3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot h ; \quad \omega_1 = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$M_1 = \mu \cdot \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_1^3 \cdot h$$

$$M_1 = \frac{\pi^2}{15} \cdot \frac{h}{b} \cdot \mu \cdot n \cdot r_1^3 \quad \dots\dots\dots(4.3)$$

4.1.1.2 CD Çevresi boyunca etkili olan moment (M_2):



$$M_2 = F_2 \cdot r_2$$

$$F_2 = \tau_2 \cdot A_2 ; \quad \tau_2 = \mu \cdot \frac{u_2}{b} ; \quad A_2 = 2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot h$$

$$F_2 = \mu \cdot \frac{u_2}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot h$$

$$M_2 = \mu \cdot \frac{u_2}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot h \cdot r_2$$

$$M_2 = \mu \cdot \frac{u_2}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_2^2 \cdot h ; \quad u_2 = \omega_2 \cdot r_2$$

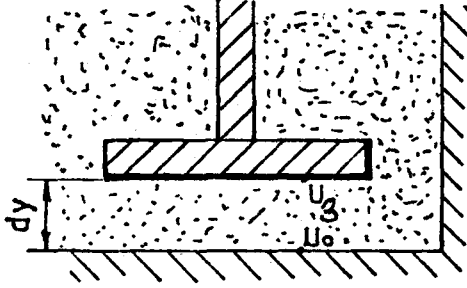
$$M_2 = \mu \cdot \frac{\omega_2 \cdot r_2}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_2^2 \cdot h$$

$$M_2 = \mu \cdot \frac{\omega_2}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_2^3 \cdot h ; \quad \omega_2 = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$M_2 = \mu \cdot \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_2^3 \cdot h$$

$$M_2 = \frac{\pi^2}{15} \cdot \frac{h}{b} \cdot \pi \cdot n \cdot r_2^3 \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

4.1.1.3 EF Çevresi boyunca etkili olan moment (M3):



$$M_3 = F_3 \cdot r_3$$

$$F_3 = \tau_3 \cdot A_3 ; \quad \tau_3 = \mu \cdot \frac{u_3}{b} ; \quad A_3 = 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot h$$

$$F_3 = \mu \cdot \frac{u_3}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot h$$

$$M_3 = \mu \cdot \frac{u_3}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_3 \cdot h \cdot r_3$$

$$M_3 = \mu \cdot \frac{u_3}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_3^2 \cdot h \quad ; \quad u_3 = \omega_3 \cdot r_3$$

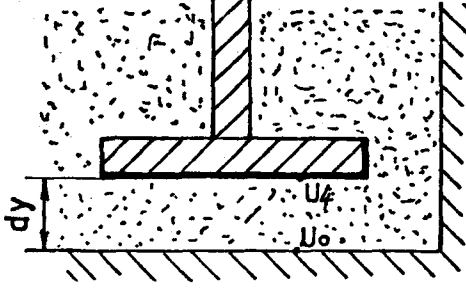
$$M_3 = \mu \cdot \frac{\omega_3 \cdot r_3}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_3^2 \cdot h$$

$$M_3 = \mu \cdot \frac{\omega_3}{b} \cdot r_3^3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot h \quad ; \quad \omega_3 = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$M_3 = \mu \cdot \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_3^3 \cdot h$$

$$M_3 = \frac{\pi^2}{15} \cdot \frac{h}{b} \cdot \mu \cdot n \cdot r_3^3 \quad \dots\dots\dots(4.5)$$

4.1.1.4 GH Çevresi boyunca etkili olan moment (M_4):



$$M_4 = F_4 \cdot r_4$$

$$F_4 = \tau_4 \cdot A_4 ; \quad \tau_4 = \mu \cdot \frac{u_4}{b} ; \quad A_4 = 2 \cdot \pi \cdot r_4 \cdot h$$

$$F_4 = \mu \cdot \frac{u_4}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_4 \cdot h$$

$$M_4 = \mu \cdot \frac{u_4}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_4 \cdot h \cdot r_4$$

$$M_4 = \mu \cdot \frac{u_4}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_4^2 \cdot h ; \quad u_4 = \omega_4 \cdot r_4$$

$$M_4 = \mu \cdot \frac{\omega_4 \cdot r_4}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_4^2 \cdot h$$

$$M_4 = \mu \cdot \frac{\omega_4}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_4^3 \cdot h ; \quad \omega_4 = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$M_4 = \mu \cdot \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_4^3$$

$$M_4 = \frac{\pi^2}{15} \cdot \frac{h}{b} \cdot \mu \cdot n \cdot r_4^3 \quad \dots\dots\dots(4.6)$$

4.1.2 Rotor Ve Stator Kanatlarının Alınları Boyunca Etkili Olan Momentin

Hesabı:

Burada alın yüzeyler boyunca değişken olan ortalama bir moment etkilidir. Bunun için;

BD Alın yüzeyi boyunca etkili olan moment M_5

KL Alın yüzeyi boyunca etkili olan moment M_6

FH Alın yüzeyi boyunca etkili olan moment M_7 olsun.

Alın yüzeyler boyunca moment hesaplanırken diferansiyel bir eleman boyunca alın alanındaki çevresel kuvvetin meydana getirdiği moment dikate alınır.

4.1.2.1 BD Alın yüzeyi boyunca etkili olan moment (M_5):

$$dM_5 = r_5 \cdot dF_5 ; \quad dF_5 = \tau_5 \cdot dA_5 ; \quad dA_5 = 2 \cdot \pi \cdot r_5 \cdot dr_5$$

$$\tau_5 = \mu \cdot \frac{u_5}{b}$$

$$dF_5 = \mu \cdot \frac{u_5}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_5 \cdot dr_5$$

$$dM_5 = r_5 \cdot \mu \cdot \frac{u_5}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_5 \cdot dr_5$$

$$dM_5 = \mu \cdot \frac{u_5}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_5^2 \cdot dr_5 ; \quad u_5 = \omega_5 \cdot r_5$$

$$dM_5 = \mu \cdot \frac{\omega_5 \cdot r_5}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_5^2 \cdot dr_5$$

$$dM_5 = \mu \cdot \frac{\omega_5}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_5^3 \cdot dr_5 ; \quad \omega_5 = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$dM_5 = \mu \cdot \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_5^3 \cdot dr_5$$

$$dM_5 = \mu \cdot \frac{\pi^2}{15} \cdot \frac{n}{b} \cdot \int_0^{r_5} r_5^3 \cdot dr_5$$

$$M_5 = \mu \cdot \frac{\pi^2}{15} \cdot \frac{n}{b} \cdot \frac{r^4}{4} \Big|_0^5$$

$$M_5 = \mu \cdot \frac{\pi^2}{15} \cdot \frac{n}{b} \cdot \frac{(r_5 - 0)}{4}$$

$$M_5 = \frac{\pi^2}{60} \cdot \frac{n}{b} \cdot \mu \cdot r_5^4 \dots\dots\dots(4.7)$$

4.1.2.2 KL Alın yüzeyi boyunca etkili olan moment (M_6):

$$dM_6 = r_6 \cdot dF_6 ; \quad dF_6 = \tau_6 \cdot A_6 ; \quad A_6 = 2 \cdot \pi \cdot r_6 \cdot dr_6$$

$$dF_6 = \mu \cdot \frac{u_6}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_6 \cdot dr_6$$

$$dM_6 = r_6 \cdot \mu \cdot \frac{u_6}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_6 \cdot dr_6$$

$$dM_6 = \mu \cdot \frac{u_6}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_6^2 \cdot dr_6 ; \quad u_6 = \omega_6 \cdot r_6$$

$$dM_6 = \mu \cdot \frac{\omega_6 \cdot r_6}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_6^2 \cdot dr_6$$

$$dM_6 = \mu \cdot \frac{\omega_6}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_6^3 \cdot dr_6 ; \quad \omega_6 = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$dM_6 = \mu \cdot \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_6^3 \cdot dr_6$$

$$dM_6 = \mu \cdot \frac{\pi^2}{15} \cdot \frac{n}{b} \cdot \int_{r_5}^{r_6} r_6^3 \cdot dr_6$$

$$M_6 = \mu \cdot \frac{\pi^2}{15} \cdot \frac{n}{b} \cdot \frac{r_6^4}{4} \Big|_5^6$$

$$M_6 = \mu \cdot \frac{\pi^2}{60} \cdot \frac{n}{b} \cdot (r_6^4 - r_5^4) \dots\dots\dots(4.8)$$

4.1.2.3 FH Alın yüzeyi boyunca etkili olan moment (M_7):

$$dM_7 = r_7 \cdot dF_7 ; \quad dF_7 = \tau_7 \cdot dA_7 ; \quad dA_7 = 2 \cdot \pi \cdot r_7 \cdot dr_7$$

$$\tau_7 = \mu \cdot \frac{u_7}{b}$$

$$dF_7 = \mu \cdot \frac{u_7}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_7 \cdot dr_7$$

$$dM_7 = r_7 \cdot \mu \cdot \frac{u_7}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_7 \cdot dr_7$$

$$dM_7 = \mu \cdot \frac{u_7}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_7^2 \cdot dr_7 \quad ; \quad u_7 = \omega_7 \cdot r_7$$

$$dM_7 = \mu \cdot \frac{\omega_7 \cdot r_7}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_7^2 \cdot dr_7$$

$$dM_7 = \mu \cdot \frac{\omega_7}{b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_7^3 \cdot dr_7 \quad ; \quad \omega_7 = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$dM_7 = \mu \cdot \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot b} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_7^3 \cdot dr_7$$

$$dM_7 = \mu \cdot \frac{\pi^2 \cdot n}{15 \cdot b} \cdot \int_{r_6}^{r_7} r_7^3 \cdot dr_7$$

$$M_7 = \mu \cdot \frac{\pi^2 \cdot n}{15 \cdot b} \cdot \frac{r_7^4}{4} \Big|_6^7$$

$$M_7 = \mu \cdot \frac{\pi^2}{60} \cdot \frac{n}{b} \cdot (r_7 - r_6) \dots\dots\dots(4.9)$$

Buradan genel moment denklemimiz;

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 \dots\dots\dots(4.10)$$

$$M = \mu \cdot \frac{\pi^2 \cdot n}{60 \cdot b} \cdot \left[4 \cdot h \cdot (r_1^3 + r_2^3 + r_3^3 + r_4^3) + (r_7^4 - r_6^4) + (r_6^4 - r_5^4) + r_5^4 \right] \dots\dots\dots(4.11)$$

Burada;

$$\begin{aligned} r_1 &= 0.165 \text{ (m)} ; & h &= 0.035 \text{ (m)} \\ r_2 &= 0.159 \text{ (m)} ; & b &= 0.003 \text{ (m)} \\ r_3 &= 0.149 \text{ (m)} ; & \pi &= 3,141592654 \\ r_4 &= 0.143 \text{ (m)} & r_6 &= 0.146 \text{ (m)} \\ r_5 &= 0.136 \text{ (m)} & r_7 &= 0.156 \text{ (m)} \end{aligned}$$

Olduğundan;

Bu değerler yukarıdaki genel moment denkleminde yerine konursa genel moment denkleminiz;

$$M = 0.15 \cdot \mu \cdot n \dots\dots\dots(4.12)$$

Ancak; yapılan hesaplamalar, içteki rotorun tek taraflı kanatları dikate alınarak hesaplandığından, bu denklemin iki katını almalıyız.

$$M = 0.3 \cdot \mu \cdot n \dots\dots\dots(4.13)$$

4.2. Geliştirilen Su Frenini (Test Cihazını) Çalıştırmak İçin Gerekli Olan Gücün Hesabı:

$$P = M \cdot \omega$$

$$M = I \cdot \alpha ; \quad \alpha = \frac{d\omega}{dt} = \omega ;$$

$$M = I \cdot \alpha$$

$$M = I \cdot \frac{d\omega}{dt} ; \quad P = I \cdot \alpha \cdot \omega ;$$

$$P = I \cdot \frac{d\omega}{dt} \cdot \omega$$

$$P \cdot dt = I \cdot d\omega \cdot \omega ; \quad P \cdot dt = I \cdot \omega \cdot d\omega$$

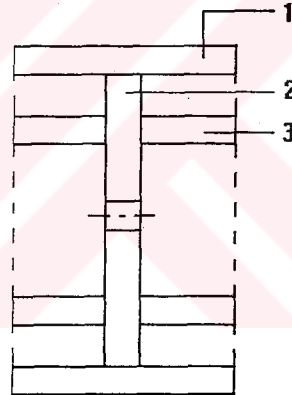
$$P \cdot \int_0^t dt = I \cdot \omega \cdot \int_0^\omega d\omega$$

$$P \cdot t = I \cdot \frac{\omega^2}{2} ; \quad P \cdot t = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 ; \quad \omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$P \cdot t = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 ;$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 ; \quad I_1 = m_1 \cdot r_1^2 ; \quad I_2 = \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot r_2^2 ; \quad I_3 = m_3 \cdot r_3^2$$

$$r_1 = 0.165 \text{ (m)} ; \quad r_2 = 0.159 \text{ (m)} ; \quad r_3 = 0.149 \text{ (m)}$$



$$m_1=2 \text{ (kg)} ; m_2=3 \text{ (kg)} ; m_3=1.4 \text{ (kg)}$$

$$I_1=0.05445 \text{ (kg)}; I_2=0.0379215 \text{ (kg)} ; I_3=0.0621628 \text{ (kg)}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = 0.1924558 \text{ (kg m}^2\text{)} ; \text{ Buradan}$$

$$P \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 0.1924558 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 1470}{30} \right)^2$$

$$P \cdot t = 2280,3 \text{ (kgm}^2 / \text{s}^2\text{)}$$

$$P \cdot t = 2280,3 \text{ (N.m)}$$

$$P = \frac{2280,3}{t} \text{ (N.m / s)}$$

Deney cihazımız nominal devri 1470 (d/d) olan bir elektrik motoru (dinamo) ile tahrik edildiğinden ve sistem 7,5 (s)'de rejim halinde çalışmaya başladığından $t = 7,5$ (s) alındığında gerekli olan güç;

$$P = \frac{2280,3}{7,5} \text{ (N.m/s)}$$

$$P = 304,04 \text{ (Watt)}$$

$$P = 0,304 \text{ (kW) Bulunur.}$$

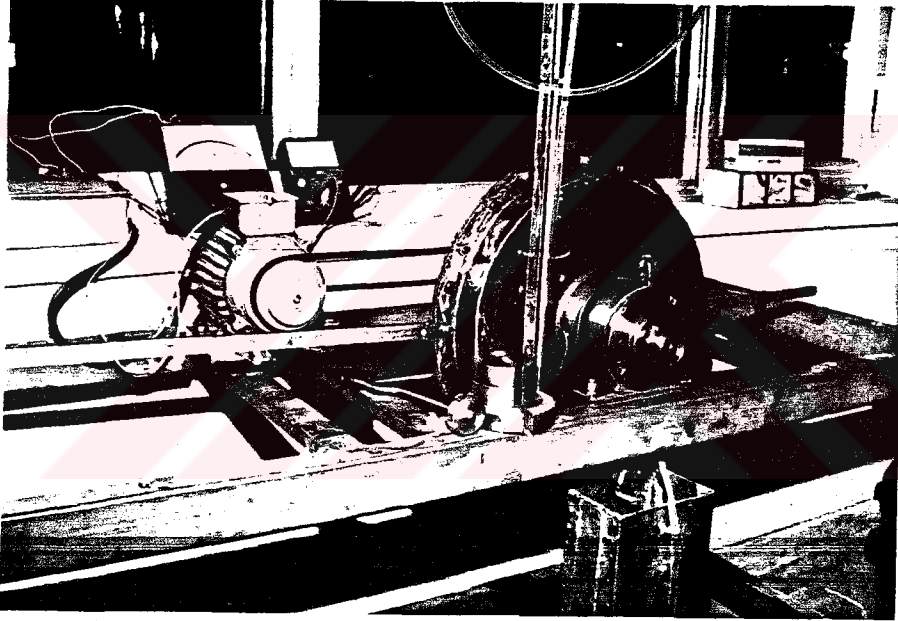
4.3. Geliştirilen Su Freninin Çalışma Prensibi Ve Çalışma Şeması:

İmalatı gerçekleştirilen su freni, genel olarak dış bir karter, iç kısmında kanatların üzerinde bulunduğu bir rotor ve tahrik makinası olarak elektrik motoru olmak üzere üç ana kısımdan meydana gelmiştir.

Dış karter ve kanatlar ana bir mil üzerinde bulunmaktadır. İç içe dizili olan kanatçıklar, yuvarlak bir gövde üzerinde tespit ettirilmiştir. Dış karter iki parçalı olup, her iki parça arasına sızdırmazlığı önlemek için 2 (mm) kalınlığında lastik bir conta yerleştirilerek 24 adet M8 civatalarla bütün çevre boyunca sıkılarak tek bir parça haline getirilmiştir.

Dış karter sarkaçvari dönebilecek şekilde sabit bilyalı yataklar vasıtası ile ana mil üzerinde dönebilmektedir. Karterin dış kısmında yataklama görevi gören iki ayrı sabit bilyalı yatak ile sistem yataklandırılmıştır. Ana mil üzerinde bulunan tüm elemanlar, yatakların dışında hem dengeleme ve hemde ayar görevi gören, sol diş açılmış iki adet sıkma somunu ile yerleri tespit edilmiştir.

Milin bir ucunda, sıkma somununun hemen arkasında, dört kademeli bir kasnak bulunmaktadır. Bu kasnağın tam karşısında elektrik motor mili ucunda ayrı bir kasnak bulunmaktadır. Bu kayış kasnak sistemi ile sistem dört farklı devire ayarlanabilmektedir.

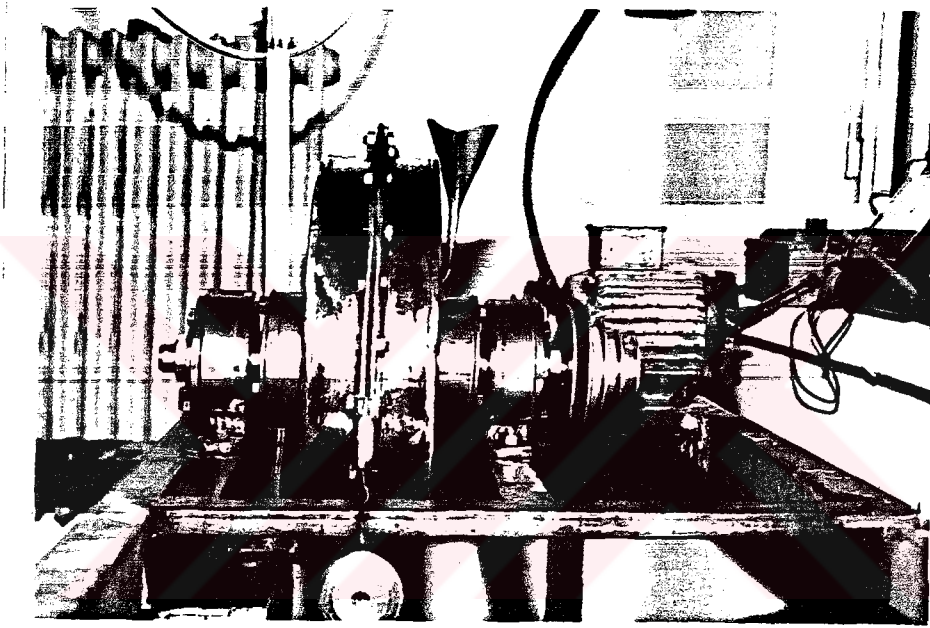


Şekil 4.2 - İmalatı gerçekleştirilen su freninden genel bir görünüş.

Karter üzerinde basıncın en az hüküm sürdüğü ve merkeze en yakın bir noktadan akışkan girişini sağlamak için doldurma ağızlığı bulunmaktadır.

Çalışma esnasında içteki kanatçıkların dönmesi sırasında karterin üzerinde bulunduğu ve sarkaçvari dönmeyi sağlayan rulman yataklarının çevresinden sızdırmazlığı önlemek için iç kısma SKT sızdırmazlık keçeleri yerleştirilmiştir.

Karterin en alt kısmında, basıncın maksimum olduğu bir yerden yağın boşaltılmasını sağlamak için bir vana konulmuştur. Boşaltma vanasının hemen arkasında doldurulan akışkanın seviyesini görebilmek için 700 (mm) yüksekliğinde bir gösterge çubuğu, bu çubuğun üzerinede derecelendirilmiş şeffaf bir hortum yerleştirilmiştir. Buradan, akışkanın yükselme oranları tespit edilmektedir. Boşaltma vanasının hemen önünde, bağımsız bir doldurma kabı bulunmaktadır.



Şekil 4.3 - İmalatı gerçekleştirilen su freninden ayrı bir görünüş.

Karterin çevresinde, tam eksen çizgisi üzerinde 750 (mm) uzunluğunda yüklemenin yapıldığı, terazi görevi gören ve moment kolu olarak adlandırdığımız derecelendirilmiş yassı bir moment kolu bulunmaktadır. Bu moment kolu kartere bir civata ile tespit ettirilmiştir. Tam bu kolun karşısında, fren boştaki çalışırken freni dengelemek için bir dengeleme kolu bulunmaktadır. Moment kolu üzerinden kuvvet kolu uzunlukları okunmaktadır.

Geliştirilen su freninin güç kaynağı 0.55 (kW) gücünde, nominal devri 1470 (d/d) ve gerilimi 380 volt olan bir alternatif akım elektrik motorudur

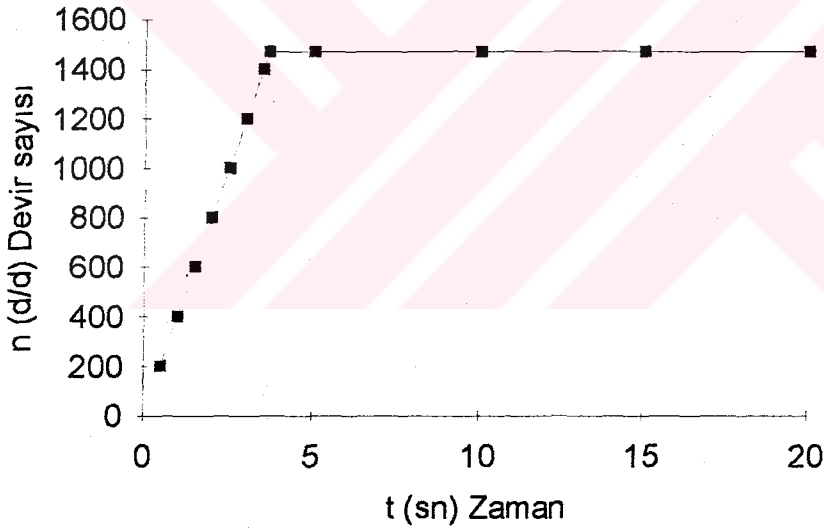
BÖLÜM - V

DENEY ÇALIŞMALARI

5.1 İmalat Ve Dizaynı Gerçekleştirilen Su Freninin Kalibre Edilmesi.

Dizaynı gerçekleştirilmiş deney setinin kalibre edilmesi, giriş dinamosu (elektrik motoru) ve çıkış dinamometresi (imalatı gerçekleştirilen su freni) olmak üzere ikikısımda yapılmıştır.

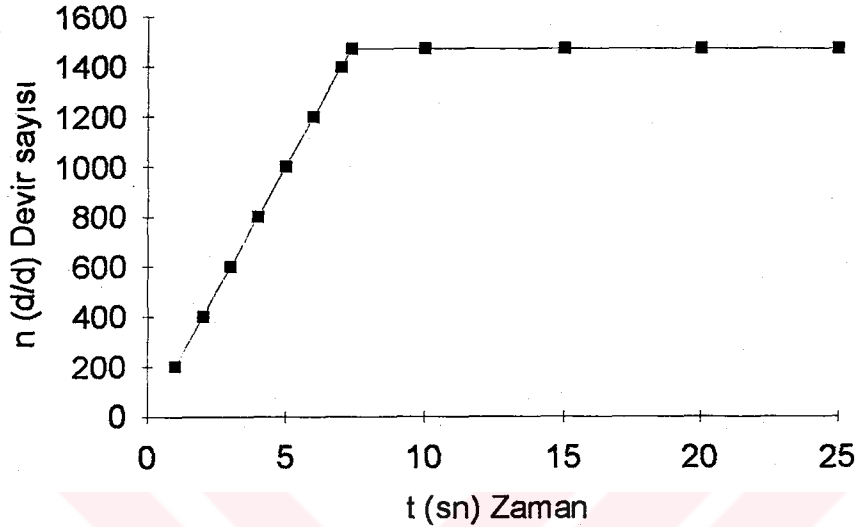
Giriş dinamosunun (elektrik motorunun) kalibre edilmesinden amaç, dinamomun nominal devri olan 1470 (d/d)'ya ne kadarlık bir sürede ulaştığını tespit etmektir. (Şekil 5.1.1)



Şekil 5.1.1 - Giriş dinamosunun (elektrik motorunun) kalibre edilmesi

Çıkış dinamometresinin (imalatı gerçekleştirilen su freninin) kalibre edilmesinden amaç, su freninin boşa (yüksüz) olması halinde 1470 (d/d) olan giriş devrine ne kadarlık sürede ulaştığını tespit etmektir. (Şekil 5.1.2)

Kalibre işlemleri sonunda görüldüğü gibi giriş dinamosu (elektrik motoru) 1470 (d/d)'ya 4 (s)'yede , çıkış dinamometresi (imalatı gerçekleştirilen su freni)'nin ise 1470 (d/d)'ya 7,5 (s) yede ulaştığı görülmektedir.



Şekil 5.1.2 - Çıkış dinamosunun (imalatı gerçekleştirilen su freninin) kalibre edilmesi.

5.2 Su Freni Karakteristikleri Üzerinde Etkili Olan Faktörler.

Su freni karakteristikleri, çok sayıda değişkenin etkisi altındadır. Bu değişkenlerin etkilerini bir arada izlemek mümkün olmadığından, bu etkenleri önem sırasına göre aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür. Ancak su freni, hidrodinamik bir kavrama olarak düşünülürse, bu değişkenler üç ana grupta toplanabilir.

1. Konstrüktif değişkenler.

- a. Kanatların geometrik yapısı ve sayısı,
- b. Kanatların yarıçapı ve boyutları (yüksekliği),
- c. Kanatlar arası boşluklar,
- d. Kanatların pürüzsüz ve düzgün olması.

2. Kullanılan akışkanlara ilişkin özellikler.

- a. Akışkanın viskozitesi,
- b. Akışkanın özgül kütlesi,
- c. Kullanılan akışkanın miktarı.

3. Diğer değişkenler.

- a. Giriş milinin devri,
- b. Çıkış milinin devri,
- c. Çıkış miline uygulanan yük,
- d. Yükleme süresi.

Su freninde deneysel çalışmalar için, daha ziyade sanayi yağları kullanılmıştır. Kullanılan sanayi yağlarının (SAE10, SAE20, SAE30) viskoziteleri farklı olmakla beraber, özgül kütleleri birbirine çok yakındır. (Tablo 5.1' de 15°C ve 100 °C de SAE10, SAE20, SAE30 yağlarının viskozite ve özgül kütle değerleri verilmiştir) Deneylerin sanayi yağları ile yapılmasının nedeni, bu yağların viskozitelerinin farklı ve yüksek değerde olmasındandır.

Tablo 5.1 - Farklı kaliteleredeki yağların 15°C ve 100°C'de dinamik viskozite, kinematik viskozite ve özgül kütle değerleri.

Akışkan Cinsi	Özgül Kütlesi (Yoğunluğu) (dyn. sn ² / cm ⁴) (gr / cm ³)		Dinamik viskozitesi (dyn. sn ² / cm ²) x10 ² (cP)		Kinematik viskozitesi (cm ² / sn) x10 ² (cSt)	
	Sıcaklık (°C)					
	15	100	15	100	15	100
SAE.10	0.879	0.789	129	5.13	147	6.5
SAE.20	0.888	0.830	190	7.14	169	8.6
SAE.30	0.888	0.830	350	9.42	311	11.35
SAE.40	0.878	0.820	450	11.65	395	14.20
SAE.90	0.890	0.832	800	14.52	712	17.45

Dolayısı ile yüklemenin frenleme üzerindeki etkisinin tam ve daha net olarak görülebilmesidir.

Teorik analiz, rotor kanatlarının geometrisine, boyutlarına ve kanatlar arası boşluğa bağlı olup, bu boşluk ne kadar küçük olursa frenleme kuvveti okadar büyük olur.

5.3 - Deney Çalışmaları İçin Kullanılan Çalışma Değerleri ve deneysel çalışma yöntemi:

Deney çalışmaları; 710, 940, 1210, 1470 (d/d)'lık devirlerde, 2 (lt), 3 (lt), 4(lt), 5(lt) ve 6(lt)' lik akışkan miktarlarında ve 5 (dak), 10 (dak), 15 (dak) ve 20 (dak)' lik zaman periyotlarında yapılmıştır.

Bunun için;

Deneysel çalışmaların sonuç grafikleri Momentin; devir sayısı, zaman ve akışkan miktarının bir fonksiyonu olduğu düşünülerek çizilmiştir.

Yani;

$$M=f(v,n,t)$$

şeklindedir.

Deneyler yapılırken her seferinde, belli değişkenler sabit kabul edilip, diğer bir değişkene bağlı olarak momentin değişimi incelenmiştir. Deney çalışmaları esnasında, makinanın sürekli rejim halinde ve minumum bir titreşimde çalışmasına dikkat edilmelidir.

Su freninin karakteristiklerinin incelenmesi için yapılan deneylerin sonuç grafikleri üç ana grup halinde çizilmiştir.

5.3.1 - Deneysel moment hesabı:

Sabit devir sayısı altında yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi incelenirken; 940 (d/d), 1210 (d/d) ve 1470 (d/d)'da her bir devir için, 2 (lt), 3 (lt), 4 (lt), 5 (lt), 6 (lt) yağ miktarında denge momenti " $F \cdot L$ " bağıntısından ölçülmüştür. Her bir çalışma zamanı 5 dakikadır. Her bir noktadaki yağ miktarına karşılık gelen moment değeri tespit edilerek, bu noktalar birleştirilip, doluluk oranına bağlı olarak moment değişimi incelenmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, doluluk oranı olarak direk her (lt)'deki yağ miktarı alınmamıştır. Herbir noktadaki doluluk oranı, o noktadaki yağ miktarının toplam hacmin aldığı yağ miktarına oranı şeklinde tespit edilmiştir.

Örnek olarak; Makina 940 (d/d) ve 2 (lt) akışkan miktarında çalıştırılırken, dengeleme ağırlığı (frenleme kuvveti) $F=10$ (N) ve Moment (kuvvet) kolu uzunluğu $L=60$ (cm) ise;

Buradan deneysel moment değerimiz;

$$M_D = F \cdot L$$

$$M_D = 10 \times 0.6$$

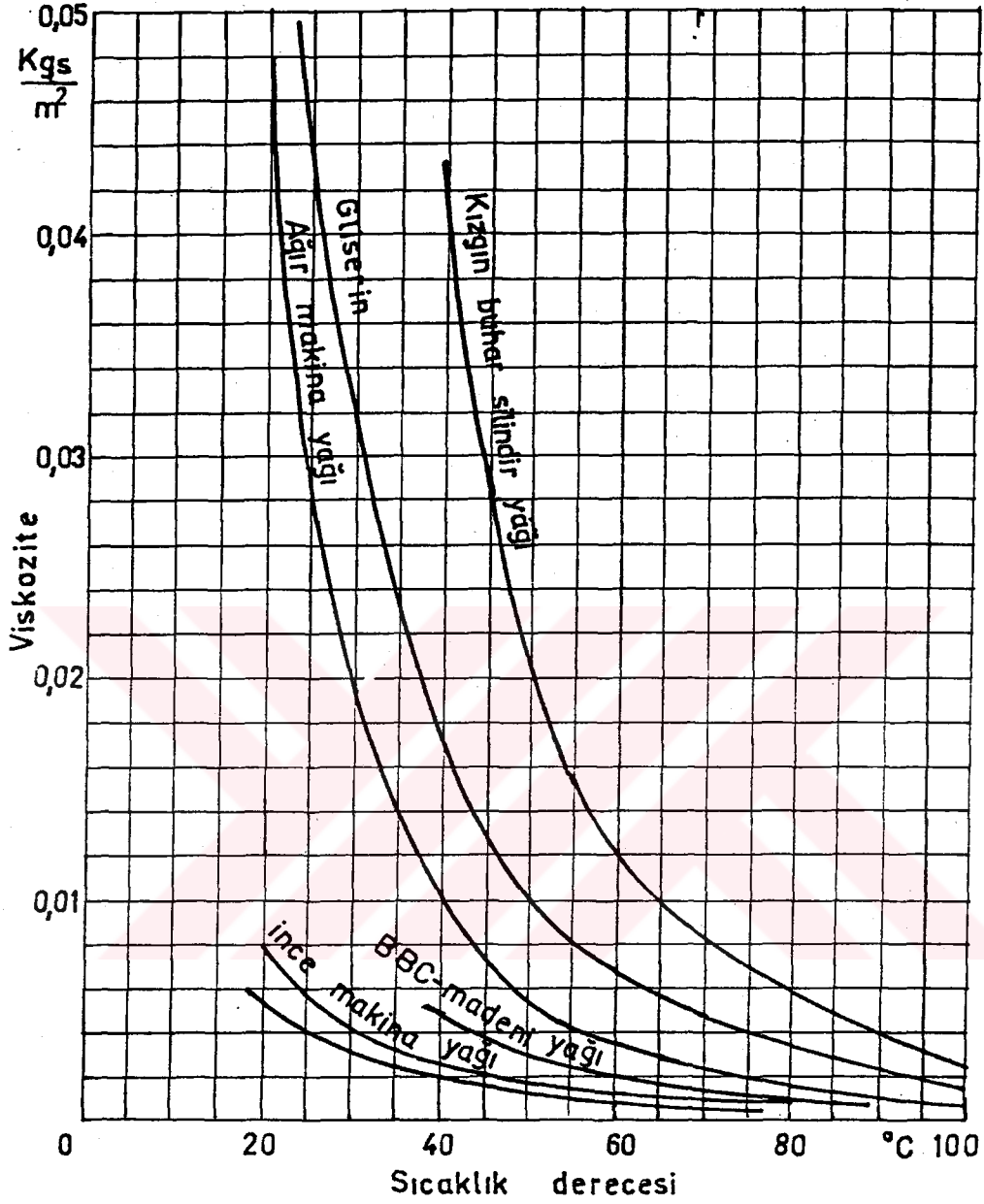
$$M_D = 6 \text{ (N.m)} \text{ bulunur.}$$

5.3.2 - Teorik moment hesabı:

Sabit devir sayısı altında yağ miktarına bağlı olarak teorik moment hesaplanırken, 940 (d/d), 1210 (d/d) ve 1470 (d/d)'da her bir devir için ayrı ayrı 2(lt), 3(lt), 4(lt), 5(lt) ve 6(lt) yağ miktarlarında 5 dakikalık çalışma süresi sonunda sistem içindeki yağın sıcaklığı dijital bir termometre ile ölçülerek SAE10, SAE20, SAE30 numaralı sanayi yağları ince yağlar grubunda olduklarından, akışkanın bu sıcaklıktaki viskozitesi Şekil 5.2'den tespit edilerek, her üç devir için her noktadaki moment değeri, teorik olarak geliştirilen;

$$M = 3 \cdot \mu \cdot n$$

genel moment denkleminde bulunmuştur.



Şekil 5.2. Değişik Kalitelerdeki Yağların Sıcaklığa Bağlı Olarak Viskozite Değerleri.

Örneğin; Makinamız 940 (d/d) ve 2 (lt) akışkan miktarında çalıştırılırken, ölçülen akışkan sıcaklığı 66 °C olsun, Şekil 5.2'de 66 °C sıcaklığa karşılık gelen ince

bir yağın viskozite değeri $0.00175 \text{ (kg} \cdot \text{s/m}^2\text{)}$ olarak okunur. O zaman bu noktadaki moment değeri;

$$M = 3 \cdot \mu \cdot n \dots\dots\dots(\text{N.m})$$

$$M = 3 \cdot 0.00175 \cdot 940$$

$$M = 4.93 \text{ (N.m)} \text{ Bulunur.}$$

Bu şekilde her noktadaki moment değeri hesaplanarak grafikler çizilir.



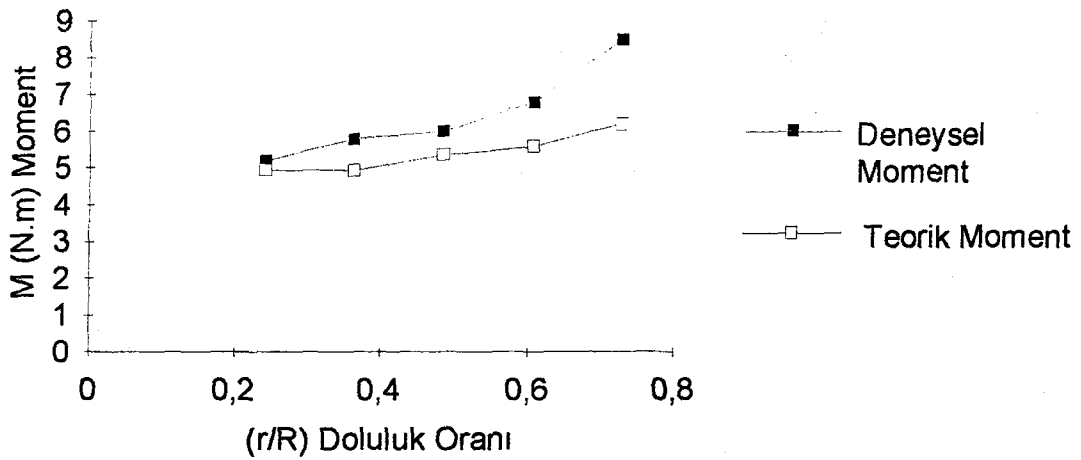
BÖLÜM - VI

DENEY SONUÇLARI

6.1 - Sabit devir sayısı altında yağ miktarına bağlı olarak momentin değişiminin incelenmesi.

Tablo 6.1.1- SAE 10 Numaralı yağ için 940 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri

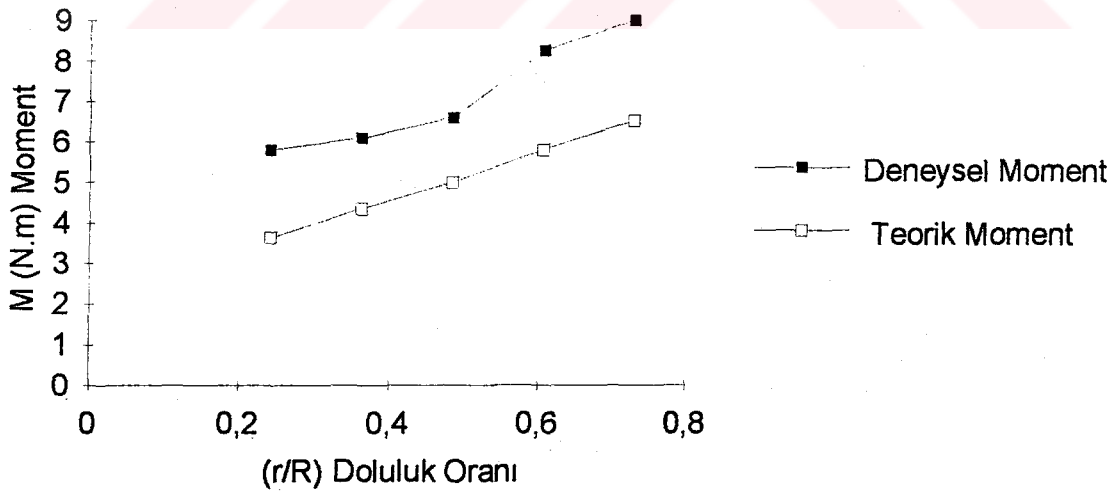
Sıcaklık $T (^{\circ}\text{C})$	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Deneysel Moment M_D (N.m)	Teorik Moment M_T (N.m)
66	0.00175	940	0.242	5.20	4.935
66	0.00175	940	0.363	5.80	4.935
60	0.00190	940	0.484	6.00	5.358
52	0.00198	940	0.606	6.80	5.583
44	0.0022	940	0.727	8.50	6.2



Şekil 6.1.1 SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 940 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak momentin değişimi

Tablo 6.1.2- SAE 10 Numaralı yağ için 1210 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri.

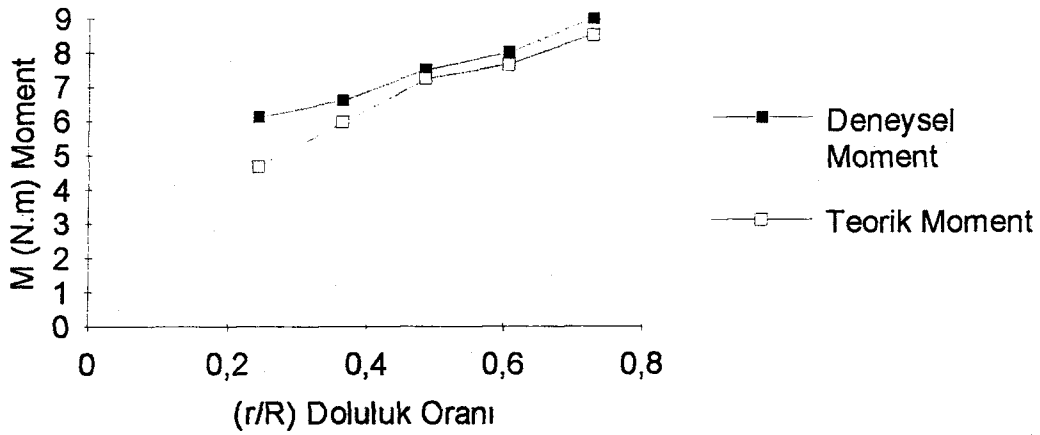
Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
70	0.0010	1210	0.242	5.80	3.63
62	0.0012	1210	0.363	6.10	4.356
56	0.0014	1210	0.484	6.60	5.08
50	0.0016	1210	0.606	8.25	5.8
44	0.0018	1210	0.727	9.00	6.534



Şekil 6.1.2 - SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak, 1210 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.1.3 - SAE 10 Numaralı yağ için 1470 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri.

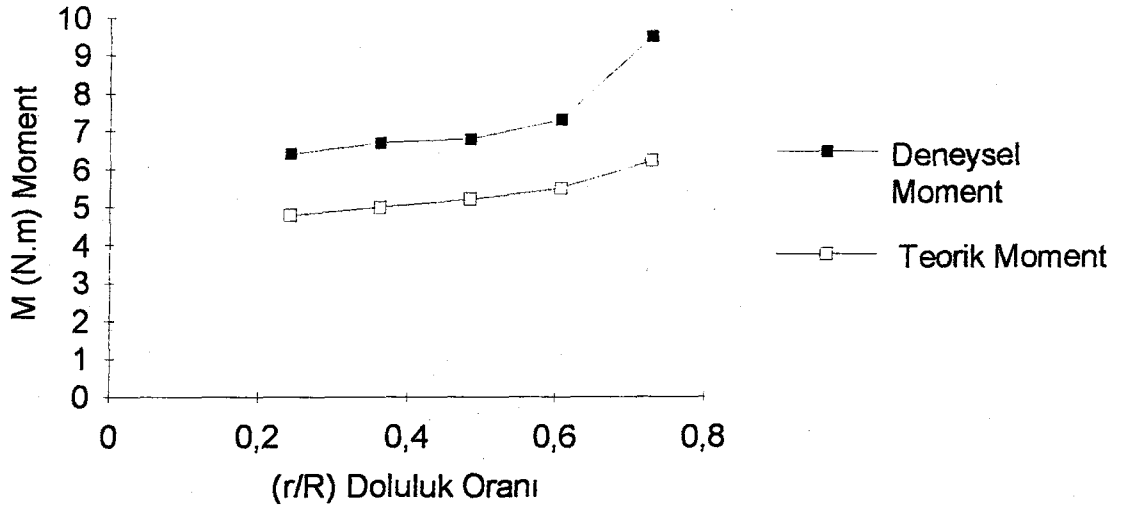
Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
72	0.0011	1420	0.242	6.10	4.686
64	0.0014	1420	0.363	6.60	5.964
52	0.0017	1420	0.484	7.5	7.242
48	0.0018	1420	0.606	8	7.668
40	0.0020	1420	0.727	9	8.52



Şekil 6.1.3 - SAE 10 Numaralı yağ kullanıldığında 1470 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.1.4 - SAE 20 Numaralı yağ için 940 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri.

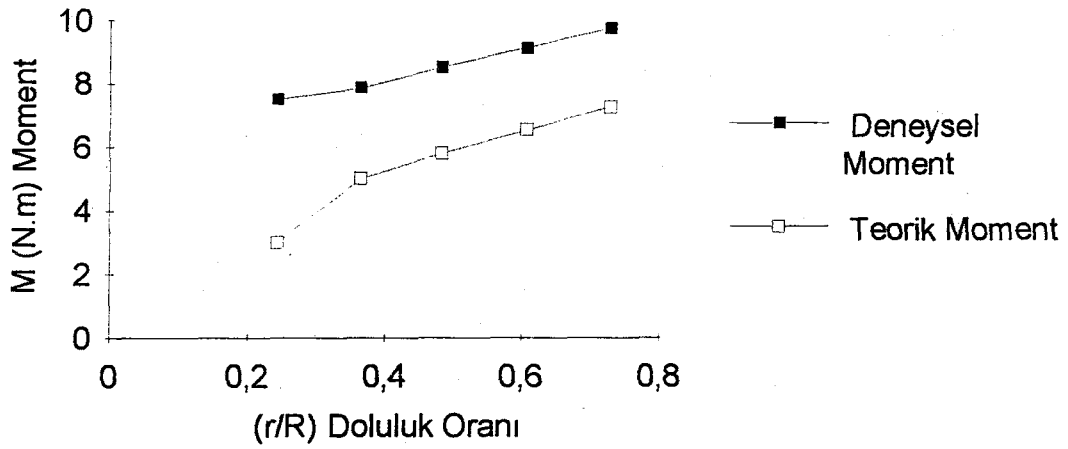
Sıcaklık $T (^{\circ}\text{C})$	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Deneysel Moment M_D (N.m)	Teorik Moment M_T (N.m)
70	0.0017	940	0.242	6.40	4.794
61	0.0018	940	0.363	6.70	5.076
58	0.00185	940	0.484	6.80	5.217
49	0.00195	940	0.606	7.30	5.499
42	0.0022	940	0.727	9.50	6.204



Şekil 6.1.4 - SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 940 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.1.5 - SAE 20 Numaralı yağ için 1210 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri.

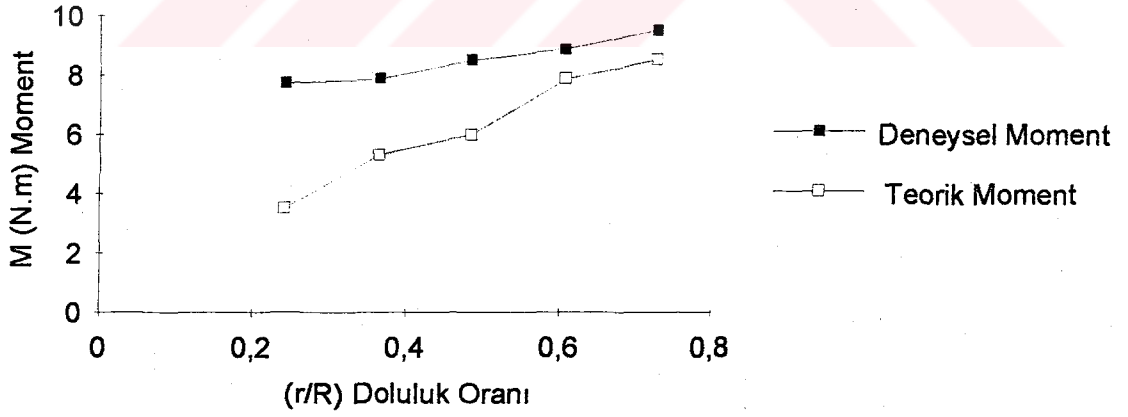
Sıcaklık $T (^{\circ}\text{C})$	Dinamik Viskozite $\mu \text{ (kgs/m}^2\text{)}$	Devir Sayısı $n \text{ (d/d)}$	Doluluk Oranı (r/R)	Deneysel Moment $M_D \text{ (N.m)}$	Teorik Moment $M_T \text{ (N.m)}$
73	0.00085	1210	0.242	7.50	3.085
68	0.0014	1210	0.363	7.87	5.082
62	0.0016	1210	0.484	8.50	5.808
55	0.0018	1210	0.606	9.12	6.534
44	0.0020	1210	0.727	9.75	7.260



Şekil 6.1.5 - SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 1210 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.1.6 - SAE 20 Numaralı yağ için 1470 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri.

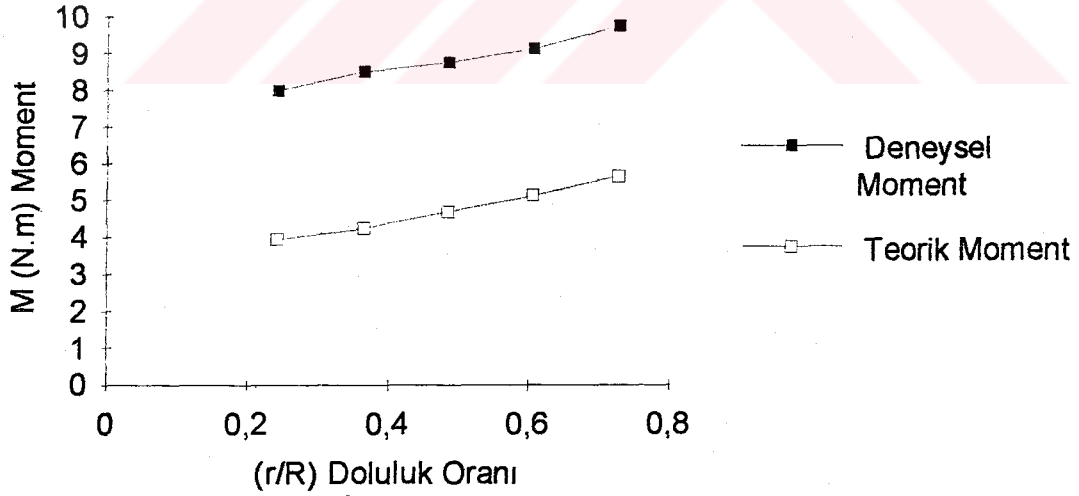
Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
72	0.00083	1420	0.242	7.75	3.5358
62	0.00125	1420	0.363	7.87	5.325
54	0.00142	1420	0.484	8.50	6.049
47	0.00185	1420	0.606	8.87	7.881
41	0.0020	1420	0.727	9.5	8.52



Şekil 6.1.6 - SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 1470 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.1.7 - SAE 30 Numaralı yağ için 940 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri.

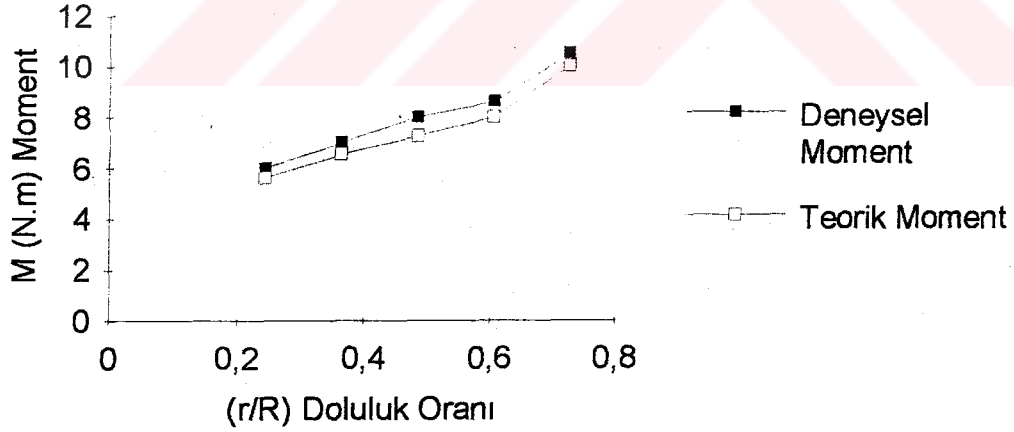
Sıcaklık $T (^{\circ}\text{C})$	Dinamik Viskozite $\mu \text{ (kgs/m}^2\text{)}$	Devir Sayısı $n \text{ (d/d)}$	Doluluk Oranı (r/R)	Deneysel Moment $M_D \text{ (N.m)}$	Teorik Moment $M_T \text{ (N.m)}$
74	0.0014	940	0.242	8.00	3.948
66	0.0015	940	0.363	8.50	4.23
58	0.00167	940	0.484	8.75	4.709
48	0.00182	940	0.606	9.12	5.132
40	0.00201	940	0.727	9.75	5.668



Şekil 6.1.7 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 940 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.1.8 - SAE 30 Numaralı yağ için 1210 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri.

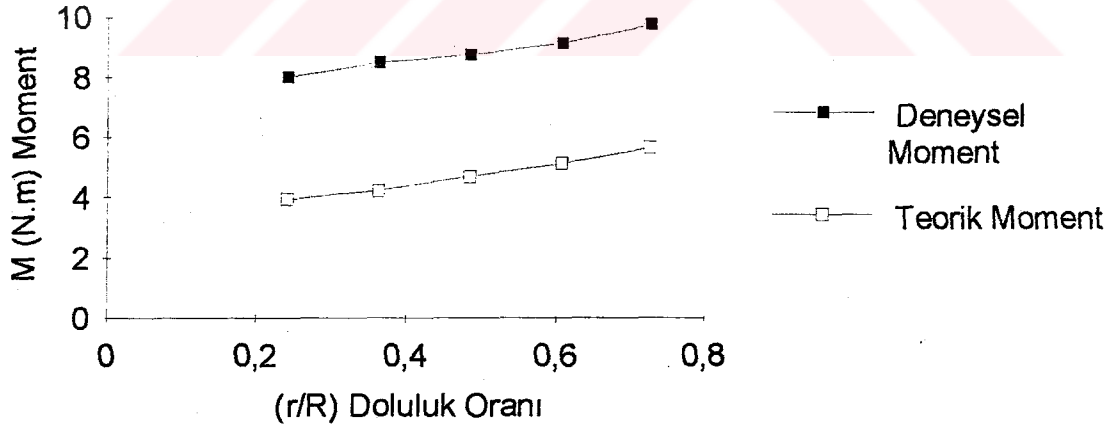
Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
71	0.00155	1210	0.242	7.5	5.626
64	0.0018	1210	0.363	7.62	6.534
52	0.0020	1210	0.484	8.25	7.26
46	0.0022	1210	0.606	9.62	7.986
39	0.0028	1210	0.727	10.5	10.164



Şekil 6.1.8 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 1210 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.1.9 - SAE 30 Numaralı yağ için 1470 (d/d)'da yapılan deney sonuç değerleri .

Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
71	0.00162	1420	0.242	8.5	6.901
65	0.00181	1420	0.363	8.87	7.710
58	0.00186	1420	0.484	9.75	7.923
47	0.002	1420	0.606	9.87	8.520
40	0.00208	1420	0.727	10.25	8.860



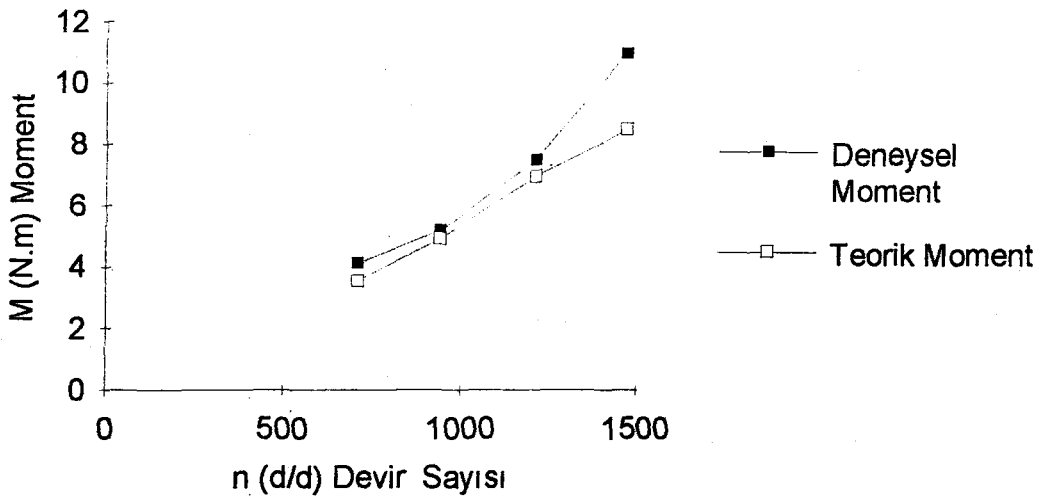
Şekil 6.1.9 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 1470 (d/d)'da yağ miktarına bağlı olarak moment değişimi.

6.2 - Sabit yağ miktarı için devir sayısına bağlı olarak momentin değişiminin incelenmesi.

Sabit yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi incelenirken, 710 (d/d), 940 (d/d), 1210 (d/d) ve 1470 (d/d)'lık her bir devir için, 2 (lt), 3 (lt), 4 (lt), 5 (lt) ve 6 (lt) 'lık yağ miktarları için, bu devirlerdeki moment değeri "F L" (kuvvet X kuvvet kolu) formülünden tespit edilmiştir. Burada her noktadaki ölçüm 5 (dak)'lık zaman süresi sonucunda ölçülmüştür. Her bir devir sayısına karşılık gelen noktalar tespit edilmiş ve bu noktalar birleştirilerek moment değişimi incelenmiştir.

Tablo 6.2.1 - SAE 10 Numaralı yağ için 2 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

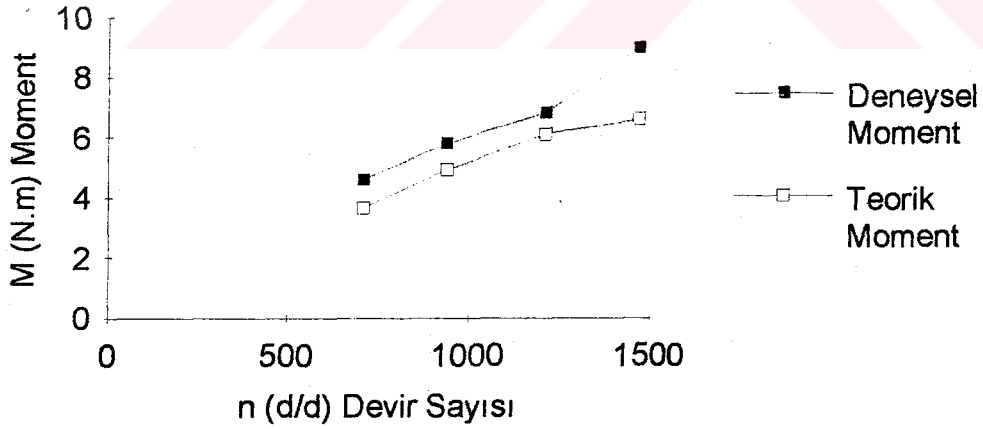
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M_D (N.m)	Teorik Moment M_T (N.m)
0.242	710	58	0.00168	4.12	3.57
	940	66	0.00175	5.20	4.93
	1210	70	0.00192	7.5	6.96
	1420	72	0.00260	11	10



Şekil 6.2.1 - SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 2 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.2 - SAE 10 Numaralı yağ için 3 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

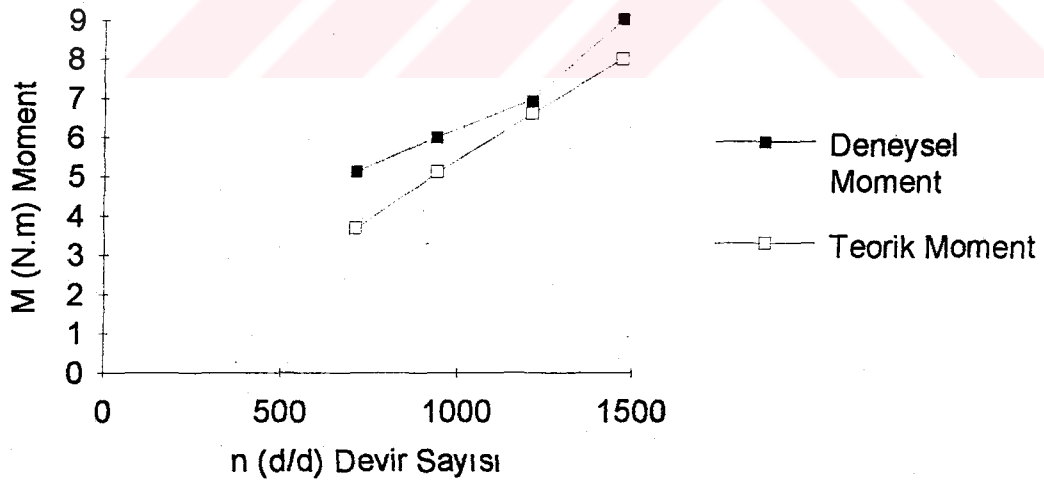
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneyisel Moment M_D (N.m)	Teorik Moment M_T (N.m)
0.363	710	60	0.00171	4.62	3.67
	940	66	0.00175	5.80	4.93
	1210	62	0.00188	6.82	6.1
	1420	64	0.00211	8.98	6.6



Şekil 6.2.2 - SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 3 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.3 - SAE 10 Numaralı yağ için 4 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

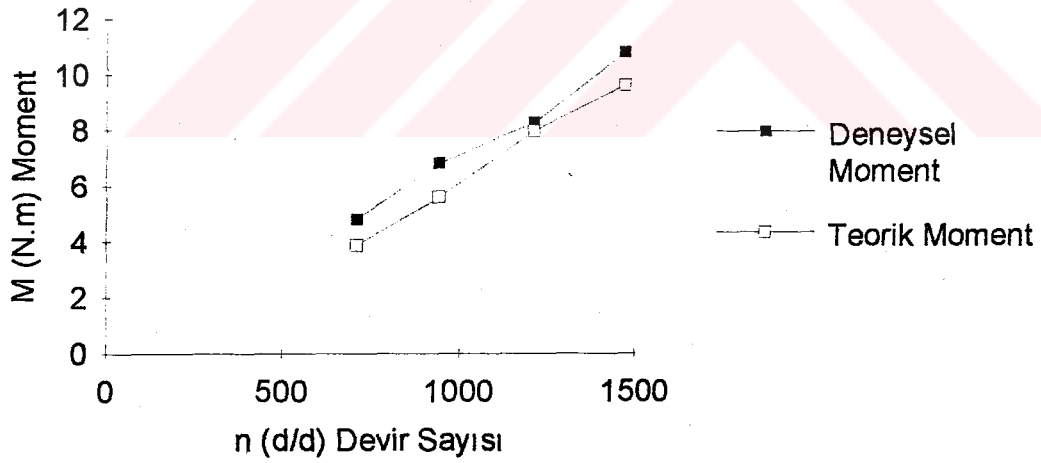
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M_D (N.m)	Teorik Moment M_T (N.m)
0.484	710	62	0.00172	5.11	3.66
	940	60	0.00181	6.00	5.10
	1210	56	0.00192	6.93	6.6
	1420	52	0.00212	9.03	6.8



Şekil 6.2.3 - SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 4 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.4 - SAE 10 Numaralı yağ için 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

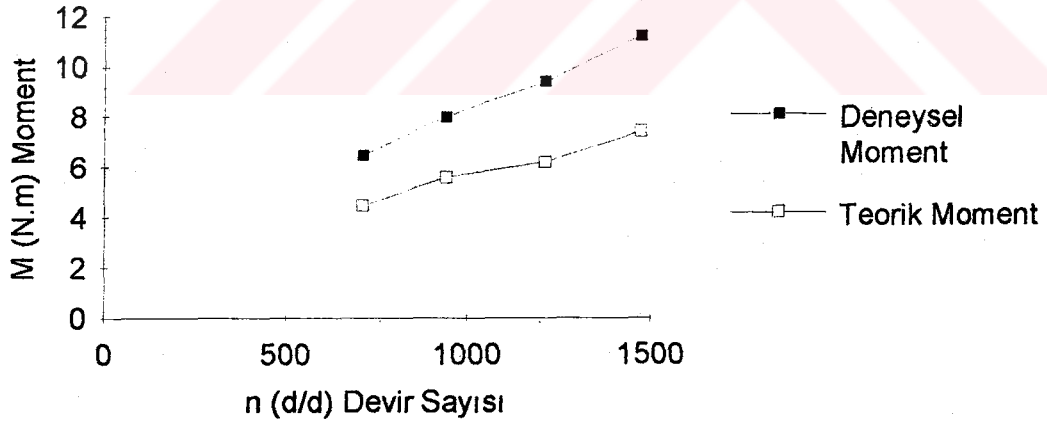
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M_D (N.m)	Teorik Moment M_T (N.m)
0.606	710	50	0.00182	4.82	3.87
	940	52	0.00198	6.80	5.58
	1210	50	0.00220	8.25	7.98
	1420	48	0.00256	10.9	7.40



Şekil 6.2.4 - SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 5 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.5 - SAE 10 Numaralı yağ için 6 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

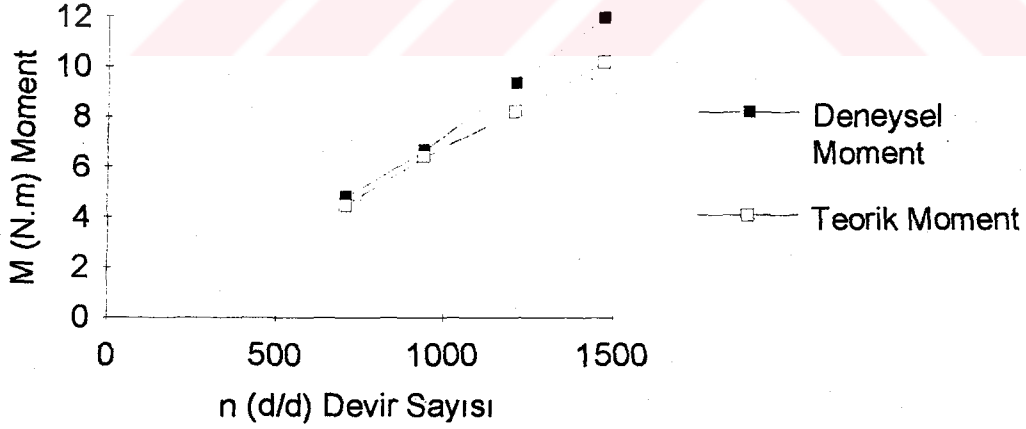
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
0.727	710	42	0.00210	6.8	4.47
	940	44	0.0022	8.50	6.2
	1210	44	0.00247	9.00	8.96
	1420	40	0.00256	11.97	7.4



Şekil 6.2.5 - SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 6 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.6 - SAE 20 Numaralı yağ için 2 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

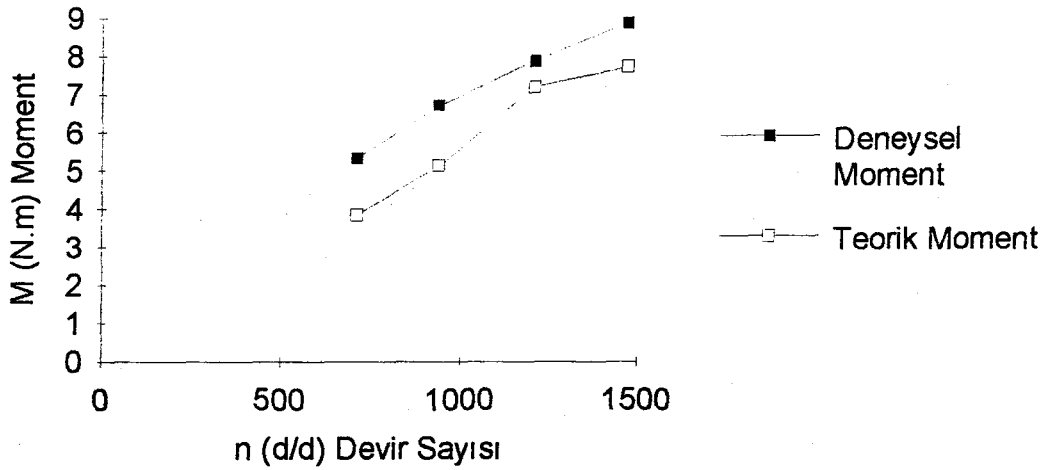
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M_D (N.m)	Teorik Moment M_T (N.m)
0.242	710	63	0.00210	4.80	4.47
	940	70	0.00236	6.65	6.4
	1210	73	0.00257	9.32	7.50
	1420	72	0.00281	11.97	7.75



Şekil 6.2.6 - SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 2 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.7 - SAE 20 Numaralı yağ için 3 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

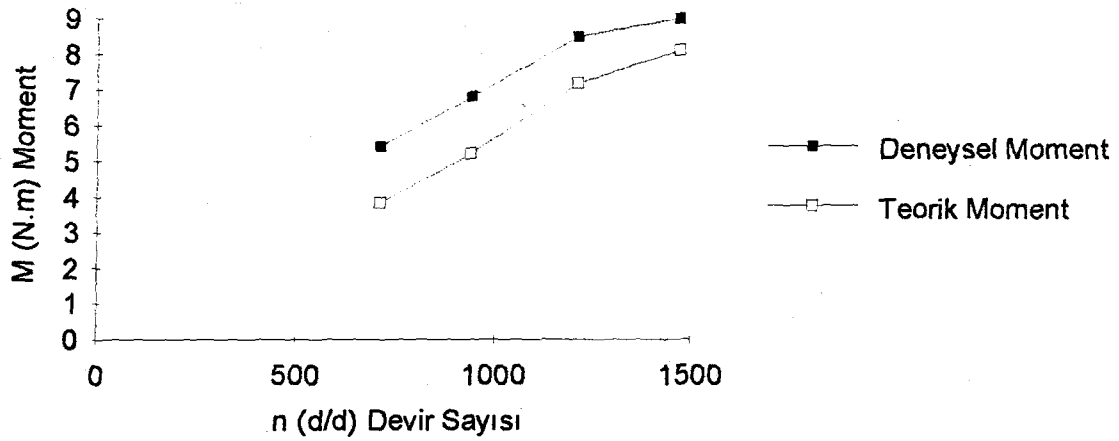
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
0.363	710	58	0.00180	5.32	3.83
	940	61	0.00182	6.70	5.13
	1210	68	0.00212	7.87	7.2
	1420	62	0.00181	8.87	7.71



Şekil 6.2.7 - SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 3 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.8 - SAE 20 Numaralı yağ için 4 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

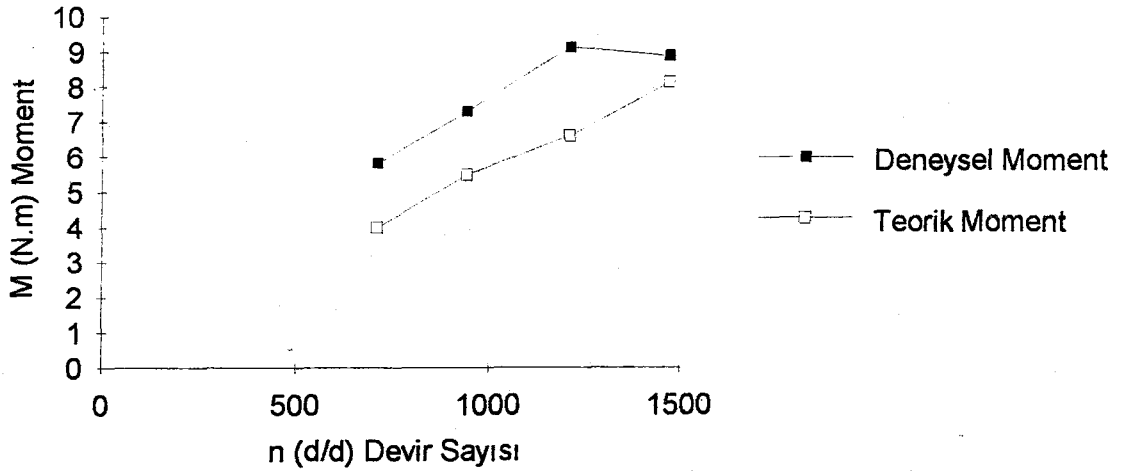
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
0.484	710	55	0.00180	5.41	3.83
	940	58	0.00185	6.80	5.21
	1210	62	0.00198	8.50	7.18
	1420	54	0.00171	8.50	7.28



Şekil 6.2.8 -SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 4 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.9 - SAE 20 Numaralı yağ için 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

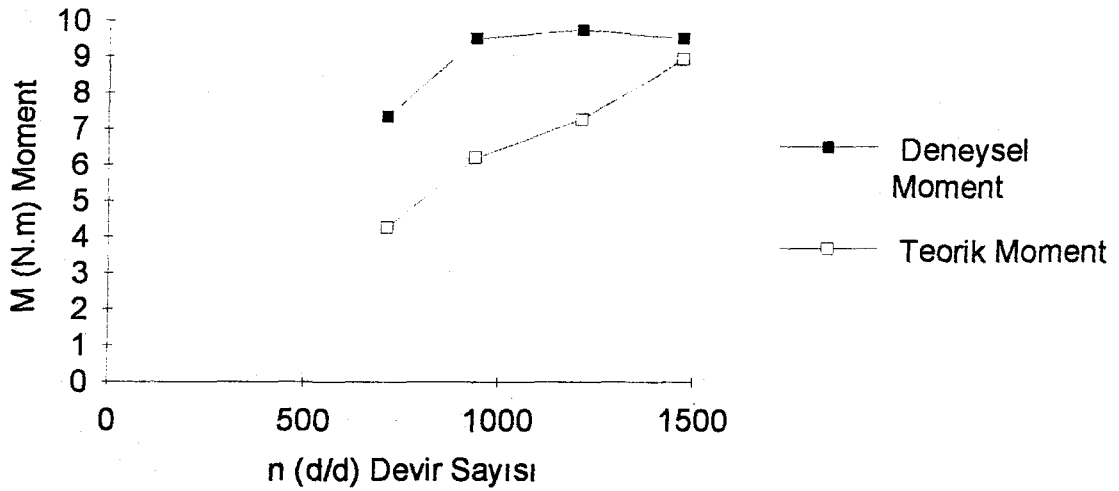
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
0.606	710	48	0.00192	5.82	4.08
	940	49	0.00195	7.30	5.49
	1210	55	0.00181	9.12	6.57
	1420	47	0.00191	8.87	8.13



Şekil 6.2.9 - SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 5 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.10 -SAE 20 Numaralı yağ için 6 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

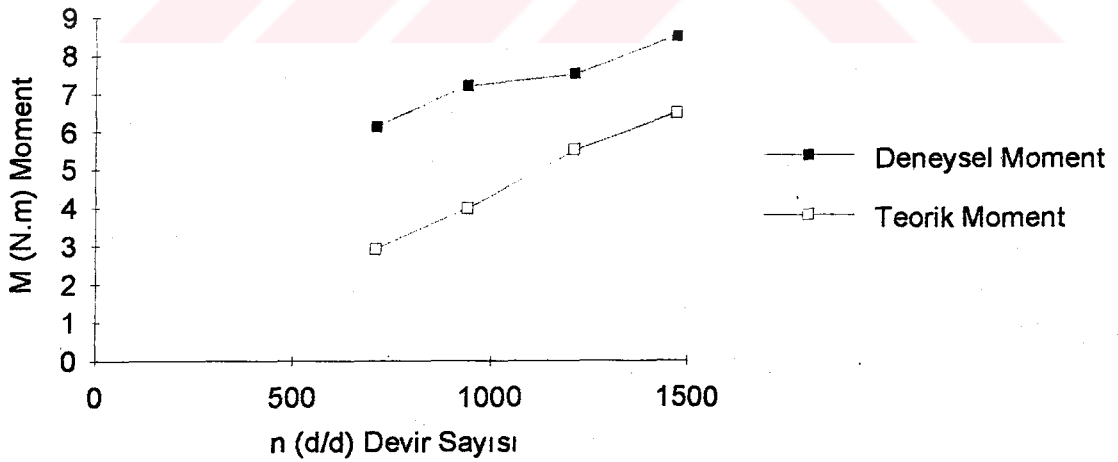
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
0.727	710	43	0.0020	7.32	4.26
	940	42	0.0022	9.50	6.20
	1210	44	0.0020	9.75	7.26
	1420	41	0.0021	9.50	8.94



Şekil 6.2.10 - SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 6 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.11 - SAE 30 Numaralı yağ için 2 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

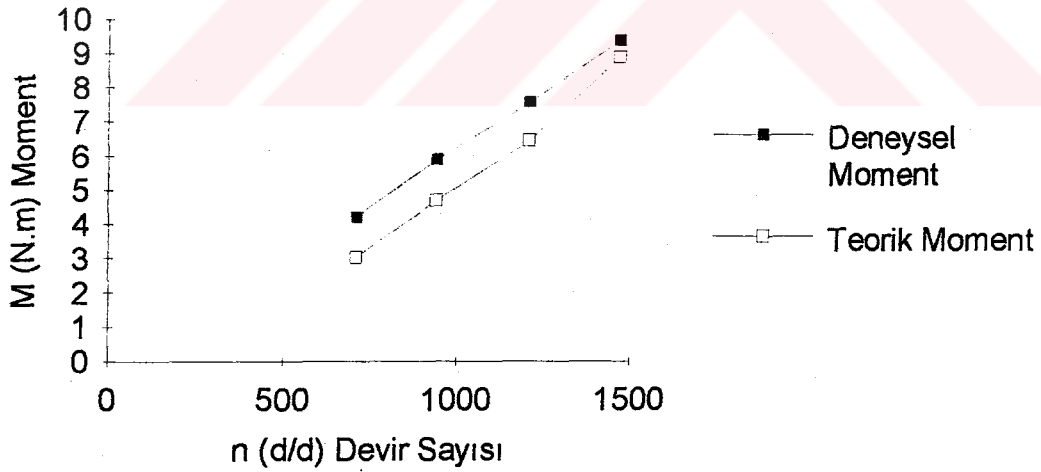
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
0.242	710	70	0.00138	.8	2.93
	940	74	0.00171	7.50	3.97
	1210	71	0.00152	7.50	5.51
	1420	71	0.00171	8.50	6.47



Şekil 6.2.11 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 2 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.12 - SAE 30 Numaralı yağ için 3 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

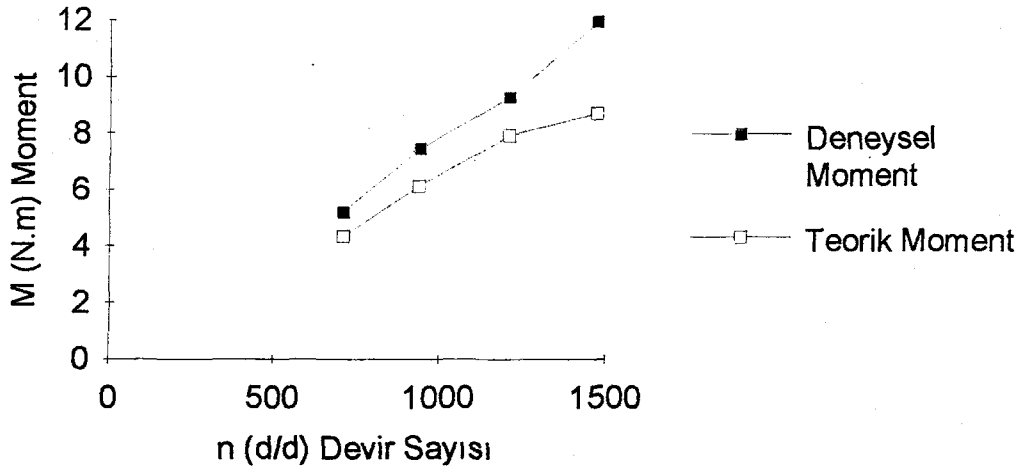
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M_D (N.m)	Teorik Moment M_T (N.m)
0.363	710	70	0.00142	6.8	3.02
	940	66	0.00150	7.62	6.53
	1210	64	0.0018	7.62	6.53
	1420	65	0.0022	9.37	8.87



Şekil 6.2.12 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 3 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.13 - SAE 30 Numaralı yağ için 3 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

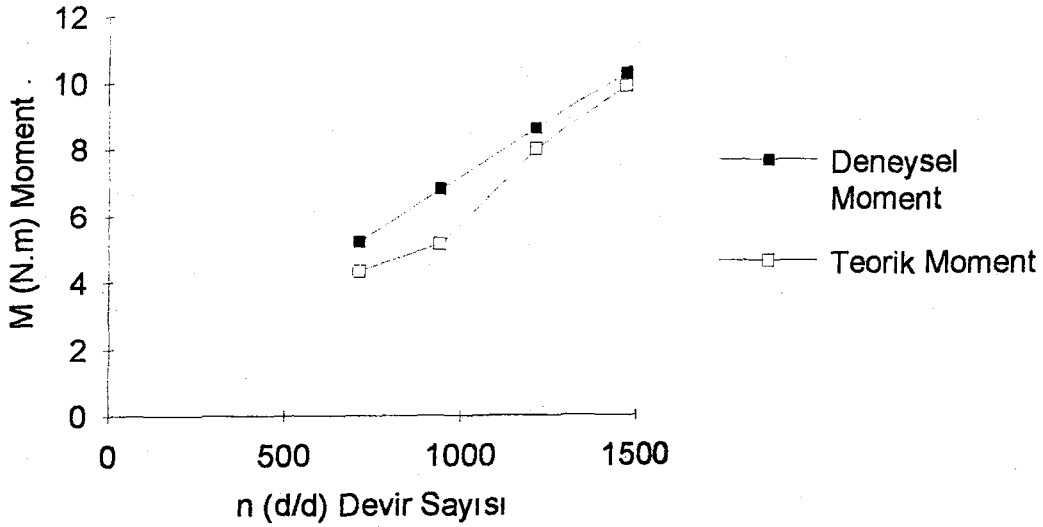
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
0.484	710	50	0.00152	7.32	3.23
	940	58	0.00167	8.75	4.70
	1210	52	0.0020	8.25	7.26
	1420	58	0.0028	11.92	9.75



Şekil 6.2.13 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 4 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.14 - SAE 30 Numaralı yağ için 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

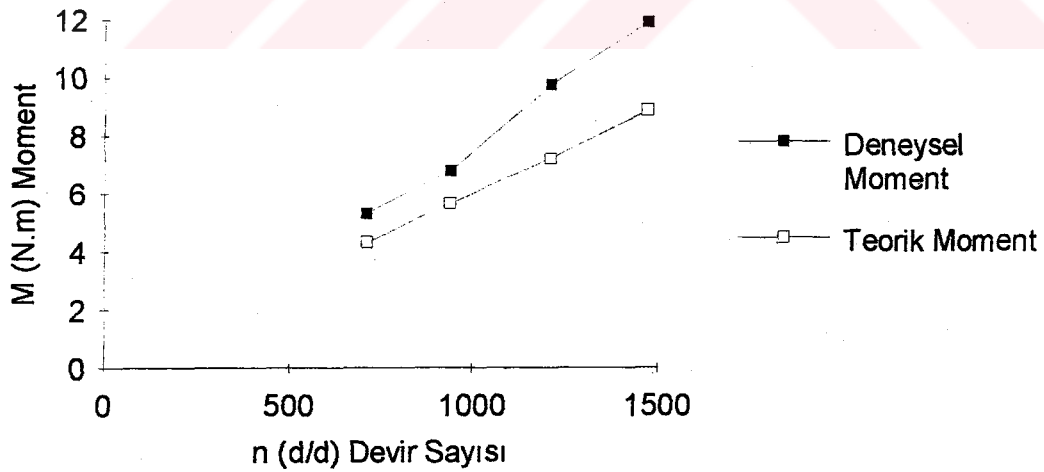
Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
0.606	710	50	0.00162	7.56	3.45
	940	48	0.00182	9.125	5.13
	1210	46	0.00220	8.62	7.98
	1420	47	0.00241	10.26	9.87



Şekil 6.2.14 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 5 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.2.15 - SAE 30 Numaralı yağ için 6 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

Doluluk Oranı (r/R)	Devir Sayısı n (d/d)	Sıcaklık T (°C)	Dinamik Viskozite μ (kgs/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik Moment M _T (N.m)
0.727	710	40	0.00181	7.82	3.85
	940	40	0.00201	9.75	5.66
	1210	39	0.00218	9.75	7.91
	1420	40	0.00280	11.92	10.25



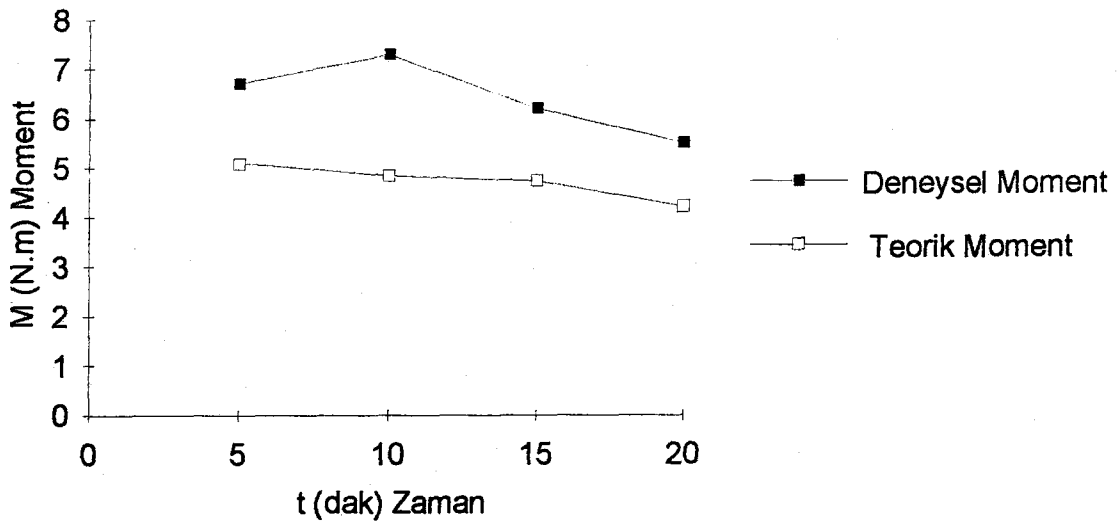
Şekil 6.2.15 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 6 (lt) yağ miktarında devir sayısına bağlı olarak moment değişimi.

6.3 - Sabit yağ miktarı ve sabit devir sayısı için zamana bağlı olarak momentin değişiminin incelenmesi.

Sabit yağ miktarı ve sabit devir sayısında zamana bağlı olarak moment değişimi incelenirken, 5 (lt) yağ miktarı için 710 (d/d), 940 (d/d), 1210 (d/d), ve 1470 (d/d)'lık her bir devir için 5 (dak), 10 (dak), 15 (dak) ve 20 (dak)'lık çalışma süresi sonunda her bir noktadaki moment değeri "F L" formülünden gidilerek hesaplanmıştır. Böylece her bir noktadaki çalışma zamanına karşılık gelen moment değeri tespit edilmiştir. Zaman ve moment değerlerinin kesistiği noktalar birleştirilerek moment değişimi incelenmiştir.

Tablo 6.3.1 - SAE 10 Numaralı yağ için 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

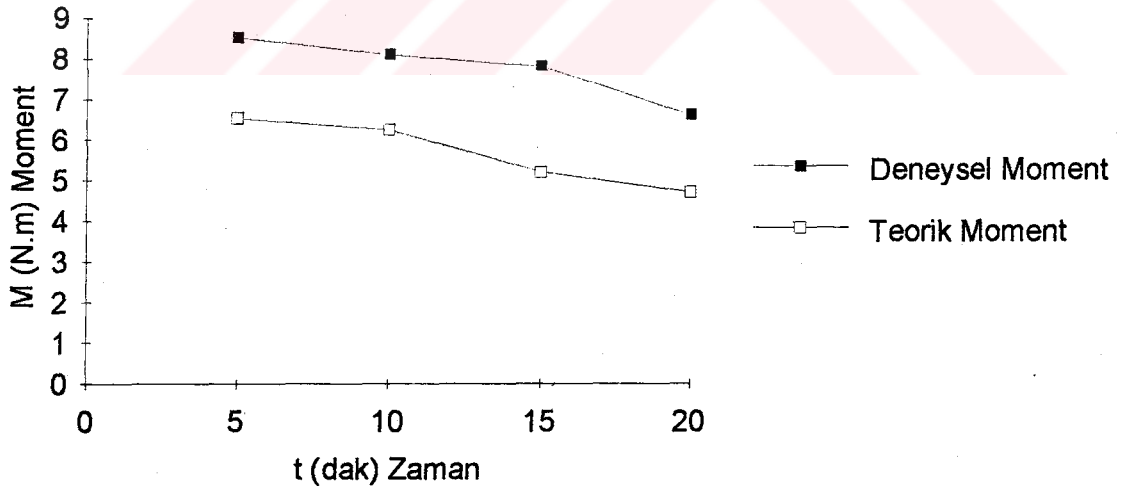
Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Ağırlık F(N)	Kol uzunluğu L(m)	Zaman t (sn)	Sıcaklık T(°C)	Dinamik Viskozite μ (kg.s.m ²)	DeneySEL Moment M _D (N.m)	Teorik moment M _T (N.m)
940	0.0606	10	0.72	5	52	0.00181	7.2	5.1
		10	0.73	10	58	0.00172	7.3	4.85
		10	0.62	15	66	0.00168	6.2	4.73
		10	0.55	20	60	0.00174	5.5	4.9



Şekil 6.3.1 - SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak, 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.3.2 - SAE 10 Numaralı yağ için 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

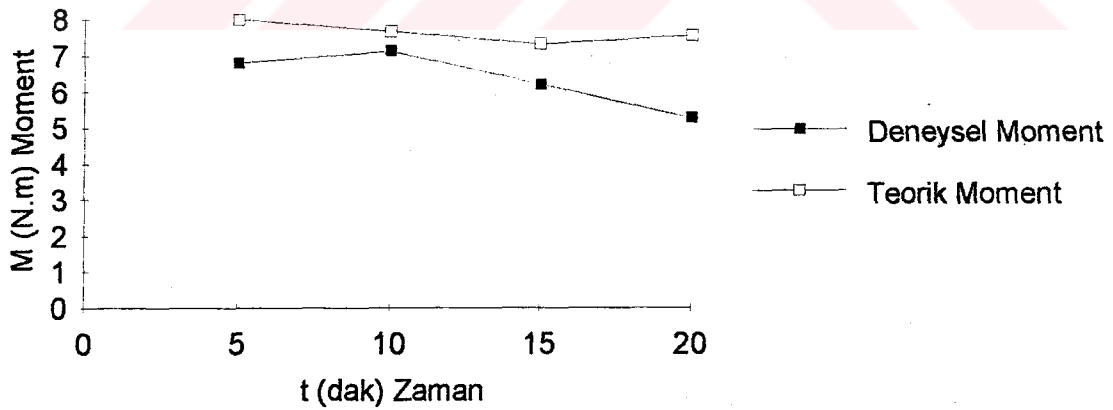
Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Ağırlık F(N)	Kol uzunluğu L(m)	Zaman t (sn)	Sıcaklık T(°C)	Dinamik Viskozite μ (kg.s/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik moment M _T (N.m)
1210	0.606	10	0.74	5	50	0.00180	7.40	6.53
		10	0.78	10	58	0.00172	7.80	6.24
		10	0.78	15	68	0.00167	7.80	6.02
		10	0.66	20	63	0.00176	6.60	6.38



Şekil 6.3.2 - SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak, 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.3.3 - SAE 10 Numaralı yağ için 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

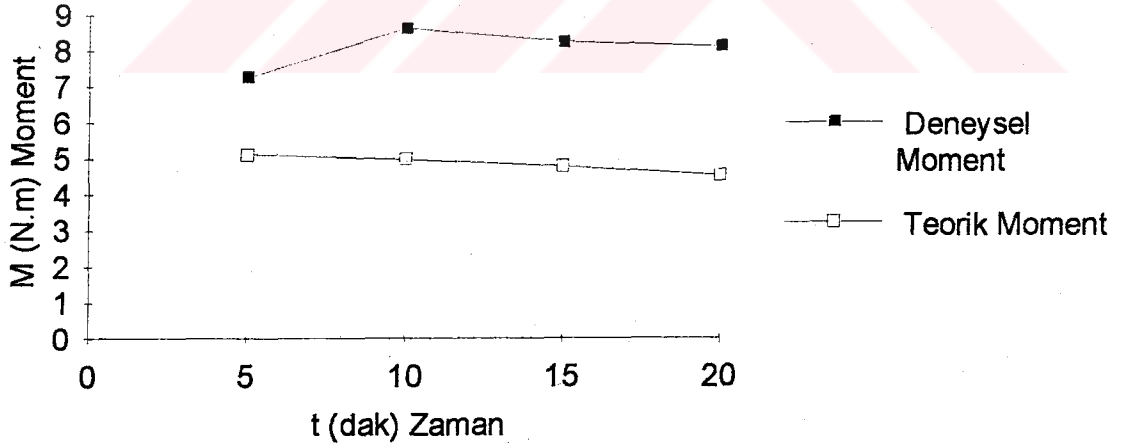
Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Ağırlık F(N)	Kol uzunluğu L(m)	Zaman t (sn)	Sıcaklık T(°C)	Dinamik Viskozite μ (kg.s/m ²)	Deneyisel Moment M _D (N.m)	Teorik moment M _T (N.m)
1470	0.606	10	0.68	5	48	0.00182	6.80	8
		10	0.76	10	56	0.00174	7.60	7.67
		10	0.62	15	68	0.00166	7.20	7.32
		10	0.62	20	62	0.00171	6.20	7.54



Şekil 6.3.3 - SAE 10 Numaralı yağ kullanılarak 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.3.4 - SAE 20 Numaralı yağ için 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

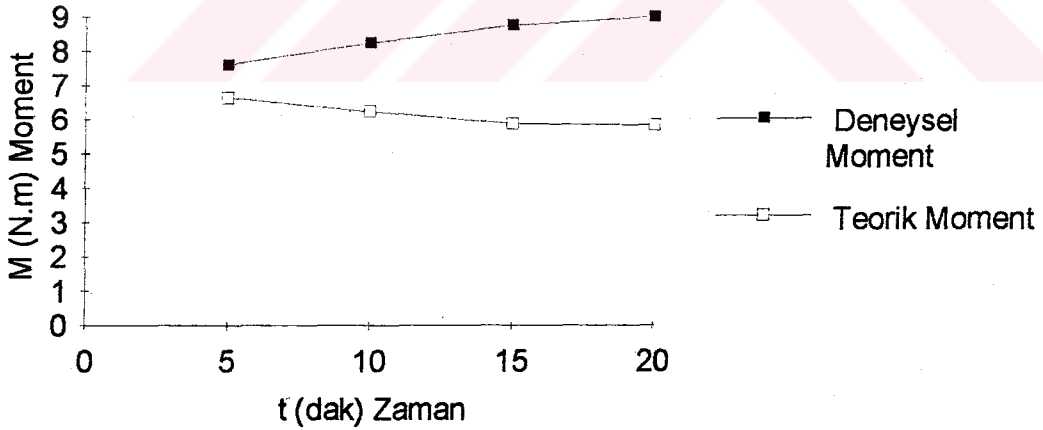
Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Ağırlık F(N)	Kol uzunluğu L(m)	Zaman t (sn)	Sıcaklık T(°C)	Dinamik Viskozite μ (kg.s/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik moment M _T (N.m)
940	0.606	12.5	0.58	5	49	0.00181	7.25	5.1
		12.5	0.69	10	54	0.00183	8.62	5.16
		12.5	0.66	15	68	0.00170	8.25	4.79
		12.5	0.65	20	65	0.00161	8.12	4.54



Şekil 6.3.4 - SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.3.5 - SAE 20 Numaralı yağ için 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

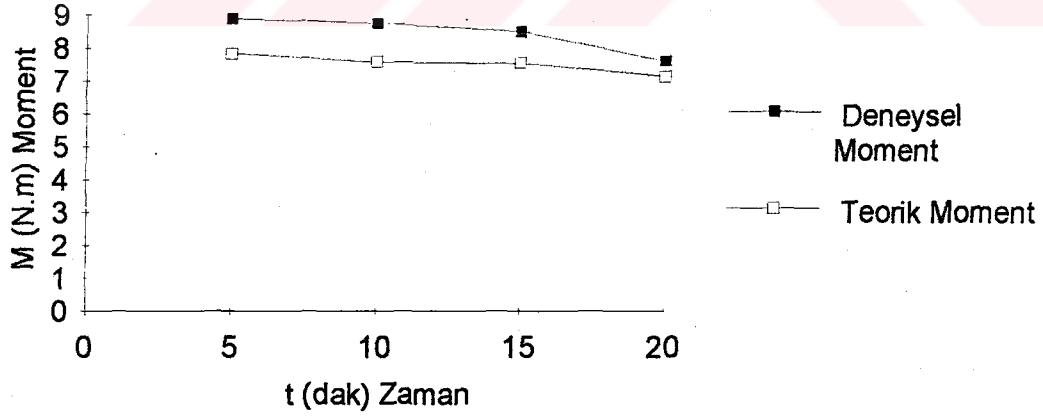
Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Ağırlık F(N)	Kol uzunluğu L(m)	Zaman t (sn)	Sıcaklık T(°C)	Dinamik Viskozite μ (kg.s/m ²)	Deneyisel Moment M _D (N.m)	Teorik moment M _T (N.m)
1210	0.606	12.5	0.61	5	55	0.00183	7.62	6.64
		12.5	0.66	10	60	0.00172	8.25	6.24
		12.5	0.72	15	71	0.0062	9	5.88
		12.5	0.70	20	68	0.00161	8.75	5.84



Şekil 6.3.5 - SAE 20 Numaralı yağ kullanılarak 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.3.6 - SAE 20 Numaralı yağ için 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

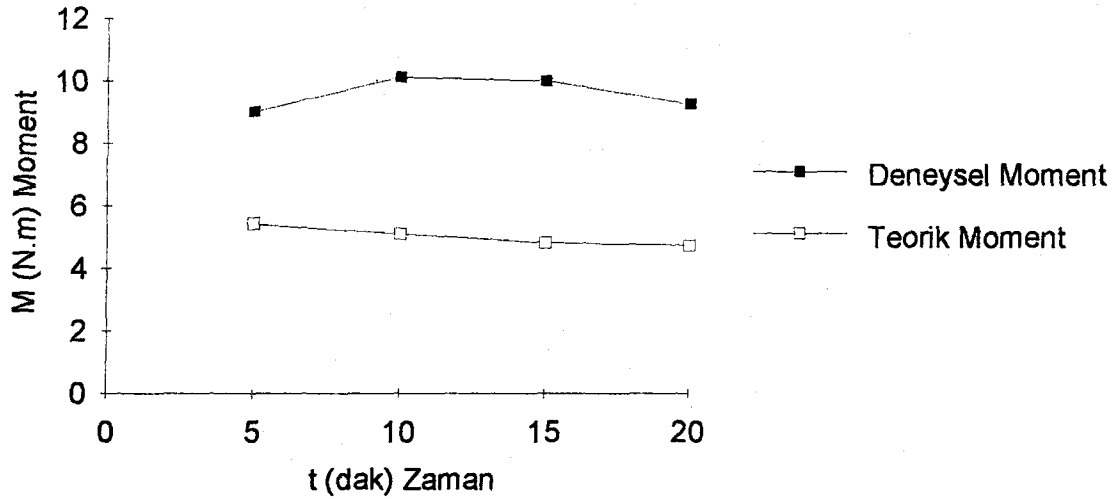
Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Ağırlık F(N)	Kol uzunluğu L(m)	Zaman t (sn)	Sıcaklık T(°C)	Dinamik Viskozite μ (kg.s/m ²)	Deneyisel Moment M _D (N.m)	Teorik moment M _T (N.m)
1470	0.606	12.5	0.63	5	47	0.00178	7.87	7.84
		12.5	0.68	10	57	0.00172	8.50	7.58
		12.5	0.70	15	67	0.00171	8.75	7.54
		12.5	0.61	20	61	0.00162	7.62	7.14



Şekil 6.3.6 - SAE 20 Numaralıyağ kullanılarak 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.3.7 - SAE 30 Numaralı yağ için 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

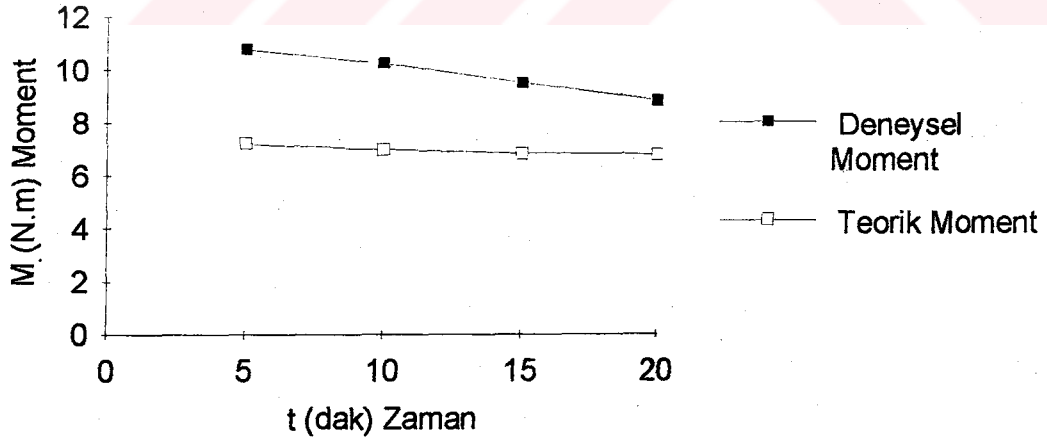
Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Ağırlık F(N)	Kol uzunluğu L(m)	Zaman t (sn)	Sıcaklık T(°C)	Dinamik Viskozite μ (kg.s/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik moment M _T (N.m)
940	0.606	12.5	0.72	5	48	0.00192	9.00	5.41
		12.5	0.81	10	60	0.00181	10.125	5.1
		12.5	0.80	15	69	0.00171	10.00	4.82
		12.5	0.74	20	67	0.00168	9.25	4.73



Şekil 6.3.7 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 940 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.3.8 - SAE 30 Numaralı yağ için 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

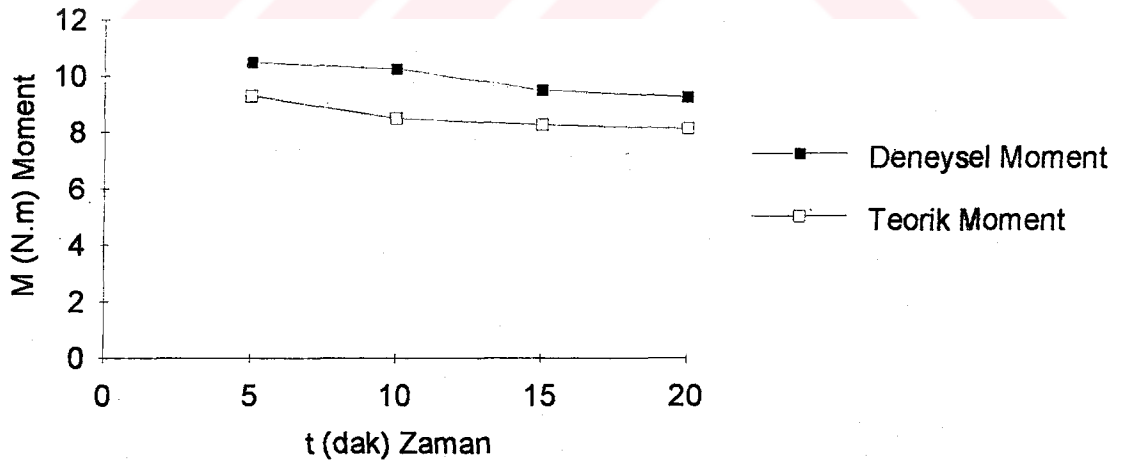
Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Ağırlık F(N)	Kol uzunluğu L(m)	Zaman t (sn)	Sıcaklık T($^{\circ}$ C)	Dinamik Viskozite μ (kg.s/m ²)	DeneySEL Moment M _D (N.m)	Teorik moment M _T (N.m)
1210	0.606	12.5	0.76	5	46	0.00198	9.50	7.18
		12.5	0.83	10	57	0.00192	10.30	6.82
		12.5	0.82	15	69	0.00188	10.25	6.82
		12.5	0.73	20	68	0.00187	9.12	6.78



Şekil 6.3.8 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 1210 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.

Tablo 6.3.9 - SAE 30 Numaralı yağ için 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında yapılan deney sonuç değerleri.

Devir Sayısı n (d/d)	Doluluk Oranı (r/R)	Ağırlık F(N)	Kol uzunluğu L(m)	Zaman t (sn)	Sıcaklık T(°C)	Dinamik Viskozite μ (kg.s/m ²)	Deneysel Moment M _D (N.m)	Teorik moment M _T (N.m)
1470	0.606	12.5	0.74	5	47	0.00211	9.25	9.3
		12.5	0.84	10	59	0.00193	10.50	8.51
		12.5	0.82	15	70	0.00188	10.25	8.29
		12.5	0.76	20	68	0.00185	9.50	8.15



Şekil 6.3.9 - SAE 30 Numaralı yağ kullanılarak 1470 (d/d) ve 5 (lt) yağ miktarında zamana bağlı olarak moment değişimi.

BÖLÜM - VII

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmalar sonunda bir su freninin karakteristikleri için aşağıdaki sonuçlara varılmış ve şu öneriler getirilmiştir;

1 - İç rotor ile dış karterin cidarları arasındaki boşluk artıkça moment düşmektedir. Bu boşluk azaldıkça moment artmaktadır. Yani rotor ile karterin cidarları arasındaki boşluk moment üzerinde ters orantılı bir etki yapmaktadır.

2 - Devir sayısı ile moment arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Devir sayısı artıkça moment artmaktadır. Devir sayısı düştükçe moment düşmektedir.

3 -Moment sistemin boyutları ile artan bir eğilim göstermektedir. Böylece sistemin boyutları artıkça daha sağlıklı ve güvenilir sonuçların alınması mümkün olmaktadır.

4 - Sistem çalışır durumda olduğu süre içinde, moment gitikçe düşmektedir. Çünkü akışkan zamanla ısınacak, ısınan akışkanın viskozitesi zamanla düşecektir. Moment değişimide viskozite ile doğru orantılı olduğundan viskozite düştükçe moment düşecek, viskozite artıkça moment artacaktır.

5 - Sonuçta moment değişiminin zamanla ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir. Makinanın çalışma süresi artıkça moment düşmekte, makinanın çalışma süresi düştükçe moment artacaktır.

6 - Belli bir çalışma süresinden sonra moment değişmemektedir. Sabit kalmaktadır.

7 - Farklı viskozitelerdeki akışkanlar kullanıldığında, viskozitesi düşük olan akışkanlarda moment düşmektedir. Viskozitesi yüksek olan akışkanlarda

moment artmaktadır. Dolayısı ile viskozitenin moment üzerinde doğru orantılı bir etki yaptığı tespit edilmiştir.

8 -Sistemde hareketli olan kanat yüzeyleri artıkça moment artmaktadır. Hareketli kanat yüzeyleri düştükçe moment düşmektedir. Yani hareketli kanat yüzeylerinin sayısı moment üzerinde doğru orantılı bir etki yapmaktadır.

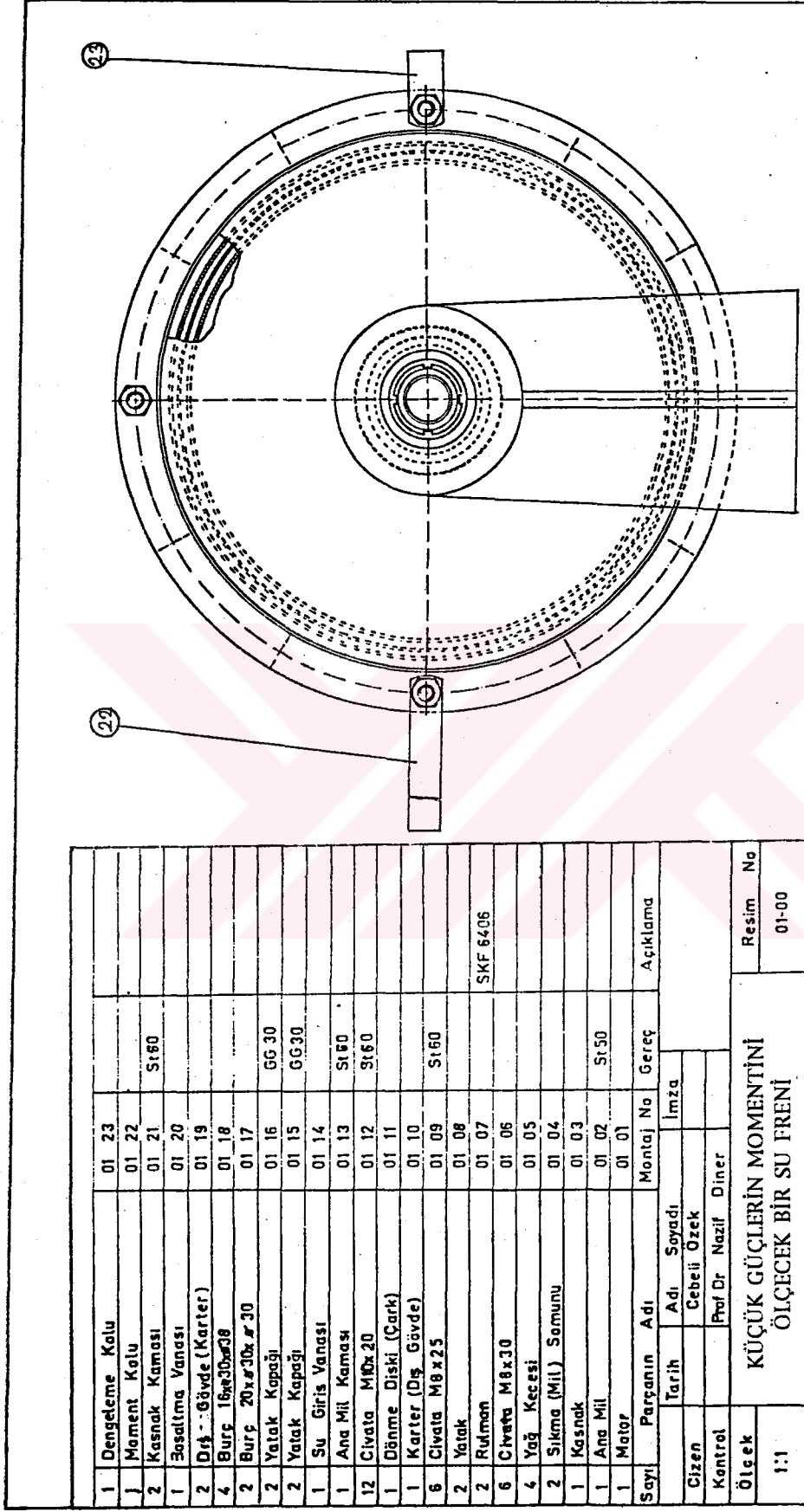
9 - Sisteme doldurulan akışkan miktarı, belli bir orana kadar moment değerini artırmaktadır. Ancak belli bir orandan sonra sistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Buda sistemde iç cidarlar arasında sıkışan akışkanın merkezkaç kuvvetlerin tesiri ile hareketli kanat yüzeylerinin hareketini engellemekten kaynaklanmaktadır. Bu durum, sistemin aşırı ısınmasına ve hatta tahrik motorunu bile yakabilecek derecede tehlikeli olmaktadır.

10 - Sistemin sarsıntısız ve düzenli çalışması, minumum bir balans ayarının yapılması, daha sağlıklı sonuçlar elde etmek için büyük bir önem taşıdığıda ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- 1 - ÖZ, i. Hakkı, (1967); içten yanmalı makinalarda ölçme yöntemleri, (İ.T.Ü yayını) Cilt 2, S 176 - 244 , İst:
- 2 - EYİCE, Suavi; Termik tesislerde ölçme ve terimler. (İ.T.Ü Yayını) Cilt 1 S 88 - 109 İst.
- 3 - UĞURLUBİLEK; M. Ramazan (1989); Yüksek hızlı hafif hizmet motorlarında alternatif yakıt olarak metil alkolün kullanılması. (Anadolu Üniversitesi Fen Bil. Enst.) Doktora tezi. S 24 -26
- 4 - OKDAY, Şefik; (1971) Makina elemanları Cilt 1 İst.
- 5 - BİLGİNPERK, Hüseyin; (1987); Dizel motorları. (M. E. B. Basımevi) S 33 - 40 İst:
- 6 - ÖZDAMAR, İbrahim; YELKEN, Bilal; (1987); Benzin motorları. (M. E. Basımevi) S 83 - 86 , ist.
- 7 - KÜÇÜKŞAHİN, Fahrettin; (1990); Dizel Motorları (Beta yayım ve Dağıtım) S 56 - 68. İst.
- 8 - ÖZGÜR; Cahit, (1961); Hız Reğülatörleri. (izmir Matbası) S 1 - 12 İst.
- 9 - OKDAY, Şefik; (1977), Makina elemanları , Cilt 2 S 27 - 40 İst.
- 10 - YILMAZ; Nevzat, (1984), Motorlar teorisi (F. Ü. Müh. Fak. Mak Müh. Böl.) S 7 - 10 Elazığ.

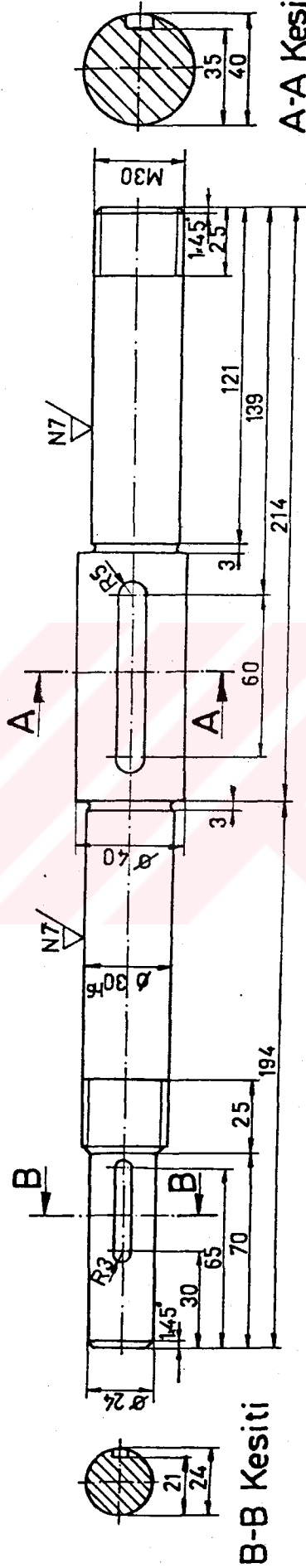
- 11 - ANDERSEN; H. P. (H. P .A . Engine Start Dynamometer No 201) Gazi Üniversitesi T. E. F. Ankara.
- 12 - PFLEIDERER, Carl; EMER profesor Ander Technischen Hochschule, Braunschweig. (Berlin - Göttingen, Heidelberg.) S101 - 104
- 13 - TAYLOR; C and TAYLOR E; (1961) The internal combustion Engine Scranton: International Textbook.
- 14 - The University of Michigan Libraries - Testing, high speed internal combustion engines Measurement of brake horse power.
- 15 - LAREWW; Walter B. (1968); Fluid Clutches and Torque Converters N. Y. Chilton book company .
- 16 - HELDTH; P. M.; (1951) Torque converters or Transmissions, Philadelphia, Chilton company.
- 17 - PANCAR; Y: (1985); Hidrolik makinalar laboratuvar deneyleri, (Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Yayınları No 70 2. baskı)



EK 2: İmalat ve Dizaynı Gerçekleştirilen Su Freninin Soldan Kesit

Görünüşü.

N8/ (N7/)

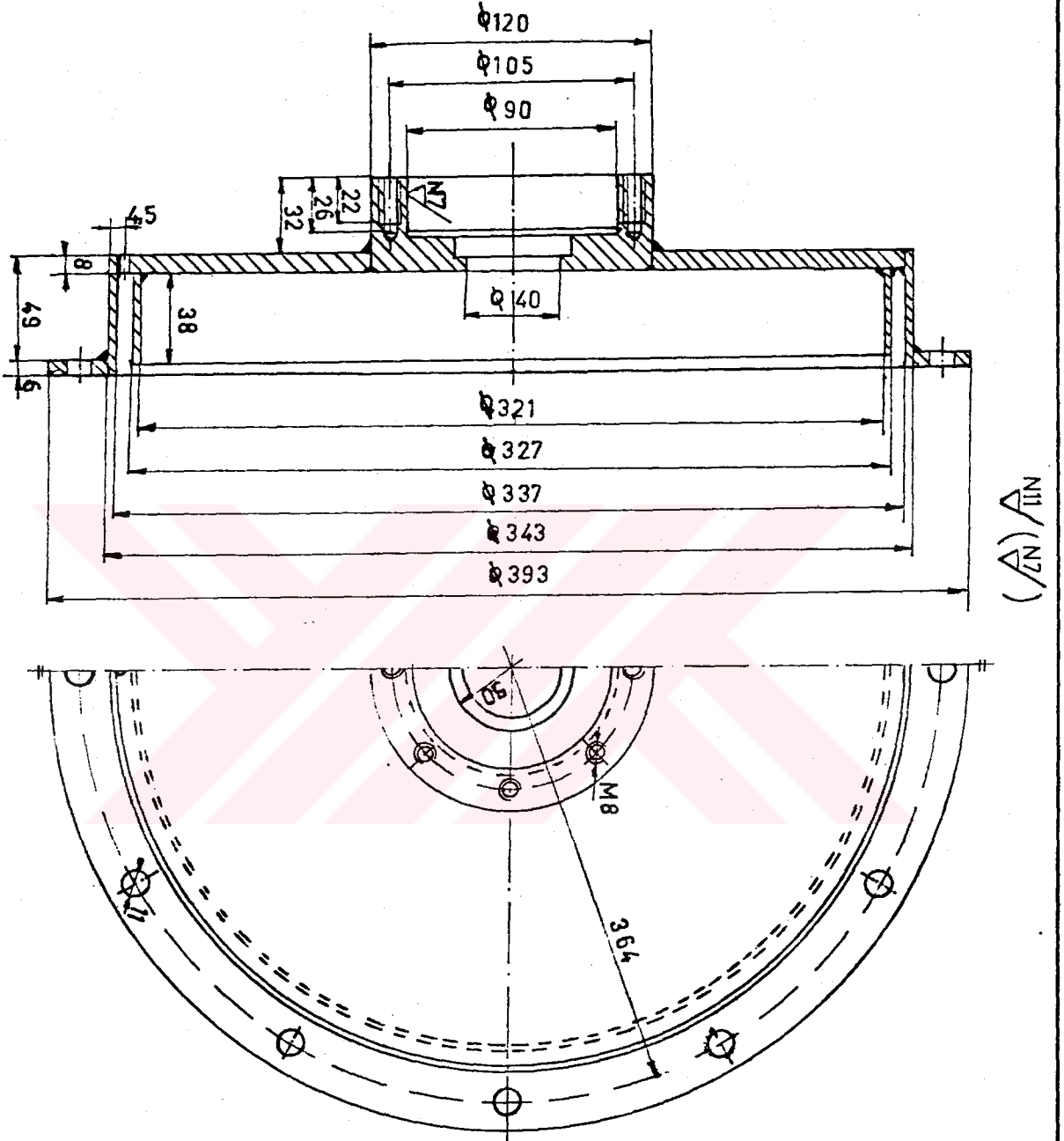


A-A Kesiti

B-B Kesiti

St 50	1 : 2	1	Ana mil	C. Özek	01-02
Gereç	Ölçek	Sayı	Parçanın Adı	Çizen	Resim No

EK2



	1,25	1	Dış Gövde	C Özek	01-10
Gereç	Ölçek	Sayı	Parçanın Adı	Çizen	Resim No

Technical drawing of a mechanical part, showing a cross-section and a top view.

Dimensions and Features:

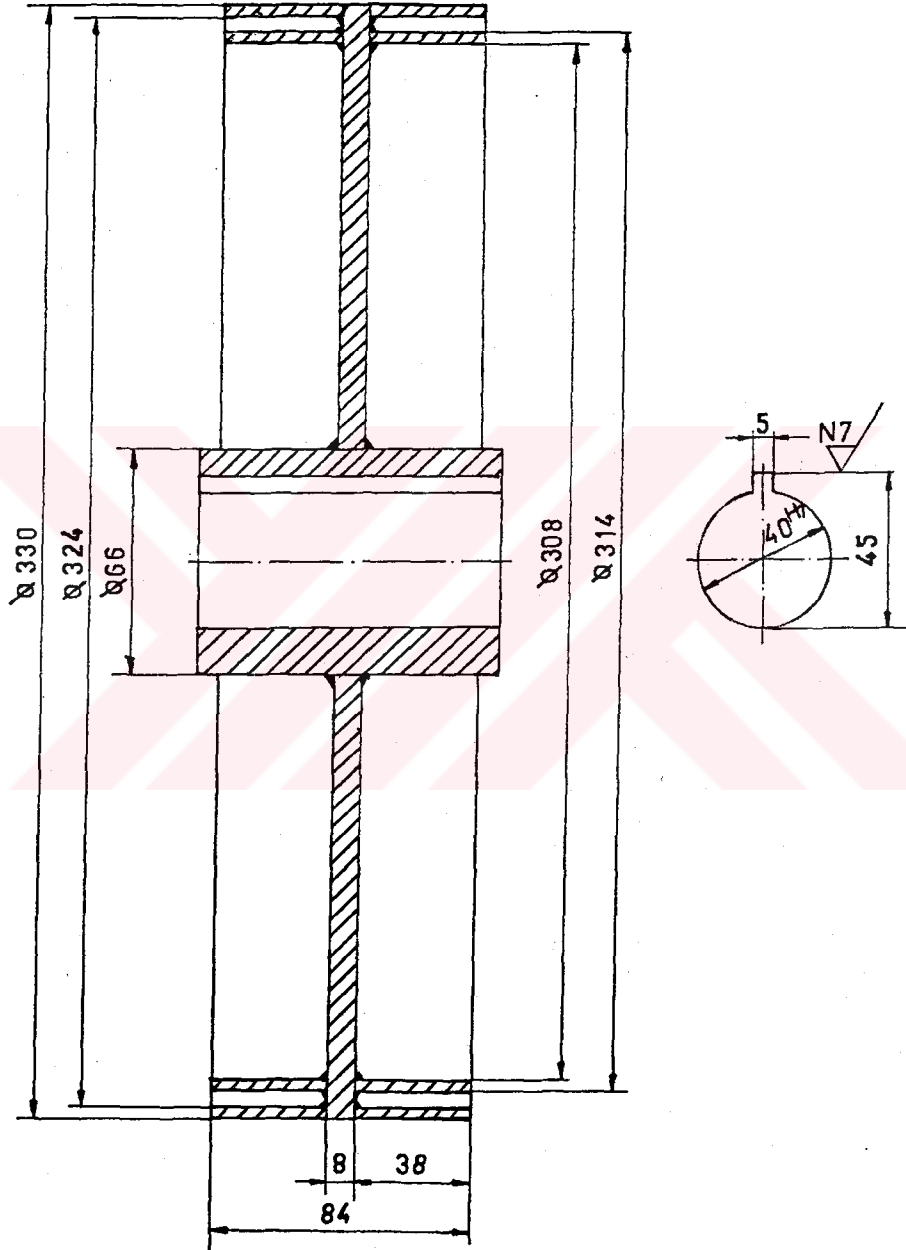
- Top View: Semi-circular shape with a radius of 364 mm. Central hole diameter: 120 mm. Hole offset: 105 mm. Hole depth: 32 mm. Hole diameter: 90 mm. Hole diameter: 87 mm. Hole diameter: 83 mm. Hole diameter: 40 mm. Hole diameter: 321 mm. Hole diameter: 327 mm. Hole diameter: 337 mm. Hole diameter: 343 mm. Hole diameter: 393 mm.
- Side View: Cylindrical component with a central hole of diameter 120 mm. Flange diameter: 105 mm. Flange thickness: 32 mm. Main body diameter: 321 mm. Main body length: 69 mm. Main body diameter: 327 mm. Main body diameter: 337 mm. Main body diameter: 343 mm. Main body diameter: 393 mm.

Table:

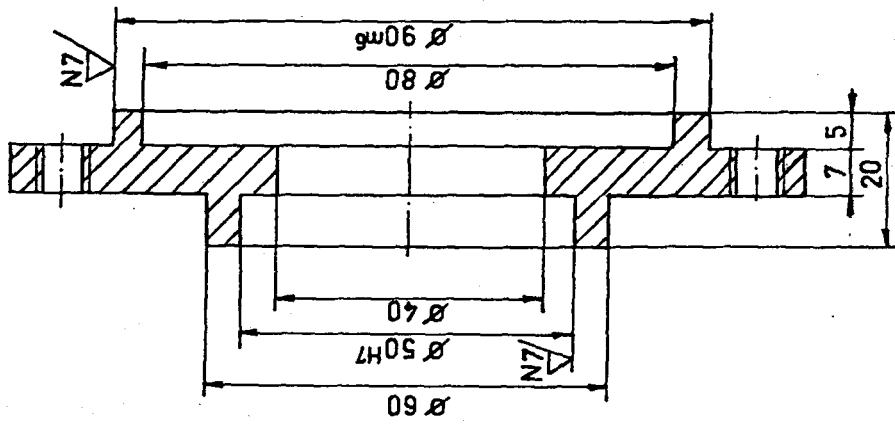
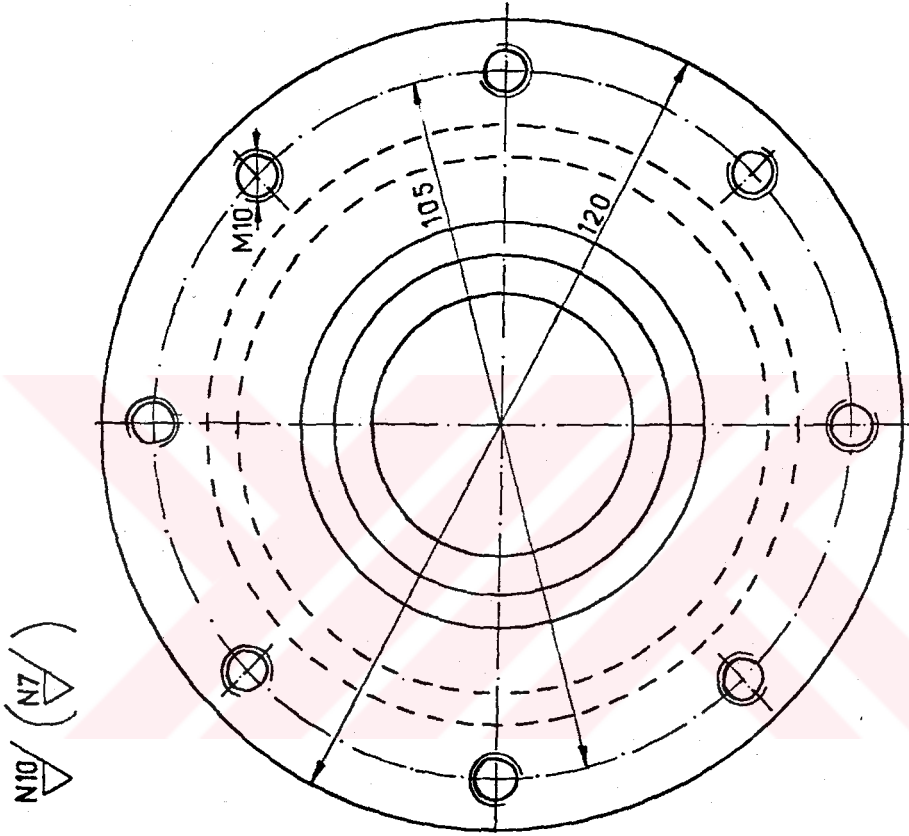
Gereç	Ölçek	Sayı	Parçanın Adı	Çizen	Resim No
1:2,5	1		Dış Gövde	C. Özek	01- 19

	1:2,5	1	Dış Gövde	C. Özek	01- 19
Gereç	Ölçek	Sayı	Parçanın Adı	Çizen	Resim No

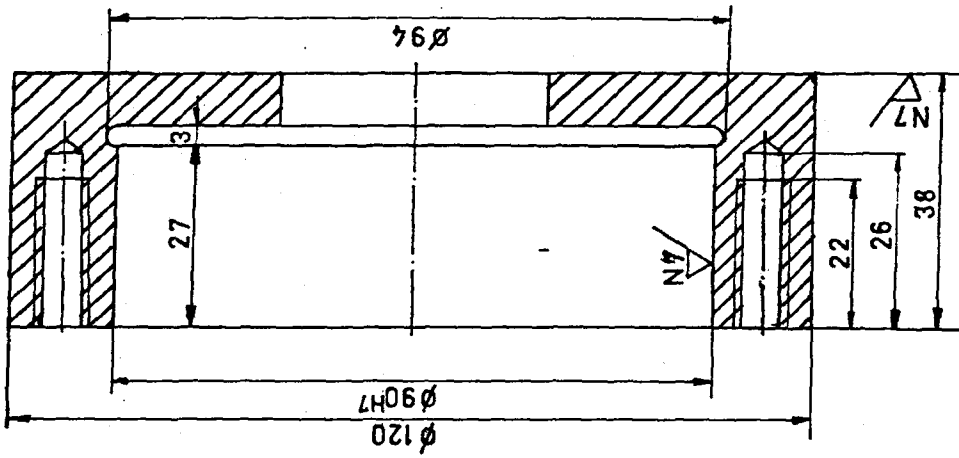
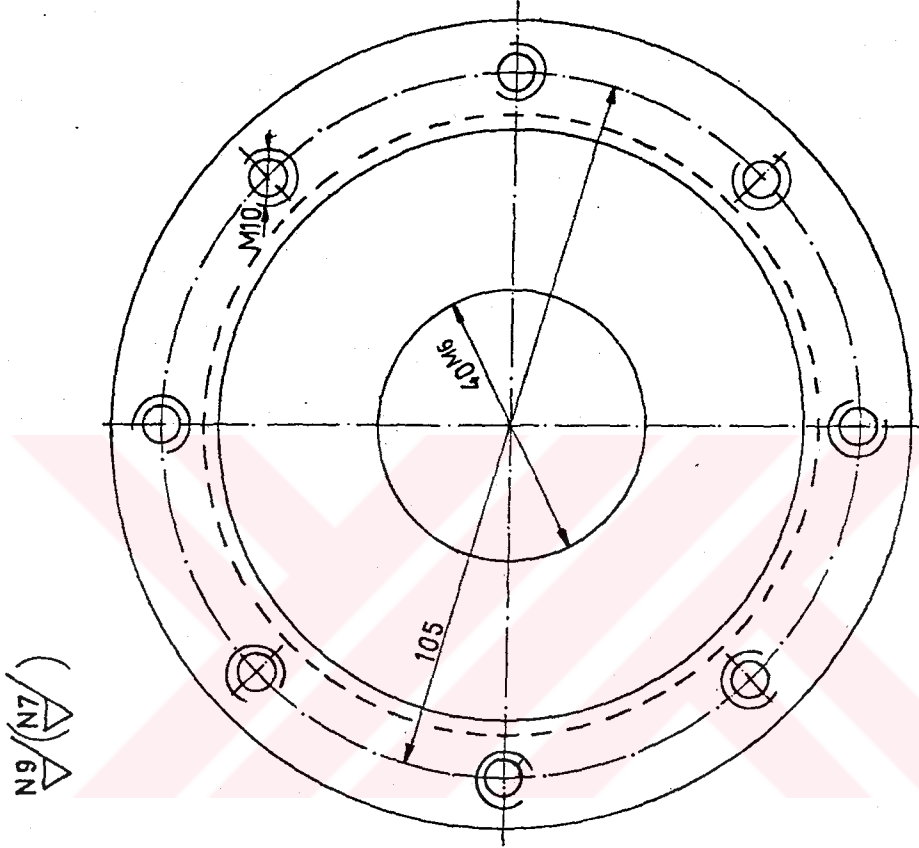
N9 / (N7 /)



	1:2	1	Disk	C. Özek	01-11
Gereç	Ölçek	Sayı	Parçanın Adı	Çizen	Resim No

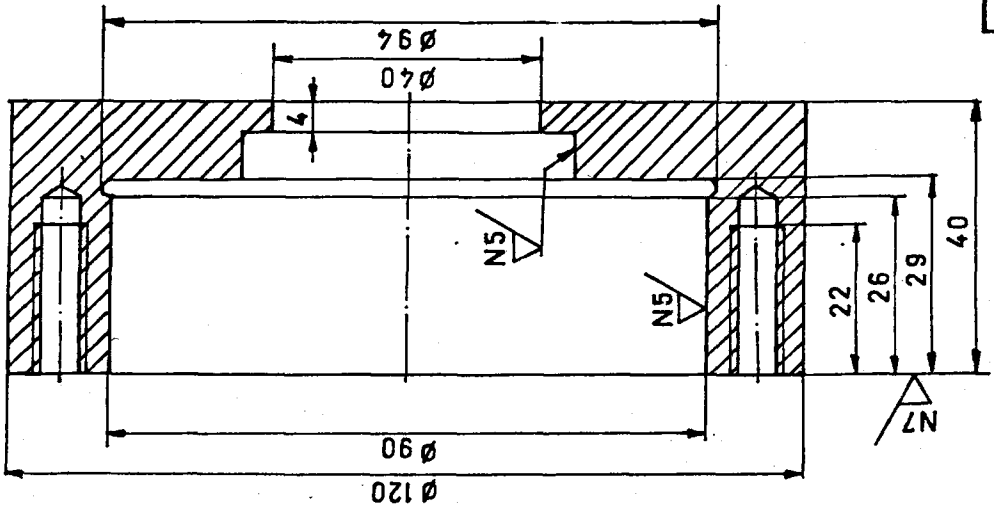
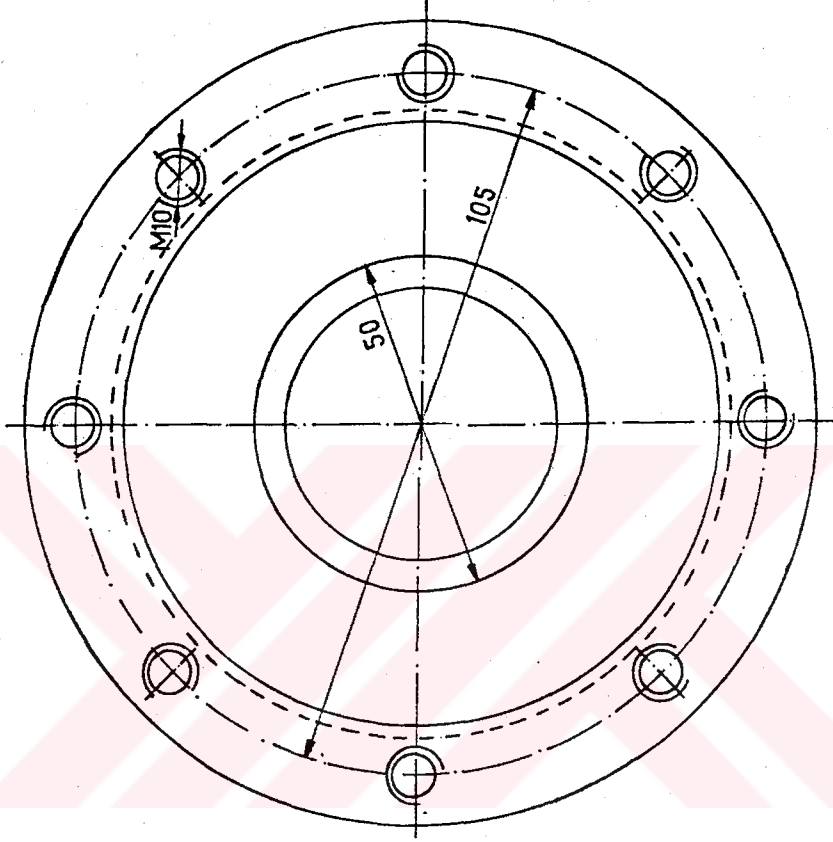


GG 30	1:1	2	Kapak	Ç . Özek	01-16
Gereç	Ölçek Sayı	Parçanın Adı	Cizen	Resim	No



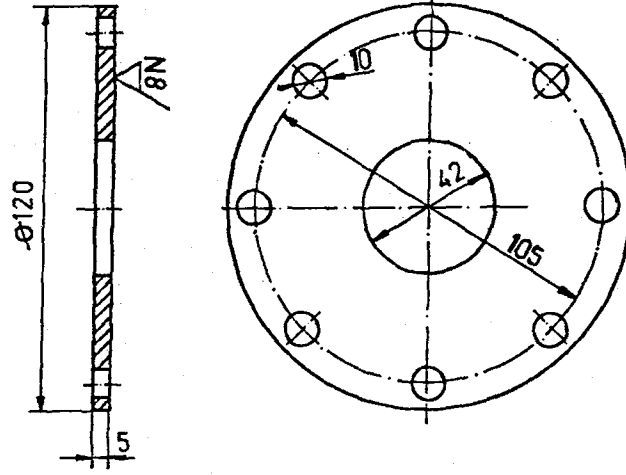
Gereç	1:1	2	Yatak	C. Özek	Resim	No
	Ölçek Sayı	Parçanın Adı	Çizen			

N10/ (N7/N5/)

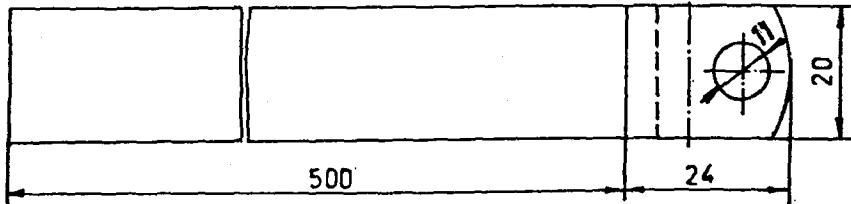
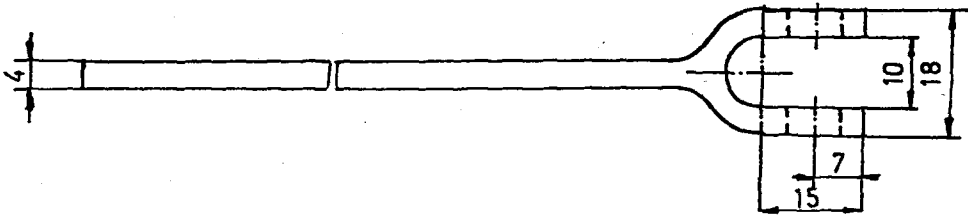


Gereç	Ölçek	Sayı	Yatak		C. Özek	Resim	No
			Parçanın	Adı	Çizen		
	1:1	2					

N11/(N8/)

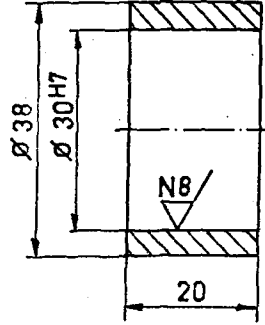


GG 30	1:2	2	Kapak	C. Özek	01-15
Gereç	Ölçek	Sayı	Parçanın Adı	Çizen	Resim No



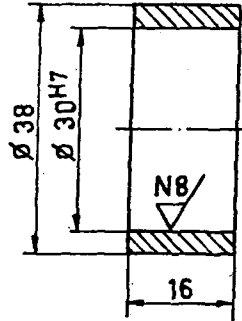
GG 30	1:1	1	Moment Kolu	C. Özek	01-22
Gereç	Ölçek	Sayı	Parçanın Adı	Çizen	Resim No

N10/(N8/)



	1:1	2	Burç	C. Özek	01-17
Gereç	Ölçek	Sayı	Parçanın Adı	Çizen	Resim No

N10/(N8/)



	1:1	4	Burç	C. Özek	01-18
Gereç	Ölçek	Sayı	Parçanın Adı	Çizen	Resim No