

TAM SANTRİFÜJ POMPALARDA TEK, İKİ VE ÇOK
KANATLI KAPALI VE YARI AÇIK FANLARDA
GEOMETRİK BENZERLİK BAĞINTILARININ
TEORİK VE DENEYSEL YOLLARLA MUKAYESESİ

Yaşar ÖZÜDOĞRU

Yüksek Lisans Tezi

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

1993

TAM SANTRİFÜJ POMPALARDA TEK, İKİ VE ÇOK KANATLI
KAPALI VE YARI AÇIK FANLARDA GEOMETRİK BENZERLİK
BAĞINTILARININ TEORİK VE DENEYSEL YOLLARLA
MUKAYESESİ

Yaşar ÖZÜDOĞRU

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü
Yönetmeliği Uyarınca Makina Mühendisliği Anabilim
Dalı Konstrüksiyon ve İmalat Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç.Dr.Yaşar PANCAR.

Ocak-1993

Yaşar ÖZÜDOĞRU'nun "YÜKSEK LİSANS" Tezi olarak hazırladığı "TAM SANTRİFÜJ POMPALARDA TEK, İKİ VE ÇOK KANATLI KAPALI VE YARI AÇIK FANLARDA GEOMETRİK BENZERLİK BAĞINTILARININ TEORİK VE DENEYSEL YOLLARLA MUKAYESESİ" Başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.11./2./1993

Üye : Prof.Dr.Battal KUŞHAN

Üye : Prof.Dr.Kemal TANER

Üye : Doç.Dr.Yaşar PANCAR

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17 SUBAT 1993
gün ve ..341-17..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Rüstem KAYA

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmanın amacı , düşük özgül hızlı tam santrifüj pompalarda tek kanatlı , iki ve çok kanatlı kapalı ve yarı açık fanlarda çap ve devir değişimi sağlanarak yapılan deneylerle pompanın karakteristik değerleri tespit edilerek , geometrik benzerlik şartları, teorik ve deneysel yollarla mukayesesi ile pompa performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

Bu çalışma teorik ve deneysel olmak üzere iki grupta toplanabilir. Teorik çalışmada , tam santrifüj pompalarda dinamik benzerlik şartları, kapalı ve yarı açık fanların genel özellikleri incelenmiş ve literatürde adından pek fazla söz edilmeyen yarı açık fanlar tanıtılmış,kapalı ve yarı açık fanların pompa performansı üzerindeki etkileri deneysel yollarla mukayese edilmiştir.

Yapılan deneylerde, Şeker Sanayiinde yaygın olarak kullanılan ve T.Ş.F.A.Ş. Eskişehir Makina Fabrikası'nda seri üretimi yapılan düşük özgül hızlı tek kademeli santrifüj pompa kullanılmıştır.

Bu pompa üzerinde beş değişik fanda, iki ayrı çap ve devir için toplam yirmi iki adet deney yapılarak, karakteristik eğrileriyle aralık akış kayıpları ve geometrik benzeşim formülleri ile teorik olarak çizilen eğriler, deneysel yollarla elde edilen gerçek eğrilerle karşılaştırılmıştır.

SUMMARY

The purpose of this thesis is to determine the pump characteristics, in low specific speed centrifugal pumps which have single, two or more vaned, ~~closed~~ and semi open impellers. By changing those, the diameter and angular velocity, their influences on the pump characteristics are researched with the geometric similarity conditions which are compared by the theoretical and test methods.

This thesis can be grouped in two parts, which are the theoretical and the test parts. In the theoretical part the dynamic similarity conditions in centrifugal pumps, the general features of the closed and semi open impellers are researched, and semi open impellers which are not mentioned very much in literature, are introduced, the influences of the closed and semi open impellers on the pumps performance are compared by the test methods.

The pump used in tests is low specific speed, with single stage centrifugal one, which is commonly used in sugar industry and is mass produced in Eskişehir Machine Factory of Turkish Sugar Company.

Using this pump, five various types of impellers are tested in twenty two tests for two different diameters and corresponding different angular velocities, the theoretical curves, which are drawn by using pumps characteristics curves, leakage losses and the geometric similarity formulas are compared by those real curves which are obtained by using the test results.

TEŞEKKÜR

Tam Santrifüj Pompalarda Tek, İki ve Çok Kanatlı Kapalı ve Yarı Açık Fanlarda Geometrik Benzerlik Bağlıntılarının Teorik ve Deneysel Yollarla Mukayesesi başlıklı bu çalışmayı hazırlamamda, benden emeklerini esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Yaşar PANCAR'a, deney çalışmalarım esnasında yardım ve imkanlarını seferber eden Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Eskişehir Makina Fabrikası Müdürlüğüne, deney grafiklerinin bilgisayardan alınması ve yazım aşamasında bana yardımcı olan mesai arkadaşım End.Müh Süleyman SOLAK'a şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| ÖZET | 1v |
| SUMMARY | v |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | x11 |
| DENEY FÖYLERİ DİZİNİ | x1v |
| DENEY GRAFİKLERİ DİZİNİ | xv |
| SİMGELER DİZİNİ | xv111 |
| ALTLIKLAR DİZİNİ | xx |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. SANTRİFÜJ POMPALARDA BENZEŞİM KURALLARI | 3 |
| 2.1. Geometrik Benzeşim Kuralı | 3 |
| 2.2. Kinematik Benzeşim Kuralı | 3 |
| 3. SANTRİFÜJ POMPA FANLARINDAKİ AKIŞ KARAKTERLERİ İLE TEMEL BÜYÜKLÜKLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER ... | 4 |
| 3.1. Temel Kabuller | 4 |
| 3.2. Benzer Fanlarda Akış Benzerliği Şartları. | 4 |
| 3.3. Birim Büyüklükler | 5 |
| 4. ÖZGÜL HIZLAR | 7 |
| 4.1. Özgül Hızları Tanımlayan Genel Formüller. | 7 |
| 4.2. Kinematik Özgül Hız | 9 |

İÇİNDEKİLER (Devam Ediyor)

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 4.3. Dinamik Özgül Hız | 10 |
| 4.4. Kinematik ile Dinamik Özgül Hızları Arasındaki İlişki | 11 |
| 4.5. Metrik, İngiliz ve Amerikan Birim Sistemi Özgül Hız Değerleri Arasındaki İlişkiler. | 12 |
| 4.6. Özgül Hızın Niteliği | 13 |
| 5. SANTRİFÜJ POMPALARIN TEORİSİNDE BENZERLİK SAYILARININ ÖZELLİĞİ | 15 |
| 6. FANLARDA GENEL HUSUSLAR | 16 |
| 6.1. Fan Teorisi | 16 |
| 6.1.1. Sonsuz kanat hali | 16 |
| 6.1.2. Sonlu kanat hali | 17 |
| 6.2. Gerçek Şartlarda Q-Hm Karakteristiğinin Şekli | 18 |
| 6.3. Akış Düzeni | 20 |
| 6.4. Bağlı Hız Dağılımı | 20 |
| 6.5. Fan Dizaynı | 22 |
| 6.6. Kayıplar | 23 |
| 6.6.1. Geri dönüş kayıpları | 23 |
| 6.6.2. Fan sürtünme kayıpları | 24 |
| 6.6.3. Aralık (kaçak) kayıpları | 25 |
| 6.6.4. Hidrolik kayıplar | 26 |
| 6.7. Kapalı Fanlarda Aralık Akışları | 26 |
| 6.7.1. K.fanlarda aralık akışının hesabı.. | 27 |

İÇİNDEKİLER (Devam Ediyor)

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 6.8. Yarı Açık Fanlar | 28 |
| 6.8.1.Yarı açık fan seçimi | 29 |
| 6.8.2.Yarı açık fanlarda verim | 30 |
| 6.8.3.Yarı açık fanlarda aralık akışları. | 31 |
| 6.8.4.Yarı açık fanlarda çalışma aralığının etkisi | 32 |
| 6.9. Kanat Yüklenmesi ve Eksenel İtme | 34 |
| 6.10. Akış Ayrılması | 36 |
| 7. SANTRİFÜJ POMPALARIN KARAKTERİSTİK EĞRİLERİ... | 38 |
| 7.1.Özgül Hızın Pompa ve Karakteristiğe Etkisi | 38 |
| 7.2.Pompa Debisinin Karakteristiğe Etkisi | 41 |
| 7.3.Fan Çapının Karakteristiğe Etkisi | 43 |
| 8. POMPA DENEYLERİ VE DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ | 47 |
| 8.1. Yapılan Deneyler | 47 |
| 8.2. Deney Sonuçlarının İrdelenmesi | 54 |
| 8.2.1.Geometrik benzeşimde genel hususlar | 54 |
| 8.2.2.Geometrik benzeşim değerlerinin karşılaştırılması | 56 |
| 8.2.2.1.İki kanatlı kapalı fanda geometrik benzeşim | 56 |
| 8.2.2.2.İki kanatlı yarı açık fanda geometrik benzeşim | 65 |

İÇİNDEKİLER (Devam Ediyor)

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 8.2.2.3. Tek kanatlı yarı açık fanda geometrik benzeşim | 66 |
| 8.2.2.4. Beş kanatlı kapalı fanda geometrik benzeşim | 82 |
| 8.2.2.5. Beş kanatlı yarı açık fanda geometrik benzeşim | 90 |
| 8.3. Kapalı ve Yarı Açık Fanların Karşılaştırılması..... | 98 |
| 8.3.1. İki kanatlı kapalı ve yarı açık fanların karşılaştırılması..... | 98 |
| 8.3.2. Beş kanatlı kapalı ve yarı açık fanların karşılaştırılması..... | 106 |
| 8.3.3. İki ve Beş kanatlı kapalı fanların karşılaştırılması..... | 107 |
| 8.3.4. Tek kanat, İki ve Beş kanatlı yarı açık fanların karşılaştırılması.... | 114 |
| 8.4. Fan Çalışma Aralığı Değişiminin Pompa Performansı Üzerindeki Etkileri..... | 121 |
| 9. SONUÇ | 128 |
| KAYNAKLAR DİZİNİ | 131 |

İÇİNDEKİLER (Devam Ediyor)

Sayfa

EKLER 133

- I- Pompanın Komple Montaj Resmi
- II- İki Kanatlı Kapalı Fan İmalat Resmi
- III- İki Kanatlı Yarı Açık Fan İmalat Resmi
- IV- Tek Kanatlı Yarı Açık Fan İmalat*Resmi
- V- Beş Kanatlı Kapalı Fan İmalat Resmi
- VI- Beş Kanatlı Yarı Açık Fan İmalat Resmi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|---|----|
| 6.1.Sonsuz kanat halinde giriş ve çıkış hız üçgenleri. | 16 |
| 6.2.Sonlu kanat halinde fan kanatları arasında sıvının sirkülasyonu | 17 |
| 6.3.Teorik ve gerçek çıkış hız üçgenleri | 18 |
| 6.4.Gerçek $H_m = F(Q)$ karakteristiğine geçiş..... | 19 |
| 6.5.Santrifüj fanlardaki denetim yüzeyleri..... | 20 |
| 6.6.Bir santrifüj fanda bağıl hız dağılımı..... | 21 |
| 6.7.Silindirik ve dönük kanatlı fanların karşılaştırılması | 22 |
| 6.8.Çeşitli kayıpların özgül hızla değişimi..... | 24 |
| 6.9.Kapalı bir fanda halka aralık değişiminin pompa performansına etkisi ($n_s=28$)..... | 27 |
| 6.10.Kapalı fanda halka aralıktan akış..... | 28 |
| 6.11.Çeşitli yarı açık fan konstrüksiyonları..... | 29 |
| 6.12.Aşındırıcı sıvı basılmasında yarı açık ve kapalı fanların performanslarının karşılaştırılması..... | 30 |
| 6.13.Yarı açık fanlarda aralık akışları..... | 31 |
| 6.14. $n_s=41$ olan yarı açık fanlı bir pompada çalışma aralığının performansa etkisi..... | 33 |
| 6.15.Yarı açık fanlı bir pompada aralık değişiminin performansa etkisi..... | 34 |

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam Ediyor)

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 6.16.Fan arka yüzeyine radyal kanatlar konularak eksenel itmenin karşılanması..... | 35 |
| 6.17.Bir santrifüj fanın (a) ayrılmış (b) ayrılmamış akışlar için çıkış hız üçgenlerinin mukayesesi... | 36 |
| 6.18.Fan kanallarının şekli | 37 |
| 7.1.Özgül devir sayısının pompa karakteristiklerine etkisi | 39 |
| 7.2.Pompa fan şekillerinin özgül hızla değişimi..... | 40 |
| 7.3.Özgül hızları farklı üç tip fanın karakteristik eğrilerinin genel formu | 41 |
| 7.4.Kaçak debinin meydana gelişi | 42 |
| 7.5.Pompa karakteristik eğrilerinin n devir sayısının fonksiyonu olarak değişimi..... | 43 |
| 7.6.Pompa çıkışının, fan çapının ya da kanat helis açısının küçültülmesi suretiyle düşürülmesi..... | 44 |
| 8.1.Deneyde kullanılan santrifüj pompa | 47 |
| 8.2.İki kanatlı kapalı fan (a) ön yüz (b) arka yüz.... | 47 |
| 8.3.Deneyde kullanılan (kayış-kasnak tahrikli) pompa.. | 48 |
| 8.4.İki kanatlı yarı açık fan | 49 |
| 8.5.Tek kanatlı yarı açık fan (a) arka yüz (b) ön yüz.. | 50 |
| 8.6.Beş kanatlı kapalı fan (a) arka yüz (b) ön yüz.... | 50 |
| 8.7.Beş kanatlı yarı açık fan (a) arka yüz (b) ön yüz.. | 51 |
| 8.8.(a) Fan ön karşılığı (b) Fan arka karşılığı..... | 51 |
| 8.9.Pompa gövdesi (a) önden (b) arkadan görünüş..... | 53 |
| 8.10.Santrifüj fanda (a) giriş (b) çıkış hız üçgenleri | 55 |

DENEY FÖYLERİ DİZİNİ

Deney Föyleri

Sayfa

| | |
|---|-----|
| 1.İki kanatlı kapalı fan, n=1960 d/d, d=315 mm..... | 58 |
| 2.İki kanatlı kapalı fan, n=1457 d/d, d=315 mm..... | 59 |
| 3.İki kanatlı kapalı fan, n=1457 d/d, d=280 mm..... | 61 |
| 4.İki kanatlı kapalı fan, n=1960 d/d, d=280 mm..... | 63 |
| 5.İki kanatlı yarı açık fan, n=1960 d/d, d=315 mm... | 67 |
| 6.İki kanatlı yarı açık fan, n=1457 d/d, d=315 mm... | 68 |
| 7.İki kanatlı yarı açık fan, n=1457 d/d, d=280 mm... | 70 |
| 8.İki kanatlı yarı açık fan, n=1960 d/d, d=280 mm... | 72 |
| 11.Tek kanatlı yarı açık fan, n=1960 d/d, d=315 mm... | 74 |
| 12.Tek kanatlı yarı açık fan, n=1457 d/d, d=315 mm... | 75 |
| 13.Tek kanatlı yarı açık fan, n=1960 d/d, d=280 mm... | 77 |
| 14.Tek kanatlı yarı açık fan, n=1457 d/d, d=280 mm... | 78 |
| 15.Beş kanatlı kapalı fan, n=1960 d/d, d=315 mm..... | 83 |
| 16.Beş kanatlı kapalı fan, n=1457 d/d, d=315 mm..... | 84 |
| 17.Beş kanatlı kapalı fan, n=1960 d/d, d=280 mm..... | 86 |
| 18.Beş kanatlı kapalı fan, n=1457 d/d, d=280 mm..... | 87 |
| 19.Beş kanatlı yarı açık fan, n=1960 d/d, d=315 mm... | 91 |
| 20.Beş kanatlı yarı açık fan, n=1457 d/d, d=315 mm... | 92 |
| 21.Beş kanatlı yarı açık fan, n=1960 d/d, d=280 mm... | 94 |
| 22.Beş kanatlı yarı açık fan, n=1457 d/d, d=280 mm... | 95 |
| 9.İki kanatlı yarı açık fan (s=12 mm),(1457/315).... | 123 |
| 10.İki kanatlı yarı açık fan (s=12 mm),(1960/315).... | 124 |

DENEY GRAFİKLERİ DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| I.İki kanatlı kapalı fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1457/315)..... | 60 |
| II.İki kanatlı kapalı fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1457/280)..... | 62 |
| III.İki kanatlı kapalı fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1960/280)..... | 64 |
| IV.İki kanatlı yarı açık fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1457/315)..... | 69 |
| V.İki kanatlı yarı açık fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1457/280)..... | 71 |
| VI.İki kanatlı yarı açık fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1960/280)..... | 73 |
| VII.Tek kanatlı yarı açık fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1457/315)..... | 76 |
| VIII.Tek kanatlı yarı açık fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1457/280)..... | 79 |
| IX.Tek kanatlı yarı açık fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1960/280)..... | 80 |
| X.Beş kanatlı kapalı fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1457/315)..... | 85 |
| XI.Beş kanatlı kapalı fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1457/280)..... | 88 |
| XII.Beş kanatlı kapalı fan $H_m, N_v=f(Q)$ Benzeşim | |
| Eğrileri (1960/280)..... | 89 |

DENEY GRAFİKLERİ DİZİNİ (Devam Ediyor)

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| XIII. Beş kanatlı yarı açık fan $H_m, N_v = f(Q)$ Benzeşim Eğrileri (1457/315)..... | 93 |
| XIV. Beş kanatlı yarı açık fan $H_m, N_v = f(Q)$ Benzeşim Eğrileri (1457/280)..... | 96 |
| XV. Beş kanatlı yarı açık fan $H_m, N_v = f(Q)$ Benzeşim Eğrileri (1960/280)..... | 97 |
| XVI. İki kanatlı kapalı ve yarı açık fan $H_m = f(Q)$ eğrileri (1457, 1960/315)..... | 100 |
| XVII. İki kanatlı kapalı ve yarı açık fan $N_v = f(Q)$ eğrileri (1457, 1960/315)..... | 101 |
| XVIII. İki kanatlı kapalı ve yarı açık fan $\eta = f(Q)$ eğrileri (1457, 1960/315)..... | 102 |
| XIX. İki kanatlı kapalı ve yarı açık fan $H_m = f(Q)$ eğrileri (1457, 1960/280)..... | 103 |
| XX. İki kanatlı kapalı ve yarı açık fan $N_v = f(Q)$ eğrileri (1457, 1960/280)..... | 104 |
| XXI. İki kanatlı kapalı ve yarı açık fan $\eta = f(Q)$ eğrileri (1457, 1960/280)..... | 105 |
| XXII. Beş kanatlı kapalı ve yarı açık fan $H_m = f(Q)$ eğrileri (1457, 1960/315)..... | 108 |
| XXIII. Beş kanatlı kapalı ve yarı açık fan $N_v = f(Q)$ eğrileri (1457, 1960/315)..... | 109 |
| XXIV. Beş kanatlı kapalı ve yarı açık fan $\eta = f(Q)$ eğrileri (1457, 1960/315)..... | 110 |

DENEY GRAFİKLERİ DİZİNİ (Devam Ediyor)

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| XXV.Beş kanatlı kapalı ve yarı açık fan $H_m=f(Q)$ eğrileri (1457,1960/280)..... | 111 |
| XXVI.Beş kanatlı kapalı ve yarı açık fan $N_v=f(Q)$ eğrileri (1457,1960/280)..... | 112 |
| XXVII.Beş kanatlı kapalı ve yarı açık fan $\eta=f(Q)$ eğrileri (1457,1960/280)..... | 113 |
| XXVIII.Tek kanatlı yarı açık fan $H_m=f(Q)$ eğrisi..... | 116 |
| XXIX.Tek kanatlı yarı açık fan $N_v=f(Q)$ eğrisi..... | 117 |
| XXX.Tek kanatlı yarı açık fan $\eta=f(Q)$ eğrisi..... | 118 |
| XXXI.İki kanatlı yarı açık fanda çalışma aralığının etkisi, $H_m=f(Q)$ | 125 |
| XXXII.İki kanatlı yarı açık fanda çalışma aralığının etkisi, $N_v=f(Q)$ | 126 |
| XXXIII.İki kanatlı yarı açık fanda çalışma aralığının etkisi, $\eta=f(Q)$ | 127 |

SİMGELER DİZİNİ

| <u>Simge</u> | <u>Açıklama</u> |
|--------------|---|
| A | Fan halka aralıkları alanı, m^2 |
| a | Yanak genişliği, m. |
| b | Fan genişliği, mm. |
| C | Mutlak hız, m/s. |
| C_m | Mutlak hızın meridyenel bileşeni, m/s. |
| C_u | Mutlak hızın teğetsel bileşeni, m/s. |
| D | Fan çapı, mm. |
| e | Halka aralık genişliği, mm. |
| f | Halka aralık debi katsayısı |
| g | Yerçekimi ivmesi, m/s^2 |
| H | Manometrik basma yüksekliği, m. |
| H_x | Birim manometrik basma yüksekliği, m. |
| H_t | Teorik sonsuz kanat sayısına bağlı bas.yük, m |
| h | Halka aralık basıncı, m. |
| h_x | Giriş ve çıkış halka aralıkları arasında basınç, m. |
| K | Kayıp katsayısı |
| K_{cm} | Hız katsayısı |
| N | Pompa milindeki güç, kw. |
| N_x | Birim güç, kw. |
| n | Devir sayısı, dev/dak. |
| n_s | Özgül hız |
| n_{sp} | Dinamik özgül hız |
| n_{sq} | Kinematik özgül hız |
| n_x | Birim devir sayısı, 1/dak. |

SİMGELER DİZİNİ (Devam Ediyor)

| | |
|--------------|--|
| P_s | Emme hattındaki basınç,m. |
| P_D | Basma hattındaki basınç,m. |
| Q | Debi,lt/dak. |
| Q_a | Halka aralıktan geçen debi,lt/dak. |
| Q_T | Kanatlar arasından geçen toplam debi,lt/dak. |
| q | Kaçak debi,lt/dak. |
| R | Reynolds sayısı |
| r | Yarı çap,mm. |
| s | Fan (çalışma) aralığı,mm. |
| U | Çevre hızı,m/s. |
| ν | Kinematik vizkosite,m ² /s. |
| W | Bağıl hız,m/s. |
| w | Açısal hız,1/s. |
| Z | Fan sürtünme kaybı,kw. |
| z | Kanat sayısı |
| α | C ile C_u arasındaki açı,derece |
| β | Kanat açısı,derece |
| ρ | Yoğunluk,kg/m ³ . |
| λ | s/b çalışma aralığının fan genişliğine oranı |
| η | Genel pompa verimi,% |
| η_{mot} | Motor verimi,% |

ALTLIKLAR DİZİNİ

| <u>Sembol</u> | <u>Açıklama</u> |
|---------------|--------------------------------------|
| 0 | Girişten hemen önce |
| 1 | Giriş |
| 2 | Çıkış |
| 3 | Çıkıştan hemen sonra |
| E | İngiliz birim sistemini belirtir |
| US | Amerikan birim sistemini belirtir |
| Ψ | Basınç sayısına ilişkin bir büyüklük |
| μ | Güce ilişkin bir büyüklük |
| ϕ | Debi sayısına ilişkin bir büyüklük |
| η | Verime ilişkin bir büyüklük |

1.GİRİŞ

Endüstrinin en büyük ihtiyaçlarından biri , sıvıların bir ortamdandan başka bir ortama nakledilmesi görevini yerine getiren ve geniş bir uygulama alanı bulan pompaların 5.asırda ağaçtan imal edilmiş olduğu tarihçiler tarafından açıklanmıştır. Leonardo Da VINCI (1452-1519) santrifüj pompalarla sıvıların bir yerden diğer bir yere naklini düşünüp ,ilk ana fikirleri ortaya atmış olsa da santrifüj pompanın suyu nasıl nakledeceği Denis PAPIN (1647-1714) tarafından kitabında açıklanmıştır. Bugün hala Denis Papin'in ortaya attığı ana prensipler santrifüj pompalar ile ilgili bilimsel çalışmalara ışık tutmaktadır. (Gökelim,A.T.,1976).

Santrifüj pompalar , sıvıyı alır, hızını belli bir değere kadar artırır ve Bernoulli Teoremine göre bu yüksek hızı basınç enerjisine dönüştürerek akışkana enerji verirler. Bu işlem üç safhada oluşur. Bunlar sırasıyla,emme özelliği, fan tarafından sıvı hızının belirli bir değere kadar artırılması ve kinetik enerjinin basınç enerjisine dönüştürülmesidir (Ergin,A.,1979).

Deneylerdeki veriler bilgisayar yardımı ile grafik haline getirilmiş , tek kanatlı, iki ve çok kanatlı yarı açık ve kapalı tip fanlarda Geometrik Benzerlik bağıntıları karşılaştırılmıştır. Ayrıca iki kanatlı yarı açık fanda iki değişik ölçüdeki aralık mesafesinde deneyler yapılarak aralık kayıplarının pompa performansı üzerindeki önemi deneysel yolla mukayese edilmiştir.

Pompa hesapları ne kadar dikkatli yapılırsa yapılsın hesaplarda yapılan kabuller ; imalatın gerçekleşmesindeki bazı hatalar ve göz önüne alınmayan diğer faktörler nedeniyle, pompanın istenilen debi, basma yüksekliği ve verim değerleri büyük bir olasılıkla gerçekleşmeyeceğinden imal edilen pompanın deneme yolu ile geliştirilmesi ve özellikle seri imalat söz konusu ise, benzeşim kurallarından faydalanılarak , belli özgül hızlar için pompa modelleri yapılması ve deneye başvurularak gerçek karakteristiklerini sağlayıncaya kadar gerekli düzeltmelerin yapılması zorunludur (Baysal,K.,1979).

Boyut analizi ve benzeşim uygulamaları mühendise deneyleri düzenleme,sadeleştirme ve bunların sonuçlarını analiz etme imkanı sağlamaktadır (Lazarkiewich and Tronskolanski, 1965).

2. SANTRİFÜJ POMPALARDA BENZEŞİM KURALLARI

2.1. Geometrik Benzeşim Kuralı

İki santrifüj pompanın geometrik olarak benzer olabilmesi için ilgili pompanın kılavuz kanatları ve tesisat elemanlarıyla diğer pompanın aynı elemanlarının gerçek bir geometrik ölçüde modeli olmalıdır.

Ancak geometrik benzerlik için ,

1) Her iki sistemin bütün benzer kesitleri aynı , yani benzer kesitler arasındaki açılar ile fan kanatları ve kılavuz kanatların giriş ve çıkışındaki açılar aynı olmalıdır.

2) Şekil, dizpozisyon ve fan kanatları ile kılavuz kanatların sayısı aynı olmalıdır.

3) Pompalanan sıvı ile temas eden çeperlerin bağlı pürüzlülüğü her iki pompada aynı olmalıdır.

2.2. Kinematik Benzeşim Kuralı

Aynı pompa veya geometrik benzerliği olan iki pompada, eğer iki akışdaki hız alanları geometrik olarak benzer ise kinematik benzerlikten söz edilebilir. Bundan dolayı akışın kinematik şartı hız alanlarının geometrik benzerliğini belirler.

3. SANTRİFÜJ POMPA FANLARINDAKİ AKIŞ KARAKTERLERİ İLE TEMEL BÜYÜKLÜKLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER

3.1. Temel Kabüller

Pompa içindeki akışta hidrolik direnç katsayılarının kabul edilmesi debiye bağlı değildir. Fan devir sayısı n , debi Q , basma yüksekliği H_m arasında, bundan başka aynı fandaki iki benzer akışı karakterize eden fiziksel büyüklükler arasında pek çok basit ilişkiler yazabiliriz.

Temel santrifüj pompa denkleminde,

$$2gH = c_2^2 - c_1^2 + u_2^2 - u_1^2 + w_1^2 - w_2^2 \quad (1)$$

Fan giriş ve çıkışındaki hız üçgenleri benzerdir ve kenar uzunlukları toplam basma yüksekliğinin karekökü ile doğru orantılıdır.

Bilindiği üzere aynı ilişki, n ve H arasında da vardır.

$$n \propto \sqrt{H} \quad (2)$$

3.2. Benzer Fanlarda Akış Benzerliği Şartları

Fandaki akışta hidrolik kayıp katsayısının kabul edilmesi debiye bağlı değildir. Aynı fanda iki benzer akım karakteri ile temel fiziksel büyüklükler arasında basit ilişkiler yazabiliriz.

a- Fan devir sayısı

$$\frac{n_1}{n_2} = \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} \quad \text{veya} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (3)$$

b- Debi

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} = \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} \quad (4)$$

c- Efektif Güç

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\gamma_1 Q_1 H_1}{\gamma_2 Q_2 H_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^{3/2} \quad (5)$$

Eğer her iki sıvıda aynı yoğunlukta ise ($\gamma_1 = \gamma_2$)

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^{3/2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (6)$$

3.3. Birim Büyüklükler

a- Birim Hız

H_x ve H toplam basma yüksekliklerine karşılık gelen fan hızlarının; n_x ve n sembolleri ile gösterilmesiyle,

$$n_x = n \sqrt{\frac{H_x}{H}} \quad (7)$$

ilişkisini elde ederiz.

$H_x = H_1 = 1$ m. toplam basma yüksekliği ile ilgili dönme hızı,

$$n_1 = n \sqrt{\frac{H_1}{H}} = \frac{n}{\sqrt{H}} \quad (8)$$

ampirik formülüyle tanımlanır ve pompanın birim hızı olarak isimlendirilir.

b- Birim Debi

Bir H_x toplam basma yüksekliğine karşı pompa debisi Q_x ,
 H toplam basma yüksekliğine karşı pompa debisi Q ile
 gösterilirse,

$$Q_x = Q \sqrt{\frac{H_x}{H}} \quad (9)$$

olur.

$H_x = H_1 = 1$ m. için $Q_x = Q_1$ böylece birim debi,

$$Q_1 = Q \sqrt{\frac{H_1}{H}} = \frac{Q}{\sqrt{H}} \quad (10)$$

olacaktır.

c- Birim Güç

$$N_x = \gamma Q_x H_x \quad \text{ve} \quad N = \gamma Q H$$

ilişkilerinin hesaba katılmasıyla,

$$N_x = N \frac{Q_x H_x}{Q H} = N \frac{H_x \sqrt{H_x}}{H \sqrt{H}} \quad (11)$$

elde edilir.

$H_x = H_1 = 1$ m. için, güç $N_x = N_1$ buradan birim güç,

$$N_1 = N \frac{H_1 \sqrt{H_1}}{H \sqrt{H}} = \frac{N}{H \sqrt{H}} \quad (12)$$

Birim hız, birim debi ve birim güç kavramlarının
 anlatımı, bu ilişkilerin benzerlik teorisinden değil
 mekaniğin temel kanunlarından çıkarıldığından n , Q , H

arasında yeni ilişkilerin ortaya çıkarıldığı anlamına gelmez (Lazarkiewich and Tronskolanski,1965).

4. ÖZGÜL HIZLAR

4.1 Özgül Hızları Tanımlayan Genel Formüller

$H_1 = 1$ m. olmak üzere n hızında, Q debisinde ve N_S efektif gücündeki geometrik benzer pompanın çapı d_S ile gösterilirse, geometrik olarak benzer pompalar ($H_1 = H_S = 1$ m) aynı basma yüksekliklerinde çalıştıklarından, fan giriş ve çıkış hız üçgenleri benzerdir. Fanların dönme hızı n , çıkış çaplarıyla ters orantılı olduğundan, U çevresel hızları eşittir. Dolayısıyla debi ve güç, akım demetlerinin kesit ölçüsüyle orantılıdır.

Bunlar

$$n_S = n_1 \frac{d}{d_S} \quad (13)$$

$$Q_S = Q_1 \left(\frac{d_S}{d} \right)^2 \quad (14)$$

$$N_S = N_1 \left(\frac{d_S}{d} \right)^2 \quad (15)$$

denklemleriyle ifade edilir.

$$n_1 = n \sqrt{\frac{H_1}{H}} \quad \text{ve} \quad \frac{d}{d_S} = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_S}}$$

değerlerinin (13) eşitliğinde yerine konulmasıyla ;

$$n_s = n_1 \frac{d}{d_s} = n \sqrt{\frac{H_1}{H}} \sqrt{\frac{Q_1}{Q_s}} = n \sqrt{\frac{H_1}{H} \frac{Q}{Q_s} \frac{H_1}{H}}$$

$$n_s = n \sqrt{\frac{Q}{Q_s} \left(\frac{H_1}{H}\right)^{3/2}} \quad (16)$$

elde edilir.

$H_1 = 1$ m. için ;

$$n_s = \frac{n}{\sqrt{H}} \sqrt{\frac{Q}{Q_s \sqrt{H}}} \quad (17)$$

sayısal formülünü elde ederiz.

$$n_1 = n \sqrt{\frac{H_1}{H}} \quad \text{ve} \quad \frac{d}{d_s} = \sqrt{\frac{N_1}{N_s}}$$

değerlerinin (13) denkleminde yerine konulmasıyla ;

$$n_s = n \sqrt{\frac{H_1}{H}} \sqrt{\frac{N_1}{N_s}} = n \sqrt{\frac{H_1}{H}} \sqrt{\frac{N}{N_s} \left(\frac{H_1}{H}\right)^{3/2}}$$

$$n_s = n \sqrt{\frac{N}{N_s} \left(\frac{H_1}{H}\right)^{5/2}} \quad (18)$$

büyüklik formülü bulunur ve

$H_1 = 1$ m. ,

$$n_s = \frac{n}{\sqrt{H}} \sqrt{\frac{N}{N_s H \sqrt{H}}} \quad (19)$$

sayısal formülü elde edilir.

(16),(17) ve (18),(19) denklemleriyle tanımlanan n_s büyüklüğü bir santrifüj pompanın ÖZGÜL HIZI olarak ifade edilir.

(16) ve (18) denklemlerinde kök işareti altındaki ifadeler boyutsuz büyüklükler olduğundan , özgül hız dönme hızı gibi aynı boyuttur.

$$[n_s] = [n] = T^{-1}$$

Özgül hız yaygın olarak (dev/dak) ile ifade edilir. Özgül hızın sayısal değeri, birlikte mütaala ettiğimiz geometrik olarak benzer bir pompanın karakteristik büyüklüğüne bağlıdır.

4.2. Kinematik Özgül Hız

(17) denkleminde $Q_s = 1 \text{ m}^3 / \text{sn}$ kabulüyle ,

$$n_{sq} = n \sqrt{\frac{Q}{H \sqrt{H}}} = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (20)$$

Q [m^3 / sn] , H [m] olarak ifade edilen (20) sayısal formülü elde edilir.

n_{sq} büyüklüğünün boyutlarında ,

$$[n_{sq}] = L^{3/4} T^{-3/2}$$

yalnızca kinematik büyüklüklere sahip olduğundan bu büyüklük kinematik özgül hız olarak isimlendirilir ve aşağıdaki şekilde tarif edilir.

Bir H [m] basma yüksekliğine karşı gelecek bir n [d/dk] hızında Q [m^3 / sn] debisini sağlayan d fan çaplı bir rotodinamik pompanın n_{sq} kinematik özgül hızı ile , $H = 1 \text{ m}$. basma yüksekliğine karşı gelecek $Q = 1 \text{ m}^3 / \text{sn}$

bir debiyi sağlayan d_s çaplı geometrik olarak benzer bir pompanın n_{sq} hızı kastedilmektedir.

Mühendislik birim sisteminde n_{sq} büyüklüğü ,

$$[n_{sq}] = d/dk \frac{\sqrt[4]{m^3}}{\sqrt{sn}}$$

ile ifade edilir.

(20) denkleminde bir pompanın kinematik özgül hızının , pompalanan sıvının yoğunluğuna ve vizkositesine bağlı olmadığı görülmektedir.

Eğer pompa debisi lt/sn olarak ifade edilirse, o zaman (20) denklemi ,

$$n_{sq} = 0.0316 \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (21)$$

şeklini alacaktır.

4.3. Dinamik Özgül Hız

$N_s = 1$ metrik H.P. değerinin (19) formülünde yerine konulmasıyla ;

$$n_{sp} = \frac{n \sqrt{N}}{H^{5/4}} \quad (22)$$

sayısal formülü elde edilir. Burada N [kpm] ve H [m] olarak ifade edilir.

$$N = \frac{\gamma Q H}{75} \quad (23)$$

ilişkisi hesaba katılarak ,

$$n_{sp} = n \sqrt{\frac{\gamma Q H}{75 H^{5/2}}} = n \sqrt{\frac{\gamma H}{75 H \sqrt{H}}} \quad (24)$$

{ γ [kp/m³] , Q [m³/sn] ve H [m] } formülü bulunur.

Dinamik bir büyüklük olan kuvvet, n büyüklüğünün boyutlarında yer bulduğundan ,

$$[n_{sp}] = L^{-3/4} F^{1/2} T^{-3/2}$$

olur ve dinamik özgül hız olarak adlandırılır ve aşağıdaki gibi tanımlanır.

Dinamik özgül hız n_{sp} ; 1 m. yükseklikte $N_s=1$ metrik HP güç çeken ve $Q=0.075$ m³/sn debideki geometrik olarak benzer bir pompanın hızıdır.

Mühendislik birim sisteminde n_{sp} büyüklüğü,

$$[n_{sp}] = d/dk \frac{\sqrt{kp}}{\sqrt{sn} \sqrt[4]{m^3}}$$

olarak ifade edilir.

4.4. Kinematik İle Dinamik Özgül Hızlar Arasındaki İlişki

n_{sq} ile n_{sp} özgül hızları arasında ;

$$n_{sp} = \sqrt{\frac{\gamma}{75}} n_{sq} \quad (25)$$

ilişkisi vardır.

Özgül ağırlığı $\gamma = 1000$ kp/m³ olan su için, $N_s = 1$ metrik HP ve $Q_s = 0.075$ m³/sn debide ,

$$n_{sp} = 3.65 n \sqrt{\frac{Q}{H \sqrt{H}}} = 3.65 \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} = 3.65 n_{sq} \quad (26)$$

Q [m^3/sn] , H [m] olarak ifade edilen sayısal formülü elde edilir.

$$n_{sp} = 0.115 n \sqrt{\frac{Q}{H \sqrt{H}}} = 0.115 \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (27)$$

Q [lt/sn] , H [m] olarak ifade edilir.

Pompa el kitaplarında hem n_{sq} hem de n_{sp} özgül hız olarak kullanılır. En son yayınlarda ve standartlarda n_{sq} özgül hızının sayısal değeri, sıvının özgül ağırlığından bağımsız olduğundan daha fazla kullanılmaktadır.

n_{sp} özgül hızı aynı pompa için, pompalanan sıvının özgül ağırlığına bağlı olarak farklı değerlere sahip olabileceği dezavantajına sahiptir.

4.5. Metrik, İngiliz ve Amerikan Birim Sistemlerinde Özgül Hız Değerleri Arasındaki İlişkiler

İngiliz (E) ve Amerikan (US) literatüründe n_{sq} ve n_{sp} için verilen formüllerde; Basma yüksekliği H [feet] , Debi Q [galon/dak] ve Güç N [HP] olarak ifade edilmektedir.

$$(n_{sp})_E = 0.0174 (n_{sq})_E \quad ; \quad (n_{sp})_{US} = 0.0159 (n_{sq})_{US}$$

$$(n_{sp})_E = 0.225 n_{sp} = 0.822 n_{sq} \quad ; \quad (n_{sp})_{US} = 0.225 n_{sp} = 0.822 n_{sq}$$

$$(n_{sq})_E = 12.95 n_{sp} = 47.2 n_{sq} \quad ; \quad (n_{sq})_{US} = 14.15 n_{sp} = 51.6 n_{sq}$$

n_{sp} ve n_{sq} metrik birimlerdir.

4.6. Özgül Hızın Niteliği

Özgül hız , b_2 / d_2 ve d_1 / d_2 gibi belli boyutların oranlarıyla tanımlanan, tek ve uygun manada pompa tipini karakterize eden bir değerdir.

n_s 'in sayısal değeri büyük oranda fan şekline bağlı olduğundan, özgül hız santrifüj pompaların sınıflandırılmasının temelini teşkil eder. Bu değer yalnızca verilen bazı pompaların özgül hızını değil , aynı zamanda verilen tipe ait olan bütün pompaların özgül hızını tanımlar.

Çok kademeli pompalarda özgül hızı bir fan kademesi için hesaplarız, çift girişli pompalarda debinin yarısını alırız.

Bir pompanın özgül hızı olarak verilen n_{sq} değeri pompanın optimum çalışma şartlarıyla ilgilidir ve böylece pompa performansının karakteristik değerinin tepe noktası pompanın toplam verimini maksimuma ulaştırır.

n_{sq} özgül hızını Q ve H 'ın bir fonksiyonu olarak göz önüne aldığımızda $n = \text{sabit}$, için pompa karakteristiğinde değişik noktalarda farklı n_{sq} değerleri elde edilir.

$n_{sq} = 0$ ' dan basma hattındaki valf'in kapalı ($Q=0$) olduğu $n_{sq} = \infty$ 'a ($H=0$ iken) kadar değişir.

(20) dekleminde özgül hız değeri , Q ve n ile doğru orantılı, H ile ters orantılıdır.

Görüldüğü gibi büyük H değerine sahip pompalar n_s 'in düşük değerleriyle, diğer taraftan küçük H değerine sahip pompalar ise n_s 'in büyük değerleriyle ifade edilirler.

Aynı Q ve H için , fanın özgül hızı doğrudan $n \propto n_{sq}$ özgül hızıyla orantılıdır, böylece yüksek n_{sq} değerine sahip pompalar daha hızlı dönerler ve boyutları daha küçüktür.

n_{sq} özgül hız değerinin belirlenmesi fanların hesaplanmasında başlangıç noktasıdır. Özellikle girişte K_{cm1} ve çıkışta K_{cm2} tecrübi hız katsayılarının değerleri özgül hıza bağlı olarak verilir.

Benzer fanlı pompalarda, n_s ; Q - H karakteristiklerinin benzer noktalarında ve özellikle en iyi verim noktalarında aynı değere sahiptir.

5. SANTRİFÜJ POMPALARIN TEORİSİNDE BENZERLİK SAYILARININ ÖZELLİĞİ

Sabit kesitli borulardaki akış için benzerlik sayıları ile rotodinamik hidrolik makinalarının teorisinde yer alan benzerlik sayıları arasında temel bir fark olduğu dikkate alınmalıdır.

Açık kanallardaki akış için, Froude sayısı durgun akıştan, hızlı akışa geçiş kriteridir ve kapalı hatlardaki akış için Reynolds sayısı türbülans durumunu tek olarak ifade eder. Laminer akıştan türbülanslı akışa geçiş kriteri Reynolds sayısının kritik değeridir.

Santrifüj pompaların teorisinde, sayısal değerleri fan çapına bağlı olarak alınan karakteristikler gibi her bir benzerlik sayılarının sıradan bir özelliği vardır.

Özellikle ,

$$R' = \frac{c d}{\sqrt{\quad}} \quad \text{ya da} \quad R'' = \frac{d^2 n}{\sqrt{\quad}} \quad \text{denkleminin ifade}$$

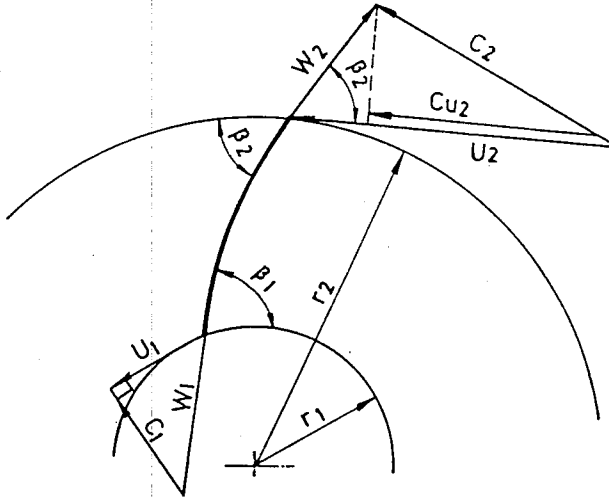
ettiği Reynolds sayısı bir pompadaki akışın tipini tanımlamaz. Fakat fan çıkış çapının sıradan bir karakteristik çap olarak kabul edilmesiyle , deneysel araştırmaların sonuçlarını karşılaştırabildiğimiz bağımsız bir parametredir (Lazarkiewich and Tronskolanski,1965).

6. FANLARDA GENEL HUSUSLAR

6.1. FAN TEORİSİ

6.1.2. Sonsuz Kanat Hali

Kanat sayısının sonsuz olduğunu (kanat kalınlıkları sonsuz ince) ve pompa içinde kayıp olmadığını kabul edelim. Fana girişte, suyun mutlak hızının teğetsel bileşeninin olmadığı kabul edilirse hız üçgeni şekil 6.1.'de olduğu gibi dik üçgen olur.



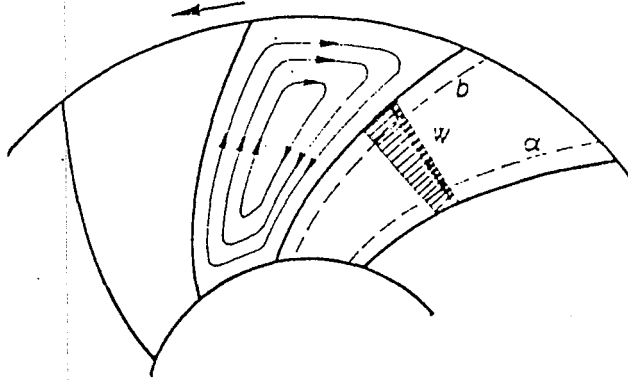
Şekil 6.1.Sonsuz kanat halinde giriş ve çıkış hız üçgenleri
(Özgür,C.,1983).

Çıkış üçgeni , sonsuz kanat halinde , yani kanatlar arasındaki kanalların sonsuz dar olması halinde su kanada tam teğet olarak çıkacaktır. Bu nedenle W_2 hızı da kanadın çıkıştaki yönüne aynen uyacak, β_2 kanat açısı aynı zamanda W_2 ile U_2 arasındaki açıya eşit olacaktır.

6.1.2.Sonlu Kanat Hali

Gerçekte kanat sayısı sonlu olup iki kanat arasında oldukça geniş bir akış kanalı vardır. Bu kanal içindeki akışta hızlar üniform olmayacak ve kanadın arka yüzünde hız artacak, ön yüzünde azalacaktır. Ayrıca sirkülasyon bağıl hızın U_2 hızı ile yaptığı açığı küçültecek yani gerçek hız üçgenindeki açı, $\beta_{2\infty}$ açısından küçük bir değerde olacaktır. (Şekil 6.3.).

Bir başka ifade ile bir hidrolik moment tatbik edildiğine göre kanatların ön ve arka yüzlerine gelen basınçlar farklıdır. Bir kanadın ön yüzündeki basınç arka yüzündeki basınçtan kesinlikle fazla olacaktır.

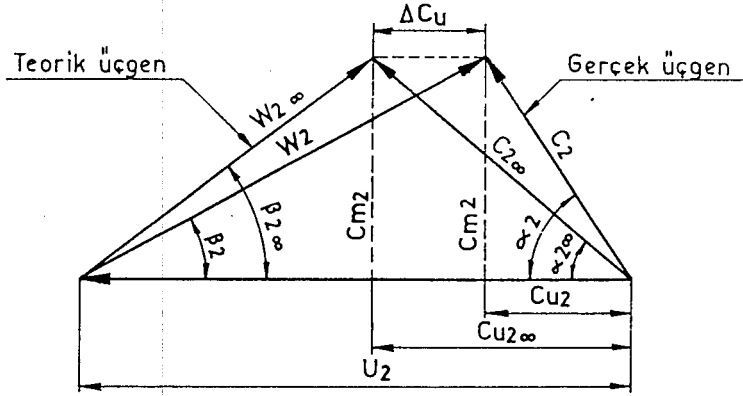


Şekil 6.2. Sonlu kanat halinde fan kanatları arasında sıvının sirkülasyonu (Özgür, C., 1983).

Bağıl harekette ön yüze yakın bir ipçik (Şekil 6.2.(a) ipçiği) ile arka yüze yakın ipçik (Şekil 6.2.(b) ipçiği) arasında aynı yarıçaptaki noktalarda basınçlar aynı şekilde farklı olacaktır (Şekil 6.2.).

Bağıl akışı sürtünmesiz ve potansiyel olarak kabul ederek her iki ipçik içinde bağıl harekette Bernoulli Teoreminin sabitleri eşit olacağından basıncı fazla olan (a) ipçığının hızı az, basıncı düşük olan (b) ipçığının hızı fazla olacaktır. Bu da bağıl hızlar açısından Uniform olmayan bir hız dağılışı verir.

Şekil 6.3.'de teorik hız üçgeni ile gerçek hız üçgeni arasındaki fark gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Teorik ve gerçek çıkış hız üçgenleri
(Baysal, K., 1979).

Görüldüğü gibi gerçek üçgende bağıl hız açısının küçülmesi, α_2 açısını büyütüştür. Böylece mutlak hızın teğetsel bileşeni olan C_{u2} küçülmüştür. Dolayısıyla H_m 'de aynı oranda küçülecektir. Yani ;

$$\frac{H_m}{H_{t\infty}} = \frac{C_{u2}}{C_{u2\infty}}$$

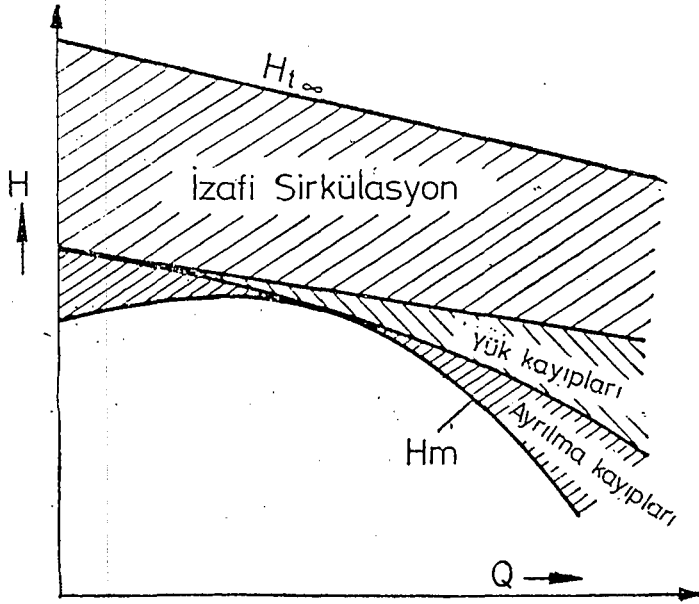
olur.

6.2. Gerçek şartlarda Q-Hm karakteristiğinin şekli

Yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı, fan içinde hiç bir kayıp söz konusu olmasa bile $H_{t\infty}$ değeri korunamaz.

Sonlu kanat halinde sirkülasyon yüzünden Şekil 6.4.'de görüldüğü gibi karakteristik eğri aşağıya doğru doğrusal olarak kayar. Karakteristik eğri kayıplar yüzünden tekrar değişime uğrar.

Normal hidrolik sürtünme kayıpları, yani yük kaybı debinin karesi ile orantılı olduğundan Şekil 6.4. 'de görüldüğü gibi karakteristik aşağıya doğru döner.



Şekil 6.4. Gerçek $H_m = f(Q)$ karakteristiğine geçiş (Özgür, C., 1983).

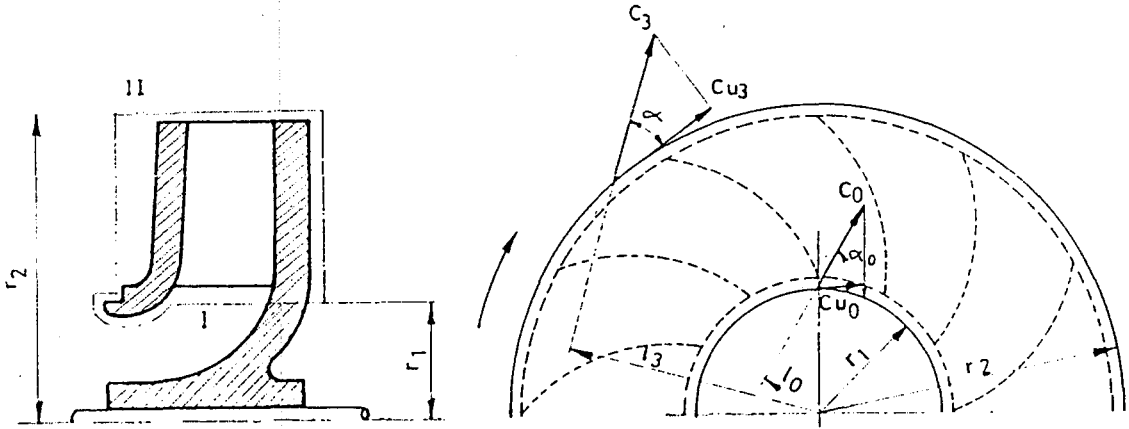
Diğer taraftan pompa optimum çalışma değerlerinden sapınca, yani debi nominal değerinden daha büyük veya daha küçük bir debi ile sıvı basınca kanat giriş ve çıkışlarında ek olarak çarpma (kanat girişinde cidardan ayrılmalar) oluşmaktadır.

Bu kayıplar sapma ile daha fazla arttığından netice olarak $H_m = f(Q)$ karakteristiği Şekil 6.4.'deki formunu alır.

6.3. AKIŞ DÜZENİ

Giriş ve çıkış kenarları eksene paralel olan tek eğrilikli kanatlara (basit merkezciil kanatlar) sahip merkezciil bir fanı gözönüne alalım (şekil 6.5.).

Hareket miktarının (momentum) değişimi yasasını uygulamak üzere, bütün kanatları içine alan dönel yüzeyleri yani emme kenarının hemen önünde ve basınç kenarının hemen arkasında bulunan yüzeyler denetim yüzeyleridir (Edis ve Tekin,1978).



Şekil 6.5. Santrifüj fanlardaki denetim yüzeyleri
(Schiele, O.,1967).

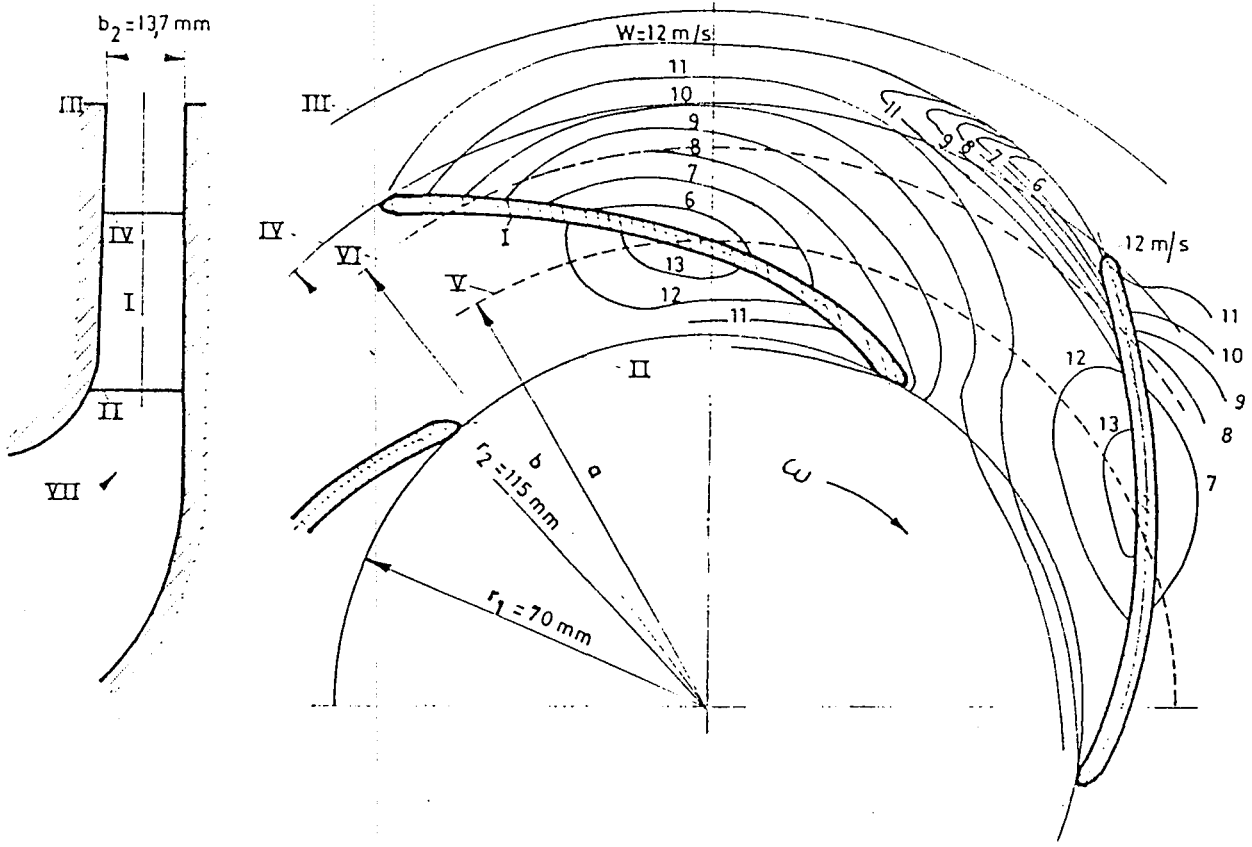
Şekil 6.5.'de bu yüzeyler I ve II ile belirtilen silindirik yüzeylerdir.

6.4. BAĞIL HIZ DAĞILIMI

H.P.Lewinsky-Kesslits yaptığı ölçmelerle Şekil 6.6.'da merkezciil pompanın bir kanat kanalındaki bağıl hız dağılımını elde etmiştir(Domm,U.,Hergt,P.,1963).Eksenden r_2

kadar uzakta, kanat çıkışında ikincil akışların etkisi artmış ve kanat arkasında sadece 6 m/sn olan bağıl hızın kanat önünde maksimum değerini alarak $w=12$ m/sn olduğu saptanmıştır (Edis ve Tekin ,1978).

Şekil 6.6. 'da I:Fan kanatları,II:Kanat kanallarına giriş, III:Fan yanaklarının dış çevresi, IV:Kanat kanallarından çıkış, V-VI:Eksenden uzaklıkları a ve b olan daireler, VII:Giriş akışı yönü,VIII:Eş-Bağıl hız çizgileri, (ω) fanın açısal hızı

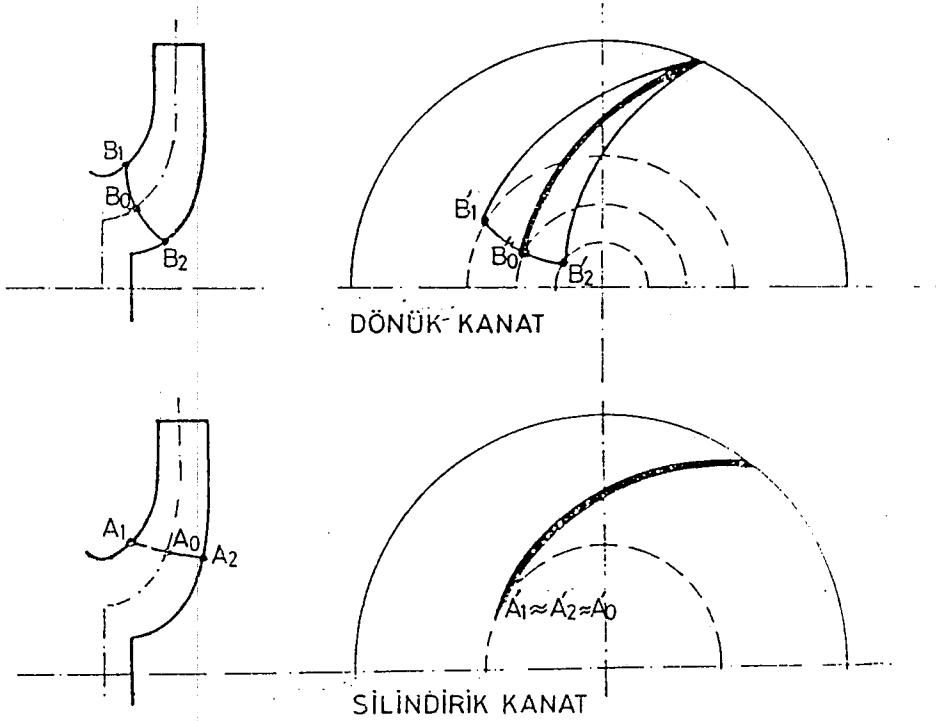


Şekil 6.6. Bir santrifüj fanda bağıl hız dağılımı
(Lewinsky and Kesslits).

6.5. FAN DİZAYNI

Düzlemsel silindirik kanat yani ; fan emme tarafından bakıldığında kanadın üst ve alt kapak ile ara kesitlerinin izdüşümlerinin üst üste düşmesi, fanın model hazırlığı ve imalatı yönünden kolay ve ucuz bir çözüm sağlar. Biraz pahalı bir çözüm olmakla beraber akış kanalının yeteri kadar geniş olması sağlanmak şartıyla, kanadın kaldırma yüzeyini artırmak ve giriş koşullarını düzeltmek amacıyla kanatların dönük yapılması uygun olur (şekil 6.7.).

Bu tip kanatla, kanadın giriş kenarı boyunca giriş açıları değişeceğinden (Francis tip kanat) kanatlar dönük olur (Baysal, K., 1977).



Şekil 6.7. Silindirik ve dönük kanatlı fanların karşılaştırılması (Baysal, K., 1977).

Santrifüj pompa fanında akım karakteri merkezden dışarıya doğru olduğundan aynı fan genişliğinde, fan çıkış kesitindeki kesit fan giriş kesitinden daha büyük olur. Bunu önlemek için fan genişliği merkezden uzaklaştıkça küçüleceğinden fan profili daralır (Ergin, A., 1979).

6.6. KAYIPLAR

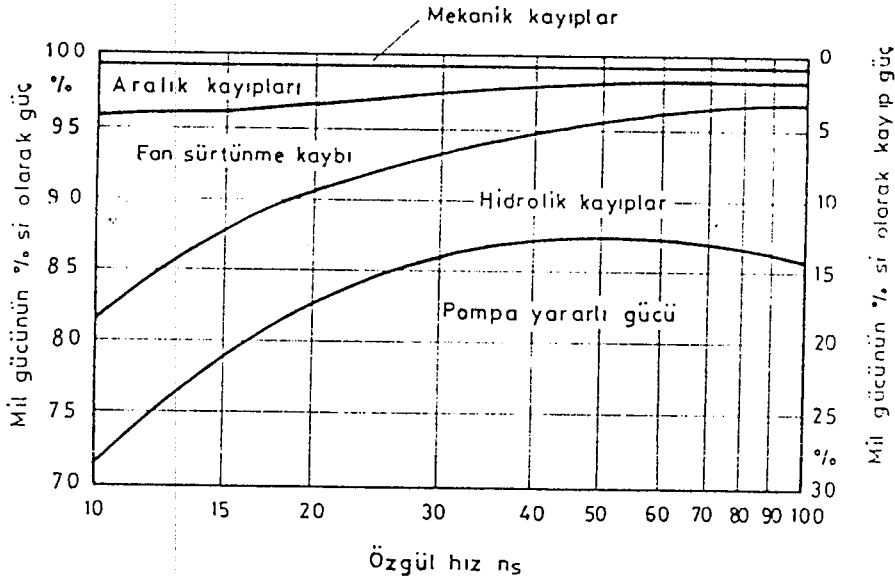
Akım Makinalarında kayıplar hidrolik, yöneltici, aralık, fan sürtünme, geri dönüş ve mekanik kayıplar olmak üzere sınıflandırılabilir. Bu çalışmada yöneltici ve mekanik kayıplar daha az önemli olduğu için dikkate alınmamıştır.

6.6.1. Geri Dönüş Kayıpları

Pompalarda yavaşlayan akım söz konusu olduğundan fan çıkış ortamı ile fan kanalları arasında bir momentum alışverişi olur. Bunun sebebi çıkış ortamındaki sınır tabakanın gittikçe artan basınca karşı akma durumunda kalmasıdır. Böylece sınır tabakadaki akışın tekrar fan içine geri dönerek burada yeniden hızlanması gibi bir tehlike ortaya çıkar. Fan sürtünme kayıplarıyla aynı karakterde olan bu kayıp ancak nominal debinin altındaki debilerde önemli olmaktadır (Edis ve Tekin, 1978).

6.6.2 Fan Sürtünme Kayıpları

Şekil 6.8. debisi $0.1 \text{ m}^3/\text{sn}$, devir sayısı 25 d/s olan tek girişli ve tek kademeli santrifüj ve yarı eksenel pompalarda en iyi verim noktasında çeşitli kayıpların özgül hızla nasıl değiştiği görülmektedir.



Şekil 6.8. Çeşitli kayıpların özgül hızla değişimi
(Edis ve Tekin , 1978).

Q ve n sabit kaldığına göre özgül hızdaki değişim özgül enerji değiştirilerek gerçekleştirilmektedir. Özgül hız n_s küçüldükçe, özellikle fan sürtünme kayıpları hızla artar.

Her iki yanağın sebep olduğu fan sürtünme kaybı;

$$Z = \frac{1}{102 g} [k \rho U^3 D (D + 5 a)]$$

eşitliğiyle hesaplanmaktadır. Burada (k) Reynolds sayısının artmasıyla azalan bir katsayı, (a) yanak genişliğidir. Üst yanaktaki kayıp için daha büyük bir (k) değeri seçilerek hesap yapılmalıdır. (Edis ve Tekin ,1978).

6.6.3. Aralık (Kaçak) Kayıpları

Basıncı hiç etkilemeyen veya basınç üzerinde ikinci dereceden bir etkisi olan bu kayıplar, fan ile gövde arasında sızdırmazlık yerlerinde bırakılması çalışma bakımından zorunlu olan aralıklardan kaçan sıvının fan etrafından tekrar emme tarafına akmasıyla ortaya çıkan kayıplardır. Salmastralardan ve dengeleme düzenlerinden olan kayıplar da bu gruba girer.

Fan ile pompa gövdesi (salyangoz) boğazı arasındaki açıklık çok küçük ise pompa gürültülü çalışır ve verimi düşer. Açıklık çok büyük ise pompadaki volumetrik verim düşer. Bunun nedeni kaçak Q debisinin artmasıdır. Ayrıca pompa gereğinden çok enerji harcar (Gökelim, A.T., 1976).

Pompa basma yüksekliğini azaltmak için fan tornalanarak D_2 çapı (şekil 6.10) küçültülürse açıklık artar ve kaçak debi çoğalır, volumetrik verim düşer (Gökelim, 1976).

Şekil 6.9. aralık kayıpları küçük özgül hızlarda önemli derecede artmaktadır. Bu deneylerde kullanılan fanların hepsi aynı devir sayısı ve aynı debi için yapıldığından emme ağız ölçüleri de aynıdır. Dolayısıyla üst yanaklı fanların sızdırmazlık aralıkları ölçüleri de hemen hemen aynıdır. Düşük özgül hızlı fanların özgül kanat enerjisi ve dolayısıyla aralık basıncı özgül enerjisi daha büyük olmakta, h_x basınç farkını artırarak aralık kayıplarını hızla artırmaktadır (Edis ve Tekin, 1978).

6.6.4. Hidrolik Kayıplar

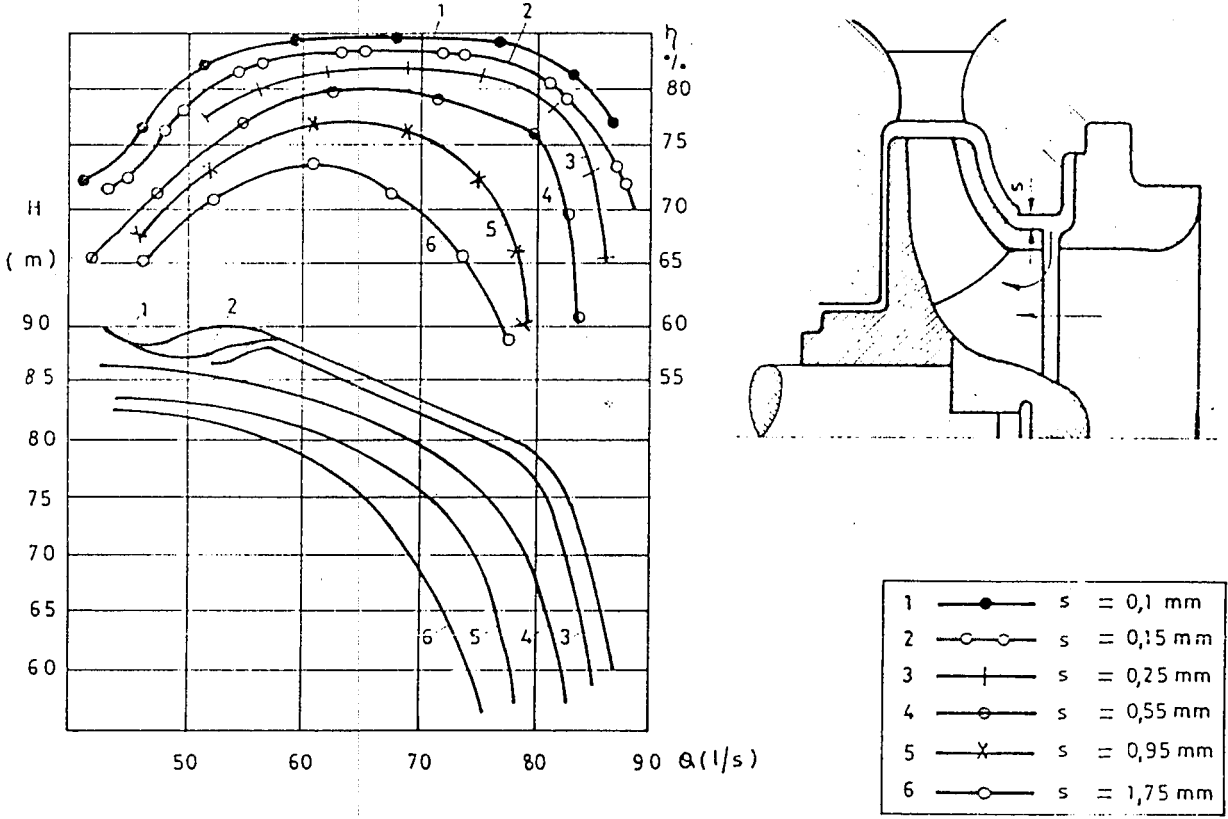
Şekil 6.8. 'de hidrolik kayıplar toplam kayıpların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Düşük özgül hızlarda fan kanallarının dar ve uzun olması bu kayıpları artırır. Özgül hızın artmasıyla azalmaya başlayan hidrolik kayıplar yaklaşık $n_s=30$ için en küçük değerini alır. Özgül hız bu değer üzerinde çıkınca hidrolik kayıplar artar. Bunun nedeni yüksek özgül hızlarda kanallardaki akışın düşük özgül hızlardaki kadar iyi yöneletilmemesidir.

Şekil 6.8.'de özgül hızın $n_s=20$ ile 40 aralığındaki değerleri için hidrolik verimin sabit kaldığı görülmektedir. Dolayısıyla özgül hızları bu aralıkta kalan pompaların verimleri birbirleriyle karşılaştırılabilir.

6.7. KAPALI FANLARDA ARALIK AKIŞLARI

Fan çıkışındaki yüksek basıncın varlığı fan ve gövde arasındaki aralıktan emmeye doğru ters akımların oluşmasına neden olmaktadır. Kapalı fanlarda sızdırmazlık, fan ile gövde arasında halka şeklindeki aralıkta, yarı açık fanlarda ise kanat biçimini izleyen aralıkta gerçekleştirilir. Bu aralıkların esas etkisi hacimsel debi kaybına yol açmalarıdır. İkincil bir etki olarak aralık akışları nedeniyle fan kanalları içinde akış şartlarının önemli değişikliklere uğrayacağı unutulmamalıdır (Edis ve Tekin, 1978).

Kapalı fanlarda aralık değerinin değişmesiyle pompa performansında önemli mertebede değişimler olmaktadır (şekil 6.9.).



Şekil 6.9. Kapalı bir fanda halka aralık değişiminin pompa performansına etkisi ($n_s=28$) (Engade and Rautenberg,1980).

Aralık büyüdükçe aralık kayıpları artmakta ve pompa verimi düşmektedir (Engade and Rautenberg,1980).

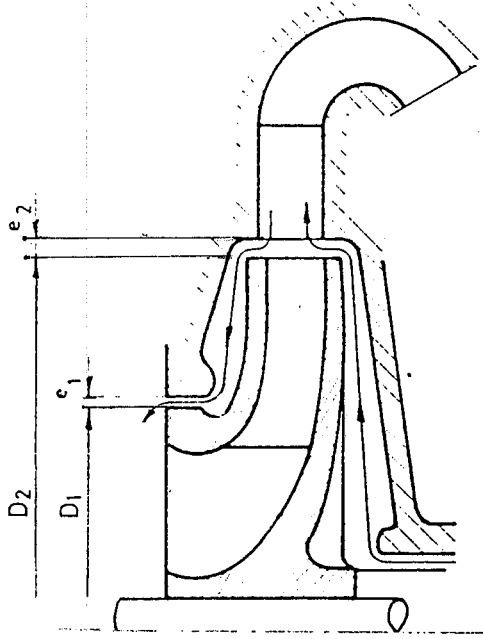
6.7.1. Kapalı Fanlarda Aralık Akışının Hesabı

Fan giriş ve çıkışındaki halka aralıklarının alanları A_1 ve A_2 , debi katsayıları f_1 ve f_2 , basınçlar h_1 ve h_2 , iç ve dış halka aralıkları arasındaki boşlukta basınç h_x olmak üzere

(şekil 6.10.) sıkıştırılmayan sıvılar için süreklilik eşitliğinden halka aralıktan geçen debi ;

$$Q_a = f_1 A_1 \sqrt{2gh_x} = f_2 A_2 \sqrt{2g(h_2 - h_x)}$$

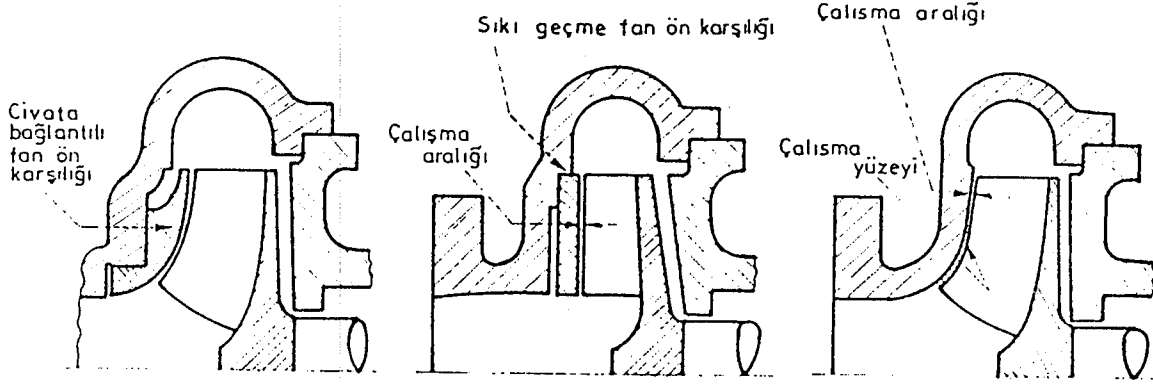
eşitliğiyle hesaplanmaktadır.



Şekil 6.10. Kapalı fanda halka aralıktan akış (Lazarkiewich and Tronskolanski,1965).

6.8. YARI AÇIK FANLAR

Yarı açık fan konstrüksiyonları orta ve yüksek özgül hızlı pompalarda performansı iyileştirmektedir (Stepanoff , 1967). Yarı açık fanlar genellikle kapalı fanların üst yanağının kaldırılması suretiyle elde edilmektedir (Şekil 6.11.).



Kanat biçiminde fan ön karşılığı

Düz fan ön karşılığı

Kanat biçiminde gövde

Şekil 6.11 Çeşitli yarı açık fan konstrüksiyonları
(Buse, 1977).

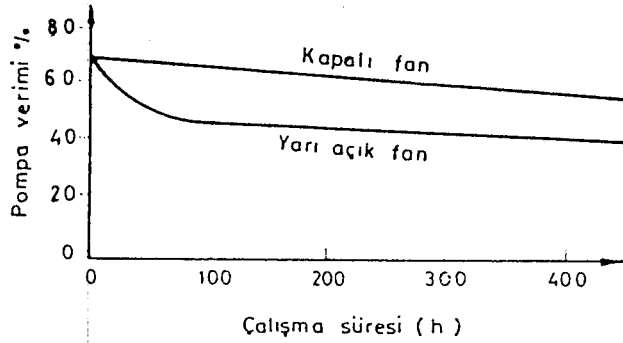
Şekil 6.11.'de üç değişik yarı açık fan konstrüksiyonu gösterilmektedir.

Yarı açık fanlar getirdiği hidrolik kayıpların yanı sıra, lifli maddeleri minimum tıkanmayla basma kabiliyetine de sahiptir. Ayrıca fan kanallarının rahat temizlenmesi, kolay imal edilebilir ve ekonomik işlenebilir olması yarı açık fanların kullanımını desteklemektedir (Black,1975).

6.8.1. Yarı Açık Fan Seçimi

Pompalarda aşınma yüzünden sürekli artan çalışma aralığının verimi düşürmesi, pompalanan sıvının cinsi ve aksenal itme yüzünden oluşan mekanik sınırlamalar yarı açık fanların seçiminde karar verici bir rol oynamaktadır.

Örneğin yapışkan ve aşındırıcı sıvıların pompalanmasında, yarı açık fanın verimi kapalı fana göre düşük olmasına rağmen (şekil 6.12.) sıvının cinsi çok önemli bir parametre olduğundan burada yarı açık fan seçilmelidir (Engade and Rautenberg,1980).



Şekil 6.12 Aşındırıcı sıvı basılmasında yarı açık ve kapalı fanların performanslarının karşılaştırılması (Engade and Rautenberg,1980).

6.8.2. Yarı Açık Fanlarda Verim

Mevcut çalışmalar yarı açık fanlarda çalışma aralığının minimum olduğu sürece verimin kapalı fana göre % ± 2 kadar değiştiğini teyid etmektedir (Engade and Rautenberg ,1980).

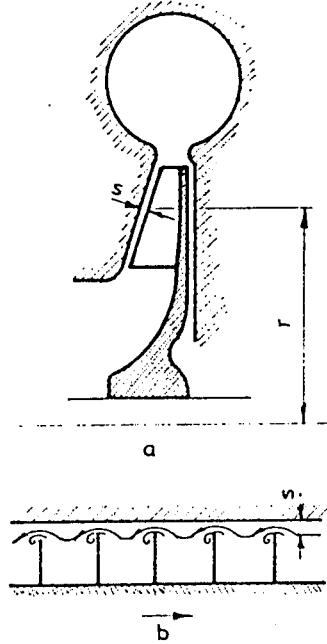
Yarı açık fanlarda verimdeki artış üst yanağın kaldırılmasıyla hidrolik ve fan sürtünme kayıplarının azalmasından kaynaklanmaktadır. Kapalı bir fanda üst yanaktaki bağıl akış nedeniyle ($w_2^2/2g$) ile orantılı olarak sürtünme kayıpları oluşurken, yarı açık fanlarda bunun yerine sıvı fan kanalından geçerken sabit gövde cidarında ($c_2^2/2g$) ile orantılı olan sürtünme kayıpları oluşmaktadır. Yüksek özgül hızlı pompalarda bu iki kaybın yaklaşık olarak birbirini dengelediği, fan sürtünme kayıplarındaki azalmanın net bir kazanç olduğu ve orta özgül hızlı pompalarda ise verimin % 2 arttığı ifade edilmektedir (Stepanoff,1967).

Yüksek tepki derecelerinde (düşük basma yüksekliği veya yüksek özgül hızlar)(c) mutlak hızı,(w) bağıl hızından daha düşük olduğu için yarı açık fanlarda gövde cidarındaki sıvı sürtünmesi üst yanak sürtünmesinden daha azdır.

6.8.3. Yarı Açık Fanlarda Aralık Akışları

Basma tarafındaki yüksek basınç nedeniyle (s) çalışma aralığından yarı açık kanallar etrafında şekil 6.13.'de gösterilen aralık akışları olmaktadır.Kapalı fanlarda basma yüksekliğinden çok debi kaybına neden olan aralık akışları yarı açık fanlarda özellikle basınç kaybına neden olmaktadır (Pfleiderer,1961).

Aralık akışları aralık girdapları oluşturmakta ve bu da bir kayıp bölgesi yaratmaktadır.



Şekil 6.13. Yarı açık fanlarda aralık akışları
(Pfleiderer, 1961)

6.8.4. Yarı Açık Fanlarda Çalışma Aralığının Etkisi

Yarı açık fanlar orjinal verimi muhafaza etmek suretiyle çalışma aralığının istenildiği gibi düzenlenmesine izin vermektedir(Stepanoff,1967).Emniyetli bir çalışma açısından (s) çalışma aralığı belirli bir değerin altına düşmemelidir Buna karşın çalışma aralığı gerekenden fazlaysa yarı açık fanların verimi kapalı fanlardan daha az olabilmektedir.

Çalışma aralığı yarı açık fanlarda pompa performansı üzerine karar verici bir etkiye sahiptir. Aralık akışları nedeniyle pompa performansı bozulabilir.

Performanstaki bozulma ,

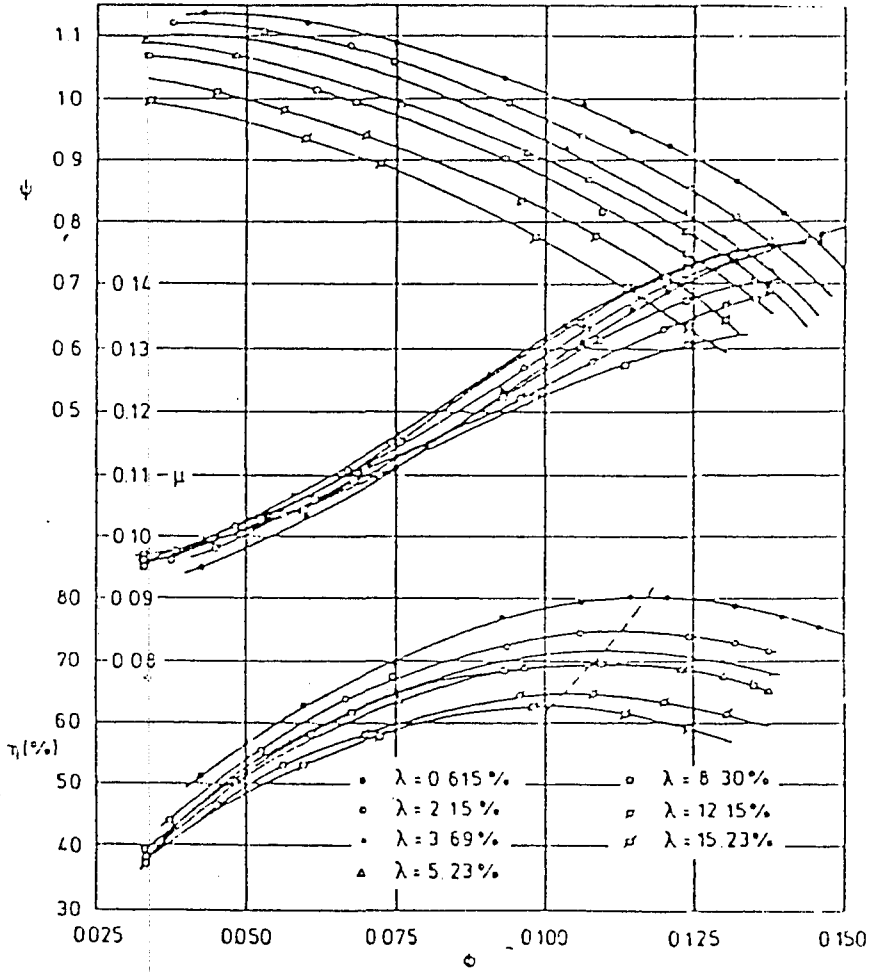
$$\text{Basınç için ; } K_{\psi} = \frac{\Delta \psi_{opt.}}{\Delta \lambda}$$

$$\text{Güç için ; } K_{\mu} = \frac{\Delta \mu_{opt.}}{\Delta \lambda}$$

$$\text{Debi için ; } K_{\phi} = \frac{\Delta \phi_{max.}}{\Delta \lambda}$$

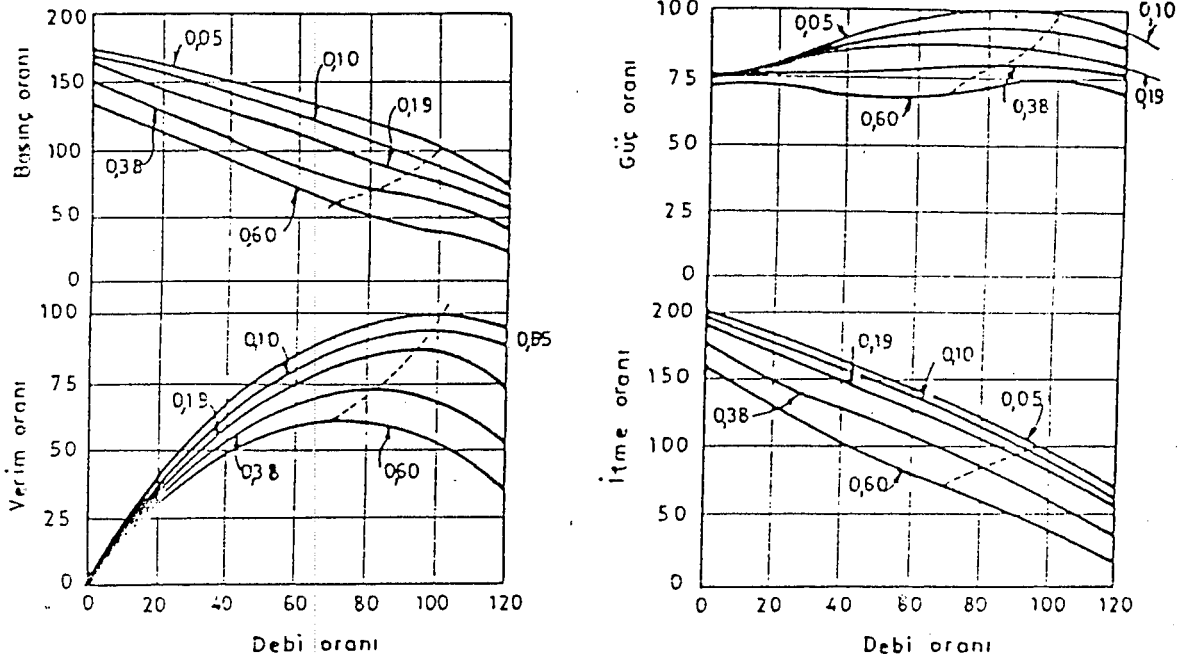
$$\text{Verim için ; } K_{\eta} = \frac{\Delta \eta_{max}}{\Delta \lambda}$$

katsayılarıyla belirtilmektedir (Engade and Rautenberg ,1980). Optimum aralığın üzerindeki aralıklarda performansdaki değişimler için geçerli bu katsayılar yaklaşık değerlerdir.Ayrıca aralık konstrüksiyonunun etkiside göz önüne alınmalıdır.Şekil 6.14.'de yarı açık bir fanda $\lambda = \frac{s}{b_2}$ olmak üzere çalışma aralığı değişiminin performansa etkisini göstermektedir.



Şekil 6.14. $n_s=41$ olan yarı açık fanlı bir pompada çalışma aralığının performansa etkisi (Engade and Rautenberg,1980).

Şekil 6.14.'de (λ) arttıkça; (η) pompa verimi, (Ψ) basınç sayısı, (μ) güç sayısı, (ϕ) debi sayısı azalmaktadır. Dolayısıyla basınç,güç,debi ve verim düşmektedir. Aynı etki FALSOM tarafından da araştırılmış, şekil 6.14. ve şekil 6.15.'e benzer sonuçlar almıştır (Stepanoff 1967).Aralık değerleri aralığın, b_2 'ye (fan çıkış genişliği) oranı olarak, diğer değişkenler en iyi verim noktasındaki değerlerin yüzdesi olarak verilmiştir. Ayrıca itme oranının çalışma aralığı arttıkça azaldığı görülmektedir (şekil 6.15.).



Şekil 6.15. Yarı açık fanlı bir pompa da aralık değişiminin performansa etkisi (Stepanoff,1967).

6.9. Kanat Yüklenmesi ve Eksenel İtme

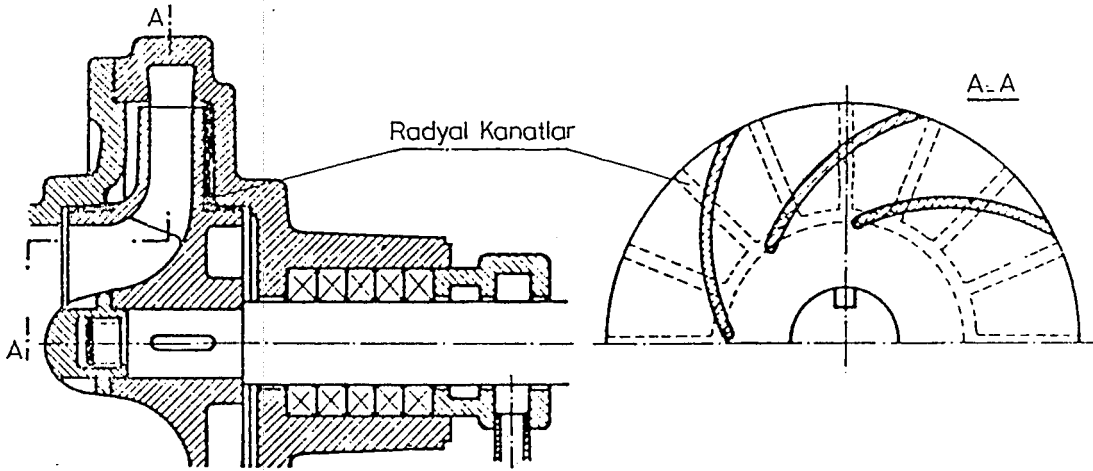
Aralık akışları yarı açık fanlarda kanat profili dizaynını zorlaştırmakta ve enerji transferini etkilemek suretiyle aralığın bulunduğu bölgede kanat yüklenmesini değiştirmektedir. Kanat yüklenmesi aralık akışları sebebiyle azalmakta, böylece pompanın verdiği özgül enerji, debi ve güç azalmakta, verim ise orta ve yüksek özgül hızlar için artmaktadır. Aralık artışıyla kanat yüklenmesi azalmakta ve böylece, basınç ile güç düşmektedir.

Şekil 6.14. ve şekil 6.15. 'de görülebilen bu etki aralık bölgesinde fan kanatlarının tam olarak yüklenmediğini göstermektedir.

Bu da özellikle basınç kaybına neden olmaktadır. Aralık bölgesinde kanat yüklenmesi tam olarak gerçekleşmediğinden pompa milini motora doğru iten kuvvet azalmakta, dolayısıyla aksenal itme artmaktadır.

Tek kademeli santrifüj pompalarda manometrik yükseklik çok büyük olmadığı için toplam aksenal itme kuvveti 100-200 kg civarında kalır. Bu değerdeki kuvvetleri fan arka yüzeyine açılan ve basınçları eşdeğer kılan dengeleme delikleri ile karşılamak mümkündür (Baysal, K., 1979).

Ayrıca fan arka yüzeyine radyal kanatlar koyarak (şekil 6.16.), aksenal kuvveti yaratan basınç farkını azaltmakta mümkündür. Ancak bu kanatlarda fan kanadı gibi çalışacağı için bir miktar güç yutar (Baysal, K., 1979).

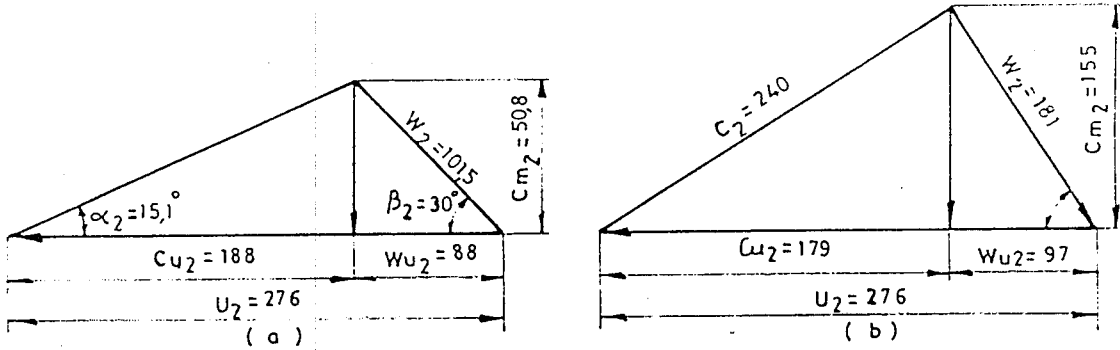


Şekil 6.16. Fan arka yüzeyine radyal kanatlar konularak aksenal itmenin karşılanması (Baysal, K., 1979).

6.10. AKIŞ AYRILMASI

Akış ayrılmasında kayıpların oluşmasının en önemli nedeni akım ayrılmış bölgeden geçerken kesme kuvvetlerinin artmasıdır. Ayrılmanın erozyon ve korozyon üzerine etkisi önem arzeder. Ayrılmış bölgelerde korozif etkenlerin konsantrasyonu yoğunlaşmakta, ayrılma noktası yakınında erozyon olayı gözlenmektedir. Erozyon, parçacıkları cidara yakın konuma getiren ve cidara çarparak ayrılmaya yardımcı olan sürüklenme vorteksleri yüzünden oluşmaktadır.

Ayrılmada kayıpların artmasının yanında, akım kanatlardan sapmaktadır. Şekil 6.17.'de bir santrifüj pompa fanının çıkış hız üçgeninde bu etkiyi göstermektedir.

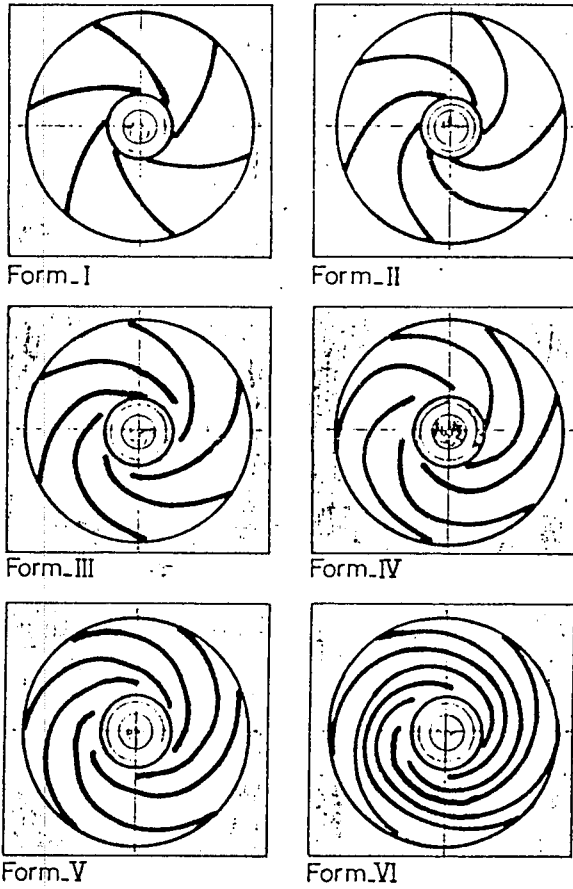


Şekil 6.17. Bir santrifüj fanının (a) ayrılmış (b) ayrılmamış akışlar için çıkış hız üçgenlerinin mukayesesi (Streeter, 1961).

Ayrılmada kayıplar genellikle birdenbire yükseldiği halde ayrılmadan hemen önce veya ayrılmanın küçük bir mesafesi içinde optimum performansa tekrar ulaşır.

Tam santrifüj pompada akışın fan girişinde aksenal, çıkışında ise radyal olması gerektiği göz önünde tutulmalıdır (Baysal,K.,1979).

Fan kanallarındaki ayrılma kayıpları hakkında açıklık sağlayan şekil 6.18. kanat giriş ve çıkış açıları ile kanat sayıları aynı olan 6 fanı birbiriyle karşılaştırmaktadır.



Şekil 6.18. Fan kanallarının şekli (Lazarkiewich and Tronskolanski, 1965).

I. Fanda sürtünme yüzeyleri küçük, yani kanatlar kısa olduğundan ayrılma kayıpları büyürken, III-IV-V ve VI. fanlarda kanat uzunluğu arttığından sürtünme kayıpları da

artmakta fakat ayrılma kayıpları azalmaktadır. Optimum çözüm II. fanın kanat profiliyle sağlanmaktadır (Lazarkiewich and Tronskolanski,1965).

7. SANTRİFÜJ POMPALARIN KARAKTERİSTİK EĞRİLERİ

Santrifüj pompaların debi, basma yüksekliği, verim, devir adedi ve çektiği güç şeklindeki muhtelif karakteristik değerlerin arasındaki ilişkiyi belirten eğrilere pompanın karakteristik eğrileri diyoruz.

Pompanın devir adedi değiştiği zaman Q , n ile orantılı olarak değişir. H_m , n 'in karesi ile ve N , n 'in üçüncü kuvveti ile orantılı olarak değişir. Bunu uygulayabilmek için verimin, her çalışma noktasında, n 'in değişmesinden etkilenmediğini kabul etmek gerekir.

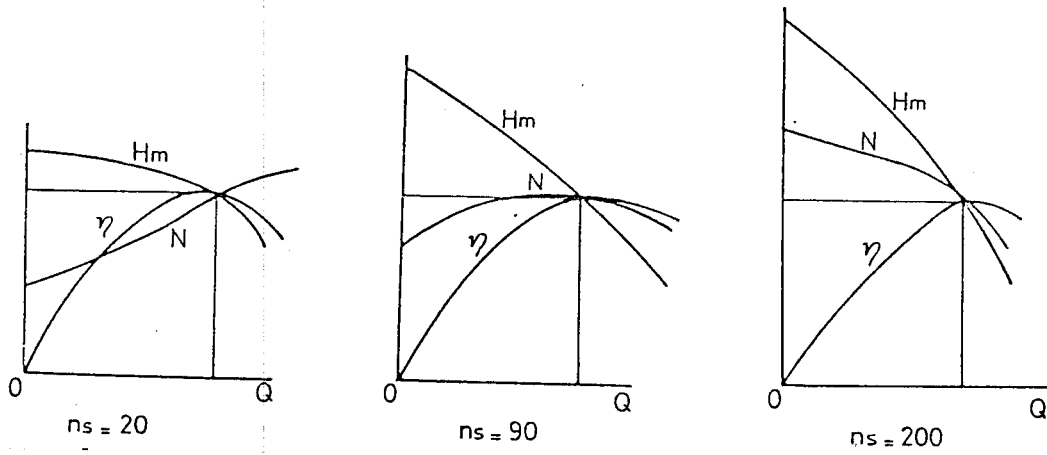
Bu takdirde şu denklemleri yazabiliriz,

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \frac{H_{m1}}{H_{m2}} = \frac{n_1^2}{n_2^2}, \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}$$

7.1.Özgül Hızın Pompa ve Karakteristiğe Etkisi

Santrifüj pompalarda karakteristik eğriler farklılık gösterebilir. Bu farklar daha ziyade pompa fanının yapısı ve kanat şekline doğmakla birlikte, elde edilebilecek azami verim pompanın büyüklüğüne bağlıdır. Yani, belli bir debi ve basma yüksekliği için pompa seçerken en uygun tipte pompanın seçilmesi hedef alınır. Bu seçimde en çok kullanılan kriter "Özgül devir sayısıdır".

Bir pompanın erişebileceği azami verim n_s 'e bağlıdır. Genellikle özgül hız büyüdükçe pompanın verimide yükselir (KSB Hand Book,1975). Özgül hız sadece pompa fanının yapısına değil aynı zamanda pompanın karakteristiklerine de etki eder.



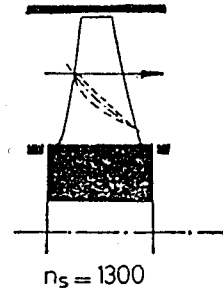
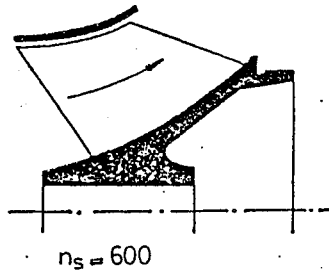
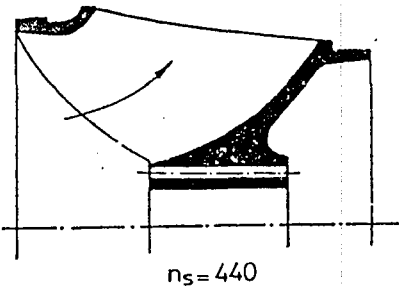
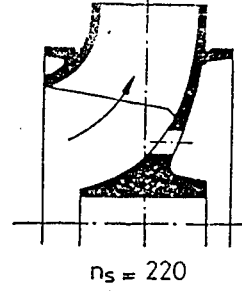
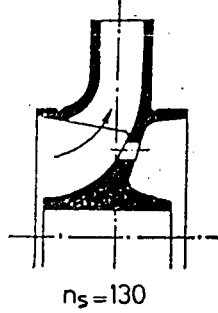
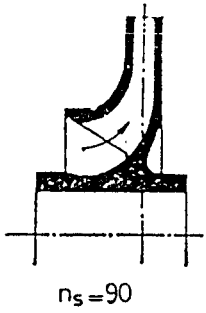
Şekil 7.1. Özgül devir sayısının pompa karakteristiklerine etkisi (Oyman,B.,1976).

Şekil 7.1.'de n_s değeri farklı pompaların $H_m=f(Q)$, $N=f(Q)$ ve $\eta=f(Q)$ karakteristikleri verilmiştir. Özgül devir sayısı yükseldikçe $H_m=f(Q)$ eğrisinin eğimide artmaktadır. Buna karşılık n_s düştükçe $\eta=f(Q)$ eğrisi yassılaşmaktadır. Yüksek n_s 'de yüksek η bölgesi çok dardır. Düşük n_s 'de $N=f(Q)$ eğrisi $Q=0$ için minimum olup Q arttıkça yükselir. Ancak yüksek n_s 'li pompalarda $Q=0$ iken N maksimum değerinde olup Q arttıkça azalır.

Tam santrifüj pompalar için debi güçten daha önemli olduğundan özgül hız ifadesinde güç yerine debi dikkate alınır.

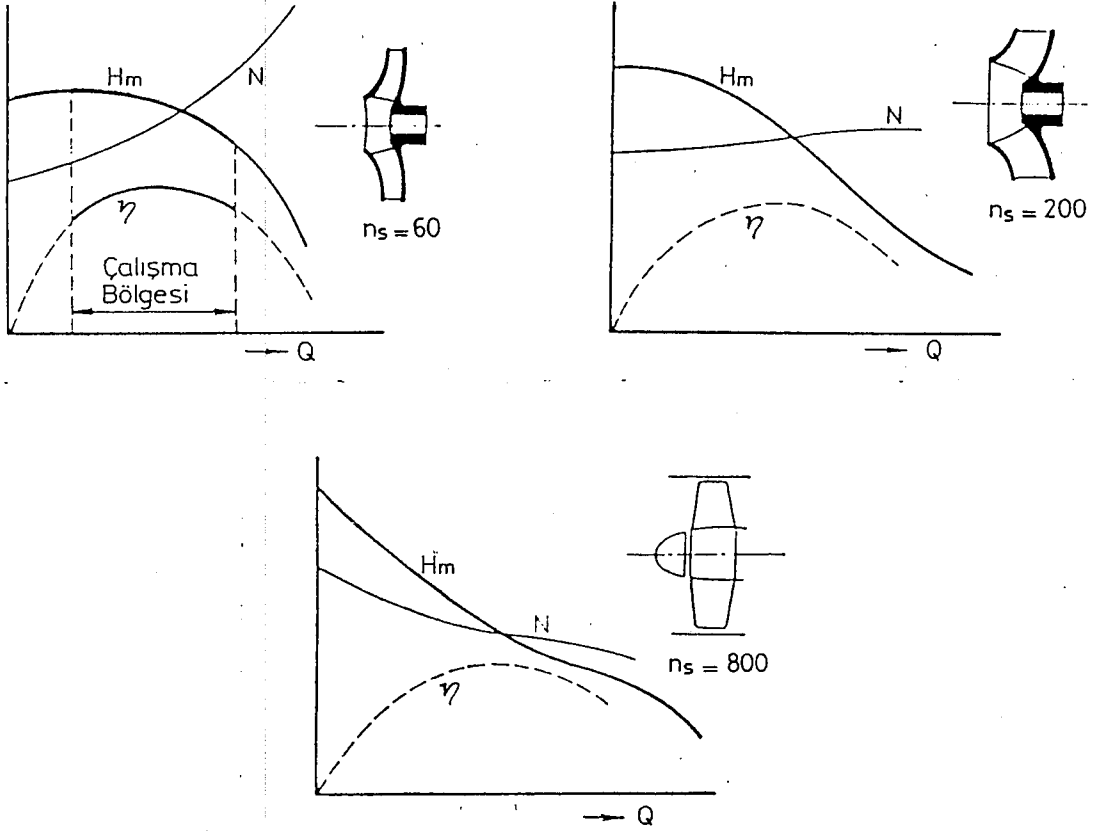
Özgül hızın yükselmesiyle akış radyal halden aksenal hale döner (Şekil 7.2. ve 7.3.). Fanın çapı küçülür ve genişliği artar.

| | |
|--------------------------|------------------|
| Tam santrifüj pompalarda | $n_s = 60- 150$ |
| Yarı " " | $n_s = 150- 400$ |
| Yarı aksenal " | $n_s = 400- 700$ |
| Eksenal " | $n_s = 700-1000$ |



Şekil 7.2. Pompa fan şekillerinin özgül hızla değişimi
(Özgür, C., 1983).

Özgül hız küçülünce geçiş kanalı daralmakta, özgül hız büyüdükçe kanal genişlemekte ve kısalmaktadır (Şekil 7.2. ve 7.3.) Küçük özgül hızlı pompaların verimlerinin düşük oluşunun nedeni budur.



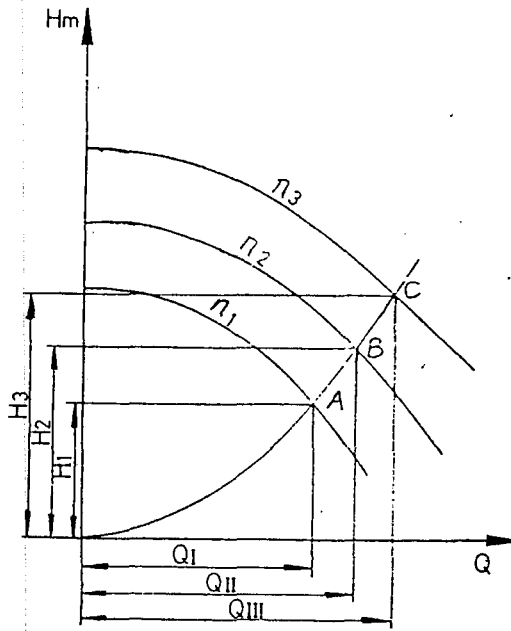
Şekil 7.3. Özgül hızları farklı üç tip fanın karakteristik eğrilerinin genel formu (Özgür,C.,1983).

Tam santrifüj pompalarda N efektif gücün en küçük değeri $Q=0$ 'dadır.Yani vana kapalı konumda iken motordan en küçük güç çekilir.Bunun için bu pompalara çıkış vanası kapalı iken yol verilir (Özgür,C.,1983).

7.2. Pompa Debisinin Karakteristiğe 'Etkisi

Pompanın tesisatta belirli bir yükü taşıırken bastığı debiye "gerçek debi " adı verilir ve Q ile gösterilir.

Pompa debisi sıfırdan itibaren arttığı takdirde , H_m 'in tedricen düştüğü görülür. H_m 'deki bu düşüş daha ziyade pompa fanının konstrüksiyonuna bağlıdır.Kanat formları, giriş ve çıkış hız üçgenleri ile fan içindeki hidrolik kayıplar ana karakteristik eğrinin değişimi üzerinde özellikle etkili olurlar (Ergin,A.,1979).Şekil 7.5.'de A,B, C noktalarında pompanın verimi ve özgül hızının aynı olduğu kabul edilmektedir.



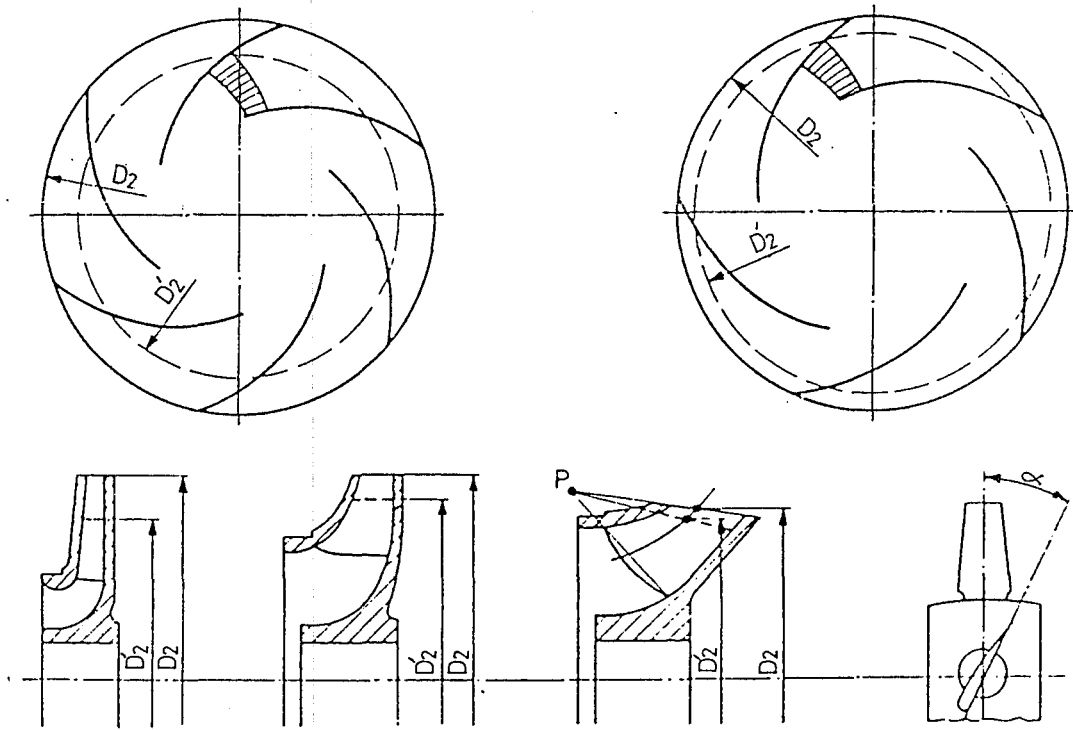
Şekil 7.5 Pompa karakteristik eğrilerinin n devir sayısının fonksiyonu olarak değişimi (Ergin,A.,1979).

7.3. Fan Çapının Karakteristiklere Etkisi

Fan çapının küçültülmesi ile pompa karakteristiğinde meydana gelecek değişimler fanın tipine bağlıdır.Zira fanın çevresel hızının azaltılmasından ayrı olarak,kanatların uzunluğu ve çakışma miktarı, fanın çıkışındaki genişliği ve

çoğunlukla çıkış açısı da değişmektedir. Bununla beraber D_2 çapının yeni D_2' çapına düşürülmesi sonucunda kanatlarda (şekil 7.6.) 'daki gibi uygun miktarda çakışma kalıyorsa (taralı bölge) çap değişikliğinin pompa çıkışına etkisi yaklaşık olarak tahmin edilebilir (Oyman, B., 1976).

Küçük özgül hızlı pompalarda fan çapı çok önemli değişiklik meydana getirmeden, tornalanarak küçültülebilir. Buna karşılık yüksek özgül hızlı pompalarda fan çapının küçültülmesi verimde önemli değişmelere neden olabilir. Bu sınır değer $n_s = 25$ 'dir (KSB Hand Book, 1975).



Şekil 7.6. Pompa çıkışının, fan çapının ya da kanat helis açısının küçültülmesi suretiyle düşürülmesi (KSB Hand Book, 1975).

Fan çapının düşürülmesi veya aksenal fanlarda kanat açısının küçültülmesiyle debi azaltılır.

Süreklilik denkleminden $Q_T = \pi D_2 b_2 \lambda_2 c_{2m}$ görüldüğü gibi diğer büyüklüklerin değişmediği kabul edilirse fan çapı küçülünce debi azalacaktır. Kaldı ki λ_2 ve b_2 'de değişecektir. Yine Rateau teoremlerinden; devir sayısı aynı kaldığı ve $c_{2m}' / c_{2m} = D_2' / D_2$ kabulüyle,

$$\frac{Q'}{Q} = \left(\frac{D_2'}{D_2} \right)^2 \left(\frac{b_2 \lambda_2}{b_2 \lambda_2} \right)$$

elde edilir.

Tam santrifüj pompalarda fan çıkış çapındaki küçük değişikliklerin b_2 ve λ_2 üzerindeki değişimleri çok küçük olacağından ihmal edilebilir.

Böylece,

$$\left(\frac{D_2'}{D_2} \right)^2 \cong \frac{Q'}{Q} \cong \frac{Hm'}{Hm} ; \quad D_2' \cong D_2 \sqrt{Q/Q'} \cong D_2 \sqrt{H/H'}$$

olur.

Hm ve Q değerlerinin çap ile değişimleri bu şekilde belirlendiğine göre pompa miline verilmesi gereken gücünde çap ile değişimi şöyle ifade edilir,

$$\frac{N'}{N} = \left(\frac{D_2'}{D_2} \right)^5$$

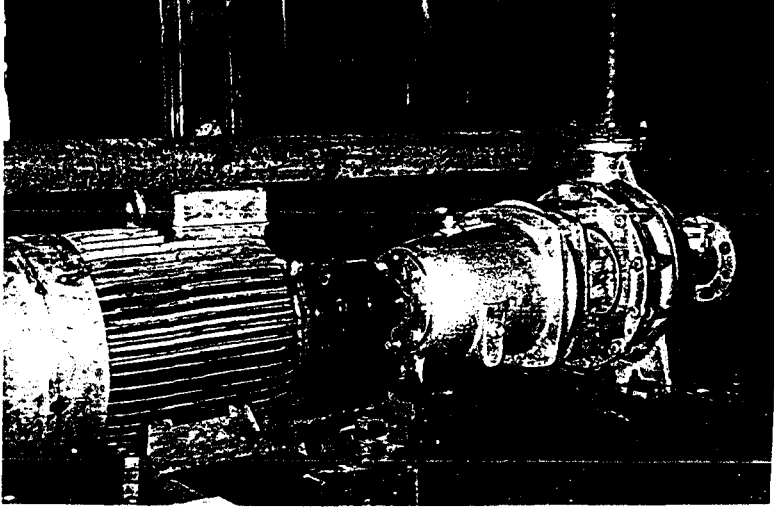
Gücün, çapın 5'inci kuvveti ile orantılı olması nedeniyle, çaptaki küçük bir değişikliğin gücü büyük oranda etkileyeceği göz önünde tutulmalıdır.

Tüm akım makinaları optimum değerlerde çalışacak şekilde dizayn edilirler. Dizayn karakteristikleri n, Q, H olarak belirlidir ve en yüksek verim noktasındaki değerlerdir. Zorunlu kalınmadıkça işletmede en iyi verim noktasından uzaklaşılmalıdır. Ancak çoğu durumda bu parametreleri işletme şartlarından dolayı değiştirmek gerekmektedir. Örneğin pompanın Q ve H_m değerleri, işletmede istenen Q ve H_m değerlerinden biraz yüksekse, devir sayısı da değiştirilemiyorsa fan çapının tornalanarak biraz düşürülmesi gerekir. Bu suretle yeni bir pompa ihtiyacı önlenecek ve ekonomik çalışma sağlanacaktır.

8. POMPA DENEYLERİ VE DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

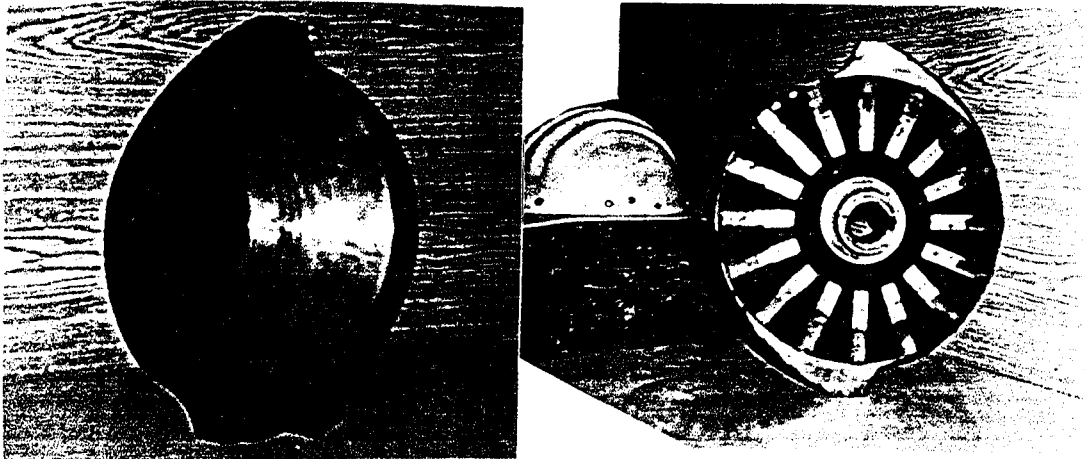
8.1. YAPILAN DENEYLER

Deneylerde kullanılan düşük özgül hızlı ($n_s=70$) santrifüj pompa $Q=1200$ lt/dak, $H_m=25$ mss ve $n=1500$ d/d karakteristik değerlerinde dizayn edilmiştir (şekil 8.1.).



Şekil 8.1. Deneyde kullanılan santrifüj pompa

Bu karakteristik değerleri sağlayan pompada kullanılan fan iki kanatlı kapalı tiplidir ($D_2=315$ mm, $b_2=22$ mm, Şekil 8.2.).

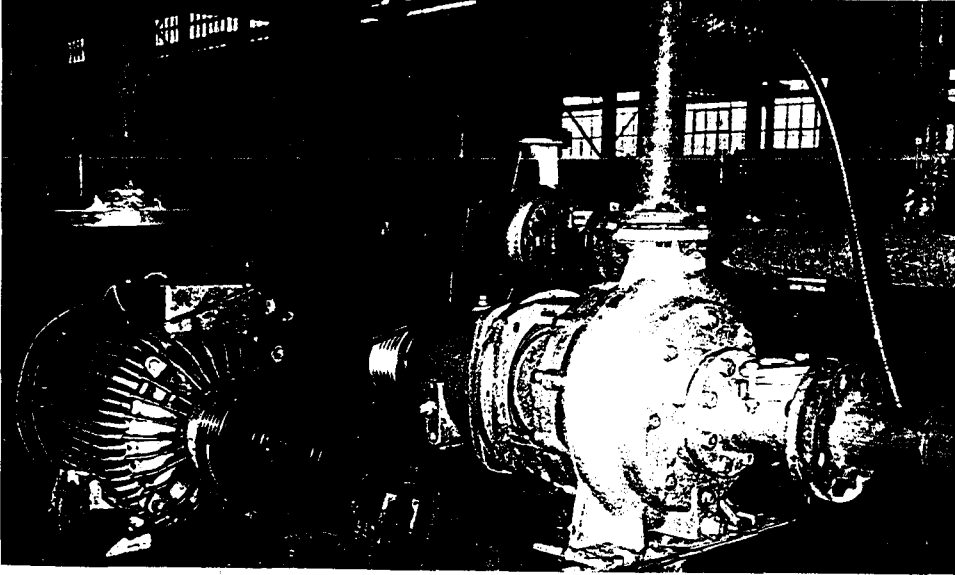


(a)

(b)

Şekil 8.2. İki kanatlı kapalı fan (a) ön yüz , (b) arka yüz

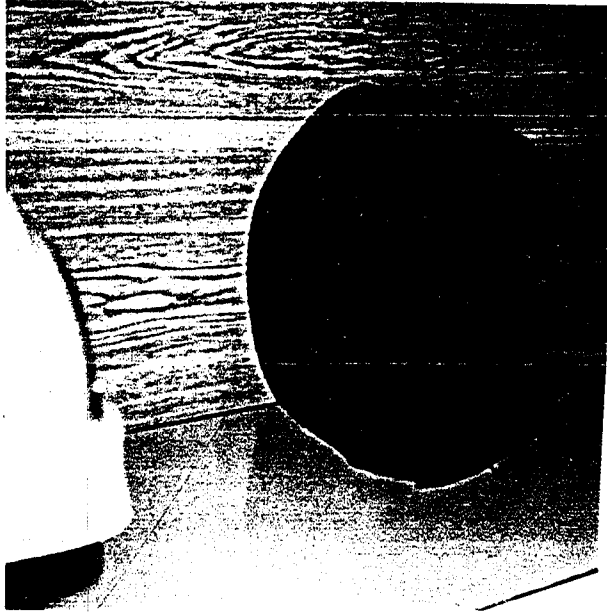
Geometrik olarak benzer fanlardaki akışta benzeşim şartlarını mukayese edebilmek amacıyla kapalı devre deney tesisatında akışkan olarak su kullanılmış, fan çapı 315 mm'den 280 mm'ye düşürülerek her iki çap için, 1960 ve 1457 d/d olmak üzere iki değişik devir sayısında pompa deneyleri yapılmıştır. Pompa çevirici motorlardan biri, 18.5 kw, 1457 d/dk esnek kaplin vasıtası ile tahrikli (Şekil 8.1.), diğeri 37 kw, 1466 d/dk değerinde olup 7 kanallı kasnak ile çalışma devri 1960 d/dk'ya çıkarılmıştır (Şekil 8.3.).



Şekil 8.3. Deneyde kullanılan (Kayış-Kasnak tahrikli) pompa

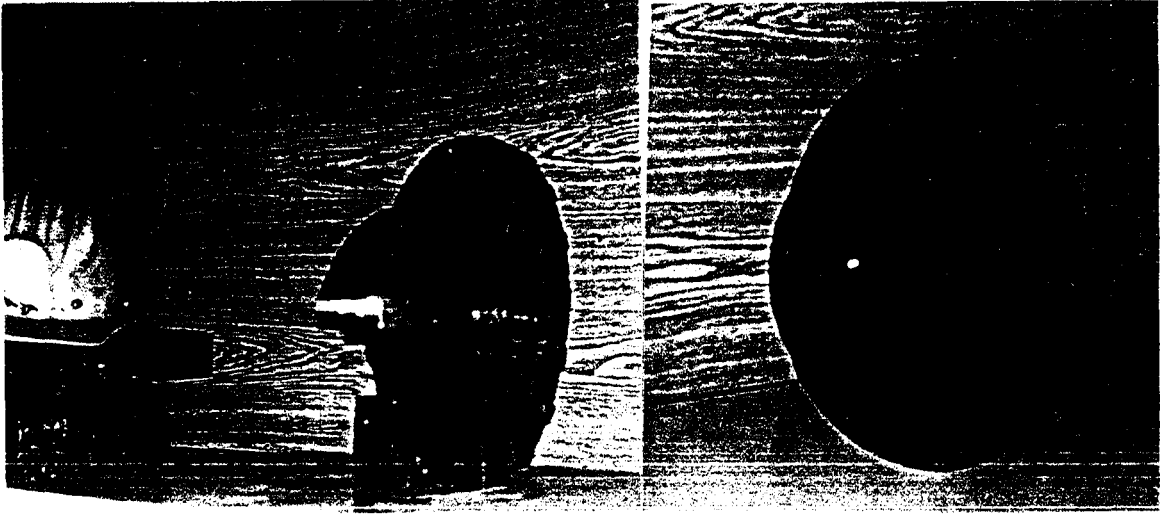
Daha sonra Şekil 8.2.'deki iki kanatlı kapalı fanın üst yanağı tornalanarak ($b_2=22$ mm) yarı açık fan haline getirilmiştir (Şekil 8.4). Pompa çalışırken meydana gelecek aksenal kuvvetten dolayı fan, fan ön karşılığına sürtmeyecek şekilde mümkün olan en küçük çalışma aralığı ($s=2$ mm) sağlanmıştır.

Bir başka çalışmada da aralık akışlarının pompa performansı üzerindeki etkilerini açık bir şekilde görebilmek amacıyla fan ön karşılığı tornalanarak, fan (çalışma) aralığı $s=12$ mm'ye çıkarılmış ve 315 mm fan çapında 1960 ile 1457 d/d değerlerinde iki deney yapılarak karakteristik eğrileri çizilmiş ve $s=2$ mm eğrileriyle mukayese edilmiştir.



Şekil 8.4. İki kanatlı yarı açık fan

Diğer bir çalışmada, Tek kanatlı yarı açık fanla ($b_2=49, D_2=315$ ve 280 mm) 1960 ve 1457 d/d devir sayılarında dört adet deney yapılmıştır ($s=2$ mm) (Şekil 8.5.).

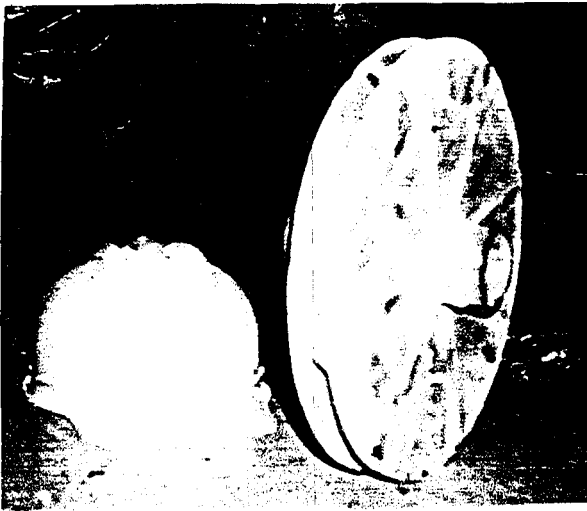


(a)

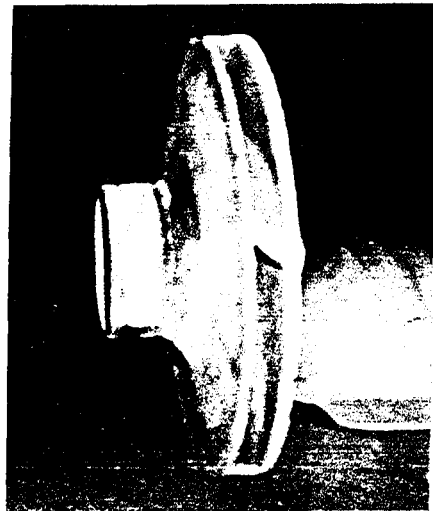
(b)

Şekil 8.5. Tek kanatlı yarı açık fan (a) arka yüz (b) ön yüz

Bir başka çalışmada da, Beş kanatlı kapalı fan ($b_2=18$ mm) iki farklı çap ve devir devir sayısında denenmiştir.



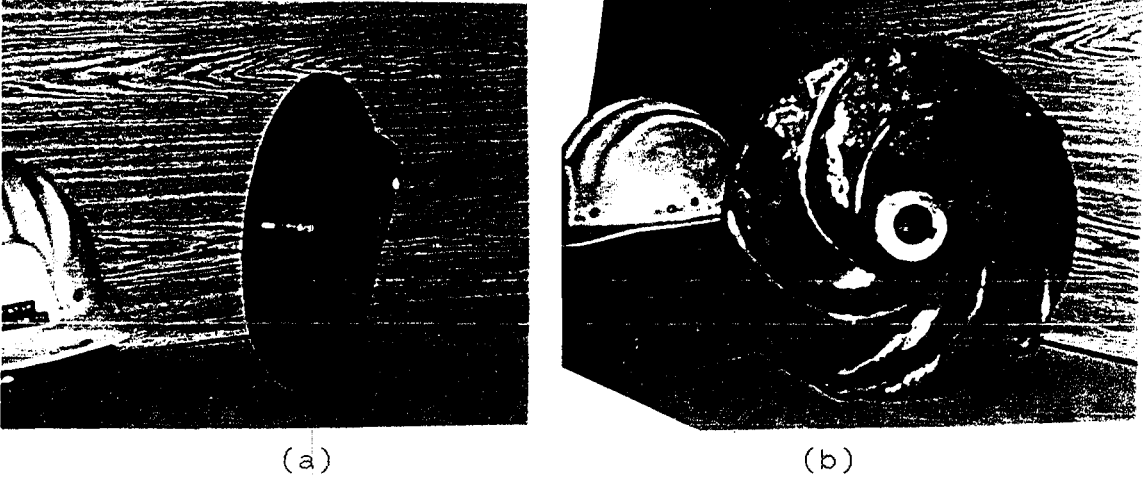
(a)



(b)

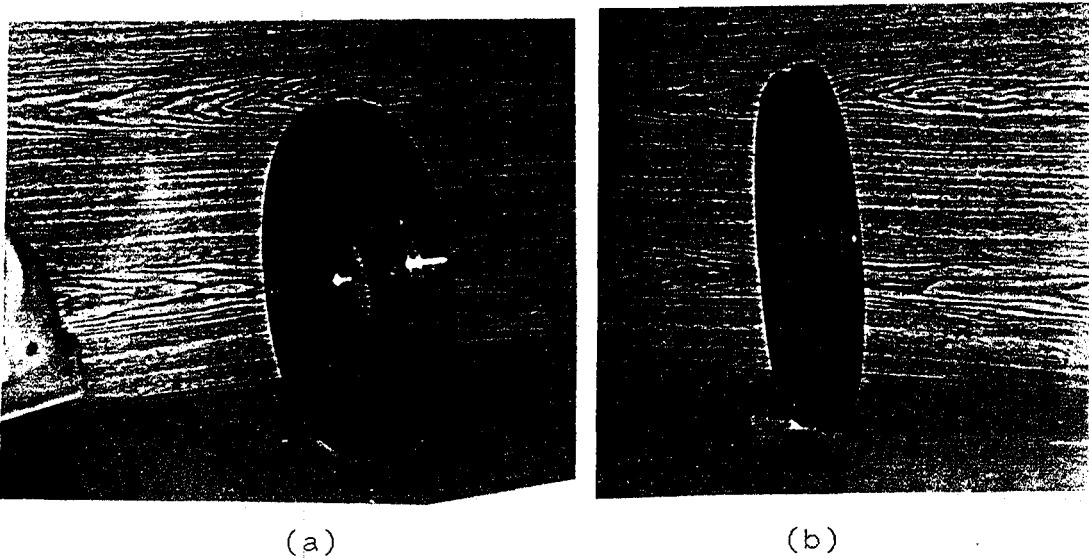
Şekil 8.6. Beş kanatlı kapalı fan (a) arka yüz (b) ön yüz

Şekil 8.6. 'daki aynı fanın üst yanağı tornalanarak $b_2=18$ mm ve $s=2$ mm ölçülerinde yarı açık fan haline getirilip fan iki farklı devir ve çap değerlerinde denenmiştir (şekil 8.7.).



Şekil 8.7. Beş kanatlı yarı açık fan (a) arka yüz (b) ön yüz

Bütün deneylerde aynı fan arka karşılığı (şekil 8.8,b) kullanılmış, fan (çalışma) aralığının istenilen değeri sağlayabilmesi için değişik ölçülerde fan ön karşılıkları (şekil 8.8,a) imal edilmiştir.

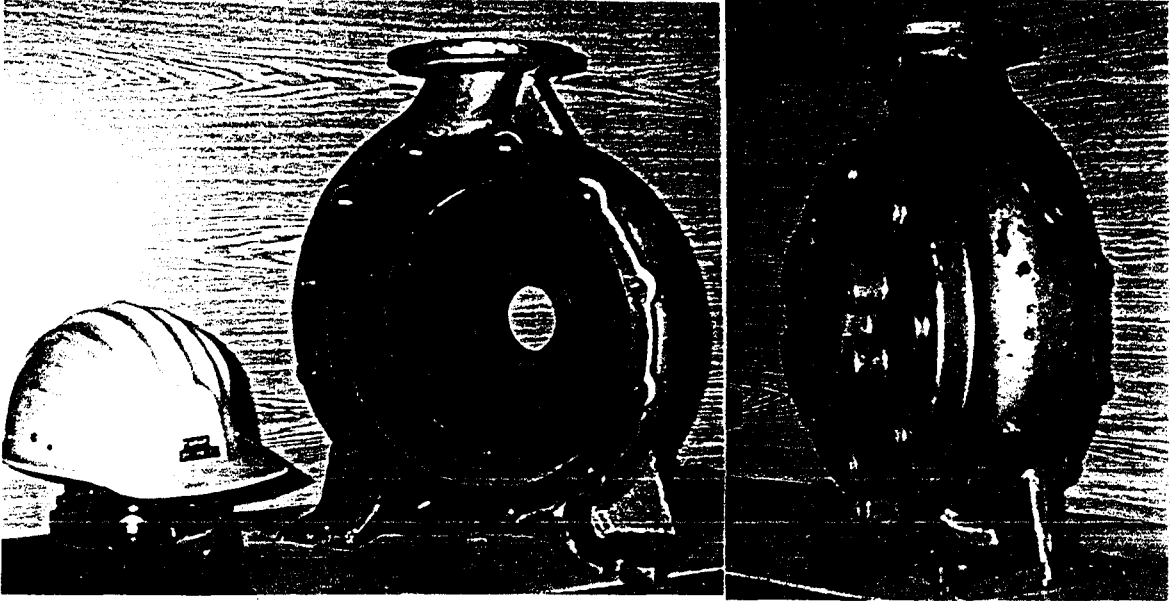


Şekil 8.8. (a) Fan ön karşılığı (b) Fan arka karşılığı

Özet olarak tek kanatlı yarı açık fan, iki kanatlı kapalı-yarı açık fan ve beş kanatlı kapalı-yarı açık fanlar ile iki değişik devir ve çaplarda olmak üzere toplam 22 adet pompa deneyi yapılmıştır. Bu deneylerin sonucu Tablo I özet olarak (1-22 nolu Deney Föyleri) verilmiş ve bilgisayar yardımı ile karakteristik eğrileri (Grafik XVI-XXXIII) çıkarılmıştır.

"Geometrik benzeşim formülleri" yardımı ile 1960 d/d ve 315 mm çapındaki fanların deneysel eğrileri baz alınarak, teorik hesaplar sonucu çıkan eğriler ile deneysel eğriler aynı grafik (I-XVI) üzerinde gösterilmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Kapalı ve yarı açık fanların karşılaştırılması için, kanat sayıları ve çıkış genişlikleri farklı fanların kanat açıları değiştirilmeden aynı pompa gövdesi içinde (şekil 8.9.) ve aynı boru tesisatında kapalı devre test istasyonunda deneyleri yapılmıştır. Debi ölçümü, basma hattı üzerine konan ($\phi 110/\phi 75.54$ mm) diyaframla yapılmış, basınç farkı civalı diferansiyel manometre ile ölçülerek basınç farklarının debi eşdeğerleri belirlenmiştir. Pompanın basma gücü madeni manometreden okunmuştur. Pompa milinin çektiği güç, Akım şiddeti ve potansiyel farkını ölçen elektriksel bir düzenele tespit edilmiş ve hesapsal yolla bulunmuştur.



(a)

(b)

Şekil 8.9. Pompa gövdesi (a)önden (b)arkadan bakış

Basma borusundaki vananın kapalı konumundan tam açık konumuna kadar değişik noktalar tespit edilerek $H_m=f(Q)$, $N_v=f(Q)$ ve $\eta=f(Q)$ karakteristik eğrileri çıkartılmıştır.

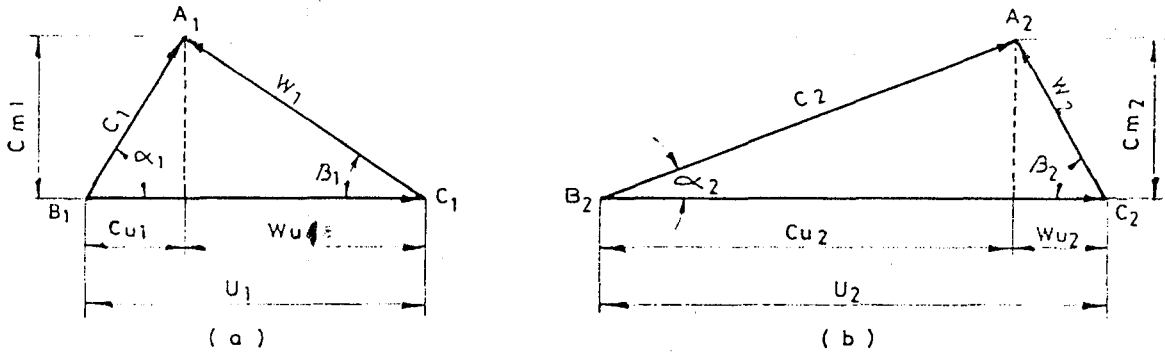
Karakteristik değerlerin karşılaştırılması en iyi verim noktaları baz alınarak yapılmıştır.

8.2. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

8.2.1. GEOMETRİK BENZEŞİMDE GENEL HUSUSLAR

Geometrik benzeşim eğrileri , aşağıdaki formüller yardımı ile daha önce deneysel olarak tespit edilerek çizilen karakteristik eğri baz alınarak Rateou teoremi yardımıyla, pompanın bütün şartlarını benzer kabul edip, yalnızca çap ve devir değişimlerinde ne tür değerler elde edilebileceğini bize önceden tahmin etme imkanı sağlarlar. Özgül hız, debi ve fan çapı karakteristik eğrilerin belirlenmesinde oldukça etkilidirler. Benzeşim şartlarını uygulayabilmek için , fan daralma katsayısı λ_2 ve fan çıkış genişliği b_2 , çapın küçük değişimlerinde çok küçük olacağı için ihmal edilmekte, kanat giriş ve çıkış hız üçgenleri (Bölüm 3.1.,1 nolu denklem) ile giriş ve çıkış açıları aynı kabul edilmekte ve devir sayısı değiştiğinde verimin her çalışma noktasında n 'in değişmesinden etkilenmediği kabul edilmek durumundadır. Bunun yanında sıvı ile temas eden çeperlerin bağıl pürüzlülüğünde aynı olması gerekmektedir

Geometrik olarak benzer pompalar aynı basma yüksekliklerinde çalıştıklarından fan giriş ve çıkış hız üçgenleri benzerdir (Şekil 8.10.).



Şekil 8.10. Santrifüj fanda (a) giriş (b) çıkış hız üçgenleri

Fanların, dönme hızı çıkış çaplarıyla ters orantılıdır. U çevresel hızları eşittir. Böylece debi ve güçler akım demetlerinin kesit ölçüsüyle orantılı (Bölüm 4.1. 13,14,15 nolu denklemler) olmaktadır.

Geometrik Benzeşim formülleri ;

a. Debi;

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{d_1^3 n_1}{d_2^3 n_2}$$

b. Toplam basma yüksekliği;

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{d_1^2 n_1^2}{d_2^2 n_2^2}$$

c. Güç;

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{d_1^5 n_1^3}{d_2^5 n_2^3}$$

d. Devir sayısı;

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

Aşağıda her kanat şekli için yukarıda bahsedilen konular çerçevesinde benzeşim şartları karşılaştırılmıştır.

8.2.2 GEOMETRİK BENZEŞİM DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

8.2.2.1 İki Kanatlı Kapalı Fanda Geometrik Benzeşim

Fan devir sayısı $n_1=1960$ d/d ve fan çıkış çapı $d_1=315$ mm deneysel eğrisi (Deney Föyü 1) baz alınmıştır. Geometrik benzeşim formülleri kullanılarak, $n_2=1457$ d/d ve $d_2=315$ mm'de Hm ve Nv eğrisi teorik olarak çizilmiş ve aynı devir sayısı ve fan çapındaki deneysel yolla çizilen eğri (Deney Föyü 2) ile birlikte Grafik I üzerine aktarılmıştır. Grafik I'den görüleceği üzere teorik ve deneysel Hm değerleri arasında max. 4 mss fark oluşmakta ve deneysel Hm değerleri teorik değerlerden büyük çıkmaktadır. Nv değerlerinin teorik ve deneysel eğrileri aynıdır.

Grafik II'de çap ve devir değişimiyle (1457/280) eğriler çizilmiş (Deney Föyü 3) ve burada Hm ve Nv teorik-deneysel eğrileri daha yakın değerler vermiştir.

Grafik III'de (1960/280) eğrileri çizilmiştir. Deneysel yolla çizilen güç eğrisi (Deney Föyü 4) değerleri teorik eğriye nazaran biraz daha fazladır.

Bunun nedeni yüksek devir ve düşük çaptan dolayı hidrolik ve fan sürtünme kayıplarının artmış olmasından kaynaklanmaktadır. Hm değerleri Q'nun minimum ve maksimum olduğu bölgelerde farklılık arz etmektedir. Ancak pompanın optimum çalışma bölgesinde teorik ve deneysel eğrileri üst üste çakışmaktadır.

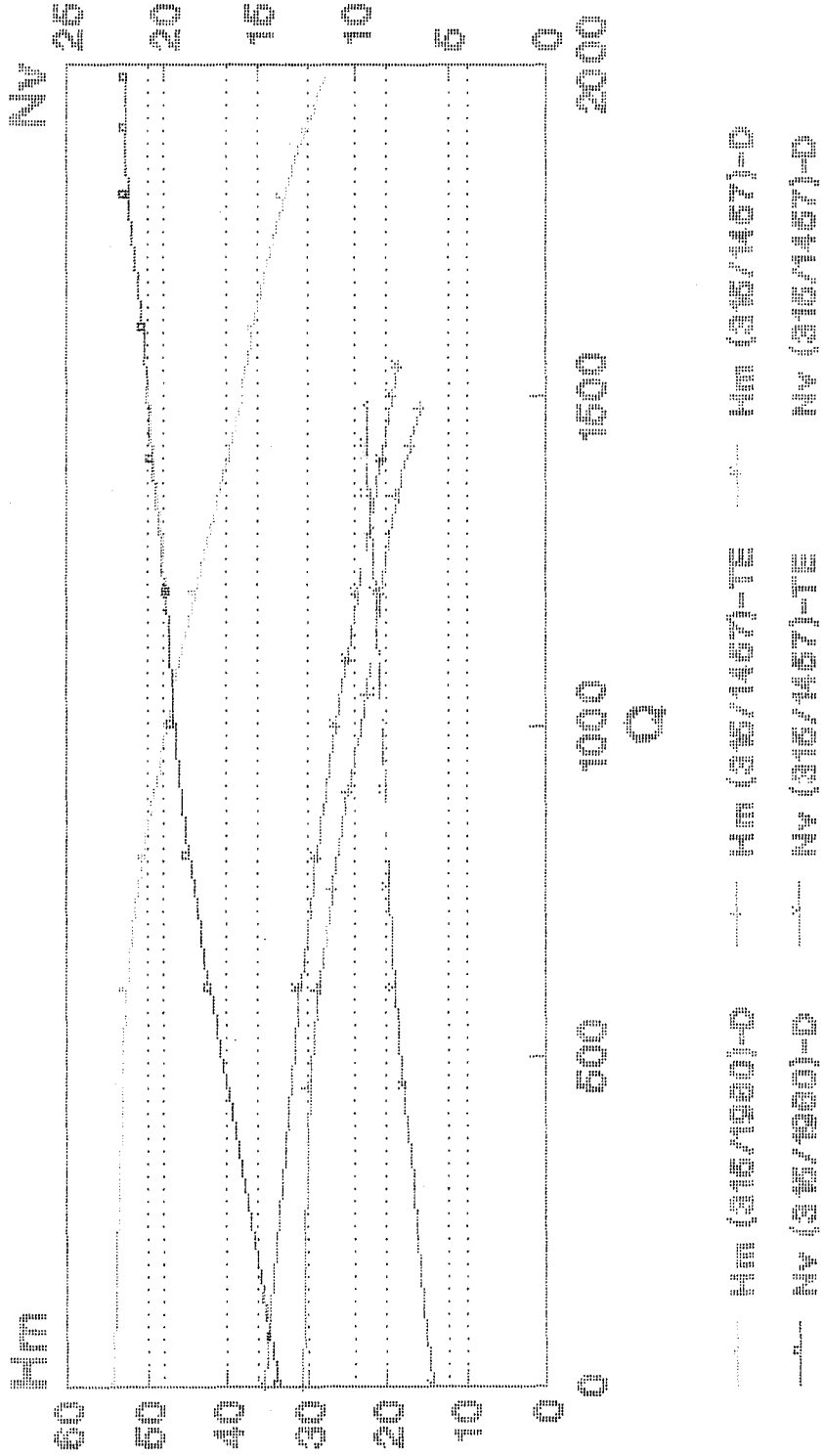
İki kanatlı kapalı fanda teorik ve pratik olarak çizilen karakteristik eğrilerde Q değişimi %4-8 arasındadır. Deneysel yolla çizilen eğrilerde Q daha büyük olmaktadır. Bu kapalı tip fanlarda, aralık akışlarının H_m 'den çok Q kaybına neden olmalarından kaynaklanmaktadır. Bunun yanında farklı devir sayısı ve fan çaplarında bu kayıplar değişiklik göstermektedir. Yüksek (n) ve düşük (d) 'lerde pompa milinin çektiği güç teorik olarak çizilen eğri değerlerine göre biraz daha fazla olmaktadır. Burada güç; çapın 5. kuvveti ve devir sayısının 3. kuvveti ile değiştiğinden gücü büyük oranda etkilediği görülmektedir.

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|------|------|------|------|---|------|------|------|------|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Tüyü 1 | | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | |
| Deney yeri : İSFAŞ ESK.MAK.FAB. | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ | | | | | Deney tarihi : 20.5.1992 | | | | |
| Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Fan tipi : 2 Kanatlı Kapalı | | | | | Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 315 - 22 \text{ mm.}$ | | | | |
| ÖLÇÜM METODU | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65 \text{ mm}$ | | | | | Akışkan : SU | | | | |
| Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Sıcaklığı (t) = 16 °C | | | | | Yoğunluk (γ) = 1000 Kg/m ³ | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri | | | | | | | | | | | |
| Tip : B3 GM-225S N=37 kw n=1466 d/d U=380 Volt I=71,6 Amp $\eta = 91$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | Nö : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,64 | 0,71 | 0,73 | 0,74 | 0,74 | 0,76 | 0,77 | 0,79 | 0,79 | 0,79 |
| 3 | n d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 |
| 4 | I A | 36,0 | 40,3 | 42,0 | 42,3 | 43,0 | 43,7 | 44,0 | 45,0 | 45,0 | 45,0 |
| 5 | U V | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 |
| 6 | η Mot % | 89 | 90 | 90 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 |
| 7 | Nv kw | 13,9 | 17,5 | 18,7 | 19,4 | 19,7 | 20,5 | 20,9 | 21,9 | 21,9 | 21,9 |
| 8 | N kw | 15,6 | 19,0 | 20,7 | 21,3 | 21,7 | 22,5 | 23,1 | 23,9 | 23,9 | 23,9 |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 1900 | 1975 |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,88 | 2,38 | 2,65 | 2,86 |
| 11 | Ps m | +0,8 | +0,2 | -0,2 | -0,7 | -1,3 | -2,0 | -3,0 | -3,9 | -4,5 | -4,9 |
| 12 | P _D m | 55 | 53 | 50 | 46 | 42 | 36 | 32 | 26,5 | 23 | 20 |
| 13 | H m | 54,2 | 53,0 | 50,7 | 47,5 | 44,3 | 39,5 | 36,9 | 33,3 | 30,1 | 27,8 |
| 14 | η % | 0 | 30 | 35 | 40 | 44 | 44 | 46 | 45 | 43 | 41 |
| 15 | Düşünceler - Fan devir sayısı (kayıp-kasnak ile) n=1960 dev/dak. | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|--|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 2 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : İŞFAŞ ESK.MAK.FAB. | | Pompa tipi : İAM SANTRİFUJ | | | | | | | | | |
| Deney tarihi : 12.5.1992 | | Fan tipi : 2 Kanatlı Kapalı | | | | | | | | | |
| Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 315 - 22$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65$ mm | | | | | | | | | |
| Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Akışkan : SU | | | | | | | | | |
| | | Sıcaklığı (t) = 18 °C | | | | | | | | | |
| | | Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri | | | | | | | | | | | |
| Tip : B3 GM-180 N=18,5 kw n=1457 d/d U=380 Volt I=37,6 Amp $\eta = \% 89$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,43 | 0,55 | 0,57 | 0,59 | 0,59 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,63 |
| 3 | n d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 |
| 4 | I A | 21,7 | 23,2 | 23,5 | 24,0 | 24,3 | 24,7 | 25,0 | 25,2 | 25,3 | 25,5 |
| 5 | U V | 396 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| 6 | η Mot % | 86 | 88 | 89 | 89 | 89 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 7 | Nv kw | 5,53 | 7,70 | 8,3 | 8,7 | 8,8 | 9,4 | 9,5 | 9,5 | 9,4 | 9,8 |
| 8 | N kw | 6,4 | 8,80 | 9,3 | 9,8 | 9,9 | 10,4 | 10,6 | 10,6 | 10,7 | 10,9 |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1545 |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 0,89 | 1,06 | 1,24 | 1,44 | 1,65 | 1,74 |
| 11 | Ps m | +0,7 | +0,1 | -0,2 | -0,7 | -1,0 | -1,5 | -1,9 | -2,2 | -2,5 | -2,7 |
| 12 | P _D m | 36 | 30,5 | 28 | 25 | 23,3 | 21,3 | 19,3 | 17,2 | 14,7 | 13,8 |
| 13 | H m | 35,3 | 31,1 | 28,7 | 26,5 | 25,0 | 23,5 | 22,1 | 20,6 | 19,1 | 18,4 |
| 14 | η % | 0 | 40 | 45 | 50 | 51 | 51 | 50 | 50 | 50 | 47 |
| 15 | Düşünceler | | | | | | | | | | |

DENEY GRAFİĞİ I

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ 2 KATLI KAPALI FAN



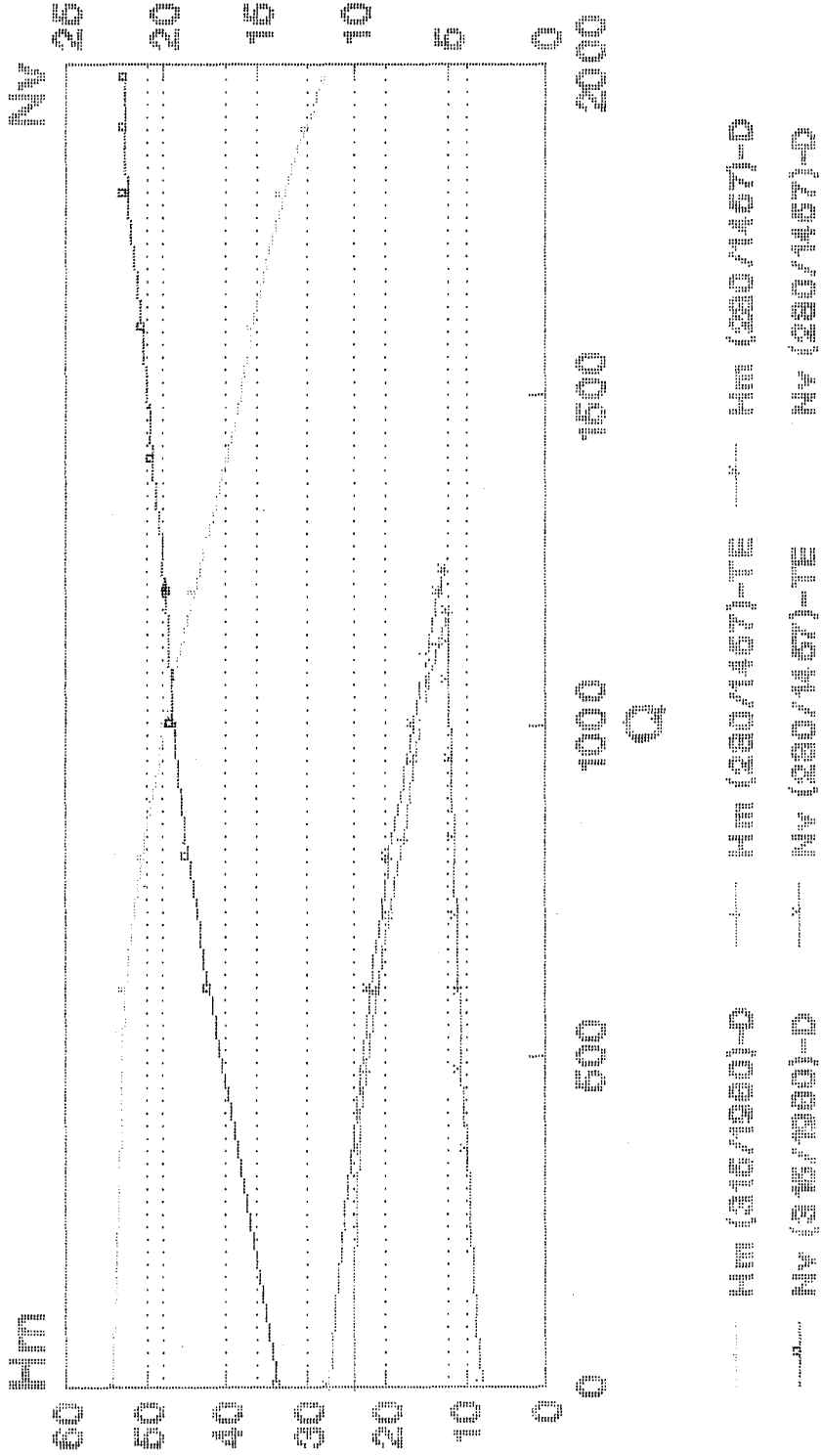
1:1000 ölçek ve 2x15 mm eksenli
2x2 mm kağıt.

| | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|---|------|------|------|---------------------------------------|------|------|---|---|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 3 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : İSFAŞ ESK.MAK.FAB. Deney tarihi : 26.5.1992 Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRIFUJ Fan tipi : 2 Kanatlı Kapalı Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 280 - 22$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı : $\phi 80 / \phi 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 17 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg/m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-180 N=18,5 kw n=1457 d/d U=380 Volt I=37,6 Amp $\eta = \% 89$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | Np : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,32 | 0,45 | 0,48 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | | | |
| 3 | n d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | | | |
| 4 | I A | 19,7 | 21 | 21,3 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | | | |
| 5 | U V | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | | | |
| 6 | η Mot % | 81 | 86 | 86 | 87 | 87 | 87 | 87 | | | |
| 7 | Nv kw | 3,5 | 5,5 | 6,0 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | | | |
| 8 | N kw | 4,3 | 6,4 | 7,0 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | | | |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1100 | 1200 | 1233 | | | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 0,89 | 1,06 | 1,12 | | | |
| 11 | Ps m | +0,81 | +0,1 | -0,3 | -0,7 | -1,0 | -1,4 | -1,5 | | | |
| 12 | Pp m | 28 | 21,5 | 18,5 | 15 | 13 | 11 | 10,5 | | | |
| 13 | H m | 27,2 | 22,1 | 19,8 | 16,4 | 15,0 | 13,5 | 12,6 | | | |
| 14 | η % | 0 | 39 | 43 | 42 | 42 | 41 | 40 | | | |
| 15 | Düşünceler | | | | | | | | | | |

DENEY GRAFİĞİ II

Q-Hm-Nv BENZELİM EĞRİLERİ

2 KATLI KAPALI FAN

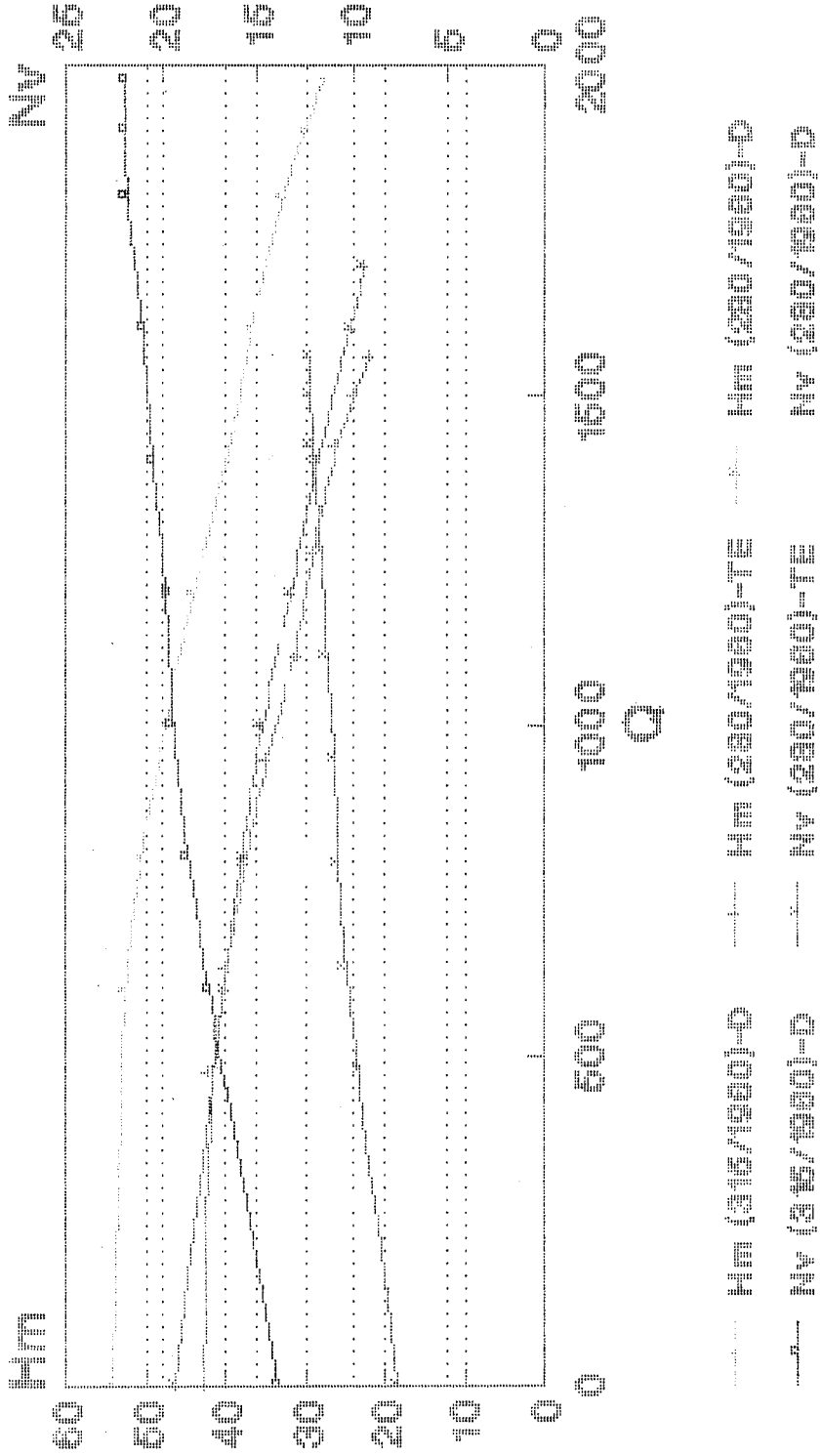


n=1500 dev/dak ve d=315 mm eğri
 25 katlıdır.

| | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|------|------|------|--|------|------|------|---|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 4 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : TSFAŞ ESK.MAK.FAB. | | Pompa tipi : TAM SANTRIFUJ | | | | Deney tarihi : 6.5.1992 | | | | | |
| Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Fan tipi : 2 Kanatlı Kapalı | | | | Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 280 - 22$ mm. | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı : $\phi 80 / \phi 65$ mm | | | | Akışkan : SU | | | | | |
| | | Sıcaklığı (t) = 16 °C | | | | Yoğunluk (γ) = 1000 Kg/m ³ | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri | | | | | | | | | | | |
| Tip : B3 GM-180 N=37 kw n=1466 d/d U=380 Volt I=71,6 Amp $\eta = 0,91$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | cos ϕ | 0,49 | 0,6 | 0,63 | 0,64 | 0,66 | 0,66 | 0,69 | 0,69 | | |
| 3 | n d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | | |
| 4 | I A | 30,7 | 33 | 33,7 | 34,3 | 35,7 | 36,4 | 36,3 | 36,5 | | |
| 5 | U V | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 392 | 392 | | |
| 6 | η Mol % | 84 | 87 | 88 | 88 | 89 | 89 | 89 | 89 | | |
| 7 | Nv kw | 8,5 | 11,6 | 13,6 | 13,0 | 14,1 | 14,3 | 15,1 | 15,2 | | |
| 8 | N kw | 10,1 | 13,3 | 14,3 | 14,8 | 15,8 | 16,1 | 17,0 | 17,1 | | |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1696 | | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,88 | 2,11 | | |
| 11 | Ps m | +0,6 | +0,1 | -0,4 | -0,9 | -1,6 | -2,4 | -3,3 | -3,7 | | |
| 12 | Pp m | 47 | 40 | 37 | 34 | 29 | 25 | 19 | 16,5 | | |
| 13 | H m | 46,4 | 40,1 | 37,9 | 35,6 | 31,6 | 28,8 | 24,2 | 22,8 | | |
| 14 | η % | 0 | 34 | 39 | 45 | 45 | 46 | 42 | 42 | | |
| 15 | Düşünceler - Fan devir sayısı (kayıp-kasnak ile) n=1960 dev/dak. | | | | | | | | | | |

DENEY GRAFİĞİ III

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ 2 KANATLI KAPALI FAN



1000 dev/dak ve 630 mm eğri
25/1000
Bazı sonuçlar

8.2.2.2 İki Kanatlı Yarı Açık Fanda Geometrik Benzeşim

Burada da $n_1=1960$ d/d ve $d_1=315$ mm deneysel eğrisi (Deney Föyü 5) baz alınmış, geometrik benzeşim formülleri kullanılarak $n_2=1457$ d/d ve $d_2=315$ mm H_m, N_v eğrileri teorik olarak çizilmiş ve aynı çap ile devir sayısında deneysel yolla çizilen eğri (Deney Föyü 6) ile birlikte Grafik IV üzerine aktarılmıştır. Grafik incelendiğinde teorik ve deneysel H_m değerlerinin aynı olduğu görülmektedir. Teorik $Q_{max.}$, deneysel $Q_{max.}$ 'tan %13 daha fazla olmaktadır. Ancak bu H_m 'de 1 mss düşmeye neden olmaktadır. N_v değerlerinde yaklaşık %50 civarında değişim söz konusudur. Teorik N_v eğrisi, deneysel N_v eğrisine göre çok düşük değerlerdedir. Bir başka ifade ile deneyde çekilen güç, teorik benzeşim eğrisindeki değerlere nazaran çok daha fazla olmaktadır.

Grafik V'de çap ve devir değişimi sağlanarak (1457/280) eğriler çizilmiş (Deney Föyü 7) ve yukarıdaki özellikleri göstermiştir.

Grafik VI'da 1960 d/d, 280 mm eğrileri çizilmiştir. Deneysel yolla çizilen (Deney Föyü 8) N_v ve Q eğrileri teorik olarak çizilen eğrilerle karşılaştırıldığında yukarıdaki özellikleri göstermiştir. Burada güç farkı daha az olup %15 civarındadır.

İki kanatlı yarı açık fanda teorik ve pratik olarak çizilen karakteristik eğrilerde Q ve H_m değişimi %10 iken N_v değişimi %50 civarında olmaktadır. Bunun sebebi bir önceki bölümde izah edilmiştir. Yüksek devir ve çap değeri

baz alındığından, düşük devir ve çaplarda kayıplar farklı şekilde ortaya çıkmaktadır.

İki kanatlı kapalı tip fana göre güç değerlerinde büyük sapmalar söz konusudur. Bunun nedeni genel verimin kapalı fanda %46 iken, açık fanda %28'e düşmesi, kaçak debinin artması sonucu hesaplanandan fazla güç çekilmesini gerektirmesidir. İki kanatlı yarı açık fanlarda değişik çap ve devir değerlerinde pompa mili için gerekli güç ihtiyacının benzeşim formülleri ile tespit ve tayin edilmesi önem taşımamaktadır.

8.2.2.3 Tek Kanatlı Yarı Açık Fanda Geometrik Benzeşim

1960 d/d ve 315 mm deneysel eğrisi (Deney Föyü 11) baz alınmış ve geometrik benzeşim formülleri kullanılarak, 1457 d/d ve 315 mm Hm, Nv eğrileri teorik olarak çizilmiş, aynı devir sayısı ve çapta deneysel yolla çizilen (Deney Föyü 12) eğri ile birlikte Grafik VII 'ye aktarılmıştır.

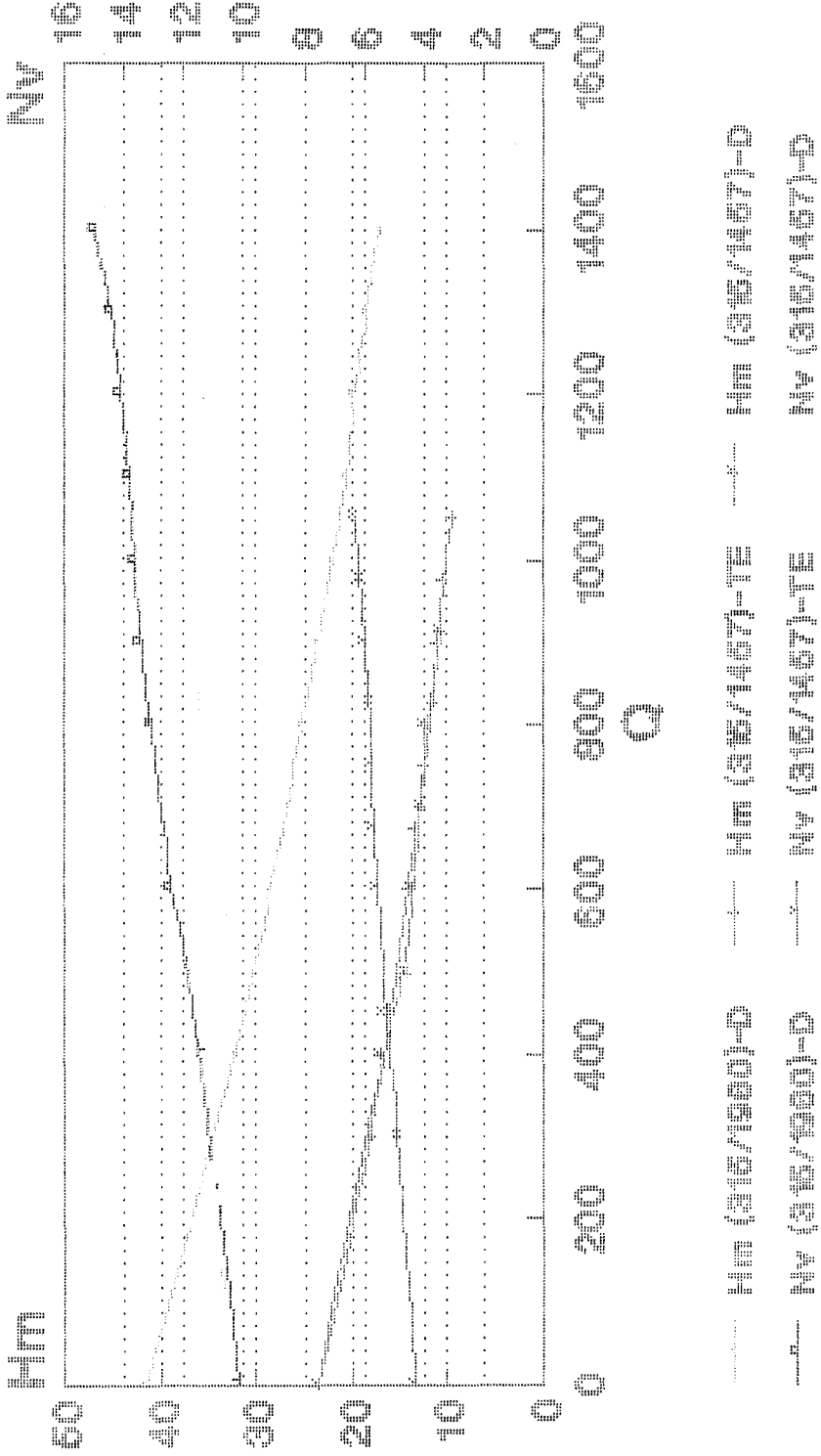
Görüüleceği üzere Q-Hm eğrileri arasında farklılık söz konusudur. Bunun yanında güç değerleri düşük debilerde farklılık gösterirken, nominal debi üzerinde yaklaşık aynı değerdedir. Deneysel Q değeri %20, Hm %31, Nv %10 fazla olarak gerçekleşmektedir. Yani daha az güç kullanarak daha fazla debi ve basma yüksekliği söz konusudur.

Grafik VIII'de çap ve devir değişimi sağlanarak eğriler (Deney Föyü 14) çizilmiştir. Burada deneysel Q değeri %22 , Nv %58 daha fazla iken Hm değerleri arasında 2 mss kadar fark vardır.

| | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|---|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 5 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : ISFAS.ESK.MAK.FAB. Deney tarihi : 10.2.1992 Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ Fan tipi : 2 Kanatlı Yarı Açık Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 315 - 22 \text{ mm.}$ | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 8 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg/m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-225S N=37 kw n=1466 d/d U=380 Volt I=71,6 amp $\eta = \% 91$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,55 | 0,59 | 0,62 | 0,64 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,66 | 0,68 | 0,69 |
| 3 | n d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 |
| 4 | I A | 31,3 | 32,3 | 33,7 | 34,3 | 34,7 | 35,0 | 35,0 | 35,7 | 35,8 | 36,0 |
| 5 | U V | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 |
| 6 | η Mol % | 87 | 87 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 | 88 | 89 | 89 |
| 7 | Nv kw | 10,2 | 11,3 | 12,5 | 13,1 | 13,5 | 13,6 | 13,8 | 14,1 | 14,4 | 15,0 |
| 8 | N kw | 11,7 | 13,0 | 14,2 | 14,9 | 15,3 | 15,4 | 15,0 | 16,0 | 16,2 | 16,9 |
| 9 | Q l/dak | 0 | 400 | 600 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,12 | 0,26 | 0,47 | 0,59 | 0,73 | 0,89 | 1,06 | 1,24 | 1,44 |
| 11 | P _s m | 0,31 | 0,08 | -0,2 | -0,8 | -1,0 | -1,2 | -1,6 | -1,9 | -2,3 | -2,6 |
| 12 | P _D m | 42 | 32 | 28 | 24 | 22 | 20 | 18 | 17 | 15 | 13 |
| 13 | H m | 41,7 | 32,0 | 28,4 | 25,3 | 23,6 | 22,0 | 20,5 | 20,0 | 18,5 | 17,0 |
| 14 | η % | 0 | 19 | 22 | 25 | 26 | 26 | 27 | 28 | 27 | 26 |
| 15 | Düşünceler | - Fan (çalışma) aralığı, S=2 mm. - Fan devir sayısı (kayıp-kasnak ile), n=1960 dev/dak | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|------|------|------|---------------------------------------|------|------|---|---|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 6 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : İSFAŞ ESK.MAK.FAB. Deney tarihi : 21.2.1992 Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFUJ Fan tipi : 2 Kanatlı Yarı Açık Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 315 - 22$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 10 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg/m ³ | | | | | | | | | |
| * Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-180 N=18,5 kw n=1457 d/d U=380 Volt I=37,6 amp $\eta = \% 89$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos γ | 0,82 | 0,86 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | | | |
| 3 | n d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | | | |
| 4 | I A | 21,0 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 21,5 | 21,5 | | | |
| 5 | U V | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | | | |
| 6 | η Mot % | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | | | |
| 7 | Nv kw | 10,4 | 11,2 | 11,4 | 11,4 | 11,4 | 11,5 | 11,6 | | | |
| 8 | N kw | 11,7 | 12,4 | 12,7 | 12,7 | 12,7 | 12,8 | 12,9 | | | |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 914 | | | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,12 | 0,18 | 0,26 | 0,36 | 0,47 | 0,61 | | | |
| 11 | P _s m | 0,35 | 0,11 | -0,2 | -0,3 | -0,5 | -0,8 | -1,0 | | | |
| 12 | P _D m | 24 | 17 | 14 | 13 | 12 | 11 | 9 | | | |
| 13 | H m | 23,6 | 17,0 | 14,4 | 13,6 | 12,9 | 12,3 | 10,7 | | | |
| 14 | η % | 0 | 10 | 10 | 12 | 13 | 14 | 14 | | | |
| 15 | Düşünceler - Fan (çalışma) aralığı, S=2 mm. | | | | | | | | | | |

DENEY GRAFIĞİ IV

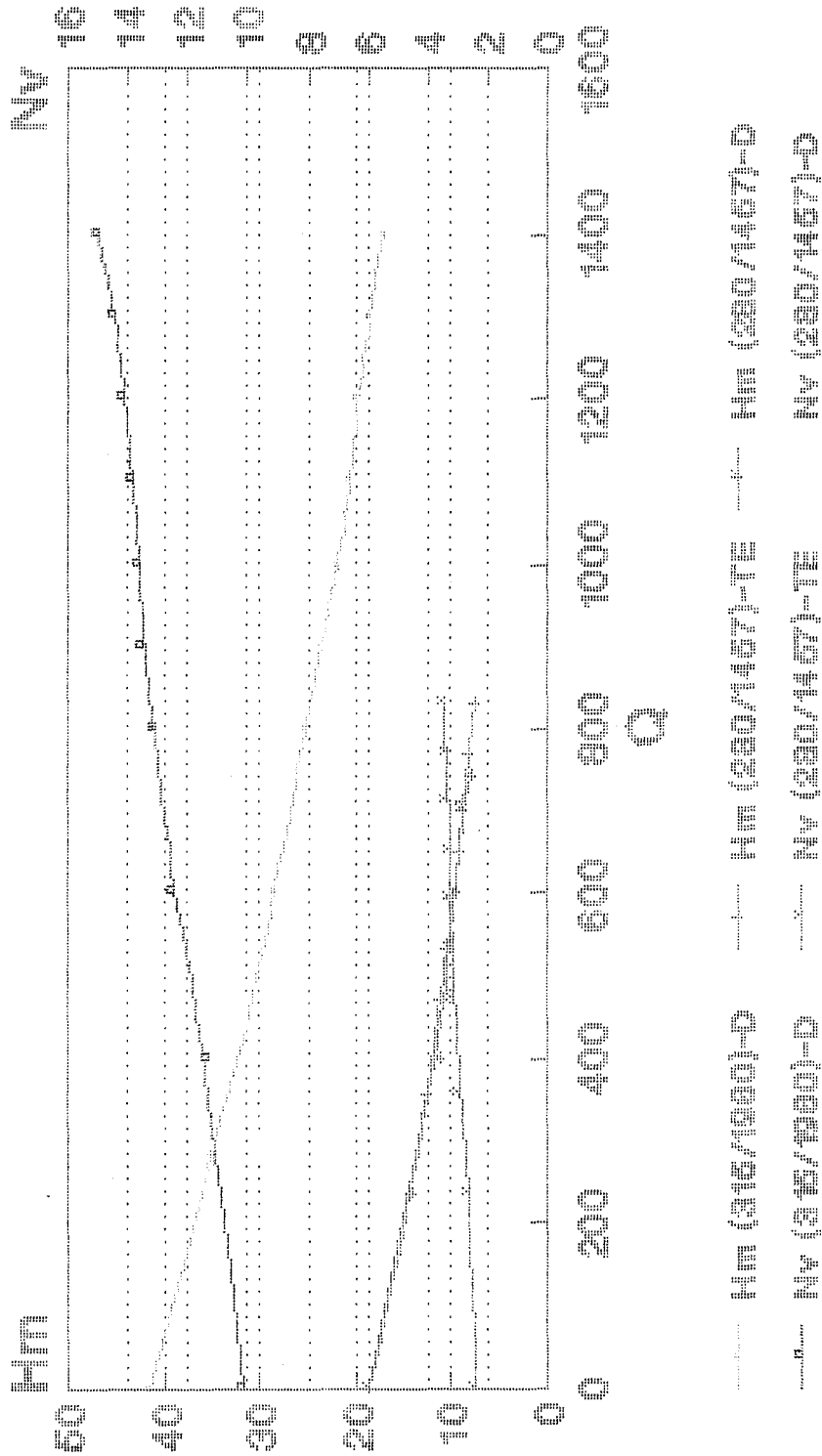
Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ
2 KANATLI YARI AÇIK FAN

1500 dev/dak ve 200 mm eğilim
22 mmlik

| | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|-------|------|------|---------------------------------------|---|---|---|---|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 7 | | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : TSFAŞ ESK.MAK.FAB. | | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ | | | | | | | | | |
| Deney tarihi : 18.2.1992 | | | Fan tipi : 2 Kanatlı Yarı Açık | | | | | | | | | |
| Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | | Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 280 - 22$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | | Emme/ Basma Boru Çapı : $\phi 80 / \phi 65$ mm | | | | | | | | | |
| | | | Akışkan : SU | | | | | | | | | |
| | | | Sıcaklığı (t) = 9 °C | | | | | | | | | |
| | | | Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri | | | | | | | | | | | | |
| Tip : B3 | | | | | | | | | | | | |
| GM-180 N=18,5 kw n=1457 d/d U=380 Volt I=37,6 Amp $\eta = \% 89$ | | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | | 0,82 | 0,83 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | | | | | |
| 3 | n | d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | | | | | |
| 4 | I | A | 17,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | | | | | |
| 5 | U | V | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | | | | | |
| 6 | η Mot | % | 89 | 90 | 90 | 90 | 90 | | | | | |
| 7 | Nv | kw | 8,7 | 10 | 10,3 | 10,4 | 10,4 | | | | | |
| 8 | N | kw | 9,8 | 11,1 | 11,4 | 11,5 | 11,6 | | | | | |
| 9 | Q | lt/dak | 0 | 400 | 600 | 700 | 744 | | | | | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ | m | 0 | 0,12 | 0,26 | 0,36 | 0,41 | | | | | |
| 11 | Ps | m | 0,34 | -0,09 | -0,4 | -0,5 | -0,6 | | | | | |
| 12 | P _D | m | 19 | 11 | 9 | 8 | 7 | | | | | |
| 13 | H | m | 18,7 | 11,2 | 9,7 | 8,9 | 8,02 | | | | | |
| 14 | η | % | 0 | 7 | 9 | 10 | 9 | | | | | |
| 15 | Düşünceler - Fan (çalışma) aralığı, S=2 mm. | | | | | | | | | | | |

DENEY GRAFIĞİ V

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ 2 KANATLI YARI AÇIK FAN

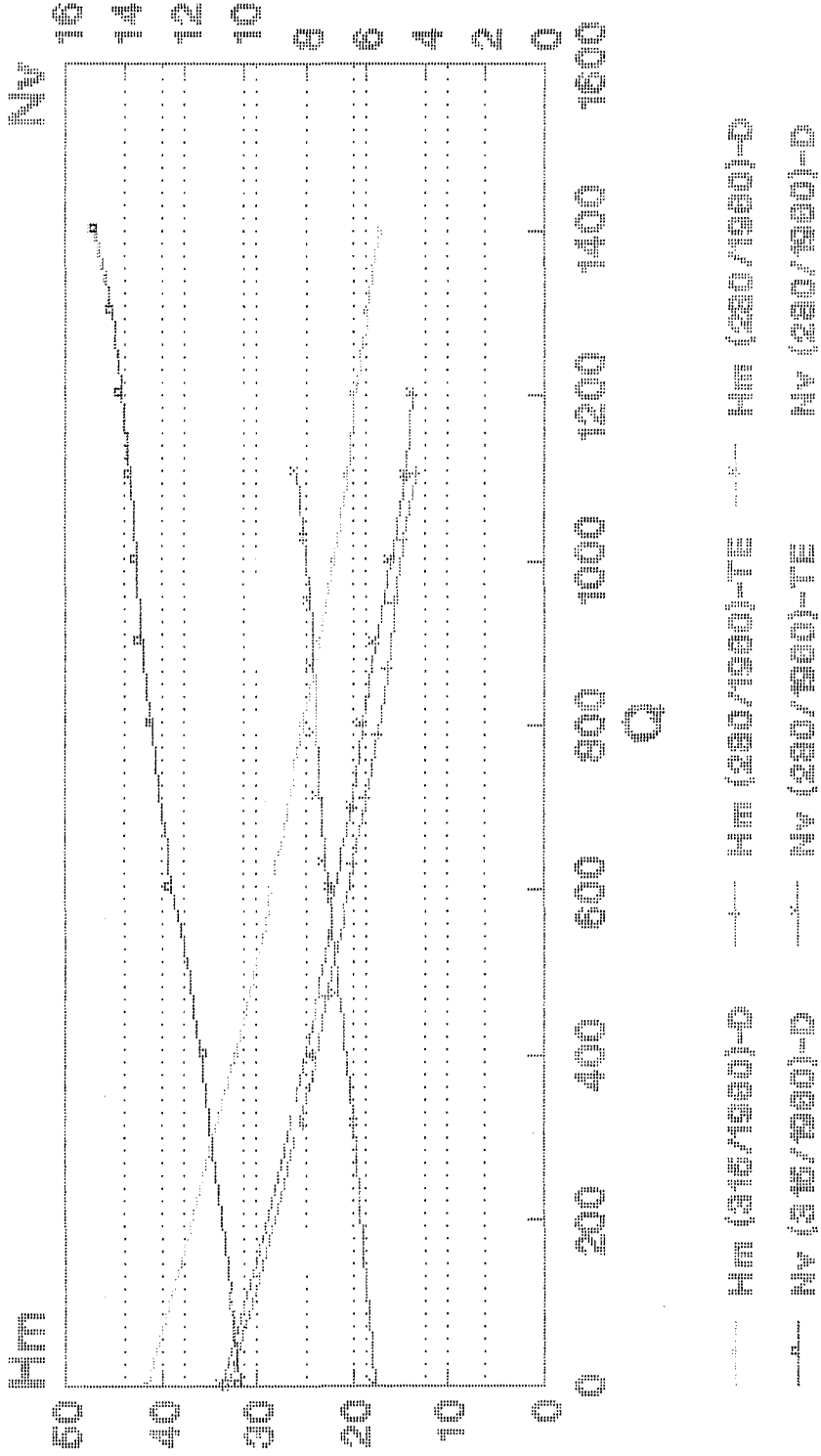


1000 dev/dak ve 200 mm çaplı
22 mm yükseklikte

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|------|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 8 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : TSFAŞ ESK.MAK.FAB. Deney tarihi : 14.2.1992 Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZUDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ Fan tipi : 2 Kanatlı Yarı Açık Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 280 - 22$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı : $\phi 80 / \phi 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 6 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-225S N=37 kw n=1466 d/d U=380 Volt I=71,6 Amp $\eta = \% 91$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,43 | 0,47 | 0,49 | 0,52 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,53 | |
| 3 | n d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | |
| 4 | I A | 31,5 | 31,3 | 31,7 | 32,0 | 32,0 | 31,9 | 32,0 | 32,3 | 32,3 | |
| 5 | U V | 392 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 392 | |
| 6 | η Mot % | 83 | 84 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | |
| 7 | Nv kw | 7,6 | 8,5 | 9,0 | 9,35 | 9,5 | 9,6 | 9,7 | 9,8 | 9,9 | |
| 8 | N kw | 9,2 | 10,1 | 10,6 | 11,0 | 11,2 | 11,3 | 11,4 | 11,5 | 11,6 | |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 400 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,12 | 0,26 | 0,36 | 0,47 | 0,59 | 0,73 | 0,89 | 1,06 | |
| 11 | Ps m | 0,35 | 0 | -0,1 | -0,5 | -0,6 | -0,9 | -1,3 | -1,5 | -1,8 | |
| 12 | Pp m | 34 | 24 | 22 | 19 | 18 | 16 | 14 | 12 | 11 | |
| 13 | H m | 33,6 | 24,1 | 22,4 | 19,9 | 19,1 | 17,6 | 16,0 | 14,4 | 13,9 | |
| 14 | η % | 0 | 19 | 24 | 24 | 26 | 27 | 28 | 27 | 27 | |
| 15 | Düşünceler - Fan (çalışma) aralığı, S=2 mm. - Fan devir sayısı (kayış-kasnak ile) n=1960 dev/dak. | | | | | | | | | | |

DENEY GRAFIĞI VI

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ 2 KANATLI YARI AKIK FAN



1500 dev/dak ve 2315 mm eğri
baz alınmıştır.

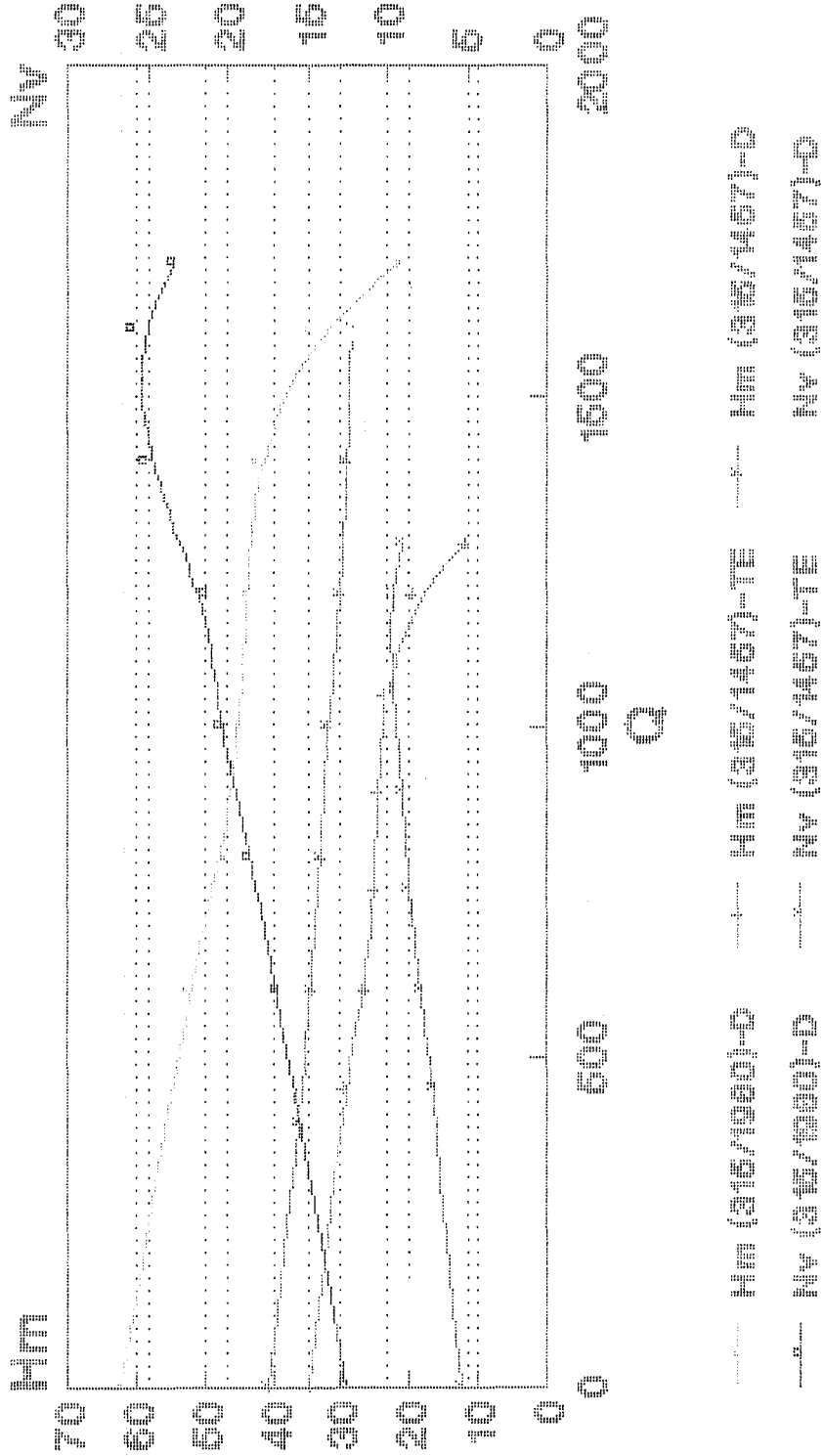
| | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|--|------|------|------|------|------|---------------------------------------|------|---|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 11 | | | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | |
| Deney yeri : ISFAS ESK.MAK.FAB. Deney tarihi : 8.6.1992 Deneyi yürüten : YASAR ÖZUDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFUJ Fan tipi : Tek kanatlı Yarı Açık Fan çapı - çıkış gen. : $\varnothing 315 - 49$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyagram : $\varnothing 110 / \varnothing 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\varnothing 80 / \varnothing 55$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 19 °C Yoğunluk (γ) = 1000 kg/m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-225S N=37 kw n=1466 d/d U=380 Volt I=71,6 Amp $\eta = 91$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,59 | 0,69 | 0,72 | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,78 | 0,75 | | |
| 3 | n d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | | |
| 4 | I A | 35,7 | 40,0 | 41,7 | 43,3 | 45,0 | 47,3 | 49,0 | 45,7 | | |
| 5 | U V | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | | |
| 6 | η Mot % | 88 | 90 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | | |
| 7 | Nv kw | 12,6 | 16,8 | 18,6 | 20,4 | 21,4 | 22,8 | 23,7 | 21,2 | | |
| 8 | N kw | 14,3 | 18,7 | 20,4 | 22,4 | 23,5 | 25,1 | 26,0 | 23,3 | | |
| 9 | Q l/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1700 | | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,88 | 2,12 | | |
| 11 | Ps m | -0,1 | -0,6 | -0,8 | -1,2 | -1,7 | -2,3 | -3,0 | -3,4 | | |
| 12 | P _D m | 62 | 52 | 46 | 43 | 41 | 39 | 30 | 16 | | |
| 13 | H m | 62,1 | 52,8 | 47,2 | 45,0 | 43,8 | 42,8 | 35,0 | 21,6 | | |
| 14 | η % | 0 | 31 | 33 | 36 | 40 | 43 | 38 | 28 | | |
| 15 | Düşünceler | - Fan (çalışma) aralığı S=2 mm. - Fan devir sayısı (kayış-kasnak ile), n=1960 dev/dk | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------|--|------|---------------------------------------|------|-----------------------------------|------|---|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 12 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : İSFAS ESK.MAK.FAB. | | Deney tarihi : 17.6.1992 | | Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZUDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ | | Fan tipi : Tek Katmanlı Yarı Açık | | Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 315 - 49$ mm. | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 20 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-180 N=18,5kw n=1457.d/d U=380 Volt I=37,6amp $\eta = \% 89$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,62 | 0,64 | 0,64 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,69 | 0,71 | | |
| 3 | n d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | | |
| 4 | I A | 21,6 | 22,5 | 23,0 | 23,6 | 24,5 | 25,3 | 26,3 | 27,3 | | |
| 5 | U V | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | | |
| 6 | η Mot % | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 91 | | |
| 7 | Nv kw | 8,6 | 8,9 | 8,9 | 9,5 | 9,8 | 10,4 | 11,4 | 12,1 | | |
| 8 | N kw | 9,6 | 9,9 | 9,9 | 10,6 | 10,9 | 11,5 | 12,5 | 13,3 | | |
| 9 | Q l/dak | 0 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,12 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,88 | | |
| 11 | Ps m | 0,27 | 0 | -0,3 | -0,7 | -1,3 | -2,0 | -2,8 | -3,7 | | |
| 12 | Pp m | 41 | 36 | 34 | 32 | 30 | 27 | 25 | 23 | | |
| 13 | H m | 40,7 | 36,1 | 34,5 | 33,1 | 32,0 | 30,0 | 29,1 | 28,5 | | |
| 14 | η % | 0 | 27 | 38 | 46 | 53 | 57 | 59 | 62 | | |
| 15 | Düşünceler - Fan (çalışma) aralığı, S=2 mm. | | | | | | | | | | |

DENEY GRAFİĞİ VII

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ

TEK KANATLI YARI AÇIK FAN



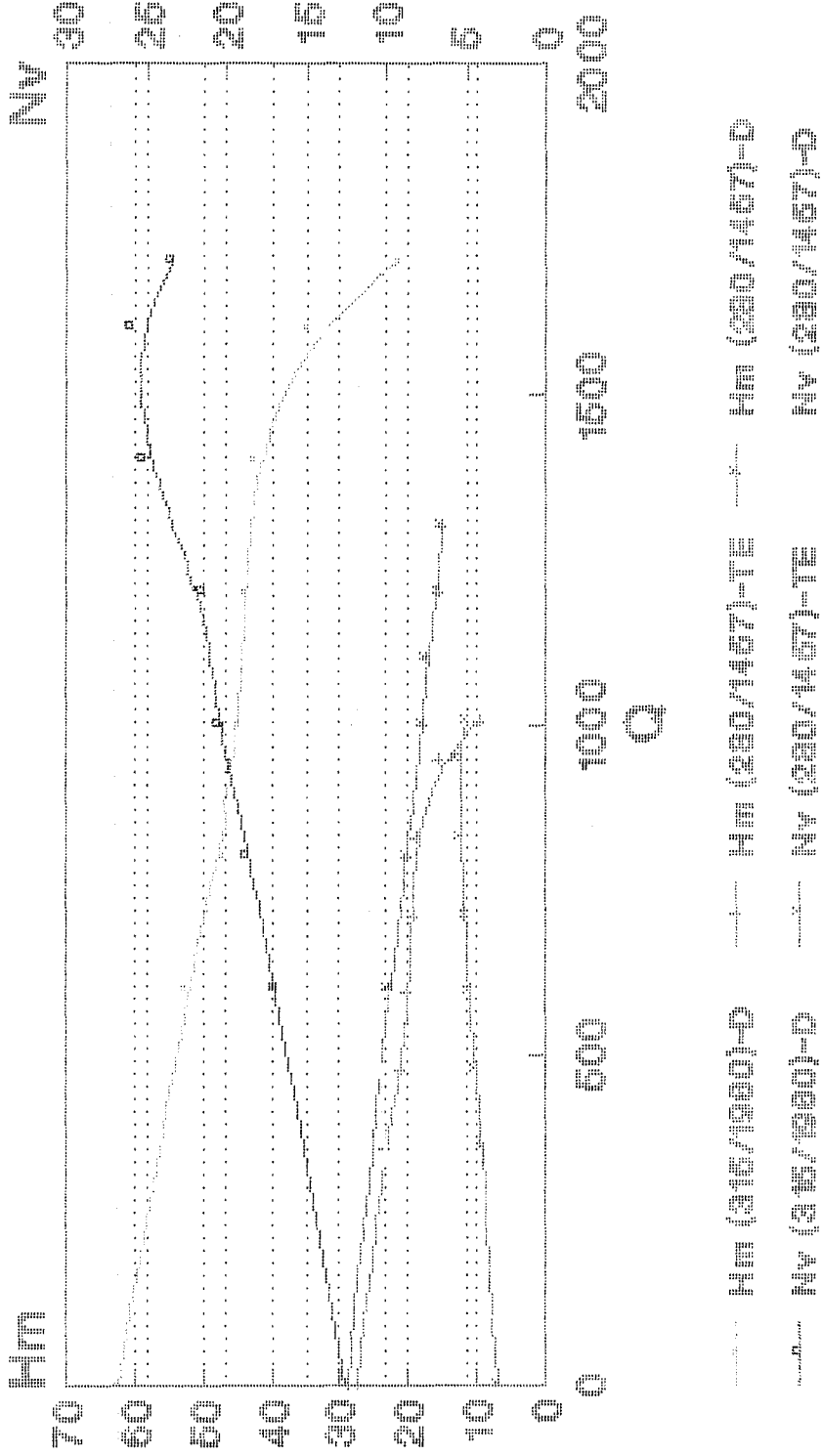
1900 dev/dak ve 0,316 mm eğri
 222 mm

| | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|------|------|------|------|------|------|------|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 13 | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | | | | |
| Deney yeri : İŞFAŞ ESK.MAK.FAB. | Pompa tipi : TAM SANTRİFUJ | | Deney tarihi : 7.7.1992 | | | | | | | | |
| Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZUDOĞRU | Fan tipi : Tek Kanatlı Yarı Açık | | Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 280 - 49$ mm. | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 24 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg /m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-225S N=37 kw n=1466 d/d U=380 Volt I=71,6 Amp $\eta = 91$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,49 | 0,59 | 0,66 | 0,67 | 0,67 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | |
| 3 | n d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | |
| 4 | I A | 31,3 | 35,0 | 36,0 | 31,3 | 39,3 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | |
| 5 | U V | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | |
| 6 | η Mot % | 85 | 88 | 89 | 89 | 89 | 90 | 90 | 90 | 90 | |
| 7 | Nv kw | 8,8 | 12,3 | 14,3 | 15,1 | 15,9 | 17,4 | 17,4 | 17,4 | 17,4 | |
| 8 | N kw | 10,4 | 14,0 | 16,1 | 17,0 | 17,9 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1500 | 1600 | 1639 | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,65 | 1,88 | 1,97 | |
| 11 | Ps m | -0,05 | -0,3 | -0,6 | -1,0 | -1,5 | -2,3 | -2,6 | -3,1 | -3,3 | |
| 12 | P _D m | 50 | 40 | 38 | 34 | 30 | 24 | 20 | 17 | 16 | |
| 13 | H m | 50,0 | 40,1 | 39,1 | 35,8 | 32,6 | 27,7 | 24,3 | 22,0 | 21,3 | |
| 14 | η % | 0 | 32 | 36 | 39 | 40 | 36 | 34 | 33 | 33 | |
| 15 | Düşünceler - Fan (çalışma) aralığı, S=2 mm. - Fan devir sayısı (kayış-kasnak ile), n=1960 dev/dak | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|------|--|------|---------------------------------------|------|----------------------------------|---|--|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 14 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : İSFAŞ ESK.MAK.FAB. | | Deney tarihi : 24.6.1992 | | Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFUJ | | Fan tipi : Tek Kanatlı Yarı Açık | | Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 280 - 49$ mm. | |
| ÖLÇÜM METODU | | Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı : $\phi 80 / \phi 65$ mm | | Akışkan : SU | | Sıcaklığı (t) = 22 °C | | Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri | | | | | | | | | | | |
| Tip : B3 GM-180 N 18,5 kw n = 1457 d/d U = 380 Volt I = 37,6 Amp $\eta = \% 89$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,77 | 0,85 | 0,88 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | 0,91 | | | |
| 3 | n d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | | | |
| 4 | I A | 19,3 | 20,5 | 21,3 | 21,5 | 21,8 | 22,0 | 22,1 | | | |
| 5 | U V | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | | | |
| 6 | η Mot % | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 91 | 91 | | | |
| 7 | Nv kw | 9,1 | 10,6 | 11,4 | 11,7 | 12,0 | 12,2 | 12,3 | | | |
| 8 | N kw | 10,1 | 11,8 | 12,7 | 13,0 | 13,3 | 13,6 | 13,7 | | | |
| 9 | Q l/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | | | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 0,89 | 1,06 | 1,24 | | | |
| 11 | Ps m | -0,08 | -0,5 | -0,8 | -1,2 | -1,4 | -1,7 | -1,9 | | | |
| 12 | P _D m | 29 | 22 | 19 | 16 | 15 | 13 | 12 | | | |
| 13 | H m | 29,0 | 22,7 | 20,3 | 17,9 | 17,3 | 15,7 | 15,1 | | | |
| 14 | η % | 0 | 21 | 23 | 25 | 26 | 25 | 24 | | | |
| 15 | Düşünceler - Fan (çalışma) aralığı, S=2 mm. | | | | | | | | | | |

DENEY GRAFİĞİ VIII

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ TEK KATLI YARI AĞIK FAN

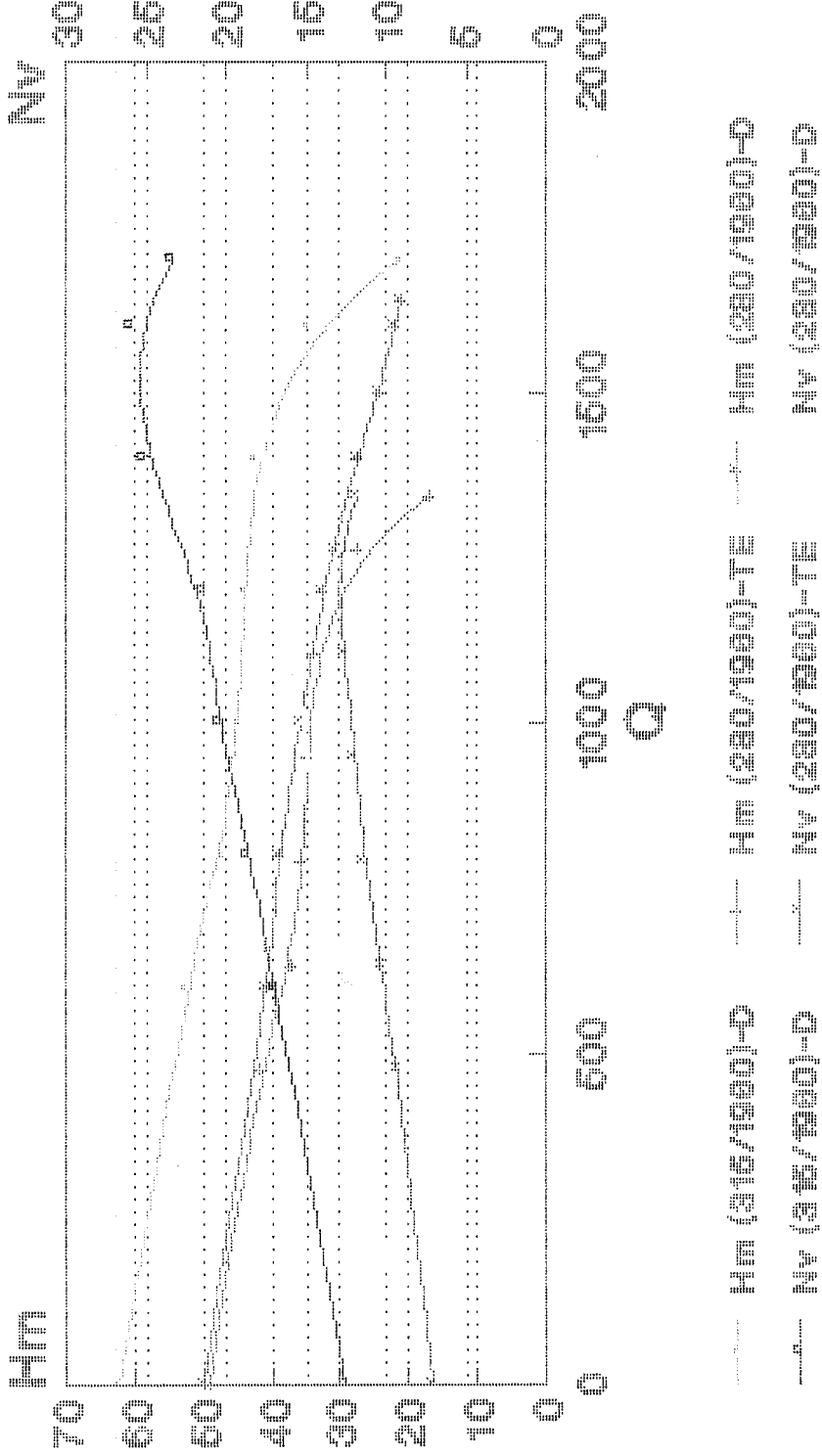


1/1250 der/tek ve 2/310 mm eğilim
bazı sonuçlar.

DENEY GRAFİĞİ IX

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ

TEK KATLI YARI AÇIK FAN



n=1500 dev/dak ve 2415 mm çaplı
B2C silindirik.

Grafik IX'da deneysel yolla çizilen (Deney Föyü 13) Q , H_m ve N_v eğrileri, teorik olarak çizilen eğrilerle karşılaştırıldığında; H_m 'de 2 mss, Q 'da %21 ve N_v değerinde %25 fazlalık vardır.

Tek kanatlı yarı açık fanda nominal çalışma değerlerinde teorik ve deneysel H_m değerlerinde çok küçük farklar vardır. Ancak N_v değerlerinde, iki kanatlı yarı açık fanda olduğu gibi büyük değişiklikler söz konusudur.

Sonuç olarak bu fan tipi için $n=1457$ d/d ve $d=315$ mm değerleri en ideal çalışma değerleri olarak görülmektedir. Fan çapının düşürülmesi veya devir sayısının artırılması pompa performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu değerlerde genel verim %62 iken (Grafik XXX.) devir artırıldığında %43'e, fan çapı düşürüldüğünde %40'a düşmektedir. Bunun nedeni yüksek devirde sürtünme kayıplarının, düşük çapta geri dönüş kayıplarının artmasıdır. Bu kayıplar, n ve d değerlerinin değişimi ile çalışma şartlarında farklılık göstermektedir.

Tek kanatlı yarı açık fan, iki kanatlı yarı açık fan ile karşılaştırıldığında güç değerlerinde aynı özelliği gösterirken, H_m ve Q 'nun deneysel ve teorik değerleri biraz daha fazla değişiklik göstermektedir. Bunun nedeni iki kanatlı yarı açık fanda geri dönüş kayıpları çok fazla iken tek kanatlı yarı açık fanda fan genişliğinin ve uzunluğunun fazla olmasından dolayı sürtünme kayıpları çok fazladır ve bu sürtünme kaybı değeri, geri dönüş kaybından daha büyük

ve daha önemli (Şekil 6.8.) olduğundan Q ve H_m değerlerinde teorik-deneysel eğri farklılığı ortaya çıkarmaktadır.

8.2.2.4 Beş Kanatlı Kapalı Fanda Geometrik Benzeşim

1960 d/d ve 315 mm deneysel eğrisi (Deney Föyü 15) baz alınmış ve geometrik benzeşim formülleri kullanılarak 1457 d/d - 315 mm'nin $H_m=f(Q)$ ve $N_v=f(Q)$ eğrileri teorik olarak çizilmiş, aynı devir sayısı ve çapta deneysel yolla tespit edilen (Deney Föyü 16) eğrilerle mukayese edilmek üzere Grafik X'da gösterilmiştir. Görüleceği üzere H_m eğrileri tam çakışmış ancak maksimum debi değerinde, baz alınan eğriye benzerliğinden dolayı teorik eğride H_m ve Q oldukça düşmüştür. Deneysel N_v değeri %30 daha fazladır.

Grafik XI'de çap ve devir değişimi sağlanarak eğriler (Deney Föyü 18) çizilmiş ve Grafik X'daki özellikleri göstermiştir.

Grafik XII'de; 1960 d/d- 280 mm eğrileri (Deney Föyü 17) çizilmiştir. Burada nominal çalışma değerinde H_m aynı olurken min. ve max. çalışma şartlarında 5 mss fark oluşmaktadır. Teorik değerlerde Q 'da %21, N_v 'de %29 azalma söz konusudur.

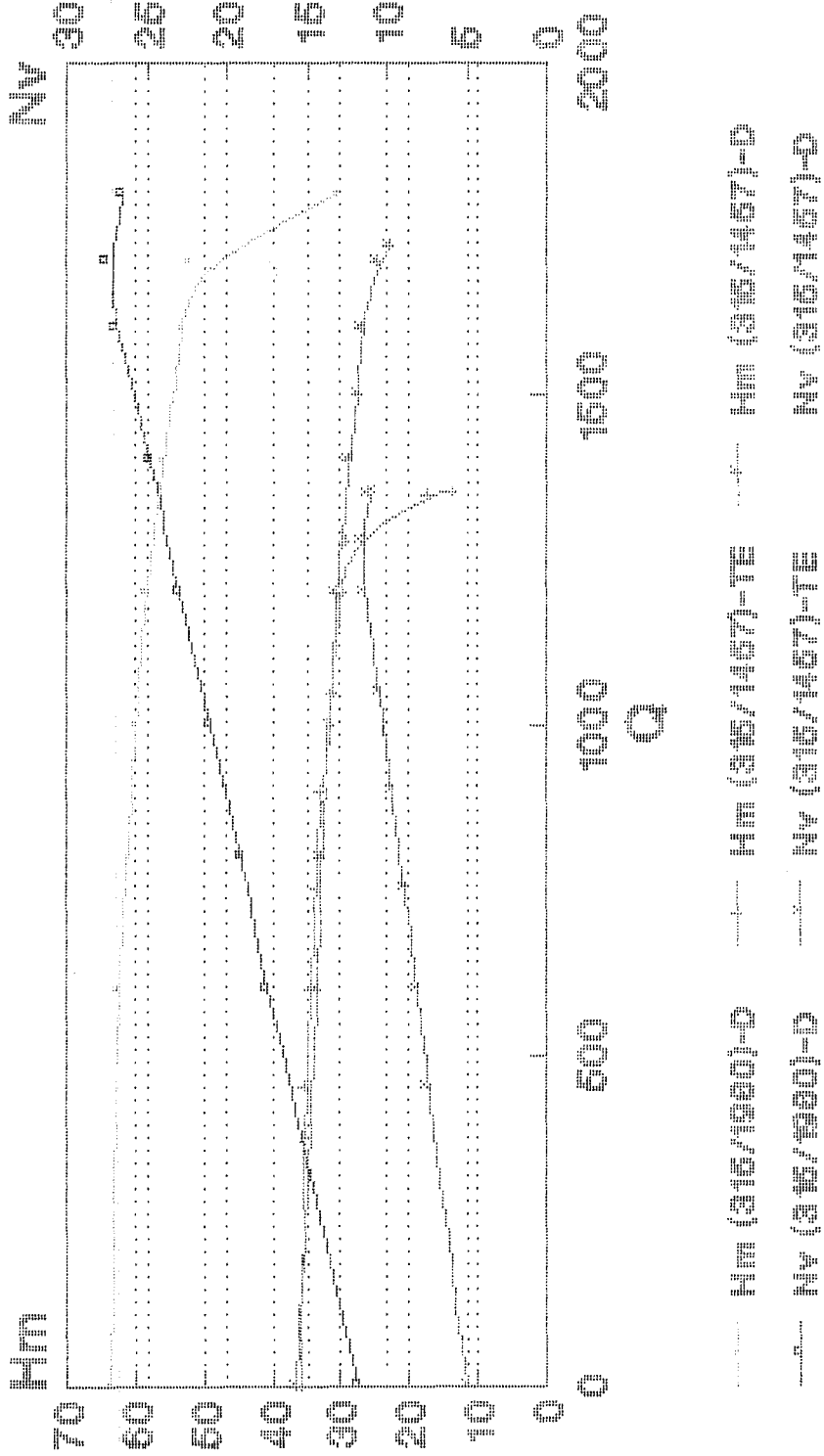
Beş kanatlı kapalı fan, iki kanatlı kapalı fanın geometrik benzeşim özelliklerini göstermektedir. Ancak H_m değerlerinde çok az da olsa bir miktar farklılıklar söz konusudur. Bu fark fan çıkış genişliği, kanat sayısı, giriş ve çıkış açısı ile hız üçgenlerinin farklı olmasından dolayı değişik özellikler göstermesindedir. Kanat sayısının ve

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|------|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 15 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : TSFAŞ ESK.MAK.FAB. Deney tarihi : 19.8.1992 Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ Fan tipi : 5 Kanatlı Kapalı Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 315 - 18$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 21 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-225S N= 37 kw n= 1466 d/d U= 380 Volt I= 71,6 Amp $\eta = \% 91$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,61 | 0,72 | 0,74 | 0,77 | 0,79 | 0,80 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | |
| 3 | n d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | |
| 4 | I A | 32,7 | 40,0 | 42,0 | 44,7 | 47,7 | 50,0 | 53,0 | 54,0 | 52,0 | |
| 5 | U V | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | |
| 6 | η Mol % | 87 | 90 | 91 | 91 | 91 | 92 | 92 | 92 | 92 | |
| 7 | Nv kw | 11,7 | 17,5 | 19,0 | 21,0 | 23,0 | 24,7 | 26,9 | 27,4 | 26,4 | |
| 8 | N kw | 13,4 | 19,4 | 20,9 | 23,1 | 25,3 | 26,9 | 29,2 | 29,1 | 28,7 | |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1700 | 1800 | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,88 | 2,12 | 2,38 | |
| 11 | Ps m | 0,34 | -0,4 | -0,7 | -1,0 | -1,6 | -2,3 | -3,3 | -3,9 | -4,2 | |
| 12 | P _D m | 64 | 62 | 60 | 58 | 56 | 52 | 48 | 46 | 24 | |
| 13 | H m | 63,7 | 62,7 | 61,1 | 59,8 | 58,6 | 55,7 | 53,2 | 52,0 | 30,6 | |
| 14 | η % | 0 | 35 | 42 | 47 | 50 | 52 | 52 | 53 | 34 | |
| 15 | Düşünceler - Fan devir sayısı (kayıp-kasnak ile), n=1960 dev/dak. | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|--|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|
| Anadolu Üniversitesi | | | | | | Makina Mühendisliği | | | | | |
| Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU | | | | Ana Bilim Dalı | | | | | |
| | | Deney Föyü 16 | | | | | | | | | |
| Deney yeri : TŞFAŞ ESK.MAK.FAB. | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ | | | | | | | | | |
| Deney tarihi : 24.8.1992 | | Fan tipi : 5 Kanatlı Kapalı | | | | | | | | | |
| Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 315 - 18$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU | | Emme/ Basma Boru Çapı : $\phi 80 / \phi 65$ mm | | | | | | | | | |
| Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Akışkan : SU | | | | | | | | | |
| | | Sıcaklığı (t) = 22 °C | | | | | | | | | |
| | | Yoğunluk (γ) = 1000 Kg/m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri | | | | | | | | | | | |
| Tip : B3 | | | | | | | | | | | |
| GM-180 N=18,5 kw n=1457 d/d U=380 Volt I=37,6 Amp $\eta = \% 89$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos γ | 0,86 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 |
| 3 | n d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 |
| 4 | I A | 19,3 | 22,0 | 23,1 | 24,5 | 25,8 | 26,7 | 27,0 | 28,2 | 28,7 | 28,7 |
| 5 | U V | 384 | 384 | 388 | 388 | 388 | 392 | 392 | 388 | 388 | 388 |
| 6 | η Mol % | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 7 | Nv kw | 10,0 | 12,2 | 13,1 | 14,2 | 15,1 | 15,9 | 16,2 | 16,7 | 17,0 | 17,0 |
| 8 | N kw | 11,1 | 13,5 | 14,5 | 15,8 | 16,8 | 17,7 | 18,0 | 18,6 | 18,9 | 18,9 |
| 9 | Q l/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1725 |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,65 | 1,88 | 2,12 | 2,18 |
| 11 | Ps m | 0,41 | 0,0 | -0,4 | -0,9 | -2,0 | -2,3 | -2,8 | -3,2 | -3,7 | -3,7 |
| 12 | P _D m | 37 | 33 | 32 | 30 | 28 | 25 | 23 | 22 | 19 | 17 |
| 13 | H m | 36,6 | 33,3 | 32,9 | 31,6 | 30,6 | 28,8 | 27,4 | 27,9 | 24,8 | 22,9 |
| 14 | η % | 0 | 27 | 33 | 36 | 40 | 41 | 42 | 42 | 40 | 38 |
| 15 | Düşünceler | | | | | | | | | | |

DENEY GRAFİĞİ X

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ 5 KATLI KAPALI FAN

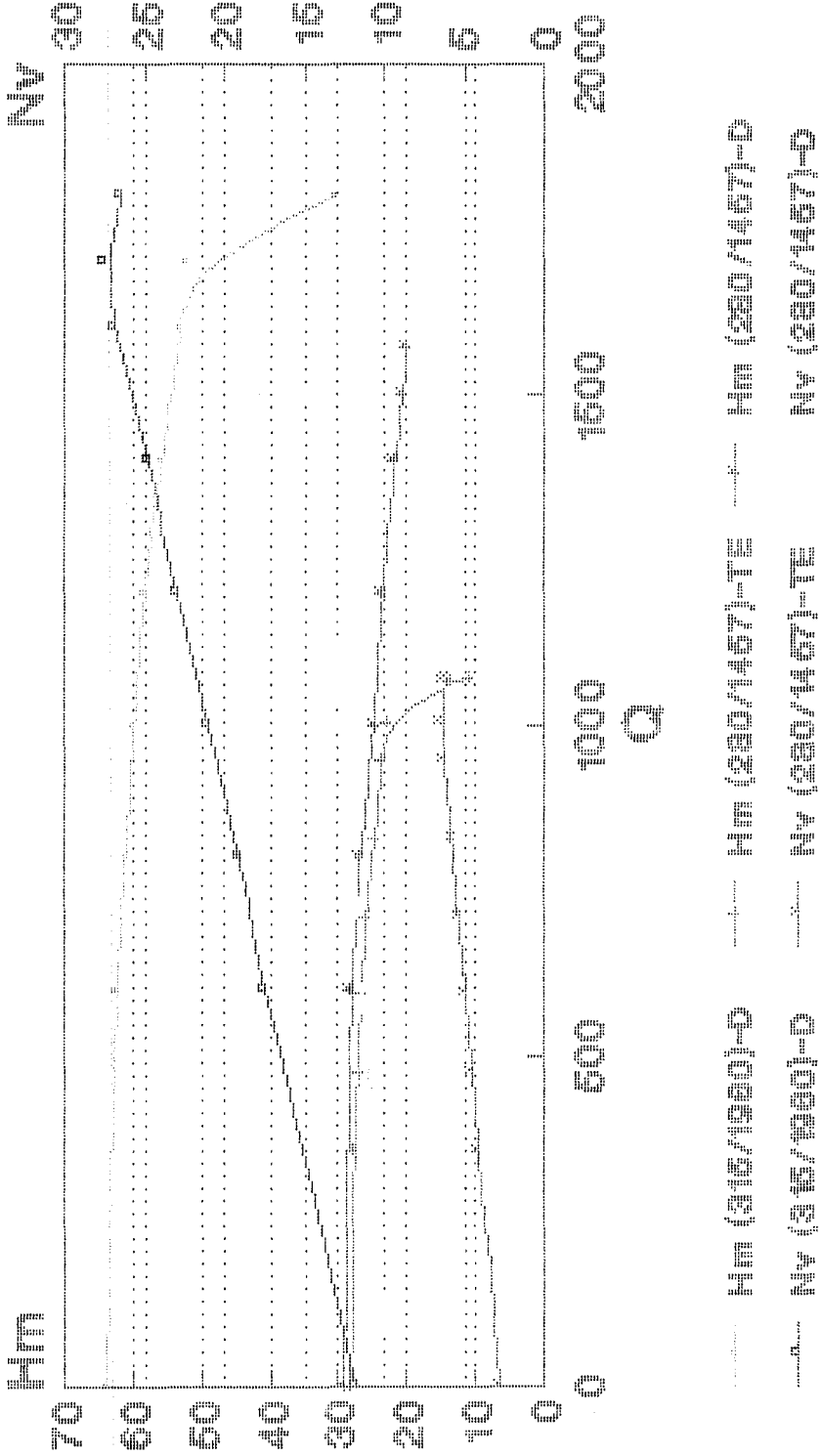


1/300 dev/dak ve 2316 mm eğri
5 katlı kapalı fan

| | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|---|------|------|------|---|------|------|------|------|------|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney F5yü 17 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : İŞFAS ESK.MAK.FAB. | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ | | | | Deney tarihi : 11.9.1992 | | | | | |
| Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZUDOĞRU | | Fan tipi : 5 Kanatlı Kapalı | | | | Fan çapı - çıkış gen. : 280 - 18 mm. | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU | | Emme/ Basma Boru Çapı : 80 / 65 mm | | | | Akışkan : SU | | | | | |
| Diyafram : 110 / 75.54 | | Sıcaklığı (t) = 20 °C | | | | Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri | | | | | | | | | | | |
| Tip : B3 GM-225S N=37 kw n=1466 d/d U=380 Volt I=71,6 Amp η=91 | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos φ | 0,63 | 0,71 | 0,73 | 0,73 | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,79 | 0,78 |
| 3 | n d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 |
| 4 | I A | 31,3 | 35,0 | 36,7 | 38,3 | 40,0 | 42,0 | 44,0 | 45,3 | 46,0 | 45,0 |
| 5 | U V | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 |
| 6 | η Mot % | 87 | 89 | 90 | 90 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 |
| 7 | Nv kw | 11,6 | 14,9 | 16,2 | 16,9 | 18,6 | 19,7 | 21,0 | 21,9 | 22,3 | 21,5 |
| 8 | N kw | 13,3 | 16,7 | 18,0 | 18,8 | 20,4 | 21,7 | 23,1 | 24,1 | 24,5 | 23,6 |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1700 | 1800 | 1806 |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,88 | 2,12 | 2,38 | 2,39 |
| 11 | Ps m | 0,45 | -0,1 | -1,0 | -1,1 | -1,7 | -2,5 | -3,4 | -4,0 | -4,3 | -4,4 |
| 12 | P _D m | 56 | 50 | 48 | 46 | 43 | 40 | 36 | 34 | 28 | 18 |
| 13 | H m | 55,5 | 50,4 | 40,0 | 47,8 | 45,8 | 44,0 | 41,3 | 40,0 | 34,7 | 24,8 |
| 14 | η % | 0 | 33 | 40 | 46 | 48 | 51 | 51 | 51 | 46 | 34 |
| 15 | Düşünceler | Fan devir sayısı (kayıp-kasnak ile) n=1960 dev/dak. | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|---|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|---|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 18 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : TSFAŞ.ESK.MAK.FAB. Deney tarihi : 18.9.1992 Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZUDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ Fan tipi : 5 Kanatlı Kapalı Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 280 - 18$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı : $\phi 80 / \phi 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 23 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-180 N=18,5 kw n=1457 d/d U=380 Volt I=37,6 amp $\eta = \% 89$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,81 | 0,87 | 0,89 | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,95 | 0,96 | | |
| 3 | n d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | | |
| 4 | I A | 19,8 | 21,2 | 22,5 | 23,0 | 23,5 | 24,5 | 25,0 | 25,5 | | |
| 5 | U V | 388 | 388 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | | |
| 6 | η Mot % | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | | |
| 7 | Nv kw | 9,7 | 11,2 | 12,2 | 12,8 | 13,2 | 14,0 | 14,5 | 14,9 | | |
| 8 | N kw | 10,8 | 12,4 | 13,6 | 14,2 | 14,7 | 15,5 | 16,1 | 16,6 | | |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1500 | 1572 | | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,65 | 1,81 | | |
| 11 | Ps m | 0,64 | -0,2 | -0,5 | -1,0 | -1,6 | -2,4 | -2,8 | -3,2 | | |
| 12 | P _D m | 30 | 28 | 26 | 23 | 21 | 18 | 16 | 15 | | |
| 13 | H m | 29,4 | 28,4 | 26,9 | 24,7 | 23,7 | 21,9 | 20,5 | 20,0 | | |
| 14 | η % | 0 | 25 | 29 | 32 | 35 | 36 | 35 | 34 | | |
| 15 | Düşünceler | | | | | | | | | | |

DENEY GRAFİĞİ XI

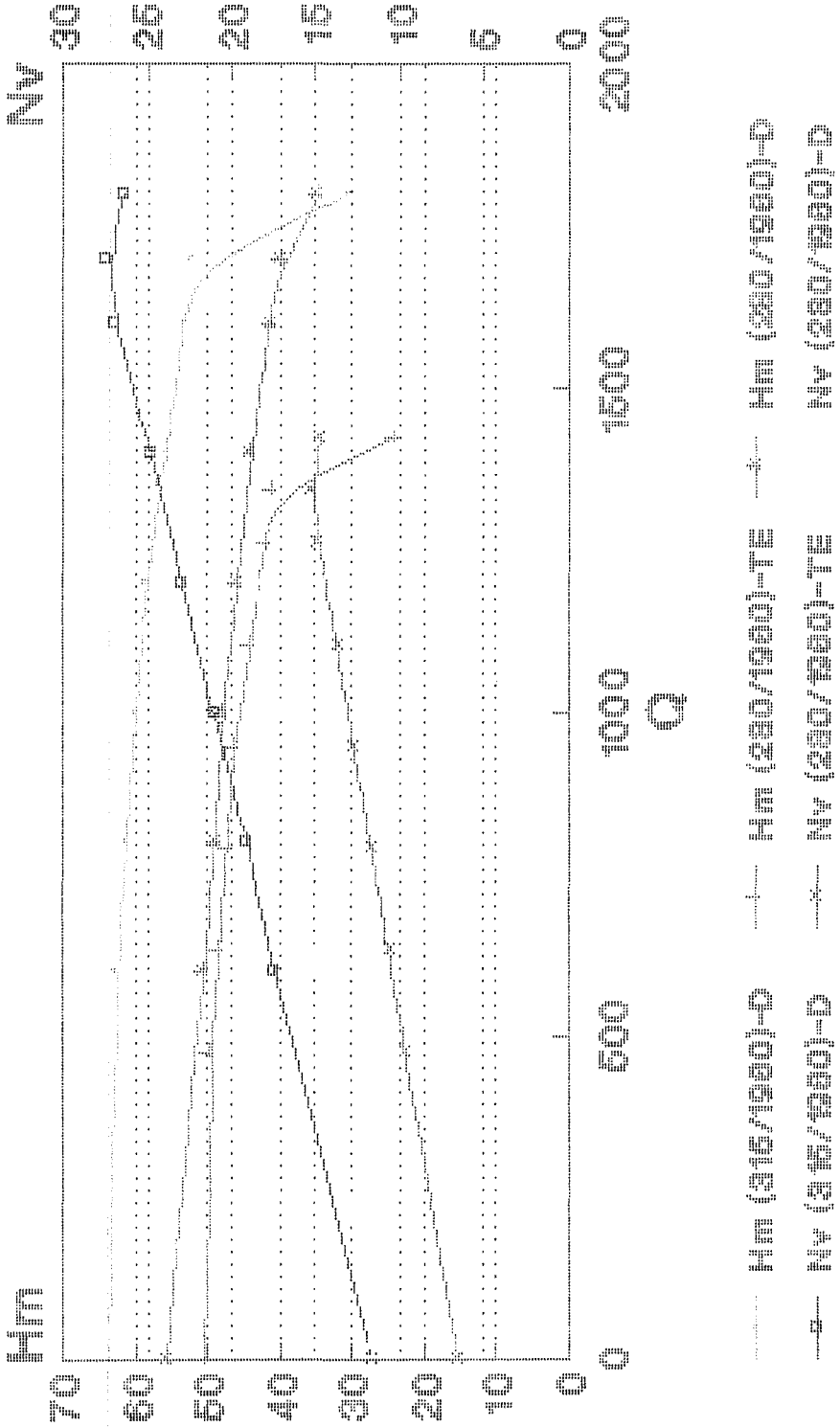
Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ
5 KANATLI KAPALI FAN

1500 dev/dk ve 2315 mm eğilim
be serisinde.

DENEY GRAFİĞİ XII

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ

5 KANATLI KAPALI FAN



1000 dev/dk ve 430 mm eğilim
baz alınmıştır.

uzunluğunun fazla olması hidrolik kayıpları artırır. Bu kayıplar devir ve çap değişimi sebebiyle farklı özellikler arz ederek teorik ve deneysel eğrilerin farklı oluşmasına neden olmaktadır.

8.2.2.5 Beş Kanatlı Yarı Açık Fanda Geometrik Benzeşim

Burada da 1960 d/d, 315 mm deneysel eğrisi (Deney Föyü 19) baz alınmış ve geometrik benzeşim formülleri kullanılarak 1457 d/d, 315 mm'nin H_m , N_v eğrileri teorik olarak belirlenmiş, aynı devir sayısı ve çapta deneysel yolla tespit edilen (Deney Föyü 20) eğriler ile Grafik XIII üzerinde mukayese edilmiştir.

Görüldüğü gibi H_m eğrileri tam olarak çakışmış ,ancak benzeşim gereği maksimum debide %11 düşme göstermiştir. Buna karşılık deneysel N_v değerinde %8'lik bir artış olmuştur. Bu fan tipinde deneysel ve teorik güç eğrilerinin benzer olduğu görülmektedir. Bu sonuç bize aynı çapta devir düşürüldüğünde beş kanatlı fanın çalışma performansının değişmediğini ve düzenli bir çalışma ile kayıpların aynı değerde gerçekleştiğini göstermektedir.

Grafik XIV'de aynı anda çap ve devir değişimi gerçekleştirilerek teorik ve deneysel eğrileri (Deney Föyü 22) gösterilmiştir. H_m ve Q değerleri Grafik XIII ile aynı karakterdedir. Ancak N_v 'de belirgin bir artış (%58) söz konusudur. Bunun nedeni devir ve çap değişimi sonucu meydana gelen kayıpların, benzeşim için baz alınan eğrideki kayıplardan farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

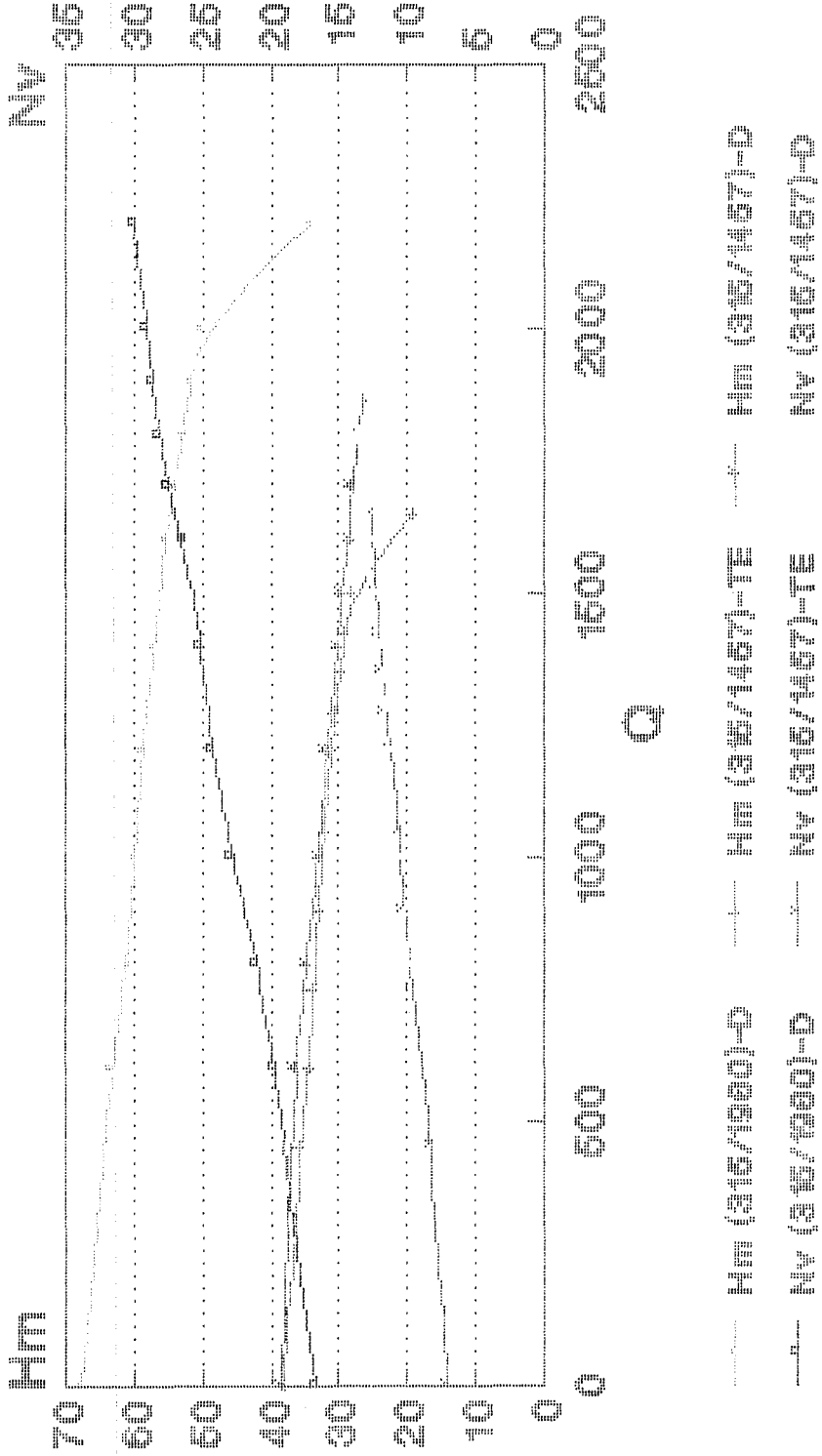
| | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|--|------|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|------|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 19 | | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | |
| Deney yeri : ISFAS ESK.MAK.FAB. Deney tarihi : 22.9.1992 Deneyi yürüten : YASAR ÖZUDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ Fan tipi : 5. Kanatlı Yarı Açık Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 315 - 18$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 20 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-225S N=37 kw n=1466 d/d U=380 Volt I=71,6 Amp $\eta = \% 91$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,69 | 0,75 | 0,77 | 0,79 | 0,81 | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,83 | 0,83 |
| 3 | n d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 |
| 4 | I A | 40,0 | 42,7 | 44,7 | 47,0 | 49,0 | 50,7 | 52,7 | 54,7 | 56,7 | 58,3 |
| 5 | U V | 392 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 | 388 |
| 6 | η Mot % | 90 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 92 | 92 | 92 |
| 7 | Nv kw | 16,8 | 19,6 | 21,0 | 22,8 | 24,3 | 25,1 | 26,4 | 28,1 | 29,1 | 29,9 |
| 8 | N kw | 18,7 | 21,5 | 23,1 | 25,9 | 26,7 | 27,6 | 29,0 | 30,5 | 31,6 | 32,5 |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 | 2198 |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,88 | 2,58 | 2,94 | 3,54 |
| 11 | Ps m | 0,38 | -0,2 | -0,6 | -1,2 | -1,9 | -2,6 | -3,6 | -4,6 | -5,7 | -6,8 |
| 12 | P _D m | 68 | 63 | 60 | 58 | 56 | 53 | 50 | 46 | 42 | 24 |
| 13 | H m | 67,7 | 63,4 | 61,1 | 59,9 | 58,9 | 57,0 | 55,4 | 53,0 | 50,6 | 34,4 |
| 14 | η % | 0 | 32 | 38 | 43 | 48 | 52 | 55 | 55 | 57 | 41 |
| 15 | Düünceler | - Fan (çalışma) aralığı, S=2 mm. - Fan devir sayısı (kayıp-kazmak) ile, n=1960 dev/dak. | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|--|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 20 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : TŞFAŞ ESK.MAK.FAB. Deney tarihi : 28.9.1992 Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFÜJ Fan tipi : 5 Kanatlı Yarı Açık Fan çapı - çıkış gen. : 315 - 18 mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 19 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg/m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-180 N=18,5 kw n=1457 d/d U=380 Volt I=37,6 amp $\eta = \% 89$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,6 | 0,65 | 0,68 | 0,69 | 0,71 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,76 | 0,76 |
| 3 | n d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 |
| 4 | I A | 21,3 | 23,3 | 25,3 | 25,3 | 26,3 | 27,2 | 28,5 | 28,8 | 29,3 | 29,5 |
| 5 | U V | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 |
| 6 | η Mot % | 88 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 7 | Nv kw | 7,7 | 9,3 | 10,1 | 10,7 | 11,4 | 12,2 | 12,9 | 13,2 | 13,6 | 13,7 |
| 8 | N kw | 8,7 | 10,3 | 11,2 | 11,9 | 12,7 | 13,5 | 14,3 | 14,7 | 15,1 | 15,2 |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1700 | 1800 | 1863 |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,88 | 2,12 | 2,38 | 2,55 |
| 11 | Ps m | 0,41 | -0,2 | -0,6 | -1,2 | -1,9 | -2,7 | -3,6 | -4,1 | -4,6 | -4,9 |
| 12 | Pd m | 39 | 36 | 34 | 31 | 29 | 26 | 23 | 22 | 20 | 19 |
| 13 | H m | 38,6 | 36,5 | 35,0 | 32,2 | 31,9 | 30,1 | 28,5 | 28,2 | 27,0 | 26,5 |
| 14 | η % | 0 | 38 | 45 | 50 | 55 | 56 | 58 | 59 | 58 | 58 |
| 15 | Düşünceler | - Fan (çalışma) aralığı, S=2 mm. | | | | | | | | | |

DENEY GRAFİĞİ XIII

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ

5 KANATLI YARI AÇIK PAN

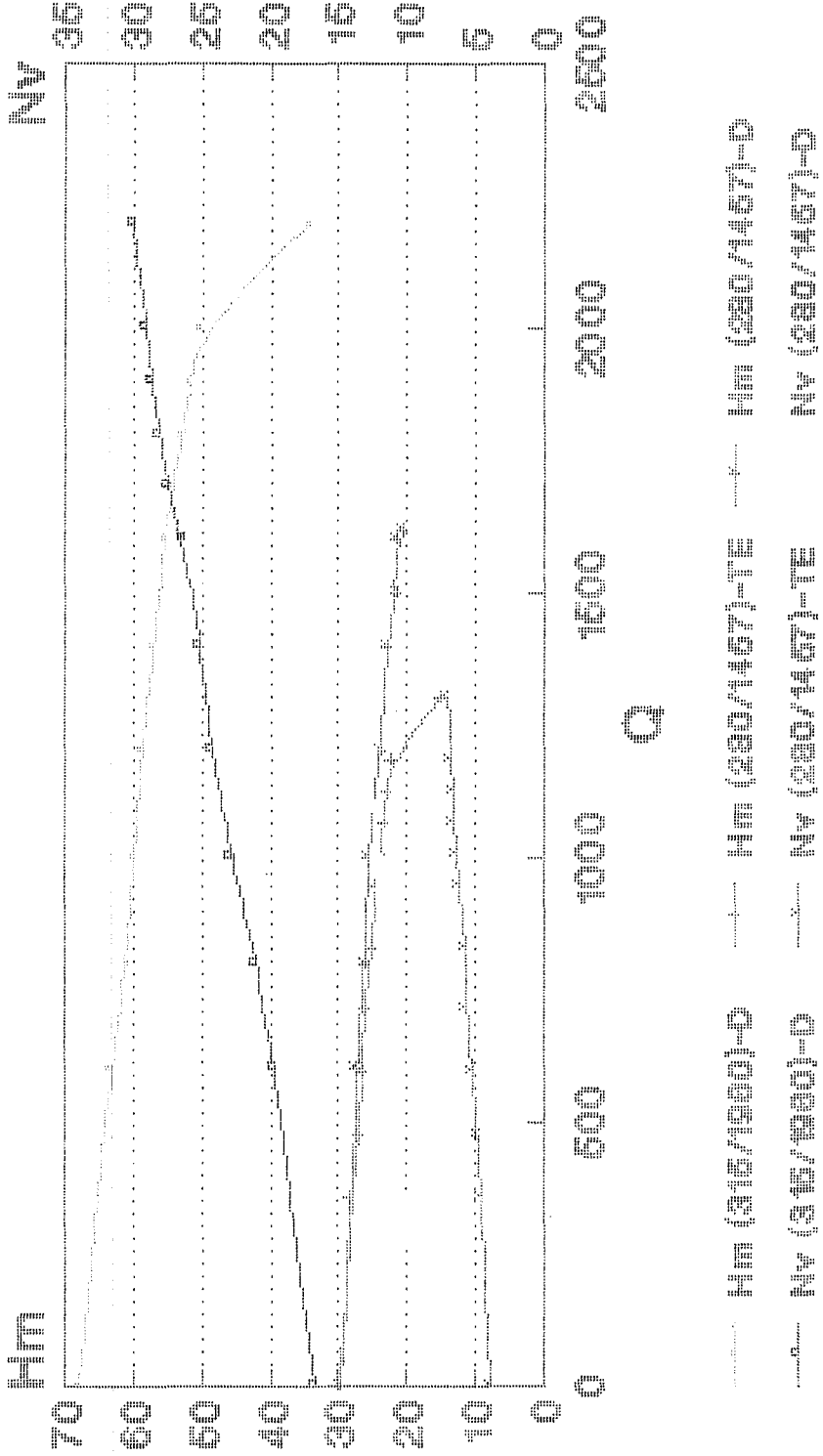


1980 dev/dak ve 2315 mm eğilim
 222 mm'dir.

| | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|---|------|------|------|------|---|------|------|------|------|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 21 | | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | |
| Deney yeri : İŞFAŞ ESK.MAK.FAB. | | Pompa tipi : TAM SANTRİFUJ | | | | | Deney tarihi : 15.10.1992 | | | | |
| Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Fan tipi : 5 Kanatlı Yarı Açık | | | | | Fan çapı - çıkış gen. : 280 - 18 mm. | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65$ mm | | | | | Akışkan : SU | | | | |
| | | Sıcaklığı (t) = 17 °C | | | | | Yoğunluk (γ) = 1000 Kg/m ³ | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri | | | | | | | | | | | |
| Tip : B3 GM-225S N= 37 kw n= 1466 d/d U= 380 Volt I 21,6 Amp $\eta = \% 91$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos ϕ | 0,78 | 0,71 | 0,72 | 0,74 | 0,75 | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,80 |
| 3 | n d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 |
| 4 | I A | 31,0 | 35,7 | 37,3 | 39,3 | 40,7 | 42,7 | 43,7 | 45,7 | 47,3 | 48,0 |
| 5 | U V | 388 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 |
| 6 | η Mot % | 89 | 89 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 91 | 91 | 91 |
| 7 | Nv kw | 14,4 | 15,3 | 16,4 | 17,8 | 18,6 | 19,8 | 20,5 | 22,0 | 23,1 | 23,8 |
| 8 | N kw | 16,2 | 17,2 | 18,2 | 19,8 | 20,7 | 22,0 | 22,8 | 24,2 | 25,4 | 26,1 |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 | 2145 |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,88 | 2,38 | 2,94 | 3,38 |
| 11 | Ps m | 0,41 | -0,2 | -0,7 | -1,3 | -1,9 | -2,8 | -3,6 | -4,7 | -5,8 | -6,7 |
| 12 | P _D m | 54 | 49 | 47 | 44 | 42 | 39 | 36 | 32 | 28 | 23 |
| 13 | H m | 53,6 | 49,5 | 48,1 | 46,0 | 45,0 | 43,2 | 41,5 | 39,1 | 36,8 | 33,0 |
| 14 | η % | 0 | 32 | 38 | 42 | 47 | 50 | 53 | 52 | 52 | 49 |
| 15 | Düünceler | - Fan (çalışma) aralığı, s=2 mm. - Fan devir sayısı (kayış-kasnak ile) n=1960 dev/dak. | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|--|------|------|------|---------------------------------------|------|------|------|------|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 22 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : İŞFAS ESK.MAK.FAB. Deney tarihi : 8.10.1992 Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRİFUJ Fan tipi : 5 Kanatlı Yarı Açık Fan çapı - çıkış gen. : $\varnothing 280 - 18$ mm. | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU Diyafram : $\varnothing 110 / \varnothing 75.54$ | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\varnothing 80 / \varnothing 65$ mm Akışkan : SU Sıcaklığı (t) = 18 °C Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri Tip : B3 GM-180 N=18,5 kw n=1457 d/d U=380 Volt I=37,6 Amp $\eta = \% 89$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | Cos γ | 0,78 | 0,85 | 0,87 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,92 | |
| 3 | n d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | |
| 4 | I A | 19,5 | 21,5 | 22,5 | 23,0 | 23,5 | 24,5 | 24,5 | 25,0 | 25,0 | |
| 5 | U V | 384 | 384 | 384 | 384 | 384 | 384 | 384 | 384 | 384 | |
| 6 | η Mot % | 89 | 89 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | |
| 7 | Nv kw | 9,0 | 10,9 | 11,7 | 12,2 | 12,7 | 13,3 | 13,3 | 13,6 | 13,8 | |
| 8 | N kw | 10,1 | 12,2 | 13,0 | 13,6 | 14,1 | 14,8 | 14,8 | 15,1 | 15,3 | |
| 9 | Q lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1500 | 1600 | 1618 | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,44 | 1,65 | 1,88 | 1,92 | |
| 11 | Ps m | 0,41 | -0,2 | -0,6 | -1,1 | -1,2 | -2,6 | -3,0 | -3,6 | -3,6 | |
| 12 | Pp m | 30 | 27 | 25 | 24 | 21 | 19 | 17 | 16 | 15 | |
| 13 | H m | 29,6 | 27,4 | 26,0 | 25,9 | 23,9 | 23,0 | 21,7 | 21,4 | 20,6 | |
| 14 | η % | 0 | 25 | 29 | 35 | 37 | 40 | 40 | 41 | 39 | |
| 15 | Düünceler | Fan (çalışma) aralığı S=2 mm. | | | | | | | | | |

DENEY GRAFİĞİ XIV

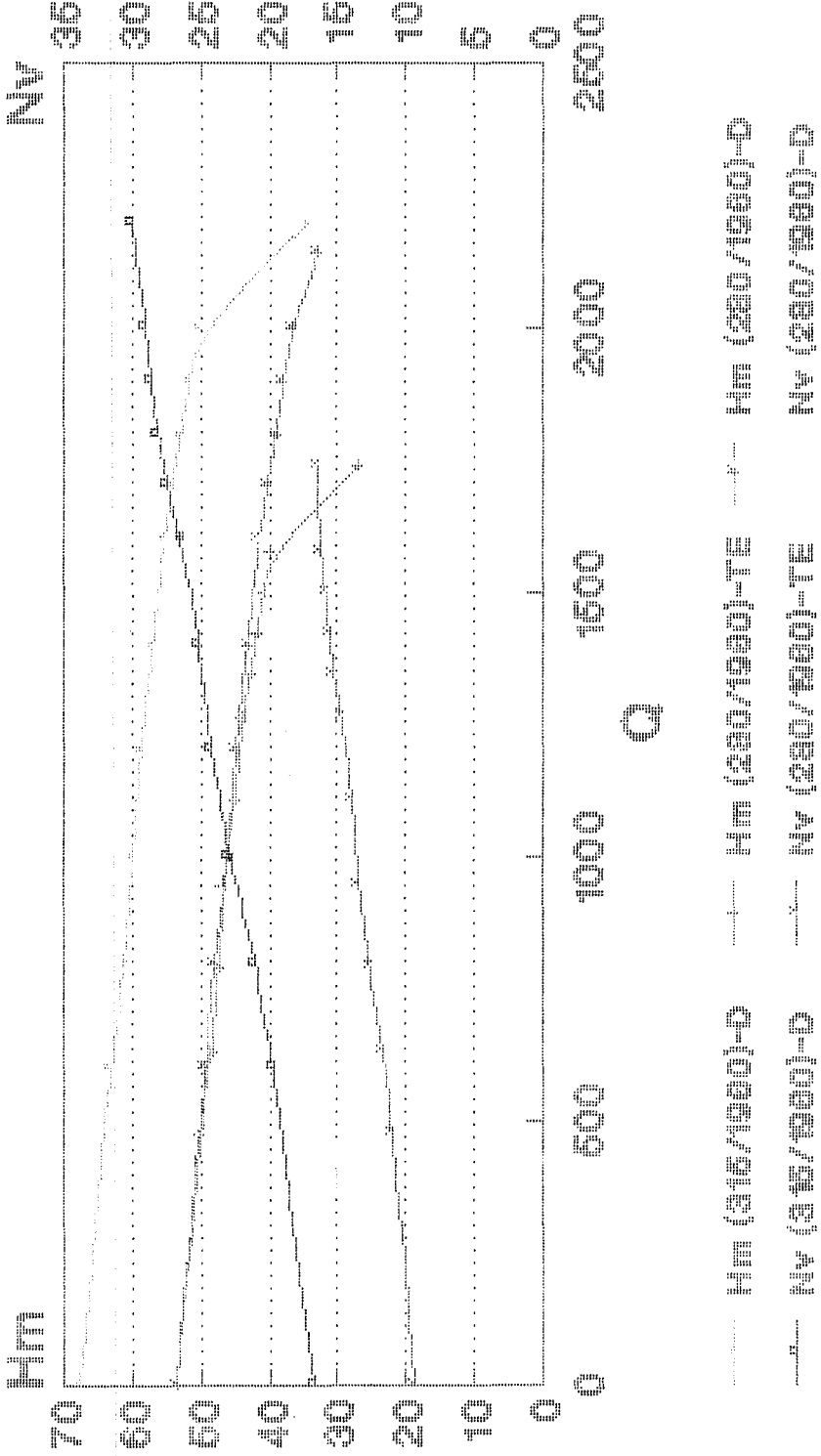
Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ
5 KANATLI YARI AKŞEKER

1500 dev/ak ve 2010 mm eğilim
1000 dev/ak ve 1500 mm eğilim
500 dev/ak ve 1000 mm eğilim
0 dev/ak ve 0 mm eğilim

DENEY GRAFIĞI XV

Q-Hm-Nv BENZESİM EĞRİLERİ

5 KANATLI YARI AÇIK FAN



1/1500 dev/dak ve 2315 mm eşitli
 1/1500 dev/dak ve 2315 mm eşitli
 1/1500 dev/dak ve 2315 mm eşitli

Grafik XV'de $n=1960$ d/d, $d=280$ mm teorik ve deneysel eğrileri (Deney Föyü 21) mukayese edilmiş ve aynı neticeler alınmıştır. Ancak deneyde elde edilen debinin maksimum değeri teorik eğriye göre %19, Hm değeri %17 daha fazladır. Bunun getirdiği Nv artışı %30 civarındadır. Ancak nominal çalışma şartlarında bir başka ifade ile verimin maksimum olduğu $Q=1600$ lt/dak'da Hm değerinde 2 mss gibi cüzi bir fark vardır.

Beş kanatlı yarı açık fan diğer fan şekilleri ile karşılaştırıldığında geometrik benzeşim değerleri güvenilir bir durum arz etmektedir. Ancak burada da Nv değişimi n'in 3.kuvveti, d'nin 5.kuvveti ile değiştiğinden büyük sapmalar ortaya çıkmaktadır.

8.3 KAPALI VE YARI AÇIK FANLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Kapalı ve yarı açık fanların karşılaştırılmaları genel verimin maksimum olduğu nominal çalışma şartlarında yapılacaktır.

8.3.1 İki Kanatlı Kapalı ve Yarı Açık Fanların Karşılaştırılması

Bütün şartlar sabit kalmak üzere devir ve çap değişimi sağlanarak yapılan deneylerin sonucu 1-8 nolu deney föylerinde belirtilerek pompa karakteristik eğrileri Hm, Nv,

$\eta = f(Q)$ karşılaştırılmak amacıyla XVI-XXI nolu Grafiklere aktarılmıştır. En iyi verim bölgesinde gerçekleşen değerler Tablo II'de özetlenmiştir.

Yarı açık fana göre özgül hızı düşük olan kapalı fanın H_m , Q ve η değerleri daha yüksektir. Buna karşın doğal olarak mil gücünde artış söz konusudur.

- Hidrolik Kayıplar

Yarı açık fanda daha fazladır. Özgül hızın yükselmesiyle akışın yönlendirilememesi sonucu hidrolik kayıplar artmaktadır.

- Aralık Kayıpları

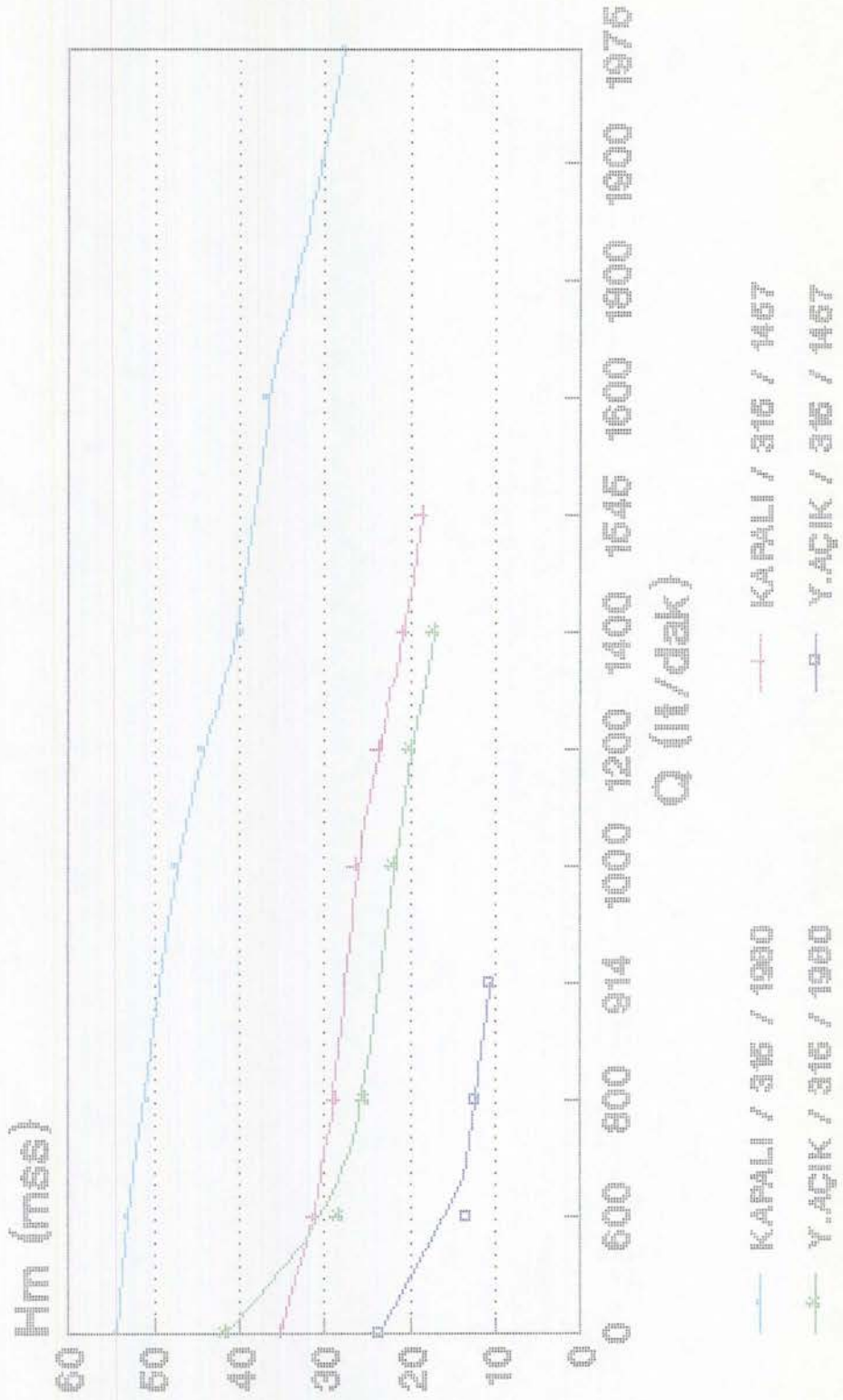
Yarı açık fanda kanatların tam yüklenmemesi nedeniyle aralık kayıpları daha fazladır. Bu da H_m, Q ve N_v değerlerini düşürmektedir. Aralık akışları, kapalı fanda H_m 'den çok Q kaybına neden olurken, yarı açık fanda H_m kaybına sebep olur. Aralık akışları girdaplar oluşturarak akışı bozarlar ve kayıp bölgesi yaratırlar. Bu da yarı açık fanda verimi düşürmektedir.

- Fan sürtünme kayıpları

Yarı açık fanda ortadan kalkan üst yanak sürtünme yüzeyini azalttığından önemli enerji tasarrufu sağlar.

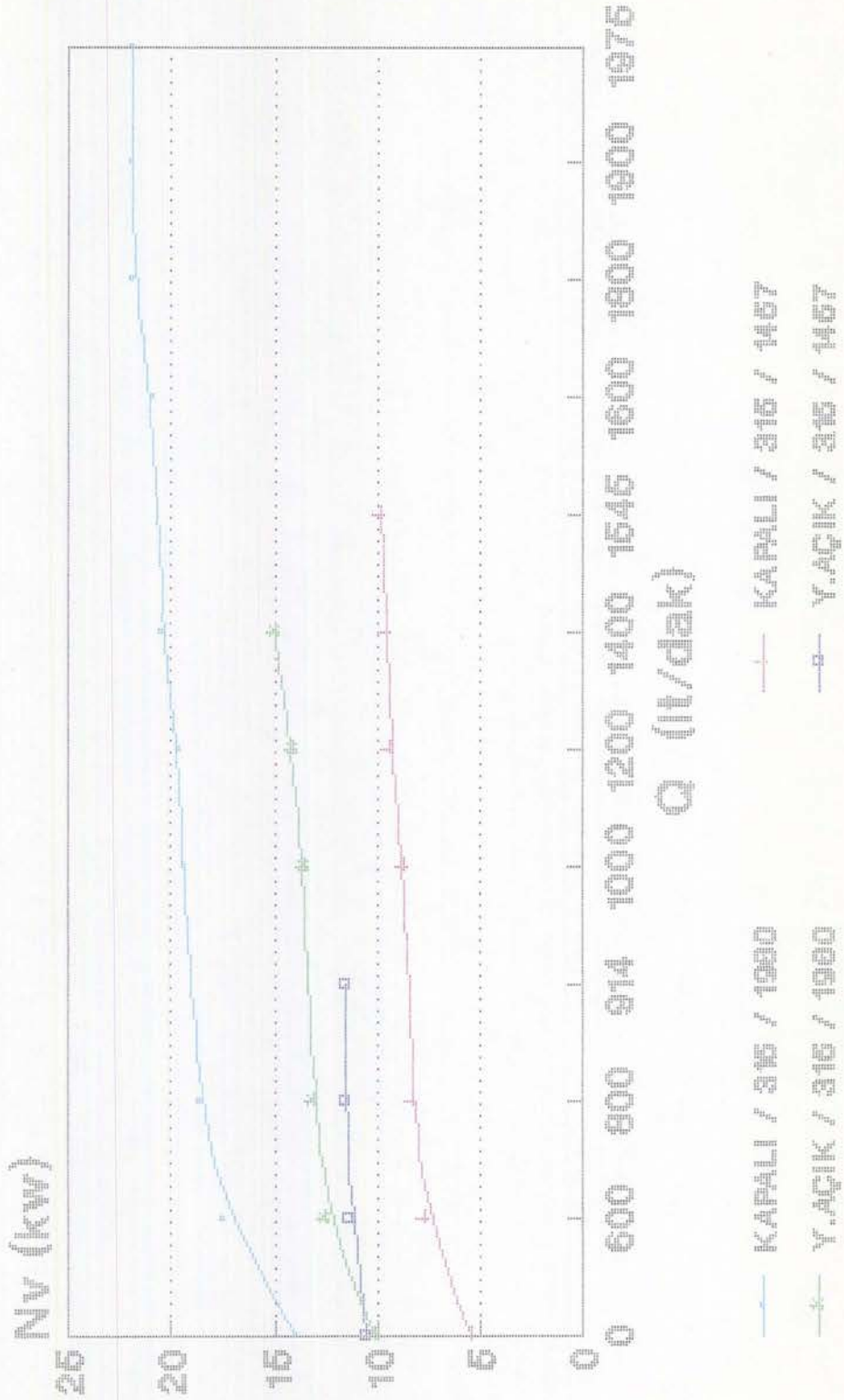
Kapalı fanda üst yanakta ($w_2^2 / 2g$) ile artan sürtünme kayıpları, yarı açık fanda gövdeyle fan arasındaki aralıkta (Şekil 6.13.) gövde cidarında ($c_2^2 / 2g$) ile artan sürtünme kayıpları vardır. Mutlak hız, bağıl hızdan daha küçük ($c < w$) olduğu için sürtünme kaybı yarı açık fanda daha küçüktür. Arka yanaktaki sürtünmeler her iki fanda da aynıdır.

DEBİ-BASMA YÜKSEKLİĞİ EĞRİLERİ (2 KANATLI FAN)



DENEY GRAFİĞİ XVII

DEBİ-GÜÇ EĞRİLERİ (2 KANATLI FAN)

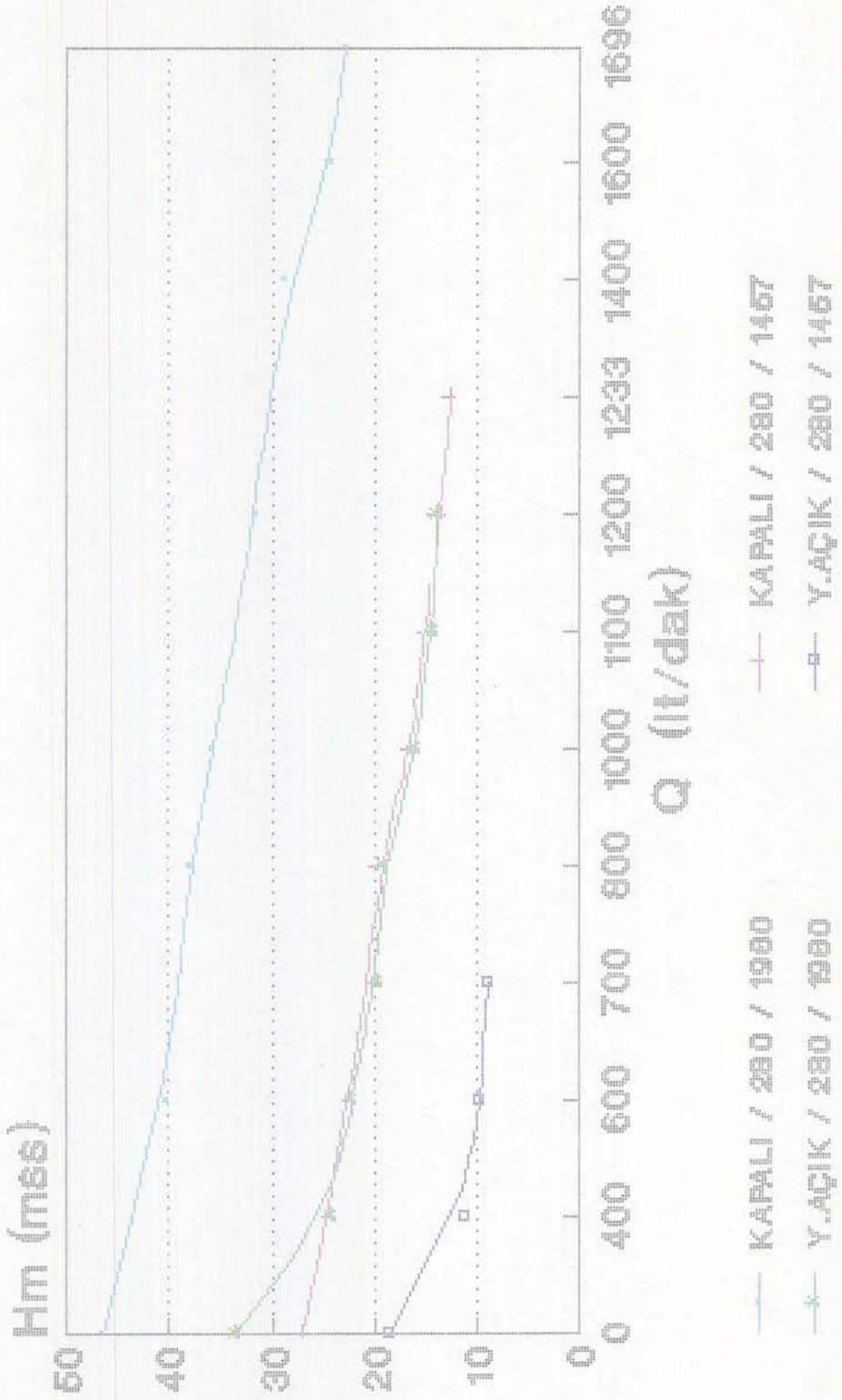


DEBİ-VERİM EĞRİLERİ (2 KANATLI FAN)

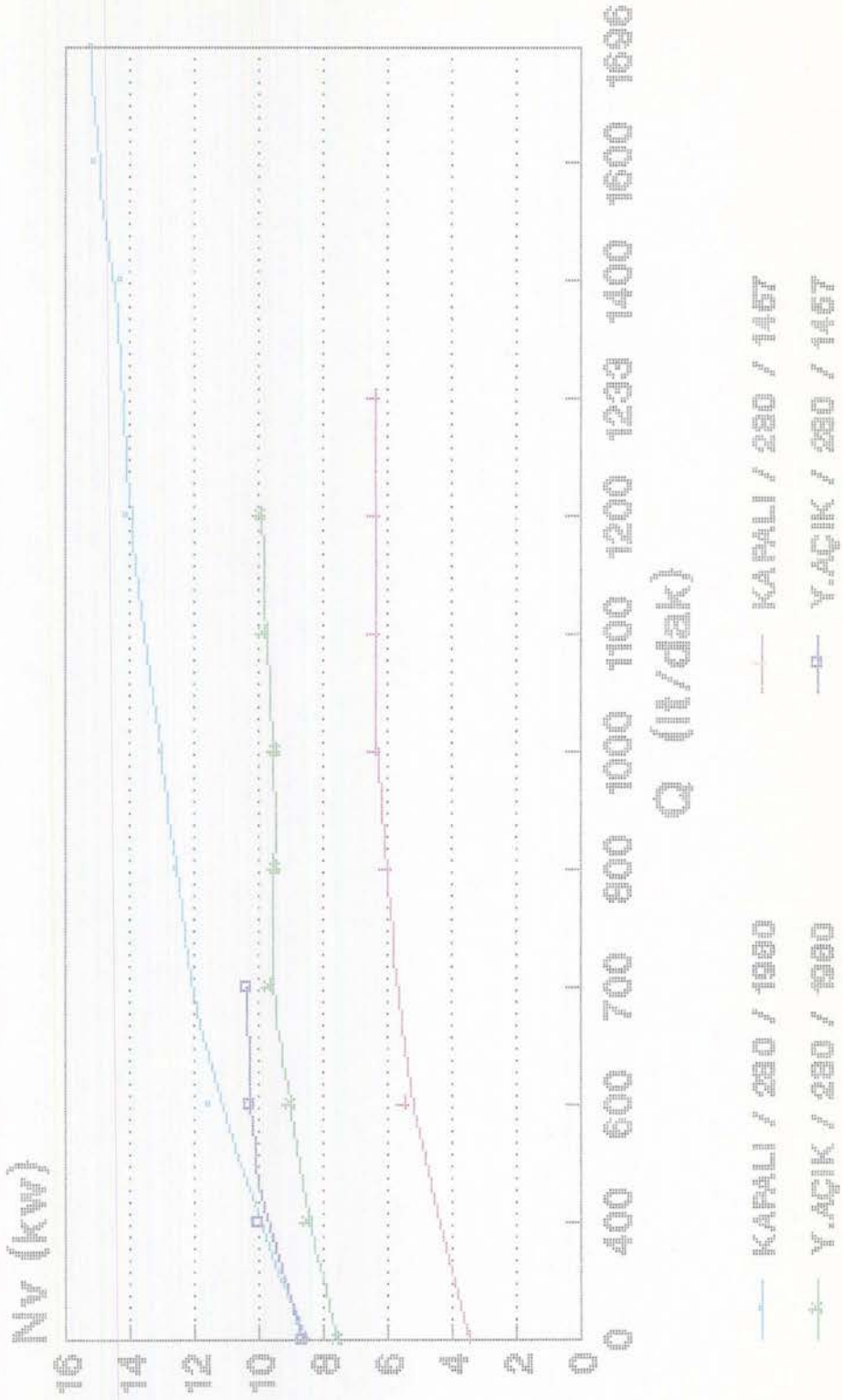


DENEY GRAFİĞİ XIX

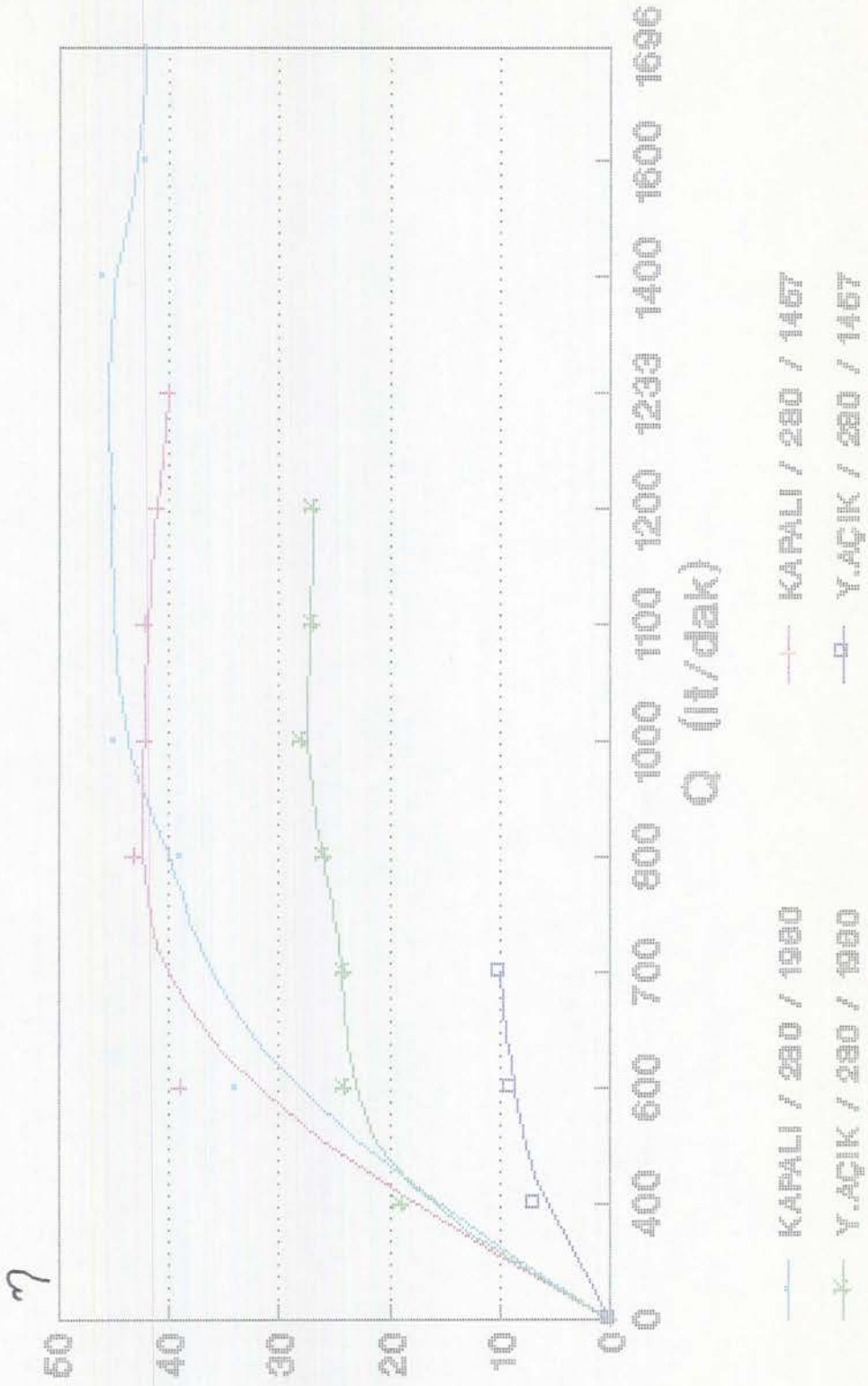
DEBİ-BASMA YÜKSEKLİĞİ EĞRİLERİ (2 KANATLI FAN)



DEBİ-GÜÇ EĞRİLERİ (2 KANATLI FAN)



DEBİ-VERİM EĞRİLERİ (2 KANATLI FAN)



- Geri Dönüş Kayıpları

Kapalı fanda çap ve devir değişimi pompa performansı üzerinde önemli bir etki yapmazken, yarı açık fanda pompa verimi yükselmektedir. Bunun sebebi düşük hızlar sonucu nominal debinin altındaki debilerde geri dönüş kayıplarının artmasıdır. Ayrıca her iki fanda da çap küçülmesi sonucu fan çıkışı ile pompa gövdesi boğazı arasındaki açıklık e_2 (Şekil 6.10.) arttığından volumetrik verim düşer. Kaçak Q debisi artar, ayrıca gereğinden fazla enerji harcanır.

8.3.2 Beş Kanatlı Kapalı ve Yarı Açık Fanların Karşılaştırılması

Deneysel verileri 15-22 nolu föylerde belirtilmiş ve XXII-XXVII nolu Grafiklere $H_m, N_v, \eta = f(Q)$ karakteristik eğrileri çizilmiştir. Optimum çalışma değerleri Tablo II'de özetlenmiştir.

İki pompanın H_m ve N_v değerleri birbirine çok yakındır. Ancak yarı açık fanın sağladığı debi ve genel verim, kapalı fana göre daha fazladır.

- Hidrolik Kayıplar

Kanat sayısının artmasıyla akımın yönlendirilmesi ve dar bir kanalda daha düzgün akış söz konusu olduğundan, her iki fan tipinde de hidrolik kayıplar azalır.

- Aralık Kayıpları

Kapalı fanda aralık akışları neticesinde debi kaybı söz konusudur. Yarı açık fanda bu kayıplar daha azdır ancak bir miktar H_m kaybına neden olur.

- Fan Sürtünme Kayıpları

Kapalı fanda meydana gelen üst yanak sürtünmesi verimi oldukça düşürür. Yarı açık fanda çalışma aralığının minimum bir değere indirilmesiyle şekil 6.14. ve 6.15.'de görüldüğü gibi H_m, Q, N_v ve η yükselmektedir. Burada fan ile fan ön karşılığı arasında oluşan sürtünme kaybı, kapalı fana göre oldukça düşüktür.

- Geri Dönüş Kayıpları

Her iki fan tipinde de çap ve devir değişimi aynı anda gerçekleştiğinde pompa verimi oldukça düşmektedir. Bunun sebebi yavaşlayan akım ile fan-gövde arasındaki açıklığın artmasından dolayı volumetrik verimin düşmesi ve kaçak Q 'nun artmasıdır.

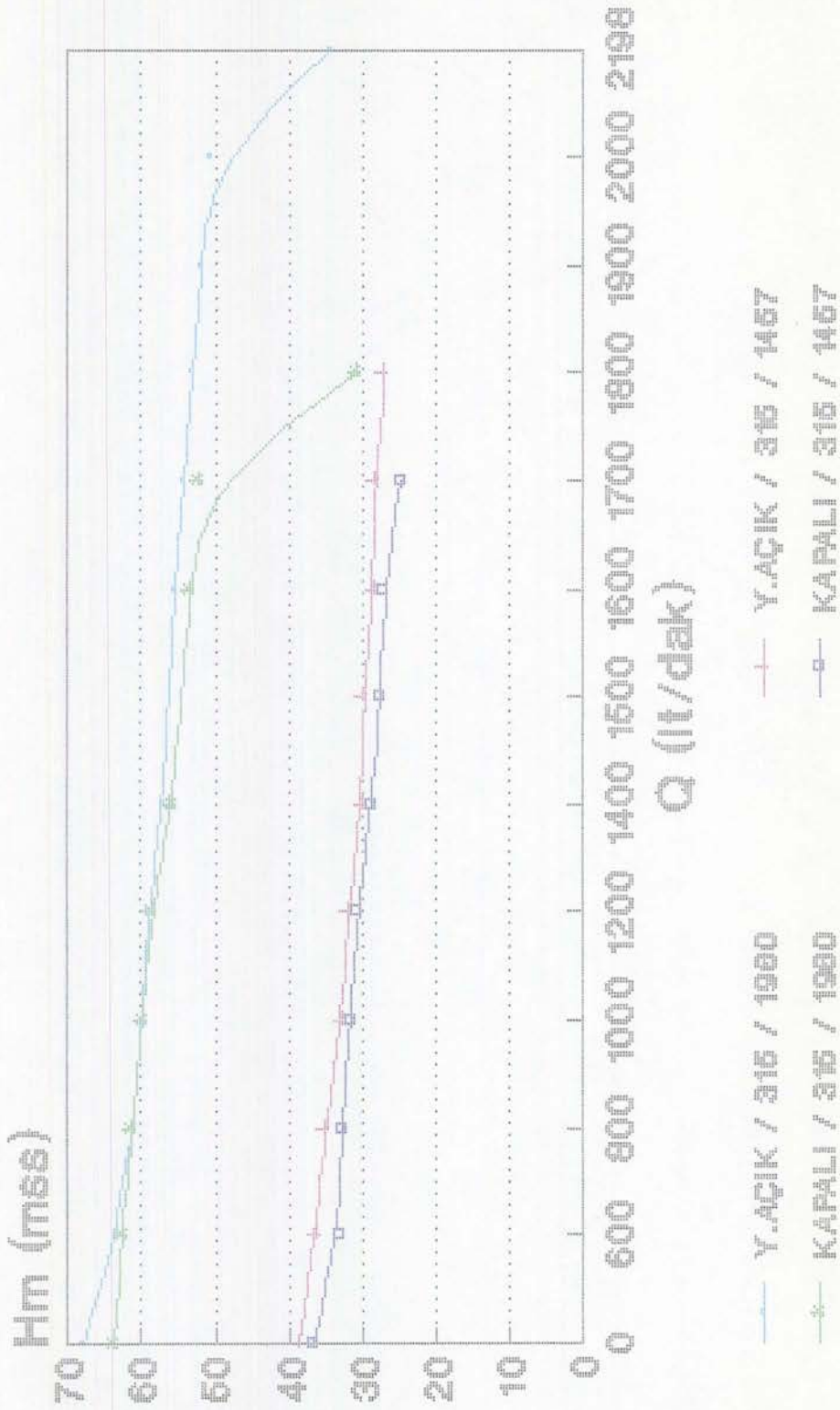
8.3.3 İki ve Beş Kanatlı Kapalı Fanların Karşılaştırılması

Tablo II'den görüleceği üzere beş kanatlı kapalı fanda Q ve H_m , buna bağlı olarak da N_v değerleri büyüktür. Yüksek devirlerde verim beş kanatlı fanda fazla iken, düşük devirlerde iki kanatlı fanda daha yüksek olmaktadır.

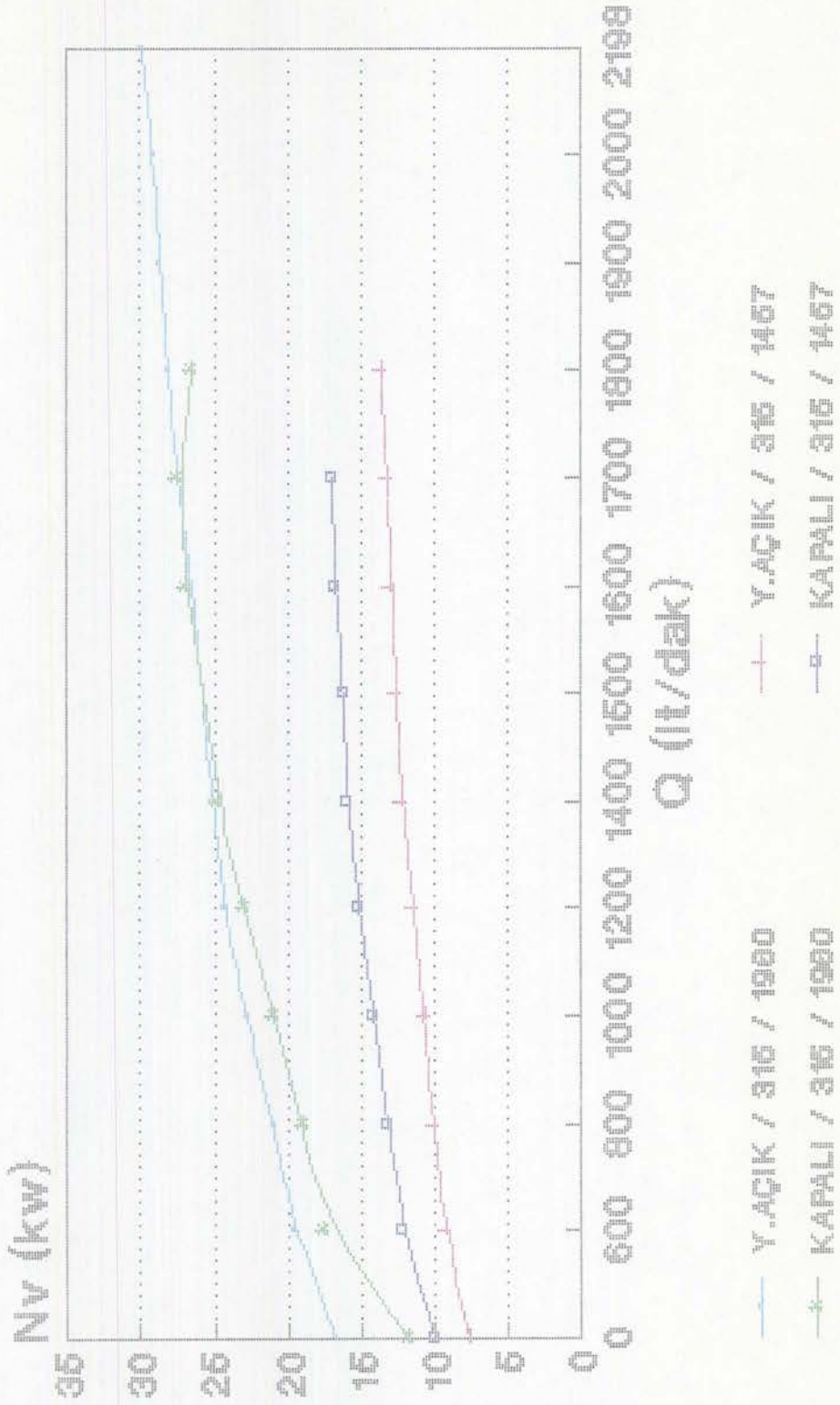
Kanat sayısının artırılması ile sirkülasyon azalır ve kanat verimi büyür, bunun sonucunda H_m artar.

İki kanatlı fanların kanat boyları kısa olduğundan pompa verimi düşer. Ancak sürtünme yüzeyleri az olduğundan sürtünme kayıpları azalır. Ayrıca yeterli kanat eğrilik yarı çapı olmadığından, su kanat üzerinden ayrılarak enerji kayıplarına sebep olur (Şekil 6.18., I nolu formda).

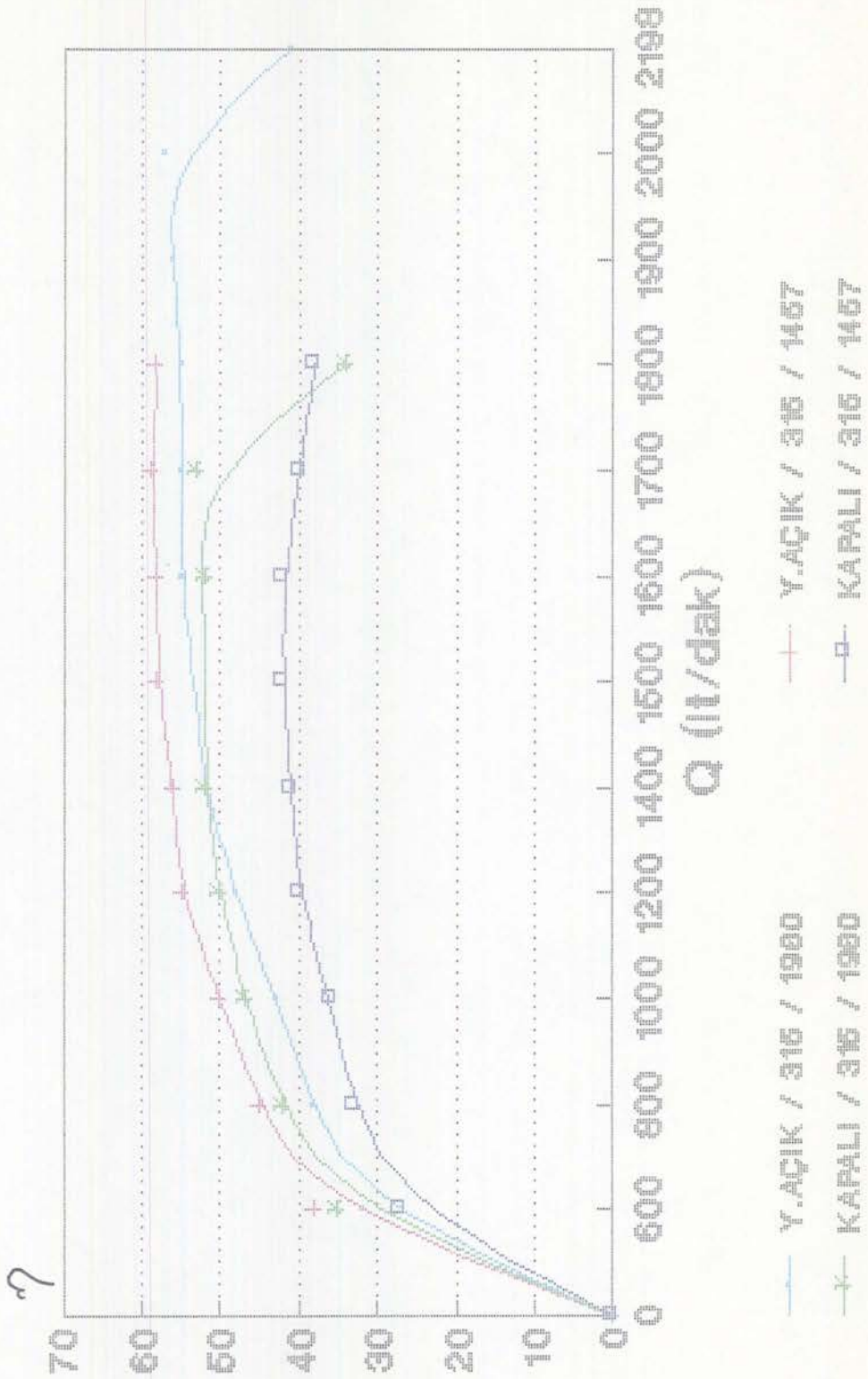
DEBİ-BASMA YÜKSEKLİĞİ EĞRİLERİ (5 KANATLI FAN)



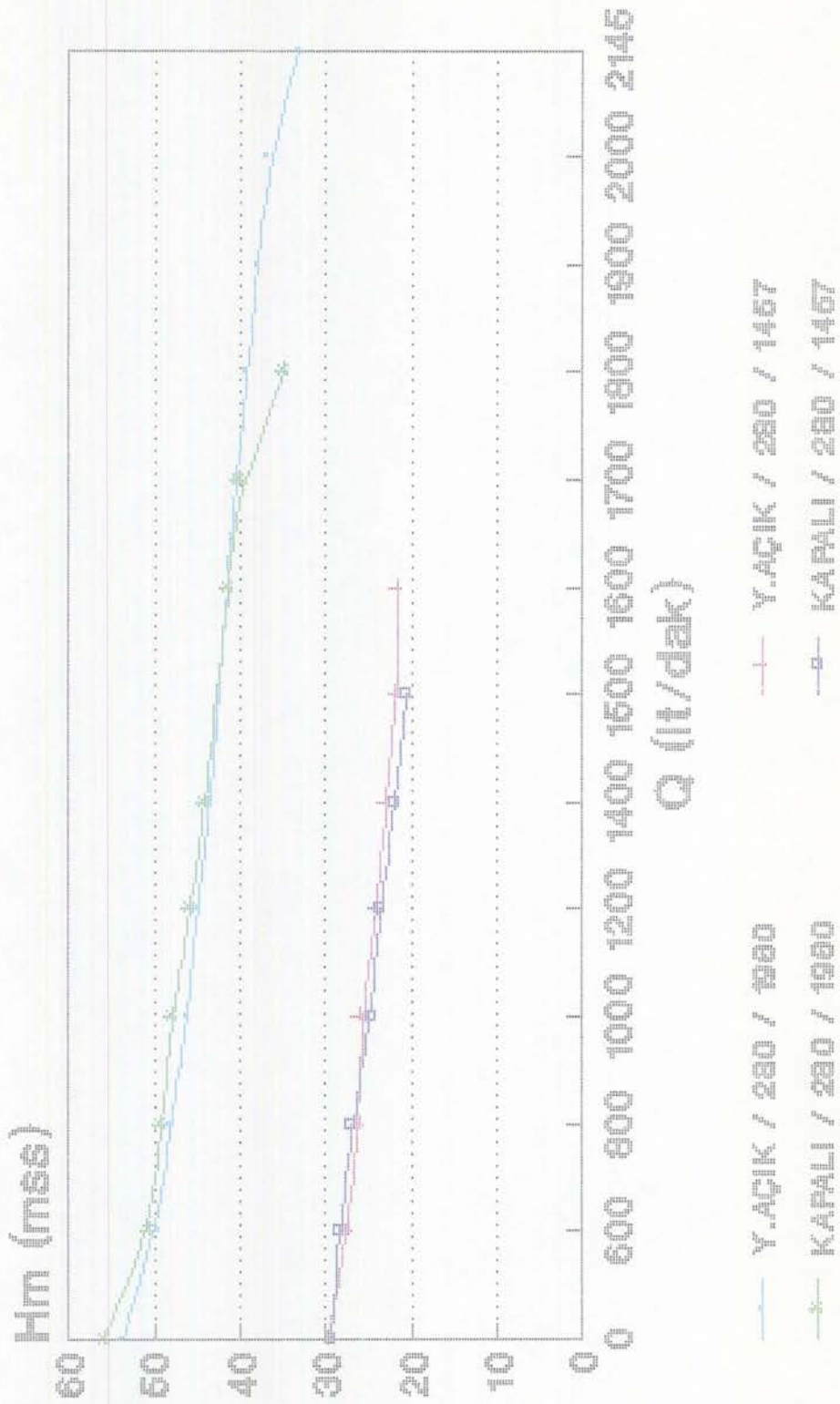
DEBİ-GÜÇ EĞRİLERİ (5 KANATLI FAN)



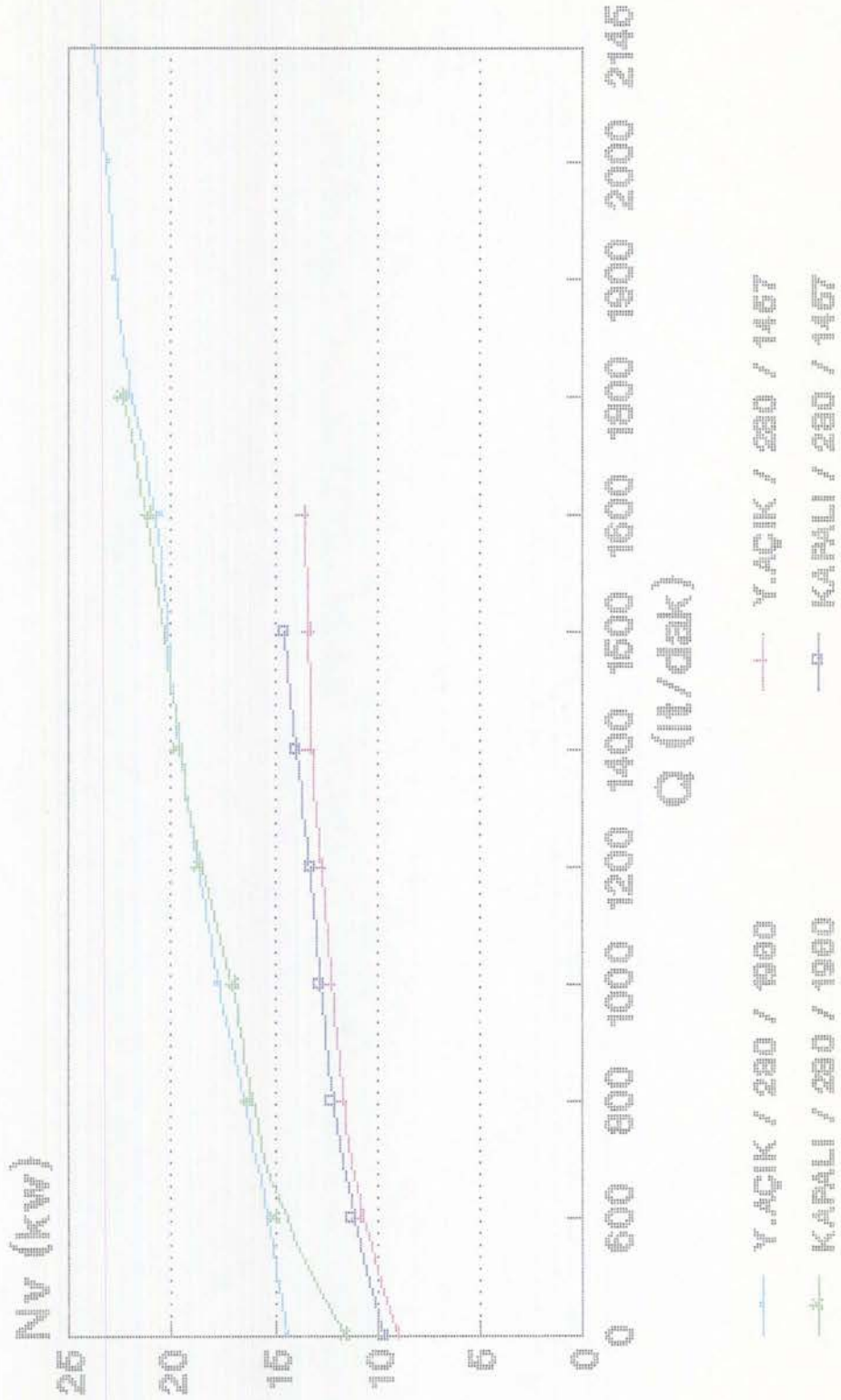
DEBİ-VERİM EĞRİLERİ (5 KANATLI FAN)



DEBİ-BASMA YÜKSEKLİĞİ EĞRİLERİ (5 KANATLI FAN)

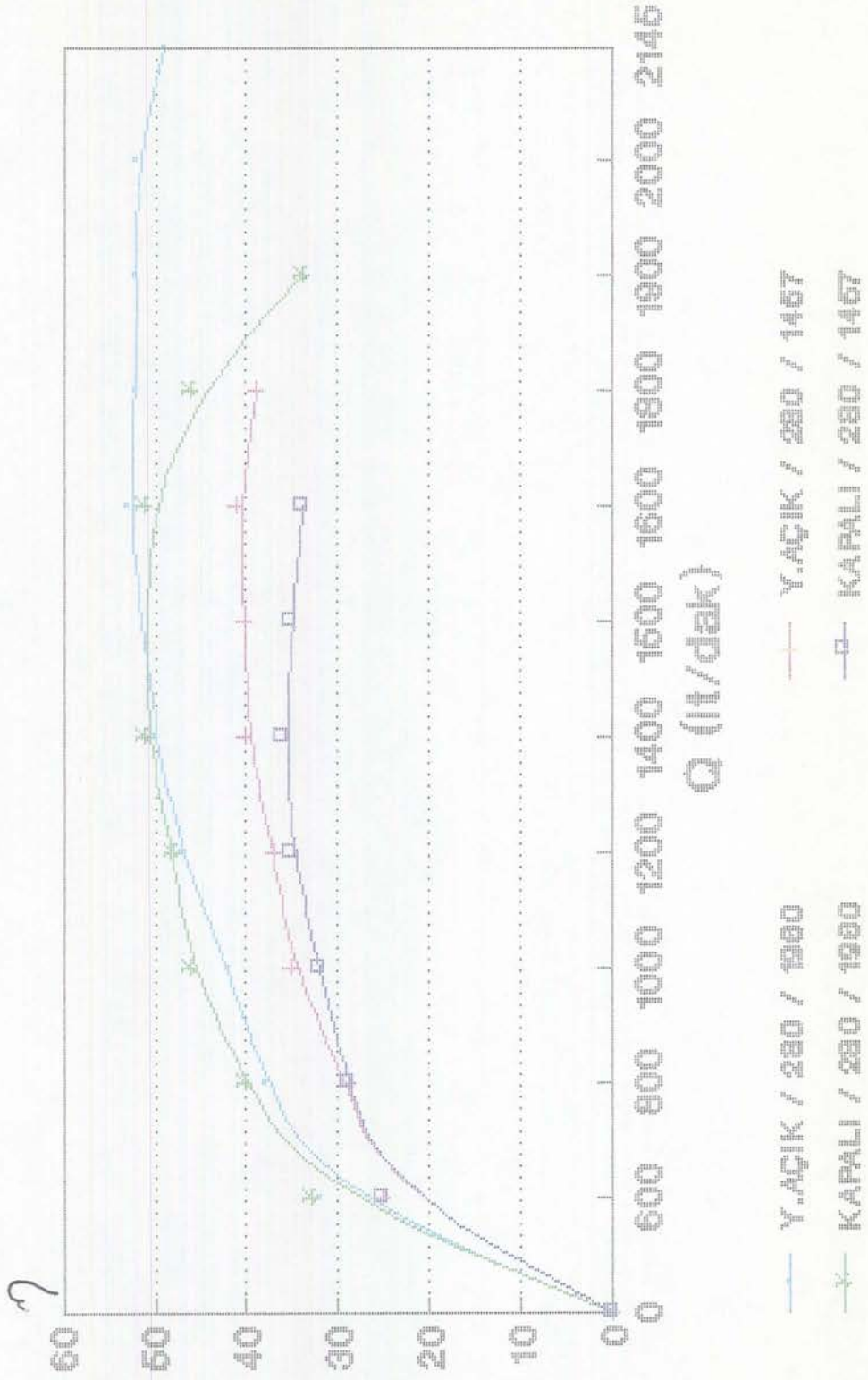


DEBİ-GÜÇ EĞRİLERİ (5 KANATLI FAN)



DENEY GRAFİĞİ XXVII

DEBİ-VERİM EĞRİLERİ (5 KANATLI FAN)



Beş kanatlı fanlarda suyun kanat üzerinden ayrılmaması için kanat eğrilik yarı çapı belirli miktarda artırılmış ve kanat boyu uzatılmıştır (Şekil 6.18.,II nolu formda). Bu da sürtünme kayıplarını artırır.

iki kanatlı fanda akımın yönlendirilmesi daha zor olduğundan, hidrolik kayıplar beş kanatlıya nazaran daha büyüktür.

Halka aralık mesafesi her iki fanda da aynı olduğundan aralık kayıpları aynıdır.

$Q_T = \pi D_2 b_2 \lambda_{2m} c_{2m}$ süreklilik denkleminde görüleceği üzere πD_2 her iki fanda eşittir. Beş kanatlı fanın çıkış genişliği 18 mm iken iki kanatlı fanda 22 mm'dir. Ancak beş kanatlı fanın $\lambda_{2m} c_{2m}$ değeri iki kanatlı fandan daha büyük olduğundan toplam debisi daha fazladır.

8.3.4 Tek Kanat, İki ve Beş Kanatlı Yarı Açık Fanların Karşılaştırılması

Her üç fan tipinde de fan çalışma aralığı aynıdır. En büyük debiyi beş kanatlı fan verirken,iki kanatlı fan da en küçük debi görülür. H_m 'de ise aynı özellikler tespit edilmiştir.Güç ters orantılı, en yüksek verim beş kanatlı fanda, en düşük verim ise iki kanatlı fanda görülmüştür (Tablo II).

- Aralık Kayıpları

Her üç fanda da aynıdır. Ancak kanat sayısının ve toplam kanat boyunun fazla olması nedeniyle beş kanatlı fanda bu kayıp diğerlerine nazaran daha azdır.

- Hidrolik Kayıplar

Kanat sayısının artırılması ile sirkülasyon azalırken, akımın yönlendirilmesi sonucu kanat verimi büyür. Hidrolik kayıplar azaldığından Q ve H_m 'de artış olur. Tek kanatlı fanın çıkış genişliği ve toplam kanat boyu daha fazla olduğundan Q ve H_m değeri iki kanatlıya göre daha fazla olur. Bu verimde de artış sağlanır.

- Fan Sürtünme Kayıpları

Pompa gövdesi ile fan arasında meydana gelen sürtünme kayıpları, $c_2^2/2g$ ile arttığından beş kanatlı fanda mutlak hızın ve fan yüzey alanının daha büyük olması sebebiyle diğerlerine göre daha fazladır. Kanat uzunluğunun artması ile beş kanatlı fanda sürtünme kayıpları artar, ancak ayrılma kayıpları azalır.

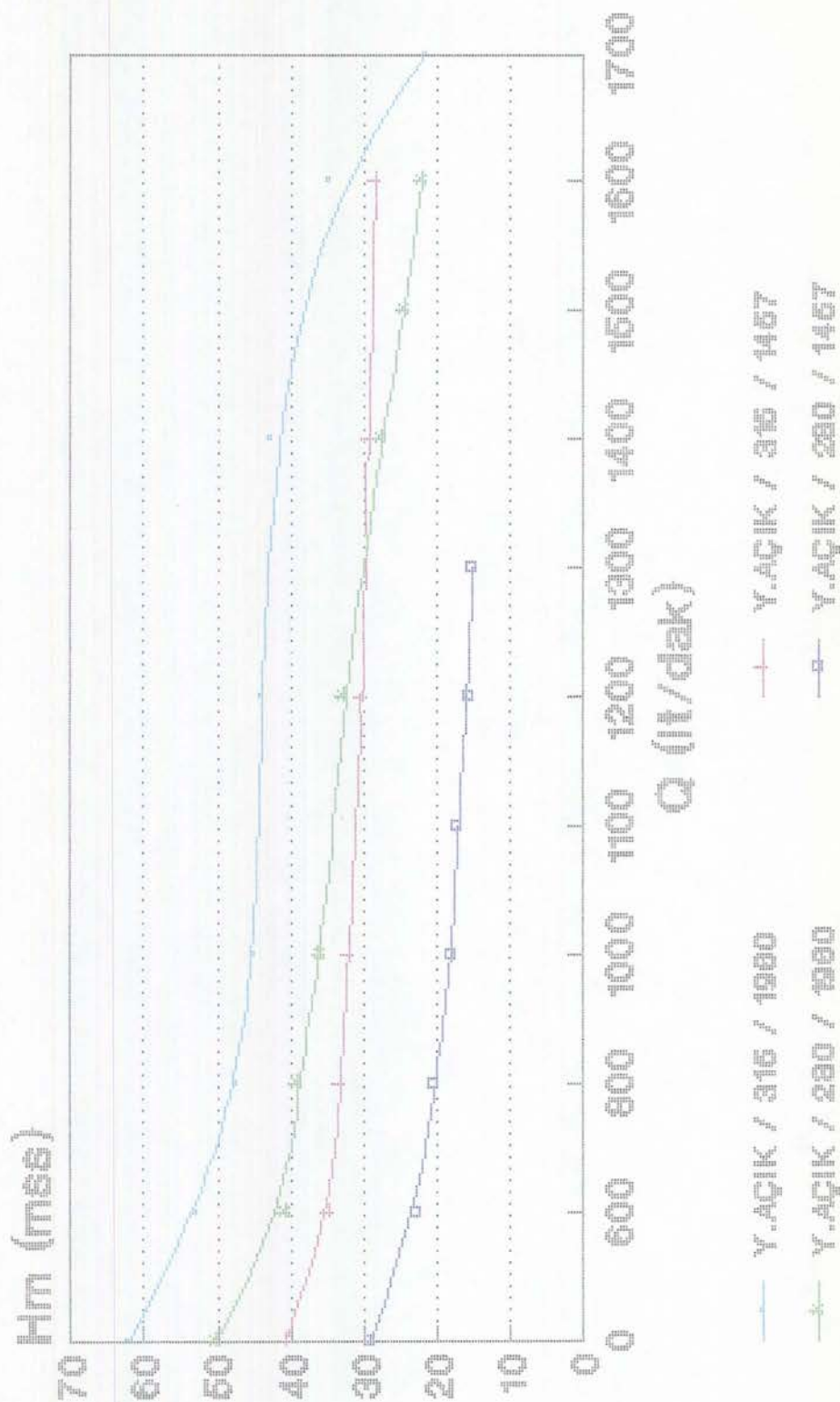
Şekil 6.18.'de görüleceği üzere iki kanatlı fan profili I nolu ile benzerlik göstermekte olup sürtünme yüzeyleri küçük, ancak ayrılma kayıpları büyüktür. Beş kanatlı fan profili şekil 6.18.'de II nolu ile aynı olup optimum çözüm sağlamaktadır. Tek kanatlı fan formu yaklaşık VI nolu ile benzerdir ve kanat uzunluğu büyüdüğünden sürtünme kayıpları artmakta ancak ayrılma kayıpları azalmaktadır.

- Geri Dönüş Kayıpları

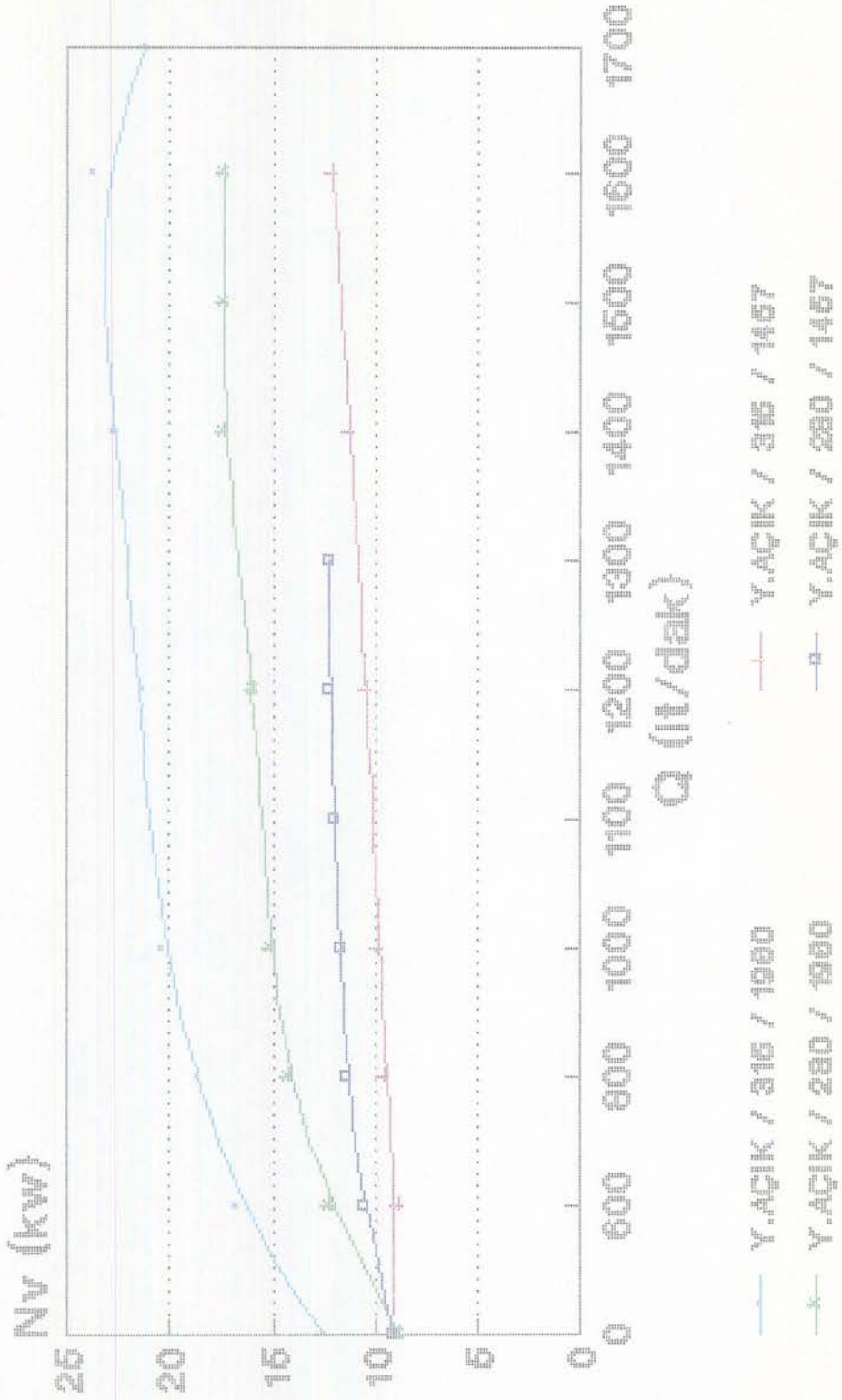
Her üç fan tipinde de aynı değerdedir.

DENEY GRAFIĞI XXVIII

DEBİ-BASMA YÜKSEKLİĞİ EĞRİLERİ (TEK KANATLI FAN)

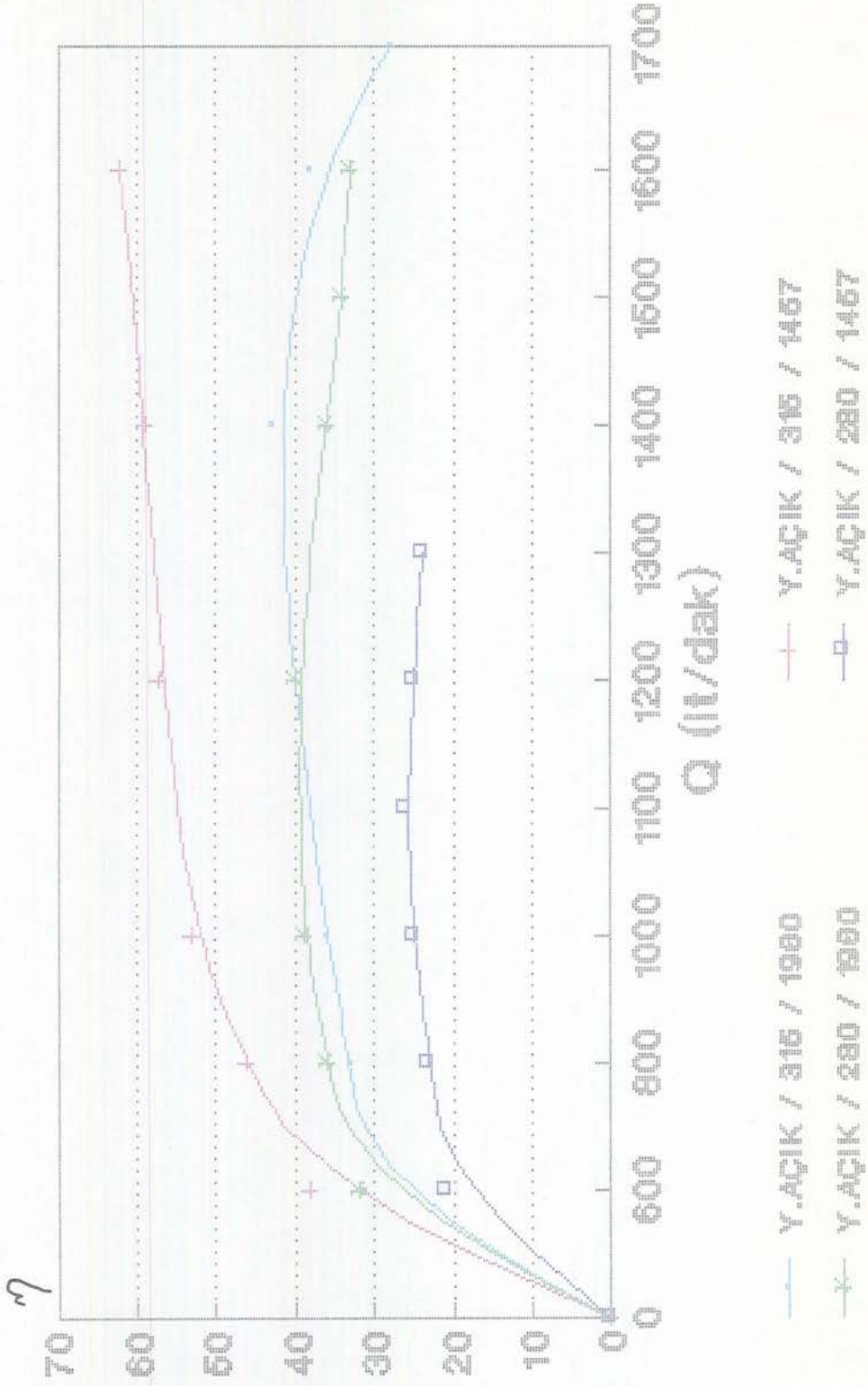


DEBİ-GÜÇ EĞRİLERİ (TEK KANATLI FAN)



DENEY GRAFİĞİ XXX

DEBİ-VERİM EĞRİLERİ (TEK KANATLI FAN)



TABLO I

| Fan tipi | d (mm) | n (d/d) | H min. (MSS) | H max. (MSS) | H opt. (MSS) | Q max. (lt/dak.) | Q opt. (lt/dak.) | N min. (Kw) | N max. (Kw) | N opt. (Kw) | $\eta_{opt.}$ (%) | η_s |
|------------------------------------|-----------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------|
| İki kanatlı kapalı | 315 | 1960 | 27,8 | 54,23 | 36,86 | 1975 | 1600 | 13,9 | 21,9 | 20,9 | 46 | 78,1 |
| " " " | 315 | 1457 | 18,45 | 35,26 | 23,55 | 1545 | 1200 | 5,5 | 9,8 | 9,4 | 51 | 70,3 |
| " " " | 280 | 1960 | 22,81 | 46,39 | 31,66 | 1696 | 1200 | 8,5 | 15,2 | 14,1 | 45 | 75,8 |
| " " " | 280 | 1457 | 12,62 | 27,16 | 19,78 | 1233 | 800 | 3,5 | 6,4 | 6,0 | 43 | 65,5 |
| İki kanatlı (s=2 mm.) Yarı açık | 315 | 1960 | 17,09 | 41,69 | 19,93 | 1400 | 1200 | 10,2 | 15 | 14,1 | 28 | 107,3 |
| " " (s=2 mm.) | 315 | 1457 | 10,67 | 23,65 | 12,31 | 914 | 800 | 10,5 | 11,6 | 11,5 | 14 | 93,4 |
| " " (s=2 mm.) | 280 | 1960 | 13,88 | 33,65 | 16,00 | 1200 | 1000 | 7,6 | 9,9 | 9,5 | 28 | 115,5 |
| " " (s=2 mm.) | 280 | 1457 | 8,0 | 18,66 | 9,65 | 744 | 600 | 8,7 | 10,4 | 10,3 | 9 | 97 |
| " " (s=12 mm.) | 315 | 1960 | 12,96 | 33,5 | 18 | 1220 | 800 | 9,2 | 11,7 | 10,7 | 23 | 94,5 |
| " " (s=12 mm.) | 315 | 1457 | 7,95 | 20,47 | 9,58 | 813 | 700 | 9,0 | 10,4 | 9,9 | 11 | 105,5 |
| Tek kanatlı yarı açık | 315 | 1960 | 21,57 | 62,14 | 42,72 | 1700 | 1400 | 12,6 | 23,7 | 22,8 | 43 | 65,4 |
| " " " " | 315 | 1457 | 28,54 | 40,73 | 28,54 | 1600 | 1600 | 9,3 | 12,1 | 12,1 | 62 | 70,3 |
| " " " " | 280 | 1960 | 21,26 | 50,0 | 32,6 | 1639 | 1200 | 8,8 | 17,4 | 15,9 | 40 | 74,2 |
| " " " " | 280 | 1457 | 15,16 | 29,08 | 17,33 | 1300 | 1100 | 9,1 | 12,3 | 12,0 | 26 | 84,8 |
| Beş kanatlı kapalı | 315 | 1960 | 24,67 | 63,66 | 53,21 | 1806 | 1600 | 11,7 | 25,7 | 26,9 | 52 | 59,3 |
| " " " | 315 | 1457 | 22,89 | 36,59 | 27,45 | 1725 | 1500 | 10,0 | 17,0 | 16,2 | 42 | 70 |
| " " " | 280 | 1960 | 24,78 | 55,55 | 43,97 | 1806 | 1400 | 11,6 | 22,3 | 19,7 | 51 | 64 |
| " " " | 280 | 1457 | 20,0 | 29,36 | 21,86 | 1572 | 1400 | 9,7 | 14,9 | 14,0 | 36 | 80,4 |
| Beş kanatlı yarı açık | 315 | 1960 | 34,42 | 67,62 | 51,76 | 2198 | 1900 | 16,8 | 29,9 | 28,6 | 56 | 66,0 |
| " " " " | 315 | 1457 | 26,49 | 38,59 | 28,51 | 1863 | 1600 | 7,7 | 13,7 | 12,9 | 58 | 70,4 |
| " " " " | 280 | 1960 | 33,08 | 53,59 | 41,48 | 2145 | 1600 | 14,4 | 23,8 | 20,5 | 53 | 71,5 |
| " " " " | 280 | 1457 | 20,56 | 29,59 | 23,0 | 1618 | 1400 | 9,0 | 13,8 | 13,3 | 40 | 77,3 |

| | | İki Kanatlı Kapalı Fan | İki Kanatlı Yarı Açık Fan (S=2 mm.) | İki Kanatlı Yarı Açık Fan (S=12 mm.) | Tek Kanatlı Yarı Açık Fan | 5 Kanatlı Kapalı Fan | 5 Kanatlı Yarı Açık Fan |
|--|---------|------------------------------|--|---|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| d = \varnothing 315 mm. n = 1960 dev/dak. | Hm | 36,86 | 19,93 | 18 | 42,72 | 53,21 | 51,76 |
| | Q | 1600 | 1200 | 800 | 1400 | 1600 | 1900 |
| | Q max. | 975 | 1400 | 1220 | 1700 | 1806 | 2193 |
| | Nv | 20,9 | 14,1 | 10,7 | 22,8 | 26,9 | 28,6 |
| | η | 46 | 28 | 23 | 43 | 52 | 56 |
| | Π_s | 78 | 107 | 95 | 65 | 59 | 66 |
| d = \varnothing 315 mm. n = 1457 dev/dak. | Hm | 23,55 | 12,31 | 9,58 | 28,54 | 27,45 | 28,51 |
| | Q | 1200 | 800 | 700 | 1600 | 1500 | 1600 |
| | Q max. | 1545 | 914 | 813 | 1600 | 1725 | 1863 |
| | Nv | 9,4 | 11,5 | 9,9 | 12,1 | 16,2 | 12,9 |
| | η | 51 | 14 | 11 | 62 | 42 | 58 |
| | Π_s | 70 | 93 | 106 | 70 | 70 | 70 |
| d = \varnothing 280 mm. n = 1960 dev/dak. | Hm | 31,66 | 16,0 | - | 32,6 | 43,97 | 41,48 |
| | Q | 1200 | 1000 | - | 1200 | 1400 | 1600 |
| | Q max. | 1696 | 1200 | - | 1639 | 1806 | 2145 |
| | Nv | 14,1 | 9,5 | - | 15,9 | 19,7 | 20,5 |
| | η | 45 | 28 | - | 40 | 51 | 53 |
| | Π_s | 76 | 116 | - | 74 | 64 | 72 |
| d = \varnothing 280 mm. n = 1457 dev/dak. | Hm | 19,78 | 9,65 | - | 17,33 | 21,86 | 23,0 |
| | Q | 800 | 600 | - | 1100 | 1400 | 1400 |
| | Q max. | 1233 | 744 | - | 1300 | 1572 | 1618 |
| | Nv | 6,0 | 10,3 | - | 12,0 | 14,0 | 13,3 |
| | η | 43 | 9 | - | 26 | 36 | 40 |
| | Π_s | 66 | 97 | - | 85 | 80 | 77 |

TABLO II

8.4 FAN ÇALIŞMA ARALIĞI DEĞİŞİMİNİN POMPA PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Fan çalışma aralığının pompa performansı üzerindeki etkilerinin açık bir şekilde görülebilmesi amacıyla iki kanatlı yarı açık fan da, aralık mesafesi $s=2$ mm'den oldukça büyük bir değer olan $s=12$ mm'ye fan ön karşılığı torna edilerek getirilmiştir.

Fan çapı 315 mm'de 1457 d/d ve 1960 d/d devir sayılarında deneyler yapılarak (Deney Föyü 9 ve 10) XXXI-XXXIII nolu Grafiklere Q 'ya bağlı olarak değişen H_m, N_v ve η değerlerinin karakteristik eğrileri çizilmiştir. Her iki çalışma aralığının birbirleri ile mukayesesi optimum çalışma şartlarında yapılmış ve Tablo II'de özet olarak verilmiştir.

H_m, Q ve η değerleri çalışma aralığının artmasıyla düşme göstermektedir. Aralık genişliği optimum bir değeri aştıktan sonra verim düşmeye başlar. Aralık akışları hacimsel debi kaybına yol açar. Bunun nedeni fan çıkışındaki yüksek basınç, fan ile gövde arasındaki aralıktan emmeye doğru ters akımlar oluşturur ve çalışma aralığı artışı ile orantılı olarak yükselme gösterir. Bu pompa verimini yaklaşık %4-5 oranında düşürerek basınç kaybına (şekil 6.14. ve 6.15.) neden olur.

Aralık akışları aralık girdapları oluşturarak kayıp bölgeleri yaratırlar.

Çalışma aralığı, yarı açık fanlarda pompa performansı üzerinde karar verici bir etkiye sahiptir.

λ (s/b_2) arttıkça , H_m, Q, N_v ve η değerleri düşmekte, aksenal itme azalmaktadır. Kanat yüklenmesi aralık akışları sebebiyle azalmakta, sonuçta pompanın verdiği Q, H_m ve N_v azalmaktadır.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|---|------|------|------|-------|-------|---------------------------------------|-------|---|---|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 9 | | | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | |
| Deney yeri : İŞEAS ESK.MAK.FAB. | | Pompa tipi : TAM SANTRIFUJ | | | | | | | | | | |
| Deney tarihi : 5.2.92 | | Fan tipi : 2 Kanatlı Yarı Açık | | | | | | | | | | |
| Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 315 - 22 \text{ mm.}$ | | | | | | | | | | |
| ÖLÇÜM METODU | | Emme/ Basma Boru Çapı: $\phi 80 / \phi 65 \text{ mm}$ | | | | | | | | | | |
| Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | Akışkan : SU | | | | | | | | | | |
| | | Sıcaklığı (t) = 8 °C | | | | | | | | | | |
| | | Yoğunluk (γ) = 1000 Kg / m ³ | | | | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri | | | | | | | | | | | | |
| Tip : 33 3M-180 N=18,5 kw n=1457 d/d U=380 Volt I=37,6 Amp $\eta = 0,89$ | | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | cos ϕ | | 0,82 | 0,85 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | | | |
| 3 | n | d/d | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | 1457 | | | |
| 4 | I | A | 18,5 | 19,2 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 20,1 | 19,8 | | | |
| 5 | U | V | 384 | 384 | 380 | 388 | 388 | 388 | 388 | | | |
| 6 | η_{Mot} | % | 89 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | | | |
| 7 | Nv | kw | 9,0 | 9,7 | 9,9 | 9,9 | 9,9 | 10,4 | 10,4 | | | |
| 8 | N | kw | 10,1 | 10,8 | 11 | 11 | 11 | 11,5 | 11,5 | | | |
| 9 | Q | lt/dak | 0 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 813 | | | |
| 10 | $\frac{c_D^2 - c_S^2}{2g}$ | m | 0 | 0,12 | 0,18 | 0,26 | 0,36 | 0,47 | 0,48 | | | |
| 11 | P _s | m | 0,53 | 0,30 | 0,0 | -0,09 | -0,22 | -0,45 | -0,47 | | | |
| 12 | P _D | m | 21 | 13 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | | | |
| 13 | H | m | 20,5 | 12,8 | 11,2 | 10,3 | 9,58 | 8,92 | 7,95 | | | |
| 14 | η | % | 0 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 10 | | | |
| 15 | Düşünceler | Fan (Çalışma) aralığı, S=12 mm. | | | | | | | | | | |

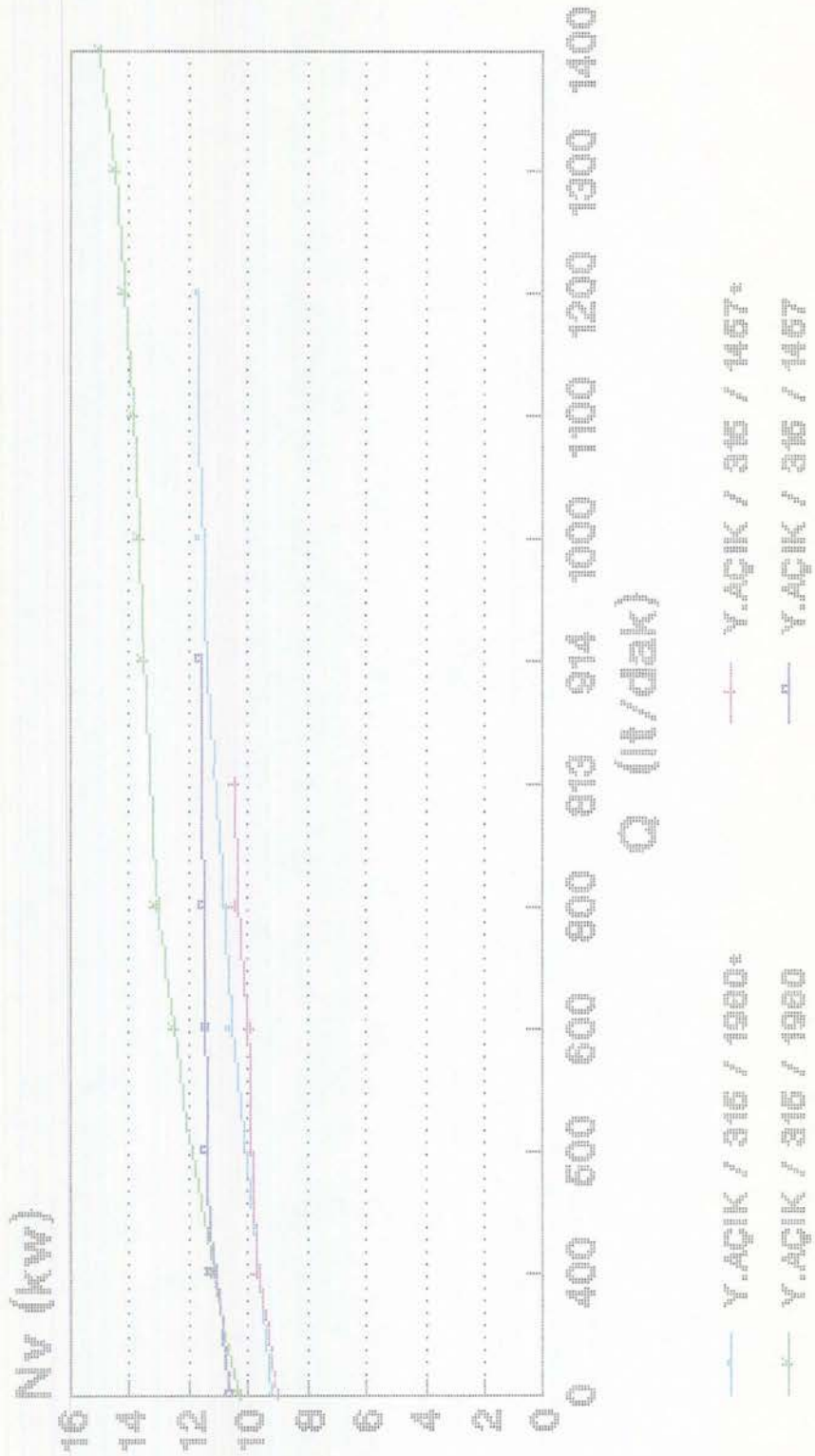
| | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|--|------|--|------|---|------|------|---|---|----|
| Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü | | POMPA DENEYİ RAPORU Deney Föyü 10 | | | | Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı | | | | | |
| Deney yeri : TSFAŞ ESK. MAK. FAB. | | Deney tarihi : 3.2.1992 | | Deneyi yürüten : YAŞAR ÖZÜDOĞRU | | Pompa tipi : TAM SANTRIFUJ | | | | | |
| | | | | Fan tipi : 2 Kanatlı Yarı Açık | | Fan çapı - çıkış gen. : $\phi 315 - 22 \text{ mm.}$ | | | | | |
| ÖLÇÜH METODU | | Emme/ Basma Boru Çapı : $\phi 80 / \phi 65 \text{ mm}$ | | Akışkan : SU | | Sıcaklığı (t) = 8 °C | | | | | |
| Diyafram : $\phi 110 / \phi 75.54$ | | | | Yoğunluk (γ) = 1000 Kg/m ³ | | | | | | | |
| Deneyde Kullanılan Elektrik Motorunun Karakteristikleri | | | | | | | | | | | |
| Tip : B3 GM-2258 N=37 kw n=1466 d/d U=380 Volt I=71,6 Amp $\eta = \% 91$ | | | | | | | | | | | |
| 1 | No : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2 | cos ϕ | 0,51 | 0,56 | 0,56 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | | | | |
| 3 | n | d/d | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | 1960 | | | | |
| 4 | I | A | 31,3 | 32,3 | 32,6 | 33,3 | 33,3 | | | | |
| 5 | U | V | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | | | | |
| 6 | η Mot | % | 85 | 86 | 86 | 87 | 87 | | | | |
| 7 | Nv | kw | 9,2 | 10,6 | 10,7 | 11,7 | 11,7 | | | | |
| 8 | N | kw | 10,8 | 12,3 | 12,4 | 13,4 | 13,4 | | | | |
| 9 | Q | lt/dak | 0 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1220 | | | |
| 10 | $\frac{c_2^2 - c_1^2}{2g}$ | m | 0 | 0,26 | 0,47 | 0,73 | 1,06 | 1,09 | | | |
| 11 | Ps | m | +0,5 | -0,08 | -0,6 | -1,1 | -1,8 | -1,9 | | | |
| 12 | P _D | m | 34 | 22 | 18 | 14 | 11 | 10 | | | |
| 13 | H | m | 33,5 | 22,3 | 19,0 | 15,9 | 13,8 | 13,0 | | | |
| 14 | η | % | 0 | 21 | 23 | 22 | 23 | 22 | | | |
| 15 | Düünceler | - Fan devir sayısı (kayış-kasnak ile) n=1960 dev/dak. - Fan (çalışma) aralığı, S=12 mm. | | | | | | | | | |

DEBİ-BASMA YÜKSEKLİĞİ EĞRİLERİ
(2 KANATLI YAÇIK FAN'DA ARALIĞIN
ETKİSİ ; 2/12 mm AÇIKLIK'DA)



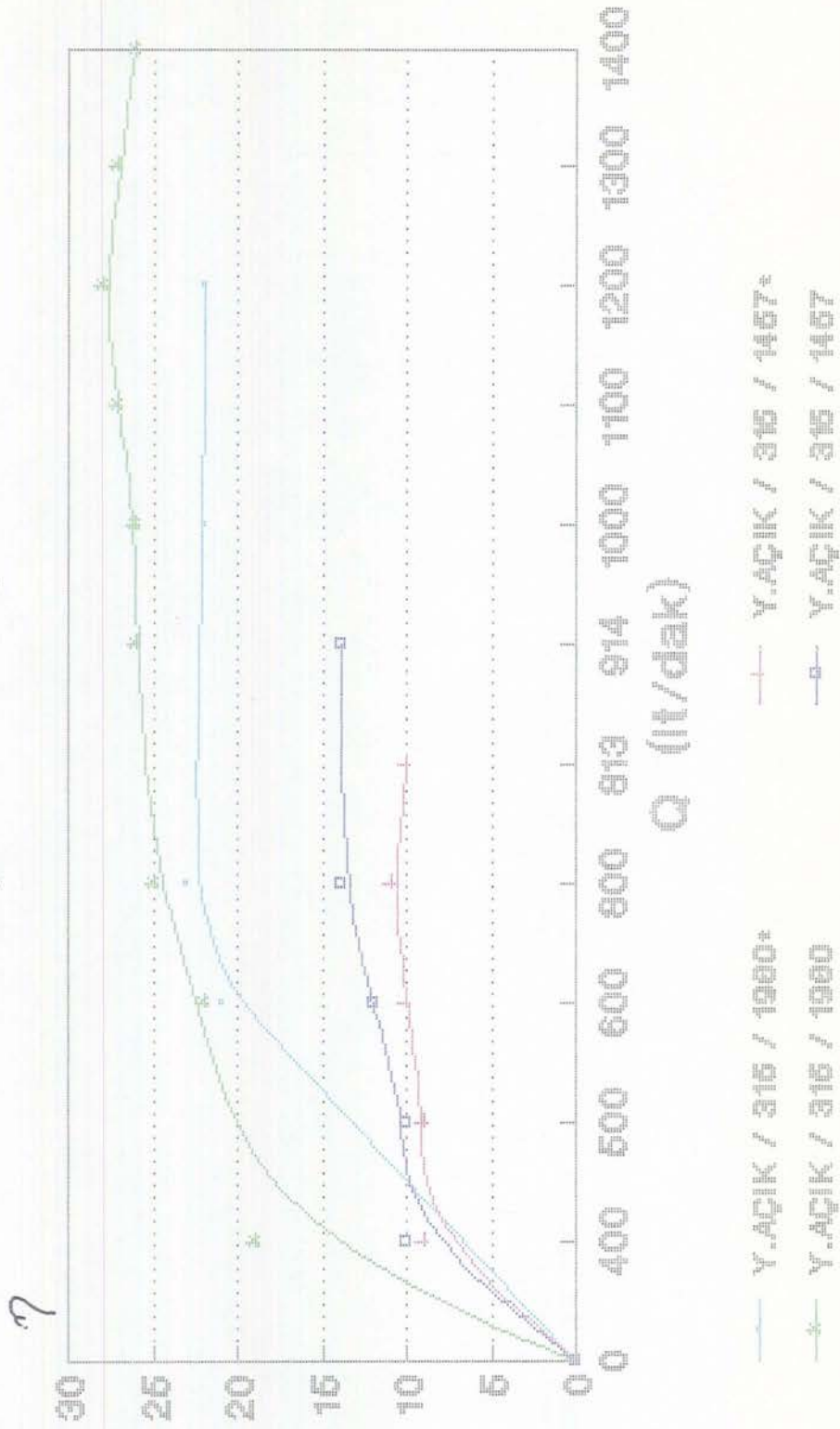
(*) s=12 mm eğrileri

DEBİ-GÜÇ EĞRİLERİ
(2 KANATLI Y.AÇIK FAN'DA ARA LIĞIN
ETKİSİ ; 2/12 mm AÇIKLIK'Da)



(*) s=12 mm eğrileri

DEBİ-VERİM EĞRİLERİ
(2 KANATLI Y.AÇIK FAN'DA ARALIĞIN
ETKİSİ ; 2/12 mm AÇIKLIK'DA)



(*) s=12 mm eğrileri

9.SONUÇ

Yapılan bu çalışmaların sonucunu üç farklı grupta toplamak mümkündür.

1.Grupta ,

Pompalar optimum çalışma değerlerinde dizayn edilirler. Dizayn karakteristikleri olan n, Q, H_m ,en yüksek verim noktasındaki değerlerdir. Ancak işletme şartlarından dolayı bu parametreleri değiştirmek gerekebilir. Bu durumda yeni bir pompa ihtiyacı yerine istenilen değerleri sağlayabilmek amacıyla " Geometrik Benzeşim " formüllerinden yararlanılarak , çap ve devir sayısında yapılacak değişiklikler bizi hedefe götürecektir.

Uygulamada fan çapı üzerinde %10 değişiklik yapılarak hesap yolu ile bulunan karakteristiklerle , deneysel karakteristiklerin oldukça iyi bir şekilde uyduğu görülmüştür. Küçük özgül hızlı santrifüj pompalarda fan çapının küçük değişikliklerinde fan çıkış genişliği aynı kaldığından geometrik benzeşim bağıntıları olumlu yaklaşımlar sağlamaktadır. Ancak gücün teorik ve deneysel değerlerinde belirgin farklar söz konusudur. Bunun nedeni gücün, fan çapının 5. kuvveti ve devir sayısının 3. kuvveti ile artmasından dolayı,(n) ve (d) değerlerinde ufak bir değişiklik sonucu büyük artışlar ortaya çıkarmasıdır.

Ayrıca deney sırasında yapılan gözlemlerde ölçü okumaları elektronik cihazlarla yapılamadığından, ibreli kadran ve civalı manometrede çıplak göz ile yapılan okuma hatalarında, sonucu olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir.

Devir sayısının %25 değişikliklerinde benzerlik kurallarının oldukça iyi bir yaklaşımla geçerli olduğu gözlenmiştir.

Benzeşim uygulamaları , pompa imalatçılarında deneyleri ayarlama , sadeleştirme ve sonuçlarını analiz etme imkanı sağlamaktadır. Prototip olarak imal edilen pompanın deneme yolu ile geliştirilmesi ve istenilen gerçek karakteristikleri sağlayıncaya kadar gerekli düzeltmelerin yapılması zorunlu olmaktadır.

2.Grupta ,

Düşük özgül hızlı santrifüj pompalarda kapalı ve yarı açık fanın pompa performansı üzerinde önemli etkileri olduğu gözlenmiştir. Çalışma şartlarına ve fan tipine göre değişik sonuçlar ortaya çıkmıştır. Fan kanat sayısı , çıkış genişliği , giriş ve çıkış hız üçgenleri farklı olduğundan karşılaştırma aynı fan tipinde doğru olacaktır.

Yarı açık fanlar , lifli maddeleri , vizkoziteleri ve içinde katı madde oranı yüksek sıvıların pompalanmasında minimum tıkanmayla yüksek basma kabiliyetine sahiptirler. Ayrıca fan kanallarının temizlenmesi ve imalat kolaylığı bu fanların kullanılmasını yaygın hale getirmektedir.

Yapılan deneyler sonucu beş kanatlı yarı açık fanların çok iyi dizayn ve minimum çalışma aralığının sağlanmasıyla pompa performansını olumlu yönde etkileyebilecekleri tespit edilmiştir.

Eksenel itmeden dolayı fanın , fan ön karşılığına sürtmeyeceği minimum çalışma aralığı ölçüsüne getirilmesi sonucu daha iyi sonuçlar alınacağı açıktır.

Beş kanatlı yarı açık fanda bütün değişkenler aynı kalmak üzere kapalı fana göre verimi, çap ve devir sayısı büyüklüğüne bağlı olarak % 2-16 arasında daha yüksektir. Ama iki kanatlı fanda tam aksine sonuçlar ortaya koymuştur. Bu da bize , yarı açık - kapalı fan tipinin dizayn şartları (kanat sayısı,giriş-çıkış genişliği ve açıları v.s) ile değiştiğini göstermektedir.

3. Grupta,

Kapalı ve yarı açık fanlarda,fan (çalışma) aralığının pompa performansı üzerinde önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. Fan aralığının $s=2$ mm'den 12 mm'ye çıkarılması ile pompa performansı kötüleşmiştir. Yani debi,güç ,basma yüksekliği ve verim de azalma olmuştur.

Çalışma aralığının artışı ile , verim de %5 , debi de %10-12 , basma yüksekliğinde %2 azalma ortaya çıkmıştır. Gerçekte $s=2$ mm çalışma aralığıda oldukça büyük bir değer olup , genel verimi yükseltmek amacıyla bu ölçüyü sürtme olmayacak şekilde minimuma indirebilecek çalışma ve yataklama sistemi dizayn etmek zorunluluğu olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Baysal, K.,1976, Pompa Karakteristiklerinde Benzeşim, Mühendis ve Makina Cilt 20,Sayı 229, s.53-58.
- Baysal, K.,1976, Benzeşim Kurallarından Yararlanılarak Motopomp Karakteristiklerinin Grafik ve Analitik Metodlarla Etüdü,Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, s. 2,3,4.
- Baysal, K.,1979, Tam Santrifüj Pompalar, Teknik Üniversite Matbaası,Gümüşsuyu,s.2,8,12,15,16,17,20,30,65,66,76,77.
- Black, P.O., 1975, Pumps, Theodore Audel Co.,Indiana,p.139.
- Edis,K.ve Tekin,Y.,1978,Akım Makinaları,Matbaa Teknisyenler Basımevi,İstanbul, s.9,10,11,35,36,46,48,78,79,101-103, 299-311,315,328.
- Engade,A.and Rautenberg,M.,1980, Investigation of Semi Open Impellers , Hannover , Institute of Turbomachinery University of Hannover, p.56,57,58.
- Ergin,A., 1979, Su Makinaları Ders Notları, İ.T.Ü. Ofset Atelyesi, İstanbul, s.288,289,290,298.
- Gökelim,A.T., 1976, Pompalar, Arpaz Matbaacılık, İstanbul s.1,9,96,97,159,160,161,162.
- Lazarkiewich,S. and Tronskolanski,A.T.,1965, Impeller Pumps Pergamon Press,Varşova,p.49-54,101-121,141,314,397-402.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

Lexicon, 1975, Centrifugal Pumps, Klein, Schanzlin & Becker Aktiengesellschaft,(KSB), Frankenthall, Federal Republic of Germany, p.36,37,231,232.

Oyman, B.,1976, Pompa El Kitabı, M.M.O.Yayını, No 102, Nüve Matbaası, Ankara, s.83-88,95-98,120-122.

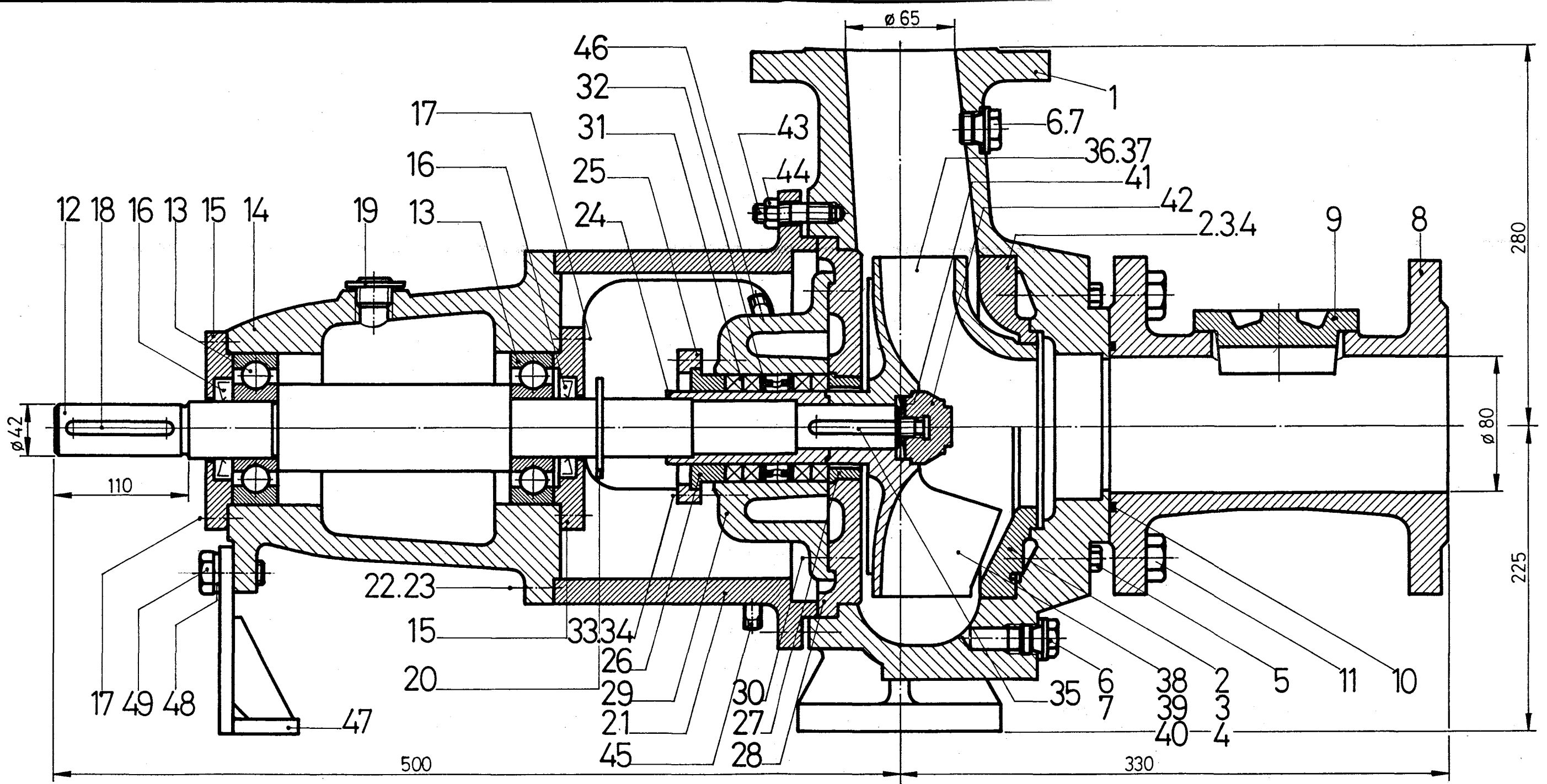
Özgür, C.,1983, Su Makinaları Dersleri, Teknik Üniversite Maybaası, Gümüşsuyu, s.172-180,194-196.

Pancar, Y.,1987, Hidrolik Makinalar Laboratuar Deneyleri, A.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları , No:70, III.Baskı , Eskişehir.

Pfleiderer, C.,1961, Die Kreiselpumpen für Flüssigkeiten und Gase, Springer Verlag, Berlin, Seite 99-101.

Saraçoğlu,S.,1972,Akım Makinaları,İstanbul,s.48,49,56,63-68

Stepanoff,A.J.,1967, Centrifugal and Axial Flow Pumps, John Wiley Sons Inc., Newyork, p.30,31,34,35,36,45,46,69-75, 166,167,201,202,203.

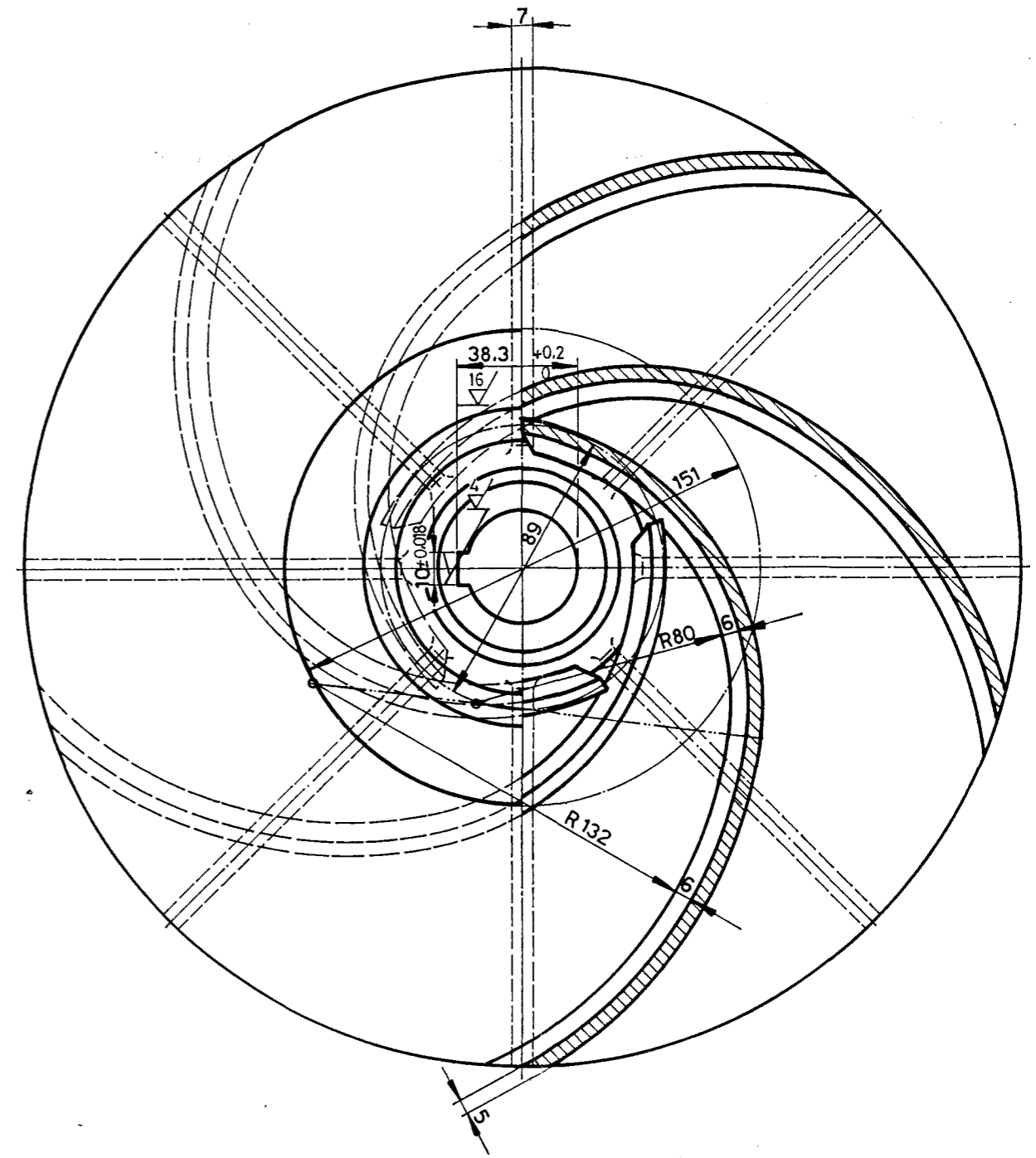
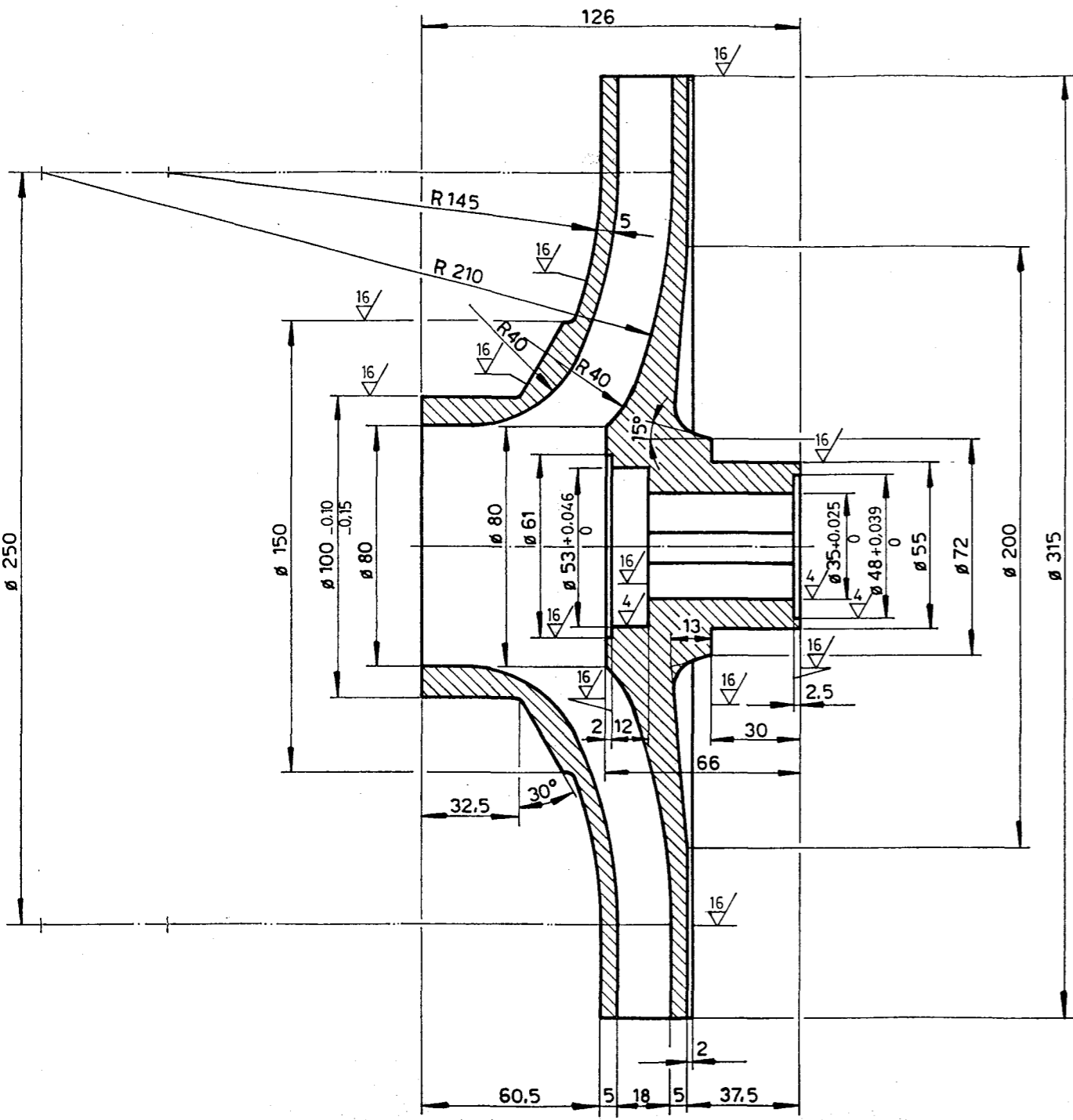


| | | | | |
|------|-------------------------------|-----------|-----|-------------|
| 1 | Altı köşe başlı civata M16x30 | TS1021/1 | 49 | 5.6 |
| 1 | Rondela 18 | TS 79/2 | 48 | St 37 |
| 1 | Yatak tesbit ayağı | | 47 | St 37 |
| 2 | Boru R1/2x100 | DIN 2440 | 46 | St 33 |
| 1 | Boru R1/2x50 | DIN 2440 | 45 | St 33 |
| 12 | Altı köşe somun M16 | TS 1026/1 | 44 | 4.6 |
| 12 | Saplama M16x35 | TS 1025/3 | 43 | 5.6 |
| 1 | Fan tesbit somunu | | 42 | X7CrNi18 10 |
| 2 | Çanak yay B50 | DIN 2093 | 41 | Yay çeliği |
| 1 | 5 Kanatlı Yarı açık Fan | | 40 | GGG.60 |
| 1 | 2 Kanatlı Yarı açık Fan | | 39 | GGG.60 |
| 1 | Tek Kanatlı Yarı açık Fan | | 38 | GGG.60 |
| 1 | 5 Kanatlı Kapalı Fan | | 37 | GGG.60 |
| 1 | 2 Kanatlı Kapalı Fan | | 36 | GGG.60 |
| 1 | Uygu kaması A10x8x70 | TS 147/2 | 35 | St 60 |
| 2 | Altı köşe somun M12 | TS 1026/1 | 34 | 4.6 |
| ADET | İ S İ M | | NO. | GEREÇ |

| | | | | |
|------|------------------------------------|--------------|-----|--------------------------|
| 2 | Saplama M12x40 | TS 1025/3 | 33 | 5.6 |
| 1 | Su kilidi | | 32 | G. Ms 65 |
| 4 | Salmastra 10x220 | | 31 | %90 Asbest ipliğinden |
| 7 | Altı köşe başlı civata M10x20 | TS 1021/4 | 30 | 5.6 |
| 1 | Soğutucu hazne | | 29 | GG.20 |
| 1 | Fan arka karşılığı | | 28 | GGG.60 |
| 1 | Burç | | 27 | G. SoMsF45 |
| 1 | Salmastra baskısı (iki parçalı) | | 26 | G. Ms65 |
| 1 | Salmastra baskı parçası | | 25 | GG.20 |
| 1 | Burç 55x100 | | 24 | St 37 |
| 4 | Altı köşe somun M16 | TS 1026/1 | 23 | 4.6 |
| 4 | Saplama M16x35 | TS 1025/3 | 22 | 5.6 |
| 1 | Flanşlı ara gövde | | 21 | GG.20 |
| 1 | Su seti 45/80x5 | | 20 | St 37 |
| 1 | Havalandırma tapası (Contalı) R1/2 | | 19 | PLASTİK PÖLİAKRİLAT |
| 1 | Uygu kaması A12x8x70 | TS 147/2 | 18 | St 60 |
| 6 | Sil.başgömme altı köşe civ.M10x20 | DIN 912 | 17 | 5.6 |
| 2 | Yağ keçesi 45/60x10 | SKT Ls 45062 | 16 | - |
| ADET | İ S İ M | | NO. | GEREÇ |

| | | | | |
|-----------------------|--|------------------------|-----|--------------------|
| 2 | Yatak kapağı | | 15 | GG.20 |
| 1 | Yatak gövdesi | | 14 | GG.20 |
| 2 | Tek sıra sabit bilyalı rulman (6409) DIN 625 | | 13 | - |
| 1 | Pompa mili | | 12 | C 1050 |
| 8 | Altı köşe başlı civata M16x45 | TS1021/3 | 11 | 5.6 |
| 1 | O-Ring 110.7x3.53 | SKT No. 4H.094 | 10 | NİTRİL KALİĞLİK |
| 1 | Temizleme kapağı | | 9 | GG.20 |
| 1 | Flanşlı ara parça | | 8 | GG.20 |
| 2 | Körtapa R1" | DIN 910 | 7 | 5.6 |
| 2 | Conta A 33x39 | DIN 7603 | 6 | Cu |
| 8 | Altı köşe başlı civata M10x40 | TS 1021/3 | 5 | 5.6 |
| 1 | 5 Kanatlı yarı açık_Kapalı Fan Ön karşılığı | | 4 | GGG.60 |
| 1 | 2 Kanatlı yarı açık_Kapalı Fan Ön karşılığı | | 3 | GGG.60 |
| 1 | Tek kanatlı yarı açık Fan Ön karşılığı | | 2 | GGG.60 |
| 1 | Gövde | | 1 | GGG.60 |
| ADET | İ S İ M | | NO. | GEREÇ |
| ÇİZEN: Yaşar ÖZÜDOĞRU | | TAM SANTRİFÜJ POMPA | | |
| TARİH: 13.1.1993 | | | | |
| ÖLÇEK: 1:2.5 | | | | |

50 / [16 / 4]



| | | | |
|--------|----------------------|--|--------|
| 1 | 5 Kanatlı Kapalı Fan | 37 | GGG_60 |
| ADET | İ S İ M | NO. | GEREÇ |
| ÇİZEN: | Yaşar ÖZÜDOĞRU | TAM SANTRİFÜJ POMPA 5 Kanatlı KAPALI FAN | |
| TARİH: | 19.1.1993 | | |
| ÖLÇEK: | 1:2 | | |

