



T.C. YÜNSEKÖRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONFORM TRANSFORMASYONLA

KANAT ÇİZİMİNE

KOMPUTER YAKLAŞIMI

34668

Mak. Müh. Ahmet SÖZERİ

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Muhittin SOĞUKOĞLU

İstanbul , 1994

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİTASYON MERKEZİ

ÖNSÖZ

Pompalarda mekanik enerjinin hidrolik enerjiye dönüş-tüğü eleman çarklardır. Hidrolik verimin iyileştirilmesi açısından çarkların dizaynı önem arz etmektedir.

Geriye dönük kanatların kullanıldığı santrifüj pompa-larda kanat dizaynı için birkaç metod metod geliştirilmiştir. Bu metodlar, pompanın yapısı ve pompadan beklenen özelliklere göre kullanım alanı bulur.

Geriye dönük santrifüj kanadın formu, logaritmik spiral ifadesi ile bazı kaynaklarda verilmiştir. Ancak bu ifadenin teorik temelleri hakkında yeterli bilgiye rastlan-mamaktadır. Bu çalışmada $r=r_1 \cdot e^{\theta \cdot \tan \alpha}$ şeklinde verilen ifadenin teorik temelleri araştırılmıştır. Bu ifade, komp-leks transformasyonla elde edilmiştir. Eldeki ifade, pompa dizaynında daha az işlemle sonuca daha hızlı ulaşmayı sağlamaktadır.

Bunun yanında bilgisayar, hesap ve teknik çizimlerin yapılmasında zaman ve çabadan büyük tasarruf sağlamaktadır. Bu çalışmada, problemin çözümüne bir bilgisayar programı yardımıyla bir yaklaşım yapılmıştır.

Çalışmalarında yardımını esirgemeyen hocam Sayın Doç.Dr. Muhittin SOĞUKOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Özet	ii
Summary	iv
Semboller	v

BÖLÜM 1. KANAT ÇİZİM METODLARI

1.1 Giriş.....	1
1.2 Tek Daire Metodu ile Kanat Çizimi.....	3
1.3 Çift Daire Metodu ile Kanat Çizimi.....	6
1.4 Nokta-Nokta Kanat Çizimi.....	9
1.5 Konform Tasvir Metodu ile Kanat Çizimi.....	18

BÖLÜM 2. KONFORM TRANSFORM METODU İLE KANAT ÇİZİMİ

2.1 Giriş.....	20
2.2 Konform Transform Teorisi.....	22
2.3 Konform Transform ile Kanat Profili Teşkili....	22
2.4 Kanat Profili için Örnek Çizim.....	28

BÖLÜM 3. POMPA ÇARKININ HESABI VE ÇİZİMİ

3.1 Giriş.....	30
3.2 Santrifüj Pompa Çarkının Hesabı.....	31
3.2.a Çarkın Giriş Koşulları.....	33
3.2.b Çarkın Giriş Koşulları.....	36

PROGRAM HAKKINDA BİLGİ.....	45
-----------------------------	----

SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	47
---------------------------	----

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

EKLER

ÖZET

Bu çalışmanın birinci bölümünde, bugüne kadar uygulana gelen kanat çizim metodları, şekiller yardımıyla açıklanmıştır.

Bu metodlar, tamamen grafik metod olan tek daire, çift daire metodları ile literatürde konform tasvir adıyla yer alan metod ve teorik bir temele dayanan fakat çözümü problemin karakteri nedeniyle nümerik olarak çözülebilen nokta nokta çizim metodudur.

Bu metodlardan konform tasvir, kaynaklardaki şekliyle grafik bir metod olarak ele alınmıştır. Nokta nokta çizim metodu ise teorik temelleri de göz önüne alınarak açıklanmaya çalışılmıştır.

İkinci bölüm, bu çalışmanın esas konusunu teşkil etmektedir. Bu bölümde, kısaca, kompleks değişkenlerde konform dönüşümün teorisi açıklanmıştır. Bu kısımda konumuzun açıklanmasında yeterli olacağı düşüncesiyle fazla detaya inilmemiştir. Bu müteakip kısımda, bir kompleks düzlemde uniform bir akım ve akımla β açısı yapan doğru parçası, bir dönüşüm fonksiyonu yardımıyla kompleks yarı-kutupsal koordinatlarda logaritmik spiral ifadesine dönüştürülmüştür $[r=r_1 \cdot e^{\theta \cdot t \cdot \beta}]$. Bu ifade, kanat giriş ve çıkış açısının birbirine eşit olduğu durumda bir kanat problemine uygulanabilir. Kanat giriş ve çıkış açılarının birbirinden farklı olduğu durumlar için koordinatlar (r ve θ), yine

bu ifadeye dayalı olarak nümerik yoldan bulunması gerekir. Bunun için nokta nokta kanat çiziminin hesabında olduğu gibi r yarıçapının r artımına göre β kanat açısının değeri bulunur. β kanat açısının değışimi bulunduktan sonra logaritmik spiral ifadesinden $\theta = \tan\beta \cdot \ln(r/r_1)$ ifadesi yardımıyla θ merkez açısı r ye bağlı olarak bulunur. Oluşturulan $r-\theta$ tablosuna göre kanat çizimi tamamlanır. Son kısımda bir örnekle bu "konform transform" metodu uygulanmaya çalışılmıştır.

Sonuç kısmında da bu çizim metodunun kanat şekli ve fonksiyonuna etkisi tartışılmıştır.

SUMMARY

In the first chapter of this study, blade bending methods used till now (today) was explained by figures. Those methods which were performed graphically are single circle, double circle and conformal transform and point by point methods that depending a theoretic base but, solved numerically. Point by point method was determined in the view of its theory.

Second chapter forms the real subject of this study. In this chapter, the theory of conformal transform in the complex variables was explained, but not done with details because it is not the main subject of this study. Then, a uniform current was transformed into a logarithmic spiral by a function $[r=r_1 \cdot e^{\theta \cdot \tan \alpha}]$. The expression logarithmic spiral can be treated in the case of the vane inlet angle which is equal to outlet angle. If the vane inlet and outlet angles are different from each other, the coordinates (r and θ) should be calculated numerically. At the end, this method was treated to a problem.

SEMBOLLER

β_{1k}	Kanat Giriş Açısı
β_{2k}	Kanat Çıkış Açısı
β	Kanat Açısı
r_1	Çark Giriş Çapı
r_2	Çark Çıkış Çapı
n_s	Kademe Sayısı
θ	Merkez Açısı
C_m	Meridyen Hızı
U	Çevresel Hız
Q_T	Çarktan Geçen Toplam Debi
W	İzafi Hız
b	Kanat Genişliği
Z	Kanat Sayısı
t	Kanat Adımı
(C_m)	Kanat Kalınlığı Sıfır Alınarak Bulunan Meridyen Hız
s	Kanat Kalınlığı
σ	$(=s/\sin\beta)$ Paralel Daire Üzerinde Ölçülen
e	Kanat Kalınlığı

BÖLÜM 1.KANAT ÇİZİM METODLARI

1.1 Giriş :

Pompalar, sıvıların naklinde bir yerden biryere basılmasında kullanılan makinalardır. Bir pompanın karakteristiğini debi (Q m³/sn), manometrik basma yüksekliği (H_m mss), devir sayısı (n dev/dak) ve bunlara bağlı olan özgül hızı (n_s dev/dak) belirler. Özgül hıza göre pompanın tipi belirlenir.

Pompalar tam santrifüj, heliko santrifüj ve aksenel olmak üzere başlıca üç grupta incelenebilir. Santrifüj pompalar yüksek basma yüksekliği, düşük debi, aksenel pompalar düşük basma yüksekliği, yüksek debi değerlerini haizdir. Ara gruplar bu değerler arasında geçiş sağlarlar.

Bu pompa tipleri konstrüksiyon bakımından farklı şekillere sahiptir. Buna bağlı olarak boyut ve büyüklüklerinin hesaplanması farklı şekillerde yapılır. Hesap şekilleri çeşitli kaynaklarda açıklanmaktadır.

Pompaların en önemli organları çarklarıdır. Pompa çarkının kanatları hız enerjisini kısmen basınç enerjisine dönüştüren bir kaskat heyeti teşkil ederler. Dolayısıyla pompa çarkının konstrüksiyonu dikkat ister. Çünkü pompalarda enerji dönüşümü kanatlarda gerçekleşir. Kanatlar aynı zamanda verimi doğrudan etkiler. Örneğin kanat boylarının

.....
 kısa olması basma yüksekliğinin sağlanamamasını netice verebilir. Benzer şekilde kanat boylarının fazla uzun olması enerji kayıplarına neden olacağından verimin düşmesine neden olacaktır. Bunlar gibi birçok örnek vermek mümkündür.

Çark kanadına ait temel büyüklükler çark giriş ve çıkış çapları D_1 , D_2 , kanat giriş ve çıkış açıları β_{1k} , β_{2k} , kanat giriş ve çıkış enleri b_1 , b_2 dir. Herhangi bir hesap metoduna göre bu ve bunlara bağlı büyüklükler hesaplandıktan sonra çark kanadı şekillendirilebilir.

Çark kanadının çiziminde bir çok metod kullanılmaktadır. Bunların bazıları kolaylık, bazılarıda hassaslık yönünden tercih edilirler. Bu metodların bazıları, tamamen geometrik çizime dayanır. Diğer bazılarıda hesapla bulunan parametreler yardımıyla çizime dayanır. Bu metodları şu şekilde sıralayabiliriz:

- 1- Tek daire metodu
- 2- Çift daire metodu
- 3- Nokta nokta çizim metodu
- 4- Konform tasvir metodu.

Bu metodlardan tek daire, çift daire ve konform tasvir metodları tamamen geometrik çizime dayanır. Nokta nokta çizim metodu ise bir hesap yöntemidir.

Santrifüj pompa çark kanadı,

$$\theta(^{\circ}) = \frac{180}{\pi} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r \cdot \tan \beta} \dots \dots \dots (1.1)$$

.....
 formülü ile ifade edilebilir. Kanadın şekli r_1 ' den r_2 ' ye integrasyonu yapmakla belirlenmesi gerekir. Oysa integrasyonda iki değişken r ve β mevcuttur. Dolayısıyla bu integrasyon ancak nümerik olarak yapılabilir. Bunun için β kanat açılarının r yarıçaplarına göre bulunup daha sonra θ merkez açılarının hesaplanmasıyla yapılabilir. Bu durumda kanat yarı kutupsal koordinatlarda $r - \theta$ parametrelerine göre çizilebilir.

Bu integrasyonda β kanat açısı sabit kabul edilirse ifade

$$r = r_1 \cdot e^{\theta \cdot \tan \beta} \dots \dots \dots (1.2)$$

logaritmik ifadesi şeklini alır. Yine bu ifade ile kanat, r 'ye bağlı β değişimine göre nokta nokta çizilebilir.

1.2 Tek Daire Metodu ile Kanat Çizimi

Basit ve küçük çarklar (örneğin $D \leq 100\text{mm } \emptyset$) için kullanışlı bir methodur.

Bu metod şu şekilde uygulanır(2) :

D_1 ve D_2 çaplı daireler çizilir. D_1 çaplı daire üzerinde herhangi bir K noktası seçilir. OK ile β_{1k} açısını yapan doğrunun D_2 çaplı daireyi kestiği B noktası bulunur. B ve K noktalarını birleştiren doğrunun D_1 çaplı daireyi kestiği A noktası başlangıç noktası olacaktır. B den itibaren $OBN = \beta_{1k}$ olacak şekilde BN doğrusu çizilirse, bu doğrunun AB doğrusunun orta dikmesi ile kesim noktası G, kanat daire yayının merkezidir. G merkezli, A ve B den geçen daire yayı çizilerek ve gerekli e kanat kalınlığı

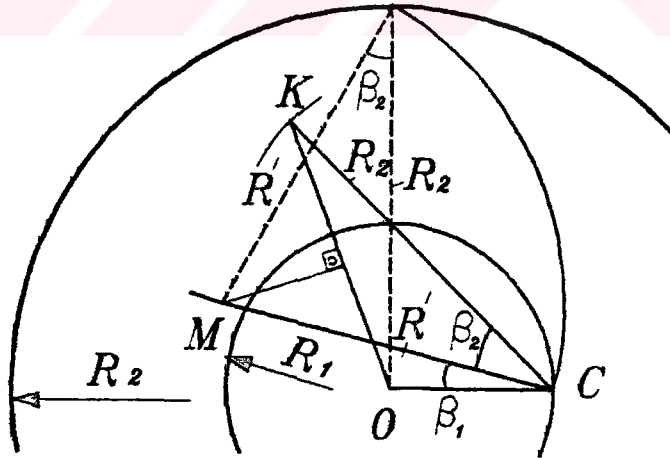
.....
uzaklıkta K noktası alınır. KO'nun orta dikmesi çizilir. OC ile β_1 açısı yapan CM doğrusu çizilerek KO'nun orta dikmesiyle kesiştirilir ve M merkezi bulunur (Şekil 1.2).

Burada M merkezi MA yarıçaplı dairenin çıkış dairesine β açısıyla kestiğini göstermek için MAO açısının β 'ye eşit olduğu gösterilmelidir. Dikkat edilirse MAO üçgeni MCK üçgenine eşittir.

Tek daire metodunda kanadı teşkil eden yayın eğrilik yarıçapı

$$R = \frac{r_2^2 - r_1^2}{(r_2 \cdot \cos \beta_2 - r_1 \cdot \cos \beta_1)} \dots \dots \dots (1.3)$$

ifadesiyle bulunur.



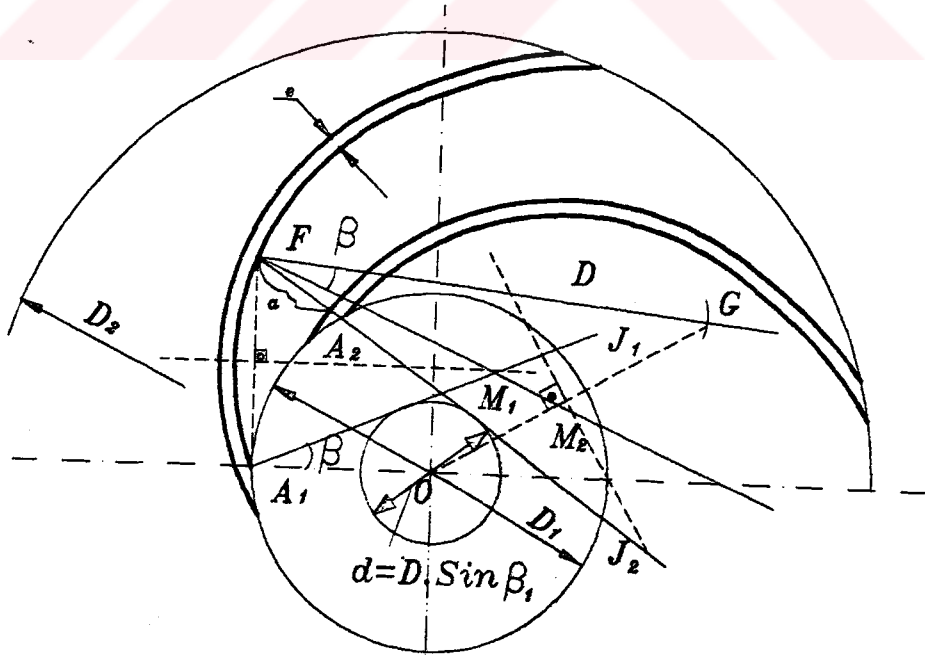
Şekil.1.2

1.3 Çift Daire Metoduna Göre Kanat Çizimi:

Bu metod çark kanatlarının çiziminde oldukça çok kullanılır. Uygulanışı şu şekildedir:

D_1 ve D_2 çaplı daireler çizilir. Z kanat sayısı bilindiğine göre D_1 çaplı daire $t=D_1/Z$ adımı (veya $360^\circ/Z$ bölüm açısı) yardımıyla birbirini izleyen kanatların giriş noktaları A_1, A_2, \dots saptanır (Şekil 1.3).

O merkezli ve $d = D_1 \cdot \sin \beta_1$ çaplı daire çizilir. A noktasından d çaplı daireye $A_1 J_1$ ve aynı şekilde A_1 den de aynı daireye $A_2 J_2$ teğetleri çizilir. $A_2 J_2$ teğeti üzerinde ve A_1 den itibaren e kanat kalınlığı ve $a = \pi \cdot d / Z$ kadar alınarak F noktası bulunur. FA 'in orta dikmesi ile $A_2 J_2$ teğetinin kesim noktası M kanat iç yüzüne ait giriş dairesinin merkezidir.



Şekil.1.3

.....

M merkezli ve A_1F' 'den geçen daire yayı çizilirse kanat iç yüzeyine ait kısım belirlenmiş olur. FM doğrusu ile β_{1k} açısı yapmak üzere FG doğrusu çizilir ve bu doğru üzerinde $FG=D_1/2$ kadar alınarak G noktası bulunur. GO'nun orta dikmesi ile FM doğrusunun kesim noktası M, kanat iç yüzeyinin ikinci kısmına ait daire yayının merkezi olur. M merkezli ve F'den başlamak üzere FM yarıçaplı daire yayı ile kanat iç yüzeyine ait kanadın ikinci bölümü çizilir. Ayrıca et kalınlığı şeklindeki gibi dışa doğru verilerek kanat çizimi tamamlanır.

Bir diğer çift daire metoduna göre çizim, $D_1/D_2=0.5$ ve $\beta_{2k} = 30^\circ$ şartlarını sağlayan çark kanatları için yapılır.

D_1/D_2 oranı 0.5 ve $\beta_{2k} = 30^\circ$ kanat çizimi bir önceki metodda yapıldığı gibi kanadın A_1F giriş daire yayı, M_1 merkezli daire yardımıyla çizilir. M_1F' 'den itibaren $\beta_{2k} 30^\circ$ açı yapacak tarzda çizilen FJ doğrusu üzerinde, çarkın çıkış yarıçapı R_2 kadar alınarak G noktası bulunur. Bu noktadan $m=FO$ kadar alınıp D_2 çaplı daire kestirilir ve kanadın bitiş noktası B elde edilir. B ile F' nin orta dikmesi yardımıyla veya B noktasından D_1 çaplı daireye teğet çizilerek M_2 merkezi bulunur. M_2 merkezli ve MF yarıçaplı yay çizilerek kanadın ikinci bölümüne ait daire tamamlanmış olur. BOC dik üçgeninde B iç açısının 30° ve FOM_2 ile BM_2G üçgenlerinin eşitliğinden $FO=BG$ olduğu kolayca görülür.

Çift daire metodu, orta büyüklükteki pompaların

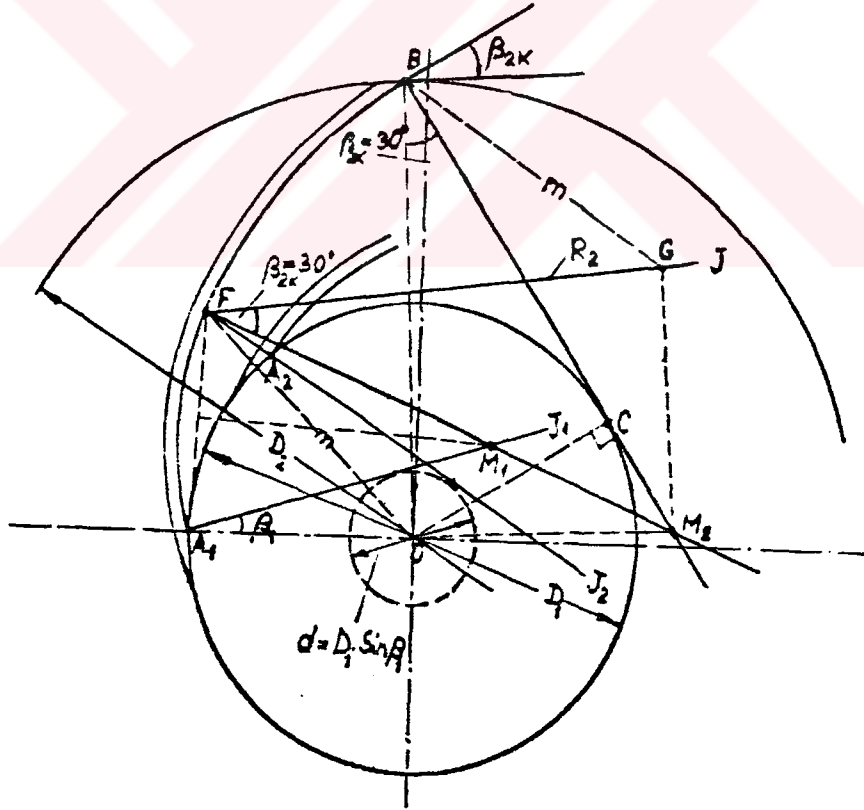
.....

Çift daire metodu, orta büyüklükteki pompaların dizaynında çokca kullanılan bir methodur. Kanadı teşkil eden her bir daire yayının eğrilik yarıçapları,

$$R_1 = \frac{r_2^2 - r_1^2}{(r_2 \cdot \cos \beta_2 - r_1 \cdot \cos \beta_1)} \dots \dots \dots (1.4)$$

$$R_2 = \frac{r_2^2 - r_1^2}{(r_2 \cdot \cos \beta_2 - r_1 \cdot \cos \beta_1)} \dots \dots \dots (1.5)$$

ifadeleri ile verilir.



Şekil.1.4

1.5 Nokta Nokta Kanat Çizimi

Tek daire metoduyla çizim ancak basit ve küçük çarkla için önerilmektedir. Çift daire metoduna göre çizimin çok kullanılmakla birlikte bazı yazarlar bazı sakıncalarına değinmişlerdir. Eğrilik yarıçapının değıştiği noktalarda büyük kanat açısı değışimleri olacağı ve akışkanın cidardan ayrılarak hidrolik kayıplara yol açacaktır. Kanat çizimine ait en uygun yaklaşım kanadı çok eğri yaylarından oluşturmaktır. Bu kanat çizim şekli, kanat giriş β_{1k} açısından β_{2k} açısına kadar kanat boyunca β kanat açılarının değeri saptanır ve kanatı bu açılara uygun şekilde yerleştirerek yapılır. Bu metod, yüksek özgül hızlı ve yarı aksenel pompalarda da rahatlıkla uygulanabilir. Ancak yüksek özgül hızlı pompalarda gerçek açıları bulmak için çoğu zaman konik açılımlar söz konusu olur. Tam santrifüj pompalarda durum biraz daha basittir. Kanat girişinde açılar gerçek değeriinden biraz farklı ise de kanadın büyük bir kısmında gerçek açıyla izdüşümü büyük bir hata yapmaksızın aynı kabul edilebilir.

a) Bu metodda, yapılacak ilk işlem , kanat boyunca hız üçgenlerini çizmek ve β açılarının değeriini değeriini girişten çıkışa kadar saptamaktır. Bu işlemde β kanat açısının β_{1k} ile β_{2k} sınır değeriileri arasındaki değışimi r 'ye bağlı olarak bulunur. Böylece her r değışimine karşı düşen β açısı hesaplanarak kanat adım adım ilerlenerek çizilir. Yorucu ve yaklaşık bir yöntem olan bu çizim şekli

.....
gerçekte bir integral işleminden başka bir şey değildir. Bu integral ifadesinin teşkili ve nümerik olarak θ merkez açısı şu şekilde bulunur.

Şekil.1.4'ten θ merkez açısı $d\theta$ kadar arttığı zaman r de, P noktası kanat üzerinde kalarak P' noktasına gidecek şekilde dr kadar artar. T bir dik açı olduğundan şekilden,

$$P'T = rd\theta$$

ve $PP'T$ üçgeninden

$$PT = \frac{P'T}{\tan\beta}$$

yazılır. Bu bağıntıların sağ yanları eşitlenerek $P'T = dr$ konursa

$$rd\theta = \frac{dr}{\tan\beta}$$

veya

$$d\theta = \frac{dr}{r \cdot \tan\beta}$$

elde edilir. Bu limit r_1 ve r limitleri arasında integre edilir ve açısını derece cinsinden belirtmek için $180/\pi$ ile çarpılırsa

$$\theta(^{\circ}) = \frac{180}{\pi} \int_{r_1}^r \frac{dr}{r \cdot \tan\beta} \dots \dots \dots (1.6)$$

bulunur.

(1.1) ifadesinde r ve β olmak üzere iki değişken mevcuttur. Bu değişkenler arasında herhangi bir bağıntı bulunmadığı için dr yerine r sonlu aralığı seçilerek çözüm nümerik olarak yapılır. Bunun için bir çizelge yapılır.

.....
 W'ye bağılı olarak değişimin kabulü iyi sonuç vermektedir.
 Bu durumda Şekil.4'teki PQR üçgeninden,

$$\sin \beta = \frac{C_m}{W} \dots\dots\dots(1.7)$$

yazılacağı için W ile beraber β da bilinmektedir. Ancak önce W değişimin bulunması gerekir. C_m hızı, o noktadaki kesit genişliği b olmak üzere,

$$C_m = \frac{Q}{2\pi r b} \cdot \frac{t}{t-\sigma} \dots\dots\dots(1.8)$$

eşitliğiden hesaplanabilir. $t/(t-\sigma)$ daralma katsayısının yarıçapa bağılı olarak değişimi, çark hesaplarından bilinen başlanlangıç ve son değerlerini birleştiren bir bağlantı çizgisi (örneğin bir doğru) şeklinde belirlenebilir. Hesapları daralma etkisi tahmini yapmadan yürütmek olanağı vardır. Bunun için

$$Q = 2\pi r b C_m \cdot \frac{t}{t-\sigma} = \frac{2\pi r b}{t} \left(t - \frac{s}{\sin \beta} \right) W \cdot \sin \beta \dots(1.9)$$

yazılır ve burada $2\pi r / t = Z$ konursa,

$$Q = bZ \left(t - \frac{s}{\sin \beta} \right) W \sin \beta = (t \sin \beta - s) Z b W \dots(1.10)$$

veya

$$\sin \beta = \frac{s}{t} + \frac{Q}{Z b t W} \dots\dots\dots(1.11)$$

bulunur. Kanat kalınlığı sıfır alınarak bulunacak meridyen hız $(C_m)_{net}$ ile gösterilerek bu hız için,

$$\frac{Q}{Z_{bt}} = \frac{Q}{2r\pi b} = (C_m)_{net}$$

tanımı yazılır. $(C_m)_{net}$ kanat et kalınlığı s 'den bağımsızdır.

Böylece β açısı için,

$$\frac{Q}{Z_{bt}} = \frac{Q}{2r\pi b} = (C_m)_{net}$$

eşitliği kullanılabilir.

β açısını bu şekilde W hızının değişimine bağlı olarak bulunması halinde oluşturulacak tablo Şekil 1.7'de görüldüğü gibi

r mm	b mm	$(C_m)_{net}$ m/sn	W m/sn	β (°)	$B = \frac{1}{r \cdot \tan \beta}$ (mm ⁻¹)	$\Delta f = B \cdot \Delta r$ (-)	$\theta = \frac{180}{\pi} \Sigma \Delta f$ (°)

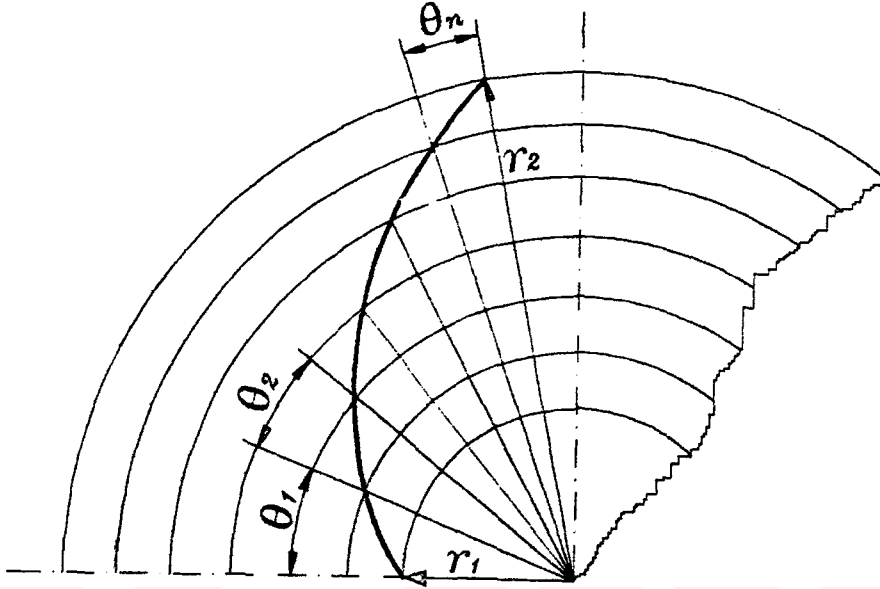
Şekil 1.7

olacaktır.

Oluşturulan tablodan $r-\theta$ koordinatlarına göre çark karşı görünüşünde kanat profili çizilir.

Bu metoddan başka nokta nokta çizim için diğer bir grafik metod önerilmektedir(2).

Nokta nokta çizim metodunun esası, yukarıda da belirtildiği gibi θ merkez açısının değerini r_1-r_2 boyunca bulmaktır.

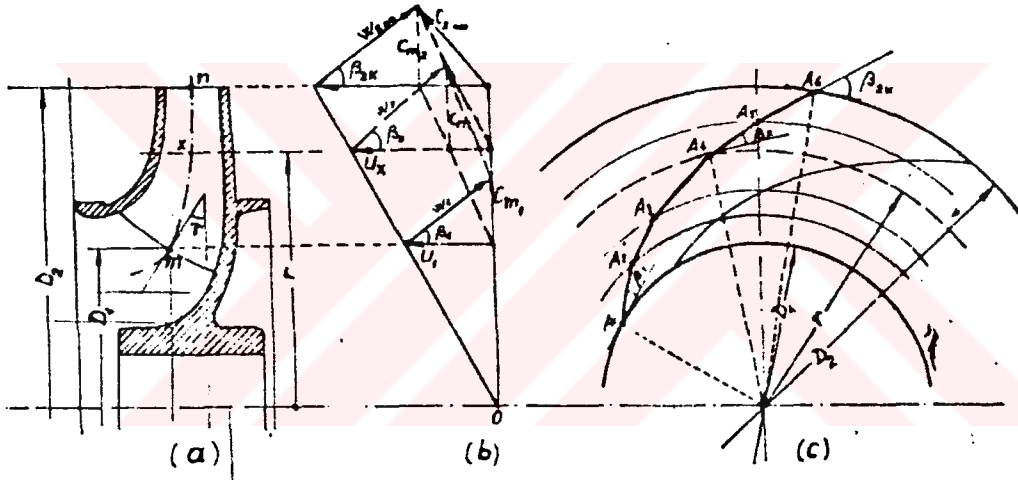


Şekil 1.8

Bunun için de önce β kanat açıları bulunması gerekir. Önceki paragraflarda β kanat açısı hesap yoluyla bulunmuştu. U teğetsel hızları ve C_m meridyen hızları çark girişi ile çıkışı arasında lineer olarak değiştiğinden β kanat açıları hız üçgenleri yardımıyla da bulunabilir. Bunun için Şekil 1.8'de görüldüğü gibi, giriş ve çıkış hız üçgenleri bilindiğine göre, çark meridyen kesiti boyunca U ve C_m hızlarının doğrusal değişimleri göz önünde tutularak çizilen hız üçgenleri diyagramıyla herhangi r yarıçapına ait kanat açısı kolayca bulunur. Çark karşı görünüşünde (Şekil 1.8 c), değişik r yarıçapları için silindirik açılım üzerinde A_1 kanat başlangıç noktasından itibaren kanat açısı alınarak ve sırası ile kanat açıları (b) yardımıyla taşınarak A_1, A_2, \dots, A_n noktalarıyla kanat çıkış noktasına

.....
kadar ulaşılır.

A_1A_2, A_2A_3, \dots doğru parçaları ile tamamlanan kanat iskeleti kırık çizgiler şeklinde bir görünüş alır. D_1 ve D_2 daireleri arası ne kadar çok daireye bölünürse kırık çizgi görünüşü o kadar sürekli eğriye dönüşür. Kanat eksenini ortada kalmak üzere, kanat kalınlığı alınarak kanat çizimi tamamlanır.



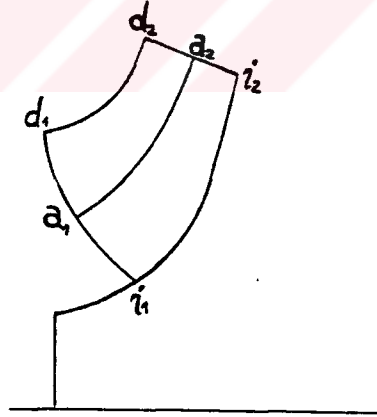
Şekil 1.9

Esasında çizilen kanat şekli (Şekil 1.8 a)' da gösterilen m-n orta çizgisini karakterize eder. Tam santrifüj pompanın silindirik yüzeyli kanadı için çizim az hata ile doğru ve yeterlidir. Dönük kanatlı çarklar için benzer çizim metodu, kanadın alt kapak ve üst kapakla ara kesiti göz önüne alınarak benzer tarzda yapılabilir.

Tam santrifüj olmakla beraber yüksek özgül hızlı

.....
 ($n_s=150-200$ dev/dak) pompalarda kanatların dönük yapılması zorunluluğu vardır. Bu halde çark kanadını nokta nokta çizmek gerekir.

Bunun için meridyen düzlemde kanada ait akışı temsil eden ipçikler alınır (genellikle üç ipçik; alt ayna , üst ayna ve orta çizgi). Her bir ipçiğe ait giriş ve çıkış yarıçapları ile kanat giriş ve çıkış açıları hesaplanır. Her bir ipçik için nokta nokta çizim metodunda yapılan işlemler tekrarlanarak gerekli tablo oluşturulur. Bu tablolarda $r-\theta$ parametrelerine göre kanat çizimi yapılır. Burada β kanat açıları r 'ye göre lineer değişim esasına veya W izafi hızının lineer değişimi esasına bağlı olarak bulunacaktır.



Şekil 1.10

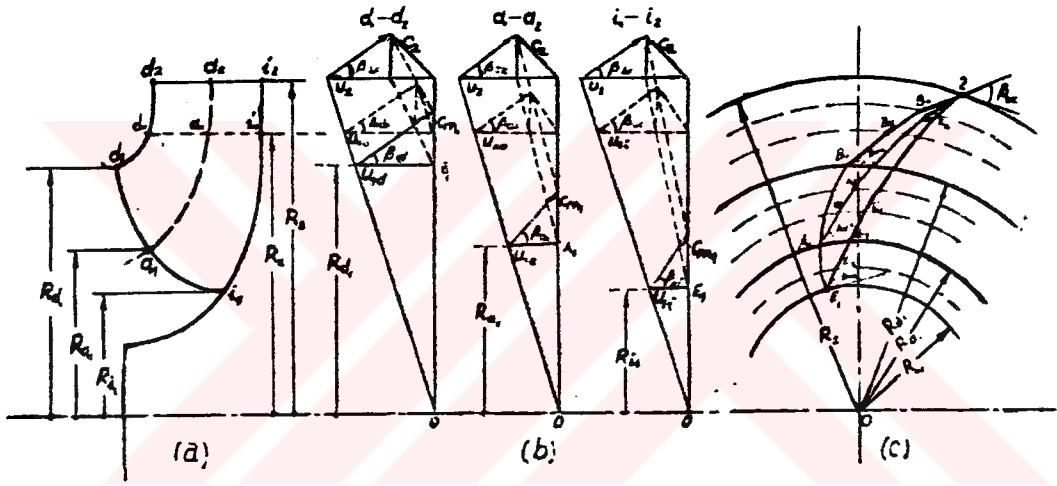
Dönük kanatların çiziminde β kanat açılarının bulunması ve kanadın çizilmesi şu şekilde yapılır;

Çark C_m meridyen hızı sabit kalacak tarda kısmi

.....

pompalara ayrılır ve her ipçik için hız üçgenleri diyagramı çizilerek β kanat açıları saptanır. genellikle çok büyük pompalar hariç tutulursa, üst ve alt kapakların kanatlarla ara kesitleri ile kesidi ikiye bölecek tarzda çizilecek orta ipçik için işlemleri tekrarlamak yeterlidir. Açıların gerçek değerlerini bulabilmek için her ipçiğin konik açılımlarını almak gerekir. Tam santrifüj pompalar için açıların izdüşümleri ile gerçek açılar arasında büyük bir fark olmadığını kabul etmekle büyük bir hata yapılmış olmaz. Şekil 1.11 a' da gözönüne alınan d_1-d_2 , a_1-a_2 ve i_1-i_2 ipçikleri için çizilen hız üçgenleri diyagramı ile herhangi bir yarıçap için β kanat açısı bulunabilir. Kanat çıkış uçunda (özellikle tam santrifüj pompalar için) d_2 , a_2 , i_2 noktalarının izdüşümleri üst üste düşer. Kanat çizimine bu çıkış noktasından başlanmalıdır. Her ipçik için giriş ve çıkış noktaları arası yeter sayıda silindirik kesitlere bölünürse çark karşı görünüşünde kanatları çizerken daire yayları üzerinde β_k açısından başlamak üzere her yarıçapa tekabül eden β kanat açıları alınarak d_1-d_2 ipçiği için B_1, B_2, \dots, B_n noktaları, a_1-a_2 ipçiği için A_1, A_2, \dots, A_n noktaları ve iç kapak üstündeki i_1-i_2 ipçiği boyunca da E_1, E_2, \dots, E_n noktaları bulunur. Bu noktaları birleştiren kırık çizgiler uygun birer eğri ile birleştirilerek kanadın profili çizilir. Kanat girişine ait B_1 , A_1 , E_1 noktalarını birleştiren eğri ise çarkın karşı görünüşünde kanat giriş kenarının durumunu gösterir. β kanat açılarının silindirik

.....
kesitlerdeki izdüşümleri çok farklı olursa ya her ipçik için koni üzerindeki açılımlarını çizmek veyahut da izdüşüm düzlemindeki açıları basit bir trigonometrik bağıntıyla hesaplamak gerekir. Çark karşı görünüşünde kanat profilinin çiziminde izdüşümde saptanan β kanat açıları kullanılmalıdır.



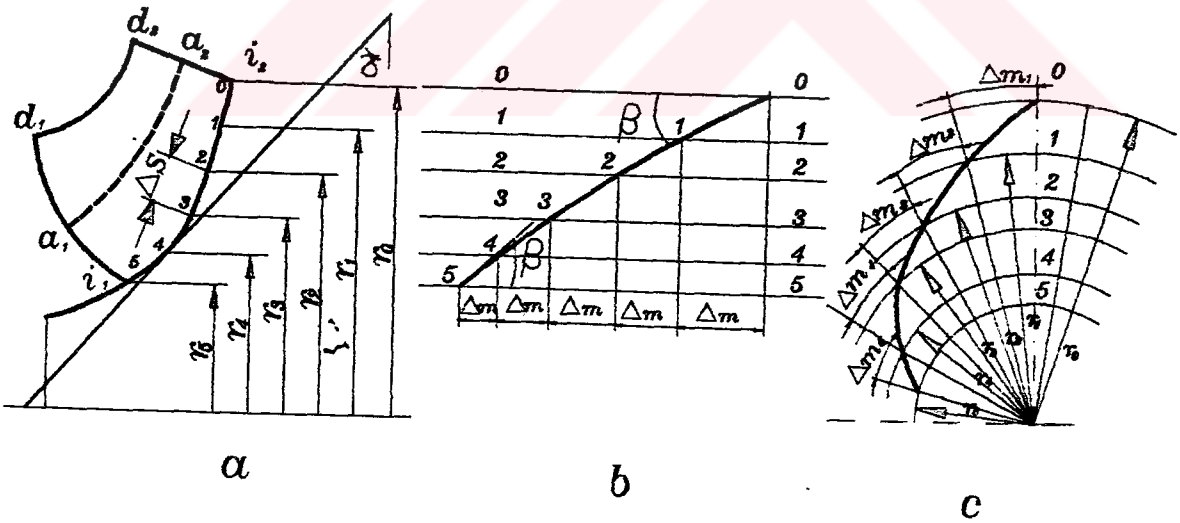
Şekil 1.11

1.4 Konform Tasvir Metodu:

Şekil 1.12 a'da gösterildiği gibi üç ipçik için konform tasvir şu şekilde uygulanarak. İpçik yeteri küçük s elemanlarına bölünür ve bunlara tekabül eden daireler çizilir. 0, 1, 2, vb paralel çizgileri arasında kalan m uzunlukları ölçülür. (0) ile (1) arasındaki m uzunluğu (Şekil 1.12 b) çark karşı görünüşündeki (0) dairesi üzerine

.....
 taşınır. Bu parçanın uç noktası BO eş merkezli dairenin M merkezine birleştirilir (Şekil 1.12 c). Bundan sonra 1 ile 2 arasındaki m uzunluğu merkeze birleştirilir ve bu doğrunun (2) dairesi ile kesim noktası B₁ bulunur. Bu suretle işlemlere devam edilir. Profilin B₁, B₂, B₃,, B_n noktaları saptanarak ve birleştirilerek kanat profilinin tamamı çizilir.

Konform tasvir olarak adlandırılan bu metod, görüldüğü gibi grafik bir metoddan başka bir şey değildir. Basitliği, düzeltmeleri yapmanın kolaylığı ve sonucu elde etmedeki hızı ve nokta nokta çizime göre daha az işçilik gerektirdiğinden tercih edilir.



Şekil 1.12

BÖLÜM.2 KONFORM TRANSFORM METODUYLA KANAT ÇİZİMİ

2.1. Giriş

Pompa kanatlarının çiziminde kullanılan her bir metod belirli tercih sebepleri nedeniyle kullanılmaktadır. Metod seçimine çoğu zaman kolaylık, fazla hassasiyet gerektirip gerektirmemesi gibi faktörler etki etmektedir. Çok küçük çarklarda tek daire çizim metodu kullanılırken fazla hassasiyet istemeyen orta büyüklükteki tek eğriliğe sahip tam santrifüj çarklarda çift daire metoduna çokça başvurulmaktadır. Daha önce bahsi geçtiği gibi kanat formu bazı denklemlerle ifade edilebilmektedir. Bu ifadeler analitik olarak çözülebilse en iyi çözüm şekli bu olacaktır. Ancak değişkenlerin birden fazla olması buna imkan vermemektedir.

Çark kanadının formunu belirleyen integral ve logaritmik spiral ifadelerini çözümü tabiki yok değildir. Bu ifadeleri, nümerik metotlarla çözmek mümkündür; uygulamada da böyle yapılmaktadır. Bu şekilde hesapla elde edilen kanat şekli en güvenilir olma özelliğini haizdir. Bu özelliği ona veren, çok eğri yaylarından oluşması ve analitik bir çözümü olmasıdır.

Hesap metotlarında kaçınılmaz olarak değişkenlerden biri bazı kabuller yapılarak bulunmak durumundadır.

.....
 Bu değişken $\beta=f(r)$ şeklinde bulunacak β kanat açısıdır. β kanat açısı bulunduktan sonra θ merkez açısı hesaplanarak kanat çizimi yapılır.

Hesap metotlarında çizim, nokta nokta yapılmaktadır. Ancak integral metodu, literatürde nokta nokta adıyla bilinmektedir. Logaritmik spiral ifadesi ise integralden $\beta=\beta_1=\beta_2$ şartı için elde edilebilmektedir.

Pompa çark kanatları içinde çok boyutlu akış sözkonusudur. Akışı çok boyutlu ele almak zordur. Ancak akış, iki boyutlu kabul edilerek veya akışın iki boyutu ele alınarak akışı karakterize eden denklemler kurulabilir. Akış, önce kartezyen koordinatlarda ele alınır; akım ve potansiyel çizgileri veren ifadeleri yazılır. Pompa çarkı yarı kutupsal koordinatlarda tanımlanabildiği için akışı yarı kutupsal koordinatlara taşımak gerekir. İki koordinat düzlemi arasında değişimi bir fonksiyon ile ifade etmek gerekir. Bu fonksiyon bulunursa kartezyen koord.natlardaki laminer bir akış yarı kutupsal koordinatlarda logaritmik spiral ifadesine dönüşür. Bu işlem, ancak konform dönüşüm (Conform Transform) yardımıyla mümkün olmaktadır. Logaritmik spiral ifadesiyle

$$\theta(^{\circ})= (180/\pi).(\ln(r/r_1)/\tan\beta).....(2.1)$$

bağıntısına bağlı olarak kanat çiziminde ancak nokta nokta yapılabilir. Dolayısıyla bu metod da bir nokta nokta metodudur.

İleriki bölümlerde logaritmik spiral ifadesine konform

.....
 transform yoluyla nasıl ulaşıldığı incelenecek ve nokta nokta çizime ait bir bilgisayar programıyla çizim yapılmaya çalışılacaktır.

2.2. Konform transform Teorisi

iki kompleks düzlem gözönüne alalım. Bunlar z ve w düzlemi olsun. z düzlemindeki herhangi bir hareket w düzlemine herhangi bir dönüşüm fonksiyonu ile dönüştürülebilir. Burada dönüşüm fonksiyonu tek değerli ise z düzlemindeki her bir noktaya w düzleminde bir nokta karşılık gelecektir. Bu şekilde z düzlemindeki bir eğri w düzlemine başka bir eğri olarak aktarılmış olur $w = \xi + i\eta$ kompleks sayısının tanımladığı düzlem w , $z = x + iy$ kompleks sayısının tanımladığı düzlem z düzlemi olsun w ile z arasında

$$z = f(w) \quad \text{veya} \quad w = g(z) \quad \dots \dots \dots (2.2)$$

şeklinde bir bağıntı varsa, bu bağıntının geçerli olduğu bölgelerde w düzlemi z (veya z düzlemi w) düzlemine transforme edilmiş olur. Eğer yukarıda verilen (2.2) dönüşüm bağıntısı analitik bir fonksiyon ise bu dönüşüm "Konform Transform" olarak isimlendirilir. Bu durumda w düzlemi z düzlemine, uzunluklar belli bir oranda değişerek ve açılar değişmeksizin aktarılmış olur (4).

2.3. Konform Transform ile Kanat Profili Teşkili

Şimdi, w düzleminde yatay doğrultuda uniform (düzgün) bir akım göz önüne alalım. Bunun kompleks potansiyel fonksiyonu, bilindiği üzere, $K(w) = w$ şeklinde olacaktır. Bu

fonksiyon, çözülecek olursa,

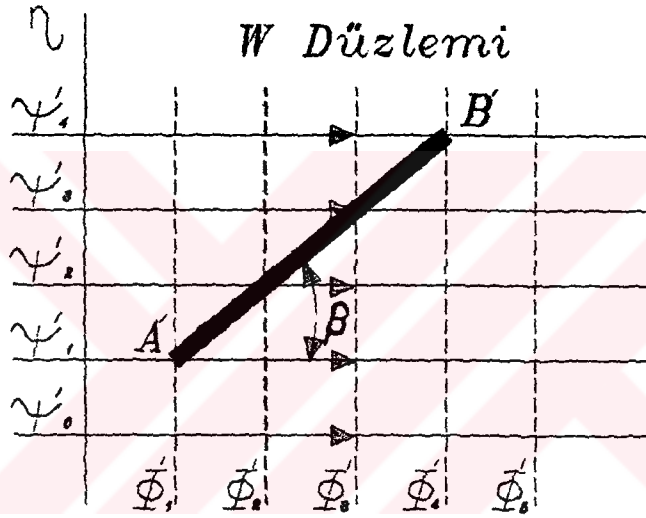
$$K(w) = \xi + i\eta = \Phi' + i\Psi'$$

$$\Phi' = \xi \quad , \quad \Psi' = \eta$$

dan hız alanı,

$$u = \frac{\partial \Phi'}{\partial \xi} = 1 \quad , \quad v = \frac{\partial \Phi'}{\partial \eta} = 0 \quad \dots \dots \dots (2.3)$$

olur.



Şekil 2.1

w düzlemindeki bu hareket z düzlemine $w=ia.\ln z$ dönüşüm fonksiyonu ile aktarılabilir. Bu durumda, $K(w)=w$ olduğuna göre,

$$K(z) = ia.\ln z$$

olur. $z = re^{i\theta}$ için,

$$K(z) = ia.\ln(re^{i\theta})$$

$$= i(a.\ln r + ia\theta)$$

$$= ia.\ln r - a\theta$$

.....
 olur. Buradan potansiyel ve akım fonksiyonları,

$$\begin{aligned}\Phi &= -a\theta \\ \Psi &= a \cdot \ln r\end{aligned} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

olarak bulunur. Hız bileşenleri ise,

$$v_r = \frac{\partial \Phi}{\partial r} = 0 \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

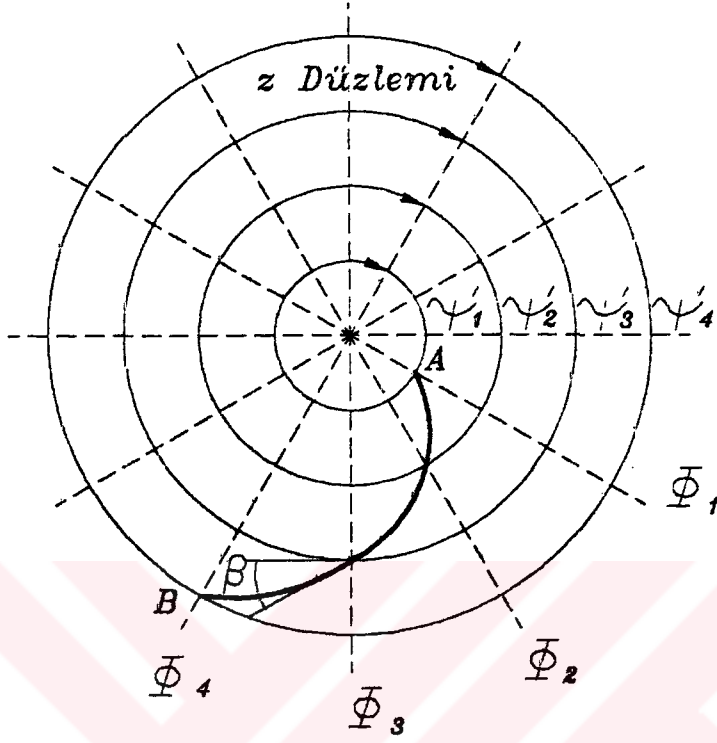
$$v_\theta = \frac{\partial \Phi}{r \partial \theta} = - \frac{a}{r}$$

yani, $v_\theta \cdot r = -a$ (sabit) olur. Böylece w düzlemindeki yatay bir üniform akım $w = ia \cdot \ln z$ dönüşüm fonksiyonu ile z düzlemine, konform olarak aktarıldığında sirkülasyon hareketine dönüşmektedir.

Şimdi, Şekil 2.1'deki üniform akım içerisine akım çizgileriyle β' açısı yapan bir doğru parçası yerleştirilir ve bu, Şekil 2.2'deki düzleme transforme edilirse, doğru parçası bir eğri haline dönecektir. Bu eğrinin akım çizgileri (teğetsel doğrultu) ile yaptığı açıya β denilecek olursa, transformasyon "konform" olduğundan, bu iki açının birbirine eşit olması gerekir. Şöyle ki

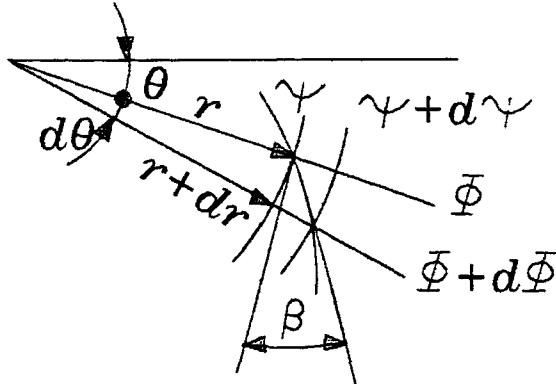
w düzlemindeki A'B' doğru parçasınının akım çizgileri ile yapmış olduğu açı β olup, değeri, Şekil.11'den,

$$\tan \beta = \frac{\Psi_4' - \Psi_1'}{\Phi_4' - \Phi_1'} = \frac{\Psi' - \Psi}{\Phi' - \Phi} = \frac{d\Psi}{d\Phi} \quad \dots\dots\dots(2.6)$$



Şekil 2.2

olur. Şekil 2.2'deki AB eğrisinin eğimini yazmak için herhangi bir nokta (r, θ) da, $d\theta$ kadar bir artım verilirse, eş potansiyel $\Phi, \Phi + d\Phi$ olurken, akım çizgisi $\Psi, \Psi + d\Psi$ konumuna gelecektir.



Şekil 2.3

Buna göre,

$$\tan\beta = \frac{dr}{r \cdot d\theta} = \frac{d\Psi}{d\Phi}$$

olur.(2.5) ve (2.6) eşitliklerinden $\beta = \beta'$ olduğu açıkça görülür. AB eğrisinin ifadesi araştırılacak olursa,

$$\tan \beta = \frac{\Psi - \Psi_1}{\Phi - \Phi_1} \quad \text{den,}$$

$$\tan \beta = \frac{a(\ln r - \ln r_1)}{a(\theta - \theta_1)}$$

olur. Buradan,

$$r = r_1 \cdot e^{(\theta - \theta_1) \cdot \tan \beta} \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

bulunur. Başlangıç konumunda $\theta_1 = 0$ için ifade,

$$r = r_1 \cdot e^{\theta \cdot \tan \beta} \quad \dots \dots \dots (2.8)$$

şeklini alır. Buraya kadar görüldüğü gibi, düzgün akım içerisinde yatay doğrultu ile β açısı yapan bir doğru parçası $w = ia \cdot \ln z$ dönüşüm fonksiyonu ile diğer bir düzleme aktarıldığında bağıntısı (2.7) denklemi ile verilen logaritmik bir spiral eğrisine dönüşmektedir. Burada β açısının spiral boyunca sabit kaldığı şüphesizdir.

Bu işlemi, bir pompa kanadının saptanması problemine uygulayalım. Pompa giriş ve çıkışında β_{1k} ve β_{2k} açılarının sağlanması ve kanat boyunca eğriliğin sürekli

.....
 olması en önemli hususlardandır. Bu β_{1k} açısından β_{2k} açısına kademeleri olarak geçmek suretiyle mümkün olur. Çizim esnasında kanat formunun sürekli olabilmesi için kademe sayısını fazla seçmek gerekir.

(2.8) ifadesinde kanat formunu belirleyecek iki değişken r yarıçapı ve θ merkez açısıdır. β kanat açısının değişimi, r_1 - r_2 boyunca eşit aralıklarla olacaktır.

$$\Delta r = \frac{r_2 - r_1}{n} \quad [\text{örneğin } n=10]$$

$$\Delta \beta = \frac{\beta_{2k} - \beta_{1k}}{n}$$

bu durumda r ve β 'nin Δr artım miktarına bağlı değişimleri,

$$r = r_i + \Delta r$$

$$\beta = \beta_i + \Delta \beta$$

şeklinde olur.

θ merkez açısı (2.8) dekleminde elde edilen

$$\theta = \frac{\ln(r/r_1)}{\tan \beta}$$

ifadesiyle belirlenir.

Bu bilgiler ışığında oluşturulacak tablo,

r mm	β ($^{\circ}$)	$\Delta\theta = \frac{\ln(r_i/r_{i-1})}{\tan\beta}$ ($^{\circ}$)	$\theta = \frac{180}{\pi} \sum \Delta\theta$ ($^{\circ}$)

Şekil 2.4

biçiminde olacaktır. Kanat çizimi için bu tablo oluşturularak r ve θ 'ya bağlı olarak yarıkutupsal koordinatlarda (geriye dönük) kanat formu belirlenir.

2.4. Kanat Profili İçin Örnek Çizim:

$$r_1 = 92 \text{ mm}$$

$$r_d = 187.5 \text{ mm}$$

$$\beta_{1k} = 19^{\circ}$$

$$\beta_{2k} = 25^{\circ}$$

$$n = 10 \text{ (kademe sayısı)}$$

$$\Delta r = \frac{187.5 - 92}{10} = 9.55 \text{ mm}$$

$$\Delta \beta = \frac{25 - 19}{10} = 0.6^{\circ}$$

β kanat açısının doğrusal değişimi esas alınarak,

$$r_{i+1} = r_i + \Delta r$$

artımına bağlı olarak,

$$\beta_{i+1} = \beta_i + \Delta \beta$$

kanat açıları bulunur. (2.9) eşitliği vasıtasıyla merkez açısı da hesaplanır.

Tablo 1:

r (mm)	β (°)	$\beta = \frac{\beta_i + \beta_{i-1}}{2}$ (°)	$\Delta\theta = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{\ln(r_i/r_{i-1})}{\tan \beta}$ (°)	$\theta = \sum \Delta\theta$ (°)
92	19.00	-	0.00	0.00
101.55	19.60	19.30	16.16	16.16
111.10	20.20	19.90	14.23	30.39
120.65	20.80	20.50	12.64	43.03
130.20	21.40	21.20	11.25	54.28
139.75	22.00	21.70	10.19	64.47
149.70	22.60	22.30	9.23	73.70
158.85	23.20	22.90	8.41	82.11
168.40	23.80	23.50	7.07	89.08
177.95	24.40	24.10	7.07	96.87
187.50	25.00	24.70	6.51	103.38

Böylece kanat çizimine esas olan (r, θ) koordinatları belirlenmiş olur. (r, θ) noktaları birleştirilirse kanat formu elde edilmiş olur. Noktalar birer doğruyla birleştirileceğinden n kademe sayısı ne kadar büyük olursa kesikli çizgi formu eğri formuna yaklaşmış olur.

BÖLÜM 3. POMPA ÇARKININ HESABI VE ÇİZİMİ

3.1. Giriş

Çark, pompanın içerisinde enereji dönüşümü meydana gelen organıdır. Pompanın temel büyüklükleri debi (Q m³/sn), manometrik basma yüksekliği (H_m mss) ve devir sayısı (n dev/dak), karakteristik büyüklüğü de özgül devir sayısıdır (n_s dev/dak). Pompanın tipi, özgül devir sayısına göre belirlenir. Pompanın tipine bağlı olarak pompalardan öncelikle sağlanması istenen bazı değerler vardır. Örneğin aksenal pompalarda debi ve verim, santrifüj pompalarda basma yüksekliği, emme yüksekliği ve verim gibi... Çark organlarına ve kanatlara ait bu ve benzeri değerler hesaplanırken bazı diyagramlardan, tablolardan ve katsayılardan faydalanılır.

Kanata ait büyüklükler de çarkın hesabından elde edilir. Kanadı çizebilmek için bu büyüklüklerin hesaplanması gerekir. Açıkladığımız metodun kullanılabilir olup olmadığını görebilmek için çarkın temel büyüklüklerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu nedenle önce pompa organlarından çarkın hesabı için bir metot açıklanacak sonra bu metotla elde edilen bazı değerlere göre kanat çizimi yapılmaya çalışılacaktır.

3.2. Santrifüj Pompa Çarkının Hesabı

Çarkın Özgül Devir Sayısı;

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{Q^{1/2}}{H_m^{3/4}} \quad (\text{dev/dak}) \dots \dots \dots (3.1)$$

Bu ifadede n (dev/dak), H_m (mss), Q (m^3/sn) birimlerindedir. Pompa tipi özgül hıza göre seçilir. Özgül hıza bağlı pompa tipleri şu şekildedir:

Tam santrifüj pompalar..... $n_s = 60-150$

Heliko santrifüj pompalar..... $n_s = 150-400$

Yarı aksenel pompalar..... $n_s = 400-700$

Eksenel pompalar..... $n_s = 700-1000$

Özgül hız çok küçük ise pompa kademeli olarak dizayn edilir. i kademe sayısı olmak üzere hesaplar ;

$$H_{m1} = H_m / i$$

$$n_{s1} = n_s \cdot (i)^{3/4}$$

ifadelerine göre yapılıır.

Pompa Mil Gücü;

τ (kg/m^3), Q (m^3/sn), H_m (mss) birimleri ile pompanın miline verilmesi gereken (efektif) güç ;

$$N_e = \frac{\tau \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta_g} \quad (BG)$$

ifadesiyle bulunur. Genel verim özgül hız ve debiye bağlı olarak diyagramdan seçilir.

.....

Mil Çapı ;

Pompa mili, ileteceği moment, devir sayısı ve malzeme özelliğine göre tayin edilir ve boyutlandırılır.

Mil gücü için $N_e = M.w/75$ (BG) bağıntısından w açısal hızı $w = \pi.n/30$ (1/sn) olarak moment ifadesi

$M = 716,2.(N_e/n)$ (Kgm) olarak bulunur.

τ (kg/cm²) emniyet kayma gerilmesi olmak üzere mil çapı;

$$d_m = \sqrt{\frac{16.M}{\pi.\tau}}$$

ifadesiyle elde edilir. Bu ifade de M (kgcm), d_m (cm), τ (kg/cm²) birimlerindedir. Mil çapı, Kayma emniyet gerilmesi $\tau = 120$ kg/cm² alınabilen mil malzemesi için

$$d_m = 14,4. \sqrt{\frac{N_e}{n}} \quad (\text{cm})$$

formülüne göre hesap edilir.

Mil çapı hesaplandıktan sonra çark giriş kesitini etkileyeceği için ön göbek giriş çapı bulunur. Genellikle ön göbek giriş çapı için

$$d_g = (1,3-1,4).d_m$$

ifadesi kullanılır. Arka göbek,sıvı girişini etkilemeyeceği ve kama yarığı ile zayıflayacağı için daha kalın alınır.

Arka göbek için

$$d_g = (1,35-1,50).d_m$$

ifadesi alınabilir.

3.2.a. Çarkın Giriş Koşulları

D_e : Emme Borusu Çapı;

Emme borusu çapını tayin için önce emme borusundaki V_e akışkan hızı hesaplanır. Bu hız değerini sınırlayan en önemli faktör kavitasyondur.

Emme borusundaki hızlar debi ve devir sayısının fonksiyonu olarak çizilmiş diyagramdan alınabilir. Diyagramdan V_e hızı bulunduktan sonra

$$Q = \frac{\pi \cdot D_e^2}{4} \cdot V_e \dots\dots\dots(3.2)$$

süreklilik denklemi yardımıyla D_e emme borusu çapı bulunur. Emme borusu çapı için standart en yakın norm çap alınarak V_e bu çapa göre tekrar hesaplanır.

D_o : Çark giriş ağızı çapı ;

imalat kolaylığı bakımından D_o çapının D_e çapına eşit alınması uygun olur. Fakat bu mecburi değildir. D_o çapı saptandıktan sonra C_o hızı,

$$C_o = \frac{4 \cdot Q_T}{(D_o^2 - d_g^2) \cdot \pi} \dots\dots\dots(3.3)$$

bağıntısıyla bulunur. Burada Q_T , kaçaklar gözönüne alınarak çarkın içinden geçen toplam debiyi tanımlar. Q_T, η_k kaçak verimi seçilerek $Q_T = Q / \eta_k$ ifadesiyle veya $Q_T = (1,05 - 1,10) \cdot Q$ ifadesiyle bulunsabilir. C_o ile V_e arasındaki farkın $C_o \leq 1,2 \cdot V_e$ olmasına dikkat edilmelidir.

.....
 D_1 : Çark Giriş Ortalama Çapı;

Çark kanadının giriş kenarı ortalama çapı D_1 , özellikle silindirik kanatlı çarklar için D_0 çapından biraz küçük seçilerek saptanır.

Schultz katsayısı $\sigma_s = (0,90-0,95)$ alınarak D_1 çapı

$$D_1 = \sigma_s \cdot D_0$$

ifadesiyle hesaplanabilir.

Silindirik kanatlı çarklar için D_{1d} ve D_{1i} değerleri de deneysel sonuçlara dayanılarak basit olarak

$$D_{1d} = D_0 + 3 \div 4 \text{ mm}$$

$$D_1 = (D_{1i} + D_{1d}) / 2 \text{ den}$$

$$D_{1i} = 2D_1 - D_{1d} \text{ mm}$$

bulunur.

D_1 , D_{1d} ve D_{1i} belli olduktan sonra d , l , i noktaları birleştirilmek suretiyle kanat giriş kenarı çizilir.

C_{m1} : Giriş Meridyen Hızı ;

Giriş hız üçgeninde $\alpha = 90^\circ$ olduğundan C_1 mutlak hızının C_{m1} meridyen hızına eşit olması gerekir. Bu hız için

$$C_1 = C_{m1} = (1,05-1,10) \cdot C_0$$

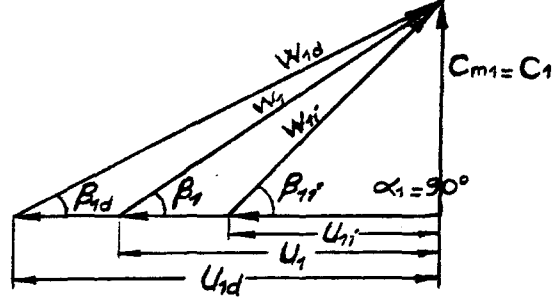
ifadesi kullanılabilir. k_{1m} katsayısı diyagramdan seçilerek C_{m1} hızı

$$C_{m1} = k_{C_{m1}} \cdot \sqrt{2gH_m}$$

ifadesi kullanılarak bulunabilir.

.....

β_1 : Kanat Giriş Açısı;



Şekil 3.1

Giriş hız üçgeninden $\alpha = 90^\circ$ olduğundan C_{u1} giriş dönel hızı mevcut değildir. Dolayısıyla β_1 kanat giriş açısı kolaylıkla hesaplanabilir.

Giriş teğetsel hızı, D_1 (m), n (dev/dak) alınarak

$$U_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60} \quad (\text{m/sn})$$

ve

$$\tan \beta_1 = \frac{C_{m1}}{U_1} \quad \dots \dots \dots (3.4)$$

bulunur.

Kanat giriş açısının 10° ile 20° arasında kalması uygundur. Kavitasyon bakımından en uygun açı 17° , kanatlar arasındaki kanal koniklik açısının uygunluğu ve kanat boyu açısından en uygun β_1 açısı 12° dir. Kanat giriş açısı bu sınırlar arasında değerlendirilmelidir.

Ayrıca kanat giriş kenarı boyunca β_1 açısının değişimini de kontrol etmek gerekir. Silindirik kanat imali için

.....
 Çark çıkışına ait sonsuz ince ve sonsuz kanat sayısındaki çıkış teorik hız üçgeniyle akışkana ait gerçek hız üçgenlerinin saptanması ve boyutlarının hesaplanması gerekir.

Önce D_2 çapı bulunmalıdır. Bunun için U_2 teğetsel hızı H_m ve n_s nin fonksiyonu olarak saptanır. Bunun için

$$H_m = \psi \frac{U_2^2}{2g}$$

ifadesi kullanılabilir. ψ basınç katsayısı grafik yardımı ile n_s özgül hızına bağlı olarak bulunur. Dolayısıyla U_2 hızı bulunmuş olur. U_2 bulunduktan sonra $U_2 = \pi \cdot D_2 \cdot n / 60$ bağıntısı yardımıyla D_2 çapı hesaplanır.

D_1/D_2 Çap Oranlarının Kontrolü ;

Belirli özgül hızlara, belirli çap oranları tekabül eder. Çarkın boyutlarının uygun düşmesi bakımından bu oranın belirli sınırlar arasında kalması gerekir. Bu oranlar diyagramdan alınmalıdır. Hesaplanan çaplara göre söz konusu oran, bu sınırların dışına taşıyorsa, D_2 çapı manometrik yükseklikle ilgili olduğundan değiştirilmez; Ancak D_1 çapı üzerinde D_1/D_2 oranı belirtilen sınırlar arasında olacak şekilde değişiklik yapılır.

C_{m2} : Çıkış Meridyen Hızı ;

C_{m2} çıkış meridyen hızı diyagram yardımıyla $k_{c_{m2}}$ hız katsayısı özgül hız değerlerine göre bulunarak

$$C_{m2} = k_{c_{m2}} \sqrt{2gH_m}$$

bağıntısından bulunur.

.....
 C_{u2} : Teğetsel Hız Bileşeni;

Akışkana ait gerçek hız üçgeninde mutlak hızın teğetsel hız üzerindeki bileşeni olan C_{u2} teğetsel hız bileşeni, akışkanın çarkı terk ederken teğet doğrultusu ile yaptığı β_2 açısının ve dolayısıyla kanat çıkış açısı olan β_{2k} açısının saptanması için bilinmesi için gerekli bir büyüklüktür.

C_{u2} , Euler denkleminde bilindiği gibi ($\alpha=90^\circ$)

$$C_{u2} = \frac{g \cdot H_m}{U_2 \cdot \eta_h} \dots \dots \dots (3.6)$$

bağıntısından bulunur. η_h hidrolik verim değeri, tabloda n_s 'ye bağlı olarak saptanmış olduğundan ve diğer büyüklükler de verilmiş veya hesaplanmış bulunduğundan C_{u2} kolayca hesaplanır.

Kaskat kanat halinde akışkana ait gerçek çıkış hız üçgeninde β_2 gerçek çıkış açısı, trigonometrik bağıntı ile kolayca bulunur.

$$\tan \beta_2 = \frac{C_{m2}}{U_2 - C_{u2}} \dots \dots \dots (3.7)$$

Ancak, kaskat kanat dolayısıyla kanat açısı olan β_{2k} açısı, C_u sapması nedeniyle hesaplanan β_2 açısından daha büyük olmalıdır. Bir başka sözle, akışkanın çarkı β_2 açısı ile terk etmesini istiyorsak sapma da göz önüne alınarak β_{2k} kanat çıkış açısını β_2 'den daha büyük seçmek zorundayız. Şu halde kanada ait konstrüktif β_{2k} çıkış açısı teorik çıkış hız üçgenindeki β_{2*} 'a eşit alınmalıdır.

.....
 C_{u2} : Sonsuz Kanat Hali için Teğetsel Hız Bileşeni ;

Teorik çıkış hız üçgeninden görüldüğü gibi $\beta_{2k} = \beta_{2e}$

açısının saptanması için C_{u2} teorik teğetsel hız bileşenin bilinmesine ihtiyaç vardır.

$$\operatorname{tg}\beta_{2k} = \frac{C_{u2}}{U_2 - C_{u2e}} \dots\dots\dots(3.8)$$

C_{u2} teorik teğetsel hız bileşeni;

$$C_{u2e} = K \cdot C_{u2} \dots\dots\dots(3.9)$$

şeklinde bir bağıntıyla bulunabilir. Burada K katsayısı

$$K = 1 + \frac{1.6 (1 + \operatorname{Sin}\beta_{2k})}{Z} \cdot \frac{1}{1 - (D_1/D_2)^2}$$

bağıntısı kullanılabilir. D_1/D_2 çaplar oranı 0.5 değerine eşit veya çok yakınsa bağıntı,

$$K = 1 + \frac{1.6 (1 + \operatorname{Sin}\beta_{2k})}{Z}$$

şeklinde basitleşir.

Görüldüğü gibi C_{u2e} değerini hesaplayabilmek için β_{2k} açısının bilinmesine ihtiyaç vardır. Oysa β_{2k} açısı da ancak C_{u2e} değeri bilindikten sonra saptanabilir. En uygun ve pratik yol tatonmen yolu ile β_{2k} açısını hesaplamaktır.

β_{2k} : kanat çıkış açısı;

Yukarıda açıklandığı gibi, kanat çıkışında kanada verilmesi gerekli konstrüktif β_{2k} açısı önce tahmin edilir ve daha sonra ilgili bağıntıları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Sağlamıyorsa seçilen ve işlem sonunda

.....
 hesaplanan β_{2k} kanat açıları birbirlerine yakın değerlere ulaşınca kadar işlemlere devam edilir.

İşlemlerin sırası şöyle özetlenebilir:

1- β_{2k} kanat açısı 30° den küçük olmak kaydıyla seçilir.

(28° ila 30° arasında alınması uygun olur.)

2- Z kanat sayısı bu seçilen β_{2k} değerine göre hesaplanır.

$$Z = 6,5 \cdot \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \cdot \sin \frac{\beta_1 + \beta_{2k}}{2} \dots \dots \dots (3.10)$$

3- K sapma sayısı hesaplanır.

4- $C_{u2} = K \cdot C_{u1}$ bağıntısı yardımıyla C_{u2} bulunur.

5- Teorik hız üçgeninden görüldüğü gibi β_{2k}

$$\tan \beta_{2k} = \frac{C_{u2}}{U_2 - C_{u2}} \dots \dots \dots (3.11)$$

bağıntısıyla hesaplanır ve seçilen β_{2k} değeriyle karşılaştırılır. Aralarında $2^\circ - 3^\circ$ lik fark çıkarsa tatonmanı tekrarlamaya gerek yoktur. Ortalama değer alınmakla yetinilir. Fakat büyük çıkarsa işlem hesaplanan ve seçilen değerler birbirine yakın düşünceye kadar tekrarlanır.

Tam santrifüj pompalar için β_{2k} kanat çıkış açısının 30° den küçük olmasına dikkat edilmelidir. Gerek kanat kaldırma yüzeyinin büyük tutulması ve gerekse istenilen manometrik yüksekliğin gerçekleştirilmesi için çok zorunlu olmadıkça söz konusu açının 30° yi geçmemesi istenir.

.....
 b_2 : çark çıkış genişliği;

Süreklilik denklemi çark çıkışı için uygulanırsa

$$Q_T = \pi \cdot D_2 \cdot b_2 \cdot \lambda_2 \cdot C_{m2}$$

bağıntısı elde edilir.

λ_2 çark çıkışındaki daralma katsayısıdır. Kanat çıkış dairesi üzerinde $e'_2 = e_2 / \sin \beta_{2k}$ alınabileceği için

$$\lambda_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot b_2 - Z \cdot e'_2 \cdot b_2}{\pi \cdot D_2 \cdot b_2} = 1 - \frac{Z \cdot e_2 / \sin \beta_{2k}}{\pi \cdot D_2}$$

ifadesi yardımıyla λ_2 bulunur. Burada e (mm), D_2 (mm) olarak alınır. Pompa büyüklüğüne bağlı olarak λ_2 daralma katsayısı 0.75 ile 0.98 arasında değerler alır.

Bulunan λ_2 değerine göre çark çıkış genişliği

$$b_2 = \frac{Q_T}{\pi \cdot D_2 \cdot \lambda_2 \cdot C_{m2}} \dots \dots \dots (3.11)$$

ifadesi yardımıyla bulunur. λ_2 boyutsuz bir katsayı olduğu için Q_T (m^3/sn), D_2 (m) ve C_{m2} (m/sn) alınmak suretiyle b_2 (m) olarak kolayca hesaplanır.

b_1 : giriş genişliğinin kontrolü;

Benzer yoldan, çarkın giriş kesidinin silindirik açılımı yapılarak λ_1 giriş daralma katsayısı için

$$\lambda_1 = 1 - \frac{Z \cdot e_1 / \sin \beta_1}{\pi \cdot D_1}$$

ifadesi bulunur. Daha önce seçilen λ_1 değeri hesap yoluyla ve gerçek olarak bulunan λ_1 değerinden farklı ise b_1 giriş genişliği de gerçek λ_1 'e göre düzeltilmelidir.

.....
 Çark çapı küçük pompalarda λ_1 'in hesaplanan gerçek değeri çok küçük (örneğin 0.50 veya daha küçük) çıkabilir. Bunun sonucu, C_{m1} giriş meridyen hızının değerini koruyabilmek için b_1 giriş genişliğini veya kanatlar arasındaki a_1 giriş kanat genişliğini büyütmek gerekir.

β_1 kanat giriş açısının küçük değerlerinde $e'_1 = e_1 / \sin \beta_1$ bağıntısından görüldüğü gibi e'_1 çok büyük ve hatta e_1 kanat kalınlığınının 3-4 misli çıkabilir ve dolayısıyla λ_1 küçülür. λ_1 'in küçülmesi akışkanın giriş kesidinin daralması ve gereksiz çarpma kayıplarına yol açması demektir. Bu sebeple λ_1 'in büyütülmesi olanakları aranmaktadır. En uygun pratik yol giriş kenarının yuvarlatılmasıdır. λ_1 hesabında artık yuvarlatılarak elde edilen e_1'' değeri konulmalıdır.

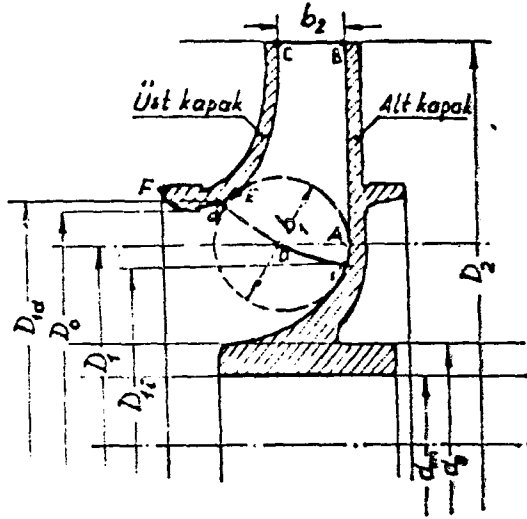
$$\lambda_1 = 1 - \frac{Z - e_1''}{\pi \cdot D_1}$$

Çarkın Meridyen Kesidinin Çizimi:

Çarkın çizimi ve imali için gerekli büyüklükler hesaplanmış olduğuna göre önce çarkın meridyen kesidinin çizimine geçilir ve daha sonra kanat sayısı, kanat açıları kullanılarak çarkın karşı görünüşü için çarkın çizimi tamamlanır. Ancak, gerekli kontroller ve düzeltmelerin yapılması, çark model hazırlığı ve imali için çark imalat resmine son şeklinin verilmesi gerekir.

.....
 Tam santrifüj pompanın çark radyal kesidinin çizimi için izlenecek sıra şu şekildedir:

Tam santrifüj pompada akışın çark girişinde aksenal, çıkışında ise radyal olması gerektiği göz önünde tutulmalıdır. Şekil 3.3'de görüldüğü gibi önce çark ekseni ve sonra bu eksene paralel çizgiler halinde d_m mil çapı, d_g göbek çapı, D_1 ortalama giriş çapı, D_2 çark çıkış çapı değerleri yardımıyla çap sınırları çizilir. D_1 çapı yardımıyla eksene paralel olarak çizilen doğru üzerinde herhangi bir O noktası alınır ve b_1 çaplı daire çizilir. Bu dairenin söz konusu doğruyu kestiği A noktasından eksene dik çizilir ve D_2 çaplı sınır doğrusunu kestiği B noktası bulunur. B den itibaren b_2 genişliği alınarak C noktası bulunur. C den itibaren bir pistole yardımıyla b_1 çaplı daireye teğet almak ve alt sınırı D_0 çaplı sınır doğrusuna kadar uzanan CEF eğrisi çizilir.



Şekil 3.3

.....

D_{1a} ve D_{1i} çaplı doğrular yardımıyla d ve i noktaları ve dolayısıyla d, o, i noktaları birleştirilerek kanat giriş kenarı bulunur. Gerekli kalınlık (3-6 mm) verilerek ve resim tamamlanarak çarkın radyal kesinin taslağı çizilmiş olur. Özellikle çarkın karşı görünüşü ve kanat çizimlerinde tamamlandıktan sonra kanatlar arasındaki kanal genişlikleri kontrol edilerek ve özellikle çarkın girişinden çıkışına kadar meridyen hızların lineerliğini sağlayacak şekilde alt ve üst kapak konumları düzeltilecek ve bu suretle çark radyal kesit resmine son şekil verilmiş olacaktır.

Çark Karşı Görünüşünün Çizimi:

Bölüm 1 ve Bölüm 2 de anlatılan metodlardan biriyle çizim yapılır.

Kontroller:

- 1- Kanatlar arasındaki kanal kesitlerinin kontrolü
- 2- Kanatlar arasındaki koniklik açısının kontrolü
- 3- Difüzörün gerekli olup olmadığının kontrolü
- 4- Minimum kanat yüzeyinin saptanması (Z-L) nin kontrolü

Yapılacak düzeltmelerle birlikte kanat dizaynına son şekil verilir.

PROGRAM HAKKINDA AÇIKLAMA :

Program GWBASIC dilinde hazırlanmış bir hesap ve çizim programıdır. Pompa çarkının esas boyutlarını hesaplamaktadır. Hesaplama 3. Bölümde anlatıldığı esaslara göre yapılmaktadır. Program çalışmaya başladığında kullancından pompaya ait Q , H_m ve n değerlerini sormaktadır. Bu değerlere göre n_s yi hesapladıktan sonra pompa kademesi seçimini kullanıcıya bırakmaktadır. Kullanıcı i kademe sayısını girdikten sonra, programda yeni n_s değeri hesaplanmakta ve buna göre bazı büyüklüklerin diyagram ve tablolardan girilmesi istenmektedir. Bu aşamadan sonra programda gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra pompa çarkına ait karşı görünüş çizilmektedir.

Hesap metodunun bazı kısımlarında norm çaplar gerekmektedir. (Örneğin mil çapı, pompa emme borusu çapı gibi.) Ve bu çaplar belli aralıklarda değişebilmektedir. Programda çapların norm çaplardan farklı çıkması halinde çapları standart çaplara göre seçmekte ve bunlara ait büyüklükleri tekrar hesaplayarak işlemlere devam etmektedir.

Hesaplamadan sonra çizim yapıldıktan sonra oluşturulan tablo (10 Kademe için) bir tuşa basarak ekranda görülebilmektedir. Çizimlerde ise kademe sayısı 100 olarak alınmıştır. Böylece kanat profili tamamen eğri olarak elde edilmektedir.

.....

Programın ilk kısmı β kanat açılarının hesabını, lineer β değişimine göre, ikinci kısmı Wıfı hızlarının lineer değişimine göre yapmaktadır. Bunlara ait tablolar çizimlerden sonra verilmiştir. Ayrıca θ merkez açısının hem logoritmik spiral ifadesine göre hem de integral ifadesine göre değişimi tek bir tablo halinde verilmiştir.



SONUÇLAR VE ÖNERİLER:

Pompa çarkının kanatları, basit klasik metodlarla çizilebildiği gibi, işlem gerektiren hassas metodlarla çizilebilmektedir. Uygulamada fazla hassasiyet gerektirmeyen durumlarda basit metodlara başvurulmaktadır. Bu durum, pompa verimini ve çekilen gücü olumsuz etkileyebilir ve pompanın çokca kullanıldığı sanayi işletmelerinin enerji giderlerinin artmasına yol açabilir.

Makina parçalarını hesap ve dizaynında bilgisayarların kullanılmaya başlamasıyla işlemlerde kullanılan kademe sayısı artırılabilen ve yorucu ve hassas hesap gerektiren işlemler kolaylıkla yapılabilmektedir.

Kanat çiziminde kullanılan metodlardan nokta nokta çizimin dışındakiler birer geometrik çizim metodudur. Bu metodlardan tek daire metodu, çok küçük pompa çarklarının veya vantilatörlerin kanatlarının çiziminde kullanılır. Çift daire metodu ise kolay olmakla birlikte, eğrilik yarıçapının değiştiği noktada akışkan sapma yaparak cidardan ayrılmakta ve hidrolik verimin düşmesine neden olmaktadır. Konform tasvir metodu, uygulamada çokca kullanılmayacak hassaslıkta bulunmaktadır. Çizimde hata ihtimali çok olan bir metoddur.

Pompa kanadının şeklini belirlemede en etkili metod, nokta nokta çizilen hesap metodudur. Bu çizim metodunu bir bilgisayar yardımıyla gerçekleştirmek mümkündür. Seçilen kademe sayısının büyüklüğü oranında hassas sonuçlara

.....
ulaşılır. Hesap metodlarından şimdiye kadar çokca kullanılan integral metodudur. Logoritmik spiral ifadesiyle kanat şekli oldukça basit bir şekilde elde edilir. Yazılmış olan program bunu gerçekleştirmektedir. Konfor transform metodu olarak adlandırabileceğimiz logoritmik spiral ifadesine göre kanat çizim metodu aslında bir nokta nokta çizim metodudur.

Kanada ait θ merkez açısı, logoritmik spiral ifadesine göre hesaplanmış ve karşılaştırma yapabilmek amacıyla aynı bir tabloda verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi θ merkez açısı, logaritmik spiral ifadesiyle, integral ifadesine göre $1^\circ - 2^\circ$ daha küçük çıkmaktadır. Kanat eğriliğinde ise dikkate değer bir değişme olmamaktadır. θ açısının küçük olması, dolayısıyla sürtünme kayıplarının nisbeten az olması demektir. Bu üstünlük ve hesabındaki kolaylık logaritmik spiral ifadesine göre hesap ve çizimi daha tercih edilir kılmaktadır. Bir bilgisayar programı bu işi daha da kolaylaştırmaktadır.

EKLER:



```

10 DIM R(110),B(110),A(110),D(110),TE(110),X(110),Y(110):A(0)=0:D(0)=0
20 CLS:KEY OFF
30 REM      ***CONFORM TRANSFORM METODUYLA KANAT CIZIMI***
40 PRINT"  ***CONFORM TRANSFORM METODUYLA KANAT CIZIMI***"
50 PRINT:PRINT
60 INPUT "Q (m^3/sn)=";Q
70 INPUT "Hm (mss)=";HM
80 INPUT "n (dev/dak)=";N
90 NS=3.65*N*SQR(Q)/HM^(3/4)
100 PRINT
110 PRINT "ns=";NS;"(dev/dak)"
120 PRINT
130 INPUT "i (Kademe Sayısı)=";I
140 NS1=NS*I^(3/4)
150 HM1=HM/I
160 PRINT
170 PRINT "ns1=";NS1
180 PRINT
190 PRINT "Aşağıdaki Parametreleri Tablolardan Giriniz (Bak.Ref.[05])"
200 PRINT
210 INPUT "  Ve=";VE
220 INPUT "  nh=";NH
230 INPUT "kcm1=";KCM1
240 INPUT "kcm2=";KCM2
250 INPUT "  ku2=";KU2
260 INPUT "  psi=";PSI
270 INPUT "D1/D2 (alt)=";ALT
280 INPUT "D1/D2 (ust)=";UST
290 INPUT "  ng=";NG
300 PRINT
310 NE=1000*Q*HM/75/NG
320 DM=144*(NE/N)^(1/3)
330 IF DM>=40 THEN DM=10*INT(DM/10+.5) ELSE DM=5*INT(2*DM/10+.5)
340 DG=1.5*DM
350 DM=DM/1000:DG=DG/1000
360 DE=1000*SQR(4*Q/3.14159/VE)
370 IF DE<=100 THEN DE=10*INT(DE/10+.5)
380 IF DE<=100 THEN DE=420
390 IF DE<=200 THEN DE=50*INT(DE/50+.5)
400 IF DE<=200 THEN DE=420
410 DE=100*INT(DE/100+.5)
420 DE=DE/1000
430 DO=DE
440 QT=Q/.96
450 CO=4*QT/(DO*DO-DG*DG)/3.14159
460 SCHULZ=.92
470 D1=SCHULZ*DO
480 R1=D1/2
490 D1D=DO+.004
500 D1I=2*D1-D1D
510 C1=1.1*CO
520 CM1=C1
530 U1=3.14159*D1*N/60
540 BETA1=ATN(CM1/U1)
550 BETA1K=BETA1+2.33*3.14159/180

```

```

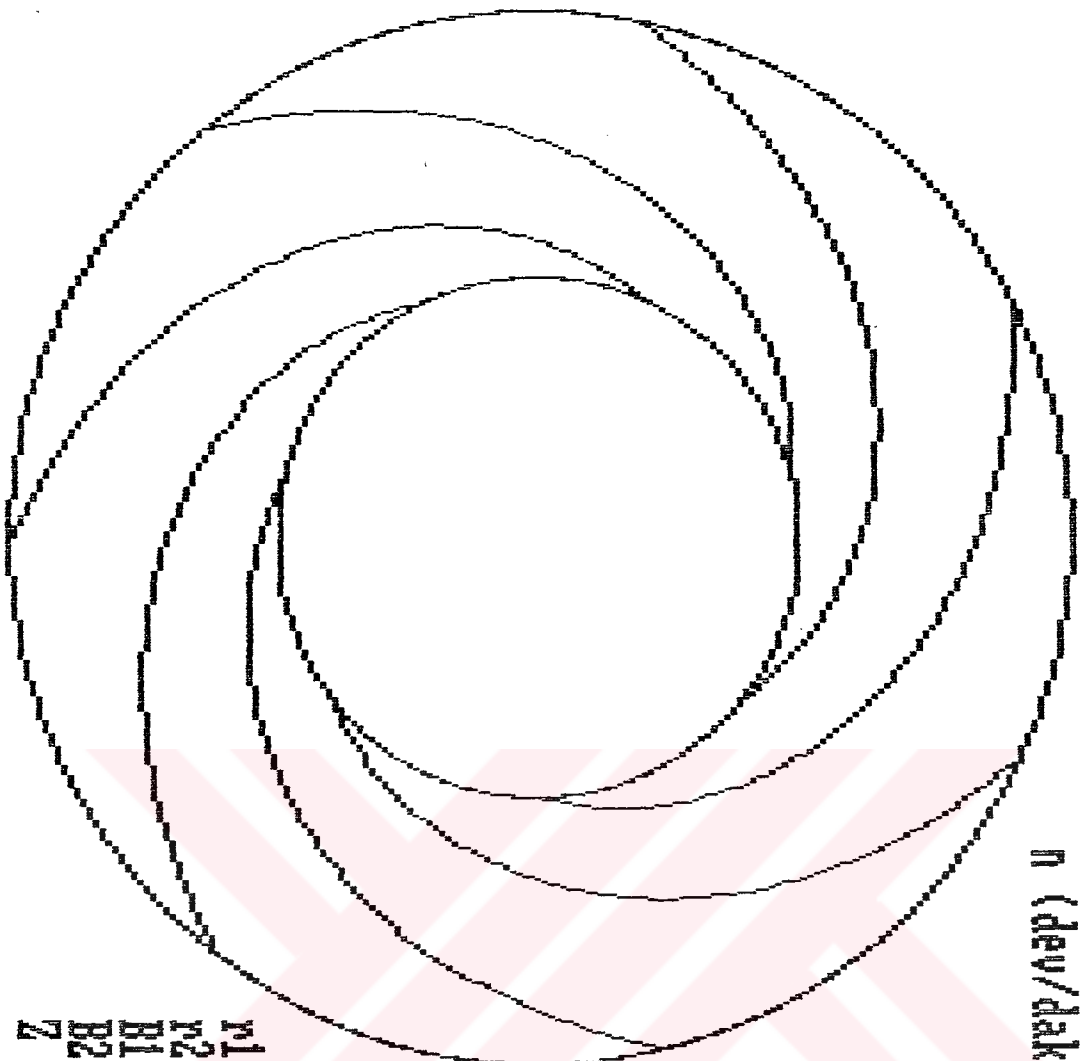
560 LAMDA1=.7
570 B1=QT/3.14159/D1/LAMDA1/CM1
580 U2=SQR(2*9.810001*HM1/PSI)
590 D2=60*U2/3.14159/N
600 R2=D2/2
610 IF SCHULZ=.95 THEN 660
620 IF SCHULZ=.9 THEN 660
630 IF D1/D2<ALT THEN SCHULZ=.95
640 IF D1/D2>UST THEN SCHULZ=.9
650 IF SCHULZ<>.92 THEN 470
660 CM2=KCM2*SQR(2*9.810001*HM1)
670 CU2=9.810001*HM1/U2/NI
680 BETA2=ATN(CM2/(U2-CU2))
690 BETA2KD=28*3.14159/180
700 Z=INT(6.5*(D2+D1)/(D2-D1)*SIN((BETA1K+BETA2KD)/2)+.5)
710 K=1+1.2*(1+SIN(BETA2KD))/Z/(1-D1*D1/D2/D2)
720 CU2SONSUZ=K*CU2
730 BETA2K=ATN(CM2/(U2-CU2SONSUZ))
740 AA=BETA2K
750 IF 180/3.14159*ABS(BETA2KD-BETA2K)>3 THEN BETA2KD=(BETA2KD+BETA2K)/2 ELSE GO
TO 770
760 GOTO 700
770 E1=3
780 E2=3
790 LAMDA2=1-Z*E2/SIN(BETA2K)/3.14159/D2/1000
800 B2=QT/3.14159/D2/LAMDA2/CM2
810 W1=U1/COS(BETA1K)
820 W2=U2/SIN(BETA2K)
830 CLS
840 PRINT "                SONUCLAR"
850 PRINT "                *****"
860 PRINT
870 PRINT "r1=";R1;"(m)"
880 PRINT "r2=";R2;"(m)"
890 PRINT "β1k=";BETA1K*180/3.14159;"(der)"
900 PRINT "β2k=";BETA2K*180/3.14159;"(der)"
910 PRINT "Z (kanat sayısı)=";Z
920 PRINT "dm=";DM*1000
930 PRINT "dg=";DG*1000
940 R(0)=R1:R(100)=R2:B(0)=BETA1K:B(100)=BETA2K
950 DELR=(R(100)-R(0))/100
960 DELB=(B(100)-B(0))/100
970 INPUT "SEKIL ICIN HERHANGI BIR TUSA BASINIZ";A$
980 CLS:SCREEN 2
990 PRINT "
1000 PRINT "                Q (m^3/sn)=";Q
1010 PRINT "                Hm (mss)=";HM
1020 PRINT "                n (dev/dak)=";N:PRINT:PRINT:
PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
1020 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT "
    r1=";R1*1000;"(mm)"
1030 PRINT "                r2=";R2*1000;"(mm)"
1040 PRINT "                B1k=";BETA1K*180/3.1
4159;"(der)"
1050 PRINT "                B2k=";BETA2K*180/3.1
4159;"(der)"
1060 PRINT "                Z (kanat adedi)=";Z
1070 CIRCLE (200,100),200
1080 CIRCLE (200,100),200*R1/R2
1090 FOR J=1 TO Z:TE(0)=2*3.14159/Z*J
1100 FOR M=1 TO 100

```

```

1110 R(M)=R(M-1)+DELR
1120 B(M)=B(M-1)+DELB
1130 A(M)=(B(M-1)+B(M))/2:D(M)=LOG(R(M)/R(M-1))/TAN(A(M))
1140 TE(M)=TE(M-1)+D(M)
1150 X(M)=200+INT(200/R2*R(M)*COS(TE(M))+.5)
1160 Y(M)=100-INT(84/R2*R(M)*SIN(TE(M))+.5)
1170 X(M-1)=200+INT(200/R2*R(M-1)*COS(TE(M-1))+.5)
1180 Y(M-1)=100-INT(84/R2*R(M-1)*SIN(TE(M-1))+.5)
1190 LINE (X(M-1),Y(M-1))-(X(M),Y(M))
1200 NEXT M
1210 NEXT J
1220 Z$=INKEY$:IF Z$="" THEN 1220
1230 SCREEN 0
1240 R(0)=R1:R(10)=R2:B(0)=BETA1K:B(10)=BETA2K:FI(0)=0:BE(0)=1/R(0)/B(0)
1250 DELR=(R(10)-R(0))/10
1260 DELB=(B(10)-B(0))/10
1270 FOR M= 1 TO 10
1280 R(M)=R(M-1)+DELR
1290 B(M)=B(M-1)+DELB
1300 A(M)=(B(M-1)+B(M))/2
1310 D(M)=LOG(R(M)/R(M-1))/TAN(A(M))
1320 T(M)=T(M-1)+D(M)
1330 BE(M)=1/R(M)/TAN(B(M))
1340 DF(M)=DELR/2*(BE(M)+BE(M-1))
1350 FI(M)=FI(M-1)+DF(M)
1360 NEXT M
1370 PRINT " R(M)", " β(°)", " θ(°)", "θint(°)"
1380 PRINT "*****", "*****", "*****", "*****"
1390 FOR M=0 TO 10
1400 PRINT R(M), B(M)*180/3.14159, T(M)*180/3.14159, FI(M)*180/3.14159
1410 NEXT

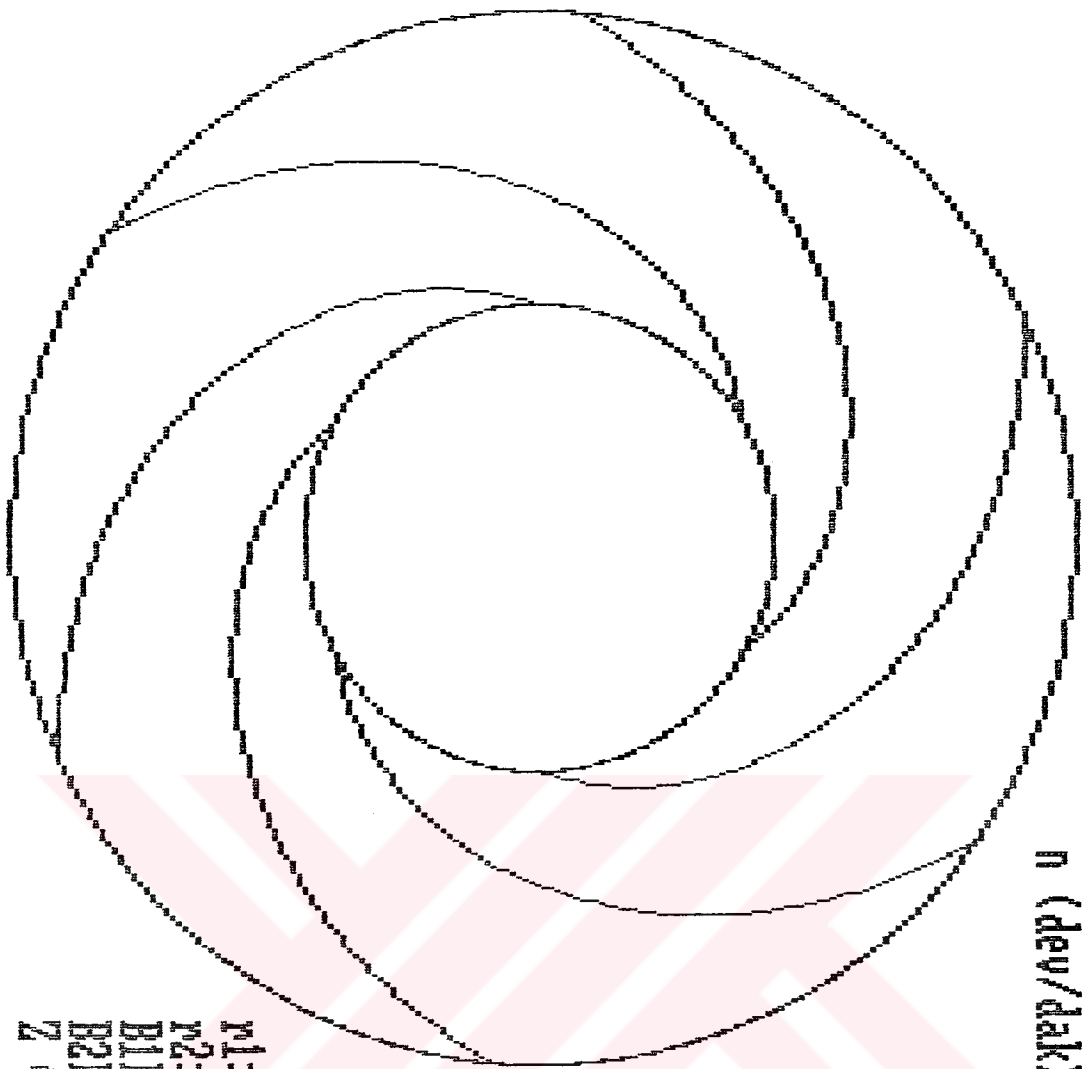
```



$Q (M^3/sn) = .1$
 $HM (MSS) = 40$
 $n (dev/dak) = 1470$

$r1 = 92 (mm)$
 $r2 = 186.712 (mm)$
 $B1k = 19.01237 (dev)$
 $B2k = 24.95327 (dev)$
 $Z (kanat adedi) = 7$

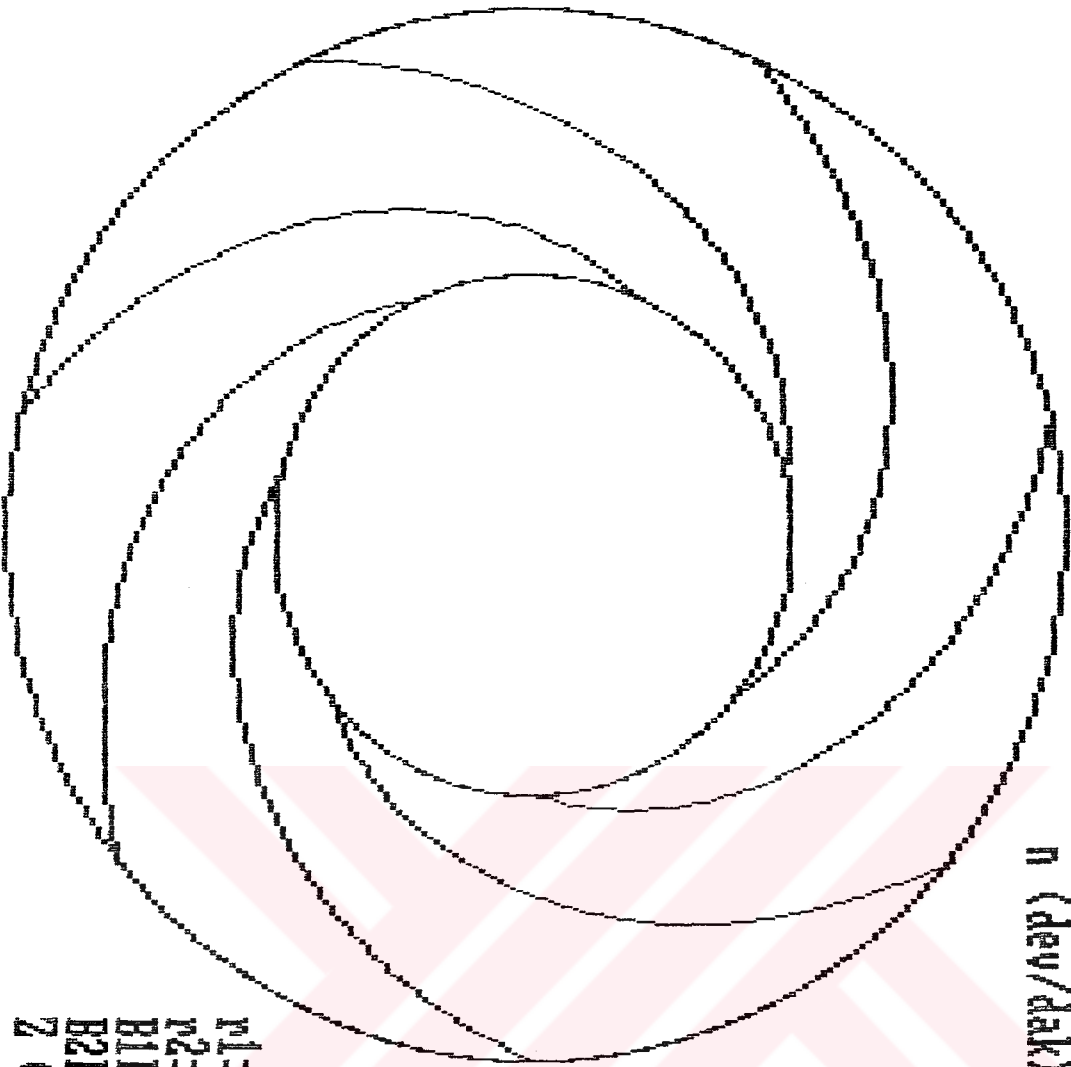
Şekil E.1



Q (M^3/SN) = .038
 H_m (MSS) = 80
 n (dev/dak) = 1450

r_1 = 69.00001 (MM)
 r_2 = 155.3723 (MM)
 $B1k$ = 19.73957 (dev)
 $B2k$ = 25.19359 (dev)
 Z (kamat adedi) = 6

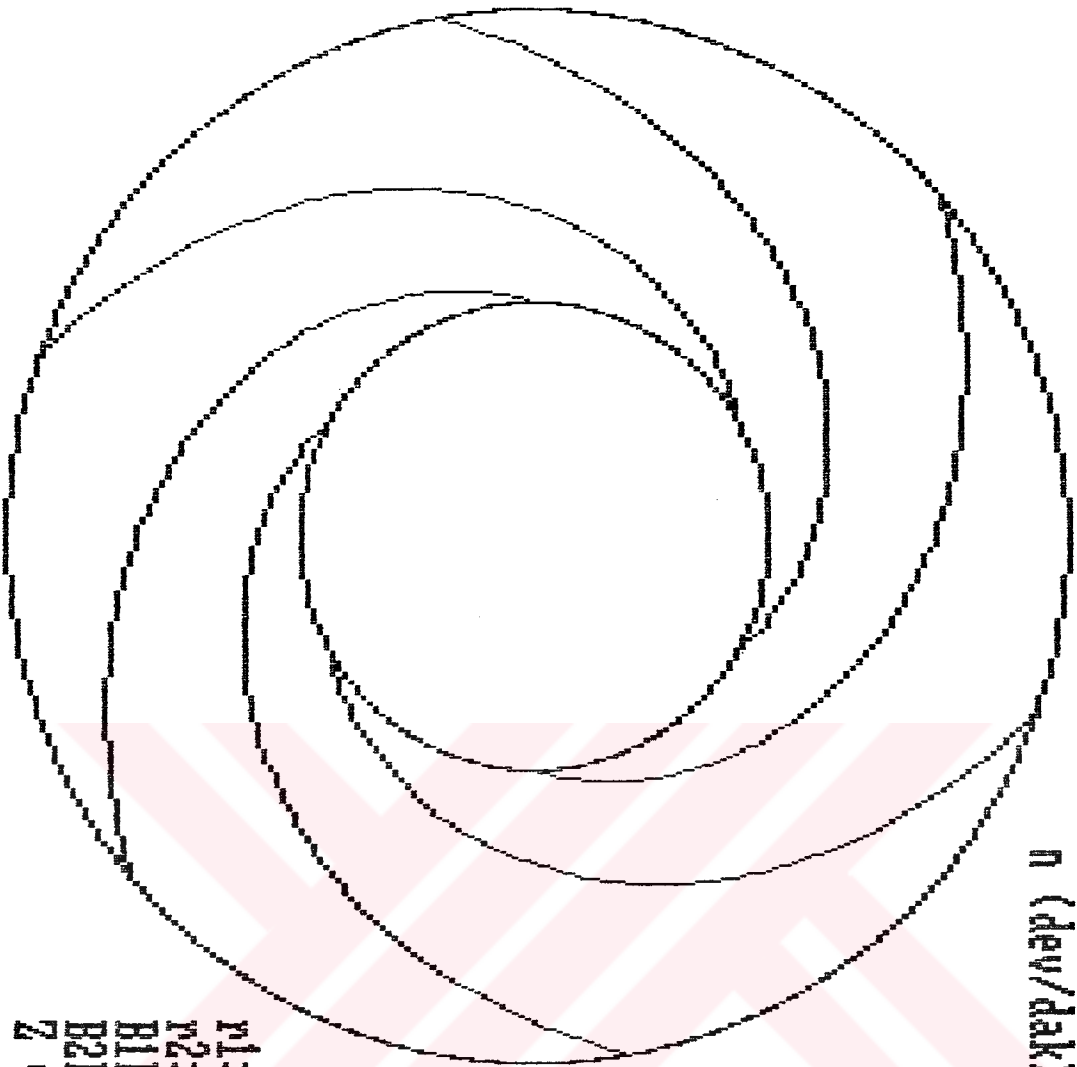
Şekil E.2



Q (M³/sn) = .1
HM (MSS) = 40
n (dev/dak) = 1470

r1 = 92 (MM)
r2 = 186.712 (MM)
B1K = 19.01237 (dev)
B2K = 24.95327 (dev)
Z (kanat adedi) = 7

Şekil E.3



$Q (M^3/5N) = .038$
 $H_m (MSS) = 80$
 $n (\text{dev/dak}) = 1450$

$r_1 = 69.00001 \text{ (MM)}$
 $r_2 = 155.3723 \text{ (MM)}$
 $R_{1k} = 19.73957 \text{ (dev)}$
 $R_{2k} = 25.19359 \text{ (dev)}$
 $Z (\text{kamat adedi}) = 6$

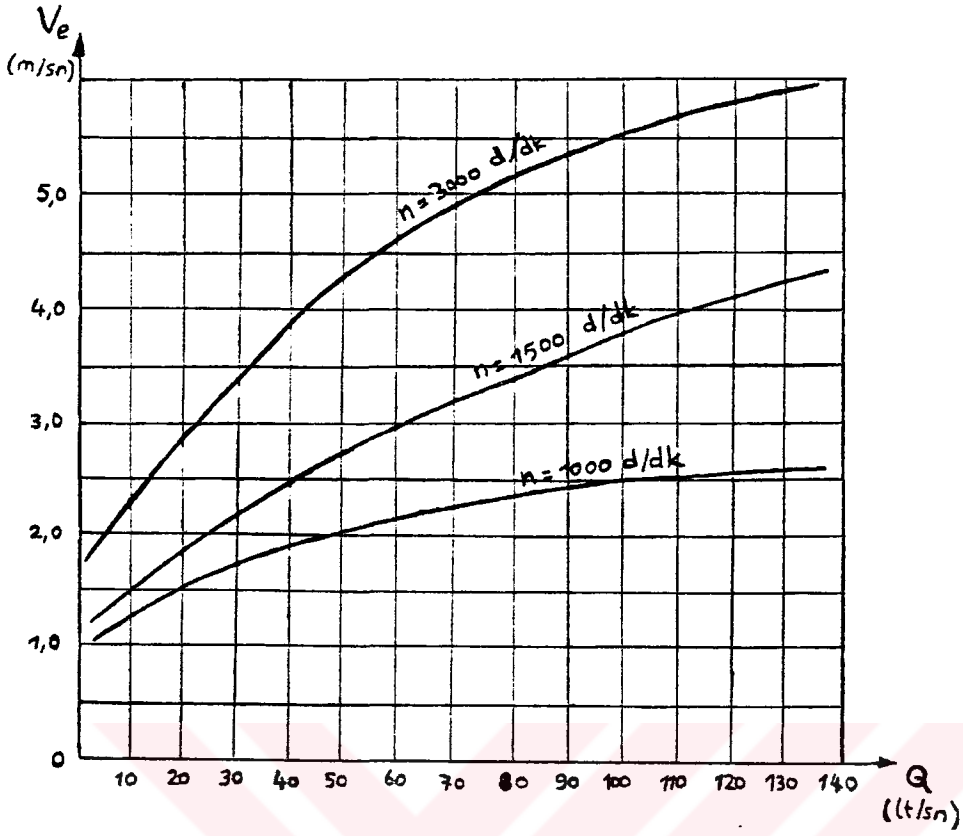
Şekil E.4

R (m)	β ($^{\circ}$)	θ_{1s} ($^{\circ}$)	θ_{int} ($^{\circ}$)
.092	19.01237	0.	0.
.1014712	19.60646	16.02324	16.39454
.1109424	20.20055	30.14465	30.5482
.1204136	20.79464	42.70026	43.12877
.1298848	21.38873	53.94777	54.39595
.1393560	21.98282	64.08883	64.5528
.1488272	22.57691	73.284	73.76878
.1582984	23.171	81.66296	82.15028
.1677696	23.76509	89.33183	89.82798
.1772408	24.35918	96.37854	96.88206
.1867119	24.95327	102.8765	103.3863

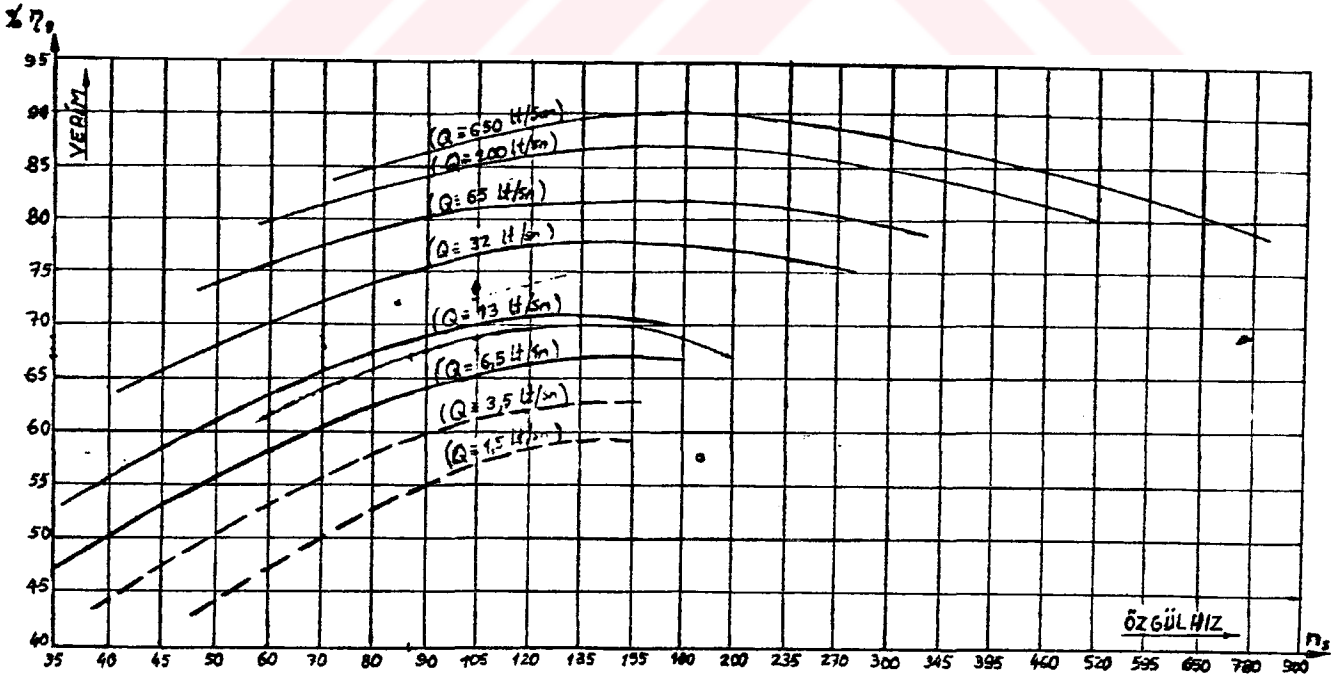
Tablo E.1

R (m)	β ($^{\circ}$)	θ_{1s} ($^{\circ}$)	θ_{int} ($^{\circ}$)
6.900001E-02	19.73957	0	0
7.763724E-02	20.28497	18.55373	19.03172
8.627448E-02	20.83037	34.66953	35.19271
9.491171E-02	21.37577	48.83476	49.39153
.1035489	21.92117	61.40776	61.99015
.1121862	22.46657	72.65933	73.26169
.1208234	23.01198	82.79889	83.41715
.1294607	23.55738	91.99163	92.62268
.1380979	24.10278	100.3699	101.0114
.1467351	24.64818	108.0412	108.6914
.1553724	25.19358	115.0943	115.7518

Tablo E.2



Şekil E.5



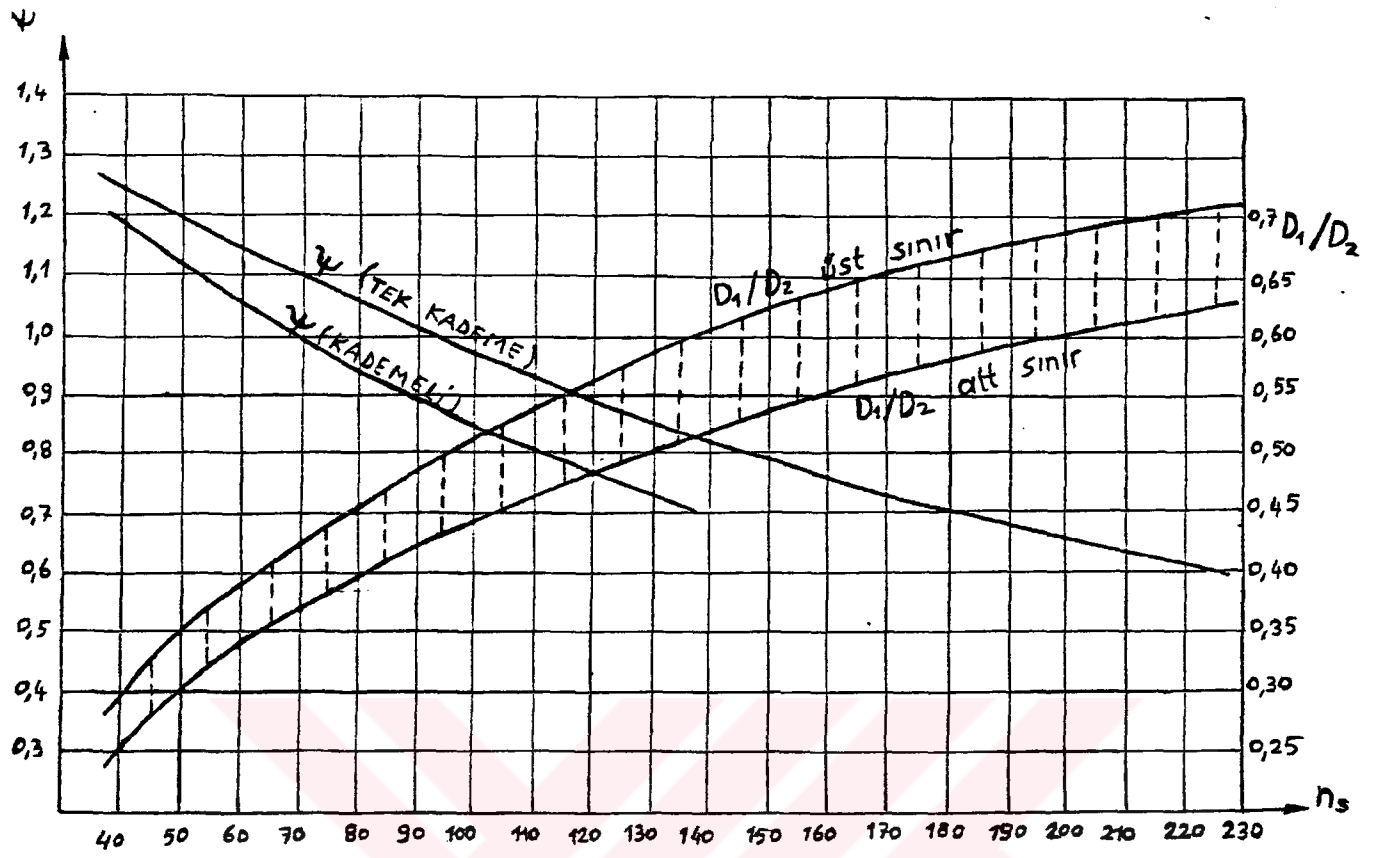
Şekil E.6

n_s (d/dk)	44	70	140	215	280	350	425	490
$\% \eta_h$	75	86	92	93	94	95	95,5	96

Tablo E.3



Şekil E.7



Şekil E.8

KAYNAKLAR

- 1- Baysal, K. - Tam Santrifüj Pompalar
- 2- Gökelim, A.T. - Pompalar
- 3- A.de Kovats, G. Desmur - Pompalar, Vantilatörler, Kompresörler. (Terc: Özgür, C., Yazıcı, H.F.)
- 4- Jekat, W.K. - Centrifugal Pump Theory
- 5- Özgür, C. - Su Makinaları Dersleri
- 6- Soğukoğlu, M. - Akışkanlar Mekaniği
- 7- Soğukoğlu, M. - Kanat ve Salyangoz Çiziminde Bir Yaklaşım (Sempozyum Notları)
- 8- Pflaideser, C., Peterman, H. - Akım Makinaları (Terc: Edis, K.)
- 9- Transkolansky, A.T- Impeller Pumps

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 03 Nisan 1966
Doğum yeri : Tavas
Mezun Olduğu Lise : İzmir Atatürk Lisesi
Mezun olduğu Üniversite : İ.T.Ü. Makina Fakültesi
Mezuniyet Yılı : Şubat 1991

Halen İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği
Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışıyor