

ELAZIĞ DEVLET MÜHENDİSLİK ve MİMARLIK AKADEMİSİ
MAKİNA BÖLÜMÜ

Akademi Yayınları, No:28

AKIM MAKİNALARI LABORATUVAR DENEYLERİ

Asistan Yük. Müh. Asaf VAROL

1980
ELAZIĞ

ELAZIĞ DEVLET MÜHENDİSLİK ve MİMARLIK AKADEMİSİ

MAKİNA BÖLÜMÜ

AKIM MAKİNALARI LABORATUVAR DENEYLERİ

Asistan Yük.Müh. ASAF VAROL

ELAZIĞ

1980

ÖNSÖZ

Derslerde okutulan teoriler, deneylerle izah edilmedikçe öğrencilerin konuya hakimiyetleri büyük oranda düşmektedir. Deneylerle konuların açıklanması öğrencilere çok zaman kazandırmakta, pratik için de faydalı bir ön hazırlık olmaktadır.

Yukarıdaki amaç doğrultusunda Akademimiz'de okutulan Akışkanlar Mekaniği ve Akım Makinaları Dersleri'nde görülen teorilerin uygulama alanı olan Akım Makinaları Laboratuvarı'nda öğrencilere yaptırdığım deneylerin bir kısmını kitap halinde yayınlamayı uygun gördüm. Bu kitabın öğrencilerimiz hatta hidrolik alanda çalışan mühendisler için, pratikte rastlanan hidrolik problemlerin çözümünde, rehber rolü oynayacağını ümit etmekteyim.

Kitabın basılması için gerekli müsaadeyi veren Akademi Başkanımız Sayın Memnune Bildik'e, her türlü yardımlarını esirgemiyen Makina Bölümü Yöneticimiz Sayın Doç. Kazım Pıhtılı'ya teşekkür ederim.

Asistan Yük.Müh.

ASAF VAROL

ELAZIĞ, OCAK 1980

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1.AKİŞKANLAR MEKANİĞİ İÇİN TANIMLAR ve ANA KAVRAMLAR	1
1.1.Maddenin hal durumları ve akışkanlar mekaniği	1
1.1.1.Katılar	1
1.1.2.Akışkanlar	1
1.2.Yaklaşım yöntemleri	1
1.2.1.Langrange yaklaşım yöntemi	1
1.2.2.Euler yaklaşım yöntemi	1
1.3.Boyutlar ve birimler	1
1.3.1.Temel boyut ve birimler	2
1.3.2.Türetilmiş boyut ve birimler	2
a)Enternasyonal boyut ve birim sistemi SI	2
b)İngiliz mühendislik boyut ve birim sistemi EES	3
1.4.Celsius, Rankine, Fahrenheit ve Reaumur sıcaklıkları arasındaki ilişkiler	3
1.5.Akışkanlar mekaniğine has tanımlar	3
2.SÜRTÜNMESİZ TEK BOYUTLU AKIM TEORİSİ	6
2.1.1.Süreklilik denklemi	6
2.1.2.Bernouilli denklemi	7
2.1.3.Impuls-Momentum teoremi	10
3.VENTURİMETRE DENEYİ	13
3.1.Deneyin amacı	13
3.2.Açıklama	13
3.3.Deney düzeneği ve açıklama	13
3.4.Deneyin teorisi	14

	<u>Sayfa</u>
3.5.Deneyin yapılışı	17
3.6.Hesap tablosu	19
3.7.Deney raporundan istenenler	19
4.BORULARDA SÜRTÜNME KAYBI HESABI DENEYİ	20
4.1.Deneyin amacı	20
4.2.Deney düzeneği şeması ve açıklama	20
4.3.Teorik bilgiler	20
4.4.Deneyin yapılışı	23
4.5.Hesap tablosu	23
4.6.Deney raporundan istenenler	23
5.SU POMPASI KARAKTERİSTİKLERİNİN TESBİTİ	24
5.1.Deneyin amacı	24
5.2.Deney düzeneği şeması ve açıklama	24
5.3.Deneyin teorisi	25
5.4.Deneyin yapılışı	28
5.5.Hesap tablosu	30
5.6.Deney raporundan istenenler	30
6.POMPA VE TÜRBİN DENEYLERİ	31
6.1.Deneyin adı	31
6.2.Deneyin amacı	31
6.2.1.Sistemin pompa ünitesiyle yapılabilcek deneyler	31
6.2.2.Sistemin türbin ünitesiyle yapılabilcek deneyler	31
6.3.Deney aletinin tanıtılması	32

	<u>Sayfa</u>
6.3.1.Genel bilgiler	32
6.3.2.Pompa,türbin üniteleri	32
6.3.3.Su dolaşımı	33
6.4.Genel bilgiler	34
6.5.Deney teorisi	35
6.5.1.Pompa için	36
6.5.2.Türbin için	37
6.6.Deneylerin yapıllşları	38
6.6.1.Pompa çalıştırılması	38
6.6.2.Türbin çalıştırılması	38
6.6.3.Pompa testi	39
6.6.4.Standart test kağıtı	40
6.6.5.Türbin testi	41
6.7.Deney raporundan istenenler	42
7.JET DENEYİ	45
7.1.Deneyin amacı	45
7.2.Deney düzeneği ve açıklama	45
7.3.Deney teorisi	46
7.4.Jet kuvvetinin deneysel olarak bulunması	49
7.5.Jet hızının (0) kesitindeki değeri	50
7.6.Deneyin yapıllşşı	50
7.7.Sabit veriler ve birimler	51
7.8.Hesap tablosu	51
7.9.Deney raporundan istenenler	52

1.AKIŞKANLAR MEKANİĞİ İÇİN TANIMLAR ve ANA KAVRAMLAR

1.1.Maddenin Hal Durumları ve Akışkanlar Mekaniği

1.1.1.Katılar:Molekülleri kendi eksenleri etrafında dönerler ve titreşim yaparlar.

1.1.2.Akışkanlar:Molekülleri kendi eksenleri etrafında dönerler,titreşim yaparlar ayrıca bir de öteleme hareketi yaparlar.

Akışkanlar;sıvılar ve gazlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Molekülleri arasındaki çekme kuvveti sıvılarda,gazlara nazaran daha fazladır.Sıvılarda hacim sabit,şekil değişiktir.Gazlarda ise,hacim ile şekil sabit değildir.

Akışkanlar Mekaniği:Sürekli bir akışkan ortamında tatbik edilen dış kuvvetlerin etkisiyle akışkan hareketini etüd eden bilim dalıdır.

1.2.Yaklaşım Yöntemleri

1.2.1.Lagrange yaklaşım yöntemi

1.2.2.Euler yaklaşım yöntemi

Lagrange yönteminde belirli bir partikül alınır ve takip edilir.Partikül nereye giderse oraya giderek gözlem zamana göre yapılır.

Euler yönteminde belirli bir bölge alınır ve oradaki gözlem zamana göre yapılır.Akışkanlar Mekaniğinde Euler yöntemi kullanılır.Bu sistemde akışkan ortamı sürekli dir.

1.3.Boyutlar ve Birimler

1.3.1.Temel boyut ve birimler

1.3.2.Türetilmiş boyut ve birimler

1.3.1. Temel boyut ve birimler

a) Enternasyonal boyut ve birim sistemi SI (Système International d'Unités)

b) İngiliz mühendislik boyut ve birim sistemi EES (English Engineering System)

a) SI SİSTEMİ		
Boyutlar	Temel Birimler	
-	MKSA	CGS
Uzunluk, L	metre, m	santimetre, cm
Kütle, M	kilogram, kg	gram, gr
Zaman, t	saniye, s	saniye, s
Sıcaklık, T	Kelvin, °K	Kelvin, °K
Elektrik Akımı, I	Amper, A	Amper, A

1.3.2. Türetilmiş boyut ve birimler

Hız: $\vec{L}/t$, (m/s)

İvme: Hız/Zaman, $\frac{\vec{L}/t}{t} = \frac{\vec{L}}{t^2}$, (m/s²)

Kuvvet: $\vec{F} = M \cdot \vec{a}$ 1Newton = 1kgx1m/s² N = kgm/s²

1(kg) x 9,81(m/s²) = 9,81 kgm/s² = 9,81N = 1kp

1(gr) x 981(cm/s²) = 981 grcm/s² = 1 din

1 kilopound: 1kg kütleyle yerçekimi ivmesinin standart olduğu bölgede etkiyen yerçekimi kuvvetidir.

Enerji: $\vec{F} \cdot \vec{L}$ 1Nm = 1 Joule (J) 1kpm = 9,81 Nm
1kpm = 9,81 J

Güç: Enerji/Zaman, Nm/s = J/s = 1 watt (w)

gr.cm.cm/s² = Erg Erg = dinxcm

b) İngiliz mühendislik boyut ve birim sistemi	
Temel Boyutlar	Temel Birimler
Uzunluk, L	foot, ft
Kütle, M	libre mass, lb _m
Zaman, t	saniye, s
Elektrik Akımı, I	Amper, A
Sıcaklık, T	Rankine, °R
Kuvvet, F	libre force, lb _f

$$\vec{F} = M \cdot \vec{a} / g_0 \quad g_0 = M \cdot \vec{a} / \vec{F} \quad g_0 = 1b_m \cdot ft / 1b_f \cdot s^2$$

$$g_0 = 32,2 \text{ lb}_m \cdot ft / 1b_f \cdot s^2$$

1.4. Celsius, Rankine, Fahrenheit ve Reaumur Sıcaklıkları arasındaki ilişkiler:

Skala	Celsius, °C	Rankine, °Ra	Fahrenheit, °F	Reaumur, °R
I Celsius °C		$\frac{5}{9} t^{\circ}Ra - 273,15$	$\frac{t^{\circ}F - 32}{1,8}$	$1,25 t^{\circ}R$
II Rankine °Ra	$1,8 t^{\circ}C + 273,15$		$t^{\circ}F + 459,67$	$1,8 (1,25 t^{\circ}R + 273,15)$
III Fahrenheit (°F)	$1,8 t^{\circ}C + 32$	$t^{\circ}Ra - 459,67$		$\frac{9}{4} t^{\circ}R$
IV Reaumur °R	$0,8 t^{\circ}C$	$0,8 (\frac{5}{9} t^{\circ}Ra - 273,15)$	$\frac{4}{9} (t^{\circ}F - 32)$	

1.5. Akışkanlar Mekaniğine Has Tanımlar

Özgül Kütle: Birim hacim başına düşen kütle miktarıdır. (ρ)

Boyutu: M/V (kg/m^3)

Akışkanlar özgül kütleye göre ikiye ayrılırlar.

1. Sıkıştırılabilen akışkan: Özgül kütle sabit değildir. Özgül kütle sıcaklık ve basıncın fonksiyonu olarak değişir. ρ -değişkendir.

2. Sıkıştırılamıyan akışkan: Özgül kütle sabittir. ($\rho = \text{sbt}$ tir.)

Özgül Ağırlık: Birim hacmin ağırlığıdır. (γ) Boyutu: $\vec{F}/V$

Birimi (N/m^3), pratikte kp/m^3 kullanılır.

Özgül ağırlık ile özgül kütle arasındaki bağıntı:

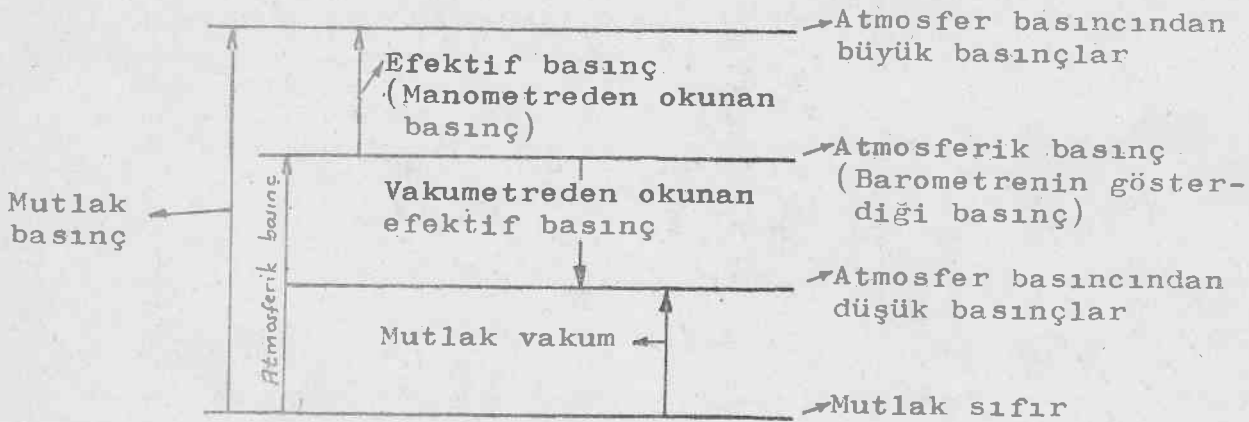
$$\vec{F}/V = (M/V)g = \gamma = \rho \cdot g$$

Basınç: Birim yüzeye etkiyen dik kuvvettir. Boyutu: $\vec{F}/A$

Birimi: N/m^2 1 $kp/cm^2 = ? N/m^2$ eder, bulunuz.

9,81 $N/10^{-4} m^2 (N/m^2)$ eder.

Efektif (Cihaz basıncı) ve Mutlak basıncın birbirinden farkları:



$$\text{Mutlak basınç} = \text{ata}$$

$$\text{efektif basınç} = \text{atü}$$

$$\text{Mutlak basınç (ata)} = \text{efektif basınç (atü)} + \text{atmosfer basıncı (atm)}$$

Bir sistem içinde vakum olduğu zaman;

Mutlak vakum = atmosfer basıncı(atm) - efektif basınç(atü)

Bütün termodinamik hesaplarda mutlak basınç kullanılır.

Diğer taraftan, bir buhar kazanında buhar olmadığı zaman bunun içinde ve dışında basınç aynıdır ve bu atmosfer basıncıdır. Halbuki kazanda buhar olduğu zaman içindeki basınç atmosferden çok daha yüksektir. Kazanın içindeki atmosferin üstünde bulunan basıncın bilinmesi gereklidir. Direnç bakımından kazan malzemesini zorlayan gerilmeler iç ve dış mutlak basınçların farkından yani atmosferin üstündeki basınçtan doğmaktadır. Bu nedenle basınç manometrelerinin sıfır işareti genel olarak atmosfer basıncıdır (Manometre basıncı). Kondenserlerde basınç daima atmosferin altında olduğundan bunlarda cıva manometresi kullanılır.

Atmosfer: Özgül ağırlığı $13,6 \text{ gr/cm}^3$ olan bir akışkanın 760 mm uzunluğundaki bir sütunun dibinde N.Ş.A.'da gösterdiği basıncın değeri 1 atmosferdir.

Standart atmosferik basınç (atm)

Teknik atmosferik basınç (at veya atü)

$$1 \text{ atm} = 1,033 \text{ kp/cm}^2$$

$$1 \text{ at} = 1 \text{ atü} = 1 \text{ kp/cm}^2$$

$$1 \text{ atm} = 10,33 \text{ mSS}$$

$$1 \text{ at} = 10 \text{ mSS}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg (Torr)}$$

$$1 \text{ at} = 736 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ bar} = 0,987 \text{ atm}$$

$$1 \text{ bar} = 1,02 \text{ at}$$

2. SÜRTÜNMESİZ TEK BOYUTLU AKIM TEORİSİ

2.1. Süreklilik denklemi, Bernoulli denklemi ve Impuls-Momentum teoremi

Sürtünmesiz tek boyutlu akım teorisinde sıvı zerreciklerinin kendi aralarında ve katı cıdarla sürtünmeleri neticesi enerji kaybı olmadığını yani bir miktar enerjinin ısıya çevrilip kaybolmadığını kabul etmek mümkündür. Üç veya iki boyutlu olan akımı tek boyutluya dönüştürebilmek için en kesit içinde hızın üniform hız olarak kesitin çeşitli noktalarındaki hızların ortalaması olan ortalama hız değeri alınır.

2.1.1. Süreklilik denklemi

Madde kaybolmadığına göre bir akım borusunun bir ucundan giren madde diğer taraftan dışarı çıkmalıdır. Girişteki değerler 1 indisi, çıkıştaki değerler 2 indisi ile gösterilirse;

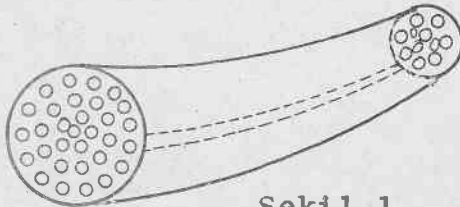
$$\rho_1 V_1 \Delta A_1 = \rho_2 V_2 \Delta A_2 \quad (2.1)$$

Şayet kesitte n akım borusu var ise,

$n \Delta A_1 = A_1$ ve $n \Delta A_2 = A_2$ olduğundan,

$$\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2 \quad (2.2)$$

elde edilir. Şekil.1'de bir boru alınması halinde kesitlerde akım borularının nasıl tahayyül edilebileceği gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil.1

(2.2) denkleminin ifade ettiği mâna maddenin veya kütlenin korunduğudur. Eğer sıkışmıyan bir akışkan ile çalışılıyorsa kütlenin korunması prensibi hacmin korunması prensibine dönüşür. (2.2) denklemi aşağıdaki gibi ifade edilir.

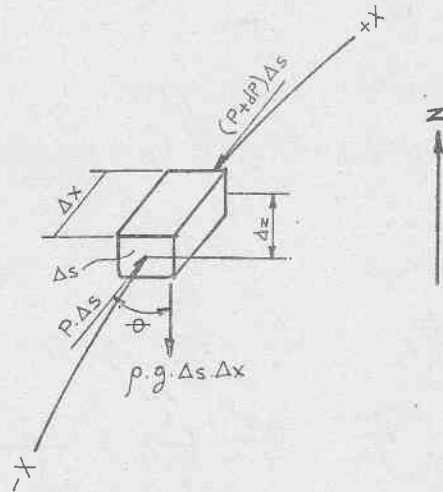
$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 \quad (2.3)$$

Bu ifade birim zamanda bütün kesitlerden geçen hacmin veya debinin eşit olduğunu göstermektedir.

2.1.2. Bernouilli Denklemi

Enerjinin temel denklemi (Euler formülü)

Bir akım çizgisi boyunca Euler formülü: Akım çizgisi üzerinde akışkanın prizmatik bir elemanını ele alalım. Bir akışkanın hareketi sırasında her noktasında akışkan hızına teğet olan eğriye akım çizgisi denir (Şekil.2)



Şekil.2

Δs = Prizmanın kesidi

Δx = Prizmanın boyu

Hareketin +x yönünde olduğunu kabul edelim. Prizmanın kütlesi ;

$\rho \cdot \Delta s \cdot \Delta x$ tir. Viskositeyi ve sürtünme kuvvetini sıfır kabul edersek hesapları kolaylaştırmış oluruz.

Prizmatik elemana gelen kuvvetler:

1-Ağırlık kuvveti: $\rho \cdot g \cdot \Delta s \cdot \Delta x$ tir. Bu kuvvetin prizma eksenindeki izdüşümü: $-\rho \cdot g \cdot \Delta s \cdot \Delta x \cdot \cos\theta$ dir. (-) işareti, (+x)'e zıt yön oluşundan konuldu.

2-Basınç kuvvetleri: (+x) yönündeki basınç kuvveti $P \cdot \Delta s$ ve (-x) yönündeki basınç kuvveti $(P+dP) \cdot \Delta s$ tir. Prizmaya yandan gelen ve prizma eksenine dik olan basınç kuvvetleri, karşılıklı olarak teker teker birbirlerini yok ettiklerinden hesaba girmezler.

Newton kanunu: $F=m \cdot a$ dir.

(x) doğrultusundaki ivme a ise, $F=\rho \cdot \Delta s \cdot \Delta x \cdot a$ olur. (x) doğrultusundaki kuvvetlerin bileşkesi,

$F = P \cdot \Delta s - (P+dP) \cdot \Delta s - \rho \cdot g \cdot \Delta s \cdot \Delta x \cdot \cos\theta$ dir. Son iki eşitlikten,

$P \cdot \Delta s - (P+dP) \cdot \Delta s - \rho \cdot g \cdot \Delta s \cdot \Delta x \cdot \cos\theta = \rho \cdot \Delta s \cdot \Delta x \cdot a$ olur.

Δx boyunca dP basınç değişimi $dP = (\partial P / \partial x) \Delta x$ ve her yanı $\rho \cdot \Delta s \cdot \Delta x$ 'e bölersek;

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + g \cdot \cos\theta + a = 0$$

$$\cos\theta = \frac{\partial z}{\partial x} \quad \text{ve } a \text{ ivmesi } a = \frac{dV}{dt} \quad \text{den } V = f(t, x)$$

$$dV = \frac{\partial V}{\partial x} dx + \frac{\partial V}{\partial t} dt \quad a = \frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial x} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{\partial V}{\partial t}$$

$$\frac{dx}{dt} = V \text{ olduğundan ; } \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + g \cdot \frac{\partial z}{\partial x} + V \cdot \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = 0$$

bulunur. Kararlı akımda ivme sıfırdır. Yani zamanla akım hızında bir eksilme veya çoğalma olmuyor. 0 halde: $\frac{\partial V}{\partial t} = 0$ olur.

V hızı yalnız x'e bağlı kaldığından $\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{\partial V}{\partial t}$ yazılır. Keza $\frac{\partial z}{\partial x}$ ve $\frac{\partial P}{\partial x}$ kısmi türevli diferansiyelleri de, adi diferansiyel denklem haline geçerler.

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dP}{dx} + g \cdot \frac{dz}{dx} + V \cdot \frac{dV}{dx} = 0$$

bulunur. Bu denklemde P, V, z sadece x'in fonksiyonu olduğundan:

$$g \cdot dz + \frac{dP}{\rho} + V dV = 0$$

olur. Bu denklem; hareket akım çizgisi boyunca, akışkanın sürtünmesiz ve akımın kararlı olması halinde geçerlidir. Akışkanın özgül kütlesi ρ sabit ise entegral alınarak,

$$g \cdot z + \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} = \text{sabit}$$

elde edilir. Bu denkleme BERNOUİLLİ DENKLEMİ denir ve sürtünmesiz ve de sıkıştırılamıyan akışkanların kararlı akımı için doğrudur. Özgül ağırlık cinsinden, $\gamma = \rho \cdot g$ olduğundan

$$z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = \text{sabit}$$

bulunur.

z : Birim ağırlıktaki bir eleman için potansiyel enerjiyi,

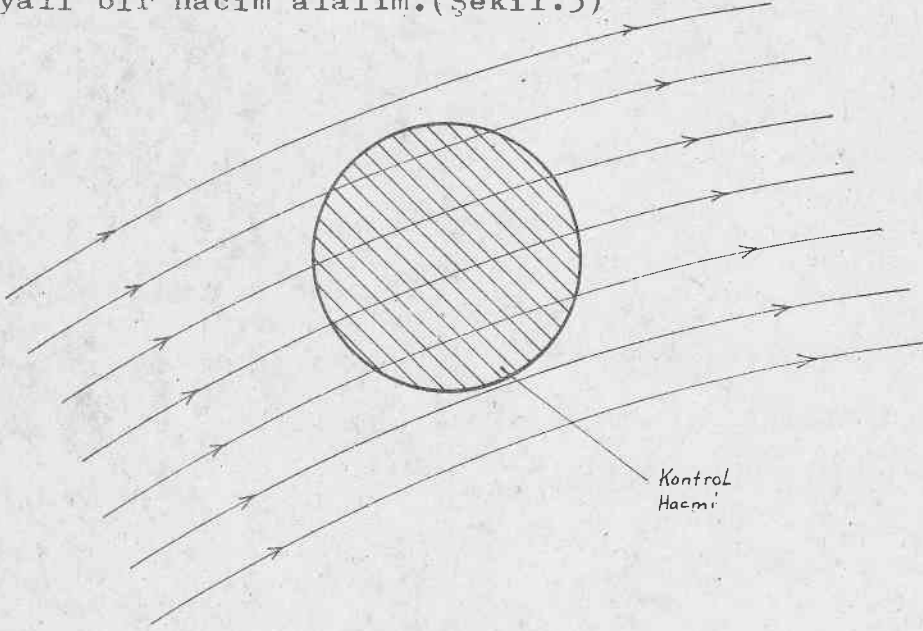
$\frac{P}{\gamma}$: Birim ağırlıktaki bir eleman için basınç enerjisini,

$\frac{V^2}{2g}$: Birim ağırlıktaki bir eleman için kinetik enerjiyi göstermektedir.

BERNOUİLLİ DENKLEMİ'nin ifadesi: Sıkıştırılamıyan ve sürtünmesiz bir akışkanın kararlı akımında, birim ağırlıktaki elemanın potansiyel, basınç, hız enerjileri toplamı akım çizgisi boyunca sabit kalır. Bu ifade, enerjinin sakınımı prensibinin akışkana uygulamasıdır.

2.1.3. Impuls-Momentum Teoremi

Akım alanı içinde sabit, herhangi bir şekli haiz fakat hayali bir hacim alalım. (Şekil.3)



Şekil.3

Bu hacmi çevreleyen sınırları sanki birer katı cidarmış gibi düşünelim; öyleki hem katı cidar özelliklerine haiz hem de geçirimli olsunlar, yani akıma engel teşkil etmesinler. Bu hacme kontrol hacmi denir. Kontrol hacminin hareket etmediği bir eksen takımından veya başka bir deyişle kontrol hacmiyle beraber hareket eden bir eksen takımından zamanla değişmiyen akım hali için kontrol hacmine tesir eden tüm dış kuvvetlerin bileşkesi,

$$\sum \vec{K} = \int_{k.y.} \rho \vec{V} (\vec{V} \cdot d\vec{F}) \quad (2.4)$$

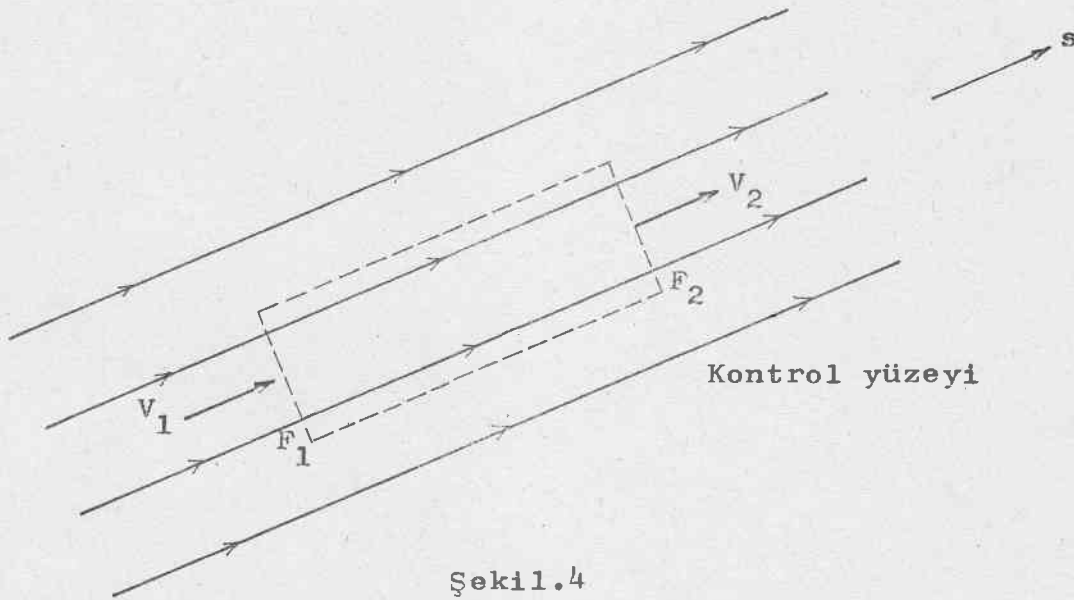
dir. $\sum \vec{K}$: Kontrol hacmi içindeki akışkanın ağırlığı da dahil olmak üzere kontrol hacmine etkiyen tüm dış kuvvetlerin vektörel bileşkesini, $\vec{V}$: Kontrol yüzeyi üzerindeki hız vektörüdür.

Zamanla değişmiyen akım için yazılan (2.4) denkleminin en büyük avantajı kontrol hacmi içindeki akım şartları hakkında hiç bir bilgiyi gerektirmemesidir.

Kontrol hacmini, giren ve çıkan akımın kontrol hacmine dik olacağı tarzda seçmek mümkündür. Giriş ve çıkış kesitlerinde her noktada hız sabitse ve örneğin ortalama hıza eşitse (2.4) denklemi,

$$\sum K_s = \rho_2 F_2 V_2 V_{s2} - \rho_1 F_1 V_1 V_{s1} = \rho Q (V_{s2} - V_{s1}) \quad (2.5)$$

şekline girer. (şekil.4)



şekil.4

Zamanla değişmiyen akım ve sabit kontrol hacmi için Impuls-Momentum denkleminin üç boyutlu vektörel ifadesi,

$$\sum \vec{K} = \rho Q (\vec{V}_2 - \vec{V}_1) \quad (2.6)$$

olur. Burada:

$\vec{V}_2$: Kontrol hacminden çıkış hızı (m/s)

$\vec{V}_1$: Kontrol hacmine giriş hızı (m/s)

dir. Bunlar ortalama hızlardır. Yukarıdaki ifadeyi,

$$\sum \vec{K} - \rho Q \vec{V}_2 + \rho Q \vec{V}_1 = 0 \quad (2.7)$$

şekline sokarsak, bir katı cisim olarak göz önüne alınan kontrol hacminin dengede olması problemine dönüştürmüş oluruz. $\rho Q V_2$ kuvveti işaretinden dolayı çıkış kesitindeki hızın aksi yönünde, $\rho Q V_1$ giriş kesitindeki hız yönünde tatbik edilecektir. Bir başka deyişle bu düşünüş tarzında problem denge şartlarının uygulanması neticesi çözümlenebilir.

$$\sum X = 0$$

$$\sum Y = 0$$

3.VENTURİMETRE DENEYİ

3.1.Deneyin amacı: Venturimetre ile bir borudan geçen suyun debisini ölçmek ve venturimetrenin debi katsayısını tesbit etmek.

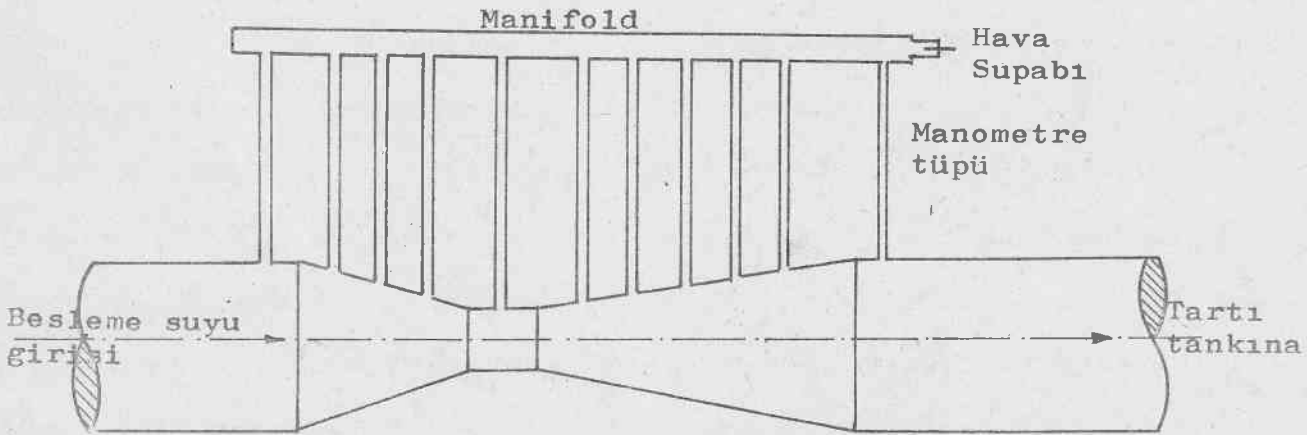
3.2.Açıklama: Venturimetre, bir borudan geçen suyun debisini ölçmek için kullanılan bir alettir. İçerisinde hareket eden herhangi bir parça olmadığı için venturimetre fazla bakıma ihtiyaç göstermeden uzun süre kullanılabilir.

Boru içerisinde akmakta olan akışkan venturimetre içerisine girince; boğaz kısmında büzüldüğü kesitteki hızı, ana borudaki hızından daha yüksek değere ulaşır. Hızın artışı ile akışkanın statik basıncı düşer. Basıncın düşmesi akışkanın debisinin büyüklüğüne bağlıdır. Böylece debi ölçmek için venturimetredeki basınç düşüşü ölçülür. Bernouilli ve süreklilik denklemleri yardımıyla sistemden geçen debi hesaplanır. Boğazdan geçen akışkan venturimetrenin difüzörüne girer, burada basınç tekrar yükselir, hız normal duruma yaklaşır, akışkan venturimetreyi geçip, ana boruya girince hız ilk değerine ulaşır.

3.3.Deney düzeneği ve açıklama: Şeffaf plastik malzemeden imal edilmiş venturimetre, Şekil.5`te görüldüğü gibi tertip edilmiştir. Pompadan gelen su, plastik bir hortum vasıtasıyla venturimetre girişine bağlanır. Venturimetre çıkışındaki kontrol vanasından geçen akışkan yine plastik bir hortumla ölçü haznesine bağlanır.

Venturimetre üzerinde daralan ve genişliyen kesimde boylu

boyunca piezometreler tertiplenmiştir.Bu piezometreler düşey durumdaki manometrelerle irtibatlandırılmışlardır.Manometrelerin uçları şekildeki gibi genel bir manifoldla birleştirilmiştir. Manifold üzerindeki hava supabı vasıtasıyla manometrelerin içinde sıkışabilecek hava kabarcıkları dışarı atılabilir. ,



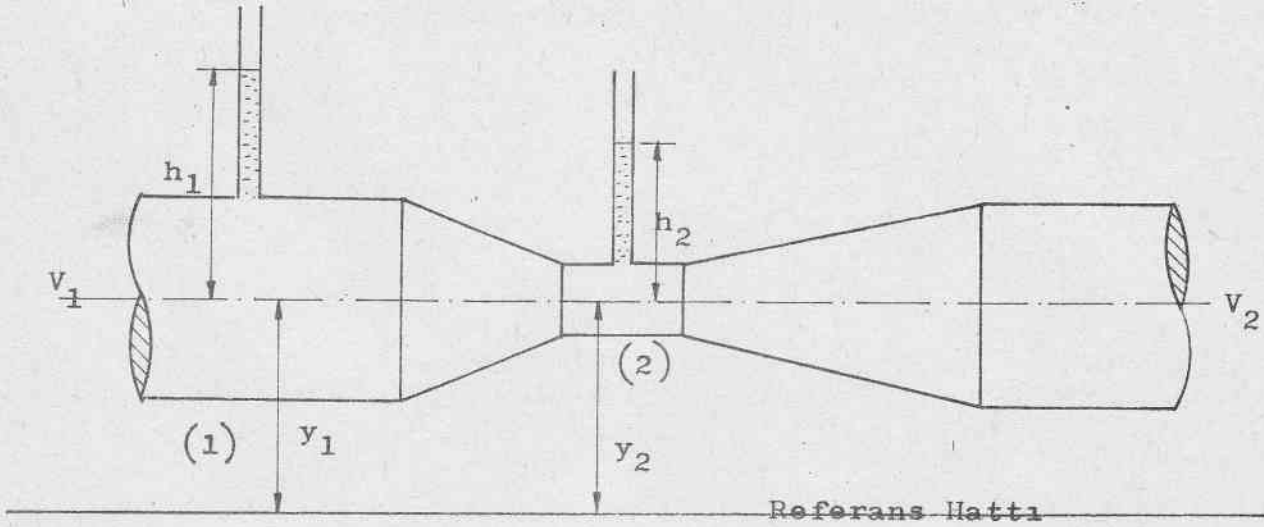
Şekil.5

Normal olarak venturimetre ile debi ölçmek için bir girişteki ana boru üzerindeki ve bir de dar boğaz kısmındaki piezometreler kullanılır.Bununla beraber şekil üzerinde görülen 11 adet manometre irtibatının nedeni,venturimetre içerisinde akan hareketi sonucunda,akışkanın statik ve dinamik basınç değişimini incelemek içindir.

3.4.Deneyin teorisi:Şekildeki gibi daralan ve genişliyen

bir venturimetre içinde akan bir akışkanı düşünelim (Şekil.6)

(1) kesitindeki alanı A_1 , (2) kesitindeki alanı ise A_2 ile gösterelim. Bu kesitlerdeki piezometre tüplerindeki akışkan yükseklikleri sırasıyla h_1 ve h_2 olsun.



Şekil.6

Venturimetrede enerji kaybı olmadığını kabul edelim. Toplam basınç seviyesinin her kesitte sabit oluşu kusurunu düşünererek, (1) ve (2) kesitleri arasında Bernouilli denklemi uygulanırsa:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\bar{V}_1^2}{2g} + y_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\bar{V}_2^2}{2g} + y_2 \quad (3.1)$$

formülü yazılır. Burada $\bar{V}_1$ ve $\bar{V}_2$ sırasıyla (1) ve (2) kesitlerindeki akışkanın ortalama hızlarını, P_1 ve P_2 yine (1) ve (2) kesitlerindeki basınçları, y_1 ve y_2 ise venturi ekseninin seçilen referans düzlemine olan yükseklikleri, γ ise akışkanın özgül

ağırlığını göstermektedir.Şekilde görüldüğü gibi,

$$y_1 = y_2$$

$$P_1 = P_a + \gamma h_1$$

$$P_2 = P_a + \gamma h_2$$

değerleri Bernouilli denkleminde yerlerine konursa,

$$\frac{P_a + \gamma h_1}{\gamma} + \frac{\bar{V}_1^2}{2g} = \frac{P_a + \gamma h_2}{\gamma} + \frac{\bar{V}_2^2}{2g}$$
$$h_1 + \frac{\bar{V}_1^2}{2g} = h_2 + \frac{\bar{V}_2^2}{2g} \quad (3.2)$$

elde edilir. (1) ve (2) kesitlerinde süreklilik denklemini uygulanırsa,

$$Q = \bar{V}_1 A_1 = \bar{V}_2 A_2 \quad (3.3)$$

yazılır.Bu denklemden Q:Saniyede akan akışkan miktarını veya hacimsel debiyi ifade etmektedir.Denklem (3.3)'ten $\bar{V}_1$ hızı çekilirse,

$$\bar{V}_1 = (A_2/A_1) \bar{V}_2$$

bulunur ve bu değer (3.2) formülünde yerine konursa,

$$h_1 + \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \frac{\bar{V}_2^2}{2g} = h_2 + \frac{\bar{V}_2^2}{2g}$$
$$\bar{V}_2^2 = \frac{(h_1 - h_2) \cdot 2g}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}$$
$$\bar{V}_2 = \sqrt{\frac{2g \Delta h}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}} \quad (3.4)$$

elde edilir.Burada $\Delta h = h_1 - h_2$ 'dir.

$\bar{V}_2$ hızı bilindiğine göre, Q hacimsel debisini teorik olarak kolaylıkla hesaplayabiliriz.

$$Q_{teo} = A_2 \cdot \bar{V}_2 = A_2 \sqrt{\frac{2g \Delta h}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad (3.5)$$

Gerçekte (1) ve (2) kesitleri arasında enerji kaybı olduğundan ve hızla kesit alanlarının her noktasında mutlak surette değişik değerler aldığından, hesap yoluyla elde edilen debi, pratik yoldan ölçülen gerçek debi değerinden biraz daha büyüktür. Bu gerçek göz önüne alınırsa, bir düzeltme yapmak gerekir. Venturimetre debi katsayısı adı verdiğimiz ve "C" ile gösterilen bir katsayı ile teorik debi çarpılarak, pratikte ölçü yoluyla bulunan debiye eşit kılınır. O halde teorik olarak bulunacak debi C katsayısıyla çarpılarak gerçek debi değeri,

$$Q_{gerçek} = C \cdot A_2 \sqrt{\frac{2g \Delta h}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad (3.6)$$

şeklinde hesaplanır. Formüldeki C debi katsayısı deneysel olarak tespit edilir ve değeri her venturimetre için farklıdır. Hatta aynı venturimetre ile debi ölçerken bile, akım debisi artırılırsa C katsayısı yine değişir. Fakat C katsayısının bu değişimi çok az olduğundan sonuç üzerinde büyük bir etkisi yoktur. C katsayısı $C=0,95-0,99$ arasında değiştiği kabul edilir.

3.5. Deneyin yapılışı: Farklı Q debisinde elde edilecek $\Delta h = h_1 - h_2$ değerleri bir cetvel halinde yazılır. İlk deneye Δh 'ın en büyük değeri ile başlanır. Yani venturimetreden maksimum debi

geçişi sağlanır. Venturimetreden çıkan su miktarı tartı kabında toplanır. Kronometrenin belirli bir aralığında geçen suyun kütlesi ölçülür ve not edilir. Takriben 10 adet ölçme yapılır ve okunan değerler ilerideki tabloda gerekli yerlere yazılır.

Ölçülen değerler:

- 1-Tartı kabında toplanan suyun kütlesi M (kg)
- 2-Tartı kabında M kg suyun toplanması için geçen süre t (s)
- 3-(1) kesitindeki manometrik su yüksekliği h_1 (m)
- 4-(2) kesitindeki manometrik su yüksekliği h_2 (m)
- 5-(1) kesitindeki venturimetre çapı D_1 (m)
- 6,(2) kesitindeki venturimetre çapı D_2 (m)

Hesaplanan değerler:

1-(1) kesitinin alanı $A_1 = \frac{\pi D_1^2}{4}$ (m^2)

2-(2) kesitinin alanı $A_2 = \frac{\pi D_2^2}{4}$ (m^2)

3-Gerçek debi $Q_{\text{gerçek}} = \frac{\dot{M}}{\rho \cdot t}$ (m^3/s)

ρ = Suyun özgül kütlesi (kg/m^3)

4-Manometrik seviye farkı $\Delta h = h_1 - h_2$ (m)

5-Teorik debinin hesabı $Q_{\text{teorik}} = A_2 \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta h}{1 - (A_2/A_1)^2}}$

6-Venturimetre debi katsayısının hesabı $C = Q_{\text{gerçek}} / Q_{\text{teorik}}$

7-Ölçülen ve hesaplanan değerleri 3.6.'daki hesap tablosuna yaz.

3.6.Hesap tablosu

Deney no	Ölçülen değerler				$Q_{gerç.}$ (m^3/s)	$Q_{teo.}$ (m^3/s)	Δh m	Debi kat-sayısı C -
	toplanan su miktarı (kg)	zaman (s)	h_1 (m)	h_2 (m)				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

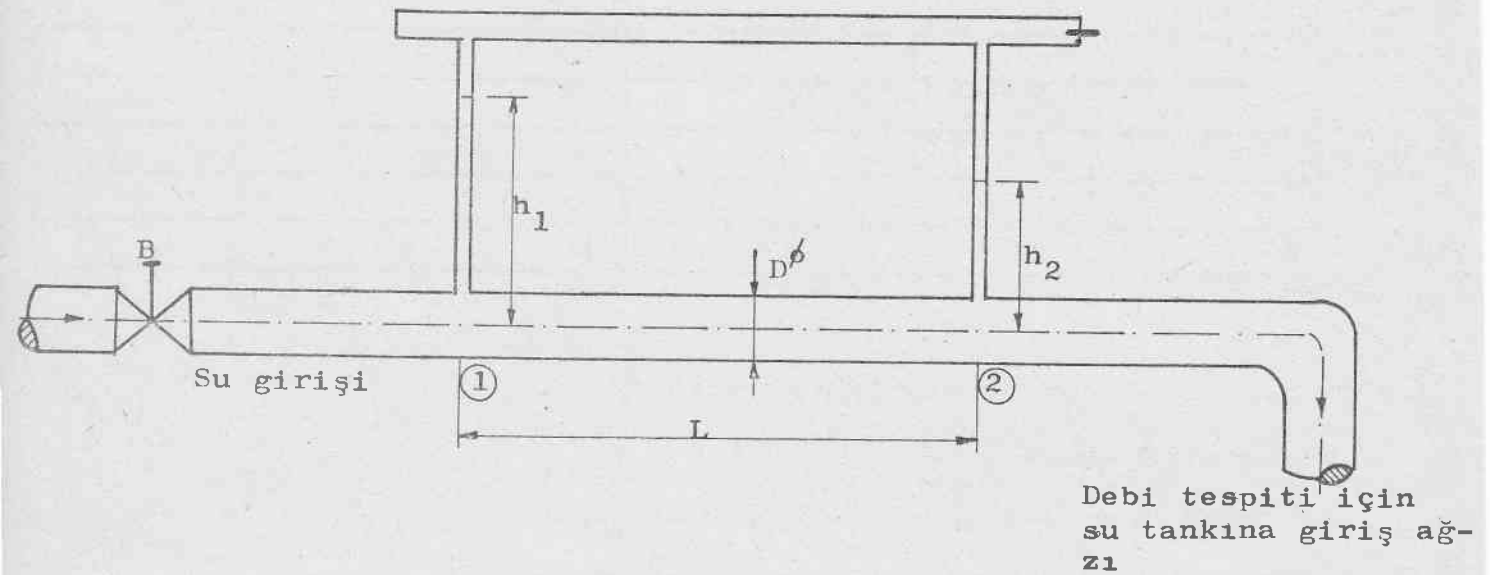
3.7.Deney raporundan istenenler:

- Deneyin amacı
- Deney düzeneği şeması ve açıklama
- Deney teorisi ve literatür araştırması
- Deneyin yapılışı
- Hesaplamalar (Bir noktaya ait hesabın rapora tam yazılması şarttır.)
- Hesap tablosuna hesaplanan neticelerin aktarılması
- $Q_{teorik} \div (\Delta h)^{1/2}$ eğrisinin çizilmesi
- $Q_{gerçek} \div (\Delta h)^{1/2}$ eğrisinin çizilmesi
- $C \div Q_{gerçek}$ eğrisinin çizimi
- İrdeleme (Deneyle ilgili öneri ve eleştirilerinizi belirtiniz.)

4.BORULARDA SÜRTÜNME KAYBI HESABI DENEYİ

4.1. Deneyin amacı: Pürüzlü bir boruda türbülanslı akım halinde sürtünme kayıp katsayısı ile Reynolds-Sayısı arasındaki bağıntının deneysel olarak bulunması.

4.2.Deney düzeneği şeması ve açıklama:



Şekil.7

Boru sistemi bir santrifüj pompa ile beslenmektedir. Düzenek kapalı bir devre olarak çalışmaktadır. Debi ayarı B vanası ile yapılır. (1) ve (2) kesitlerindeki basınç pirizlerinin bağlandığı ters U manometresi vasıtasıyla bu iki kesitteki basınçların farkları okunmaktadır. Debi ise kova ve kronometre ayrıca hassas bir terazi yardımıyla tesbit edilecektir.

4.3. Teorik bilgiler: L uzunluğunda ve D çapındaki bir boru içinde ortalama $\bar{V}$ hızı ile bir akış var ise, borudaki sürtünmelerden dolayı meydana gelen yük kaybı,

$$\Delta h = \lambda_D \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\bar{V}^2}{2g} \quad (4.1)$$

formülüyle hesaplanır. Burada;

Δh : L uzunluğundaki boruda meydana gelen yük kaybı olup birimi mSS`dur.

L: Deneye tabi tutulan boru uzunluğu (m)

D: Deneye tabi tutulan boru çapı (m)

$\bar{V}$: Boru içindeki akışkanın ortalama hızı (m/s)

g: Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

λ_D : Boru sürtünme katsayısı (birimsizdir.)

Türbülanslı bölgede λ_D kayıp katsayısı Reynolds-Sayısı (Re) ile borunun bağıl pürüzlülüğünün ($\xi = k/D$) fonksiyonu olarak değişmektedir. Yani:

$\lambda_D = f(Re, \xi)$ `dur. Fakat bu deneyde, deneyin yapıldığı boru uzunluğunda boru çapı değişmediğinden bağıl pürüzlülüğü sabit alabiliriz. Dolayısıyla;

$$\lambda_D = f(Re)$$

olacaktır. Reynolds-Sayısı,

$$Re = \frac{\bar{V} \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{\bar{V} \cdot D}{\nu} \quad (4.2)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada,

ρ : Akışkanın özgül kütlesi (kg/m^3)

μ : Akışkanın dinamik viskozitesi ($kg/m.s$)

ν : Akışkanın kinematik viskozitesi (m^2/s)`dir.

Debinin hesabı: Vananın belirli bir konumunda, yani debinin sabit bir değerinde t saniyede kapta biriken su miktarı $\dot{V}$ (litre/s)

ise;

$$Q = \frac{\dot{V}}{t} \quad (lt/s) \text{ veya } Q = 10^{-3} \frac{\dot{V}}{t} \text{ den hesaplanabilecektir.}$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \bar{V} \text{ ifadesinden, hız hesaplanır. Hız hesaplandıktan}$$

sonra (4.2) formülünden Re-Sayısı bulunabilir.

Sürtünme kayıp katsayısının hesabı: (1) ve (2) kesitleri arasında Bernouilli denklemi uygulanırsa,

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\bar{V}_1^2}{2g} + y_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\bar{V}_2^2}{2g} + y_2 + \Delta h \quad (4.3)$$

elde edilir. Boru yatay olduğundan,

$$y_1 = y_2$$

ve boru çapı sabit olduğundan süreklilik denklemi gereğince

$\bar{V}_1 = \bar{V}_2$ olacaktır. Bu şartlar altında (4.3) formülü,

$$\Delta h = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \lambda_D \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\bar{V}^2}{2g} \quad (4.4)$$

şekline girer. Sulu ters U manometresinden h_1 ve h_2 okunabildiğinden Δh bulunabilir. Yukarıdaki denklemler birleştirilip λ_D çekilirse,

$$\lambda_D = \frac{2 \cdot g \cdot D \cdot \Delta h}{L \cdot \bar{V}^2} \quad (4.5)$$

olur. Böylece vananın belirli bir konumunda λ_D hesaplanır. Hesapladığımız Re-Sayısı ve buna tekabül eden λ_D katsayısını diyagramda işaretlersek ve her değer için bu işlemi tekrarlırsak deney raporundan istenecek eğriyi elde ederiz. Eğri milimetrik kağıta çizilecektir.

4.4. Deneyin yapılışı: B vanası kapalı iken pompaya yol verilir. B vanası tam açılarak sistemdeki hava boşaltılır. Vananın değişik konumlarında borudan çıkan su bir kaba doldurulmaya başlandığında bir kronometre çalıştırılarak belirli bir miktarın akma zamanı ölçülür. Kap takriben yarısına kadar dolduğunda h_1 ve h_2 değerleri okunarak yapılan tabloya geçirilir.

4.5. Hesap tablosu:

Deney no	ölçülecek değerler				hesaplanan değerler			
	$\bar{V}$	t	Δh	D	$\bar{V}$	Q	Re	λ_D
	m ³	s	mSS	m	m/s	m ³ /s	-	-
1								
2								
3								
4								
5								

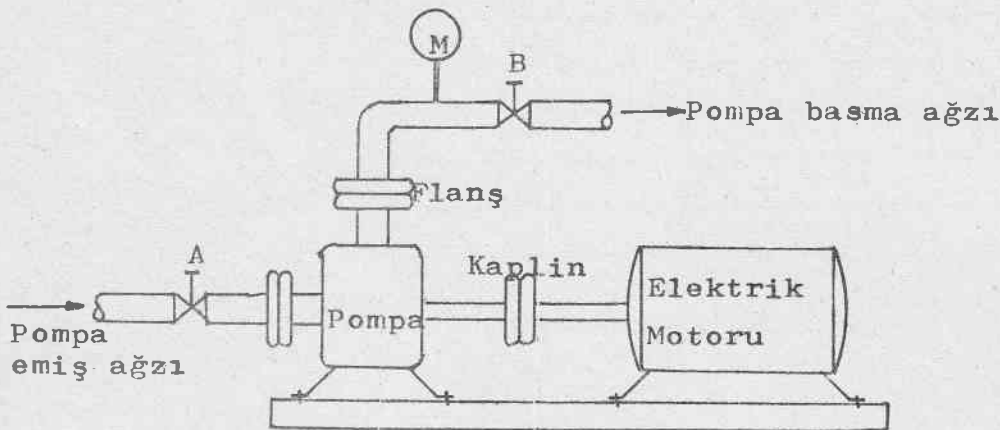
4.6. Deney raporundan istenenler:

- Deneyin amacı
- Deney düzeneği şeması ve açıklama
- Deney teorisi ve literatür araştırması
- Deneyin yapılışı
- Hesaplamalar (Bir noktaya ait hesabın rapora tam yazılması şarttır.)
- Hesap tablosuna hesaplanan neticelerin aktarılması
- $\lambda_D \div Re$ ve $\lambda_D \div Q$ eğrilerinin çizilmesi
- İrdeleme (Deneyssel olarak bulmuş olduğunuz λ_D değerlerini, teorik olarak diyagram üzerinde bulacağınız λ_D değerleri ile mukayese ediniz ve farklılıklar varsa nedenlerini açıklayınız.)

5.SU POMPA SI KARAKTERİSTİKLERİNİN TESBİTİ

5.1.Deneyin amacı: Su pompalarında debi-basma yüksekliği, debi-verim karakteristik eğrilerinin çizimi ve söz konusu pompanın ideal çalışma noktasının seçimi...Bu laboratuvar çalışmasında; satın alınan bir su pompasının istediğimiz tesellüm şartlarını sağlayıp sağlamadığının kontrolünün nasıl yapılabileceğini ele alacağız.

5.2. Deney düzeneği şeması ve açıklama:



Şekil 1.8

Şekil.8`de görüldüğü gibi emiş ağzından emilen su basma ağzından istenilen yere sevkedilmektedir. (M) manometresi B vanasından öne monte edilmiştir. Basma ağzından alınan su debi tesbiti için (bizdeki deney düzenğinde) su tankına bağlanmış-
tır. Debinin çoğaltılması veya azaltılması B vanasıyla temin edilir.

5.3.Deneyin teorisi: Bir su pompasında güç;

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta} \quad (\text{watt}) \quad (5.1)$$

formülüyle belirlenir. Burada;

ρ : Akışkanın özgül kütleini (kg/m^3)

g : Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

Q : Hacimsel debi (m^3/s)

H : Pompanın basma yüksekliği (m)

η : Pompa verimi (-)

N : Pompanın gücü (w)

Pompa, elektrik motoru vasıtasıyla tahrik edilir. Elektrik motorunun dönme hareketi kaplin veya direkt akupl ile pompaya aktarılır. Trifaze AC (alternatif akım) bir elektrik motorunda güç;

$$N = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi \quad (\text{w}) \quad (5.2)$$

formülüyle hesaplanır. Bu formülde;

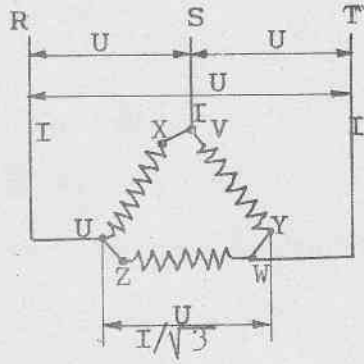
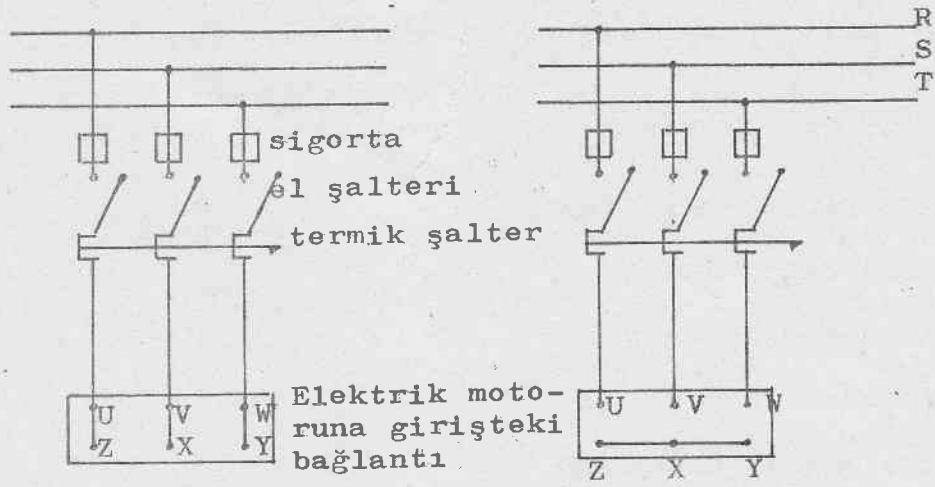
U : Gerilim (volt)

I : Elektrik akımı (Amper)

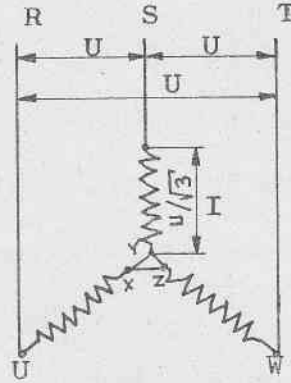
$\cos \phi$: Güç faktörü

$\sqrt{3}$: Kenetleme faktörü

Bir elektrik motoru yıldız (γ) veyahut ta üçgen (Δ) şeklinde bağlanır. Şekil.9'da üçgen ve yıldız bağlama şekilleri gösterilmiştir. Burada, etraflı elektrik bilgisinden ziyade bir makina mühendisinin bir su pompası hakkında bilmesi gerekli pratik bilgilere değinilecektir.



Üçgen bağlama



Yıldız bağlama

Şekil.9

Yıldız bağlı sargılar:

$$U = U_{faz} \cdot \sqrt{3} \quad ; \quad U_{faz} = (U/\sqrt{3}) \quad ; \quad I = I_{faz}$$

Güç:

$$N = (3 \cdot U_{faz}) \cdot I_{faz} \cdot \cos \varphi$$

$$N = (3 \frac{U}{\sqrt{3}}) \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$N = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Üçgen bağlı sargılar:

$$U = U_{faz} \quad ; \quad I = I_{faz} \cdot \sqrt{3} \quad ; \quad I_{faz} = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

Güç:

$$N = (3 \cdot U_{\text{faz}}) \cdot I_{\text{faz}} \cdot \cos \varphi$$

$$N = (3 \cdot U) \cdot \frac{I}{\sqrt{3}} \cdot \cos \varphi \quad ; \quad N = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Bir elektrik motorunun gücü, sargılarında harcanan gücün toplamına eşittir. Simetrik ve dengeli olarak yüklenen 3 fazlı bir elektrik motoru için her fazın gücü aynı olduğundan toplam güç, bir fazın gücünün 3 katına eşittir.

Bazan pompa mili veya pompa parçalarında sıkışma olmaktadır. Bu esnada pompa mili için elektrik motoruna gönderilen akım, mili çevirmeye yetmemektedir. Elektrik motorunun sargılarını yakmamak için devreye termik şalterler bağlanır.

Üçgen bağlama sürekli işletilme için geçerlidir. Elektrik motoru üçgen bağlanacaksa işletme gerilimi 220 V olmalıdır. Yıldız bağlı elektrik motorunda ise işletme gerilimi 380 V'tur. Bir elektrik motoru yıldız-üçgen bağlı olarak çalıştırılacaksa, yukarıda verilen gerilimlerden küçük olanı (yani 220 V) bu tür çalıştırma için mümkün olabilir. Elektrik motoru 380 V ve yıldız-üçgen olarak çalıştırılacaksa, sargılarının 380/660 V'a göre sarılması gereklidir ($380 \cdot \sqrt{3} = 660$ V). Yukarıdaki yıldız-üçgen ifadesi yanlış anlaşılmamalıdır. Bir elektrik motoru aynı anda hem yıldız hem de üçgen çalıştırılması mümkün değildir. Motor önce yıldız çalıştırılır akabinde üçgen çalıştırılmaya geçilir. Motor sürekli çalışma durumunda sargılar üçgen bağlı ve motor yüksek güçlü bir motor ise; yol alması esnasında (yol alma zamanı bir dakikadan fazla değildir) motorun beslendiği elektrik şebekesini fazla yüklememek için, sargılara yıldız bağlı olarak yol verilir.

5.4.Deneyin yapılışı: Bizdeki deney düzeneğinde su bir depodan emilip,tekrar pompa vasıtasıyla bu depoya basılmaktadır. B vanasını döndürerek debi değişimlerini sağlayabilmekteyiz. Pompa vasıtasıyla tekrar depoya basılan suyu sevkeden boru,depo içerisinde ağızı açık olarak durmaktadır.Depo içindeki boru ağzından kovaya belirli sürelerde su doldurulmaktadır.Süre tesbiti kronometre ile yapılmaktadır.Kovadaki su terazide tartılıp ve kova darası düşüldüğünde,borudan saniyede geçen su miktarı bulunabilir.Diğer yandan (M) manometresi yardımıyla debisi bilinen suyun,kaç metreye basılabileceği tesbit edilebilir.

Örnek:

Pompadan belirli bir debide su geçişini sağlayacak şekilde B vanasını açalım.Kova darası 1.100 kg geldiğini,7 saniyede kovaya dolan suyun 5.622 kg ölçüldüğünü ve bu esnada (M) manometresinden 2 atü'lük basıncın okunduğunu kabul edelim.Saniyede geçen hacimsel debiyi ve pompanın basma yüksekliğini bulunuz.

Çözüm:

Net su ağırlığı: $G=5.622-1.100=4.522$ kg

Saniyede borudan geçen kütleli su miktarı,

$$\dot{M}=4.522/7=0.646 \text{ kg/s}$$

Kütleli debiyi hacimsel debiye çevirmek için,

$Q = \dot{M} / \rho$ formülü kullanılır.Su için $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ tür.

O halde hacimsel debi Q:

$$Q=(0.646 \text{ kg/s})/(1000 \text{ kg/m}^3)=0.646.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ bulunur.}$$

2 atü'lük basınç 2.10^4 kp/m^2 olur.1 at= 10,00 mSS'dur.

1 at=1 atü=1 kp/cm² idi.0 halde,

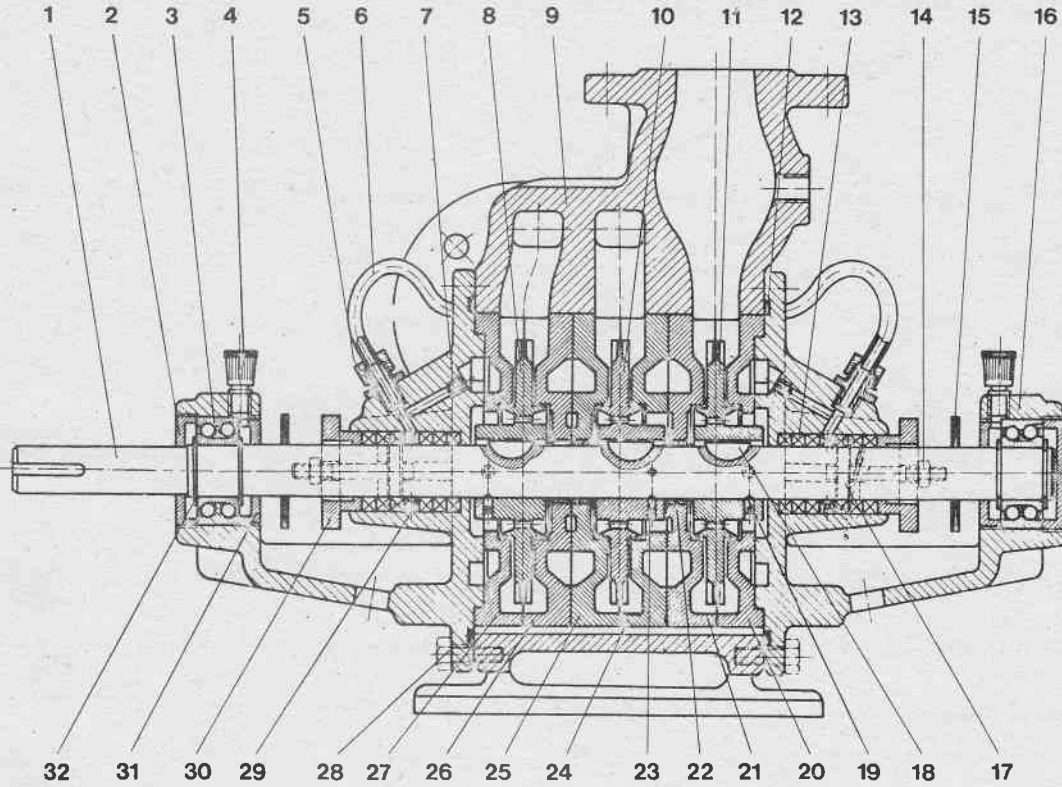
10 mSS=1 kp/cm² olur.

10⁴ kp/m² 10 mSS ederse,

2.10⁴ " x mSS eder.

Buradan x=20 m bulunur.

ÜÇ KADEMELİ TÜRBO-POMP KESİTİ



- 1 - MİL
- 2 - RULMAN KAPAĞI (ön)
- 3 - RULMAN
- 4 - GRASÖRLÜK
- 5 - TAPA
- 6 - BAKIR BORU
- 7 - SETSKUR M8
- 8 - PRİMER ÇARK

- 9 - GÖVDE
- 10 - SEKONDER ÇARK
- 11 - TRIER ÇARK
- 12 - "O" RİNG
- 13 - SALMASTRA
- 14 - TESPİT CİVATASI ve SOMUNU
- 15 - SU SICRATMA DİSKİ
- 16 - KAPAK (sağ ve sol)

- 17 - PİM
- 18 - WOODROOF KAMA
- 19 - SETSKUR M8
- 20 - TRIER DİSK (sağ)
- 21 - TRIER DİSK (sol)
- 22 - BURÇ
- 23 - SETSKUR M6
- 24 - SEKONDER DİSK (sağ)

- 25 - SEKONDER DİSK (sol)
- 26 - PRİMER DİSK (sağ)
- 27 - PRİMER DİSK (sol)
- 28 - CİVATA 3/8x30
- 29 - BİLEZİK
- 30 - SALMASTRA BASKISI
- 31 - RULMAN KAPAĞI (arka)
- 32 - ZEGER HALKASI

5.5.Hesap tablosu

Deney no	Ölçülen Değerler				Hesaplanan Değerler		
	Net su ağırlığı Kg	Süre s	Kütl. debi kg/s	Basınç atü	Hacim. debi m ³ /s	Basma Yük. m	Verim %
1							
2							
3							
4							
5							

5.6.Deney raporundan istenenler:

- Deneyin amacı
- Deney düzeneği şeması ve açıklama
- Deney teorisi ve literatür araştırması
- Deneyin yapılışı
- Hesaplamalar (Bir noktaya ait hesabın rapora tam yazılması şarttır.)
- Hesap tablosuna hesaplanan neticelerin aktarılması
- Hacimsel debi-basma yüksekliği eğrisinin çizimi
- Hacimsel debi-verim eğrisinin çizimi
- İrdeleme (Deneyle ilgili öneri ve eleştirilerinizi belirtiniz.)

6.POMPA VE TÜRİN DENEYLERİ

6.1.Deneyin adı:Radyal su pompa ve türbin üniteleriyle akım makinaları alanında çeşitli deneyler yapmak.

6.2.Deneyin amacı:Bu deney aracıyla yapılabilecek belli başlı deneyleri ve kapsamlarını şöyle sıralıyabiliriz.

6.2.1.Sistemin pompa ünitesiyle yapılabilecek deneyler:

- a)Pompa karakteristik eğrilerinin elde edilmesi (Sabit pompa dönüşünde basma yüksekliği-debi eğrisi)
- b)Boyutsuz karakteristiklerin elde edilmesi (Boyutsuz debi katsayısı ψ -boyutsuz basma yüksekliği katsayısı Ψ)
- c)Hız üçgenlerinin ve statik basınç dağılımının tesbiti
- d)Rotorlar üzerindeki kanatcıkların sayısına bağlı olarak kanat açılarının akışa etkisinin tesbiti
- e)Salyangozun pompa üzerindeki nüfuzu
- f)Suyun pompaya giriş ve çıkıştaki açısal hızlarının bulunması
- g)Kavitasyon halinde akışın etüdü

6.2.2.Sistemin türbin ünitesiyle yapılabilecek deneyler:

- a)Sabit basma yüksekliğinde türbin karakteristik eğrilerinin elde edilmesi (Hız,güç,debi,moment,devir,verim eğrilerinin çizimi)
- b)Boyutsuz karakteristiklerin bulunması (Boyutsuz debi katsayısı ψ -boyutsuz basma yüksekliği katsayısı Ψ)
- c)Hız üçgenlerinin ve statik basınç dağılımının bulunması
- d)Rotorlar üzerindeki kanatcıkların sayısına bağlı olarak kanat

açılarının etkisinin tesbiti

e) Salyangozun türbin üzerindeki nüfuzu

f) Suyun türbine giriş ve çıkıştaki açısal hızlarının bulunması

g) Girdap içine girme etkileri üzerine çalışmalar

h) Girdaptan minimum ve maksimum güç çıkışının mukayeseleri

6.3. Deney aletinin tanıtılması

6.3.1. Genel bilgiler: Deney aleti Şekil.10'da görülmektedir. Sistemdeki dinamoya direkt akupleli pompa/türbin üniteleri bağlıdır. Dikey akslı dinamo hem motor hem de jeneratör görevi yapmaktadır. P.V.C. borular ve kontrol vanaları ile kapalı bir sistem oluşmaktadır. Sistemde mevcut bir yedek pompa, türbin işletilmesi esnasında kullanılır. Debi venturimetreden, basınçlar ise manometrelerden okunmaktadır. Sistemin en solunda suya depoluk yapan bir silindirik tank mevcuttur. Bu tank, su tedariki yapılmadan sistem için gerekli hazır suya depoluk yapar. Sistemi suyla doldurmak için hava basıncı kullanılır. Hava, kompresörden temin edilir.

6.3.2. Pompa, türbin üniteleri: Bu aletle radyal pompa ve türbin üzerine çeşitli çalışmalar yapılabilir. Sürekli bir rejimde akışın iki boyutlu basit analizi mümkün olmaktadır. Şekil.11'de sistemin pompa ve türbin ünitelerinde kullanılan belli başlı parçalar görülmektedir. Bu parçalar değiştirilerek deneyler çoğaltılabilir. Pompa çalıştırılması için ayrı şekilde dizayn edilmiş iki parça vardır. Şekil.11'de plain (düz parça) ve vaned (pervaneli parça) olarak gösterilmişlerdir. Bu iki parça

akışı eksenel doğrultudan radyal (merkezden çevreye) doğrultuya yönlendirir.Yine Şekil.11'de görülen cusp parçası,plain parçası sistemde kullanıldığı esnada rotor ortasına konur.Rotorların kanat giriş ve çıkış açıları,kanat sayıları ve boyutları ileri sayfalarda "6.4.GENEL BİLGİLER" adı altında ele alınacaktır. Pompa deneylerinde volute (salyangoz) parçası kullanılmalıdır. Volute parçası üzerinde gömme iki civatayla tutturulmuş yerinden sökülebilir küçük bir parça mevcuttur.Su kesici diye adlandırılan bu parça çıkartılarak,takılı durumu ile mukayese yapılabilir.Türbin deneyleri için değişen kanatları üzerinde ihtiva eden bir yassı halka parça vardır.Parçalar aliminyum alaşımıdır.

Pompa veya türbin flexible kaplinle direkt,motor-jeneratörlü bir dinamoya bağlı olup hızı 0 dev/dak. ile 1400 dev/dak. arasında değişir.Motor,pompa deneyleri için,jeneratör ise;türbin deneyleri için kullanılır.

6.3.3.Su dolaşımı:Plastik boru ve bağlantılar;plastik gövdeli diyafram valflarla suya belli bir dolaşım sağlanır.Pompa testleri için akış yönü Şekil.12'de görülmektedir.Pompadan yatay olarak çıkan su,A valfindan,sonra depo altından geçerek yukarı çıkar.Su venturiden,C valfine ve tekrar pompa girişine gelir. Plastik borular ve valflarda sürtünme oldukça düşüktür.Ayrıca korozyon da olmamaktadır.Deponun kullanılmasının iki gayesi vardır.İlki sistemdeki su dışarı boşaltılmadan seviyesi düşürülerek,Şekil.11'deki parçaların sisteme montesi mümkün olmaktadır.Depoya hava basılır ve vent (hava boşaltma valfı) açılırsa

sisteme su dolar. Depo üzerinde su seviyesini gösterir şeffaf bir boru ve üstünde bir de emniyet valfi vardır. Depo kullanımının ikinci gayesi; büyük hacimde su ve ısı dağılımı için büyük bir ısı alanı meydana getirir. Özellikle türbin işletilmesinde, suya enerji girişi fazladır ve plastik borular arasında ısı kaybı azdır.

Sistemdeki su sıcaklığı 50°C 'ti aşarsa, yedek pompa otomatik olarak stop eder.

Türbin işletilmesinde akış yönü Şekil.13'te görülmektedir. Su türbinden çıkıp, C valfi, venturiden, depo altından geçip, yedek pompaya gelip, türbine girer. Yedek pompa sabit hızda dönerken, akış kontrolü A ve B valflarıyla yapılır.

6.4. Genel bilgiler:

Motor/Jeneratör	: 1,5kw, 220 V DC, 1400 dev/dak.
Yedek pompa	: Santrifüj tip; 5,5 kw
Akış debisi	: Pompa veya türbin işletilmesinde 12 kg/s
Depo	: Birinci kalite bakırdan imal edilmiş (Başlangıç su seviyesine kadar yaklaşık 120 litre su almaktadır.)
Borular	: P.V.C. (Anma çapı 67 mm)
Debi kontrol valfları	: Plastik gövdeli-diyafram tipli

Basınç ölçerler:

- Depo hava basınç ölçeri: 0...4 bar'lık basınçlar arasını ölçer.
- Pompa giriş basınç ölçeri: -10...25 mSS basınçlar arasını ölçer.
- Pompa çıkış basınç ölçeri: 0...25 mSS basınçlar arasını ölçer.

d) Rotor karşısındaki statik basınç ölçeri: -10...25 mSS basınçlar arasını ölçer.

Moment ölçme balansı : 0...19 Nm arasını ölçer.

Venturiye bağlı manometrik skala: 0...18 kg/s

Termometre : 10...120 °C arası sıcaklıkları ölçer.

Rotorlarla ilgili bilgiler:

Rotor iç çapı : 100 mm

Rotor dış çapı: 200 mm

Kanat yüksekliği: 15 mm

Kanat et kalınlığı: 3 mm

Rotor no	Kanat sayısı	Giriş açısı (radyaldan)	Çıkış açısı (radyaldan)	Kanat formu	Kanat ortasının merkezden uzaklığı
2	8	70°	65°	dairesel	82.5 mm
3	8	70°	30°	düz	-
4	11	70°	30°	düz	-
5	8	70°	0°	dairesel	79.5 mm
6	8	0°	0°	düz	-

Elektrik girişi: 5 kablo, 3 faz, nötr ve topraklama, 380/420 V AC,

15 A, 50/60 Hz

Hava temini kompresörden olur. Ortalama 3 bar P.V.C. hortum (6.4 mm)

6.5. Deney teorisi: Kütleli debi, pompa veya türbin giriş-çıkış basınçları, pompa veya türbin devirleri, moment ve benzeri doneler sistem üzerindeki ölçerlerden tesbit edilebildiklerinden burada detaylı bir teoriye girilmeyecektir. Yalnızca bazı hesaplamaların nasıl yapılabilecekleri formüle edilecektir.

6.5.1. Pompa için:

Pompaya girişteki mekanik güç:

$$P_m = \frac{2\pi}{60} \cdot n \cdot T \quad (\text{watt})$$

Burada;

P_m : Pompaya girişteki mekanik gücü (w)

n : Pompa devir sayısını (dev/dak.)

T : Momenti (Nm) göstermektedir.

Pompadan çıkıştaki su gücü:

$$P_w = \dot{M} \cdot g (P_2 - P_1) \quad (\text{watt})$$

formülüyle hesaplanır.

$\dot{M}$: Kütlesel debi (kg/s)

g : Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

P_1 : Pompaya giriş basıncı (mSS)

P_2 : Pompadan çıkış basıncı (mSS)'dur.

Pompa verimi:

$$\eta_p = \frac{P_w}{P_m} \quad (\%)$$

Boyutsuz debi katsayısı:

$$\psi = \frac{Q}{n \cdot D^3}$$

Q : Hacimsel debi (m^3/s)

D : Rotor dış çapı (m)

n : Pompa devir sayısı (dev/s)

Kütlesel debiyi hacimsel debiye çevirme:

$$Q = \frac{\dot{M}}{\rho}$$

$\dot{M}$: Kütlesel debi (kg/s)

ρ : Suyun özgül kütleini göstermektedir (kg/m³).

Q: Hacimsel debi (m³/s)

Boyutsuz basma yüksekliği katsayısı:

$$\psi = \frac{g \cdot H}{n^2 \cdot D^2}$$

g: Yerçekimi ivmesi (m/s²)

H: Basma yüksekliği (m) $H = P_2 - P_1$

n: Pompa devir sayısı (dev/s)

D: Rotor dış çapı (m)

6.5.2. Türbin için:

Türbin teori kısmında kullanılan harfler ve notasyonlar, pompada kullanılan harfler ve notasyonlarla eş anlamlı olduklarından burada tekrar verilmeyecektir.

Türbinden çıkıştaki mekanik güç:

$$P_m = \frac{2\pi}{60} \cdot n \cdot T \quad (\text{watt})$$

Türbine girişteki su gücü:

$$P_w = \dot{M} \cdot g (P_1 - P_2) \quad (\text{watt})$$

Türbin verimi:

$$\eta_T = \frac{P_m}{P_w} \quad (\%)$$

6.6.Deneylerin yapılışları:

6.6.1.Pompa çalıştırılması:Pompa karakteristik eğrilerinin elde edilmesi basit bir deneydir.Giriş ve çıkış basınçları,pompa devri ve debi çizimler için yeterlidir.Vaned (pervaneli parça) veya plain (düz parça) parçalarından biri içte bir rotorla birlikte kullanılmalıdır.Ayrıca salyangoz (volute)'da gereklidir. Pompa karakteristikleri genelde sabit pompa devrinde elde edilir. Güç ve verim belli doneler yardımıyla bulunabilir.Boyutsuz basma yüksekliği ve debi katsayılarının hesaplanabilecekleri 6.5.1.'de anlatıldı.

Sapma açı ölçeri kullanılarak akış hızı,rotora giriş-çıkış yönleri bulunabilir.Devir sayısı bilindiğinden kanat hızı ve hız üçgenleri hesaplanabilir.6 nolu rotor haricindeki rotorlarda kanat giriş açıları aynı olup,rotordan çıkış açıları farklıdır. Çıkış açılarının farklı olmasının sistem üzerindeki etkisi araştırılabilir.

Kavitasyon olayı C valfi kısılarak temin edilir.Kavitasyon sırasında,venturinin yüksek basınç bölgesinde olması nedeniyle debi tesbiti mümkündür.

6.6.2.Türbin çalıştırılması:Türbin işletilmesi yedek pompanın çalıştırılmasıyla temin edilir.Türbin kanatları hareketlidir.İstenilen açıları verilebilir.Debi ve basma yüksekliği A ve B valfleriyle ayarlanır.Kontroller,diğerleri değişirken alttaki parametrelerden biri sabit tutularak yapılabilir.-Basınç düşüşü,

debi,hız (pompa devri),moment.Bu değişimli uzlaşma,eldeki done-
lerin değişimiyle farklı testlerin yapılabilmesine müsaade eder.

6.6.3.Pompa testi:

Pompa karakteristik eğrilerinden debi-basma yüksekliği
eğrilerini elde etmede,uygun datalarla güç ve verimi hesapla-
mada alttaki yol benimsenmelidir.

- a)Su deposundaki basıncı küçük pozitif bir değere getir (söz
gelimi 0,2 bar)
- b)Su dolaşımındaki valfları aşağıdaki konumlara ayarla.A,B ve
C valfları tam açık.
- c)Pump speed control`u ve field rheostat`ı saat ibresinin zıt
yönü durumuna getir aksi taktirde safety interlock pompanın ça-
lışmasını engeller.
- d)Mains supply switch`ni ON`a getir,selector switch`ni PUMP
işaretine çevir ve pompa motorunu çalıştıracak button`a bas.
Pump speed control saat ibresi yönüne dönderilmedikçe pompa
motoru çalışmaz.
- e)Pump speed control`u tachometre`de (takometre) istenilen hıza
ulaşıncaya kadar çevir (Ampermetrenin maksimum sınırın altında
olup olmadığını kontrol et.).
- f)Devir hızını,momentini,debiyi,giriş ve çıkış basınçlarını 6.6.4.
teki standart test kağıtına yaz.
- g)Debide farkedilir bir azalma görülünceye kadar A ve B valfla-
rın kıs (Söz gelimi 1 kg/s) ve speed control`u yeniden ayarlı-
yarak sabit hızı tesbit et.Neticeleri f maddedeki gibi yeniden
yaz.

h) Nihayet A ve B valfları tam kapanınca debi sıfır olacaktır.

Debiye karşı basma yükselmelerini kaydet (Basma yükselmesi =

Çıkış basıncı-Giriş basıncı)

i) Madde e'den itibaren yazılanları tekrar ederek diyagramlar çiz.

j) Test tamamlandıysa, speed control'u sıfıra ve mains supply

switch'i OFF'a getir.

6.6.4. Standart test kağıdı.

Testin tipi:

Rotor no :

Giriş şekli:

Çıkış şekli:

Devir dev/da.	Moment Nm	Mekanik güç w	Δh m	Debi kg/s	Giriş basıncı mSS	Çıkış b. mSS	Basma yük. m.SS	Su gücü w	Verim %	φ -	ψ -

6.6.5.Türbin testi:

Devir hızına karşın debi,moment,çıkış gücü ve verim türbin karakteristik eğrilerini elde etmek ve sabit basma yüksekliğinde türbin çalıştırılması için alttaki yol benimsenmelidir.

a)Su deposundaki hava basıncını küçük pozitif bir değere getir (Söz gelimi 0,2 bar)

b)Dolaşımdaki vanaları alttaki konumlara getir.A valfı yarı açık,B ve C valfları tam açık.

c)Mains supply switch`ni ON`a getir.Selector switch`ni TURBINE işaretime çevir ve field rheostat`ı tam saat ibresinin zıt yönüne dönder.Yedek pompayı çalıştır.

d)Türbinde istenilen basınç düşüşünü elde etmek için A ve B valflarını ayarla.

e)Resistor`ların yüklenmesinde türbin hızını azaltmak için türbin speed control`u (yani field rheostat`ı) 300 dev/dak. ayarla.Türbindeki yükleme değıştikçe,A ve B valfları yeniden ayarlanarak seçilen türbin değeri karşısında,yeni basınç düşüşleri elde edilir.

f)Devir hızını,momenti,debiyi,giriş ve çıkış basınçlarını kaydet.

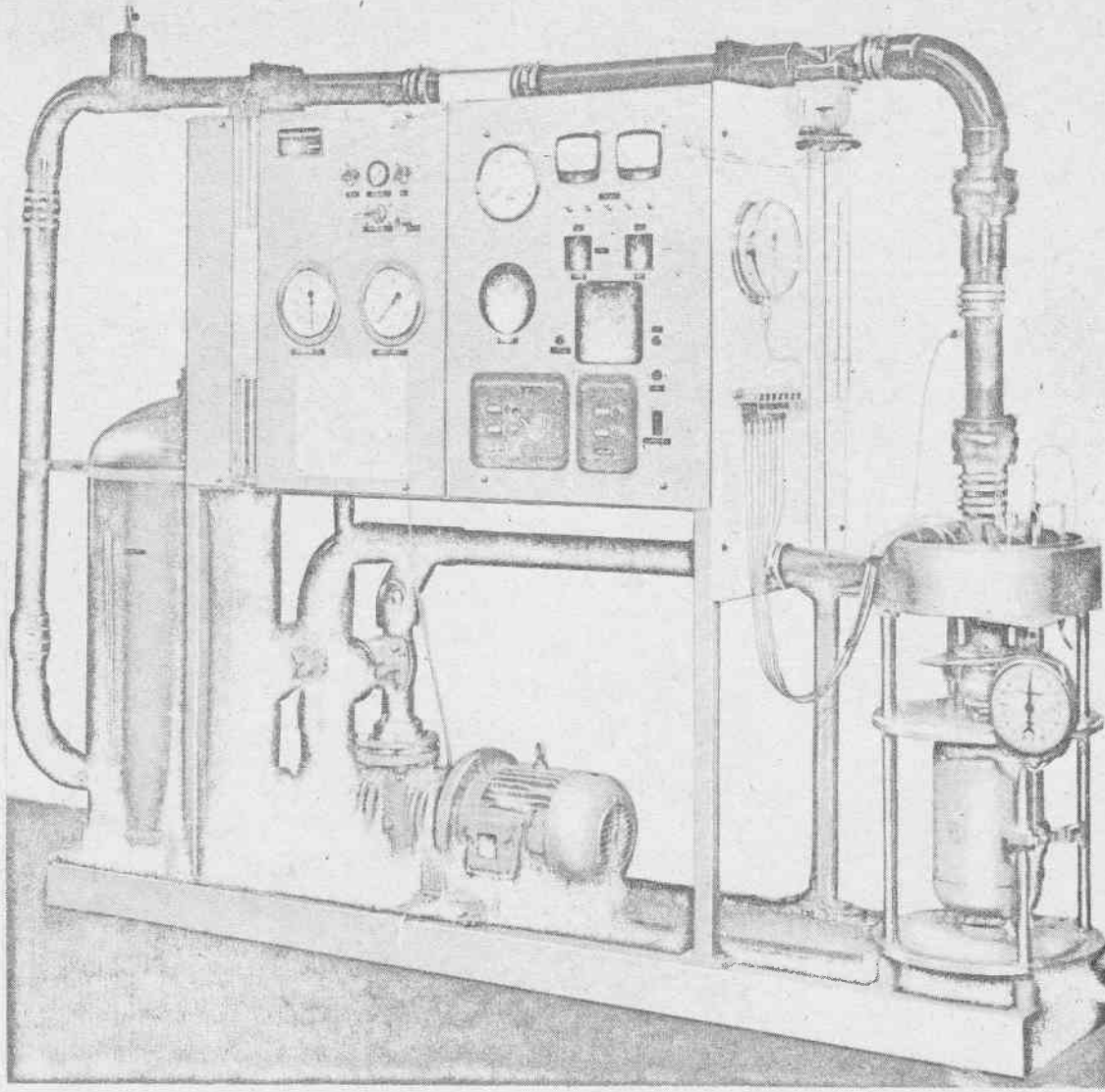
g)Türbinde yüklemeyi azaltarak,yani turbine speed control yardımıyla deviri 300 dev/dak.`ya düşürterek,A ve B valflarının ayarlanmasıyla basınç düşüşü sabitleştirilir.Neticeleri f maddesindeki gibi yaz.

h)Bu işlemleri seçilen basma yüksekliği için mümkün olan maksimum hıza kadar tekrar et.

1)Test tamamlandıysa,turbine speed control`u tam sıfırla ve mains supply switch`ni OFF`a getir.

6.7.Deney raporundan istenenler:

- a)Deneyin amacı:Deney aletiyle birden fazla deney yapılabilen-
ceğinden deneyin amacı deney sırasında tesbit edilecektir.
- b)Pompa/türbin işletilmesinde akış diyagramlarının taslak çizimi.
- c)Deney teorisi ve literatür araştırması
- d)Deneyin yapılışı
- e)Hesaplamalar (Bir noktaya ait hesabın rapora tam yazılması
şarttır.)
- f)Standart test kağıtına neticelerin aktarılması
- g)Debi-basma yüksekliği eğrisinin çizimi
- h)Boyutsuz basma yüksekliği-boyutsuz debi katsayısı eğrisinin
çizimi
- ı)Debi-verim eğrisinin çizimi
- j)Devir-güç eğrisinin çizimi
- k)Debi-devir eğrisinin çizimi
- l)Devir-moment eğrisinin çizimi
- m)İrdeleme (Deneyle ilgili öneri ve eleştirilerinizi belirtiniz.)

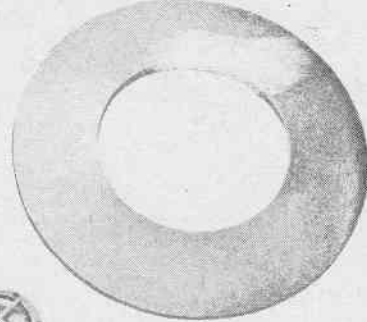
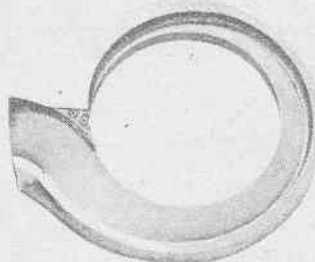
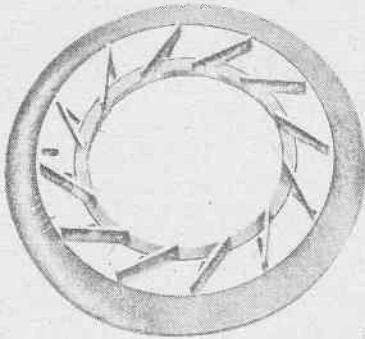


Şekil.10

Değiştirilebilir
kanatlar
VARIABLE VANE

Salyangoz
VOLUTE

Kanatsız
halka
VANELESS



PLAIN Düz



CUSP



VANED

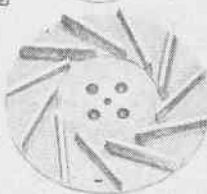
Pervaneli



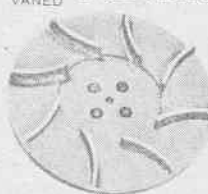
2



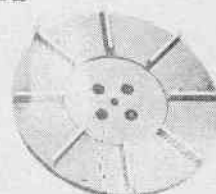
3



4

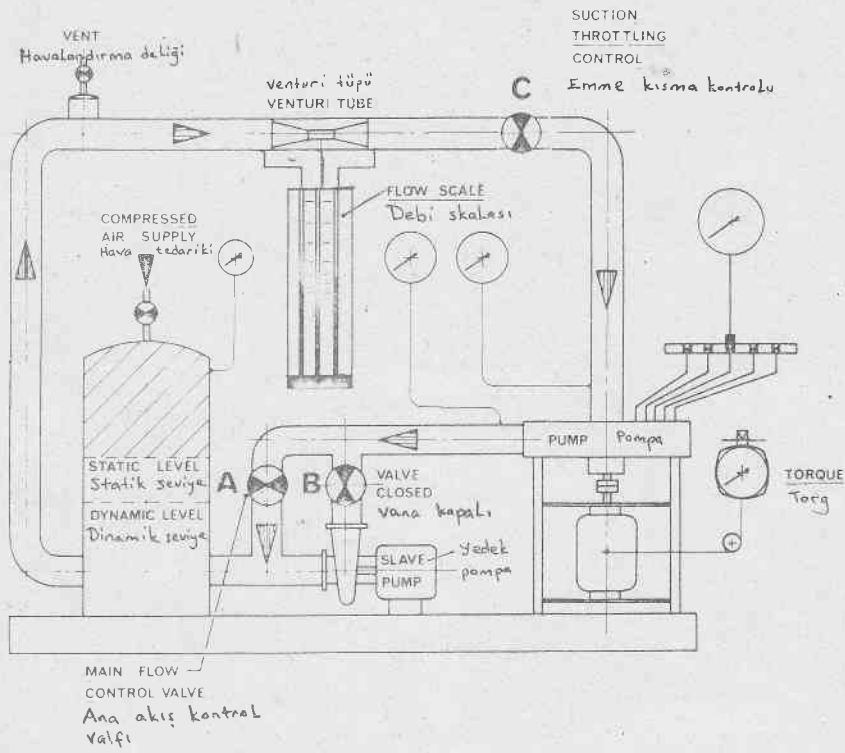


5

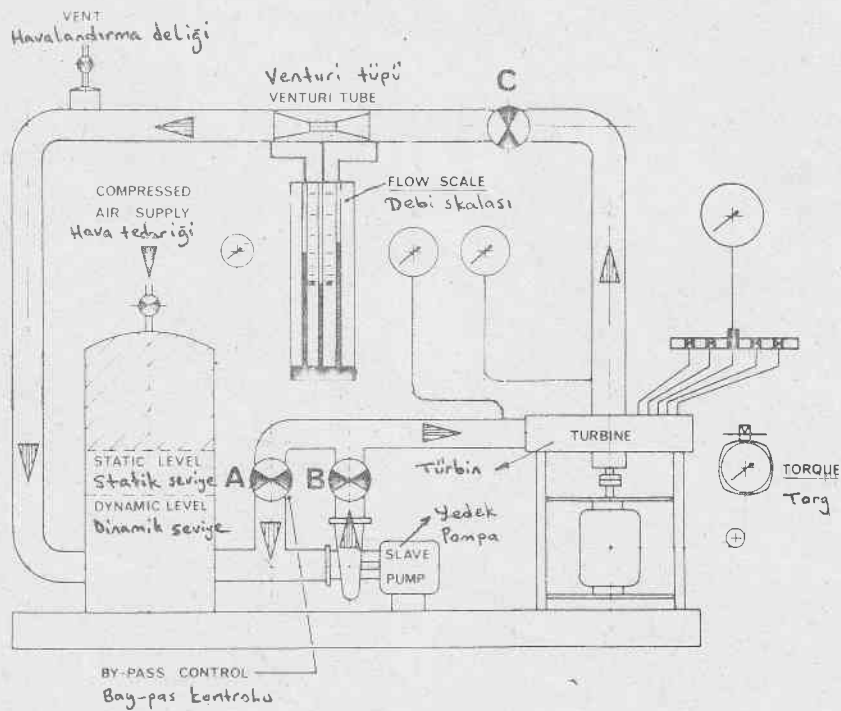


6

ROTORS Rotorlar



Şekil.12



Şekil.13

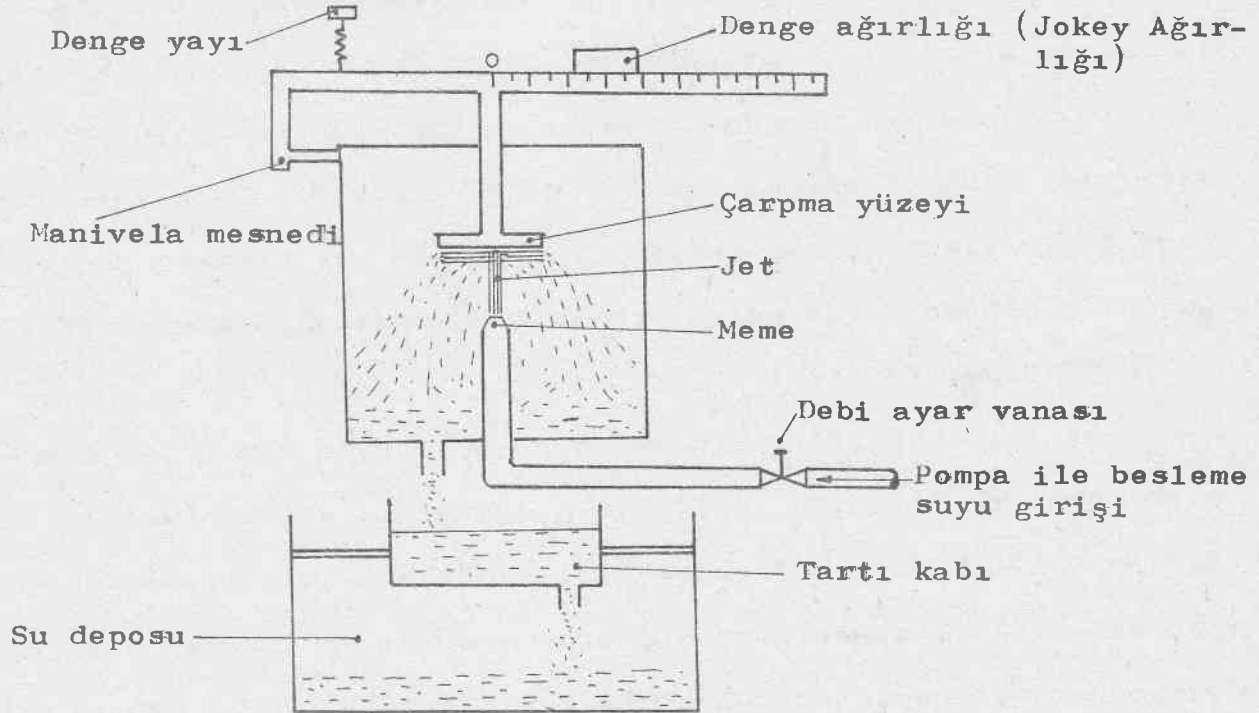
7.JET DENEYİ

7.1.Deneyin amacı:

Basınç altında tutulan bir akışkandan mekanik iş elde etmek mümkündür.Basınç altındaki akışkan bir memeden,geçirilirse hızı yükseltilmiş olur.Meme yardımıyla atmosfer basıncına düşürülecek akışkan,meme önüne yerleştirilmiş bir türbin kanadına çarptırılırsa,türbin shaftının döndürülmesi temin edilir.

Bu deneyde,memeden fışkıran suyun düz bir levhaya veya bir kepçeye çarparak meydana getireceği itme kuvveti ölçülecektir. Bu itme kuvveti,Impuls (hareket) teorisinden bulunacak sonuçlarla kıyaslanacaktır (Şekil.14).

7.2.Deney düzeneği ve açıklama:



Şekil.14

Deney düzeneği Şekil.14`te görülmektedir.Memeden fışkıran su,ya düz bir levhaya veya ta bir kepçeye çarpmaktadır.Meme ve kanat şeffaf bir silindir içindedir.Şeffaf silindirin tabanında bulunan çıkış borusu vasıtasıyla,silindir içindeki su hidrolik tezgahın tartı baskülüne akar.Silindir tabanındaki seviye ayar vidaları yardımıyla,meme merkezi kanat merkezine gelinceye kadar ayarlanmalıdır.

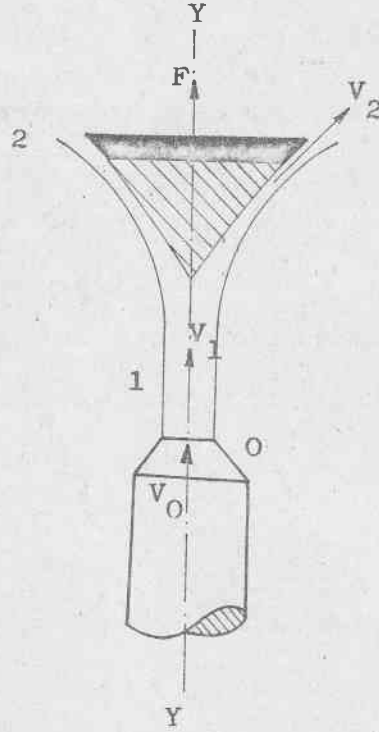
Şekil.14`te görüldüğü gibi,kanat bir manivela koluna tesbit edilmiştir.Manivela kolu üzerinde bir Jokey ağırlık mevcut olup,manivela kolu taksimatlandırılmıştır.

Kanada çarpan su,manivela kolunun dengesini bozar.Deneye başlamadan önce,Jokey ağırlığı taksimatlı manivela kolu üzerinde sıfır pozisyonuna getirilir ve sonra manivela kolunu taşıyan yayın somunları ayar edilerek denge durumu sağlanır.Memeden fışkıran suyun kanada çarpması ve yön değiştirmesinden ötürü manivela kolunun dengesi bozulur.Jokey ağırlığı,denge sağlanıncaya kadar ileri hareket ettirilir.Böylece jet kuvveti dengeye getirilmiş olup Jokey ağırlığının bu yeni pozisyonu kaydedilir.

7.3.Deney teorisi:

Şekil.15`teki gibi bir kanat düşünelim.Bu kanat Y-Y eksenine simetrik olsun. $V_1$  (m/s) hızla akan akışkanın  $\dot{M}$  (kg/s)`lik bir debi ile kanada Y-Y eksenini istikametinde çarpsın.Kanada çarpan akışkan Y-Y ekseninden itibaren α açısı yaparak kanadı yalayıp sapar.Kanadı terk eden akışkanın hızı V_2 (m/s) olsun.

Şekil.15`deki sisteme hareket miktarı teoremini uygularsak,Y yö-



Şekil.15

nündeki momentum;

$$\dot{M} \cdot V_1 \quad (\text{kgm/s}^2)$$

olur. Momentumun sistemi terk etme miktarı yani hareket miktarı ise (Y yönünde):

$$\dot{M} \cdot V_2 \cdot \cos \alpha \quad (\text{kgm/s}^2)$$

olur. Kanat üzerinde Y yönünde meydana gelen kuvvet, bu jet kuvvetine eşit fakat ters yöndedir. Böylece yukarıdaki ifade;

$$F = -\frac{\dot{M}}{g} \cdot (V_1 - V_2 \cdot \cos \alpha) \quad (\text{kg})$$

şeklinde yazılır. Şayet kanat düz bir plakadan ibaret olsaydı (yani $\alpha = 90^\circ$) , $\cos 0 = 0$ olur ve,

$$F_p = \frac{\dot{M}}{g} \cdot v_1 \quad (\text{kg})$$

şekline girer. p indisi plakayı göstermektedir. Su türbinlerindeki kepçeler için, $\alpha=180^\circ$ olacağından $\cos 180^\circ = -1$ olur. O halde,

$$F_c = \frac{\dot{M}}{g} \cdot (v_1 + v_2) \quad (\text{kg})$$

şeklinde ifade edilir. Piezometrik basıncın değişimi ve seviye değişimi ihmal edilerek v_2 'nin maksimum değeri v_1 'e eşit yazılırsa yani hiç enerji kaybı olmadığı kabul edilirse,

$$F_{cm} = 2 \frac{\dot{M} \cdot v_1}{g} \quad (\text{kg})$$

olup, düz bir plakaya gelen kuvvetin 2 misli olduğu neticesine varılır.

Formüllerdeki v_1 hızı, meme çıkışındaki hızdır ve değeri,

$$v_1 = \frac{\dot{M}}{A_1 \cdot \rho}$$

şeklindedir.

A_1 : (1) kesitindeki su jetinin alanıdır ve değeri tam olarak bilinmemektedir. Fakat v_1 hızı meme kesitindeki (0 kesiti) su hızından bulunabilir.

(1) ve (2) kesitleri arasında Bernouilli denklemi uygulanırsa:

$$y_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = y_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}$$

veya,

$$\frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} = (y_0 - y_1) + \frac{p_0 - p_1}{\gamma}$$

Burada:

$P_0 = P_1$ ve $y_0 - y_1 = -h$ 'tır.0 halde;

$$\frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} + h = 0$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

bulunur.Burada v_0 hızı süreklilik denkleminde bulunabilir.

$$v_0 = \frac{\dot{M}}{A_0 \cdot \rho}$$

ve A_0 memenin kesit alanıdır.Meme çapı bilindiğinden A_0 hesaplanabilir.Bu taktirde F jet kuvvetinin teorik değeri düz plakada;

$$F_p = \dot{M} \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

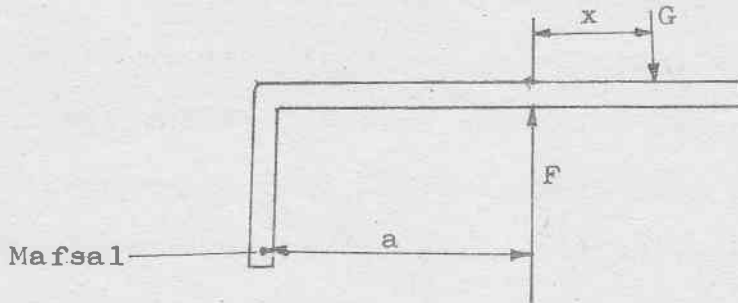
kepçe için,

$$F_{cm} = 2 \cdot \dot{M} \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

olur.

7.4.Jet kuvvetinin deneysel olarak bulunması:

Çarpma yüzeyine gelen kuvveti Şekil.16'dan çıkartabiliriz.



Şekil.16

G:Jokey ağırlığı (0,61 kg)

F:Jetin çarpma yüzeyinde oluşturduğu kuvvet

a: Jetin mafsala olan uzaklığı (150 m.)

x: Jokey ağırlığının jete olan uzaklığı (m.)

Mafsala göre moment alınırsa,

$$F \cdot a = G \cdot (x + a)$$

veya,

$$F = 0,61 \left(1 + \frac{x}{a}\right) \quad (\text{kg})$$

olacaktır.

7.5. Jet hızının (0) kesitindeki değeri:

$$\dot{M} = A_0 \cdot V_0$$

$$V_0 = \frac{\dot{M}}{\rho \cdot (\pi D_0^2 / 4)}$$

$$V_0 = \frac{4 \cdot \dot{M}}{\pi \cdot \rho \cdot D_0^2}$$

bulunur.

7.6. Deneyin yapılışı:

Taksimatlı manivela kolu üzerindeki Jokey ağırlık sıfıra getirilerek tartı sistemi dengelenir. Hidrolik tezgahın besleme vanası yardımıyla, jet çalıştırılmaya başlanır. Ayar vidalarıyla akım, plaka veya kanadın tam merkezine gelecek şekilde ayarlanır. Ayarlama karşılıklı ayar civatalarının biri diğerinin ters yönünde çevrilmesiyle olur. Karşılıklı ayar civataları aynı yönde çevrilirse, meme ve boruyu taşıyan mesnet plakası lüzumsuz yere itilecek ve fazla miktarda çevrilirse, gerilmeye maruz kalacaktır.

Memeden geçen debi maksimum olacak şekilde besleme vanası

sonuna kadar açılır. Manivela kolundaki Jokey ağırlık, kolu dengeye getirecek pozisyona itilir. Bu değer kaydedilir. Bu arada memeden çıkan debi baskülde tartılır. Deney aynen kepçe için de tekrarlanır. Meme çapı, manivela kolu denge halinde iken meme ağzından kanada kadar olan yükseklik, kanat merkezi ile manivela kolu mesnedi arasındaki mesafe kaydedilir.

7.7. Sabit veriler ve birimler:

G : Tartı ağırlığı (7,5 veya 15 kg)

t : Süre (s)

$\dot{M}$: Kütlesel debi (kg/s)

Q : Hacimsel debi (m^3/s)

V_0 : Meme çıkış ağzından çıkan suyun hızı (m/s)

V_1 : Memeden çıktıktan sonra suyun hızı (m/s)

V_2 : Çarpma yüzeyindeki hız (m/s)

A_0 : Meme kesit alanı (m^2)

D_0 : Meme çapı (10 mm sabit)

h : Meme ağzından çarpma yüzeyine olan mesafe (40 mm sabit)

7.8. Hesap tablosu:

Deney no	Tartı Ağırlığı kg	Süre s	Kütlesel debi kg/s	x m	Hızlar(m/s)		$\frac{\dot{M} \cdot V_1}{g}$ kg	F kg
					V_0	V_1		

7.9.Deney raporundan istenenler:

- a)Deneyin amacı
- b)Deney düzeneği ve açıklama
- c)Deney teorisi ve literatür araştırması
- d)Deneyin yapılışı
- e)Hesaplamalar (Bir noktaya ait hesabın rapora tam yazılması şarttır.)
- f)Hesap tablosuna hesaplanan neticelerin aktarılması
- g)Plaka ve kepçe için $F \div (\dot{M} \cdot V_1 / g)$ eğrilerinin çizimi
- h)İrdeleme (Deney hakkındaki öneri ve eleştirilerinizi belirtiniz.)

REFERANSLAR

- 1.Özerengin F:Akışkanlar Mekaniği İ.D.M.M.A. 1972
- 2.Sığiner A,Sümer M:Hidrolik Problemleri,Çağlayan Kitabevi 1974
- 3.Markland E,Gökelim A.T:Hidrolik Laboratuar Deneyleri İ.D.M.M.A. 1970
- 4.Tecquipment:Radial Flow Water Pump/Turbine Test Rig 1972
- 5.KSB-Kreiselpumpen Lexikon 1974
- 6.Varol A:Akışkanlar Mekaniği ve Akım Makinaları Alanlarında Bazı Çalışmalar 1979