



**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**MAK 407
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUARI II DERSİ**

FRANCİS TÜRBİN DENEYİ

**Hazırlayan
Yrd.Doç.Dr. Mustafa ÖZBEY**

SAMSUN

FRANCIS TÜRBİN DENEYİ

DENEYİN AMACI:

Francis türbinin çalışma prensibini uygulamalı olarak öğrenmek ve performans karakteristiklerinin deneysel olarak ölçülmesi ile performans karakteristik eğrilerinin belirlenmesidir.

GENEL BİLGİLER

DENEY KAPSAMI:

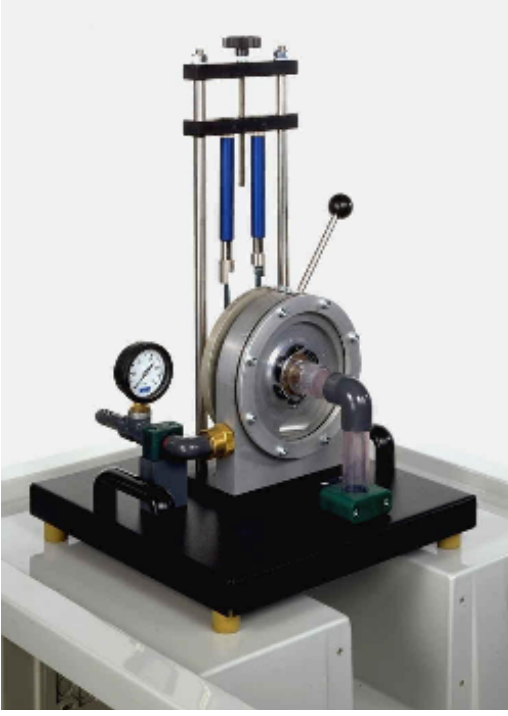
Temel olarak, model tip bir Francis türbinin performans parametrelerinden debi, basınç, çark dönme hızı ve torkunun deneysel olarak ölçülerek gücünün ve veriminin belirlenmesini içermektedir. Ayrıca, bu ölçümlere bağlı olarak performans parametrelerinin birbirlerine göre değişimleri belirlenerek performans eğrilerinin oluşturulmasını da kapsamaktadır. Bu ölçümler değişen debi ve guide vana açıklıkları altında basınç yükü, çark hızı, mil gücü ve veriminin değişimlerini içermektedir. Türbin performans karakteristik eğrileri yanı sıra sistem karakteristik eğrileri de belirlenerek optimum çalışma noktasının tespit edilmesini de içermektedir. Bununla beraber benzerlik bağıntıları kullanılarak prototip bir türbinin performans parametrelerinin belirlenmesi ve türbin seçimi yapılmasını kapsamaktadır.

DENEY DÜZENEGİ:

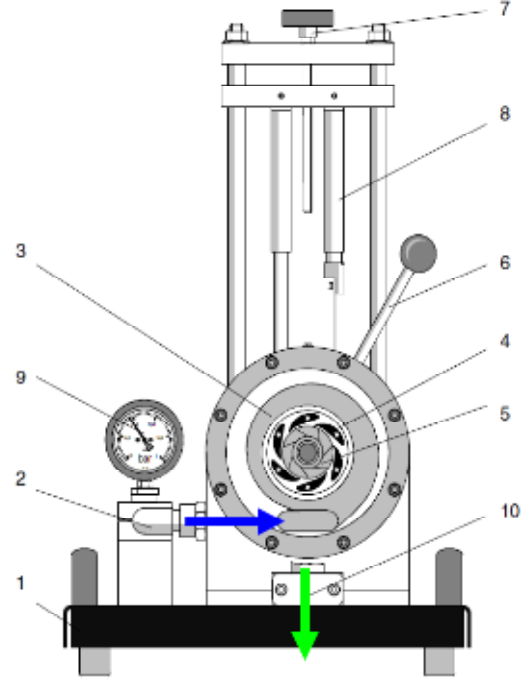
Deney düzeneğinin genel görünümü ve şematik çizimi sırasıyla Şekil 1 ve 2'de verilmiştir. Deney düzeneği temel olarak model tip bir Francis türbin ve hidrolik tanktan oluşan kapalı devre bir sistemdir. Türbin ise bir tarafı şeffaf olan spiral bir yataktan oluşmaktadır. Yatağın su giriş kısmı vardır ve içerisinde ayarlanabilir guide vanalar ve çark vardır. Türbin çarkına bağlı bir frenleme düzeneği mevcuttur ve türbin band freni ile yüklenmektedir. Tork ölçümü frenleme bandı üzerinde bulunan yaylı teraziler vasıtasıyla ölçülmektedir. Uygulanan su basıncı deney ünitesi üzerindeki manometre vasıtasıyla ölçülmektedir. Su debisi ise hidrolik tankta mevcut bir tertibat yardımıyla belli bir sürede akan suyun hacmi ölçülerek belirlenmektedir. Laboratuvar şartlarında türbin debi ve basınç yükünün elde edilmesi hidrolik tankta bulunan bir pompa ile sağlanmaktadır.

Deney düzeneğini oluşturan model tip Francis türbin elemanları Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca türbin ve elemanlarının teknik verileri ve özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Basınç türbinlerinin karakteristiği, enerjinin kılavuz çarklarda ve kanatçıklarda hareket enerjisine dönüştürülmesidir.



Şekil 1. Deney Düzenegi



Şekil 2. Deney Düzenegi Şematik Görünümü

Tablo 1. Deney Düzenegi Elemanlari

No	Adi	No	Adi
1	Şasi plaka	6	Guide vana ayar kolu
2	Giriş boru hattı	7	Frenleme tertibatı ayar kolu
3	Salyangoz	8	Kuvvet (frenleme yükü) ölçer
4	Guide vana	9	Bourdon tüp manometre
5	Çark	10	Draft tüp

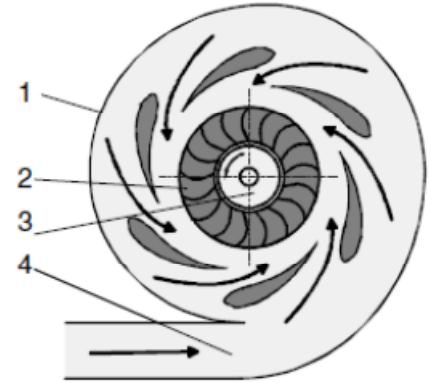
Tablo 2. Deney Düzenegi Elemanlarının Özellikleri

No	Adi	Özellikleri
1	Türbin	$P_m : 2.8 \text{ W}$ ($Q = 40 \text{ L/dak}$ $H = 0.8 \text{ m SS}$ $N = 1000 \text{ rpm için}$)
2	Çark	$D = 50 \text{ mm}$ $d = 30 \text{ mm}$
	Kanatçıklar	$n = 7$ $b = 5 \text{ mm}$ $\alpha_1 = 58.1^\circ$ $\beta_2 = 90^\circ$
3	Guide vana	6 adet, ayarlanabilir
4	Draft tüp	Çıkış Hattı
5	Giriş Borusu	Akım Hatları
6	Frenleme tertibatı (yük ölçer)	$F = 10 \text{ N max}$ $D_{\text{makara}} = 50 \text{ mm}$

GENEL BİLGİLER

Hidrolik türbinler hidroelektrik güç santrallerinin temel elemanlarıdır ve baraj göllerinde biriken suyun potansiyel enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinalar olarak tanımlanır. Suyun potansiyel enerjisinden mekanik enerji üreterek elektrik üretici olarak kullanılan jeneratörün ihtiyacı olan mekanik gücü üretmek için kullanılırlar. Hidrolik türbinlerin en yaygın kullanılanları Francis tip türbinlerdir. Francis türbinler radyal tip reaksiyon türbinlerdir. Düşük basınç yüklerinde de yüksek hızlar elde edebilme kabiliyetine sahiptirler. Bu yüzden Pelton türbin ve eksenel tip Kaplan türbinlere kıyasla daha düşük basınç yüklerinde de (düşük baraj seviyelerinde) yüksek güç üretimi sağladıklarından yaygın olarak tercih edilirler.

Suyun potansiyel enerjisinin büyük kısmı çark girişinde (1) kinetik enerjiye dönüşür. Çark girişinde akım guide vanalar arasından ivmelenerek geçer ve radyal olarak çark (2) üzerine gelir. Burada guide vanaların görevi akımı ivmelendirmeleri yanısıra akımın çark üzerinde daha yüksek etki yaratması için uygun radyal açıda girmesini sağlamaktır. Çark kanatçıkları genellikle üç tiptir: Radyal, forward (ileri eğimli) ve backward (geri eğimli). Yaygın olarak tercih edilen backward tip kanatçıklardır. Su, çark kanatçıkları arasından kinetik enerjisinin büyük kısmını çarka vererek geçer ve çarktan eksenel olarak çıkarak (3) salyangoz ağzına (4) bağlı draft tüp içinden nehir yatağına akar.



DENEYİN YAPILIŞI:

1. Francis türbin test düzeneği giriş vanası kapalı konumda iken pompa çalıştırılır.
2. Giriş vanası belli bir miktar açılarak akıma yol verilir.
3. Guide vana açıklığı $\frac{1}{4}$ pozisyonunda ayarlanarak deney verilerinin alınmasına başlanır.
4. Debi, hidrolik tank üzerindeki çıkış vanası kapatılarak aynı anda bir kronometre ile süre tutularak belli bir süredeki tank içinde biriken suyun hacmi tank üzerindeki manometreden ölçülerek belirlenir.
5. Basınç, türbin giriş hattına bağlı bourdon tip bir manometre ile ölçülmektedir. Manometre bar biriminde basınç değeri vermektedir.
6. Çark devir hızı el tipi bir takometre kullanılarak ölçülür. Takometre, çark miline bağlı bir makara üzerindeki reflektör izi yardımıyla dönme hızını ölçer. Doğru ölçüm için takometre makaraya dik pozisyonda tutulmalıdır.
7. Tork, çark miline bağlı makaraya bağlı yaylı frenleme tertibatı kullanılarak ölçülür. Yay kuvveti frenleme mekanizmasının üstündeki ayar vanası döndürülerek artırılır, bu sayede kayış yardımıyla makaraya etki eden frenleme kuvveti artar ve çark mili durana kadar kuvvet artırılır. Belli bir kuvvet altında mil durur, çark mili durduğunda etki eden kuvvet mil

dönerken milin ürettiği kuvvete eşittir. Bu kuvvet her iki yay üzerindeki yükün netidir, $F=F_2-F_1$, yayların üzerindeki yükler üzerlerindeki skaladan direkt olarak okunur. Tork ise kuvvet ile makara yarıçapının çarpımına eşittir, $T=F.D/2$.

8. Deney verileri (Q, P, N ve T) Tablo 3’de ilgili yerlere kaydedilir.
9. Deney, guide vana açıklıkları $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ ve tam açık 1/1 pozisyonlarında ayarlanarak farklı debiler altında tekrarlanır.
10. Deney sonlandırılırken türbin giriş vanası açık bırakılarak pompa durdurulur. Ayrıca frenleme tertibatındaki yaylar üzerindeki yükler sıfırlanarak bırakılır.

HESAPLAMALAR:

Deneyin yapılışında anlatıldığı gibi deneyde debi Q, basınç P, çark dönme hızı N ve milin ürettiği kuvvet F ölçülür. Bu ölçülen parametrelerden yararlanılarak mil üzerindeki tork T, basınç yükü (düşü) H, türbinin giriş gücü olan hidrolik güç, çıkış gücü olan türbinin ürettiği mekanik güç ve türbin verimi hesaplanarak belirlenir.

Düşü (basınç yükü): Türbinin giriş ve çıkış basınç yükleri arasındaki farktır. Fakat türbin çıkışından draft tüp çıkışına kadar ki kayıplar ihmal edilerek türbin çıkışındaki basınç yükü atmosferik olarak ele alınır ve böylece türbin girişindeki basınç yükü türbin düşüsü olur. Yalnız burada türbin girişindeki basıncın bar biriminde ölçüldüğüne dikkat edilmelidir.

$$H = \frac{P}{\rho g}$$

Tork: Frenleme tertibatındaki yaylar üzerindeki yüklerin farkı alınarak mil üzerindeki net kuvvet belirlenir, daha sonra net kuvvet ile makara yarıçapı ile çarpılarak tork belirlenir.

$$F = F_2 - F_1$$

$$T = F \frac{D}{2}, \text{ (burada } D = 50 \text{ mm)}$$

Hidrolik güç: $P_h = \rho g Q H$

Mekanik güç: $P_m = T \frac{2\pi N}{60}$

Verim: $n = \frac{P_m}{P_h}$

Özgül hız: $N_{sp} = N \frac{\sqrt{P_m}}{H^{5/4}}$ burada N: rpm, P_m: mil gücü, H: mSS

SORULAR:

1. Tablo 3’de belirtilen parametreleri gerekli hesaplamaları yaparak belirleyiniz: debi (Q), düşü (H), tork (T), hidrolik güç (Ph), mekanik güç (P_m) ve türbin verimi (η).
2. H-Q, N-T, N-P_m, N-η ve guide vana açıklığı-P_m grafiklerini çiziniz ve sonuçları irdeleyiniz.
3. Türbinin özgül hızını hesaplayınız?
4. 50 m düşüye sahip bir barajda 1 m çaplı çarka sahip bir Francis türbin kullanılması planlanıyor. Bu prototip türbinin ihtiyaç duyduğu debi ve üreteceği mekanik gücü hesaplayınız.
5. Prototip türbinin verimi ve özgül hızı nedir?
6. Shut-off düşüsü nedir? Tanımlayınız.
7. Runaway hız nedir? Tanımlayınız.

Tablo 3. Deney verileri

Vana açıklığı	Ölçülen parametreler				Hesaplanan parametreler				
	Q L/dak	P bar	F N	N rpm	Q m ³ /s	H mSS	T N.m	P _h W	P _m W
1/4									
1/2									
3/4									
1/1									