



T.C.

**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**SU TÜRBİNLERİ**  
**DENEY FÖYÜ**

## 1. DENEYİN AMACI

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

## 2. DENEYİN ÖĞRENME ÇIKTILARI

- ❖ Temel olarak, model tip bir su türbininin (Francis, Pelton) performans parametrelerinden debi, basınç, çark dönme hızı (devir sayısı) ve torkunun deneysel olarak ölçülerek gücünün ve veriminin belirlenmesi.
- ❖ Ölçümlere bağlı olarak performans parametrelerinin birbirlerine göre değişimleri belirlenerek performans eğrilerinin oluşturulması.
- ❖ Türbin performans karakteristik eğrileri yanı sıra sistem karakteristik eğrileri de belirlenerek optimum çalışma noktasının tespit edilmesi. Bununla beraber benzerlik bağıntıları kullanılarak prototip bir türbinin performans parametrelerinin belirlenmesi.

## 3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

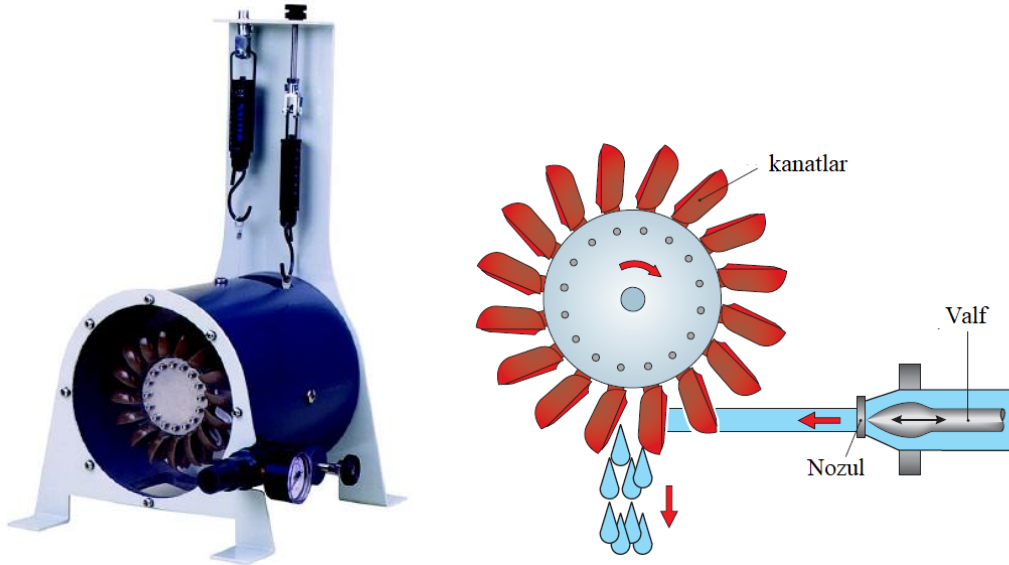
Hidrolik türbinler hidroelektrik güç santrallerinin temel elemanlarıdır ve baraj gollerinde biriken suyun potansiyel enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinalar olarak tanımlanır. Suyun potansiyel enerjisinden mekanik enerji üreterek elektrik üretici olarak kullanılan jeneratörün ihtiyacı olan mekanik 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 türbini 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 kinetik enerjiye dönüşür. Çark girişinde akım yönlendirici vana arasından ivmelenecek geçerek ve radyal olarak çark üzerine gelir. Burada yönlendirici vananın görevi akımı ivmelendirmeleri yanı sıra 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 aksenal olarak çıkarak salyangoz ağzına bağlı draf tüp içinden nehir yatağına akar.

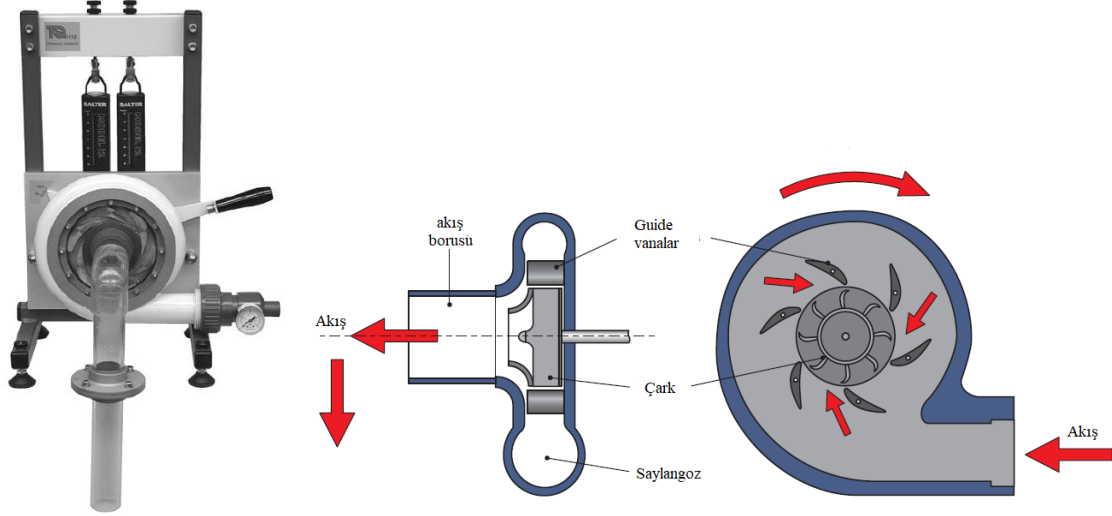
Hidrolik türbinler çalışma prensiplerine göre itici güç (impuls) ve tepki (reaksiyon) türbinleri olmak üzere ikiye ayrılır.

**İmpuls (İtici güç) türbinleri:** Rotor üzerinde çukur çanak şeklindeki kanatlar bulunur. Nozullardan çıkan su jetleri açık ortamda kanatlara çarpar ve bu etki ile çarkın dönmesi sağlanır. İmpuls türbinlerinin en yaygın kullanılan tipi Pelton türbinidir. Pelton türbini genellikle yüksek düşülerde kullanılan verimli bir makinedir. Diğer impuls türbini çeşitleri ise Turgo ve Banki (Crossflow) türbinleridir



**Şekil 1.** İtici Güç Türbinleri

**Reaksiyon (Tepki) türbinleri:** Reaksiyon türbininde rotor tamamen su içerisindedir ve bir basınç gövdesi ile örtülüdür. Türbin girişinde mevcut olan toplam düşünün sadece bir kısmı çarka gelmeden hız düşüsüne çevrilmektedir. Suyun statik (basınç) düşüsü çark boyunca giderek düşer ve suyun çark çıkışında ivmelenmesi sonucu oluşan tepki kuvveti ile çarkın dönmesi sağlanmaktadır. Reaksiyon türbinin başlıca tipleri Kaplan ve Francis türbinleridir



Şekil 2. Tepki Türbinleri

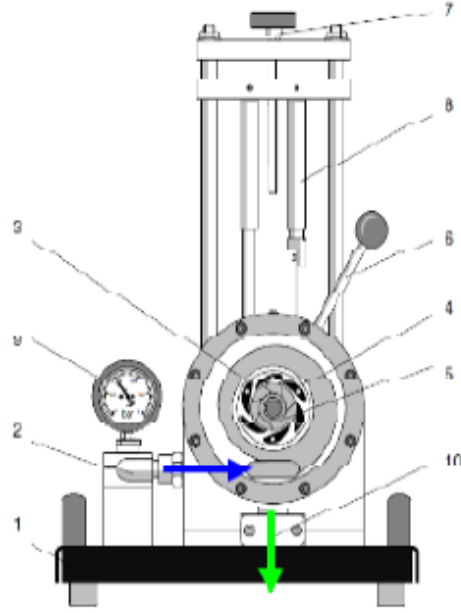
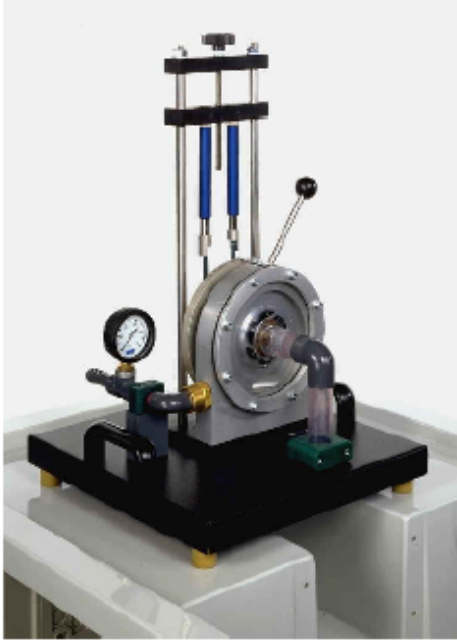
#### 4. DENEYİN YAPILIŞI

Deney düzeneğinin genel görünümü ve şematik çizimi sırasıyla Şekil 3’te 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 yönlendirici vanalar (kanat açıklığı) ve çark vardır. Türbin çarkına bağlı bir frenleme düzeneği mevcuttur ve türbin bant 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 surede 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

Tablo 1. Deney Düzeneği Ekipmanları

| No | Adı              | No | Adı                          |
|----|------------------|----|------------------------------|
| 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                    |



**Şekil 3.** Deney Düzeneği

1. Türbin test düzeneği giriş vanası kapalı konumda iken pompa çalıştırılır.
2. Giriş vanası belli bir miktar açılarak akıma yol verilir.
3. Yönlendirici vana açıklığı istenilen 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 pozisyonunda tutulmalıdır.
7. Moment, 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) Tabloda ilgili yerlere kaydedilir.
9. Deney, yönlendirici vana açıklıkları belirlenen pozisyonlarında ayarlanarak farklı debiler altında tekrarlanır.

10. Deney sonlandırılırken türbin giriş vanası açık bırakılarak pompa durdurulur. Ayrıca frenleme tertibatındaki yaylar üzerindeki yükler sıfırlanarak bırakılır.

Deneyin yapılışında anlatıldığı gibi deneyde debi  $Q$  ( $m^3/s$ ), basınç  $P$  (Pa), çark dönme hızı  $N$  (d/d) ve milin ürettiği kuvvet  $F$  (N) 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 ve gösterge basıncı olduğuna dikkat edilmelidir. Hesaplamalarda bar birimi Pascal birimine çevrilmelidir.

$$H = \frac{P}{\rho g} \quad (m)$$

**Torkun**

**belirlenmesi**

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

$$F = F_2 - F_1$$

**Tork**

$$T = F \cdot D / 2 \quad (\text{burada } D = 25 \text{ mm})$$

**Hidrolik güç:**

$$P_h = \rho g Q H$$

**Mekanik güç:**

$$P_m = T \omega = T 2 \pi N / 60$$

**Verim:**

$$\eta = P_m / P_h$$

#### 4.1 DENEY : Verimlilik Hesabı ( Sabit Giriş Basıncında)

##### Amac

Türbinin maksimum verimini hesaplamak için türbinin çektiği mekanik gücü ve türbine verilen hidrolik gücü ve elde etmek.

- Tablolarda belirtilen parametreleri gerekli hesaplamaları yaparak belirleyiniz: Kuvvet (F), tork (T), hidrolik güç ( $P_h$ ), mekanik güç ( $P_m$ ) ve türbin verimi ( $\eta$ ).
- Tablolar üzerinden elde edilen verimlilik değerleri üzerinden Verimlilik-Devir Sayısı ve Verimlilik-Debi grafiklerini çiziniz. 1 grafikte 2 vana açıklığı için de çizimleri gerçekleştiriniz.

| Giriş Basıncı: = 0.1 Bar (10000 Pa) |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|-------------------------------------|-----------|------------|------------|----------|------------|-----------------------|-----------------------|---|
| %100 Yönlendirici Vana Ayarı        |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
| F1<br>(N)                           | F2<br>(N) | Q<br>(L/s) | N<br>(d/d) | F<br>(N) | T<br>(N.m) | P <sub>h</sub><br>(W) | P <sub>m</sub><br>(W) | η |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |

| Giriş Basıncı: = 0.1 Bar (10000 Pa) |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|-------------------------------------|-----------|------------|------------|----------|------------|-----------------------|-----------------------|---|
| %66 Yönlendirici Vana Ayarı         |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
| F1<br>(N)                           | F2<br>(N) | Q<br>(L/s) | N<br>(d/d) | F<br>(N) | T<br>(N.m) | P <sub>h</sub><br>(W) | P <sub>m</sub><br>(W) | η |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |
|                                     |           |            |            |          |            |                       |                       |   |

## 5. RAPOR İÇİN İSTENENLER

Deney raporunun bir kapak sayfası olmalıdır. Deney raporu aşağıdaki içeriğe uygun olarak hazırlanmalıdır.

- Deney için; 2 tablo 2 Grafik elde edilmelidir.
  - Grafik 1 η - N Grafiği (%100 ve %33 Yönlendirici Vana Açıklığı)
  - Grafik 2 η - Q Grafiği (%100 ve %33 Yönlendirici Vana Açıklığı)

### Giriş

Burada genel su türbinleri hakkında bilgi verilmeli ve deneyin amacı açıklanmalıdır.

### Ölçümler

Ölçüm verilerinin kaydedildiği tablo sunulmalıdır.

### Hesaplamalar ve değerlendirmeler

Ölçüm değerlerine göre şafttaki tork, türbin gücü, hidrolik güç ve verim hesaplanıp yukarıda yer alan tabloya kaydedilmelidir. Ayrıca her bir tablonun altına talep edilen grafikler çizilmelidir. Grafik çizimleri için excel kullanılabilir.

## 4. Sonuçlar ve yorumlar

Burada deneyler ve hesaplamalarla ilgili yorumlar yapılmalıdır. Elde edilen güç, tork ve verim değerlerindeki değişimleri yorumlamanız istenmektedir.

## **6. KAYNAKLAR**