

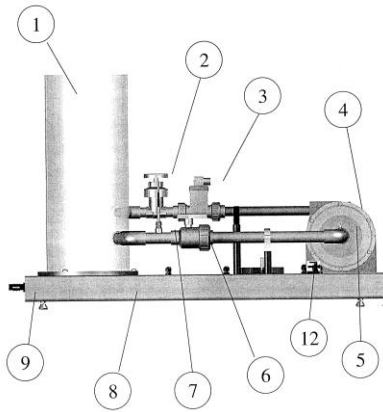
SANTRİFÜJ POMPA DENEYİ

1. Giriş

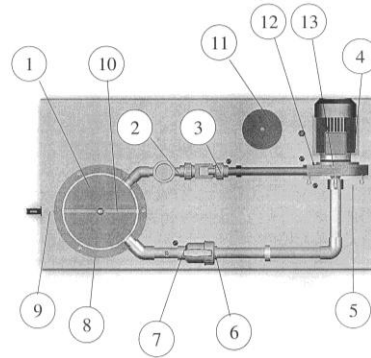
Deney düzeneği tank, su dolaşımını sağlayan boru sistemi ve küçük ölçekli bir santrifüj pompadan oluşmaktadır. Düzenek, üzerinde ölçümlerin yapılabilmesi için elektronik sensörlerle donatılmıştır. Sensörlerden alınan sinyaller bir ara yüz kullanılarak bilgisayara aktarılmakta ve bir paket program yardımıyla değerlendirilmektedir. Pompa hızı ve pompa çıkış basıncı değiştirilerek deneyde etkili parametrelerin performans değişimleri incelenmektedir.

2. Tanıtım

Santrifüj pompa bir elektrik motoru tarafından tahrik edilmekte, pompaya su girişi bir akış kontrol vanası ile sağlanmaktadır. Pompa girişinde bulunan vana emme kayıplarının etkisini incelemek için kullanılmaktadır. Pompa karakteristiklerinin performans analizleri için uygun sensörlerden alınan sinyaller paket program yardımıyla incelenmektedir. Aşağıda santrifüj pompa deney düzeneğinin önden ve üstten görünüşleri verilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneğinin önden görünüşü



Şekil 2. Deney düzeneğinin üstten görünüşü

Deney düzeneğinin bileşenleri	
1.	Tank
2.	Çıkış Vanası
3.	Akış Sensörü
4.	Pompa
5.	Basınç Sensörü
6.	Giriş Vanası
7.	Sıcaklık Sensörü
8.	Destek Tablası
9.	Sistem Tahliye Vanası
10.	Rezervuar Tahliye Vanası
11.	Pompa Çarkı
12.	Pompa Tahliye Vanası

- a) Tank (1) : Üstü açık silindirik bir formda zemine tespit edilen tanka su girişi ve çıkışı boru bağlantılarıyla sağlanmaktadır.
- b) Pompa (4) : Elektrik motorunun hızı paket program üzerinden ayarlanarak pompa tahrik edilir. Pompa ve koruyucu plakanın şeffaf olması sayesinde pompa çarkındaki dönme görülebilir. Koruyucu plaka, farklı geometrik düzede ki çarklarında pompaya takılab ilmesine olanak sağlar.
- c) Pompa çarkı (11) : Deney düzeneğinde farklı kanat geometrisine sahip iki tane çark mevcuttur. Her ikisi de pompaya takılarak kullanılabilir.
- d) Giriş vanası (6) : Giriş vanası pompa girişindeki basıncı kontrol etmek için kullanılır. Kaviteasyon oluşumunu ve giriş basıncının pompa performansı üzerindeki etkisini incelemek için giriş vanası tamamıyla açık olmalıdır. Vana, boruya paralel olduğunda açık, boruya göre sağa döndüğünde kapalı konumdadır.
- e) Çıkış vanası (2) : Çıkış vanası pompa debisini kontrol etmek için kullanılır. Vana saat ibresinin tersi yönünde tam olarak döndürüldüğünde maksimum akış, saat yönünde çevrildiği zaman ise sıfır akış durumu oluşur.
- f) Akış sensörü (3) : Akış sensörü pompadaki debiyi belirlemek için boru çıkışına yerleştirilir.
- g) Basınç sensörleri (5) ve (13) : Biri pompa girişinde diğ eri pompa çıkışında olacak şekilde iki elektronik basınç sensörü bulunmaktadır. Sensörler üzerinden algılanan değişimler paket program üzerinden izlenebilmektedir.
- g) Sistem tahliye vanası (9) : Tanktan suyun çıkışını kontrol eder. Cihaz kullanımda iken bu vana kapalı olmalıdır.
- h) Pompa tahliye vanası (12) : Pompadaki suyun tahliye edilmesi için kullanılır. Cihaz çalışırken kapalı konumda olmalıdır.
- ı) Sıcaklık sensörü (7) : Tank çıkışına konumlandırılmıştır. Sistem içerisindeki akışkanın sıcaklığının ölçümü için kullanılır.

Tankın su ile doldurulması:

Tankın doldurulması sırasında cihaz kapalı olmalıdır. Tank tahliye vanası kapalı olmalıdır. Tank 30 °C sıcaklığın altındaki temiz su ile doldurulmalıdır. Tank uygun bir su kaynağı ile ya da bir bidon ile doldurulabilir. Tank üstten 10 cm boşluk kalana kadar doldurulabilir. Doldurma işleminden sonra doldurma aparatları tanktan uzaklaştırılmalıdır.

Pompanın çalıştırılması:

Pompa, uygun hız değeri sağlayan bir çevirici ile çalıştırılır. Hız değeri yazılım üzerindeki *Frequency* kısmından girilir. Uygun değer doğrudan kutucuğa yazılabilir. Hız % 0 dan % 100'e kadar ayarlanabilir. Pompanın maksimum tasarım çalışma hızı % 80 olarak dikkate alınır.

Debi ve çıkış vanasının kontrol edilmesi:

Pompa debisi (2) numaralı çıkış vanası ile kontrol edilir. Vananın saat ibresine ters veya saat ibresi yönünde olması akışın maksimum ya da sıfır olmasını sağlar. Debi ayarlandığında bilgisayar ekranındaki yansıması vananın sürekli ve düzgün bir şekilde döndürülmesi ile sağlanır. Değişiklikleri algılayabilmesi için sistemin birkaç saniyelik süreye ihtiyacı vardır. O nedenle örnek veriler alınmadan önce vana ayarının yapılması ve sensör okumaları için biraz beklenmelidir.

Giriş emme basıncı kontrolü:

Giriş basıncı giriş vanası (6) kullanılarak kontrol edilir. Bu vana giriş basınç değişiminin etkisini incelemek için kullanılır. Debi daima çıkış vanası (2) kullanılarak kontrol edilmelidir. Debi kontrolü için giriş vanası kullanılmamalıdır. Giriş vanası boru ile paralel hale getirildiğinde giriş basıncı maksimum olur. Giriş vanası boruya dik olduğunda (vana tamamıyla kapalı) giriş basıncı sıfır olur. Pompa çalışırken vana sola döndürülmemelidir.

Sensörlerdeki sinyallerin ölçümü:

Sıcaklık, basınç ve debi sensörlerinden alınan sinyaller ara yüz vasıtasıyla paket programa yansıtılır ve mimik diyagram olarak ekranda görülür.

Pompa, boru ve tanktaki suyun boşaltılması:

Sistemdeki suyun boşaltılması için hem giriş hem de çıkış anası tamamıyla açık konuma getirilir. Sistem boşalma vanası (9) ve pompa boşalma vanasının (13) her ikisi de tam açık olduğunda sistemdeki su sağlıklı bir şekilde boşaltılmış olur.

Pompa çarkının değişimi:

Çark değişiminde öncelikle sistemdeki su tamamıyla boşaltılmalıdır. Pompayı koruyan kapağın vida bağlantısı sökülerek içerideki çark çıkartılır ve diğer çark takılır.

Deney düzeneğinin özellikleri:

Yükseklik: 645 mm

Genişlik: 880 mm

Derinlik: 512 mm şeklindedir.

Elektrik kaynağı: Düzenek ara yüz cihazına elektrik verilerek çalıştırılır.

Su kaynağı: Kullanılacak suyun soğuk ve temiz olması gerekir.

Teknik Özellikler:

Giriş basıncı: (-5 ile 5 V DC = -103.4 ile +103.4 kPa)

Çıkış basıncı: (0 ile 5 V DC = 0 ile 103.4 kPa)

Su sıcaklığı: (0 ile 5 V DC = 0 ile 102.4 °C)

Moment: (0 ile 5 V DC = 0 ile 2.092 Nm)

Debi: (0 ile 5 V DC = 0 ile 4 lt/dak)

Analog Giriş (0-5 V DC) : Ch 0 Pompa ayarı: (0 - 4.99 V DC = 0 - %100)

Dijital Çıkış (0-5 V DC) : Ch 0 Pompa açık

Dijital Giriş (0-5 V DC) : Ch 6 İzleme açık

Deney düzeneğine ait semboller:

İsim	Sembol	Birim	Tanımı
Pompa ayarı	S	%	Ölçülmüş
Pompa hızı (dev/dak)	n	dev/dak	Ölçülmüş
Su sıcaklığı	T	°C	Ölçülmüş
Giriş basıncı	$P_{giriş}$	kPa	Ölçülmüş
Çıkış basıncı	$P_{çıkış}$	kPa	Ölçülmüş
Motor momenti	t	Nm	Ölçülmüş
Hacimsel debi	Q	dm ³ /s	Ölçülmüş
Su yoğunluğu	ρ	kg/m ³	Suyun sıcaklığına bağlı ve yazılımla otomatik hesaplanır.
Giriş çapı	$d_{giriş}$	m	Giriş borusu çapı $d_{giriş} = 0.0235$
Çıkış çapı	$d_{çıkış}$	m	Çıkış borusu çapı $d_{çıkış} = 0.0175$
Giriş alanı	$A_{giriş}$	m ²	Giriş borusu kesit alanı $A_{giriş} = \pi(d_{giriş}/2)^2$
Çıkış alanı	$A_{çıkış}$	m ²	Çıkış borusu kesit alanı $A_{çıkış} = \pi(d_{çıkış}/2)^2$
Giriş hızı	$V_{giriş}$	m/s	$V_{giriş} = Q/A_{giriş}$
Çıkış hızı	$V_{çıkış}$	m/s	$V_{çıkış} = Q/A_{çıkış}$
Basınç enerjisindeki değişim	H_s	m	$H_s = (P_{çıkış} - P_{giriş})/\rho g$
Hız enerjisindeki değişim	H_v	m	$H_v = (V_{çıkış}^2 - V_{giriş}^2)/2g$
Yükseklik enerjisindeki değişim	H_e	m	Giriş ve çıkış konumları arasındaki düşey mesafe $H_e = 0.075$ m
Toplam enerjideki değişim	H_t	m	$H_t = H_s + H_v + H_e$
Hidrolik güç	P_h	W	$P_h = H_t Q \rho g$ Q (m ³ /s)
Mekanik güç	P_m	W	$P_m = 2\pi n t / 60$
Pompa verimi	E	%	$E = 100(P_h/P_m)$

Pompa ile ilgili teorik bilgiler:

Pompalar, pozitif yer değiştirmeli ve rotadinamik olmak üzere iki ana kategoride sınıflandırılırlar. Pozitif yer değiştirmeli pompalarda sabit bir akışkan hacmi bir odadan başka bir odaya geçirilir. Rotadinamik pompalar ise akışkana momentum kazandırılırlar. Bu deney düzeneğinde kullanılan santrifüj pompa rotadinamik bir pompadır.

Santrifüj pompa elektrik motorundan aldığı enerjiyi önce kinetik enerjiye daha sonra da potansiyel enerjiye dönüştürerek suya aktarır. Pompa çarkını çeviren motor çarka açısal hız kazandırır. Çark ise bu kinetik enerjiyi potansiyel enerjiye dönüştürür.

Teorik denklemler:

Enerjinin değişik formları arasındaki ilişki Termodinamiğin Birinci Kanununun kontrol hacmi boyunca birim akışkan kütlesine uygulanmasıyla aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$-W_s = d(v^2/2) + gdz + \int v \, dP + F$$

Burada, $-W_s$: mekanik shaft işi,

$d(v^2/2)$: akışkanın kinetik enerjisindeki değişimi,

gdz : akışkanın potansiyel enerjisindeki değişimi,

F : sürtünme nedeniyle enerji kaybını

ifade etmektedir. $\int v \, dP$ terimi ise, vol , birim akışkan kütlesinin hacmi olmak üzere basınç enerjisindeki değişimi ifade etmektedir.

Sabit ρ yoğunluğuna sahip sıkıştırılamaz akışkanlar için basınç enerjisindeki değişim,

$$\int v \, dP = \int dP / \rho = (P_{\text{çıkış}} - P_{\text{giriş}}) / \rho$$

olarak ifade edilir. Burada, $P_{\text{çıkış}}$, pompa çıkış basıncını, $P_{\text{giriş}}$, ise pompa giriş basıncını göstermektedir. Yukarıdaki genel denklemdeki terimler faydalı iş elde etmek üzere düzenlendiğinde,

$$W_a = ((V_{\text{çıkış}}^2 - V_{\text{giriş}}^2) / 2) + g(z_{\text{çıkış}} - z_{\text{giriş}}) + ((P_{\text{çıkış}} - P_{\text{giriş}}) / \rho)$$

denklemini elde edilir. Burada W_a , birim akışkan kütlesindeki enerji değişimi nedeniyle oluşan gerçek iştir. Bu ifade pompanın yükseklik cinsinden enerjisi olarak düzenlenirse,

$$H = ((V_{\text{çıkış}}^2 - V_{\text{giriş}}^2) / 2g) + (z_{\text{çıkış}} - z_{\text{giriş}}) + ((P_{\text{çıkış}} - P_{\text{giriş}}) / \rho g)$$

elde edilir. Bu eşitlik yoğunluğun sabit kabul edildiği sıkıştırılamaz akışkanlar için geçerlidir.

3. Uygulama:

Amaç: Bir santrifüj pompanın basma yüksekliği, güç ve verim değişimlerini grafiksel olarak elde etmek.

Yöntem: Farklı debiler için söz konusu pompa karakteristiklerinin sensörler vasıtasıyla kaydedilmesi

Gerekli Teçhizat:

- Santrifüj pompa deney düzeneği
- Ara yüz cihazı
- Paket program

Teori:

Santrifüj pompa karakteristikleri pompa performans grafikleri kullanılarak ifade edilebilir. Pompanın performansını grafik olarak göstermek için

- Pompa giriş ve çıkışındaki enerji farkı (pompa basma yüksekliği), H_t
- Pompa giriş gücü, P_m
- Pompa verimi, E

değişimleri kullanılır.

Pompa giriş ve çıkışındaki enerji farkı (pompa basma yüksekliği):

Pompa tarafından yapılan işin bir sonucu olarak oluşan giriş-çıkış enerji farkı (basma yüksekliği) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$H_t = \text{Basınç enerjisindeki değişim} + \text{Hız enerjisindeki değişim} + \text{Yükseklik enerjisindeki değişim}$$

$$H_t = H_s + H_v + H_e$$

Burada,

$$H_s = \text{Basınç enerjisindeki değişim} = (P_{\text{çıkış}} - P_{\text{giriş}})/\rho g \quad [P_{\text{çıkış}}, P_{\text{giriş}} \text{ (Pa)}]$$

$$H_v = \text{Hız enerjisindeki değişim} = (V_{\text{çıkış}}^2 - V_{\text{giriş}}^2)/2g \quad [V_{\text{çıkış}}, V_{\text{giriş}} \text{ (m/s)}]$$

$$H_e = \text{Yükseklik enerjisindeki değişim} = (z_{\text{çıkış}} - z_{\text{giriş}}) \quad [z_{\text{çıkış}} - z_{\text{giriş}} = 0.075 \text{ m}]$$

Pompa giriş gücü:

Pompaya gelen mekanik güç aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$P_m = 2\pi n t / 60$$

Burada, n (d/dk), pompanın devir sayısı, t (Nm), momenttir.

Pompa verimi:

Pompa verimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E = 100 (P_h/P_m)$$

Burada, P_h , akışkana geçen hidrolik gtr ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P_h = H_t Q \rho g$$

Burada, Q (m^3/s), akışın hacimsel debisidir.

Sabit pompa hızında ölçülen bu parametrelerin her birinin debi ile değışimleri, H_t - Q eğışisi, basma yüksekliğı ile debi arasındaki değışimi gösterir.

P_m - Q eğışisi, pompaya gelen gücün debi ile değışimini gösterir. E - Q eğışisi, pompa veriminin debi ile değışimini gösterir.

4. Deney Raporlarının Hazırlanması

Kabul edilebilir bir deney raporunun aşağıda belirtilen kısımları kapsaması gerekir:

1. Kapak sayfası (deney adı ile birlikte öğrencinin numara, ad soyad, grup numarasını içermeli)
2. Deneyin amacının belirtilmesi
3. Deneyde düzeneğinin tanıtılması
4. Deneyde llen ve hesaplanan değışlerin çizelgeler halinde verilmesi
5. Herhangi bir lm için bir hesaplama örneğinin detaylı şekilde gösterilmesi
6. Deneyle ilgili grafiklerin (pompaya ait karakteristik eğışilerin) uygun koordinatlarda izilmesi
7. Hesaplanan değışlerle ilgili belirsizlik analizlerinin yapılması
8. Sonuçların yorumlanması
9. Deney grubunun takım halinde deneyde kullanılan ölçüm aletleri ile farklı bir ısıl/mekanik deney düzeneğı tasarımı yapması ve bunu basit bir şema üzerinde göstermesi.

DENEYDE ÖLÇÜLEN DEĞERLER

Deney No	Pompa Arayış S [%]	Pompa Hızı n [d/dk]	Su Sıcaklığı T [°C]	Giriş Basıncı P _{giriş} [kPa]	Çıkış Basıncı P _{çıkış} [kPa]	Tork (Moment) t [Nm]	Debi Q [lt/s]	Su yoğunluğu ρ [kg/m ³]
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Not : H_t, Q ve P_m için belirsizlikler sırasıyla %1, %1 ve %0.5 şeklindedir.

DENEY SONUNDA HESAPLANAN DEĞERLER

[illegible]