

ĆW NR 22  
**BADANIE POMP WSPÓLPRACUJĄCYCH RÓWNOLEGLE**

**Zakres przygotowania przez studentów**

1. Zadania, klasyfikacja pomp wirowych i tłokowych
2. Podstawowe parametry charakteryzujące pracę pomp: wysokość ssania, wysokość tłoczenia i wysokość podnoszenia, wydajność, moc i sprawność
3. Zjawisko kawitacji i uderzenia hydrauliczne
4. Współpraca równoległa pomp o jednakowych i różnych charakterystykach. Przykłady zastosowań.
5. Regulacja wydajności pomp wirowych

**1. CEL ĆWICZENIA**

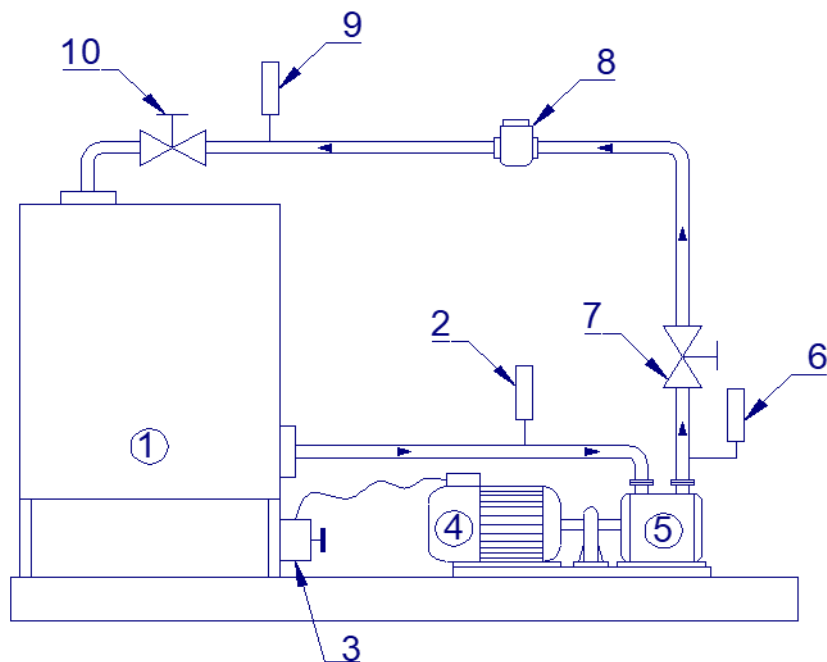
Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadą działania dwóch pomp współpracujących równoległe, wyznaczenie charakterystyki pracy dla pojedynczej pompy, wyznaczenie charakterystyki zastępczej (łącznie) dwóch pomp połączonych równoległe i prześledzenie ich przebiegu.

**2. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE**

**3. STANOWISKO POMIAROWE**



Układ pomiarowy składa się z dwóch jednakowych pomp o podobnych charakterystykach; każda pracuje samodzielnie na jednym rurociągu, a względem siebie pracują równolegle. W rurociągach zamontowano przepływomierze skrzydełkowe (wodomierze), manometry sprężynowe do pomiaru ciśnienia na króćcach tłocznych, wakuometry (do pomiaru podciśnienia) na rurociągach ssawnych pomp, oraz zawory regulacyjne. Schemat stanowiska przedstawiono na rys. 1.



Rys. 2 Schemat stanowiska do badania pomp połączonych równolegle

1. Zasobnik wody, 2. Wakuometr - dwa egz.,
3. Przełącznik: włącz/wyłącz - dwa egz., 4. Silnik elektryczny - dwa egz.,
5. Pompa odśrodkowa promieniowa - dwa egz., 6. Manometr - dwa egz.,
7. Zawór dławiący - dwa egz., 8. Wodomierz - dwa egz.,
9. Manometr - dwa egz., 10. Zawór odcinający - dwa egz. .

#### 4. PRZEBIEG POMIARU

- 1) Należy zapoznać się z budową stanowiska pomiarowego
- 2) Dokonać odczytu temperatury otoczenia  $t_{ot}$  i ciśnienia otoczenia  $p_{ot}$
- 3) Włączyć zasilanie silnika (4) pompy nr 1 (5) - pozycja wyjściowa: zawór dławiący (7) całkowicie zamknięty,
- 4) Dokonać odczytania ciśnienia  $p_t$  (ciśnienie tłoczenia) z manometru (6),
- 5) Dokonać odczytu przepływu na wodomierzu (8) po 30 sekundach od rozpoczęcia pomiaru (w litrach),
- 6) Otworzyć zawór dławiący (7), tak aby spadek ciśnienia na manometrze (6) wynosił 0,04 MPa,
- 7) Dokonać odczytania ciśnienia  $p_t$  z manometru (6),
- 8) Dokonać odczytu przepływu na wodomierzu (8) po 30 sekundach od rozpoczęcia pomiaru, czas płynie ciągle od rozpoczęcia pierwszego pomiaru z pozycji 6).
- 9) Czynności 6-8 powtarzać do wyczerpania poziomu otwarcia zaworu dławiącego (7),



Tabela 3. Wartości zmierzone dla układu pomp połączonych równolegle

Pomiar	POMPA 1				POMPA 2			
	pt1 [kPa]	Vp1 [l]	Vk1 [l]	t [s]	pt2 [kPa]	Vp2 [l]	Vk2 [l]	t [s]

**C) Obliczenia dla pompy pojedynczej i układu pomp równolegle**

1. Obliczenie wydatku pomp

$$\dot{Q}_1 = \frac{V_{k1} - V_{p1}}{t} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$\dot{Q}_2 = \frac{V_{k2} - V_{p2}}{t} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

2. Obliczenie teoretycznej wydajności układu pomp

$$\dot{Q}_{1+2} = 2 * \dot{Q}_1 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

3. Teoretyczna manometryczna wysokość podnoszenia

$$H_{man\_1}^t = \frac{p_{t1} - p_{s1}}{\rho_{wody} g} + \Delta z \text{ [m]}$$

$$H_{man\_2}^t = \frac{p_{t2} - p_{s2}}{\rho_{wody} g} + \Delta z \text{ [m]}$$

$p_s$  – ciśnienie na ssaniu, w tym przypadku = 0 [Pa]

$\Delta z$  – różnica poziomów między króćcem ssawnym i tłocznym = 0 [m]

4. Manometryczna wysokość podnoszenia

$$H_{man\_1} = H_{man\_1}^t \frac{\rho_{wody}}{\rho_{wody\_n}} \text{ [m]}$$

$$H_{man\_2} = H_{man\_2}^t \frac{\rho_{wody}}{\rho_{wody\_n}} \text{ [m]}$$

$\rho_{wody\_n}$  – gęstość wody w warunkach normalnych = 1000 [kg/m<sup>3</sup>], (odniesiona jest do słupa wody o temperaturze 4°C i gęstości 1000 kg/m<sup>3</sup> odpowiadającego jednemu metrowi słupa wody dającemu ciśnienie 0,1 kG/cm<sup>2</sup>)

#### **D) Przygotowanie na jednym wykresie**

- a) charakterystyki rzeczywistej pojedynczej pompy nr 1 dla warunków pomierzonych,
- b) charakterystyki rzeczywistej pojedynczej pompy nr 2 dla warunków pomierzonych,
- c) układu pomp połączonych równolegle dla warunków pomierzonych,
- d) układu pomp połączonych równolegle dla warunków teoretycznych.

#### **6. TABELE OBLICZENIOWE**

W sprawozdaniu powinien być zawarty pełen przykład obliczeniowy dla jednego, wybranego pomiaru, zaznaczonego w tabeli.

W tabelach obliczeniowych należy zawrzeć obliczenia dla wszystkich kolejnych pomiarów.

#### **7. WNIOSKI**

Wnioski (nawiązujące do celu ćwiczenia, zawierające ocenę poprawności pomiaru, analizę otrzymanych wyników, dodatkowe uwagi dotyczące najważniejszych parametrów występujących w ćwiczeniu, porównanie charakterystyk pomp - **szczególnie charakterystykę dla zespołu pomp z charakterystyką zastępczą dla zespołu pomp**)

#### **8. LITERATURA PODSTAWOWA DO ĆWICZENIA**

1. **Jankowski F.: Pompy i wentylatory w inżynierii sanitarnej, Arkady Warszawa 1975**
2. **Stępniewski M: Pompy, WNT, Warszawa 1985**
3. **Pomiary cieplne cz. 2.: Praca pod redakcją zbiorową, WNT, Warszawa 1993**
4. Kołodziejczyk L.: Pomiary w inżynierii sanitarnej, Arkady Warszawa 1980
5. Termodynamika - Laboratorium Miernictwa Ciepłego pod redakcją W. Pudlika, Politechnika Gdańska, Gdańsk 1993
6. Kotlewski F.: Pomiary w technice cieplnej, WNT, Warszawa 1972
7. Skrypty uczelniane PS i innych ośrodków akademickich, związane tematycznie z ćwiczeniami

PN-90/M-44000 Przenośniki cieczy - Terminologia i podział

PN-81/M-44001 Pompy wirowe i ich układy - Wielkości charakterystyczne - Nazwy, określenia, symbole i jednostki miar

PN-88/M-34801.05 Pomocnicze urządzenia cieplne w elektrowniach, elektrociepłowniach i ciepłowniach - Pompy układów ciepłowniczych - Wymagania i badania wody użytkowej - Wymagania, badania, oznakowanie

PN-68/M-44003 Pompy wirowe i wyporowe - Zespoły i elementy - Nazwy i określenia

PN-M-44015:1997 Pompy - Ogólne wymagania i badania