

CHARAKTERYSTYKA POMPY WIROWEJ I SIECI

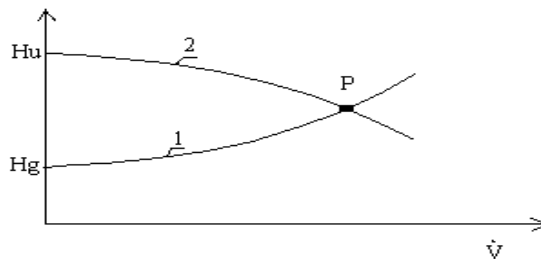
1. Wprowadzenie

Pompy są maszynami przepływowymi służącymi do przemieszczania cieczy w różnych instalacjach. Umożliwiają one przetłaczanie cieczy w poziomie i na odpowiednie wysokości oraz pomiędzy przestrzeniami o innych wartościach ciśnienia. Ze względu na sposób przekazywania energii do cieczy, wyróżnia się zasadniczo pompy tłokowe, wirowe i specjalne.

W praktyce przemysłowej szerokie zastosowanie mają pompy wirowe, ponieważ charakteryzują się równomiernością przepływu cieczy, zwartą budową i bezpośrednim sprzężeniem z silnikiem napędowym oraz możliwością regulacji wydatku. Główne elementy konstrukcji tych pomp to korpus i – umieszczony w jego wnętrzu, osadzony na wale – wirnik z łopatkami. Efekt pompowania powstaje tu w wyniku oddziaływania łopatek rotującego wirnika na ciecz znajdującą się w korpusie i wprawiania jej w ruch obrotowy. Pod działaniem wytworzonej siły odśrodkowej cząstki cieczy przemieszczają się wzdłuż łopatek w kierunku zewnętrznego obwodu wirnika, a na wlocie powstaje podciśnienie i następuje zasysanie cieczy do wnętrza korpusu. Podczas przepływu cieczy przez wirnik wzrasta jej szybkość i ciśnienie. Opuszczając wirnik, ciecz przepływa do spiralnej osłony, a stąd dostaje się do dyfuzora odprowadzającego.

Pracę pompy charakteryzują związki objętościowego natężenia przepływu tłocznej cieczy z wytwarzanym ciśnieniem, z zapotrzebowaniem mocy i ze sprawnością działania. Szczególne znaczenie ma charakterystyka pompy wiążąca wytwarzane ciśnienie z objętościowym natężeniem przepływu, ponieważ jest łączona z charakterystyką sieci (instalacja, w której przepływa medium). Charakterystykę sieci stanowi zależność sumy ciśnienia dynamicznego i oporów przepływu oraz hydrostatycznego ciśnienia słupa cieczy w instalacji i różnicy ciśnień w przestrzeni - nad powierzchnią cieczy - zbiornika czerpalnego i odbiorczego od objętościowego natężenia przepływu. Umieszczenie obydwu charakterystyk na jednym wykresie daje punkt pracy pompy w danej sieci, tzn. określa natężenie przepływu i ciśnienie konieczne do jego uzyskania.

Na rysunku 1 przedstawione są przykładowe charakterystyki zespołu sieć- pompa. Jednostki układu współrzędnych to: [m słupa wody] dla rzędnych i [m³/s] dla odciętych.



Rys.1. Charakterystyka zespołu sieć-pompa:
1-charakterystyka sieci, 2-charakterystyka pompy, P-punkt pracy.

Pompa ma najczęściej charakterystykę o przebiegu parabolicznym. Dokładnie paraboliczna jest charakterystyka sieci, gdyż ciśnienie dynamiczne i opory przepływu są proporcjonalne do kwadratu objętościowego natężenia przepływu.

Ciśnienia wytwarzane przez pompę podczas przetłaczania cieczy z dolnego zbiornika do górnego, gdy w obydwóch z nich ciśnienia nad lustrem mają identyczne wartości oraz równe są średnice przewodu ssącego i tłoczącego, można zapisać następującymi wzorami:

$$H_u = (\Delta p_s + \Delta p_t) / \rho g + H_{s,t}; \quad (1)$$

$$H_u = H_g + \xi \dot{V}^2; \quad (2)$$

gdzie: H_u - użyteczna wysokość podnoszenia [m], H_g - geometryczna wysokość podnoszenia [m], $H_{s,t}$ - różnica wysokości zamocowania ciśnieniomierzy [m], Δp_s - podciśnienie na ssaniu [Pa], Δp_t - nadciśnienie na tłoczeniu [Pa], ρ - gęstość wody [kg/m^3], g - przyspieszenie ziemskie [m/s^2], ξ - współczynnik oporów sieci [s^2/m^5].

Dla charakterystyki pompy, „ H_u ” jest ciśnieniem wytwarzanym przez tę pompę (i przekazywanym sieci) stosownie do objętościowego natężenia przepływu cieczy. Wielkość ta („ H_u ”) w odniesieniu do charakterystyki sieci (wzór 2) wyraża całkowite zapotrzebowanie ciśnienia, niezbędne do uzyskania wymaganego przepływu w instalacji. We wzorze (2), geometryczna wysokość podnoszenia jest różnicą wysokości poziomów cieczy w zbiorniku czerpalnym i odbiorczym, natomiast drugi składnik tej sumy wnosi wspólny udział ciśnienia dynamicznego i wszystkich oporów przepływu.

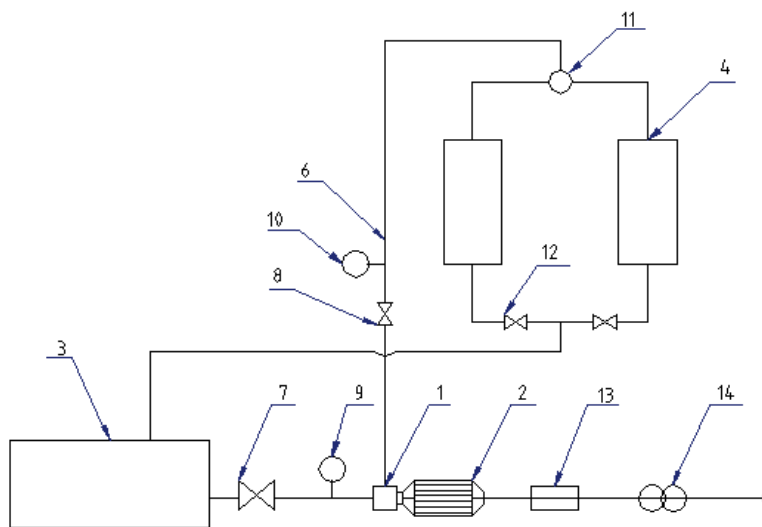
Budowa instalacji doświadczalnej do wykonania niniejszego ćwiczenia sprawia, że jej geometryczną wysokością podnoszenia jest różnica wysokości poziomego, najwyższego odcinka przewodu tłoczącego i poziomu lustra cieczy w zbiorniku czerpalnym.

2. Cel pracy

Zadaniem do wykonania jest doświadczalne wyznaczenie charakterystyki sieci i pompy wirowej, a następnie określenie parametrów punktu pracy tego zespołu

3. Aparatura doświadczalna

Instalacja do wyznaczenia charakterystyki sieci i pompy jest przedstawiona schematycznie na rysunku 2. Zawiera ona następujące elementy składowe: 1-pompa wirowa, 2-zmiennobrotowy silnik prądu stałego, 3-zbiornik czerpalny, 4-zbiorniki odbiorcze, 5-przewód ssący, 6-przewód tłoczący, 7-zawór na przewodzie ssącym; 8-zawór na przewodzie tłoczącym, 9-wakuometr, 10-manometr, 11-zawór trójdrożny, 12-zawory spustowe, 13-blok zasilania napędu pompy, 14-autotransformator.



Rys.2. Schemat aparatury doświadczalnej:

1-pompa wirowa, 2-zmiennobrotowy silnik prądu stałego, 3- zbiornik czerpalny, 4-zbiornik odbiorcze, 5-przewód ssący, 6-przewód tłoczący, 7-zawór ssący, 8-zawór tłoczący, 9-wakuometr, 10-manometr, 11-zawór trójdrożny, 12-zawór spustowy, 13-blok zasilania, 14-autotransformator.

Na zbiorniku czerpalnym, usytuowanym poziomo, zamocowany jest poziomowskaz rurkowy, kurek odpowietrzający i króciec służący do napełnienia i okresowego

uzupełniania wody (pobierana z sieci wodociągowej). Zbiorniki odbiorcze zaopatrzone są w mierniki objętości napełnienia (wyskalowane w litrach) i kurki odpowietrzające.

W bloku zasilania pompy znajduje się wyłącznik, lampka kontrolna i układ prostowniczy prądu przemiennego z sieci oraz mierniki napięcia i natężenia prądu podawanego z autotransformatora, a także wskaźnik liczby obrotów silnika (i pompy) współpracujący z prądnicą prądu stałego zesprzęgloną z silnikiem.

4. Metodyka prowadzenia doświadczeń

Pomiary wykonuje się w dwu seriach, aby w każdej z nich otrzymać odpowiednią charakterystykę.

Wyznaczenie charakterystyki sieci polega na wykonaniu pomiarów umożliwiających obliczenie wartości użytecznej wysokości podnoszenia (interpretacja „ H_u ” dla sieci), odpowiadających różnym wartościom objętościowego natężenia przepływu wody dla ustalonego otwarcia zaworów na ssaniu i tłoczeniu, utrzymując przy tym praktycznie stały poziom wody w zbiorniku czerpalnym.

Sposób postępowania jest następujący:

- 1-zawór trójdrożny ustawia się w pozycji (linie nacięć) umożliwiającej dopływ wody do jednego ze zbiorników odbiorczych z otwartym zaworem spustowym,
 - 2-włącza się blok zasilania i za pomocą autotransformatora nastawia maksymalną liczbę obrotów pompy (ok.1000/min.),
 - 3-zaworami na przewodzie tłoczącym i ssącym doprowadza się do uzyskania możliwie dużych wskazań manometru (ok.1.0 kG/cm²) i wakuometru (ok. 0.4kG/cm²), otrzymując przedział wartości Δp_t i Δp_s dla kilku (6 ÷7) pomiarów,
 - 4-w tej serii pomiarów ustawienia zaworów pozostają niezmiennie,
 - 5-dla nastawionej maksymalnej liczby obrotów pompy odczytuje się wskazania manometru i wakuometru,
 - 6-po zamknięciu zaworu spustowego, w zbiorniku odbiorczym gromadzi się dopływającą wodę i mierzy czas przyrostu objętości (np. w zakresie 4l ÷8l), a następnie wodę tę wypuszcza się ze zbiornika,
 - 7-z tego pomiaru powstaje jeden (najwyżej położony) punkt charakterystyki sieci,
 - 8-przed rozpoczęciem następnego pomiaru przestawia się zawór trójdrożny w pozycję (linie nacięć) zasilania drugiego zbiornika i zamyka zawór spustowy,
 - 9-ten następny pomiar wykonuje się obniżając liczbę obrotów pompy (np. o100/min.) oraz odczytując wskazania ciśnieniomierzy i wyznaczając natężenie przepływu za pomocą drugiego zbiornika,
 - 10-stosownie do przyjętej liczby pomiarów, przedstawione postępowanie jest powtarzane kilkakrotnie.
- Naprzemienne wykorzystywanie obydwóch zbiorników przyspiesza wyraźnie wykonanie serii pomiarowej.

Charakterystykę pompy wyznacza się prowadząc pomiary-podobnie jak w poprzedniej serii-dla określenia wartości użytecznej wysokości podnoszenia (interpretacja „ H_u ” dla pompy), odpowiadających różnym wartościom objętościowego natężenia przepływu wody, gdy ustalona jest liczba obrotów pompy i praktycznie nie zmienia się poziom wody w zbiorniku czerpalnym. Postępowanie w tym przypadku jest następujące:

- 1-zawór trójdrożny ustawia się w pozycji zasilania jednego ze zbiorników odbiorczych (otwarty zawór spustowy),
- 2-za pomocą autotransformatora wybiera się liczbę obrotów pompy (możliwie dużą) na skali obrotomierza,
- 3-zaworami na ssaniu i tłoczeniu nastawia się początkowe wskazania ciśnieniomierzy, aby uzyskać wystarczająco szeroki zakres dla wyboru punktów pomiarowych,
- 4-pierwszym pomiarem może już być odczyt początkowych wskazań wakuometru i manometru oraz wyznaczenie wartości objętościowego natężenia przepływu wody w tym stanie za pomocą zbiornika odbiorczego (po zamknięciu zaworu spustowego),
- 5-kolejne pomiary-dające następne punkty charakterystyki pompy-wykonuje się otwierając stopniowo zawór na przewodzie tłoczącym oraz notując aktualne wskazania ciśnieniomierzy i wyznaczając (naprzemiennie używane zbiorniki odbiorcze) wartości objętościowego natężenia przepływu,
- 6-w każdym pomiarze tej serii należy utrzymać przyjętą liczbę obrotów pompy.

5. Opracowanie wyników doświadczeń

Po zakończeniu pomiarów dysponuje się wartościami podciśnienia na ssaniu (Δp_s [kG/cm²]) i nadciśnienia na tłoczeniu (Δp_t [kG/cm²]) oraz wartościami objętości wody (V [l]) i czasu (t [s]) jej gromadzenia. Na podstawie wyników doświadczeń oblicza się wartości użytecznej wysokości podnoszenia i objętościowego natężenia przepływu w sposób identyczny dla obydwu serii pomiarowych:

1-przeliczenie wartości Δp_t i Δp_s w [kG/cm²] na wartości w [Pa],

2-obliczenie wartości użytecznej wysokości podnoszenia: $H_u = (\Delta p_s + \Delta p_t) / \rho g + H_{s,t}$;
 $H_{s,t} = 0.65\text{m}$;

3-obliczenie wartości objętościowego natężenia przepływu: $\dot{V} = V / 1000 t$.

Mając zależność użytecznej wysokości podnoszenia od objętościowego przepływu wody w instalacji dla obydwu serii, można następnie przedstawić je na wykresie (H_u, \dot{V}) i odczytać z niego parametry otrzymanego punktu pracy.

Opracowanie ma zawierać tabelaryczne zestawienie wszystkich wartości mierzonych i obliczonych oraz wykres z charakterystyką pompy i sieci, a także wartości współrzędnych punktu pracy.

6. Literatura

- 1.R. Koch, A. Noworyta - *Procesy mechaniczne w inżynierii chemicznej*, WNT, Warszawa 1995.
- 2.R. Kramkowski - *Laboratorium inżynierii procesowej*, W.P.Wr., Wrocław 1981.