



Wydział Inżynierii Mechanicznej
Wojskowej Akademii Technicznej



INSTYTUT POJAZDÓW I TRANSPORTU
ZAKŁAD SILNIKÓW I INŻYNIERII EKSPLOATACJI

Instrukcja do ćwiczenia

Wyznaczanie charakterystyki pompy wody

Opracował:

mgr inż. Marek Rajewski

kpt. mgr inż. Adrian Trzeciak

1. Wprowadzenie

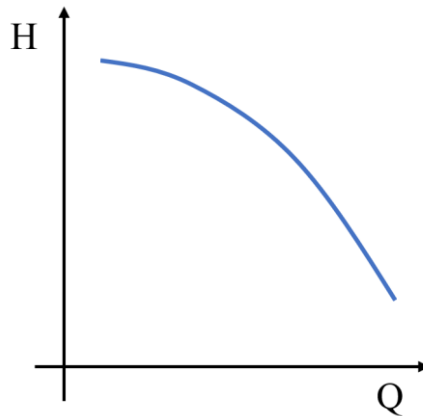
Pompa to maszyna do podnoszenia cieczy z poziomu niższego na wyższy lub z obszaru niższego ciśnienia do obszaru ciśnienia wyższego. Wysokość na jaką może być podniesiona ciecz przez pompę nazywa się wysokością podnoszenia. Wysokość podnoszenia można powiązać z ciśnieniem względnym w instalacji stosując zależność:

$$p = \rho \cdot g \cdot H$$

gdzie:

- p – ciśnienie względne w instalacji
- g – przyspieszenie ziemskie
- H – wysokość podnoszenia
- ρ – gęstość cieczy

Jako główną charakterystykę pompy można przyjąć zależność wysokości podnoszenia w funkcji przepływu, zwana inaczej charakterystyką dławienia lub wysokości podnoszenia. Stosowanie na osi Y wysokości podnoszenia jest użyteczne, ponieważ dla różnych cieczy, przy tym samym przepływie, niezależnie od ich gęstości wysokość podnoszenia będzie taka sama. Z kolei wartości ciśnienia w instalacji będą już zależały od gęstości pompowanej cieczy.



Rysunek 1. Typowa charakterystyka dławienia pompy.

Pozostałe ważne charakterystyki pompy to:

- Charakterystyka sprawności
- Charakterystyka wymaganej nadwyżki kawitacyjnej (NPSHA)
- Charakterystyka mocy (charakterystyka zapotrzebowania na moc)

Sprawność pompy określa się jako stosunek wyjściowej mocy hydraulicznej pompy do mechanicznej mocy dostarczonej do pompy. W przypadku pomp elektrycznych jest to moc elektryczna pobierana przez silnik elektryczny. W tym miejscu należy zaznaczyć, że ta sama

pompa zasilana przez różne silniki elektryczne może osiągać różne sprawności ponieważ ogólna sprawność pompy zależy jest iloczynem sprawności urządzenia napędzającego pompę oraz samej pompy.

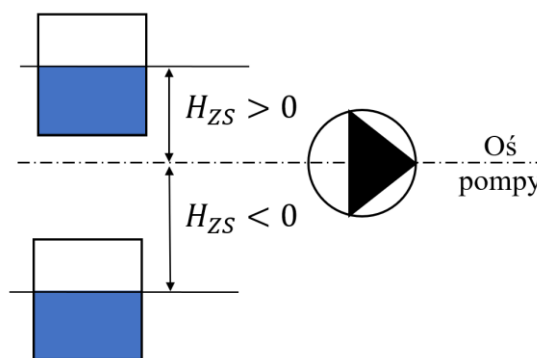
$$\eta = \eta_{\text{silnika}} \cdot \eta_{\text{pompy}}$$

Sprawność pompy można wyznaczyć ze wzoru:

$$\eta = \frac{P_h}{P_m} = \frac{Q \cdot p}{P_m} = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{P_m}$$

Z powyższego wzoru wynika, że przy przepływie $Q = 0$, sprawność pompy wynosi zero. Zatem krzywa sprawności w funkcji przepływu zawsze będzie przechodzić przez początek układu współrzędnych. Przepływ przy którym sprawność osiąga wartość maksymalną nazywa się optymalnym punktem pracy. W opracowaniach anglojęzycznych można spotkać oznaczenie „BEP” (Best Efficiency Point). Punkt ten wyznacza optymalne parametry pracy pompy.

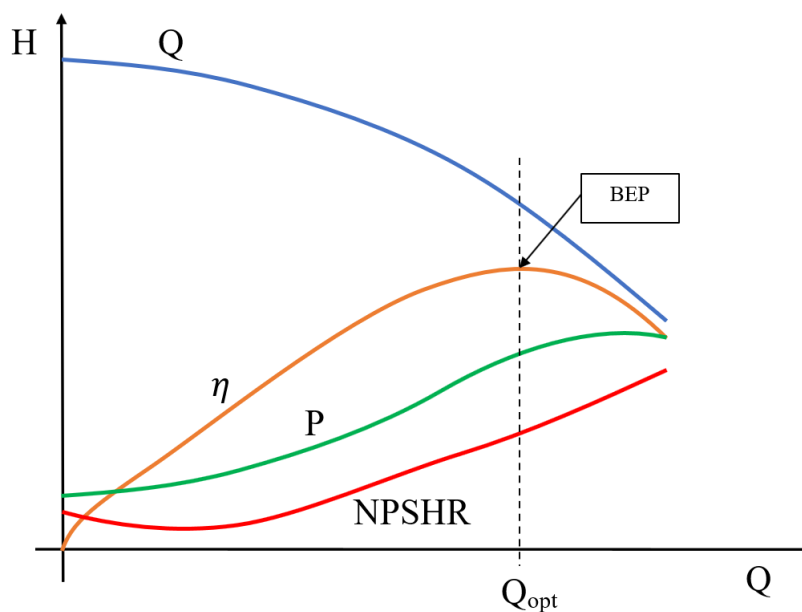
Charakterystyka wymaganej nadwyżki kawitacyjnej określa minimalne ciśnienie bezwzględne po stronie ssawnej pompy, przy którym nie wystąpi zjawisko kawitacji. Parametr ten pośrednio charakteryzowany jest przez minimalną wysokość ssania (H_{zs}). Określa się ją jako różnicę wysokości lustra pompowanej cieczy względem osi wirnika pompy. W zależności od rodzaju pompy wysokość ta może być większa lub mniejsza od 0. Dla tej samej pompy wysokość ta może być różna w zależności od rodzaju pompowanego płynu. Wynika to faktu, iż wysokość ta zależy zarówno od ciśnieniem otoczenia, jak i prężności par tłocznej cieczy.



Rysunek 2. Zobrazowanie minimalnej geometrycznej wysokości ssania.

Charakterystyka mocy określa zależność mocy pobieranej przez pompę w funkcji przepływu.

Zestawienie charakterystyk pompy przedstawiono na rysunku 3.



Rysunek 3. Podstawowe charakterystyki pompy.

2. Przebieg ćwiczenia

Ogólny widok stanowiska przedstawiono na rysunku 4.

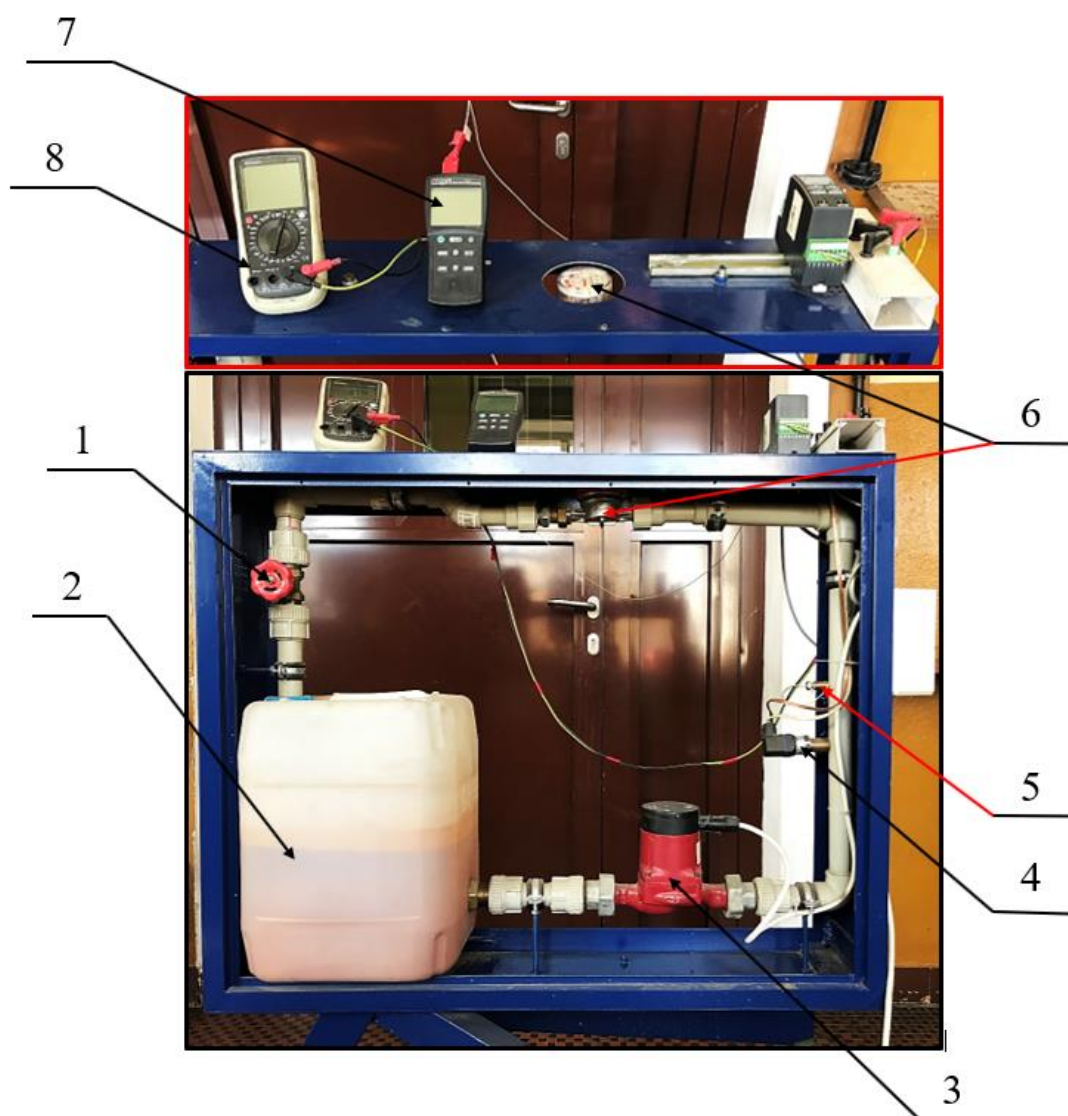
Stanowisko składa się z:

1. Zawór dławiący
2. Zbiornik wody
3. Pompa wody
4. Przetwornik ciśnienia
5. Czujnik temperatury
6. Wodomierz
7. Miernik temperatury
8. Miernik uniwersalny

Badaniu podlega prosty układ stanowiący zamknięty obieg wody. Przepływ wody wymuszany jest pompą obiegową (3). Ciśnienie w układzie można zwiększać lub zmniejszać poprzez pokręcenie zaworem dławiącym (1). Ciśnienie w układzie mierzone jest cyfrowym przetwornikiem ciśnienia (4). Wynik pomiaru prezentowany jest na wyświetlaczu uniwersalnego woltomierza (8). Wynik pomiaru ciśnienia odczytywany jest bezpośrednio w jednostkach napięcia. Znając charakterystykę przetwarzania przetwornika ciśnienia należy odczytane napięcie przeliczyć na wartość ciśnienia. W celu poprawnego określenia gęstości

wody, w układzie zainstalowano czujnik temperatury (5). Wartość temperatury w °C odczytuje się z wyświetlacza miernika temperatury (7).

Objętość wody przepływającej w układzie mierzona jest wodomierzem (6). Zlicza on całkowitą ilość wody która przez niego przepłynęła. W celu określenia objętościowego natężenia przepływu należy dodatkowo zmierzyć czas przy pomocy stopera.



Rysunek 4. ogólny widok stanowiska pomiarowego.

2a. Procedura pomiarowa

1. Przygotować protokół pomiarowy oraz stoper.
2. Na podstawie danych z tabliczki znamionowej przetwornika ciśnienia określić jego charakterystykę przetwarzania.
3. Włączyć pompę na bieg 1. Poczekać, aż ustabilizuje się przepływ w instalacji. Odczytać wartość ciśnienia i temperatury krążącej w obiegu wody. Włączyć stoper, przy pomocy wodomierza odmierzyć umówioną wcześniej ilość wody. Wyłączyć stoper. Zanotować pomiary w protokole pomiarowym.
4. Zdławić maksymalnie przepływ w instalacji, tak aby przy pracującej pomie zatrzymać całkowicie przepływ wody. Bez zbędnej zwłoki odczytać ciśnienie i temperaturę w instalacji. Czynność tą należy wykonać sprawnie ponieważ dławienie pompy w ten sposób przez dłuższy czas grozi jej uszkodzeniem.
5. Odkręcić minimalnie zawór dławiący, tak aby w instalacji zaczęła krążyć woda. Odczytać wartość ciśnienia, temperatury, objętości przepływającej cieczy oraz czasu.
6. Czynności powtarzać, tak aby uzyskać co najmniej 10 punktów pomiarowych.
7. Czynności opisane w punktach 4 – 6 powtórzyć dla biegu 2 i 3.

3b. Wskazówki do wykonania sprawozdania:

1. Sprawozdanie wykonać według szablonu dostępnego na stronie: <https://www.wim.wat.edu.pl/index.php/dla-studentow-zajecia/materialy-do-zajec/category/16-materialy-dla-studentow-silniki-spalinowe.html>
2. Zapoznać się z zasadami wykonania sprawozdania charakterystyk silnika - są uniwersalne i obowiązują do wszystkich sprawozdań oddawanych i u prowadzących w budynku 68.
3. Zaprezentować procedurę obliczania charakterystyki przetwarzania przetwornika ciśnienia.
4. Na podstawie pomiarów temperatury określić gęstość płynącej wody.
5. Przy założeniu braku ściśliwości wody w instalacji obliczyć wysokość podnoszenia pompy.
6. Znając przepływ, wysokość podnoszenia oraz przyjmując stałą moc pobieraną przez silnik pompy określić sprawność zespołu pompy.
7. Wykonać wykres charakterystyki dławienia oraz charakterystyki sprawności. Dla każdego biegu pompy osobno. Na każdym z wykresów zaznaczyć BEP. Ewentualnie inne wykresy zależnie od wymagań prowadzącego.