

Zakładu Hydraulicznych Maszyn Przepływowych
i Śródlądowego Transportu Wodnego

Laboratorium

ulica Żabia Ścieżka budynek B-11
tel 44-74-21 w 231

INSTRUKCJA

5.16.A. Pomiar charakterystyk energetycznych pompy inercyjnej

Wrocław 1996

Dr inż. Marek Skowroński

16. Pompa inercyjna

5.16.A. Pomiar charakterystyk energetycznych pompy

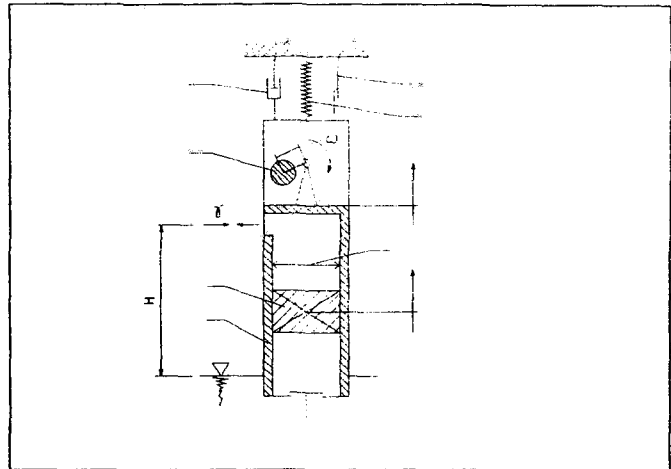
5.16.A.1. Podstawy teoretyczne i cel ćwiczenia

Pompa inercyjna jest złożonym układem dynamicznym. Schemat funkcjonalny pompy przedstawia rys. 9

Rura o powierzchni przekroju A i masie M zawieszona jest na sprężynie o współczynniku sztywności k . Na szczycie rurociągu umieszczony jest wibrator. Ruch rury, opisany w bezwzględnym układzie współrzędnych przez zmienną $x(t)$, powodowany jest przez siłę wymuszającą powstającą wskutek obracania się masy wymuszającej m_w , na promieniu r , z prędkością kątową ω . Ruch rury tłumiony jest tarciem płynnym o współczynniku f oraz siłą oporu T wywołwaną tarciem suchym. Wewnątrz rury znajduje się ciecz o masie m , której ruch opisywany jest w bezwzględnym układzie współrzędnych zmienną $y(t)$. Ciecz przepływa przez rurę z natężeniem Q oraz pokonuje ciśnienie na wylocie $h^*\gamma$. Długość czynna rury od lustra cieczy do wylotu wynosi H .

Najprostszy model matematyczny opisujący działanie pompy można stworzyć przy następujących założeniach:

- rura jest całkowicie wypełniona cieczą,
- masę wymuszającą, rury i cieczy, przyjęto jako skupioną,
- zawór jest bezmasowy, natychmiastowy i nie powoduje strat,
- pominięto zjawiska falowe występujące w rurze i cieczy,
- pominięto ścisłość cieczy oraz tarcie między cieczą a ściankami rury.



Rys. 9. Schemat funkcjonalny pompy inercyjnej z zaworem bezmasowym

Równania ruchu mają następującą postać:

a) równanie ruchu rury

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + r \frac{dx}{dt} + kx + F_c + T = F_0(t) \quad (26)$$

gdzie:

siła wymuszająca $F_0(t)$ opisana jest zależnością

$$F_0(t) = m_w * r * \omega^2 * \sin(\omega t) \quad (27)$$

a siła tarcia

$$T = T_0 * \text{sign}\left(\frac{dx}{dt}\right) \quad (28)$$

b) równanie ruchu cieczy

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = F_c \quad (29)$$

gdzie: F_c - siła oddziaływania cieczy.

Oddziaływanie zaworu na układ opisane jest równaniami:

- w przypadku zaworu otwartego

$$\text{jeżeli } \left\{ \frac{d^2x}{dt^2} < a \text{ lub } \frac{dy}{dt} > \frac{dx}{dt} \right\} \text{ to } \left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2x}{dt^2} = a \\ F_c = h\gamma A \end{array} \right\} \quad (30)$$

- w przypadku zaworu zamkniętego

$$\text{jeżeli } \left\{ \frac{d^2x}{dt^2} > a \text{ i } \frac{dy}{dt} < \frac{dx}{dt} \right\} \text{ to } \left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2} \\ F_c = m \frac{d^2x}{dt^2} \end{array} \right\} \quad (31)$$

przy czym przyspieszenie

$$a = -g - h \cdot g \cdot A \cdot \frac{1}{m} \quad (32)$$

Na podstawie przedstawionego modelu możemy wyznaczyć:
- chwilowe natężenie przepływu:

$$q = \left(\frac{dy}{dt} - \frac{dx}{dt} \right) \cdot A \quad (33)$$

- średnie natężenie przepływu

$$Q = \frac{1}{t} \cdot A \cdot \int_0^t \left(\frac{dy}{dt} - \frac{dx}{dt} \right) dt \quad (34)$$

- dostarczoną moc chwilową

$$P = F_0(t) \frac{dx}{dt} = m_w \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t) \cdot \frac{dx}{dt} \quad (35)$$

- średnią moc dostarczoną

$$P_d = \frac{1}{t} m_w \cdot r \cdot \omega^2 \int_0^t \left[\sin(\omega t) \cdot \frac{dx}{dt} \right] dt \quad (36)$$

- moc efektywną cieczy

$$P_e = g \cdot Q \cdot \left(H + h + \frac{Q^2}{A^2} \cdot \frac{1}{2g} \right) \quad (37)$$

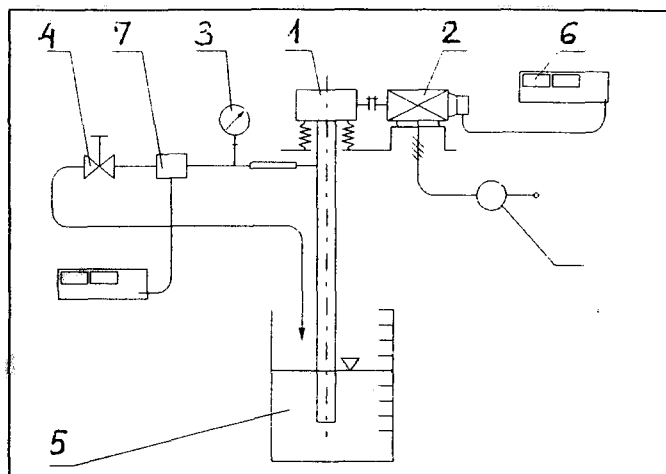
- sprawność procesu przetwarzania energii

$$\eta = \frac{P_e}{P_d} \quad (38)$$

5.16.A.2. Układ pomiarowy

Schemat układu pomiarowego przedstawia rys.10

Wydajność mierzona jest czujnikiem PMB 600 połączonym z miernikiem MZŁ_502. Na mierniku należy wybrać zakres pomiarowy nr 2.



Rys. 10. Układ pomiarowy

1-wibrator, 2-silnik, 3-manometr tłoczny, 4-zawór tłoczny, 5-zbiornik, 6-miernik obrotów, 7-przeptywomierz.

5.16.A.3. Program ćwiczenia

Zmieniając wydajność pompy Q zmierzyć:

- ciśnienie tłoczenia pompy P_{mt} ,
- moc elektryczną pobieraną przez silnik P_{el} ,

Zmieniając obciążenie pompy odważnikami zmierzyć ugięcie sprężyn układu zawieszenia.

Wyznaczyć:

- sztywność układu zawieszenia pompy k ,
- charakterystyki energetyczne pompy: przepływu $H_e=f(Q)$, mocy $P_w=f(Q)$ i sprawności

$\eta=f(Q)$, (pomiarów dokonać w co najmniej 12 punktach).

Obliczyć na podstawie modelu matematycznego charakterystyki energetyczne $H_e=f(Q)$, $P_w=f(Q)$ i $\eta=f(Q)$.

Porównać wyniki otrzymane z badań z wynikami otrzymanymi z modelu.