



Politechnika Wroclawska

Katedra Techniki Ciepłej W9/K51

Miernictwo i systemy pomiarowe – Lab

Pomiary ciśnień i sprawdzanie manometrów

Instrukcja do ćwiczenia nr 6

Opracował: dr inż. Wiesław Wędrychowicz

Wrocław, 2021

WSTĘP

Ciśnienie jest wielkością skalarną zdefiniowaną jako jednostkowa siła równomiernie rozłożona na powierzchni o polu jednostkowym. Matematycznie można zapisać jako

$$dp = \frac{dF}{dA}$$

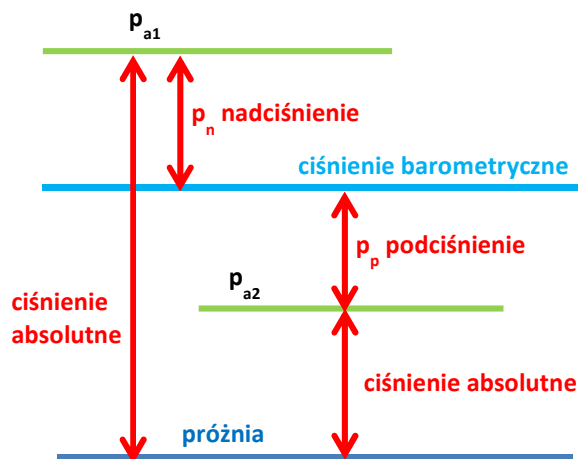
W technice pomiarowej, w celu jednoznaczności opisu, wyszczególniono pewne rodzaje ciśnień w zależności od poziomu odniesienia i tak:

- ciśnienie absolutne – ciśnienie odniesione do niezmiennej wartości absolutu – próżni, gdzie wartość ciśnienia równa jest zero (inaczej też zwane bezwzględne). Jest to ciśnienie które opisuje własności termodynamiczne gazu.
- ciśnienie względne – gdy wartość ciśnienia odniesiona jest do innego ciśnienia które może przyjmować dowolne wartości.

Spośród ciśnień absolutnych wyszczególniono ciśnienie barometryczne jako wartość ciśnienia atmosfery ziemskiej (stąd też nazwa ciśnienia atmosferycznego), które to jest najczęściej przyjmowane jako ciśnienie odniesienia dla ciśnień względnych. Najczęściej oznacza się je p_b lub p_{ot} . Jest to ciśnienie wywołane ciężarem słupa powietrza atmosfery ziemskiej i maleje wraz z wysokością. Manometry przystosowane do jego pomiaru nazywane są barometrami, a jeżeli umożliwiają rejestrację wartości tego ciśnienia w czasie barografami.

Ciśnienia względne są ciśnieniami powszechniej mierzonymi niż ciśnienia absolutne, dlatego też doczekały się szeregu nazw własnych:

- nadciśnienie (p_n) – ciśnienia o wartości większej od ciśnienia odniesienia (najczęściej p_b)
- podciśnienie (p_p) - ciśnienia o wartości mniejszej od ciśnienia odniesienia
- manometryczne (p_m) – mierzone manometrem najczęściej tarczowym
- hydrostatyczne – wytworzone przez słup cieczy
- dynamiczne (p_d) – ciśnienie związane z energią kinetyczną płynu (gdyby adiabatycznie odwracalnie zahamować czynnik do prędkości $w=0$)
- statyczne (p_s) – gazu w spoczynku
- całkowite (p_c) – suma dynamicznego i statycznego.



Zamianę ciśnienia absolutnego na względne i odwrotnie dla ciśnienia wyższego od ciśnienia odniesienia (nadciśnienia) można dokonać korzystając ze wzorów (oznaczenia z rysunku)

$$p_n = p_{a1} - p_b$$

dla ciśnienia niższego od ciśnienia odniesienia (podciśnienia)

$$p_p = p_b - p_{a2}$$

Należy zwrócić uwagę, że wartość podciśnienia jest liczbą dodatnią.

Urządzenia do pomiaru ciśnienia nazywane są ogólnie manometrami, przy czym w zależności od sposobu przetworzenia ciśnienia na mierzalną wielkość mają nazwy własne.

- manometr cieczowy – inaczej nazywany hydrostatycznym wykorzystuje równowagę ciśnienia wysokością słupa cieczy. W zależności od dokładności pomiaru i zakresu ciśnień wyróżniamy manometr dwuramienny, manometr z pochyłą rurką, mikromanometr kompensacyjny np. Ascania.

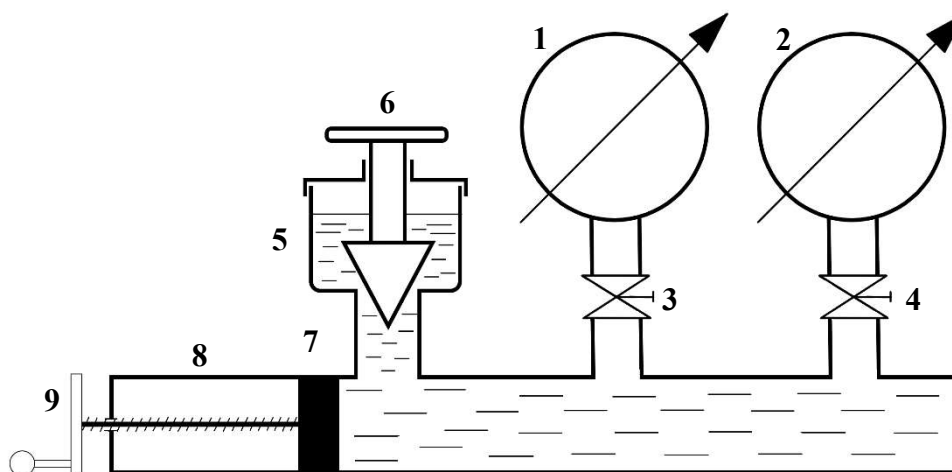
- manometr sprężynowy – wykorzystuje odkształcenia elementów sprężystych pod wpływem siły wywołanej ciśnieniem. Ze względu na rodzaj elementu sprężystego manometry można podzielić na rurkowe (rurka Bourdona, rurka Boyssa), membranowe (z elastyczną przeponą), mieszkowe (z komorą sprężystą).

- manometry tłokowe – opiera się bezpośrednio na definicji ciśnienia. Ciśnienie działające na powierzchnię tłoka równoważy siłę jaka jest na niego wywierana np. przez wzorcowy ciężar. Ze względu na bezpośrednie wykorzystanie definicji ciśnienia manometry tłokowe stanowią wzorce dużych ciśnień. Za ich pomocą wykonuje się wzorcowanie manometrów.

Ze względu na powszechne zastosowanie automatyki w praktycznie wszystkich dziedzinach przemysłu pojawiła się konieczność przetwarzania wielkości ciśnienia na sygnał elektryczny. Manometry spełniające te wymagania nazywane są przetwornikami ciśnienia. Wiele z nich opiera się na manometrach „klasycznych” w których ruch elementu sprężystego (jego odkształcenie sprężyste) przetwarza się na sygnał elektryczny w przetworniku. Przetworniki można podzielić ze względu na sposób działania na indukcyjne, pojemnościowe, tensometryczne.

Sprawdzanie manometrów

Sprawdzanie manometrów wykonuje się poprzez porównanie wskazań manometru wzorcowego z manometrem badanym przy wykorzystaniu praski hydraulicznej.



Prasa hydrauliczna do sprawdzania manometrów

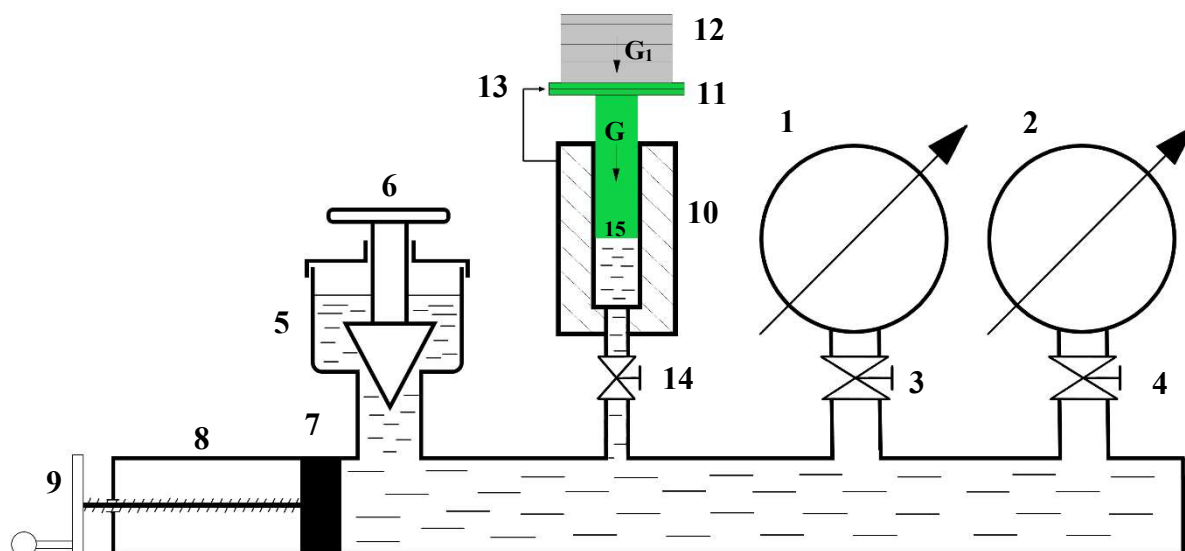
Zasada działania praski hydraulicznej opiera się na prawie Pascala o równomiernym rozchodzeniu się ciśnienia. Praska składa się z układu wytwarzania ciśnienia w układzie tłok-cylinder (7, 8) napędzanego śrubą (9) z pokrętką. Prasa wypełniona jest olejem którego nadmiar znajduje się w zbiorniku (5) zamykanego zaworem iglicowym (6). Do naczynia przyłączone są manometry (1 i 2) z których jeden jest badanym, a drugi wzorcowym. Manometry można odłączyć (w celu zamontowania i zdemontowania) zaworami (3 i 4).

Zgodnie z prawem Pascala ciśnienie jest jednakowe na tej samej wysokości co jest w tym przypadku spełnione.

Sprawdzanie manometru polega na wytwarzaniu ciśnienia w prasie przy zamkniętym zaworze (6) i otwartych zaworach (3) i (4) i odczycie ciśnienia z manometru wzorcowego i sprawdzanego.

Wzorcowanie

Wzorcowanie manometru przeprowadza się na prasce hydraulicznej wyposażonej dodatkowo w manometr tłokowy, która nosi nazwę praski Ruchholza.



Prasa Ruchholza

Manometr tłokowy, jest wzorcem ciśnienia, ponieważ zrealizowana jest w nim bezpośrednio definicja ciśnienia. Jednak są jeszcze warunki, które muszą być spełnione aby można wytworzyć ciśnienie wzorcowe. Pierwszy warunek to usunięcie oporów tarcia pomiędzy tłokiem a cylindrem, drugi to wyeliminowanie ciśnienia hydrostatycznego wynikającego z różnicy wysokości manometru i tłoka. Ponieważ ciśnienie wzorcowe manometru tłokowego, równe F/A , panuje na powierzchni tłoka (15) manometry muszą znaleźć się na właściwej wysokości. Ponieważ tłok (11) się porusza dlatego jego wysokość należy kontrolować na wskaźniku (13), który musi pokrywać się ze znacznikiem na tłoku (wtedy pomiar jest ścisły). Opór tarcia eliminuje się przez wprowadzanie tłoka w ruch obrotowy.

Praska Ruchholza często wyposażona jest w przyłącza dla dwóch manometrów. Pozwala to na dostosowanie urządzenia do aktualnych potrzeb. Po zamknięciu zaworu (14) można wykonywać sprawdzenie manometrów tak jak zwykłą prasą hydrauliczną. Można też wzorcować równocześnie dwa manometry.

Wzorcowanie manometru przeprowadza się poprzez nakładanie na tłok wzorcowych odważników (G_1). Pamiętać należy o uwzględnieniu masy samego tłoka (G) która zwykle jest dokładnie określona na tabliczce znamionowej praski, podobnie jak i jego średnica. Po nałożeniu odważników wprowadza się tłok w ruch obrotowy (wolny), a za pomocą układu tłok-cylinder zwiększa się ciśnienie, powodując unoszenie tłoka wzorca aż do wysokości wskaźnika (13). Zadane ciśnienie można odznaczyć na manometrze wzorcowanym.

Część doświadczalna

I. Wzorcowanie manometrów

Wzorcowanie manometrów przeprowadzone zostanie na stanowisku badawczym przedstawionym na rys 3. Jest to praska Ruchholza z zamontowanymi dwoma manometrami poddany mi wzorcowaniu za pomocą manometru tłokowego.



Stanowisko badawcze - wzorcowanie manometru

Przebieg ćwiczenia

1. Przygotowanie praski Ruchholza:

- otworzyć zawór zbiorniczka oleju
- wykręcić tłok obracając śrubę prasy w lewą stronę,
- zamknąć zawór zbiorniczka, otworzyć zawory przyłączeniowe manometrów 1 i 2 oraz manometru tłokowego.

- odnaleźć na tarczy manometru znacznik poziomy roboczego tłoka
- Odnaleźć tabliczkę znamionową i odczytać wartość ciśnienia wytwarzanego przez sam tłok z tarczą.

- sprawdzić czy nie ma odważników na tarczy tłoka.

2. Pokręcając śrubą prasy w prawą stronę doprowadzić do uniesienia tłoka bez odważnika do poziomu roboczego. W trakcie zwiększania ciśnienia należy delikatnie obracać tarczę tłoka.

3. Zanotować wartość ciśnienia dla samego tłoka z tarczą, odczytać na manometrach wartości ciśnienia z największą możliwą dokładnością.

4. Delikatnie położyć odważnik 1 kg^1 zanotować nowe obliczone ciśnienie wzorcowe.

5. Pokręcając śrubą prasy w prawą stronę doprowadzić do uniesienia tłoka do poziomu roboczego. W trakcie zwiększania ciśnienia należy delikatnie obracać tarczę tłoka.

6. Odczytać na manometrach wartości ciśnienia z największą możliwą dokładnością.

7. Powtarzać punkty 4-6 aż do uzyskania ciśnienia maksymalnego dla badanych manometrów.

8. Po położeniu 4 odważników 1 kg przy następnym krokiem należy zdjąć 4 odważniki 1 kg

¹ kg – kilogram siła, stara jednostka siły; kp – kilo pound; $1 \text{ kp} = 1 \text{ kg} = 9,80665 \text{ N}$ ($1 \text{ kg} * 9,80665 \text{ m/s}^2$)

i położyć delikatnie odważnik 5 kG, a w następnych krokach ponownie dokładać odważniki 1 kG.

9. Po osiągnięciu wartości maksymalnej należy postępować w podobny sposób zdejmując odważniki i zmniejszając ciśnienie.

UWAGA

Zmiana ciśnienia powinna następować w jedną stronę tzn. powinno się zbliżać do ciśnienia wzorcowego z jednej strony, tak aby po wykonaniu cyklu pomiaru od ciśnienia minimalnego do maksymalnego można było ocenić histerezę manometru.

10. Po zakończeniu pomiarów należy wyrównać ciśnienie od poziomu ciśnienia otoczenia, odkręcić zawór zbiorniczka oleju, zamknąć zawory przy manometrach i obracając śrubę prasy w prawą stronę przetłoczyć olej do zbiorniczka. Zamknąć zawór zbiorniczka.

II. Sprawdzanie manometrów

Sprawdzanie manometrów przeprowadzone zostanie na stanowisku badawczym przedstawionym na rys 4. Jest to praska hydrauliczna z zamontowanym manometrem wzorcowym i sprawdzanym przetwornikiem ciśnienia.



Stanowisko badawcze – sprawdzanie manometru

Sprawdzanie polega na porównaniu wskazań manometru wzorcowego ze wskazaniami badanego przetwornika ciśnienia. Przetwornik ciśnienia przekazuje informację o wartości ciśnienia w standardzie pętli prądowej 4-20mA. W pętli prądowej natężenie prądu zmieniając się w zakresie od 4mA do 20mA proporcjonalnie do wartości zmierzonego ciśnienia. 4mA dla dolnej wartości ciśnienia (0Pa) a 20mA dla ciśnienia maksymalnego. Prąd 0mA sygnalizuje stan uszkodzenia linii przesyłowej.

Do przeliczenia prądu na ciśnienie wykorzystuje się wzór:

$$p_{p1} = p_{min} + (I_{p1} - I_{min}) \cdot \frac{(p_{max} - p_{min})}{(I_{max} - I_{min})}$$

gdzie:

p_{p1} – szukane ciśnienie

I_{p1} – wskazany prąd przetwornika

p_{min} – ciśnienie minimalne zakresu przetwornika

p_{max} – ciśnienie maksymalne zakresu przetwornika

I_{min} – minimalny prąd przetwornika

I_{max} – maksymalny prąd przetwornika

Przebieg pomiarów:

1. Przygotowanie praski hydraulicznej:

- otworzyć zawór zbiorniczka oleju,

- wykręcić tłok prasy obracając śrubę w lewą stronę,

- zamknąć zawór zbiorniczka, otworzyć zawory przyłączeniowe przetwornika i manometru wzorcowego.

2. Pokręcając śrubą prasy w prawą stronę obserwować zmianę ciśnienia na manometrze wzorcowym. Ustawić zadane ciśnienie.

3. Odczytać na manometrze wzorcowym, z największą możliwą dokładnością wartość ciśnienia oraz na wyświetlaczu przetwornika ciśnienia wartość prądu.

4. Powtarzać punkty 3-4 aż do uzyskania ciśnienia maksymalnego dla badanych manometrów.

5. Po osiągnięciu wartości maksymalnej należy postępować w podobny sposób zmniejszając ciśnienie.

UWAGA

Zmiana ciśnienia powinna następować w jedną stronę tzn. powinno się zbliżać do ciśnienia wzorcowego z jednej strony, tak aby po wykonaniu cyklu pomiaru od ciśnienia minimalnego do maksymalnego można było ocenić histerezę manometru.

6. Po zakończeniu pomiarów należy wyrównać ciśnienie od poziomu ciśnienia otoczenia, odkręcić zawór zbiorniczka oleju, zamknąć zawory przy manometrach i obracając śrubę prasy w prawą stronę przetłoczyć olej do zbiorniczka. Zamknąć zawór zbiorniczka.

Zawartość sprawozdania:

I. Przedstawić na wykresie zależność ciśnienia wskazywanego przez badane manometry od ciśnienia wzorcowego.

Ocenić dokładność wskazań oraz histerezę.

II. Przeliczyć prąd przetwornika na ciśnienie.

Przedstawić na wykresie zależność ciśnienia wskazywanego przez badany przetwornik od ciśnienia wzorcowego.

Miernictwo i systemy pomiarowe

I. Wzorcowanie manometru

Protokół pomiarowy z dnia

p_{wz}	p_{m1}	p_{m2}	p_{wz}	p_{m1}	p_{m2}
kp/cm²	MPa	kG/cm²	kPa	kPa	kPa
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
14					
13					
12					
11					
10					
9					
8					
7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					

Miernictwo i systemy pomiarowe

II. Sprawdzanie manometru (przetwornika ciśnienia)

Protokół pomiarowy z dnia

p_{wz}	I_{p1}	p_{p1}	p_{wz}	I_{p1}	p_{p1}
bar	mA	bar	bar	mA	bar
0,2			2,8		
0,4			2,6		
0,6			2,4		
0,8			2,2		
1,0			2,0		
1,2			1,8		
1,4			1,6		
1,6			1,4		
1,8			1,2		
2,0			1,0		
2,2			0,8		
2,4			0,6		
2,6			0,4		
2,8			0,2		

bar = 10^5 Pa

Dane przetwornika ciśnienia:

$p_{min} = \dots\dots\dots$

$p_{max} = \dots\dots\dots$

$I_{min} = \dots\dots\dots$...A

$I_{max} = \dots\dots\dots$...A

