

Metrologia cieplna i przepływowa

Systemy Maszyny i Urządzenia Energetyczne IV rok

Badanie manometru w różnych pozycjach pracy

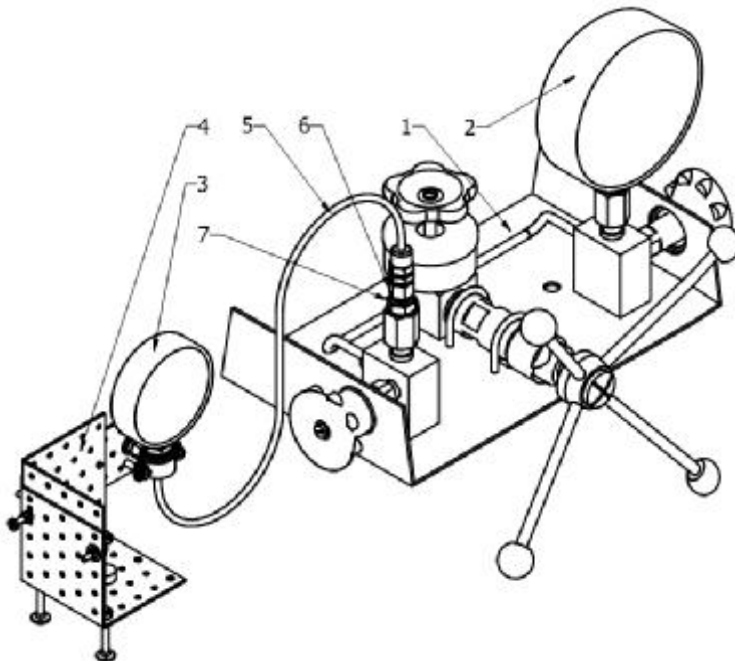
Instrukcja do ćwiczenia

1. INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

1.1 Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poszerzenie wiadomości dotyczących pomiaru ciśnienia oraz zapoznanie się z wymaganiami, jakie stawiane są przyrządom przez normę PN-EN 837-1:2000. Zakres ćwiczenia obejmuje sprawdzenie dokładności i histerezy manometru sprężystego (z rurką Bourdona) w pozycji nominalnej (pozycja cechowania manometru badanego) oraz porównanie tych wskazań ze wskazaniami manometru odchylonego o 5° w tył, przód, lewo i prawo.

1.2 Stanowisko laboratoryjne



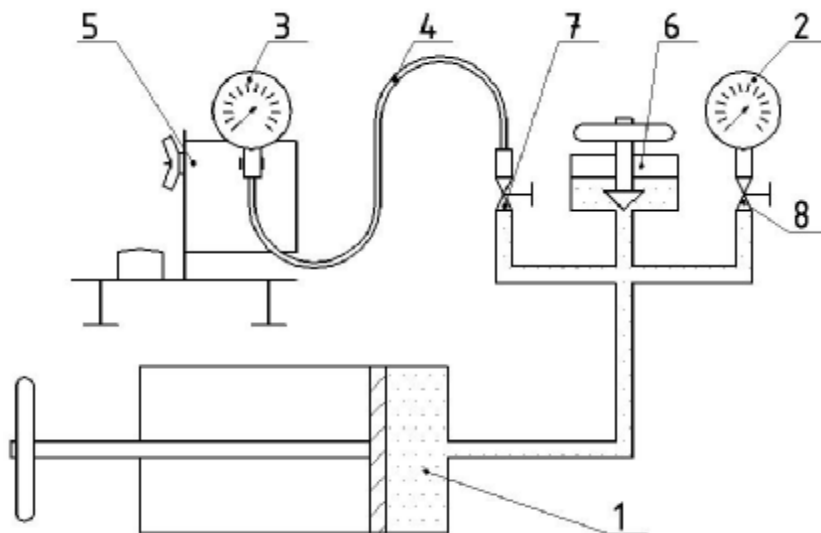
Rys.1 Stanowisko do sprawdzania dokładności i histerezy manometru w pozycji nominalnej oraz odchylonego o 5° od nominalnej pozycji pracy

Stanowisko przeznaczone jest do sprawdzania dokładności i histerezy manometru w pozycji nominalnej oraz sprawdzania zmian wskazań po odchyleniu go o 5° od nominalnej pozycji pracy w przód, tył, lewo i prawo.

Elementy składowe stanowiska:

1. hydrauliczny sprawdzian manometrów, typ PM55D90, zakres: $0\div 60$ at,
2. manometr kontrolny, zakres: $0\div 4$ MPa, klasa dokładności: 0,6,
3. manometr badany, zakres: $0\div 4$ MPa, klasa dokładności: 1,6,

4. uchwyt manometru (wyposażony w poziomice oraz regulowane nóżki) ustalający pozycję manometru w pozycji pionowej lub pochylonej o 5° od pionu w przód, tył, lewo bądź prawo,
5. elastyczny przewód przeznaczony do przyłączania manometru M20×1,5 – M16, długość: 600 mm, maksymalne ciśnienie 315 bar,
6. złącze pomiarowe M16 – M16×1,5,
7. złącze redukcyjna M16×1,5 – M20×1,5.



Rys.2 Schemat stanowiska do sprawdzania dokładności i histerezy manometrów w pozycji nominalnej oraz odchylonego o 5° od nominalnej pozycji pracy; 1 – prasa hydrauliczna, 2 – manometr wzorcowy, 3 – manometr badany, 4 – przewód elastyczny, 5 – uchwyt manometru (wyposażony w poziomice oraz regulowane nóżki) ustalający pozycję manometru, 6 – zbiornik oleju, 7,8 – zawory odcinające

2.3 Tok postępowania podczas badania

1. Przed założeniem przyrządów do pomiaru ciśnienia, należy dokładnie odpowietrzyć układ (czynność wykonana wcześniej).
2. Należy odkręcić zawory odcinające 7, 8 i zakręcić zawór odcinający zbiornika 6.
3. Kręcąc śrubą prasy hydraulicznej 1 w prawo (zgodnie z ruchem wskazówek zegara), wytworzyć ciśnienie w układzie i dokonać odczytu ciśnienia (na manometrze wzorcowym 2 i badanym 3) po uprzednim lekkim opukaniu palcem obudowy manometru 2 i 3.
4. Czynność z punktu 3. wykonać dla wyznaczonych punktów pomiarowych w całym zakresie manometru badanego/wzorcowego.
5. Po osiągnięciu ostatniego punktu pomiarowego (maksymalna wartość ciśnienia manometru badanego/wzorcowego) dokonać pomiarów przy zmniejszającym się ciśnieniu, kręcąc śrubą prasy hydraulicznej 1 w lewo (przeciwnie do ruchu wskazówek zegara). Pomiar należy wykonać dla tych samych ciśnień, co przy zwiększaniu ciśnienia.

Uwaga!

Badanie wykonać dla pozycji nominalnej manometru oraz dla odchylenia o 5° w tył, przód, lewo i prawo od pozycji nominalnej.

2.4 Badanie dokładności i histerezy manometru

Temperatura odniesienia badań: 20°C. Dla badań ciśnieniomierzy klasy 1; 1,6; 2,5; oraz 4, temperatura odniesienia może odbiegać o $\pm 5^\circ\text{C}$. Dla pozostałych, dokładniejszych klas – o $\pm 2^\circ\text{C}$.

Badanie możemy wykonywać w dwóch wariantach:

1. porównanie wskazań ciśnieniomierza badanego i wzorcowego według wskazań ustawianych na przyrządzie badanym,
2. porównanie wskazań ciśnieniomierza badanego i wzorcowego według wskazań ustawianych na przyrządzie wzorcowym.

Według PN-EN 837-1:2000 oraz PN-EN 837-3:2000 wskazania manometrów należy odczytać z dokładnością od 1/4 do 1/10 odległości pomiędzy wskazami podziałki. Wskazówka powinna pokrywać się z kolejnymi wybranymi wskazami podziałki manometru, na którym ustawiane są wskazania. Normy wymienione powyżej przewidują również minimalną liczbę punktów sprawdzenia, które powinny być równomiernie rozłożone wzdłuż całej podziałki manometru badanego. W tab. 1 przedstawiono minimalną liczbę punktów dla manometrów w zależności od klasy ich dokładności.

Tab.1 Minimalna liczba punktów sprawdzenia manometrów

Klasa dokładności ciśnieniomierza	Minimalna liczba punktów sprawdzenia
0,1; 0,25; 0,6	10
1; 1,6; 2,5	5
4	4

Tabela 2 jest przykładową tabelą pomiarowo-obliczeniową, służącą do gromadzenia danych pomiarowych i wyników obliczeń.

Bezwzględny błąd pomiaru badanego manometru przy wzrastającym ciśnieniu:

$$\Delta p_{ros} = |p - p_{ros}| \quad (1)$$

gdzie:

p_{ros} – wskazanie manometru badanego (wzorcowego) przy rosnącym ciśnieniu,
 p – wskazanie manometru wzorcowego (badanego).

Bezwzględny błąd pomiaru badanego manometru przy malejącym ciśnieniu:

$$\Delta p_{mal} = |p - p_{mal}| \quad (2)$$

gdzie:

p_{mal} – wskazanie manometru badanego (wzorcowego) przy malejącym ciśnieniu,
 p – wskazanie manometru wzorcowego (badanego).

Histereza pomiarowa:

$$\Delta p_{hist} = |p_{mal} - p_{ros}| \quad (3)$$

gdzie:

p_{mal} – wskazanie manometru badanego (wzorcowego) przy malejącym ciśnieniu,

p_{ros} – wskazanie manometru badanego (wzorcowego) przy rosnącym ciśnieniu.

Bezwzględna zmiana ciśnienia przy rosnącym ciśnieniu po odchyleniu manometru badanego o 5° od pozycji nominalnej:

$$\Delta p_{5ros} = |p_{ros} - p_{5ros}| \quad (4)$$

gdzie:

p_{ros} – wskazanie manometru badanego (wzorcowego) dla nominalnej pozycji manometru badanego przy rosnącym ciśnieniu,

p_{5ros} – wskazanie manometru badanego (wzorcowego) dla odchylenia manometru badanego o 5° od nominalnej pozycji przy rosnącym ciśnieniu.

Bezwzględna zmiana ciśnienia przy malejącym ciśnieniu po odchyleniu manometru badanego o 5° od pozycji nominalnej:

$$\Delta p_{5mal} = |p_{mal} - p_{5mal}| \quad (5)$$

gdzie:

p_{mal} – wskazanie manometru badanego (wzorcowego) dla nominalnej pozycji manometru badanego przy malejącym ciśnieniu,

p_{5mal} – wskazanie manometru badanego (wzorcowego) dla odchylenia manometru badanego o 5° od nominalnej pozycji przy malejącym ciśnieniu.

Uwaga!

Pozycje w nawiasach dotyczą badania według wskazań ustawianych na manometrze badanym.

2. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

2.1 Wstęp

Manometr spełnia stawiane mu wymagania co do dokładności pomiaru, jeśli zachowane są trzy poniższe warunki.

1. Maksymalny bezwzględny błąd wskazań (największa różnica ciśnień manometru badanego i wzorcowego) nie przekracza błędu granicznego.

$$\Delta p_{max} \leq \Delta p_{gr} \quad (6)$$

2. Maksymalna histereza pomiarowa nie przekracza wartości błędu granicznego.

$$\Delta p_{histMAX} \leq \Delta p_{gr} \quad (7)$$

3. Maksymalna bezwzględna zmiana ciśnienia, będąca skutkiem zmiany pozycji manometru (dotyczy odchyleń o 5° od pozycji nominalnej we wszystkich kierunkach), nie przekracza połowy wartości błędu granicznego.

$$\Delta p_{5MAX} \leq 0,5 \Delta p_{gr} \quad (8)$$

Błąd graniczny wynika z klasy dokładności badanego manometru i wynosi

$$\Delta p_{gr} = \frac{d(p_{\max} - p_{\min})}{100} \quad (9)$$

gdzie:

δ – klasa dokładności badanego ciśnieniomierza,

$(p_{\max} - p_{\min})$ – zakres pomiarowy badanego ciśnieniomierza.

Tab. 2 Tabela do gromadzenia wyników badania według wskazań ustawianych na manometrze wzorcowym

Lp.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wskazanie manometru wzorcowego p											
Wskazanie manometru badanego – pozycja nominalna	p_{ros}										
	p_{mal}										
Bezwzględne błędy pomiaru manometru badanego – pozycja nominalna	Δp_{ros}										
	Δp_{mal}										
	Δp_{hist}										
Wskazanie manometru badanego – 5° w przód	p_{5Pros}										
	p_{5Pmal}										
Bezwzględne błędy pomiaru manometru badanego – 5° w przód	Δp_{5Pros}										
	Δp_{5Pmal}										
Wskazanie manometru badanego – 5° w tył	p_{5Tros}										
	p_{5Tmal}										
Bezwzględne błędy pomiaru manometru badanego – 5° w tył	Δp_{5Tros}										
	Δp_{5Tmal}										
Wskazanie manometru badanego – 5° w lewo	p_{5Lros}										
	p_{5Lmal}										
Bezwzględne błędy pomiaru manometru badanego – 5° w lewo	Δp_{5Lros}										
	Δp_{5Lmal}										
Wskazanie manometru badanego – 5° w prawo	p_{5Rros}										
	p_{5Rmal}										
Bezwzględne błędy pomiaru manometru badanego – 5° w prawo	Δp_{5Rros}										
	Δp_{5Rmal}										

2.1 Opracowanie przykładowych wyników pomiarów

W tabeli 3 przedstawiono wyniki sprawdzenia manometru przy użyciu, jako wzorca, manometru wskazówkowego pokazanego na rys. 1. Pogrubieniem zaznaczono maksymalne wartości poszczególnych błędów, które zostały określone zgodnie z wzorami (1), (2), (3), (4), (5). Podkreśleniem zaznaczono błędy, które przekraczają dopuszczalną wartość błędu granicznego.

Tab.3 Tabela z przykładowymi wynikami przeprowadzonego badania

Lp.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wskazanie manometru wzorcowego p		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Wskazanie manometru badanego – pozycja nominalna	p_{ros}	0	0,450	0,935	1,420	1,910	2,400	2,900	3,400	3,900
	p_{mal}	0	0,460	0,950	1,430	1,920	2,410	2,910	3,410	3,900
Bezwzględne błędy pomiaru manometru badanego – pozycja nominalna	Δp_{ros}	0	0,050	<u>0,065</u>	<u>0,080</u>	<u>0,090</u>	0,100	0,10	0,100	0,100
	Δp_{mal}	0	0,040	0,050	<u>0,070</u>	<u>0,080</u>	<u>0,090</u>	<u>0,090</u>	<u>0,090</u>	0,100
	Δp_{hist}	0	0,010	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0
Wskazanie manometru badanego – 5° w przód	p_{5Pros}	0	0,440	0,925	1,410	1,910	2,400	2,900	3,410	3,910
	p_{5Pmal}	0	0,450	0,950	1,425	1,920	2,420	2,910	3,420	3,910
Bezwzględne błędy pomiaru manometru badanego – 5° w przód	Δp_{5Pros}	0	0,010	0,010	0,010	0	0	0	0,010	0,010
	Δp_{5Pmal}	0	0,010	0	0,005	0	0,010	0	0,010	0,010
Wskazanie manometru badanego – 5° w tył	p_{5Tros}	0	0,460	0,950	1,420	1,910	2,400	2,900	3,400	3,910
	p_{5Tmal}	0	0,460	0,950	1,435	1,920	2,410	2,910	3,410	3,910
Bezwzględne błędy pomiaru manometru badanego – 5° w tył	Δp_{5Tros}	0	0,010	0,015	0	0	0	0	0	0,010
	Δp_{5Tmal}	0	0	0	0,005	0	0	0	0	0,010
Wskazanie manometru badanego – 5° w lewo	p_{5Lros}	0	0,450	0,930	1,420	1,910	2,400	2,900	3,410	3,910
	p_{5Lmal}	0	0,460	0,950	1,435	1,920	2,410	2,910	3,410	3,910
Bezwzględne błędy pomiaru manometru badanego – 5° w lewo	Δp_{5Lros}	0	0	0,005	0	0	0	0	0,010	0,010
	Δp_{5Lmal}	0	0	0	0,005	0	0	0	0	0,010
Wskazanie manometru badanego – 5° w prawo	p_{5Rros}	0	0,450	0,930	1,420	1,910	2,400	2,910	3,400	3,910
	p_{5Rmal}	0	0,450	0,950	1,435	1,920	2,410	2,910	3,410	3,910
Bezwzględne błędy pomiaru manometru badanego – 5° w prawo	Δp_{5Rros}	0	0	0,005	0	0	0	0,010	0	0,010
	Δp_{5Rmal}	0	0,010	0	0,005	0	0	0	0	0,010

Błąd graniczny, dla badanego manometru o zakresie wskazań 0÷4 MPa oraz klasie dokładności 1,6 zgodnie z (9), wynosi

$$\Delta p_{gr} = \frac{d(p_{\max} - p_{\min})}{100} = \frac{1,6(4-0)}{100} = 0,064 \text{ MPa}$$

Jak widać powyżej, wartość maksymalnego bezwzględnego błędu wskazań przekracza wartość błędu granicznego, zatem manometr poddany kontroli nie spełnia stawianych mu wymagań dokładności pomiaru, mimo faktu, iż maksymalny błąd histerezy ma wartość znacznie mniejszą od wartości błędu granicznego. Również wartości zmian wskazań manometru, po odchyleniu go o 5° od pozycji normalnej, są mniejsze od połowy wartości błędu granicznego.