

Ćwiczenie Nr 2

Temat: **CECHOWANIE PRZETWORNIKA APO**

**Celem ćwiczenia** jest zapoznanie studentów z metodami pomiaru ciśnienia i różnicy ciśnień. Studenci zapoznają się również z przyrządami do pomiaru ciśnienia cieczy, par i gazów. Znajomość tych zagadnień jest przydatna w praktyce inżynierskiej.

**A.** *Zakres przygotowania teoretycznego obowiązującego studentów przed przystąpieniem do ćwiczenia.*

1. Pojęcia podstawowe, jednostki [1,2]:
    - ciśnienie bezwzględne, względne,
    - nadciśnienie, podciśnienie,
    - ciśnienie statyczne, dynamiczne i całkowite.
  2. Klasyfikacja przyrządów do pomiaru ciśnienia ze względu na [1,2]:
    - zasadę działania,
    - przeznaczenie.
  3. Metodyka pomiaru ciśnienia [1,2,3]:
    - sposoby poboru impulsu ciśnienia,
    - sposoby przekazywania impulsu ciśnienia,
    - sposoby przekazywania wyniku pomiaru.
  4. Rodzaje przetworników ciśnienia, zasada działania i budowa [3]:
    - przetworniki pływakowe,
    - komora Bartona,
    - membranowa komora pomiarowa,
    - przetworniki pneumatyczne różnicy ciśnień,
    - przetworniki niskich ciśnień.
  5. Zastosowanie przetworników ciśnienia i różnicy ciśnień do pomiarów [3]:
    - natężenia przepływu,
    - poziomu cieczy w zbiornikach ciśnieniowych,
    - poziomu cieczy w zbiornikach otwartych.
  6. Zasady montażu przetworników do pomiarów przepływu par, cieczy i gazów (schematy) [3]
  7. Uzbrojenie przewodów impulsowych [3]:
    - naczynia kondensacyjne,
    - naczynia odpowietrzające,
    - naczynia odwadniające,
    - naczynia stałego poziomu,
    - zawory zaporowe, układ pięcio- i trójzaworowy, zawory wielodrogowe.
  8. Wzorcowanie przetworników [2].
-

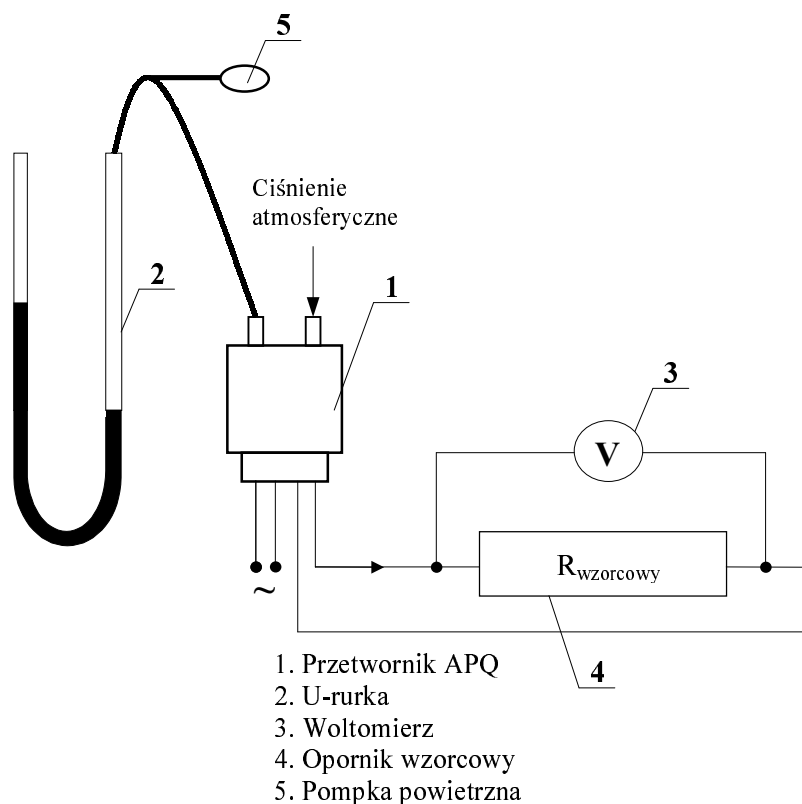
**B. Część doświadczalna ćwiczenia.**

1. Wykonanie pomiarów

Część doświadczalna ćwiczenia odbywa się na stanowisku pomiarowym w laboratorium. Dokonuje się pomiaru ciśnienia różnicowego za pomocą U-rurki oraz spadku napięcia w układzie pomiarowym przetwornika APQ. Pomiar wielkości prądowych możliwy jest w wersji automatycznej przy wykorzystaniu programu komputerowego bądź przez odczyt z mierników.

2. Wielkości mierzone:

- wysokość cieczy manometrycznej w U-rurce,
- spadek napięcia na oporniku wzorcowym ( $R=100\Omega$ ).



Rys 1. Schemat stanowiska pomiarowego

3. Tabela wyników pomiarów oraz wielkości obliczonych:

Lp.	$h_1$	$h_2$	$\Delta p$	$U$	$I$	$a$	$\sqrt{\Delta p}$	$(a_r a_{sp})^2$	$s(a_{sr})$	$a_{min} \sqrt{\Delta p}$	$a_{sr} \sqrt{\Delta p}$	$a_{max} \sqrt{\Delta p}$
	lewe ramię	prawe ramię										
	mm	mm	Pa	mV	mA					mA	mA	mA

Oznaczenia:

- $h_1$  - wysokość słupa cieczy w lewym ramieniu U-rurki w stosunku do poziomu odniesienia, [mm];  
 $h_2$  - wysokość słupa cieczy w prawym ramieniu U-rurki w stosunku do poziomu odniesienia, [mm];  
 $\Delta p$  - ciśnienie różnicowe, [Pa];  
 $U$  - spadek napięcia w układzie przetwornika APQ przy oporze wzorcowym  $R=100\Omega$ , [mV];  
 $I$  - natężenie prądu w układzie przetwornika APQ przy oporze wzorcowym  $R=100\Omega$ , [mA];  
 $a$  - współczynnik proporcjonalności.

4. Opracowanie wyników pomiarów

Obliczenie ciśnienia różnicowego:

$$\Delta p = \Delta h \rho g / 1000 \text{ [Pa]}$$

gdzie:

- $\Delta h = h_1 + h_2$  - różnica poziomu słupa wody w U-rurce, [mm];  
 $g$  - przyspieszenie ziemskie, [m/s<sup>2</sup>];  
 $\rho$  - gęstość cieczy manometrycznej w temperaturze otoczenia, [kg/m<sup>3</sup>]

Obliczenie współczynnika  $a$ :

$$a = \frac{I}{\sqrt{\Delta p}}$$

gdzie:

$$I = \frac{U}{R}$$

5. Analiza błędów

Wyznacza się przedział ufności wartości  $a$  dla liczby pomiarów  $n < 30$  w oparciu o test t-Studenta:

$$a = \overline{a_{sr}} \pm t_{\alpha(n-1)} s(\overline{a})$$

gdzie:

- $n$  - liczba wyników pomiarów;  
 $\overline{a_{sr}}$  - średnia arytmetyczna z obliczonej wartości  $a$ ;  
 $t_{\alpha(n-1)}$  - parametr zależny od założonego poziomu ufności  $(1-\alpha)$  i liczbie stopni swobody  $(n-1)$ , wg załącznika 1;  
 $s(\overline{a})$  - oszacowanie odchylenia standardowego;
-

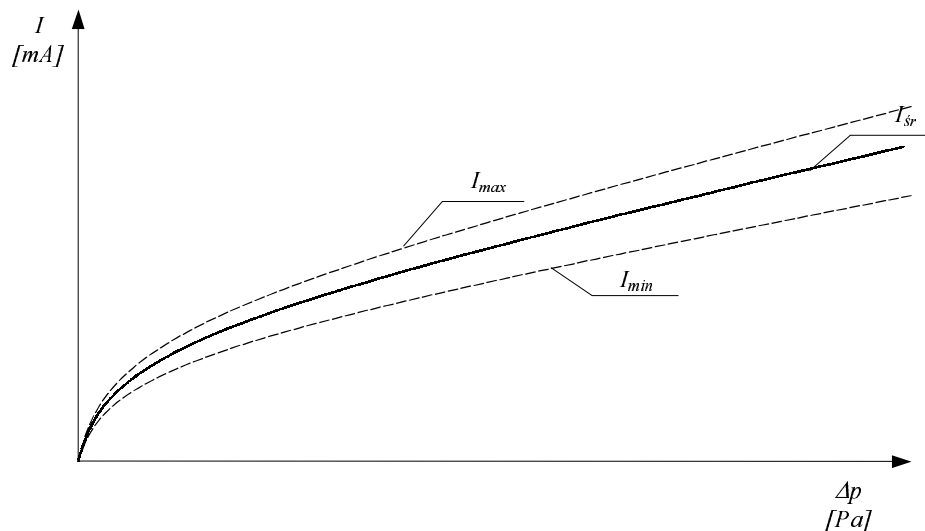
Średnia arytmetyczna:

$$\bar{a}_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}$$

Oszacowanie odchylenia standardowego - szerokość przedziału ufności :

$$s(\bar{a}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a}_{sr})^2}{n-1}}$$

Przedstawia się na wykresie funkcję  $I = a\sqrt{\Delta p}$  z naniesionym przedziałem ufności.



Gdzie:

$$I_{max} = a_{max} \sqrt{\Delta p}$$

$$I_{sr} = \bar{a}_{sr} \sqrt{\Delta p}$$

$$I_{min} = a_{min} \sqrt{\Delta p}$$

Przeprowadza się analizę uzyskanych wyników pomiarów oraz wyznaczonego przedział ufności.

*Literatura:*

1. Hibner W., Rosiński M. „Laboratorium techniki cieplnej”, Warszawa 1980, rozdział 3 (str. 80-135);
2. Kołodziejcki L., Rubik M., Mańkowski S. „Pomiary w inżynierii sanitarnej”, Warszawa, Arkady 1980r, rozdział 3 (str.131-184);
3. Kuratow T. „Pomiary przepływów cieczy, par i gazów”, Wydawnictwo Śląsk Katowice 1977, rozdział 14 (str. 97-137).

Wartości parametru  $t_{\alpha(n-1)}$  testu t-Studenta

stopnie swobody	$\alpha$					
	0,2	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,609
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,598
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,941
4	1,533	2,132	2,776	3,757	4,604	8,610
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,859
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,405
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,578
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,767
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,690
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,659
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
$\infty$	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291

Wartości  $t_{\alpha(n-1)}$  podano w tabelicy powyżej. Przy wyznaczaniu przedziału ufności należy zdecydować jakie jest prawdopodobieństwo błędnego oszacowania tego przedziału. W przypadku opracowywania pomiarów technicznych przyjmuje się zazwyczaj  $\alpha=1-P=0,05$ , natomiast przy pomiarach dokładnych  $\alpha=0,001$ , a niekiedy nawet  $\alpha=0,001$ . Przyjmując np.  $\alpha=0,05$  oznacza to, że istnieje możliwość 5%, iż prawdziwa wartość pomiarowa znajduje się poza określonym przedziałem ufności  $x_0$ , natomiast dla  $\alpha=0,01$  możliwość ta maleje do 1%.