



Wydział Elektryczny,
Katedra Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych
Laboratorium Przetwarzania i Analizy Sygnałów Elektrycznych
(bud A5, sala 310)

Wydział/Kierunek	Nazwa zajęć laboratoryjnych	Nr zajęć
Elektryczny/ AiR	Pomiary przemysłowe	2 – seria 1
Elektryczny/ ETK	Pomiary elektryczne wielkości nieelektrycznych	2

Badanie czujników i przetworników ciśnienia

1 Wstęp

Ciśnienie jest wielkością fizyczną opisującą stan gazów i cieczy. Ciśnienie jest równe składowej normalnej siły do pola powierzchni na którą działa siła.

$$p = \frac{d\vec{F}}{d\vec{A}}$$

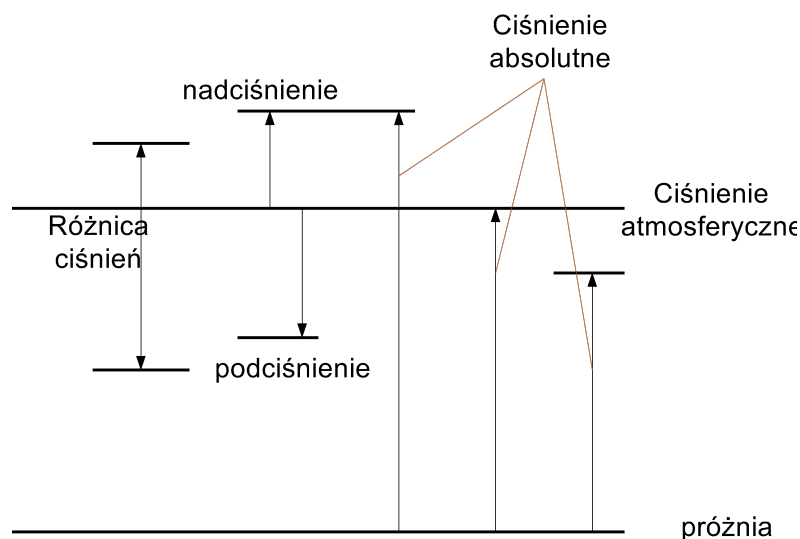
Jednostką ciśnienia w układzie SI jest Paskal

$$1 Pa = \frac{1 N}{1 m^2}$$

Pomimo że siła \vec{F} i powierzchnia \vec{A} są wektorami, ciśnienie jest skalarem, niezależnym od kierunku powierzchni (prawo Paskala) jedynie od punktu położenia w płynie. Ciśnienie jest wielkością której pomiar wykonuje się pomiędzy dwoma punktami. Można wyróżnić trzy rodzaje mierzonego ciśnienia:

1. Ciśnienie absolutne (ang. *absolute pressure*) jest mierzone w odniesieniu do próżni doskonałej.
2. Ciśnienie różnicowe (ang. *differential pressure*) stanowiącą różnicę ciśnień między dwoma punktami poboru ciśnienia.
3. Ciśnienie względne (ang. *gauge pressure*) – nadciśnienie lub podciśnienie mierzone w stosunku do ciśnienia atmosferycznego (otoczenia).

Ciśnienie barometryczne jest szczególnym przypadkiem pomiaru ciśnienia bezwzględnego. Wartość normalna ciśnienia barometrycznego na poziomie morza wynosi 1013,3hPa.



Rysunek 1. Ilustracja zależności pomiędzy ciśnieniami

Paskal jest jednostką małą. Powszechnie stosowana są jego wielokrotności zwłaszcza hPa, kPa i MPa. Stosowane są także inne jednostki:

- atmosfera techniczna 1 at = 98066,5 Pa=980,665 kPa
- tor 1Tr = 1 mmHg= 133,322 Pa
- atmosfera mechaniczna 1 Atm=760 Tr=101,32472 kPa
- bar 1 bar = 100 kPa
- cm cm H₂O 1 cm H₂O = 98,1 Pa
- Pound per square inch 1 psi = 6894,76 Pa

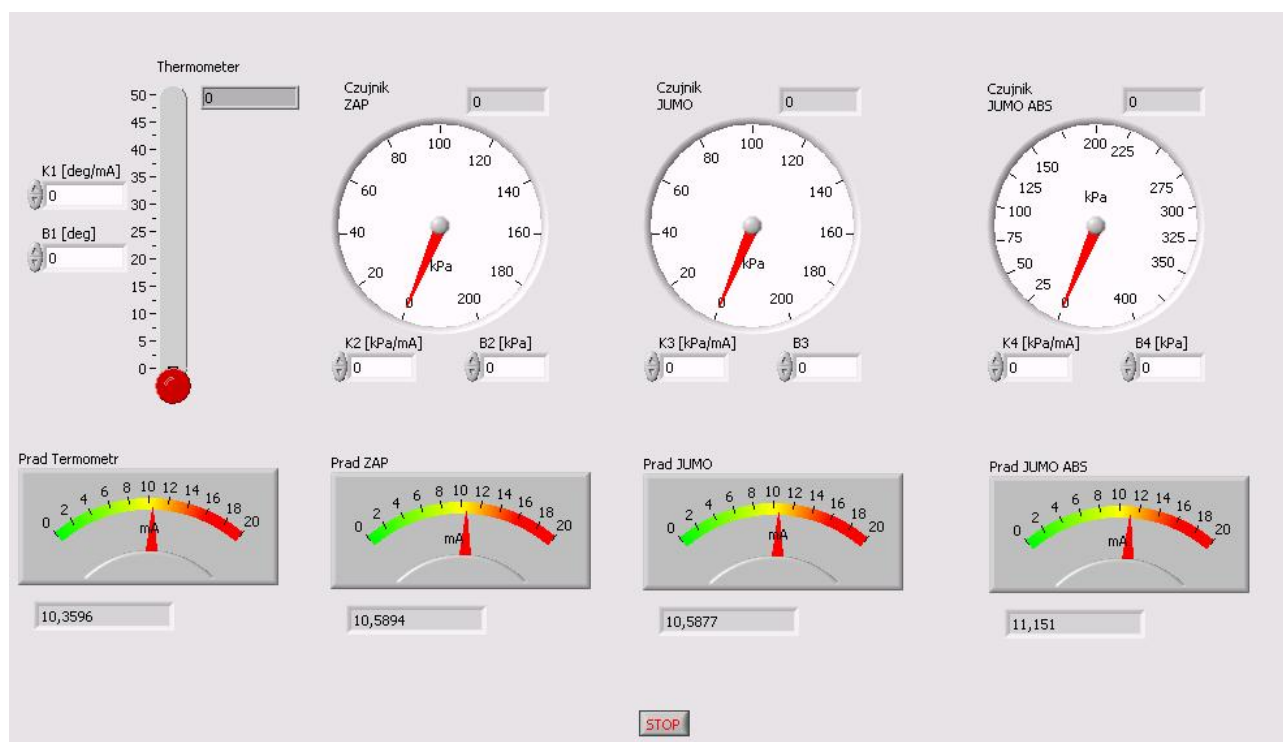
2 Opis stanowiska pomiarowego

Stanowisko pomiarowe składa się z układu pneumatycznego zawierającego kompresor z filtrem powietrza, reduktor ciśnienia (w celach bezpieczeństwa), zbiornik z zaworami manometrycznymi i redukcjami przyłączeniowymi przetworników ciśnienia. Do zwiększania ciśnienia służą zawory „REGULACJA ZGRUBNA W GÓRĘ” i „REGULACJA DOKŁADNA W GÓRĘ”. Do zmniejszania ciśnienia służą zawory „REGULACJA ZGRUBNA W DÓŁ” i „REGULACJA DOKŁADNA W DÓŁ”.

Na stanowisku znajduje się układ pomiarowy prądu NI9208 (rozdzielczość 16 bitów, zakres pomiarowy +/-22mA, 16 kanałów wejściowych) zawierający terminale przyłączeniowe do montażu na szynę DIN. Na szynie zamontowano przetwornik temperatury o zakresie od 0 °C do 50 °C z wyjściem prądowym 4-20 mA oraz zasilacz 24V do zasilania przetwornika temperatury i przetworników ciśnienia. Na zbiorniku powietrza zamontowano:

1. Przetwornik IPP-01 02/1 produkcji Zakładów Automatyki Przemysłowej w Ostrowie Wielkopolskim. Zakres pomiarowy 0-200kPa. Błąd przetwarzania <0,2%. Przetwornik ten pełni rolę wzorca.
2. Manometr mechaniczny o zakresie 250kPa i dokładności 1,6%,
3. Przetwornik ciśnienia względnego firmy JUMO - dTrans P32 o zakresie 0-200 kPa i dokładności 0,2%,
4. Przetwornik ciśnienia absolutnego firmy JUMO - dTrans P31 o zakresie 0-400 kPa i dokładności 0,2%,
5. Głowicę pomiarową miernika ciśnienia LUTRON PS-9301.

Sygnalem wyjściowym z przetworników jest prąd z zakresu 4-20mA proporcjonalny do wartości sygnału mierzonego. Prąd zamieniany jest na temperaturę lub ciśnienie w programie, którego interfejs przedstawiono na rysunku 2.



Rysunek 2. Interfejs programu wykonującego pomiar prądu i zamianę na temperaturę lub ciśnienie.

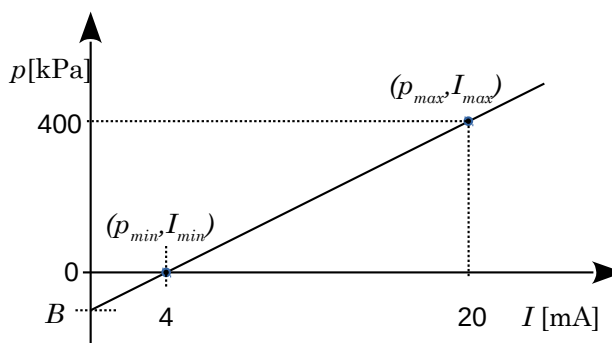
Zmierzony prąd zamieniany jest na ciśnienie z zależności

$$p(I) = K \cdot I + B$$

gdzie K to współczynnik kierunkowy prostej, a B to przesunięcie (offset)

$$K = \frac{p_{max} - p_{min}}{I_{max} - I_{min}} ; \quad B = -K \cdot I_{min} + p_{min}$$

W powyższych zależnościach p_{max} , I_{max} , p_{min} , I_{min} to ciśnienie i prąd przy górnym i dolnym zakresie przetwornika.



Rysunek 3. Prosta przetwarzania przetwornika ciśnienia absolutnego JUMO dTrans P31 ABS

Przed przystąpieniem do zajęć obliczyć współczynniki kierunkowe K i przesunięcia B dla przetworników dostępnych na stanowisku.

3 Program ćwiczenia laboratoryjnego

Zadaniem do wykonania w ćwiczeniu jest wyznaczenie błędów przetwarzania oraz histerezy przetworników. Obiektem pomiarów są miernik ciśnienia Lutron PS-9301, manometr i wybrany przetwornik firmy JUMO.

3.1 Obsługa stanowiska pomiarowego

Przed rozpoczęciem pracy upewnić się czy wszystkie zawory regulacji ciśnienia są zamknięte (dźwignia powinna znajdować się w położeniu prostopadłym do rur). Reduktor ciśnienia znajdujący się na pulpicie ustawić na ciśnienie 3 bary. Włączyć kompresor i odczekać do momentu jego automatycznego wyłączenia. Do zwiększania ciśnienia służą zawory „REGULACJA ZGRUBNA W GÓRĘ” i „REGULACJA DOKŁADNA W GÓRĘ”. Do zmniejszania ciśnienia służą zawory „REGULACJA ZGRUBNA W DÓŁ” i „REGULACJA DOKŁADNA W DÓŁ”.

Włączyć zasilanie przetworników i systemu NI9208 połączonego do portu sieci przewodowej komputera. Uruchomić program „ciśnienie” (pomiar systemem NI9208). Wpisać wartości nachylenia prostej K i przesunięcia B dla poszczególnych przetworników.

Po zakończeniu pomiarów należy wyłączyć kompresor. Reduktor ciśnienia ustawić na ciśnienie zerowe. Należy otworzyć wszystkie zawory regulacyjne w celu rozprężenia układu pneumatycznego.

3.2 Uwagi ogólne

Badany przetwornik i wyposażenie stanowiska powinno znajdować się w takich samych warunkach. Przed rozpoczęciem ćwiczenia oraz po zakończeniu pomiarów zmierzyć temperaturę.

Zgodnie z normą EN 60770-1 przy określaniu charakterystyk przetworników należy wybrać co najmniej 5 punktów pomiarowych (korzystniej jest wybrać więcej). Liczba oraz ich usytuowanie powinno odpowiadać rodzajowi charakterystyki oraz pożądanej dokładności. Punkty powinny obejmować dolną i górną granicę zakresu pomiarowego lub punkty w pobliżu tych granic (w odległościach nieprzekraczającej 10% szerokości zakresu pomiarowego).

Przed sprawdzeniem przetwornik powinien być obciążony trzykrotnie ciśnieniem wejściowym w całym zakresie pomiarowym. W każdym punkcie pomiarowym powinna być utrzymywana stała wartość ciśnienia tak długo, aż badany przetwornik ustabilizuje wskazanie. Punkty pomiarowe ustawiać na badanym przetworniku (np. manometrze).

Obserwować i zanotować wartości sygnału wyjściowego (ciśnienie lub prąd) przy wybranych punktach pomiarowych przy zmianach ciśnienia zwiększaniu i zmniejszaniu w granicach całego zakresu pomiarowego.

3.3 Opracowanie wyników pomiarów

Z otrzymanych wyników pomiarów należy dla każdego z przetworników określić różnicę pomiędzy wartością wyjściową a wzorcową. Różnicę (błąd) wyrazić względem zakresu pomiarowego badanego przetwornika

$$\delta[\%] = \frac{p_x - p_{wz}}{p_{max} - p_{min}} 100\% ,$$

gdzie:

p_x – ciśnienie wskazywane przez przetwornik badany,

p_{wz} – ciśnienie wzorcowe,

p_{max} – górny zakres przetwornika,

p_{min} – dolny zakres przetwornika.

Dodatnia wartość błędu oznacza, że ciśnienie wskazywane przez badany przetwornik jest większe od wielkości wzorcowej.

Na podstawie otrzymanych wyników obliczyć oraz wykreślić w odniesieniu do sygnału wzorcowego

- błąd średni dla każdego punktu przy rosnących wartości ciśnienia,
- błąd średni dla każdego punktu przy malejących wartości ciśnienia,
- błąd średni dla każdego punktu – przy rosnącym i malejącym ciśnieniu.
- porównać błąd z klasą sprawdzanego przetwornika.

Z obliczonych błędów i na podstawie sporządzonych wykresów określić maksymalny błąd przetwarzania oraz histerezę. Histereza jest to różnica pomiędzy średnimi wartościami błędów wyznaczonych dla każdego z punktów przy rosnącym ciśnieniu a błędami przy malejącym ciśnieniu. Wartość histerezy jest to największą różnicą wyznaczoną w podany sposób.

Tabela pomiarowa

ZAP IPP-01 02 Wzorzec		Lutron PS-9301		Manometr		JUMO 200kPa			JUMO ABS		
p[kPa]	I [mA]	p[kPa]	δ [%]	p[kPa]	δ [%]	p[kPa]	I [mA]	δ [%]	p[kPa]	I [mA]	δ [%]
0											
...											

200											
...											
0											
...											
200											
...											
0											
...											
200											
...											
0											

4 Literatura

- [1] Miłek Marian – Metrologia elektryczna wielkości nieelektrycznych, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2006,
- [2] Romer Edmund – Miernictwo Przemysłowe – PWN, Warszawa 1978
- [3] Piotrowski Janusz – red. – Czujniki i metody pomiarowe wybranych wielkości fizycznych i składu chemicznego, Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 2009.
- [4] PN-EN 60770-1 - Przetworniki pomiarowe stosowane w systemach sterowania procesami przemysłowymi-- Część 1: Metody wyznaczania właściwości
- [5] PN-EN 60770-2 - Przetworniki pomiarowe stosowane w systemach sterowania procesami przemysłowymi-- Część 2: Metody badań i procedury