



Politechnika Wrocławska

Wydział Mechaniczno-Energetyczny

Ćwiczenie 7

BADANIE PRĘDKOŚCIOMIERZA

PRĘDKOŚCI RZECZYWISTEJ

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z budową i zasadą pracy prędkościomierza prędkości rzeczywistej oraz sprawdzenie poprawności wskazań prędkościomierza prędkości rzeczywistej w trakcie realizacji ćwiczenia.

2. Wstęp teoretyczny

Idea aerodynamicznej metody pomiaru wysokościowo-prędkościowych parametrów lotu statku powietrznego polega na wyznaczaniu wartości tych parametrów w sposób pośredni, ze zmierzonych wartości wielkości charakteryzujących słup powietrza otaczającego statek powietrzny (ciśnienia statycznego, ciśnienia całkowitego, temperatury zahamowanych strug powietrza) z wykorzystaniem związków ustalonych w Międzynarodowej Atmosferze Wzorcowej oraz w równaniu *Bernoulliego*.

Dla celów nawigacji lotniczej najoptymalniej jest dokonywać pomiaru prędkości lotu statku powietrznego względem powierzchni Ziemi, ponieważ masy powietrza otaczające Ziemię podlegają nieustannej cyrkulacji. Pomiary te dokonywane są współcześnie z wykorzystaniem naziemnych i satelitarnych systemów radionawigacyjnych oraz autonomicznych systemów bezwładnościowych. Pomimo tego pomiary prędkości lotu względem otaczających warstw powietrza nie tracą na znaczeniu, ponieważ od tych prędkości zależy sterowność i stateczność statku powietrznego.

Ciśnieniem statycznym p_s w lotnictwie nazywa się ciśnienie barometryczne powietrza na danej wysokości. W strudze powietrza ciśnienie statyczne mierzone jest w kierunku prostopadłym do kierunku przepływu. Ciśnienie statyczne zmienia się wraz z wysokością i na danej wysokości w danej chwili, zależy od rozkładu mas powietrza w słupie powietrza

Odbiornikiem ciśnienia statycznego są odpowiednio wyprofilowane i rozmieszczone otwory na poczej powierzchni rurki *Prandtl'a* lub specjalne otwory pobiercze w kadłubie statku powietrznego zwane portem ciśnienia statycznego.

Ciśnieniem dynamicznym p_d w lotnictwie nazywa się ciśnienie powstające w wskutek zahamowania strug przepływających strug powietrza do prędkości równej zero i zamiany jego energii kinetycznej w energię potencjalną. Reasumując, jest to ciśnienie naporu napływających z prędkością lotu statku powietrznego strug powietrza.

Prędkościomierz to podstawowy przyrząd pilotażowy wymagany do prawidłowego prowadzenia nawigacji, określania parametrów lotu, bezpiecznego wykonywania manewrów podczas lotu, a przede wszystkim wykonywania startu i lądowania.

Zasada działania prędkościomierza oparta jest na pomiarze ciśnienia dynamicznego p_d napływających strug powietrza, które równe jest różnicy ciśnienia całkowitego p_c i ciśnienia statycznego p_s i można je wyznaczyć wykorzystując dowolny różnicowy czujnik ciśnienia.

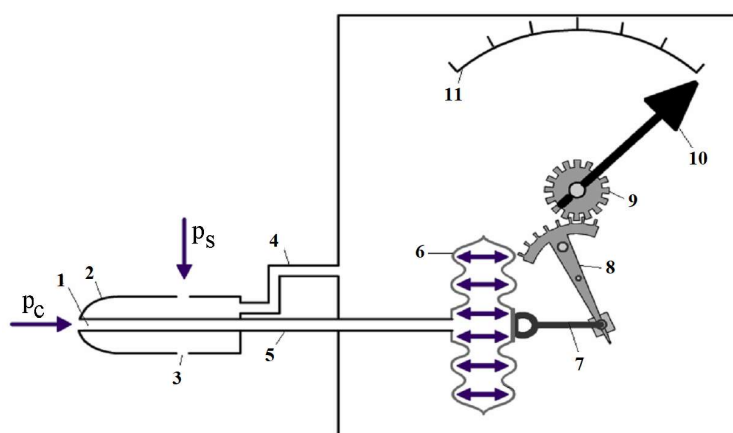
$$p_d = p_c - p_s = \frac{\rho_H v^2}{2}$$

gdzie: ρ_H – gęstość powietrza na wysokości H ,

v – prędkość lotu statku powietrznego względem powietrza (prędkość napływającego powietrza względem statku powietrznego).

Ciśnienie całkowite p_c pobierane przez rurkę *Prandtl'a* 2 (kanał ciśnienia całkowitego 1) przekazywane jest do wnętrza szczelnej membranowej puszkki różnicowej 6 przez przewód rurowy 5. W obudowie prędkościomierza panuje ciśnienie statyczne p_s , gdyż jest ona podłączona przewodem rurowym 4 z rurką *Prandtl'a* (kanał ciśnienia statycznego 3). Ciśnienie będące różnicą ciśnienia całkowitego działającego na wewnętrzne ścianki puszkki i ciśnienia statycznego działającego na puszkę od zewnątrz jest zwane ciśnieniem dynamicznym.

Na membranę puszkki różnicowej 6 działa więc różnica ciśnienia całkowitego p_c i statycznego p_s . Przeszyczenie ruchomego środka górnej membrany puszkki różnicowej 6 zamieniane jest przez przekładnię korbową 7 i przekładnię zębatą 8, 9 na obrót wskazówki 10 względem skali 11.



Rys. 2.1 Uproszczona zasada działania prędkościomierza barometrycznego prędkości przyrządowej

Prędkościomierz barometryczny jest manometrem różnicowym wyskalowanym w jednostkach prędkości: kilometrach na godzinę (km/h), węzłach (kn) (czyli milach morskich na godzinę) lub milach angielskich na godzinę (mph).

Ponieważ wartość ciśnienia dynamicznego p_d zależy od prędkości v lotu statku powietrznego względem napływających strug powietrza oraz do gęstości powietrza ρ_p , tym samym różnica ciśnień mierzona przez prędkościomierz barometryczny jest funkcją prędkości lotu i gęstości powietrza. Prędkość mierzona w takim układzie nosi nazwę prędkości przyrządowej v_{IAS} (IAS – Indicated Air Speed), czyli prędkości względem otaczających mas powietrza.

$$v_{IAS} = \sqrt{\frac{2p_d}{\rho_0}}$$

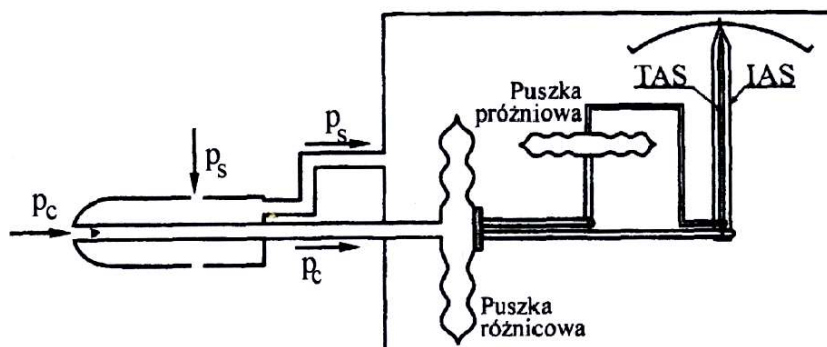
Prędkościomierz prędkości przyrządowej v_{ISA} skalowany jest względem gęstości powietrza panującej na wysokości poziomu morza, która w warunkach normalnych równa jest $\rho_0 = 1.225 \text{ kg/m}^3$.

Prędkościomierz prędkości przyrządowej prawidłowo wskazuje wartość prędkości lotu proporcjonalną do wartości ciśnienia dynamicznego tylko podczas lotu na wysokości, na której

gęstość otaczającego powietrza jest równa ρ_0 . Wraz ze wzrostem wysokości lotu (maleje gęstość powietrza) wskazania prędkościomierza prędkości przyrządowej będą zmniejszać się przy stałej wartości ciśnienia dynamicznego. Inaczej mówiąc, niezależnie od wysokości lotu (gęstości powietrza) prędkość przyrządowa jest wprost proporcjonalna do ciśnienia dynamicznego, a tym samym do siły nośnej generowanej przez powierzchnie nośne statku powietrznego. Przez pilotów, prędkość przyrządowa jest traktowana jako podstawowy parametr pilotażowy informujący o wartości siły nośnej. Dzięki temu, chcąc utrzymać w czasie lotu wymaganą wartość siły nośnej, pilot musi tak sterować siłą ciągu statku powietrznego aby utrzymać wskazania prędkościomierza prędkości przyrządowej na stałym, większym niż ustalona minimalna wartość prędkości lotu, poziomie.

Prędkościomierz wyposażony w układ korygujący (puszka próżniowa) zmiany wskazań prędkości lotu podczas wzrostu wysokości lotu nosi nazwę prędkościomierza prędkości rzeczywistej (TAS – True Air Speed), zaś prędkość wskazywana przez taki prędkościomierz, prędkością rzeczywistą v_{TAS} .

Problem poprawki rozwiązano konstrukcyjnie za pomocą puszki próżniowej. Jej odkształcenie jest zatem zależne od ciśnienia oddziałującego na jej zewnętrzne ścianki, czyli od ciśnienia statycznego. Puszka jest umieszczona w torze pomiarowym puszka różnicowa – przekładnia zębata i przyspiesza ruch wskazówki prędkości rzeczywistej względem prędkości przyrządowej wraz ze wzrostem wysokości lotu.



Rys. 2.2 Uproszczona budowa wewnętrzna prędkościomierza barometrycznego prędkości przyrządowej i rzeczywistej

W rzeczywistych warunkach lotu ciśnienie dynamiczne mierzone przez membranową puszkę różnicową prędkościomierza zależne jest od gęstości powietrza ρ_H panującej na danej wysokości lotu H oraz od prędkości rzeczywistej v_{TAS} .

$$v_{TAS} = \sqrt{\frac{2p_d}{\rho_H}}$$

Porównując ciśnienia dynamiczne uzyskane w dwóch powyższych równaniach, otrzymamy:

$$v_{IAS}^2 \rho_0 = v_{TAS}^2 \rho_H$$

Obliczając z równania prędkość przyrządową v_{IAS} otrzymamy:

$$v_{IAS} = v_{TAS} \sqrt{\frac{\rho_H}{\rho_0}}$$

Wraz ze wzrostem wysokości lotu (maleje wartość ciśnienia barometrycznego ρ_H) wartość prędkości przyrządowej v_{IAS} będzie zawsze mniejsza od wartości prędkości rzeczywistej v_{TAS} lotu statku powietrznego.

Dla przykładu, należy obliczyć prędkość rzeczywistą v_{TAS} lotu śmigłowca na wysokości $H = 1\,000$ m n.p.n., jeżeli prędkościomierz prędkości przyrządowej wskazuje wartość $v_{IAS} = 300$ km/h. Na wysokości $H = 1\,000$ m n.p.m wartość gęstości powietrza jest równa $\rho_{1000} = 1.112$ kg/m³ (według ISA – Międzynarodowej Atmosfery Wzorcowej)

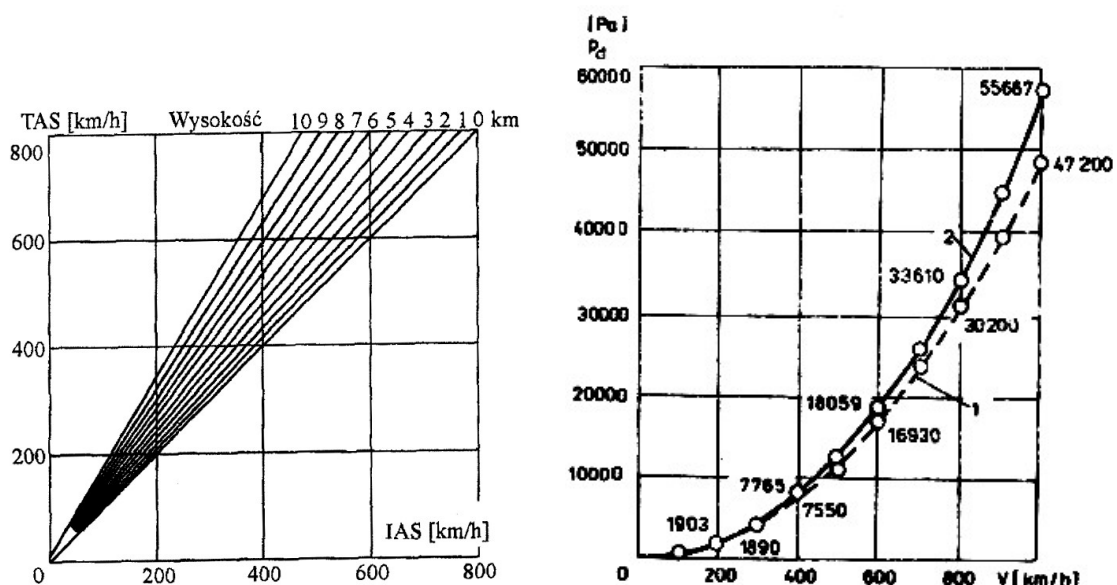
Przekształcając powyższe równanie i podstawiając wartości liczbowe, otrzymamy

$$v_{TAS} = v_{IAS} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_H}} = 300 \sqrt{\frac{1.225}{1.112}} = 300 \cdot 1.048 \approx 315 \text{ km/h}$$

Dla samolotów rozwijających prędkość lotu powyżej 400 km/h, w równaniu określającym p_d należy uwzględnić wpływ ściśliwości powietrza, co prowadzi do:

$$p_d' = p_s \left[1 + \frac{(k-1) \cdot v_{IAS}^2}{2k \cdot g \cdot R \cdot T_H} \right]^{\frac{k}{k-1}} - 1$$

gdzie: $k = 1.4$ – stosunek ciepła właściwego przy stałym ciśnieniu do ciepła właściwego przy stałej objętości, $R = 287.041$ J¹·kg⁻¹·K⁻¹ – stała gazowa dla powietrza.



Rys. 2.3 Nomogram pozwalający określić wzajemne zależności pomiędzy v_{IAS} i v_{TAS} w funkcji wysokości lotu (z lewej), Zależność wartości ciśnienia dynamicznego od prędkości lotu: 1 – bez uwzględnienia ściśliwości powietrza, 2 – z uwzględnieniem ściśliwości powietrza (z prawej)

2.1 Błędy prędkościomierzy

Prawidłowość wskazań prędkościomierza zależy od dokładności pomiaru wartości ciśnienia całkowitego i statycznego doprowadzonego do przyrządu.

Błędy metodyczne wynikają z pośredniej metody pomiaru prędkości lotu oraz przyjętych uproszczeń przy konstruowaniu przyrządów. Prędkościomierze prędkości przyrządowej nie wykazują błędów metodycznych. Prędkościomierze prędkości rzeczywistej wykazują błędy spowodowane niepełnym uwzględnieniem zmiany temperatury wraz ze zmianą wysokości.

Błędy instrumentalne to błędy temperaturowe wywołane różnicą między temperaturą skalowania przyrządu ($+20^{\circ}\text{C}$) a temperaturą pracy ($-60^{\circ}\div+50^{\circ}\text{C}$), błędy tarcia i błędy spowodowane niewyważeniem układu ruchomego oraz błędy, których źródłem jest histereza sprężystego elementu pomiarowego.

Błędem aerodynamicznym nazywa się błąd powstający w wyniku tego, że ciśnienie całkowite i statyczne odbierane przez odbiornik ciśnień powietrza OCP nie odpowiada teoretycznemu ciśnieniu całkowitemu i statycznemu obliczonemu dla danych warunków lotu. Wartość błędu aerodynamicznego nie zależy od „jakości” prędkościomierza i wysokości lotu, lecz od położenia odbiornika ciśnień powietrza OCP w stosunku do napływających strug powietrza, liczby *Macha* i kąta natarcia.

Powstawanie błędu aerodynamicznego tłumaczy się tym, że w czasie lotu odbiornik ciśnień powietrza OCP znajduje się w zawirowanej strudze powietrza. Na zniekształcenie strumienia powietrza wpływa nie tylko statek powietrzny, ale i sam odbiornik OCP.

Powoduje to, że odbierane ciśnienie statyczne różni się od rzeczywistego na wysokości lotu samolotu. Na potwierdzenie tego, że ciśnienie statyczne jest rzeczywiście zniekształcone służy fakt, że przy locie samolotu na tej samej wysokości, lecz z różnymi prędkościami, wskazania wysokościomierza połączonego z obwodem statycznym odbiornika ciśnień powietrznych zmieniają się. Zmniejszenie błędu aerodynamicznego uzyskuje się drogą odpowiedniego umiejscowienia odbiornika OCP na statku powietrznym.

3. Zakres ćwiczenia

- Ćwiczenie rozpoczyna się testem (10 pytań) pozwalającym określić przygotowanie studentów do realizacji ćwiczenia. Osoby, które nie uzyskały minimalnej liczby pozytywnych odpowiedzi nie są dopuszczone do realizacji ćwiczenia.
- W czasie ćwiczenia studenci powinni dokonać pomiarów następujących parametrów wybranego prędkościomierza prędkości rzeczywistej i rezystancyjnego przetwornika ciśnienia:
 1. Sprawdzanie wyglądu zewnętrznego prędkościomierza prędkości rzeczywistej;
 2. Sprawdzanie szczelności puszek różnicowej prędkościomierza prędkości rzeczywistej;
 3. Sprawdzenie dokładności wskazań (uchybu) prędkościomierza rzeczywistej dla wysokości $H = 0\text{ m}$;
 4. Opracowanie charakterystyki $R = f(v)$ rezystancyjnego przetwornika ciśnienia dla wysokości $H = 0\text{ m}$.

3.1 Zasady sprawdzania lotniczych przyrządów barometrycznych

Do eksploatacji na statku powietrznym mogą być dopuszczone przyrządy, które przeszły z wynikiem pozytywnym sprawdzenia przewidziane warunkami technicznymi.

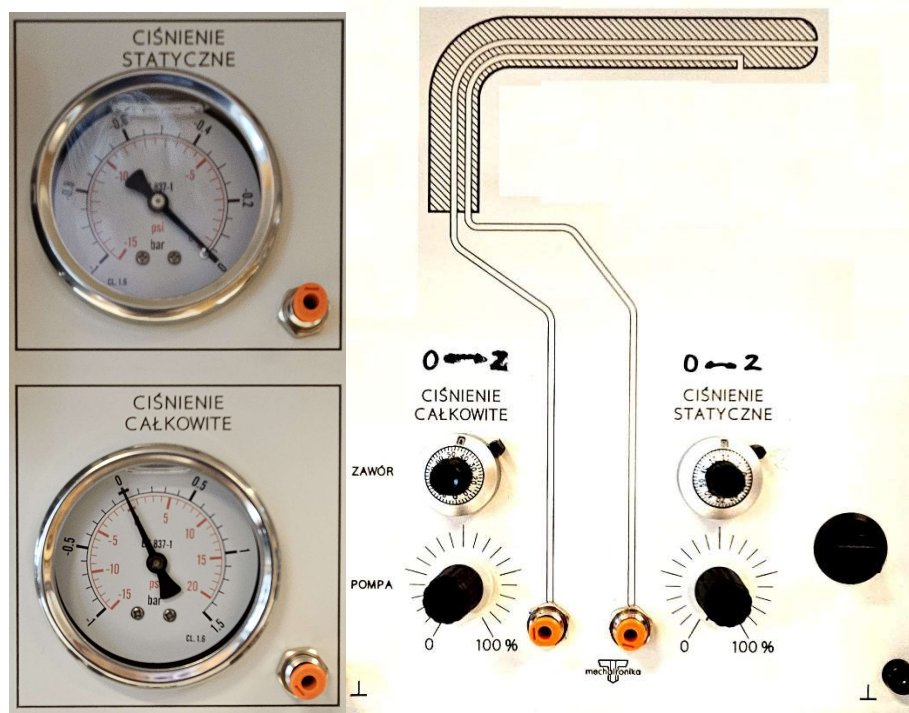
Ogólne warunki sprawdzania przyrządów pokładowych są następujące:

- temperatura otoczenia równa: $+20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- ciśnieniu otoczenia równym $1013.25 \text{ hPa} \pm 40 \text{ hPa}$ ($760 \text{ mmHg} \pm 30 \text{ mmHg}$);
- przyrząd powinien znajdować się w położeniu, które odpowiada jego normalnemu położeniu w czasie eksploatacji;
- wskazówki przyrządów powinny być ustawione na podziałce zerowej;
- wartość ciśnienia lub podciśnienia ustala się z dokładnością $\pm 1 \text{ mmHg}$ ($\pm 1.3 \text{ hPa}$);
- wskazania przyrządów sprawdza się przez porównanie ich wskazań ze wskazaniami przyrządów kontrolnych znajdujących się w normalnych warunkach pracy;
- wartość parametru wywołującego zmianę wskazań należy zmieniać płynnie w taki sposób, aby prędkości zmian tego parametru nie przekraczały maksymalnej prędkości jego zmiany w normalnych warunkach eksploatacyjnych.
- w czasie sprawdzania należy obserwować płynność ruchu wskazówek sprawdzanych przyrządów;
- podczas oględzin przyrządu należy sprawdzać działanie pokręteł, stan części montażowych, znakowanie, kompletność i stan plomb, występowanie uszkodzeń mechanicznych, śladów korozji i uszkodzeń pokryć ochronnych;
- podczas sprawdzania szczelności należy zwrócić uwagę na fakt, że na wskazania mają wpływ dodatkowe elementy pneumatyczne (np. przewody ciśnieniowe) oraz nie należy trzymać w rękach sprawdzanego przyrządu (wpływ temperatury);
- przyrządy należy badać dla rosnących i malejących wartości wielkości pomiarowej (histereza).

3.2 Opis stanowiska laboratoryjnego

Do badania przyrządów barometrycznych podczas ćwiczenia laboratoryjnego wykorzystana zostanie:

- Pompa nadciśnieniowa CIŚNIENIE CAŁKOWITE (zakres $1 - 2 \text{ kG/cm}^2$),
- Manometr wzorcowy CIŚNIENIE CAŁKOWITE (zakres $0 - 1 \text{ kG/cm}^2$),
- Badany prędkościomierz prędkości rzeczywistej,
- Przewody połączeniowe ciśnieniowe,
- Rezystancyjny przetwornik ciśnienia MRD 206,
- Miernik uniwersalny UNI-T UT58 (zakres pomiarowy omomierza – $0 - 2 \text{ k}\Omega$),



Rys. 3.1 Schemat funkcjonalny stanowiska laboratoryjnego do badania prędkościomierza

Do badania prędkościomierza prędkości rzeczywistej podczas ćwiczenia laboratoryjnego wykorzystany zostanie manometr wzorcowy **CIŚNIENIE CAŁKOWITE** wraz z układem pompy nadciśnieniowej **CIŚNIENIE CAŁKOWITE**, która przeznaczona jest do wytwarzania nadciśnienia podawanego na wejście ciśnienia całkowitego **CIŚNIENIE CAŁKOWITE** badanego prędkościomierza prędkości rzeczywistej.

3.2 Sprawdzanie wyglądu zewnętrznego

Przed rozpoczęciem sprawdzenia dokładności wskazań (uchybu) prędkościomierza prędkości rzeczywistej należy sprawdzić stan techniczny (wygląd zewnętrzny) badanego prędkościomierza. Należy dokonać sprawdzenia stanu technicznego obudowy, osłony szklanej tarczy przyrządu, stanu technicznego tarczy i wskazówek.

3.4 Sprawdzanie szczelności puszkii różnicowej prędkościomierza prędkości rzeczywistej

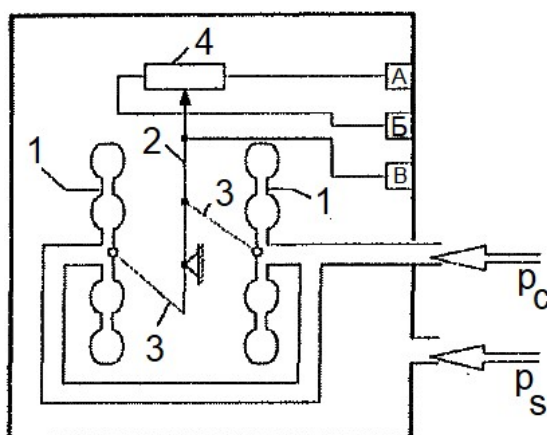
- Zmontować stanowisko laboratoryjne
- Sprawdzić położenie wskazówek badanego prędkościomierza prędkości rzeczywistej, wskazówki muszą pokrywać się z cyfrą 0;
- Do króćca ciśnienia całkowitego **CIŚNIENIE CAŁKOWITE** badanego prędkościomierza prędkości rzeczywistej podłączyć przewód ciśnieniowy z wyjścia pompy nadciśnieniowej **CIŚNIENIE CAŁKOWITE**;

3.5 Sprawdzenie dokładności wskazań (uchybu) prędkościomierza prędkości rzeczywistej dla wysokości $H = 0$ m

- Zmontować stanowisko laboratoryjne,
- Sprawdzić położenie wskazówek badanego prędkościomierza prędkości rzeczywistej, wskazówki muszą pokrywać się z cyfrą 0,
- Do króćca ciśnienia całkowitego CIŚNIENIE CAŁKOWITE badanego prędkościomierza prędkości rzeczywistej podłączyć przewód ciśnieniowy z wyjścia pompy nadciśnieniowej CIŚNIENIE CAŁKOWITE;
- Króciec ciśnienia statycznego C prędkościomierza prędkości rzeczywistej pozostawić nie podłączony;
- Załączyć pompę nadciśnieniową CIŚNIENIE CAŁKOWITE i płynnie zwiększać ciśnienie wyjściowe pompy potencjometrem CIŚNIENIE CAŁKOWITE – POMPA 0 – 100% wytworzyć nadciśnienie (powolny wzrost wskazywanej prędkości (< 20 km/h na sek.) na tarczy prędkościomierza prędkości rzeczywistej i na tarczy manometru wzorcowego);
- Zanotować wartości ciśnienia wskazywanego przez manometr wzorcowy dla prędkości wskazywanych przez badany prędkościomierz prędkości rzeczywistej dla wartości: 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 i 1 000 km/h;
- Po osiągnięciu wskazania prędkości 1 000 km/h zmniejszać wydajność pompy nadciśnieniowej do wartości 0%;
- Zanotować wartości ciśnienia wskazywanego przez manometr wzorcowy dla prędkości wskazywanych przez badany prędkościomierz prędkości rzeczywistej dla wartości: 1 000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300 i 200 km/h;

3.6 Opracowanie charakterystyki $R = f(v)$ rezystancyjnego przetwornika ciśnienia dla wysokości $H = 0$ m

Rezystancyjny przetwornik ciśnienia dynamicznego MRD 206 przeznaczony jest do pomiaru nadciśnienia powietrza w zakresie $0 \div 0,6$ kG/cm² ($0 \div 1\,100$ km/h) i przetwarzaniu go w elektryczny sygnał napięciowy (za pomocą przetwornika rezystancyjnego).



Rys. 3.3 Schemat elektryczny rezystancyjnego przetwornika ciśnienia dynamicznego MRD 206, 1 – puszki membranowe, 2 – ruchomy styk potencjometru, 3 – mechanizm przekazujący, 4 – potencjometr

Zakres pomiarowy 0 – 1 100 km/h

Rezystancja pomiędzy stykami złącza:

- dla prędkości 0 km/h

AB	40 Ω
AB	880 Ω
BB	840 Ω
- dla prędkości 1 100 km/h

AB	870 Ω
AB	880 Ω
BB	10 Ω

Temperaturowy zakres pracy: $-60^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$;

Uchyb nadajnika $\pm 15\%$.

Zasada działania rezystancyjnego przetwornika ciśnienia dynamicznego MRD 206 oparta jest na funkcjonalnej zależności pomiędzy ciśnieniem mierzonym, a sprężystymi odkształceniami dwóch puszek membranowych. Mierzone ciśnienie powoduje odkształcenie puszek membranowych, które powodują przemieszczenie liniowe obsad szczotkowych ze szczotkami (ruchomy styk potencjometru) po potencjometrze poprzez mechanizm przekazujący.

- Zmontować stanowisko laboratoryjne
- Do króćca ciśnienia całkowitego CIŚNIENIE CAŁKOWITE badanego przetwornika MRD 206 podłączyć przewód ciśnieniowy z wyjścia pompy nadciśnieniowej (w miejsce manometru wzorcowego);
- Do zacisków elektrycznych badanego przetwornika MRD 206 podłączyć omomierz na zakresie pomiarowym 2 k Ω ;
- Króciec ciśnienia statycznego C przetwornika MRD 206 pozostawić nie podłączony;
- Załączyć pompę nadciśnieniową CIŚNIENIE CAŁKOWITE i płynnie zwiększać ciśnienie wyjściowe pompy potencjometrem CIŚNIENIE CAŁKOWITE – POMPA 0 – 100% wytworzyć nadciśnienie (powolny wzrost wskazywanej prędkości (< 20 km/h na sek.) na tarczy prędkościomierza barometrycznego jednocześnie notując wskazania omomierza);
- Pomiary rezystancji wykonać dla wartości prędkości : 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1 000, 1 100 i 1 200 km/h
- Pomiar rezystancji pomiędzy stykami AB przetwornika MRD 206 dla prędkości wskazywanej przez badany prędkościomierz dla wartości 1 200 km/h, z uwagi na przekroczenie zakresu pomiarowego przetwornika przeprowadzić szybko (< 5 sek.).
- Po osiągnięciu wskazania prędkości 1 200 km/h zmniejszać wydajność pompy nadciśnieniowej do wartości 0%;
- Zanotować wartości rezystancji mierzonej pomiędzy stykami AB przetwornika MRD 206 dla prędkości wskazywanych przez badany prędkościomierz dla wartości: 1 100, 1 000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300 i 200 km/h;

Tab. 1.1 Tabela wartości prędkości przyrządowej i odpowiadającej jej wartości ciśnienia dynamicznego.

Prędkość [km/h]	Wysokość [0 km] ciśnienie	Wysokość [2 km] ciśnienie	Wysokość [8 km] ciśnienie	Wysokość [12 km] ciśnienie
100	4.75 hPa	3.88 hPa	2.02 hPa	1.19 hPa
150	11.17 hPa	8.75 hPa	4.57 hPa	2.69 hPa
200	19.05 hPa = 194 kG/m ²	15.61 hPa	8.15 hPa	4.82 hPa
250	29.89 hPa	22.48 hPa	12.79 hPa	7.58 hPa
300	42.82 hPa	35.41 hPa	18.52 hPa	10.98 hPa
400	77.77 hPa = 792 kG/m ²	63.75 hPa	33.40 hPa	19.82 hPa
600	180.0 hPa	148.44 hPa	78.23 hPa	46.59 hPa
800	336.6 hPa = 3 429 kG/m ²	276.82 hPa	147.02 hPa	87.91 hPa
1 000	557.6 hPa = 5 679 kG/m ²	459.59 hPa	246.45 hPa	148.38 hPa

3.7 Tabela wielkości mierzonych

Tabele wielkości pomiarowych oraz szablony wykresów charakterystyk do tego ćwiczenia zamieszczona jest na końcu instrukcji.

3.8 Opracowanie wyników pomiarów

W sprawozdaniu z ćwiczenia laboratoryjnego należy zamieścić:

- Protokół z ćwiczenia laboratoryjnego.
- Tabele pomiarowe wraz z dokonanymi obliczeniami;
- Wykreślone charakterystyki statyczne badanych przyrządów;
- Wnioski dotyczące otrzymanych wyników

Tabela 1.2 Tabela wyników pomiarów prędkościomierza prędkości rzeczywistej.

Prędkościomierz typ KUS-2000									
Przy wzroście wskazań					Przy zmniejszaniu wskazań				
$v_{\text{prędk.}}$	$p_{\text{manom.}}$	p_{wzorcowe}	Błąd (uchyb) wskazań ciśnienia	Błąd (uchyb) wskazań prędkości	$v_{\text{prędk.}}$	$p_{\text{manom.}}$	p_{wzorcowe}	Błąd (uchyb) wskazań ciśnienia	Błąd (uchyb) wskazań prędkości
km/h	kG/cm ²	kG/cm ²	kG/cm ²	km/h	km/h	kG/cm ²	kG/cm ²	kG/cm ²	km/h
200					1 000				
300					900				
400					800				
500					700				

600					600				
700					500				
800					400				
900					300				
1 000					200				

Tabela 1.3 Tabela wyników pomiarów prędkościomierza prędkości rzeczywistej.

Rezystancyjny przetwornik ciśnienia dynamicznego typ. nr seryjny							
Przy wzroście wskazań				Przy zmniejszaniu wskazań			
$V_{\text{prędk.}}$	$R_{\text{styki AB}}$	$V_{\text{prędk.}}$	$R_{\text{styki AB}}$	$V_{\text{prędk.}}$	$P_{\text{manom.}}$	P_{wzorcowe}	Błąd (uchyb) wskazań ciśnienia
km/h	Ω	km/h	Ω	km/h	Ω	km/h	Ω
200		700		1 100		600	
300		800		1 000		500	
400		900		900		400	
500		1 000		800		300	
600		1 100		700		200	

Grupa nr			
Lp.	Nazwisko	Imię	Nr albumu
1			
2			
3			
4			
5			
Data i podpis prowadzącego			