

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA i ENERGETYKI
INSTYTUT MASZYN i URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH**

Elementy pneumatyczne

Laboratorium automatyki

(A – 3)

Opracował: dr inż. Jacek Łyczko
Sprawdził: dr inż. Jerzy Widenka
Zatwierdził: dr hab. inż. Janusz Kotowicz

1. CEL ĆWICZENIA

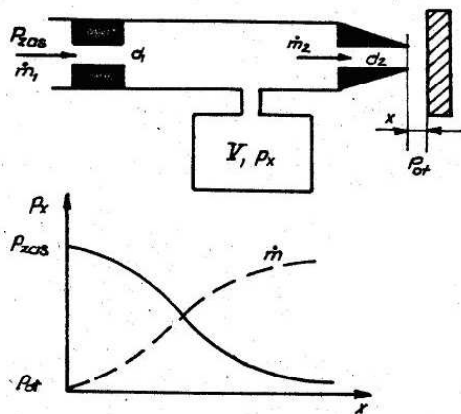
Celem ćwiczenia jest poznanie podstawowych zagadnień dotyczących elementów pneumatycznych.

2. WPROWADZENIE

Elementy pneumatyczne mogą spełniać rolę elementów sterujących, napędowych, sumujących i wzmacniających.

ELEMENTY STERUJĄCE

Elementem sterującym nazywamy element, którego zadaniem jest zamiana sygnału przesunięcia (wejście) na sygnał ciśnienia (wyjście).



Rysunek 1 Element o oporach stałym R_1 i zmiennym R_2

Element sterujący o oporach stałym R_1 i zmiennym R_2 (kapilara, dysza, przesłona) przedstawiono na rysunku 1. Opór stały R_1 tworzy zwężka kapilarna w rurce od strony ciśnienia zasilania, natomiast opór zmienny R_2 stanowi przesłona ruchoma względem wylotu dyszy. Sygnał wyjściowy ciśnienia p_x ustala się w objętości komory V , znajdującej się pomiędzy dwoma oporami. Wartość ciśnienia p_x zależy od położenia przesłony.

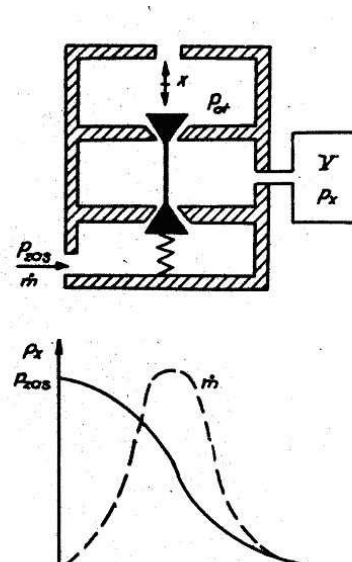
Przy całkowitym przyknięciu wylotu dyszy $p_x = p_{zas}$, przepływ jest zerowy, natomiast przy całkowitym otwarciu przysłony (duża wartość x) p_x jest bliskie ciśnieniu otoczenia a przepływ jest maksymalny.

W celu zapewnienia poprawnego działania elementu należy:

- zapewnić stałość ciśnienia zasilania;
- zminimalizować objętość komory V (stała czasowa);
- zapewnić szczelność (nie można pobierać czynnika).

Działanie elementu zależy również od zmian temperatury (wrażliwość na dylatację), a czułość elementu $\frac{\partial p_x}{\partial x}$ jest zmienna – zakres użyteczny ruchu w granicach (0 – 0.1) mm.

Element sterujący o dwóch oporach zmiennych jednocześnie przedstawia rysunek 2. Oba opory są realizowane przy pomocy zaworów, których grzybki są połączone ze sobą. Takie połączenie zapewnia jednoczesną zmianę oporów przepływu. Stan zerowy odpowiada równemu otwarciu obu zaworów – przepływ jest wtedy maksymalny, przy zmianie położenia x , jeden z oporów rośnie a drugi maleje.



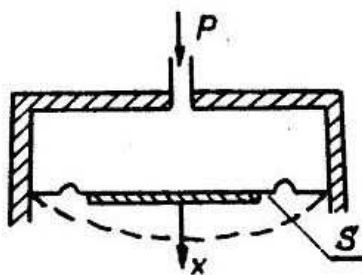
Rysunek 2 Element o dwu oporach zmiennych jednocześnie

W porównaniu z elementem o oporze stałym i zmiennym, element o dwóch oporach zmiennych jednocześnie, charakteryzuje się następującymi cechami:

- objętość komory roboczej V może być duża;
- można częściowo pobierać czynnik roboczy (stosować większe przekroje na zaworach);
- mniejsza czułość i wrażliwość na dylatacje;
- większy zakres przemieszczeń;
- duże straty czynnika roboczego (sprężonego powietrza) do otoczenia.

ELEMENTY NAPĘDOWE

Elementami napędowymi nazywamy elementy, w których sygnałem wejściowym jest ciśnienie a sygnałem wyjściowym przemieszczenie. Wadą wszystkich pneumatycznych elementów napędowych jest zależność charakterystyk statycznych od temperatury.

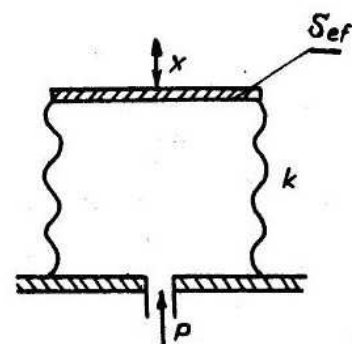


Rysunek 3 Element napędowy membranowy

($A_{ef} = f(x, p_x - p_{ot})$). Odpowiednio dobrany kształt i profil membrany pozwala na zminimalizowanie

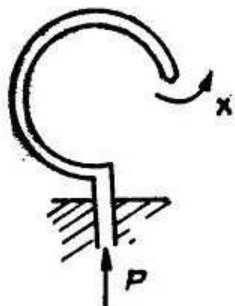
Elementy napędowe małej mocy, to zwykle elementy membranowe i mieszkowe, rzadziej spotkać można rurkę Bourdon'a i element tłoczkowy (rysunki 3-6).

Membrana elementu napędowego wykonana jest zazwyczaj z gumy, metalu lub tworzywa sztucznego. Podstawową wadą jest zmienność powierzchni efektywnej w czasie pracy

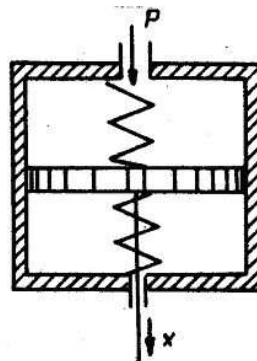


Rysunek 4 Element napędowy mieszkowy

wpływu tego zjawiska. Element mieszkowy zapewnia stałość powierzchni efektywnej, natomiast jego wadami są zmiany dylatacyjne wynikające ze zmian temperatury oraz (o rząd istotniejsze) zmiany modułu sprężystości.



Rysunek 5 Rurka Bourdon'a



Rysunek 6 Element napędowy tłoczkowy

Elementy napędowe dużej mocy nazywane są siłownikami i są omawiane na ćwiczeniu A-5.

WZMACNIACZE PNEUMATYCZNE

Każdy wzmacniacz pneumatyczny składa się z elementu napędowego i elementu sterującego. Zadaniem wzmacniacza jest przetworzenie sygnału wejściowego (ciśnienia) na sygnał wyjściowy (będący również ciśnieniem ale o dużym strumieniu masy), kosztem energii doprowadzonej z czynnikiem zasilającym o ciśnieniu p_{zas} .

Wzmacniacze – separatory stosowane są do zmiany czynnika gazowego. Podstawowe cechy wzmacniacza – separatora to:

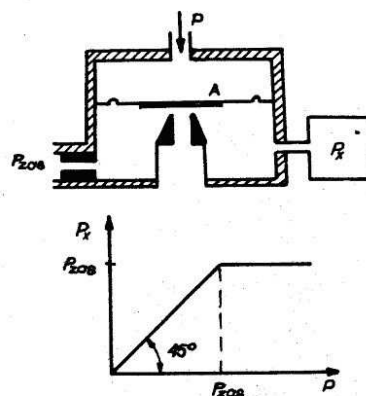
- bardzo dobra liniowość;
- nieczułość na dylatacje;
- nieczułość na zmiany ciśnienia.

W stanie ustalonym (charakterystyka statyczna) bilans sił działających na membranę ma postać:

$$pA = p_x A \quad \text{dla} \quad p < p_{zas}$$

stąd $p = p_x$,

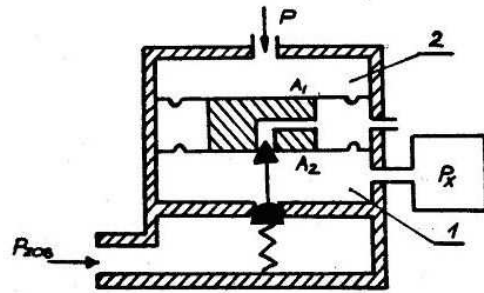
co tłumaczy kształt charakterystyki.



Rysunek 7 Wzmacniacz - separator

Zadaniem wzmacniacza mocy jest zwiększenie mocy sygnału pneumatycznego wyjścia dzięki zwiększeniu strumienia masy. Cechy takiego wzmacniacza to:

- bardzo dobra liniowość;
- możliwość pobierania dużych ilości czynnika;
- mały wpływ ciśnienia zasilania p_{zas} ;
- możliwość zmian charakterystyki statycznej.



Rysunek 8 Wzmacniacz mocy

DYNAMIKA ELEMENTÓW PNEUMATYCZNYCH – INERCJA PIERWSZEGO RZĘDU

Procesy związane z eksploatacją systemów lub elementów pneumatycznych polegają zazwyczaj na napełnianiu czynnikiem roboczym określonych przestrzeni roboczych lub komór. Dynamika tego typu procesów jest najczęściej klasyfikowana jako tzw. element inercyjny pierwszego rzędu.

Transmitancja takiego elementu w zapisie transmitancji operatorowej ma postać:

$$G_o(s) = \frac{1}{Ts + 1}$$

gdzie czas T określa tzw. stałą czasową elementu.

Wartość stałej czasowej zależy od pojemności (objętości) i oporów przepływu (podczas napełniania i/lub opróżniania) rozpatrywanego elementu. Jest to wielkość charakterystyczna, definiująca zachowanie tego typu elementów w stanach dynamicznych.

3. PRZEBIEG ĆWICZENIA

Dla zadanego ciśnienia zasilania p_{zas} , każda z sekcji przeprowadza następujące badania i pomiary, na właściwych stanowiskach:

- charakterystyka statyczna elementu o oporach stałym R_1 i zmiennym R_2 ;
- charakterystyka statyczna elementu o dwu oporach zmiennych jednocześnie;
- charakterystyka statyczna wzmacniacza pneumatycznego;
- charakterystyki dynamiczne układów inercyjnych pierwszego rzędu.

4. OPRACOWANIE WYNIKÓW

Dla każdego ze stanowisk

- Wykreślić charakterystyki statyczne (na wspólnym wykresie) elementu o oporach stałym R_1 i zmiennym R_2 , dla różnych wartości ciśnienia zasilania p_{zas} .
- Wykreślić charakterystyki statyczne (na wspólnym wykresie) elementu o dwu oporach zmiennych jednocześnie, dla różnych wartości ciśnienia zasilania p_{zas} .
- Wykreślić charakterystyki statyczne (na wspólnym wykresie) wzmacniacza pneumatycznego, dla różnych wartości ciśnienia zasilania p_{zas} .
- Wykreślić charakterystyki dynamiczne (na wspólnym wykresie) układu inercyjnego pierwszego rzędu, dla zadanych pojemności i oporów przepływu, badanego układu. Zaznaczyć stałe czasowe i czasy martwe dla poszczególnych przebiegów.

5. SPRAWOZDANIE

Sprawozdanie powinno zawierać:

- ♦ Stronę tytułową (*nazwę ćwiczenia, numer sekcji, nazwiska i imiona ćwiczących oraz datę wykonania ćwiczenia*).
- ♦ Tabele wyników pomiarowych ze wszystkich stanowisk.
- ♦ Wykresy wymienionych wielkości i zależności oraz wyznaczone wartości stałych czasowych.
- ♦ Uwagi i wnioski (*dotyczące przebiegu charakterystyk, ich odstępstw od przebiegów teoretycznych, rozbieżności wyników na różnych stanowiskach itp.*).

Skład sekcji:

ciśnienie zasilania: _____

Tabela pomiarowa: Element o oporach stałym R_1 i zmiennym R_2

x [mm]	\dot{m} [l/h] \uparrow	p [kPa] \uparrow	\dot{m} [l/h] \downarrow	p [kPa] \downarrow

Skład sekcji:

ciężnienie zasilania: _____

Tabela pomiarowa: Element o dwu oporach zmiennych jednocześnie

x [mm]	\dot{m} [l/h] ↑	p [kPa] ↑	\dot{m} [l/h] ↓	p [kPa] ↓

Skład sekcji:

ciśnienie zasilania: _____

Tabela pomiarowa: Wzmacniacz pneumatyczny

p_1 [kPa]	p_2 [kPa] ↑	p_2 [kPa] ↓

Skład sekcji:

ciśnienie zadane: _____

Tabela pomiarowa: Elementy inercyjne pierwszego rzędu

Nr elementu	T_m [s]	T [s]	p_{nas} [kPa]
1			
2			
3			
4			