

Sprawozdanie 6

Laboratorium: Symulacja i przetwarzanie danych

Temat: Badanie symulacyjne modelu przepływu gazów.

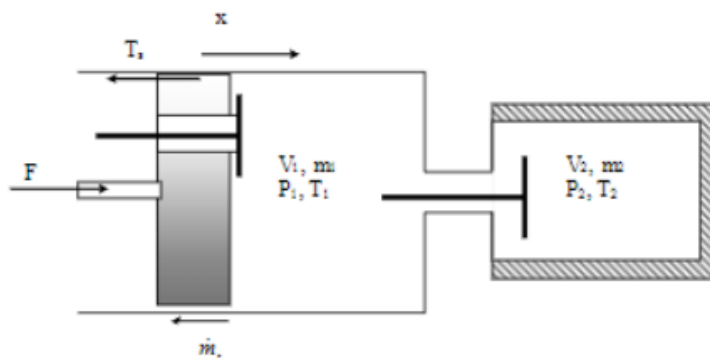


Wykonała:

1. Opis badanego obiektu

Obiektem symulacji jest proces napełniania zbiornika powietrzem do żądanego ciśnienia przez krótką zwężkę za pomocą pompy tłokowej. Pompa jest wyposażona w zawory zwrotne

umożliwiające tłoczenie powietrza do zbiornika gdy ciśnienie w pompie jest wyższe od ciśnienia w zbiorniku, oraz ssanie powietrza z otoczenia.



2. Cel symulacji

Celem symulacji jest zapoznanie się z elementami i zasadą modelowania układów symulacji komputerowej oraz występujących w nich procesów dynamicznych.

3. Zakres modelowanego obiektu.

W trakcie symulacji przyjmujemy następujące założenia:

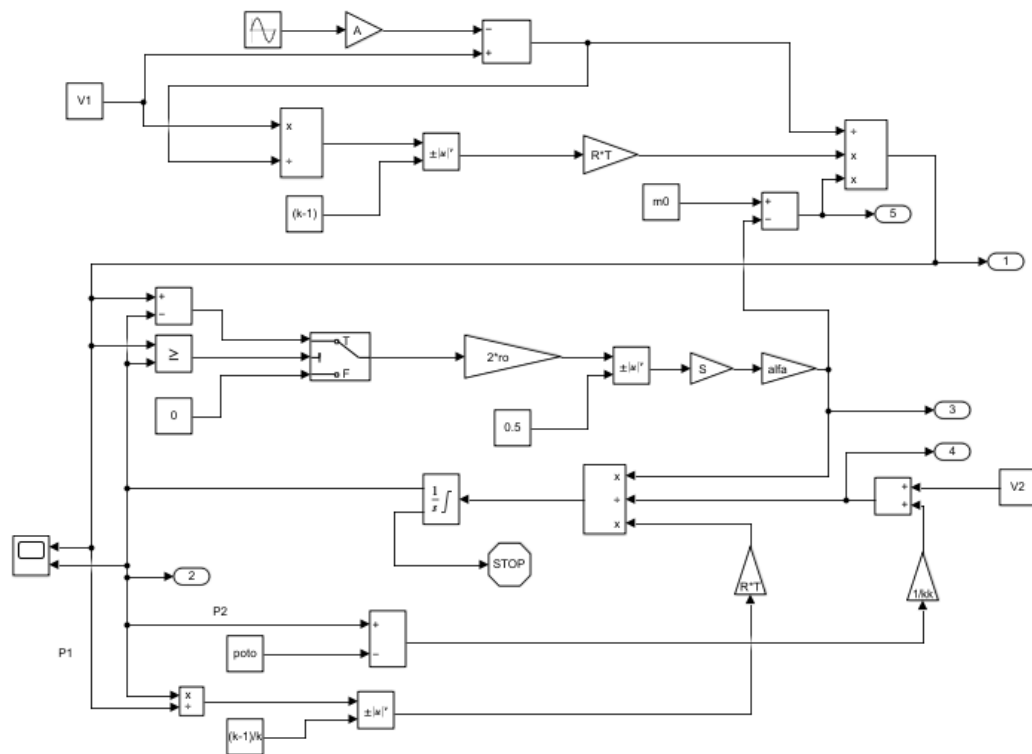
- Pomijamy inertancję i ściśliwość gazu w kanale, ze względu na małą długość zwężki
- Pomijamy również inertancję gazu w zbiorniku ze względu na jego małą prędkość
- Przemiana w tłoku i zbiorniku jest politropowa o współczynniku politropy n
- uwzględnimy strumień nieszczelności przez tłok i tarcie między tłokiem a cylindrem.

4. Dane wejściowe i wyjściowe

Dane	Symbol w modelu matematycznym	Symbol w modelu komputerowym	Jednostka	Wartość
max ciśnienie w zbiorniku	P_{\max}	Pmax	Pa	200000
gęstość powietrza	ρ	ro	kg/m ³	1.23
średnica zwężki	d_z	dz	m	0.05
pole powierzchni zwężki	S	S	m ²	0.002
współczynnik oporu miejscowego	α	alfa	-	0,5
objętość zbiornika	V_2	V2	m ³	1
temp powietrza	T	T	K	293
ind stała gazowa	R	R	kJ/kg·K	297
ciśnienie otoczenia	P_{oto}	Poto	Pa	101300

współczynnik sztywności zbiornika	kk	kk	-	100000000
wykładnik politropy	k	K	-	1,4
średnica tłoka	d _t	Dt	M	0,7
pole powierzchni czołowej tłoka	A	A	m ²	0,3848
masa tłoka	m _t	mt	kg	20
skok tłoka	S _t	st	m	0,5
objętość cylindra	V ₁	V1	m ³	0,1924
przyspieszenie ziemskie	g	G	m/s ²	9,81
ciężar tłoka	Q _t	Qt	N	196,2
współczynnik tarcie statycznego	μ _s	Mis	-	0,2
współczynnik tarcia kinetycznego	μ _k	Mik	-	0,1
tarcie statyczne	T _s	Ts	N	39,24
tarcie kinetyczne	T _k	Tk	N	19,62
początkowa masa w cylindrze	m ₀	M0	kg	0,2240

5. Model symulacyjny



6. Model matematyczny

Równanie bilansu masy:

$$\frac{dm_1}{dt} = \dot{m}_d - \dot{m}_w - \dot{m}_i$$

gdzie strumienie masowe przepływu przez zawór:

- tłoczący $\dot{m}_w = \begin{cases} R_H(p_1 - p_2) & \text{dla } p_1 > p_2 \\ 0 & \text{dla } p_1 \leq p_2 \end{cases}$
- ssący $\dot{m}_d = \begin{cases} R_H(p_{atm} - p_1) & \text{dla } (p_{atm} > p_1) \\ 0 & \text{dla } (p_{atm} \leq p_1) \end{cases}$
- przez nieszczelność tłoka: $\dot{m}_i = R_M(p_1 - p_{atm})$

$$\frac{dm_2}{dt} = \dot{m}_w$$

Z równania stanu gazu:

$$\frac{dm_1}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{p_1 V_1}{nRT} \right)$$

$$\frac{dm_2}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{p_2 V_2}{nRT} \right)$$

Zmiana objętości gazu w pompie:

$$V_1 = V_{10} - w(t) \cdot A$$

i zbiornika pod wpływem zmiany ciśnienia:

$$V_2 = V_{20} + \frac{1}{K} (p_2 - p_{oto})$$

Równanie ruchu tłoka:

$$\ddot{x}(t) = \frac{1}{M_t} [F(t) - T_s - (p_1 - p_{oto}) \cdot A]$$

gdzie:

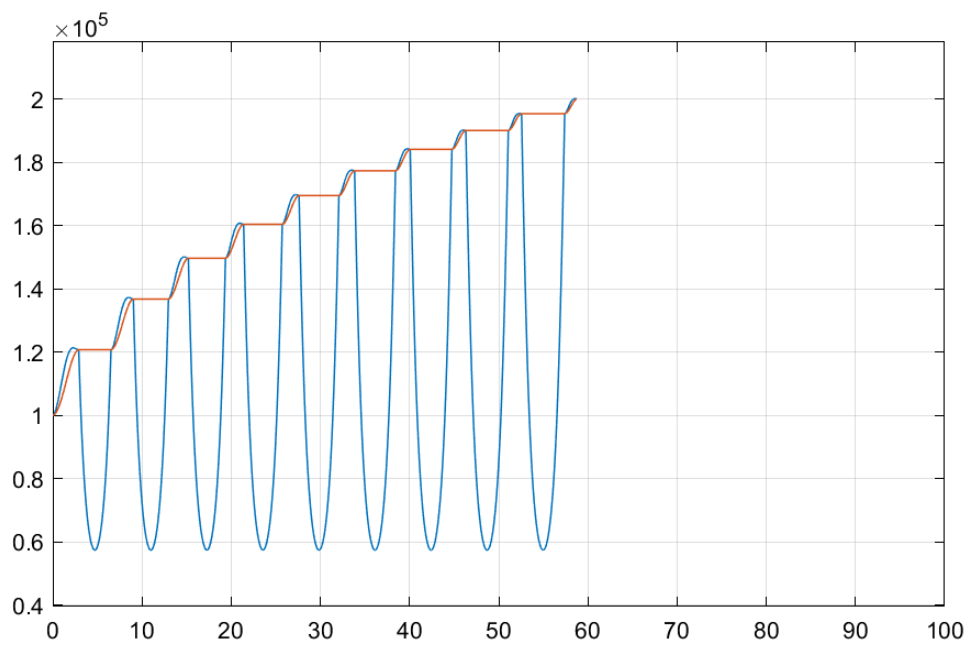
- A jest polem powierzchni tłoka,
- M_t masą tłoka,
- R_H opornością hydrauliczną zaworów,
- R_{H1} opornością szczeliny między tłokiem a cylindrem,
- V_{10} objętością cylindra przy $x = 0$,
- V_{20} objętością zbiornika przy $p_1 = p_{oto}$,
- T_s siłą tarcia suchego,
- K współczynnikiem sztywności zbiornika,
- p_{oto} ciśnieniem powietrza otoczenia.

7. Weryfikacja modelu symulacyjnego

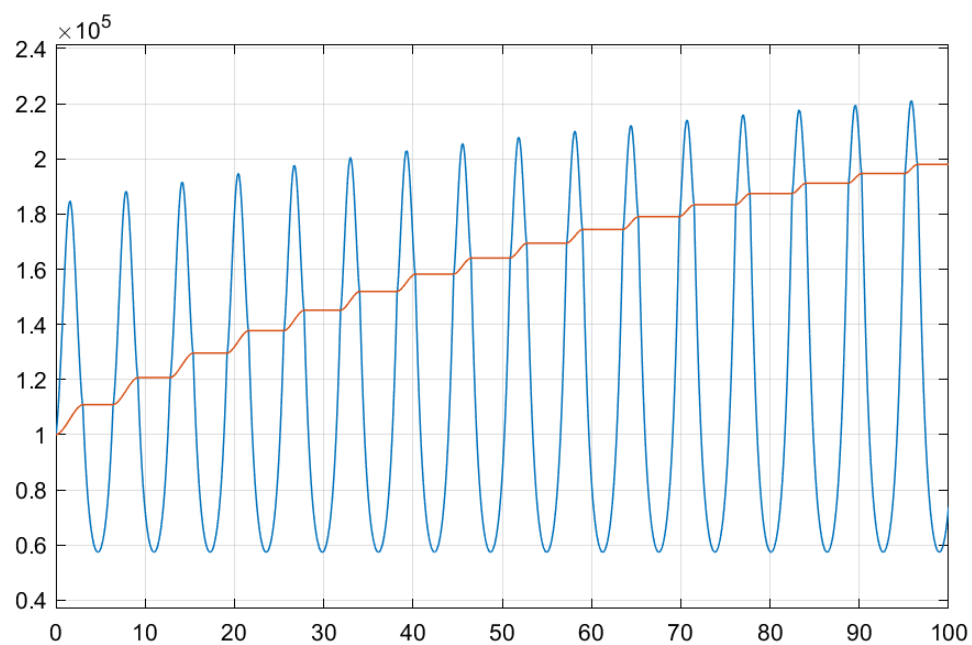
Po zainicjowaniu procesu symulacji, program nie wskazuje występowania błędów, co świadczy o poprawnym zamodelowaniu układu. Przechodzimy więc do analizy pracy układu na podstawie otrzymywanych wykresów.

8. Wyniki symulacji

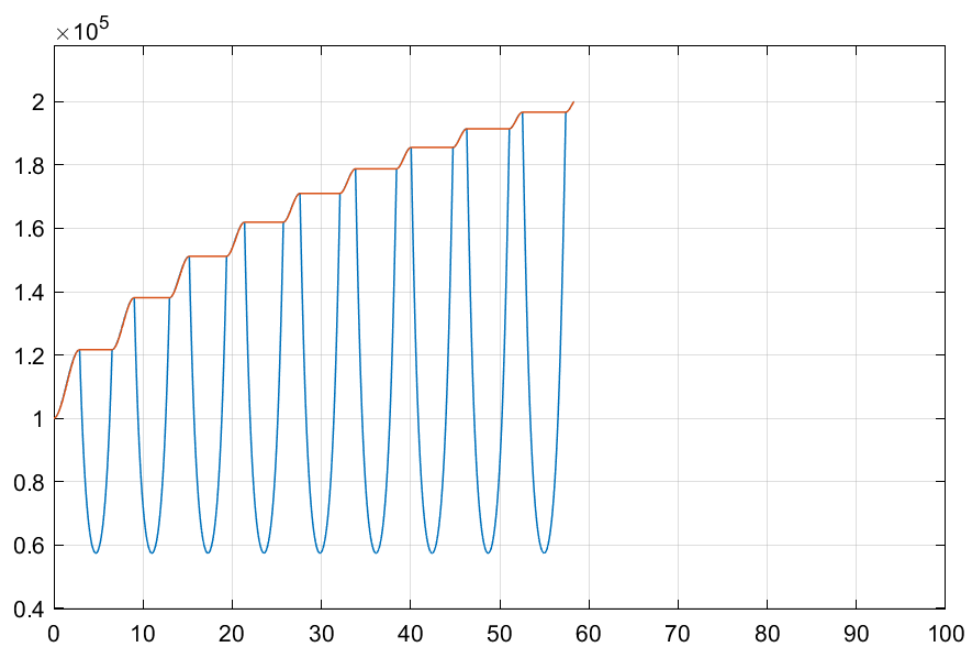
1. Wykres podstawowy wykonany na podstawie wyjściowych danych ćwiczenia.



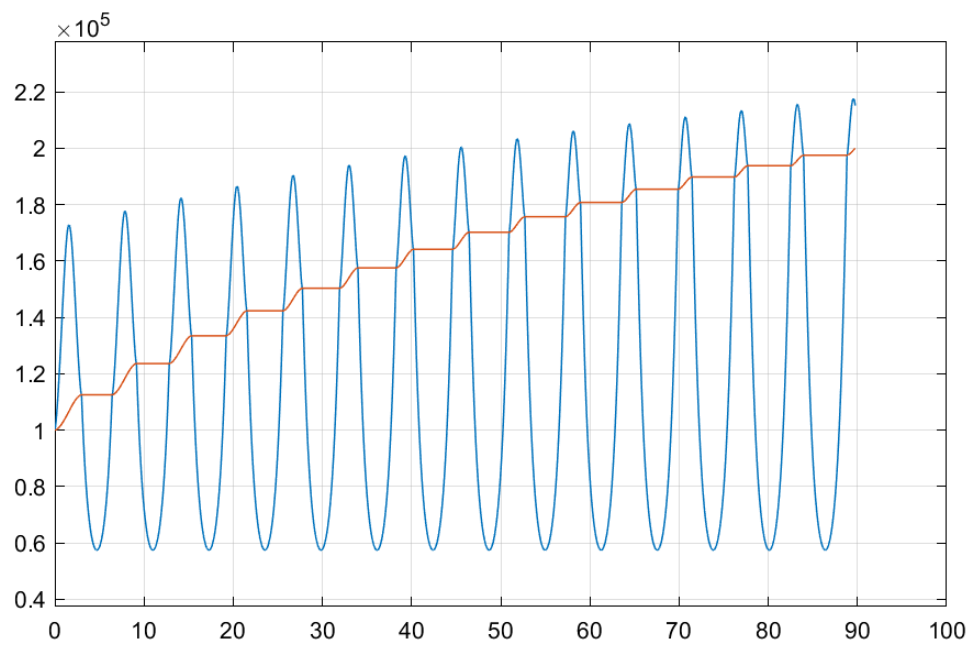
2. Wykres wykonany po zmianie parametru d_z , który jest średnicą zwężki. $D_z = 0,02$ m.



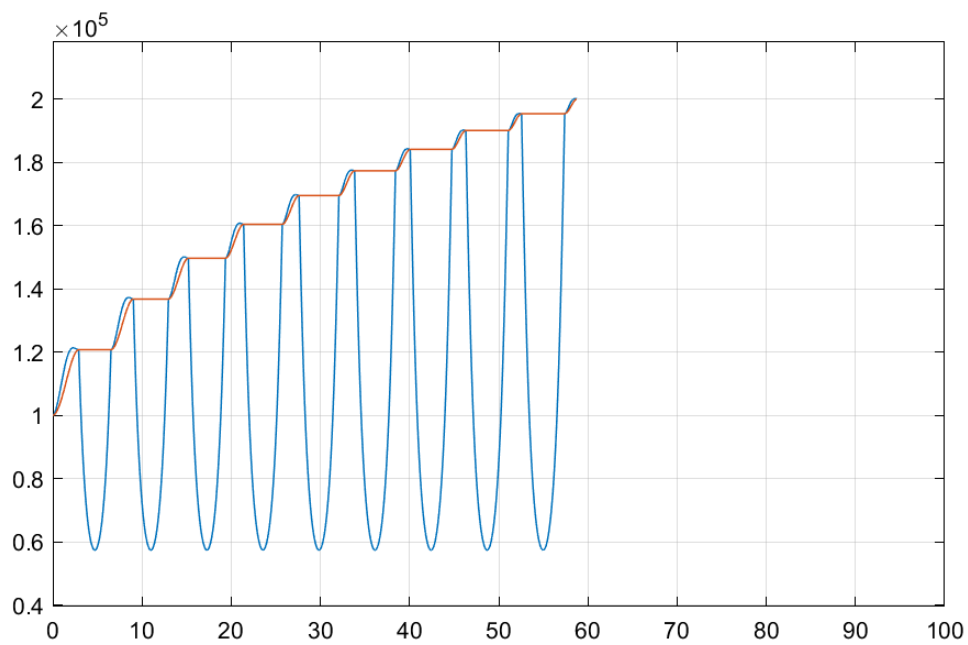
3. Wykres wykonany po zmianie parametru d_z , który jest średnicą zwężki. $D_z = 0,1$ m.



4. Wykres wykonany po zmianie parametru α , który jest współczynnikiem oporu miejscowego. $\alpha = 0,1$.



5. Wykres wykonany po zmianie parametru α , który jest współczynnikiem oporu miejscowego. $\alpha = 0,5$.



9. Wnioski