

Akademia Morska
Katedra Podstaw Techniki

Gdynia dnia 2016-09-20

Laboratorium
Automatyki Okrętowej

Instrukcja ćwiczenia

Ćwiczenie nr	3
Temat :	Badanie dynamiki podstawowych członów automatyki.
Stanowisko laboratoryjne	3
Opracował :	

Obowiązuje w roku akademicki

Rok akademicki	Zatwierdził	Data	Podpis
2016/18	dr inż A Mielewczyk	2016.09.10	

Akademia Morska
Katedra Podstaw Techniki

Instrukcja nr.3

1. Temat ćwiczenia:

Badanie dynamiki podstawowych członów automatyki.

2. Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest doświadczalne wyznaczenie odpowiedzi układów inercyjnych I i wyższego rzędu na wymuszenie skokowe i sinusoidalne.

3. Zakres wymaganych wiadomości:

- rodzaje członów automatyki, wymuszeń i ich odpowiedzi,
- podstawowe elementy potrzebne do budowy członów inercyjnych,
- sposoby ich łączenia,
- transmitancja członu inercyjnego I i wyższego rzędu,
- parametry charakteryzujące odpowiedzi elementów inercyjnych na wymuszenia skokowe oraz sposoby ich wyznaczania (stała czasowa, opóźnienie i wzmocnienie),
- parametry charakteryzujące odpowiedzi elementów inercyjnych na wymuszenia sinusoidalne oraz sposoby ich wyznaczania (moduł i przesunięcie fazowe)

4. Przebieg ćwiczenia:

połączyć układ w/g podanego schematu na stanowisku pomiarowym, podać na wejściu sygnał skokowy lub sinusoidalny i zarejestrować odpowiedzi na komputerze.

5. Pomoce i urządzenia:

zestaw oporów i pojemności, zestaw komputerowy z przetwornikami do rejestracji wyników i wygenerowania sygnału sinusoidalnego, stacja pneumatyczna.

6. Treść sprawozdania:

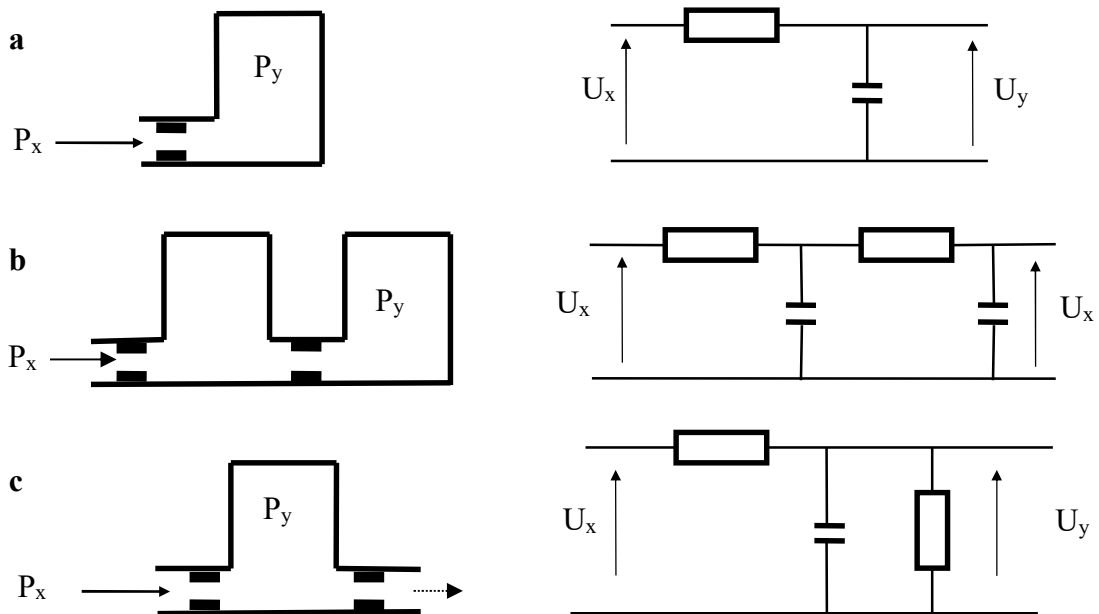
krótka część wstępna, schemat pomiarowy z oznaczeniem elementów w/g symboliki znormalizowanej, wykresy odpowiedzi członów na wymuszenie, obliczenie, tabele porównawcza, wnioski.

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest doświadczalne wyznaczenie odpowiedzi układów inercyjnych na wymuszenie skokowe i sinusoidalne.

2. Wprowadzenie

W układach pneumatycznych, np. w regulatorach, występują komory sztywne o pewnej objętości V , którą dalej oznaczać będziemy C , gdyż komory te zwane są również pojemnościami pneumatycznymi. W połączeniu z oporami (zwężkami) tworzą one człony inercyjne. Na rysunku 3 podano przykłady członów inercyjnych pneumatycznych oraz ich odpowiedniki w układach elektrycznych.



Rys.1. Człony inercyjne RC

a - I rzędu, b - II rzędu, c - dzielnik ciśnienia z inercyjnością I rzędu

Równania ruchu i stała czasowa członu inercyjnego I rzędu:

Wyprowadzenie równania ruchu oraz obliczenie stałej czasowej członu inercyjnego I rzędu przy założeniu, że wielkością wyjściową jest Δp_y , a wejściową Δp_x . Stała czasowa obliczona jest dla przemiany adiabatycznej. Człon inercyjny został stworzony z komory o objętości V_k i oporu stałego o średnicy d i długości l .

Objętościowe natężenie przepływu przez opór wynosi:

$$Q_k = \frac{\pi d^4}{128 \mu l} (p_x - p_y) \quad \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

gdzie :

p_x, p_y	$[Pa]$ –ciśnienia przed i za oporem,
V_k	$[m^3]$ – objętość komory,
d	$[m]$ – średnica oporu,
l	$[m]$ – długość oporu,

- $\mu = 1,85 \cdot 10^{-5}$ $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}\right]$ dynamiczny współczynnik lepkości dla powietrza o temp. 20 C,
 $R = 287$ $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{K}}\right]$ - stała gazowa dla powietrza,
 $\chi = 1,4$ - wykładnik adiabaty
 $\rho = 1,2$ $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$ - gęstość powietrza w temperaturze 20 °C.
 $T_{ko} = 293$ $[K]$ - temperatura otoczenia.

Dla przemiany adiabatycznej z równania stanu gazu otrzymamy:

$$\frac{dG}{dt} = \frac{V_k}{\chi R T_{ko}} \frac{d\Delta p_y}{dt} \quad (1)$$

Masowe natężenie przepływu powietrza przez kapilarę (opór) wynosi:

$$Q_1 = Q_k \cdot \rho = \frac{\pi d^4 \rho}{128 \mu l} (p_x - p_y) \quad (2)$$

Przyrosty natężenia przepływu na skutek zmian ciśnienia:

$$\Delta Q_1 = \left(\frac{\delta Q_1}{\delta p_x}\right)_0 \Delta p_x + \left(\frac{\delta Q_1}{\delta p_y}\right)_0 \Delta p_y$$

$$\Delta Q_1 = \frac{\pi d^4 \rho}{128 \mu l} (\Delta p_x - \Delta p_y) \quad (3)$$

Przyrost wagowego natężenia przepływu powietrza powoduje masowy przyrost powietrza w komorze w jednostce czasu i jest mu równy liczbowo, a więc:

$$\frac{d\Delta G}{dt} = \Delta Q_1;$$

$$\frac{V}{\chi R T_{ko}} \frac{d\Delta p_y}{dt} = \frac{\pi d^4 \rho}{128 \mu l} (\Delta p_x - \Delta p_y)$$

Po przekształceniu otrzymamy:

$$\frac{128 \mu l V_k}{\chi R T_{ko} \pi d^4 \rho} \frac{d\Delta p_y}{dt} + \Delta p_y = \Delta p_x$$

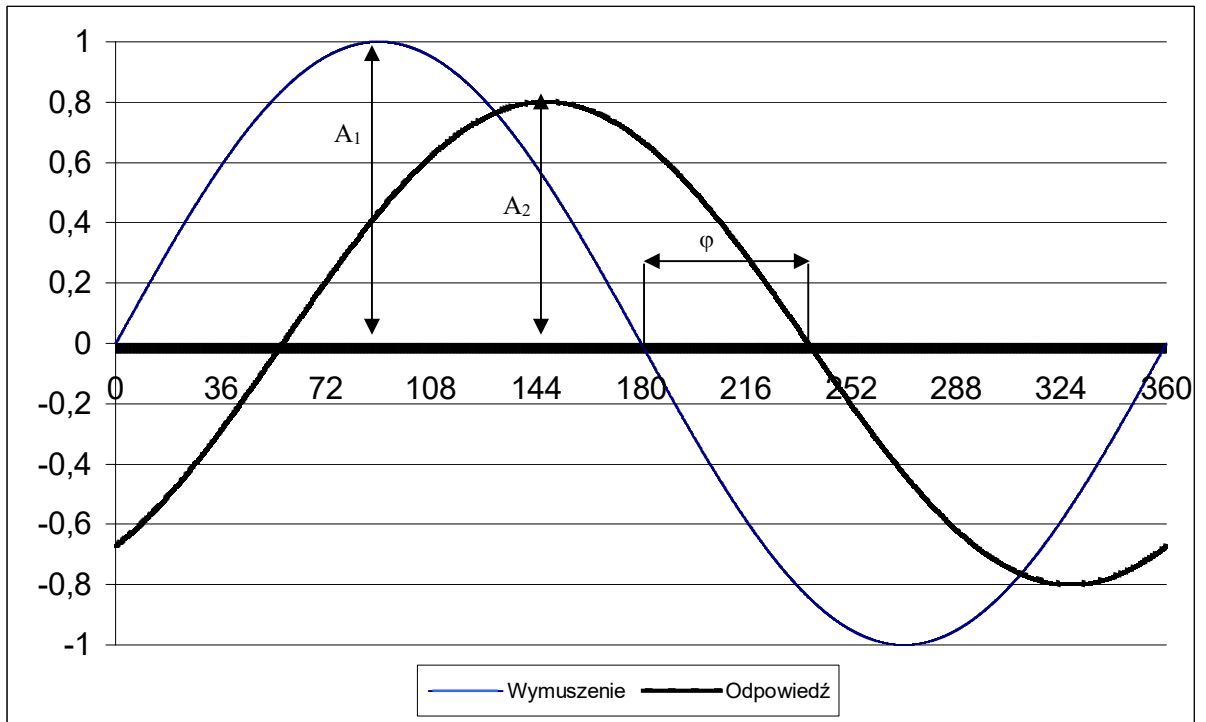
lub równanie ruchu:

$$T \frac{d\Delta p_y}{dt} + \Delta p_y = \Delta p_x \quad (4)$$

gdzie stała czasowa T wynosi:

$$T = \frac{128 \mu l V_k}{\chi R T_{ko} \pi d^4 \rho} \quad (5)$$

Wyznaczenie stałej czasowej T oraz współczynnika wzmocnienia k na podstawie odpowiedzi elementu inercyjnego na wymuszenie sinusoidalne.



Transmitancja widmowa elementu inercyjnego pierwszego rzędu jest następująca:

$$G(j\omega) = \frac{k}{Tj\omega + 1} \quad (6)$$

Część rzeczywistą i urojoną $G(j\omega)$ wyznaczamy mnożąc licznik i mianownik transmitancji przez liczbę zespoloną sprzężoną z mianownikiem, stąd:

$$P(\omega) = \frac{k}{T^2\omega^2 + 1}$$

$$Q(\omega) = \frac{-kT\omega}{T^2\omega^2 + 1} \quad (7)$$

Z uzyskanego podczas ćwiczenia wykresu możemy odczytać wielkość przesunięcia fazowego $\varphi(\omega)$ oraz wielkość modułu $M(\omega)$ dla danej pulsacji ω , który jest równy stosunkowi amplitud:

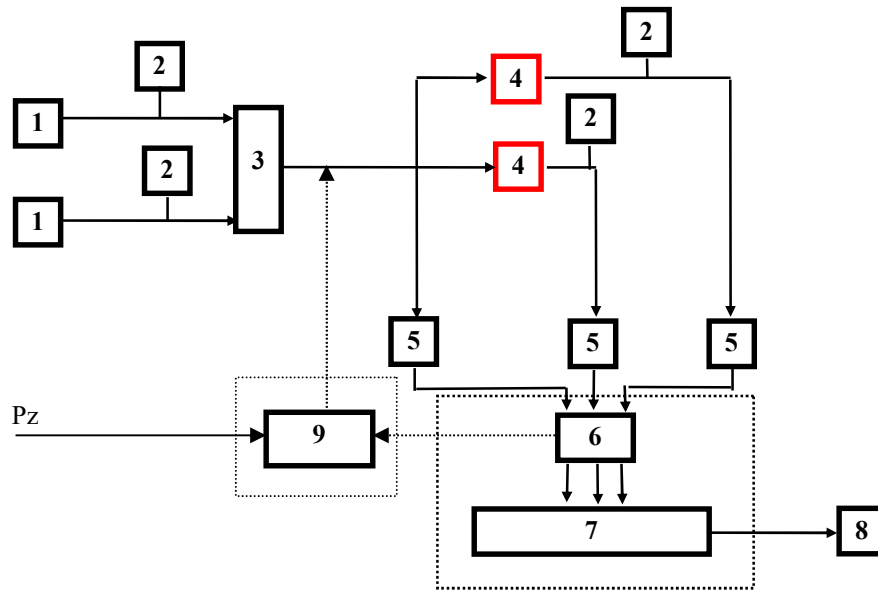
$$M(\omega) = \frac{A_2}{A_1}, \quad (8)$$

Z układu równań (9), po podstawieniu wzorów (7), możemy wyznaczyć wielkość stałej czasowej T oraz współczynnika k .

$$\left\{ \begin{array}{l} M(\omega) = \sqrt{[P(\omega)]^2 + [Q(\omega)]^2} \\ \varphi(\omega) = \arctg \frac{Q(\omega)}{P(\omega)} \end{array} \right\} \quad (9)$$

Stanowisko pomiarowe.

Podczas badania członów inercyjnych korzysta się ze stacji oraz z zestawów laminarnych oporów pneumatycznych i komór. Przy oporach podano średnicę oraz długości zwężki np. $\varnothing 0,39 - 18$, oznacza średnicę zwężki 0,39 mm, długość zwężki 18 mm.



Rys.2. Schemat stanowiska pomiarowego

1 - reduktor ciśnienia, 2 - manometr, 3 - zawór 2-położeniowy 3-drogowy, 4 - badany układ RC, 5 - przetwornik ciśnienia, 6 - karta analogowo-cyfrowa, 7 - komputer, 8 - drukarka, 9 - przetwornik elektro-pneumatyczny,

4. Przebieg ćwiczenia

4.1. Połączyć układ pomiarowy zgodnie z rysunkiem 2.

Uwaga: Dla wymuszeń skokowych połączyć układ jak na rysunku 2 pomijając element 9.

Dla wymuszeń sinusoidalnych nie podłączać elementów 1, 2, i 3.

4.2. Dla danego układu RC podać wymuszenie skokowe na wejściu do układu (wartości wymuszeń poda prowadzący)

4.3. Zarejestrować zmiany ciśnienia wyjściowego p_y

4.4. Powtórzyć punkty 4.2 i 4.3 dla wymuszenia sinusoidalnego

5. Sprawozdanie z ćwiczenia

W sprawozdaniu podać

5.1. Schematy połączeń układów pomiarowych z oznaczeniem elementów wg symboliki znormalizowanej wraz z krótkim opisem przebiegu ćwiczenia.

5.2. Obliczyć odpowiednio stałe ze wzoru 5 dla poszczególnych układów inercyjnych I rzędu z oporami laminarnymi.

5.3. Wydruki z odpowiedziami układów inercyjnych z naniesionymi stałymi czasowymi, wyznaczonymi metodą stycznej.

5.4. Dla wymuszenia sinusoidalnego wyznaczyć parametry: moduł, przesunięcie fazowe i stałą czasową.

5.5. Porównać wyniki otrzymane metodą graficzną z wynikami uzyskanymi metodą analityczną.

5.6. Wnioski.

6. Pytania kontrolne:

1. Rodzaje członów automatyki,
2. Podstawowe elementy potrzebne do budowy członów inercyjnych,
3. Rodzaje wymuszeń.
4. Odpowiedzi elementów inercyjnych na wymuszenia skokowe i sinusoidalne.
5. Różnica pomiędzy odpowiedziami elementów inercyjnych I a wyższego rzędu na wymuszenia skokowe.
6. Transmitancja członu inercyjnego I i wyższego rzędu,
7. Parametry charakteryzujące odpowiedzi elementów inercyjnych na wymuszenia skokowe oraz sposoby ich wyznaczania (stała czasowa, opóźnienie i wzmocnienie),
8. Parametry charakteryzujące odpowiedzi elementów inercyjnych na wymuszenia sinusoidalne oraz sposoby ich wyznaczania (moduł i przesunięcie fazowe)
9. Wpływ oporu i pojemności na stałą czasową elementu inercyjnego.
10. Wpływ stałej czasowej na przebieg odpowiedzi skokowe i sinusoidalne.
11. Wpływ częstotliwości wymuszenia sinusoidalnego na moduł i przesunięcie fazowe odpowiedzi względem wymuszenia.