



Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych
Politechnika Poznańska

ul. Jana Pawła II 24 60-965 POZNAŃ
(budynek Centrum Mechatroniki, Biomechaniki i Nanoinżynierii)
www.zmisp.mt.put.poznan.pl tel. +48 61 665 35 70 fax +48 61 665 35 95

WYZNACZENIE CHARAKTERYSTYK DYNAMICZNYCH PRZETWORNIKÓW POMIAROWYCH

POZNAŃ 2015

1. CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z podstawowymi pojęciami z obszaru miernictwa dynamicznego, takimi jak: model matematyczny przetwornika, transmitancja, charakterystyki częstotliwościowe itp. Ponadto z metodyką tworzenia równań dynamiki oraz zastosowaniem metody najmniejszych kwadratów do wyznaczenia nieznanych wartości współczynników tych równań. Szczególną uwagę zwrócono na praktyczne wykorzystanie informacji zawartych w przebiegu charakterystyk amplitudowo - częstotliwościowych.

W ćwiczeniu zostanie wyznaczona charakterystyka amplitudowo – częstotliwościowa miernika magnetoelektrycznego. Miernik stanowi urządzenie wskazujące zmianę promienia wirującego mimośrodowo mierzonego czujnikiem indukcyjnościowym. Dysponując charakterystyką amplitudowo – częstotliwościową i przyjmując dopuszczalny spadek (lub wzrost) amplitudy o $\Delta = 5\%$ należy wyznaczyć częstotliwość graniczną $f_{0,05}$ i w ten sposób określić użyteczny zakres pracy w dziedzinie częstotliwości. Ponadto należy podać częstotliwość ω_R i wartość szczytu rezonansowego M_p .

2. ZAKRES OBOWIĄZUJĄCEGO MATERIAŁU

- definicja przetwornika [2, 3, 4, 5],
- klasyfikacja przetworników [3, 4, 5],
- definicja indukcyjnościowego przetwornika długości [3, 4],
- zasada działania indukcyjnościowego przetwornika długości [3, 4],
- model matematyczny przetwornika zerowego, pierwszego i drugiego rzędu [3, 4, 5],
- transmitancje operatorowa i widmowa [3, 4, 5],
- charakterystyka częstotliwościowa przetwornika zerowego, pierwszego i drugiego rzędu [3, 4, 5],
- metody linearyzacji charakterystyk [1, 2].

3. LITERATURA

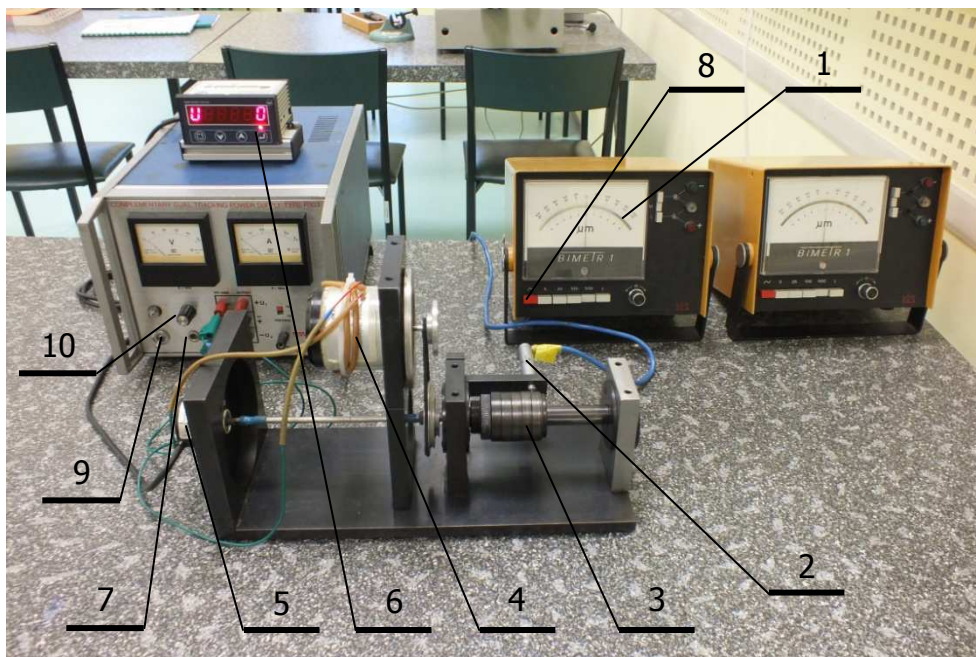
1. Adamczak S., Makiela W., Podstawy metrologii i inżynierii jakości dla mechaników, Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, Warszawa, 2010, str. 75 – 82.
2. Hagel R., Miernictwo dynamiczne, Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, Warszawa, 1979, str. 15 – 19, 24 - 30.
3. Miłek M., Pomiar. Metrologia elektryczna wielkości nieelektrycznych, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra, 2006, str. 13 – 25, 38 – 51, 56 – 57.
4. Grzelka J., Mazur E., Gruca M., Tutak W., Miernictwo i systemy pomiarowe - Laboratorium, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2004, str. 47 – 59, 61 – 74.
5. http://www.plan-rozwoju.pcz.pl/wyklady/mechatronika/Miernictwo_i_systemy_pomiarowe.pdf, dostęp 29.10.2014, str. 40 – 73.

6. OPIS STANOWISKA

W skład stanowiska do wyznaczania charakterystyki amplitudowo – częstotliwościowej wchodzi (rys.1):

1. Wskaźnik magnetoelektryczny BIMETR – wskazujący przemieszczenie w μm trzpienia pomiarowego indukcyjnościowego przetwornika długości (1),

2. Przetwornik indukcyjnościowy długości (2) – mierzący bieżącą zmianę promienia mimośrodu (3),
3. Mimośród (3),
4. Silnik napędu mimośrodu (4),
5. Przetwornik obrotowo – impulsowy MOK40 2048/5/BZ/N (5),
6. Programowalny licznik impulsów MD150E – wskazujący wartość częstotliwości w Hz (6),
7. Zasilacz typ P303 (7),



Rys.1 Stanowisko do wyznaczenia charakterystyki amplitudowo – częstotliwościowej miernika magnetoelektrycznego

7. ZADANIA DO WYKONANIA

ZADANIE 1. Wyznaczenie charakterystyki amplitudowo – częstotliwościowej przetwornika (miernika) magnetoelektrycznego (zależność amplitudy wychylenia wskazówki x_{0i} od częstotliwości f_i przy stałej amplitudzie wymuszenia $x_{0i} = q$)

Czynności:

- a) włączyć zasilanie urządzenia BIMETR (1) przyciskiem (8),
UWAGA: wciśnięty przycisk zakresu pomiarowego urządzenia BIMETR (1) – wartość 500,
- b) włączyć zasilanie zasilacza P303 (7) przełącznikiem (9),
- c) sprawdzić czy pokrętko potencjometru (10) zasilacza (7) znajduje się w skrajnym lewym położeniu.

ZADANIE 1.1. Pomiar wskazówki w stanie statycznym

Czynności:

- a) obrócić powoli mimośród (3) o kąt 360° ,

- b) odczytać wartości q'_{\max} (ze znakiem "+") i q'_{\min} (ze znakiem "-") maksymalnego (prawostronnego) i minimalnego (lewostronnego) statycznego wychylenia wskazówki urządzenia BIMETR (1),
 c) obliczyć amplitudę q (wzór 1.1),

$$q = q'_{\max} - q'_{\min} \quad (1.1)$$

- d) wpisać wartości q'_{\max} , q'_{\min} oraz q w odpowiednie miejsce sprawozdania.

ZADANIE 1.2. Pomiar wychyleń wskazówki w stanie dynamicznym

Czynności:

- a) obracając pokrętkę potencjometru (10) zwiększać stopniowo napięcie zasilające silnik (4). Częstotliwość obrotów odczytywana jest na wyświetlaczu licznika impulsów MD150E (6),

UWAGA: Przyjąć następujące częstotliwości wymuszeń $f_i = 0,1; 0,2... 2,0$ [Hz].

- b) dla przyjętych częstotliwości f_i odczytać z miernika (1) minimalne wychylenie wskazówki $x'_{i\min}$ oraz maksymalne wychylenie wskazówki $x'_{i\max}$,
 c) wartości wpisać do tablicy 1 (kolumna 3 i 4),
 d) obliczyć amplitudy x_{0i} (wzór 1.2) (kolumna 5),

$$x_{0i} = x'_{i\max} - x'_{i\min} \quad (1.2)$$

- e) wykonać obliczenia:

- X_i [$1/s^2$] (wzór 1.3) (kolumna 5),

$$X_i = \bar{\omega}^2 \quad (1.3)$$

gdzie:

$$\bar{\omega} = 2\pi f_i \quad (1.4)$$

- Y_i (wzór 1.5) (kolumna 6),

$$Y_i = \frac{q^2}{x_{0i}^2} \quad (1.5)$$

UWAGA: Powyższe wielkości zostały wyznaczone na podstawie przekształcenia równania opisującego amplitudę drgań:

$$x_0 = \frac{\omega_0^2 q}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\rho^2 \omega^2}}$$

Dopasowując otrzymane wyniki charakterystyki częstotliwościowej do ostatniego wyrażenia metodą najmniejszych kwadratów określamy parametry układu ω_0 i ρ . W tym celu przekształcamy powyższe równanie do postaci:

$$\begin{aligned} (\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\rho^2 \omega^2 &= \frac{q^2 \omega_0^4}{x_0^2} \\ \frac{1}{\omega_0^4} \omega^4 + \frac{4\rho - 2\omega_0^2}{\omega_0^4} \omega^2 + 1 &= \frac{q^2}{x_0^2} \end{aligned}$$

ZADANIE 1.3. Obliczenia pomocnicze

Czynności:

- a) obliczyć sumy $\sum_{i=1}^{20} X_i$, $\sum_{i=1}^{20} X_i^2$, $\sum_{i=1}^{20} X_i^3$, $\sum_{i=1}^{20} X_i^4$, $\sum_{i=1}^{20} X_i Y_i$, $\sum_{i=1}^{20} X_i^2 Y_i$. Obliczone wartości wpisać w odpowiednie miejsce w sprawozdaniu,
- b) na podstawie układu równań z obliczyć współczynniki a_1 i a_2 (wzór 1.6). Obliczone wartości wpisać w odpowiednie miejsce w sprawozdaniu.

$$\begin{cases} a_1 \sum_{i=1}^{20} X_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^{20} X_i^3 = \sum_{i=1}^{20} X_i Y_i - \sum_{i=1}^{20} X_i \\ a_1 \sum_{i=1}^{20} X_i^3 + a_2 \sum_{i=1}^{20} X_i^4 = \sum_{i=1}^{20} X_i^2 Y_i - \sum_{i=1}^{20} X_i^2 \end{cases} \quad (1.6)$$

ZADANIE 2. Obliczenie parametrów dynamicznych

Czynności:

- a) obliczyć częstotliwość własną układu ω_0 (wzór 1.7),

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt[4]{a_2}} \quad (1.7)$$

- b) obliczyć współczynnik tłumienia ρ (wzór 1.8),

$$\rho = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{a_1 + 2\sqrt{a_2}}{a_2}} \quad (1.8)$$

- c) obliczyć częstotliwość f_0 (wzór 1.9),

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} \quad (1.9)$$

- d) obliczyć tłumienie względne ζ (wzór 2.0),

$$\zeta = \frac{\rho}{\omega_0} \quad (2.0)$$

- e) obliczone parametry dynamiczne ω_0 , ρ , f_0 , ζ wpisać do sprawozdania.

ZADANIE 3. Wyznaczenie górnej częstotliwości granicznej $f_{0,95}$ ($f_{1,05}$), dla której błąd przetwarzania amplitudy nie przekracza $\pm 5\%$

Czynności:

- a) obliczyć częstotliwość graniczną $f_{1,05}$ dla $k = 1,05$ (wzór 2.1),

$$f_{1,05} = f_0 \sqrt{(1 - 2\zeta^2) - \sqrt{(1 - 2\zeta^2)^2 - \left(1 - \frac{1}{k^2}\right)}} \quad (2.1)$$

b) obliczyć częstotliwość graniczną $f_{0,95}$ dla $k = 0,95$ (wzór 2.2),

$$f_{0,95} = f_0 \sqrt{(1 - 2\zeta^2) - \sqrt{(1 - 2\zeta^2)^2 - \left(1 - \frac{1}{k^2}\right)}} \quad (2.2)$$

c) obliczone parametry $f_{0,05}$ dla $k = 1,05$ oraz $f_{0,95}$ dla $k = 0,95$, wpisać do sprawozdania.

UWAGA: Najpierw obliczamy parametr $f_{1,05}$ dla $k = 1,05$ i jeżeli wyrażenia podpierwiastkowe są dodatnie stanowi to ostateczną odpowiedź. Jeżeli nie, odpowiedzią będzie parametr $f_{0,95}$ dla $k = 0,95$; $f_{0,05} = \min\{f_{0,95}, f_{1,05}\}$.

ZADANIE 4. Wyznaczenie wartości szczytu rezonansowego M_p i częstotliwości rezonansowej ω_R

UWAGA: Obliczenia wartości szczytu rezonansowego M_p i częstotliwości rezonansowej ω_R wykonujemy jeżeli $\zeta < \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$.

Czynności:

a) obliczyć wartość szczytu rezonansowego M_p (wzór 2.3),

$$M_p = \frac{|G(\varpi_R)|}{|G(\varpi)|} = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}} \quad (2.3)$$

b) obliczyć częstotliwość rezonansową ω_R (wzór 2.4),

$$\varpi_R = \varpi_0 \sqrt{1-2\zeta^2} \quad (2.4)$$

c) obliczone parametry M_p oraz ω_R wpisać do sprawozdania.

ZADANIE 5. Interpretacja graficzna

Czynności:

a) narysować charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową przetwornika (miernika) magnetoelektrycznego,

b) wykreślić $0,95q$ i $1,05q$ – zaznaczyć na wykresie i odczytać częstotliwość $f_{0,95}$ i $f_{1,05}$.

WNIOSKI

POLITECHNIKA POZNAŃSKA Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych (Imię i nazwisko)		
	Wydział.....Kierunek.....Grupa		
Laboratorium podstaw metrologii	Rok studiów SemestrRok akad. /.....		
	Data wykonania ćw.	Data oddania ćw.	Ocena
TEMAT: Wyznaczenie charakterystyk dynamicznych przetworników pomiarowych			

ZADANIE 1. Wyznaczenie charakterystyki amplitudowo – częstotliwościowej przetwornika (miernika) magnetoelektrycznego

ZADANIE 1.1. Pomiar wskazówki w stanie statycznym

$$q'_{\max} = 370 \mu\text{m}$$

$$q'_{\min} = -310 \mu\text{m}$$

$$q = q'_{\max} - q'_{\min} = 680 \mu\text{m}$$

ZADANIE 1.2. Pomiar wychyleń wskazówki w stanie dynamicznym

Tablica 1. Wyniki pomiarów i obliczeń współrzędnych charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej

Lp.	f_i [Hz]	$x'_{i \max}$ [μm]	$x'_{i \min}$ [μm]	x_{0i} [μm]	X_i [$1/\text{s}^2$]	Y_i [-]
	1	2	3	4	5	6
1	0,1	372	-310	682	0,395	0,994
2	0,2	380	-320	700	1,579	0,944
3	0,3	400	-330	730	3,553	0,868
4	0,4	430	-370	800	6,317	0,723
5	0,5	450	-390	840	9,870	0,655
6	0,6	480	-420	900	14,212	0,571
7	0,7	500	-430	930	19,344	0,535
8	0,8	480	-410	890	25,266	0,584
9	0,9	430	-370	800	31,978	0,723
10	1,0	370	-300	670	39,478	1,030
11	1,1	310	-250	560	47,769	1,474
12	1,2	260	-190	450	56,849	2,283
13	1,3	210	-150	360	66,719	3,568
14	1,4	190	-130	320	77,378	4,516
15	1,5	160	-100	260	88,826	6,840
16	1,6	140	-80	220	101,065	9,554
17	1,7	130	-60	190	114,093	12,809
18	1,8	110	-50	160	127,910	18,063
19	1,9	100	-40	140	142,517	23,592
20	2,0	90	-30	120	157,914	32,111

ZADANIE 1.3. Obliczenia pomocnicze

$$\sum_{i=1}^{20} X_i = 1133,03$$

$$\sum_{i=1}^{20} X_i^2 = 112630,78$$

$$\sum_{i=1}^{20} X_i^3 = 13318289,70$$

$$\sum_{i=1}^{20} X_i^4 = 1713479451,70$$

$$\sum_{i=1}^{20} X_i Y_i = 14678,61$$

$$\sum_{i=1}^{20} X_i^2 Y_i = 1950531,58$$

$$a_1 = -0,08119$$

$$a_2 = 0,00170$$

ZADANIE 2. Obliczenie parametrów dynamicznych

częstotliwość własna układu $\omega_0 = 4,922$ [rad/s]

współczynnik tłumienia $\rho = 0,447$ [1/s]

częstotliwość $f_0 = 0,783$ [Hz]

tłumienie względne $\zeta = 0,091$

ZADANIE 3. Wyznaczenie górnej częstotliwości granicznej $f_{0,95}$ ($f_{1,05}$), dla której błąd przetwarzania amplitudy nie przekracza $\pm 5\%$

$$f_{0,95} = 0,172$$
 [Hz]

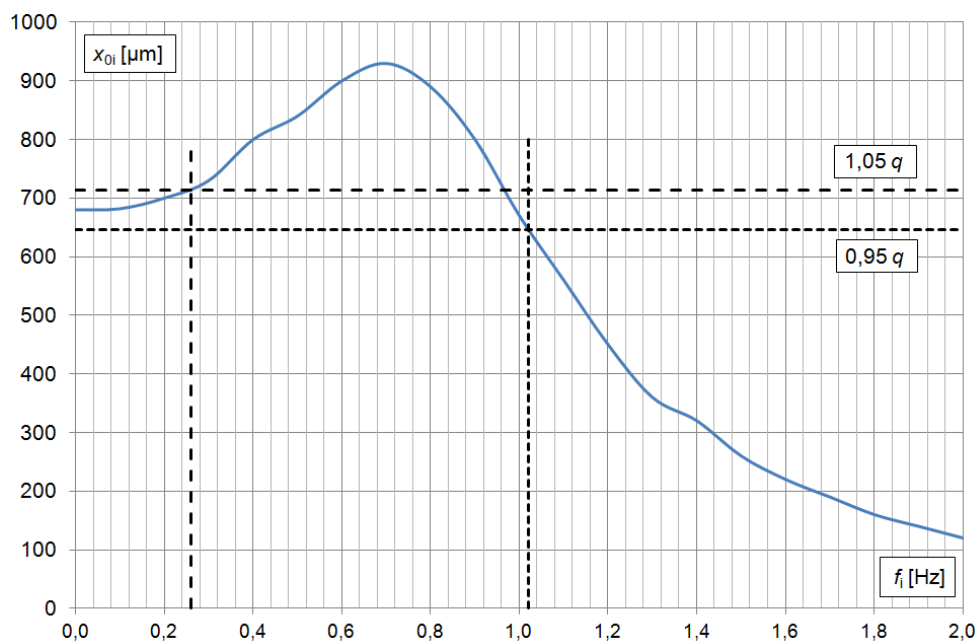
$$f_{1,05} = 1,114$$
 [Hz]

ZADANIE 4. Wyznaczenie wartości szczytu rezonansowego M_p i częstotliwości rezonansowej ω_R

wartość szczytu rezonansowego $M_p = 5,524$

częstotliwość rezonansowa układu $\omega_R = 4,881$ [1/s]

ZADANIE 5. Interpretacja graficzna



Rys.1. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościową przetwornika (miernika) magnetoelektrycznego

Wnioski

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....