

**WAT – WYDZIAŁ ELEKTRONIKI**  
**INSTYTUT SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH**

Przedmiot: **CZUJNIKI I PRZETWORNIKI**  
Ćwiczenie nr 5  
PROTOKÓŁ / SPRAWOZDANIE

**Temat: Przetworniki piezoelektryczne**  
/POMIARY DRGAŃ/

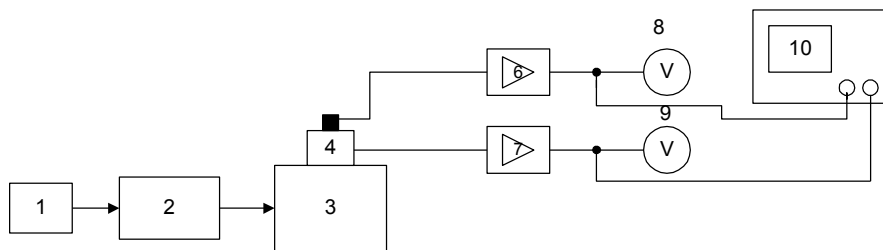
Grupa: ..... 1. .... 2. .... 3. .... 4. ....	Data wykonania ćwiczenia: .....
	Data oddania sprawozdania: .....
	Ocena: .....
	Prowadzący: .....

Uwagi prowadzącego ćwiczenie:

**Cel ćwiczenia:**

Celem ćwiczenia jest zapoznanie ze specyfiką wykonywania pomiarów drgań, wykorzystywanym do tego celu oprzyrządowaniem pomiarowym oraz procedurami sprawdzeń przetworników piezoelektrycznych.

## 1. WPROWADZENIE



Układ pomiarowy wykorzystywany w ćwiczeniu: 1 – generator, 2 – wzmacniacz mocy, 3 – wzbudnik drgań, 4 – akcelerometr kontrolny, 5 – akcelerometr badany, 6 i 7 – wzmacniacze pomiarowe, 8 i 9 – woltomierze, 10 – oscyloskop dwukanałowy.

### Podstawy teoretyczne wyznaczania czułości znamionowej

**Metoda 1.** Czułość znamionową badanego przetwornika z *wyjściem ładunkowym* wyznaczyć można poddając go wspólnie z przetwornikiem kontrolnym jednakowemu przyspieszeniu  $a$ . Zachodzi wówczas:

$$a = \frac{q_k}{S_k} = \frac{q_b}{S_b}, \quad (1)$$

gdzie:  $S_k, S_b$  – czułości przetwornika kontrolnego i badanego,  
 $q_k, q_b$  – ładunki wygenerowane przez przetworniki.

Wartość ładunków  $q_k$  i  $q_b$  wyznaczyć można korzystając z zależności:

$$q = \frac{S_{kal} \cdot U_{wy}}{K}, \quad (2)$$

gdzie:  $U_{wy}$  – napięcie na wejściu wzmacniacza współpracującego z przetwornikiem,  
 $S_{kal}$  – czułość znamionowa przetwornika, odczytana ze świadectwa kalibracji i deklarowana w menu „**TransducerSet-up**” wzmacniacza „NEXUS”,  
 $K$  – wzmacnienie w [V/ms<sup>-2</sup>].

Ustalając  $S_{k_{kal}} = S_{b_{kal}} = S_k$  otrzymuje się, że:

$$S_b = S_k \cdot \frac{U_{wyb}}{U_{wyk}} \cdot \frac{K_k}{K_b}, \quad (3)$$

gdzie  $K_k, K_b$  – wzmacnienia w torach przetwornika kontrolnego i badanego.

Czułość znamionową dla przetworników z *wyjściem napięciowym* wyznaczyć można w oparciu o zależność:

$$S_b = \frac{U}{a}, \quad (4)$$

gdzie:  $U$  – napięcie wyjściowe przedwzmacniacza przetwornika badanego,  
 $a$  – wartość przyspieszenia.

**Metoda 2.** Drugim prostszym, choć mniej dokładnym sposobem wyznaczania czułości znamionowej, jest sprowadzenie wskazania woltomierza przyłączonego do toru badanego – za pomocą deklarowanej we wzmacniaczu czułości przetwornika badanego – do wartości odczytanej w torze kontrolnym i przez to bezpośrednie określenie poszukiwanej czułości. Przed przystąpieniem do tej czynności należy jednak ustalić wartość przyspieszenia drgań.

## 2. BADANIE WPŁYWU DŁUGOŚCI PRZEWODU ŁĄCZĄCEGO NA CZUŁOŚĆ AKCELEROMETRU (METODA 2)

Warunki pomiaru:

- częstotliwość drgań **159.2Hz**,
- przyspieszenie **20ms<sup>-2</sup>**,
- nastawy filtrów wzmacniacza „NEXUS” **f<sub>d</sub>=10Hz, f<sub>g</sub>=1 kHz**.

**Tabela 1a**

akcelerometr z wyjściem ładunkowym (KB-10) + wzmacniacz napięcia ( V )			
L[m]	1	2	3
S <sub>b</sub> [mV/ms <sup>-2</sup> ]			

**Uwaga:** akcelerometr KB-10 montować na akcelerometrze 8305 za pomocą wosku.

**Tabela 1b**

akcelerometr z wyjściem ładunkowym (4375) + wzmacniacz ładunku (▲)			
L[m]	1	2	3
S <sub>b</sub> [pC/ms <sup>-2</sup> ]			

**Uwaga:** akcelerometr 4375 montować na akcelerometrze 8305 za pomocą śruby.

**Tabela 1c**

akcelerometr z wyjściem napięciowym (4508) + wzmacniacz napięcia – technologia DeltaTron <sup>®</sup> (Δ)			
L[m]	1	2	3
S <sub>b</sub> [mV/ms <sup>-2</sup> ]			

**Uwaga:** akcelerometr 4508 montować na akcelerometrze 8305 za pomocą wosku.

## 3. BADANIE WŁASNOŚCI UNIGAIN<sup>®</sup> (METODA 1)

Warunki pomiaru dla charakterystyk częstotliwościowych:

- przyspieszenie **10ms<sup>-2</sup>**,
- nastawy filtrów wzmacniacza „NEXUS” **f<sub>d</sub>=10Hz, f<sub>g</sub>=22 kHz**

**Tabela 2a** – charakterystyki częstotliwościowe przy czułości znamionowej S<sub>n</sub> = .....

f [kHz]	0.1	0.25	0.5	0.75	1	2.5	5	7.5	10
Akcelerometr 4375 nr.....									
U <sub>k</sub> [V]									
U <sub>b</sub> [V]									
K <sub>k</sub> [mV/ms <sup>-2</sup> ]									
K <sub>b</sub> [mV/ms <sup>-2</sup> ]									
S <sub>b1</sub> [pC/ms <sup>-2</sup> ]									

$f$ [kHz]	0.1	0.25	0.5	0.75	1	2.5	5	7.5	10
Akcelerometr 4375 nr.....									
$U_k$ [V]									
$U_b$ [V]									
$K_k$ [mV/ms <sup>-2</sup> ]									
$K_b$ [mV/ms <sup>-2</sup> ]									
$S_{b2}$ [pC/ms <sup>-2</sup> ]									
$\Delta f$ [%]									

### Definicje:

- *charakterystyka częstotliwościowa* przetwornika jest to zależność wyznaczonej czułości przetwornika od częstotliwości sygnału wejściowego przy stałej wartości tego sygnału,
- *błąd względny charakterystyki częstotliwościowej* przetwornika jest to różnica między czułością wyznaczoną dla wybranej częstotliwości sygnału wejściowego a czułością znamionową w stosunku do tej czułości znamionowej,

### Polecenie

- wyznaczyć  $S_{b1}$  i  $S_{b2}$  zgodnie z (3) i narysować charakterystyki częstotliwościowe obu akcelerometrów przy założeniu, że czułość akcelerometru kontrolnego 8305 wynosi 0,126pC/ms<sup>-2</sup>,
- narysować charakterystyki błędu względnej charakterystyki,
- wyznaczyć odchyłki  $\Delta f$ :

$$\Delta f = \frac{S_{b1} - S_{b2}}{S_{b1}} \cdot 100\%$$

i wykreślić je w funkcji częstotliwości,

- wyciągnąć i zapisać wnioski.

Warunki pomiaru dla charakterystyk przetwarzania:

- częstotliwość drgań **159.2Hz**,
- nastawy filtrów wzmacniacza „NEXUS”  $f_d=10\text{Hz}$ ,  $f_g=1\text{kHz}$

**Tabela 2b** – charakterystyki przetwarzania przy czułości znamionowej  $S_n = \dots\dots\dots$

$a$ [ms <sup>-2</sup> ]	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Akcelerometr 4375 nr.....										
$U_k$ [V]										
$U_b$ [V]										
$K_k$ [mV/ms <sup>-2</sup> ]										
$K_b$ [mV/ms <sup>-2</sup> ]										
$S_{b1}$ [pC/ms <sup>-2</sup> ]										

$a$ [ $\text{ms}^{-2}$ ]	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Akcelerometr 4375 nr.....										
$U_k$ [V]										
$U_b$ [V]										
$K_k$ [mV/ $\text{ms}^{-2}$ ]										
$K_b$ [mV/ $\text{ms}^{-2}$ ]										
$S_{b2}$ [pC/ $\text{ms}^{-2}$ ]										
$\Delta p$ [%]										

### Definicje:

- *charakterystyka przetwarzania* przetwornika jest to zależność wyznaczonej czułości przetwornika od wartości sygnału wejściowego przy stałej częstotliwości tego sygnału,
- *błąd względny charakterystyki przetwarzania* jest to różnica między czułością wyznaczoną dla wybranej wartości sygnału wejściowego a czułością znamionową w stosunku do tej czułości znamionowej.

### Polecenie

- wyznaczyć  $S_{b1}$  i  $S_{b2}$  zgodnie z (3) i narysować charakterystyki przetwarzania obu akcelerometrów przy założeniu, że czułość akcelerometru kontrolnego 8305 wynosi  $0,126\text{pC}/\text{ms}^{-2}$ ,
- narysować charakterystyki błędu względnego charakterystyki,
- wyznaczyć odchyłki  $\Delta p$ :

$$\Delta p = \frac{S_{b1} - S_{b2}}{S_{b1}} \cdot 100\%$$

i wykreślić je w funkcji przyspieszenia,

- zapisać wnioski.

## 4. BADANIE WPŁYWU SPOSOBU MOCOWANIA AKCELEROMETRU NA CHARAKTERYSTYKĘ CZĘSTOTLIWOŚCIOWĄ (METODA 1)

Wykorzystując zależność (3) wyznaczyć charakterystyki częstotliwościowe akcelerometru 4375 przy mocowaniu do akcelerometru kontrolnego za pomocą wosku i za pomocą magnesu. Wynik zapisać w tabelach 3a i 3b.

Przyjąć następujące warunki pomiarów:

- przyspieszenie  $10\text{ms}^{-2}$ ,
- nastawy filtrów wzmacniacza „NEXUS”:  $f_d=10\text{Hz}$ ,  $f_g=22\text{kHz}$
- czułość znamionowa z karty katalogowej  $S_n = \dots\dots\dots$

### **Wskazówka**

Celem ułatwienia obliczeń czułości zapewnić stałe wzmocnienia  $K_b=K_k=10\text{mV/ms}^{-2}$ . Należy wówczas utrzymywać  $U_k \cong 100\text{mV}$ .

**Tabela 3b** – mocowanie za pomocą magnesu

$f$ [kHz]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_k$ [V]										
$U_b$ [V]										
$S_b$ [pC/ms <sup>-2</sup> ]										
$S_b / S_n$ [dB]										

**Tabela 3a** – mocowanie za pomocą wosku

$f$ [kHz]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_k$ [V]										
$U_b$ [V]										
$S_b$ [pC/ms <sup>-2</sup> ]										
$S_b / S_n$ [dB]										

### **Polecenie:**

- wyznaczyć  $S_b$  zgodnie z (3),
- wyznaczyć stosunek  $S_b/S_n$  [dB], gdzie  $S_n$  jest czułością znamionową i wykreślić jego zależność od częstotliwości,
- zapisać wnioski.