

Uniwersytet Zielonogórski WEiIT	Imię i nazwisko	Grupa lab.	Nr ćwicz. 6	Ocena
<b>Laboratorium techniki eksperymentu</b>				
Temat ćwiczenia: Pomiar prędkości obrotowej Pomiary sił		Data wyk.	Data odd.	Podpis

## 1. Cel ćwiczenia

- a) Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z najczęściej stosowanymi w praktyce przetwornikami prędkości obrotowej, ich zasadami działania i właściwościami. W części praktycznej ćwiczenia wykonywany jest eksperyment, którego celem jest wyznaczenie zależności prędkości obrotowej silnika elektrycznego od napięcia zasilającego.
- b) Celem ćwiczenia jest poznanie budowy, zasady działania i właściwości metrologicznych tensometrycznego przetwornika siły.

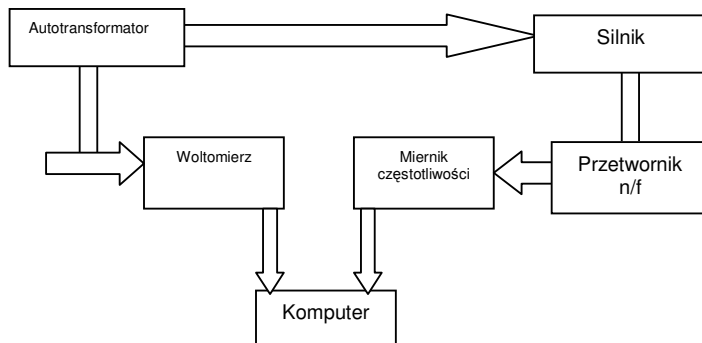
## 2. Wykaz aparatury

Multimetr Metex M-3860D x 2  
Makieta do pomiaru prędkości obrotowej Typ PD18  
Autotransformator METREL HSN 0103  
Silnik elektryczny firmy METROL  
Zasilacz typ LPS 304 firmy AMREL  
Opornik dekadowy  
Belka z tensometrami  
Komputer

## 3. Program ćwiczenia

### 3.1. Pomiar prędkości obrotowej silnika.

#### 3.1.1. Schemat układu pomiarowego.



### 3.1.2 Tabele wyników pomiarów i obliczeń

Napięcie [V]	Częstotliwość [kHz]	Napięcie [V]	Częstotliwość [kHz]
220,6	0,135	120,0	0,116
220,5	0,134	120,0	0,116
219,7	0,134	119,9	0,116
218,6	0,134	100,6	0,107
219,2	0,134	100,6	0,107
200,2	0,133	100,6	0,108
200,4	0,132	100,9	0,108
200,1	0,133	100,9	0,108
199,3	0,132	079,9	0,093
199,4	0,132	080,1	0,093
180,9	0,130	080,1	0,094
180,2	0,129	079,8	0,093
181,1	0,130	079,9	0,093
181,1	0,130	059,8	0,070
180,5	0,130	060,0	0,071
160,6	0,126	060,0	0,071
160,4	0,127	060,0	0,070
160,8	0,127	060,0	0,071
160,9	0,127	039,8	0,028
160,7	0,126	040,0	0,028
140,6	0,122	040,1	0,029
140,2	0,123	040,0	0,027
140,0	0,122	040,0	0,030
140,5	0,122	30,24	0,008
140,5	0,122	30,18	0,009
120,2	0,116	30,17	0,006
120,1	0,116	30,29	0,007
220,6	0,135	30,27	0,007

Tabela wartości uśrednionych i obliczeń

Napięcie [V]	Częstotliwość [kHz]	Prędkość obrotowa [obr/min]
219,72	0,1342	1647,9
199,88	0,1324	1499,1
180,76	0,1298	1355,7
160,68	0,1266	1205,1
140,36	0,1222	1052,7
136,8	0,119167	1026
100,72	0,1076	755,4
79,96	0,0932	599,7
59,96	0,0706	449,7
39,98	0,0284	299,85
30,22	0,0075	226,65

### 3.1.3 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Wartość średnią wyznaczyliśmy ze wzoru:

$$U_{sr} = (U_1 + \dots + U_5) / 5$$

Przykład:

$$U_{sr} = (220,6 + \dots + 219,2) / 5 = 219,72 \text{ [V]}$$

Wartość średnią częstotliwości obliczyliśmy analogicznie.

Do obliczenia prędkości obrotowej  $\omega$  [obr/min] użyliśmy wzoru:

$$\omega = \frac{f}{n} * 60, \text{ gdzie}$$

f – częstotliwość w Hz

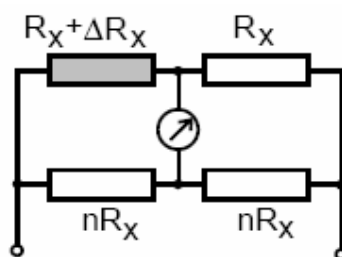
n – ilość impulsów (tarcz obrotowa ma 4 „zęby”)

Przykład obliczeń (dla przetwornika indukcyjnościowego)

$$\omega = \frac{219,72}{8} * 60 = 1647,9 \text{ obr/min}$$

## 3.2 Pomiary siły w układzie ćwierćmostka.

### 3.2.1 Schemat układu pomiarowego.



### 3.2.2 Tabele wyników pomiarów .

Napięcie [mV]	Ugięcie [mm]	Napięcie z fun. [mV]	Błąd nieliniowości [%]	Siła [N]
0	0	0,0	1,6	0,7
0	0,5	0,0	-3,4	0,7
0,1	1	0,1	-1,5	1,2
0,2	1,5	0,2	0,4	1,7
0,3	2	0,3	2,3	2,2
0,3	2,5	0,3	-2,7	2,2
0,4	3	0,4	-0,9	2,7
0,5	3,5	0,5	1,0	3,2
0,6	4	0,6	2,9	3,7
0,65	4,5	0,6	1,4	4,0
0,7	5	0,7	-0,2	4,2
0,8	5,5	0,8	1,7	4,8
0,9	6	0,8	3,6	5,3
0,9	6,5	0,9	-1,4	5,3
1	7	1,0	0,5	5,8
1	7,5	1,1	-4,5	5,8
1,1	8	1,1	-2,6	6,3
1,2	8,5	1,2	-0,7	6,8
1,3	9	1,3	1,2	7,3
1,4	9,5	1,4	3,1	7,8
1,4	10	1,4	-1,9	7,8

Cieżarek	Napięcie[mV]	Ugięcie[mm]	Siła [N]
G1	0,9	7,8	5,3
G2	1,2	9,8	6,8
G3	1,5	11,9	8,3

Tabela 3. Wyniki pomiarów dla wymuszenia za pomocą ciężarków.

Czułość mostka wyniosła:  $S = \frac{dU_{most.}}{df} = 0,1451$  gdzie:

$U_{most.}$  – napięcie mostka,

$f$ - przemieszczenie belki,

$U = 0,1451 * ugięcie - 0,0229$  funkcja opisująca zależność napięcia od ugięcia

### 3.2.3 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Napięcie z funkcji wyznaczyliśmy za pomocą równania modelu:

$$Y = 0,1451 * ugięcie - 0,0229$$

Ugięcie z funkcji wyznaczyliśmy za pomocą równania modelu:

$$Ugięcie = \frac{Y + 0,0229}{0,1451}$$

Przykład obliczeń:

$$Y = 0,1451 \cdot 0 - 0,0229 = -0,0229 \text{ [mV]}$$

$$U_{\text{gięcie}} = (Y + 1451) / 0,0229 = 7,8 \text{ [mm]}$$

Do obliczenia błędu nieliniowości wykorzystaliśmy wzór:

$$\delta = \frac{U_f - U_z}{\text{zakres}} * 100\%$$

Przykład obliczeń:

$$\delta = \frac{-0,0229 + 0}{0,1451} * 100\% = 1,6 \text{ [%]}$$

Siłę obliczyliśmy wg wzoru:

$$F = \frac{bh^3 E}{4l_0^3} f(U_{CD}) \text{ ,gdzie}$$

$l_0 = 0.235\text{m}$ . - długość belki

$b = 0.01\text{m}$ . - szerokość belki

$h = 0.0032\text{m}$ . - grubość belki

$E = 1.1 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$  - moduł Younga dla stali

$f(U_{CD})$  - wartość strzałki ugięcia wyznaczona na podstawie charakterystyki  $U_{CD} = f(f)$

Wartość strzałki ugięcia wyznaczaliśmy ze wzoru:

$$Y = 7,2343 \cdot U + 1,054 \quad U - \text{napięcie mierzone}$$

Przykład obliczeń ugięcia strzałki:

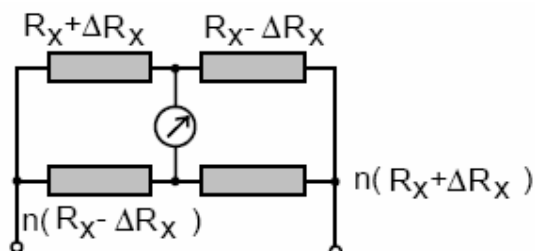
$$Y = 7,2343 \cdot (0\text{mV}) + 1,054 = 1,054 \text{ [mm]}$$

Przykład obliczeń siły:

$$F = \frac{0.01 * 0.0032^3 * 1.1 * 10^{11}}{4 * 0.235^3} * 0,001054 = 0,7 \text{ [N]}$$

### 3.3 Pomiar siły w układzie pełnego mostka.

#### 3.3.1 Schemat układu pomiarowego.



### 3.3.2 Tabele wyników pomiarów.

Napięcie [mV]	Ugięcie [mm]	Napięcie z fun. [mV]	Błąd nieliniowości [%]	Siła [N]
-1,2	0	-1,2	-0,1	-0,16
-0,9	0,5	-0,9	0,2	0,31
-0,6	1	-0,6	0,6	0,67
-0,3	1,5	-0,4	0,9	1,03
0	2	-0,1	1,2	1,39
0,0	2,5	0,2	-3,8	1,75
0,5	3	0,5	0,1	2,11
0,8	3,5	0,8	0,4	2,47
1	4	1,1	-1,0	2,83
1,4	4,5	1,3	1,1	3,19
1,6	5	1,6	-0,3	3,55
1,9	5,5	1,9	0,0	3,91
2,2	6	2,2	0,3	4,27
2,5	6,5	2,5	0,7	4,51
2,7	7	2,7	-0,8	4,86
3,0	7,5	3,0	-0,5	5,22
3,3	8	3,3	-0,1	5,46
3,7	8,5	3,6	2,0	5,88
3,9	9	3,9	0,5	6,18
4,1	9,5	4,2	-0,9	6,54
4,4	10	4,4	-0,6	6,90

Ciężarek	Napięcie[mV]	Ugięcie[mm]	Siła [N]
G1	6,4	6,5	11,1
G2	7,5	7,2	12,4
G3	8,1	7,5	13,1

Czułość mostka wyniosła:  $S = \frac{dU_{most.}}{df} = 0,5626$  gdzie:

$U_{most.}$  – napięcie mostka,

$f$ - przemieszczenie belki,

$U = 0,5626 \cdot \text{ugięcie} - 1,1939$  funkcja opisująca zależność napięcia od ugięcia

### 3.3.3 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Napięcie z funkcji wyznaczyliśmy za pomocą równania modelu:

$$Y = 0,5626 \cdot \text{ugięcie} - 1,1939$$

Przykład obliczeń:

$$Y = 0,5626 \cdot 0 - 1,1939 = -1,1939 \text{ [mV]}$$

Do obliczenia błędu nieliniowości wykorzystaliśmy wzór:

$$\delta = \frac{U_f - U_z}{zakres} * 100\%$$

Przykład obliczeń:

$$\delta = \frac{-1,2 + 1,19}{5,626} * 100\% = -0,1 \text{ [%]}$$

Siłę obliczyliśmy wg wzoru:

$$F = \frac{bh^3 E}{4l_0^3} f(U_{CD}) \text{ ,gdzie}$$

$l_0 = 0.235\text{m}$ . - długość belki

$b = 0.01\text{m}$ . - szerokość belki

$h = 0.0032\text{m}$ . - grubość belki

$E = 1.1 * 10^{11} \text{ N/m}^2$  - moduł Younga dla stali

$f(U_{CD})$  - wartość strzałki ugięcia wyznaczona na podstawie charakterystyki  $U_{CD} = f(f)$

Wartość strzałki ugięcia wyznaczaliśmy ze wzoru:

$$Y = 1,725 * U - 4,89 \quad U - \text{napięcie mierzone}$$

Przykład obliczeń ugięcia strzałki:

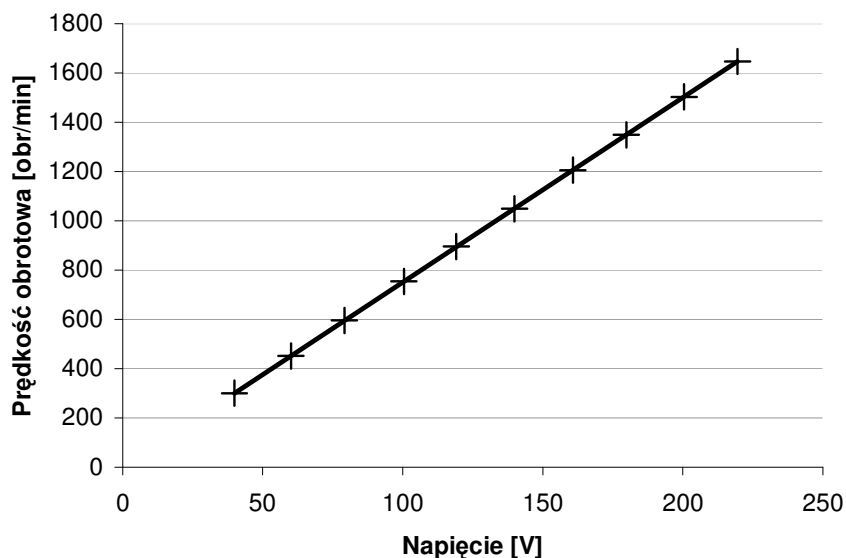
$$Y = 1,725 * 2,7 - 4,89 = -0,233 [\text{mm}]$$

Przykład obliczeń siły:

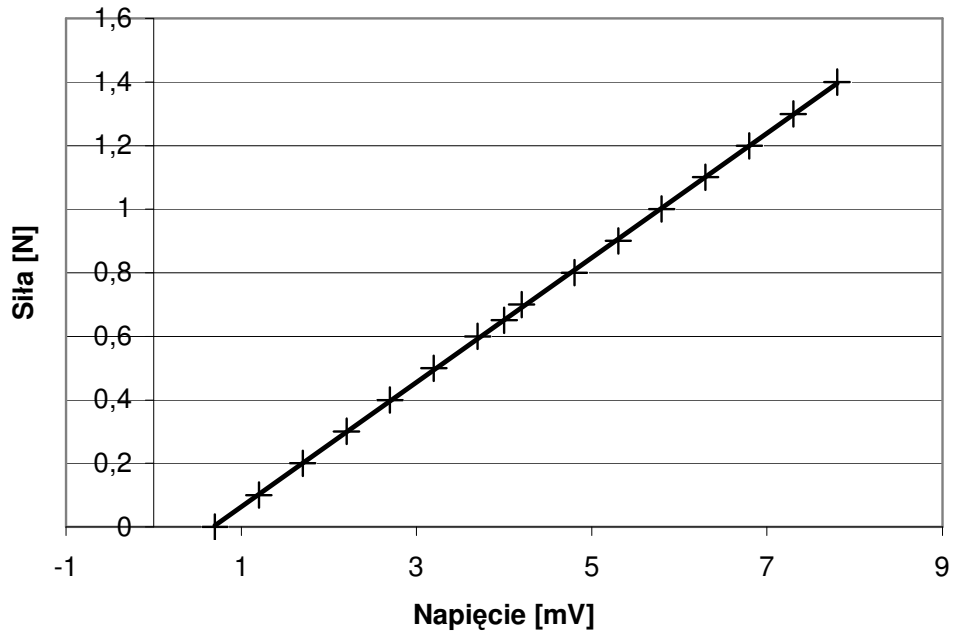
$$F = \frac{0.01 * 0,0032^3 * 1.1 * 10^{11}}{4 * 0.235^3} * (0,001054) = -0,161 [N]$$

## 4. Wykresy

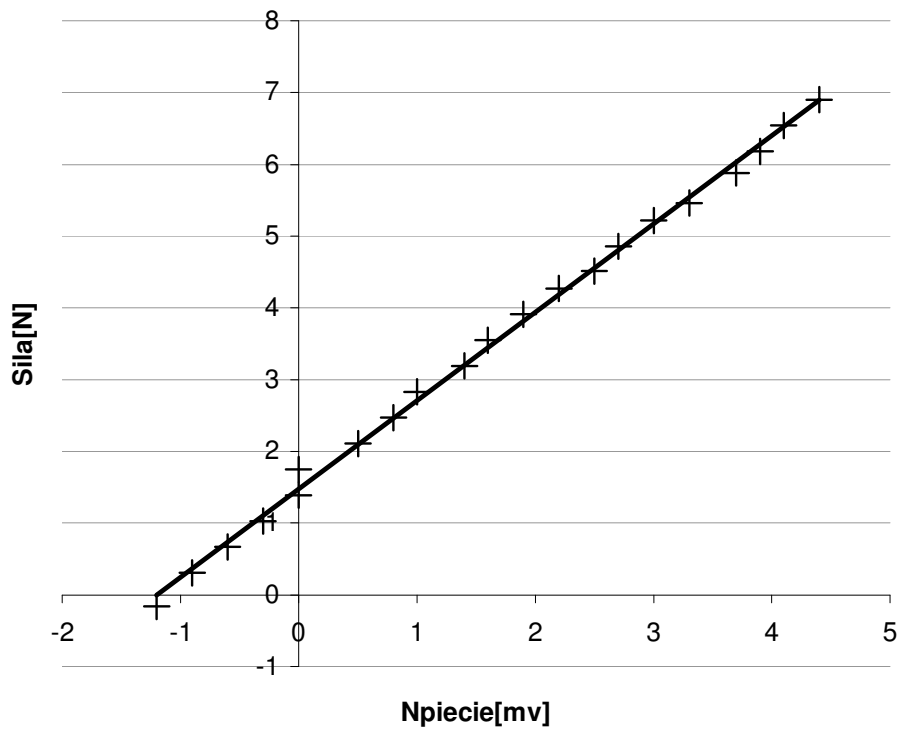
### 4.1. Pomiar prędkości obrotowej silnika.



#### 4.2. Pomiary siły w układzie ćwierćmostka.



#### 4.2. Pomiar siły w układzie pełnego mostka.



## 5. Wnioski

W ćwiczeniu tym zajęliśmy się pomiarem prędkości obrotowej oraz pomiarem siły. Celem tego ćwiczenia było zapoznanie się z najczęściej stosowanymi w praktyce przetwornikami prędkości obrotowej, ich zasadami działania i właściwościami. W części praktycznej ćwiczenia wykonywany był eksperyment, którego celem było wyznaczenie zależności prędkości obrotowej silnika elektrycznego od napięcia zasilającego. Drugim celem ćwiczenia było poznanie budowy, zasady działania i właściwości metrologicznych tensometrycznego przetwornika siły.

W punkcie 3.1 zajęliśmy się pomiarem prędkości obrotowej silnika elektrycznego z zastosowaniem przetwornika indukcyjnowościowego. Na podstawie zmierzonych wartości napięcia i częstotliwości obliczyliśmy wartość prędkości obrotowej silnika. Ponieważ pomiary były obciążone błędem wynikającym z niestabilnego napięcia wykonaliśmy po pięć pomiarów dla każdej serii, a następnie dokonaliśmy uśrednienia wartości. Na wykresie przedstawiającym zależność prędkości obrotowej od napięcia można zauważyć, że wraz ze wzrostem napięcia, prędkość obrotowa wzrastała.

W punkcie 3.2 zajęliśmy się pomiarem siły w układzie ćwierćmostka. Na podstawie zmierzonych wartości wyznaczyliśmy równanie modelu, a następnie obliczyliśmy błąd liniowości, czułość mostka oraz wartość siły działającej na belkę. Błąd liniowości był niewielki co świadczy o dobrym doborze równania modelu. Czułość mostka wyniosła 0,1451. Na wykresie przedstawiającym zależność siły od napięcia można zauważyć, że wraz ze wzrostem napięcia, wartość siły także wzrastała. Układ ten jest bardzo rzadko stosowany, ponieważ ma najniższą czułość, dużą nieliniowość charakterystyki i brak kompensacji wpływu temperatury na rezystancję tensometru.

W punkcie 3.2 zajęliśmy się pomiarem siły w układzie pełnego mostka. W układzie tym występują dwa tensometry o dodatnim kierunku zmian rezystancji i dwa o ujemnym kierunku zmian rezystancji. Układ ten zapewnia kompensację wpływu temperatury na rezystancję tensometru. Na podstawie zmierzonych wartości wyznaczyliśmy równanie modelu, a następnie obliczyliśmy błąd liniowości, czułość mostka oraz wartość siły działającej na belkę. Błąd liniowości był mniejszy niż w poprzednim układzie. Czułość mostka wyniosła 0,5626. Na wykresie przedstawiającym zależność siły od napięcia można zauważyć, że wraz ze wzrostem napięcia, wartość siły także wzrastała. Układ pełnego mostka jest układem o największej czułości względnej.