

Uniwersytet Zielonogórski WEiIT	Imię i nazwisko		Nr ćwicz. 6	Ocena
Laboratorium techniki eksperymentu				
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.

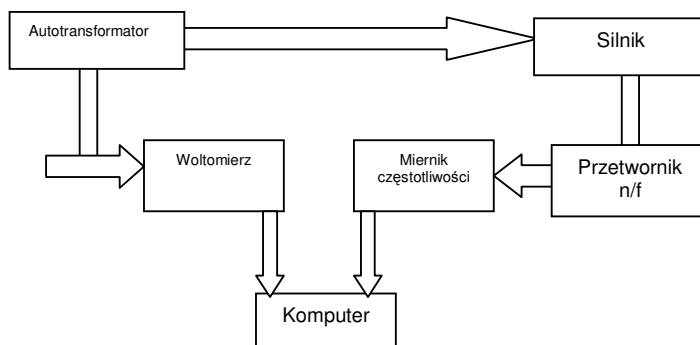
2. Wykaz aparatury

Multimetr Metex M-3860D
Autotransformator HSN 0103 50-60Hz
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.



Schemat 1. Układ do pomiaru prędkości obrotowej.

3.1.2 Tabele wyników pomiarów i obliczeń

Napięcie [V]	Częstotliwość [kHz]	Napięcie [V]	Częstotliwość [kHz]
220,2	0,135	119,5	0,118
219	0,135	119,8	0,118
219,7	0,136	119,3	0,118
219,2	0,135	118,9	0,118
219,1	0,135	118,5	0,118
200,6	0,134	100,4	0,11
201,1	0,133	100,5	0,11
200,7	0,134	100,3	0,11
199,7	0,134	100,1	0,11
200	0,134	100,4	0,109
179,5	0,132	78,7	0,091
179,6	0,131	79,5	0,092
179,6	0,132	79,5	0,093
180	0,131	79,4	0,093
180,5	0,131	79,3	0,094
160,7	0,128	60	0,071
160,7	0,128	60	0,07
161,1	0,129	60	0,069
161	0,128	60,3	0,069
160,4	0,129	59,9	0,07
140,5	0,125	39,9	0,003
140,7	0,125	39,9	0
138,7	0,124	39,9	0
139,9	0,125	39,8	0
139,6	0,125	39,8	0

Tabela 1. Wyniki pomiarów.

Napięcie [V]	Częstotliwość [kHz]	Prędkość obrotowa [obr/min]
219,44	0,1350	1645,8
200,42	0,1338	1503,15
179,84	0,1314	1348,8
160,78	0,1284	1205,85
139,88	0,1248	1049,1
119,2	0,1180	894
100,34	0,1098	752,55
79,28	0,0926	594,6
60,04	0,0698	450,3
39,86	0,0006	298,95

Tabela 2. Tabela wartości uśrednionych i obliczeń

3.1.3 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Wartość średnią wyznaczyliśmy ze wzoru:

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

Przykład:

$$U_{sr} = (220,2 + \dots + 219,1) / 5 = 219,44 \text{ [V]}$$

Wartość średnią częstotliwości obliczyliśmy analogicznie.

Do obliczenia prędkości obrotowej ϖ [obr/min] użyliśmy wzoru:

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

f – częstotliwość w Hz

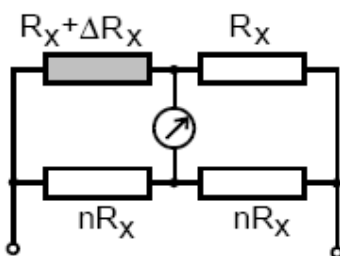
n – ilość impulsów (tarcz obrotowa ma 4 „zęby”)

Przykład obliczeń (dla przetwornika indukcyjnościowego)

$$\varpi = \frac{219,44}{8} * 60 = 1645,8 \text{ obr/min}$$

3.2 Pomiary siły w układzie ćwierćmostka.

3.2.1 Schemat układu pomiarowego.



Schemat 2. Układ ćwierćmostkatensometrycznego.

3.2.2 Tabele wyników pomiarów .

Napięcie [mV]	Ugięcie [mm]	Napięcie z fun. [mV]	Błąd nieliniowości [%]	Siła [N]
-0,1	0	-0,141	-3	0,230
0	1	-0,004	-0,3	0,732
0,1	2	0,134	2,5	1,234
0,3	3	0,271	-2,2	2,239
0,4	4	0,408	0,6	2,741
0,5	5	0,546	3,4	3,243
0,7	6	0,683	-1,3	4,248
0,8	7	0,820	1,4	4,750
0,9	8	0,958	4,2	5,253
1,1	9	1,095	-0,4	6,257
1,3	10	1,232	-5	7,262

Tabela 2. Wyniki pomiarów dla wymuszenia za pomocą śróby.

Cieżarek	Napięcie[mV]	Ugięcie[mm]	Siła [N]
G1	0,6	5,4	3,746
G2	0,8	6,8	4,750
G3	1,0	8,3	5,755

Tabela 3. Wyniki pomiarów dla wymuszenia za pomocą ciężarków.

Czułość mostka wyniosła: $S = \frac{dU_{most.}}{df} = 0,1373$ gdzie:

$U_{most.}$ – napięcie mostka,

f - przemieszczenie belki,

$U = 0,1373 \cdot \text{ugięcie} - 0,1409$ funkcja opisująca zależność napięcia od ugięcia

3.2.3 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Napięcie z funkcji wyznaczyliśmy za pomocą równania modelu:

$$Y = 0,1373 \cdot \text{ugięcie} - 0,1409$$

Przykład obliczeń:

$$Y = 0,1373 \cdot 0 - 0,1409 = -0,1409 \text{ [mV]}$$

Do obliczenia błędu nieliniowości wykorzystaliśmy wzór:

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

Przykład obliczeń:

$$\delta = \frac{-0,141 + 0,1}{1,373} * 100\% = -2,979 \approx -3 \text{ [%]}$$

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:

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

Przykład obliczeń ugięcia strzałki:

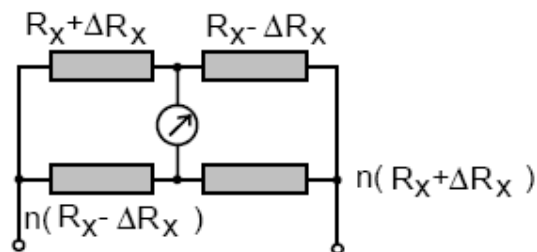
$$Y = 7,2343 \cdot (-0,1\text{mV}) + 1,054 = 0,0003 \text{ [m]}$$

Przykład obliczeń siły:

$$F = \frac{0.01 * 0,0032^3 * 1.1 * 10^{11}}{4 * 0.235^3} * 0,0003 = 0,230 \text{ [N]}$$

3.3 Pomiar siły w układzie pełnego mostka.

3.3.1 Schemat układu pomiarowego.



Schemat 3 Układ pełnego mostka tensometrycznego.

3.3.2 Tabele wyników pomiarów.

Napięcie [mV]	Ugięcie [mm]	Napięcie z fun. [mV]	Błąd nieliniowości [%]	Siła [N]
2,7	0	2,84	2,4	-0,161
3,1	0,5	3,13	0,5	0,318
3,4	1	3,42	0,3	0,677
3,7	1,5	3,71	0,13	1,036

4	2	4,00	-0,05	1,396
4,3	2,5	4,29	-0,2	1,755
4,6	3	4,58	-0,4	2,114
4,9	3,5	4,87	-0,6	2,474
5,2	4	5,16	-0,7	2,833
5,5	4,5	5,45	-0,9	3,192
5,8	5	5,74	-1,1	3,552
6,1	5,5	6,03	-1,3	3,911
6,4	6	6,32	-1,4	4,270
6,6	6,5	6,61	0,09	4,510
6,9	7	6,89	-0,09	4,869
7,2	7,5	7,18	-0,3	5,228
7,4	8	7,47	1,3	5,468
7,75	8,5	7,76	0,3	5,887
8	9	8,05	0,9	6,187
8,3	9,5	8,34	0,8	6,546
8,6	10	8,63	0,6	6,905

Tabela 4. Wyniki pomiarów dla wymuszenia za pomocą śróby.

Ciężarek	Napięcie[mV]	Ugięcie[mm]	Siła [N]
G1	6,4	6,150	4,270
G2	7,5	8,048	5,588
G3	8,1	9,083	6,306

Tabela 3. Wyniki pomiarów dla wymuszenia za pomocą ciężarków.

Czułość mostka wyniosła: $S = \frac{dU_{most.}}{df} = 0,5796$ gdzie:

$U_{most.}$ – napięcie mostka,

f - przemieszczenie belki,

$U = 0,5796 \cdot \text{ugięcie} + 2,8377$ funkcja opisująca zależność napięcia od ugięcia

3.3.3 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Napięcie z funkcji wyznaczyliśmy za pomocą równania modelu:

$$Y = 0,5796 \cdot \text{ugięcie} + 2,8377$$

Przykład obliczeń:

$$Y = 0,5796 \cdot 0 + 2,8377 = -2,8337[\text{mV}]$$

Do obliczenia błędu nieliniowości wykorzystaliśmy wzór:

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

Przykład obliczeń:

$$\delta = \frac{2,84 - 2,7}{5,79} * 100\% = 2,38 \approx 2,4 \text{ [%]}$$

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:

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

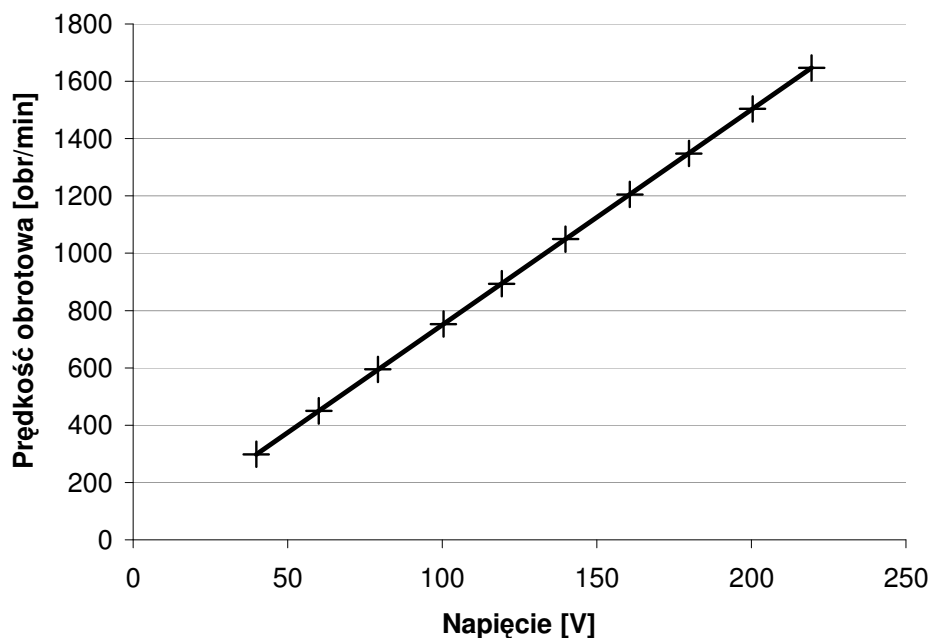
Przykład obliczeń ugięcia strzałki:

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

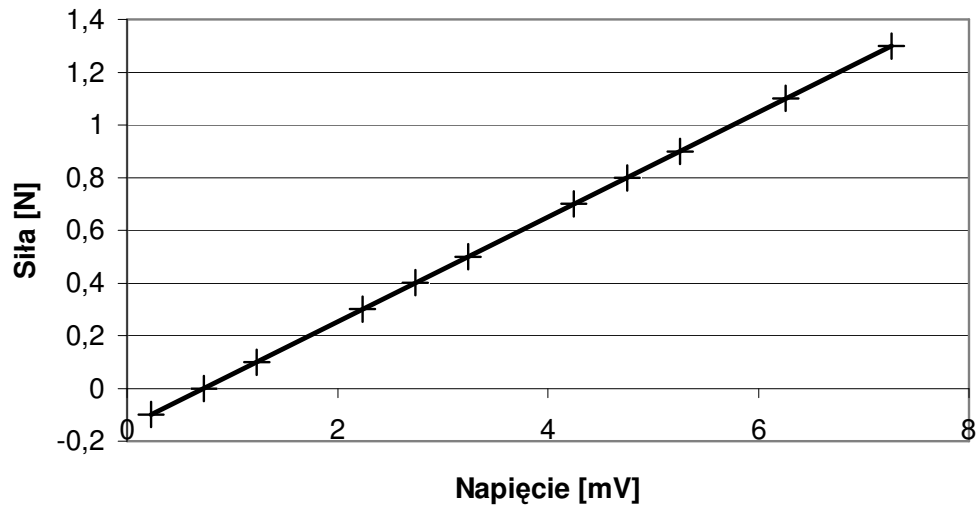
Przykład obliczeń siły:

$$F = \frac{0.01 * 0,0032^3 * 1.1 * 10^{11}}{4 * 0.235^3} * (-0,233) = -0,161 [\text{N}]$$

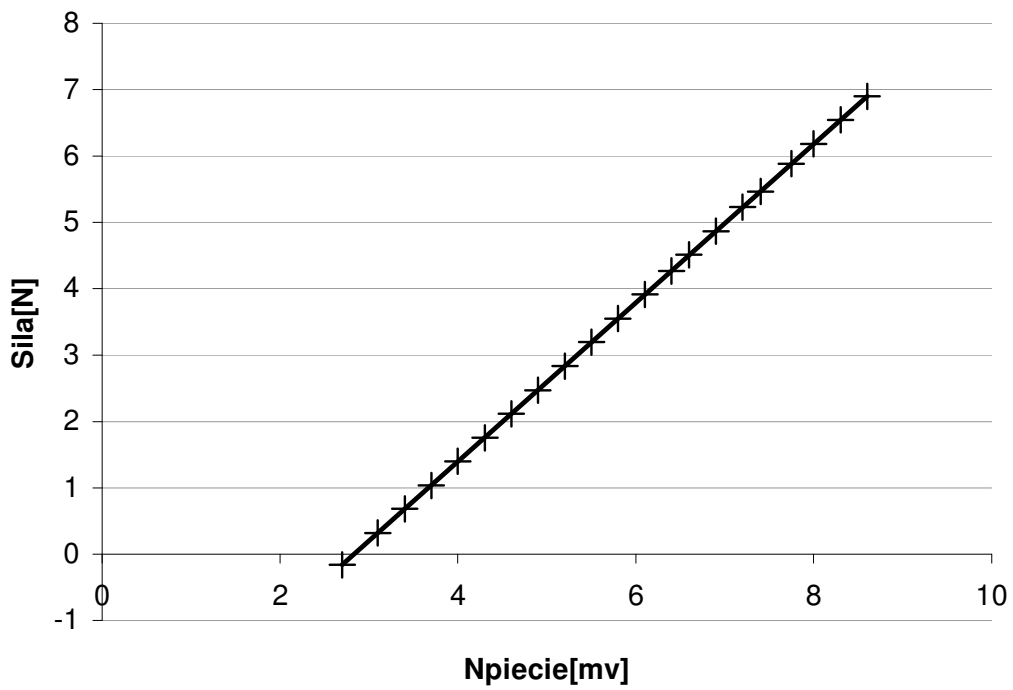
4. Wykresy



Wykres 1. Charakterystyka prędkości obrotowej w funkcji napięcia.



Wykres 2. Charakterystyka siły w funkcji napięcia(układ ćwierćmostka).



Wykres 3. Charakterystyka siły w funkcji napięcia(układ pełnego mostka).

5. Wnioski

Celem ćwiczenia było zapoznanie studentów z metodami pomiaru prędkości obrotowej i siły.

W punkcie pierwszym dokonaliśmy pomiaru prędkości obrotowej silnika elektrycznego z zastosowaniem przetwornika indukcyjnowościowego. Na podstawie zmierzonych wartości napięcia i częstotliwości obliczyliśmy wartość prędkości obrotowej silnika. Ponieważ pomiary były obarczone błędem wynikającym z niestabilnego napięcia wykonaliśmy po pięć pomiarów dla każdej serii, a następnie dokonaliśmy uśrednienia wartości. Zganie z oczekiwaniami prędkość obrotowa malała proporcjonalnie do spadku napięcia. Zależność prędkości obrotowej silnika o od napięcia zasilającego przedstawiliśmy na wykresie (Wykres1).

W kolejnym punkcie badaliśmy siły działające na belkę metalową, do której były przymocowane tensometry. Do wyznaczenia wartości napięcia w zależności od ugięcia belki wykorzystaliśmy układ ćwierćmostka tensometrycznego (Wheatstone'a). 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 0,1373. Wraz ze wzrostem napięcia wzrasta także wartość siły.

W punkcie trzecim wykonaliśmy analogiczne pomiary jak w punkcie poprzednim, jednak tym razem wykorzystaliśmy układ pełnego mostka tensometrycznego. Wyznaczyliśmy równanie modelu i obliczyliśmy błąd liniowości, czułość mostka i wartość siły. Wykonaliśmy także wykres charakterystyki siły w funkcji napięcia. Także w tym przypadku błąd liniowości był niewielki. Czułość mostka wyniosła 0,5796 i była dużo większa niż w układzie ćwierćmostka. Oznacza to że dla układu pełnego mostka zmiana naprężenia belki powoduje większą zmianę napięcia niż miało to miejsce w układzie ćwierćmostka, czyli pełen mostek jest bardziej czuły.