

Uniwersytet Zielonogórski WEiIT	Imię i nazwisko	Grupa lab.	Nr ćwicz. 5	Ocena
<b>Laboratorium techniki eksperymentu</b>				
Temat ćwiczenia: Badanie właściwości statycznych przetworników pomiarowych. Badanie właściwości dynamicznych czujników temperatury		Data wyk.	Data odd.	Podpis

### 1. Cel ćwiczenia

- a) Celem ćwiczenia jest poznanie metod badania właściwości statycznych przetworników pomiarowych na przykładzie indukcyjnościowego przetwornika przemieszczenia liniowego.
- b) Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z najczęściej stosowanymi w praktyce czujnikami temperatury, ich zasadami działania i właściwościami oraz metodą wyznaczania właściwości dynamicznych przetworników temperatury.

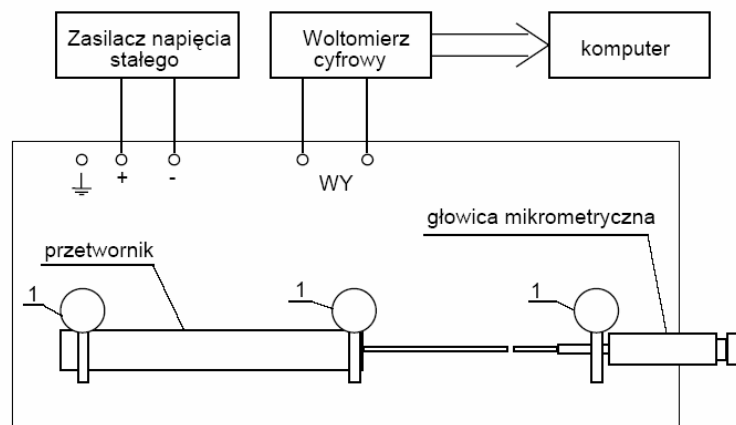
### 2. Wykaz aparatury

- zasilacz AMREL LPS 304
- termorezystor Pt-100
- termopara typu J
- program IMELAB-3
- układ pomiarowy do pomiaru przetwornika przemieszczenia liniowego PD 17, dokł. 0,01 mm
- przetwornik temperatury PR 7 13 3 2
- multimeter METEX 3860D
- wzmacniacz pomiarowy x10

### 3. Program ćwiczenia

#### 3.1. Badanie właściwości statycznych przetwornika przemieszczenia liniowego.

##### 3.1.1. Schemat układu pomiarowego



### 3.1.2. Tabele wyników pomiarów i obliczeń

Zakres [mm]	$U_P$ [V]	$U_N$ [V]	$\Delta U_N$ [V]	$\delta_N$
-10	-6,41	-6,44	-0,03	-0,0039
-9	-5,78	-5,7963	-0,0163	-0,0021
-8	-5,14	-5,1526	-0,0126	-0,0016
-7	-4,50	-4,5089	-0,0089	-0,0011
-6	-3,92	-3,8652	0,0548	0,0070
-5	-3,219	-3,2215	-0,0025	-0,0003
-4	-2,574	-2,5778	-0,0038	-0,0005
-3	-1,932	-1,9341	-0,0021	-0,0003
-2	-1,289	-1,2904	-0,0014	-0,0002
-1	-0,647	-0,6467	0,0003	0,0000
0	-0,004	-0,003	0,001	0,0001
1	0,639	0,6407	0,0017	0,0002
2	1,282	1,2844	0,0024	0,0003
3	1,927	1,9281	0,0011	0,0001
4	2,572	2,5718	-0,0002	0,0000
5	3,220	3,2155	-0,0045	-0,0006
6	3,869	3,8592	-0,0098	-0,0013
7	4,51	4,5029	-0,0071	-0,0009
8	5,15	5,1466	-0,0034	-0,0004
9	5,80	5,7903	-0,0097	-0,0012
10	6,44	6,434	-0,006	-0,0008

### 3.1.3 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Stosując aproksymację wyznaczyliśmy równanie modelu:  $f(x) = 0,6437x - 0,0003$

Czułość przetwornika obliczyliśmy ze wzoru:  $S(X) = \frac{dY}{dX} = \frac{df(X)}{dX} = f'(X) = 0,6437$

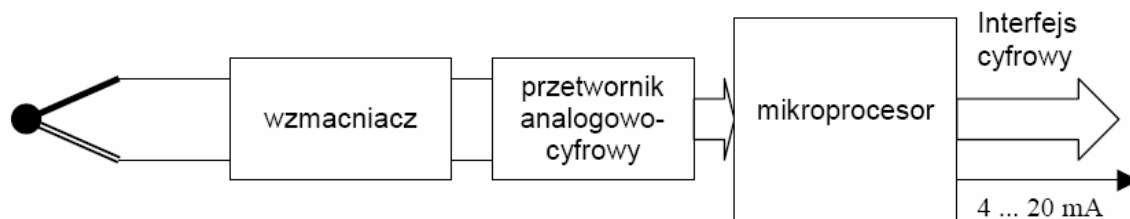
Błąd bezwzględny nieliniowości:  $\Delta U_N = U_N - U_P = -6,44 - (-6,41) = -0,03V$

Zakres wskazany:  $\text{zakres} = |U_{MAX}| + |U_{MIN}| = 6,44 + 6,41 = 12,85 V$

Błąd względny nieliniowości:  $\delta_N = \frac{\Delta U_N}{\text{zakres}} * 100\% = \frac{-0,03}{12,85} \cdot 100\% = -0,0039$

## 3.2 Pomiar temperatury za pomocą termorezystora.

### 3.2.1 Schemat układu pomiarowego.



### 3.2.2.1 Tabele wyników pomiarów i obliczeń dla chłodzenia w wodzie

Czas [s]	Temp. [°C]
0.0	+22,9
1.5	+22,9
3.0	+39,5
4.5	+45,0
6.0	+71,8
7.5	+90,4
9.0	+97,3
10.5	+99,3
12.0	+99,8
13.5	+100,0
15.0	+100,0
16.5	+100,0
18.0	+99,9
19.5	+93,9
21.0	+66,5
22.5	+48,1
24.0	+40,7
25.5	+36,6
27.0	+33,9
28.5	+32,0
30.0	+29,4
31.5	+28,5
33.0	+27,8
34.5	+27,2
36.0	+26,7
37.5	+26,3
39.0	+25,9

Temperatura otoczenia wynosiła 22 °C

Na podstawie pomiarów obliczyliśmy:

nagrzewanie czujnika

Czas wartości połowicznej:  $\tau_{0,5}=2,5$  s

Stała czasowa:  $\tau_s=3,61$  s

chłodzenie czujnika w wodzie  
 Czas wartości połowicznej:  $\tau_{0,5}=6$  s  
 Stała czasowa:  $\tau_s=8,7$  s

### 3.3.2.2 Tabele wyników pomiarów i obliczeń dla chłodzenia w powietrzu

Czas [s]	Temp. [°C]	Czas [s]	Temp. [°C]
0	+99.5	172	+61.5
2	+99.5	174	+61.3
4	+99.8	176	+61.2
6	+97.5	178	+61.0
8	+87.8	180	+60.7
10	+86.7	182	+60.5
12	+86.0	184	+60.4
14	+85.5	186	+60.1
16	+85.1	188	+59.9
18	+84.3	190	+59.7
20	+83.9	192	+59.6
22	+83.5	194	+59.3
24	+83.2	196	+59.1
26	+82.5	198	+59.0
28	+82.2	200	+58.8
30	+81.8	202	+58.5
32	+81.5	204	+58.4
34	+81.2	206	+58.2
36	+80.6	208	+57.9
38	+80.3	210	+57.8
40	+80.0	212	+57.6
42	+79.7	214	+57.5
44	+79.1	216	+57.2
46	+78.8	218	+57.1
48	+78.5	220	+56.9
50	+78.2	222	+56.6
52	+77.7	224	+56.5
54	+77.4	226	+56.4
56	+77.1	228	+56.2
58	+76.8	230	+56.0
60	+76.3	232	+55.8
62	+76.0	234	+55.7
64	+75.8	236	+55.4
66	+75.5	238	+55.3
68	+75.3	240	+55.2
70	+74.8	242	+55.0
72	+74.5	244	+54.8
74	+74.2	246	+54.6
76	+74.0	248	+54.5
78	+73.5	250	+54.3
80	+73.3	252	+54.1
82	+73.0	254	+54.0
84	+72.8	256	+53.8
86	+72.3	258	+53.6
88	+72.1	260	+53.5
90	+71.8	262	+53.3
92	+71.6	264	+53.2

94	+71.2	266	+53.0
96	+70.9	268	+52.9
98	+70.7	270	+52.7
100	+70.5	272	+52.6
102	+70.0	274	+52.5
104	+69.8	276	+52.2
106	+69.6	278	+52.1
108	+69.2	280	+52.0
110	+69.0	282	+51.7
112	+68.8	284	+51.6
114	+68.6	286	+51.5
116	+68.1	288	+51.3
118	+68.0	290	+51.2
120	+67.7	292	+51.1
122	+67.6	294	+50.9
124	+67.2	296	+50.8
126	+67.0	298	+50.6
128	+66.8	300	+50.4
130	+66.3	302	+50.3
132	+66.1	304	+50.2
134	+65.9	306	+50.0
136	+65.8	308	+49.9
138	+65.4	310	+49.8
140	+65.2	312	+49.6
142	+65.0	314	+49.5
144	+64.7	316	+49.4
146	+64.5	318	+49.2
148	+64.3	320	+49.1
150	+64.1	322	+49.0
152	+63.7	324	+48.8
154	+63.6	326	+48.7
156	+63.4	328	+48.6
158	+63.0	330	+48.4
160	+62.9	332	+48.3
162	+62.7	334	+48.2
164	+62.5	336	+48.0
166	+62.2	338	+47.9
168	+62.0	340	+47.8
170	+61.8		

Temperatura otoczenia wynosiła 22 °C

Na podstawie pomiarów obliczyliśmy:

chłodzenie czujnika w wodzie

Czas wartości połowicznej:  $\tau_{0,5}=180$  s

Stała czasowa:  $\tau_s= 259,685$ s

### 3.2.3 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Nagrzewanie:

Do obliczenia stałej czasowej wykorzystaliśmy wzór:  $\tau_s = \frac{\tau_{0,5}}{\ln 2}$

Gdzie  $\tau_{0,5}$  - czas po który czujnik uzyskuje połowę wartości temperatury badanego ośrodka.

Temperatura otoczenia: 22 °C

Temperatura badanego ośrodka: 100 °C  
Temperatura połowiczna:  $(100-22)/2+22=60,95$  °C  
Aby czujnik osiągnął temperaturę połowiczną potrzeba  $\tau_{0,5}=2,5s$

$$\tau_s = \frac{2,5s}{\ln 2} = 3,61s$$

#### Chłodzenie w wodzie:

Do obliczenia stałej czasowej wykorzystaliśmy wzór:  $\tau_s = \frac{\tau_{0,5}}{\ln 2}$

Gdzie  $\tau_{0,5}$ - czas po który czujnik uzyskuje połowę wartości temperatury badanego ośrodka.

Temperatura otoczenia: 22 °C  
Temperatura badanego ośrodka: 100 °C  
Temperatura połowiczna:  $(100-22)/2+22=61$  °C

Aby czujnik osiągnął temperaturę połowiczną potrzeba  $\tau_{0,5}=6s$

$$\tau_s = \frac{6s}{\ln 2} = 8,7 s$$

#### Chłodzenie w powietrzu:

Do obliczenia stałej czasowej wykorzystaliśmy wzór:  $\tau_s = \frac{\tau_{0,5}}{\ln 2}$

Gdzie  $\tau_{0,5}$ - czas po który czujnik uzyskuje połowę wartości temperatury badanego ośrodka.

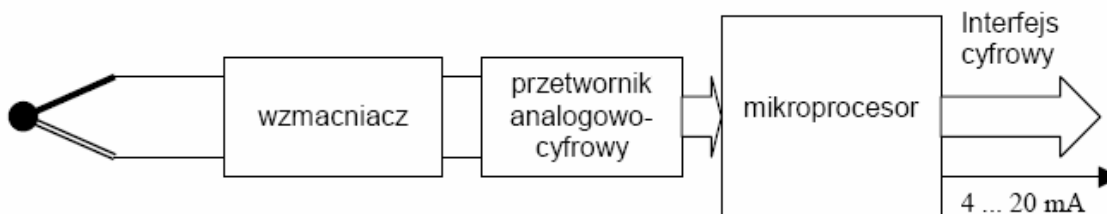
Temperatura otoczenia: 22 °C  
Temperatura badanego ośrodka: 99,5 °C  
Temperatura połowiczna:  $(99,5-22)/2+22=60,75$  °C

Aby czujnik osiągnął temperaturę połowiczną potrzeba  $\tau_{0,5}=180s$

$$\tau_s = \frac{180s}{\ln 2} = 259,685s$$

### 3.3 Pomiar temperatury za pomocą termopary.

#### 3.3.1 Schemat układu pomiarowego.



### 3.3.1.1 Chłodzenie w wodzie

### 3.3.1.2 Tabele i wyniki pomiarów

Czas [s]	Napięcie [V]	Temperatura [°C]
0	-2,2	22
2	-2,1	20,9
4	-1,7	21,6
6	+2,1	26,2
8	+9,0	42,1
10	+15,5	54,6
12	+20,9	65,1
14	+25,0	72,9
16	+28,1	78,9
18	+30,5	83,4
20	+32,3	86,9
22	+33,7	89,5
24	+34,8	91,5
26	+35,6	93,1
28	+36,2	94,2
30	+36,7	95,2
32	+37,0	95,7
34	+37,3	96,3
36	+37,5	96,6
38	+37,7	97
40	+37,8	97,2
42	+37,9	97,4
44	+38,0	97,6
46	+38,0	97,6
48	+38,0	97,6
50	+38,0	97,6
52	+37,8	97,2
54	+33,9	90
56	+27,9	78,9
58	+21,6	67,2
60	+16,8	58,3
62	+13,0	51,3
64	+10,0	45,7
66	+7,7	41,4
68	+5,7	37,7
70	+4,2	35
72	+3,0	32,8
74	+2,0	30,9
76	+1,2	28,9
78	+0,5	27,8
80	+0,0	26,4
82	-0,4	25,2
84	-0,8	24,4

Temperatura otoczenia wynosiła 22 °C

Na podstawie pomiarów obliczyliśmy:

nagrzewanie czujnika

Czas wartości połowicznej:  $\tau_{0,5}=5,5$  s

Stała czasowa:  $\tau_s=7,93$  s

chłodzenie czujnika w wodzie  
 Czas wartości połowicznej:  $\tau_{0,5}=10$  s  
 Stała czasowa:  $\tau_s= 14,42$  s

### 3.3.1.3 Chłodzenie w powietrzu

#### 3.3.1.4 Tabele i wyniki pomiarów

Czas [s]	Napięcie [V]	Temperatura [°C]	Czas [s]	Napięcie [V]	Temperatura [°C]
0	-2,9	16,6296	152	+19,7	60,0000
2	-2,9	16,6296	154	+19,5	59,8148
4	-2,8	16,8148	156	+19,4	59,4444
6	+1,1	24,6481	158	+19,2	59,2593
8	+8,2	38,3148	160	+19,1	58,8889
10	+15,0	51,3333	162	+18,9	58,7037
12	+20,6	62,2778	164	+18,8	58,3333
14	+24,8	70,0556	166	+18,6	58,1481
16	+28,1	76,3519	168	+18,5	57,9630
18	+30,5	80,7963	170	+18,4	57,5926
20	+32,4	84,4259	172	+18,2	57,4074
22	+33,8	86,7222	174	+18,1	57,2222
24	+34,8	88,5741	176	+18,0	56,8519
26	+35,6	90,0556	178	+17,8	56,6667
28	+36,2	91,1667	180	+17,7	56,2963
30	+36,7	92,4444	182	+17,5	56,1111
32	+37,0	93,0000	184	+17,4	55,9259
34	+37,2	93,3704	186	+17,3	55,7407
36	+37,4	93,7407	188	+17,2	55,5556
38	+37,6	94,1111	190	+17,1	55,3704
40	+37,7	94,2963	192	+17,0	55,0000
42	+37,8	94,4815	194	+16,8	54,8148
44	+37,8	94,4815	196	+16,7	54,6296
46	+37,9	94,6667	198	+16,6	54,2593
48	+37,9	94,6667	200	+16,4	54,0741
50	+37,9	94,6667	202	+16,3	53,8889
52	+37,9	94,6667	204	+16,2	53,7037
54	+37,6	94,1111	206	+16,1	53,5185
56	+36,5	92,0741	208	+16,0	53,3333
58	+34,7	88,6852	210	+15,9	53,1481
60	+33,1	85,4259	212	+15,8	52,7778
62	+31,8	83,0185	214	+15,6	52,5926
64	+30,7	81,1667	216	+15,5	52,4074
66	+29,8	79,5000	218	+15,4	51,8889
68	+29,1	78,2037	220	+15,3	51,7037
70	+28,4	76,9074	222	+15,2	51,7037
72	+28,0	76,1667	224	+15,2	51,3333
74	+27,5	75,2407	226	+15,0	51,1481
76	+27,2	74,6852	228	+14,9	50,9630
78	+26,8	73,9444	230	+14,8	50,7778
80	+26,5	73,3889	232	+14,7	50,5926
82	+26,3	73,0185	234	+14,6	50,4074

84	+26,0	72,4630	236	+14,5	50,2222
86	+25,7	71,7222	238	+14,4	50,0370
88	+25,4	71,1667	240	+14,3	49,8519
90	+25,2	70,7963	242	+14,2	49,6667
92	+25,0	70,4259	244	+14,1	49,4815
94	+24,8	70,0556	246	+14,0	49,2963
96	+24,6	69,6852	248	+13,9	49,1111
98	+24,4	69,3148	250	+13,8	48,9259
100	+24,1	68,7593	252	+13,7	48,9259
102	+23,9	68,3889	254	+13,7	48,5556
104	+23,7	68,0185	256	+13,5	48,3704
106	+23,5	67,6481	258	+13,4	48,3704
108	+23,3	67,2778	260	+13,4	48,1852
110	+23,2	67,0926	262	+13,3	48,0000
112	+23,0	66,7222	264	+13,2	47,8148
114	+22,8	66,3519	266	+13,1	47,6296
116	+22,6	65,9815	268	+13,0	47,4444
118	+22,4	65,6111	270	+12,9	47,2593
120	+22,3	65,4259	272	+12,8	47,2593
122	+22,1	65,0556	274	+12,8	47,0741
124	+21,9	64,6852	276	+12,7	46,8889
126	+21,7	64,3148	278	+12,6	46,7037
128	+21,6	64,1296	280	+12,5	46,5185
130	+21,4	63,7593	282	+12,4	46,3333
132	+21,2	63,3889	284	+12,3	46,3333
134	+21,1	63,2037	286	+12,3	46,1481
136	+20,9	62,8333	288	+12,2	45,9630
138	+20,7	62,4630	290	+12,1	45,7778
140	+20,6	62,2778	292	+12,0	45,5926
142	+20,4	61,6667	294	+11,9	45,5926
144	+20,3	61,4815	296	+11,9	45,4074
146	+20,1	61,1111	298	+11,8	60,0000
148	+20,0	60,9259	300	+11,7	59,8148
150	+19,8	60,3704			

Tabela 5. Wyniki pomiarów dla chłodzenia w powietrzu.

Temperatura otoczenia wynosiła 22 °C

Na podstawie pomiarów obliczyliśmy:

nagrzewanie czujnika

Czas wartości połowicznej:  $\tau_{0,5}=6,5$  s

Stała czasowa:  $\tau_s=9,379$ s

chłodzenie czujnika w wodzie

Czas wartości połowicznej:  $\tau_{0,5}=141$  s

Stała czasowa:  $\tau_s= 203,463$ s

### 3.3.2 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Temperaturę obliczyliśmy wykorzystując zależność:  $T_m=T+(U_z-U)/0,054 + T_o$  ,gdzie  $U_z$  –napięcie zmierzone

$T_o$  – temperatura otoczenia (22 °C)

$T[^\circ\text{C}]$	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$U[\text{V}]$	-0,501	0	0,507	1,019	1,536	2,058	2,585	3,115	3,649	4,186

#### Nagrzewanie:

Do obliczenia stałej czasowej wykorzystaliśmy wzór:  $\tau_s = \frac{\tau_{0,5}}{\ln 2}$

Gdzie  $\tau_{0,5}$  - czas po który czujnik uzyskuje połowę wartości temperatury badanego ośrodka.

Temperatura otoczenia: 22 °C

Temperatura badanego ośrodka: 97,6 °C

Temperatura połowiczna:  $(97,6-22)/2+22=59,8$  °C

Aby czujnik osiągnął temperaturę połowiczną potrzeba  $\tau_{0,5}=5,5\text{s}$

$$\tau_s = \frac{5,5\text{s}}{\ln 2} = 7,93\text{s}$$

#### Chłodzenie w wodzie:

Do obliczenia stałej czasowej wykorzystaliśmy wzór:  $\tau_s = \frac{\tau_{0,5}}{\ln 2}$

Gdzie  $\tau_{0,5}$  - czas po który czujnik uzyskuje połowę wartości temperatury badanego ośrodka.

Temperatura otoczenia: 22 °C

Temperatura badanego ośrodka: 97,6 °C

Temperatura połowiczna:  $(97,6-22)/2+22=59,8$  °C

Aby czujnik osiągnął temperaturę połowiczną potrzeba  $\tau_{0,5}=10$  s

$$\tau_s = \frac{10\text{s}}{\ln 2} = 14,42\text{ s}$$

#### Chłodzenie w powietrzu:

Do obliczenia stałej czasowej wykorzystaliśmy wzór:  $\tau_s = \frac{\tau_{0,5}}{\ln 2}$

Gdzie  $\tau_{0,5}$  - czas po który czujnik uzyskuje połowę wartości temperatury badanego ośrodka.

Temperatura otoczenia: 22 °C

Temperatura badanego ośrodka: 98,59 °C

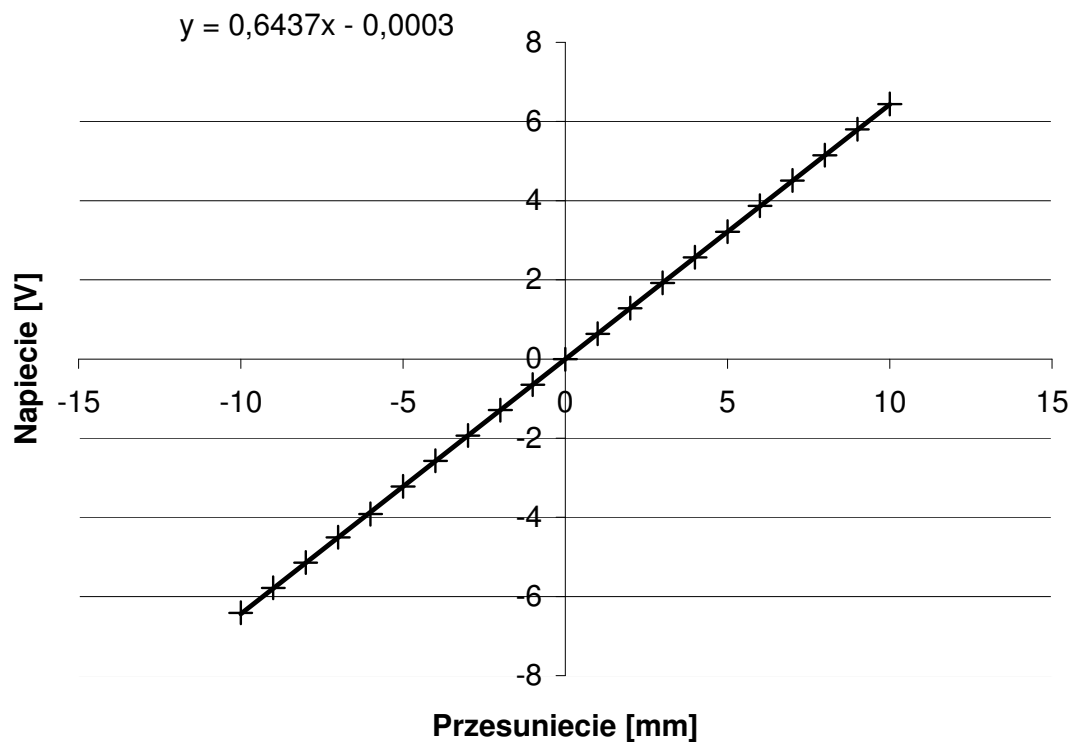
Temperatura połowiczna:  $(98,59 - 24,8)/2 + 24,8 = 61,67$  °C

Aby czujnik osiągnął temperaturę połowiczną potrzeba  $\tau_{0,5}=141\text{s}$

$$\tau_s = \frac{141\text{s}}{\ln 2} = 203,463\text{s}$$

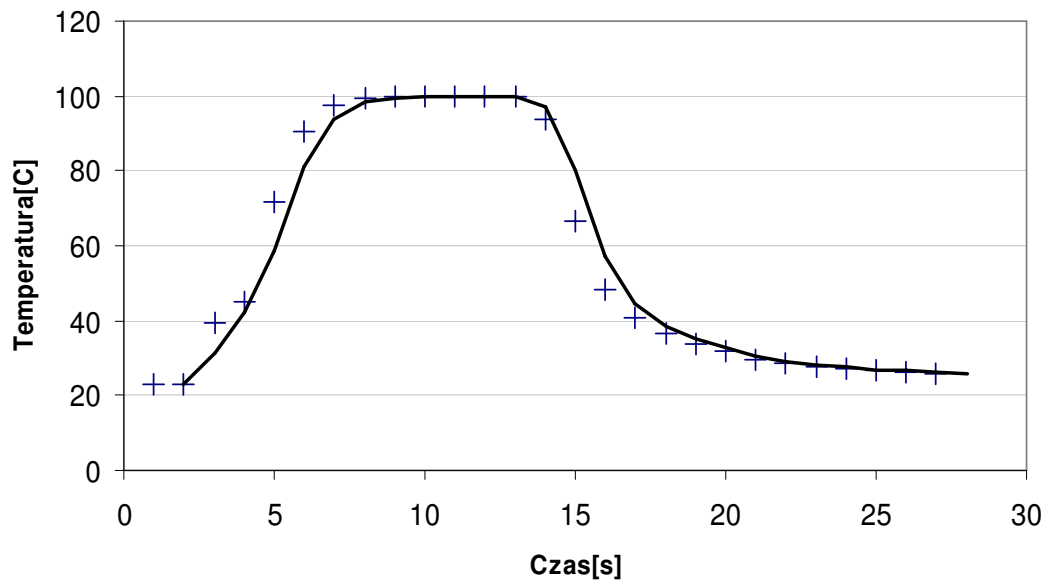
#### 4. Wykresy.

##### 4.1. Wykres dla przetwornika przemieszczenia liniowego.

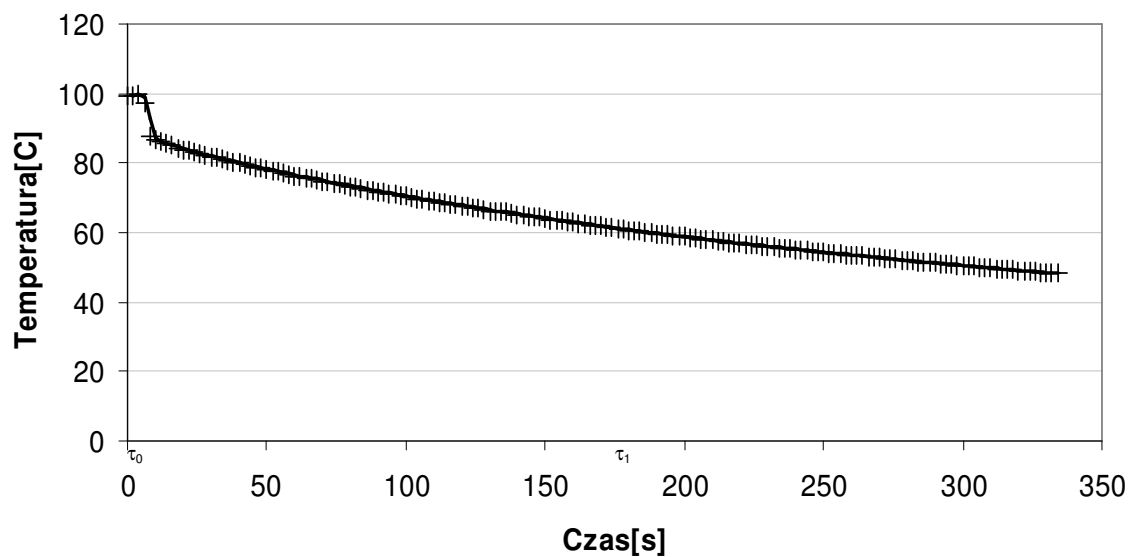


##### 4.2. Wykresy dla pomiaru temperatury z pomocą termorezystora.

###### 4.2.1 Chłodzenie w wodzie

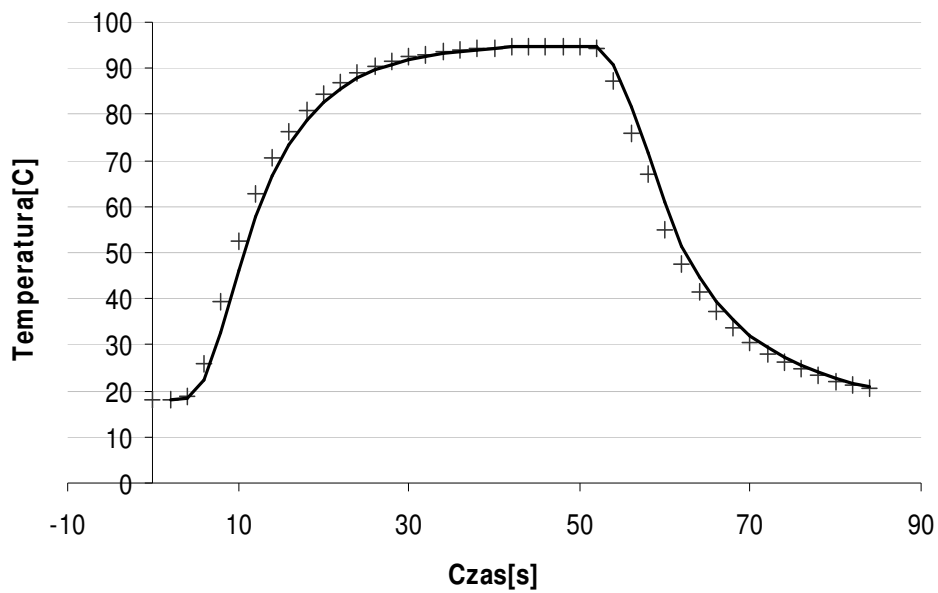


#### 4.2.2. Chłodzenie w powietrzu

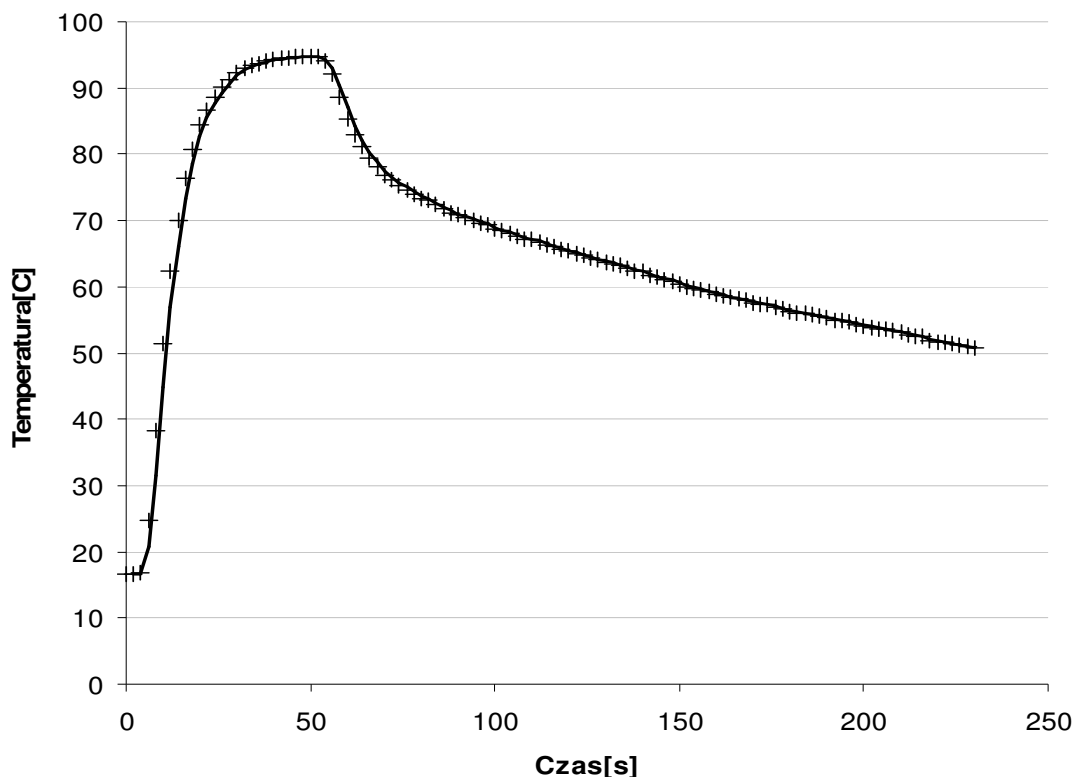


#### 4.3 Wykresy dla pomiaru temperatury za pomocą termopary.

##### 4.3.1 Chłodzenie w wodzie.



### 4.3.2 Chłodzenie w powietrzu



## 5. Uwagi i wnioski,

W ćwiczeniu tym zajęliśmy się badaniem właściwości statycznych przetworników pomiarowych oraz badaniem właściwości dynamicznych czujników temperatury. Celem ćwiczenia było poznanie metod badania właściwości statycznych przetworników pomiarowych na przykładzie indukcyjnościowego przetwornika przemieszczenia liniowego oraz zapoznanie się z najczęściej stosowanymi w praktyce czujnikami temperatury, ich zasadami działania i właściwościami oraz metodą wyznaczania właściwości dynamicznych przetworników temperatury.

W punkcie 3.1 zajęliśmy się badaniem właściwości statycznych przetwornika przemieszczenia liniowego. Na podstawie wykonanych pomiarów i aproksymacji otrzymaliśmy równanie modelu  $y=0,6437x - 0,0003$ . Otrzymane równanie wskazuje, że badany przetwornik był przetwornikiem liniowym. Obliczone wartości błędów względnych i bezwzględnych były bardzo małe (rzędu setnych części volta), co wskazuje na dobre właściwości badanego przetwornika.

W punkcie 3.2 badaliśmy właściwości dynamiczne termorezystora. Wyznaczyliśmy charakterystyki termorezystora dla nagrzewania, chłodzenia w wodzie i chłodzenia w powietrzu. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wykonaliśmy wykresy charakterystyk termorezystora. Obliczyliśmy także stałe czasowe przetwornika. Otrzymane stałe czasowe dla nagrzewania różnią się od siebie o ponad sekundę. Może to wynikać z niedokładnego określenia wartości  $\tau_{0,5}$ .

W punkcie 3.3 badaliśmy właściwości dynamiczne termopary typu J. Na podstawie zmierzonych wartości napięć określiliśmy wartości temperatur. Następnie wyznaczyliśmy charakterystyki termopary dla nagrzewania, chłodzenia w wodzie i chłodzenia w powietrzu. Obliczyliśmy wartości stałych czasowych. Wszystkie pomiary były wykonane w temperaturze otoczenia  $T_0 = 22^{\circ}\text{C}$