



Politechnika Białostocka
Wydział Elektryczny
Katedra Elektrotechniki, Energoelektroniki i Elektroenergetyki

Instrukcja
do pracowni specjalistycznej z przedmiotu

Technologie informacyjne

Kod przedmiotu: **EMS1A1008**

(studia stacjonarne)

PREZENTACJE MULTIMEDIALNE CZ. 2 PRZYKŁAD OPRACOWANIA

Numer ćwiczenia

TI_11

Autor:

dr inż. Adam Steckiewicz

Białystok 2025



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Spis treści

1. Opis stanowiska	3
2. Cel ćwiczenia	3
3. Przykład prezentacji	3
3.1. Wprowadzenie.....	3
3.2. Czujniki temperatury wytwarzane metodą druku 3D	3
4. Wymagania BHP	25

Materiały przygotowane w ramach projektu „PB 5.0 – dostosowanie oferty dydaktycznej Politechniki Białostockiej do potrzeb nowoczesnej gospodarki oraz zielonej i cyfrowej transformacji” (nr umowy FERS.01.05-IP.08-0327/23-00) w ramach programu Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego 2021-2027 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Plus.

Publikacja jest udostępniona na licencji Creative Commons - Uznanie autorstwa 4.0 (CC BY 4.0). Pełna treść licencji dostępna na stronie creativecommons.org.

Materiały dydaktyczne przeznaczone dla studentów Wydziału Elektrycznego PB.

© Wydział Elektryczny, Politechnika Białostocka, 2025 (wersja 1.0)

1. Opis stanowiska

Podczas zajęć wykorzystywany jest komputer klasy PC z systemem operacyjnym *Microsoft Windows 10/11*.

Na komputerach zainstalowany jest pakiet biurowy *Microsoft Office* oraz *LibreOffice*, wraz ze środowiskami przeznaczonymi do przygotowywania prezentacji multimedialnych.

Środowiska te, czyli *PowerPoint* oraz *Impress*, umożliwiają tworzenie prezentacji, diagramów, schematów oraz kompozycji wizualno-tekstowych, zawierających elementy interaktywne i animacje.

2. Cel ćwiczenia

Celem jest zapoznanie się z przykładowym opracowaniem zagadnienia technicznego. W tym przypadku jest to wystąpienie naukowe, omawiające tematykę czujników temperatury wytwarzanych metodą druku 3D. W dalszej części student ma zatem okazję przyjrzeć się na przykładzie, w jaki sposób komponowano poszczególne slajdy, stosowano opisy oraz animacje.

3. Przykład prezentacji

3.1. Wprowadzenie

Prezentację zamieszczono poniżej w postaci statycznych slajdów, ale wersja do przejrzenia w programie *PowerPoint* (zawierająca m.in. właściwe wymiary oraz animacje) dostępna jest pod linkiem: box.biaman.pl/f/eb6155d5346f49c0ba51/

Plik stanowi jednak jedynie przykład. Pamiętaj, że w swojej prezentacji możesz zmodyfikować styl, tło, wyróżnienie tytułów, układ treści, a przede wszystkim – temat, który można samodzielnie wybrać.

3.2. Czujniki temperatury wytwarzane metodą druku 3D

CZUJNIKI TEMPERATURY WYTWARZANE METODĄ DRUKU 3D

Adam Steckiewicz

Nr albumu 123456

Białystok, 15.10.2024 rok

Plan prezentacji

- 1) Wprowadzenie – czujniki drukowane
- 2) Stanowisko badawcze
- 3) Wyniki pomiarów i obliczeń
- 4) Podsumowanie – wnioski końcowe
- 5) Bibliografia

Wprowadzenie

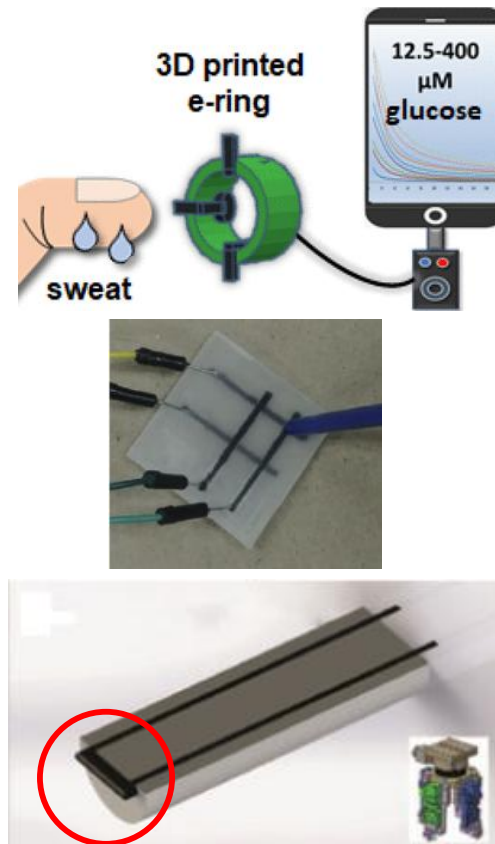
3

Drukowane czujniki temperatury

Współcześnie rozważa się wytwarzanie metodą druku 3D czujników [1]:

- stężenia (np. glukozy),
- nacisku (tensometry),
- temperatury.

Te ostatnie bazują na przewodzącym PLA (poliaktydzie) [2], ukształtowanym w prostopadłości, belki, kule, pierścienie. Zapewniają one **pomiar temperatury punktowy lub na niewielkiej powierzchni**.

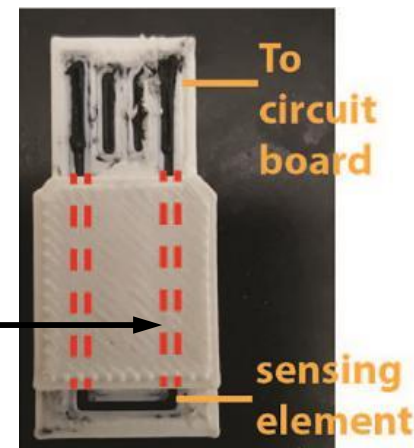


Rys. 1. Czujnik glukozy, tensometr, temperatury tworzone drukiem 3D [1, 3]

Analizując literaturę zauważono:

- 1) małą dostępność giętkich oraz płaskich czujników temperatury tworzonych z PLA,
- 2) ograniczony opis zależności rezystancji czujnika od temperatury,
- 3) problematyczne zastosowanie niektórych rozwiązań...

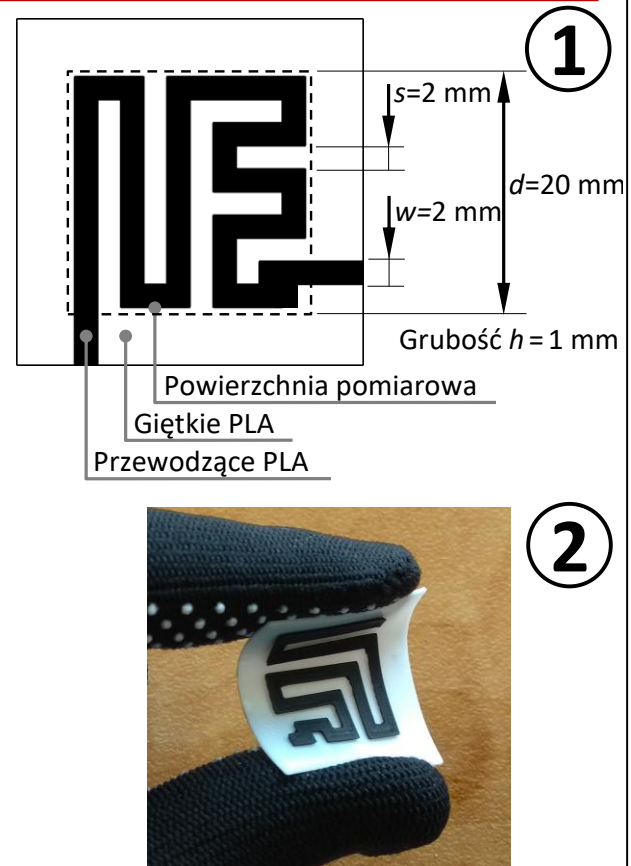
Sztywna osłona + drukowane ścieżki łączeniowe



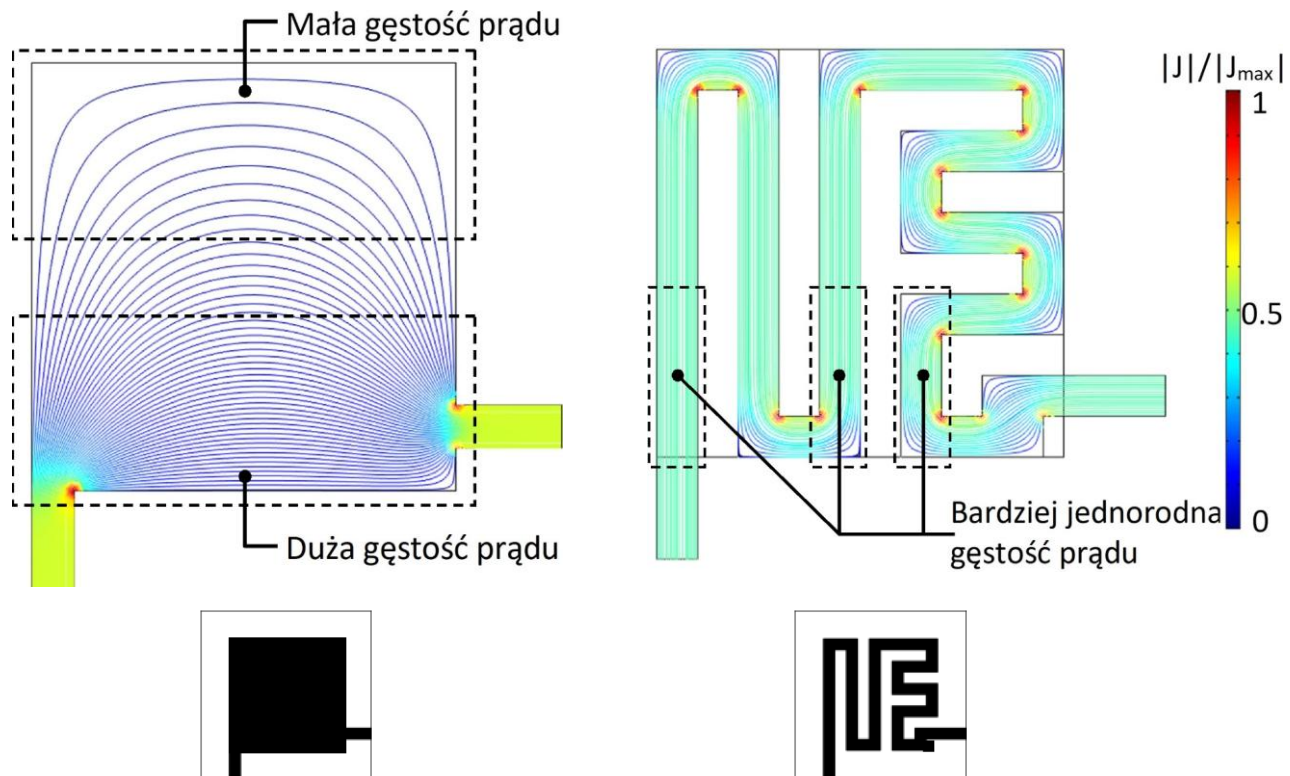
Rys. 2. Przykłady czujników drukowanych [2]

Zaproponowano więc oraz zbadano czujniki charakteryzujące się:

- 1) połączeniem geometrii metamateriału ze strukturą fraktalną,
- 2) planarną, giętką konstrukcją wytworzoną w całości z PLA,
- 3) powierzchniowym pomiarem temperatury,
- 4) pełnym opisem zależności rezystancji od temperatury, nazwany modelem hybrydowym.



Rys. 3. Widok na proponowane konstrukcje czujników [4]



Rys. 4. Rozkład gęstości prądu – analiza numeryczna [4]



Rys. 5. Etapy druku czujnika przy użyciu Ultimaker 3



Rys. 5. Etapy druku czujnika przy użyciu Ultimaker 3



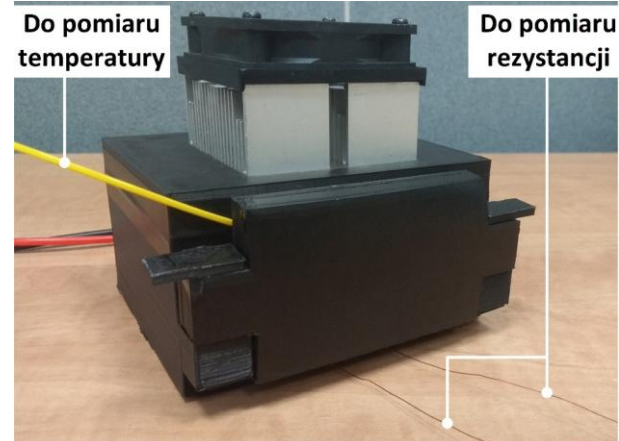
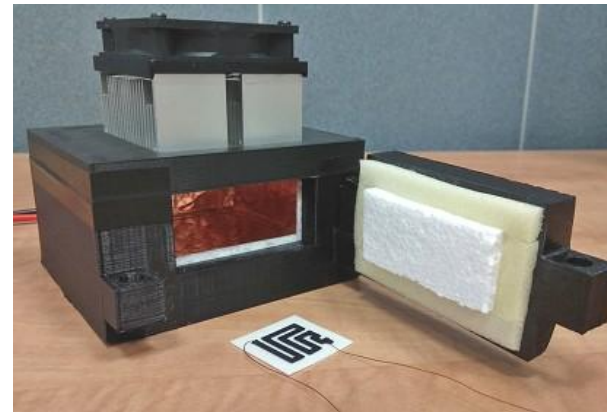
Rys. 5. Etapy druku czujnika przy użyciu Ultimaker 3



Rys. 5. Etapy druku czujnika przy użyciu Ultimaker 3

Do badań uprzednio zbudowano minikomorę temperaturową [4]:

- dedykowana obudowa wydrukowana ze wzmocnionego PLA;
- regulacja temperatury za pomocą ogniwa Peltiera ($P = 36\text{ W}$) [5];
- zakres temperatur: $-5^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$;
- chłodzenie: radiator+wentylator;
- izolacja: PLA+styropian+gąbka.

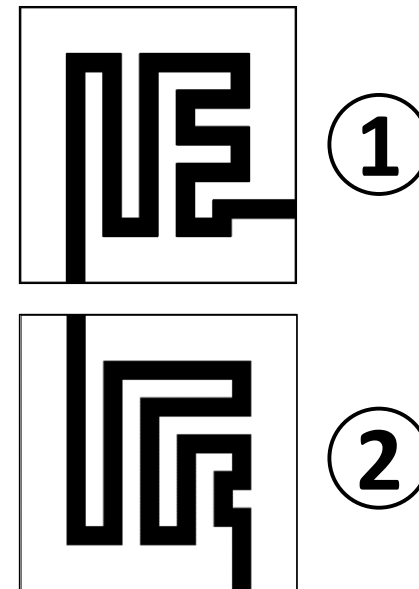


Rys. 6. Widok na minikomorę temperaturową [4]

Cel prac zrealizowano poprzez kolejno:

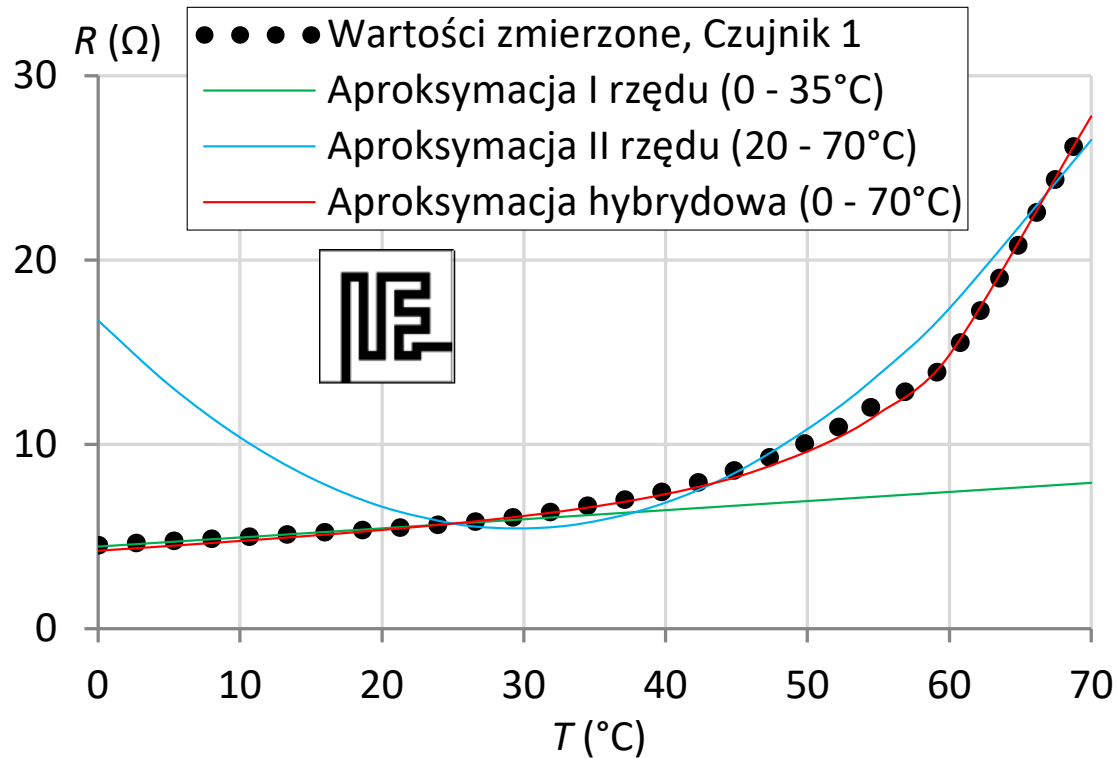
- 1) Wydruk Czujnika 1 i Czujnika 2.
- 2) Wyznaczenie przewodności PLA
- otrzymano około $\sigma = 17.4 \text{ S/m}$.
- 3) Pomiar rezystancji w temperaturach do 0°C do 70°C .
- 4) Określenie współczynników modeli matematycznych.

Wyniki pomiarów zaprezentowano na wykresach (kolejne slajdy). Widoczna jest na nich zależność oporu elektrycznego Czujnika 1 oraz Czujnika 2 od temperatury.



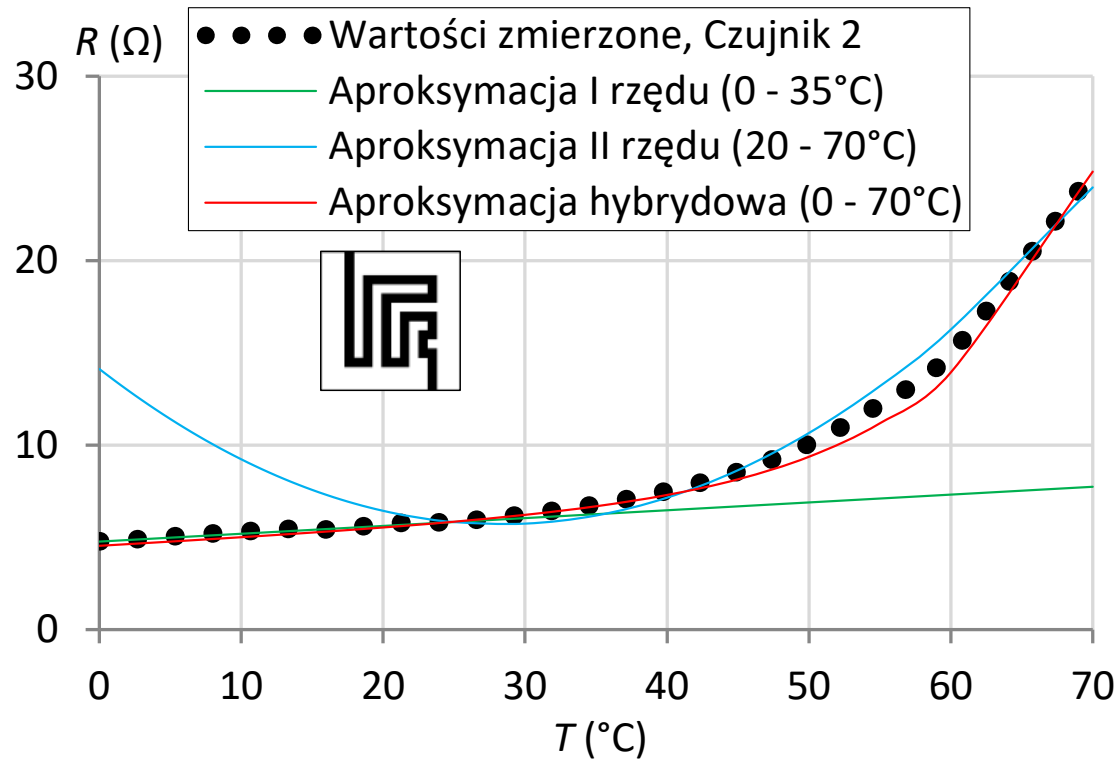
Rys. 7. Badane czujniki

Zależność rezystancji od temperatury



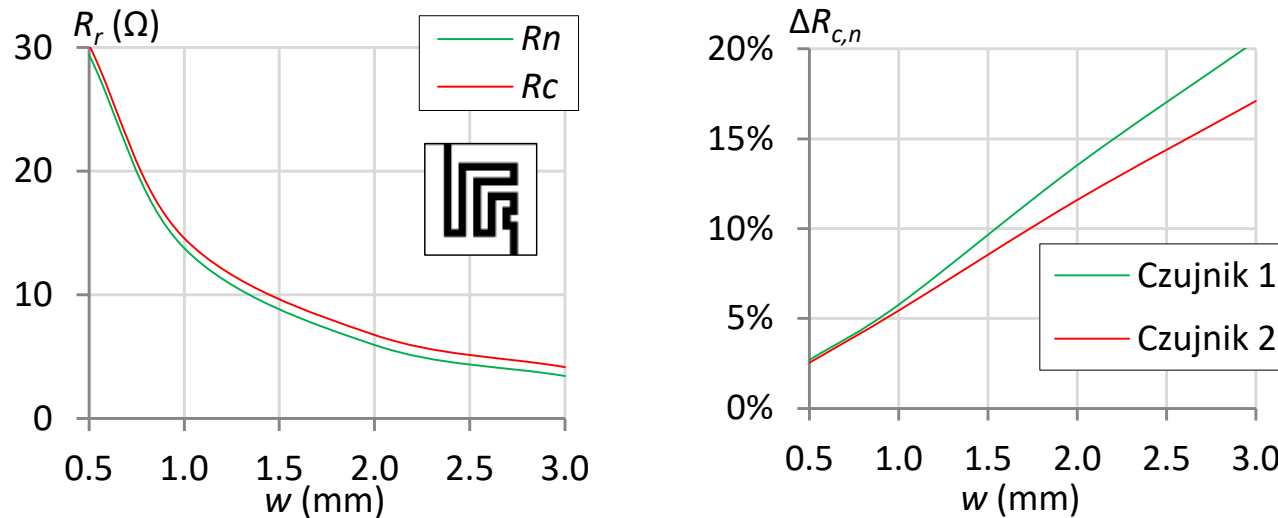
Rys. 8. Zależność rezystancji zastępczej od temperatury Czujnika 1

Zależność rezystancji od temperatury



Rys. 9. Zależność rezystancji zastępczej od temperatury Czujnika 2

Obliczanie rezystancji czujnika w temp. odniesienia



Rys. 10. Zależność rezystancji Czujnika 2 od parametrów geometrycznych – R_n to rezystancja z symulacji, R_c to rezystancja obliczona z równań (1) i (2), a $\Delta R_{c,n}$ to różnica względna między nimi.

gdzie: R_c – rezystancja czujnika w temp. odniesienia (20 °C);

p – obwód ścieżki czujnika;

l – średnia długość ścieżki czujnika.

$$R_c = \frac{l}{\sigma S} = \frac{l}{\sigma w h} \quad (1)$$

$$l = \frac{p - 2w}{2} \quad (2)$$

W Tabeli 1 przedstawiono rezystancje zmierzone (R_m), obliczone w modelu symulacyjnym (R_n) i wyliczone (R_c) z równań (1) oraz (2).

O ile różnice między pomiarem i modelem teoretycznym są akceptowalnie małe (między 4% a 6.2%), to większe (ok. 20%) występują między pomiarem a obliczeniami uproszczonymi.

Tabela 1. Rezystancje trzech czujników uzyskane na drodze pomiaru, symulacji i obliczeń uproszczonych

Czujnik	R_m , k Ω	R_n , k Ω	$\Delta R_{n,m}$	R_c , k Ω	$\Delta R_{c,m}$
1	5.69	5.97	4.80%	6.77	19.01%
2	5.83	6.07	4.05%	6.77	16.12%
3	5.51	5.85	6.18%	6.66	20.77%

Model pierwszego rzędu $R = f(T)$ [6]:

$$R = R_r \left[1 + \alpha (T - T_r) \right] \quad (3)$$

Model drugiego rzędu [7]:

$$R = R_r \left[1 + \beta (T - T_r) + \gamma (T - T_r)^2 \right] \quad (4)$$

Model hybrydowy [4]:

$$R = R_r \left[1 - \delta + \alpha (T - T_r) + \delta e^{\tau (T - T_r)} \right] \quad (5)$$

gdzie: T – temperatura; T_r – temperatura odniesienia;
 R_r – rezystancja w T_r ; α – temperaturowy współczynnik rezystancji;
 $\beta, \gamma, \delta, \tau$ – współczynniki modeli wyższych rzędów.

Porównanie współczynników modeli

Tabela 2. Współczynniki do modeli matematycznych

Model	$\alpha, 1/^{\circ}\text{C}$	$\beta, 1/^{\circ}\text{C}$	$\gamma, 1/^{\circ}\text{C}^2$	δ	$\tau, 1/^{\circ}\text{C}$	RMSD ($^{\circ}\text{C}$)
I rząd, Czujnik 1	0.0087	-	-	-	-	0.174
II rząd, Czujnik 1	-	-0.02072	0.00227	-	-	1.153
Hybryda, Czujnik 1	0.0087	-	-	0.0462	0.0964	0.269
I rząd, Czujnik 2	0.0073	-	-	-	-	0.125
II rząd, Czujnik 2	-	-0.0119	0.0018	-	-	0.668
Hybryda, Czujnik 2	0.0073	-	-	0.0464	0.0925	0.206

$$R = R_r \left[1 - \delta + \alpha (T - T_r) + \delta e^{\tau (T - T_r)} \right]$$

- 1) Czujniki temperatury wykonane z przewodzącego elektrycznie PLA mogą zapewnić pomiar w zakresie temperatur ujemnych i dodatnich, do co najmniej 70 °C.
- 2) Druk 3D umożliwia utworzenie struktur o niemal dowolnych kształtach, dopasowując je do indywidualnych potrzeb.
- 3) Rezystancje czujników są rzędu kiloomów, toteż można je z łatwością mierzyć multimetrami (np. przenośnymi) i za pomocą ogólnodostępnych układów scalonych (np. Arduino).
- 4) Zależność rezystancji (wielkość mierzona) od temperatura (wielkość nieznana) jest nieliniowa, stąd potrzebne jest stosowanie w miernikach, np. modelu hybrydowego.
- 5) Model hybrydowy może wykorzystać temperaturowy współczynnik rezystancji z zależności liniowej, ale też dokładniej odwzorowuje charakterystykę $R = f(T)$ przy wyższych temperaturach.

- [1] M.R. Khosravani, T. Reinicke, 3D–printed sensors: Current progress and future challenges, *Sens. Actuator A Phys.*, t. 305, 2020.
- [2] S.W. Kwok, et al., Electrically conductive filament for 3D–printed circuits and sensors, *Appl. Mater. Today*, t. 9, 2017.
- [3] M. Sajid, et al., Development of 3D–Printed Embedded Temperature Sensor for Both Terrestrial and Aquatic Environmental Monitoring Robots, *3D Print. Addit. Manuf.*, t. 5 2018.
- [4] A. Steckiewicz, et al., Temperature Measurement at Curved Surfaces Using 3D Printed Planar Resistance Temperature Detectors, *Electronics*, t. 10, 2020.
- [5] Hesta, Moduł Ogniwo Peltiera TEC1-12703 - Termomoduł - cooler 12V 3A, on-line: hesta.pl/pl/ogniwa-peltiera/228-modul-ogniwo-peltiera-tec1-12703-termomodul-cooler-12v-3a.html.
- [6] D. Halliday, *Podstawy fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2009.
- [7] S.L. Marasso, et al., PLA conductive filament for 3D printed smart sensing applications, *Rapid Prototyp. J.*, t. 24, 2017.

Dziękuję za uwagę

4. Wymagania BHP

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciw pożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad:

- Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- Jeżeli istnieje taka możliwość, należy dostosować warunki stanowiska do własnych potrzeb, ze względu na ergonomię. Monitor ustawić w sposób zapewniający stałą i wygodną obserwację dla wszystkich członków zespołu.
- Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.
- Włączenie komputera może nastąpić po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- W trakcie pracy z komputerem zabronione jest spożywanie posiłków i napojów.
- W przypadku zakończenia pracy należy zakończyć sesję przez wydanie polecenia wylogowania. Zamknięcie systemu operacyjnego może się odbywać tylko na wyraźne polecenie prowadzącego.
- Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska.
- Zabroniona jest zmiana konfiguracji komputera, w tym systemu operacyjnego i programów użytkowych, która nie wynika z programu zajęć i nie jest wykonywana w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.
- W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.
- Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.