

Σ

Konkursu Wiedzy o Metrologii „Metroliga” Przykładowe zadania (część elektryczna)

Tematem części praktycznej konkursu jest energia i jej pomiar. Przy pomocy dostępnych narzędzi wykonane będą pomiary wartości wybranych parametrów dotyczących energetyki i miernictwa wielkości fizycznych. Prosimy, abyście dokładnie przeczytali polecenia i wykonali zadania pomiarowe. Pamiętajcie - każdy zdobyty punkt jest na miarę zwycięstwa!

Zadanie 1. Pomiar energii cieplnej – wyznaczenie temperatury (3 pkt.)

Podstawowym parametrem charakteryzującym pole termiczne i objekty jest temperatura. Jej elektryczny pomiar wykonuje się często za pomocą układów elektronicznych (np. BMP280) lub termoelementów z przetwornikiem cyfrowym (pełniących rolę czujników temperatury).

Zadanie polega na pomiarze **temperatury powietrza** przy użyciu obu czujników. W tym celu:

- podłącz zasilanie do *Zestawu do badań warunków środowiskowych* i poczekaj 20 sekund;
- odczytaj temperaturę z układu BMP280 (wartość na górze) i zapisz do Tabeli 1;
- odczytaj wskazanie z układu cyfrowego (wartość na dole) i zapisz do Tabeli 1;
- zwiększ mierzoną temperaturę, chuchając na czujniki przez 10 sekund;
- ponownie odczytaj obie wartości i zapisz wyniki do Tabeli 1;
- zmniejsz temperaturę, dmuchając na czujniki sprężonym powietrzem przez 10 sekund;
- raz jeszcze odczytaj obie wartości i zapisz wyniki do Tabeli 1.

Tabela 1. Zapisane wskazania czujników temperatury

Układ BMP280	Cyfrowy czujnik temperatury
$T_1 = \dots\dots\dots 21,8 \dots\dots\dots \text{°C}$	$w_1 = \dots\dots\dots 150 \dots\dots\dots$
$T_2 = \dots\dots\dots 29,5 \dots\dots\dots \text{°C}$	$w_2 = \dots\dots\dots 201 \dots\dots\dots$
$T_3 = \dots\dots\dots 16,7 \dots\dots\dots \text{°C}$	$w_3 = \dots\dots\dots 124 \dots\dots\dots$

Zadanie 2. Urządzenie pomiarowe – kalibracja czujnika (7 pkt.)

Zauważ, że odczyty z obu czujników różnią się. BMP280 jest przygotowany do pomiarów, ale drugi czujnik już nie. Zwraca on tylko słowo bitowe – wartość od 0 do 255, która odpowiada pewnej temperaturze. Mierzy zatem temperaturę, ale nie wyświetla jej właściwej wartości...

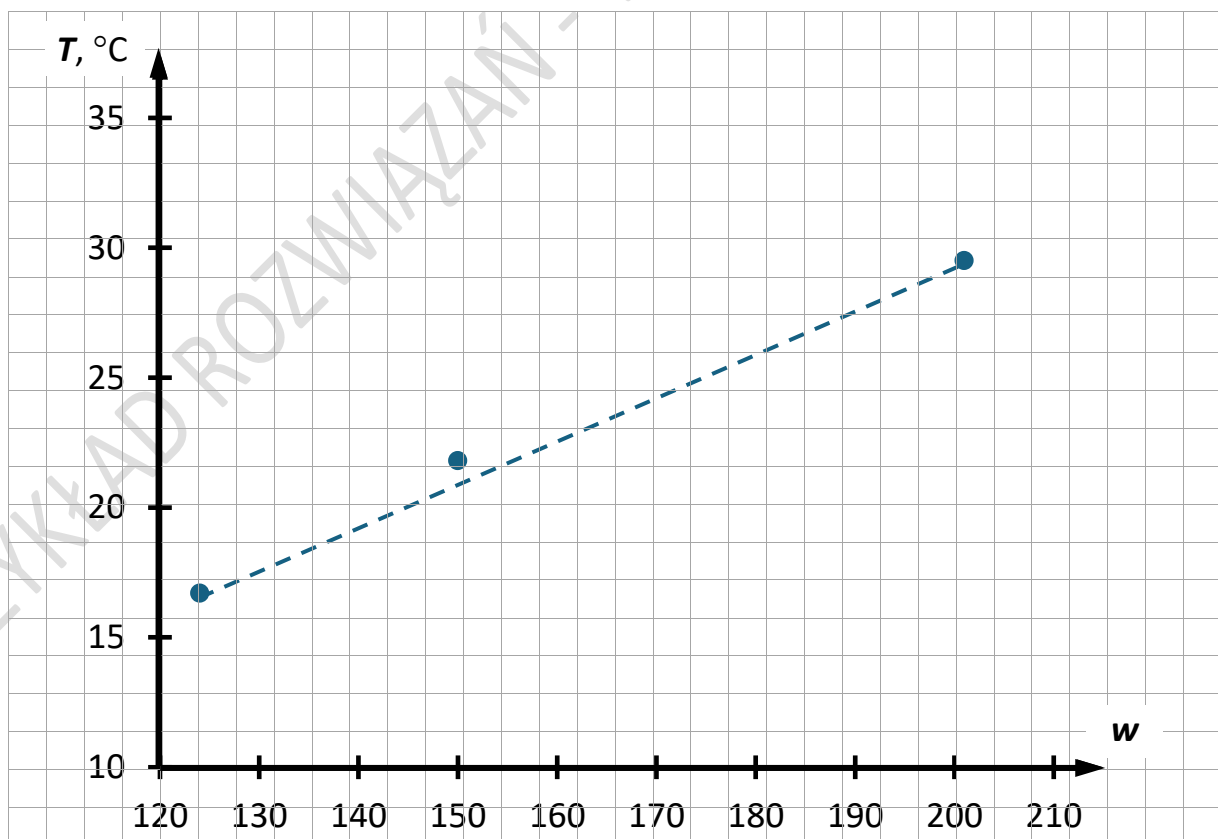
Zadanie polegać będzie więc na skalibrowaniu drugiego czujnika temperatury tak, aby pokazywał on poprawnie wartości mierzonych temperatur. W tym celu kolejno:

- nanieś punkty pomiarowe na wykres zależności temperatury (T) od wskazań czujnika (w);
- narysuj prostą przechodzącą przez dwa dowolne punkty;
- wyznacz współczynniki a oraz b tej prostej, która ogólnie dana jest wzorem (1)

$$T = a \cdot w + b \quad (1)$$

- wpisz współczynnik a do Zestawu do badań warunków środowiskowych – naciskaj lewy przycisk, by ustawić jego wartość i zatwierdź ją prawym przyciskiem;
- wpisz współczynnik b do Zestawu do badań warunków środowiskowych – naciskaj lewy przycisk, by ustawić jego wartość i zatwierdź ją prawym przyciskiem.

Wykres



Obliczenia

Wybrano dwa punkty o współrzędnych:

$$\begin{cases} T_2 = 29,5^\circ\text{C} & \text{i} & w_2 = 201 \\ T_3 = 16,7^\circ\text{C} & \text{i} & w_3 = 124 \end{cases}$$

Podstawiamy do wzoru (1), czyli $T = a \cdot w + b$, obie współrzędne:

$$\begin{cases} T_2 = a \cdot w_2 + b \\ T_3 = a \cdot w_3 + b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 29,5 = a \cdot 201 + b \\ 16,7 = a \cdot 124 + b \end{cases}$$

Rozwiązujemy powyższy układ równań otrzymując:

$$a = 0,166 \text{ oraz } b = -3,913$$

Ponieważ w mierniku można zadać współczynnik a z dokładnością do 0,01 i współczynnik b z dokładnością do 0,1, to wpisane wartości zaokrąglono do:

$$a = 0,17 \text{ oraz } b = -3,9$$

Tabela 2. Wpisane współczynniki równania temperatury

$a = \dots\dots\dots 0,17 \dots\dots\dots$	$b = \dots\dots\dots -3,9 \dots\dots\dots$
--	--

Zadanie 3. Weryfikacja miernika – dokładność pomiaru temperatury (5 pkt.)

Po wpisaniu współczynników **a** oraz **b** następuje kalibracja miernika wykorzystującego drugi czujnik – układ przetwarza teraz jego słowo bitowe na wartość temperatury.

Pozostaje jedynie sprawdzić, jaka jest dokładność pomiaru tego miernika. Dzięki temu będzie wiadomo, z jakim maksymalnym błędem mierzy on temperaturę. W tym celu:

- jednocześnie odczytaj temperaturę z układu BMP280 i drugiego czujnika – wykonaj 6 pomiarów, co 10 sekund, a wskazania zapisz do Tabeli 3;
- oblicz średnią temperaturę (T_{sr}) wskazywaną przez układ BMP280;
- znajdź temperaturę (τ_{max}) wskazaną przez drugi czujnik, która najbardziej różni się od T_{sr} ;
- oblicz różnicę między nimi i przyjmij, że jest to tzw. niepewność pomiaru typu B (u_B);
- zakładając poziom ufności $k = 2$, wyznacz poszukiwany błąd graniczny miernika (δ).

Tabela 3. Nowe wskazania czujników temperatury

Układ BMP280	Cyfrowy czujnik temperatury
$T_1 = \dots\dots\dots 22,1 \dots\dots\dots \text{°C}$	$\tau_1 = \dots\dots\dots 21,8 \dots\dots\dots \text{°C}$
$T_2 = \dots\dots\dots 22,4 \dots\dots\dots \text{°C}$	$\tau_2 = \dots\dots\dots 22,1 \dots\dots\dots \text{°C}$
$T_3 = \dots\dots\dots 22,1 \dots\dots\dots \text{°C}$	$\tau_3 = \dots\dots\dots 21,8 \dots\dots\dots \text{°C}$
$T_4 = \dots\dots\dots 22,0 \dots\dots\dots \text{°C}$	$\tau_4 = \dots\dots\dots 21,6 \dots\dots\dots \text{°C}$
$T_5 = \dots\dots\dots 22,2 \dots\dots\dots \text{°C}$	$\tau_5 = \dots\dots\dots 21,9 \dots\dots\dots \text{°C}$
$T_6 = \dots\dots\dots 22,5 \dots\dots\dots \text{°C}$	$\tau_6 = \dots\dots\dots 22,3 \dots\dots\dots \text{°C}$

Obliczenia

Temperatura średnia z czujnika BMP280:

$$T_{sr} = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_6}{6} = \frac{22,1 + 22,4 + \dots + 22,5}{6} = 22,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Temperatura z czujnika cyfrowego o największej różnicy względem T_{sr} :

$$t_{max} = t_4 = 21,6 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ ponieważ } t_4 \text{ różni się od } T_{sr} \text{ o } 0,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Różnica między t_{max} i T_{sr} :

$$u_B = |t_{max} - T_{sr}| = |21,6 - 22,2| = 0,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Estymowany błąd graniczny drugiego czujnika:

$$\text{Skoro } u_B = \frac{\delta}{k}, \text{ to po przekształceniu mamy } \delta = u_B \cdot k = 0,6 \cdot 2 = 1,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tabela 4. Wyniki końcowe obliczeń dokładności pomiaru

Wartość średnia:	$T_{sr} = \dots\dots 22,2 \dots\dots \text{ } ^\circ\text{C}$
Wartość z największą różnicą:	$t_{max} = \dots\dots 21,6 \dots\dots \text{ } ^\circ\text{C}$
Wartość różnicy:	$u_B = \dots\dots 0,6 \dots\dots \text{ } ^\circ\text{C}$
Błąd graniczny:	$\delta = \pm \dots\dots 1,2 \dots\dots \text{ } ^\circ\text{C}$

Szkic widoku na płytę czołową Zestawu do badania warunków środowiskowych

