



Politechnika Wroclawska

Katedra Techniki Ciepłej W9/K51

Miernictwo i systemy pomiarowe – Lab

Sprawdzanie i wzorcowanie mierników, przetworników i czujników do pomiaru temperatury. Błędy pomiarowe

Instrukcja do ćwiczenia nr 5

Opracował: dr inż. Wiesław Wędrychowicz

Wrocław, 2021.

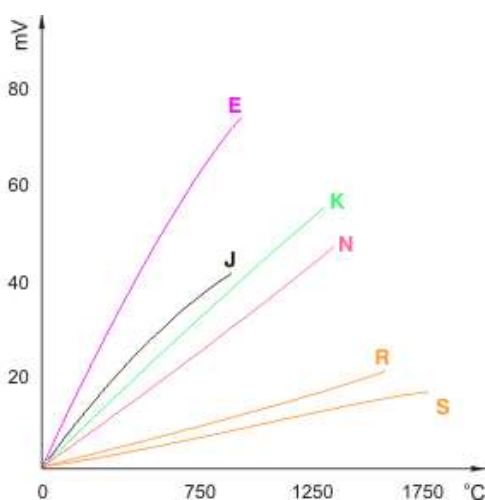
Wstęp teoretyczny

Pomiar temperatury termoparami wymaga zastosowania przetwornika napięcia wytwarzanego przez ogniwo termoelektryczne na wskazanie temperatury. Ze względu na własności termopar a szczególnie nieliniowej zależności siły elektromotorycznej od temperatury (rys.1) oraz jej zależności od temperatury zimnych końców do zadania przetwornika należy uwzględnić te zależności i wskazanie poprawnej temperatury. Schemat podłączenia termopary do przetwornika przedstawiono na rysunku 2

W celu sprawdzenia poprawności wskazań przetwornika stosuje się wzorcowanie przy wykorzystaniu kalibratora zastępującego termoparę.

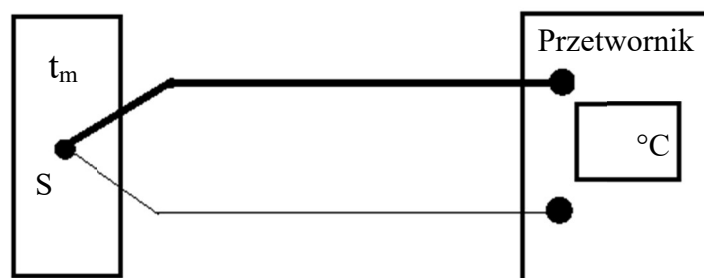
Wzorcowanie przyrządu w pierwszym kroku ustala zależność pomiędzy odwzorowywanymi przez wzorzec pomiarowy wartościami wielkości wraz z ich niepewnościami pomiaru, a odpowiadającymi im wskazaniami wraz z ich niepewnościami, a w drugim kroku wykorzystuje tę informację do ustalenia zależności pozwalającej uzyskać wynik pomiaru na podstawie wskazania. Celem wzorcowania jest określenie kondycji metrologicznej wzorcowanego przyrządu, określającej jego przydatność do wykonywania pomiarów, w tym również przekazywania jednostki miary, lub poświadczenie, że wzorcowany przyrząd spełnia określone wymagania metrologiczne przy czym wynik wzorcowania poświadczany jest w świadectwie wzorcowania. Podczas wzorcowania musi być zachowana spójność pomiarowa, czyli nieprzerwany ciąg odniesień do wzorca krajowego lub międzynarodowego.

Kalibrator jest symulatorem napięć termodynamicznych z zakodowaną charakterystyką danego typu termopary lub kilku typów. Nastawiając wzorcową temperaturę w kalibratorze uzyskuje się na jego zaciskach napięcie odpowiadające napięciu termopary w tej temperaturze. Kalibrator wyposażony jest w układ stałej temperatury odniesienia 0°C i w układ automatycznej kompensacji temperatury zacisków w zakresie $0-60^{\circ}\text{C}$.



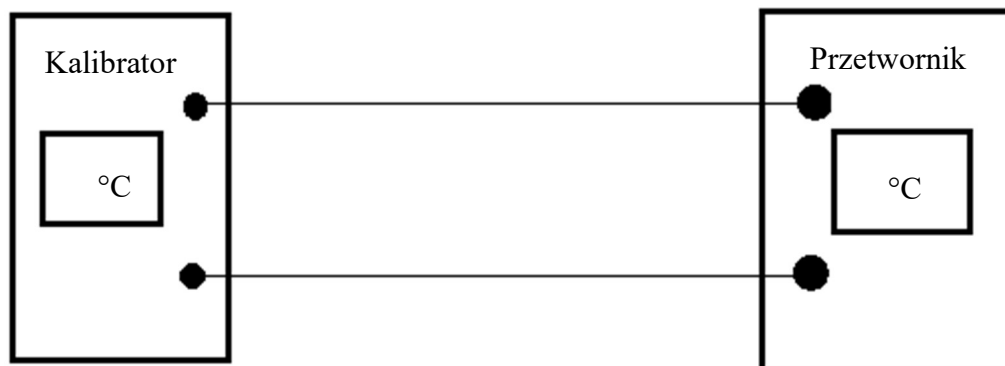
Rys. 1 Charakterystyki różnych typów termopar.

Typowy sposób podłączenia termopary do przetwornika



Rys. 2 Układ podłączenia termopary do przetwornika.

Zasada działania kalibratora polega na wytwarzaniu napięć termoelektrycznych w układzie złożonym z precyzyjnego wieloobrotowego potencjometru i wzmacniacza. Wyjście wzmacniacza połączone jest z zaciskami wyjściowymi kalibratora, do których przyłączany jest sprawdzany termoelektryczny miernik temperatury. Napięcie wyjściowe kalibratora mierzone jest za pomocą wewnętrznego cyfrowego miernika temperatury złożonego z przetwornika napięcie-kod i wyświetlacza. Nieliniowa charakterystyka przetwornika napięcie-kod zależna jest od typu termoelementu S, J lub K.



Rys. 3 Układ podłączenia kalibratora do przetwornika.

W przypadku pracy z automatyczną kompensacją temperatury dodatkowo do jednego z zacisków sprawdzanego miernika jest dołączona końcówka sondy kalibratora (sprzężenie termiczne). Temperatura zacisku sprawdzanego miernika jest przetwarzana w napięcie sumowane z napięciem wyjściowym kalibratora. Wynik sumowania jest przetwarzany na kod i wyświetlany na wyświetlaczu. Przetwornik t0-napięcie, układ sumujący, przetwornik napięcie-kod i wyświetlacz tworzą wewnętrzny cyfrowy miernik temperatury z automatyczną kompensacją.

Kalibracja

Kalibrację czujników temperatury wykonuje się wówczas, gdy na podstawie norm lub wymogów prawnych konieczne jest zapewnienie zgodności z przepisami międzynarodowymi. Normy jakościowe i normy bezpieczeństwa zgodne z DIN EN ISO 9000 wymagają, by wszystkie środki miernicze i kontrolne konieczne dla zapewnienia odpowiedniej jakości poddawane były kalibracji pod kątem spełnienia norm krajowych i międzynarodowych opartych na jednostkach SI. Ponadto, kalibracja może być konieczna w sytuacjach, gdy wymagane jest zapewnienie mniejszej tolerancji (większej dokładności pomiarowej) niż ta wymagana na mocy normy DIN EN 60751, lub też w celu kontroli długoterminowego działania czujnika temperatury.

Kalibracja oznacza, że konieczne jest ustalenie poziomu odchyłań pomiarowych na całym czujniku temperatury lub łańcuchu pomiarowym (czujnik i przetwornik). W czasie kalibracji nie dokonuje się żadnej zmiany badanego materiału. W urządzeniach pomiarowych w czasie dokonywania pomiaru ustalana jest różnica pomiędzy temperaturą wskazywaną przez urządzenie pomiarowe a wartością referencyjną. Nie dokonuje się żadnych zmian w samym urządzeniu pomiarowym, np. przestawienie punktu uznawanego za punkt zerowy.

Kalibracja czujników temperatury odbywa się na dwa sposoby: kalibracja w stałych punktach pomiarowych oraz kalibracja według metody porównawczej.

Kalibracja w stałych punktach pomiarowych

Kalibracja w stałych punktach pomiarowych stosowana jest przede wszystkim w normalnych termometrach oporowych typu Pt zgodnych z ITS 90 (Międzynarodowa skala temperatury z 1990 r.).

Stałe punkty pomiarowe to punkty fazowe najczystszych substancji (punkt krystalizacji, topnienia i punkt potrójny).

Pomiar temperatury w stałych punktach pomiarowych odbywa się w cieczy lub w pionowym piecu wielostrefowym. Temperatura w stałych punktach pomiarowych może być mierzona z wykorzystaniem otwartego lub zamkniętego zbiornika szklanego, zawierającego odpowiedni materiał (wodę lub metal) w najczystszej formie >99,9999%.

Kalibracja w stałych punktach pomiarowych odbywa się w temperaturach od 0,01°C (punkt potrójny wody) a 921°C z dokładnością od 0,5mK do 5mK. Kalibracja w stałych punktach pomiarowych wiąże się z dużymi nakładami czasowymi i sprzętowymi, dlatego też tego rodzaju kalibrację przeprowadza się w państwowych punktach referencyjnych i kilku laboratoriach kalibracyjnych DKD .

Kalibracja według metody porównawczej

Większość czujników temperatury stosowanych w przemyśle poddawana jest kalibracji według metody porównawczej.

W porównaniu z kalibracją w stałych punktach pomiarowych, kalibracja według metody porównawczej jest znacznie prostsza w realizacji.

W czasie kalibracji badane materiały umieszczane są w cieczy lub w piecu kontrolnym wraz z jednym lub dwoma zwykłymi termometrami.

Ciecze wykorzystywane do kalibracji obejmują następujące substancje:

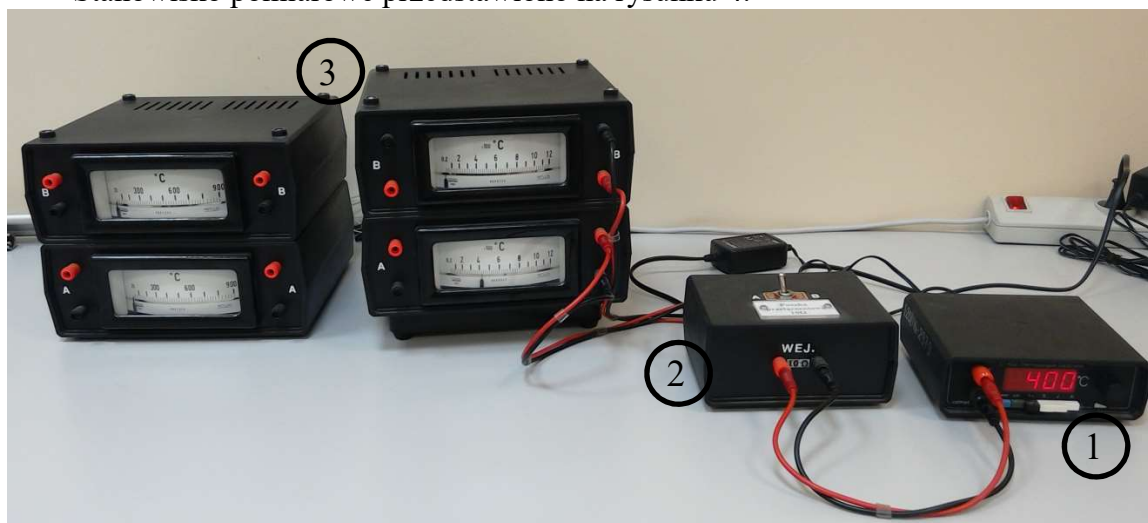
etanol (od -100°C do 0°C), woda (0°C do 99°C), olej silikonowy (50°C do 250°C), mieszaniny soli (180°C do 630°C), cyna (250°C do 630°C).

Pomiary porównawcze w piecu kontrolnym można wykonywać do temperatury 1600°C. Badane materiały oraz termometry referencyjne umieszczane są w strefie o jednolitej i stałej temperaturze. Badane materiały umieszczane są w instalacji kontrolnej w taki sposób, aby wyeliminować jakąkolwiek możliwość błędu wynikającego z rozproszenia ciepła. Przed dokonaniem kalibracji, badane materiały badane są pod kątem funkcjonalnym i izolacyjnym zgodnie z normą DIN EN 60751. Referencyjnymi urządzeniami pomiarowymi są termometry oporowe typu Pt lub termopary, które zostały skalibrowane w państwowym punkcie kontrolnym lub w laboratorium DKD. Po stabilizacji cieczy lub pieca kontrolnego badane materiały poddawane są pomiarowi z porównaniem z termometrami referencyjnymi. Wyniki kalibracji potwierdzane są odpowiednim certyfikatem kalibracji.

Stanowisko pomiarowe

I. Sprawdzanie przetwornika temperatury

Stanowisko pomiarowe przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Stanowisko pomiarowe

W skład stanowiska pomiarowego wchodzi następujące elementy i urządzenia:

1. Kalibrator symulujący termopary typu S, J i K
2. Puszka przełącznikowa
3. Wzorcowane przetworniki temperatury

Przebieg ćwiczenia

1. Sprawdzić typ przetworników (dla jakiego typu termopary są przeznaczone). Sprawdzić poprawność połączeń szczególnie biegunowość oznaczoną kolorami czerwonym i czarnym.
2. Ustawić przełącznik na puszcze przełącznikowej (2) w pozycję A,
3. Ustawić na kalibratorze wciśnięte przyciski:
 Cal – tryb kalibracji,
 t₀ – tryb automatycznej kompensacji temperatury zacisków,
 S, J lub **K** – odpowiedni typ symulowanej termopary
4. Włączyć kalibrator (1) i nastawić temperaturę wzorcową 100°C.
5. Na przetworniku A (3) po ustaleniu się wskazania odczytać temperaturę.
6. Nastawiać kalibrator na kolejne temperatury zwiększając **co 50°C** aż do ostatniego pomiaru z zakresu przetwornika.
7. Nastawić temperaturę wzorcową 100°C.
8. Wyłączyć kalibrator.
9. Ustawić przełącznik na puszcze przełącznikowej (2) w pozycję B,
10. Włączyć kalibrator (1)
11. Na przetworniku B (3) po ustaleniu się wskazania odczytać temperaturę.
12. Nastawiać kalibrator na kolejne temperatury zwiększając **co 50°C** aż do ostatniego pomiaru z zakresu przetwornika.
13. Nastawić temperaturę wzorcową 100°C.
14. Wyłączyć kalibrator.
15. Podłączyć drugą parę przetworników temperatury do puszek przełącznikowej (zwrócić uwagę na biegunowość oznaczoną kolorami)
16. Powtórzyć czynności z p. od 3 do 14.

II. Sprawdzanie miernika temperatury

Sprawdzanie miernika temperatury jest sprawdzaniem poprawności wskazań temperatury dla całej linii pomiarowej począwszy od czujnika, poprzez linię połączeniową do przetwornika temperatury włącznie.

Sprawdzenie przeprowadza się zadając temperaturę wzorcową w piecyku kalibracyjnym, w którym umieszczony jest czujnik. Odczyt temperatury z przetwornika porównuje się z temperaturą wzorcową piecyka.



Przebieg ćwiczenia

1. Nastawić temperaturę piecyka kalibracyjnego na zadaną temperaturę.
2. Odczekać na ustabilizowanie się temperatury w piecyku.
3. Odczytać rzeczywistą temperaturę piecyka i temperatury skazywane przez badane przetworniki.
4. Zmienić na kolejną temperaturę i wykonać punkty 2 i 3.
5. Po zakończeniu pomiarów nastawić piecyk na temperaturę 20 C i odczekać na wystudzenie piecyka.

UWAGA: Nie wolno wyłączyć piecyka do czasu osiągnięcia temperatury zbliżonej do otoczenia !

6. Wyłączyć piecyk (pod nadzorem prowadzącego).

Sprawozdanie:

Sporządzić wykres błędu pomiaru temperatury w funkcji temperatury dla każdego przetwornika.

Określić błąd wskazania miernika temperatury. Określić poprawkę dla obu mierników.

Wnioski

Ćwiczenie nr 5.
Miernictwo i systemy pomiarowe

Protokół pomiarowy z dnia

Temperatura otoczenia:°C,

	termopara: typ		termopara: typ	
	t_A °C	t_B °C	t_A °C	t_B °C
t_{wz} °C				
100				
150				
200				
250				
300				
350				
400				
450				
500				
550				
600				
650				
700				
750				
800				
850				
900				
950				
1000				
1050				
1100				
1150				
1200				

2) Kalibracja układu pomiaru temperatury

t_{wz} °C	t_{zm} Pt100 _A °C	t_{zm} Pt100 _B °C
50		
150		
250		
350		

Uwagi: Wykonawcy:

1.
2.
3.
4.
5.
6.

Kalibrator typ: