

SYSTEM STABILIZACJI TEMPERATURY W KOMORZE POMIAROWEJ

Bartłomiej KOCJAN¹, Krystian KRAWCZYK²

1. Politechnika Wrocławska, Wydział Elektryczny, Katedra Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii
tel.: 71 3202197 e-mail: bartlomiej.kocjan@pwr.edu.pl
2. Politechnika Wrocławska, Wydział Elektryczny, Katedra Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii
tel.: 71 3202197 e-mail: krystian.krawczyk@pwr.edu.pl

Streszczenie: Zaprezentowano system do stabilizacji temperatury rezystorów wzorcowych podczas ich wzorcowania z bardzo wysoką dokładnością. Podstawowym elementem tego systemu jest komora pomiarowa z modułami Peltiera. Przedstawiono konstrukcję tej komory i wyniki wstępnych badań stabilności długoterminowej temperatury z uwzględnieniem wpływu warunków otoczenia na dokładność systemu. System zapewnia długoterminową stałość temperatury 23°C wewnątrz komory z nieślanością $\pm 0,02^\circ\text{C}$.

Słowa kluczowe: pomiary rezystancji, stabilizacja temperatury.

1. WPROWADZENIE

Najdokładniejsze pomiary rezystancji wymagają ograniczenia wpływu czynników obniżających dokładność pomiarów. Jednym z bardzo istotnych czynników wpływających na dokładność pomiarów rezystancji rezystorów [1] jest zmiana temperatury otoczenia rezystorów. W przypadku wykonywania pomiarów z bardzo dużą dokładnością konieczna jest stabilizacja temperatury nie tylko pomieszczenia laboratoryjnego, ale niezbędna jest również dodatkowa termostatyzacja porównywanych rezystorów zapewniająca dużą stałość ich temperatury

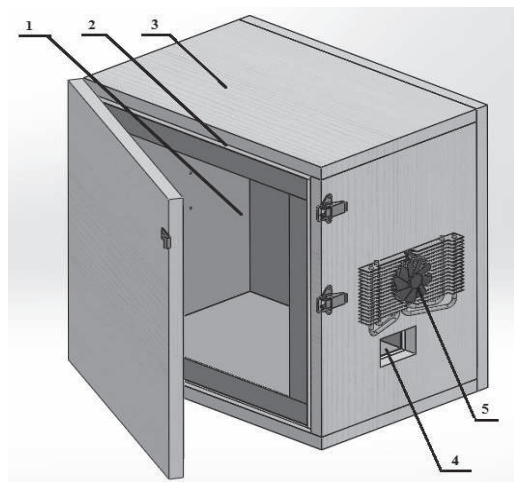
2. KOMORA POMIAROWA

2.1. Założenia

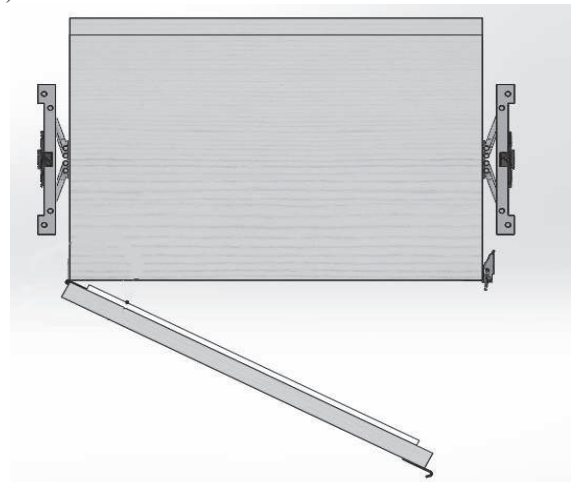
W celu zapewnienia odpowiedniej stabilizacji termicznej wzorców rezystancji przeznaczonych do użytkowania w powietrzu opracowano komorę pomiarową z systemem do stabilizacji temperatury w jej wnętrzu. Założenia ma ona być użytkowana w klimatyzowanych pomieszczeniach laboratoriów wzorcujących, w których temperatura powietrza wynosi $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$. Przyjęto, że system powinien zapewniać stabilizację termiczną na poziomie nie mniejszym niż $\pm 0,02^\circ\text{C}$ przez co najmniej 48 godzin.

2.2. Konstrukcja komory i system stabilizacji temperatury

a)



b)



Rys. 1. Zaprojektowana i wykonana termostatyzowana komora pomiarowa; a) rzut izometryczny komory: 1 – obudowa aluminiowa, 2 – spienione PCW, 3 – drewno, 4 – otwór na przewody, 5 – moduły Peltiera z radiatorem; b) widok z góry

Konstrukcję komory przedstawiono na rysunku 1. Ma ona wewnętrzne wymiary 350 mm×350 mm×250 mm. Aluminiowa obudowa komory (1) odizolowana jest cieplnie od otoczenia płytami ze spienionego PCW (2). Dodatkowo celem usztywnienia konstrukcji komory i zabezpieczenia płyt PCW przed uszkodzeniami mechanicznymi, ma ona zewnętrzną osłonę (4) wykonaną z drewna, która zapewnia dodatkową izolację cieplną. Na bocznych ściankach aluminiowej obudowy umieszczono dwa moduły Peltiera o wymiarach 40 mm × 40 mm, każdy o maksymalnej mocy 43 W. Jedna z płytek ceramicznych modułu Peltiera ulega grzaniu, a druga chłodzeniu. Odprowadzenie energii cieplnej do otoczenia z zewnętrznej strony modułu zapewniają radiatory (5). Przylegająca aluminiowa obudowa komory (1) do drugiej strony modułu zapewnia rozprawdzenie energii cieplnej w komorze. W zależności od kierunku prądu przepływającego przez moduły Peltiera możliwe jest uzyskanie temperatury w komorze wyższej lub niższej od temperatury otoczenia. Moduły Peltiera sterowane są z kontrolera temperatury TEC Temperature Controller TC M PCB firmy Electron Dynamics który reguluje prądem zasilania modułów i umożliwia zmianę jego polaryzacji (rys. 2). Według danych producenta kontroler ten może zapewnić stałość temperatury z niedokładnością $\pm 0,001^{\circ}\text{C}$ [2].



Rys. 2. System do stabilizacji temperatury w komorze pomiarowej

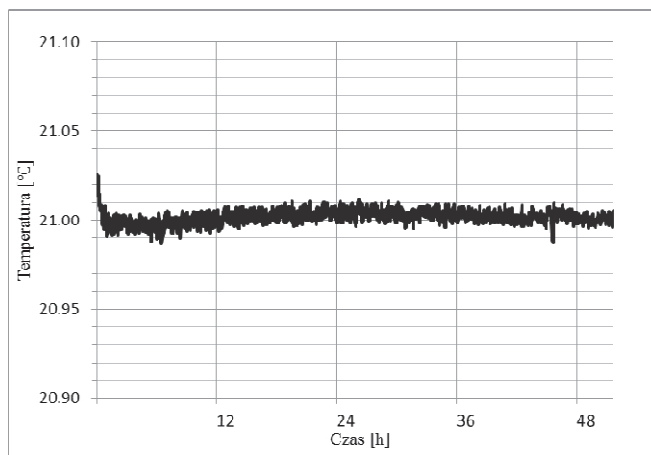
Kontroler temperatury jest regulatorem proporcjonalno-całkująco-różniczkującym (PID). Współpracuje on z czujnikiem rezystancyjnym Pt-100 umieszczonym w komorze pomiarowej. Programuje się go z komputera zewnętrznego, przyłączonego poprzez interfejs USB.

3. WYNIKI BADAŃ

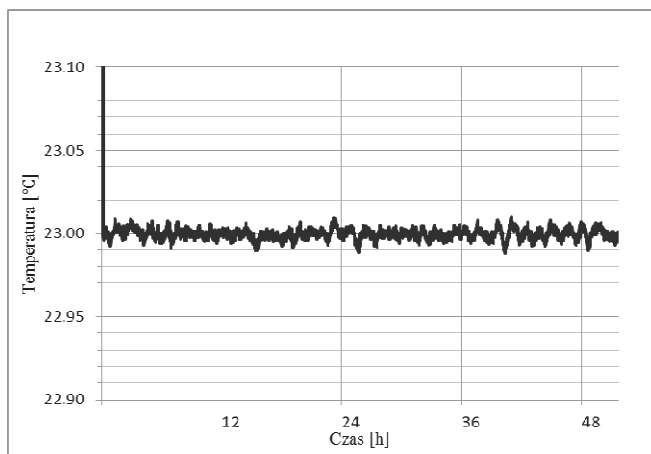
3.1. Badanie stabilności długoterminowej

Kontroler temperatury miał za zadanie doprowadzić temperaturę powietrza wewnątrz komory do zadanej wartości i następnie utrzymać ją przez minimum 48 godzin. Wartości zadanej temperatury wynosiły (21, 23, 25) $^{\circ}\text{C}$. Temperaturę mierzono termometrem firmy Dotsmann P-795 zamontowanym wewnątrz komory. Odczyty temperatury wykonywano co 60 sekund. Wyniki pomiarów zarejestrowano w pamięci komputera za pomocą oprogramowania firmy Dotsmann. Rozdzielczość użytego termometru wynosiła $\pm 0,001^{\circ}\text{C}$ [3]. W trakcie badań w laboratorium panowała temperatura (23 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$, a wilgotność względna powietrza wynosiła (20 \div 40)%.

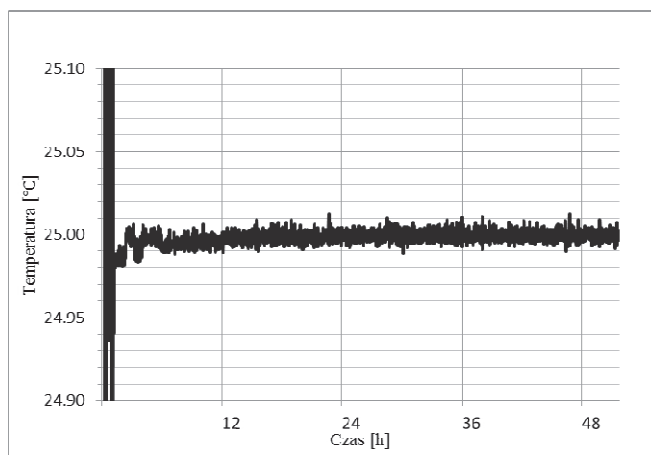
Na rysunkach 3, 4 i 5 przedstawiono zmiany temperatury powietrza w komorze w czasie 50 godzin dla zadanych wartości temperatury. Z przedstawionych wyników badań wynika, że stabilizacja temperatury w komorze jest zgodna z założeniami systemu i nie przekracza $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$.



Rys. 3. Zarejestrowane zmiany temperatury wewnątrz komory po zadaniu temperatury 21 $^{\circ}\text{C}$



Rys. 4. Zarejestrowane zmiany temperatury wewnątrz komory po zadaniu temperatury 23 $^{\circ}\text{C}$

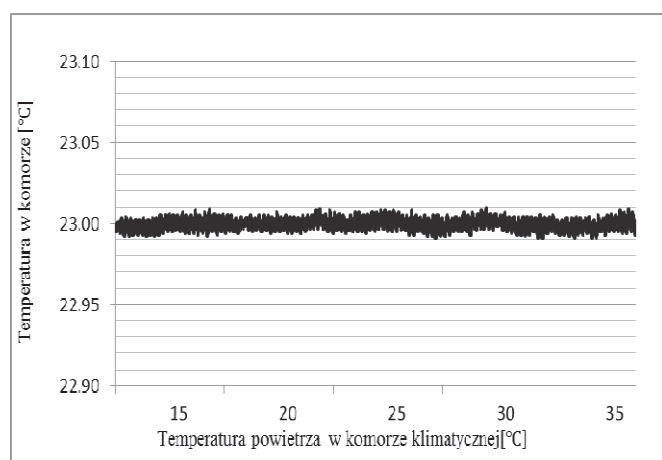


Rys. 5. Zarejestrowane zmiany temperatury wewnątrz komory po zadaniu temperatury 25 $^{\circ}\text{C}$

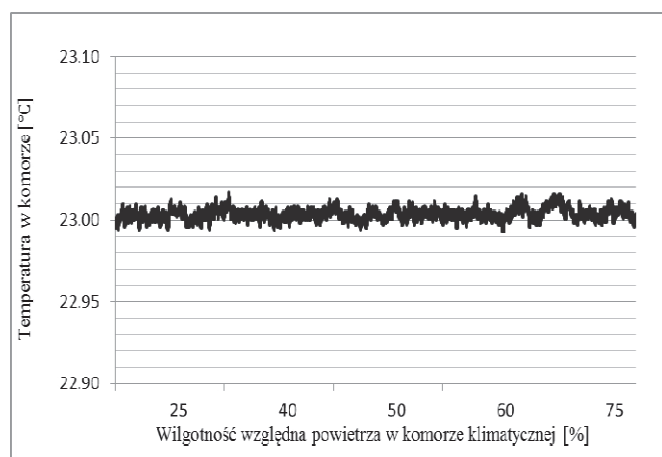
3.2. Badanie wpływu temperatury i wilgotności powietrza otoczenia kontrolera temperatury

W celu zbadania czy na dokładność stabilizacji temperatury w komorze wpływ ma temperatura powietrza otaczającego kontroler temperatury, umieszczono kontroler temperatury w komorze klimatycznej firmy ESPEC, model PL-1KPH. Komora klimatyczna umożliwia regulację temperatury oraz regulację wilgotności powietrza. Stabilność temperatury i wilgotności wynosi $\pm 0,3 \pm 2,5\%$ [4]. Pozostała część systemu (komora i komputer) pozostała poza komorą klimatyczną.

W pierwszej kolejności zbadano jak wpływa zmiana temperatury powietrza otaczającego kontroler na dokładność stabilizacji temperatury w komorze pomiarowej. Kontroler miał za zadanie utrzymać temperaturę 23°C . Czujnik termometru firmy Dotsmann P-795 zamontowano wewnątrz komory. Wyniki pomiarów zarejestrowano w pamięci komputera za pomocą oprogramowania firmy Dotsmann. Temperaturę w komorze klimatycznej ESPEC zmieniano w zakresie od 15°C do 35°C z krokiem 5°C co 4 godziny. Wilgotność względną w komorze klimatycznej wynosiła 40%. Temperatura powietrza w laboratorium w trakcie badań wynosiła $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$, a wilgotność względną powietrza ($20 \div 40$)%. Na rysunku 6 przedstawiono wpływ zmian temperatury powietrza otaczającego kontroler na dokładność stabilizacji temperatury w komorze pomiarowej.



Rys. 6. Wpływ temperatury otoczenia kontrolera na dokładność stabilizacji temperatury



Rys. 7. Wpływ wilgotności względnej powietrza otoczenia kontrolera na dokładność stabilizacji temperatury

Następnie zbadano jak wpływa zmiana wilgotności powietrza otaczającego kontroler na dokładność pracy opracowanego systemu termostatykacji. Ponownie kontroler temperatury umieszczono w komorze klimatycznej ESPEC. Zadaniem kontrolera temperatury było utrzymywanie temperatury powietrza w komorze pomiarowej 23°C . Wilgotność względną powietrza w komorze klimatycznej ESPEC zmieniano w zakresie od 25% do 75% co 4 godziny. Temperatura wewnątrz komory klimatycznej firmy ESPEC wynosiła 23°C , a temperatura w laboratorium w trakcie badań wynosiła $(23 \pm 1)^{\circ}\text{C}$, natomiast wilgotność względną powietrza ($20 \div 40$)%. Wyniki badania przedstawiono na rysunku 7.

Z przedstawionych na rysunkach 6 i 7 wyników badań wpływu wilgotności i temperatury powietrza otaczającego kontroler na dokładność regulacji temperatury w komorze wynika, że w rozpatrywanym zakresie temperatury (od 15°C do 35°C) i wilgotności (od 25% do 75%), kontroler nie wykazywał znaczącej podatności na wpływ warunków środowiskowych. Pomimo zmian wilgotności i temperatury powietrza otaczającego kontroler, zmiany temperatury w komorze pomiarowej nie przekraczały $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$, czyli stabilizacja temperatury była zgodna z założeniami.

4. PODSUMOWANIE

W referacie przedstawiono opracowany system stabilizacji temperatury wzorców rezystancji w trakcie ich wzorcowania z najwyższą dokładnością. Jak wynika z zaprezentowanych wyników badań stabilności długoterminowej (rysunki 3, 4, 5), system umożliwia utrzymanie temperatury w komorze pomiarowej z niedokładnością $\pm 0,015^{\circ}\text{C}$. Z przeprowadzonych badań wpływu warunków otoczenia na kontroler temperatury wynika, że w rozpatrywanych przedziałach temperatury i wilgotności powietrza, jego dokładność regulacji nie zależy od warunków otoczenia (rysunki 6, 7). Celem badań było określenie poziomu stabilizacji temperatury, dlatego niepewność pomiaru wskazań bezwzględnych wartości temperatury pominięto. Obecnie trwają dalsze prace nad systemem termostatykacji, przewidywane są kolejne testy. Komora pomiarowa była projektowana z myślą o zastosowaniu jej w precyzyjnych pomiarach rezystancji rezystorów wzorcowych, jednak duże wymiary komory umożliwiają zastosowanie jej również do innych celów.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Lisowski M., Krawczyk K., Filar K.: Badania rezystorów wysokoohmowych przeznaczonych do transferów Hamona, (rozdział w monografii „Metrologia dziś i jutro”) Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2010, s. 133-144.
2. Strona internetowa producenta kontrolera temperatury, <http://www.electrodynamics.co.uk/wp/products/peltier-tec-temperature-controller-tc-m-pcb-2/>, dostęp 14.06.2017.
3. Strona internetowa producenta termometru, www.dostmann-electronic.de/product/p795-reference-thermometer.htmls, dostęp 19.05.2017.

4. Instrukcja obsługi komory klimatycznej Espec, Komory temperaturowe i klimatyczne Platinous K Series – Modele PR, PL, PU, PSL PG ze sterownikami typu P. Nr dokumentu 400140482870, Wydanie, 23, 18-02-2004.

Praca sfinansowana z funduszy Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych, projekt PBS3/A4/11/2015

TEMPERATURE STABILIZATION SYSTEM FOR CONTROLLING TEMPERATURE IN MEASUREMENT CHAMBER

One of the factor that influence accuracy of resistance measurements is temperature change during measurements. This paper describes a system to maintain stable air temperature in a measurement chamber. The aim of the system is to stabilize temperature of resistance standards during measurements. Presented system consist of a measurement chamber and temperature controller. In this paper the construction of the measurement chamber and the temperature controller is discussed. Moreover results of the system stabilization tests are presented.

The designed and tested stabilization system maintains settled air temperature with the accuracy ± 0.015 °C. This satisfies temperature stability requirements for measurements of resistance standard.

Keywords: resistance measurements, temperature stabilization system.