

**Robert BIAŁOGŁOWSKI, Krystian TUCZYŃSKI,  
Tomasz WARCHOŁ, Damian KARDYŚ**  
Uniwersytet Rzeszowski, Polska

## **Stanowisko do badania czujników temperaturowych**

### **Wstęp**

W artykule przedstawiono stanowisko do przeprowadzania badań na czujnikach temperaturowych. Praca składa się z czterech części dotyczących istoty zagadnienia, procesu projektowania i konstruowania oraz wytworzenia układu. Część pierwsza zawiera istotę problemu, koncepcję układu oraz analizę dotychczas stosowanych rozwiązań wykorzystywanych przy badaniu czujników temperaturowych. W dalszej części zostaje przedstawiony wirtualny projekt pracy niezbędny do fizycznego wykonania układu. Część trzecia to przegląd zastosowanych w projekcie elementów elektronicznych wraz z ich parametrami. W części czwartej opisane zostały właściwości wykorzystanych materiałów, a także opis technik obróbki stosowanych podczas realizacji projektu. Podsumowanie omawia problemy, z jakimi zetknęliśmy się podczas pracy nad stanowiskiem, możliwościami jego wykorzystania oraz rozwoju w przyszłości.

### **1. Potrzeba zbudowania stanowiska laboratoryjnego do badania elementów termoelektronicznych**

Codziennie korzystamy z elementów termoelektronicznych, nie zdając sobie z tego sprawy. Elementy termoelektroniczne wykorzystuje się do pomiarów temperaturowych w precyzyjnych urządzeniach pomiarowych, ale także w urządzeniach powszechnego użytku, takich jak: termometry elektroniczne, czujniki temperatury cieczy, termoregulatory, sterowniki c.w.u. i c.o. Użytkujemy je codziennie w domach i samochodach. Istnieje więc potrzeba projektowania, konstruowania, testowania, wytwarzania oraz serwisowania urządzeń zawierających te elementy elektroniczne. Najczęściej stosowane są czujniki rezystancyjne o rezystancji zmieniającej się wraz z temperaturą. Są to elementy produkowane jako zwoje drutowe, spieki ceramiczne, folie cienko- i grubowarstwowe lub monokryształy. W układach elektronicznych stosowane są termistory elementy półprzewodnikowe, których rezystancja silnie zależy od temperatury oraz ich wartość bezwzględna współczynnika temperaturowego rezystancji jest znacznie wyższa od współczynnika temperaturowego rezystancji dla metali [Gajek, Juda 2009; Dobies 1987; Piotrowski 2009; Świsulski, Rafiński 2007]. Do walorów takich czujników należą: precyzja pomiaru, prostota konstrukcji, wytrzymałość

mechaniczna, niski koszt produkcji oraz kompaktowe rozmiary. Do największych wad tego typu czujników należy problem nieliniowości oraz wąskiego przedziału temperaturowego, co jest przedmiotem badań naszego projektu.

Przegląd dotychczasowych rozwiązań uświadomił autorom potrzebę realizacji stanowiska laboratoryjnego do badania czujników temperaturowych zarówno w dodatnich, jak i w ujemnych temperaturach. Większość stanowisk tego typu wykorzystywanych podczas zajęć laboratoryjnych z przedmiotu elektronika zawierała element grzejny w postaci grzałki oraz substancji transportującej ciepło, w której zanurzony jest badany czujnik. Rozwiązanie to sprawdza się doskonale podczas badania czujników temperaturowych w temperaturach dodatnich, jednakże uniemożliwia przebadanie czujnika w temperaturach ujemnych. Kolejną niedogodnością stosowanego rozwiązania jest znaczny czas przeprowadzanych pomiarów ze względu na konieczność ogrzania do wymaganej temperatury substancji termotransferowej [por. Filipowski 2002; Szczurek 1994; Michalski, Wysocka 1990].

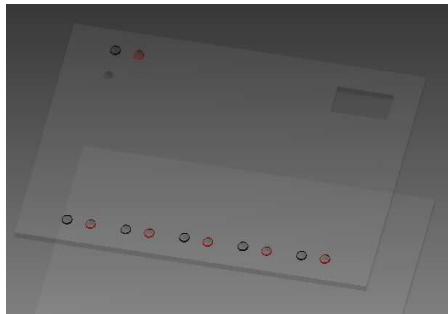
Zrodziła się więc idea wykorzystania ogniwa Peltiera (elementu półprzewodnikowego zbudowanego z cienkich płytek ceramicznych pomiędzy którymi znajdują się szeregowo ułożone półprzewodniki typu N i P), którego najbardziej istotną cechą jest możliwość regulacji temperatury przekazywanej w zależności od polaryzacji napięcia oraz natężenia prądu elektrycznego [Świsulski, Rafiński 2007]. Układ w zarysie koncepcyjnym miał realizować poprzez regulację prądu dostarczanego do modułu Peltiera zmianę temperatury układu, co miało się przekładać na zmianę wartości rezystancji poszczególnych czujników temperaturowych i było możliwe do odczytania na miernikach rezystancji podłączonych do ww. elementów. W ten sposób umożliwiałoby to wykreślenie charakterystyk temperaturowych poszczególnych czujników badanych zarówno w zakresie dodatnich, jak i ujemnych temperatur. Koncepcja w ten sposób została przekazana przez pomysłodawcę i koordynatora realizowanego projektu do powołanego zespołu, który w ramach powierzonego zadania wykonuje zestaw laboratoryjny wraz z instrukcją oraz dokumentacją.

## **2. Zaprojektowanie stanowiska do badania elementów termoelektronicznych**

Naszą pracę rozpoczęliśmy od szkicu na kartce papieru rozmiaru A4, której wymiary były optymalne w stosunku do wymagań stawianych dla części wierzchniej obudowy. Zaznaczyliśmy na niej podstawowe elementy wykorzystywane w projekcie z zachowaniem rzeczywistych wymiarów, a następnie odpowiednio je umiejscowiliśmy. W następnym etapie skorzystaliśmy z programu Autodesk Inventor Professional 2013. Jest to program komputerowy typu CAD (komputerowego wspomaganie projektowania). Tworzone w nim projekty składają się z obiektów, które mają za zadanie jak najwierniej odzwierciedlać przyszłą konstrukcję. Środowisko to nadaje własności rzeczywiste materiałom kon-

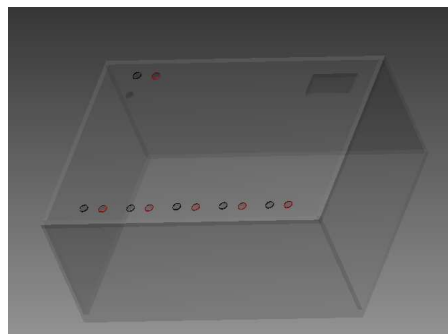
strukcyjnym. Program ten wykorzystywany jest nie tylko w przypadku projektowania, ale także i do obliczeń wytrzymałościowych, analizy naprężeń, umożliwia on również tworzenie animacji 3D. Dzięki temu programowi stworzone zostało wirtualne stanowisko do badania czujników temperaturowych [Noga, Kosma, Parczewski 2009; Noga 2011].

Na początku został dobrany materiał konstrukcyjny. W wyniku analizy wielu materiałów nasze wymagania co do lekkości, odporności na wysokie temperatury i co najważniejsze przezroczystości spełniła pleksa. Kolejno zaprojektowana została część płyty górnej obudowy zgodnie z wcześniejszym szkicem (rys. 1).



**Rys. 1. Płyta górna obudowy stanowiska do badania termoelementów**

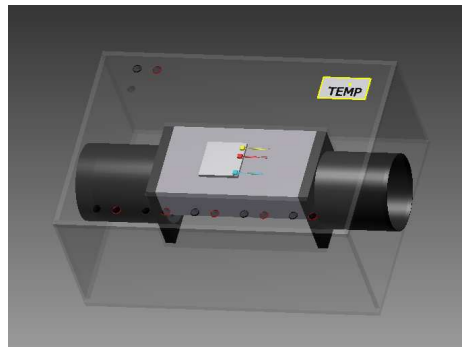
Następnym etapem było dobranie wysokości naszej obudowy, gdyż zbyt mała wysokość mogła doprowadzić do uszkodzenia przez wysoką temperaturę część najbardziej zbliżoną do ogniwa Peltiera. W taki sposób powstała nasza obudowa (rys. 2).



**Rys. 2. Obudowa stanowiska do badania termoelementów**

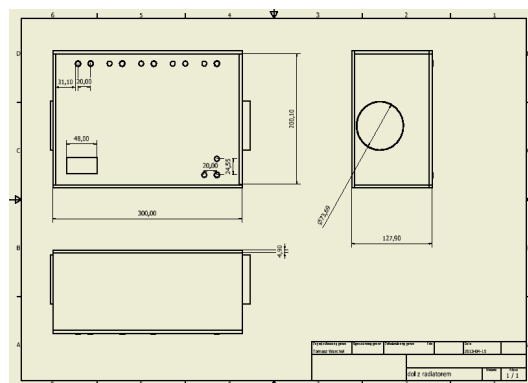
Dzięki symulacji, którą dostarcza program, optymalnie dobraliśmy tę wysokość. Były to jedne z najtrudniejszych części naszego projektu. Następnie zabraliśmy się za projektowanie poszczególnych elementów: radiatora, wentylatora,

czujników oraz pozostałych części użytych w projekcie. Gdy zaprojektowaliśmy wszystkie niezbędne elementy, złożyliśmy całość zgodnie z założeniami konstrukcyjnymi (rys. 3).



**Rys. 3. Projekt stanowiska do badania termoelementów wykonany w programie Autodesk Inventor Professional 2013**

W ten sposób powstał człon, który umożliwił nam wykonanie rysunku technicznego przy użyciu wcześniej wspomnianego oprogramowania i przystąpienie do prac praktycznych (rys. 4).



**Rys. 4. Rysunek techniczny stanowiska do badania termoelementów**

Po wykonaniu projektu zgodnie z rysunkiem technicznym przystąpiliśmy do drobnych modyfikacji. Dotyczyły one podwyższenia podstawy, na której znajdował się radiator, gdyż wcześniejsza opcja montażu mogła spowodować uszkodzenie bocznych ścian w wyniku nawiercania otworów. Oprócz tego napotkaliśmy problem z zamontowaniem rur doprowadzających i odprowadzających powietrze do wentylatorów. Ostatecznie zastosowaliśmy silikon jako najlepszy środek, który w większej części spełniał kryteria dotyczące wytrzymałości termicznej i elastycz-

ności. Najwięcej czasu zajęło skonstruowanie regulatora prądu sterującego ogniwem, a także opracowanie sposobu zmiany polaryzacji tego ogniwa w celu badania elementów zarówno w zakresie dodatnich, jak i ujemnych temperatur.

### 3. Charakterystyka badanych elementów termoelektronicznych

Zadaniem naszego układu jest badanie wpływu temperatury na czujniki termoelektroniczne.

Elementami elektronicznymi, które zostały użyte w projekcie, są termistory. Według zależności od charakteru pracy można je podzielić na trzy typy:

- Termistory o ujemnym współczynniku temperaturowym (**NTC**);
- Termistory o dodatnim współczynniku temperaturowym (**PTC**);
- Termistory o skokowej zmianie rezystancji (**CTR**).

**Termistor NTC** jest nieliniowym rezystorem, którego rezystancja w dużej mierze zależy od temperatury materiału oporowego. Jego rezystancja maleje wraz ze zwiększaniem się temperatury. Termistory NTC stosuje się np. do kompensacji temperaturowej, pomiarów i regulacji temperatury, opóźnień czasowego i ograniczenia prądów rozruchu [Gajek, Juda 2009; Piotrowski 2009].

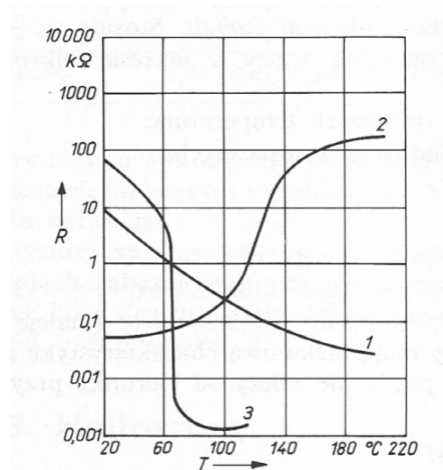
**Termistor PTC** posiada dodatni współczynnik temperaturowy, tzn. wraz ze wzrostem temperatury jego rezystancja rośnie. Termistory PTC mogą być stosowane do zabezpieczenia przeciwko nadmiernemu natężeniu prądu elektrycznego np. w samoregulujących elementach grzewczych, w silnikach elektrycznych, obwodach rozmagnesowania w telewizorach kolorowych, obwodach opóźniających i do wskazywania temperatury [Gajek, Juda 2009; Piotrowski 2009].

**Termistor CTR** jest nieliniowym rezystorem, charakteryzującym się skokową zmianą rezystancji w wąskim zakresie temperatur. Podobnie jak termistory NTC charakteryzują się spadkiem rezystancji wraz ze wzrostem temperatury, z tą różnicą jednak, że w termistorze CTR po osiągnięciu wartości temperatury krytycznej spadek rezystancji następuje skokowo, a co za tym idzie gwałtownie zmniejsza się spadek napięcia na nim [Gajek, Juda 2009; Piotrowski 2009].

Podstawowymi parametrami termistorów są:

- **Rezystancja nominalna** (rezystancja w temperaturze 25°C);
- **Dopuszczalna moc** (uzależniona od jakości elementów z których jest wykonany termistor);
- **Temperaturowy współczynnik rezystancji** (określa wpływ temperatury na rezystancję elementu elektronicznego);
- **Tolerancja** (wyrażana w %).

W naszym układzie zastosowaliśmy każdy z trzech rodzajów opisanych wyżej termistorów, dzięki czemu możliwa będzie weryfikacja badanych elementów. Pierwszym zastosowanym czujnikiem jest termistor NTC, którego rezystancja nominalna w temperaturze pokojowej wynosi 10 Ω.



**Rys. 5. Charakterystyka rezystancyjno-temperaturowa termistorów (1-NTC, 2-PTC, 3-CTR) [Gajek, Juda 2009]**

Drugim z kolei badanym przez nas elementem jest termistor CTR, którego rezystancja nominalna (w 25 stopniach Celsjusza) wynosi 10 k $\Omega$ . Ostatnim zastosowanym w naszym projekcie elementem termoelektronicznym jest termistor CTR (typu NTC), którego rezystancja nominalna wynosi 3 $\Omega$ .

Aby poszerzyć możliwości badawcze naszego układu, zdecydowaliśmy umieścić również dwie sondy temperaturowe, które podobnie jak w przypadku termistorów będą zmieniać swoją rezystancję wraz ze zmianą temperatury.

Dobierając każdy z elementów, szczególną uwagę zwróciliśmy na to, by zakres temperaturowy ich pracy pokrywał się z możliwościami zastosowanego w układzie modułu Peltiera (od -50°C do 130°C). Jest to bardzo ważny czynnik projektowania, gdyż niedostosowanie któregoś z elementów do pozostałych wprowadziłoby niemiernorodne wyniki badań.

#### **4. Charakterystyka problemów związanych z wykonaniem stanowiska badawczego**

Podczas doboru materiału wykorzystanego do wytworzenia obudowy uwzględniliśmy:

- sztywność przy niewielkim ciężarze właściwym,
- łatwość obrabiania,
- maksymalną temperaturę trwałości kształtu,
- niski współczynnik rozszerzalności cieplnej,
- przepuszczalność świetlną,
- brak higroskopijności,
- dostępność.

Spośród dostępnych materiałów wybraliśmy PMMA (polimetakrylan metylu zwany potocznie pleksą), który to materiał cechuje się wysoką sztywnością przy jednoczesnym niskim ciężarze właściwym. Maksymalnej temperaturze trwałości kształtu na poziomie 85°C. Wyroby z PMMA mogą być obrabiane metodami obróbki wiórowej, gdyż tworzywo to daje się łatwo obrabiać mechanicznie przez cięcie, toczenie, frezowanie, szlifowanie i polerowanie. Dodatkowym atutem PMMA jako materiału na obudowę układu elektronicznego jest brak higroskopijności, co zabezpiecza wewnętrzne elementy elektroniczne przed ewentualnym zwarcieniem powstałym w wyniku przedostania się do układu cieczy. Ze względów dydaktycznych dodatkowym atutem PMMA jest przezroczystość na poziomie 92%, co pozwala na obserwację przez użytkowników elementów wewnętrznych oraz ich położenia, sposobu montażu oraz działania. Niebagatelną cechą PMMA jest jej powszechna dostępność w różnych grubościach.

Podczas wykonywania obudowy poddaliśmy materiał podstawowym procesom obróbczym. Cięcie PMMA ze względu na jej niewielką grubość wykonaliśmy przez płytkie nacięcie w miejscu łamania. Krawędzie zostały zeszlifowane w celu uzyskanie gładkiej powierzchni.

Wiercenie otworów pod gniazda i przełącznik wykonaliśmy przy pomocy wiertarki stołowej z wiertłem ze stali szybkoobrotowej. Prostokątny otwór pod termometr wykonaliśmy przy pomocy frezarki. Do frezowania użyliśmy frezu ze stali szybkoobrotowej, a samo frezowanie wykonywaliśmy przy stosunkowo wysokich obrotach i niewielkim posuwie. Łączenie elementów z pleksi można wykonać stosując w tym celu klej zawierający roztwory polimetakrylanu metylu z rozpuszczalnikiem.

Często stosowaną metodą łączenia elementów pleksi jest zgrzewanie, podczas którego krawędzie zostają zmiękczone przy pomocy gorącego gazu. Wadą tej metody jest konieczność poddania materiału relaksacji w celu zniwelowania wewnętrznych naprężeń. Ze względu na konieczność serwisowania urządzenia i wiążącą się z tym koniecznością rozmontowania obudowy zastosowaliśmy łączenie elementów przy pomocy wkrętów, które łączą elementy obudowy z metalowymi profilami umieszczonymi w narożnikach.

Ostatnim procesem było ręczne polerowanie w celu usunięcia zarysowań powstałych podczas obróbki. Obróbkę mechaniczną prowadziliśmy ostrożnie, aby nie dopuścić do powstania mikropęknięć oraz przegrzania materiału.

## **Podsumowanie**

Wykonany przez nas projekt stanowi niewątpliwie postęp w zakresie stanowisk do badania czujników temperaturowych. Związane jest to z zastosowaniem najważniejszego elementu naszego projektu, a mianowicie modułu Peltiera. Studenci korzystający z wykonanego przez nas układu będą mogli zaobserwować pełny zakres pracy czujników temperaturowych, co wcześniej nie było re-

alizowane w związku z brakiem możliwości ochładzania elementów. Projekt stanowi niewątpliwą alternatywę dla technologii wykorzystującej grzałki do zmiany temperatury. Funkcjonalność stanowiska w przyszłości można rozszerzyć o płynną regulację przepływu powietrza, co spowoduje bardziej łagodne zmiany temperatury, a w rezultacie dłuższą wytrzymałość ogniwa i badanych elementów. Wiarymy, że wraz z upływem czasu przedstawiona przez nas koncepcja będzie stawała się coraz bardziej popularna.

## Literatura

- Dobies R. (1987), *Metodyka konstruowania sprzętu elektronicznego*, Warszawa.
- Filipowski A. (2002), *Elementy i układy elektroniczne – projekt laboratorium*, Warszawa.
- Gajek A., Juda Z. (2009), *Czujniki*, Warszawa.
- [http://www.tec-microsystems.com/EN/Intro\\_Thermoelectric\\_Coolers.html](http://www.tec-microsystems.com/EN/Intro_Thermoelectric_Coolers.html)
- Michalski A., Wysocka F. (1990), *Laboratorium elektroniki*, cz. I i II, Bydgoszcz.
- Noga B. (2011), *Inventor. Podstawy projektowania*, Gliwice.
- Noga B., Kosma Z., Parczewski J. (2009), *Inventor. Pierwsze kroki*, Gliwice.
- Pease R. (2005), *Projektowanie układów analogowych – poradnik praktyczny*, Legionowo.
- Piotrowski J. (2009) *Pomiary – czujniki i metody pomiarowe wybranych wielkości fizycznych i składu chemicznego*, Warszawa.
- Szczurek T. (1994), *Ćwiczenia pracowni elektronicznej II*, Toruń.
- Świsulski D., Rafiński L. (2007), *Sensoryka robotów*, Gdańsk.

## Streszczenie

Skonstruowane przez autorów stanowisko służy do badania wpływu temperatury na czujniki i elementy termoelektroniczne.

**Słowa kluczowe:** elektronika, dydaktyka elektroniki, elementy termoelektryczne.

## Resting stand for temperature sensors

### Abstract

Created by authors testing stand for analyze influence of temperature to resistance, based on thermoelectric elements.

**Key words:** electronics, didactic of electronics, thermoelectric elements.