

UKŁAD DO DIAGNOSTYKI ON-LINE MODUŁU PELTIERA PODCZAS JEGO PRACY

Jerzy Langman, Bogusława Łapczyńska-Kordon

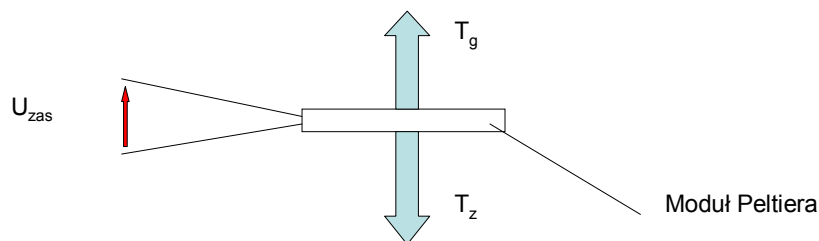
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Akademia Rolnicza Kraków

Streszczenie. Rozwój mikroelektroniki i technologii półprzewodników spowodował iż cena rynkowa modułów Peltiera w ciągu ostatnich lat znacznie spadła. Spowodowało to, że zakres zastosowań tego modułu uległ znacznemu rozszerzeniu, w wielu zastosowaniach wypierając konwencjonalne układy ziębiczne (sprężarkowe i absorpcyjne). W artykule przedstawiono propozycję układu do ciągłej diagnostyki modułu Peltiera podczas jego pracy. Moduł Peltiera może pracować w 2 trybach: jako półprzewodnikowa pompa ciepła i jako ogniwo termoelektryczne. Ten drugi tryb pracy modułu posłużył do budowy układu do diagnostyki on-line modułu Peltiera podczas jego pracy w pierwszym trybie.

Słowa kluczowe: diagnostyka, moduł Peltiera, ogniwo termoelektryczne.

Wstęp

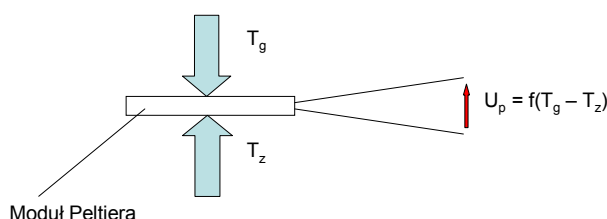
Moduł Peltiera w ostatnich latach, dzięki spadkowi jego ceny, jest wykorzystywany w wielu urządzeniach, gdzie potrzebujemy oziębienia grzejących się elementów. Ma on przewagę nad klasycznymi, sprężarkowymi układami chłodniczymi polegającą na tym iż nie posiada on żadnych ruchomych części mechanicznych oraz nie potrzebuje do swej pracy żadnego czynnika chłodniczego. Zasilając moduł Peltiera prądem stałym o określonym natężeniu jedna strona tego modułu ogrzewa się natomiast druga strona jest oziębiana (rys. 1).



Rys. 1. Schemat modułu Peltiera pracującego w trybie półprzewodnikowej pompy ciepła: U_{zas} – napięcie zasilające, T_g – temperatura strony gorącej, T_z – temperatura strony zimnej

Fig. 1. Peltier module operating as a semiconductor heat pump: U_{zas} – supply voltage, T_g – hot side temperature, T_z – cold side temperature

Moduł Peltiera jest półprzewodnikową pompą ciepła, zbudowaną z elementów półprzewodnikowych typu (p) oraz (n) odpowiednio ze sobą połączonych. Podobnie jak inne elementy półprzewodnikowe np. diody impulsowe, tranzystory bipolarne, może on pracować jako element termoelektryczny, indukując na swoich zaciskach napięcie proporcjonalne do różnicy temperatur po obu stronach modułu (rys. 2).



Rys. 2. Schemat modułu Peltiera pracującego jako czujnik różnicowy temperatur. Napięcie U_p uzyskane na zaciskach modułu jest funkcją różnicy temperatur powierzchni modułu po stronie gorącej T_g i stronie zimnej T_z

Fig. 2. Peltier module operating as a differential temperature sensor. Voltage U_p obtained on the module terminals is a function of surface temperature differential between hot T_g and cold T_z sides (electrodes)

Diagnostyka on-line modułu Peltiera

W procesie diagnozowania modułu Peltiera w czasie jego pracy sygnałami diagnostycznymi, które w sposób jednoznaczny określają jego stan techniczny, są:

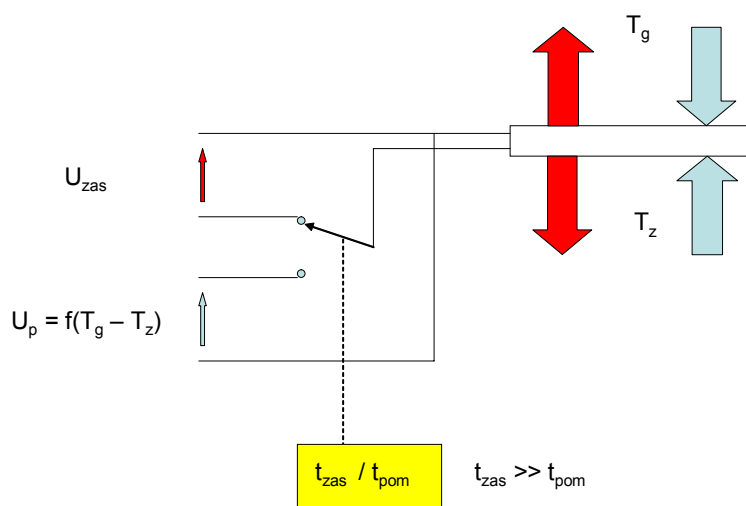
- wielkość prądu pobieranego przez moduł przy określonym napięciu zasilania,
- temperatura powierzchni modułu po jego stronie gorącej,
- temperatura powierzchni modułu po jego stronie zimnej.

Do pomiarów temperatur po obu stronach modułu wykorzystuje się czujniki temperatury umieszczone w radiatorze współpracującym z powierzchnią modułu tak, aby powierzchnia czynna czujnika miała bezpośredni kontakt z powierzchnią, której temperaturę trzeba mierzyć. Równocześnie sam czujnik temperatury powinien być izolowany od samego radiatora, aby wyeliminować wpływ masy radiatora na pomiar temperatury powierzchni modułu. Stosowanie dwóch odrębnych czujników temperatury oddzielnie dla strony gorącej i zimnej modułu Peltiera wymaga zbudowania dwóch niezależnych torów pomiarowych oraz zastosowanie układu określającego różnicę tych dwóch zmierzonych wielkości temperatur (wykonanych najczęściej w technice mikroprocesorowej), co znacznie komplikuje budowę układu diagnostycznego pracującego w trybie on-line.

Budowa układu do diagnostyki on-line modułu Peltiera podczas jego pracy

Do pomiaru różnicy temperatur na obu stronach modułu Peltiera postanowiono wykorzystać termoelektryczny efekt tegoż modułu. W tym celu opracowano układ do diagnostyki modułu Peltiera podczas jego pracy, bez konieczności zabudowywania na nim dodatkowych czujników temperatury.

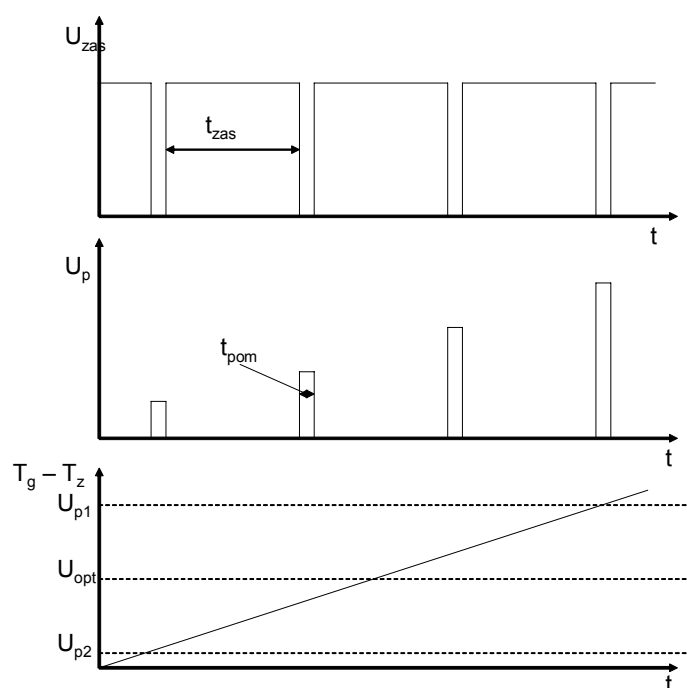
Na rysunku 3 przedstawiono schemat ideowy układu do diagnostyki modułu Peltiera. Moduł Peltiera połączony jest ze źródłem zasilania poprzez przełącznik. Umożliwia on odłączanie modułu cyklicznie po upływie czasu t_{zas} i przez czas t_{pom} do zacisków modułu podłączany jest miernik napięcia (rys.4). Odłączony od źródła zasilania moduł pracuje jako ogniwo termoelektryczne, indukując na zaciskach napięcie proporcjonalne do różnicy temperatur obu stron modułu Peltiera. Po upływie czasu t_{pom} moduł za pomocą przełącznika podłączany jest do źródła zasilania. Czas t_{zas} jest wielokrotnie większy od czasu t_{pom} , dlatego też podczas odłączenia od źródła zasilania temperatury po stronie gorącej i zimnej nie zmieniają się w sposób istotny na skutek przewodnictwa ciepła elementów składowych modułu Peltiera.



Rys. 3. Schemat ideowy układu pozwalający na diagnostykę on-line modułu Peltiera podczas jego pracy: U_{zas} – napięcie zasilania, U_p – napięcie na zaciskach modułu powstałe na skutek różnicy temperatur, t_{zas} – czas zasilania modułu, t_{pom} – czas pomiaru różnicy temperatur (przy braku zasilania), T_g – temperatura strony gorącej, T_z – temperatura strony zimnej

Fig. 3. Diagram of system enabling on-line diagnosis of Peltier module during its operation: U_{zas} – supply voltage, U_p – voltage obtained on the module terminals due to temperature differential, t_{zas} – module supply time, t_{pom} – temperature differential measuring time (at no supply), T_g – hot side temperature, T_z – cold side temperature

Podczas prawidłowego działania modułu Peltiera różnica temperatur po jego obydwu stronach powinna wynosić ok. 20–60 [°C]. Świadczy to o dobrym odprowadzaniu ciepła po stronie gorącej i o dominacji zjawiska Peltiera nad zjawiskiem Joula. Takiej różnicy temperatur odpowiadać będzie napięcie U_{popt} na zaciskach modułu przy odłączonym napięciu zasilania w czasie t_{pom} , co świadczy o stanie sprawności układu chłodniczego zbudowanego z wykorzystaniem modułu Peltiera.



Rys. 4. Wykresy czasowe zasilania modułu Peltiera, napięcia na zaciskach U_p przy braku zasilania oraz różnicy temperatur ($T_g - T_z$) po stronie gorącej i zimnej: U_{zas} – napięcie zasilania, U_p – napięcie na zaciskach modułu powstałe na skutek różnicy temperatur, t_{zas} – czas zasilania modułu, t_{pom} – czas pomiaru różnicy temperatur (przy braku zasilania), T_g – temperatura strony gorącej, T_z – temperatura strony zimnej, U_{p1} , U_{p2} , U_{opt} napięcie na zaciskach modułu przy braku zasilania odpowiadające kolejno zbyt dużej różnicy temperatur po stronie gorącej i zimnej, zbyt małej różnicy temperatur, optymalnej różnicy temperatur

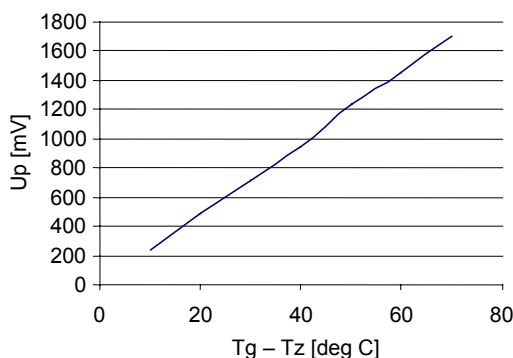
Fig. 4. Time charts for Peltire module supply, voltage obtained on U_p terminals at no supply and at ($T_g - T_z$) temperature differential on hot side vs. cold side: U_{zas} – supply voltage, U_p – voltage obtained on the module terminals due to temperature differential, t_{zas} – module supply time, t_{pom} – temperature differential measuring time (at no supply), T_g – hot side temperature, T_z – cold side temperature, voltages U_{p1} , U_{p2} , U_{opt} obtained on the module terminals at no supply and corresponding to subsequently to extremely high temperature differential on hot and cold side, extremely low temperature differential on hot and cold side and to optimum temperature differential

W sytuacji gdy odprowadzanie ciepła po stronie gorącej będzie niewłaściwe, czyli różnica temperatur po stronie gorącej i zimnej będzie przekraczała ΔT_{opt} , napięcie na zaciskach modułu przy odłączonym zasilaniu będzie większe od wartości U_{popt} i będzie wynosić U_{p1} , co będzie świadczyć o wystąpieniu stanu awaryjnego w układzie chłodniczym, polegającym na uszkodzeniu radiatora lub wentylatora współpracującego z radiatorem po stronie gorącej.

W przypadku zasilania modułu Peltiera prądem o zbyt małym natężeniu efekt chłodzący modułu jest niski, co może objawiać się małą różnicą temperatur po stronie gorącej i zimnej. Przejawia się to napięciem na zaciskach modułu Peltiera i wynoszącym U_{p2} niższym od U_{popt} .

Wyniki badań układu do diagnostyki on-line modułu Peltiera

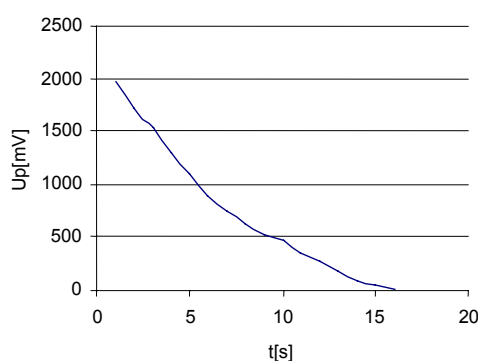
Na rysunku 5 przedstawiono krzywą cechowania modułu Peltiera pracującego w trybie ogniwa termoelektrycznego. Jak widać, zakresy zmian napięcia na zaciskach modułu Peltiera pracującego w trybie ogniwa termoelektrycznego są dostatecznie duże, aby były mierzone przy pomocy ogólnie dostępnych mierników napięcia lub za pomocą prostych komputerowych systemów pomiarowych wyposażonych w 8 bitowy przetwornik analogowo – cyfrowy. Przyrost różnicy temperatur po stronie gorącej i zimnej o ok. 20 °C powoduje zmiany napięcia indukowanego na wyjściu modułu o ok. 400 mV, czyli czułość pomiarowa badanego modułu wynosi ok. 20 mV/°C. Wyznaczona czułość pomiarowa modułu Peltiera pracującego jako różnicowy czujnik temperatury jest dwukrotnie wyższa niż popularnego linearyzowanego półprzewodnikowego czujnika temperatury LM35, która dla tego czujnika wynosi 10 mV/°C. W badanym układzie diagnostycznym przyjęto stosunek czasu zasilania t_{zas} do czasu odłączenia od źródła zasilania t_{pom} równy 10, czyli czas odłączenia modułu Peltiera od źródła zasilania i wykorzystanie go jako różnicowego czujnika temperatury jest 10 krotnie krótszy niż czas zasilania go ze źródła prądu.



Rys. 5. Napięcie na zaciskach modułu Peltiera w funkcji różnicy temperatur po stronie gorącej i zimnej

Fig. 5. Voltage on Peltire module terminals in function of temperature differential on hot vs. cold side

Rysunek 6 przedstawia charakterystykę badanego modułu pokazującą zmiany różnicy temperatur po stronie gorącej i zimnej w funkcji czasu na skutek przewodnictwa cieplnego elementów składowych modułu odłączonego od źródła zasilania. Jak wynika z przebiegu krzywej na wykresie, odłączenie modułu od zasilania na czas 1–2 sekund powoduje zmianę różnicy temperatur o 3–6°C. W badanym układzie czas odłączenia od źródła prądu wynosił 0,5 sekundy, co było wystarczające na dokonanie 4 pomiarów indykowanego napięcia na zaciskach modułu Peltiera. Wielokrotny pomiar konieczny był celem eliminacji mogących powstać podczas pomiaru zakłóceń. Rejestracja różnicy temperatur realizowana była za pomocą układu pomiarowego wykonanego w oparciu o mikrokontroler AT89C2051 współpracujący z 8 bitowym przetwornikiem analogowo-cyfrowym PCF8591. Oprogramowanie mikrokontrolera zostało napisane w języku Bascom.



Rys. 6. Napięcie na zaciskach modułu Peltiera po odłączeniu napięcia zasilającego podczas wyrównywania temperatur po stronie gorącej i zimnej w funkcji czasu

Fig. 6. Voltage on Peltier module terminals upon removal of supply, during the temperature equalization period on hot and cold side in function of time

Podsumowanie

Zastosowanie modułu Peltiera jako czujnika różnicowego temperatur upraszcza konstrukcję układu diagnostyki on-line powyższego modułu. Zasilanie impulsowe modułu przebiegiem prostokątnym o współczynniku wypełnienia 10/1 w istotny sposób nie wpływa na wydajność układu chłodniczego zbudowanego w oparciu o moduł Peltiera.

Bibliografia

- Filin S.** 2002. Termoelektryczne urządzenia chłodnicze, IPPU Masta, Gdańsk, wydanie 1, ISBN 83-913895-6-1.
- Zalewski W.** 1998. Podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań. Pompy ciepła. Skrypt. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. ISBN 83-903878-3-2.

PELTIER MODULE ON-LINE DIAGNOSTIC SYSTEM DURING ITS OPERATION

Summary. Development of microelectronics and semiconductor technology caused considerable drop of Peltier module prices over the recent years. Therefore a range of the module applications was largely extended, in many instances replacing conventional cooling systems (both compressor and adsorption type). The paper presents suggested system for continuous diagnostics of the Peltier module during its operation. Peltier module may operate in two modes: as a semiconductor heat pump and as thermoelectric cell. The latter operating mode was utilized to build on-line diagnostics Peltier module system to be used in the first operating mode.

Key words: diagnostics, Peltier module, thermoelectric cell

Adres do korespondencji:

Jerzy Langman; e-mail: rtlangman@cyf-kr.edu.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Akademia Rolnicza w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków