



Ogniwa Peltiera

część II

Tylko dla ciekawych

Podane wcześniej informacje są niezbędne dla każdego praktyka. Jednak wielu Czytelników chciałoby dowiedzieć się dalszych szczegółów o modułach Peltiera. Dla nich przeznaczona jest kończąca część artykułu.

Najpierw o dwóch pozostałych, obok efektu Peltiera, zjawiskach występujących w modułach.

Zjawisko Seebecka. Już w roku 1821 Thomas J. Seebeck odkrył, iż w obwodzie wykonanym z dwóch różnych metali wytwarza się napięcie (płynie prąd), o ile tylko złącza mają różne temperatury. To napięcie termoelektryczne nosi na cześć odkrywcy nazwę napięcia Seebecka. W praktyce napięcie to jest wykorzystywane w czujnikach termoelektrycznych służących do pomiarów temperatury (popularne termopary stosowane jako czujniki w regulatorach temperatury oraz do zasilania elektrozaworu bezpieczeństwa w każdym piecu gazowym).

Występowanie napięcia Seebecka w module Peltiera powoduje, że zależność prądu od napięcia jest nieco dziwna – zmienia się w zależności od temperatury (różnicy temperatur) i wartości prądu. Nie jest to jakiś istotny czynnik przeszkadzający. W praktyce przy stałym napięciu zasilania objawia się zauważalnym zmniejszeniem prądu wraz ze zwiększaniem się różnicy temperatur obu stron modułu.

Zjawisko Thomsona. William Thomson (lord Kelvin) badał zjawiska Seebecka

i Peltiera. Określił stosowne zależności matematyczne a także przewidział istnienie kolejnego fenomenu (zjawiska) nazywanego potem jego imieniem. Jest to wydzielanie i pochłanianie ciepła w jednorodnym przewodniku, gdy prąd płynie w kierunku gradientu (różnic) temperatury. W module Peltiera to pożyteczne zjawisko ma niewielkie znaczenie praktyczne. W każdym razie niczego nie utrudnia.

Parametr Z. Z przeprowadzonych wcześniej rozważań wynika, iż materiał użyty do budowy „kolumnienek” powinien mieć najmniejsze wartości rezystywności (prościej – rezystancji) i przewodności cieplnej, a jak najlepsze właściwości związane ze zjawiskiem Peltiera. Niestety są to wymagania wzajemnie sprzeczne.

Dla uzyskania jak najmniejszej rezystancji modułu, kolumnienki powinny mieć jak największy przekrój i być jak najniższe. Ale takie grube, niskie kolumnienki będą łatwo przewodzić ciepło ze strony gorącej na zimną. Dla zmniejszenia strat wskutek przewodnictwa należałoby zastosować wysokie, cienkie kolumny. Jak z tego widać, konstruktorzy modułów Peltiera muszą znaleźć optymalny kompromis.

Aby w prosty i wymierny sposób scharakteryzować dany materiał pod kątem przydatności do budowy ogniwa Peltiera, wprowadzono współczynnik Z wiążący podane właśnie zależności:

$$Z = a^2 / R \cdot k$$

gdzie a to współczynnik związany z transportem ciepła, R, rezystancją, k – repre-

W drugiej części artykułu na temat ogniwa Peltiera przedstawiamy informacje przeznaczone dla dociekliwych i bardziej zaawansowanych. Nie są niezbędne do podstawowych zastosowań modułów Peltiera.

Spośród osób, które do 20 lipca nadesłały zgłoszenia w sprawie modułów kamery wideo, najbardziej przekonujące były listy:

1. **Mariana Jarka** z Ołpin
2. **Piotra Fita** z Lututowa

Oni otrzymują obiecane moduły. Pozostali mogą zaopatrzyć się w kamerę w firmie RAWIM, której „namiarpy” podane były w EdW 6/97 na str. 20.

Klub Konstruktorów

zentyje przewodność cieplną kolumniek. Z dotychczas znanych materiałów, najlepsze właściwości mają wspomniane wcześniej półprzewodniki (tellurek bizmutu – Bi_2Te_3).

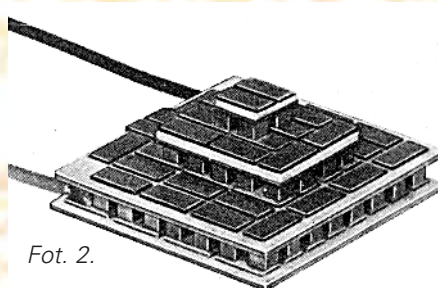
Nie tylko chłodziarka...

Dotychczas omówiono sytuację, gdy ciepło jest przenoszone z obszaru o temperaturze niższej do obszaru o temperaturze wyższej. Tak jest w przypadku chłodziarki, i tak jest w przypadku instalacji do ogrzewania domu za pomocą pompy ciepłej. Ogniwa termoelektryczne równie dobrze mogą służyć jako grzejniki – górna dopuszczalna temperatura pracy ograniczona jest jednak punktem mięknięcia lutu użytego do wykonania wewnętrznych połączeń – zwykle jest to ok. $+130\dots+150^\circ\text{C}$.

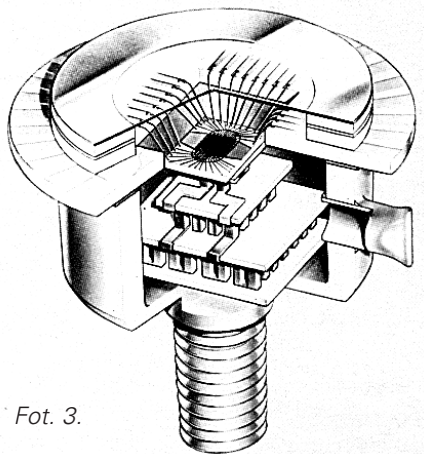
Często zapomina się o możliwości transportu ciepła od obszaru o temperaturze wyższej do niższej (!). A na co komu takie dziwactwo? Przecież ciepło i tak będzie przepływać! W takim zastosowaniu ogniwo termoelektryczne nazywane jest rurą cieplną (heat pipe) i ma zastosowanie np. do wspomaganie chłodzenia elementów półprzewodnikowych w niektórych wzmacniaczach klasy A w sprzęcie High End.

Niektórzy co dociekliwsi Czytelnicy, usłyszawszy o zjawisku Seebecka, postawili już sobie pytanie, czy moduł Peltiera może pracować jako źródło prądu. Oczywiście, że może! Wystarczy spełnić warunek, aby dwie strony baterii Peltiera miały różne temperatury. Następuje wtedy bezpośrednia zamiana energii cieplnej na elektryczną. Zastosowanie do tego celu popularnych modułów, przeznaczonych przede wszystkim do chłodziarek, nie jest jednak korzystne. Do wytwarzania prądu używa się innych materiałów pracujących w dużo wyższych temperaturach, a jako źródła ciepła stosowane są materiały radioaktywne, inna jest też konstrukcja mechaniczna.

Zarówno napięcie jak i moc uzyskana z pojedynczego ogniwa są niewielkie, więc aby uzyskać sensowne ilości energii wiele ogniw trzeba połączyć w baterię. Przykładowo przy temperaturach $T_h = +125^\circ\text{C}$ i $T_c = +25^\circ\text{C}$ aby uzyskać moc



Fot. 2.



Fot. 3.

elektryczną 10W należałoby użyć około 400 ogniw; taki moduł (bateria) musiałby mieć powierzchnię ok. $15 \times 15\text{cm}$. Sprawność przetwarzania energii cieplnej na elektryczną wyniosłaby $2\dots3\%$. Ze względu na koszty, nie jest to więc dla hobbystów godne uwagi źródło energii. W pewnych przypadkach może być jednak użyteczne, przypomnijmy tylko, że ogniwo termoelektryczne (termopara) występuje w obwodach zabezpieczenia wszystkich domowych pieców (kocioł) gazowych. Wytwarzany prąd przepływający przez uzwojenie elektrozaworu utrzymuje go w stanie otwartym. Zgaśnięcie płomienia pilotującego (tzw. świeczki) powoduje zamknięcie elektrozaworu.

Jak podano, pojedynczy moduł może wytworzyć różnicę temperatur co najwyżej rzędu sześćdziesięciu...siedemdziesięciu stopni. Jeśli jednak umieści się moduły jeden na drugim (patrz **fotografia 2**), to wypadkowa różnica temperatur będzie zdecydowanie większa. Dlaczego jednak taki wielostopniowy moduł ma kształt piramidy? Ponieważ stopień następny musi przenieść nie tylko ciepło

chłodzenia stopnia poprzedniego, ale również ciepło Joule'a a stopnia poprzedniego. Osiągane w modułach wielostopniowych temperatury są rzeczywiście niskie, za to moce chłodzenia Q_c są niewielkie. Przykładowo przy pomocy modułów sześciostopniowych można osiągnąć temperatury rzędu $-80\dots-110^\circ\text{C}$.

Praktyczne zastosowania

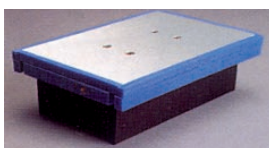
Jedno- i wielostopniowe moduły są używane w laboratoriach w procesach wymagających precyzyjnej regulacji temperatury. Służą do budowy komór klimatycznych. Znajdują swoje miejsce w medycynie przy analizach tkanek, w niektórych rodzajach terapii (hipotermia). Z użyciem elementów Peltiera budowane są urządzenia służące jako wzorce temperatury o dokładności lepszej niż $0,01^\circ\text{C}$. W zastosowaniach domowych spotyka się przenośne lodówki samochodowe, schładzarki do piwa, wina, termostaty do akwarium.

Dla celów militarnych i kosmicznych wykonuje się jednak „peltiery” o mocach rzędu kilowatów.

W elektronice użytkowej „Peltiery” mają zastosowanie do chłodzenia elementów półprzewodnikowych w niektórych wzmacniaczach najwyższej klasy. Ciekawym przykładem jest też detektor promieniowania podczerwonego (**fotografia 3**). Jak wiadomo detektory promieniowania podczerwonego ze względu na szumy powinny pracować w niskich temperaturach. Skutecznym sposobem zapewniającym temperatury elementu czynnego rzędu $-30\dots-80^\circ\text{C}$ jest użycie wielostopniowego modułu termoelektrycznego. W ten sposób wykonuje się miniaturowe detektory o objętości rzędu kilku, kilkunastu cm^3 . Dostarczana do termoelementu moc elektryczna wynosi $0,5\dots3\text{W}$.

Podstawowe parametry

Moduły dostępne w sieci handlowej AVT oraz w firmie Semicon, pochodzą z zakładów byłego ZSRR (ale z produkcji specjalnej, dlatego nie należy się obawiać o jakość). Każdy egzemplarz ma swój numer seryjny. Do każdej serii wyrobów (20 szt.) dołączone jest świadectwo jakości zawierające oprócz ogólnych podstawowych danych także indywidual-



ne wartości rezystancji oraz parametru Z każdego egzemplarza.

Moduł o oznaczeniu **TM-127-1,4-6,0** ma wymiary 40 x 40 x 3,51mm; jego wygląd przedstawia fotografia zamieszczona na wstępie artykułu (EdW 7/97).

Podstawowe parametry modułu TM-127-1,4-6,0:	
prąd maksymalny I_{max} :	6A
napięcie maksymalne U_{max} :	15V
moc chłodzenia Q_{cmax} :	52W
maksymalna różnica temperatur DT_{max} :	67°C
temperatura topnienia lutownia:	+136°C

Rezystancja modułu wynosi około 2Ω i jej wartość zmienia się w zależności od warunków pracy. Wartość parametru charakterystycznego Z wynosi około $2,6 \cdot 10^{-3} 1/K$

Takie moduły zostaną rozdane Czytelnikom EdW w ramach tej edycji Klubu Konstruktorów.

Interpretacja parametrów. Ponieważ podstawowe zjawiska zachodzące w ogniwie Peltiera mają silny związek z temperaturą, więc parametry użytkowe modułu zależą od warunków pracy. Ten sam moduł w zależności od zastosowania może mieć

różną efektywność. Aby określić możliwe do uzyskania efekty należy przeprowadzić niezbędne obliczenia uwzględniające konkretne warunki pracy. Dokładne opisanie właściwości i charakterystyk modułów wymaga wykorzystania wyższej matematyki.

Dla celów praktycznych przyjmuje się pewne istotne uproszczenia i zakłada, że dla danego ogniwa wszystkie parametry zależą od temperatury strony gorącej. Mimo wszystko występuje tu wiele zmiennych i różne firmy w odmienny sposób charakteryzują swoje wyroby zamieszczając inne rysunki i tabele. Oczywiście utrudnia to nieco interpretację parametrów i charakterystyk. Na **rysunkach 10 i 11** pokazano skopiowane z dwóch różnych katalogów dane dotyczące modułu o wymiarach i parametrach zbliżonych do modułów, które proponowane są Czytelnikom EdW.

Konstruktor wykorzystujący moduły Peltiera powinien znać praktyczne możliwości transportu energii, czyli odpowiednie moce – patrz rysunek 6. Są to:

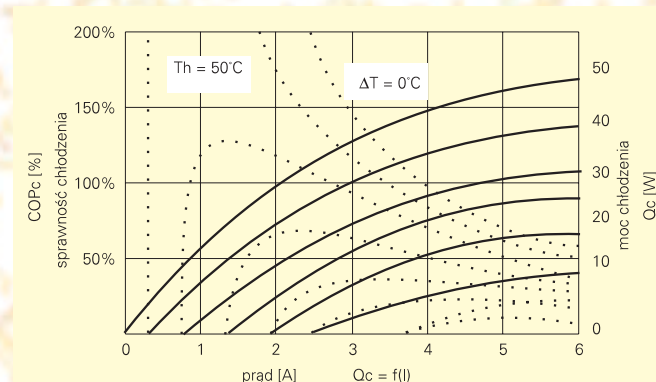
1. moc strony zimnej Q_c (moc chłodzenia),
2. moc strony gorącej Q_h (moc grzania),
3. doprowadzona moc elektryczna P .

Można z tego obliczyć sprawność chłodzenia, czyli stosunek mocy Q_c do P ,

ewentualnie też sprawność grzania czyli stosunek Q_h do P . Sprawności te są oznaczane odpowiednio COP_c i COP_h (od angielskich określeń Coefficient Of Performance):

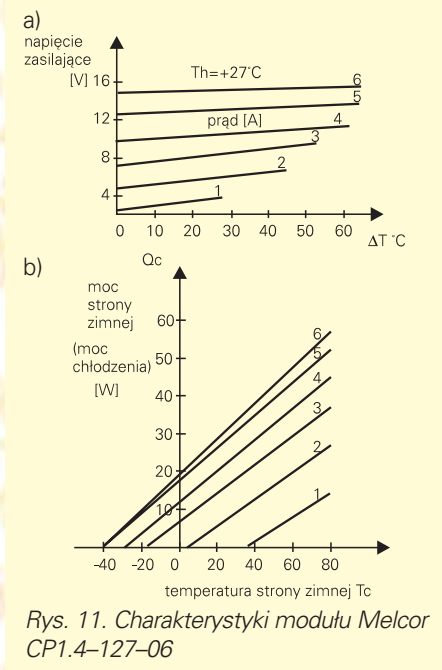
$$COP_c = Q_c / P \text{ oraz } COP_h = Q_h / P$$

Moc oddawana na gorącej stronie termoelementu jest sumą mocy chłodze-



Rys. 10. Charakterystyki pewnego modułu

- Dla praktyka budującego urządzenie chłodzące z wykorzystaniem modułów Peltiera kluczowe znaczenie ma katalogowy parametr I_{max} . Podanego prądu nie wolno (i nie warto) przekraczać; korzystna może się natomiast okazać praca przy mniejszych prądach.
- Ogromne znaczenie dla uzyskiwanych końcowych efektów ma zastosowanie jak najskuteczniejszego radiatora odbierającego ciepło ze strony zimnej (najlepiej z chłodzeniem wodnym) oraz jak najlepsza izolacja cieplna obiektu chłodzonego od otoczenia.
- Pozostałe parametry podawane w katalogu mają mniejsze (lub żadne) znaczenie praktyczne. Należy mieć na uwadze, że w rzeczywistości nigdy nie uzyska się katalogowej różnicy temperatur T_{max} , a realnie uzyskana moc chłodzenia podczas pracy będzie (zdecydowanie) mniejsza niż katalogowa moc Q_{cmax} .
- Przeciętny użytkownik nie jest w stanie w pełni skorzystać z podawanych przez producenta parametrów i wykresów, głównie dlatego, że nie potrafi obliczyć ilości ciepła przenikających z otoczenia do obiektu chłodzonego, oraz dlatego, że nie zna dokładnych właściwości (liczbowych parametrów) radiatora zastosowanego na stronie gorącej. Z podanych względów nie warto tracić czasu na obliczenia, lepiej skoncentrować całą uwagę i wysiłek na radiatorze chłodzącym oraz izolacji cieplnej obiektu.



Rys. 11. Charakterystyki modułu Melcor CP1.4-127-06

nia Q_c i dostarczonej mocy elektrycznej P . Sprawność grzania (COP_h) jest więc na pewno większa niż 100%.

Co ciekawe również sprawność chłodzenia przy mniejszych prądach przekracza 100% – odpowiednie krzywe zaznaczone są na rysunku 10 linią przerywaną.

Wykresy z rysunku 10 narysowane linią ciągłą przypominają krzywe z rysunku 8 w zakresie prądów 0... I_{max} – nie jest to przypadek, rzeczywistość potwierdziła przewidywania.

Rysunek 11 pochodzi z innego katalogu. Pokazano tu charakterystyki modułu firmy Melcor CP1.4-127-06, odpowiednika omawianych modułów rosyjskich. W tym wypadku producent zastosował inne podejście do zagadnienia. Górna część rysunku 11 pozwala uzyskać informację, jakie napięcie jest potrzebne do uzyskania wymaganego prądu przy danej różnicy temperatur (a właściwie temperaturze strony gorącej równej +27°C). Nachylenie linii wynika właśnie ze wspomnianego efektu Seebecka. Dolna część rysunku pozwala określić moc strony zimnej przy danym prądzie i przy wymaganej temperaturze strony zimnej. Ten rysunek również potwierdza wcześniejszy wniosek, że przy próbie uzyskania dużych różnic temperatur, moc chłodzenia będzie mała, rzędu kilku watów. Potwierdza też inną sugestię, że czasem warto pracować przy prądzie mniejszym od maksymalnego. Przy mniejszym prądzie wydzielane ciepło Joule a będzie znacząco mniejsze, a różnica mocy chłodzenia modułu przy prądach 5A i 6A w zakresie niższych temperatur jest niewielka, prawie żadna.

(red)