

Klub Konstruktorów jest przeznaczony dla bardziej zaawansowanych Czytelników, mających pewne doświadczenie w konstruowaniu i wykonywaniu urządzeń elektronicznych.

Formuła Klubu jest następująca: po zaprezentowaniu danego elementu na łamach EdW, do końca miesiąca czekamy na listy, w których przedstawicie propozycje, jak chcielibyście wykorzystać dany podzespół. Osoba lub osoby, które nadeślą najbardziej przekonujące listy, otrzymają dany element bezpłatnie (i bez żadnych zobowiązań względem redakcji). Nie stawiamy szczegółowych wymagań - Twoim zadaniem, Czytelniku, jest przekonać nas, że dany element należy udostępnić do eksperymentów właśnie Tobie! List powinien zawierać schemat ideowy proponowanego rozwiązania układowego, planowany sposób praktycznego zastosowania, ale można też napisać coś o sobie i swoich dotychczasowych osiągnięciach. W przeciwieństwie do Szkoły Konstruktorów, listy te nie będą publikowane, ani oceniane. Osoba, która otrzyma dany podzespół może, ale wcale nie jest zobowiązana, napisać potem do redakcji EdW i albo zaprezentować samodzielnie opracowane, kompletne urządzenie, albo podzielić się swymi uwagami na temat napotkanych trudności, albo nawet opisać okoliczności uszkodzenia elementu (wiemy, że często zdarza się to podczas eksperymentów). Najbardziej interesujące listy zawierające plon takich praktycznych doświadczeń, zostaną opublikowane w EdW.

Redakcja będzie też prezentować własne rozwiązania.

Dziś w Klubie Konstruktorów prezentujemy ogniwa Peltiera.

Nasi Czytelnicy otrzymują wszystkie informacje, niezbędne do podjęcia praktycznych prób ich wykorzystania. Przynajmniej pięć takich modułów zostanie bezpłatnie udostępnionych tym Czytelnikom, którzy nadeślą najlepsze propozycje ich wykorzystania. Pozostali mogą zakupić te interesujące elementy w sieci handlowej AVT lub w sklepie GA Elektronik, Warszawa, Wolumen paw. 70A.



Ogniwa Peltiera

Zgodnie z zapowiedzią, w tym wydaniu Klubu Konstruktorów zostaną przedstawione elementy owiane mgłą tajemniczości – ogniwa Peltiera. Prawie każdy elektronik słyszał o tych interesujących elementach, ale niewielu miało możliwość bliżej się z nimi zapoznać.

Niniejszy artykuł zawiera wszystkie informacje, jakie są potrzebne do sensownego wykorzystania ogniwa Peltiera w praktyce. Dzięki uprzejmości p. Jacka Tomaszewskiego, właściciela firmy Semicon, pięć modułów Peltiera trafi bezpłatnie do rąk tych Czytelników EdW, którzy do końca lipca nadeślą najciekawsze propozycje ich wykorzystania.

Podstawy

Każdy uczeń szkoły średniej spotkał się ze wzmiankami o ogniwach (elementach) Peltiera. Mówi się, że element ten chłodzi lub grzeje, w zależności od kierunku płynącego prądu. Jest to w zasadzie prawda, ale takie sformułowanie może wprowadzić w błąd, sugerując, że ogniwo Peltiera może po prostu

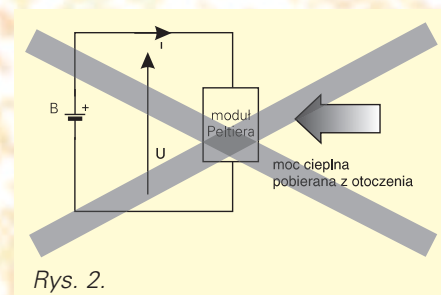
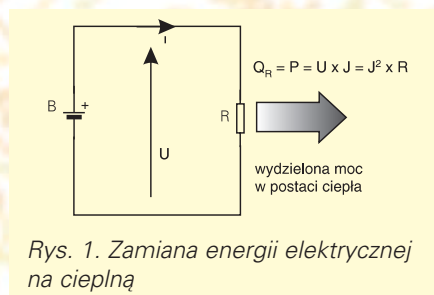
pochłaniać ciepło z otoczenia i... nie wiadomo co się z tym ciepłem dalej dzieje.

Przed przystąpieniem do omawiania zasady działania ogniwa Peltiera trzeba przypomnieć, że ciepło jest formą energii. Inna forma energii to energia elektryczna.

Na przykład w rezystorze dostarczana moc elektryczna ($P=U \cdot I=I^2 \cdot R$) zamienia się na ciepło i przechodzi do otoczenia. Jak wiadomo, w przyrodzie nic nie ginie, więc ta energia elektryczna nie może zniknąć – istnieje nadal tyle, że w nieco innej postaci, zamieniona na ciepło. Mamy tu do czynienia z sytuacją gdy określona ilość energii elektrycznej zamienia się na dokładnie taką samą ilość energii cieplnej.

Każdy rezystor może posłużyć do zamiany energii elektrycznej na cieplną. Ilustruje to **rysunek 1**.

Z prostego określenia, że element Peltiera grzeje lub chłodzi w zależności od kierunku przepływu prądu ktoś mógłby wysnuć wniosek, że przy właściwym kierunku prądu „czarodziejski” element Peltiera po prostu pochłania ciepło z otoczenia – wyglądałoby to tak, jak na **rysunku 2**.



Tak jednak nie jest, dlatego rysunek ten jest przekreślony.

No to jak to jest z tym „peltierem”?

Moduł Peltiera nie jest przyrządem, który pochłania lub wydzielają ciepło.

Może on tylko służyć jako pompa cieplna transportująca ciepło w kierunku zależnym od kierunku przepływającego prądu.

Zasada działania

Działanie półprzewodnikowych modułów termoelektrycznych, potocznie nazywanych ogniwami Peltiera w rzeczywistości opiera się na pięciu podstawowych zjawiskach fizycznych, z których cztery nazywane jest od nazwisk odkrywców. Najważniejsze z nich jest zjawisko Peltiera.

W roku 1834 Jean C. A. Peltier odkrył, że na złączu dwóch różnych metali przy przepływie prądu w określonym kierunku wydziela się ciepło, a przy przepływie prądu w odwrotnym kierunku złącze pochłania ciepło. Ilustruje to **rysunek 3**.

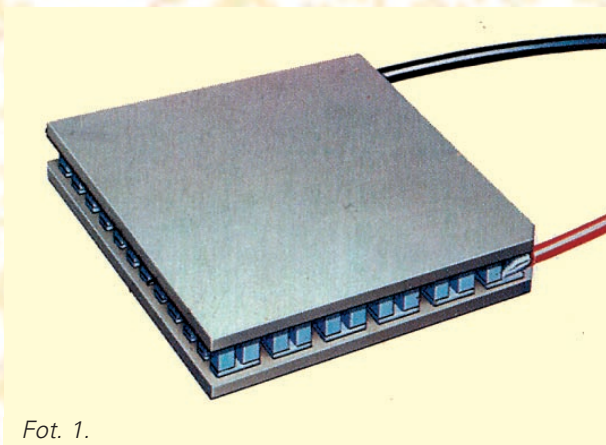
Jak się łatwo domyślić, ilość wydzielanego lub pochłanianego ciepła jest proporcjonalna do natężenia prądu; zależy także od zastosowanych materiałów.

W przypadku złącza wykonanego z dwóch różnych metali ta ilość ciepła jest bardzo mała, dlatego w praktycznych zastosowaniach wykorzystuje się inne materiały. Są to pewnego rodzaju półprzewodniki, zazwyczaj odpowiednio domieszkowany tellurek bizmutu (Bi_2Te_3).

Choć materiał ten ma interesujące nas właściwości nieporównanie lepsze od metali, jednak mimo wszystko, ilość ciepła wydzielanego lub pochłanianego na pojedynczym złączu, jest niezbyt duża. Aby zwiększyć moc cieplną trzeba albo radykalnie zwiększać natężenie prądu (co napotyka na pewne ograniczenia), albo zastosować większą ilość takich ogniw.

W praktyce stosuje się właśnie połączenie większej liczby elementarnych ogniw.

Moduł Peltiera o wymiarach 40 x 40 x 3,8 mm pokazano na **fotografii 1**.



Fot. 1.

Rysunek 4 pokazuje jego budowę i zasadę działania. Moduł ma dwie płytki ceramiczne, tworzące dwie płaszczyzny, a pomiędzy tymi płytkami umieszczono wiele „kolumnienek”. Pod względem elektrycznym „kolumnienki” te połączone są szeregowo (z pomocą miedzianych płytek), tworząc zygzak, pod względem cieplnym – równoległe. Płytki ceramiczne zapewniają sztywność mechaniczną, są doskonałą izolacją elektryczną i dobrze przewodzą ciepło.

Podstawą jest tu złącze p-n. Jedno ze złącz na rysunku 4 zostało wyróżnione. Pokazano kierunek przepływu prądu, który jak wiadomo jest przeciwny ruchowi elektronów.

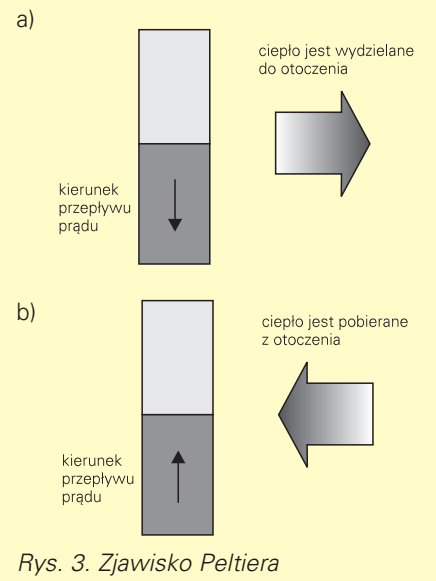
W półprzewodniku typu p nośnikiem prądu są dziury. Jak wiadomo, dziury nie są realnymi obiektami fizycznymi – w strukturze półprzewodnika brakuje po prostu elektronów do pełnego obsadzenia górnego poziomu (pasma) energetycznego, lub jak wcześniej mówiono ostatniej orbity elektronowej. W półprzewodniku typu n występuje nadmiar elektronów, wspomniane wcześniej pasmo energetyczne jest całkowicie wypełnione i nadmiarowe elektrony znajdują się z konieczności już w następnym paśmie energetycznym.

I tu tkwi sedno sprawy. Elektron będący na orbicie ma jakąś energię potencjalną, zależną od odległości od jądra – czym wyższa orbita, tym energia ta jest większa. Przechodząc z wyższej orbity na niższą, elektron oddaje energię, a żeby „wskoczyć” na orbitę wyższą, musi skądś otrzymać energię. Ta fundamentalna zasada była już omawiana przy okazji laserów (tam duża część wydzielanej lub pochłanianej energii ma postać światła).

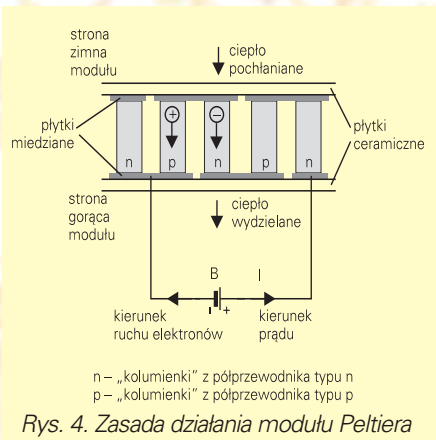
W ogniwie Peltiera z rysunku 4 mamy następującą sytuację: elektrony o niższej energii z półprzewodnika typu p przechodzą do półprzewodnika typu n, gdzie z konieczności muszą mieć wyższą energię. Obecność pomiędzy nimi miedzianej płytki niczego nie zmienia. Krótko mówiąc, elektrony te muszą w jakiś sposób zwiększyć swoją energię, czyli pobrać skądś energię. Pobierają ją w postaci ciepła.

Tym samym złącze p-n pochłania ciepło z otoczenia. Górna (na rysunku 4) płytka modułu będzie więc chłodzona.

Wydawałoby się, że wszystko jest jasne i że niepotrzebnie przekreślono rysunek 2. Trzeba jednak pamiętać, że w module Peltiera występuje nie jedno, lecz wiele takich złącz. O ile na rysunku 4 w są-



Rys. 3. Zjawisko Peltiera



Rys. 4. Zasada działania modułu Peltiera

siedztwie górnej płytki, przy podanym kierunku prądu, występują złącza p-n, to przy dolnej płytce występuje taka sama ilość złącz n-p. A co dzieje w złączu n-p?

Zgodnie z podaną wcześniej zasadą, elektrony z pasma przewodzenia półprzewodnika typu n, przechodząc do niższego pasma walencyjnego półprzewodnika typu p, niejako „spadają” na niższe pasmo energetyczne i po prostu oddają część swojej energii. Jak należało się spodziewać, jest to energia cieplna. A więc na złączu n-p wydziela się pewna ilość ciepła (w zasadzie tyle samo, ile zostało pochłonięte na złączu p-n) – dolna strona modułu będzie podgrzewana.

Przy zmianie kierunku prądu, dotychczasowe złącza p-n staną się złączami n-p (i na odwrót), i ciepło będzie pobierane na dolnej stronie modułu, a wydzielane na górnej.

Okazało się, że w rzeczywistości w module Peltiera ciepło nie ginie w jakichś tajemniczych okolicznościach, tylko pod wpływem przepływającego prądu elektrycznego jest transportowane z jednej płaszczyzny na drugą.

Potoczne sformułowania typu: „bateria Peltiera chłodzi lub grzeje zależnie od

kierunku przepływu prądu” są nie tylko nieprecyzyjne, ale wręcz wprowadzają w błąd!

Moduł Peltiera jest tylko pompą ciepłą transportującą ciepło w kierunku zależnym od kierunku prądu.

Wydawałoby się, że ilość ciepła pochłoniętego na stronie zimnej (c) jest równa ilości ciepła na stronie gorącej (h). Tak jednak nie jest, dlatego **rysunek 5** jest przekreślony. (W artykule przyjęto oznaczenia oparte na angielskich nazwach: c – cold, zimny, h – hot, gorący; takie oznaczenia występują najczęściej w literaturze i w katalogach.)

Możliwości i bariery

Z podanej zasady działania można wywnioskować, iż zdolność transportu ciepła jest wprost proporcjonalna do natężenia prądu. Wydawałoby się, że czym większy prąd, tym lepsze chłodzenie strony zimnej... Sprawa nie jest jednak aż tak prosta.

Na początku tego artykułu wspomniano, że działanie modułu Peltiera związane jest przynajmniej z pięcioma zjawiskami fizycznymi, z których zjawisko odkryte przez Peltiera jest najważniejsze.

Żeby zrozumieć możliwości i ograniczenia związane z transportem ciepła i z chłodzeniem, trzeba wspomnieć o pozostałych czterech zjawiskach.

Dwa z nich mają negatywny wpływ i właśnie one decydują o praktycznie uzyskiwanych parametrach modułu Peltiera. Są to: efekt Joule’a oraz zjawisko przewodzenia ciepła.

Pozostałe dwa zjawiska: Seebecka i Thomsona odgrywają mniej ważną rolę.

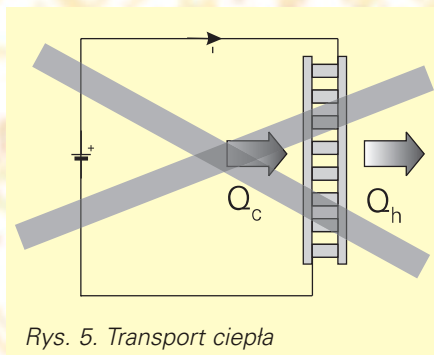
Dobrze znany ze szkoły efekt Joule’a to wydzielanie ciepła podczas przepływu prądu przez przewodnik o niezerowej rezystancji. Wspomnieliśmy już o tym przy omawianiu rysunku 1. Przy przepływie prądu będzie się w tej rezystancji wydzielanie ciepła – jest to tak zwane ciepło Joule’a. Wydzielana moc będzie równa:

$$P = I^2 \cdot R$$

Patrząc pod względem elektrycznym, moduł Peltiera (pokazany na rysunku 4) składa się z wielu „kolumnienek” zbudowanych z jakiegoś przewodzącego materiału. Niewątpliwie taka konstrukcja ma jakąś niezerową rezystancję.

Wydzielać się więc będzie na niej (w całej objętości „kolumnienek”) wspomniane ciepło Joule’a, co oczywiście spowoduje wzrost temperatury.

Jak dowiedzieliśmy się wcześniej (rysunek 4), ten sam prąd I płynący przez moduł, powoduje transport ciepła z jednej strony modułu na drugą. Teraz widać, że ciepło Joule’a, powstające w „kolu-



Rys. 5. Transport ciepła

mienkach” zostanie „wypchnięte” na stronę gorącą modułu dzięki zjawisku Peltiera.

Na stronie gorącej wydzielą się zarówno ciepło pochłonięte na stronie zimnej, jak i ciepło Joule’a powstające wskutek przepływu prądu.

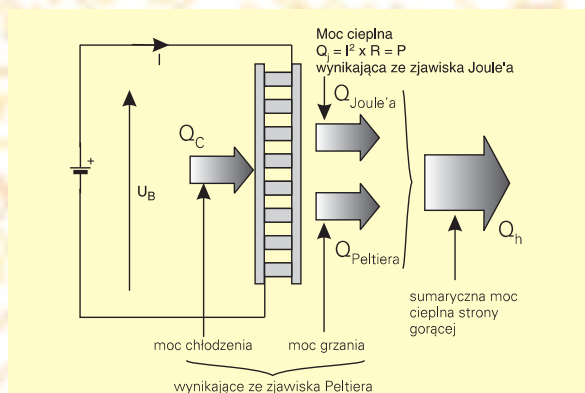
Porównaj teraz **rysunki 1 i 6**. Niech w obu przypadkach prąd I oraz rezystancja R mają taką samą wartość. To znaczy, że w obu przypadkach dostarczamy taką samą moc elektryczną ($P=I^2 \cdot R$). Co otrzymujemy?

W przypadku rezystora otrzymujemy po prostu ilość ciepła odpowiadającą dostarczonej mocy elektrycznej. Sprawność jest oczywiście 100-procentowa, bo cała ilość energii elektrycznej zamienia się na ciepło.

A w przypadku modułu Peltiera?

Może będziesz zaskoczony, gdy usłyszysz, że sprawność jest większa niż 100%! To prawda: uzyskujemy więcej energii cieplnej niż dostarczamy energii elektrycznej – jeszcze raz porównaj rysunki 1 i 6! Moc strony gorącej Q_h jest znacznie większa, niż doprowadzona moc elektryczna $P=Q_j$!

Nie ma w tym nic nadnaturalnego – działanie modułu termoelektrycznego przypomina działanie domowej chłodziarki (lodówki) sprężarkowej, gdzie dostarczana jest pewna moc elektryczna P , w parowniku następuje pochłanianie ciepła, suma tych mocy zgodnie z zasadą zachowania energii wydziela się jako ciepło, głównie w kondensatorze (radiato-



Rys. 6. Moce cieplne rzeczywistego modułu Peltiera

rze). Zarówno w lodówce, jak i w module Peltiera moc uzyskana na stronie gorącej jest większa od dostarczonej mocy elektrycznej P – część ciepła otrzymujemy za darmo!

Znakomity pomysł na tanie ogrzewanie domu!? No... niezupełnie. Nie jest to wprawdzie żadna nowość – taki sposób ogrzewania domów wykorzystuje się już w praktyce, potrzebne są tylko środowiska o różnych temperaturach i odpowiedniej pojemności cieplnej. Na przykład jedną „zimną stronę” instalacji umieszcza się pod powierzchnią ziemi lub w wodach jeziora, a drugą w domu. Na razie koszty takich (sprężarkowych) instalacji są wysokie i bardzo powoli wchodzi one do szerszego użytku. Baterie ogniwo Peltiera byłyby tu znakomitym i niezawodnym rozwiązaniem: ze względu na prostą konstrukcję nie ma ograniczeń wielkości, przeszkodą jest natomiast bardzo wysoka cena.

Poznaliśmy tu jedną z ciekawych właściwości modułów Peltiera.

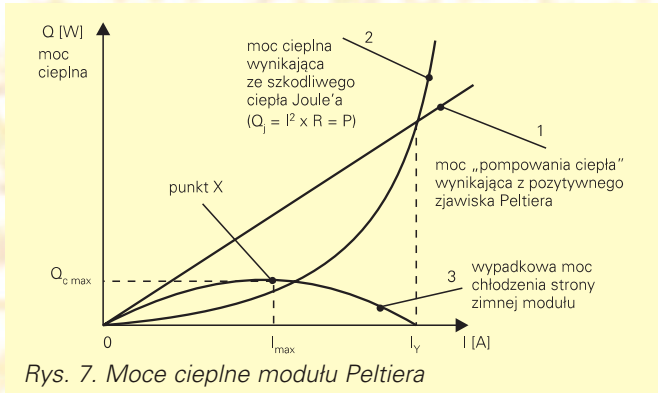
Doszliśmy do wniosku, że moduły te mogłyby służyć do ogrzewania. Ale na razie, ze względu na koszty, wykorzystuje się je niemal wyłącznie do chłodzenia. Czy w takim wypadku wspomniane ciepło Joule’a w jakikolwiek sposób przeszkadza?

Zdecydowanie tak!

Chcielibyśmy, aby nasz moduł chłodził jak najskuteczniej. Ściślej mówiąc, chcielibyśmy, żeby wystąpił jak największy transport ciepła z jednej strony na drugą. Dla danego modułu, jego „możliwości transportowe”, wynikające ze zjawiska Peltiera są wprost proporcjonalne do natężenia prądu. Jednak przepływ prądu spowoduje wydzielenie się w całej objętości czynnego materiału pewnej ilości ciepła Joule’a. Choć więc przy danym prądzie nasz moduł mógłby przepompować z jednej strony na drugą określoną ilość, powiedzmy „użytecznego” ciepła, to jednak musi on „wypompować” powstające w module ciepło Joule’a, a więc wypadkowe możliwości chłodzenia strony zimnej zmniejszają się.

I tu już chyba wszyscy widzą barierę możliwości modułu. W miarę zwiększania prądu, liniowo rośnie transport ciepła wynikający ze zjawiska Peltiera – to nas bardzo cieszy. Jednocześnie jednak proporcjonalnie do drugiej potęgi prądu ($P=I^2 \cdot R$) rośnie ilość wydzielanego ciepła Joule’a. Ponieważ ze wzrostem prądu te szkodliwe ilości ciepła rosną szybciej niż ilości ciepła „pompowanego” przez moduł, więc przy zwiększaniu prądu wystąpi w pewnym momencie szczególna sytuacja,

gdy ilość pompowanego pożytecznego „ciepła Peltiera” będzie równa ilości szkodliwego „ciepła Joule’a”. Przy takim prądzie strona zimna ogniwa nie będzie już pobierać ciepła z zewnątrz, bo wszystkie „możliwości transportowe” modułu będą wykorzystane na wypompowanie z modułu ciepła szkodliwego. Ilustruje to **rysunek 7**.



Prosta 1 reprezentuje „możliwości transportu ciepła”, a krzywa 2 – ilości ciepła Joule’a, wydzielane pod wpływem płynącego prądu. Rzeczywiste możliwości transportu ciepła „użytecznego”, z jednej strony modułu na drugą (czyli w sumie interesująca nas moc chłodzenia), będą więc różnicą „możliwości transportowych” i szkodliwego ciepła Joule’a. Te rzeczywiste możliwości przedstawia krzywa 3.

Krzywa ta udowadnia, że nie możemy nadmiernie zwiększać prądu I, bowiem powyżej pewnej jego wartości (na rysunku 7 – I_{max}) rzeczywista skuteczność chłodzenia zmniejsza się! Przy wartościach prądu powyżej I_Y moduł wcale nie będzie chłodził – obie strony będą grzać, z tym że jedna strona będzie gorętsza od drugiej.

Od tej chwili już wiadomo, że dla każdego modułu Peltiera określa się jakiś prąd maksymalny I_{max} – prądu tego nie należy przekraczać, bo tylko pogorszy to uzyskiwany efekt chłodzenia. Wartość prądu I_{max} jest jednym z najważniejszych parametrów modułu Peltiera.

Przewodzenie ciepła

Teraz następną bardzo ważną sprawą. Na rysunku 7 krzywa 3 pokazuje, można powiedzieć – możliwości chłodzenia strony zimnej w zależności od prądu pracy. Ale krzywa ta nie obrazuje całej prawdy o możliwościach modułu.

Do tej pory przy analizie nie uwzględniliśmy kolejnego zjawiska fizycznego – przewodzenia ciepła w objętości materiału. Wiadomo, że materiał „kolumn” modułu ma pewną przewodność cieplną. Zgodnie z zasadami termodynamiki ciepło będzie przechodzić ze strony gorącej

na zimną w stopniu zależnym od różnicy temperatur i od wartości przewodności cieplnej materiału półprzewodnika. Zjawisko przewodzenia ciepła nie występuje wtedy, gdy obie strony modułu mają jednakową temperaturę. Niestety, jeśli chcemy zbudować chłodziarkę, dwie strony naszego modułu niewątpliwie będą mieć w czasie pracy różne temperatury.

Niechybnie ciepło będzie przechodzić ze strony gorącej na zimną w stopniu zależnym od przewodnictwa „kolumniek” i nasze ogniwo musi zużyć część „możliwości transportowych” na „wypchnięcie” tego ciepła z powrotem na stronę gorącą. Jak widać, jest to drugie szkodliwe zjawisko – wypchnięte musi być w ten sposób zarówno ciepło Joule’a, jak i ciepło „próbujące” przepływać wskutek przewodzenia materiału „kolumniek” ze strony gorącej na zimną.

Rysunek 8 pokazuje między innymi krzywą 3 z rysunku 7 (tyle, że w innej skali). Dodatkowo na rysunku 8 przedstawiono wpływ różnicy temperatur obu stron modułu na rzeczywiste możliwości chłodzące strony zimnej. W praktycznym zastosowaniu zwiększanie prądu w zakresie od 0 do I_{max} będzie powodować zwiększanie różnicy temperatur obu stron modułu (od zera do jakiejś wartości T_{max}). Ale zwiększanie różnicy temperatur spowoduje coraz większe przewodzenie ciepła ze strony gorącej na zimną. Przy prądzie I_{max} oraz pewnej różnicy temperatur (właśnie T_{max}) suma szkodliwego ciepła przewodzenia i ciepła Joule’a stanie się równa „możliwościom transportowym” modułu. Cała pożyteczna „moc Peltiera” będzie wtedy zużywana wyłącznie na wypompowanie szkodliwego ciepła z wnętrza modułu. W tym momencie otrzymamy największą możliwą do uzyskania różnicę temperatur obu stron modułu, czyli praktycznie najniższą możliwą temperaturę strony zimnej. Niższej uzyskać się nie da – przy dalszym wzroście prądu temperatura strony zimnej zacznie wzrastać. Dla obecnie produ-

kowanych typowych modułów maksymalna różnica temperatur T_{max} jest rzędu 60...75°C.

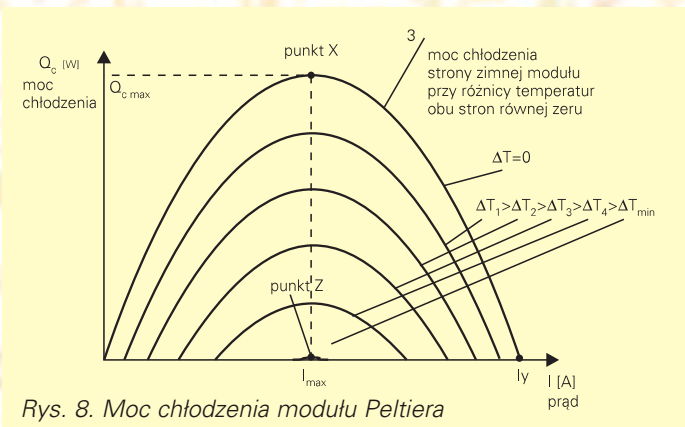
Omówiono tu drugi ważny parametr modułu Peltiera – maksymalną różnicę temperatur, którą może on wytworzyć.

Nie trzeba chyba w tym miejscu nikogo przekonywać, że przy zastosowaniu modułów do chłodzenia, ostateczny efekt będzie zależał przede wszystkim od temperatury strony gorącej, a więc od skuteczności zastosowanego tam radiatora.

W tym miejscu trzeba też wspomnieć o podawanym w katalogach współczynniku, czy też stałej Z. Ogólnie biorąc, stała ta charakteryzuje globalną jakość modułu – czym wartość tego współczynnika jest większa, tym lepsze są uzyskiwane wyniki. Przeciętny użytkownik nie wykorzystuje tego parametru w praktyce – jego wartość może jedynie posłużyć na przykład do ogólnego porównania jakości modułów różnych producentów.

Moc chłodzenia

Kolejnym parametrem podawanym w katalogach jest maksymalna wydajność chłodzenia, czy ściślej moc chłodzenia strony zimnej Q_{c,max}. Na **rysunekach 7 i 8** maksymalną moc chłodzenia



Rys. 8. Moc chłodzenia modułu Peltiera

Q_{c,max} uzyskuje się przy prądzie I_{max} w warunkach reprezentowanych przez punkt X.

Uważny Czytelnik zauważy tu, iż definiowana w ten sposób moc cieplna Q_{c,max} niewiele ma wspólnego z rzeczywistymi warunkami pracy. Istotnie, parametr Q_{c,max} informuje, ile ciepła moduł może przetransportować przy prądzie I_{max} oraz zerowej różnicy temperatur między obydwojema swymi stronami.

Czy taka sytuacja kiedykolwiek się zdarza? Tak. Ale tylko przez chwilę, w momencie włączenia prądu. Po włączeniu prądu wzrasta różnica temperatur między stronami modułu, i jak pokazano na rysunku 8, moc chłodzenia strony zimnej maleje.

Klub Konstruktorów

Co to oznacza w praktyce?

W dotychczasowych rozważaniach nie uwzględniliśmy co dzieje się po stronie zimnej – zaniedbaliśmy mianowicie wymianę ciepła strony zimnej z otoczeniem. **Rysunek 9** pokazuje sytuację, jak wytwarza się przy wykorzystaniu modułu Peltiera do budowy chłodziarki, czy też komory klimatycznej. Po włączeniu prądu moduł „wyciąga ciepło” z wnętrza chłodziarki. Temperatura wewnątrz chłodziarki spada. Zwiększa się różnica temperatur między stroną gorącą a zimną modułu, co zgodnie z rysunkiem 8 powoduje zmniejszenie się mocy chłodzenia strony zimnej. Wzrasta też różnica temperatur między wnętrzem chłodziarki a otoczeniem. Izolacja komory chłodziarki na pewno nie jest idealna, więc wskutek przewodzenia materiału izolacyjnego obudowy chłodziarki, jakaś ilość ciepła napływa z otoczenia do chłodzonej komory. To ciepło musi być wypompowane przez moduł.

W pewnym momencie ustali się wiec stan równowagi. Ilość ciepła napływającego przez niedoskonałą izolację termiczną komory będzie na bieżąco wypompowywana przez moduł.

We wnętrzu ustali się jakaś temperatura. Od czego będzie zależeć ta temperatura? Przypuśćmy, że prąd jest równy I_{max} .

Temperatura ta na pewno będzie zależeć od temperatury strony gorącej – temperatura T_h powinna być jak najniższa. Czym lepszy radiator i lepsze odbieranie ciepła ze strony gorącej, tym lepiej. Kluczową kwestią jest więc sprawa radiatora umieszczonego na stronie gorącej. Dla uzyskania dobrych wyników konieczne trzeba tu stosować dobre radiatory, najlepiej z chłodzeniem wodnym, ostatecznie z chłodzeniem powietrznym wymuszonym za pomocą wydajnego wentylatora.

Przypuśćmy, że na stronie gorącej zastosowano bardzo wydajne chłodzenie wodą. Temperatura strony gorącej modułu wynosi $+30^{\circ}\text{C}$, katalogowa wartość T_{max} modułu wynosi 65°C . Czy to znaczy, że w tej sytuacji uzyska się temperaturę wewnątrz komory równą -35°C ?

W żadnym wypadku!

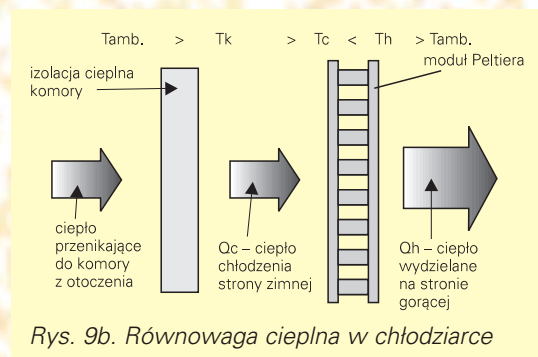
Owszem, zgodnie z rysunkiem 8, taka byłaby temperatura zimnej strony modułu, ale w tych warunkach moc chłodzenia strony zimnej wynosi zero (reprezentuje to punkt Z). Nie wolno jednak zapominać o wymianie ciepła strony zimnej z otoczeniem. Nie ma idealnej izolacji cieplnej. Do komory przez ścianki wciąż napływa ciepło z otoczenia. Ciepło to musi być wypompowane, w przeciwnym wypadku temperatura będzie wzrastać. Porównaj rysunki 9a i 9b.

Temperaturę wnętrza równą -35°C można byłoby uzyskać tylko wtedy, gdyby izolacja cieplna komory była idealna.

I tu jasno widać, że drugim kluczowym czynnikiem przy realizacji chłodziarki jest sprawa izolacji cieplnej komory.

Pominęliśmy tu jeszcze sprawę wymiany ciepła między wnętrzem komory a stroną zimną modułu, co też nie pozwoli osiągnąć temperatury T_k równej T_c

Jak nietrudno się zorientować, nierealne jest osiągnięcie katalogowych wartości mocy chłodzenia Q_{cmax} i T_{max} . Duże moce chłodzenia, bliskie Q_{cmax} , uzyskamy tylko przy niewielkiej różnicy temperatur T , znaczne różnice temperatur, zbliżone do T_{max} możemy osiągnąć tylko przy bardzo dobrej izolacji cieplnej obiektu chłodzonego, czyli przy niewielkiej mocy chłodzenia.



Rys. 9b. Równowaga cieplna w chłodziarce

Omówiono tu dwa bardzo ważne zagadnienia: skuteczność chłodzenia strony gorącej i kwestię izolacji cieplnej obiektu chłodzonego od otoczenia. Każdy użytkownik modułów Peltiera musi te sprawy dokładnie rozumieć, by nie popełnić karygodnych błędów.

Nie jest natomiast konieczna umiejętność obliczeń parametrów. W literaturze można znaleźć przykłady takich obliczeń. W zasadzie można obliczyć minimalną temperaturę, jaką osiągnie się w komorze, albo czas potrzebny na schłodzenie danej ilości materiału do określonej temperatury. Obszerny, trzydziestokilowy materiał na temat modułów Peltiera był zamieszczony w EP 1, 2, 3/96. Podano tam przykłady obliczeń tego typu. Niestety, przeciętny Czytelnik EdW nie ma wszystkich danych, potrzebnych do przeprowadzenia niezbędnych kalkulacji. Przede wszystkim nie ma nawet „zielonego pojęcia” o liczbowej wartości skuteczności izolacji cieplnej. Niewiele wie o rezystancji termicznej radiatora w konkretnych warunkach pracy. W zasadzie można spróbować zmierzyć te parametry, ale raczej mija się to z celem – przecież w sumie znajomość tych parametrów nie jest niezbędna – ważny jest jedynie końcowy efekt.

Dlatego przy praktycznym wykorzystaniu modułów Peltiera należy skoncentrować wysiłki nie na obliczeniach, ale na sprawach praktycznych: izolacji obiektu chłodzonego i skuteczności radiatora.

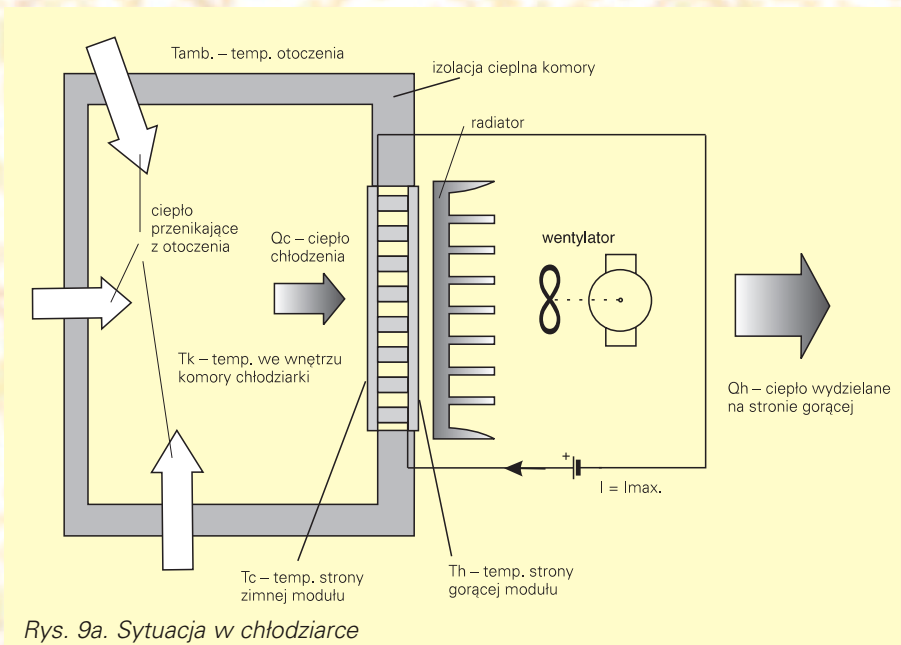
Mamy nadzieję, że przedstawiony materiał wyjaśnił wątpliwości i przybliżył naszym Czytelnikom fascynujący temat modułów Peltiera.

Pięć modułów trafi bezpłatnie do rąk tych Czytelników, którzy do końca lipca nadesłali listy z najbardziej obiecującymi propozycjami ich zastosowania.

Osoby, które nie otrzymają modułu w ramach Klubu, mogą je zakupić w sklepie firmowym Semiconu – GA Elektronik Warszawa Wolumen paw. 70a lub w sieci handlowej AVT (także wysyłkowo).

Za miesiąc zostanie podany dodatkowy materiał dotyczący modułów Peltiera, przeznaczony dla bardziej zaawansowanych i dociekliwych.

(red)



Rys. 9a. Sytuacja w chłodziarce