

KLIMATYZACJA SAMOCHODOWA NA OGNIWACH PELTIERA

W artykule przedstawiono proces projektowania i budowy klimatyzacji samochodowej wykorzystującej moduły Peltiera. Alternatywna klimatyzacja umożliwia szybkie ogrzanie powietrza niezależnie od temperatury silnika. Można montować ją zarówno w nowych jak i starych pojazdach. Układ nie wymaga serwisu, ani ingerencji w standardowy układ chłodniczy. Wykorzystano materiały, które umożliwiają wgląd na ruch cieczy w układzie jak i pogląd na układ elektroniczny.

WSTĘP

Klimatyzacja samochodowa do niedawna była stosowana jako dodatkowe wyposażenie w wielu luksusowych autach. W dzisiejszych czasach montuje się ją do prawie każdego modelu samochodu. Jest ona jednak nadal bardzo droga i wielu ludzi nie może sobie pozwolić na zamontowanie jej zwłaszcza w starych autach. Jak wskazują dane przedstawione przez Centralną Ewidencję Pojazdów średni wiek samochodów w Polsce to 15,5 roku. W większości z nich nie ma zamontowanej klimatyzacji.

Historia klimatyzacji rozpoczyna się w roku 1933, kiedy to pojawiła się po raz pierwszy jako luksusowy i drogi element wyposażenia samochodu w USA. Był to dodatek, którym mogli się cieszyć tylko użytkownicy najdroższych limuzyn. W seryjnych autach klimatyzacja pojawiła się dopiero dwadzieścia lat później, samochodem wyposażonym w to udogodnienie był Chrysler Imperial Airtemp. Na przestrzeni lat drogi luksus zaczął przerażać się w standard, dlatego też obecnie klimatyzacja jest podstawowym wyposażeniem w blisko 80% produkowanych samochodach osobowych.

Klimatyzacja, którą można zobaczyć w naszych samochodach to złożone technologicznie urządzenie, które wymaga poprawnej eksploatacji. W innym przypadku nie tylko nie będzie generować przyjemnego chłodu, ale również będzie szkodliwa dla naszego zdrowia.

Klimat w Polsce z roku na rok jest coraz cieplejszy, w upalne dni temperatura w wielu samochodach dochodzi do 40 °C. Każdy w tych dniach marzy o klimatyzacji. Odpowiednia temperatura powietrza dla ludzi w okresie letnim powinna wynosić 22 - 26 °C [2].

Alternatywą jest budowa klimatyzacji dla każdego typu samochodu, która będzie tania, mobilna i przystosowana do każdego modelu samochodu a jej serwisowanie będzie można przeprowadzić samemu bez korzystania ze specjalistycznych serwisów samochodowych. Pozwoli ona na schłodzenie wnętrza samochodu o kilka stopni Celsjusza, co z pewnością wpłynie pozytywnie na zdrowie i samopoczucie kierowcy oraz pasażerów.

1. DZIAŁANIE KLASYCZNEJ KLIMATYZACJI SAMOCHODOWEJ

Klimatyzacja w pojazdach opiera się na zjawisku przewodzenia ciepła. Przenosi się ono z ośrodków cieplejszych do chłodniejszych. W klimatyzacji samochodowej ciepło przemieszcza się z wnętrza kabiny pojazdu do otoczenia. Temu procesowi współtowarzyszą zjawiska fizyczne związane z wrzeniem, parowaniem i skraplaniem. Na tych trzech zjawiskach oparte jest działanie wszystkich rodzajów

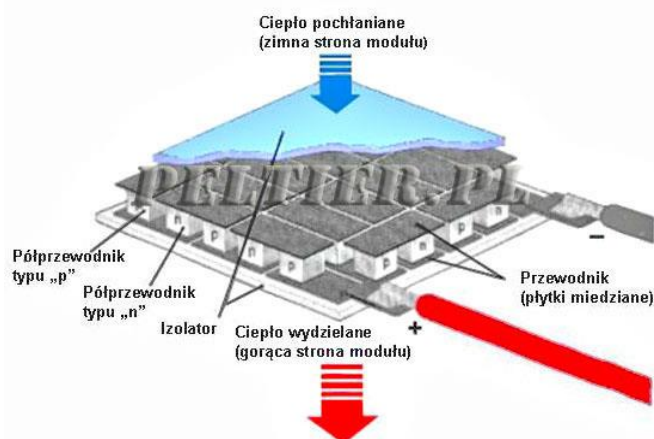
klasycznej klimatyzacji. Cieczą, w której zachodzą te zjawiska w układach klimatyzacyjnych jest czynnik chłodniczy [1].

2. PROJEKT KLIMATYZACJI SAMOCHODOWEJ Z WYKORZYSTANIEM OGNIW PELTIERA

Projekt zakłada wykonanie urządzenia chłodzącego przy użyciu ogniwo Peltiera z przeznaczeniem dla samochodów osobowych. Układ ma odpowiadać wielkością współcześnie stosowanym klimatyzacjom. Zasilanie ma odbywać się przez akumulator, a moc chłodząca powinna być wystarczająca by ochłodzić kabinę pojazdu o około 10 °C.

2.1. Ogniwo Peltiera

Ogniwo Peltiera (moduł Peltiera, zwane również płytką Peltiera) to półprzewodnikowy element termoelektryczny, wykorzystujący efekt Peltiera do przekazywania ciepła. Składa się z dwóch równolegle przymocowanych płytek ceramicznych, pomiędzy ich płaszczyznami znajdują się naprzemiennie położone półprzewodniki typu "n" oraz półprzewodniki typu "p". Półprzewodniki - wykonane są z odpowiednio domieszkowanego tellurku bizmutu, połączone są szeregowo dzięki blaszkom miedzianym. Budowę i zasadę działania ogniwa Peltiera przedstawia rys. 1.

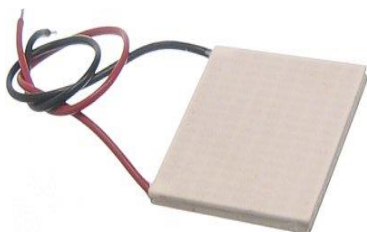


Rys. 1. Połączenia p-n w ogniwie Peltiera [5]

Istotą modułu Peltiera są zmiany temperatury, które zachodzą na złączach półprzewodników (typu n-p lub p-n) w skutek działania prądu elektrycznego. Półprzewodniki typu "p" wykazują w swojej budowie brak elektronów potrzebnych do całkowitego obsadzenia górnego poziomu energetycznego, zaś półprzewodniki typu "n" posiadają ich zbyt dużo na ten poziom. Podczas przepływu prądu

elektrony przemieszczają się między poziomami energetycznymi. Proces ten wymaga dostarczenia energii (przejście na wyższy poziom energetyczny), z drugiej zaś strony wywołuje jej wydzielenie (przejście na niższy poziom) w zależności od kierunku przepływu prądu. Pobierana i oddawana energia jest energią cieplną. Na górnej i dolnej powierzchni modułu równocześnie zachodzi proces pochłaniania ciepła ze strony zimnej, oraz jego oddawania go ze strony gorącej [5].

Natężenie przyłożonego prądu ma wpływ na ilość ciepła, która może zostać w taki sposób przetransportowana. Każdy moduł Peltiera posiada określoną, maksymalną wydajność termiczną. Jest to spowodowane występowaniem zjawiska oporności elektrycznej, która wywołuje wzrost ciepła wewnątrz modułu. Ogniwo najczęściej ma kształt prostopadłościanu i wygląda tak jak na rys. 2.



Rys. 2. Ogniwo Peltiera [6]

Tabela 1 zawiera główne parametry ogniwa tj. wymiary, napięcie pracy, pobór prądu, moc chłodzącą oraz model użytego w projekcie ogniwa.

Tab. 1. Główne parametry ogniwa Peltiera [6]

Parametr	Wartość
Wymiary	40×40×3,8 mm
Napięcie pracy	12 V DC
Pobór prądu	5,8 A
Moc chłodząca	60 W
Model	TEC1 - 12706

Ogniwa Peltiera znajdują szerokie zastosowanie w przenośnych chłodziarkach samochodowych [3].

2.2. Koncepcja działania klimatyzacji na ogniwach Peltiera

Projekt składa się z części mechanicznej oraz elektronicznej. Urządzenie ma posiadać trzy stopnie regulacji mocy chłodzenia, dzięki zastosowaniu przełączników samochodowych mających za zadanie załączać kolejno dwa, cztery i sześć ogniw. Będzie to uwidocznione na panelu sterowania przy pomocy trzech diod oraz odpowiedniego komunikatu na wyświetlaczu. Zapalenie każdej z diod świadczy o załączeniu kolejnej pary ogniw. Elektronika bazuje na mikrokontrolerze Atmega 328. Układ posiada dwa obiegi cieczy, przepływającej przez chłodnice. Pierwszy z nich ochładza powietrze w samochodzie, natomiast drugi odprowadza ciepło z układu. Zastosowanie przełączników przełączających daje możliwość zmiany polaryzacji ogniw Peltiera, i przełączania układu chłodzącego na układ grzejący. Poprzez zastosowanie PWM z wyjścia mikrokontrolera możliwe jest sterowanie prędkością obrotową wentylatora wdmuchującego zimne powietrze do kabiny pojazdu.

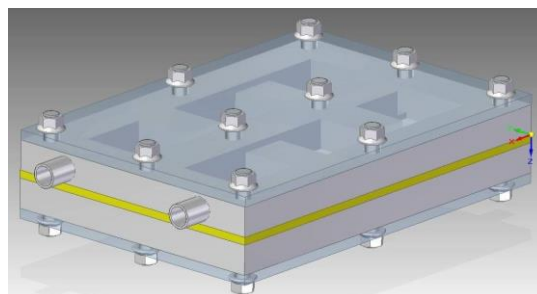
W klimatyzacji będą zamontowane trzy czujniki DS18B20, aby odczytywać wartość temperatury cieczy nagrzewanej, ochładzanej oraz przy wylocie zimnego powietrza. Otrzymane wyniki będą wyświetlane na ekranie panelu sterowania. Obieg cieczy chłodzącej będzie wymuszany przez dwie pompy, po jednej dla każdego obiegu.

Moc maksymalna dla sześciu ogniw Peltiera, dwóch wentylatorów, dwóch pomp i elektroniki - wyniesie ok. 470 W.

2.3. Model 3D klimatyzacji na ogniwach Peltiera

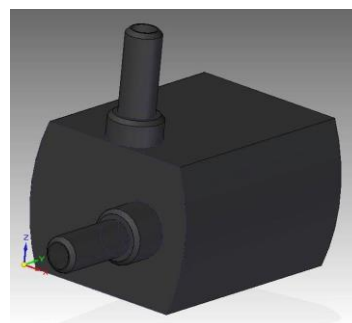
Model 3D został wykonany w programie Solid Edge Student Edition ST8 Siemens PLM Software [4]. Wszystkie części odwzorowują rzeczywiste wymiary elementów wykorzystanych w projekcie.

Opracowano wymiennik ciepła (rys. 3) który składa się z sześciu modułów Peltiera, dwóch komór przepływowych z króćcami do podłączeń wężyków, oraz dwustronnej przezroczystej płyty plexi, która umożliwia wgląd do wnętrza wymiennika.



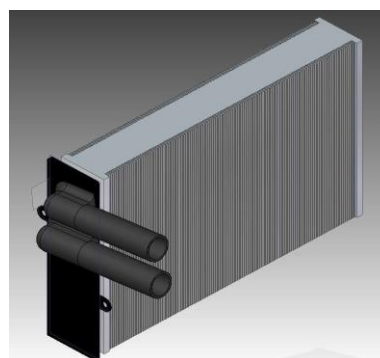
Rys. 3. Model wymiennika ciepła

Kolejnymi elementami są: pompa wody (rys. 4), chłodnica (rys. 5) i dmuchawa (rys. 6).



Rys. 4. Model pompy wody

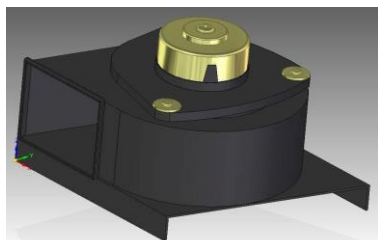
Pompy stosowane są do transportu wody pomiędzy chłodnicą, a panelem z ogniwami Peltiera (wymyennikiem ciepła). W projekcie zastosowano pompę wirnikową. Łopatki wirnika wykonane są z elastycznego materiału. Opuszczając obszar przewężenia komory pompy naprostowują się i powiększają objętość między łopatkowej luki. Dzięki temu zjawisku powstaje podciśnienie i ciecz zostaje zasana do pompy. Wirnik obraca się i zasysa czynnik chłodzący do strony tłocznej. Podczas pracy silnika, ilość cieczy w pompie pozostaje stała. Podczas gdy łopatki wirnika wchodzi w obszar krzywizny, zginają się i wypierają ciecz z przestrzeni między łopatkami.



Rys. 5. Model chłodnicy

W pracy użyto dwóch chłodziń, jedna odprowadza ciepło z cieczy wypływającej z układu z modułami Peltiera, a druga doprowa-

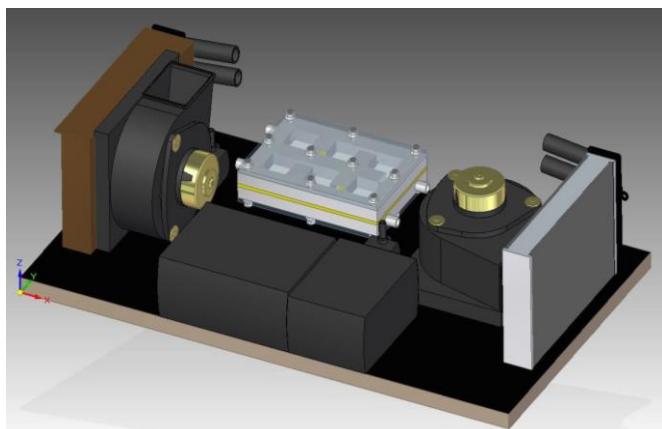
dza zimno przy pomocy wentylatora do kabiny samochodu. Obieg cieczy wymusza pompa podłączona do układu. W chłodnicy ciecz traci ciepło poprzez działanie wentylatora. Schłodzony płyn chłodniczy wraca do obiegu i przepływając przez płytki aluminiowe rozpoczyna kolejne okrążenie. Chłodnica jest zbudowana z odpowiednio wyprofilowanych rur przez które przepływa ciecz. Na kanałach umieszczone są żeberka, które powiększają powierzchnię wymiany ciepła. W górnej części chłodnicy umieszczony jest kanał doprowadzający ciepłą ciecz, a na dole odprowadzający zimną. Chłodnice pochodzą z nagrzewnicy Golfa IV firmy Volkswagen.



Rys. 6. Model dmuchawy

Dmuchawa w układzie pomaga w szybszym przepływie powietrza przez żebra chłodnicy. Jest to wiatrak umieszczony za chłodnicą, który pcha powietrze. Obudowa wentylatora użytego w pracy wykonana jest z czarnego plastiku, a łopatki z przezroczystego.

Całkowite złożenie klimatyzacji przedstawia rysunek 7. Wszystkie elementy zamontowano na drewnianej podstawie i ułożono w sposób jak najbardziej funkcjonalny.

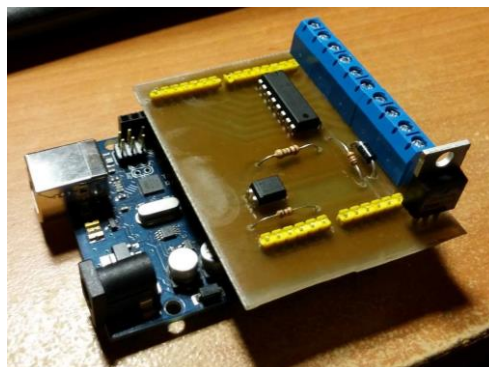


Rys. 7. Model 3D klimatyzacji samochodowej

3. PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE

Mikrokontroler

W projekcie mikrokontroler Arduino służy do obsługi elektroniki użytej w celu prawidłowego funkcjonowania klimatyzacji. Steruje on sześcioma przekaźnikami, obiera sygnały od trzech czujników temperatury DS18B20, włącza wentylatory oraz pompy, które będą powodowały obieg płynu chłodzącego w układzie. Kod programu napisany jest w języku programowania przystosowanego do Arduino i jest oparty na językach C/C++. W skład płytki Arduino wchodzi mikrokontroler oraz linie analogowe i cyfrowe, które mogą pracować jako wyjścia lub wejścia (rys. 8). Zawiera on również port USB do połączenia z komputerem w celu sterowania urządzeniem. Komunikacja i programowanie wykonywane jest poprzez specjalny adapter USB-to-Serial. Programowanie odbywa się za pomocą środowiska Arduino IDE.



Rys. 8. Arduino z zamontowaną płytką elektroniczną

Dmuchawa

Dmuchawa (rys. 9) pochodzi z samochodu Lublin III firmy Daewoo i była używana w nagrzewnicy. Jej parametry przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 9. Dmuchawa

Tab. 2. Dane techniczne wentylatora [7]

Parametr	Wartość
Napięcie zasilania	12 V
Moc	20,5 W
Obroty wentylatora	800-1200 rpm
Ilość łopatek	28 szt
Typ łożyska	1,7 A
Przepływ powietrza	350 m ³ /h
Max poziom hałasu	62 dB
Wymiary	R=11 cm
Materiał wykonania	ABS
Waga netto	0,4 kg
Typ przewodu	2-żyłowy
Kolor produktu	czarny

Pompa

Pompa użyta w projekcie (rys. 10) ma moc 4,2 W, jest kompatybilna z Arduino i przystosowana do sterowania poprzez PWM, A/C i C/A. Parametry pompy zamieszczono w tabeli 3.



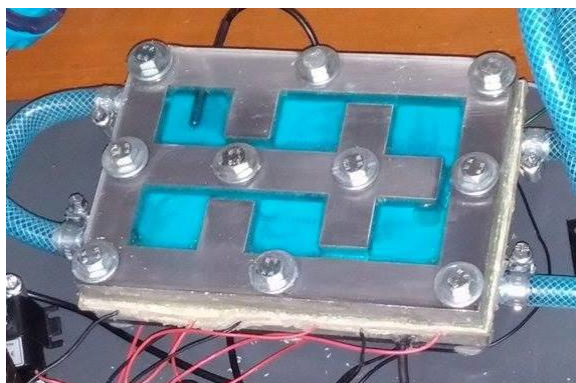
Rys. 10. Pompa wody 12 V

Tab. 3. Dane techniczne pompy [8]

Parametr	Wartość
Rodzaj silnika	Bezszczotkowy, stały wirnik
Odporność na wodę	wodoodporna
Poziom hałasu	<35 dB
Temperatura pracy	0 do 75 °C
Pobór mocy	4.2 W
Napięcie zasilania	12 V
Maksymalny prąd zasilania	350 mA
Maksymalny przepływ	240 L/h
Wymiary	55x35x45 mm

4. WYKONANIE FIZYCZNE KLIMATYZATORA

Wykonany z aluminium wymiennik ciepła z sześcioma ogniwami Peltiera i podłączonymi rurkami obwodu wodnego przedstawia rysunek 11.



Rys. 11. Wymiennik ciepła z ogniwami Peltiera

Całość urządzenia składającego się z wymiennika ciepła, dwóch chłodziń, dwóch pomp wodnych, dwóch dmuchaw i panelu sterowania, przedstawia rysunek 12.



Rys. 12. Zmontowany klimatyzator samochodowy na ogniwach Peltiera

5. TESTY WYKONANEGO KLIMATYZATORA

Testy urządzenia miały na celu sprawdzenie poprawności działania zgodnie z założeniami. Polegały one na podgrzewaniu i ochładzaniu pomieszczenia o pojemności 1m³ (rys. 13) w określonym czasie. Zostało ono zbudowane z płyt wykonanych ze styroduru, uszczelnione i zaprojektowane aby ograniczyć dopływ powietrza z otoczenia.

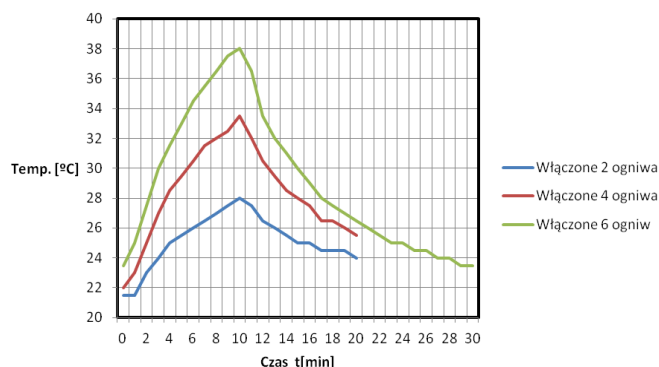
Wykonywano pomiary przy działających dwóch, czterech i sześciu ogniwach Peltiera. Następnie regulowano obroty wentylatora i sprawdzano jego wpływ na temperaturę chłodzińcy w pierwszym

obiegu. Sprawdzona została szczelność układu oraz kontrolowane napięcie i natężenie prądu.



Rys. 13. Pomieszczenie testowe

Testy rozpoczęto od sprawdzenia wydajności klimatyzacji przy włączonych dwóch ogniwach Peltiera. Mierzono temperaturę w trzech miejscach układu. Test zaczęto gdy w pomieszczeniu było 21,5 °C. Po dziesięciu minutach ogrzewania uzyskano 28 °C. Następnie zmieniono polaryzację i klimatyzacja zaczęła chłodzić. Po kolejnych dziesięciu minutach temperatura spadła do 24 °C. Kolejne testy przeprowadzono zarówno dla włączonych czterech, jak i sześciu ogniw Peltiera. Wyniki otrzymanych badań zestawiono na rysunku 14.



Rys. 14. Grzanie i chłodzenie dla włączanych kolejno ogniw Peltiera

WNIOSKI

Prototyp został wykonany zgodnie z początkowymi założeniami projektowymi. Prawidłowe funkcjonowanie klimatyzacji wykorzystującej ogniwa Peltiera potwierdzono przeprowadzonymi badaniami. Na potrzeby testów zbudowano pomieszczenie z płyt używanych do ociepleń, w celu zmniejszenia wpływu temperatury powietrza z zewnątrz, o objętości 1 m³. Badania zostały przeprowadzone odpowiednio dla dwóch, czterech i sześciu ogniw Peltiera w celu sprawdzenia wydajności mocy urządzenia. Oceniono możliwości grzewcze jak i chłodzące urządzenia wewnątrz zbudowanej wcześniej komory.

Analiza wyników przeprowadzonych testów pokazuje, że wraz ze wzrostem liczby modułów, wzrasta moc grzewcza urządzenia, a temperatura szybciej rośnie.

Czas grzania jak i chłodzenia wynosił dokładnie 10 min. Przy włączonych dwóch ogniwach pomieszczenie ogrzewano od temperatury 21,5 °C. Powietrze zostało podgrzane do 28 °C. Przebieg wzrostu temperatury zbliżony był do liniowego. Następnie zmieniono polaryzację a więc urządzenie zaczęło chłodzić i temperatura zmalała do 24 °C w takim samym czasie.

Dla czterech ogniw nastąpił gwałtowny przyrost temperatury względem poprzednich pomiarów. Temperatura z 22 °C w ciągu sześciu minut wzrosła aż do 32 °C. Szczytowa wynosiła 33,5 °C po czasie 10 min. Podczas chłodzenia wartość temperatury zmalała prawie o 12 °C znacznie szybciej niż poprzednio.

Największy przyrost temperatury uzyskano dla działających jednocześnie sześciu ogniw. Czas ogrzewania pozostał niezmienny, natomiast w założeniach schłodzenie miało nastąpić do temperatury powietrza stanu początkowego - sprzed grzania. Wzrost ten był bardzo gwałtowny podczas całego czasu ogrzewania. Maksymalna temperatura po 10 min. wyniosła 38 °C. Ochładzając, temperatura zmalała o 10 °C w przeciągu 6 min. co daje dobrą sprawność chłodzącą. Następnie spadek temperatury był łagodniejszy i w przeciągu kolejnych 14 min. uzyskano 23,5 °C, a więc założenia zostały spełnione.

BIBLIOGRAFIA

1. Tuchowski W., Nikończuk P., *Efektywność energetyczna systemu klimatyzacji samochodowej współpracującej z różnymi czynnikami chłodniczymi*, Autobusy 12/2016, s. 746-748.
2. Łokietek T., Jaszczak S., *Monitoring pracy centrali klimatyzacyjnej*, Autobusy 12/2016, s. 1144-1148.
3. Sadowski E., Kowalik R., Pniewski R., *Wykorzystanie ogniw Peltiera do budowy układów chłodzących w transporcie*, Autobusy 12/2016, s. 1335-1338.
4. Kazimierczak G., Pacula B., Budzyński A., *Solid Edge. Komputerowe wspomaganie projektowania*, Helion, 2016.
5. Ogniwo Peltiera, budowa, <http://www.peltier.pl/budowa.html>, dostęp: 15.05.2016.
6. Ogniwo Peltiera, sklep, <http://sklep.nikom.com.pl/pl/p/WEZP-6261-Modul-Peltiera-TEC1-62626%2C1mm-15%2C4V30A-266%2C7W/6909>, dostęp: 22.05.2016.
7. Dmuchawa Lublin 3, https://pl.wikipedia.org/wiki/Lublin3_dmuchawa_034723, dostęp: 18.05.2016.
8. Pompa wody, www.wheelctronics.pl/pompy/_05874_.html, dostęp: 17.05.2016.

Automotive air conditioning with Peltier's cells

The paper shows a process of designing and constructing automotive air conditioning for a practical application of Peltier module in climatronic. Our project lets us quickly heat up air, autonomously to engine's temperature. The model can be installed both in old and new cars. Furthermore, Peltier's module does not require servicing or interfering a standard heat exchanger. Resources used in assembly enable insight in fluid drift and electronics system's composition.

Autorzy:

dr inż. **Przemysław Filipek** – Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn i Mechatroniki
 inż. **Konrad Pomykała** – Politechnika Lubelska, absolwent
 inż. **Karol Pawelec** – Politechnika Lubelska, absolwent
Mateusz Sawicki – Politechnika Lubelska, student