

Cercetări privind realizarea unui sistem neconvențional de răcire cu efectul Peltier

PĂUNA Oana Mihaela¹, PERIANU Voica Veronica¹

Conducător științific: prof.dr.ing. Daniel GHICULESCU

REZUMAT: Lucrarea tratează stadiul actual al sistemelor convenționale și neconvenționale de răcire. Sunt prezentate avantajele sistemelor neconvenționale de răcire, în comparație cu cele convenționale. Pe baza cercetărilor efectuate a fost realizat un prototip bazat pe un sistem neconvențional de generare a frigului artificial, fără compresie de vapori refrigeranți, utilizând efectul Peltier, care confirmă parametrii preconizați.

CUVINTE CHEIE: sisteme de răcire neconvenționale, efect Peltier.

1 INTRODUCERE

Frigul artificial este un proces de transfer a căldurii de la o locație la alta în condiții controlate. Această activitate de transfer de căldură este determinată de lucrul mecanic, dar transferul poate fi condus de o gamă largă de surse cum ar fi: căldura, magnetismul, energia electrică etc.

Sistemele de răcire s-au dezvoltat într-un mod alert în ultimii 5 ani, datorită creșterii masive a cererii pe piață în domenii precum: cel alimentar, farmaceutic, medical etc., însă sistemul cel mai utilizat la momentul actual nu este prietenos cu mediul înconjurător deoarece acesta se bazează pe utilizarea diferitelor clase de freoni (CFC-clor, fluor, carbon, HCFC- hidrogen, clor, fluor, carbon, HFC-hidrogen, fluor, carbon), cea din urmă fiind mai puțin dăunătoare stratului de ozon. Cel mai utilizat freon este R600a, acesta face parte din clasa HFC, care afectează stratul de ozon. Acest fenomen a determinat creșterea cerințelor standardului actual ISO 14001: 2015-Sistemul de Management al Mediului. Pentru a putea fi în conformitate cu standardul, au fost efectuate cercetări și teste plecând de la sistemele de răcire deja existente.

În cadrul acestei lucrări sunt prezentate sistemele de răcire convenționale, iar în detaliu este prezentat sistemul de răcire neconvențional bazat pe efectul Peltier, care la momentul actual ar putea răspunde tuturor cerințelor de piață și ale celor privind protejarea mediului înconjurător.

Efectul Peltier constă în degajarea sau absorbția de căldură la joncțiunea dintre doi conductori diferiți (metal sau semiconductor), când prin aceasta circulă un curent electric.

¹ Specializarea Nanotehnologii și Sisteme Neconvenționale, Facultatea IMST;

E-mail: oanamihelapauna@yahoo.com;

2 STADIUL ACTUAL

Sunt cunoscute diverse sisteme de răcire, atât pentru lichide cât și pentru solide sau gaze precum sunt următoarele:

a. *Schimbător de căldură:* dispozitiv care transferă căldura de la un mediu la altul, fără a le permite să se amestece. Acest transfer de căldură este utilizat pentru răcirea gazelor (fig.1).

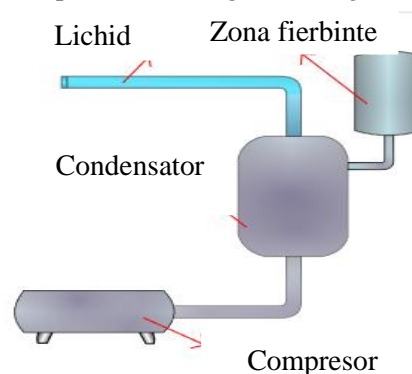


Fig. 1. Schimbător de căldură [1]

b. *Răcire bazată pe efectul termoacustic*

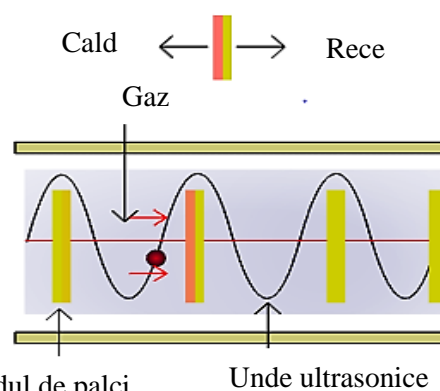


Fig. 2. Mecanism de generare a frigului artificial bazat pe efectul termoacustic [1]

Efectul termoacustic afirmă că o undă sonoră încălzește și răcește suprafețe mici de gaze de-a

lungul lungimii propagării sale. Acest efect este utilizat în refrigerare (fig2).

c. *Răcire pe baza Efectului Dufour*: este cel mai bine definit ca fiind transportul de căldură, datorită gradientilor în concentrații de materie (fig3).

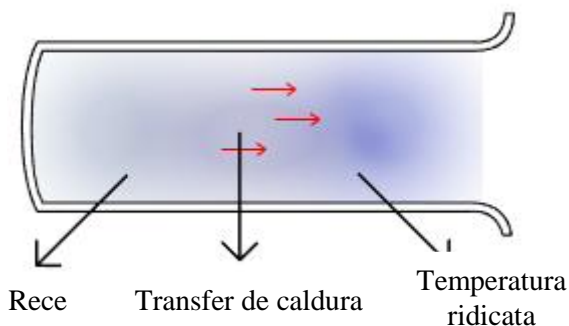


Fig. 3. Mecanism de răcire bazat pe efectul Dufour [1]

d. *Răcire pe baza Efectului Termomagnetic*

Efectul termomagnetic se produce când două metale diferite sunt conectate într-o buclă, astfel încât capetele firelor sunt conectate unul la celălalt, iar când unul este încălzit, celălalt se răcește, apoi este observat un câmp magnetic (fig 4).

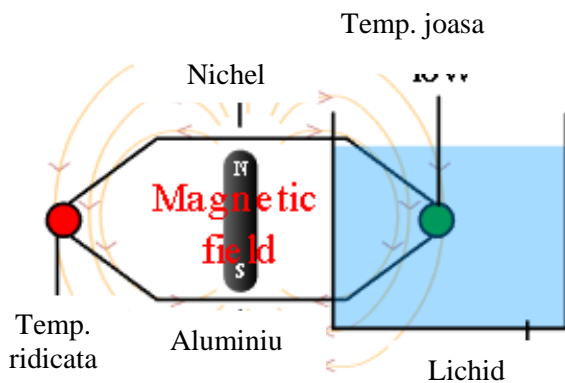


Fig. 4. Mecanism de răcire bazat pe efectul termomagnetic [1]

e. *Răcire pe baza efectului PELTIER*

Efectul Peltier reprezintă producerea sau absorbția de căldură la intersecția a două metale la trecerea unui curent. Căldura este produsă sau absorbită în funcție de direcția și cantitatea fluxului de curent (fig 5).

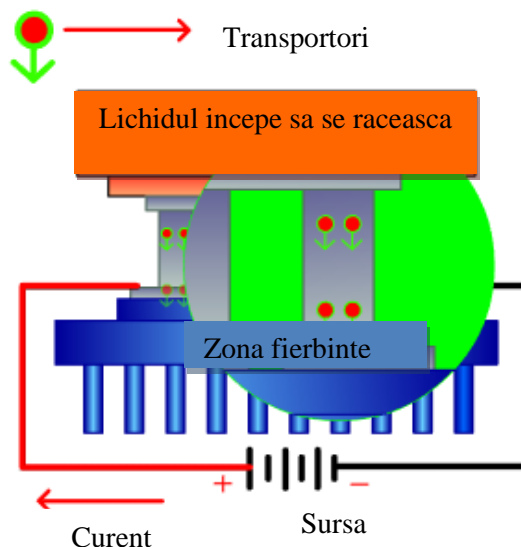


Fig. 5. Mecanism de răcire bazat pe efectul Peltier [1]

f. *Efectul STIRLING* este extinderea unui gaz atunci când este încălzit, urmată de comprimarea gazului atunci când este răcit. În 1816, un reverend scoțian, Robert Stirling, a câștigat un brevet pe un motor cu aer cald, care transforma căldura în lucru mecanic (sau invers) prin comprimarea și extinderea repetată a fluidului de lucru la diferite niveluri de temperatură. Conceptul nu a fost folosit pentru răcire până în 1834, când John Hershel a folosit un motor cu ciclul închis Stirling pentru a face gheață. (fig 6).

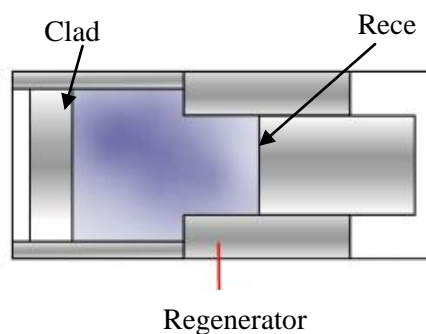


Fig. 6. Mecanism de răcire bazat pe efectul Stirling [1]

g. *Flux de aer*

Sistemul de răcire bazat pe fluxul de aer reprezintă furnizarea continuă de aer. O astfel de alimentare continuă este aplicată pe un obiect fierbinte aerul absoarbe la rândul său căldura, răcind obiectul (fig 7).

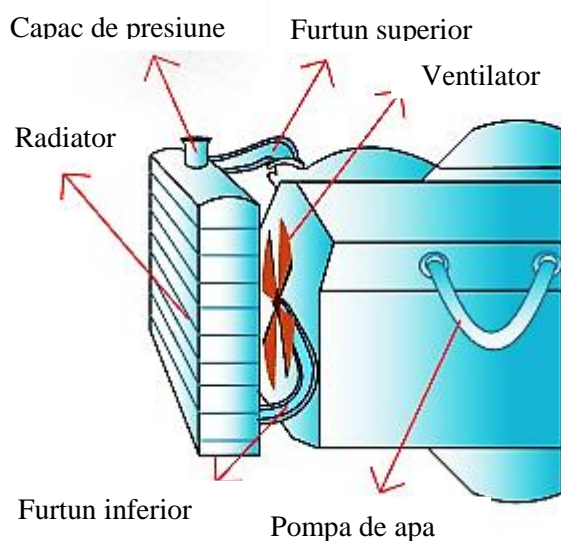


Fig. 7. Mecanism de răcire bazat pe fluxul de aer [2]

h. Efect Joule-Thomson [1]

Efectul Joule-Thomson este definit ca scăderea temperaturii care are loc atunci când un gaz se extinde printr-un dispozitiv de reglaj, cum ar fi o duză (fig.8).

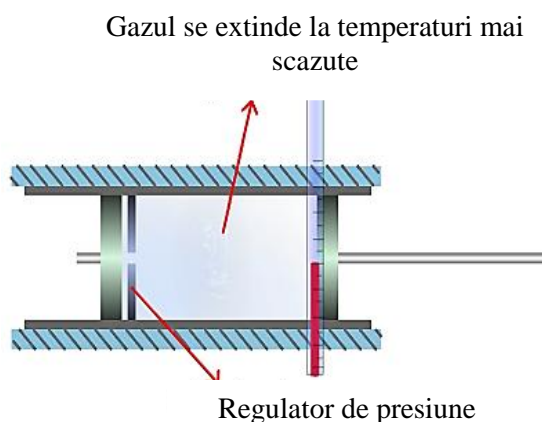


Fig. 8. Mecanism de răcire bazat pe efectul Joule-Thomson [1]

3 FENOMENE PRIVIND PRODUCEREA FRIGULUI ARTIFICIAL

3.1 Efectul Peltier

A fost descoperit în 1834 și poate fi enunțat astfel: Un curent electric care străbate punctul de contact dintre două fire sudate determină apariția unei diferențe de temperatură între cele două puncte sudate. În urma străbaterii punctului de contact de către purtătorii de sarcină prin consecință, căldura este absorbită și respectiv eliberată fiind indus un flux de căldură de la un capăt la celălalt al firelor. Apariția fluxului de

căldură la joncțiuni poate fi înțeleasă luând în considerare conservarea energiei în interiorul joncțiunii și modificarea energiei totale a purtătorilor de sarcină la trecerea acestora prin joncțiunea [b] (fig.9.) [2], [4].

T_c -Temperatură scăzută

T_h -Temperatură ridicată

b-joncțiune

T_0 -Temperatură inițială

Din punct de vedere fenomenologic, într-o anumită măsură, efectul Peltier descrie inversul efectului Seebeck. Cu toate acestea, în accepțiunea mai largă, efectul fizic prezintă unele diferențe, deoarece efectul Peltier apare doar în prezența unui curent electric în timp ce efectul Seebeck cauzează apariția unei tensiuni electrice în condițiile în care există un circuit deschis.

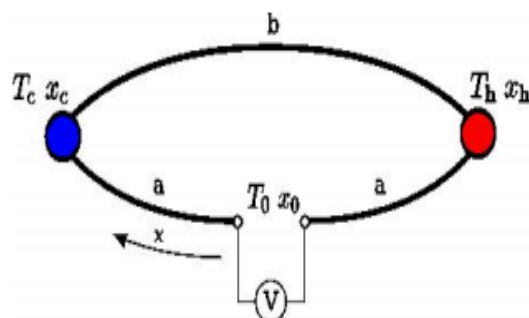


Fig. 9. Mecanismul efectului Peltier [4]

3.2. Fenomene de producere a ciclului Carnot invers

Spre comparație este analizat principiul de bază pentru sistemul de răcire convențional, ciclul ideal al instalațiilor frigorifice cu vapori. Cu ajutorul ciclului Carnot inversat se poate explica în mod simplu prin posibilitatea transmiterii căldurii de la un corp rece la unul mai cald cu consum de lucru mecanic. De asemenea, ciclul Carnot inversat (adică parcurs în sens invers celui motor) constituie criteriul pentru compararea gradului de perfecțiune termodinamică a instalațiilor frigorifice. Ciclul Carnot inversat se realizează în domeniul vaporilor umezi (zona bifazică), fiind format din 2 izoterme și 2 adiabate. Este parcurs în sens trigonometric, fiind un ciclu termodinamic consumator de lucru mecanic [3].

În diagrama T - s, ciclul Carnot inversat se reprezintă astfel, cu următoarele notații:

T_a -Temperatura ambiantă;

T_r -Temperatura rezultată;

K-Lucru mecanic.

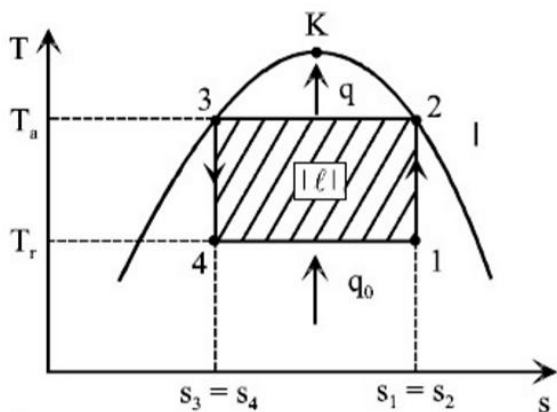


Fig. 10. Mecanismul de producere a ciclului Carnot invers [2]

- 1 - 2 = comprimare adiabată (izentropică)
- 2 - 3 = condensare izobar - izotermă (la $T_a = \text{cst.}$, $T_a = \text{cst.}$)
- 3 - 4 = destindere adiabată (prin destindere temperatura scade de la T_a la T_r)
- 4- 1 = vaporizare izobar-izotermă ($T_r = \text{cst.}$, $T_r = \text{cst.}$)

Ceea ce face diferența între cele două mecanisme, este faptul că în cazul Efectului Peltier se obține căldură, iar în cazul ciclului Carnot se obține lucru mecanic.

4 PROIECTAREA PRODUSULUI

Sunt descrise materialele utilizate la realizarea produsului.

4.1. Materiale utilizate pentru realizarea sistemului de răcire propriu zis:

- Celule peltier (fig. 11);
- Radiatoare ;
- Spumă poliuretanică(fig. 14);
- Pastă termoconductoare;
- Șuruburi, piulițe, șaibe;
- Placuțe de aluminiu (30x30x3 mm);
- Sursă de alimentare.

Au fost utilizate pentru realizarea sistemului de răcier, două celule Peltier ,legate în paralel electric.



Fig. 11. Celula Peltier

Pentru a fi posibilă afișarea și reglarea temperaturii din interiorul incintei, a fost incorporat în carcasă un dispozitiv de afișare (fig. 12).



Fig. 12. Display

Pentru a putea fi citite temperaturile din interiorul incintei , a fost instalat un senzor (fig. 13).



Fig. 13. Senzor

4.2. Materiale utilizate pentru realizarea carcasei:

- Spumă poliuretanică de densitate mare (fig. 13)
- Placi de aluminiu;
- ABS;
- Garnitură de cauciuc (etanșeitate);
- Nituri pop (prindere).

Spuma poliuretanică utilizată pentru realizarea izolației are următoarele caracteristici, determinate cu echipamentul prezentat in fig. 15:

- ✓ Rezistență la compresiune: 0,242 MPa
- ✓ Densitate: 43 kg/m³
- ✓ Conductivitate termică: 23.24 mW/mK

Aceste caracteristici au fost determinate în urma măsurătorilor efectuate în laboratorul de control.



Fig. 14. Mostră spumă poliuretanică

Spuma poliuretanică este esențială în procesul de izolare a incintelor utilizate în industria frigotehnică, de aceea procesul de verificare și testare al acesteia, este unul complex.

Se verifică rezistența la compresiune, densitatea și conductivitatea termică pentru fiecare mostră de spumă (fig.14), cu ajutorul mașinii INSTRON3366 (fig. 15).



Fig. 15. Procesul de determinare a proprietăților spumei poliuretanică

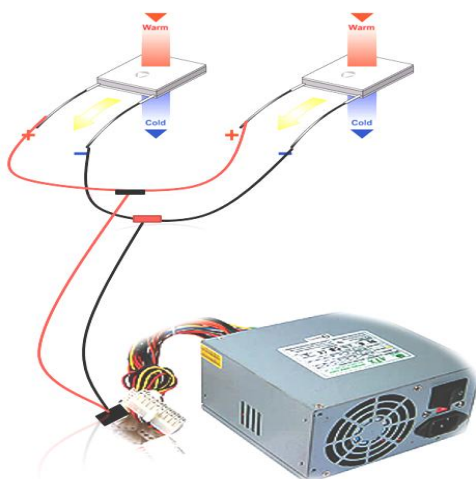


Fig. 16 . Alimentarea celulelor Peltier

5. ASAMBLAREA PRODUSULUI

Asamblarea sistemului de răcire a fost realizată în următoarea ordine :

a. În vederea disipării controlate a căldurii, dar și protejarea elementelor Peltier, am folosit spuma poliuretanică pentru izolarea celulelor Peltier și a plăcuțelor de aluminiu (fig 17).

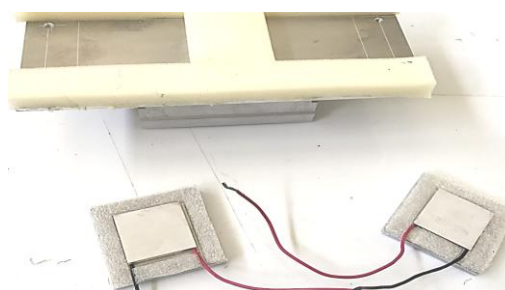


Fig.17. Izolarea plăcii de aluminiu și a celulelor Peltier

b. Celulele Peltier sunt montate într-un ansamblu de tip sandwichi, astfel încât placa de aluminiu superioară să disipe căldura, iar placa inferioară să disipe rece (fig 18).

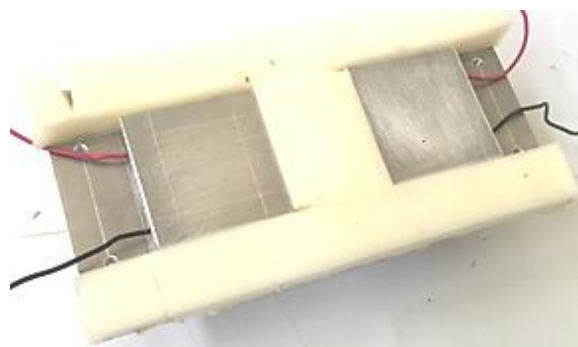


Fig.18. Montarea celulelor Peltier

c. După obținerea structurii de tip sandwichi și montarea acesteia pe ansamblul principal se pune izolația pe suprafețele laterale ale acesteia, astfel încât să se obțină o structură compactă (fig 19).

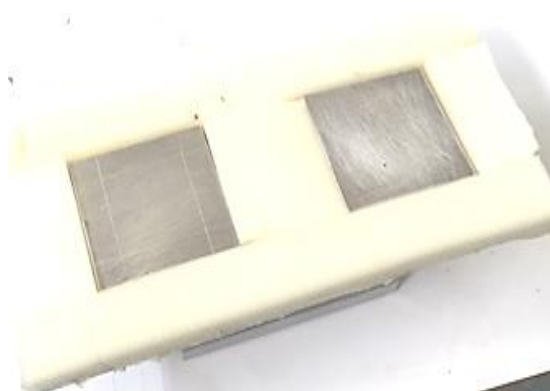


Fig.19. Izolarea celor două ansambluri

d. Pentru a putea asigura absorbția și recircularea frigului în incintă a fost montat un radiator pe suprafața interioară a ansamblului (fig 20).



Fig. 20. Montarea radiatorului

e. Pentru a capta căldura degajată de placa de oțel exterioară, sunt montate două radiatoare, iar deasupra radiatoroarelor sunt atașate două ventilatoare, care au rolul de a disipa căldura captată de radiatoare (fig 21).

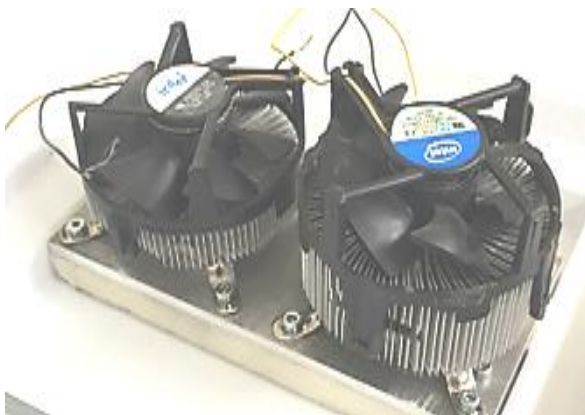


Fig. 21. Montarea celor doua coolere

f. A fost montat un ventilator, pe partea caldă, pentru recircularea aerului rece în incintă.

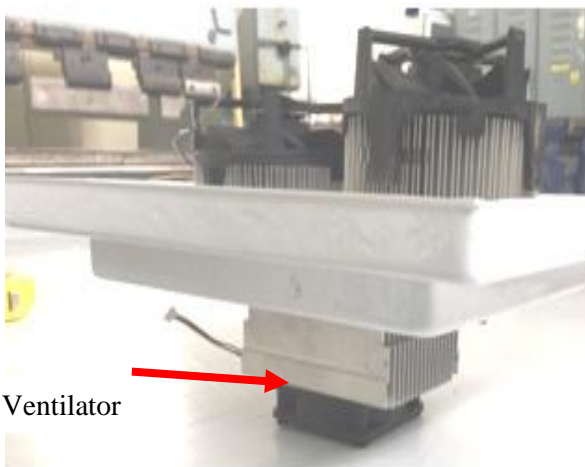


Fig. 22. Montarea ventilatorului interior

6. TESTAREA PRODUSULUI

Pentru verificarea performanței produsului realizat, acesta a fost supus următoarelor teste:

- Verificarea temperaturii plăcii superioare, a plăcii interioare și în interiorul incintei, ținându-se seama de temperatura mediului ambiant.

Pentru a putea realiza aceste teste au fost necesare următoarele:

-echipament de afișare și stocare a datelor (fig. 23)

-Sonde pentru determinarea temperaturii din incinta (fig. 24)

-două termocuple poziționate pe suprafețele plăcilor metalice, atât la interior cât și la exterior pentru a putea fi determinată temperatura acestora.



Fig. 23. Echipament de afișare a datelor

Pentru a putea fi posibilă citirea temperaturii din interiorul incintei a fost montată în interiorul acesteia o sondă, așezată pe o bucată de pex de grosime 40 mm, astfel încât bila să nu atingă fundul incintei.

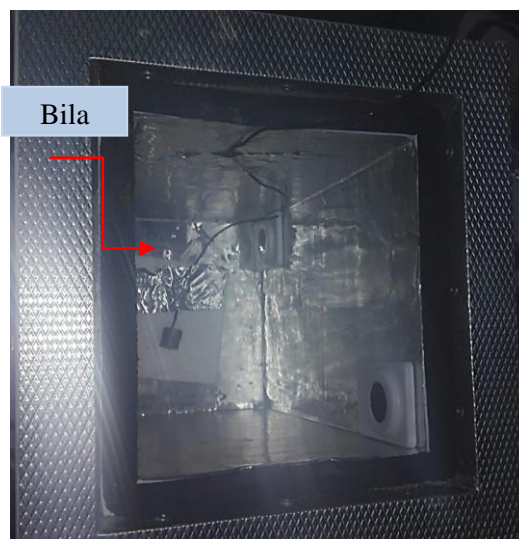


Fig. 24. Introducerea sondei în incinta

Sondele respectiv termocuplele sunt conectate la un panou de comandă (fig 25) care transmite informațiile către sistemul de afișare și achiziție a datelor (Fig 23)

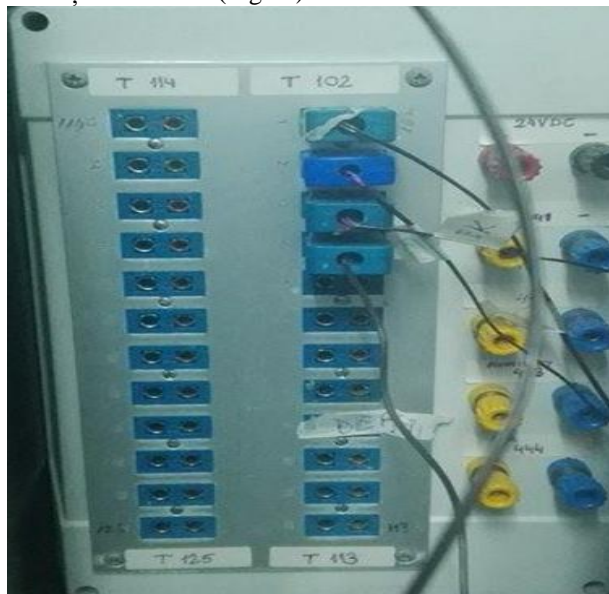


Fig. 25. Panou de comanda

- Citirea temperaturii de pe placa rece (cea de la interior) dar și de pe placa caldă(cea de la exterior) la 10 minute după începerea testului cu ajutorul unui pirometru (fig.25, fig.26).



Fig. 26. Măsurarea temperaturii pe placa caldă



Fig. 26. Măsurarea temperaturii pe placa rece

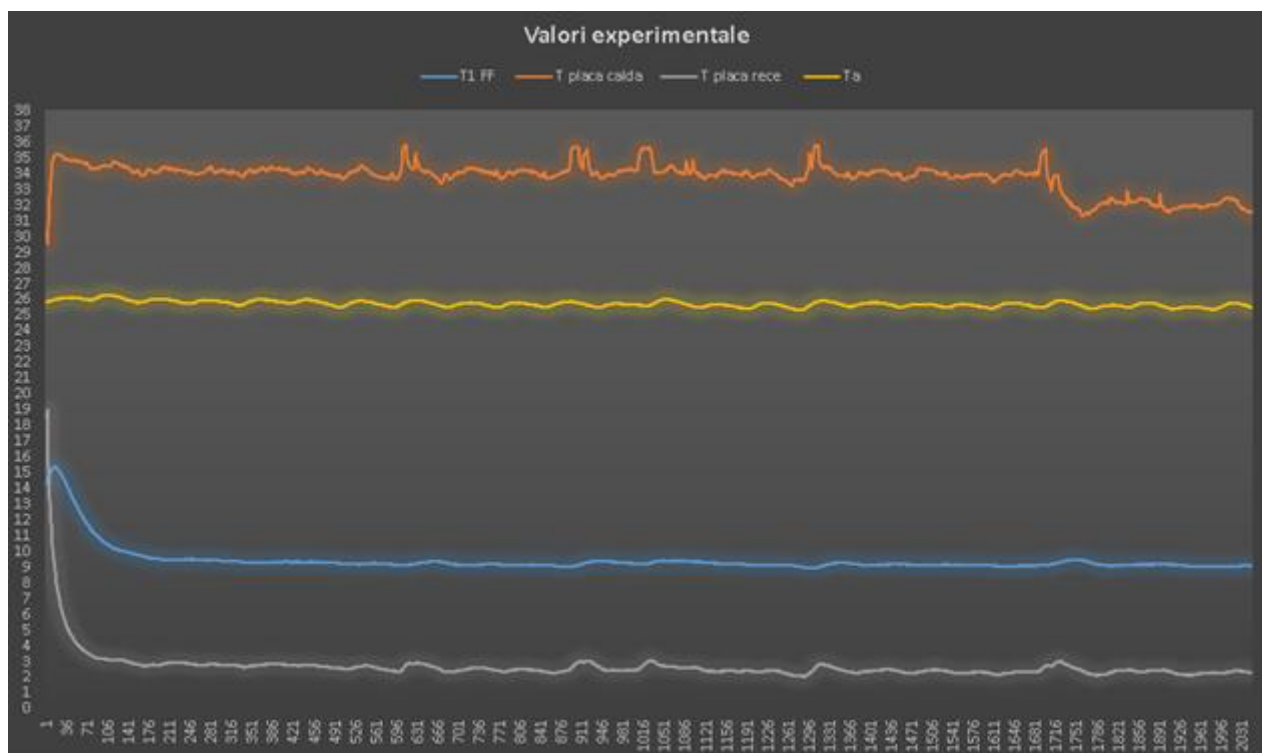


Fig. 27 Rezultate obținute

Pentru claritatea rezultatelor obținute prototipul a fost supus testării pentru o perioadă de 24 de ore. Rezultatele obținute au fost înregistrate și stocate cu ajutorul echipamentului din figura 27.

Tot prin intermediul echipamentului din fig. 27 a fost generat graficul din fig. 26 în care sunt prezentate datele obținute în urma testării pentru fiecare din cele 3 plăci testate dar și temperatura mediului ambiant.

Pentru generarea unui grafic cât mai corect s-a măsurat temperatura pentru cele 3 plăci la un interval de 35 secunde. Din graficul prezentat în fig. 26 se poate observa că temperatura în incintă poate coborî până la 9°C iar placa rece ajunge la temperatura de 2.3°C (fig 27).

Simbolizări:

T1 FF-temperatura în interiorul incintei

T placa caldă-temperatura pe placa exterioară

T placa rece –temperatură placă interioară

Ta-temperatura mediului ambiant (25°C)

7. PRODUSUL FINAL

În figura 28 este prezentat prototipul sistemului de răcire bazat pe efectul Peltier, realizat în cadrul lucrării de cercetare științifică cu ajutorul echipei Arctic Găesti.



Fig. 28. Produs final

CONCLUZII

Sistemul de răcire bazat pe Efectul Peltier prezintă o gamă largă de avantaje în comparație cu sistemul de răcire convențional:

- Nivelul zgomotului este aproape zero, pe când la un sistem convențional atinge o medie de 35 dB
- Nu există vibrații datorită componentelor simple de dimensiuni relativ mici, pe când la sistemele convenționale sunt utilizate componente de dimensiuni mari, ansambluri care cresc nivelul de vibrații în timpul funcționării.
- Greutatea produsului este ideală pentru a putea fi portabil.
- Marele dezavantaj al acestui sistem de răcire este consumul de energie.

Pentru cercetările viitoare se dorește a se analiza o sursă alternativă de alimentare cu energie electrică, astfel încât consumul mare de energie să nu mai reprezinte un dezavantaj, sau controlarea consumului cu ajutorul unui sistem de microcontrolere cu algoritmi bine definiți .

MULȚUMIRI

Mulțumim echipei ARCTIC GĂEȘTI pentru sprijinul acordat în vederea realizării prototipului.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. *** Cooling systems, disponibil la: <http://www.productioninspiration.com/5/cool/solid>. Accesat la data: 11.04.2017
- [2]. <http://www.ijrame.com/vol3issue12/V3i1210.pdf> Accesat la data: 14.04.2017
- [3]. Badea, A., Stan, M., Patrascu, R., Necula, H., Darie, G., Blaga, P., Mihaescu, L., și Ulmeanu, P (2003), "Bazele Termoenergeticii", Universitate Politehnica București, București
- [4]. Efectul Peltier, disponibil la <http://www.phys.ubbcluj.ro/~lucian.baia/courses/Efectul%20Peltier2003.pdf> Accesat la data : 20.04.2017