

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND REALIZAREA ȘI FUNCȚIONAREA MODULUI TERMIC AL SUPORTULUI GIROSCOPIC ȘI TERMOREGLABIL DE PAHARE PENTRU AUTOVEHICULE

BRESCAN Iulian¹, COSTACHE Andreea-Cristina², COSTACHE Cristian³, MOISE Daniel-Nicolae¹, NECULAI Mihaela-Alexandra³, STEJEREANU Andrei-Cosmin³

Conducător științific: ȘI.Dr.Ing. Mădălin-Gabriel CATANĂ

REZUMAT: Lucrarea prezintă mai multe variante de realizare a soluției de răcire-încălzire ce echipează suportul giroscopic și termoreglabil de pahare pentru autovehicule. Soluțiile propuse au fost testate atât prin simulare pe calculator, cât și practic. Experimentele desfășurate au permis alegerea soluției optime de răcire-încălzire pentru suportul giroscopic și termoreglabil de pahare pentru autovehicule.

CUVINTE CHEIE: termoelectric, Peltier, regulator, temperatură, simulare

1 INTRODUCERE

1.1 Scurt istoric al suportului de pahare, ca accesoriu auto

Primul suport de pahare, destinat uzului în automobile, a fost patentat în anul 1950, de către Jack Fazakerly.

Primul producător de automobile care a luat în calcul suportul pentru pahare a fost Cadillac, compania folosind magneți pentru ca dispozitivul să poată fi fixat de torpedo-ul mașinii (Brescan, ș.a., 2016).

1.2 Suportul de pahare cu funcția de încălzire și răcire, o evoluție necesară

Deși suportul de pahare există de multă vreme, totuși până în anii '90, în special europenii nu au considerat ca fiind un accesoriu necesar sau prea important.

Evoluția în domeniul auto și nevoile utilizatorilor de autovehicule au permis ca într-un final să apară și suportul de pahare cu funcția de încălzire și răcire. Acestea permit menținerea la o temperatură dorită a băuturilor pe timpul deplasării sau staționării, pentru mărirea confortului șoferului și pasagerilor.



Fig.1 – Suport de pahare încălzit și răcit

1.3 Produsul inovativ, bazat pe nevoile clienților (Brescan, ș.a, 2016)

Întrucât produsul să fie inovativ, s-a pornit de la câteva nevoi importante ale clienților, cum ar fi: nevoia de a preveni vărsarea băuturilor în timpul deplasării cu autovehiculul și nevoia de a încălzi sau răci băutura la alegere.

S-a adaptat un sistem giroscopic, care are rolul de a stabili recipientul în cazul accelerării, frânării sau virajelor bruște.

S-au găsit variante de adaptare a unui sistem termoreglabil compus din materiale termoizolante și module Peltier, cu posibilitatea selectării răcirii sau încălzirii. (Brescan, ș.a, 2016)

2 ALEGEREA SISTEMULUI DE RĂCIRE-ÎNCĂLZIRE

În vederea obținerii unui confort mai mare și a siguranței în utilizare, s-a încercat proiectarea unui suport inteligent de pahare, astfel încât să nu se verse băuturile în timpul deplasării și, de asemenea, utilizatorul să le poată încălzi sau răci la alegere (Brescan, ș.a, 2016)

¹ Specializarea Design Industrial și Produse Inovative, Facultatea IMST;

E-mail: brescan.iulian@gmail.com;

² Specializarea Inginerie Economică și Managementul Afacerilor, Facultatea IMST;

³ Specializarea Inginerie Avansată Asistată de Calculator, Facultatea IMST;

Cercetări experimentale privind realizarea și funcționarea modului termic al suportului giroscopic și termoreglabil de pahare pentru autovehicule

2.1 Răcirea și încălzirea cu element Peltier

Întrucât suportul giroscopic și termoreglabil trebuie să fie cât mai compact, ușor și cu un cost cât mai mic de producție, s-a ales varianta termoreglării cu element Peltier [3].

Utilizarea sistemului termoreglabil cu element Peltier, pe lângă simplitate, prezintă și câteva beneficii importante cum ar fi:

- Nu conține clorofluorocarburi sau alți agenți frigorifici;
- Menținere redusă;
- Durată de viață mare;
- Controlabil din punct de vedere termic;
- Capabil de temperaturi cu mult sub cea ambientală;
- Compatibil cu medii extreme;
- Performanță independentă față de orientare;
- Costuri reduse;
- Silențiozitate;
- Dimensiuni de gabarit reduse;
- Eficiență ridicată.

2.2 Efectele termoelectrice care stau la baza răcirii-încălzirii

Efectul termoelectric apare în conductoarele ce sunt străbătute de un curent electric în prezența unui gradient de temperatură, fiind rezultatul interdependenței dintre curentul electric și curentul caloric. Unul dintre beneficiile acestui efect poate fi folosit pentru a genera electricitate, dar și pentru a încălzi sau răci obiecte (Lachish, 2014).

Acest lucru poate fi obținut prin schimbarea de sens a tensiunii aplicate pentru a răci sau încălzi. În continuare, se vor prezenta efectele termoelectrice care stau la baza termoreglării cu element Peltier (Lachish, 2014).

2.2.1 Efectul Seebeck

Efectul Seebeck a fost descoperit în 1821 și descrie apariția unei tensiuni electrice care este indusă de un gradient de temperatură atunci când două materiale sunt sudate.

În discutarea efectului Seebeck se pornește de la premisa că acesta este cauzat de cuplarea curenților de căldură și a celor de sarcină electrică.

Trebuie avut în vedere și faptul că electronii sunt atât purtători de sarcină electrică cât și de căldură.

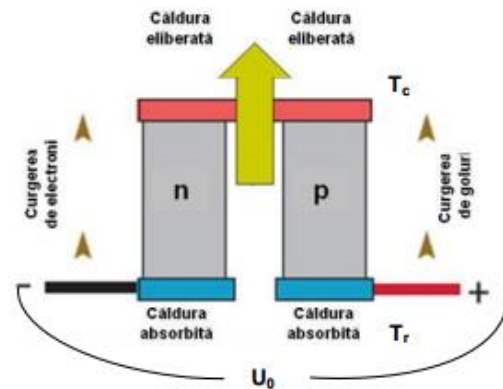


Fig. 2 – Reprezentarea schematică a unui sistem termoelectric din elemente N și P

În figura 2 se prezintă schematic un termocuplu, care pune în evidență efectul Seebeck. Prin menținerea unei diferențe de temperatură ΔT apare un gradient de temperatură de-a lungul firului, care cauzează apariția unei tensiuni care poate fi măsurată [7].

2.2.2 Efectul Thomson

Efectul Thomson constă în încălzirea sau răcirea unui conductor omogen în momentul trecerii unui curent electric, în prezența unui gradient de temperatură [7].

Este definit ca rata de generare sau absorbție de căldură într-un conductor parcurs de un curent electric și supus unui gradient de temperatură.

2.2.3 Efectul Peltier

Efectul Peltier a fost descoperit în 1834 și se poate caracteriza ca fiind un curent electric care străbate punctul de contact dintre două fire sudate și cauzează apariția unei diferențe de temperatură între acele 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 [7]. În figura 3 este descris modul de funcționare a celulei Peltier, în funcție de polaritatea alimentării cu energie electrică.

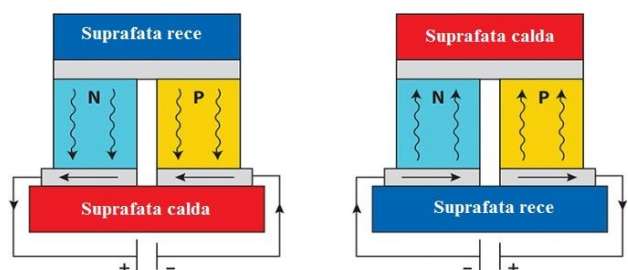


Fig. 3 – Funcționarea celulei Peltier

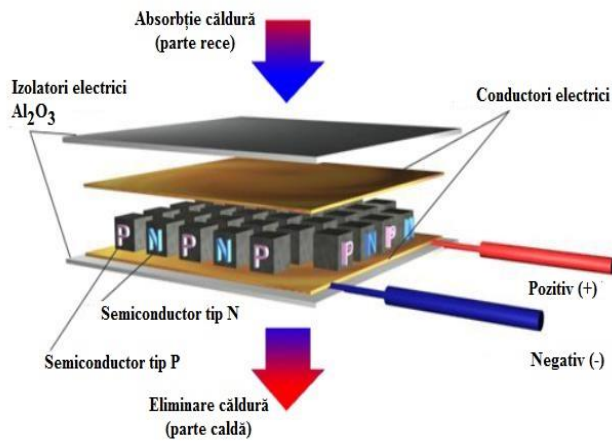


Fig. 4 – Componentele unei pastile Peltier

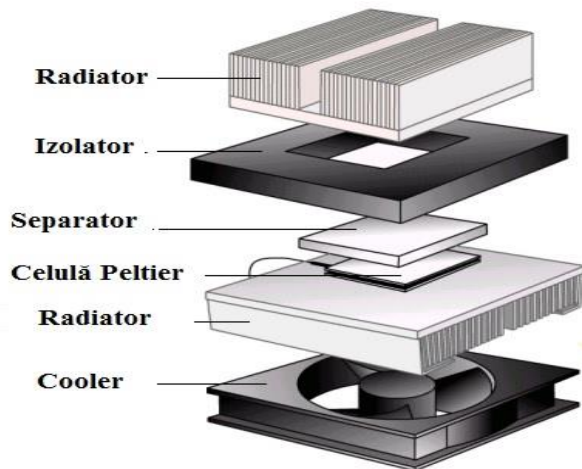


Fig.5 – Componentele unui ansamblu de răcire-încălzire cu element Peltier

În figura 4 se prezintă componentele principale ale unei pastile Peltier, iar în figura 5 componentele unui ansamblu general de răcire-încălzire [3]

Pe baza ansamblului din figura 5, s-a construit un model experimental utilizat pentru cercetările practice.

3 CERCETĂRI EXPERIMENTALE PENTRU ALEGEREA MODULULUI PELTIER

3.1 Cercetări experimentale utilizând softul COMSOL Multiphysics

Pentru început, s-a determinat compoziția și structura unei pastile Peltier și a fost descompusă în elementele ei de bază. În principiu, pastila este compusă din mai multe celule Peltier, dispuse în mod serie-parallel [3].

Celula unitate, reprezentată în figurile 7 și 8, este compusă din două elemente fabricate din Bi_2Te_3 (bismură de telurium), una de tip N și cealaltă de tip P (cu coeficient Seebeck opus) conectate electric între ele prin două trasee de cupru electrolic. Acest ansamblu este încadrat între două plăci ceramice din alumina, plăci ce realizează transferul termic către mediul înconjurător [3].

Simulările au fost realizate cu ajutorul suitei software „COMSOL Multiphysics”, versiunea 5.2.1 utilizând modulul Efect Termoelectric-Static. În figura 6 se prezintă interfața softului COMSOL [6].

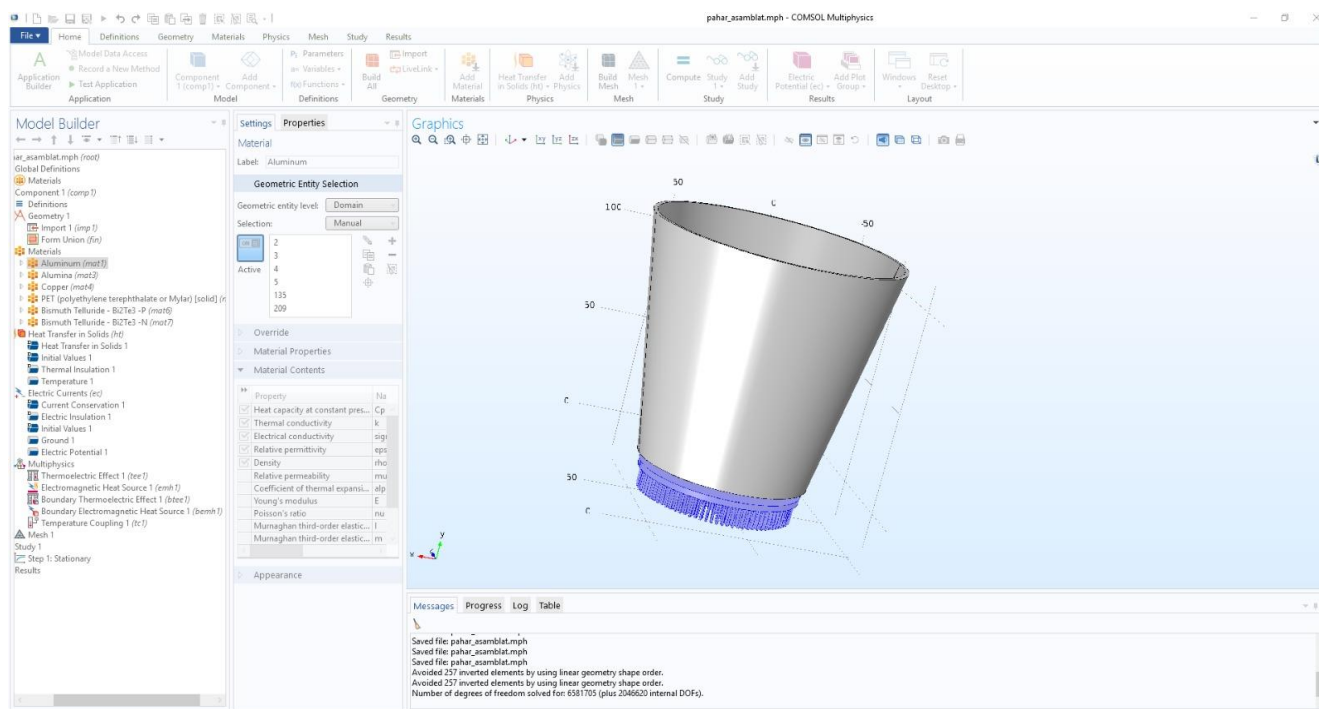


Fig. 6 – Interfața softului COMSOL

Cercetări experimentale privind realizarea și funcționarea modului termic al suportului giroscopic și termoreglabil de pahare pentru autovehicule

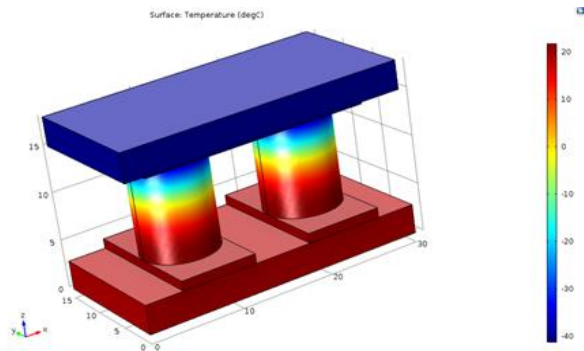


Fig. 7 – Celula Peltier, mod răcire

Pentru început, s-a realizat o simulare a unei celule de bază. În modul răcire, s-a obținut o diferență de temperatură (Δt) de 60°C între fața rece și cea caldă.

Aceasta a fost în concordanță cu specificațiile date de majoritatea producătorilor pentru astfel de celule.

Prin inversarea potențialului electric, s-a trecut în modul încălzire, și s-a observat o eficiență mai scăzută în funcționare, mai exact o diferență de temperatură (Δt) de doar 35°C între fețele celulei.

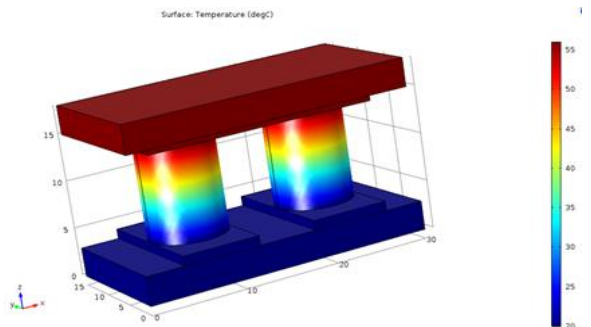


Fig. 8 – Celula Peltier, mod încălzire

Conform figurilor 9 și 10, prin cuplarea mai multor celule în serie (în număr de 15) și atasarea pe același suport, s-a obținut o coloană de celule și s-a simulat influența lor.

Prin numărul crescut de celule, s-a obținut o eficiență mai ridicată la încălzire, temperatura maximă depășind 60°C ($\Delta t = 40^\circ\text{C}$), dar și puterea consumată crescând considerabil.

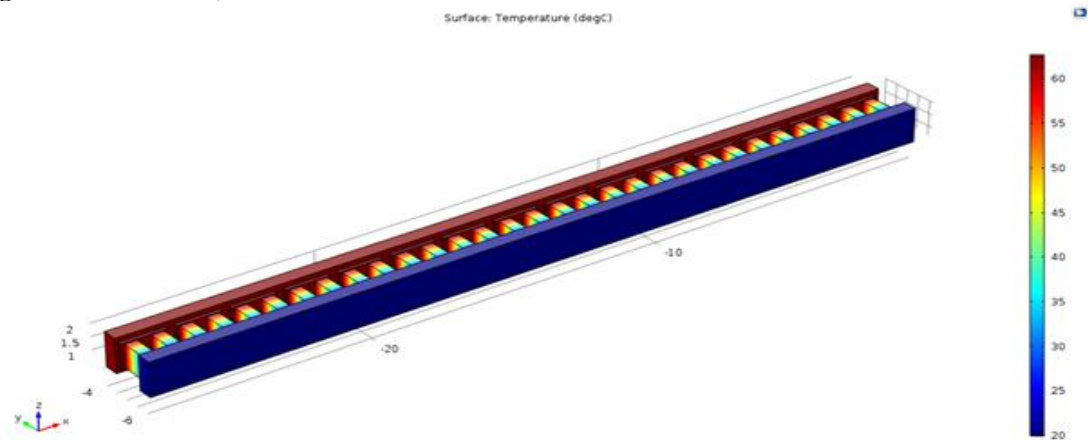


Fig. 9 – Element Peltier, sub formă de bară – mod încălzire

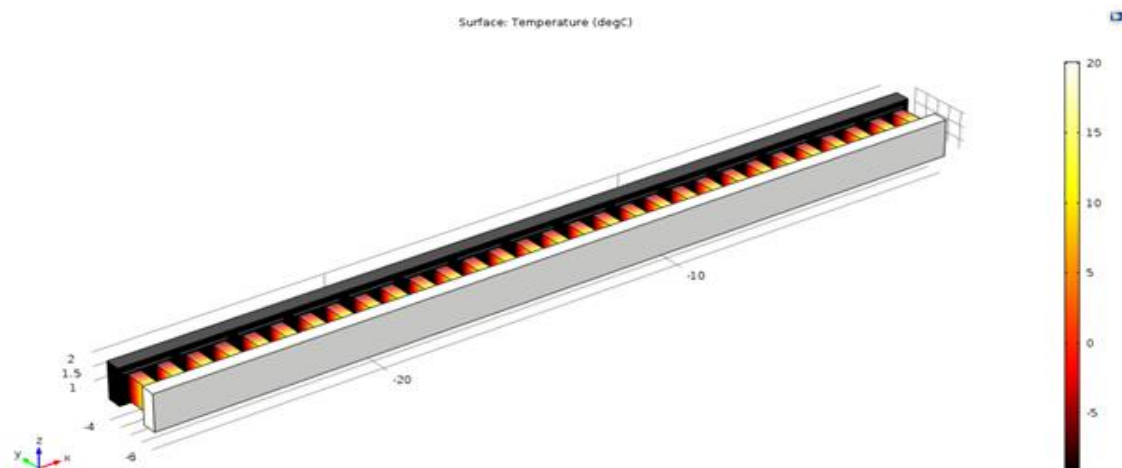


Fig. 10 – Element Peltier, sub formă de bară – mod răcire

Pastila Peltier utilizată pentru realizarea ansamblului a fost simulată cat mai aproape de componenta fizică utilizată în realizarea ansamblului.

Astfel a fost realizat un desen ce respectă dimensiunile elementului finit și au fost efectuate teste atât de încălzire cât și de răcire.

În modul încălzire, temperatura maximă atinsă a fost 85°C ($\Delta t = 65^\circ\text{C}$), iar în mod răcire fața „rece” a atins -17°C iar $\Delta t = 35^\circ\text{C}$.

În figurile 11 și 12 se prezintă pastila Peltier dimensionată, în modurile rece și cald.

După realizarea simulării elementului Peltier, s-a trecut la simularea ansamblului de răcire-încălzire, după cum se prezintă în figurile 13 și 14, împreună cu radiatorul extern și cel intern. Cel extern a fost realizat din aluminiu și s-a considerat un model ideal, având rezistența termică nulă și temperatura constantă, egală cu cea ambientală (20°C).

Radiatorul intern împreună cu incinta în care va sta paharul cu băutură, au fost realizate din aluminiu și sunt cuplate direct de fața superioară a pastilei.

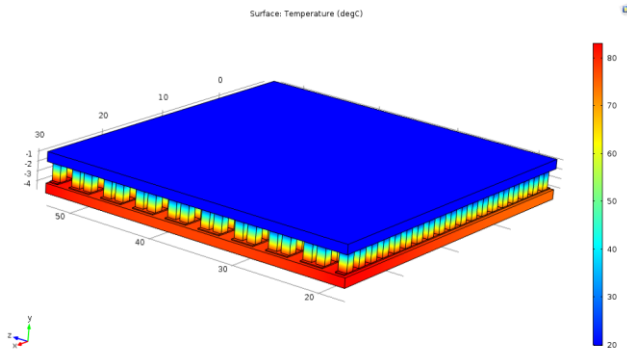


Fig. 11 – Pastila dimensionată, în modul cald

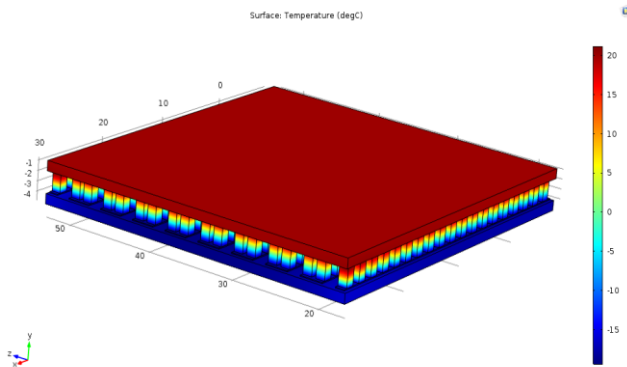


Fig. 12 – Pastila dimensionată, în modul rece

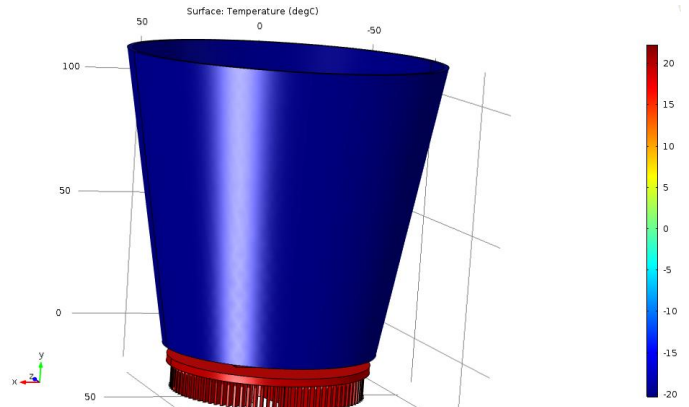


Fig. 13 – Simulare ansamblu – mod răcire

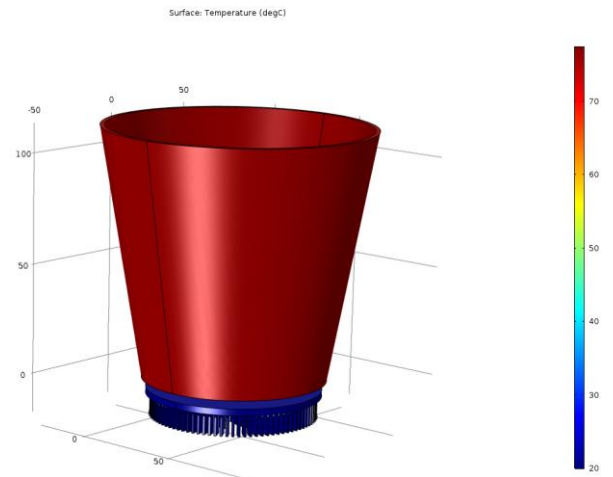


Fig. 14 – Simulare ansamblu – mod încălzire

În urma simulării, în modul de funcționare „încălzire” a fost obținută o temperatură maximă de 80°C și $\Delta t = 60^\circ\text{C}$, pe când în modul „răcire” s-au obținut -20°C și $\Delta t = 40^\circ\text{C}$.

În concluzie, după simularea modulelor Peltier, s-a constatat că temperatura este mai favorabilă în cazul pastilei [6].

3.2 Cercetări experimentale practice

Pentru a studia mai bine fenomenele apărute în funcționare, s-a trecut la realizarea unui model experimental.

Acesta a fost conceput ca un sistem supradimensionat pentru a studia comportamentul ansamblului.

Componentele folosite sunt uzuale, fabricate din aluminiu. Cele două radiatoare și cooler-ul provin dintr-un sistem desktop.

În cadrul acestei simulări practice, s-a pus accent pe funcționarea în modul „răcire”, deoarece acesta este cel mai problematic în practică.

În figurile 15, 16 și 17 se prezintă modelul experimental, precum și componentele acestuia.

Cercetări experimentale privind realizarea și funcționarea modului termic al suportului giroscopic și termoreglabil de pahare pentru autovehicule

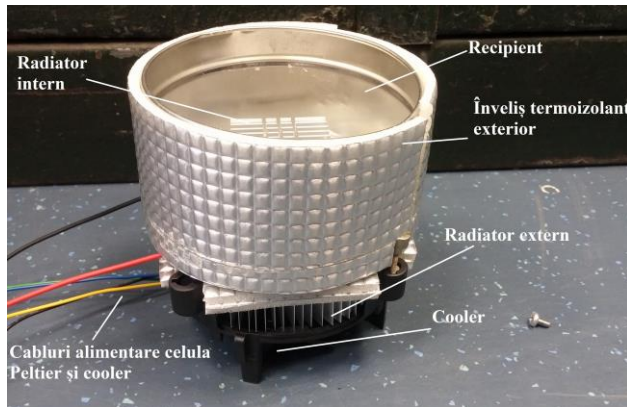


Fig. 15 – Model experimental – componente

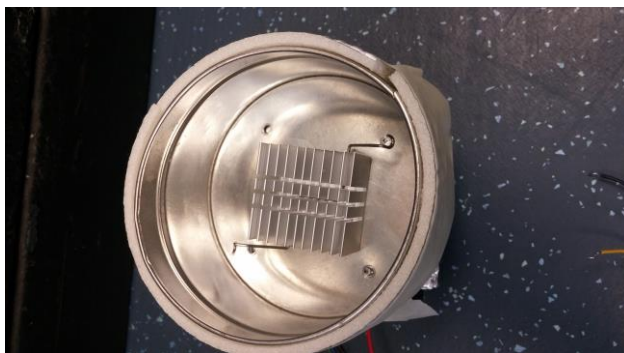


Fig. 16 – Model experimental – radiatorul intern



Fig. 17 – Model experimental – cooler

Elementul Peltier a fost conectat direct la o sursă de alimentare de 12Vcc, împreună cu ventilatorul extern și s-au efectuat măsuratori de temperatură, care sunt prezentate în tabelul 1.

Pentru realizarea măsurătorilor, s-a utilizat un multimetru portabil de tip Brymen BM869s, împreună cu două sonde de temperatură de tip termocuplu K. În timpul testelor, temperatura ambientală a fost în jurul a 28°C.

În concluzie, prin măsurătorile practice, se confirmă rezultatele obținute inițial prin simulările cu softul COMSOL.

Rezultatele vor ajuta în continuare la îmbunătățirea design-ului ansamblului pentru a mări performanțele.

4 SISTEMUL ELECTRONIC DE TERMOREGLAJ

4.1 Reglatoare PID

Reglatoarele PID (Proportional-Integral-Derivative) este cel mai comun algoritim de control utilizat în industrie fiind acceptat în controlul industrial. Popularitatea reglatoarelor PID pot fi atribuite performanței lor robuste într-o gamă largă de condiții de utilizare și totodată simplitatea lor funcționă ce permite inginerilor să le folosească într-o manieră simplă și directă [4].

Ideea de bază din spatele unui regulator PID este de a citi un senzor ca apoi să calculeze output-ul actuatorului (răspusul proporțional, integral și derivat). Aceste rezultate folosite într-un sistem de tip loop poate controla sistemul prin oferirea de feedback de la senzorii folosiți.

În figura 18 se prezintă schema bloc a unui PID [4].

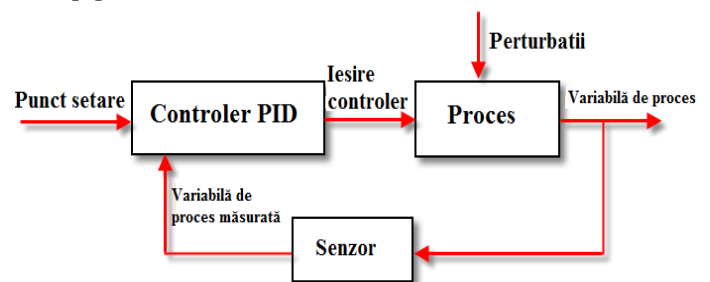


Fig. 18 – Schema bloc a unui PID

Tab. 1 – Rezultate experimentale

		0		1 min		2 min		5 min		10 min		20 min		30 min		40 min		60 min		Δt	Putere
		t _{INT}	t _{EXT}	t _{INT}	t _{EXT}	t _{INT}	t _{EXT}	t _{INT}	t _{EXT}	t _{INT}	t _{EXT}	t _{INT}	t _{EXT}	t _{INT}	t _{EXT}	t _{INT}	t _{EXT}	t _{INT}	t _{EXT}		
3V	Cald	28,7	28,0	31,5	28,4	35,7	24,9	45,7	27,3	50,2	29,4	51,4	29,9	51,8	30,1	51,7	30,0	51,8	30,1	21,7	1A/ 3W
	Rece	28,0	28,0	25,0	34,8	22,1	35,8	18,6	35,2	16,7	34,5	16,2	34,4	16,0	34,4	16,0	34,5	16,0	35,0	19	0,9A/2,7W
6V	Cald	29,5	29,6	44,5	24,7	51,2	24,1	64,0	26,3	75,6	31,1	79,5	33,0	79,9	33,2	80,0	33,5	80,1	33,7	46,4	1,6A/9,6W
	Rece	30,3	30,6	22,2	39,0	17,9	42,6	12,8	43,0	10,1	41,9	9,8	41,6	9,5	41,4	9,4	41,2	9,4	41,7	32,3	1,9A/11,4W
12V	Cald	29,9	29,5	63,5	23,7	84,1	24,7	100	27,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72,9	3,8A/45W
	Rece	30,2	30,1	22,1	51,2	19,0	59,8	18,8	61,0	16,7	60,7	16,5	60,6	16,4	60,7	16,3	60,7	16,2	60,8	44,6	3,3A/40W

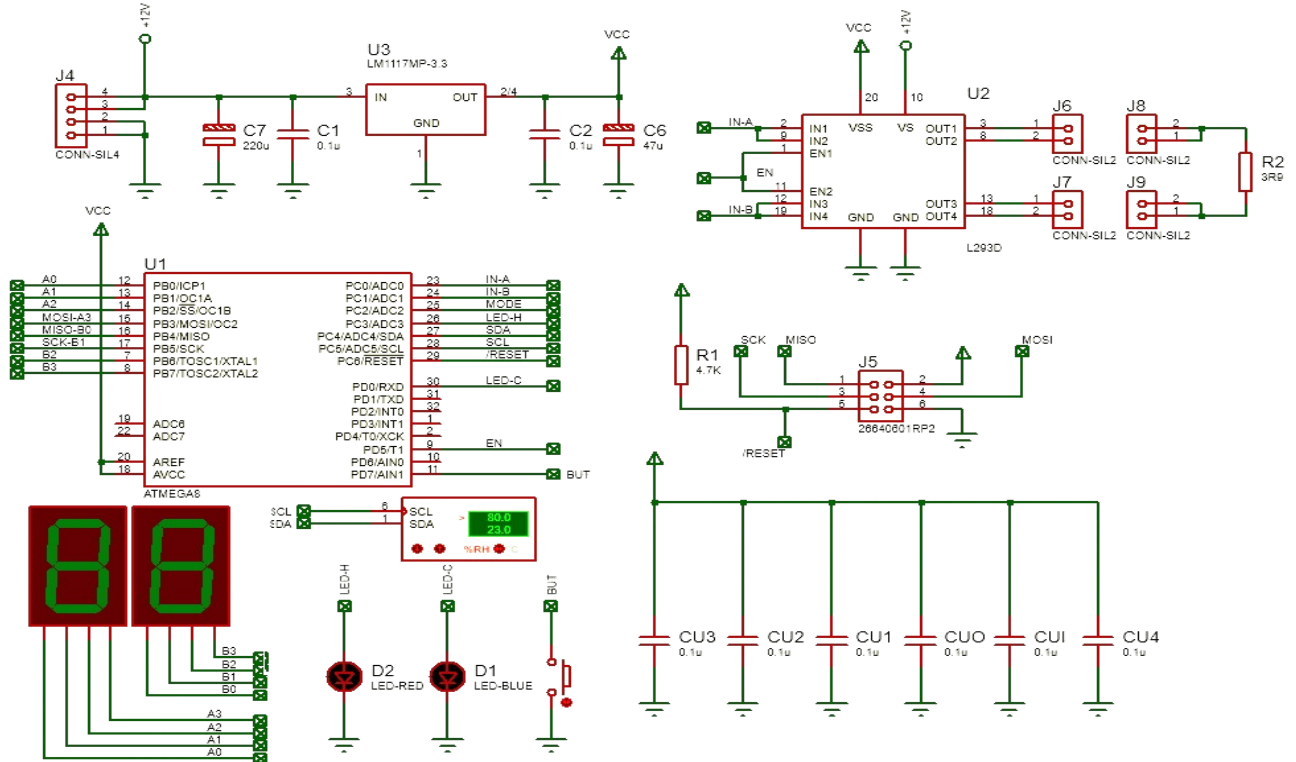


Fig. 19 – Schema electronică de termoreglaj

Pentru asigurarea reglajului temperaturii din interiorul incintei a fost concepută o schemă de regulator PID cu măsurare digitală a temperaturii și reglaj cu microprocesor. Schema a fost construită cu ajutorul softului PROTEUS [5]. Se prezintă în figura 19 și este compusă din mai multe elemente: senzor de temperatură și umiditate – circuitul SHT21; afișaj și control – două afișaje BCD, două leduri și un buton); regulator de temperatură - microcontrolerul ATmega8; element de comandă – circuit integrat L293D – punte tip „H” de putere; alimentare – stabilizator linear LM1117-3.3 [5].

5 CONCLUZII

S-a ales sistemul de răcire-încălzire cu element Peltier și s-au efectuat cercetări cu ajutorul softului COMSOL pentru a studia performanța pastilei Peltier, în funcție de numărul și aranjamentul celulelor

S-au efectuat cercetări practice cu ajutorul unui model experimental, pentru a compara rezultatele cu cele simulate prin soft, pentru îmbunătățirea design-ului sistemului de termoreglare.

S-a proiectat o schemă electronică de termoreglaj cu ajutorul softului PROTEUS, care va fi utilizată la construirea fizică a montajului.

Pe baza prezentării acestei lucrări, se vor parcurge în continuare următoarele etape de dezvoltare detaliată a produsului și prototipul.

6 BIBLIOGRAFIE

- [1] Brescan, I., Costache, A., Costache, C., Moise, D., Neculai, M., Stejereanu., A., (2016) – *Studiu privind dezvoltarea unui suport de pahare giroscopic și termoreglabil pentru autovehicule*, Revista de inginerie industrială a facultății IMST
- [2] Lachish, U., (2014) – *Thermoelectric Effect – Peltier, Seebeck and Thompson*
<http://urila.tripod.com/Thermoelectric.pdf>
Accesat la 12.4.2017
- [3] How do thermoelectric coolers work?
<http://www.marlow.com/resources/general-faq/6-how-do-thermoelectric-coolers-tecs-work.html>
Accesat la 13.4.2017
- [4] PID for dummies
https://www.csimn.com/CSI_pages/PIDforDummies.html
Accesat la 16.4.2017
- [5] PROTEUS Design Suite 8.6
<https://www.labcenter.com/>
Accesat la 18.4.2017
- [6] COMSOL Multiphysics Simulation Tool
<https://www.comsol.com/comsol-multiphysics>
Accesat la 18.4.2017
- [7] <http://electronics.ucv.ro/mihaium/Materiale%20didactice/MATERIALE2013/MaterSubEx23.pdf>
Accesat la 19.4.2017