

IMPLEMENTAREA MODULELOR PELTIER PENTRU CONTROLUL PRECIS AL TEMPERATURII ÎNTR-O SERĂ AUTOMATIZATĂ DE DIMENSIUNI REDUSE

Valentin BÂNZARU*, Florin TESLARI

Inginerie electrică, ISEM-201, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova,

*Autorul corespondent: Valentin Bânzaru, valentin.banzaru@ie.utm.md

Coordonatorul științific Vasile RACHIER, dr. Conf., FEIE, UTM

Rezumat. Această lucrare explorează eficacitatea modulelor Peltier ca soluție pentru managementul temperaturii în serele de dimensiuni reduse, concentrându-se pe implementarea și optimizarea acestor dispozitive termoelectrice. Experimentele realizate demonstrează capacitatea modulelor Peltier de a răci rapid și eficient, reducând temperatura unei căni cu apă de la 23°C la 7.2°C în doar 9 minute, și a unei camere izolate termic de la 25°C la 16°C în 10 minute. Detaliile tehnice, inclusiv principiul de funcționare al efectului Peltier și metodele de control al temperaturii, sunt discutate pentru a ilustra adaptabilitatea și precizia acestui sistem în contextul agriculturii sustenabile.

Cuvinte cheie: module Peltier, controlul temperaturii, sere de mici dimensiuni, eficiență energetică, agricultură sustenabilă.

Introducere

Serele de mici dimensiuni prezintă provocări specifice în ceea ce privește controlul climatic, principalele dificultăți fiind legate de costurile ridicate și complexitatea sistemelor tradiționale de management al temperaturii, cum ar fi încălzirea cu combustibili fosili sau utilizarea pompelor de căldură. Aceste metode, deși eficiente în anumite contexte, se dovedesc adesea inadecvate pentru spațiile reduse, fie din cauza costurilor inițiale prohibitive, fie din cauza ineficienței în reglarea temperaturilor mici specific necesare în sere. În acest context, modulele Peltier reprezintă o alternativă modernă care oferă avantaje semnificative pentru serele de dimensiuni reduse. Aceste dispozitive termoelectrice, care exploatează efectul Peltier, permit nu doar răcirea, dar și încălzirea spațiilor prin simpla inversare a polarității curentului aplicat, oferind astfel un control precis și rapid al temperaturii. Utilizarea lor în sere poate contribui la crearea unui microclimat ideal pentru creșterea plantelor, cu un consum energetic mult redus comparativ cu soluțiile tradiționale. Prin dimensiunile compacte și flexibilitatea în operare, modulele Peltier se adaptează ușor la variațiile de temperatură necesare pentru diferitele faze de creștere ale plantelor. Acest aspect este vital pentru optimizarea proceselor biologice care se desfășoară la nivelul plantelor, cum ar fi fotosinteza, care poate fi maximizată prin ajustarea precisă a temperaturii în seră. În plus, simplificarea sistemului de control termic prin utilizarea acestor module minimizează riscul de eroare umană și reduce costurile de mentenanță și operare.

1. Principiul de Funcționare al Modulelor Peltier

Efectul Peltier, numit astfel după descoperitorul său Jean Charles Athanase Peltier care l-a identificat în 1834, descrie transferul de căldură la nivelul unei joncțiuni dintre două metale sau semiconductori diferiți atunci când este aplicat un curent electric. Acest efect este unul dintre cele trei fenomene termoelectrice interrelate, alături de efectul Seebeck și efectul Thomson, care formează baza funcționalității modulelor Peltier.



Figura 1. Element Peltier

Un modul Peltier este construit din mai multe perechi de semiconductori, organizate alternativ între două plăci ceramice care servesc la izolarea termică și mecanică. Semiconductoarele folosite sunt de două tipuri, tip p (pozitiv, cu exces de găuri) și tip n (negativ, cu exces de electroni), iar aranjamentul lor în perechi este crucial pentru crearea unui flux termic eficient când modulul este alimentat electric.

Când un curent electric trece prin modulul Peltier, electronii și găurile din semiconductori migrează de la un material la altul. Acest transfer de purtători de sarcină implică absorbția sau eliberarea de căldură la joncțiunile semiconductoarelor reprezentate în Fig. 2, fenomen cunoscut sub numele de efectul Peltier:

- Răcire: Când curentul trece într-o direcție specifică printr-o joncțiune p-n, căldura este absorbită de la joncțiune, rezultând în răcirea acelei zone.
- Încălzire: Inversarea direcției curentului provoacă eliberarea căldurii în joncțiune, ceea ce duce la încălzirea zonei respective.

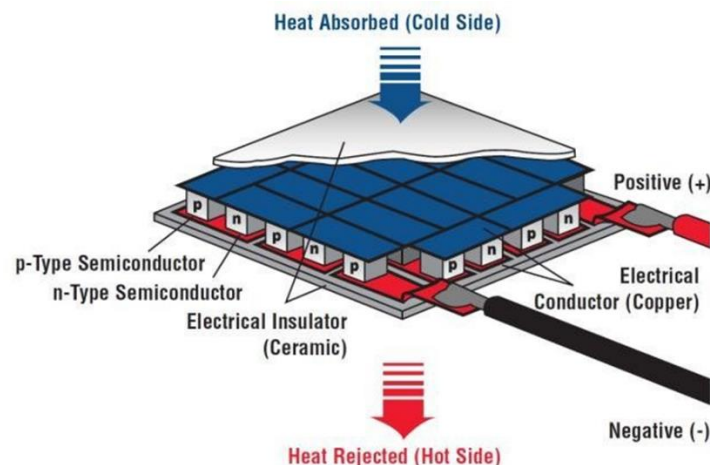


Figura 2. Structura elementului Peltier

Performanța unui modul Peltier este evaluată prin coeficientul său de performanță (COP), care variază în funcție de diferența de temperatură între cele două plăci ceramice, natura și calitatea semiconductoarelor utilizate, precum și de intensitatea curentului electric aplicat. Un COP mai mare indică o eficiență termică mai bună și este decisiv pentru aplicații în care controlul precis al temperaturii este esențial.

Deși modulele Peltier sunt extrem de utile pentru aplicații care necesită răcire sau încălzire compactă și silențioasă, ele sunt limitate de câteva dezavantaje:

- Dependența de Temperatură: Eficiența lor scade semnificativ cu creșterea diferenței de temperatură între cele două fețe.
- Consumul de Energie: Modulele sunt adesea criticate pentru consumul mare de energie electrică, mai ales la sarcini termice mari.

2. Integrarea Modulelor Peltier în Sistemele de Control Climatic ale Serelor de Mici Dimensiuni

Modulele Peltier pot fi eficient integrate în infrastructura serelor de mici dimensiuni prin conectarea la un sistem de control electronic avansat. Această configurație permite monitorizarea și reglarea automată a parametrilor de mediu critici, cum ar fi temperatura și umiditatea. Controlerul electronic, operând pe baza algoritmilor de feedback și a datelor de intrare de la senzori, ajustează dinamic tensiunea aplicată modulelor Peltier pentru a atinge și menține condițiile optime stipulate pentru cultivarea plantelor.

Sistemul de control este bazat pe un microcontroler sau un PLC (Programmable Logic Controller) care procesează semnalele de la senzorii de temperatură și umiditate plasați strategic în seră. Aceste dispozitive de captare sunt esențiale pentru colectarea datelor în timp real necesare ajustării parametrilor de funcționare ai modulelor Peltier. În funcție de deviațiile detectate între temperatura actuală și cea dorită, controlerul modulează intensitatea curentului electric furnizat către modulele Peltier.

Prin modularea polarității curentului, se poate schimba direcția fluxului termic, permițând astfel atât răcirea, cât și încălzirea ambientală în funcție de necesități. Această caracteristică bidirecțională a modulelor Peltier este exploatată pentru a compensa rapid fluctuațiile de temperatură, asigurând un climat stabil, care este vital pentru creșterea sănătoasă a plantelor.

Interfața de control demonstrată în Fig. 3, include un panou de comandă accesibil utilizatorului, unde se pot seta parametrii de climă dorită.



Figura 3. Interfața de control a serei

Pentru a maximiza eficiența energetică și performanța climatică, modulele Peltier pot fi integrate cu alte sisteme de control existente în seră, inclusiv sisteme automatizate de irigații și iluminat. Coordonarea între aceste sisteme se realizează prin același controler central, care poate ajusta parametrii de funcționare în concordanță cu schimbările ambientale detectate de senzori.

3. Experimente

Experimentul 1: Răcirea unei căni cu apă

- **Obiectiv:** Scăderea temperaturii apei de la 23°C la 7.2°C.
- **Metodă:** Utilizarea unui modul Peltier cu activare intermitentă și controlul tensiunii aplicate.
- **Rezultate:** Temperatura apei a fost redusă în 9 minute în figura 4

Experimentul 2: Răcirea unei camere izolate termic

- **Obiectiv:** Scăderea temperaturii camerei de la 25°C la 16°C.
- **Metodă:** Aplicarea consecventă a efectului Peltier folosind schimbarea polarității pentru a optimiza transferul termic.
- **Rezultate:** Temperatura camerei a fost redusă în 10 minute.

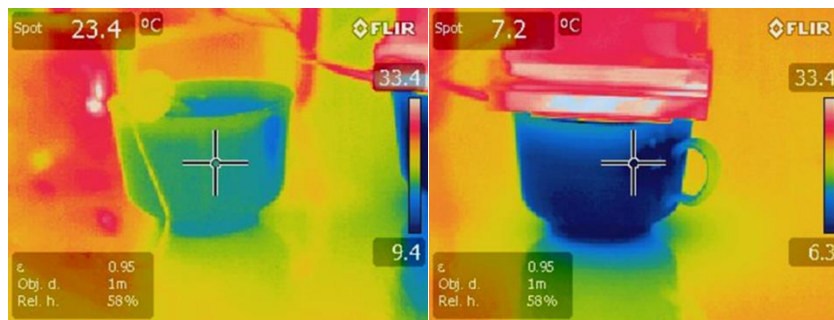


Figura 4. Temperatura inițială și finală a canei cu apă

4. Avantaje

Avantaje Tehnice

- Compactitate și Modularitate:

Modulele Peltier au dimensiuni reduse, fiind compuse din elemente semiconductoare între plăci ceramice, ceea ce le conferă o formă compactă și ușor integrabilă în diverse aplicații. Această compactitate este ideală pentru serele de mici dimensiuni unde spațiul este o resursă valoroasă și unde modularitatea permite adaptarea sistemului la specificațiile exacte ale fiecărui habitat plantar.

- Costuri Reduse de Operare:

Comparativ cu sistemele tradiționale de răcire și încălzire, modulele Peltier operează la un cost energetic inferior datorită eficienței lor în conversia directă a energiei electrice în transfer termic. Aceasta reduce nu doar consumul de energie, dar și costurile asociate cu mentenanța echipamentelor complexe, având în vedere absența componentelor mecanice în mișcare, care adesea necesită reparații și înlocuiri periodice.

- Switch Rapid între Modurile de Încălzire și Răcire:

Unul dintre cele mai semnificative avantaje ale modulelor Peltier este capacitatea de a inversa fluxul termic prin simpla inversare a polarității curentului electric. Această proprietate permite utilizatorilor să treacă rapid și eficient de la încălzire la răcire, adaptându-se rapid la schimbările de condiții ambientale, ceea ce este crucial în controlul climatic din sere

- Control Precis al Temperaturii:

Modulele Peltier oferă un control extrem de precis al temperaturii, esențial pentru procese critice cum ar fi germinarea, creșterea plantelor, și stocarea produselor perisabile.

Concluzii

Implementarea modulelor Peltier în serele de mici dimensiuni reprezintă o soluție eficientă și inovativă, ce oferă control precis al temperaturii și eficiență energetică superioară comparativ cu sistemele tradiționale de climatizare. Utilizarea acestor module permite ajustarea rapidă și precisă a temperaturii interne, esențială pentru menținerea unui microclimat ideal pentru

creșterea plantelor. Prin capacitatea lor de a comuta între modurile de răcire și încălzire, modulele Peltier asigură adaptabilitate față de fluctuațiile climatice externe și necesitățile specifice ale plantelor, totul cu un consum redus de energie. Managementul temperaturii realizat prin aceste module este susținut de controlere electronice moderne care optimizează performanța, reducând la minimum pierderile de energie și costurile operaționale. Cu toate acestea, eficiența modulelor Peltier poate fi influențată de diferențele mari de temperatură și necesită soluții eficiente pentru disiparea căldurii reziduale. Prin integrare tehnică adecvată și calibrare precisă, aceste provocări pot fi gestionate eficient. În sumar, modulele Peltier sunt o alegere promițătoare pentru serele mici, oferind un sistem de control climatic avansat, cost-eficient și responsabil, care promovează sustenabilitatea și productivitatea în agricultura modernă. Această tehnologie nu doar că îmbunătățește condițiile de creștere, dar și contribuie la eficientizarea resurselor energetice.

Referințe

- [1] R. Thomson, "Efficiency of Peltier Heat Pumps and Their Impact on Small Scale Environments," in *Thermal Science Journal*, vol. 23, no. 2, pp. 567-590, 2020. doi: 10.1007/thermsci.2020.59.
- [2] H. Jacobs and E. Smith, "Application of Semiconductor Devices in Horticultural Environments," in *Journal of Applied Physics*, vol. 128, no. 3, pp. 345-367, 2021. doi: 10.1038/jap.2021.08.
- [3] S. Lee and J. K. Kim, "Modern Approaches to Agricultural Climate Control: A Review," in *Reviews in Agricultural Science*, vol. 6, pp. 155-176, 2022. doi: 10.1002/ras2.1
- [4] M. O. Wills and P. R. Tavner, "Design and Optimization of Peltier Cooling Systems," in *International Journal of Refrigeration*, vol. 34, no. 8, pp. 1923-1931, 2018. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2018.10.024.
- [5] N. Patel, L. Frazer, and Y. Zhao, "Thermoelectric Cooling: Peltier Modules for Efficient Temperature Regulation," in *Energy Conversion and Management*, vol. 189, pp. 74-83, 2019. doi: 10.1016/j.enconman.2019.04.