

Primjena Peltierovog efekta na termoelektričnom modulu

Dundović, Vedran

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Istrian University of applied sciences / Istarsko veleučilište - Università Istriana di scienze applicate**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:212:180527>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



Repository / Repozitorij:

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



**ISTARSKO VELEUČILIŠTE – UNIVERSITÀ ISTRIANA DI SCIENZE
APPLICATE**

KRATKI STRUČNI STUDIJ POLITEHNIKE

**PRIMJENA PELTIEROVOG EFEKTA NA
TERMOELEKTRIČNOM MODULU**

ZAVRŠNI RAD

PULA, 2019.

**ISTARSKO VELEUČILIŠTE – UNIVERSITÀ ISTRIANA DI SCIENZE
APPLICATE**

KRATKI STRUČNI STUDIJ POLITEHNIKE

**PRIMJENA PELTIEROVOG EFEKTA NA
TERMOELEKTRIČNOM MODULU**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Analogni elektronika

Student: Vedran Dundović

Mentor: Sanja Grbac Babić mag. računarstva, viši predavač

PULA, rujna 2019.

Izjava o samostalnosti izrade završnog rada

Izjavljujem da sam završni rad na temu „**Primjena Peltierovog efekta na termoelektričnom modulu**“ samostalno izradio uz pomoć mentorice Sanje Grbac Babić mag. računarstva, koristeći navedenu stručnu literaturu i znanje stečeno tijekom studiranja. Završni rad je pisan u duhu hrvatskog jezika.

Student: Vedran Dundović

Potpis: _____

Sažetak

Ovim radom se proučavaju tri međusobno povezana efekta koji su dobili nazive po njihovim pronalazačima: pretvaranje razlike topline u električnu energiju po Seebecku, pretvaranje električne energije u razliku topline po Peltieru te konačna matematička formula efekta po Kelvinu. Posebno se navodi Peltier i efekt razlike topline jer je takozvani peltierov element korišten u izradi pasivnog hladnjaka te je njegova izrada dokumentirana u ovom radu.

Naglasak rada je na izradi malog prenosivog hladnjaka gdje se želi pokazati praktičnost peltierovog elementa zbog izostanka pokretnih komponenti što pridonosi dugovječnosti elementa i sukladno time cijelog sklopa.

Summary

This paper examines three interrelated effects named after their inventors: the conversion of heat difference into electricity by Seebeck, the conversion of electricity into heat difference by Peltier, and the final mathematical formula by Kelvin. In particular, Peltier and the effect of heat difference are mentioned, since the so-called Peltier element was used in the design of the passive cooler and its production is documented in this paper.

The emphasis of the work is on the design of a small portable refrigerator where the practicality of the Peltier element is to be demonstrated due to the absence of moving components, which contributes to the longevity of the element and accordingly the whole assembly.

Ključne riječi

Peltierov efekt, termoelektrični efekt, pasivni hladnjak

Keywords

Peltier effect, thermoelectric effect, passive cooler

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Opis i definicija problema	1
1.2. Cilj i svrha rada.....	2
1.3. Hipoteza rada	2
1.4. Metode rada	2
1.5. Struktura rada	3
2. OTKRIĆE TERMO-ELEKTRIČNE BATERIJE.....	4
3. TERMOELEKTRIČNI EFEKT.....	6
3.1. Seebeckov efekt.....	6
3.2. Peltierov efekt.....	7
3.3. Thomsonov efekt	8
4. JEAN CHARLES ATHANASE PELTIER	9
5. PRIMJENE TERMOELEKTRIČNOG ELEMENTA	10
5.1. Potrošački proizvodi	10
5.2. Industrijski proizvodi.....	10
5.3. Znanost i fotografija	10
6. IZRADA PELTIEROVOG HLADNJAKA.....	12
6.1. Izrada kućišta	12
6.2. Izrada izoliranog dijela pregrade između hlađenog prostora i izmjenjivača topline	13
6.3. Izrada vrata	17
6.4. Sklapanje dijelova u cijelinu.....	19
7. ZAKLJUČAK	22
LITERATURA.....	23

Popis oznaka i kratica

Oznaka	Opis	Jedinica
U	napon	V
I	električna struja	A
t	vrijeme	s
J	gustoća električne struje	A/m ²
E	elektomotorna sila	V
σ	vodljivost	$\Omega \cdot m$
S	Seebeckov koeficijent	$\mu V/K$
Q	Peltierova toplina	J
π	Peltierov koeficijent	J/A
q	Thomsonova toplina	J
K	Thomsonov koeficijent	V/°C

Kratica	Opis
EMS	Elektromotorna sila
IT	Information Technology - Informatičke tehnologije
DNK	Deoksiribonukleinska kiselina
PCR	Polymerase chain reaction - Polimerazna lančana reakcija
RTG	Radioizotopski termoelektrični generator
CCD	Charge-coupled device, čip za hvatanje fotona u električni impuls
ATG	Automobilski termoelektrični generator

1. UVOD

1.1. Opis i definicija problema

Čovjek si je kroz povijest pokušavao osigurati i olakšati egzistenciju raznim pomagalima. Prvo otkriće koje je potpuno promijenilo tijek povijesti je bilo otkriće vatre. Kvalitetnijom ishranom kvalitetnije i duže se živjelo. Maslowljeva hijerarhija potreba kaže da je to i osnovna, tzv. fiziološka potreba, u koju naravno spadaju i disanje, voda, seks, spavanje, itd. Jednom kada je zadovoljena osnovna, temeljna potreba, ljudsko biće ima potrebu dalje se razvijati i osigurati si i ostale potrebe: sigurnost, ljubav i pripadanje, poštovanje i samoaktualizacija. Budući da živimo u razvijenoj evropskoj zemlji možemo reći da imamo osigurane prve i osnovne potrebe.

Otkrićem električne energije napravljen je jedan novi iskorak u kvaliteti života te on postaje lakši na načine na koje nismo ni svjesni jer ih prihvaćamo zdravo za gotovo. Izumi kao što su elektromotor omogućili su strelovit razvoj industrije te dostupnost svakakvih proizvoda koji su se prije ručno izrađivali u velikim količinama. Električni grijači su nam omogućili da lakše pripremamo hranu, grijemo vodu, prostorije za život, tehnološke procese u proizvodnji, itd.

Pojavom prve diode izumitelja J.A. Fleminga 1904. godine uzima se kao početak razvoja elektronike. Ona predstavlja još jednu novu stepenicu u razvoju čovječanstva koja je otvorila nove horizonte u vidu izuma za lagodniji život, ali i komunikacija, istraživanja svemira, medicine i općenito traženje našeg mjesta u svemiru.

Jedan od izuma koji je uvelike promijenio i poboljšao naš život je i izum hladnjaka. William Cullen na Sveučilištu u Glasgowu razvio je 1756. godine uređaj za umjetno hlađenje. Nitko, osim kolega iz znanstvene zajednice, nije pokazao interes za taj izum. Američki izumitelj Oliver Evans 1804. godine napravio je prvi dizajn za hladnjak, koji do 1834. nije privukao ničiji interes.

Njegovu ideju je gotovo tri decenije kasnije malo modificirao i iskoristio Amerikanac Jacob Perkins koji je napravio hladnjak i svoj izum patentirao u Velikoj Britaniji. Međutim, ni Perkins se od svoje ideje nije obogatio. Tek su 1920-tih godina obični građani počeli koristiti hladnjake, što je izazvalo veliku revoluciju u navikama vezanim za ishranu.

Zanimljivo je da je hladnjak proglašen najpametnijim izumom koji je uvelike obilježio povijest prehrane čovječanstva. Osim hladnjaka, na popisu su se našli i pasterizirano mlijeko, limenke, a slijede štednjak, mikrovalna pećnica, friteza, kombajn i mnogi drugi.

1.2. Cilj i svrha rada

Današnja tehnologija omogućuje čuvanje namirnica u hladnjacima koji koriste kompresore. Iako je sistem vrlo efikasan i uređaj je relativno dugotrajan, ima i neke negativne strane: velika masa cijelog uređaja, visoki tlakovi zbog kojih je poželjno da je uređaj stacionaran.

Cilj ovog rada je opisati i objasniti termoelektrični efekt, posebno peltierov efekt koji se javlja na tzv. Peltierovom elementu koji je korišten u izradi malog prijenosnog hladnjaka.

Svrha ovog rada je prikazati alternativni način korištenja pasivnog i dugotrajnog elementa, Peltierovog modula u izradi prijenosnog hladnjaka te dokumentirati njegovu izradu.

1.3. Hipoteza rada

Hipoteza ovog rada je da je praktičnom primjenom alternativnih načina hlađenja moguće dobiti kvalitetan uređaj koji je istovremeno dugotrajan, izdržljiv i praktičan.

1.4. Metode rada

Prilikom izrade ovog timskog projektnog zadatka korištene su metode:

- kompilacije na temelju proučavanja postojeće literature,
- opisna (deskriptivna),
- indukcije,
- dedukcije,
- sinteze.

1.5. Struktura rada

Rad se sastoji od sedam poglavlja.

Prvo poglavlje se sastoji od uvoda, opisa i definicije problema, cilja i svrhe rada, polazne hipoteze, metode istraživanja i strukture završnog rada. Nakon uvoda u rad slijedi opis otkrića termoelektrične baterije. U trećem poglavlju opisuju se opširnije efekti u pitanju te je prikazan njihov opis u vidu formula i osoba zaslužnih za njihovo otkrivanje. U četvrtom poglavlju predstavlja se pronalazač Peltier. Peto poglavlje navode primjene termoelektričnog efekta te se u šestom poglavlju opisuje izrada hladnjaka sa peltierovim elementom te na kraju je zaključak.

2. OTKRIĆE TERMO-ELEKTRIČNE BATERIJE

Fenomen termičke struje otkrio je 1821. godine Thomas Johann Seebeck (1770. - 1831.). U procesu proučavanja magnetskog polja potaknutog električnom strujom, konstruirao je strujni krug izrađen dijelom od bizmuta, a dijelom od bakra. Kad je u ruci držao spoj na dijelu gdje su dva metala, uspostavila se struja, koju je pripisao razlici temperature između spoja u ruci i drugog spoja u krugu. Stoga Seebeckov efekt uključuje korištenje temperaturnih razlika za proizvodnju elektromotorne sile (EMS), a može se koristiti za otkrivanje toplinskog zračenja. Simetrični Peltierov efekt (Jean Charles Athanase Peltier, 1785. - 1848.) koristi električnu struju za proizvodnju temperaturne razlike, o tome će biti više u slijedećim poglavljima.

Sredinom prošlog stoljeća se umjesto galvanskih baterija često koristila termoelektrična baterija. Krug se sastojao od više bakrenih i bizmutskih žica, povezanih u nizu. Spojevi bakar-bizmut su spojeni i održavani na jednoj temperaturi, a spojevi bizmut-bakar održavane su na drugoj temperaturi. Dolje su prikazana dva primjera termo-električnih baterija, oba iz otprilike 1900-tih: na slici 1 termoelektrična baterija, dok je na slici 2 dvostruka termoelektrična baterija.

Slika 1: Termoelektrična baterija



Izvor:

http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Thermodynamics/Thermoelectric_Battery/Thermoelectric_Battery.html (14.8.2019.)

Slika 2: Dvostruka termoelektrična baterija



Izvor:

http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Thermodynamics/Thermoelectric_Battery/Thermoelectric_Battery.html (14.8.2019.)

U oba primjera, svijeća ili plinski plamenik postavljen je u sredinu uređaja za podizanje temperature jednog kraja spojnica, dok se drugi kraj spojeva održava hladnijima koristeći pasivne zračne hladnjake. Generatori ove vrste korišteni su cca. 1900. za punjenje baterija.

U svrhu demonstracije termoelektrične struje izrađen je uređaj na prikazan na slici 3. Donji komad izrađen je od cinka, a vrh od bakra. Kada se jedan spoj zagrije, struja prolazi oko petlje, stvarajući magnetsko polje i stvarajući moment na magnetskoj igli.¹

Slika 3: Uređaj za dokazivanje termoelektrične struje



¹http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Thermodynamics/Thermoelectric_Battery/Thermoelectric_Battery.html

Izvor:

http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Thermodynamics/Thermoelectric_Battery/Thermoelectric_Battery.html (14.8.2019.)

3. TERMOELEKTRIČNI EFEKT

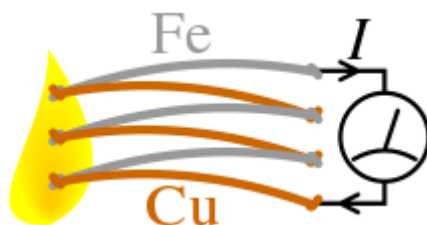
Termoelektrični efekt su zapravo tri međusobno povezana efekta koji su dobili nazive po njihovim pronalazačima:

1. pretvaranje razlike topline u električnu energiju po Seebecku,
2. pretvaranje električne energije u razliku topline po Peltieru,
3. konačna matematička formula efekta po Kelvinu.

3.1. Seebeckov efekt

Seebeck efekt je pretvaranje topline izravno u električnu energiju na spoju različitih vrsta žice. Izvorno ga je 1794. godine otkrio talijanski znanstvenik Alessandro Volta, a nazvan je po baltičko- njemačkom fizičaru Thomasu Johannu Seebecku, koji ga je 1821. godine samostalno ponovno otkrio. Primijetio je da bi se igla kompasa pomaknula kada bi se pustila struja kroz petlju koju su činila dva različita metala spojena skupa, s temperaturnom razlikom između spojeva. To se događa zbog toga što se razine energije elektrona u svakom metalu pomaknu različito, a razlika potencijala između spojeva stvori električnu struju, a time i magnetsko polje oko žica. Seebeck nije prepoznao postojanje električne struje, pa je fenomen nazvao "termomagnetskim učinkom". Danski fizičar Hans Christian Ørsted ispravio je previd i skovao termin "termoelektričnost"². Na slici 4 može se vidjeti Seebeckov efekt na termoparu željeza i bakra koji grijani proizvode struju.

Slika 4: Seebeckov efekt na termoparu



Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect#Seebeck_effect (14.8.2019.)

² https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect#Seebeck_effect

Seebeck efekt je klasičan primjer elektromotorne sile (EMS) i dovodi do mjerljivih struja ili napona na isti način kao i bilo koja druga EMS. Lokalna gustoća struje je dana formulom:

$$J = \sigma(-\nabla V + E_{ems})$$

gdje je ∇V voltaža a σ (sigma) vodljivost, dok se E_{ems} dobiva :

$$E_{ems} = -S\nabla T$$

gdje je S Seebeckov koeficijent, svojstvo materijala, a ∇T je temperaturni gradijent (vektorska derivacija skalarnog polja T).

Seebeckovi koeficijenti općenito variraju kao funkcija temperature i jako ovise o sastavu vodiča. Za obične materijale na sobnoj temperaturi, Seebeckov koeficijent može biti u rasponu vrijednosti od $-100 \mu\text{V/K}$ do $+1,000 \mu\text{V/K}$.

3.2. Peltierov efekt

Peltierov efekt je prisutnost grijanja ili hlađenja na elektrificiranom spoju dvaju različitih vodiča i nazvan je po francuskom fizičaru Jean Charlesu Athanaseu Peltieru, koji ga je otkrio 1834. godine. Kada struja teče kroz spoj dva vodiča A i B, toplina se može generirati ili ukloniti na spoju. Peltier-ova toplina generirana na spoju je:

$$\dot{Q} = (\pi_A - \pi_B)I$$

gdje su π_A i π_B Peltierovi koeficijenti vodiča A i B, a I je električna struja (od A do B).

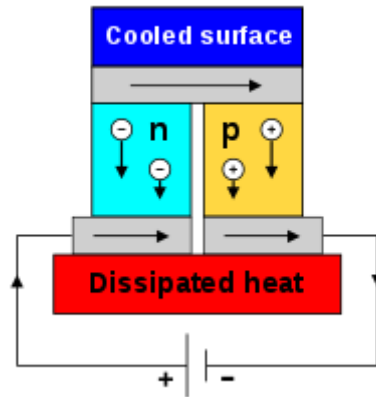
Ukupna proizvedena toplina nije određena samo Peltierovim učinkom, jer na njega također može utjecati Jouleovo grijanje i učinak toplinskog gradijenta.

Peltierovi koeficijenti predstavljaju koliko se topline prenosi po jedinici naboja. Budući da struja mora kontinuirano ići preko spoja, pridruženi toplinski tok će razviti diskontinuitet ako su π_A i π_B različiti. Peltierov efekt može se smatrati povratnom akcijom Seebeckovom efektu.

Tipična Peltier-ova toplinska pumpa uključuje više spojeva u nizu, kroz koje se pušta struja. Neki od spojeva gube toplinu zbog Peltier efekta, dok drugi dobivaju toplinu. Termoelektrične toplinske pumpe iskorištavaju ovaj fenomen, kao i termoelektrični rashladni

uređaji koji se nalaze u hladnjacima. Na slici 5 može se vidjeti Seebackov strujni krug u spoju hladnjaka.

Slika 5: Seebackov strujni krug u spoju hladnjaka



Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect#Seebeck_effect (14.8.2019.)

3.3. Thomsonov efekt

U različitim materijalima Seebeckov koeficijent nije konstantan u temperaturi, pa prostorni gradijent temperature može rezultirati gradijentom Seebeckovog koeficijenta. Ako se struja provede kroz ovaj gradijent, tada će se pojaviti kontinuirana verzija Peltierova efekta. Taj Thomsonov učinak je predvidio i kasnije ga je 1851. godine opazio Lord Kelvin (William Thomson). On opisuje grijanje ili hlađenje vodiča koji prenose struju s temperaturnim gradijentom.

Ako se gustoća struje J pusti kroz homogeni vodič, Thomson efekt predviđa proizvodnju topline po jedinici volumena

$$\dot{q} = -KJ * \nabla T$$

gdje je ∇T temperaturni gradijent, a K je Thomsonov koeficijent.

Thomsonov koeficijent povezan je s Seebeckovim koeficijentom kao $K = T \frac{dS}{dT}$. Međutim, ova jednadžba zanemaruje Jouleovo grijanje i uobičajenu toplinsku provodljivost.

4. JEAN CHARLES ATHANASE PELTIER

Peltierov efekt može se upotrijebiti za stvaranje kompaktnog hladnjaka koji nema cirkulirajuću tekućinu ili pokretne dijelove. Takvi hladnjaci su korisni u primjenama gdje njihove prednosti nadmašuju nedostatak njihove vrlo niske učinkovitosti. Budući da ćemo u našem radu koristiti Peltierov element, predstaviti ćemo njegovog pronalazača.

Peltier [pɛltˈjeː], Jean Charles Athanase, francuski fizičar i meteorolog (Ham, 22. II. 1785 – Pariz, 27. X. 1848). Po zanimanju urar, Peltier se povukao kad je imao 30 godina da bi svoje vrijeme posvetio znanstvenim istraživanjima. Njegov rad obuhvaća istraživanja termoelektriciteta, elektromagnetizma i atmosferskog elektriciteta. Godine 1834. otkrio je pojavu koja se po njem naziva Peltierov efekt. Na području meteorologije istraživao je djelovanje atmosferskog elektriciteta na postanak oborina. Godine 1840. uveo je koncept elektrostatičke indukcije. Napisao je brojne radove o atmosferskom elektricitetu, vodostajima i vrelištu na velikim povišenjima.

Peltierov efekt je pojava apsorpcije, odnosno emisije topline na spojnici dvaju različitih vodiča u električnom krugu kojim teče struja. Emisija, odnosno apsorpcija topline ovisi o smjeru struje. Količina proizvedene, odnosno utrošene topline, tzv. Peltierov koeficijent, ovisi o vrsti vodiča i o temperaturi hladnijega dijela. Kod vodiča je taj efekt neznatan, a važniji je kod poluvodiča. Obratno, grijanjem, odnosno hlađenjem može se u takvu krugu proizvesti električna energija, ta se pojava naziva Seebeckov efekt.

Slika 6: Jean Charles Athanase Peltier



Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Jean_Charles_Athanase_Peltier (14.8.2019.)

5. PRIMJENE TERMOELEKTRIČNOG ELEMENTA

5.1. Potrošački proizvodi

Elementi Peltiera najčešće se koriste u potrošačkim proizvodima. Na primjer, Peltier elementi se koriste u opremi za kampiranje, prijenosnim hladnjacima, hlađenju elektroničkih komponenti i malim instrumentima. Rashladni učinak Peltier toplinskih pumpi može se koristiti i za izvlačenje vode iz zraka u odvlaživačima zraka. Električni hladnjak za automobil obično može smanjiti temperaturu do 20°C ispod temperature okoline. Jakne s klimatskom kontrolom počinju koristiti elemente Peltier-a. Termoelektrični hladnjaci koriste se za povećanje hlađenja mikroprocesora. Koriste se i za hladnjake za vino.

5.2. Industrijski proizvodi

Termoelektrični hladnjaci koriste se u mnogim poljima industrijske proizvodnje i zahtijevaju temeljitu analizu performansi jer se suočavaju s testom koji odradi tisuće ciklusa prije nego što se ovi industrijski proizvodi predstave na tržište. Neke od aplikacija uključuju lasersku opremu, termoelektrične klima uređaje ili hladnjake, industrijsku elektroniku i telekomunikacije, automobilsku industriju, mini hladnjake ili inkubatore, vojne ormare, IT kućišta i još mnogo toga.

5.3. Znanost i fotografija

Elementi Peltiera koriste se u znanstvenim uređajima. Oni su uobičajena komponenta u termičkim ciklusima koja se koristi za sintezu DNK lančanom reakcijom polimerazom (PCR), uobičajenom molekularno-biološkom tehnikom, koja zahtijeva brzo zagrijavanje i hlađenje reakcijske smjese.

Termoparovi i termopale su uređaji koji koriste Seebeck efekt za mjerenje temperaturne razlike između dva objekta. Termoelementi se često koriste za mjerenje visokih temperatura, držanje temperature konstante jednog spoja ili neovisno mjerenje (kompenzacija hladnog spoja). Termopali koriste mnoge termoparove koji su električno povezani u seriju, za osjetljiva mjerenja vrlo male temperaturne razlike.

Peltier-ovi elementi mogu se koristiti za primjenu visoko stabilnih regulatora temperature koji održavaju željenu temperaturu unutar $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$. Takva se stabilnost može upotrijebiti u preciznim primjenama lasera kako bi se izbjeglo lasersko odvajanje valnih duljina s promjenom temperature okoline.

Učinak se koristi u satelitima i svemirskim brodovima za smanjenje temperaturnih razlika uzrokovanih izravnom sunčevom svjetlošću s jedne strane broda raspršivanjem topline preko hladne strane, gdje se raspršuje kao toplinsko zračenje u svemir. Od 1961. godine, neki bespilotni svemirski brodovi (uključujući rover Curiosity Mars) koriste radioizotopske termoelektrične generatore (RTG) koji pretvaraju toplinsku energiju u električnu energiju koristeći Seebeckov efekt. Uređaji mogu trajati nekoliko desetljeća jer ih napaja visokoenergetski radioaktivni materijal.

Čipove digitalnih kamera, CCD-a, u astronomskim teleskopima, spektrometrima ili vrlo naprednim digitalnim fotoaparatom često hlade Peltier-ovi elementi. Oni smanjuju broj šumova uzrokovanih toplinskom bukom. Do tamnih piksela dolazi kada čip registrira elektron uzrokovan toplotnom fluktuacijom, a ne fotonom. Na digitalnim fotografijama snimljenim pri slabom svjetlu one se pojavljuju kao mrlje (ili "šum piksela").

Termoelektrični hladnjaci mogu se koristiti za hlađenje računalnih komponenti za održavanje temperature unutar konstrukcijskih granica ili za održavanje stabilnog rada prilikom overklokiranja. Peltier hladnjak s hladnjakom ili vodenim blokom može ohladiti čip znatno ispod temperature okoline.

U optičkim primjenama, gdje je valna duljina lasera ili komponente jako ovisna o temperaturi, Peltier-ovi hladnjaci se koriste zajedno s termistorom u povratnoj petlji za održavanje konstantne temperature i na taj način stabiliziraju valnu duljinu uređaja.

Seebeck efekt se koristi u termoelektričnim generatorima, koji funkcioniraju kao toplinski motori, ali su manje glomazni, nemaju pokretnih dijelova i obično su skuplji i manje učinkoviti. Oni se koriste u elektranama za pretvaranje otpadne topline u dodatnu električnu energiju (oblik recikliranja energije) i za automobile kao automobilske termoelektrične generatore (ATG) za povećanje učinkovitosti goriva.

6. IZRADA PELTIEROVOG HLADNJAKA

Izrada hladnjaka išla je u fazama: izrada, odnosno rastavljanje i priprema starog kućišta zvučnika, tzv. subwoofera, izrada izoliranog dijela pregrade između hlađenog prostora i izmjenjivača topline, izrada vrata, spajanje elementa te bojanje.

6.1. Izrada kućišta

Prilikom izrade hladnjaka korišten je stari zvučnik – subwoofer kao kućište zbog idealnih dimenzija. Kutija je rastavljena i pripremljena za daljnju obradu. Korišten je šprickit kao temelj za boju. Na slikama 7,8 i 9 može se vidjeti kutija u pripremi.

Slika 7 : Kutija subwoofera prije rastavljanja



Izvor: Autor

Slika 8: Kutija subwoofera poslije rastavljanja



Izvor: Autor

Slika 9: Kutija subwoofera posprejana u temeljnu boju (šprickit)



Izvor: Autor

6.2. Izrada izoliranog dijela pregrade između hladnog prostora i izmjenjivača topline

Najteži dio izrade i dio gdje se gubilo najviše vremena je bila izrada pregrade. Pelterov element je naručen na Internetu i došao je u kompletu sa hladnjakom i malim ventilatorom na

njemu, na strani koja se hladi te velikim hladnjakom i dva ventilatora na strani koja se grije. Na slici 10 može se vidjeti Peltierov element sa hladnjacima u kompletu. Hladnjak na toplom dijelu je u biti klasičan hladnjak sa toplovodnim cijevima koji se koristi za hlađenje procesora

Slika 10: Peltierov komplet za hladnjak



Izvor: https://www.banggood.com/Geekcreit-12V-10A-Electronic-Refrigerator-Production-Kit-DIY-Semiconductor-Refrigeration-Cooling-Equipment-p-1154779.html?rmmds=myorder&cur_warehouse=CN
(2.9.2019.)

Budući da je bit dobrog funkcioniranja hladnjaka dobra izolacija, ideja je bila što kvalitetnije odvojiti hladni dio od toplog. Zato je komplet rastavljen i ubačen je aluminijski blok (slika 11 je uhvaćena prilikom izrade aluminijskog bloka) koji je ubačen u hlađeni dio tako da se toplina odvodi preko aluminijskog bloka, dok hladan zrak ostaje u prostoru.

Slika 11: Izrada aluminijskog bloka



Izvor: Autor

Aluminijski blok je ubačen u unaprijed pripremljenu šperploču kako je prikazano na slici 12.

Slika 12: Pregradni dio sa aluminijskim blokom



Izvor: Autor

Zbog lakog oblikovanja i obrade odabran je stiropor kao izolator. Da bi se stiropor mogao rezati odabrana je metoda rezanja tzv nichrome ili hot wire, ili bukvalno vruća žica. Riječ je o žici izrađenoj od mješavine nikla, kroma i željeza određenog otpora koja na

određenom naponu pružajući otpor grije. Na Internet stranici <https://www.jacobs-online.biz/nichrome/NichromeCalc.html> nalazi se kalkulator kojim možemo jednostavno izračunati koju žicu uzeti za koju temperaturu želimo ovisno o naponu na raspolaganju i sl. Na slici 13 može se vidjeti vrijednosti izračunate u kalkulatoru za naš slučaj.

Slika 13: Nichrome kalkulator

NICHROME WIRE APPLICATION CALCULATOR VERSION 2.0

SELECT WHAT YOU WANT TO CALCULATE

Temperature Length Gauge (dia) Volts

SELECT VOLT AND LENGTH RANGE

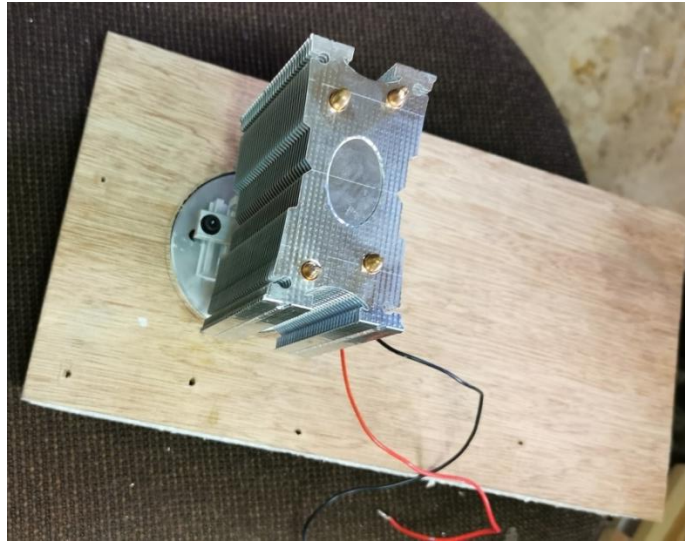
0-28 volts 0-350" 0-280 volts 0"-35" 0"-3.5"

Current Required (Amps)	POWER REQUIRED (WATTS)	RESISTANCE PER FOOT (OHMS)	TOTAL RESISTANCE (OHMS)
1.725677	20.70812	4.252	6.953791

Izvor: <https://www.jacobs-online.biz/nichrome/NichromeCalc.html> (14.9.2019.)

Stiropor je rezan u ploče debljine 2 i 3 centimetara koji će služiti kao izolator i biti montirane na unutarnje stranice hladnjaka. Nakon obrade i oblikovanja stiropora i šperploče elementi su povezani. Aluminijski blok je premazan termopastom i uhvaćen na peltierov element. Na peltierov element je uhvaćena aluminijsku ploča koja je zamišljena da bude pasivni dio koji hladi. Druga strana alu bloka, ona koja se grije, je također premazana pastom i na blok je uhvaćen hladnjak za odvodnju topline. Na slikama 14 i 15 može se vidjeti kako je to sve skupa ispalo.

Slika 14: Pregrada sprijeda



Izvor: Autor

Slika 15: Pregrada straga

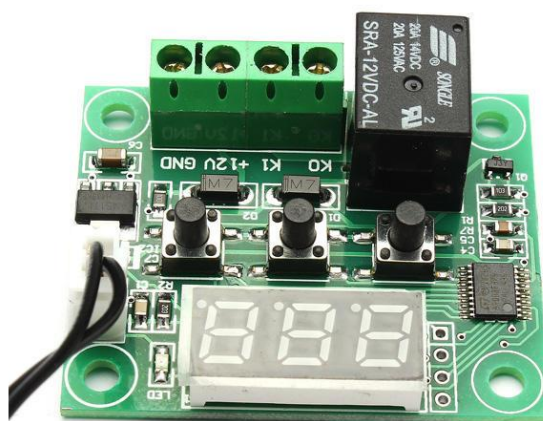


Izvor: Autor

6.3. Izrada vrata

Budući da je cilj izraditi hladnjak želja je bila da rad liči na hladnjak. Zato je odlučeno da će vrata hladnjaka biti dvostruko staklo – pleksiglas, odvojen stiroporom debljine 15 milimetara. U prostor između pleksiglasa postavljen je termostat kojeg se može vidjeti na slijedećoj slici.

Slika 16: Termostat



Izvor: https://www.banggood.com/Geekcreit-12V-10A-Electronic-Refrigerator-Production-Kit-DIY-Semiconductor-Refrigeration-Cooling-Equipment-p-1154779.html?rmms=myorder&cur_warehouse=CN
(2.9.2019.)

Riječ je o jeftinom termostatu koji se može namjestiti preko tri tipkice. Temperaturu mjeri sondom, uređaj se napaja sa 12 volti i može prekidati struje do 10 ampera što je sasvim dovoljno za potrebe hladnjaka. Ishod izrade vrata prikazano je na slijedećim slikama.

Slika 17: Vrata sprijeda i straga



Izvor: Autor

6.4.Sklapanje dijelova u cijelinu

Na stražnju stranu šperploče, ispod peltierovog elementa fiksirano je napajanje te je sve skupa uhvaćeno na nosače unutar kućišta. Na slijedećoj slici vidimo napajanje peltierovog elementa: istosmjerni pretvarač koji daje 12 volti i maksimalno 10 ampera.

Slika 18: Napajanje



Izvor: https://www.banggood.com/Geekcreit-12V-10A-Electronic-Refrigerator-Production-Kit-DIY-Semiconductor-Refrigeration-Cooling-Equipment-p-1154779.html?rmmds=myorder&cur_warehouse=CN
(2.9.2019.)

Konačno, kućište je obojano u ljubičastu boju te su svi elementi spojeni, stiropor je poravnat sa vanjskom površinom te je na njega nalijepljena čelična ploča, vrata su navijena na bok i svi su elementi spojeni. Na slici 19 vide se elementi prije sklapanja te na slici 20 konačan izgled hladnjaka.

Slika 19: Elementi prije sastavljanja



Izvor: Autor

Slika 20: Konačan izgled hladnjaka



Izvor: Autor

7. ZAKLJUČAK

Izradom hladnjaka sa peltierovim elementom korišten je jedan novi pristup za hlađenje prostora te je njegovom izradom i cijelim ovim radom dana jedna šira dimenzija o kakvom je to elementu riječ te čemu on služi. Dat je praktičan primjer na teorijsko pitanje što se sa tim može.

Također je ovim radom opisan i objašnjen termoelektrični efekt, posebno peltierov efekt koji se javlja na tzv. Peltierovom elementu.

Hipoteza ovog rada je da je praktičnom primjenom alternativnih načina hlađenja moguće dobiti kvalitetan uređaj koji je istovremeno dugotrajan, izdržljiv i praktičan te je ovim radom to i dokazano.

LITERATURA

1. KNJIGE I PUBLIKACIJE

1. **THERMOELECTRIC EFFECT**, Department of Electrical Engineering, Electronic Systems, Eindhoven, 2002.
2. Akram M.N, Nirmani H.R, Jayasundere N.D.: Guercio, M.: **A study on thermal and electrical characteristics of thermoelectric cooler tec1-127 series**, Faculty of engineering, University of Ruhuna, Sri lanka, 2016.
3. **Cooling of Water using Peltier Effect**, International Journal of Engineering Research, Volume No.6, Issue No.3, 2017.
4. Zhang C., Xu K., Li L.: Klasnić, **Study on a Battery Thermal Management System Based on a Thermoelectric Effect**, College of Mechanical Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, 2018.

2. IZVORI S INTERNETA

5. Wikipedia.org: Jean Charles Athanase Peltier,
<https://en.wikipedia.org/wiki/Jean_Charles_Athanase_Peltier> (27.7.2019.)
6. Wikipedia.org:Thermoelectric effect,
<https://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect#Seebeck_effect> (27.7.2019.)
7. Thermoelectric_Battery,
<http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Thermodynamics/Thermoelectric_Battery/Thermoelectric_Battery.html> (16.9.2019.)
8. Wikipedia.bs:Polimerazna lančana reakcija,
<https://bs.wikipedia.org/wiki/Polimerazna_lan%C4%8Dana_reakcija> (16.9.2019.)
9. Sciencedirect: Peltierov koeficijent,
<<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/peltier-coefficient> > (16.9.2019)

POPIS SLIKA

Slika 1: Termoelektrična baterija	4
Slika 2: Dvostruka termoelektrična baterija	5
Slika 3: Uređaj za dokazivanje termoelektrične struje	5

Slika 4: Seebeckov efekt na termoparu	6
Slika 5: Seebeckov strujni krug u spoju hladnjaka.....	8
Slika 6: Jean Charles Athanase Peltier	9
Slika 7 : Kutija subwoofera prije rastavljanja	12
Slika 8: Kutija subwoofera poslije rastavljanja	13
Slika 9: Kutija subwoofera posprejana u temeljnu boju (šprickit).....	13
Slika 10: Peltierov komplet za hladnjak.....	14
Slika 11: Izrada aluminijskog bloka	15
Slika 12: Pregradni dio sa aluminijskim blokom	15
Slika 13: Nichrome kalkulator.....	16
Slika 14: Pregrada sprijeda.....	17
Slika 15: Pregrada straga.....	17
Slika 16: Termostat.....	18
Slika 17: Vrata sprijeda i straga.....	18
Slika 18: Napajanje.....	19
Slika 19: Elementi prije sastavljanja	20
Slika 20: Konačan izgled hladnjaka	21