



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

ELEKTROTECHNIKOS KATEDRA

Saulius Kasiliauskis

**TERMOSTATO SU PELTJE ELEMENTU TERMODINAMINIŲ
PROCESŲ TYRIMAS**

**INVESTIGATION OF THERMODYNAMIC PROCESSES IN PELTIER
THERMOSTAT**

Baigiamasis magistro darbas

Elektros energetikos sistemų inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H62002

Elektros energetikos technologijų specializacija

Elektronikos ir elektros inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROTECHNIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Vygaudas Kvedaras
(Vardas, pavardė)

(Data)

Saulius Kasiliauskis

**TERMOSTATO SU PELTJE ELEMENTU TERMODINAMINIŲ PROCESŲ
TYRIMAS**

**INVESTIGATION OF THERMODYNAMIC PROCESSES IN PELTIER
THERMOSTAT**

Baigiamasis magistro darbas

Elektros energetikos sistemų inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H62002

Elektros energetikos technologijų specializacija

Elektronikos ir elektros inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

dr. doc. Voitech Stankevič
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas

Daiva Macko
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROTECHNIKOS KATEDRA

Technologijos mokslų sritis
Elektros ir elektronikos mokslo kryptis
Elektronikos ir elektros inžinerijos studijų kryptis
Elektros energetikos sistemų inžinerijos studijų programa,
valstybinis kodas 621H62002
Elektros energetikos technologijų specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėja

(Parašas)

Vygaudas Kvedaras
(Vardas, pavardė)

(Data)

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

.....Nr.
Vilnius

Studentui Sauliui Kasiliauskiui
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: **Termostato su Peltje element termodinaminių procesų tyrimas**
Investigation Of Thermodynamic Processes In Peltier Thermostat

patvirtinta 2010 m. lapkričio 2 d. dekanų potvarkiu Nr. 195el.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2012 m. birželio 01 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

1. Ištirti termostato sukūrimo galimybes naudojant Peltje elementą. Tuo tikslu apžvelgti tokių elementų konstrukcijas ir charakteristikas;
2. Sukurti termostatą pritaikytą magnetinių laukų jutiklių charakteristikų tyrimams. Ištirti termostato konstrukcijos įtaką temperatūros stabilizavimui bei pasiekiamų temperatūrų diapazonui;
3. Naudojant *LabVIEW* kompiuterinę programą ištirti PID koeficientų įtaką temperatūros stabilizavimui;
4. Pritaikyti sukurtą termostatą magnetinio lauko jutiklių, pagamintų iš polikristalinių manganitų sluoksnių, tyrimams skirtingose temperatūrose.

Vadovas
(Parašas)

dr. Voitech Stankevič
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(Parašas)
Saulius Kasiliauskis
(Vardas, pavardė)

.....
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Elektronikos fakultetas
Elektrotechnikos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Elektros energetikos sistemų inžinerijos** programos baigiamasis darbas

Pavadinimas **Termostato su Peltje elementu termodinaminių procesų tyrimas**

Autorius **Saulius Kasiliauskis**

Vadovas **dr. Voitech Stankevič**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe analizuojamas termostatas su peltje elementu. Darbo įvade aptariama temperatūros svarba, peltje efekto atsiradimas ir darbo problemos aktualumas.

Taip pat suformuluoti darbo tikslas bei uždaviniai. Analitinėje darbo dalyje aptariama peltje elementų įvairovė, jų panaudojimo galimybės, labview programa ir jos taikymas.

Tiriamojame dalyje aprašomi Peltje elemento, termostato su Peltje elementu termodinaminių procesų tyrimai, PID parametrų įtaka termostato temperatūrinėms charakteristikoms ir termostato pritaikymas magnetinio lauko jutikliams tirti. Aprašomi gauti rezultatai ir jų apibendrinimas.

Darbą sudaro 5 dalys: 1 įvadas, 2 analitinė dalis, 3 tiriamoji dalis, 4 išvados, 5 literatūra. Darbo apimtis – 92 psl. be priedų, 102 iliustr., 3 lent., 15 bibliografinių šaltinių.

Prasminiai žodžiai

magnetinio lauko jutiklis, manganitas, nuolatinis magnetinis laukas, Peltje efektas, Peltje elementas, šaldymas, šildymas, šilumos nuvedimas, temperatūra, termostatas.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Electronics
Department of Electrical Engineering

ISBN ISSN
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Electrical Energetics Systems Engineering** study programme Master's Thesis

Title **Investigation of Thermodynamic Processes in Peltier Thermostat**

Author **Saulius Kasiliauskis**

Academic supervisor **Dr Voitech Stankevič**

Thesis language:
Lithuanian

Annotation

Thesis analyzes thermodynamic processes in peltier thermostat. In the introduction is discussed the importance of the temperature, the emergence of Peltier effect and the importance of this thesis. There were also formulated the main aim and objectives of this investigation. The analitical part of this paper discusses the variety of Peltier elements and their usability also Labview program and it's application. The research part describes eksperiments of thermodynamic processes of Peltier element and thermostat with Peltier element, also describes PID parameters influence on the temperature characteristics of thermostat and thermostat adaptation for investigation of magnetic field sensors. In this part there are presented all principal schemes, results and conclusions of eksperiments.

The thesis consists of 5 parts: 1 introduction, 2 analythical part, 3 research part, 4 conclusions, 5 literature list. Darbo apimtis – 92 p. be priedų, 102 iliustr., 3 lent., 15 bibliografinių šaltinių.

Keywords

magnetic field sensor, manganite, constant magnetic field, Peltier effect, Peltier element, refrigeration, heating, temperature, thermostat.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų,
sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo
organizavimo tvarkos aprašo 2011-2012 m. m.

1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Saulius Kasiliauskis, 20063948

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Elektros energetikos sistemų inžinerija, ESIfmu-10

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2012 m. gegužės 31 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Termostato su Peltje elementu termodinaminių procesų tyrimas“ patvirtintas 2010 m. lapkričio 11 d. dekanų potvarkiu Nr. 201el, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas dr. Voitech Stankevič.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

(Parašas)

Saulius Kasiliauskis

(Vardas ir pavardė)

Turinys

Ivadas.....	8
1. Užduoties ir tikslo formuluotė	10
2. Analitinė dalis	11
2.1. Peltje efektas, Peltje elementų panaudojimas ir palyginimas.....	11
2.1.1. Peltje efektas.....	11
2.1.3. Peltje elementų panaudojimas, jų parametrai.....	13
2.1.4. Peltje elementų techninių parametrų palyginimas	17
2.1.5. Peltje elementų temperatūros kontrolė	19
2.2. Programinė ir valdymo įranga.....	21
2.2.1. Kas yra <i>LabVIEW</i>	21
2.2.2. Duomenų srautas ir grafinė programavimo kalba.....	22
2.2.3. <i>LabVIEW</i> programa	22
2.2.4. <i>LabVIEW</i> programavimo terpė.	24
3. Tiriamoji dalis	29
3.1. Peltje elemento tyrimas.....	29
3.1.1. Peltje elemento šildymas be šilumos nuvedimo.....	31
3.1.2. Peltje elemento tyrimas šaldant darbinę pusę be šilumos nuvedimo.....	34
3.1.3. Peltje elemento darbinės pusės šildymas su šilumos nuvedimu	36
3.1.4. Peltje elemento šaldymas su šilumos nuvedimu	46
3.2. Termostato tyrimas	49
3.3.1. Termostato temperatūrinio pasiskirstymo tyrimas šildant	51
3.3.2. Termostato temperatūrinio pasiskirstymo tyrimas šaldant.....	58
3.3.3. Termostato temperatūrinės histerezės ir paklaidos tyrimas šildant	63
3.3.4. Termostato temperatūrinės histerezės ir paklaidos tyrimas šaldant.....	69
3.4. PID parametrų įtakos, termostato temperatūrinėms charakteristikoms, tyrimas	74
3.4.1. P parametro įtaka termostato temperatūrinėms charakteristikoms	75
3.4.2. I parametro įtaka termostato temperatūrinėms charakteristikoms	77
3.4.3. D parametro įtaka termostato temperatūrinėms charakteristikoms	80
3.5. Termostato taikymas tiriant magnetinio lauko jutiklio LUC74 temperatūrinę charakteristiką.....	85
Atliktų tyrimų rezultatų apibendrinimas	88
Išvados:.....	90
Literatūra:	91

Ivadas

Reiškinį, kai tarp dviejų skirtingų metalų jiems esant skirtingose temperatūrose atsiranda elektrovaros jėga, dar 1822 metais atrado vokiečių fizikas T. J. Zeebekas (Seebeck). Tačiau elektros energijai generuoti šis reiškiny buvo pradėtas taikyti tik 20 amžiaus viduryje šiam tikslui pritaikius puslaidininkius [1].

Temperatūra yra vienas iš labai svarbių fizikinių parametrų. Aplinkos temperatūra labai veikia mūsų gyvenimą, fizikinius procesus ir chemines reakcijas (ypač enzimine reakcija), kurios vyksta gyvajame organizme. Dauguma iš šių metabolinių procesų pagreitėja 2 ar 3 kartus, jei temperatūra yra padidinama 10°C , todėl nežiūrint į tai, kad organizmas gali kontroliuoti savo vidinę temperatūrą, jo veikla yra diktuojama aplinkos temperatūros.

Taigi daugelyje technikos ir mokslo sričių, apimančių ir gamtos bei medicinos mokslus, svarbi yra galimybė tiksliai ir greitai išmatuoti objekto temperatūrą plačiame temperatūros intervale, taip pat palaikyti objekto temperatūrą tam tikrame temperatūros intervale. Optimalu, kai šios galimybės yra realizuojamos elektriniais metodais, t. y. matuojama temperatūra paverčiama įtampa, kurią galima tiesiogiai registruoti skaitmeniniais prietaisais, o šildymas, - ar šaldymas vykdomas leidžiant elektros srovę per atitinkamus elementus. Elektriniai temperatūros matavimo ir palaikymo metodai įgalina automatizuoti technologinius procesus, pastoviai sekti ir palaikyti pacientų ar objektų temperatūrą. Tokiems matavimams ir temperatūros palaikymui naudojami termoelektriniai reiškiniai.

Termoelektriniais reiškiniais vadinami tokie reiškiniai, kurių metu šiluma paverčiama elektros energija ar atvirkščiai [10]. Svarbiausi termoelektriniai reiškiniai yra šie:

- 1) termoelektrovaros (Zėbeko) reiškinys – jei, iš dviejų skirtingų metalų padarytoje uždaroje grandinėje, sąlyčių temperatūros skirtingos, grandinėje teka elektros srovė;
- 2) Peltje (J. Ch. A. Peltier) efektas – šilumos išskyrimas arba sugėrimas dviejų skirtingų medžiagų kontakte, kai juo teka elektros srovė;
- 3) Tomsono (W. Thomson) efektas – šilumos išskyrimas arba sugėrimas vienalytėje medžiagoje, kurioje teka elektros srovė ir yra temperatūros gradientas. Termoelektrovaros reiškinio, atrasto T. Zėbeko (T. J. Seebeck) 1821 m., esmė ta, kad elektrinėje grandinėje, sudarytoje iš nuosekliai sujungtų skirtingų medžiagų, atsiranda elektrovara (termoelektrovara), jeigu medžiagų kontaktai yra skirtingoje temperatūroje. Kai tokia grandinė sudaryta iš dviejų skirtingų medžiagų, ji vadinama *termoelementu*.

1834 m. Ž. Peltje aptiko reiškinį, kuris vėliau pavadintas Peltje efektu, ir, žinant dabar jo esmę, jį dar galima būtų vadinti atvirkštiniu Zėbeko aptiktam termoelektriniam reiškiniui. Tai į vieną metalinio termoelemento šaką įjungtas elektros srovės šaltinis. Kai laidininkais teka elektros srovė, išsiskiria tam tikras šilumos kiekis ir dėl to laidininkai kaista. Išsiskiriantis šilumos kiekis proporcingas laidininkų varžai, jais tekančios srovės stiprio kvadratui ir laikui. Šią šilumą vadiname Džaulio šiluma. Tačiau mūsų grandinė yra sudaryta iš dviejų skirtingų laidininkų, tarp kurių yra dvi sujungimo vietos. Štai jos ir elgiasi visai ne taip, kaip visas laidininkas. Žinoma, jose, esant tam tikrai varžai, irgi išsiskiria Džaulio šiluma, tačiau ją nustelbia kiti šiose srityse vykstantys reiškiniai. Tai yra, viena sujungimo vieta vėsta, o antroji kaista, ir daugiau negu reikėtų tikėtis iš ten išsiskiriančios Džaulio šilumos. Buvo pastebėta, kad, pakeitus termoelemente srovės kryptį, sujungimo vietos pasikeisdavo vaidmenimis – ta, kuri anksčiau kaisdavo, pradėdavo vėsti, o kita – atvirkščiai. Šilumos kiekis Q_{II} , sugeriamas šalančiame arba išsiskiriantis kaistančiame termoelemento gale ir vadinamas *Peltje šiluma*, ir yra proporcingas pratekėjusiam krūviui (srovės stipriui ir laikui), o proporcingumo koeficientas II , vadinamas *Peltje koeficientu* [2].

2010 m. fizikos puslaidininkių institute buvo išrastas itin mažų matmenų magnetinis jutiklis – manganitas. Šiais laikais, kai jau atrodytų, kad yra plačiausias įvairiausių prietaisų pasirinkimas, nutiko taip, kad norint ištirti šio jutiklio galimybes, nebuvo tinkamų matmenų termostato. Pagrindinė problema, kad buvo reikalinga ištirti magnetinį jutiklį stipriame nuolatiniam magnetiniame lauke. Toks magnetinis laukas galėjo būti sukuriamas tarp stipraus nuolatinio magnetinio lauko elektromagneto polių, tarp kurių buvo tik 3 cm erdvė. Todėl 2011 m. buvo specialiai sukonstruotas termostatas ir *LabVIEW* programoje sukurtas algoritmas jo valdymui. Todėl toliau reikalinga ištirti termostato su Peltje elementu termodinaminius procesus, kad po to būtų galima tirti magnetinių jutiklių LUC priklausomybes nuo temperatūros, magnetinio lauko ir laiko.

1. Užduoties ir tikslo formuluotė

Pagrindinis baigiamojo magistrinio darbo tikslas yra sukurti termostatą su Peltje elementu, pritaikytą bandiniams tirti nuolatiniam magnetiniame lauke.

Baigiamojo magistrinio darbo užduotys:

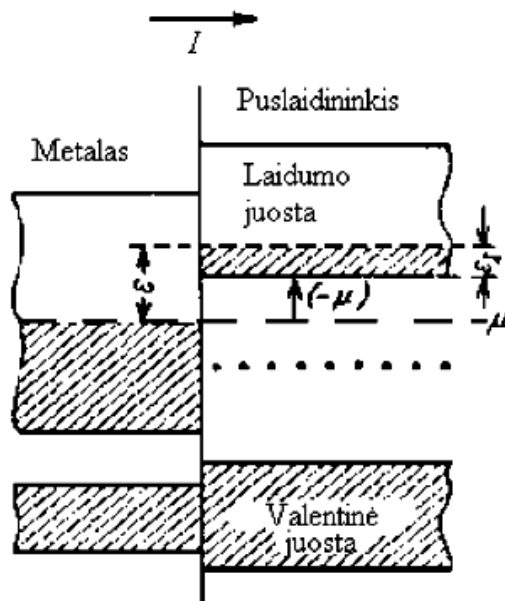
1. Ištirti termostato sukūrimo galimybes naudojant Peltje elementą. Tuo tikslu apžvelgti tokių elementų konstrukcijas ir charakteristikas;
2. Sukurti termostatą pritaikytą magnetinių laukų jutiklių charakteristikų tyrimams. Ištirti termostato konstrukcijos įtaką temperatūros stabilizavimui bei pasiekiamų temperatūrų diapazonui;
3. Naudojant *LabVIEW* kompiuterinę programą ištirti PID koeficientų įtaką temperatūros stabilizavimui;
4. Pritaikyti sukurtą termostatą magnetinio lauko jutiklių, pagamintų iš polikristalinių manganitų sluoksnių, tyrimams skirtingose temperatūrose.

2. Analitinė dalis

2.1. Peltje efektas, Peltje elementų panaudojimas ir palyginimas

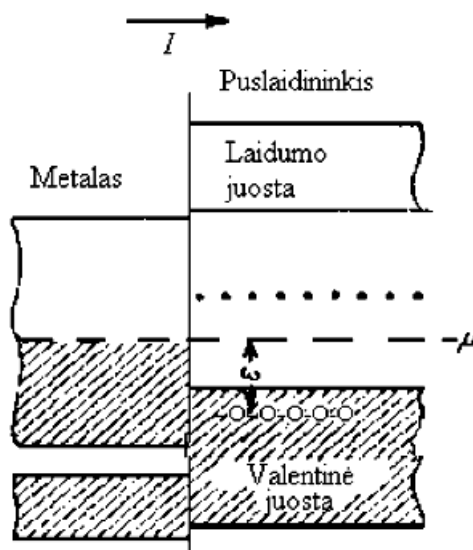
2.1.1. Peltje efektas

Peltje efektas atsiranda, nes kontakte esančių medžiagų laisvųjų elektronų vidutinė energija skirtinga, nors elektrocheminis potencialas vienodas. Tai puikiai matosi n tipo puslaidininkio ir metalo kontakte (žr. 2.1.1. pav.).



2.1.1. pav. Metalo ir n tipo puslaidininkio
kontakto energetinių lygmenų schema [2]

Tarkim, kad elektros srovės kryptis tokia, kad elektronai pereina iš puslaidininkio į metalą (srovės kryptis priešinga elektronų judėjimo kryptčiai). ε – energija, išsiskirianti kaip šiluma pereinant vienam elektronui iš puslaidininkio į metalą. Taškais pažymėti priemaišiniai lygmenys.

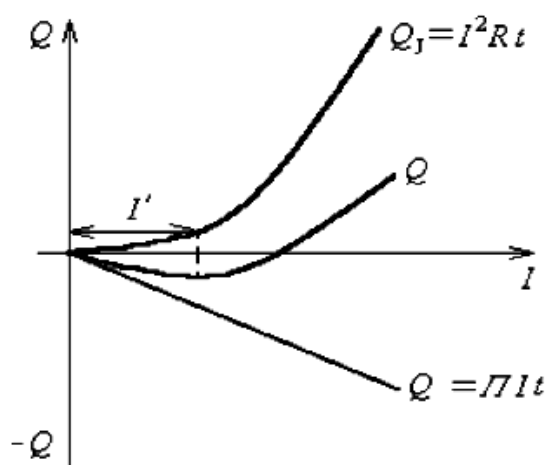


2.1.2. pav Metalo ir p tipo puslaidininkio kontakto
energetinių lygmenų schema [2]

Tuščiaviduriais rutuliukais parodytas vienas iš skylutėmis užimtų lygmenų (žr. 2.1.2. pav.). Jei elektronai, esantys priemaišiniuose lygmenyse, galėtų tiksliai taip pat judėti veikiami elektrinio lauko, kaip laidumo juostos elektronai, tai vidutinė laisvųjų elektronų energija puslaidininkyje sutaptų su Fermi lygmens energija metalė. Tokiu atveju elektronų perėjimas į metalą nepažeistų šiluminės pusiausvyros, bet priemaišinių lygmenų elektronai nejudrūs, o laisvųjų elektronų laidumo juostoje energija žymiai didesnė už energiją cheminio potencialo lygmenyje. Pereidami į metalą, šie elektronai nusileidžia iki Fermi lygmens, atiduodami energiją metalo atomams smūgių metu. Tokiu būdu išsiskirianti šiluma ir yra *Peltje šiluma*.

Elektronai pereina į šiluminę pusiausvyrą po kelių dešimčių susidūrimų arti kontakto, tad ir visa Peltje šiluma išsiskiria beveik pačiame kontakte. Kai elektros srovės kryptis priešinga, procesas vyksta priešinga kryptimi. Į puslaidininkį iš metalo gali pereiti elektronai iš energetinių lygmenų, esančių aukščiau laidumo juostos dugno, tai yra daug aukščiau Fermi lygmens. Šiluminė pusiausvyra metalė tuo metu pažeidžiama ir atsistato dėka gardelės šiluminių svyravimų energijos. Tokiu būdu sugerama Peltje šiluma. Sugeriamą ar išsiskiriantį Peltje šilumos kiekį galime rasti pagal. Tarkime turime *p* tipo puslaidininkio ir metalo kontaktą (žr. 2.1.2. pav.). Tegul elektros srovės kryptis būna iš metalo į puslaidininkį (srovės kryptis atitinka skylių judėjimo kryptį). Elektrinis laukas tolins nuo kontakto pagrindinius krūvininkus: metalė – elektronus, puslaidininkyje – skylutes. Kad kontaktu tekėtų elektros srovė, elektronai iš puslaidininkio valentinės juostos turi pereiti į metalą. Tokiu būdu elektros srovę per kontaktą sudaro negausūs šalutiniai krūvininkai.

Metalo Fermi lygmens energija didesnė negu puslaidininkio elektronų energija valentinėje juostoje ir toks perėjimas pažeidžia šiluminę pusiausvyrą, kuri atsistato dėl gardelės svyravimų. Tai yra kristalinė gardelė atiduoda dalį savo energijos elektronų ir skylių poroms sukurti. Atsiradusios krūvininkų poros elektrinio lauko yra atskiriamos ir nustumiamos tolyn nuo kontakto ir pastarasis šąla. Pakeitus elektros srovės kryptį kontakte (iš p tipo puslaidininkio į metalą), elektronai metale ir skylutės puslaidininkyje judės link kontakto ir susitiksios rekombinuos. Rekombinacijos metu išsiskyrusi energija kaitins kontaktą. Kaip jau minėjome tame pačiame kontakte išsiskiria arba sugerama Peltje šiluma ir išsiskiria Džaulio – Lenco šiluma. Priklausomai nuo šių šilumų santykio šaltajame gale bendras šilumos kiekis gali būti sugeriamas (Peltje šiluma didesnė už Džaulio – Lenco šilumą) arba išskiriamas (Džaulio – Lenco šiluma didesnė už Peltje šilumą). Taip yra nesiskirtinga šilumos kiekių priklausomybė nuo srovės stiprio (žr. 2.1.3. pav.). Džaulio – Lenco šiluma proporcinga srovės stiprio kvadratui, o Peltje šiluma tik srovės stipriui.



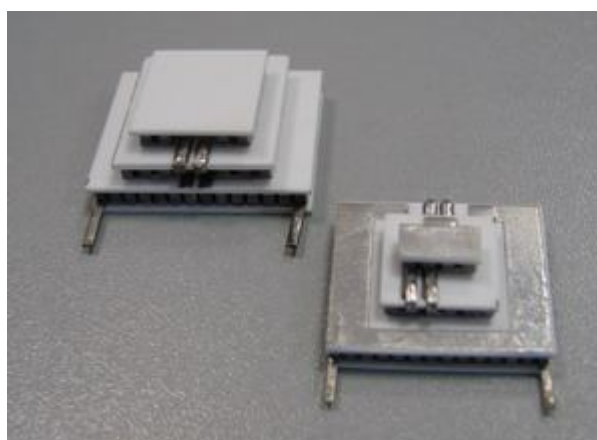
2.1.2. pav. Peltje šilumos $Q\Pi$, Džaulio – Lenco šilumos QJ ir bendro šilumos kiekio Q priklausomybė nuo srovės stiprio šaldomame termoelemento kontakte [2]

2.1.3. Peltje elementų panaudojimas, jų parametrai

Peltje elementai naudojami, kai reikalingas šaldymas su nedideliu temperatūrų skirtumu, arba kai šaldymo įrenginio energetinis efektyvumas nesvarbus. Šie elementai naudojami per amplifikatoriuose, mažuose automobiliniuose šaldytuvuose, kadangi kompresorių panaudojimas tokiu atveju neįmanomas dėl konstrukcijos dydžio, be to šaldymui reikalingas galingumas nedidelis.

Peltje elementai taip pat naudojami skaitmeninėse fotokameros. Dėl to pasiekiamas pastebimas šiluminio triukšmo sumažėjimas esant užtęstoms ekspozicijoms (pavyzdžiui

fotografijoje). Peltje elementai dar naudojami infraraudonųjų spindulių imtuvų jutiklių aušinimui, diodinių lazerių temperatūros kontrolei, siekiant stabilizuoti bangos ilgio spinduliavimą. Prietaisuose, esant mažai šaldymo galiai, Peltje elementai dažnai naudojami kaip antra ar trečia šaldymo pakopa. Toks sprendimas leidžia pasiekti žemesnias 30-40K temperatūras, nei naudojant įprastus kompresorinius šaldymo įrenginius. Elementai bendru požiūriu skirti įvairių objektų greitam šaldymui-šildymui. Ypač patogus, jeigu termiškai reikia paveikti nedidelę zoną. Galimos naudojimo sritys : Laboratorijose, kur reikalingos tikslios temperatūros, arba kelios skirtingos temperatūros vienu metu atviroje erdvėje, pvz. cheminių reakcijų valdymui, klijų stingimo temperatūros nustatymui ir pan.; Patikimumo bandymuose, atliekant ilgalaikius temperatūros ciklus; Sporte raumenų reabilitacijai šildant-šaldant [4]. Medicinoje greitam audinių užšaldymui-atšildymui [11]. Šildymo ir šaldymo poveikis plačiai naudojamas reabilitacijai. Įrodyta, kad gydymas šildymo priemonėmis padidina audinio tįsumą, elastingumą, sumažina sąnarių sustingimą, mažina skausmą, raumenų spazmus, pagreitina kraujo tekėjimą [13]. Peltje elementai plačiai naudojami ir kompiuterių technikoje, kurių paskirtis vėsinti kaistančius elementus. Apskritai aušintuvai būna pasyvūs ir aktyvūs. Pasyvus aušintuvas- įprastinis radiatorius. Tokie aušintuvai nenaudoja elektros, neskleidžia triukšmo, yra patys pigiausi. Naudojami aušinti video kortas, sisteminę logiką. Aktyvus aušintuvas- šiuo klausimu nuomonės skiriasi. Vieni teigia kad aktyvus aušintuvas- tai radiatorius su ant jo sumontuotu ventiliatoriumi. Kiti teigia, jog aktyvūs- tai tokie aušintuvai, kurie skleidžia šaltį (pvz.: Peltje elementas). Peltje aušintuvai pagal šaldymo parametrus lenkia visus žinomus "orinius" ir vandeninius aušintuvus, tačiau turi trūkumų tokių kaip vartojamos energijos kiekis, vandens kondensacija [5]. Žemiau pateikiama dalis modulių iš visos Peltje elementų įvairovės (žr. 2.1.3.1. pav. – 2.1.3.6. pav.):



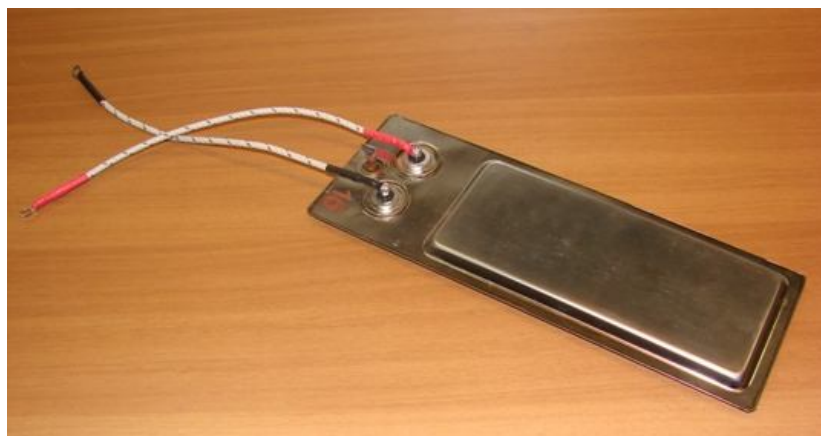
2.1.3.1. pav. Daugiapakopis modulis [5]



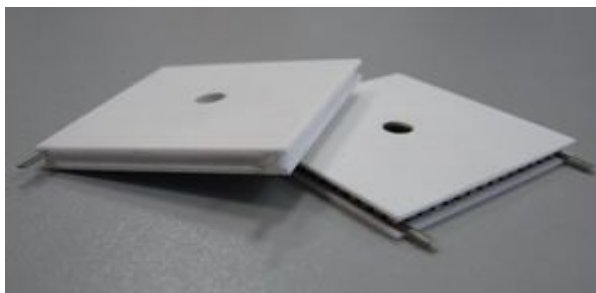
2.1.3.2. pav. Termoelektriniai radioelektronikos moduliai [5]



2.1.3.3. pav. Buitinių šaldymo įrenginių modulis [5]



2.1.3.4. pav. Termoelektrinis generatorinis modulis [5]



2.1.3.5. pav. Stačiakampis modulis su skyde. [5]



2.1.3.6. pav. Apvalus modulis [5]

Pagrindinės termoelektrinių, pramonės reikmėms skirtų, modulių panaudojimo sritys: puslaidininkių ir integrinių schemų gamyba, lazerinė technika, medicininė technika, transportas, maisto pramonė, specialioji technika. Termoelektriniams moduliams, skirtiems pramonei keliama paaugštinti reikalavimai patikimumui, gamybos tikslumui ir eksploatacinėms charakteristikoms. Specialiai yra gaminami TEM (su indeksu C), kurie skirti tokiam darbui, kai temperatūros turi greitai periodiškai keistis (iki dešimčių tūkstančių ciklų) vienoje arba abejose elemento pusėse plačiame temperatūrų diapazone (keleto dešimčių laipsnių).

Daugiapakopiai moduliai naudojami stipraus aušinimo sistemose, šaldytuvuose su dideliu temperatūrų skirtumu, mokslinėse, tyrimų tikslams skirtose aušinimo sistemose, naktinio matymo prietaisuose.

Termoelektriniai radioelektronikos moduliai naudojami kaip mini ir mikro aušintuvai mikroprocesorių termostabilizacijos sistemose, puslaidininkių lazerių sistemose, fotoimtuvų ir kituose temperatūroms jautriuose elektroninių prietaisų mazguose.

Moduliai, skirti buitiniams prietaisams, orientuoti į masinius vartotojus, gaminami dideliais kiekiais, užtikrinantys gerą kokybę esant mažoms kainoms. Naudojami automobiliniuose šaldytuvuose, geriamojo vandens ir tonizuojančių gėrimų šaldytuvuose, minibaruose, minišaldytuvuose kosmetikai.

Generatoriniai moduliai naudojami energijos gavimui esant temperatūrų skirtumui tarp elemento skirtingų pusių.

Pagrindiniai Peltje elementų parametrai:

- 1) $T_{\max}$ - maksimalus galimas temperatūrų skirtumas tarp skirtingų pusių termoelektrinio modulio, parametro matavimo vienetas- kelvinas (K);
- 2) $I_{\max}$ - maksimali srovė, galinti tekėti termoelektriniu moduliu, atitinkanti maksimalaus temperatūrų skirtumo režimui, parametro matavimo vienetas- amperas (A);
- 3) $U_{\max}$ - maksimali įtampa tarp termoelektrinio modulio kontaktų, atitinkanti maksimalaus temperatūrų skirtumo režimui, parametro matavimo vienetas- voltas (V);
- 4) $Q_{\max}$ - termoelektrinio modulio šaldymo galingumas. Nustatomas tekant maksimaliai srovei per termoelektrinį modulį esant nuliniam temperatūrų skirtumui tarp modulio skirtingų pusių, parametro matavimo vienetas- vatas (W);
- 5) R_{ac} - termoelektrinio modulio elektrinė varža, išmatuota esant 1 kHz dažnio kintamajai srovei, parametro matavimo vienetas- varža (Ω) [6].
- 6)

2.1.4. Peltje elementų techninių parametrų palyginimas

Kadangi nagrinėjamu atveju tarp polių yra 30mm atstumas, parinkto Peltje elemento plotis neturi viršyti minėto dydžio. Panagrinėkime galimus Peltje variantus skirtingų gamintojų ir palyginkime parametrus.

Visų pirma kadangi nėra reikalingas labai didelis temperatūrų skirtumas tarp elemento skirtingų pusių, galima naudoti vienos pakopos elementą. Vienas tokių elementų yra Te Technology firmos modelis TE-71-1.0-2.5. Šio modelio parametrai pateikti 5.1 lentelėje.

5.1 lentelė. TE-71-1.0-2.5 modelio techniniai parametrai [7]

	Medžiagos specifikacijos (esant 27 °C darbinės pusės temperatūrai)	Medžiagos specifikacijos (esant 50 °C darbinės pusės temperatūrai)
$U_{\max}$ (V)	8,9	9,9
$I_{\max}$ (A)	1,9	1,9
$Q_{\max}$ (W)	10,2	11,2
$DT_{\max}$ (°C)	70	79
Darbo temperatūra	Nuo -40 °C iki +80 °C	

Peltje elemento TE technology firmos modelio HP-127-1.0-1.3-71 parametrai pateikti 5.2 lentelėje.

5.2 lentelė. HP-127-1.0-1.3-71 modelio techniniai parametrai [8]

	Medžiagos specifikacijos (esant 27 °C darbinės pusės temperatūrai)	Medžiagos specifikacijos (esant 50 °C darbinės pusės temperatūrai)
$U_{\max}$ (V)	16,1	17,9
$I_{\max}$ (A)	3,6	3,6
$Q_{\max}$ (W)	36	39,5
$DT_{\max}$ (°C)	71	80
Darbo temperatūra	Nuo -40 °C iki +80 °C	

Peltje elemento HB corporation firmos modelio TES1-12704 parametrai pateikti 5.3 lentelėje.

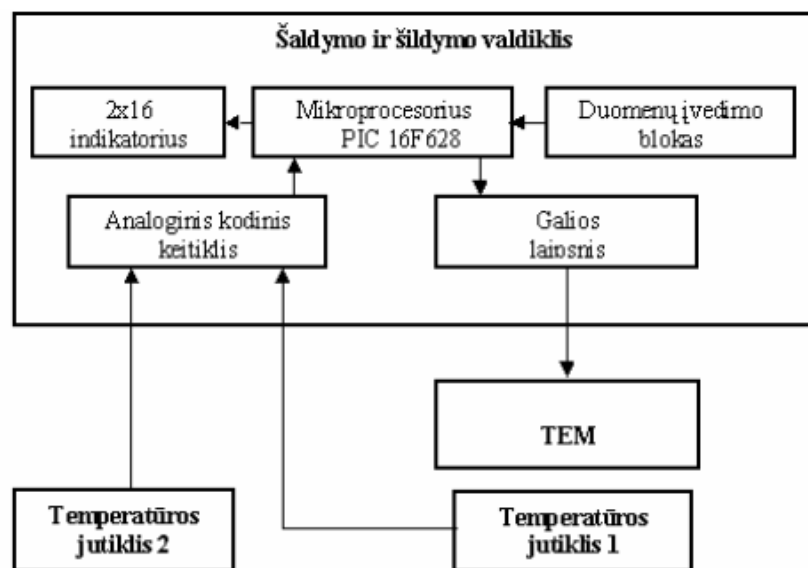
5.3 lentelė. TES1-12704 techniniai parametrai [9]

	Medžiagos specifikacijos (esant 27 °C darbinės pusės temperatūrai)	Medžiagos specifikacijos (esant 50 °C darbinės pusės temperatūrai)
$U_{\max}(\text{V})$	14,0	16,1
$I_{\max}(\text{A})$	3,3	3,3
$Q_{\max}(\text{W})$	34	37
$DT_{\max}(\text{°C})$	66	75
Darbo temperatūra	Nuo -40 °C iki +138 °C	

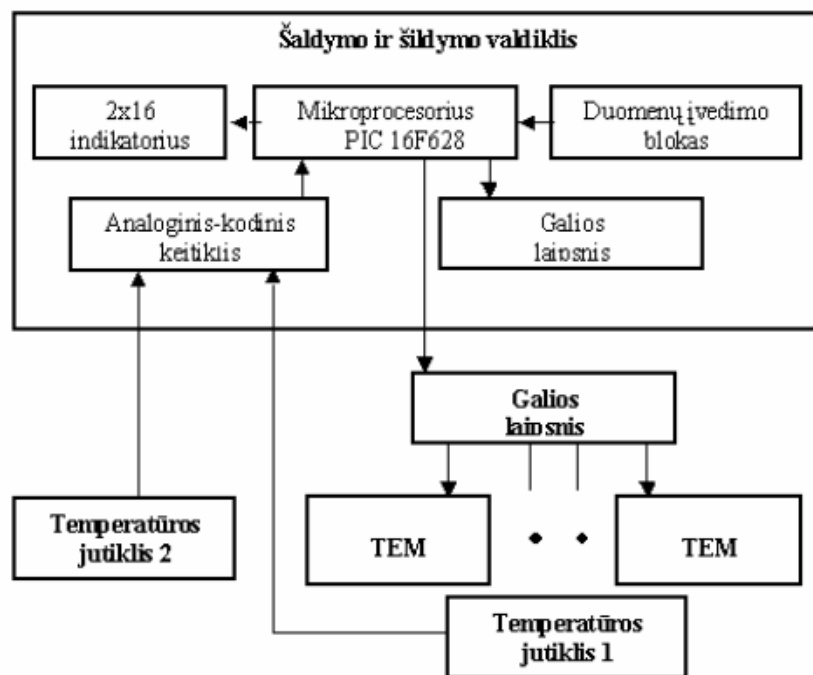
Eksperimentiniuose bandymuose bus naudojamas TES1-12704 Peltje elementas, kadangi jis turi platesnį temperatūros diapozoną.

2.1.5. Peltje elementų temperatūros kontrolė

Norint kontroliuoti šių elementų temperatūrą vienos iš pusių, ar abiejų elemento pusių temperatūrų skirtumo reikšmės, siūlomi naudoti temperatūrų kontrolieriai. Galima įsigyti ir sukomplektuotus kontrolierius, arba tam tikslui naudoti valdiklius ir patiems susikurti valdymo algoritmus. Vienas tokių konstrukcinių sprendinių aptartas [12]. Šiuo atveju Šaldymo ir šildymo valdiklis gali tiesiogiai valdyti vieną TEM (žr. 2.1.5.1. pav.) arba, panaudojus papildomą galios laipsnį, du ir daugiau TEM (žr. 2.1.5.2. pav.). Prietaiso pagrindas – mikroprocesorius 16F628. Jame įrašyta programa atlieka pagrindinę valdymo funkciją, pagal atitinkamus protokolus bendraudama su duomenų įvedimo bloku, 2x16 ženklų indikatoriumi, analoginiu kodiniu keitikliu. Po keleto matematinių skaičiavimų pagal PID (proportional, integral, derivative) funkciją duodamas TEM valdymo signalas. Vieno arba dviejų ir daugiau TEM valdiklis yra tas pats. Tik antru atveju naudojamas išorinis galios laipsnis. Išorinį galios laipsnį sudaro TEM maitinimo šaltinis ir galingi lauko efekto tranzistoriai.



2.1.5.1. pav. Šaldymo ir šildymo valdiklio, valdančio vieną TEM, struktūrinė schema [12].



2.1.5.2. pav. Šaldymo ir šildymo valdiklio, valdančio du ir daugiau TEM, struktūrinė schema [12].

Per duomenų įvedimo bloką įvedamas temperatūros, kurią reikia palaikyti, dydis ir laiko intervalas. Indikatorius rodo įvedamą temperatūrą ir laiką, o vėliau temperatūros palaikymo režimu – TEM ir papildomo temperatūros jutiklių temperatūras bei laiką. Analoginis kodinis keitiklis keičia analoginius temperatūros jutiklių (PT100) signalus į skaitmeninius. Pirmas temperatūros jutiklis prijungtas prie TEM. Esant dviem ir daugiau TEM, tas pats jutiklis jungiamas prie bendros metalinės plokštės, jungiančios vienodas TEM plokštumas. Šio jutiklio pamatuota temperatūra

rodoma indikatoriuje ir naudojama TEM valdymo signalui skaičiuoti. Antras jutiklis naudojamas vartotojo nuožiūra ir jo temperatūra taip pat rodama indikatoriuje. Duomenų įvedimo blokas (rotary encoder) pasukimo apie savo ašį dydį verčia į impulsų skaičių, taip pat leidžia atpažinti sukimą prieš ir pagal laikrodžio rodyklę. Juo į mikroprocesorių įvedama temperatūra, kurią reikia palaikyti, ir laiko intervalas. 2x16 indikatorius yra procesorinis (HD44780) 32 ženklų informacijos išvedimo prietaisas. Galios laipsnyje panaudotas impulso pločio moduliatorius, kuriame TEM valdymo įtampa verčiama į kintamo pločio impulsus, kurie valdo galingą lauko tranzistorių [12].

2.2. Programinė ir valdymo įranga

Tiriamajame darbe buvo matuojami ir analizuojami termodinaminiai procesai, todėl buvo reikalingas automatinis temperatūros valdymas. Tam buvo panaudota *LabVIEW* programa. Taigi toliau bus aprašyta kas yra *LabVIEW* ir kam ji naudojama.

2.2.1. Kas yra *LabVIEW*

LabVIEW (angl. *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) yra programinė terpė, kurioje galima kurti programas grafinėje terpėje; šiuo atžvilgiu ji skiriasi nuo tradicinių programavimo kalbų, kaip C, C++ arba Java, kuriose galima rašyti programas su tekstu. Vis dėlto, *LabVIEW* yra daug daugiau negu kalba. Tai programos sukūrimo ir vykdymo sistema, sukurta žmonėms, tokiems kaip mokslininkai, inžinieriai, kuriems programa yra jų darbo dalis. *LabVIEW* dirba su kompiuteriais, naudojančiais Windows, MacOS, Linux ir Solaris operacines sistemas.

Programa, kurią tradiciniu būdu reikėtų rašyti savaites arba net mėnesius gali būti baigta per kelias valandas, naudojant *LabVIEW*, nes ji yra specialiai sukurta atlikti matavimus, išanalizuoti duomenis ir pristatyti galutinius rezultatus vartotojui. Kadangi *LabVIEW* turi tokią lanksčią vartotojo sąsają ir tokį lengvą programavimo būdą, ji yra ideali simuliacijoms, idėjų pristatymams, bendram programavimui ar net programavimo pagrindų dėstymui.

LabVIEW siūlo daugiau lankstumo, negu standartiniai laboratorijos instrumentai, nes jos bazė yra programinė įranga. Joje galima charakterizuoti prietaisų funkcionalumą. Kompiuteris, prijungiamas įrangą ir *LabVIEW* sudaro visiškai konfigūruojamą virtualų prietaisą, kuris padeda inžinieriams įgyvendinti jų užduotis. Jeigu norima kažką pakeisti, galima tiesiog spragtelėti pelytės klavišą ir virtualaus prietaiso parametrai pasikeis.

LabVIEW turi platų funkcijų ir paprogramų pasirinkimą, kurios padeda daugumoje programavimo uždavinių. Programoje taip pat galima rasti taikomąsias kodų bibliotekas, skirtas

duomenų įsigijimui (DAQ – *Data Acquisition*), bendrosios paskirties sąsajos magistralės (GPIB – *General Purpose Interface Bus*) ir nuosekliųjų instrumentų kontrolę, duomenų analizę, duomenų pristatymą, duomenų saugojimą ir ryšį per internetą. Analizės biblioteka turi savyje daugybę naudingų funkcijų, įskaitant signalų generavimą, signalų apdorojimą, filtrus, langus, statistiką, linijinę algebrą ir masyvų aritmetiką. Dėl grafinio *LabVIEW* pobūdžio jos prigimtis yra prezentacijos.

LabVIEW programos gali būti parašytos Macintosh tipo kompiuteriuose, o pakrautos ir paleistos kompiuteriuose, naudojančiuose Windows operacinę sistemą. Galima surasti *LabVIEW* taikomasias programas, padidinančias našumą daugelyje pramoninių šakų: biologijos, žemės ūkio, psichologijos, chemijos, fizikos ir daugelio kitų [14].

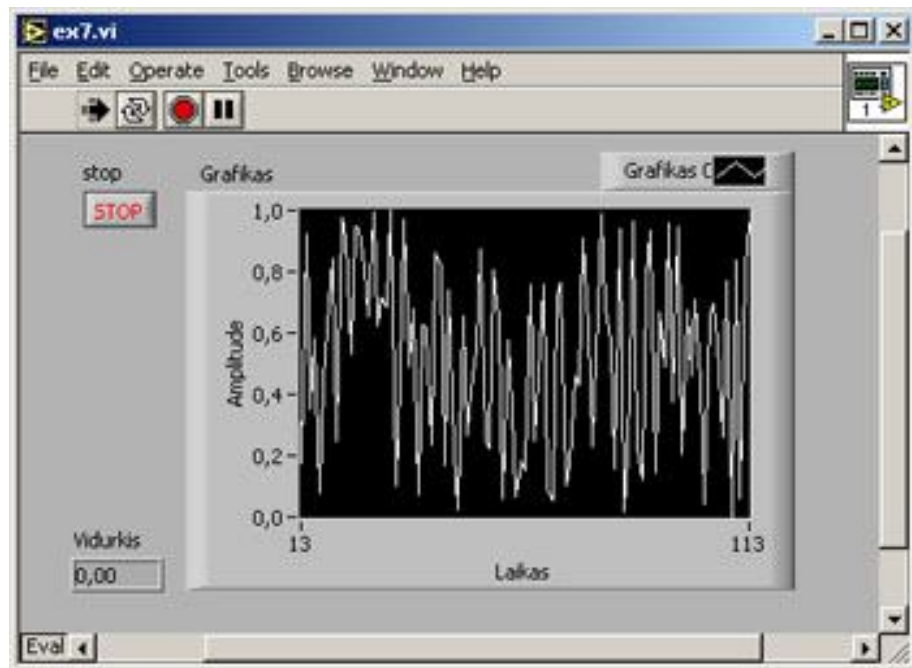
2.2.2. Duomenų srautas ir grafinė programavimo kalba

LabVIEW programinės terpės vystimasis skiriasi nuo komercinės C arba Java terpių vystimosi pagal vieną esminį dalyką. Kadangi kitų programavimo kalbų pagrindas yra kalbos, kurios remiasi tekstinėmis linijomis, kad sukurtų kodų eilutes, *LabVIEW* naudoja grafinę programavimo kalbą, kad sukurtų programas vaizdiniu pavidalu – blokinė diagrama, atmetant sintaksines smulkmenas. Tokiu būdu galima susikonscentruoti į duomenų srautą taikomojoje programoje.

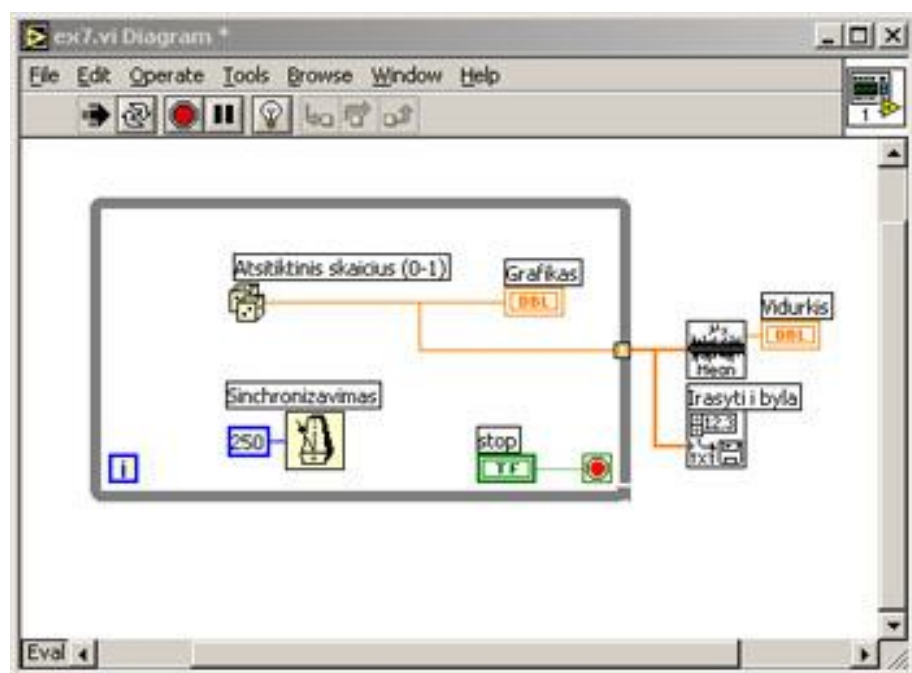
LabVIEW naudoja terminologiją, piktogramas ir idėjas, gerai žinomas mokslininkams ir inžinieriams. Ji verčiau pasikliauja grafiniais simboliais nei tekstine kalba, pavaizduojant programos veiksmus. Duomenų srauto principą, kuriame funkcijos yra vykdomos tik po reikalingų duomenų gavimo, valdo tiesaus vykdymo metodus. Galima išmokti dirbti su *LabVIEW* net ir nemokant programuoti, bet programavimo pagrindų žinios gali palengvinti darbą [14].

2.2.3. *LabVIEW* programa

LabVIEW programos yra vadinamos virtualiais prietaisais (VP) todėl, kad jų išvaizda ir veikimas imituoja tikruosius prietaisus. Vis dėlto, jos yra analogiškos pagrindinėms programoms, funkcijoms ir paprogramėms, gerai žinomoms programavimo kalboms, kaip C arba Basic. Ateityje bus kalbama apie *LabVIEW* programas kaip apie virtualiuosius prietaisus (VP).



2.2.3.1. pav. Vartotojo sąsaja [14]



2.2.3.2. pav. Grafinis kodas [14]

Virtualusis prietaisas susideda iš 3 pagrindinių dalių:

- Priekinio plano skydelis (*Front Panel*) yra su VP sąveikaujanti vartotojo sąsaja. Taip pavadintas jis yra dėlto, kad skydelis simuliuoja tikro prietaiso vartotojo sąsają. Priekinio plano skydelis gali turėti rankenas, mygtukus, grafikus ir įvairiausias kitas valdymo

priemonės (programos įvestis) bei indikatorius (programos išvestis). Vartotojas įveda duomenis pelyte bei klaviatūra, o rezultatus mato ekrane.

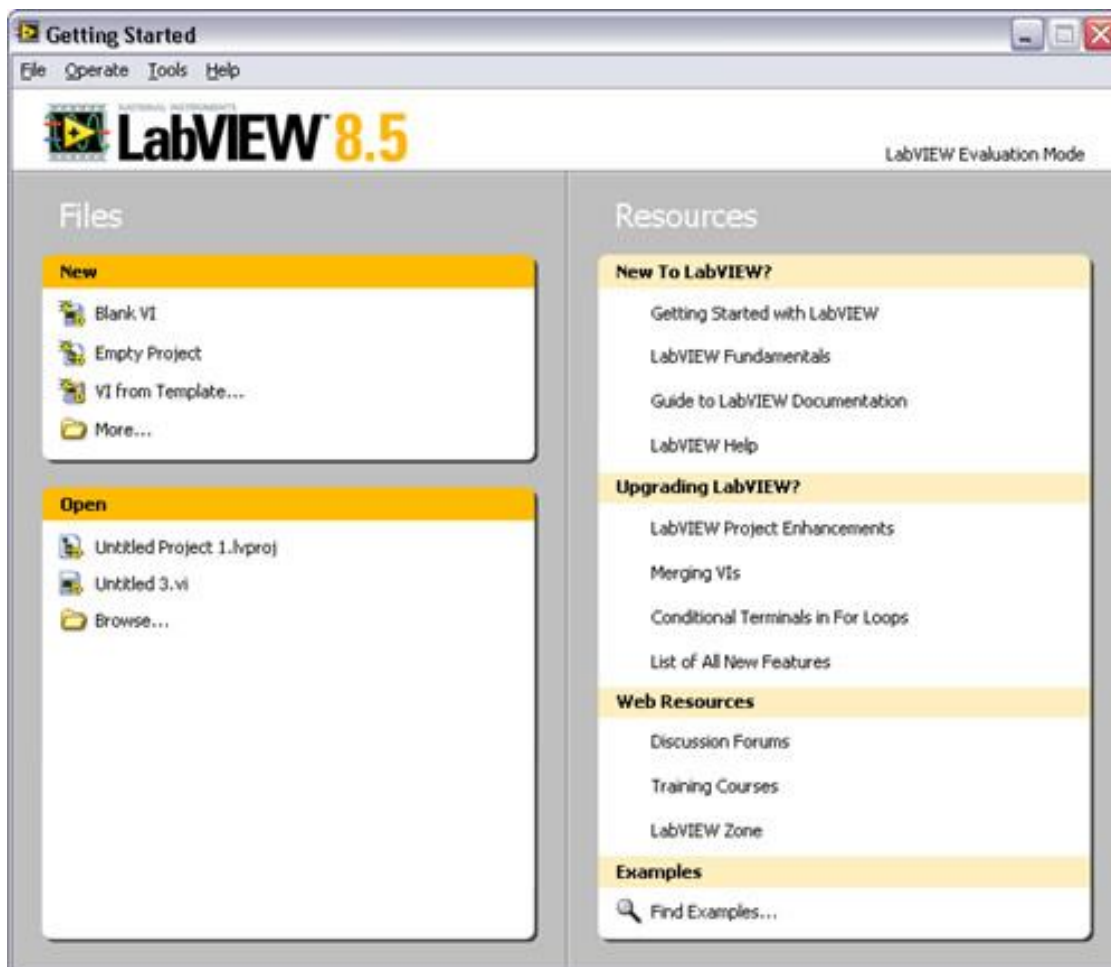
- Blokinė diagrama (*Block Diagram*) yra virtualaus prietaiso pirminis kodas, sudarytas *LabVIEW* grafinėje programavimo terpėje. Blokinė diagrama yra tikroji vykdomoji programa. Blokinės diagramos komponentai yra žemesnio lygio virtualieji prietaisai su standartinėmis funkcijomis, konstantomis ir programos vykdymo valdymo struktūromis. Laidai braižomi tam, kad būtų sujungti atitinkami objektai tarpusavyje, taip nurodant duomenų srautą tarp jų.
- Norint naudoti VP kaip paprogramę kito VP blokinėje diagramoje, privaloma turėti piktogramą ir jungtį. Virtualusis prietaisas, kuris yra naudojamas kitame VP, yra vadinamas žemesnio lygio virtualiuoju prietaisu (*subVI*), ir yra paprogramės atitikmuo. Piktograma yra VP grafinė reprezentacija, kuri yra naudojama kito VP blokinėje diagramoje, kaip objektas. VP jungtis yra, mechanizmas naudojamas perkelti duomenis į VP iš kitų blokinių diagramų, kada VP yra naudojamas kaip žemesnio lygio virtualusis prietaisas. Kitaip sakant jungtis pavaizduoja įvestį/išvestį (*I/O*).

VP būna hierarchiniai ir moduliniai. Juos galima naudoti, kaip aukšto lygio programas ir paprogrames. Su tokia architektūra *LabVIEW* prisideda prie modulinio programavimo idėjos. Iš pradžių, programa suskirstoma į paprastas užduotis. Po to, sukuriama VP kiekvienos užduoties įvykdymui ir tada suderinamos VP blokinėje diagramoje pagrindinės užduoties įvykdymui. Modulinis programavimas yra didelis privalumas, nes galima dirbti su kiekvienu VP atskirai, kas palengvina programos derinimą [14].

2.2.4. *LabVIEW* programavimo terpė.

Bandomosios programos sukūrimas: sužadinama *LabVIEW*, per *Start* meniu pasirinkus kreipinį (*shortcut*).

Aktyvavimo lange pasirinkus *Evaluate* ir kiek palaukus, atsiveria pradžios langas.



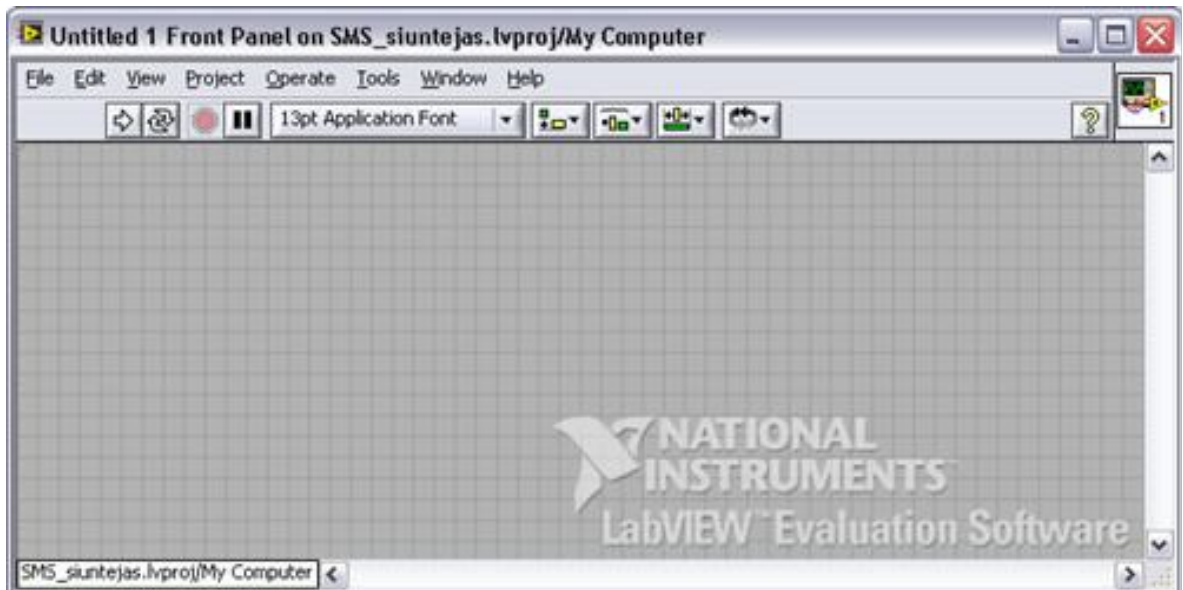
2.2.3. pav. Pradžios langas [14]

Jo kairėje randamos nuorodos projektų virtualiems prietaisams valdyti, dešinėje – nuorodos į pagalbos skyrių, patarimus, virtualių instrumentų pavyzdžius. Juos tikrai verta panagrinėti.

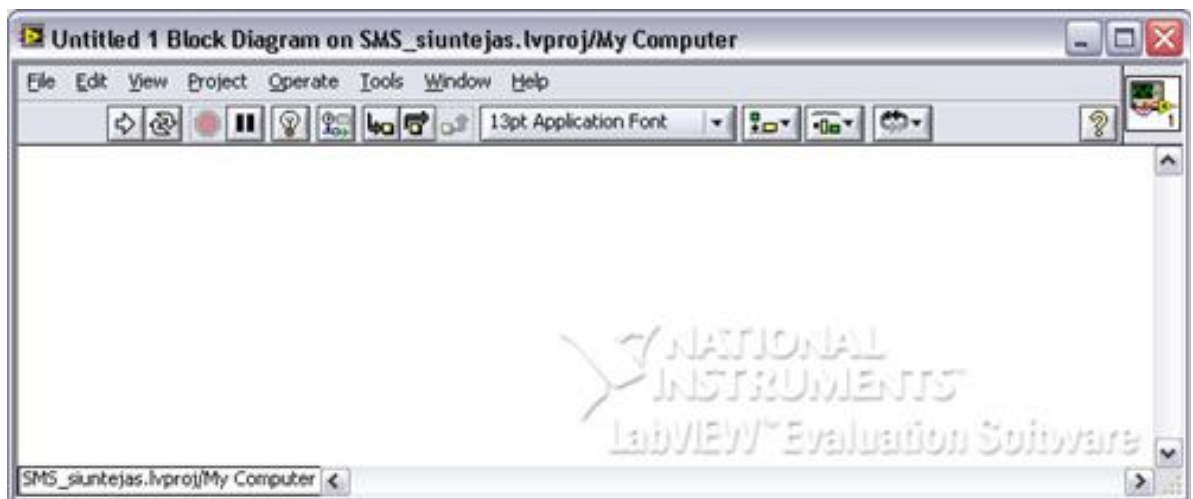
Programavimas prasideda nuo projekto sukūrimo. Tam pasirinkus *Empty Project* skyrių. Atsivers projekto valdymo langas.

Jame yra visi projektui priklausantys failai: programos kodas, sukompiliuotos programos ir kt. Projektas įrašomas pasirinkus pagrindinio meniu punktą *File – Save Project*. Patartina visą projektą saugoti atskirame kataloge, mat jį sudarys keletas failų. Pagrindinio meniu skyriuje *Project – Properties* įvedamas šio projekto aprašymas.

Dabar galima pradėti kurti programą – virtualųjį prietaisą (instrumentą) – VI. Pasirinkus pagrindinio meniu punktą *File – New VI*. Atsivers du nauji langai – *Block diagram* ir *Front panel*.



2.2.4. pav. Front panel langas [14]



2.2.5. pav. Block diagram langas [14]

Block diagram lange „rašomas“ programos kodas – dėliojami funkciniai blokeliai ir jungiami laidais. *Front panel* lange dėliojami grafiniai vartotojo sąsajos komponentai: mygtukai, įvesties, išvesties laukai.

Virtualiojo prietaiso programą jau galima vykdyti bet kuriame lange pasirinkus meniu punktą *Operate* – *Run* arba paspaudus mygtuką su rodykle įrankių juostoje. Kadangi instrumentas dar nieko nedaro, jo „vykdymas“ iš karto baigiamas.

Veiksmai – tai blokeliai, atliekantys tam tikras funkcijas, pavyzdžiui, suma, loginis, teksto eilučių sujungimas. Juos galima rasti funkcijų paletėje (įrankinėje). *LabVIEW* turi tris paletes:

funkcinių blokelių (*Functions palette*), grafinių komponentų (*Controls palette*), įrankių (*Tools palette*). Jis galima parodyti (paslėpti) per meniu skyrių *View : Controls palette, Functions palette, Tools palette*.

Funkcinių blokų ir grafinių komponentų paletėse visi komponentai suskirstyti į kategorijas. Kai kurie jų priklauso kelioms kategorijoms.

Funkciniai blokai turi duomenų įvedimo (kairėje) ir išvedimo (dešinėje) mazgus, prie kurių jungiami duomenų laidai (*wires*). Mazgai matomi nukreipus į bloką pelės žymeklį. Kol blokas laidais negaus visų duomenų iš kitų blokų, tol jo funkcija nebus įvykdyta – tai ir yra pagrindinis srautinių duomenų programavimo principas. Išsamesnį funkcinių blokų aprašymą galima pamatyti atvėrus *Context Help* langą. Jis atveriamas (paslepiamas) pasirinkus meniu punktą *Help – Show Context Help*.

Pirmiausia sukurama virtualiojo prietaiso grafinė vartotojo sąsaja. Joje bus indikatorius, kuris, įjungus instrumentą, įsijungs (pakeis spalvą į šviesiai žalią). Tam į *Front panel* langą iš grafinių komponentų paletės nuvelkamas *Round LED* indikatorius, esantis *Express – LEDs* kategorijoje. Pele ir įrankių paletė galima keisti šio indikatoriaus išvaizdą, jį įjungti, išjungti.

Block Panel lange (jis atveriamas pasirinkus meniu punktą *Window – Show Block Panel*) galima programuoti virtualiojo prietaiso operacijas. Blokinėje diagramoje jau yra indikatoriaus funkcinis blokelis. Kadangi tai indikatorius, jis turi tik duomenų įvedimo mazgą. Šių duomenų tipas – *boolean*. Indikatorius įjungiamas perdavus jam konstantą *True*. Tam skirtas *True Constant* blokas, esantis *Express – Arithmetic & Comparison – Express Boolean* kategorijoje. Abiejų funkcinių blokelių mazgai sujungiami laidu. Virtualiojo prietaiso programos vykdymo metu indikatorius pakeis reikšmę į *True*.

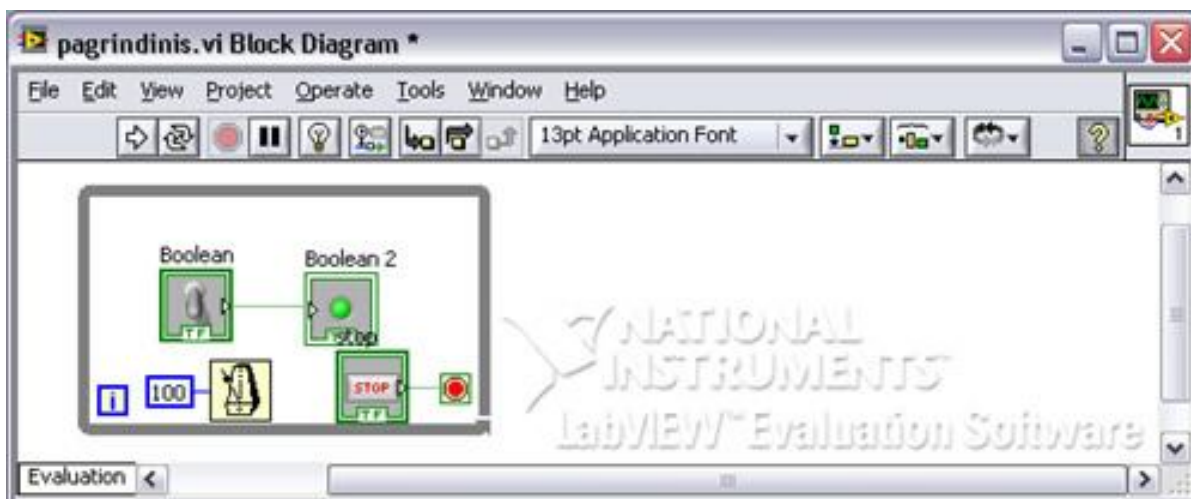


2.2.6. pav. Virtualiojo instrumento blokinė diagrama [14]

Virtualiojo prietaiso programa įvykdo nurodytas operacijas ir baigia darbą. Pakeitus konstantą jungikliu *Toggle Switch* iš *Express – Buttons* – jis pridedamas *Front Panel* lange.

Dabar indikatoriaus reikšmę galima nustatyti patiems, prieš pradedant vykdyti virtualiojo instrumento programą. Tam, kad jos vykdymas nesibaigtų, blokinė diagrama papildoma **While** ciklu – juo apibrėžiami jau esantys funkciniai blokeliai. Ciklo funkcinis blokas randamas *Programming – Structures* kategorijoje. *While* ciklas vykdo jo viduje esančias komandas tol, kol tenkinama tam tikra sąlyga, pavyzdžiui, paspaudžiamas tam skirtas mygtukas. Šis mygtukas sukuriamas ties *Loop Condition* bloku, esančiu ciklo viduje, paspaudus dešinįjį pelės mygtuką ir pasirinkus kontekstinio meniu punktą *Create Indicator*. Taigi dabar virtualusis prietaisas veiks tol, kol bus nuspausintas mygtukas *Stop*.

Vos pasibaigus vienai *While* ciklo iteracijai, tuojau prasideda kita. Virtualusis prietaisas, „siekdamas“ kuo greičiau veikti, išnaudoja visus laisvus kompiuterio pagrindinio procesoriaus išteklius. Taigi virtualųjį prietaisą reikia palėtinti. Tam naudojamas *Wait Until Next ms Multiple* funkcinis blokelis iš *Programming – Timings* kategorijos. Jis pristabdo programą tiek, kiek nurodyta milisekundžių, pavyzdžiui, 100. Pauzės trukmė nurodoma konstantoje. Ji sukuriamą taip pat kaip ir *Stop* mygtukas.



2.2.7. pav. Virtualiojo instrumento blokinė diagrama [14]

Sukūrus bandomąją programą, reikia nepamiršti jos įrašyti (*File – Save*). Pasirinkus *Front Panel* lango pagrindinio meniu punktą *File – VI properties* galima keisti daugelį sukurto virtualiojo instrumento savybių, iš kurių keletas svarbesnių: parengti piktogramą, įvesti dokumentaciją, apsaugoti instrumentą slaptažodžiu, pakeisti langų stilių (to reikės kompiliuojant virtualųjį instrumentą) [14].

3. Tiriamoji dalis

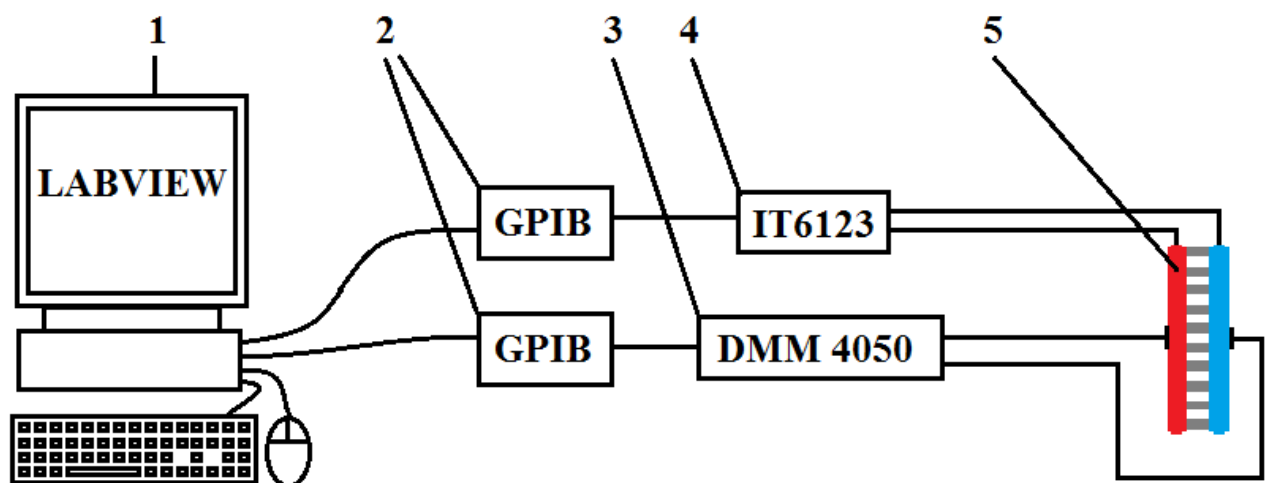
Pagrindinis šio magistrinio darbo tikslas yra ištirti ir išanalizuoti Peltje elemento termodinaminius procesus, termostato sukurto Peltje elemento pagrindu termodinaminius procesus, PID koeficientų įtaką termostatui ir magnetinio lauko jutiklio LUC74 savybes.

3.1. Peltje elemento tyrimas

Pagrindinis šio tyrimo tikslas yra surasti Peltje elemento pasiekiamų temperatūrų ribinius taškus be priverstinio šilumos nuvedimo ir su priverstiniu šilumos nuvedimu. Atliekamų eksperimentų metu bus naudojama:

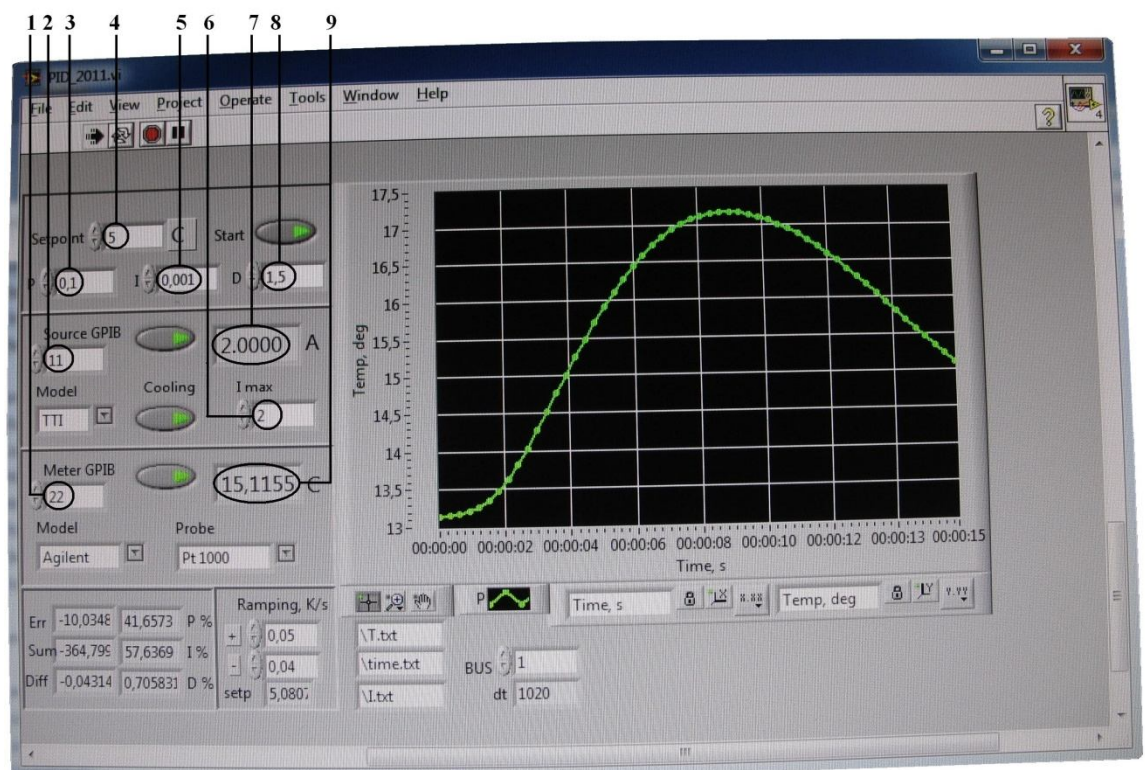
1. Temperatūros jutikliai PT100 ir PT1000 – temperatūrai jautrios varžos (termistoriai). Jutiklio nominali varža yra 100 Ω ir 1000 Ω , o tikslumas $\pm 0,3$ $^{\circ}\text{C}$ esant 0 $^{\circ}\text{C}$ temperatūrai pagal EN60751 B standartą.
2. Stipraus nuolatinio magnetinio lauko magnetas sukuriantis magnetinį lauką iki 2,5 T.
3. Maitinimo šaltinis IT6123 – maitinti Peltje elementui.
4. Multimetras DMM 4050 – nuskaityti temperatūros jutiklių duomenims.
5. Peltje elementas TES1-12704. Pagrindiniai jo parametrai:
matmenys 30x30x3,8 mm.
vardinė įtampa: 14,6 V.
vardinė srovė: 4,3 A.
6. Termo pasta, kad būtų sudaromas maksimalus kontaktinis plotas tarp Peltje elemento ir metalinės plokštelės.
7. Speciali metalinė plokštelė su išpjautais grioveliais temperatūros ir magnetinio lauko jutikliams patalpinti.
8. GPIB konverteriai 2 vnt, skirti nuskaityti ir persiųsti multimetrom gautus duomenis į kompiuterį.
9. *LabVIEW* programinis paketas su parašytais dviem programomis eksperimentiniams tyrimams atlikti.

Visi išvardinti elementai atvaizduoti principinėje blokinėje eksperimentinių tyrimų schemoje (žr. 3.2.1. pav.).



3.2.1. pav. Principinė blokinė eksperimentinių tyrimų schema

1. Kompiuteris ir programa *LabVIEW*;
2. GPIB konverteriai;
3. Multimetras DMM 4050;
4. Maitinimo šaltinis IT6123;
5. Peltje elementas.



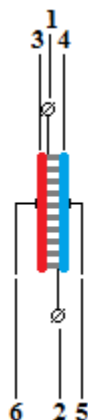
3.2.1. *LabVIEW* programa Peltje elemento valdymui

Prieš pradėdant eksperimentus, buvo įjungta LabVIEW programa Peltje elemento valdymui. Atsidariusiame lange (žr. 3.2.1. pav.), pirmiausia buvo pasirenkamas GPIB konverterio numeris, po to prie konverterio prijungtų prietaisų numeriai. Šiuo atveju, prietaisui, kuris keitė srovę per Peltje elementą, buvo suteiktas numeris 11, o multimetrai, kuris matavo termometro signalą, buvo suteiktas numeris 22. Multimetras buvo užprogramuotas taip, kad išėjimo signalas buvo perskaičiuojamas į laipsnius Celsijaus. Duomenų nuskaitymas buvo atliekamas, kas vieną sekundę. Gauti duomenys buvo atvaizduojami grafiko pavidale (dešinėje pusėje, temperatūra nuo laiko). Momentinės temperatūros ir elektros srovės reikšmės buvo atvaizduojamos langeliuose 9 ir 7. PID valdymo parametrai buvo nustatomi langeliuose 3, 5 ir 8. Taip pat buvo galima nustatyti srovės apribojimą (6), matuojamų prietaisų tipą, temperatūros pokyčio greitį bei temperatūros jutiklio tipą.

3.1.1. Peltje elemento šildymas be šilumos nuvedimo

Pagrindinis šio tyrimo tikslas yra rasti Peltje elemento darbinės pusės maksimalią aukščiausią temperatūrą, kuria galima pasiekti šildant darbinę pusę be šilumos nuvedimo nuo kitos pusės. Šis eksperimentas buvo atliekamas tiesiogiai keičiant elektros srovės stiprį iš maitinimo šaltinio. Šio eksperimentinio tyrimo metu buvo nuskaitymi šių parametrų duomenys: įtampa, elektros srovė ir temperatūra.

Prieš pradėdant eksperimentą, buvo pritvirtinti temperatūros jutikliai prie darbinės ir kitos Peltje elemento pusių (žr. 3.1.1.1. pav. ir 3.1.1.2. pav.). Tuomet visi laidai buvo prijungti prie maitinimo šaltinio ir multimetro (žr. 3.1.1.3. pav.).



3.1.1.1. pav. Peltje elemento, su pritvirtintais temperatūros jutikliais, principinė pajungimo schema

1. Maitinimo šaltinio prijungimo gnybtas (+);
2. Maitinimo šaltinio prijungimo gnybtas (-);

3. Darbinė Peltje elemento pusė;
4. Kita Peltje elemento pusė;
5. Temperatūros jutiklis PT1000;
6. Temperatūros jutiklis PT100;

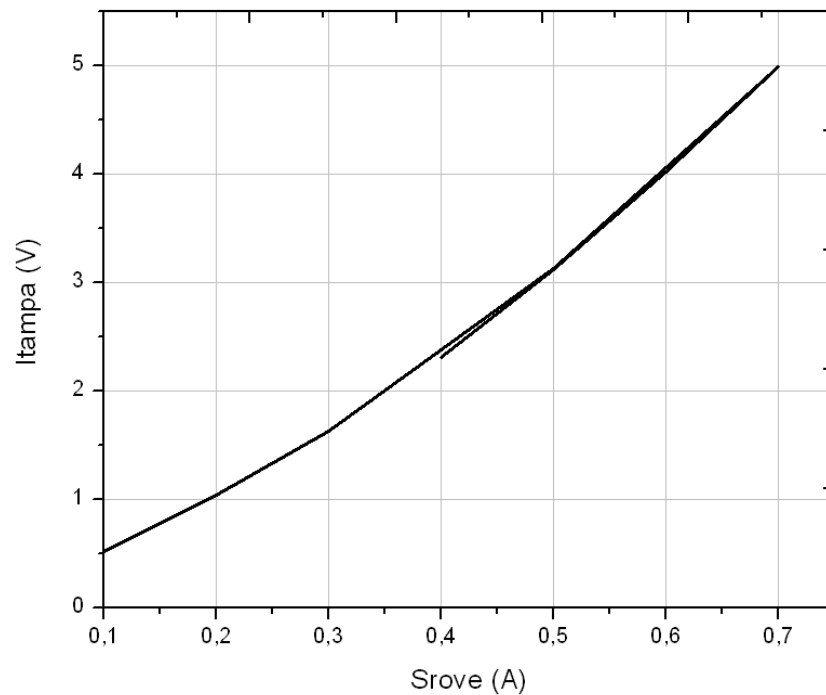


3.1.1.2. pav. Peltje elementas su temperatūros jutikliais pritvirtintas prie kitos ir darbinės pusių



3.1.1.3. pav. Maitinimo šaltinis ir multimetras

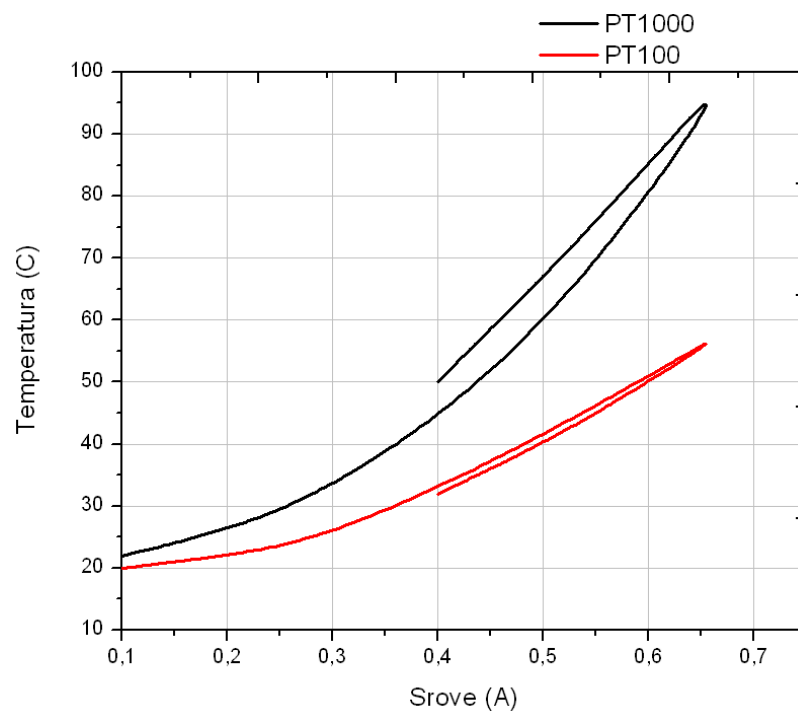
Pradžioje buvo matuojama Peltje elemento volt-amperinė charakteristika. Elektros srovės stipris buvo keičiamas kas 0,1 ar 0,2 A nuo 0,1 A iki 0,7 A, o po to mažinamas iki 0,4 A (žr. 3.1.1.4. pav.).



3.1.1.4. pav. Peltje elemento volt-amperinė charakteristika šildant, be šilumos nuvedimo

Kaip matome iš grafiko (žr. 3.1.1.4. pav.) volt-amperinė charakteristika turi netiesinę priklausomybę ir neturi histerezės, tai reiškia didinant ir mažinant įtampą, srovė keičiasi vienodai.

Iš to paties bandymo duomenų gavome Peltje elemento skirtingų pusių temperatūros priklausomybę nuo srovės (žr. 3.1.1.5. pav.).



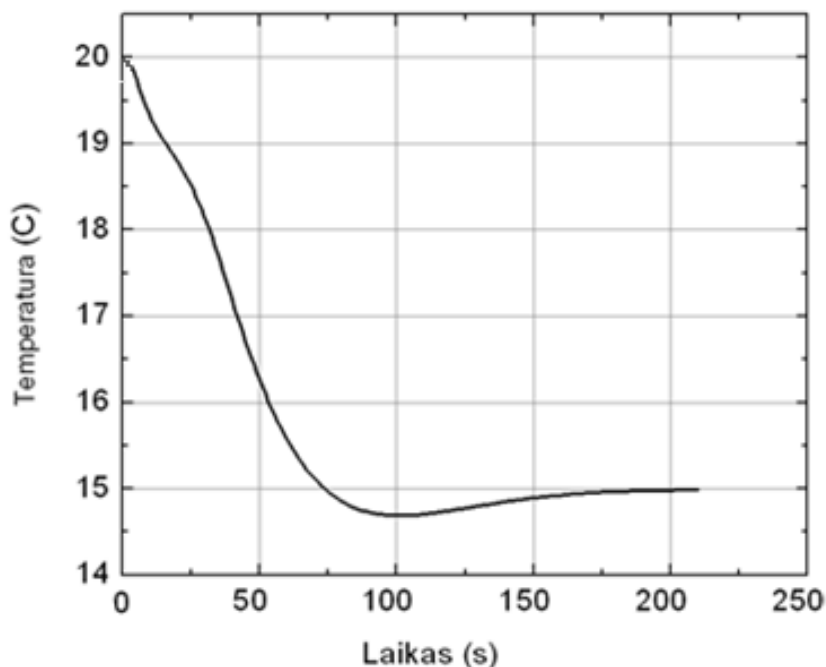
3.1.1.5. pav. Temperatūros jutiklių priklausomybė nuo srovės, tiriant Peltje elementą

Analizuojant gautus tyrimo duomenis (žr. 3.1.1.5. pav.), galima pažymėti, kad Peltje elemento darbinės pusės didžiausia temperatūra buvo pasiekta 95°C , tuo metu priešingos pusės temperatūra buvo lygi 56°C . Taigi didžiausia skirtuminė temperatūra tarp darbinės ir kitos pusės pasiekta 39°C . Po to elektros srovė buvo mažinama, nes nebuvo tikslo matuoti maksimalios Peltje elemento galimybių ribos. Iš gautų duomenų akivaizdu, kad darbinės Peltje elemento pusės temperatūra persiduoda kitai pusei, kuri turėtų šalti didėjant srovei, tačiau ji šyla. Vadinasi, darbinė ir kita Peltje elemento pusės yra per arti viena kitos ir todėl įtakoja viena kitos temperatūrą. Todėl būtina eksperimentuose panaudoti šilumos nuvedimą nuo kitos pusės.

3.1.2. Peltje elemento tyrimas šaldant darbinę pusę be šilumos nuvedimo

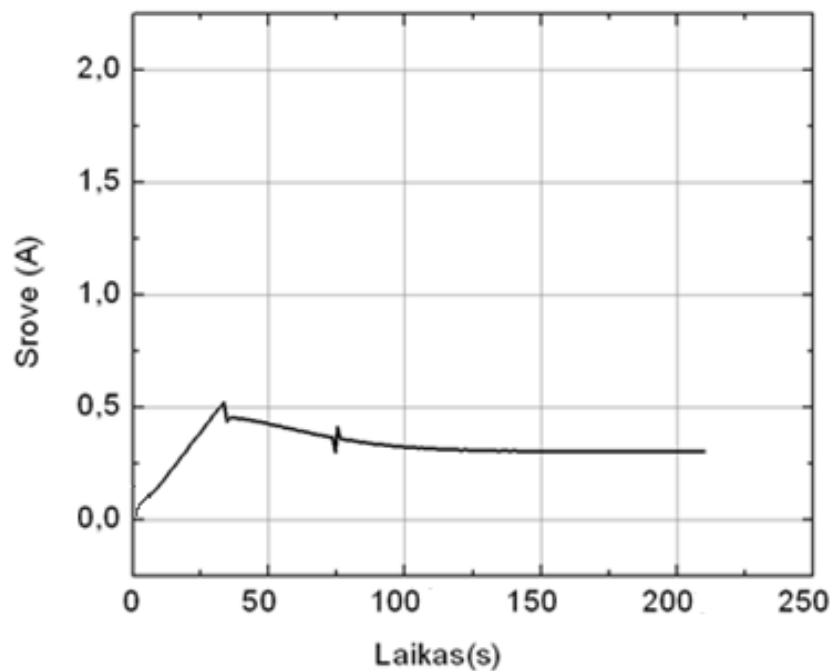
Pagrindinis šio tyrimo tikslas yra rasti Peltje elemento darbinės pusės žemiausią temperatūrą šaldant be šilumos nuvedimo nuo kitos pusės. Šis eksperimentas buvo atliekamas naudojant kompiuterinę *LabVIEW* programą, kuri pagal užduotus parametrus keitė elektros srovę, kuri iš maitinimo šaltinio tekėjo per Peltje elementą. Šio eksperimentinio tyrimo metu buvo matuojami šie parametrai: elektros srovė, temperatūra ir laikas.

Pirmojo bandymo metu buvo nustatyta 15°C (žr. 3.1.2.1. pav.).



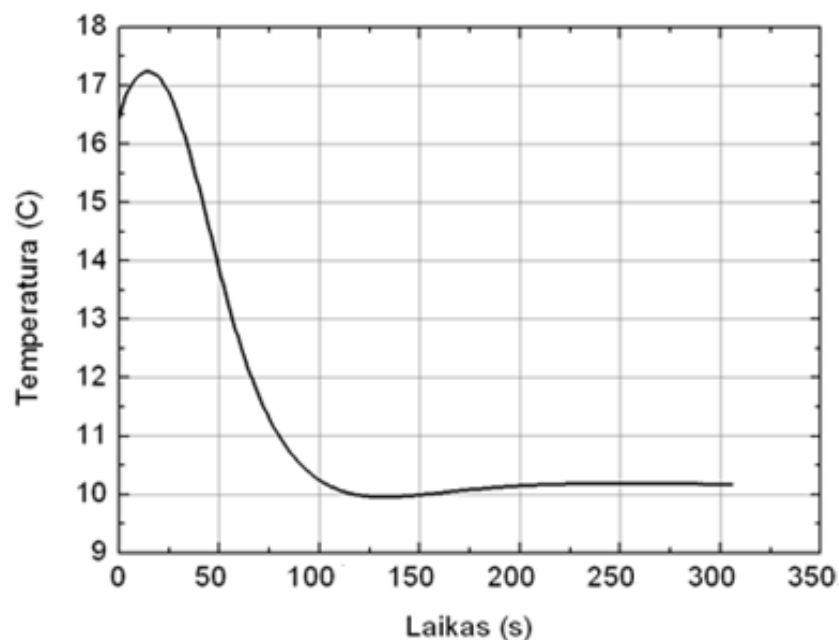
3.1.2.1. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta 15°C temperatūra

Šaldant Peltje elementą, per 200 s. pasiekama 15°C temperatūra (žr. 3.1.2.1.). Iš to paties bandymo duomenų gavome elektros srovės ir laiko priklausomybę (žr. 3.1.2.2. pav.).



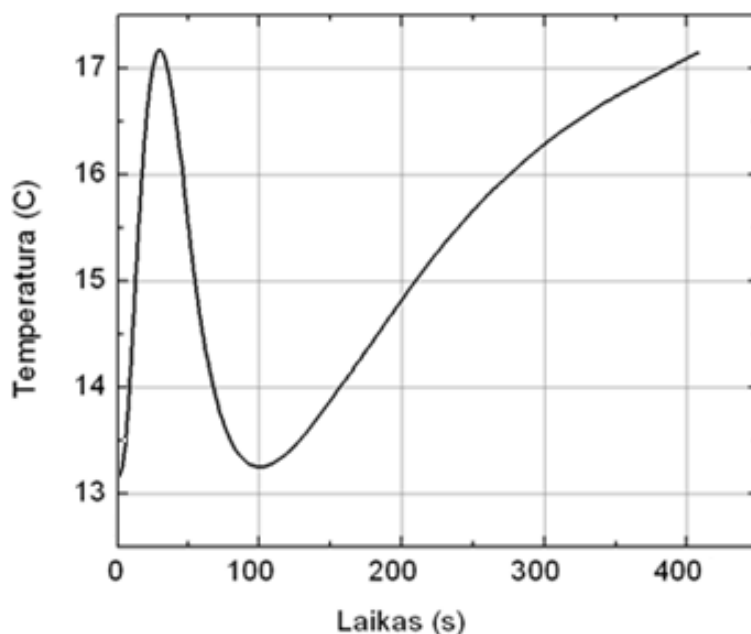
3.1.2.2. pav. Elektros srovė, kai nustatyta 15 °C temperatūra

Nustatytai 15 °C temperatūrai pasiekti pakako 0,3 A elektros srovės (žr. 3.1.2.2.). Tuomet kompiuteriu buvo nustatyta 10 °C temperatūra ir pradėtas kitas bandymas (žr. 3.1.2.3. pav.).



3.1.2.3. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta 10 °C temperatūra

Šaldant Peltje elementą iki nustatytos 10 °C temperatūros (žr. 3.1.2.3. pav.), eksperimentinis bandymas buvo sustabdytas kiek per anksti, nes kreivė po 300 s. nuo bandymo pradžios dar nebuvo visiškai nusistovėjusi, o tik beveik pasiekusi nustatytą 10 °C temperatūrą. Toliau buvo bandoma pasiekti dar žemesnę temperatūrą ir nustatyta 5 °C temperatūra (žr. 3.1.2.4. pav.).



3.1.2.4. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta 5 °C temperatūra

Šaldant Peltje elementą iki 5 °C temperatūros, nustatyta reikšmė nebuvo pasiekta, nes Peltje elementui pradėjus šalti nuo 17 °C temperatūros dideliu pagreičiu, sistema analizuodama grįžtamojo ryšio duomenis stipriai keitė elektros srovės reikšmę ir esant didesnei elektros srovei, kita Peltje elemento pusė pradėjo kaisti iki tokios temperatūros, prie kurios jau buvo perduodama šiluma darbinei pusei. Sistema matuodama didėjančią darbinės pusės temperatūrą pradėjo leisti maksimalią nustatytą elektros srovę 2 A.

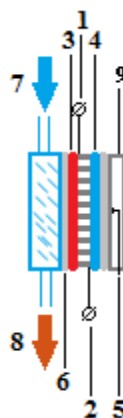
Taigi iš atlikto eksperimento galime daryti išvadą, kad be šilumos nuvedimo nuo kitos Peltje elemento pusės, galima pasiekti 10 °C darbinės Peltje elemento pusės temperatūrą (žr. 3.1.2.3.), tačiau nustačius 5 °C temperatūrą, bandymas susvyruoja ir temperatūra pradeda didėti – nustatyta temperatūros reikšmė jau nebegali būti pasiekiamą (žr. 3.1.2.4. pav.).

3.1.3. Peltje elemento darbinės pusės šildymas su šilumos nuvedimu

Kaip matome iš anksčiau atliktų eksperimentų, norint pasiekti aukštesnę temperatūrą šildant Peltje elementą bei žemesnę temperatūrą šaldant, būtinas priešingos pusės temperatūrinis stabilizavimas, kuriam galima panaudoti vandeniui šaldomą radiatorių. Toks radiatorius yra padarytas iš vario ir turi uždaro dėžutės formą. Iš vieno galo yra paduodamas vandentiekio vanduo, kuris įteką per vieną radiatoriaus galą ir išteka per kitą. Tokiu būdu, Peltje elemento kitos pusės temperatūra bus apytikriai lygi vandens temperatūrai (apie 6 °C). Šis elementas veikia kaip šaldytuvas, kai kaista nedarbinė Peltje elemento pusė ir kaip šildytuvas, kai šala nedarbinė pusė.

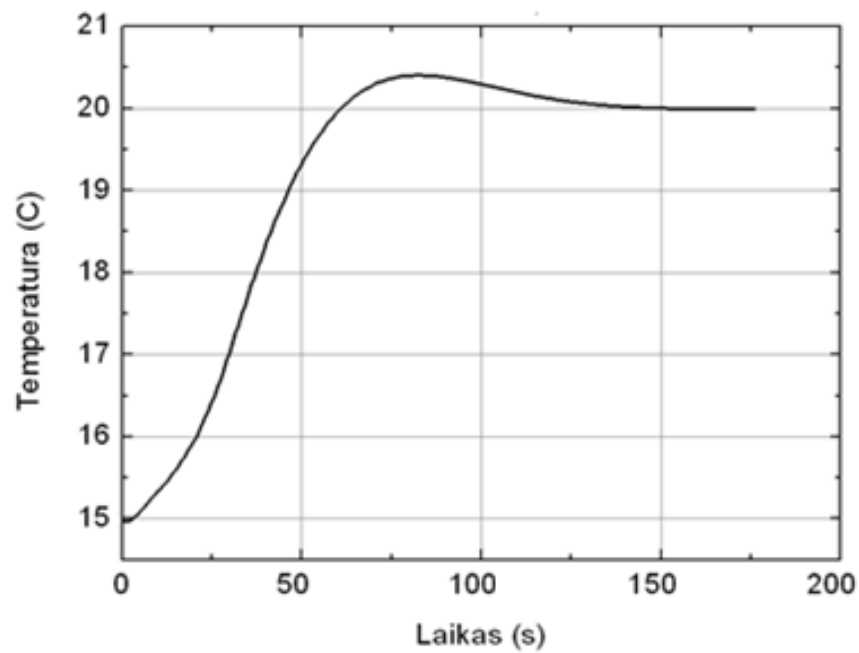
Taigi kitas tyrimų etapas – ištirti Peltje elemento darbinės pusės termodinaminius procesus, kai vykdomas šilumos nuvedimas nuo Peltje elemento kitos pusės. Vienu metu buvo matuojama elektros srovė, temperatūra ir laikas. Prieš pradedant eksperimentą sukurtas radiatorius buvo padengtas termo pasta, terminiam kontaktui užtikrinti, ir pritvirtintas prie nedarbinės Peltje elemento pusės (žr. 3.1.3.1. pav.)

Šio eksperimentinio tyrimo metu buvo atlikti 7 bandymai keičiant temperatūrą kas 10 °C. Kadangi tai pirmasis tyrimas, kurio metu buvo atliekami net 7 bandymai, todėl buvo nubraižytos ir elektros srovės priklausomybės nuo laiko, kad būtų galima analizuoti, kaip sistema valdo maitinimo šaltinį. Pirmojo bandymo metu buvo nustatyta 20 °C temperatūra (žr. 3.1.3.2. pav.)



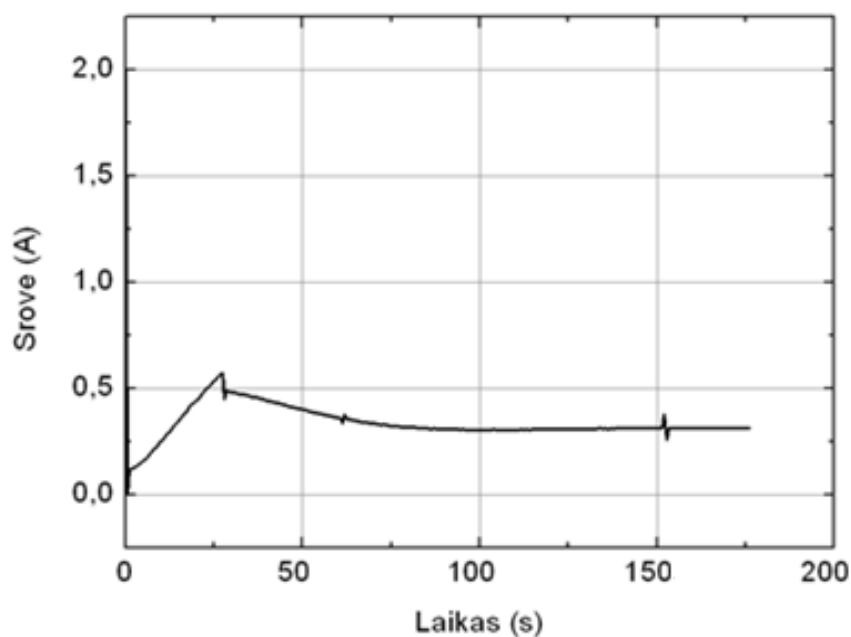
3.1.3.1. pav. Peltje elemento su šilumos nuvedimu principinė pajungimo schema

1. Maitinimo šaltinio prijungimo gnybtas (+);
2. Maitinimo šaltinio prijungimo gnybtas (-);
3. Darbinė Peltje elemento pusė;
4. Kita Peltje elemento pusė;
5. Temperatūros jutiklis PT1000;
6. Termo pasta;
7. Į metalinį korpusą įtekantis šaltas 6 °C vanduo;
8. Iš metalinio korpuso ištekantis pakaitintas vanduo;
9. Metalinė konstrukcija su išpjautais grioveliais jutikliams.



3.1.3.2. pav. Peltje elemento šildymas su šilumos nuvedimu, kai nustatyta temperatūra 20 °C

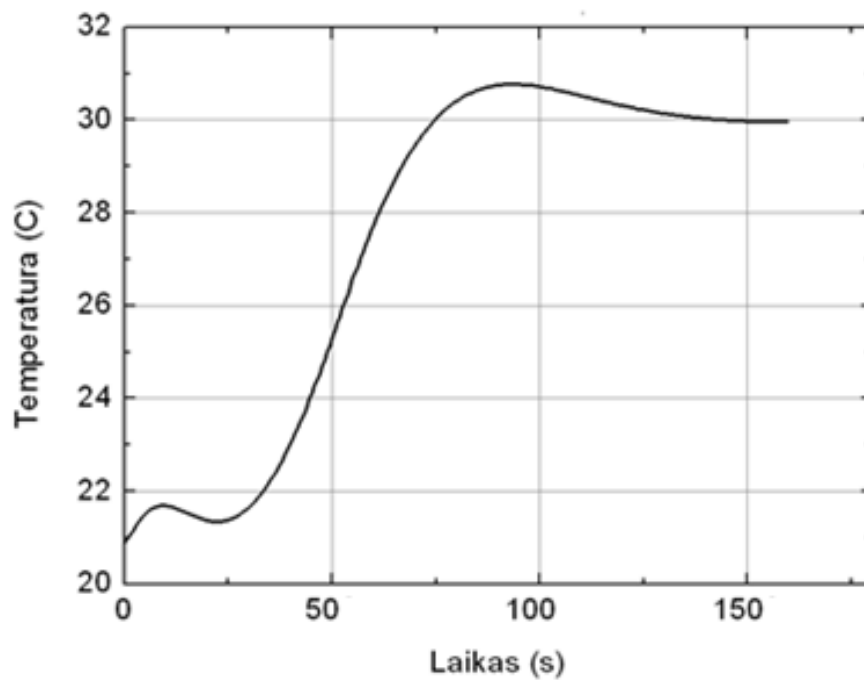
Šildant Peltje elementą nuo 15 °C iki 20 °C, nustatyta reikšmė buvo pasiekta per 170 s. Iš to paties bandymo duomenų gavome elektros srovės ir laiko priklausomybę (žr. 3.1.3.3. pav.).



3.1.3.3. pav. Elektros srovė, kai nustatyta temperatūra 20 °C

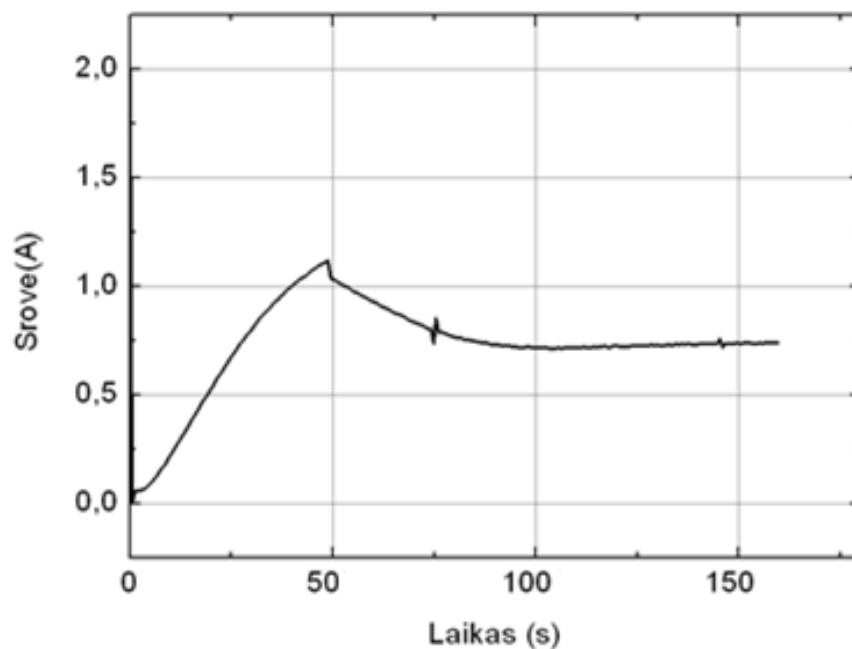
Bandymo pradžioje, kai nustatyta 20 °C, elektros srovė keičiama nuo 0 A. iki 0,6 A. apie 25 s. (žr. 3.1.3.3. pav.), o po to palaipsniui keičiama iki 0,4 A. Elektros srovė nusistovėjo po 100 s. nuo bandymo pradžios.

Kitas bandymas buvo atliekamas nustačius 30 °C (žr. 3.1.3.4. pav.).



3.1.3.4. pav. Peltje elemento šildymas su šilumos nuvedimu, kai nustatyta temperatūra 30 °C

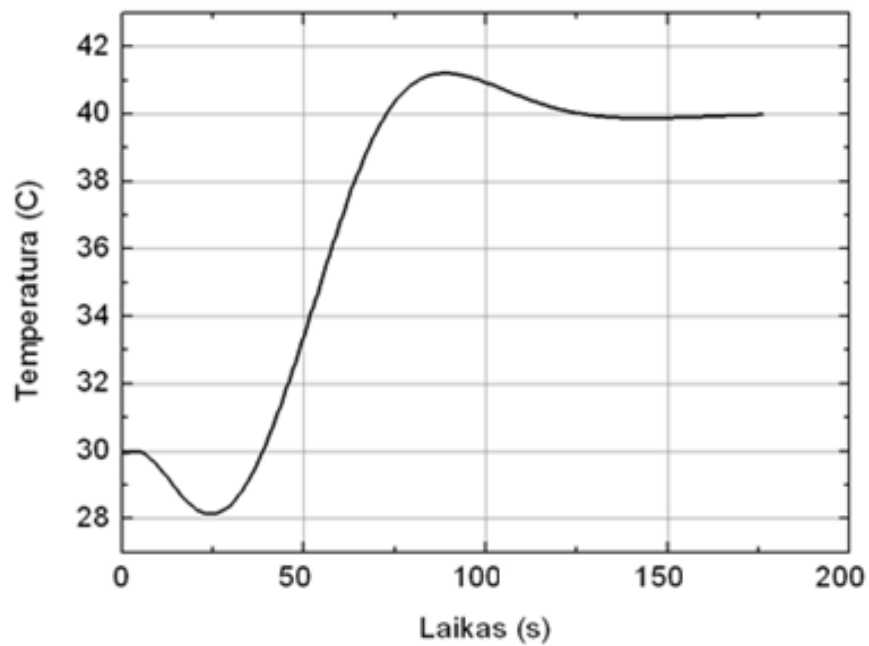
Šildant Peltje elementą nuo 21 °C iki 30 °C, nustatyta temperatūra buvo pasiekta per 160 s. (žr. 3.1.3.4. pav.). Iš to paties bandymo duomenų gavome elektros srovės ir laiko priklausomybę (žr. 3.1.3.5. pav.).



3.1.3.5. pav. Elektros srovė, kai nustatyta temperatūra 30°C

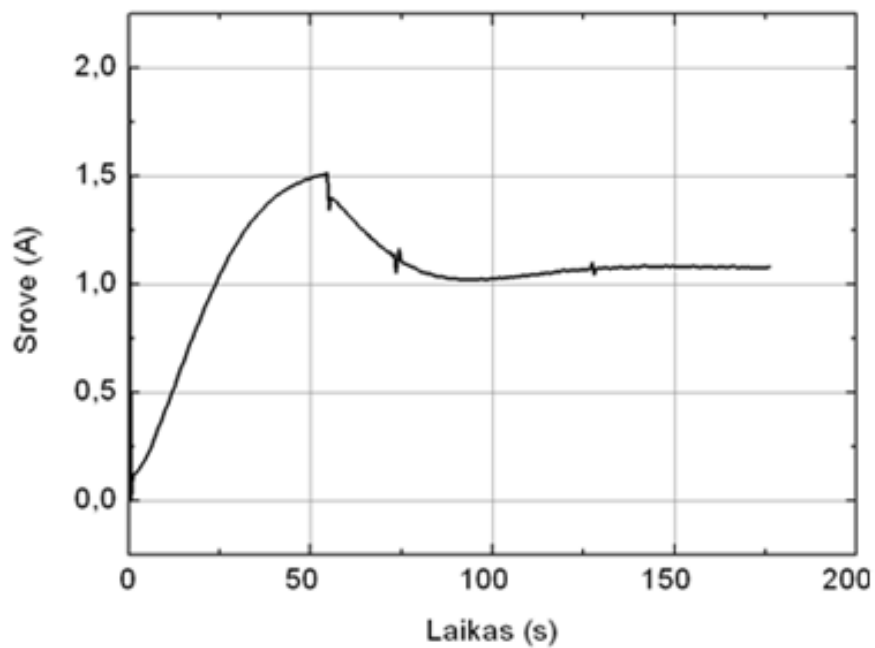
Bandymo pradžioje, kai nustatyta 30 °C, elektros srovė keičiama nuo 0 A. iki 1,2 A. apie 50 s. (žr. 3.1.3.5. pav.), o po to palaipsniui keičiama iki 0,75 A. Elektros srovė nusistovėjo po 100 s. nuo bandymo pradžios.

Tuomet *LabVIEW* programoje buvo nustatyta 40°C (žr. 3.1.3.6. pav.).



3.1.3.6. pav. Peltje elemento šildymas su šilumos nuvedimu, kai nustatyta temperatūra 40°C

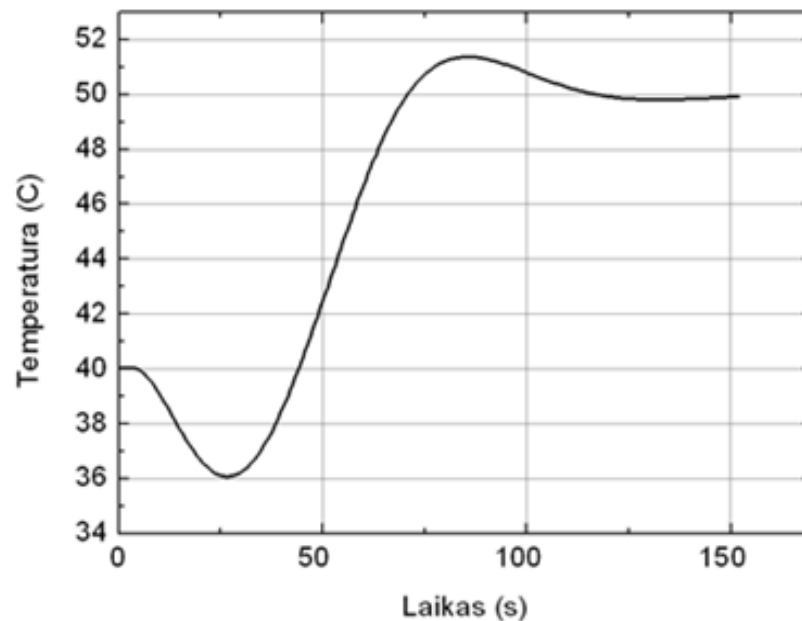
Šildant Peltje elementą nuo 30°C iki 40°C , nustatyta temperatūra buvo pasiekta per 175 s. (žr. 3.1.3.6. pav.). Iš to paties bandymo duomenų gavome elektros srovės ir laiko priklausomybę (žr. 3.1.3.7. pav.).



3.1.3.7. pav. Elektros srovė, kai nustatyta temperatūra 40°C

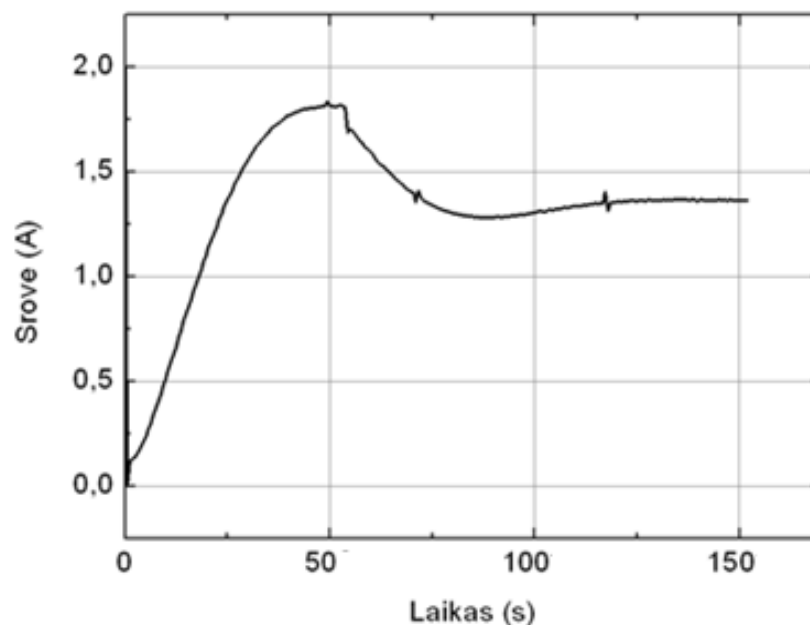
Bandymo pradžioje, kai nustatyta 40°C , elektros srovė keičiama nuo 0 A. iki 1,5 A. apie 51 s. (žr. 3.1.3.7. pav.), o po to palaipsniui keičiama iki 1,1 A. Elektros srovė nusistovėjo po 150 s. nuo bandymo pradžios.

Vėl sistemoje buvo pakeista temperatūra į 50°C ir pradėtas matavimas (žr. 3.1.3.8. pav.).



3.1.3.8. pav. Peltje elemento šildymas su šilumos nuvedimu, kai nustatyta temperatūra 50°C

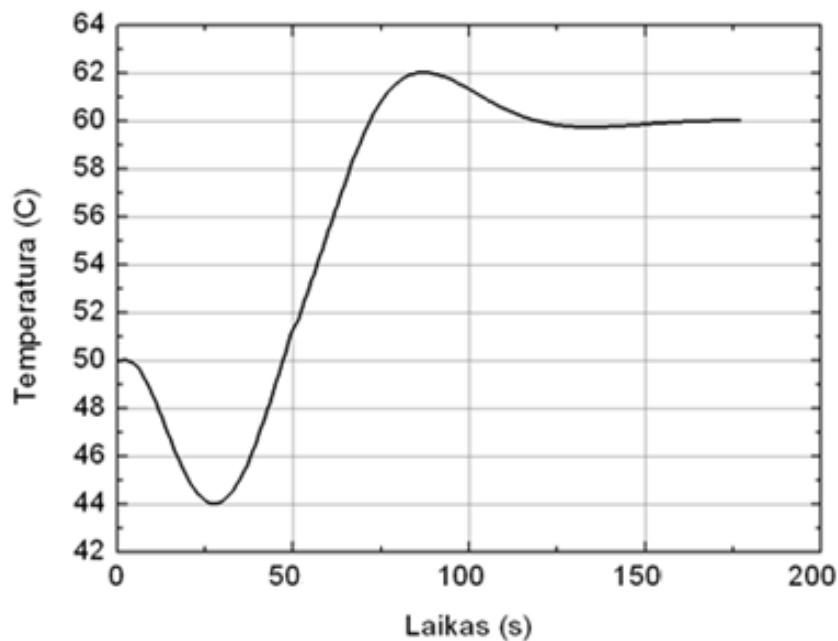
Šildant Peltje elementą nuo 40°C iki 50°C , nustatyta temperatūra buvo pasiekta per 150 s. (žr. 3.1.3.8. pav.). Iš to paties bandymo duomenų gavome elektros srovės ir laiko priklausomybę (žr. 3.1.3.9. pav.).



3.1.3.9. pav. Elektros srovė, kai nustatyta temperatūra 50°C

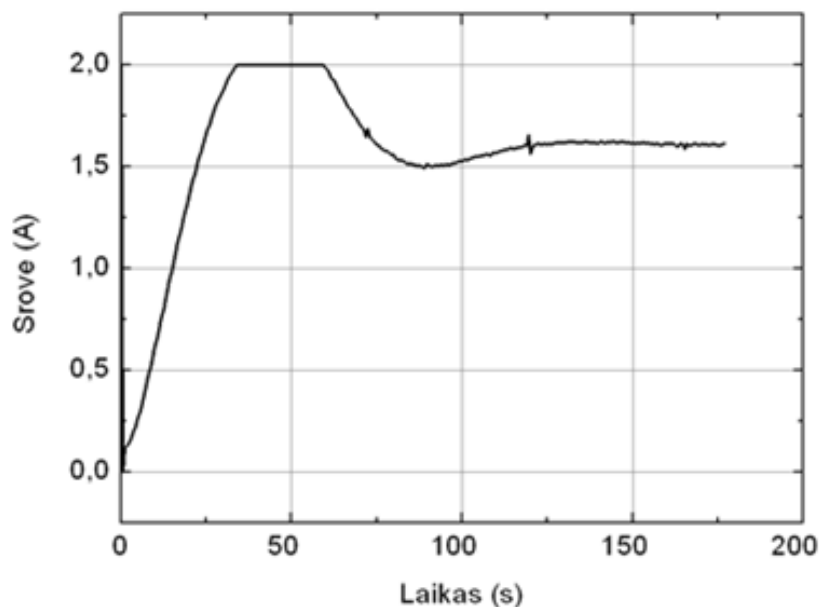
Bandymo pradžioje, kai nustatyta 40°C , elektros srovė keičiama nuo 0 A. iki 1,8 A. apie 55 s. (žr. 3.1.3.9. pav.), o po to palaipsniui keičiama iki 1,4 A. Elektros srovė nusistovėjo po 150 s. nuo bandymo pradžios.

Tuomet *LabVIEW* programoje buvo nustatyta 60°C (žr. 3.1.3.10. pav.).



3.1.3.10. pav. Peltje elemento šildymas su šilumos nuvedimu, kai nustatyta temperatūra 60°C

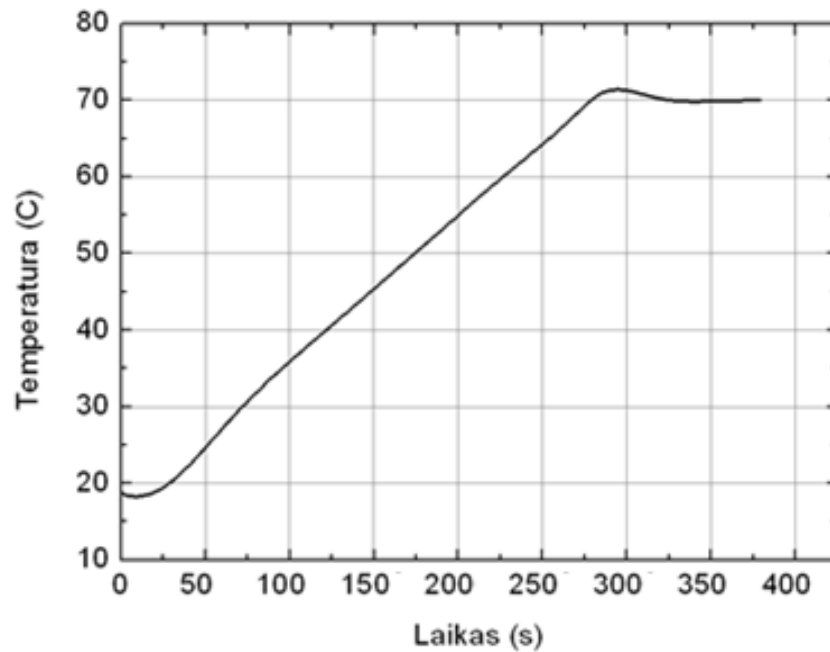
Šildant Peltje elementą nuo 50°C iki 60°C , nustatyta temperatūra buvo pasiekta per 175 s. (žr. 3.1.3.10. pav.). Iš to paties bandymo duomenų gavome elektros srovės ir laiko priklausomybę (žr. 3.1.3.11. pav.).



3.1.3.11. pav. Elektros srovė, kai nustatyta temperatūra 60°C

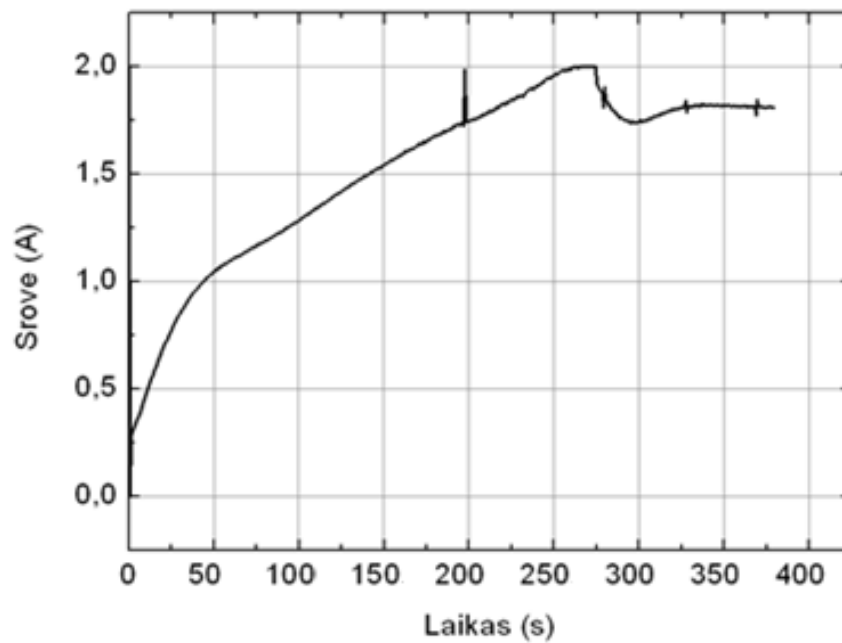
Bandymo pradžioje, kai nustatyta 60°C , elektros srovė keičiama nuo 0 A. iki maksimalios leidžiamos 2,0 A. reikšmės apie 30 s. (žr. 3.1.3.11. pav.), tada maksimali elektros srovė buvo leidžiama apie 40 s., ir po to palaipsniui keičiama iki 1,6 A. Elektros srovė nusistovėjo po 175 s. nuo bandymo pradžios.

Prieš pradėdant kitą bandymą buvo nustatyta 70°C temperatūra (žr. 3.1.3.12. pav.).



3.1.3.12. pav. Peltje elemento šildymas su šilumos nuvedimu, kai nustatyta temperatūra 70°C

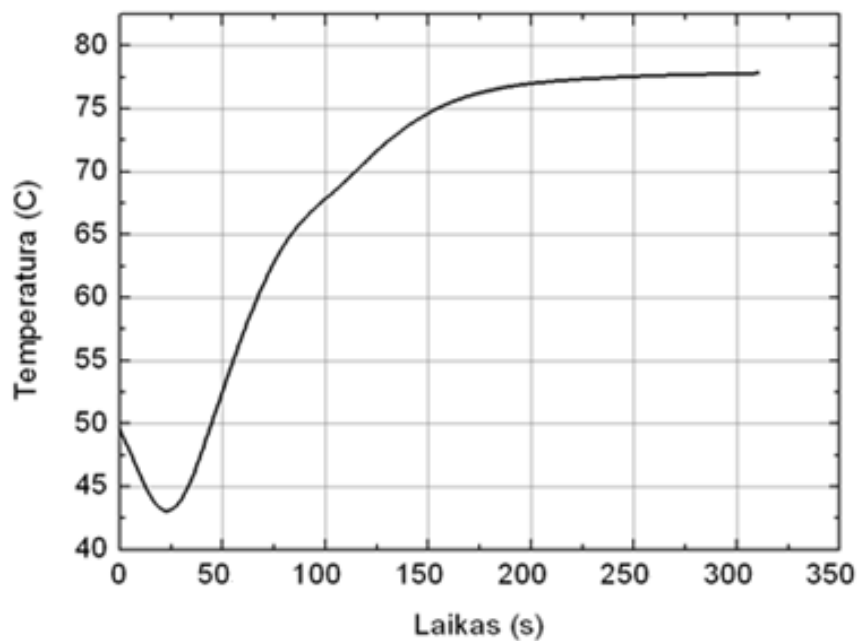
Šildant Peltje elementą nuo 18°C iki 70°C , nustatyta temperatūra buvo pasiekta per 350 s. (žr. 3.1.3.12. pav.). Iš to paties bandymo duomenų gavome elektros srovės ir laiko priklausomybę (žr. 3.1.3.13. pav.).



3.1.3.13. pav. Elektros srovė, kai nustatyta temperatūra 70 °C

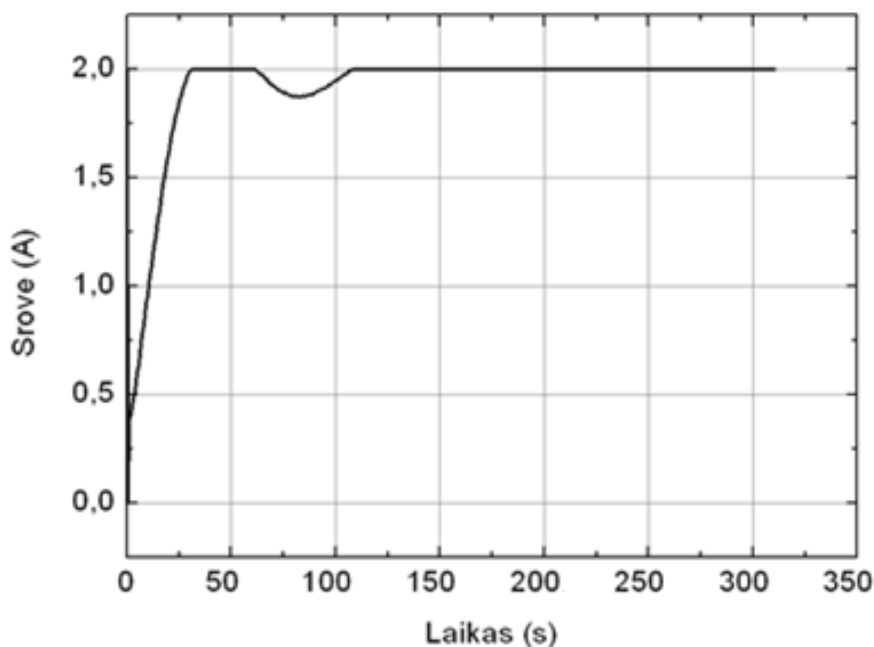
Bandymo pradžioje, kai nustatyta 70 °C, elektros srovė keičiama nuo 0 A. iki maksimalios leidžiamos 2,0 A. apie 260 s. (žr. 3.1.3.13. pav.), tada maksimali elektros srovė buvo leidžiama apie 20 s., ir po to palaipsniui keičiama iki 1,7 A. Elektros srovė nusistovėjo po 350 s. nuo bandymo pradžios.

Prieš pradėdant kitą bandymą buvo nustatyta maksimali šio tyrimo temperatūra 80 °C (žr. 3.1.3.14. pav.).



3.1.3.14. pav. Peltje elemento šildymas su šilumos nuvedimu, kai nustatyta temperatūra 80 °C

Šildant Peltje elementą nuo 50°C iki 80°C , nustatyta temperatūra nebuvo pasiekta ir nusistovėjo ties 78°C po 300 s. (žr. 3.1.3.14. pav.). Iš to paties bandymo duomenų gavome elektros srovės ir laiko priklausomybę (žr. 3.1.3.15. pav.).



3.1.3.15. pav. Elektros srovė, kai nustatyta temperatūra 80°C

Bandymo pradžioje, kai nustatyta 80°C , elektros srovė keičiama nuo 0 A. iki maksimalios leidžiamos 2,0 A. apie 30 s. (žr. 3.1.3.15. pav.), tada maksimali elektros srovė buvo leidžiama apie 40 s., ir po to keičiama iki 1,9 A. Pakeitus elektros srovę iki 1,9 A. sistema analizuodama grįžtamojo ryšio duomenis vėl pradėjo leisti maksimalią 2 A. elektros srovę, kuri iki bandymo pabaigos išliko maksimali.

Atlikus eksperimentinius šios tyrimo dalies bandymus matome, kad pakeitus nustatytą temperatūrą, Peltje elementas pašyla ir jo temperatūra vidutiniškai nusistovėjo per 3-4 min (žr. 3.1.3.2. pav. – 3.1.3.15. pav.) išskyrus eksperimentinį bandymą, kai buvo nustatyta 70°C temperatūra, nes šį bandymą dėl pašalinių aplinkybių reikėjo pradėti nuo aplinkos temperatūros, todėl šis bandymas užtruko ilgiau nei vidutinis bandymų laikas – apie 9 minutes. Paskutinio šio tyrimo bandymo metu, nebuvo pasiekta nustatyta 80°C temperatūra.

Prieš darant išvadas apie elektros srovės valdymą, reikia paminėti, kad *LabVIEW* programoje visų bandymų metu buvo nustatytos temperatūros kitimo pagreičio ribos. Todėl eksperimentinių bandymų metu elektros srovė nėra paleidžiama iškart maksimalios vertės t.y. 2 A., o buvo keičiama palaipsniui.

Iš elektros srovių grafikų (žr. 3.1.3.2. pav – 3.1.3.15. pav) matome, kad elektros srovė pirmiausia palaipsniui keičiama bandymų pradžioje ir po to lėčiau keičiama, kad Peltje elementas dar kaistų, bet ne taip sparčiai, o temperatūrai priartėjus prie *LabVIEW* programoje nustatytos temperatūros reikšmės, srovė sumažinama apie 30% iki tokios vertės, kurios pakanka palaikyti nustatytai temperatūrai.

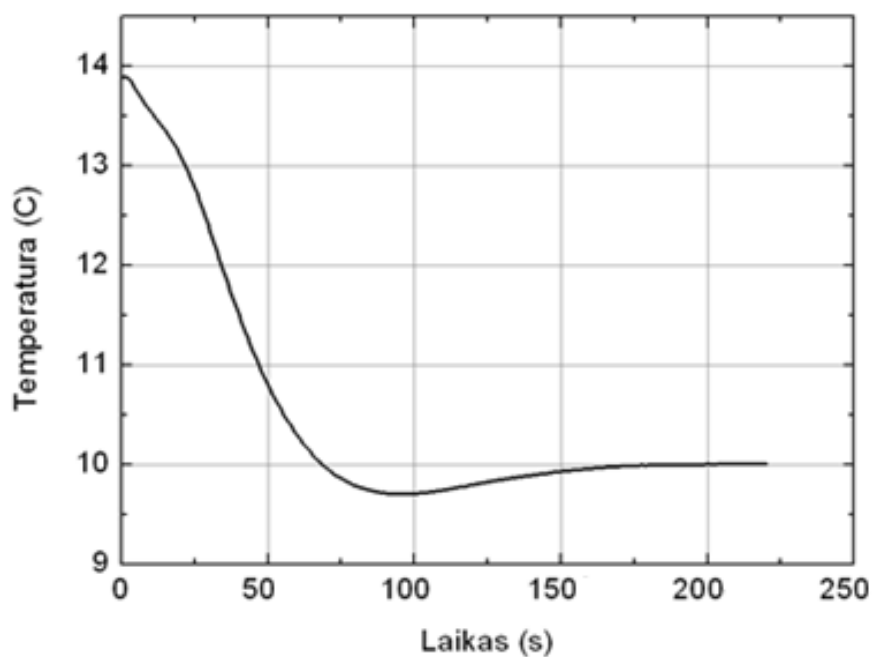
Aptariant gautus rezultatus, būtina paminėti, kad siekiant aukštos Peltje elemento temperatūros (80°C ir daugiau) ir vykdant šilumos nuvedimą nuo kitos Peltje elemento pusės, aukštai temperatūrai pasiekti reikia didesnės elektros srovės, nei tuo atveju, kai siekiama aukšta Peltje elemento temperatūra be šilumos nuvedimo. Taip yra todėl, kad Peltje elemento kita pusė yra pakankamai arti darbinės pusės ir susidarius didesnei skirtuminei temperatūrai tarp abiejų pusių, o taip pat esant 18°C aplinkos temperatūrai, darbinė Peltje elemento pusė yra pakankamai veikiamą ir tokiu būdu vėsinama.

3.1.4. Peltje elemento šaldymas su šilumos nuvedimu

Pagrindinis tikslas ištirti Peltje elemento termodinaminius procesus, kai vykdomas šilumos nuvedimas nuo Peltje elemento. Vienu metu buvo matuojama įtampa, srovė ir temperatūros jutiklio duomenys.

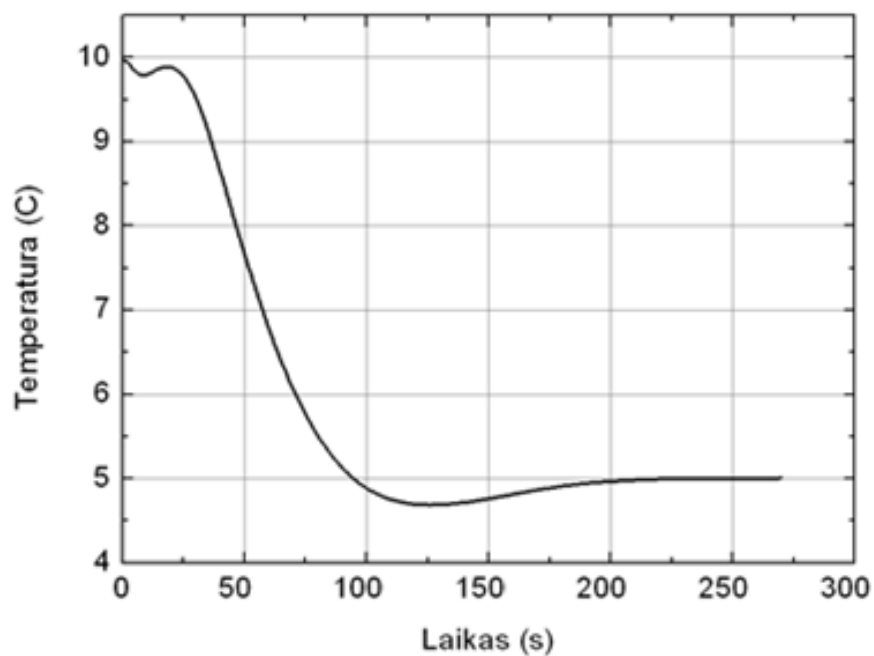
Prieš pradėdant eksperimentinį bandymą buvo sukeisti laidai išeinantys iš maitinimo šaltinio t. y. teigiamas ir neigiamas laidas, kadangi reikalinga pakeisti elektros srovės kryptį. Tai reikalinga padaryti todėl, kad šilumos nuvedimas vandeniui pritaistas tik vienoje Peltje elemento pusėje, o temperatūros jutiklis – kitoje, o kaip jau minėta anksčiau, pakeitus elektros srovės kryptį per Peltje elementą, prieš tai kaitusi pusė pradės šalti ir atvirkščiai.

Šio tyrimo metu buvo atlikti 4 bandymai keičiant temperatūrą kas 5°C . Pirmojo eksperimentinio bandymo metu buvo nustatyta 10°C , taigi Peltje elementas buvo šaldomas nuo 14°C iki 10°C temperatūros (žr. 3.1.4.1. pav.).



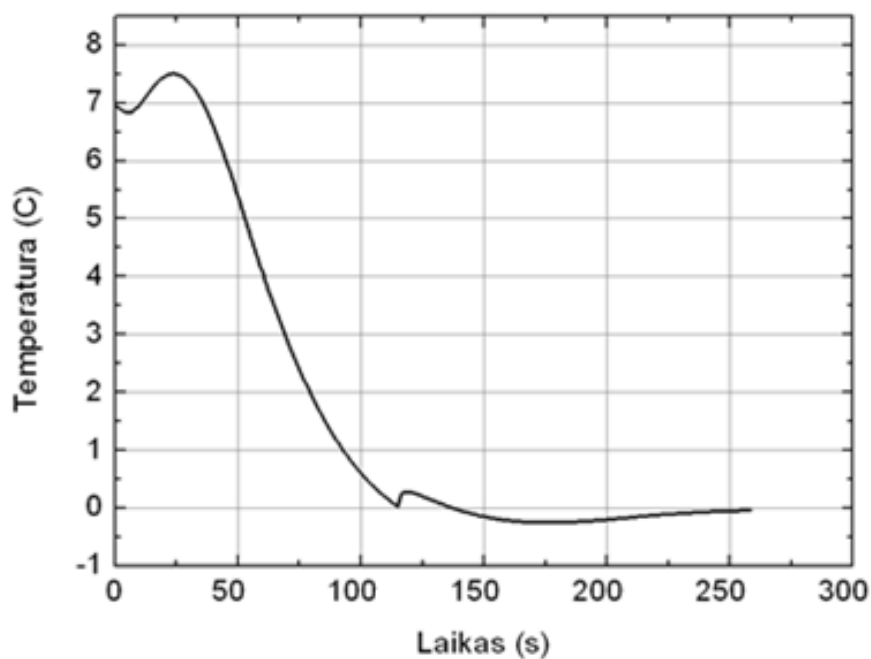
3.1.4.1. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta 10 °C temperatūra

Šaldant Peltje elementą nuo 14 °C iki 10 °C, nustatyta temperatūra buvo pasiekta per 200 s. (žr. 3.1.4.1. pav.). Tuomet nustatyta temperatūra 5 °C ir Peltje elementas buvo šaldomas toliau nuo 10 °C iki 5 °C temperatūros (žr. 3.1.4.2. pav.)



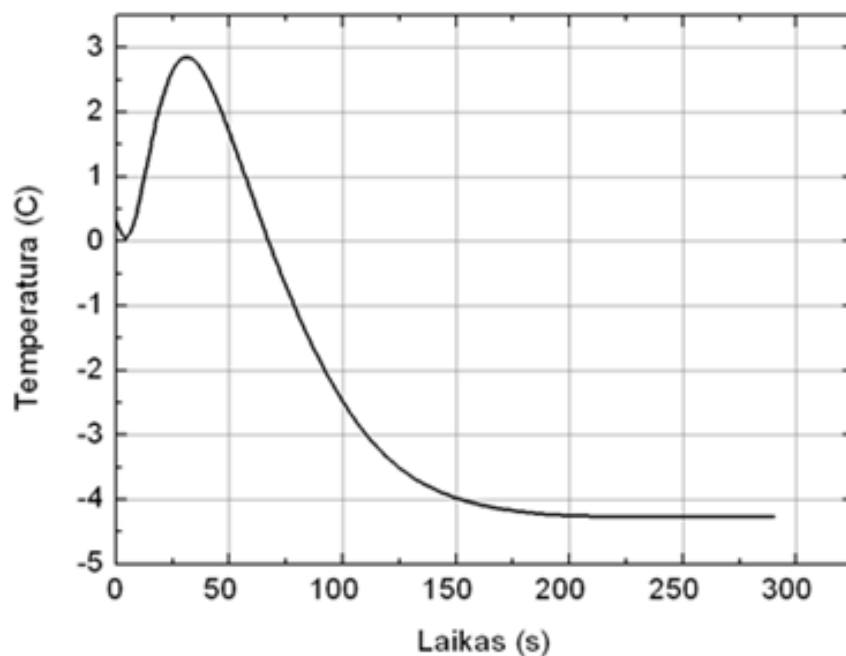
3.1.4.2. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta 5 °C temperatūra

Šaldant Peltje elementą nuo 10 °C iki 5 °C, nustatyta temperatūra buvo pasiekta per 230 s. (žr. 3.1.4.2. pav.). Tada buvo nustatyta 0 °C temperatūra (žr. 3.1.4.3. pav.).



3.1.4.3. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta 0 °C temperatūra

Šaldant Peltje elementą nuo 7 °C iki 0 °C, nustatyta temperatūra buvo pasiekta per 250 s. (žr. 3.1.4.3. pav.). Paskutinio bandymo metu buvo nustatyta -5 °C temperatūra (žr. 3.1.4.4. pav.).



3.1.4.4. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta -5 °C temperatūra

Šaldant Peltje elementą nuo 0 °C iki -5 °C, nustatyta temperatūra nebuvo pasiekta ir po 230 s. nuo bandymo pradžios temperatūra nusistovėjo ties -4,3 °C (žr. 3.1.4.4. pav.). Bandymo metu Peltje elementas apšalo (žr. 3.1.4.5. pav.).

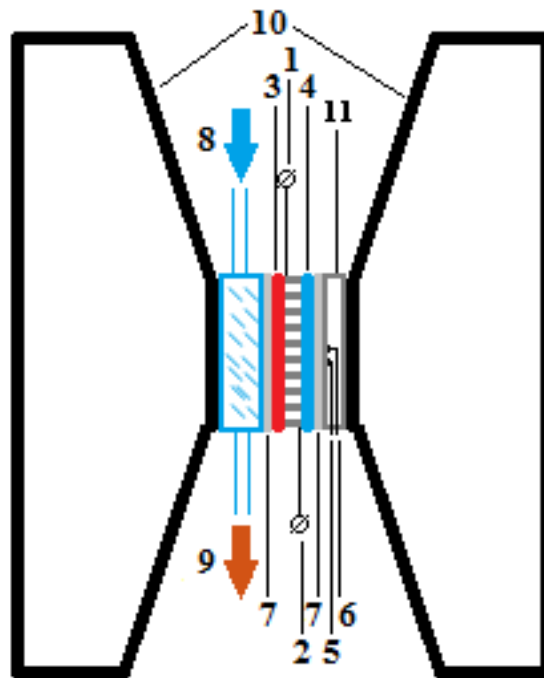


3.1.4.5. pav. Apšalęs Peltje elementas su šilumos nuvedimu pasiekęs $-4,3^{\circ}\text{C}$

Remiantis tyrimo rezultatais matome, kad vykdant šilumos nuvedimą nuo kitos Peltje elemento pusės, galime pasiekti maksimaliai žemiausią darbinės Peltje elemento pusės temperatūrą $-4,3^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.1.4.4. pav.). Pirmųjų bandymų metu (žr. 3.1.4.1. pav. – 3.1.4.2. pav.) temperatūra palaipsniui artėjo prie nustatytos reikšmės, tada šiek tiek viršydavo nustatytą reikšmę ir mažesniu pagreičiu nusistovėdavo ties nustatyta reikšme. Trečio bandymo metu (žr. 3.1.4.3. pav.) temperatūra palaipsniui krito iki 0°C apie 120 s. nuo bandymo pradžios, tada truputį susvyravo ir dar po 120 s., pasiekusi nustatytą reikšmę, nusistovėjo.

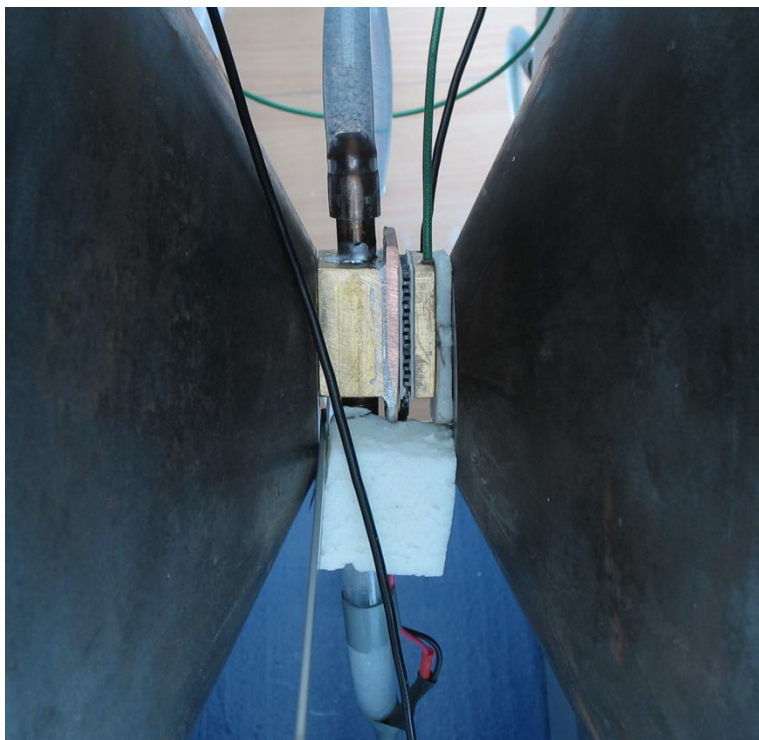
3.2. Termostato tyrimas

Šioje dalyje buvo atliekami eksperimentiniai tyrimai, kai Peltje elementas ir jo radiatorius buvo patalpinti tarp magneto polių ir darbinė Peltje elemento pusė buvo papildomai izoliuota nuo aplinkos temperatūros, o taip pat ir nuo sąlyčio su magneto poliumi, polistirolu. Tokią sistemą vadinsime termostatu (žr. 3.2.1. pav. ir 3.2.2. pav.). Šio tyrimo metu temperatūros jutikliai buvo pritvirtinti specialiai metalinėje konstrukcijoje išpjautuose grioveliuose.



3.2.1. pav. Termostato su šilumos nuvedimu principinė pajungimo schema

1. Maitinimo šaltinio prijungimo gnybtas (+);
2. Maitinimo šaltinio prijungimo gnybtas (-);
3. Darbinė Peltje elemento pusė;
4. Kita Peltje elemento pusė;
5. Temperatūros jutiklis PT1000;
6. Magnetinio lauko jutiklis LUC74;
7. Termo pasta;
8. Į metalinį korpusą įtekantis 6 °C vanduo;
9. Iš metalinio korpuso ištekantis pakaitintas vanduo;
10. Stipraus nuolatinio magnetinio lauko magneto poliai;
11. Metalinė konstrukcija su išpjautais grioveliais jutikliams.

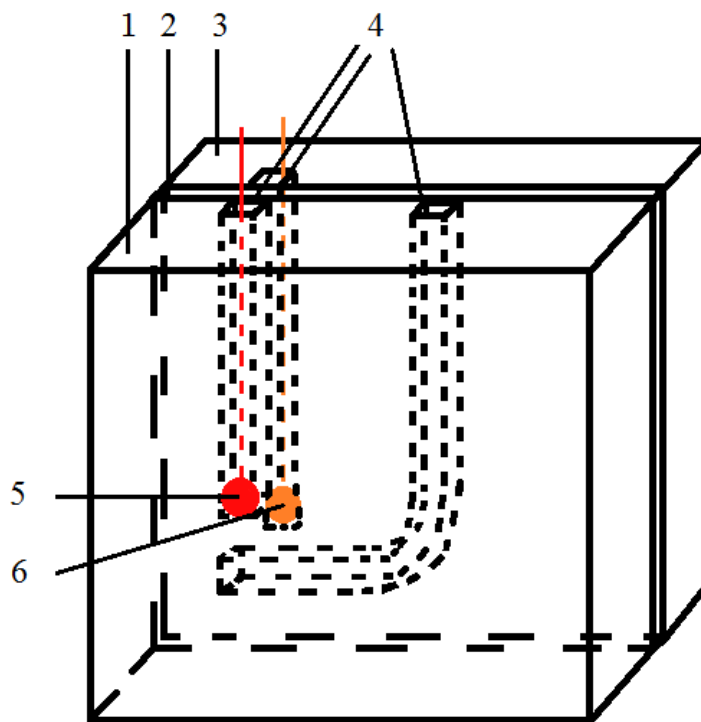


3.2.2. pav. Termostatas su šilumos nuvedimu

3.3.1. Termostato temperatūrinio pasiskirstymo tyrimas šildant

Pagrindinis šios tyrimo dalies tikslas – išanalizuoti dviejų temperatūros jutiklių parodymus šildant skirtingomis sąlygomis - kai vienas temperatūros jutiklis nėra toje pačioje metalinėje konstrukcijoje. Toks tyrimas reikalingas tam, kad turėtume duomenis apie temperatūrų priklausomybę tais atvejais, kai bus atliekami tyrimai su bandiniais, kurie bus didesnių gabaritų ir netilps į mūsų minėtą metalinės konstrukcijos griovelį.

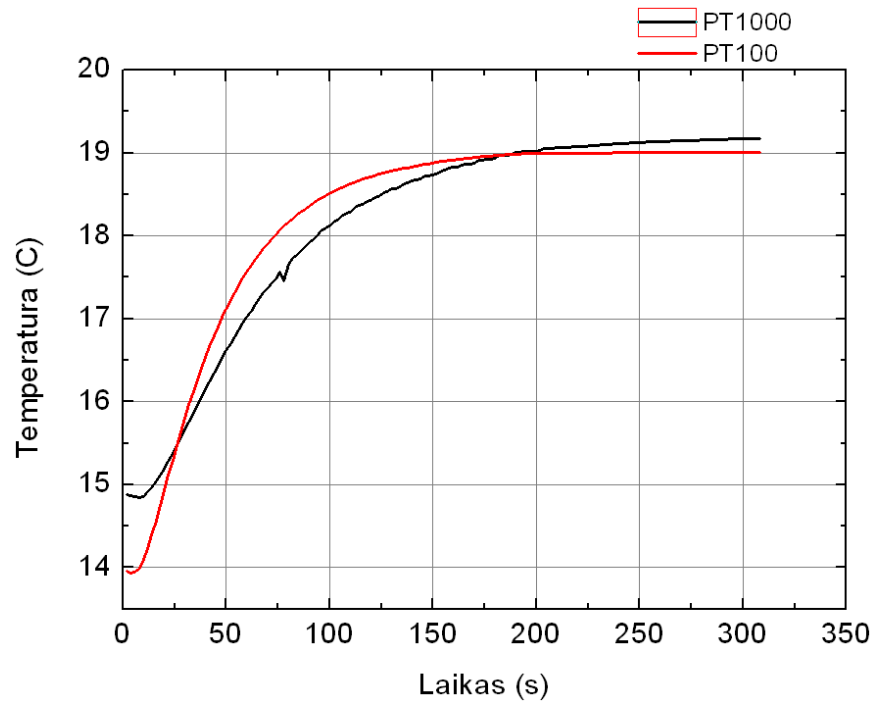
Šio eksperimentinio tyrimo metu elektros srovė keičiama kas 0,25 A. Paskutinio bandymo metu nuo pradinės padėties iškart buvo paleista elektros srovė 1.75 A. Šio tyrimo metu vienas temperatūros jutiklis buvo patalpintas į išpjautą griovelį metalinėje konstrukcijoje, o antras temperatūros jutiklis – prie tos pačios metalinės konstrukcijos, tačiau toliau nuo Peltje elemento ir izoliuotas nuo išorinės aplinkos polistirolu (žr. 3.3.1.1. pav.). Šiam tyrimui buvo atlikti 9 bandymai.



3.3.1.1. pav. Principinė metalinės konstrukcijos schema, kai temperatūros jutikliai nutolę vienas nuo kito

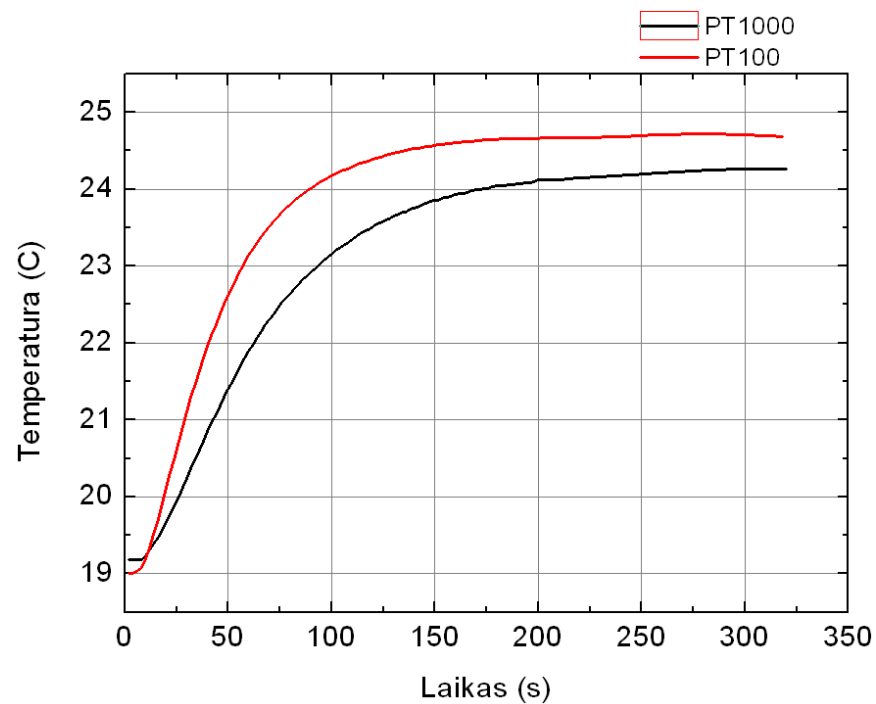
1. Metalinė plokštelė;
2. Metalinė uždengimo plokštelė;
3. Polistirolo plokštelė;
4. Išpjauti grioveliai jutikliams;
5. Temperatūros jutiklis PT100;
6. Temperatūros jutiklis PT1000.

Pirmojo bandymo metu buvo nustatyta 0,25 A. elektros srovė (žr. 3.3.1.2. pav.).



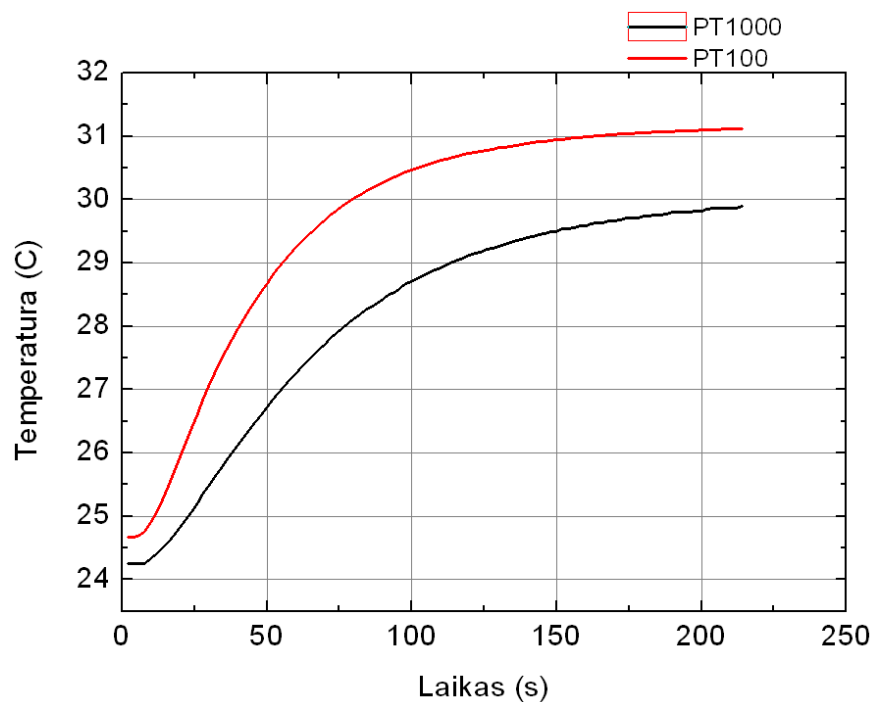
3.3.1.2. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,25 A

Nustačius 0,25 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo 14 – 15 °C ir po 200 s. nusistovėjo ties 19 °C (žr. 3.3.1.2. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 0,5 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.1.3. pav.).



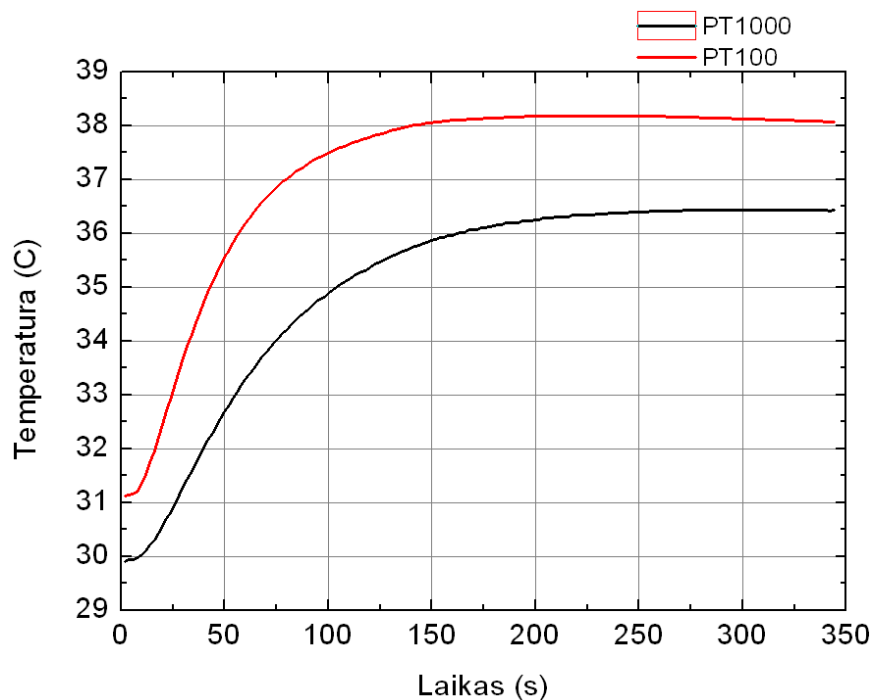
3.3.1.3. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,5 A

Nustačius 0,5 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo 19 °C ir po 300 s. nusistovėjo ties 24,5 °C (žr. 3.3.1.3. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 0,75 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.1.4. pav.).



3.3.1.4. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,75 A

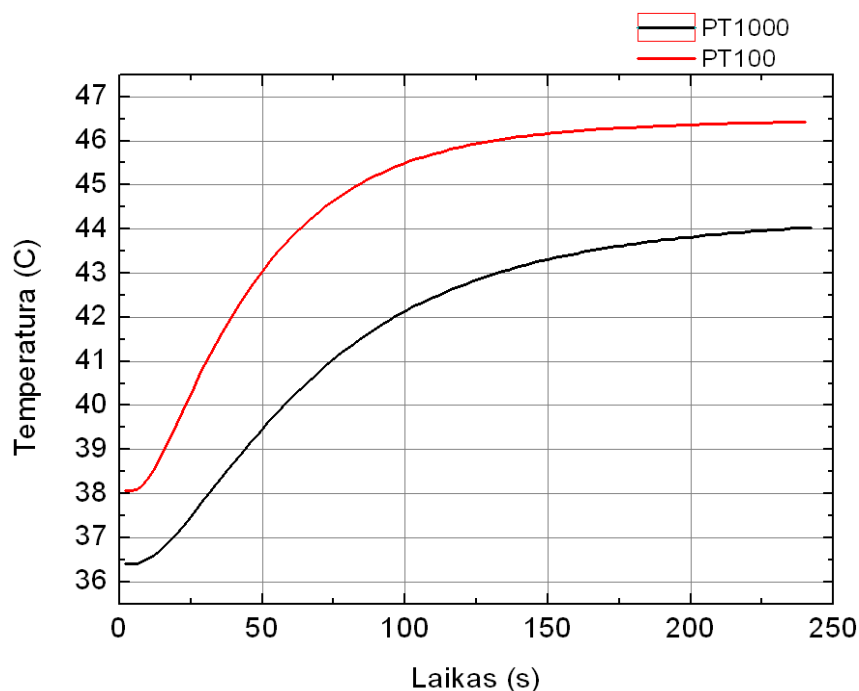
Nustačius 0,75 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo 24,5 °C ir po 200 s. nusistovėjo ties 30 – 31 °C (žr. 3.3.1.4. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 1,0 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.1.5. pav.).



3.3.1.5. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,0 A

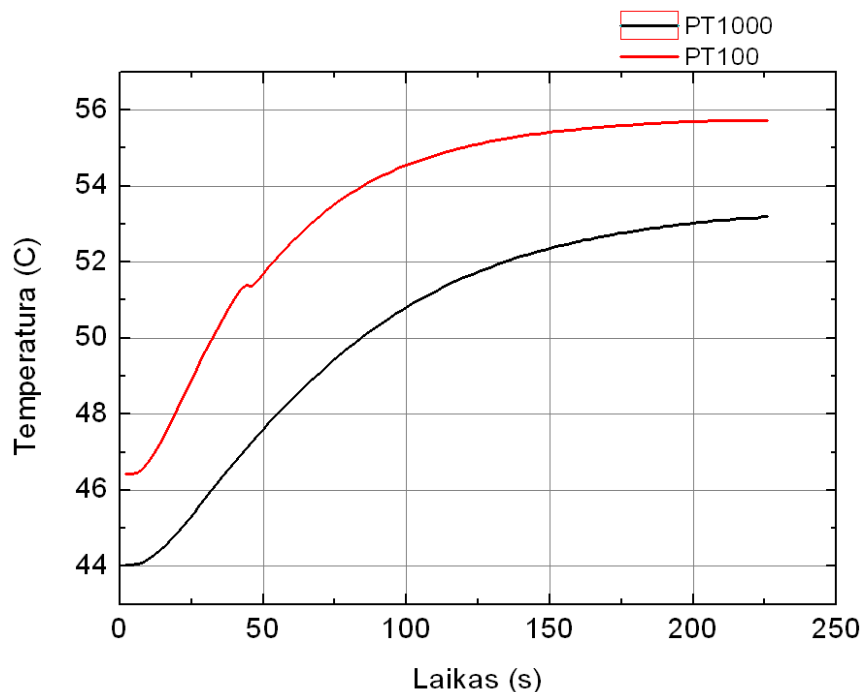
Nustačius 1,0 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo 30 – 31 °C ir po 300 s. nusistovėjo ties 36 – 38 °C (žr. 3.3.1.5. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW*

programoje buvo pakeista 1,25 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.1.6. pav.).



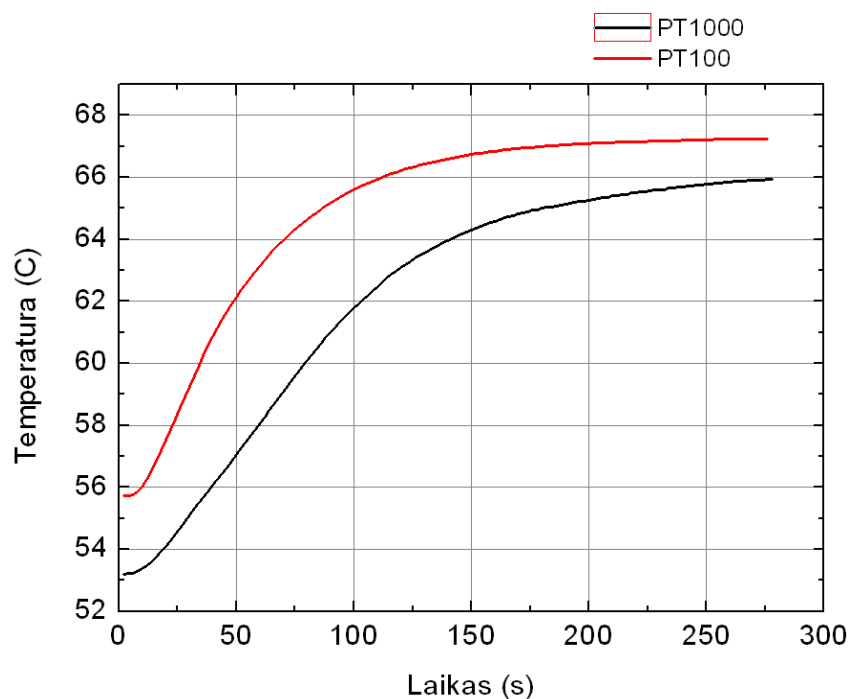
3.3.1.6. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,25 A

Nustačius 1,25 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo 36 – 38 °C ir po 230 s. nusistovėjo ties 44 – 46 °C (žr. 3.3.1.6. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 1,5 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.1.7. pav.).



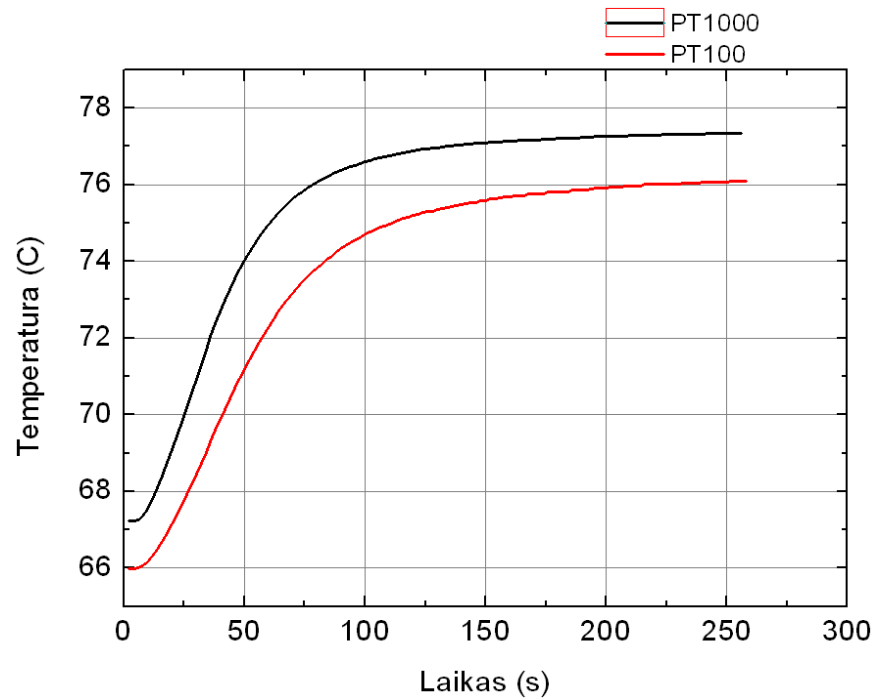
3.3.1.7. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,5 A

Nustačius 1,5 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo 44 – 46 °C ir po 210 s. nusistovėjo ties 53 – 56 °C (žr. 3.3.1.7. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 1,75 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.1.8. pav.).



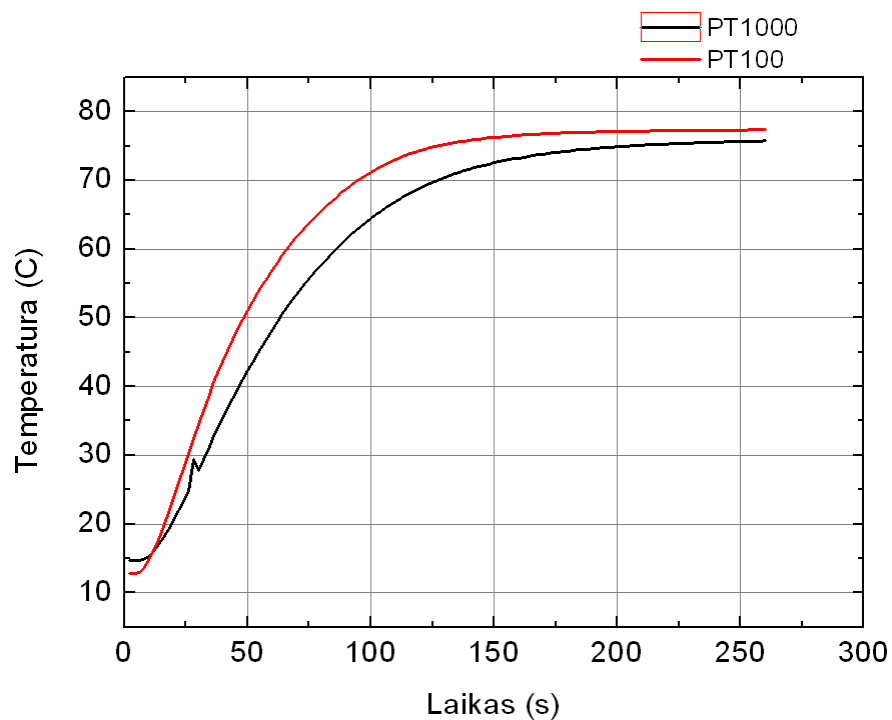
3.3.1.8. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,75 A

Nustačius 1,75 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo 53 – 56 °C ir po 270 s. nusistovėjo ties 66 – 67 °C (žr. 3.3.1.8. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 2,0 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.1.9. pav.).



3.3.1.9. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 2,0 A

Nustačius 2,0 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo 66 – 67 °C ir po 250 s. nusistovėjo ties 76 – 77 °C (žr. 3.3.1.9. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo nutrauktas elektros srovės tiekimas iš maitinimo šaltinio ir Peltje elementas atšalo iki aplinkos temperatūros. Tada pakeista 2,0 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas nuo aplinkos temperatūros (žr. 3.3.1.10. pav.).



3.3.1.10. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 2,0 A

Nustačius 2,0 A elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo 14 – 15 °C ir po 260 s. nusistovėjo ties 76 – 77 °C (žr. 3.3.1.10. pav.).

Pirmojo bandymo rezultatai (žr. 3.3.1.2. pav.) skiriasi nuo toliau atliekamų bandymų su aukštesnėmis temperatūromis, kadangi pirmojo bandymo metu temperatūros jutiklių PT1000 ir PT100 temperatūrinės kreivės susikerta net du kartus dėl aplinkos temperatūros poveikio. Bandymo pradžioje, paleidus šaltą vandenį, darbinės Peltje elemento pusės temperatūra buvo 13,9 °C, tą rodo temperatūros jutiklio PT100 duomenys. Kadangi temperatūros jutiklis PT1000 buvo šalia metalinės konstrukcijos, tai jo temperatūra nukrito žemiau už aplinkos temperatūrą, tačiau nepasiekė metalinėje konstrukcijoje esančios temperatūros ir sustojo ties 14,8 °C t. y. 0,9 °C aukštesnė temperatūra už PT100 temperatūrą. Pereinamojo proceso metu, jutiklio PT100 temperatūrinė kreivė didėjo sparčiau ir kirto PT1000 temperatūros kreivę, o prieš pasiekiant nusistovėjusią temperatūrą, jų kreivės vėl susikirto, kadangi PT1000 veikiamas aplinkos temperatūros pasiekė aukštesnę temperatūrą ir nusistovėjo ties 19,2 °C.

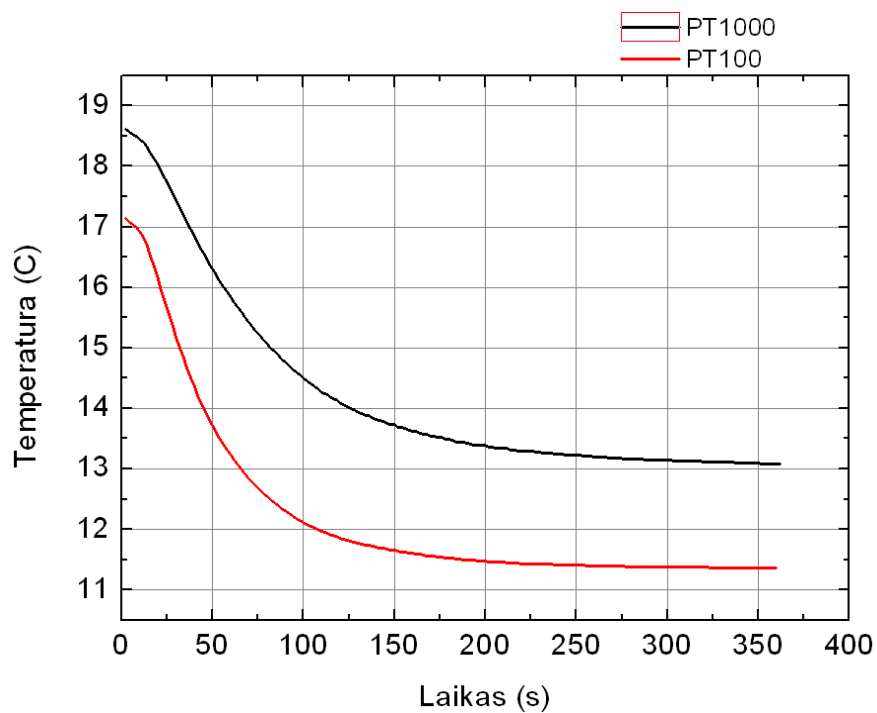
Svarbiausia šio tyrimo išvada, kad pereinamojo proceso metu temperatūros jutiklių duomenys kinta ne vienodu greičiu (žr. 3.3.1.2. pav. – 3.3.1.10. pav.). Tai reiškia, kad pereinamojo proceso metu tarp temperatūros jutiklių yra didžiausia skirtuminė temperatūra, todėl atliekant bandymus, būtina sulaukti, kol Peltje elemento temperatūra visiškai nusistovės ir temperatūros skirtumas sumažės iki minimumo.

3.3.2. Termostato temperatūrinio pasiskirstymo tyrimas šaldant

Pagrindinis šios tyrimo dalies tikslas – išanalizuoti dviejų temperatūros jutiklių parodymus šaldant skirtingomis sąlygomis - kai vienas temperatūros jutiklis nėra toje pačioje metalinėje konstrukcijoje. Toks tyrimas reikalingas tam, kad turėtume duomenis apie temperatūrų priklausomybę tais atvejais, kai bus atliekami tyrimai su bandiniais, kurie bus didesnių gabaritų ir netilps į mūsų minėtą metalinės konstrukcijos griovelį.

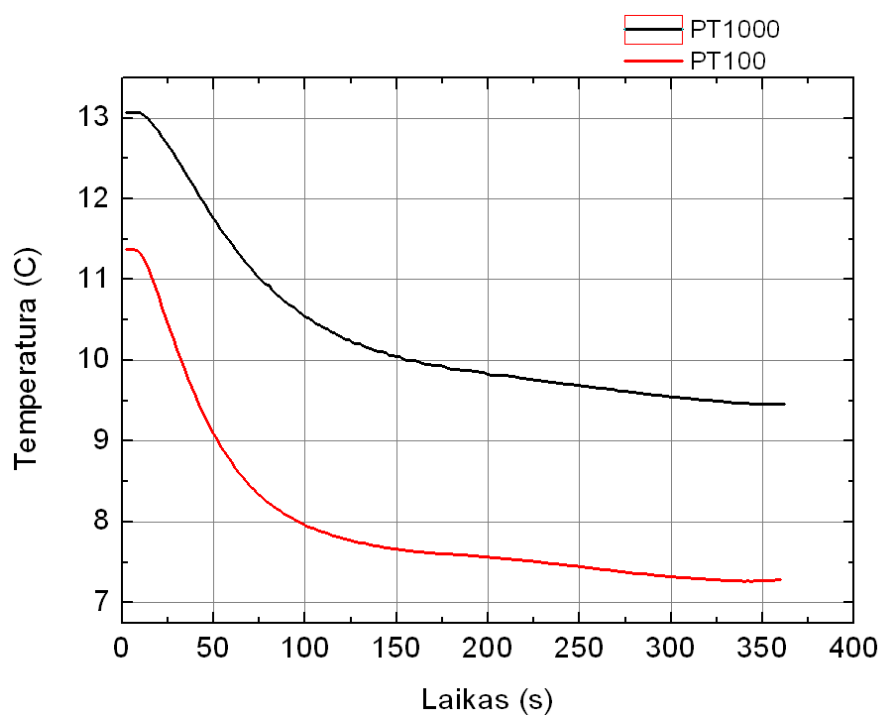
Šio eksperimentinio tyrimo metu srovė keičiama kas 0,25 A., tačiau šio tyrimo metu buvo sukeisti Peltje elemento gnybtai, kad pasikeistų elektros srovės kryptis. Paskutinio bandymo metu nuo pradinės padėties iškart paleista elektros srovė 1,75 A. Šio tyrimo metu vienas temperatūros jutiklis buvo patalpintas į išpjautą griovelį metalinėje konstrukcijoje, o antras temperatūros jutiklis prie tos pačios metalinės konstrukcijos, tačiau toliau nuo Peltje elemento ir izoliuotas nuo išorinės aplinkos polistirolu. Šiam tyrimui buvo atlikti 9 bandymai.

Pirmojo bandymo metu buvo nustatyta 0,25 A. elektros srovė (žr. 3.3.2.1. pav.).



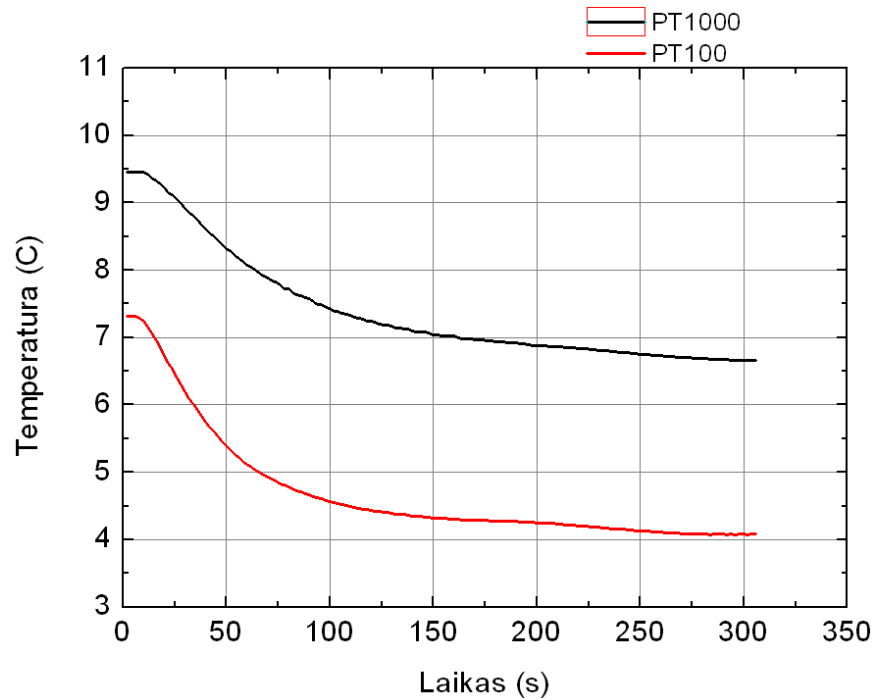
3.3.2.1. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,25A

Nustačius 0,25 A. elektros srovę, temperatūros jutikliai buvo pradėti šaldyti nuo pradinės 17 – 18 °C temperatūros ir po 350 s. jų temperatūra nusistovėjo ties 11 – 13 °C (žr. 3.3.2.1. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo nustatyta 0,5 A. elektros srovė ir pradėti matuoti kito bandymo duomenys (žr. 3.3.2.2. pav.).



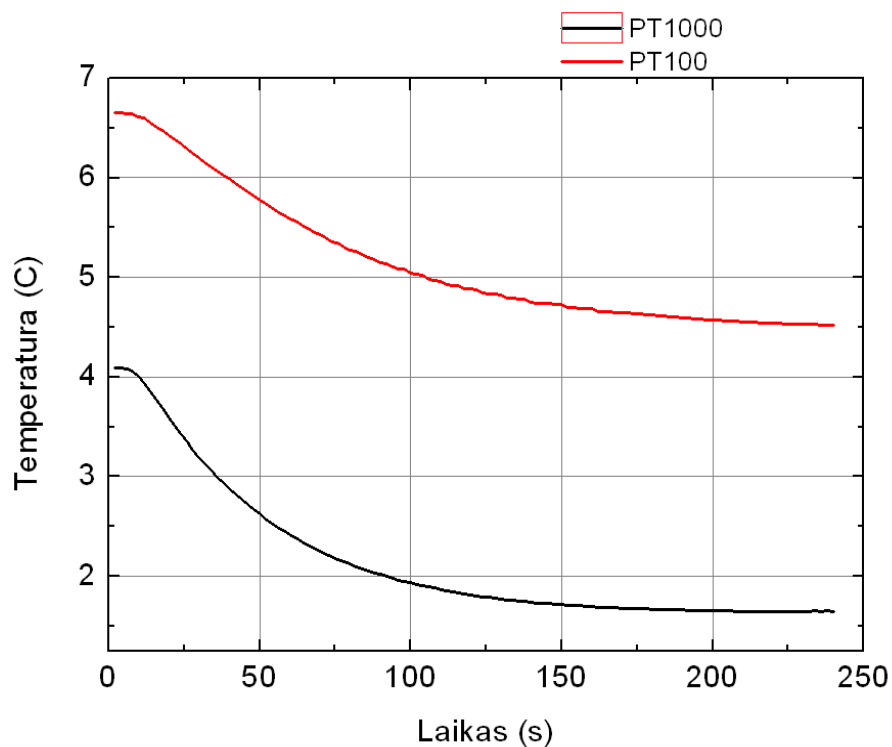
3.3.2.2. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,5 A

Nustačius 0,5 A. elektros srovę, temperatūros jutikliai nuo pradinės 11 – 13 °C temperatūros per 350 s. pasiekė 7,5 – 9,5 °C temperatūrą (žr. 3.3.2.2. pav.). Tada *LabVIEW* programoje buvo nustatyta 0,75 A. elektros srovė ir pradėti matuoti kito bandymo duomenys (žr. 3.3.2.3. pav.).



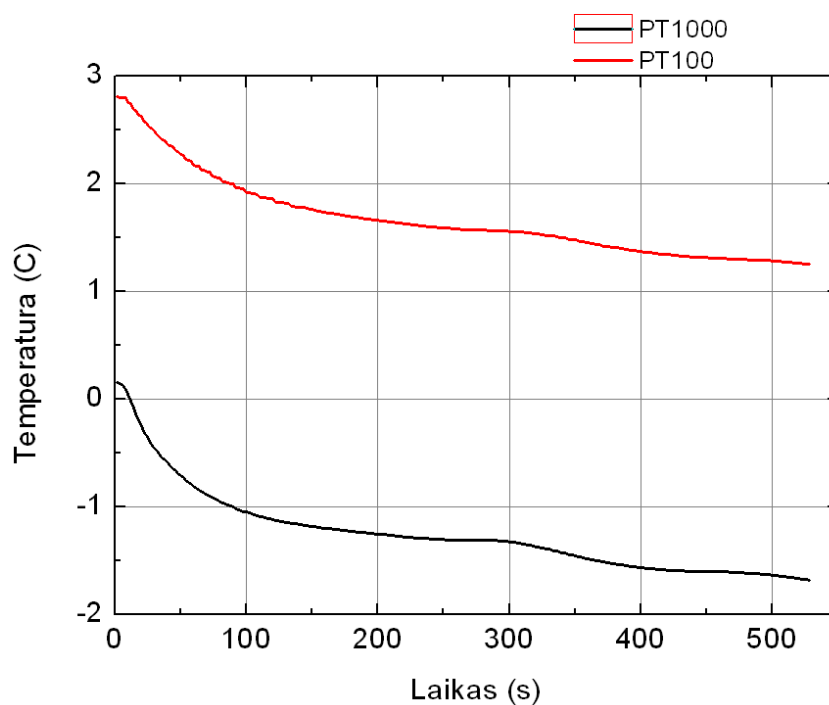
3.3.2.3. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,75 A

Nustačius 0,75 A. elektros srovę, temperatūros jutikliai buvo pradėti šaldyti nuo pradinės 7,5 – 9,5 °C temperatūros ir po 300 s. jų temperatūra nusistovėjo ties 4 – 6,5 °C (žr. 3.3.2.3. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo nustatyta 1,0 A. elektros srovė ir pradėti matuoti kito bandymo duomenys (žr. 3.3.2.4. pav.).



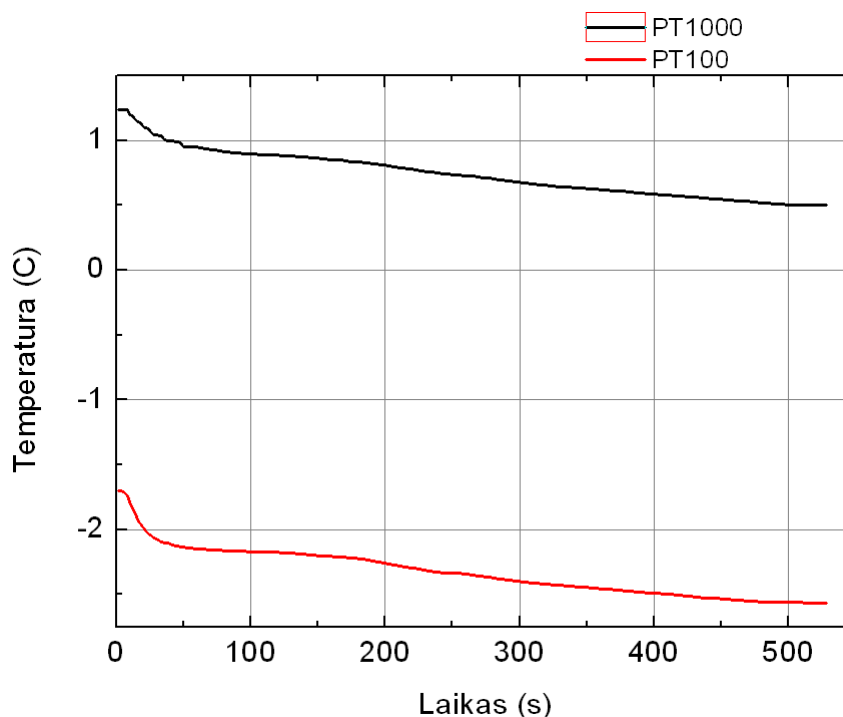
3.3.2.4. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,0 A

Nustačius 1,0 A. elektros srovę, temperatūros jutikliai buvo pradėti šaldyti nuo pradinės 4 – 6,5 °C temperatūros ir po 240 s. jų temperatūra nusistovėjo ties 1,5 – 4,5 °C (žr. 3.3.2.4. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo nustatyta 1,5 A. elektros srovė ir pradėti matuoti kito bandymo duomenys (žr. 3.3.2.5. pav.).



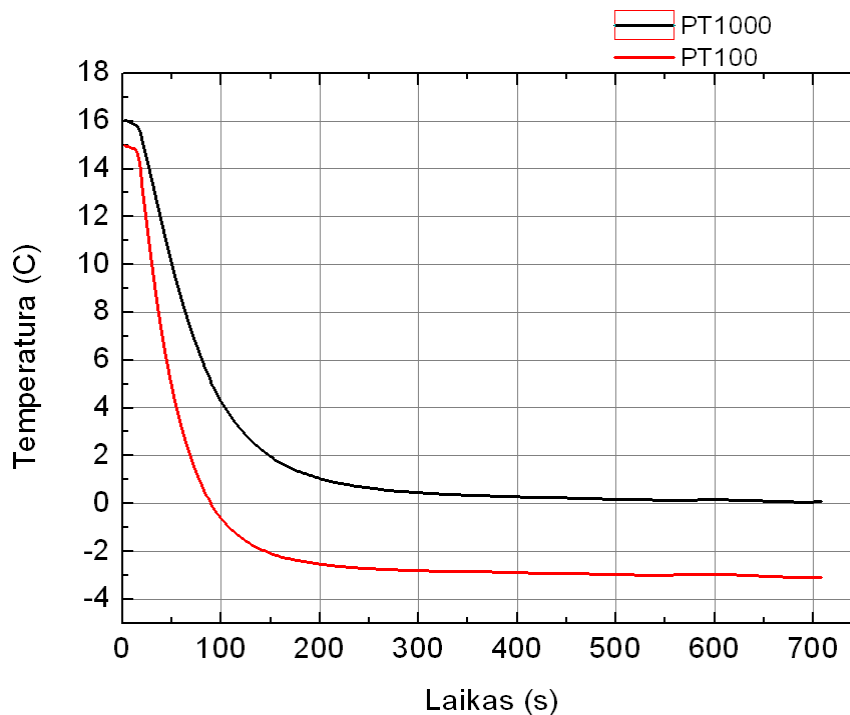
3.3.2.5. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,5 A

Nustačius 1,5 A. elektros srovę, temperatūros jutikliai buvo pradėti šaldyti nuo pradinės 0 – 3 °C temperatūros ir po 500 s. jų temperatūra nusistovėjo ties -1,5 – 1,5 °C (žr. 3.3.2.5. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo nustatyta 1,75 A. elektros srovė ir pradėti matuoti kito bandymo duomenys (žr. 3.3.2.6. pav.).



3.3.2.6. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,75 A

Nustačius 1,75 A elektros srovę, temperatūros jutikliai buvo pradėti šaldyti nuo pradinės -1,5 – 1,5 °C temperatūros ir po 520 s. jų temperatūra nusistovėjo ties -2,5 – 0,5 °C (žr. 3.3.2.6. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo nutrauktas elektros srovės tiekimas per Peltje elementą ir palaukus kol Peltje elementas sušils iki aplinkos temperatūros, iškart paleista maksimali 2,0 A. elektros srovė ir pradėti matuoti bandymo duomenys (žr. 3.3.2.7. pav.).



3.3.2.7. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 2,0 A

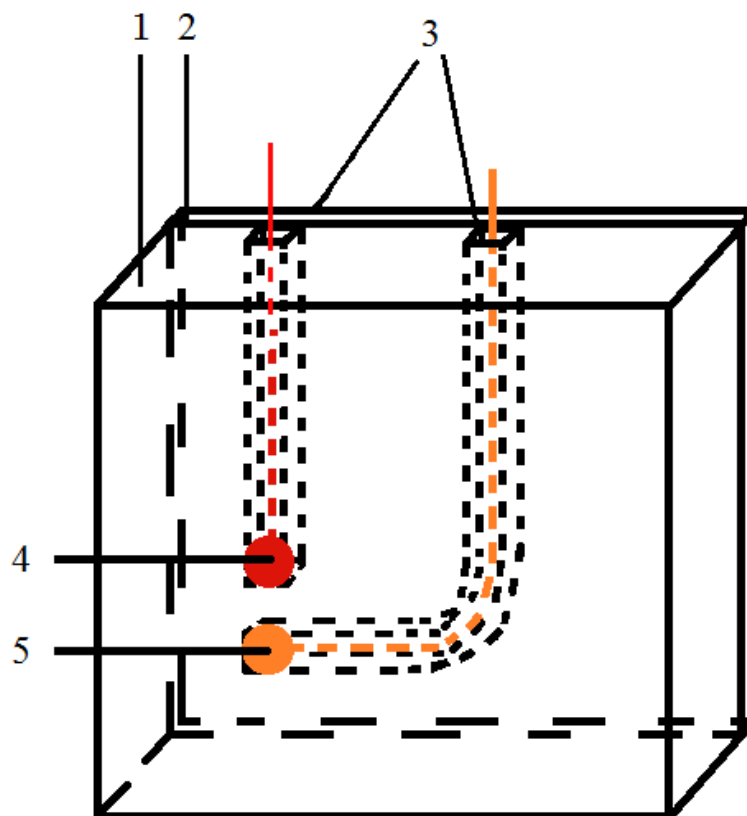
Nustačius 2,0 A. elektros srovę, temperatūros jutikliai buvo pradėti šaldyti nuo pradinės 15 – 16 °C temperatūros ir po 700 s. jų temperatūra nusistovėjo ties -3 – 0 °C (žr. 3.3.2.7. pav.).

Atlikus šį eksperimentinį tyrimą buvo padarytos dvi išvados. Pirma, didžiausia skirtuminė temperatūra bandymų metu susidaro būtent pereinamųjų procesų metu, o tiksliau ties pereinamųjų procesų viduriu (žr. 3.3.2.1. pav. – 3.3.2.7. pav.). Taip susiklosto todėl, kad temperatūros jutiklio PT100 temperatūra krenta greičiau nei PT1000 ir bėgant laikui vis didėja temperatūrų skirtumas tarp PT100 ir PT1000. Kai PT100 priartėja prie maksimaliai žemos temperatūros esant 2A. srovei (žr. 3.3.2.7. pav.), jo temperatūros kritimas sulėtėja, tuo tarpu PT1000 dar šąla sparčiau ir skirtuminė temperatūra tarp jutiklių sumažėja. Antra, Mažiausios temperatūros paklaidos yra dirbant aplinkos temperatūroje.

3.3.3. Termostato temperatūrinės histerezės ir paklaidos tyrimas šildant

Pagrindinis šios tyrimo dalies tikslas – išanalizuoti dviejų temperatūros jutiklių parodymus šildant vienodomis sąlygomis - kai abu temperatūros jutikliai patalpinti toje pačioje metalinėje konstrukcijoje, tik skirtinguose išpjautuose grioveliuose (žr. 3.3.3.1. pav.). Toks tyrimas reikalingas tam, kad turėtume duomenis apie temperatūrų priklausomybę tais atvejais, kai bus atliekami tyrimai su bandiniais, kurie bus itin mažų gabaritų ir tilps į metalinės konstrukcijos griovelį.

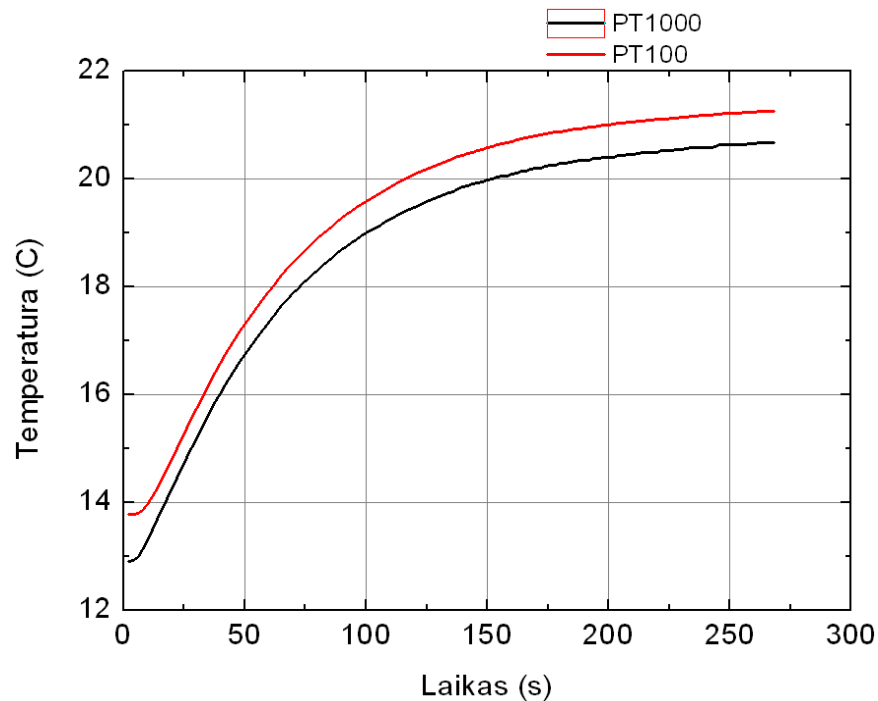
Bandymo metu srovė keičiama kas 0,25 A. Šiam tyrimui buvo atlikti 6 bandymai.



3.3.3.1. pav. Principinė metalinės konstrukcijos schema, kai temperatūros jutikliai maksimaliai arti vienas prie kito

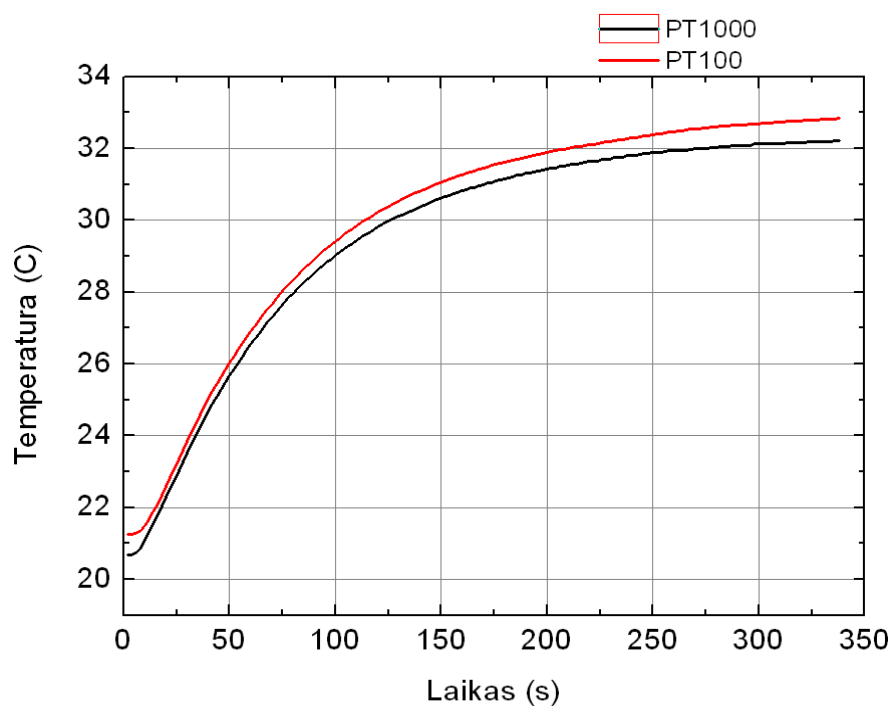
1. Metalinė plokštelė;
2. Metalinė uždengimo plokštelė;
3. Išpjauti grioveliai jutikliams;
4. Temperatūros jutiklis PT100;
5. Temperatūros jutiklis PT1000.

Pirmojo bandymo metu buvo nustatyta 0,25 A. elektros srovė (žr. 3.3.3.2. pav.).



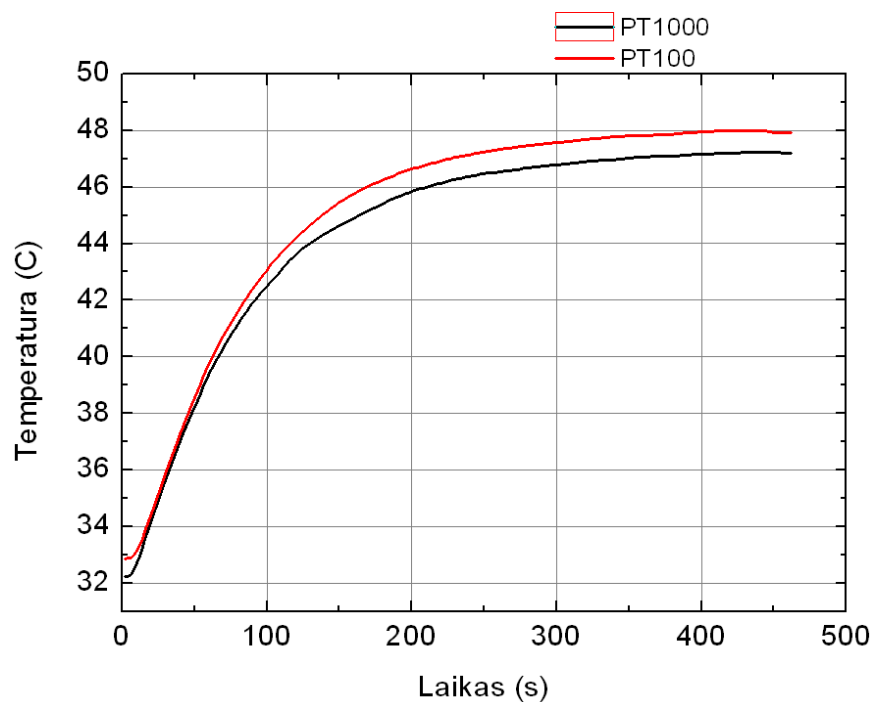
3.3.3.2. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,25 A

Nustačius 0,25 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo pradinės 13 – 14 °C ir po 260 s. nusistovėjo ties 20,5 – 21,5 °C (žr. 3.3.3.2. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 0,5 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.3.3. pav.).



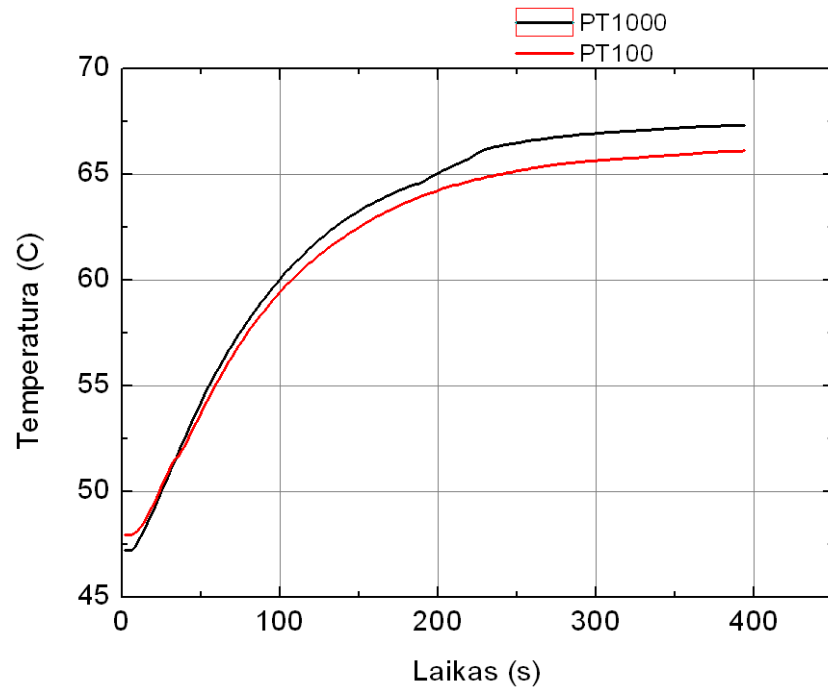
3.3.3.3. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,5 A

Nustačius 0,5 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo pradinės 20,5 – 21,5 °C ir po 330 s. nusistovėjo ties 32 – 33 °C (žr. 3.3.3.3. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 0,75 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.3.4. pav.).



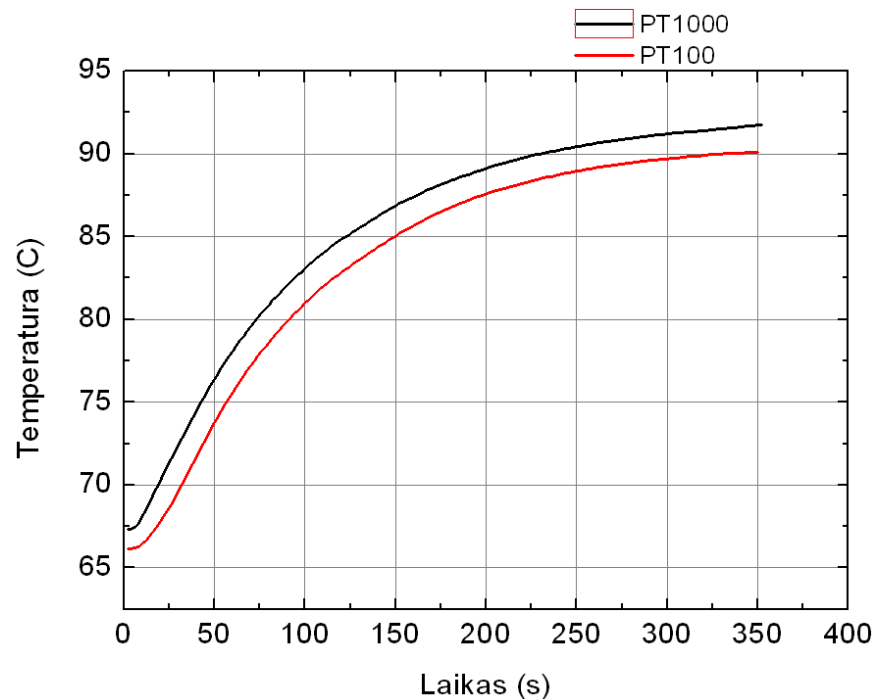
3.3.3.4. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,75 A

Nustačius 0,75 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo pradinės 32 – 33 °C ir po 450 s. nusistovėjo ties 47 – 48 °C (žr. 3.3.3.4. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 1,0 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.3.5. pav.).



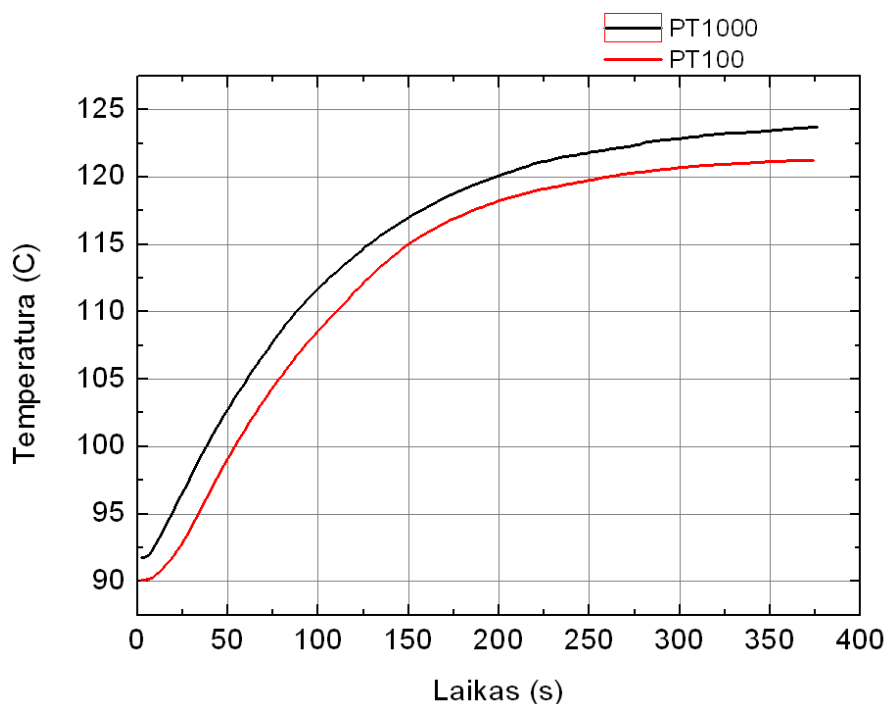
3.3.3.5. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,0 A

Nustačius 1,0 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo pradinės 47 – 48 $^{\circ}\text{C}$ ir po 390 s. nusistovėjo ties 66 – 67 $^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.3.3.5. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 1,25 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.3.6. pav.).



3.3.3.6. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,25 A

Nustačius 1,25 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo pradinės 66 – 67 °C ir po 350 s. nusistovėjo ties 90 – 92 °C (žr. 3.3.3.6. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 1,5 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.3.7. pav.).



3.3.3.7. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,5 A

Nustačius 1,5 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui kilo nuo pradinės 90 – 92 °C ir po 360 s. nusistovėjo ties 122 – 124 °C (žr. 3.3.3.7. pav.).

Bandymų rezultatai parodė (žr. 3.3.3.2. pav. – 3.3.3.5. pav.), kad temperatūros jutiklių PT100 ir PT1000 temperatūra kito vienodai tiek bandymų pradžioje, tiek įpusėjus bandymus, tiek bandymų pabaigoje ir visada skyrėsi apie 1 °C, tačiau tekinant 1,25 A. ir stipresnę elektros srovę per Peltje elementą, pereinamojo proceso metu susidarė didesnė skirtuminė temperatūra apie 2 °C tarp temperatūros jutiklių (žr. 3.3.3.6. pav. – 3.3.3.7. pav.).

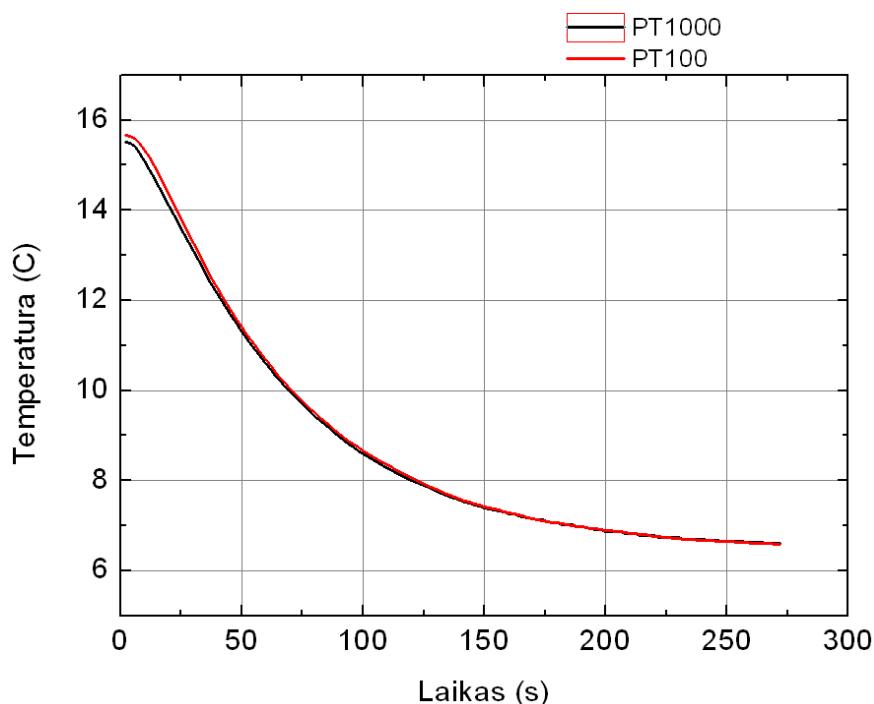
Reikia atkreipti dėmesį, kad temperatūrinės kreivės ties 52 °C susikerta – tai galėjo nulėmti netolygus Peltje elemento temperatūrinis pasiskirstymas. Padidinus elektros srovę iki 1,5 A. (žr. 3.3.3.7. pav.), PT1000 temperatūra pasiekė 123 °C temperatūrą, kai tuo tarpu ankstesniame bandyme (žr. 3.3.1.7. pav.) tekinant 1,5 A. elektros srovę, Peltje elementas tepasiekė vos 56°C. Vadinasi dabar buvo tekinamas mažesnis vandens kiekis per šaldytuvą ir kita Peltje elemento pusė kaito stipriau ir tokiu būdu mažiau šilumos sugėrė nuo Darbinės Peltje elemento pusės, todėl Peltje elementas galėjo pasiekti aukštesnę temperatūrą tekinant tokio pat dydžio elektros srovę.

3.3.4. Termostato temperatūrinės histerezės ir paklaidos tyrimas šaldant

Pagrindinis šios tyrimo dalies tikslas – išanalizuoti dviejų temperatūros jutiklių parodymus šaldant vienodomis sąlygomis - kai abu temperatūros jutikliai patalpinti toje pačioje metalinėje konstrukcijoje, tik skirtinguose išpjautuose grioveliuose.

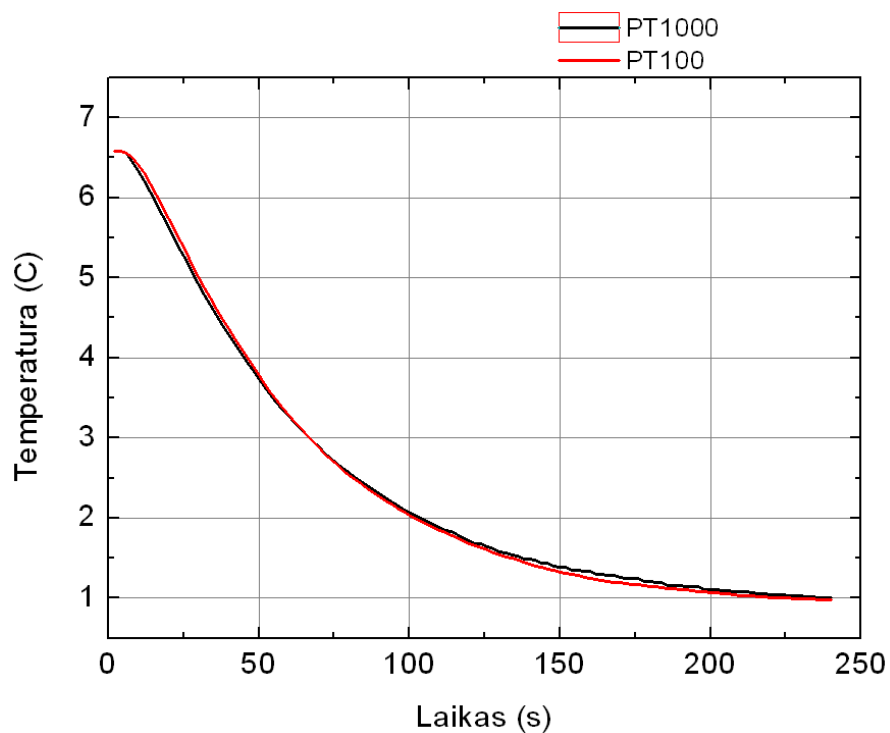
Bandymo metu srovė keičiama kas 0,25 A., tačiau šio tyrimo metu buvo sukeisti Peltje elemento gnybtai, kad pasikeistų elektros srovės kryptis. Laikas matuojamas kas 2000 ms (2 s). Paskutinio bandymo metu nuo pradinės padėties iškart paleista srovė 2 A. Šio tyrimo metu abu temperatūros jutikliai buvo patalpinti į išpjautus griovelius metalinėje konstrukcijoje taip sudarant jutikliams maksimaliai vienodas sąlygas tyrimo metu. Šiam tyrimui buvo atlikti 9 bandymai.

Pirmojo bandymo metu buvo nustatyta 0,25 A. (žr. 3.3.4.1. pav.).



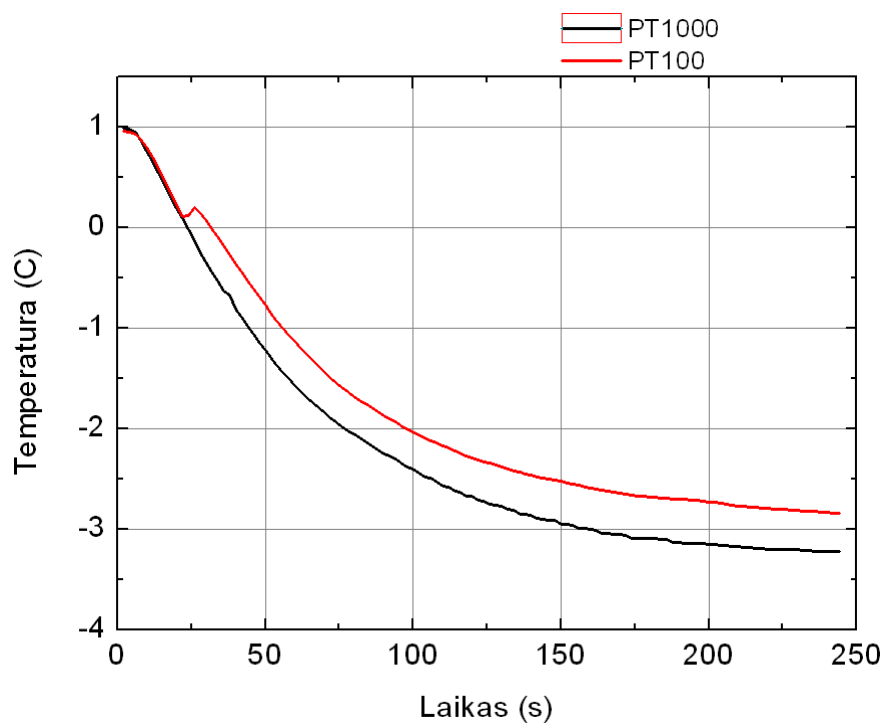
3.3.4.1. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,25 A

Nustačius 0,25 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui krito nuo pradinės 15 °C ir po 270 s. nusistovėjo ties 6,5 °C (žr. 3.3.4.1. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 0,5 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.4.2. pav.).



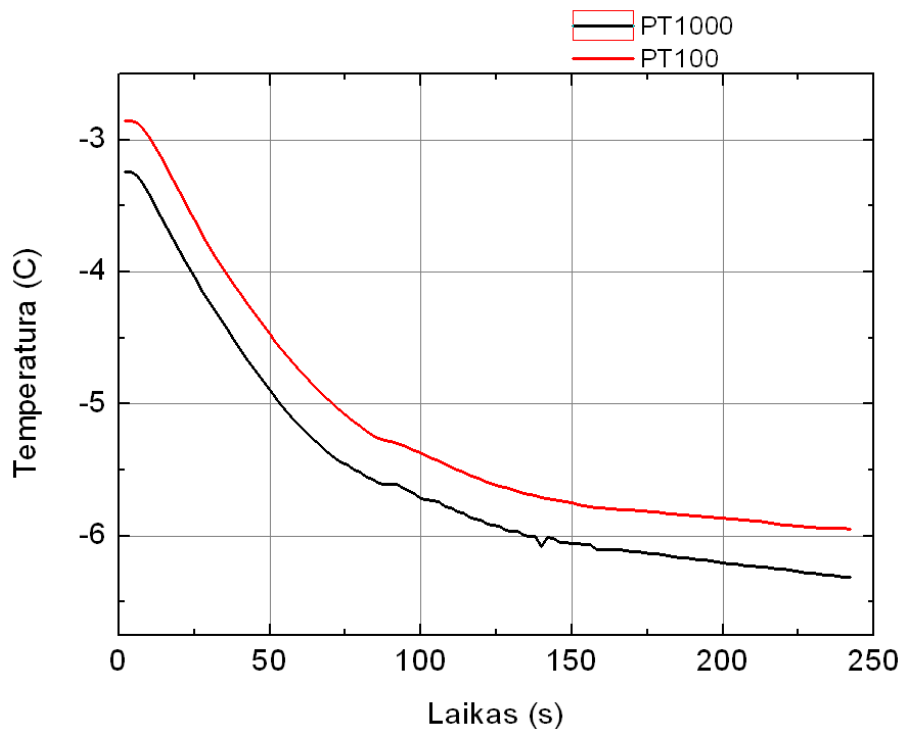
3.3.4.2. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,5 A

Nustačius 0,5 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui krito nuo pradinės 6,5 °C ir po 240 s. nusistovėjo ties 1 °C (žr. 3.3.4.2. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 0,75 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.4.3. pav.).



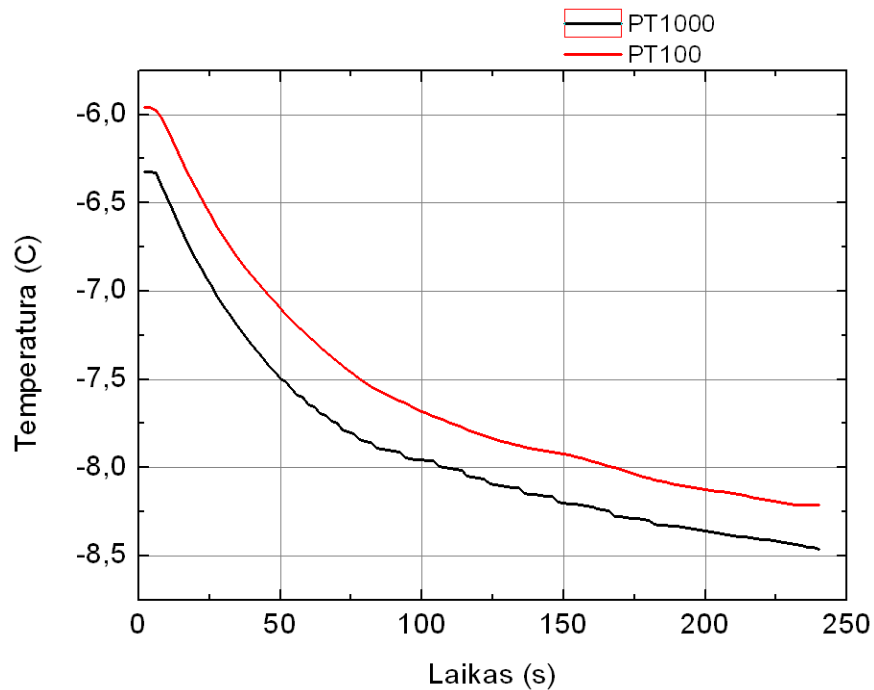
3.3.4.3. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 0,75 A

Nustačius 0,75 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui krito nuo pradinės 1 °C ir po 240 s. nusistovėjo ties -3 °C (žr. 3.3.4.3. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 1,0 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.4.4. pav.).



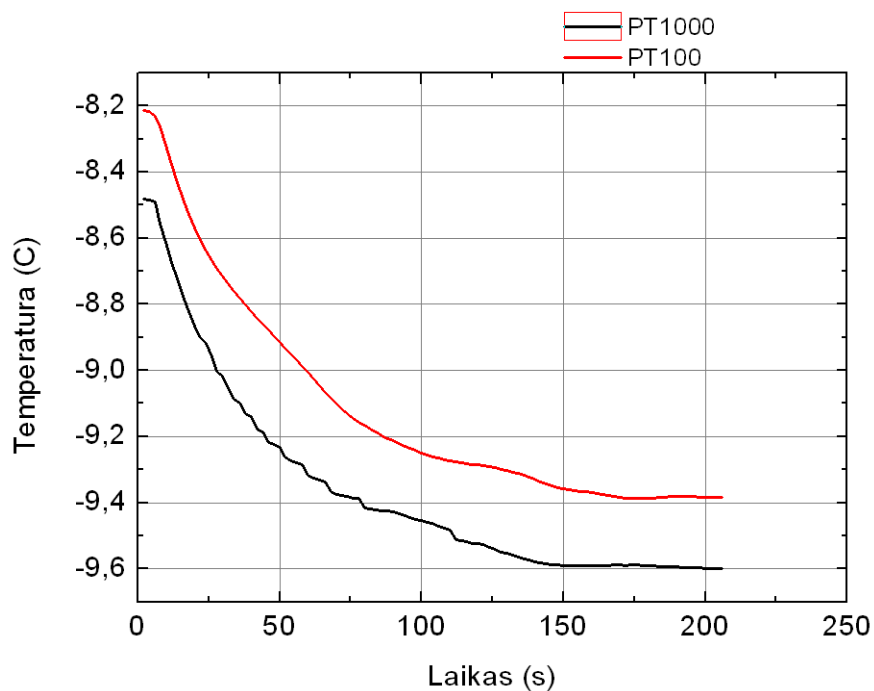
3.3.4.4. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,0 A

Nustačius 1,0 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui krito nuo pradinės -3 °C ir po 240 s. nusistovėjo ties -6 °C (žr. 3.3.4.4. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 1,25 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.4.5. pav.).



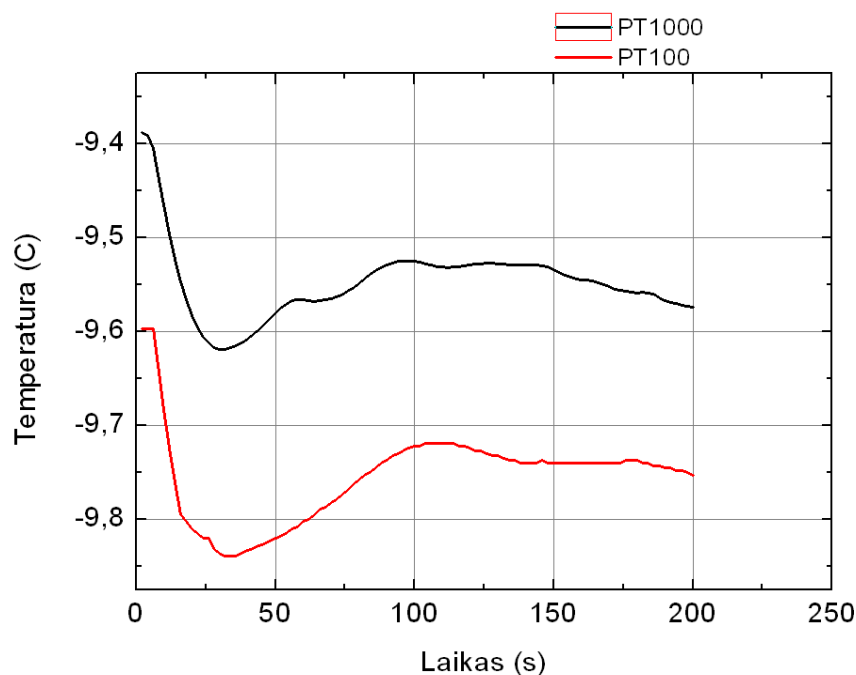
3.3.4.5. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,25 A

Nustačius 1,25 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui krito nuo pradinės -6°C ir po 240 s. nusistovėjo ties $-8,5^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.3.4.5. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 1,5 A elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.4.6. pav.).



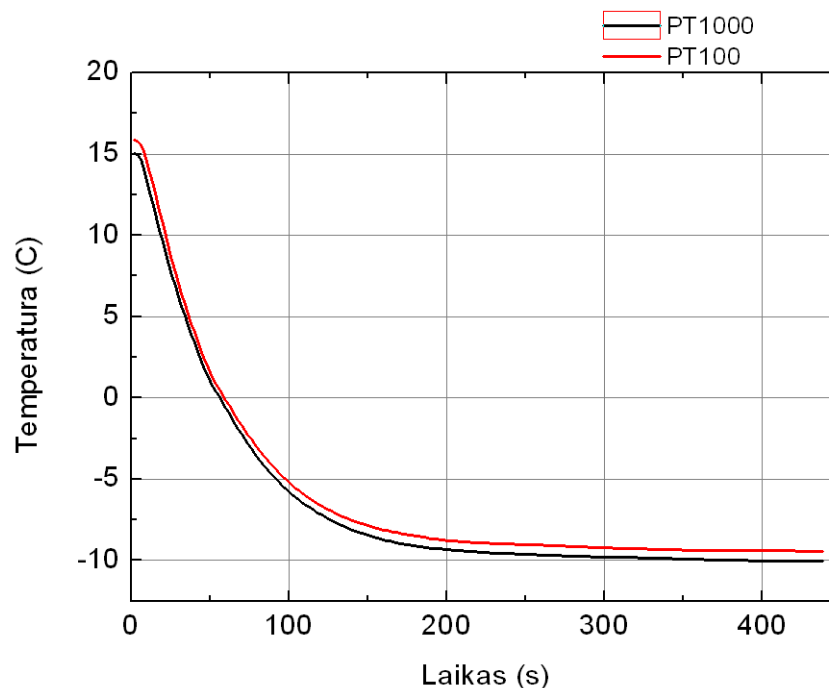
3.3.4.6. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,5 A

Nustačius 1,5 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui krito nuo pradinės $-8,5^{\circ}\text{C}$ ir po 200 s. nusistovėjo ties $-9,5^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.3.4.6. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo pakeista 1,75. A elektros srovė ir pradėtas matuoti kitas bandymas (žr. 3.3.4.7. pav.).



3.3.4.7. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 1,75 A

Nustačius 1,75 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui krito nuo pradinės $-9,5^{\circ}\text{C}$ ir po 200 s. nusistovėjo ties $-9,6^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.3.4.7. pav.). Nusistovėjus temperatūrai, *LabVIEW* programoje buvo nutrauktas elektros srovė tekėjimas iš maitinimo šaltinio ir Peltje elementui sušilus iki aplinkos temperatūros, buvo paleista maksimali 2,0 A. elektros srovė ir pradėtas matuoti bandymas (žr. 3.3.4.8. pav.).



3.3.4.8. pav. Eksperimentinis bandymas, kai nustatyta elektros srovė 2,0 A

Nustačius 2,0 A. elektros srovę, jutiklių temperatūra palaipsniui krito nuo pradinės 15 °C ir po 440 s. nusistovėjo ties -10 °C (žr. 3.3.4.8. pav.).

Apžvelgiant gautus duomenis (žr. 3.3.4.1. pav. – 3.3.4.8. pav.), pirmiausia matome, kad abiejų temperatūros jutiklių PT100 ir PT1000 temperatūra kisdavo vienodai greitai. Antra, temperatūros jutiklių matuojamos temperatūros skyrėsi labai minimaliai, kol Peltje elementas buvo atšaldytas iki 0 °C (žr. 3.3.4.3. pav.). Tada temperatūros jutiklis PT100 susvyravo ir bandymo pabaigoje tarp jutiklių jau buvo 0,3 °C skirtumas. Toks temperatūros skirtumas išliko ir kituose bandymuose, kol elektros srovė buvo keičiama iki 2 A. Trečia, pakeitus elektros srovę nuo 0 A. iki 2 A., buvo pasiekta žemiausia temperatūra -10 °C.

Be jau paminėtų išvadų, dar reikėtų atkreipti dėmesį į temperatūros svyravimą (žr. 3.3.4.5 pav. – 3.3.4.7. pav.). To priežastis gali būti temperatūros nebetolygus kritimas, kai šaldymas sulėtėja artėjant prie nustatytų verčių.

3.4. PID parametrų įtakos, termostato temperatūrinėms charakteristikoms, tyrimas

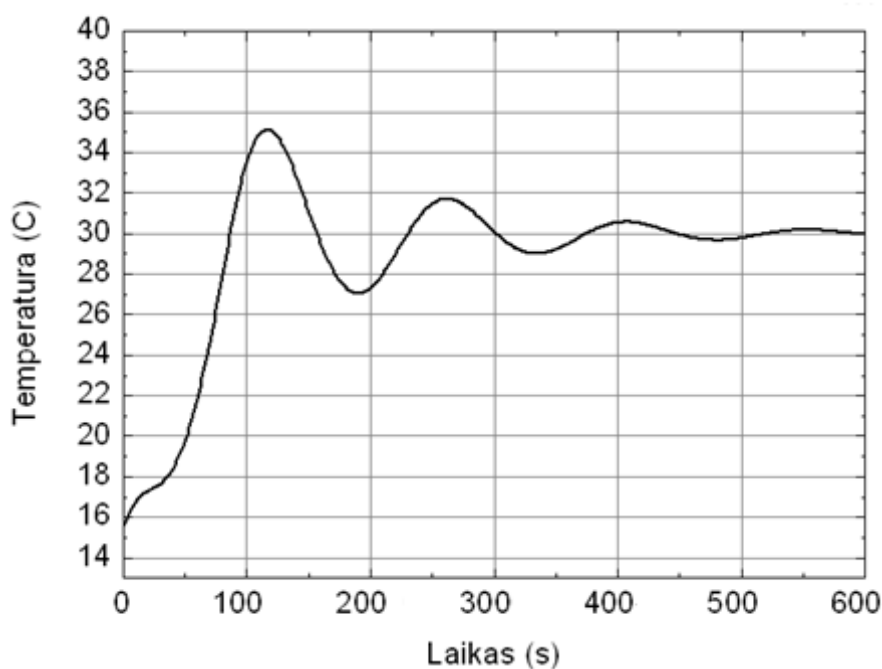
Pagrindinis šio tyrimo tikslas yra išanalizuoti PID koeficientų reikšmę temperatūros pereinamiesiems procesams kaip pvz. temperatūros nusistovėjimo greitis ar temperatūros svyravimų amplitudė artėjant prie nustatytos reikšmės. Šio tyrimo metu bus matuojamos tik vieno temperatūros jutiklio reikšmės.

PID kontroleris (regulatorius) yra vienas iš dažniausiai naudojamų grįžtamojo ryšio priemonių įvairiems procesams valdyti ir labai plačiai naudojamas pramoninėse valdymo sistemose. PID valdiklis apskaičiuoja vertės skirtumą tarp nustatytos vertės ir išmatuoto proceso vertės, gautos iš grįžtamojo ryšio. Analizuodamas grįžtamojo ryšio duomenis PID regulatorius keičia PID koeficientus, kad matuojamas procesas pasiektų nustatytas reikšmes [15].

3.4.1. P parametro įtaka termostato temperatūrinėms charakteristikoms

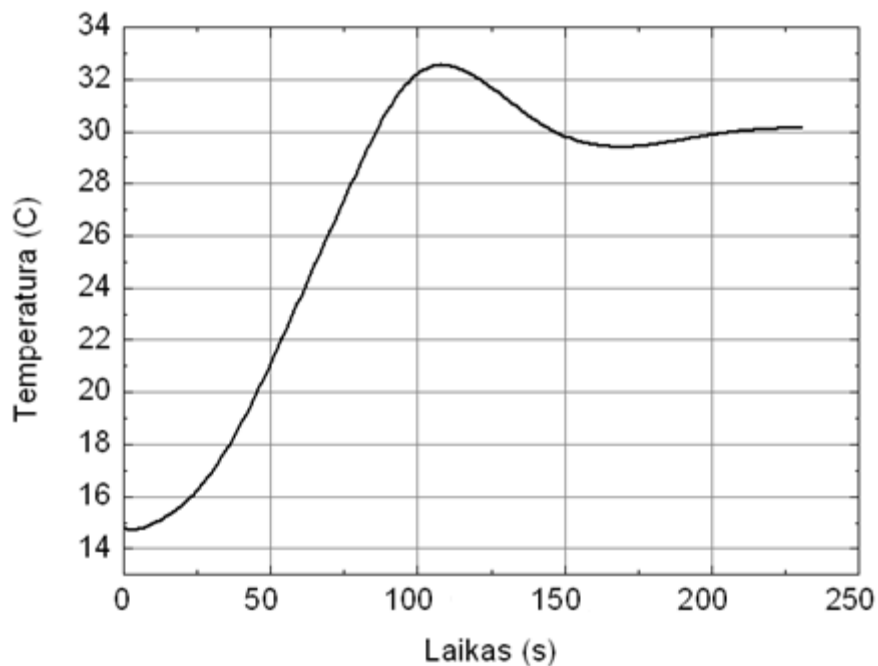
Šio tyrimo metu keičiamas tik P parametras, o $I=0,001$ ir $D=1,5$ parametrai viso tyrimo metu buvo pastovios reikšmės. Pagrindinis šio tyrimo tikslas buvo nustatyti P parametro įtaką termostato temperatūrinėms charakteristikoms. Iš viso atlikti 4 bandymai.

Pirmojo bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,05$; $I=0,001$; $D=1,5$ (žr. 3.4.1.1. pav.).



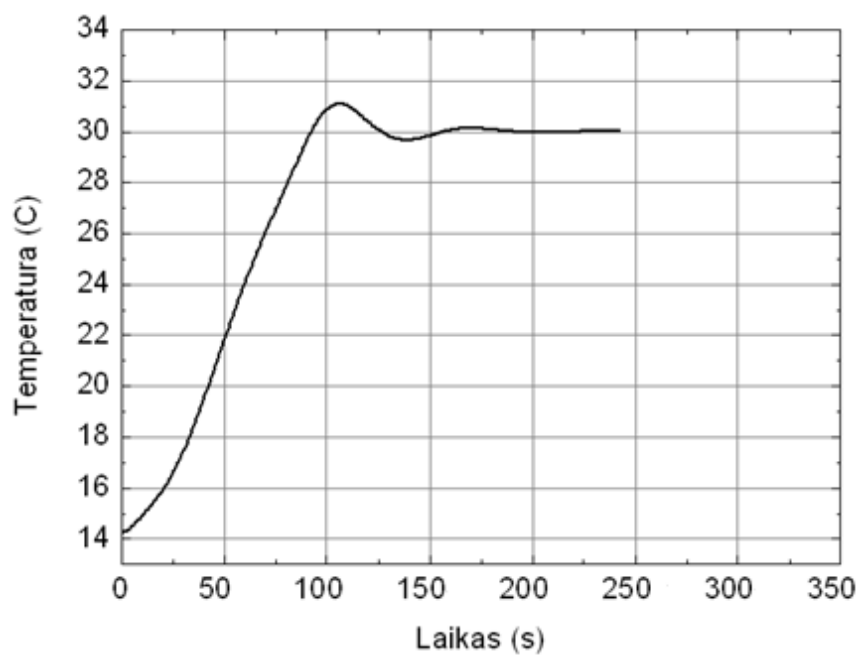
3.4.1.1. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,05$; $I=0,001$; $D=1,5$

Su nustatytais koeficientais $P=0,05$; $I=0,001$; $D=1,5$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės 15°C apie 110 s. iki 35°C , tada svyravimai mažėjo 490 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta 30°C (žr. 3.4.1.1. pav.). Kito bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,1$; $I=0,001$; $D=1,5$ (žr. 3.4.1.2. pav.).



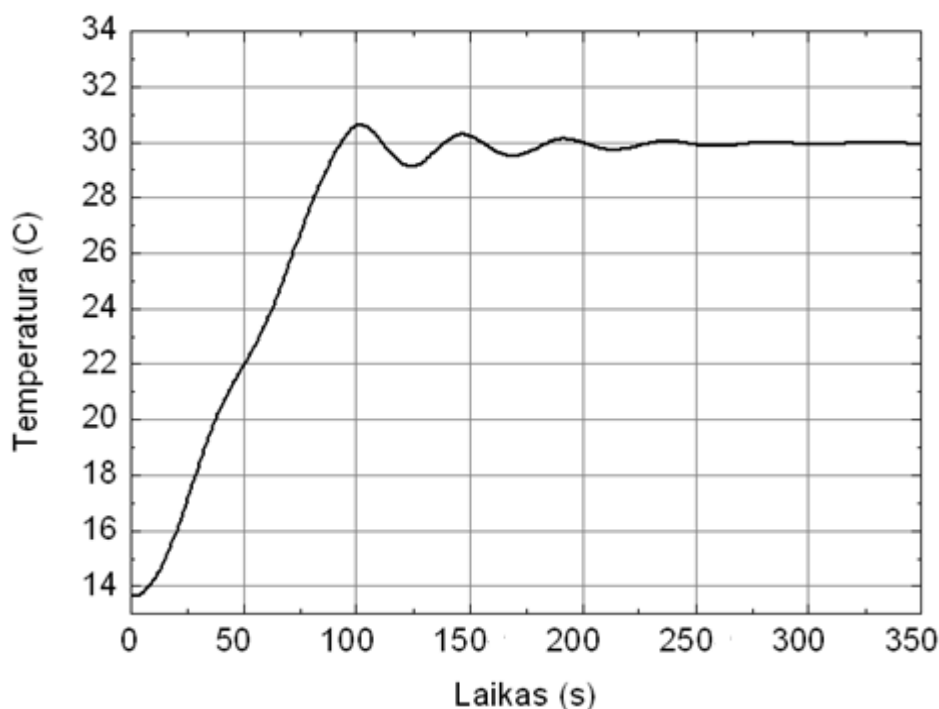
3.4.1.2. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,1$; $I=0,001$; $D=1,5$

Su nustatytais koeficientais $P=0,1$; $I=0,001$; $D=1,5$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės 15°C apie 110 s. iki 33°C , tada svyravimai mažėjo apie 115 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta 30°C (žr. 3.4.1.2. pav.). Kito bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,2$; $I=0,001$; $D=1,5$ (žr. 3.4.1.3. pav.).



3.4.1.3. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,2$; $I=0,001$; $D=1,5$

Su nustatytais koeficientais $P=0,2$; $I=0,001$; $D=1,5$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ apie 110 s. iki $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, tada svyravimai mažėjo apie 90 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.4.1.3. pav.). Kito bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,4$; $I=0,001$; $D=1,5$ (žr. 3.4.1.4. pav.).



3.4.1.4. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,4$; $I=0,001$; $D=1,5$

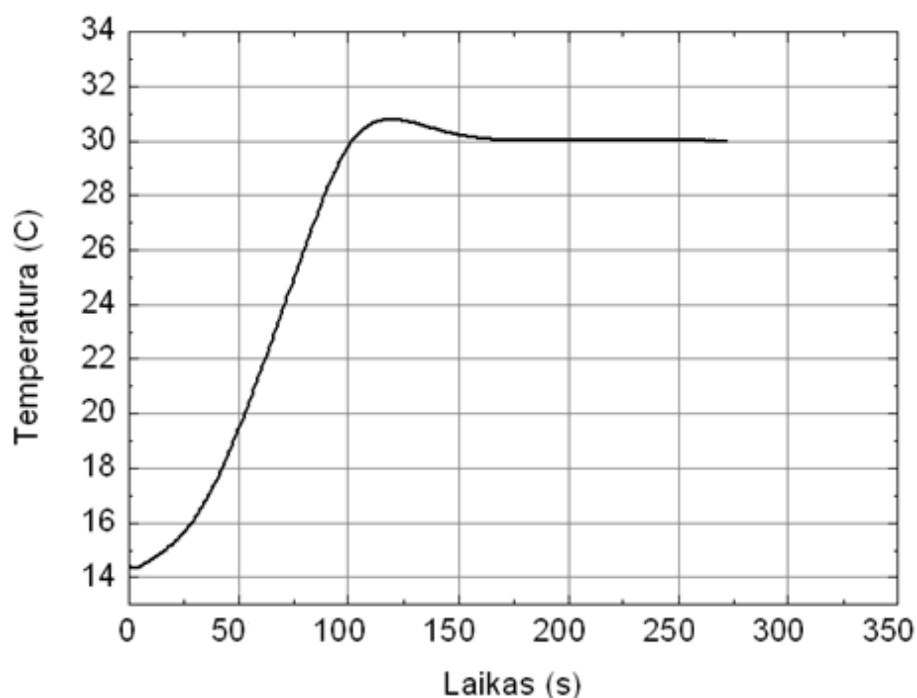
Su nustatytais koeficientais $P=0,4$; $I=0,001$; $D=1,5$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ apie 100 s. iki $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, tada svyravimai mažėjo apie 200 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.4.1.4. pav.).

Proporcijos koeficientas lemia, kokia bus temperatūros amplitudė, kol nusistovės nustatyta temperatūra. Kaip matome iš gautų rezultatų (žr. 3.4.1.1. pav. – 3.4.1.3. pav.), kuo didesnis P koeficientas, tuo mažiau temperatūra viršijama virš nustatytos vertės, tačiau nustačius P koeficiento reikšmę $0,4$, temperatūros amplitudė sumažėja tik $\sim 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, o temperatūros nusistovėjimas užsitęsia apie 100 s. ilgiau.

3.4.2. I parametro įtaka termostato temperatūrinėms charakteristikoms

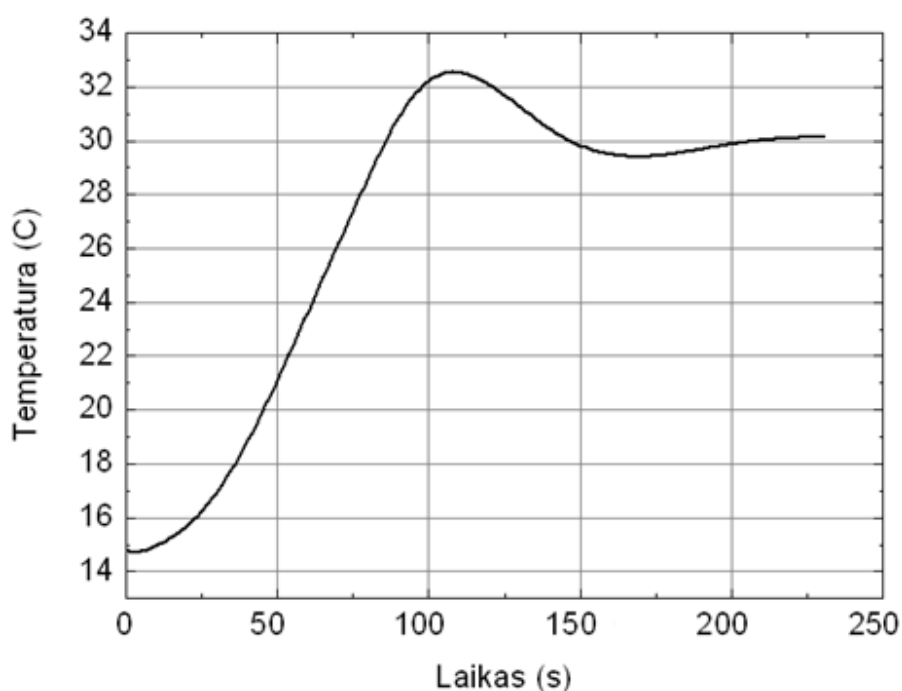
Šio tyrimo metu keičiamas tik I parametras, o $P=0,1$ ir $D=1,5$ parametrai viso tyrimo metu buvo pastovios reikšmės. Pagrindinis šio tyrimo tikslas buvo nustatyti P parametro įtaką termostato temperatūrinėms charakteristikoms. Šio tyrimo metu buvo atlikti 3 bandymai.

Pirmojo bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,1$; $I=0,0005$; $D=1,5$ (žr. 3.4.2.1. pav.).



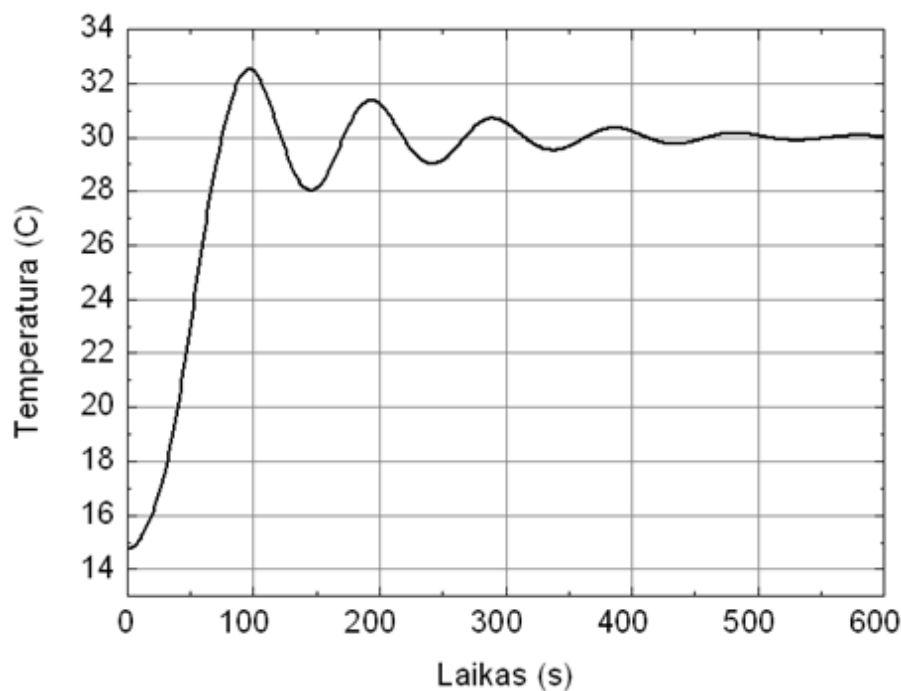
3.4.2.1. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,1$; $I=0,0005$; $D=1,5$

Su nustatytais koeficientais $P=0,1$; $I=0,0005$; $D=1,5$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės 14°C apie 120 s. iki 31°C , tada svyravimai mažėjo 50 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta 30°C (žr. 3.4.2.1. pav.). Vietoje kito bandymo buvo panaudoti duomenys iš anksčiau atlikto bandymo su nustatytais koeficientais: $P=0,1$; $I=0,001$; $D=1,5$ (žr. 3.4.2.2. pav.).



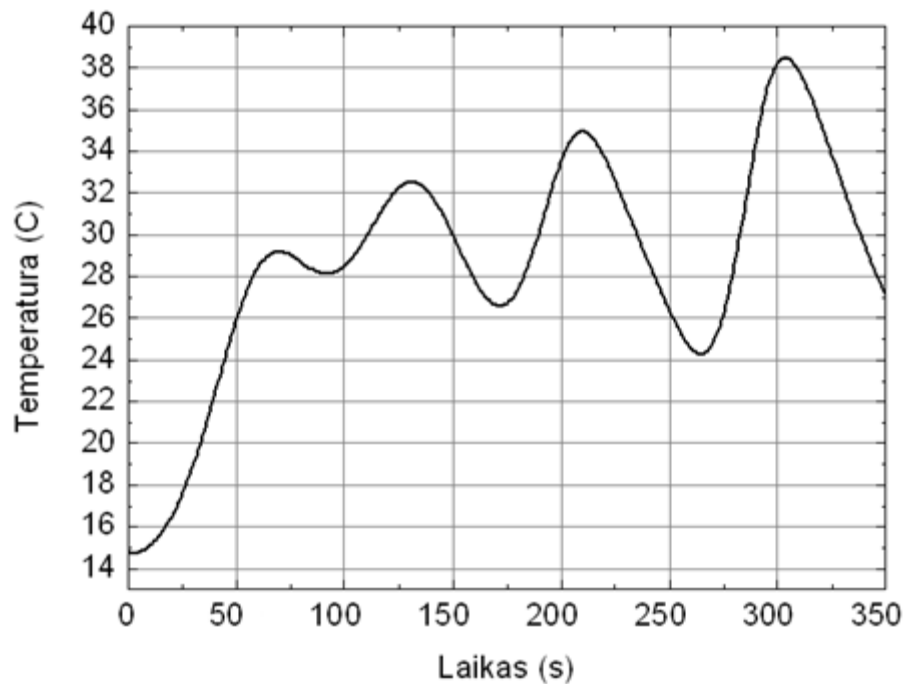
3.4.2.2. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,1$; $I=0,001$; $D=1,5$

Su nustatytais koeficientais $P=0,1$; $I=0,001$; $D=1,5$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ apie 110 s. iki $33\text{ }^{\circ}\text{C}$, tada svyravimai mažėjo apie 115 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.4.2.2. pav.). Kito bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,1$; $I=0,002$; $D=1,5$ (žr. 3.4.2.3. pav.).



3.4.2.3. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,1$; $I=0,002$; $D=1,5$

Su nustatytais koeficientais $P=0,1$; $I=0,002$; $D=1,5$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ apie 100 s. iki $33\text{ }^{\circ}\text{C}$, tada svyravimai mažėjo apie 500 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.4.2.3. pav.). Kito bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,1$; $I=0,004$; $D=1,5$ (žr. 3.4.2.4. pav.).



3.4.2.4. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,1$; $I=0,004$; $D=1,5$

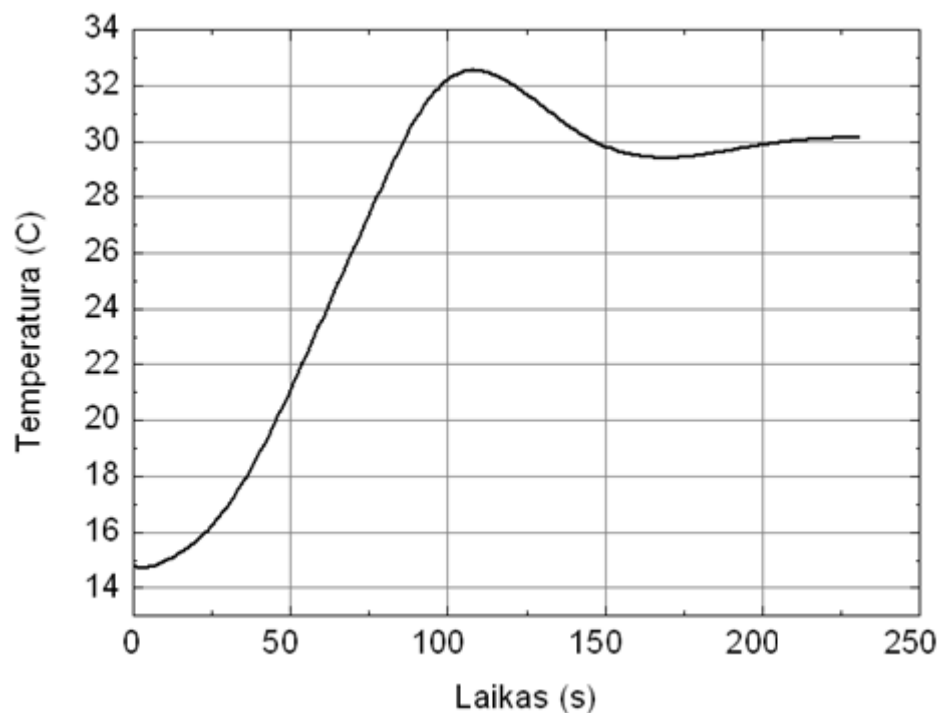
Su nustatytais koeficientais $P=0,1$; $I=0,004$; $D=1,5$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės 15°C apie 60 s. iki 29°C , tada svyravimai tik didėjo apie 290 s. kol bandymas buvo nutrauktas.

Integralo koeficientas nulemia, kokia bus temperatūros amplitudė, o taip pat ir tos amplitudės periodas. Kaip matome iš gautų rezultatų (žr. 3.4.2.1. pav. – 3.4.2.3. pav.), kuo didesnis I koeficientas, tuo temperatūros amplitudė ir jos periodas didėja, tačiau nustačius I koeficiento reikšmę 0,004 (žr. 3.4.2.4. pav.), temperatūros amplitudė ir jos periodai pradėjo didėti, ir kuo toliau buvo vykdomas eksperimentinis bandymas, tuo sistema labiau išsibalansavo, nes PID reguliatorius, esant vis didesniai skirtumui tarp nustatytos vertės ir gautos vertės iš grįžtamojo ryšio, siunčia vis didesnę signalą sistemai.

3.4.3. D parametro įtaka termostato temperatūrinėms charakteristikoms

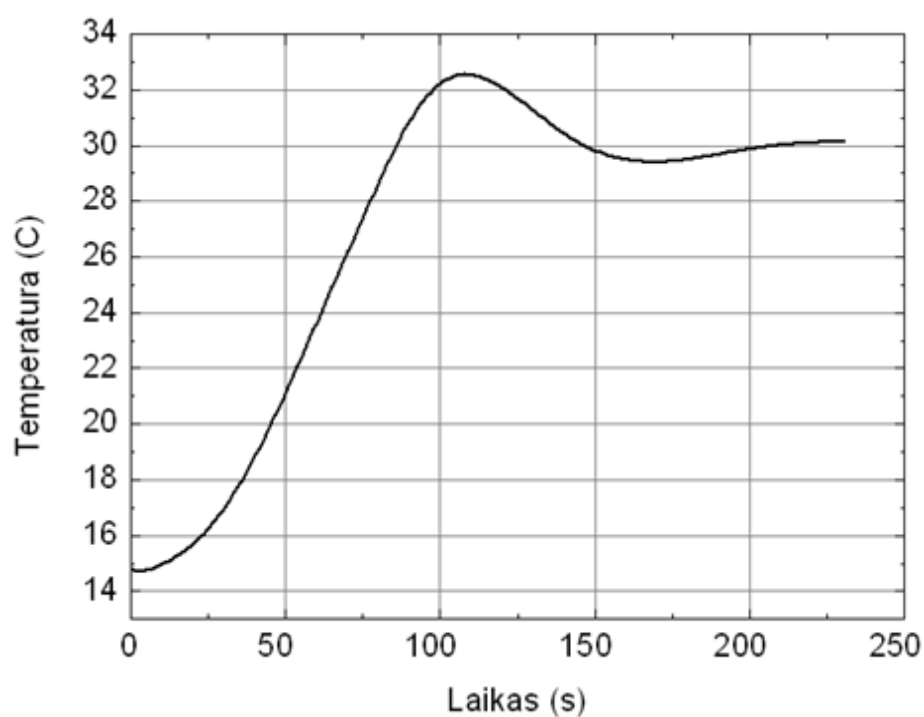
Šio tyrimo metu keičiamas tik I parametras, o $P=0,1$ ir $I=0,001$ parametrai viso tyrimo metu buvo pastovios reikšmės. Pagrindinis šio tyrimo tikslas buvo nustatyti P parametro įtaką termostato temperatūrinėms charakteristikoms. Iš viso atlikti 4 bandymai.

Pirmojo bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,1$; $I=0,0005$; $D=0,75$ (žr. 3.4.3.1. pav.).



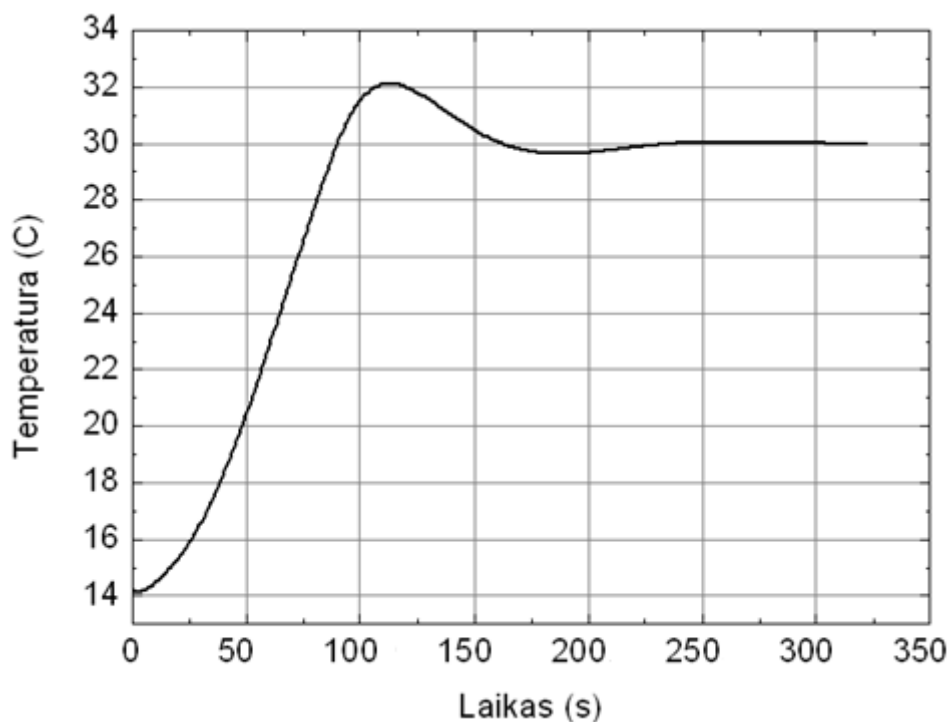
3.4.3.1. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,1$; $I=0,001$; $D=0,75$

Su nustatytais koeficientais $P=0,1$; $I=0,0005$; $D=0,75$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės 15°C apie 110 s. iki 33°C , tada svyravimai mažėjo 110 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta 30°C (žr. 3.4.3.1. pav.). Vietoje kito bandymo buvo panaudoti duomenys iš anksčiau atlikto bandymo su nustatytais koeficientais: $P=0,1$; $I=0,001$; $D=1,5$ (žr. 3.4.3.2. pav.)



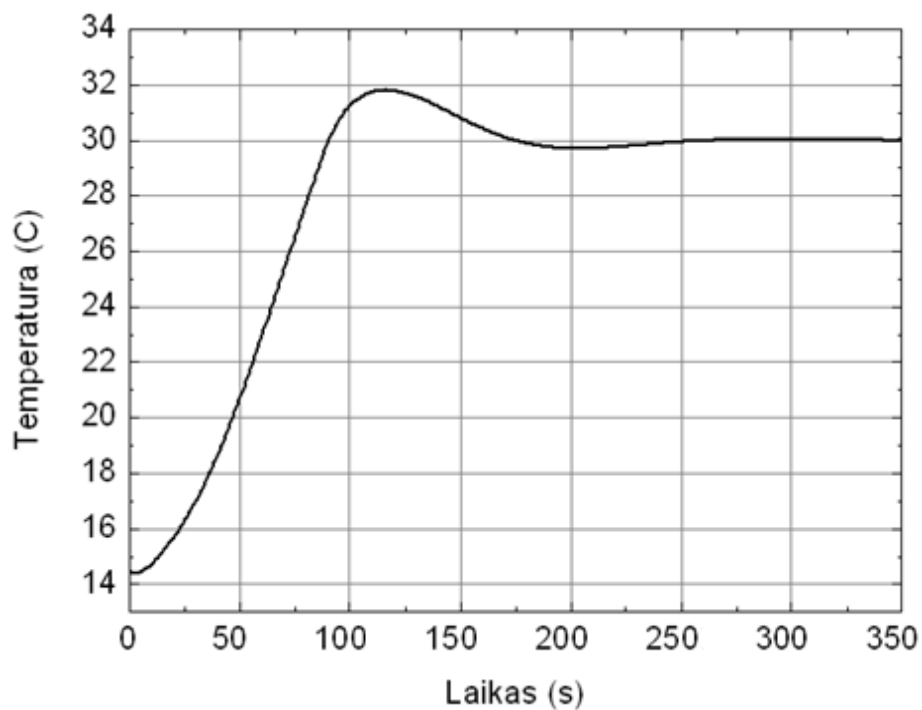
3.4.3.2. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,1$; $I=0,001$; $D=1,5$

Su nustatytais koeficientais $P=0,1$; $I=0,001$; $D=1,5$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ apie 110 s. iki $33\text{ }^{\circ}\text{C}$, tada svyravimai mažėjo apie 115 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.4.3.2. pav.). Kito bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,1$; $I=0,001$; $D=3,0$ (žr. 3.4.3.3. pav.).



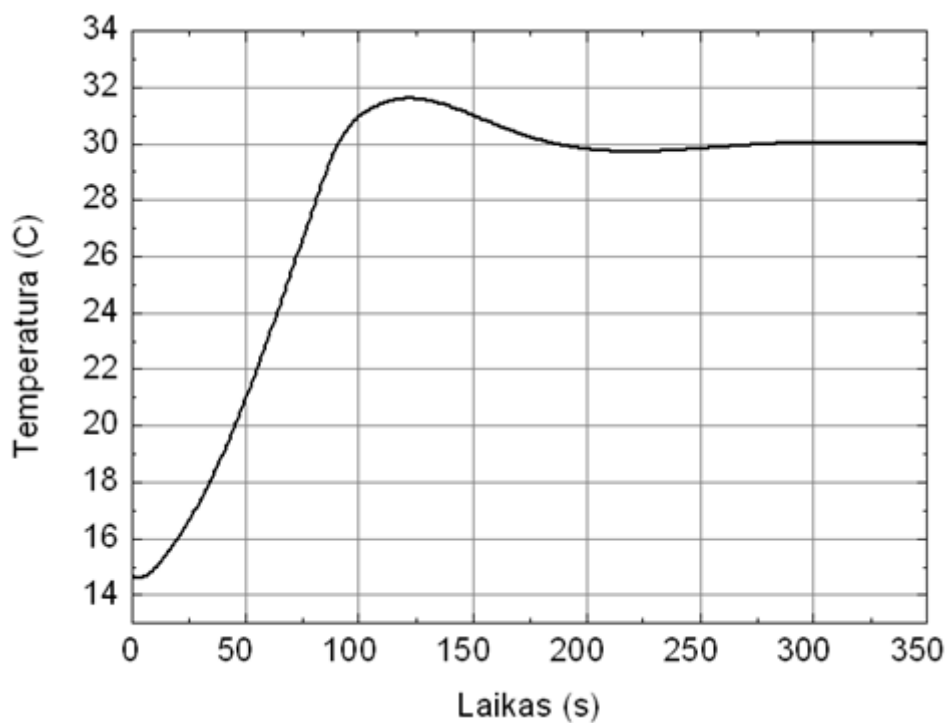
3.4.3.3. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,1$; $I=0,001$; $D=3,0$

Su nustatytais koeficientais $P=0,1$; $I=0,001$; $D=3,0$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ apie 110 s. iki $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, tada svyravimai mažėjo apie 140 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.4.3.3. pav.). Kito bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,1$; $I=0,001$; $D=4,5$ (žr. 3.4.3.4. pav.).



3.4.3.4. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,1$; $I=0,001$; $D=4,5$

Su nustatytais koeficientais $P=0,1$; $I=0,001$; $D=4,5$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės 14°C apie 120 s. iki 32°C , tada svyravimai mažėjo apie 150 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta 30°C (žr. 3.4.3.4. pav.). Kito bandymo metu buvo nustatyti tokie koeficientai: $P=0,1$; $I=0,001$; $D=6,0$ (žr. 3.4.3.5. pav.).

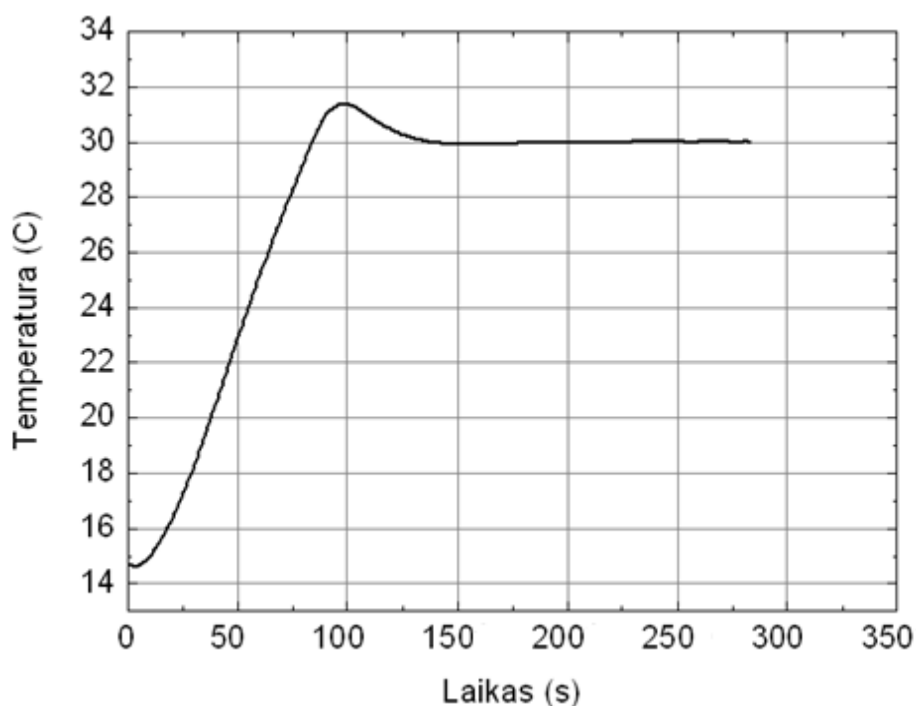


3.4.3.5. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,1$; $I=0,001$; $D=6,0$

Su nustatytais koeficientais $P=0,1$; $I=0,001$; $D=6,0$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ apie 120 s. iki $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, tada svyravimai mažėjo apie 160 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.4.3.5. pav.).

Išvestinės koeficientas nulemia, koks bus temperatūros amplitudės periodas. Iš gautų rezultatų matome (žr. 3.4.3.1. pav. – 3.4.3.5. pav.), kuo didesnis D koeficientas, tuo amplitudės periodas ilgėja, bet sistema mažiau svyruoja ir greičiau nusistovėjo ties nustatyta reikšme.

Remiantis atliktais PID parametrų tyrimų rezultatais buvo padaryta išvada, kad optimaliausi PID parametrų koeficientai yra $P=0,2$; $I=0,002$; $D=6,0$ ir atliktas dar vienas bandymas išvada pagrįsti (žr. 3.4.3.6. pav.).



3.4.3.6. pav. Eksperimentinis bandymas, kai $P=0,2$; $I=0,002$; $D=6,0$

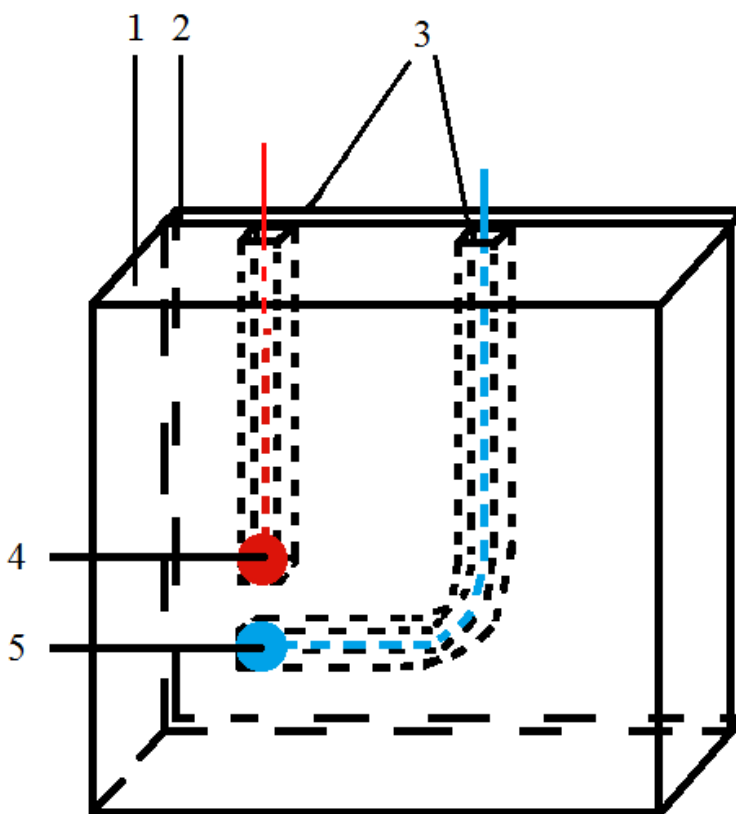
Su nustatytais koeficientais $P=0,2$; $I=0,002$; $D=6,0$ Peltje elementas buvo kaitinamas nuo pradinės $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ apie 100 s. iki $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, tada svyravimai mažėjo apie 50 s. kol temperatūra nusistovėjo ties nustatyta $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (žr. 3.4.3.6. pav.).

Padaryta išvada buvo teisinga, nes parinkti koeficientai pasitvirtino. Pirma, temperatūra kildama viršijo tik $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ virš nustatytos vertės. Antra, pereinamasis procesas turėjo minimalius svyravimus. Trečia, nustatytą temperatūrą sistema pasiekė per 150 s.

3.5. Termostato taikymas tiriant magnetinio lauko jutiklio LUC74 temperatūrinę charakteristiką

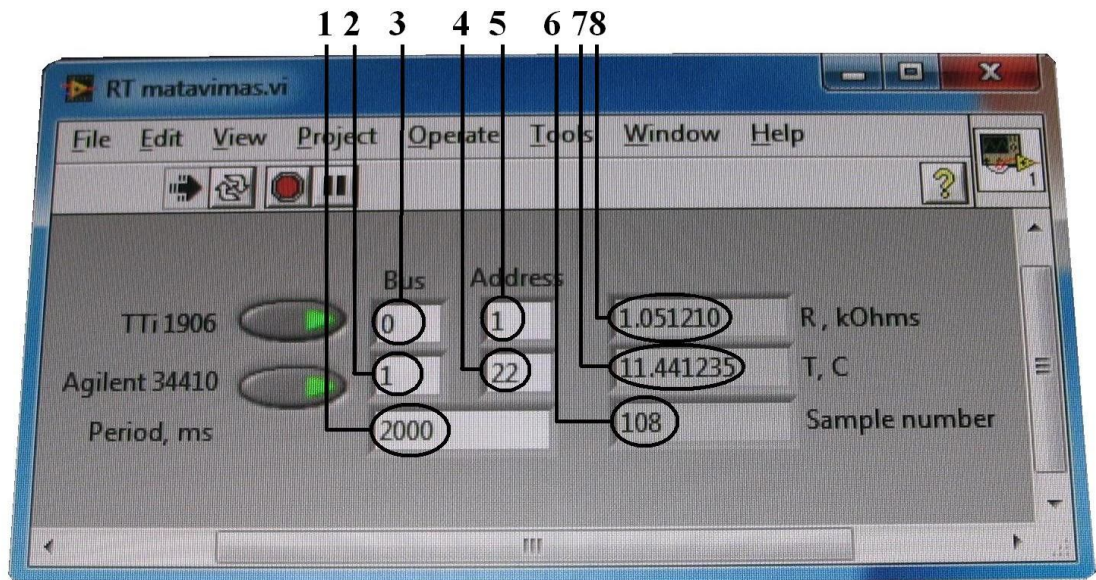
Šio tyrimo pagrindinis tikslas yra išmatuoti magnetinio lauko jutiklio LUC74 parametrus esant skirtingoms temperatūroms ir kitu atveju skirtingiems magnetiniams laukams, kad pavyzdžiui po metų arba po dviejų, būtų galima tą patį jutiklį ištirti dar kartą ir išanalizuoti jo parametrų kitimą laike t. y. kaip keičiasi jutiklio savybės bėgant metams.

Eksperimentinio tyrimo metu temperatūros jutiklis PT1000 ir magnetinio lauko jutiklis LUC74 buvo patalpinti į metalinėje plokštelėje išpjautus griovelius (žr. 3.5.1. pav.). Eksperimentinio tyrimo metu buvo naudojama kita *LabVIEW* programa, skirta būtent šiam tyrimui (žr. 3.5.2. pav.).



3.5.1. pav. Principinė metalinės konstrukcijos schema, kai atliekamas eksperimentinis tyrimas su magnetinio lauko jutikliu

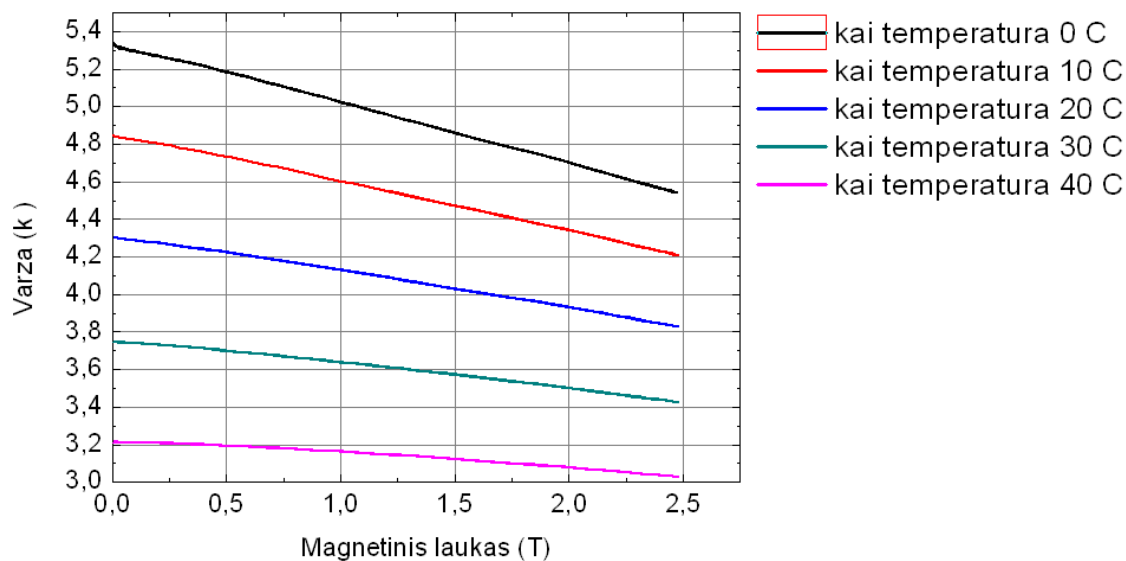
1. Metalinė plokštelė;
2. Metalinė uždengimo plokštelė;
3. Išpjauti grioveliai jutikliams;
4. Temperatūros jutiklis PT1000;
5. Magnetinio lauko jutiklis LUC74 – manganitas.



3.5.2. pav. *LabVIEW* programa magnetiniam laukui valdyti ir temperatūrai matuoti

Pirmiausia *LabVIEW* programoje buvo parinktos jungtys 2 ir 3, prie kurių buvo prijungti GPIB konverteriai ir tada parinkti duomenų šaltiniai 4 ir 5, kurie matuoja Peltje elemento temperatūrą 7 ir magnetinio jutiklio varžą 8. Tuomet buvo nustatytas laiko intervalas 1, kaip dažnai bus matuojami jutiklių duomenys ir matavimų skaičius 6 – kiek kartų bus atliekami matavimai to bandymo metu. Peltje elemento temperatūra buvo valdoma anksčiau aprašyta *LabVIEW* programa (žr. 3.2.1. pav.).

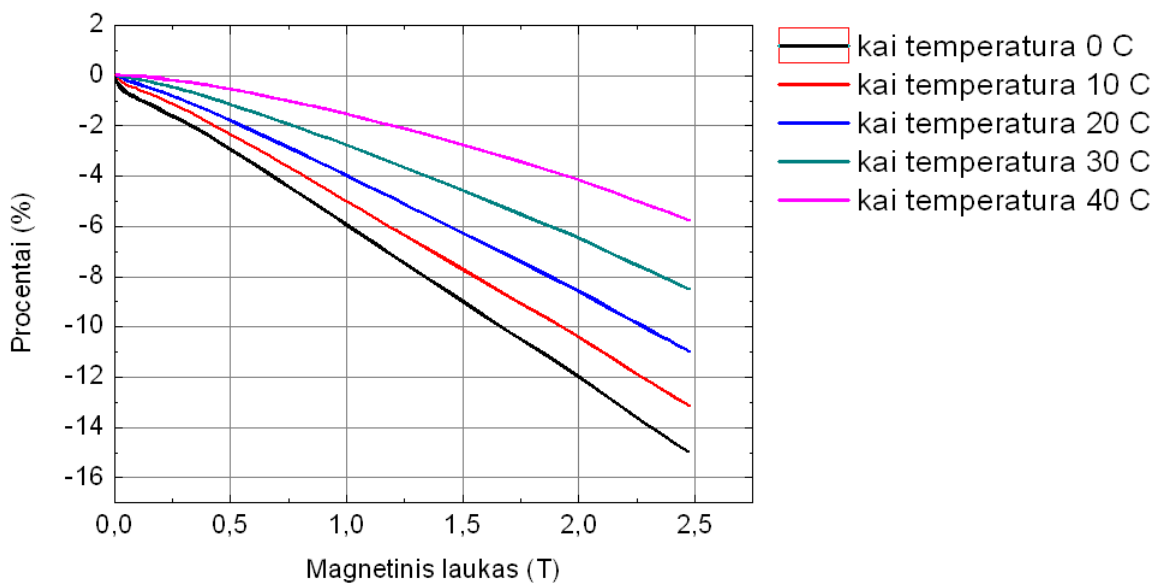
Eksperimentinio bandymo metu buvo nustatyta Peltje elemento temperatūra 0°C ir palaukta, kol Peltje elemento temperatūra pasieks nustatytą reikšmę ir nusistovės. Tuomet kita programa buvo keičiamas magnetinis laukas nuo 0 T iki 2,5 T ir matuojami magnetinio lauko jutiklio duomenys (žr. 3.5.3. pav.). Po to temperatūra buvo nustatyta 10°C ir vėl pakartoti magnetinio jutiklio matavimai keičiant magnetinį lauką. Tokie matavimai vėliau buvo atlikti esant 20°C , 30°C ir 40°C ir 50°C temperatūrai.



3.5.3. pav. Magnetinio lauko jutiklio LUC74 priklausomybė nuo temperatūros ir magnetinio lauko

Remiantis gautais rezultatais (žr. 3.5.3. pav.), galime teigti, kad didėjant magnetiniam laukui nuo 0 T iki 2,5 T mažėja magnetinio lauko jutiklio varža nuo 5,3 kΩ iki 4,5 kΩ esant 0 °C. Tas pats jutiklis buvo ištirtas ir prie aukštesnės 10 °C temperatūros ir keičiant magnetinį lauką nuo 0 T iki 2,5 T, jo varža mažėjo nuo 4,8 kΩ iki 4,2 kΩ. Esant 20 °C - varža mažėjo nuo 4,3 kΩ iki 3,8 kΩ, esant 30 °C - varža mažėjo nuo 3,8 kΩ iki 3,4 kΩ, esant 40 °C - varža mažėjo nuo 3,2 kΩ iki 3,0 kΩ.

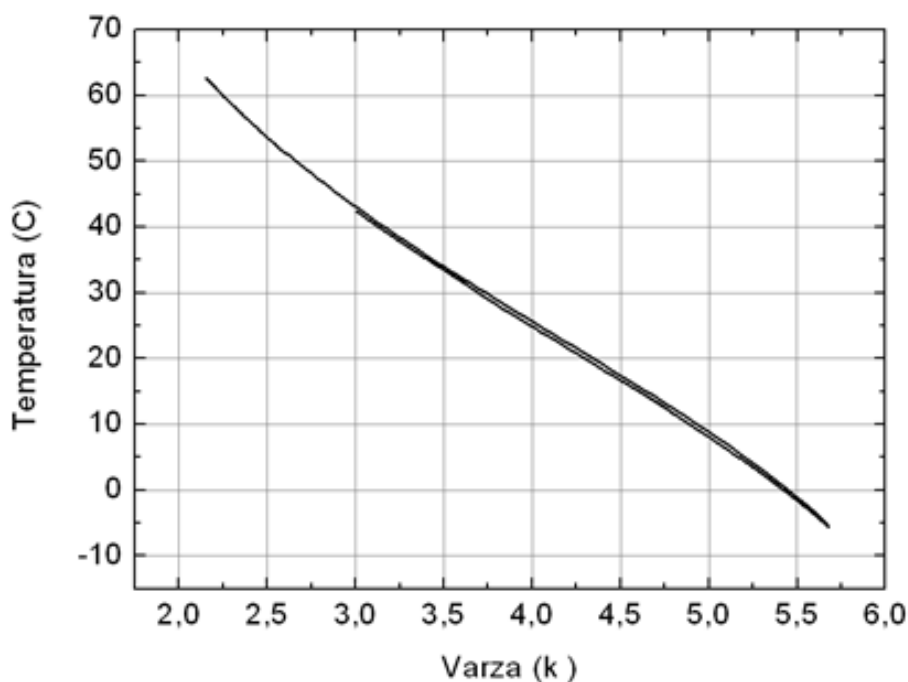
Iš gautų bandymo rezultatų, taip pat buvo nubraižytas grafikas (žr. 3.5.4. pav.), kuriame atvaizduotas santykinis magnetinio jutiklio varžos pokytis prie atitinkamos temperatūros ir keičiant magnetinį lauką.



3.5.4. pav. Magnetinio lauko jutiklio LUC74 santykinis varžos pokytis

Iš gauto grafiko (žr. 3.5.4. pav.) matome, kad esant 40°C temperatūrai, magnetinio lauko jutiklio LUC74 santykinis varžos pokytis yra mažiausias t. y. beveik 6 %, o esant žemesnei temperatūrai santykinis varžos pokytis didėja – iki 15 % esant 0°C temperatūrai.

Dar vieno bandymo metu buvo ištirta magnetinio jutiklio varžos priklausomybė nuo temperatūros.



3.5.5. pav. Magnetinio jutiklio LUC74 varžos ir temperatūros priklausomybė

Iš gautų bandymo rezultatų (žr. 3.5.5. pav.) matome, kad varža tiesiogiai proporcinga nuo temperatūros.

Atliktų tyrimų rezultatų apibendrinimas

Atlikus Peltje elemento tyrimą be šilumos nuvedimo nuo kitos Peltje elemento pusės, galima pažymėti, kad Peltje elemento darbinės pusės didžiausia temperatūra buvo pasiekta 95°C , tuo metu priešingos pusės temperatūra buvo lygi 56°C . Taigi didžiausia skirtuminė temperatūra tarp darbinės ir kitos pusės buvo pasiekta 39°C . Iš gautų duomenų akivaizdu, kad darbinės Peltje elemento pusės temperatūra persiduoda kitai pusei, kuri turėtų šalti didėjant srovei, tačiau ji šyla. Šaldant darbinę pusę, galima pasiekti 10°C temperatūrą. Žemesnės temperatūros pasiekti neįmanoma be priverstinio šilumos nuvedimo nuo kitos Peltje elemento pusės.

Atlikus Peltje elemento tyrimą su šilumos nuvedimu nuo kitos Peltje elemento pusės, matome, kad siekiant aukštos Peltje elemento temperatūros (80°C ir daugiau), reikia didesnės

elektros srovės, nei tuo atveju, kai siekiama aukšta Peltje elemento temperatūra be šilumos nuvedimo. Šaldant darbinę Peltje elemento pusę matome, kad galima pasiekti maksimaliai žemiausią darbinės Peltje elemento pusės temperatūrą $-4,3^{\circ}\text{C}$.

Iš termostato temperatūrinio pasiskirstymo tyrimų matome, kad pereinamųjų procesų metu temperatūros jutiklių duomenys kinta ne vienodu greičiu. Tai reiškia, kad pereinamųjų procesų metu tarp temperatūros jutiklių yra didžiausia skirtuminė temperatūra, todėl atliekant bandymus, būtina sulaukti, kol Peltje elemento temperatūra visiškai nusistovės ir temperatūros skirtumas sumažės iki minimumo. Mažiausios temperatūros paklaidos yra dirbant aplinkos temperatūroje.

Iš termostato temperatūrinės histerezės ir paklaidos tyrimų matome, kad temperatūros jutiklių PT100 ir PT1000 temperatūra kito vienodai tiek bandymų pradžioje, tiek įpusėjus bandymus, tiek bandymų pabaigoje ir visada skyrėsi apie 1°C , tačiau tekinant 1,25 A. ir stipresnę elektros srovę per Peltje elementą, pereinamojo proceso metu susidarė didesnė skirtuminė temperatūra apie 2°C tarp temperatūros jutiklių. Šaldant Peltje elementą tarp jutiklių buvo $0,3^{\circ}\text{C}$ skirtumas. Toks temperatūros skirtumas išliko ir kituose bandymuose, kol elektros srovė buvo keičiama iki 2 A.

Iš PID parametrų tyrimo matome, kad proporcijos koeficientas lemia, kokia bus temperatūros amplitudė, kol nusistovės nustatyta temperatūra – kuo didesnis P koeficientas, tuo mažiau temperatūra viršijama virš nustatytos vertės, tačiau nustačius P koeficiento reikšmę 0,4, temperatūros amplitudė sumažėja tik $\sim 0,2^{\circ}\text{C}$, o temperatūros nusistovėjimas užsitęsia apie 100 s. ilgiau. Integralo koeficientas nulemia, kokia bus temperatūros amplitudė, o taip pat ir tos amplitudės periodas – kuo didesnis I koeficientas, tuo temperatūros amplitudė ir jos periodas didėja, tačiau nustačius I koeficiento reikšmę 0,004, temperatūros amplitudė ir jos periodai pradėjo didėti, ir kuo toliau buvo vykdomas eksperimentinis bandymas, tuo sistema labiau išsibalansavo, nes PID reguliatorius, esant vis didesniam skirtumui tarp nustatytos vertės ir gautos vertės iš grįžtamojo ryšio, siunčia vis didesnę signalą sistemai. Išvestinės koeficientas nulemia, koks bus temperatūros amplitudės periodas – kuo didesnis D koeficientas, tuo amplitudės periodas ilgėja, bet sistema mažiau svyruoja ir greičiau nusistovi ties nustatyta reikšme.

Pritaikius termostatą magnetinio lauko jutiklio temperatūrinės charakteristikos tyrimui, matome, kad didėjant magnetiniam laukui nuo 0 T iki 2,5 T mažėja magnetinio lauko jutiklio varža, o taip pat matome, kad esant aukštesnei temperatūrai, magnetinio lauko jutiklio LUC74 santykinis varžos pokytis yra mažesnis, o esant žemesnei temperatūrai santykinis varžos pokytis didėja.

Išvados:

1. Buvo atlikta skirtingų Peltje elementų tipų, jų konstrukcijų ir charakteristikų analizė. Pagal užduoties sąlygas pasirinktas geriausiai tinkantis Peltje elementas TES1-12704 (matmenys 30x30x3,8 mm, vardinė įtampa - 14,6 V, vardinė srovė - 4,3 A).
2. Peltje elemento paviršiaus temperatūros nuo srovės stiprio tyrimai parodė, kad norint pasiekti maksimaliai žemą (arba aukštą) temperatūrą būtinas priverstinis šilumos nuvedimas nuo nedarbinės elemento pusės. Nesant šilumos nuvedimui buvo pasiekta žemiausia temperatūra tik 8 °C.
3. Naudojant šilumos nuvedimo įtaisą, kuris buvo pagamintas iš vario ir aušinamas praleidžiant vandentiekio vandenį, darbinis Peltje elemento paviršius buvo atšaldytas iki - 10 °C.
4. Atlikti pagaminto termostato temperatūros pasiskirstymo tyrimai. Rezultatai parodė, kad temperatūros gradientas metalinėje plokštelėje, kuri buvo priklijuota prie darbinės elemento pusės, yra mažas - neviršija vieno laipsnio. Didžiausias temperatūros gradientas atsiranda esant kraštinėms temperatūroms. Tuo tarpu temperatūros gradientas už metalinės plokštelės ribų siekia net 3 °C.
5. Naudojant *LabVIEW* kompiuterinę programą ištirta PID koeficientų įtaka termostato temperatūros valdymui. Parinkti optimalūs koeficientai leidžiantys greitai pasiekti nustatytą temperatūrą be didelio jos viršijimo (pavyzdžiui, temperatūra padidinta ir stabilizuota 15 °C per 200 sekundžių tik vieną kartą peržengus nustatytą reikšmę 1,5 °C).
6. Pagamintas termostatas buvo panaudotas tiriant magnetinio lauko jutiklį, pagamintą iš polikristalinių manganitų sluoksnių, varžos priklausomybę nuo temperatūros, bei varžos priklausomybę nuo magnetinio lauko esant pastoviai temperatūrai. Gautas rezultatas rodo, kad termostatas leidžia ilgą laiką (ne mažiau nei 10 min.) palaikyti nustatytą temperatūrą su ne žemesniu nei 0,1 °C tikslumu visame matavimo diapazone.

Literatūra:

1. Termoelektrinių elementų naudojimo galimybės. http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:J.04~2007~ISSN_1392-1134.V_39.N_3.PG_5-14/DS.002.0.01.ARTIC [Žiūrėta 2011-02-15]
2. “Puslaidininkų fizikos laboratoriniai darbai”, A. Audzijonis, A. Čerškus, Vilnius 2003m.
3. Peltje elementas.
http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%9F%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%8C%D0%B5 [Žiūrėta 2011-03-03]
4. Kauno technologijos Universiteto fizikinės elektronikos institutas. Kompiuterizuotas šildymo ir šaldymo įrenginys.<http://www.fei.lt/lt/g2.htm> [Žiūrėta 2011-03-25]
5. Peltje elemento panaudojimo galimybės.
http://www.hwp.ru/articles/Novoe_pokolenie_kuleroi/?phrase_id=7215858 [Žiūrėta 2011-04-03]
6. Peltje elementų įvairovė.<http://www.kryotherm.ru/ru/index.phtml?tid=44> [Žiūrėta 2011-04-07]
7. Peltje elemento TE-71-1.0-2.5 techniniai parametrai.
<http://www.tetech.com/temodules/graphs/TE-71-1.0-2.5.pdf> [Žiūrėta 2011-04-08]
8. Peltje elemento HP-127-1.0-1.3-71 techniniai parametrai.
<http://www.tetech.com/Peltier-Thermoelectric-Cooler-Modules/High-Performance/HP-127-1.0-1.3-71.html> [Žiūrėta 2011-04-08]
9. Peltje elemento TES1-12704 techniniai parametrai.
<http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.datasheet/TES1-12704.pdf> [Žiūrėta 2011-04-08]
10. Vadovėlis J. Butrimaitė, prof. habil. dr. A. Dementjev, prof. dr. G. Dikčius, prof. dr. R. Gadonas, doc. dr. J. Jasevičiūtė, V. Karenauskaitė, prof. habil. dr. V. Sirutkaitis, prof. habil. dr. V. Smilgevičius. “Fizika gamtos mokslų studentams”
11. 2008 International Conference on BioMedical Engineering and Informatics Development of Precise-temperature-controlled Cooling Apparatus for Medical Application by Using Peltier Effect Shigenao Maruyama¹, Atsuki Komiya¹, Hiroki Takeda² and Setsuya Aiba³ ¹ Institute of Fluid Science, Tohoku University ² Department of Mechanical Systems and Design, Tohoku University ³ Department of Dermatology, Tohoku University
12. ISSN 1392-1215 ELEKTRONIKA IR ELEKTROTECHNIKA. 2005. Nr. 6(62) T 115 MEDICINOS TECHNOLOGIJA “Žmogaus raumens šaldymo ir šildymo įrenginys” R. Gudaitis, S. Tamulevičius KTU Fizikinės elektronikos institutas, Savanorių pr. 271, LT-50131 Kaunas, Lietuva

13. Enwemeka CS, Allen C, Avila P, Bina J, Konrade J, Munns S. Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy // Med Sci Sports Exerc 2002, Jan. – V. 4(1). – P.45-50
14. *LabVIEW* programa. http://www2.el.vgtu.lt/dist_mok/LabVIEW/teorija/ivadas2.html [Žiūrėta 2011-04-20]
15. PID parametrai. http://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller[Žiūrėta 2012-03-10]