

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

Konstrukce ventilátoru poháněného Peltierovým článkem

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Martin Libra CSc.
Diplomant: Štěpán Herčík

PRAHA 2013

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra fyziky

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Herčík Štěpán

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Konstrukce ventilátoru poháněného Peltierovým článkem

Anglický název

Construction of the fan with the Peltier cell

Cíle práce

- Navrhnout ventilátor využívající přeměnu tepelné energie na elektrickou v Peltierově článku.
- Zkonstruovat tento ventilátor a proměřit jeho charakteristiky.
- Učinit vlastní závěry z hlediska využití ventilátoru k určitým aplikacím.

Metodika

Návrh konstrukce malého ventilátoru poháněného Peltierovým článkem. Návrh a realizace včetně proměření a vyhodnocení důležitých charakteristik.

Osnova práce

Studium literatury a rešeršní část práce během 1. poloviny r. 2012.
Vlastní konstrukce a měření během 2. poloviny r. 2012.
Sepsání práce během ledna a února 2013.
Odevzdání práce v dubnu 2013.

Rozsah textové části

40 až 45 stran

Klíčová slova

Peltierův článek, ventilátor

Doporučené zdroje informací

L. Eckertová a kol., Fyzikální elektronika pevných látek. Karolinum, Praha, (1992), ISBN 80-7066-535-1.

Vedoucí práce


Libra Martin, prof. Ing., CSc.

Termín zadání

listopad 2011

Termín odevzdání

duben 2013


prof. RNDr. Ing. Jiří Blahovec, DrSc.
Vedoucí katedry




prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.
Děkan fakulty

Čestné Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Konstrukce ventilátoru poháněného Peltierovým článkem“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Martina Libry CSc. a použil jen pramenů citovaných v příloženém seznamu.

V Praze dne 6.4.2013

.....
Štěpán Herčík

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Martinu Librovi CSc. za rady, připomínky a metodické vedení práce.

Abstrakt: Námětem této práce bylo zamyšlení se nad skutečností, zda je možné, aby napětí generované jedním Peltierovým článkem bylo tak velké, aby stačilo k roztočení jakéhokoliv ventilátoru, který by následně mohl sloužit například k vyhřívání určité malé místnosti.

Nejprve je detailně teoreticky rozebrán Peltierův článek, zejména přechod PN na jehož bázi vlastně článek funguje a následně jeho hlavní dvě použití. Dále je především rozebráno a prakticky zpracováno s použitím zmíněného ventilátoru jedno z jeho uplatnění. Čímž jest právě generátor stejnosměrného napětí.

Ke konci je rozebrán výsledek a funkčnost pokusu a poukázáno na jeho další možné využití.

Klíčová slova: Peltierův článek, ventilátor

Construction of the van with Peltier cell

Summary: The topic of this thesis is the study if it is possible that the voltage generated by one Peltier cell can create enough energy to spin every type of the blower. Peltier cell could be used e.g. for heating of the small room.

The first of all there is presented the detail information about Peltier cell itself, particularly about transit PN which is base of its functionality and also about two main types of usage. The next part of the thesis is mainly evaluation of the practical utilisation of Peltier cell, which is generation of the direct current.

On the end of the thesis is in detail discussed the experiment results and functionality of them for possible practical utilisation.

Key words: Peltier cell, van

Obsah

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | Úvod | 1 |
| 2 | Cíle práce a metodika | 3 |
| 3 | Stav Problematiky | 4 |
| 3.1 | Teplo | 4 |
| 3.1.1 | Předání tepla | 4 |
| 3.1.2 | Šíření tepla | 4 |
| 3.1.3 | Tepelný stav | 5 |
| 3.1.4 | Měření teploty | 5 |
| 3.2 | Vodivost látek | 6 |
| 3.3 | Termoelektrické jevy | 6 |
| 3.3.1 | Seebeckův jev | 6 |
| 3.3.2 | Peltierův jev | 8 |
| 3.3.2.1 | Praktické využití Peltierova jevu | 8 |
| 3.4 | Výroba Peltierova článku | 9 |
| 3.4.1 | Použití Peltierových článků v praxi | 11 |
| 3.5 | Přechod PN | 12 |
| 3.6 | Povrch pevné látky a jeho vlastnosti | 13 |
| 3.6.1 | Metoda získávání čistých povrchů | 13 |
| 3.6.2 | Rozhraní dvou PL | 14 |
| 3.7 | Ventilátory | 14 |
| 4 | Vlastní výsledky | 15 |
| 4.1 | Experiment číslo jedna | 15 |
| 4.2 | Experiment číslo dvě | 17 |
| 4.2.1 | Kompletace 1 chlazení | 17 |
| 4.2.2 | Kompletace 2 měděné pláty | 18 |
| 4.2.3 | Kompletace 3 Peltierův článek a zahřívání | 18 |
| 4.2.4 | Testování | 20 |
| 4.3 | Experiment číslo tři | 24 |
| 4.3.1 | Testování | 26 |
| 4.4 | Experiment číslo čtyři | 27 |
| 4.4.1 | Testování | 28 |
| 4.5 | Experiment číslo pět s vařičem | 29 |
| 4.6 | Experiment číslo šest – odpadlý konektor | 31 |
| 4.6.1 | Oprava konektoru | 31 |
| 4.6.2 | Testování s opraveným konektorem | 32 |
| 4.7 | Experiment číslo sedm – nový článek | 33 |
| 4.7.1 | Testování nového článku | 34 |
| 4.8 | Experiment číslo osm | 35 |
| 4.8.1 | Konstrukce | 35 |
| 4.8.2 | Testování | 35 |
| 4.9 | Experiment číslo devět | 37 |
| 4.9.1 | Testování | 37 |
| 4.10 | Oplechování | 39 |
| 4.11 | Experiment číslo deset | 41 |
| 4.12 | Budoucnost a zhodnocení ceny | 46 |
| 5 | Závěr | 47 |
| 6 | Seznam literatury | 49 |

1 Úvod

Peltierův článek je elektrická součástka, která se používá především k chlazení, například procesorů počítače či jiných elektronických součástek. Toto řešení není optimální z hlediska poměru napětí, které musí být přivedeno na vývody z Peltierova článku a potřebného ochlazení. Nicméně je možné použít Peltierův článek i jiným způsobem, a to tím, že jedna jeho strana je zahřívána a druhá je ochlazována. Peltierův článek posléze dodává elektrické napětí.

Zajímavá úvaha je, jakým způsobem lze dosáhnout tohoto napětí a jak velké by mohlo být. Cílem je tedy zahřát spodní stranu Peltierova článku, například elektrickým vařičem, svíčkou, lihem nebo benzínem, který je výrazně vznětlivý a zřejmě nejvíce nebezpečný. Horní strana článku pak bude naopak ochlazována. Nejprve za pomoci proudění pouhého vzduchu, posléze bude vyzkoušen určitý typ chlazení, například chlazení na procesory či jiné. Je možné použití i oxidu uhličitého, ten je ale nestálý a jeho použití by mohlo způsobit trvalé poškození článku. Dodávané napětí může být měřeno například voltmetrem a následně vyvedeno na ventilátor. Ventilátor by mohl být použit 5 V případně 12 V, větší napětí pocházející z Peltierova článku se nepředpokládá, mohl by však být zapojen případně i 24 a více voltový ventilátor. Ovšem důležité je, aby došlo k roztočení ventilátoru během jednotlivých experimentů.

Celá konstrukce by měla být uzavřena v „plechovém boxu“, aby byla esteticky přijatelná. Hotový produkt může být používán na okamžité ohřívání malého prostoru během puštěného vařiče či při zapáleném lihu nebo při stálém ohřevu určité místnosti. Dodávané teplo se ovšem nepředpokládá závratně vysoké, například k udržení teplot nad bodem mrazu v zimním ročním období. Velmi vhodné využití je například také jako zdroj slabšího napětí u táborového ohně, různě modifikovaný produkt by obecně mohl být užitečný pro různé trempské výpravy. Mimo zmiňovaného dodávání tepla, může sloužit také jako zdroj napětí určený například k nabíjení mobilního telefonu mimo civilizaci pouze s pomocí ohně. Pravděpodobně by bylo možné i nabíjení notebooku, ovšem bližší výsledky přinesou až následující testy a především velikost dodávaného napětí a proudu.

Cena výsledného produktu bude pravděpodobně vyšší, než by bylo žádoucí použití, předpokládaná částka se pohybuje okolo 1 500 korun. Otázkou zůstává, jaká bude výsledná velikost produktu potažmo jeho hmotnost a přenosnost. Prioritou samozřejmě je, aby byl

produkt přenosný jedním člověkem pomocí pouhé ruky. Rozměry budou záviset na použitém zahřívání a chlazení.

Nejzásadnějším problémem je fakt, zdali je vůbec možné, aby Peltierův článek fungoval tímto způsobem, případně jak velké bude jím dodávané elektrické napětí či zda bude možné uvést do chodu jeho pomocí elektrický ventilátor.

2 Cíle práce a metodika

Cílem této diplomové práce je podrobněji rozebrat problematiku konstrukce ventilátoru poháněného Peltierovým článkem. Navrhnout a zkonstruovat ventilátor, jenž využívá přeměnu tepelné energie na elektrickou energii v Peltierově článku a provést příslušná měření. Na základě provedených měření a zhotovené konstrukce učinit vlastní závěry a to především z hlediska využití ventilátoru.

V teoretické části především popis Peltierova článku, základní dělení ventilátorů, termoelektrických jevů, základní nauku o teple a přípravu povrchů. V praktické části návrh konstrukce a následné zhotovení ventilátoru poháněného Peltierovým článkem včetně měření a vyhodnocení veškerých důležitých charakteristik.

3 Stav Problematiky

V následující části bude podrobněji rozebrána především problematika tepla, Seebeckův a Peltierův jev, Peltierův článek a jeho výroba a využití v praxi, přechod PN, povrch pevných látek a v neposlední řadě pojem ventilátor.

3.1 Teplo

Význam tepla potažmo tepelné energie je pro lidstvo nesmírně důležitý. V případě nedostatku energie by nemohla existovat jakákoli technická vymoženost dnešního světa. Velká část veškeré energie na světě se získává právě z přeměny tepelné energie. Z čehož vyplývá, že teplo je pro celé lidstvo nezbytné. Čistě přírodním zdrojem tepelné energie je uhlí, ropa, zemní plyn a dnes už i jaderné palivo. Nyní je v rozmachu také sluneční energie, avšak v porovnání s výše vyjmenovanými dodává zanedbatelnou část celkové energie. První tři jmenované zdroje se však velice rychle vyčerpávají a jejich těžba se stává čím dál nákladnější. Vzniká tím celosvětový nedostatek energetických zdrojů. Napomoci by tomu mohlo co možná nejlepší využití současných přírodních zdrojů, z čehož vyplývá, že musí být vysoká účinnost přeměny energie a hlavně také vysoká účinnost využití tepla. Z mnoha dnes používaných procesů se značná část energie odevzdává nevyužitá ve formě odpadního tepla. Bylo by dobré toto teplo snížit a následně využít. Na této problematice přímo spočívá budoucí osud lidstva. Směle je možné říci, že východisko energetického problému lidstva je těsně provázáno s využitím tepelné energie. [6]

3.1.1 Předání tepla

Podle dodnes objevené fyziky je během teploty T možné předání i velmi velké energie. Ovšem pouze za určité pravděpodobnosti Pr . Hodnota Pr se prudce snižuje s větším množstvím předávané energie, ale naopak se zvyšuje při vyšších teplotách. [2]

3.1.2 Šíření tepla

Jsou rozlišovány tři základní způsoby šíření tepla, které slouží také k jeho zbavení. Jedná se o vedení, kdy je teplo šířeno díky kmitajícím částicím v dané látce. Během srážky dvou částic si navzájem tyto částice předávají kinetickou energii. Částice kmitají tak rychle, jak vysoká je teplota. S vyšší teplotou se zvyšuje i frekvence kmitání částic. Pro přenos je potřeba zajistit fyzické spojení chladiče a hřející součástky.

Druhým způsobem je vyzařování, přičemž zde není nutná žádná látka k vedení tepla, které je zde vyzařeno do prostoru jako elektromagnetické záření. U tohoto způsobu je kladen důraz na vlastnosti zahřátého tělesa. K nejdůležitějším vlastnostem patří materiál, velikost či barva. Je všeobecně známo, že černá barva vyzařuje teplo nejlépe, avšak vzhledem k druhu použitého materiálu může být tato hodnota zanedbatelná.

Posledním způsobem je proudění. Teplo je nesené určitým médiem, čímž se odvádí z inkriminované oblasti. Mezi nejpoužívanější média patří voda, nebo vzduch. Například se vzduchem pracují veškeré pasivní chladiče. Chladič jednoduše předává teplo do okolního vzduchu. Tento proces je možné urychlit pomocí ventilátoru, čímž se z pasivního chladiče stává chladič aktivní. [5]

3.1.3 Tepelný stav

Pokud se začnou pohybovat molekuly v tělese, znamená to, že toto těleso má tepelnou energii. Molekuly tuhých či kapalných látek musejí vykonávat kmity, aby bylo možné dojít k výše popsanému stavu. U pevných látek tyto molekuly kmitají podle definované polohy, jež je předem dána strukturou pevné látky. Naopak molekuly kapalných či pevných látek nejsou vázány žádnou danou strukturou, jsou tedy schopné se pohybovat poměrně vysokými rychlostmi například až 1 km s^{-1} . Teplota má podstatný vliv na určité fyzikální vlastnosti. Podle pánů T. Fukátka a J. Fukátka jsou to zejména tyto vlastnosti: [3]

- „*Objem tělesa.*
- *Skupenství látky. Každá látka v kapalném nebo plynném stavu má vyšší teplotu než ve stavu tuhém.*
- *Některé materiálové konstanty, jako na příklad měrný elektrický odpor, rychlost šíření zvuku, měrné teplo, pružnost, permeabilita apod.“*

Pokud je po tělese požadováno, aby změnilo teplotu, je nutné tělesu dodat nebo odebrat určité množství tepelné energie.

3.1.4 Měření teploty

Teplota je základní veličina, pokud potřebujeme určit tepelnou energii. Teplotu je možné změřit v hodnotách stupňů Kelvina [°K] či ve stupních Celsia [°C]. V zahraničí konkrétně v USA je dále používána stupnice Fahrenheita [°F] popřípadě také stupně Reaumura [°R]. [3]

3.2 Vodivost látek

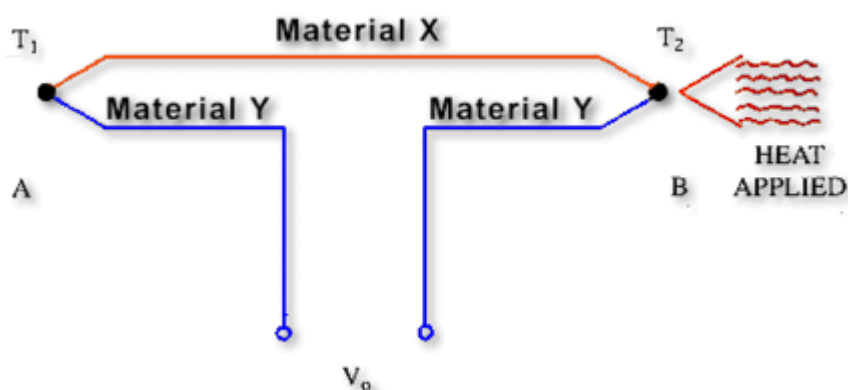
Vzhledem k elektrické vodivosti jsou látky děleny do tří skupin a to na izolátory, polovodiče a vodiče. Na experiment s Peltierovým článkem bude použita hlavně třetí skupina - vodiče. Samotný článek je potom tvořen polovodiči. Každá látka má odlišnou elektrickou vodivost. Hodnoty se z pravidla pohybují od $10^6 \Omega^{-1}, cm^{-1}$, v případě kovů do $10^{-15} \Omega^{-1}, cm^{-1}$ v případě kvalitních izolátorů. [7]

3.3 Termoelektrické jevy

Za termoelektrické jevy jsou označeny takové jevy, při kterých dochází ke změně tepelné energie na energii elektrickou. Zdroje sloužící k přeměně tepelné energie na energii elektrickou jsou nazývány termoelektrické zdroje či termoelektrické články. [16]

3.3.1 Seebeckův jev

Obr. 1 Seebeckův jev



[zdroj: http://moon.felk.cvut.cz/~pjv/Jak/_phys/f577/start.html]

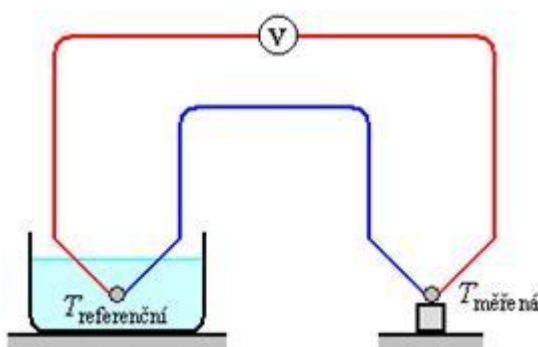
Teplota dvou spojů a dvou kovů, které tvoří termočlánek, musí být rozdílná a zároveň musí být i konstantní napětí obou přechodů různá. Potom vzniklé výsledné napětí měřené mezi těmito přechody je nenulové. Tento termočlánek může být následně použit, jako zdroj elektrického napětí viz obr. 1. Obvodem začne procházet elektrický proud a vzniká tak zvaný Seebeckův jev.

Zakladatelem tohoto jevu je estonsko-německý fyzik Thomas Johan Seebeck, který žil v letech 1770 – 1831. V roce 1821 spojil měděný pásek s páskem vizmutu do uzavřeného kruhu. Následně začal ohřívát jeden přechod, elektrický proud proudil obvodem do té chvíle, dokud existoval rozdíl v teplotách na obou přechodech. Tento jev platí dodnes pro jakoukoli dvojici kovů.

Teplotní rozdíl mezi oběma kovy, nutný ke správné funkčnosti termočládku, se nejjednodušeji zajišťuje tím způsobem, že jeden přechod ohřejeme. Respektive dodáváme energii ve formě tepla.

Na obr. 2 je znázorněn pokus měření teploty na základě Seebeckova jevu. Jeden konec termočládku se musí udržovat na stálé, takzvané referenční teplotě tj. nejčastěji teplota 0°C ($32,00^{\circ}\text{F}$). Této teploty se dosahuje směsicí vody a ledu, na druhý konec je přivedena měřená teplota. Do obvodu je zapojen voltmetr, pomocí něhož se měří termoelektrické napětí a na jehož základě lze potom stanovit rozdíl teplot obou přechodů termočládku, čímž se určí i měřená teplota. [15, 8]

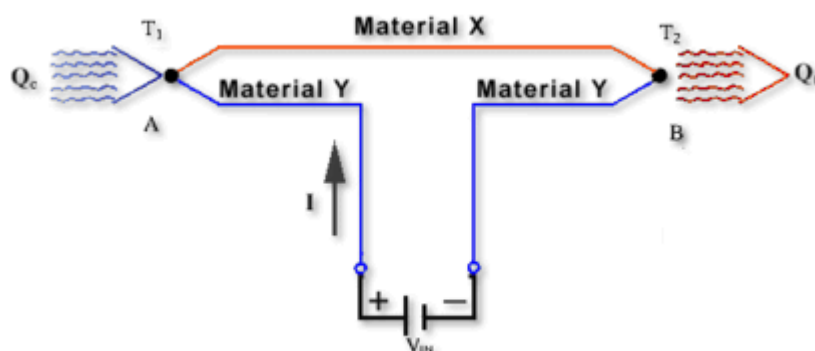
Obr. 2 Měření Seebeckova jevu



[zdroj: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/910-seebeckuv-jev>]

3.3.2 Peltierův jev

Obr. 3 Peltierův jev



[zdroj: http://moon.felk.cvut.cz/~pjev/Jak/_phys/f577/start.html]

Peltierův jev nastává v tom okamžiku, kdy z vnějšího zdroje protéká stejnosměrný elektrický proud Seebeckovým obvodem a následně vzniká teplotní rozdíl na obou spojích. Pokud teče proud z vnějšího zdroje jedním spojem ve stejném směru s proudem, při ohřátí stejného spoje v Seebeckově jevu, potom se tento spoj začne ochlazovat, viz obr 3. Pokud začne proud procházet opačným směrem, spoj se neochlazuje, ale ohřívá se. Peltierův jev je závislý na použitých kovech a zároveň i na jejich teplotě. Tento jev je vlastně opačný k Seebeckovu jevu.

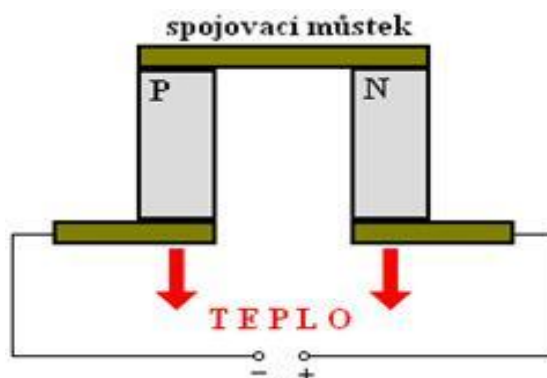
Peltierův jev vyzkoumal roku 1834 Juan Charles Athanase Peltier. Tento francouzský fyzik původním povoláním však hodinář, kterému se věnoval do svých 30 let, se narodil v roce 1785. Publikoval mnoho písemností, hlavně v oblasti atmosférické elektřiny, ale některé jsou věnovány také zajímavým bodům historie přírody. Jeho jméno je však nejvíce spjato s výše zmíněným jevem. Svě poslední chvíle prožil v Paříži, kde roku 1845 umírá. [16, 10]

3.3.2.1 Praktické využití Peltierova jevu

Peltierův jev bývá v praxi nejčastěji používán k sestavení Peltierových článků. Peltierův článek má svou specifickou konstrukci. Je složen ze dvou polovodičových tělísek, oba polovodiče jsou odlišného typu, a to jeden typu P a druhý typu N. Polovodiče jsou navzájem spojeny takzvaným spojovacím můstkem, kterým je přiváděna elektrická energie do článku a zároveň tento můstek slouží k odvádění tepla z Peltierova článku.

Článek je zapojen tak, že z polovodiče typu N, na kterém jsou majoritním nositelem náboje elektrony, jež jsou odváděny ve směru zdroje napětí. Majoritním nositelem náboje na polovodiči typu P jsou díry, které jsou stejným způsobem odváděny ke zdroji. Ve spojovacím můstku se snižuje počet volných nosičů náboje, následně se tedy snižuje i napětí, které je mezi polovodiči a spojovacím můstkem. Spojovací můstek se postupně ochlazuje, během čehož se druhý spoj ohřívá, viz obr. 4. [13]

Obr. 4 Princip Peltierova jevu

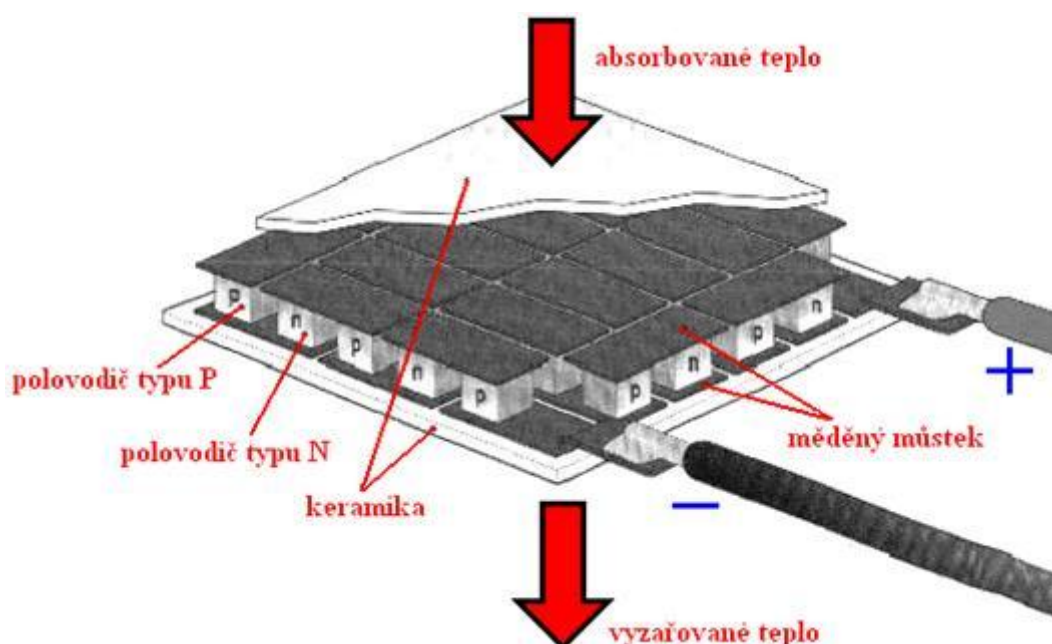


[zdroj: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/911-peltieruv-jev>]

3.4 Výroba Peltierova článku

Jak praví Reichl a Všetická ve článku [13]. „*Základním polovodičovým materiálem pro výrobu Peltierových článků jsou převážně bizmut-telluridy, tj. termální systémy Bi-Te-Se (pro výrobu polovodiče typu N) a Bi-Sb-Te (pro výrobu polovodiče typu P). Tyto materiály mají výhodné termoelektrické vlastnosti: mají malý měrný elektrický odpor a malý součinitel tepelné vodivosti.*“. Nejpoužívanějším materiálem pro výrobu spojovacích můstků je měď viz obr. 5. Hlavně z toho důvodu, že měď má malý měrný elektrický odpor. Dalším důvodem je lehké pájení dalších součástí k ní. Ovšem má i své nevýhody. Jednou z nich je možnost jejího difundování neboli prolínání do materiálu polovodiče, což vede ke zhoršení jeho vlastností. Druhá nevýhoda tkví v tom, že v místě dotyku můstku a polovodiče se vytváří nežádoucí přechodový odpor. Takto vzniklý odpor by mohl velmi negativně ovlivnit chladicí výkon, kterého je článek schopný dosáhnout, tím pádem i nejvyšší možný teplotní rozdíl obou spojů. Je tedy nutné zajistit vhodným technologickým postupem výroby nejnižší možný přechodový odpor. [13]

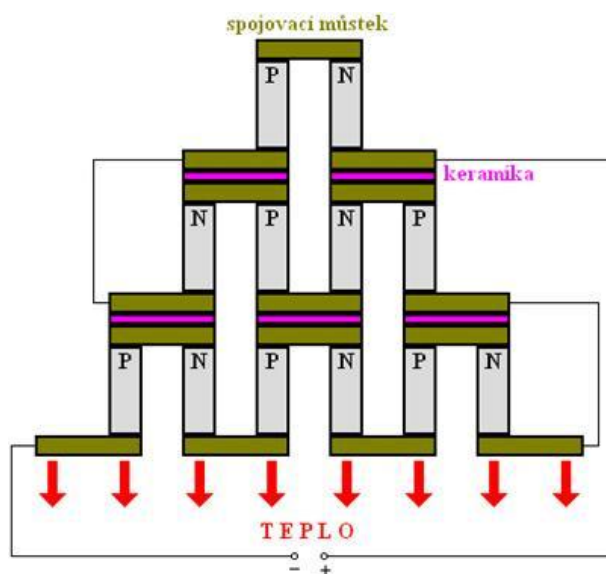
Obr. 5 Detail Peltierova článku



[zdroj: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/911-peltieruv-jev>]

Takto komentuje Reichl a Všetická ve článku [13]. „Jednotlivé Peltierovy články se obvykle zapojují do série ve větší celky - do tzv. chladicí termobaterie.“ Pro získání co nejvyšších teplotních rozdílů se zachovalým určitým výkonem je spojováno několik termoelementů do kaskádních baterií či několik termobaterií do kaskády viz obr. 6. Při tomto postupu je nutné zaopatřit elektrickou izolaci mezi termobateriemi. Pro takovouto izolaci jsou obvykle používány keramiky s kvalitní tepelnou vodivostí.

Obr. 6 Kaskáda



[zdroj: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/911-peltieruv-jev>]

Pokud je použita metoda spojení termobaterií do kaskád, je dobré nanést na keramické destičky vrstvu silikonového tuku či je spojit tepelně vodivým lepidlem. Následovně upravenou kaskádou jednodušeji proudí teplo a je mezi bateriemi nižší tepelný odpor.

Při použití kaskádního řazení termoelementů je dosaženo hlavně větší chladicí účinnosti.

3.4.1 Použití Peltierových článků v praxi

- 1) Možnost využití jako zařízení sloužící k přenosu tepelné energie. Takto využitý článek ochlazuje jednu oblast v prostoru a druhou oblast zahřívá. Toho se využívá například v přenosných chladicích boxech nebo ke chlazení elektrických součástek v počítači.
- 2) Další využití je jako zdroj elektrického napětí. Tímto využitím se detailně zabývá tato diplomová práce a jejím cílem je toto využití i prakticky demonstrovat. Peltierův článek by měl tímto způsobem fungovat, pakliže se bude jeho jedna strana zahřívát a zároveň se bude jeho druhá část ochlazovat. Komentovaný Reichlem a Všetickou ve článku [13]. „*Jde vlastně o přímou aplikaci Seebeckova jevu.*“

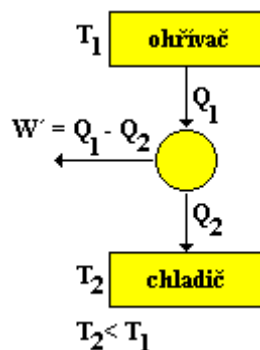
Je nutné upřesnit ještě jeden dodatek k použití číslo jedna. Jelikož přechází teplo z chladnějšího tělesa na teplejší, jevílo by se tedy, že je toto použití v rozporu s druhým termodynamickým zákonem, avšak během tohoto děje je vykonávána práce, nýbrž Peltierův článek při tomto zapojení odebírá ze zdroje napětí elektrickou energii a následně jí přeměňuje na práci, která je nutná k přesunu tepla. Tím pádem není narušen druhý termodynamický zákon. [13]

Pro zpřesnění je nutné zmínit první a druhý zákon termodynamiky. První zákon pojednává o tom, že je na světě málo dějů, během kterých těleso přijímá či odevzdává teplo pouze tepelnou výměnou či konáním práce. Přírozenější jsou děje, během kterých probíhá odevzdávání a přijímání tepla pomocí obou zmíněných způsobů. Přesná definice prvního zákona termodynamiky tedy zní dle Reichla a Všeticky ze článku [14]: „*Přírůstek vnitřní energie soustavy ΔU se pak rovná součtu práce W_1 vykonané okolními tělesy působícími na soustavu určitými silami a tepla Q odevzdaného okolními tělesy soustavě, tedy: $\Delta U = W_1 + Q$.*“ [14]

Druhý termodynamický zákon pravý, že z tepla vyprodukovaného ohříváčem je možné využít pouhou část k vykonání práce. Přebytek tepla je následně odevzdáván chladiči. Podle Thomsona zní tento zákon následovně, jak komentuje Reichl a Všeticka ve článku [14]: „*Není možné sestavit periodicky pracující tepelný stroj, který by jen přijímal*

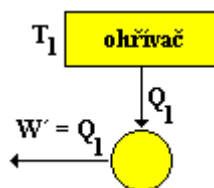
teplo od určitého tělesa (ohříváče) a měnil by je v ekvivalentní práci (tj. vykonával stejně velkou práci).“ Tento zákon je vyobrazen na obr. 7 a obr. 8. [12]

Obr. 7 Druhý termodynamický zákon 1



[zdroj: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/610-druhy-termodynamicky-zakon>]

Obr. 8 Druhý termodynamický zákon 2



[zdroj: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/610-druhy-termodynamicky-zakon>]

3.5 Přejchod PN

Přejchod PN se stává jedním z nejvíce používaných a zároveň nejdůležitějším útvarům v polovodičové elektronice. Přejchodem PN se rozumí oblast polovodiče, kde dochází ke změně typu vodivosti z děrové na vodivost elektronovou. Tento přechod není možné zrealizovat jenom přiložením dvou polovodičů s odlišným typem vodivosti k sobě. Podle L. Eckertové [1] „V tom případě by totiž byla v místě dotyku podstatně narušena krystalická struktura, vyskytovala by se tam místa nedokonalého kontaktu, na obou površích by byla velká koncentrace povrchových hladin, na styku by s velkou pravděpodobností byly absorbovány cizí atomy atd.“ Přejchod je tedy možné vytvořit z jednoho polovodičového monokrystalu přiměřenou dotací či přímo během růstu monokrystalického materiálu.

Existují zde dva druhy přechodů, jedním z nich je přechod homogenní a druhý se nazývá přechod heterogenní. Přejchod homogenní nebo také homeopřejchod se vyznačuje

tím, že obě části o různém typu vodivosti jsou pouze z jednoho polovodiče. Naopak u přechodu heterogenního též heteropřechodu je polovodič typu P a N tvořen vždy polovodiči s různými chemickými složeními. [1]

Přechod PN není nic jiného než jednoduché fázové pomezí, ve kterém je jedna část toho samého monokrystalu dotována donory, naopak druhá část je dotována akceptory. [4]

3.6 Povrch pevné látky a jeho vlastnosti

Povrchem pevné látky se rozumí především jeho hraniční oblast, jenž obsahuje mnoho atomárních rovin. Čímž se rozumí roviny, ve kterých díky absenci dalších rovin a zároveň díky jejich silovému působení, dochází k obměně v organizaci atomů či molekul látky. Slovy L. Eckertové [1] „*Změny obvykle klasifikujeme jako relaxaci a rekonstrukci: relaxaci nazýváme změnu vzdáleností rovin jako celků, rekonstrukcí vzájemnou změnu pozic jednotlivých atomů roviny.*“ Zároveň s geometrickým přeorganizováním částic probíhá i změna v elektronové struktuře. Povrch látky je nesmírně významný z hlediska působení látky s prostředím, jenž se nachází okolo ní. Významný je díky tomu, že zprostředkovává přenos částic (neutrálních atomů i molekul, iontů, elektronů) zároveň také veškerý následující styk pevné látky s okolím.

Pokud chceme využít pevnou látku, jako elektrický prvek, je důležité získat a následně udržet atomárně čistý povrch. Čímž je myšleno dle L. Eckertové [1] „*povrch obsahující méně než 1% cizích atomů.*“ Dále je nutné mít na tomto povrchu určitou strukturu.

Čistých povrchů se dosahuje několika postupy. Nejběžnější budou v této práci uvedeny.

3.6.1 Metoda získávání čistých povrchů

Charakter povrchu pevné látky není dán pouze jejími vlastnostmi, vyplývajícími z charakteru chemických složek, které ji tvoří, ale také odrazem prostředí, ve kterém se nachází. Vzájemné působení částic s prostředím, jež se nacházejí v těsné blízkosti povrchu, následně dochází hlavně k jejich zachycení povrchem neboli absorpci. Další možností je také vytvoření nové chemické látky následkem chemických reakcí částic prostředí se základními atomy pevné látky či nečistotami, které se v ní nacházejí. Jak praví L. Eckertová [1]: „*Je obtížné získat a udržet čistý povrch; lze toho dosáhnout umístěním PL v inertním prostředí, spolehlivě však pouze v prostředí se zanedbatelným počtem částic – v ultravysokém vakuu.*“

Nejčastěji se čistého povrchu dosahuje na základě některého z těchto tří postupů:

- a) vytváření látky v podmínkách vysokého vakua,
- b) odstraňování nečistot,
- c) odstraňování znečištěných částí látky.

Výběr metody závisí na druhu čistěného materiálu a jeho formě. Nejpoužívanější způsob čištění se nazývá vakuové napařování, které spadá do skupiny a) vytváření látky v podmínkách vysokého vakua.

3.6.2 Rozhraní dvou PL

Každý uzavřený elektrický obvod obecně vždy obsahuje rozhraní více pevných látek, ať už to jsou kovy, polovodiče, případně dielektrika. Jestliže obvodem prochází proud, je naší snahou v určitých případech ho těmito rozhraními neovlivňovat. Někdy zase využíváme specifických vlastností rozhraní například k usměrňování či dokonce ke vstřikování minoritních nosičů. Minoritní nosiče se využívají například při přechodu PN, který byl popsán výše. Pro upřesnění mají opačné elektrické pole než majoritní nosiče. Elektrické pole, které vzniklo na přechodu PN, urychluje transport těchto nosičů přes vzniklý přechod PN. Nejnutnější je poznat fyzikální procesy na rozhraní kvůli tomu, aby bylo možné vytvářet kontakty s vlastnostmi, které požadujeme. Důležité je potom vyšetřit poměry na rozhraní dvou PL, když se nacházejí v rovnovážném stavu. [1, 11]

3.7 Ventilátory

Ventilátor je součástka, která se používá především k chlazení elektrického obvodu, nebo jiné elektronické součástky. Chlazení probíhá díky nucenému proudění vzduchu. V níže popsaném experimentu však bude ventilátor použit zcela z jiného důvodu a to k přenosu teplého vzduchu do prostoru respektive do místnosti. Nejvíce se používají tři druhy ventilátorů, kterými jsou odstředivý ventilátor, šroubový ventilátor a ventilátor s axiálním výstupem. Každý z vyjmenovaných ventilátorů má svá pozitiva a negativa. Ventilátor odstředivý má schopnost zvládat dodávání vzduchu velkou rychlostí ovšem pouze v malém množství. Naopak ventilátor šroubový dokáže dodávat velké množství vzduchu na úkor malé rychlosti. Jako kompromis obou popsaných tipů se jeví ventilátor axiální.

Pro experiment byl autorem zvolen ventilátor šroubový. [3]

4 Vlastní výsledky

V této již praktické části bude sestavena konstrukce ventilátoru poháněného Peltierovým článkem. Zároveň bude provedena řada experimentů a měření, které povedou ke stejnému cíli a to ke zjištění, zda je možné dodávat určité napětí pomocí ohřevu jedné strany a ochlazování druhé strany Peltierova článku.

4.1 Experiment číslo jedna

Ve čtvrtek dne 16. 8. 2012 bylo započato konstruování ventilátoru, respektive byl proveden první pokus.

Pokus byl zahájen nejprve spuštěním a kontrolou funkčnosti dvojvaříče, na kterém měl být tento první pokus prováděn. Na větší ploténku byl postaven nerezový šálek s vodou, natočenou z kohoutku do tří čtvrtin šálku viz obr. 10. Ploténka byla zapnuta regulačním kolečkem na hodnotu 6 což je maximální možná hodnota. Po 14 minutách a 30 sekundách začíná voda vařit. Po vyzkoušení funkčnosti vaříče se nechala ploténka zcela vychladnout, což trvalo zhruba 60 minut. Tímto malým pokusem byla tedy funkčnost ploténky ověřena. Když již ploténka nevyzařovala žádné teplo, přešlo se k zapojení ventilátoru tak, že byl na ploténku vložen Peltierův článek, ke kterému byl připojen ventilátor. Posléze byla ploténka pomalu žhavena. Když bylo regulační kolečko na hodnotě 2, ventilátor se stále netočil. Po 30 sekundách z Peltierova článku odpadly oba kontakty červený i černý, proto bylo regulační kolečko ihned staženo na hodnotu 0. Bylo tedy nutné odpadlé kontakty k článku opět připojit a pokus znovu opakovat. Opravený Peltierův článek byl znovu umístěn na ploténku a ta byla následně spuštěna. Po 60 sekundách došlo opětovně k uvolnění kontaktů z Peltierova článku. Keramické desky tohoto článku se pohnuly směrem od sebe a při pokusu je vrátit do původní polohy se Peltierův článek rozpadl na dvě části, viz obr. 9. Během tohoto pokusu, který lze s jistotou klasifikovat jako neúspěšný, se ventilátor neroztočil.

Obr. 9 Rozpadlý peltierův článek



[zdroj: autor]

Neúspěch pokusu a zničení Peltierova článku bylo způsobeno špatnou volbou tohoto článku, jehož parametry nebyly vhodné pro práci s tak vysokou teplotou, kterou produkoval vaříč a nedostatečným chlazením tohoto článku.

Pro tento neúspěšný experiment byl mimo Peltierova článku s parametry TEC1-12705 46,2 W; 15,4 V; 4,6 A; 40x40x4 mm a ventilátoru značky Sunon MagLev DC12V; 0,8 W o parametrech použit vaříč Exklusiv od firmy Eta a nerezový šálek. Pokus byl prováděn v uzavřené místnosti při teplotě 19 °C bez přítomnosti jiných vnějších vlivů.

Obr. 10 Vaříč Eta s nerezovým šálkem



[zdroj: autor]

4.2 Experiment číslo dvě

Tento experiment bude zaměřen na zlepšení ochlazování Peltierova článku a zároveň i jeho ohřevu.

4.2.1 Kompletace 1 chlazení

Nejprve bylo potřeba zkompletovat zakoupené chlazení LOKI. V balení se nacházel odděleně černý ventilátor, který je konstruován na použití při napětí 12 V o rozměrech 90x91x25 mm se čtyř-žilovým vývodem. Žíly vývodů jsou zapleteny do sebe, samotné chlazení je složeno ze čtyřiceti dvou tenkých nerezových plošek, které jsou navrstveny na sebe a mezi nimi jsou tři milimetrové mezery, spojené třemi měděnými trubičkami ve tvaru písmene U. Dole jsou tyto trubice zality v hliníkovém hranolu o rozměrech 48x54x10 mm. Po vyjmutí 12 V ventilátoru z balení byla potřeba jistá úprava. Čtyři vývody tohoto ventilátoru byly po délce čtyř centimetrů rozmotány a následně obnaženy po délce jednoho centimetru. Funkčnost ventilátoru byla ověřena připojením ke 12 V baterii, červený vývod byl připojen na kladný pól baterie a černý vývod na záporný pól baterie. Modrý a bílý vývod nebudou dále používány. Po připojení baterie se ventilátor úspěšně rozběhl, z čehož vyplývá závěr, že tento ventilátor je plně funkční. Dalším krokem bylo přidělení čtyř pryžových držáků ke 12 voltovému ventilátoru, které byly přiloženy v dalším igelitu. Tyto držáky se zasunuly do všech čtyř rohů ventilátoru. Následně se z druhé strany mohly tyto držáky vsadit do předpřipravených otvorů v chlazení. Ventilátor o napětí 12 V byl úspěšně připevněn k chlazení. K úplné kompletaci chlazení LOKI zbývalo jen připravit spodní část k uchycení ke zbytku konstrukce. Chlazení bylo možné přichytit dvěma možnými způsoby. První možný způsob byl přichytit spodní část nerezovým plátkem. Tento plátek je o rozměrech 95x55x1 mm s otvorem uvnitř, jež má rozměr 74x36x1 mm, s výstupkami v každém rohu, přičemž každý roh má svůj vyvrtaný otvor. Další dva otvory jsou na dlouhé straně a po jednom otvoru uprostřed kratší strany. Pro tuto konstrukci však byl konstruktérem použit druhý způsob uchycení, který spočíval v přichycení pomocí dvou podélných plátů, rovněž z nerezové oceli ve tvaru písmene „V“, oddělených od sebe, které zabíraly plochu 90x25x1 mm s šířkou plátů 12 mm. Na každém vrcholu měly pláty otvory o délce 10 mm a šířce 3 mm a na nejdelší podélné straně každého plátu byly předvrtané dva otvory na šrouby dodávané výrobcem v balení. Pomocí těchto šroubů se nerezové pláty přišroubovaly k hliníkové podložce pod chlazením. Tato podložka byla již od vybalení zakryta průsvitnou samolepkou, která byla určena k odlepení až těsně před aplikací na další část konstrukce.

4.2.2 Kompletace 2 měděné pláty

Pro lepší přenos tepla od chlazení k Peltierovu článku byl použit 1 mm tlustý měděný plech. Z tohoto plechu byly vystřiženy dva obdélníky. Menší obdélník má rozměry 50x35x1 mm a je přímo v kontaktu se spodní hliníkovou částí chlazení. Před instalací obdélníku je ještě nutné ze spodu chlazení odstranit výše zmiňovanou samolepící fólii. Druhý větší obdélník, byl vyhotoven o rozměrech 110x92x1 mm. Oba obdélníky byly nejprve pečlivě vyměřeny, aby plně vyhovovaly konstrukci navrhnuté konstruktérem, následně bylo zakresleno, kudy povedou stříhy. Posledním krokem bylo vystřížení obou obdélníků pomocí nůžek na plech. Nyní již bylo možné tyto plechy přimontovat k chlazení. Ve větším obdélníku bylo nutné vyměřit čtyři otvory pro šrouby přesně padnoucí pod výše zmíněné otvory v nerezových plátech sloužících k uchycení chlazení. Otvory v měděném obdélníku byly pečlivě zakresleny a následně vyvrtány vrtačkou Black & Decker lithium batterytech 14.4 V. Kompletace probíhala pomocí čtyř šroubů o délce 30 mm, které byly součástí balení. Šrouby jsou opatřeny zvláštní hlavičkou, která je hladká a proto je nelze šroubovat žádným typem šroubováku. Ve spodní části má hlavička výstupek, který přesně zapadá do otvorů na vrcholech v nerezových plátech na chlazení. Šrouby byly protaženy nejprve otvory v nerezových plátech přimontovaných k chlazení, následně pak otvory ve větší desce z mědi. Malý měděný obdélník byl vložen mezi spodní hliníkovou část chlazení a velký měděný obdélník, bude zde držet pouze pomocí tlaku, vzniklého dotažením velké měděné plochy k chlazení. Když byly všechny šrouby protaženy, bylo nutné je dotáhnout zvláštní maticí, jež byla přiložena k balení chlazení. Její zvláštnost spočívala v tom, že jí bylo možné dotáhnout pouze prsty díky vroubkování na jejím povrchu. Matice byla poměrně robustní o průměru 5 mm a výšce 5 mm. Všechny čtyři matice byly dotaženy tak, aby pevně držely malý měděný obdélník pod chlazením a zároveň tak, aby k sobě všechny tři plochy naprosto doléhaly v místě spodního hliníkového obdélníku chlazení.

4.2.3 Kompletace 3 Peltierův článek a zahřívání

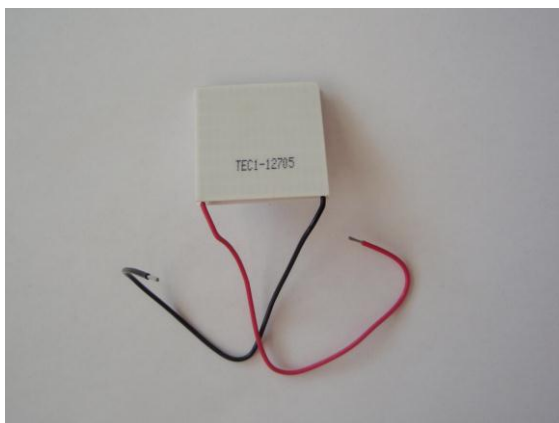
Pod měděnými obdélníky byl umístěn Peltierův článek. Důležité je zmínit, že zde byl použit již jiný nový článek, než v pokusu číslo jedna viz obr. 11. Tento článek by měl odolávat většímu teple, díky většímu výkonu o hodnotě 89 W. Zbylé parametry článku jsou následující 15,8 V a 10 A. Je o rozměrech 40x40x3,3 mm a jeho označení je TEC – 12710. Tento článek byl opět volně položen mezi větší měděný obdélník a první hliníkový chladič, ovšem v tomto případě používaný k ohřevu díky jeho dobré tepelné vodivosti. Hliníkové chlazení bylo použito ze starého počítače, kde sloužilo k ochlazování procesoru

intel i486 DX2. Chlazení má rozměry 45x45x5 mm, je z pískově žluté barvy a má na horní straně žebrování o velikosti žebra 1 mm, na obou krajích je žebrování zakončeno delším čtyř milimetrovým žebrem, mezery mezi dvěma žebry jsou 3 mm. Na spodní straně je povrch hladký s „výřezy“ na obou stranách o šířce 3 mm. Výřez sloužil k lepšímu uchycení k procesoru mezi procesorem a chlazením bylo ještě vodivé lepidlo. K chlazení byl z horní části připevněn 12 V ventilátor. Uchycení ventilátoru bylo provedeno pomocí čtyř šroubů umístěných v rozích ventilátoru, kde byly předvrtané otvory pro tento ventilátor. Rozměry tohoto ventilátoru byly 40x40x10 mm. Ventilátor byl z chlazení odejmut, jelikož nebyl potřebný pro konstrukci navrhnoutou konstruktérem. Následně byl chladič očištěn od lepidla a prachu a opláchnut proudem vody. Chlazení bylo volně vloženo podobně jako Peltierův článek. Na toto chlazení těsně doléhal druhý hliníkový chladič. Podobně jako první chladič bylo toto chlazení vyjmuto ze staré základní desky počítače, kde sloužilo ke chlazení grafické karty nvidia geforce 4. Ke kartě bylo přišroubováno pomocí dvou šroubů, které byly prostrčeny dvěma očky po stranách chlazení a deskou, na které byla připájena grafická karta. Mezi grafickou kartou a chlazením bylo opět nanášeno vodivé lepidlo. Černé chlazení bylo očištěno od lepidla a omyto proudem vody. Následně ho bylo nutné napevno připevnit ke spodní části celé konstrukce. Spodní částí je nerezová destička s několika otvory, která byla přiložena k balení s chlazením LOKI. Z těchto několika otvorů jich je pět kruhových o průměru 6 mm. Tyto otvory se nacházejí téměř ve středu destičky, dva otvory jsou ve vzdálenosti 6 mm od přední hrany a 29 mm od sebe, od druhého z nich je třetí otvor vzdálen 4 mm a od postranní hrany je tento 18 mm. Směrem k zadní hraně se ve vzdálenosti 29 mm nachází čtvrtý otvor 13 mm od zadní hrany. Poslední kulatý otvor na této destičce se nachází 9 mm od levé strany soustředěný na prostředek horizontálně. Důležitý otvor pro tento pokus se nachází uprostřed destičky, jeho výška je 20 mm, šířka 30 mm. Tímto otvorem bude do konstrukce proudit teplo. Další čtyři významné otvory jsou v rozích, všechny čtyři jsou stejně velké o šířce 4 mm a délce 11 mm. Do těchto otvorů budou zasunuty čtyři velké šrouby, které procházejí celou konstrukcí. Další šest otvorů nebude využito, jsou všechny 5 mm dlouhé a 3 mm široké. Čtyři z nich jsou předsunuty, ale také v rozích jako čtyři dříve zmíněné a jeden je vždy uprostřed mezi nimi 1 mm od postranní stěny. Nad střed této plochy bude pevně přišroubováno černé chlazení. Nejprve je nutné do spodního plechu vyvrtat dva otvory na šrouby, pomocí kterých se přichytí zmiňované chlazení. Otvory byly řádně vyměřeny tak, aby do nich zapadaly očka v chlazení a následně vyvrtány vrtačkou Black & Decker lithium batterytech 14.4 V. Bylo přiloženo chlazení a předem vyvrtanými otvory ve spodní destičce a očky v chlazení se prostrčily dva šrouby metrické

s označením 12 se zapuštěnou hlavou. Zakoupené v běžně dostupné obchodní síti. Na šrouby byly nasazeny příslušné podložky a následně byly zataženy matkami. Zhotovená spodní část konstrukce byla přiložena k horní části. Čtyřmi otvory na okrajích spodní desky, které byly předem určeny k protažení šroubů vedoucích celou konstrukcí, se protáhly tyto šrouby a zespoda se zajistily čtyřmi „válečky“ o průměru 4 mm a výšce 10 mm. Po krajích těchto válečků jsou vyrobeny hladké drážky, které umožňují snadné dotažení pouhými prsty uživatele.

Nyní je konstrukce zhotovena. Přechází se k testování a proměřování vlastností této konstrukce.

Obr. 11 Peltierův článek TEC – 12710



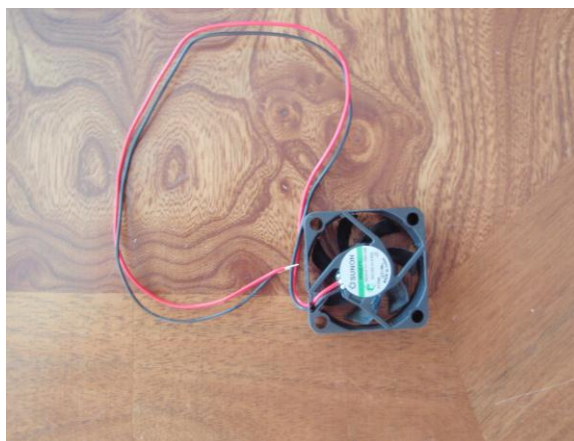
[zdroj: autor]

4.2.4 Testování

Konstrukce byla provizorně položena na dvě knihy o výšce 5 cm z důvodu, aby chlazením mohl lépe procházet vzduch. Konstrukce byla na knihách umístěna tak, že velký černý 12 V ventilátor s chlazení LOKI směřoval vzhůru, samotné chlazení se tedy přímo dotýkalo knih a pod ním proudil studený vzduch. Ventilátor od chlazení byl připojen na 12 V baterii značky Varta, pomocí dvou kabelů popsanych výše. Černý kabel byl zapojen na plusový pól baterie a červený na minusový pól. Ventilátor se nyní točil a vhněl do chlazení vzduch. Později byla baterie ke kontaktům zaaretována pomocí šedé, lepicí, izolační pásky. Na dva vývody z Peltierova článku byly připojeny vývody z měřicího přístroje tím způsobem, že černý vývod z článku byl připojen na plusový vývod z měřicího přístroje a červený na minusový vývod z měřicího přístroje, byl použit měřicí přístroj Avomet značky Metra.

Nejprve se konstrukce začala zahřívat pomocí čajové svíčky zakoupené v běžné obchodní síti. Svíčka byla zapálena pomocí zapalovače a vložena ke spodní kovové koncové ploše konstrukce tak, aby maximálně zahřívala černý hliníkový chladič. Napětí vytvářené článkem pomalu stoupá, po 25 minutách se ustálí na hodnotě 1 V a dále už nerostl. Místo měřicího přístroje se ke dvěma vývodům z Peltierova článku (+ a -) připojil 5 voltový ventilátor. Tento ventilátor má rozměry 50x50x10mm je černé barvy od značky Sunon viz obr. 12, zakoupený v GM Electronics v Praze Karlíně. Červený kabel Peltierova článku byl spojen s červeným kabelem od ventilátoru a černý kabel z Peltierova článku s černým kabelem z ventilátoru. Lopatky ventilátor se však netočí.

Obr. 12 Pětivoltový ventilátor Sunon



[zdroj: autor]

Z výše popsaného pokusu vyplývá, že svíčka nepostačí na roztočení ventilátoru pomocí této konstrukce, vyzařované teplo je moc nízké. Rozdíl teplot na Peltierově článku není tak velký, aby dodávané napětí stačilo k rozběhu ventilátoru.

Čajová svíčka je nahrazena tekutým lihem. Jako tekutý líc je použit líc technický viz obr. 13 zakoupený v běžné obchodní síti. Jako nádoba na líc posloužilo víko od skleněné lahve, které bylo po okraj naplněno tekutým lihem. Konstrukce i její uložení je naprosto totožné. Na vývody z Peltierova článku je opět připojen měřicí přístroj místo ventilátoru. Líc je zapálen zapalovačem a vložen na stejné místo jako svíčka tak, aby maximálně zahříval černý hliníkový chladič. Změna oproti svíčce je hned patrná, napětí stoupá mnohem rychleji, již po 10 minutách je za hodnotou 1 V, pak už stoupání není tak rychlé. Po 25 minutách se ustálí na hodnotě 1,9 V a dále již nestoupá. Proto je změněna poloha konstrukce tak, že je umístěna přímo nad plamen vznikající hořením lihu do výšky 11 cm od země.

Napětí vzápětí stoupl na hodnotu 2 V dále, však nestoupá. Místo měřicího zařízení je opět zapojen ventilátor. Jeho lopatky se stejně jako při použití svíčky nehýbou.

Vyzařované teplo lihem je vyšší než vyzařované teplo svíčkou. Napětí dosažené z Peltierova článku je dvojnásobné. Při použití této konstrukce je však rozdíl teplot na Peltierově článku moc malý na to, aby napětí jím vyvíjené stačilo k roztočení stejnosměrného 5 V ventilátoru.

Závěrem je, že zahřívání Peltierova článku je nedostatečné. Použití lihu k zahřívání je lepší než zahřívání pomocí svíčky ovšem za předpokladu, že je změněna poloha konstrukce tak, aby přenášela vyšší teplo na článek. Pokus byl prováděn v místnosti s jedním otevřeným oknem kvůli možnosti úniků výparů vzniklých hořením lihu. Venkovní teplota byla 12 °C vnitřní teplota se pohybovala na hranici 19 °C.

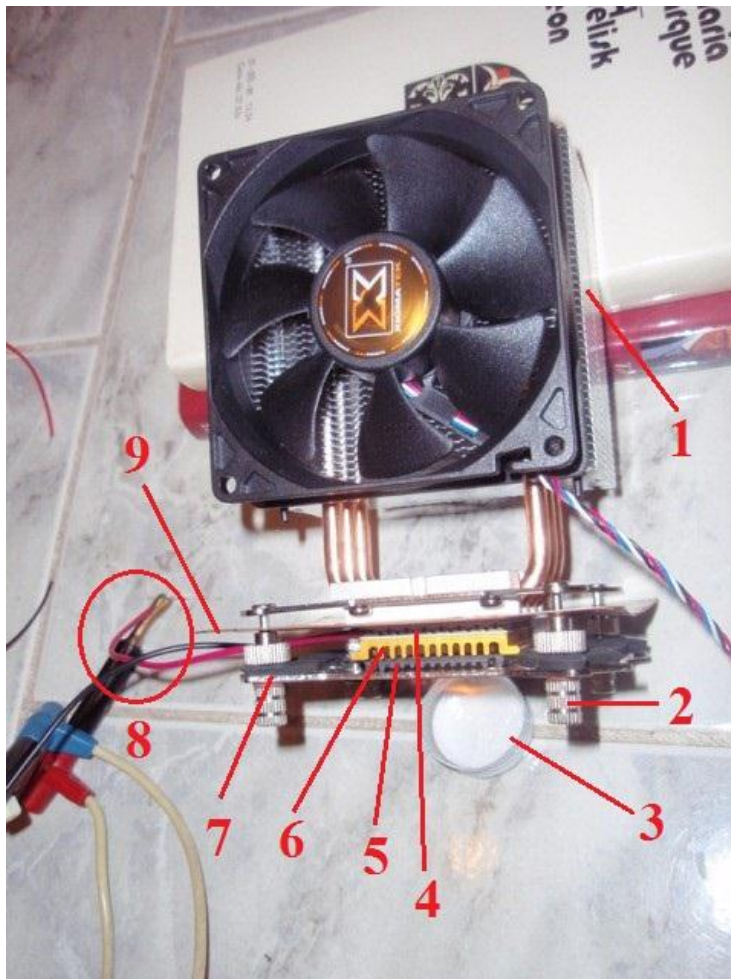
Obr. 13 Technický líh



[zdroj: autor]

Celá konstrukce během testování s lihem s veškerými popisky všech jejích částí je vyobrazena na obr. 14.

Obr. 14 Konstrukce 2 během testování s popisky



[zdroj: autor]

Vysvětlivky k obr. 1. Chlazení LOKI

2. Zajišťovací váleček

3. Technický líh

4. Peltierův článek TEC-12710

5. Al chlazení 1

6. Al chlazení 2

7. Nerezový plát

8. Vývody z Peltierova článku a svorky měřicího přístroje

9. Měděná destička

Ještě před testováním konstrukce 2 bylo třeba zdokumentovat její vzhled, jelikož nebylo jasné, zda během testování nedojde k deformaci určitých částí konstrukce, viz obr. 15. Jsou zde také lépe vidět některé části než na obr. 14.

Obr. 15 Konstrukce 2 před testováním



[zdroj: autor]

4.3 Experiment číslo tři

V tomto pokusu je použito totožné chlazení i Peltierův článek jako v experimentu číslo 2. Hlavní změna nastává v konstrukci zahřívání Peltierova článku. Peltierův článek TEC –12710 je volně vložen přímo pod chlazení LOKI, pod ním je větší měděná deska, jež byla popsána v pokusu dvě, která musí být upravena pro uchycení nového chlazení, které bude určené k účinnějšímu ohřevu článku, než tomu bylo dříve. Chlazení značky PrimeCooler viz obr. 16 bylo zakoupeno v obchodě Alza.cz. Je modré barvy o šířce 45 mm, délce 35 mm a výšce 50 mm. Skládá se ze 72 podlouhlých obdélníků o dvou různých délkách a celistvé spodní ploše. Všechny obdélníky jsou 1 mm dlouhé a 3 mm široké. Nad touto plochou se po pravé i levé straně nacházejí drážky o výšce 3 mm a šířce 7 mm. Tyto drážky jsou určeny pro vložení dvou ramen k uchycení chladiče. Do každé drážky je vloženo rameno o velikosti 23 mm z nerezového materiálu. Ramena mají na svém okraji otvory, kterými se prostrčí šrouby a tímto způsobem se chladič upevní.

Obr. 16 Chlazení PrimeCooler



[zdroj: http://shop.tntrade.cz/primecooler-pc-nb1-northbridge-heatsink_d57600.html]

Nyní je nutné upravit velkou měděnou destičku pro tento pokus. Deska je pevně upevněna, tak, aby neměla žádnou vůli, k chladiči LOKI. Následně je pečlivě zakresleno, kam bude umístěno chlazení PrimeCooler, kde budou jeho dvě ramena pro přichycení a kde je nutné vyvrtat díry pro šrouby sloužící k přichycení ramen k měděné destičce. Po důkladném zakreslení všech zmíněných částí je deska odstraněna z chlazení LOKI. Posléze se vyvrtají dva otvory určené pro šrouby pomocí vrtačky Black & Decker lithium batterytech 14.4 V.

Měděným plátem a uchycovacími rameny chladiče jsou prostrčeny příslušné šrouby, na druhé straně jsou přidány jejich podložky i příslušné matky. Všechny zmiňované šrouby, podložky a matky byly zakoupeny v běžně dostupné obchodní síti. Matky šroubů jsou pevně dotaženy a tím je chlazení PrimeCooler pevně uchyceno k velké měděné desce. Nyní je zhotovena spodní část konstrukce, která bude zahřívána. Následně je mezi takto zhotovenou spodní část konstrukce a chlazení LOKI volně vložen Peltierův článek. Celá konstrukce je nyní dotažena čtyřmi velkými šrouby detailně popsány v experimentu číslo dvě. Stejně tak jako v minulém nezdařeném pokusu procházejí tyto čtyři šrouby celou konstrukcí. Šrouby jsou stejně jako v předešlém pokusu zajištěny výše zmíněnými specifickými „matkami“. Nyní je konstrukce plně zhotovena. Konstruktor si z této modifikace konstrukce 2 slibuje hlavně větší přísun tepla k Peltierovu článku a tím i větší rozdíl teplot a zároveň vyšší napětí dodávané Peltierovým článkem.

Jakmile je konstrukce hotova je možné přejít k testování.

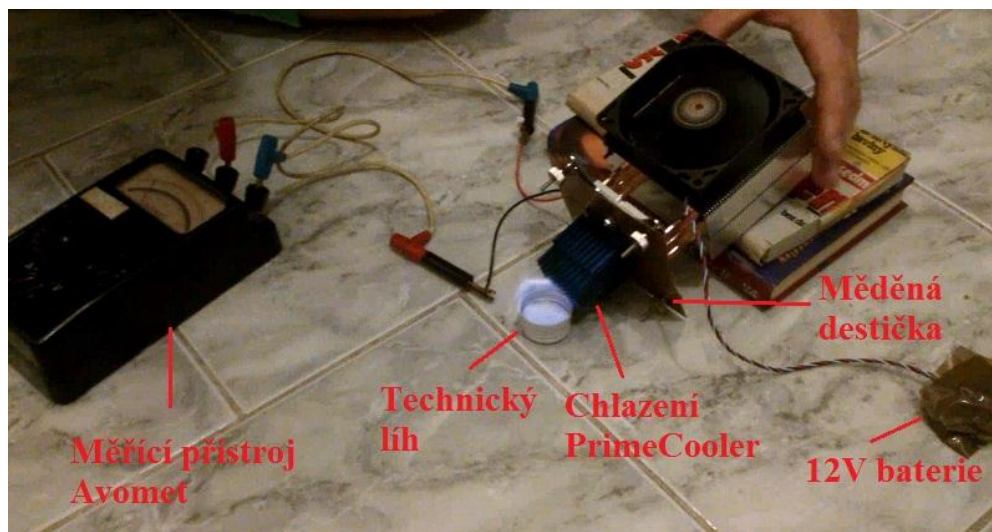
4.3.1 Testování

Testování probíhá podobně jako v experimentu číslo dvě. Konstrukce byla položena na dvě knihy o výšce 50 mm. Zde se už netestovalo pomocí čajové svíčky, ale byl použit rovnou tekutý líh, což vyšlo z předešlého testu jako výhodnější. Na líh byla použita stejná nádoba jako v předešlém pokusu, která se osvědčila. Po zažehnutí plamene byla nádoba s lihem přiložena k modrému chlazení. Napětí bylo měřeno stejným způsobem i měřicím přístrojem jako v předešlém pokusu. Po dobu prvních 7 minut pokusu je již hodnota napětí na 1,5 V. Po dalších čtyřech minutách již přesáhne hodnotu předešlého pokusu na hodnotu 2 V. Následně je vzestup pozvolnější, po 28 minutách je dosaženo 2,9 V a ručička voltmetru se již nehýbe. Tato hodnota je zapsána a měřicí přístroj je opět zaměněn za 5 voltový ventilátor. Po připojení červeného drátu od ventilátoru na červený, vedoucí z Peltierova článku a černého na černý se ventilátor roztáčí.

Tento pokus s konstrukcí 3 viz obr. 17 lze označit tedy za úspěšný, i když nebylo dosaženo 5 V, což by odpovídalo napětí potřebnému k roztočení použitého ventilátoru. Nicméně tento ventilátor se roztočil již při nedosažené hranici 3 V. Dále bude vyzkoušena podobná konstrukce jako při tomto pokusu, nýbrž bez měděné desky, jelikož dle odhadu konstruktéra zadržovala mnoho tepla, které by se mohlo jinak dostat k Peltierově článku.

Pokus byl prováděn v uzavřené místnosti s otevřeným oknem, kvůli výparům z hořícího lihu. Venkovní teplota byla 10 °C, vnitřní teplota byla o 9 °C vyšší.

Obr. 17 Konstrukce 3 během testování



[zdroj: autor]

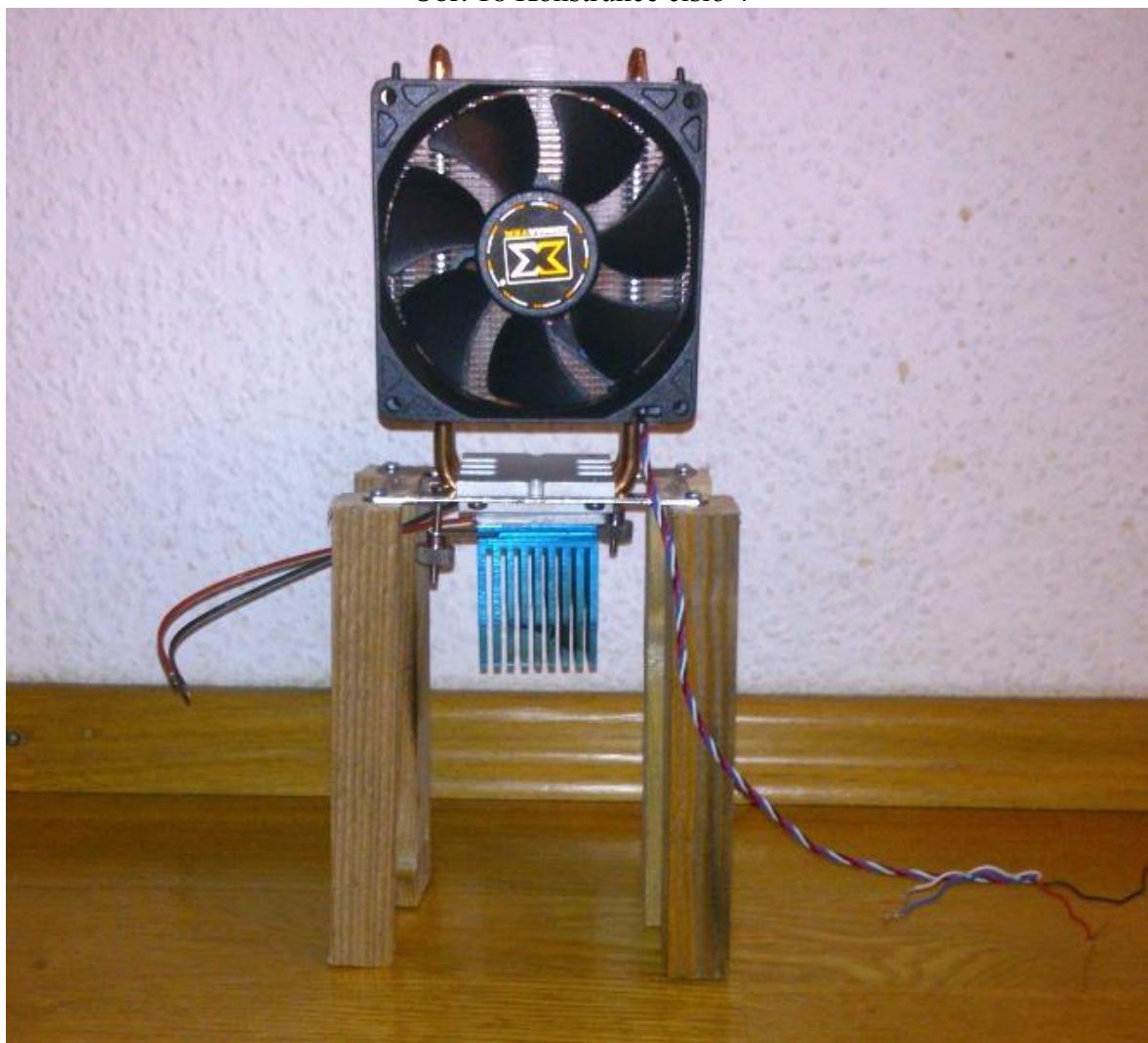
4.4 Experiment číslo čtyři

Cílem tohoto pokusu je zvýšit teplo proudící k Peltierovu článku. V rámci tohoto pokusu konstruktér odstraní měděné desky mezi článkem a modrým chlazením určeným k ohřevu článku. Nejprve je nutné upravit chlazení LOKI k tomuto pokusu. Ze spodní části jsou odděleny dva nerezové pláty určené k přichycení detailně popsané v experimentu číslo dvě a je místo nich aplikován nerezový čtverec, rovněž detailně popsáný v experimentu číslo dvě. Následně je k chlazení LOKI přiložen Peltierův článek. Jedná se stále o totožný článek jako v pokusu číslo dvě a tři. Na druhou stranu článku je přiloženo modré chlazení PrimeCooler a k němu jsou přiloženy jeho dvě „přichytky“ určené k zaaretování tohoto chlazení. Do čtvercové desky přivrtané k chlazení LOKI je nutné vyvrtat dva otvory pro přichycení chlazení PrimeCooler. Do nerezové desky jsou tyto otvory zakresleny pomocí černé fixy. Posléze je nutné tyto otvory vyhloubit. Konstruktér nejprve použije jako v předešlých případech vrtačku Black & Decker lithium batterytech 14.4 V, ale po tom co je s ní první otvor hlouben po dobu 45 minut a je zlomen jeden vrták, je konstruktér nucen sáhnout po silnějším stroji. Je jím vrtačka značky Bosch model GSR 14,4 V Professional. Touto vrtačkou je práce snažší. První díra je vyhloubena za 30 minut, druhá následně za 45 minut. Železo bylo velmi tvrdé, během hloubení byly zlomeny celkem 4 vrtáky. Nyní je čtvercový nerezový držák pevně připevněn ke spodní části chlazení LOKI pomocí čtyř šroubů. Na spodní část chlazení je volně vložen Peltierův článek a na tento článek opět modré chlazení PrimeCooler. Nyní již může být toto chlazení pevně přichyceno k celé konstrukci. Přichycení bylo provedeno pomocí dvou ze čtyř velkých šroubů, které procházely celou konstrukcí v pokusu číslo dvě. Šrouby jsou vloženy do dvou předvrtaných otvorů v nerezové desce a do otvorů na krajích ramen vložených do chlazení. Oba šrouby jsou zataženy zvláštní matkou pouze pomocí prstů stejně, jako v pokusu číslo 2, kde byly použity stejné šrouby i matky. Pro umístění konstrukce ve správné výšce bylo nutné vyrobit čtyři nohy, na kterých konstrukce stála. Tyto nohy byly vyrobeny ze dřeva. Každá noha byla dlouhá 15cm. Pro zhotovení nohou byly použity dvě dřevěné tyče o šířce 29 mm a tloušťce 20 mm. Na těchto tyčích byly nejprve zakresleny potřebné délky a posléze oříznuty pomocí pilky na železo. Výsledná noha má tedy rozměry 15x2,9x2cm. Všechny čtyři nohy jsou přimontovaných na rohové otvory v nerezové desce pomocí čtyř nerezových šroubů, které byly zavrtány pomocí aku šroubováku Black & Decker lithium batterytech 14.4 V. Celá konstrukce číslo 4 i s přidělanýma nohama je připravena k testování viz obr. 18.

4.4.1 Testování

Testování probíhalo v podstatě za stejných podmínek, jako v pokusu číslo 3. Odstranění měděných destiček se osvědčilo, nejenže bylo dosaženo opravdu vyššího napětí, ale dokonce i za mnohem kratší dobu, než když byly měděné destičky upevněny ke konstrukci.

Obr. 18 Konstrukce číslo 4



[zdroj: autor]

4.5 Experiment číslo pět s vaříčem

Po úspěšném pokusu s lihem se autor rozhodl vyzkoušet testovanou konstrukci za pomoci vaříče. Při tomto pokusu je použit stejný vaříč jako při pokusu číslo 1 tedy Eta Exklusive. Konstrukce je totožná jako v předešlém úspěšném pokusu číslo 4 s lihem. Vaříč již nebylo nutné testovat, z pokusu číslo jedna bylo vyvozeno, že je plně funkční.

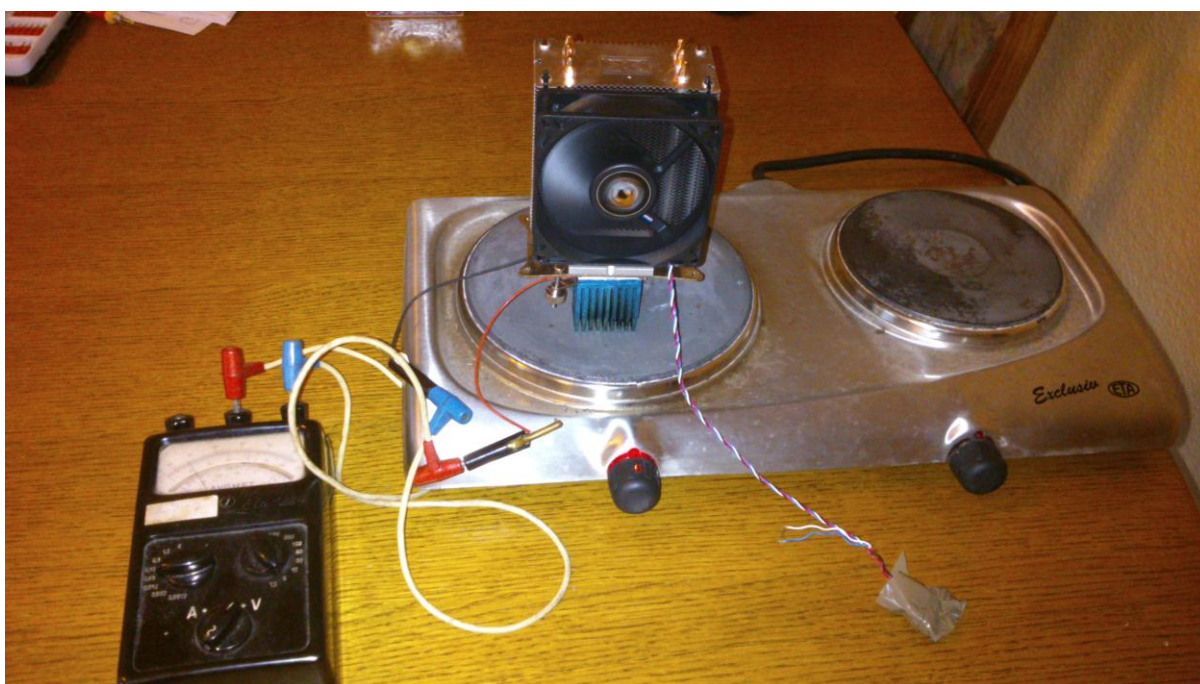
Experiment byl prováděn tím způsobem, že byl vaříč Eta postaven na stůl a na jeho větší ploténku byla postavena konstrukce. Na červený vývod z Peltierova článku byl připojen červený kabel voltmetru a na černý vývod Peltierova článku byl připojen modrý kabel voltmetru, viz obr. 20. Vedle vaříče byly následně připraveny stopky a teploměr Metra PU 521 viz obr. 19. Stopky byly spuštěny a velká ploténka vaříče byla nastavena na maximální hodnotu k ventilátoru od chladiče LOKI byla připojena 12 V baterie, aby chlazení plně fungovalo. Po 2 minutách a 40 sekundách bylo dosaženo hodnoty 1 V. Napětí postupně stoupá, v čase 7:10 min. je napětí 2,5 V po 80 sekundách se vaříč na chvíli vypíná. Po 9 minutách od zahájení pokusu je hodnota napětí na svém maximu čímž jsou 3 V. Autor následně odpojil voltmetr a připojil 5 V ventilátor. Ventilátor se točí, pokus je již tedy možné označit za úspěšný. Teplota je 123 °C na jedné straně Peltierova článku a 66 °C na druhé straně. V čase 12:10 min. je opět připojen voltmetr, který po připojení ukazuje hodnotu 2,8 V, napětí tedy pokleslo. V čase 15:16 min. se vaříč opět zapíná, následně se v intervalu 2 minut ještě jednou zapíná a vypíná, hodnota napětí se už nemění. Teplota ještě stoupla na hodnotu 130 °C, ale na napětí to vliv nemělo. Po 24 minutách je pokus ukončen.

Obr. 19 Teploměr Metra PU521



[zdroj: autor]

Obr. 20 Průběh testu číslo pět



[zdroj: autor]

4.6 Experiment číslo šest – odpadlý konektor

Během dalšího podrobnějšího testu konstrukce číslo 4 popsané výše, se z Peltierova článku uvolnil červený kontakt a nakonec musel být stávající Peltierův článek nahrazen novým. Detailní postup pokusu byl následovný. V čase 0 byla konstrukce připravena na testování, spustily se stopky a zároveň zapálil tekutý líh, umístěný v nádobě tomu určené, konstruktérem popsána výše. Po 2 minutách a 20 sekundách dosahuje napětí, měřené opět na měřicím přístroji Avomet jako v předešlých pokusech, hodnoty 2,7 V. Autor zkouší připojit ventilátor, ten se však prozatím netočí. V čase 2:50 min. už dosahuje napětí hodnoty 3 V, teploty jsou 130 °C a 80 °C rozdíl činí tedy 50 °C měřené teploměrem PU 521 jako v předešlém pokusu. Po dalších 2 minutách stoupá napětí na 3,5 V. Autor opět odpojuje voltmetr a připojuje 5 V ventilátor na konektory vedoucí z Peltierova článku. Ventilátor se točí, teploty jsou 150 °C a 70 °C. Autor nechává ventilátor běžet po dobu 2 minut, aby se ujistil, zda je jeho chod bezproblémový. Nyní je čas tedy 6:50 min. od zahájení pokusu, autor odpojuje ventilátor a připojuje na jeho místo voltmetr, aby se ujistil, jaká je aktuální hodnota napětí. Voltmetr ukazuje, že napětí mírně pokleslo na hodnotu 3,4 V, aktuální teploty jsou 153 °C a 80 °C. Po změření teploty v čase 7:50 min. najednou voltmetr ukazuje nulové napětí. Autorovi nejprve není zřejmé, čím je to způsobené, bral v potaz vadu měřicího přístroje. Ovšem po zkontrolování kontaktů je vše vyjasněno. Červený kontakt i s připojeným vývodem z měřicího přístroje odpadl od Peltierova článku. Testování je tedy okamžitě přerušeno a Peltierův článek bude muset být opraven.

4.6.1 Oprava konektoru

Autor se pokusil připájet červený konektor zpět k Peltierovu článku. Pro připájení byla použita pájka Mechanika Praha typ ETP 2 ČSN 361490 220V + spájka cínovo-olovená Sn 40 Pb – MTL 408. Po rozehtání pájky a přiložení cínu na místo na Peltierově článku, kde byl původně uložen kabel, se cín rozehtál, posléze se přiložil odpadlý konektor. Následovalo opětovné přiložení horké pájky. Po jejím odložení již kontakt pevně držel na svém původním místě, obalený a připevněný vrstvou cínu.

4.6.2 Testování s opraveným konektorem

Po opravě Peltierova článku se prováděl ten samý test jako při výše zmíněné poruše. Konstrukce byla připravena, zažehl se líh a spustily stopky. V čase 4:00 min. byla na voltmetru hodnota napětí 2 V, již v tuto chvíli bylo tedy zřejmé, že něco není v pořádku. Hodnota napětí je v pokročilejším čase než minule menší. V čase 5:30 min. je hodnota napětí už 2,8 V, blíží se tedy ke 3 V, které ovšem byly v předešlém pokusu dosaženy již v čase 2:50 min. V čase 5:50 min. dohořel líh a je nutné doplnit nový. Výměna lihu zabrala 1 minutu, konstrukce po tuto dobu mírně vychladla, což se projevilo poklesem napětí na hodnotu 2 V. Napětí přímo úměrně stoupá s časem. Po 8 minutách od zahájení měření je hodnota 2,5 V. V čase 8:30 min. 2,7 V následně v 9:30 min. už 3,4 V Nejpoužívanější způsob tohoto čištění se nazývá vakuové napařování. V čase 10:30 min. od začátku je hodnota napětí 3,7 V, což je absolutní maximum, kterého autor zatím během všech testování dosáhl. Po půl minutě je autorem připojen 5 V ventilátor, který se okamžitě roztáčí. Následně po půlminutovém provozu ventilátoru se opět uvolnil červený tedy dříve připájený konektor na Peltierově článku a ventilátor přestává fungovat, zároveň také dochází druhá náplň s lihem. Bezprostředně poté následuje odměření teplot na spodní straně článku, na kterou působil plamen teploměr PU 521, ukazuje hodnotu 150 °C a na horní straně kde byl článek ochlazován chlazením LOKI, je 60 °C. Článek se stává nefunkčním a proto je nutné pokus ukončit.

Závěrem připájený konektor určitou dobu vydržel, dodávané napětí však vzrůstalo pomaleji než při originálním provedení. Posléze se kontakt uvolnil, pravděpodobně díky příliš vysokým teplotám viz obr. 21. Je tedy nutné pro další pokračování pořídit nový Peltierův článek.

Obr. 21 Konstrukce s odpadlým konektorem



[zdroj: autor]

4.7 Experiment číslo sedm – nový článek

Jak vyplývalo z předešlého pokusu číslo šest, autor byl nucen pořídit nový Peltierův článek. První kroky vedly do obchodu Ges electronics .Autor měl snahu zakoupit stejný článek, jako byl minulý, tedy typ TEC1-12710. V obchodu Ges electronics však tento typ neměli ani žádný podobný, pouze s nižší hodnotou výkonu a takový článek by nemusel vydržet teploty, jakých bylo dosahováno nebo naopak s výrazně vyšší hodnotou výkonu. Tento článek byl potom více jak dvojnásobně ekonomicky náročný. Po nezdaru v tomto obchodu následovala návštěva obchodu GM electronic, kde byl v minulosti zakoupen například 5 V ventilátor. V tomto obchodu měli naprosto odlišný sortiment článků, navíc u některých článků nebyl uveden výkon ani teploty, pro které je určen. Nakonec byl vybrán článek typu M-TEC1-12710 225°C viz obr. 22 Tento článek má shodný výkon jako předešlý a navíc je u něj uvedeno, že je vhodný do teplot až kolem 225°C.

Obr. 22 Peltierův článek M-TEC1-12710 225°C



[zdroj: <http://www.gme.cz/peltierovy-clanky/m-tec1-12710-225-c-p601-019/>]

4.7.1 Testování nového článku

Tento test je určený hlavně k odzkoušení a zaběhnutí nového Peltierova článku, zda se s jeho pomocí taktéž jako v minulých testech se starým článkem rozběhne 5 V ventilátor. Autor má před sebou tedy nový článek, jeho označení je M-TEC1-12710 225 °C a parametry jsou následující: velikost je 40x40x3.3 mm, hmotnost 25 g, maximální proud I_{max} 10 A, maximální napětí U_{max} 15.8 V, výkon 89 W, je určený pro teplotu 225 °C. Tento článek je vložen do obvodu z předešlého testu číslo šest na stejné místo, kde byl uložen rozbitý článek, který byl dříve vyjmut. Následně je nutné se ujistit, zda je článek pevně upnutý a nemá určitou vůli. Zároveň s novým Peltierovým článkem byl zakoupen také bezdotykový teploměr Voltcraft InfraRed Thermometer s rozsahem od -30 °C do 260 °C, který by měl z pohodlnit měření teploty během testování a zároveň zpřesnit údaje o teplotě.

Vše je připraveno a může být zahájeno testování. Po jedné minutě testování dosahuje teplota hodnotu 60 °C na horní části článku a 77 °C na spodní části článku. Napětí má hodnotu 2 V. O 1 minutu později je hodnota napětí 2,6 V, teplota stoupla na 80 °C a 112 °C. V Čase 2:30 min. už je teplota 90 °C a 132 °C, napětí má hodnotu 3 V. V čase 3:30 min. stoupla teplota na horní straně článku na 144 °C, avšak na spodní straně klesne na 70 °C. Napětí je 3,4 V. O minutu později se zvýší jedna teplota na 160 °C a druhá na 75 °C, zvýší se i poslední veličina tedy napětí ovšem pouze na hodnotu 3,5 V. V tuto chvíli autor připojuje ventilátor, ten se rozbíhá. Následně v čase 5:30 min. je opět odpojen a připojen voltmetr, který poslouží k doměření pokusu. Bylo nutné jen ověřit, zda nový Peltierův článek postačí na rozběh stejnosměrného 5 V ventilátoru. V čase 6:00 min. jsou ještě naměřeny

poslední hodnoty napětí 3,5 V a teplota 160 °C a 85 °C. V čase 6:30 min. dochází líc a pokus je ukončen.

Závěrem pokusu je, že nový článek je schopen rozběhnout stejnosměrný 5 V ventilátor, dokonce rychleji stoupá napětí na článku, avšak starý článek dával větší maximální hodnotu napětí, viz předchozí pokus číslo 6. Dále článek neměl žádné náznaky, že by měl být poškozen jako ten předešlý. Došlo také k přesnějšímu měření teplot, díky lepšímu teploměru rozdíly se však mnoho nelišily od předešlých testů.

4.8 Experiment číslo osm

Pro zlepšení vlastností bude na obě strany Peltierova článku nanесena vrstva vodivé pasty Xigmatek.

4.8.1 Konstrukce

Pro tento experiment byla použita stejná konstrukce jako v experimentu číslo 7, avšak na obě strany Peltierova článku byla nanесena vodivá pasta Xigmatek viz obr. 23 a 24. S touto pastou by mělo být dosaženo vyšších hodnot napětí, zároveň lepšího přilnutí všech částí do sebe a pravděpodobně i rychlejšího nárůstu napětí. Peltierův článek M-TEC1-12710 225 °C byl vyjmut z konstrukce, na jeho horní stranu byla nanесena část pasty o velikosti větší kapky. Pasta byla poté rozetřena pomocí průhledné špachtle, která byla přiložena k pastě. Článek byl přiložen k horní části konstrukce tedy k chlazení LOKI. Obdobně byla pasta nanесena na druhou část Peltierova článku. Posléze byla přiložena i spodní část konstrukce a celý komplex spojený do sebe.

4.8.2 Testování

Po zhotovení konstrukce bylo připraveno vše na testování a mohlo se začít. Uběhla 1 minuta testování a hodnota napětí je 2,5 V, tedy o půl voltu více než v minulém pokusu. Hodnoty teplot byly na spodní straně článku 76 °C a na horní části článku 55 °C. Teplota i napětí prudce stoupají v čase 3:00 min. je hodnota napětí 3,8 V, což je dosavadní maximum všech testů, vše tedy nasvědčuje tomu, že pasta funguje. V čase 4:00 min. pokleslo napětí na hodnotu 3,6 V, teploty jsou 120 °C a 76 °C. Proběhlo připojení 5 V ventilátoru, který funguje, ponechal se 2 minuty zapojený, aby byla 100% otestována funkčnost. V čase 6:30 min., po opětovném připojení měřicího přístroje, jsou hodnoty následující: napětí 3,8 V teploty 136 °C a 80 °C. Napětí nadále stoupá a teplota s ním. V čase 7:00 min. je napětí už nad hodnotou 4 V konkrétně 4,1 V. Teploty vzrostly na 144 °C a 120 °C. Po minutě

dochází líh a je nahrazen novým. Během výměny pokleslo napětí na 3,8 V a teploty se změnilly na 120 °C a 100 °C. Test se blížil ke konci, proběhlo nafocení testu, viz obr. 25, přičemž se hodnota napětí dostává až na hodnotu 4,2 V.

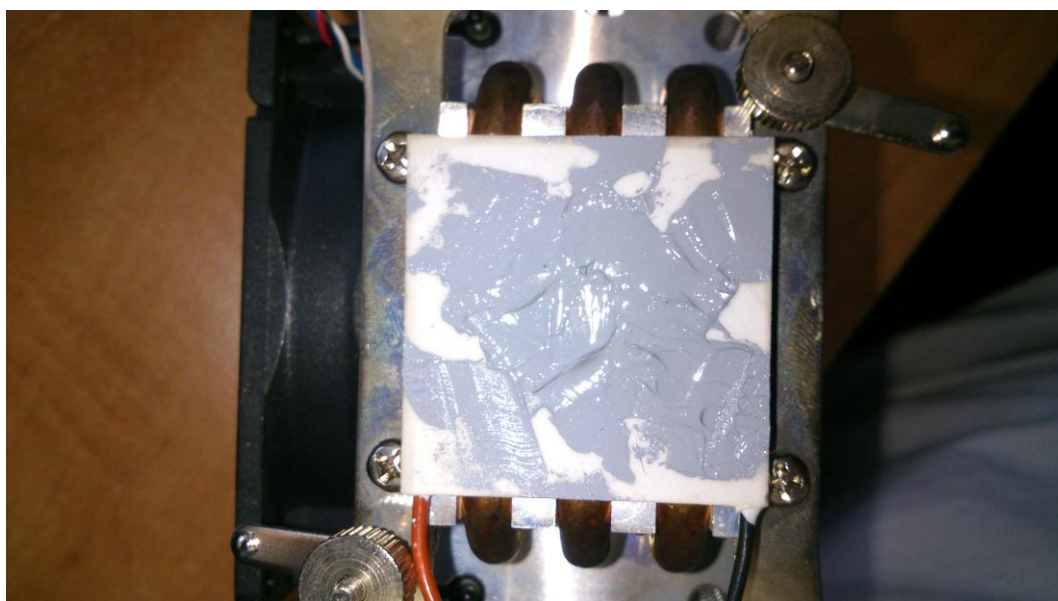
Závěrem je, že chladicí pasta obstála, napětí rychleji stoupalo a zároveň bylo dosaženo absolutně nejvyšší hodnoty ze všech testů, kterou je 4,2 V.

Obr. 23 Peltierův článek s nanesenou vrstvou pasty Xigmatek



[zdroj: autor]

Obr. 24 Průběh nanášení pasty Xigmatek



[zdroj: autor]

Obr. 25 Průběh experimentu číslo osm



[zdroj: autor]

4.9 Experiment číslo devět

Námětem tohoto experimentu bylo otestovat zlepšené vlastnosti konstrukce s použitím vodivé pasty Xigmatek PTI – G3606. Zároveň byla autorem zakoupena nová 12 V baterie sloužící k pohánění 12 V chladicího ventilátoru upevněného na chlazení LOKI. Nová baterie je od značky Fgl forte viz obr. 26 je značně větší než původní baterie o rozměrech 9x10x7 cm, ale má mnohonásobně vyšší výdrž až 72 hodin nepřetržitého provozu. Potom je možné jí opětovně nabít. Prozatím je baterie umístěna mimo konstrukci, později však bude její součástí.

4.9.1 Testování

Pro experiment byl použit stejný vaříč jako v předešlých testech tedy Eta Exclusiv. Na velký vaříč byla umístěna konstrukce a vedle ní baterie, do které byl zapojen ventilátor na 12 V. Po zapnutí stopek byla velká ploténka nastavena na maximální možnou hodnotu. V čase 2:14 min. je hodnota napětí 1 V, postupně stále stoupá, v čase 7:30 min. je měřena teplota, na zahříváné části bylo změřeno 120 °C a ochlazované straně 80 °C. V čase 8:20 min. bylo dosaženo napětí 3,8 V Při tomto napětí je připojen 5 V ventilátor, ten se posléze roztáčí. Autor ho nechává v běhu po dobu 2 minut do 11:20 min., nutno podotknout, že po celou dobu

se plynule točí. Následně jsou opětovně změřeny teploty, které mají hodnoty 104 °C a 56 °C, teplota tedy klesla. Po připojení voltmetru pokleslo i napětí na hodnotu 3,2 V. Pokles je způsoben nižší teplotou ploténky, jelikož vaříč vypíná ploténku po určitých časových intervalech, viz experiment číslo 5. Experiment je ukončen.

Vaříč Eta dodává menší teplo, s čímž souvisí i menší napětí než při použití lihu. Je nutné konstatovat, že ač je napětí menší, ventilátor se bezproblémově udrží v chodu po dobu 2 minut.

Obr. 26 Baterie Fgl forte



[zdroj: autor]

Obr. 27 Průběh experimentu číslo devět



[zdroj: autor]

4.10 Oplechování

Vnější vrstva konstrukce bude zhotovena z hliníkové desky. Deska je stříbrné lesklé barvy o rozměrech 100x100 cm a tloušťce o 1 mm. Deska byla zakoupena ve firmě Feron v Praze Holešovicích.

Autor se rozhodl na základě dosud provedených testů zahřívát závěrečnou verzi konstrukce tekutým lihem, k tomu bude uzpůsobeno i oplechování celé konstrukce. Plechy byly opracovány na speciálním pracovišti v Praze ve Vrbové ulici pomocí profesionálního stříhacího a ohýbacího stroje viz obr. 28 a 29.

Nejprve bylo zakresleno a následně uštěřeno dno, poté i přilehlá přední a zadní strana. Posléze se obě strany ohnuly na ohýbačce dle zakreslení. Výsledkem je vytvoření jakéhosi písmene U. Dalším krokem bylo vytvořit levou a pravou stěnu. První se vyráběla pravá strana, následovalo opět zakreslení potřebných ohybů a následné zahnutí na ohýbačce. Z estetického hlediska bylo snahou ukrýt ohyby dovnitř konstrukce, avšak nakonec se ukázalo, že je jednodušší varianta nechat jednu stranu vevnitř a jednu stranu zvenku konstrukce do sebe. Díky tomuto způsobu také lépe zapadne po snýtování. Na levé straně je nutné vytvořit otvor pro proudění teplého vzduchu z hořícího lihu k pěti voltovému ventilátoru, který ho vhání do prostoru. Posléze byl vyhotoven průduch, kterým bude tento vzduch proudit a na jehož konci bude připevněn pěti voltový ventilátor. Nejprve bylo vyhotoveno dno s levou a pravou stranou opět v podobě písmene U. Následovalo zhotovení střechy, která musela být na jedné straně o 1 cm kratší než zmiňované U, aby průduch dokonale přilnul ke zbytku konstrukce. Na druhé straně musel být přesah 3 cm, aby zde bylo možné přišroubovat ventilátor Sunon.

Dále byl konstruován box na baterii. Stejně tak, jako u hlavní konstrukce, bylo zde nejprve vyměřeno a zakresleno dno s postranními stranami. Po ohnutí bylo opět vymodelováno písmeno U. Následně byla zakreslena a ohnuta zadní strana. Přední strana musí být odnímatelná, kvůli možnosti vyjmutí a výměně baterie, z tohoto důvodu je tato strana připevněna šrouby a nikoliv nýtky jako zbytek konstrukce. Nakonec byly všechny tři díly spojeny do sebe pomocí nýtovačky MS 55. Po finálním spojení bylo ještě nutné vytvořit ve spodní přední části otvor sloužící ke vkládání nádoby s tekutým lihem. Tento otvor má rozměry 6x4 cm a byl vyhotoven pomocí vrtačky Bosch model GSR 14,4 V Professional a pilníku na železo. Posledním krokem bylo vyvrtání dvou otvorů na konec průduchu a připevnění pěti voltového ventilátoru.

Po dokončení konstrukce byly spojeny vývody Peltierova článku a ventilátoru Sunon pomocí svorkovnice, kvůli možné výměně jednoho nebo druhého členu. Na samotný závěr byl zapojen a připevněn vypínač, sloužící k pohodlnému vypínání a zapínání chladícího 12 voltového ventilátoru Xigmatek, současně byl odstřižen modrý a bílý kabel vedoucí z tohoto ventilátoru, které nejsou potřebné.

Obr. 28 Ohýbací stroj



[zdroj: autor]

Obr. 29 Stříhací stroj



[zdroj: autor]

4.11 Experiment číslo deset

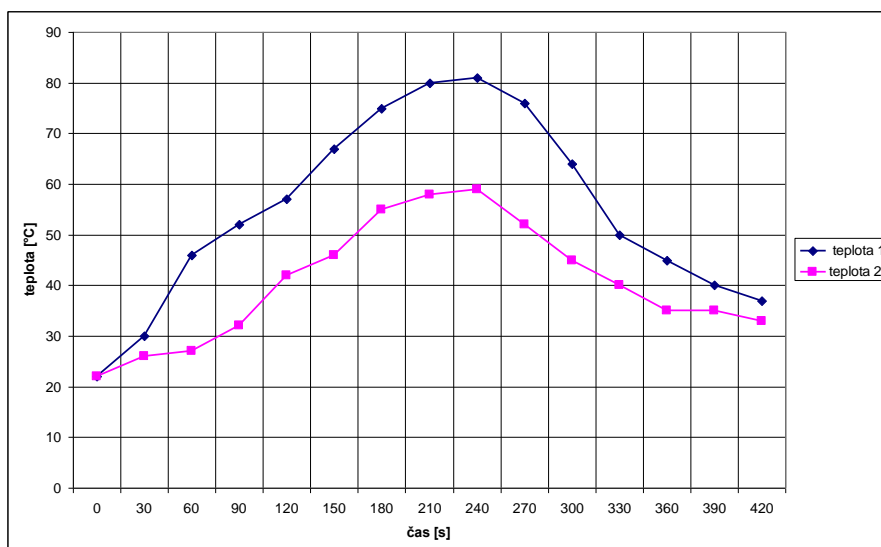
Závěrečný experiment je prováděn s konečnou konstrukcí viz obr. 33. Nejprve je použit infračervený teploměr a postupně jsou zapisovány hodnoty teploty 1 - spodní strany Peltierova článku, která je zahřívána tekutým lihem a teploty 2 - horní strany Peltierova článku, která je ochlazována chlazením LOKI. Čas je měřen pomocí stopek a výsledné hodnoty jsou vždy po 30 sekundách zapisovány do tabulky 1 a následně vyneseny do grafu viz obr. 30. Z naměřených výsledků vyplývá, že obě teploty prudce stoupají, následně se mírně ustálí a nakonec začnou pomalu klesat. Rozdíl je většinou 20 °C. Jakmile začne teplota klesat, rozdíl teplot se mění na 10 °C nakonec až na 5 °C. Teplota vycházející z ventilátoru dosahuje 70 °C. Poté je provedeno totožné měření, avšak místo teploty, je zde měřeno napětí voltmetrem Avomet. Naměřené napětí je opět vyneseno do tabulky 2 a do grafu viz obr. 31. Zde je červeně vyznačeno napětí, při kterém byl ventilátor v chodu.

Tabulka 1 Naměřené hodnoty teplot v čase

| Teplota 1 | Teplota 2 | Čas |
|------------------|------------------|------------|
| [°C] | [°C] | [s] |
| 22 | 22 | 0 |
| 30 | 26 | 30 |
| 46 | 27 | 60 |
| 52 | 32 | 90 |
| 57 | 42 | 120 |
| 67 | 46 | 150 |
| 75 | 55 | 180 |
| 80 | 58 | 210 |
| 81 | 59 | 240 |
| 76 | 52 | 270 |
| 64 | 45 | 300 |
| 50 | 40 | 330 |
| 45 | 35 | 360 |
| 40 | 35 | 390 |
| 37 | 33 | 420 |

[zdroj: autor]

Obr. 30 Závislost teploty na čase



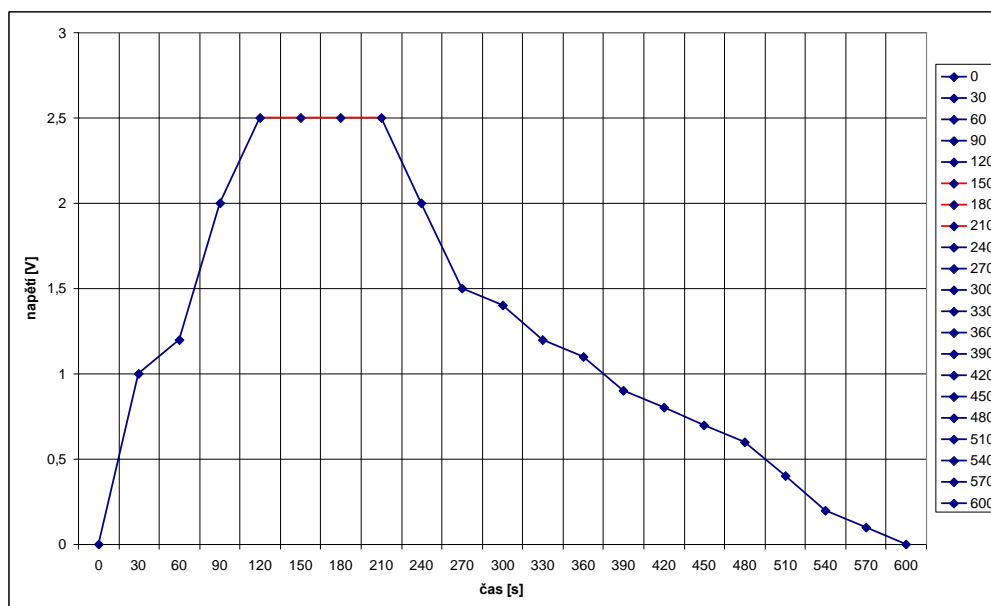
[zdroj: autor]

Tabulka 2 Naměřené hodnoty napětí v čase

| Napětí | Čas |
|--------|-----|
| [V] | [s] |
| 0 | 0 |
| 1 | 30 |
| 1,2 | 60 |
| 2 | 90 |
| 2,5 | 120 |
| 2,5 | 150 |
| 2,5 | 180 |
| 2,5 | 210 |
| 2 | 240 |
| 1,5 | 270 |
| 1,4 | 300 |
| 1,2 | 330 |
| 1,1 | 360 |
| 0,9 | 390 |
| 0,8 | 420 |
| 0,7 | 450 |
| 0,6 | 480 |
| 0,4 | 510 |
| 0,2 | 540 |
| 0,1 | 570 |
| 0 | 600 |

[zdroj: autor]

Obr. 31 Závislost napětí na čase



[zdroj: autor]

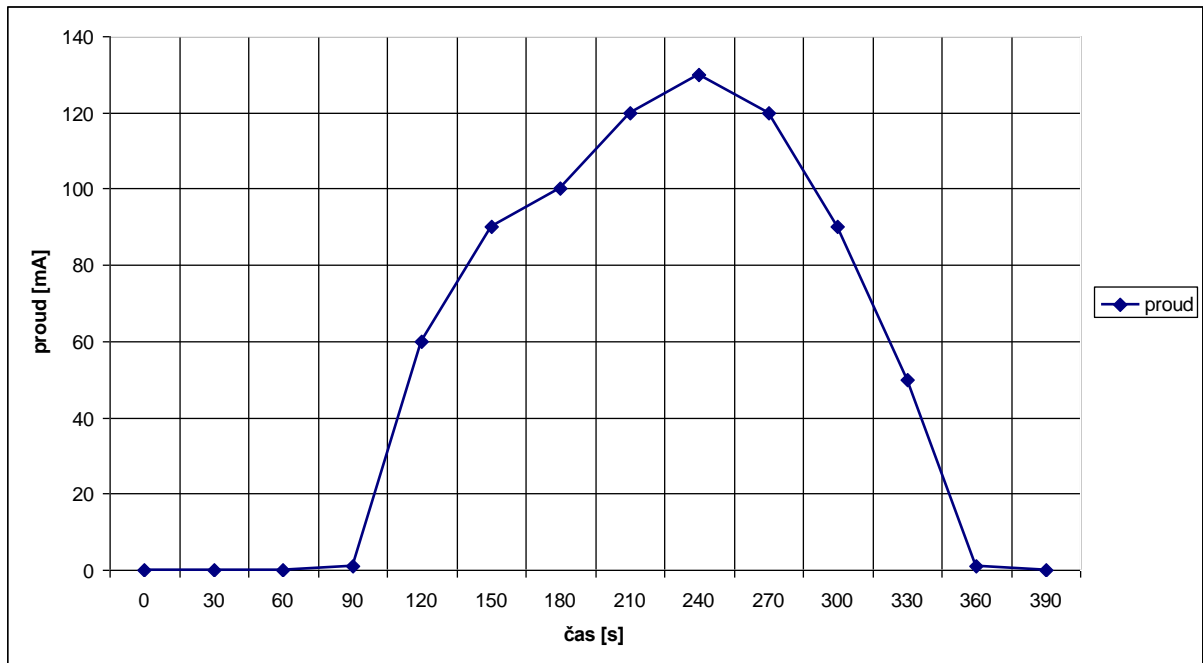
Stejným způsobem je měřen také proud procházející obvodem, který je následně vyneseno do tabulky 3, a do grafu viz obr. 32. Do 60 sekund je proud nulový, poté se začíná ventilátor rozbíhat a proud prudce stoupá. Po dobu 120 sekund se pak pohybuje nad hranicí 100 mA. Po ukončení chodu ventilátoru proud opět velmi strmě klesá až na 0.

Tabulka 3 Naměřené hodnoty proudu v čase

| Proud | Čas |
|-------|-----|
| [mA] | [s] |
| 0 | 0 |
| 0 | 30 |
| 0 | 60 |
| 1,2 | 90 |
| 60 | 120 |
| 90 | 150 |
| 100 | 180 |
| 120 | 210 |
| 130 | 240 |
| 120 | 270 |
| 90 | 300 |
| 50 | 330 |
| 1,2 | 360 |
| 0 | 390 |

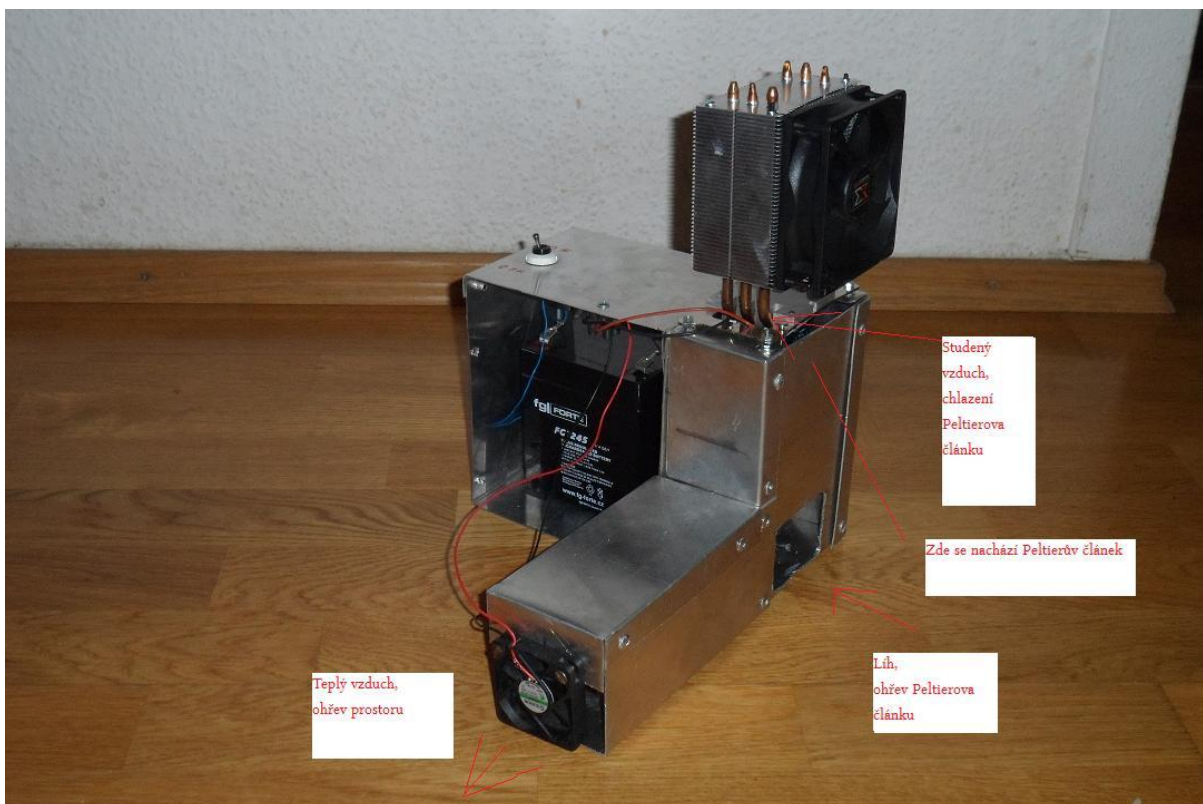
[zdroj: autor]

Obr. 32 Závislost proudu na čase



[zdroj: autor]

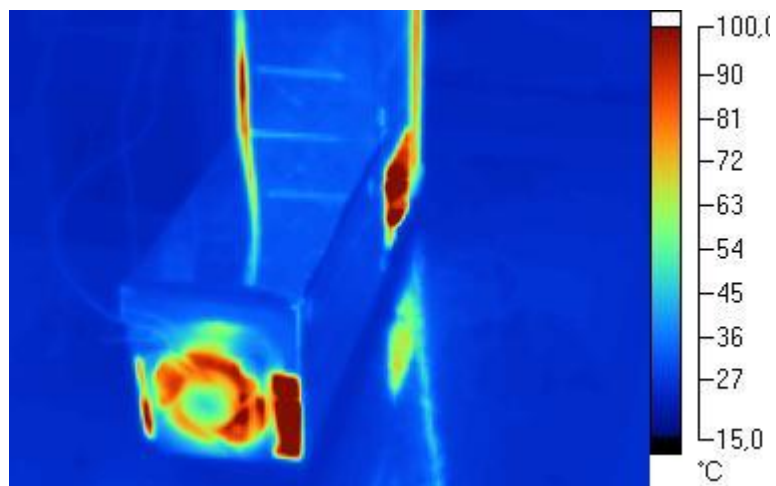
Obr. 33 Konečná konstrukce



[zdroj: autor]

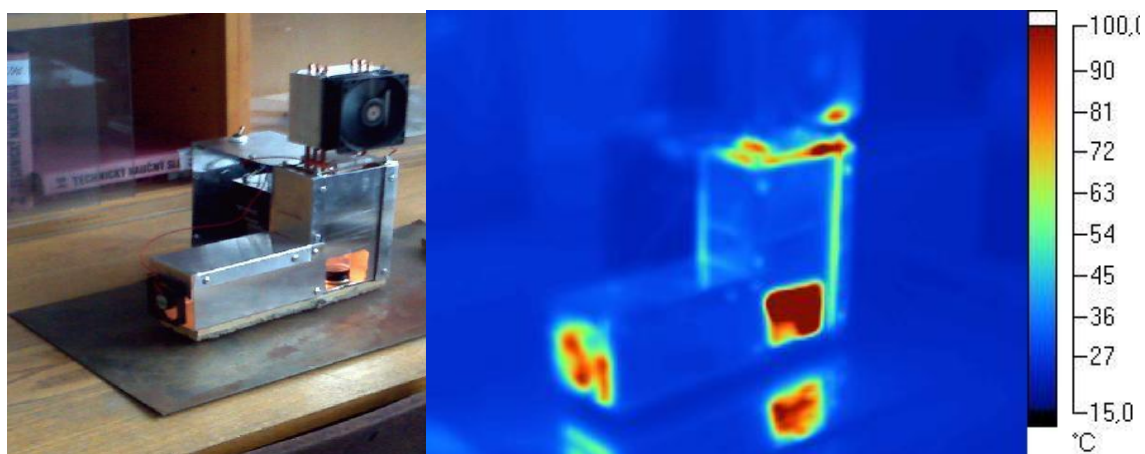
Součástí měření byl přesun do areálu České zemědělské univerzity v Praze Suchdole, kde bylo na Katedře fyziky nainstalováno zařízení thermokamerou Fluke Thermal imager viz obr. 34, na kterém je možné pozorovat, kudy proudí teplo a jak vysoké jsou teploty podle znázorněné stupnice. Pro porovnání thermofotografie a běžné fotografie zařízení za chodu slouží obr. 35.

Obr. 34 Fotografie z thermokamery



[zdroj: autor]

Obr. 35 Porovnání thermofotografie a běžné fotografie



[zdroj: autor]

4.12 Budoucnost a zhodnocení ceny

Konstrukci by bylo možno v budoucnu modifikovat. Kromě použití jako ventilátor, sloužící k ohřevu místnosti či něčeho jiného, ji využít ke konstrukci nabíječky na menší elektronické zařízení do 5 V. Například nabíječky na mobilní telefon, využitelné v podmínkách, kde není k dispozici elektrický proud, v přírodě u ohně, pro trampské výlety, v horách.

Výsledná cena zařízení je v poměru s výkonem naprosto nevyhovující, příliš vysoká. Zařízení tedy slouží pouze jako školní pomůcka. Pro ilustraci je v tabulce 4 uvedena cena některých komponent a výsledná cena produktu.

Tabulka 4 Cena komponent

| Komponenta | Cena [Kč] |
|-------------------------------------|------------------|
| Peltierův článek M-TEC1-12710 225°C | 194 |
| Chladič na procesor XIGMATEK Loki | 492 |
| Chladič PrimeCooler | 120 |
| 5 V ventilátor Sunon | 78 |
| PbAku 12V Akumulátor | 389 |
| Hliníková deska 100x100 cm | 400 |
| Výsledná cena zařízení | 1673 |

[zdroj: autor]

5 Závěr

V praktické části této práce bylo provedeno celkem deset experimentů a měření, na jejichž základě bylo zjištěno, že je možné dodávat 5 voltovému ventilátoru dostatečné napětí pomocí Peltierova článku. Článek je na jedné straně ochlazován chlazením LOKI a na druhé straně je zahříván tekutým lihem. Jednotlivé experimenty se od sebe vzájemně liší a to z důvodu použití jiných součástí při testování. Autor se snažil konstrukci postupně obměňovat, aby zjistil, v jakém případě bude experiment úspěšný nebo neúspěšný.

První experiment byl prováděn za pomoci dvouvařiče, nutno podotknout, že se toto měření od začátku potýkalo s problémy. Odpadly oba kontakty z Peltierova článku a po opravení a následném opakovaném měření se článek rozpadl na dvě části. Důvodem byla špatná volba článku, jehož parametry byly nevyhovující pro práci s takto vysokou teplotou a nedostatečné chlazení článku. První experiment lze tedy klasifikovat jako neúspěšný.

Druhý experiment byl již prováděn s novým Peltierovým článkem a novým chlazením, přičemž bylo nutné řádně zkompletovat konstrukci, která byla po svém zhotovení položena na knihy, aby lépe procházel vzduch chlazením. Dále bylo zapotřebí 12 V baterie, na niž byl ventilátor od chlazení připojen pomocí dvou kabelů. Vařič byl nahrazen čajovou svíčkou. Výsledkem mělo být dosažení dostatečného napětí, které by vedlo k roztočení 5 voltového ventilátoru. Nutno konstatovat, že se ventilátor při zahřívání čajovou svíčkou neroztočil a to ani ve chvíli, kdy byla svíčka vyměněna za tekutý líc a konstrukce změnila polohu.

Experiment třetí, byl prováděn za použití stejného chlazení i Peltierova článku. Hlavní změna nastala v konstrukci zahřívání Peltierova článku, jenž je vložen přímo pod chlazení LOKI, pod ním je umístěna měděná deska, která musela projít patřičnou úpravou a to kvůli uchycení nového chlazení PrimeCooler. Experiment probíhal v podstatě stejným způsobem jako u druhého pokusu, k ohřívání sloužil tekutý líc. Maximální dosažená hodnota byla 2,9 V, v tuto chvíli je připojen 5 voltový ventilátor, který se roztáčí. Výsledek toho experimentu je kladný a to i přesto, že nebylo dosaženo 5 V, které jsou potřeba k roztočení ventilátoru.

Cílem čtvrtého experimentu bylo zvýšit teplo, jenž proudí k Peltierovu článku pomocí dočasného odstranění měděných desek mezi článkem a modrým chlazením. Pokus byl prováděn za stejných podmínek jako předešlý experiment. Díky odstranění měděné destičky, došlo ke zvýšení napětí za kratší dobu, než když je destička ke konstrukci připevněna. Ventilátor se rovněž roztočil. Vzhledem k úspěšným pokusům s lihem se autor rozhodl, provést pátý experiment za pomoci vařiče z prvního pokusu. Maximální naměřená hodnota byla 3 V, přesto se 5 voltový ventilátor roztočil. Tento pokus byl tedy rovněž úspěšný.

Při provádění šestého experimentu došlo k odpadnutí červeného kontaktu z článku i přes to, že se autor snažil článek opravit, muselo dojít ke koupi nového článku. Na tomto základě byl proveden sedmý experiment, výsledkem bylo, že s novým článkem stoupala teplota mnohem rychleji. Zároveň došlo k přesnějšímu měření teplot, díky zakoupení nového teploměru. Autor se ovšem nespokojil s dosud nejvyšší naměřenou hodnotou 2,9 V a zakoupil vodivou pastu, kterou použil při osmém experimentu. Díky vodivé pastě skutečně došlo k navýšení napětí a to na hodnotu 4,2 V, což je dosud nejvyšší naměřená hodnota během testování. Ventilátor se opět roztáčí. Námětem na devátý experiment bylo otestovat zlepšené vlastnosti konstrukce a vyzkoušet novou baterii Fgl forte, která je větší než původní. Opět byl použit již zmíněný vaříč, proto dosažené napětí 3,8 V nebylo tak vysoké, jako při použití lihu. Vaříč totiž dodává menší teplotu a během testování se vypíná po určitých intervalech, kdy dosáhne své maximální teploty a zapne tehdy, kdy teplota začne klesat. Součástí testování bylo také vyzkoušet, zdali se 5 voltový ventilátor dokáže točit delší dobu. Autor ponechává ventilátor 2 minuty v chodu, i přes menší napětí, se ventilátor bezproblémově točil.

Desátý experiment je prováděn se závěrečnou konstrukcí, kterou autor zkonstruoval na speciálním pracovišti. Cílem tohoto pokusu bylo změřit napětí a proud, které budou následně vyneseny do grafů a také teplotu spodní strany, která je zahřívána tekutým lihem a horní strany, která je ochlazována chlazením LOKI. Výsledky ukazují, že teploty prudce stoupají a že naměřená dolní teplota je vyšší než horní, což je správné.

Na závěr je nutno konstatovat, že takto zhotovená konstrukce není vhodná pro použití v praxi. Jedná se o zařízení na demonstraci přímé přeměny tepelné energie na elektrickou a může být použito hlavně jako školní demonstrační pomůcka.

6 Seznam literatury

- [1] ECKERTOVÁ, Ludmila. *Fyzikální elektronika pevných látek*. první. Praha: Karolinum, 1992. ISBN 80-7066-535-1.
- [2] FREI, Václav. *Fyzika pevných látek*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1979.
- [3] FUKÁTKO, Tomáš a Jaroslav FUKÁTKO. *Teplo a chlazení v elektronice II*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 118 s. ISBN 80-730-0199-3.
- [4] KRAUS, Ivo, Helmar FRANK a Irena KRATOCHVÍLOVÁ. *Úvod do fyziky pevných látek*. první. Praha 6: ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02286-2.
- [5] KŘIVOHLÁVEK, Jindřich. *Chlazení počítače: kompletní průvodce (nejen) pro hráče*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007, 183 s. ISBN 978-80-251-1509-1.
- [6] SAZIMA, Miroslav, Jiří SCHNELLER, Vladimír KMONÍČEK. *Teplo: Technický průvodce 2*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989, 588 s. Česká matice techn. ISBN 80-030-0043-2.
- [7] URGOŠÍK, Bohuš. *Fyzikální elektronika*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964.
- [8] Encyclopedia Britannica: Seebeckův jev. [online]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/532353/Thomas-Johann-Seebeck>
- [9] GM Electronic. [online]. [cit. 2013-02-13]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/peltierovy-clanky/m-tec1-12710-225-c-p601-019/>
- [10] NNDB: Tracking the entire world. [online]. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.nndb.com/people/685/000097394/>

- [11] PN přechod. [online]. [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/elektronika/kap2/2_1_4.html
- [12] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Encyklopedie fyziky: Druhý termodynamický zákon. [online]. [cit. 2012-09-14]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/610-druhy-termodynamicky-zakon>
- [13] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Encyklopedie fyziky: Peltierův jev. [online]. [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/911-peltieruv-jev>
- [14] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Encyklopedie fyziky: První termodynamický zákon. [online]. [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/581-prvni-termodynamicky-zakon>
- [15] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Encyklopedie fyziky: Seebeckův jev. [online]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/910-seebeckuv-jev>
- [16] Termoelektrické jevy. [online]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: http://moon.felk.cvut.cz/~pjav/Jak/_phys/f577/start.html
- [17] TN TRADE. [online]. [cit. 2012-11-25]. Dostupné z: http://shop.tntrade.cz/primecooler-pc-nb1-northbridge-heatsink_d57600.html

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obr. 1 Seebeckův jev | 6 |
| Obr. 2 Měření Seebeckova jevu | 7 |
| Obr. 3 Peltierův jev..... | 8 |
| Obr. 4 Princip Peltierova jevu | 9 |
| Obr. 5 Detail Peltierova článku | 10 |
| Obr. 6 Kaskáda | 10 |
| Obr. 7 Druhý termodynamický zákon 1 | 12 |
| Obr. 8 Druhý termodynamický zákon 2 | 12 |
| Obr. 9 Rozpadlý peltierův článek | 16 |
| Obr. 10 Vaříč Eta s nerezovým šálkem | 16 |
| Obr. 11 Peltierův článek TEC – 12710 | 20 |
| Obr. 12 Pět voltový ventilátor Sunon | 21 |
| Obr. 13 Technický líh..... | 22 |
| Obr. 14 Konstrukce 2 během testování s popisky | 23 |
| Obr. 15 Konstrukce 2 před testováním | 24 |
| Obr. 16 Chlazení PrimeCooler | 25 |
| Obr. 17 Konstrukce 3 během testování | 26 |
| Obr. 18 Konstrukce číslo 4 | 28 |
| Obr. 19 Teploměr Metra PU521 | 30 |
| Obr. 20 Průběh testu číslo pět..... | 30 |
| Obr. 21 Konstrukce s odpadlým konektorem..... | 33 |
| Obr. 22 Peltierův článek M-TEC1-12710 225°C | 34 |
| Obr. 23 Peltierův článek s nanesenou vrstvou pasty Xigmatek | 36 |
| Obr. 24 Průběh nanášení pasty Xigmatek | 36 |
| Obr. 25 Průběh experimentu číslo osm | 37 |
| Obr. 26 Baterie Fgl forte | 38 |
| Obr. 27 Průběh experimentu číslo devět | 38 |
| Obr. 28 Ohýbací stroj | 40 |
| Obr. 29 Stříhací stroj | 40 |
| Obr. 30 Závislost teploty na čase..... | 42 |
| Obr. 31 Závislost napětí na čase..... | 43 |
| Obr. 32 Závislost proudu na čase | 44 |

| | |
|---|----|
| Obr. 33 Konečná konstrukce | 44 |
| Obr. 34 Fotografie z termokamery | 45 |
| Obr. 35 Porovnání thermo fotografie a běžné fotografie..... | 45 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 Naměřené hodnoty teplot v čase | 41 |
| Tabulka 2 Naměřené hodnoty napětí v čase..... | 42 |
| Tabulka 3 Naměřené hodnoty proudu v čase | 43 |
| Tabulka 4 Cena komponent..... | 46 |

Seznam zkratek

A – Ampér

Bi – Vizmut

cm – Centimetr

min – Minuta

mm – Milimetr

mA – Miliampéra

N – Polovodič typ N

P – Polovodič typ P

PL – Pevná látka

Pr – Pravděpodobnost

Q – Odevzdané teplo

s – sekunda

Sb – Antimon

Se – Selén

T – Teplota

Te – Telur

USA- Spojené státy americké

V – Volt

W - Watt

W₁ – Práce

°C – Stupně celsia

$^{\circ}\text{F}$ – Stupně Fahrenheita

$^{\circ}\text{K}$ – Stupně Kelvina

$^{\circ}\text{R}$ - Stupně Reaumura

ΔU – Přírůstek vnitřní energie

Ω – Ohm