

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyziky

Sestrojení odsávačky fluorovaných
skleníkových plynů pro servis
chladících zařízení

Diplomová práce

Autor: Bc. Lukáš Oliva
Studijní program: N1701 – Fyzika
Studijní obor: Fyzikální měření a modelování
Vedoucí práce: Ing. Radocha Karol, Ph.D.

Hradec Králové

červen 2017

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Zadání diplomové práce

Autor:	Bc. Lukáš Oliva
Studijní program:	N1701 Fyzika
Studijní obor:	Fyzikální měření a modelování
Název práce:	Sestrojení odsávačky fluorovaných skleníkových plynů pro servis chladících zařízení
Název práce v AJ:	Construction of a pump of fluorocarbon greenhouse gases for service of cooling devices
Cíl a metody práce:	Diplomová práce v teoretické části osvětlí problematiku chladící techniky a témata s ní související. Praktická část bude zaměřena na zhotovení odsávačky fluorovaných skleníkových plynů (chladič), včetně vzorového měření doby odsávání a ověření její funkčnosti.
Garantující pracoviště:	katedra fyziky Přírodovědecké fakulty UHK
Vedoucí práce:	Ing. Radocha Karol, Ph.D.
Konzultant:	
Oponent:	RNDr. Jezbera Daniel
Datum zadání práce:	11. 04. 2017
Datum odevzdání práce:	

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma sestrojení odsávačky fluorovaných skleníkových plynů pro servis chladících zařízení zpracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a použil jsem jen literaturu uvedenou v seznamu použité literatury, který je součástí diplomové práce.

V Jaroměři dne

Bc. Lukáš Oliva

Poděkování:

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Karolu Radochovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi poskytl při psaní diplomové práce.

Také bych chtěl poděkovat své přítelkyni Anetě Hruškové a celé své rodině za morální a psychickou podporu a pomoc při zpracovávání této diplomové práce.

Bc. Lukáš Oliva

Anotace

OLIVA, Lukáš. *Sestrojení odsávačky fluorovaných skleníkových plynů pro servis chladících zařízení*. Hradec Králové, 2017. Diplomová práce. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce: Ing. Karol Radocha Ph.D.

Cílem teoretické části práce bude přiblížit, z čeho se skládá a jak funguje chladicí zařízení a témata s tím úzce související. V praktické části práce bude sestrojeno jednoduché zařízení, které bude sloužit k odsávání chladiv z chladících zařízení do tlakových nádob nebo k přečerpávání chladiva mezi tlakovými nádobami. Zařízení bude sestrojeno z dílů dostupných na trhu s chladicí technikou. Jeho funkčnost bude ověřena vzorovým měřením v reálném prostředí a jeho funkce porovnána s vybranou profesionální odsávačkou chladiva dostupnou na trhu.

Klíčová slova

fluorované skleníkové plyny, odsávačka, chladicí zařízení

Annotation

OLIVA, Lukáš. *Construction of a pump of fluorocarbon greenhouse gases for service of cooling devices*. Hradec Králové, 2017. Diploma thesis. Hradec Králové University, Faculty of Natural sciences. Supervisor: Ing. Karol Radocha Ph.D.

The aim of the theoretical part of this thesis is to describe the composition and function of a cooling device and other closely related topics. The practical part will be concerned with construction of a simple pumping device for pumping the cooling agent from the cooling device into pressure vessels or to transfer the cooling agent between the vessels. This pump will be built out of parts freely available on the cooling device market. The function of the device will be measured in a real environment and will be compared with selected commercial cooling agent pump available on the market.

Keywords

fluorocarbon greenhouse gases, pump, cooling device

Obsah

1	Úvod	1
2	Fluorované skleníkové plyny	3
2.1	Rozdělení fluorovaných skleníkových plynů	3
2.1.1	Fluorované uhlovodíky	3
2.1.2	Perfluoruhlovodíky	4
2.1.3	Fluorid sírový	5
2.2	Porovnání produkce CO ₂ osobních automobilů a F-plynů	6
2.3	Povinnosti spojené s provozováním chladicího zařízení	6
2.4	Globální oteplování země	8
2.5	Legislativa týkající fluorovaných skleníkových plynů	9
3	Chladicí zařízení	11
3.1	Historie chladících zařízení	11
3.2	Rozdělení chladících zařízení	16
3.2.1	Termoelektrické zařízení	16
3.2.2	Absorpční zařízení	17
3.2.3	Kompresorové chladicí zařízení	19
3.2.4	Hlavní části kompresorového okruhu	22
4	Praktická část	35
4.1	Sestavování odsávačky chladiva	36
4.1.1	Popis jednotlivých částí okruhu	37
4.1.2	Postup při sestavování	44
4.1.3	Pájení	51
4.1.4	Elektrické zapojení odsávačky	61
4.1.5	Uvedení do provozu a vyskytnuté závady	64
4.1.6	Porovnávací měření	65

5 Závěr	70
Seznam použité literatury	73
Seznam použitých obrázků	77
Seznam použitých tabulek	83
Seznam použitých grafů	84
Seznam použitých zkratk a symbolů	85

1 Úvod

Hlavním tématem této diplomové práce je sestavení odsávačky fluorovaných skleníkových plynů pro servis chladících zařízení. V teoretické části budou rozebrány dopady fluorovaných skleníkových plynů na životní prostředí. Také zde bude přiblížen princip fungování chladícího zařízení a popis jednotlivých částí. V praktické části bude popsána výroba odsávačky fluorovaných skleníkových plynů pro servis chladících zařízení, seznam použitých součástek a postup při výrobě. Na závěr práce budou shrnuty problémy, se kterými jsem se v průběhu stavby setkal a zhodnocení práce.

V druhé kapitole si přiblížíme fluorované skleníkové plyny. Tyto plyny si rozdělíme do kategorií podle částic, které obsahují. Konkrétně jsou to fluorované uhlovodíky, perfluoruhlovodíky a fluorid sírový. V další podkapitole si nastíníme, jaký mají fluorované skleníkové plyny potenciál poškozovat atmosféru Země v porovnání s osobním automobilem. V další podkapitole si nastíníme povinnosti provozovatele a povinnosti certifikovaných osob pro práci s chladícími zařízeními. V předposlední části je nastíněno téma týkající se globálního oteplování, což mají také za důsledek fluorované skleníkové plyny. Poslední část této kapitoly je věnována legislativě týkající se fluorovaných skleníkových plynů.

Ve třetí kapitole si přiblížíme samotné chladící zařízení. Na začátku si popíšeme několik faktů z historie. Dále si rozdělíme chladící zařízení na tři typy podle jejich principu fungování. Jako první termoelektrické zařízení, absorpční a na závěr kompresorové zařízení. Kompresorovému zařízení se budeme věnovat více, jelikož z několika jeho částí se skládá zařízení v praktické části. U kompresorového zařízení si popíšeme, jak pracuje, a také si osvětlíme základní komponenty, z kterých se skládá.

Čtvrtý předposlední úsek je věnován praktické části této diplomové práce, kde bude popsáno sestavení odsávačky fluorovaných skleníkových plynů pro servis chladících zařízení. Budou zde vylíčeny jednotlivé díly odsávačky a postup, jakým jsem odsávačku sestavoval. Dále si ukážeme a popíšeme elektrické schéma zapojení odsávačky. V předposlední podkapitole čtvrté kapitoly se seznámíme

s prvním uvedením do provozu a také s vyskytnutými závadami. Poslední podkapitola je pak věnována vzorovému měření a také porovnání mnou sestavené odsávačky s profesionální odsávačkou Vortex.

Pátá a poslední kapitola je věnována shrnutí této diplomové práce. Také je tato část věnována návrhům na zlepšení zařízení z praktické části.

2 Fluorované skleníkové plyny

V této kapitole se seznámíme s jednou ze základních částí chladicího zařízení, čímž je médium, které slouží k odebírání tepla z prostředí, ve kterém potřebujeme snížit teplotu. Tímto médiem jsou fluorované skleníkové plyny, které jsou někdy nazývány jako tzv. F-plyny a jsou dělené do několika skupin. Tyto skupiny jsou rozděleny podle toho, jaké fluorované skleníkové plyny obsahují. Jedná se například o fluorované uhlovodíky (HCF), zcela fluorované uhlovodíky (PFC), dále pak fluorid sírový (SF₆) a další látky. Seznam těchto plynů je možné najít v NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 517/2014 ze dne 16. dubna 2014 o fluorovaných skleníkových plynech a o zrušení nařízení (ES) č. 842/2006. (EUR-Lex [2014])

2.1 Rozdělení fluorovaných skleníkových plynů

V této kapitole se seznámíme s rozdělením fluorovaných skleníkových plynů. Také si zde vysvětlíme pojem GWP. Uvedeme si několik nejběžněji používaných fluorovaných skleníkových plynů a jejich příslušné hodnoty GWP. Na závěr kapitoly porovnáme škodlivé účinky fluorovaných skleníkových plynů na globální oteplování se škodlivostí osobních automobilů.

2.1.1 Fluorované uhlovodíky

Fluorované uhlovodíky (HFC) jsou látky, které jsou uměle vytvořené člověkem. Tyto látky jsou těkavé, bezbarvé a nehořlavé plyny. Při pokusech, jaký vliv mohou mít na živý organizmus, byly u zvířat zpozorovány nežádoucí účinky, jako únava, či měla zvířata zhoršenou koordinaci pohybu. Při pokusech na psech byl zjištěn nepříznivý vliv na srdeční činnost. (Havel a Válek [2014])

HFC jsou látky obsahující uhlík, fluor a vodík. Tyto plynné látky mají za normálních podmínek nízký bod varu. Například teplota varu HFC-134a je -26,2°C. Impulzem pro výzkum a výrobu těchto látek, byla potřeba náhrady za tzv. freony, což jsou látky způsobující poškození ozonové vrstvy naší planety. Jejich vlastnosti

se využívají nejvíce v chladírenském a klimatizačním odvětví. Zastoupení si však našly i jako hnací složka ve sprejích. (IRZ [2014])

Hlavním problémem s používáním těchto plynů není to, že by při jejich úniku do atmosféry mohla být poškozena ozonová vrstva naší planety, ale fakt, že jejich únik a následné rozptýlení do atmosféry přispívá k oteplování Země. Tato vlastnost se nazývá potenciál globálního oteplování z anglického global warming potential, zkráceně označovaného jako GWP. (Ministerstvo životního prostředí [2015]) „GWP číslo udává poměrný oteplovací účinek daného chladiva na atmosféru Země v porovnání s účinkem čistého CO₂, GWP CO₂=1.“ (JDK [2008])

V následující tabulce č. 1 je uveden potenciál globálního oteplování (GWP) fluorovaných uhlovodíků.

Chladivo HFC	GWP
R23	14800
R32	675
R125	3500
R134a	1430
R152a	124
R143a	4470
R227a	3220
R236a	9810

Tabulka č. 1 GWP fluorovaných uhlovodíků a ekvivalent CO₂ (K a S [2014])

2.1.2 Perfluoruhlovodíky

Perfluoruhlovodíky (PFC) jsou stejně jako fluorované uhlovodíky uměle vytvořené látky. I tyto látky mají negativní vliv na lidský mozek a srdeční soustavu. Jejich vznik je způsoben tím, že vazbu uhlík-vodík nahradíme vazbou uhlík-fluor. Vodík můžeme nahradit i jinými atomy, ale tato konkrétní vazba je chemicky a také biologicky stálá. Perfluoruhlovodíky jsou často používané nejen v průmyslu, ale i v domácnostech. Jejich hlavní vlastnost je, že odpuzují vodu a v mnoha případech i tuk. Jsou to látky, podobně jako fluorované uhlovodíky, bez zápachu a jsou bezbarvé. Většina perfluoruhlovodíku v atmosféře je z výroby surového hliníku. Tyto látky jsou pod kontrolou v rámci Kjótského protokolu, jelikož existují obavy,

že působí negativně na globální oteplování, což je rozebráno podrobněji níže. Mají totiž velice dlouhou dobu rozpadu v atmosféře, a to až několik tisíc let. (Arnika [2014])

V následující tabulce č. 2, je uveden potenciál globálního oteplování (GWP) perfluoruhlovodíků.

Perfluoruhlovodíky	GWP
Tetrafluormethan	6500
Fluorethan	9200
Fluorpropan	7000
Fluorcyklobutan	8700
Fluorhexan	7400

Tabulka č. 2 GWP perfluoruhlovodíků (Arnika [2014])

2.1.3 Fluorid sírový

Fluorid sírový (SF₆) je plyn, který je nehořlavý a netoxický. Má velmi nízký bod varu, jehož hodnota je -63,8°C. Tento plyn se používá hlavně pro svoje vynikající dielektrické vlastnosti. Využívá se především pro vysokonapěťové použití. Konkrétně se aplikuje v elektrotechnickém průmyslu v transformátorech a to jako elektrický izolátor. Má velmi dobré vlastnosti, jako nízkou viskozitu nebo vysokou tepelnou kapacitu, což je využíváno také tam, kde je potřeba účinného přenosu tepla. Taktéž se využívá při tavení hořčíku nebo hliníku. Při jeho inhalování dochází k poškození dýchacího ústrojí a může také způsobit plicní edém. Jeho velmi dobré dielektrické vlastnosti jsou vykoupeny velmi vysokým GWP. (IRZ [2011]) Jeho GWP se blíží hodnotě 24000. (United Nations [2014]) Proto se jeho použití v průmyslu musí velice dobře kontrolovat, aby nedocházelo k vypouštění tohoto plynu do atmosféry a tím zatěžování naší planety. (IRZ [2011])

2.2 Porovnání produkce CO₂ osobních automobilů a F-plynů

V této kapitole se seznámíme s tím, kolik vyprodukuje škodlivého CO₂ osobní automobily, abychom si lépe představili, jak velký dopad mají chladiva na globální oteplování země.

Pokud se podíváme do prodejních statistik, zjistíme, že jenom v roce 2016 bylo v Evropské unii prodáno více jak 15 mil. nových aut. (Autobible.cz [2017]) Limit pro rok 2015 byl stanoven u nově vyrobených automobilů na hodnotu 130 g/km. Trend do budoucna je samozřejmě tuto hodnotu snižovat a v roce 2021 by měla klesnout na 95 g/km. (CENIA [2013]) Pokud bychom počítali s počtem ujetých kilometrů průměrného Čecha, dostaneme hodnotu 15000 km/rok. Z jednoduchého výpočtu: počet vyprodukovaných gramů CO₂ na 1 km, vynásobený počtem ujetých kilometrů ročně, získáme celkové množství CO₂ jednoho vozidla za rok. (ekoblog.cz [2014])

$$130\text{g/km} * 15000\text{km/rok} = 1950000\text{g CO}_2/\text{rok} = 1,95\text{t CO}_2/\text{rok}$$

Z tohoto výpočtu vyplývá, že průměrný automobil, má po roce užívání stejný dopad na produkci CO₂ jako například 1 kg R 407c (ekvivalent CO₂ 1 kg-R407c je 1,774 t CO₂). Pokud se tedy toto chladivo dostane do atmosféry naší Země. (Enacon [2017])

2.3 Povinnosti spojené s provozováním chladícího zařízení

Provozování chladících zařízení s fluorovanými skleníkovými plyny je spojeno s určitou povinností, za kterou zodpovídá každý provozovatel tohoto zařízení. Aby mohlo docházet k regulaci a kontrole ze strany ministerstva životního prostředí, je nutno, aby všechny tyto zařízení byly revidovány a kontrolovány certifikovanými pracovníky.

Zařízení, které podléhá pravidelným revizím, musí obsahovat alespoň takové množství chladiva, které odpovídá 5 a více tun CO₂. Provozovatel je pak povinen u tohoto zařízení zajistit pravidelné prohlídky v intervalech podle množství chladiva obsaženého v chladícím zařízení, viz tabulka č. 3.

Obsah f-plynů	Četnost kontrol	
	Bez systému detekce úniků	Se systémem detekce úniků
5 tun CO ₂ -eq	12 měsíců	24 měsíců
50 tun CO ₂ -eq	6 měsíců	12 měsíců
500 tun CO ₂ -eq	3 měsíce N/A aut. systém povinný!!!	6 měsíců ¹

Tabulka č. 3 Četnost kontrol chladících zařízení (Lebeda [2017])

Při servisu chladícího zařízení musí být předložena servisnímu technikovi revizní kniha, která obsahuje všechny potřebné údaje o zařízení a také zápisy o pravidelných revizích a provedených opravách, při kterých bylo nutné zasáhnout do chladícího okruhu. Tuto knihu je provozovatel povinen mít vždy v místě provozování zařízení. (K a S [2014]) Kontroly a servisy zařízení obsahující fluorované skleníkové plyny smí provádět pouze osoba s příslušným oprávněním. Tato osoba musí složit zkoušky podle nařízení Komise (EU) 2015/2067 a zákona č. 73/2012 Sb. Každá certifikovaná osoba je zapsána ve volně přístupné databázi certifikovaných osob na stránkách Ministerstva životního prostředí. (MZP [2017])

The screenshot shows the profile of a certified person, Oliva Lukáš, in the database of certified persons. The page is titled 'Certifikovaná osoba: Oliva Lukáš' and is part of the 'Ministerstvo životního prostředí' website. The profile includes personal information and certification details.

Informace o certifikované osobě	
Příjmení a Jméno / Název společnosti	Oliva Lukáš
Typ osoby	Fyzická osoba
IČO	
Adresa	Boženy Němcové 478, 551 01 Jaroměř
Telefon	+420 774 140 005
Adresa elektronické pošty	l.oliva@seznam.cz
Informace o certifikátu	
Oblast certifikace	Chladicí a klimatizační technika, tepelná čerpadla/Kategorie I
Číslo certifikátu	0232/13

Obrázek č. 1 Výpis z databáze certifikovaných osob (MZP [2017])

2.4 Globální oteplování země

Jak již bylo popsáno v kapitole 2.1, chladicí zařízení používají ve svých systémech chladiva, která mají potenciál přispívat ke globálnímu oteplování naší Země. Tato problematika je všeobecně známá a velice hojně diskutovaná. Jedná se celosvětový problém, kdy dochází k nepatrnému, avšak nezanedbatelnému nárůstu teploty Země. Z údajů získaných za posledních 100 let došlo podle OSN k nárůstu teploty naší planety o 0,74°C. Díky tomuto teplotnímu nárůstu dochází k tání ledovců a tím také k zvyšování hladiny moří a oceánů. Od roku 1870 byly zaznamenány nárůsty hladiny v průměru o 20 cm. (Nazeleno.cz [2015])

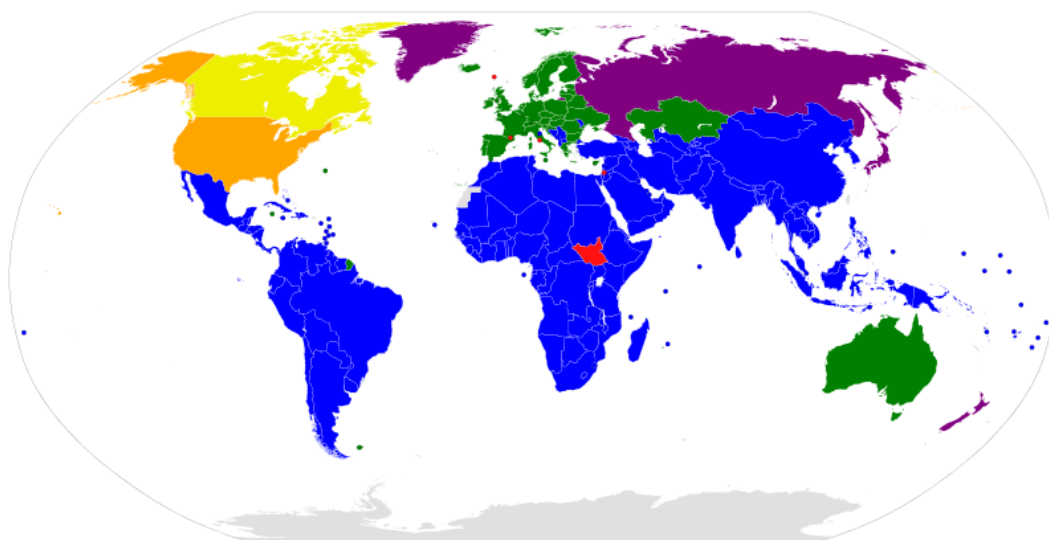
Problém tkví v tom, že některé plyny, ať už ty, co se vyskytují v přírodě samovolně (například je to oxid uhličitý a metan), nebo plyny, které člověk vyrábí uměle (za všechny například fluorované plyny), vytváří v naší atmosféře nepropustnou vrstvu, která brání unikání přebytečného tepla do vesmíru. Toto chování si můžeme představit, jako kdybychom okolo naší planety začali umisťovat skleněné desky a tvořit prostředí, které využíváme ve sklenících. Nejvíce vyskytovaným a produkováným plynem, který škodí naší atmosféře, je oxid uhličitý. Jeho podíl na globálním oteplování, které způsobuje člověk je až 63%. Když se ohlédneme do historie, tak dnešní koncentrace CO₂, oproti období, 18. -19. století, kdy se začaly používat stroje a zařízení produkující tuto látku, je o 40% vyšší. Na první pohled by se tak mohlo zdát, že největší problém tkví v oxidu uhličitém, který je produkován naší společností v největším množství. Avšak ostatní skleníkové plyny mají daleko větší schopnost zadržovat teplo, které by se mělo vyzářit do vesmíru v naší atmosféře. V porovnání fluorované plyny mají až 23 000 krát větší schopnost způsobovat skleníkový efekt než oxid uhličitý. Tyto plyny však nejsou uvolňovány do atmosféry v takovém množství. (European Commission [2017])

Pokud bychom však chtěli razantněji snížit globální oteplování Země spojené s provozem chladících zařízení, měli bychom se zaměřit na výrobu elektrické energie, která je potřeba pro provoz chladících zařízení a tím spojené uvolňování CO₂. (JDK [2008])

2.5 Legislativa týkající fluorovaných skleníkových plynů

Jelikož celosvětově potřebným trendem je snižovat produkci a vypouštění skleníkových plynů do atmosféry, vznikly za účelem kontroly a regulace protokoly a úmluvy, které tyto látky regulují. Protokol, který má napomoci ke snížení emisí skleníkových plynů, se nazývá Kjótský protokol. Tento protokol, který je připojen k Rámcové smlouvě OSN o změně klimatu, byl schválen na konci roku 1997. Tato úmluva platí v Evropské unii a v 28 členských státech, ke které se připojily a zavázali se tím snížit množství skleníkových plynů vypouštěných do ovzduší o 5,2% v období od roku 2008 do roku 2012 oproti měřené situaci, v roce 1990. Po tomto období byl dále přijat dodatek, který navázal na první období, kdy bylo snižováno vypouštění těchto látek do ovzduší. Etapa, ve které se teď nacházíme, byla stanovena na dobu osmi let (2013 až 2020). V tomto období by se dále měly snížit emise skleníkových plynů o 20% oproti stejnému kontrolnímu roku jako v první fázi a to roku 1990. K druhému období, kdy je kontrolováno snižování emisí, se nepřipojily některé země z prvního kontrolního období. Tento protokol se nevztahuje na země jako je například Čína, Indie, Brazílie a další rozvojové země. Odhaduje se, že limit snížení emisí skleníkových plynů o 20% se nepodaří dodržet. Odhadované snížení je cca 15%. Česká republika podepsala Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu 23. 11. 1998 na základě usnesení vlády č. 669/1998 a dále byl schválen 15. 11. 2001 č. 81/2005 Sb. m. s. (MZP [2012])

Český překlad Kjótského protokolu k Rámcové smlouvě organizace spojených národů o změně klimatu najdeme na stránkách Ministerstva životního prostředí na adrese: www.mzp.cz v záložce mezinárodní smlouvy v oblasti životního prostředí. Této smlouvě se účastní Evropská unie, Cookovy ostrovy, Niue, členské státy OSN vyjma Andorry, Kanady, Jižního Súdánu a USA. (Wikipedie [2017])



Obrázek č 2. Mapa členských stran Kjótského protokolu (Wikipedie [2017])

	členové přílohy B se závaznými cíli v druhém období
	členové přílohy B se závaznými cíli v prvním období, ale ne v druhém
	strany neuvedené v příloze B bez závazných cílů
	členové přílohy B se závaznými cíli v prvním období, kteří odstoupili od protokolu
	signatáři protokolu, kteří protokol neratifikovali
	ostatní členské státy OSN a pozorovatelé, které nejsou smluvní stranou protokolu

Obrázek č 3. Legenda mapy seznamu členských stran Kjótského protokolu (Wikipedie [2017])

3 Chladící zařízení

V této kapitole se seznámíme s historií chladících zařízení, jak vznikaly a jaký byl jejich vývoj. Řekneme si něco o předchůdcích dnešních ledniček a o zařízeních na ochlazování prostředí.

3.1 Historie chladících zařízení

Začátky ochlazování potravin a všeho, co bylo potřeba uchovat v chladu, vznikaly již od období starověku. Například v Persii již existovaly takzvané ledárny, což byly místnosti, které se naplnily přes zimu ledem, a ten byl v létě využíván pro různé potřeby. Dále se využívaly pro uchování potravin v chladu různé jeskyně sklepy atd. Problém byl však s tím, jak chlad vytvořit tehdy, kdy ho člověk potřeboval, a tam, kde ho potřeboval. Bylo nutné vytvořit stroj, který nám odebere teplo z prostředí nebo tělesa. Abychom těleso ochladili, musíme mu odebrat část tepla, které musíme předat zase do jiné části nebo prostředí. Tato metoda vychází z druhého termodynamického zákona. (Technet [2007]) Druhý termodynamický zákon: *„Tepló samovolně přechází z tělesa teplejšího na těleso studenější a nikdy naopak.“* (FYZIKA 007 [2005]) Roku 1805 přišel Američan Oliver Evans s návrhem prvního zařízení na ochlazování těles. (Technet [2007])



Obrázek č. 4 Oliver Evans (Encyclopaedia Britannica[2005])

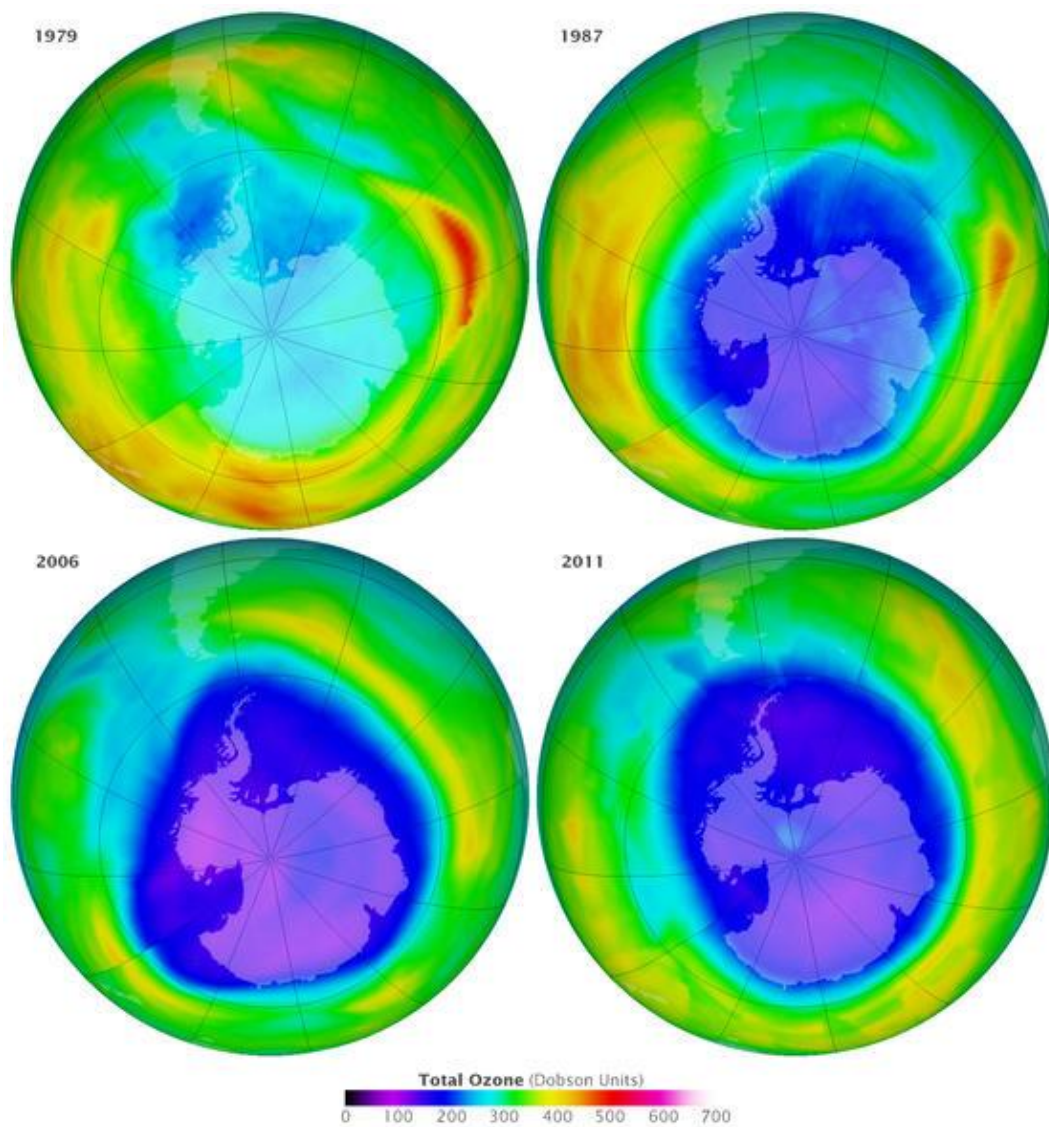
Tento britský vynálezce si nechal patentovat spoustu vynálezů, mezi které patří například automatické posuvné pásy nebo vysokotlaký parní stroj. (Encyclopaedia Britannica [2005]) Tento britský vynálezce jako první popsal, jak by měla lednička fungovat, avšak pouze teoreticky. Žádnou ledničku fyzicky nikdy nesestrojil. To se podařilo až o téměř 30 let později jinému americkému vynálezci Jacobu Perkinsnovi. Ten roku 1835 přišel s přístrojem pro výrobu ledu a chladící kapaliny. (Wikipedia [2017]) První sestavení přístroje na výrobu ledu odstartovalo další výzkum a vylepšování. Hlavním odvětvím, kde bylo za potřeby chlazení, byl potravinářský průmysl. První komerční chlazení bylo představeno skotským vynálezcem Jamesonem Harrisonovem. Tento vynálezce si nechal roku 1855 patentovat systém, který využíval k odebrání tepla etherové kompresní chlazení. Tento důmyslný systém využíval kompresor, jehož funkcí bylo zajistit koloběh chladícího plynu přes chladič, kde se ochladil a zkapalnil. Tento plyn, který se podařilo zkapalnit, postupoval dále okruhem do chladících cívek, kde došlo k jeho odpaření a tím následnému ochlazení prostředí v tomto prostoru. Tento stroj

vyrobil až 3000 kg ledu za jeden den. Toto zařízení začaly také hojně využívat pivovary a závody na zpracovávání masa. (Wikipedia [2017]) Harrisonov v roce 1873 uskutečnil projekt, při kterém chtěl dokázat, že jeho vynález umožní převážet maso i na větší vzdálenosti přes moře. (Technet [2007]) Tento projekt nesl název *"Fresh Meat frozen and packed as if for a voyage, so that the refrigerating process may be continued for any required period"* v překladu „Čerstvé maso zmražené například na cestu může být dále zamraženo na libovolnou dobu“. (Technet [2007]) Tento plán však nedopadl úspěšně, jelikož tento skotský vynálezce vyrobil led, kterým chladil maso na palubě lodi již na pevnině, namísto toho, aby umístil chladicí zařízení na loď. Bohužel došlo k rozmrznutí ledu dříve, než Harrisonov předpokládal a maso umístěné v ledovém boxu se zkazilo. Tímto odvážným projektem ztratil všeobecnou důvěru v takovýto způsob mražení a následné přepravy masa u veřejnosti. (Wikipedia [2017])

Dalším velice důležitým momentem byl rok 1876, kdy německý inženýr Carl von Linde přišel s patentem na chladničku využívající jako chladící medium amoniak neboli čpavek ($R717 = NH_3$). (Chemical Heritage Foundation [2015]) Do této doby se chladicí zařízení orientovala pouze na průmyslové odvětví. Tato změna přišla však s rokem 1911, kdy firma General Electric přišla na trh se zařízením podobným dnešním ledničkám. Firma tuto lednici sestrojila za pomoci patentu francouzského vynálezce Marcela Audiffrena. Tento výrobek měl však hned dvě negativa. Prvními z nich byly její rozměry. Byla natolik objemná, že kompresor musel být umístěn do sklepa a box, ve kterém se uchovávaly potraviny, byl v kuchyni. A druhým velice podstatným problémem byla jeho cena. Ta se pohybovala okolo jednoho tisíce dolarů. Za tuto částku se v tehdejší době daly koupit dva automobily. Tyto dva aspekty měly za následek to, že se těchto ledniček prodalo něco málo okolo 100 ks. (TNV [2014]) Největší revoluce v tomto odvětví pro masové rozšíření přišla až v roce 1927 s modelem „*Monitor-Top*“. Název pro tento produkt se vžil kvůli vizuální podobnosti s palebnou věží umístěnou na válečné lodi USS Monitor. (Zažij chemii [2014]) Tato lednička se stala doslova hitem a ve třicátých letech dvacátého století se jí v Americe prodalo přes milion kusů. To znamenalo, že toto zařízení bylo v 60% amerických domácností. (TNV [2014])

Z dnešního pohledu však bylo toto zařízení velice nebezpečné. Používalo totiž jako médium velice toxické látky jako například oxid siřičitý nebo methylester kyseliny mravenčí. (Zažij chemii [2014]) Odbourání těchto látek z domácností se podařilo díky objevení látky obecně nazývané freon (chlor-fluorované uhlovodíky). Tato látka se začala používat v chladících zařízeních v domácnostech po roce 1930. Dlouhá desetiletí se věřilo, že tyto látky jsou velice účinné pro použití nejen v chladících zařízeních, ale i jako hnací plyn ve sprejích. Při dotyku s kůží totiž nezpůsobovaly žádné patologické jevy, měly nízký bod varu a také malou viskozitu. Až později se zjistilo, že tato látka se sice jeví jako velice ekologická, avšak její negativní účinky se začaly projevovat až ve vyšších výškách a to v oblasti spodní stratosféry. Díky velkému energetickému záření a ozonu začaly způsobovat obecně známou „ozónovou díru“. (Vesmír, spol. s r. o. [1995])

Ztenčování ozonové vrstvy se zjistilo v 70. letech minulého století. Tento problém se začal řešit tím, že se tyto látky začaly nahrazovat látkami, které tento efekt nezpůsobovaly. Freon narušuje ozonovou vrstvu, jež se nachází ve výšce 20 až 40 km nad povrchem země. Tato vrstva má za účel chránit naši planetu před ultrafialovým zářením. První ozonová díra, která se objevila na naší planetě, byla objevena roku 1985 nad Antarktidou. Vrstva ozonu se nad tímto územím pravidelně snižovala vždy na jaře, a to až na polovinu O_3 . Chemický proces, při kterém dojde k zániku molekul ozonu, je celkem složitý. V podstatě jde o to, že freon přeměňuje ozon O_3 na obyčejný kyslík O_2 . Při vypuštění freonu do ovzduší dokáže jedna molekula zničit téměř 100 000 molekul O_3 . V současné době se situace lepší, jelikož se ozonová vrstva začíná obnovovat, a tím nás lépe chránit. Její obnova na hodnoty před používáním freonu potrvá však ještě desítky let. (Prirodovedci.cz [2016])



Obrázek č 5. Ozónová díra nad Antarktidou v letech 1979, 1987, 2006, 2011 (Prirodovedci.cz [2016])

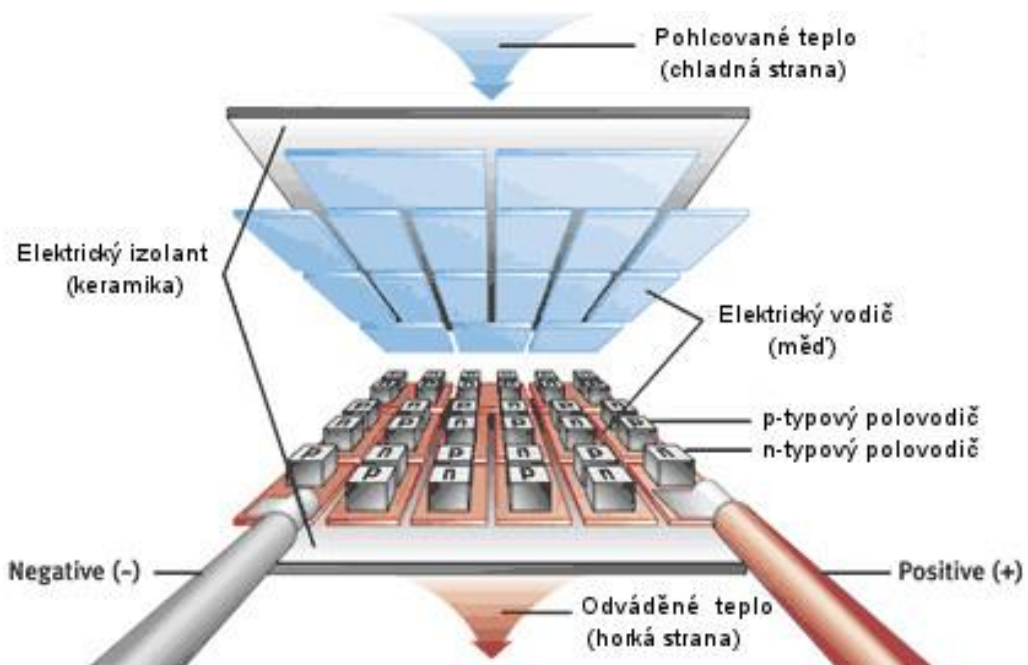
Obrázek č. 5 ukazuje množství ozonové vrstvy. Snímek je focen vždy 16. září v letech uvedených na obrázku. Na snímcích je vidět, že po roce 1979 došlo k velkému zeslabení této vrstvy. Při porovnání posledních dvou snímků je zřejmé, že došlo k zastavení zvětšování ozonové díry. Spíše se začala ozonová vrstva na tomto území obnovovat. Jednotky, ve kterých je udáváno množství ozonové vrstvy, se nazývají Dobsonovy jednotky. V těchto jednotkách je také uvedena vrstva ozonu na obrázku č. 5. (Prirodovedci.cz [2016])

3.2 Rozdělení chladících zařízení

V této kapitole se seznámíme s různými typy chladících zařízení, a to se zařízením pracujícím na termoelektrickém efektu, absorpčním zařízením a s kompresorovým zařízením. Liší se jak stavbou, tak tím, v jakém odvětví se využívá jejich vlastností.

3.2.1 Termoelektrické zařízení

Jako první si blíže přiblížíme zařízení pracující na termoelektrickém principu. Toto zařízení využívá tzv. Peltierova efektu. Fyzikální princip tohoto zařízení spočívá v protékání stejnosměrného elektrického proudu v uzavřeném obvodu. Tento obvod se skládá ze dvou spojených, avšak rozdílných kovů. Protéká-li tímto obvodem elektrický proud, vzniká na spoji těchto dvou kovů teplotní rozdíl. Principiálně jde o to, že proud musí téci daným směrem z externího zdroje napětí. Pokud je tato podmínka splněna, daný spoj (viz obrázek č. 6) se ochlazuje. Pokud bychom tento směr proudu otočili oproti původnímu, tak by se daný spoj zahříval. (Vysílačky Milín.cz [2005])

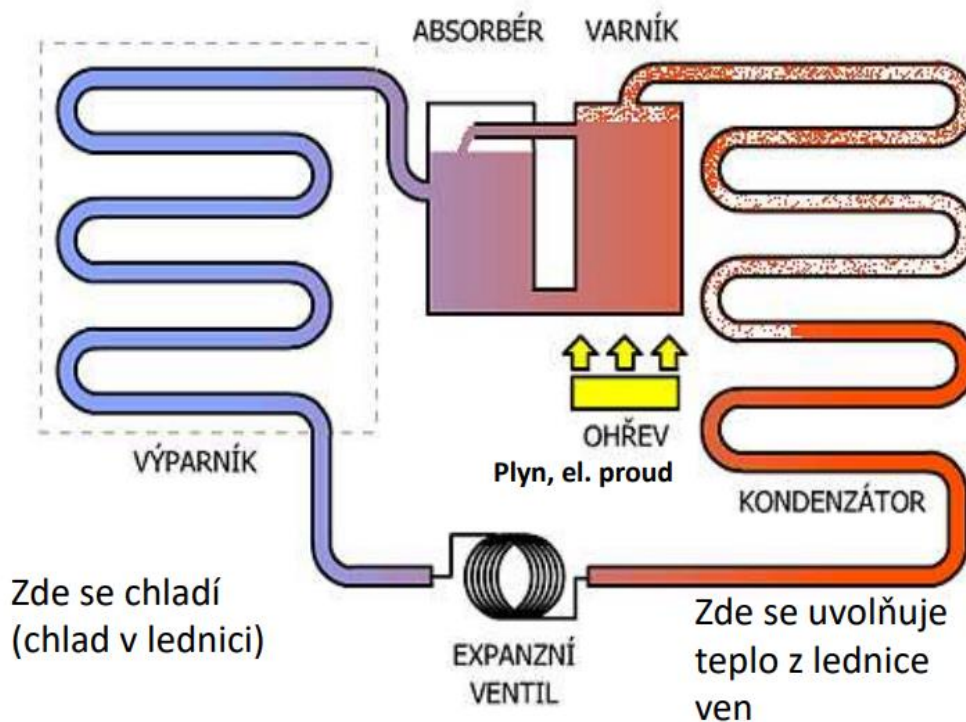


Obrázek č. 6 Peltierova chladící baterie (UPCE [2009])

Výsledný efekt je závislý hlavně na použití různých kovů. Z obrázku č. 6 je patrné, že Peltierova baterie se skládá z polovodičových tělísek a dále spojovacího můstku, který jednak přivádí elektrickou energii do zařízení, a také pohlcuje a odvádí teplo. Výhody zařízení, které využívají tento efekt, jsou v tom, že jak chladící tak tepelnou energii lze soustředit na určité místo. Pokud obrátíme směr napájecího proudu, můžeme tímto systémem i topit. Použití si toto zařízení našlo hlavně v přenosných chladničkách. Jelikož jsou tyto termoelektrické baterie plochého tvaru, je výsledná plocha odnímající teplo vhodně umístitelná. Pomocí regulace protékající proudu lze velice jednoduše regulovat výsledná teplota například uvnitř přenosné ledničky. Další nespornou výhodou je to, že toto zařízení nepotřebuje ke svému provozu žádný kompresor či chladící médium. Tudíž je i jeho výsledná hmotnost, oproti kompresorovému zařízení, zanedbatelná. Jejich provoz je tichý, jelikož v jejich útrokách nenajdeme žádnou mechanickou či elektrickou součástku, která bych vydávala hluk. I tyto zařízení mají však svá negativa. V současné době nejsme schopni vyrobit zařízení pracující na tomto principu, které by se svými chladícími výkony vyrovnalo kompresorovým či absorpčním zařízením. (Icera.cz [2017]) Účinnost takového zařízení se pohybuje okolo 5-10%. (Wikipedia [2016])

3.2.2 Absorpční zařízení

Druhým typem jsou absorpční zařízení, která pracují díky dodávanému teplu. Tyto zařízení nepotřebují ke svému fungování kompresor. Je však nutné zajistit oběh chlazené vody například oběhovým čerpadlem. (Drkal, Lain, Zmrhal 2015) Teplo potřebné k fungování tohoto zařízení je získáváno především ze spalování fosilních paliv. (Tzbinfo [2011]) Může se však využívat odpadní teplo z výrobních procesů jako zdroj tepla. Pokud tedy vyrábíme elektrickou energii a při tomto procesu také teplo, lze toto teplo v zimě využít k vytápění objektu a v letních měsících ho lze využít jako zdroj pro absorpční zařízení. (Drkal, Lain, Zmrhal 2015) Odpadové teplo v některých výrobních provozech může dosahovat teplot 80-120°C .



Obrázek č. 7 Schéma absorpčního chladicího zařízení (Sos-souhtyn [2016])

Chladícím médiem v tomto typu zařízení je nejčastěji amoniak (NH_3) a voda, nebo voda a vodný roztok bromidu litného (LiBr). Tento systém využívá fyzikálního principu, založeném na absorpci, kdy se plyn rozpouští v kapalině. „Kapalina se nazývá absorbent a plyn absorbát“. (Tzbinfo [2011]) Pokud chceme dosáhnout teplot pod bodem mrazu, je nutné použít jako chladicí směs amoniak a vodu. V této směsi je totiž jako absorbátor (tudíž chladivo) amoniak. Naopak pokud nepotřebujeme dosahovat teplot pod bodem mrazu, jak tomu je například v klimatizačních aplikacích, je možné použít systém s bromidem lithným a vodou. Tady je totiž chladivem - absorbátorem voda. Principiálně jde o to, že ve varníku zahřejeme médium, ať už amoniak - voda nebo voda - bromid a ta se začne přeměňovat na páru, která pak putuje do kondenzátoru. V kondenzátoru se pomocí ventilátoru a okolního vzduchu odvádí teplo (teplo z odebraného tělesa) a médium začíná kondenzovat. Médium dále pokračuje přes expanzní ventil, který slouží ke snížení tlaku do výparníku. Před expanzním ventilem je tlak daleko vyšší než za ním. Po snížení tlaku přichází médium do výparníku, kde dochází k odpařování, a tím k ochlazení okolního prostoru, ať už vody nebo vzduchu. Po projití

výparníkem, médium přichází zpět do absorbéru, kde se rozpouští ve vodě. Dále putuje opět do varníku a celý cyklus se opakuje. (Tzbinfo [2011])

3.2.3 Kompresorové chladicí zařízení

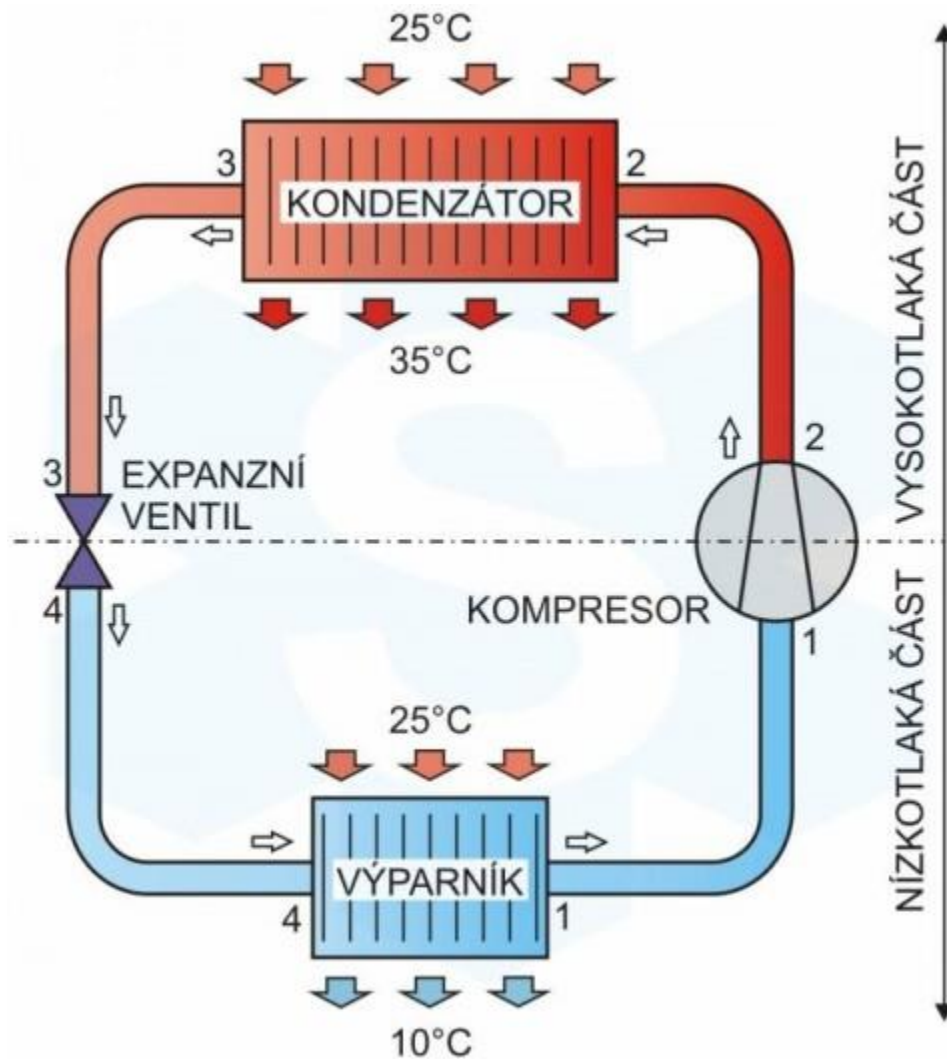
Třetím typem, který si rozebereme je chladicí zařízení kompresorové. Tento typ chladicího zařízení si popíšeme důkladněji, než předchozí zařízení, jelikož zařízení sestavené v praktické části pracuje na obdobném principu jako kompresorové chlazení. Jediný rozdíl je v tom, že odsávačka není uzavřený okruh, ve kterém by chladivo cirkulovalo stále dokola, ale pomocí ní přečerpáváme chladivo z jedné nádoby do druhé. Na její konstrukci, jsou ale použity součástky vyskytující se u kompresorového zařízení. Dále si ukážeme a seznámíme se s elementy vyskytující se v chladícím okruhu.

Kompresorové chlazení si vysvětlíme na klasické split jednotce (obrázek č. 8). Tyto jednotky jsou vybaveny dvěma částmi. První část, ve které jsou uloženy všechny hlavní části, se nazývá venkovní jednotka. V této jednotce jsou komponenty jako kompresor, kondenzátor, ovládací elektronika, expanzní ventil atd. Ve druhé části je umístěn pouze výparník s ventilátorem a modul pro příjem ovládacího signálu. Ten může být na principu infra ovladače, Wi-Fi přijímače nebo pouze drátový ovladač. Tyto dvě části jsou spojeny pomocí měděného potrubí, ve kterém cirkuluje chladicí kapalina (chlادivo). Napájení je přivedeno zpravidla do venkovní jednotky. Někteří výrobci ale umožňují připojení napájení jak do venkovní, tak do vnitřní jednotky. Komunikace je zajištěna pomocí tří vodičů plus zemnicího vodiče. Zpravidla označované jako 1, 2, 3.



Obrázek č. 8 Chladící jednotka Toshiba Avant inverter (Ehos s.r.o. [2016])

Před popisem jednotlivých mechanických součástí se musíme seznámit s principem fungování, jako u předchozích dvou typů zařízení. Schéma kompresorového zařízení máme vyobrazeno na obrázku č. 9.



Obrázek č. 9 Schéma chladicího okruhu (Schiessl [2008])

Chladicí okruh je mezi jeho částmi spojen měděným potrubím. Jedinou výjimku tvoří automobilové klimatizace, kde jsou součásti okruhu spojeny speciálními gumovými hadicemi. Koloběh chladiva začíná v kompresoru. Kompresor stlačí páry, které nasál z nízkotlaké strany, a pomocí komprese je žene v podobě plynu o vysoké teplotě a tlaku do kondenzátoru. V kondenzátoru jsou tyto páry ochlazovány nejčastěji pomocí okolního vzduchu, který je do kondenzátoru vháněn pomocí ventilátoru. V této části okruhu dojde k ochlazení těchto par a následnému zkapalnění chladiva. Poté putuje chladivo přes expanzní ventil do výparníku. Tato součást okruhu rozděluje vysokotlakou a nízkotlakou část okruhu. Jeho funkce, spočívá ve změně skupenství chladiva. To vstupuje jako kapalné a vystupuje z tohoto členu jako plynné. Změna tohoto skupenství je doprovázena také razantním snížením teploty chladiva. Ve výparníku je umístěný další ventilátor a

ten ochlazuje vhaněný teplý vzduch z prostředí. Dále chladivo pokračuje zpět do kompresoru. Kompresor také tímto zbytkovým chladem chladí své vnitřní součásti. Po projití tohoto cyklu se průchod okruhem opakuje v nezměněné fázi nebo směru. (Šauer klimatizace [2010])

3.2.4 Hlavní části kompresorového okruhu

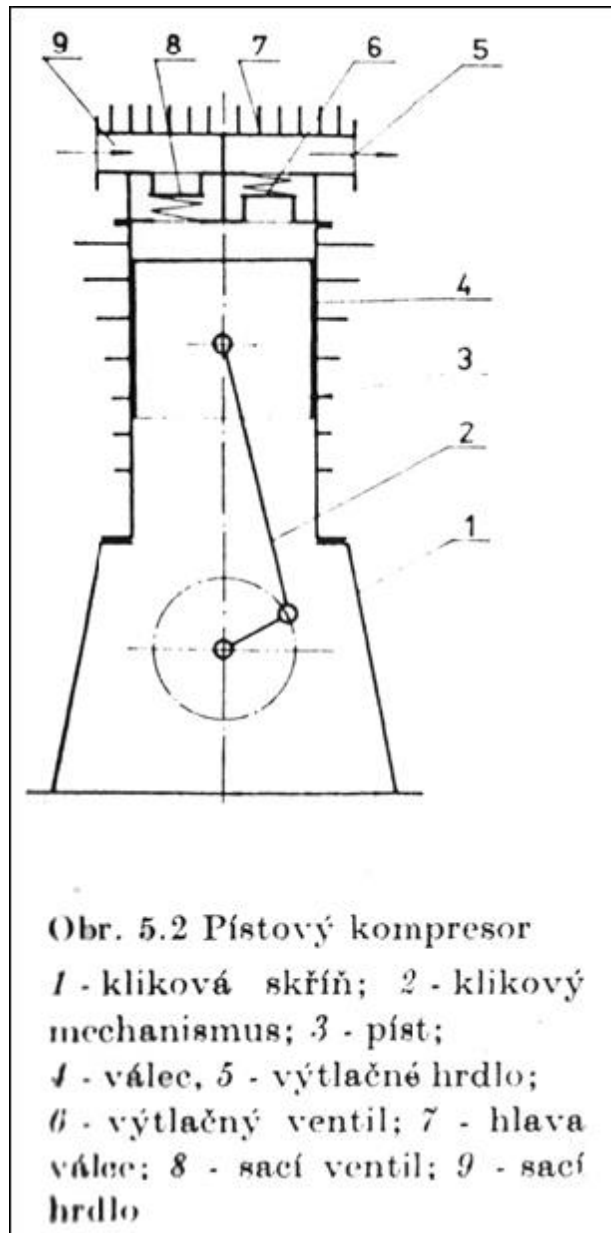
Chladicí okruh kompresorový se skládá ze čtyř hlavních částí. Tím jsou kompresor, kondenzátor, expanzní ventil a výparník. Jako první si rozdělíme a popíšeme kompresory.

Kompresory můžeme rozdělit na jednotlivé typy podle jejich vnitřní konstrukce. Nejdříve je můžeme rozdělit do dvou skupin a to jsou objemové kompresory a rychlostní kompresory. Objemové kompresory můžeme dále rozdělit na pístové, spirálové a šroubové. Kompresory rychlostní, též někdy označovány jako turbokompresory, lze rozdělit na axiální, diagonální a radiální. V této práci se však budeme zabírat první skupinou kompresorů a to jsou objemové kompresory. (Drkal, Lain, Zmrhal 2015)

Pístový kompresor

Pístový kompresor prošel za dobu své existence mnoha úpravami a vylepšeními. Jako první byl vyvinut pístový kompresor se stojatými písty. Počátek výroby se datuje do šedesátých let 20. století. S výrobou tohoto kompresoru začala firma York, jež je funkční a prosperující společností i v dnešní době. Využití našli převážně v mobilních zařízeních v minulém století. Avšak některé kusy je možné nalézt i v dnešních aplikacích. Můžeme na ně narazit například ve starých zemědělských nebo stavebních strojích. Pístové kompresory se využívají v dnešní době u aplikací s menším výkonem a to do výkonu v řádu stovek kW. (Drkal, Lain, Zmrhal 2015) Dnes se používají převážně hermeticky uzavřené. V minulosti se využívaly i polohermetické kompresory, avšak ty jsou náchylnější na úniky chladiva. Jejich výhodou, je ale oproti hermeticky uzavřeným, v možnosti opravy přístupných částí kompresoru. Hermeticky uzavřené kompresory, pokud dojde k poškození nebo zničení některé z vnitřních částí, je nutné vyměnit tento kompresor za nový kus.

Na následujícím obrázku je zobrazen řez pístovým kompresorem se stojatými písty.



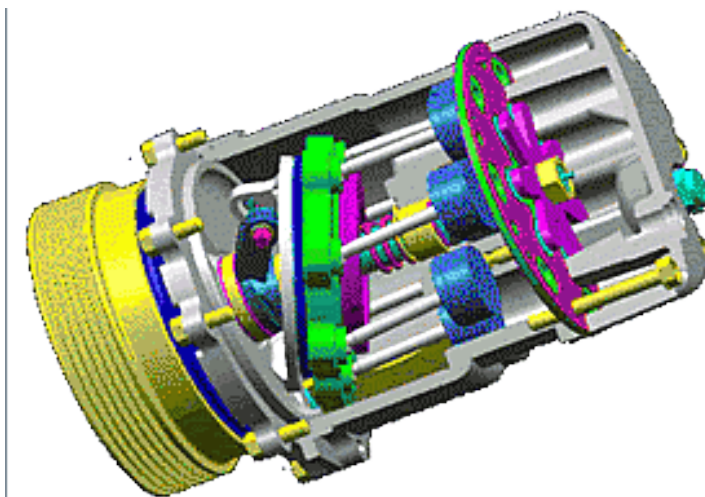
Obrázek č. 10 Mechanismus pístového kompresoru (Blogsport [2014])

Vnitřní oběh jednostupňového kompresoru je vratný cyklus, který vykonává píst, jež je spojen s ojnící ke klikovému mechanismu. Píst má dvě základní polohy. V první poloze se píst nachází v dolní části válce. Při tomto tzv. sacím zdvihu je otevřen sací ventil, kterým je do válce přiváděn plyn přes sací hrdlo do volného prostoru nad pístem. V této části cyklu je uzavřen výtlačný ventil. Pokud je do prostoru nad pístem nasáto příslušné množství plynu, dojde k uzavření sacího

ventilu a pohybu pístu do horní poloviny válce. Také se otevře výtlačný ventil a pohybem pístu nahoru se z válce vytlačí plyn. Plyn je přes výtlačný ventil hnán výtlačným hrdlem dále do okruhu. Tento proces je doprovázen vedlejším efektem ve formě produkce tepla. Tudíž je nutné, u některých kompresorů, odebrat teplo z jejich vnějšího obalu. Toto se provádí například pomocí ventilátorů připevněných na horní část kompresoru. (SPSS [2012])

Kompresor s kyvnou deskou

Dalším typem pístových kompresorů jsou kompresory s kyvnou deskou. Tyto kompresory se využívají hlavně v automobilovém průmyslu jako hnací prvek chladicího okruhu automobilových klimatizací. V tomto případě je píst spojen s takzvanou kyvnou deskou, od které je také odvozen název. Tato deska koná otáčivý pohyb, který je následně převeden na lineární pohyb pístů. Kompresory tohoto druhu mají vyšší výkon a účinnost, jelikož je použito oboustranného pístu. Může tedy zároveň docházet k nasávání chladiva na jedné straně tohoto pístu a současněmu vytlačování chladiva na opačné straně pístu. V okruhu jsou obsaženy dále ventily, jako v případě pístového kompresoru se stojatými písty (sací a výtlačný ventil). Konstrukce těchto kompresorů dovoluje použití až sedmi válců v jednom těle kompresoru. U těchto kompresorů je možnost měnit polohu kyvné desky. Pokud totiž dojde ke změně náklonu desky, upraví se také současně dráha pístů. Tento náklon se provádí pomocí tzv. řídicího ventilu, který plní tu funkci, že porovnává rozdíl tlaku na sání kompresoru a na výtlaku z kompresoru. Po zjištění těchto hodnot upravuje sklon desky na požadovanou polohu tak, aby byl zajištěn konstantní tlak na sání kompresoru. Výkon kompresoru je plně závislý na otáčkách motoru a úprava výkonu je zajištěna pomocí elektromagnetické spojky. Dále je možnost úpravy těchto parametrů signály z řídicí jednotky. U tohoto typu pak není nutnost elektromagnetické spojky. Kompresor, ale jede stále na minimální možný výkon i v případě, že není vyslán požadavek na chlazení z řídicí jednotky. (Core [2013]) Na následujícím obrázku č. 11 je zobrazen řez pístovým kompresorem s kyvnou deskou.



Obrázek č. 11 Řez pístovým kompresorem s kyvnou deskou (Sanden [2010])

Pístový kompresor s „houpavou“ deskou

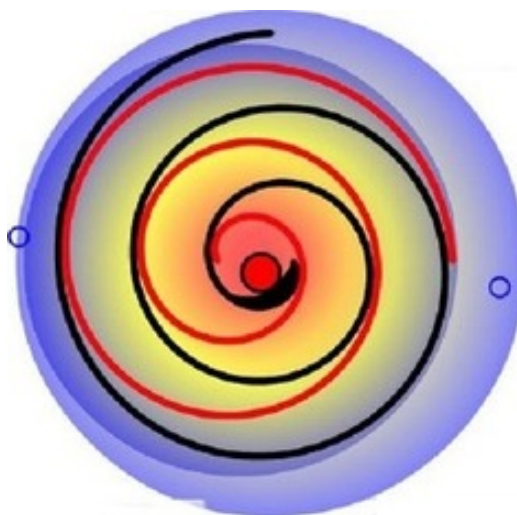
Třetí možnou konstrukcí pístového kompresoru je využití tzv. houpavé desky. Toto řešení vyšlo hlavně z požadavku lépe regulovat výkon kompresoru. V tomto použití dochází k možnosti snižování či zvyšování zdvihového objemu kompresoru. Řídicí signál je vysílán a upravován v řídicí jednotce. Mechanicky je zajištěna tato úprava výkonu pomocí regulačního ventilu. Ten má v kompresoru tu funkci, že díky němu dochází k propojení sání a výtlaku kompresoru jinou cestou než přes válce, a tím umožňuje přepouštět tlak mezi těmito dvěma částmi. Tlak na sací straně je díky tomuto přepouštění ustálen na hodnotě okolo 2-2,5 bar. Díky této součástce je upravena geometrie pohybu houpavé desky a tím související zdvihový objem. Modernější kompresory tohoto typu se dočkaly ještě vylepšení díky vzniku multiplexní elektroinstalace. Kompresory s klasickým regulačním ventilem se nazývají kompresory s vnitřní regulací. Novější modely využívají také regulační ventil avšak elektromagnetický. Toto řešení také umožňuje konstrukci bez elektromagnetické spojky. Nesporná výhoda je, že výkon tohoto typu kompresorů lze regulovat v hodnotách od 3% do 100%. Signál, který je potřebný k ovládní elektromagnetického regulačního ventilu, je také vysílán z řídicí jednotky, která reaguje na požadavky zadané uživatelem. Ukázka kompresoru s houpavou deskou je vyobrazena na obrázku č. 12. (Schiesl [2008])



Obrázek č. 12 Pístový kompresor s „houpavou“ deskou (Schiessl [2008])

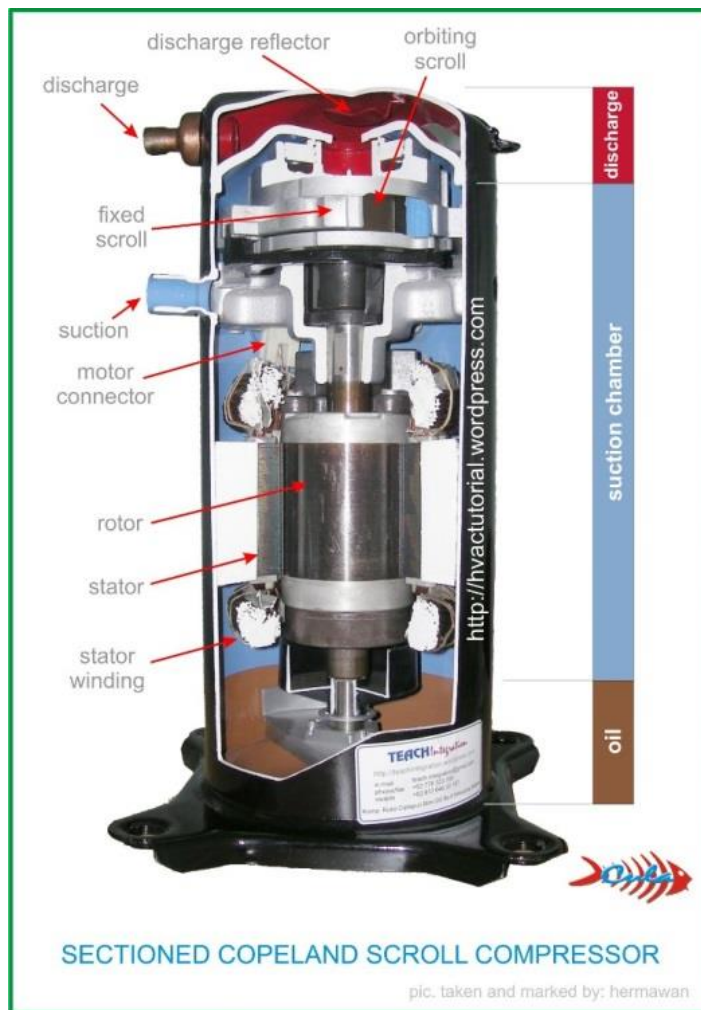
Spirálové kompresory

Spirálové kompresory, někdy nazývané jako „scroll“, jsou využívány zejména v oblasti výkonově menšího chlazení a také v tepelných čerpadlech. Tyto kompresory jsou v současné době nejpoužívanějším typem. Postupně tak vytlačily dříve hojně zastoupené pístové kompresory. Oproti pístovým kompresorům mají kompresory scroll méně mechanických a pohyblivých částí, čímž jsou méně náchylné na poškození. Avšak v případě poškození vnitřní části kompresoru, například uchycení spirály, nelze provést opravu, jelikož kompresor je hermeticky uzavřen. V těchto případech je nutná výměna celého kompresoru, což u kompresorů pro průmyslové aplikace znamená investice někdy i v řádu stovek tisíc korun. (vytápění.cz [2010]) Princip fungování této konstrukce je celkem jednoduchý, avšak je kladen velký důraz na přesnost výroby. Základním mechanismem v těle kompresoru jsou dvě spirály, z nichž jedna je pevně spojená s vnitřním pláštěm a druhá je do ní vložena. Druhá volně vložená spirála v té první vykonává kruhový pohyb. Toto uložení je lépe zřetelné z obrázku č. 13.



Obrázek č. 13 Spirály uvnitř kompresoru typu scroll (vytápění.cz [2010])

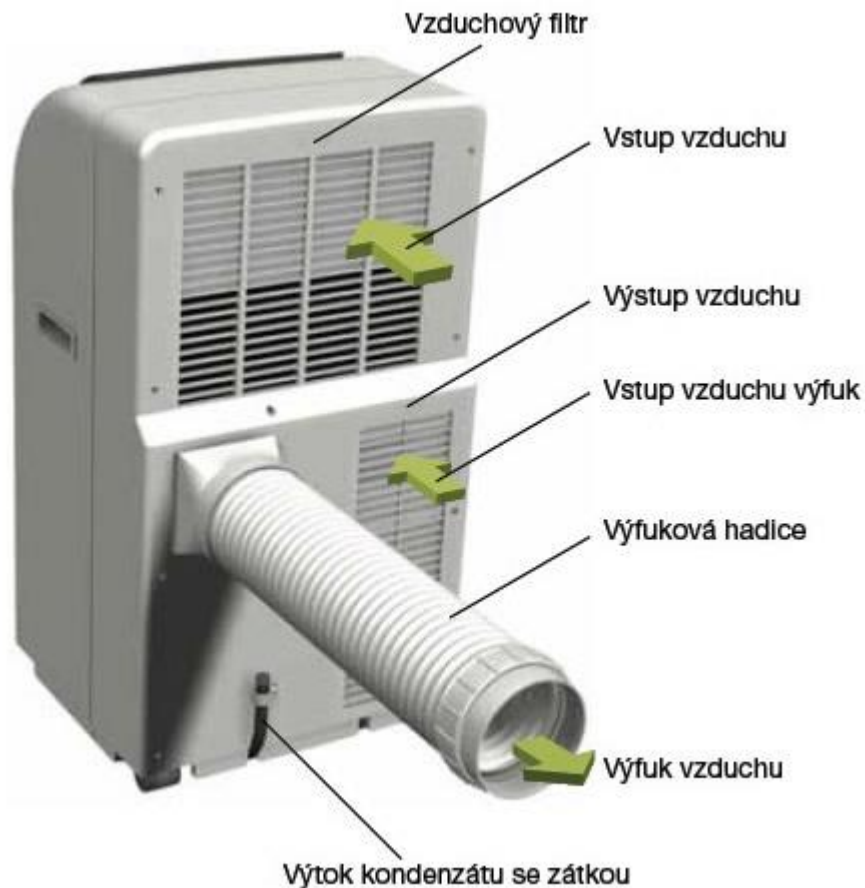
V mezi prostoru těchto dvou spirál dochází k nasávání chladiva z nízkotlaké strany okruhu a následným pohybem je chladivo dopravováno do středu spirály s postupným stlačováním. Při tomto procesu dochází jak ke zvyšování tlaku chladiva, tak k nárůstu jeho teploty. Ve středu spirál se nachází výtlačné potrubí, kterým chladivo dále pokračuje do kondenzátoru a chladicího okruhu. Styčné plochy spirál se o sebe mechanicky třou, tudíž je nutné tyto plochy dostatečně mazat, aby nedošlo k přehřívání kompresoru a následnému zničení. Toto mazání je zajištěno pomocí oleje, který je unášen společně s chladivem celým okruhem. První typy kompresoru scroll neumožňovaly regulaci otáček. Musely být provozovány pouze za stálých otáček. Při nízké hodnotě otáček dochází k špatnému mazání kompresoru a tím k opotřebovávání styčných ploch, což razantně snižuje životnost zařízení. Použití nalézá v širokém spektru chladiv. Na následujícím obrázku č. 14 je zobrazen vnitřní řez kompresoru scroll. (Tzbinfo [2015])



Obrázek č. 14 Řez kompresoru scroll s popisem jednotlivých částí (Baxxis [2010])

Kondenzátory

Ve většině případů se setkáváme s kondenzátory, které jsou chlazené pomocí venkovního vzduchu. Tato část zařízení má za účel odebrat teplo z chladiva a předat ho do okolního prostředí. Jde v podstatě o výměníky chladivo - vzduch. Vzduch, kterým chladíme kondenzátor, je nejčastěji neupravený venkovní vzduch. Kondenzátory si můžeme rozdělit do dvou základních skupin podle jejich umístění. Kondenzátory mohou být součástí vnitřní jednotky, tudíž se vše nachází v jednom zařízení a není nutná dodatečná instalace potrubí a propojování. Výhoda těchto kompaktních zařízení je v jejich mobilitě. Tento typ konstrukce se využívá převážně u mobilních klimatizačních jednotek, viz obrázek č. 15.



Obrázek č. 15 Mobilní klimatizace (Vzdušín.cz [2017])

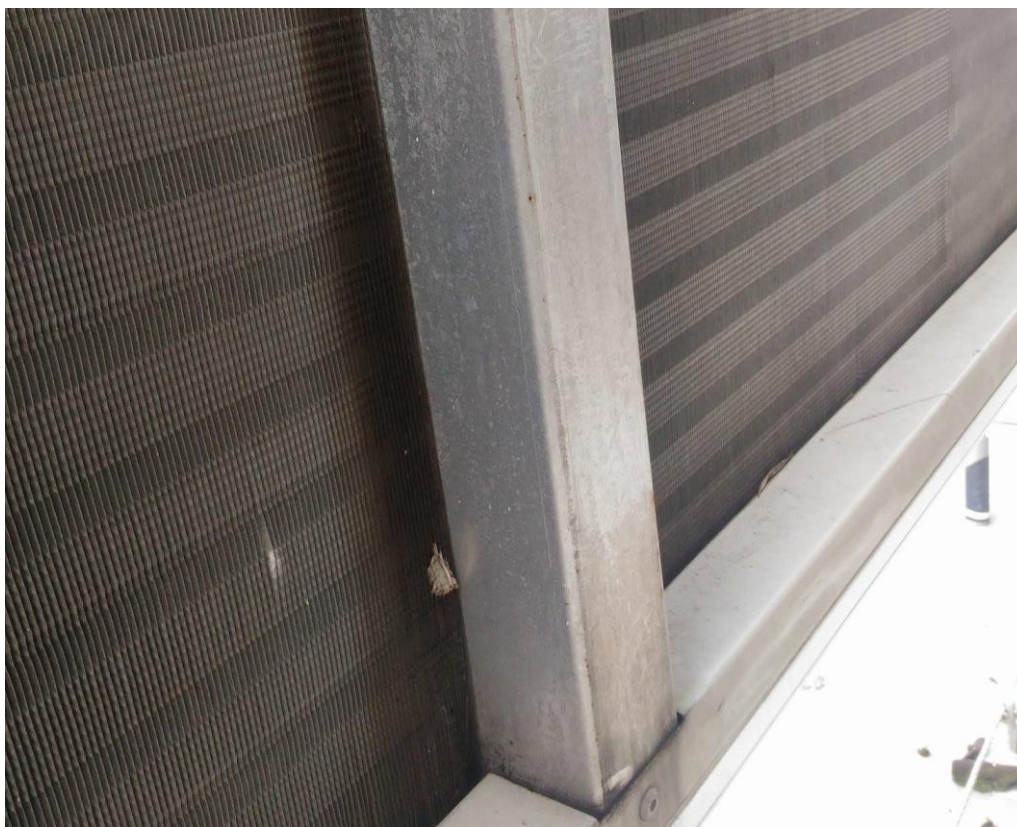
Vzduch, kterým se odebírá kondenzační teplo z chladiva, je nasáván z prostoru, kde je mobilní klimatizační zařízení umístěno. Jeho následný odvod je pomocí výfukové hadice do jiného než chlazeného prostoru nejčastěji do venkovního prostředí. Tento typ kompaktního provedení, kde je kondenzátor umístěny spolu s kompresory, se používá také u velmi výkonově velkých jednotek nad 100 kW. Toto provedení je zobrazeno na obrázku č. 16. (Drkal, Lain, Zmrhal 2015)



Obrázek č. 16 Chladicí zařízení velkých výkonů s umístěným kondenzátorem nad kompresory (MobilEnergy [2015])

Druhým typem umístění jsou kondenzátory umístěné odděleně od vnitřní jednotky. Toto provedení najdeme u domácích klimatizací nebo u průmyslových aplikací, kde je potřeba umístit vnitřní jednotku do prostoru výrobní haly. Zde se chladí například vodní okruh pro výrobní linku. Zároveň je nutné, aby nedocházelo k tepelnému zatěžování haly, a tak je nutné kondenzátor chladivo - vzduch umístit ve venkovních prostorech.

Jejich vnitřní konstrukce je totožná s kondenzátory u kompaktních jednotek. Je velice jednoduchá. Jde vlastně o „hada“ tvořeného měděnou trubičkou, která je nalisována na hliníkovém žebrování pro zvýšení chlazené plochy. Tato celá konstrukce je pak umístěna nejčastěji v ocelovém rámu. Pro představu si můžeme představit žebrování domácí chladničky. V aplikacích klimatizačních jednotek však jde o mnohem větší hustotu žebrování. Na obrázku č. 17 vidíme detail tohoto žebrování.



Obrázek č. 17 Žebrování kondenzátoru (foto: Oliva)

Jelikož v případě kondenzátoru jde o co největší plochu, kterou odvádíme teplo, je nutné tuto část zařízení pravidelně čistit a servisovat. Zanešený kondenzátor může způsobit ostavení chladicí jednotky či v některých případech její poškození.

Expanzní ventil

Třetím a nezbytným členem pro jakékoliv kompresorové chladicí zařízení je expanzní ventil. Tento prvek v okruhu zmenšuje objem procházejícího chladiva a tím také mění jeho skupenství. To se mění z kapalného na plynné. Při této změně dochází k zvětšení objemu chladiva a tím ke snížení teploty. Existuje celá řada expanzních ventilů. Jejich konstrukce může být velice jednoduchá jako například v ledničkách, kde se jako expanzní ventil využívá zmenšení průměru trubičky před výparníkem. V chladících a klimatizačních zařízeních se využívají nejčastěji termostatické ventily s pevnou nebo výměnnou tryskou. V modernějších zařízeních se také využívají elektronické expanzní ventily.

Princip fungování si popíšeme na termostatickém expanzním ventilu. Ten je zobrazen v na obrázku č. 18.



Obrázek č. 18 Termostatický expanzní ventil s výměnnou tryskou (Radesit.cz [2014])

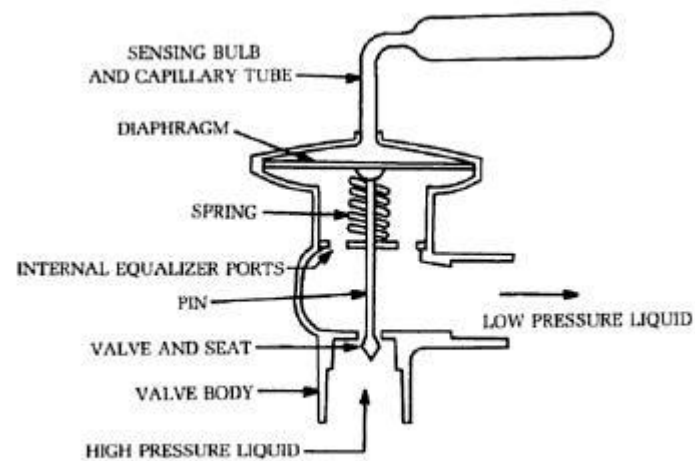


Fig. 15-13. Thermostatic expansion valve.

Obrázek č. 19 Řez termostatickým expanzním ventilem (Ref [2016])

Řez termostatickým expanzním ventilem je zobrazen na obrázku č. 19. Tento prvek reguluje přehřátí chladiva na druhé straně výparníku, tedy na výstupu z výparníku. V praxi je tento proces zajištěn pomocí membrány, jež je spojena tenkou propojovací trubičkou (kapilárou), která je na svém konci zakončena tykavkou. Tato tykavka je naplněna přesně daným množstvím plynu, který může měnit svůj objem v závislosti na teplotě. Tato část je velice náchylná na poškození, jelikož při perforaci tykavky ji nelze opravit. Tato tykavka je přivedena do hlavy expanzního ventilu, kde podle změny teploty mění plyn v tykavce svůj objem. Tento plyn pak vyvíjí tlak na membránu, jež je spojena s odtlačným kolíkem a regulační pružinou. Tento systém pomocí regulační jehly mění množství chladiva, které prochází přes expanzní ventil. Tento člen tedy způsobí v okruhu kontinuální změnu množství chladiva, které je vstřikováno do výparníku. Toto množství je ovládáno pomocí teploty měřené za výparníkem přes tykavku. Náplně v tykavce někdy nazývané termočlánek jsou trojího typu. První možnou náplní jsou kapalinové náplně, kdy je v kapiláře a tykavce určité množství kapalného chladiva dané výrobcem. Dále je to plynná náplň, která při změně teploty kondenzuje a tím mění svůj objem a tlak vyvíjený na membránu expanzního ventilu. Posledním typem jsou adsorpční náplně, kdy je v kapiláře a tykavce obsažen plyn, jež je schopen adsorpce a pevná látka adsorbent. Pokud dojde k zvýšení teploty, dojde k uvolňování molekul a zvyšování tlaku. (Kolektiv autorů [2011])

Výparník

Čtvrtou částí je výparník vyobrazený na obrázku č. 20. Tato část okruhu odebírá teplo z prostředí, ať už ze vzduchu nebo jiné látky například vody. V případě, že odebírá teplo ze vzduchu u klasických klimatizačních jednotek, je výparník osazen ventilátorem, který pomáhá k zvýšené cirkulaci vzduchu přes jeho žebrování. Na jeho stavbu jsou použity stejné materiály jako na konstrukci kondenzátoru. Liší se však ve velikosti, kdy je výparník menších rozměrů než kondenzátor.



Obrázek č. 20 Výparník (Frisco [2011])

4 Praktická část

V této části práce se seznámíme se zařízením, které jsem konstruoval, a to konkrétně s odsávačkou fluorovaných skleníkových plynů pro servis chladících zařízení. Nejprve si popíšeme schéma tohoto zařízení s jeho jednotlivými členy. U jednotlivých elementů si popíšeme jejich funkci, kterou plní v tomto zařízení. Odsávačka obsahuje i prvky, které nejsou popsány v teoretické části práce. Popíšeme si proto jejich význam v obvodu, ale nebudeme zabíhat do přílišných podrobností jako je popis jejich vnitřní konstrukce. Hlavní členy jsou probrány podrobněji v první části této práce (kompresor, kondenzátor, expanzní ventil a výparník). Odsávačka neobsahuje expanzní ventil, jelikož nejde o chladící zařízení, ale o přečerpávací zařízení a není tudíž potřeba nástřiku chladiva do výměníku za účelem odebrání tepla. Pokud bychom z odsávačky chladiva chtěli udělat chladící zařízení, museli bychom tento prvek vřadit do okruhu, celý systém uzavřít a podle velikosti chladícího výkonu, kompresoru a dalších prvků naplnit chladivem. Odsávačka je otevřený okruh viz obrázek č. 21, kde je na levé straně chladivo nasáváno z tlakové láhve a na pravé straně je tlačeno do druhé tlakové láhve.



Obrázek č. 21 Odsávačka fluorovaných skleníkových plynů (foto: Oliva)

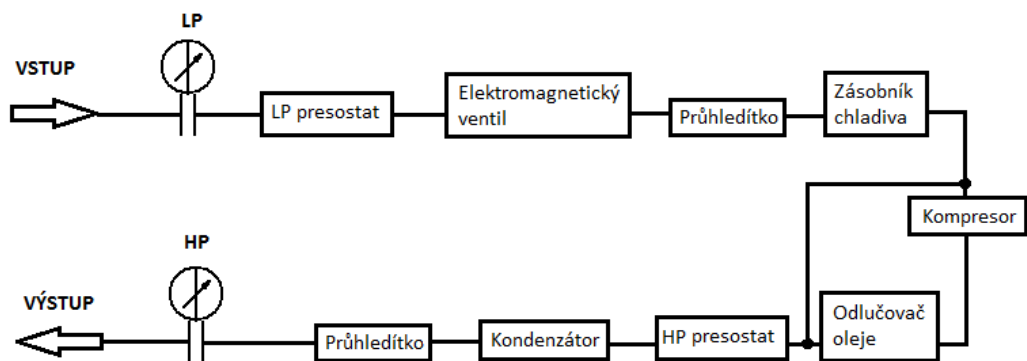
4.1 Sestavování odsávačky chladiva

V tabulce č. 4 najdeme seznam součástek, které byly na výrobku použity. Převážná část součástek je použita z chladících zařízení, jež měly vadný kompresor nebo jinou součástku a jejich oprava by byla nerentabilní. Z těchto zařízení bylo odsáto chladivo, které bylo ekologicky zlikvidováno nebo jinak zpracováno dle legislativních nařízení. Kompresor, který tu slouží jako hnací mechanismus, je demontován ze staré chladicí jednotky.

Název	Typ	Bližší informace	Diference
Kompresor	Toshiba PA150X2T-4FM1	230V/50Hz	
LP manometr	CPS	rozsah -1 až 17 bar	
HP manometr	RC GROUP	rozsah 0 až 32 bar	
LP presostat	Danfoss	rozsah 0,2 až 7,5 bar	diference 0,7 až 4 bar
HP presostat	Danfoss	rozsah 8 až 32 bar	diference 2 až 6 bar
Elektromagnetický ventil	Danfoss 018F6176	230V/50Hz	
Průhledítka pájecí	ALCO MIA M06		
Průhledítka šroubovací	Castel 3910/22		
Kondenzátor 2x		31x27x5cm	
Přepínač			
Tlačítko			
Kontrolky		2x	

Tabulka č. 4 Seznam použitých součástek (vlastní zpracování)

Na následujícím obrázku č. 22 je zobrazeno blokové schéma odsávačky, které jsem konstruoval, a dále jsou pod obrázkem popsány části okruhu.



Obrázek č. 22 Blokové schéma odsávačky (foto: Oliva)

4.1.1 Popis jednotlivých částí okruhu

Jednotlivé součástky odsávačky jsou spojeny pomocí měděného potrubí, které je v některých jeho částech pouze nahýbané do určitého tvaru podle potřeby nebo bylo použito 90° či 45° tvarovek. Na začátku okruhu za ventilkem pro připojení hadic jsou umístěny tři servisní ventilkky, viz obrázek č. 23. Dva z nich jsou využity. První na připojení nízkotlakého manometru a druhý na připojení nízkotlaké ochrany (LP presostat).



Obrázek č. 23 Servisní ventilkky na sací straně (foto: Oliva)

Tyto dvě součástky jsou připojeny pomocí kapilár s maticemi 1/4" a délkou 0,6m. Výhoda tohoto propojení spočívá v možnosti kapiláru vytvarovat do libovolného tvaru a tudíž možnosti umístit například manometr do jakékoliv části

zařízení. Výrobci nabízí několik délek od 0,6 m až po 3 m ve standardním provedení. Dále se liší tím, že mohou obsahovat takzvané “odmáčknutí”, což umožňuje umístit tuto kapiláru na servisní ventilek bez nutnosti demontáže jeho vnitřní části. Pokud bychom umístili kapiláru bez “odmáčknutí” na ventilek s namontovanou vnitřní částí, nedošlo by k “zamáčknutí” vnitřní části a propojení s okruhem. Zařízení připojené do takového místa by pak neplnilo svoji funkci a mohlo by dojít k poškození nebo nesprávné funkci zařízení. Další částí okruhu je elektromagnetický ventil obrázek č. 24. Tento ventil, který je napájen 230V /50Hz, zabraňuje průchodu chladiva, pokud není v otevřeném stavu. V tomto stavu se nachází, pouze pokud je na cívku přivedeno napětí. Jestliže je v sepnutém stavu, je do jeho středu pomocí elektromagnetického pole, které vytváří cívka někdy označována jako solenoid, vtaženo feromagnetické jádro, na jehož konci je ventil, pomocí kterého je umožněno průchodu chladiva. Pokud je přerušen přívod napětí do kompresoru a tudíž nedochází k cirkulaci chladiva, je elektromagnetický ventil uzavřen a brání průchodu kapalného chladiva do kompresoru. Zabraňuje také v případě odstavení odsávačky vniknutí nežádoucí vlhkosti do okruhu.



Obrázek č. 24 Elektromagnetický ventil Danfoss (foto: Oliva)

Čtvrtým členem je průhledítko, pomocí něhož můžeme sledovat průchod chladiva okruhem obrázek č. 25. Zjistíme tak, jestli okruhem prochází chladivo v plynném či kapalném stavu. Tento prvek má ještě jednu užitečnou vlastnost, a to, že v jeho středu je umístěn kontrolní papírek, který signalizuje přítomnost vlhkosti v okruhu. V žádném chladícím zařízení nesmí být přítomna vzdušná vlhkost. Proto se před naplněním chladivem všechna zařízení vakují, aby se zabránilo výskytu vody v potrubí okruhu. Pokud se tento papírek signalizující vlhkost zbarví do barvy odpovídající tomuto stavu, je tato změna nevratná a i po odstranění vlhkosti zůstane tento papírek zbarven do změněné barvy.



Obrázek č. 25 Průhledítko na sací straně (foto: Oliva)

Předposledním prvkem před kompresorem je zásobník chladiva, obrázek č. 26. Jeho úkol je velice prostý. V jeho útrokách se shromažďuje chladivo v kapalném stavu, které je poté postupně nasáváno do kompresoru. Tato část chrání kompresor před nasátím velkého množství kapaliny. Pokud by se tak stalo, mohlo by dojít k poškození kompresoru jeho spálením a kontaminaci okruhu, které by mělo za následek kontaminaci celého objemu chladiva, jež čerpáme. Zásobník chladiva je tvořen párem měděných válců, jejichž průměr činí 50 mm a délka každého z nich je 20 cm.



Obrázek č. 26 Zásobník chladiva (foto: Oliva)

Další prvkem je odlučovač oleje (obrázek č. 26). Ten je tvořen měděným potrubím o průměru 25 mm a délce 25 cm. V této měděné trubce je umístěna ocelová drátěnka, jejíž účel je zachytávat olej unášený z kompresoru procházejícím chladičem. Spodní část odlučovače oleje je pak kapilárou spojena se sáním kompresoru. Kompresor si tak stále dokola přisává olej, který je z něj unášen chladičem z výtlačku.



Obrázek č. 26 Odlučovač oleje (foto: Oliva)

Srdcem okruhu je kompresor (obrázek č. 27), který nasává chladivo z tlakové láhve na vstupu zařízení a vhání je do tlakové láhve na výstupu ze zařízení.



Obrázek č. 27 Kompresor (foto: Oliva)

Jedním z posledních členů je kondenzátor, jenž s pomocí ventilátoru odebírá chladivu teplo (obrázek č. 28). Toto teplo vzniká při průchodu kompresorem, kde je chladivu zvýšen tlak a teplota jako u klasického chladicího zařízení. Kondenzátor s ventilátorem snižují tlak a teplotu a tím ulehčují práci, kterou musí vyvíjet kompresor k natlačení chladiwa do tlakové láhve na výstupu zařízení.



Obrázek č. 28 Kondenzátor s ventilátorem (foto: Oliva)

Jako předposlední je umístěno opět průhledítko, které má stejnou funkci jako průhledítko na vstupu a to kontrolu, zda prochází plyn nebo kapalina (obrázek č. 29).



Obrázek č. 29 Průhledítko na výtlačné straně kompresoru (foto: Oliva)

Jako poslední je umístěna opět trojice servisních ventilků, z nichž je využit prozatím jeden z nich, viz obrázek č. 30. Na tomto servisním ventilku, je připojen vysokotlaký manometr, na němž pozorujeme tlak na výstupu ze zařízení. Také zde můžeme zjistit tlak v tlakové láhvi.



Obrázek č. 30 Trojice servisních ventilků před výstupem zařízení (foto: Oliva)

4.1.2 Postup při sestavování

V předchozí kapitole jsme se seznámili s částmi, které obsahuje odsávačka a v jakém pořadí jsou umístěny jednotlivé části v zařízení. V této kapitole si popíšeme vlastní postup při sestavování.

Už při prvotním návrhu odsávačky vyvstal problém, na co jednotlivé díly umístit. Nejprve jsem uvažoval o desce z PVC, jelikož by nezvyšovala hmotnost zařízení a práce s ní by byla jednoduchá. Tuto variantu jsem však zavrhl z důvodu výsledné váhy zařízení, která (jak jsem předpokládal) bude přesahovat 20 kg. Pouze kompresor váží necelých 12 kg. Pokud bych chtěl použít desku z PVC, musela by být velké výšky a to bylo finančně nevýhodné. Jako druhá varianta se nabízela deska z železa. Pokud by se zvolila výška materiálu, která by se pod tíhou jednotlivých dílů neprohýbala nebo nekroutila, zvýšila by citelně hmotnost zařízení. Také práce s touto deskou, kdy by bylo potřeba jednotlivé díly pevně

připevnit k podkladu, by byla náročná. Jako poslední možnost, jež jsem nakonec využil, byla deska z dřevotřísky. Tuto desku lze snadno pořídit v jakémkoli hobby marketu a také je její cena přijatelná. Na tuto desku byly postupně umísťovány jednotlivé komponenty. Její finální rozměry se upravovaly až jako poslední, jelikož jsem na začátku nevěděl přesnou velikost základny. V průběhu stavby se totiž některé díly přidávaly a přesouvaly tak, aby bylo ušetřeno co možná nejvíce místa. Co nejmenší rozměr zařízení byl také jeden z požadavků, jež jsem si na začátku stavby stanovil, jelikož toto zařízení mělo být mobilní. Pokud by bylo velice rozměrné, byla by s ním obtížná manipulace na aplikacích v různých částech Královehradeckého a Pardubického kraje.

Celé propojovací potrubí je umístěno nad podkladovou deskou a je k ní přiděláno pomocí topenářských úchytek obrázek č. 31. Ty jsou k desce připevněny na pevno pomocí závitové tyče, která je k desce přišroubována matkami z vrchní a spodní strany desky.



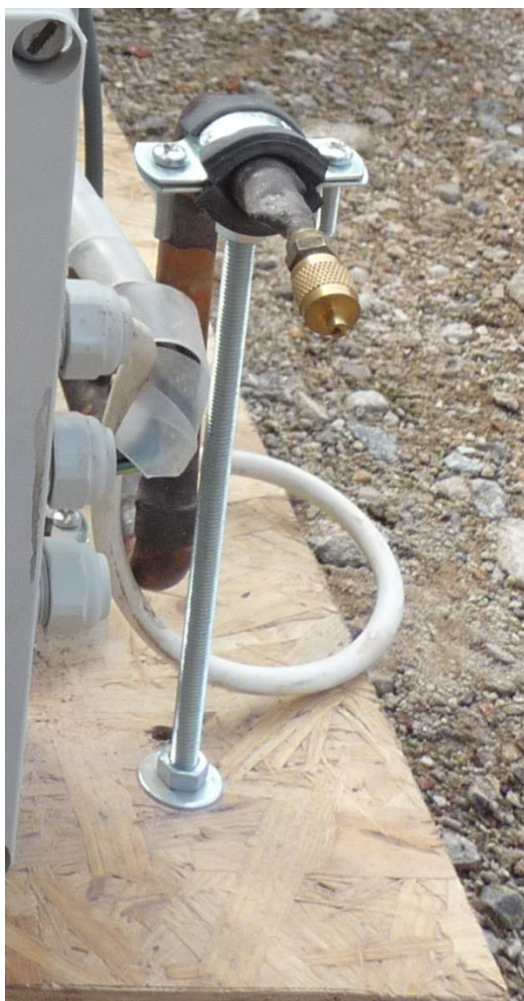
Obrázek č. 31 Uchycení potrubí pomocí topenářských úchytek (foto: Oliva)

Potrubí je v místech uchycení opatřeno gumovými výplněmi, viz obrázek č. 31. Tyto výplně mají za úkol chránit potrubí před nežádoucími vlivy, jež vznikají při přepravě. Pokud je totiž zařízení přepravováno, nelze zamezit nežádoucím vibracím odsávačky ve vozidle. Dále při provozu odsávačky vznikají vibrace, jež

způsobuje chvění kompresoru, a to se předává dále do okruhu. Pokud by tyto gumové ochrany nebyly instalovány, mohlo by, zvláště v případě, kdy je zařízení často přemísťováno, dojít k perforaci potrubí jeho prodřením. Tato závada se vyskytuje i u stacionárních chladících zařízení, kde dochází k prodření potrubí, zejména při špatně zvolené trase propojovacího potrubí u splitových klimatizačních jednotek. Zároveň musí mít měděné potrubí možnost pohybovat se v těchto úchytech o určitou délku. Tento požadavek je nutné zajistit kvůli délkové roztažnosti kovů. Jelikož teplota potrubí se v závislosti na cyklu okruhu mění z teplot například -5°C na $+80^{\circ}\text{C}$. Délková roztažnost je v našem zařízení téměř zanedbatelná z důvodů malé délky potrubí, avšak i tak jsem proti tomuto jevu potrubí chránil. Jakýkoliv unik chladiva z perforovaného potrubí by byl nežádoucí a způsobil by jednak negativní vliv na životní prostředí, ale také ztrátu finanční.

Poté, co jsem vyřešil, z jakého materiálu bude podkladová deska a uchycení potrubí, přišlo na řadu předběžné rozmístění komponentů tak, aby byly zajištěny tři požadavky. První požadavek, který jsem si kladl, bylo uspořít co nejvíce místa, a tudíž zařízení udělat na co nejmenším možném půdorysu. To z důvodu manipulace a přepravy. Druhý požadavek byl takový, aby bylo zařízení možné pospojovat do jednoho celku, jelikož jsem různé části sestavoval odděleně, jak je popsáno níže, a jejich konečné sestavení by při přílišném „namačkání“ k sobě mohlo způsobit obtížné svařování. Třetím požadavkem bylo, aby byl zajištěn přístup k jednotlivým prvkům. Jelikož je nutné, aby byl dobrý přístup k manometrům, presostatům, servisním ventilkům atd. Může se totiž stát, že bude potřeba jejich výměna nebo kontrola, zda pracují správně.

Poskládal jsem si tedy předběžně jednotlivé prvky tak, abych ušetřil co nejvíce místa, ale zároveň měl dostatek prostoru na jejich montáž. Hned na začátku jsem zjistil, že pro pohodlnou obsluhu bude nutné vstupní a výstupní ventilký umístit vyvýšeně nad základní deskou, viz obrázek č. 32. Proto jsem jejich výšku zvolil 20 cm nad podkladovou deskou.



Obrázek č. 32 Výstupní ventilek (foto: Oliva)

Dále bylo nutné zajistit bezpečný přívod kabelů do elektrického rozvaděče. Přívod jsem zvolil z boční strany, a to z pravé i levé strany podle toho, k jakému prvku budou přivedeny, viz obrázek č. 33.



Obrázek č. 33 Elektrický rozvaděč, ovládací panel (foto: Oliva)

Z pravé strany elektrického rozvaděče jsou vývodky s přívodními kabely pro vysokotlakou ochranu a kompresor. Na levé straně je připojena nízkotlaká ochrana, elektromagnetický ventil, ventilátor a přívodní kabel. Dále bylo nutné před svářením vymyslet, kam umístit manometry a nízkotlakou a vysokotlakou ochranu tak, aby nestála v cestě propojovacímu potrubí. Umístění nízkotlakého a vysokotlakého manometru bylo celkem jasné, jelikož na tyto dva prvky musí být i při zakrytovaném zařízení vidět. Nejdříve jsem je chtěl umístit na závitovou tyč přišroubovanou k podkladové desce. Tuto možnost jsem však nepoužil a využil jsem elektrického rozvaděče, do kterého jsem oba manometry upevnil, viz obrázek č. 34.



Obrázek č. 34 Umístění manometru nízkého a vysokého tlaku (foto: Oliva)

Elektrický rozvaděč je také pevně spojen s podložkou, tudíž nehrozí poškození manometrů nebo propojovacích kapilár, ve kterých proudí chladivo neopatrným zacházením. Oba presostaty (nízkotlaký i vysokotlaký) jsem umístil za elektrický rozvaděč na ocelové profily ve tvaru „L“, které jsou ještě trochu ohnuty směrem ke kratší straně profilu, viz obrázek č. 35. Toto ohnutí je z důvodu následné kontroly, na jaké hodnoty jsou presostaty nastaveny a možnosti tyto údaje přenastavit.



Obrázek č. 35 Umístění nízkotlakého a vysokotlakého presostatu (foto: Oliva)

Poslední dvě věci, které bylo nutné pevně spojit s podkladovou deskou, byl kompresor a kondenzátor s ventilátorem. Kompresor je ukotven pomocí šroubů a z důvodů eliminování vibrací, jež se vytváří při běhu kompresoru, jsou mezi deskou a kompresorem umístěny silentbloky, viz obrázek č. 36. Skrz tyto silentbloky a úchyty na nohách kompresoru jsou protaženy šrouby, jež jsou přišroubovány k desce.



Obrázek č. 36 Silentbloky kompresoru (foto: Oliva)

Posledním prvkem, u kterého bylo nutné vyřešit uchycení, byl kondenzátor obrázek č. 37. Tento člen však neměl žádné pomocné úchyty, jelikož v původním zařízení byl připevněn v plastovém výlisku, který byl vyroben "na míru" výrobcem. Tento výlisek nemohl být využit z důvodu, že se jednalo o rozměrově velkou část. Jeho velká část byla totiž využita jako kryt zařízení. Jednalo se tudíž o komplet držáku kondenzátoru a krytu zařízení. Po několika marných pokusech o co nejlepší připojení kondenzátoru, se jevila jako nejschůdnější varianta dvou závitových tyčí, které jsem připevnil k podkladové desce. Jejich délka je souhlasná s výškou kondenzátoru. Umístil jsem je do těsné blízkosti kondenzátoru po obou stranách a tím vytvořil jakési vodící tyče. Kondenzátor jsem k nim poté připevnil zdrhovacími páskami. Poté, co jsem kondenzátor takto připevnil, byl lehce nestabilní ve směru dopředu-dozadu. Při manipulaci s deskou se kýval. Tento problém se vyřešil tím, že jsem za kondenzátor umístil ventilátor a tím se zvýšila plocha podstavy. Kondenzátor sám o sobě byl úzký a tak se kýval. Ventilátor jsem připevnil také k závitovým tyčím.



Obrázek č. 37 Připevnění kondenzátoru a ventilátoru k podkladové desce (foto: Oliva)

Jediné zbytečně volné místo z pohledu pozorovatele je mezi kompresorem a kondenzátorem. Tento volný prostor je zde proto, aby docházelo k dostatečnému nasávání okolního vzduchu ventilátorem a tím k dobrému chlazení chladiva v kondenzátoru.

4.1.3 Pájení

V této fázi jsem měl připraveny všechny součástky na podkladové desce. Tím jsem měl rozvrženo, kde budou umístěny, a již jsem věděl přibližné rozměry podstavy odsávačky. Také jsem měl vyřešeny problémy s připevněním součástek na pracovní desku. V této fázi výroby jsem všechny členy opět odmontoval, jelikož

pro následné letování a kompletování bylo jednodušší jednotlivé části letovat odděleně a poté vše spojit dohromady.

Z konstruování jednotlivých části okruhu mám pouze dvě fotografie, které jsem vyfotil na mobilní telefon, jelikož dokumentaci, kterou jsem vedl při sestavování, jsem měl umístěnou na fotoaparátu, který mi byl bohužel před dokončením odsávačky odcizen i s průběžnými fotografiemi.

Na řadu tedy přišlo letování. Okruh jsem si předem rozdělil na několik částí, které jsem letoval odděleně a až poté jsem je svařil k sobě. To z důvodu lepší manipulace a ulehčení práce. Před zahájením samotného letování je potřeba si vždy nachystat několik důležitých věcí. Jelikož pracujeme s plamenem o teplotě cca 750° C obrázek č. 38 je nutné dbát zvýšené pozornosti na jakékoliv věci v okolí pracovní plochy, které by mohli vzplát a způsobit požár. Je vždy nutné připravit si mokrou látku, a vědro s vodou.



Obrázek č. 38 Plamen autogenu (foto: Oliva)

Poté jsem měl vždy po ruce malý příruční hasicí přístroj, pro případ vzplanutí. Abych ochránil nejen věci okolo mě, ale i sebe, používal jsem ochranné rukavice. V minulosti jsem ochranné rukavice nepoužíval a vždy si pájené věci přidržoval pouze v kleštích nebo jinak zafixované. Poté, co jsem si způsobil popáleninu druhého stupně na ruce, bez nich nepracuji. Také jsem nemohl pájet na podkladové desce, jelikož je z dřevotřísky a při chvilkovém působení plamene by vzplála. Při sváření jsem používal jako podkladovou plochu dvě dlaždice o rozměru 50x50cm umístěné na dřevěné podlážce. Pájel jsem „na tvrdo“ a jako pájku jsem používal pájku s obsahem stříbra menším než 20%.

Jako zdroj tepla jsem používal svářecí soupravu se směsí propan butanu a kyslíku obrázek č. 39.



Obrázek č. 39 Svářecí souprava propan butan – kyslík (foto: Oliva)

Před samotným svářením je nutné vždy zkontrolovat těsnost všech šroubových spojů a hadic, jež jsou připojené na tlakové láhve a hořák. Svářecí soupravu musíme vždy přesunout od místa, kde budeme následně svářet. Pokud by totiž došlo k úniku propan butanu, mohlo by dojít k požáru nebo výbuchu. Pro zapálení plamene jsem používal zapalovač na autogen GCE. Tento zapalovač je pouhým škrtdátkem, jež hází jiskru. Díky této jiskře dojde k zapálení propan butanu a poté pomocí ventilů na hořáku regulujeme množství vypouštěného propan butanu, do kterého přimícháváme kyslík. Tento poměr regulujeme tak, abychom získali barvu plamene do modra (obrázek č. 38). Ostrost plamene regulujeme množstvím přiváděného propan butanu a kyslíku. Pokud bychom pájeli například kapiláru s velice ostrým plamenem, došlo by během malé chvíle k roztavení mědi a nevratnému poškození. Na druhou stranu, pokud bychom použili malý plamen na měděné potrubí širších průměru, nebo bychom prováděli pájení v místech s velkým odvodem tepla například na kondenzátoru, nedošlo by k dostatečnému prohřátí materiálu a provedení kvalitního spoje. Po provedení těchto bezpečnostních opatření před každým zahájením pájení jsem začal pájet jednotlivé úseky.

Samotné svařování jsem si rozdělil do několika, sekcí, jak již bylo zmíněno výše. Nejdříve jsem pájel vstupní a výstupní ventilk. Ty bylo nutné napájet na potrubí o průměru 16 mm, průměr měděného potrubí na ventilk je pouhých 6 mm. Vždy před samotným pájením dvou měděných částí bylo nutné tyto části očistit čistícím roumem na měděné potrubí, viz obrázek č. 40.



Obrázek č. 40 Měděná trubka očištěná pomocí rouna (foto: Oliva)

Dále bylo nutné, (poté co jsem zkrátil potrubí na požadovaný rozměr řezákem) z měděného potrubí odstranit část mědi, jež vznikla při řezání (obrázek č. 41). Pokud bych tak neučinil, mohlo by dojít k uvolnění špony mědi při provozu odsávačky do okruhu a vniknutí této špony do kompresoru zařízení, což by ho mohlo poškodit.



Obrázek č. 41 Krácení potrubí pomocí řezáku na měděné potrubí (foto: Oliva)

Po očištění a odstranění špony po řezání jsem mohl začít pájet. Jako první jsem tedy letoval vstupní a výstupní ventilký (obrázek č. 23). Z ventilků se vždy před samotným letováním musí vyšroubovat vnitřní část, která obsahuje silikonové těsnění, to by se při letování poškodilo a ventilek by byl nepoužitelný, nebo by se tato vnitřní část musela vyměnit.



Obrázek č. 42 Ukázka pájení měděných komponentů (foto: Oliva)

Poté, co jsem měl vstupní a výstupní ventilký vyredukovány na potrubí o průměru 16 mm, připájel jsem na opačné konce měděnou tvarovku o úhlu 90°. Na tuto tvarovku je přiletováno potrubí o délce 15 cm a další 90° tvarovka. Z této druhé tvarovky je potrubí připojeno na dvě tvarovky o úhlu 90° přičemž jsou spojeny krátkou trubkou o délce 5 cm a zde je utvořena „vracečka“ o 180°. Před touto „vracečkou“ jsou na potrubí umístěny tři servisní ventilký. Jeden na nízkotlaký manometr, druhý na nízkotlakou ochranu a třetí ponechán volný pro možnost připojení libovolného členu, viz obrázek č. 23. Před samotným pájením ventilků do potrubí je potřeba do potrubí vyvrtat díru o průměru 6mm. Tento průměr je shodný s průměrem druhého konce ventilků. Díra nesmí být příliš velká. Pokud by v ní byl ventilek moc na volno, mohlo by dojít ke kapání roztavené pájky do potrubí místo ulpívání na místě sváru. Jestliže by vnikla pájka do spojovacího potrubí, mělo by to stejný následek jako špona. Mohlo by dojít k poškození kompresoru. Napájením „vracečky“ byla ukončena první sekce.

Dále jsem začal s pájením elektromagnetického ventilu. Při samotném pájení musí být cívka odstraněna. To se provede vytažením ze středového kolíku za použití jemné síly. U tohoto typu elektromagnetického ventilu je cívka nacvaknuta na středový kolík. U jiných typů postačí pouze odšroubovat čepičku a

elektromagnet vysunout. Před pájením je nutné středový kolík chránit před teplem, aby nedošlo k poškození vnitřní části. Tato ochrana se může provést dvěma způsoby. První způsob je odšroubování středové části, která je přichycena pomocí čtyř šroubů, s hvězdicovou hlavičkou, viz obrázek č. 24. Druhý způsob, který jsem využíval já při pájení elektromagnetického ventilu, je středový kolík a tělo zabalit do mokré látky. Při pájení se tak tělo ochlazuje odpařováním vody a nedojde k jeho poškození. Elektromagnet je spojen přes 90° tvarovku s průhledítkem. Toto první průhledítko nelze žádným způsobem rozšroubovat na rozdíl od druhého typu (viz obrázek č. 29). Proto je potřeba ho také chladit. Samotné chlazení se provádí obdobným způsobem jako v případě těla elektromagnetu. Je to z důvodu, aby nedošlo k poškození vnitřního indikačního papírku nebo prasknutí krycího skla. Chlazení takto choulostivých částí můžeme podpořit gelem zabráňujícím průchodu tepla dále do materiálu. Při chlazení průhledítka jsem využil gel od firmy Fermit s názvem Thermostop. Tento gel jsem aplikoval na sklo průhledítka a jeho okolí a dále ho zabalil do vlhké látky. Tato ochrana je dostačující a nedojde tak k jeho zničení. Po sestavení prvních dvou částí jsem konstruoval zásobník chladiva, viz obrázek č. 26. Ten, jak je již popsáno výše se skládá ze dvou „nádrží“. Na obou nádržkách je naletována 90° tvarovka, jež ústí na horní a dolní straně do tvarovky tvaru T. Tato tvarovka ho spojuje v jeho horní a dolní části. Dolní část bude posléze spojena s průhledítkem a horní část bude pokračovat do kompresoru. Zásobník chladiva jsem také svařil zvláště kvůli množství spojů.



Obrázek č. 43 Elektromagnetický ventil, průhledítka a zásobník chladiva (foto: Oliva)

Poté přišel na řadu kompresor. U kompresoru je nutné chladit jeho tělo z důvodu možného vznícení oleje. Pokud by k tomuto zažehnutí došlo, způsobilo by to nejen zničení kompresoru, ale také možný vznik nebezpečných spalin a případnou inhalaci. Před sáním kompresoru je přiletován ventilek, který bude posléze využit na propojení odlučovače oleje a sání kompresoru. Na potrubí výtlačku kompresoru je umístěn další servisní ventilek, který bude sloužit na propoj s vysokotlakým presostatem. Z kompresoru dále potrubí ústí do odlučovače oleje (obrázek č. 26). Ten má tři vývody. V jeho nejspodnější části je umístěn ventilek na propojení se sáním kompresoru. Přibližně v půlce odlučovače je umístěn vývod na sání z kompresoru a v nejvrchnější části pak potrubí dále pokračuje do kondenzátoru. Na kondenzátor jsou použity dva původně samostatné kondenzátory (obrázek č. 28). Pro zvětšení plochy jsem použil dva kondenzátory a ty zapojil do série. Ve spodní části vzdálenějšího kondenzátoru od kompresoru, tedy blíže k ventilátoru, je připojen výtlačk z kompresoru. V jeho horní části je zhotoven propoj do druhého kondenzátoru (obrázek č. 44). V jeho spodní části ústí vývod, který pokračuje do druhého průhledítka.



Obrázek č. 44 Boční pohled na kondenzátory (foto: Oliva)

Toto průhledítko je připojeno do okruhu pomocí šroubového spoje, viz obrázek č. 29. Využití šroubového spoje je využito také u kapilár, které ale mají již matku a pertl od výrobce. U průhledítka jsem musel pertl vytvořit pomocí sady na výrobu pertlů, viz obrázek č. 45. Po vytvoření pertlu jsem umístil mezi matku a závit průhledítka těsnící pastu. Tato pasta se používá z důvodů eliminace možných netěsností. Po nanesení pasty na závit průhledítka a utažení spoje se již nesmí s daným spojem manipulovat. Pasta po zaschnutí vytvrdne a po následném pokusu o dotažení spoje by se poškodila její struktura a celistvost. Takto porušená těsnící pasta by ztratila svoje těsnící schopnosti.



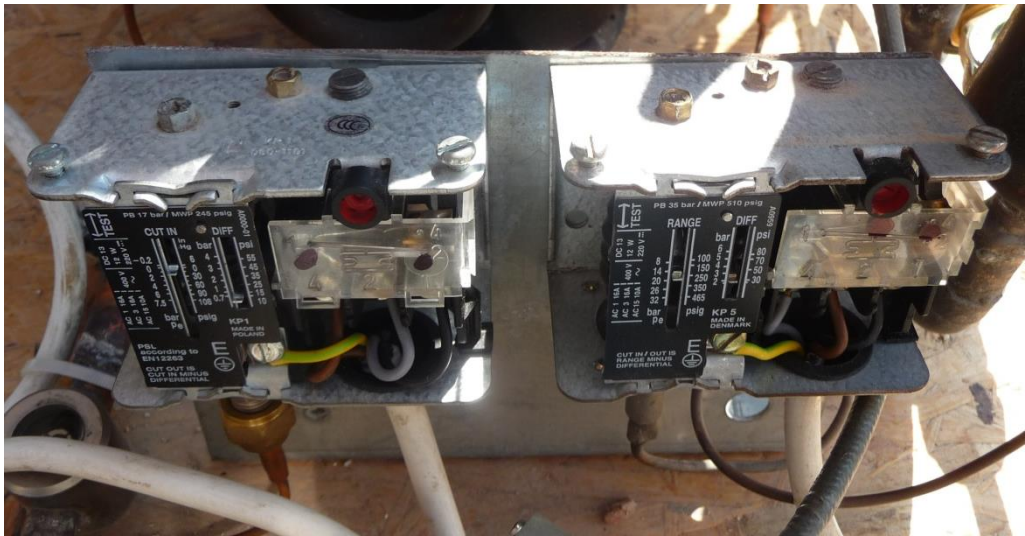
Obrázek č. 45 Výroba pertlu na měděném potrubí (foto: Oliva)

Na průhledítko navazuje trojice ventilků, jež tvoří předposlední část okruhu odsávačky. Postup připojení je obdobný jako u předchozí trojice ventilků. Dva z nich jsou ponechány jako volné a jeden je využit na manometr vysokého tlaku. Posledním prvkem zakončujícím okruh odsávačky je ventilek určen pro připojení hadice na výstup z okruhu, jež je napojen dále na tlakovou láhev, do které odsáváme chladivo. V této fázi jsem měl sestrojeny všechny dílčí části okruhu, které jsem pouze připájel k sobě, a mechanická část byla hotova. Poté jsem vše připevnil do předem připravených úchytů na podkladové desce.

4.1.4 Elektrické zapojení odsávačky

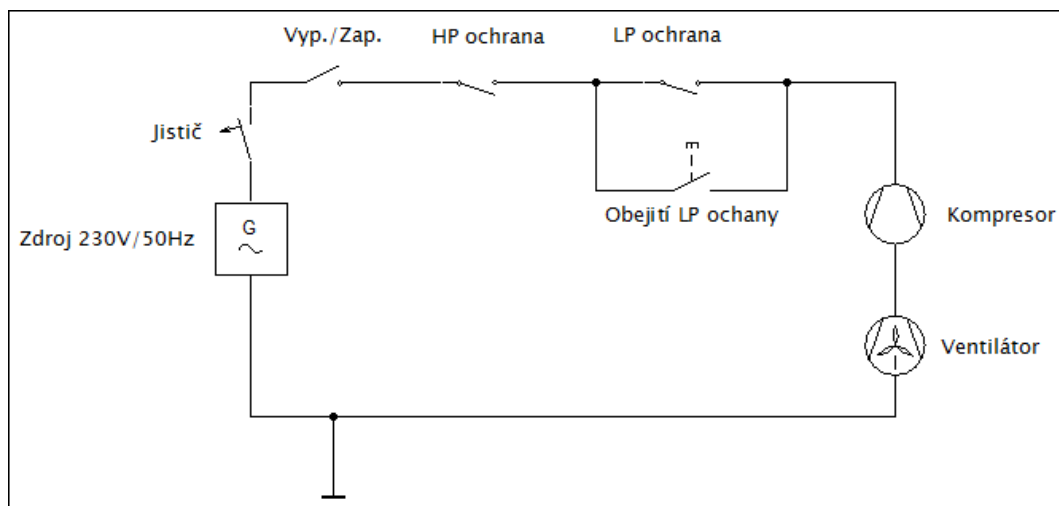
Po sestrojení mechanické části, (viz předešlá kapitola) jsem začal oživovat elektrickou část odsávačky. U elektrického zapojení je nutné dbát na správnost

zapojení nízkotlakých a vysokotlakých ochran, které zabraňují poškození zařízení a také zajišťují ochranu obsluhy, viz obrázek č. 46.



Obrázek č. 46 Nízkotlaká a vysokotlaká ochrana (foto: Oliva)

V tabulce č. 4 je seznam elektrických prvků v obvodu. Na obrázku č. 47 je znázorněno elektrické schéma obvodu.



Obrázek č. 47 Elektrické schéma obvodu odsávačky (foto: Oliva)

Elektrické zapojení obvodu není nikterak složité, avšak je důležitá jeho správnost. Zařízení se do elektrické sítě připojuje pomocí klasické vidlice, která pokračuje přes průchodku do rozvaděče. Všechny elektrické prvky zapojené v obvodu ústí do rozvaděče, jehož rozměry jsou š 19 x d 25x v 17 cm. Tento

rozvaděč má odnímatelné přední víko, jež je přichyceno k tělu pomocí čtyř plastových šroubů. To zajišťuje snadný přístup do zařízení, při potřebě manipulace s elektroinstalací. V rozvaděči je umístěn jistící prvek, svorkovnice, rozběhový kondenzátor a ve víku rozvaděče přepínač vypnutí a zapnutí zařízení, tlačítko na obejití nízkotlaké ochrany a dvě kontrolky pro signalizaci aktivace nízkotlaké nebo vysokotlaké ochrany. Zapojení elektrického obvodu je kromě tlačítka obejití nízkotlaké ochrany celé do série. Toto tlačítko je jako jediné zapojeno paralelně s nízkotlakým presostatem. Tento prvek tam je z toho důvodu, aby měl uživatel možnost aktivovat zařízení i v případě, že je aktivní nízkotlaká ochrana. Ta je totiž nastavena na hodnotu 0,5 bar. Pokud chce uživatel odsát všechno chladivo z tlakové láhve na vstupu zařízení a dostat se tudíž pod hodnotu tlaku 0,5 bar na vstupu zařízení, je nutné, aby držel tlačítko. Pokud ho pustí, zařízení se opět vypne. Tím je zajištěna přítomnost obsluhy při této operaci.

Elektrický obvod zobrazený na obrázku č. 47 je odjištěn jističem B 16A/1. Elektrický obvod dále pokračuje přes přepínač Vyp./Zap. na první kontrolní mechanismus a tím je vysokotlaká ochrana. Její mechanická část je spojena kapilárou na výtlaku z kompresoru. Pokud je tlak vyšší než hodnota nastavená na stupnici, v tomto případě 18 bar dojde k rozeptnutí kontaktu a ten přeruší přívod elektrického proudu dále do obvodu. Pokud k tomuto stavu dojde, kontakt, který rozeptnul, se překlápí do druhé polohy a spojí obvod, ve kterém je umístěna kontrolka na přední straně rozvaděče. Tato kontrolka tak informuje obsluhu o vzniklé poruše. Na stejném principu je pak do obvodu zapojena i další část a to nízkotlaká ochrana. Ta reaguje na překročení minimální nastavené hodnoty. V našem případě na hodnotu 0,5 bar. Pokud tlak na vstupu zařízení, jež je propojen kapilárou na nízkotlaký presostat, klesne pod hodnotu 0,5 bar, zařízení odstaví a rozsvítí se kontrolka informující o nízkém tlaku na sací straně. Tento kontrolní bod lze obejít z důvodu, který je popsán výše. Dále elektrický obvod pokračuje přes svorkovnice kompresoru a ventilátoru. Tyto dva prvky musí běžet současně z důvodu nutnosti chlazení par chladiva. Celé zařízení včetně propojovacího potrubí a jednotlivých prvků jsou uzemněny.

4.1.5 Uvedení do provozu a vyskytnuté závady

Po zapojení elektrického obvodu, připojení okruhu na podkladovou desku a kontrole správnosti zapojení přišla na řadu první zkouška provozu. Po připojení vstupní a výstupní tlakové láhve bylo jako první nutné vyzkoušet a ověřit funkčnost nízkotlaké a vysokotlaké ochrany. Nízkotlakou ochranu jsem testoval tím způsobem, že jsem uzavřel ventil na vstupní tlakové láhvi a sledoval na nízkotlakém manometru, zda a při jakém tlaku se odsávačka automaticky odstaví od provozu. Při uzavření vstupního ventilu a zapnutí odsávačky se při prvním pokusu nespustil kompresor. Při hledání problému, který by tuto závadu mohl způsobovat, byl zjištěn vadný rozběhový kondenzátor. Tento kondenzátor byl použit z již vyřazeného zařízení. Nahradil jsem ho tedy stejným kondenzátorem avšak novým. Po této výměně jsem znovu spustil odsávačku s uzavřeným vstupním ventilem. Po zapnutí se odsávačka zapnula. Rozběhl se kompresor s ventilátorem, také se otevřel elektromagnetický ventil a tlak na sání kompresoru začal klesat. Tlak, který jsem pozoroval na nízkotlakém manometru, dosáhl hodnoty 0,8 bar a zařízení bylo odstaveno nízkotlakou ochranou a rozsvítila se kontrolka signalizující poruchu. Jelikož mým požadavkem bylo, aby se zařízení odstavilo, až na hodnotě 0,5 bar bylo nutné upravit hodnotu na nízkotlakém presostatu. Po snížení této hodnoty jsem pokus znovu opakoval a při dosažení 0,5 bar na sání kompresoru se odsávačka vypnula. Ověření této ochrany bylo tedy vyzkoušeno a fungovala správně.

Na řadu přišlo ověření funkce vysokotlaké ochrany, která je velice důležitá z důvodu ochrany nejen zařízení, ale také obsluhy. Nízkotlakou ochranu jsem nastavil na hodnotu nižší, než jsem poté požadoval z důvodu, že pokud by nefungovala správně, mohl jsem zařízení vypnout při menším výstupním tlaku. Otevřel jsem tedy vstupní ventil a naopak zavřel výstupní ventil. To způsobí nasávání chladiva do odsávačky, které se bude hromadit v kondenzátoru, jelikož nebude mít kam pokračovat dále a na výstupu z odsávačky se začne zvyšovat tlak a teplota. Zkušební tlak jsem nastavil na hodnotu 11 bar. Chladivo, které jsem přečerpával, bylo R 407C. Tlak 11 bar odpovídá teplotě chladiva 30,7°C. Kritická teplota tohoto chladiva je 87°C což odpovídá 43,15 bar. Po zapnutí odsávačky jsem pozorně sledoval vysokotlaký manometr, jenž se měl zastavit na hodnotě 11 bar.

Po dosažení hodnoty výstupního tlaku 11 bar se na vysokotlaké straně dále zvyšoval tlak. Po dosažení hodnoty 14 bar jsem odsávačku vypnul, jelikož bylo zřejmé, že vysokotlaká ochrana nefunguje správně. Nejprve jsem hledal problém v elektroinstalaci, jelikož tam jsem předpokládal nejpravděpodobnější možnost chyby. Po kontrole v zapojení, které bylo správné, jsem prověřil manuálně, zda vysokotlaký presostat funguje. Tuto funkci lze ověřit pomocí šroubováku a měřáku. Šroubovákem zatlačíme na plošku, která je spojena s pružinou, na kterou je vyvíjen tlak, jenž je v kapiláře. Po zatlačení na tuto plošku došlo k sepnutí kontaktu, což jsem ověřil pomocí multimetru. Kontakt tedy fungoval také správně. Problém nastal až ve chvíli, kdy jsem přítlačnou plošku pustil. Ta se totiž měla vrátit do své původní polohy, tedy do polohy rozepnuto. To se však nestalo. Zjistil jsem, že pružina, která měla působit na kontaktní plochu a vracet jí zpět, byla prasklá. Jednalo se totiž o presostat demontovaný z vyřazeného chladícího zařízení, který byl delší dobu uskladněn. K poškození presostatu mohlo dojít například pádem při manipulaci. Presostat jsem vyměnil za nový a měření opakoval.

Po výměně jsem znovu spustil odsávačku a sledoval hodnotu na manometru. Při hodnotě 11 bar presostat odstavil kompresor a zařízení signalizovalo poruchu. Druhá ochrana tedy fungovala správně a mohl jsem jí nastavit na hodnotu 18 bar. Jako poslední bylo nutné provést kontrolu, zda tlačítko na obejití nízkotlaké ochrany funguje správně. Na zařízení jsem tedy zavřel ventil na vstupu a zapnul odsávačku. Při 0,5 bar se odsávačka vypnula z důvodu nízkotlaké ochrany. Po zmáčknutí tlačítka se opět spustila a odčerpávala chladivo ze sací strany. Pokud jsem tlačítko pustil, odsávačka se vypnula. Tento prvek pracoval správně. Odsávačka tedy po odstranění problémů vytvořených nesprávnou funkcí několika elementů byla schopna provozu.

4.1.6 Porovnávací měření

Po provedení prvního zkušebního pokusu, kdy jsem ověřil správnou funkčnost zařízení, a byly nasimulovány jevy, jež mohou nastat, jsem provedl měření. Toto měření spočívalo v odsávání 10 kg chladiva R 134a z jedné tlakové láhve do druhé.

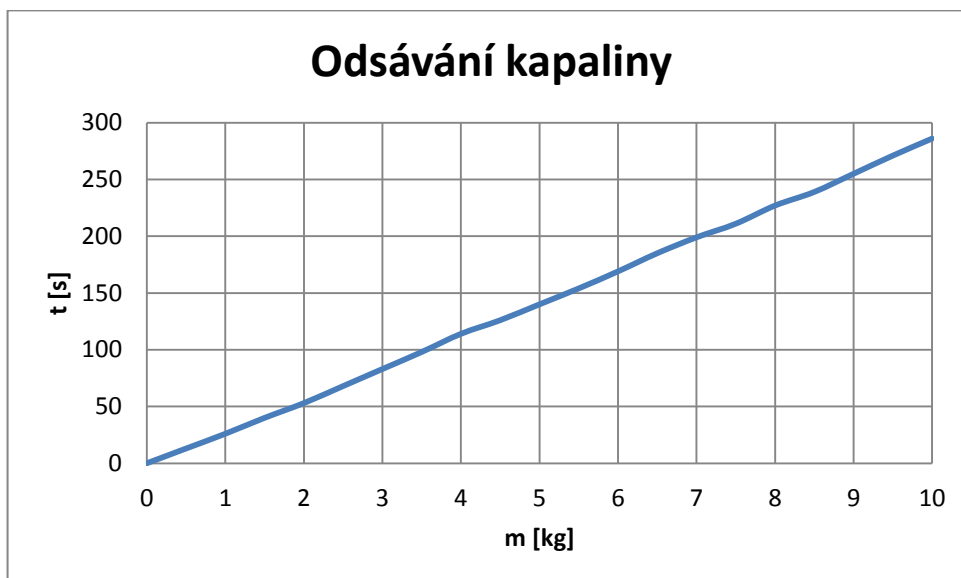
Při měření jsem odečítal čas vždy při přičerpání 0,5 kg chladiva z tlakové láhve umístěné na výtlaku odsávačky. Měření jsem prováděl jak pro přečerpávání kapalného, tak pro přečerpávání plynného chladiva. Toto měření jsem provedl pro mnou sestavenou odsávačku a výsledky jsem porovnal s profesionální odsávačkou značky Inficon Vortex Dual, se kterou jsem udělal totožné měření za stejných podmínek. Profesionální odsávačka přečerpá podle údajů v katalogu výrobce 2,29 kg za minutu kapalného chladiva a 0,21 kg za minutu plynného chladiva. Její váha je 13,5 kg a maximální tlak, při kterém je odstavena, je 37,92 bar.

Kapalina		Plyn	
m [kg]	t [s]	m [kg]	t [s]
0	0	0	0
0,5	13	0,5	147
1	26	1	291
1,5	40	1,5	434
2	53	2	577
2,5	68	2,5	721
3	83	3	865
3,5	98	3,5	1006
4	114	4	1149
4,5	126	4,5	1294
5	140	5	1434
5,5	154	5,5	1582
6	169	6	1726
6,5	185	6,5	1870
7	199	7	2013
7,5	211	7,5	2156
8	227	8	2303
8,5	239	8,5	2447
9	255	9	2590
9,5	271	9,5	2735
10	286	10	2880

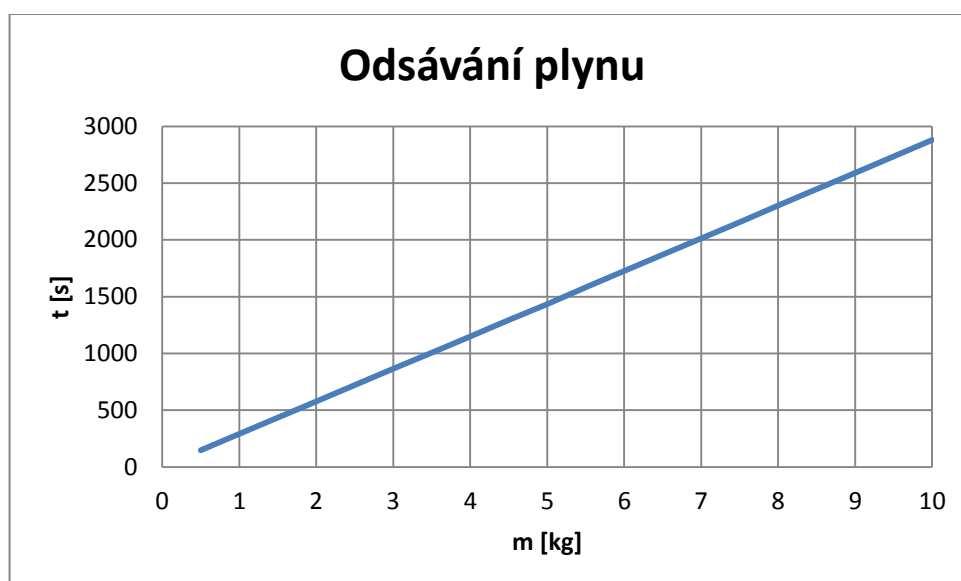
Tabulka č. 5 Měření s profesionální odsávačkou chladiva (vlastní zpracování)

Hodnoty z tabulky č. 5 jsem vynesl do grafů č. 1 a č. 2. Jako typ grafu jsem použil spojnicový bodový graf, kde jsem porovnával nárůst hmotnosti odčerpaného chladiva na čase, za který se chladivo odsálo. Graf jsem udělal jak pro odsávání kapaliny, tak pro odsávání plynu. Z grafu je zřejmé, že průběh odsávání je téměř

lineární. Doba, za kterou se odsaje 1 kg kapalného chladiva, je v průměru 28,6 s. Doba, za kterou se odsaje 1 kg plynného chladiva je v průměru 288 s (4,8 min).



Graf č. 1 Odsávání kapaliny profesionální odsávačkou (foto: Oliva)

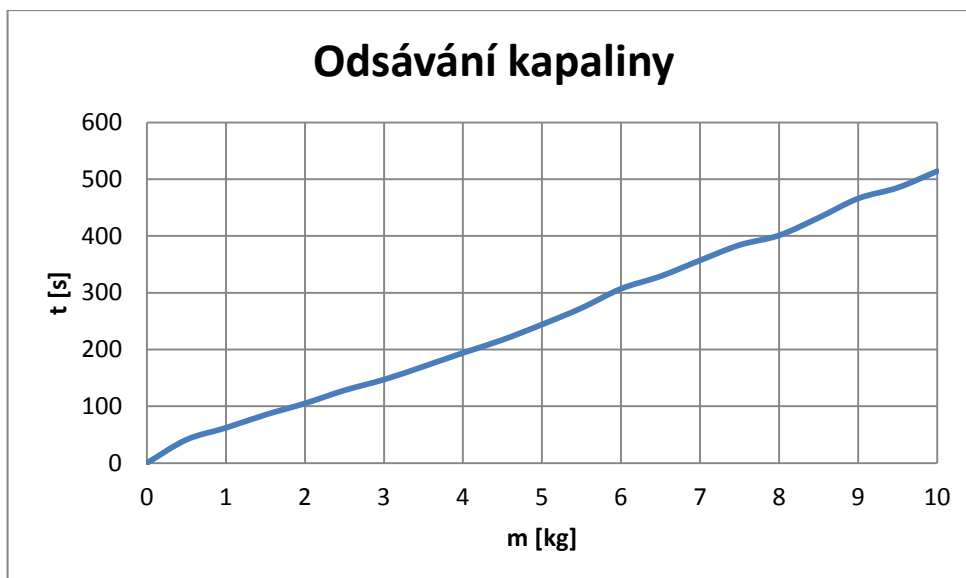


Graf č. 2 Odsávání plynu profesionální odsávačkou (foto: Oliva)

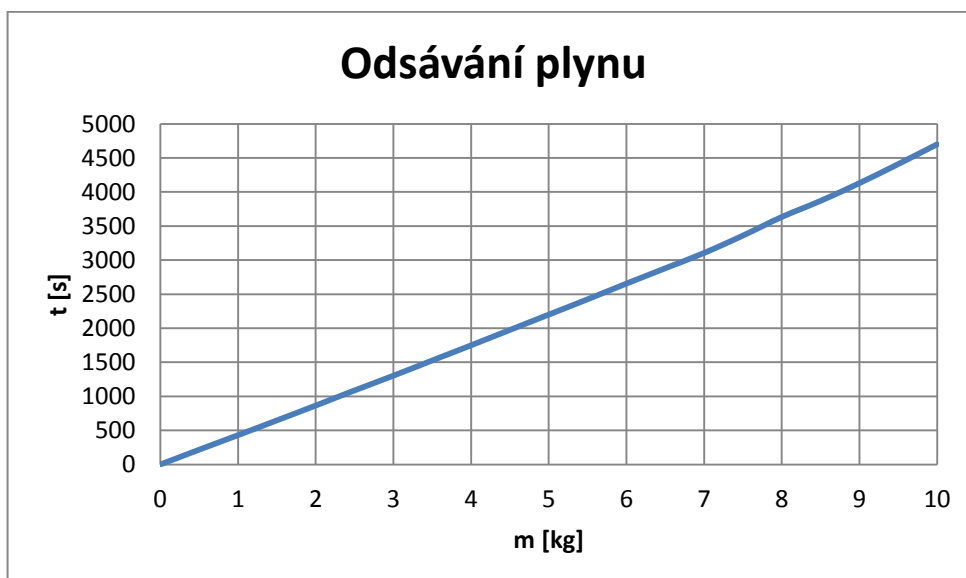
Druhé měření, jsem provedl se mnou sestavenou odsávačkou chladiva. Její váha je 27 kg a tlak, při kterém dojde k odstavení zařízení nastaven na hodnotu 18 bar. Tabulka č. 6 zobrazuje hodnoty naměřené pomocí mnou sestavené odsávačky. Z těchto hodnot jsem sestavil grafy č. 3 a č. 4.

Kapalina		Plyn	
m [kg]	t [s]	m [kg]	t [s]
0	0	0	0
0,5	41	0,5	215
1	62	1	430
1,5	85	1,5	647
2	105	2	865
2,5	128	2,5	1087
3	147	3	1303
3,5	170	3,5	1527
4	194	4	1749
4,5	217	4,5	1967
5	244	5	2182
5,5	273	5,5	2401
6	307	6	2620
6,5	329	6,5	2839
7	357	7	3053
7,5	384	7,5	3270
8	401	8	3501
8,5	432	8,5	3725
9	466	9	3950
9,5	485	9,5	4180
10	514	10	4410

Tabulka č. 6 Měření se mnou sestavenou odsávačkou chladiva (vlastní zpracování)



Graf č. 3 Odsávání kapaliny se mnou sestavenou odsávačkou (foto: Oliva)



Graf č. 4 Odsávání plynu se mnou sestavenou odsávačkou (foto: Oliva)

Z grafu č. 3 je zřejmé, že při odsávání kapaliny je průběh, lineární jako u případu, kdy jsem odsával plyn, viz graf č. 4. Doba, za kterou se odsaje 1 kg kapalného chladiva, je v průměru 54,1 s. Doba, za kterou se odsaje 1 kg plynného chladiva, je v průměru 441 s (7,35 min).

5 Závěr

V diplomové práci jsem v teoretické části přiblížil elementy, jež obsahuje chladicí okruh, a dále jsem zčásti popsal legislativu a povinnosti spojené s provozováním chladicího zařízení. Teoretická část je také okrajově věnována celosvětovému problému a to globálnímu oteplování. Z poznatků získaných při sestavování části diplomové práce o globálním oteplování vlivem chladících zařízení jsem narazil na skutečnost, že medium kolující v chladících zařízeních, tedy fluorované skleníkové plyny, přispívají ke globálnímu oteplování, avšak k tomuto efektu se připojují, pouze pokud dojde k jejich úniku do atmosféry. Při porovnání, jaký negativní vliv má obyčejný osobní automobil, je nutné se zamyslet, zda opatření spojená s nakládáním těchto plynů nejsou nepřiměřená. A to je zde porovnán pouze osobní automobil, kterých je na světě přes 1 miliardu. Dále je nutné přičíst kamionovou, leteckou, lodní a železniční dopravu. Také je potřeba se zamyslet nad vznikem elektrické energie potřebné pro provoz chladících a jiných zařízení, jež je v České republice vyráběna z největší části v uhelných elektrárnách. Všechny tyto odvětví v nemalé míře produkují látky přispívající ke globálnímu oteplování. Tato odvětví však nejsou kontrolována a sankcionována jako provozovatelé a odborní pracovníci nakládající s fluorovanými skleníkovými plyny.

V praktické části jsem konstruoval odsávačku fluorovaných skleníkových plynů pro servis chladících zařízení. Ve vzorovém měření jsem porovnával její účinnost s profesionální odsávačkou chladiva značky Inficon. Tyto dvě odsávačky mají obě lineární průběh odsávání. Pokud však porovnáme časy, za které jsou schopny odsávačky odsát chladivo, zjistíme zde značný rozdíl. Profesionální odsávačka odsaje 1kg kapalného chladiva za 28,6 s a plynného za 288 s naproti tomu mnou sestavená odsávačka odsaje 1 kg kapalného chladiva za 54,1 s a plynného za 441 s (tyto výsledné časy jsou průměrem hodnot dílčích časů při vzorovém měření). Z tohoto výsledku vyplývá, že profesionální odsávačka odsaje 1 kg kapalného chladiva cca 2x rychleji a 1 kg plynného chladiva 1,5x rychleji než mnou vyrobená odsávačka. Časy, za jak dlouho odsaje jedna nebo druhá odsávačka 1 kg chladiva, nelze aplikovat na všechny druhy chladiva. Tyto časy byly naměřeny na chladivu R 134a. Pokud bychom použili totožné podmínky, avšak chladivo R 410a, časy by mohly být zkráceny až o polovinu. Každé chladivo má totiž jiné vlastnosti, které

souvisí s jeho vypařovací a kondenzační teplotou. Poměr časů za, který bude chladivo odsáto profesionální odsávačkou a mnou vytvořenou bude však stejný. Dále musíme brát v úvahu, že podmínky, jež jsme vytvořili, byli téměř ideální. Tudíž nebylo odsáváno chladivo z nijak členitého a dlouhého potrubí, jak tomu v aplikacích na chladících zařízení bývá. Dále, pokud bychom odsávali větší množství chladiva, docházelo by k většímu zahřívání tlakové nádoby a tím také k nárůstu tlaku na výtlaku kompresoru. Tím by byla snížena jeho účinnost a čas, za který by se odsával, by byl prodloužen. Dále je čas prodloužen tím faktem, že při odsávání se strana na vstupu odsávačky ochlazuje a snižuje se tlak na vstupu. Také je zde faktor snižování tlaku na vstupu odsávačky tím, že nejdříve se z chladícího zařízení odsává kapalina, která však při snižování tlaku mění své skupenství a při určitém poklesu se mění na plyn. Tudíž čas, za který odsaje odsávačka 1 kg chladiva, se jak u profesionální tak u mnou vyrobené bude v průběhu odsávání prodlužovat.

Pro zlepšení času na odsátí 1 kg chladiva bych navrhoval několik úprav, které by mohly tento čas zlepšit. První úprava by byla výměna stávajícího ventilátoru za větší, který by odebíral více tepla z kondenzátoru a tím snižoval teplotu chladiva, přečerpávaného do tlakové láhve. Tím by se snížil tlak na výstupu zařízení a zkrátí se čas. Další možnou úpravou by byla výměna kondenzátoru za větší, čímž by se zvětšila plocha pro odvod tepla. Také by bylo možné vřadit do série ještě jeden kondenzátor pro zvětšení plochy. Tato úprava by měla podobný efekt jako v případě zvětšení výkonu ventilátoru. Přesné hodnoty však nelze před provedením úprav a provedení kontrolního měření stanovit. Poslední razantnější úpravou, kterou bych navrhoval provést, by byla výměna stávajícího kompresoru za výkonnější. Při této úpravě by však musely být provedeny i první dvě mnou navrhované úpravy, aby došlo k zajištění dostatečného ochlazení chladiva na výtlaku z kompresoru. Pokud by nedošlo ke zvětšení kondenzátoru a výměně ventilátoru za výkonnější, docházelo by k přehřívání kompresoru a jeho postupnému ničení. Tyto úpravy by měly pozitivní vliv na výkon odsávačky fluorovaných skleníkových plynů pro servis chladících zařízení.

Další navrhovanou úpravou by bylo zmenšení rozměrů a hmotnosti odsávačky. Jelikož rozměry této odsávačky jsou šířka 45 cm délka 85 cm a výška 45 cm. Její

váha činí 28 kg. Tyto rozměry a váha jsou pro přepravu a každodenní manipulaci nepohodlné. Pro přemístění odsávačky k chladicímu zařízení jsou potřeba dvě osoby, i když je odsávačka opatřena kolečky ze spodní strany podkladové desky. Ne vždy jsou chladicí zařízení umístěny na dobře přístupných místech. Dopravení této odsávačky například na střechu budovy po požárním žebříku je téměř nemožné. Tudíž jsem navrhl menší odsávačku, která ještě není dokončena, tudíž není možné udělat porovnávací měření první a druhé odsávačky. Předpokládané odhady na čas potřebný pro odsátí chladiva je dvojnásobný. Tudíž předpokládám, že 1 kg kapalného chladiva odsaje menší odsávačka za 108 s a plynného chladiva za 882 s. Na konstrukci této menší odsávačky jsem použil kompresor z vyřazené ledničky. Dále zde nebyly použity prvky, jako jsou průhledítka, elektromagnetický ventil a zásobník chladiva. Zůstaly zde zachovány ochranné prvky, kterými jsou nízkotlaký a vysokotlaký presostat. Čelní strana rozvaděče bude totožná. Bude zde umístěno tlačítko na zapnutí a vypnutí zařízení, obehnutí nízkotlaké ochrany a budou zde umístěny kontrolky na signalizaci poruchy nízkotlaké nebo vysokotlaké ochrany. Její předpokládané rozměry budou šířka 40 cm délka 45 cm a výška 30 cm. Váha by se měla pohybovat okolo 12 kg. Tyto rozměry a váha by měly být téměř srovnatelné s profesionální odsávačkou, avšak čas na odsátí 1 kg chladiva odhaduji na 4x pomalejší u kapalného chladiva a 3x pomalejší v případě odsávání chladiva v plynného.

Seznam použité literatury

ANDRÝS, Jan. ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ PRO ZKOUŠENÍ AUTOMOBILOVÝCH KLIMATIZACÍ. Core [online]. 2013 [cit. 2017-08-06]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/30308745.pdf>

ARMYTAGE, Walter. Oliver Evans. Encyclopaedia Britannica [online]. 2005 [cit. 2017-07-06]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Oliver-Evans>

Cenia. Nová auta plní limity pro emise CO₂ s dvouletým předstihem. Cenia [online]. 2013 [cit. 2017-08-05]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/node/554>

CÍLEK, Václav. Pašeráci freonů. Vesmír [online]. 1995 [cit. 2017-07-12]. Dostupné z: <http://casopis.vesmir.cz/clanek/paseraci-freonu>

DAVID, Petr. Kompresory pro tepelná čerpadla. Tzbinfo [online]. 2015 [cit. 2017-08-06]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-cerpadla>

DRKAL, František, Miloš LAIN a Vladimír ZMRHAL. Klimatizace. Praha: České vysoké učení technické, 2015, 133 s. ISBN 978-80-01-05652-3

Enacon. Kalkulačka pro výpočet ekvivalentu CO₂ pro chladiwa. Enacon [online]. 2017 [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <https://enacon.cz/vypocet-ekvivalentu-co2-pro-chladiwa/>

EUR-Lex. NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU). EUR-Lex [online]. 2014 [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0517>

European Commission. Příčiny změny klimatu. European Commission [online]. 2017 [cit. 2017-07-17]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/change/causes_cs

Fyzika 007. Druhý termodynamický zákon. Fyzika 007 [online]. 2005 [cit. 2017-06-27]. Dostupné z: <http://www.fyzika007.cz/struktura-a-vlastnosti-latek/druhy-termodynamicky-zakon>

HAVEL, Milan a VÁLEK, Petr. Fluoruhlodíky. Arnika [online]. 2014 [cit. 2017-07-22]. Dostupné z: <http://arnika.org/fluoruhlodiky-hfc>

HAVEL, Milan a VÁLEK, Petr. Perfluoruhlodíky. Arnika [online]. 2014 [cit. 2017-08-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/perfluoruhlodiky-pfc>

HORČÍK, Jan. Spočítejte si, kolik emisí CO₂ vyprodukuje Vaše auto. Ekoblog.cz [online]. 2014 [cit. 2017-07-19]. Dostupné z: <http://www.ekoblog.cz/?q=emise>

Chemical Heritage Foundation. Carl von Linde. Chemical Heritage Foundation [online]. 2015 [cit. 2017-07-23]. Dostupné z: <https://www.chemheritage.org/historical-profile/carl-von-linde>

Icera.cz. PRINCIPY CHLAZENÍ. Icera.cz [online]. 2017 [cit. 2017-07-17]. Dostupné z: <http://www.icerca.cz/principy-chlazení/>

Irz. Fluorované uhlodíky. Irz [online]. 2014 [cit. 2017-07-09]. Dostupné z: https://www.irz.cz/repository/latky/fluorovane_uhlovodiky.pdf

Irz. Fluorid sírový. Irz [online]. 2005 [cit. 2017-07-03]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/40>

JDK. Zkratky a pojmy z chlazení. JDK [online]. 2008 [cit. 2017-06-30]. Dostupné z: http://www.jdk.cz/system/files/ftp/ar_articles/AR002_CZ%2520Refrig_%2526_Terms.pdf

KaS. Výtah z Nařízení evropského parlamentu a rady (EU) č.517/2014. KaS [online]. 2014 [cit. 2017-06-30]. Dostupné z: http://www.kas.cz/dokumenty/vytah_517-2014.pdf

KASÍK, Pavel. Zima na přání byla drahá - první lednička stála jako dvě auta. Tchnet.cz [online]. 2007 [cit. 2017-08-06]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/zima-na-prani-byla-draha-prvni-lednicka-stala-jako-dve-auta-p3i-/tec_technika.aspx?c=A071130_164512_tec_technika_pka

KÁZMÉROVÁ, Kristýna. Sorpční chladicí zařízení. Tzbinfo [online]. 2011 [cit. 2017-07-15]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7712-sorpcni-chladici-zarizeni>

KOLÁŘ, Jan a KOTEK, Jan. Jak freony likvidují ozonovou vrstvu? Přírodovedci.cz [online]. 2016 [cit. 2017-07-16]. Dostupné z: <https://www.prirodovedci.cz/zeptajte-se-prirodovedcu/1469>

Koletiv autorů. Chladicí a klimatizační technika. Ostrovského 34, Praha 5: Svaz chladicí a klimatizační techniky, 2011. ISBN 978-80-260-0558-2.

MZP. Fluorované skleníkové plyny. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2015 [cit. 2017-07-26]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/fluorovane_sklenikove_plyny

MZP. Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2012 [cit. 2017-07-17]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol

MZP. Seznam certifikovaných osob. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2017 [cit. 2017-07-18]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/seznam_certifikovanych_osob

Nalezeno.cz. Globální oteplování. Nalezeno.cz [online]. 2015 [cit. 2017-07-27]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/globalni-oteplovani.dic>

NOVÁKOVÁ, Hana. Dějiny spotřebičů. Týn nad Vltavou [online]. 2014 [cit. 2017-07-06]. Dostupné z: <http://www.tnv.cz/dejiny-spotrebicu/d-4864>

PLŠEK, Petr. Pístové stroje. Spss [online]. 2012 [cit. 2017-07-28]. Dostupné z: http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_08-06.pdf

Schiessl. Součásti klimatizačního okruhu. Schiessl [online]. 2008 [cit. 2017-07-26]. Dostupné z: <https://www.schiessl.cz/stranka-soucasti-klimatizacniho-okruhu-119>

Šauer klimatizace. Jak funguje klimatizace. Šauer klimatizace [online]. 2010 [cit. 2017-07-27]. Dostupné z: <http://www.s-klimatizace.cz/klimatizace/princip.php>

United Nations. Global Warming Potentials. United Nations [online]. 2014 [cit. 2017-07-05]. Dostupné z: http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

Vysílačky Milín.cz. Princip termoelektrického chlazení. Vysílačky Milín.cz [online]. 2008 [cit. 2017-07-08]. Dostupné z: <http://vysilackymilin.cz/informace/autolednice/princip-termoelektrickeho-chlazení/>

Vytápění.cz. Jak funguje SCROLL kompresor v tepelných čerpadlech? Vytápění.cz [online]. 2010 [cit. 2017-07-07]. Dostupné z: <http://www.vytapeni.cz/okenko/scroll-kompresor>

Wikipedia. Chladicí zařízení. Wikipedia [online]. 2016 [cit. 2017-07-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Chladicí_zařzení

Wikipedia. Jacob Perkins. Wikipedia [online]. 2017 [cit. 2017-08-01]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Jacob_Perkins

Wikipedia. James Harrison (engineer). Wikipedia [online]. 2017 [cit. 2017-08-01]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/James_Harrison_\(engineer\)](https://en.wikipedia.org/wiki/James_Harrison_(engineer))

Wikipedie. Kjótský protokol. Wikipedie [online]. 2017 [cit. 2017-07-01]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kj%C3%B3tsk%C3%BD_protokol

Zažij chemii. Lednička. Zažij chemii [online]. 2014 [cit. 2017-06-29]. Dostupné z: <http://www.zazijchemii.cz/blog/Stranky/lednicka.aspx>

ŽÁK, Dalibor. V Evropě se v roce 2016 prodalo 15,1 milionu nových aut. Jedničkou je Volkswagen. Autobible.cz [online]. 2017 [cit. 2017-07-06]. Dostupné z: <http://autobible.euro.cz/v-evrope-se-v-roce-2016-prodalo-151-milionu-novych-aut-jednickou-je-volkswagen/>

Seznam použitých obrázků

Obrázek č. 1

MZP.Certifikovaná osoba: Oliva Lukáš. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2017 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/Aplikace/dco.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=A9BADD360230B32AC1257E42005D1E4C&action=openDocument>

Obrázek č. 2

Wikipedie. Kyoto Protocol parties. Wikipedie [online]. 2017 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6e/Kyoto_Protocol_parties.svg/800px-Kyoto_Protocol_parties.svg.png

Obrázek č. 3

Wikipedie. Kyoto Protocol parties. Wikipedie [online]. 2017 [cit. 2017-06-11]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kyoto_Protocol_parties.svg

Obrázek č. 4

ARMYTAGE, Walter. Oliver Evans. Encyclopaedia Britannica [online]. 2005 [cit. 2017-06-27]. Dostupné z: <https://media1.britannica.com/eb-media/26/68326-004-D1B02656.jpg>

Obrázek č. 5

KOLÁŘ, Jan a KOTEK, Jan. Jak freony likvidují ozonovou vrstvu? Přírodovědci.cz [online]. 2016 [cit. 2017-08-06]. Dostupné z: <https://www.prirodovedci.cz/storage/images/620x/5005.jpg>

Obrázek č. 6

UPCE. Peltierova chladící baterie. Vysílačky Milín.cz [online]. 2009 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: <http://www.upce.cz/cz/fcht/slchpl/vyzkum/peltier.jpg>

Obrázek č. 7

HANUŠ, Milan. Princip chladících zařízení a klimatizace. Tzbinfo [online]. 2016 [cit. 2017-06-18]. Dostupné z: http://www.sos-souhtyn.cz/files/student/7_1_princip%20chlazeni.pdf

Obrázek č. 8

Ehos. Toshiba. Ehos s.r.o. [online]. 2016 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: http://www.egos.cz/uploads/images/catalog_src/klimatizace-toshiba-avant-inverter_src_1.jpg

Obrázek č. 9

Schiessl. Chladící okruh. Schiessl [online]. 2008 [cit. 2017-06-15]. Dostupné z: <https://www.schiessl.cz/obrcl--118-149>

Obrázek č. 10

Blogsport. Píst. Blogsport [online]. 2014 [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: http://4.bp.blogspot.com/_BcZ9_qDaZ1M/TNvth_wjdZI/AAAAAAAAAY0/CL9B54wEyAA/s1600/24_doc_762f334f.png

Obrázek č. 11

Sanden. Řez. Sanden [online]. 2010 [cit. 2017-07-14]. Dostupné z: http://www.sanden.com/objects/SDV_cutaway_2-imgdesright.gif

Obrázek č. 12

Schiessl. Součásti klimatizačního okruhu. Schiessl [online]. 2008 [cit. 2017-07-16]. Dostupné z: <https://www.schiessl.cz/obrcl--119-153>

Obrázek č. 13

Vytápění.cz. Jak funguje SCROLL kompresor v tepelných čerpadlech ? Vytápění.cz [online]. 2010 [cit. 2017-07-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/docu/clanky/0134/013498o1.jpg>

Obrázek č. 14

Baxxis. Scroll compressor. Baxxis [online]. 2010 [cit. 2017-07-20]. Dostupné z: <http://files.baxxis.cz/200000027-b0e96b1e2d/copeland-scroll-compressor.jpg>

Obrázek č. 15

Vzdušín.cz. Mobilní klimatizace. Vzdušín.cz [online]. 2015 [cit. 2017-07-24]. Dostupné z: <https://www.vzdusin.cz/image/data/clanky/mobklimaobr-jednodilne-kondenzat.jpg>

Obrázek č. 16

Chladicí zařízení. MobilEnergy [online]. 2014 [cit. 2017-07-05]. Dostupné z: http://mobilenergy.cz/wp-content/uploads/2016/02/csm_mobile-kaeltezentrale-mkz-265-370_7d18b55b83-300x240.jpg

Obrázek č. 17

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 18

Radesit.cz. Expanzní ventil. Radesit.cz [online]. 2014 [cit. 2017-07-08]. Dostupné z: http://www.radesit.cz/image/cache/CHLADENIE-KLIMATIZACIA/Ventily/ventil_tex-700x700.jpg

Obrázek č. 19

Ref. Řez. Ref [online]. 2016 [cit. 2017-06-06]. Dostupné z: http://www.ref-wiki.com/img_article/356x257xthermostatic-valve.JPG.pagespeed.ic.o082EFfHG2.jpg

Obrázek č. 20

Frisco. Výparník. Frisco [online]. 2011 [cit. 2017-07-08]. Dostupné z: http://www.frisco.cz/atypicke-vitrinove-vyparniky_awm_min.jpg?root=Li4vLi4v&data=wTIWznrtcq29dsLRPbmV483euhP25PRxuOWMLI6Fl8y9OvbrMAY10Lhq4J0=

Obrázek č. 21

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 22

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 23

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 24

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 25

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 26

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 27

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 28

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 29

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 30

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 31

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 32

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 33

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 34

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 35

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 36

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 37

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 38

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 39

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 40

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 41

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 42

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 43

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 44

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 45

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 46

Zdroj foto Lukáš Oliva

Obrázek č. 47

Zdroj foto Lukáš Oliva

Seznam použitých tabulek

Tabulka č. 1

KaS. Výťah z Nařízení evropského parlamentu a rady (EU) č.517/2014. KaS [online]. 2014 [cit. 2017-07-22]. Dostupné z: http://www.kas.cz/dokumenty/vytah_517-2014.pdf

Tabulka č. 2

HAVEL, Milan a VÁLEK, Petr. Perfluoruhlovodíky. Arnika [online]. 2014 [cit. 2017-0-17]. Dostupné z: <http://arnika.org/perfluoruhlovodiky-pfc>

Tabulka č. 3

Lebeda. Četnost kontrol. Lebeda [online]. 2017 [cit. 2017-07-17]. Dostupné z: <http://www.klimatizace-lebeda.eu/wp-content/uploads/2012/03/tabulka-kontrol.png>

Tabulka č. 4

Zdroj Lukáš Oliva

Tabulka č. 5

Zdroj Lukáš Oliva

Tabulka č. 6

Zdroj Lukáš Oliva

Seznam použitých grafů

Graf č. 1

Zdroj Lukáš Oliva

Graf č. 2

Zdroj Lukáš Oliva

Graf č. 3

Zdroj Lukáš Oliva

Graf č. 4

Zdroj Lukáš Oliva

Seznam použitých zkratek a symbolů

A	ampér
kg	kilogram
m	hmotnost
m	metr
s	sekunda
t	čas
°C	stupeň celsia