

Využití programovatelného automatu pro diagnostiku chladicího zařízení

Utilizing Programmable Controllers for Cooling System
Diagnostics

Bc. Vladimír Oliva

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá využitím programovatelného automatu pro diagnostiku chladicího zařízení. Cílem práce je sestavit zařízení, které bude schopno upozornit provozovatele, že na chladicím zařízení nastala závada v okamžiku jejího prvotního vzniku a to již v době, kdy standardní ochranné obvody závadu nemohou rozpoznat. Na základě těchto skutečností by se na závadu, jako je například únik chladiva nebo přehřívání kompresoru, přišlo v mnohých případech i o několik týdnů až měsíců dříve, což by snížilo náklady na opravu a provoz, zabránilo destruktivnímu poškození zařízení a v neposlední řadě přispělo k ochraně životního prostředí v případě úniku chladiva.

Práce obsahuje popis chladicího zařízení a jeho částí, návrh způsobu měření požadovaných veličin chladicího zařízení a návrh hardwarového zapojení univerzálního průmyslového automatu pro diagnostiku chladicího zařízení. V další části je nastíněno a vytvořeno programové vybavení realizující úlohy diagnostikování chladicího zařízení, dále je odzkoušen a zaznamenán chod zařízení za normálního provozu a provedené simulace závad.

Klíčová slova: programovatelný automat, diagnostika chladicího zařízení, chladicí zařízení, chladicí okruh, simulace závad

ABSTRACT

This thesis deals with the use of programmable logic devices for diagnosis of refrigerant system problems. The goal of this project is to create a device which will be able to alert the operators of a fault that has occurred in the refrigeration system at the moment of its initial formation and at a time when fault can not be recognized by the standard circuit protection. Based on these facts would be a fault such as coolant leak or compressor overheating found in many cases several weeks or months earlier which would result in lower repair and maintenance costs. It can also prevent destructive damages of refrigerant system and contribute to environmental protection in the case of refrigerant leakage.

The thesis also contains a description of the cooling system and its parts, designed methods of measurement of the required quantities of cooling systems and design of hardware connection for the industrial diagnostic equipment for cooling systems. In the next part of my thesis there is a diagnostic software to detect tasks of the cooling system created, there was implementation during normal operation approved and recorded and also simulations of defects has been done.

Keywords: programmable automatic cooling system, refrigeration system, refrigerant circuits, fault simulation

Poděkování, motto

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Tomáši Sysalovi, Ph.D. za odborné vedení a velmi cenné připomínky v průběhu psaní této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Chyskému za uvedení do problematiky chlazení a vzduchotechniky. Veliké poděkování za podporu po celou dobu studia patří také mojí rodině.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 CHLADICÍ ZAŘÍZENÍ	11
1.1 TYPY CHLADICÍHO ZAŘÍZENÍ.....	11
1.2 CHLADICÍ OKRUH A JEHO KOMPONENTY.....	13
1.2.1 Kompresor.....	14
1.2.1.1 Oleje pro chladicí kompresory.....	19
1.2.1.2 Způsoby mazání kompresorů.....	22
1.2.2 Kondenzátor.....	23
1.2.3 Expanzní ventil.....	27
1.2.4 Výparník.....	32
1.2.5 Potrubí.....	35
1.2.6 chladicí látky.....	37
1.2.7 Filtry.....	40
1.2.8 Sběrač a zásobník chladiva.....	41
1.2.9 Elektromagnetický ventil - „Solenoid“.....	43
1.2.10 Odlučovač kapaliny.....	44
1.2.11 Odlučovač oleje.....	44
1.2.12 Čerpadla pro nucený oběh.....	45
1.3 MĚŘÍCÍ, BEZPEČNOSTNÍ A AUTOMATICKÉ ŘÍDICÍ PŘÍSTROJE.....	45
1.3.1 Teplotní spínače.....	46
1.3.2 Tlakové spínače.....	46
1.3.3 Průtokový spínač „floswitch“.....	47
1.3.4 Pojišťovací ventil.....	47
1.3.5 Vodní ventil.....	48
1.3.6 Regulátor otáček ventilátoru.....	48
1.3.7 Regulátor hladiny oleje.....	48
2 ZÁVADY NA CHLADICÍM ZAŘÍZENÍ A JEJICH PROJEVY	49
3 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT	58
3.1 TECHNICKÉ VYBAVENÍ.....	59
3.1.1 Vstupní a výstupní podsystém (moduly).....	59
3.1.2 Speciální moduly.....	59
3.2 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ PLC.....	60
3.2.1 Programovací prostředí.....	60
3.2.2 Snímače fyzikálních veličin.....	60
3.2.3 Programové jazyky.....	61
4 OPRÁVNĚNÉ OSOBY PRO VYKONÁVÁNÍ REVIZE	63
II PRAKTICKÁ ČÁST	64
5 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT PRO DIAGNOSTIKU CHLADICÍHO ZAŘÍZENÍ	65
5.1 CHLADICÍ ZAŘÍZENÍ „RC GROUP – TYP 120.E2 G2“.....	65
5.2 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT „PROMOS“.....	68
5.2.1 Centrální jednotka – „CCPU-O3 centrální jednotka PL 2“.....	69

5.2.2	Periferní moduly „CAIO-12 CANopen modul 12 analogových I/O“ a „CKDM 11/12 – CANopen ovládací terminál“	71
5.2.3	Speciální modul „GSM“	74
5.2.4	Napájecí zdroj	74
5.3	SESTAVENÍ A HARDWAROVÉ ZAPOJENÍ PROGRAMOVATELNÉHO AUTOMATU	74
5.3.1	Rozmístění vstupů a výstupů.....	75
5.4	PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ AUTOMATU REALIZUJÍCÍ ÚLOHY DIAGNOSTIKOVÁNÍ	77
5.4.1	<i>ProgWin</i>	77
5.4.2	<i>Wzorky</i>	79
5.5	NÁVRH ZPŮSOBU MĚŘENÍ POŽADOVANÝCH VELIČIN CHLADICÍHO ZAŘÍZENÍ „RC GROUP – TYP 120.E2 G2“	81
5.6	NAMĚŘENÉ HODNOTY CHLADICÍHO ZAŘÍZENÍ ZA NORMÁLNÍHO PROVOZU A SIMULACE ZÁVAD VČETNĚ POROVNÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	84
ZÁVĚR		93
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		95
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		99
SEZNAM OBRÁZKŮ		103
SEZNAM GRAFŮ		105
SEZNAM TABULEK.....		106

ÚVOD

Pro svoji diplomovou práci jsem si vybral téma „Využití programovatelného automatu pro diagnostiku chladicího zařízení“, přičemž jsem se snažil sestavit takové zařízení, které bude schopno upozornit provozovatele na závady vzniklé na chladicím zařízení, a to v okamžiku jejich vzniku a v době, kdy standardní ochranné obvody závadu z nějakého důvodu nemohou rozpoznat.

Diplomová práce je rozčleněna na část teoretickou a část praktickou. Ve své teoretické části popisují chladicí zařízení, chladicí okruh včetně jeho jednotlivých částí, dále pak možné závady, které na chladicím zařízení během jeho používání mohou vzniknout a jak se tyto závady projevují. Provést revizi a uvést chladicí zařízení do provozu mohou pouze certifikované osoby. Této problematice je vyčleněna další samostatná kapitola. V třetí kapitole popisují technické a programové vybavení programovatelného automatu v obecné rovině. Všechny kapitoly teoretické části jsou navzájem propojené a jsou důležité pro pochopení souvislostí v praktické části.

V praktické části svojí diplomové práce popisují aktuální stav chladicího zařízení „RC GROUP – typ 120.E2G2“, na který jsem umístil programovatelný automat „Promos“. Jednotlivé celky praktické části popisují kroky, které jsem udělal při sestavování programovatelného automatu, včetně tvorby návrhu způsobu měření požadovaných veličin chladicího zařízení. V neposlední řadě jsem se zaměřil na hodnoty naměřené za normálního provozu, na simulaci závad a porovnání energetické náročnosti zařízení jak při běžném chodu, tak při nasimulovaných závadách.

Text celé diplomové práce je pro názornost doplněn vlastními fotografiemi a obrázky vzniklými při samostatném zapojování programovatelného automatu do chodu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHLADICÍ ZAŘÍZENÍ

chladicí zařízení odvádí zbytkové nežádoucí teplo z ochlazovaného prostředí (vzduch, voda, atd.). Způsob odvodu tepla závisí na druhu chladicího média. Chlad z fyzikálního hlediska neexistuje. Podle zákona termodynamiky je chlad energie, která se odebírá látce, u které je potřeba snížit celkovou teplotu. Na to je potřebná chladicí látka, která má nižší teplotu. Tato chladicí látka odebranou energii odvádí do teplotně vyššího prostředí pomocí chladicího zařízení.

1.1 Typy chladicího zařízení

chladicí zařízení můžeme členit podle různých hledisek:

- **podle způsobu předávání energie**

1. Chlazení přímé

V přímém chlazení se teplý vzduch ochlazuje přímo ve výparníku. Toto chlazení je neúčinnější a je charakteristické pro malé klimatizační jednotky s malým výkonem. V dnešní době se zde nejvíce využívají kompresory s uhlovodíkovými chladivými.

2. Chlazení nepřímé

V nepřímém chlazení dochází k chlazení vzduchu na základě výměníku s chlazenou vodou z ústředního zdroje chladu. Toto chlazení je charakteristické pro větší počet klimatizačních jednotek s velkým výkonem. Tento způsob se nejvíce využívá ve více podlažních budovách, jako jsou haly, administrativní budovy a hotely. Jak je již řečeno výše, chlazená látka se neochlazuje ve výparníku, ale ve výměníku, ke kterému je chlazená voda dopravována čerpadlem. Zde je nutná přídavná energie pro pohon oběhového čerpadla a přídavná energie pro pohon na překonání odporů proti přechodu tepla ve výparníku (mezi chladivem a chlazenou vodou).

Výhody nepřímého chlazení:

- je dána vysoká garance výkonu klimatizačního zařízení a chladicího zařízení,
- rozvod chlazené vody je stejný jako rozvod topné vody, proto zde nejsou problémy s instalací,
- regulační okruh klimatizační jednotky a chladicího zařízení jsou oddělené, což znamená, že regulací klimatizační jednotky se mění přítok vody přes chladič vzduchu, kdežto regulací chladicího zařízení se udržuje teplota této vody na přibližně stálé teplotě,

- možná akumulace chladicího zařízení

Nevýhody nepřímého chlazení:

- větší energetická náročnost než u přímého chlazení, čímž se zhoršuje chladicí faktor z důsledku větší potřeby energie na pohon čerpadel.

- **podle kondenzace plyných chladiv:**

- 1. Kondenzátory chlazené vzduchem**

Tyto kondenzátory mají lamelové nebo žebrové chladiče, přes které je vzduch poháněn ventilátorem

- 2. Kondenzátory chlazené vodou**

V tomto případě je chladivo ochlazováno vodou, která je skladovaná v chladicích věžích.^{[4],[19],[23]}

- **podle konstrukce:**

- 1. Kompresorová zařízení**

V těchto zařízeních se páry chladiva stlačují v kompresoru (do kompresoru je přiváděn nízký tlak, z kompresoru je odváděn vysoký tlak) a jsou vedeny do kondenzátoru, kde tyto páry zkondenzují (do kondenzátoru je přiváděno chladivo s vysokou teplotou až 70°C záleží na druhu chladiva, z kondenzátoru se vylučuje chladivo s o cca 15°C nižší teplotou). Dále chladivo přechází přes expanzní ventil, kde se redukuje tlak chladiva (klesá teplota chladiva pod teplotu chlazeného prostoru) a pokračuje do výparníku, který funguje jako obrácený kondenzátor. Ve výparníku trubicí ve tvaru „S“ prochází nízkotlaké chladivo, které se vlivem odebíraného tepla z ochlazovaného prostoru otepluje a ve formě páry vstupuje opět do kompresoru.

- 2. Absorpční zařízení**

V tomto zařízení se používá chladivo a nosná látka, pomocí které se vypařené chladivo vstřebává v absorbentu. Po dodání tepla v generátoru (vypuzovači) se tato vzniklá směs opět rozdělí na chladivo a nosnou látku. Zde je kompresor nahrazen pohlčováním a vypařováním.

3. Termoelektrické zařízení

Toto zařízení je založeno na principu baterie z Peltierových článků, kde se chladicího účinku dosáhne přívodem elektrické energie (průchod stejnosměrného proudu dvojicí kovů). Tento způsob se využívá u velmi malých výkonů například u autochladniček, láhví pro kojence, malých výrobníků kostkového ledu atd.

Návrh programovatelného automatu pro diagnostiku chladicího zařízení je navrhnut především pro kompresorové chladicí zařízení, z tohoto důvodu nebude absorpční a termoelektrické zařízení v následujících kapitolách dále podrobněji popsáno. Programovatelný automat bude aplikován na chladicí okruh kompresorového zařízení.

1.2 chladicí okruh a jeho komponenty

chladicí okruh se skládá ze základních komponentů a doplňujících (nadstavbových). Pro potřeby této práce je použito následující členění.

Základní komponenty:

- kompresor
- kondenzátor
- expanzní ventil
- výparník
- potrubí
- chladivo

Doplňující komponenty:

- Sběrač a zásobník chladiva
- Filtry
- Elektromagnetický ventil
- Odlučovač kapaliny
- Odlučovač oleje
- Čerpadla pro nucený oběh
- Hlídač hladiny oleje

Základní komponenty

1.2.1 Kompresor

Kompresor je stroj pro stlačování a dopravu par a bývá označován za srdce kompresorového chladicího okruhu. Jsou to tepelné stroje, kde se mechanická energie (či kinetická) mění na energii tlakovou. Při tomto procesu se vyvíjí teplo.

Kompresory můžeme členit **podle principu činnosti** na:

1. **objemové**
2. **rychlostní**

1. Objemové kompresory

Slovo objemové v tomto případě znamená, že ke statickému stlačování dochází změnou vnitřního objemu. Jak již bylo řečeno výše, mezi objemové kompresory patří pístové kompresory, membránové a rotační kompresory.

Tyto kompresory slouží k dodávání malého a středního množství plynu (řádově od $6000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ do $25000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$). U těchto kompresorů se dosahuje stlačování opakovaným zmenšováním objemu plynu (plyn je v uzavřeném prostoru) pohybem pístu nebo pružné stěny. Mezi objemové kompresory patří *kompresory pístové, rotační a membránové*.

a) Pístové kompresory mají písty, které konají přímočarý vratný pohyb.

b) Rotační kompresory mají jeden až dva rotory, které se otáčejí kolem osy rovnoběžně s osou válce.

c) Membránové kompresory nasávají a stlačují plyn hydraulickým nebo mechanickým pohybem membrány, která je kovová nebo z pružného materiálu. Tyto kompresory jsou vhodné jen pro malé množství plynu.

Při svém měření se budu setkávat s pístovými kompresory, proto ostatní typy kompresorů nebudou podrobněji popsány.

a) Pístové kompresory

Pro správné pochopení funkce jednotlivých pístových kompresorů je nutno znát základní pojmy týkajících se již zmiňovaných pístových kompresorů.

Základní pojmy týkající se pístových kompresorů:

- **Horní úvrat'**
= horní krajní poloha pístu, kdy je píst v nejmenší vzdálenosti od hlavy válce
- **Dolní úvrat'**
= je naopak dolní krajní poloha pístu, kdy je píst nejdále od hlavy válce
- **Zdvihový objem**
= je objem válce kompresoru mezi dolní a horní úvratí pístu
- **Sací zdvih**
= je pohyb pístu z polohy, kdy je nad pístem sací tlak a sací ventil se začíná otevírat do dolní úvratí = nasávání kompresoru
- **Kompresní zdvih**
= je pohyb pístu z dolní úvratí do polohy, kde je nad pístem kondenzační tlak a začíná se otevírat výtlačný ventil
- **Tlakový poměr**
= je poměr mezi sacím a výtlačným tlakem a také vyjadřuje míru stlačení, která je dosahována kompresorem
- **Škodlivý prostor**
= je velmi malý prostor mezi pístem v horní úvratí a spodní plochou ventilové desky^[23]

Pístové kompresory rozdělujeme podle základních kritérií kompresorů, ale i podle uspořádání válců a počtu těchto válců.

Podle uspořádání válců pístové kompresory rozdělujeme na *ležaté, stojaté, řadové, uspořádání do V a W* nebo *L, s protiběžnými písty, s tandemovým uspořádáním*.

Podle počtu válců pístové kompresory rozdělujeme na *jednoválcové* anebo *víceválcové*.

Další kritérium je to, zdali je kompresor *jednočinný* či *dvočinný* a jestli je *chlazený vzduchem* nebo *vodou*.

Hlavní části a pracovní oběh

Hlavními součástmi pístového kompresoru je kliková skříň s klikovým mechanismem, píst a válec, ventily a jejich vývody, regulace, mazání atd.

Základní funkcí pístového kompresoru je posuvný pohyb pístu ve válci z jedné úvratě do druhé, kdy se při tomto pohybu střídavě nasává, stlačuje a vytlačuje plyn.

- Sání je samočinné otevření sacího ventilu, které se děje díky přetlaku atmosférického vzduchu. Sací ventil zůstává otevřen do přední úvratě pístu a sací tlak P_s zůstává během sání stálý.
- V kompresi se píst začíná pohybovat do zadní úvratě, což znamená, že píst stlačuje nasátý vzduch. V tomto okamžiku je sací a výtlačný ventil uzavřen. Stlačování vzduchu probíhá tzv. polytropicky – to znamená, že teplo, které vzniklo při stlačování, se neodvádí 100% a při stlačování se zvyšuje teplota.
- U výtlačku se v okamžiku překonání výtlačného tlaku P_v otevře výtlačný ventil a vytlačovaný plyn se dodává při stálém tlaku do potrubí. Část plynu, který je vytlačován, zůstává mezi hlavou válce a pístem v zadní úvratě nebo jinak řečeno ve škodlivém prostoru o objemu V_ζ .
- Při expanzi se rozpíná plyn (expanduje) z původního objemu V_ζ a tlak klesá na hodnotu sacího tlaku p_s . V tomto okamžiku se sací ventil opět otvírá a pracovní oběh se znova opakuje.

Ventily kompresorů jsou samočinné, tzn. že se otevírají a uzavírají tlakem plynu.

Uzavření ventilu urychlují a přidržují ho v uzavřené poloze ventilové pružiny.

Pro pohon kompresorů se používá spalovacích motorů či elektromotorů. V přímém spojení s kompresorem se používají při vyšších otáčkách. Při malých otáčkách se používají při spojení s kompresorem převodem.^{[24],[12],[14],[8]}

Zvláštním typem pístového kompresoru jsou spirálové kompresory též nazývané „SCROLL“.

Spirálové kompresory = SCROLL

Spirálové kompresory neboli Scroll (Obrázek 1) kompresory se začaly používat po rozmachu tepelných čerpadel. Tyto kompresory jsou hermetické (uzavřené a pevně svařené), mají výkon od 1 kW do 15 kW a celkový tlakový poměr do 10. Jsou to zvláštní typy pístových kompresorů s kývavým pohybem pístu.



Obrázek 1 Spirálový kompresor „SCROLL“

Hlavními částmi kompresoru jsou dvě kruhové desky s tvarově stejnými spirálovými lopatkami, které jsou vzájemně pootočené o 180°C . Jedna deska je pevná a druhá je pohyblivá. Excentr zajišťuje pohon pro pohyblivou desku, která má kývavý pohyb. Tato deska určuje změnu objemu pracovního prostoru. Rotaci pohyblivé desky zajišťuje Oldhamova spojka, která omezuje její pohyb a je umístěna pod zadní stěnou rotující části.

Spirála, která se pohybuje po statorové spirále, obíhá po kruhové dráze kolem jejího středu – zde je umístěn výtlaček. Na obvodu pevné desky se nasává plyn, který je se dostává mezi obě spirály. Oddalováním spirál se zmenšuje pracovní prostor a plyn je v tomto okamžiku dopravován k výtlačnému otvoru.

Výhodou těchto kompresorů je to, že nemají klikový mechanismus, jsou bezmazné, mají jen nepatrné vibrace, nemají převod mezi motorem a pohyblivou deskou, mají tichý chod, jsou spolehlivé, úsporné a účinné. Tato všechna kritéria jsou podmínkou k dosažení efektivního provozu.^{[24],[12],[14]}

2. Rychlostní kompresory (dynamické, proudové či turbínové)

Rychlostní neboli dynamické kompresory slouží ke stlačování plynu v množství řádově od $6000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Toto platí i pro menší plyny o menších množstvích. Plynu se udělí vysoká rychlost a následně dojde k přeměně kinetické energie plynu na tlakovou energii. Tyto stroje mají práci skoro ustáleného toku.

Do rychlostních kompresorů patří turbokompresory a ejektory neboli proudové kompresory.

a) Turbokompresory

Turbokompresory jsou stroje, které pracují dynamicky, což znamená, že zvýšení tlaku je dosaženo urychlováním plynu a změnou pohybové energie na tlakovou energii.

Tyto kompresory mají převod „do rychla“, kde je větší intenzita hluku, ale po dynamickém vyvážení rotoru jsou turbokompresory tiché, mají jednoduchou obsluhu a údržbu, dlouhou životnost a malé opotřebení činných částí.

Turbokompresory dále dělíme **podle směru proudění látky** na:

- **radiální (odstředivé) kompresory,**
- **axiální kompresory.** ^{[24],[12],[14]}

Radiální turbokompresory

Výkony radiálních turbokompresorů jsou v rozmezí od $1\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ do $100\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a dosahují tlakových poměrů 20, někdy výjimečně až 80. U radiálních kompresorů je plyn stlačován odstředivou silou a proudí oběžnými koly, které jsou řazené za sebou na rychle se otáčejícím hřídeli. Hřídel je poháněna elektromotorem nebo parní či plynovou turbínou.

Hlavními částmi radiálních turbokompresorů jsou: sací hrdlo, rotor s lopatkami, spirální difuzor, výstupní hrdlo, hřídel rotoru, ucpávky a vratný kanál, vstupní a výstupní ložiska.

Principem radiálního kompresoru je, že plyn vstupuje do prvního oběžného kola sacím hrdlem ve směru osy. Plyn proudí zakřivenými kanály oběžného kola a během průtoku kanály se plyn urychluje a stlačuje. Z oběžného kola je plyn vytlačován do nehybného kola (převáděče) neboli difuzoru, které má pevné nebo nastavitelné lopatky – zde se část pohybové energie mění na tlakovou energii. Dále je stlačený plyn veden z převáděče vratnými kanály až do výstupního hrdla.

Plyn přechází z jedné sekce do druhé mezichladičem a sekce jsou stavěny maximálně ze dvou nebo třech kol stejného průměru. Toto opatření je z důvodu vysokých nákladů na výrobu. Zvláštností turbokompresorů je, že nemají žádné ventily.^{[24],[12],[14]}

Axiální turbokompresory

Axiální kompresory jsou vhodné pro vysoké výkony od 10 000 m³h⁻¹ do 2,5.10⁶m³h⁻¹ a pro tlaky až 1,5 MPa. V těchto turbokompresorech se proud zrychluje v oběžných (rotorových) lopatkách a naopak se plyn zpomaluje v lopatkách vodících (statorových). Pro stlačování plynů se zde využívá změny hybnosti proudu, který protéká po válcových plochách, které jsou stejné s osou rotace.

Hlavními částmi axiálních turbokompresorů jsou: sací hrdlo, sací spirála, vstupní stator, rotor, spojka, axiální a radiální ložisko, labyrintové ucpávky, výstupní spirála s výtláčným hrdlem a usměrňovač proudu.

Princip axiálního turbokompresoru spočívá v nasátí plynu do lopatkového věnce určitou rychlostí. Jinou rychlostí plyn proudí na pevné vodící lopatce a nakonec poslední danou rychlostí postupuje k dalšímu stupni. V předem daném poměru se zmenšuje objem stlačeného vzduchu a délka oběžných i vodících lopatek.^{[12],[24],[14]}

1.2.1.1 Oleje pro chladicí kompresory

Kompresory, jako každý jiný stroj, také potřebují olej, který slouží k tomu, aby nedošlo k zadření součástí kompresoru. Oleje v chladicí technice slouží k mazání pístů, pohonu, pracovních ventilů, těsnících kroužků, k odvodu tepla z horkých částí kompresoru a utěsnění kompresorového prostoru a ventilů.

Kompresory můžeme rozdělit na **hermetické**, **polohermetické** a **otevřené** co se týče dostupnosti mazáním olejem.

Hermetické kompresory jsou uzavřené, to znamená, že mají nerozebíratelný svařovaný plášť. Mazání ložisek se zde provádí při výrobě kompresoru a namazání vydrží po celou životnost stroje.

Polohermetické kompresory mají rozebratelný sešroubovaný plášť, proto není problém kompresor rozebrat a namazat olejem potřebné součástky.

Otevřené kompresory jak si můžeme odvodit, nemají žádný plášť – čili je elektromotor umístěn mimo skříň kompresoru.^{[15],[6]}

Požadavky na oleje a jejich vlastnosti

Olej je vlastně důležitým konstrukčním prvkem, protože jak je již zmíněno výše, vykonává více úkolů. Při jeho výběru k použití se musí zohlednit jeho vlastnosti, které jsou nedílnou součástí správného chodu kompresoru.

Potřebné vlastnosti olejů:

- **Teplota vzplanutí** se musí pohybovat okolo 150-180°C. U nových olejů je to až 250°C. Tato teplota je důležitá při skladování olejů a z důvodu že se kompresor při práci značně zahřívá.
- **Teplota tuhnutí** je teplota, při které přestává být olej tekutý. Je to teplota -70°C.
- **Teplota vločkování** je teplota, při které u některých polysyntetických olejů dochází k vylučování některých usazenin (vloček z vosku) například parafínu.
- **Viskozita** je vlastnost oleje ulpínat na mazném povrchu. Je to také velikost vnitřního tření vlastního oleje. Viskozita se mění v závislosti na teplotě – tuto závislost v dnešní době stanovuje norma ISO hodnotami viskozity při 40°C a 100°C. Oleje mající menší viskozitu a co nejnižší teplotu jsou oleje nízkotuhnoucí.
- **Chemická čistota a stabilita snášenlivosti s chladivem** – je další důležitou vlastností. Ideálním stavem je to, pokud je chladivo s olejem více rozpustné při nízké teplotě a naopak méně rozpustné při vysoké teplotě. Ve skutečnosti chladivo snižuje viskozitu a povrchové napětí oleje v horkém výparníku a v kompresoru, což není výhodou.
- **Minimální hydrokopičnost neboli nízká nasákavost.**
- **Požadavek elektrické nevodivosti a odolnost vůči elektrickému proudu.** Hlavním izolačním faktorem pro vývoj chladicího zařízení s HFC chladivem je objemová stálost oleje, která poukazuje na izolační schopnost oleje. Zárukou izolační schopnosti je vysoká objemová stálost, která je zaručena při nízkém obsahu volných iontů (nízká koncentrace vodivých nečistot).^{[23],[25]}

Oleje pro chladicí kompresory podléhají základním požadavkům, které jsou uvedeny v normě DIN 51 503-1 v závislosti na konkrétním chladivu. Podle této normy se oleje dělí na následující skupiny:

- *KAA – oleje pro chladicí kompresory nemísitelné s amoniakem,*
- *KAB – oleje pro chladicí kompresory mísitelné s amoniakem,*
- *KC – oleje pro plně a částečně halogenové, fluorochlorované uhlovodíky (FCKW, HFCKW)*
- *KD – oleje pro chladicí kompresory pro plně a částečně fluorované uhlovodíky (FKW, HFKW)*
- *KE – oleje pro chladicí kompresory pro uhlovodíky jako chladiva například Propan, Izobutan.*^[15]

Druhy olejů

Oleje se řadí do tří základních skupin. Máme tedy oleje minerální, syntetické a polysyntetické.

- 1) **Minerální oleje (MO)** – do této skupiny patří oleje naftenické ropné a parafinické. Naftenické ropné oleje pracují s amoniakovým chladivem, s chladivem typu FCKW nebo HFCKW. Tyto oleje mají velmi nízký bod tuhnutí. Parafinické oleje pracují s chladivy typu FCKW a HFCKW. Tyto oleje mají velmi dobrou viskozně-teplotní závislost a mají výborné mazací vlastnosti. Nejvíce se využívají u turbokompresorů.
- 2) **Syntetické oleje** – do této skupiny patří oleje na bázi uhlovodíků, na bázi glykolů a na bázi esterů a polyesterů.
 - a) **Na bázi uhlovodíků jsou alkybenzeny (AB) a polyalfaolefiny (PAO).**

Alkybenzeny se používají jako nízkotuhnoucí oleje a pracují s chladivy typu FCKW a HFCKW. Teplotu odpařování mají -80°C.

Polyalfaolefiny mají velmi dobrou chemickou a tepelnou stabilitu, viskozně-teplotní závislost, dobré mazací vlastnosti, nízké ztráty odpařování. Tyto oleje pracují nejčastěji se čpavkem.

b) **Na bázi glykolů jsou polyglykoly (PAG).**

Polyglykoly jsou rozpustné – ve čpavku jsou jen částečně rozpustné. Vyznačují se výbornou viskozně-teplotní závislostí a tepelnou stabilitou. Polyglykoly se nesmějí mísit s ropným olejem z důvodu vzniku koroze a gelu v kompresoru. Tyto oleje pracují se čpavkem a chladivem R 134a.

c) **Na bázi esterů a polyesterů jsou klasické komplexní estery a polyestery (POE).**

Estery nesmějí být smíšeny s vodou nebo s vlhkostí, proto jsou baleny do plynotěsných plechových obalů. Estery pracují s chladivem R134a.

Polyestery jsou skvěle mísitelné s chladivem bez obsahu chloru a mají výbornou tepelnou a chemickou stabilitu. Polyestery pracují s chladivem R134a a s R22 v pístových a šroubových kompresorech.

3) **Polysyntetické oleje** – do této skupiny patří směsi alkybenzenů (AB) a minerálních olejů (MO).^{[15],[25]}

1.2.1.2 Způsoby mazání kompresorů

Kompresor je stroj, který je potřeba mazat z důvodu snížení vnitřního tření, zajištění lepší těsnosti uvnitř kompresoru a dlouhé životnosti.

Máme tři způsoby mazání kompresorů a to:

1. rozstříkovací mazání

U rozstříkovacího mazání se při otáčení klikové hřídele dolní segment ojnice ponořuje do oleje v klikové skříni a olej rozstříkuje na jednotlivá místa, která mají být mazaná. Rozstříkovací mazání se používá u klasických nízkootáčkových ucpávkových kompresorů s malými a středními výkony.

2. brodivé mazání

U mazání brodivého je na hřídeli kompresoru nasazen výlisek kotouče. Tento výlisek je trvale ponořen ve spodní části do olejové lázně ve skříni kompresoru. Olej poté stéká do zásobníku, který je nad ložiskem hřídele a odstředivou silou se vrtáním dopraví na místa, která je potřeba namazat. Brodivé mazání se používá u kompresorů s horizontálními hřídeli a u polohermetických rychloběžných kompresorů.

3. tlakové mazání

U mazání tlakového se doprava oleje uskutečňuje pomocí olejového čerpadla. To nasává olej z klikové skříně a na daná mazací místa je dopravuje vrtáním. Používají se zde zubová čerpadla. Tlakové mazání se používá pro více namáhané kompresory a pro větší výkony.^[23]

1.2.2 Kondenzátor

Kondenzátor je další základní částí chladicího okruhu. Použitím vhodného kondenzátoru v okruhu je ovlivněna spolehlivost a hospodárnost provozu celého chladicího zařízení.

Kondenzátor je jeden z typu výměníků tepla, které se vyskytují v chladicí technice. Jeho funkcí je skupensky přeměňovat vystupující chladivo z kompresoru z plynného stavu do kapalného. Tento jev se nazývá obecně kondenzace a dochází u ní k odvádění tepla z chladiva do okolního prostředí. Uvolněná tepelná energie se jinak nazývá kondenzační teplo. Předané teplo může být odebráno do prostředí jako je voda, vzduch, směs vody a nemrznoucí kapaliny atd.

Princip funkce kondenzátoru

Do kondenzátoru vstupují přehřáté páry chladiva a následuje jejich rychlé zchlazení. V určitém místě kondenzátoru dochází ke kondenzaci chladiva, které probíhá za konstantní kondenzační teploty T_c až do dalšího daného místa, kde je chladivo ve stavu kapalném. Než chladivo opustí kondenzátor, tak je kapalné chladivo ještě ochlazené – kondenzátor vlastně dodává výparníku podchlazené kapalné chladivo. Vzduch, který ochlazuje kondenzátor, se postupně ohřívá z jedné teploty (T_1) na druhou teplotu (T_2).^{[11],[23]}

U kondenzačního tlaku platí, že s každým teplotním stupněm zvýšené kondenzační teploty klesá chladicí výkon kondenzátoru o 3-7 %. Potom tedy kompresor potřebuje delší dobu na odvedení tepla z vychlazovaného prostoru.

Konstrukční typy kondenzátorů

Kondenzátory jsou velmi rozmanité, co se týče konstrukčních typů. U výběru kondenzátoru hraje nesmírnou roli druh chladicí látky, která je v chladicím okruhu, velikost tepelného výkonu kondenzátoru a jeho navrhované umístění. Kondenzátory rozdělujeme podle toho, zda jsou chlazené vodou nebo vzduchem.

1. Kondenzátory chlazené vodou

Vodou chlazené kondenzátory jsou vhodné pro všechny výkony. V tomto případě je tedy kondenzační teplo, které je nutné ke změně skupenství par chladiva, odváděno chladicí vodou. Tyto kondenzátory jsou výhodné, jen pokud je na daném místě k dispozici dostatek levné chladicí vody, což v dnešní době je obtížné, jelikož cena vody stále stoupá. Z tohoto důvodu je využití kondenzátorů chlazených vodou čím dál tím menší.

Zdrojem vody do kondenzátoru může být voda z vodovodní sítě, studniční voda či říční voda. U těchto zdrojů se však musí pamatovat na to, že voda musí být kvalitní po stránce tvrdosti, čistoty a teploty.

Dalším zdrojem vody je samostatný okruh, kde je kapalina, která obíhá okruhem, chlazená vzduchem v lamelovém výměníku. Tento způsob chlazení vody je velmi výhodný po stránce provozní a životnosti, i když má nevýhodu v nízké účinnosti chladicího cyklu – teplotní úroveň kondenzace je o 15 – 20K nižší než u okruhu chlazeného vodou z chladicí věže.

Posledním a také nejčastějším zdrojem vody do kondenzátoru je chladicí věž. Při použití chladicích věží klesne spotřeba vody na 5 – 10 % množství vody při chlazení kondenzátoru z vodovodní sítě. V případě podnulových teplot je k chladicí věži připojena pomocná nádrž na přepouštění vody. U chladicích věží se spotřeba vody pohybuje okolo 70 – 100 l.h⁻¹ na 1 kW chladicího výkonu. Chladicí věže se umísťují na střeche, jelikož jsou opatřené ventilátorem, který je velkým zdrojem hluku. V usazovací nádrži chladicí věže jsou filtry, které zachycují nečistoty ze vzduchu. Chladicí věže jsou prioritně využívány ve velkých aglomeracích jako např. elektrárny tepelné i jaderné.^{[23],[6],[3],[21]}

Kondenzátory chlazené vodou můžeme dále ještě členit na:

- a) **Kotlové** – stojaté nebo ležaté,
- b) **Sprchové**
- c) **Dvoutrubkové protiproudé.**

a) Kotlové kondenzátory

Kotlové kondenzátory jsou válcové nádoby, do kterých vedou a jsou v nich uzavřeny teplosměnné trubky. Těmito trubkami proudí chladicí voda, která odebírá teplo kondenzovanému chladivu na vnější straně povrchu trubek.

Tyto kondenzátory se dále dělí na:

- **Stojaté kotlové kondenzátory**

Tyto kondenzátory mají plášť ze svařovaných plechů ve tvaru válce. Tento plášť je z horní a dolní strany uzavřen svislými trubkovnicemi, ve kterých jsou přivařeny vodní trubky. Teplota vody v kondenzátorech je cca o 4 K vyšší než teplota odváděné vody. Trubky tohoto kondenzátoru je možno čistit za provozu. Stojaté kotlové kondenzátory jsou vhodné pro tepelné výkony do 1 MW.

- **Ležaté kotlové kondenzátory**

Tento druh kondenzátorů má také plášť ze svařovaných plechů ve tvaru válce s trubkovnicemi. Je to vlastně stejný typ jako u stojatého kotlového kondenzátoru jen s tím rozdíle, že není postaven na výšku, ale je postavené na délku. Používají se pro freonová chladicí zařízení se žebrovanými trubkami (na vnější straně) z mědi. Pro čpavek jsou trubky hladké ocelové. Ležaté kotlové kondenzátory jsou vhodné pro tepelné výkony 100 - 5 000 kW.

- **Sprchové kondenzátory**

Tyto kondenzátory jsou strmotrubné s vodorovnými či svislými trubkami, kde po jejich povrchu stéká chladicí voda. Zkondenzované kapalně chladivo je sbíráno ve sběrači kapalného chladiva, který je ve spodní části sprchového kondenzátoru. Tyto kondenzátory jsou vhodné tam, kde je potřeba snížit spotřebu chladicí vody a v místech se znečištěnou vodou – bohužel se poté musí více čistit teplosměnná plocha kondenzátoru. Sprchové kondenzátory jsou vhodné pro tepelné výkony do 500 kW.

- **Dvojtrubkové protiproudé kondenzátory**

Jedná se o systém, který se nazývá „trubka v trubce“. Trubky jsou umístěné nad sebou a tvoří takto více článků. Princip spočívá v tom, že ve svislém směru shora-dolů do trubky vstupuje pára chladiva a postupují směrem dolů dalšími články, kde je kapalně chladivo přiváděno do sběrače. V tom samém okamžiku chladicí voda vstupuje do trubek

ze směru zdola-nahoru dalšími články, až v nejhornějším článku vystupuje z kondenzátoru a pokračuje dále do systému vodního rozvodu.

Podobný systém mají kondenzátory víceproudé svazkové, kde jsou jednotlivé články řazeny paralelně (vedle sebe). Tyto kondenzátory jsou vhodné pro tepelný výkon do 600 kW.^{[23],[6],[3],[21]}

2. Kondenzátory chlazené vzduchem

Vzduchem chlazené kondenzátory jsou v dnešní době nepoužívanější, jelikož jak již bylo řečeno, cena vody stále stoupá. Tyto kondenzátory se nejvíce používají u malých a středních výkonů, dnes se ale používají pro výkony přes 1 000 kW – z důvodu již zmiňované drahé chladicí vody.

Konstrukčně jsou vzduchem chlazené kondenzátory svazek lamelových trubek, přes které proudí vzduch – buďto přirozeně nebo nuceně. Přirozená cirkulace se používá u domácích chladniček.

U nucené cirkulace se používá ventilátor (Obrázek 2 a 3), který nasává vzduch přes svazek trubek kondenzátoru a trubky takto ochlazuje. Při ochlazování ventilátorem u větších výkonů je nevýhoda, že při nejteplejších dnech, a tím pádem větší potřebě chladit, je nejvyšší teplota kondenzace, čímž se snižuje chladicí výkon zařízení. Naopak je tomu v zimě, kdy je teplota kondenzace nejnižší a chladicí výkon stoupá.



Obrázek 2 Kondenzátor chlazený vzduchem s nucenou cirkulací vzduchu



Obrázek 3 Kondenzátor chlazený vzduchem s nucenou cirkulací vzduchu

U vzduchem chlazených kondenzátorů je výhoda, že chladicí zařízení je schopno provozu při dodávce pouze elektrického proudu. Bohužel se to musí také někde projevit, a tak je jejich spotřeba energie cca o 1/3 vyšší než u chladicího okruhu s vodou chlazenými kondenzátory.

Další předností vzduchem chlazených kondenzátorů je, že u nich není třeba filtrace vody, čištění filtračních sítí, oxidace potrubí a výměníku a nebezpečí zamrznutí jako u vodou chlazených kondenzátorů.

Kondenzátory chlazené vzduchem se dále člení na:

- a) *deskové kondenzátory neboli komínové,*
- b) *drátové,*
- c) *žebrové,*
- d) *s přirozenou cirkulací vzduchu,*
- e) *s nucenou cirkulací vzduchu.*^{[23],[6],[3],[21]}

1.2.3 Expanzní ventil

Hlavním úkolem expanzního ventilu je zajistit hospodárnost provozu celého zařízení a zajistit jeho bezporuchový provoz. Umisťuje se před výparník, kde reguluje průtok chladiva, či regulují výstupní přehřátí par chladiva z výparníku.

Mezi expanzní ventily patří:

1. Automatické expanzní ventily

Tyto expanzní ventily mají jen jeden řídicí signál, který řídí jejich funkci v chladicím okruhu. Jejich jediným signálem je tlak chladiva, které je vypařováno na začátku výparníku. Udržují tak tlak na předem dané konstantní hodnotě aniž by byly ovlivňovány okolními podmínkami – nereagují na změny tepelného zatížení ve vychlazovaném prostoru.

Automatický expanzní ventil se skládá z membrány, pružiny membrány, ovládacího kolíku, trysky, jehly, regulační pružiny a regulačního šroubu. Avšak konstrukce expanzního ventilu se může lišit podle výrobce.

Princip funkce

Ve vstupu do expanzního ventilu, který je umístěn před výparníkem, je umístěno jemné sítko. Přes toto sítko vstupuje chladivo dále do expanzního ventilu, kde je jeho průtok regulován polohou jehly v sedle trysky. Tato jehla je spojena s membránou (či vlnovcovou trubkou – dle konstrukce). Vypařující se chladivo působí tlakem na spodní stranu membrány společně s tlakem regulační pružiny a naopak na horní stranu membrány působí tlakem pružina a atmosférický tlak. Pokud jsou tlakové síly v rovnováze (tlak na dolní a horní stranu membrány), tak je membrána v určité poloze společně s jehlou v sedle trysky. Toto je způsobeno nastavením regulační pružiny, která určuje i odpařovací tlak. Při rovnováze sil proudí chladivo dále do výparníku.

Jehla v expanzním ventilu uzavře (přivře) průtok chladiva, právě když stoupne tlak ve výparníku nad nastavenou hodnotu. Expanzní ventil se opět otevře poté, co je výparník odsátý na tlak, který je nastavený regulační pružinou ventilu. Jehla znova otevírá trysku po klesnutí tlaku chladiva na menší než rovnovážný tlak a do výparníku tak vniká více chladiva, což způsobuje opětovné stoupaní tlaku a je opět regulována rovnováha tlakových sil v expanzním ventilu.

Použití a umístění

Jedinou výhodou automatických expanzních ventilů je to, že nemůže dojít k přetížení kompresoru kondenzační jednotky vysokou odpařovací teplotou například při rozběhu.

Automatický expanzní ventil (Obrázek 4) musí být umístěn před výparníkem, který je umístěn tak, aby chladivo nemohlo stékat do kompresoru – čili výparník nesmí být umístěn nad kompresorem. Jelikož nemá tento expanzní ventil funkci rozeznávání teploty ve vychlazovaném prostoru, musí být k řízení teploty využit výparníkový termostat.



Obrázek 4 Automatický expanzní ventil

Automatický expanzní ventil je možné použít k několika výparníkům zapojených za sebou. V tomto případě je jen na jednom výparníku termostat, podle kterého se řídí automatický expanzní ventil – řídí se teplotou tohoto výparníku (s termostatem).^{[23],[10],[21]}

2. Termostatické expanzní ventily

Termostatické expanzní ventily jsou řízeny tlakem, který je na začátku výparníku a tlakem v tykavce připevněné pomocí spony na výstup výparníku. Teplota tykavky se mění změnou teploty na sacím potrubí a tím i tlak v ní.

Termostatické expanzní ventily jsou podobné automatickým expanzním ventilům. Rozdíl spočívá v tom, že u těchto ventilů místo pružiny, která působí na horní část membrány, působí tlak p_t . Tento tlak p_t vyvolává termostatický článek. Termostatický článek se skládá z tykavky, kapilární trubice a prostorem nad membránou či měchem.

Termostatický expanzní ventil se tedy skládá z membrány, ovládacího kolíku, trysky, jehly, regulační pružiny, regulačního šroubu a termostatického článku.

Princip funkce

Jak již bylo řečeno, funkce termostatických expanzních ventilů je řízena tlakem na začátku výparníku a tlakem v tykavce.

Membrána je z dolní strany vytlačována vypařovacím tlakem chladiva p_o , který je na počátku výparníku, spolu s regulační pružinou. Vypařovací tlak je závislý na teplotě ve výparníku. Z horní strany je membrána stlačována tlakem z tykavky p_t , která je závislá na její teplotě (v tykavce). Rozdíl teploty na místě připevněné tykavky a teploty vypařovaného chladiva na začátku výparníku se říká přehřátí – neboli rozdíl tlaků p_o a p_t (je to stejné). Ventil se přivírá, pokud je přehřátí menší než je předem nastaveno regulační pružinou. Pokud je ale přehřátí vyšší, tak se ventil pootevře, aby se mohlo co nejlépe využít teplosměnné plochy výparníku. Při průtoku vypařovaného chladiva výparníkem vzniká průtokový odpor. Průtokový odpor je vlastně rozdíl tlaku pod membránou a tlaku na konci výparníku, kde se tlak měří tykavkou.

Těmto termostatickým expanzním ventilům se také jinak říká termostatické expanzní ventily s vnitřním vyrovnáním tlaku.

Termostatický expanzní ventil s vnějším vyrovnáním tlaku má průtokový odpor větší než cca 0,2 MPa. U těchto expanzních ventilů je prostor pod membránou utěsněn a do tohoto prostoru je veden tlak z konce výparníku. Tímto způsobem je postupně vylučován průtokový odpor výparníku. Tento způsob se používá při použití rozdělovače chladiva.

Termostatické expanzní ventily s MOP

Termostatické expanzní ventily se také vyrábějí s MOP – z anglického „Maximum Operating Pressure“ (Maximální provozní tlak). Ventily s MOP omezují maximální sací tlak výparníku například po opravě, po odtávání nebo při záběhu chladicího okruhu.

Od běžných expanzních ventilů se tento ventil liší jen náplní tykavky. Na první pohled zákazník nepozná, o jaký se jedná typ expanzního ventilu a i cenově se téměř neliší. Expanzní ventily s MOP jsou označeny štítkem zkratkou MOP a příslušnou maximální hodnotou sacího tlaku.

Tlak v tykavce expanzních ventilů s MOP díky své náplni přestane stoupat při ohřátí na určitou teplotu. Tím pádem převládá tlak z výparníku, který působí na dolní stranu membrány a ventil se uzavře, poté co kompresor odsaje dostatek par (nesmí se přetížít jeho motor). Po klesnutí tlaku ve výparníku se ventil opět otevírá.^{[23],[10],[21]}

Náplně do termostatických expanzních ventilů

Pro termostatické expanzní ventily se vyrábějí dva druhy nejpoužívanějších náplní a to plynová náplň a absorbční náplň.

U plynové náplně jsou tykavky tvořeny jen několika závity kapilární trubice a to z důvodu, že tykavka přivádí jen malý objem a množství tepla do expanzního ventilu díky malé hmotnosti par. Toto plnění mohou mít i termostatické expanzní ventily s MOP, které reagují na vlastní podchlazení kapilární trubice nebo těleso ventilu.

Plynové plnění se vyznačuje nejmenší časovou konstantou.

Absorbční náplň reaguje pouze na tykavku, takže není nutné využívat termostatické expanzní ventily s MOP. U tohoto plnění dochází ke stoupání přehřátí již při -5°C , což je výhodné v případě, když například vypadne jeden motor ventilátoru ve výparníku či při zásahu zákazníka do chladicího okruhu.

Absorbční plnění se vyznačuje největší časovou konstantou a používá se jen u univerzálních ventilů FRICA.

Časová konstanta je čas u termostatických expanzních ventilů potřebný k dokončení přestavení zdvihu jehly při určité změně teploty u tykavky.^[23]

Přehřátí

Pojem přehřátí znamená rozdíl mezi teplotou chladiva na začátku výparníku a teplotou chladiva na konci výparníku. Přehřátí se nastavuje u termostatických expanzních ventilů kde je tato hodnota přehřátí přednastavena výrobcem: u mechanických termostatických expanzních ventilů na 6-7 K, u elektronických termostatických expanzních ventilů na 3,5-5 K.

Pokud stoupne přehřátí nad přednastavenou hodnotu, dochází ke snížení výkonu kompresoru.

Přehřátí chrání kompresor před kapalnými rázy, které vznikají při nedostatečném odpaření chladiva. Při odpařování chladiva se velmi zvětší tlak v kompresoru vlivem vysoké teploty a mnohonásobně se zvětší objem páry chladiva. Tento mnohonásobně větší objem páry by kompresor nedokázal normálně nasát a došlo by k přetížení kompresoru a jeho zničení.^[23]

1.2.4 Výparník

Výparník je další nesmírně důležitou částí, bez které by chladicí okruh nefungoval. Základními parametry pro výběr výparníku je jeho výkon a použité chladivo, žádaná teplota chlazeného prostoru, teplotní spád, vzhled, hlučnost, dofuk vzduchu, jeho rozměry a v neposlední řadě cena.

Výparník je dalším a posledním typem výměníku tepla vyskytujícího se v chladicí technice a funguje jako opačný kondenzátor. Jeho funkcí je odvádění tepla (chladu) z odpařující se chladicí kapaliny do vychlazovaného prostoru. Chladicí kapalina se mění z kapalného skupenství na skupenství plynné jinak zvané vypařování, při kterém dochází ke sdílení tepla mezi vychlazovaným prostředím a vypařujícím se chladivem.

Výparníky rozdělujeme:

- **podle druhu vychlazovaného prostředí na:**
 - a) ***Kapalné***– do této skupiny patří např. voda a používají se výparníky typu kotlového a svazkového.
 - b) ***Plynné***– do této skupiny patří např. vzduch a používají se výparníky s přirozenou nebo nucenou cirkulací vzduchu.

Vypařovací teplota musí být nižší než teplota prostředí, které se vychlazuje a potom může být vychlazenému prostředí odebráno výparné teplo. Vypařovací teplota sice musí být nižší než teplota prostředí, ale zároveň musí být zajištěn provoz s co nejvyšší možnou vypařovací teplotou, jelikož čím menší je tlak par chladiva, tím větší je objem par chladiva. Rozdíl mezi vychlazeným prostředím a vypařovací teplotou musí být co nejmenší z toho důvodu, že se zmenšující se vypařovací teplotou klesá výkon výparníku. Pro vypařovací tlak platí, že s každou změnou vypařovací teploty klesá chladicí výkon o několik procent.^{[23],[3],[30]}

- **podle jejich funkce, čili podle způsobu vypařování chladiva na:**

a) Suché výparníky

Suchými výparníky prochází zvětšující se chladivo (objemově) postupně všemi komorami výparníku (sekcemi) a postupně se vypařuje. Ochlazovaná látka prochází komorami, které jsou kolmo na trubky s chladivem. Na vstupu výparníku je chladivo ještě jako kapalina, na výstupu z výparníku jsou už jen páry chladiva. Suché výparníky se používají pro chlazení kapalin a vody na teploty okolo 0°C.

Pro tento způsob vypařování chladiva jsou vhodné výparníky pro přímé chlazení (s přirozenou či nucenou cirkulací ochlazované látky) i výparníky pro nepřímé chlazení (kotlové stojaté či ležaté).

b) Zaplavené výparníky

Zaplavenými (či polozaplavenými) výparníky jsou z větší části zaplavené kapalným chladivem o vypařovacím tlaku. Tyto výparníky tak využívají lepších podmínek pro přestup tepla do kapaliny. V těchto výměnících musí být v horní části dostatečný prostor tzv. parní prostor, kde dochází k odloučení kapiček chladiva při bouřlivém varu – dochází ke stržení kapiček chladiva z parního prostoru. Z tohoto důvodu je v sacím potrubí odlučovač, který mechanicky odlučuje stržené kapky chladiva.

Pro tento způsob vypařování chladiva jsou vhodné výparníky pro přímé chlazení (s přirozenou či nucenou cirkulací ochlazované látky a ponorné výparníky) i výparníky pro nepřímé chlazení (kotlové ležaté či stojaté a ponorné svazkové).^{[23],[3]}

- **Podle konstrukce výparníků**

Výparníky dělíme podle konstrukce do dvou hlavních skupin

1. Výparníky pro přímé chlazení, které se dále člení na:

- a) *výparníky s přirozenou cirkulací vzduchu* - ty se dále člení na: suché a zaplavené
- b) *výparníky s nucenou cirkulací vzduchu* (Obrázek 5) – ty se dále člení na: suché a zaplavené
- c) *ponorné*

2. Výparníky pro nepřímé chlazení, které se dále člení na:

a) výparníky kotlové:

- *stojaté* – suché X zaplavené
- *ležaté* – suché X zaplavené X sprchované

b) výparníky ponorné:

- *svazkové* – zaplavené X polozaplavené
- *spirálové*

c) výparníky dvoutrubkové



Obrázek 5 Výparník pro přímé chlazení umístěný uvnitř VZT

1.2.5 Potrubí

Potrubí (Obrázek 6) je v chladicím zařízení nezbytnou součástí pro bezpečný průtok chladicí látky v chladicím okruhu.



Obrázek 6 Výstupní potrubí do kondenzátoru

Potrubí pro chladicí látku v okruhu

Jak již bylo řečeno, toto potrubí se vyskytuje v chladicím okruhu chladicího zařízení a umožňuje dopravu chladicí látky v tomto okruhu. Potrubí rozlišujeme podle toho, kde se vyskytuje, tedy podle jeho polohy, dále podle tvaru, materiálu, umístění, funkce a podle tlaku a teploty chladicí látky.

Rozlišení potrubí:

- **podle polohy rozlišujeme potrubí:**
 - a) *vnitřní*
 - b) *vnější*
- **podle tvaru rozlišujeme potrubí:**
 - a) *kruhové*
 - b) *větvené*
 - c) *liniové*
 - d) *paprskové*

- **podle materiálu rozlišujeme potrubí:**
 - a) *ocelové*
 - b) *kovové*
 - c) *neželezné*
- **podle umístění rozlišujeme potrubí:**
 - a) *pozemní*
 - b) *nadzemní*
 - c) *podzemní*
- **podle funkce rozlišujeme potrubí:**
 - a) *obtokové*
 - b) *spojovací*
 - c) *vyrovnávací*
 - d) *sací*
 - e) *výtlačné*

Spoje v potrubí musí být kvalitní, aby nedocházelo k úniku chladiva. V místech, kde není potřeba v budoucnu rozebírat potrubí, se spoje svařují či pájí (podle materiálu potrubí). Naopak v místech, kde je v budoucnu potřeba rozebírat potrubí, jsou vhodná šroubení z kujné mosazi či oceli nebo závitové trubky či přírubové spoje.

Pokud potrubí prochází zdívkou či stropem je nutné, aby v místě průchodu byla zazděna např. trubka o větším průřezu, než je potrubí tzv. „průchodka“. V průchodu potrubí zdívkou nesmí být pájený spoj. Pokud je potrubí vedeno na podlaze, tak musí být potrubí opatřeno vhodným krytem.^{[21],[6]}

Izolace potrubí

Základními druhy izolace je izolace tepelná, parotěsná, protihluková a izolace protipožární. Tepelná izolace na potrubí v chladicí technice je z toho důvodu, že dochází k průniku tepla z potrubí do vychlazovaného prostoru. Tato izolace také zabraňuje kondenzaci vodních par na potrubí, proto parotěsný a naizolovaný materiál se lepí, aby mezi ním a materiálem nedocházelo ke kondenzaci vzdušných par.

Hlavnímu požadavky na izolace jsou:

- co nejmenší tepelná vodivost, nasákavost a hmotnost,
- požadavek nehořlavosti, což znamená, že při požáru by neměla izolace skapávat a nesmí unikat jedovaté zplodiny z izolace,
- odolnost vůči vyskytujícím se chemikáliím,
- izolace musí mít mechanickou pevnost,
- odolnost proti UV,
- co největší odpor proti difúzi vodních par,
- v exteriéru se izolace chrání oplechováním a to z důvodu poškozování ptactvem

Při provádění izolací musíme zajistit z teplé strany parotěsnou nepřerušovanou vrstvu. Nutnost parotěsné vrstvy se větším rozdílem teplot zvyšuje.

Druhy izolací

- a) Izolace z vláknitých desek* - se vyrábějí ze skelné nebo čedičové vaty
- b) Izolace z pěnového polyuretanu*- by měly být tvořeny beze spár
- c) Izolace sypané* = drcené
- d) Izolace pevné*- jsou z drceného prvku, který je spojen např. asfaltem^[17]

1.2.6 chladicí látky

chladicí látky neboli zjednodušeně chladiva jsou nejdůležitější součástí chladicího zařízení. Díky nim je umožněno s daným chladicím zařízením převádět teplo z jednoho prostředí do druhého tak, aby v jednom z těchto prostředí byla teplota nižší než v okolním prostředí. Chladivo je látka kapalná, která má bod varu pod 0°C za normálního tlaku.

chladicí účinek chladiva závisí na jeho fyzikálních vlastnostech, čili na schopnosti změnit skupenství z kapaliny na plyn a naopak, což se děje při změně tlaku a teploty.

Při návrhu velikosti chladicího zařízení je nutno znát tzv. objemovou chladivost q_v . *Tato objemová chladivost vlastně udává, kolik je třeba přivést tepla (v kJ) do výparníku chladicího zařízení, které je potřebné pro odpaření 1 cm³ chladiva při odpařovací teplotě (tato teplota je přednastavena). Platí, že čím je větší objemová chladivost, tím se potřebuje menší kompresor.*^{[23],[23],[20]}

Chladiva mají své specifické požadavky, které je doporučeno dodržovat. Bohužel tyto požadavky se v realitě u chladiv nevyskytují všechny najednou, musíme tedy využít takové chladivo, které vyhovuje nejvíce zadaným požadavkům.

Požadavky na chladiva:

- Požadavek přiměřených tlaků nám říká, že sací tlak by měl být vždy o málo vyšší než tlak okolní. Za přiměřený kondenzační tlak považujeme tlak cca 2 MPa (20 Atm) pro určité druhy chladiva pro jiné např: 5 Mpa.
- Požadavek nejedovatosti a bezzápachavosti.
- Požadavek nehořlavosti a nevýbušnosti.
- Požadavek chemické stability a čistoty určuje snášenlivost s oleji a požadavek pro okruh.
- Požadavek stability v pracovní oblasti teplot.
- Požadavek ekologie poukazuje na skutečnost, že některá chladiva (R22, R134a, R404a, R407C atd.) napadají ozónovou vrstvu Země a tím pádem se podílejí na oteplování zemského povrchu. Do této problematiky patří Nařízení vlády 2037/2002 EK o látkách poškozujících ozónovou vrstvu Země a Zákon 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší.
- Požadavek nízké ceny a dostupnosti.^{[23],[20]}

Druhy chladiv

Chladivo se vybírá do daného chladicího zařízení podle ekologických, bezpečnostních a termodynamických hledisek chladiva. Termodynamické hledisko chladiva udává účinnosti kompresoru v chladicím zařízení a zároveň spotřebu elektrické energie.

Chladiva dělíme na přírodní a syntetická. Do přírodních (klasických) chladiv patří voda, čpavek, oxid uhličitý, oxid siřičitý a uhlovodíky jako propan, propylen a izobutan. Do syntetických chladiv patří freony (CFC), hydrochloroflourouhlovodíky (HCFC) a fluorované uhlovodíky (HFC).

1. Přírodní chladiva

- a) **Čpavek (NH_3)** se používá u zařízení velkých výkonů a u absorpčních aparatur. Je velmi rozšířený, i když nevyhovuje požadavkům na chladiva – je jedovatý, hořlavý a výbušný, zapáchá a napadá některé materiály a neželezné kovy. Jeho kladnými vlastnostmi jsou termodynamické vlastnosti (vysoká objemová hmotnost, chladivost, přiměřené tlaky), ekologičnost a je levný. Jeho teplota varu při normálním tlaku je $-33^\circ C$.
- b) **Oxid uhličitý (CO_2)** se používá v kaskádních chladicích okruzích. Využívá se jako suchý led a jeho teplota varu při normálním tlaku je $-78,5^\circ C$.
- c) **Oxid siřičitý (SO_2)** se používal dříve u prvních hermetických okruhů. Toto chladivo se vyznačovalo samomazností.
- d) **Propan ($R290$), Propylen ($R1270$), Izobutan ($R600a$)** se používají samostatně nebo ve směsi u domácích chladniček a mrazniček.^{[23],[20],[3]}

2. Syntetická chladiva

- a) **Freony (CFC)** neboli tzv. tvrdá chladiva jsou v dnešní době zakázána. Do této skupiny patří například chladiva typu R11, R12, R13 a R502.
- b) **Hydrochloroflourouhlovodíky (HCFC)** neboli tzv. měkká chladiva jsou částečně chlorované uhlovodíky a jsou také zakázána (od 1.1.2010). Do této skupiny patří R22, R123, R124. Chladivo R22 je dovoleno používat v chladicích zařízeních do roku 2015 podle *nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 2037/2000 o látkách, které poškozují ozónovou vrstvu a zákon ČR č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší*.
- c) **Fluorované uhlovodíky (HFC)** neboli tzv. F-plyny, které nepoškozují ozónovou vrstvu, mají dobrou chladivost, jsou nehořlavé, nejedovaté, ale mají nezanedbatelný skleníkový efekt. Tyto F-plyny byly vyrobeny jako náhrada za chladiva, která poškozují ozónovou vrstvu. Platí pro ně *nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 842/2006 o F-plynech a zákon ČR č. 483/2008 Sb. o ochraně ovzduší*. Do této skupiny patří chladiva R134a, R404a, R407C, R410a atd.^{[23],[20],[3]}

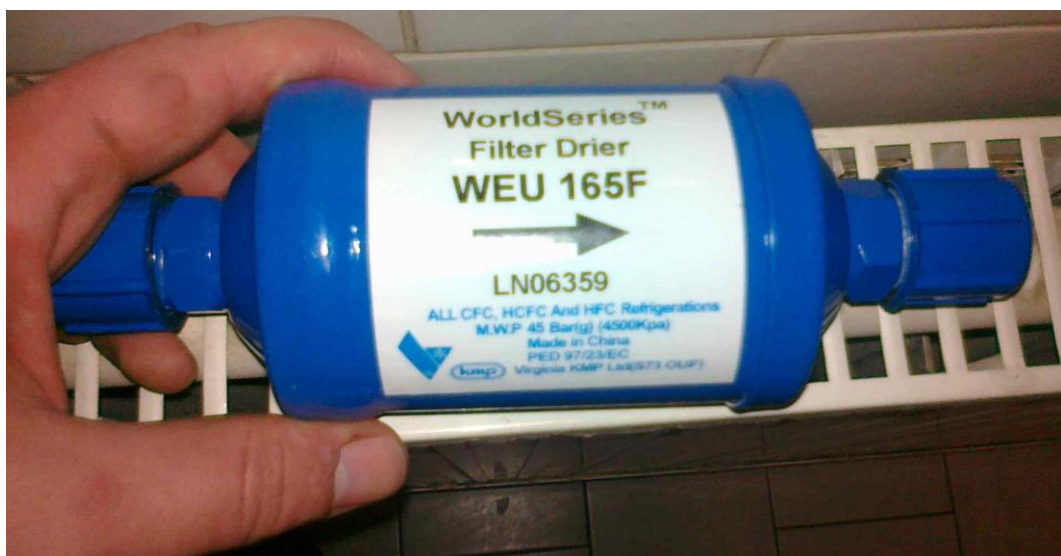
- **Doplňující komponenty**

1.2.7 Filtry

Filtry jsou nedílnou součástí chladicího okruhu. Jejich činností v tomto okruhu je zachycovat pevné nečistoty v potrubí, které zde zůstaly po výrobě, montáži či opravě anebo nečistoty vzniklé korozí během provozu zařízení. Tyto nečistoty by mohly hrubě narušit provoz chladicího okruhu.

Filtry chrání hlavně kompresor, čerpadlo, armatury či škrtkící orgány chladicího okruhu, proto jsou vždy umístovány před tato zařízení. Filtry se mohou umístit do obtoku z důvodu vyloučení trvalého průtočného odporu, který způsobuje zvýšený hydraulický odpor v okruhu, a z důvodu lepšího vyčištění z filtru bez přerušení provozu chladicího okruhu. Filtry jsou vyrobeny z jemného drátěného pletiva ve tvaru koše.

Existují také tzv. filtrdehydrátory (Obrázek 7), které dokonale umožňují využití molekulových sít (jejich dehydratačních schopností) a nových filtračních materiálů. Toto spojení dehydrátoru a filtru se nazývá briketa, kde je dané množství molekulového síta nasypáno do obalu, které je tvořeno porézním materiálem.



Obrázek 7 Filtrdehydrátor šroubovací



Obrázek 8 Filtrdehydrátor s výměnou briketou

U briket nemůže dojít k úplnému ucpání nečistotami, jelikož obal molekulového síta tvoří velkou filtrační plochu. Vnitřní nečistoty uvolněné z molekulového síta za provozu chladicího zařízení zachycuje vnitřní povrch filtračního obalu.

Filtrdehydrátor je možné odstupňovat velikostí kovových pouzder a poté je možno vložit do tohoto filtrdehydrátoru i více briket (Obrázek 8).^{[3],[6],[23]}

1.2.8 Sběrač a zásobník chladiva

Sběrač chladiva a zásobník chladiva (Obrázek 9) se liší v tom, že u sběrače kapalného chladiva nemusí být průhledítka a u zásobníku chladiva musí být průhledítka, jinak se jedná o totéž zařízení. Sběrač kapalného chladiva a zásobník chladiva se umísťují za kondenzátor, a jak už název vypovídá, stéká do nich kapalně chladivo. Sběrače jsou tlakové nádoby, které na vysokotlaké straně slouží k pojmutí vypouštěné části chladiva například při údržbě, opravách či odtávání. Na nízkotlaké straně shromažďují chladivo a vyrovnávají změny objemu kapalného chladiva ve výparníku.



Obrázek 9 Zásobník chladiva

Sběrač kapalného chladiva je ležatá nádoba válcového tvaru, která má hrdlo pro přívod a odvod kapalného chladiva a pro vyrovnání tlaku s kondenzátorem. Dalším prvkem sběrače je pojistný ventil, hladinoznak, manometr a systém pro odvodu nečistot a oleje podle druhu používaného chladiva.

Sběrače kapalného chladiva se dělí na:

1. Provozní – zde chladivo trvale protéká

Provozní sběrače jsou tedy trvale zapojeny v chladicím okruhu, chladivo jimi protéká a část chladiva je v nich trvale uložena. Rozlišujeme zde sběrače vysokotlaké a nízkotlaké.

- a) *Vysokotlaké sběrače* jsou umístěné na vysokotlaké straně, a jak již bylo řečeno, slouží k pojmutí vypouštěné části chladiva například při údržbě, opravách či odtávání. Vysokotlaké sběrače jsou o velikosti objemu 30-40 % větší než je celková velikost chladiva, a to z důvodu proměnlivé vypařovací teploty.
- b) *Nízkotlaké sběrače* jsou umístěné na nízkotlaké straně – mezi škrtícím ventilem a výparníkem - a opět jak již bylo řečeno, shromažďují chladivo a vyrovnávají změny objemu kapalného chladiva ve výparníku, odlučují páry vzniklé škrcením a vypařováním. Změny objemu kapalného chladiva jsou způsobeny změnami teplot. Nízkotlaké sběrače musí být takové velikosti, aby byl za provozu umožněn prostor pro odlučování par a čerpadlo. Pokud by se musel výparník vypustit, tak nesmí být sběrač zaplněn chladivem bez rezervního místa.

2. Vypouštěcí a zásobní

Vypouštěcí a zásobní sběrače jsou napojeny na okruh a je do nich vypouštěno chladivo jen při opravách, čištění či odtávání chladiva.

Zásobní sběrače slouží k zásobování určitým množstvím chladivem do chladicího okruhu, kde množství chladiva je přípouštěno dle potřeby. Velikost sběračů musí odpovídat danému účelu.^{[21],[3],[6]}

1.2.9 Elektromagnetický ventil - „Solenoid“

Elektromagnetický ventil (Obrázek 10) souží k mechanickému oddělení potrubí a je vždy otevřen, pokud je v běhu kompresor. V případě, že není spuštěn kompresor chladicího zařízení, elektromagnetický ventil plní funkci uzavíracího a oddělovacího akčního členu proti volnému pohybu chladiva v okruhu.



Obrázek 10 Elektromagnetický ventil – „Solenoid“

1.2.10 Odlučovač kapaliny

Odlučovače kapaliny se umisťují k výparníku (hlavně u zaplaveného a sprchového). Odlučovače kapaliny mají tvar stojatého válce s rozměry, které jsou potřebné pro odlučování kapek chladiva od par chladiva.

Odlučovače kapaliny tedy slouží k oddělování kapalného chladiva od par tohoto chladiva, které odcházejí z výparníku.

K oddělování kapek kapalného chladiva od páry dochází změnou rychlosti nebo i využitím odstředivé síly v proudu páry, která má spirálový pohyb (jen u některých typů odlučovačů).

Odlučovače kapalného chladiva jsou buďto jako samostatné jednotky, nebo jsou vestavěny přímo ve výparníku (u blokových jednotek).^{[21],[3],[6]}

1.2.11 Odlučovač oleje

Odlučovače oleje slouží k odloučení oleje z chladicích okruhů. To znamená, že z chladicího kompresoru se do chladicího okruhu dostává olej, který je potřeba k promazání tohoto kompresoru. Olej se do chladicího okruhu dostává v podobě par, či stržených kapek.

Je tedy nutné, aby se olej odloučil, jelikož může dojít k:

- a) Zmenšení náplně mazivového oleje v kompresoru, což způsobí nedostatečné mazání stroje,
- b) U nerozpustných chladiv v oleji například ve čpavku může dojít k usazování oleje na teplosměnné ploše, což snižuje chladicí výkon a hospodárnost provozu chladicího zařízení,
- c) U rozpustných chladiv v oleji (halogeny) může dojít ke shromáždění ve výparníku, což také snižuje chladicí výkon a hospodárnost provozu chladicího zařízení.

Odlučovače oleje mají tři způsoby odloučení oleje od kapalného chladiva.

Prvním způsobem je využití zpomalení proudu tekutiny, druhý způsob využívá toho samého principu jen má odlučovač navíc vestavby, a poslední třetí způsob využívá filtru, kterým je protlačován proud chladiva.

Odlučovače olejů jsou umístěny na dně výparníků a ve výtlačném potrubí.^{[21],[3],[6]}

1.2.12 Čerpadla pro nucený oběh

Čerpadla pro nucený oběh slouží k nucenému protlačování kapalného chladiva výparníkem. Zde je protlačován větší objem kapalného chladiva, než je objem kapalného chladiva, který je vypařován.

Tyto čerpadla se využívají u chladicího zařízení, která jsou ve velkých objektech s potřebou regulací průtoku jako například haly.

Čerpadla s nuceným oběhem se vyrábějí buďto jako ucpávková nebo jako bezucpávková, která mají oddělen rotor od statoru magnetickým pláštěm, který je odolný vůči korozi. Rotor v bezucpávkových čerpadlech „běhá“ v kapalném chladivu.

Konstrukčně se vyrábějí čerpadla s nuceným oběhem jako zubová nebo odstředivá.

Při určení typu čerpadla k chladicímu zařízení je třeba brát ohledy na dopravní výšku a obíhající množství chladicí látky, a v neposlední řadě na hydraulický odpor potrubního systému. Dále musíme brát v úvahu viskozitu kapaliny.^{[3],[6]}

1.3 Měřicí, bezpečnostní a automatické řídicí přístroje

V předchozích kapitolách jsem vyjmenoval všechny důležité části, ať už to byly ty základní (kompresor, kondenzátor, expanzní ventil a výparník) či doplňkové (sběrač kapalného chladiva, odlučovač oleje a kapaliny, filtry atd.).

K chladicímu okruhu neodmyslitelně patří i bezpečnostní a automatické řídicí přístroje, bez kterých by provoz tohoto chladicího zařízení nebyl bezpečný a hospodárný.

1.3.1 Teplotní spínače

Teplotní spínače jsou citlivé na změnu teploty. Jsou to dvupolohové elektrické termostaty, které mají tzv. mžikový mechanismus sloužící k rychlému sepnutí a rozepnutí kontaktů. Teplotní spínače regulují teplotu, čili zajišťují teplotu v chlazeném prostoru v daném teplotním intervalu.

Teplotní spínače se vyrábějí jako obyčejné dvouvývodové, dvouvývodové s táhlem, tříbodové, odtávací, elektronické a polovodičové. Teplotní spínač je vyráběn jen pro určitý typ zařízení a jeho záměna není možná (jen v ojedinělých případech).^{[9],[23]}

1.3.2 Tlakové spínače

Tlakové spínače reagují na tlak chladicí látky v chladicím okruhu.

Rozlišujeme zde:

1. **nízkotlaký presostat,**
2. **vysokotlaký presostat,**
3. **diferenciální presostat.**

1. **Nízkotlaký presostat**

Hlavním úkolem nízkotlakého presostatu (NK) je chránit kompresor před poškozením. Toto poškození může vzniknout při „chodu“ kompresoru za nízkého sacího tlaku, jelikož s poklesem sacího tlaku se snižuje i množství chladiva, které obíhá v chladicím okruhu a k poruchovému vracení se oleje, který koluje v kriticky malém množství.

Nízkotlaký presostat je konstrukčně podobný jako teplotní spínač, jen kromě termočlánku má článek tlakový. Tento presostat se používá jako řídicí a jistící přístroj a je montován na nízkotlakou stranu chladicího okruhu.

2. **Vysokotlaký presostat**

Vysokotlaký presostat neboli přetlakový jistič (PO) je určen k bezpečnému a hospodárnému odpojení kompresoru při dosažení dané hodnoty tlaku v kompresoru. Tato hodnota tlaku je většinou nastavena na hodnotu maximálního pracovního tlaku.

Tento vysokotlaký presostat se používá hlavně u vodou chlazených kondenzátorů. U vzduchem chlazených kondenzátorů se tento presostat používá u hmotnosti kapalného chladiva větší než 5 kg.

Vysokotlaký presostat se montuje na vysokotlakou část chladicího okruhu a nesmí být mezi tímto presostatem a přímým připojením na chladicí okruh žádný uzavírací člen.^{[9],[23]}

3. Diferenciální presostat

Diferenciální presostat nebo tlakový jistič oleje vyhodnocuje mazací tlak oleje v kompresoru. Ztráta mazacího tlaku je vyhodnocena s časovým zpožděním, to proto, aby byl umožněn start a eliminace krátkodobých výpadků.

Tento diferenciální presostat má dva vývody, které jsou označeny. Presostat se připojuje na výstup, který směřuje ze skříně kompresoru na vysokotlaké mazací straně. Z důvodu klesajícího tlaku ve skříně kompresoru je do elektrického obvodu presostatu zapojeno zpoždovací relé. Toto zpoždovací relé „přidrží“ sepnuté kontakty po celou dobu rozběhu. Zpoždovací relé se vypne, pokud nedojde k přednastavenému rozdílu tlaku.^{[9],[23]}

1.3.3 Průtokový spínač „floswitch“

Průtokový spínač se používá v průtokových chladičích kapalin a reaguje na přítomnost průtoku kapaliny. Jeho hlavním úkolem je ochrana proti zamrznutí kapaliny ve výparníku v případě ztráty průtoku. Elektrický výstup průtokového spínače přímo blokuje chod jednotky, pokud dojde k nestandardním situacím – zkrat v hydraulickém okruhu.^{[9],[23]}

1.3.4 Pojišťovací ventil

Pojišťovací ventil je tlakový bezpečnostní prvek, který bývá součástí sběračů chladiva. Pojišťovací ventil je z výrobního závodu již předem přednastavený na určitý tlak a je zakázáno jakkoli s ním manipulovat.^{[9],[23]}

1.3.5 Vodní ventil

Vodní ventil vyrovnává pracovní podmínky chladicího okruhu, čili vyrovnává vliv zátěže a změnu teploty chladicí kapaliny a zároveň snižuje spotřebu chladicí kapaliny. Vodní ventil tedy reguluje průtok chladicí kapaliny u vodou chlazených kondenzátorů podle požadované hodnoty kondenzačního tlaku.^{[9],[23]}

1.3.6 Regulátor otáček ventilátoru

Regulátor otáček ventilátoru stabilizuje pracovní podmínky v chladicím okruhu a vyrovnává vliv zátěže a teploty okolí na ventilátor s požadovaným kondenzačním tlakem. Regulace otáček ventilátorů přispívá ke snížení hladiny hluku kondenzátoru a usnadňuje zimní start chladicího zařízení.^{[9],[23]}



Obrázek 11 Regulátor otáček ventilátoru

1.3.7 Regulátor hladiny oleje

Regulátor hladiny oleje doplňuje chybějící hladinu mazacího oleje v kompresoru ze zásobníku oleje. Pokud je v zásobníku oleje nedostatečné množství oleje, vydá regulátor hladiny oleje varovný signál.^{[9],[23]}

2 ZÁVADY NA CHLADICÍM ZAŘÍZENÍ A JEJICH PROJEVY

Závady vzniklé na chladicím zařízení mohou mít vždy více příčin, nelze proto tedy určit všeobecně platné pravidlo, kdy můžeme daný příznak přiřadit určité závadě. Záleží vždy na posouzení odborníka, který po zjištění závady prohlédne chladicí zařízení a určí, o kterou příčinu se jedná.

Druhy závad:

- **Netěsnící kompresor** – tato závada vznikne např. opotřebením kompresoru, vlivem častých startů, zaplavení kompresorů chladivem, výrobní vadnou, nedostatkem oleje
- **Špatně izolované potrubí** – závada může vzniknout vlivem slunečního UV záření, u starších izolací k jejich rozpadu, nebo vlivem poškození od hlodavců či ptactva.
- **Nečistota v okruhu** – závada vzniká např. z napáleného přehřátého vinutí kompresoru, pohybující se uvolněnou mechanickou částí v potrubí, špatně provedeným pájením okruhu při výrobě či opravě.
- **Nefunkčnost elektromagnetického ventilu** – závada může být způsobena spálenou cívkou či mechanickou závadou.
- **Slabý přítok chladicí vody** – závada může být způsobena vadným čerpadlem vodního okruhu, přicpaným filtrem vodního okruhu, špatně nadimenzovaným vodním okruhem
- **Nezkondenzovatelné plyny** (vzduch, dusík) **v okruhu** – závada může vzniknout nedostatečným vyvákuováním okruhu při uvádění zařízení do provozu (do chodu), příp. při doplňování chladiva do okruhu pronikl spolu s chladivem vzduch, dusík či jiný nekondenzovatelný plyn
- **Nedostatek chladiva** - k úniku chladiva může dojít na základě špatného provedení prvotního napuštění chladivem či netěsností okruhu
- **Ucpaný (neprůchodný) filtrdehydrátor** – příčinou této závady může být existence nečistot, vlhkosti či kyseliny v okruhu

- **Zamrzající expanzní ventil** – důvodem této závady může být špatně navržená tryska expanzního ventilu či špatně seřízený expanzní ventil nebo nedostatek chladiva
- **Odvzdušnění chladicího okruhu** – je nezbytné z důvodu přítomnosti vzduchu v chladicím okruhu po montáži či opravě. Vzduch se může do chladicího okruhu dostat i netěsností spojů, ucpávek kompresorů nebo uzavírek v místech podtlaku a v neposlední řadě i vyloučením z chladiva či oleje. Přítomnost vzduchu v kondenzátoru způsobuje zvyšování celkového parciálního tlaku, což způsobuje růst příkonu a pokles hospodárnosti provozu. Pokud vzduch s sebou nese i vlhkost, je to další nepříznivý vliv pro chladicí okruh. Odstranění vzduchu se provádí systémem na odvzdušnění, který je umístěn v horní části kondenzátoru. Do tohoto systému chlazeného chladivem se vede vzduch a nezkondenzované plyny z chladicího okruhu, kde se ochladí.^{[21],[3],[6]}
- **Odstraňování vlhkosti z chladicího okruhu** - vlhkost se do chladicího okruhu dostává především se vzduchem, ale i z důvodu nedokonale vysušených částí (po výrobě, montáži nebo opravě), s olejem nebo chladivem. Její vliv se projevuje hlavně u chladiv, které jsou více korozivní nebo způsobují vymrzání při poklesu pod 0°C ve škrťicích průřezech. Škrťicí průřez se tímto působením buďto ucpává nebo se zužuje, což může způsobit zastavení funkce zařízení. Vlhkost se odstraňuje dokonalým vysoušením a utěsněním zařízení před vyplněním chladivem, používáním kvalitních olejů a chladiv a zařazením dehydrátorů do potrubí chladiva. Dehydrátor je nádoba s dehydratační látkou (silikagel) a jeho úkolem je likvidovat vlhkost za provozu chladicího okruhu. V dnešní době se však používají molekulová síta s hliníkokřemičitanovými jemnými póry o stejné velikosti. Velikost těchto pórů musí být větší, než je molekula vody, ale zároveň menší než je molekula chladiva. Do pórů se zachycuje pouze voda, chladivo pokračuje dál. Tento dehydrátor má velmi velkou schopnost k pojmutí vody.^{[21],[3],[6]}

Projevy závad na chladicím zařízení

1. Nízký tlak na sací straně

možná příčina:

- ventil na sací straně je uzavřen nebo přivřen
- potrubí na sací straně může být přicpáno nebo deformováno
- špatně zvolená tryska expanzního ventilu (malá)
- závada na vyhodnocovacím zařízení tlaku
- namrzlý výparník nebo uvnitř výparníku se nachází olej
- nedostatek chladiva
- ucpaný sací filtr
- ucpané sítko sacího ventilu
- namrzající expanzní ventil
- poškozený expanzní ventil
- příliš oleje v okruhu

2. Vysoký sací tlak

možná příčina:

- netěsnost v kompresoru
- špatně zvolená tryska expanzního ventilu (velká)
- elektromagnetický ventil odtávání otevřený nebo netěsný
- závada na vyhodnocovacím zařízení tlaku
- příliš mnoho chladiva v okruhu
- poškozený expanzní ventil

3. Nízký kondenzační tlak

možná příčina:

- netěsnost v kompresoru
- špatně zvolená tryska expanzního ventilu (velká)
- závada na vyhodnocovacím zařízení tlaku
- elektromagnetický ventil odtávání otevřený nebo netěsný
- nedostatek chladiva v okruhu

- poškozený expanzní ventil
- silný průtok chladicí vody (pouze pokud je kondenzátor chlazen vodou)

4. Vysoký kondenzační tlak

možná příčina:

- výtlačný ventil uzavřen nebo přivřen
- ucpání nebo deformování výtlačného potrubí
- ucpání kapalinového potrubí
- závada na vyhodnocovacím zařízení tlaku
- slabý průtok chladicí vody (pouze pokud je kondenzátor chlazen vodou)
- kondenzátor je znečištěn
- v okruhu jsou spolu s chladivem nekondenzovatelné plyny např. vzduch, dusík
- okruh přeplněn chladivem
- poškozený expanzní ventil
- omezený přístup vzduchu ke kondenzátoru
- příliš vysoká teplota okolního prostředí

5. Nízká teplota sání (Obrázek 12)

možná příčina:

- malá tryska sání
- závada na vyhodnocovacím zařízení tlaku
- okruh přeplněný chladivem
- poškozený expanzní ventil

6. Vysoká teplota sání

možná příčina:

- netěsnost v kompresoru
- špatně izolované sací potrubí
- velká tryska expanzního ventilu
- závada na vyhodnocovacím zařízení tlaku
- nedostatek chladiva
- ucpané síto sacího ventilu
- zamrzající expanzní ventil
- poškozený expanzní ventil

7. Nízká kondenzační teplota

možná příčina:

- velká tryska expanzního ventilu
- závada na vyhodnocovacím zařízení tlaku
- poškozený expanzní ventil

8. Vysoká výtlačná teplota

možná příčina:

- netěsnost v kompresoru
- malá tryska
- elektromagnetický ventil odsávání otevřený nebo netěsný
- závada na vyhodnocovacím zařízení tlaku
- slabý přítok vody do kondenzátoru (pouze pokud je kondenzátor chlazen vodou)
- nekondenzovatelné plyny např. vzduch, dusík
- vysoká teplota chladicí vody (pouze pokud je kondenzátor chlazen vodou)
- nedostatek chladiva
- ucpané sítko sacího ventilu
- zamrzající expanzní ventil
- poškozený expanzní ventil

9. Velká diference teplot vstupů a výstupů vody

možná příčina:

- závada na vyhodnocovacím zařízení tlaku
- slabý přítok vody do kondenzátoru (pouze pokud je kondenzátor chlazen vodou)
- slabé vodní čerpadlo

10. Nízká hladina oleje v kompresoru

možná příčina:

- ucpaný sací filtr
- ventil vracení oleje uzavřen
- filtr vracení oleje znečištěn
- nedostatek oleje

11. Syčení v expanzním ventilu

možná příčina:

- malá tryska v expanzním ventilu
- nedostatek chladiva
- ucpané síto sacího ventilu
- poškozený expanzní ventil

12. Expanzní ventil blokován v uzavřené poloze

možná příčina:

- zamrzající expanzní ventil
- poškozený expanzní ventil

13. Namrzlý výparník

možná příčina:

- malá tryska v expanzním ventilu
- ucpání v kapalinovém potrubí
- nedostatek chladiva
- ucpané síto sacího ventilu
- zamrzající expanzní ventil
- poškozený expanzní ventil

14. Bubliny v průhledítku

možná příčina:

- velká tryska v expanzním ventilu
- nekondenzovatelné plyny např. dusík, vzduch...
- nedostatek chladiva
- poškozený expanzní ventil

15. Nelze provést vakuování

možná příčina:

- Netěsnost v kompresoru
- Elektromagnetický ventil odtávání otevřený nebo netěsný

16. Nezvyklý hluk v kompresoru

možná příčina:

- nečistota
- cizí těleso v okruhu

17. Mechanické poškození některé části kompresoru

možná příčina:

- špatně upevněný kompresor
- zaplavení chladivem kompresoru

18. Časté vypínání vysokotlakým presostatem

možná příčina:

- výtlačný ventil uzavřen nebo přivřen
- netěsnost v kompresoru
- slabý přítok vody (jen pro vodní kondenzátor)
- znečištěný kondenzátor
- nekondenzovatelné plyny, vzduch, dusík v okruhu
- vysoká teplota chladicí vody (jen pro vodní kondenzátor)
- okruh přeplněný chladivem
- chybné nastavení vysokotlakého presostatu

19. Časté spínání nízkotlakého presostatu

možná příčina:

- sací ventil uzavřen nebo přivřen
- ucpaní v tlačném potrubí nebo jeho deformace
- malá tryska v expanzním ventilu
- elektromagnetický ventil odtávání otevřený nebo netěsný
- namrzlý výparník nebo uvnitř olej
- nedostatek chladiva
- ucpaný sací filtr
- zamrzající expanzní ventil
- příliš oleje v okruhu
- ventilátor výparníku neběží
- chybné nastavení nízkotlakého presostatu

20. Časté zapínání kompresoru

možná příčina:

- netěsnost v kompresoru
- chybné nastavení nízkotlakého presostatu

21. Kompresor běží stále

možná příčina:

- netěsnost v kompresoru
- nedostatek chladiva
- nastavená příliš nízká teplota

22. Kompresor neběží

možná příčina:

- nedostatek chladiva
- nastavena příliš vysoká teplota
- chyba v napájení (pojistky, kontakty)
- elektromagnetický ventil v kapalném potrubí uzavřen



Obrázek 12 Zamrzlý kompresor

3 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT

Programovatelné automaty (programovatelné automaty PLC – Programmable Logic Controlrs) patří k nejvýznamnějším řídicím prostředkům pro řízení technologických procesů, strojů a výrobních linek. Technika programovatelných automatů byla delší dobu pozadu v programátorském komfortu za minipočítači či řídicími počítači, přesto však vykazovala nediskutovatelné výhody - vysoká spolehlivost, nižší náklady na kabeláž, jednodušší rozdělení řídicí struktury na samostatné celky s jasně definovatelnými rozhraními. Z uvedených výhod vyplývá rychlejší uvedení do provozu, snazší údržba, optimalizace ceny Hardwaru, vysoká stabilita jednoduchého operačního systému, nižší nároky na kvalifikační předpoklady inženýrských a projekčních pracovníků, celkové nižší náklady na realizaci, uvedení do chodu a závěrečné fázi projektu.

Jedním z hlavních požadavků průmyslu byl jednoduchý programovací jazyk podobající se jazyku logických schémat, reléovým schémátům, assembleru atd. Na základě těchto jednoduchých programovacích jazyků bylo celkem snadné nahradit klasickou techniku logického řízení programově orientovanými řídicími systémy – programovatelnými automaty. Programovatelné automaty umožňují naprogramování logických rovnic. Změna logické struktury se provede na základě změny programu v programovatelném automatu.

Výhody a nevýhody programovatelných automatů:

Výhody

- Velice rychlé přeprogramování úlohy
- Možnost naprojektování na míru
- Možnost vystavění velké hierarchické struktury podle potřeby
- Modularita (možnost rozšíření)
- Hospodárnost (nízké náklady na velmi malé či malé kompaktní automaty)
- Vestavěná diagnostika vlastního PLC
- Jednoduché programování
- Možnost využití vyšších programovacích jazyků
- Veliká nabídka kvalitních přístrojů různých výrobců

Nevýhody

- Nižší programátorský komfort než u minipočítačů
- Menší flexibilita ve srovnání s IPC
- Nedostatečně standardizované sériové komunikační sběrnice pro propojení automatů do sítí
- Potřeba hierarchické architektury při propojování do větší celků^[26]

3.1 Technické vybavení

3.1.1 Vstupní a výstupní podsystém (moduly)

Programovatelný automat má velice dobře propracovaný systém vstupů a výstupů. Tato vlastnost charakterizující řídicí systémy je jedním z hlavních důvodů jejich trvalé popularity. Při zakoupení programovatelného automatu uživatel kupuje perfektně vyřešený podsystém vstupů a výstupů v jednotlivých V/V modulech či v pevné konfiguraci.

- **Vstupní převodníky**

Vstupní převodníky mohou být součástí průmyslového automatu nebo se připojují na jeho vstup k tomuto účelu speciálně určenému. Slouží k převodu binární a analogové hodnoty na signál srozumitelný programovatelnému automatu.

- **Výstupní převodníky**

Výstupní převodníky mohou být buď součástí průmyslového automatu, nebo se připojují na jeho výstup k tomuto účelu speciálně určenému. Jeho výstup může být napěťový nebo proudový.^[27]

3.1.2 Speciální moduly

K průmyslovému automatu můžeme připojit další speciální moduly, jako jsou např. zobrazovací panely, rozšiřující moduly, vstupní převodníky, výstupní převodníky, modem, GSM modul, čidla, teplotní čidla, tlaková čidla.

- **Zobrazovací panel**

Zobrazovací panel slouží k zobrazení předem definovaných parametrů. Jeho součástí může být vstupní uživatelská jednotka (např. klávesnice nebo tlačítka s rychlou volbou). V některých řídicích systémech je povinný, v jiných nikoliv.

- **Modem**

Modem slouží k připojení průmyslového automatu k místní nebo celosvětové síti. Díky tomuto připojení je možné zobrazit parametry či změny v nastavení průmyslového automatu odkudkoliv na světě.

- **GSM modul**

GSM modul slouží k přijímání a odesílání zpráv na mobilní telefon a to na libovolný předem definovaný počet telefonních čísel, což umožní zákazníkovi dozvědět se o případné poruše téměř ve stejném čase, kdy porucha na zařízení vznikla. ^[27]

3.2 Programové vybavení PLC

3.2.1 Programovací prostředí

Každý z komerčních průmyslových automatů má své programovací prostředí, které se částečně nebo zcela liší od programovacích prostředí jiných výrobků. Někteří používají k programování programovací jazyk, jiní grafické prostředí. Grafické prostředí je jakási nadstavba programovacího jazyka. Jde tedy o jiné zobrazení programovacího jazyka pomocí logických schémat, které jsou navzájem propojovány a zároveň jim jsou přiřazovány parametry. Program poté takto vytvořené schéma převede do programovacího jazyku a odešle do programovatelného automatu.

Programovací prostředí slouží k uložení vnitřních instrukcí programu do průmyslového automatu, dále slouží k vytvoření jednotlivých příkazů, co se má vykonat, pokud dojde k naplnění předem definované podmínky. ^[27]

3.2.2 Snímače fyzikálních veličin

- **Čidla**

Čidla slouží ke snímání fyzikálních veličin a jejich následnému převedení na elektrický signál. Pro účely mé práce se budu zabývat především čidly, které slouží ke snímání teploty a tlaku.

- **Teplotní čidla**

Teplotní čidla slouží ke snímání teploty. Nejčastěji se používají odporová čidla NI 1000 nebo polovodičová čidla. Dříve se používala odporová čidla PT 100. Každé čidlo má jinou odporovou charakteristiku, proto je nelze mezi sebou nahradit jiným typem čidla bez příslušného převodníku.

- **Tlaková čidla**

Tlaková čidla slouží k převodu velikosti tlaku na elektrický signál. Nejčastěji se používá měření pomocí tzv. proudové smyčky, kde se měří proud procházející přes čidlo v řádech mA (např. 0-10 mA nebo 4 – 20 mA). Pokud zvolíme čidlo, kde proudová charakteristika nezačíná od nuly, umožní nám to např. automaticky vyhodnotit přerušeny vodič k čidlu. ^[27]

3.2.3 Programové jazyky

K programování slouží specializované jazyky, které byly původně navrženy pro účinnou, názornou a především snadnou realizaci logických funkcí. Programovací jazyky různých výrobců nejsou stejné, jsou však podobné, avšak přenositelnost programů mezi průmyslovými automaty různých výrobců není možná. Toto jde obvykle v případě systémů téhož výrobce. Programovací jazyky jsou však sjednoceny na základě mezinárodní normy IEC 1131-3. Tato norma definuje čtyři typy jazyků:

1. **Jazyk mnemokódů**

Tento jazyk je strojově orientován, což znamená, že každému příkazu programovatelného automatu odpovídá stejně pojmenovaný příkaz jazyka. Jedná se o obdobu assembleru u počítačů, tzn. že tento jazyk poskytuje: „*aparát symbolického označení návěští pro cíle skoků a volání, symbolická jména pro číselné hodnoty, pro pojmenování vstupních, výstupních a vnitřních proměnných a jiných objektů programu (datových bloků a tabulek, struktur a jejich prvků), pro automatické přidělování paměti pro uživatelské registry a pro jiné datové objekty, pro jejich inicializaci (zadání počátečního obsahu), pro zadávání číselných hodnot v různých číselných soustavách*“.^[16]

2. Jazyk kontaktních (reléových) schémat

Jedná se o grafické schéma. Tento druh jazyka je výhodný v situacích, kdy s ním pracuje personál, který nezná tradiční počítačové programování. Jako velice výhodné se jeví to, že nalezení závady na stroji je otázkou několika minut.

3. Jazyk logických schémat

Tento jazyk popisuje základní logické operace obdélníkovými značkami. Výška značky je určována dle počtu vstupů. Toto schéma je využíváno především uživateli, kteří jsou zvyklí na kreslení logických schémat pro zařízení s integrovanými obvody.

4. Jazyk strukturovaného textu

Jedná se o obdobu vyšších programovacích jazyků pro počítač. Tento druh jazyku umožňuje jak úsporný tak i názorný zápis algoritmů.^[16]

4 OPRÁVNĚNÉ OSOBY PRO VYKONÁVÁNÍ REVIZE

Revizí chladicího zařízení se rozumí zjištění celkového stavu chladicího zařízení, shodnost s platnými normami a předpisy z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví osob před úrazem nebo poškozením či zničením věcí.

Podle nařízení ES 842/2006, které vydal Evropský parlament a Rada, mohou revizi a uvedení do provozu chladicího zařízení provádět jen certifikované osoby, které zacházejí s nebezpečnými látkami pro životní prostředí.

Kvalifikovaní pracovníci s tímto certifikátem mohou provádět revize ve všech zemích Evropské unie.

Revize chladicího zařízení se provádí 1x nebo 2x za rok, podle objemu chladiva (nad 3kg do 30kg – 1x za rok, nad 30kg do 300kg – 2x za rok) registrovanou firmou, která zaměstnává odborně certifikované pracovníky na chlazení zařízení. Touto revizí se rozumí kontrola úniku chladiva, těsnosti a pevnosti chladicího okruhu, koroze potrubních spojů, kontrola tlakových nádob atd. Pokud se zjistí závady na chladicím okruhu je provozovatel povinen tyto vady odstranit do 30 dnů ode dne zjištění a další kontrola zařízení je za 6 měsíců.

Provozovatel je zodpovědný za údržbu zařízení a za to, že nedochází k úniku chladiva. Pokud je tomu naopak – chladivo uniká – musí být zařízení vyřazeno z provozu a po neprodlené opravě netěsnosti může být uvedeno opět do provozu.

Provozovatel je povinen o chladicím zařízení vést *evidenční knihu*, která obsahuje:

- *informace o chladicím zařízení* (druh, identifikační číslo, druh chladiva, dodavatel),
- *informace o provozovateli* (jméno, adresa) a
- *informace o provedených kontrolách či opravách* (jméno certifikovaného pracovníka, druh opravy/kontroly, razítko úřední razítko pracovníka).^{[13],[2]}

PRAKTICKÁ ČÁST

5 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT PRO DIAGNOSTIKU CHLADICÍHO ZAŘÍZENÍ

5.1 chladicí zařízení „RC GROUP – typ 120.E2 G2“

chladicí zařízení „RC GROUP – typ 120.E2 G2“ (Obrázek 13 a 14) se skládá ze dvou nezávislých okruhů, které předávají chlad pomocí výměníku do společné vody.



Obrázek 13 chladicí zařízení „RC GROUP – typ 120.E2 G2“



Obrázek 14 chladicí zařízení „RC GROUP – typ 120.E2 G2“ – čelní pohled

Každý okruh má: pístový kompresor, expanzní vstřikovací ventil, zásobník chladiva, venkovní kondenzátor chlazený vzduchem (Obrázek 15).



Obrázek 15 Kondenzátory chlazené vzduchem

Jako chladivo je zde R 407 C, které váží celkem 14 kg. Celkový chladicí výkon je 103 Kw. Hmotnost jednotky je 530 kg. Dále je na každém okruhu umístěn snímač nízkého tlaku, který v případě poklesu tlaku pod stanovenou mez zařízení odstaví a snímač vysokého tlaku, který zařízení odstaví při překročení maximálního tlaku. Jako další bezpečnostní prvek je na zásobníku chladiva umístěn pojistný ventil, který při překročení tlaku 28 Bar upustí chladivo a tím sníží tlak. Ve strojově chlazení je umístěn snímač úniku chladiva, který větší únik chladiva nahlásí přímo na centrální dispečink provozovatele.

Chladivové potrubí je vyrobeno z mědi (Cu) a všechny spoje jsou pájeny natvrdo. Venkovní kondenzátory jsou od vnitřní jednotky vzdáleny cca 20 m. Venkovní ventilátory na kondenzátorech jsou řízeny pomocí regulátoru otáček, který v závislosti na tlaku chladiva v kondenzátoru přidává nebo ubírá otáčky ventilátoru. Voda je z chladicího zařízení odváděna do akumulární nádrže, odkud je dále odváděna do chlazených zařízení. Celkový objem vody je zhruba 600 l. Průtok chladicí vody přes výměník je zajišťován pomocí externího čerpadla, které je v nepřetržitém provozu. V potrubí je umístěn snímač

průtoku – floswitch z důvodu zabránění poškození chladicího zařízení při poruše čerpadla nebo ucpání filtrů. Při snížení průtoku odstaví snímač zařízení. Teplotní spád je nastaven 12/6, což znamená, že do zařízení v ideálním případě přichází 12 stupňová voda a odchází 6 stupňová.

Oba dva okruhy mají společnou řídicí jednotku, která hlídá nastavené parametry jako je tlak chladiva, teplota vody, střídání okruhů tak, aby docházelo k rovnoměrnému opotřebení zařízení. Řídicí jednotka také slouží k zobrazování jednoduchých poruch jako je nízký nebo vysoký tlak a k jejich uchování v jednoduché historii, kde je k dané události zaznamenán datum a čas.

Zařízení je určené pro chlazení technologické výroby, z tohoto důvodu je zařízení v provozu i přes zimu.

Na toto chladicí zařízení jsem umístil programovatelný automat „Promos“ (Obrázek 16).



Obrázek 16 chladicí zařízení „RC GROUP – typ 120.E2 G2“ s připojeným průmyslovým regulátorem

5.2 Programovatelný automat „Promos“

Pro záznam a vyhodnocování poruchových stavů na chladicím zařízení jsem si vybral univerzální programovatelný automat značky Promos od české firmy Elsaco. Univerzální automat jsem zvolil z důvodu možnosti jeho naprogramování tak, abych mohl měřit analogové a digitální hodnoty fyzikálních veličin na chladicím zařízení, vyhodnocovat jejich změnu a v případě vyhodnocení závady či blížící se havárie upozornit provozovatele či servisní středisko na blížící se závadu. Dále jsem tento programovatelný automat zvolil z důvodu bezplatného zapůjčení od firmy svého zaměstnavatele.

Promos je mikropočítačový modulární systém, který má za úkol řídit a regulovat úlohy průmyslového automatu. Tento systém má modulární strukturu, která je propojena systémovou sběrnicí CANopen. Jádrem řídicího systému je centrální jednotka obsahující:

- procesorovou část,
- aplikační program,
- komunikační kanály.

„ K centrální jednotce se připojují CANopen periferní moduly pro styk s analogovými a binárními procesními signály, terminál pro ovládání systému, případně další speciální moduly. “^[28]

Mnou sestrojený programovatelný automat (Obrázek 17) se skládá z:

1. centrální (řídicí) jednotky – CCPU-03 (centrální jednotka PL 2)

2. periferní moduly:

- CAIO-12 CANopen modul 12 analogových I/O) a terminál pro ovládací systém – CKDM 11/12 – CANopen ovládací terminál

3. speciální modul – GSM



Obrázek 17 Programovatelný automat - čelní pohled

5.2.1 Centrální jednotka – „CCPU-O3 centrální jednotka PL 2“

Hlavní částí průmyslového automatu je řídicí (centrální) jednotka CCPU – 03 (Obrázek 18), která slouží k uložení řídicího programu a vyhodnocování vstupních veličin pomocí analogodigitálních převodníků, na které jsou přivedeny měřicí čidla.

Tato jednotka je užívána buď jako samostatná komunikační centrála nebo je určena pro větší sestavy. Jako rozhraní je zde používáno USB sloužící k programování průmyslového automatu a jako programovací prostředí může být použito aplikace ProgWin, FRED nebo Topas 900. V mém případě jsem zvolil programovací aplikaci ProgWin..

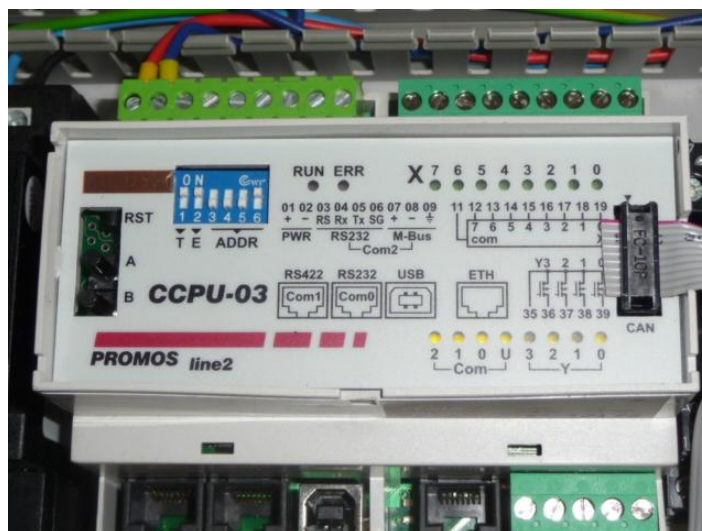
Řídicí jednotka je dále vybavena dalšími komunikačními kanály jako je RS-232 a RS-485, které slouží k univerzální komunikaci, vytvoření sítě řídicích systémů nebo komunikace se vzdálenou periferií. Komunikační sběrnice je v tomto případě M – BUS, která slouží ke sběru dat. Nadřazená úroveň řízení je Ethernet.

Pomocí komunikační sběrnice M – Bus, můžeme centrální jednotku propojit s počítačem, na kterém je možné aktuální data zobrazovat, archivovat, vyhodnocovat

či odesílat. Pro záznam měřených hodnot byla použita vnitřní paměť průmyslového regulátoru. [28]

Technické parametry:

- **Procesor :** taktovací kmitočet 24 MHz
2KB interní RAM
- **Paměť:** Flash EPROM 1MB
- **Komunikační rozhraní:** CAN 2.0A/B CAN open, je zde také možné připojit periferní jednotky stavebnice PROMOS, konektor je v čelním štítku
- **Vstupy a výstupy:** 8krát logický vstup 24 V s galvanickým oddělením 1500 V
AC se společnou svorkou (možnost buď společného plusu, nebo mínusu)
Typ 1 dle ČSN En 61 131-2
- **Napájení:** napájecí napětí modulu je 10 ÷ 30V
- **Příkon:** max. 6 W (verze je s M - Bus)^[27]



Obrázek 18 CCPU-03 centrální jednotka PL 2

5.2.2 Periferní moduly „CAIO-12 CANopen modul 12 analogových I/O“ a „CKDM 11/12 – CANopen ovládací terminál“

Pro mnou sestavený průmyslový automat jsem zvolil periferní jednotku CAIO 12 – na sběrnici CANopen a ovládací terminál CKDM 11/12.

Periferní jednotky se rozdělují podle vstupů a výstupů. Všechny druhy periferních jednotek se vyrábějí jak s komunikační sběrnicí CANopen tak asynchronní sériovou sběrnicí RS – 485. ^[28]

- **„CAIO 12 – periferní jednotka na sběrnici CANopen s 12 univerzálními pozicemi pro vstupy a výstupy „**

Jednotka CAIO 12 (Obrázek 19) se skládá z 12ti univerzálních pozic, kam lze připojit A/D vstup nebo D/A výstup.

Analogové vstupní moduly – obsahují operační zesilovač s odporovou sítí a podle modifikace umožňují měření napětí, proudů, odporu nebo přímé připojení odporových čidel. Připojují se pomocí modulů k základní desce. ^[28]

Pro měření teploty bylo zvoleno teplotní čidlo „Nikl 1000“ a jako snímač tlaku bylo použito čidlo 4-20 mA. K jednotce je dále připojen GSM hlásič, který slouží k odesílání varovných SMS na provozovatele či na servisního technika.

Komunikaci a řízení systému zajišťuje mikro počítač, který je vestavěný. Tento rozšiřující modul se skládá z:

- Základní desky - ta obsahuje:
 - a) **komunikační procesor** – který zajišťuje sběrniceovou komunikaci
 - b) **přepínač síťové adresy** – umožňuje nastavení adresy zařízení. Adresa musí být jedinečná. Na stejné sběrnici se tedy nemůže žádná adresa opakovat.
 - c) **Analogodigitální převodník** – slouží k převodu analogové hodnoty na hodnotu digitální. Jeho součástí je multiplexor.

Hlavním úkolem základní desky je zajišťovat identifikaci zásuvných modulů, měřítkování a zařazení příslušné linearizace. ^[28]

Modul je uspořádán v krabičce, jež je připevněná na lištu DIN.

Technické parametry:**Komunikační protokol:** CAN2.OA/CAN open**Rychlost komunikace:** 500 Kb/s**Analogové vstupy:** 16 bitů**Analogové výstupy:** 8 bitů**Napájecí napětí:** 30 V**Příkon:** max. 4 W**Rozsah pracovních teplot:** - 10 °C ÷ 50 °C

Obrázek 19 CAIO 12 – periferní jednotka na sběrnici CANopen

- **„CKDM 11/12 – CANopen ovládací terminál“**

CKDM 11/12 (Obrázek 20) je ovládací terminál opět sestavy Promos.

Tato zobrazovací jednotka slouží k zobrazení měřených a poruchových stavů, dále pak slouží k zadávání parametrů a požadavků provozovatele.

Jedná se o 4řádkový displej a klávesnici, která má na své ploše plastické zobrazení kláves. Tlačítka reagují na jemný dotyk. Na displeji se zobrazují aktuální hodnoty, případně je možné měnit nastavené hodnoty automatu. Panel je osazen 5ti led diodami a byl zabudován do dvířek rozvaděče. [28]

Technické parametry:

Displej:	alfanumerický LCD podsvícený LED
Zobrazení:	4 řádky (každý řádek obsahuje 20 znaků)
Znaková sada:	latinka
Klávesnice:	membránová s pružinami (26 kláves + SHIFT)
Krytí ze strany klávesnice:	IP54
Komunikační rozhraní:	CAN 2. 0A 500 kb/s
Napájení:	10 ÷ 30 V
Příkon:	5 W
Rozsah pracovních teplot:	- 10 °C ÷ 50 °C



Obrázek 20 „CKDM 11/12 – CANopen ovládací terminál“

5.2.3 Speciální modul „GSM“

GSM brána má za úkol v případě, že zařízení vyhodnotí blížící se havárii či jiný nestandardní stav, odeslat na předem definované telefonní číslo varovnou SMS.

5.2.4 Napájecí zdroj

Jako napájecí zdroj byl použit univerzální, spínaný zdroj s výstupním napětím 24 V. Pojistka byla zvolena s elektronickou ochranou proti zkratu – 4 A. Účinnost zdroje je v rozmezí 70% až 80%.

5.3 Sestavení a hardwarové zapojení programovatelného automatu

Rozhodl jsem se, že sestavím přenosnou verzi programovatelného automatu, která bude lehce instalovatelná pouze pomocí přiložení dotykových teploměrů (Obrázek 21) a snímačů tlaku chladiva v okruhu. Z důvodu, že musí být připojeny snímače tlaku, což je podle legislativy zásah do okruhu, je k instalaci oprávněna pouze osoba s příslušným certifikátem.

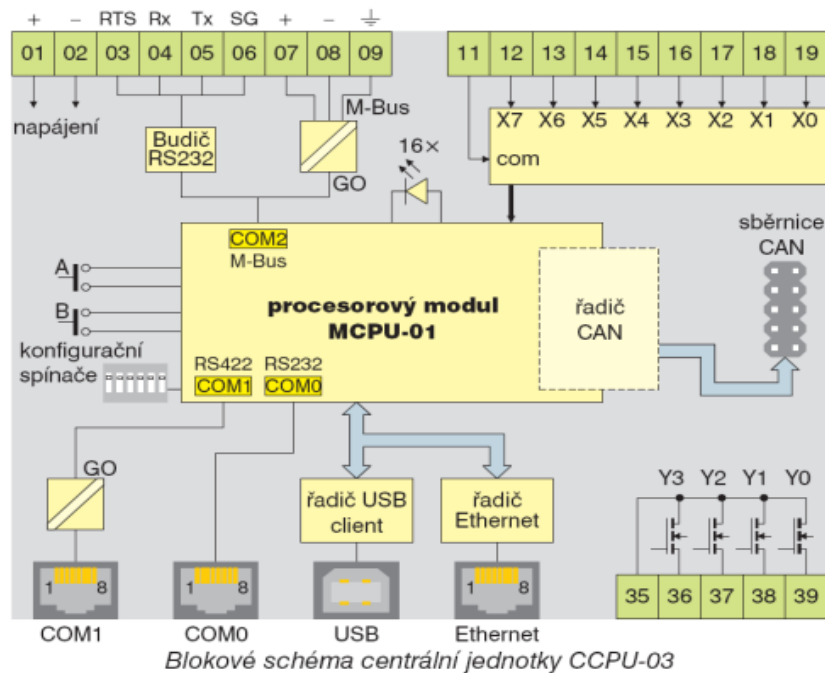


Obrázek 21 Připevněné teplotní čidlo – dotykový teploměr

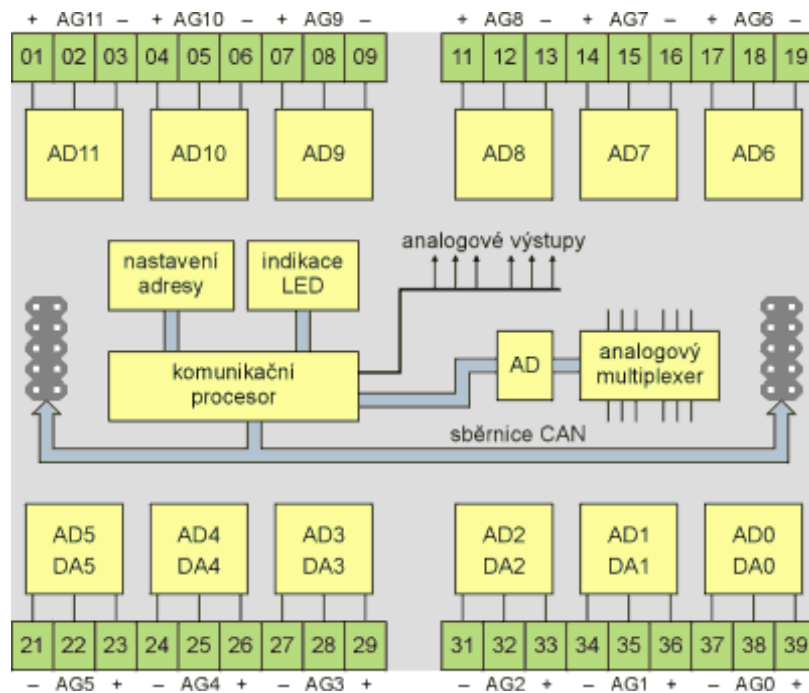
Celé zařízení jsem se rozhodl instalovat do přenosného elektrorozvaděče. Jako první jsem vyříznul z vrchu otvor, kam jsem umístil zobrazovací panel CKDM 11/12. Dovnitř rozvaděče jsem umístil jistící prvky (jistič, proudovou ochranu a pojistky), dále zdroj 24V, centrální jednotku CCPU-03 a periferní modul CAIO-12. Tyto části jsem propojil pomocí komunikačního kabelu se zobrazovacím panelem. Modul CAIO-12 jsem osadil převodníky A/D, na které jsem přímo připojil teplotní čidla Nikl 1000 a analogové snímače tlaku. Tyto čidla jsem vytáhl z rozvaděče pomocí vytvořených bočních vývodků. V neposlední řadě jsem do rozvaděče umístil GSM bránu, kterou jsem propojil s centrální jednotkou. GSM brána má za úkol v případě, že zařízení vyhodnotí blížící se havárii či jiný nestandardní stav, odeslat na předem definované telefonní číslo SMS.

5.3.1 Rozmístění vstupů a výstupů

Na základě blokového schématu (Obrázek 22 a 23) můžeme vidět, kam jsem umístil vstupní převodníky a připojil výstupní moduly. Ze záznamů schémat lze také vyčíst umístění a čísla svorek.



Obrázek 22 Blokové schéma centrální jednotky CCPU – 03^[31]



Obrázek 23 Blokové schéma modulu CAIO – 12^[30]

Pro přehlednost jsem vytvořil tabulky, které obsahují přehled vstupů a výstupů připojených na průmyslový automat.

V tabulce 1 jsou zobrazeny obsazené vstupy a výstupy u centrální jednotky CCPU - 03.

Zdroj: vlastní sestavení programovatelného automatu

Označení	Vstup	Signál	Rozsah vstupu	Číslo svorek
Chod kompresoru	x7	Binární	0/1	11,12
Signál od jističe	x6	Binární	0/1	11,13
Označení	Výstup	Signál	Rozsah výstupu	Číslo svorek
GSM modul	COM0	RS232	SMS	COM0

Tabulka 1 Sumarizace vstupů a výstupů u CCPU – 03

V tabulce 2 jsou zobrazeny vstupy u periferní jednotky na sběrnici CANopen s 12 univerzálními pozicemi pro vstupy a výstupy.

Zdroj: vlastní sestavení programovatelného automatu

Označení	Vstup	Signál	Rozsah vstupu	Číslo svorek
T1	AD5	analogové	-50÷ 150°C	21,23
P1	AD4	Analogové	0÷ 20mA	24,26
T2	AD3	Analogové	-50÷ 150°C	27,29
T3	AD2	Analogové	-50÷ 150°C	31,33
T4	AD1	Analogové	-50÷ 150°C	34,36
P2	AD0	Analogové	0÷ 20mA	37,39
T5	AD11	Analogové	-50÷ 150°C	1,3
T-vody	AD10	Analogové	-50÷ 150°C	4,6

Tabulka 2 Sumarizace vstupů u CAIO – 12

5.4 Programové vybavení automatu realizující úlohy diagnostikování

Po sestavení hardwarové části jsem musel vytvořit příslušný software, což v sobě skrývalo několik nesnadných úkolů či překážek. Jako první problém jsem shledal v tom, že ne všechny chladicí zařízení používají stejný druh chladiva. Díky tomu pracuje zařízení na jiných provozních tlacích. Musel jsem tedy v programu vytvořit volbu, kde si technik, který bude zařízení instalovat, navolí předdefinovaný druh chladiva, případně zadá vlastní mezní parametry. Dalším úkolem bylo zvolit způsob zaznamenávání stavu zařízení, vyhodnocování změn některých hodnot poukazujících na závadu zařízení. Některé hodnoty poukazují přímo na závadu zařízení, jiné se musejí dopočítávat.

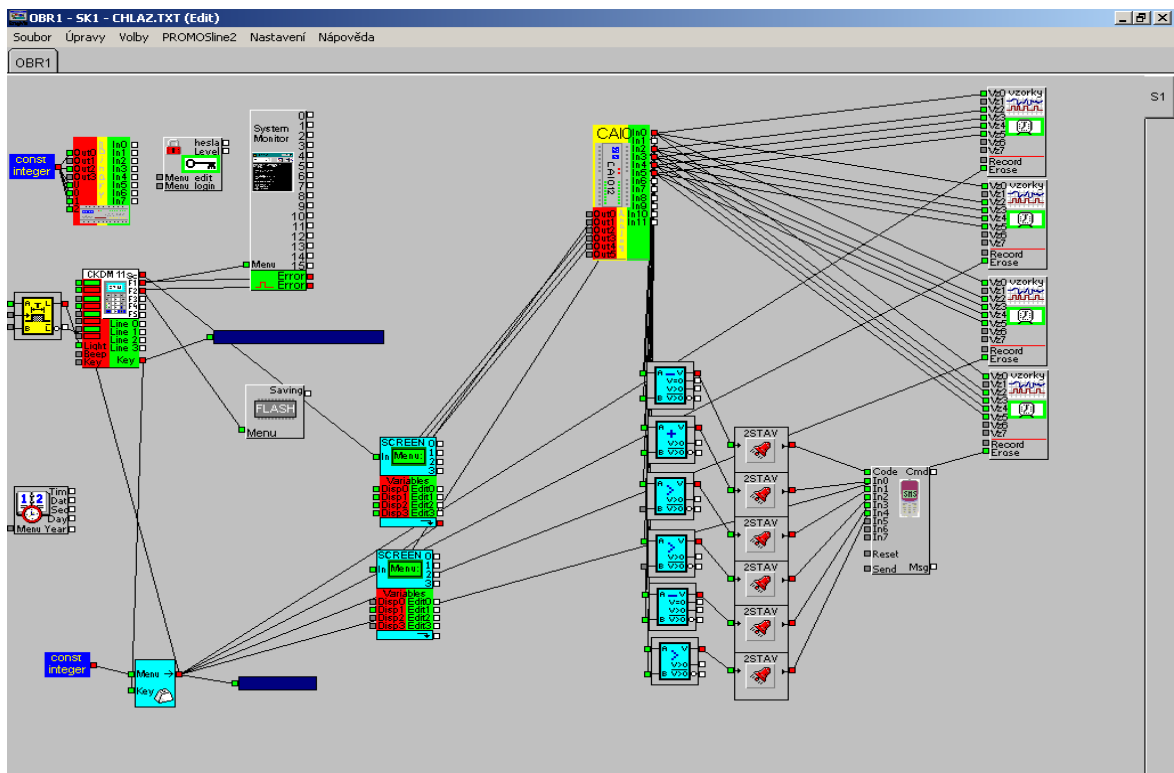
5.4.1 ProgWin

Pro naprogramování jsem použil ProgWin, což je grafické prostředí určené pro vytváření aplikačních programů. Toto prostředí jsem si vybral na základě svých předešlých zkušeností s naprogramováním mnoha aplikací a pro účely této práce je zcela vyhovující. Vývojové prostředí ProgWin se ale dnes po aktualizacích nazývá „FRED“.

Nejdříve jsem si vytvořil návrh aplikace v systému ProgWin (Obrázek 24). Vytvoření návrhu spočívalo ve 2 úkolech. Jako první jsem si určil vstupy a výstupy, které

jsou pro aplikaci potřebné. Podle projektové dokumentace jsem zrealizoval návrh osazení rozvaděče I/O HW moduly. K HW modulům jsem poté přiřadil meziobrazovkové propoje. Tímto jsem v aplikaci jasně vytvořil vstupy a výstupy.

Druhým důležitým úkolem bylo sestavit signálové cesty, tzn. určit, jak se mají vstupní signály postupně zpracovávat tak, aby z nich v konečné fázi vznikly signály výstupní. Tento krok zahrnuje: připojení na regulační smyčky, SW hradla a další knihovní moduly. Logické vazby jsem vytvořil použitím SW hradel a propojením s regulačními smyčkami a bloky. SW hradla jsem navrhnul dle projektové dokumentace z důvodu jejich nezbytné funkce při řízení aplikace. Výstupy jsem nakonec vyvedl v podobě binárních a analogových signálů.



Obrázek 24 Návrh aplikace v programu ProgWin (určení vstupů a výstupů a sestavení signálové cesty)

Editace na pracovní ploše

Nejprve jsem si umístil moduly na pracovní plochu, což jsem provedl přetažením ikony modulu z okna knihovny modulů. Na ploše tak vznikla ikona modulů s přednastavenými hodnotami.

Jako další jsem nastavil parametry modulu. Toto nastavení jsem provedl tak, že jsem dvakrát klikl na ikonu modulu na pracovní ploše, čímž se otevřelo dialogové okno modulu. Zde je možné nastavovat volitelné parametry.

Poté jsem přešel k propojování modulů. Připojení vstupu jsem dosáhl tažením levého tlačítka myši ze vstupu modulu na výstup modulu jiného.

Na konec jsem připojil vstup modulu ke vzdálenému výstupu pomocí propojovacího pole, čímž došlo k propojení mezi obrazovkami.

Ladění aplikace

Aplikaci jsem ladil pomocí schémat, která vytvořila aplikační program. Tento program se přes komunikační kabel dálkově přenesl do řídicí jednotky, čímž se aplikace spustila. Dále jsem přes hlavní menu přepnul EDITAČNÍ režim na režim RUN. V režimu RUN probíhá nepřetržitá komunikace mezi centrální jednotkou Promos a grafickým vývojovým prostředím ProgWin.

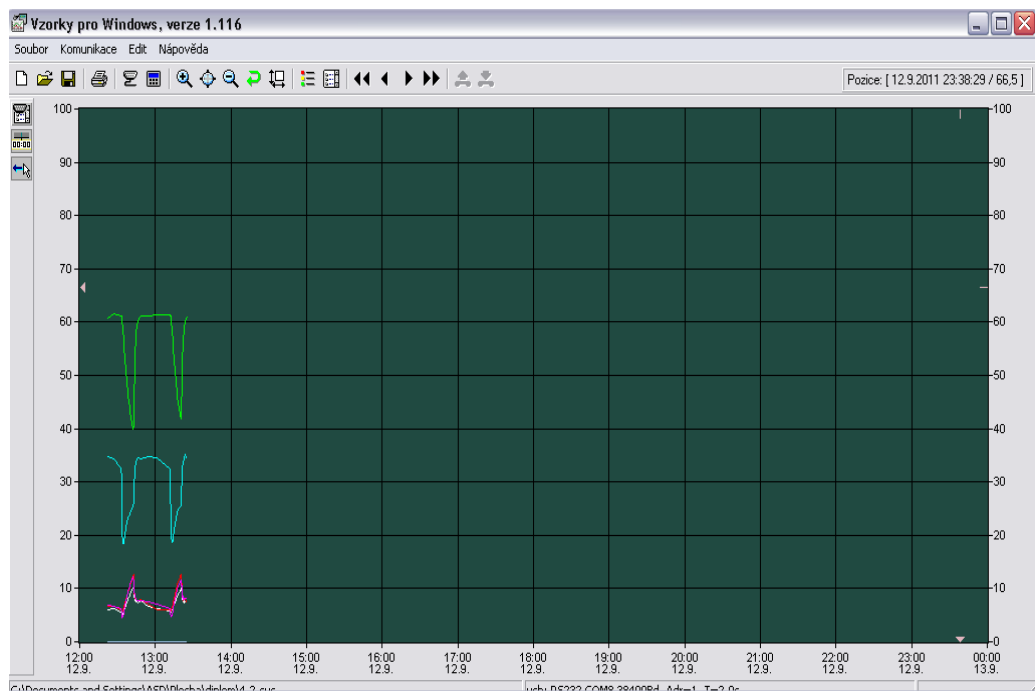
Prostředí ProgWin nám tedy umožňuje celý proces sledovat přes PC, zobrazovat si veškeré aktuální hodnoty, dále také nabízí možnost simulace ovládacího panelu, díky němuž můžeme měnit parametry z virtuální obrazovky v PC, jako bychom byli přímo u panelu.

5.4.2 Wzorky

Program Wzorky jsem použil pro vyčítání a přenos historických dat po sériové lince a lince USB. Data jsou uložena v centrální jednotce, v našem případě se jedná o CCPU – 03. Data jsem exportovat ve formátu Txt a odtud jsem je poté jednoduše převáděl do tabulkového editoru Excel. Další možností je export ve formátu Cuc a následné zobrazení ve formě grafu přímo v programu Wzorky. Ve své práci jsem proto využil oba dva výše zmíněné formáty.

Hlavní okno programu Wzorky (Obrázek 25) je určeno jednak pro celkové ovládání programu, dále pak pro znázornění grafů průběhů logických a analogových signálů.

Velikost grafu se automaticky přizpůsobí velikosti okna aplikace. Graf jsem si rozdělil na dvě osy – vodorovnou a svislou, přičemž vodorovná osa nám zobrazuje čas a svislá osa nám zobrazuje teplotu. U grafu je možné také nastavení parametrů jednotlivých os, nastavení barev grafů. Je možné také různými způsoby měnit zobrazený výřez na ploše hlavního okna.



Obrázek 25 Hlavní okno programu Wzorky

Za další jsem zahájil spuštění komunikace se stanicí PL2. Na základě tohoto kroku, program automaticky zjistil velikost a počet použitých databank v regulátoru. Poté jsem klikl na tlačítko banky a sledoval jsem, jak probíhá komunikace a po ní překreslení grafu v hlavním okně.

5.5 Návrh způsobu měření požadovaných veličin chladicího zařízení „RC GROUP – typ 120.E2 G2“

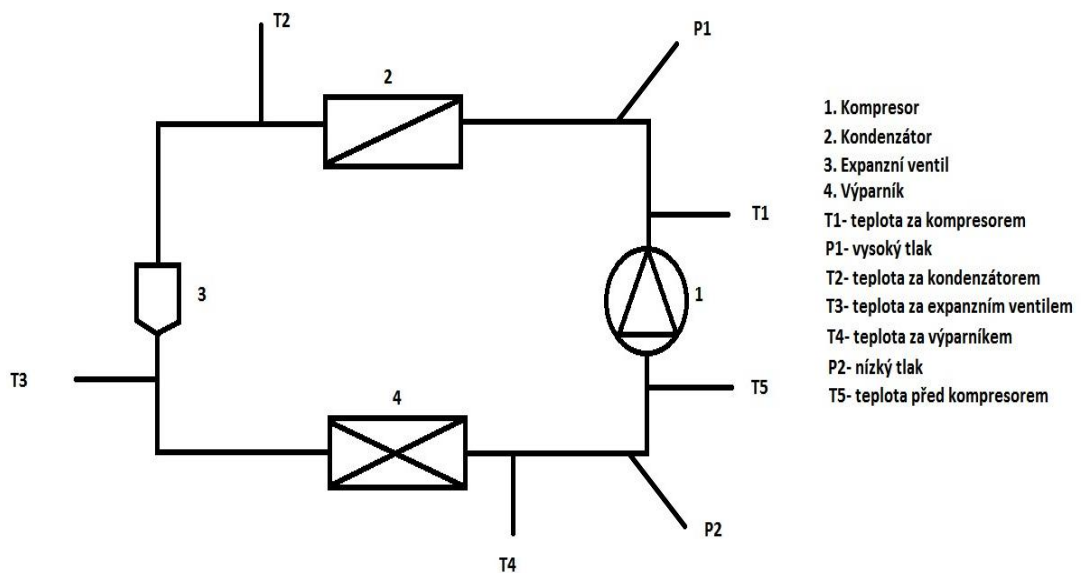
Nejprve jsem do zařízení připojil signál od jističe kompresoru, který bude informovat zařízení v případě jeho výpadku. Jako první je snímána teplota T_1 , což je výstupní teplota z kompresoru. Pro tuto teplotu snímáme v prostoru minimálně 45cm za kompresorem, zde hlídáme její maximální překročení. Dále od této teploty odečítáme teplotu T_2 , což je teplota za kondenzátorem. Pokud je teplota $T_1 > \text{než } 45^\circ\text{C}$ a zároveň je $(T_1 - T_2) < \text{než } 10^\circ\text{C}$ trvajíc déle než 4 minuty, zařízení vyhlásí poruchu. Jedná se zde o hlídání tepelného spádu kondenzátoru, jestliže rozdíl teplot klesne pod 10°C , může být znečištěn kondenzátor, vadný ventilátor či špatný přísun vzduchu ke kondenzátoru. Dále měříme teploty T_3 – teplota za expanzním ventilem a teplotu T_4 , což je teplota za výměníkem. Jejich rozdílem získáme tzv. přehřátí, které se liší podle druhu použitého chladiva, ale pohybuje se téměř vždy okolo 3°C . V tomto případě rozdíl $(T_4 - T_3)$ musí být $> \text{než } 3^\circ\text{C}$, ale zároveň by nemělo být $> \text{než } 7^\circ\text{C}$. Tedy $(T_4 - T_3)$ by mělo být $< \text{než } 7^\circ\text{C}$.

V případě, že se nejedná o speciální chlazení určené pro nízké hodnoty, musí být teplota $T_4 > \text{než } 0^\circ\text{C}$. Za předpokladu, že je teplota nižší, dostává se do kompresorů chladivo kapalně, které v kompresoru expanduje, čímž může dojít jednak k celkovému zničení kompresoru a dalším možným ztrátám.

Nakonec jsem na zařízení umístil snímač tlaku P_1 – snímač vysokého tlaku (Obrázek 26), který vyhlásí chybu ihned po překročení maximální hodnoty tlaku. Tlak se liší podle druhu chladiva. Poté jsem umístil snímač nízkého tlaku P_2 (Obrázek 26). Po uplynutí 3 minut musí být tlak vyšší, než je nastaveno v programu. Opět závisí na použitém druhu chladiva.



Obrázek 26 Připojení snímačů tlaku



Obrázek 27 Schéma rozmístění čidel

Důležitá se také ukázala nutnost archivace potřebných dat pro zpětnou analýzu. Zde máme možnost zaznamenávat data jednak v pravidelných časových intervalech nebo v případě změny teploty. Proto jsem zvolil v programu 4 nezávislé zaznamenávání data a to pokaždé s jinými parametry. Čtyřikrát v časových intervalech po 1s; 3s; 14s; 24,5s.

Abych si ověřil správnou funkci zařízení a jeho přínos, tak jsem se rozhodl provést simulaci některých závad. V případě vzniklých závad odešle zařízení varovnou SMS. Nakonec jsem provedl simulaci znečištěného kondenzátoru a pomocí naměřených hodnot z historie jsem se pokusil určit, jak se zvyšuje energetická náročnost při jeho znečištění.

5.6 Naměřené hodnoty chladicího zařízení za normálního provozu a simulace závad včetně porovnání energetické náročnosti

V tabulce 3 jsou zaznamenána data od 08:06:35 hod. do 8:42:15 hod. Naměřená data slouží k tomu, abychom si ověřili, jaký způsob záznamu je vhodný pro měření a archivaci dat. V tabulce jsem zaznamenával čas, hodnoty vysokého a nízkého tlaku, teplotu vstupující a vystupující z kondenzátoru, teplotu za výparníkem a teplotu technologické vody.

Záznam	Čas (hod.)	HP (mbar)	LP (mbar)	Před výparn. (°C)	Kondenz. vstup (°C)	Kondenz. výstup (°C)	Za výparn. (°C)	Voda (°C)
1	8:06:36	10236,0	4276,4	6,9	49,6	21,6	10,1	10,0
3	8:06:37	10204,8	4276,4	6,9	49,5	21,6	10,1	10,0
4	8:06:38	10204,8	4276,4	6,9	49,5	21,6	10,1	10,0
5	8:06:39	10204,8	4276,4	6,9	49,5	21,6	10,1	10,0
6	8:06:40	10142,7	4321,3	7,0	49,3	21,7	10,2	10,1
7	8:06:41	10142,7	4321,3	7,0	49,3	21,7	10,2	10,1
8	8:06:42	10142,7	4321,3	7,0	49,3	21,7	10,2	10,1
9	8:06:43	10111,7	4321,3	7,0	49,2	21,7	10,2	10,1
10	8:06:44	10111,7	4321,3	7,0	49,2	21,7	10,2	10,1
11	8:06:45	10111,7	4321,3	7,0	49,2	21,7	10,2	10,1
12	8:06:46	10080,8	4321,3	7,0	49,1	21,8	10,2	10,1
13	8:06:47	10080,8	4321,3	7,0	49,1	21,8	10,2	10,1
14	8:06:48	10080,8	4321,3	7,0	49,1	21,8	10,2	10,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2094	8:41:59	14182,0	4738,2	7,9	61,2	32,3	10,4	9,7
2095	8:42:00	14182,0	4738,2	7,9	61,2	32,3	10,4	9,7
2096	8:42:01	14255,8	4690,7	7,8	61,4	32,3	10,3	9,7
2097	8:42:02	14255,8	4690,7	7,8	61,4	32,3	10,3	9,7
2098	8:42:03	14255,8	4690,7	7,8	61,4	32,3	10,3	9,7
2099	8:42:04	14329,8	4690,7	7,8	61,6	32,4	10,3	9,7
2100	8:42:05	14329,8	4690,7	7,8	61,6	32,4	10,3	9,7
2101	8:42:06	14404,0	4690,7	7,8	61,8	32,5	10,2	9,7
2102	8:42:07	14404,0	4690,7	7,8	61,8	32,5	10,2	9,7
2103	8:42:08	14404,0	4690,7	7,8	61,8	32,5	10,2	9,7
2104	8:42:09	14478,5	4643,5	7,7	62,0	32,5	10,2	9,7
2105	8:42:10	14478,5	4643,5	7,7	62,0	32,5	10,2	9,7
2106	8:42:11	14478,5	4643,5	7,7	62,0	32,5	10,2	9,7
2107	8:42:12	14515,8	4643,5	7,7	62,1	32,6	10,1	9,6
2108	8:42:13	14515,8	4643,5	7,7	62,1	32,6	10,1	9,6
2109	8:42:14	14515,8	4643,5	7,7	62,1	32,6	10,1	9,6
2110	8:42:15	14590,5	4643,5	7,7	62,3	32,7	10,1	9,6

Tabulka 3 Ukázka naměřených dat převedených do tabulkového editoru

Z naměřených dat jsem vytvořil tabulku 4, kde jsem provedl výpočet průměrné hodnoty pro všechny čtyři banky za stejné časové období. Z uvedených hodnot je patrné, že v bance č. 1 bylo naměřeno 2110 hodnot oproti tomu v bance č. 4 pouze 87 hodnot.

Záznam	Počet měření (n)	HP (bar)	LP (bar)	Před výparníkem (°C)	Kondenz. vstup (°C)	Kondenz. výstup (°C)	Za výparníkem (°C)	Voda (°C)
1	2110	12,6	6,7	11,4	55,9	28,8	14,0	10,0
2	715	12,6	6,1	10,9	56,0	28,8	13,9	10,0
3	151	11,4	6,5	11,2	52,6	26,5	14,3	10,9
4	87	11,9	6,3	11,4	52,2	26,3	14,1	10,1

Tabulka 4 Výpočet průměrné hodnoty bank

Jako další jsem vytvořil tabulku 5, ve které je zobrazena průměrná délka mezi jednotlivými záznamy. V tabulce je zobrazen dále počet měření a časový interval mezi jednotlivými měření.

Záznam	Počet měření (n)	časový interval (s)
1	2110	1,0
2	715	3,0
3	151	14,0
4	87	24,5

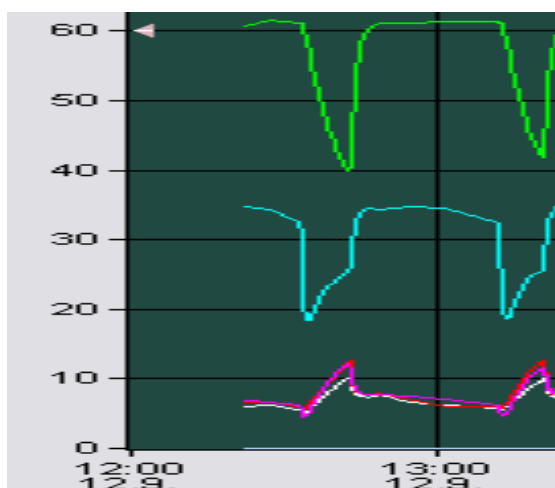
Tabulka 5 Průměrná délka mezi jednotlivými záznamy

Vzhledem k tomu, že záznam č.1 byl zaznamenáván každou 1 s, ukládaná data proto vykazují zbytečně mnoho hodnot. Z tohoto důvodu se pro archivaci příliš nehodí. Pomocí všech naměřených hodnot z banky č. 1 můžeme spočítat, o kolik procent se liší data zaznamenaná bankou č. 2, 3, 4. Tyto hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 6.

Záznam	Počet měř. (n)	HP (v %)	LP (v %)	Před výpar. (v %)	Kondenz. vstup (v %)	Kondenz. výstup (v %)	Za výpar. (v %)	Voda (v %)	Prům. Odch. (v %)
2	715	0,2	8,8	4,6	0,1	0,0	0,1	0,1	2,0
3	151	9,5	2,2	1,8	5,9	8,0	2,8	8,5	5,5
4	87	5,3	5,0	0,4	6,5	8,6	1,4	0,9	4,0

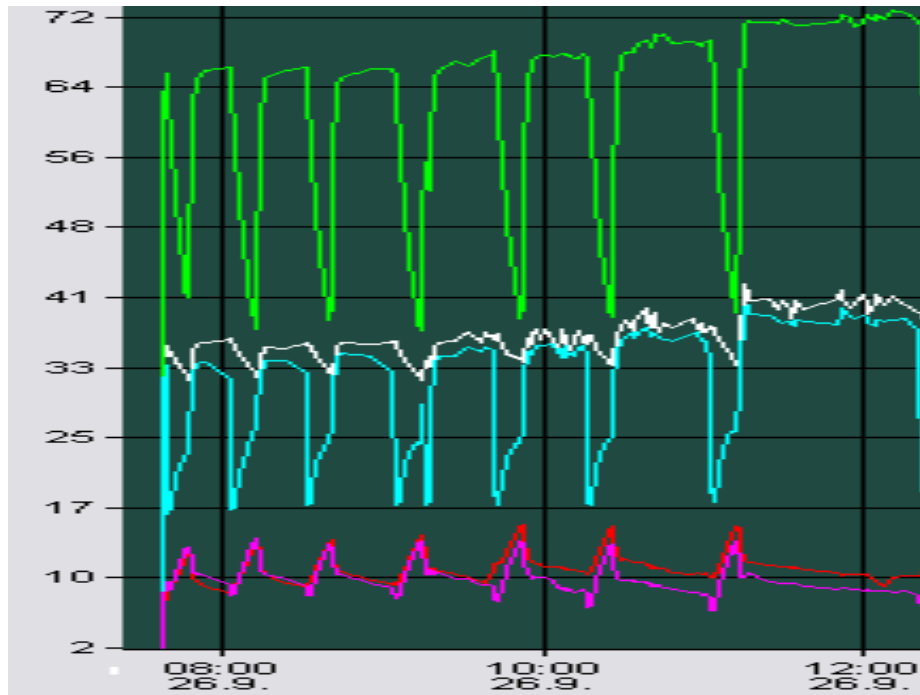
Tabulka 6 Průměrná odchylka naměřených dat

Z tabulky 6 je patrné, že se záznam č. 2 liší pouze o 2 % a záznam č. 4 jen o 4 %, i přesto, že je záznam č. 4 24krát menší. Na základě těchto skutečností jsem se rozhodl využívat pro další zaznamenávání a zpracování dat přednastavenou záznamovou banku č. 4.



Obrázek 28 Hodnoty naměřené v programu Wzorky

Na obrázku 28, je možno vidět zaznamenané hodnoty, které byly naměřeny pomocí programu Wzorky. Z obrázku je patrné kdy došlo k sepnutí kompresoru (náběžná hrana) a kdy k vypnutí (sestupná hrana).



Obrázek 29 Sepnutí kompresoru

Obrázek 29 znázorňuje zaznamenané hodnoty od 7:00 hodin do 13:00 hodin. Za tuto dobu došlo k 7 sepnutím kompresoru.

První 3 sepnutí kompresoru byly provedeny bez zásahu do chladicího zařízení. Při posledních 3 měřeních byla nasimulována závada znečištění kondenzátoru (Obrázek 30). Závada byla simulovaná na základě postupném snižování plochy kondenzátoru (Obrázek 31).

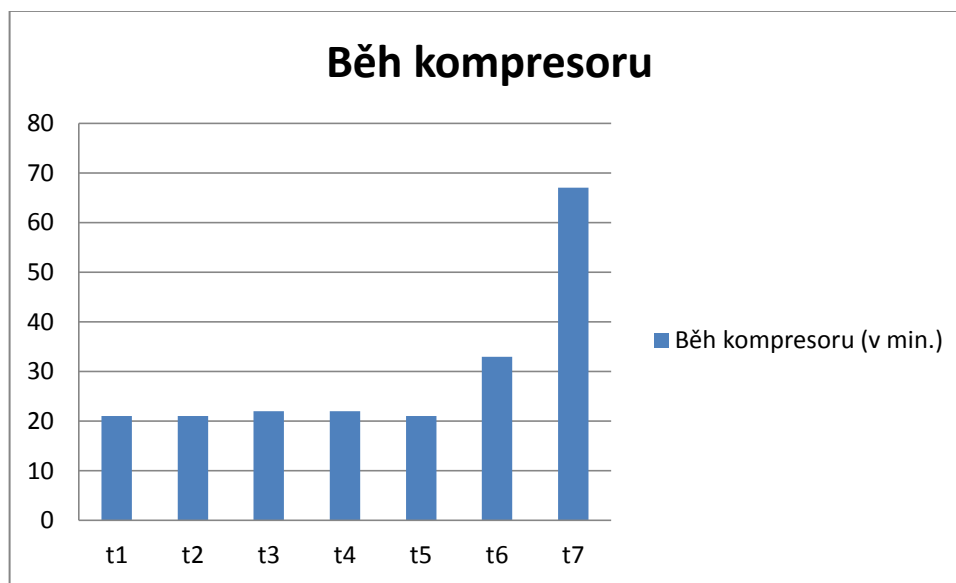


Obrázek 30 Znečištěný kondenzátor



Obrázek 31 Zmenšení plochy kondenzátoru pomocí papíru

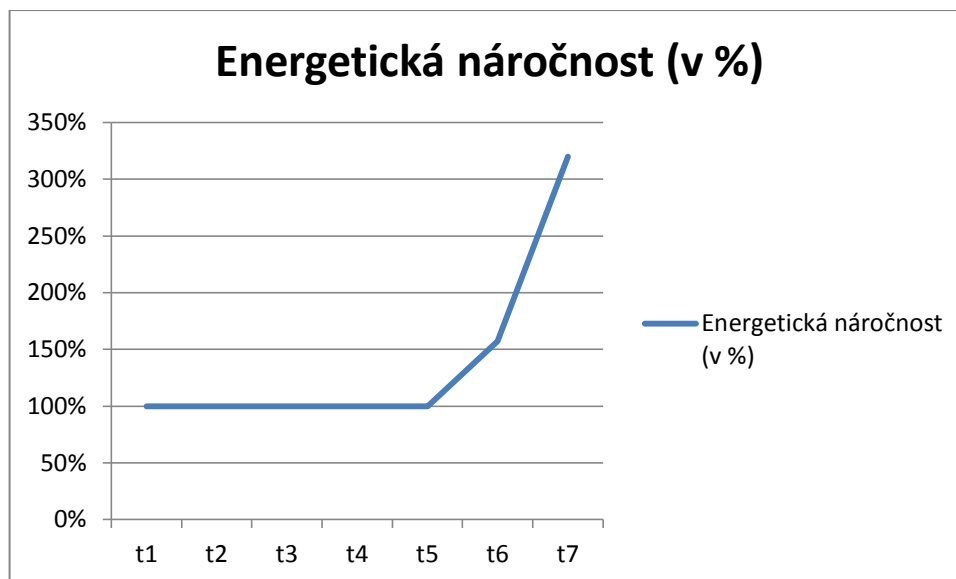
Graf 1 zobrazuje dobu spuštění kompresoru. Doba spuštění je v tomto případě označena jako t_1 - t_7 , přičemž t_1 až t_4 jsou časy za normálního provozu zařízení a t_5 , t_6 a t_7 jsou časy, kdy byla na zařízení nasimulována porucha. Časy jsou uvedeny v minutách.



Graf 1 Časy běhu kompresoru (v min.)

Z grafu je patrné, že čas chodu kompresoru byl téměř konstantní a to až do okamžiku t_6 , kdy se začal prodlužovat. I přesto, že v čase t_5 byla snížena plocha kondenzátoru, se toto snížení neprojevalo z důvodu, že ventilátor kondenzátoru je řízen plynulou regulací otáček. Z tohoto důvodu zařízení zvětšilo rychlost otáček, čímž zajistilo větší přísun vzduchu a zařízení pracovalo jako za normálních podmínek. Ovšem když jsem opětovně zmenšil plochu kondenzátoru, ventilátor už pracoval na 100% a začalo se projevovat nedostatečné proudění vzduchu. Toto mělo za následek zvětšení časového intervalu potřebného k vychlazení vody a tím se také zvětšila i energetická náročnost (Graf 2)

Z tohoto měření vyplývá, jak je důležité provádět pravidelné kontroly znečištění venkovních kondenzátorů. Pravidelnou údržbou snížíme nejenom energetickou náročnost, ale také opotřebení ostatních částí chladicího zařízení.

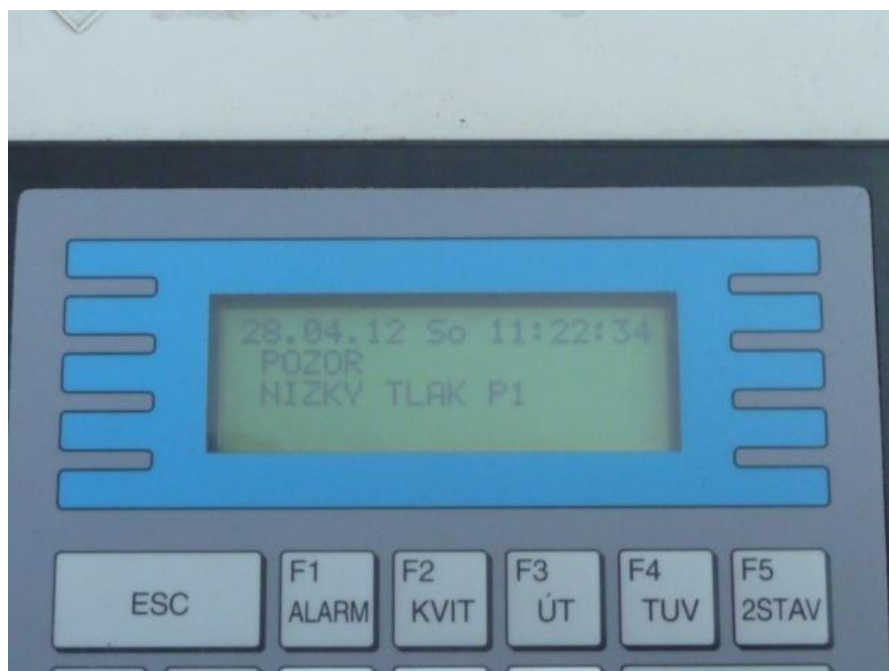


Graf 2 Energetická náročnost (v %)

Z grafu 2 vyplývá, že nejdříve se zvýšil elektrický příkon o 57 %, po dalším zmenšení plochy se elektrický příkon zvětšil o 220 %.

Další poruchy jako je snížení tlaku (Obrázek 32), zvýšení tlaku (Obrázek 33) či překročení maximální teploty nebo naopak zaznamenání teploty pod bodem mrazu (Obrázek 34) bohužel na zařízení nebylo možné nasimulovat. Na základě těchto skutečností jsem se rozhodl alespoň tento stav nasimulovat a to tak, že jsem čidlo které má být umístěno za kompresorem zahřál nad požadovanou teplotu a sledoval jsem, jak se zařízení bude chovat. Zařízení téměř ihned odeslalo varovnou SMS a na displeji se zobrazila varovná zpráva.

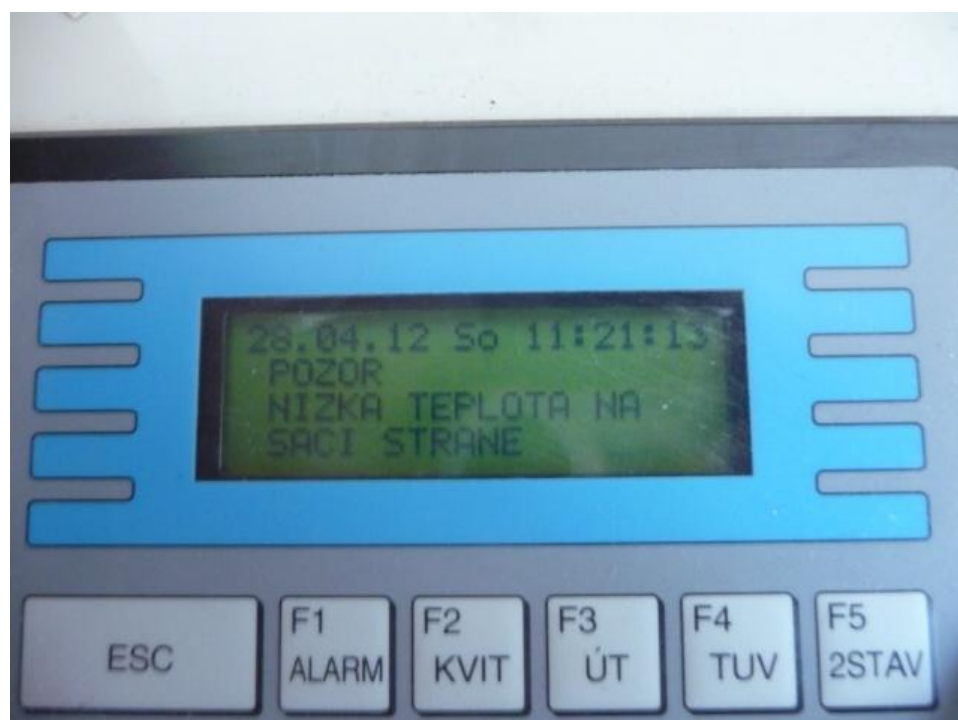
Totéž jsem provedl s čidlem umístěným za výparníkem. Čidlo jsem ochladil pomocí ledové tříště. Opět ihned po ochladnutí čidla přišla varovná SMS a na displeji se zobrazila varovná zpráva.



Obrázek 32 Hlášení poruchy o nízkém tlaku



Obrázek 33 Hlášení poruchy o vysokém tlaku



Obrázek 34 Hlášení poruchy nízké teploty na sací straně

ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem teoreticky popsal chladicí zařízení, jeho části a možné závady, které mohou v průběhu chodu zařízení vzniknout. Na začátku práce jsem si vytyčil cíl, ke kterému obě části, jak teoretická tak i praktická, směřují. Cílem práce bylo sestavit takové zařízení, které bude schopno upozornit provozovatele na závady vzniklé na daném zařízení v okamžiku jeho prvotního vzniku a to v době, kdy standardní ochranné obvody závadu ještě nerozpoznaly.

Nejprve jsem musel tento programovatelný automat sestavit a vytvořit návrh aplikace v grafickém prostředí zvaném ProgWin, které slouží pro vytváření aplikačních programů. Dále jsem pracoval v programu Wzorky. Tento program jsem použil pro vyčítání a přenos historických dat po lince USB. Data jsem poté převáděl do tabulek a grafů, které jsou rozmístěny v praktické části mé diplomové práce. Jako důležité se také ukázala nutnost archivace dat pro porovnávání hodnot a ukázka vývoje měřených parametrů.

Programovatelný automat se mi podařilo sestrojít a v praxi uvést do provozu. Data mi pomohla ověřit si funkčnost mnou sestrojeného automatu a získat tak hodnoty, které byly důležité pro výpočet energetické náročnosti. Energetická náročnost ukazuje, o kolik procent má zařízení větší spotřebu energie, v mém případě se jedná o procentuální vyjádření spotřeby energie při znečištění venkovního kondenzátoru oproti normálnímu stavu. Programovatelný automat jednak upozornil na vzniklé vady jako je například nízký a vysoký tlak, dále zaslal varovnou SMS a tím mě včas upozornil na blížící se nebezpečí vzniku možných ztrát. Na základě toho jsem mohl předejít nejen škodám, které by bez upozornění automatu vznikly, ale díky měření a upozornění se snížila energetická náročnost zdrojů chladu, což má velmi pozitivní vliv na naše životní prostředí.

Na základě výše popsaných skutečností spatřuji cíl své diplomové práce za splněný.

CONCLUSION

In my thesis I described the theory of cooling system, its parts and possible faults that may occur during operation. At the beginning I set a goal of my project to which both parts - theoretical and practical - follow. The goal of the thesis was to create a device which will be able to alert the operators that a fault has occurred in the system at the moment of its initial formation and at the time when fault can not be recognized by the standard circuit protection.

Firstly I had to create automatic system with the programmable cooling system and design application in a graphic software called ProgWin for application server processes. I also often had to work with the other program named Wzorky that I used for reading and transmission of the historical data via USB line. Then the data were transformed into tables and graphs which can be found in the practical part of my thesis. Also the need for data archiving has become important for comparing values and for demonstration of the development of the measured parameters.

I managed to make a programmable automatic system and I put it into practical operation. Obtained data helped me to test the functionality of the system which I set up and this way I got values that were important to calculate the energy performance. Energy intensity indicates the percentage of growth as device may request more power. In my case it is the percentage of energy consumption of outdoor condenser pollution which I compare to normal state. Programmable automatic system warned me about defects such as low and high pressure and also SMS alert me at the same time which warned of the presence of possible damages. This can help us to prevent plenty of damages which can be occurred without being seen. Because of the measurements and warnings is also reduced energy intensity of cold sources which positively impacts the environment.

Based on the above facts I think that the goal of my thesis was fulfilled.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JDK, Výparníky, 1991-2011 [online]. 2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.jdk.cz/cs/produkty/vyparniky>
- [2] AIR-MATYAS. Revize úniků chladiv [online]. 2010 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.air-matyas.cz/cs/revize-uniku-chladiv/>
- [3] CIHLÁŘ, Jiří. TECHNKA ZAŘÍZENÍ BUDOV. Vzduchotechnika. Praha: SNTL, 1982.
- [4] Daikin, Často kladné otázky - chladicí okruh [online]. 2011 [cit. 2011-11-15]. Dostupné z: <http://www.daikin.cz/faq/items/refrigerant-cycle.jsp>
- [5] ELSACO. Elektronické komponenty pro průmyslovou automatizaci ELSACO 2006, řídicí systémy PROMOS, www.elsaco.cz, www.promos.cz. Katalog výrobků, Kolín 2006.
- [6] CHLUMSKÝ, Vladimír. Technika chlazení. Praha: SNTL, 1971.
- [7] CHYSKÝ, Jaroslav. Větrání a klimatizace. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.
- [8] INGJAR. Kompresory pístové [online]. 2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: www.ingjars.estranky.cz/file/184/kompress.pdf
- [9] JDK, Automatika, 1991-2011 [online]. 2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.jdk.cz/cs/produkty/automatika>
- [10] JDK, Expanzní ventily, 1991-2011 [online]. 2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.jdk.cz/cs/produkty/expanzni-ventily>

- [11] JDK, Kondenzátory. 1991-2011 [online]. 2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.jdk.cz/cs/produkty/kondenzatory>
- [12] KAMINSKÝ, Jaroslav. SPSSOL. Kompresory [online]. 2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.spssol.cz/~vyuka/TRIDY/4.C/KOMPRESORY-STLA%C8.VZDUCH/kompresory-skripta.pdf>
- [13] MATĚJÁK, Alois. TLAKINFO. Provádění revizí TNS v chladicím zařízení [online]. 1999 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.tlakinfo.cz/t.py?i=238&t=2>
- [14] MECHMES. Kompresory [online]. 2010 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-str-09.01_kompresory_turbokompresory.pdf
- [15] MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. Oleje pro chladicí kompresory [online]. 2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/oleje-pro-chladici-kompresory>
- [16] Programování PLC, dostupné z: http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_plc.pdf
- [17] RUBINA, Aleš. VUT BRNO. Části VZT systémů pro dopravu a úpravu vzduchu [online]. 2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinovala.o/prednasky/vzt05.pdf>
- [18] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. Klimatizace a větrání. 1. vyd. Brno: ERA, 2004, 117 s. Stavíme. ISBN 80-865-1730-6.
- [19] SCIESSL. chladicí okruh - Princip funkce [online]. 2008-2010 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.schiessl.cz/stranka-chladc-okruh-princip-funkce-118>

- [20] Schiessl s.r.o, Ing. Jiří Brož, Prohlídky a revize tlakových nádob u chladicích zařízení. [online]. 2009 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/5457-prohlidky-a-revize-tlakovych-nadob-u-chladicich-zarizeni>
- [21] SIEGEL, Josef. VUT BRNO. Návrh řídicího systému chladicí techniky [online]. 2008 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=n%C3%A1vrh%20%C5%99%C3%ADd%C3%ADc%C3%ADho%20syst%C3%A9mu%20chlad%C3%AD%C3%AD%20techniky&source=web&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.vutbr.cz%2Fwww_base%2Fav_prace_soubor_verejne.php%3Ffile_id%3D9786&ei=3_2uTsPcMIbN4QTxbDYDg&usg=AFQjCNE-AZyStsLCx9tT-GgILhiWi0rX7Q&cad=rja
- [22] SZÉKYOVÁ, Marta, Karol FERSTL a Richard NOVÝ. Vetranie a klimatizácia. Bratislava: Jaga Media, 2004. ISBN 80-8076-000-4.
- [23] Školení DCH a HJ. první. Praha: EducoCH, 1992.
- [24] VUT BRNO. Kompresory [online]. 2011 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.umt.fme.vutbr.cz/~svechet/main/storage/vp2/kompresory.pdf>
- [25] VUT BRNO. Mazání chladicích a klimatizačních strojů [online]. 2010 [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=519
- [26] Programovatelné automaty [online]. 2003, 2003 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: http://www.vaeprosys.cz/Dokumentace/Programovatelne_automaty/Programovatelne_automaty-Skripta_FEKT_VUT_Brno.pdf
- [27] Elsaco katalog [online]. 2004 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: http://www.elsaco.cz/index.php?file=./download/118_katalog2004.php

- [28] Elsaco katalog [online]. 2007 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z:
http://www.elsaco.cz/index.php?file=./download/113_katalog2007.php
- [29] Programování PLC [online]. 2008 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z:
http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_plc.pdf
- [30] Blokové schéma modulu: Blokové schéma modulu [online]. 2011, 2011 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z:
http://www.elsaco.cz/index.php?file=./produkty/hw2/49_caio12.php
- [31] Blokové schéma centrální jednotky [online]. 2011, 2011 [cit. 2012-03-08].
Dostupné z: Zdroj:
http://www.elsaco.cz/index.php?file=./produkty/hw2/40_ccpu03.php

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/D výstupy a vstupy – analogodigitální výstupy a vstupy

AB – alkylbenzeny

CAIO-12 – CANopen modul 12 analogových I/O

CCPU-03 – řídicí (centrální) jednotka

CFC – freony

CKDM 11/12 – CANopen ovládací terminál

CO₂ – oxid uhličitý

Cu – měď

ES 842/2006 – nařízení Evropského parlamentu a Rady týkající pověření osob k výkonu revize a uvedení chladicího zařízení do provozu

Ethernet – nadřazená úroveň řízení

FRED – grafické vývojové prostředí pro aplikace regulačních systémů, sběru dat a komunikace

HCFC – hydrochlorofluoruhlovodíky

HFC – fluorované uhlovodíky

HP – vysoký tlak

I/O – vstupní/výstupní

I/O HW moduly – vstupní/výstupní hardwarové moduly

IEC 1131-3 – mezinárodní norma pro sjednocení programovacích jazyků

KAA – oleje pro chladicí kompresory nemísitelné s amoniakem

KAB – oleje pro chladicí kompresory mísitelné s amoniakem

KC – oleje pro plně a částečně halogenové, fluorochlorované uhlovodíky (FCKW, HFCKW)

KD – oleje pro chladicí kompresory pro plně a částečně fluorované uhlovodíky (FKW, HFKW)

KE – oleje pro chladicí kompresory pro uhlovodíky jako chladiva např.

Propan, Izobutan

LP – nízký tlak

M-BUS – komunikační sběrnice

MO – minerální oleje

MOP – maximální provozní tlak

n – počet měření

NH₃ – čpavek

Ni 1000 – odporové čidlo

NK – nízkotlaký presovat

Norma DIN 51 503-1 - norma obsahující požadavky na oleje pro chladicí kompresory

PAG – polyglykoly

PAO - polyalfaolefiny

PC – počítač

PLC – „Programmable Logic Controler“ = programovatelný automat

PO – přetlakový jistič

P_o vypařovací tlak chladiva [kPa]

POE – klasické komplexní estery a polyestery

ProgWin – programovací aplikace

P_s - sací tlak [kPa]

P_t - působící tlak v tykavce [kPa]

PT 100 – odporové čidlo staršího typu

P_v - výtlačný tlak [kPa]

R11 – typ chladiva

R12 – typ chladiva

R123 – typ chladiva

R124 – typ chladiva

R1270 – propylen

R13 – typ chladiva

R134a – typ chladiva

R22 – typ chladiva

R290 – propan

R404a – typ chladiva

R407C – typ chladiva

R502 – typ chladiva

R600a – izobutan

RS – 232 – komunikační kanál, kterým je vybavena řídicí jednotka CCPU-03

RS – 485 – asynchronní sériová sběrnice

SMS – krátká textová zpráva

SO₂ – oxid siřičitý

SPIRO – čtyřhranný nebo kruhový plech, z kterého jsou vyráběny vzduchovody

SW hradla – softwarová hradla

t – obecné označení času

T – obecné označení teploty

T_c - konstantní kondenzační teplota [°C]

Topas 900 – vývojové prostředí pro CCPU s procesorem Toshiba

USB – univerzální sériová sběrnice

UV – ultrafialové záření

V/V moduly – vstupní/výstupní moduly

$V_{\text{š}}$ - objem [m³]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Spirálový kompresor „SCROLL“	17
Obrázek 2 Kondenzátor chlazený vzduchem s nucenou cirkulací vzduchu	26
Obrázek 3 Kondenzátor chlazený vzduchem s nucenou cirkulací vzduchu	27
Obrázek 4 Automatický expanzní ventil	29
Obrázek 5 Výparník pro přímé chlazení umístěný uvnitř VZT	34
Obrázek 6 Výstupní potrubí do kondenzátoru	35
Obrázek 7 Filtrdehydrátor šroubovací.....	40
Obrázek 8 Filtrdehydrátor s výměnou briketou.....	41
Obrázek 9 Zásobník chladiva	42
Obrázek 10 Elektromagnetický ventil – „Solenoid“.....	44
Obrázek 11 Regulátor otáček ventilátoru.....	48
Obrázek 12 Zamrzlý kompresor	57
Obrázek 13 chladicí zařízení „RC GROUP – typ 120.E2 G2“	65
Obrázek 14 chladicí zařízení „RC GROUP – typ 120.E2 G2“ – čelní pohled.....	65
Obrázek 15 Kondenzátory chlazené vzduchem	66
Obrázek 16 chladicí zařízení „RC GROUP – typ 120.E2 G2“ s připojeným průmyslovým regulátorem	67
Obrázek 17 Programovatelný automat - čelní pohled.....	69
Obrázek 18 CCPU-O3 centrální jednotka PL 2	70
Obrázek 19 CAIO 12 – periferní jednotka na sběrnici CANopen	72
Obrázek 20 „CKDM 11/12 – CANopen ovládací terminál“	73
Obrázek 21 Připevněné teplotní čidlo – dotykový teploměr.....	74
Obrázek 22 Blokové schéma centrální jednotky CCPU – 03.....	75
Obrázek 23 Blokové schéma modulu CAIO - 12	76
Obrázek 24 Návrh aplikace v programu ProgWin (určení vstupů a výstupů a sestavení signálové cesty)	78
Obrázek 25 Hlavní okno programu Wzorky	80
Obrázek 26 Připojení snímačů tlaku	82
Obrázek 27 Schéma rozmístění čidel	82
Obrázek 28 Hodnoty naměřené v programu Wzorky.....	86
Obrázek 29 Sepnutí kompresoru.....	87
Obrázek 30 Znečištěný kondenzátor.....	88

Obrázek 31 Zmenšení plochy kondenzátoru pomocí papíru	88
Obrázek 32 Hlášení poruchy o nízkém tlaku	91
Obrázek 33 Hlášení poruchy o vysokém tlaku	91
Obrázek 34 Hlášení poruchy nízké teploty na sací straně	92

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Časy běhu kompresoru (v min.)	89
Graf 2 Energetická náročnost (v %)	95

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Sumarizace vstupů a výstupů u CCPU – 03.....	76
Tabulka 2 Sumarizace vstupů u CAIO – 12.....	77
Tabulka 3 Ukázka naměřených dat převedených do tabulkového editoru.....	84
Tabulka 4 Výpočet průměrné hodnoty bank	85
Tabulka 5 Průměrná délka mezi jednotlivými záznamy	85
Tabulka 6 Průměrná odchylka naměřených dat	86