

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2021

Bc. Matěj Šindler



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

ZPRACOVÁNÍ DOKUMENTACE PRO TESTOVACÍ STANICI VÝROBNÍ LINKY ŘÍDICÍCH JEDNOTEK TEPELNÝCH ČERPADEL

PROCESSING OF DOCUMENTATION FOR TESTING STATION OF HEAT PUMPS SWITCHBOX ASSEMBLY
LINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Matěj Šindler

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Helena Polsterová, CSc.

BRNO 2021

Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Elektrotechnická výroba a management**

Ústav elektrotechnologie

Student: Bc. Matěj Šindler

ID: 174407

Ročník: 2

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Zpracování dokumentace pro testovací stanici výrobní linky řídicích jednotek tepelných čerpadel

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Nastudujte problematiku testovací stanice pro výrobní linku NN skříněk tepelných čerpadel ve firmě Daikin. Zpracujte, ve spolupráci s firmou, dokumentaci shrnující testovací postupy a také dokumentaci popisující zpracování testovací stanice pro výrobní linku NN skříněk (switchboxu) tepelných čerpadel.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 8.2.2021

Termín odevzdání: 24.5.2021

Vedoucí práce: Ing. Helena Polsterová, CSc.

doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato diplomová práce se v úvodu zabývá seznámením se společností Daikin Device Czech s.r.o. V dalším kroku je popsán princip funkce tepelných čerpadel s popisem jeho základních částí.

První část této práce je věnována výrobní lince řídicích jednotek tepelných čerpadel. Je popsána výrobní linka a opatření použitá pro zajištění bezpečnosti a kvality výroby. Dále je práce zaměřena na testovací stanici řídicích jednotek. Je zde popsána funkce testovací stanice společně s postupem tvorby testovacího programu.

Klíčová slova

Tepelné čerpadlo; výrobní linka; Daikin Altherma; test funkčnosti; kompresor; expanzní ventil; výparník; kondenzátor; výměník; princip tepelného čerpadla

Abstract

In opening, this diploma thesis is introducing the company Daikin Device Czech s.r.o. In the next step the principle of function of a heat pump. Then there are described its main parts.

First part of this thesis is dedicated to assembly line of the heat pump's switchboxes. The layout of the assembly line is described and added with description of used health and quality measures. Main part is speaking about running test of the switchbox line. The main function of the test is described alongside with description of the process of making the testing software.

Keywords

Heat pump; assembly line; Daikin Altherma; running test; compressor; expansion valve; evaporator; condenser; heat exchanger; heat pump principle

Bibliografická citace

ŠINDLER, Matěj. Zpracování dokumentace pro testovací stanici výrobní linky řídicích jednotek tepelných čerpadel. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/134506>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechnologie. Vedoucí práce Helena Polsterová.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Matěj Šindler
VUT ID studenta:	174407
Typ práce:	Diplomová práce
Akademický rok:	2020/21
Téma závěrečné práce:	Zpracování dokumentace pro testovací stanici výrobní linky řídicích jednotek tepelných čerpadel.

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 24. května 2021

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucí diplomové práce Ing. Heleně Polsterové, CSc. za metodickou a pedagogickou pomoc a vstřícnost. Děkuji také kolegům ve firmě Daikin Device Czech s.r.o. za odborné rady. V neposlední řadě děkuji své rodině a blízkým za podporu a častou pomoc v náročných momentech.

V Brně dne: 24. května 2021

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	9
ÚVOD	10
1. PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	11
1.1 HISTORIE.....	11
2. TEPELNÉ ČERPADLO	12
2.1 PRINCIP TEPELNÉHO ČERPADLA.....	12
2.2 ZÁKLADNÍ ČÁSTI TEPELNÉHO ČERPADLA	13
2.2.1 <i>Výparník</i>	13
2.2.2 <i>Kompresor</i>	14
2.2.3 <i>Kondenzátor</i>	14
2.2.4 <i>Expanzní ventil</i>	15
2.2.5 <i>Akumulační nádrž</i>	15
2.2.6 <i>Řídicí jednotka</i>	16
3. ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL	17
3.1 NÁSTĚNNÉ JEDNOTKY	17
3.2 VOLNĚ STOJÍCÍ JEDNOTKY	18
3.3 VENKOVNÍ JEDNOTKY	19
4. LINKA VÝROBY ŘÍDICÍCH JEDNOTEK	20
4.1 LAYOUT LINKY.....	20
4.2 BEZPEČNOSTNÍ A KVALITATIVNÍ OPATŘENÍ.....	23
4.2.1 <i>Ochrana elektrických součástí</i>	23
4.2.2 <i>Opatření k zamezení chyb</i>	24
4.2.3 <i>Rizikové faktory</i>	25
4.2.4 <i>Bezpečnost</i>	26
5. ROZDĚLENÍ TYPŮ JEDNOTEK	27
5.1 VNITŘNÍ JEDNOTKA.....	27
5.2 VENKOVNÍ JEDNOTKA	30
6. TEORIE TESTOVÁNÍ ŘÍDICÍCH JEDNOTEK	32
6.1 KONTROLA PROGRAMU	32
6.2 KONTROLA SENZORŮ	32
6.3 KONTROLA OBVODU	33
7. STAVBA TESTOVACÍHO PROGRAMU	34
7.1 KONTROLA A ZÁPIS EEPROM DAT	34
7.2 KONTROLA ZÁKLADNÍHO STAVU.....	35
7.3 KONTROLA MICON ID A SOFTWARE ID.....	35
7.4 KONTROLA PRŮTOKOVÝCH SENZORŮ.....	35
7.5 KONTROLA TERMISTORŮ A TLAKOVÝCH SENZORŮ.....	37

7.6	KONTROLA ZAPOJENÍ	37
7.6.1	<i>Příklad zpracování zapojení</i>	38
8.	PŘÍPRAVA TESTOVACÍHO KONEKTORU	40
8.1	ZÁKLADNÍ POSTUPY	40
8.2	ZÁKLADNÍ CHYBY	40
8.3	PŘÍKLAD DEFINICE VODIČŮ	41
9.	ZÁVĚR	44
	SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	48
	SEZNAM PŘÍLOH	49

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1 Logo společnosti	11
Obr. 2-1 Schéma tepelného čerpadla [2].....	12
Obr. 2-2 Řez venkovní jednotky tepelného čerpadla [5]	13
Obr. 2-3 Řez rotačním kompresorem [9].....	14
Obr. 2-4 Izolovaný tepelný výměník [10].....	15
Obr. 2-5 Expanzní ventil [11]	15
Obr. 2-6 Switchbox jednotky Alpha Hybrid [12]	16
Obr. 3-1 Nástěnná jednotka tepelného čerpadla [16].....	17
Obr. 3-2 Volně stojící jednotka tepelného čerpadla [16]	18
Obr. 3-3 Venkovní jednotka tepelného čerpadla (3D model)	19
Obr. 4-1 Layout výrobní linky switchbox [14].....	20
Obr. 4-2 Prostor running testu [vlastní foto].....	22
Obr. 4-3 Pojízdny regál pro uložení switchboxu [12].....	23
Obr. 4-4 Vybíjecí turniket [vlastní foto]	24
Obr. 4-5 Pracoviště výrobní linky [vlastní foto].....	26
Obr. 5-1 Switchbox Altherma C series WM [20]	28
Obr. 5-2 Switchbox Altherma C series FS [20]	28
Obr. 5-3 Switchbox Altherma D/E series WM [20]	29
Obr. 5-4 Switchbox1 Altherma D/E series FS standard [19].....	30
Obr. 5-5 Switchbox2 Altherma D/E series FS standard [19].....	30
Obr. 5-6 Switchbox AlphaHybrid [20]	31
Obr. 6-1 Přípravek termistor + tlakový senzor [12].....	33
Obr. 6-2 Výkres osazení switchboxu (výřez) [15]	33
Obr. 7-1 Vztah mezi Micon ID a Software ID [18]	35
Obr. 7-2 Schéma zapojení senzorů do DPS (výřez) [18].....	36
Obr. 7-3 Blokové schéma rozmístění komponent switchboxu jednotky WM [17].....	37
Obr. 7-4 Příklad zapojení 1 (výřez) [17].....	38
Obr. 7-5 Příklad zapojení 2 (výřez) [17].....	39
Obr. 7-6 Příklad zapojení 3 (výřez) [17].....	39

SEZNAM TABULEK

Tab. 8-1 Ověření špatných zapojení odpojením [18].....	41
Tab. 8-2 Ověření špatných zapojení záměnou [18]	42

ÚVOD

Jedním z nejrozšířenějších řešení pro vytápění a ohřev teplé vody v dnešní době jsou tepelná čerpadla. Jedná se o zařízení, která jsou svou vyšší počáteční investicí schopna zákazníkovi rychle navrátit svou vysokou účinností a ekologickým provozem. Firma DAIKIN s.r.o. je celosvětovou jedničkou na trhu s tepelnými čerpadly a svým rozsáhlým portfoliem kvalitních produktů dokáže poskytnout řešení každému, kdo hledá spolehlivý zdroj tepla s vysokou návratností a důrazem na ekologii.

Pro dosažení takto vysoké úrovně spolehlivosti a kvality je ve firmě DAIKIN dbán důraz na efektivní, bezpečnou a bezzmetkovou výrobu i v tom nejmenším detailu. O tom svědčí množství opatření, která zajišťují nejen výrobu vysoce kvalitních produktů, ale i bezpečnost zaměstnanců. Každý výrobek, který je v DAIKINu vyroben, je v rámci vlastní výrobní linky podroben testu funkčnosti. Tyto testy jsou velice komplexní a jsou řízeny sofistikovanými programy. Při zavádění výroby nového typu produktu, je tedy vždy třeba testovací program přizpůsobit.

Tato práce vznikla za spolupráce s firmou DAIKIN Device Czech s.r.o. a jejím oddělením engineeringu. Práce je zaměřena na testovací stanici výrobní linky řídicích jednotek tepelných čerpadel. Cílem práce je vytvořit metodický dokument, který bude shrnovat kroky potřebné k vytvoření testovacího programu a ke zpracování využít znalosti z dosavadní práce odborníků doplněné o vlastní poznatky získané studiem problematiky a praktickým testováním.

1. PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Společnost DAIKIN je světovou jedničkou ve výrobě klimatizačních systémů. Po celém světě zaměstnává přibližně 60 000 zaměstnanců a obrat koncernu se pohybuje okolo 14 miliard euro ročně. Jejimi produkty jsou zejména klimatizační jednotky pro soukromé, komerční i průmyslové využití a tepelná čerpadla se systémem pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody. Mimo to se společnost zabývá výrobou chemických látek, hydraulických zařízení, dopravních systémů, polovodičů a menší elektroniky.



Obr. 1-1 Logo společnosti

DAIKIN Device Czech Republic s.r.o. (dále jen DDC) je dceřinou společností mezinárodní skupiny DAIKIN, se sídlem v Brně. V roce 2020 má firma přes 1000 zaměstnanců s produkcí přes 1 100 000 kusů výrobků ročně. Brněnský závod se zabývá zejména výrobou kompresorů do klimatizačních jednotek. Postupným rozšiřováním portfolia byla ale výroba rozšířena o komponenty do tepelných čerpadel, zásobníků na vodu, tlakových lahví aj. [1]

1.1 Historie

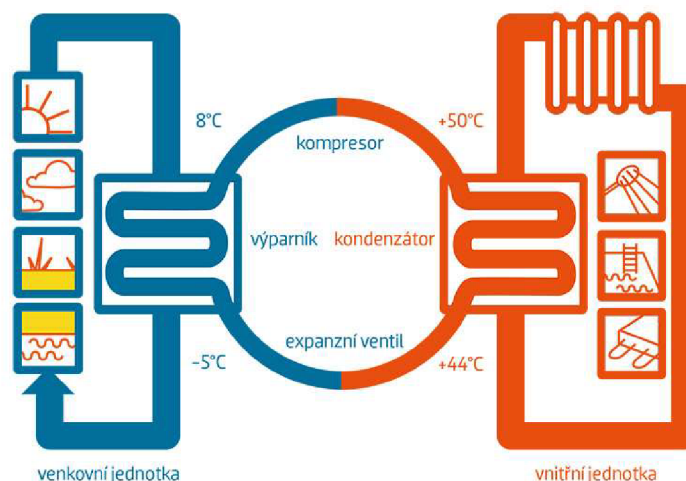
Společnost DAIKIN byla založena v Japonsku roku 1924 a již od roku 1951 působí na japonském trhu jako jednička ve výrobě klimatizačních jednotek. Od té doby si drží své postavení a snaží se expandovat na světový trh. V roce 1972 byla v belgickém Oostende založena společnost Daikin Europe NV. V roce 1992 byla založena společnost Daikin Airconditioning Central Europe v Praze. V roce 2004 byla spuštěna výroba malých klimatizačních jednotek v Plzni na Borských polích. Jedná se o první výrobní závod v České republice. [1]

V roce 2006 je spuštěna výroba Swing kompresorů ve společnosti DDC. Portfolio společnosti bylo postupně rozšiřováno o výrobu Scroll kompresorů, akumulátorů, hydroboxů a tanků na vodu. S tím bylo spojeno i rozšíření výrobních prostor na celkovou plochu 24 000 m². Od roku 2017 je výroba rozšířena o nové linky na komponenty tepelných čerpadel a řízení oběhu chladiva v klimatizačních soustavách. Společně s tímto byla spuštěna výroba řídicích jednotek tepelných čerpadel. V roce 2020 dochází k rozšíření výroby řídicích jednotek o novou linku. Mimo jiné dochází také k rozšíření výrobních prostor o novou halu. [1]

2. TEPELNÉ ČERPADLO

Tepelné čerpadlo odebírá nízkopotenciální tepelnou energii okolnímu prostředí (země, vzduch, voda) a převádí ji na výstupní teplo využitelné pro vytápění, či přípravu teplé užitkové vody.

2.1 Princip tepelného čerpadla



Obr. 2-1 Schéma tepelného čerpadla [2]

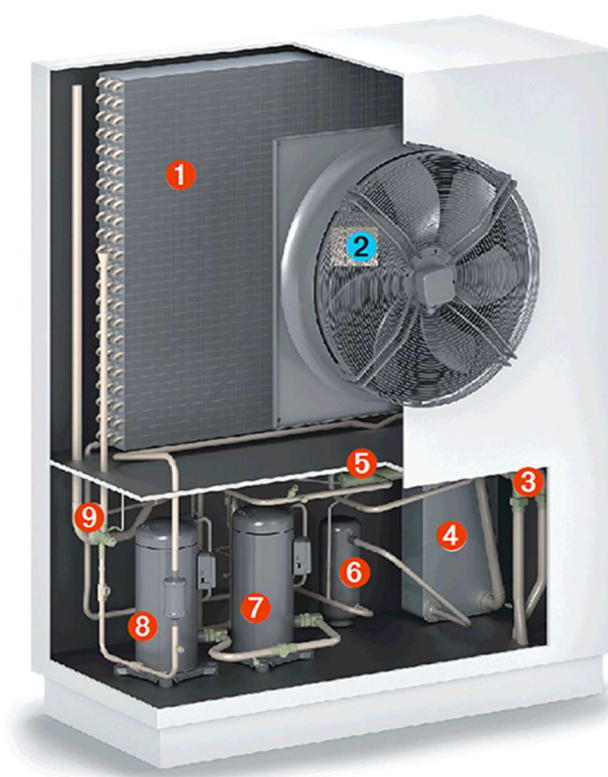
Chladivo je potrubím přiváděno do výparníku přes termostatický expanzní ventil. Nízký tlak za tímto ventilem způsobí, že dochází k rychlému odpařování chladiva. Díky prudkému poklesu tlaku se výparník podchladí na teplotu nižší, než je teplota okolního prostředí. Tím je způsobeno, že plynné chladivo může ve výparníku přijímat teplo z okolí i přes to, že se jedná o nízkopotenciální zdroj tepla mnohdy o teplotě jen několik stupňů Celsia.

Chladivo ve formě plynu, které převzalo tepelnou energii má jen o několik stupňů vyšší teplotu než před vstupem do výparníku. Tento studený plyn je z výparníku předáván do kompresoru. V kompresoru dojde k prudkému stlačení plynného chladiva. Díky fyzikálnímu principu komprese, kde při vyšším tlaku stoupá teplota plynu, stoupne chladivu teplota. Jelikož si chladivo nese energii získanou ve výparníku, může se plyn zahřát na vysokou teplotu (až okolo 80 °C). Výstupní teplo je navíc zvýšeno o ztrátové teplo elektromotoru kompresoru a teplo vzniklé třením. Stlačený plyn je pak veden z kompresoru do kondenzátoru. Zde se plyn o vyšší teplotě setkává ve výměníku s tekutinou (topnou vodou, TUV, plynem) o nižší teplotě. Tato tekutina vezme teplo plynnému chladivu, které při tomto procesu ztráty energie změní své skupenství na

kapalné. Tekutina topné soustavy může dosahovat teplot až 65 °C. Zkondenzované chladivo, které má stále vysoký tlak, avšak opět nižší teplotu, je poté vedeno přes expanzní ventil do výparníku. Ve výparníku se opět odpaří a celý cyklus se opakuje. Tímto cyklickým procesem se přečerpává nízkopotenciální teplo do topné soustavy domu. [3,4]

2.2 Základní části tepelného čerpadla

Mimo komponenty jako jsou potrubí, armatury, spojovací díly, hadice, oběhová čerpadla a další, jsou tepelná čerpadla složena z několika základních prvků, důležitých pro jejich funkci.



Obr. 2-2 Řez venkovní jednotky tepelného čerpadla [5]

2.2.1 Výparník

Výparník je konstruován jako tepelný výměník, ve kterém dochází k předání tepla mezi okolním prostředím a chladivem. Jeho konstrukce se liší dle typu tepelného čerpadla. Na obrázku Obr.2-2 je vidět tepelné čerpadlo vzduch-voda. V tomto tepelném čerpadle je výparník řešen jako žebrový výměník, na který je ventilátorem vháněn vzduch. Tento vzduch zde předává svou nízkopotenciální energii chladivu ve výměníku.[6,7]

2.2.2 Kompresor

Kompresor nasává plynné chladivo z výparníku a stlačuje ho na vyšší tlakovou hladinu. Chladivo se tak dostává z hladiny tlaku odpovídající výparné teplotě k hladině odpovídající kondenzační teplotě v kondenzátoru. Změna tlaku probíhá dodáním práce kompresoru, tedy elektrické energie, a společně s ní dochází i ke změně teploty. Díky tomu je získanou energií možno využít pro vytápění či přípravu teplé užitkové vody. [6,8]

Pro zabránění úniku chladiva je kompresor s elektromotorem uzavřen v hermetické nádobě. V dnešní době jsou pro tepelná čerpadla nejčastěji využívané kompresory spirálové a rotační.[6]



Obr. 2-3 Řez rotačním kompresorem [9]

Existují také tepelná čerpadla s alternativním pohonem kompresoru jako například se spalovacím motorem. Další možnou variantou jsou tepelná čerpadla bez kompresoru. Taková obsahují absorbér a jsou doplněny o další komponenty a mají odlišný princip činnosti. [7,8]

2.2.3 Kondenzátor

Kondenzátor je výměník, kde chladivo při vysoké teplotě a tlaku kondenzuje na kapalnou formu a při tom odevzdává své teplo do teplotnosné látky. Pro ohřev TUV se jako kondenzátor nejčastěji využívá deskový letovaný výměník.[8]



Obr. 2-4 Izolovaný tepelný výměník [10]

2.2.4 Expanzní ventil

Expanzní ventil je určen ke snížení tlaku chladiva vstupujícího do výparníku. Nachází se tedy na pomezí vysokotlaké a nízkotlaké strany chladicího oběhu. Snížením tlaku dochází ke snížení teploty chladiva. Regulace tlaku je řízena buď termostaticky nebo elektronicky v závislosti na výstupní teplotě z výparníku.[7]



Obr. 2-5 Expanzní ventil [11]

2.2.5 Akumulační nádrž

Akumulační nádrž nepatří mezi prvky nezbytné pro funkci tepelného čerpadla. Přesto je však ve většině tepelných čerpadel použita. Slouží pro pokrytí rychlých změn v průtoku topné vody v systému. Tím se zabraňuje příliš častému spínání kompresoru a tím je prodloužena jeho životnost. Akumulační nádrž by měla být vhodně zvolená v rozmezí 10-20 litrů na 1 kW špičkového výkonu. [6,8]

2.2.6 Řídicí jednotka

Řídicí jednotka dále slouží k regulaci tepelného čerpadla a ovládní prvků topného systému. Řídicí jednotka je nezbytnou součástí tepelného čerpadla, obvykle umístěna ve vnitřní jednotce systému tepelného čerpadla.



Obr. 2-6 Switchbox jednotky Alpha Hybrid [12]

3. ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL

Tepelných čerpadel je vyráběno veliké spektrum tak, aby bylo možné nalézt vhodnou konfiguraci pro specifické požadavky každého zákazníka. Pro účely této práce budou v této kapitole popsány pouze typičtí představitelé základních typů jednotek tepelných čerpadel. Seznam představený v této práci se odráží v sortimentu výroby DDC. Tedy jde o tepelná čerpadla vyráběná zcela či částečně v Brněnském závodě. Seznámení je zpracováno pro lepší ilustraci problematiky rozebírané v dalších kapitolách.

3.1 Nástěnné jednotky

Nástěnné jednotky tepelného čerpadla se definují zejména nízkými rozměry a jak název napovídá, možností uložení na stěnu. Tyto jednotky poskytují pouze přímou dodávku tepelné energie. Pokud by zákazník požadoval i ohřev či akumulaci teplé užitkové vody, je nutné tuto jednotku rozšířit o samostatně stojící tank na TUV.

Hlavní výhodou těchto jednotek je flexibilita a rychlost zapojení. Pokud zákazník požaduje dodávku TUV, ale je limitován instalačním prostorem, volba nástěnné jednotky se separátním tankem může nabídnout požadovanou flexibilitu a tedy ideální řešení.

Princip nástěnné jednotky tepelného čerpadla je naznačen v hydraulickém schématu v Příloze A.



Obr. 3-1 Nástěnná jednotka tepelného čerpadla [16]

3.2 Volně stojící jednotky

Volně stojící jednotky, nebo také Floor Standing jednotky, představují významnou část objemu výroby firmy DDC. Jedná se o jednotky tepelného čerpadla, kde hlavní řídicí elektronika je umístěna ve vnitřní jednotce a je rozšířena o integrovaný zásobník teplé užitkové vody. Tomuto zásobníku je pak přizpůsobena funkce tepelného čerpadla, která tak poskytuje možnost nejen přímého vytápění, ale i akumulace tepelné energie ohřevem vody v tanku. Tyto jednotky jsou rozměrově větší a jak napovídá název, nelze je umístit závěsem na stěnu.

Dodatečným dělením volně stojících jednotek tepelných čerpadel je rozlišení na tzv. standard a bi-zone. Standard funguje jako obyčejný tepelný výměník s možností akumulace teplé vody ve vodním tanku. Taková jednotka obsahuje čerpadlo, které na základě údajů z různých čidel řídí proudění a ohřev. Bi-zone je rozšířen o další okruh vody a má dvě čerpadla. Je tedy schopen nezávisle na sobě řídit dva okruhy vody, které jsou spojeny přes směsný ventil. Pro tyto účely je v switchboxu FS bi-zone osazena speciální DPS, která pomáhá v řízení obou okruhů. Toto dělení je vizuálně patrné na první pohled, jelikož v jednotce tepelného čerpadla je dvojnásobné množství komponent. [16]

Princip volně stojící jednotky tepelného čerpadla je naznačen v hydraulickém schématu v Příloze A.



Obr. 3-2 Volně stojící jednotka tepelného čerpadla [16]

3.3 Venkovní jednotky

Venkovní jednotky představují řešení pro uživatele, kteří nemají dostatek vnitřního prostoru pro umístění vnitřní jednotky. Tato jednotka obsahuje všechny komponenty, důležité pro správnou funkci vytápění i chlazení. Zajímavostí venkovních jednotek je rozšíření o separátní vyhřívání. To slouží k ohřevu trubek a prostorů uvnitř tepelného čerpadla v obdobích, kdy okolní teploty klesají hluboko pod nulu a hrozí zamrzání sestavy tepelného čerpadla.

V případě požadavku na ohřev a akumulaci teplé užitkové vody, je třeba tuto jednotku rozšířit o samostatně stojící tank na TUV. [16]

Na obrázku je vidět 3D model venkovní jednotky tepelného čerpadla. Jedná se o řadu TBM a pro účely ilustrace je zbaven vnějšího krytu.

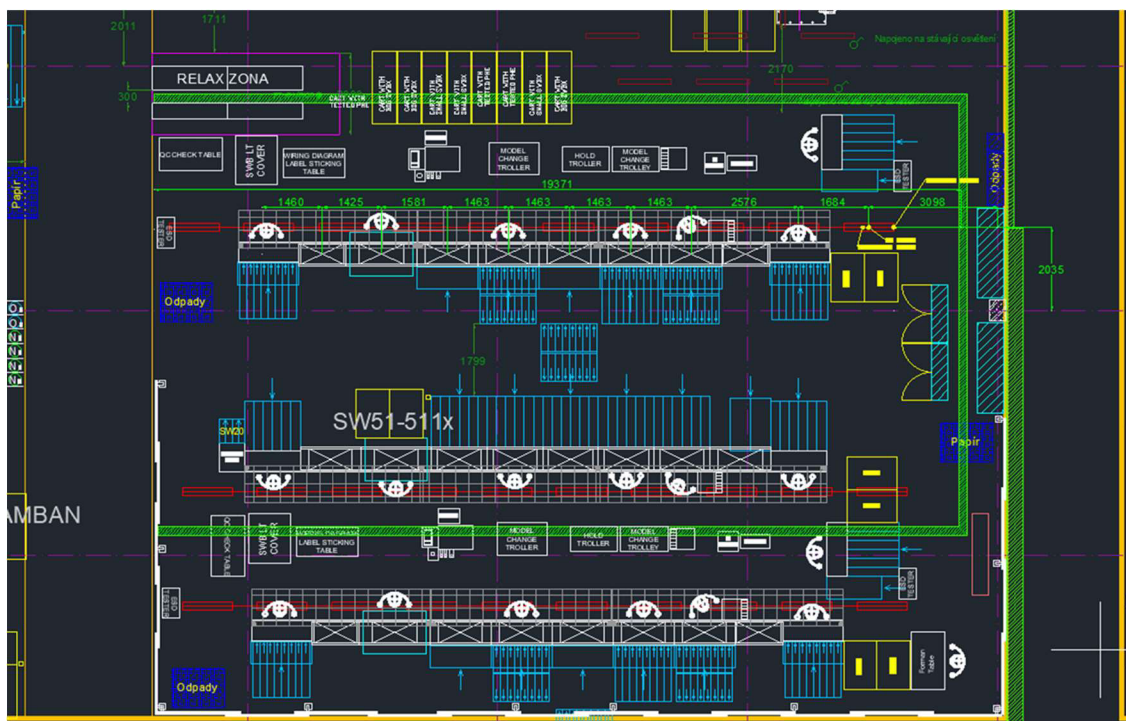


Obr. 3-3 Venkovní jednotka tepelného čerpadla (3D model)

4. LINKA VÝROBY ŘÍDICÍCH JEDNOTEK

Řídicí jednotka (dále použito interní označení switchbox) tepelného čerpadla obsahuje všechny integrované obvody (měřicí i ovládací) umístěné v jednom kovovém krytu společně se senzory a kabeláží. Kovový box zajišťuje výbornou mechanickou odolnost a integrace elektroniky na jednom místě poskytuje výhody zejména při instalaci a případných opravách. Na popisované výrobní lince se vyrábí různé typy switchboxů určených pro tepelná čerpadla Daikin Altherma 3.

4.1 Layout linky



Obr. 4-1 Layout výrobní linky switchbox [14]

Na prvním pracovišti probíhá první příprava plechu switchboxu. Plechový díl je po vyřezání a ohýbání připraven k osazení. V prvním kroku je nasazena ochranná pryžová lišta na ostré hrany plechu. Do patřičných otvorů jsou postupně osazeny průchodky, držáky stahovacích pásek, úchytky DPS a držáky vodičů. Následně jsou namontovány zemnicí šrouby. V posledním kroku jsou osazeny DPS. Typ osazených DPS se liší dle typu jednotky switchboxu. V posledním kroku je switchbox přesunut operátorem na pracovní paletu umístěnou na dopravníku. [12]

Druhá pracovní pozice je určena k předmontáži svorkovnic. Svorkovnice jsou umístěny do pracovních přípravků a osazeny vhodnými vodiči. Dalším procesem je

předmontáž tepelné pojistky. Ta je vložena do speciálního přípravku a opatřena držákem. Držák slouží k pevnému a bezpečnému upevnění tepelné pojistky k switchboxu a poskytuje jí i ochranu před mechanickým poškozením. [12]

Na třetím pracovišti je switchbox opatřen transformátorem a svorkovnicemi. Při montáži je třeba dbát na správné umístění vodičů tak, aby nepřekážely při dalším osazování. Svorkovnice jsou z předmontáže již zapojeny a jejich vodiče je třeba jen správně umístit. [12,13]

Na čtvrté až šesté pozici jsou zapojeny svazky vodičů ze svorkovnic na DPS. Do switchboxu jsou doplněny zbývající DPS a zapojeny zemnicí vodiče. Všechny vodiče jsou vedeny v držácích na vodiče a každý vodič má své předepsané umístění. Pro různé typy switchboxu je doplněna tepelná pojistka, stykače či jističe. [12,13]

Sedmým pracovištěm je kontrola funkčnosti. Switchbox je podroben zkoušce, která ověřuje, zda jsou všechny vodiče správně připojeny, zda je DPS správně vyrobena a osazena a zda jsou všechna čidla funkční. Nejprve je třeba, aby operátor provedl vizuální kontrolu, poté zapojí měřicí přístroje na příslušné konektory. Switchbox je třeba uzemnit připojením zemnicí svorky. Následně jsou připojeny všechny testovací konektory a speciální přípravky. Přípravky jsou určeny například k simulaci snímání teploty teplotním čidlem. Následně musí operátor opustit testovací prostor a spustit měření. Poté co proběhne celý cyklus, je uvolněna optická brána a operátor může opět vstoupit. Pokud by vstoupil dříve a přerušil by optickou bránu, spustila by se světelná a zvuková signalizace a test by byl ukončen. Test vyhodnocuje správné fungování switchboxové jednotky a správnost jejího zapojení. Spuštění správného testovacího programu je zajištěno načtením čárového kódu, který se nese společně se switchboxem po celé výrobní lince. Po úspěšném dokončení testu je switchbox posunut po dopravníku na finální pracoviště. [12]



Obr. 4-2 Prostor running testu [vlastní foto]

Operátor posledního pracoviště má za úkol nalepit na switchbox informační a varovné štítky a izolaci. Důležitým úkolem operátora je poté provádění vizuální kontroly. Operátor zde vyhodnocuje potenciální rizika, která running test neumí odhalit. Jsou to například mechanická poškození, která sice neomezují funkčnost, ale v budoucnu by mohla způsobit riziko pro zařízení nebo pro bezpečnost servisního pracovníka. Operátor na této pozici musí vědět, jaké jsou nejčastější rizikové faktory, a proto se na tuto pozici umisťují pouze zkušenější pracovníci. Po dokončení kontroly opatří operátor switchbox štítkem s čárovým kódem, datem a osobním číslem. Poté provede finální práce a uloží switchbox do přepravní bedny. Volné vodiče jsou, stejně jako teplotní čidlo tepelné pojistky, připevněny k tělu switchboxu odstranitelnou lepicí páskou. Některé typy switchboxu jsou opatřeny ochranným krytem. [12,13]

Pokud jde o switchbox určený k využití přímo v brněnském závodě, je z finálního pracoviště umístěn do pojízdného regálu. Odtud se přesouvá na vedlejší linky, kde probíhá kompletace tepelných čerpadel. Pokud se jedná o typ switchboxu, který není zpracováván v brněnském závodě, je z finálního pracoviště umístěn do kartonové krabice a zabalen. Plné krabice jsou posílány do belgického Oostende, kde probíhá primární výroba tepelných čerpadel.



Obr. 4-3 Pojízdný regál pro uložení switchboxu [12]

4.2 Bezpečnostní a kvalitativní opatření

4.2.1 Ochrana elektrických součástí

Prvním důležitým opatřením, při vstupu do uzavřeného prostoru linky, je uzemnění. Jelikož DPS jsou osazeny velice citlivými integrovanými obvody, mohl by je výboj statické elektřiny významně poškodit a ohrozit tak funkčnost celého switchboxu. Proto se před vstupem na linku nachází zemnicí zařízení, které je propojené s turniketem. Každá vstupující osoba musí stoupnout oběma chodidly (v botách) na vyznačené nášlapy a umístit libovolný prst do vyznačeného místa na ovládacím panelu. Tím dojde k propojení obvodu a veškerý případný náboj se vybíjí. V okamžiku, kdy je vše v pořádku, se rozsvítí zelená dioda na panelu, turniket se uvolní a osoba může vstoupit.

Každý operátor na lince je mimo základních pracovních pomůcek vybaven pracovním pláštěm z antistatického materiálu a speciální pracovní obuví. Jakákoliv návštěva na lince, která není vybavena těmito ochrannými prostředky, se musí u vstupu zapsat a v prostorách linky se pohybovat se zvýšenou opatrností.



Obr. 4-4 Vybíjecí turniket [vlastní foto]

4.2.2 Opatření k zamezení chyb

Součástí zajištění spolehlivosti výroby však nejsou jen opatření pro eliminaci rizik poškození elektrických součástek, ale i minimalizace rizik způsobených chybou operátora. Jsou to opatření, která zdánlivě nejsou důležitá, avšak mají velký vliv na udržení standardu kvality u všech vyrobených kusů.

Třídění materiálu

Každý operátor má na svém stanovišti před sebou v regálech srovnaný materiál. Materiál se pro plynulost provozu doplňuje zezadu v boxech a je třeba přesně dodržovat jeho umístění v regálu. Operátor má na boxech nalepené štítky, které mu jasně udávají, zda se daný materiál má použít při výrobě konkrétního typu switchboxu. Materiál je do polic umístěn na základě tzv. křížového pravidla. To znamená, že v pozicích sousedících do kříže, nesmí být umístěn materiál, který by mohl být zaměnitelný s materiálem ve středu. Tím se minimalizuje riziko použití špatného materiálu (např. drátku špatné délky) a tím i případného problému s funkčností.

Přípravky a štítkování

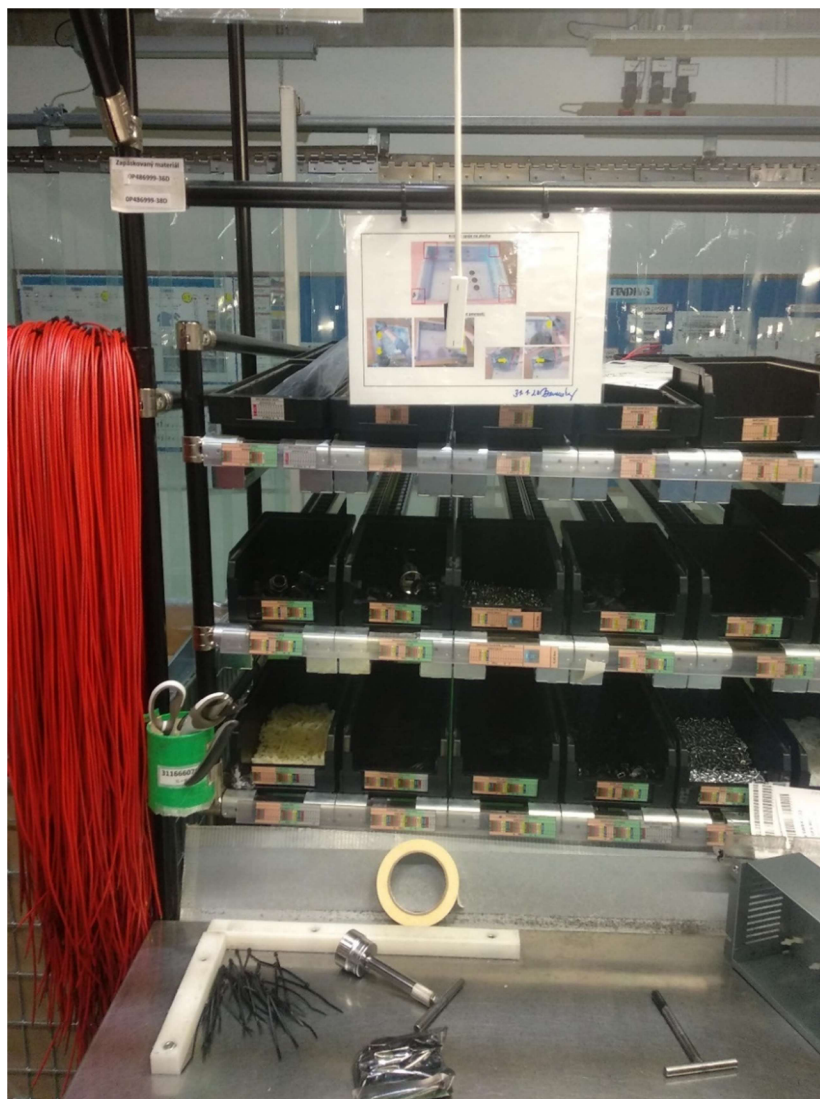
Některé díly switchboxu, jako transformátory a stykače, se pro zjednodušení osazují před umístěním do boxu. Nejen pro tyto díly jsou vyrobeny přípravky, zajišťující správné zapojení. Pro stykače jsou to přípravky, do kterých lze stykač umístit jen jedním (správným) způsobem. Okolo stykače je pak barevně rozdělená tabulka, navádějící ke správnému osazení. Pro transformátor je to přípravek, do kterého lze celý blok s vývody uložit pouze jedním směrem a pouze v případě, že je vše v pořádku zapojené a osazené.

Utahovák

Utahovák používaný operátorem k dotažení kontaktů svorkovnic a stykačů je na začátku každé směny kontrolován na správný utahovací moment. Dále se kontroluje, zda je použit správný bit a zda je správně uchycený na navijáku. Tyto podmínky jsou důležité pro spolehlivé zapojení kontaktů. Spoje utažené příliš velkým momentem se mohou poškodit a spoje utažené příliš malým momentem, mohou mít špatný elektrický kontakt. Použití špatného bitu by mohlo znehodnotit šroub spoje, a tím znemožnit správné dotažení nebo zkomplikovat případnou práci servisu.

4.2.3 Rizikové faktory

Každé stanoviště výrobní linky je uzpůsobeno ke konkrétním úkonům v rámci kompletace switchboxu. Liší se připraveným materiálem, nářadím i prostorem. Každé stanoviště je navíc doplněno o cedule, na kterých jsou vyobrazeny rizikové faktory. Tyto nabádají operátora, aby během svých pracovních úkonů i po jejich dokončení, prováděl kontrolu nejčastějších chyb, které se na jeho stanovišti mohou vyskytnout.



Obr. 4-5 Pracoviště výrobní linky [vlastní foto]

4.2.4 Bezpečnost

Jedním z opatření pro ochranu zdraví při práci je tzv.: Stop. Call. Wait. Každý pracovník, který během své práce narazí na mimořádnou situaci nebo jakoukoliv situaci, se kterou si nebude vědět rady, musí provést tři kroky. Zastavit ihned svou činnost (Stop), oznámit tuto situaci svému nadřízenému (Call) a následně počkat, až bude situace vyhodnocena a přijde ji vyřešit pracovník s příslušnou kvalifikací (Wait). Operátor by se nikdy neměl pokoušet odstranit problém sám, pokud k tomu nemá příslušnou kvalifikaci a nedostal přímý pokyn.

Tímto se snižuje riziko ohrožení zdraví operátora a zároveň se zamezuje výrobě kusů, které nesplňují požadavky na kvalitu a spolehlivost.

5. ROZDĚLENÍ TYPŮ JEDNOTEK

Protože každý typ tepelného čerpadla má vlastní typ switchboxu, je třeba každému typu přizpůsobit celou výrobní linku včetně testovací stanice. Switchboxy se mohou lišit nejen rozměry, ale i typem osazených DPS a celkově množstvím prvků použitých pro požadovanou funkci switchboxu. Switchboxy mohou být jednoduché nebo obsahovat prvky jako jsou například stykače či jističe.

Při zavádění nového typu switchboxu je vždy třeba přizpůsobit výrobní linku. Upravit palety, doplnit potřebný materiál, proškolit operátory a upravit s tím spojené pracovní postupy (dokumenty MQ). V neposlední řadě je třeba upravit testovací stanici. Úprava se týká jak doplnění vhodných konektorů a speciálních přípravků, tak hlavně změny testovacího programu.

Tento postup se týká nově zaváděných typů jednotek. Aktuálně se v rámci DDC vyrábí již několik různých typů. Výrobní linka je tak uzpůsobena pro co nejvyšší flexibilitu při změně aktuálně vyráběného typu.

Základním rozdělením switchboxů je jejich dělení na vnitřní a venkovní podle jednotek tepelných čerpadel do kterých jsou určeny.

5.1 Vnitřní jednotka

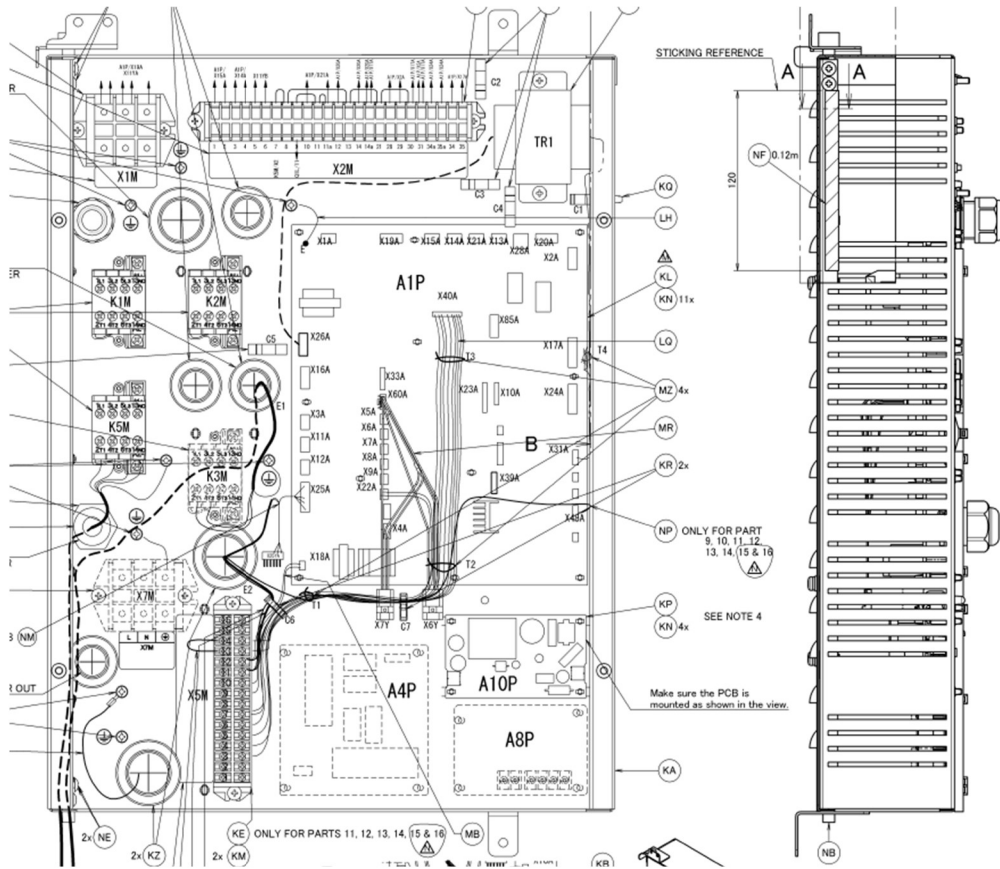
Vnitřní jednotky představují pro DDC největší objem výroby. Jedná se o switchboxy později osazené do vnitřních jednotek tepelných výměníků. To jsou buď jednotky volně stojící (dále FS) nebo jednotky montované na stěnu (dále WM). Princip fungování a základní odlišnosti, lze nalézt v Příloze A. Tyto dva typy se dále liší generací, resp. výrobní sérií. Série C je aktuálně nejstarší, stále vyráběná. Častěji vyráběné jsou série D a E. Rozdíl mezi nimi je pouze v softwaru a nelze ho sledovat fyzicky na switchboxech.

Série C

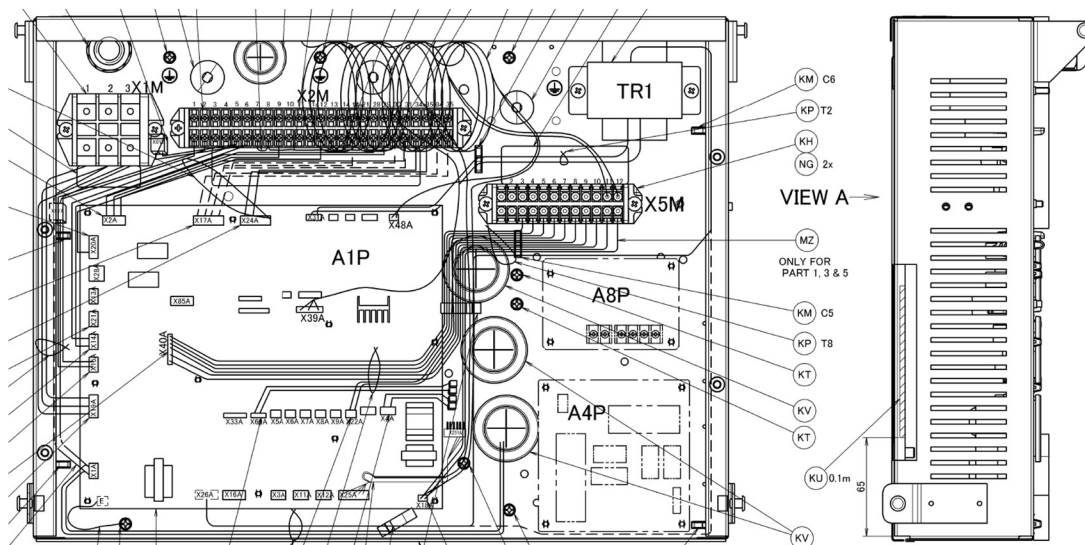
Hlavním rozdílem mezi FS a WM u série C je, že FS mají tank na vodu a mají tedy některé dodatečné funkce a ovládání. Rozdíl ve switchboxech je tedy hlavně ten, že switchboxy pro FS obsahují navíc oproti WM další DPS pro ovládání, detekci vody v tanku a vstupy pro termistory, které se na tanku nacházejí. Tuto DPS můžeme vidět na Obr. 5-2 pod označením A5P.

těchto dvou switchboxů se zvýšila variabilita osazení tepelného čerpadla. První switchbox zůstává pro všechny FS stejný a druhý je možno volit v závislosti na požadovaném výkonu a typu tepelného čerpadla. V neposlední řadě toto rozdělení usnadňuje instalaci, údržbu i servis.

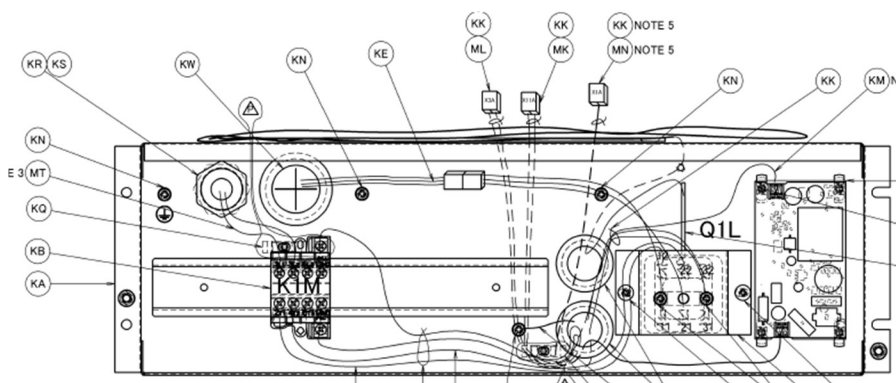
Dodatečným dělením volně stojících jednotek tepelných čerpadel je rozlišení na tzv. standard a bi-zone. Standard nabízí možnost akumulace a dodávky teplé užitkové vody. Bi-zone je oproti tomu nabízí možnost dvou nezávislých okruhů dodávky tepelné energie. Pro tyto účely je v switchboxu FS bi-zone osazena speciální DPS, která pomáhá v řízení obou okruhů.



Obr. 5-3 Switchbox Altherma D/E series WM [20]



Obr. 5-4 Switchbox1 Altherma D/E series FS standard [19]



Obr. 5-5 Switchbox2 Altherma D/E series FS standard [19]

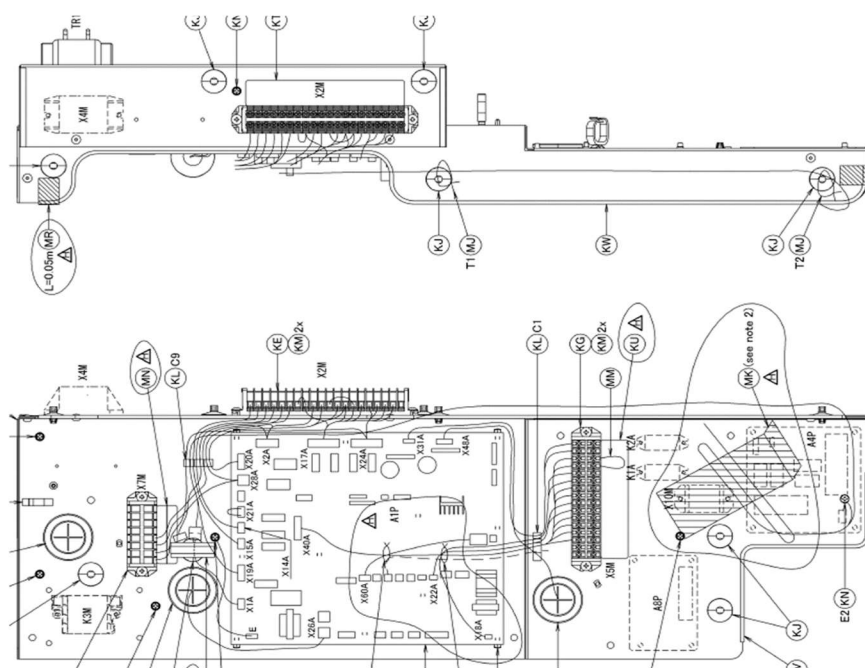
5.2 Venkovní jednotka

Výroba switchboxu pro venkovní jednotky představuje pro DDC menší objem výroby jakožto okrajová řada. Switchboxy se pro venkovní využití vyrábějí jako součásti tzv. hydrokitů. Hydrokit představuje ucelenou jednotku základních součástí tepelného čerpadla, která by však sama o sobě nemohla fungovat a je určena k instalaci do venkovní jednotky. (Oproti tzv. hydroboxu, který je již samostatně fungující jednotkou. Příkladem je jednotka WM.)

Do těchto hydrokitů jsou designovány menší switchboxy. Jsou rozdílné podle jednotek, do kterých jsou určeny, ale všechny obsahují stejné základní vybavení. Tím je hlavní DPS, transformátor, silová, komunikační a hlavní přívodní svorkovnice.

Typické pro tyto venkovní switchboxy je často spojená hlavní přívodní svorkovnice se svorkovnicí pro rozvod periferií. Dalším specifikem je, že switchboxy pro outdoor jednotky obsahují terminál pro připojení ohřívачů. Ty slouží pro zamezení mrznutí trubek v zimních podmínkách.

Jednotky pro řadu tepelných čerpadel Alpha Hybrid je možné dále dělit na standardní a řadu Immergas. Ta je vyráběna pro firmu Immergas, která se specializuje na kotle a jednotka je tedy přizpůsobena ke komunikaci s plynovým kotlem. Další variantou jsou jednotky řady TBM, které mají obdobné funkce jako jednotky FS.



Obr. 5-6 Switchbox AlphaHybrid [20]

6. TEORIE TESTOVÁNÍ ŘÍDICÍCH JEDNOTEK

Principem testování switchboxu je provést kontrolu třech základních skupin. První skupinou je ověření, zda je na switchboxu osazena správná DPS. V rámci tohoto procesu je zároveň testováno, zda je na DPS nahrán správný software. Druhou skupinou je ověřování funkcí DPS. Zde je testováno, zda DPS správně reaguje na příkazy a správně komunikuje se všemi připojenými senzory. Třetí skupinou je kontrola všech zapojení ve switchboxu. V této fázi je třeba zkontrolovat, zda jsou všechny vodiče správně zapojeny.

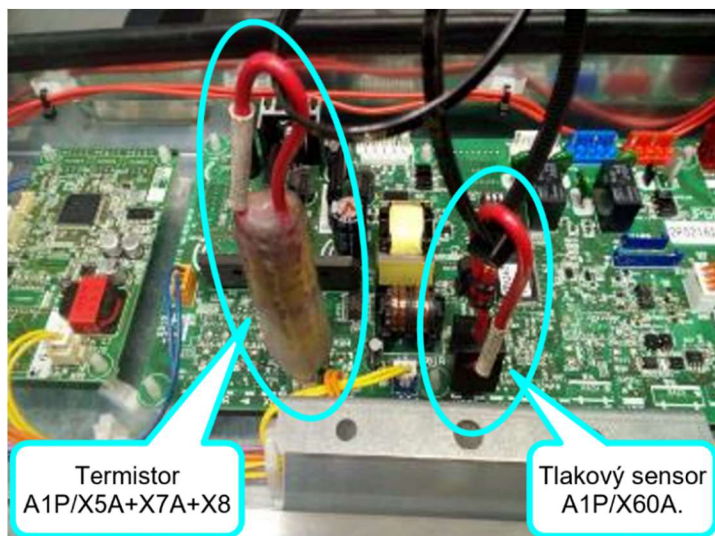
6.1 Kontrola programu

Probíhá ihned po spuštění testovacího programu, protože se jedná o nejjednodušší kontrolu. Z DPS je vyčten kód specifický pro danou verzi nahraného softwaru. Tento proces je obvykle pro všechny typy switchboxu stejný. V některých případech je také třeba na DPS ověřit i tzv. EEPROM data. EEPROM data jsou doplňkové funkce softwaru. Při načítání DPS je ověřen software, který se stará o vykonávání základních příkazů a následně jsou načítány EEPROM data.

Některé funkce softwaru jsou spojeny s EEPROM daty a po načtení základního softwaru jsou vyčtena i tato data. Na jejich základě jsou pak některé úkony vykonány jinak v závislosti na aktuálně naměřených hodnotách. V případě některých novějších typů DPS je software totožný pro několik typů jednotek. Proto ověření správného softwaru je možné pouze na základě čtení právě EEPROM dat, která jsou vždy specifická. Tato kontrola probíhá tak, že po načtení jsou vybrána určitá EEPROM data, která jsou totožná pro více DPS. Následně jsou porovnána a na základě rozdílných adres v operačních kódech je možno rozhodnout.

6.2 Kontrola senzorů

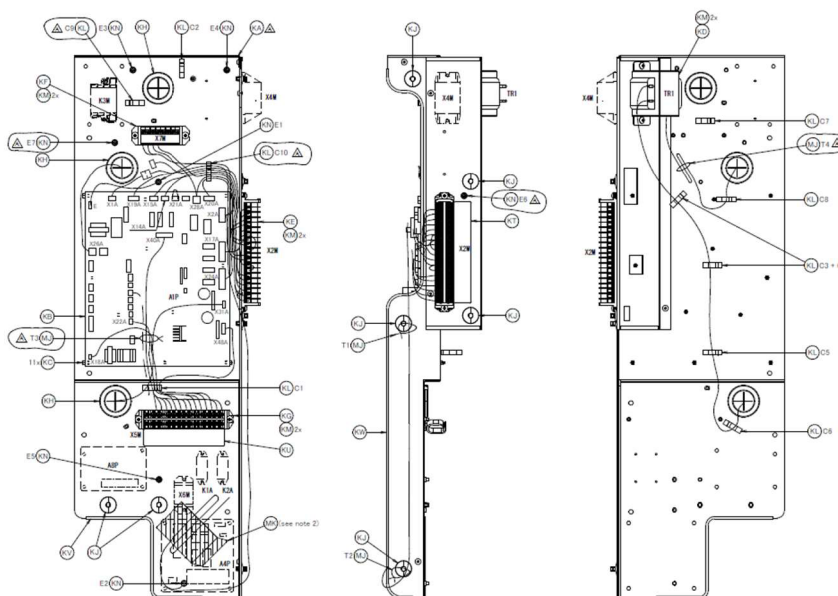
V rámci druhého kroku je třeba mimo jiné ověřit i schopnost DPS vyčíst data z různých senzorů. Pomocí speciálních kódů specifických pro senzory, jako jsou termistory, je nutné, aby DPS byla schopna zjistit přítomnost senzorů a vyčíst z nich patřičná data. Switchboxy v této fázi výroby nejsou opatřeny senzory, ty se připojují až ve fázi kompletace tepelného čerpadla. Z tohoto důvodu jsou pro testování vyvinuty speciální přípravky. V případě termistorů je přípravek realizován elektrickým odporem, který simuluje zátěž termistoru. Například pro simulaci teploty okolí 22 až 23 °C je použit odpor 20 kΩ. Stejným způsobem je třeba simulovat i tlakové senzory.



Obr. 6-1 Přípravek termistor + tlakový senzor [12]

6.3 Kontrola obvodu

V posledním, avšak pro nastavení nejrozsáhlejším kroku, je třeba ověřit, zda jsou všechny vodiče správně zapojeny. K tomu je třeba znát schéma zapojení a výkres switchboxu a společně s nimi hledat všechna spojení realizovaná v rámci switchboxu. Tento proces je o to rozsáhlejší, že je třeba kontrolovat nejen správnost zapojení, ale i vyloučit všechna nesprávná. Příkladem mohou být dva vodiče, které vedou ze správné svorkovnice ke správnému konektoru. Nicméně vlivem mechanického poškození jsou vprostřed délky vodičů spojeny. Takové vodiče by při jednotlivém testování oba prokázaly správné zapojení, ale jen dodatečný test může odhalit, že jsou vodiče vadné.



Obr. 6-2 Výkres osazení switchboxu (výřez) [15]

7. STAVBA TESTOVACÍHO PROGRAMU

Pro tvorbu testovacího programu je třeba využít informace z velkého spektra dokumentů. Je třeba výkresů switchboxu, výkresů DPS a tabulka programových dat, která obsahuje data o softwaru. Dále je třeba dokument WD, ze kterého je možné vyčíst většinu zapojení a podle kterého se buduje stavba programu. Pro stavbu programu je také důležité znát operační kódy, které představují jazyk, ve kterém se tester programuje.

7.1 Kontrola a zápis EEPROM dat

Před testováním je třeba ověřit, zda je třeba v rámci testu kontrolovat EEPROM data. V některých případech se může stát, že dvě DPS mají stejný software a liší se jen v EEPROM datech. To se stane například u řady TBM, kde se vyrábí tři různé typy jednotek a rozdíl je právě pouze v EEPROM datech. Tato data je třeba kontrolovat v prvním kroku programu, protože při pozdějším odhalení špatných EEPROM dat by byl celý dosavadní průběh testování neplatný a bylo by třeba test opakovat. Tím by došlo ke ztrátě testovacího času, který je ve výrobním procesu omezený.

Kontrola EEPROM dat se provádí tak, že se porovnávají data s příslušnou revizí u dvou různých modelů. Hledají se přímo adresy s rozdílnými hodnotami. Na tyto adresy se pak zaměřuje testovací program. Adresy se v testu nechají načíst a ověřují se vyčtené informace. Pokud jsou vyčtená data nesprávná, je na switchboxu osazena špatná DPS.

V některých výjimečných případech se v kroku kontroly EEPROM dat provádí také jejich zápis. Tento proces se zpravidla provádí spíše při running testu, kde se testují finální jednotky. Výjimka je například testování switchboxu pro jednotky FS. Důvodem je použití stejných DPS pro verze standard i bi-zone. V předchozích generacích byly použity dvě různé DPS. Ty byly ekonomicky nahrazeny pouze jedinou a rozdíly ve funkci jsou dány právě EEPROM daty. Z tohoto důvodu, pokud se testuje bi-zone, je třeba na začátku testování přepsat EEPROM data, která jsou v základu nastaveny pro standard. Díky tomu se switchbox během testování chová jako bi-zone. Po proběhlém testu je třeba tato data přepsat zpět. Přepisování dat zpět na standard je zapotřebí z důvodu udržení standardu kvality. Teoreticky není třeba tato data přepisovat zpět, protože switchboxy jsou následně využity pro jednotky bi-zone. Přepsáním je ale vyloučena možnost, kdy by se z jakéhokoliv důvodu DPS nedostala do jednotky bi-zone a místo toho byla použita pro jednotku standard. Data se proto přepisují zpět a konečný přepis EEPROM dat je proveden až na výstupním running testu hotových jednotek.

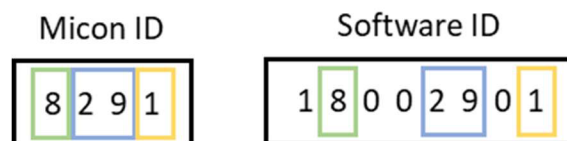
7.2 Kontrola základního stavu

Dále v pořadí následuje již standardní postup. První příkaz, který musí být proveden, je inicializace komunikačního modulu. Ten je součástí checkeru a zajišťuje komunikaci mezi switchboxem a checkerem. Jeho inicializace probíhá příkazem line check in a bez něj by nebylo možné navázat komunikaci.

V dalším kroku musí být ověřeno, že komunikace byla navázána a kontroluje se základní stav switchboxu. Tuto kontrolu je třeba provést v počátku programu. Pokud by nebyla provedena může se stát, že se switchbox bude chovat na první pohled správně, ale checker nebude vyčítat informace. V takovém případě, pokud by se vyskytla chyba během testu, nebylo by zřejmé, zda je chyba v testu nebo v základním stavu. Při načítání základního stavu je taky možné vyčíst hlášení o chybách. V nich jsou zaneseny tzv. abnormality kódy. Ty, pokud je se switchboxem vše v pořádku, vrací hodnotu nula, ale pokud switchbox sám zaznamená problém, tak se zde objeví konkrétní data. Z těchto dat lze za pomoci operačních kódů odhalit o jakou chybu se jedná. Spektrum chyb, které je možné odhalit touto cestou je pouze omezené a týká se spíše základních funkcí. Například lze takto odhalit odpojený termistor a podobně.

7.3 Kontrola Micon ID a software ID

Po této kontrole následují v programu obecné řádky, které pokud nejsou třeba pro specifická zadání, tak zůstávají volné pro zachování kostry programu. Dále je třeba zkontrolovat, zda jsou všechny stavové přepínače, umístěné na DPS správně nastaveny. Poté se kontroluje Micon ID a software ID, kde se kontroluje, zda je osazena správná DPS a je na ní nahrán správný software. Tím je uzavřena kontrola základních funkcí a provádí se kontrola senzorů.



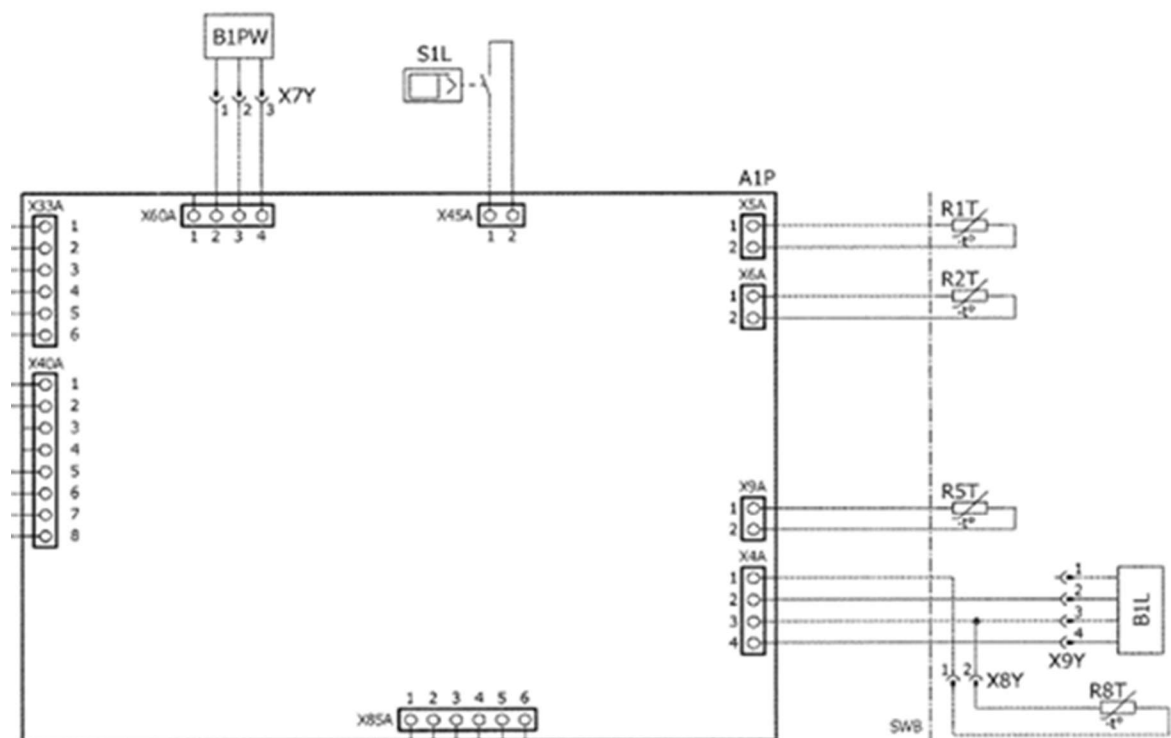
Obr. 7-1 Vztah mezi Micon ID a Software ID [18]

7.4 Kontrola průtokových senzorů

Podle příslušného schématu ve WD obsahujícím zapojení senzorů je třeba si vytvořit seznam senzorů připojených do switchboxu. Poté je možné začít je postupně ověřovat v programu. V příloženém vzoru je zvolen switchbox s největším počtem senzorů. Nachází se zde průtokový senzor, 6 termistorů, 2 tlakové senzory (jeden pro měření tlaku v okruhu chladiva a druhý pro měření tlaku v okruhu vody) a 1 speciální průtokový

spínač. Každý z těchto senzorů posílá do DPS určitá data a je třeba ověřit, zda je deska schopná tato data úspěšně načíst a správně vyhodnotit. Například u průtokového senzoru je kontrola rozdělena na dva kroky. V prvním se ověřuje, zda je detekován signál ze senzoru a v druhém kroku se ověřuje, zda je možné z tohoto signálu vyčíst data. Pro tyto potřeby jsou vytvořeny speciální přípravky. Obvykle jsou to rezistory zapojené jako zátěž, či napěťový dělič. Výjimkou jsou jen průtokové senzory pulzního typu, které se chovají jako pulzně šířková modulace. Tyto jsou pro účely testování nahrazeny malým nastavitelným zdrojem signálu. Při řazení v testovacím programu se vždy začíná průtokovými senzory, následně se testují případné průtokové spínače. Ty jsou testovány tak, že checker dostane příkaz sepnout určitý výstup a musí mít možnost vyčíst konkrétní data na dané pozici. Všechny senzory mají pro testování zvláštní sady příkazů. Jsou to sady například pro ovládání desky, další pro čtení dat ze senzorů atd.

Na Obr. 7-2 je výřez ze schématu zapojení DPS. Lze z něj zpracovat seznam připojených senzorů. V tomto případě je to B1PW jako tlakový senzor, S1L průtokový spínač, B1L průtokový senzor a RxT představují termistory.



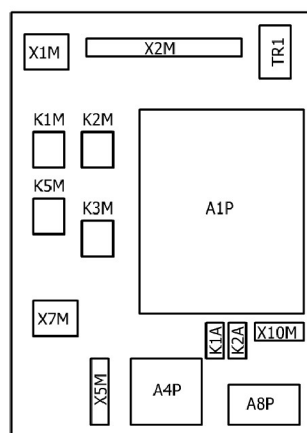
Obr. 7-2 Schéma zapojení senzorů do DPS (výřez) [18]

7.5 Kontrola termistorů a tlakových senzorů

Po průtokových následují v programu ostatní senzory. V pořadí jsou nejprve termistory, poté tlakové senzory. Zde jsou využity speciální sady příkazů. V programu je na základě operačních kódů stanoveno, z jakého senzoru je třeba číst data. Poté je na příslušnou adresu zvoleného senzoru poslán příkaz a je specifikováno, jaká data jsou očekávána jako výstup a na jaké adrese by se měla objevit. Například bajt D01 je stavový a kontroluje, zda není senzor poškozený, zda jsou data vyčtena a zda je vyčtená hodnota kladná nebo záporná. Pro úspěšný test je pak třeba, aby data byla vyčtena (stav 0) a že vyčtená hodnota musí být kladná (stav 0) a tedy výstupní informace musí být bez výjimky 00. Při přípravě testu je tedy známo, že v tomto kroku může být pouze jediná hodnota jako správná. V druhém kroku je však třeba definovat rozmezí hodnot, ve kterých se výstup může pohybovat. Je to dáno tím, že u termistoru bude v závislosti na okolních vlivech vždy různá teplota, která se pouze bude pohybovat v určitém rozsahu. Pro příklad je rozsah termistoru definován jako 10 až 30 hexa a hodnota kterou vrací odpojený termistor je 42 hexa. V takovém případě by byl tento vadný termistor odhalen. Rozpojený senzor však rozezná už první krok. Obecně se ale snažíme o odhalení v obou krocích, aby se zvýšila spolehlivost testu.

U tlakových senzorů je postup podobný ovšem s rozdílnými hodnotami. Tlakové senzory jsou během testování nahrazeny zátěží. V tomto případě je to z toho důvodu, že senzory mají tlak okolí stanoven jako absolutní nulu. Při testu by tedy nebylo možné na senzorech naměřit žádné hodnoty. Kontrolou senzorů je uzavřena část testování funkcí DPS a v dalším koku jsou již testována všechna připojení, která jsou v rámci switchboxu realizována.

7.6 Kontrola zapojení



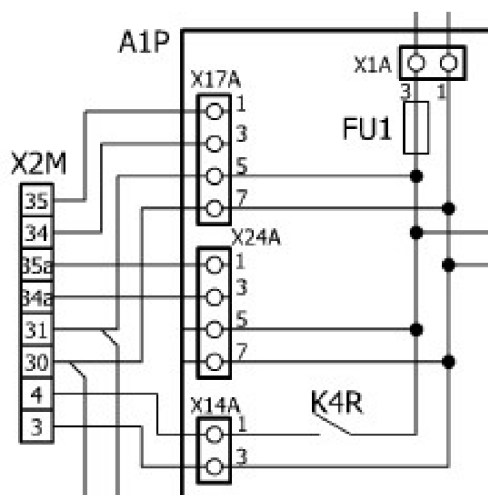
Obr. 7-3 Blokové schéma rozmístění komponent switchboxu jednotky WM [17]

Ve switchboxu jsou obvykle 3 nebo 4 svorkovnice. Příklad na Obr. 7-3 obsahuje 4 svorkovnice (X1M, X2M, X5M a X7M). Postup je obecně takový, že na začátku je zvolena svorkovnice, ze které je switchbox napájen. Na základě nastudování WD je třeba vědět, že hlavní napájecí konektor switchboxu je X1A a X19A na svorkovnici X1M. Komunikace s checkerem je obvykle prováděna přes svorkovnici X5M, která slouží pro připojení uživatelského prostředí. Tato svorkovnice slouží pro ovládání tepelného čerpadla přes MMI panel, nástěnný termostat atd. Na switchboxu je umístěna ještě další komunikační svorkovnice, která slouží pro komunikaci mezi vnitřní a venkovní jednotkou. Tato se používá u výstupního running testu kompletních jednotek. Poté je třeba určit zbylé svorkovnice. Ve vzoru jsou to svorkovnice X2M a X5M. V některých výjimečných případech není dostačující kontrolovat jen přípoje, ale je třeba i zvlášť zapojit některé konektory. To je třeba například v situaci, kdy je na připojené straně konektoru zapojení, které nelze jinak ověřit než připojením konektoru. V této části tvorby testovacího programu je důležité, pracovat s dokumenty WD i prvním vyrobeným modelovým kusem a postupně definovat všechna zapojení v rámci switchboxu.

7.6.1 Příklad zpracování zapojení

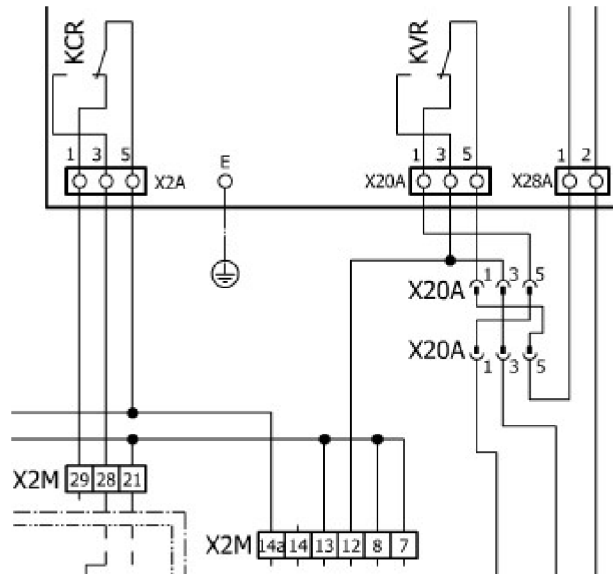
Jednotlivé výřezy jsou vyňaty z WD jednotky FS série E. Celý WD je uveden v příloze A.

Příklad 1- test kontaktů X2M/35, X2M/34, X2M/35a, X2M/34a. Pokud je na tyto piny přiveden neutrální vodič, například z pinu X2M/30, je možné sledovat změnu signálu.



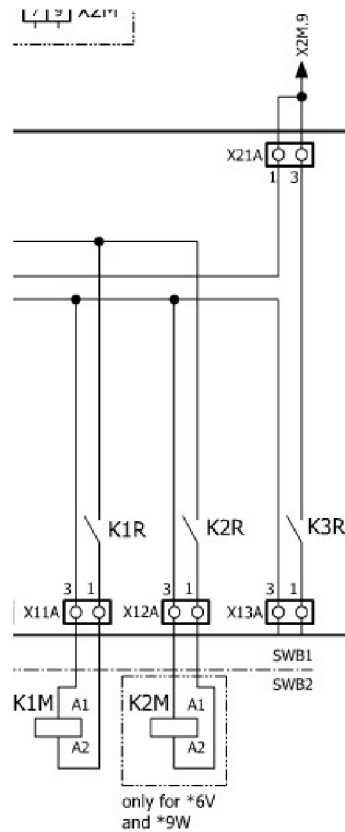
Obr. 7-4 Příklad zapojení 1 (výřez) [17]

Příklad 2 – test kontaktů X2M/29 – X2A, X2M/28 – X2A, X20A/1 – X20A, X20A/3 – X20A, X2M/1+2, atd. Do switchboxu musí být vyslán signál pro sepnutí relé KCR a na pinech X2M/28 nebo X2M/29 musí být detekován signál. Tímto testem je zároveň ověřena funkce daného relé.



Obr. 7-5 Příklad zapojení 2 (výřez) [17]

Příklad 3 – test kontaktů X2M/9 – X21A. Jelikož je třeba kontrolovat neporušenost vodiče mezi piny X2M/9 a X21A/3, musí být detekován přenos signálu i přes pin X13A. Je proto třeba vytvořit speciál zapojení pinu X13A.



Obr. 7-6 Příklad zapojení 3 (výřez) [17]

8. PŘÍPRAVA TESTOVACÍHO KONEKTORU

Po definování všech připojení je třeba navrhnout testovací konektor. Ten se upravuje podle svorkovnice a jsou k němu vhodně přivedeny vodiče z checkeru. V dalším náročném kroku je třeba konektor připravit tak, aby byl schopen odhalit i nesprávná zapojení.

8.1 Základní postupy

Při testování nestačí jen ověřit, zda je vodič zapojený, ale také zda nedošlo například k prohození s vedlejším vodičem či k jiné chybě. Vhodným způsobem, jak tato zapojení ověřit, je spínání a rozpínání kontaktů, což následně spíná a rozpíná pozorovatelné vstupy v checkeru. Pro tento princip je třeba si nejprve na základě výkresů svorkovnic přiřadit fáze a neutrální vodiče, které jsou poté spínány.

Některá zapojení jsou připojena přes relé a jsou spínána určitými příkazy. Tato zapojení lze testovat pomocí softwaru. Pokud jsou příslušná relé sepnuta, tak DPS detekuje signál a na určité pozici se objeví data. Ve většině případů se však zapojení kontroluje mimo software switchboxu. Pouze se spínají relé a kontroluje se přítomnost signálu na patřičném výstupu.

Pro demonstraci těchto postupů lze použít vzorové zapojení switchboxu jednotky FS. Například je zvolen konektor X2M. Je třeba zpracovat mapu připojení ke switchboxu a z druhé strany navrhnout zapojení vstupů a výstupů z checkeru. Obvykle je možné využít zavedených postupů. U tohoto konektoru jsou to například první 4 piny, které spínají nebo rozpínají termostat. Tyto lze ověřit jednoduše připojením neutrálního vodiče (bude jedním z oněch 4 pinů) postupně na zbylé tři piny s fází. Toto spojení musí v softwaru zaznamenat změnu dat, která je možné ověřit. Pokud jsou vyčtená data shodná s očekávanými, je zapojení v pořádku. Tyto první 4 piny jsou typickými představiteli zapojení, která lze ověřit v softwaru, tak jak bylo zmíněno výše. Zbylé piny už je však třeba ověřovat spínáním. Mimo jiné se na konektoru nachází ovládání dvoucestného ventilu. Ten je spínáný přes relé. Pro kontrolu je třeba přivést napájení (v tomto případě pin 31) na kontakt neutrálního vodiče (28 a 29). Tím je ověřena nejen správnost zapojení daného obvodu, ale i propojky mezi piny 28 a 29. Obdobný postup je třeba dále opakovat pro všechna zapojení.

8.2 Základní chyby

Příkladem nevhodného zapojení testovacího konektoru je případ, kdy v obdobném zapojení dojde k záměně dvou vedlejších vodičů. Při výše popsáném postupu testování došlo k sériovému spojení těchto vodičů a jeden ze vstupů sepnul. V testu se tato situace projevila sepnutím jednoho ze vstupů, a tedy test proběhl bez chyby. Očekávaný stav

v takové situaci je sepnutí obou vstupů, nebo žádného. Tento problém je třeba řešit změnou rozložení vstupů v testovacím konektoru tak, aby související vodiče nebyly na vedlejších pozicích. Dalším podobným případem je jednoduchá kontrola, kde jsou jen 2 piny fáze a neutrálního vodiče a jsou spínány pomocí relé. Kontrola takového obvodu by se provedla připojením fáze a neutrálního vodiče a prostou kontrolou přijatého signálu. Ovšem taková kontrola by nebyla schopna odhalit prohození těchto vodičů, což může v určitých případech způsobit potíže.

8.3 Příklad definice vodičů

Pro správné ověření každého vodiče je třeba si udělat detailní výpis každého výstupu. Následně je důležité na základě výše zmíněných poznatků definovat, jakým způsobem je dané zapojení ověřitelné a jaké mohou být možnosti nežádoucích stavů.

V následující části jsou naznačeny příklady tohoto postupu pro díl svorkovnice X2M switchboxu jednotky tepelného čerpadla FS série E. Viz Obr.7-4.

Ověření špatných zapojení X2M způsobené odpojením vodiče.

Tab. 8-1 Ověření špatných zapojení odpojením [18]

Označení vodiče	Test
35	Nejsou indikována správná data po sepnutí RO16(NO): C0:D03=A1 Test X2M(35,30)/X17A).
34	Nejsou indikována správná data po sepnutí RO35(NO): C0:D03=61 (Test X2M(34,30)/X17A).
35a	Nejsou indikována správná data po sepnutí RO15(NC): C0:D09=80 (Test X2M(35a,13)/X24A, Propojka X2M(13,30)).
34a	Nejsou indikována správná data po sepnutí RO24(NC): C0:D09=40 (Test X2M(34a,13)/X24A, Propojka X2M(13,30).
31	Nesepne RI25 (Test X2M(31)/X17A). ZKRAT, pokud se vodič dotýká boxu.
30 (X17A)	Nejsou indikována správná data po sepnutí RO16(NO): C0:D03=A1 (Test X2M(35,30)/X17A). Po sepnutí RO35(NO): C0:D03=61 (Test X2M(34,30)/X17A). Nesepne RI8 (Test X2M(30,9)/X28A).
30 (propojka 30-13)	Nejsou indikována správná data po sepnutí RO15(NC): C0:D09=80 (Test X2M(35a,13)/X24A, Propojka X2M(13,30)). Po sepnutí RO24(NC): C0:D09=40 (Test X2M(34a,13)/X24A, Propojka X2M(13,30)). Nesepne RI29 (Test X2M(6,5)/X11YB).
4	Nesepne RI9 (Test X2M(4,3)/X14A). ZKRAT, pokud se vodič dotýká boxu.
3	Nesepne RI9 (Test X2M(4,3)/X14A).

Následkem nezapojení pinu X2M/35 je příjem nesprávných dat po sepnutí patříčného relé. Tento pin je ověřen připojením pinu X2M/30. Tím dojde k sepnutí výstupu. Stejný postup pak platí pro piny X2M/34, 35a atd. U pinu X2M/31 je dodatkem zmíněno riziko zkratu, pokud by se odpojený vodič dotýkal uzemněné kostry switchboxu. Pin X2M/30 je ve výpisu rozdělen do dvou bodů. Je to proto, že na tento pin jsou připojeny dvě zapojení. Jedno vede do svorkovnice X17A a druhé do pinu X2M/13. Při pohledu na zapojení (viz Příloha B.2) je patrné, že zde jsou připojeny dva vodiče. Ovšem z WD není možné vyčíst, zda je tato propojka připojena do pinu X2M/30, či je napojena v jiném místě. Právě z tohoto důvodu je třeba provádět tyto definice souběžně s možností nahlédnout na reálně vyrobený kus, kde je toto zapojení patrnější.

Pro odhalení náročnější chybou je záměna dvou vodičů v pinech svorkovnice.

Tab. 8-2 Ověření špatných zapojení záměnou [18]

Označení záměny	Test
35→34	Nejsou indikována správná data po sepnutí RO16(NO): C0:D03=A1 (Test X2M(35,30)/X17A). Po sepnutí RO35(NO): C0:D03=61 (Test X2M(34,30)/X17A).
35→31	ZKRAT - nejsou indikována správná data po sepnutí O16(NO): 0:D03=A1 (Test X2M(35,30)/X17A). Nesezne RI25 (Test X2M(31)/X17A).
35→30 (X17A)	Nejsou indikována správná data po sepnutí RO35(NO): 0:D03=61 (Test X2M(34,30)/X17A). Po sepnutí RO15(NC): 0:D09=80 (Test X2M(35a,13)/X24A, Propojka X2M(13,30)). Po sepnutí RO24(NC): C0:D09=40 (Test X2M(34a,13)/X24A, Propojka X2M(13,30). Nesezne RI8 (Test X2M(30,9)/X28A). Nesezne RI29 (Test X2M(6,5)/X11YB).
35→30 (prop. 30-13)	Nelze. Nejsou indikována správná data po sepnutí RO35(NO): C0:D03=61 (Test X2M(34,30)/X17A). Po sepnutí RO15(NC): C0:D09=80 (Test 2M(35a,13)/X24A, propojka X2M(13,30)). Po sepnutí RO24(NC): C0:D09=40 (Test X2M(34a,13)/X24A, Propojka X2M(13,30)). Nesezne RI29 (Test X2M(6,5)/X11YB).
31→14a	Neindikováno. Nemá vliv na funkci.
30(x17a)→7	Nelze zapojit.
30(prop. 30-13)→5	Neindikováno. Nefunkční 3cestný ventil a alternativní napájení SWB přes konektor X11Y. Záměna neutrálního přívodu alternativního napájení s neutrálním přívodem (propojka) pro 3cestný ventil dvou různých svazků vodičů.

Následkem záměny vodičů v pinech X2M/35 a X2M/34 dojde k indikaci nesprávných dat po sepnutí patřičného relé. Jelikož zapojení mají odlišné funkce, je možno tuto záměnu ověřovat obdobně jako při kontrole odpojeného vodiče. V případě záměny X2M/35 a X2M/31 je problematika obdobná. Doplněno je pouze, že v tomto případě by došlo ve switchboxu ke zkratu, jelikož pin X2M/31 je fázový.

Další situací, na kterou je možné narazit, je záměna pinů X2M/31 a X2M/14a. V takovém případě nehrozí riziko, jelikož se jedná o rovnocenné neutrální přívody z jednoho svazku vodičů. Tato situace je velice nepravděpodobná, ale pro zajištění spolehlivosti je třeba pokrýt všechny možné kombinace. Příkladem tohoto zajištění spolehlivosti je varianta záměny X2M/30 a X2M/7. Taková záměna je fyzicky nemožná, jelikož propojka X2M/7 a X2M/8 je příliš krátká. Tato situace reprezentuje další stav, který je třeba ověřit na reálném zapojeném modelu, protože data z WD, ani ECA nejsou dostačující pro ověření délky vodiče.

Záměna X2M/30 (resp. propojky X2M/30-13) a pinu X2M/5 vylučuje správnou funkci třicestného ventilu a alternativního napájení switchboxu. Dochází totiž k záměně neutrálních vodičů těchto dvou kabelových svazků. Taková záměna by byla odhalena při předchozích procesech testovacího programu.

9. ZÁVĚR

Tato práce se v úvodu zabývá stručným seznámením s firmou DAIKIN a její dceřinou společností Daikin Device Czech s.r.o. Ta byla založena v České republice v roce 2004 a dnes je jedním z nejvýznamnějších závodů koncernu v oblasti výroby kompresorů a výroby komponent pro klimatizace a tepelná čerpadla.

Druhá kapitola je zaměřena na tepelná čerpadla. V úvodu je popsán princip jejich fungování, kde je definováno, jakým způsobem tepelné čerpadlo přečerpává nízkopotenciální tepelnou energii z venkovního prostředí do otopné soustavy domu. Dále jsou popsány základní části tepelného čerpadla. Těmi jsou výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Tyto díly jsou rozšířeny o popis akumulární nádoby a řídicí jednotky.

V další kapitole se práce konkrétně zaměřuje na výrobní linku řídicích jednotek tepelných čerpadel. Jsou zde detailně popsány úkony, které jsou prováděny na jednotlivých pracovištích s možností nahlédnout do layoutu výrobní linky. Dále jsou popsány příklady bezpečnostních a kvalitativních opatření, která jsou aplikována jak pro minimalizaci bezpečnostních rizik, tak i zmetkovitosti linky.

Čtvrtá kapitola seznamuje se spektrem typů switchboxů, vyráběných ve firmě DDC. Ty jsou rozděleny zejména na vnitřní a vnější jednotky. Jsou zde podrobněji zpracovány vnitřní jednotky, které představují hlavní objem výroby. Jelikož je třeba každému typu přizpůsobit výrobu i testovací program, je toto rozdělení důležité pro další práci se switchboxy.

Cílů práce je dosaženo v závěrečných kapitolách, kde je detailně popsána problematika testování. Jsou zde zpracovány praktické poznatky a postupy, které je třeba ovládat a využít při stavbě testovacího programu.

V šesté kapitole je popsán princip testování s popisem tvorby testovacího programu. Je naznačeno, že samotné testování je děleno do tří skupin, kde první skupinu tvoří kontrola softwaru DPS. Druhou skupinou je ověření správné komunikace senzorů a dalších prvků a v posledním bodě dochází ke kontrole správného zapojení vodičů v jednotce.

V další kapitole je tento teoretický postup detailně rozveden a jednotlivé dílčí části jsou zde doplněny o praktický náhled. Je zmíněna potřeba dodržení posloupnosti procesů během testování, díky které je možné předejít navýšení času testování. Zejména je správná posloupnost důležitá pro předejití chybám během testování.

V závěru je zdůrazněna důležitost správného zapojení testovacího konektoru. Pro demonstraci jsou uvedeny příklady správné i špatné volby zapojení. Tato část je při přípravě testování časově nejnáročnější, ale nelze ji dostatečně definovat. V této fázi

procesu je třeba, aby pracovník, který přípravu konektoru provádí byl schopen odhalit postupně všechna nevhodná zapojení a tím se vyvaroval budoucích chyb.

Jelikož k zavádění nových typů switchboxů dochází relativně často, je ve firmě DDC vyvíjen tlak na vyvinutí unifikovaného návodu, jak postupovat při sestavování posloupnosti testovacích úkolů. Takový návod by pomohl inženýrovi zpracovat veškeré potřebné údaje a sjednotit výstupy pro testovací stanici. Postupy a poznatky zpracované v této diplomové práci slouží k dalšímu zpracování metodického manuálu. Tento manuál je v rámci DDC v závěrečné fázi přípravy a bude veden jako interní dokument k přípravě testování pro nově zaváděné typy switchboxů. Bude tím výrazně zredukován čas, který je pro přípravu testování nového typu zapotřebí, jelikož bude celý proces zpracován v bodech a bude pracovníka seznamovat s obecnými pravidly a možnými chybami.

Literatura

- [1] *Daikin: Kdo jsme* [online]. 2020 [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://www.prace-daikinbrno.cz/kdo-jsme>
- [2] *Dotace na tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://dumkotlu.cz/dotace-na-tepelna-cerpadla/>
- [3] TINTĚRA, Ladislav. *Tepelná čerpadla*. První vydání. Praha : Nakladatelství ARCH, 2003. 122 s. ISBN 80-86165-61-2
- [4] ŽERAVÍK, Antonín. *Stavíme tepelné čerpadlo*. První vydání. Přerov : Vydáno vlastním nákladem, 2003. 312 s. ISBN 80-239-0275-X
- [5] MALÁTOVÁ, Alena. *Tepelné čerpadlo VITOCAL 300-A* [online]. VISSMAN, spol., 2019 [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/tepelne-cerpadlo-vitocal-300-a-detail-5939>
- [6] BUDÍN, Jan. *Tepelná čerpadla: Princip funkce a rozdělení* [online]. VISSMAN, spol., 2015 [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/tepelna-cerpadla>
- [7] KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. První vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. 112 s. ISBN 978-80-247-2720-2
- [8] MATUŠKA, Tomáš. *Základy tepelných čerpadel* [online]. [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/AZE-P5-tepelna_cerpadla_zaklady.pdf
- [9] DAVID, Petr. *Kompresory pro tepelná čerpadla* [online]. 2015 [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-cerpadla>
- [10] *Izolace pro výměník LA14-21 až 40* [online]. [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://www.ohrej.se/izolace-pro-vymenik-la14-21az40-eanVIZ14214-skup2700000101.php>
- [11] *Expanzní ventil nastřík* [online]. [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <http://klimatizace.blgz.cz/princip-klimatizace/zakladni-chladici-okruh-klimatizace-komponenty/expanzni-ventil-nastrik/>
- [12] *MQ_SWB-AlphaHyb*. Rev.B. Daikin Device Czech s.r.o., 2020. Interní dokument.
- [13] *MQ_SWB-DFS*. Daikin Device Czech s.r.o., 2020. Interní dokument.
- [14] *3_SWBX line-Utility - elektro 200310*. Výkresová dokumentace. Daikin Device Czech s.r.o., 2020. Interní dokument.
- [15] *IP*****A El compo box assy*. Výkres. Daikin Device Czech s.r.o., 2020. Interní dokument.
- [16] General Catalogue 2020. Daikin Device Europe N.V., 2020, 775 s. ISBN ECPEN20-500. Dostupné také z: www.daikin.eu
- [17] *4D130329_WD_DFSST9(EHVH-X_E(BML2))*. Výkresová dokumentace. Daikin Device Czech s.r.o., 2020. Interní dokument.
- [18] *Man_ProgrammingChr 210316*. Daikin Device Czech s.r.o., 2021. Interní dokument.

- [19] Electrical Component Assembly FS standard. Daikin Device Czech s.r.o., 2021. Interní dokument.
- [20] SWBXLine_ModelsSummary. Daikin Device Czech s.r.o., 2021. Interní dokument.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

DDC	Daikin Device Czech s.r.o.
TUV	teplá užitková voda
Switchbox	řídící jednotka tepelného čerpadla
Layout	rozložení výrobní linky
DPS	deska plošných spojů
Running test	test funkčnosti
EEPROM	elektricky vymazatelná a programovatelná paměť pro čtení
FS	Floor standing – volně stojící jednotka
WM	Wall Mounted – jednotka montovaná na stěnu
MQ	Management and Quality – zkratka pro označení dokumentů obsahujících výrobní postupy
BUH	Back Up Heater – záložní ohřívač
WD	Wiring Diagram – schéma zapojení
PD	Piping Diagram – hydraulické schéma
ECA	Electrical Component Assembly – Sestava elektrických komponent

Symboly:

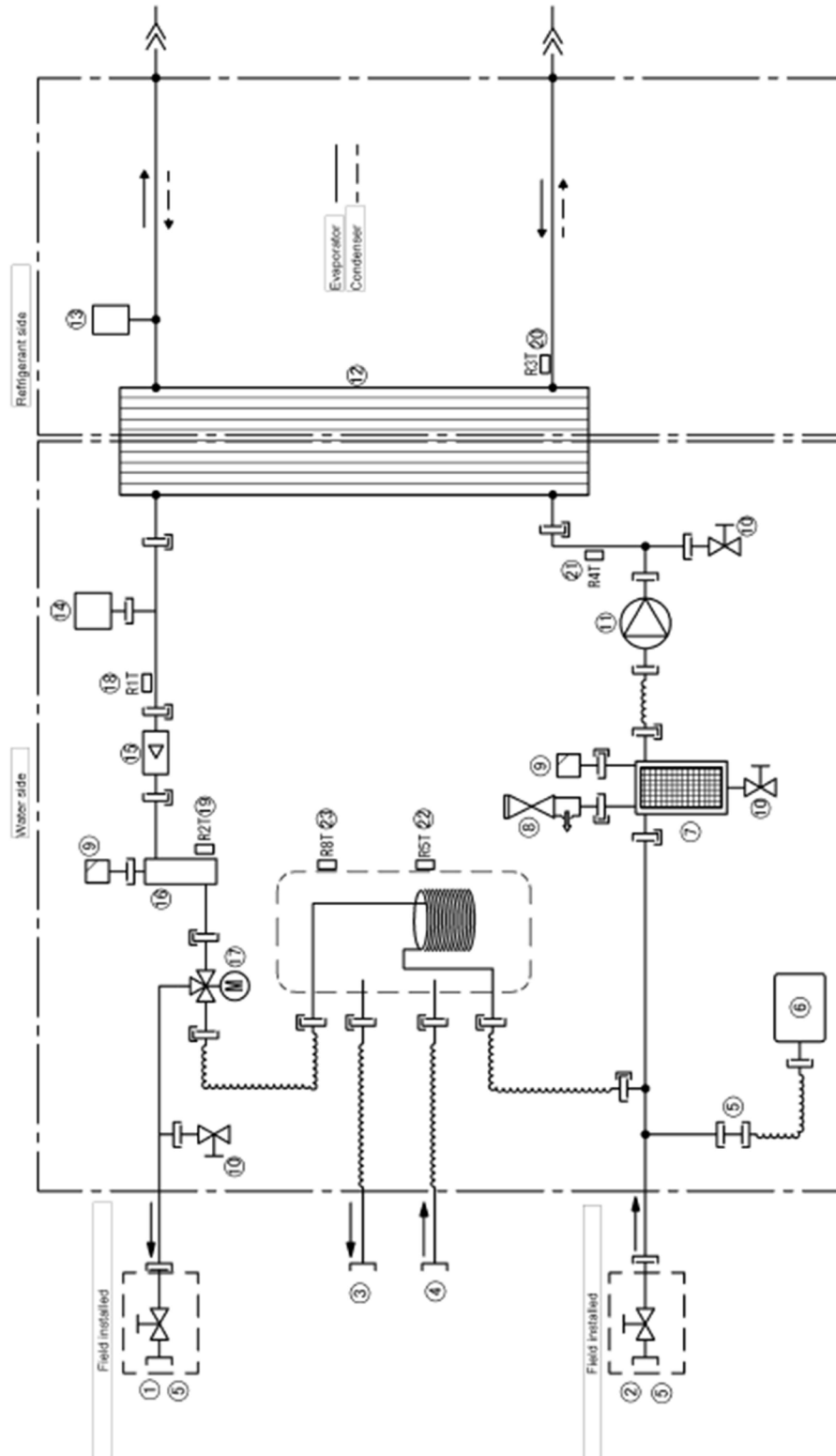
°C	stupeň Celsia (jednotka teploty)
W	Watt (jednotka výkonu)

SEZNAM PŘÍLOH

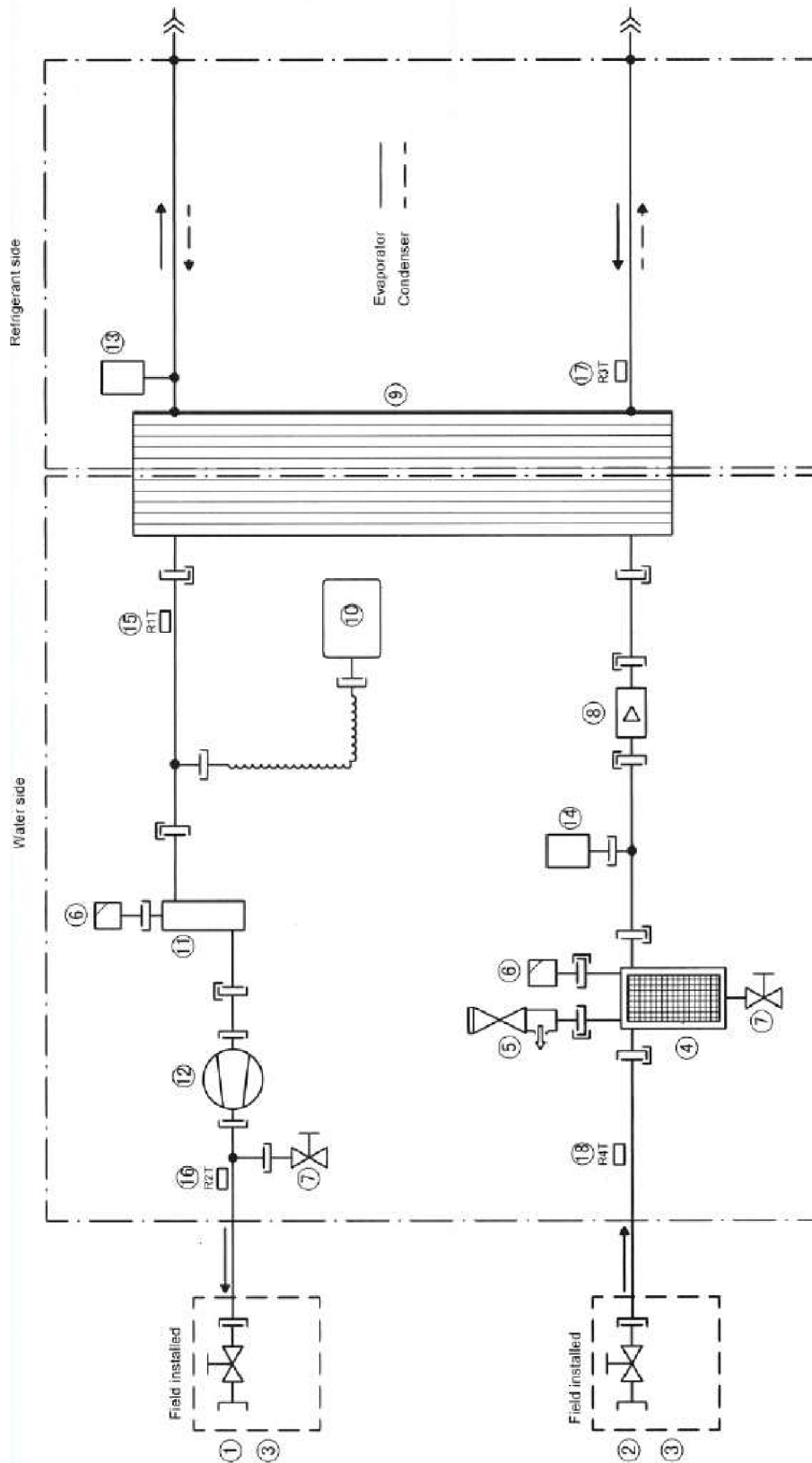
PŘÍLOHA A - PIPING DIGRAM.....	50
PŘÍLOHA B - WIRING DIAGRAM FS SÉRIE E.....	52
PŘÍLOHA C - VZOR TESTOVACÍHO PROGRAMU.....	55

Příloha A - Piping digram

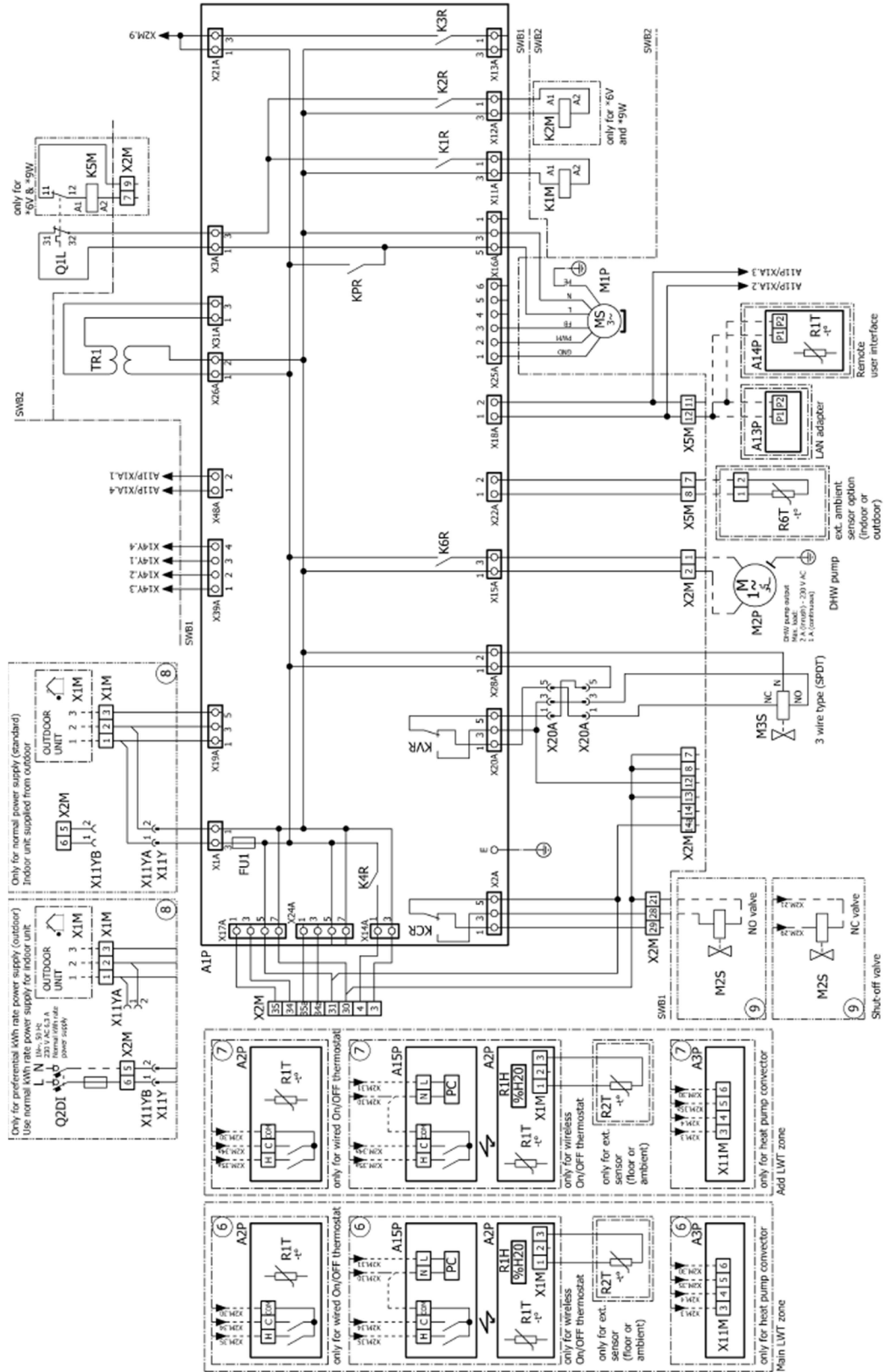
B.1 FS série E Standard



B.2 WM série E



B.2 Control circuit 2



B.3 Connection diagram

