

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
STROJNÍ**



**DIPLOMOVÁ  
PRÁCE**

**2-IB-2020**

**JAROSLAV  
HROUDA**

**Zadání:**

## **Souhrn**

Práce má za cíl navrhnout a vytvořit virtuální prostředí pro snadné ovládání a sledování chodu vzduchotechnických zařízení umístěných v laboratořích Ústavu techniky prostředí. Obsahem práce je seznámení se s obecným postupem při realizaci podobných úloh, seznámení se s instalovanou technologií v laboratoři, návrh řešení a popis realizace navrhovaného řešení.

## **Summary**

The diploma thesis aims to design and create a virtual environment for easy control and monitoring of air conditioning equipment located in the laboratories of the Institute of Environmental Engineering. The content of the diploma thesis is to get acquainted with the general procedure for the implementation of similar tasks, to get acquainted with the technology installed in the laboratory, the design of the solution and a description of the implementation of the proposed solution.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Ovládání laboratorních vzduchotechnických jednotek“ vypracoval samostatně pod vedením Doc. Ing. Vladimíra Zmrhala, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 29.7.2020

Jaroslav Hrouda

.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Doc. Ing. Vladimíru Zmrhalovi, Ph.D. za jeho ochotu a trpělivost při jejím vypracování. Dále bych rád poděkoval panu Doc. Ing. Janu Řezníčkovi, CSc. , zaměstnancům studijního oddělení a všem ostatním kteří mě podporovali při studiu na VŠ.

## Obsah

Seznam použitého značení.....	7
1 Úvod.....	8
2 Virtuální prostředí pro ovládání chodu vzduchotechniky.....	9
2.1 Vzduchotechnická jednotka, strojní vybavení.....	9
2.2 Vzduchotechnická jednotka, prvky automatizace.....	10
2.2.1 Prostředky pro získávání informace.....	11
2.2.2 Akční členy.....	12
2.2.3 Zpracování informace a přenos řízení na akční členy.....	12
2.3 Rozhraní mezi člověkem a strojem neboli HMI.....	13
2.3.1 Propojení systému SCADA a systému řízení.....	14
2.3.2 Prvky systému SCADA.....	15
2.4 Koncept dodávky systému měření a regulace.....	15
3 Výchozí stav zařízení v laboratoři.....	17
3.1 Strojní vybavení.....	18
3.1.1 VZT ROBATHERM.....	18
3.1.2 VZT UCEEB.....	23
3.1.3 VZT REGENERACE.....	26
3.2 Systém řízení.....	28
3.2.1 Rozvaděče s moduly JOHNSON CONTROLS.....	28
3.2.2 Rozvaděče s moduly CAREL.....	37
3.3 Centrální dispečink systému MaR.....	45
4 Návrh virtuálního prostředí pro potřeby laboratoře.....	46
4.1 Architektura navrhovaného systému MaR.....	48
4.2 Nově vzniklé požadavky na vybavení laboratoře.....	50
5 Realizace navrženého řešení.....	52
5.1 Montážní příprava na místě.....	52
5.2 Programování regulátoru DOMAT.....	54
5.2.1 Programové prostředí SoftPLC IDE.....	54
5.2.2 Řídicí program VZT ROBATHERM.....	57
5.2.3 Integrace VZT UCEEB a VZT REGENERACE.....	63

5.2.4 Integrace regulátoru DOMAT do centrálního systému MaR.....	65
5.3 Tvorba vizualizace.....	65
5.3.1 Programové prostředí RcWare Vision.....	66
5.3.2 Tvorba datového souboru.....	68
5.3.3 Tvorba technologických schémat.....	72
5.3.4 Integrace vizualizace do centrálního systému MaR, MERVIS SCADA..	75
5.4 Testování virtuálního prostředí.....	77
6 Závěr.....	78
7 Použitá literatura.....	79
Seznam příloh.....	80

## Seznam použitého značení

### Zkratky

AI	Analog Input – analogový vstup
AO	Analog Output – analogový výstup
BMS	Building Management System – systém správy budov
DI	Digital Input – digitální vstup
DO	Digital Output – digitální výstup
EC motor	Electro Commuted Motor – elektronicky komutovaný motor
FUPLA	Function Plan – grafická reprezentace programu v PLC
HMI	Human Machine Interface – uživatelské rozhraní pro práci se zařízením
I/O	Input/Output – označení pro kombinaci vstupních a výstupních systému technologie měření a regulace
IT	Informační technologie
JCI	JOHNSON CONTROLS International, firma zabývající se systémy řízení
MaR	Měření a regulace
OEM	Original Equipment Manufacturer – obchodní termín, který označuje výrobce zařízení, jehož výrobek je prodáván a propagován jinou firmou
PC	Personal Computer – osobní počítač
PLC	Programmable Logic CONTROLSler – programovatelný logický automat
SCADA	Supervisory CONTROLS And Data Acquisition – nadřazený systém pro řízení a sběr dat
TZB	Technická zařízení budov
VZT	Vzduchotechnika
ZZT	Zpětné získávání tepla

## 1 Úvod

Ústav techniky prostředí disponuje řadou laboratoří s měřicími komorami a tratěmi, hlukovou a solární laboratoří s moderním měřicím vybavením. V laboratořích probíhá výuka studentů v předmětech Zkoušení strojů a Experimentální metody. Probíhají zde experimenty v rámci diplomových, disertačních a výzkumných prací. Je zde možnost ověřování různých systémů větrání, vytápění, zařízení solární tepelné techniky a filtrace, dále měření hlukových parametrů strojních zařízení, či měření parametrů tepelného komfortu osob. Některé technologie se v rámci stálého vývoje v laboratoři s postupem času mění a některé přibývají nové.

Téma této práce se zaměřuje na 2 vzduchotechnické jednotky pro experimentální účely a jednu měřicí trať pro zkoušení výměníku ZZT, které se nacházejí v hlavní halové laboratoři U12116 v budově ČVUT Dejvice. Cílem práce je vytvoření virtuálního prostředí pro snadné ovládání chodu těchto vzduchotechnických zařízení. Pro splnění cíle práce je nejprve proveden rozbor definice virtuálního prostředí s popisem konkrétních požadavků. Následně je popsán výchozí stav zařízení v laboratoři a vytvořen návrh řešení. Tento návrh je pak realizován a podroben testování.

Při návrhu systému bylo také zohledněno napojení na centrální systém měření a regulace v budově ČVUT.



## 2 Virtuální prostředí pro ovládání chodu vzduchotechniky

Virtuální prostředí bude v tomto případě počítačová aplikace pro vzdálenou práci na zařízení v laboratoři. Cílem bude připravit co možná nejkomfortnější nástroj, který i nezkušenému člověku vytvoří představu o přibližné funkci zařízení v laboratoři. Proto se práce bude zabývat jak technickými problémy z oboru automatizace, tak uživatelským komfortem při řešení vizualizačních úloh (dále jen vizualizace). Virtuální prostředí pro koncového uživatele bude znamenat především vizualizaci, které bude předcházet montážní příprava, programování a konfigurace řídicích členů. Zadání si klade za požadavek webové rozhraní, které umožňuje vizualizaci aktuálních hodnot s možností nastavení požadovaných hodnot a stažení historie ve formě datové řady. Dále je požadované grafické rozhraní pro snadné ovládání. Vizualizace se tedy bude opírat o technologická schémata zařízení, která vzniknou buď na základě projektu nebo z dispozičního řešení v laboratoři. Při tvorbě je tedy důležité postupovat od vizualizovaného objektu, přes prvky automatizace k uživatelskému rozhraní.

### 2.1 Vzduchotechnická jednotka, strojní vybavení

Vzduchotechnika je z pohledu vizualizace zařízení, u kterého se sledují dílčí změny v úpravě vzduchu. Sestava jednotlivých dílů bývá dodávána buď jako kompaktní jednotka nebo jako modulární systém. Běžnou strojní součástí těchto sestav jsou:

- Klapky
- Filtry
- Zpětné získávání tepla
- Směšovací komora
- Chladič
- Ohřívač (a jeho varianty)
- Ventilátor
- Zvlhčovač

Tyto prvky se ve vzduchotechnice vyskytují v různých variantách a výsledná funkce záleží i na pořadí jednotlivých prvků. Tato funkce je většinou dána projektovou dokumentací nebo technickou zprávou k zařízení. Pokud tvoříme virtuální prostředí na zařízení které takovouto dokumentaci nemá, musíme zkoumat technologii na místě dle výrobních štítků a technických listů od výrobce, případně konzultovat s provozovatelem zařízení. Obecně se u zařízení hledají provozní součásti, které se aktivně podílí na úpravě vzduchu ve VZT. Nejvíce nás budou zajímat prvky regulační, což jsou součásti přizpůsobené k tomu, aby měnili provozní stav VZT. Pokud bude tvorba virtuálního prostředí vyžadovat v montážní přípravě i zásah do strojního vybavení, budeme muset zkoumat i prvky konstrukční. Jsou to prvky například montážního provedení nosného rámu, spojení jednotlivých součástí, kabelové trasy, napojení na vzduchové potrubí nebo napojení na zdroje tepla a chladu.

Dělení funkcí součástí na pouze provozní a regulační je podstatné pro specifikaci prvků automatizace. Je běžné, že některé součásti VZT jsou v jednom případě regulační a v jiném pouze provozní. Například klapky, které uzavírají potrubí při odstavení ventilátoru a které nejsou opatřené pohony s možností regulovat míru otevření. Zatím co klapky ve směšovací komoře, které nastavují poměr mezi čerstvě přiváděným vzduchem z venkovního prostředí a cirkulačním vzduchem odtahovaným z prostoru, jsou již regulačním prvkem.

## **2.2 Vzduchotechnická jednotka, prvky automatizace**

Prvky automatizace jsou všechny součásti VZT, které se týkají systému měření a regulace. Patří sem:

- Prostředky pro získávání informace
- Akční členy
- Zpracování informace a přenos řízení na akční členy

Prostředky pro získávání informací a akční členy bývají často označovány jako polní instrumentace. Ke strojnímu vybavení VZT lze z pohledu oboru měření a regulace přistupovat jako k agregátu různých zařízení, které se spojují pomocí regulačních obvodů. Z toho důvodu je vhodné volit centrální řídicí jednotku, která je schopna obsluhovat VZT jako celek.

Regulační obvody lze rozdělit na:

- Základní – řízení teploty, vlhkosti a průtoku vzduchu
- Doplnkové – funkce ochranné a bezpečnostní, funkce upravující komfort provozu, funkce zlepšující ekonomiku provozu

Jelikož se v laboratoři jedná o experimentální zařízení, je kladen důraz na maximálně možnou míru zásahu uživatele do provozního stavu VZT. Základní regulační obvody podléhají konkrétním experimentům a z doplňkových regulačních obvodů jsou požadovány především bezpečnostní funkce, které chrání strojní vybavení VZT před poškozením. Do bezpečnostních funkcí patří prvky, které při určitém stavu uživatele upozorňují nebo přímo vytváří reakci na ostatní prvky VZT. Jedná se například o havarijní termostaty rizika zámrazu, které pomocí elektrického zapojení blokují chod ventilátorů a předávají informaci řídicímu systému.

### **2.2.1 Prostředky pro získávání informace**

Informace pro systém měření a regulace znamená popis aktuálního stavu zařízení. V oboru TZB jsou základním prostředkem pro získávání informací o stavu VZT:

- Snímače teploty, vlhkosti, tlaku, koncentrace CO<sub>2</sub>, průtoku a jiné
- Výstupní signály mechanických regulátorů teploty, vlhkosti, tlaku
- Výstupní signály akčních členů
- Přenos informace pomocí komunikačního kanálu nebo sběrnice

Pro správnou funkci regulačních okruhů je potřeba zkontrolovat odpovídající množství a správnost umístění prostředků získávání informací. Dále je třeba zkontrolovat správný měřicí rozsah a typ výstupního signálu.

### **2.2.2 Akční členy**

Akční člen je opakem prostředku pro získání informace. Jsou to prvky, které realizují zpracovanou informaci a ovlivňují provozní stav VZT. U technologie VZT se jedná především o:

- Servopohony klapek a regulačních armatur
- Pohony ventilátorů a čerpadel
- Frekvenční měniče pro pohony ventilátorů a čerpadel
- Řízení elektroohřevů, chladících jednotek, zvlhčovačů
- Signalizační a výstražná zařízení

Pro správnou funkci regulačních okruhů je potřeba vhodně zvolit typ a parametry akčních členů, zkontrolovat správnost jejich umístění a zkontrolovat typ řídicího signálu.

### **2.2.3 Zpracování informace a přenos řízení na akční členy**

Zdroje informací systému MaR jsou v převážné míře tvořeny výstupními signály snímačů elektricky měřených veličin a mají zpravidla analogový charakter. Tento signál je třeba převést na jednotný signál, nutný pro vzájemné propojování prvků řídicích systémů různých výrobců. Převod analogových elektrických veličin na číslicové se provádí uvnitř řídicí jednotky nebo pomocí analogově-číslcových převodníků [4].

Řídicí jednotka neboli PLC je tedy koncentrátorem informací o provozním stavu VZT a na základě regulačních obvodů vypočítává hodnoty výstupů na akční členy. Hodnota výstupu je opět převedena pomocí číslicově-analogového převodníku na výstupní signál pro akční členy.

Zapojení vstupních a výstupních signálů do řídicí jednotky je konstrukčně provedeno pomocí připojovacích svorkovnic, které jsou buď kompaktní součástí PLC nebo ve formě rozšiřujících I/O modulů, které jsou s PLC propojeny pomocí komunikačního kanálu nebo sběrnice. Z konstrukčního hlediska jsou tyto vstupy rozlišované na analogové a digitální. U digitálních signálů se zpravidla jedná o logický datový bod reprezentovaný stavy pravda/nepravda, který nabývá hodnoty na základě překročení prahové úrovně vstupního signálu. Ze znalosti množství a typů vstupních a výstupních signálů se definuje velikost řídicího systému. Tyto signály jsou poté v programu reprezentovány jako datové body:

- Analogové vstupy a výstupy (AI, AO)
- Digitální vstupy a výstupy (DI, DO)

Regulační obvody jsou v PLC realizované pomocí programu, který je cyklicky vykonáván (čtení vstupů, výpočet nových stavů systému, zápis výstupů). Existuje široké spektrum výrobců řídicích systému, které nabízejí různé platformy pro PLC. Výrobce a platforma PLC se vybírá na základě preferované programovací sady, možností hardwaru (výkon, typizace nasazení pro danou aplikaci, modularita vybrané řady) a obchodních preferencí.

## **2.3 Rozhraní mezi člověkem a strojem neboli HMI**

Rozhraní mezi člověkem a strojem neboli HMI je definice prostředků pro předávání informací o stavu technologie (stroje) člověku (uživatel, obsluha, operátor, dispečer) a předání požadovaných hodnot od člověka zpět stroji. Systém HMI navazuje na předchozí programovou část PLC a propojuje se pomocí komunikačního kanálu.

HMI může být tedy integrováno jako součást řídicího PLC nebo je řešeno externím zařízením. Externími zařízení jsou většinou lokální nebo vzdálená pracoviště s PC nebo lokální displejové panely. Na těchto zařízeních běží aplikační software SCADA, což je nadřazený systém pro řízení a sběr dat.

Jelikož však existuje široká nabídka výrobců řídicích systémů a stejně tak výrobců systémů HMI, existuje zde určitá snaha o používání standardizovaných komunikačních protokolů. Lze proto kombinovat různé výrobce řídicího systému s různými systémy HMI. Při volbě vhodného komunikačního protokolu je zcela běžné, že řídicí systém je lokálně obslužen LCD panely od jiného výrobce a centrální dispečerské pracoviště používá software SCADA od opět jiného výrobce.

### **2.3.1 Propojení systému SCADA a systému řízení**

Struktura komunikační sítě velmi zjednodušeně ukazuje základní principy moderního řídicího systému:

- Používání internetových technologií
- Otevřenost pro komunikaci se zařízeními různých výrobců
- Princip postupné výstavby rozsáhlého systému z malých celků

Datová kompatibilita, používání standardů a otevřenost systému poskytuje záruky pro budoucnost, že systém půjde dlouhodoběji používat a modernizovat spolu s dalšími inovačními cykly v IT technologiích současného Internetově orientovaného světa [5].

Pro správné propojení systému SCADA a systému řízení je potřeba:

- Zvolit vhodný komunikační protokol, který podporují obě strany
- Správně interpretovat datové body řídicího systému

### 2.3.2 Prvky systému SCADA

SCADA jakožto nejobsáhlejší systém HMI zajišťuje všechny funkce systému, které potřebuje ke své činnosti technik – dispečer, aby mohl řízenou technologii sledovat a ovládat. Systém SCADA lze posuzovat opět jako sestavu aplikačních modulů, které zprostředkovávají:

- Vizualizace aktuálního stavu technologie a jejích parametrů
  - Zobrazení formou seznamu datových bodů
  - Zobrazení grafických technologických schémat
- Ukládání historických dat a jejich zobrazení v grafech
  - Možnost exportu datové řady
- Vyhodnocení a správa alarmových reakcí
  - Možnost alarmových notifikací (zvuková signalizace, SMS, email, ...)
- Politika uživatelského přístupu

### 2.4 Koncept dodávky systému měření a regulace

Tvorba virtuálního prostředí pro VZT je běžná realizační úloha firem zabývajících se dodávkou systému MaR. Na samotném počátku je nutné stanovit základní záměr a odhadnout, zda modernizace, nasazení automatizace, oprava či výměna technologie přinese některý ze zamýšlených cílů. Existuje celá široká škála postupů pro tato zjištění, počínaje energetickými audity, koncepčními studiemi, analýzami spotřeb energií, až po kvalifikované zhodnocení vizuálního stavu příslušných zařízení či jiných měření. Pro všechny postupy platí, že kvalita výsledku je závislá na zkušenostech a kvalifikaci odborníků, kteří toto zpracovávají. V této fázi přípravy se především rozhoduje o přiměřenosti, modernosti a ekonomických parametrech navrhovaného technického řešení.

Následuje projektová příprava, jakožto krok pro technické rozpracování

příslušného záměru před vlastní realizací. Je řada stupňů projektové dokumentace, které slouží pro postupné upřesňování celého díla, pro legislativní schvalování, pro výběr dodavatele, pro koordinace mezi jednotlivými profesemi až po prováděcí dokumentaci. Pro rekonstrukce či modernizace stávajících zařízení, především pro nasazení MaR, často postačuje jen stupeň pro provedení díla. V této fázi se především balancuje mezi nákladností vlastního provedení a mezi funkčností vlastního záměru, tj. tím, aby vlastní řešení nebylo nadbytečně nákladné, ale aby tlakem na cenu nebyl degradovaný původní záměr.

Řadu prvků lze používat od různých výrobců. Architektura systému je rozdělena do vrstev, kde každou vrstvu lze rozvíjet, modernizovat a technologicky inovovat zcela samostatně [5].



### 3 Výchozí stav zařízení v laboratoři

Seznámení se s technologií na místě začalo vizuální prohlídkou. Zmíněné dvě vzduchotechnické jednotky a měřící trať se nachází pohromadě v prostoru halové laboratoře U12116. Pro zařízení bylo vymyšleno pojmenování:

- VZT ROBATHERM
- VZT UCEEB
- VZT REGENERACE

Názvy jsou zvolené podle hlavních identifikačních znaků pro snadnou orientaci. VZT ROBATHERM je pojmenována dle výrobce sestavy, VZT UCEEB je pojmenována dle původního místa umístění a VZT REGENERACE je specifická trať pro měření na regeneračním výměníku zpětného získávání tepla.

Prohlídky technologie probíhaly za asistence zástupce ústavu techniky prostředí, jakožto zadavatele požadavků na technologii a člověka znalého vybavení laboratoře. Dále se prohlídek účastnil i zástupce provozovatele energetických zařízení budovy ČVUT a jejich servisní technici.

VZT UCEEB a VZT REGENERACE mají každá samostatný rozvaděč a tvoří autonomní systémy. VZT ROBATHERM je ovládána řídicím systémem, který obsluhuje zároveň i výměník pára/voda pro ohřev otopné vody a technologii chladu. Výměník pára/voda se v současné době nepoužívá, jelikož byl nahrazen lokálním teplovodním kotlem a zůstává pouze jako záložní zdroj tepla. Na technologii chladu proběhlo ve strojním vybavení několik změn, které nebyly zpětně zanášeny do systému řízení a bylo potřeba je zmapovat na místě.

### 3.1 Strojní vybavení

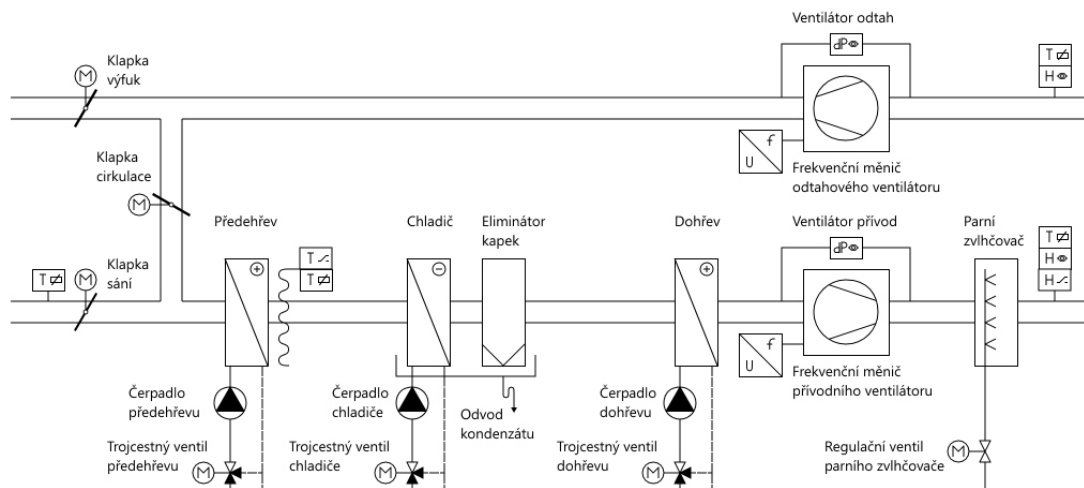
Předmětem zkoumání jsou součásti řízeného zařízení. Zkoumání kladlo důraz na regulační a provozní prvky, kdy se ověřovala jejich funkčnost a způsob napojení na řídicí systém.

#### 3.1.1 VZT ROBATHERM



*Obr. 3-1 VZT ROBATHERM, fotografie*

Jedná se o jednokanálovou jednozónovou vzduchotechnickou jednotku v modulárním provedení. Jednotka VZT se skládá ze směšovací komory, přehřevu, chladiče, dohřevu, ventilátoru přívod, ventilátoru odtah a parního zvlhčovače. Větráný prostor je simulován uzavíratelnou komorou hned vedle vzduchotechnické jednotky.



Obr. 3-2 VZT ROBATHERM, strojní vybavení

**Směšovací komora** je tvořena třemi klapkami. Klapka na sání a výfuku slouží jako uzavírací prvek od venkovního prostředí. Klapka cirkulace dovoluje provozovat jednotku v režimu směšování venkovního a odtažovaného vzduchu. Elektrické pohony klapek umožňují řídit klapky analogovým signálem 0-10 V.

**Přehřev** je teplovodní výměník tepla s trojcestným směšovacím ventilem a cirkulačním čerpadlem. Pohon směšovacího ventilu je řízen analogovým povelom 0-10 V, čerpadlo je řízeno digitálním povelom zapnuto/vypnuto, disponuje signálem z pomocného kontaktu jističe a zpětnou hláškou chodu. Přehřev je vybaven kapilárovým termostatem pro detekci rizika zámrazu.

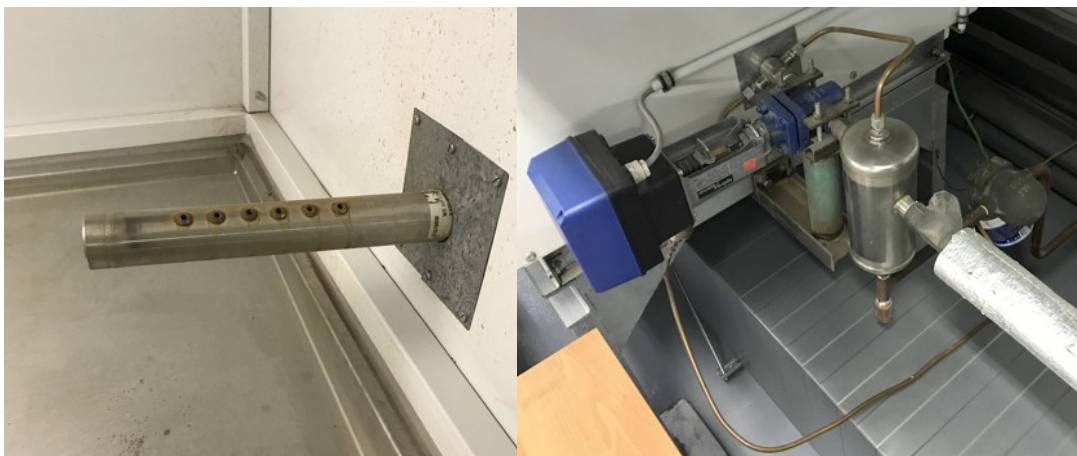
**Chladič** je vodní výměník tepla s trojcestným směšovacím ventilem a cirkulačním čerpadlem. Pohon směšovacího ventilu je řízen analogovým povelom 0-10 V, čerpadlo je řízeno digitálním povelom zapnuto/vypnuto, disponuje signálem z pomocného kontaktu jističe a zpětnou hláškou chodu.

**Eliminátor kapek** s plastovými lamelami je zde umístěn na přívodním potrubí za chladičem a je napojen společně s chladičem na vanu pro odvod kondenzátu.

**Dohřev** je teplovodní výměník tepla s trojcestným směšovacím ventilem a cirkulačním čerpadlem. Pohon směšovacího ventilu je řízen analogovým povelom 0-10 V, čerpadlo je řízeno digitálním povelom zapnuto/vypnuto, disponuje signálem z pomocného kontaktu jističe a zpětnou hláškou chodu.

**Přívodní a odtahový ventilátor** je radiálního typu s přímým pohonem. Motory jsou napájené pomocí frekvenčních měničů. Frekvenční měniče jsou řízeny digitálním povelům zapnuto/vypnuto a analogovým signálem 0-10 V. Frekvenční měniče disponují signálem poruchy a komory ventilátorů jsou osazeny snímačem tlakové diference.

**Parní zvlhčovač** je realizován pomocí přímého vstřiku páry z parního hospodářství halových laboratoří. Regulační ventil je řízen signálem 0-10 V a je opatřen hygrostatem pro hlídání maximální meze vlhkosti.

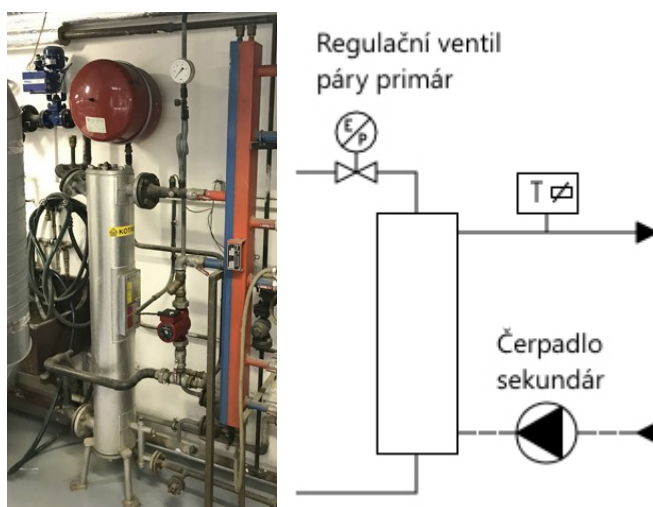


*Obr. 3-3 Parní zvlhčovač s přímým vstřikem páry, Spirax Sarco*

Pohony klapky směšovací komory, pohony ventilů předehřevu, chladiče a dohřevu, frekvenční měniče ventilátorů a parní zvlhčovač jsou regulačními prvky vzduchotechniky.

**Výměník pára/voda** je trubkový výměník řízený škrcením na přívodu páry.

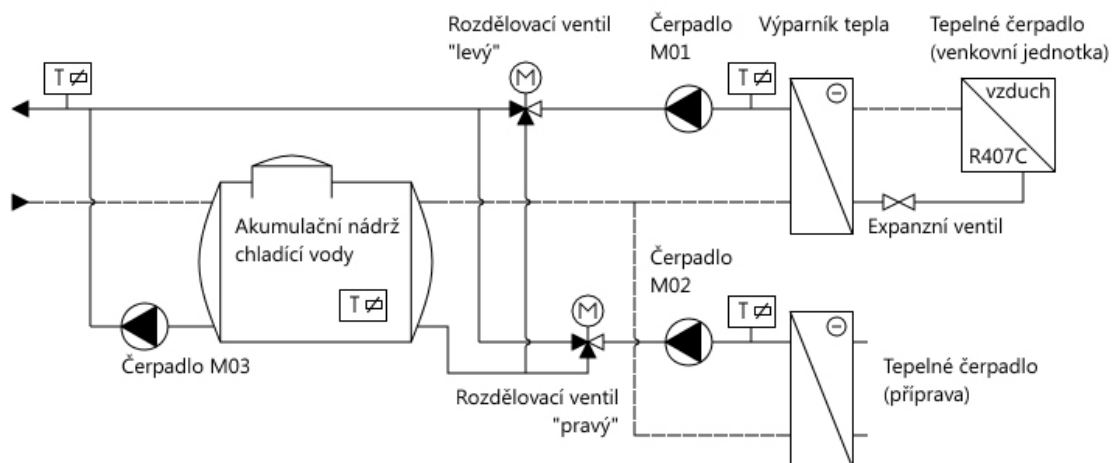
Osazen je regulačním ventilem na vstupu páry a cirkulačním čerpadlem na vstupu sekundáru.



*Obr. 3-4 Výměník pára/voda, fotografie + strojní vybavení*

Pohon regulačního ventilu je elektropneumatického typu, řízen analogovým signálem 0-10 V. Čerpadlo je řízeno pouze přepínačem na dveřích rozvaděče a disponuje zpětnou hláškou o chodu.

Distribuce a akumulace chladu je tvořena vodním okruhem s akumulační nádobou, rozdělovačem/sběračem chladu a dvěma okruhy pro připojení tepelných čerpadel. Na rozdělovači chladu jsou momentálně zapojeny směšovací okruhy pro chladiče VZT ROBATHERM a VZT UCEEB.



Obr. 3-5 Distribuce a akumulace chladu, strojní vybavení

**Akumulační nádoba** je osazena na výstupu k rozdělovači vybíjecím čerpadlem M03, které je řízeno digitálním signálem zapnuto/vypnuto.

**Okruhy pro připojení tepelných čerpadel** se skládají z deskového výměníku tepla, dopravního čerpadla a trojcestným rozdělovacím ventilem. Tyto ventily určují distribuci chladicí vody z výměníku buď směrem do akumulační nádoby nebo přímo do rozdělovače chladu. Pohony těchto klapek jsou řízeny digitálním signálem otevřeno/zavřeno a čerpadla jsou řízena digitálním signálem zapnuto/vypnuto. Okruh je momentálně využit pouze jeden a výměník tepla zde slouží jako přímý výparník pro venkovní chladicí jednotku.



*Obr. 3-6 Akumulace a distribuce chladu*

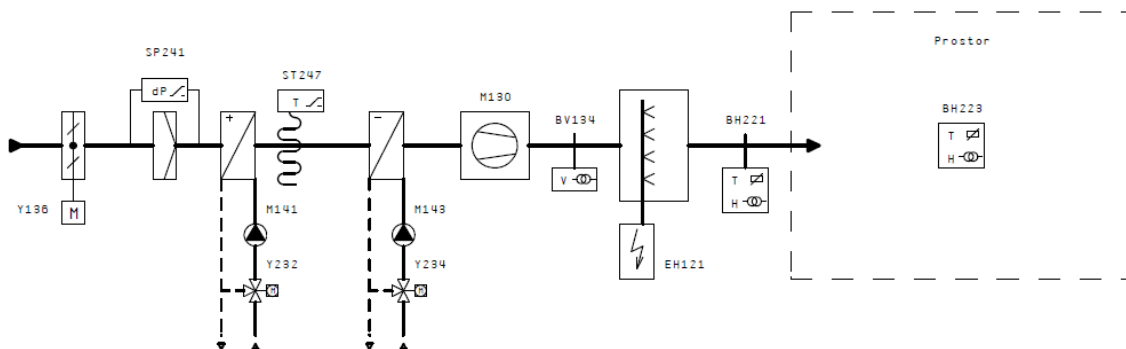
**Tepelné čerpadlo vzduch/voda** značky Carrier slouží jako zdroj chladu. Původní systém obsahoval kaskádu dvou těchto tepelných čerpadel vzduch/voda, ale druhá jednotka byla v minulosti demontována. Tepelné čerpadlo je řízeno digitálním povelům zapnuto/vypnuto a disponuje zpětnou hláškou o poruše. Jako doplňkovým zdrojem chladu je zde ještě tepelné čerpadlo voda/voda, které ale nikdy nebylo součástí řídicího systému a nebylo s ním momentálně počítáno.

### **3.1.2 VZT UCEEB**



Obr. 3-7 VZT UCEEB, fotografie

Jedná se o jednonálovou jednozónovou vzduchotechnickou jednotku v modulárním provedení. Jednotka je opatřena uzavírací klapkou, filtrem, ohříváčem, chladičem, ventilátorem a parním zvlhčovačem.



Obr. 3-8 VZT UCEEB, upravené schéma z projektu MaR (příloha 4)

**Uzavírací klapka** na sání slouží jako uzavírací prvek od venkovního prostředí. Elektrický pohon klapky je řízen společným digitálním povelům pro ventilátor zapnuto/vypnuto.

**Filtr** je zde umístěn na přívodním potrubí před ohříváčem s hlídáním tlakové

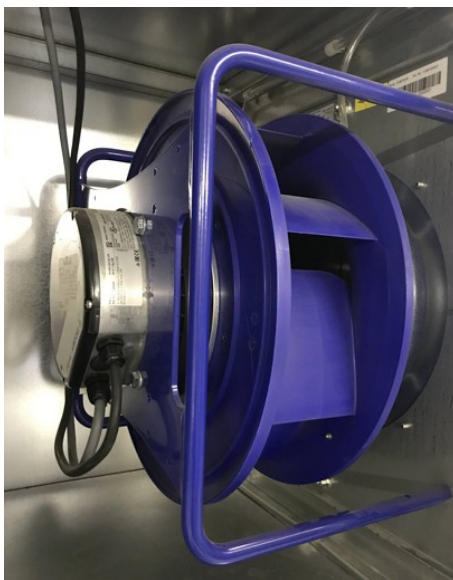


diference.

**Ohřivač** je teplovodní výměník tepla s trojcestným směšovacím ventilem a cirkulačním čerpadlem. Pohon směšovacího ventilu je řízen analogovým signálem 0-10 V, čerpadlo je řízeno digitálním povelom zapnuto/vypnuto a disponuje zpětnou hláškou o poruše. Předehřev je vybaven kapilárovým termostatem pro detekci rizika zámrazu.

**Chladič** je vodní výměník tepla s trojcestným směšovacím ventilem a cirkulačním čerpadlem. Pohon směšovacího ventilu je řízen analogovým signálem 0-10 V, čerpadlo je řízeno digitálním povelom zapnuto/vypnuto a disponuje zpětnou hláškou o poruše.

**Přívodní ventilátor** je radiálního typu s přímým pohonem od EC motoru. Zajímavostí je volně ložený rotor z kompozitního a recyklovatelného materiálu (výrobce Ziehl-Abegg). EC motor je řízený digitálním povelom zapnuto/vypnuto, analogovým signálem 0-10 V a disponuje zpětnou hláškou o poruše.



*Obr. 3-9 VZT UCEEB, přívodní ventilátor*

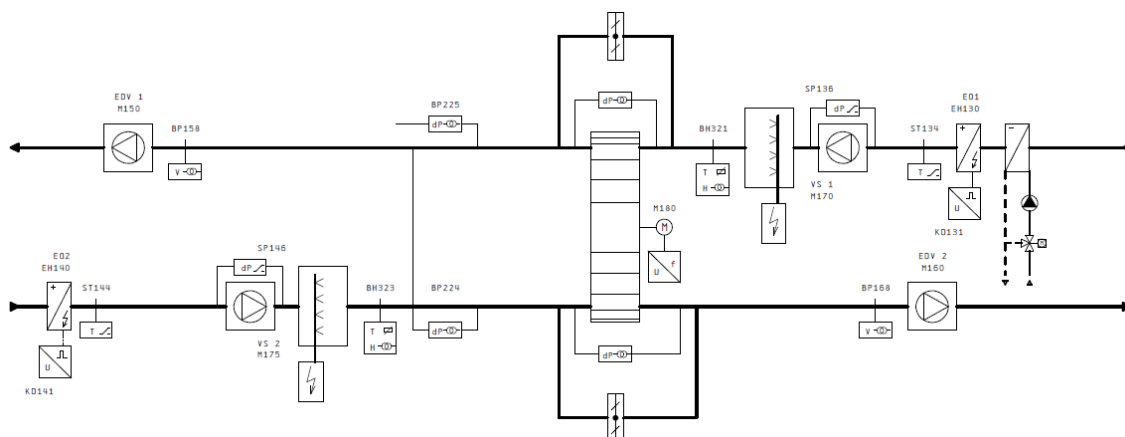
**Parní zvlhčovač** je realizován pomocí elektrického parního vyvíječe, který je řízen digitálním povelům zapnuto/vypnuto, analogovým signálem 0-10 V a disponuje zpětnou hláškou o poruše.

### 3.1.3 VZT REGENERACE



*Obr. 3-10 VZT REGENERACE, fotografie*

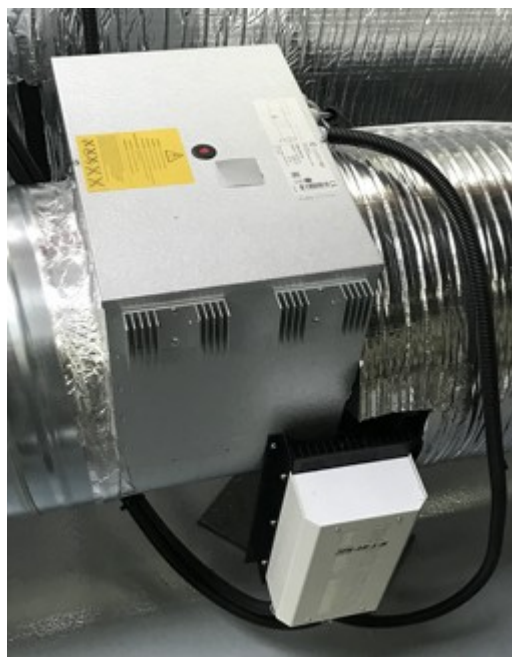
Jedná se o měřicí trať, která je postavena za účelem měření na regeneračním výměníku zpětného získávání tepla. Trať upravuje parametry zvláště v horním „top“ směru a dolním „bottom“ směru proudění vzduchu. Směr vzduchu „top“ představuje nasávaný vzduch z venkovního prostředí a směr vzduchu „bottom“ představuje odtahovaný vzduch z laboratoře. Oba směry jsou osazeny před vstupem do regeneračního výměníku elektrickým ohřevem, ventilátorem a elektrickým parním zvlhčovačem. Regenerační výměník je osazen na obou směrech obtokovými klapkami a oba směry mají na výstupu další ventilátor. Odtahovaný proud vzduchu z laboratoře půjde v budoucnu upravit pomocí chladiče na vstupu.



Obr. 3-11 VZT REGENERACE, upravené schéma z projektu MaR (příloha 5)

**Regenerační výměník zpětného získávání tepla** je osazen asynchronním motorem s frekvenčním měničem, který je řízený digitálním povelům zapnuto/vypnuto, analogovým signálem 0-10 V a disponuje zpětnou hláškou o poruše.

**Elektrické ohřivače** jsou třífázové odporové ohřivače řízené triakovým výkonovým spínačem. Spínání výkonu je řízeno analogovým signálem 0-10 V, digitálním povelům zapnuto/vypnuto a disponuje zpětnou hláškou o poruše. Elektrický ohřev je elektricky zapojen tak, aby byl v provozu pouze pokud je v provozu vstupní ventilátor.



Obr. 3-12 VZT REGENERACE, Elektrický odporový ohřivač s triakovým výkonovým spínačem

**Vstupní i výstupní ventilátory** jsou radiálního typu s přímým pohonem od EC motoru. EC motory jsou řízené digitálním povelom zapnuto/vypnuto, analogovým signálem 0-10 V a disponují zpětnou hláškou o poruše.

**Parní zvlhčovače** budou realizovány pomocí elektrického parního vyvíječe, který je řízen digitálním povelom zapnuto/vypnuto, analogovým signálem 0-10 V a disponuje zpětnou hláškou o poruše.

**Chladič** bude realizován jako vodní výměník tepla se směšovací ventilom a cirkulačním čerpadlem. Pohon směšovacího ventilu je řízen analogovým povelom 0-10 V, čerpadlo je řízeno digitálním povelom zapnuto/vypnuto a disponuje zpětnou hláškou o poruše.

## 3.2 Systém řízení

Prvky pro sběr informací, akční členy a řídicí jednotky PLC třídím podle rozvaděčů. Při posouzení systému řízení je zkoumaným objektem rozvaděč a jeho periferie kolem řízeného zařízení.

### 3.2.1 Rozvaděče s moduly JOHNSON CONTROLS

Technologie v laboratoři je obsloužena z rozvaděčů:

- Rozvaděč vzduchotechnické jednotky RA-01, umístěn v prostoru laboratoře
- Rozvaděč distribuce a akumulace chladu RA-02, umístěn v prostoru laboratoře
- Rozvaděč pro tepelné čerpadlo RA-03 umístěn ve vedlejší laboratoři tepelných čerpadel
- U rozvaděčů zkoumáme prvky řídicího systému a dále mapujeme prvky, které mohou ručním zásahem nebo poruchou řídicí systém ovlivňovat

Hlavní kabelové trasy jsou vedeny v kabelových žlabech, silové rozvody odděleně od nízkého napětí. V místech možného poškození jsou vodiče chráněny trubkami. Kabelové trasy k periferním přístrojům jsou vedeny v ohebných trubkách.

Zaústění kabelů do jednotlivých zařízení a přístrojů na technologii je provedeno v trubkách s tím, že trubka je ukončena těsně u vývodky svorkovnic motorů, přístrojů a kabelových rozvodek. Zaústění kabelů do svorkovnic rozvaděčů je provedeno pomocí průchodek a plastových žlabů.

Ochrana před úrazem el. proudem je provedena automatickým odpojením vadné části od zdroje, a navíc doplňujícím pospojováním.

Použité jsou kabely s měděnými jádry, s jednoznačným barevným nebo číselným značením žil. Stínění kabelů je tvořeno měděným opletem. Kabely jsou na obou koncích označeny číslem kabelu, typem kabelu, zapojením odkud/kam.

**Rozvaděč RA-01** disponuje centrální řídicí jednotkou JOHNSON CONTROLS METASYS DX9100. Řídicí jednotka je společná pro technologii VZT ROBATHERM a výměník pára/voda.

V rozvaděči jsou silové rozvody elektrické energie a jejich jistící obvody. Hlavní vypínač je umístěn na rozvaděči RA-02. Dále jsou zde slaboproudé rozvody signálů řídicího systému a jejich jistící obvody, napájené prostřednictvím transformátoru 24 VAC / 230 VAC.

Rozvaděč je osazen řídicí jednotkou **JCI METASYS DX9100**:

- Možnost komunikace pomocí proprietárního protokolu N2Bus, adresa 8
- Vstupy/výstupy: 8x DI, 6x DO, 8x AI, 8x AO



*Obr. 3-13 JCI METASYS DX9100*

Dále je rozvaděč doplněn o rozšiřující jednotku **JCI METASYS XT9100**:

- Komunikace s nadřazeným regulátorem DX9100 prostřednictvím sběrnice XTBus, adresa 9
  - Modul I/O **JCI METASYS XP9105**
    - Vstupy/výstupy: 8x DI



*Obr. 3-14 JCI METASYS XT9100+XP9105*

Signalizační a ovládací prvky na panelu rozvaděče jsem rozdělil na dvě skupiny:

- Elektrické zapojení bez vazby na řídicí systém
  - Přepínače 0-1
    - Chladicí jednotka (nezapojeno)
    - Čerpadlo oběhové okruhu chlazení (nezapojeno)
    - Motor míchačky (povel na čerpadlo výměníku pára/voda)
    - Čerpadlo primárního okruhu (nezapojeno)
  - Signalizační kontrolky o stavu přepínačů 0-1
  - Přepínače AUT. 0 RUC.
    - Čerpadlo předeřev
    - Čerpadlo dohřev
    - Čerpadlo chlazení
- Zapojení s vazbou na řídicí systém
  - Signálka Porucha/Chod
  - Poloha AUT. přepínače AUT. 0 RUC. pro VZT
  - Poloha RUC. přepínače AUT. 0 RUC. pro VZT
  - Tlačítko RESET

**Rozvaděč RA-02** disponuje centrální řídicí jednotkou JOHNSON CONTROLS METASYS DX9100. Řídicí jednotka je pro technologii akumulace a distribuce chladu.

V rozvaděči jsou silové rozvody elektrické energie a jejich jistící obvody. Hlavní vypínač je na dveřích rozvaděče a je společný i pro rozvaděč RA-01. Dále jsou zde slaboproudé rozvody signálů řídicího systému a jejich jistící obvody, napájené prostřednictvím transformátoru 24 VAC / 230 VAC.

Rozvaděč je osazen řídicí jednotkou **JCI METASYS DX9100**:

- Možnost komunikace pomocí proprietárního protokolu N2Bus, adresa 16
- Vstupy/výstupy: 8x DI, 6x DO, 8x AI, 8x AO



Obr. 3-15 JCI METASYS DX9100

Dále je rozvaděč osazen rozšiřující jednotkou **JCI METASYS XT9100**:

- Komunikace s nadřazeným regulátorem DX9100 prostřednictvím sběrnice XTBus, adresa 17
  - Modul I/O **JCI METASYS XP9105**
    - Vstupy/výstupy: 8x DI
  - Modul I/O **JCI METASYS XP9104**
    - Vstupy/výstupy: 8x DO





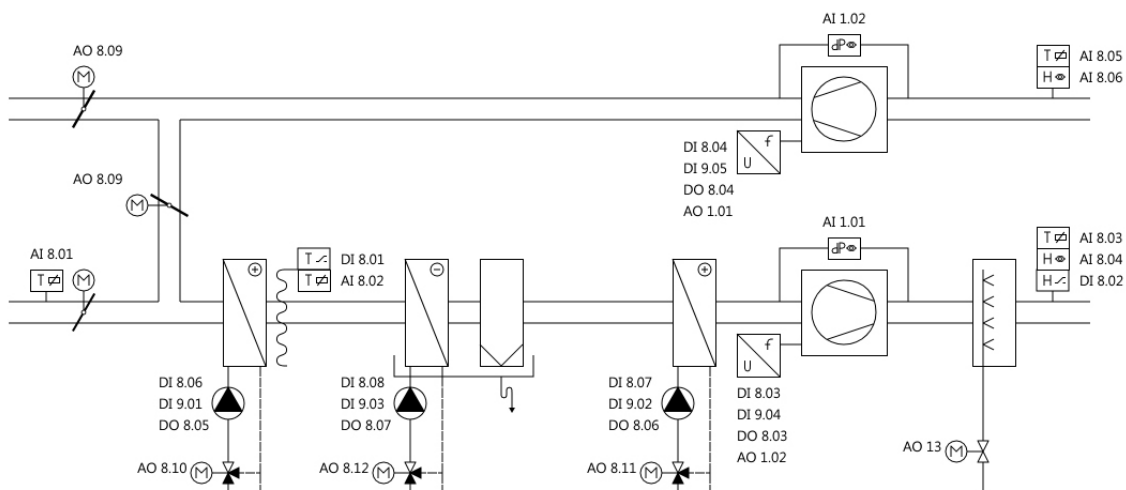
Obr. 3-16 JCI METASYS XT9100+XP9105+XP9104

Signalizační a ovládací prvky na panelu rozvaděče jsem rozdělil na dvě skupiny:

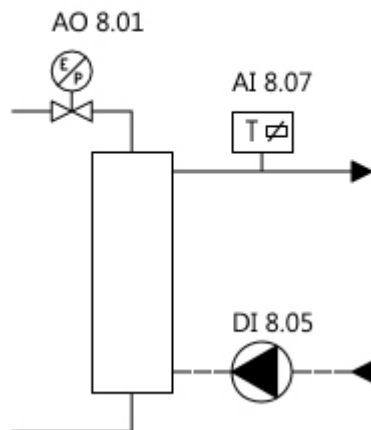
- Elektrické zapojení bez vazby na řídicí systém
  - Přepínače AUT. 0 RUC.
    - Čerpadla M01, M02, M03, M21
- Zapojení s vazbou na řídicí systém
  - Signálka chlazení Chod-Porucha
  - Signálka chodu čerpadel M01, M02, M03, M21
  - Přepínač Chlazení Vyp.-Zap.
  - Přepínač Chlazení Přímo-Akumul.
  - Tlačítko Kvitace poruchy

**Rozvaděč RA-03** pro tepelná čerpadla neobsahuje žádnou řídicí jednotku nebo moduly vstupů/výstupů. Rozvaděč obsahuje silové rozvody elektrické energie, slaboproudé rozvody signálů řídicího systému, elektrické jisticí obvody a ruční přepínače na dveřích rozvaděče.

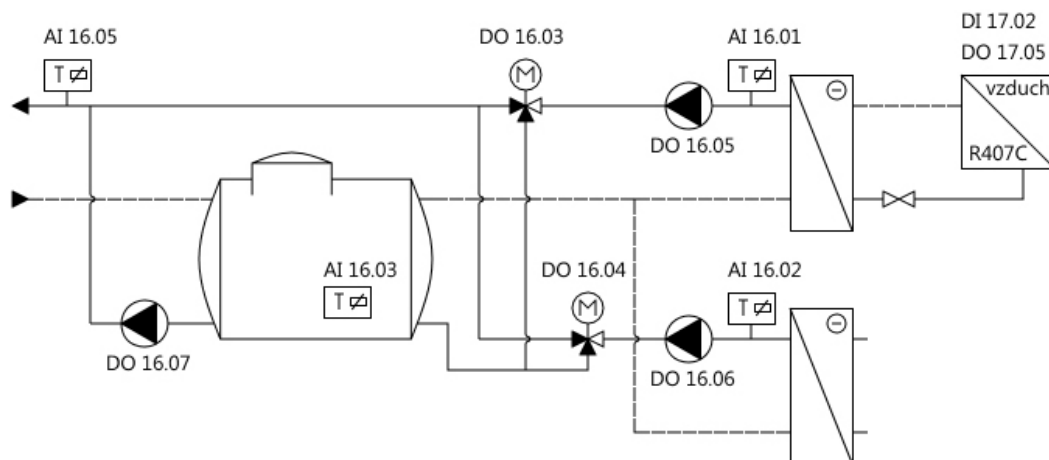
Dle adresace modulů JOHNSON CONTROLS a číslování vstupů/výstupů jejich zapojovacích svorkovnic jsem zmapoval prvky na ovládané technologii a zanesl je do přehledových schémat "prvky systému řízení" viz obrázky dále. Dle zapojeného prvku na druhé straně (periferie) jsem vytvořil zadání pro seznam datových bodů v hardwarové vrstvě systému JOHNSON CONTROLS.



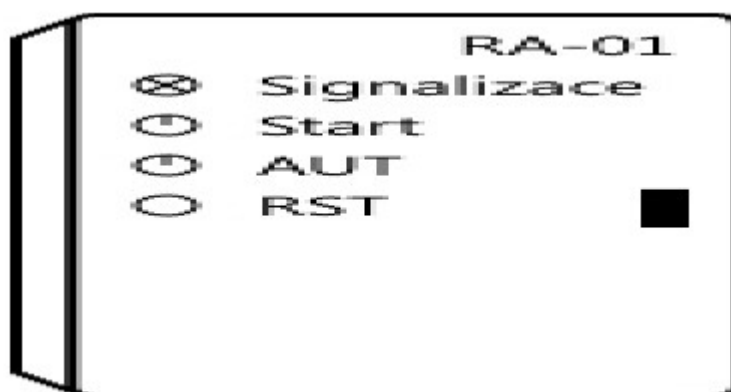
Obr. 3-17 VZT ROBATHERM, prvky systému řízení



Obr. 3-18 Výměník pára/voda, prvky systému řízení



Obr. 3-19 Akumulace a distribuce chlazení, prvky systému řízení



Obr. 3-20 Ovládání a signalizace na rozvaděčích, prvky systému řízení

Popisy a funkce těchto signálů jsem popsal do následujících tabulek. Funkce u digitálních signálů je popsána jako stav při aktivním signálu (logická 1, pravdivost ano).

Tab. 3-1 Rozvaděč RA-01, popis a funkce signálů řídicího systému

I/O	Adr.	Č.	Popis	Funkce		
AI		1	Teplota venkovního vzduchu	Senzor teploty		
		2	Teplota vzduchu před chladičem	Senzor teploty		
		3	Teplota vzduchu přívod	Senzor teploty		
		4	Vlhkost vzduchu přívod	Senzor relativní vlhkosti		
		5	Teplota vzduchu odtah	Senzor teploty		
		6	Vlhkost vzduchu odtah	Senzor relativní vlhkosti		
		7	Teplota vody primár	Senzor teploty		
AO		1	Regulační ventil primár	Řízení otevření ventilu		
		3	Regulační klapky	Řízení otevření klapek		
		4	Ventil přehřev	Řízení otevření ventilu		
		5	Ventil dohřev	Řízení otevření ventilu		
		6	Ventil chladič	Řízení otevření ventilu		
		7	Ventil vlhčení	Řízení otevření ventilu		
		DI	8	1	Riziko zámrazu přehřev	Provozní stav v pořádku
2	Vlhkost přívod MAX			Provozní stav v pořádku		
3	FM přívod porucha			Poruchový stav		
4	FM odtah porucha			Poruchový stav		
5	Čerpadlo primár chod			Zpětná hláška chodu		
6	Čerpadlo přehřev porucha			Poruchový stav		
7	Čerpadlo dohřev porucha			Poruchový stav		
8	Čerpadlo chladič porucha			Poruchový stav		
DO		3	FM přívod povel	Povel na chod		
		4	FM odtah povel	Povel na chod		
		5	Čerpadlo přehřev povel	Povel na chod		
		6	Čerpadlo dohřev povel	Povel na chod		
		7	Čerpadlo chladič povel	Povel na chod		
		8	Signalizace poruchy	Povel na rozsvícení signalizace		
		DI	9	1	Čerpadlo přehřev chod	Zpětná hláška chodu
				2	Čerpadlo dohřev chod	Zpětná hláška chodu
3	Čerpadlo chladič chod			Zpětná hláška chodu		
4	Ventilátor přívod chod			Zpětná hláška chodu		
5	Ventilátor odtah chod			Zpětná hláška chodu		
6	Přepínač VZT Start			Indikace stavu přepínače		
7	Přepínač VZT AUT			Indikace stavu přepínače		
8	RESET			Indikace stavu stisknutí		

Tab. 3-2 Rozvaděč RA-02, popis a funkce signálů řídicího systému

I/O	Adr.	Č.	Popis	Funkce
AI	16	1	Teplota okruh TČ1	Senzor teploty
		2	Teplota okruh TČ2	Senzor teploty
		3	Teplota AKU nádoby	Senzor teploty
		5	Teplota výstupu do rozdělovače	Senzor teploty
DI	16	1	Signalizace čerpadlo M01	Zpětná hláška chodu
		2	Signalizace čerpadlo M02	Zpětná hláška chodu
		3	Signalizace čerpadlo M03	Zpětná hláška chodu
		4	Signalizace čerpadlo M21	Zpětná hláška chodu
		7	Přepínač chlazení Zap/Vyp	Indikace stavu přepínače Zap
		8	Kvitace poruch	Indikace stavu stisknutí
DO	16	3	Ventil levý	Povel na otevření
		4	Ventil pravý	Povel na otevření
		5	Čerpadlo M01 povel	Povel na chod
		6	Čerpadlo M02 povel	Povel na chod
		7	Čerpadlo M03 povel	Povel na chod
DI	17	2	Čerpadlo M21 povel	Povel na chod
		2	Porucha chladicí jednotky	Poruchový stav
		8	Přepínač chlazení Přím/Aku	Indikace stavu přepínače Aku
		5	Chladicí jednotka povel	Povel na chod
DO	17	8	Signalizace Chod/Porucha	Povel na rozsvícení signalizace

Z tabulek je patrné, že kapacita modulů není zcela vyčerpána. Tyto nepoužité vstupy/výstupy ale nelze brát jako rezervy, neboť některé z nich byly nefunkční a některé z nich byly zapojeny a vyvedeny na odpojené periferie. Tyto periferie bylo rozhodnuto zachovat, ale momentálně se jim nevěnovat. Jako problém byly vnímány nefunkční vstupy pro měření tlakové difference ventilátorů a nezapojené analogové výstupy na řízení otáček pomocí frekvenčních měničů. Z tohoto důvodu je již na obrázku 3-17 příprava zapojení na jiný modul vstupů/výstupů (AI/AO s adresou 1).

### 3.2.2 Rozvaděče s moduly CAREL

Technologie v laboratoři je obsloužena z rozvaděčů:

- **RVZT1:** Rozvaděč vzduchotechnické jednotky VZT UCEEB
- **MR:** Rozvaděč měřící trasy VZT REGENERACE

Jelikož se jedná o nové rozvaděče s kompletní dokumentací a odzkoušeným provozem, nezkoumal jsem zde technologii stejně podrobně jako tomu bylo u technologie JOHNSON CONTROLS. U rozvaděčů zkoumáme prvky řídicího systému pouze do té míry, abychom pochopili funkci systému a byli ji schopni správně interpretovat do virtuálního prostředí. Nejdůležitější částí je zmapování komunikačních svorek pro komunikaci s nadřazeným systémem.

Hlavní kabelové trasy jsou vedeny v kabelových žlabech, silové rozvody odděleně od nízkého napětí. V místech možného poškození jsou vodiče chráněny trubkami. Kabelové trasy k periferním přístrojům jsou vedeny v ohebných trubkách. Zaústění kabelů do jednotlivých zařízení a přístrojů na technologii je provedeno v trubkách s tím, že trubka je ukončena těsně u vývodky svorkovnic motorů, přístrojů a kabelových rozvodek. Zaústění kabelů do svorkovnic rozvaděčů je provedeno pomocí průchodek a plastových žlabů.

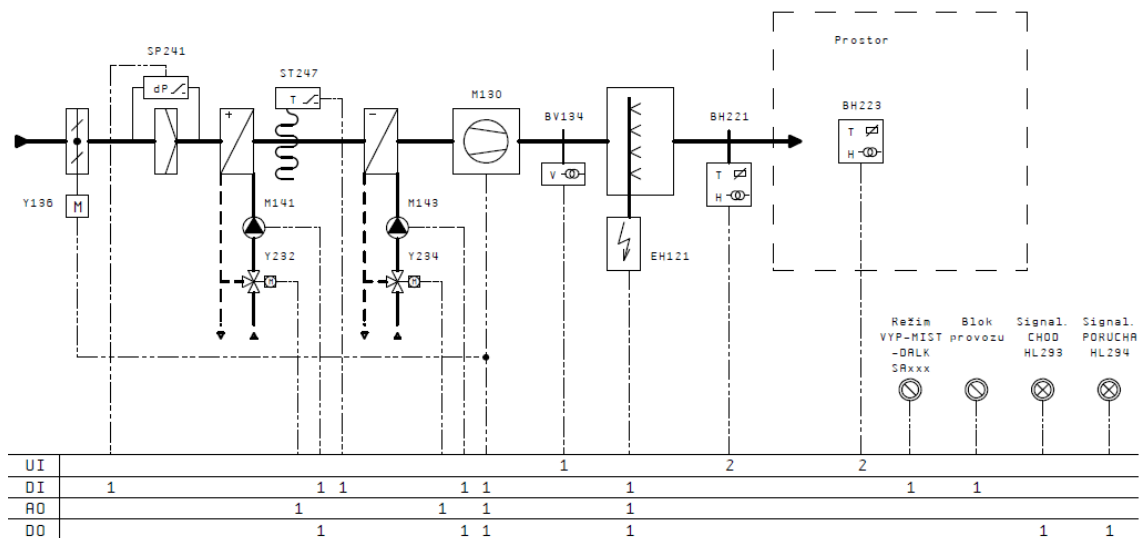
Ochrana před úrazem el. proudem je provedena automatickým odpojením vadné části od zdroje, a navíc doplňujícím pospojováním.

Použité jsou kabely s měděnými jádry, s jednoznačným barevným nebo číselným značením žil. Stínění kabelů je tvořeno měděným opletem. Kabely jsou na obou koncích označeny číslem kabelu, typem kabelu, zapojením odkud/kam.

**Rozvaděč RVZT1** disponuje řídicí jednotkou CAREL pC05 a obsluhuje samostatný technologický celek VZT UCEEB. Připojovací svorky pro sériovou linku jsou na svorkovnici J25 BMS2 značeny Tx/Rx. V dokumentaci projektu MaR je přehledné schéma s popisem typu signálů.



Obr. 3-21 VZT UCEEB, regulátor CAREL pC05



Obr. 3-22 VZT UCEEB, prvky systému řízení (příloha 4)

Jako zadání pro tvorbu datových bodů v hardwarové vrstvě technologie VZT UCEEB nám postačí následující tabulky (příloha 2):

Tab. 3-3 VZT UCCEEB, seznam datových bodů typu Analog

<b>BMS Address</b>	<b>Description</b>	<b>UOM</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Read/Write</b>
1	Supply temperature	°C	-99.9	99.9	RR
2	Supply humidity	%rH	-999.9	999.9	R
3	Room temperature	°C	-99.9	99.9	R
4	Room humidity	%rH	-999.9	999.9	R
5	Fan speed	%	0	100.0	R
6	Heater valve	%	0	100.0	R
7	Cooling valve	%	0	100.0	R
8	Humidifier power	%	0	100.0	R
9	Setpoint cooling	°C	0	50.0	R/W
10	Setpoint heating	°C	0	50.0	R/W
11	Setpoint humidity	%rH	20.0	80.0	R/W

Tab. 3-4 VZT UCCEEB, seznam datových bodů typu Integer

<b>BMS Address</b>	<b>Description</b>	<b>UOM</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Read/Write</b>
1	Air flow	m3/h	0	9999	R
2	Setpoint air flow	m3/h	0	5545	R/W

Tab. 3-5 VZT UCCEEB, seznam datových bodů typu Digital

<b>BMS Address</b>	<b>Description</b>	<b>UOM</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Read/Write</b>
1	Alarm filter	---	0	1	R
2	Alarm fan	---	0	1	R
3	Alarm heater pump	---	0	1	R
4	Alarm cooler pump	---	0	1	R
5	Alarm humidifier	---	0	1	R
6	Alarm shutdown	---	0	1	R
7	Alarm frost	---	0	1	R
8	Unit enabled (ID5)	---	0	1	R
9	Fan start	---	0	1	R
10	Heater pump start	---	0	1	R
11	Cooler pump start	---	0	1	R
12	Humidifier start	---	0	1	R

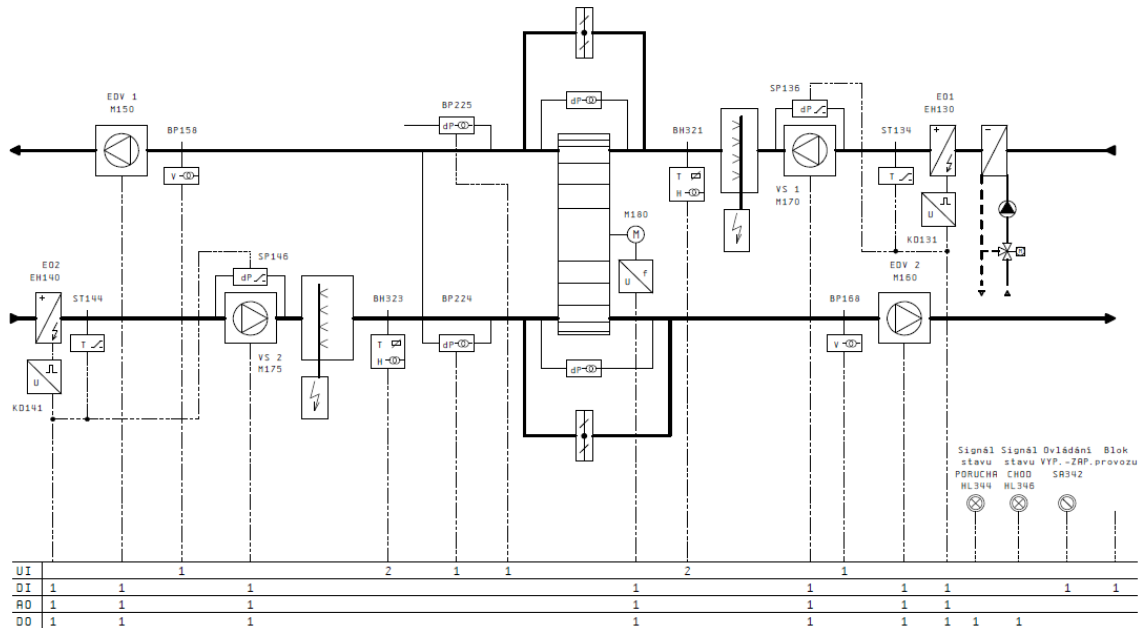


BMS Address	Description	UOM	Min	Max	Read/Write
13	Common fault	---	0	1	R
14	Reset alarms	---	0	1	R/W
15	System ON	---	0	1	R/W
16	AHU mode scheduler	---	0	1	R/W
17	AHU manual ON	---	0	1	R/W
18	Operation	---	0	1	R
19	Emergency off	---	0	1	R

**Rozvaděč MR** disponuje řídicí jednotkou CAREL pC05 s rozšiřujícím modulem c.pCOe a obsluhuje samostatný technologický celek VZT REGENERACE. Připojovací svorky pro sériovou linku jsou na svorkovnici J25 BMS2 značeny Tx/Rx. V dokumentaci projektu MaR je přehledné schéma s popisem typu signálů.



Obr. 3-23 VZT REGENERACE, regulátor CAREL pC05+c.pCOe



Obr. 3-24 VZT UCEEB, prvky systému řízení (příloha 5)

Jako zadání pro tvorbu datových bodů v hardwarové vrstvě technologie VZT REGENERACE nám postačí následující tabulky (příloha 3):

Tab. 3-6 VZT REGENERACE, seznam datových bodů typu Analog

BMS Address	Description	UOM	Min	Max	Read/Write
1	dP top-bottom	Pa	-999.9	999.9	R
2	dP AHU-Outside	Pa	-999.9	999.9	R
3	dP recovery wheel top	Pa	-999.9	999.9	R
4	dP recovery wheel bottom	Pa	-999.9	999.9	R
5	Temperature top	°C	-99.9	99.9	R
6	Humidity top	%rH	0	999.9	R
7	Temperature bottom	°C	-99.9	99.9	R
8	Humidity bottom	%rH	0	999.9	R
9	Fan EDV1 speed	%	0	100.0	R
10	Fan EDV2 speed	%	0	100.0	R
11	Fan VS1 speed	%	0	100.0	R
12	Fan VS2 speed	%	0	100.0	R
13	Heater 1 power	%	0	100.0	R
14	Heater 2 power	%	0	100.0	R
15	Recovery wheel speed	%	0	100.0	R
16	Recovery wheel top bypass damper	%	0	100.0	R

<b>BMS Address</b>	<b>Description</b>	<b>UOM</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Read/Write</b>
17	Recovery wheel bottom bypass damper	%	0	100.0	R
18	Humidifier 1 power	%	0	100.0	R
19	Humidifier 2 power	%	0	100.0	R
20	Condensing unit power	%	0	100.0	R
21	Recovery wheel speed request	%	0	100.0	R/W
22	Temperature top setpoint	°C	0	50.0	R/W
23	Humidity top setpoint	%rH	10.0	99.9	R/W
24	dP AHU-Outside setpoint	Pa	0	999.9	R/W
25	Recovery wheel dP top setpoint	Pa	0	999.9	R/W
26	Temperature bottom setpoint	°C	0	50.0	R/W
27	Humidity bottom setpoint	%rH	10.0	99.9	R/W
28	dP top-bottom setpoint	Pa	-999.9	999.9	R/W
29	Recovery wheel dP bottom setpoint	Pa	0	999.9	R/W

*Tab. 3-7 VZT REGENERACE, seznam datových bodů typu Integer*

<b>BMS Address</b>	<b>Description</b>	<b>UOM</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Read/Write</b>
1	EDV1 air flow	m3/h	0	9999	R
2	EDV2 air flow	m3/h	0	9999	R
3	Unit operating mode	---	0	2	R/W
4	Airflow EDV1 setpoint	m3/h	0	9999	R/W
5	Airflow EDV2 setpoint	m3/h	0	9999	R/W

*Tab. 3-8 VZT REGENERACE, seznam datových bodů typu Digital*

<b>BMS Address</b>	<b>Description</b>	<b>UOM</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Read/Write</b>
1	Alarm probe U01	---	0	1	R
2	Alarm probe U02	---	0	1	R
3	Alarm probe U03	---	0	1	R
4	Alarm probe U04	---	0	1	R
5	Alarm probe U05	---	0	1	R
6	Alarm probe U06	---	0	1	R
7	Alarm probe U01.1	---	0	1	R
8	Alarm probe U02.1	---	0	1	R

<b>BMS Address</b>	<b>Description</b>	<b>UOM</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Read/Write</b>
9	Alarm probe U03.1	---	0	1	R
10	Alarm probe U04.1	---	0	1	R
11	Alarm cpCO <sub>e</sub> offline	---	0	1	R
12	Alarm EDV1	---	0	1	R
13	Alarm EDV2	---	0	1	R
14	Alarm VS1	---	0	1	R
15	Alarm VS2	---	0	1	R
16	Alarm heater 1	---	0	1	R
17	Alarm heater 2	---	0	1	R
18	Alarm recovery wheel	---	0	1	R
19	Alarm emergency off	---	0	1	R
20	Alarm humidifier 1	---	0	1	R
21	Alarm humidifier 2	---	0	1	R
22	Alarm condensing unit	---	0	1	R
23	Unit enabled	---	0	1	R
24	EDV1 Start	---	0	1	R
25	EDV2 Start	---	0	1	R
26	VS1 Start	---	0	1	R
27	VS2 Start	---	0	1	R
28	Heater 1 start	---	0	1	R
29	Heater 2 start	---	0	1	R
30	Recovery wheel start	---	0	1	R
31	Humidifier 1 start	---	0	1	R
32	Humidifier 2 start	---	0	1	R
33	Condensing unit start	---	0	1	R
34	Common fault	---	0	1	R
35	Reset alarm	---	0	1	R/W
36	Unit ON	---	0	1	R

### 3.3 Centrální dispečink systému MaR

V budově ČVUT existuje centrální dispečink pro sledování provozu energetických zařízení. Jedná se o prostory u bloku B2, kde se nacházejí rozvodny vysokého a nízkého napětí, trafo-komory, záložní diesel-agregáty, pracoviště údržby a kancelářské prostory firmy Energocentrum Plus, s. r. o., která je provozovatelem energetických zařízení. Součástí firmy Energocentrum Plus je oddělení programátorů, kteří vyvíjí SW produkty určené pro rozsáhlé integrované dispečerské systémy a dále vyvíjí navazující podpůrné počítačové programy včetně vývoje programů na zakázku. Vyvíjené programy se uplatňují ve vlastní provozní praxi. Provázání vývoje SW a provozování je pro obě činnosti navzájem velmi prospěšné. Provozování technologií generuje požadavky na SW a jako první uživatel testuje výsledky vývoje.[5]

Ač se v laboratoři jedná o experimentální zařízení, tak z důvodu napojení na centrální rozvod páry bylo vhodné postup s firmou Energocentrum Plus konzultovat a využít jejich zkušeností z oboru.

Centrální dispečink je paralelně provozován na dvou SW produktech:

- Lokální dispečink, produkt RcWare Vision
- Cloudová služba, produkt MERVIS SCADA

Řídicí systémy budovy jsou propojeny místní technologickou sítí, kde je přímým účastníkem lokální dispečink RcWare Vision. Vzdálený dohled pomocí cloudové služby MERVIS SCADA je dostupný pomocí Internetového připojení prostřednictvím webového prohlížeče. Firma Energocentrum Plus je zároveň programátorem řídicího systému budovy pomocí otevřeného programovacího prostředí RcWare SoftPLC.

## **4 Návrh virtuálního prostředí pro potřeby laboratoře**

Návrh virtuálního prostředí začínám rozvahou nad možnostmi integrace jednotlivých systémů řízení. Řídicí jednotky CAREL umožňují komunikaci s nadřazeným systémem pomocí komunikačního protokolu MODBUS, ke kterému mají v dokumentaci detailně popsany seznam datových bodů. U řídicí jednotky JOHNSON CONTROLS DX9100 je situace složitější, jelikož není k dispozici dokumentace datových bodů a není zde ani připravena možnost komunikace pomocí nějakého běžně dostupného komunikačního protokolu. Jelikož je snaha udržet v laboratoři systém řízení co nejvíce otevřený, prozkoumal jsem variantu integrace modulů JOHNSON CONTROLS pomocí RcWare SoftPLC. Toto programovací prostředí obsahuje komunikační protokol N2Bus, kterým lze integrovat moduly JOHNSON CONTROLS jako jednotky vstupů a výstupů. Touto variantou nelze integrovat původní řídicí program uvnitř jednotky JOHNSON CONTROLS a bude jej nutné přepsat do nového PLC z nabídky výrobků DOMAT, pro které je RcWare SoftPLC určen. Z historického vývoje v laboratoři, kdy se často mění celá technologie nebo požadavky na její řízení, je však přenést program do otevřeného programovacího prostředí velmi vhodné. Používání programového vybavení RcWare SoftPLC je bezplatné a zároveň je zde blízká technická podpora u firmy Energocentrum Plus. Další výhodou je snadné napojení na centrální dispečink. RcWare SoftPLC podporuje zmíněný komunikační protokol MODBUS, čímž je vhodným řešením pro oba systémy řízení v laboratoři.



Obr. 4-1 MERVIS SCADA, centrální dispečink ČVUT

Dalším krokem k návrhu virtuálního prostředí je rozvaha nad systémem SCADA, ve kterém bude tvořena vizualizace. Pro programové vybavení RcWare SoftPLC je používán jako nejběžnější systém SCADA program RcWare Vision. Jedná se znovu o dostupný software, který podléhá licenční politice při provozování vizualizace na dobu delší jak 20 minut (jako editační nástroj je zdarma). Jelikož je budova ČVUT vybavena na centrálním dispečinku programem RcWare Vision, disponuje multilicencí, která lze snadno používat i v rámci nepřetržitého sledování technologie v laboratoři U12116. Stejně tak je tomu u cloudové služby MERVIS SCADA, která umožňuje sledování technologie pomocí webového prohlížeče odkudkoliv s přístupem na Internet.

Na tvorbu virtuálního prostředí jsem tedy vybral systém, který obsluhuje ostatní systémy měření a regulace v budově ČVUT a vyžaduje minimální zásah do stávajících komponent.

## 4.1 Architektura navrhovaného systému MaR

Řídicí systém je nutné doplnit o nové PLC, které převezme roli řídicí jednotky u technologie původně obslužená jednotkou JOHNSON CONTROLS. Pro technologii obsluženou jednotkami CAREL se nové PLC stane koncentrátorem a nástavbou pro komunikované datové body.

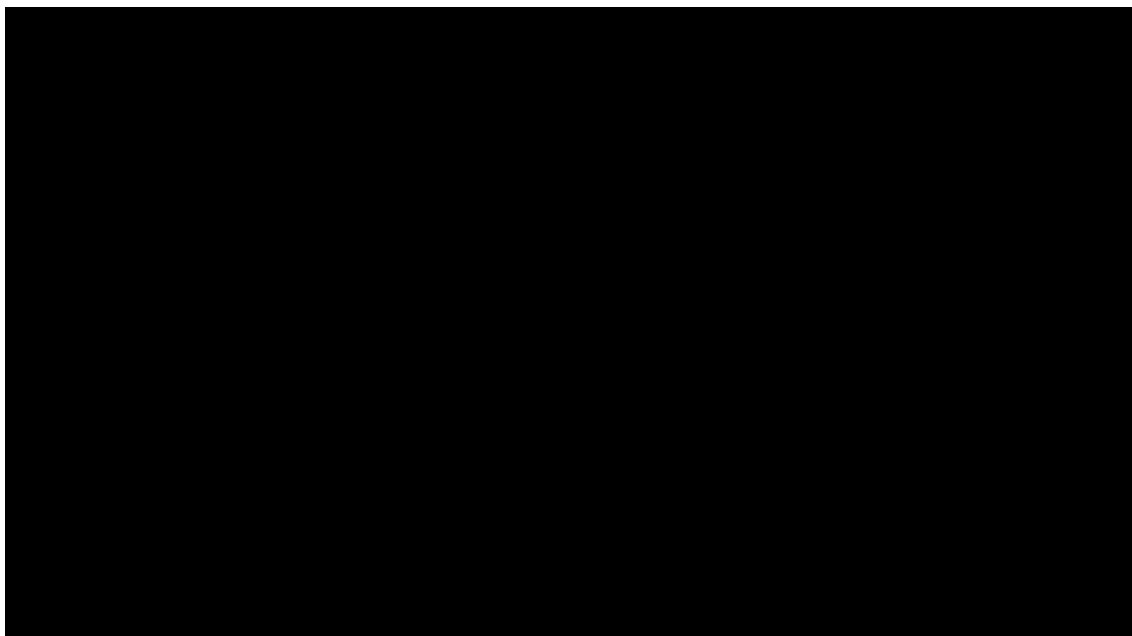
Nové PLC se připojí do lokální TCP/IP technologické sítě MaR a zajistí se mu přístup na Internet. Nové PLC bude připojeno k MERVIS Proxy Serveru, který na Internetu zpřístupňuje data pro systém SCADA. Služba MERVIS Proxy poskytuje komunikační řešení pro uzavřené sítě nebo „nehostinná“ síťová prostředí a umožňuje obousměrnou komunikaci mezi regulátory navzájem nebo s nadřazeným systémem prostřednictvím Internetu. Pro komunikaci s regulátorem tedy není již třeba s IT oddělením zajišťovat přesměrování portů a podobná „speciální nastavení“ v síti. Regulátor z pohledu počítačové sítě funguje jako běžný počítač s přístupem na web a přes Proxy Server je zajištěna plnohodnotná obousměrná komunikace. Pro maximální kompatibilitu a průchodnost komunikace je pro výměnu dat využíván šifrovaný protokol HTTPS (případně HTTP), který je v sítích prakticky vždy povolen, neboť bez něho - laicky řečeno - nefunguje internet. Proxy server navíc zpřístupňuje téměř neomezené nastavování a programování regulátoru na dálku, čímž významně umožňuje snižovat náklady při uvádění systému měření a regulace do provozu nebo jeho vylepšování.[7] Systém SCADA poběží paralelně na centrálním dispečinku RcWare Vision a jako cloudové řešení MERVIS SCADA. Komunikace mezi novým PLC a MERVIS SCADA zajistí komunikační protokol SoftPLC Link, což je nativní protokol programového vybavení RcWare.

Úložiště historických dat budou zajišťovat servery MERVIS DB. MERVIS DB je vysoce optimalizovaná databáze (historian) určená pro ukládání měřených veličin z aplikací jako jsou MERVIS SCADA, RcWare SoftPLC, RcWare Vision a mnoha jiných, které využívají jejího otevřeného API. Přírodním způsobem použití MERVIS DB je v podobě cloudové služby.



Komunikace mezi novým PLC a řídicí jednotkou JOHNSON CONTROLS bude probíhat pomocí protokolu N2Bus, který je standardu RS485. Komunikace mezi řídicí jednotkou JOHNSON CONTROL a jejími rozšiřujícími moduly pomocí protokolu XTBus bude zrušena a moduly budou pomocí protokolu N2Bus komunikovat přímo s novým PLC.

Komunikace mezi novým PLC a moduly CAREL bude probíhat pomocí protokolu MODBUS, který bude také standardu RS485. Na stejnou komunikační linku se mohou v budoucnu připojovat další rozšiřující moduly.



*Obr. 4-2 Orientační schéma zapojení nového PLC*

## 4.2 Nově vzniklé požadavky na vybavení laboratoře

Varianta s integrací řídicího systému JOHNSON CONTROLS jako modulů vstupů a výstupů dalo vzniknout požadavku na nové PLC. Výběr nového PLC byl proveden na základě:

- Požadavku na programové prostředí RcWare SoftPLC (komunikační protokol N2Bus, Modbus)
- Požadavku připojení na internet a MERVIS PROXY (konektivita na centrální dispečink ČVUT)
- Požadavku připojení dvou komunikačních kanálů standardu RS485
- Zkušeností a dostupnosti produktu u firmy provozující energetická zařízení a centrální dispečink ČVUT

Jako nové PLC jsem zvolil procesní stanici Domat MiniPLC Shark, značena iPLC510B.



*Obr. 4-3 Procesní stanice Domat MiniPLC Shark iPLC510B [8]*

Dále zde byl v kapitole 3.2.1 popsán problém s nefunkčními vstupy/výstupy v technologii VZT ROBATHERM u řízení frekvenčních měničů. Tím vznikl požadavek na:

- Doplnění dvou analogových vstupů pro měření v rozsahu 0-10 V
- Doplnění dvou analogových povelů pro řízení v rozsahu 0-10 V

Jako vhodné rozšíření byl vybrán DOMAT MMIO, malý kompaktní modul I/O, který poskytuje jako rezervu ještě 2x AI pro měření odporové zátěže, 4x DI a 7x DO.



*Obr. 4-4 Kompaktní modul I/O Domat MMIO [8]*

## 5 Realizace navrženého řešení

Ze znalosti výchozího stavu zařízení v laboratoři (kapitola 3) vyplynuly jednotlivé etapy realizace vedoucí k dosažení vytvořeného návrhu (kapitola 4).

### 5.1 Montážní příprava na místě

Montážní příprava na místě zahrnovala následující práce:

- Odzkoušení a revize strojního vybavení na sledované technologii
- Instalace nového zařízení, DOMAT MiniPLC Shark iPLC510B
- Instalace nového zařízení, DOMAT MMIO
- Vytvoření nových komunikačních propojů mezi jednotlivými rozvaděči

Odzkoušení a revize strojního vybavení probíhala zejména na starší technologii obsluhované systémem řízení JOHNSON CONTROLS. Jednalo se především o topenářské a instalatérské práce na čerpadlech, které dlouhou dobu nebyla v provozu, čištění vodních filtrů a regulačních ventilů. Při zkoušení technologie byly seřizeny snímače tlakové diference a ověřena orientační hodnota instalovaných měřidel.

Pro instalaci nového PLC byl vybrán rozvaděč RA-01. Rozvaděč disponoval dostatečným prostorem a dostatečným výkonem na zdroji napětí. Do rozvaděče byl také již připraven ethernetový kabel pro připojení do technologické sítě. Samotná instalace nového PLC a rozšiřujícího modulu spočívala v montáži na standardní DIN lištu a doplnění pojistkového pouzdra s trubičkovou pojistkou o hodnotě 1A. K napájení byl použit stávající zdroj 24 V. Zapojení komunikačního kanálu N2Bus bylo v rámci rozvaděče řešeno na přímo, bez použití svorkovnice. Zapojení komunikačního kanálu Modbus bylo vytaženo na připojovací svorkovnici. Jelikož je iPLC510B jediným zařízením, které se připojuje do technologické sítě, stačilo osadit ethernetový kabel konektorem RJ45 a zapojit ho přímo do iPLC510B.



*Obr. 5-1 RA-01, umístění nového PLC a modulu DOMAT*

K vytvoření nových komunikačních propojů mezi rozvaděčem RA-01 a rozvaděči s regulátory CAREL (RVZT1 a MR) bylo využito stávajících kabelových tras v plechových žlebech. Použit byl stíněný kabel LAM DATAPAR 4x2x0,8 vhodný pro standard RS485. Rozvaděče disponovaly volnými průchodkami a měly dostatečnou rezervu na přípojovací svorkovnici. Zapojení kabelového páru bylo provedeno dle katalogového listu jednotky CAREL na příslušné svorky.

## 5.2 Programování regulátoru DOMAT

Naprogramováním regulátoru DOMAT iPLC510B je myšleno vytvoření komunikační vrstvy s integrovanými řídicími systémy a vytvoření regulačních obvodů pro technologii původně řízenou systémem JOHNSON CONTROLS.

Vytvoření komunikační vrstvy je konfigurační činnost v programovém prostředí SoftPLC IDE, kdy se dle zadávací dokumentace vytváří hardwarová vrstva datových bodů z integrovaných regulátorů. Zadávací dokumentací pro systém řízení JOHNSON CONTROLS bude návod pro integraci jednotlivých modulů pomocí protokolu N2Bus od technické podpory firmy Energo centrum Plus. Zadávací dokumentací pro systém řízení CAREL bude dokument návodu k obsluze, který obsahuje seznam proměnných a jejich parametry komunikace po protokolu Modbus.

Vytvoření regulačních obvodů je tvůrčí činnost v programovém prostředí SoftPLC IDE, kdy se rozčlení hardwarová vrstva datových bodů a vytváří se logika výpočtu výstupních proměnných na základě vstupních proměnných.

### 5.2.1 Programové prostředí SoftPLC IDE

Programové prostředí SoftPLC IDE lze zdarma stáhnout na stránkách distributora Domat Control System. Program je psaný v anglické lokalizaci s českým manuálem. Po spuštění programu uživatel vytvoří nebo otevře projekt. Projekt je definován jako jeden výpočetní program, běžící na jednom PLC. Programové prostředí je tím velmi jednoduché a přehledné, neboť neobsahuje abstrakci při způsobu objektového programování.

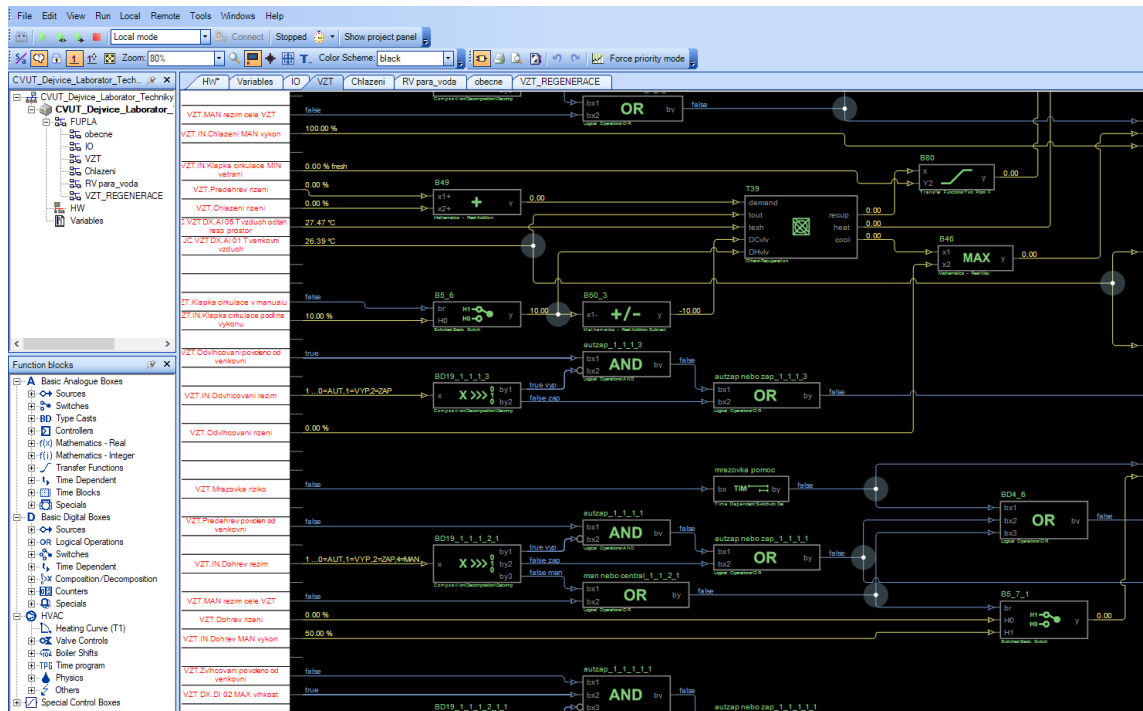
Projekt začíná u definice hardwarové vrstvy v záložce "HW". Zde se definuje komunikační kanál pro moduly vstupů a výstupů, obsluhovaných programem. V definici HW vzniká vazba mezi hardwarem a komunikačním protokolem. Pro zde použité iPLC510B to znamená definici dvou komunikačních kanálů sériové linky RS485 s příslušnými ovladači. Na těchto kanálech se pak vytvářejí buď ručně nebo pomocí autodetekce (pouze pro moduly Domat) proměnné dle adresace a ostatních

komunikačních parametrů. Takto vytvořené datové body jsou nazývány hardwarové proměnné.

Vedle hardwarových proměnných existují také softwarové proměnné, což jsou datové body bez návaznosti na hardware. Jsou to datové body reprezentující vnitřní stavy, žádané hodnoty, alarmové stavy a jiné pomocné proměnné pro logiku řízení a pro potřeby vizualizace.

Každá existující proměnná je genericky zobrazena v přehledu datových bodů “Variables“. Zde program umožňuje filtrování dle typu proměnné, jména, datového typu, jednotky, časové známky aktualizace a dalších sloupců a jsou zde také umožněny některé hromadné editační funkce. Záložka “Variables“ zároveň slouží jako jednoduchý ladící nástroj při komunikaci datových bodů, kde můžeme sledovat aktuální hodnoty a jejich časové známky.

Tvorba programu je pomocí grafického prostředí FUPLA. Grafická reprezentace programu FUPLA se skládá z proměnných a funkčních bloků. Proměnné jsou vkládány do “žebříku“, levá strana, reprezentující vstupy a pravá strana reprezentující výstupy. Funkční bloky zastávají logické, matematické, řídicí a optimalizační funkce, které se propojují pomocí spojovacích čar. Programové prostředí je vybaveno knihovnou funkčních bloků pro obsluhu technologií TZB a obsahuje i několik pokročilých bloků, například pro řízení spotřeb.



Obr. 5-2 RcWare SoftPLC IDE, grafické prostředí FUPLA

Před nahráním projektu do PLC je potřeba projekt zkompilovat, což je překlad projektu do aplikačního softwaru určeného pro PLC. Překlad projektu je možný, pokud neobsahuje snadno detekovatelné chyby jako jsou například nesprávně zapojené datové typy, nezapojené vstupy funkčních bloků nebo duplicitní výskyty proměnných.



## 5.2.2 Řídicí program VZT ROBATHERM

Nastavení komunikačního kanálu N2Bus začíná konfigurací parametrů ovladače. Sériová linka byla zapojena na portu COM3 s následujícími parametry:

Port COM Number	3	Read timeout	2000	[ms]
Baud Rate	9600	Read byte timeout	200	[ms]
Data Bits	8			
Parity	None			
Stop Bits	One			
Handshake	None			

Obr. 5-3 Nastavení komunikačního kanálu N2Bus

Vytváření hardwarové vrstvy datových bodů modulů JCI bylo provedeno ručně dle párování adresy modulu a výběru příslušného registru. Ovladač si zbytek parametrů pro komunikaci přiřadil sám.

Johnson Controls Address	
Protocol	N2Bus
Station number:	8
AI1-LoAlr	AI1-AnInp
AI1-LoAlr	Base address: 1216
AI2-AnInp	Offset: 7
AI2-HiRng	Value length: 2
AI2-LoRng	OK
AI2-HiAlr	Cancel
AI2-LoAlr	
AI3-AnInp	
AI3-HiRng	

Obr. 5-4 SoftPLC IDE, konfigurace hardwarové vrstvy N2Bus

Tab. 5-1 Hardwarová vrstva datových bodů pro moduly JOHNSON CONTROL

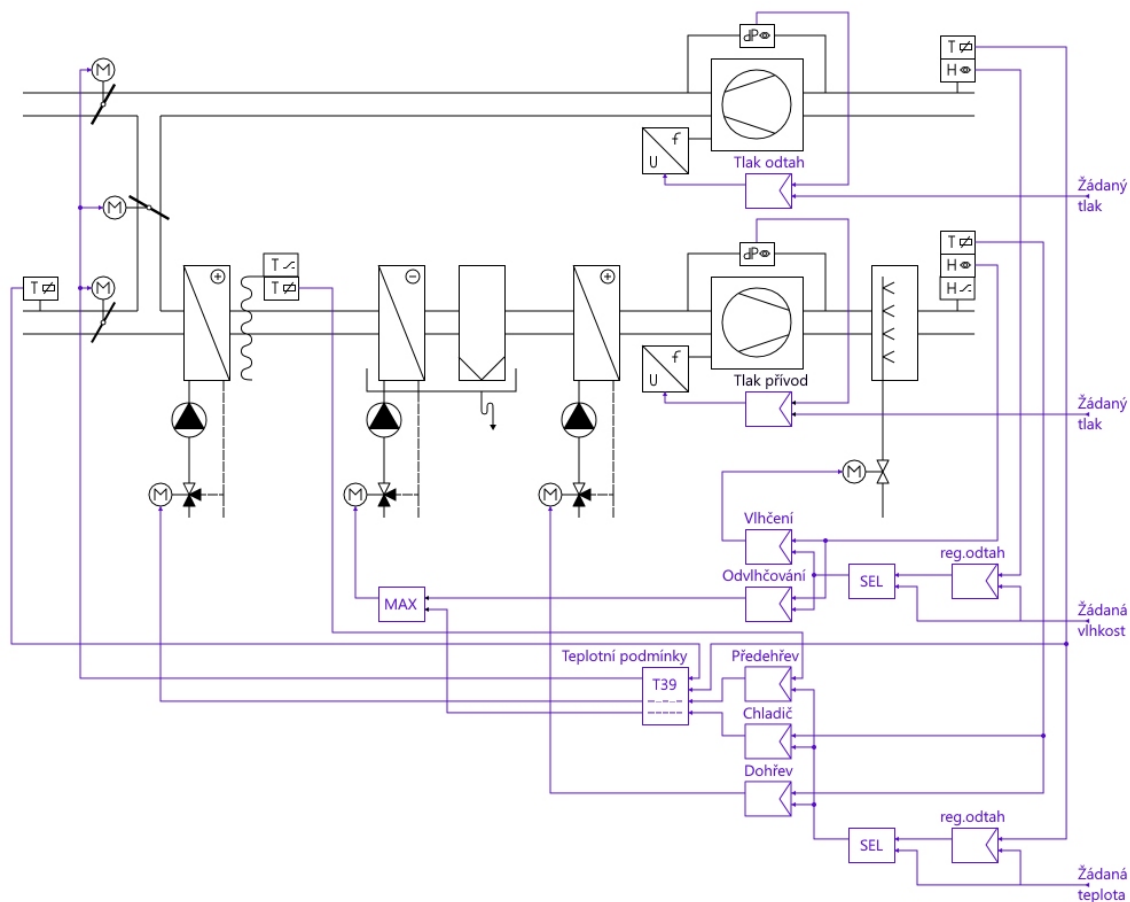
I/O	Adr.	č.	Popis	Registr
AI	8	1	Teplota venkovního vzduchu	An1-AnInp
		2	Teplota vzduchu před chladičem	An2-AnInp
		3	Teplota vzduchu přívod	An3-AnInp
		4	Vlhkost vzduchu přívod	An4-AnInp
		5	Teplota vzduchu odtah	An5-AnInp
		6	Vlhkost vzduchu odtah	An6-AnInp
		7	Teplota vody primár	An7-AnInp
AO	8	1	Regulační ventil primár	AO01-AnOut
		3	Regulační klapky	AO09-AnOut
		4	Ventil přehřev	AO10-AnOut
		5	Ventil dohřev	AO11-AnOut
		6	Ventil chladič	AO12-AnOut
		7	Ventil vlhčení	AO13-AnOut
		AO pomocné	8	1
3	AO09-EnReg			
4	AO10-EnReg			
5	AO11-EnReg			
6	AO12-EnReg			
7	AO13-EnReg			
DI kompozice				
DO kompozice			hodnota bit1-8 zápis bit9-16	DO-Ctrl
DI kompozice	9		hodnota bit1-8	XP1DI1-8
AI	16	1	Teplota okruh TČ1	An1-AnInp
		2	Teplota okruh TČ2	An2-AnInp
		3	Teplota AKU nádoby	An3-AnInp
		5	Teplota výstupu do rozdělovače	An5-AnInp
		DI kompozice		
DO kompozice			hodnota bit1-8 zápis bit9-16	DO-Ctrl
DI kompozice	17		hodnota bit1-8	XP1DI1-8
DI kompozice			hodnota bit1-4	XP2DI1-8
DO kompozice			hodnota bit5-8	XP2DO1-8

Pro tvorbu programu je potřeba udělat pomocnou logiku pro hardwarovou vrstvu datových bodů. Nejprve je potřeba hardwarové datové body digitálních signálů rozčlenit pomocí bitové dekompozice do lépe čitelných softwarových proměnných. Dále je potřeba u výstupních datových bodů povolit zápis, pomocí příslušných datových bodů v hardwarové vrstvě. Tímto povolení zápisu je odkloněna původní logika řízení jednotky JOHNSON CONTROL bez nutnosti zásahu do její vnitřní logiky.



Hlavním technologickým celkem je VZT ROBATHERM. Program obsahuje tyto základní regulační obvody:

- Regulace teploty přiváděného vzduchu pomocí směšování
- Regulace teploty přiváděného vzduchu pomocí přehřevu
- Regulace teploty přiváděného vzduchu pomocí chladiče
- Regulace teploty přiváděného vzduchu pomocí dohřevu
- Regulace teploty odtahovaného vzduchu změnou žádané teploty přívodního vzduchu
- Regulace vlhkosti přiváděného vzduchu pomocí parního zvlhčovače
- Regulace vlhkosti přiváděného vzduchu pomocí kondenzace na chladiči
- Regulace tlaku v potrubí přiváděného vzduchu pomocí změny otáček přívodního ventilátoru
- Regulace tlaku v potrubí odtahovaného vzduchu pomocí změny otáček odtahového ventilátoru



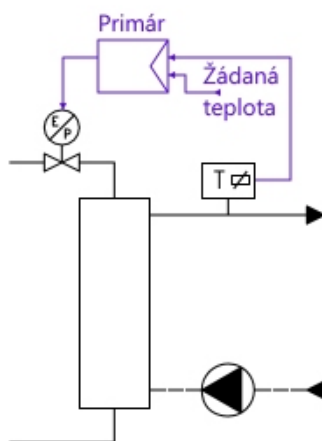
Obr. 5-6 VZT ROBATHERM, zjednodušený přehled základních regulačních vazeb

Na obrázku 5-6 je regulační vazba znázorněna symbolem regulátoru, který v programu znamená složitější propojení funkčních bloků. Základem regulačních vazeb je logika povolení PI regulátoru, který se snaží pomocí zásahu na akční veličině docílit dosažení žádané hodnoty na hodnotě měřené. Jako doplňkové regulační obvody program obsahuje:

- Ochrana teplovodního výměníku přehřevu proti zámrazu
  - Při vyhodnocení rizika zámrazu je výstup regulačního obvodu přehřevu nahrazen trvalým povelom na plné otevření směšovacího ventilu. Současně s tím je aktivní trvalý povel na chod cirkulačního čerpadla

K programu VZT ROBATHERM přidáme ještě vedlejší technologický celek výměníku pára/voda, ten obsahuje základní regulační obvod:

- Regulace teploty výstupní otopné vody výměníku pomocí regulačního ventilu na vstupu páry



Obr. 5-7 Výměník pára/voda, zjednodušený přehled základní regulační vazby

Další vedlejší technologický celek distribuce a akumulace chladu neobsahuje žádný základní regulační obvod, jelikož regulace výstupu chladicí vody z tepelného čerpadla je řízena vnitřní logikou tepelného čerpadla. Žádaná teplota výstupní chladicí vody se zadává ručně pomocí LCD panelu na tepelném čerpadle.

Program dále bude řešit signalizaci poruchových stavů technologie. Signalizace poruch pomocí signalizační kontrolky na rozvaděči bude rozlišovat:

- První skupina (poruchy neslučitelné s během technologie) – signálka bliká
  - Porucha vyhodnocující zámraz jednotky VZT
- Druhá skupina (chybová hlášení) – signálka trvale svítí
  - Chyba komunikace PLC s I/O moduly
  - Poruchy (a nechody) jednotlivých čerpadel
  - Přetopení výstupu otopné vody výměníku pára/voda
  - Porucha čidla teploty (hlídání rozsahu, přechod na hodnotu zadanou z vizualizace)

Poruchové stavy zůstávají i po odeznění v paměti alarmů. Po odstranění poruchy je potřeba paměť resetovat na rozvaděči nebo ve vizualizaci.

### 5.2.3 Integrace VZT UCEEB a VZT REGENERACE

Nastavení komunikačního kanálu Modbus začíná konfigurací parametrů ovladače. Sériová linka byla zapojena na portu COM4 s následujícími parametry:

Port COM Number	4	Maximal duration of each telegram [ms]	70	Reset
Baud Rate	19200	Pause between telegrams [ms]	0	Reset
Data Bits	8			
Parity	None			
Stop Bits	One			
Handshake	None			

Obr. 5-8 Nastavení komunikačního kanálu Modbus

Konfigurace adresy Modbus byla provedena dle manuálu Návod k obsluze pomocí integrovaného LCD panelu na obou jednotkách CAREL.

Vytváření hardwarové vrstvy datových bodů bylo provedeno ručně dle seznamu datových bodů z manuálu Návod k obsluze, kapitola BMS variable list (příloha 2 a příloha 3). Ke správné adresaci datových bodů jsem použil návod na stránkách Domat Control System, který popisuje časté odlišnosti v implementaci komunikačního protokolu Modbus napříč různými systémy řízení [8].

- Datové body Analog
  - Adresy Modbus začínají od 2, adresy BMS začínají od 1
  - Hodnoty proměnných se musí dělit 10
  - Pořadí bytů High-Low, znaménkový tvar Signed
  - Čtení funkcí F03 (read holding register), zápis funkcí F06 (write holding register)

- Datové body Integer
  - Adresy Modbus začínají od 130, adresy BMS začínají od 1
  - Pořadí bytů High-Low, znaménkový tvar Signed
  - Čtení funkcí F03 (read holding register), zápis funkcí F06 (write holding register)
- Datové body Digital
  - Adresy Modbus začínají od 2, adresy BMS začínají od 1
  - Čtení funkcí F01 (read coil), zápis funkcí F05 (write single coil)

Integrace řídicího systému CAREL nevytváří žádnou potřebu nových regulačních obvodů v programu v iPLC510B. Hardwarové proměnné jsou v použitelném tvaru pro následnou vizualizaci.

com4.carel_vzt1.Analog_01.Supply_temperature	26	°C
com4.carel_vzt1.Analog_02.Supply_humidity	39.5	%RH
com4.carel_vzt1.Analog_03.Room_temeperature	26.8	°C
com4.carel_vzt1.Analog_04.Room_humidity	41.800	%rH
com4.carel_vzt1.Analog_05.Fan_speed	0	%
com4.carel_vzt1.Analog_06.Heater_valve	0	%
com4.carel_vzt1.Analog_07.Cooling_valve	0	%
com4.carel_vzt1.Analog_08.Humidifier_power	0	%
com4.carel_vzt1.Analog_09.Setpoint_cooling	36.7	°C
com4.carel_vzt1.Analog_10.Setpoint_heating	36.7	°C
com4.carel_vzt1.Analog_11.Setpoint_humidity	32	%RH
com4.carel_vzt1.Boolean_01.Alarm_filter	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_02.Alarm_fan	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_03.Alarm_heater_pump	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_04.Alarm_cooler_pump	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_05.Alarm_humidifier	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_07.Alarm_frost	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_08.Unit_enabled_ID5	true	
com4.carel_vzt1.Boolean_09.Fan_start	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_10.Heater_pump_start	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_11.Cooler_pump_start	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_12.Humidifier_start	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_13.Common_fault	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_14.Reset_alarms	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_15.System_ON	true	
com4.carel_vzt1.Boolean_16.AHU_mode_scheduler	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_17.AHU_manual_ON	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_18.Operation	false	
com4.carel_vzt1.Boolean_19.Emergency_off	false	
com4.carel_vzt1.Integer_01.Air_flow	0	m3/h
com4.carel_vzt1.Integer_02.Setpoint_air_flow	900	m3/h

Obr. 5-9 SoftPLC IDE, komunikující regulátor VZT UCEEB



### **5.2.4 Integrace regulátoru DOMAT do centrálního systému MaR**

Napojení nového iPLC510B na centrální systém MaR proběhlo pomocí konfigurace spojení MERVIS PROXY. Jedná se o editaci konfiguračního souboru v souborovém systému iPLC510B, kde se nastavuje webová adresa proxy serveru a přihlašovací údaje.

Dále je potřeba v programu vybrat proměnné, které se budou pomocí MERVIS PROXY propagovat do cloudového řešení. Vybral jsem:

- Všechny hardwarové proměnné
- Všechny ručně vytvořené softwarové proměnné

Stav spojení na MERVIS PROXY lze sledovat v systémovém statusu přímo na PLC nebo v administraci na serveru. Po úspěšném připojení na MERVIS PROXY se stává nové PLC dostupným pro vzdálenou správu a pro cloudové řešení MERVIS SCADA. Dalším krokem je vytvoření vizualizace, která se pak začlení do centrálního systému MaR.

## **5.3 Tvorba vizualizace**

V předchozí kapitole je dokončeno programování nového PLC pomocí RcWare SoftPLC IDE. Projekt SoftPLC je pro nás výchozím bodem pro tvorbu vizualizace v prostředí programu RcWare Vision. RcWare Vision je tedy editačním nástrojem a zároveň systémem SCADA.

Po dokončení vizualizace v programu RcWare následuje export do systému MERVIS SCADA.

### 5.3.1 Programové prostředí RcWare Vision

RcWare Vision je vizualizační systém, který byl původně vyvinut pro vytváření monitorovacích systémů, které integrovaly různé technologie pomocí telemetrických sítí, v nichž komunikovaly různé regulační a řídicí systémy po místních sběrnících. Systém ve svých současných verzích využívá nejmodernějších softwarových nástrojů a komunikačních standardů. Tím umožňuje poskytovat plnou kompatibilitu se stávajícími systémy a možnost pokročilého síťování subsystémů. Modularita systému usnadňuje postupné budování dispečinků od nejjednodušší vizualizace naměřených hodnot po distribuované integrované systémy. Zvláštní zřetel je kladen na vysokou spolehlivost, rychlé vytváření aplikací a snadné nastavování i pro méně pokročilé uživatele. Licenční politika zpřístupňuje systém dokonce i pro nejmenší zařízení o několika desítkách datových bodů. Po standardní instalaci (méně než 20 minut) a prvotním nastavení je ovládání snadné a intuitivní. Pro základní modifikace a tvorbu grafiky postačují základní znalosti práce s počítačem, není nutné být programátorem nebo IT specialistou [8]. Zmíněná modularita systému se skládá z těchto komponent:

- Editor datových bodů
- Grafy měřených hodnot
- Schémata technologie
- Protokoly činnosti PC
- Provozní deník
- Přehled alarmů

Čas aktualizace	Distribuce a akumulace chladu	Hodnota				
<b>CVUT_DEJVICE_LABORATOR_TP</b>						
<b>Komunikace</b>						
	SoftPLC link_IPLC510b					
	SoftPLC link_IPLC510b proxy					
	localhost					
St 17.06.2020 18:05:06	čas Soft PLC	St 17.06.2020 18:05:05	SET			
St 17.06.2020 18:05:17	Komunikace s PLC	OK				
St 17.06.2020 18:04:59	Komunikace s moduly JC	OK				
St 17.06.2020 18:05:10	Komunikace s moduly DOMAT+CAREL	OK				
St 17.06.2020 18:05:11	Komunikace s modulem M007	OK				
<b>VZT ROBATHERM</b>						
<b>Poruchy</b>						
St 17.06.2020 18:05:16	Signalizace poruchy	NESVITI				
St 17.06.2020 18:05:10	Reset poruchy	---	RST	---		
St 17.06.2020 18:05:03	Porucha Dohřev Čerpadlo	OK				
St 17.06.2020 18:04:57	Porucha Chlazení Čerpadlo	OK				
St 17.06.2020 18:05:18	Porucha Ohřev Čerpadlo	OK				
St 17.06.2020 18:04:57	Porucha MAX vlhkost	OK				
St 17.06.2020 18:05:13	Porucha Mráz	OK				
St 17.06.2020 18:05:17	Porucha Vent.odtah kontakt	OK				
St 17.06.2020 18:05:05	Porucha Vent.odtah nechod	OK				
St 17.06.2020 18:05:01	Porucha Vent.přívod kontakt	OK				
St 17.06.2020 18:05:01	Porucha Vent.přívod nechod	OK				
<b>Stav VZT</b>						
St 17.06.2020 18:05:00	VZT Režim	VYP	TPG	VYP	ZAP	C.MAN
St 17.06.2020 18:05:16	VZT TPG	VYP	SET			
St 17.06.2020 18:04:59	Aktuální režim VZT	VYP				
St 17.06.2020 18:04:57	MÁN režim celé VZT	NE				
St 17.06.2020 18:05:16	Start VZT s náhřevem	NE				
St 17.06.2020 18:05:16	Start VZT povolen	NE				

Obr. 5-10 RcWare Vision, Editor datových bodů

Tvorba vizualizace začíná vytvořením datového souboru v modulu “Editor datových bodů“. Po vytvoření datových bodů se tyto body umísťují do grafických obrazovek v modulu “Schémata technologie“. Pro využití modulu “Grafy měřených hodnot“ je potřeba nakonfigurovat ukládání historie. Modul “Přehled alarmů“ pracuje automaticky nad datovým souborem a umožňuje vyhodnocení a správu alarmových stavů. Modul “Provozní deník“ a “Protokoly činnosti PC“ jsou využívány především v provozech, kde se střídá více uživatelů a je potřeba protokolovat činnost uživatelů i činnost systému jako takového (například sledování doby chodu aplikace, restarty aplikace, aktuálně přihlášení uživatelé a podobně).

### 5.3.2 Tvorba datového souboru

Tvorba datového souboru probíhá v modulu Editor datových bodů. Editor datových bodů disponuje přehledem se stromovou strukturou a tabulkovým (řádkovým) pohledem. Datové body získávají stromovou strukturu díky členění:

- Technologické celky
  - Záhloví – skupiny datových bodů
    - Datové body

Datové body mohou být typu:

- Definice pro komunikační ovladač
- Analogový vstup:      Zobrazení analogové hodnoty
- Analogový výstup:      Zobrazení analogové hodnoty, tlačítka pro zadání hodnoty
- Digitální vstup:      Zobrazení stavu, který dle masky interpretuje příslušnou hodnotu proměnné
- Digitální výstup:      Tlačítka stavů, které dle masky zapisují do proměnné příslušnou hodnotu
- Časový program:      Týdenní tabulka stavů, které dle masky interpretují příslušnou hodnotu proměnné
- Čas regulátoru:      Zobrazení proměnné ve formátu času
- Skript:      Volně programovatelný bod programovacím jazykem RcWare nebo Jscript.NET

Z pohledu RcWare Vision mohou být matoucí názvy typů datových bodů vstup/výstup. Pojmenování je z pohledu systému SCADA, nikoliv hardwarových vrstev programu PLC.

Konfigurace datového bodu se provádí pomocí editačního okna “Editor vstupů, výstupů a skriptu jádra datového bodu“. V tomto okně je možné editovat jednotlivé úrovně rozhraní datového bodu. U analogových datových bodů se zde nastavuje transformační přepočít, zobrazovaná jednotka, alarmová mez horní/spodní nebo počet

desetinných míst. U digitálních datových bodů je potřeba v rozhraní definovat masky stavů neboli jmenovou reprezentaci číselné hodnoty proměnné. Pro tuto masku stavů se definují příznaky pro alarmové stavy.

The screenshot shows the RcWare Vision interface for configuring alarm masks. The main window displays a table of alarm events for the 'VZT ROBATHERM' system. The table includes columns for 'Čas aktualizace', 'Popis', 'Hodnota', and 'Stav'. The 'Stav' column shows various alarm codes like 'VYP', 'TPG', and 'ZAP'. A dialog box titled 'Editace digitální masky pro interface č.1' is open, showing the configuration for the 'ALR\_MEM' status. The dialog includes fields for 'Maska platných hodnot (AND)' and 'Maska nepoužitých hodnot (NOP)', both set to hexadecimal values. Below these fields is a bit mask configuration grid with 32 bits, each with a checkbox and a radio button for 'AND' or 'NOP'. The 'AND' mask is set to 1 (bit 0) and the 'NOP' mask is set to FFFFFFFE (bits 1-31). The dialog also has a checkbox for 'Povolit přenos NOP masky do ostatních stavů' and 'OK'/'Storno' buttons.

Č.	Popis	Typ hodnoty V/V	Typ ovl.	Zdroj dat - ovladač	Adresa dat	Hodnota	Parametr 1	Parametr 2	Alarm
0.	Měřená	Digitální vstup/výstup	ext.	SoftPLC link bdtah nechod mem k.2		0x0	...	...	
1.	Log. stav	Digitální maska	odkaz		Můj vstup č.:0	OK	ALR_MEM	1,FFFFFFFE	▲
2.	Log. stav	Digitální maska	odkaz		Můj vstup č.:0	OK	OK	0,FFFFFFFE	

**Editace digitální masky pro interface č.1** Popis stavu: ALR\_MEM

Maska platných hodnot (AND) - zaškrtnuto = stav bitu použité hodnoty = 1  [hex]

Maska nepoužitých hodnot (NOP) - zaškrtnuto = stav nepoužit  [hex]

31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

AND  NOP

Povolit přenos NOP masky do ostatních stavů

OK  Storno

**Alarmy**

Povolení ALARMU (poruchy)

Poruchové volání Necitlivost vzniku ALARMu

Zpráva SMS

Zpráva SMS při zániku poruchy

Dialogové okno poruchy

Paměť poruchy

Hlasová zpráva

Povolit SMS na AlarmServeru

Alarm Server Mirror

Obr. 5-11 RcWare Vision, konfigurace alarmových příznaků v datovém souboru

Vyhodnocení akce při nastalém alarmovém stavu se konfiguruje v záložce “Alarmy“. Zde se definuje, zda bude datový bod aktivně sledován jako alarmový bod, doba necitlivosti při vzniku a následná reakce. Z reakcí na alarmový bod nastavuji “Dialogové okno poruchy“ a funkcionalitu “Povolit na AlarmServeru“. AlarmServer je staré pojmenování komponenty MERVIS Notificator, která přebírá vyhodnocení alarmové reakce nad vzniklým alarmem.

Ukládání datového bodu do historie se konfiguruje v záložce “Historie“. Program RcWare Vision nám umožňuje používat tyto způsoby ukládání historie:

- Dlouhodobá - Souborová historie: Lokální dispečinky bez přístupu na Internet nebo jako záloha pro ostatní způsoby ukládání
- Dlouhodobá – SQL databáze: Využití MERVIS Db nebo jiného databázového systému
- Krátkodobá-cyklická: Pro účely ladění regulačních smyček, kdy není potřeba archivace dlouhodobého trendu
- Ukládání při změně hodnoty: Pro přesné sledování změny stavů

Jelikož je systém napojen na centrální systém MaR využil jsem možnost ukládání dlouhodobé SQL historie na servery Mervis Db s intervalem ukládání 1 minuta. Ukládání historie je nakonfigurováno pro všechny analogové a digitální datové body.

Aby datový bod správně komunikoval, musí mu být přidělen příslušný komunikační kanál a tento kanál musí mít vytvořenou Definici pro komunikační ovladač. Je vhodné vytvořit do datového souboru komunikační kanály dva:

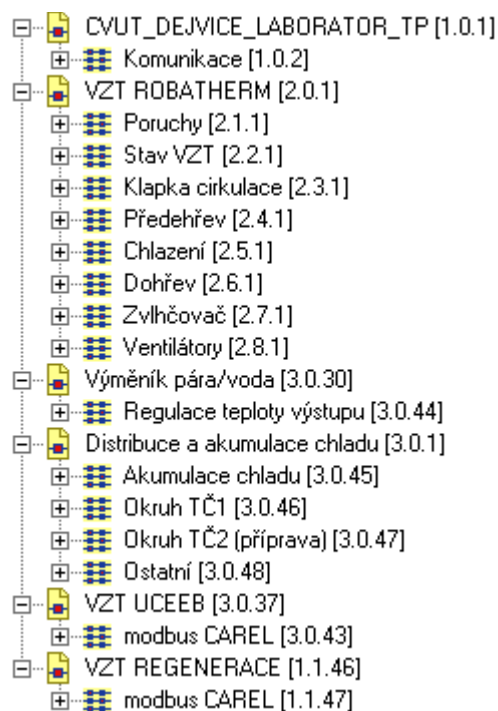
- SoftPLC Link – LOCAL: Nastavení z místní technologické sítě, definice pro lokální centrální dispečink
- SoftPLC Link – PROXY: nastavení dle přístupu MERVIS PROXY, definice pro cloudové řešení MERVIS SCADA

Během práce nad datovým souborem lze tyto kanály střídat dle potřeby.

Napojení datového bodu v RcWare Vision na proměnnou v projektu SoftPLC IDE se provádí pomocí dialogu ovladače SoftPLC Link. Struktura proměnných z projektu je zde filtrována pomocí příznaku na výběr komunikovaných bodů (viz kapitola 5.2.4). RcWare Vision disponuje i nástrojem pro hromadný import proměnných z projektu SoftPLC Link. Tato operace ušetří nemálo času oproti ručnímu vytváření proměnných. Největší problém spatřuji v pojmenování datových bodů, které projekt SoftPLC umožňoval dostatečně dlouhé a automaticky je doplňoval o názvy ze jmenných prostorů. To umožňovalo dobrou orientaci ve stromové struktuře projektu SoftPLC, ale v programovém prostředí RcWare Vision, kde je název datového bodu omezen na 32 znaků se musely názvy zkracovat a zjednodušovat.

Datový soubor obsahuje celkem:

- 57 analogových vstupů
- 147 analogových výstupů
- 100 digitálních vstupů
- 37 digitálních výstupů



Obr. 5-12 RcWare Vision, stromová struktura datového souboru

Při tvorbě digitálních datových bodů je potřeba znát přesnou interpretaci možných stavů. Digitální datové body jsou nejčastěji celočíselné datové typy Integer (a jeho varianty), a nebo logický datový typ Boolean (logická 0/1, pravda/nepravda, zap/vyp a jiné). U datového typu Boolean jsem například u technologie obslužené regulátory CAREL zavedl plošně stavy ZAP/VYP, jelikož dokumentace neobsahovala

detailnější popis (významově jde především o polaritu, například zda je logická 1 stav ALARM nebo stav OK). U technologie původně obsluhované systémem JOHNSON CONTROLS byla interpretace proměnných dostatečně zmapována.

### 5.3.3 Tvorba technologických schémat

Technologická schémata vznikala nad datovým souborem za pomoci volně dostupné sady bitmap z distribuce RcWare Vision, webových stránek MERVIS a knihovny obrázků firmy Energocentrum Plus. Jako inspiraci jsem měl k dispozici realizační projekt vzduchotechniky do systému Mervis SCADA, ze kterého šlo snadno odvodit zvyklosti a mechanismy práce s technologickými schématy. Základními grafickými prvky ve schématech jsou:

- **Zobrazovač hodnoty:** Zobrazení aktuální hodnoty nebo stavu proměnné
- **Časový program:** Přímý odkaz na týdenní tabulku časového programu s možností grafické úpravy prvku
- **Textové pole:** Obdélníkové textové pole, které se běžně využívá jako grafický prvek při kreslení ve stylu “plochý/dlaždicový design“
- **Graf:** Zobrazení definované šablony pro historii datových bodů
- **Plocha pro odkaz:** Odkazová plocha na jiné schéma, graf nebo webovou adresu
- **Animace:** Na základě aktuálního stavu (jedné nebo více) proměnné se přiřadí kolekce (jednoho nebo více) grafických prvků. Pokud je více prvků v jedné kolekci, střídají se v časovém intervalu jako animace. Tím lze například při digitálním stavu ZAP docílit ve schématu točivého efektu rotoru. Kombinací kolekcí a rozhodovacím skriptem lze pomocí animace vytvářet velmi sofistikované, ale konfiguračně složité grafické prvky

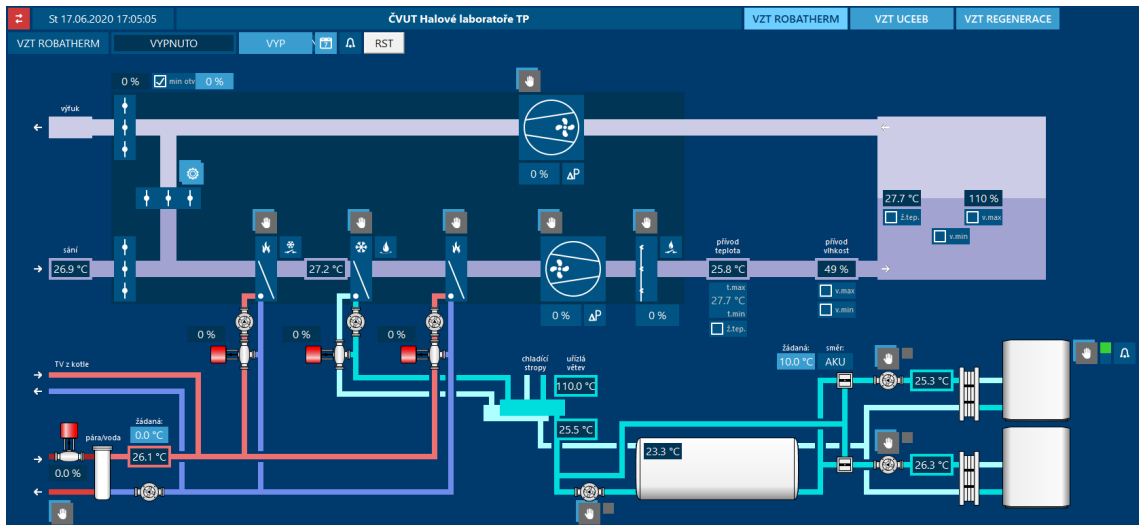


Při kreslení jsem nejprve vybral sadu bitmap. Zvolil jsem moderní styl kreslení technologických schémat vycházející z plochého/dlaždicového designu mobilních zařízení. Grafické prvky se zjednodušují na charakteristické kontury tvarů zařízení a význam jednotlivých prvků se symbolizuje pomocí ikonek s technickým značením. Nevýrazné tvary technologie umožňují zvětšovat významový kontrast mezi jednotlivými prvky vizualizace.

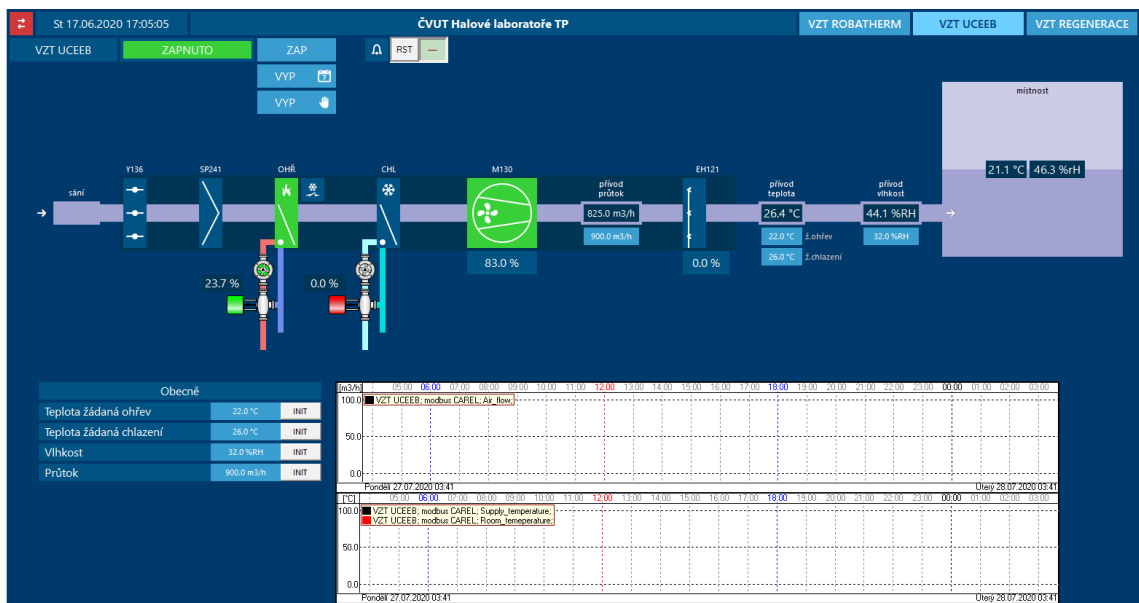
Podstatnou zásadou je unifikace použitých barev ve schématu. Barvy jsou použity z modré šablony MERVIS SCADA. Ve schématu se vyskytuje pouze několik barev, které mají daný význam:

- Tmavě modrá: Neaktivní nebo pasivní prvek, například vypnutá technologie bez alarmu nebo senzory měření
- Světle modrá: Ovládací prvky umožňující zásah uživatele
- Zelená: Aktivní provozní stav technologie
- Červená: Výstražný poruchový stav technologie. Aktuálně trvající alarm nebo například blokace chodu technologie
- Žlutá: Varovný stav technologie
- Šedá: Uživatelsky blokovávané funkce systému

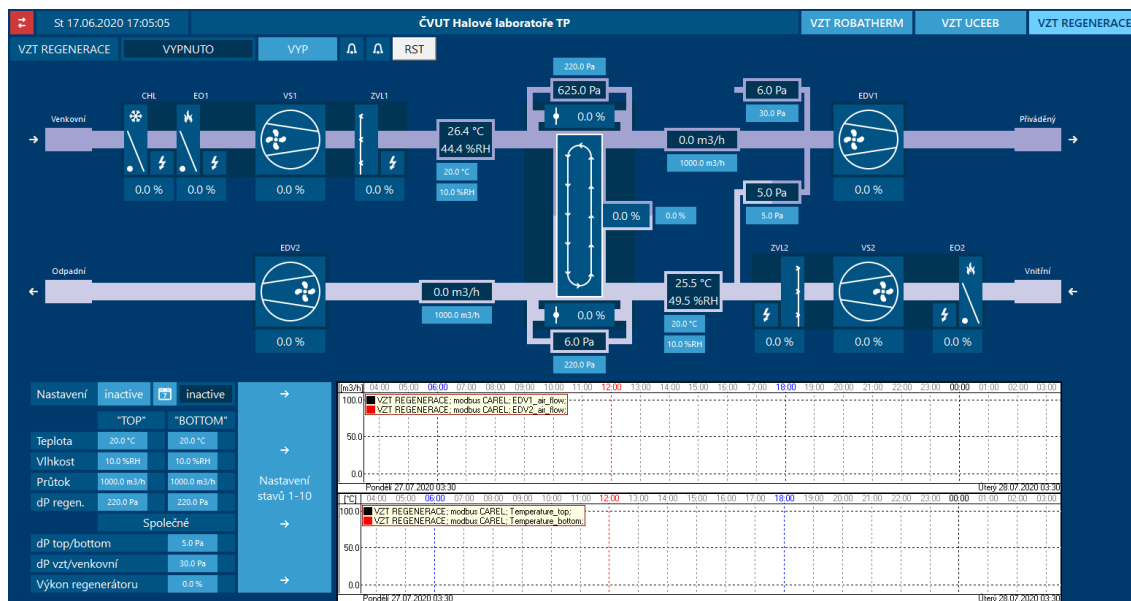
Další zásadou při tvorbě schémat je uživatelská robustnost. Ovládací prvky jsou přístupné až po vyvolání dialogového okna s tlačítky pro změnu hodnoty. Tím jsou schémata dobře ovladatelná i na zařízeních s dotykovým displejem, kde často při posouvání obrazovky dochází k nechtěnému kliknutí na tlačítka ve schématu. Technologie byla rozdělena do tří schémat, které vždy obsahly technologii dle řídicí jednotky a byly pojmenovány po hlavních VZT jednotek.



Obr. 5-13 VZT ROBATHERM, schéma technologie



Obr. 5-14 VZT UCEEB, schéma technologie



Obr. 5-15 VZT REGENERACE, schéma technologie

Schémata obsahují jednotnou horní stavovou lištu s indikací stavu komunikace a zobrazeným časem PLC. Pak následují centrální nebo hlavní ovládací prvky a schéma technologie. Spodní část schémat regulátorů CAREL je vyhrazena pro nastavení žádaných hodnot a trvale zobrazené průběhy vybraných proměnných v grafu.

### 5.3.4 Integrace vizualizace do centrálního systému MaR, MERVIS

#### SCADA

Cloudové řešení MERVIS SCADA využívá specifického překladu projektu RcWare Vision, který se pomocí webového rozhraní nahrává na vzdálené serverové úložiště.

System Mervis SCADA zobrazuje stejně jako RcWare Vision tabulkový pohled na datový soubor, schémata a grafy. Oproti RcWare Vision ale dosahuje lepšího uživatelského komfortu při práci s daty, například:

- Vyhledávací funkce, možnost filtrování pomocí logických operátorů (AND, OR)
- Označování oblíbených datových bodů

- Agregace datových bodů z různých projektů a porovnávání jejich historických průběhů v grafech
- Analýza historických dat pomocí grafů (hledání hodnoty průměru/maxima/minima za určité časové období, kobercový graf a jiné)

The screenshot shows the Mervis SCADA web interface. The browser address bar displays 'scada.mervis.info/#/projects?view=project&project=56ab487e-c35b-4b6d-8c00-92eb5d093ac0&projectVi...'. The interface includes a navigation menu on the left with categories like 'CVUT\_DEJVICE\_LABORATOR\_TP', 'VZT ROBATHERM', 'Chlazení', 'RV pára/voda', 'VZT UCEEB', 'modbus CAREL', 'VZT REGENERACE', and 'Měření'. The main area displays a table with the following data:

Čas	Název	Stav	Hodnota	Operace
<b>VZT UCEEB</b>				
<b>modbus CAREL</b>				
<input type="checkbox"/>	04:39:59	Supply_temperature	26,6 °C	
<input type="checkbox"/>	04:39:59	Supply_humidity	42,2 %RH	
<input checked="" type="checkbox"/>	04:39:59	Room_temeperature	27,3 °C	
<input type="checkbox"/>	04:39:59	Room_humidity	42,0 %RH	
<input type="checkbox"/>	04:39:59	Fan_speed	0,0 %	
<input type="checkbox"/>	04:39:59	Heater_valve	0,0 %	
<input type="checkbox"/>	04:39:59	Cooling_valve	0,0 %	
<input type="checkbox"/>	04:39:59	Humidifier_power	0,0 %	
<input type="checkbox"/>	04:39:59	Setpoint_cooling	36,7 °C	
<input type="checkbox"/>	04:39:59	Setpoint_heating	36,7 °C	
<input type="checkbox"/>	04:39:59	Setpoint_humidity	32,0 %RH	

Obr. 5-16 MERVIS SCADA, webové rozhraní

Jako úložiště pro ukládání historie slouží servery Mervis Db. Do databáze historických dat jsou periodicky ukládány hodnoty ze všech datových bodů. Historická data jsou v databázi ukládána ve speciálním tvaru, který umožňuje ukládat a spravovat velká množství dat (řádově miliardy a více záznamů) a zároveň umožňuje požadovaná data rychle vyhledat a zobrazit. Exportu historických dat se provádí pomocí dialogu z aktuálně zobrazeného grafu.

Dále je v rámci cloudového řešení připraven modul MERVIS Notificator. Jedná se o modul, který slouží k řízení a zpracování informací o alarmovém stavu datového bodu. Systém umí komunikovat pomocí:

- Zasílání SMS
- Zasílání informačních e-mailů
- Zasílání zpráv do help-desku uživatele

V systému je možno nastavit work-flow, tj. kdy, komu a jak budou zprávy zasílány. Systém všechny alarmy ukládá v historickém přehledu a umožňuje jejich další vyhodnocování a zpracování [6].

System Mervis SCADA je v garanci provozovatele centrálního dispečinku v budově ČVUT. Na vyžádání vytváří nové přihlašovací účty, nastavují uživatelská práva a nahrávají nové experty z projektu RcWare Vision.

## 5.4 Testování virtuálního prostředí

Při testování virtuálního prostředí bylo nejdůležitější prověřit:

- Funkčnost celého systému
- Uživatelský komfort při práci s vizualizací

Při funkčních zkouškách se ověřovala správná interakce mezi technologií v laboratoři a virtuálním prostředí Mervis SCADA. Jelikož byla práce na virtuálním prostředí závislá na několikanásobném přenosu informace mezi různými systémy, byly v průběhu testování odhalovány a opravovány chyby v zapojení, značení nebo konfiguraci. Díky těmto funkčním zkouškám byly odhaleny například nefunkční analogové vstupy pro měření tlakové difference ventilátorů VZT ROBATHERM.

Dále proběhl servis na čerpadlech a program byl doplněn o funkci pravidelného protáčení z důvodu prevence rizika “zalehnutí“. Během servisu venkovní jednotky tepelného čerpadla Carrier byla velmi užitečná možnost ovládat technologii z mobilního zařízení v součinnosti s technikem servisní firmy.

Testování uživatelského komfortu probíhalo převážně při experimentech na měřící trati VZT REGENERACE. Důležitým faktorem bylo, aby se technologická schémata uspořádáním shodovaly s výkresovou dokumentací v laboratoři. Dále se podařilo pomocí sledování činnosti uživatelů na měřící trati VZT REGENERACE navrhnout a realizovat možnost nastavovat sady žádaných parametrů, které se dají automaticky přepínat pomocí časového programu. Zkušenosti z provozu vzduchotechniky byly do vizualizace zapracovány během pravidelných konzultací s firmou provozující centrální dispečink.

## 6 Závěr

V rámci této práce bylo vytvořeno virtuální prostředí pro ovládání vzduchotechnických zařízení umístěných v laboratořích Ústavu techniky prostředí. Virtuální prostředí je vytvořené v programu RcWare Vision a je provozováno jako cloudové řešení systému Mervis SCADA. Virtuální prostředí umožňuje snadné ovládání sledované technologie a vizualizaci aktuálních hodnot s možností stažení historie ve formátu datové řady. Pro přehlednou orientaci bylo vytvořeno grafické rozhraní rozdělené do tří obrazovek technologických schémat.

K dosažení tohoto cíle byl řídicí systém doplněn o nové PLC DOMAT, které převzalo roli řídicí jednotky technologie původně obslužené systémem JOHNSON CONTROLS. Pro technologii obsluženou jednotkami CAREL se nové PLC stalo koncentrátorem a nástavbou pro komunikované datové body. Způsob a otevřený přístup k programovacímu prostředí umožňuje budoucí operativní optimalizace a vylepšování řídicích algoritmů podle zkušeností a požadavků laboratorních úloh.

Virtuální prostředí bylo začleněno do centrálního systému MaR v budově ČVUT a splňuje standardy dnešní doby, s možností pokročilých analytických metod nad získanými daty.

## 7 Použitá literatura

- 1) DRKAL, F., ZMRHAL, V. Větrání. 2. vydání. Vysokoškolské skriptum. Česká technika – nakladatelství ČVUT. 2018.
- 2) BAŠTA, J. Regulace v technice prostředí staveb. Česká technika – nakladatelství ČVUT. 2014
- 3) Beneš, P., Chlebný, J., Král, J., Langer, J., Martinásková, M. Automatizace a automatizační technika 2 Automatické řízení
- 4) Beneš, P., Chlebný, J., Král, J., Langer, J., Martinásková, M. Automatizace a automatizační technika 3 Prostředky automatizační techniky
- 5) <http://www.energocentrum.cz/> ... Informační portál společnosti Energocentrum Plus, s. r. o.
- 6) <https://mervis.info/#/cs/home> ... Informační portál produktu MERVIS společnosti Energocentrum Plus, s. r. o.
- 7) <https://kb.mervis.info/> ... Znalostní báze produktu MERVIS společnosti Energocentrum Plus, s. r. o.
- 8) <http://domat-int.com/> ... stránky společnosti Domat Control System, s. r. o., zdroj katalogových listů, manuálů a informací k produktům

## **Seznam příloh**

1) CD s prací

netištěné přílohy obsažené na CD:

2) Návod k obsluze regulátoru CAREL, laboratoř UTP (VZT UCEEB)

3) Návod k obsluze regulátoru CAREL, laboratoř UTP (VZT REGENERACE)

4) Projekt: Laboratoř ČVUT, Měření a regulace, rozvaděč RVZT1

5) Projekt: Laboratoř ČVUT, Měření a regulace, rozvaděč MR