

Řídicí a vizualizační systém chladicí věže

Martin Dolinay

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Dolinay**
Osobní číslo: **A16091**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Inteligentní systémy s roboty**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Řídicí a vizualizační systém chladicí věže**
Téma anglicky: **A Cooling Tower Control and Visualisation System**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma "Řízení chladicích věží."
2. Popište hardware, způsoby a postupy programování PLC Siemens, které k řešení úkolu budete využívat.
3. Popište konkrétní chladicí věž, která slouží pro chlazení chladicí vody indukčních pecí o výkonu 8 MW, a navrhnete pro ni řídicí systém.
4. Navržený systém realizujte jak po hardwarové, tak po softwarové stránce.
5. Celou technologii vizualizujte.



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace, 1.díl. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 80-860-5658-9.
2. ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace, 2.díl. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
3. MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-010-2925-5.
4. BERGER, Hans. Automating with SIMATIC S7-1500: Configuring, Programming and Testing with STEP 7 Professional. Germany: Publicis MCD, 2014. ISBN 978-3-89578-919-9.
5. BERGER, Hans. Automating with SIMATIC S7-1200: Configuring, Programming and Testing with STEP 7 Basic Visualization with HMI Basic. 2nd enlarged and revised edition. Germany: Publicis MCD, 2013. ISBN 978-3-89578-901-4.

Veřející bakalářské práce:

Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

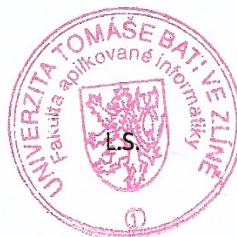
21. prosince 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

15. května 2019

Ve Zlíně dne 21. prosince 2018

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne

Martin Dolinay, v.r.
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem práce je navrhnout a naprogramovat řídicí systém chladicí věže, která slouží k ochlazování vody v okruhu indukčních pecí pro tavení železa, a to včetně všech hardwarových komponent, elektro-dokumentace a vizualizace. V teoretické části jsou popsány programovatelné automaty firmy Siemens, jejich HMI panely a vývojové prostředí TIA Portal. Jednotlivé kapitoly se zabývají stručným přehledem SIMATIC zařízení, možnostmi jejich programování a základním seznámením s programovacím prostředím TIA portal verze 15. Hlavní náplní praktické části je se seznámit s technologií chladicí věže a vytvoření jejího řídicího a vizualizačního systému.

Klíčová slova: PLC, ET200SP, S7-1500, HMI, TIA Portal, SIMATIC, Chladicí věž, řídicí systém

ABSTRACT

The aim of this thesis is to design and programme a cooling tower control system – used for cooling water intended for in the iron-smelting furnaces. This includes all hardware components, electro-documentation and visualisations. The theoretical part describes Siemens programmable logical controllers, their HMI panels and the TIA Portal software environment. Individual chapters deal with a brief overview of SIMATIC devices, their programming possibilities and a basic introduction to the TIA portal (Version 15) programming environment. The main practical part is intended to acquaint people with cooling tower technology and the creation of its control as well as its visualisation system.

Keywords: PLC, ET200SP, S7-1500, HMI, TIA Portal, SIMATIC, Cooling tower, Control system

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své práce Ing. Tomáši Sysalovi PhD., za odborné vedení, cenné rady a veškerou spolupráci při zpracování této bakalářské práce.

Velké poděkování patří mé rodině za trpělivost a podporu při mém studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 CHARAKTERISTIKA A PROVEDENÍ PLC	9
1.1 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY FIRMY SIEMENS	11
1.2 PLC S7-1200	13
1.3 PLC S7-1500	15
1.4 ET 200SP	17
2 HMI PANELY FIRMY SIEMENS	19
2.1 BASIC PANELY	19
2.2 COMFORT PANELY	21
2.3 MOBILNÍ PANELY	22
3 PROGRAMOVACÍ PROSTŘEDÍ TIA PORTAL	24
3.1 POPIS VÝVOJOVÉHO PROSTŘEDÍ	24
3.2 ZALOŽENÍ PROJEKTU A JEHO KONFIGURACE	26
3.3 PROGRAMOVACÍ JAZYKY	32
3.3.1 Ladder diagram	32
3.3.2 Function block diagram	33
3.3.3 Statement text language	33
3.3.4 Structured control language	34
3.3.5 GRAPH	35
3.4 PROGRAMOVÁNÍ PLC A HMI PANELŮ	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
4 POPIS APLIKACE CHLADICÍ VĚŽE V PROCESU TAVENÍ	41
4.1 POPIS CHLADICÍ VĚŽE	44
4.1.1 Sprchovací čerpadlo a okruh sprchovací vody	45
4.1.2 Ventilátory	48
4.1.3 Topení a podpurné systémy	49
4.2 NÁVRH ŘÍDICÍHO SYSTÉMU A JEHO HARDWARE	49
4.2.1 CPU S7-1500 a ET200SP	50
4.2.2 Operátorský panel KTP900 Basic PN	52
4.2.3 Siemens SINAMICS G120 a CU230-P 2 PN	54
4.2.4 VPN router eWon COSY 131	56
4.2.5 Rozvaděčové skříně	57
4.2.6 PROFINET struktura	60
4.2.7 Senzorické prvky použité pro snímání procesních hodnot	61
4.3 SOFTWARE	64
4.3.1 Spouštění věží	65
4.3.2 Řízení akční veličiny – rychlost ventilátoru	66
4.3.3 Řízení ventilátoru – FB 100, FB 101	67
4.3.4 Řízení sprchovacího čerpadla – FB 110	68
4.3.5 Řízení dopouštění sprchovací vody	68
4.3.6 Řízení vytápění	69
4.3.7 Blok pro řízení komunikace PROFINET a I/O	69

4.4	VIZUALIZACE PROCESU	73
4.4.1	Hlavní obrazovka – přehled o aktuálních stavech.....	74
4.4.2	Obrazovka věže č. 1.....	75
4.4.3	Obrazovky nastavení	76
4.4.4	Obrazovky grafů.....	78
4.4.5	Obrazovka PROFINET telegramů	79
4.4.6	Obrazovka alarmů a jejich historie.....	80
4.5	REALIZACE	81
ZÁVĚR		82
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		83
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		85
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		87
SEZNAM TABULEK		89
SEZNAM PŘÍLOH		90

ÚVOD

Každý proces, který obsahuje indukční tavení kovu, (mnohdy dosahující více, než 1500 °C) se neobejde bez kvalitního a rychlého chlazení jak samotné tavicí pece, tak i podpůrného zařízení, jakou jsou tlumivky, měniče a dalšího elektrozařízení. Tato práce se zabývá návrhem a zkonstruováním řídicího systému primárně pro okruh chlazení tavicích zařízení.

Společnost Draxton Brno, pro kterou byl tento řídicí systém navržen, investovala kvůli navýšení výkonu na těchto pecích do další chladicí věže, která je napojena na stávající okruh chlazení a zároveň paralelně na starší věž, která byla připojena do řídicího systému dodavatele tavicích pecí. Hlavním požadavkem investora bylo, aby obě chladicí věže měly společný systém a bylo možno jej jednoduše modifikovat.

Samotná věž se skládá z trubkového výměníku, který je ochlazován sprchovací vodou, dodávanou do tohoto systému čerpadlem. Dále je voda ochlazována proudícím vzduchem od ventilátoru. Samotný princip fungování věže je popsán dále v práci.

Starší věž byla připojena do řídicího systému tavicích pecí, který je realizován pomocí jednotky S7-400. Hlavním požadavkem na nový systém řízení bylo realizovat především přesnější a spolehlivější snímání hladiny sprchovací vody, rychlejší a přizpůsobitelnou regulaci výstupní teploty a snadnější ovládání a manipulaci pro operátory a údržbu. Na původní věži byly použity kontaktní plováky, které se často zanášely a tím pádem nebyly tolik spolehlivé. Často se např. stávalo, že sprchovací čerpadlo běželo naprázdno z důvodu selhání snímače minimální hladiny, nebo naopak docházelo k selhání maximální hladiny sprchovací vody a tím pádem k plýtvání chemicky upravenou vodou popř. dlouhým výrobním prostojem, který byl zapříčiněn vysokou teplotou chladicího okruhu. Regulace teploty byla neměnná, tzn., že algoritmus řízení ventilátoru se skládal ze tří teplot a tří výstupních rychlostí, které byly uživatelsky neměnné.

V novém řídicím systému bylo použito spolehlivějšího snímání hladiny – na základě hydrostatického tlaku, který je snímán tlakovým čidlem na dně nádrže se sprchovací vodou s analogovým výstupem 4-20 mA. Systému se tak dostává přesné a aktuální hodnoty stavu hladiny. Regulace na základě výstupní teploty bylo realizováno pomocí jednoduchého P regulátoru s nastavitelnou požadovanou teplotou, včetně uživatelsky snadně nastavitelných parametrů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA A PROVEDENÍ PLC

PLC (Programmable Logic Controller) – Programovatelný automat – je jednoduše programovatelná řídicí jednotka, které se používá k programování technologických procesů a strojů v průmyslovém prostředí. Historicky se PLC používaly především v logických úlohách, jako náhrada za starší typ řízení (reléové logiky). V dnešní době jsou možnosti řízení pomocí programovatelných automatů na mnohem vyšší úrovni. Používají se v logických, regulačních a monitorovacích úlohách. [1,2]

Řídicí algoritmus takového automatu je realizován na základě uživatelského programu, který může být vytvořen v různých programovacích jazycích. Po kompilaci a nahrání do PLC je takový software uložen v uživatelské paměti PLC, obsahující posloupnost instrukcí cyklicky vykonávaných procesorem. [1,2]

V podstatě každý PLC se skládá z následujících částí:

Centrální procesorová jednotka (CPU) – je základním prvkem ŘS, kde se využívá řízení za pomoci PLC. V dnešní době již takřka všechny procesorové jednotky obsahují více procesorů. Jejichž. Při výběru takového automatu musíme zohlednit jeho operační rychlost, která je udávána jako doba zpracování 1000 logických instrukcí. V závislosti na zvoleném typu PLC a náročnosti vykonávaného programu, můžeme říci, že se tento čas pohybuje maximálně v desítkách milisekund. [3]

Rozdělení paměti PLC

Většina programovatelných automatů se skládá ze zaváděcí paměti, pracovní paměti, systémové paměti a retentivní paměti.

Zaváděcí paměť obsahuje kompletní uživatelský program, včetně konfigurace celé sestavy. Fyzicky je např. tato paměť u procesoru S7-1500 umístěna na SIMATIC paměťové kartě. Zaváděcí paměť funguje jako jakýsi zásobník, mezi programovacím prostředím a pracovní pamětí. V případě, kdy chceme nahrát celý program do CPU, programovací zařízení jej nahraje do paměťové karty. Při první inicializaci procesoru se tato konfigurace, (včetně uživatelského programu) nahraje do paměti pracovní. Můžeme říci, že tato paměť nahradila zálohovací baterii, která byla typická pro starší typy PLC. [4]

Pracovní paměť je navržena jako paměť RAM, která slouží k aktuálnímu vykonávání uživatelského programu. Sestává se ze dvou částí, přičemž první je vyhrazena uživatelskému programu (samotnému uživatelskému kódu) a druhá je rezervována pro uživatelská data (vytvořené datové bloky atd.). [4]

V **systémové paměti** je uložen obraz všech vstupů a výstupů, který je zde zkopírován ze všech vstupně výstupních modulů. Dále jsou zde umístěny všechny SIMATIC časovače a čítače, oblast operandů bitové paměti (merkery) a dočasných proměnných, které byly vytvořeny v uživatelském programu. [3,4]

Důležité výrobní parametry, o které nechceme přijít během výpadku napájení PLC můžeme uložit do **retentivní paměti**, jejíž velikost závisí na typu použitého procesoru. Tyto proměnné musíme při tomto požadavku označit v příslušné části programovacího prostředí jako **retentive memory**. O tuto paměť přijdeme pouze v případě, že přehrajeme program, nebo CPU jednotku restartujeme.

Další důležitou částí programovatelných automatů jsou vstupní a výstupní jednotky, které se používají pro připojení řízeného systému (tlačítka, snímače, stykače, relátka ...) a komunikačních jednotek pro komunikaci s nadřazenými, či podřazenými systémy (výrobní systém, frekvenční měniče, měřicí stanice a další). Všechny tyto jednotky jsou spolu propojeny systémovou sběrnicí. [1]

1.1 Programovatelné automaty firmy Siemens

Výběr výrobce programovatelného automatu byl z velké části přizpůsoben zavedeným standardům společnosti Draxton Brno, která se snaží omezit počty typů zařízení, která musí udržovat stále skladem pro případ poruchy. Zvolený způsob řízení a konfigurace PLC sestavy je podobný, jako je tomu i u dalších zařízení.

Programovatelné automaty firmy Siemens můžeme rozdělit do dvou (především konstrukčně rozdílných) skupin:

Kompaktní systémy PLC – jsou charakterizovány tak, že jednotka CPU a vstupně/výstupní jednotky jsou umístěny v jednom pouzdře. Většina těchto systémů bývá rozšiřitelná o další digitální, analogové nebo technologické moduly, které je možno přidávat v menším počtu, než je tomu u modulárních PLC. Nejčastěji jsou určeny pro menší a méně náročnější (co se výkonu a paměti týče) aplikace. Kompaktní PLC mají jeden, maximálně dva neoddělené PROFINET porty. [9]



Obrázek 1 – Modulární systém Logo 8! [12]

Modulární systémy PLC používáme pro náročnější aplikace, které mají vysoký nárok na výkon a paměť. Celá sestava se skládá z jednotlivých modulů, které se zasouvají do speciálního racku, nebo jsou propojeny speciálními konektory obsahující interní sběrnici i samotné napájení dalších karet. Hlavním rozdílem oproti kompaktnímu PLC je to, že CPU modulárního PLC neobsahuje žádné vstupy, nebo výstupy. V základu má jeden, či dva oddělené PROFINET porty, displej, napájecí část, kontrolní LED diody a místo pro zasunutí SIMATIC paměťové karty. Ostatní moduly (digitální vstupy a výstupy, analogové, technologické a komunikační karty) jsou řešeny jako samostatné moduly, zapojené na sběrnici CPU jednotky. [9]



Obrázek 2 - Kompaktní systém Siemens S7-1500 [13]

1.2 PLC S7-1200

Řada S7-1200, firmy Siemens, by se dala zařadit částečně jak do modulárních, tak i kompaktních PLC.

Základní konfigurace obsahuje:

- CPU jednotku
- Digitální vstupy a výstupy
- Analogové vstupy
- PROFINET port/y

Počet jednotlivých vstupů a výstupů se odlišuje od jednotlivých verzí PLC, kterých je na trhu více. V poslední době jsou také často využívána verze fail-safe, se kterými můžeme programovat bezpečnostní úlohy a nahradit tak hardwarové prvky v rozvaděči v podobě bezpečnostních relétek.

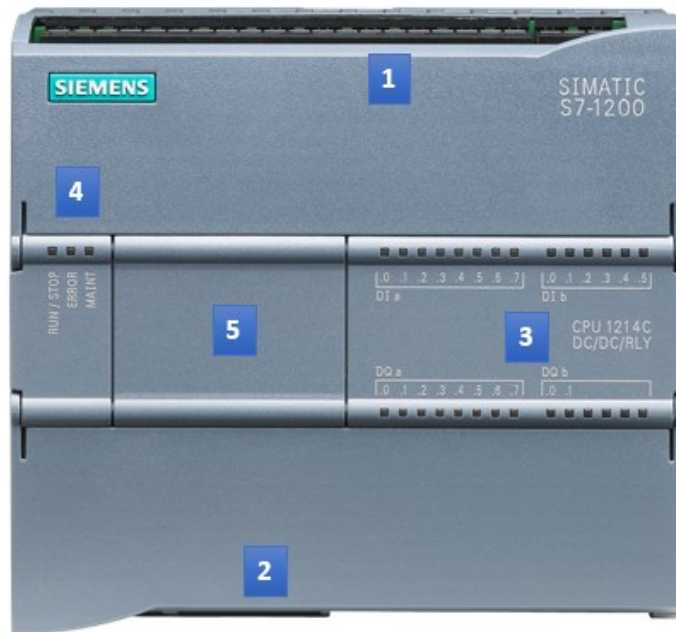
Kromě dodávaných základních konfigurací, se dá samotná jednotka jednoduše rozšířit o rozšiřovací PLC modul, který se zasouvá, přímo do CPU. Tímto doplňkem se dá rozšířit konfigurace o několik digitálních nebo analogových vstupů a výstupů.

Ze základních sestav můžeme vybírat na základě velikosti pracovní paměti, způsobu napájení, počtu digitálních/analogových vstupů a výstupů, a počtu rychlých čítačů. V neposlední řadě si můžeme vybrat ze spínacích prvků na digitálních výstupech, a to mezi tranzistorovými nebo reléovými výstupy.

K těmto základním sestavám se dále dají připojit:

- Komunikační moduly – RS232, RS485, PROFIBUS, AS-interface.
- Kombinace digitálních vstupů a výstupů.
- Kombinace analogových vstupů a výstupů.
- Bateriové karty – pro dlouhodobou zálohu hodin reálného času.
- Technologické moduly – vážící moduly, IO link masteru a dalších.

[5]

Popis základního modelu S7-1200:

Obrázek 3 - Procesorová jednotka Siemens S7-1200 [18]

- 1) Svorkovnice pro vstupní digitální a analogové signály.
- 2) Svorkovnice pro výstupní digitální signály – analogový výstup není většinou součástí základního modelu.
- 3) LED kontrolky aktuálních stavů digitálních vstupů a výstupů.
- 4) Stavové LED kontrolky, které zobrazují aktuální stav CPU.

RUN/STOP

- Pokud svítí trvale oranžová – CPU je v režimu STOP.
- Pokud svítí trvale zelená – CPU je v režimu RUN a vykonává uživatelský program.
- Pokud kontrolka přerušované svítí, provádí procesor základní startovací úkony.

ERROR

- Červená blikající dioda znamená, že se CPU, nachází v chybovém SW stavu.
- Svítí, pokud byla zjištěna chyba na hardwaru PLC.

MAINT

- Pokud oranžová kontrolka svítí, znamená to, že je vyžadována pozornost a detailnější online diagnostika.

- 5) Pod krytkou nalezneme konektor, pro připojení přídatného modulu (DI, DO, AI nebo AO).

1.3 PLC S7-1500

Programovatelný automat S7-1500 můžeme zařadit do kategorie kompaktních PLC. Díky své rychlosti, velikosti paměti a mnoha dalším přednostem se používá pro složitější a rozsáhlejší aplikace, které si kladou velké nároky na výpočetní čas. V každém ze svých typů se liší v zásadě velikostí paměti, počtu čítačů a časovačů, konstrukční velikostí, ale zejména procesní rychlostí. Stejně jako u S7-1200, je zde možnost využití procesoru i pro programování fail-safe programu. V takovém případě musíme vybírat typ, který je zakončen zkratkou FC – např. S7-1500FC. S7-1500 můžeme z hlediska komunikačních schopností použít v sítích PROFINET a PROFIBUS DP. Je možnost připojit další digitální, analogové, komunikační a technologické moduly. Patice v zadní části umožňuje propojení mezi CPU a následující kartou. Tím se zajistí propojení na interní sběrnici. Jednotka neobsahuje žádné vestavěné vstupy, nebo výstupy. [4]

Popis CPU S7-1500:



Obrázek 4 - Procesorová jednotka Siemens S7-1500 [4]

1. **Displej** pro základní diagnostiku CPU, zobrazení komunikačních parametrů, aktivních chybových HW a SW alarmů a informace o připojených modulech.

2. **Klávesy**, pomocí kterých se pohybujeme v MENU displeje.
3. **Stavové LED diody** se stejnou funkcí jako u předchozího modelu S7-1200.
4. **Patice** pro vložení **SIMATIC memory card**.
5. **Konektory PROFINET** pro připojení do sítě průmyslové ethernetu. První z PN rozhraní můžeme využít pro připojení jednotky do PROFINET IO systému, kde může být v roli IO řídicího členu, nebo IO zařízení. Může mít dokonce dva porty, které jsou uvnitř propojeny stejně, jako by byl použit switch. Druhý port můžeme použít pro sestavení lineární topologie.
Druhého z PN rozhraní může být použito jako propojení s vnější sítí, ve které může komunikovat se SCADA aplikací, OPC serverem nebo mezi dalším CPU.
Každé z těchto rozhraní má svou vlastní IP adresu.
6. **Konektor pro PROFIBUS DP** – slouží k propojení s PROFIBUS zařízením. CPU, v tomto případě funguje jako MASTER.
7. **Přepínač režimu** – třípolohový přepínač pro manuální vynucení režimu jednotky.
 - a. **RUN** – Režim vykonávající uživatelský program.
 - b. **STOP** – Zastavení vykonávání uživatelského programu.
 - c. **MRES** – Master reset – Pokud přepínač přepneme do této pozice, dojde k resetování všech CPU parametrů do základního nastavení.
8. **Napájecí konektor** – připojení napájecího napětí – nejčastěji 24 VDC.

[4]

1.4 ET 200SP



Obrázek 5 - Distribuovaný I/O systém ET200SP [4]

ET200SP je modulární, distribuovaný I/O systém, který je komunikačně připojitelný do sítě PROFINET IO. Celá jednotka se skládá z modulu PN rozhraní se sběrnicovým PN portem, základními svorkovnicemi (BU) na které připojujeme jednotlivé vstupní / výstupní moduly, v počtu dle potřeby aplikace, maximálně však u nejvýkonnějšího základního modulu 64 I/O karet a zakončovacího serverového modulu. [4]

Svorky pro připojení vstupů a výstupů jsou dle typu propojitelné mezi sebou jak sběrnicově, tak s možností výběru, zda jednotlivé svorkovnice propojíme stejným napájecím napětím, nebo je galvanicky oddělíme a vytvoříme tak novou potenciální skupinu. Výhodou tohoto způsobu je, že můžeme použít více signálových a napájecích zdrojů. [4]

Modul rozhraní je vybaven dvěma PROFINET porty, které jsou připojeny k vestavěnému prepínači tak, aby mohly být do této topologie připojeny další zařízení, bez nutnosti použít externího switche. Rychlost těchto IO portů je 10/100 Mbit/s. [4,5]

Provozní stavy jsou indikovány pomocí integrovaných LED.

RUN – ET200SP je aktivní a komunikuje s IO sběrnicí.

ERROR – hardwarová, nebo komunikační chyba jednotky.

MAINT – nutno zkontrolovat online diagnostiku.

PWR – přítomno napájecí napětí modulu.

S velkým úspěchem se těchto jednotek využívá při potřebě použití I/O karet v jiném rozvaděči, než je umístěn samotný CPU. Distribuovaným systémem instalace se mohou ušetřit nemalé náklady na kabeláž, může se zjednodušit následná diagnostika poruchy a dochází k celkově lepší přehlednosti systému.

2 HMI PANELY FIRMY SIEMENS

Jako vizualizační prostředí pro komunikaci s obsluhou chladicí věže byla na základě potřeb pro obsluhu a kontrolu zvolena možnost HMI panelu, vestavěného v operátorském velínu v separátním rozvaděči. Základním požadavkem bylo co nejvíce proces automatizovat, znemožnit obsluhu tavících pecí manuální ovládní jednotlivých akčních členů, zároveň umožnit manuální spuštění a vypnutí pouze v případě, že se tak rozhodne provést oddělení údržby.

HMI panely jsou nedílnou součástí většiny technologických celků. Poskytují informaci o aktuálních stavech technologie, skýtají jakési komunikační rozhraní mezi operátorem a strojem a jsou nenahraditelným pomocníkem při diagnostice závady jak na technologii, tak i na řídicím systému a jeho perifériích.

HMI panely se používají především u menších strojů nebo tam, kde není potřeba využití PC řešení ve formě SCADA aplikace, která ve většině případů podporuje implementaci databázových systémů nebo komunikaci s nadřazeným systémem.

Společnost Siemens nabízí z pohledu kategorií dvě základní řešení.

- **Basic HMI** – Key panely, Basic panely
- **Advanced HMI** – Comfort panely, Mobilní panely, HMI založené na PC, HMI založené na průmyslových PC a zařízení pro speciální účely (ex prostředí ...).

2.1 Basic panely

Key a Basic panely, které mají své využití v menších aplikacích. Mohou to být panely dotykové, klávesnicové, či jejich kombinace.

Nejčastěji používaným řešením jsou panely KTP (Key Touch Panel) – tzn. kombinace dotykového panelu a tlačítek. Tyto panely mají oproti např. Comfort panelům jistá omezení:

- Maximální počet propojitelných tagů je 800.
- Nelze použít programování skriptů ve Visual Basicu.
- Neobsahuje slot pro paměťovou kartu.
- Má pouze jeden komunikační port, resp. jedno komunikační rozhraní.

[5,6]

Naopak i v poměrně levné cenové kategorii nabízejí tyto panely mnoho užitečných funkcí:

- **Webový prohlížeč** – můžeme implementovat např. stránky z web rozhraní programovatelného automatu.
- **USB slot** – pro vložení USB flash paměti na které můžeme uchovávat zálohu panelu nebo na ní můžeme ukládat procesní hodnoty.
- **Použití receptur** – při nutnosti odlišit jednotlivé výrobní dávky se zde nabízí možnost použití receptur, které jsou ukládány na vložené flash paměti ve formátu CSV. Operátor poté zvolí pouze název receptury a stroj se automaticky přenastaví.
- **Jednoduchá implementace diagnostiky ŘS** – sledování aktuálních stavů komponent ŘS (Siemens) a případné zobrazení chybových hlášení.
- **Grafické zobrazení veličin** – online sledování procesních veličin a jejich archivace na vloženou externí paměť.
- **Alarmová hlášení** – vytvoření alarmových hlášení. Můžeme také všechna alarmová hlášení ukládat, včetně doby jejich výskytu a času odstranění.

[5,6]

Dalšími kritérii při výběru Basic panelu může být např. způsob komunikačního rozhraní (PROFINET nebo PROFIBUS DP), velikost samotného panelu (4” – 12” nebo i 15”, KTP400 – KTP1500, ale již bez možnosti použití funkčních klávesnic), rozlišení a barevnost panelu (monochromatický, barevný – resp. počet barev), počet funkčních kláves, možnost využití USB rozhraní pro archivaci, možnosti napájení – nejčastěji 24 V stejnosměrných, počet konfigurovatelných obrazovek a dalších. Basic řešení je také omezeno v použití grafických možností v softwaru WinCC, které můžeme využít k vizualizaci procesu, ve způsobu jejich animací a počtu možností zobrazení logických, nebo analogových hodnot z PLC. Pro tento typ panelů nám také postačí licence WinCC Basic, která je součástí základní licence STEP7 (TIA) V15 Basic pro programování PLC S7-1200. [5,6]



Obrázek 6 – Panel KTP Siemens [6]

2.2 Comfort panely

Comfort panely se od Basic panelů liší především:

- v počtu připojitelných tagů a použitelných obrazovek:
- počtem komunikačních možností, aktivních připojení od PLC zařízení a podporou Sm@rtServeru a OPC UA klienta:
- typem a velikostí zobrazovacího panelu (4"-22"), počtem barev a rozlišením

Pomocí softwaru WinCC, který již musíme mít minimálně ve verzi **comfort**, můžeme na tomto panelu vytvořit až 750 obrazovek, zároveň použít až 4096 tagů, připojitelných až z 8 PLC stanic. [6]

Výhodou oproti Basic panelům je možnost prohlížení PDF souborů, přiložených na FLASH paměti. To umožňuje mít přímo u stroje k nahlédnutí operační manuál nebo výkresovou dokumentaci. [6]

V neposlední řadě se nabízí samozřejmě četná rozšíření o ovládací a grafické prvky, které můžeme využít při tvorbě schématického nákresu zařízení nebo technologie – jako jsou bargrafy, slidery, pokročilejší animace a spousta dalších prvků. Již z těchto parametrů je jasné, že se tyto panely používají především na rozsáhlejší a výkonově náročnější aplikace. [6]



Obrázek 7 - Panely Comfort Siemens [14]

2.3 Mobilní panely

Mobilní panely jsou výkonově a funkčně stejné jako Comfort panely. Jsou pouze přizpůsobeny tak, aby je bylo možno snadno přenášet a obsluhovat na různých místech. Proto jsou vhodné pro robotické aplikace. Panel je odolný vůči pádům z výšky 1,2 m. [6,7]

Skládají se z 7" až 9" displeje, který obsahuje až 16 miliónů barev v rozlišení 800 x 480 pixelů. V závislosti na daném typu má 8 – 10 funkčních kláves, které jsou osazeny LED kontrolkami konfigurovatelnými v prostředí WinCC. Dále disponují dvěma přímými tlačítky, kterými můžeme nastavit volitelný bit v S7-PLC I/O oblasti, pokud je komunikace realizována přes PROFINET IO. Fyzicky je panel připojen přes **connection box**, který se ve svých verzích liší způsobem montáže, komunikace, přemostění stop tlačítka v případě odpojení kabelu a dalších. [6,7]

Ve verzi safety komunikuje s PLC protokolem PROFINET/PROFIsafe, obsahuje klíček pro zamezení nedovolenému ovládání, 3-stupňové povolovací tlačítko a na vrchní straně panelu se nachází prosvětlené emergency stop tlačítko. [6,7]

Panel je propojen pouze přes jeden kabel, který v sobě obsahuje, jak komunikační část Profinet (konektor RJ45), tak i napájecí část 24 V stejnosměrných. Panel má tu funkci, že po odpojení napájení je ještě 5 minut aktivní.

Pro programování těchto panelů musíme mít aktivní licenci WinCC Comfort.

[6,7]



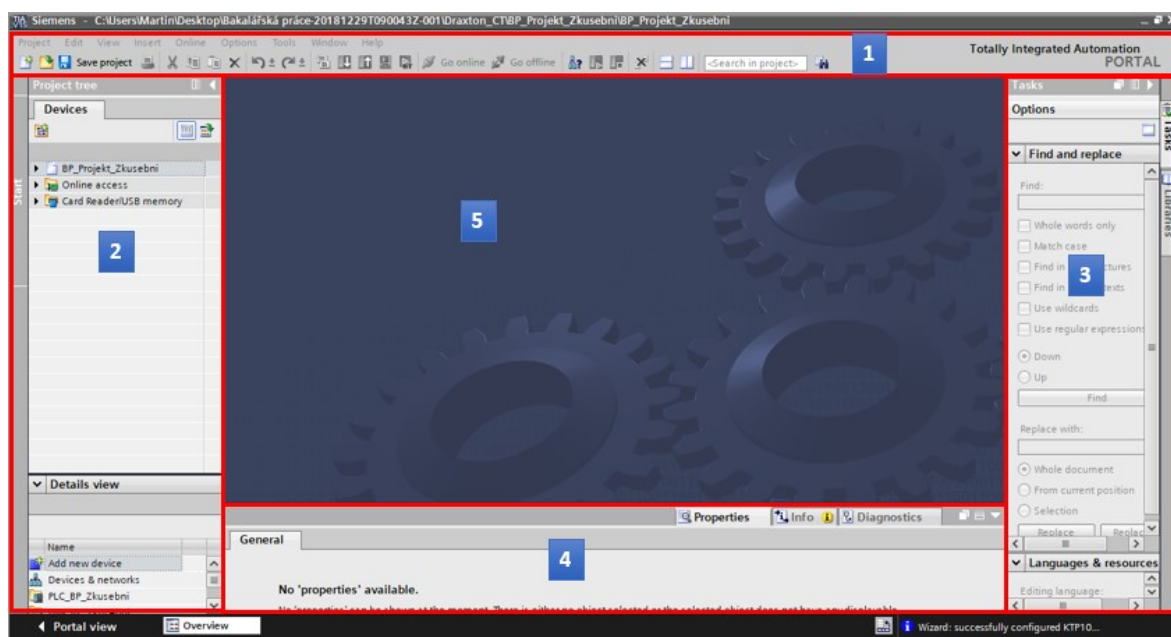
Obrázek 8 - Mobilní panel Siemens [8]

3 PROGRAMOVACÍ PROSTŘEDÍ TIA PORTAL

Samotné programování většiny zařízení firmy Siemens, jako jsou PLC, HMI panely, frekvenční měniče a další, se provádí ve vývojovém prostředí TIA portál. Skládá se ze samotného programu TIA a WinCC modulu pro programování vizualizačních úloh.

Prostředí TIA portal můžeme zakoupit ve dvou verzích – Basic a Professional. Se základní verzí basic můžeme programovat pouze jednotky S7-1200 a Basic panely. Ve verzi Professional se již počítá s programováním všech dostupných jednotek – S7-1200, S7-1500 a S7-300/400 a Basic panelů (WinCC Basic). Pro část WinCC je zde potom možnost rozšíření z Basic licence na licence – Comfort, Advanced a Professional, které se od sebe liší pouze v počtu dostupných zařízení, které lze s každou licencí obsluhovat. Společnost Siemens se snaží o celkovou integraci vývojových prostředí, proto je zde možnost doinstalování dalších modulů, jako v našem případě doplněk Startdrive pro konfiguraci frekvenčních měničů.

3.1 Popis vývojového prostředí



Obrázek 9 - Vývojové prostředí TIA portál verze 15

Hlavní obrazovka verze 15 se skládá z 5ti základních částí.

První z nich - horní lišta, slouží k práci s procesorovou jednotkou a základním ovládním projektu je zde možnost nahrát projekt z/do PLC, sledovat aktuální stavy proměnných online, je zde umístěno tlačítko na kompilaci projektu, pro spuštění a zastavení cyklu PLC.

V druhé části je umístěno MENU pro práci s projektem, jako je nastavení prostředí, práce s ONLINE zařízením a další.

Ve druhém, levém bočním panelu, je stromová struktura námi vytvořeného projektu. Zde se nachází souhrn všeho, co obsahuje náš aktuální projekt. Můžeme zde editovat hardwarovou konfiguraci, vytvářet a editovat funkční, datové a technologické bloky, spravovat vstupně/výstupní proměnné a obsluhovat spoustu dalších funkcí.

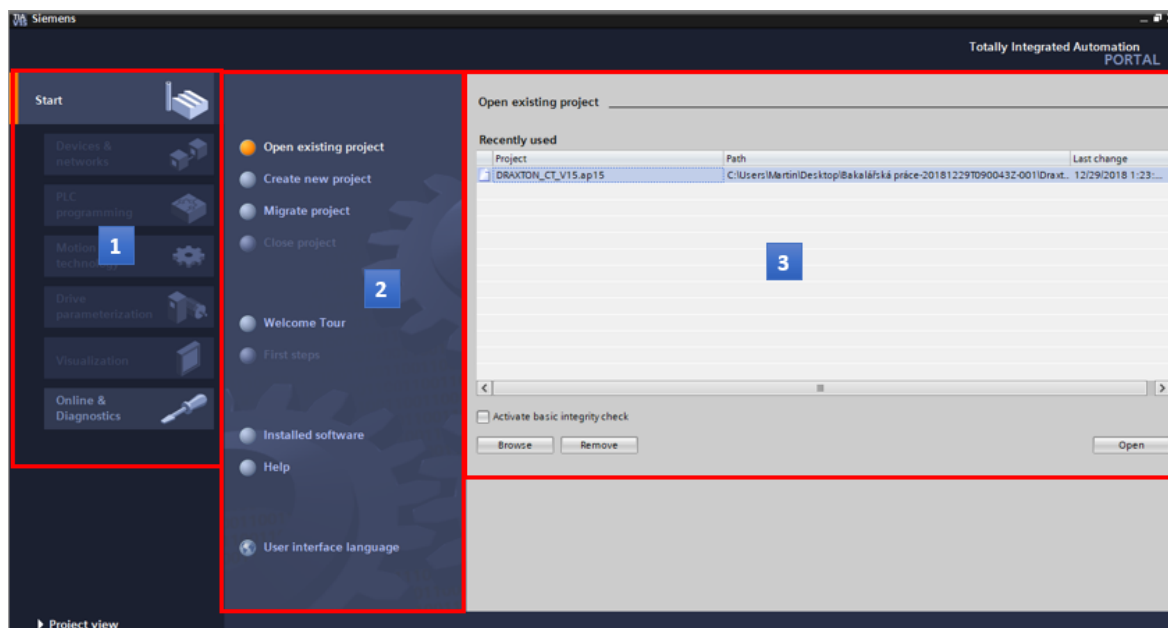
Ve třetí, pravé části můžeme přidávat různé knihovny, vyhledávat slovní spojení použitá v projektu atd. Pokud si později otevřeme ze stromové struktury projektu nějaký funkční blok, uvidíme v této části seznam všech vestavěných instrukcí.

Čtvrtá, spodní část je vymezena pro záložku vlastností – nejvíce použita při programování HMI panelů, kde nastavujeme většinu atribut použitých prvků.

Pokud projekt zkompilujeme, můžeme v záložce **Info** nalézt výsledek, popř. chybová hlášení, která se během kompilace objevila. V záložce **Diagnostic** lze nalézt v online režimu aktuální status připojeného zařízení.

Páté okno slouží pro přímou práci s prostředím (programování funkcí, práce s obrazovkami panelu, hardwarová konfigurace a další).

3.2 Založení projektu a jeho konfigurace



Obrázek 10 - Seznam projektů

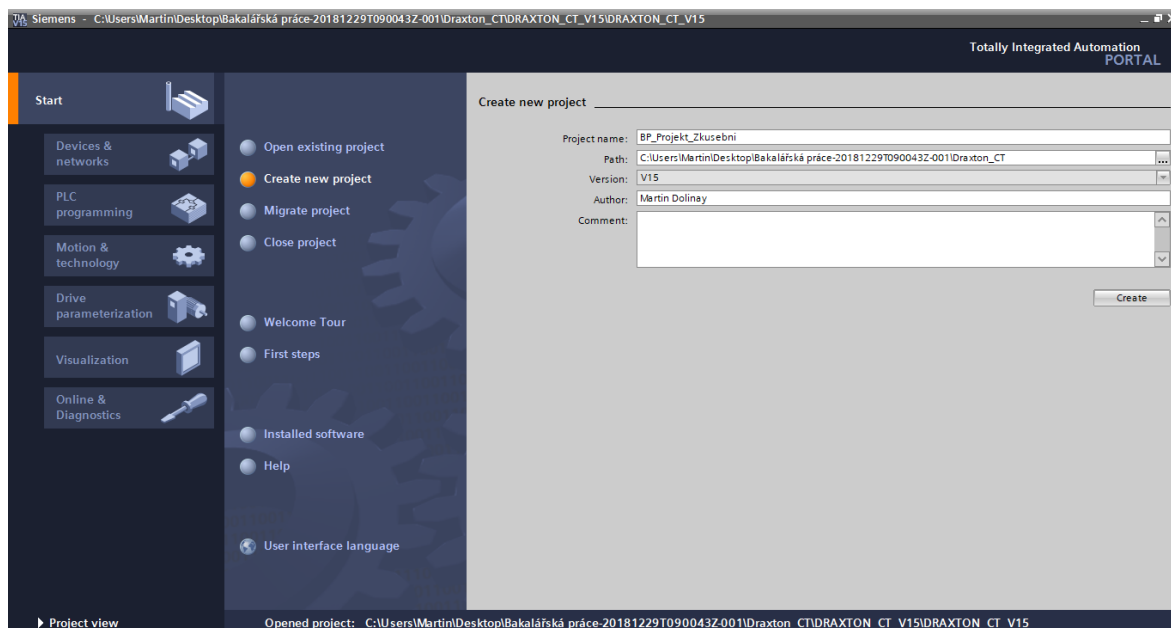
Po spuštění TIA portálu se nám zobrazí přehledová obrazovka „**Portal view**“ se všemi námi použitými projekty. První sloupec je rozdělen na několik částí. Po otevření, nebo založení projektu zde můžeme přecházet mezi záložkami pro konfiguraci zařízení, PLC programování, správu pohonných a technologických objektů. V případě, že máme nainstalován modul Startdrive, tak lze přejít i k parametrizaci frekvenčních měničů, v případě WinCC k vizualizaci panelů a v neposlední řadě k online diagnostice připojených zařízení.

V druhém sloupci je umístěno menu, ve kterém můžeme otevřít zvolený projekt, vytvořit nový, migrovat projekt z nižší verze TIA portálu a můžeme také použít různých průvodců pro první seznámení s programem.

Důležitou záložkou je **Installed software**, kde máme informaci o všech nainstalovaných programech pro práci s TIA portálem. V případě kontaktování Siemens podpory bude nutné uvést informaci o tom, jakou verzi programového vybavení používáme.

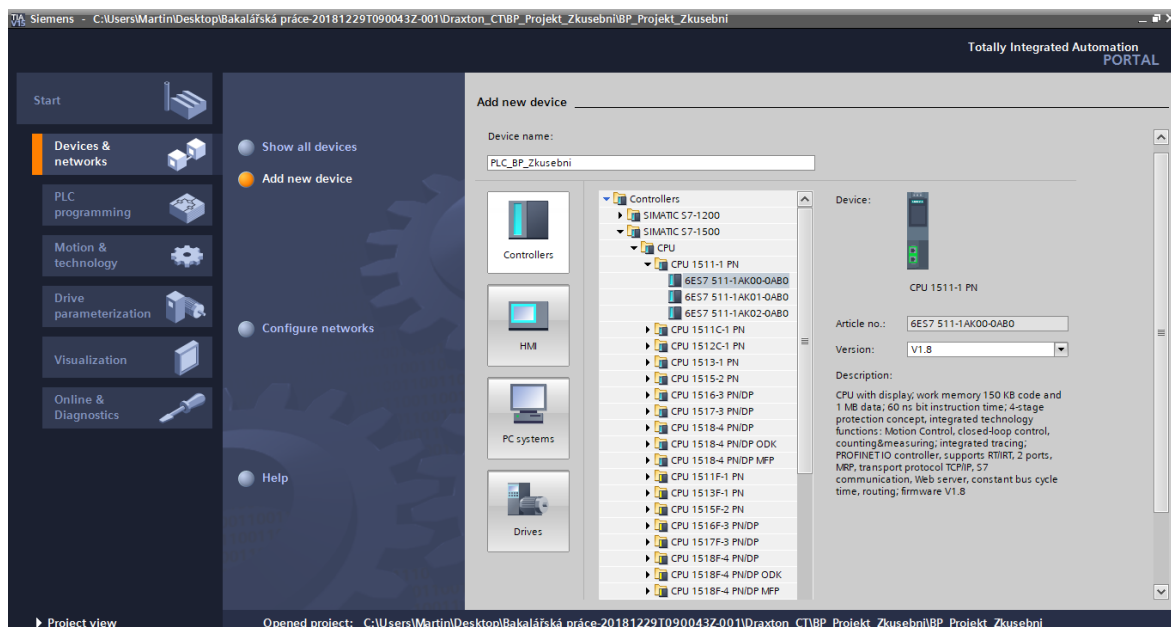
Ve třetí části je seznam všech projektů, které máme ve svém prostředí zpřístupněné. Zde můžeme projekty do seznamu přidávat, odebírat a otevírat.

Pro založení nového projektu klikneme ve druhém sloupci na záložku **Create new project**.



Obrázek 11 - Založení nového projektu

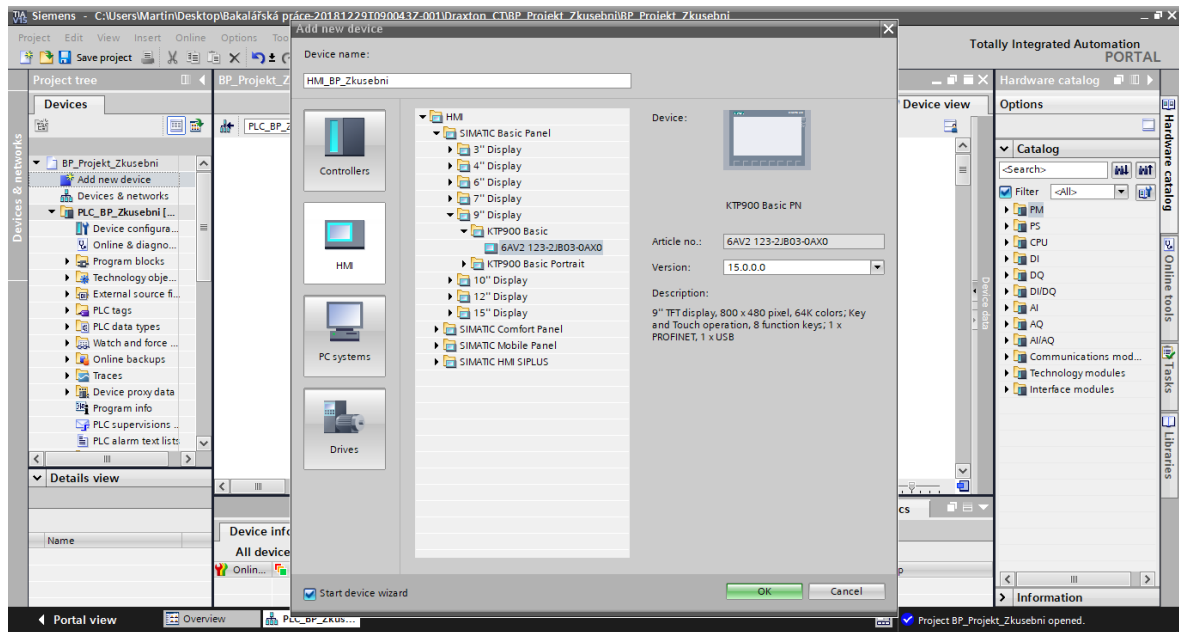
Dostaneme se na stránku pro vytvoření nového projektu. Vyplníme název, cestu umístění, jméno autora, popř. nějaký komentář a klikneme na tlačítko **Create**.



Obrázek 12 - Volba typu CPU

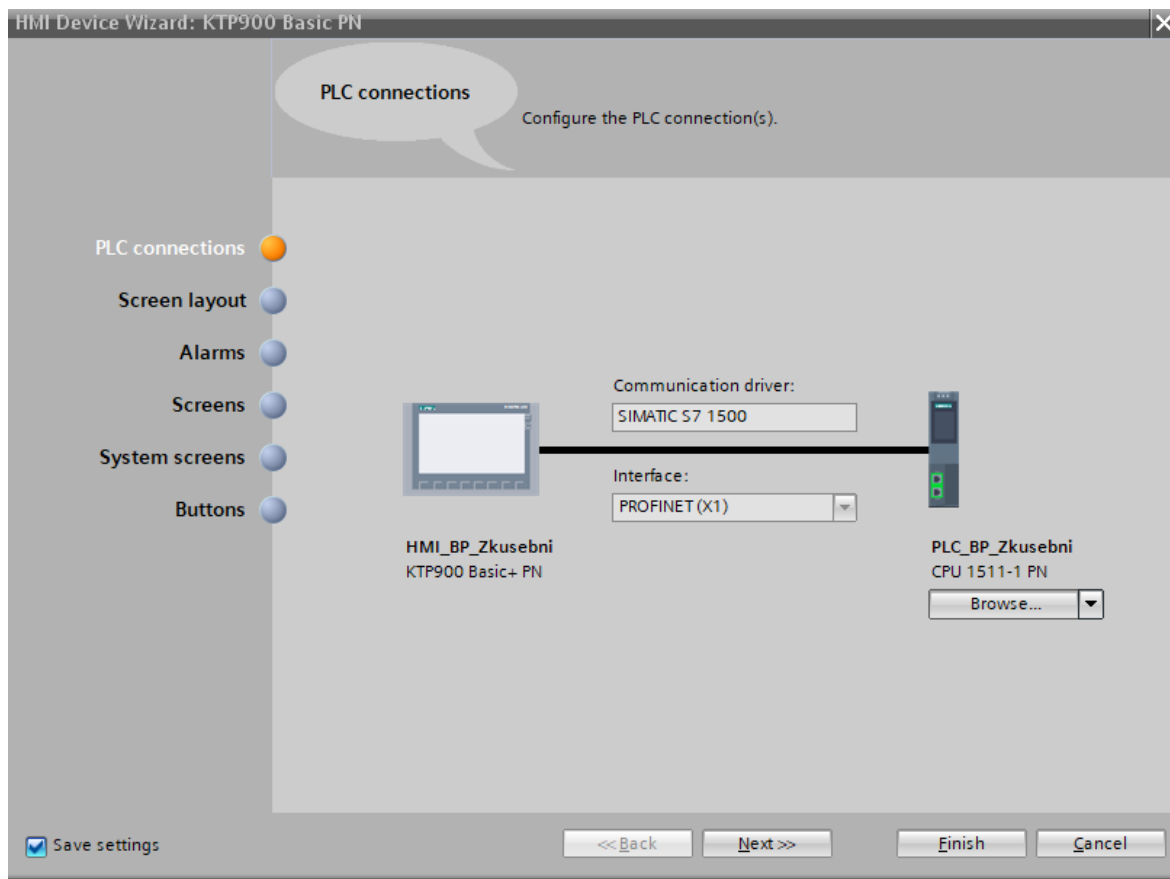
Po vytvoření nového projektu zvolíme záložku **Devices & networks** a klikneme na **Add new device**. Zde je možnost si zvolit náš typ procesorové jednotky na základě typového čísla Siemens. Klikneme na **Controllers**, vybereme jednotku **SIMATIC S7-1500**, dále např. CPU 1511-1 PN. Zkontrolujeme typové označení CPU a také správnou verzi

firmwaru. Klikneme ve spodní části obrazovky na tlačítko **Add**, které nás již odkáže na **Project view**.



Obrázek 13 - Přidání HMI panelu

Po přechodu do Portal view vývojového prostředí je potřeba si do našeho projektu přidat HMI panel. Klikneme v levém sloupci **Project tree** na **Add new device**, zvolíme tlačítko s obrázkem panelu – HMI, vybereme, z jaké kategorie (Basic, Comfort, Mobile ...) HMI chceme panel přidat. Můžeme zvolit např. devítipalcový panel KTP900 Basic. Zkontrolujeme, zda se shoduje typové označení panelu a také vybraná verze firmwaru a výběr potvrdíme tlačítkem **OK**.



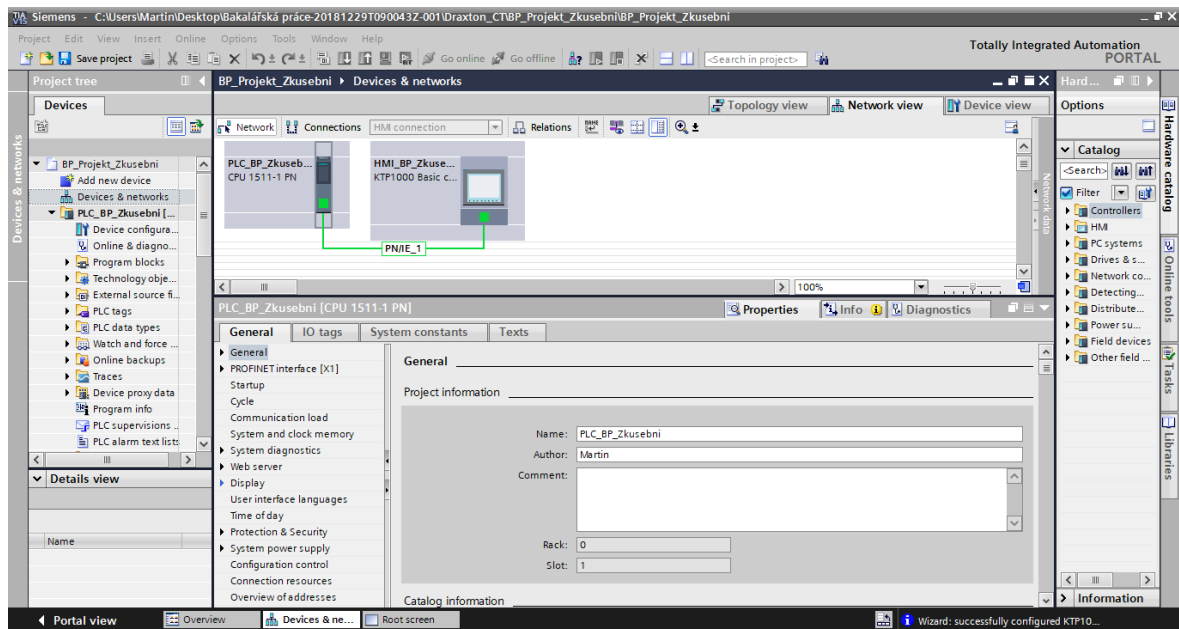
Obrázek 14 - Průvodce nastavením panelu

Po odsouhlasení výběru panelu se nám objeví průvodce jejím nastavením.

- **PLC connection** – Nastavení komunikace HMI s CPU jednotkou. Zvolíme si naše CPU. Pomocí tohoto spojení dochází k výměně stavů a příkazů mezi panelem a procesorovou jednotkou.
- **Screen layout** – Nastavení defaultního zobrazení obrazovky, jejího pozadí atd.
- **Alarms** – Nastavení, zda chceme, aby se nám po aktivaci námi konfigurovatelných alarmů zobrazil jejich výpis. Je zde možnost si určit, zda se mají zobrazovat nepotvrzené alarmy, aktivní alarmy anebo systémové alarmy.
- **Screens** – Přidání nových obrazovek, nastavení hlavní obrazovky, na kterou se přejde vždy po zapnutí napájecího napětí panelu.
- **System screens** – Zde máme možnost si nakonfigurovat, zda chceme použít systémové obrazovky jako např. obrazovku systémové diagnostiky PLC, obrazovku s informací o projektu, obrazovku s uživatelskou administrací, systémovou obrazovku a další.

- **Buttons** – V této sekci můžeme vytvořit naše základní menu, které se bude zobrazovat na spodní části panelu.

Po konfiguraci můžeme potvrdit naše výběry tlačítkem **FINISH**.



Obrázek 15 - Přehled hardwarové konfigurace

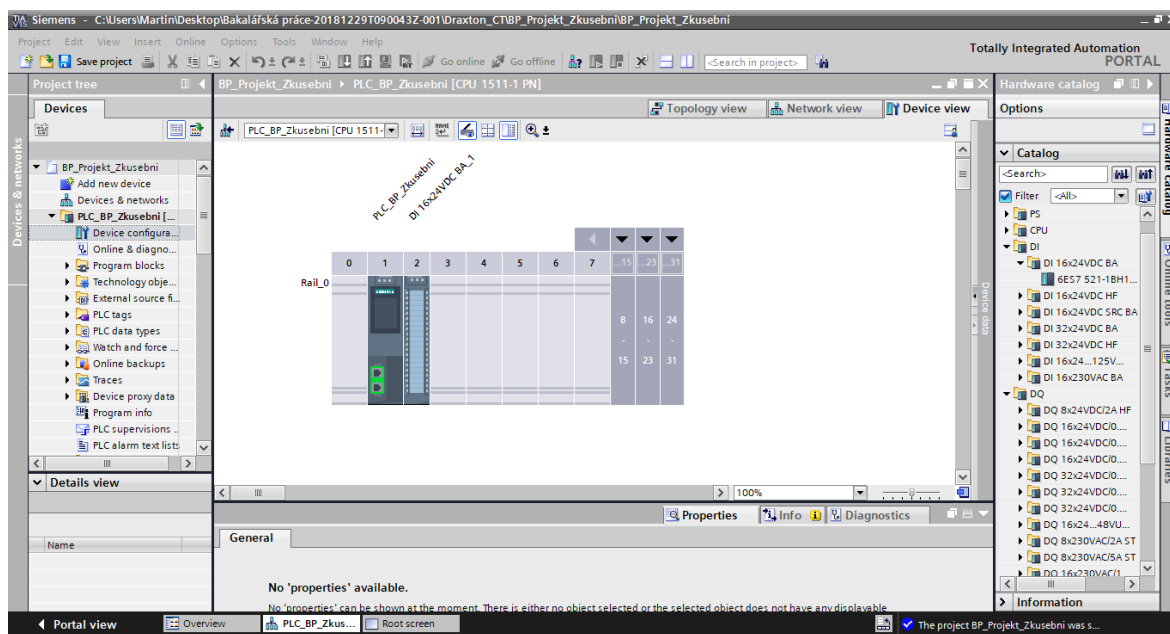
Po úspěšné konfiguraci všech komponent si můžeme prohlédnout v záložce **Devices & networks**, jak vypadá softwarové i fyzické síťové propojení mezi CPU a panelem. Pokud klikneme pravým tlačítkem na jakékoliv zařízení, zvolíme možnost **Properties**, dostaneme se do podrobnějšího nastavení zařízení.

Pokud zvolíme nastavení CPU jednotky, můžeme zde např. z těch nejzajímavějších nastavit:

- **PROFINET rozhraní** – nastavení IP adresy, nastavení časové synchronizace atd.
- **Startup** – zvolení režimu, při jakém se má CPU jednotka zapnout po zapnutí napájecího napětí.
- **Cycle** – nastavení časů jednotlivých cyklů.
- **System and clock memory** – vytvoření pomocných proměnných pro programování. Jedná se především o systémové pomocné bity (bit prvního cyklu, diagnostický bit, bit, který je v každém případě v logické 1 nebo logické 0), dále jsou zde časové bity, které mají pevnou frekvenci (0,5 – 10 Hz).
- **Web server** – možnost použití vestavného web serveru, pomocí kterého můžeme přes klasický prohlížeč sledovat aktuální stavy proměnných PLC, provádět

jednoduchou diagnostiku atp. Můžeme si zde také vytvořit uživatelské stránky s vlastní vizualizací.

- **Protection & security** – nastavení stupně ochrany pro přístup k PLC z HMI nebo TIA portálu.



Obrázek 16 - Přidání vstupních a výstupních karet

Po nastavení CPU jednotky k ní můžeme přidat nějaké vstupní nebo výstupní jednotky. V levém sloupci klikneme pod názvem našeho PLC procesoru na **Device configuration**, zobrazí se nám „pole“, kde bude umístěna pouze naše CPU. V pravém sloupci v záložce **Hardware catalog** máme mnoho kategorií, ze kterých můžeme vybírat různé karty.

Jsou zde k použití např.:

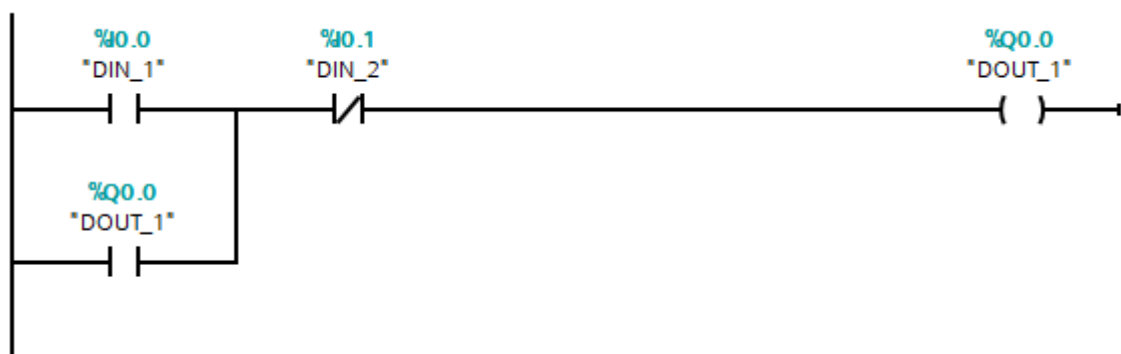
DI – Digitální vstupy, DO – Digitální výstupy, DI/DO – kombinace vstupů a výstupů PM, PS – Napájecí zdroje, CPU – v případě, že bychom chtěli změnit typ CPU, AI – analogové vstupy, AQ – analogové výstupy, AI/AQ – kombinace analogových vstupů a výstupů, Communication moduls – komunikační karty (PROFINET/Ethernet, PROFIBUS...), Technology modules – technologické karty (vážení, rychlé čítače, PTO pro servoměniče ...), Interface modules – rozšíření o další port PROFINET, nebo PROFIBUS.

Jednoduchým výběrem, opět dle katalogového čísla a přetáhnutím do příslušného políčka v „racku“ lze kartu připojit k centrální procesorové jednotce.

3.3 Programovací jazyky

V našem projektu je převážně použit jazyk **Ladder diagram** a **Function block diagram**, mezi kterými je možno přepínat. Jeho použití je výhodné při následné diagnostice zařízení. V kombinaci s vhodným HMI panelem lze například zprostředkovat vizualizační zobrazení programových úseků tak, aby mohl údržbář analyzovat určitou část kódu. S ohledem na další uvedené skutečnosti jsou pro elektro údržbu nejvíce názorné právě tyto dva jazyky. Ve výpočtových a náročnějších funkcích je využito i **SCL** jazyku.

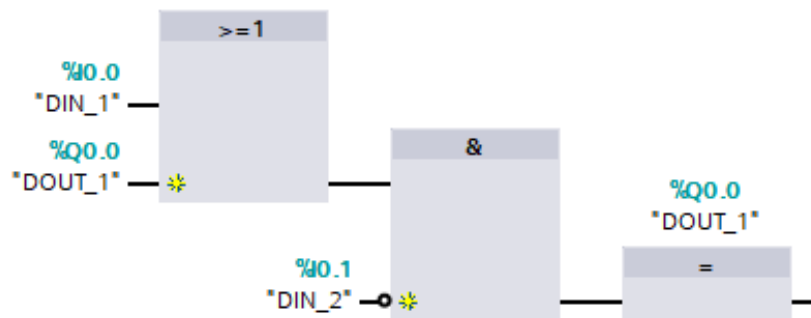
3.3.1 Ladder diagram



Obrázek 17 - Jazyk kontaktních schémat

Neboli jazyk reléových schémat. Demonstruje dřívější skutečné zapojení logiky řízení většiny strojů. Na základě sestavení sériově – paralelního zapojení vstupů jsou spínány námi požadované výstupy. Sériové zapojení kontaktu nahrazuje hradlo AND, paralelní zase OR. Samozřejmostí je použití negovaných proměnných.

3.3.2 Function block diagram



Obrázek 18 - Jazyk funkčních bloků

Jazyk FBD ve svém základu vychází z grafických bloků podobně používaných v elektronických logických diagramech. Využívá se zde logických bloků jako AND (&), OR (>=1), NOT a dalších, které po vzájemném propojení tvoří mnohdy rozsáhlou programovou logickou síť. [10, 11]

3.3.3 Statement text language

1	A (
2	A	"DIN_1"
3	O	"DOUT_1"
4)	
5	AN	"DIN_2"
6	=	"DOUT_1"
7		

Obrázek 19 - Jazyk seznamu instrukcí

STL je textově zapsaný program mnemotechnicky pomocí seznamu příkazů. Program se skládá z jednotlivých instrukcí, což je nejmenší samostatná jednotka uživatelského programu.

Většina standartních logických instrukcí se skládá z operace, kterou má CPU vykonat, např.:

- Logický součin (A)
- Logický součet (O)
- Načítání hodnoty, nebo proměnné (L)
- Nastavování (=) atd.

3.3.4 Structured control language

```
1 IF ("DIN_1" OR "DOUT_1") AND NOT "DIN_2" THEN
2     "DOUT_1" := TRUE;
3 END_IF;
4
```

Obrázek 20 - Strukturovaný programovací jazyk

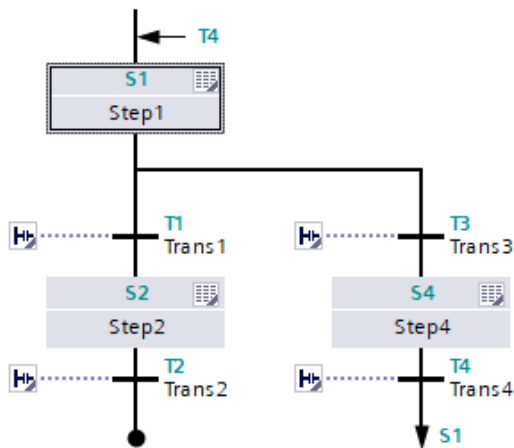
SCL je primárně určen pro výpočtové a složitější algoritmy, jejichž zápis v jiných grafických programovacích jazycích, by byl příliš složitý. Tento jazyk je svou syntaxí velmi podobný některým vyšším programovacím jazykům (Pascal nebo C). Základ stojí především na metodách a způsobu programování jako u těchto jazyků, včetně deklarací podmínek a některých knihoven. [10, 11]

3.3.5 GRAPH

Programovací jazyk GRAPH nebo také někdy Sequential function chart, je grafický programovací jazyk, jehož princip je odvozen od Petriho sítí (Grafcet). Tento jazyk má největší využití v sekvenčních logických úlohách, při použití složitějších struktur.

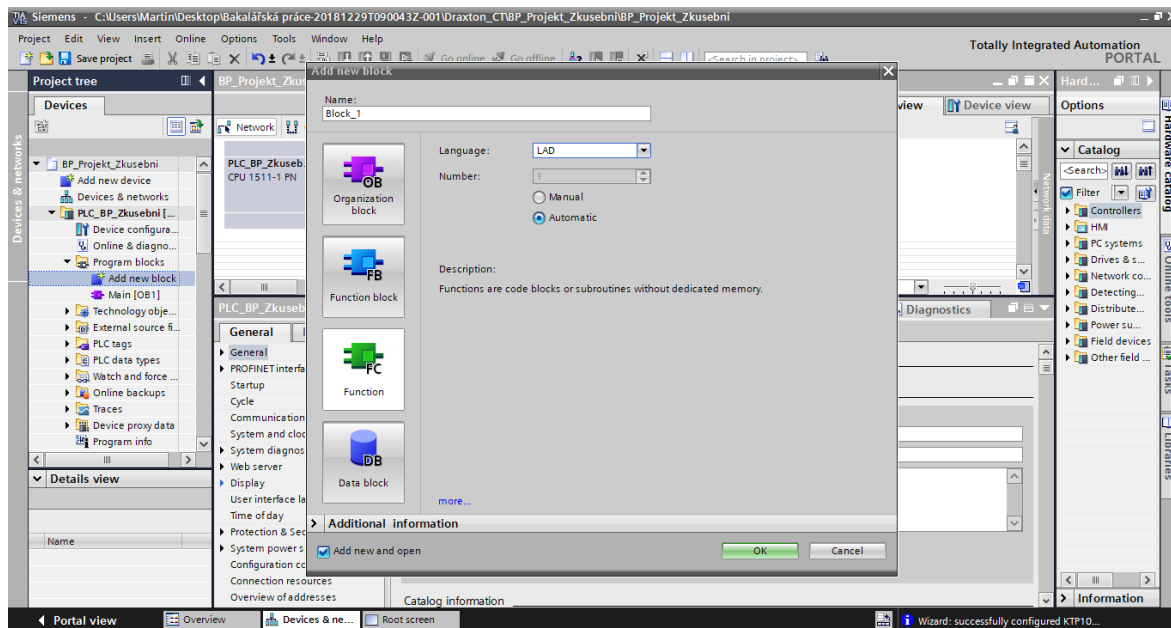
GRAPH se skládá z příkazových kroků, tzv. stepů, které se čísují a přechází se mezi nimi na základě splnění přechodové podmínky (Transice), která je vyjádřena binárním signálem. Jednotlivé kroky jsou aktivní pouze po dobu, kdy není aktivována tato podmínka. Po přechodu námi naprogramovanými n kroky dojde opět k přechodu k prvnímu kroku a začíná se vykonávat znovu.

[10, 11]



Obrázek 21 – Programovací jazyk GRAPH

3.4 Programování PLC a HMI panelů



Obrázek 22 - Vytvoření funkce

Po úspěšné hardwarové konfiguraci lze přejít k naprogramování PLC zařízení. V levém postranním panelu, v sekci PLC procesoru se nachází složka **Program block**. Zde budou uloženy veškeré funkce, funkční a datové bloky, které si nadefinujeme.

Po zvolení **Add new block** se nám otevře průvodce pro založení nového bloku. Zde můžeme dle požadované funkčnosti zvolit ze čtyř možností.

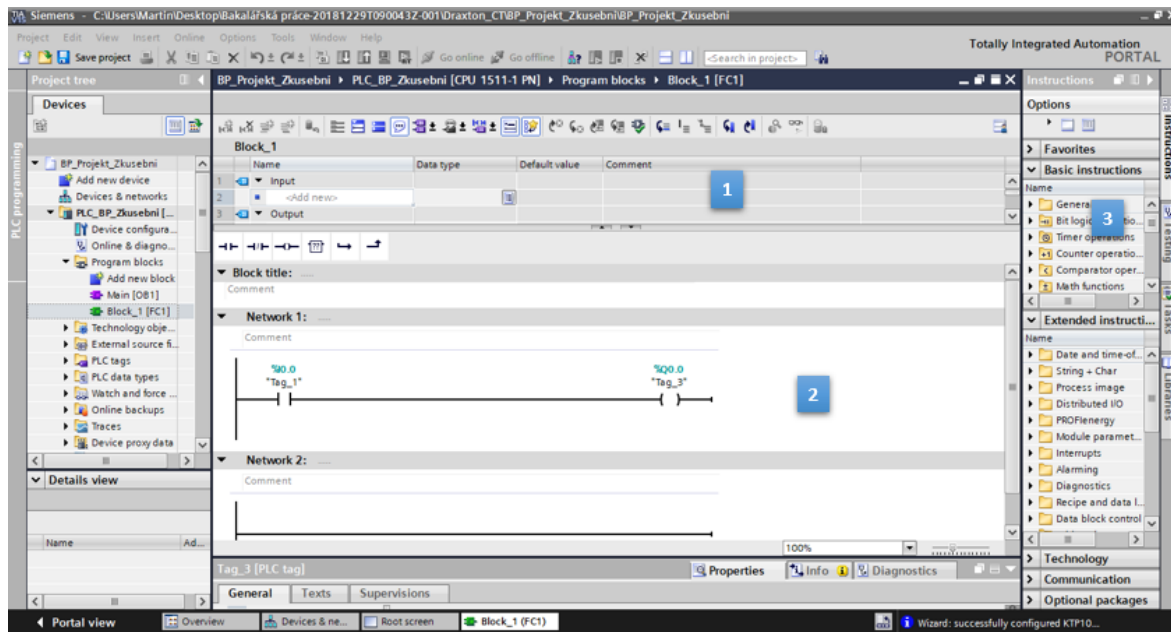
Organizační bloky – Jsou to systémové bloky, které jsou volány cyklicky nebo při nějaké specifické události (chyba hardware, časové přerušení, programová chyba ...). Každý z těchto bloků má své neměnné číslo. Hlavním blokem, který se vykonává cyklicky je blok OB1 – tento blok používáme k řízení našeho uživatelského programu, resp. zde voláme námi vytvořené funkční celky.

Funkční bloky – Funkční bloky používáme pro uživatelský program. Jsou specifické tím, že je k nim vždy vytvořen instanční datový blok, ve kterém jsou uloženy stavy proměnných použitých v tomto funkčním bloku, tzn., že si blok uchovává své vnitřní stavy permanentně a nedojde tedy ke ztrátě stavů proměnných.

Funkce – Používají se stejným způsobem jako funkční bloky s tím rozdílem, že nemají k sobě přiřazen svůj datový blok – nemají vyhrazenou paměť. Jinak řečeno, po skončení volání funkce již nemůžeme vyčíst stavy interních proměnných funkce.

Datové bloky – Ukládají programová a uživatelská data.

Zvolíme si **funkci**, nastavíme námi požadované jméno funkce, vybereme programovací jazyk a zvolíme OK.



Obrázek 23 - Vkládání kontaktů a instrukcí

Otevře se nám okno, které je členěno na několik dalších sekcí (networks) (2), chápaných jako řádky programu. Do těchto sekcí vkládáme jednotlivé instrukce. V pravém postranním panelu (3) jsou všechny instrukce, které jsou rozděleny do níže uvedených kategorií.

Favorites – Vlastní programátorská kategorie, do které si můžeme přidat naše nejčastěji používané instrukce.

Basic instructions – Základní programové instrukce, jako jsou bitové operace, časovače, čítače, matematické a porovnávací operace, řízení běhu programu atd.

Extended instructions – Kategorie rozšířených instrukcí, které jsou použitelné např. pro řízení datových bloků, alarmů, data a času, diagnostice, práci s řetězci a mnoho dalších.

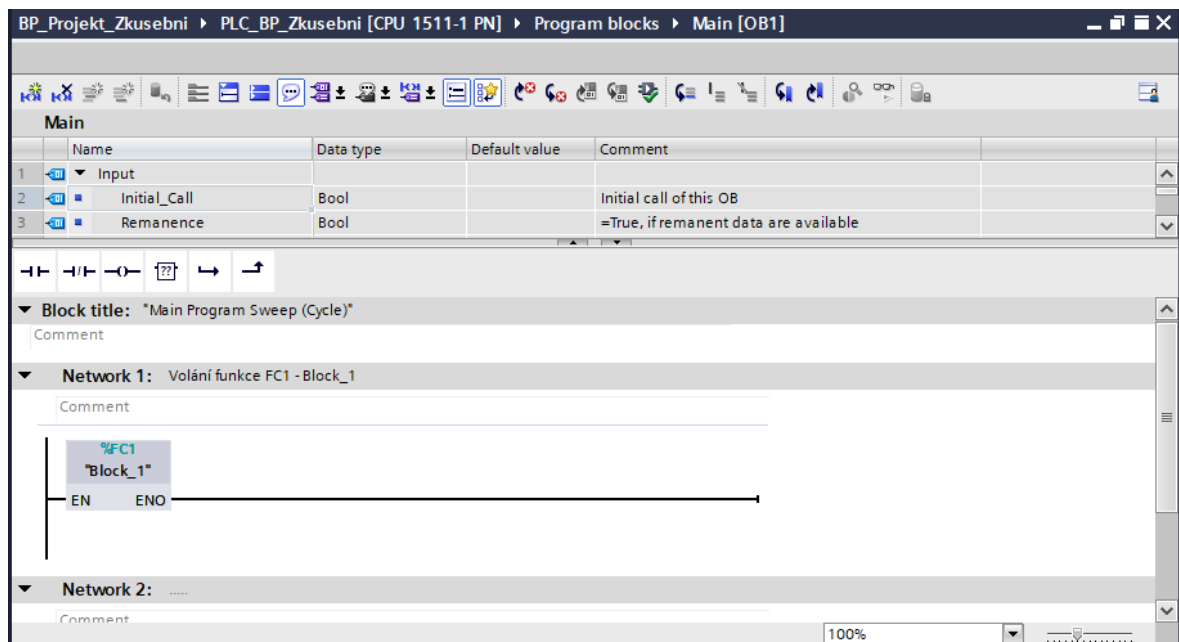
Technology – Obsahuje bloky pro práci s PID řízením, řízení pohonů (Motion control) a bloky pro práci s rychlými čítači a absolutním enkodérem.

Communication – Komunikační bloky pro řízení komunikace mezi dvěma PLC zařízeními, mezi PC stanicí atd.

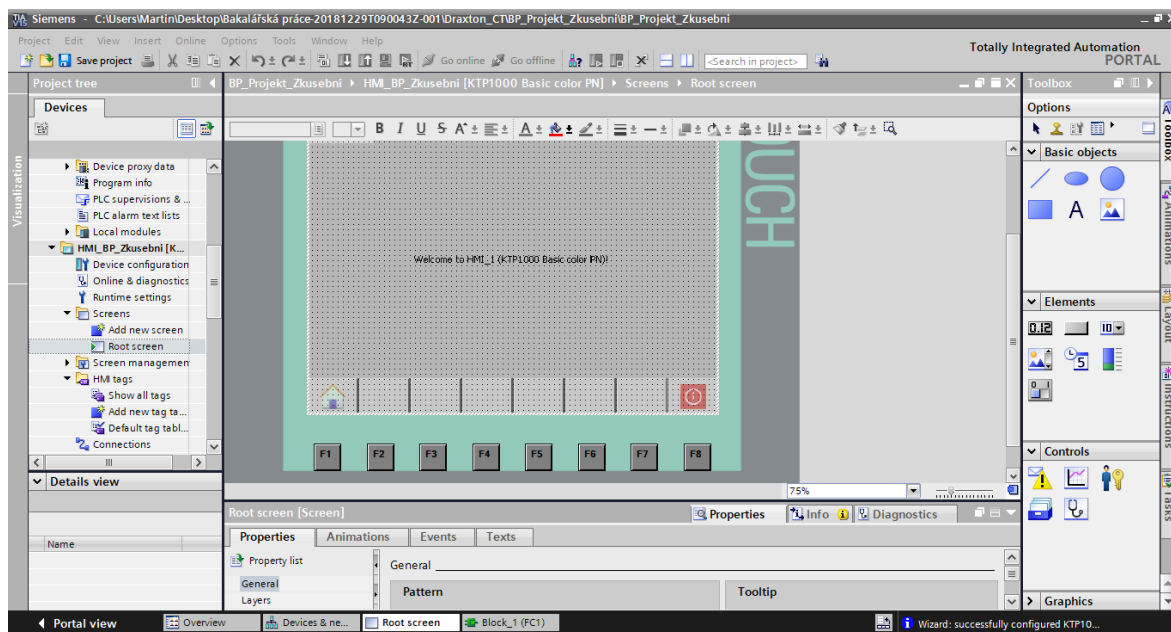
Optional packages – Např. bloky pro řízení zařízení SIMATIC Ident, což je zařízení např. k RFID identifikaci.

Lokální, vstupní a výstupní proměnné se definují v sekci **(1)** a jsou rozděleny do několika funkčních celků.

Po úspěšném naprogramování této funkce je ještě zapotřebí zajistit, aby se tato funkce při nějakých podmínkách nebo cyklicky vykonávala. To zajistíme tak, že v hlavním bloku Main OB1 tuto funkci zavoláme.



Obrázek 24 - Volání funkce v hlavním bloku OB1



Obrázek 25 - Editování obrazovky, vložení prvků pro vizualizaci

Práce s panelem probíhá v prostředí TIA portal WinCC a člení se tak, že tvoříme jednotlivé obrazovky, na které přidáváme prvky, jako jsou tlačítka, kontrolky, přepínače, obrázky, bar grafy a grafické prvky, kterým poté nastavujeme v jejich vlastnostech různé atributy. Především se jedná o to, k jaké proměnné (v jakém datovém bloku v PLC) se prvek bude vztahovat, resp. buď ho bude vizualizovat (výstupní paměť PLC), nebo ovládat (vstupní paměť v PLC). Dále volíme mezi styly těchto prvků, jejich animacemi, popř. událostmi, ke kterým má dojít např. při stlačení tlačítka (může se např. jednat o přechod na jinou obrazovku atd.).

Dalšími často využívanými prvky jsou zobrazení alarmů (**Alarm view**), diagnostické zobrazení stavu PLC (**Diagnostic view**), zobrazení grafů (**Trend view**), výběr a úprava receptur (**Recipe view**), zobrazení PDF dokumentu (**PDF view**) a spousta dalších prvků, kterých přibývá se zvyšující se řadou panelu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POPIS APLIKACE CHLADICÍ VĚŽE V PROCESU TAVENÍ



Obrázek 26 - Chladicí věž

Společnost Draxton Brno s.r.o. je slévárenská společnost, která je předním dodavatelem brzdových třmenů do automobilového průmyslu.

Tyto třmeny se odlévají z litiny, která je tavena v jedné z počátečních fází celého procesu. Toto tavení je uskutečněno třemi dostupnými indukčními pecemi o celkovém rezervovaném příkonu 8 MW. Díky tomuto výkonu a železu o teplotě cca 1500 °C je zapotřebí kvalitní a nepřetržité chlazení v mezi cívkovém prostoru.

Chladicí okruh je kromě chladicí věže tvořen třemi čerpadly a zásobní nádrží, tvořící uzavřený systém chlazení tavicích pecí. Tyto čerpadla dopravují chladicí vodu do systému,

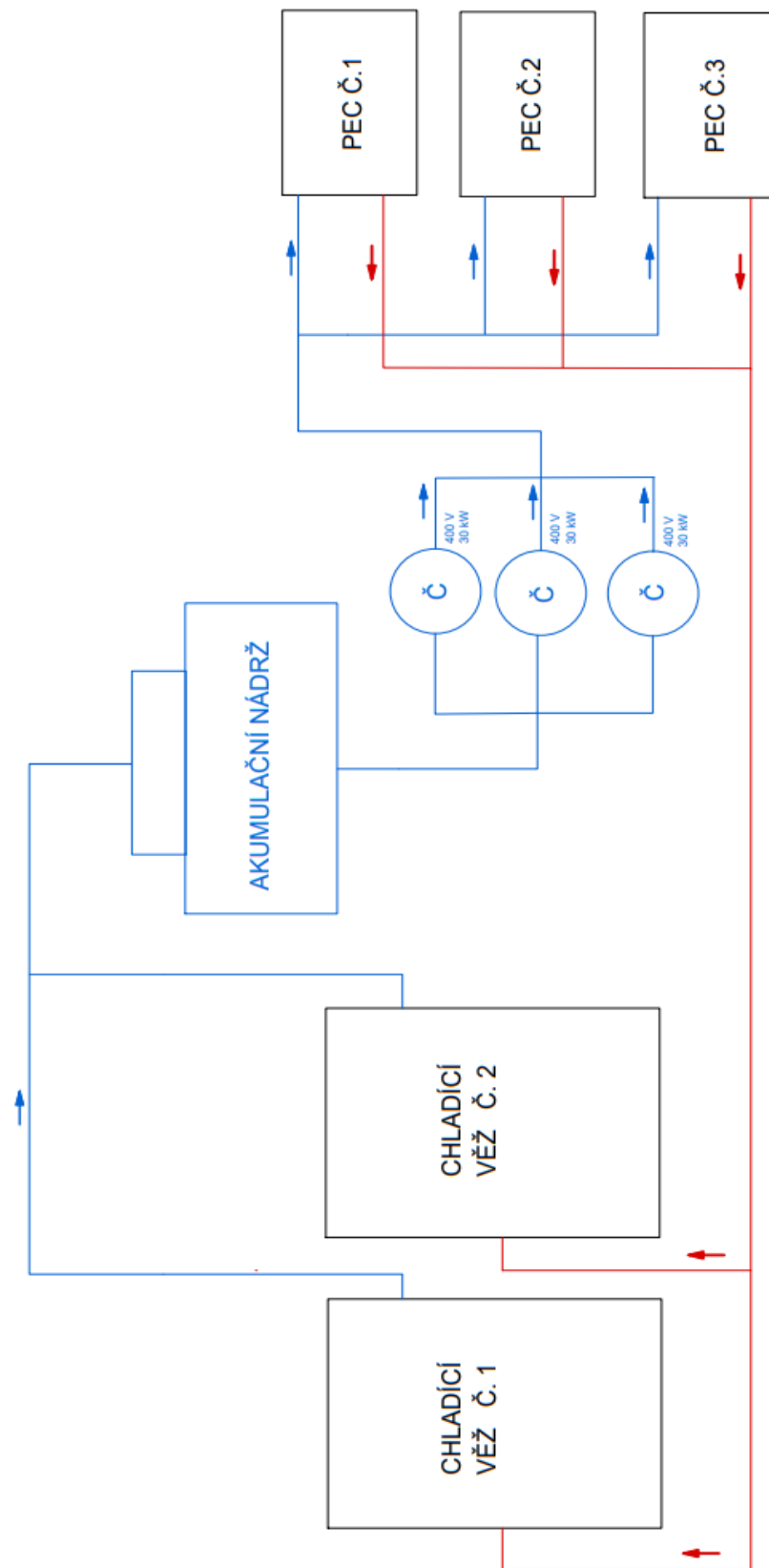
kde je ohřívána na cca 45 °C. Výstup z pecí je napojen na vstup chladicí věže a výstup z věže je napojen na zásobníkovou nádrž, která slouží jako akumulátor chladicí kapaliny pro hlavní čerpadla.

Stávající řešení, kde je počítáno pouze s jednou chladicí věží, je v letních dnech pro tento účel nedostatečné. Jedna chladicí věž, ani při plném výkonu, není schopna tento proces uchládit. V takovém případě dochází k omezení dostupnosti zařízení a nemalým finančním ztrátám z důvodu prostojů, které jsou zapříčiněny čekáním na dotavení pece.

Z tohoto důvodu bylo navrženo přidání další, stejné věže, která by měla chladicí výkon zdvojnásobit a zároveň fungovat jako záloha při nenadálém výpadku druhé věže.

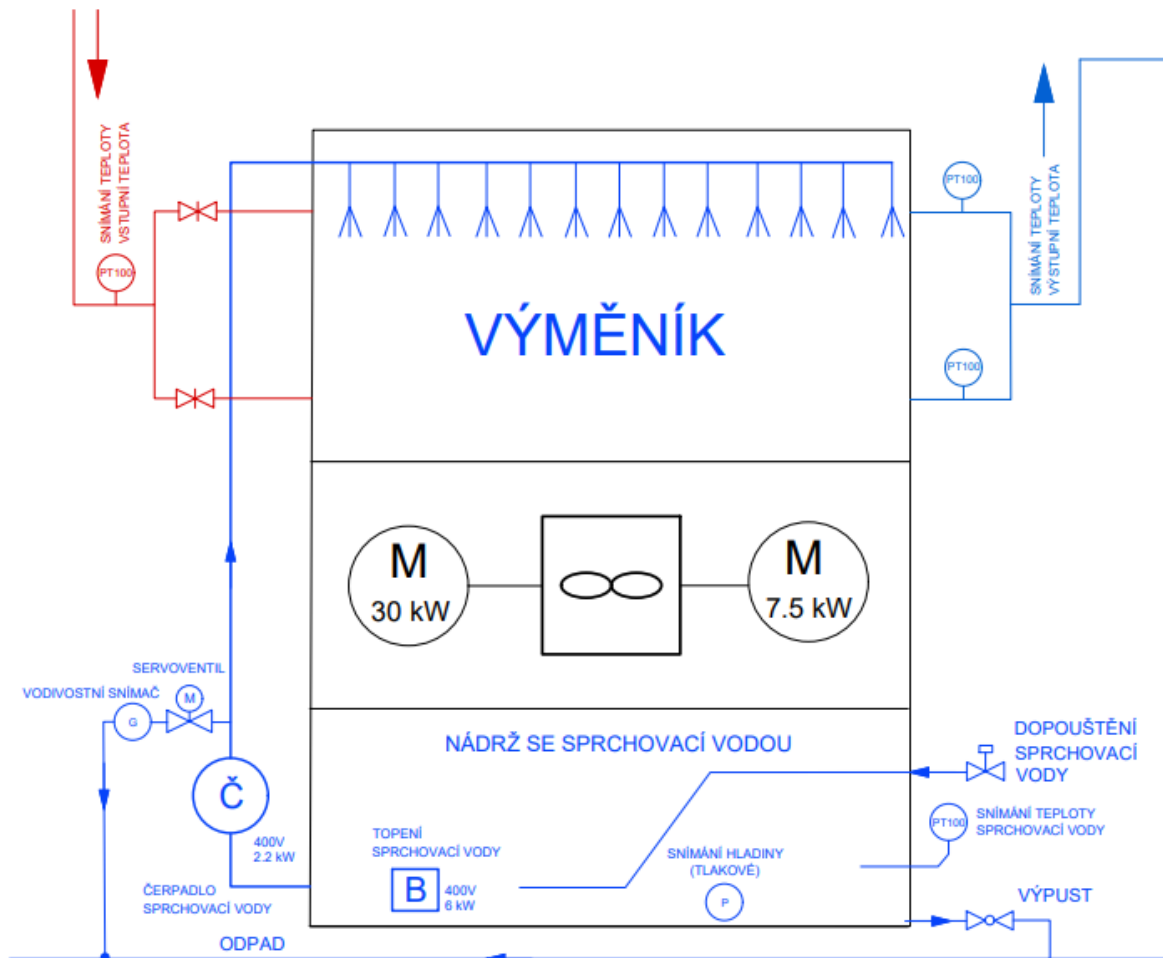
Stávající věž je připojena na řídicí systém tavících pecí, který je uzavřen a není možné ho již upravovat ani nijak spravovat. Na základě toho bylo investorem rozhodnuto, že se pro novou věž připraví nezávislý řídicí systém, včetně nového rozvaděče a vizualizace, který by do budoucna mohl řídit jak novou, tak i starší a zároveň třetí věž, která je na tomto okruhu nezávislá a slouží pro chlazení elektrozařízení.

V první fázi projektu se tedy bude jednat pouze o připojení nově dodané věže a při první možné odstávce budou do tohoto nového ŘS připojeny zbývající dvě věže.



Obrázek 27 – Zjednodušené procesní schéma

4.1 Popis chladicí věže



Obrázek 28 - Schématické zobrazení chladicí věže

Chladicí věž – dvojitý trubkový výměník, do kterého vstupuje ohřátá voda proudící z indukčních pecí. Na vstupu této věže se provádí informativní měření teploty. Na jeho dvou výstupech měříme dvě výstupní teploty, jejichž průměrná hodnota je zahrnuta do systému regulace.

Na základě této teploty je spínáno čerpadlo, které čerpá chladicí vodu z nádrže sprchovací vody, jež skrání výměňkové trubky a tím ochlazuje proudící kapalinu v potrubí. Pokud tento ochlazovací výkon nestačí, přidá se k němu ochlazovací výkon ventilátoru, jehož otáčky jsou regulovány opět na základě výstupní teploty a jsou funkcí proporcionálního regulátoru, naprogramovaného v PLC.

Oproti starší verzi této věže se zde nachází na stejné hřídeli jeden záložní elektromotor, který v případě výpadku většího motoru nebo jeho frekvenčního měniče, je alespoň částečně schopen tento motor zastoupit.

Chladicí věž má následující jmenovité parametry:

Chladicí výkon: 1 700 kW

Chladicí médium: Chemicky upravená voda

Vstupní/Výstupní teplota: 43/35 °C

Maximální průtok: 180 m³/h

Průtočné množství vzduchu: 26,7 m³/h

Maximální odpar: 0,6 l/s

Množství dopouštěné vody: 1,024 l/s

Délka: 4 110 mm

Šířka: 2 397 mm

Výška: 4 248 mm

[19]

4.1.1 Sprchovací čerpadlo a okruh sprchovací vody

Primárně slouží pro chlazení sprchovací čerpadlo, umístěné na boční straně chladicí věže a připojeno k nádrži sprchovací vody.

Na základě průměru výstupních teplot, dochází ke spínání čerpadla, které z nádrže čerpá studenou, chemicky upravenou vodu, jež padá kolmo na trubkový výměník a tím chladí jeho médium. V ŘS je pomocí HMI zadána teplota, při které se má čerpadlo sepnout a její hysterese pro jeho vypnutí.



Obrázek 29 - Systém sprchovacího čerpadla a vypouštění vody

Motor čerpadla má následující parametry:

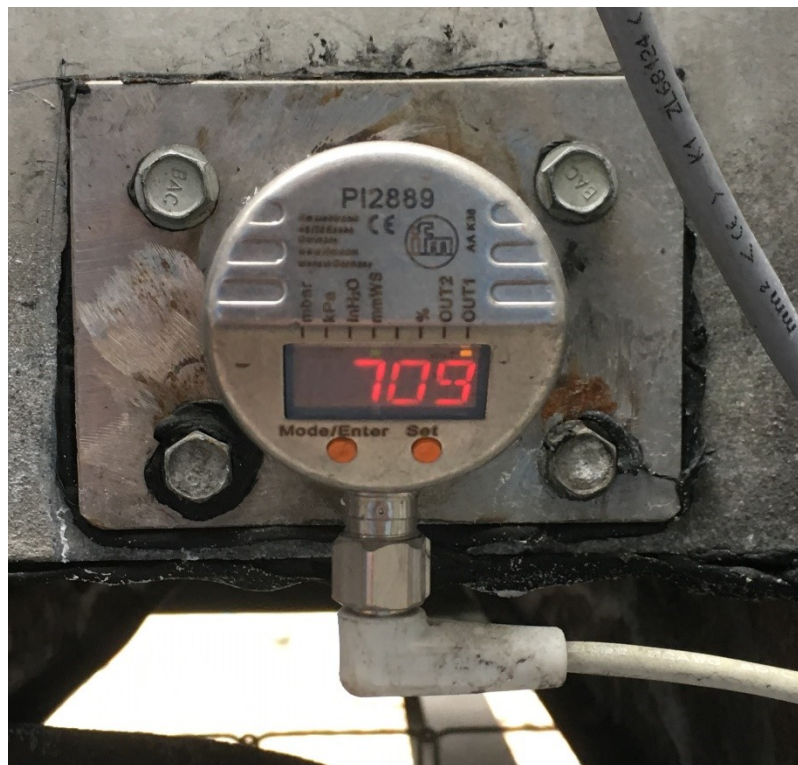
Napájecí napětí: 400 V, 50 Hz

Jmenovitý výkon motoru: 2,2 kW

Jmenovité otáčky motoru: 2870 ot/min

Jmenovitý odběr motoru: 7,70 A

Součástí systému sprchování je hlídání výšky hladiny sprchovací vody. Je nutné udržovat v nádrži určitou hladinu chladicího média tak, aby nemohlo dojít k tomu, že by čerpadlo jelo nasucho. Na dně nádrže je tedy umístěno tlakové čidlo, které hlídá aktuální výšku hladiny.

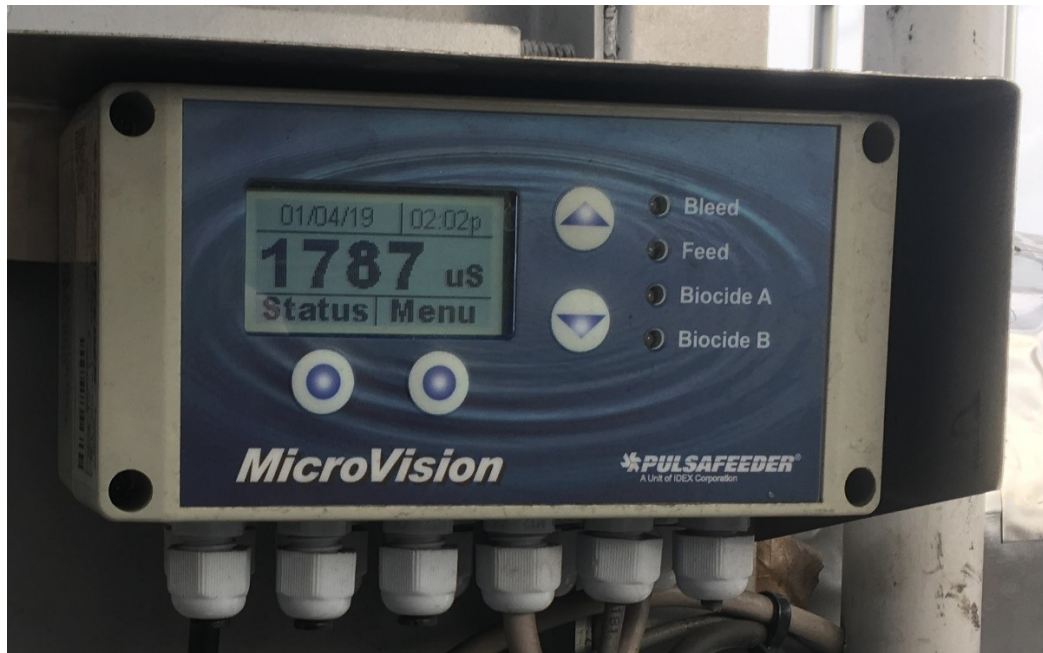


Obrázek 30 - Snímač výšky hladiny sprchovací vody

Sprchovací voda je chemicky upravená voda. Z vodovodního řádu je přes chemickou úpravnu dopouštěna voda do nádrže. Tato úpravna a její regulační systém je nezávislý na ŘS chladicích věží a obstarává jej externí společnost, která za kvalitu této vody zodpovídá.

Principiálně tento systém funguje tak, že se v pravidelných intervalech otevírá na okruhu čerpadla odbočka, která je řízená servopohonem a kulovým ventilem. Na tomto potrubí je umístěna vodivostní sonda, která kontroluje vodivost a tudíž kvalitu sprchovací vody. Pokud je vodivost v zadaných mezích, servopohon ventil uzavře a čeká se na uběhnutí dalšího časového intervalu pro kontrolu. Pokud je vodivost vyšší než požadovaná, tak zůstává servopohon otevřen a voda se odpouští do odpadního okruhu po dobu zadanou výrobcem.

Tento systém je propojen s ŘS chladicích věže pouze tak, že sdílí informaci o aktuální vodivosti a ta je pouze na panelu vizualizována.



Obrázek 31 - Kontrolér pro regulaci vodivosti v nádrži sprchovací vody

4.1.2 Ventilátory

Pro navýšení chladicího výkonu je do věže nainstalován ventilátor, který má za úkol ještě více ochlazovat trubkový výměník a tím pádem i médium v něm proudící. Dále má ochlazovat sprchovací vodu, která ventilátoru vytváří závěs a tím mu tvoří přirozený odpor proti jeho působení.

Na obou věžích je instalován hlavní motor o následujících parametrech:

Napájecí napětí: 400 V, 50 Hz

Jmenovitý výkon motoru: 30 kW

Jmenovité otáčky motoru: 1480 ot/min

Jmenovitý odběr motoru: 58 A

Motor je řízen frekvenčním měničem na základě aktuální výstupní teploty.

U nové věže byl pro záložní účely zařazen ještě záložní motor, který je připojen na tu samou hřídel jako hlavní motor. U tohoto motoru nebylo přistoupeno k tomu, aby se u něj regulovaly otáčky.

Záložní motor má následující parametry:

Napájecí napětí: 400 V, 50 Hz

Jmenovitý výkon motoru: 7,5 kW

Jmenovité otáčky motoru: 1460 ot/min

Jmenovitý odběr motoru: 14,7 A

4.1.3 Topení a podpůrné systémy

V nádrži sprchovací vody je pro zimní období umístěna topná spirála o výkonu 6 kW, která je spínána na základě měřené teploty uvnitř nádrže. Úkolem topné spirály je ochrana vody před zamrznutím v zimních měsících, kdy není čerpadlo tolik v chodu.

V systému jsou použity také otopné kabely, kterými je obaleno přívodní potrubí doplňovací vody, odpadní potrubí a část potrubí pro dopravu sprchovací vody, včetně části čerpadla. Kabely jsou spínány na základě venkovní teploty a mají opět funkci proti zamrznutí.

4.2 Návrh řídicího systému a jeho hardware

Řídicí systém je koncipován tak, aby byl co nejvíce zautomatizován a nepotřeboval tak za normálních provozních podmínek zásah žádné obsluhy. Z tohoto důvodu bylo operátorské rozhraní mezi obsluhou a ŘS navrženo tak, aby co nejvíce ovládacích prvků bylo vloženo do HMI panelu, který je umístěn ve velínu pro tavící pece. Fyzicky je nainstalován do volného pole stávajícího rozvaděče a skládá se ze samotného HMI panelu, světelného návěští a tlačítka pro potvrzení alarmů.

Zbylá část řídicího systému, včetně silové části, jsou umístěny v místnosti ostatních rozvaděčů, nedaleko vzdálené od velínu a samotných chladicích věží.

Volba výrobce a typ samotného PLC bylo vybráno s ohledem na obtížnost řešené úlohy, aktuální dostupnosti licence pro vývojové prostředí, a především s ohledem na stávající technologie, kde si investor přál zohlednit stávající ŘS a pokusit se o použití stejného typu CPU jednotky a decentralizovaného řešení vstupně-výstupních jednotek. Tento požadavek vznikl z toho důvodu, aby se nenavyšovaly počty skladových položek, které musí investor pro případ poruchy stále držet skladem. Z těchto důvodů má ve skladových zásobách nemalé finanční investice. Dalším požadavkem je alespoň částečná jednoduchá diagnostika PLC jednotky a jejích periferních zařízení. V neposlední řadě bylo samozřejmě myšleno na to, aby systém nevyužíval výběhových typů PLC jednotek a splňoval tak dnešní požadavky na

moderní ŘS a jeho další propojitelnost do výrobních systémů, čehož můžeme z dlouhodobého hlediska dosáhnout pouze jednotkou S7-1500.

4.2.1 CPU S7-1500 a ET200SP



Obrázek 32 - CPU S7-1500 1511-1 PN

Na základě výše uvedených informací, jsme se rozhodli využít nejmenší jednotky z řady S7-1500 – CPU 1511-1 PN jejíž výčet některých parametrů je následující:

S7-1500–1511-1 PN 6ES7511-1AK00-0AB	
Napájecí napětí:	24 V DC
Pracovní paměť (integrovaná):	Pro program: 150 kbyte Pro data: 1 Mbyte
Zaváděcí paměť:	SMC: 32 Gbyte
Maximální počet všech bloků:	2000 (OB, FC, FB, DB)
Počet S7 čítačů:	2048
Počet IEC časovačů:	Limitováno pouze hlavní paměť
Paměť vstupů a výstupů:	Vstupy: 32 kbyte Výstupy: 32 kbyte

Počet možných distribuovaných systémů:	20
Počet připojitelných modulů v jednom racku:	32 v jedné dostupné řadě
PROFINET rozhraní:	Ano – 2 neoddělené porty, PROFINET IO Controller
Web server:	Ano

Tabulka 1 – Výčet parametrů CPU S7-1500

Jak je uvedeno výše, k CPU lze připojit 31 vstupních, výstupních nebo technologických modulů. My jsme se o všem s ohledem na zavedené standardy, ceně vztaženou na jeden bit a z důvodu toho, že chceme šetřit místem v rozvaděči, rozhodli použít decentralizovaný způsob připojení.

K němu využijeme jednotku vzdálených V/V – ET-200 SP, skládající se z IM modulu, V/V karet a server modulu, který tuto sestavu uzavírá.



Obrázek 33 - Sestava vzdálených I/O vstupů

IM modul **155-6 PN ST** (6ES7 155-6AU00-0BN0) je připojen k hlavnímu CPU pomocí přídavného Bus Adaptéru (RJ45) a komunikačního protokolu **PROFINET IO**. Všechny vstupy a výstupy jsou tedy připojeny k této samostatné jednotce a jejich výčet je následující:

Funkce karty	Typ	Označení
Digitální vstupní karty	DI 8x24VDC ST	6ES7 131-6BF00-0BA0
Digitální výstupní karty	DQ 8x24VDC/0.5A ST	6ES7 132-6BF00-0BA0
Analogové vstupní karty	AI 4xU/I 2-wire ST	6ES7 134-6HD00-0BA1
Analogové výstupní karty	AQ 4xU/I ST	6ES7 135-6HD00-0BA1
Analogová karta pro připojení snímačů PT100	AI 4xRTD/TC 2-,3-,4-wire	6ES7 134-6JD00-0CA1

Tabulka 2 - Výčet použitých V/V karet

4.2.2 Operátorský panel KTP900 Basic PN



Obrázek 34 - HMI Panel KTP 900

Pro vizualizaci systému a vytvoření rozhraní pro komunikaci s operátorem a údržbou jsme zvolili na základě dostupné licence HMI Basic panel – KTP900 Basic PN.

S ohledem na to, že chceme zavést pouze vizualizaci s jednoduchými animacemi, manuální ovládání periferií, vizualizaci alarmů a grafů, nebylo nutné volit vyšší řadu Comfort.

HMI panel s připojeným USB uložištěm slouží také pro ukládání alarmových hlášení a měřených procesních hodnot a tím k možné snadnější diagnostice v případě jakékoliv poruchy.

KTP 900 BASIC 6AV2123-2JB03-0AX0	
Napájecí napětí:	24 V DC
Úhlopříčka obrazovky:	9 in
Počet barev:	65536
Rozlišení:	800x480
Počet funkčních kláves:	8
Paměť:	Flash: ANO, RAM: ANO
Paměť pro uživatelská data:	10 Mbyte
Rozhraní průmyslového ethernetu:	Ano. Podpora PROFINET a TCP/IP
Počet proměnných:	Pro panel: 800, Pro jednu obrazovku: 100

Tabulka 3 - Výčet některých parametrů panelu KTP 900

4.2.3 Siemens SINAMICS G120 a CU230-P 2 PN

Hlavní ventilátory chladicích věží jsou řízeny frekvenčním měničem.

Pro naši úlohu byly vybrány FM řady Siemens G120 (silový modul PM 230) a řídicí jednotkou CU-230P-2 PN, která bude ve funkci řídicího členu pro FM a bude zajišťovat rozhraní mezi PLC a měničem. Tímto modulem můžeme realizovat ovládání klasickým způsobem pomocí svorkovnic digitálních a analogových vstupů a výstupů a také může být plně ovládán po síti PROFINET na základě stavových a řídicích programových slov, jejichž konfiguraci provádíme v softwaru TIA portál za pomoci SW modulu Startdrive.

V našem případě budeme z důvodu zálohy a následné snadnější diagnostiky bez vývojového prostředí realizovat oba způsoby ovládání. Za normálních okolností budou FM řízeny po PROFINETU a v případě výpadku této sítě směrem k měniči bude na operátorském panelu připravena možnost přepnutí na ovládání pomocí vstupně výstupních karet.

POWER MODUL PM230 6SL3223-0DE33-0AA0	
Počet fází:	3 AC
Vstupní napájecí napětí:	380–480 V
Nominální vstupní proud:	56 A
Nominální výstupní napětí:	400 V
Nominální výstupní proud:	60 A
Maximální výstupní proud:	90 A
Nominální výstupní výkon (400 V)	30 kW
Výstupní pulzní frekvence:	4 kHz
Integrovaný filtru třídy:	Třída A

Tabulka 4 - Výčet některých parametrů PM230



Obrázek 35 - Frekvenční měnič pro hlavní ventilátoru

SINAMICS ŘÍDICÍ JEDNOTKA CU230P-2 PN 6SL3243-0BB30-1FA0	
Napájecí napětí:	24 VDC
Počet digitálních vstupů:	6
Počet digitálních výstupů:	3 (2 relé s přepínacími kontakty, 1 relé s NO kontaktem)
Analogové vstupy:	2 (možnost rozšíření jako DI)
Analogové výstupy:	2
Typ komunikačního rozhraní:	PROFINET / Ethernet/IP

Tabulka 5 - Výčet některých parametrů jednotky CU230P-2 PN

4.2.4 VPN router eWon COSY 131

Pro vzdálenou diagnostiku, zejména v počáteční fázi zahájení projektu je v rozvaděči instalován VPN router eWon COSY 131, který byl navržen jako průmyslový LAN router. Zprostředkovává vzdálené připojení a následnou správu PLC zařízení přes internet a službu Talk2M, zprostředkovanou VPN připojením na základě hostované webové aplikace, určenou ke zprostředkování kontaktu integrátorů s jejich výrobními celky prostřednictvím internetu.

Výrobce nabízí více verzí tohoto routeru, přičemž k nezajímavějším patří možnost konfigurace připojení, které mohou být:

- WAN
- WAN + WIFI
- WAN + 3G
- WAN + 4G

Je napájen 24 VDC a je umístitelný na DIN lištu, což z něj dělá vhodného kandidáta pro použití v průmyslu.

[15]



Obrázek 36 - VPN router eWon COSY 131 [15]

Jelikož požadavek na připojení VPN routeru byl vznesen až v průběhu projektu, byl router nakonfigurován a nachystán v případě problému na zapojení do vnitřní sítě ŘS. Pokud bychom chtěli realizovat stabilní VPN spojení, bylo by z bezpečnostního hlediska nutné přikoupit k hlavnímu CPU další komunikační kartu, která by podporovala TCP/IP protokol tak, aby byly tyto dvě sítě zcela nezávislé a nemohlo tak dojít k bezpečnostnímu narušení vnitřní firemní sítě.

4.2.5 Rozvaděčové skříně

Umístění všech prvků do rozvaděčových skříní bylo navrženo tak, aby byla většina řídicího systému umístěna v jedné rozvodné skříní, pro niž bylo připraveno místo v klimatizované místnosti všech ostatních rozvaděčů k technologii tavicích pecí. Tento rozvaděč se skládá ze tří polí – RCT 1.1, RCT 1.2 a RCT 1.3. První z nich je navržen pouze pro hlavní jistič a připojení napájecí kabelu. Ve druhém z nich je umístěna silová část tzn. všechny motorové jističe, stykače, frekvenční měniče, transformátor pro ovládací napětí atd. Poslední, s označením RCT 1.3 je koncipováno jako pole řídicího systému, včetně ovládacích prvků, jako jsou relátka, svorkovnice, zdroje pro PLC a jištění obvodu 24 VDC.

V počátečních fázích projektu bylo zamýšleno řídicí systém koncipovat tak, aby jednotlivé vstupně výstupní karty byly umístěny přímo v rozvodné skříní u jednotlivých chladicích věží a byl tedy zvolen decentralizovaný systém řízení, což by mnohonásobně snížilo náklady na kabeláž. Od tohoto způsobu ale bylo na základě požadavku investora upuštěno, a to z důvodu

soustředit všechny prvky řídicího systému, kvůli snadnější diagnostice a údržbě, do jednoho centrálního rozvaděče.



Obrázek 37 - Centrální rozvaděč řízení chladicích věží

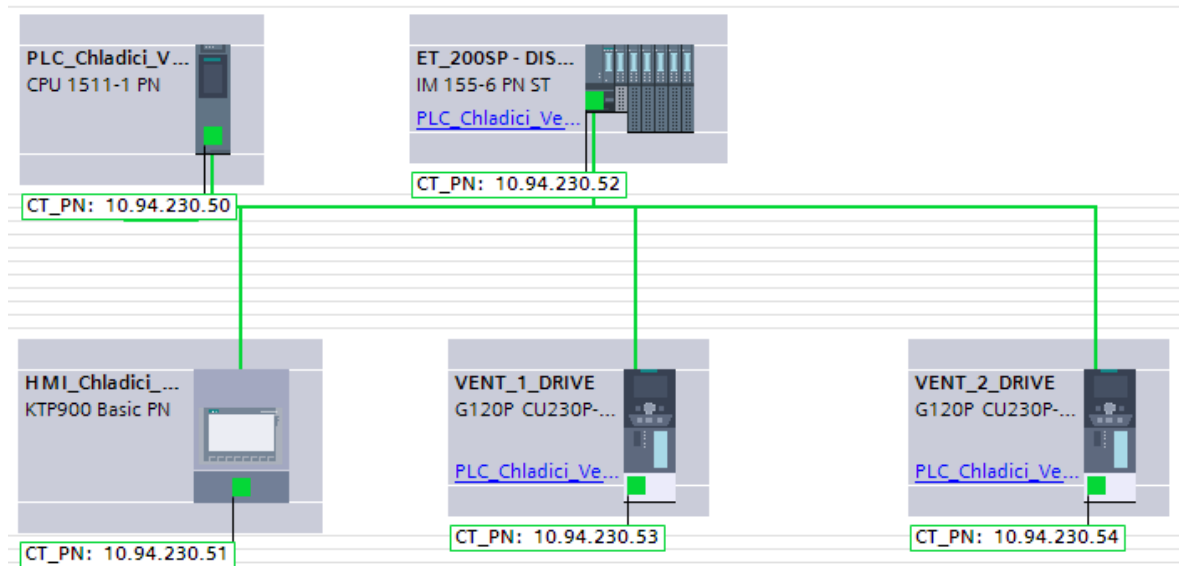
Bylo také nutno vyřešit umístění hlavních vypínačů pro jednotlivé motory a topné spirály, které je nutno si při jakékoliv údržbě z bezpečnostního hlediska vypnout přímo v místě umístění těchto prvků. Proto byl navržen ke každé chladicí věži ještě jeden rozvaděč, který je umístěn venku, hned vedle věže a slouží k umístění hlavních vypínačů technologie a zároveň jako přechodová skříň pro tyto motory i snímací prvky. Označeny byly jako RCT – V1, RCT – V2, RCT – V3.



Obrázek 38 - Podružný rozvaděč chladicí věže

,

4.2.6 PROFINET struktura



Obrázek 39 - Schématické propojení PROFINET prvků

Na obrázku 38 lze vidět, jak je celý řídicí systém nakonfigurován z pohledu propojení v PROFINET síti. Propojení je fyzicky realizováno pomocí průmyslového switchu SCALANCE X008, umístěném v řídicím poli hlavního rozvaděče. Rozsahy IP adres 10.94.230.XXX byly zvoleny na základě IT pravidel k připojení do interní sítě společnosti pro možnost budoucího zahrnutí do výrobního systému.

4.2.7 Senzorické prvky použité pro snímání procesních hodnot

Senzorické prvky byly vybrány na základě požadovaného snímaného rozpětí procesních hodnot, kvality provedení, nutnosti následné údržby a v neposlední řadě také ceny.

Jak již bylo zmíněno, v předchozím systému řízení bylo pro snímání hladiny sprchovací vody použito tři limitních plováků, které signalizovali nouzovou hladinu pro vypnutí čerpadla, minimální hladinu pro spuštění dopouštění vody a maximální pro její zastavení. Velkou nevýhodou těchto plováků bylo, že se poměrně rychle zanášely, popř. se na nich zachytila nečistota a nedošlo k sepnutí. Ale hlavní nevýhodou byla nemožnost sledovat aktuální stav hladiny. Na základě těchto zkušeností byl zvolen tlakový snímač (keramický kapacitní snímač), který byl umístěn v dolní části boční stěny nádrže pro sprchovací vodu s výstupem 4-20 mA a tlakovým rozsahem 0–100 mbar, což odpovídá přibližně rozsahu 0-100 cm, což je při výšce přepadu z nádrže cca 90 cm dostatečné. Keramické provedení membrány bylo zvoleno z důvodu větší odolnosti vůči korozi, otěru a tím pádem menší náročnosti na údržbu.



Obrázek 40 - Snímač hladiny sprchovací vody [16]

Výčet některých parametrů snímače:

IFM PI2889 PI-,10BREA01-MFRKG/US/ /P	
Oblast použití:	Kapalná a plynná média
Teplota média:	-25...125 °C
Napájecí napětí:	18-32 VDC
Počet digitálních výstupů:	2 (jeden konfigurovatelný jako analogový)
Počet analogových vstupů:	1
Typ analogové výstupu:	4-20 mA
Měřicí rozsah snímače:	-5...100 mbar

Tabulka 6 - Výčet parametrů tlakového snímače PI2889 [16]

Dále se v systému nachází několik teplotních snímačů (vstupní a výstupní teplota výměníku, sprchovací voda, venkovní teplota) ve verzi PT100, které jsou ke vstupní kartě zapojeny tři vodičově a ve všech třech případech mají stejné měřicí a připojovací parametry. Liší se pouze délkou jímky, která je závislá na průměru potrubí (DN100 a DN200) a snímače by měly zasahovat do více jak poloviny průměru potrubí, v případě snímače v nádrži sprchovací vody byla délka zvolena tak, aby byl snímač dostatečně vzdálen od stěny nádrže – alespoň 20 cm vnitřní stěny.



Obrázek 41 - Odporový snímač PT100 [17]

Některé parametry odporových teplotních snímačů:

T1025 – JSP ODPOROVÝ SNÍMAČ TEPLoty S JÍMKOU	
Měřicí odpor:	1x PT100
Měřicí rozsah:	-40...+180 °C
Materiál jímky a nástavku:	Nerezová ocel
Délka jímky:	Zakázková délka
Vnější průměr jímky:	8 nebo 11 mm, popř. zakázková
Procesní připojení:	M20x1,5; G1/2"; M27x2, G3/4"
Volitelné výstupní rozhraní:	4-20 mA, HART, Profibus, Fieldbus

Tabulka 7 – Výčet parametrů teplotního snímače PT100 – T1025

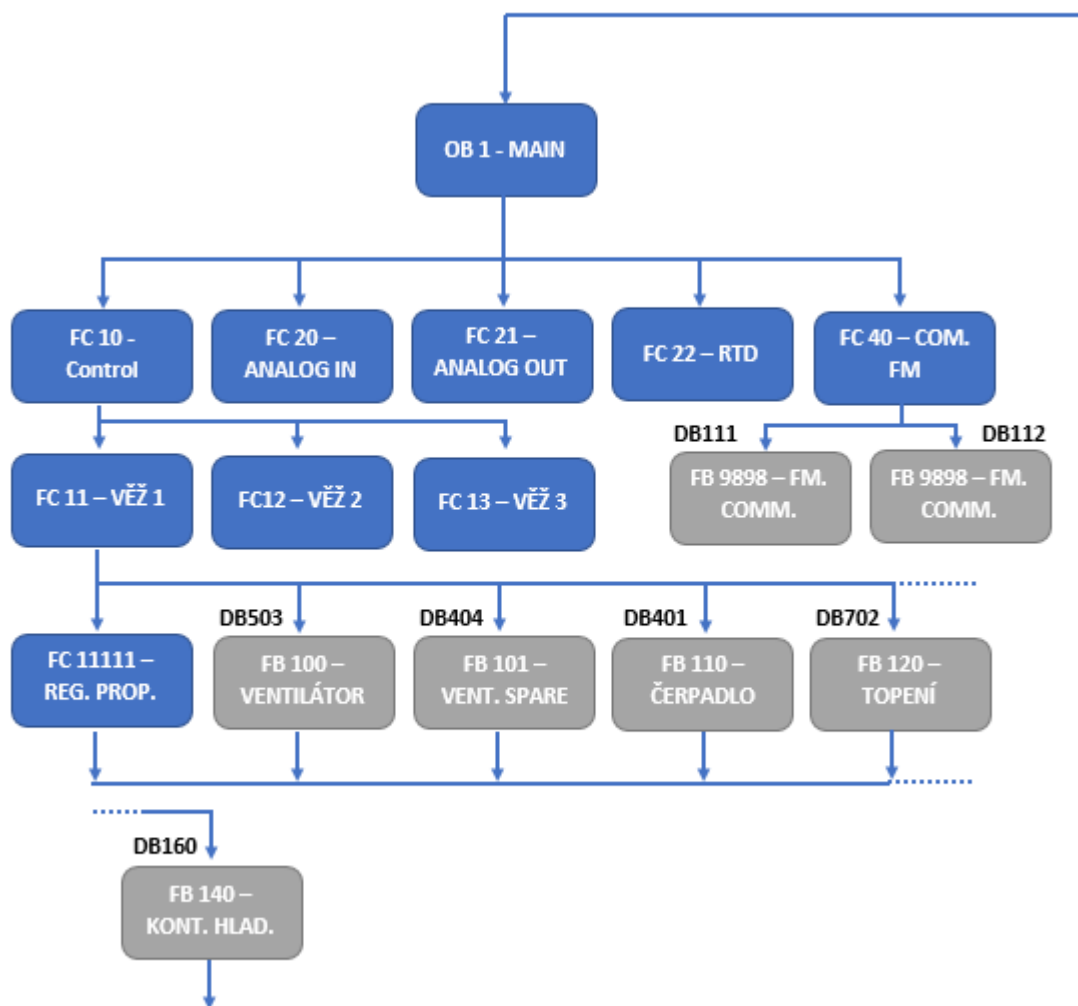
4.3 Software

Programová část projektu byla realizována na základě požadavku co nejmenšího zásahu operátorů, zamezení neoprávněného ovládání technologie, snadnějšího manuálního ovládání v případě údržby zařízení, jednoduché a rychlé diagnostiky v případě poruchy – tzn. hlídání co nejvíce poruchových stavů.

Co se týče programovacích jazyků, tak je v projektu použito jazyku FBD – v případě logických a jednodušších úloh a v případě výpočtových, či programově složitějších úloh bylo použito jazyku SCL.

Celá struktura programu je členěna na jednotlivé věže, přičemž se využívá společných funkcí a funkčně stejně postavených funkčních bloků pro řízení všech periférií.

Softwarová struktura jedné chladicí věže z hlediska zajímavých technologických celků:

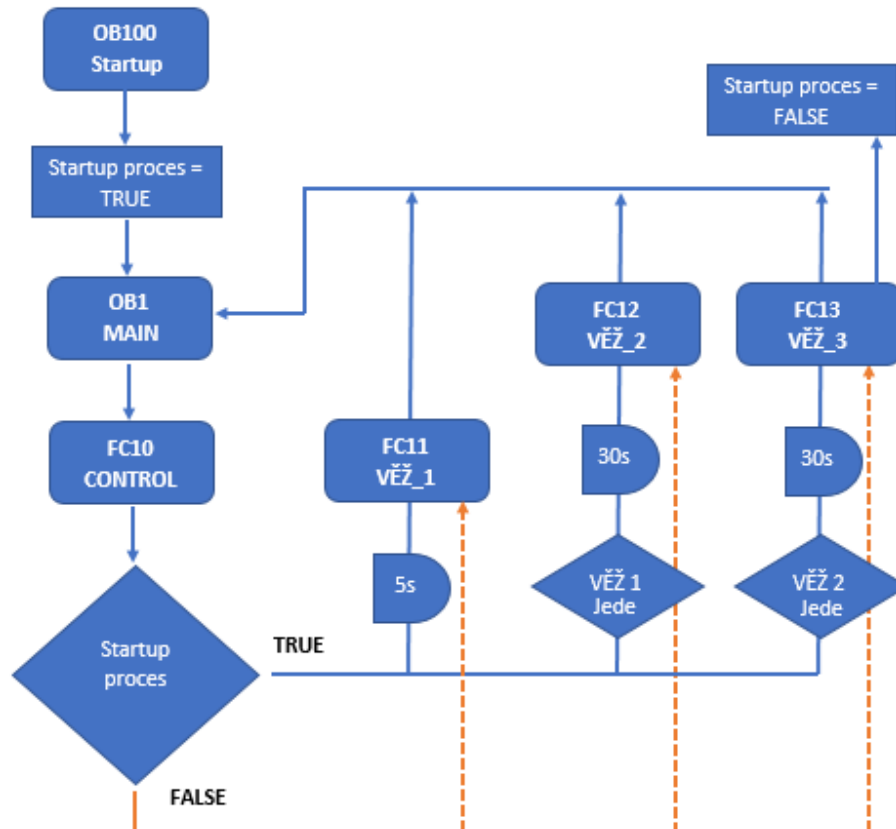


Obrázek 42 - Vývojový diagram – přehled funkcí, funkčních bloků a jejich instancí

4.3.1 Spouštění věží

Jelikož se jedná o technologii, která je kritická pro správnou a bezpečnou funkci tavicích pecí, muselo být zvoleno takové ovládání, resp. spouštění věží, aby rozjezd technologie nebyl závislý na spuštění operátorem. Proto bylo rozhodnuto, že celý systém bude neustále aktivní a připraven k nájezdu, jakmile se teplota v systému bude zvyšovat. Tudíž není nikde umístěno tlačítko pro start zařízení.

Z důvodu toho, že je přírodní napájení zálohováno z diesellového agregátu, který napájí další důležité technologie pro případ celkového výpadku napájení, je samotné najíždění technologických celků řešeno tak, aby bylo co nejvíce zamezeno proudovým špičkám v případě spouštění motorů. Na základě této skutečnosti, muselo být použito bloku přerušení OB100 – Startup, který se volá pouze jednou, a to v případě obnovení napájecího napětí PLC. V tomto bloku je nasetována proměnná, která je zařazena do podmínek ve funkci FC10_CONTROL a po určitých časových úsecích povoluje volání funkcí FC_11_VĚŽ_1, FC12_VĚŽ_2 A FC_13_VĚŽ_3. Celý proces spouštění a volání bloků pro věže je znázorněn na obrázku 42.



Obrázek 43 - Vývojový diagram pro zpoždění volání funkcí

4.3.2 Řízení akční veličiny – rychlost ventilátoru

Řízení výstupní teploty z chladicí věže je realizováno především za pomoci čerpadla a ventilátoru, který je v prvních dvou věžích napojen na frekvenční měnič. Výstupní rychlost ventilátoru je frekvenčnímu měniči předána na základě níže zmíněného algoritmu P regulátoru. Jedná se o jednoduchý regulátor, který má na svém vstupu filtrovanou aktuální teplotu a požadovanou teplotu na výstupu. Rozdíl mezi těmito hodnotami je vynásobena zesílením, které je nastaveno tak, aby při nastavené požadované teplotě 30°C byly při aktuální teplotě 35°C otáčky naveny na 100%. Výstupem z toho bloku je procentuální vyjádření požadovaných otáček, které jsou dále ještě omezeny na max. 70% v případě, že by někdo spustil v manuálním režimu ventilátor bez běžícího čerpadla.

```
// PROPORCIONÁLNÍ REGULÁTOR - VYUŽITÍ FUNKCE FUNC LIMITATION REAL
```

```
IF #ENA = TRUE THEN
```

```
    #P_OUT_TEMP := (#TEMP_REQ - #TEMP_ACT) * (-#P_GAIN);
```

```
    "FUNC_LIMITATION_Real" (MAX := #LIMIT_HIGH,
```

```
                            MIN := #LIMIT_LOW,
```

```
                            OUT_VALUE => #P_OUT,
```

```
                            VALUE := #P_OUT_TEMP);
```

```
ELSE
```

```
    #P_OUT := 0;
```

```
    #P_OUT_TEMP := 0;
```

```
END_IF;
```

```
// STAVOVÝ VÝSTUPNÍ BYTE (AKTUÁLNÍ VNITŘNÍ STAV REGULÁTORU)
```

```
IF #P_OUT_TEMP < #LIMIT_HIGH AND #P_OUT_TEMP > #LIMIT_LOW THEN
```

```
    #STATUS := 0;
```

```
ELSIF #P_OUT_TEMP > #LIMIT_HIGH THEN
```

```
    #STATUS := 1;
```

```
ELSE
```

```
    #STATUS := 2;
```

```
END_IF;
```

Základní nastavení P regulátoru:

Požadovaná teplota: 30 °C

P zesílení: 20

4.3.3 Řízení ventilátoru – FB 100, FB 101

Kromě řízení akční veličiny, v podobě počtu požadovaných otáček z bloku P regulátoru, je třeba ventilátor, resp. jeho frekvenční měnič spínat v závislosti na několika podmínkách. Především se jedná o to, aby ventilátor v automatickém režimu mohl být spuštěn, pouze pokud je čerpadlo v chodu a pokud je výstup z bloku P regulátoru nenulový, tzn. požadovaná hodnota otáček ventilátoru je také nenulová.

Frekvenční měnič je nejdříve nutno uvolnit pro následné spuštění motoru ventilátoru, které je aktivní, pokud je povolen chod věže. V případě, že je měnič připraven a na výstupu z P regulátoru je požadovaná hodnota otáček větší jak 0, je motor ventilátoru spuštěn. Frekvenčnímu měniči je tato hodnota požadovaných otáček předávána buď pomocí analogového výstupu (0-10 V), nebo je následně převáděn na jinou unifikovanou hodnotu, která je zasílána PN telegramem. V neposlední řadě je v bloku hlídáno spuštění záložního motoru ventilátoru první věže v případě, že se ventilátor stále točí. Ten je možno spustit pouze v manuálním režimu a je zamýšleno ho využívat pouze v případě nenadálé poruchy hlavního motoru.

Blok ventilátoru hlídá následující alarmová hlášení:

- Výpadek motorového jističe motoru ventilátoru
- Vypnutý hlavní vypínač motoru ventilátoru
- Poruchy frekvenčního měniče
- Frekvenční měnič nedává zpětné hlášení o chodu motoru

Ventilátory lze po zadání hesla na HMI panelu ovládat v manuálním módu, aniž by se narušil automatický chod dalších zařízení.

4.3.4 Řízení sprchovacího čerpadla – FB 110

Jak již bylo zmíněno, sprchovací čerpadlo tvoří nejučinnější část celého chladicího systému. Čerpadlo je řízeno stejně jako ventilátor, na základě výstupní teploty z chladicí věže. Je spínáno na základě vyhodnocení aktuální výstupní teploty a nastavené limitní hodnotě pro sepnutí čerpadla a její hysterese. Důležitou podmínkou v řízení čerpadla je, aby se dle doporučení výrobce chladicí věže zamezilo periodickému zapínání a vypínání čerpadla a tím namáhání samotného trubkového výměníku. Na základě tohoto požadavku je zde umístěna podmínka, která udržuje čerpadlo v chodu alespoň 12 minut, což znamená, že se může zapnout a vypnout pouze 5x za hodinu.

System řízení čerpadla vyhodnocuje následující alarmy:

- Výpadek motorového jističe čerpadla sprchovací vody
- Neaktivovaný stykač motoru čerpadla (v případě požadavku na sepnutí stykače je pomocným kontaktem kontrolován skutečný stav stykače).
- Vypnutý hlavní vypínač motoru čerpadla
- Příliš nízká hladina sprchovací vody pro chod čerpadla

Čerpadlo lze spustit po zadání hesla na ovládacím panelu v manuálním režimu. Tento způsob spínání byl ve starém ŘS přístupný bez jakékoliv autorizace a často docházelo k tomu, že byla jakákoliv část spuštěna manuálně a jela nepřetržitě bez ohledu na aktuální stav procesu.

4.3.5 Řízení dopouštění sprchovací vody

Pro správnou funkci čerpadla sprchovací vody je potřeba průběžně doplňovat vodu do nádrže sprchovací vody, která se průběžně vypařuje nebo odpouští z důvodu, že je nedostatečně chemicky upravena. Doplnění probíhá na základě těchto limitních hodnot:

- Nouzová hladina sprchovací vody – Pokud je aktuální hodnota hladiny menší než nastavená nouzová hladina, chod čerpadla se zablokuje a je blokován do té doby, než se hladina dopustí na požadovanou nominální hodnotu.
- Minimální hladina sprchovací vody – Pokud je hodnota hladiny menší, jak tato nastavená hodnota, sepne se dopouštěcí ventil, který doplňuje chemicky upravenou vodou do nádrže.
- Maximální hladina sprchovací vody – Pokud je aktuální výška hladiny větší jak tato hodnota – vypne se dopouštěcí ventil a ukončí se tím dopouštění do nádrže.

Všechny tyto hodnoty je možno nastavovat v HMI na obrazovce Nastavení.

4.3.6 Řízení vytápění

Pro zimní období je ve vaně sprchovací vody instalována topná spirála, která je spínána na základě snímané teploty vody uvnitř v nádrži. Jedná se o limitní řízení s libovolně nastavenou hysteresí a jednotlivými limity. Dále je nutno hlídat, aby spirála, pokud je v chodu, byla stále ponořena do vody a nedošlo k jejímu spálení, což je zajištěno snímáním aktuální hladiny vody viz předchozí blok o minimální nastavené výšce, kterou je možno měnit na HMI – stránce Nastavení.

4.3.7 Blok pro řízení komunikace PROFINET a I/O

```
IF #PN_CONTROL = TRUE THEN // Zvolený způsob řízení - buď protokolem PROFINET, nebo
na pomocí I/O karet
```

```
    #DO_IO_CONTROL := TRUE;
```

```
ELSE
```

```
    #PLC_SEND.STW_1.Control_via_PLC := TRUE;
```

```
END_IF;
```

```
#FM_PRE_ACK_TP(IN: = #FM_START, // Vyresetování případných alarmů měniče před startem
```

```
    PT := T#2s,
```

```
    Q => #FM_PRE_ACK);
```

```
// ----- PROFINET CONTROL ----- //
```

```
IF #PLC_SEND.STW_1.Control_via_PLC = TRUE THEN // Způsob řízení pomocí protokolu
PROFINET
```

```
    IF #FM_ENA = TRUE THEN // povolení chodu měniče
```

```
        #PLC_SEND.STW_1.Enable_Operation := TRUE;
```

```
        #PLC_SEND.STW_1.OFF2 := TRUE;
```

```
        #PLC_SEND.STW_1.OFF3 := TRUE;
```

```
        #PLC_SEND.STW_1.Enable_RFG := TRUE;
```

```
        #PLC_SEND.STW_1.Enable_setpoint := TRUE;
```

```
        #PLC_SEND.STW_1.Do_not_disable_RFG := TRUE;
```

```
    END_IF;
```

```
IF #FM_ALARM_ACK = TRUE OR #FM_PRE_ACK = TRUE THEN // Reset chyby měniče
```



```
#PLC_SEND.STW_1.Acknowledge := TRUE;

END_IF;

#PN_ON_OFF1_TON(IN := #FM_START AND #PLC_RECEIVE.ZSW_1.Ready_to_start,
                PT := T#5s,
                Q => #PLC_SEND.STW_1.ON_OFF1);

// Zpožděné zapnutí ventilátoru - kvůli PRE_ACK alarmů
// DIGITAL INPUT - OUTPUT CONTROL
ELSE // Způsob řízení pomocí I/O karet

#DO_FM_ENA := #FM_ENA;

IF #FM_ALARM_ACK = TRUE OR #FM_PRE_ACK = TRUE THEN // Reset chyby měniče

#DO_FM_ACK_ALARM := TRUE;

END_IF;

#IO_ON_OFF1_TON(IN := #FM_START,

                PT := T#5s,

                Q => #DO_FM_START);

END_IF;

// Zpožděné zapnutí ventilátoru - kvůli PRE_ACK alarmů
// SPOLEČNÉ VÝSTUPNÍ PROMĚNNÉ

IF #DI_FM_FAULT = TRUE OR #PLC_RECEIVE.ZSW_1.Operation_enabled = TRUE THEN
// předání na výstup bloku hlášku o tom, že je aktivní chyba na FM

#FEB_FAULT_ACTIVE:= TRUE;

END_IF;

IF #DI_FM_RUNNING = TRUE OR #PLC_RECEIVE.ZSW_1.Fault_active = TRUE THEN
// předání na výstup bloku hlášku o tom, že se motor točí

#FEB_RUNNING := TRUE;

END_IF;
```

```
"FUNC_ANALOG_OUT"(PQW_MAX := 16348, // převedení procent rychlosti do FM
```

```
    PQW_MIN := 0,
```

```
    PQW_VALUE_OUT => #PLC_SEND.Speed_Setpoint,
```

```
    REAL_IN := #FM_SPEED_PRCNT,
```

```
    REAL_MAX := 100,
```

```
    REAL_MIN := 0);
```

```
// převedení analogového výstupu pro HMI zobrazení RPM
```

```
"FUNC_ANALOG_OUT"(PQW_MAX := 1500,
```

```
    PQW_MIN := 200,
```

```
    PQW_VALUE_OUT => #CALC_ACT_SPEED_RPM_REQ,
```

```
    REAL_IN := #AO_FM_SPEED_REQ,
```

```
    REAL_MAX := 100,
```

```
    REAL_MIN := 0);
```

```
"FUNC_ANALOG_IN"(OFFSET := 0, // převedení rychlosti do RPM
```

```
    PIW_IN := #PLC_RECEIVE.Actual_Speed,
```

```
    PIW_MAX := 16348,
```

```
    PIW_MIN := 0,
```

```
    REAL_MAX := 1500,
```

```
    REAL_MIN := 0,
```

```
    REAL_VALUE_OUT => #FEB_ACT_SPEED_RPM)
```

```
"FUNC_ANALOG_IN"(OFFSET := 0, // převedení rychlosti do procent
```

```
    PIW_IN := #PLC_RECEIVE.Actual_Speed,
```

```
    PIW_MAX := 16348,
```

```
    PIW_MIN := 0,
```

```
    REAL_MAX := 100,
```

```
    REAL_MIN := 0,
```

```
    REAL_VALUE_OUT => #FEB_ACT_SPEED_PRCNT);
```

```
"FUNC_ANALOG_IN"(OFFSET := 0, // převedení aktuální spotřeby proudu motoru
```

```
    PIW_IN := #PLC_RECEIVE.Actual_Current,
```

```
    PIW_MAX := 16348,
```

```
    PIW_MIN := 0,
```

```
    REAL_MAX := 65,
```

```
    REAL_MIN := 0,
```

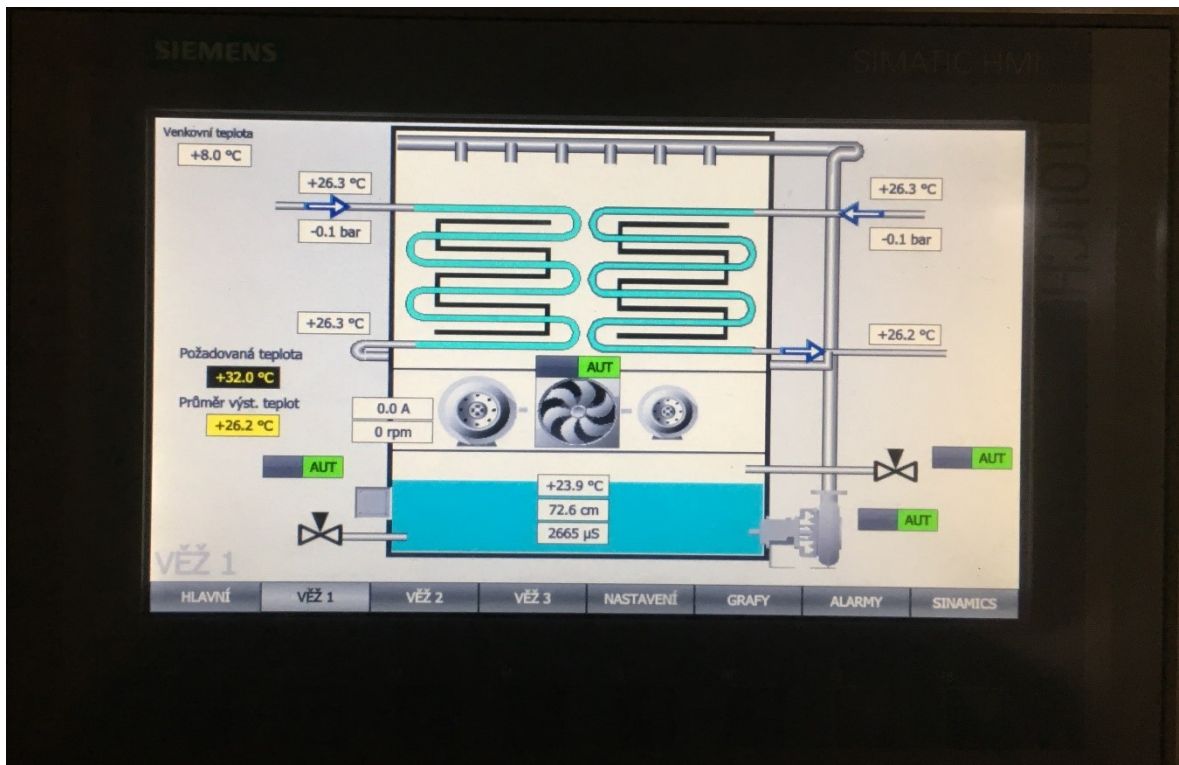
```
    REAL_VALUE_OUT => #FEB_ACT_CURRENT_CONS);
```

```
    #DPRD_DAT_RET_VAL := DPRD_DAT(LADDR := #HW_ID, RECORD =>  
#PLC_RECEIVE); // funkce pro obdržení telegramu z FM
```

```
    #DPWR_DAT_RET_VAL := DPWR_DAT(LADDR := #HW_ID, RECORD := #PLC_SEND);  
// funkce pro odeslání telegramu do FM
```

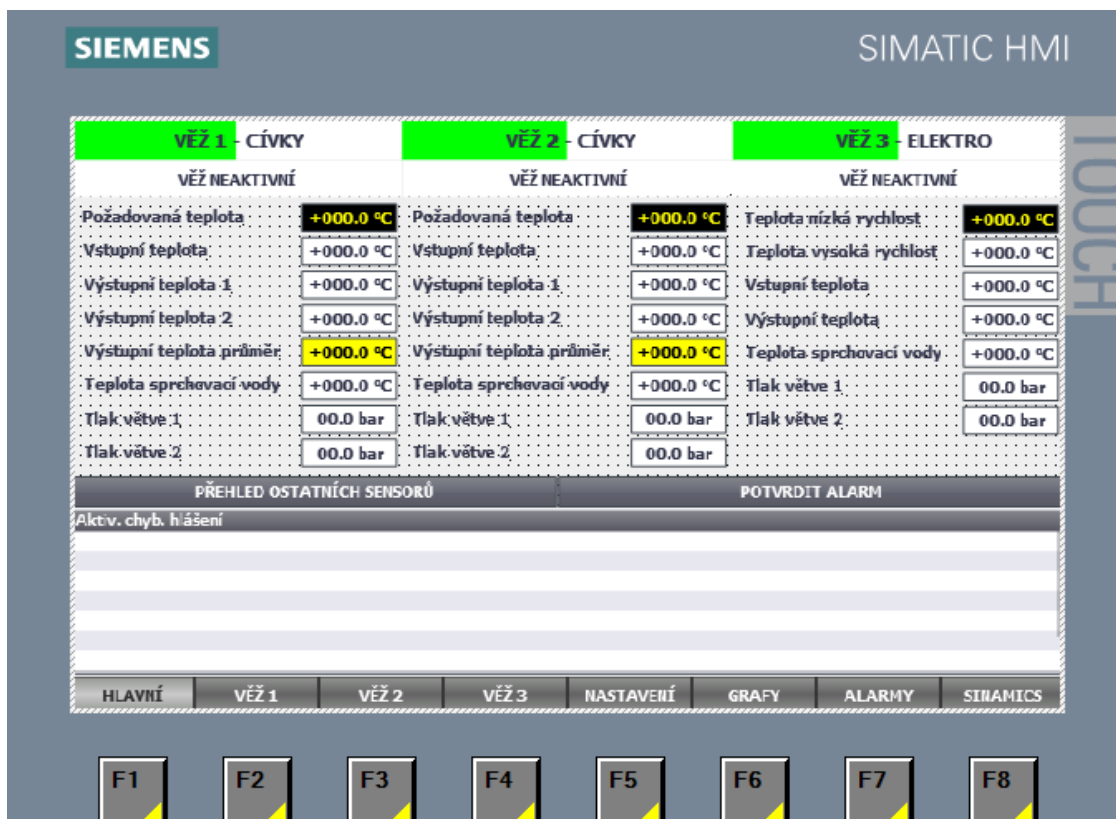
4.4 Vizualizace procesu

Neméně podstatné bylo celou technologii vizualizovat a uživatelsky přizpůsobit tak, aby byla jednoduchá a jednotliví uživatelé si mohli zobrazovat jim užitečná a přístupná data.



Obrázek 44 – Vizualizace chladicí věže č. 1

4.4.1 Hlavní obrazovka – přehled o aktuálních stavech



Obrázek 45 - Přehledová obrazovka

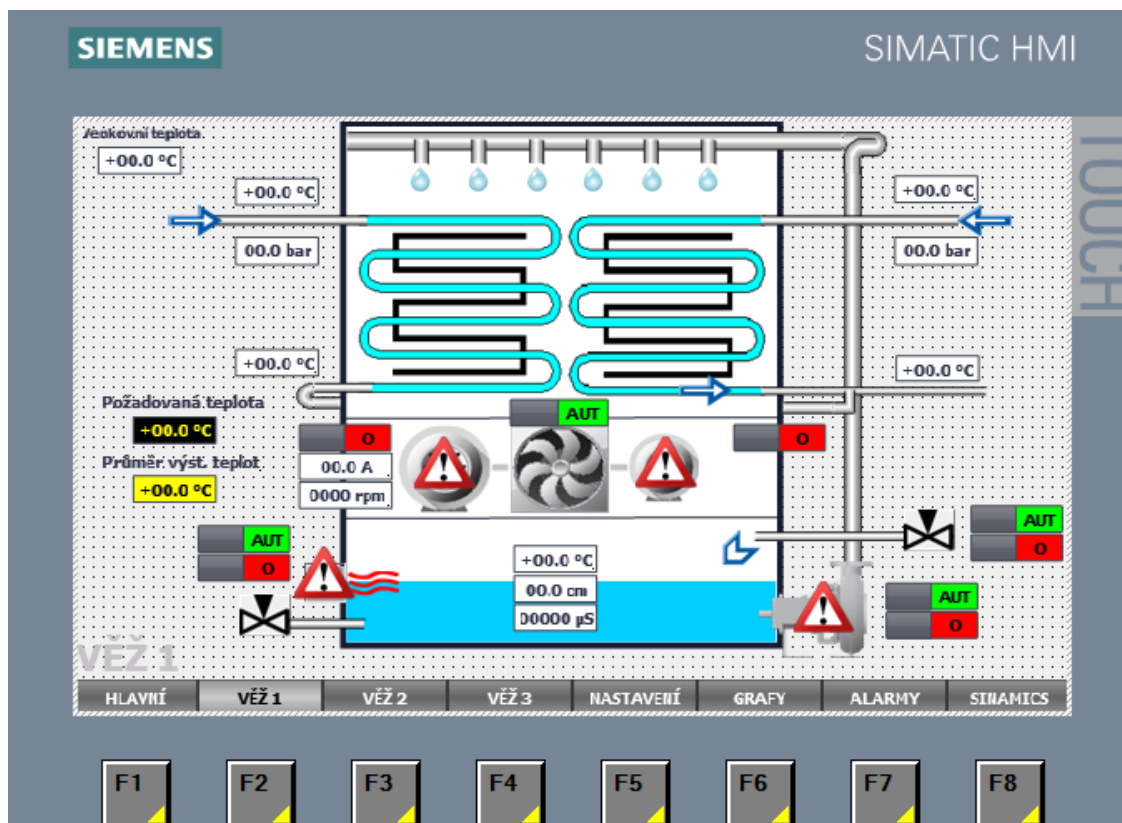
Hlavní stránka je určena především k základnímu přehledu aktuálních stavů všech věží a k základnímu přehledu aktivních chybových hlášení.

Jedná se zejména o:

- Nastavenou požadovanou hodnotu
- Informace o vstupní a výstupní teplotě, popř. o zprůměrovaných hodnotách
- Informaci o tlaku v jednotlivých přívodních větvích (příprava na možnou instalaci tlakových čidel)

Ve spodní části obrazovky jsou umístěna tlačítka na přechod k dalším stránkám a nad tabulkou alarmů jsou další dvě tlačítka, přičemž **POTVRDIT ALARM** slouží pro kvitaci alarmových hlášení. Přehled ostatních sensorů je připraven na přechod k obrazovce, která nyní není využívána, a budou na ní vizualizovány aktuální stavy sensorů, které nejsou součástí chladicích věží.

4.4.2 Obrazovka věže č. 1



Obrázek 46 - Obrazovka věže č. 1

Obrazovka věže číslo 1 slouží k vizualizaci aktuálních stavů, ovládání všech periférií v manuálním režimu (po zadání hesla). Je zde použito několik animací pro znázornění toho, že je věž v chodu a pracuje správně. Slouží také pro základní diagnostiku např. toho, jaký motor je v poruše.

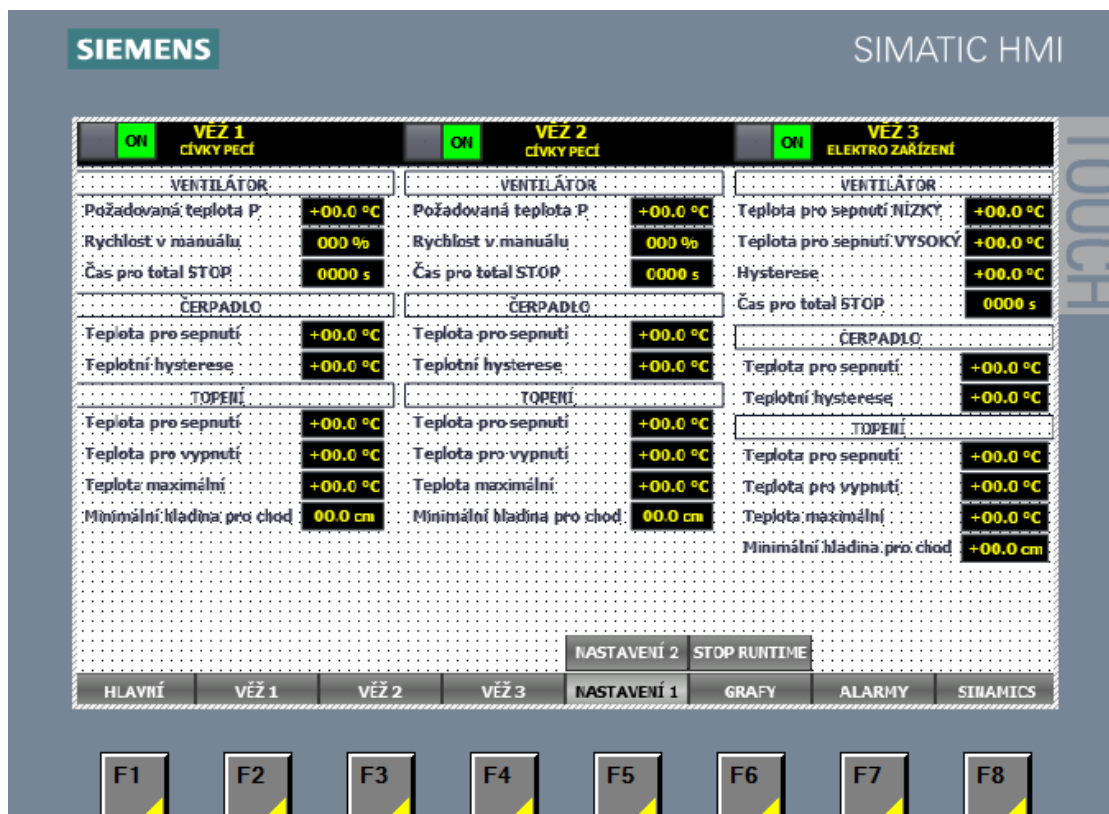
Tato obrazovka je až na záložní motor stejná, jako obrazovky pro věž 2 a 3, které tento motor nemají.

V celém HMI systému je použito pouze dvou úrovní uživatelské administrace.

První z nich je **Operátorská**, která je základní a nevyžaduje heslo. Operátor může přepínat mezi jednotlivými obrazovkami (až na tu s nastavením) a může kvitovat alarmy.

Druhá z nich je **Administrátorská**, která již vyžaduje heslo a slouží k manuálnímu ovládání celé technologie a může měnit jednotlivé parametry v nastavení. Po přihlášení a neaktivitě delší jak 10 minut, je uživatel **údržba** automaticky odhlášen, aby nedošlo k neoprávněnému zásahu.

4.4.3 Obrazovky nastavení

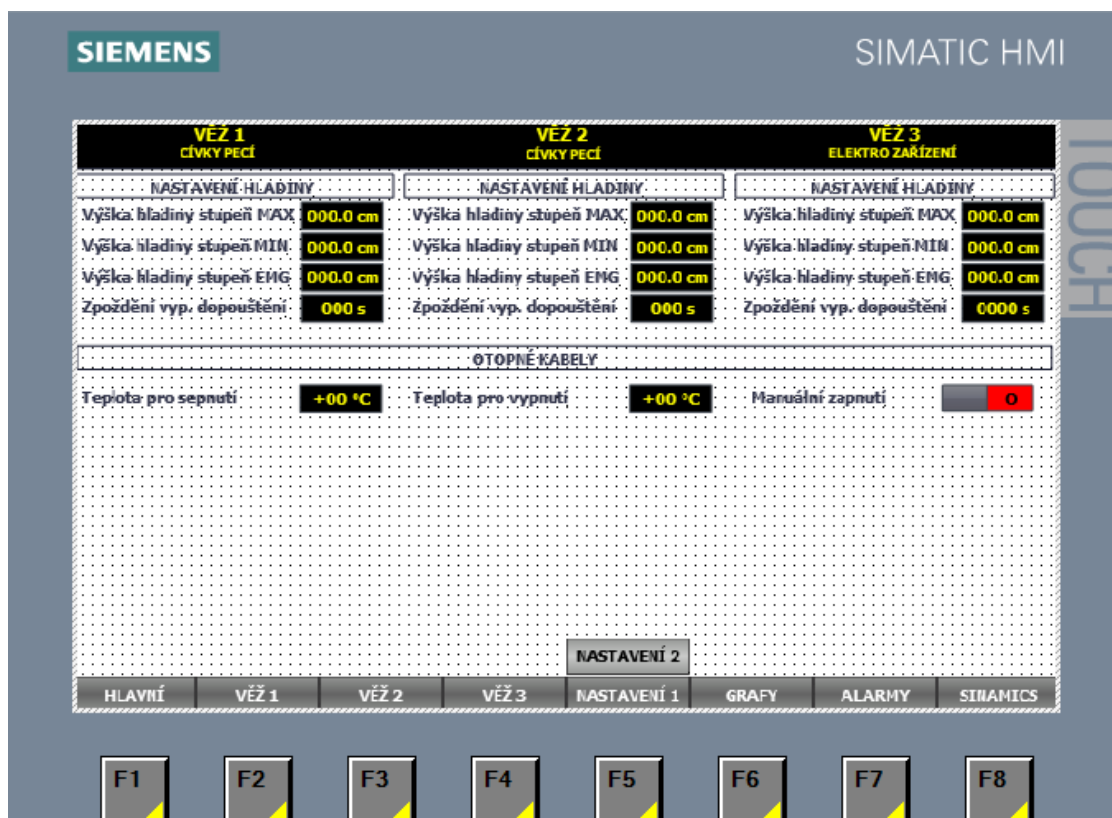


Obrázek 47 - Obrazovka Nastavení 1

Na obrazovku nastavení je umožněno vstoupit pouze administrátorovi. V první části nastavovacího rozhraní je možno měnit parametry pro následující periferie:

- Ventilátor (požadovaná teplota pro P regulátor, rychlost pro sepnutí v manuálním režimu a čas pro celkové zastavení, kdy po dosažení požadované teploty dojde po uplynutí této doby k celkovému zastavení systému, příp. nastavení limitních hodnot pro věž č. 3).
- Čerpadlo (nastavení teploty, při které čerpadlo sepne a také její hysterese).
- Topení (limitní hodnoty pro sepnutí, vypnutí a nastavení minimální hladiny vody, při které ještě může být v chodu).

Ve spodní části v MENU je umístěno tlačítko přechodu k další obrazovce nastavení a sousední pro možnost zastavení chodu HMI aplikace a tím vyvolání administrátorského rozhraní celého panelu.



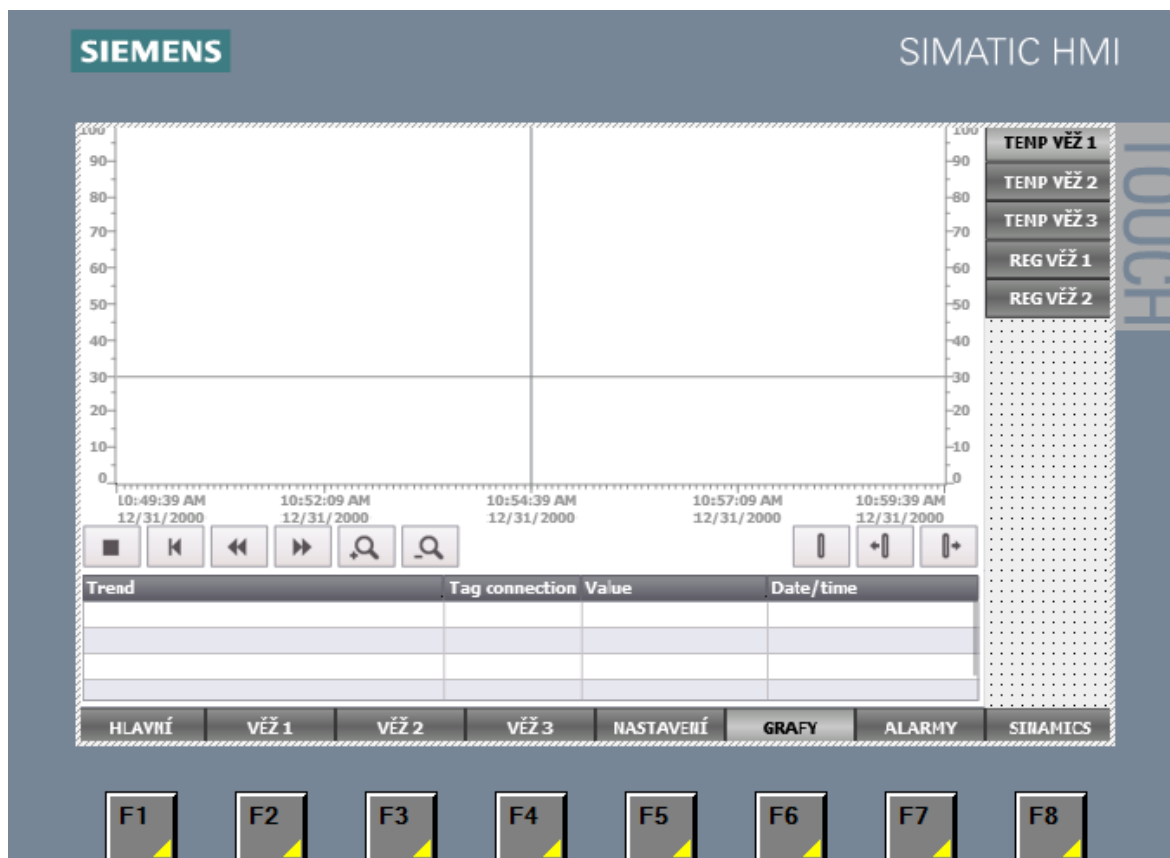
Obrázek 48 - Obrazovka Nastavení 2

Obrazovka Nastavení 2 slouží zejména pro nastavení řízení doplňování vody do nádrže sprchovací vody.

- Výška hladiny stupeň MAX – maximální požadovaná výška hladiny.
- Výška hladiny stupeň MIN – minimální požadovaná výška hladiny.
- Výška hladiny stupeň EMG – nouzová výška hladiny – pro bezpečný chod čerpadla.

V další části je možno editovat nastavení pro otopné kabely, zejména venkovní teplotu, při které sepnou a vypnout. Je zde také umístěn přepínač na manuální zapnutí otopných kabelů.

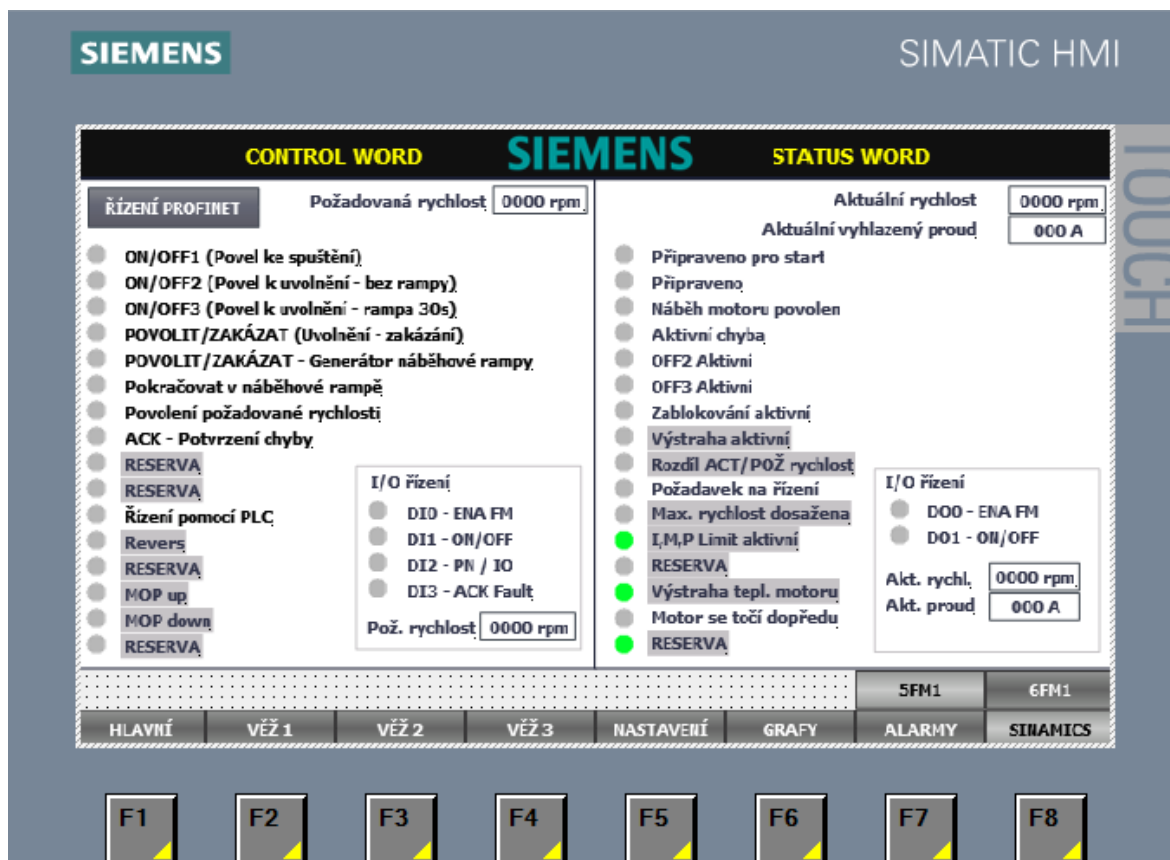
4.4.4 Obrazovky grafů



Obrázek 49 - Obrazovka Grafů

Obrazovky grafů slouží pro grafické znázornění procesních hodnot. Grafické objekty jsou rozděleny do pěti dalších obrazovek na grafy teplot a grafy P regulátoru u věže č. 1 a č. 2.

4.4.5 Obrazovka PROFINET telegramů



Obrázek 50 - Obrazovka přehledu řízení frekvenčních měničů

Obrazovka SINAMICS je určena k vizualizaci CONTROL a STATUS WORDU odesílaného a přijímaného telegramu z frekvenčního měniče v případě, že je zvoleno řízení pomocí PROFINET telegramu. Pokud je zvoleno řízení I/O, je zde umístěna vizualizace jejich aktuálních stavů, včetně převodu vizualizace analogových vstupů a výstupů.

Šedě jsou označeny hodnoty, které nejsou použity v PLC nebo jsou ve frekvenčním měniči zakázány. V programu nemají tedy „přímý“ vliv na chod motoru.

Ve spodní části obrazovky je možno volit mezi motorem 5FM1 pro věž č. 1 a 6FM1 pro věž č. 2.

4.4.6 Obrazovka alarmů a jejich historie



Obrázek 51 - Alarmová obrazovka

Alarmová obrazovka je určena k vizualizaci aktuálních, potvrzených a systémových alarmů. Důležitá funkce pro investora je ukládání těchto alarmů na SD kartu. V takovém případě je schopen dohledat, četnost výskytu jednotlivých alarmových hlášení.

Alarmy (Procesní) – Seznam všech aktuálních alarmových hlášení.

Alarmy (Historie) – Historie všech alarmů, které se kdy na technologii vyskytly.

Systemové alarmy – Automaticky generované systémové alarmy z PLC a přidružených SLAVE jednotek – zde je možno provádět jednoduchou diagnostiku, pokud je v podezření hardware ŘS.

4.5 Realizace

Poslední částí celého projektu bylo zprovoznění technologie. Příprava tohoto projektu, včetně všech projekčních prací a výroby věže trvala 6 měsíců. Typ chladicí věže byl vybrán po konzultaci s dodavatelskou firmou a na základě zkušeností se staršími typy. Po odsouhlasení všech skutečností začala fáze elektro projektu a výroby rozvaděče. Samotná realizace trvala 14 dní, při kterých se připravila kabeláž, usadily rozvaděče, připravilo potrubí a osadily snímací prvky. Během toho bylo provedeno softwarové odladění a po skončení všech prací nájezd technologie. V horizontu několika dní došlo ke školení obsluhy a předání veškeré dokumentace.

V současné chvíli je technologie v provozu a dokáže i v horkých letních dnech dostatečně uchládit požadovaný výkon.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a naprogramovat řídicí systém pro chladicí věž v procesu indukčního tavení kovu, navrhnout snímací prvky a realizovat vizualizaci celého systému.

V teoretické části byly popsány nejčastěji využívané typy programovatelných automatů společnosti Siemens a to S7-1200 a S7-1500, jejich paměti a programovací jazyky včetně základního popisu vývojového prostředí TIA Portál. Podstatná část této kapitoly byla věnována popisu vizualizačních panelů (HMI), výčtem a porovnání jejich provedení a způsobu programování. Byly zde popsány základní postupy pro vytvoření PLC a HMI projektu, vytvoření funkcí a funkčních bloků ve vývojovém prostředí TIA Portál.

Podstatná část praktické části byla věnována návrhu a realizaci samotného ŘS. Byl navržen ŘS, s použitím základního modelu z řady CPU S7-1500 a decentralizovaného systému ET200SP tak, aby jej bylo možno v budoucnu jednoduše rozšířit. Pro ventilátory byly navrženy frekvenční měniče Siemens G120 s řídicí jednotkou CU-230P-2PN pro možnost řízení frekvenčního měniče pomocí PROFINET telegramu. Snímací prvky byly vybrány na základě předchozích zkušeností se stejnou technologií, po konzultaci se společností, která realizovala celý systém po mechanické stránce a s ohledem na finanční náklady a životnost všech navržených sensorů. Po představení těchto skutečností a odsouhlasení investorem, byl realizován elektro projekt, na základě kterého se zadaly do výroby rozvodné skříně.

Softwarová část byla realizována v prostředí TIA Portál verze 15. Jednotlivé funkce a funkční bloky byly navrženy tak, aby byly co nejvíce přehledné a jednoduché. Jednotlivé řízené periferie byly rozděleny do samostatných funkčních bloků. Vizualizace byla provedena s ohledem na funkčnost, jednoduchost a uživatelskou přívětivost.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace, 1.díl. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 80-860-5658-9.
- [2] ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace, 2.díl. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
- [3] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-010-2925-5.
- [4] BERGER, Hans. Automating with SIMATIC S7-1500: Configuring, Programming and Testing with STEP 7 Professional. Germany: Publicis MCD, 2014. ISBN 978-3-89578-919-9.
- [5] BERGER, Hans. Automating with SIMATIC S7-1200: Configuring, Programming and Testing with STEP 7 Basic Visualization with HMI Basic. 2nd enlarged and revised edition. Germany: Publicis MCD, 2013. ISBN 978-3-89578-901-4.
- [6] SIMATIC HMI Basic Panels | Machine level HMI | Siemens. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Siemens 1996 [cit. 15.03.2019]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>
- [7] Comfort Panels - Operator Devices - Siemens. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Siemens AG 1996 [cit. 15.03.2019]. Dostupné z: <https://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-devices/advanced-hmi-panel-based/comfort-panels/Pages/Default.aspx>
- [8] SIMATIC HMI Mobile Panels | Machine level HMI | Siemens. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Siemens 1996 [cit. 15.03.2019]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/mobile-panels.html>
- [9] PLC - sestava. PLC AUTOMATIZACE [online]. Dostupné z: <http://plc-automatizace.cz/knihovna/plc/plc-hw-sestava.htm>
- [10] Programovací jazyky pro PLC – Internetový portál COPTTEL – Elektrotechnika. SŠ-COPT Kroměříž [online]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/?doc=3905>
- [11] Programovací režimy pro PLC dle IEC 61131-3 (CoDeSys) | Automatizace.HW.cz. Automatizace.HW.cz | Elektronika v automatizaci [online]. Copyright © 1997

- [cit. 15.03.2019]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/programovaci-rezimy-pro-plc-dle-iec-611313-codesys>
- [12] 6ED10522CC010BA8 Logic Module LOGO!8 24CEO, 8 DI, 4 TO Siemens. Distrelec Germany | Best Online Shop for Electronics [online]. Copyright © 2019 Distrelec GmbH. All rights reserved. [cit. 16.03.2019]. Dostupné z: <https://www.distrelec.de/en/logic-module-logo-24ceo-di-to-siemens-6ed1052-2cc01-0ba8/p/11095447>
- [13] Signal Modules - PLCs - Siemens. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Siemens AG 1996 [cit. 16.03.2019]. Dostupné z: <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-1500/signal-modules/pages/signalmodules.aspx>
- [14] Detaily produktů - Industry Mall - Siemens Ceska republika. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © [cit. 16.03.2019]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6AV2124-0GC01-0AX0>
- [15] eWON COSY 131 – průmyslový modem LAN, možnost připojení po WAN, WIFI, 3G nebo 4G (LTE) | FOXON. [online]. Copyright © 2019 [cit. 16.03.2019]. Dostupné z: <https://eshop.foxon.cz/cs/32357-ewon-cosy-131-prumyslovy-modem-lan-moznost-pripojeni-po-wan-wifi-nebo-3g.html>
- [16] PI2889 - Omyvatelný tlakový senzor s displejem - ifm electronic. ifm - automation made in Germany [online]. Copyright © ifm electronic gmbh 2019 [cit. 16.03.2019]. Dostupné z: <https://www.ifm.com/cz/cs/product/PI2889>
- [17] Temperature probe with connection head MA, Pt100/B/2, nominal length 100 mm. B+B Thermo-Technik | Online Shop [online]. Dostupné z: <https://shop.bb-sensors.com/en/Measurement-by-branches/Building-automation/Temperature-probe-with-connection-head-MA-Pt100-B-2-nominal-length-100-mm.html>
- [18] SIMATIC S7-1200 CPUs - PLCs - Siemens. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Siemens AG 1996 [cit. 26.03.2019]. Dostupné z: <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/basic-controller/s7-1200/cpu/Pages/Default.aspx?tabcardname=standard%20cpus>
- [19] PAVLÍČEK, Jiří. Technická zpráva: Instalace nové uzavřené chladicí věže v areálu fy FERAMO. Brno, 2018.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HMI	Human machine interface
TIA	Totally integrated portal
PLC	Programmable logic controller
PC	Personal computer
CPU	Central processing unit
RAM	Random access memory
LED	Light emitting diode
SW	Software
HW	Hardware
IO	Input – Output
PN	Profinet
SCADA	Supervisory control and data acquisition
OPC UA	Ole for process control – unified architecture
IP	Internet protocol (address)
BU	Base unit
USB	Universal serial bus
ŘS	Řídicí systém
DI/DO	Digital input / Digital output
AI/AO	Analog input / Analog output
PS	Power source
PTO	Power-take off
SCL	Structured control language
FBD	Function block diagram
STL	Statement text language
OB	Organization block

FB	Function block
DB	Data block
FC	Function block
PID	Proporcionální, integrační a derivační
V/V	Vstupní / výstupní
IM	Interface module
FM	Frekvenční měnič
VPN	Virtual private network
WAN	Wide are network
WIFI	Wireless Fidelity
TCP/IP	Transmission control protocol / Internet protocol

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Modulární systém Logo 8! [12]	11
Obrázek 2 - Kompaktní systém Siemens S7-1500 [13]	12
Obrázek 3 - Procesorová jednotka Siemens S7-1200 [18].....	14
Obrázek 4 - Procesorová jednotka Siemens S7-1500 [4].....	15
Obrázek 5 - Distribuovaný I/O systém ET200SP [4].....	17
Obrázek 6 – Panel KTP Siemens [6].....	21
Obrázek 7 - Panely Comfort Siemens [14].....	22
Obrázek 8 - Mobilní panel Siemens [8]	23
Obrázek 9 - Vývojové prostředí TIA portál verze 15	24
Obrázek 10 - Seznam projektů.....	26
Obrázek 11 - Založení nového projektu	27
Obrázek 12 - Volba typu CPU	27
Obrázek 13 - Přidání HMI panelu	28
Obrázek 14 - Průvodce nastavením panelu	29
Obrázek 15 - Přehled hardwarové konfigurace	30
Obrázek 16 - Přidání vstupních a výstupních karet	31
Obrázek 17 - Jazyk kontaktních schémat	32
Obrázek 18 - Jazyk funkčních bloků.....	33
Obrázek 19 - Jazyk seznamu instrukcí.....	33
Obrázek 20 - Strukturovaný programovací jazyk	34
Obrázek 21 – Programovací jazyk GRAPH	35
Obrázek 22 - Vytvoření funkce.....	36
Obrázek 23 - Vkládání kontaktů a instrukcí	37
Obrázek 24 - Volání funkce v hlavním bloku OB1	38
Obrázek 25 - Editování obrazovky, vložení prvků pro vizualizaci.....	39
Obrázek 26 - Chladicí věž	41
Obrázek 27 – Zjednodušené procesní schéma	43
Obrázek 28 - Schématické zobrazení chladicí věže	44
Obrázek 29 - Systém sprchovacího čerpadla a vypouštění vody.....	46
Obrázek 30 - Snímač výšky hladiny sprchovací vody	47
Obrázek 31 - Kontrolér pro regulaci vodivosti v nádrži sprchovací vody	48
Obrázek 32 - CPU S7-1500 1511-1 PN	50

Obrázek 33 - Sestava vzdálených I/O vstupů	51
Obrázek 34 - HMI Panel KTP 900.....	52
Obrázek 35 - Frekvenční měnič pro hlavní ventilátoru.....	55
Obrázek 36 - VPN router eWon COSY 131 [15]	57
Obrázek 37 - Centrální rozvaděč řízení chladicích věží.....	58
Obrázek 38 - Podružný rozvaděč chladicí věže	59
Obrázek 39 - Schématické propojení PROFINET prvků	60
Obrázek 40 - Snímač hladiny sprchovací vody [16].....	61
Obrázek 41 - Odporový snímač PT100 [17].....	63
Obrázek 42 - Vývojový diagram – přehled funkcí, funkčních bloků a jejich instancí	64
Obrázek 43 - Vývojový diagram pro zpoždění volání funkcí	65
Obrázek 44 – Vizualizace chladicí věže č. 1	73
Obrázek 45 - Přehledová obrazovka	74
Obrázek 46 - Obrazovka věže č. 1	75
Obrázek 47 - Obrazovka Nastavení 1.....	76
Obrázek 48 - Obrazovka Nastavení 2.....	77
Obrázek 49 - Obrazovka Grafů.....	78
Obrázek 50 - Obrazovka přehledu řízení frekvenčních měničů	79
Obrázek 51 - Alarmová obrazovka	80

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Výčet parametrů CPU S7-1500	51
Tabulka 2 - Výčet použitých V/V karet	52
Tabulka 3 - Výčet některých parametrů panelu KTP 900	53
Tabulka 4 - Výčet některých parametrů PM230	54
Tabulka 5 - Výčet některých parametrů jednotky CU230P-2 PN	56
Tabulka 6 - Výčet parametrů tlakového snímače PI2889 [16]	62
Tabulka 7 – Výčet parametrů teplotního snímače PT100 – T1025 [17]	63

SEZNAM PŘÍLOH

- P1 Elektrické zapojení
- P2 TIA Portal projekt
- P3 Výpis kabeláže