Řídicí systém pro výrobní linku Tubeline

Bc. Richard Slováček

Diplomová práce
2018

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Richard Slováček**
Osobní číslo:	**A14483**
Studijní program:	**N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor:	**Informační technologie**
Forma studia:	**kombinovaná**
Téma práce:	**Řídicí systém pro výrobní linku Tubeline**
Téma anglicky:	**A Control System for a Tubeline Production-line**

Zásady pro vypracování:

1. **Popište současnou technologii pro plnění a zavírání tub a cíle její modernizace.**
2. **Zvolte vhodné komponenty pro řídicí systém s využitím PLC, který zajistí řízení této technologie.**
3. **Navrhněte a realizujte propojení řídicího systému a řízeného procesu.**
4. **Vytvořte programové vybavení pro použité PLC.**
5. **Ověřte prakticky vytvořený systém a popište dosažené výsledky.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **BENEŠ, Pavel. Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky. 5., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 9788025137475.**
2. **BOLTON, W. Programmable logic controllers. Sixth edition. Amsterdam: Newnes, 2015. ISBN 9780128029299.**
3. **ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.**
4. **ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.**
5. **PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-7300-110-1.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Dolinay, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2018**

Ve Zlíně dne 11. prosince 2017

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan

L.S.

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta aplikované informatiky

prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.
garant oboru

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou 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 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 diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne 11.5.2012

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem a tvorbou řídicího systému pro plnicí a zavírací stroj Tube-line, což je plnicí a zavírací stroj pro plastové a kovové tuby. Řídicí systém je složen z PLC od firmy Siemens z řady SIMATIC S7-1200, HMI od firmy Schneider z řady HMIGTO, servo měničem od firmy Schneider z řady LXM32, ventilovým terminálem od firmy SMC a regulátorem teploty od firmy Omron. Dále se tato práce zabývá tvorbou PLC programu pro řízení všech elektrických a pneumatických pohonů a komunikací mezi jednotlivými zařízeními. Výsledný řídicí systém byl nainstalován na stroj a odzkoušen. Řídicí systém se následně bude používat u všech strojů tohoto typu, nebo bude sloužit jako výchozí při případné úpravě tohoto stroje.

Klíčová slova: PLC program, Tubeline, automatická linka, řídicí systém, SIMATIC s7-1200

ABSTRACT

This work deals with the design and creation of a control system for filling and closing machine Tube-line, a filling and closing machine for plastic and metal tubes. The control system consists of a Siemens PLC from the SIMATIC S7-1200 series, the HMIGTO HMI, the LMM32 Schneider servo inverter, the SMC valve terminal, and the Omron temperature controller. Furthermore, this thesis deals with creation of PLC program for control of all electric and pneumatic drives and communication between individual devices. The resulting control system has been installed on the machine and tested. The control system will then be used for all machines of this type, or will be used as a starting point for any modification of this machine.

Keywords: PLC program, Tubeline, automatic line, control systém, SIMATIC s7-1200

Chtěl bych poděkovat všem těm, kteří mi přímo či nepřímo pomáhali při vzniku této práce a poskytli mi jakoukoli cennou radu. Dále bych chtěl poděkovat společnosti Füllmatik s.r.o., která mi dovolila použít a publikovat tento projekt.

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

OBSAH

ÚVOD **8**
I TEORETICKÁ ČÁST **9**
1 PROGRAMOVATELNÝ LOGICKÝ AUTOMAT **10**
1.1 HISTORIE PLC 10
1.2 PRINCIP VYKONÁVÁNÍ UŽIVATELSKÉHO PROGRAMU 10
1.3 PLC SIMATIC S7-1200 12
1.3.1 Technická specifikace SIMATIC S7-1200 12
1.3.2 Vývojové prostředí 14
2 HMI – HUMAM-MACHINE INTERFACE **16**
2.1 HISTORIE HMI 16
2.2 SCHNEIDER HMIGTO 17
2.2.1 Vývojové prostředí 18
3 POPIS TECHNOLOGIE PLNĚNÍ A ZAVÍRÁNÍ TUB **20**
II PRAKTICKÁ ČÁST **21**
4 STRUČNÝ POPIS STROJE TUBELINE **22**
4.1 POPIS FUNKCE JEDNOTLIVÝCH STANIC STROJE 23
4.2 POPIS MODERNIZACE STROJE 24
5 ŘÍDICÍ SYSTÉM **25**
5.1 PLC SIMATIC S7-1200 26
5.1.1 Konfigurace PLC 26
5.1.1.1 Konfigurace PLC v prostředí TIA Portal 27
5.1.1.2 Konfigurace vstupů a výstupů 28
5.1.1.3 Konfigurace sítě 29
5.1.2 Program PLC 31
5.1.2.1 OB1 – Hlavní cyklus PLC 32
5.1.2.2 FB4 – Cyklus stroje 33
5.1.2.3 FB9 – Orientace tuby 35
5.2 OVLÁDACÍ PANEL HMIGTO3510 37
5.2.1 Konfigurace HMI 37
5.2.1.1 Propojení regulátoru teploty s PLC 39
5.2.2 Obrazovky HMI 39
5.2.2.1 Hlavní obrazovka 40
5.2.2.2 Obrazovky parametrů 41
5.2.2.3 Obrazovka funkcí 42
5.2.2.4 Obrazovky manuálního ovládání 42
6 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY **44**
ZÁVĚR **45**
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY **46**
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK **48**
SEZNAM OBRÁZKŮ **50**
SEZNAM TABULEK **52**
SEZNAM PŘÍLOH **53**

ÚVOD

Cílem této práce je návrh a realizace řídicího systému pro automatickou linku Tubeline pro plnění a zavírání kovových nebo laminátových tub. Do tub se v dnešní době plní velké množství produktů z farmaceutického, potravinářského, kosmetického a chemického průmyslu. Plnění těchto produktů se provádí pomocí čerpadla. Zavírání kovových tub se provádí pomocí mechanického přehýbání, laminátové tuby se svařují pomocí horkého vzduchu s následovným stisknutím v požadované formě.

Nový řídicí systém je součástí modernizace staršího stroje, ve kterém je zachován technologický postup plnění a zavírání tub, ale je cílem urychlení produkce na tomto stroji.

Hlavní těžiště práce se nachází ve druhé části dokumentu. První polovina obsahuje přehled nastudované problematiky. Tyto znalosti jsou potřebné k realizaci samotného řídicího programu.

Linka je řízena pomocí PLC systému. PLC jsem zvolil od společnosti Siemens, která vyrábí cenově dostupné a velmi kvalitně zpracované PLC a v neposlední řadě žádané od zákaznických společností pro řízení strojů. Teoretickému úvodu, technickým specifikacím PLC a popisu vývojového prostředí TIA Portal je věnována první kapitola. Konfiguraci PLC a programovému vybavení PLC v prostředí TIA Portal je věnována kapitola 5.1.

Součástí řídicího systému je i dotykový panel, jako rozhraní mezi uživatelem a strojem (HMI), který je po teoretické stránce popsán v kapitole druhé a jeho programové vybavení je popsáno v kapitole 5.2.

Ve třetí a čtvrté kapitole se tato práce věnuje popisu technologie plnění a zavíraní tub a popisu stroje s technického hlediska. V šesté kapitole jsou popsány výsledky práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROGRAMOVATELNÝ LOGICKÝ AUTOMAT

Programovatelný logický automat neboli PLC (Programmable Logic Controller) je, jak už z názvu vyplývá, programovatelný elektronický systém konstruovaný do průmyslového prostředí na řízení logických úloh v reálném čase (např. výrobní linky). PLC obsahuje vstupní a výstupní digitální porty, popřípadě i analogové a komunikační moduly. Ze vstupních portů sbírá data a pomocí výstupních portů řídí systém. PLC vykonává uživatelský program v cyklech a tím se liší od běžného počítače. [1][5]

1.1 Historie PLC

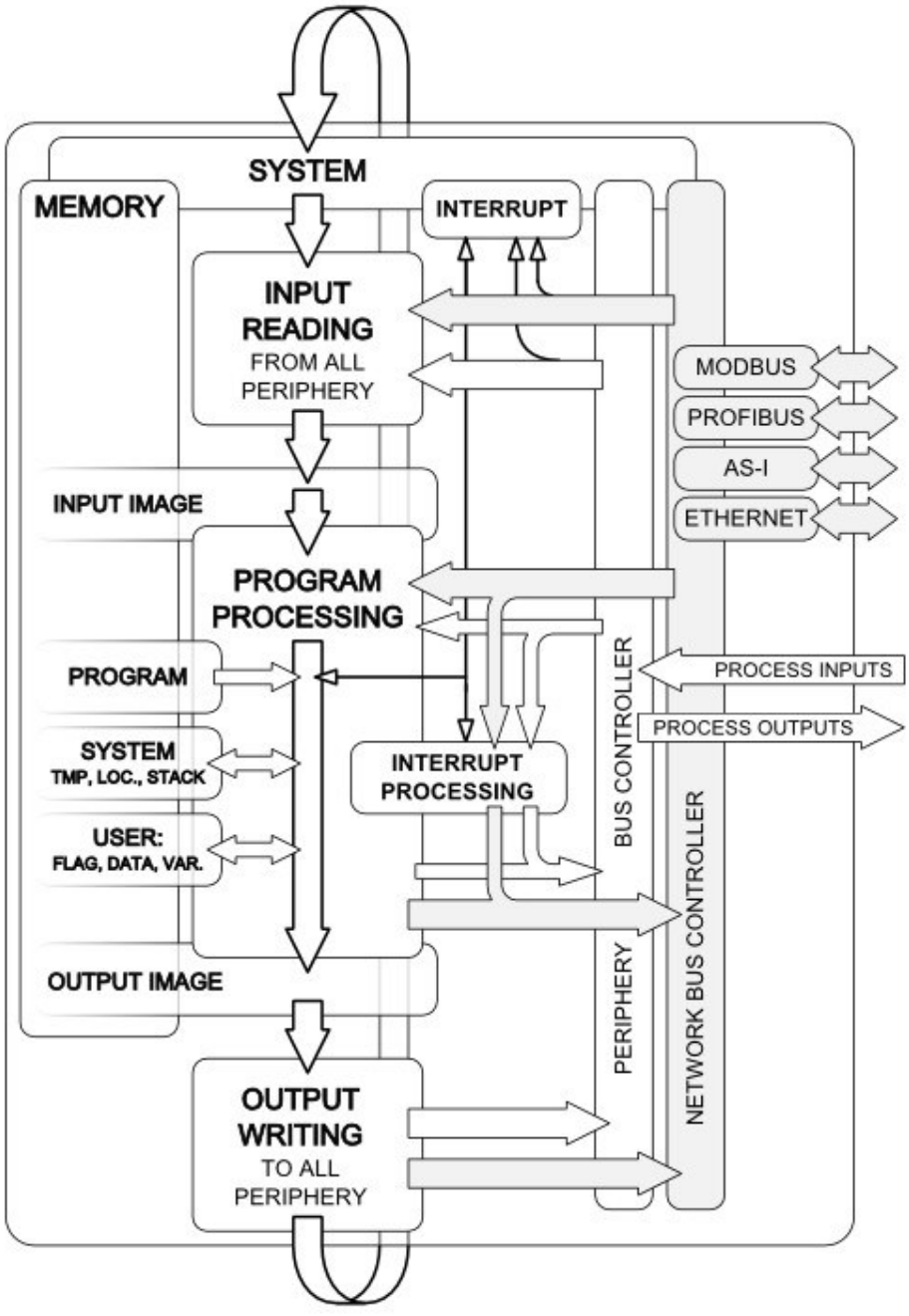
S prvními počítači vhodnými pro automatizaci, tedy vhodnými pro řízení procesů v reálném čase, se začalo již v 50. letech dvacátého století. Ale do 70. let byla nadpoloviční většina pokusů o automatizaci neúspěšná. S postupným zdokonalováním výpočetní techniky klesala cena a zvyšovala se výkonost a spolehlivost a to dopomohlo k nasazení počítačů v automatizaci. [4]

První logické automaty zpracovávaly pouze binární řídicí techniku, ale s rozvojem polovodičové techniky se sortiment zpracovávaných dat rozrostl o analogové signály, matematické funkce a ostatní vyšší logiku [2]. Postupem času a z praktického hlediska nakonec PLC překonaly univerzální řídicí počítače, a to ve spolehlivosti, jednoduché přehlednosti, nižšími náklady, jednodušší údržbou, jednoduchým odladění programů, a tím i na nižší nároky na kvalifikaci inženýrských pracovníků. [6]

1.2 Princip vykonávání uživatelského programu

Základním rysem PLC je opakované zpracování instrukcí v cyklu. Prvním krokem cyklu je vykonání systémových operací CPU, kterou uživatel nemůže ovlivnit, jedná se vnitřní kontrolu, komunikaci s programátorem, manipulaci s programovými bloky a další [3]. Následujícím krokem je načtení vstupních periferních signálů a uložení obrazu jejich stavů do paměti (PII – Process Input Image), ke které má přístup uživatelský program. Toto uložení do paměti probíhá z důvodu, aby v jednom cyklu byl vždy přečten stejný stav signálu, pokud by během cyklu došlo k jeho změně. Po načtení vstupních signálů je zahájeno zpracování uživatelského programu. Během uživatelského programu dochází k zápisu výstupů do další paměti (PQI – Process Output Image), ze které se po dokončení cyklu zapíší stavy na výstup. Pokud uživatelský program vyžaduje okamžité zpracování určité části kódu z důvodu nutnosti reagovat na změnu stavu některé periférie, využívá se k tomu přerušení.

Při vyvolání přerušení, systém PLC počká na nejbližší vhodnou chvíli a zpracuje rutinu přerušení, i když se zdá, že rutina je vykonána okamžitě, z důvodu zachování celistvosti průběhu cyklu se čeká na dokončení důležitých částí, poté se zpracuje rutina a po ukončení rutiny se naváže na předešlou část. [7]



Obr. 1 – Cyklus PLC. [7]

1.3 PLC SIMATIC S7-1200

PLC typu SIMATIC S7–1200 od firmy Siemens byl uveden na trh v roce 2009, kdy začal nahrazovat starší řadu S7-200 (Obr. 2). Firma Siemens patří mezi celosvětovou jedničku ve výrobě produktů pro automatizaci, kde pokrývá většinu trhu, především pak v Evropě. Z celé škály řídicích systémů od firmy Siemens je řada S7-1200 tou nejlevnější a byla navržena s důrazem na flexibilitu a rychlé uvedení do provozu. [8]

Obr. 2 – SIMATIC S7-1200 vlevo, SIMATIC S7-200 vpravo.

1.3.1 Technická specifikace SIMATIC S7-1200

PLC řady S7-1200 je konstruováno jako modulární systém. Na modulu CPU jsou integrovány digitální vstupy a výstupy, určité typy mají integrovány i analogové vstupy, nebo výstupy, modul obsahuje konektor RJ45 pro propojení se sběrnicí PROFINET pro programování, nebo komunikace s externími periferiemi a modul také obsahuje slot pro SD kartu pro ukládání dat, zálohu programu nebo pro download softwaru či firmwaru. Modul je rozšiřitelný o vstupně/výstupní digitální/analogové moduly, které se připojují z pravé strany. Dále je možno připojit komunikační moduly snad pro veškeré typy sběrnic používaných v automatizaci od RS232, přes PROFIBUS protokol od Siemensu až po GPRS modul. Přímo na modul CPU lze připojit menší rozšiřující kartu, takzvaný signal board, který může obsahovat jak digitální/analogové vstupy/výstupy, tak komunikační modul pro sběrnici RS485 nebo battery board pro dlouhodobou zálohu reálného času.

Obr. 3 – šestnáctiportový vstupně/výstupní modul vlevo, komunikační modul RS232 uprostřed, battery board vpravo.

Obr. 4 – ukázka modulárního zapojení.

Tab. 1 – Základní technické údaje PLC použitého v praktické části [9]

Typ	CPU 1215C DC/DC/DC
Objednávací číslo	6ES7 215-1AG40-0XB0
Napájecí napětí	24 V DC (20,4V - 28,8V)
Výkonové ztráty	12 W
Typ paměti	EEPROM
Operační paměť	125 kB
Uživatelská paměť	4 MB, rozšířitelná SD kartou
Doba provedení bitové instrukce	0,085 µS
Doba provedení instrukce typu Word	1,7 µS
Doba provedení instrukce s plovoucí čárkou	2,3 µS
Maximální počet bloků	65535

Digitální vstupy	
Počet	14 (6 možno použít pro vysokorychlostní čítače)
Logická 0	Max 5 V DC
Logická 1	Min 15 V DC
Digitální výstupy	
Počet	10 (4 možno použít jako pulzní výstupy)
Ochrana proti zkratu	Ne
Maximální výstupní proud	0,5 A
Logická 0	Max 0,1 V DC
Logická 1	Min 20 V DC
Doba přechodu s "0" na "1"	1 µS
Doba přechodu s "1" na "0"	5 µS
Analogové vstupy	
Počet	2x 10 bit
Typ	Napěťové (0-10 V)
Analogové výstupy	
Počet	2x 10 bit
Typ	Proudové (0 – 20 mA)

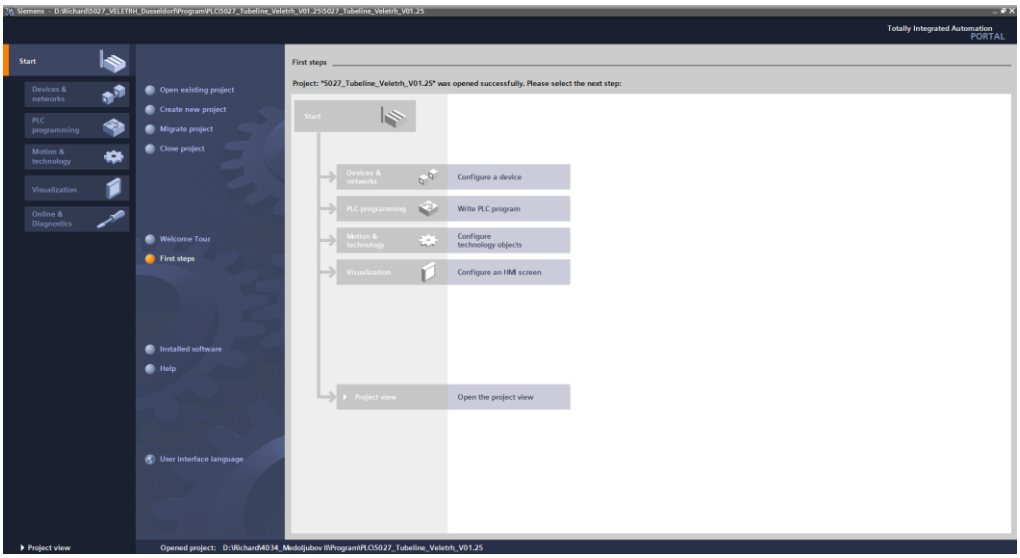
1.3.2 Vývojové prostředí

K nové generaci PLC firma Siemens vytvořila i nové vývojové prostředí pro projektování a údržbu automatizačních systému s názvem Totally Integrated Automation Portal (zkráceně TIA Portal). Velkou výhodou tohoto návrhového prostředí je integrace programování PLC, HMI i safety prvků do jednoho softwaru. U předchozích verzí bylo potřebné pro programování PLC mít vývojové prostředí STEP 7, pro vývoj rozhraní pro HMI bylo potřebné vývojové prostředí WinCC atd. TIA Portal představuje jednoduché, společné vývojové prostředí pro řídicí systémy firmy Siemens, kde kromě spojení více vývojových prostředí jde nastavit jednoduše komunikaci mezi všemi zařízeními a jde se jednoduše symbolicky odkazovat na jakékoli proměnné v celém projektu. Firma Siemens toto vývojové prostředí označuje jako historický milník s ohledem na přehlednost, všestrannou použitelnost a vstřícnost pro uživatele, který v dohledné době nemá na trhu konkurenci. [10]

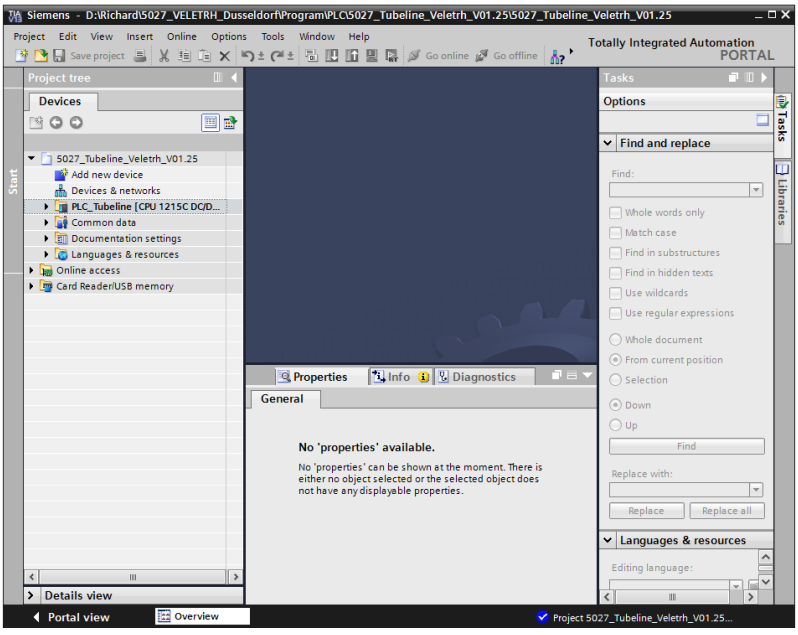
Pro programovaní PLC je možno nainstalovat do TIA Portalu 2 verze vývojového prostředí, Step 7 Basic[11], nebo Step 7 Professional[12]. Step 7 Basic je určen pro nižší řady PLC jako je SIMATIC S7-1200, Verze Step 7 Professional je určen ke všem verzím PLC s nabídky firmy Siemens a také pro systémy na bázy PC se softwarem WinAC. Pro vizualizaci je i v základní verzi balíček WinCC Basic, ale celkově Siemens nabízí 4 verze vývojového prostředí pro vizualizaci pomocí HMI. Jsou to verze WinCC Basic, Comfort, Ad-

vanced a Professional[13], kdy každá vyšší verze obsahuje nějakou funkci navíc oproti předchozí. Pro příklad verze Professional obsahuje kompletní správu pro webové aplikace na rozdíl od verze Advanced, kde nejsou podporované veškeré aplikace. [14]

Tento projekt je vytvořen ve verzi TIA Portal Step 7 Professional V13 s rozšířením SP1, které obsahuje více nových vylepšení, např. podporu nových PLC, Team Engineering, simulátor PLC a další[15]. Na obrázku (Obr. 5) je zobrazena úvodní obrazovka Tia Portálu, tzv. Portal view, kde lze jednoduše navrhnout a konfigurovat projekt, na dalším obrázku (Obr. 6) je zobrazeno tzv. Project view, ve kterém jsou dostupné všechny následující funkce.



Obr. 5 – Defaultně nastavená úvodní obrazovka TIA Portálu.



Obr. 6 – Project view v TIA Portálu.

2 HMI – HUMAM-MACHINE INTERFACE

HMI představuje rozhraní mezi zařízením a člověkem. HMI slouží k předání informací o systému operátorovi a také lze pomocí HMI do systému zadávat hodnoty a ovládat systém. Pokud je k tomuto účelu použit počítač, nazývá se takové rozhraní Human-Computer Interface. [16]

2.1 Historie HMI

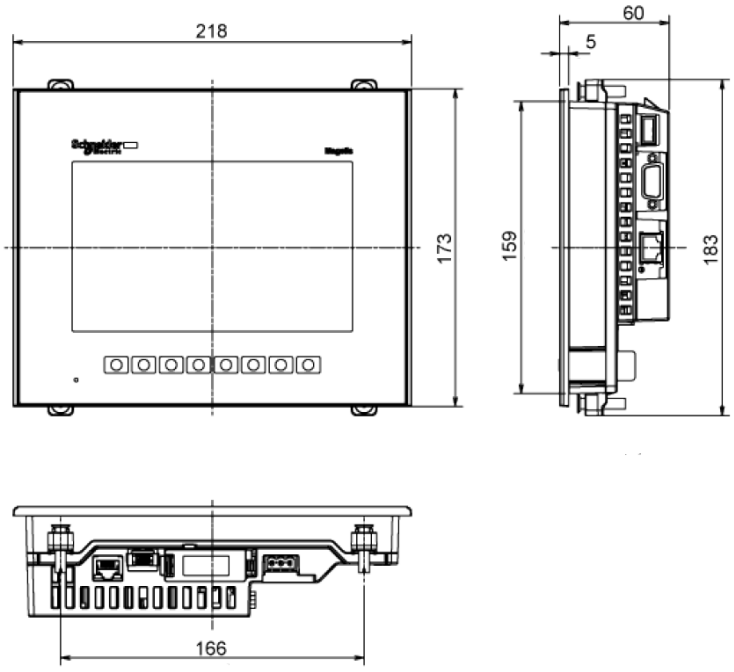
V 70. – 80. letech při nástupu řídicích systémů PLC v automatizaci již byla technologie vizualizace relativně pokročilá a alespoň pro programování se používaly standardní CRT monitory a klávesnice, bohužel pro zobrazování informaci na zařízeních byla tahle metoda relativně nákladná. Z tohoto důvodu se na strojích využívaly pro vizualizaci stavů signální žárovky. Pro vizualizaci hodnot se používaly číselné displeje a později textově orientované dvou- až čtyřřádkové displeje s 10 až 20 znaky na řádek. Pro zadávání hodnot do systému se používaly tlačítka, přepínače, po případě otočné potenciometry. Pro náročné aplikace byly využívány sestavy PC propojené s PLC sériovou sběrnicí pro výměnu dat.

Dnešní technologie pro vizualizaci a ovládání je již na daleko vyšší úrovni. Technologický pokrok v integrovaných obvodech, miniaturizaci, zobrazovací technice a dalších za daleko nižší výrobní náklady způsobil, že HMI už v dnešní době není jen přídavným zařízením k řídicímu systému, ale je plnohodnotnou součástí. Současné HMI poskytují plnohodnotnou grafickou vizualizaci jako grafy, vícebarevné rozdělení stavů, animace, předdefinované, nebo vytvořené grafické prvky atd. Může zobrazovat text se všemi fonty, ukládat do databáze vícejazyčné texty, zobrazovat alarmová hlášení a zadávat data přes dotykovou klávesnici. Lze do HMI ukládat data, např. historické data, vyvolávat přednastavené hodnoty (receptury), používat řízení a oprávnění přístupu. Je možné připojit k HMI i další zařízení jako čtečky přístupových čipů, tiskárny, čtečky 2D kódů, nebo jej můžeme po případě připojit na komunikační sběrnici a provozovat paralelně více jednotek, používat vzdálenou správu, nebo se připojit přes aplikaci s přenosného zařízení, po případě vzdáleně přes webové rozhraní. [16]

2.2 Schneider HMIGTO

HMIGTO je řada ovládacích dotykových panelů od společnosti Schneider zabudovatelných do rozvaděčů nebo pomocných skříní. Vyznačují se barevným dotykovým TFT 65K displejem podsvíceným technologií LED pro úsporu energie a dostupným v několika rozměrech od 3,5" do 12,1", snadnou konektivitou pomocí ethernetové sběrnice, USB portu a čtečky SD karet. Panel je navržen i do nebezpečných prostředí podle norem ISA 1212 a ATEX Cat 3. [17]

Obr. 7 – Ovládací panel HMIGTO3510



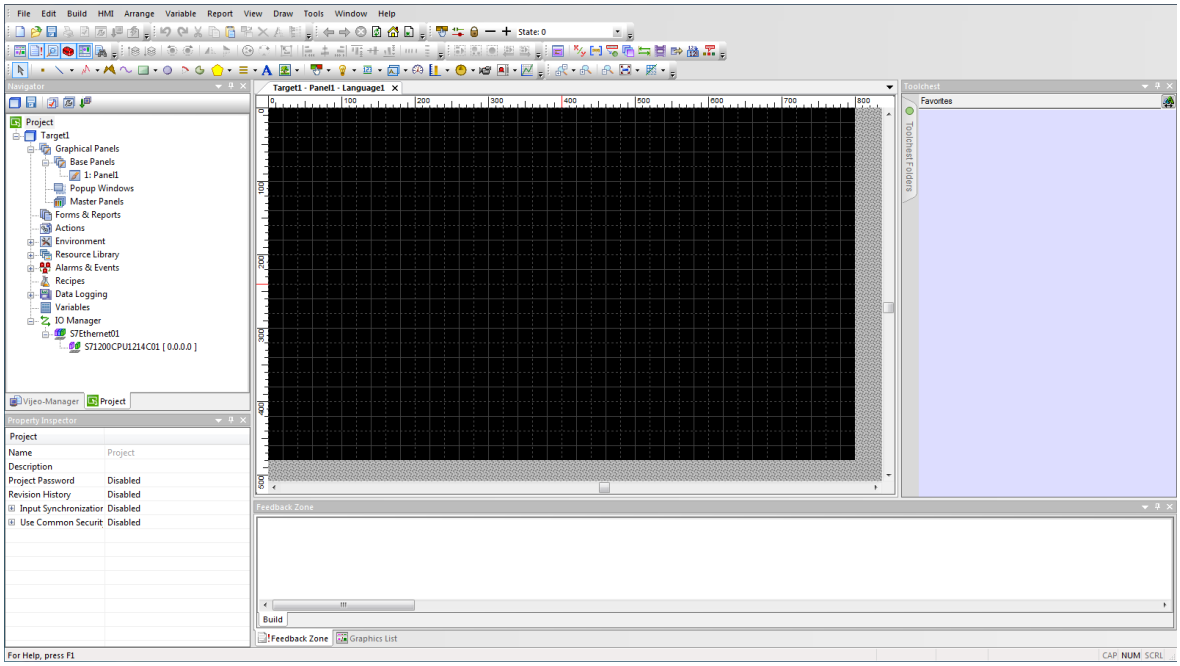
Obr. 8 – Rozměry ovládacího panelu HMIGTO3510 s rozmístěním konektorů. [18]

Tab. 2 - Základní technické údaje HMIGTO3510 použitého v praktické části [18]

Hlavní parametry	
Řada produktu	Magelis GTO
Počet barev	65536
Velikost	7"
Zdroj napájecího napětí	Externí
Operační systém	Magelis
Typ záložní baterie	Lithiová baterie pro interní paměť RAM, autonomie: 100 dní, doba nabíjení = 5 dní, životnost baterie = 10 let
Doplňkové parametry	
Typ terminálu	Dotykový displej
Typ displeje	Podsvícený barevný TFT LCD
Rozlišení displeje	800 x 480 pixelů WVGA
Životnost podsvícení	50000 hodin (bílé) při 25 °C
Napájecí napětí	24V DC (19,2 - 28,8V DC)
Spotřeba energie ve W	Méně než 12W
Vnitřní paměť	96 MB flash (EPROM) rozšířitelné až na 32GB
Komunikační protokoly	Modbus Plus Schneider Electric Modicon FIPWAY Schneider Electric Modicon Modbus TCP Schneider Electric Modicon Modbus Schneider Electric Modicon Mitsubishi Melsec Omron Sysmac Rockwell Automation Allen-Bradley Siemens SIMATIC Uni-TE Schneider Electric Modicon
Stupeň IP krytí	Zadní panel IP20, vyhovující IEC 60529 Přední panel IP65, vyhovující IEC 60529

2.2.1 Vývojové prostředí

Návrhové prostředí pro panely řady HMIGTO od společnosti Schneider se nazývá Vijeo Designer, jedná se o prostředí pro vývoj ovládacího prostředí pro malé a střední ovládací panely. Vývojové prostředí bylo navrženo pro velmi jednoduché, intuitivní a uživatelsky přívětivé ovládání. Vijeo Designer používá k návrhu obsahu metodu WYSIWYG (What You See Is What You Get - „co vidíš, to dostaneš“), neboli veškeré prvky, které vytvoříme, zobrazené na pracovní ploše prostředí se úplně stejně zobrazí na ovládacím panelu. Vývojové prostředí podporuje simulaci ovládací panelu, a to i s připojeným PLC k PC, což usnadňuje návrh a testování projektu. [19]



Obr. 9 – Nový projekt otevřený v prostředí Vijeo Designer V6.2.

Ve vývojovém prostředí je velké množství funkcí, na obrázku (Obr. 9) je vlevo zobrazený panel pro konfiguraci, ve kterém lze editovat počet obrazovek, které bude panel obsahovat. Dále můžeme editovat soupis akcí (událostí), které můžeme předkonfigurovat, aby byly vyvolány v námi stanovený okamžik (pokles hodnoty pod stanovenou úroveň apod.). Lze nastavit počet jazyků v projektu, vytvořit si databázi poruch, která lze archivovat, nebo databázi přednastavených hodnot (receptur), které může obsluha vyvolávat z paměti. Uprostřed v projektu je zobrazeno plátno, na které můžeme vkládat velkou škálu prvku od standardních tlačítek, přepínačů, signálek, textových polí, obrázků až po grafy, videa a animace.

3 POPIS TECHNOLOGIE PLNĚNÍ A ZAVÍRÁNÍ TUB

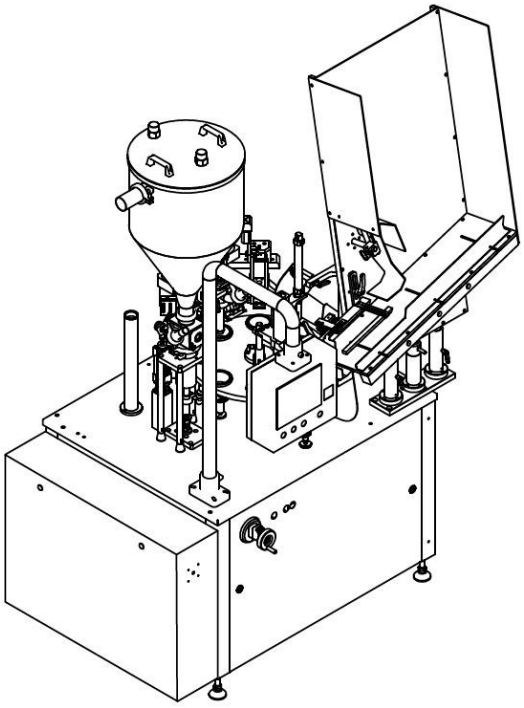
Do kovových, plastových a laminátových tub se v dnešní době plní velké množství typů produktů z farmaceutického, potravinářského, kosmetického a chemického průmyslu. Většinou se jedná o pastovité a krémovité hmoty nebo viskózní kapaliny.

Plnění výše zmíněných produktů se provádí pomocí pístového čerpadla, peristaltického čerpadla, Lobe čerpadla nebo jiného nejvhodnějšího typu pro plněný produkt podle jeho hustoty a viskozity. Mezi nejpřesnější patří pístové čerpadlo, u kterého je velmi jednoduchá údržba a nízké náklady na řízení. Oproti rotačním čerpadlům postačí pro přesnou funkci pístového čerpadla elektrický nebo pneumatický pohon pro zdvih a dva koncové spínače pro určení pozice, rotační čerpadla pro přesné dávky musí mít zabudovaný enkodér polohy a řídicí systém pro zpracování přesné pozice, což se projeví na nákladech spojených s tímto způsobem plnění.

Zavírání tub se provádí podle typu tuby. Kovové tuby se mechanicky zahýbají a stlačují, aby se ohyb při převozu či používání neotevřel. Plastové a laminátové tuby se svařují, a to pomocí horkého vzduchu a následného stisknutí požadovanou formou (vodorovné nebo svisle šrafování, číslo marže atd.), nebo za pomoci vysokofrekvenčního svařování, kdy je tuba stisknuta mezi dvě elektrody a působí tak jako dielektrikum. Vysokofrekvenční proud způsobí ohřev molekul ve spojovaných vrstvách a ve spojení s tlakem na tyto vrstvy vyvolá postupné prolínání těchto vrstev.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STRUČNÝ POPIS STROJE TUBELINE

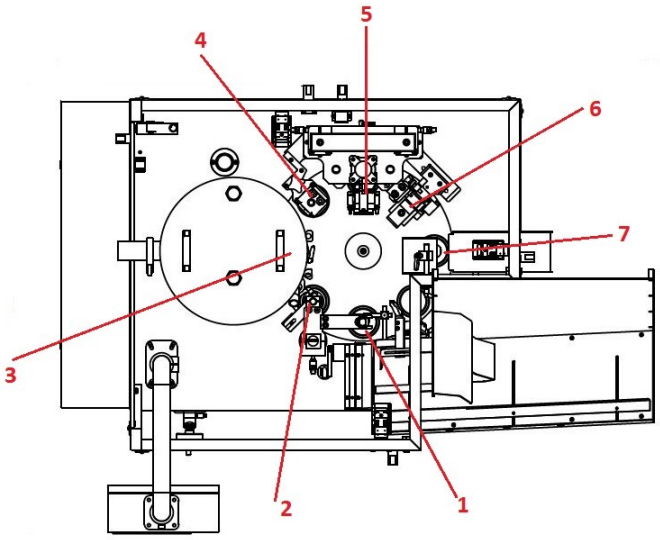


Obr. 10 – 3D nákres stroje Tubeline bez bezpečnostního krytování.

Plnicí stroj Tubeline je primárně určen na výrobu malých sérií plastových nebo kovových tub, do kterých se plní husté produkty na bázi krému (pasta na zuby, krém na ruce ad.). Stroj je založen na principu otočného stolu, kdy se každý cyklus stroje skládá z otočení stolu s pouzdry pro tuby o 45° a provedení všech procesů na všech stanicích. Plastové tuby se založí do pouzdra a průchodem stroje se otevřenou stranou naplní, otevřená strana je podle obrázku (Obr. 11) vpravo. Dále se otevřená část nahřeje, stiskne a zastřihne. Kovové tuby se plní podobným způsobem s tím rozdílem, že se nenahřívají, ale mechanicky dvakrát nebo třikrát zahýbají.

Obr. 11 – Uzavřená tuba.

4.1 Popis funkce jednotlivých stanic stroje



Obr. 12 – Půdorys stroje.

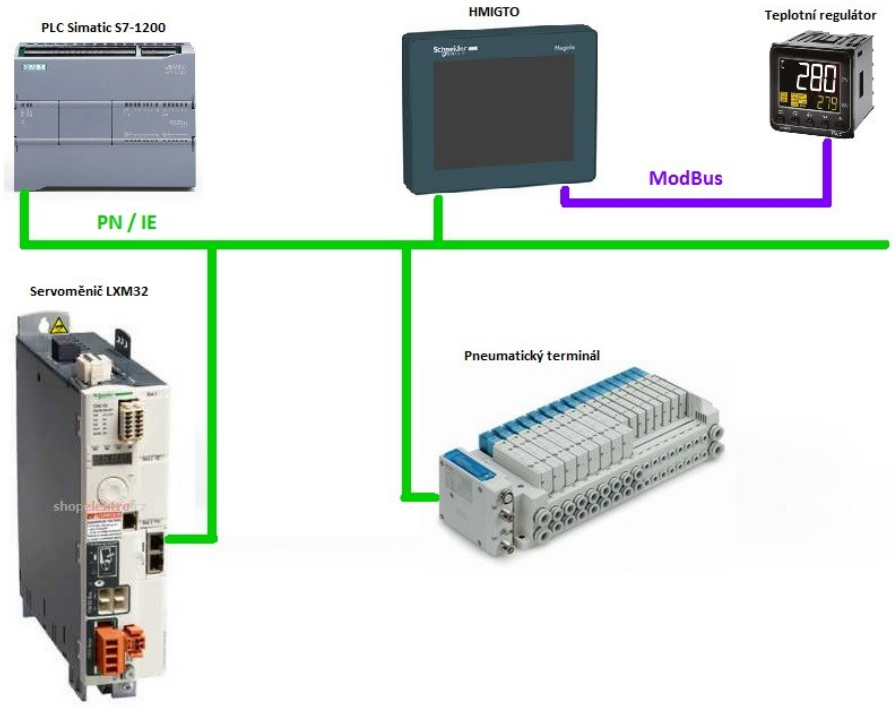
1. Zakladač – Na této stanici se tuba za pomoci čtveřice pneumatických pístů založí ze zásobníku tub do připraveného pouzdra.
2. Orientace – V této stanici se tuba orientuje vždy stejným směrem, aby potisk zákazníka byl rovnoměrně rozložen na přední a zadní část. Děje se tak pomocí pneumatického pístu, který tubu vyzdvihne do pozice před kontrastní snímač. Dále pomocí DC motoru, který rotuje tubou, dokud kontrastní snímač nezaznamená značku na tubě, v tenhle okamžik se pohon zastaví a píst sjede do spodní pozice.
3. Plnění – K plnění je použitá pístová pumpa, do které se nasaje produkt z nádrže a po překlopení třícestného ventilu je produkt přes uzavíratelnou trysku vstříknut do tuby.
4. Nahřívání – V této pozici je tuba vysunuta pomocí pneumatického pístu na nahřívací hlavu topného tělesa, kde zůstane po nastavený čas pro dostatečné prohřátí plastu.
5. Stisk – V této pozici se nahřátá tuba stiskne pomocí mosazných tvarovaných kleštin, aby se docílilo svaření a vytvarování šrafování.
6. Střih – V této pozici se tuba zastřihne na požadovanou délku a taky z estetického důvodu po tepelném svařování.
7. Vyhazovač – v této pozici je tuba vyhozena z pouzdra na výstupní skluzavku, pod kterou jsou tuby shromažďovány pro další úkony.

4.2 Popis modernizace stroje

Stroj po technické stránce vychází z původního modelu, který naše společnost již dříve vyráběla. Technologický princip plnění, ani zavírání se v tomto případě nezměnil, ale celkový řídicí systém byl modernizován z důvodu zastaralého PLC od firmy Schneider z řady Modicon M238, které se přestalo vyrábět. Modernizaci podléhaly takřka veškeré elektronické komponenty od jističů a stykačů, u kterých se přecházelo na nově označené řady, až po PLC, HMI, ventilový terminál a pohon otočného stolu. Když pominu popis modernizace PLC, který je popsán níže, hlavním modernizovaným komponentem je pohon otočného stolu. Původně byl otočný stůl poháněn pomocí asynchronního motoru a vačkového mechanismu, který transformoval jednu otočku motoru za převodovkou na pootočení o 45° otočného stolu. Z tohoto bodu také vychází celkový koncept modernizace, když se otočný stůl pohybuje, stroj prakticky neprovádí žádnou operaci, a tím zpomaluje celkovou rychlost produkce, neboli čím rychleji se stůl pootočí do další pozice, tím bude vyšší rychlost celkové produkce na stroji. Z tohoto důvodu byl asynchronní motor s vačkovým mechanismem vyměněn za servo pohon s přesným pozičním řízením, který zrychlí celý proces pootočení otočného stolu do další pozice.

5 ŘÍDICÍ SYSTÉM

Řídicí systém stroje se prakticky skládá z pěti zařízení, které komunikují pomocí dvou komunikačních protokolů viz obrázek (Obr. 13). Primární řídicí prvek je PLC SIMATIC S7-1200, který vykonává hlavní program pro řízení stroje. PLC je vybaveno přípojkou PN/IE (Profinet/Industrial Ethernet) s konektorem RJ45. Další zařízení je 7´´ HMI displej Schneider, řady HMIGTO, přes který obsluha ovládá celý stroj. V panelu HMI je rozhraní pro správu receptur pro rozdílné formáty stroje. A dále panel slouží k přemostění komunikace mezi teplotním regulátorem a PLC, protože je vybaven jak komunikačním modulem pro protokol Industrial Ethernet, tak komunikačním modulem pro protokol Modbus, po kterém pouze komunikuje teplotní regulátor, a HMI je v tomto zapojení nastaveno jako Master zařízení. Další zařízení, jak už bylo zmíněno, je teplotní regulátor E5CC od firmy Omron, který pomocí PWM modulace reguluje teplotu na nahřívacím tělese. Po sběrnici je u tohoto regulátoru pouze řízena nastavená teplota a regulátor zpětně vysílá informaci o aktuální teplotě. Následující zařízení je servo měnič od firmy Schneider, série LXM32, který řídí přesné pozicování otočného stolu o 45°, na tento měnič je dokoupen komunikační modul pro PN/IE protokol, přes který je řízen start přesunu do další pozice, rychlost, akcelerace, decelerace a hlídáno dosažení následující pozice. Poslední zařízení je blok pneumatického ventilového terminálu od firmy SMC s řady SY7000, který je vybaven komunikačním modulem EX260 pro PN/IE. Komunikační modul zde, jednoduše řečeno, zastupuje převod protokolu PN/IE na digitální signály pro spínání jednotlivých ventilů.



Obr. 13 – Schéma sběrnic řídicího systému.

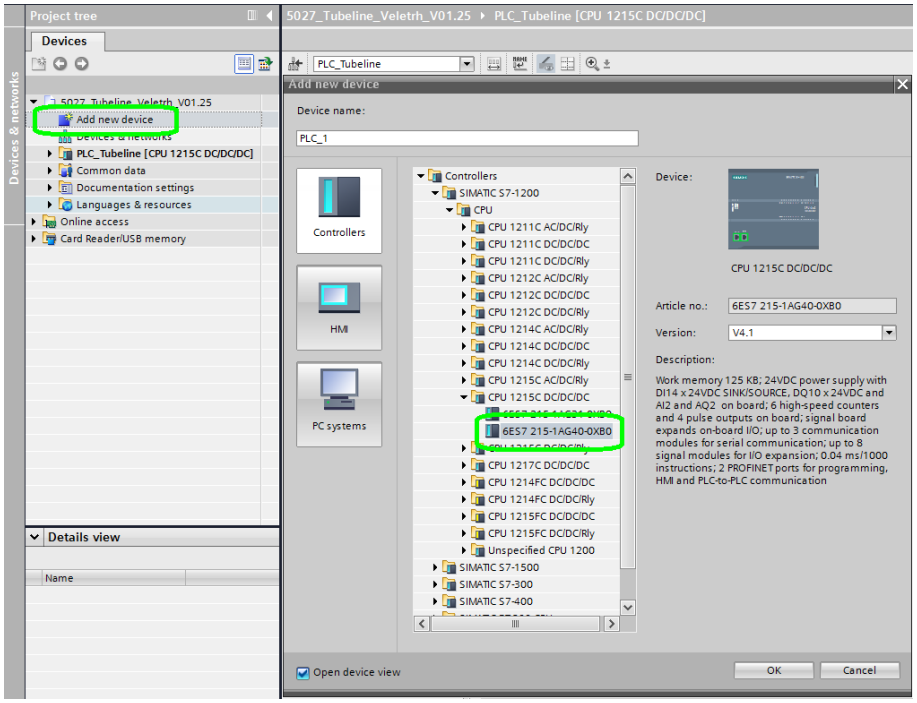
5.1 PLC SIMATIC S7-1200

5.1.1 Konfigurace PLC

Vzhledem k tomu, že komplikovanější řízení pozicování a regulace teploty bylo přenecháno, na tyto účely vyvinutým zařízením, tak PLC obstarává pouze logiku řízení a časování všech těchto komponentů. Z toho důvodu je postačující základní modul SIMATIC S7-1200 CPU 1215C DC/DC/DC rozšířený pouze o modul digitálních vstupů SM 1221 DI16 x 24VDC obsahující dalších 16 vstupů, které jsou použity pro všechny senzory umístěné na stroji. Základní použité senzory na stroji jsou poziční pro pneumatické písty, tlakový senzor pro kontrolu dostatečného tlaku na vstupu, optický difúzní snímač pro kontrolu vyhozené tuby z pouzdra, kontrastní snímač pro vyhledávání značky při orientaci tuby a kapacitní snímače pro kontrolu maximální a minimální hladiny produktu v nádrži.

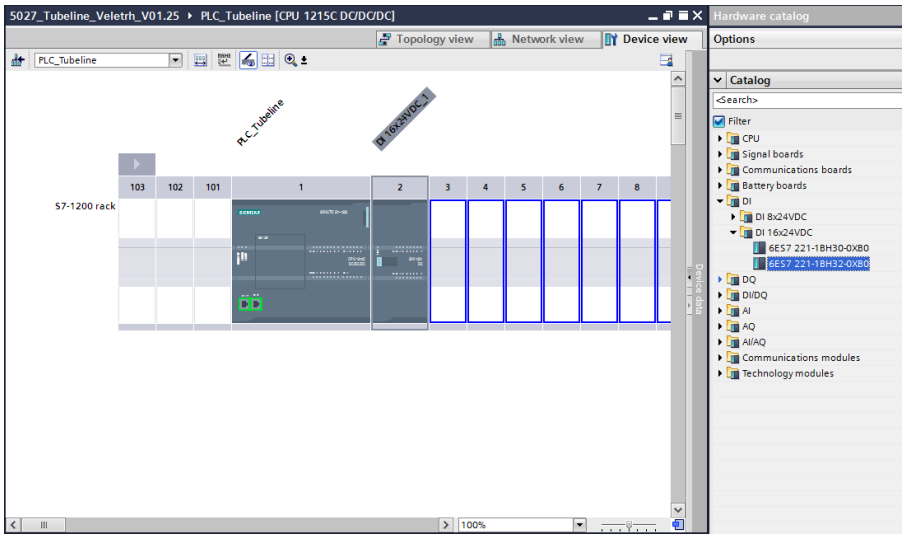
5.1.1.1 Konfigurace PLC v prostředí TIA Portal

V prostředí TIA Portal stačí v novém projektu přidat nové zařízení, které lze vybrat z připraveného katalogu firmy Siemens.



Obr. 14 – Katalog zařízení firmy Siemens v prostředí TIA Portal.

Stejně lehce jde i nakonfigurovat rozšiřující moduly PLC. V menu *Devices & Networks* na záložce *Device view* je zobrazen rack pro přidání modulů, které lze jednoduše přidat přetažením z katalogu dostupných modulů.



Obr. 15 – Konfigurace modulů PLC.

5.1.1.2 Konfigurace vstupů a výstupů

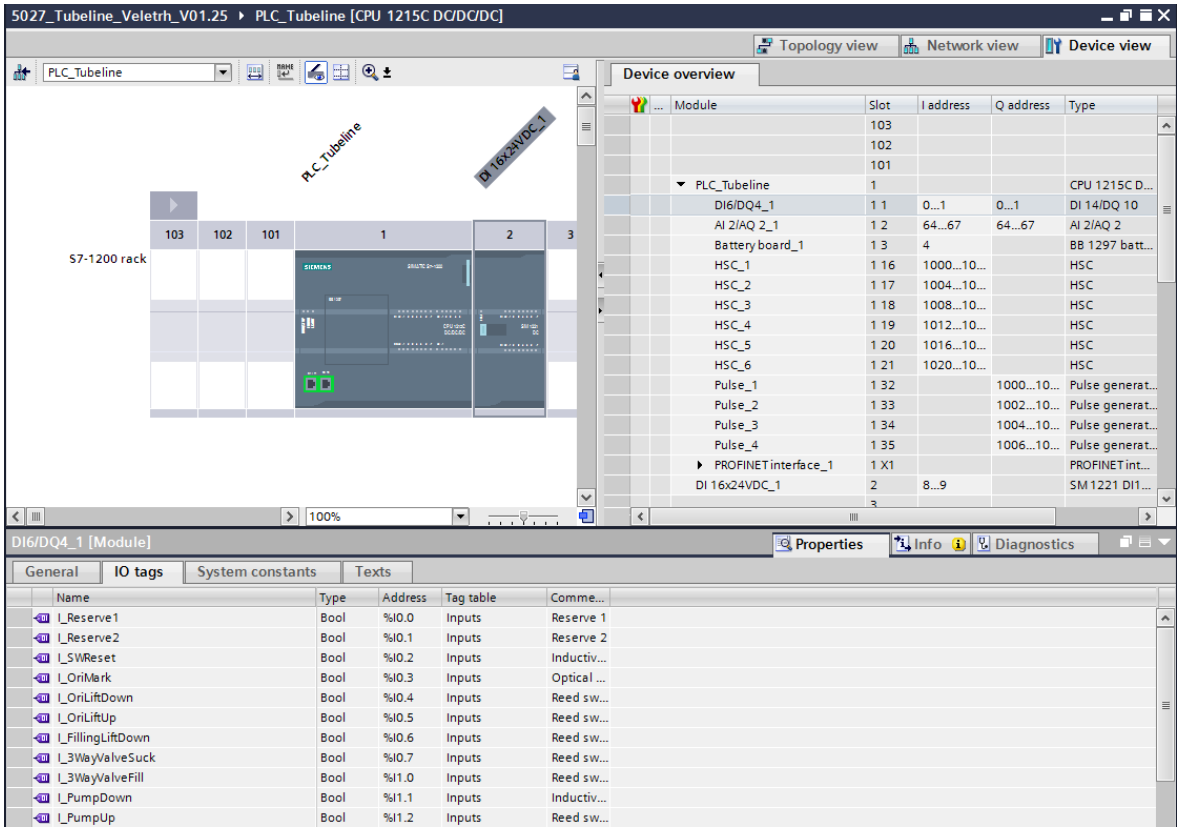
Adresace vstupů se automaticky provede po přidání zařízení nebo modulu do projektu, jako v mém případě jsou vstupy a výstupy na PLC adresovány na byte 0 a 1. A na modulu jsou vstupy adresovány na byte 8 a 9 viz obrázek (Obr. 16) vpravo. Samozřejmě se tyto adresy dají změnit. Dalším krokem je pojmenování bitů pro snadné odkazování se přímo na ně, toho lze docílit např. přes nastavení v záložce *IO tags*, viz obrázek (Obr. 16) dole, kde můžeme pojmenovat adresu, přidat komentář a zařadit jí do tabulky pro lepší přehled, pokud ji již máme vytvořenou.

Tab. 3 – Přehled vstupů PLC.

Název	Datový typ	Logická adresa	Popis
I_OriMark	Bool	%I0.3	Optický kontrastní snímač – detekce značky na tubě
I_OriLiftDown	Bool	%I0.4	Poziční snímač – píst orientace ve spodní pozici
I_OriLiftUp	Bool	%I0.5	Poziční snímač – píst orientace v horní pozici
I_FillingLiftDown	Bool	%I0.6	Poziční snímač – píst zdvihu pod plněním ve spodní pozici
I_3WayValveSuck	Bool	%I0.7	Poziční snímač – třícestný ventil v pozici pro nasátí produktu
I_3WayValveFill	Bool	%I1.0	Poziční snímač – třícestný ventil v pozici pro výtlak produktu
I_PumpDown	Bool	%I1.1	Indukční snímač – pumpa produktu ve spodní pozici
I_PumpUp	Bool	%I1.2	Poziční snímač – pumpa produktu v horní pozici
I_HeatLiftDown	Bool	%I1.3	Poziční snímač – píst pro zdvih tuby do pozice ohřevu je ve spodní pozici
I_BouncerDown	Bool	%I1.4	Poziční snímač – píst pro vyhození tuby je ve spodní pozici
I_TubeNotBounced	Bool	%I1.5	Optický difúzní snímač – tuba nebyla vyhozena
I_TankMin	Bool	%I8.0	Kapacitní snímač – minimální hladina produktu
I_TankMax	Bool	%I8.1	Kapacitní snímač – maximální hladina produktu
I_AirPre	Bool	%I8.2	Tlakový snímač – kontrola tlaku na přívodu do stroje
I_LeisterFaul	Bool	%I8.6	Externí signál – porucha na topném tělese
I_SavCovClose	Bool	%I8.7	Externí signál – bezpečnostní kryty uzavřeny
I_STARTBut	Bool	%I9.0	Externí signál – tlačítko START na ovládacím panelu
I_STOPBut	Bool	%I9.1	Externí signál – tlačítko STOP na ovládacím panelu
I_E-Stop	Bool	%I9.2	Externí signál – bezpečnostní stop tlačítko zamáčknuto
I_PowerCheck	Bool	%I9.5	Externí signál – kontrola přepětí, podpětí, sledu a asymetrie fází
I_SWDriveFault	Bool	%I9.6	Externí signál – servo měnič v poruše
I_MachineReady	Bool	%I9.7	Externí signál – stroj připraven (bezpečnostní relé sepnuto)

Tab. 4 – Přehled výstupů PLC.

Název	Datový typ	Logická adresa	Popis
Q_SigMachineRun	Bool	%Q0.0	Signalizační maják – zelená (stroj běží)
Q_SigTank	Bool	%Q0.1	Signalizační maják – oranžová (prázdný zásobník produktu)
Q_SigFault	Bool	%Q0.2	Signalizační maják – červená (porucha)
Q_KA2ReffTank	Bool	%Q0.3	Relé KA2 – zapnutí externího čerpadla pro doplnění produktu
Q_HeatingEn	Bool	%Q0.6	Relé KA2 – topné těleso zapnuto
Q_Orientation	Bool	%Q0.7	relé KA3 – DC motor orientace



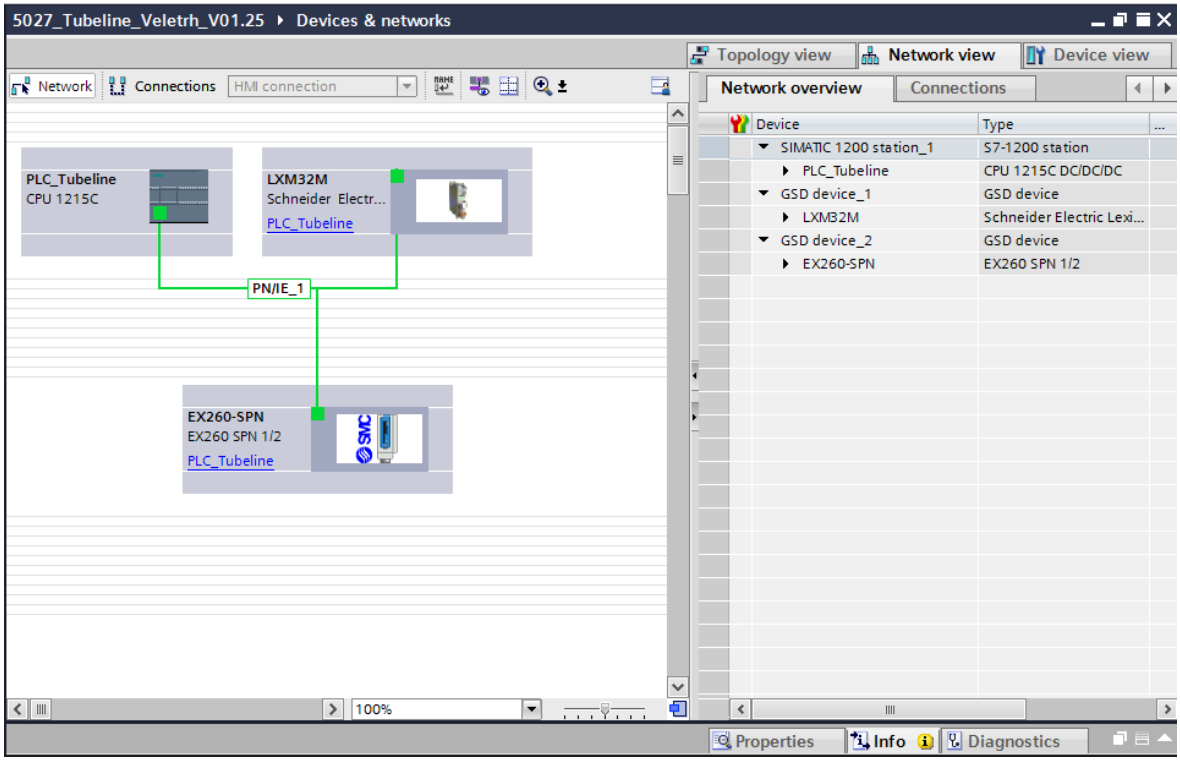
Obr. 16 – Nastavení vstupů a výstupů PLC.

5.1.1.3 Konfigurace sítě

Ke konfiguraci sítě je použit další z nástrojů TIA Portalu v menu *Devices & Networks* na záložce *Network view* , zobrazeno na obrázku (Obr. 17), kde lze přidávat další podporované zařízení ź knihovny. V seznamu zařízení se po čisté instalaci prostředí TIA Portal zobrazují jen produkty společnosti Siemens, pro vložení produktů jiných společností se takové zařízení musí importovat (nainstalovat) pomocí souboru GSD (General Station Description), což je soubor s protokolem pro komunikaci (počet vstupních a výstupních adres, jejich

typ atd.). Po přidání všech komponentů se nemapují veškerá propojení v síti podle zvoleného/podporovaného rozhraní, v tomto případě PN/IE. Servo měnič LXM32M i ventilový terminál využívají real-time komunikační kanál protokolu Profinet, ve kterém je zaručený cyklický přenos dat s maximální časovou odezvou do 10 ms.

Mezi zobrazenými zařízeními není HMI ovládací panel, který používá svůj vlastní ovladač pro čtení/zápis z globální paměti PLC a pro tento účel využívá pouze standardní komunikační kanál TCP/IP, proto je nutné tuto komunikaci nastavit manuálně.



Obr. 17 – Konfigurace sítě na PLC.

Následně se nastaví u všech zařízení komunikační parametry jako IP adresa, maska podsítě, výchozí brána (pokud je připojena) a jméno zařízení.

Tab. 5 – Seznam IP adres a názvů všech zařízení

Zařízení	IP adresa	Název zařízení v síti
PLC CPU 1215C	192.168.11.150	plctubeline
Servo měnič LXM32M	192.168.11.100	lxm32m
Ventilový terminál EX260	192.168.11.50	ex260-spn
Ovládací panel HMIGTO3510	192.168.11.151	-

5.1.2 Program PLC

Pro programování PLC jde použít tři základní jazyky. LAD a FBD jsou grafické programovací jazyky a SCL. Jazyk LAD (Ladder Logic) vznikl jako náhrada reléové logiky, kdy se používají kontakty, vstupy a vyšší logika jako časovače pro vytvoření logické sekvence pro výstup.

Jazyk FBD (Function Block Diagram) je založen na propojování logických bloků jako je AND, OR a další pro vytvoření potřebné logiky výsledného programu.

Jazyk SCL (Structured Control Language), jedná se o implementaci strukturovaného textu od firmy Siemens, která vychází z programovacího jazyka Pascal.

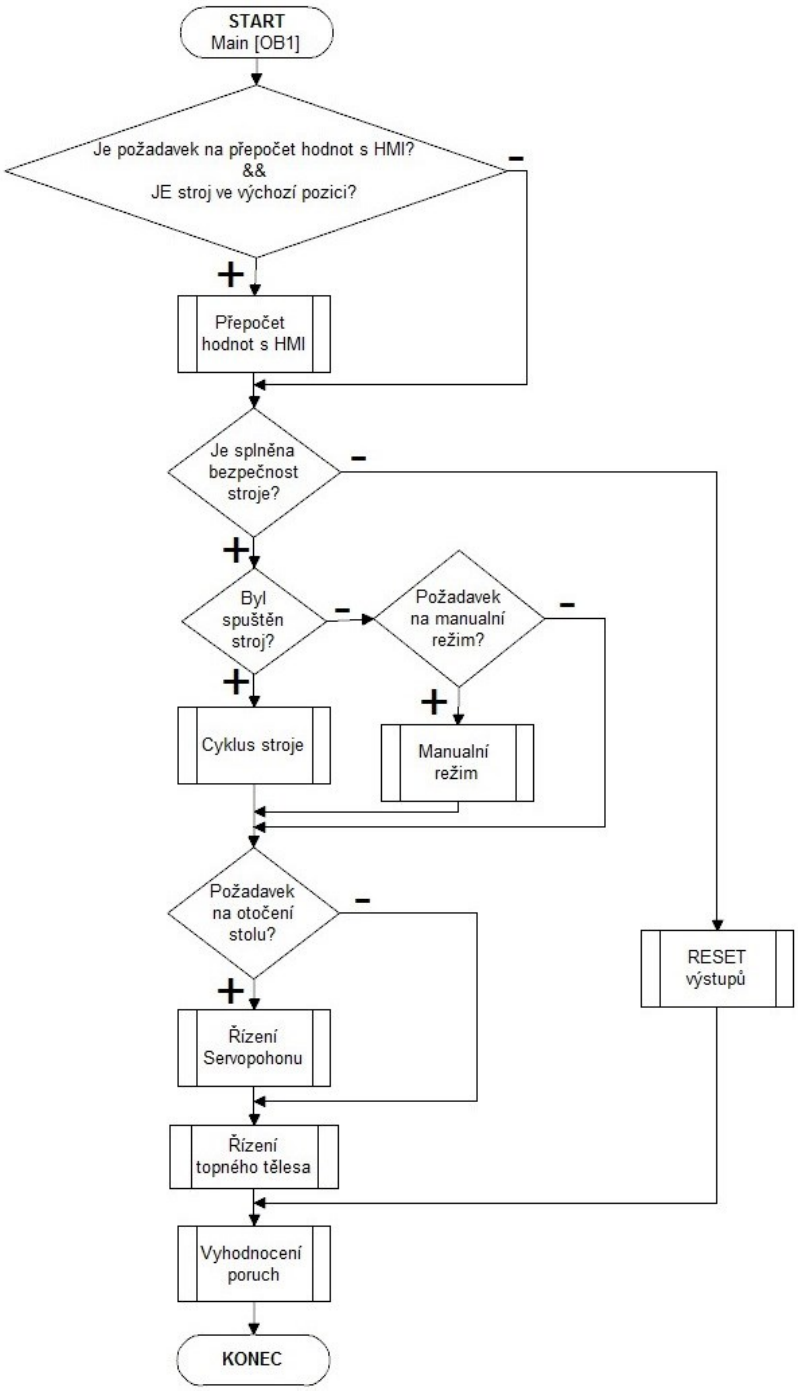
Program pro stroj Tubeline je primárně psán v jazyku LAD, který je jednoduše čitelný i pro lidi neznalé programovacího jazyka, což se hodí, pokud chce servisní technik znalý elektra zasáhnout do kódu a stroj není připojen ke vzdálené správě. Ale pro některé funkce je použit jazyk SCL, a to primárně pro načítání a úpravu číselných hodnot.

V programovacím prostředí od společnosti Siemens se programuje do bloků, kdy každý z bloků může mít své specifické určení.

Typy programových bloků:

- OB – organizační blok. Bloky pro hlavní správu programu, bloky jsou rozděleny podle funkce, např. blok OB1 se provádí každý cyklus, blok 100 se provede vždy po startu PLC, nebo blok OB40 obsluhuje hardwarová přerušení.
- DB – datový blok pro ukládání dat.
- FC – funkce. Blok pro vepsaní kódu funkce, tento blok nemá přidělený DB (nedisponuje trvalou pamětí), tedy po opuštění funkce jsou veškeré vnitřní proměnné zapomenuty.
- FB – funkční blok. Bloky stejné jako FC s tím rozdílem, že mají přidělen DB a tím pádem i trvalou paměť.

5.1.2.1 OB1 – Hlavní cyklus PLC



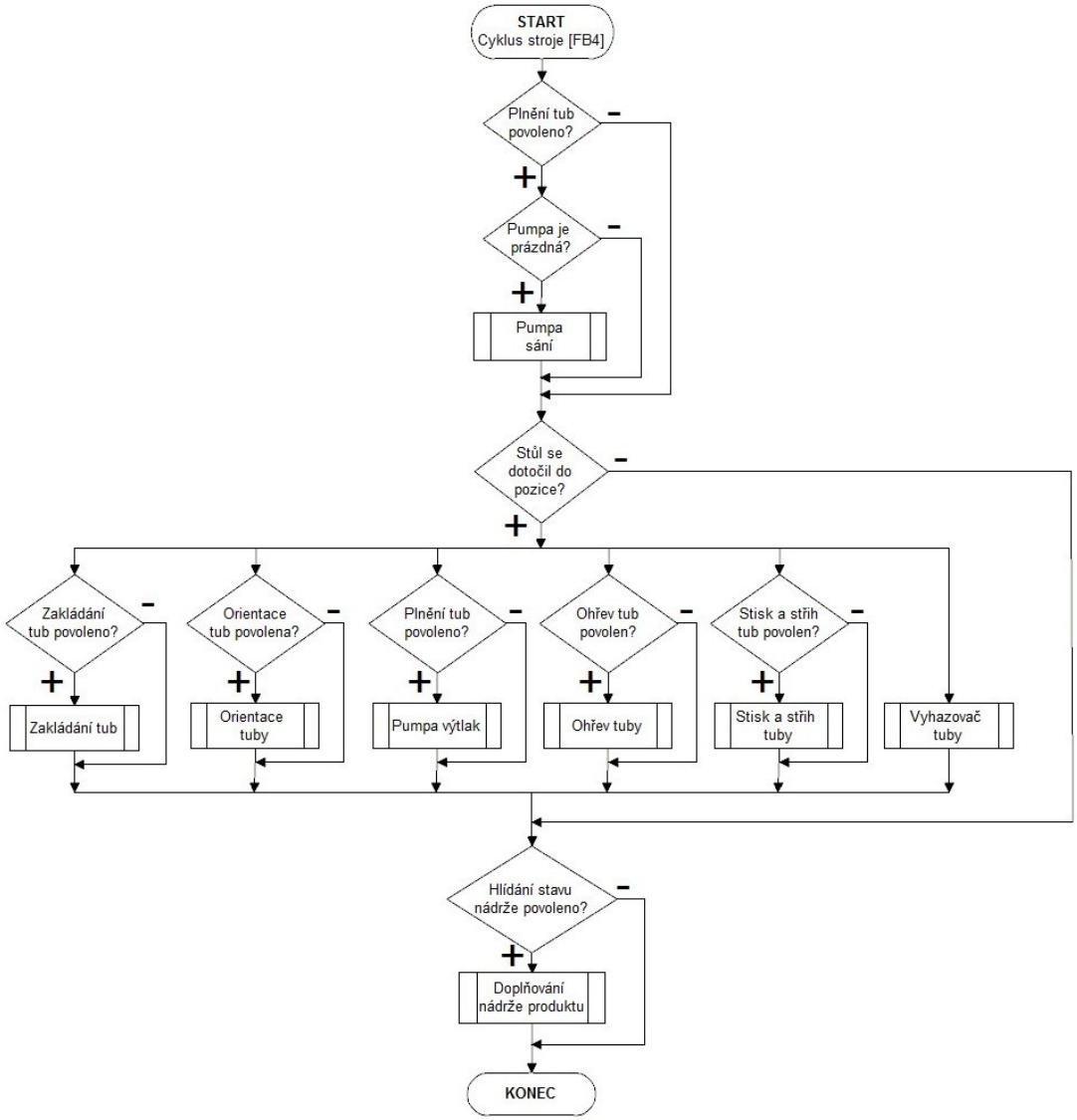
Obr. 18 – Vývojový diagram hlavního cyklu [OB1].

Zobrazený diagram (Obr. 18) zjednodušeně popisuje hlavní cyklus PLC, protože se jedná o nekonečnou smyčku a primárně jsou v něm jen definovány další FB (funkční bloky), které se přímo podílí na řízení stroje. Další důležitou funkcí je kontrola bezpečnosti. Sice je vše z bezpečnostních prvků, jíž kontrolováno na HW úrovní, ale v programové části je do této kontroly např. zahrnuta i kontrola dostatečného tlaku stlačeného vzduchu přivedeného

do stroje, a to z důvodu, aby stroj nepoškodil sám sebe. Při nedostatečném tlaku se veškeré pneumatické pohony začnou chovat nevyzpytatelně a minimálně se zpomalí. Ohřev tuby se provádí pomocí průtoků horkého vzduchu a průtok vzduchu je s nižším tlakem menší. Toto vše má za příčinu nekvalitní a pomalou produkci, které je potřeba zabránit.

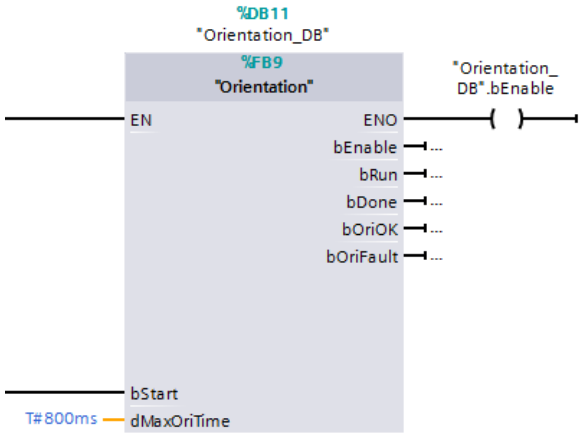
Blok s přepočtem hodnot z HMI je spuštěn právě tehdy, pokud operátor stisknul tlačítko „Nastav“ pro uložení hodnot s HMI do PLC a zároveň jsou dokončeny veškeré operace na stanicích. Je to z toho důvodu, že většina parametrů nastavitelná na HMI je časový údaj (doba ohřevu nebo doba stisku) tak, aby nedocházelo ke změně parametrů v okamžiku, kdy stroj s těmito parametry pracuje.

5.1.2.2 FB4 – Cyklus stroje



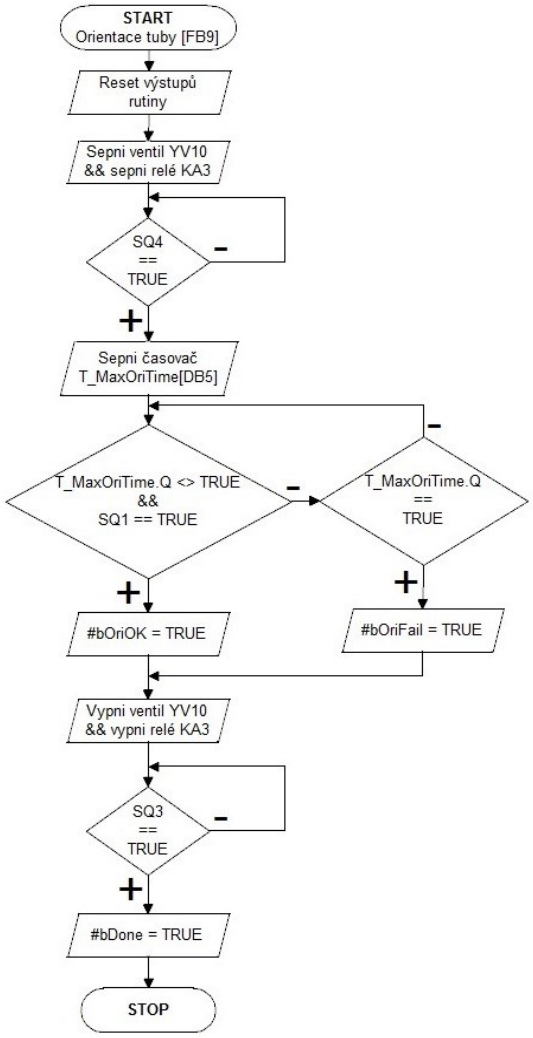
Obr. 19 – Vývojový diagram – cyklus stroje [FB4].

Vývojový diagram (Obr. 19) zobrazuje řízení toku kódu, pokud je stroj spuštěn v automatickém režimu. I když je část volání každé rutiny pro stanici stroje zakreslena jako paralelní, tak v reálu se plní lineárně a každá z rutin vyčkává na signál pro start, až se otočný stůl dotočí do správné pozice. Podmínka pro vstup do rutin se skládá z povolené funkce, pro každou ze stanic, na panelu HMI a z potvrzené kontroly, že je aktuální pozice obsazena tubou, která se provádí ve stanici orientace.



Obr. 20 – Příklad definice rutiny - Orientation [FB9] v prostředí TIA Portal.

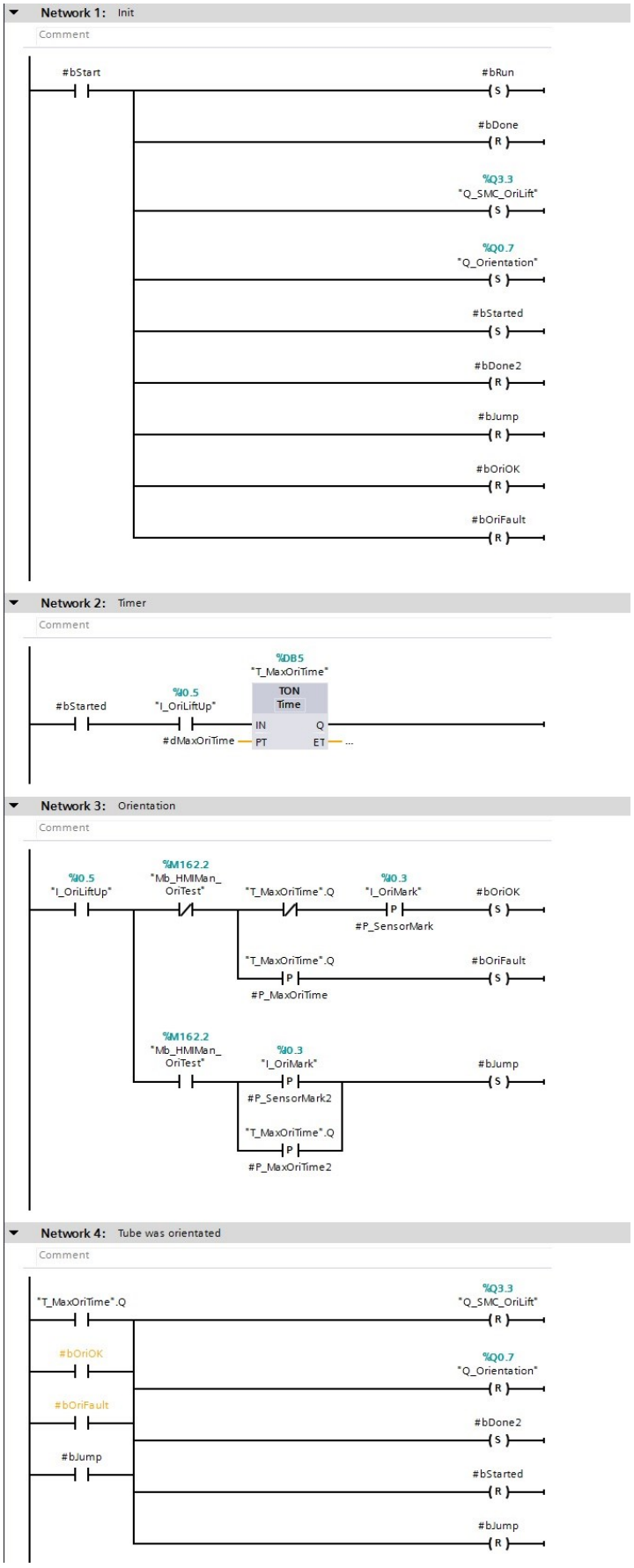
5.1.2.3 FB9 – Orientace tuby



Obr. 21 – Vývojový diagram – orientace tuby [FB9].

Popis použitých výrazů v diagramu (Obr. 21)

YV10	-	Ventil pro ovládání pneumatického pístu pro zdvih tuby do pozice k hledání značky.
KA3	-	Ovládací relé DC motoru pro rotaci tuby před kontrastním snímačem.
SQ4	-	Poziční snímač pro kontrolu horní pozice pístu pro zdvih tuby.
T_MaxOriTime	-	Časovač hlídající maximální dobu orientace.
T_MaxOriTime.Q	-	Výstup z časovače, dosažení požadovaného času.
SQ1	-	Optický kontrastní snímač pro detekci značky na tubě.
#bOriOK	-	Výstupní proměnná rutiny - senzor nalezl tubu.
#bOriFail	-	Výstupní proměnná rutiny - senzor nenalezl tubu.
SQ3	-	Poziční snímač pro kontrolu dolní pozice pístu pro zdvih tuby.
#bDone	-	Výstupní proměnná rutiny - rutina dokončena.



Obr. 22 – Orientace tuby [FB9] zapsána v jazyku LAD.

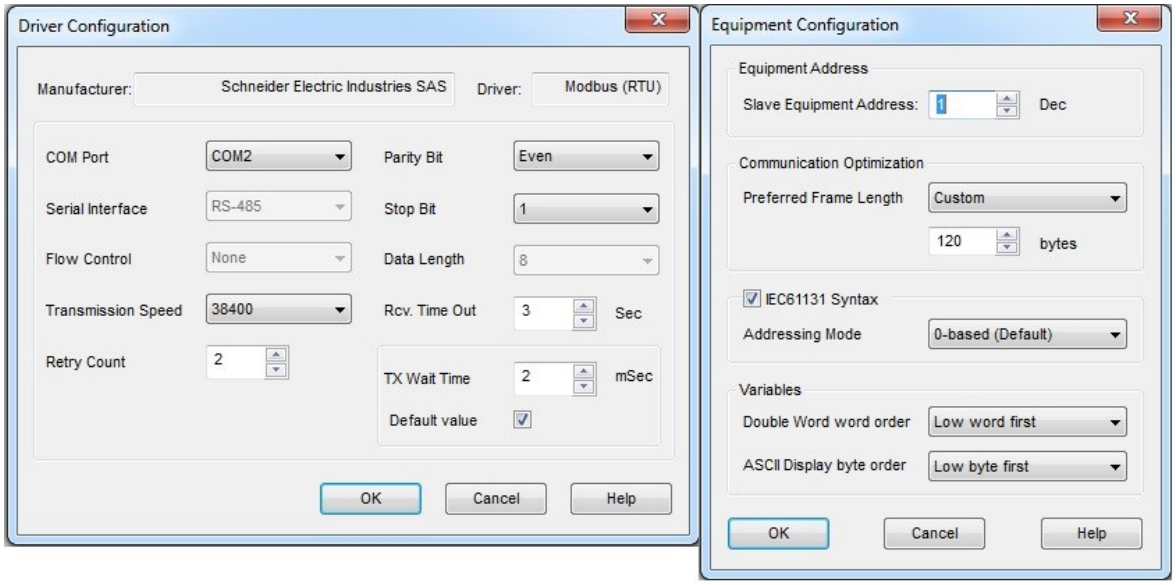
Na obrázku (Obr. 21) je zobrazen diagram funkčního bloku pro orientaci tuby, který popisuje, jak probíhá tato funkce. Po dotečení stolu do pozice rutina dostane signál pro start a sepne ventil YV10 pro ovládání pneumatického pistu zdvihu tuby do pozice před kontrastní snímač pro vyhledání značky SQ1, ve stejný okamžik se sepne i relé KA3 pro ovládání DC motoru pro rotaci tuby před čidlem. Jakmile je píst v horní pozici, která je detekována pozičním čidlem SQ4, sepne se časovač pro kontrolu maximální doby orientace, pokud značka na tubě v této době není detekována, nastaví se výstup funkce *#bOriFail* na hodnotu *TRUE*, pokud je značka detekována nastaví se výstup *#bOriOK* na hodnotu *TRUE*. Pokud značka na tubě nebyla detekována, znamená to, že v hnízdě žádná tuba není a nebude se v následujících krocích do této pozice plnit a neprovede se na této pozici ani nahřívání tuby. Po uplynutí maximální doby orientace nebo po vyhodnocení značky na tubě se vypne jak ventil SQ10, tak i relé KA3. Jakmile se píst pro zdvih tuby vrátí do spodní pozice, která je detekována čidlem SQ3, zapíše se na výstup *#bDone* hodnota *TRUE* jako potvrzení, že tato stanice dokončila svůj proces. Pokud se detekuje úspěšné ukončení všech pozic, funkční blok pro řízení servo měniče dostane signál pro pootočení se do následující pozice.

5.2 Ovládací panel HMIGTO3510

5.2.1 Konfigurace HMI

Konfigurace HMI se provádí v prostředí Vijeo designer, kde při vytváření nového projektu je nutné zadat přesný typ použitého ovládacího panelu, nastavit typ připojení a IP adresu a přidat ovladače používaných periferií. Použité periférie jsou v tomto případě PLC z řady SIMATIC S7-1200 a teplotní regulátor od společnosti Omron z řady E5CC, pro regulátor je nutné nastavit i parametry komunikace pro sběrnici Modbus, které jsou zobrazeny na obrázku (Obr. 23).

Další částí konfigurace je definice použitých proměnných v projektu, které můžou být interní, nebo externí. Externí proměnné odkazují na globální paměť zařízení, se kterým je nastavena komunikace, jak je vidět na obrázku (Obr. 24). Tyto proměnné můžeme přiřadit do receptur, a pokud je vyvolána receptura z paměti, zkopíruje se hodnota uložená v interní databázi do globální paměti zařízení např. PLC.



Obr. 23 – Konfigurace sběrnice Modbus pro komunikaci mezi HMI a teplotním regulátorem v prostředí Vijeo Designeru.

	Name	Data Type	Data Source	Scan Group	Device Address	Alarm Group	Logging Group
13	Mb_HMI_TempRange	INT	External	S71200CPU1214...	MW224	Disabled	None
14	Mb_HMIRec_FillTime	INT	External	S71200CPU1214...	MW218	Disabled	None
15	Mb_HMIRec_HeatTime	INT	External	S71200CPU1214...	MW216	Disabled	None
16	Mb_HMIRec_PresCut	INT	External	S71200CPU1214...	MW226	Disabled	None
17	Mb_HMIRec_Temperature	INT	External	S71200CPU1214...	MW220	Disabled	None
18	Md_HMI_TotalCounter	DINT	External	S71200CPU1214...	MW204	Disabled	None
19	Mw_HMI_CIPMin	INT	External	S71200CPU1214...	MW212	Disabled	None
20	Mw_HMI_CIPSec	INT	External	S71200CPU1214...	MW214	Disabled	None
21	Mw_HMI_CIPTime	UINT	External	S71200CPU1214...	MW210	Disabled	None
22	Mw_HMI_Counter	INT	External	S71200CPU1214...	MW202	Disabled	None
23	Mw_HMI_Production	INT	External	S71200CPU1214...	MW208	Disabled	None
24	Mw_HMI_UserCounterOut	INT	External	S71200CPU1214...	MW232	Disabled	None
25	Mw_HMIRec_AccDec	INT	External	S71200CPU1214...	MW230	Disabled	None
26	Mw_HMIRec_Counter	INT	External	S71200CPU1214...	MW200	Disabled	None
27	Mw_HMIRec_NozzBlowTi	INT	External	S71200CPU1214...	MW228	Disabled	None
28	Mw_RecToPLC	INT	External	S71200CPU1214...	MW190	Disabled	None
29	wAktTp	INT	External	TempReg	%MW8192	Disabled	None
30	wKrabicka	UINT	Internal			Disabled	None
31	wSetPoint	INT	External	TempReg	%MW9729	Disabled	None
32	_RecipeGroup1						
	Mb_HMIRec_FillTime	INT	Internal				
	Mb_HMIRec_HeatTime	INT	Internal				
	Mb_HMIRec_PresCut	INT	Internal				
	Mb_HMIRec_Temperat	INT	Internal				
	Mw_HMIRec_AccDec	INT	Internal				
	Mw_HMIRec_Counter	INT	Internal				
	Mw_HMIRec_NozzBlow	INT	Internal				

Obr. 24 – Část tabulky proměnných typu INT, UNT a DINT z prostředí Vijeo Designer.

5.2.1.1 Propojení regulátoru teploty s PLC

Z důvodu rozdílu sběrnic na regulátoru teploty a PLC komunikace mezi nimi probíhá skrze HMI. Pro vyhodnocení nastavené teploty na topném tělese musí mít PLC informaci o aktuální teplotě, k tomu je použita funkce akce na HMI, která je nastavena na odchytávání změn aktuální teploty, pokud vznikne změna automaticky se v přednastavené proměnné v globální paměti PLC přepíše hodnota na aktuální teplotu. Další parametr pro vyhodnocení správné teploty je nastavená teplota, tento údaj se po vepsání do pole a stisknutí tlačítka „Nastav“, nebo po změně receptury zkopíruje do regulátoru teploty i do PLC. V PLC je poté vyhodnocen rozdíl mezi aktuální a nastavenou teplotou a pokud přesahuje ±10 °C stroj se po dokončení cyklu vypne s alarmovým hlášením, nebo stroj nereaguje na tlačítko „START“ při spuštění.

Obr. 25 – Funkce propojení regulátoru teploty s PLC přes HMI.

5.2.2 Obrazovky HMI

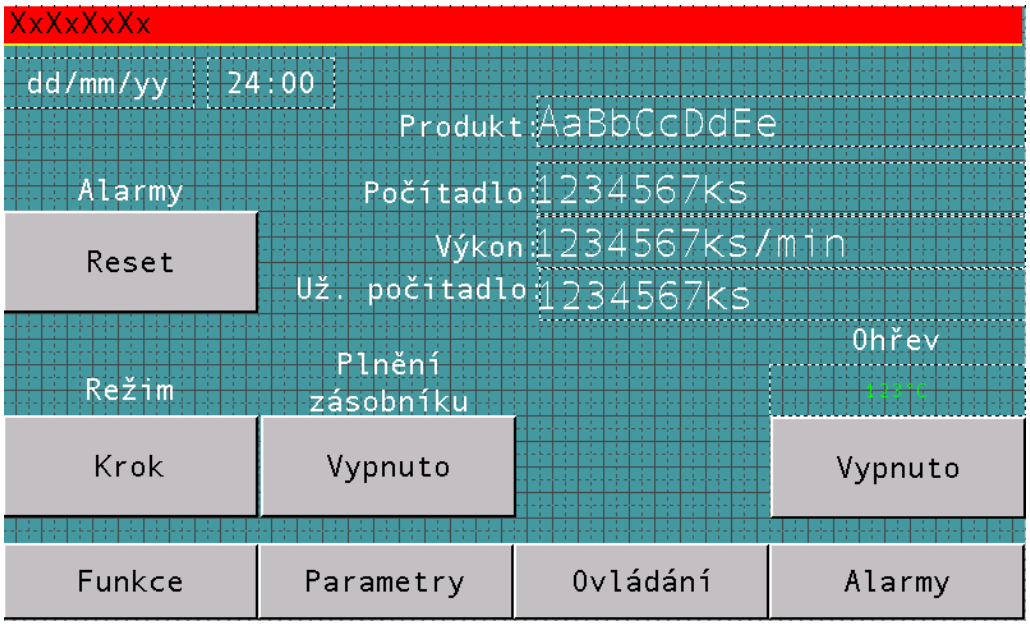
Tab. 6 – Přehled obrazovek stroje.

ID	Název	Popis
10	MainScreen	Hlavní obrazovka ovládacího panelu.
20	Parameters01	První obrazovka pro nastavení parametrů.
30	Parameters02	Druhá obrazovka pro nastavení parametrů.
40	Recipes	Obrazovka pro správu receptur.
50	Functions	Obrazovka pro povolení/zakázání funkce některých stanic.
60	ConLoader	Obrazovka pro manuální ovládání stanice zakladače tub.
62	ConOrientation	Obrazovka pro manuální ovládání stanice orientace tub.
64	ConFilling	Obrazovka pro manuální ovládání stanice plnění tub.
66	ConOther	Obrazovka pro manuální ovládání stanic pro nahřátí, stisk, střih a vyhození tuby.
68	ConStarWheel	Obrazovka pro manuální ovládání otočného stolu.
70	CIP	Obrazovka pro nastavení a spuštění rutiny mytí plnicího mechanismu.
80	Alarms	Obrazovka zobrazující soupis aktuálních poruch na stroji.
90	AlarmsHistory	Obrazovka zobrazující soupis všech poruch na stroji od posledního zapnutí.

100	System	Obrazovka s nastavením jazyka.
110	Time	Obrazovka pro nastavení zobrazovaného času na HMI.
120	Table	Obrazovka zobrazující obsazenost otočného stolu tubami, s možností tubu manuálně odstranit nebo přidat do paměti PLC.
1000	TempOutOfRan	Obrazovka zobrazující upozornění při pokusu o start stroje s nedostatečně nahřátým topným tělesem.

5.2.2.1 Hlavní obrazovka

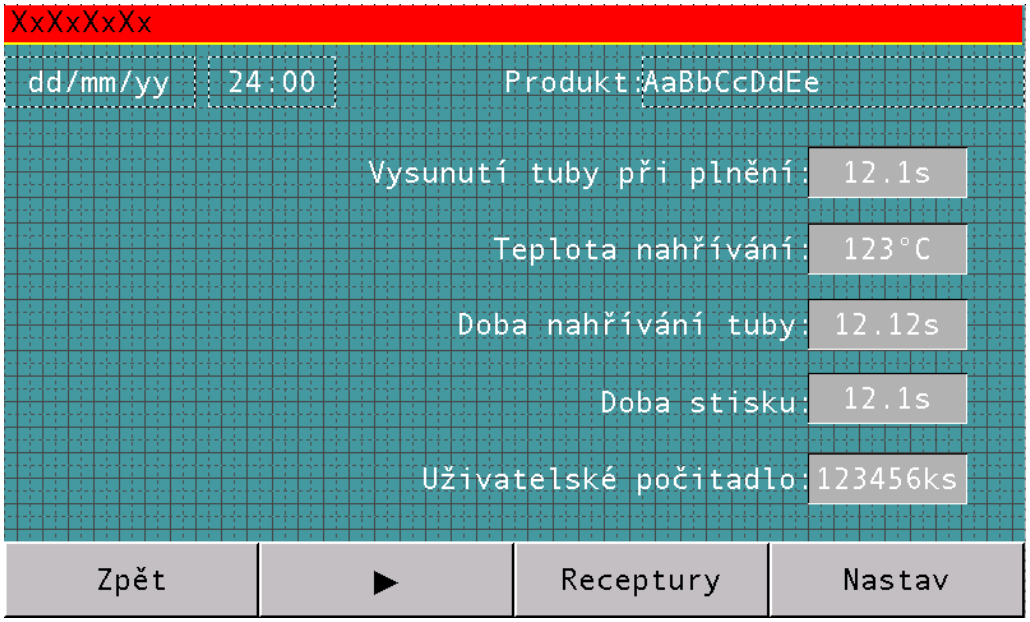
Hlavní obrazovka HMI se zobrazuje po zapnutí stroje a jsou na ní zobrazeny nejdůležitější informace pro obsluhu, viz obrázek (Obr. 26), jako je vyráběný produkt (receptura), počitadlo kusů, aktuální výkon stroje a uživatelské počitadlo kusů, které lze nastavit na libovolnou hodnotu vůči počitadlu kusů a po dosažení této hodnoty se stroj automaticky zastaví. V horní červené liště je zobrazena poslední vyhodnocená porucha na stroji, kterou lze resetovat stisknutím tlačítka „Reset“, nebo lze přepnout na obrazovku s alarmy po stisku tlačítka „Alarmy“, kde je zobrazen seznam všech aktuálních poruch na stroji. Pomocí tlačítka „Krok“ lze měnit režim stroje, při režimu „Krok“ se stroj zastaví po jednom cyklu (vhodné pro nastavování stroje), při režimu „Automat“ se stroj zastaví až po stisku tlačítka „STOP“, nebo při nedostatku tub ve vstupním zásobníku, případně při vyhodnocení poruchy. Tlačítkem „Plnění zásobníku“ se povoluje funkce hlídání hladiny a automatického doplnění zásobníku. Tlačítkem „Ohřev“ se povolí funkce ohřevu a topné těleso se začne ohřívat na požadovanou teplotu. Zbylá tlačítka mají funkci přepnutí na jinou obrazovku.



Obr. 26 – Hlavní obrazovka HMI.

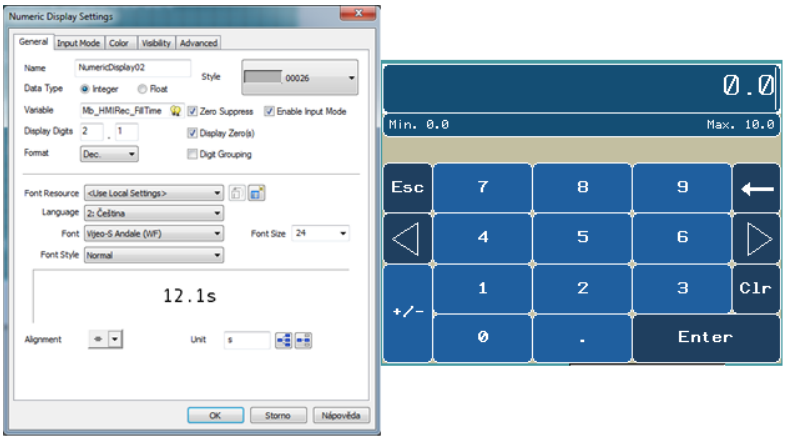
5.2.2.2 Obrazovky parametrů

Na těchto obrazovkách se zapisují číselné parametry stroje, které jsou přiděleny k recepturám a dají se proto vyvolat z paměti. Veškeré hodnoty se zapisují do PLC až po stisknutí tlačítka „Nastav“.



Obr. 27 – První obrazovka parametrů.

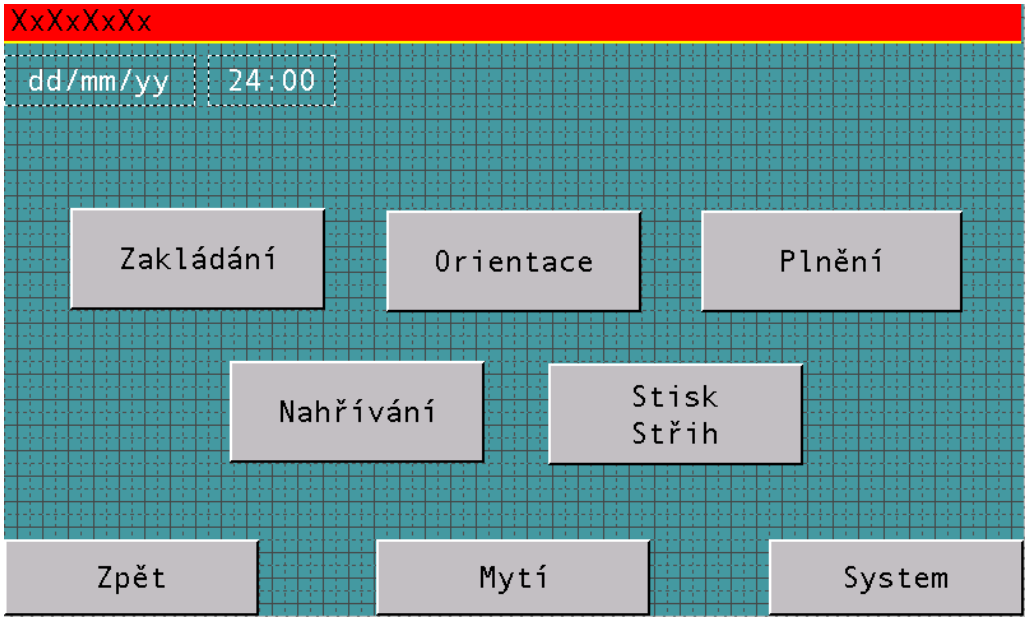
Každý numerický vstup jde nastavit, jak je vidět na obrázku (Obr. 28) vlevo, ke které proměnné patří, kolik bude zobrazovat číselných pozic před a za desetinnou čárkou a jakou má jednotku pro každý z jazyků. Vlevo na obrázku (Obr. 28) je znázorněna klávesnice pro zadávání numerických hodnot, kterou uvidí operátor po stisku jednoho z polí parametrů. Pro každý číselný vstup jde nastavit dynamický nebo statický rozsah povolených hodnot pro zadávání, na zobrazené klávesnici je to od 0 s do 10 s.



Obr. 28 – Nastavení numerického vstupu vlevo, klávesnice pro zadání hodnoty vpravo.

5.2.2.3 Obrazovka funkcí

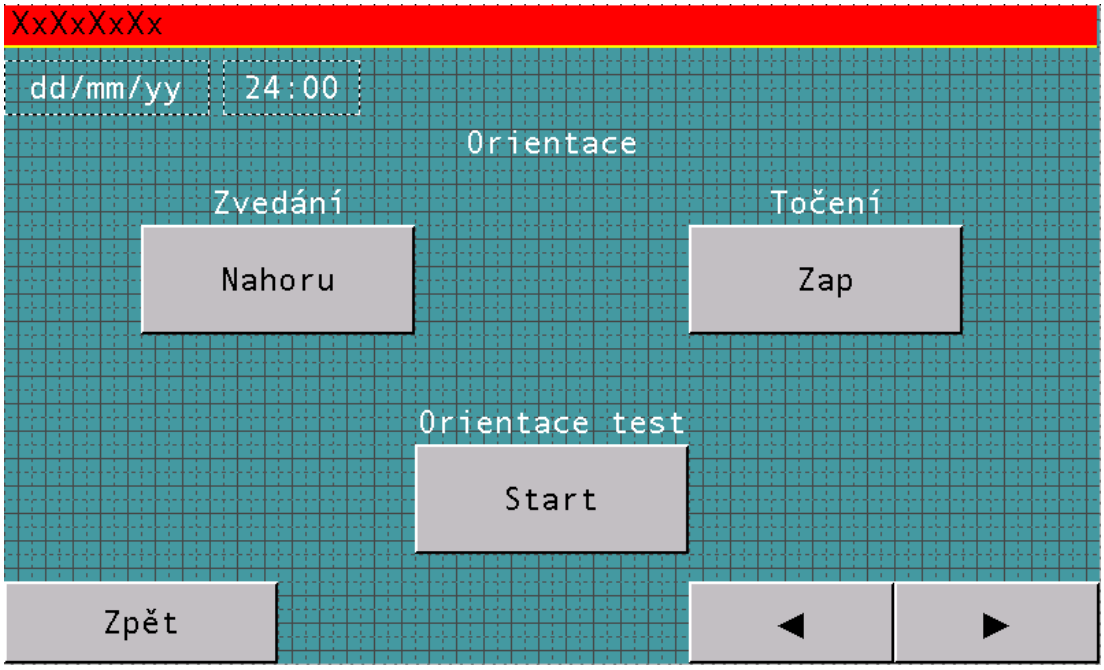
Tato obrazovka slouží k povolení nebo zakázání jednotlivých stanic na stroji. Pokud je stanice zakázaná, zůstává tlačítko zašedlé, pokud se stanice povolí tlačítko zezelená.



Obr. 29 – Obrazovka pro povolení/zakázání funkcí.

5.2.2.4 Obrazovky manuálního ovládání

Na těchto obrazovkách je zobrazeno manuální ovládání jednotlivých stanic a funkcí stroje. Pro veškeré funkce je to podobné jako na obrázku (Obr. 30), pokud se stiskne tlačítko „Zvedání“ sepne se ventil YV10 pro ovládání zdvihu tuby do pozice před kontrastní snímač, po opětovném stisku se ventil YV10 vypne. Podobně funguje i tlačítko „Točení“ po jehož stisku se sepne relé KA3 pro ovládání DC motoru pro rotaci tuby v pozici orientace. Po stisku tlačítka „Orientace test“ se provede zkušební sepnutí celé stanice podle algoritmu na obrázku (Obr. 21).



Obr. 30 – Obrazovka manuálního ovládání stanice orientace tuby.

6 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Hlavním dosaženým výsledkem je funkční stroj, který byl otestován v testovací produkci a splňoval veškeré požadavky.

Dalším požadavkem pro stroj bylo zrychlení produkce, které jsem se snažil docílit použitím servo pohonu pro pootočení stolu s tubami o 45°, jak je názorné v tabulce (Tab. 7) průměrný čas pro pootočení stolu je se servem 0,313 s, měření probíhalo přímo na PLC, tudíž může být zkresleno délkou jednoho cyklu, pokud k tomuto údaji přidám průměrný čas

(s ideálně hustým produktem a tubou do 200 g objemu) nutný pro dokončení funkcí na všech stanicích 1,2 s vychází výkon stroje necelých 40 ks/min, což je zhruba o 10 ks/min více než s předchozím systémem.

Tab. 7 – Měření doby pro potočení stolu.

ID	Doba přesunu [s]
1	0,312
2	0,315
3	0,313
4	0,315
5	0,314
6	0,313
7	0,310
8	0,312
9	0,314
10	0,313
11	0,313
12	0,315
13	0,316
14	0,314
15	0,312
16	0,315
17	0,314
18	0,312
19	0,313
20	0,312
Průměr:	0,313

ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo navrhnout a realizovat řídicí systém pro plnicí a zavírací stroj Tubeline určený k plnění a zavírání kovových a laminátových tub.

V teoretické částí byl uveden způsob plnění a zavírání tub. Také byl popsán řídicí systém SIMATIC S7-1200, na kterém je celý systém postaven, a vývojové prostředí TIA Portal, ve kterém byl program pro PLC vypracován. Dále je v teoretické časti popsáno uživatelské rozhraní HMI od společnosti Schneider a vývojové prostředí Vijeo Designer.

V praktické části práce byl navržen řídicí systém sestávající se z pěti autonomních zařízení. Jako hlavní zařízení byl použit programovatelný automat PLC SIMATIC S7-1215, který obstarává veškerá logická řízení. Pro ovládání stroje byl použit dotykový panel HMIGTO3510 od společnosti Schneider, který obstarává komunikaci mezi obsluhou a strojem. Lze přes něj zadávat parametry stroje, tyto parametry je možné uložit do databáze parametrů (receptury) pro jednoduché vyvolání z paměti. Jsou na něm zobrazeny hlavní údaje o stroji a alarmové zprávy při poruše stroje. HMI také obstarává komunikaci mezi PLC a regulátorem teploty z důvodu rozdílných sběrnic na obou zařízení.

Jednalo se o modifikaci staršího stroje který naše společnost vyrábí již delší dobu. Jedním z aspektů modernizace bylo zrychlení stroje. Na zrychlení stroje se podílel servo pohon s řízením od společnosti Schneider z řady LXM32, který zrychluje přesun tub mezi pozicemi, a tím i rychlost celkové produkce. Měnič pro řízení servo pohonu je připojen k PLC pomocí sběrnice Profinet.

Stroj byl odzkoušen na testovací produkci a z hlediska řízení fungoval výborně, bohužel se během testování zjistila chyba v návrhu převodovky pro otočný stůl, která byla poddimenzována na váhu, kterou nesla, a to zdrželo výrobu tohoto stroje. Z tohoto důvodu stroj ještě není v reálné produkci.

Jeden z přínosů práce je i to, že výroba starší verze stroje nebyla zrušena, ale musel na ní být podobným způsobem modernizován řídicí systém. U starší verze stroje se o přesun tub mezi pozicemi nestará servo měnič s přesným pozicováním, ale asynchronní motor s vačkovým převodem, který mění jednu otáčku motoru kontrolovanou indukčním snímačem na hřídeli pohonu, na přesun o jednu pozici, což je pomalejší. Řídicí systém starší verze byl založen na PLC od firmy Schneider, které se přestalo vyrábět a bylo vyměněno za PLC SIMATIC S7-1214, na které je nahrána upravená verze softwaru z této práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. *PLC a automatizace*. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.

[2] BENEŠ, Pavel. Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky. 5., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 9788025137475.

[3] BOLTON, W. Programmable logic controllers. Sixth edition. Amsterdam: Newnes, 2015. ISBN 9780128029299.

[4] ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.

[5] PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-7300-110-1.

[6] CENDELÍN, Jiří. Historie programovatelných automatů a jejich současné efektivní použití. Automa: Časopis pro automatizační techniku [online]. 2003 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/historie-programovatelnych-automatu-a-jejich-soucasne-efektivni-pouziti-2003_06_28831_523/

[7] CYKLUS PLC. *PLC AUTOMATIZACE* [online]. [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: http://www.plc-automatizace.cz/knihovna/plc/plc-cyklus.htm

[8] Making the transition from S7-200 to S7-1200 [online]. 2009, , 48 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: https://w3.siemens.co.uk/automation/uk/en/automation-systems/industrial-automation/Migration/Documents/Transition%20Manual.pdf

[9] *Siemens: Data sheet - 6ES7215-1AG40-0XB0* [online]. 2018, , 10 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7215-1AG40-0XB0

[10] Totally Integrated Automation Portal. *Siemens* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=2416f2e791&ctxp=home

[11] SIMATIC STEP 7 Basic (TIA Portal). *Siemens* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://w3.siemens.com/mcms/automation-software/en/tia-portal-software/step7-tia-portal/step7-basic/pages/default.aspx

[12] SIMATIC STEP 7 Professional (TIA Portal). *Siemens* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://w3.siemens.com/mcms/automation-software/en/tia-portal-software/step7-tia-portal/step7-professional/Pages/default.aspx?tabcardname=iec%20editors

[13] Visualization - SIMATIC WinCC (TIA Portal). *Siemens* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://w3.siemens.com/mcms/automation-software/en/tia-portal-software/wincc-tia-portal/pages/default.aspx

[14] Options for SIMATIC WinCC (TIA Portal). *Siemens* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://w3.siemens.com/mcms/automation-software/en/tia-portal-software/wincc-tia-portal/wincc-tia-portal-options/Pages/Default.aspx

[15] Delivery Release for SIMATIC STEP 7 Professional / Basic V13 SP1. *Siemens* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://support.industry.siemens.com/cs/document/103627307/delivery-release-for-SIMATIC-step-7-professional-basic-v13-sp1?dti=0&lc=en-WW

[16] HMI (vizualizace a ovládání). *PLC AUTOMATIZACE* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: http://www.plc-automatizace.cz/knihovna/hmi.htm

[17] Magelis HMI GTO. *Schneider Electric* [online]. [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: https://www.schneider-electric.co.uk/en/product-range-presentation/61397-magelis-hmi-gto#tabs-top

[18] Product datasheet: HMIGTO3510. *Schneider Electric* [online]. [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: https://www.schneider-electric.co.uk/en/product/download-pdf/HMIGTO3510

[19] Human / Machine Interface: HMI configuration software. *Schneider Electric* [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: http://download.schneider-elect-ric.com/files?p_Reference=DIA5ED2130614EN&p_EnDocType=Catalog&p_File_Id=8643439671&p_File_Name=DIA5ED2130614EN.pdf

[20] KOSEK, Rostislav. Profinet – standard pro průmyslový Ethernet v automatizaci. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/profinet-standard-pro-prumyslovy-ethernet-v-automatizaci-2005_04_30419_715/

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C	Stupně celsia.
µS	Mikrosekunda.
A	Ampér.
CPU	Central processing unit (centrální procesorová jednotka).
CRT	Cathode ray tube - obrazovka.
DB	Datový blok.
DC	Stejnosměrné napětí.
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (Elektronicky Vymazatelná Paměť pouze pro čtení.
FBD	Function Block Diagram.
FBD	Funkční blok.
FC	Funkce.
GPRS	General Packet Radio Service.
GSD	General Station Description.
HMI	Human Machine Interface (rozhraní mezi člověkem a strojem)
HW	Hardware.
IP	Adresa internetového protokolu.
K	Kilo.
KA	Označení relé.
kB	Kilobyte.
LAD	Ladder Logic.
LCD	Liquid crystal display (displej z tekutých krystalů).
LED	Light-Emitting Diode (elektroluminiscenční dioda).
mA	Miliampér.
MB	Megabyte.
OB	Organizační blok.
PC	Personal compiuter (osobní počítač).
PII	Process Input Image (procesní obraz vstupů).
PLC	Programmable Logic Controler (programovatelný logický automat).
PN/IE	Profinet/Industrial Ethernet.
PQI	Process Output Image (procesní obraz výstupů).
PROFIBUS	Průmyslová komunikační sběrnice.
PROFINET	Průmyslová komunikační sběrnice.
PWM	Pulse Width Modulation (pulzně šířková modulace).
RAM	Random Access Memory.
RJ45	Ethernetový konektor.
RS232	Průmyslová komunikační sběrnice.
RS485	Průmyslová komunikační sběrnice.
SCL	Structured Control Language.
SD karta	Security digital memory card
SMC	Společnost zabývající se výrobou a prodejem pneumatických komponentů.
SP1	Service pack 1.

SQ	Označení senzoru.
STEP 7	Vývojové prostředí.
TCP/IP	Komunikační protokol.
TFT	Thin film transistor.
TIA Portal	Totally Integrated Automation Portal - vývojové prostředí.
USB	Universal serial Bus (univerzální seriová sběrnice).
V	Volt.
W	Watt.
WinAC	Řídicí software.
WinCC	Vývojové prostředí.
WYSIWYG	What You See Is What You Get (co vidíš, to dostaneš).
YV	Označení ventilu.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Cyklus PLC. [3] 11
Obr. 2 – SIMATIC S7-1200 vlevo, SIMATIC S7-200 vpravo. 12
Obr. 3 – šestnáctiportový vstupně/výstupní modul vlevo, komunikační modul RS232 uprostřed, battery board vpravo. 13
Obr. 4 – ukázka modulárního zapojení. 13
Obr. 5 – Defaultně nastavená úvodní obrazovka TIA Portálu. 15
Obr. 6 – Project view v TIA Portálu. 15
Obr. 7 – Ovládací panel HMIGTO3510 17
Obr. 8 – Rozměry ovládacího panelu HMIGTO3510 s rozmístěním konektorů. [18] 17
Obr. 9 – Nový projekt otevřený v prostředí Vijeo Designer V6.2. 19
Obr. 10 – 3D nákres stroje Tubeline bez bezpečnostního krytování. 22
Obr. 11 – Uzavřená tuba. 22
Obr. 12 – Půdorys stroje. 23
Obr. 13 – Schéma sběrnic řídicího systému. 26
Obr. 14 – Katalog zařízení firmy Siemens v prostředí TIA Portal. 27
Obr. 15 – Konfigurace modulů PLC. 27
Obr. 16 – Nastavení vstupů a výstupů PLC. 29
Obr. 17 – Konfigurace sítě na PLC. 30
Obr. 18 – Vývojový diagram hlavního cyklu [OB1]. 32
Obr. 19 – Vývojový diagram – cyklus stroje [FB4]. 33
Obr. 20 – Příklad definice rutiny - Orientation [FB9] v prostředí TIA Portal. 34
Obr. 21 – Vývojový diagram – orientace tuby [FB9]. 35
Obr. 22 – Orientace tuby [FB9] zapsána v jazyku LAD. 36
Obr. 23 – Konfigurace sběrnice Modbus pro komunikaci mezi HMI a teplotním regulátorem v prostředí Vijeo Designeru. 38
Obr. 24 – Část tabulky proměnných typu INT, UNT a DINT z prostředí Vijeo Designer. 38
Obr. 25 – Funkce propojení regulátoru teploty s PLC přes HMI. 39
Obr. 26 – Hlavní obrazovka HMI. 40
Obr. 27 – První obrazovka parametrů. 41
Obr. 28 – Nastavení numerického vstupu vlevo, klávesnice pro zadání hodnoty vpravo. 41

Obr. 29 – Obrazovka pro povolení/zakázání funkcí. 42
Obr. 30 – Obrazovka manuálního ovládání stanice orientace tuby. 43

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Základní technické údaje PLC použitého v praktické části [9] 13
Tab. 2 - Základní technické údaje HMIGTO3510 použitého v praktické části [18] 18
Tab. 3 – Přehled vstupů PLC. 28
Tab. 4 – Přehled výstupů PLC. 29
Tab. 5 – Seznam IP adres a názvů všech zařízení 30
Tab. 6 – Přehled obrazovek stroje. 39
Tab. 7 – Měření doby pro potočení stolu. 44

SEZNAM PŘÍLOH

P I CD-ROM

CD-ROM obsahuje: Diplomovou práci ve formátu pdf, elektrické schémata ve formátu pdf, program pro PLC ve formátu zap13 a program pro HMI ve formátu vdz.