

Návrh řízení konfekčního stroje pro gumárenské technologie včetně realizace

Control system design for tire building machine including
realization

Bc. Tomáš Bartoš

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Bartoš**
Osobní číslo: **A13429**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh řízení konfekčního stroje pro gumárenské technologie, včetně realizace**

Téma anglicky: **A Draft Control System for a Tire-building Machine, Including its Realization**

Zásady pro vypracování:

1. Popište využití programovatelných automatů v průmyslové automatizaci, způsoby komunikace a vizualizace.
2. Charakterizujte PLC Siemens SIMATIC S7-300, jeho možné konfigurace a programovací prostředí Step 7.
3. Popište funkci konfekčního stroje AG008.
4. Navrhněte hardwarové řešení daného stroje v konstrukčním programovém nástroji EPLAN.
5. Vytvořte program pro řízení systému konfekčního stroje AG008 s využitím PLC Siemens SIMATIC S7-300 a ovládacího panelu HMI Siemens KTP600 Basic.
6. Provedte diskusi dosažených výsledků řešení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace: základní pojmy, úvod do programování. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1999, 223 s. ISBN 80-860-5658-9.
2. ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2005, 207 s. ISBN 80-730-0087-3.
3. Industry Online Support [online]. 2014 [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://support.automation.siemens.com/>
4. BERGER, Hans. Automating with STEP 7 in LAD and FBD: Programmable Controllers SIMATIC S 7-300/400. 2nd rev. ed. Erlangen: Publicis MCD, 2001, 348 p. ISBN 38-957-8170-3.
5. ŠVARC, Ivan. Automatické řízení. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 348 s. ISBN 978-80-214-4398-3.
6. BOLTON, William. Programmable Logic Controllers. 5th ed. Boston: Newnes, 2009, 400 p. ISBN 978-185-6177-511.
7. ROHNER, Peter. PLC: Automation with Programmable Logic Controllers. Sydney: UNSW Press, 1996, 226 p. ISBN 08-684-0287-7.
8. KAMEL, Khaled. Programmable Logic Controllers: Industrial Control. New York: McGraw-Hill Professional, 2014, 417 p. ISBN 978-0-07-181047-0.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Vladimír Bobál, CSc.**
Ústav řízení procesů

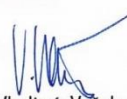
Datum zadání diplomové práce: **27. února 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **20. května 2015**

Ve Zlíně dne 27. února 2015



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

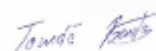
Prohlašuji, že

- 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 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 s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové 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 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



.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je navrhnout funkční hardwarovou konstrukci konfekčního stroje AG008 v konstrukčním nástroji EPLAN Electric P8 a vytvořit software pro řízení stroje jednotkou PLC SIMATIC S7-315-2PN/DP od firmy Siemens ve vývojovém prostředí Step7. Součástí softwaru je ovládací interface HMI panelu KTP600 Color Basic od firmy Siemens vytvořený v programu WinCC Flexible 2008, který slouží jako nástroj komunikace mezi strojem a člověkem. Práce se ve své teoretické části zabývá popisem možností a trendů současného nasazení programovatelných logických automatů (PLC) a vizualizačních nástrojů v průmyslové automatizaci. Teoretická část dále popisuje možnosti konfigurace PLC Siemens rodiny S7-300 a možnosti v oblasti vytváření software pomocí vývojového prostředí Step7.

Klíčová slova: Konfekční stroj AG008, EPLAN Electric P8, PLC, SIMATIC S7, automatizace, HMI, Step7, WinCC Flexible, Siemens.

ABSTRACT

The aim of this diploma thesis is to design a functional hardware construction of the tire building machine AG008 in the constructional tool EPLAN Electric P8. Moreover, the aim was to create the software for this tyre building machine controlled by PLC SIMATIC S7-315-2PN/DP by Siemens in Step7 developing environment. The control interface HMI panel KTP600 Color Basic by Siemens is a part of the software. It was created in WinCC Flexible 2008 programme which is a communication tool between a machine and human. The theoretical part deals with the description of possibilities and trends in current use of programmable logic automats and visualization tools in an industrial automation. The theoretical part describes possible configuration of PLC Siemens group S7-300 and opportunities of software creation in the developing environment Step7.

Key Words: Tyre building machine AG008, EPLAN Electric P8, PLC, SIMATIC S7, automation, HMI, Step7, WinCC Flexible, Siemens.

Rád bych poděkoval svému vedoucímu panu prof. Ing. Vladimíru Bobálovi, CSc. za příkladnou pomoc a podporu při vedení mé diplomové práce. Dále bych také rád poděkoval firmě TEAZ s.r.o. za možnosti využití jejich prostředků při praktickém řešení této práce.

Motto:

„Nechtěj být člověkem, který je úspěšný, ale člověkem, který za něco stojí.“

Albert Einstein (1879 – 1955)

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 VYUŽITÍ PLC V PRŮMYSLOVÉ AUTOMATIZACI	13
1.1 ALGORITMICKÉ MOŽNOSTI SOUČASNÝCH PLC.....	13
1.2 VYUŽITÍ KOMUNIKAČNÍCH DOVEDNOSTÍ PLC.....	14
1.2.1 Průmyslový Ethernet.....	15
1.2.2 Profinet.....	15
1.2.3 Profibus.....	16
1.3 VIZUALIZACE A OPERÁTORSKÉ ŘÍZENÍ SYSTÉMŮ S PLC.....	17
1.3.1 Operátorské panely HMI.....	17
1.3.2 SCADA systémy.....	18
2 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY	19
2.1 KONFIGURACE PLC.....	19
2.1.1 Mikro PLC.....	19
2.1.2 Kompaktní PLC.....	20
2.1.3 Modulární PLC.....	20
2.2 ARCHITEKTURA PLC.....	21
2.2.1 Centrální procesorová jednotka.....	21
2.2.2 Paměťový prostor.....	22
2.2.3 Binární vstupy.....	22
2.2.4 Binární výstupy.....	23
2.2.5 Analogové vstupy.....	24
2.2.6 Analogové výstupy.....	24
2.2.7 Komunikační jednotky.....	25
2.3 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ PLC.....	25
2.4 UŽIVATELSKÝ PROGRAM.....	26
2.4.1 Jazyk mnemokódů.....	26
2.4.2 Jazyk kontaktních schémat.....	27
2.4.3 Jazyk logických schémat.....	28
2.4.4 Jazyk strukturovaného textu.....	28
3 PLC SIEMENS SIMATIC S7- 300	29
3.1 ŘADY CPU RODINY PLC SIMATIC S7-300.....	29
3.1.1 Standardní jednotky CPU.....	30
3.1.2 Kompaktní jednotky CPU.....	30
3.1.3 Technologické jednotky CPU.....	31
3.1.4 Bezpečnostní jednotky CPU.....	31
3.2 OSTATNÍ MODULY PLC RODINY SIMATIC S7-300.....	31
4 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PRO SIMATIC S7	33
4.1 STEP 7 PROFESSIONAL.....	33
4.1.1 SIMATIC Manager.....	34
4.1.2 Hardware Configuration.....	35
4.1.3 NetPro.....	35
4.1.4 Programové bloky.....	36

4.1.5	Editor programování bloků LAD/STL/FBD	37
4.1.6	Symbolika STEP7	38
4.1.7	Datové typy ve STEP7	40
II PRAKTICKÁ ČÁST.....		41
5	KONFEKČNÍ STROJ MEMBRÁN - AG008.....	42
5.1	STROJNÍ KONSTRUKCE.....	42
5.1.1	Údržba a mazání.....	42
5.1.2	Rampa s lasery	43
5.2	POPIS FUNKCE STROJE	44
6	HARDWAROVÝ NÁVRH KONFEKČNÍHO STROJE AG008	46
6.1	SILOVÉ OBVODY	47
6.1.1	Frekvenční měnič a servomotor	47
6.1.2	Zdroje 230V AC / 24V DC	50
6.2	ŘÍDICÍ OBVODY	52
6.2.1	Bezpečnostní obvod	52
6.2.2	Řídicí jednotka frekvenčního měniče.....	53
6.2.3	Řídicí jednotka a krokové motory laserových rysek.....	54
6.3	SESTAVA PLC	58
6.3.1	Digitální vstupy stroje	59
6.3.2	Digitální výstupy stroje	60
6.3.3	Inkrementální snímač	60
6.4	TOPOLOGIE SÍTĚ STROJE	61
7	SOFTWAREVÝ NÁVRH ŘÍZENÍ STROJE	62
7.1	KONFIGURACE HARDWARE VE STEP7	62
7.1.1	Konfigurace Frekvenčního měniče	64
7.1.2	Konfigurace inkrementálního snímače.....	64
7.1.3	Konfigurace sítě stroje	64
7.2	UŽIVATELSKÝ PROGRAM.....	66
7.2.1	Organizační bloky programu – OB	67
7.2.2	Funkce programu – FC.....	68
7.2.3	Funkční bloky programu – FB	70
7.2.4	Datové bloky - DB	72
7.2.5	VAT tabulky a systémové funkce SFC	73
7.2.6	Přenos bloků do PLC a ladění programu	74
7.3	PROGRAMOVÁNÍ HMI PANELU	74
7.3.1	Obrazovka Main.....	76
7.3.2	Obrazovka Systém	77
7.3.3	Obrazovka Servis	78
7.3.4	Obrazovka Rec, Rec save.....	79
7.3.5	Obrazovka Rec01, Rec02, Rec03.....	79
7.3.6	Obrazovka Poruchy	80
7.3.7	Obrazovky NazFolie, NazSegl, NazKord, NazProfil, NazSměs, NazTkanina	81
ZÁVĚR		82
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		84

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	86
SEZNAM OBRÁZKŮ	88
SEZNAM TABULEK.....	90
SEZNAM PŘÍLOH.....	91

ÚVOD

Dnešní trendy výrobních systémů a konstrukce nových strojů je spojena se stále vyšším podílem automatického řízení a požadavků na bezpečnost ve výrobě. Zvyšující se výpočetní náročnost analogového, diskrétního nebo sekvenčního logického řízení zapříčinila rychlý vývoj průmyslové výpočetní techniky. Jedním z mnoha řídicích systémů, které pokrývají značnou část automatizovaných procesů, je programovatelný logický automat (PLC), který umožňuje spolupráci s nadřazenými řídicími systémy. Tyto automaty zaručují spolehlivé řízení malých i velkých strojů nebo procesů, a to i v nepříznivých pracovních podmínkách. V závislosti na náročnosti aplikace má elektro konstruktér možnost výběru z mikro, kompaktních nebo modulárních PLC od různých světových výrobců automatizační techniky.

Téma mojí diplomové práce jsem si zvolil především z důvodu zájmu o problematiku řízení strojů nebo jiných systému prostřednictvím PLC, čímž se mohu podílet na automatizování procesů, které vedou k zdokonalení podmínek spojených s činností nebo existencí člověka. Cílem práce je tedy vytvořit komplexní řešení pro návrh řízení konfekčního stroje membrán s pracovním označením AG008 včetně jeho realizace u zákazníka. Navržené řešení obsahuje elektrické zapojení v rozvaděči i na stroji a software, který zajistí správnou funkci stroje podle seznamu požadavků daných zákazníkem.

První část diplomové práce se zabývá možnostmi využití PLC v průmyslové automatizaci, programovatelnými automaty, popisem PLC Siemens SIMATIC S7-300 a příslušného vývojového prostředí Step7. Možnosti využití PLC zahrnují především algoritmické možnosti, které již neobsahují jen základní logické funkce, komunikační prostředky pro spojení s nadřazenými řídicími systémy nebo snímači a vizualizaci řízeného objektu, která je dnes nepostradatelná. Problematika programovatelných automatů je popsána z hlediska konfigurace, architektury jednotky a programového vybavení současných PLC jednotek. Popis PLC Siemens z rodiny SIMATIC S7-300 představuje standardní, kompaktní, technologické a bezpečnostní jednotky CPU včetně přídatných rozšiřujících modulů. Program Step7 představuje vývojové prostředí pro pohodlné vytvoření uživatelského programu a nastavení potřebných konfigurací PLC.

V druhé části se věnuji kompletnímu popisu, hardwarovému a softwarovému návrhu konfekčního stroje membrán AG008, který je předmětem této diplomové práce. Popis konfekčního stroje obsahuje jeho konstrukční vlastnosti, potřeby pro údržbu,

technologický postup výroby membrán a především jeho ovládání. Hardwarový návrh stroje obsahuje zapojení silových obvodů, bezpečnostního modulu, řídicích jednotek Festo s krokovými motory, frekvenčního měniče SEW Eurodrive a zapojení vstupních/výstupních jednotek řídicího systému S7-315-2PN/DP. Uživatelský program je tvořen souborem bloků, které obsahují jednotlivé funkce, funkční bloky s příslušnými data bloky a zajišťují komunikaci s pohonnými jednotkami konfekčního stroje a HMI dotykovým panelem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VYUŽITÍ PLC V PRŮMYSLOVÉ AUTOMATIZACI

První PLC (Programmable Logic Contollers), které uměly zpracovávat odchylky mezi skutečnou a žádanou hodnotou, se začaly objevovat kolem roku 1930, ale velikostně se podobaly sálovým počítačům a potřebovaly klimatizované a čisté prostředí. Plné automatizace bylo dosaženo v chemičce Texaco v Port Arthuru až v roce 1959. Revoluce přišla kolem roku 1970, kdy došlo k poklesu ceny a k určité minimalizaci. Hlavním úkolem PLC bylo zpracovávat binární logické operace, ale vlivem rychlého vývoje nových technologií a konkurenčního boje světových firem (např. Allen-Bradley, Siemens, Omron, Fanuc, Genegal Electric) se staly nedílnou součástí automatického řízení. Dnes je PLC využíváno především k realizaci inteligentních algoritmů v oblasti řízení, regulace, technické diagnostiky, monitorovacích systémů v distribuovaném provedení s využitím matematických i jiných programových produktů [1], [2].

1.1 Algoritmické možnosti současných PLC

Důvodem, díky kterému se PLC staly nejrozšířenějším řídicím systémem v průmyslové praxi, jsou nové přednosti:

- Velký výpočetní výkon
- Značný rozsah paměti
- Schopnosti komunikace
- Dostupnost vyspělých algoritmů

Potom i jednoduché kompaktní PLC dokáží realizovat poměrně složité způsoby řízení, regulace a technické diagnostiky [2].

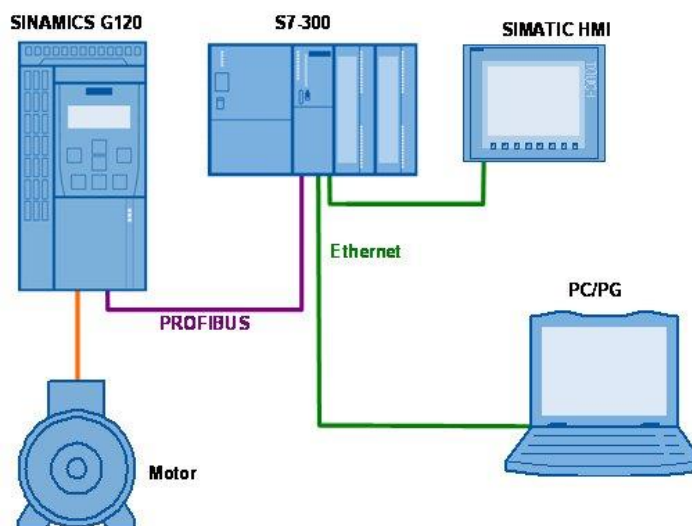
U některých řídicích systémů a regulátorů realizovaných s nasazením PLC nebo u některých mikro PLC se lze setkat vedle standardních programových instrukcí (jako jsou logické operace, čítače, časovače) s rozsáhlou nabídkou aritmetických instrukcí v pevné i pohyblivé řádové čárce (základní výpočetní operace, odmocniny a mocniny s obecným exponentem, exponenciální a logaritmické funkce, trigonometrické funkce a funkce k nim inverzní), s instrukcemi pro práci s tabulkami a datovými strukturami, s prostředky pro vytváření zásobníkových struktur a zásobníkem dat a událostí s časovými značkami [2].

Uživatel má tedy k dispozici vše potřebné pro vytvoření téměř libovolného diskrétního číslicového systému (např. obecné regulátory, číslicové filtry, modely spojitých a adaptivních soustav atd.). Aparát tabulkových instrukcí lze využít také k realizaci

konečných automatů, Petriho sítí, Markovových řetězců, logických funkcí ve vícehodnotové fuzzy logice a k fuzzy zobecnění sekvenčních strojů. Systémy pro vývoj obsahují jistý uživatelský komfort. Nabízejí výkonné nástroje pro podporu regulačních algoritmů, seřízení a kontrolu regulátorů, simulaci řízených soustav, pro realizaci osciloskopu, logického analyzátoru nebo pro návrh fuzzy regulátorů a řadičů [2], [3].

1.2 Využití komunikačních dovedností PLC

Trendy dnešní automatizace jsou založeny na všestranné komunikaci, kdy lze PLC zapojit do sítí s různými topologiemi a vytvořit tak distribuované systémy. Nejvhodnějšími sítěmi pro datové přenosy jsou dnes průmyslový Ethernet a Fieldbus (RS 485 s protokoly Profibus, AS-interface, M-bus apod.). Programovatelné automaty mohou být potom podřízeny počítačovým systémům nebo s nimi komunikovat na rovnocenné úrovni. Díky tomu spolu komunikují řídicí systémy jednotlivých výrobních strojů, pomocných, dopravních a manipulačních mechanismů, systémy pro řízení skladu a dalších souvisejících pracovišť, které jsou dále napojeny na informační systém celé firmy. Na distribuované úrovni jsou často k PLC připojeny prostřednictvím výše zmíněných průmyslových sítí i snímače a akční členy. V případě řízení budov se k regulaci teploty v místnosti používají mnohdy distribuované systémy třídy IRC (Individual Room Control) [2], [4].



Obrázek 1- Komunikace řídicího systému [13]

1.2.1 Průmyslový Ethernet

Průmyslový Ethernet, jako standard IEEE 802.3, využívá topologii LAN nebo WLAN (lokální síť) a je implementován do firemních sítí. Je tvořen kabelovým propojením kroucené dvoulinky s konektorem RJ45, přičemž zastupuje fyzickou a linkovou vrstvu modelu ISO/OSI. Značně zvyšuje přenosovou rychlost (oproti nahrazení např. RS485) až na 10 Mb – 100 Mb, což může být rozhodující pro řízení, protože přenos informace je zaručen v řádech milisekund. Ke spolehlivosti v průmyslovém prostředí se využívá tzv. Determinismu, který pakety posílá ve striktně určených časových rámcích. V náročných pracovních podmínkách musejí být prvky sítě realizovány speciálními kabely se zesílenou izolací, kovovými konektory a přepínači nebo se musí zvolit jiný způsob komunikace [4].

Nejpoužívanější protokoly průmyslového Ethernetu jsou dnes:

- Profinet
- EtherNet-IP
- EtherCAD
- Modbus TCP

1.2.2 Profinet

Profinet je standardizovaný, otevřený a nezávislý (na výrobci nebo dodavateli) komunikační systém pro všechny úrovně průmyslové automatizace s využitím průmyslového Ethernetu, který definovala mezinárodní organizace Profibus International. Do sítě Profinetu je možné bez problému začlenit distribuovanou přístrojovou techniku různých výrobců, což velice ulehčí a zefektivní projektování a tvorbu distribuovaných automatizačních struktur [5].

Tabulka 1- Nové možnosti, které přináší Profinet.

Vlastnosti Profinetu

1. Je to otevřený standard definovaný mezinárodní organizací Profibus International.
 2. Je založen na průmyslovém Ethernetu.
 3. Využívá TCP/IP a zavedené standardy IT.
 4. Má jednoduchou administraci a diagnostiku.
 5. Umožňuje komunikovat v reálném čase.
 6. Je možná integrace existujících průmyslových sběrnic (Profibus, Interbus).
 7. Umožňuje připojení více uzlů.
 8. Má několikanásobně větší výkonnost v aplikacích s řízením pohybu.
-

- 9 má jednotný sběrníkový systém pro všechny úrovně podnikové automatizace
- 10 přináší možnost přístupu k technologickým datům pomocí kancelářských nástrojů
- 11 umožňuje komfort dálkového přístupu k technologickým zařízením a diagnostice
- 12 nabízí bezdrátovou komunikaci prostřednictvím průmyslových sítí WLAN

Oblast použití je ve své podstatě perspektivní pro všechny průmyslové aplikace, ale především je použit pro komunikaci v reálném čase s typickou odezvou 5 až 10 ms, což je dostatečné pro běžné požadavky průmyslové automatizace. Profinet je také součástí normy IEC 61158 (provozní sběrnice pro použití v systémech průmyslového řízení) a vychází z protokolu TCP/IP, který je asynchronní. Rozšíření rozsahu aplikací představuje izochronní přenos IRT, který je výhradně určen pro aplikace vyžadující rychlou odezvu a především přesné taktování například při řízení pohybu. IRT (Isochronous Real-time) je implementován do čipů ASIC ERTEC (umístěných v koncových zařízeních nebo síťových prvcích) a schopen dosáhnout časového cyklu sběrnice pod 1 ms s nejistotou 1 μ s, což je rozhodující pro řízení většího počtu pohyblivých os [5].

1.2.3 Profibus

Průmyslová komunikační síť Profibus představuje v současnosti jeden ze základních komunikačních standardů v oblasti průmyslové automatizace. Využívá otevřeného komunikačního modelu ISO/OSI a její použití je možné téměř ve všech průmyslových aplikacích [6].

Z důvodů časové optimalizace Profibus definuje z modelu ISO/OSI pouze fyzickou, linkovou a aplikační vrstvu. Fyzická vrstva definuje spojení mezi zařízeními (sběrnice RS485, po optickém vlákně, po proudové smyčce IEC 1158-2 pro výbušné prostředí) a zároveň udává topologii sítě. Linková vrstva (Fielbus data bus) definuje mechanismus přístupu účastníka na přenosové médium a zároveň zabezpečuje tvorbu zprávy bytového řetězce včetně kontrolních bitů. Aplikační vrstva potom poskytuje jednotlivé služby pro realizaci komunikace z pohledu uživatele [6].

Profibus DP představuje nejjednodušší a nejrozšířenější variantu Profibusu umožňující rychlou komunikaci typu Master-Slave. Fyzicky je realizován kroucenou dvoulinkou (RS 485) nebo optickým vláknem pro rychlý přenos signálu z decentralizovaných periferií a odloučených I/O jednotek. Nejčastěji je použito pro přenos signálu rychlá cyklická výměna dat na nejnižší úrovni, ale pro speciální účely (náběh komunikace, konfigurace zařízení, diagnostika) jsou k dispozici acyklické služby. Implementace protokolu Profibus DP je

možná naprogramovat do libovolného výkonného mikroprocesoru s asynchronním sériovým rozhraním UART [6].

1.3 Vizualizace a operátorské řízení systémů s PLC

Vývoj vizualizace řízených systémů a možnosti zásahů operátora se uskutečňovala ruku v ruce s vývojem PLC nebo jiných nadřazených řídicích systémů. První operátorské panely obsahovaly pouze řadu signálů, které značily provoz, poruchu nebo jiné potřebné informace, a soubor tlačítek a přepínačů, které tvořily binární vstupy do řízeného systému. Dnešní standard vizualizace a operátorského řízení je již mnohem uživatelsky přívětivější a využívá se operátorských panelů HMI nebo SCADA systémů.

1.3.1 Operátorské panely HMI

Operátorské panely HMI (Human Machine Interface) jsou v podstatě nástroje k zapisování nebo čtení tagů, které se provádí na pozadí programu v PLC. Programování HMI se provádí většinou v samotném vývojovém prostředí nebo přímo v programovacím prostředí PLC, záleží na výrobci panelu. Je možné je dělit na textové a grafické [7].

- **Textové panely** – displej je schopný zobrazit pouze text nebo bargrafy s černobílým nebo barevným pozadím. Na panelu je také řada tlačítek s pevně definovanou funkcí a řada programovatelných tlačítek [7].



Obrázek 2 - Textový HMI panel KP300 firmy Siemens [13]

- **Grafické panely** – jsou dotykové (Touch panel), tlačítkové nebo kombinované s různou velikostí a rozlišením displeje. Umožňují nejen grafickou vizualizaci procesu s implementací obrázků, textů, 3D modelů, ale i rozšířené možnosti v oblasti operátorského řízení. Komunikace s PLC je velmi příjemná, a to použitím sítí Ethernet, Profibus nebo USB [7].

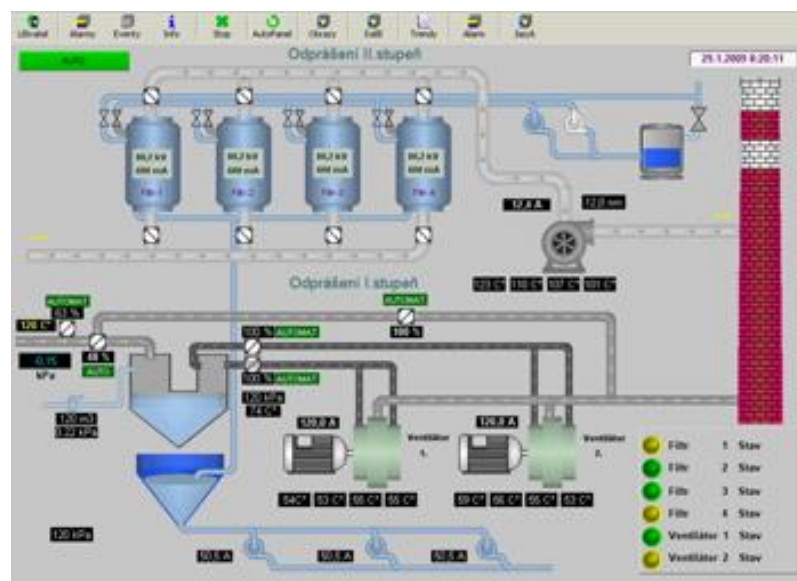


Obrázek 3 - Grafické HMI panely třídy KTP firmy Siemens [13]

1.3.2 SCADA systémy

Pro vizualizaci a řízení procesů na dispečerské úrovni jsou používány SCADA systémy (Supervisory Control And Data Acquisition), které fungují na průmyslových PC (IPC), na klasickém PC velině nebo kdekoliv prostřednictvím web serveru. Softwary, a to i českých vývojářů (Promotic, Controlweb), umožňují na jedné obrazovce zobrazit všechny podsystémy a poskytovat důležité informace o systému [8].

Využití vizualizace na této úrovni je nasazeno například u pivovarských technologií, chemických technologií, gumárenských technologií apod.



Obrázek 4 - SCADA systém Promotic [8]

2 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

Programovatelný automat je speciální číslicový elektronický systém navržený k řízení průmyslových a technologických strojů nebo procesů, u kterých často dochází k řešení úloh logického typu, a proto je nazýván PLC (Programmable Logic Controller). Využívá přitom programovatelnou paměť pro interní ukládání uživatelských instrukcí, pro provádění speciálních logických, sekvenčních, časových, čítacích a aritmetických funkcí za účelem řízení prostřednictvím digitálních nebo analogových vstupů a výstupů [9],[10].

2.1 Konfigurace PLC

Při hardwarové konfiguraci PLC je nutné pořádně promyslet aplikaci, ve které má být automat nasazen. Trh nabízí dvě obecné varianty uspořádání:

- **Kompaktní PLC** – Pevné uspořádání zpravidla ve společném pouzdře (jsou zde zahrnuty i mikro PLC).
- **Modulární PLC** – Optimální uspořádání modulů podle náročnosti aplikace.

2.1.1 Mikro PLC

Jedná se o nejmenší a nejlevnější variantu kompaktních PLC systémů, které uživateli nabízí pevnou sestavu vstupů a výstupů. Zpravidla nabízí 6 binárních vstupů/ 6 binárních výstupů, ale existují i konfigurace 4/4, 8/6, 8/8, 12/12 podle výrobce a typové řady. Uživatel je omezen na použití jednoho typu systému, který již nemůže dodatečně rozšiřovat. Program umístěný v mikro PLC je z důvodu jeho malé paměti a omezeným systémovým funkcím třeba redukovat na minimum. Nevýhodou mohou být i komunikační dovednosti, které často chybějí [9].



Obrázek 5 - Mikro PLC LOGO [13]

Použití těchto automatů je vhodné pro logickou výbavu jednoduchých strojů a mechanismů, které byly dříve vybaveny pevnou reléovou logikou. Cena mikro PLC se pohybuje v řádech jednotek tisíc korun a v porovnání s cenou relé a stykačů je výhodné jej využít.

2.1.2 Kompaktní PLC

Kompaktní provedení PLC spočívá v uzavření konfigurace do celistvého pouzdra, ale i přesto je dnes možné dosáhnout určité modulárnosti. Uživatel má možnost k základnímu modulu, který obsahuje určitou konfiguraci, připojit řadu přídatných modulů z omezeného sortimentu s pevnou kombinací vstupů a výstupů (např. 8 vstupů a 8 výstupů), modul rychlých čítačů, analogový vstupní nebo výstupní modul, modul PID regulátoru a podobně [9].



Obrázek 6 - Kompaktní PLC S7 200[13]

Tyto PLC již bývají standardně vybaveny moderním sériovým komunikačním rozhraním (protokol PROFIBUS nebo průmyslový ETHERNET) a využívají se nejen pro řízení jednodušších strojů, ale mohou tvořit podsystém rozsáhlého systému a komunikovat s nadřazeným PLC nebo IPC. Cena se odvíjí od zvolené konfigurace.

2.1.3 Modulární PLC

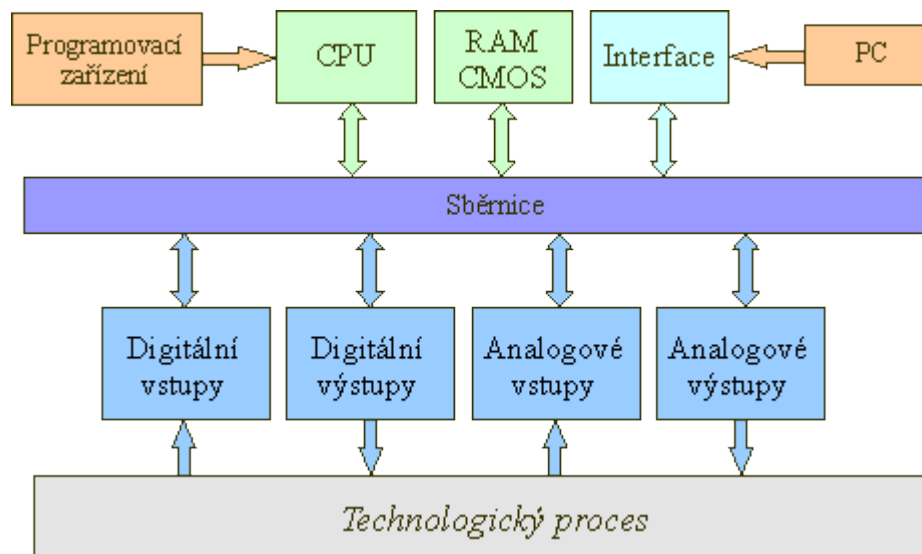
Modulární PLC jsou navrženy tak, aby si uživatel mohl nakonfigurovat optimální množství vstupních, výstupních a celé řady ostatních modulů. Všechny prvky, včetně samostatné jednotky CPU, jsou umístěny na takzvaném Racku, což je speciální lišta umístěná v rozvaděči. Používají se pro řešení složitých aplikací, ale i například jako speciálně

nakonfigurované měřicí zařízení. Opět nechybí moderní komunikace, ale cena se pohybuje s veškerým příslušenstvím v desítkách tisíc [10].

Podrobnému popisu modulárního PLC SIMATIC S7-300 je v této práci věnovaná speciální kapitola.

2.2 Architektura PLC

Vnitřní struktura každého PLC je tvořena centrální procesorovou jednotkou, paměťovým prostorem, souborem vstupních a výstupních jednotek, které podle řízeného systému mohou být binární nebo analogové a řadou komunikačních jednotek pro komunikaci s podřadnými, souřadnými nebo nadřazenými systémy. Všechny výše zmíněné jednotky jsou navzájem propojeny systémovou sběrnicí a umístěny v celistvém pouzdře (v případě kompaktních PLC) nebo ve více celistvých pouzdrech (v případě modulárních PLC) uvnitř rozvaděče. Blokové schéma architektury PLC je znázorněno na obr. 7 [3].



Obrázek 7 - Blokové schéma architektury PLC

2.2.1 Centrální procesorová jednotka

Centrální procesorová jednotka, známá pod zkratkou CPU, je výpočetním jádrem celého programovatelného automatu a určuje jeho výkonnost. Může být realizována jedním procesorem nebo víceprocesorovým systémem, kde bývají použity matematické koprocesory, vstupně výstupní procesory a komunikační procesory. Je známé také použití

rychlého bitového procesoru pro zpracování bitových logických operací s jednotlivými operandy [3].

Důležitým parametrem CPU je operační rychlost, která se vztahuje k době cyklu. Doba cyklu je čas, za který je CPU schopné zpracovat 1000 logických instrukcí. Podle typu jednotky se tento čas pohybuje v řádech desítek milisekund u standartních jednotek a v řádech desetín milisekund u nejrychlejších jednotek. V praxi výrobci nabízí pro dané řady PLC možnost výběru výkonnosti jednotky podle požadavků stroje nebo procesu [3].

2.2.2 Paměťový prostor

Paměťový prostor PLC je zpravidla dělen na uživatelskou paměť, systémovou paměť a datovou paměť.

- **Uživatelská paměť** - do této paměti se ukládá uživatelský program. Typ této paměti může být EPROM (semipermanentní paměť, jejíž obsah je mazatelný UV zářením) nebo EEPROM (semipermanentní paměť, jejíž obsah je mazatelný elektricky). Kapacita této paměti je pro kompaktní PLC řádově desítky kB a pro modulární PLC řádově jednotky MB [2].
- **Systémová paměť** – v této paměti je umístěn systémový program (operační systém). Typ paměti bývá také EPROM [2].
- **Paměť dat** – zde jsou umístěny uživatelské registry, zápisníkové registry (merkery, flagy), čítače, časovače a vyrovnávací registry pro obrazy vstupů a výstupů, které využívá uživatelský program. Počty těchto registrů výrazně ovlivňuje možnosti PLC. Adresovatelný prostor rezervovaný pro vstupy a výstupy omezuje počet připojitelných periferních jednotek. Na této paměti jsou také závislé rozsahy čítačů a časovačů. Modulární PLC často navíc obsahují hodiny reálného času i s kalendářem, což umožňuje uživatelskému programu využívat úlohy s absolutním časem. Typ této paměti musí být RAM (RWM), protože informace v ní je třeba uchovávat pouze při připojeném napětí [2].

2.2.3 Binární vstupy

Binární vstupy jsou uzpůsobeny pro připojení prvků s dvouhodnotovým charakterem vstupního signálu. Nejčastěji se jedná o ovládací tlačítka, přepínače, koncové snímače v různých provedeních, dvouhodnotové snímače výšky hladiny, teploty, tlaku a jiných veličin [2].

Moduly vstupů se vyrábí pro signál stejnosměrného napětí s rozsahem 5V, 12V, 24V, 48V nebo pro signál střídavého napětí s rozsahem 24V, 48V, 115V, 230V. Tyto vstupy jsou uspořádány ve skupinách po 4, 8, 16, 32, které mohou mít společný vodič pro napětí kladné nebo záporné polarity. Na základě společného vodiče je rozlišeno použití PNP (společný vodič s kladnou polaritou) nebo NPN (společný vodič se zápornou polaritou) [3].

Funkce binárního modulu:

- Ochrana všech vstupů PLC před poškozením nebo zničením chybným napětím nebo přepětím.
- Filtrace krátkodobých rušivých signálů.
- Signalizace stavu vstupů pomocí LED diod.
- Galvanické oddělení vstupního obvodu od centrální jednotky (nejčastěji optočlen).

2.2.4 Binární výstupy

Binární výstupy jsou uzpůsobeny pro připojení akčních členů s dvouhodnotovým charakterem výstupního signálu. Nejčastěji se jedná o různá optická i akustická signalizační zařízení nebo cívky relé, stykačů, solenoidových ventilů, elektromagnetických nebo hydraulických rozvaděčů, elektromagnetické spojky. Dvouhodnotové signály se dají také použít k stupňovitému řízení pohonů nebo zobrazovačů [3].

Stejně jako u binárních vstupů se moduly vyrábí pro signál stejnosměrného napětí s rozsahem 5V, 12V, 24V, 48V nebo pro signál střídavého napětí s rozsahem 24V, 48V, 115V, 230V. Tyto vstupy jsou uspořádány ve skupinách po 4, 8, 16, 32, které mohou mít společný vodič pro napětí kladné nebo záporné polarity. Na základě společného vodiče je rozlišeno použití PNP (společný vodič s kladnou polaritou) nebo NPN (společný vodič se zápornou polaritou) [3].

Funkce binárního modulu:

- Galvanické oddělení signálu mezi CPU a svorkami modulu výstupu (pomocí optočlenu).
- Zesílení signálu na unifikovanou úroveň.
- Ochrana výstupu před zkratem.
- Signalizace stavu vstupů pomocí LED diod.

2.2.5 Analogové vstupy

Analogové vstupy umožňují připojit k PLC zařízení, která poskytují informaci o řízeném systému v podobě spojitého signálu (jeho hodnota je definována v každém časovém okamžiku). Nejčastěji se jedná o snímače teploty (odporové, polovodičové, termočlánky), snímače vlhkosti, tlaku, síly, hladiny, rychlosti, polohy nebo různá měřicí zařízení s analogovým výstupem [3].

Důležitou součástí analogové vstupní jednotky je A/D převodník, který převádí napětové nebo proudové signály na číselné jednotky. Přesnost převodu je dána počtem bitů převodníku a mívá rozsah 8 nebo 12 bitů. Některé jednotky jsou specializovány pro různé typy snímačů, jako například pro termočlánky s kompenzací teploty chladného konce, odporové teploměry (Pt100, Pt500, Ni100) ve čtyřvodičovém zapojení, s korekcí nelinearity a s odfiltrováním rušivé složky vstupních signálů. U speciálních jednotek je potlačena univerzálnost, ale jsou optimálně přizpůsobeny svému určení a poskytují tak levnější a kvalitnější řešení. Často se také používá galvanické oddělení, čímž se zvýší odolnost systému proti rušení [3].

2.2.6 Analogové výstupy

Analogové výstupy jsou uzpůsobeny pro připojení akčních členů nebo zařízení se spojitým charakterem výstupního signálu. Nejčastěji se jedná o spojitě servopohony, frekvenční měniče a také ručkové měřicí přístroje [3].

Důležitou součástí analogové vstupní jednotky je D/A převodník s rozsahem 8 nebo 12 bitů. Stejně jako u A/D převodníků tento rozsah ovlivňuje přesnost převodu číselného údaje na analogovou veličinu [3].

Výstupní jednotky mohou být **napětové** nebo **proudové**. Proudové jednotky jsou dále děleny na:

- **Aktivní** – akční člen nemusí mít vlastní zdroj proudu a je napájen přímo z analogového výstupu PLC.
- **Pasivní** – akční člen potřebuje vlastní zdroj proudu.

2.2.7 Komunikační jednotky

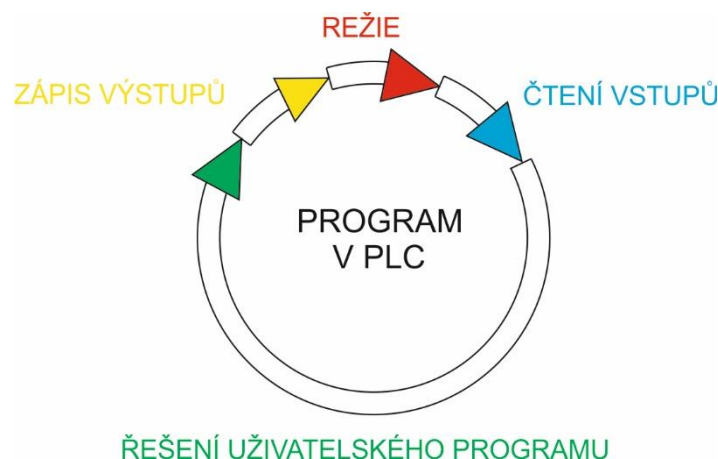
Současné PLC systémy jsou již standardně schopny komunikovat se vzdálenými moduly vstupů a výstupů, s podřadnými, souřadnými nebo nadřazenými systémy, s operátorskými panely nebo společně s počítačovými sítěmi vytvářet distribuované systémy [9], [3].

Komunikační jednotky rozšiřují počty asynchronních sériových komunikačních kanálů. Některé systémy umožňují i bezdrátovou komunikaci přes radiomodemy nebo GSM modemy a Wifi.

2.3 Programové vybavení PLC

Každé PLC využívá pro svoji činnost dva druhy programového vybavení, kde se systémový program (operační systém) stará o cyklické zpracování programové smyčky a uživatelský program obsahuje algoritmus řízení pro danou aplikaci [9], [3].

Princip zpracování programové smyčky PLC je znázorněn na obrázku 8:



Obrázek 8 - Zpracování programové smyčky PLC

Vždy po vykonání poslední instrukce uživatelského programu je řízení předáno systémovému programu, který automaticky provede otočení cyklu a provede následující úkony:

- **Čtení vstupů** – Systém provede přepis aktuálních hodnot řízeného objektu do paměti pro obraz vstupů (zápisníková paměť PLC).
- **Zápis výstupů** - Systém provede přepis obrazu výstupů, který je vypočten v uživatelském programu na základě obrazu vstupů, do výstupních jednotek PLC.
- **Režie** – Pokrývá přípravu centrální jednotky k řešení dalšího cyklu programu (např. aktualizuje systémové a časové proměnné a podobně).

Doba cyklu PLC je závislá na výkonu CPU a typu vykonávané instrukce, ale řádově se pohybuje v jednotkách až desítkách milisekund. Kritický stav nastává, když je instrukce příliš náročná a není možné ji ukončit v jednom cyklu. Řešení přinášejí systémové služby, které se starají o bezproblémový chod PLC. K dispozici je také umožnění řešení kritických stavů využitím přerušeni nebo multiprogramování.

2.4 Uživatelský program

Základem uživatelského programu je správně určit algoritmus chování řízeného systému. Programátoři a projektanti musejí nalézt optimální řešení v souladu s technologickým postupem, oborovými normami a podnikovými standardy [9].

Výchozím algoritmem pro uživatelský program může být interpretován jako:

- Kombinační logika – Pravdivostní tabulka, Karnaughova mapa
- Sekvenční systémy – Krokový diagram, Časová tabulka, Stavový diagram
- Paralelní princip – Rozšířený vývojový diagram
- Petriho sítě – Matematická reprezentace distribuovaných systémů

Vývojové prostředí pro tvorbu uživatelského programu pomocí PC je v režii konkrétního výrobce PLC (Siemens, Allen-Bredley, Festo, Tecomat) jako grafický editor. Každý výrobce však používá své programovací jazyky (svůj instrukční soubor), které jsou často podobné, ale není možné přenášet tentýž program do PLC jiných výrobců. Mezinárodní norma IEC 1131-3 sjednocuje programovací jazyky pro PLC a kodifikuje je do čtyř typů [9], [3].

2.4.1 Jazyk mnemokódů

V anglické terminologii, tzv. „Instruction list“, je strojově orientovaný programovací jazyk podobný assembleru. Každé instrukci PLC systému odpovídá stejně pojmenovaný příkaz. Jazyk mnemokódů, stejně jako assembler, poskytuje symbolické označení návěstí pro cíle skoků a volání, přiřazuje symbolická jména číselným hodnotám, vstupním a výstupním proměnným, vnitřním proměnným a ostatním objektům programu (např. datové bloky, tabulky, struktury). Symbolicky také označuje automatické přidělování paměti pro uživatelské registry, inicializaci jiných datových objektů, hodnoty v jiných číselných soustavách [9], [3].

Network 4: LED start stroje

Comment:

```
L      #i                #i
L      #j                #j
>=I
=      "start_LED"      Q0.0      -- LED start stroje
```

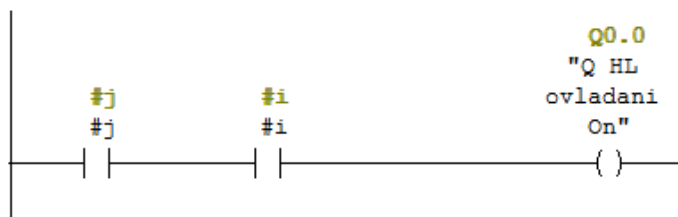
Obrázek 9 - Programovací jazyk mnemokódů

2.4.2 Jazyk kontaktních schémat

Jazyk kontaktních (reléových) schémat se řadí mezi grafické jazyky a pro jeho označení se používá zkratka LAD (Ladder diagram). Struktura programu se základními logickými operacemi je zobrazena ve formě, která se využívá pro kreslení schémat při práci s reléovými a kontaktními prvky. Symboly pro kontakty a relé jsou mírně pozměněny, což je vidět na obr. 6. Funkční bloky (čítače, časovače, uživatelské funkce) se zakreslí do schématu jako obdélník s definovanými vstupy a výstupy. Každá instrukce nemá analogii v kontaktní symbolice, a tak jsou obvykle zapsány do závorek nebo obdélníku v jazyce mnemokódů [9], [3].

Network 8: Title:

Comment:

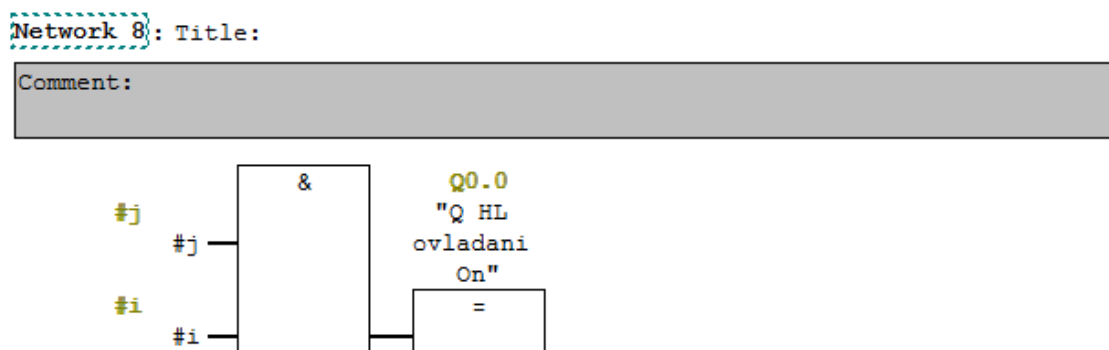


Obrázek 10 - Programovací jazyk LAD

Využití tohoto jazyka je vhodné pro programování logických operací nebo v případě, kdy má k programu přístup personál, který nezná obvyklé počítačové programování. Největší výhodou je ovšem přehlednost programu pro servisní zásah. Většina výrobců totiž nabízí zapnout grafické zobrazení postupu signálu schématem, a proto je hledání závady velice snadné oproti např. jazyku mnemokódů. Pokud jsou v programu použity složitější instrukce (aritmetické, logické s vektorovými operandy apod.), je lepší použít jiný jazyk nebo jejich kombinaci, kdy složitější část programu je realizována v jazyku mnemokódů nebo strukturovaném textu [9], [3].

2.4.3 Jazyk logických schémat

Dalším grafickým jazykem je jazyk logických schémat, v některých terminologiích nazýván také jazyk funkčních bloků FBD. Ve schématu jsou skládány obdélníkové značky s žádaným počtem vstupů, které popisují základní logické operace. Své značky mají také funkční bloky, časovače, čítače, posuvné registry, paměťové členy, ale i aritmetické a paralelní logické instrukce. Jazyk je vhodný především pro uživatele zvyklé na sestavování logických schémat pro integrované obvody. Využívá se často při programování systémů, které zpracovávají analogové proměnné, nebo programování regulačních a měřicích systémů [9], [3].



Obrázek 11 - Programovací jazyk FBD

2.4.4 Jazyk strukturovaného textu

Tento jazyk je obdobou vyšších programovacích jazyků navržených pro programování PC nebo mikropočítačů, jako je např. C, a používá zkratku ST „Structured text“. Umožňuje úsporný a názorný zápis algoritmů s využitím podmínek, cyklů a přepínačů. Je velice oblíbený u mladých programátorů, kteří se setkali s nějakým vyšším programovacím jazykem [9], [3].

Existují i jiné způsoby programování PLC s různými tzv. programátory nebo displeji, ale téměř všichni programátoři dávají přednost pohodlnému programování přes PC. Výhoda programovat přes display je dnes snad jen u mikro PLC, kde řešíme zpravidla jen logické řízení [9].

3 PLC SIEMENS SIMATIC S7- 300

Siemens SIMATIC S7-300 je malý modulární řídicí systém, který se stal svým středním výkonem CPU pro nasazení v rozsáhlém spektru průmyslové automatizace, nejprodávanějším řídicím systémem firmy Siemens. Nabízí univerzální automatizační platformu pro systémová řešení s hlavním důrazem na výrobní technologii. Při konfiguraci řídicího systému nabízí firma Siemens uživateli možnost výběru z řady CPU, napájecích zdrojů, množství rozšiřujících modulů, kterých lze na profilovanou lištu propojit až 32, a tři porty pro různé typy komunikace (MPI – multipoint interface, Profibus, Profinet).

3.1 Řady CPU rodiny PLC SIMATIC S7-300

Volba jednotky vždy závisí na systému, který musí PLC s určitou rezervou řídit. Uživatel má možnost výběru CPU jednotky ze čtyř základních provedení. Společné vlastnosti každé jednotky jsou:

- **Přepínač režimů:**

MRES - Mazání paměti (modul reset).

STOP - Režim stop, program není vykonán.

RUN - Program se vykonává, pouze čtení z PG.

RUN-P - Program se vykonává, přístup k čtení/zápis PG.

- **Indikátor stavů:**

SF - Skupinová chyba, vnitřní chyba CPU nebo chyba na modulu se schopností diagnostiky.

BATF - Chyba baterie (u starších jednotek).

BF - Diagnostika sběrnice, blikání značí poruchu.

DC5V - Indikátor vnitřního napětí 5V DC.

FRCE - Indikace, že min. jeden vstup/výstup je vynucen.

RUN - Bliká při náběhu CPU, potom zůstane svítit.

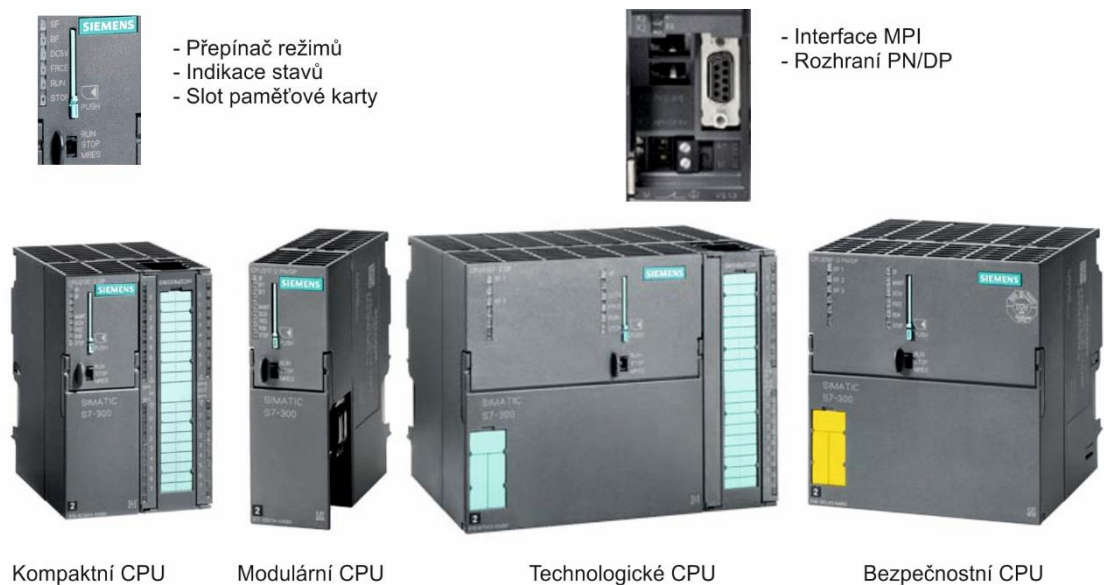
STOP - Svítí v režimu STOP.

- Pomalu bliká při požadavku mazání paměti.

- Rychle bliká při provádění mazání paměti.

- Pomalu bliká, když je nezbytné mazání paměti z důvodu vysunutí paměťové karty.

- **Paměťová karta** – Do slotu pro paměťovou kartu se vloží paměťová karta (MMC), která obsahuje uživatelský program a zálohu dat při výpadku napájecího napětí.
- **MPI spojení** – Spojení s programovacím zařízením nebo jiným zařízením s MPI rozhraním.
- **PN/DP rozhraní** – Interface pro přímé připojení distribuovaných I/O nebo dalších zařízení k CPU.



Obrázek 12 - CPU rodiny PLC SIMATIC S7-300

3.1.1 Standardní jednotky CPU

Kategorie Standardních CPU je synonymem pro modulární CPU, u kterých je možné volit z několika typů s různými typy komunikačních portů. Každá jednotka je osazena programovacím a komunikačním rozhraním MPI, v některých je zabudováno rozhraní Profibus (typy 315-2DP, 317-2DP, 318-2DP). Nejnovější jednotky již nabízí integrované Ethernetové rozhraní (typy 315-2PN/DP, 317-2PN/DP, 318-2PN/DP), které se již stalo nedílnou součástí průmyslové automatizace. Parametry jednotek jsou rovnoměrně odstupňovány, aby si uživatel mohl vybrat výkon potřebný pro danou aplikaci [11].

3.1.2 Kompaktní jednotky CPU

Kompaktní verze PLC S7-300 obsahuje CPU doplněné digitálními a analogovými vstupy/výstupy a nejčastěji používanými základními technologickými funkcemi jako je rychlé čítání, měření frekvence, polohování a PID regulace. Jednotka standardně obsahuje

komunikační rozhraní MPI. Výkonnější jednotky bývají často doplněny o rozhraní Profibus (313C-2DP, 314C-2DP) nebo o RS422/RS485 (313C-2PtP, 314C-2PtP). Jsou cenově výhodnější u aplikací, kde postačí omezený počet vstupů/výstupů [11].

3.1.3 Technologické jednotky CPU

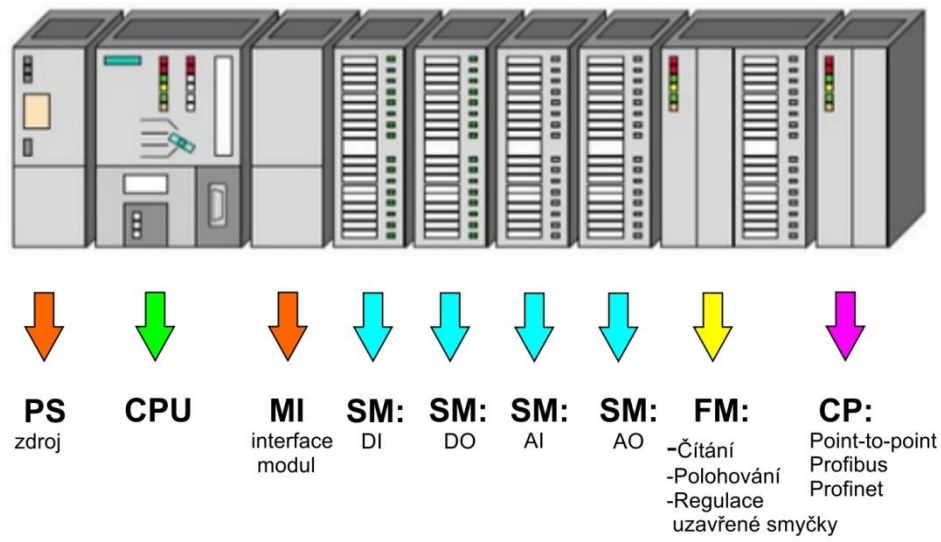
Technologická jednotka CPU S7-317T-2DP obsahuje speciální výkonné technologické funkce, funkce pro řízení polohy a dynamické řízení pohybu v několika osách současně. Je dále vybavena předprogramovanými funkcemi pro řízení pohybu dle standardu vydaného organizací PLCopen, integrovanými vstupy/výstupy a izochronním režim sběrnice Profibus DP, což přispívá k pohodlnému nastavování polohy [11].

3.1.4 Bezpečnostní jednotky CPU

Jednotky S7-315F-2PN/DP a S7-317F-2PN/DP jsou součástí konceptu Safety Integrated, který zahrnuje celý systém bezpečnostních a elektronických zařízení snižujících míru rizika při provozu strojů a strojních zařízení. Uživatel může použít pouze jednu jednotku pro realizaci jak standardních, tak i zabezpečených procesů. Pro komunikaci a přenos bezpečnostně orientovaných dat je v jednotkách implementován profil Profisafe fungující na sběrnici Profibus nebo Profinet. Algoritmy funkční bezpečnosti je možné programovat v jazyce kontaktních schémat a funkčních bloků podle IEC 61131-3, ale k tvorbě uživatelského programu a parametrizaci hardwaru je potřeba doinstalovat balíček Distributed Safety do vývojového prostředí Step 7. Jednotky splňují normy IEC 62061, IEC 61508 (až SIL 3), EN 954 (až do kategorie 4) a NFPA 79 – 2002 [12].

3.2 Ostatní moduly PLC rodiny SIMATIC S7-300

Modulární řídicí systém SIMATIC S7-300 obsahuje kromě CPU i řadu jiných modulů, které jsou na obrázku 13.



SM - Signální moduly
 FM - Funkční moduly
 CP - Komunikační procesory

Obrázek 13 - Malý modulární řídicí systém SIMATIC S7-300

- **Power Supply (PS)** - Napájecí zdroj PLC, který firma Siemens dodává v různých variantách podle zatížení výstupních jednotek 2A, 5A, 10A.
- **Signální moduly (SM)** - Digitální vstupní moduly na 24V DC nebo 120/230 AC.
 - Digitální výstupní moduly 24V DC nebo relé, které jsou stejně jako jednotky digitálních vstupů vyráběny v řadách po 8, 16 nebo 32.
 - Analogové vstupní moduly pro napěťové, proudové, odporové signály nebo signály z termočlánků.
 - Analogové výstupní napěťové nebo proudové moduly.
- **Interface moduly (IM)** - Jsou využívány při tvorbě víceřadé konfigurace, kdy jsou mezi sebou kabelem propojeny moduly IM360/IM361/IM365.
- **Dummy moduly (DM)** - Slepé moduly (DM370) slouží k rezervaci pozice v systému pro signální moduly, které by mohli být v budoucnu doplněny.
- **Funkční moduly (FM)** - Speciální funkční moduly pro rychlé čítání, přesné polohování nebo regulátory v uzavřené smyčce (PID, PI).
- **Komunikační procesory (CP)** – Poskytují komunikační interface Point-to-point (sériovou komunikaci), Profibus, Industrial Ethernet.

4 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ PRO SIMATIC S7

Univerzální softwarový nástroj pro všechny řídicí systémy z rodiny PLC SIMATIC S7 (S7-1200, S7-200, S7-300, S7-400) od firmy Siemens nese označení STEP 7 Engineering Software, obsahuje výkonné nástroje a funkce pro řadu úloh spojených s automatizačními projekty. Některé řady PLC hardwarově nestačí na veškeré funkce vývojového prostředí a tak je STEP 7 Engineering Software rozdělen do několika programů, které jsou optimalizovány pro vybraný typ PLC. Téměř vždy je však možné doinstalovat řadu balíčků nebo rozšíření do stávajících programů [13].

- STEP 7 Micro/Win for S7-200
- STEP 7 Basic for S7-1200 (TIA portál)
- STEP 7 Professional
- SIMATIC S7-SCL
- SIMATIC S7-GRAPH
- SIMATIC S7-PLCSIM

Druhým vývojovým prostředím, které se velice často objevuje v kontextu s PLC SIMATIC S7, je WinCC Flexible, které slouží k návrhu programu a propojení uživatelského programu PLC s ovládacím a zobrazovacím zařízením Siemens HMI.

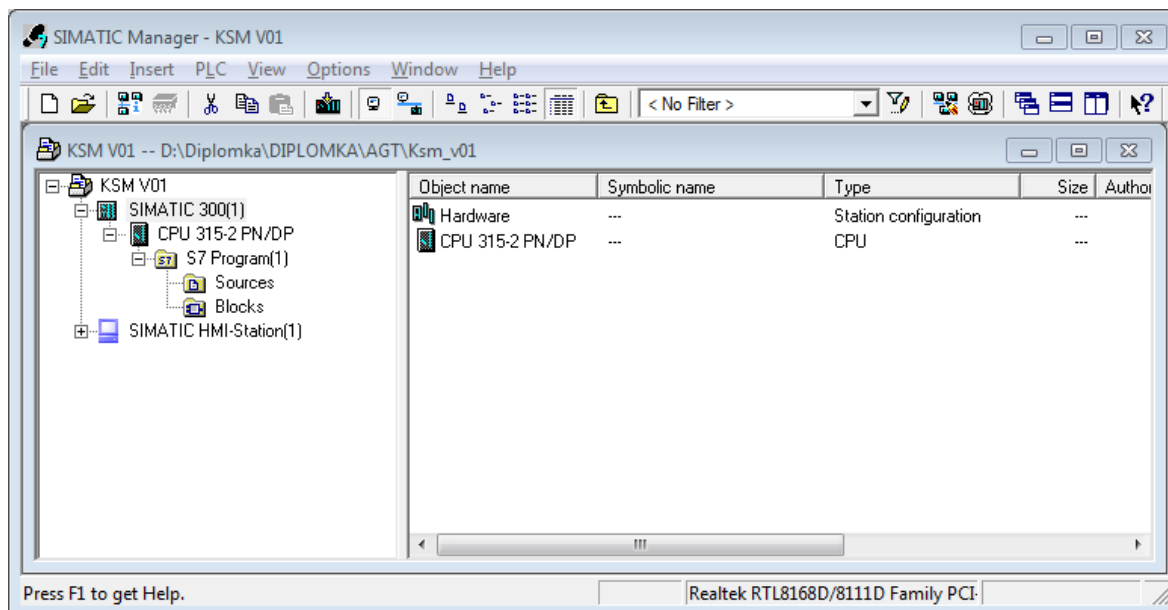
4.1 STEP 7 Professional

Pro multifunkční a pohodlné programování automatických systémů s PLC S7-300 a S7-400 je vhodné nainstalovat jednu z nejnovějších verzí programu STEP 7 Professional (v5.5), který obsahuje s patřičnou licencí řadu rozšiřujících nástrojů a zajistí programátorovi následující možnosti:

- Hardwarovou konfiguraci a nastavení parametrů.
- Konfiguraci topologie sítě a možnosti komunikace.
- Editor programování bloků v jazycích LAD, FDB, STL.
- Editor symboliky pro správu globálních proměnných.
- Testování a automatizace procesu.
- Vytvářet a archivovat dokumentaci.
- Diagnostiku chyb procesu.

4.1.1 SIMATIC Manager

Grafickým rozhraním programu STEP 7 je SIMATIC Manager, který se stará o správu S7 objektů (projektů, knihoven, nástrojů, propojení s PLC apod.) a je ihned po instalaci umístěn na plochu PC nebo do nabídky start. Po spuštění nabízí program vytvoření nového projektu, otevření stávajícího projektu nebo řadu dalších funkcí a nástrojů, které jsou patrné z obr. 14.



Obrázek 14 - SIMATIC Manager

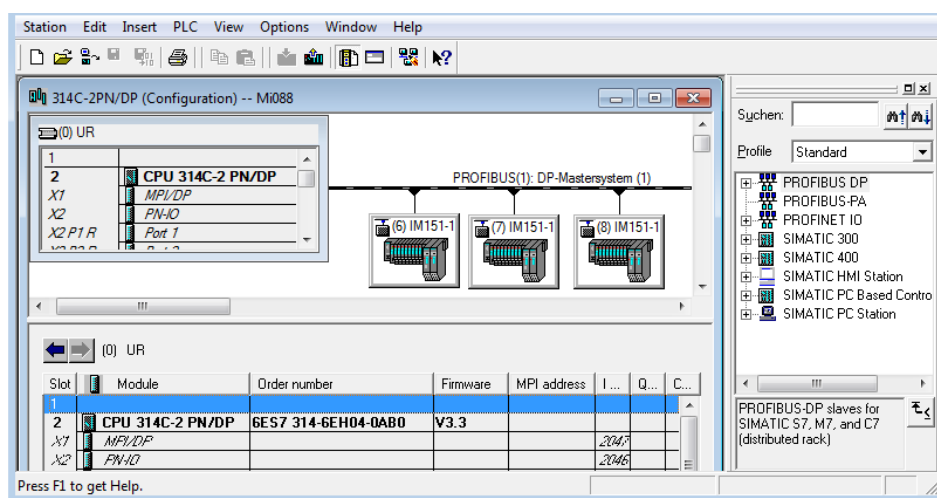
Struktura projektu obsahuje data uspořádaná do objektů, které jsou uspořádány do stromové struktury podobně jako v běžných nástrojích Windows. Hierarchii projektu můžeme rozdělit do tří úrovní [13].

Tabulka 2 - Hierarchie projektu Step 7

Úrovně	Popis						
1. Úroveň	Název projektu, pod kterým je uložena databáze se všemi daty projektu.						
2. Úroveň	<table border="0"> <tr> <td>Stations</td> <td>Nese informace o hardwarové konfiguraci a parametrech jednotlivých modulů.</td> </tr> <tr> <td>S7 program</td> <td>Adresář, který obsahuje systémová data a všechny bloky s uživatelským programem.</td> </tr> <tr> <td>Subnets</td> <td>Informace a nastavení veškerých komunikací (MPI, Profibus, Industrial Ethernet).</td> </tr> </table>	Stations	Nese informace o hardwarové konfiguraci a parametrech jednotlivých modulů.	S7 program	Adresář, který obsahuje systémová data a všechny bloky s uživatelským programem.	Subnets	Informace a nastavení veškerých komunikací (MPI, Profibus, Industrial Ethernet).
Stations	Nese informace o hardwarové konfiguraci a parametrech jednotlivých modulů.						
S7 program	Adresář, který obsahuje systémová data a všechny bloky s uživatelským programem.						
Subnets	Informace a nastavení veškerých komunikací (MPI, Profibus, Industrial Ethernet).						
3. Úroveň	Ostatní objekty závislé na typu vyšší úrovně.						

4.1.2 Hardware Configuration

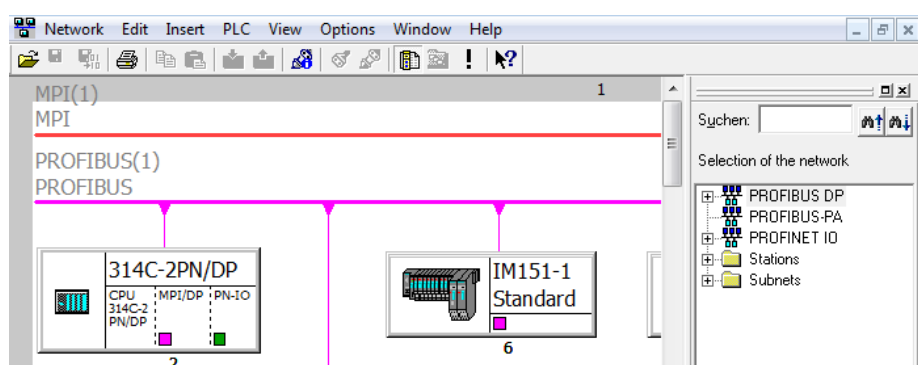
Tento nástroj slouží k přiřazení veškerých hardwarových prvků do projektu ve STEP7, které jsou potřebné k řízení procesu. Zde se konfiguruje vhodné CPU, napájecí modul, počet a uspořádání vstupních/výstupních karet, distribuovaná PLC, servopohony apod. Výslednou konfiguraci je po dokončení potřeba uložit a nahrát do PLC. Je také často potřeba zjistit aktuální hardwarovou konfiguraci (např. při servisech), a proto umožňuje HW Config provést stažení aktuální konfigurace hardware stanice do projektu (uloží se jako nová stanice, aby nepřepsala konfiguraci nastavenou uživatelem ve stávající stanici) [13].



Obrázek 15 – Nástroj hardware configuration

4.1.3 NetPro

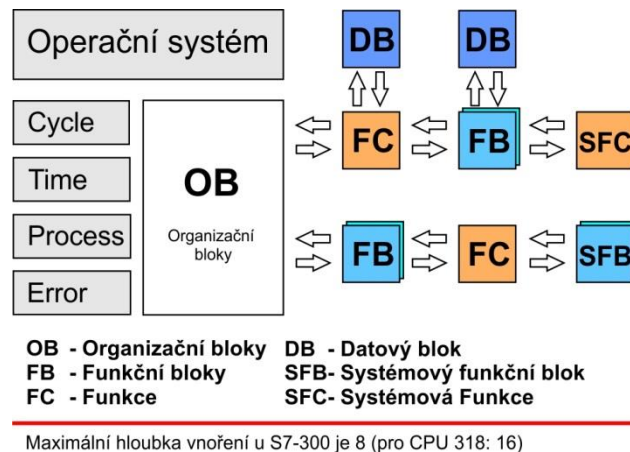
Pro vytvoření sofistikované komunikace obsahuje STEP7 Professional nástroj NetPro, který poskytuje grafické znázornění topologie použitých sítí. Každému zařízení je potřeba nastavit symboliku a komunikační protokol podle typu sítě, uložit a nahrát do PLC. Je zde opět možnost provést stažení aktuálního nastavení z PLC.



Obrázek 16 - Nástroj NetPro

4.1.4 Programové bloky

SIMATIC S7 nabízí různé typy programových bloků, které vytvářejí strukturu uživatelského programu a spolu s ostatními daty jsou uloženy v paměti PLC. Počet použitých bloků a jejich uspořádání je čistě v režii programátora. Ve všech blocích je také možné použít všechny instrukce z celé instrukční řady CPU [13].



Obrázek 17 - Programové bloky S7-300

- **Organizační blok (OB)** – vytváří rozhraní mezi operačním systémem a uživatelským programem. Při zpracování programu vykonává operační systém vždy první OB1, který může obsahovat celý uživatelský program (Lineární program) nebo je program uložen v několika blocích (Strukturovaný program) [13].
- **Funkce (FC)** – obsahují dílčí část programu. Je vhodné je používat pro často se opakující části programu, složitější části programu nebo složité výpočty. Funkce může být také vytvořena pouze pro nastavení vstupních a výstupních parametrů [13].
- **Systémové funkce (SFC)** – jsou parametrovatelné funkce integrované v operačním systému (CPU). Číslo bloku (např. SFC1) je pevně stanoveno a jeho popis je součástí nápovědy STEP7 nebo v online help [13].
- **Funkční blok (FB)** – je obdobou funkce. FB má na rozdíl od funkce vlastní paměť ve formě instance datového bloku. Je vhodný, stejně jako FC, pro složitější, opakující se části programu a regulační smyčky [13].
- **Systémový funkční blok (SFB)** – je parametrovatelný funkční blok integrovaný v operačním systému (CPU). Číslo bloku (např. SFB1) je pevně stanoveno a jeho popis je součástí nápovědy STEP7 nebo v online help [13].

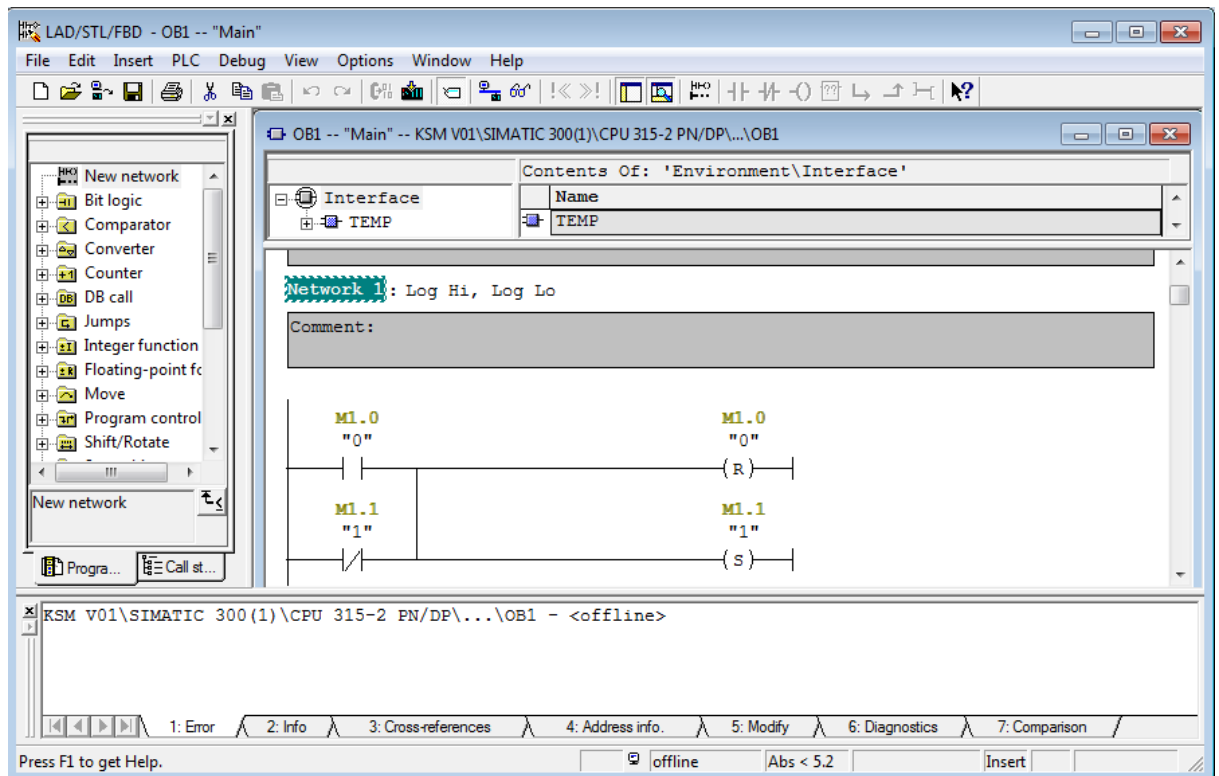
- **Datový blok (DB)** – tvoří datovou oblast v uživatelském programu, kterou ovládá a vytváří uživatel programu [13].

4.1.5 Editor programování bloků LAD/STL/FBD

Editor programování bloků PLC nabízí výběr ze tří jazyků LAD/STL/FBD, ale existuje také nástavba STEP7 v podobě SIMATIC S7-SCL (jazyk strukturovaného textu, který umožňuje využít výhody vyšších programovacích jazyků). Skládá se ze čtyř základních částí:

- **Deklační tabulka** – Každý blok obsahuje svoji deklarační tabulku, která obsahuje lokální proměnné a parametry bloku. Velikost rezervované paměti, stejně jako propojení s data bloky, se liší s druhem bloku [13].
- **Přehled (Overviews)** – Stromová struktura nabízí přehled všech funkcí, funkčních bloků, standardních knihoven a definovaných bloků v otevřeném projektu [13].
- **Kódová sekce** – V této sekci se nachází samotný program, který je vhodné u jazyků LAD a FBD rozdělit do jednotlivých **NETWORK** (sítí). Kódová sekce také kontroluje syntaxi jazyka STL a poskytuje nabídku symbolického přiřazení pro práci s proměnnými nebo bloky [13].
- **Detailní okno** – nabízí následující funkce a informace:
 - a. **ERROR** – Výpis chyb nalezených během kontroly nebo při kompilaci.
 - b. **INFO** – Poskytuje další informace, např. očekávaný datový typ.
 - c. **CROSS REFERENCES** – Výpis adres s informací o vyžití v programu.
 - d. **ADDRESS INFO** – Umožňuje monitorovat adresy použité v síti.
 - e. **MODIFY** – Upravuje adresy, které jsou použity v síti.
 - f. **DIAGNOSTICS** – Zobrazuje existující data pro proces diagnostics.
 - g. **COMPARISON** – Umožňuje navigaci funkcí Compare blocks.

V tomto editoru lze také snadno a efektivně ladit program v online režimu nebo nahrát pozměněný blok do paměti PLC.



Obrázek 18 - Programovací editor LAD/STL/FBD

4.1.6 Symbolika STEP7

PLC rodiny SIMATIC S7 umožňují uživateli výběr absolutního nebo symbolického adresování. Při absolutním adresování je adresa určena přímo (např. I0.0) a není zapotřebí vytvářet tabulku symbolů, ale program je špatně čitelný. Při symbolickém adresování je třeba vytvořit tabulku, kde je přiřazen vstupům, výstupům, časovačům, čítačům, bitové paměti a všem blokům přiřazen specifický symbol (např. Motor_on) [13].

Globální symboly deklarované v tabulce symbolů jsou dostupné pro všechny bloky programu. Název musí být jedinečný v celé tabulce symbolů. Lokální symboly jsou deklarovány a platné pouze pro konkrétní blok, a proto mohou mít stejná označení v různých blocích. V programovacím editoru jsou poté globální symboly v uvozovkách a lokální symboly jsou vždy zobrazeny se znaménkem # [13].

Tabulka 3 - Rozdělení použití symbolického adresování

Symbolické adresování			
Použití		Uložení	Vytvoření
Globální data	Vstupy	Tabulka symbolů	Editor symbolů
	Výstupy		
	Bitové paměti		
	Časovače		
	Čítače		
Data lokálního bloku	Periferní I/O	Deklarační část bloku	Editor programu
	Parametry bloku		
	Lokální data (temp)		
Návěští skoků (jump)		Kódová sekce	Editor programu
Názvy bloků	OB	Tabulka symbolů	Editor symbolů
	FB		
	FC		
	VAT		
	UDT		
Komponenty datových bloků		Deklarační část DB	Editor programu

Struktura tabulky symbolů přiřazuje každé proměnné jeden řádek, který obsahuje v jednotlivých sloupcích symbolický název, absolutní adresu, datový typ a doplňující komentář. Za poslední údaj v tabulce je vždy přidán prázdný řádek, který je připraven pro následující proměnnou [13].

Statu	Symbol	Address	Data type	Comment
13	Blik 2.0	M 0.7	BOOL	
14	BLKMOV	SFC 20	SFC 20	Copy Variables
15	Buben	FC 11	FC 11	
16	COMPLETE REST...	OB 100	OB 100	Complete Restart
17	db Buben	DB 3	FB 3	

Obrázek 19 - Tabulka symbolů

Tabulky symbolů je možné také importovat nebo exportovat a to v různých typech souborů:

- ASCII Formát – Notepad, Word
- Data Interchange Formát – EXEL
- Systém Data Formát – ACCESS

- Assignment List – seznam úloh ve STEP5

4.1.7 Datové typy ve STEP7

Datové typy určují vlastnosti jedné nebo více asociovaných adres, povolený rozsah hodnot a také operace, pro které mohou být použity. Základní datové typy jsou definovány normou IEC 1131-3 a zaplňují danou velikost paměťového prostoru. Ve STEP7 je maximální povolená délka základního datového typu 32 bitů, aby mohl být najednou nahrán do akumulátorů procesoru S7 a zpracován základními instrukcemi. Složitě datové typy je možné používat pouze ve spojení s proměnnými deklarovanými v globálních datových blocích, do akumulátorů jsou nahrány v celku, pomocí nahrávacích instrukcí [13].

Uživatelsky definované datové typy (UDT) jsou užívány pro datové bloky nebo jako data v deklarační tabulce a jejich struktura může obsahovat skupiny základních nebo složitých datových typů [13].

Tabulka 4 - Datové typy užívané v STEP7

Datové typy		
Základní	délka [bit]	Příklad konstanty
BOOL	1	1 nebo 0
BYTE	8	B#16#A9
WORD	16	W#16#12AF
DWORD	32	DW#16#ADAC1EF5
CHAR	8	W
S5TIME	16	S5T#5s_200ms
INT	16	123
DINT	32	65536
REAL	32	1,25
TIME	32	T#2D_1H_3M_45S_12MS
DATE	16	D#1993-01-20
TIME_OF_DATE	32	TOD#12:23:45.12
Složitě	délka [bit]	Příklad konstanty
DATE_AND_TIME	64	DT#97-09-24-12:15:55.0
STRING	8* Char +2	SIEMENS
ARRAY	uživatelsky def.	Naměřené hodnoty
STRUCT	uživatelsky def.	Struct ... Proud:REAL ... END_STRUCT
UDT	uživatelsky def.	Struktura jako samostatný blok

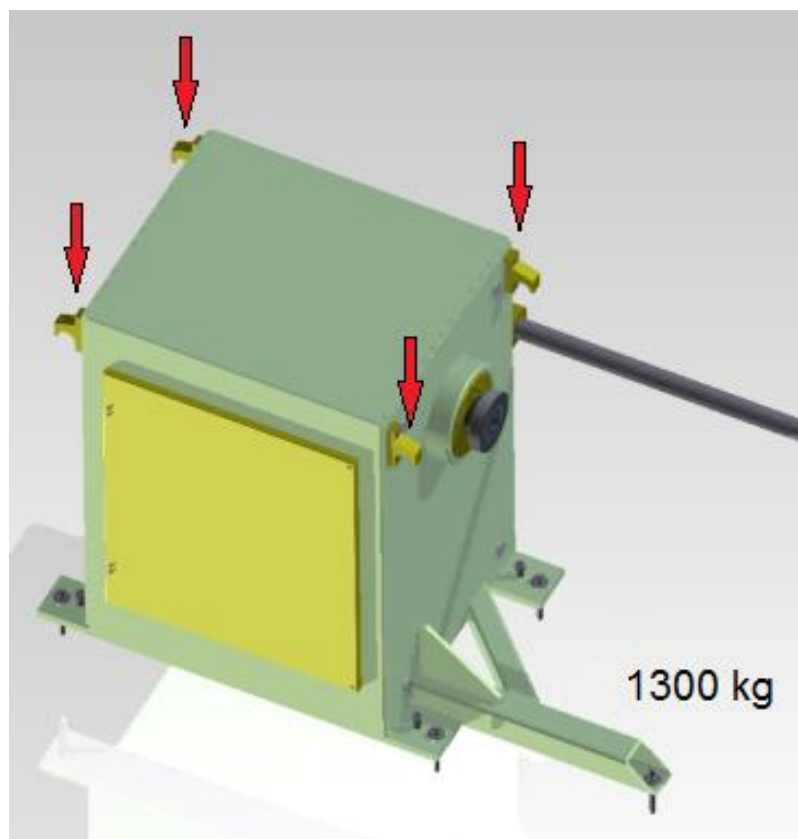
II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 KONFEKČNÍ STROJ MEMBRÁN - AG008

Konfekční stroj membrán je navržen pro výrobu konfekčních membrán různých velikostí, které jsou dále použity v lisovacích centrech při výrobě pneumatik.

5.1 Strojní konstrukce

Stroj je krabicové konstrukce, která obsahuje hlavní pohonnou jednotku včetně převodovky, řemenice a spojky. Plechový kvádr slouží k ochraně zaměstnanců před nebezpečným dotykem točivých částí a hlukem servomechanismu. Na stroj je namontována hlavní hřídel, na kterou obsluha umístí konfekční buben podle požadavků na typ vyráběné membrány. Stroj je vybaven čtyřmi chyty pro snadnou manipulaci a pěti kotvicími body, které jsou přichyceny k podlaze chemickými kotvami.



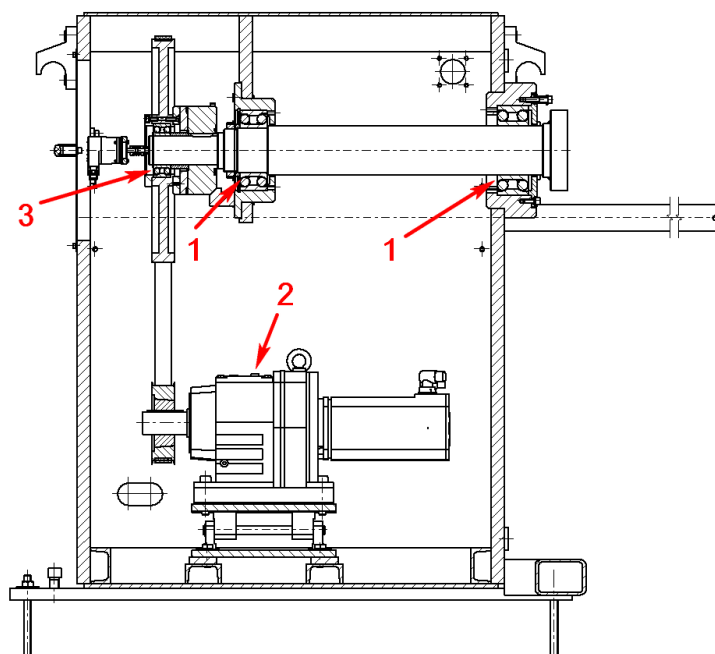
Obrázek 20 - Strojní konstrukce konfekčního stroje membrán

5.1.1 Údržba a mazání

Pro správnou funkci stroje je nutné, aby pověřená osoba každý měsíc kontrolovala napnutí ozubených řemenů a dodržovala předepsaný mazací plán z tabulky 5.

Tabulka 5 - Způsob a interval mazání pohyblivých částí stroje

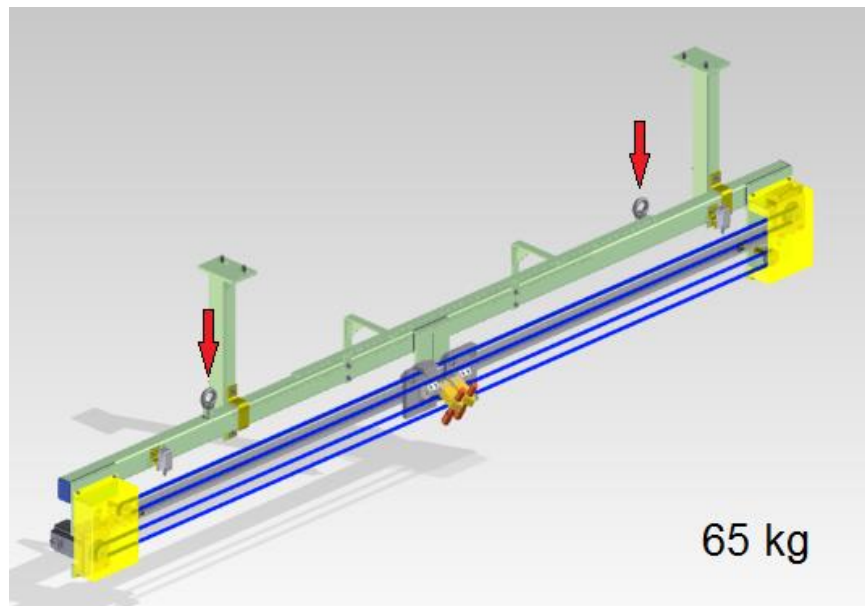
Místo [pozice na Obr. 20]	Interval	Mazivo	Způsob
Ložiska hlavní hřídele [1]	1x měsíc	Plastické mazivo EP2	Namazat štětcem
Elektopřevodovka [2]	16 000 provozních hodin / 3 roky	Převodovkový olej VG220	Napouštěcí otvor
Ložisko řemenice [3]	Ložisko je bezúdržbové, namazané na celou dobu životnosti		



Obrázek 21 - Místa stroje určená pro mazání

5.1.2 Rampa s lasery

Součástí stroje je také rampa s pojezdovým mechanismem, umístěná nad konfekčním bubnem. Mechanismus se skládá z dvojice krokových motorů od firmy FESTO, jejichž hřídele jsou spojeny s dvojicí řemenic, na kterých jsou fixně namontovány laserové rysky pro navádění obsluhy při nanášení vrstev na konfekční membránu. K referenci pohonů rysek je rampa osazena dvojicí koncových spínačů. Pro manipulaci jsou navařeny na hlavním rámu rampy montážní oka.



Obrázek 22 - Rampa s laserovými ryskami a krokovými motory

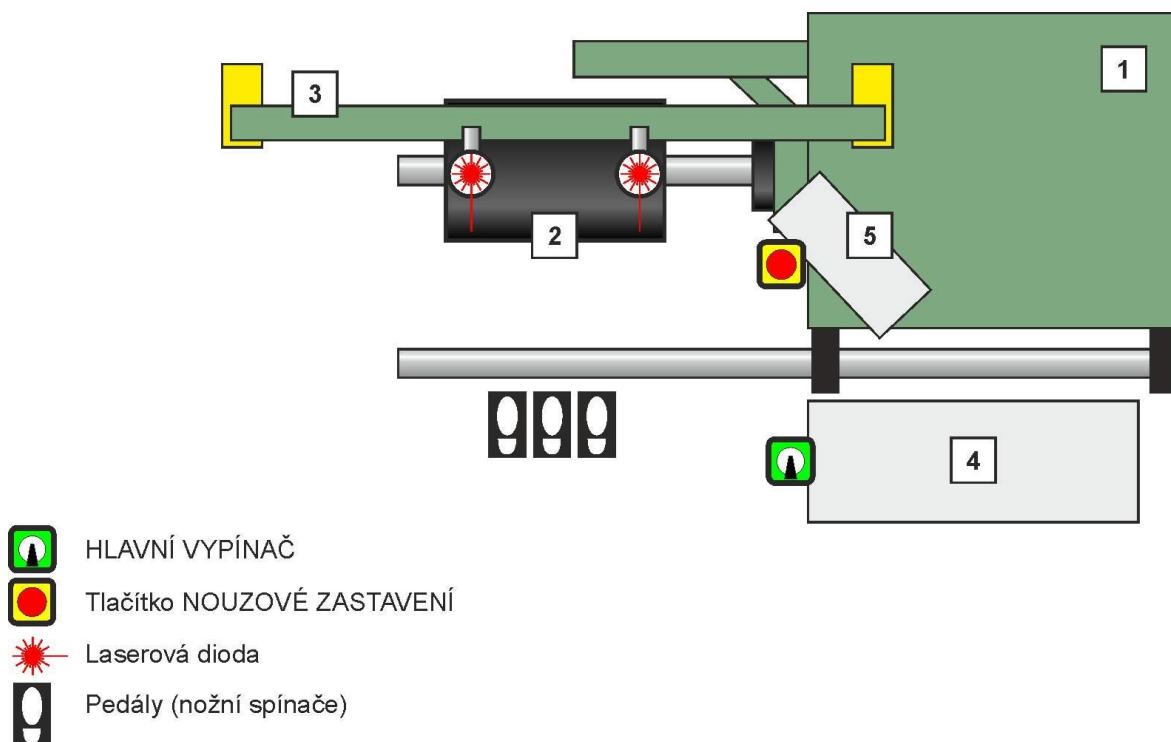
5.2 Popis funkce stroje

Konfekční stroj je možné ovládat pomocí ovládacího panelu, který je vybaven dotykovým displejem Siemens KTP 600 basic, přepínačem (přepínání spojky zap/vyp), tlačítkem nouzového zastavení, dvojicí tlačítek pro přepínání kroku receptu, dvojicí šlapek a nožním spínačem.

Před samotným zapnutím stroje je potřeba nasadit na hlavní hřídel konfekční buben, který se může lišit podle parametrů vyráběné membrány. Po zapnutí hlavního vypínače se spustí automatická reference laserových rysek, inicializace PLC a displeje, kterou vizuálně indikuje blikající bílá signálka.

Obsluha musí zkontrolovat displej, zda řídicí systém nezaznamenal nějaké chyby a zvolí recept shodný s typem vyráběné konfekční membrány. Touto volbou přejde stroj do automatického režimu, rysky a buben se automaticky nastaví na definované pozice a pracovník může začít přikládat na buben jednotlivé materiály (v každém kroku je na displeji zobrazen název materiálu, definovaná pozice bubnu – je-li požadována – a rysek). Manuální režim umožňuje mistrovi nastavovat pozice rysek, nebo vložení nového receptu. Materiály se vkládají na konfekční buben z ruky za plynulého otáčení, které se provádí dvojicí šlapek (od sebe, k sobě) nebo nožního spínačem umístěným na zemi. Impulz nožního spínače ukončí krok receptu, provede nové polohování bubnu a rysek do pozice definované v následujícím kroku.

Po každém spojení materiálu musí obsluha provést proces ručního zavalování, pro který je na displeji umístěno tlačítko pro přepnutí na vyšší otáčky. Na ovládacím panelu je také umístěn přepínač pro možnost odpojení spojky, aby se v případě potřeby dalo bubnem volně ručně pootočit. Při dokončení celého procesu konfekce je potřeba membránu zabandážovat. Obsluha bandážuje z ruky a bandáž napíná přes pomocnou trubku, kterou si vysune ze stroje. Forma se zabandážovanou membránou je poté pomocí jeřábu sundána ze stroje a přepravena k vulkanizačnímu kotli.



Obrázek 23 - Pracovní prostor konfekčního stroje membrán AG008

Schématické zobrazení celkového pracovního prostoru konfekčního stroje membrán na obr. 22 obsahuje následující prvky:

1. Stroj krabicové konstrukce s hlavní pohonnou jednotkou, převodovkou a spojkou.
2. Konfekční bubem.
3. Rampa s pojezdovým ústrojím – levá, pravá laserová ryska.
4. Elektrický rozvaděč.
5. Ovládací panel.

6 HARDWAROVÝ NÁVRH KONFEKČNÍHO STROJE AG008

Hardwarový návrh stroje obnáší elektrický návrh optimálního řešení nejen z pohledu funkčního, ale i manažerského. Navržené zařízení musí mít dostatečný výkon, vhodně zvolený řídicí systém (nejčastěji PLC, často ale také IPC – průmyslové počítače nebo SBC – Single Board Computer), dodržovat bezpečnostní normy a splňovat technologické požadavky procesu, ale zároveň musí minimalizovat náklady na vývoj a představovat co nejvhodnější řešení pro koncového uživatele.

Výstupem mého návrhu je kompletní elektro dokumentace vytvořená v 2D konstrukčním programu. Správně vytvořená elektro dokumentace by měla obsahovat:

- Definici konektorů, svorkovnic, kabelů a lankových žil.
- Označení přístrojů, svorek, kabelů, jednotlivých potenciálů.
- Správné zapojení přístrojů a komponentů podle norem nebo doporučení jednotlivých výrobců.
- Návrh rozmístění prvků v rozvaděči nebo plán ovládacího panelu.
- Vyhodnocení, které se skládá ze seznamu svorkovnic a kabelů, plánem svorkovnic a kabelů, ale především musí obsahovat seznam použitých zařízení a komponent včetně jejich značení a typového čísla.

Elektrická dokumentace konfekčního stroje AG008 je zhotovena v 2D konstrukčním systému EPLAN Elektrik P8 v2.22. Nástroje programu EPLAN poskytují takřka neomezené možnosti pro projektování, dokumentaci a řízení projektů elektrotechnické automatizace s podporou norem uvedených v tab. 6. EPLAN umožňuje zhotovit detailní schémata zapojení, které jsou nedílnou součástí komplexní dokumentace, a poskytuje údaje potřebné pro další fáze projektu, jako je např. výroba, montáž, oživení stroje nebo servis.

Tabulka 6 - Normy podporované programem EPLAN Elektrik P8 v2.22

Norma	Popis
DIN EN 61346	Struktura projektu a označování přístrojů v elektrotechnice
NFPA	Struktura projektu a označování přístrojů v elektrotechnice
GOST	Struktura projektu a označování přístrojů v elektrotechnice
DIN EN 81714-2	Označování svorek
DIN ISO 1219	Označování přístrojů fluidní techniky
DIN EN 60848	GRAF CET diagramy

VDI 3260	Postupové diagramy
DIN ISO 5455	Měřítka

Značení elektrické dokumentace konfekčního stroje AG008 je provedeno podle normy DIN EN 61346-2:2000 (IEC 61346-2:2000). Například označení **11F21** obsahuje čtyři informace, které specifikují daný prvek.

- 11** – Označení stránky.
- F** – Typ přístroje (F- jističe nebo pojistky, G – generátory atd.).
- 2** – Číslo sloupce na dané straně, pro lepší orientaci.
- 1** – Četnost prvku na jedné stránce ve stejném sloupci.

6.1 Silové obvody

Stroj je připojen na stávající třífázovou rozvodnou síť 400V AC / NTS kabelem, který vede na přívodní svorkovnici **11X01** v hlavním rozvaděči. Z této svorkovnice pokračují fáze L1,L2,L3 na svorky hlavního vypínače **11Q41** a fáze L1 napájí přes jistič **11F31** (230V/6A) a silovou svorkovnici **11X31** osvětlení rozvaděče **11H31**, které je realizováno zářivkou se servisní zásuvkou v jednom pouzdře s možností magnetického přichycení na stěnu rozvaděče - typ KL025 od firmy GHV Trading s.r.o. Rozvody před hlavním vypínačem stroje jsou vyvázány oranžovými žilami o průměru 6mm², protože tyto žíly jsou pod napětím i při vypnutém hlavním vypínači.

Za hlavním vypínačem jsou již napájeny všechny prvky rozvaděče, které musejí být pod napětím až po zapnutí stroje, a také se mění potenciálové označení jednotlivých fází na 1L1, 1L2, 1L3, které jsou vyvázány černými žilami o průměru 6mm². Fáze 1L1 napájí přes jistič **13F21** (230V/2), termostat **13S21** a přes silovou svorkovnici **11X31** ventilátor, který zajišťuje chlazení vnitřní části rozvaděče. Dále také napájí přes jistič **13F51** (230V/2A) zásuvku na DIN lištu, do které je připojen adaptér 230/12V pro switch **7IT11** (Ethernet switch, 8 portů RJ45, 1000MB), přes jistič **13F81** (230V/10A) zásuvku na boku rozvaděče a teplý nůž, který slouží pro řezání gumových materiálů. Za jističem **13F21** a **13F51** jsou rozvody vyvázány žilami s průměrem 0,75 mm², za jističem **13F81** žilami 1,5 mm².

6.1.1 Frekvenční měnič a servomotor

Hlavní pohonná jednotka je tvořena servomotorem od firmy SEW Eurodrive, jehož parametry jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 7 - Parametry servomotoru R87 CMP80M/BP/KY/RH1M/SB1

Čelní převodový motor R87 CMP80M/BP/KY/RH1M/SB1



Jmen. otáčky motoru [min⁻¹]	3000,0
Krouticí moment motoru [Nm]	18,7
Max. moment motoru [Nm]	62,6
Výstupní hřídel (prům. x délka)	50x100mm
Druh provozu S1-S10	S1
Napětí motoru [V]	400,0
Max. přípustná frekvence [Hz]	250,0
Max. přípustný proud [A]	69,0
Proud při nulových ot. [A]	13,4
Schéma zapojení	DT11
Isolační třída / Krytí [IP]	F/65
Zvláštní provedení	SB1 Konektor
Brzda / Ruční odbrzdění	BP / Bez ruč. odbrzdění
Napětí brzdy [V] / Moment [Nm]	24 DC / 31
Brzdový usměrňovač	Bez usměrňovače
Měření teploty	KY = KTY84-130 teplotní senzor
Inkrementální čidlo	RH1M resolver 2-pole
Hmotnost [kg]	80,0

Pro řízení servomotoru je v rozvaděči umístěn přesně vytipovaný frekvenční měnič tak, aby zajistil přesnost pohonu z hlediska otáček i dynamiky. Specifikace a konfigurace frekvenčního měniče je uvedena v následující tabulce.

Tabulka 8 - Konfigurace měniče MDX61B0110-5A3-4-00/DER11B/DFE32B

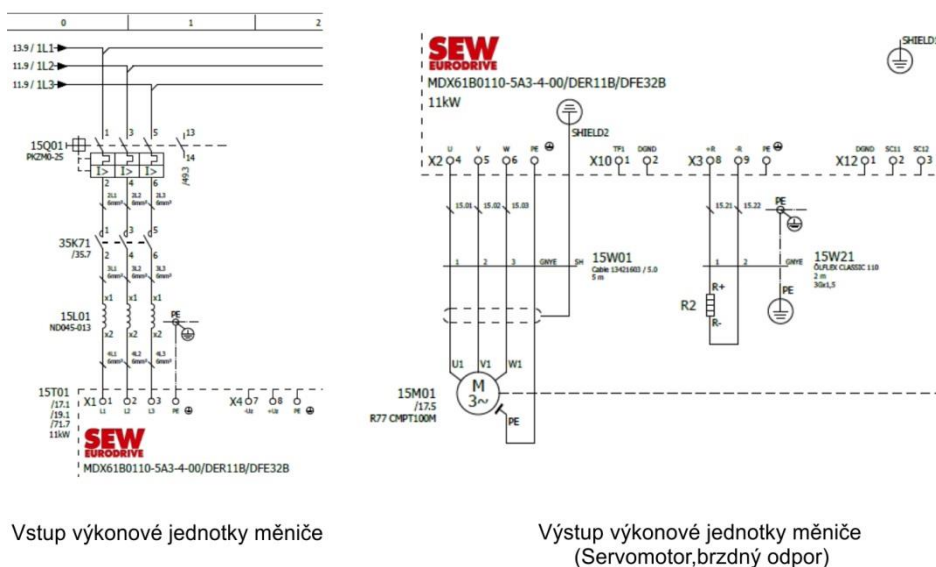
Měnič MDX61B0110-5A3-4-00/DER11B/DFE32B



Napětí sítě (V)	3x380-500
Vstupní proud (A)	21,6
Frekvence sítě (Hz)	50-60 +/- 5%
Výkon (kW)	11,0
Výpočtový výstupní výkon [HP]	15,0
Výstupní napětí [V]	3x0... napětí sítě
Výstupní proud [A]	24,0
Výstupní frekvence [Hz]	599,0
Konstantní zátěž (motor)	11,0
Kvadratická zátěž (motor)	15
Teplota okolí	0-50°C
Krytí (IP)	20
Rozšiřující karta vstup čidla	DRE11B - Resolver
Rozšiřující karta sběrnice	DFE32B - Ethernet protokol for PROFINET
Brzdný odpor	BW039-026 : Odpor [Ohm] 39 +/-10%
Síťová tlumivka	Krytí IP20
	ND045-013
	Indukčnost [mH] 0.1
	Jmenovitý proud [A] 45
	Napětí [V] 3X380-500 +/-10%
	Krytí IP00
Ovládací panel	DBG60B-03

Výkonová část frekvenčního měniče je připojena na přívodní části ke třem fázím 1L1,1L2,1L3 přes tepelnou ochranu (motorový spouštěč 20-25A) **15Q01** a je spínána stykačem **35K71**, jehož cívka je spínána časově zpožděným kontaktem bezpečnostního relé pro nouzové zastavení **3IK21**. Mezi stykač a svorkovnici výkonové části **X1** je navíc vložena síťová tlumivka **15L01**. Síťová tlumivka slouží k filtraci vstupního proudu a snížení zkreslení proudu vyšších harmonických THD. Na výstupní svorkovnici **X2**

(U,V,W) je připojen přes speciální kabel s konektorem SB1, dodávaný výrobcem SEW Eurodrive, motor hlavního pohonu **15W01**. Zapojení fází v konektoru SB1 odpovídá zapojení do hvězdy. Vzhledem k výkonu servomotoru, je nutné pro přesné dobrzdování a změnu otáček připojit na svorkovnici měniče **X3** brzdný odpor **R2**, který je fyzicky umístěn na boku rozvaděče z důvodu uvolňování tepla.



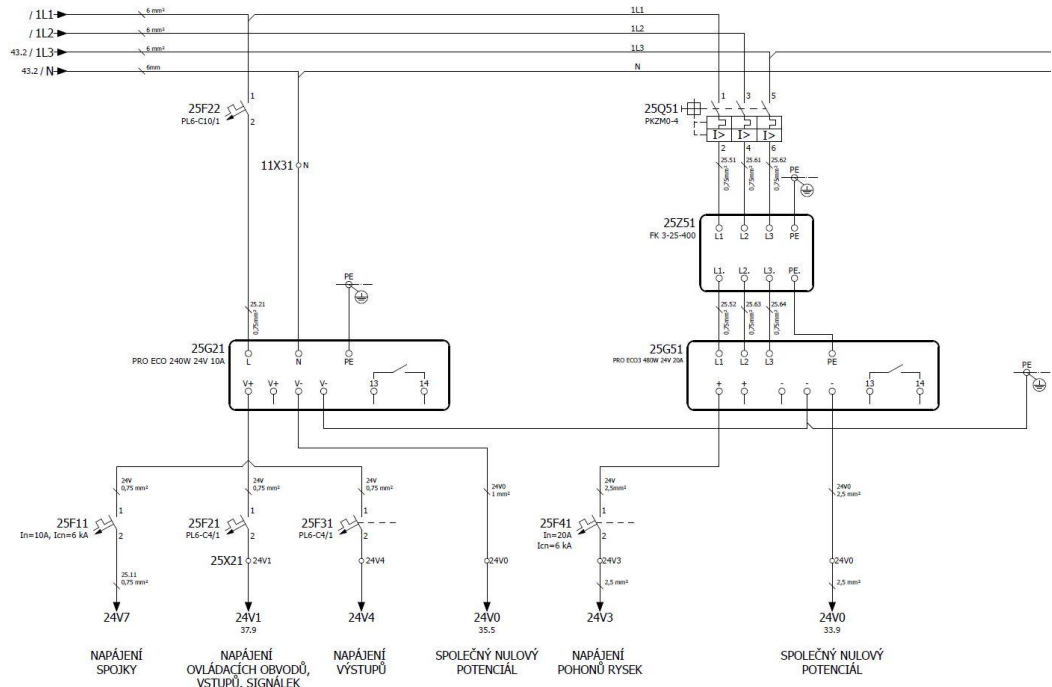
Obrázek 24 - Zapojení výkonové části měniče a servomotoru

6.1.2 Zdroje 230V AC / 24V DC

Standardní řídicí napětí v průmyslové automatizaci je 24V DC a výjimkou není ani stroj AG008. V rozvaděči jsou použity tři zdroje 230V/24V, které propojením jednotlivých svorek 0V na svorkovnici **PE** vytváří společný nulový potenciál stroje 24V0. Větvením napětí 24V DC vznikají napětí s různým potenciálovým označením, které napájí jednotlivé části stroje. Svorkovnice s ovládacím a řídicím napětím 24V DC je v dokumentaci označována **25X21**.

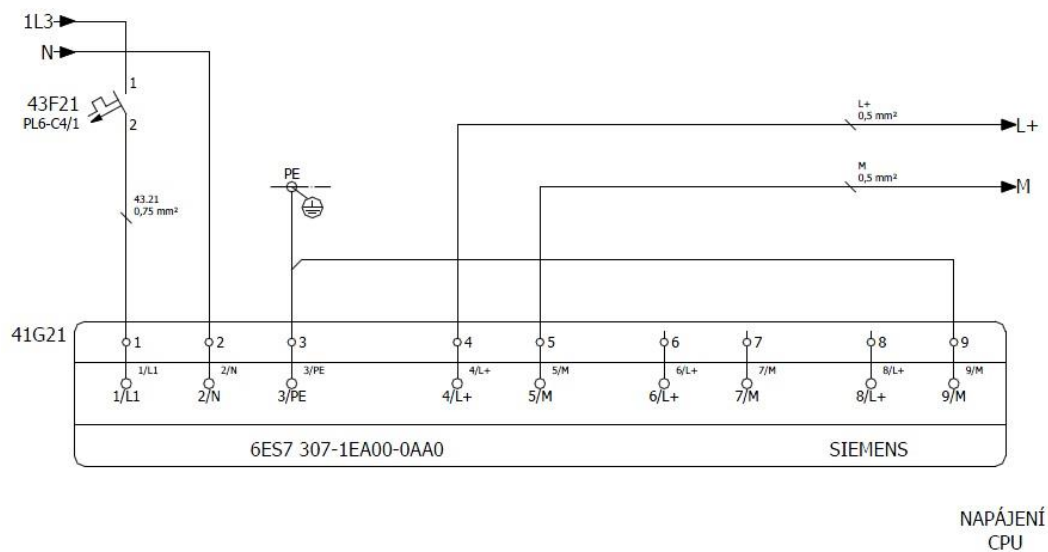
- **Zdroj 25G21 (PRO ECO 240W 10A)** – Vstupní svorkovnice zdroje je připojena přes jistič **25F22** (230V/10A) na fázi 1L1, přes svorkovnici **11X31** na **N** potenciál a uzemněna přes svorkovnici **PE**. Výstupní svorkovnice napájí přes jistič **25F11** (24V/10A) brzdu servomotoru jako potenciál 24V7, dále pak přes jistič **25F21** (24V/4A) ovládací obvody, vstupy a signálky jako potenciál 24V1 a přes jistič **25F31** (24V/4A) výstupy jako potenciál 24V4.
- **Zdroj 25G51 (PRO ECO3 480W 20A)** – Tento zdroj slouží pouze pro napájení krokových motorů pohánějících laserových rysek přes jistič **25F41** (24V/20A) jako potenciál 24V3. Z důvodu většího výkonu zdroje je jeho vstupní část jištěna

třífázovým motorovým spouštěčem 25Q51 (2,5-4A). Mezi jištěním a zdroj je navíc připojen třífázový odrušovací filtr 25Z51, protože motory jsou napájené přes citlivou řídicí jednotku.

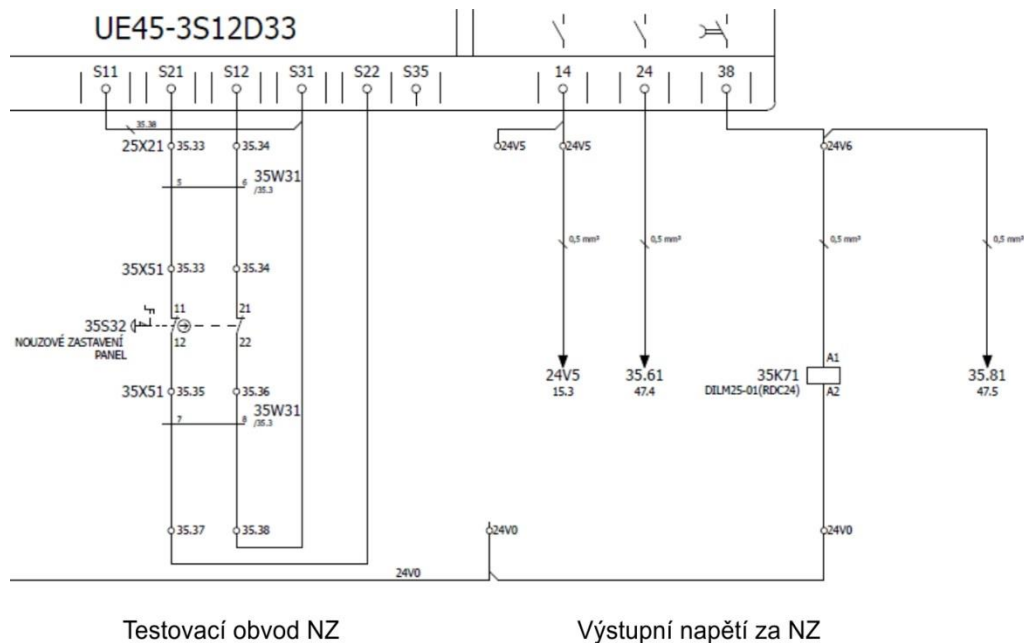


Obrázek 25 - Zapojení zdrojů 24V DC 25G21 a 25G51

- **Zdroj 41G21 (6ES7 307-1EA01-0AA0)** – Součástí sestavy PLC S7-300 je na první pozici zleva použit zdroj 5A. Je připojen přes jistič **43F21** (230V/4A) na fázi 1L3 a slouží k napájení prvků firmy Siemens na stroji – Sestava PLC S7 315 a dotykový ovládací panel KTP 600 Color Basic s označením potenciálu L+, M.



Obrázek 26 - Zapojení zdroje 24V DC 41G21



Obrázek 28 - Testovací obvod NZ a výstupní napětí za NZ

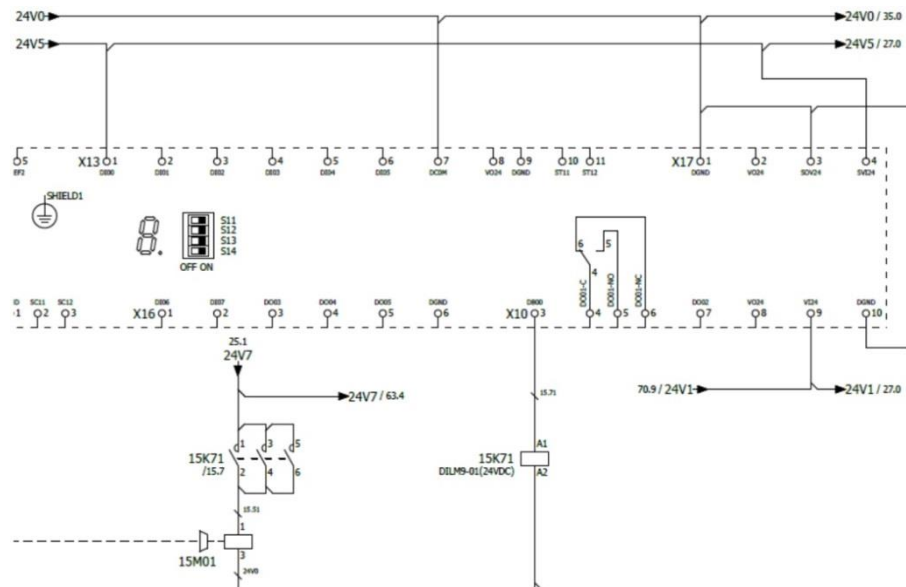
Na výstupních svorkách bezpečných spínacích kontaktů vzniká napětí s potenciálem 24V5, které je ihned odpojeno po stisknutí nouzového zastavení (obr. 28). Za zpožděným bezpečným kontaktem vzniká napětí s potenciálem 24V6 a zároveň je zde připojena cívka stykače **35K71**, která rozpíná silové kontakty přívodu na výkonovou část frekvenčního měniče (obr. 28). Kdyby zde nebyl zpožděný bezpečný kontakt, po stisku nouzového zastavení by se silové kontakty stykače **35K71** ihned rozeplý a řídicí systém frekvenčního měniče by neměl silové napětí potřebné k rychlému nouzovému zastavení bubnu.

6.2.2 Řídicí jednotka frekvenčního měniče

Řídicí jednotka obsahuje microprocessor, který přijímá vstupní signály nebo příkazy od nadřazených řídicích systémů, provede příslušný algoritmus, podle kterého nastaví výstupy. Frekvenční měnič v základní konfiguraci nabízí řadu funkcí, které jsou aktivní po správném připojení pinů jednotlivých svorkovnic. Podrobné schéma zapojení včetně označení jednotlivých pinů je v příloze 1.

Pro správnou funkci řídicí části frekvenčního měniče konfekčního stroje AG008 je nutné zapojit napájecí napětí 24V1 na pin 9 a pin 10 na společný nulový potenciál 24V0 svorkovnice **X10**. Svorkovnice **X17** zajišťuje funkci SAFE STOP, a proto je na její piny 1,3 nutné připojit společný nulový potenciál 24V0 a na pin 4 napětí 24V5, které je ovlivněno bezpečnostním relé nouzového zastavení **35K21**. Když řídicí systém zjistí, že na pinu 4 svorkovnice **X17** nemá napětí 24V5, začne ihned s brzděním servomotoru. Elektrická brzda **15M01** je součástí servomotoru a je napájena přes kontakty stykače

15K71 napětím 24V7. Cívka stykače **15K71** je připojena na binární výstup měniče **DB00**, který se nachází na pinu 3 svorkovnice **X10**. Napětí 24V5 je také připojeno na digitální vstup **DI0**, pin 1 svorkovnice **X13**, a z důvodu aktivace digitálních vstupů musí být také připojen společný nulový potenciál 24V0 na **DCOM**, pin 7 svorkovnice **X13**.



Obrázek 29 - Zapojení řídicí části frekvenčního měniče

Frekvenční měnič obsahuje dvě rozšiřující karty, které zvyšují komunikační a řídicí možnosti řídicí jednotky frekvenčního měniče.

- **Karta vstupního čidla DER11B** – Karta obsahuje konektor **X14**, který nabízí výstupní signál pro inkrementální encoder v podobě sběrnice RS485, a konektor **X15**, který nabízí vstupní signál z resolveru servomotoru. Servomotor obsahuje resolver, a tak je pomocí speciálního kabelu spojen s konektorem **X15**.
- **Karta sběrnice DFE32B** – Tato karta umožňuje rozšíření frekvenčního měniče o komunikaci přes Ethernet s protokolem PROFINET/IO, HTTP nebo SMLP (protokol pro MOVITOOLS). Přenosová rychlost karty je 100Mb v plně duplexním režimu a obsahuje dva síťové porty pro připojení konektoru RJ45. Tato karta je u tohoto stroje použita pro nastavení parametrů servomotoru pomocí softwarového nástroje MOVITOOLS a také pro komunikaci s řídicím PLC S7 315-2PN/DP.

6.2.3 Řídicí jednotka a krokové motory laserových rysek

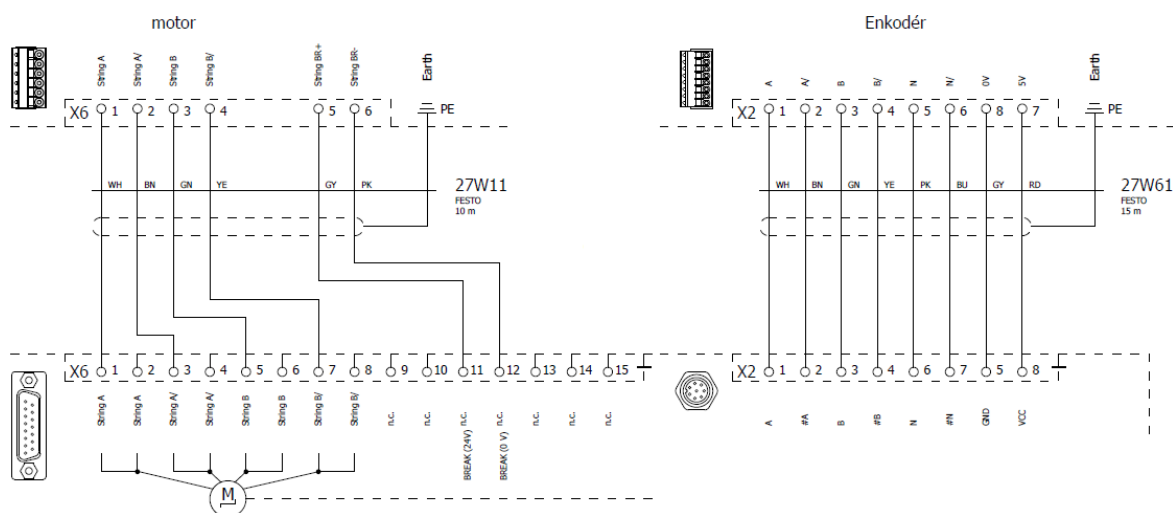
Polohování rysek na pojezdovém mechanismu je realizováno dvojicí totožných krokových motorů od firmy Festo EMMS-ST-87-M-SE-G2. Každý motor musí mít svoji řídicí

jednotku, která zajišťuje komunikaci s nadřazeným systémem a dohlíží na přesné pootočení hřídele motoru. Význam označení typu krokového motoru:

EMMS-ST-87-M-SE-G2

EMMS	- Motor	S	- Střední možnosti délky
ST	- Krokový motor	E	- Encoder
87	- Rozměr příruby 87mm	G2	- Sekundové generování
M	- Střední možnosti délky		

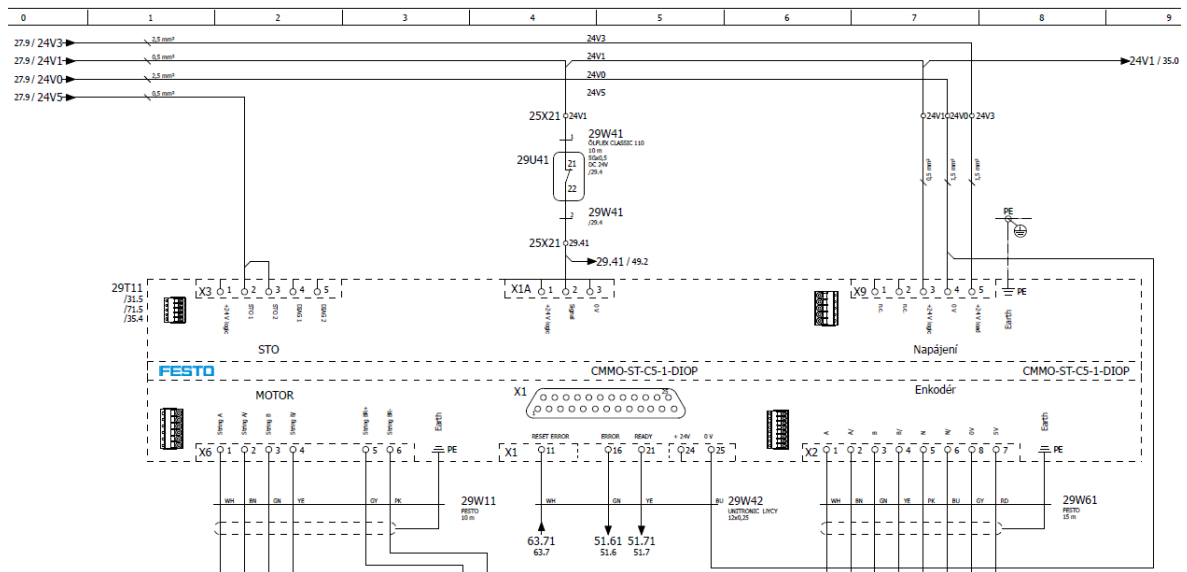
Motor je napájen svoji řídicí jednotkou napětím 24V DC s odběrem proudu až 9,81A při momentu 5,9 Nm. Propojení mezi motorem a řídicí jednotkou je realizováno dvojicí speciálních kabelů, které je nutné objednat zvlášť. Kabel s označením **27W11(29W11)** je na straně motoru ukončen 15-pinovým D-SUB konektorem a na straně řídicí jednotky je podle dokumentace výrobce zapojen na svorkovnici **X6**. Kabel encoderu s označením **27W61(29W61)**, který poskytuje jednotce přesnou informaci o poloze rotoru, je na straně motoru ukončen 8-pinovým kulatým konektorem M12 a na straně řídicí jednotky je také podle dokumentace výrobce připojen na svorkovnici **X2**.



Obrázek 30 - Připojení krokových motoru k řídicí jednotce

Řídicí jednotka CMMO-ST-C5-1-DIOP, pro řízení výše popsaného krokového motoru, nabízí mnoho možností aplikace v závislosti na návrhu zapojení. Každá dvojice, motor a řídicí jednotka, se stará o nastavení polohy pravé nebo levé laserové rysky. Pro tento stroj

je použito následující zapojení, jehož schéma je zobrazeno na obr. 31 a je totožné pro obě rysky.



Obrázek 31 - Schéma zapojení řídicí jednotky Festo CMMO-ST-C5-1-DIOP

- Napájení jednotky** – Jednotka je napájena přes svorkovnici **X9**, která obsahuje pětici pinů. Piny označené zleva 1,2 plní funkci rozpínacích kontaktů (NC) a zůstávají nezapojené. Na pin 3 je připojeno napájecí napětí 24V1, které zajistí jednotce napájení i při stisknutí tlačítka nouzového zastavení. Společný nulový potenciál 24V0 je připojen na pin 4 a na pin 5 je připojeno napětí 24V3, které jednotka využívá pro napájení výstupní části tedy napájení krokového motoru.
- Referenční kontakt** – Svorkovnice **X1A** obsahuje trojici pinů, přičemž první a třetí pin poskytují výstupní napětí 24V (1-pin 24V output, 3-pin 0V), které není potřebné a zůstává nepřipojeno. Pin 2 poskytuje jednotce vstupní signál, který využívá k určení referenčního bodu pro počátek odměřování. Signál je interpretován napětím 24V1 připojeným na rozpínací kontakt mechanického koncového spínače **29U41** (kontakt 21/22). Jednotka tak při rozeptnutí kontaktu detekuje logickou 0 a stanoví si tak metrickou nulu, díky které může dle požadavků nadřazeného systému polohovat v kladném i záporném směru. Mechanicky se jedná o koncový spínač s kladkou, umístěn na rampě stroje, která rozeptne kontakt, když držák s laserovou rýskou najede do koncové pozice.
- STO** – Bezpečné odpojení „Safe torque off“ na svorkovnici **X3** slouží podobně jako u frekvenčního měniče pro detekci stisknutí nouzového zastavení a zastavení motoru v definovaném čase. Svorkovnice obsahuje pětici pinů, kde první pin nabízí

opět výstupní napětí 24V, pin 2,3 reprezentuje kanály STO1, STO2, které jsou proklamované a je na ně přivedeno napětí 24V5. Napětí s potenciálem 24V5 vzniká na výstupu bezpečnostního relé, takže při stlačení tlačítka nouzového zastavení jednotka ihned detekuje logickou 0 a zastaví motor. Mezi piny 4,5 je rozpínací kontakt, který slouží k diagnostice poruchy řídicí jednotky a je zapojen v startovacím obvodu bezpečnostního relé.

- **Připojení motoru** – Motor je připojen kabelem **27W11 (29W11)** na svorkovnici **X6** a encoder kabelem **27W61 (29W61)** na svorkovnici **X2** podle doporučení výrobce.
- **Port Ethernet** – Jednotka také nabízí komunikaci s nadřazeným systémem pomocí Ethernetového kabelu s konektorem RJ45 (**X18**). U konfekčního stroje je tato komunikace použita pro nastavování žádané polohy laserových rysek řídicím PLC.
- **Binární vstupy/výstupy** – Svorkovnice **X1** nabízí interface pro komunikaci s PLC/IPC prostřednictvím 11 binárních vstupů/výstupů a je realizována 25-pinovým female D-SUB konektorem. Každý vstup nebo výstup nabízí různé funkce popsané v dokumentaci výrobce. Použitá jednotka CMMO-ST-C5-1-DIOP je verze PNP (spínání napětím 24V DC), a proto musí být na pin 25 zapojen společný nulový potenciál 24V0. Je využit jeden vstup **X1:11** (výstup z PLC), který provede nastavením na log. 1 reset poruchy vyvolané řídicí jednotkou. Pro vstup do PLC jsou využity dva výstupy řídicí jednotky. Výstup **X1:16**, který indikuje Error jednotky, a výstup **X1:21**, který indikuje stav Ready.
- **Sedmisegmentový display** – Je umístěn na čelní straně a indikuje důležité stavy jednotky. Základní význam značek je popsán v následující tabulce a podrobný popis včetně vysvětlení poskytuje výrobce ve své dokumentaci.

Tabulka 9 - Seznam hlášení sedmi segmentového displeje

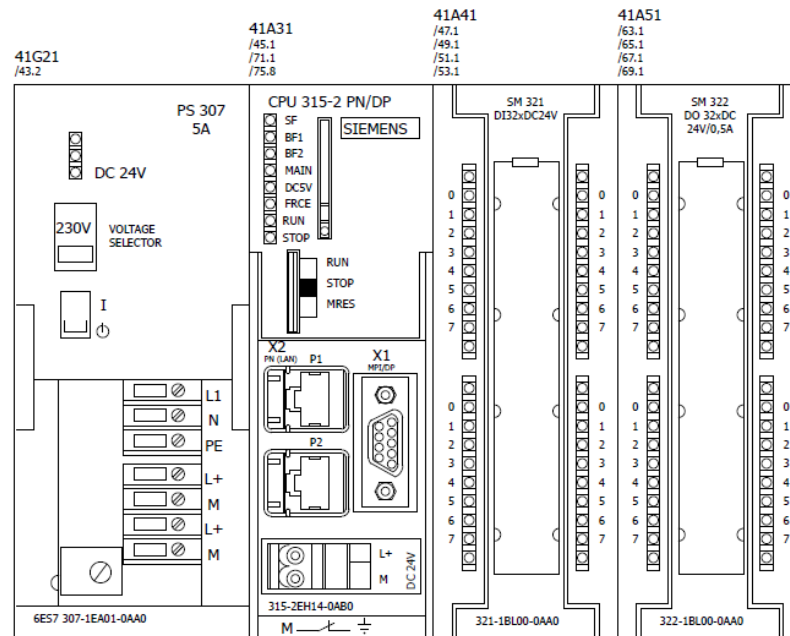
Display	Význam EN	Význam CZ
BLE	Bootloader error	Chyba nahrávání update
Exxx	Error	Chyba
Axxx	Warning	Varování
HHHH	STO - Safe Torque Off	Bezpečné zastavení spuštěno
P000	Homing	Navádění
P070	Jog positive	Posun +

P071	Jog negative	Posun -
P1xx	Positioning	Polohování
P2xx	Force mode	Silový režim
P3xx	Profile Velocity Mode	Rychlostního mód

Pro základní nastavení jednotky, parametrů připojeného motoru a oživení je použit software Festo Configuration Tool. Tento program je volně ke stažení přímo na stránkách výrobce a nastavení probíhá v příjemném grafickém prostředí, ale pro správné nastavení a komunikaci s PLC byla potřeba odborné konzultace se specialistou z firmy Festo.

6.3 Sestava PLC

Řídicí systém celého konfekčního stroje zajišťuje PLC s CPU SIMATIC S7-315-2 PN/DP od firmy Siemens. Konfigurace sestavy vychází z nároků na komunikaci s periferiemi a počtu potřebných digitálních nebo analogových vstupů/výstupů. Na základě požadavků systému je tedy zvoleno CPU, které nabízí dostatečný výpočetní výkon, umožňuje komunikaci prostřednictvím průmyslového Ethernetu (dvojice portů pro připojení konektoru RJ45 *X2:P1,X2:P2*) a sběrnice PROFIBUS (jeden port *X1:MPI/DP*). Dále je součástí sestavy zdroj PS 307 5A (*4IG21*), karta s 32 digitálními vstupy 24V DC (logická jednička je reprezentována napětím 24V a logická nula 0V) a karta s 32 digitálními výstupy 24V DC se zátěží 0,5A (logická jednička je reprezentována napětím 24V a logická nula 0V).



Obrázek 32 - Sestava PLC konfekčního stroje AG008

6.3.1 Digitální vstupy stroje

Karta digitálních vstupů je rozdělena na čtyři bajty (každý bajt představuje 8 bit/vstupů) s adresami I0, I1, I2, I3. Všechny vstupní bity včetně rezerv jsou vydrátkovány na svorkovnici **24X21**, kde jsou připojeny na vstupní prvky stroje. Napětí, které je spínáno na jednotlivé bity, má potenciálové označení 24V1. Seznam adres a význam využitých vstupů je shrnut do následující tabulky.

Tabulka 10 – Seznam použitých vstupů PLC

Adresa	Název	Význam
I0.0	Točení bubnu vpřed	Detekce log. 1 vyvolá točení hlavní hřídele v kladném směru s definovanými otáčkami 120 ot/min a náběžnou hranou 2 s
I0.1	Točení bubnu vzad	Detekce log. 1 vyvolá točení hlavní hřídele v záporném směru s definovanými otáčkami 120 ot/min a náběžnou hranou 2 s
I0.2	Krok receptu	Detekce log. 1 spustí automatické nastavení pozice podle parametrů následujícího kroku receptu
I0.3	Nouzové zastavení OK	Detekce log. 1 poskytuje informaci o funkčnosti bezpečnostního obvodu (existence napětí 24V5)
I0.4	Zpožděný kontakt bezp. Relé	Detekce log. 1 poskytuje informaci o sepnutí zpožděného kontaktu bezpečnostního obvodu (existence napětí 24V6)

I1.0	Koncový snímač levé rysky	Detekce log. 0 poskytuje informaci o dosažení referenční polohy pojezdového mechanismu levé laserové rysky
I1.1	Koncový snímač pravé rysky	Detekce log. 0 poskytuje informaci o dosažení referenční polohy pojezdového mechanismu pravé laserové rysky
I1.2	Jistič hlavního pohonu OK	Detekce log. 1 poskytuje informaci o sepnutí jističe hlavního pohonu (pomocný kontakt)
I1.3	Jistič pohonu rysek OK	Detekce log. 1 poskytuje informaci o sepnutí jističe pohonu rysek (pomocný kontakt)
I1.4	Jistič výstupů OK	Detekce log. 1 poskytuje informaci o sepnutí jističe výstupů (pomocný kontakt)

6.3.2 Digitální výstupy stroje

Karta digitálních výstupů je rozdělena na čtyři bajty (každý bajt představuje 8 bit/výstupů) s adresami Q0, Q1, Q2, Q3. Všechny výstupní bity včetně rezerv jsou vydrátkovány na svorkovnici **24X21**, kde jsou připojeny na výstupní prvky stroje. Každý bajt je možné napájet jinou úrovní napětí 24V DC. Na tomto stroji jsou však všechny bajty napájeny napětím 24V4. Seznam adres a význam využitých výstupů je shrnut do následující tabulky.

Tabulka 11 - Seznam použitých výstupů PLC

Adresa	Název	Význam
Q0.0	LED start stroje	Bílá signalizace stroje v chodu (LED svítí) nebo inicializace stroje (LED bliká) na ovládacím panelu
Q0.1	Levá ryska	Přímo spíná levou laserovou rysku (červený laser 670nm, 24V DC, 200mA, 30mW)
Q0.2	Pravá ryska	Přímo spíná pravou laserovou rysku (červený laser 670nm, 24V DC, 200mA, 30mW)
Q0.3	Cívka spojky	Spíná cívku stykače spojky na hlavní hřídeli
Q0.5	Reset poruchy levá ryska	Signál 24V DC provede reset erroru řídicí jednotky 27T11
Q0.6	Reset poruchy pravá ryska	Signál 24V DC provede reset erroru řídicí jednotky 29T11

6.3.3 Inkrementální snímač

Pro přesné polohování bubnu konfekčního stroje do žádané polohy, v určitém kroku receptu, potřebuje mít PLC informaci o jeho aktuální poloze. Na hlavní hřídel stroje je tedy přes speciální vlnovcovou

spojku připojen inkrementální snímač natočení **70A31**. Napájení 24V DC je připojeno kabelem **70W31** zakončeným 4-pinovým konektorem (pin 1 – 24V1, pin 3 – 24V0). Snímač je vybaven sběrnici s protokolem PROFIBUS pro komunikaci s PLC.

6.4 Topologie sítě stroje

Síť stroje je realizována stromovou topologií, která vychází z hvězdicové topologie, kdy všechny zařízení jsou připojeny UTP kabelem s konektorem RJ45 do aktivních prvků sítě, které mezi sebou tvoří zmiňovanou hvězdicovou topologii. Výhodou této topologie je především přímá komunikace mezi dvěma stanicemi, protože každá stanice v síti stroje má svoji jedinečnou IP adresu, pomocí které se spojí přímo s cílovou stanicí. Nedochozí tedy ke kolizi mezi pakety, síť má velkou výkonnost (oproti sběrnici topologii) a je možné přenášet data současně např. mezi různými dvojicemi sítě. Jako aktivní prvky jsou použity switch Netgear GS108GE, který poskytuje 8 Ethernet portů s maximální přenosovou rychlostí až 1Gb, jednotky PLC a frekvenčního měniče, které nabízí dvojici Ethernet portů. Všechny porty nejsou samozřejmě využity, aby zůstala adekvátní rezerva pro neplánované rozšíření stroje. Schématické znázornění propojení stanic je obsaženo v příložené elektro dokumentaci a IP adresy jednotlivých stanic jsou shrnuty v následující tabulce.

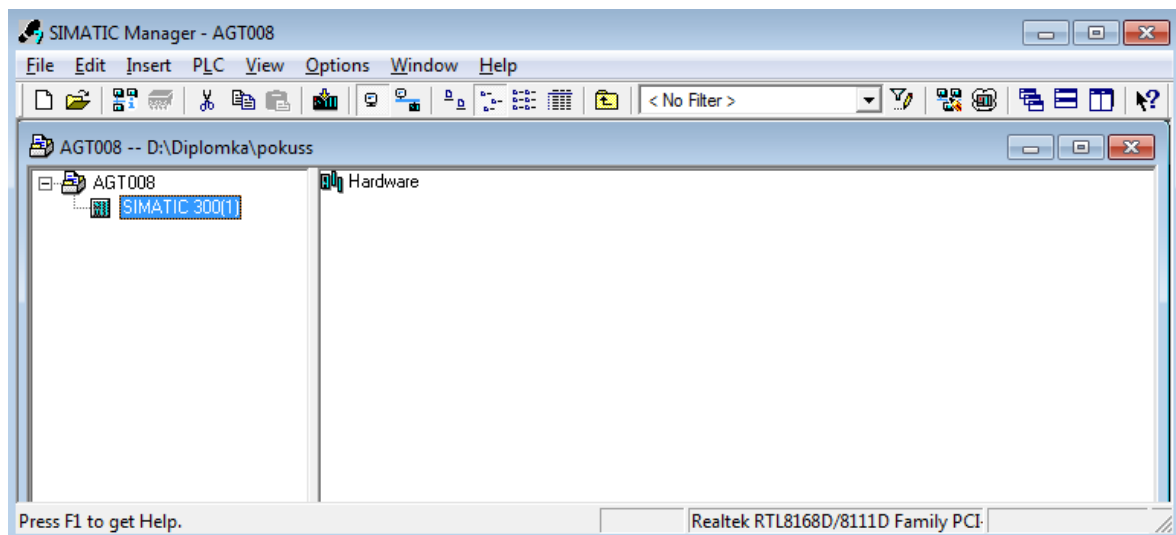
Tabulka 12 - Seznam použitých výstupů PLC

Stanice	Označení	IP adresa
PLC S7 315-2PN/DP	41A31	192.168.2.101
HMI KTP 600 Basic	75A11	192.168.2.102
CMMO-ST-C5-1-DIOP (levá)	27T11	192.168.2.105
CMMO-ST-C5-1-DIOP (pravá)	29T11	192.168.2.106
MDX61B0110	15T01	192.168.2.103

7 SOFTWAREVÝ NÁVRH ŘÍZENÍ STROJE

Řízení konfekčního stroje AG008 provádí sestava PLC s jednotkou CPU S7 315-2PN/DP, která zpracovává uživatelský program. Uživatelský program je zhotoven ve vývojovém prostředí Step7 jazykem LAD (Ladder diagram – jazyk kontaktních schémat). V této kapitole je popsán návrh hardwarové konfigurace PLC, síťové komunikace (Industrial Ethernet, Profibus), bloků programu a funkce jednotlivých obrazovek HMI panelu.

Po spuštění programu SIMATIC Manager je automaticky spuštěn průvodce pro vytvoření nového projektu, kde je třeba zadat název projektu a místo pro uložení. Nový projekt v sobě neobsahuje téměř nic, a tak je potřeba jako první vložit PLC stanicí Insert >Station >SIMATIC300.

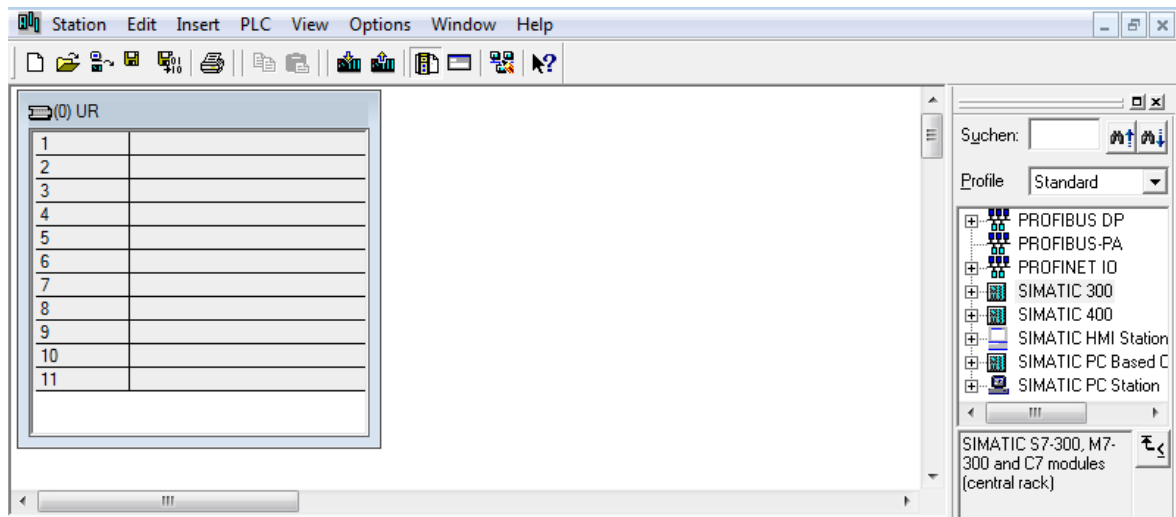


Obrázek 33 - Vytvoření nového projektu a vložení stanice SIMATIC 300

Nyní je možné provést hardwarovou konfiguraci celé sestavy řídicího systému.

7.1 Konfigurace hardware ve Step7

Nastavení hardwarové konfigurace je potřeba provést a nahrát při prvním kontaktu s PLC před samotnou tvorbou uživatelského programu. Později je možné konfiguraci doplnit nebo stáhnout její aktuální verzi z PLC. V nástroji HW Config je tedy nový „Rail“ představující prázdné okno s tabulkou UR, která znázorňuje fyzické rozmístění modulů na „Rack 0“ (speciální DIN lišta pro PLC, kdy indexace 0 znamená první řada modulů).



Obrázek 34 - Nástroj HW Config před konfigurací

Do této tabulky je potřeba nakonfigurovat správné hardwarové prvky pro použitou PLC soustavu. Katalog prvků, které je možné přiřadit jednotlivým slotům tabulky, se nachází v pravé části okna nástroje HW Config nebo jej lze otevřít ikonou na hlavní liště. Pomocí dvojkliku na vybrané CPU, moduly nebo jiná zařízení jsou pak automaticky zařazeny na následující volný povolený slot tabulky UR.

Slot	Module
1	
2	CPU 315-2 PN/DP
X1	MPI/DP
X2	PN-IO
X2 P1 R	Port 1
X2 P2 R	Port 2
3	
4	DI32xDC24V
5	DO32xDC24V/0.5A
6	

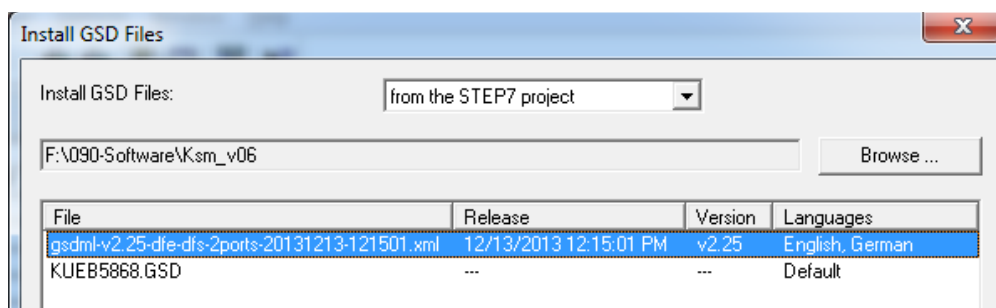
Obrázek 35 - Konfigurace PLC – tab. UR

- Slot 1 – Zůstává neobsazen, protože se předpokládá použití napájecího zdroje (z kapitoly 6.1.2 je zřejmé, že v případě tohoto stroje je na první pozici zdroj **4IG21**).
- Slot 2 – Obsahuje CPU 315-2 PN/DP v3.2 (v3.2 značí aktuální verzi CPU, která je dána výrobním číslem jednotky) a komunikační porty.
- Slot 3 – Zůstává rezervován jako logická adresa IM modulu, který se používá při vícevrstvé konfiguraci.
- Slot 4 – Obsahuje vstupní modul s 32 digitálními vstupy 24V DC.
- Slot 5 – Obsahuje výstupní modul s 32 digitálními výstupy 24V DC/0,5A.

Při dvojkliku na obsazený slot se otevře okno Properties, ve kterém je možné upravit nastavení daného prvku sestavy. V nastavení jednotky CPU je na kartě Cycle/Clock Memory zaškrtnutý check box „Clock Memory“, který zajistí ukládání časových impulzů do paměťového bajtu M0. Ostatní nastavení prvků soustavy zůstává v defaultním nastavení jednotky.

7.1.1 Konfigurace Frekvenčního měniče

Frekvenční měnič musí být v hardwarové konfiguraci přidán jako prvek PROFINET I/O. Na stránkách výrobce SEW MOVIDRIVE je tedy nutné stáhnout patřičný GSD soubor (GSDML-V2.25-DFE-DFS2Ports-20131213-121501.xml), který se po instalaci automaticky přiřadí k patřičnému portu X2.



Obrázek 36 - Instalace GSD souboru frekvenčního měniče

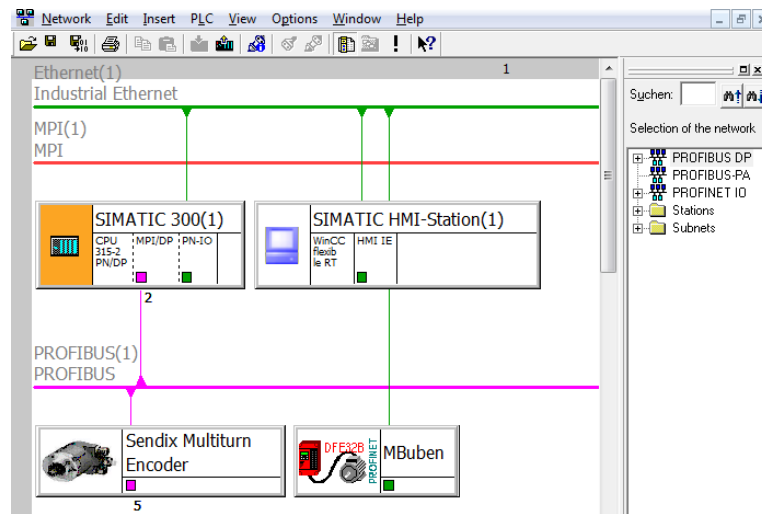
7.1.2 Konfigurace inkrementálního snímače

Inkrementální snímač Kuebler je k PLC připojen přes sběrnici Profibus jako DP master systém. Pro správnou komunikaci je také potřebné doinstalovat vhodný GSD soubor poskytnutý výrobcem, přičemž postup je stejný jako u frekvenčního měniče (obr. 36). Encoder je nakonfigurován jako 16 bit input/output consistent, což znamená, že při každém přenosu po sběrnici putuje vždy jedno vstupní a jedno výstupní 16 bit slovo (word).

7.1.3 Konfigurace sítě stroje

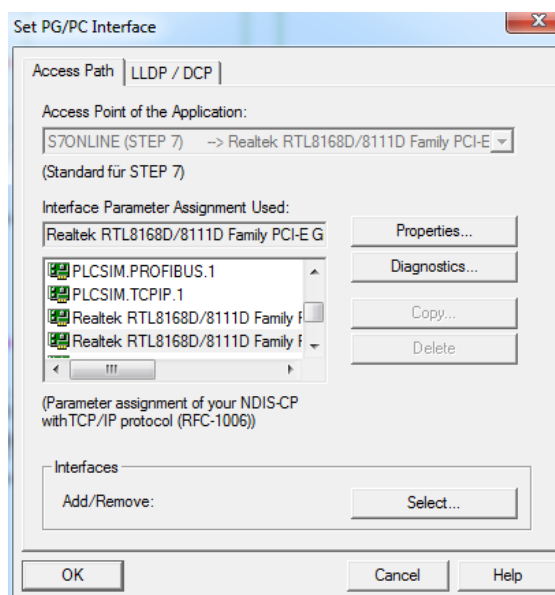
Odnoží nástroje HW Config je nástroj NetPro, který slouží pro nastavení parametrů síťového spojení a poskytuje správu sítě Industrial Ethernet a sběrnice Profibus. Jako první je potřeba definovat novou síť Ethernet (1), do které jsou automaticky připojeny zařízení konfigurované v nástroji HW Config nebo je musíme ručně přidat z katalogu. Ethernet (1) tedy obsahuje stanici SIMATIC 300, SIMATIC HMI Station a MBubn. K těmto symbolickým názvům je fixně uložena IP adresa. Pro další komunikaci v síti je možné použít pouze symbolické označení jednotek. Sběrnice Profibus (1) zajišťuje pouze

komunikaci mezi stanicí SIMATIC 300 (interface MPI/DP, adresa 2) a stanicí Sendix Multiturn Encoder (adresa 5).



Obrázek 37 - Konfigurace sítě stroje

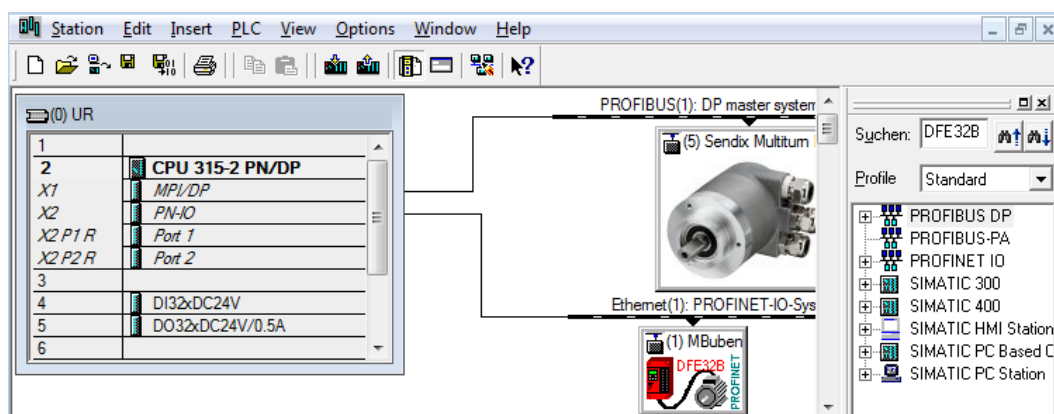
Před samotným stažením konfigurace hardware do PLC, přepnutím do online režimu nebo nahráním uživatelského programu, je nutné zprovoznit komunikaci počítače programátora s PLC, což znamená nastavit PG/PC Interface. Nastavení PG/PC Interface lze provést v nástroji NetPro nebo v SIMATIC Manager vždy pod nabídkou *Options>Set PG/PC Interface*.



Obrázek 38 - Nastavení PG/PC Interface

Na obr. 38 je zobrazeno okno pro nastavení PG/PC Interface. Na záložce „Access Path“ v okénku „Interface Parameter Assignment Used“ je potřeba vybrat adaptér síťové karty s koncovkou TCPIP.1, pomocí kterého bude vytvářena komunikace s PLC. V „Properties“ a následně v „Properties Network“ je dobré přímo nastavit IP adresu počítače a pomocí masky sítě specifikovat rozsah IP adres v síti stroje.

Po nastavení komunikace s PC je již možné provést download HW konfigurace, NetPro konfigurace, uživatelského programu nebo přechod do online režimu pro ladění programu. Na obr. 38 je zobrazena HW konfigurace, která zajistí správnou funkci uživatelského programu popsaného v následující kapitole.



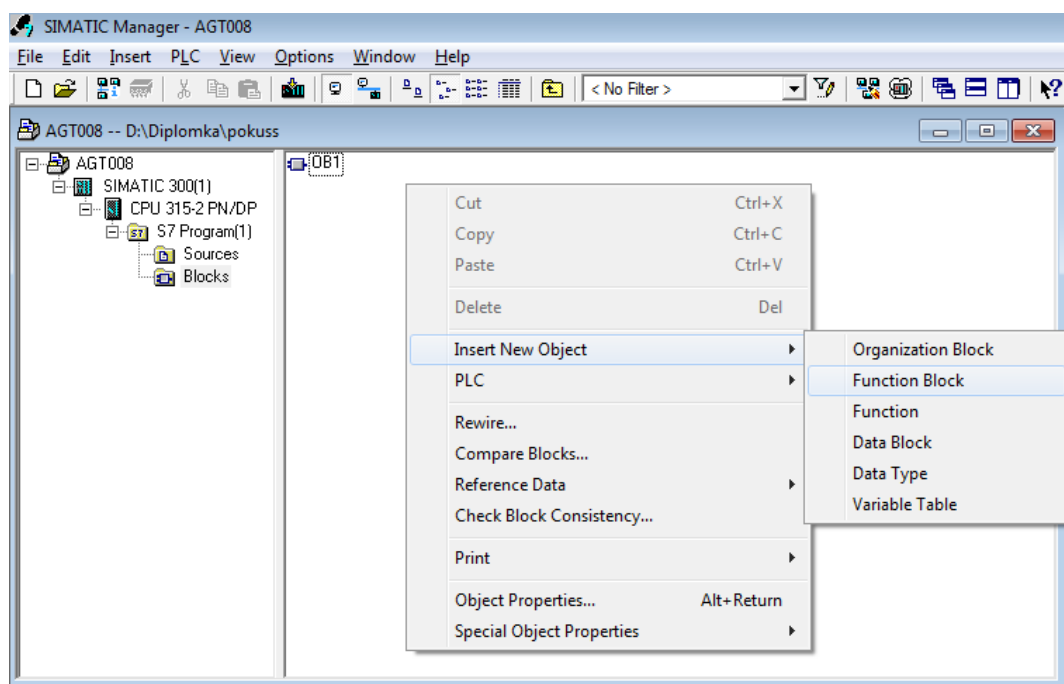
Obrázek 39 - Kompletní HW konfigurace pro konfekční stroj AG008

7.2 Uživatelský program

Uživatelský program se skládá z celé řady organizačních bloků OB, funkcí FC, funkčních bloků FB, datových bloků DB, VAT tabulek a je prováděn cyklicky.

1. Jednotka CPU kontroluje vstupní signály a uloží je do PII (tabulka vstupů v paměti CPU).
2. Provede uživatelský program.
3. Uloží hodnoty získané v uživatelském programu do tabulky výstupů PIQ a přiřadí signály příslušným výstupům.

Po provedení HW konfigurace je v programu S7 vygenerován blok OB1, který je spuštěn vždy jako první při provádění uživatelského programu v otočce cyklu. Nové bloky programu lze vytvořit velmi jednoduše. Stačí stisknout pravé tlačítko myši a v položce „Insert New Object“ vybrat potřebný blok nebo v menu pod záložkou Insert zvolit S7 Block a opět vybrat potřebný blok. Po výběru bloku je možné změnit jeho indexaci a zvolit jeho symbolické označení. V programových blocích je pak program strukturován pomocí takzvaných „NETWORK“, ve kterých je možné využít všechny programové elementy. Program obsahuje také tabulku symbolů, kde jsou všechny bloky nebo proměnné definovány čtveřicí atributů (Status, Symbol, Adress, Data Type, Comment).



Obrázek 40 - Vytvoření programových bloků ve Step7

Funkce a stručný popis jednotlivých bloků uživatelského programu konfekčního stroje membrán AG008 je uveden v následujících podkapitolách.

7.2.1 Organizační bloky programu – OB

V programu se vyskytuje pětice organizačních bloků, které jsou popsány v této podkapitole:

- **OB1 „Main“** – Tento blok je spuštěn v každé otočce cyklu jako první a postupně projde všechny NETWORK bloky. Nastaví bit paměti M1.0 jako log. 0 a bit M1.1 jako log. 1, dále ukládá do paměti a generuje impulzy délky 0,1 a 1s v závislosti na zvoleném bitu nultého bajtu (M0.0 = 0,1s a M0.5 = 1s), který je rezervován pro

hodinový generátor PLC. V následujícím NETWORK PLC kontroluje chod stroje, v sériovém spojení řady spínacích a rozpínacích kontaktů (inicializace, CStop OK, CStop Time OK, Err, log 1) a na základě průchodu signálu nastaví stroj do stavu „Run“. Pokud OB1 detekuje studený restart, přejde do funkce „Inicializace“ (FC1) a následně postupně volá (pomocí instrukce CALL) a prochází funkce: „HMI & REC“ (FC2), „Signálky“ (FC3), „Errors“ (FC4), „Buben“ (FC11), „Rysky“ (FC12).

- **OB82 „I/O_FLT1“** – Obsluhuje moduly se schopností diagnostiky (např. analogové moduly), které nejsou součástí této sestavy PLC a proto je prázdný.
- **OB83 „I/O_FLT2“** – poskytuje obsluhu přerušení vyvolanou přidáním/odebráním nakonfigurovaného modulu nebo změny parametrů modulu a chodu PLC. V tomto programu není potřeba z technologického důvodu nějak zvláště obsluhovat toto přerušení a proto je tento blok prázdný.
- **OB86 „RACK_FLT“** – Blok slouží k obsluze chyby PROFIBUS slave např. vytáhnutí PROFIBUS kabelu z ET200S. Pokud není blok naprogramován PLC přejde do režimu STOP. Při naprogramování bloku může PLC zůstat v režimu RUN a obsloužit tuto chybu. Na tomto stroji není využit.
- **OB100 „COMPLET RESTART“** – Představuje takzvaný Warm restart (manuální nebo automatický teplý restart), který nastává při přechodu přepínače, na hlavní jednotce, z pozice STOP do pozice RUN. V bloku je možné naprogramovat různé akce nebo nastavit potřebné parametry před spuštěním cyklického programu.

7.2.2 Funkce programu – FC

Z důvodu přehlednosti uživatelského programu zaštiťují některé dílčí části naprogramované funkce, jejichž stručný význam je popsán v této podkapitole:

- **FC1 „Inicializace“** – Vstupní proměnná „scan1“ typu byte (z bloku OB1) je porovnána komparátorem a je-li její hodnota menší než 3 nastaví se proměnná „Ini“ a spustí se časovač T1. Po uběhnutí definovaného času 25 s je proměnná resetována.
- **FC2 „HMI & Rec“** – Tato funkce zaštiťuje přenos dat a nastavování proměnných mezi PLC a HMI. Nejprve provede nastavení a synchronizaci času PLC a HMI pomocí systémových funkcí (SFC1 – Read System Clock, SFC0 – Set System Clock, SFC20 „BLKMOV“ – Copy Variables), poté aktualizuje proměnnou „Status“ z data bloku DB1 „dHMI“, do které je na základě množství vstupních proměnných přesunuta Integer hodnota 1 až 5, která dává informaci o stavu stroje.

Dále také nastavuje proměnné viditelnosti tlačítek polohování rysek na panelu, výběr receptu, ukládání nového receptu, ukládání nového receptu pod stávajícím číslem, za pomoci FC96 a FC95 (převod INT na REAL a zpět) výpočet vybraného a aktuálního obvodu bubnu.

- **FC3 „Signalky“** – Na základě probublání přes sériové a paralelní zapojení bitových proměnných Inicializace, CS, CStime, Blik 0,4 se aktivuje výstup Q0.0, kde je připojena bílá signálka ovládání stroje zapnuto. Po aktivaci CS signálka bliká s periodou 0,4s než je odpojen i zpožděný kontakt bezpečnostního relé.
- **FC4 „Errors“** – Zde jsou testovány jednotlivé vstupy z pomocných kontaktů jističů (pohon bubnu, pohon rysek, napájení vstupů nebo hlášení z řídicích jednotek rysek) nebo jiných příznaků poruch, kterým jsou přiřazeny jednotlivé Errorry. Součástí je také mazání příznaku poruch při resetu bitu M2.3 a mazání poruch aktivací tlačítka s proměnnou „TLerrACK“ na HMI panelu.
- **FC5 „Texty a Data“** – Funkce zjišťuje aktuální parametr kroku v automatickém módu 1 až 40 a uloží data do DB6.0.0. Dále dochází k zjištění ID popisu materiálu 1 až 5 (pro identifikaci DB je přičteno číslo 90, takže jsou použity DB91 až DB95), který je zrovna použit v daném kroku. Na základě přiřazeného data bloku je vyčítán popis směsi. Vše je přeneseno jako stream a zobrazeno na HMI panelu. To stejné je naprogramováno pro ruční výběr materiálu. Funkce také umožňuje zobrazovat na HMI název folie, séglu, kordu, profilu nebo tkaniny v aktuálním kroku.
- **FC10 „Automat“** – Po potvrzení nastavení daného receptu se právě tato funkce stará o automatický režim. Šlapka a tlačítko „přičítání kroku receptu“ jsou detekovány náběžnou hranou a čítají hodnotu aktuálního kroku směrem nahoru, než dojdou k maximu daného receptu nebo k hodnotě 40. Obdobně zle pomocí tlačítka „odečítání kroku receptu“ odečíst krok receptu.
- **FC11 „Buben“** – Pokud je stroj v režimu „Run“, jistič pohonu bubnu a spojka jsou sepnuté a za předpokladu nastavené žádané polohy bubnu (automat), jsou dostupné vstupní parametry pro zavolání FB4 (funkční blok polohování bubnu). Při pouhém sešlápnutí alespoň 0,3 s šlapky otáčení bubnu vpřed/vzad (automatické polohování musí být dokončeno) se nastaví rozběhová rampa 3,5 s a buben se začne točit maximální rychlostí (ve většině receptů 180ot/min). Při automatickém režimu se nastavují rychlosti v závislosti na kroku receptu. Všechny parametry potřebné pro

rozběh servomotoru jsou poslány do FB3 (FM SEW), který vrací hodnoty aktuální rychlosti, aktuálního proudu, error, ready.

- **FC12 „Rysky“** – Funkce se stará o polohování rysek do žádané polohy na rampě stroje. Stroj musí být v režimu „Run“, aby po kontrole aktivace bezpečnosti mohly být nastaveny rysky do referenční polohy a následně přejít do polohy umístění pravého a levého kroužku bubnu podle parametrů receptu. V tuto chvíli při vybraném receptu volá funkce bloky FB2, FB2, které nastaví žádanou pozici rysek pro pokládání materiálu v příslušném kroku.
- **FC90 „Name Read“** – Funkce slouží pouze pro vyčítání názvu folie, séglu, kordu, profilu nebo tkaniny z příslušného data bloku (DB90 až DB95).
- **FC91 „Name Write“** – Funkce slouží pouze pro vyčítání názvu folie, séglu, kordu, profilu nebo tkaniny z příslušného data bloku (DB90 až DB95).
- **FC92 „InPos“** – Funkce slouží k porovnání rozdílu hodnot nastavené a aktuální polohy s požadovanou tolerancí. Výstupem funkce je log 1 při dodržení tolerance.
- **FC93 „Rec Read“** – Funkce poskytuje možnosti vyčítání receptu podle zvoleného čísla receptu 1-130 z data bloků DB500 až DB512.
- **FC94 „Rec Write“** – Funkce poskytuje možnosti uložení receptu pod zvoleným číslem receptu 1-130 z data bloků DB500 až DB512.
- **FC95 „R x K To I“** – Funkce, která převede vstupní datový typ Real s příslušným koeficientem K po zaokrouhlení na datový typ Integer.
- **FC96 „I To R x K“** – Funkce, která převede vstupní datový typ Integer pomocí převodu na Double Integer a následně Double Integer na Real. V poslední části je hodnota Real vynásobena potřebným koeficientem K.
- **FC97 „Zmena Kroku Select“** – Umožňuje vybrat parametr kroku uprostřed výběru a změnit jeho hodnotu.

7.2.3 Funkční bloky programu – FB

Podobně jako funkce zajišťují i funkční bloky přehlednost programu a umožňují na sebe vázat datové bloky, s kterými provádějí potřebné operace. V následujícím textu je obsažen stručný popis a význam jednotlivých funkčních bloků programu konfekčního stroje:

- **FB1 „TCP Festo Motor“** – Funkční blok se stará o obsluhu komunikace mezi řídicí jednotkou Festo a PLC pomocí protokolu TCP. Na základě podmínek

provede blok připojení nebo odpojení, odešle a přijme potřebné telegramy a uloží je do instančních datových bloků. Funkční blok se také stará o diagnostiku připojení, odpojení, odesílání a příjem dat v podobě binárních informací „DONE“, „BUSY“, „ERROR“, „STATUS“. Další část kódu FB1 se stará o vynulování hodnot telegramů v paměti a následnému nastavení potřebného telegramu v závislosti na požadavku kroku receptu.

- **FB2 „PolRysky“** – Blok se stará o určení aktuální polohy pravé a levé rysky a zároveň se také stará o dodržení minimální vzdálenosti mezi ryskami při rychlém přejezdu, aby nedošlo ke srážce. Zároveň také vyhodnocuje, je-li žádaná poloha mezi ryskami fyzicky možná.
- **FB3 „FM SEW“** – Zajišťuje komunikaci s jednotkou frekvenčního měniče. První přijme data z měniče a uloží je do instančního datového bloku DB3 a na základě těchto dat a vstupních proměnných sestaví blok strukturu dat, která je odeslána do frekvenčního měniče.
- **FB4 „Poloh Bubnu“** – Obsahuje algoritmus, který při automatickém polohování do žádané polohy vybere vždy správný směr (dopředu, reverze) na základě nejmenšího úhlového natočení s tolerancí $1,5^\circ$. Vždy je nejdříve buben natočen do nulové výchozí polohy. Žádaná poloha a aktuální poloha bubnu jsou převedeny do datového typu Real a jsou od sebe odečteny a z výsledku je určena absolutní hodnota „Abs_Del“ (ve stupních). Tento úhel je odečten od úhlu 360° a následně opět uložen jako absolutní hodnota výsledku „Abs_D360“. Obě proměnné jsou porovnány, zda jsou menší nebo rovny s lokální proměnnou „Tol“, je-li podmínka splněna, nastaví se proměnná typu Bool „InPos“ a provede se reset proměnné „polohuj“. Na základě několika podmínek s proměnnými uvedenými výše je rozhodnuto (v podobě výstupních proměnných), zda se buben bude pohybovat dopředu „Go“ nebo v reverzi „Rev“ a s jakou rychlostí „Speed“.
- **FB63 „TSEND“** – SIMATIC funkční blok, který zajišťuje odesílání telegramů přes protokol TCP.
- **FB64 „TRCV“** – SIMATIC funkční blok, který zajišťuje příjem telegramů přes protokol TCP.
- **FB65 „TCON“** – SIMATIC funkční blok, který zajišťuje připojení k jednotce přes protokol TCP.
- **FB66 „TDISCON“** – SIMATIC funkční blok, který zajišťuje odpojení jednotky.

7.2.4 Datové bloky - DB

V programu se nachází řada datových bloků, které obsahují proměnné různých datových typů a vztahují se k určitým funkcím nebo funkčním blokům. Je zde obsaženo i určité množství uzamčených „instance data blok“, jejichž obsah je inscenován funkčním blokem a obsahuje všechny jeho lokální proměnné. Seznam všech datových bloků včetně symboliky a významu je obsažen v následující tabulce.

Tabulka 13 - Seznam datových bloků v uživatelském programu

Index DB	Symbolické označení	Význam
DB1	"dHMI"	Datový blok obsahuje proměnné pro výměnu mezi PLC a HMI
DB2	"dErr"	Datový blok obsahuje seznam Error a Warning
DB3		Instace data block for FB3
DB4		Instace data block for FB4
DB5		Instace data block for FB5
DB6	"DB Data HMI"	Datový blok obsahuje data z HMI
DB10	"DB MotoHod"	Datový blok obsahuje data o počtu odpracovaných hodin a metrů
DB90	"DB Names"	Datový blok obsahuje názvy materiálu (folie, ségl, kord, profil, tkanina, směs, typ
DB91	"DB Folie"	Datový blok obsahuje název fólie
DB92	"DB Segl"	Datový blok obsahuje název séglu
DB93	"DB Kord"	Datový blok obsahuje název kordu
DB94	"DB Profil"	Datový blok obsahuje název profilu
DB95	"DB Tkanina"	Datový blok obsahuje název tkaniny
DB96	"DB Smes"	Datový blok obsahuje název směsi
DB100	"RecAkt"	Datový blok obsahuje proměnné aktuálně zvoleného receptu
DB101	"RecSel"	Datový blok obsahuje proměnné při výběru receptu
DB200	"DB TCP cfg RyskaL	Datový blok obsahuje proměnné pro konfiguraci řídicí jednotky levé rysky
DB201		Instace data block for FB1
DB300	"DB TCP cfg RyskaR	Datový blok obsahuje proměnné pro konfiguraci řídicí jednotky pravé rysky
DB301		Instace data block for FB1

DB500	"Rec 1..10"	Datový blok obsahuje parametry receptů 1 - 10
DB501	"Rec 11..20"	Datový blok obsahuje parametry receptů 11 - 20
DB502	"Rec 21..30"	Datový blok obsahuje parametry receptů 21 - 30
DB503	"Rec 31..40"	Datový blok obsahuje parametry receptů 31 - 40
DB504	"Rec 41..50"	Datový blok obsahuje parametry receptů 41 - 50
DB505	"Rec 51..60"	Datový blok obsahuje parametry receptů 51 - 60
DB506	"Rec 61..70"	Datový blok obsahuje parametry receptů 61 - 70
DB507	"Rec 71..80"	Datový blok obsahuje parametry receptů 71 - 80
DB508	"Rec 81..90"	Datový blok obsahuje parametry receptů 81 - 90
DB509	"Rec 91..100"	Datový blok obsahuje parametry receptů 91 - 100
DB510	"Rec 101..110"	Datový blok obsahuje parametry receptů 101 - 110
DB511	"Rec 111..120"	Datový blok obsahuje parametry receptů 111 - 120
DB512	"Rec 121..130"	Datový blok obsahuje parametry receptů 121 - 130

7.2.5 VAT tabulky a systémové funkce SFC

VAT tabulky slouží pro snadné a pohodlné zobrazení nebo přepisování hodnot proměnných při ladění programu. Podobně jako v datovém bloku zde může figurovat jakákoliv proměnná, ale v případě programu konfekčního stroje jsou v každé tabulce obsaženy proměnné vztažené k určitým úlohám.

- V Buben – Informace o parametrech a stavech bubnu.
- V Kroky Select – Informace o vybraném kroku (název, parametry, apod.).
- V Names – Informace o ukládaných názvech.
- V PolBuben – Informace o poloze bubnu.
- V PolohaRysek – Informace o poloze rysek.
- V RyskaL – Data o levém pohonu laserové rysky.
- V RyskaR – Data o pravém pohonu laserové rysky.
- V Test – Informace potřebné k testování funkčnosti stroje.

Systémové funkce jsou součástí každého operačního systému PLC a je vhodné je využívat pro řadu běžně používaných úloh jako např. kopírování proměnných, řízení běhu programu, správa systémového času, přerušení, diagnostika apod. V tomto programu jsou využity systémové funkce popsání v následující tabulce.

Tabulka 14 - Seznam systémových funkcí v uživatelském programu

Index SFC	Symbolické označení	Význam
SFC0	"SET_CLK"	Funkce pro nastavení času
SFC1	"READ_CLK"	Funkce pro čtení času
SFC14	"GET"	Funkce pro čtení dat ze vzdáleného CPU
SFC15	"PUT"	Funkce pro zápis dat do vzdáleného CPU
SFC20	"BLKMOV"	Funkce pro kopírování proměnných
SFC24	"TEST_DB"	Funkce pro testování DB

7.2.6 Přenos bloků do PLC a ladění programu

Pro přenos bloků do PLC nabízí Step7 několik možností, ale vždy je nutné mít zprovozněnou komunikaci mezi PC a PLC. Přenos bloků v SIMATIC Manageru lze realizovat kliknutím na ikonu „Download“ (ikona zobrazující sestavu a šipku dovnitř) nebo v rolovacím menu PLC -> Download. V zásadě je možné přenášet:

- Všechny bloky – Uživatel označí složku „Blocks“ v levé části programu.
- Některé bloky – Uživatel drží klávesu CTRL a myší označí potřebné bloky.
- Jeden blok – Uživatel označí pouze daný blok.

Další možnost je přenést změny určitého bloku do PLC přímo v editoru LAD/STL/FBD kliknutím na ikonu „Download“ nebo v rolovacím menu PLC -> Download.

Ladění bloků programu lze provést pomocí testovací funkce „Monitoruj blok“, která umožní sledování vykonávaného programu uvnitř vybraného bloku. Do testovacího módu „Monitoruj“ aktuálně otevřeného bloku v editoru LAD/STL/FBD se uživatel může přepnout ikonou brýlí nebo v rolovacím menu Debug -> Monitor. Testovaný blok musí být stejný v režimu off-line (otevřený v editoru LAD/STL/SBD) i v režimu online (aktuální blok uložený v CPU), aby bylo možné blok monitorovat. Pokud nejsou tyto dva bloky stejné je potřeba uložit změny a znovu nahrát blok do PLC (je jedno zda v režimu online nebo off-line spojení s PLC). Testovací mód poté zobrazuje aktuální stavy a obsahy adres u jednotlivých elementů programu jednorázově nebo v každé otočce cyklu (zobrazení stavu je aktuální pouze, když je CPU v režimu RUN a bloky, které se monitorují, jsou zpracovávány).

7.3 Programování HMI panelu

Současné trendy automatizovaných strojů počítají s určitým standardem vizualizace procesu, který poskytuje spojení mezi strojem a člověkem a je označeno zkratkou HMI

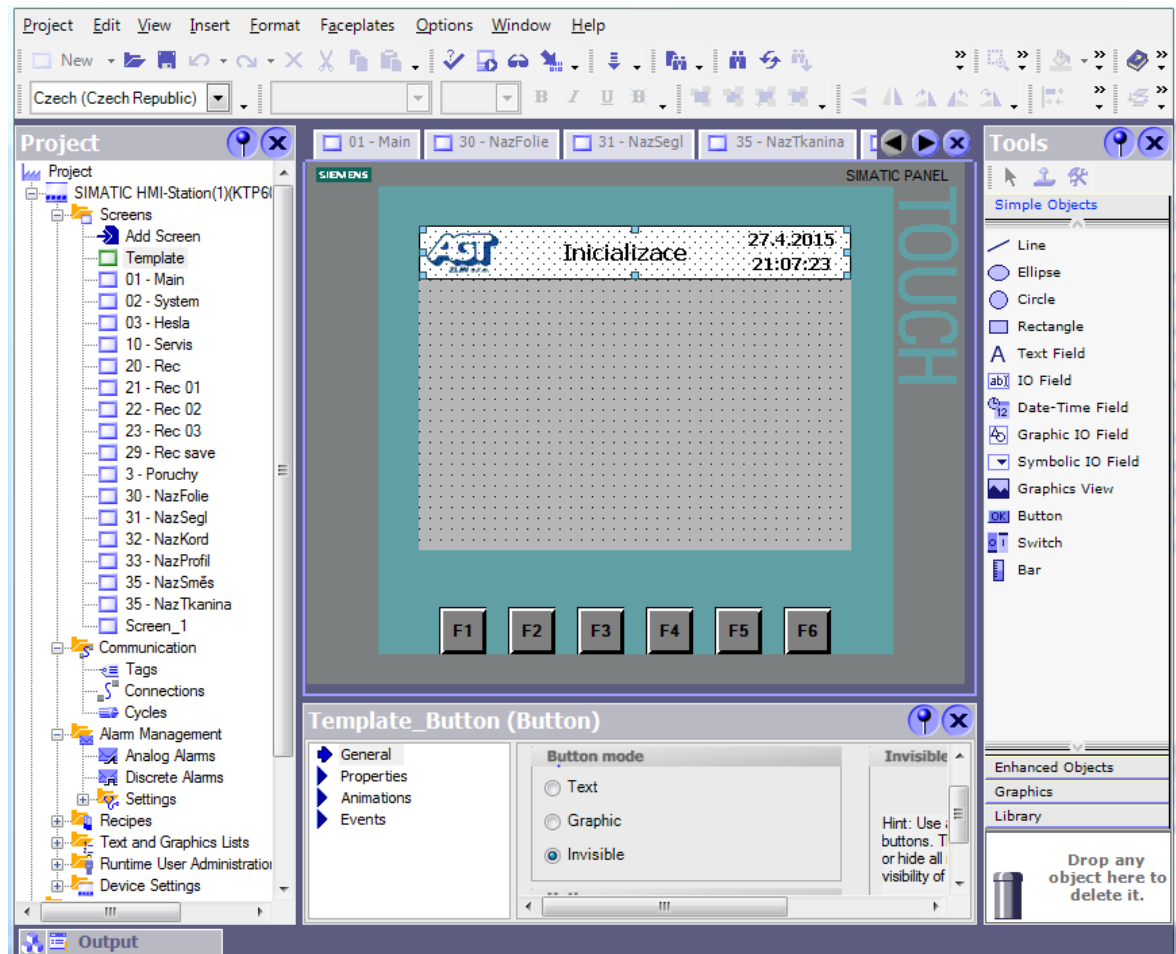
(Human Machine Interface). Vývojové prostředí WinCC Flexible 2008 umožňuje programování SIMATIC HMI panelů s rozsáhlým uplatněním při:

- **Vizualizaci procesu** – Tvorba obrazovky HMI, která je dynamicky aktualizována.
- **Ovládání procesu** – Operátor má možnost řídit stroj pomocí GUI (dotykový panel nebo tlačítka na panelu).
- **Alarmu procesu** – Kritické stavy nebo hodnoty procesu vyvolají alarmové hlášení.
- **Archivaci dat procesu** – Umožňuje archivovat data předchozího procesu nebo předchozího alarmu.
- **Správě a ukládání parametrů procesu** – Operátor má možnost vkládat data a vytvářet nové recepty.

Ovládací panel konfekčního stroje je osazen dotykovým HMI panelem SIMATIC KTP 600 Basic s uhlopříčkou 6“, který komunikuje s PLC pomocí průmyslového Ethernetu. V SIMATIC Manageru je nutné přes rolovací menu Insert -> Station -> SIMATIC HMI station vybrat adekvátní panel (KTP 600 Basic color PN). Po tomto kroku se do projektu automaticky nakonfigurují všechny potřebné soubory a dojde k propojení mezi WinCC Flexible a Step7. Je také potřeba v hardwarové části přidat HMI do sítě Ethernet (1) a nastavit mu správnou IP adresu uvedenou v hardwarovém návrhu. Po dvojkliku na libovolný soubor v podúrovni jednotky HMI je spuštěno prostředí WinCC Flexible, které umožňuje výše popsané možnosti.

Panel komunikuje s PLC pomocí Tagů, které obsahují potřebné proměnné uživatelského programu. U každého Tagu je důležité nastavit také „Acquisition cycle“, což představuje časový interval, s kterým bude proměnná aktualizována (u všech Tagů je nastaven čas 100 ms).

U vytváření grafiky jednotlivých obrazovek je možné využít nabídky nástrojů, která umožňuje vytvářet tlačítka, vkládat obrázky, vkládat geometrické obrazce apod. Je vhodné dodržet nějakou grafickou strukturu jednotlivých stránek a proto WinCC umožňuje vytvořit šablonu (Template), která je automaticky otisknuta do nové stránky. Grafickým objektům lze také nastavit určitou funkci např. tlačítko představuje binární změny, vstupně/výstupní pole číselné hodnoty apod.



Obrázek 41 - Vývojové prostředí pro SIMATIC HMI – WinCC Flexible 2008

Na obr. 41 je zobrazena šablona, která obsahuje logo společnosti AGT, popis stavu stroje a aktuální datum a čas. V následujících podkapitolách je popsán význam jednotlivých obrazovek HMI panelu konfekčního stroje membrán AG008.

7.3.1 Obrazovka Main

Obrazovka „Main“ se objevuje na displeji vždy, když obsluha provádí vybraný recept. V závislosti na kroku receptu jsou různé prvky obrazovky zobrazeny nebo schovány, ale část prvků zůstává u všech kroků receptu stejná. V každém receptu se zobrazuje název receptu (vrchní okno string), aktuální poloha rysek, krok a sada tlačítek menu:

- „Předpis“ – Po stisku přejde HMI na obrazovku „Rec“.
- „Názvy mat.“ – Po stisku přejde HMI na obrazovku „NazFolie“.
- „Skok na Krok 0“ – Po stisku nastaví proměnnou „Krok Auto“.
- „Hlášení“ – Po stisku přejde HMI na obrazovku „Poruchy“.
- „Servis“ – Po stisku přejde HMI na obrazovku „Servis“.

Všechny tyto tlačítka menu na panelu jsou spárovány s fyzickými tlačítky pod displejem. Při automatickém přepínání kroků receptu jsou postupně zobrazovány a aktualizovány parametry materiálu, poloha bubnu nebo název pokládáného materiálu. Ikona STOP je zobrazena, když rysky nedojedou do žádané pozice.



Obrázek 42 - Obrazovka Main

7.3.2 Obrazovka Systém

Na této obrazovce je v levé horní části zobrazen aktuální datum a čas, v pravé horní části pole „Nastav datum a čas“, které po stisknutí umožní přenastavit čas v PLC. Pod polem aktuálního času je pole „Čištění obrazovky 30 s“, které po stisknutí spustí systémovou funkci vypnutí aktivity displeje. Pole „Kalibrace dotykové obraz.“ spustí po stisknutí systémovou funkci pro kalibraci displeje. Tlačítko „Zpět“ spárované s fyzickým tlačítkem F1 přepne po stisku na obrazovku „Main“ a tlačítko „Ukončení aplikace“ spárované s fyzickým tlačítkem F6 přejde po stisku do módu „Run-Time“.



Obrázek 43 - Obrazovka System

7.3.3 Obrazovka Servis

Servisní obrazovka slouží k zjištění stavu laserových rysek. Zobrazuje jejich aktuální polohu, error nebo dosažení referenční polohy indikované řídicí jednotkou a počet odpracovaných „MotoHod“. Lze nastavit žádanou polohu rysek a tlačítkem „Go“ spustit přemístění rysek, tlačítkem „Stop“ zastavit pohyb rysek nebo tlačítkem „Ref“ poslat rysky do referenční polohy. Ikona STOP je zobrazena, když rysky nedojedou do žádané pozice. Spodní tlačítka na panelu jsou spárovaná s fyzickými tlačítky a umožní po stisknutí přejít na obrazovky „Main“, „Hesla“ nebo „System“.

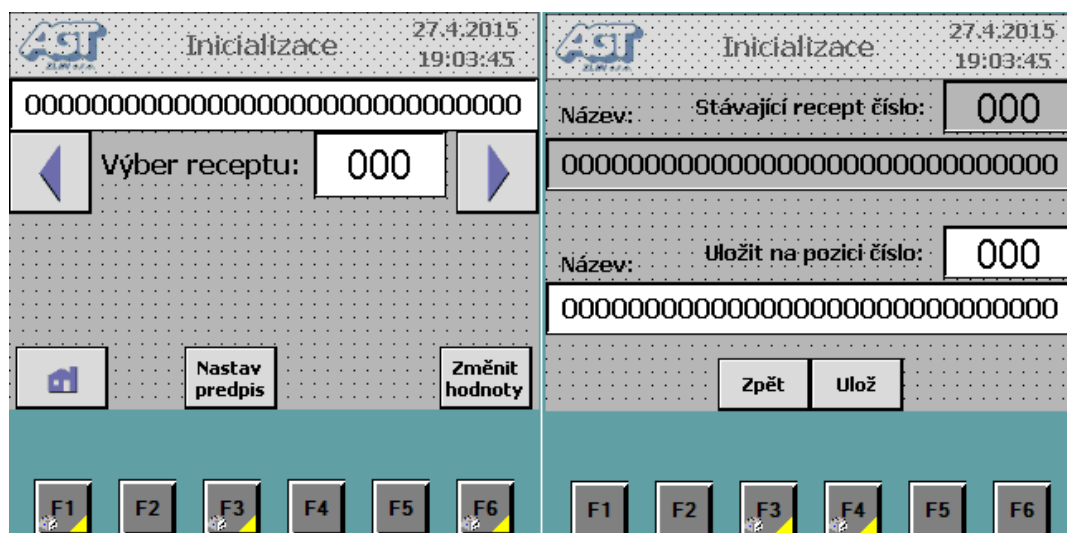


Obrázek 44 - Obrazovka Servis

7.3.4 Obrazovka Rec, Rec save

Na obrazovce „Rec“ (levá obrazovka na obr. 45) má obsluha možnost výběru potřebného receptu s indexem 1 až 131, přičemž u každého receptu se zobrazuje jeho aktuální název. Spodní tlačítka na panelu jsou spárovaná s fyzickými tlačítky a umožní po stisknutí F1 přejít na obrazovku „Main“, po stisknutí tlačítka F3 („Nastav předpis“) provede nastavení receptu a po stisknutí F6 („Změnit hodnoty“) přejde na obrazovku „Rec1“.

Obrazovka „Rec save“ (pravá obrazovka na obr. 45) umožňuje uložit nové parametry receptu pod stávající recept.

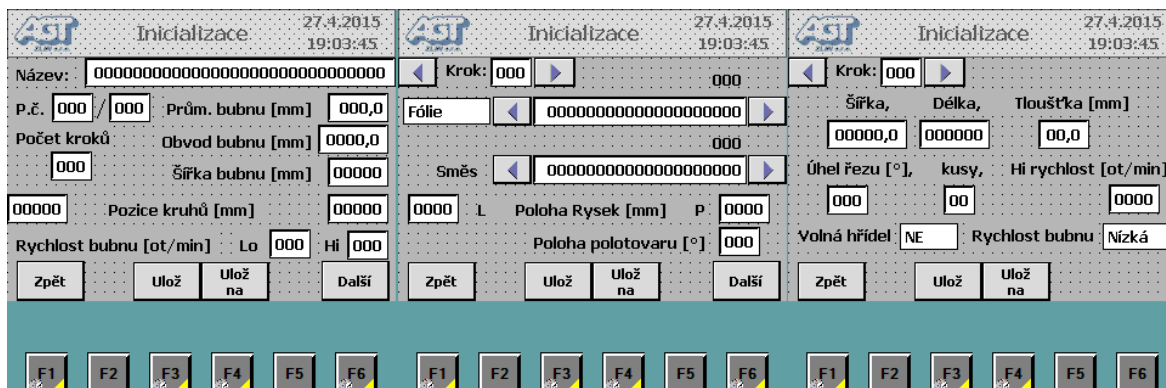


Obrázek 45 - Obrazovka Rec, Rec save

7.3.5 Obrazovka Rec01, Rec02, Rec03

Nastavení parametrů kroků jednotlivých receptů se skládá z trojice obrazovek (Rec01, Rec02, Rec03). Na obrazovce „Rec01“ se nastavují obecné informace receptu pro výrobu membrán jako je název, průměr bubnu, obvod bubnu, šířka bubnu, poloha kruhů (pravý, levý) a rychlost otáčení (pomalu, rychle) v jednotkách ot/min. Obrazovka „Rec02“ slouží k nastavení pokládaného materiálu, směsi, polohy rysek a natočení hlavního bubnu pro vybraný krok receptu. Na poslední obrazovce „Rec03“ se nastavují data specifikující materiál jako je šířka, délka, tloušťka, úhel řezu, kusy, rychlost, volná hřídel a rychlost bubnu vybraného kroku receptu. Všechny obrazovky jsou také vybaveny sadou tlačítek spárovanými s fyzickými tlačítky, a proto uživatel po stisku tlačítka F1 („Zpět“) přejde na předchozí obrazovku, tlačítkem F3 („Ulož“) uloží nový recept, tlačítkem F4 („Ulož na“)

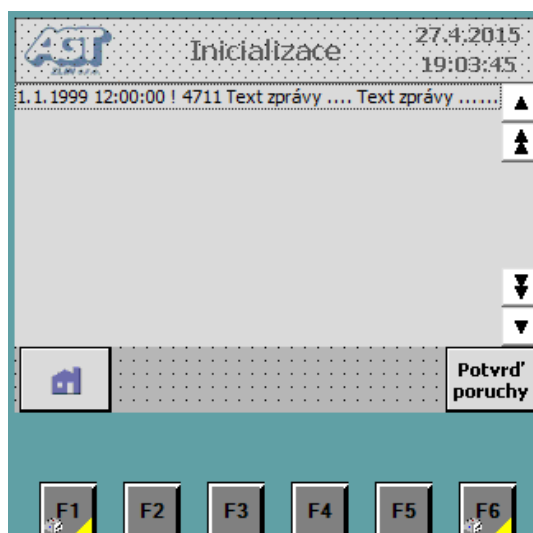
přejde na obrazovku „Rec save“ a tlačítkem F6 („Další“) pokračuje na další obrazovku nastavení receptu.



Obrázek 46 - Obrazovka Rec01, Rec02, Rec03

7.3.6 Obrazovka Poruchy

Pro výpis chybových hlášení stroje je zhotovena speciální obrazovka „Poruchy“, kde jsou poruchy řádkovány pod sebe a obsahují datum vzniku poruchy a text s významem. Také tato obrazovka obsahuje tlačítka spárovaná s fyzickými tlačítky a po stisknutí F1 přejde HMI na obrazovku „Main“, po stisknutí F6 („Potvrď poruchy“) vymaže výpis označených poruch.



Obrázek 47 - Obrazovka poruchy

7.3.7 Obrazovky NazFolie, NazSegl, NazKord, NazProfil, NazSměs, NazTkanina

Obrazovka slouží pro vkládání nového názvu fólie pod indexem, který je volen v pravé horní části obrazovky šipkami vpřed/vzad nebo po kliknutí do políčka (000) interaktivní klávesnicí. Název je poté uložen tlačítkem „Ulož“ a je možné přímo přejít na vkládání „Směs“ nebo „Segl“. Po stisknutí tlačítka F1, které je spárované s ikonou domu, přejde HMI na obrazovku „Main“. Ostatní obrazovky uvedené v nadpisu jsou téměř totožné, jen se mění název (Ségl, Kord, Profil, Směs, Tkanina) a obsah tlačítek pro rychlý přechod mezi materiály.



Obrázek 48 - Obrazovka NazFolie

ZÁVĚR

Důvodem globálního nasazování PLC v průmyslové automatizaci je kromě jejich odolnosti a konfiguračních možností, vzhledem k nárokům a specifikaci řízeného systému, rovněž množství jejich výrobců a prodejců. Přední světoví výrobci, jako je např. Siemens, Festo, Moeller, Schneider, Allen-Bradley nabízejí v dnešní době již standardně PLC jednotky různých výkonových kategorií, které umožní za přijatelné vstupní náklady řídit potřebný systém. Součástí nabídky výrobců PLC jsou různé rozšiřovací vstupní/výstupní moduly, komunikační moduly, zdroje, vizualizační interface a veškeré příslušenství.

Výstupem mojí práce je komplexní řešení pro návrh řízení konfekčního stroje membrán s pracovním označením AG008 včetně jeho realizace u zákazníka. Návrh je vytvořen tak, aby stroj splnil všechny požadavky pro výrobu speciálních pryžových membrán. Za prvky, které jsou zárukou správné funkce stroje, je možné považovat hlavní servomotor, který otáčí konfekčním bubnem a je řízen frekvenčním měničem, krokové motory zajišťující pohyb laserových rysek, které určují předepsané polohy pro pokládání materiálu jednotlivých vrstev membrány. Hlavní řídicí jednotka, která se stará o správné nastavení pohonů bubnu a dvojice rysek představuje PLC SIMATIC S7-315-2PN/DP od firmy Siemens. Sestava PLC obsahuje komunikační porty (2xEthernet, 1xPROFIBUS) a rozšiřující moduly pro připojení až 32 digitálních vstupů/výstupů. Obsluha má pro ovládání stroje k dispozici trojici nožních spínačů (pohyb bubnu vpřed, vzad, další krok) a ovládací panel, který obsahuje tlačítka NZ, start stroje, krok „+“, krok „-“, spojka „zap/vyp“ a především dotykový ovládací panel HMI KTP600 Color Basic taktéž od firmy Siemens. Celý softwarový návrh PLC je vytvořen ve vývojovém prostředí Step7, přičemž uživatelský program obsahuje různé bloky zajišťující komunikaci a řízení pohonů, datové operace, ovládání stroje a bezpečnostní prvky. HMI Interface dotykového panelu je naprogramován ve vývojovém prostředí WinCC Flexible 2008, který je, stejně jako Step7, vytvořen a dodáván firmou Siemens.

Podle elektrické dokumentace, která je zpracována na základě hardwarového návrhu v konstrukčním nástroji EPLAN Elektrik P8, byl zhotoven elektrický rozvaděč a ovládací panel. Po umístění stroje na pracovní pozici byla provedena montáž elektrického rozvaděče, ovládacího panelu a ostatních elektrických prvků osazených přímo na stroji včetně připojení kabelu hlavního přívodu. Následně bylo provedeno „oživení“ stroje, které v sobě zahrnuje nejen ověření funkce elektrických součástí, ale i postupné ladění navrženého programu PLC podle technologických norem a potřeb. Kompletní elektrická

dokumentace ve formátu PDF a uživatelský program spustitelný v prostředí Step7 a WinCC Flexible 2008 jsou, obsaženy na přiloženém CD.

V diplomové práci jsem využil teoretické základy mého studia a vytvořil návrh řízení konfekčního stroje pro výrobu membrán, který je fyzicky realizován v praxi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HISTORIE PLC. *PLC AUTOMATIZACE* [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.plc-automatizace.cz/knihovna/historie/historie-plc.htm>.
- [2] ŠMEJKA, Ladislav a Luboš URBAN. Programovatelné automaty – PLC, nebo PAC?. In: *Odborné časopisy* [online]. © 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://old.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28832.
- [3] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998, 160 s. ISBN 80-01-01766-4.
- [4] HENNING, Carl. Průmyslové sítě v současné praxi. Řízení a údržba průmyslového podniku [online]. 31. 5. 2013 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/prumyslove-site-v-soucasne-praxi/>.
- [5] KOSEK, Rostislav. Profinet – standard pro průmyslový Ethernet v automatizaci. In: *Odborné časopisy* [online]. © 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://old.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30419.
- [6] KRYŠTŮFEK, Jan. Technický popis: Přehled. Index [online]. 2013 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www1.fs.cvut.cz/cz/u12110/site/profibus/>.
- [7] ČERVINKA, František. Operátorské panely (HMI). Miniautomatizace [online]. 2014 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://miniautomatizace.cz/programovani/operatorske-panely-hmi/>.
- [8] *SCADA/HMI systém PROMOTIC* [online]. 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.promotic.eu/cz/>
- [9] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999, 223 s. ISBN 80-86056-58-9.
- [10] BOLTON, W. *Programmable logic controllers: an introduction*. 3rd ed. Burlington, Mass.: Newnes, 2006, ix, 292 p. ISBN 0-7506-8112-8.
- [11] PLC SIMATIC S7-300. *Siemens* [online]. © 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://stest1.etnetera.cz/ad/current/index.php?ctxnh=ee5ad951ae>.
- [12] Bezpečnostní CPU pro Simatic S7-300 s rozhraním pro Profinet. In: *Odborné časopisy* [online]. © 2015 [cit. 2015-05-03].

Dostupné z: http://old.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30821

[13] *Siemens* [online]. 2015 [cit. 2015-05-03].

Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PLC	Programmable Logic Controller
CPU	Central Processing Unit
HMI	Human Machine Interface
IRC	Internet Relay Chat
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
LAN	Local Area Network
WLAN	Wireless Local Area Network
ISO	International Organization for Standardization
OSI	Open Systems Interconnection
TCP	Transmission Control Protocol
IP	Internet Protocol
IEC	International Electrotechnical Commission
IRT	Internet Reliable Transaction Protocol
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
SCADA	Supervisor Control And Data Acquisition
USB	Universal Serial Bus
PC	Personal Computer
IPC	Industrial Personal Computer
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
RAM	Random Access Memory
RWM	Read Write Memory
LED	Light Emitting Diode
GSM	Global System for Mobile communications
LAD	Ladder diagram

FBD	Functional Block Diagram
STL	Statement List
MPI	Multi-point fuel injection
EN	Evropská norma
NFPA	National Fire Protection Association
HW	Hardware
OB	Organizační blok
FB	Funkční blok
SFB	Systémový funkční blok
FC	Funkce
SFC	Systémová funkce
DB	Datový blok
UDT	Universal data blok
SBC	Single Board Computer
DIN	Deutsche Industrie Norm
AC	Střídavé napětí
DC	Stejnoseměrné napětí
STO	Safe torque off
HTTP	HyperText Transfer Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
UTP	Unshielded Twisted Pair
VAT	Variable-tail Allocation Table
PII	Tabulka vstupů v paměti CPU
PIQ	Tabulka výstupů v paměti CPU
PDF	Portable Document Format
NZ	Nouzové zastavení

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Komunikace řídicího systému [13].....	14
Obrázek 2 - Textový HMI panel KP300 firmy Siemens [13].....	17
Obrázek 3 - Grafické HMI panely třídy KTP firmy Siemens [13].....	18
Obrázek 4 - SCADA systém Promotic [8].....	18
Obrázek 5 - Mikro PLC LOGO [13]	19
Obrázek 6 - Kompaktní PLC S7 200[13]	20
Obrázek 7 - Blokové schéma architektury PLC	21
Obrázek 8 - Zpracování programové smyčky PLC	25
Obrázek 9 - Programovací jazyk mnemokódů	27
Obrázek 10 - Programovací jazyk LAD	27
Obrázek 11 - Programovací jazyk FBD.....	28
Obrázek 12 - CPU rodiny PLC SIMATIC S7-300.....	30
Obrázek 13 - Malý modulární řídicí systém SIMATIC S7-300	32
Obrázek 14 - SIMATIC Manager	34
Obrázek 15 – Nástroj hardware configuration.....	35
Obrázek 16 - Nástroj NetPro	35
Obrázek 17 - Programové bloky S7-300	36
Obrázek 18 - Programovací editor LAD/STL/FBD	38
Obrázek 19 - Tabulka symbolů.....	39
Obrázek 20 - Strojní konstrukce konfekčního stroje membrán	42
Obrázek 21 - Místa stroje určená pro mazání	43
Obrázek 22 - Rampa s laserovými ryskami a krokovými motory	44
Obrázek 23 - Pracovní prostor konfekčního stroje membrán AG008	45
Obrázek 24 - Zapojení výkonové části měniče a servomotoru.....	50
Obrázek 25 - Zapojení zdrojů 24V DC 25G21 a 25G51	51
Obrázek 26 - Zapojení zdroje 24V DC 41G21	51
Obrázek 27 - Startovací obvod bezp. relé.....	52
Obrázek 28 - Testovací obvod NZ a výstupní napětí za NZ	53
Obrázek 29 - Zapojení řídicí části frekvenčního měniče	54
Obrázek 30 - Připojení krokových motoru k řídicí jednotce	55
Obrázek 31 - Schéma zapojení řídicí jednotky Festo CMMO-ST-C5-1-DIOP.....	56
Obrázek 32 - Sestava PLC konfekčního stroje AG008	59

Obrázek 33 - Vytvoření nového projektu a vložení stanice SIMATIC 300	62
Obrázek 34 - Nástroj HW Config před konfigurací	63
Obrázek 35 - Konfigurace PLC – tab. UR.....	63
Obrázek 36 - Instalace GSD souboru frekvenčního měniče.....	64
Obrázek 37 - Konfigurace sítě stroje	65
Obrázek 38 - Nastavení PG/PC Interface	65
Obrázek 39 - Kompletní HW konfigurace pro konfekční stroj AG008	66
Obrázek 40 - Vytvoření programových bloků ve Step7	67
Obrázek 41 - Vývojové prostředí pro SIMATIC HMI – WinCC Flexible 2008.....	76
Obrázek 42 - Obrazovka Main.....	77
Obrázek 43 - Obrazovka System	78
Obrázek 44 - Obrazovka Servis	78
Obrázek 45 - Obrazovka Rec, Rec save	79
Obrázek 46 - Obrazovka Rec01, Rec02, Rec03	80
Obrázek 47 - Obrazovka poruchy	80
Obrázek 48 - Obrazovka NazFolie	81

SEZNAM TABULEK

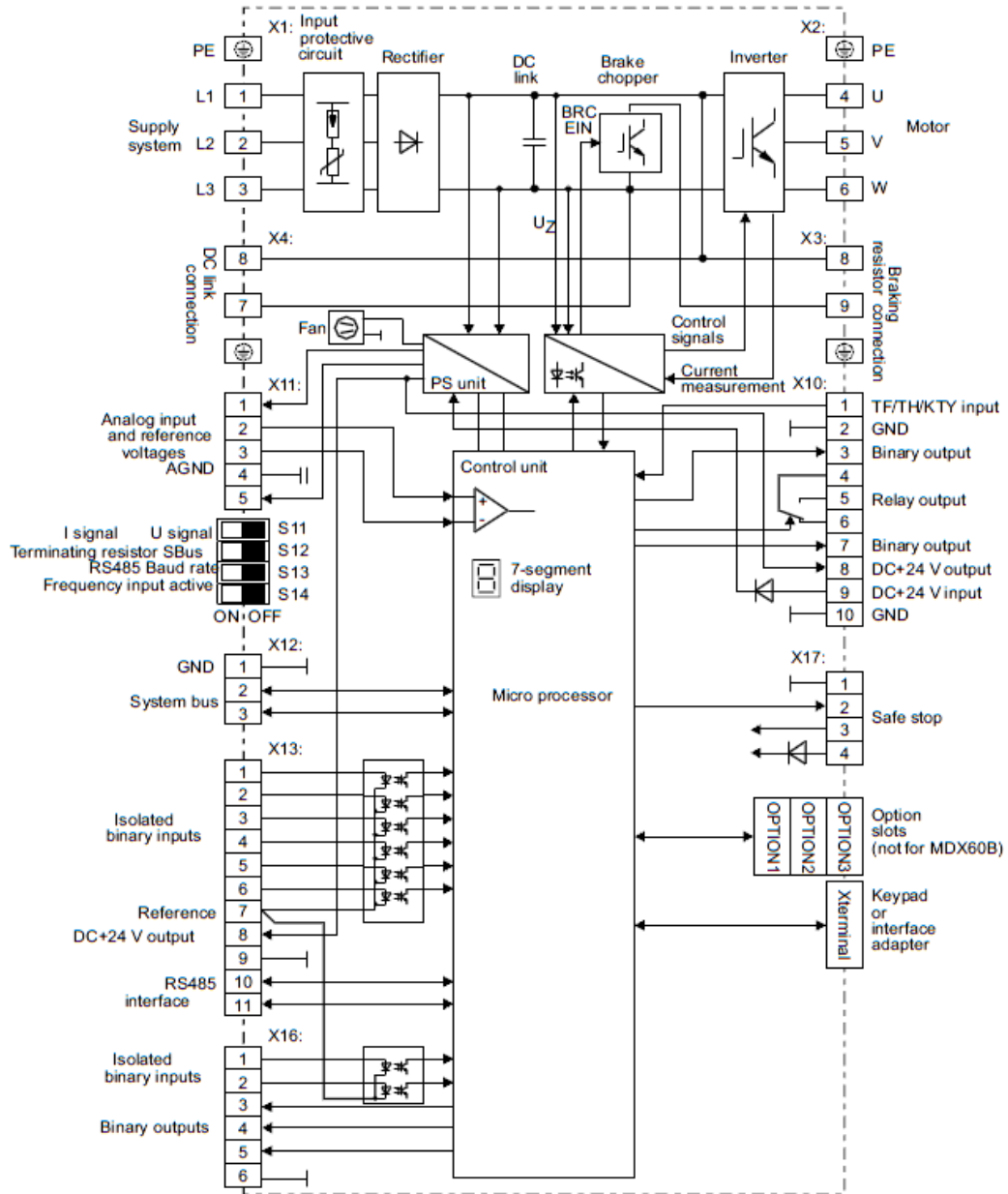
Tabulka 1- Nové možnosti, které přináší Profinet	15
Tabulka 2 - Hierarchie projektu Step 7	34
Tabulka 3 - Rozdělení použití symbolického adresování	39
Tabulka 4 - Datové typy užívané v STEP7.....	40
Tabulka 5 - Způsob a interval mazání pohyblivých částí stroje	43
Tabulka 6 - Normy podporované programem EPLAN Elektrik P8 v2.22.....	46
Tabulka 7 - Parametry servomotoru R87 CMP80M/BP/KY/RH1M/SB1.....	48
Tabulka 8 - Konfigurace měniče MDX61B0110-5A3-4-00/DER11B/DFE32B	49
Tabulka 9 - Seznam hlášení sedmi segmentového displeje.....	57
Tabulka 10 – Seznam použitých vstupů PLC	59
Tabulka 11 - Seznam použitých výstupů PLC.....	60
Tabulka 12 - Seznam použitých výstupů PLC.....	61
Tabulka 13 - Seznam datových bloků v uživatelském programu.....	72
Tabulka 14 - Seznam systémových funkcí v uživatelském programu.....	74

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Schéma zapojení frekvenčního měniče

Příloha P II: Fotodokumentace konfekčního stroje

PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ FREKVENČNÍHO MĚNIČE



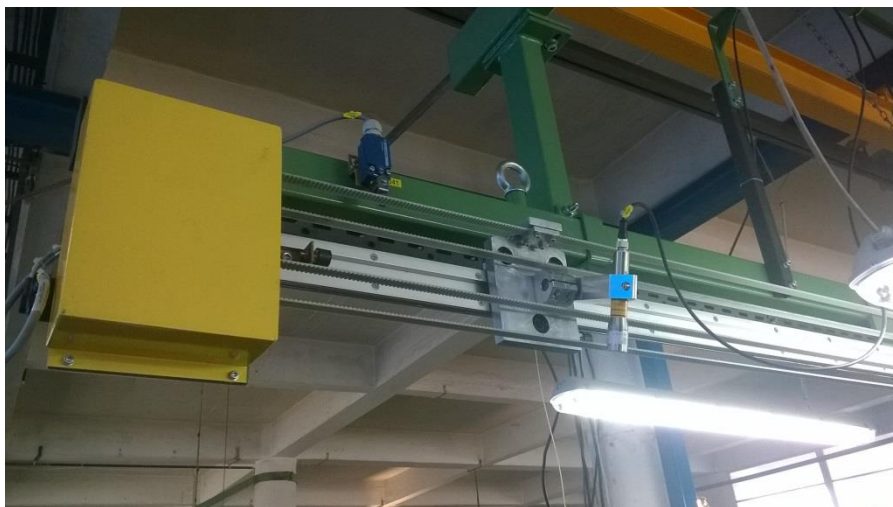
PŘÍLOHA P II: FOTODOKUMENTACE KONFEKČNÍHO STROJE



Konfekční stroj membrán



Elektrický rozvaděč



Rampa s pojezdem laserové rysky



Ovládací panel konfekčního stroje