

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**UPGRADE ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ ENZYMATICKÉHO
VAŘÁKU ŠKROBU A MĚŘENÍ POROZITY PAPÍRU VE
VÝROBNÍM CELKU**

Bc. Jan Rýznar

Diplomová práce

2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Rýznar**
Osobní číslo: **I20196**
Studijní program: **N0714A150005 Automatické řízení**
Téma práce: **Upgrade řídicích systémů enzymatického vařáku škrobu a měření porozity papíru ve výrobním celku**
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je navrhnout komunikační propojení stávajících snímačů a akčních členů s programovatelným automatem Siemens a distribuovaným řídicím systémem ABB, realizovat vizualizaci a vytvořit dokumentaci s využitím nástrojů Autocad.

1. Seznamte se s nástroji TIA Portal a ABB Engineering: Control Builder & Function Designer.
2. Seznamte se s požadavky zadavatele, tyto požadavky zanalyzujte a navrhnete řešení.
3. Zakreslete fyzické spojení stávajících snímačů a akčních členů s novým PLC Siemens a DCS ABB v nástroji Autocad.
4. Navrhnete a realizujete přenos dat ze snímačů a akčních členů u měření porozity papíru do PLC Siemens.
5. Navrhnete vhodnou vizualizaci pro měření porozity papíru s využitím HMI a další dostupné instrumentace.
6. Navržené a realizované řešení zdokumentujte. Při řešení postupujte podle pokynů konzultanta, při realizaci respektujte požadavky a potřeby zadávající firmy.

Rozsah pracovní zprávy: **60**

Rozsah grafických prací:

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

Seznam doporučené literatury:

BENEŠ, Pavel. Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky. 5., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3747-5.

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

Vedoucí diplomové práce:
Katedra řízení procesů

Ing. Daniel Honc, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce:

8. listopadu 2021

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2022

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Daniel Honc, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 16. listopadu 2021

Prohlášení

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 20. 5. 2022

Bc. Jan Rýznar

Poděkování

Děkuji Ing. Danielovi Honcovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a vstřícnost při vedení diplomové práce. Mé poděkování patří též Ing. Jaromíru Rutarovi za trpělivost, ochotu a věcné připomínky při konzultacích praktické části diplomové práce.

V Pardubicích dne 20. 5. 2022

Bc. Jan Rýznar

ANOTACE

Práce se zabývá návrhem vylepšení dvou řídicích systémů. U prvního systému je využito distribuovaného řídicího systému od ABB pro řízení enzymatického vařáku škrobu. U druhého systému řešení využívá programovatelný automat značky Siemens pro řízení výrobního celku měření porozity papíru. Součástí práce je u měření porozity papíru obslužný software pro programovatelný automat a panel HMI, spolu s výkresovou dokumentací a to včetně řešení způsobu napájení jednotlivých komponent.

KLÍČOVÁ SLOVA

Enzymatický vařák škrobu, měření porozity papíru, TIA Portal a ABB Engineering

TITLE

UPGRADE OF THE ENZYMATIC STARCH COOKER CONTROL SYSTEMS AND PAPER POROSITY MEASUREMENT IN THE PRODUCTION UNIT

ANNOTATION

The work deals with the design of improvements to two control systems. The first system uses a distributed control system from ABB to control the enzymatic starch cooker. The Siemens programmable automat is used to control the paper porosity measurement unit in the second system of the solution. Part of the work to measure the porosity of the paper is operating software for the programmable controller and HMI panel, along with the drawing documentation, including the solution of the method of powering the individual components.

KEYWORDS

Starch enzymatic cooker, paper porosity measurement, TIA Portal and ABB Engineering

OBSAH

	Seznam ilustrací	9
	Seznam tabulek.....	11
	Seznam zkratk.....	12
	Úvod	13
1	Úvod do situace	14
1.1	Enzymatický vařák škrobu – výchozí stav souboru	14
1.2	Měření porozity – výchozí stav souboru	14
2	Teoretická část práce	16
2.1	Popis teoretické části	16
2.2	TIA Portal.....	16
2.2.1	Koncepce TIA Portal.....	16
2.2.2	Software.....	18
2.2.3	Hardware	21
2.3	ABB Engineering: Control Builder & Function Designer	23
2.3.1	Software ABB Engineering: Function Designer	23
2.3.2	Software ABB Engineering: Control Builder	23
2.3.3	Hardware	24
2.4	Srovnání koncepce ABB Engineering A Siemens TIA Portal	24
2.5	Systém značení	25
2.6	Technologický princip enzymatického vařáku.....	29
2.6.1	Skladování škrobu, příprava a přenos slurry	29
2.7	Technologický princip měření porozity	31
2.7.1	Pneumatický zvedák.....	31
2.7.2	Měřicí hlava porologu	32
2.7.3	Dosažení podtlaku	32
2.7.4	Profuk potrubí.....	32
3	Návrh řešení	33
3.1	Enzymatický vařák škrobu – návrh řešení souboru.....	33
3.2	Měření porozity – návrh řešení souboru.....	33

4	Výkresová dokumentace	34
4.1	Enzymatický vařák škrobu – výkresová dokumentace	34
4.2	Měření porozity – výkresová dokumentace	40
5	Programová část - PLC.....	43
5.1	Síťová konfigurace	43
5.2	Hardwarová konfigurace	44
5.3	Struktura programu.....	45
5.3.1	Defaultní tabulka tagů	46
5.4	Funkce a funkční bloky programu.....	47
5.4.1	000_General	47
5.4.2	001_Inputs	48
5.4.3	002_Proces&Outputs.....	51
5.4.4	099_LGF	58
5.5	Výpočet porozity	59
6	Vizualizační část - HMI	61
6.1	HMI tagy	61
6.2	HMI snímky	61
6.2.1	Snímek hlavní obrazovky	61
6.2.2	Snímek nastavení.....	63
6.2.1	Snímek sekvence	65
6.2.2	Snímky trendů	65
7	Závěr.....	66
	Literatura	68
	Seznam příloh.....	71

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 2.1	Otevřená architektura NAMUR	17
Obr. 2.2	Síťový pohled - Network view	19
Obr. 2.3	Pohled na zařízení - Device view	19
Obr. 2.4	Pohled na topologii - Topology view	20
Obr. 2.5	Příklad značení tagů	26
Obr. 4.1	Označení signálů souboru enzymatického vařáku škrobu - část A	34
Obr. 4.2	Označení signálů souboru enzymatického vařáku škrobu - část B	35
Obr. 4.3	Převodní systém kabeláže enzymatického vařáku škrobu	36
Obr. 5.1	Network view	43
Obr. 5.2	Overview of address v PROFINETIO-System	44
Obr. 5.3	Tia Portal - IO tagy na portech PLC	45
Obr. 5.4	Tia Portal - IO tagy na analogových kartách	45
Obr. 5.5	PLC - Členění programu	46
Obr. 5.6	Logické úrovně programu	47
Obr. 5.7	Funkce - FI01, Network 1: Zpracování analogového vstupu	49
Obr. 5.8	Funkce - PIC01, Network 2: PID regulátor	49
Obr. 5.9	Funkce - Sequence, Network 3: Manuální ovládání hlavy porologu	52
Obr. 5.10	Funkce - Ventily, Network 1: Přepínání režimu OS01	57
Obr. 6.1	Screen HMI - 10_Hlavni_obrazovka	62
Obr. 6.2	Screen HMI - 20_Nastaveni	63
Obr. 6.3	Screen HMI - 30_Sekvence	64
Obr. 6.4	Screen HMI - 41_Trend_merici zona	65
Obr. G.1	System značení typu obvodu - část 1.	79
Obr. G.2	System značení typu obvodu - část 2.	80
Obr. G.3	System použití rozšíření jména - část 1. a 2.	80
Obr. G.4	System použití rozšíření jména - část 3.	81
Obr. G.5	System použití rozšíření jména - část 3.a	81
Obr. G.6	System použití rozšíření jména - část 4.	82
Obr. G.7	PorologPM6 Device view	83
Obr. G.8	PLC tagy - Default tag table	83
Obr. G.9	Funkční organizační blok - Main	84
Obr. G.10	Funkce - PIC01, Network 1 a 3: Zpracování analogového signálu	84
Obr. G.11	Funkce - PIC01, Network 4: Přepnutí ventilů do automatického módu při pátém kroku sekvence	85
Obr. G.12	Funkce - PIC01, Network 5: Přepnutí ventilů do automatického módu při krocích nula až čtyři sekvence	85

Obr. G.13	Funkce - PIC01, Network 6: Přepnutí ventilů do manuálního módu při šestém kroku sekvence	86
Obr. G.14	Funkce - PIC02, Network 1 a 3: Zpracování analogového vstupu a výstupu	86
Obr. G.15	Funkce - PIC02, Network 2: PID regulátor	87
Obr. G.16	Funkce - Porozita a alarm, Network 1 a 2: Porozita OUT a Alarm do DCS	87
Obr. G.17	Funkce - Seqvence, Network 1: Vyhodnocení fotobuněk	88
Obr. G.18	Funkce - Seqvence, Network 2: Kontrola podtlaku na PIC01	88
Obr. G.19	Funkce - Seqvence, Network 4: Manuální spuštění profuku	89
Obr. G.20	Funkce - Seqvence, Network 5: Profuk - Krok 0	89
Obr. G.21	Funkce - Seqvence, Network 6: Profuk - Krok 1	90
Obr. G.22	Funkce - Seqvence, Network 7: Profuk - Krok 2	91
Obr. G.23	Funkce - Seqvence, Network 8: Porolog - Krok 0	92
Obr. G.24	Funkce - Seqvence, Network 9: Porolog - Krok 1	92
Obr. G.25	Funkce - Seqvence, Network 10: Porolog - Krok 2	93
Obr. G.26	Funkce - Seqvence, Network 11: Porolog - Krok 3	93
Obr. G.27	Funkce - Seqvence, Network 12: Porolog - Krok 4	94
Obr. G.28	Funkce - Seqvence, Network 13: Porolog - Krok 5	95
Obr. G.29	Funkce - Seqvence, Network 14: Porolog - Krok 6	95
Obr. G.30	Funkce - Seqvence, Network 15: Porolog - Krok 7	96
Obr. G.31	Funkce - Seqvence, Network 16: Stop sekvence měření porologu	96
Obr. G.32	Funkce - Seqvence, Network 17: Reset sekvence měření porologu a profuku	97
Obr. G.33	Funkce - Seqvence, Network 18: Počítání času pro záznam vzorku	97
Obr. G.34	Funkce - Seqvence, Network 19 a 20: Záznam vzorku - Set a Reset	98
Obr. G.35	Funkce - Seqvence, Network 21: Výpočet průměrné porozity pomocí klouzavého průměru	98
Obr. G.36	Funkce - Seqvence, Network 22: Popis sekvence porologu ve formátu string	99
Obr. G.37	Funkce - Seqvence, Network 23: Popis sekvence profuku ve formátu string	100
Obr. G.38	Funkce - Ventily, Network 2: Přepínání mezi automatickým a manuálním režimem OS02	100
Obr. G.39	Funkce - Ventily, Network 3: Přepínání mezi automatickým a manuálním režimem OS03	101
Obr. G.40	Funkce - Ventily, Network 4: Přepínání mezi automatickým a manuálním režimem HSO01	101
Obr. G.41	Funkce - Ventily, Network 5: Porucha ventilu HSO01	102
Obr. G.42	Funkce - Ventily, Network 6: Přepnutí ventilů do automatického módu při startu sekvence	102
Obr. G.43	HMI tags - Default tag table	103
Obr. G.44	HMI tags - Default tag table - pokračování	103
Obr. G.45	HMI - text list	104

SEZNAM TABULEK

Tab. H.1	Systém číslování listů projektu	105
----------	---	-----

SEZNAM ZKRATEK

CPU	Centrální procesní jednotka – Central Processing Unit
DCS	Distribuovaný kontrolní systém – Distributed control system
HMI	Rozhraní člověk-stroj – Human machine interface
IIoT	Průmyslový internet věcí – Industrial internet of things
LGF	Knihovna základních funkcí – Library of General Functions
OPC UA	OPC Unifikovaná Architektura – OPC Unified Architecture
PLC	Programovatelný logický automat – Programmable Logic Controller
PS5	Papírenský stroj
SCADA	Dispečerské řízení a sběr dat – Supervisory Control And Data Acquisition
Siemens	Siemens AG Industry
TIA Portal	Siemens Totally Integrated Automation Portal

ÚVOD

Tato práce se zabývá problematikou návrhu vylepšení dvou řídicích systémů. Pro řízení souboru enzymatického vařáku škrobu bude využito distribuovaného řídicího systému od ABB. U souboru měření porozity papíru řešení používá programovatelný automat značky Siemens. Tento rozdílný přístup vede ke srovnání, jemuž se bude zabývat textová část této práce.

Předmětem práce bude navrhnout vhodné řešení upgradu těchto řídicích systémů v konkrétním výrobním celku papírenského průmyslu spolu s teoretickou částí zadání. Důraz bude kladen zejména na unikátnost a přínosy navrhnutého řešení. Hlavními požadavky jsou vylepšení řídicího systému tak, aby vyhovoval moderním technickým standardům s důrazem na proveditelnost celého navrhnutého řešení.

Cílem práce bude zpracování problematiky a návrh nahrazující dosavadní řízení motorů s frekvenčním měničem pomocí řídicích jednotek a reléové logiky novým způsobem. Taktéž bude vyměněn kontroler pro distribuovaný kontrolní systém a změněna komunikace.

Součástí zadání je zakreslení návrhů komunikačního spojení do výkresové dokumentace s uplatněním nástroje AutoCad.

V případě části enzymatického vařáku škrobu se bude jednat o zakreslení komunikačního spojení. Výstupní analogové a digitální signály ze snímačů budou přiváděny do rozvaděče, kde budou zpracovávány vhodným distribuovaným kontrolním systémem značky ABB. Ten bude následně řídit celek pomocí akčních zásahů, generovaných pomocí signálů z pinů výstupních karet, jdoucích k akčním členům souboru. Toto zařízení bude v projektu zajišťovat i řízení akčních členů tohoto výrobního souboru.

U části měření porozity bude práce zahrnovat i zpracování dat v programovatelném logickém kontroleru značky Siemens pomocí nástroje TIA Portal. Rovněž bude obsahovat i návrh vhodné vizualizace s využitím nástroje WinCC a zvoleného HMI. Této části předchází teoretické seznámení s nástroji TIA Portal a ABB Engineering: Control Builder & Function Designer. Vytvoření programu spolu s vizualizací bude hlavní náplní této práce.

1 ÚVOD DO SITUACE

Papírenský závod vlastněný firmou Olšanské papírny a. s. je rozsáhlý výrobní komplex na ploše o několika kilometrech čtverečních. Tento komplex se sestává z několika výrobních celků o třech papírenských strojích. Pro tuto diplomovou práci byli vybráni dva technologicky odlišné celky, oba s nutností upgradu řídicího systému, s odlišným způsobem pojetí a zejména konkurenční značkou nového systému. Práce tedy může nabídnout jistý pohled na tyto odlišné přístupy a ústít k určitému srovnávání.

Veškeré navržené a realizované řešení jsou průběžně konzultována s panem Ing. Jaromírem Rutarem, jakožto konzultanem a oddělením automatizace z výrobního celku. Technologické řešení je průběžně přizpůsobováno přáním a požadavkům této třetí strany a bude v práci zdokumentováno a rozebíráno.

1.1 ENZYMATICKÝ VAŘÁK ŠKROBU – VÝCHOZÍ STAV SOUBORU

U papírenského stroje číslo 5, dále jen PS5, se fyzicky nachází výrobní celek vytvářející škrob určený k použití v dalších částech papírenského závodu, tedy soubor s označením 516 - Vařák škrobu enzymatický. Řídicí systém se vlivem dlouhodobého působení prostředí nachází ve špatném fyzickém stavu.

Poslední zdokumentovaný zásah sestávající se z výměny části snímačů, akčních členů a řídicích jednotek proběhl v prosinci roku 2009. Od této doby došlo k několika změnám, které nejsou zaneseny ve stávající dostupné dokumentaci. Technická dokumentace staršího data, zahrnující některé fáze předešlých změn, byla realizovaná v papírové formě a není již dohledatelná. Část značení na snímačích a akčních členech není ani po očištění čitelná.

Řízení motorů s frekvenčním měničem ACS388 je realizováno pomocí řídicích jednotek UMC 100/3. V ostatních případech je řízení motorů realizováno pomocí reléové logiky. V přílehlém rozvaděči je umístěn kontroler Advant 450 pro distribuovaný kontrolní systém, neboli zkráceně DCS, komunikující po sběrnici Fieldbus 100.

Z tohoto zjištění plyne, že řídicí část souboru je sestavena z technologicky zastaralých řešení. Cílem zadání je tedy upgrade řídicího systému tak, aby vyhovoval aktuálním moderním standardům společnosti.

1.2 MĚŘENÍ POROZITY – VÝCHOZÍ STAV SOUBORU

Pro nový papírenský stroj číslo šest je nutné vytvořit měření porozity papíru spolu s celým řídicím systémem. Návrh se bude opírat o dosavadní znalosti systémů u starších papírenských strojů. Cílem je aplikovat sebrané zkušenosti a vytvořit nové řešení s upgradovanou technologií i technickými prostředky.

V rámci řídicího systému dojde k technickému vylepšení, kdy místo decentrálních periférií Simatic ET 200 a řídicího kontroleru Simatic 300, použitých v předešlých případech, bude využito novějšího zařízení téhož dodavatele.

Z tohoto důvodu, spolu s technologickými změnami a odlišnostmi, je nutné vytvořit celý nový program, spolu se spojenou vizualizací, což je hlavním přínosem této diplomové práce.

2 TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE

2.1 POPIS TEORETICKÉ ČÁSTI

Tato kapitola se zabývá nejprve platformou TIA Portal 2.2. Druhým tématem je platforma ABB Engineering: Control Builder & Function Designer 2.3. Následuje popis systému značení používaný v praktické části této práce a poslední část se věnuje technologickému principu souborů.

2.2 TIA PORTAL

Software Siemens Totally Integrated Automation Portal, stručně TIA Portal, označuje platformu vyvíjenou firmou Siemens Automation and Drives, dále jen Siemens, od roku 1996. Tato firma patří mezi světové leadery na poli automatizace a jejich platforma TIA Portal patří k těm vůbec nejrozšířenějším jak v tuzemském, tak zahraničním průmyslu (Bezzubov, 2011; TIA, 2021).

TIA Portal propojuje celou řadu inženýrských nástrojů do jedné platformy a tím nabízí ucelené řešení pro výrobní i informační technologie. Součástí této platformy je vývojové prostředí pro přípravu, realizaci a údržbu automatizačních projektů. To zahrnuje jak projektování panelů HMI, vizualizací SCADA, komunikačních komponent a síťových prvků, tak také integrovaný inženýring, konfiguraci pohonů do provozu i vývoj uživatelských aplikací pro PLC a především decentrální periferie. Zároveň podporuje digitalizaci pracovních postupů od digitálního návrhu až po transparentní procesy a hledá praktické způsoby řešení pro analytickou práci s daty v rámci všech fází projektu (TIA, 2021).

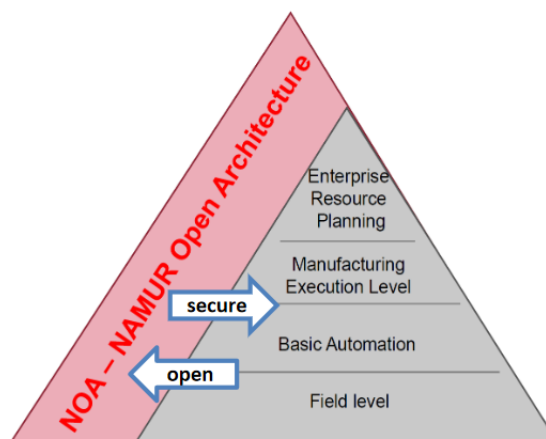
2.2.1 Koncepce TIA Portal

Původní koncepce TIA Portal vychází ze strategie definování interakce jednotlivých komponent, nástrojů (software) a služeb (servis) k dosažení automatizace. Bylo toho dosaženo pomocí interakce, která vede k integraci napříč čtyřmi úrovněmi automatizační pyramidy. Jednalo se o manažerský (ERP level = systém řízení podniků), operátorský (MES level = systém řízení výroby), řídicí (Control level = řízení procesu, neboli Basic Automation = základní automatizace) a provozní úroveň - takzvaný Device, či Field level, do kterého spadají veškeré snímače a akční člen (Rýznar, 2020).

Nevýhodou této uzavřené architektury je, že umožňuje jen velmi omezenou modernizaci. Nové systémy se instalují paralelně se starými a nutností je bezchybný chod již od počátku, aby nebyla narušena kontinuita výroby. Proto je prostor pro fyzické testování novinek velmi malý. Tato architektura také především nepočítá s rozhraními s okolním světem, tedy digitalizací (Bartošík, 2017).

NAMUR architektura

Z těchto důvodů se Siemens v posledních letech přiklání k nové otevřené architektuře s názvem NAMUR. Ta zachovává osvědčené principy a zároveň umožňuje rozvoj digitalizace výroby. Přenáší dosud nevyužitá data ze všech dimenzí automatizační pyramidy přes druhý datový kanál do cloudu, kde jsou tyto velké objemy získaných dat zpracovávány metodami umělé inteligence. Přenos probíhá rychle, snadno a zejména bezpečně. NAMUR tedy nerozsbíjí osvědčenou pyramidu, ale přidává se k ní jako nová boční vertikální vrstva původní struktury, což znázorňuje obr. 2.1 (Bartošík, 2017).



Obr. 2.1 – Otevřená architektura NAMUR
(OPC UA for, 2019)

Pro všechny vyvíjené součásti je podstatný návrh zabezpečení s ohledem na normu *IEC 62443 Industrial communication networks – Network and system security* a doporučení *NAMUR NE 153 Automation Security 2020 – Design, Implementation and Operation of Industrial Automation Systems* (Bartošík, 2017).

Osvědčené standardy zůstanou zachovány, tudíž se nenaruší dostupnost, tedy požadavek na komunikaci v reálném čase a funkce bezpečnosti původního systému. Zároveň otevírá cestu principům průmyslovému internetu věcí IIoT a průmyslu 4.0 (Bartošík, 2017; OPC UA, 2019).

Interoperabilita TIA Portal

Tato vertikální vrstva NAMUR přímo splňuje definici vertikální integrace, neboli interoperability: "Znalostně podporovaná integrace od nejnižší úrovně řízení v reálném čase, přes plánování a rozvrhování výroby a ERP systémy až k rozhodování na nejvyšší úrovni s časovými konstantami v řádu dnů/týdnů" (Kaczmarczyk, 2019).

Ve spojitosti s principem průmyslu 4.0 se počítá s rozvíjením komunikačních systémů průmyslového Ethernetu, tedy sítě využívající IP adresy. V této spojitosti Siemens vyu-

žívá pro vertikální spojení a komunikaci mezi stroji, "M2M Machine to Machine", otevřené rozhraní OPC Unified Architecture, dále jen OPC UA, vyvinuté nadací OPC Foundation. Díky tomu optimálně kombinuje výhody OPC UA s výhodami jimi klasicky používaného standardu PROFINET, používaného především pro horizontální integraci (OPC UA, 2021; Profinet v procesním průmyslu, 2021).

Toto využití otevřených standardů a platformem komunikačních vrstev se odborně označuje Industry-wide standardization solution (Kolektiv autorů, 2016).

2.2.2 Software

Platforma TIA Portal je integrována ze softwarových balíčků, které jsou spolu určitým způsobem provázány. V následujícím textu jsou aktuální, běžně rozšířené balíčky, blíže rozebírány.

SIMATIC STEP 7 / S7-PLCSIM

SIMATIC STEP 7 patří mezi základní aplikační software pro technologické řídicí systémy. Zahrnuje vývojové prostředí STEP 7 (pro řadu řídicích systémů PLC S7-300, S7-400 a C7) a STEP 7 TIA Portal (pro S7-1200, S7-1500 a decentrální periferie). Umožňuje plně integrovanou automatizaci a digitalizaci celého výrobního řetězce technologie v jediném vývojovém prostředí. Stojí na základě možné optimalizace všech operací, strojních a procesních sekvencí celého řídicího systému (Halř, 2021; TIA, 2021).

K 31.12.2021 Siemens nabízí SIMATIC STEP 7 ve čtyřech licencích. Jedná se o běžné licence basic a professional a potom safety basic a safety advanced pro programování řídicích jednotek SIMATIC Safety (TIA, 2021).

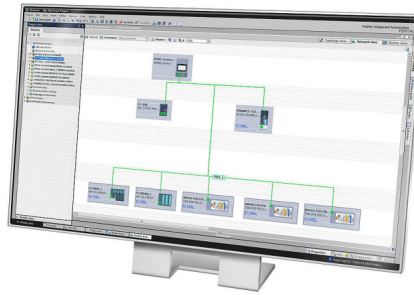
Vývojové prostředí nabízí tři konfigurovatelné situační grafické editory, které jsou zmíněny níže.

Sít'ový pohled - Network view

Sít'ový pohled znázorňuje komunikační propojení mezi zařízeními a umožňuje jeho konfiguraci. Komunikační vazby mezi jednotlivými stanicemi jsou zobrazeny přehledně graficky. Také je možné získat kombinovaný pohled na všechny sít'ové zdroje a komponenty, propojit zdroje pomocí "drag & drop" a mnoho dalšího (TIA, 2021).

Pohled na zařízení - Device view

Device view slouží ke konfiguraci racků a přidělování adres zařízení, která jsou znázorněna fotorealistickým způsobem. Při přiblížení se vstupní a výstupní (IO) zařízení zobrazí se symbolickými jmény nebo adresami. Do vyrovnávací paměti nakonfigurovaných hardwarových modulů jsou ukládány užitečné funkce a ty jsou následně opětovně



Obr. 2.2 – Síťový pohled -
Network view (TIA, 2021)

využívány. Například pro automatické čtení dostupného hardwaru nebo fulltextové vyhledávání v katalogu hardwaru s volitelným filtrováním (TIA, 2021).



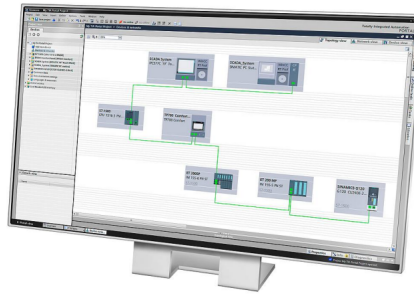
Obr. 2.3 – Pohled na zařízení -
Device view (TIA, 2021)

Pohled na topologii - Topology view

Zobrazení topologie správci umožní snadné monitorování a udržování sítě (PROFINET). Je zde v přehledné formě znázorněno propojení portů a vzájemná komunikace během probíhajícího provozu a lze zde identifikovat, zobrazovat a monitorovat fyzické spojení mezi zařízeními (TIA, 2021).

Programovací editory

SIMATIC STEP 7 poskytuje editory pro programování logických automatů SIMATIC S7 podle normy IEC EN 61131-3. Tyto editory jsou konzistentně začleněny do společného pracovního prostředí, které zajišťuje sdílení všech dat projektu. Dále nabízejí funkce jako drag & drop, seznamy křížových referencí pro celý projekt a automatické dokončování. Jednotlivé programovací editory jsou přizpůsobené úkolům a pracovním postupům a tím poskytují základ pro intuitivní operační koncept platformy (TIA, 2021; Urban, 2005).



Obr. 2.4 – Pohled na topologii -
Topology view (TIA, 2021)

LAD - Ladder diagram (Příčkový diagram)

Prvně zmiňovaným grafickým editorem je ladder, tedy příčkový diagram, nebo také líniové schéma, zkráceně LAD. Tento editor vychází z tradičních relé kontaktních systémů a logické operace jsou vytvářeny vzájemným propojováním ovládacích prvků. Pro jeho čitelnost, vynikající přehlednost a rychlou diagnostiku je vhodný pro základní logiku, ale nehodí se pro rozsáhlé a složité algoritmy (Kadlečík, 2017; TIA, 2021).

FBD - Function Block Diagram (Schéma funkčních bloků)

Částečně podobným grafickým editorem je function block diagram, neboli schéma funkčních bloků, zkráceně FBD. Editor je postaven na principu kombinační hradlové logiky a jeho využití je zejména při programování regulačních a měřicích úloh. Program vzniká pouhým propojováním předpřipravených funkcí a funkčních bloků. Nalezneme zde například funkce pro numerické, aritmetické a logické operace. Mezi standardní funkční bloky patří časovače, čítače, bistabilní funkční bloky a bloky pro detekci hran. Pro účely regulace zde je implementován funkční blok PID regulátoru. Stojí za zmínku, že lze řídit pořadí zpracování pomocí takzvaného návěstí (Kadlečík, 2017; TIA, 2021).

Velkou výhodou je snadné programování bez nutnosti znalostí programovacích jazyků. Pro usnadnění práce editor nabízí funkce otevírání a zavírání celých sítí, zobrazování a skrývání symbolů a adres a pole pro výpočty zadaných vzorců (Kadlečík, 2017; TIA, 2021).

GRAPH / SFC (Sekvenční funkční diagram)

Posledním grafickým zmiňovaným jazykem je sekvenční funkční diagram, anglicky Sequential function chart, ve zkratce SFC, známý též pod názvem GRAPH. Principiálně je odvozen od Petriho sítě a má využití při tvorbě složitějších struktur sekvencí programovaných algoritmů, kdy jeho použití vede k adekvátní přehlednosti. SFC není podporován

pro hardware Simatic S7-1200, je zapotřebí řada S7-1500 a nenalezneme ho ani v software STEP 7 Basic (TIA, 2021).

SFC je koncipován graficky ve formě příkazových kroků (Step). Na základě splnění podmínky (Transition) vyjádřené binárním signálem dochází k přechodu mezi jednotlivými kroky. V opačném případě se setrvává v konkrétním kroku, dokud není podmínka splněna. SFC umožňuje selektivní (výběr větve, u které nastane splnění podmínky jako první) a paralelní (kdy, navíc všechny větve končí ve stejném bodě) větvení programu (TIA, 2021).

STL - Statement list (Seznam instrukcí)

Textový programovací jazyk Statement List, tedy "seznam instrukcí", zkráceně STL, umožňuje vytváření uživatelských programů na hardwarové úrovni a díky tomu paměťovou i časovou optimalizaci. STL je jazyk podobný assembleru a tedy i za zajištění bezchybného provádění kódu je odpovědný pouze programátor. I přes řadu nových uživatelských editačních funkcí, včetně inteligentního výběru symbolů z PLC tagů, databází a lokálních tagů je pro nováčky obtížný a je vhodný spíše pro profesionální uživatele. STL také není podporován pro hardware Simatic S7-1200 a nenalezneme ho taktéž ani v software STEP 7 Basic (TIA, 2021).

SCL - Structured control language (Strukturovaný text)

Structured control language, zkráceně SCL, česky "strukturovaný text", patří k vyšším programovacím jazykům typu Pascal nebo C. SCL je vhodný pro vysokorychlostní programování složitých algoritmů, aritmetických funkcí a zpracování dat. Značnou výhodou je implementace rozsáhlých výpočetních rovnic pomocí dostupných struktur, větvení programu a iterační smyčky, včetně jejich zanořování. Jeho syntaxe je podobná Pascalu, je tedy ideální pro programátory, kteří jsou obeznámeni s vyššími programovacími jazyky (TIA, 2021).

2.2.3 Hardware

Platforma TIA Portal je kompatibilní s příslušným hardwarem společnosti Siemens. V rámci automatizačních řídicích systémů se jedná o kontrolery Simatic třídy S7 TIA řadových verzí 1200, 1500 a nové řady 1500T. Dále mezi příslušný hardware patří decentralní periferie Simatic ET 200SP CPUs, ET200SP Open Controller a ET200pro CPUs (SIMATIC controller, 2021).

Také mezi tento hardware řadíme softwarové kontrolery na bázi PC Simatic S7-1500 fungující nezávisle na operačním systému a řídicí kontrolery SINAMICS S120 Drive

Control. Tyto na pohony orientované kontrolery mají integrované technologické vstupy/výstupy a výkonná komunikační rozhraní umožňují implementaci sofistikovaných koncepcí strojů (SIMATIC controller, 2021).

Dříve používané kontrolery CPU 200/300/400 třídy S7 Klasik nejsou kompatibilní s vývojovým prostředím STEP 7 TIA Portal.

Základem všech těchto kontrolerů jsou centrální procesorové jednotky (CPU), které spouštějí uživatelský program a propojují řídicí systém s dalšími automatizačními prvky. Lze je doplnit signálními, komunikačními, či jinými technologickými moduly (SIMATIC controller, 2021).

Kontrolery S7-1200 a S7-1500 nalezneme v kompaktním PLC provedení, což zde znamená, že CPU a periferní prvky (vstupy, výstupy, zdroj, komunikační a speciální moduly) jsou umístěny v modulárních pouzdrech (Kadlečík, 2017; SIMATIC controller, 2021).

Simatic S7-1200

Základní typ kontroleru S7-1200 je určen spíše pro flexibilní a efektivní řešení méně náročných automatizačních úloh v nižším až středním rozsahu výkonu s omezenou možností periferních modulů (Kadlečík, 2017; SIMATIC controller, 2021).

Simatic S7-1500

Pokročilejší typ kontroleru Simatic S7-1500 disponuje vynikajícím výkonem a je určen k řízení velkých strojů i náročných aplikací, které vyžadují maximálně spolehlivou komunikaci, flexibilitu a technologické funkce. Jedná se o je nejvýkonnější a tedy i nadčasovou řídicí jednotkou s optimálními vlastnostmi, díky nimž dokáže automatizovat i kompletní výrobní závody. Společnost Siemens jej propaguje jako své "srdce digitální továrny" (SIMATIC controller, 2021).

Speciální řada SIMATIC S7-1500T je určena oproti klasické řadě SIMATIC S7-1500 pro náročné a komplexní funkce řízení pohybu (SIMATIC controller, 2021).

Simatic ET200 SP

SIMATIC ET 200SP představuje distribuovanou architekturu ve formě decentrální periferie, konkrétně tedy vysoce flexibilní modulární I/O systém. Kombinuje výkonost kontroleru Simatic S7-1500 s ještě větší kompaktností a flexibilitou. Je schopen přenášet vstupně/výstupní data pomocí interface PROFINET, nebo PROFIBUS do řídicího systému vyšší úrovně. S využitím interface v kombinaci s CPU může pracovat v režimu dříve označovaném master/slave, nyní korektněji rodič/dítě na pozici dítěte. Vhodně lze kombinovat s jednotkou S7-1500, případně jen S7-1200 na pozici master. K ET200 SP lze také připojit široké spektrum modulů (Halíř, 2021; SIMATIC controller, 2021).

2.3 ABB ENGINEERING: CONTROL BUILDER & FUNCTION DESIGNER

Software ABB Engineering: Control Builder & Function Designer, označuje návrhové, konfigurační a řídicí nástroje vyvíjené společností ABB Ltd. Tato švédsko-švýcarská nadnárodní korporace poskytuje technologie pro energetiku a automatizaci napříč průmyslovými odvětvími celého světa (Control builder, 2022; SYSTEM 800xA Engineering, 2016).

Tyto nástroje jsou určeny pro užití s konkrétním kontrolerem AC 800M od ABB Ltd. Kompatibilita je zaručena v prostředích založených na Windows, které nabízejí širokou škálu ovládacích funkcí tohoto kontroleru (AC 800M Controller, 2022; SYSTEM 800xA Control, 2022; SYSTEM 800xA Engineering, 2016).

2.3.1 Software ABB Engineering: Function Designer

Function Designer je procesní inženýrský portál poskytující grafický nástroj pro funkční plánování a řízení průmyslových aplikací. Díky souladu funkčního přístupu řídicí logiky s procesní grafikou nevyžaduje odborné znalosti programování softwaru a je intuitivní pro návrh aplikace i pozdější údržbu. Součástí nástroje je souběžná dokumentace vytvářeného projektu (SYSTEM 800xA Engineering, 2016).

2.3.2 Software ABB Engineering: Control Builder

Control Builder je portál poskytující výkonný programovací nástroj, který lze použít k efektivnímu návrhu a konfiguraci řídicích a bezpečnostních řešení. Používá se také pro konfiguraci hardwaru a obsluhu alarmů (Control builder, 2022; SYSTEM 800xA Control, 2022).

Tento nástroj vytváří logické, sekvenční a analogové řešení pro všechny řídicí jednotky v automatizačním systému. Všechna obdržená data díky tomu lze zpracovávat v jedné databázi. Flash paměťová karta zařízení umožňuje následné spouštění výsledného naprogramovaného řešení bez nutnosti použití tohoto nástroje (AC 800M Controller, 2022).

Kromě klasických pěti editorů vyhovujících normě IEC EN 61131-3 je zde k dispozici editor diagramů řídicích modulů pro objektově orientovaný návrh a inženýrství řídicích aplikací (Control builder, 2022; SYSTEM 800xA Control, 2022).

Řídicí moduly - Control Modules

Oproti Function Designer disponuje objektově-orientovaným programováním a tedy i možností opakovaného použití řídicích knihoven kontroleru AC 800M. Dosahuje toho pomocí řídicích modulů, takzvaných "Control Modules", díky nimž lze navrhnout uživatelem definované typy pokrývající celou jednotku, například reaktor nebo motor, efektivně

je parametrizovat a vícekrát vytvářet jejich instance (Control builder, 2022; SYSTEM 800xA Control, 2022).

Online přístup a Soft Control

Pomocí Control Builder můžeme přistupovat k aplikaci online a kontrolovat tak stav vstupně-výstupních signálů. Lze postupně převést, či současně v jednom cyklu běhu programu nastavit hodnoty vícero stavů těchto proměnných. Po zadání program převezme obsluhu až následující cyklus. Další možností, kterou Control Builder nabízí, je virtuální testování, ladění a simulaci řídicí aplikace, takzvané "Soft Control"(Control builder, 2022; SYSTEM 800xA Control, 2022).

2.3.3 Hardware

Jak již bylo zmíněno, kompatibilním hardwarem pro výše uvedený software ABB Engineering: Control Builder & Function Designer, který je použit i v praktické části této práce, je kontroler AC 800M, který je následně detailněji popisován.

AC 800M controller

Programovatelný automatický kontroler AC 800M, navržený pro řídicí aplikace procesního průmyslu, zahrnuje několik produktových řad sestavených z různých typů modulů. Jedná se o moduly CPU, komunikační a napájecí moduly a různé příslušenství. Všechny tyto moduly jsou určeny pro montáž a DIN lištu (AC 800M Controller, 2022).

CPU moduly

Firma ABB aktuálně nabízí sedm CPU modulů od závislých jednotek až po jednotky plně redundantní, lišících se výpočetním výkonem a velikostí paměti. Všechny tyto moduly umožňují i časově prioritní řízení úloh (AC 800M Controller, 2022).

Komunikace

AC 800M komunikuje prostřednictvím sítě Ethernetu, která zajišťuje přenos velkého objemu dat. Špičkový koncept této redundance umožňuje rychlé přepínání topologicky oddělených CPU modulů. Dále existuje široká sada komunikačních modulů pro připojení k zařízením třetích stran (AC 800M Controller, 2022).

2.4 SROVNÁNÍ KONCEPCE ABB ENGINEERING A SIEMENS TIA PORTAL

Závěrem této teoretické části je následující srovnání z pohledu výhod a vhodného nasazení koncepce ABB Engineering a Siemens - TIA Portal.

Nasazení komponent a softwaru od firmy Siemens je vhodné zejména pro jednotlivé malé, případně středně velké projekty, kde vyniká se svým řešením pomocí programovatelného logického kontroleru. Nabízí snadné programování v uceleném rozhraní a výběr ze škály hardwaru o patřičných parametrech a výpočetním výkonu pro daný projekt.

I přes jasnou strategii společnosti v posledních letech o nabytí konkurenceschopnosti na poli nabízeného řešení pro velké automatizační projekty zde nedosahuje takových výsledků, jako konkurenční ABB. Mimo samotná PLC, Siemens nabízí i decentralní periferie s komunikací pomocí PROFINET, s možností nastavení topologie sítě a hierarchie jednotlivých komponent v daném projektu. Nejčastěji programátory zmiňovaná nevýhoda ovšem zůstává mimo velmi dlouhý čas kompilace neaktuálnost verzí řešení. Při změně v projektu je nutnost zkompilovaný program fyzicky nahrát na všechna zařízení. Při práci většího počtu programátorů, případně více nezávislých programátorských skupin, takto dochází k tvorbě několika paralelních verzí kódu.

Oproti tomu ABB Engineering nabízí distribuované online řešení, které těmto problémům předchází. Jednotlivé komponenty jsou připojeny k síti PROFIBUS, ze které získávají data o aktuálnosti svého nahraného řešení a případně i odsud automaticky stahují provedené změny. Kompilace řešení projektu probíhá na počítači programátora, který si může, podobně jako v TIA Portalu, zvolit mezi prací v offline zkušebním, či online zadávacím režimu.

Rozhraní ABB Engineering je přímo designované pro automatizační řízení celých výrobních závodů skládajících se ze spousty projektů různých velikostí. Nabízí množství různých pohledů s možností správy projektů na základě určitých vlastností a interoperabilitu až k programování jednotlivých komponent. Na druhou stranu se příliš nehodí pro jednotlivé samostatné projekty či malé výrobní celky, jelikož koncept zahrnuje až příliš rozvětvené a propracované rozhraní. Jedná se o "velké" a relativně drahé řešení, kdežto řešení s použitím Siemens u malých projektů může být cenově přijatelnější.

2.5 SYSTÉM ZNAČENÍ

Pro praktickou část této práce je nutná znalost správné standardizace používané v místě nasazení. Ta splňuje aktuálně platnou normu (k 13.04.2022) ČSN EN 61355-1 ED.2 pro třídění a označování dokumentů pro průmyslové celky, systémy a zařízení. Její první část se přímo věnuje pravidlům a tabulkám třídění. Konkrétní koncept tohoto systému značení se pak opírá o standardy již zmiňované společnosti ABB, která jako jejich přední dodavatel technologií s OP Papírnou v Olšanech úzce spolupracuje.

Cílová společnost pro nasazení má tendenci také dále preferovat použití technologie společnosti Siemens a vytvořit si jistou interní standardizaci, která se neustále vyvíjí. K tomu svou částí přispívá i tato diplomová práce, při jejíž samotném řešení byly objeveny

další drobné nedostatky současného značení a společnými silami bylo vytvořeno vyhovující řešení. Následující část zachycuje podstatné části vytvořeného systému.

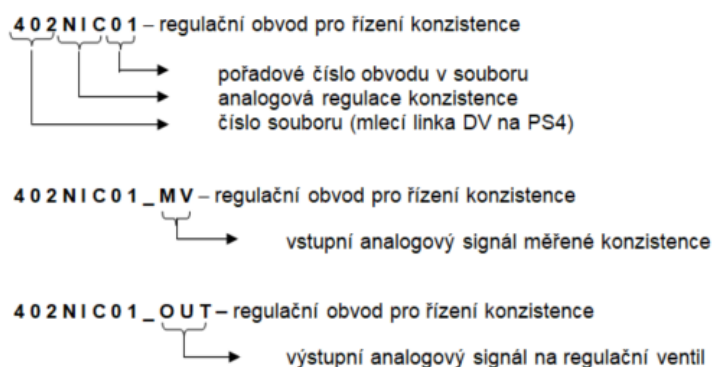
Standardizace tagů

Každý signál v DCS systému realizovaném v Olšanech má jméno (tag name) ve tvaru : **4XXNNNYYY_EEEEE**, kde

6 je číslo papírenského stroje, XX je číslo souboru o délce maximálně 2 číslic, NNN je typ obvodu o délce maximálně 3 písmen, YYY je pořadové číslo obvodu v souboru (maximálně 3 číslice), _ je oddělovač a EEEEE je rozšíření (extension) jména o délce maximálně 5 znaků

Poznámka : Pro mlýny má pořadové číslo motoru tvar YY_Z, kde Z=1 pro hlavní motor, Z=2 pro skládací motor, Z=n pro další pomocné motory.

Příklad na obr. 2.5.



Obr. 2.5 – Příklad značení tagů

Systém značení typu obvodu (NNN)

Kompletní definici systému značení pro různé typy obvodů nalezneme na obr. G.1 a obr. G.2.

Poznámka: Systém značení typu snímače je totožný, tvoří se záměnou koncového písmena za písmeno 'T'. Například snímač průtoku je z původního FI vytvořen jako FT.

Systém použití rozšíření jména (extension)

Z důvodu rozsáhlosti definice systému použití rozšíření jména, je tento systém zpracován formou snímků v příloze G. Snímek číslo G.3 zachycuje v první části použití rozšíření u regulačních smyček a měření. Druhá část definuje použití u dvupolohových ventilů. Třetí část je uvedena na snímku číslo G.4 a stanovuje pravidla rozšíření jména u motorů.

Zvláštní podskupinou jsou skládací servomotory, nejčastěji pro mlecí agregáty, jejichž pravidla zachycuje obr. G.5. Poslední obr. G.6 uvádí stanovená rozšíření u obecných signálů.

System značení rozvaděčů

Struktura čísla rozvaděče v Olšanech má tvar: **+400CDXX/YY**, kde 400CD je označení rozvaděče pro PS4, XX je poslední dvojčíslí čísla technologického souboru, /YY je oddělovač s dvojčíslím dalšího technologického souboru (pro případ, kdy jsou do jednoho rozvaděče zavedeny signály ze dvou technologických souborů)

Poznámka:

Rozvaděč v rozvodně má místo XX/YY označení rozvodny (např. +400CDTS4)

System značení vstupně/výstupních svorek v rozvaděčích

+400CDXX/YY=AABBCC:svorka

kde +400CDXX/YY je označení rozvaděče

AA je adresa FCI

BB označuje typ RIA (AI, AO, DI, DO)

CC je pořadové číslo RIA na MODULBUSU

Příklady:

+ 400CD02=01DO01: L2/3 napájecí svorka L2 kanálu 3 pro DO na první pozici za FCI s adresou 01 v rozvaděči pro mlecí linku DV (soubor 402)

+ 400CD02=02AI02:A4 svorka pro čtvrtý kanál AI na druhé pozici za FCI s adresou 02 v rozvaděči pro mlecí linku DV (soubor 402)

System značení kabelů

Struktura čísla signálového kabelu v Olšanech má tvar: **LoopName-WSxx** kde LoopName je označení obvodu

xx je rozlišovací a pořadové číslo kabelu, které nabývá tyto hodnoty:

40 až 49 pro společné analogové vstupy a výstupy

50 až 59 pro společné digitální vstupy a výstupy

60 až 69 pro digitální vstupy

90 až 99 pro digitální výstupy

70 až 79 pro analogové vstupy

80 až 89 pro analogové výstupy

Profibus kabely :

Příklad: 400PB151/04-1 - 400 předčíslí - PB profibus - 151 – číslo procesoru - 04 – číslo

Busu - 1 profibus adresa

Příklad: (první kabel pro digitální vstupy od ventilu 402HSO01): 402HSO01-WS60

Struktura čísla napájecího kabelu v Olšanech má tvar: **LoopName-WLxx** kde LoopName je označení obvodu

xx je pořadové číslo kabelu, které nabývá hodnoty 10 až 99

Struktura čísla společného napájecího a signálového kabelu v Olšanech má tvar : **LoopName-WSxx** kde LoopName je označení obvodu

xx je rozlišovací a pořadové číslo kabelu, které nabývá hodnot stejně jako označení pro společné digitální vstupy a výstupy:

50 až 59

Systém značení pneumatických hadiček

Struktura čísla hadičky v Olšanech má tvar: **LoopName-PAxx** kde LoopName je označení obvodu xx je číslo hadičky (01 až 99)

Příklad: (první hadička použitá v obvodu ventilu 402HSO01): 402HSO01-PA01

Systém značení místních propojovacích skříněk

Struktura čísla skřínky a svorky ve skřínce v Olšanech má tvar: **LoopNameN1-Xy:z** kde LoopName je označení obvodu LoopNameN1 je číslo místní skřínky Xy je číslo svorkovnice z je číslo svorky

Příklad (propoj na svorku 3 svorkovnice X1 ve skřínce pro ventil 402HSO01):
402HSO01N1=X1:3

Systém značení pneumatických rozvaděčů

Struktura čísla pneumatického rozvaděče v Olšanech má tvar: **400PBXX/YY-y** kde 400PB je označení rozvaděče pro PS4 XX je poslední dvojčíslí čísla technologického souboru /YY je oddělovač s dvojčíslím dalšího technologického souboru (pro případ, kdy jsou do jednoho rozvaděče zavedeny signály ze dvou technologických souborů) y je pořadové číslo rozvaděče v rámci techn. souboru

Systém číslování listů v projektu

Struktura čísla stránky projektu v Olšanech má tvar : **4ZZxxyy** , kde ZZ je poslední dvojčíslí čísla technologického souboru, xx je dvojčíslí příslušné danému typu obvodu, yy je pořadové číslo daného typu obvodu v příslušném funkčním celku (01 až 99)

Souhrn je zpracován v tab. H.1.

2.6 TECHNOLOGICKÝ PRINCIP ENZYMATICKÉHO VAŘÁKU

Následující část se zabývá technologickým principem enzymatického vařáku škrobu. Jehož pochopení a následné textové zpracování, jenž bylo na základě dostupných materiálů a znalostí ze stávajícího systému mnou vytvořeno, je podstatné pro správné začlenění snímačů a akčních členů do souboru.

2.6.1 Skladování škrobu, příprava a přenos slurry

První procesní částí je výroba takzvané slurry, což je kombinace škrobu a studené vody, pomocí škrobové moučky a enzymů.

Skladování a přenos škrobové moučky

Za předpokladu, že hladinový spínač LS01 indikuje pokrytí škrobem, tedy přítomnost škrobu v BIG-BEG zásobníku, se může spustit pohon šnekového dopravníku HM01. V opačném případě je stav signalizován varovným signálem a je třeba ručně doplnit zásobník operátorem výroby.

Pokud se kád' se škrobovou moučkou vyprázdní, což indikuje hladinový spínač LS03, se dopravník rozběhne a přenáší škrob z Big Bagu do podavače prášku. Se zpožděním asi deseti sekund po dosažení vysoké hladiny spínače LS02 se dopravník zastaví.

Také do této části spadá pneumatický vibrátor na kádi se škrobovou moučkou. Vibracemi se zde zabraňuje jejímu usazování.

Příprava slurry

Obsah kádě se slurry, který se míchá a udržuje v pohybu pomocí míchadla RM01, je měřen snímačem hladiny LIC01.

Následně je zde popsána sekvence plnění kádě se slurry. 1. Jakmile se spustí konvertor, přes regulační ventil LICV01 poteče do nádrže se slurry voda. Konstantní úroveň hladiny je dosaženo řídicím systémem. 2. Když je voda v systému a všechny parametry jsou v pořádku, bude do kádě se slurry dávkován škrob pomocí podavače s dávkovacím šnekem. Díky frekvenčnímu řízení GU03 pohonu dávkovacího šneku označeného HM02 lze nastavovat jeho dodávané množství.

V případě potřeby je vždy možné vypustit obsah kádě se slurry do odpadu přes vypouštěcí ventil GS01.

Přenos slurry

Přenos slurry do konvertoru je umožněn díky čerpadlům PM01 a PM02, jejichž otáčky motorů jsou řízeny pomocí pohonu GU01. Tento řídicí pohon reaguje na snímač průtoku FIC01. Žádaná hodnota průtoku se nastavuje na monitoru řídicí jednotky.

Konvertor

Procesní část konvertoru převádí "nativní" škrobovou moučku. Enzymy během reakce "rozřezávají" molekuly škrobu a v důsledku toho klesá viskozita roztoku. Pro konečnou úroveň viskozity produktu je důležitý typ a množství enzymů použitého na kilogram škrobu. Aby se tento proces zastavil, v druhé části konvertoru jednotka inaktivuje reakci enzymů teplotou.

Proces může být připodobněn k uvaření vejce - tedy přeměně proteinů při dodávání tepla. Ohřev po námi zvoleném čase zastavíme a vejce necháme zchladit. Množství tepla a délka, po kterou bylo teplo dodáváno se nutně projeví na vlastnostech konečného produktu.

Enzymy se fyzicky mění, aniž by byly schopny znovu nabýt původní formu. Podmínky pro konverzi musí být velmi konstantní. Reakční teplota, množství enzymů, reakční doba a inaktivační teplota jsou kritické pro konečné vlastnosti produktu.

Před spuštěním systému konvertoru je třeba vybrat z následujících čerpadel. Kalová čerpadla P01 nebo P02, Enzymové pumpy P03 nebo P04 a produktová přečerpávací čerpadla P05 nebo P06.

Startovací sekvence lze popsat následovně.

1. Kdykoli systém běží v režimu AUTO, při nízké hladině v zásobní nádrži se otevře vodní ventil LICV01 do kádě se slurry. Po otevření tohoto ventilu se spustí zvolené čerpadlo čerpání vody v jednotce konvertoru s řízenou rychlostí pomocí řídicího pohonu. Procesní hodnota přichází z FIC01, žádaná hodnota je nastavena na monitoru řídicího systému a výstup jde do řídicího pohonu GU01A nebo GU01B.

2. Zároveň se spustí zvolené enzymové čerpadlo do kádě se slurry, řízené přes řídicí pohon GU04A nebo GU04B. Procesní hodnota pochází z FIC02, žádaná hodnota je nastavena na monitoru řídicího systému a výstup jde do řídicího pohonu. Systém plní reaktorovou linku vodou a enzymy.

3. Když hladina ve svislé trubici na konci reakčního potrubí dosáhne více jak 50 %, spustí se vybrané přečerpávací čerpadlo produktu ovládané pomocí řídicího pohonu GU02A popřípadě GU02B. Procesní hodnota přichází ze snímače hladiny LIC02, žádaná hodnota je nastavena na monitoru řídicího systému a výstup jde do řídicího pohonu.

4. Po spuštění vybraného produktového čerpadla se otevře hlavní ventil přívodu páry OS06 do potrubí reaktoru. Společně s tímto ventilem spustíme regulační ventil teploty TICV01. Procesní hodnota pro teplotu přichází z teplotního čidla TIC01, žádaná hodnota je nastavena na monitoru řídicího systému a výstup jde do řídicího ventilu.

5. Třicet sekund po otevření parních ventilů k reakčnímu potrubí systém otevře parní potrubí k inaktivačnímu potrubí prostřednictvím parního ventilu TICV02. Nastavená hodnota pro tuto teplotu se nastavuje na monitoru řídicího systému.

6. Pro další průběh musí být dokončena fáze zahřívání v sekvenci. Když je po dobu

pěti sekund hodnota teploty pro reakci a deaktivaci nad alarmovou úrovní, značící nízkou teplotu, spustíme podavač prášku do nádrže na přípravu kaše.

Ventily HSOV07/08/09 na konci potrubí pro roztok směrem do nádrží jsou při spuštění otevřeny pro vypouštění, protože systém pracuje pouze na vodu. Směr se změní se zpožděním asi šest minut poté, co systém uzavřel vodní ventil a otevřel ventil nádrže k čerpadlům kalu. Čas bude upřesněn při spuštění.

V této fázi jednotka konvertoru přeměňuje škrob a plní zásobník roztoku. V případě procesního poplachu bude jednotka reagovat následovně:

1. Okamžité zastavení podavače prášku a spuštění alarmu na monitoru řídicího systému.

2. Po propláchnutí po dalších deseti minutách se jednotka konvertoru úplně zastaví bez možnosti automatického opětovného spuštění. Alarm musí být resetován a vyřešen. Poté lze opět znovu spustit jednotku konvertoru.

V případě alarmu ze sítě bude jednotka konvertoru reagovat následovnou sekvencí:

1. Okamžité zastavení/přerušování všech akcí. Pokud je zásobník roztoku naplněn, aktivuje se další sekvence proplachování.

2. Zastavení podavače prášku.

3. Čtyři minuty po tom, co se přestanou přidávat enzymy, dojde k zavření ventilu a vypnutí čerpadla.

4. Jednu minutu po zastavení přidávání enzymů se otevře vypouštěcí ventil HSO09 a zavře ventil nádrže HSO08 nebo HSO07.

5. Pět minut po přepnutí na odtok se začne proplachovat vertikální trubice na konci reakční linie.

6. Když je trubice vyčištěna, program zastaví jednotku konvertoru a čeká na další nízkou hladinu před dalším spuštěním této sekvence.

2.7 TECHNOLOGICKÝ PRINCIP MĚŘENÍ POROZITY

Principu a navrženému funkčnímu provedení pro systém měření porozity se detailně věnuje v kapitole 5. Tato část pojednává o základním technologickém principu, z kterého vychází následné řešení.

2.7.1 Pneumatický zvedák

Pomocí otevření/zavření ventilu HSO01 na přívodu stlačeného vzduchu k pneumatickému zvedáku dochází k přiklopení/odklopení měřicí hlavy označené porolog. Zvedák je na míru vyrobený s mechanickým dorazem, aby se zabránilo nechtěnému poškození, ať už měřicí části, či měřeného papíru.

2.7.2 Měřicí hlava porologu

Měřicí hlava se skládá ze sady otevřených drážek rozdělených na dvě části. Pomocná zóna, která zahrnuje drážky v krajních částech, je určena k přisání k papíru. Zde může docházet k vsání papíru, rozvlnění, srolování, či jeho odklopení od některých měřicích drážek. Dále od krajních drážek, směrem do středu, lze více zaručit, že papír je v ideální pozici pro měření. Tento úsek je definován jako měřicí zóna. Zde je papír narovnaný, ideálně není nijak vlnitý a lze zaručit správnost výpočtu prodyšnosti. Pro tento výpočet je znám přesný fyzický rozměr měřicí zóny.

2.7.3 Dosažení podtlaku

Na rozvodech stlačeného vzduchu jsou umístěny regulátorem řízené ventily PIC01 a PIC02, které ovlivňují průtok hlavním potrubím. Z boční strany k nim jsou připojena potrubí jdoucí od měřicí a pomocné zóny hlavy. Díky průtoku hlavním potrubím dochází v těchto bočních potrubí k nasávání vzduchu a vytváření podtlaku, když se měřicí hlava přisaje k papíru. Z toho vyplývá, že jsme schopni pomocí zmíněných ventilů na rozvodu stlačeného vzduchu přímo regulovat podtlak v zónách. Pro výpočet prodyšnosti je na měřicí zóně umístěn průtokoměr, měřící množství nasátého vzduchu přes papír.

2.7.4 Profuk potrubí

Do potrubí jsou zanášeny nečistoty z měřicí a pomocné zóny. Tudíž pro správný chod souboru musí po určité době docházet k čištění. To je technologicky vymyšleno taktéž pomocí stlačeného vzduchu, který je pomocí ventilů OS01 a OS02 přiveden z dalšího bočního potrubí k potrubí z měřicí a pomocné zóny.

3 NÁVRH ŘEŠENÍ

3.1 ENZYMATICKÝ VAŘÁK ŠKROBU – NÁVRH ŘEŠENÍ SOUBORU

Na základě zjištění stavu řídicí části souboru bylo sestaveno a navrženo technologické řešení. To se skládá z upgradu řízení motorů aktuálně řízených pomocí řídicích jednotek UMC 100/3 a reléové logiky na přímé distribuované řízení pomocí komunikační sběrnice PROFIBUS. Výjimečnost a brilantnost tohoto řešení spočívá v možnosti přímého řízení motorů přes sběrnici PROFIBUS bez použití frekvenčních měničů. Řídicí jednotky UMC 100/3 a frekvenční měniče ACS388 mohou být z pole bez náhrady úplně odstraněny.

Dále bylo navrženo vybudování malé elektrické rozvodny 516CD001 s rozvaděčem u tohoto souboru namísto rozvaděče samotného. Tímto dojde k zabránění vniknutí nečistot k řídicí části souboru. Pro vyhodnocování dat ze snímačů a komunikaci s akčními členy byl navrhnut nový DCS firmy ABB s kontrolerem PM866 umístěného v nové rozvodně. Většina snímačů i kabeláž, která byla měněna a je podstatně novější než zbytek souboru, byla doporučena k zachování a pouhému přepojení do nového DCS.

List 9901 přílohy A zachycuje situační technologické schéma se všemi jak již provedenými, tak nově navrhnutými změnami.

3.2 MĚŘENÍ POROZITY – NÁVRH ŘEŠENÍ SOUBORU

Na základě technologických a technických požadavků byl sestaven návrh aplikující sebrané zkušenosti a dosavadní znalosti systémů u starších papírenských strojů. Ten spočívá ve vytvoření celého nového řídicího systému pro měření porozity na papírenském stroji číslo šest. Tento návrh je zanesen ve výkresové dokumentaci a dále rozvíjen při tvorbě programu pro PLC Simatic 1200 spolu s vizualizací pro HMI panel KTP700 Basic PN. Veškeré navržené a realizované řešení je průběžně dokumentováno a rozebíráno v rámci této práce.

4 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Výkresová dokumentace pro enzymatický vařák škrobu byla nakreslena s využitím zadaného programu Autodesk AutoCAD 2020. Pro výkresovou dokumentaci měření porozity byl zvolen pokročilejší software Eplan P8. Ten využívá odlišného přístupu. Lze v něm editovat struktury a data projektu přímo prostřednictvím přístupu do databáze. Vytvořená technologická PID schémata z těchto programů nalezneme ve formátu pdf jako součásti této práce na přiloženém DVD a samostatně, jako tištěné přílohy A Výkresová část: Enzymatický vařák škrobu a B Výkresová část: Měření porozity. Tato dokumentace dodržuje zásady a standardizaci zákazníka, která již byla uvedena podkapitole 2.5. Některé výkresy využívají k zobrazení vstupních karet,ATIC, PLC a HMI oficiální výkresové vzory, poskytované firmou Siemens.

Číslování stránek odpovídá interní standardizaci a je použito i pro posloupnost seřazení stránek výkresové dokumentace.

4.1 ENZYMATICKÝ VAŘÁK ŠKROBU - VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Následující sekce se zabírají pouze částí enzymatického vařáku škrobu. Obr. 4.1 spolu s obr. 4.2 zachycují tabulku označení signálů na kartách souboru enzymatického vařáku škrobu. Jedná se o původní rozložení signálů na kanálech vstupních/výstupních digitálních/analogových karet.

1	2	3	4	5
AI800_19	AI800_20	AI800_21	AO800_14	AO800_15
1 516PIA01.MV	1 516PI09.MV	1 516TI03.MV	1 516SIC01.OUT	1 516LIC01.OUT
2 516PIA02.MV	2 516PI10.MV	2 AI800_21.2	2 AO800_14.2	2 516TICA01.OUT
3 516PIA03.MV	3 516FICA01.MV	3 516LIC01.MV	3 516FICA01.OUT1	3 516TICA02.OUT
4 516PIA04.MV	4 516FICA02.MV	4 516LIC02.MV	4 516FICA01.OUT2	4 516FICA03.OUT
5 516PIA05.MV	5 516FICA03.MV	5 24LISA01_AVEBE.M	5 516FICA02.OUT1	5 AO800_15.5
6 516PIA06.MV	6 AI800_20.6	6 24LISA05_AVEBE.M	6 516FICA02.OUT2	6 AO800_15.6
7 516PIA07.MV	7 516TICA01.MV	7 AI800_21.7	7 516LIC02.OUT1	7 AO800_15.7
8 516PIA08.MV	8 516TICA02.MV	8 516QIC01.MV	8 516LIC02.OUT2	8 AO800_15.8

Obr. 4.1 – Označení signálů souboru enzymatického vařáku škrobu - část A

6	7	8	9	#	#
DI800_67	DI800_68	DI800_69	DO800_70	DO800_71	DO800_72
1 516AM01.FB	1 516HSO09.LSO	1 516GS14.LSO	1 516AM01.RUN	1 516PM04.RUN	1 516HSO09.SV
2 516HM01.FB	2 516HSO09.LSC	2 516GS14.LSC	2 516HM01.RUN	2 516PM05.RUN	2 516OS15.SV
3 516AM02.FB	3 516GS02.LSO	3 516HM02.FB	3 516AM02.RUN	3 516PM08.RUN	3 DO800_72.3
4 516HM02.RDY	4 516GS02.LSC	4 516PM01.FB	4 516HM02.RUN	4 516PM08.RUN	4 DO800_72.4
5 516RM01.FB	5 516GS03.LSO	5 516LSA01.LSW	5 516RM01.RUN	5 516OS01.SV	5 DO800_72.5
6 516PM01.RDY	6 516GS03.LSC	6 516LS02.LSW	6 516PM01.RUN	6 516OS06.SV	6 DO800_72.6
7 516PM02.RDY	7 516GS04.LSO	7 516LSA03.LSW	7 516PM02.RUN	7 516HSO07.SV	7 516ES001.SIG
8 516PM03.RDY	8 516GS04.LSC	8 516LSA04.LSW	8 516PM03.RUN	8 516HSO08.SV	8 DO800_72.8
9 516PM04.RDY	9 516GS01.LSC	9 516LSA05.LSW			
10 516PM05.RDY	10 DI800_68.10	10 516PM02.FB			
11 516PM06.RDY	11 516GS11.LSO	11 516PM03.FB			
12 516PM08.FB	12 516GS11.LSC	12 516PM04.FB			
13 516HSO07.LSO	13 516GS12.LSO	13 516PM05.FB			
14 516HSO07.LSC	14 516GS12.LSC	14 516PM06.FB			
15 516HSO08.LSO	15 516GS13.LSO	15 DI800_69.15			
16 516HSO08.LSC	16 516GS13.LSC	16 516AVEBEE.STP			

Obr. 4.2 – Označení signálů souboru enzymatického vařáku škrobu - část B

Kabelová dokumentace

Kabelová dokumentace není součástí řešení, jelikož bude ponechána dosavadní kabeláž, která byla měněna a je podstatně novější, než zbytek souboru. Toto rozhodnutí ale zároveň vedlo k požadavku umístit signály na nové vstupní a výstupní karty tak, aby co nejvíce odpovídaly předešlému zapojení. Prvním dílčím důvodem byla dostatečná fyzická délka kabelů a druhým vytvořit co nejjednodušší přepojovací tabulku.

Tato přepojovací tabulka zde není uvedena samostatně, ale je součástí souboru přílohy C. Její část pro ukázkou zachycuje obr. 4.3. Z kanálu (například první řádek: 1) stávající karty (označené AI800_19) budou kabely přepojeny na kanál (1) nové karty (AI01). V poznámce je ještě vypsána cesta od snímače, či akčního členu ke kartě pomocí názvů svorek, kde jsou kabely fyzicky přepojeny. Další informací je označení obvodu a druhu signálu pro vytvoření popisků.

Regulace průtoku

Výkres 0001 přílohy A znázorňuje obvod 516FIC01 nazvaný podle snímače průtoku typu SE202ME - DAD4S-LN4-A2NN od výrobce YOKOGAWA o měřicím rozsahu 0.5302 až 17.671 m^3/s , označeného 516FT01. Snímač založený na magnetickém principu se fyzicky nachází u konvertoru a na základě jeho výstupní hodnoty se řídí pohony PM01 a PM02 čerpadel. Analogový výstup snímače je nastaven na spojitě měření 0 až 4 $m^3/hod.$ (výstup při 4 až 20mA).

Výkres A0002 zachycuje obvod 516FIC02 nazvaný podle snímače průtoku IFM5080K/D/6 od výrobce KROHNE Ltd. o měřicím rozsahu 0 až 0,06 $m^3/hod.$, ozna-

STÁVAJÍCÍ:				NOVÉ:			
Karta	Kanál			AI01	Kanál	Obvod	Ext.
AI800_19	1	X42:1/2 -> X4:13/14 -> U39-3:2/1	->		1	516PI01	_MV
AI800_19	2	X42:3/4 -> X4:15/16 -> U40-3:2/1	->		2	516PI02	_MV
AI800_19	3	X42:5/6 -> X4:17/18 -> U41-3:2/1	->		3	516PI03	_MV
AI800_19	4	X42:7/8 -> X4:19/20 -> U42-3:2/1	->		4	516PI04	_MV
AI800_19	5	X42:9/10 -> X4:21/22 -> U43-3:2/1	->		5	516PI05	_MV
AI800_19	6	X42:11/12 -> X4:23/24 -> U44-3:2/1	->		6	516PI06	_MV
AI800_19	7	X42:13/14 -> X4:25/26 -> U45-3:2/1	->		7	516PI07	_MV
AI800_19	8	X42:15/16 -> X4:27/28 -> U46-3:2/1	->		8	516PI08	_MV
				AI02	Kanál	Obvod	Ext.
AI800_20	1	X42:17/18 -> X4:29/30 -> U47-3:2/1	->		1	516PI09	_MV
AI800_20	2	X42:19/20 -> X4:31/32 -> U48-3:2/1	->		2	516PI10	_MV
AI800_20	3	X4:23/24 -> X4:35/36	->		3	516FIC01	_MV
AI800_20	4	X4:7/8	->		4	516FIC02	_MV
AI800_20	5	X42:37/38 -> X4:49/50	->		5	516FIC03	_MV
AI800_20	7	X5:19/20/21 -> U52-3:4/5/6, U52-3:7/8	->		6	516TIC01	_MV
AI800_20	8	X5:22/23/24 -> U53-3:4/5/6, U53-3:7/8	->		7	516TIC02	_MV
AI800_21	1	X5:25/26/27 -> U54-3:4/5/6, U54-3:7/8	->		8	516TIC03	_MV

Obr. 4.3 – Převodní systém kabeláže enzymatického vařáku škrobu

čeného 516FT02. Snímač se fyzicky nachází u enzymatické nádrže. Na základě jeho výstupní hodnoty se řídí pohony PM03 a PM04 čerpadel. Díky tomu se enzymy z nádrže dodávají do nádrže s tvořící se slurrrou. Analogový výstup snímače je nastaven na spojitě měření 0 až 5,4 l³/hod. (výstup při 4 až 20mA).

Výkres A0003 znázorňuje obvod 516FIC03 nazvaný podle snímače průtoku typu SE202ME - DAD4S-LN4-A2NN od výrobce YOKOGAWA, označeného 516FT03. Snímač snímá průtok ředící vody přiváděné do nádrže se směsí určené k deaktivaci. Analogový výstup snímače je nastaven na spojitě měření 0 až 8 m³/hod. (výstup při 4 až 20mA). Na základě výstupní hodnoty senzoru se řídí ventil na tomto vodovodním potrubí. Ventil ovládaný proudovou smyčkou 4 až 20mA pro otevření 0 až 100% je typu ND9103HN-CE07 Neles od společnosti Metso.

Průtokový snímač 516FIC04 určený k regulaci průtoku soli byl odstraněn jako technologicky nadbytečný.

Regulace hladiny

Výkres A0101 znázorňuje obvod 516LIC01 nazvaný podle snímače hladiny typu FLX-S-S-100 od výrobce KLAY Instruments B.V., označeného 516LT01. Snímač měří spojitě aktuální hladinu připravované slurry v kádě. Výstupní signál 4 až 20mA udává hodnotu 0 až 100% spojitěho měření značícího zaplnění této kádě. Na základě této hodnoty je řízen ventil na potrubí přivádějící vodu do této kádě s připravovanou slurrrou. Ventil je typu

ND9103HN od výrobce Metso.

Výkres číslo A0102 znázorňuje obvod 516LIC02 nazvaný podle snímače hladiny totožného typu FLX -S-S-100, označeného 516LT02. Snímač měří spojitě výšku hladiny čerpání z konvertoru. Výstupní signál 4 až 20mA udává hodnotu 0 až 100% značící zaplnění konvertoru a na základě této výstupní hodnoty se řídí pohony PM05 a PM06 čerpadel z konvertoru.

Regulace teploty

Výkres A0201 znázorňuje obvod 516TIC01 nazvaný podle snímače teploty PT100 typu HT310.12050 od výrobce HT ENG. Snímač založený na odporovém principu se fyzicky nachází u konvertoru a na základě jeho výstupní hodnoty se řídí pohony PM01 a PM02 čerpadel a příslušného ventilu 516TICV01. Analogový výstup snímače je nastaven na spojitě měření 0 až 160 °C (výstup při 4 až 20mA). Ventilem 516TICV01 typu ND9103HN od výrobce Metso se řídí přívod páry do konvertoru.

Na výkrese A0202 je zachycen obvod 516TIC02 nazvaný podle snímače teploty PT100 opětovně typu HT310.12050. Snímač se fyzicky nachází v deaktivální části a na základě jeho výstupní hodnoty se řídí ventil 516TICV02. Analogový výstup snímače je nastaven na spojitě měření 0 až 160 °C (výstup při 4 až 20mA). Ventilem 516TICV02 taktéž typu ND9103HN se řídí přívod páry do deaktivace.

Výkres A0203 zachycuje obvod 516TIC03 nazvaný podle snímače teploty PT100 totožně typu HT310.12050. Snímač se fyzicky nachází v konvertoru a na základě jeho výstupní hodnoty se řídí pohony PM05 a PM06 čerpadel. Analogový výstup snímače je nastaven na spojitě měření 0 až 160 °C (výstup při 4 až 20mA).

Snímání tlaku

U všech následně zmíněných snímačů tlaku se jedná o model 8000-G-S-G53 firmy KLAY Instruments B.V. o měřicím rozsahu 0,1/100 Barů. Analogový výstup snímačů je nastaven pouze na rozmezí 0 až 16 Barů při velikosti nosného signálu 4 až 20mA. Označení všech následujících výkresů je tvořeno podle totožného pravidla: Výkres A030x znázorňující obvod 516PI0x podle snímače označeného 516FT0x, kde x představuje číslo 1 až 10.

Snímač 516PI01 měří tlak na přívodu stlačeného vzduchu k souboru 516. Výsledná hodnota má informativní charakter o tlakových ztrátách na přívodním potrubí.

Tlakový snímač 516PI02 je umístěn na přívodu vody do souboru. Výsledná hodnota vypovídá o případných ztrátách na přívodním potrubí.

Snímač 516PI03 měří tlak na přívodu páry k tomuto souboru, ovšem již po průchodu deaktivací. Měřená hodnota opět udává tlakové ztráty.

Snímač s označením 516PI04 měří aktuální tlak slurry těsně před filtrem. Pro správnou funkci filtru do něj slurry musí proudit pod určitým minimálním tlakem.

Snímač tlaku 516PI05 udává hodnotu tlaku slurry za filtrem, tedy před vstupem do konvertoru.

Snímač 516PI06 měří tlak slurry v samotném konvertoru.

Tlak směsi na výstupu konvertoru, před směřováním s párou, je měřen snímačem 516PI07.

Snímač 516PI08 měří tlak před deaktivací způsobenou ředění směsi vodou.

Tlakový snímač 516PI09 měří tlak páry před vstupem do konvertoru. Pára zde zastupuje nosnou složku. Výsledná směs vyjde z konvertoru pomocí pohonů PM05 a PM06 jako kondenzát.

Snímač označený 516PI10 měří tlak páry přiváděné do směsi po průchodu konvertorem. Pára zde působí opět jako nosná složka směsi ke konečné deaktivaci.

Regulace hustoty

Výkres A0801 znázorňuje obvod 516QIC01 nazvaný podle snímače koncentrace typu OPTIMASS 7000 T15 od výrobce KROHNE Ltd., označeného 516QT01. Snímač měří spojitě koncentraci slurry v kádi a pro tuto hodnotu znázorněnou pomocí 0-100% je použit analogový výstup 4 až 20mA.

Hladinové spínače - nespojitě měření

Hladinový snímač 516LS01 na výkrese A1101 indikuje dosažení minimální hladiny škrobové moučky v BIG-BEG zásobníku. Snímač nese typové označení MINICAP FTC260-AA2D1 od výrobce Endress+Hauser a disponuje digitálním výstupem.

Snímač 516LS02 na výkrese A1102 indikuje dosažení maximální hladiny škrobové moučky v zásobníku násypky. Snímač je stejného typu jako v předchozím případě.

Hladinový snímač 516LS03 na výkrese A1103 indikuje dosažení minimální hladiny škrobové moučky v zásobníku násypky. Snímač je stejného typu jako v prvním případě 516LS01.

Snímač 516LS04 na výkrese A1104 indikuje dosažení výškového bodu označeného "nízká hladina"enzymů v enzymatické nádrži BAN120. Snímač nese typové označení FLX-S-S-100-G od výrobce KLAY Instruments B.V. a disponuje taktéž digitálním výstupem.

Snímač 516LS05 na výkrese A1105 indikuje dosažení minimální hladiny enzymů v enzymatické nádrži BAN120. Snímač je taktéž typu FLX-S-S-100-G.

Snímače koncové polohy

Mimo snímač 516GS01 nesou všechny níže zmiňované snímače koncové polohy typové označení ES2.P01H od výrobce InterApp. Pomocí výstupního digitálního signálu informují o otevření, či zavření ručního ventilu.

Výkres A1701 znázorňuje obvod 516GS01 nazvaný podle snímače koncové polohy ručního ventilu typu PCR3SVAZ od výrobce ROTECH. Pomocí ventilu lze vypustit kád' se slurrou a na něj napojený snímač dává binární informaci o jeho zavření, či otevření.

Na výkrese A1702 je zakreslen obvod 516GS02 nazvaný podle snímače koncové polohy ručního ventilu umístěného mezi nádrží se slurrou a čerpadlem PM01.

Výkres A1703 zobrazuje obvod 516GS03 nazvaný podle snímače koncové polohy ručního ventilu umístěného obdobně mezi nádrží se slurrou a čerpadlem PM02.

Výkres A1704 znázorňuje obvod 516GS04 nazvaný podle snímače koncové polohy ručního ventilu přepínajícího přívod slurry k filtru z větví prvního a druhého čerpadla.

Na výkrese A1711 je znázorněn 516GS11 nazvaný podle snímače koncové polohy ručního ventilu umístěného v konvertoru před čerpadlem PM05.

Výkres A1712 zachycuje obvod 516GS12 nazvaný podle snímače koncové polohy ručního ventilu umístěného u konvertoru za čerpadlem PM05.

Výkres A1713 zobrazuje obvod 516GS13 nazvaný podle snímače koncové polohy ručního ventilu umístěného v konvertoru před čerpadlem PM06.

Na výkrese A1714 je znázorněn obvod 516GS14 nazvaný podle snímače koncové polohy ručního ventilu umístěného u konvertoru za čerpadlem PM06.

Ventily s koncovými spínači

Výkres A1807 znázorňuje obvod 516HSO07 nazvaný podle solenoidového ventilu typu 3/2 NC 189.90001 od výrobce ASCO. Ventil ovládá klapkový uzávěr označený 516GS07 typu D10050.33-1AR.4A.4CO.E+IA20SR5 výrobce DESPONIA určený k možnosti zásobování kádě E1 slurrou.

Na výkrese A1808 je zobrazen obvod 516HSO08 nazvaný podle totožného solenoidového ventilu typu 3/2 NC 189.90001. Ventil ovládá klapkový uzávěr označený 516GS08 typu D10050.33-1AR.4A.4CO.E+IA20SR5 určený k možnosti zásobování kádě E2 slurrou.

Výkres A1809 znázorňuje obvod 516HSO09 nazvaný podle solenoidového ventilu totožného typu, jako u předchozích případů. Ventil ovládá klapkový uzávěr označený 516GS09 typu D10050.33-1AR.4A.4CO.E+IA20SR5 určený k vypouštění slurry ze souboru.

Ventily bez koncových spínačů

Výkres číslo A1901 zachycuje obvod 516OS01 nazvaný podle pneumatického regulačního ventilu řady VT307 a typového označení 5DO-02F-Q od výrobce SMC. Ventil o

maximálním průtok 225,75NL/min je v provedení 3/2 NC, což znamená "normal close", tedy že za běžného stavu jsou klapky ventilu uzavřeny. Ovládání je manuální, s pomocí impulzů. Ventil 516OS01 slouží k ovládání pneumatického vibrátoru (kladiva) PKL 150/6 ST výrobce NETTER na kádi se škrobovou moučkou. Vibracemi se zabraňuje jejímu usazování.

Na výkrese číslo A1906 je zakreslen obvod 516OS06 nazvaný podle kulového ventilu typu EK71 DIN3202F4/F5 výrobce ARGUS +. Ovládání je taktéž manuální, s pomocí impulzů. Pomocí ventilu 516OS06 se řídí přívod páry k souboru 516 a následnému rozvodu do konvertoru a deaktivální části.

Výkres A1915 zachycuje obvod 516OS15 nazvaný podle pneumatického regulačního ventilu řady VT307 totožného typového označení a výrobce jako ventil 516OS01. Ventil 516OS15 slouží k ovládání ofuku na šnekovém dopravníku škrobu do kádě se škrobovou moučkou. Pravidelným ofukem se zabraňuje usazování a tvorbě nečistot na páse tohoto dopravníku.

Čerpadla, míchadlo, mlýny a šnekové dopravníky

Díky nově navrhnuté technologii přímého řízení přes sběrnici PROFIBUS bez použití frekvenčních měničů nebudou motory řízeny centrálně v nově vznikající rozvodně 516CD001. Což je důvod absence výkresů pro tento druh akčních prvků. Přesto zůstávají stále součástí souboru a proto je zde uveden alespoň jejich typový výčet.

Pro pohony čerpadel PM byl použit typ RXF 67 DT80N4TF 478RPM výrobce SEW o výkonu 0,75kW. Míchadlo 516RM01 je výrobce VEENSTRA typu "FRA-50 125mm L=550 400VAC". Specifické mlýny HM, stejně jako šnekové dopravníky HM byly vyrobeny na zakázku firmou AVEBE, která stojí i za dodáním celé technologie i původní montáží souboru.

4.2 MĚŘENÍ POROZITY - VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Následující sekce se zabývá částí měření porozity. Jednotlivé výkresy nejsou již tak detailně popsány, jako tomu bylo v předchozím textu, jelikož příslušné informace spolu s detailním principem nalezneme až v kapitole 5.

Použité typy kabelů byly vybrány z rozsáhlé tabulky doporučených typů poskytnuté papírnami.

Hlavní přívod a napájení

Na straně B4 výkresové přílohy je zakreslen hlavní přívod elektrické energie. Použité prvky zvolených typů a potřebných parametrů jsou jističe, ruční vypínač a především napěťový měnič. Díky němu lze využít stejnosměrného napětí 24 Voltů získaného ze síťových 230 Voltů střídavých. Kabeláž s tímto napětím je dále rozvedena přes jističe a

pojistky k potřebným prvkům v souboru. Těmi je procesor řídicího systému, akční členy a aktivní snímač průtoku.

Řídicí systém

Výkres číslo B5 zachycuje seskládanou zvolenou PLC sestavu. K zobrazení jsou použity oficiální výkresové vzory, poskytované firmou Siemens. Na následujícím výkresu číslo B6 bylo zakresleno vnitřní uspořádání použitého kontroleru S7-1200 spolu se všemi napájecími, vstupně-výstupními digitálními a analogovými piny. Uspořádání pinů vstupně-výstupních analogových karet je zakresleno na výkresech B7 a B8.

Ventily

Ventil HSO01 k přiklopení hlavy porologu spolu s jeho řízením a zpětným hlášením o poloze je zakresleno na výkresu číslo B9. Stlačený vzduch je v celém souboru přiváděn k jednotlivým členům z celozávodního rozvodu. Hodnota tlaku působícího na stlačený vzduch v tomto rozvodu se pohybuje okolo šesti Barů. Na výkresech číslo B10 a B11 byly zakresleny ventily určené k profuku v měřicí a pomocné zóně. Princip profuku již byl popsán v příslušné kapitole, věnující se tomuto tématu. Princip a funkce odkalovacího ventilu OS3 z výkresové strany B12 jsou popsány v kapitole 6, konkrétně v sekci nastavení. Ve zkratce slouží k odpouštění zkondenzované vody na filtrech.

Tlačítka

Na výkresech číslo B13 a B14 jsou jednoduchá schémata k tlačítkům manuálního profuku a přiklopení, či odklopení hlavy porologu.

Podtlak

Levá část výkresů číslo B15 a B16 řeší analogový signál od snímačů tlaku PIC01 a PIC02. Tyto snímače jsou umístěny v potrubí k měřicí a pomocné zóně a na jejich základě se vyhodnocuje vzniklý podtlak. V pravé části je zakresleno zpětné řízení k nim příslušných ventilů.

Průtok

Pětivodičové zapojení průtokoměru FI01 je zakresleno na výkresové straně B17. Dva vodiče jsou použity pro napájení a další dva pro analogový signál z něhož vodič pro nula Voltů je spojen s napájecím. Poslední, nepoužitý vodič je určen pro nastavení setpointu snímače.

Spojení s centrálním rozvaděčem

Výsledná hodnota porozity je přiváděna přes galvanické oddělení proudové smyčky na analogovou kartu do centrálního PLC. Tato skutečnost je společně s hlášením o přetrhu a alarmem zakreslena na výkresové straně číslo B18.

5 PROGRAMOVÁ ČÁST - PLC

Následující kapitola se věnuje programové části vytvořené v softwaru Tia Portal V15_1. V tomto softwaru bylo zvolené a zdokumentované zařízení PLC, spolu s příslušnými analogovými vstupně-výstupními kartami a HMI vybrány z hardwarového katalogu a konfigurována v projektu PorologPM6. Definice těchto zařízení obsahuje podpůrný balíček "TIA_Portal_V15_HSP.zip", který je k dispozici na webových stránkách společnosti Siemens. Tento balíček, stejně jako nainstalovaný software Tia Portal a WinCC příslušné verze, je nutný pro správné otevření a chod programu tohoto projektu.

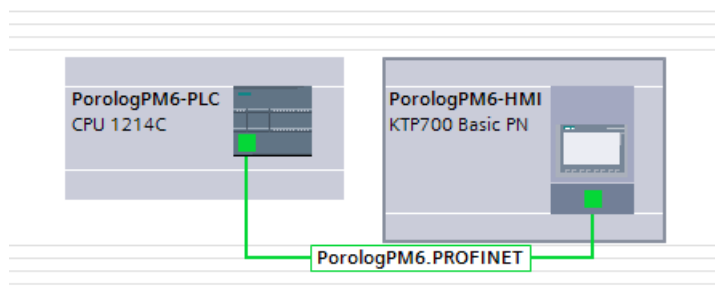
Program PorologPM6 byl zhotoven na základě technologického zadání, dostupných technologických PID schémat a průběžně konzultovaných požadavků na funkce jednotlivých částí s technologem zákaznické společnosti.

Funkčnost celého programu byla v první fázi testování úspěšně odzkoušena pomocí simulace PLCSIM spolu se simulací vizualizace na HMI panelu. Simulace zahrnovala kompletní odzkoušení správného přístupu k datům pomocí přiřazování hodnot na vstup a odečítání hodnot z výstupů simulovaných karet. Dále byl odzkoušen celkový chod programu, průchod jednotlivými kroky sekvence a ovládání uživatelem pomocí HMI panelu.

Druhá fáze testování proběhla s využitím hardwaru, kdy bylo fyzicky k dispozici zařízení stanoveného typu. Na PLC s kartami byl přiváděn proud 4 až 20mA z externího zdroje. Údaj na výstupu byl odečítán pomocí multimetru. Zařízení náležitě reagovalo a i test komunikačního spojení mezi PLC a HMI pomocí sběrnice PROFINET proběhl bez obtíží.

5.1 SÍŤOVÁ KONFIGURACE

Obr. 5.1 zachycuje náhled na propojení již vložených zařízení pomocí PROFINET sítě PLC. Každé z těchto zařízení bude mít v rámci této sítě přiřazenou IP adresu (definovanou IT oddělením) a typickou masku sítě 255.255.255.0.



Obr. 5.1 – Network view

Adresace v rámci konfigurace této sítě našeho systému je zobrazena v přehledu na

obr. 5.2. Digitální vstupy a výstupy mají v obvyklých případech přiřazeny po jednom bajtu pro osm portů v adresaci komunikace. Z tohoto bajtu je každý bit stanovený logickou hodnotou 0 nebo 1 vyjadřující puls, ať už vyslaný, či přijímaný, podle typu karty. V přehledu našeho případu jsou použity digitální vstupně-výstupní porty PLC, pro které jsou dohromady rezervovány první dva bajty adresového prostoru. Naproti tomu běžné analogové porty potřebují dva bajty pro přenos jedné hodnoty ve formátu real. Tedy v našem případě pro dva analogové vstupní porty na PLC jsou alokovány čtyři bajty. Obdobně i použité vstupně-výstupní analogové karty (AI 4x13BIT/AQ 2x14BIT_2) adresují každá čtyři bajty pro dva výstupy a osm bajtů pro čtyři výstupní hodnoty. U těchto karet je ale výjimka v bitové délce informace, kdy je samotná hodnota u vstupů vyjádřena pouze třinácti a čtrnácti bity u vstupních a výstupních portů.

Přehled na obrázku 5.2 dále zachycuje porty pulzních výstupů o dvou bajtech a zkratka HSC značí vysokorychlostní v tomto případě čtyřbytové čítače.

Type	Addr. fr...	Addr.... ▲	Size	Module	Rack	Slot	Device name
I	0	1	2 Bytes	DI 14/DQ 10_1	0	1 1	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
O	0	1	2 Bytes	DI 14/DQ 10_1	0	1 1	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
I	64	67	4 Bytes	AI 2_1	0	1 2	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
O	96	99	4 Bytes	AI 4x13BIT/AQ 2x14BIT_1	0	2	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
I	96	103	8 Bytes	AI 4x13BIT/AQ 2x14BIT_1	0	2	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
O	112	115	4 Bytes	AI 4x13BIT/AQ 2x14BIT_2	0	3	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
I	112	119	8 Bytes	AI 4x13BIT/AQ 2x14BIT_2	0	3	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
O	1000	1001	2 Bytes	Pulse_1	0	1 32	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
I	1000	1003	4 Bytes	HSC_1	0	1 16	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
O	1002	1003	2 Bytes	Pulse_2	0	1 33	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
O	1004	1005	2 Bytes	Pulse_3	0	1 34	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
I	1004	1007	4 Bytes	HSC_2	0	1 17	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
O	1006	1007	2 Bytes	Pulse_4	0	1 35	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
I	1008	1011	4 Bytes	HSC_3	0	1 18	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
I	1012	1015	4 Bytes	HSC_4	0	1 19	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
I	1016	1019	4 Bytes	HSC_5	0	1 20	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]
I	1020	1023	4 Bytes	HSC_6	0	1 21	PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]

Obr. 5.2 – Overview of address v PROFINETIO-System

Připojení PorologPM6-PLC a panelu PorologPM6-HMI do operátorské sítě OPR není v projektu implementováno a je v kompetenci IT oddělení.

5.2 HARDWAROVÁ KONFIGURACE

Konfigurace jednotlivých zařízení i vložených karet zůstává defaultní vyjma dále popsaných.

Na slotu 1 se nachází samotné PorologPM6-PLC u kterého byl nastaven v sekci rozšířených možností Real time setting - IO communication, Send clock na 1 ms. Jelikož v se v souboru nenacházejí žádná jiná PLC nebo decentrální periferie, komunikace je nastavena jako nesynchronní. Tudíž se nezabýváme hodnotou šířky pásma, udávanou v tisícinách

milisekundy, komunikace pro cyklická IO data. Tu bychom získali díky automatické kalkulaci času updatu cyklu komunikace na všech zařízeních a následným automatickým výpočtem.

K samotnému PLC byly přidány odpovídající vstupně-výstupní analogové karty, což zachycuje obr. G.7.

Na těchto kartách a portech PLC byly nadefinovány příslušné tagy pro analogové a digitální signály ze snímačů a k akčním členům. Všechny jsou shrnuty do koláží na obr. 5.3 a obr. 5.4.

PorologPM6-PLC [CPU 1214C DC/DC/DC]									
General			IO tags			System constants			Texts
Name	Type	Address	Name	Type	Address	Name	Type	Address	
Clock_Byte	Byte	%MB0	Pretrh	Bool	%I0.0	HSO01_OPN	Bool	%Q0.0	
Clock_10Hz	Bool	%M0.0	ES01_PB	Bool	%I0.1	OS01_OPN	Bool	%Q0.1	
Clock_5Hz	Bool	%M0.1	ES02_PB	Bool	%I0.2	OS02_OPN	Bool	%Q0.2	
Clock_2.5Hz	Bool	%M0.2			%I0.3	OS03_OPN	Bool	%Q0.3	
Clock_2Hz	Bool	%M0.3	HSO01_LSO	Bool	%I0.4	Alarm	Bool	%Q0.4	
Clock_1.25Hz	Bool	%M0.4	HSO01_LSC	Bool	%I0.5		Bool	%Q0.5	
Clock_1Hz	Bool	%M0.5			%I0.6		Bool	%Q0.6	
Clock_0.625Hz	Bool	%M0.6			%I0.7		Bool	%Q0.7	
Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7			%I1.0		Bool	%Q1.0	
					%I1.1		Bool	%Q1.1	
					%I1.2				
	Int	%IW64			%I1.3				
	Int	%IW66			%I1.4				
					%I1.5				

Obr. 5.3 – Tia Portal - IO tagy na portech PLC

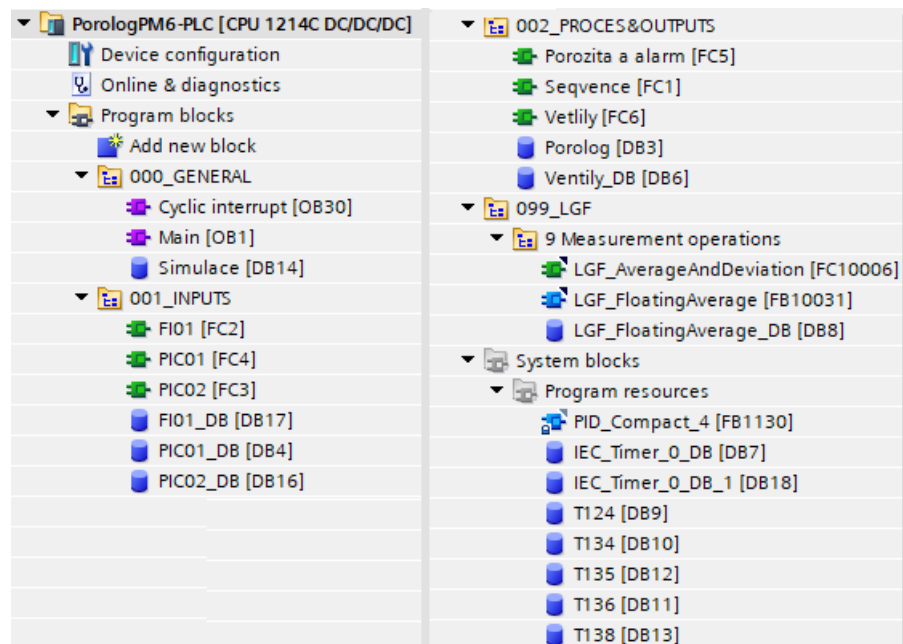
AI 4x13BIT/AQ 2x14BIT_1 [Module]				AI 4x13BIT/AQ 2x14BIT_2 [Module]			
General		IO tags		General		IO tags	
Name	Type	Address		Name	Type	Address	
PIC01_MV	Int	%IW96			Int	%IW112	
PIC02_MV	Int	%IW98			Int	%IW114	
FI01_MV	Int	%IW100			Int	%IW116	
					Int	%IW118	
Prodynost_OUT	Int	%QW96		PIC01_OUT	Int	%QW112	
	Int	%QW98		PIC02_OUT	Int	%QW114	

Obr. 5.4 – Tia Portal - IO tagy na analogových kartách

5.3 STRUKTURA PROGRAMU

Programová struktura se opírá o standardy OP Papíren. Funkce a funkční bloky programu byly strukturovány do čtyř sekcí podle toho, kterou části implementace se zabývají. Toto strukturování zachycuje obr. 5.5. Sekce 000_GENERAL shlukuje bloky nejvyšší logické úrovně - v našem případě se jedná o organizační blok Main [OB1] a blok cyklického

přerušení Cyclic interrupt [OB30]. V sekci 001_INPUTS nalezneme funkce zpracovávající vstupní data ze snímačů. Na základě z nich získaných hodnot dochází k procesnímu zpracování a adekvátním akčním zásahům, čímž se zabývají funkce v sekci 002_PROCES&OUTPUTS. V této sekci jsou taktéž začleněny pokyny obsluhující příslušný HMI panel. V poslední sekci 099_LGF nalezneme využitou funkci a funkční blok z knihovny základních funkcí, poskytované společností Siemens, od čehož je odvozená i zkratka LGF znamenající Library of General Functions.



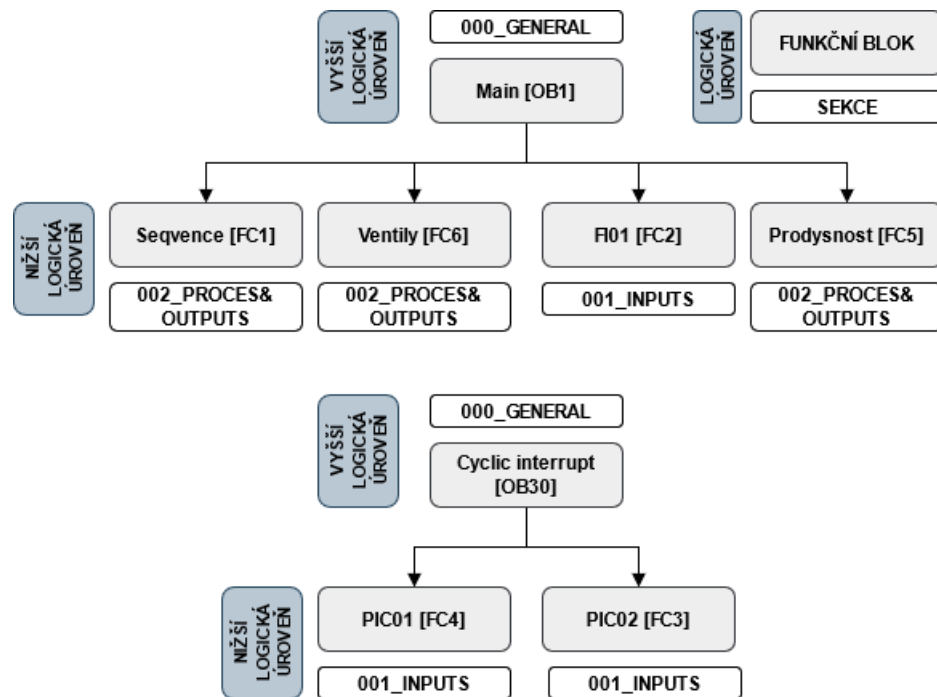
Obr. 5.5 – PLC - Členění programu

Dále se zde v programu nacházejí systémové bloky, zobrazené na stejném obr. 5.5. V tomto případě se jedná o databáze časovačů použitých k spínání alarmů a hlášení mezních stavů. Dále je zde umístěn funkční blok použitého PID regulátoru PID_Compact_4 [FB1130] určený pouze pro čtení, tedy bez oprávnění zápisu.

Pro program Porologu byly použity pouze dva stupně logické úrovně, přiměřeně k jeho rozsahu, což je znázorněno na obr. 5.6. Byla vynechána střední logická úroveň, která by zahrnovala funkční bloky nesoucí názvy sekcí. Nejnižší logická úroveň zahrnuje pouze několik málo funkčních bloků, které jsou volány napřímo z nejvyšší logické úrovně.

5.3.1 Defaultní tabulka tagů

PLC tagy navázané na konkrétní adresy portů nalezneme v defaultní tabulce tagů. Souhrnný přehled této z této tabulky je zobrazen v obrázkovém formátu. Nalezneme jej na obr. G.8. Pro projekt tohoto rozsahu nebyly vytvořeny oddělené tabulky pro vstupy a výstupy, které se tak nacházejí pospolu s tagy systémovými. Například tu nalezneme výstupy hodin o různých frekvencích nebo tagy nesoucí boolovskou hodnotu PRAVDA -



Obr. 5.6 – Logické úrovně programu

NEPRAVDA, AlwaysTRUE - AlwaysFALSE. Názvy tagů odvozené od snímačů dodržují výše popsané standardy OP Papíren. Integerové tagy s koncovkou _MV (MV = MOVE) nesou číselnou hodnotu 0 až 27648 pro 4 až 20mA ze vstupních pinů. Jejich opakem fungujícím na stejném převodním principu jsou výstupní tagy s koncovkou _OUT. Tagy s koncovkami _PB (PB = POWER BUTTON) a _OPN (OPN = OPEN) značí vstupní a výstupní hodnoty reprezentované v digitální formě boolovskou hodnotou.

5.4 FUNKCE A FUNKČNÍ BLOKY PROGRAMU

Následující část se zabývá vytvořeními funkcemi a funkčními bloky. Většina z nich k sobě má příslušný datový blok pojmenovaný stejným názvem s dodatkem _DB. Výjimku tvoří funkce Prodysnost [FC5] a Seqvence [FC1] pracující se společným datovým blokem Porolog [DB3].

Vyjma funkce a funkčního bloku z knihovny základních funkcí vytvořených v jazyce SCL, bylo pro programování větví použito jazyka LAD.

5.4.1 000_GENERAL

Sekce 000_GENERAL shlučuje bloky nejvyšší logické úrovně - organizační blok Main [OB1], který se spouští jako první při inicializaci programu a blok cyklického přerušení Cyclic interrupt [OB30].

Main [OB1]

Cyklický organizační blok Main [OB1], obr. G.9, je hlavním blokem programu. Jsou zde umístěny řídicí pokyny a funkce nižší logické úrovně, jak již bylo zmíněno výše. Konkrétně se jedná o funkce Seqvence [FC1], Ventily [FC6], FI01 [FC2] a Prodysnost [FC5]. Tato koncepce zde již byla popsána v podkapitole 5.3. Mimo to se zde nachází nastavení pomocné proměnné Pom_nabezna_hrana v networku 1. Na základě impulsů o frekvenci jeden hertz s využitím náběžné hrany se nastaví daná proměnná na logickou hodnotu jedna.

Cyclic interrupt [OB30]

Blok cyklického přerušení byl v našem případě nastaven na volání jednou za sto milisekund. Je to z praktického důvodu, kdy volání funkcí PIC01 a PIC02 načítajících vstupní data nemá význam volat v každém cyklu programu. Hodnota sto milisekund zaručuje dostatečně časté vzorkování signálů ze snímačů. Použitím tohoto přerušení značně snižujeme nároky na výpočetní kapacitu procesoru.

5.4.2 001_INPUTS

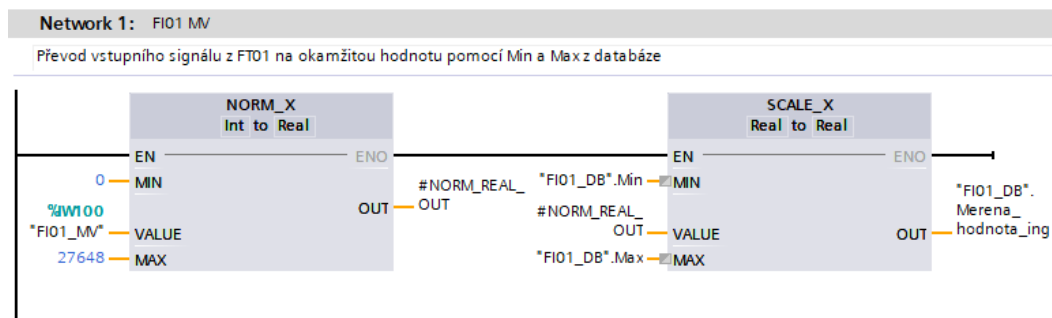
Funkce v sekci 001_INPUTS nesou určité stejné vzory větví, u nichž se mění pouze převodní konstanty podle použitých typů a konkrétních nastavení snímačů a akčních členů. Pro každý typový vzor větve je zde dále uveden vysvětlující příklad.

FI01 [FC2]

Network 1 na obr. 5.7 je prezentován jako příklad pro zpracování hodnoty reprezentující pomocí analogového signálu. Vstupní integerová hodnota MV1 o rozsahu 0 až 27648 je normována blokem NORM_X na realovou hodnotu NORM_REAL_OUT. Ta je poté přepočítána blokem SCALE_X přes konstanty Min a Max dané typem a konkrétním nastavením snímače. Díky tomu, že pro tyto hodnoty přistupujeme do vnitřní databáze a nejsou nastaveny pevně, lze vytvořit jejich změnu pro uživatele například z panelu HMI, aniž by musel zasahovat do samotného programu. Výstupní hodnota ve formátu real je uložena do proměnné Merena_hodnota_ing v databázi FI01_DB. Jedná se o proces takzvané normalizace hodnoty - získávání skutečných dat z naměřených hodnot.

PIC01 [FC4]

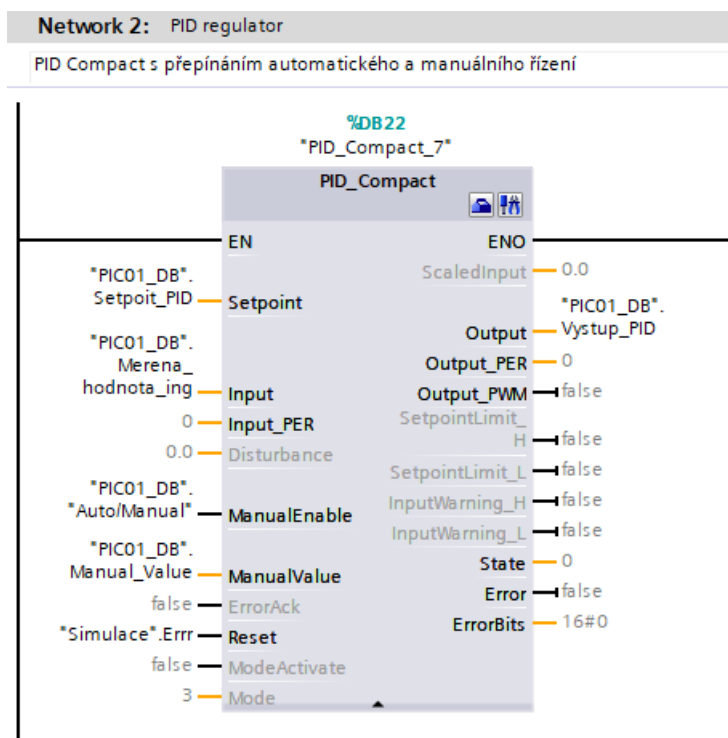
Obr. G.10 zachycuje zpracování analogového vstupu na networku jedna a převod na analogový výstup na networku číslo tři. Zpracování analogového vstupu je vytvořeno pomocí klasické, již popsané, normalizace hodnoty. Obdržená číselná hodnota je navíc brána



Obr. 5.7 – Funkce - FI01, Network 1: Zpracování analogového vstupu

absolutně pro následné zpracování, jelikož rozpětí Min a Max je uživatelem stanoveno od záporné hodnoty, předdefinované na mínus sto do nuly, představující hodnotu podtlaku.

Výstupní hodnota PIC01_OUT určená pro akční zásah ventilu je získána takzvanou denormalizací hodnoty. Jedná se o normalizaci ve zpětném pořadí. Hodnota obdržaná z PID regulátoru je normována blokem NORM_X na realovou hodnotu a následně převedena blokem SCALE_X na rozsah 0 až 27648.



Obr. 5.8 – Funkce - PIC02, Network 2: PID regulátor

Network 2 na obr. 5.8 zachycuje použití kompaktního PID regulátoru se samočinným laděním, jehož autorem je SIMATIC. Pro každé nasazení tohoto regulátoru je vytvořen datový blok jako speciální technologický objekt. Ten obsahuje konfigurační a uváděcí provozní údaje. Mezi konfiguračními údaji byl zvolen typ kontroleru, který byl nastaven

přímo na regulaci tlaku v jednotce Bar, v čemž spočívá jeho hlavní výhoda. Také byl nastaven do automatického módu chodu a aktivního módu po restartu jádra. Dále zde lze nastavit limitní rozmezí procesních a výstupních hodnot. Posledním nastavením jsou samotné parametry a struktura regulátoru, v případě manuálního režimu. Zde najdeme klasické proporcionální zesílení, integrační, derivační a vzorkovací časovou konstantu. Mezi méně tradiční parametry patří vážení proporcionální a derivační složky a derivační koeficient.

Uvádění do provozu, neboli commissioning, je grafické rozhraní sloužící k získání optimálních PID parametrů. Mimo manuálního režimu hledání parametrů disponuje funkcí autotuning. Ta se dále dělí na dva módy - předladění pro prvotní získání hodnot a doladění k jejich optimalizaci.

Samotné řízení a hledání optimálních parametrů není součástí této práce a bude provedeno až při fázi nasazování technologie do provozu, která by se měla uskutečnit na podzim roku 2022.

Přepínání módů

Následující síť spojuje nastavení módů na základě kroku sekvence porologu obou ventilů. Podmínky k přepínání jsou pro oba tyto ventily totožné, tudíž je zbytečné je oddělovat do vícero sítí. Z estetického hlediska byly přiděleny do funkce PIC01, jako první v pořadí.

Síť číslo čtyři na obr. G.11 zajišťuje, jak již plyne z názvu obrázku, přepínání módu ventilů při pátém kroku. Pokud se porolog nachází v pátém kroku sekvence ("Porolog".Krok_sekvence_porologu), přiřadí se logická jednička na pomocnou proměnnou Tag_3. Na základě toho dojde k detekci nástupné hrany u této proměnné s využitím další pomocné proměnné "Tag_4". Tato detekce umožní set do automatického režimu ventilů (proměnné "PIC01_DB".Auto/Manual" a "PIC02_DB".Auto/Manual") a uložení výstupů PID regulátorů ("Porolog".Ulozena_hodnota_PIC01 a "Porolog".Ulozena_hodnota_PIC02) jako inicializačních hodnot výstupu při manuálním režimu ("PIC01_DB".Manual_Value a "PIC02_DBL".Manual_Value). Na stejném principu je založeno i nastavení módu při nižším, jak pátém kroku sekvence porologu. Příslušný network je zobrazen na obr. G.12. Pokud je tedy krok sekvence nižší, jak pátý, dojde k přiřazení hodnoty na pomocnou proměnnou "Tag_1". Následně na základě detekce nástupné hrany této proměnné s využitím pomocné proměnné "Tag_2" dojde k setu do automatického režimu ventilů (proměnné "PIC01_DB".Auto/Manual" a "PIC02_DB".Auto/Manual") a vynulování hodnot výstupu při manuálním režimu ("PIC01_DB".Manual_Value a "PIC02_DBL".Manual_Value).

Network číslo 6 se již zabývá přepnutím do automatického módu ventilů. Na obr. G.13 lze vidět, že k procesu dochází při šestém kroku sekvence porologu ("Porolog".Krok_sekvence_porologu). Přiřadí se pomocná proměnná "Tag_5" a opět na základě nástupné

hrany a další pomocné proměnné "Tag_6" dochází k samotnému přepnutí. Následně je resetována proměnná "PIC01_DB".Auto/Manual" a tím ventil přepnut do automatického režimu. Ventil PIC02 je přepnut pouze, pokud je operátorsky zvolena volba použití tohoto pomocného ventilu. Pokud je tedy indikována logická jednička na příslušné proměnné ("Porolog".Volba_pomocne_zony), dochází se přepnutí do automatického režimu i u druhého ventilu ("PIC02_DB".Auto/ Manual).

PIC02 [FC3]

Funkce PIC02 je obdoba k funkci PIC01. Zachycují ji obr. G.14 a obr. G.15. Na prvním obrázku nalezneme zpracování analogového vstupu pomocí normalizace, zadavatelného rozsahu snímače pomocí minima a maxima a převodu na absolutní hodnotu. Současně snímek zachycuje denormalizaci výstupního signálu.

Druhý zmíněný snímek zachycuje další nasazení kompaktního PID regulátoru použitím příslušného datového bloku spadajícího pod speciální technologické objekty. Konfigurace tohoto regulátoru byla nastavena totožně jako v případě PIC01.

5.4.3 002_PROCES&OUTPUTS

V níže popsaných funkcích, v sekci 002_PROCES&OUTPUTS, nalezneme sítě, v kterých dochází k procesnímu zpracování hodnot a adekvátním akčním zásahům spolu se sekvencemi procedur profuku a porologu. Taktéž jsou zde začleněny pokyny obsluhující příslušný HMI panel.

Porozita a alarm [FC5]

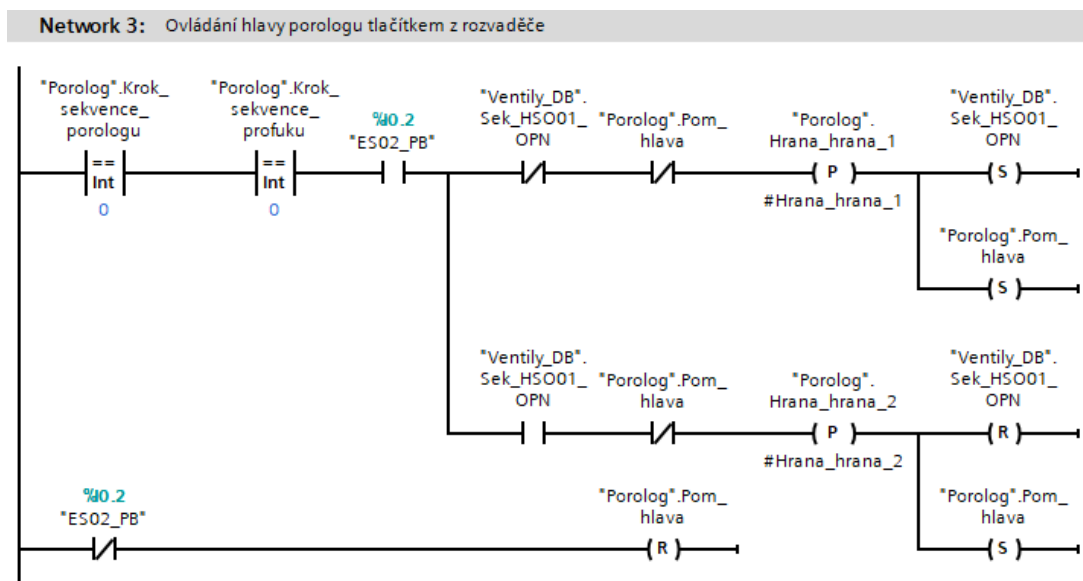
Funkce s názvem Porozita a alarm se skládá pouze ze dvou sítí zachycených na obr. G.16. V networku číslo jedna dochází k denormalizaci hodnoty vypočtené porozity na výstupní signál. V networku číslo dva byla vytvořena signalizace alarmu jako výstupní hodnota pro přidružený distribuovaný kontrolní systém na velitelském stanovišti. Alarm je signalizován na základě nedosažení podtlaku nebo hodnoty podtlaku mimo určené meze.

Sequence [FC1]

Součástí funkce jsou dva hlavní sekvenční pochody, pro profuk a pro porolog a větší množství přidružených procesů.

První síť funkce sequence vyhodnocuje stav fotobuněk. Nalezneme ji na obr. G.17. Případný přetrh papíru připadá logické hodnotou false na příslušné proměnné Pretrh a následně je uchovávan pomocí lokální proměnné Fotobunky_OK pro další použití a signalizaci.

Druhá síť zobrazená na obr. G.17 zajišťuje kontrolu mezního rozsahu podtlaku na PIC01 a případnou signalizaci. Nejprve si pomocí funkcí addition pro sčítání a subtraction pro odčítání vypočteme minimální a maximální hodnotu rozsahu odvozeného od požadovaného podtlaku měřicí zóny porologu "PIC01_DB". Setpoint_PID a nastavitelné přípustné hystereze "Porolog".Hystereze_podtlaku. Následně tyto hodnoty porovnáme se skutečnou měřenou hodnotou "PIC01_DB". Merena_hodnota_ing. V této větvi se dále nalézá časovač nastavený na dvě sekundy, za kterým je již konečná signalizace stavu V_mezich_hystereze. Tento časovač zabrání případným chvilkovým ztrátám správného údaje o skutečné hodnotě podtlaku a tím zabraňuje zhroucení chodu celé sekvence.



Obr. 5.9 – Funkce - Sequence, Network 3: Manuální ovládání hlavy porologu

Network číslo tři zajišťuje ovládání hlavy porologu pomocí tlačítka z rozvaděče. V případě, že se systém nachází v krocích nula pro sekvenci porologu i profuku a je stisknuto tlačítko v rozvaděči, což znázorňuje proměnná ES02_PB dochází k dalším větvím sítě. Pokud není přiklopena hlava porologu, tedy není otevřen příslušný ventil HSO01 ze sekvence porologu (proměnná "Vently_DB".Sek_HSO01_OPN), není přiklopena hlava porologu ("Porolog".Pom_hlava) a je indikována náběžná hrana pro přiklopení či odklopení hlavy porologu ("Porolog".Hrana_hrana_1), nastavuje se proměnná pro otevření ventilu HSO01 ("Vently_DB".Sek_HSO01_OPN) a pomocná proměnná pro odklopení či přiklopení hlavy porologu ("Porolog".Pom_hlava). V druhé části rozvětvení za předpokladu signalizace otevření ventilu ze sekvence porologu ("Vently_DB".Sek_HSO01_OPN), tedy odklopení hlavy porologu, nepravdy pomocné proměnné pro přiklopení či odklopení hlavy porologu ("Porolog".Pom_hlava) a indikace druhé náběžné hrany pro přiklopení či odklopení hlavy porologu ("Porolog".Hrana_hrana_2) dojde k resetu hodnoty proměnné signalizující otevření ventilu ze sekvence porologu

("Ventily_DB".Sek_HSO01_OPN) a setu hodnoty pomocné proměnné pro přiklopení či odklopení hlavy porologu ("Porolog.Pom_hlava). Tím dojde k přiklopení měřicí hlavy. V případě, že tlačítko ("ES02_PB") v rozvaděči není zmáčknuto, dochází taktéž k resetu hodnoty pomocné proměnné pro přiklopení či odklopení hlavy porologu ("Porolog.Pom_hlava). Tato většinu času aktivní verze je sestavena ve spodní větvi této sítě. Celé toto řešení je zobrazeno na obr. 5.9.

Na síti číslo čtyři na obr. G.19 je zachyceno spuštění sekvence profuku tlačítkem z vizualizace nebo rozvaděče. Za předpokladu, že se sekvence profuku nachází v kroku nula (proměnná "Porolog".Krok_sekvence_profuku) a zároveň je stisknuto tlačítko pro profuk z vizualizace ("Porolog".TL_PROFUK), nebo tlačítko pro profuk z rozvaděče ("ES01_PB") a není hlášena porucha přiklopení měřicí hlavy pomocí ventilu HSO01 ("Ventily_DB".HSO01_Porucha) dojde v horní části rozvětvení k přiřazení kroku jedna pomocí funkce MOVE do proměnné znázorňující aktuální krok sekvence, ve kterém se profuk nachází ("Porolog".Krok_sekvence_profuku). V druhé části rozvětvení dojde za předpokladu, že se nachází porolog ("Porolog".Krok_sekvence_porologu) v jiném, tedy také větším kroku než nule, k přiřazení kroku tři příslušné proměnné sekvence porologu ("Porolog".Krok_sekvence_porologu).

Sekvence profuku

Sekvence profuku se skládá ze tří kroků. Inicializační krok nula naprogramovaný na networku pět nalezneme na obr. G.20. Za předpokladu, že se sekvence profuku nachází v kroku nula (což určuje proměnná "Porolog".Krok_sekvence_profuku), se provedou čtyři následující části rozvětvení. První rozvětvení nastoluje ihned další podmínku provádění. Sekvence porologu ("Porolog".Krok_sekvence_porologu) musí být ve fázi některého z kroků s číselnou hodnotou větší jak dva. Následně při detekované náběžné hraně sekundy (proměnná "Nabezna_hrana_1s") a nenulovém zbývajícím času ("Porolog".Profuk_zbyva) se odečítá jednička z tohoto zbývajícího času. Tato část větve tedy slouží jako sekundový odpočet. Další větev ukončuje krok nula za podmínky vypršení zbývajícího času ("Porolog".Profuk_zbyva) a přiřazením číselné hodnoty kroku inicializuje krok tři porologu ("Porolog".Krok_sekvence_porologu) a krok jedna profuku ("Porolog".Krok_sekvence_profuku). Další větve obsluhují stav, kdy se profuk nalézá v kroku nula. Hodnota délky profuku se přiřazuje mezi patřičnými proměnnými (z "Porolog".Delka_profuku do "Porolog".Delka_profuku_zbyva) a také se resetuje hodnota značící otevření ventilů ("Ventily_DB".Sek_OS01_OPN a "Ventily_DB".Sek_OS02_OPN).

Krok jedna sekvence spouští samotný profuk a nalezneme ho na síti číslo šest zobrazené na obrázku G.21. Za předpokladu kroku jedna profuku ("Porolog".Krok_sekvence_profuku) dojde k odklopení měřicí hlavy pomocí resetu otevření ventilu HSO01 ("Ventily_DB".Sek_HSO01_OPN), vynulování vypočtených hodnot ("Porolog".Prodysnost_bez_koeficientu, "Porolog".Vypoctena_prodysnost a "Porolog").

Prumerna_porozita) a přiřazení příslušných časových proměnných (z "Porolog".Delka_profuku do "Porolog.Delka_profuku_zbyva a z "Porolog".Profuk_po_ case do "Porolog".Profuk_zbyva).

Krok dva sekvence profuku slouží k jeho ukončení na základě časové informace délky chodu sekvence. Příslušná síť sedm je zobrazena na odpovídajícím obr. G.22. Za předpokladu, že se sekvence nachází v kroku dva (proměnná "Porolog".Krok_sekvence_profuku) dojde při každé detekci náběžné hrany sekundy (proměnná "Nabezna_hrana_1s") k odečtení hodnoty jedna ze zbývajících času délky profuku ("Porolog".Profuk_zbyva). Také je zde dále použit blok časovače, nastavený do režimu TON. Ten slouží k takzvanému zpožděnému zapnutí. Po uplynutí operátorem nastavitelné délky odkalení (v proměnné "Porolog".Delka_odkaleni) dojde k aktivaci výstupu Q. Toho je využito ve větvi níže. Při detekci, tedy logické jedničky na Q od časovače ("T124".Q) dojde k resetu otevření ventilu OS03 ("Ventily_DB".Sek_OS03_OPN). V další větvi po vypršení zbývajících času profuku ("Porolog".Delka_profuku_zbyva), nebo negaci proměnné od ventilu HSO01 ("HSO01_LSC) se resetuje otevření ventilu OS03 ("Ventily_DB".Sek_OS03_OPN) a nastavení profuku do počátečního kroku nula (Porolog".Krok_sekvence_profuku).

Sekvence porologu

Sekvenci porologu tvoří osm kroků spolu s jeho okamžitým stopem, který je lokalizován zvlášť. Každý krok je prováděn v první podmínce za předpokladu sama sebe, což již nebude následně zmiňováno.

Inicializační nultý krok na obr. G.23 nuluje vypočtené hodnoty ("Porolog".Prodysnost_bez_koeficientu, "Porolog".Vypoctena_prodysnost a "Porolog".Prumerna_porozita) a resetuje poruchová hlášení o nedosažení podtlaku ("Porolog".ERR_podtlak_nedosazen) či hodně mimo nastavené meze ("Porolog".ERR_podtlak_mimo_meze). Taktéž při detekci zmáčknutí tlačítka start ("Porolog".TL_START) a nepřítomnosti poruchy příklopení měřicí hlavy pomocí ventilu HSO01 ("Ventily_DB".HSO01_Porucha) posouvá sekvenci do dalšího kroku přiřazením hodnoty jedna do "Porolog".Krok_sekvence_porologu.

Krok jedna spouští sekvenci a nalezneme ho na síti číslo devět zobrazené na obrázku G.24. Zde se čeká na zpětnou indikaci od fotobuněk (Fotobunky_OK). V případě obdržení logické jedničky dojde k resetu otevření ventilu HSO01 ("Ventily_DB".Sek_HSO01_OPN) a tím k odklopení měřicí hlavy a přechodu do dalšího kroku sekvence (hodnota dva do "Porolog".Krok_sekvence_porologu). Reset otevření ventilu HSO01 se provádí taktéž ve spodní větvi sítě za každých okolností.

Krok dva, zobrazený na obr. G.25 je logickým mezikrokem, jelikož je zrušeno spuštění sekvence porologu při spuštění profuku. Je zahrnut jako rezerva pro případné úpravy sekvence.

V kroku tři z obr. G.26 čekáme na dokončení sekvence profuku, tedy návratu do kroku nula. V případě pozitivní hodnoty od fotobuněk (Fotobunky_OK) sekvence přechází do kroku čtyři, v opačném případě, kdy se jedná o pravděpodobný přetrh papíru, zpět do startovacího kroku číslo jedna.

V networku dvanáct představující krok čtyři, zobrazeném na obrázku G.27 dochází k přiklopení měřicí hlavy porologu. K tomu dochází nastavením hodnoty ventilu HSO01 ("Ventily_DB".Sek_HSO01_OPN) v první větvi. Ve druhé větvi za pozitivní zpětné vazby od HSO01 ("HSO01_LSO") a nepřítomnosti poruchy na HSO01 ("Ventily_DB".HSO01_Porucha) dochází k přechodu do dalšího, pátého, kroku sekvence. Spodní větve vyhodnocují negativní informaci od fotobuněk (Fotobunky_OK) tím způsobem, že vrací sekvenci porologu zpět do kroku jedna a spouští sekvenci profuku, přiřazením příslušného kroku jedna.

Krok pět, zobrazený na obr. G.28 byl naprogramován pro tří vteřinové zpoždění pro ustálení hodnot a měřicí hlavy na manuálním dorazu před zahájením samotné regulace podtlaku. Docíleno toho je pomocí bloku časovače, nastaveného taktéž do režimu TON sloužícímu ke zpožděnému zapnutí. Po uplynutí této doby (aktivní výstup časovače T134.Q) dojde přechodu do šestého kroku sekvence porologu. Spodní větve vyhodnocují negativní informaci od fotobuněk (Fotobunky_OK) opětovně tím, že vrací sekvenci porologu zpět do kroku jedna a spouští sekvenci profuku v kroku jedna.

Inicializací kroku šest, tedy nastavením příslušné hodnoty do proměnné ("Porolog".Krok_sekvence_porologu) dojde k přepnutí do auto módu regulátorů ventilů PIC01 a PIC02 pomocí již zmíněné logiky z networku šest funkce PIC01[FC4]. Tím již v průběhu kroku šest dochází k regulaci podtlaku. Samotný krok je znázorněn na obr. G.29. Mimo opětovné vyhodnocení informace od fotobuněk totožným způsobem, jako u předchozích případů, obsahuje vynulování vypočtených hodnot ("Porolog".Prodysnost_bez_koeficientu a "Porolog".Vypoctena_prodysnost) a další časovač. Ten slouží k nastavení proměnné značící chybové hlášení o nedosažení podtlaku ("Porolog".ERR_podtlak_nedosazen), pokud se tomu tak nestane ani po jedné uplynulé minutě. V opačném případě podtlak dosáhne mezí hystereze (V_mezich_hystereze) a tudíž dojde k resetování hodnoty chybových proměnných ("Porolog".ERR_podtlak_mimo_meze a "Porolog".ERR_podtlak_nedosazen) a přechodu do sedmého kroku sekvence.

V cílovém kroku sedm je již zavedena měřicí hlava porologu, dochází kontinuálně k regulaci a měření podtlaku a výpočtu porozity. Princip výpočtu porozity je popsán v samostatné kapitole 5.5. Sekvence vkroku sedm, znázorněném na obr. G.30, běží již nepřetržitě dokud nedojde k přetruhu papíru, chybě, nebo manuálnímu vypnutí operátorem. Za předpokladu správné hodnoty podtlaku (V_mezich_hystereze) dochází pomocí matematických funkcí k výpočtu porozity a také k překopírování hodnot do pomocných proměnných (z "PIC01_DB".Vystup_PID, nebo "PIC02_DB". Vystup_PID do "Porolog".Ulozena_hodnota_PIC01, nebo "Porolog".Ulozena_hodnota_PIC02 na základě vý-

běru "Porolog".Volba_pomocne_zony). Krok obsahuje taktéž opětovné ošetření fotobuněk a nesprávného podtlaku. Pokud není dosaženo správného podtlaku (V_mezich_hystereze) nedochází k zásahu ihned, ale až po uběhnutí patnácti sekund, po kterých tento stav trvá. Tím dáváme regulátoru dostatečnou dobu na to, aby se s tmtto stavem vypořádal a uvedl podtlak opět do přípustných mezí. V opačném případě uvedeme sekvenci zpět do kroku šest a tím vypneme výpočet porozity. Současně nastavujeme proměnnou značící hodnotu podtlaku mimo přípustné meze ("Porolog".ERR_podtlak_mimo_meze) pro zobrazení údaje na operátorském panelu.

Stop a reset sekvence

Síť šestnáct na obrázku G.31 obsahuje logiku vypínání sekvence porologu. K tomu dojde pomocí stisku stop tlačítka operátorem ("Porolog".TL_STOP) nebo na základě poruchy přiklápění měřicí hlavy od ventilu HSO01 ("Ventily_DB".HSO01_Porucha) zavřením tohoto ventilu (reset proměnné "Ventily_DB".Sek_HSO01_OPN) a nastavením sekvence porologu zpět do počátečního kroku nula, za předpokladu, že se v něm již nenachází.

Na sedmnáctém networku zobrazeném na obr. G.32 byla naprogramována obsluha tlačítka reset (Porolog".TL_RESET). Po jeho stisknutí dojde k vypnutí všech ventilů (reset "Ventily_DB".Sek_HSO01_OPN, "Ventily_DB".Sek_OS01_OPN a "Ventily_DB".Sek_OS02_OPN) a přechodu do počátečních kroků nula sekvencí porolog i profuk.

Provedení záznamu vzorku a následný výpočet

Obr. G.33 síť číslo osmnáct zobrazuje použití dalšího časovače zpoždění, nastaveného na deset sekund. Ten se začne odpočítávat po přechodu sekvence porologu do kroku sedm a záporné hodnoty proměnné značící provedení vzorku ("Zaznam_proveden"). Po uplynutí času dojde k aktivaci výstupní hodnoty ("T138".Q), na základě které se nastavuje hodnota pomocné proměnná ("Zaznam_proveden") v networku číslo dvacet z obr. G.34. Tím dojde k volání instance funkčního bloku "LGF_FloatingAverage" v networku na obr. G.35 s hodnotou vypočtené porozity ("Porolog".Vypoctena_porozita), jako vstupním parametrem a hodnotou průměrné porozity ("Porolog".Prumerna_porozita), jako parametrem výstupním. V tomtéž průchodu dojde i k resetu hodnoty proměnné značící provedení záznamu ("Zaznam_proveden") v networku číslo devatenáct z obr. G.34.

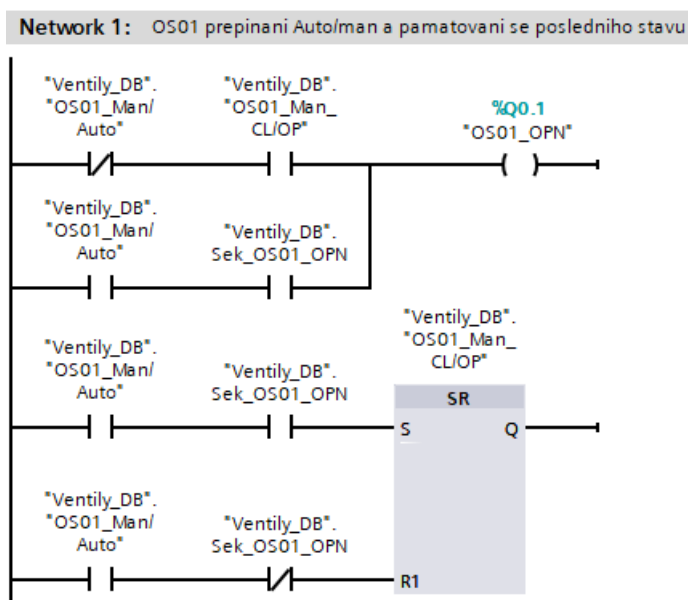
Obsluha HMI

Na obr. G.36 v networku dvacet dva byl naprogramován převod aktuálního číselného údaje o kroku sekvence porologu do textového formátu. K tomu bylo využito několika volání instrukce string move, kdy pro každý krok je manuálně vepsán příslušný text. Nápodobně tomu je u G.37, kdy se jedná o textový popis kroků sekvence profuku.

Ventily [FC6]

Sít' jedna funkce Ventily je zachycena na obr. 5.10. Tato síť byla naprogramována k přepínání mezi manuálním a automatickým režimem ventilu OS1 a přechodu bez změny režimu. K tomu je zapotřebí udržovat v paměti poslední stav, tedy režim, ve kterém se ventil nacházel při posledním průchodu. Toho je docíleno pomocí instrukce SET/RESET flip flop. Ta funguje následujícím způsobem. Výstup Q a hodnota v paměti se nastaví na logickou hodnotu jedna při hodnotě jedna na vstupu S a hodnotě nula na vstupu R1. V opačném případě, pokud je na S nula a na R1 jednička, je klopný obvod resetován. U této instrukce záleží na pořadí, takže při stejné hodnotě jedna na obou vstupech dojde nejprve k nastavení výstupu Q a hodnoty v paměti na hodnotu jedna, protože vstup S má prioritu. Poté dojde k následnému resetu adresy v paměti, která zůstane resetována po dobu skenování programu. Při logických nulách na obou vstupech nedochází k žádnému procesu.

Konkrétně hodnota na vstupy je přivedena v případě automatického režimu ("Ventily_DB".OS01_Man/Auto") a v případě vstupu S otevřeného ventilu OS01 ("Ventily_DB".Sek_OS01_OPN). Vstup R1 je přiváděn při zavření ventilu OS01. Adresa paměti instrukce je nastavena na proměnnou manuálního otevření ventilu OS01 ("Ventily_DB".OS01_Man_CL/OP"). Pro správné fungování je ale nutné při automatickém režimu OS01 a otevřeném ventilu OS01 a stejně tak při manuálním režimu OS01 a manuálním otevření ventilu OS01 přiřadit logickou jedničku na výstup ventilu OS01 (OS01_OPN) a tak ho otevřít.



Obr. 5.10 – Funkce - Ventily, Network 1: Přepínání režimu OS01

Sítě dva a tři pro další dva ventily OS2 a OS3, zobrazené na snímcích G.38 a G.39

spolu se sítí čtyři pro ventil HSO01 z obrázku G.40 jsou obdobou předchozí sítě jedna. Byly naprogramovány totožným způsobem, pouze s příslušnými proměnnými a proto zde již nebudou více rozebírány.

Pátý network funkce z obr. G.41 obsluhuje poruchu ventilu HSO01. V případě logické nuly posílané na výstup ventilu (HSO01_OPN), tedy pokynu zavřít a logické jedničky od signálu indikující zavření tohoto ventilu (HSO01_LSC), dojde k aktivaci funkčního bloku časovače. Ten je zde nastaven do režimu TOF. V tomto režimu je po detekci náběžné hrany jedničky na vstupu nastavena logická jednička na výstup ihned. Následně, po uplynutí nastaveného času, zde deseti sekund, je výstup, tedy v našem případě hlášení o poruše ventilu (Ventily_DB".HSO01_Porucha), resetováno.

Poslední šestý network zachycený na obrázku G.42 zahrnuje přepnutí ventilů do automatického módu při startu sekvence. Při kroku nula porologu ("Porolog".Krok_sekvence_porologu) i profuku ("Porolog".Krok_sekvence_profuku) a detekci nástupné hrany z této podmínky dojde k uložení logické hodnoty jedna do pomocné proměnné ("Auto/Man"). Na jejím základě dochází k setu do automatického módu u všech ventilů (OS01, OS02, OS03 a HSO01).

5.4.4 099_LGF

V poslední sekci 099_LGF se nachází deklarace funkce a funkčního bloku z knihovny základních funkcí, poskytované společností Siemens. Tyto funkce jsou poskytovány volně a jsou nastavitelné, pro co nejuniverzálnější použití.

LGF_AverageAndDeviation [FC10006]

Funkce AverageAndDeviation počítá aritmetický průměr a směrodatnou odchylku pole čísel. Byla vytvořena v jazyce SCL podporou Siemens. Je složena z části kontroly počtu dolní a horní hranice, samotného výpočtu aritmetického průměru, výpočtu směrodatné odchylky a přípravy výstupů. V aktuální verzi není volána a byla nahrazena funkčním blokem pro pokročilejší výpočet klouzavého aritmetického průměru. Přesto byla v projektu ponechána pro případné pozdější využití uživatelskou stranou zejména pro jednoduše aplikovatelné výpočty směrodatných odchylek.

LGF_FloatingAverage [FB10031]

Tento funkční blok vypočítává každý cyklus, či spouštěcí impuls, klouzavý aritmetický průměr příchozích hodnot ve formátu real. Je taktéž napsán v jazyce SCL podporou Siemens. Skládá se z části inicializace a zpracování vstupních dat, výpočtu cíleného klouzavého průměru a připravení výstupů.

Vrať me se k případu již zmíněného použití tohoto bloku v networku dvacet jedna na obr. G.35. Ten spouští logická aktivní hodnota pomocné proměnné ("Zaznam_proveden),

čemuž dochází každých deset vteřin z již popsaného principu. Dalším změněným vstupem je parametr `windowSize`, u kterého by defaultní nastavení znamenalo hodnotu sto. Jedná se o počet hodnot, z kolika se bude klouzavý počítat. Po obdržení tohoto počtu hodnot je tato skutečnost indikována výstupní hodnotou `windowSizeReached`. Následně každá nová hodnota nahradí hodnotu nejstarší. Jedná se tedy o princip fronty FIFO, tedy first in, first out. Ale jelikož je výstupní hodnota dostupná vždy, i pro pouhou jednu hodnotu na vstupu, lze výsledek akceptovat a zapsat do proměnné ("Porolog".Prumerna_porozita). I když ze začátku může být pro menší počet hodnot zkreslený, což ale v našem případě není podstatné.

5.5 VÝPOČET POROZITY

Před samotným výpočtem nejprve definujme spolu související pojmy porozita, propustnost a prodyšnost. Porozita je synonymum českého slova pórovitost. Pórovitost nebo také poréznost je podíl prázdného prostoru v materiálu ku celkovému objemu. Propustnost je schopnost propouštět molekuly vzduchu materiálem. Je definována jako míra objemu vzduchu, který proteče určitou oblastí materiálu za danou jednotku času a měří se v jednotkách CORESTA. Naproti tomu prodyšnost je schopnost materiálu propouštět vodní páry do okolního prostředí. Tudíž míra propustnosti i prodyšnosti je přímo závislá na porozitě.

V technické praxi se lze setkat s mylným označením, kdy se používají pojmy jako synonymum. Z toho vzešel požadavek na cílového uživatele k ujasnění a sjednocení pojmů s upřesněním zadání. Požadovaným parametrem byl výpočet propustnosti, nikoli v zadání mylně uváděné prodyšnosti.

Na přání papíren byl v celém programu použit pojem porozita, jako souhrnné označení, s kterým jsou seznámeni operátoři výroby. Z něho vyplývá i označení pro systém s měřicí hlavou, Porolog, tedy porosity logging.

Hodnota prodyšnosti ve specifikacích papíru je používána v tomto konkrétním případě návrháři v cigaretovém designu. Její dostatečná hodnota zaručuje ventilaci filtrem v cigaretách. Na jejím základě lze odlišit cigaretové papírky s velmi nízkou porézností až po velmi vysoce porézní obaly zástrček, včetně předděrovaných náustkových papírků.

Na základě definice jednotky CORESTA, kdy se jedná o objemový průtok v centimetrech krychlových za minutu průchodem přes jeden centimetr čtvereční vzorku substrátu při aplikovaném tlakovém rozdílu jeden kilopascal byl pro výpočet propustnosti stanoven následující vzorec (The Coresta unit, 2022).

$$Zt = Q / (P * A), \quad (5.1)$$

kde Zt je propustnost, CU,

Q – průtok vzduchu, ml/min,

P – tlak, kPa,

A – plocha hlavy, cm².

V našem případě má průtokoměr rozsah nula až dva tisíce mililitrů za minutu. Tlak je měřen v milibarech, proto se v programu nachází přepočítání $P = \text{PIC01}/10$. Plocha měřicí části hlavy byla stanovena jako 1,29 centimetrů čtverečních.

V příslušné části programu na síti, kterou zachycuje obr. G.30, se nejprve od analogového vstupu PIC01 odečítá ztráta tlaku v hadičce a hlavě. Jedná se tedy o korekci, jejíž hodnota je předdefinována na nula milibar a konkrétní hodnota bude dosažena až při fázi fyzického testování v souboru. Výsledek této korekce je uložen do `Vypocet_AI_s_korekci`. Následně se vypočte součinný koeficient ve jmenovateli vzorce a uloží se do proměnné `Vypocet_x`. Poté dochází již k výpočtu celého vzorce s výslednou proměnnou "Porozita_bez_koeficientu". Poslední matematické výpočty jsou určeny k získání výsledné hodnoty s korekcí, kdy jsou použity volitelné parametry koeficient a offset. Doplnující informace popisující použití těchto parametrů u snímků HMI jsou umístěny v následující kapitole 6.

6 VIZUALIZAČNÍ ČÁST - HMI

Vizualizační část, vytvořená v rámci této diplomové práce, byla vyvíjena v nástroji WinCC_Audit Viewer verze V7.2 Update1 v operačním systému Windows 10 verze 1909 (build 18363.1500).

Pro vizualizaci dat byl vybrán panel KTP700 Basic PN (číslo artiklu: 6AV2 123-2GB03-0AX0) verze 15.1.0.0, značky Siemens, která je preferována. Jedná se o zařízení se sedmi palcovým displejem, rozlišením 800 krát 480 pixelů a 64K barvami. Panel má také k dispozici osm funkčních tlačítek a bude umístěn na čelní straně příslušného rozvaděče nacházející se ve velínu. Jeho velikost i rozlišení je dostatečné k vizualizaci dat i manuálnímu řízení souboru.

Napájení panelu 24V je přivedeno ze zadní strany na vstupy označené L+ a M. Na zadní straně je dále umístěn konektor pro připojení rozhraní PROFINET. Připojení s kontrolerem PorologPM6-PLC bude realizováno pomocí vnitrofiremní sítě s názvem PLC přes komunikační sběrnici PROFINET.

V rámci HMI části - vizualizace se následují sekce věnující vytvořeným HMI tagům. Najdeme zde také zmínku o použitém textovém listu a podrobnější popis HMI snímků.

6.1 HMI TAGY

Všechny použité tagy v HMI jsou umístěny do defaultní tabulky tagů, bez dalšího členění, kterou nalezneme na obr. G.43 a její pokračování na obr. G.44. Pro systematičnost a přehlednost bylo pro tagy, které jsou spojené s databázemi v PLC, použito totožné označení, jako je u tagů, na které jsou napojeny. Předem je třeba upozornit, že některé tagy u HMI mohou dostávat v kontextu trochu jiný význam a uplatnění, než by plynulo z jejich označení.

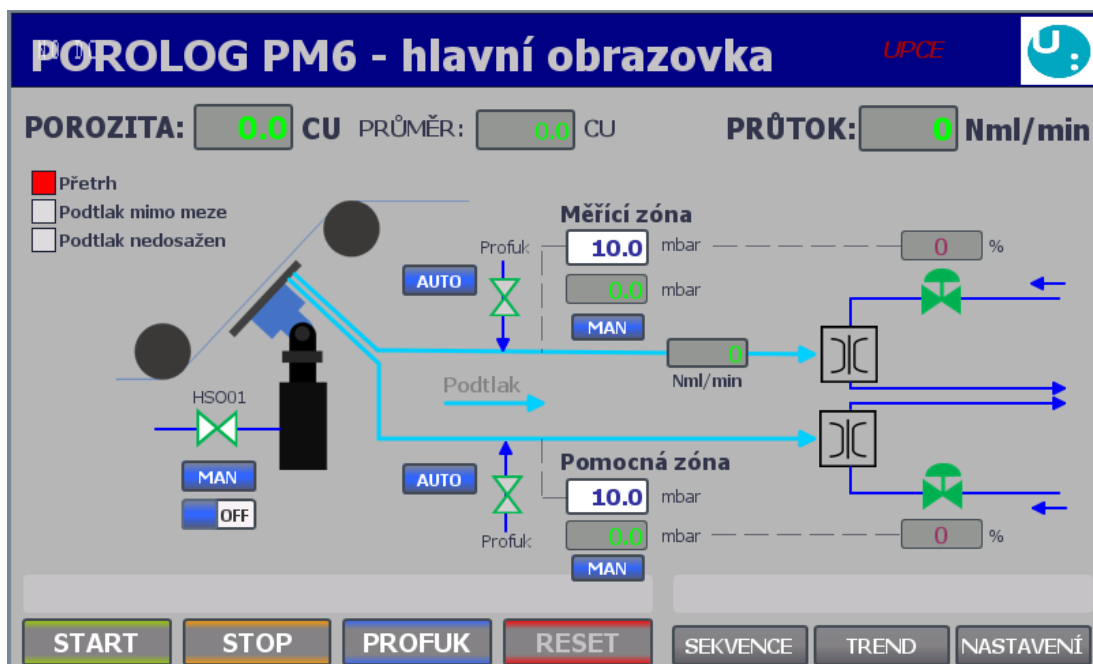
6.2 HMI SNÍMKY

Veškerá vizualizace byla podle potřeb konečného uživatele vytvořena pouze v české jazykové mutaci, což odpovídá podmíněným znalostním nárokům na personál obsluhy.

6.2.1 Snímek hlavní obrazovky

Úvodní snímek hlavní obrazovky, zobrazený na obr. 6.1, je nastaven jako inicializační v nastavení PorologPM6-HMI Runtime settings->General->Screen->Start screen.

Na této obrazovce nalezneme podstatné hodnoty vypočtených a měřených proměnných, alarmy a výstrahy, schéma souboru s možností řízení operátorem, informace o aktuálním kroku sekvencí a řídicí a přepínací tlačítka.



Obr. 6.1 – Screen HMI - 10_Hlavni_obrazovka

Z důležitých hodnot jsou zde ukazatele vypočtené aktuální a průměrné porozity v příslušných Coresta jednotkách. Další zobrazovanou hodnotou je průtok stlačeného vzduchu od snímače FI01 udávaná v inženýrských jednotkách normomililitr za minutu. V levé části snímku se nachází signalizace přetrhu papíru. Na základě hlášení od fotobuněk je v případě přetrhu signalizován alarm v podobě červeně blikajícího pole. V možnostech animace displeje bylo také nastaveno zčervenání polí u výstrah, kdy se podtlak nachází mimo přípustné meze, nebo když nebyl podtlak dosažen vůbec.

V oblasti schématu porologu bylo včleněno pět tlačítek přepínání automatického a manuálního režimu. V případě manuálních režimů se pod nimi zobrazí pomocné přepínací tlačítko on/off. První z tlačítek je k ventilu HSO01 určeného k přiklápění měřicí hlavy porologu. Buď k přiklopení dochází automaticky na základě sekvence, nebo můžeme hlavu manuálně přiklopit, či v případě potřeby i odklopit. Další dvě tlačítka jsou pro režim ventilů OS1 a OS2. Díky nim dochází k automatickému, či manuálnímu profuku měřicích zón operátorem. Profuk zapříčiněný ventilem OS1 je pro měřicí zónu, volitelný profuk pomocí ventilu OS2 je pro zónu pomocnou. Poslední dvě tlačítka jsou pro režim výstupu ventilů u PIC01 a PIC02. V případě automatického režimu je použito PID regulátorů k dosažení žádaného podtlaku v měřicí a pomocné zóně. V případě manuálního režimu lze použít výstup z paměti.

Za tímto účelem jsou zde použity vstupně/výstupní pole s číselnou hodnotou. Ta vrchní pole ve dvojici s bílým pozadím představují žádanou hodnotu podtlaku měřicí a pomocné zóny v milibarech. Po jejich rozkliknutí na operátorském panelu se zobrazí klávesnice, na niž lze definovat žádanou hodnotu. Spodní pole ve dvojici, se zeleně zbarve-

nými číslicemi na šedém pozadí, zobrazují aktuálně měřenou výslednou hodnotu podtlaku PIC01 a PIC02. Akční zásah, ať už v automatickém režimu generovaný PID regulátorem, nebo manuálním režimu, kdy regulátor pouze předá uloženou poslední hodnotu, je zobrazen nad symboly ventilů. Graficky je vyjádřen červenými číslicemi pomocí šedých polí. Hodnota je uváděna v procentech, před normalizací na výstupní signál pro ventily.

Nad spodními tlačítky bylo umístěno zobrazení aktuálních kroků sekvencí porologu a profuku v textové podobě. Jejich přehled nalezneme na snímku sekvence, skrytý pod stejnojmenným tlačítkem.

Mezi tlačítky, která jsou zde i barevně odlišena, nalezneme start a stop sekvence porologu a tlačítko pro manuální start sekvence profuku. Dále je tu umístěno tlačítko pro celkový reset a návrat do nultých kroků sekvencí. Šedá tlačítka slouží k přechodu na další snímky vizualizace. Nachází se zde již zmíněné tlačítko pro přechod na snímek s přehledem sekvencí. Taktéž tu nalezneme tlačítka pro přechod na snímky s trendy a snímek nastavení souboru.

Všechny číselné ukazatele na snímku byly nastaveny na formátový vzor tří, nebo čtyř platných číslic, podle rozsahu hodnot jednotlivých proměnných.



Obr. 6.2 – Screen HMI - 20_Nastavení

6.2.2 Snímek nastavení

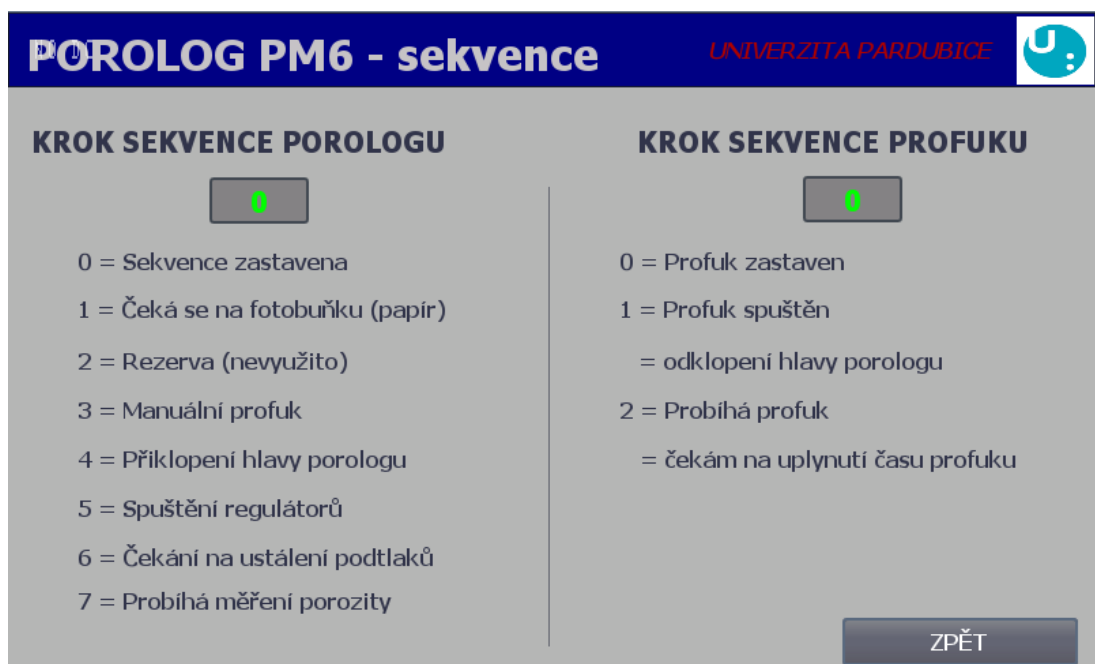
Na screenu nastavení, zobrazeném na 6.2 lze volit parametry souboru. Za tímto účelem zde bylo použito opět vstupně/výstupních pole s číselnou hodnotou.

V levé horní části nalezneme dvě pole s bílým pozadím, určená k nastavení doby, po které proběhne znovu automatický profuk a nastavení délky profuku. Vždy pod nimi umístěná pole s šedým pozadím a zelenou barvou písma ukazují aktuální zbývající čas ze zvolené délky.

Dalšími volitelnými parametry je koeficient a offset pro korekci výpočtu porozity. Je použit běžný vzorec a to výsledná porozita se rovná koeficient krát vypočtená porozita plus offset. Defaultně jsou obě hodnoty nastaveny na nulu. Jejich budoucí použití ale vyplývá z předešlých zkušeností se souborem při uplatnění na starších papírenských mašinách PS4 a PS5 zákazníka.

Posledním volitelným parametrem umístěným do vstupně/výstupního pole je velikost hystereze u podtlaku v milibarech. Na základě ní se počítá minimální a maximální hodnotu rozsahu odvozeného od požadovaného podtlaku měřicí zóny.

Pro výběr provozu s a bez pomocné zóny bylo použito vstupně/výstupní symbolické pole. Stav jsou reprezentovány logickými hodnotami nula a jedna. Následně je využito takzvaného textového listu, obr. číslo G.45, ve kterém byl definován příslušný text ke každé hodnotě. Ten se následně zobrazuje v poli místo logické hodnoty.



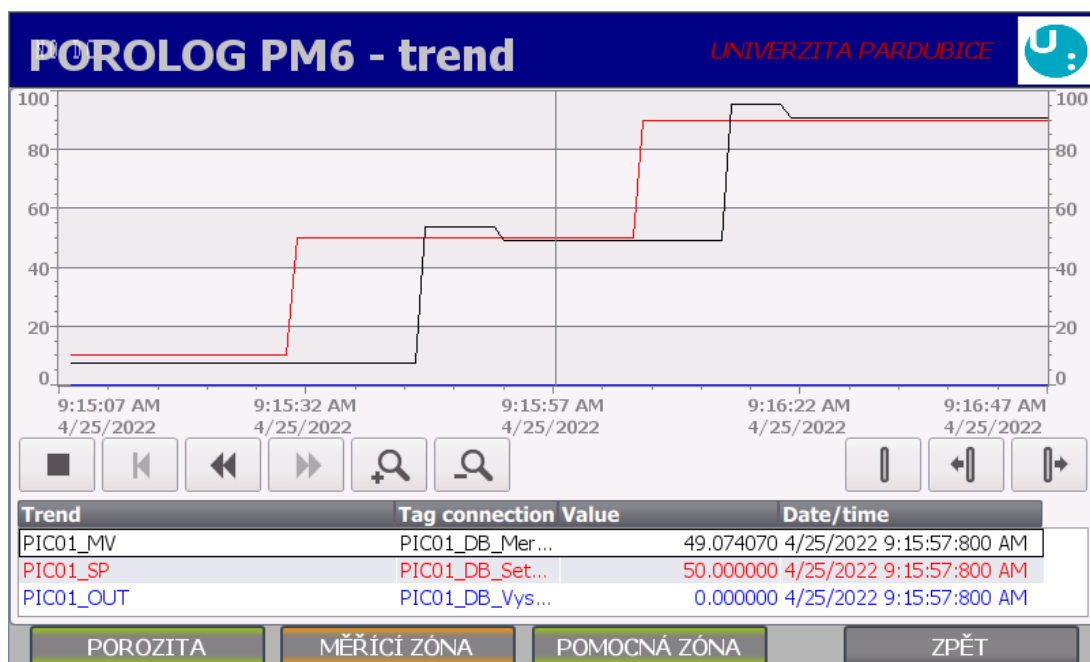
Obr. 6.3 – Screen HMI - 30_Sekvence

V pravé dolní části screenu bylo umístěno přepínání automatického a manuálního režimu a možnosti vypnutí a zapnutí odkalovacího ventilu OS3. Ten je v souboru díky filtrům, které ve schématu na hlavní obrazovce nejsou vyobrazeny. Filtry zabraňují nasávání prachových částic a nečistot směrem od papíru do potrubí. Fyzicky jsou umístěny v horizontální poloze a pod nimi je malá nádržka. Jedná se o prostor pro odkapávající

vodu, která na filtrech kondenzuje. Časem by došlo k jejímu celému zaplnění a zaplavení potrubí, což je krajně nežádoucí s ohledem na správné fungování snímačů. Z tohoto důvodu je zde právě ventil OS3, díky němuž je možné vodu z tohoto prostoru odpustit.

6.2.3 Snímek sekvence

Screen sekvence, zobrazený na 6.3 je informativního charakteru. Opět pomocí vstupně/výstupních polí ukazuje aktuální kroky sekvencí a je zde k dispozici i jejich slovní výčet, který je přizpůsoben potřebám obsluhy.



Obr. 6.4 – Screen HMI - 41_Trend_merici zona

6.2.4 Snímky trendů

Na screenech vizualizačního programu s označením 40, 41 a 42 byl použit takzvaný trend view. Pro ukázkou byl vybrán obr. 6.4 se screenem 41. Pro pořízení tohoto snímku byly pouze manuálně nastavovány náhodné hodnoty, nejedná se o chod programu s regulátorem. Screeny 40 a 42 jsou vzhledově totožné. Na screenu 40 se zobrazuje trend vypočtené porozity v čase. Screeny 41 a 42 a zobrazují trendy příslušných hodnot k snímači tlaku PIC01 pro pomocnou zónu a k PIC02 pro zónu měřicí. Konkrétně se zobrazují měřené (PIC01_MV a PIC02_MV) a žádané (PIC01_SP a PIC02_SP) hodnoty a výstupní (PIC01_OUT a PIC02_OUT) hodnoty z PID regulátoru, regulující otevření ventilů.

7 ZÁVĚR

Náplní této diplomové práce bylo řešení problematiky spočívající ve vylepšení řídicích systémů pro soubory enzymatického vařáku škrobu a měření porozity.

V úvodu práce byl vyhodnocen výchozí stav systémů, na jehož základě byly stanoveny cíle zadání. Hlavními požadavky na řešení bylo vylepšení řídicího systému tak, aby vyhovoval moderním technickým standardům s důrazem na proveditelnost celého navrhnutého řešení. V textové části pak byl kladen důraz zejména na unikátnost a přínosy vytvořeného řešení.

Soubor enzymatického vařáku škrobu zahrnuje technologické části šnekového dopravníku do nádrže se škrobovou moučkou, nádrž slurry s míchadlem, přívod vody, páry, odvod kondenzátů a zásobní kádě. Je zde použito velké množství snímačů a akčních členů, které bylo nutné brát v úvahu při návrhu nového systému. V rámci řešení bylo u tohoto souboru navrženo nahrazení dosavadního řízení motorů s frekvenčním měničem pomocí řídicích jednotek a reléové logiky přímým distribuovaným řízením pomocí komunikační sběrnice PROFIBUS. Pomocí této sběrnice bude soubor řízen ze vzdáleného operátorského stanoviště. Dále bylo navrženo vybudování elektrické rozvodny s rozvaděčem obsahujícím decentrální systém firmy ABB s vybraným kontrolerem. Tento systém bude vyhodnocovat data ze snímačů a řídit akční členy souboru. Většina snímačů i kabeláž byla doporučena k zachování a pouhému přepojení do nového distribuovaného systému.

Technologie využívající stlačeného vzduchu a pneumatických akčních členů u měření porozity papíru se skládá z měřicí hlavy a několika rozvodů stlačeného vzduchu s příslušnými snímači a ventily. Na základě technologických a technických požadavků bylo sestaveno řešení u tohoto souboru. To spočívá ve vytvoření celého nového řídicího systému pro měření porozity na papírenském stroji. Součástí návrhu je komunikace pomocí sběrnice PROFINET, která je připojena do celozávodní sítě stejné úrovně. Tato síť umožňuje řízení systému nejen z vizualizačního panelu na operátorském stanovišti, ale z jakéhokoli připojeného místa. Tento návrh je zanesen ve výkresové dokumentaci a dále rozvíjen při tvorbě softwaru a vizualizace. Veškeré navržené a realizované řešení je průběžně dokumentováno a rozebíráno v textové části této práce v příslušných kapitolách

Teoretická část práce zahrnuje seznámení s nástroji TIA Portal a ABB Engineering: Control Builder & Function Designer. Jejím závěrem je srovnání z pohledu výhod a vhodného nasazení těchto koncepcí. V rámci teoretické části jsem se dále zabýval problematikou a technologickým principem souborů, o který se opírá následné navrhnuté řešení.

Toto řešení implementuje distribuovaný řídicí systém od ABB u systému enzymatického vařáku škrobu. U systému měření porozity papíru je navrženo řešení s konkurenční technologií stávající se z programovatelného automatu značky Siemens. Příslušná textová část této práce se zabývá rozdílným přístupem těchto návrhů.

Praktická část práce zahrnuje kvalitné provedení výkresové dokumentace, splňujícím

standardy, ve které je zaneseno vypracované řešení pro oba celky, včetně řešení způsobu napájení jednotlivých komponent,

Součástí praktické části práce je obslužný software pro soubor měření porozity, vytvořený v nástroji Tia Portal pro programovatelný automat Simatic S7-1200. Další část softwaru, vytvořená v nástroji WinCC Audit Viewer, je určena pro účely vizualizace na operátorském panelu zvoleného typu. Vytvořený program spolu s vizualizací patří mezi hlavní přínosy této práce.

Požadovaný návrh byl převzat bez výhrad a nyní se pracuje na jeho realizaci.

POUŽITÁ LITERATURA

- AC 800M Controller. 2022. *Abb Ltd.* [online]. Curych. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z <https://new.abb.com/control-systems/essential-automation/compact-product-suite/essential-controller-suite/ac-800m-controllel>.
- BARTOŠÍK, P. 2017. *Otevřená architektura NAMUR jako brána k využití přínosů průmyslu 4.0 v procesní výrobě.* [online]. Automa - časopis pro automatizační techniku, s. r. o. Ústí nad Labem. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z <https://automa.cz/cz/casopis-clanky/otevrena-architektura-namur-jako-brana-k-vyuziti-prinosu-prumyslu>.
- BENEŠ, P. 2014. *Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky. 5., rozš. a aktualiz. vyd.* Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-3747-5.
- BEZZUBOV, D. 2011. *Aplikace PLC Simatic 1200 pro řízení technologického přípravku v laboratoři 109.* [online]. Praha.[cit. 2021-12-30]. Dostupné z http://iat.fs.cvut.cz/109/files/DP/Bezzubov_Denis_BP2011_Simatic1200_v_lab_109/bd_p.pdf?download=true. Bakalářská práce. ČVUT.
- Control Builder. 2022. *Abb Ltd.* [online]. Curych. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z <https://new.abb.com/control-systems/system-800xa/800xa-dcs/hardware-controllers-io/control-builder-engineering-software>.
- THE Coresta Unit. 2022. *CORESTA.* [online]. Paříž. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z <https://www.coresta.org/coresta-unit-cu>.
- HALÍŘ, P. *Hapesoft.* [online]. HaPeSoft s.r.o. [cit. 2021-12-31]. Dostupné z <https://www.hapesoft.cz.php>.
- KACZMARCZYK, V. 2019. *Průmysl 4.0.* [online]. VUT. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z https://www.vutbr.cz/www_base/priloha_fs.php?dpid=185233&skupina=dokument_priloha.
- KADLEČÍK, P. 2017. *Možnosti využití programovatelných automatů Simatic řady S7-1200 od firmy Siemens.* [online]. UTB ZLÍN. [cit. 2022-05-01]. Dostupné z https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/41283/kadlečík_2017_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Kolektiv autorů. 2016. *Národní iniciativa Průmysl 4.0.* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf?download=true>.

- OPC UA. 2021. *Siemens, s.r.o.* [online]. Praha. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/industrial-communication/opc-ua.html>.
- PROFINET v procesním průmyslu. 2021. *Siemens, s.r.o.* [online]. Praha. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/industrial-communication/profinet/process-industry.html>.
- RÝZNAR, J. 2020. *Začlenění snímačů průtoku a tlaku do rozvodu stlačeného vzduchu ve výrobním celku.* [online]. Brno. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/126906>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Petr Fiedler.
- SIMATIC Controller – take control of the future. 2021. *Siemens, s.r.o.* [online]. Mnichov. [cit. 2022-01-06]. Dostupné z <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc.html>.
- OPC UA for process automation. 2019. *Suomen Automaatioseura ry.* [online]. Helsinki. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/2060/11-opc_day_helsinki_2019_opc_ua_for_process_automation_pa-dim_frank_fengler.pdf?download=true.
- System 800xA Control - AC 800M – Getting started. 2022. *Abb Ltd.* [online]. Curych. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BSE041880-600&LanguageCode=en&DocumentPartId=\&Action=Launch>.
- System 800xA Engineering - Engineering Studio Function Designer. 2016. *Abb Ltd.* [online]. Curych. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z https://library.e.abb.com/public/1781629a5cdf4770b8ad427c663aed29/3BDS100968-600_C_en_System_800xA_Engineering_6.0_Engineering_Studio_Function_Designer_Getting_Started.pdf.
- ŠMEJKAL, L. 2005. *PLC a automatizace.* Praha: BEN – technická literatura. ISBN 80-7300-087-3.
- TIA – Plně integrovaná automatizace napříč celým podnikem. 2021. *Siemens, s.r.o.* [online]. Praha. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/industry-software/automatizacni-software/tia-portal.html>.

URBAN, L. 2005. *Programování PLC podle normy IEC EN 61131-3 – víc než jednotné jazyky* [online]. Automa – časopis pro automatizační techniku, s. r. o. Ústí nad Labem. [cit. 2021-12-31]. Dostupné z <https://automa.cz/cz/casopis-clanky/programovani-plc-podle-normy-iec-en-61131-3/>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Výkresová část - Enzymatický vařák škrobu	72
Příloha B	Výkresová část - Měření porozity	73
Příloha C	Looplist: Vařák škrobu enzymatický	74
Příloha D	PLC dokumentace - Porolog PLC	75
Příloha E	PLC dokumentace - Porolog HMI	76
Příloha F	DVD	77
Příloha G	Obrázková příloha	79
Příloha H	Tabulková příloha	105

Příloha A Výkresová část - Enzymatický vařák škrobu

Příloha A, výkresová část souboru Vařák škrobu enzymatický, je přiložena k této práci samostatně.

Příloha B Výkresová část - Měření porozity

Příloha B, výkresová část souboru Měření porozity je přiložena taktéž samostatně.

Příloha C Looplist: Vařák škrobu enzymatický

Příloha C, List Microsoft Excel s podporou maker souboru Vařák škrobu enzymatický se nachází na přiloženém DVD.

Příloha D PLC dokumentace - Porolog PLC

Příloha D, Dokumentace Porolog - PLC.pdf vygenerovaná pomocí softwaru Tia Portal V15.1 se nachází na přiloženém DVD. Dokumentace zahrnuje veškerá nastavení použitého hardwaru včetně modulů. Součástí pdf je kompletní výpis funkčních bloků.

Příloha E PLC dokumentace - Porolog HMI

Příloha E, Dokumentace Porolog - HMI.pdf vygenerovaná pomocí softwaru Tia Portal V15.1 se nachází na přiloženém DVD. Dokumentace obsahuje kompletní data z WinCC o v tomto softwaru programovaném panelu TP700 Basic.

Příloha F DVD

Příloha F je přiložené DVD k diplomové práci Upgrade řídicích systémů enzymatického vařáku škrobu a měření porozity papíru ve výrobním celku.

Obsah přiloženého DVD

Upgrade řídicích systémů enzymatického vařáku škrobu a měření porozity papíru ve výrobním celku.pdf (Text diplomové práce)

Vařák škrobu enzymatický.pdf (Výkresová dokumentace)

Vařák škrobu enzymatický - Looplist.xlsm (Dokumentace)

Porolog - PID.pdf (Výkresová dokumentace)

Porolog - PLC.pdf (Softwarová dokumentace)

Porolog - HMI.pdf (Softwarová dokumentace)

složka Porolog - PLC SOFTWARE (složka obsahující software "PorologPM6.ap15_1" vytvořený v TIA V15.1 a WINCC V15.1)

Příloha G Obrázková příloha

ES - tlačítka, signálky, fotobuňky	PI - tlak (analogový signál)
GS - koncové spínače	PIC - regulace tlaku (spojitá - analogový signál)
CI - obecný vstupní digitální signál	PS - tlakový spínač (digitální signál)
CO - obecný výstupní digitální signál	PIS - regulace tlaku (nespojité - digitální signál)
	PDS - tlakový dif. snímač (digitální signál)
FI - průtok (analogový signál)	
FIC - regulace průtoku (spojitá - analogový signál)	NI - konzistence (analogový signál)
FIQ - protečené množství (kumulovaná hodnota)	NIC - regulace konzistence (spojitá - analogový signál)
FS - limitní snímání průtoku (digitální signál)	
	MI - vlhkost (analogový signál)
LI - hladina (analogový signál)	MIC - regulace vlhkost (spojitá - analogový signál)
LIC - regulace hladiny (spojitá - analogový signál)	
LS - hladinový spínač (digitální signál)	QI - hustota (analogový signál) [g/l]
LIS - regulace hladiny (nespojité - digitální signál)	QIC - regulace hustoty (spojitá - analogový signál)
TI - teplota (analogový signál)	GI - obecný analogový vstupní signál
TIC - regulace teploty (spojitá - analogový signál)	GO - obecný analogový výstupní signál
TS - teplotní spínač (digitální signál)	GIC - regulace obecným analogovým signálem (poloha)
TIS - regulace teploty (nespojité - digitální signál)	

Obr. G.1 – Systém značení typu obvodu - část 1.

GI - obecný analogový vstupní signál
 GO - obecný analogový výstupní signál
 GIC - regulace obecným analogovým signálem (poloha)

 WI - výkon / výrobnost (počítaný analogový signál) [kg/h]
 WIC - regulace výkonu/výrobnosti (spojitá - analogový signál)
 SIC - nastavení otáček motoru (spojité - analogový signál)
 EIC - regulace příkonu nebo proudu (spojitá - analogový signál)

 HSO - ventil typu otevřeno/zavřeno s alespoň jedním koncovým spínačem
 OS - ventil typu otevřeno/zavřeno bez koncových spínačů
 HIC - spojitě nastavovaný ventil (0 – 100%)
 HS - klapka (např. vzduchotechnická) typu otevřeno/zavřeno

 PM - motor čerpadla
 AM - motory mlýnu (hlavní ..._1, skládací ..._2, čerp. oleje ..._3)
 HM - motor šnekového dopravníku
 RM - motor míchadla
 FM - motor třídiče, filtru atd.
 VM - motor ventilátoru, vývěvy
 GM - obecný motor (např. pro otevírání výtokové štěrbině nátoky)
 GD - obecný pohon (pneumatický, hydraulický)

 WM - výměník tepla
 HYD - topení hydrauliky
 WD - topení vody

Obr. G.2 – Systém značení typu obvodu - část 2.

1. Regulační smyčky a měření	2. Dvupolohové ventily
Měřená hodnota MV	Výstup na ventil (otevřeno/zavřeno) OPN
Měřená hodnota n MVn	Výstup na ventil n OPNn
Výstup OUT	Koncový vypínač – poloha otevřeno LSO(n)
Výstup n OUTn	Koncový vypínač – poloha zavřeno LSC(n)
Žádaná hodnota SP	Místní ovládání (local) LOC
Místní ovládání (local) LOC	Místní ovládání (remote) REM
Místní ovládání (remote) REM	
Pozice aktuátoru POS	
Koncový vypínač – poloha zavřeno LSC	
Koncový vypínač – poloha otevřeno LSO	
Výstup – otevírat INC	
Výstup – zavírat DEC	
Místní tlačítko – otevírat LINC	
Místní tlačítko – zavírat LDEC	

Obr. G.3 – Systém použití rozšíření jména - část 1. a 2.

3. Motory

Výstup na motor (zap/vyp) RUN
Výstup na motor (zap/vyp – vpřed nebo otevírat) RUNF
Výstup na motor (zap/vyp – vzad nebo zavírat) RUNR
Výstup na motor – start puls STR
Výstup na motor – stop puls STP
Místní požadavek na start LSTR
Místní požadavek na stop LSTP
Hlášení o běhu motoru (feedback) FB Hlášení o běhu motoru vpřed FBF
Hlášení o běhu motoru vzad FBR
Místní ovládání (local) LOC
Místní ovládání (remote) REM
Hlášení připravenosti motoru k běhu (ready) RDY
Nouzový stop ESTP
Bezpečnostní spínač (uzamykací klíček) SSW
Měření proudu CURR
Měření otáček ROT
Měření výkonu PWR
Anal.výstup na měnič pro řízení otáček motoru OUT
Termistor pro sledování teploty vinutí TSW

Obr. G.4 – Systém použití rozšíření jména - část 3.

3a. Skládací servomotory pro mlecí agregáty

Výstup na motor (zap/vyp) RUN
Výstup na motor (zap/vyp - pomalu) RUNL
Výstup na motor (zap/vyp - rychle) RUNH
Směr otáčení (1=zatěžovat, 0=odlehčovat) LOAD
Rychlost otáčení (1=rychle, 0=pomalu) FAST
Místní požadavek na zatěžování LRUNF
Místní požadavek na odlehčování LRUNR
Místní požadavek na rychlost otáčení LFAST
Hlášení o běhu motoru pomalu vpřed FBFL
Hlášení o běhu motoru rychle vpřed FBFH
Hlášení o běhu motoru pomalu vzad FBRL
Hlášení o běhu motoru rychle vzad FBRH
Koncový vypínač (limit switch – kontakt NO) LSO
Koncový vypínač (limit switch – kontakt NC) LSO1
Bezpečnostní vypínač (safety switch – kontakt NO) SSO
Bezpečnostní vypínač (safety switch – kontakt NC) SSO1

Obr. G.5 – Systém použití rozšíření jména -
část 3.a

4. Obecné signály

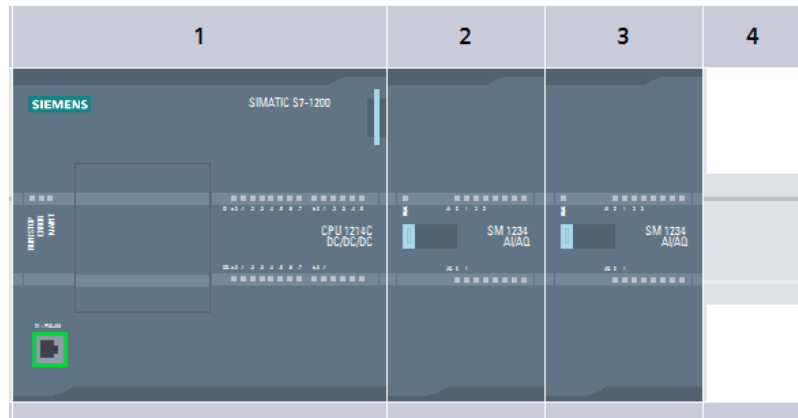
Pulsní signály SW
Koncový vypínač LS
Koncový vypínač „otevřeno“ LSO
Koncový vypínač „zavřeno“ LSC
Teplotní spínač (teplota HIGH) H
Teplotní spínač (teplota HIGH HIGH) HH
Teplotní spínač (teplota LOW) L
Teplotní spínač (teplota LOW LOW) LL
Hladinový spínač (hladina HIGH) H
Hladinový spínač (hladina HIGH HIGH) HH
Hladinový spínač (hladina LOW) L
Hladinový spínač (hladina LOW LOW) LL
Průtokový spínač (průtok HIGH) H
Průtokový spínač (průtok HIGH HIGH) HH
Průtokový spínač (průtok LOW) L
Průtokový spínač (průtok LOW LOW) LL
Tlakový spínač (tlak HIGH) H
Tlakový spínač (tlak HIGH HIGH) HH
Tlakový spínač (tlak LOW) L
Tlakový spínač (tlak LOW LOW) LL
Přerhový spínač (optická závora) OSW
Přerhový spínač (optická závora) - porucha OSWF
Tlačítko PB
Kontrolka přijetí požadavku PBFB(n)
Kontrolka splnění funkce SIGB(n)
Výstup na cívku relé RE
Alarm ALM
Potvrzení alarmu (acknowledge) ACK
Porucha FLT
Povolení funkce REL
Zařízení OK OK
Výběr-selektor na pultu SEL(n)
Conector Conect CC

Obr. G.6 – Systém použití rozšíření jména -
část 4.

PorologPM6-PLC

AI 4x13BIT/IAQ 2x...

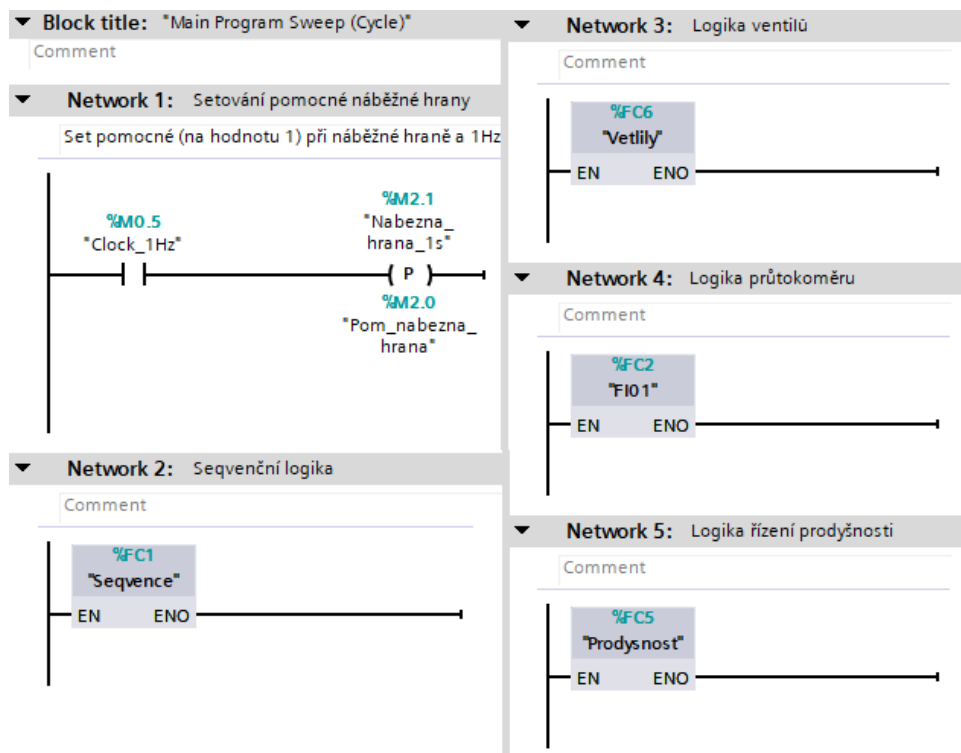
AI 4x13BIT/IAQ 2x...



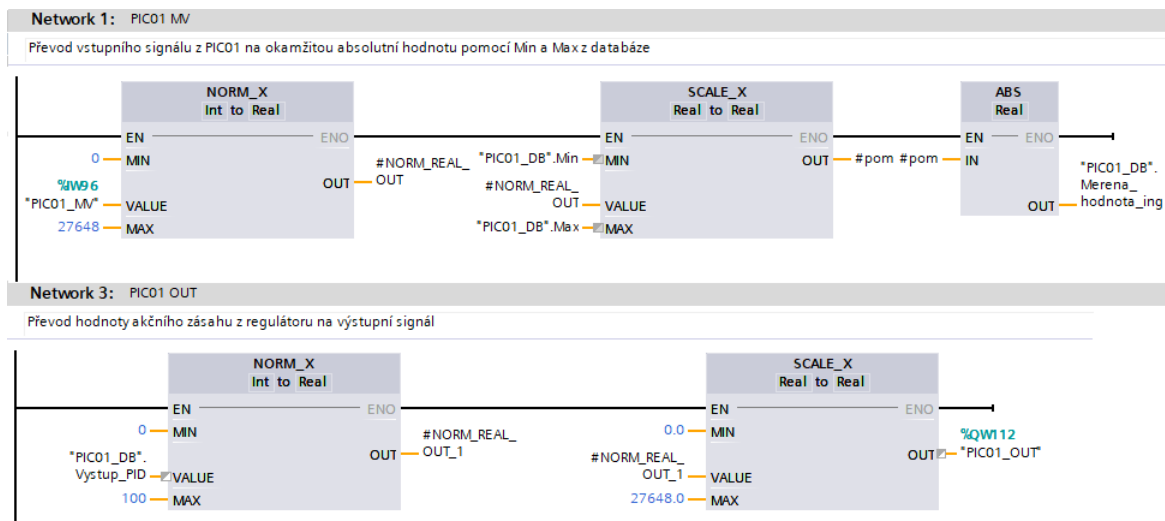
Obr. G.7 – PorologPM6 Device view

Default tag table													
	Name	Data type	Address	Acces...	Writa...	Visibl...		Name	Data type	Address	Acces...	Writa...	Visibl...
1	Pretrh	Bool	%I0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	23	HSO01_LSO	Bool	%I0.4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	PIC01_MV	Int	%IW96	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	24	Zaznam_proveden	Bool	%M2.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	ES01_PB	Bool	%I0.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	25	FI01_MV	Int	%IW100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	ES02_PB	Bool	%I0.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	26	PIC02_MV	Int	%IW98	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	HSO01_OPN	Bool	%Q0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	27	PIC01_OUT	Int	%QW112	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	System_Byte	Byte	%MB1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	28	PIC02_OUT	Int	%QW114	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	FirstScan	Bool	%M1.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	29	POROZITA	Int	%QW116	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	30	OS01_OPN	Bool	%Q0.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	AlwaysTRUE	Bool	%M1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	31	OS02_OPN	Bool	%Q0.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	AlwaysFALSE	Bool	%M1.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	32	Tag_1	Bool	%M3.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Clock_Byte	Byte	%M0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	33	Tag_2	Bool	%M3.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Clock_10Hz	Bool	%M0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	34	Tag_3	Bool	%M3.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Clock_5Hz	Bool	%M0.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	35	Tag_4	Bool	%M3.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	Clock_2.5Hz	Bool	%M0.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	36	Tag_5	Bool	%M3.4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	Clock_2Hz	Bool	%M0.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	37	Tag_6	Bool	%M3.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	Clock_1.25Hz	Bool	%M0.4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	38	OS03_OPN	Bool	%Q0.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	Clock_1Hz	Bool	%M0.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	39	Tag_7	Bool	%M3.6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Clock_0.625Hz	Bool	%M0.6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	40	Tag_8	Bool	%M3.7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	41	Tag_9	Bool	%M4.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	Pom_nabezna_hrana	Bool	%M2.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	42	Porozita_OUT	Int	%QW96	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	Nabezna_hrana_1s	Bool	%M2.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	43	Alarm	Bool	%Q0.4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	HSO01_L5C	Bool	%I0.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							

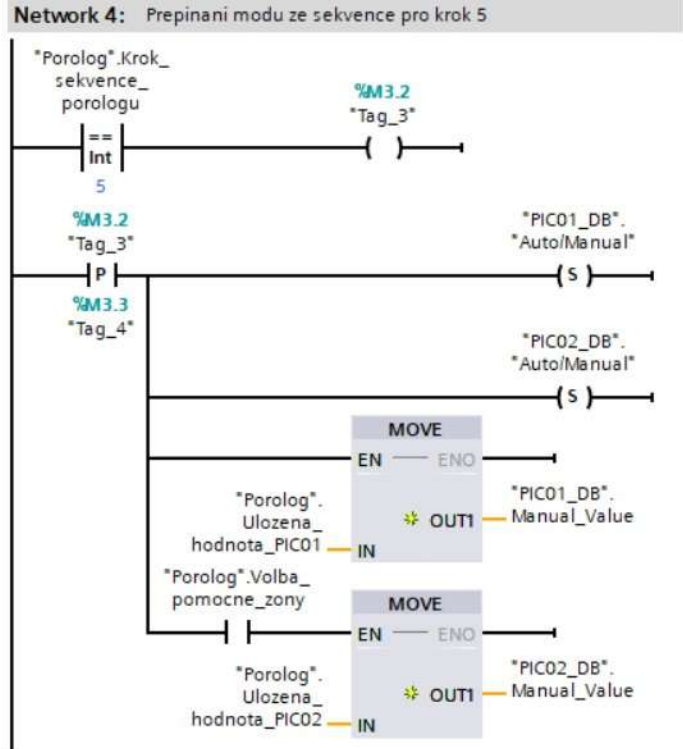
Obr. G.8 – PLC tagy - Default tag table



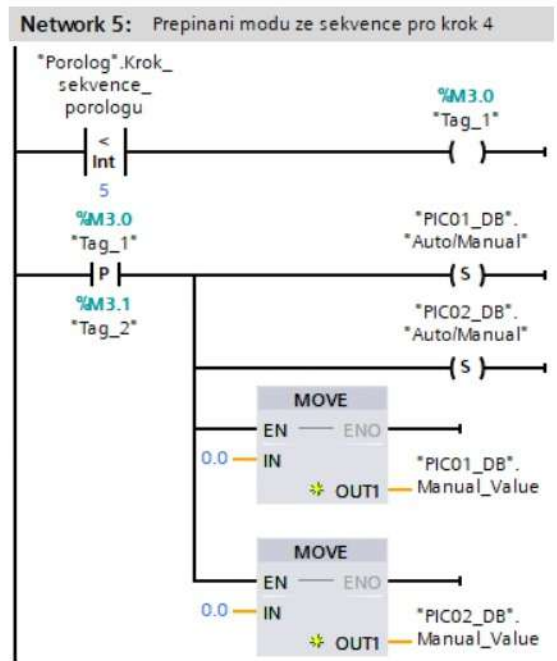
Obr. G.9 – Funkční organizační blok - Main



Obr. G.10 – Funkce - PIC01, Network 1 a 3: Zpracování analogového signálu

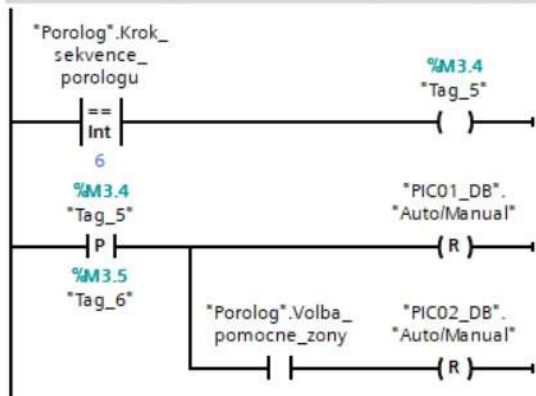


Obr. G.11 – Funkce - PIC01, Network 4:
Přepnutí ventilů do automatického módu
při pátém kroku sekvence



Obr. G.12 – Funkce - PIC01, Network 5:
Přepnutí ventilů do automatického módu
při krocích nula až čtyři sekvence

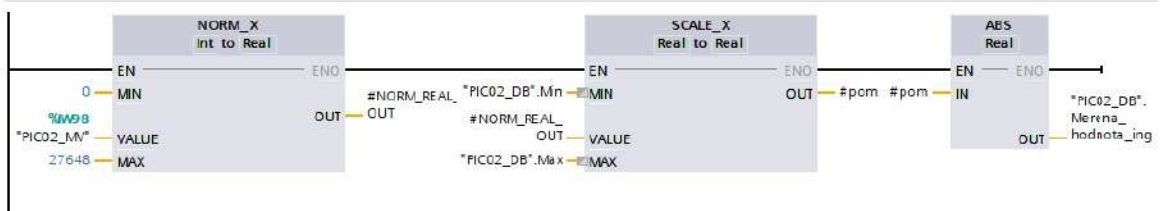
Network 6: Prepinani do auto modu ze sekvence pro krok 6



Obr. G.13 – Funkce - PIC01, Network 6: Přepnutí ventilů do automatického módu při pátém kroku sekvence

Network 1: PIC02 MV

Převod vstupního signálu z PIC02 na okemžitou absolutní hodnotu pomocí Min a Max z databáze

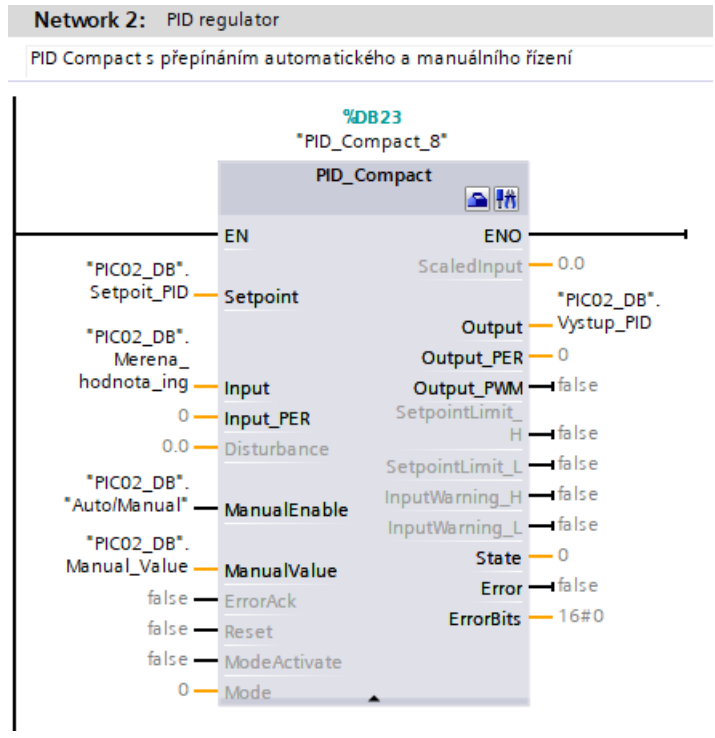


Network 3: PIC02 OUT

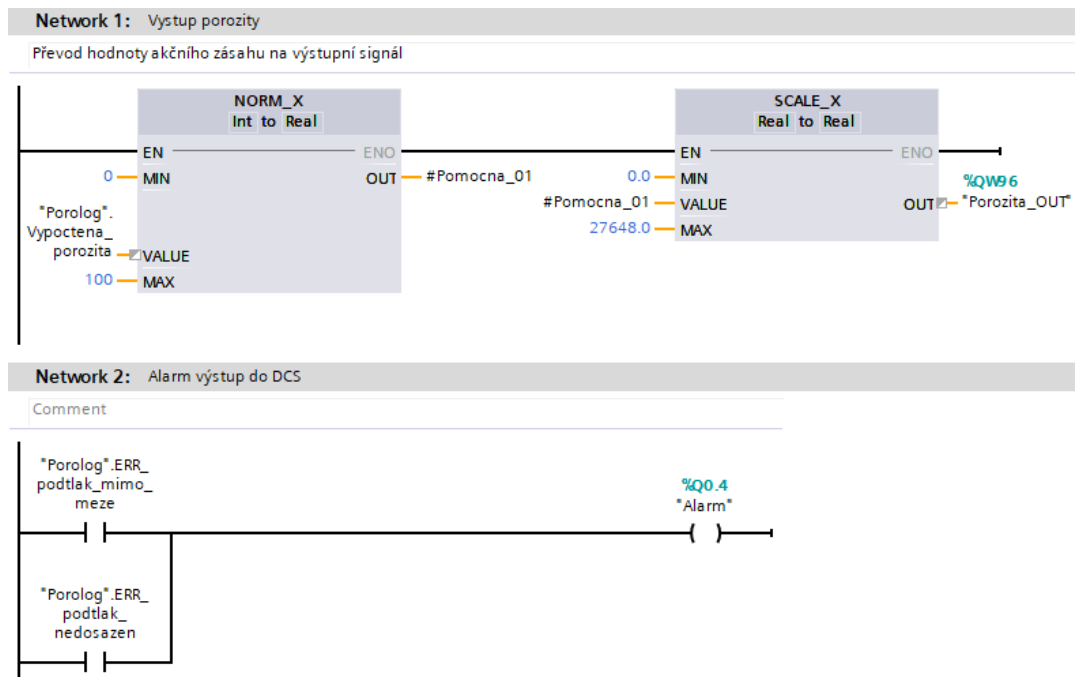
Převod hodnoty akčního zásahu z regulátoru na výstupní signál



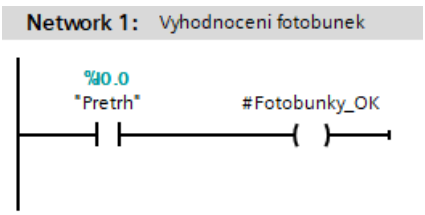
Obr. G.14 – Funkce - PIC02, Network 1 a 3: Zpracování analogového vstupu a výstupu



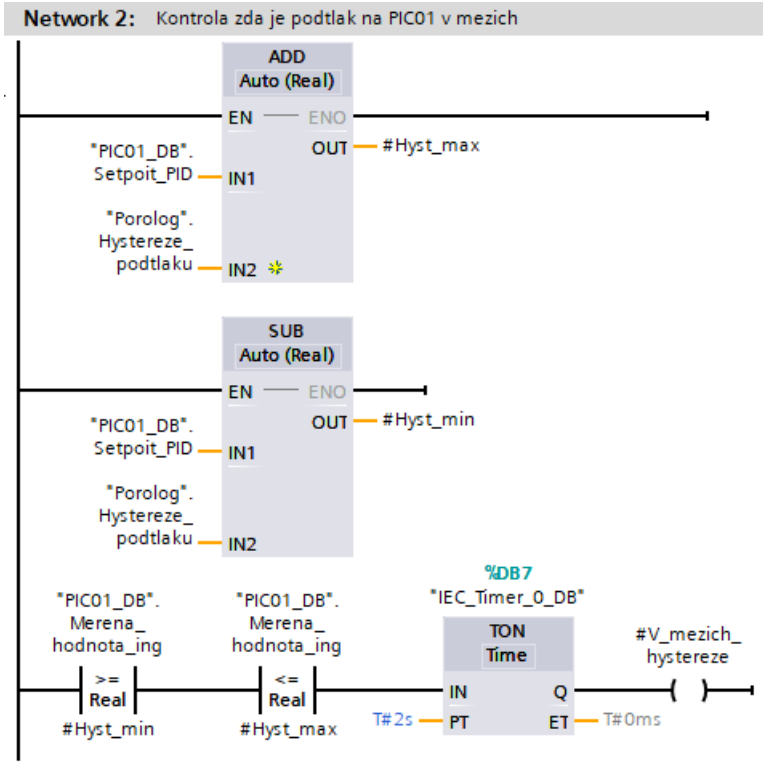
Obr. G.15 – Funkce - PIC02, Network 2: PID regulátor



Obr. G.16 – Funkce - Porozita a alarm, Network 1 a 2: Porozita OUT a Alarm do DCS

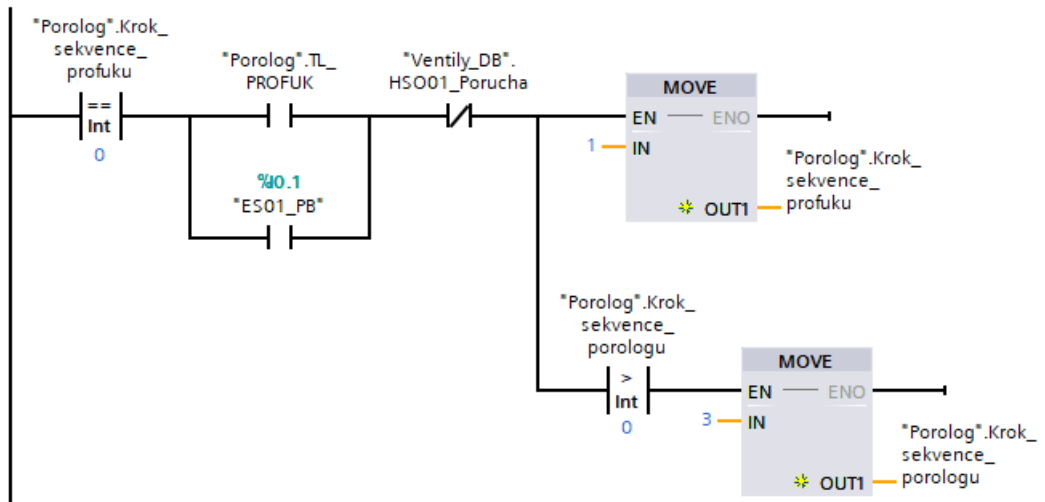


Obr. G.17 – Funkce - Seqvence, Network 1: Vyhodnocení fotobuněk



Obr. G.18 – Funkce - Seqvence, Network 2: Kontrola podtlaku na PIC01

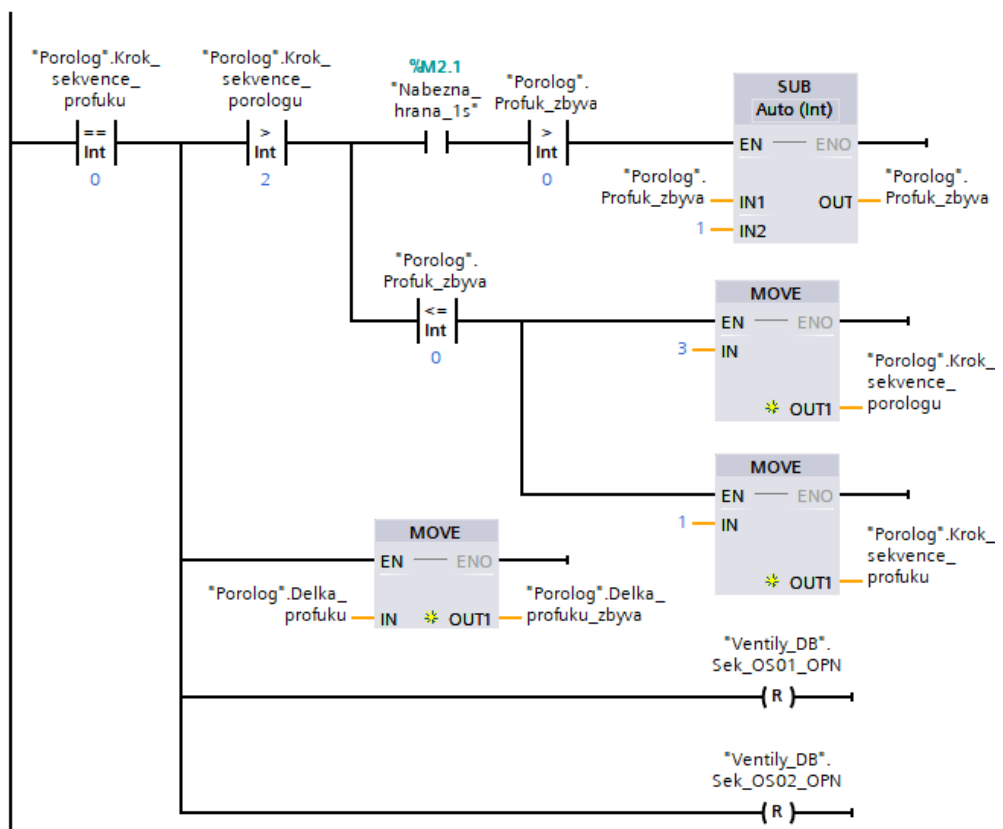
Network 4: Spuštění profuku tlačítkem z vizualizace nebo z rozvaděče



Obr. G.19 – Funkce - Seqvence, Network 4: Manuální spuštění profuku

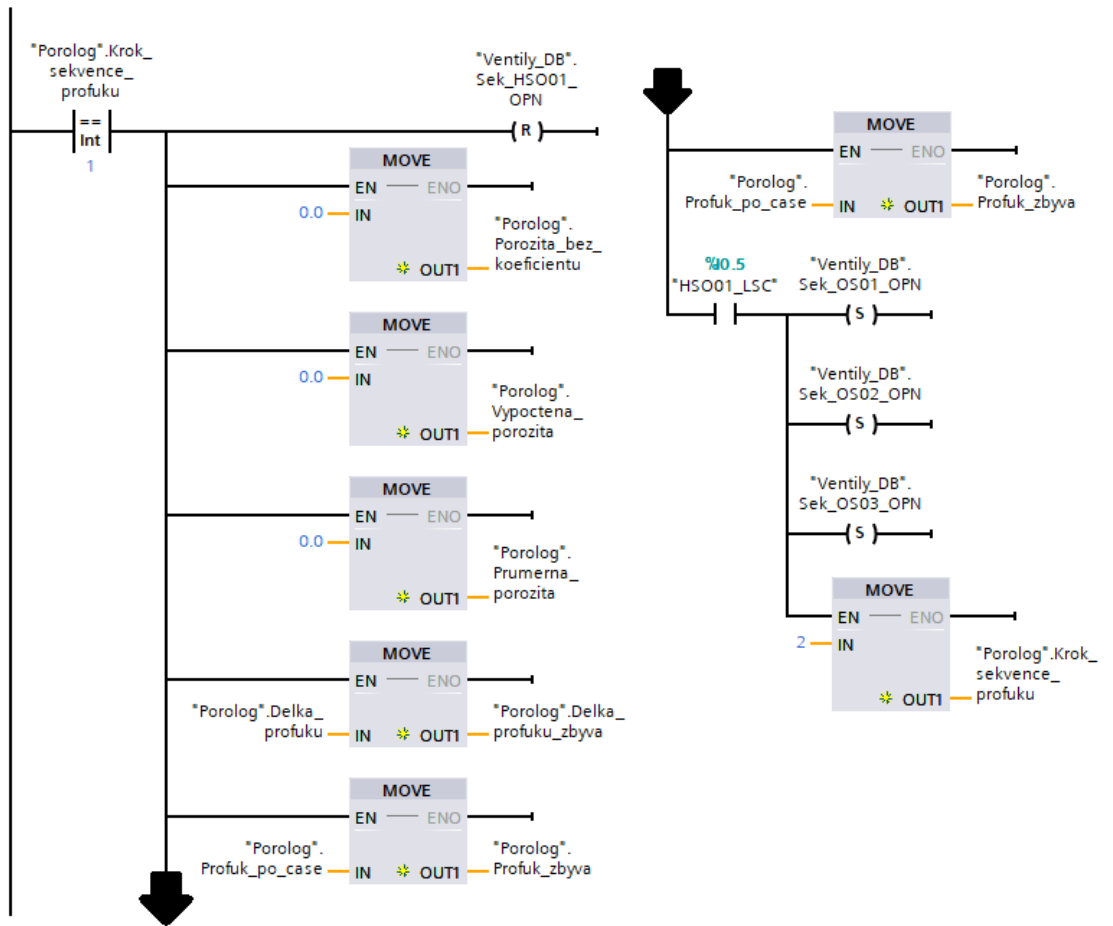
Network 5: PROFUK - KROK 0 = profuk vypnut, počítání času do dalšího

Po dosažení času dalšího profuku potom čekám na stisk tlačítka "Nový TAMBOR"



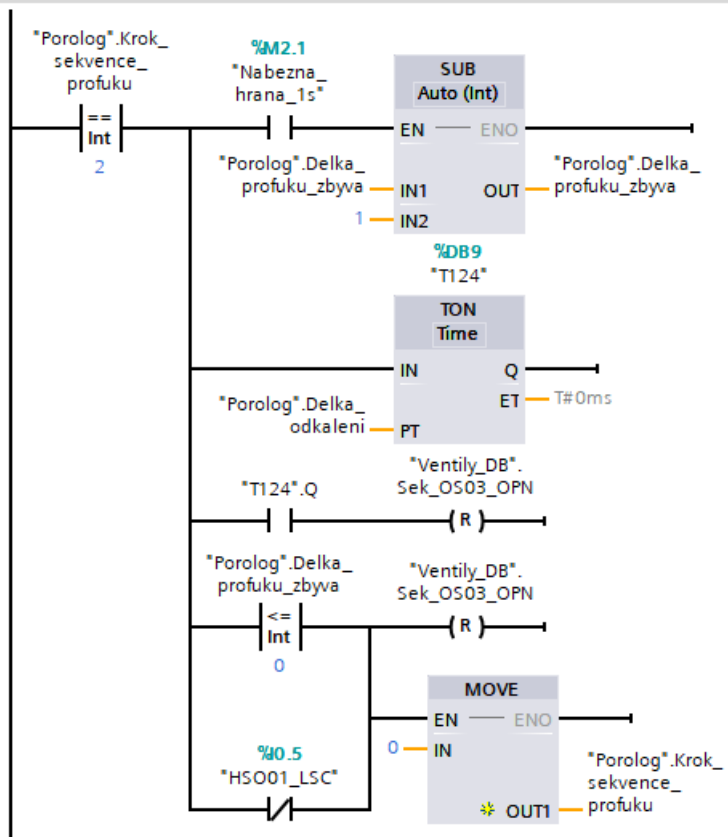
Obr. G.20 – Funkce - Seqvence, Network 5: Profuk - Krok 0

Network 6: PROFUK - KROK 1 - Profuk - spuštění



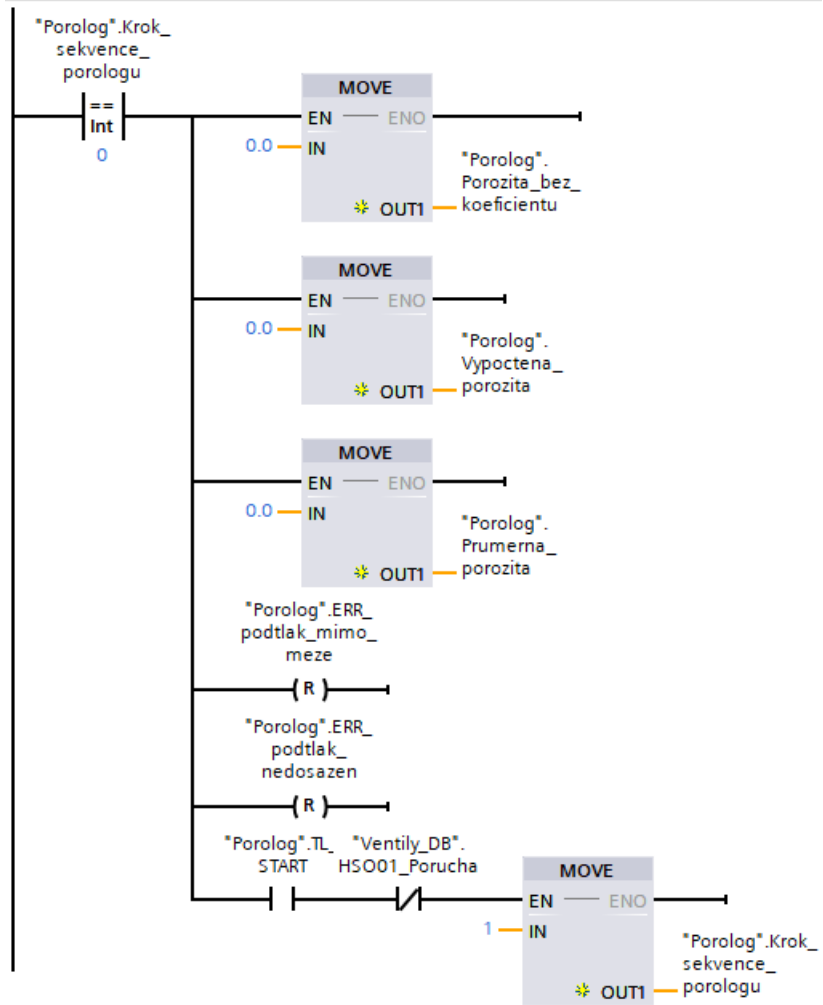
Obr. G.21 – Funkce - Sequence, Network 6: Profuk - Krok 1

Network 7: PROFUK - KROK 2 - počítání délky času profuku, ukončení



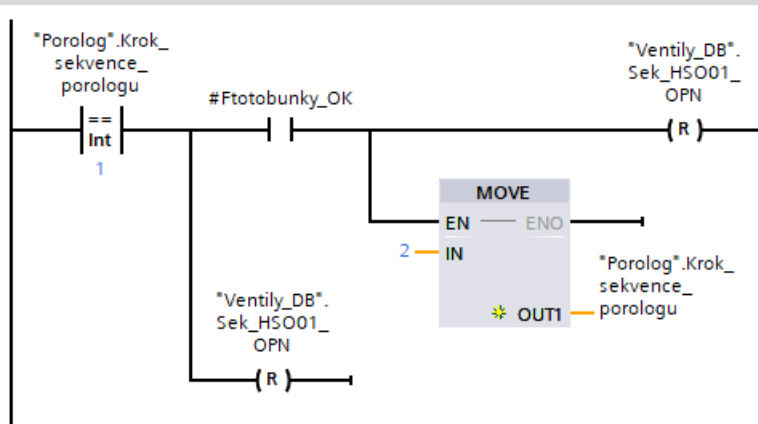
Obr. G.22 – Funkce - Sequence, Network 7:
Profuk - Krok 2

Network 8: POROLOG - KROK 0 - STOP měření porologu

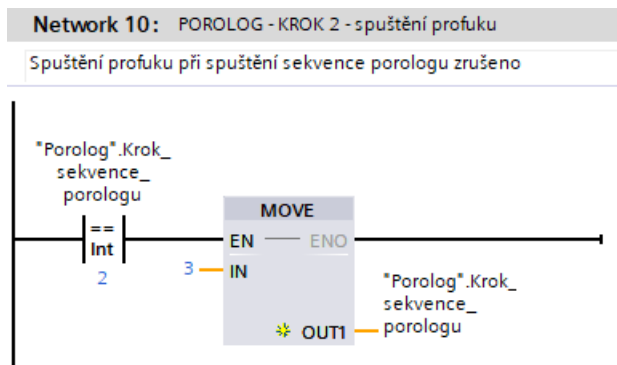


Obr. G.23 – Funkce - Sequence, Network 8: Porolog - Krok 0

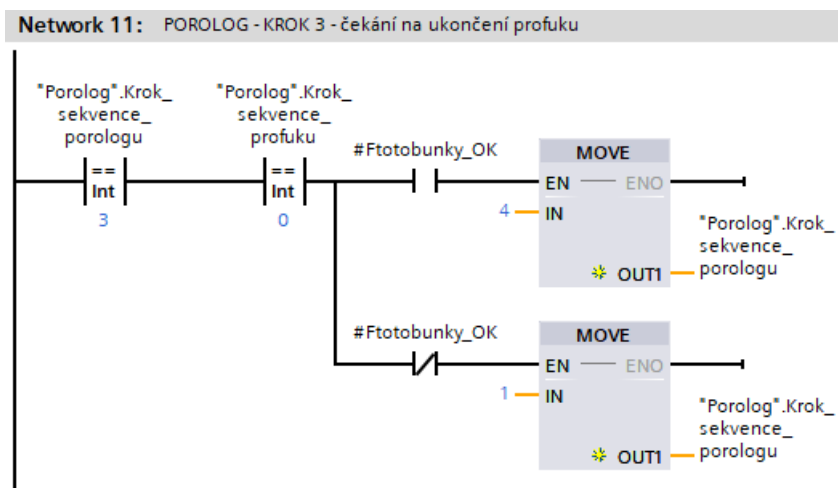
Network 9: POROLOG - KROK 1 - START Sekvence - čekám na fotobuňku



Obr. G.24 – Funkce - Sequence, Network 9: Porolog - Krok 1

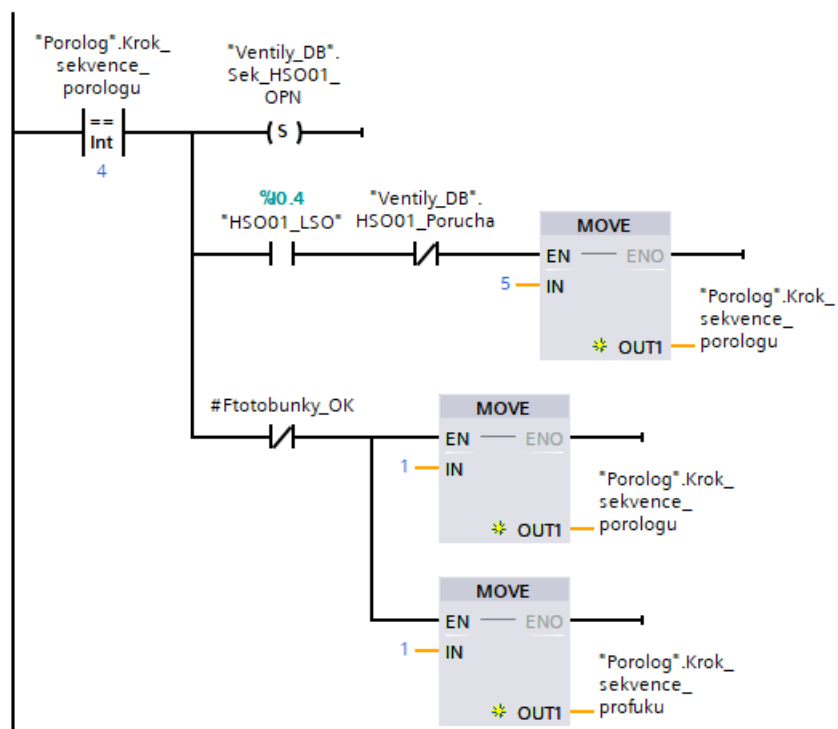


Obr. G.25 – Funkce - Sequence, Network 10: Porolog - Krok 2



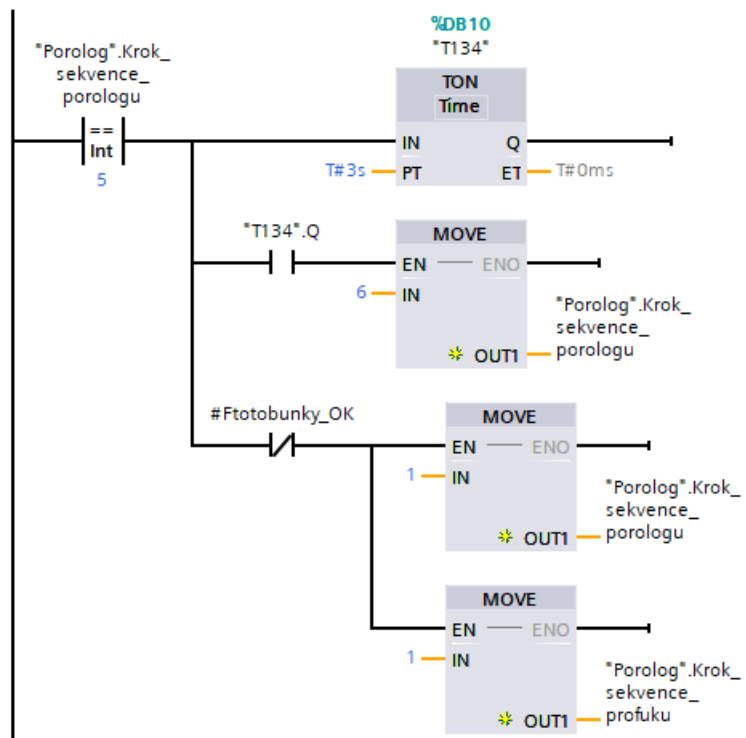
Obr. G.26 – Funkce - Sequence, Network 11: Porolog - Krok 3

Network 12: POROLOG - KROK 4 - přiklopení hlavy



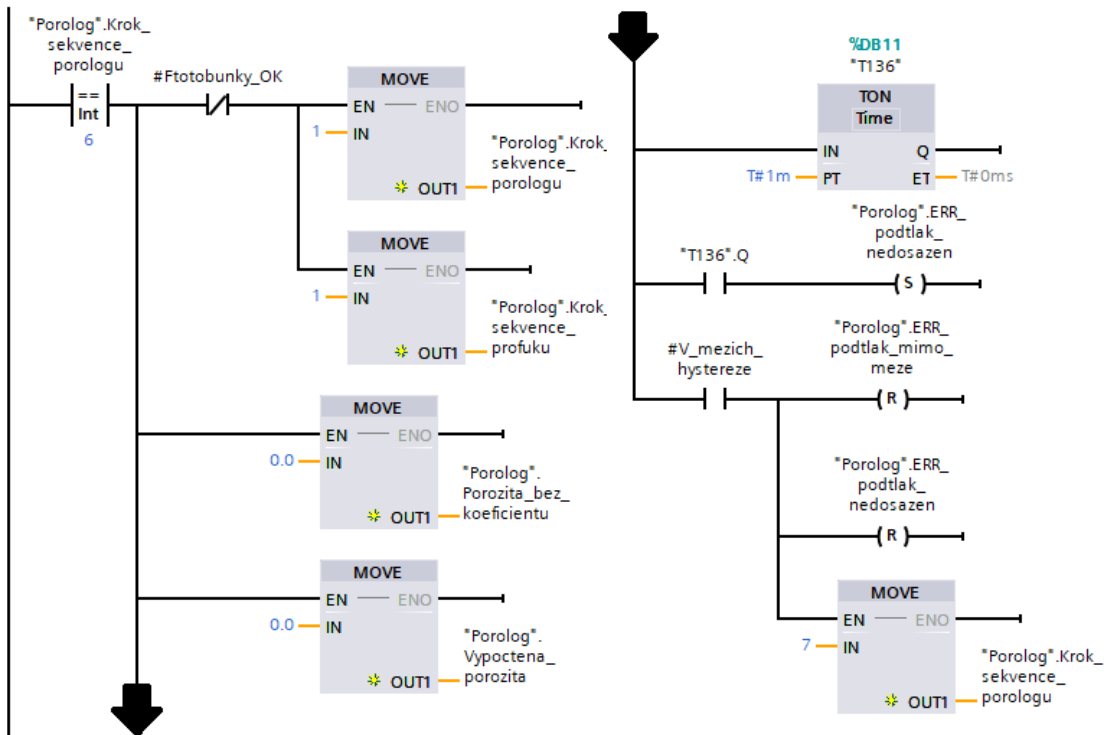
Obr. G.27 – Funkce - Sequence, Network 12:
Porolog - Krok 4

Network 13: POROLOG - KROK 5 - nastavení výstupů regulátorů na SYS_O hodnotu

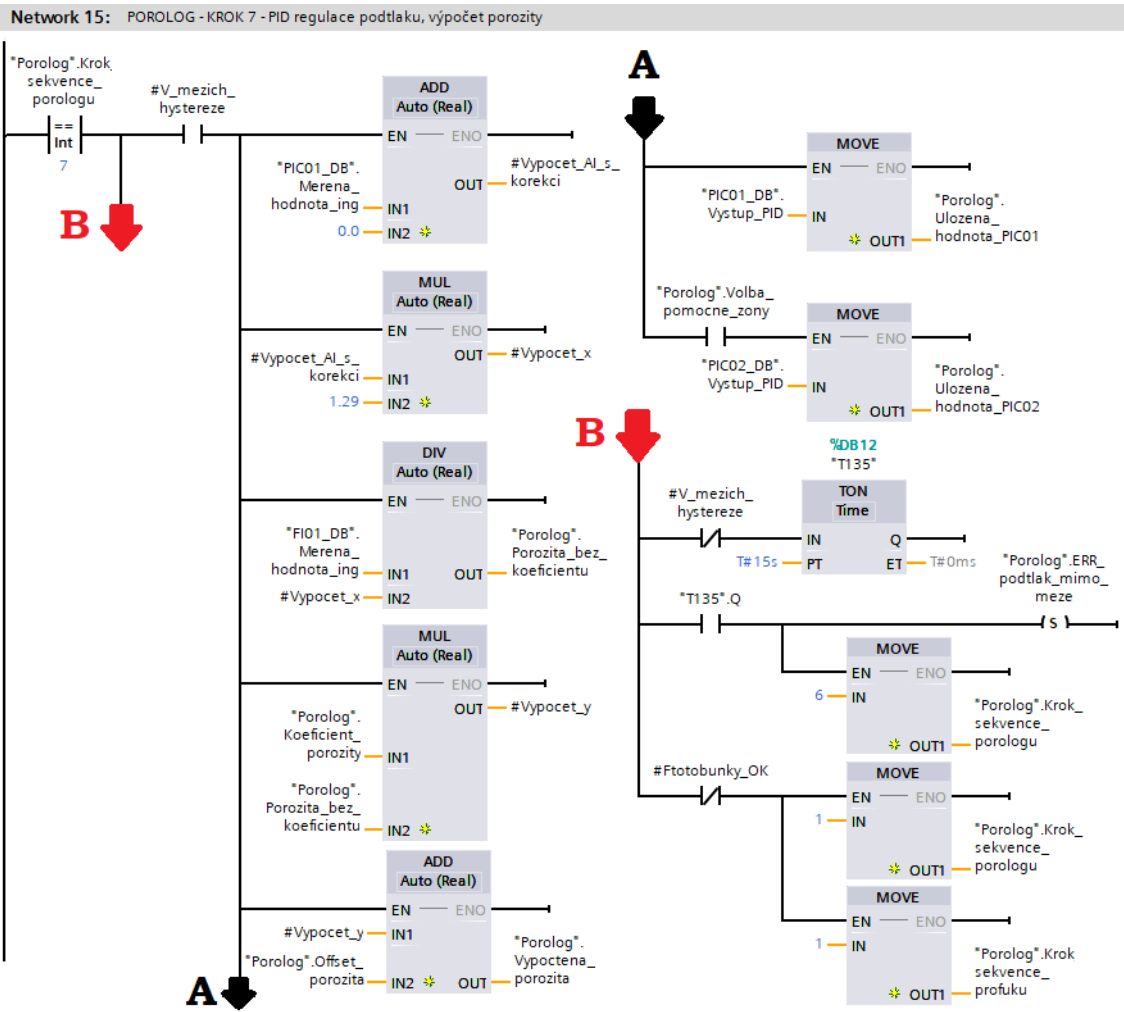


Obr. G.28 – Funkce - Sequence, Network 13: Porolog - Krok 5

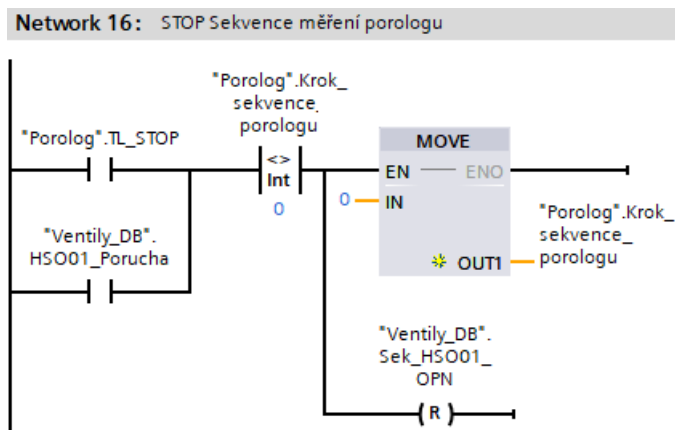
Network 14: POROLOG - KROK 6 - PID regulace podtlaku, čekám na ustálení



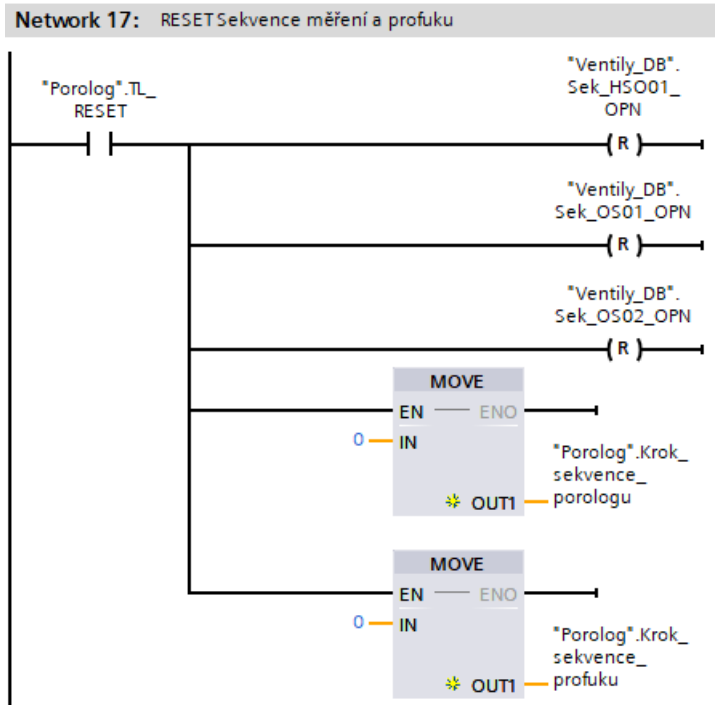
Obr. G.29 – Funkce - Sequence, Network 14: Porolog - Krok 6



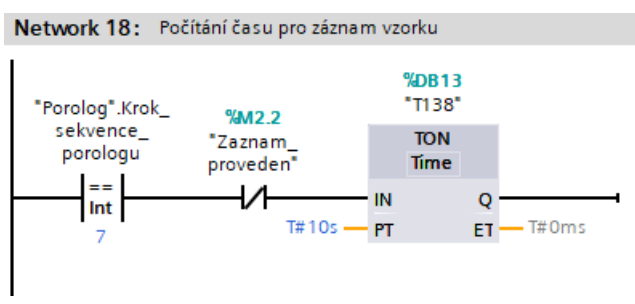
Obr. G.30 – Funkce - Seqvence, Network 15: Porolog - Krok 7



Obr. G.31 – Funkce - Seqvence, Network 16: Stop sekvence měření porologu

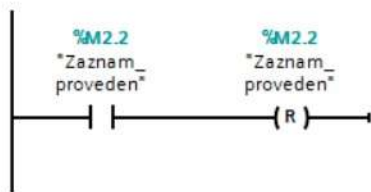


Obr. G.32 – Funkce - Sequence, Network 17: Reset sekvence měření porologu a profuku

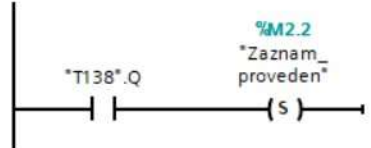


Obr. G.33 – Funkce - Sequence, Network 18: Počítání času pro záznam vzorku

Network 19: Záznam vzorku - Reset

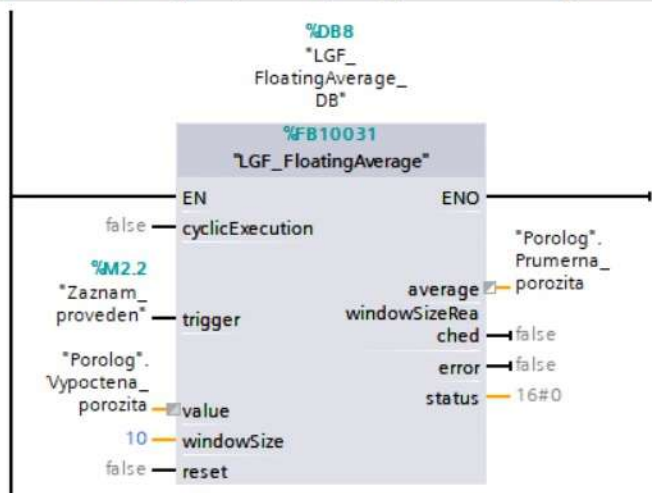


Network 20: Záznam vzorku - Set

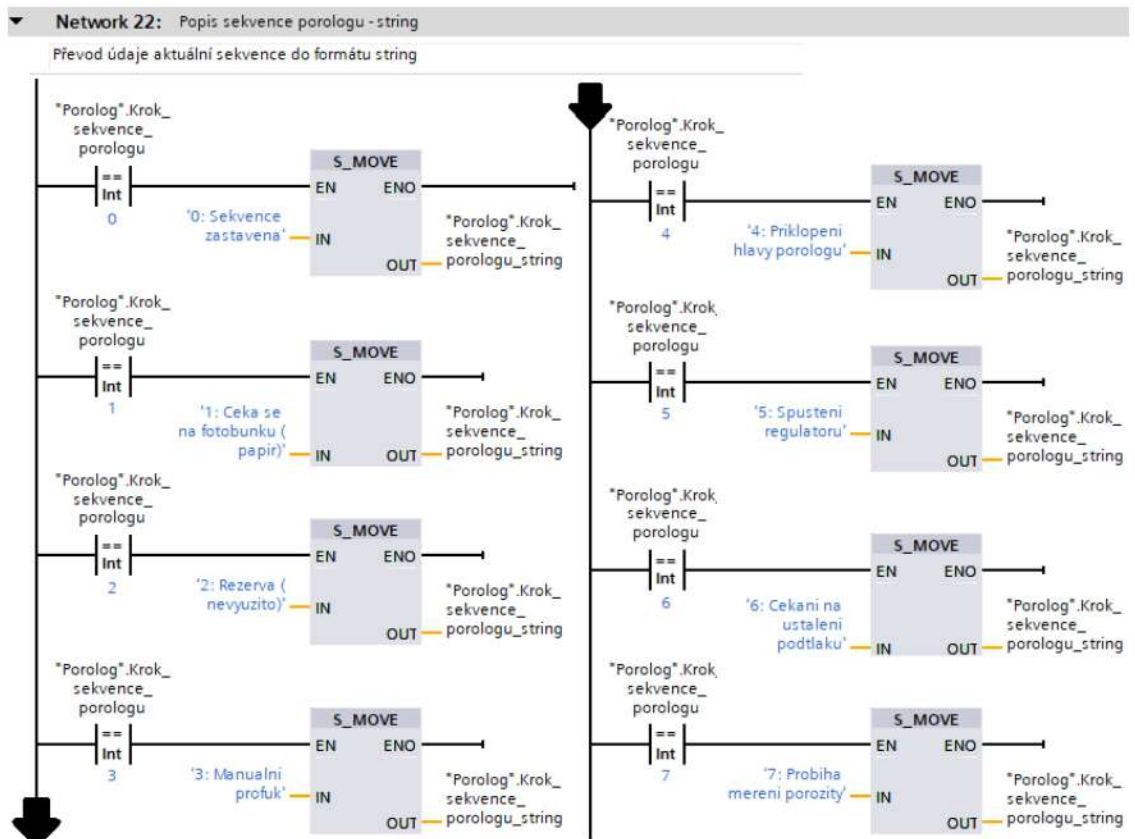


Obr. G.34 – Funkce - Sequence, Network 19 a 20: Záznam vzorku - Set a Reset

Network 21: Výpočet průměrné porozity pomocí klouzavého průměru



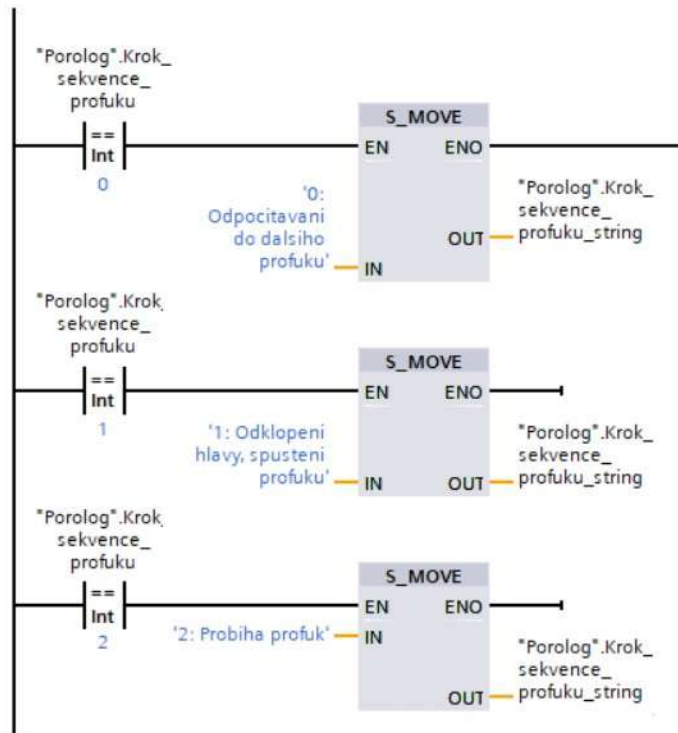
Obr. G.35 – Funkce - Sequence, Network 21: Výpočet průměrné porozity pomocí klouzavého průměru



Obr. G.36 – Funkce - Seqvence, Network 22: Popis sekvence porologu ve formátu string

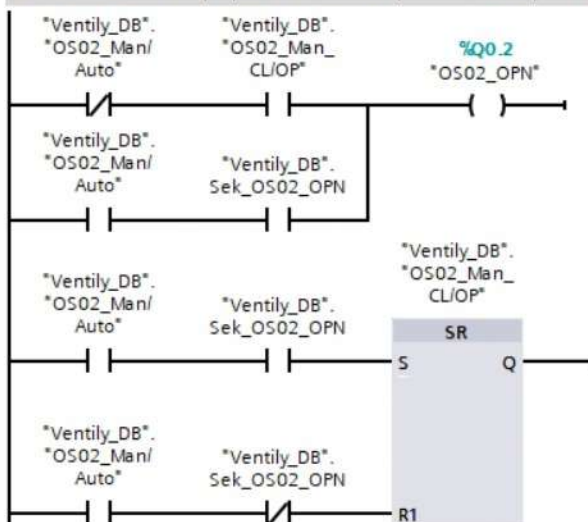
Network 23: Popis sekvence profuku - string

Převod údaje aktuální sekvence profuku do formátu string



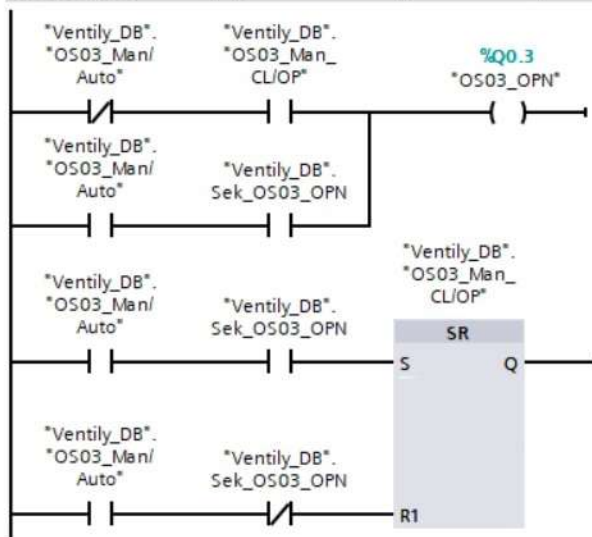
Obr. G.37 – Funkce - Seqvence, Network 23: Popis sekvence profuku ve formátu string

Network 2: OS02 prepínání Auto/man a pamatování se posledního stavu



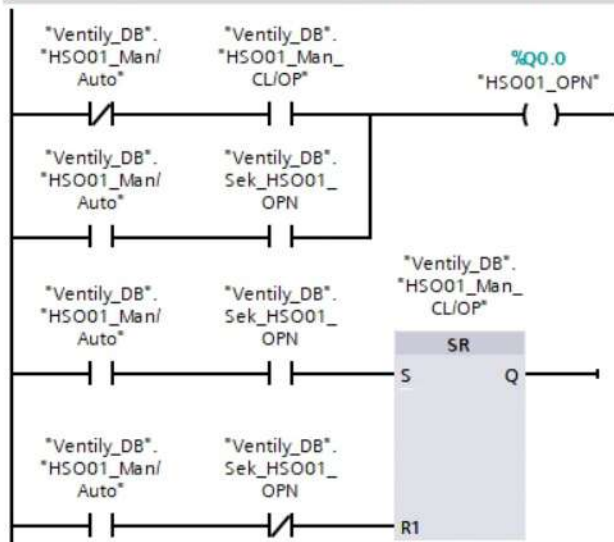
Obr. G.38 – Funkce - Ventily, Network 2: Přepínání mezi automatickým a manuálním režimem OS02

Network 3: OS03 prepínání Auto/man a pamatování se posledního stavu

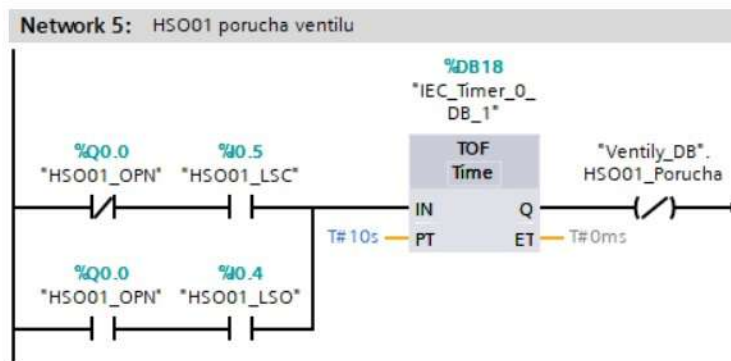


Obr. G.39 – Funkce - Ventily, Network 3:
Přepínání mezi automatickým a manuálním
režimem OS03

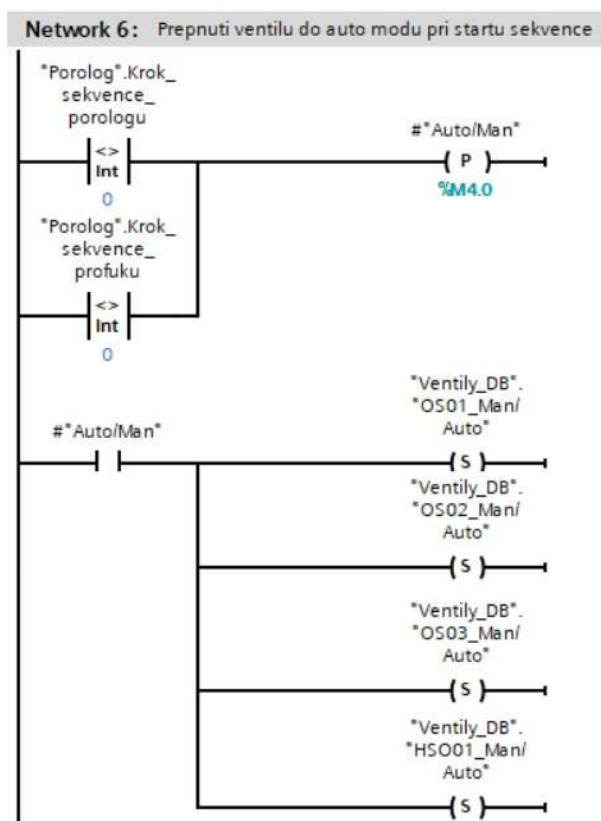
Network 4: HSO01 prepínání Auto/man a pamatování se posledního stavu



Obr. G.40 – Funkce - Ventily, Network 4:
Přepínání mezi automatickým a manuálním
režimem HSO01



Obr. G.41 – Funkce - Ventily, Network 5:
Porucha ventilu HSO01






Obr. G.42 – Funkce - Ventily, Network 6:
Přepnutí ventilů do automatického módu
při startu sekvence



Default tag table				
Name ▲	Data type	PLC tag	Acquisition cycle	
FI01_DB_Analog_vstup	Int	FI01_DB.Analog_vstup	1 s	
FI01_DB_FI01_Protok	Real	FI01_DB.Merena_hodnota_ing	1 s	
FI01_DB_Merena_hodnota_ing	Real	FI01_DB.Merena_hodnota_ing	1 s	
HSO01_OPN	Bool	HSO01_OPN	1 s	
OS01_OPN	Bool	OS01_OPN	1 s	
OS02_OPN	Bool	OS02_OPN	1 s	
OS03_OPN	Bool	OS03_OPN	1 s	
PIC01_DB_Analog_vstup	Int	PIC01_DB.Analog_vstup	1 s	
PIC01_DB_Manual/Auto	Bool	PIC01_DB.Auto/Manual	1 s	
PIC01_DB_Manual_Value	Real	PIC01_DB.Manual_Value	1 s	
PIC01_DB_Merena_hodnota_ing	Real	PIC01_DB.Merena_hodnota_ing	1 s	
PIC01_DB_Setpoint_PID	Real	PIC01_DB.Setpoint_PID	1 s	
PIC01_DB_Vystup_PID	Real	PIC01_DB.Vystup_PID	1 s	
PIC02_DB_Manual/Auto	Bool	PIC02_DB.Auto/Manual	1 s	
PIC02_DB_Merena_hodnota_ing	Real	PIC02_DB.Merena_hodnota_ing	1 s	
PIC02_DB_Setpoint_PID	Real	PIC02_DB.Setpoint_PID	1 s	
PIC02_DB_Vystup_PID	Real	PIC02_DB.Vystup_PID	1 s	
Porolog_Delka_profuku	Int	Porolog.Delka_profuku	1 s	
Porolog_Delka_profuku_zbyva	Int	Porolog.Delka_profuku_zbyva	1 s	
Porolog_ERR_podtlak_mimo_meze	Bool	Porolog.ERR_podtlak_mimo_meze	1 s	
Porolog_ERR_podtlak_nedosazen	Bool	Porolog.ERR_podtlak_nedosazen	1 s	
Porolog_Hystereze_podtlaku	Real	Porolog.Hystereze_podtlaku	1 s	
Porolog_Koeficient_prodynost	Real	Porolog.Koeficient_prodynost	1 s	
Porolog_Krok_sekvence_porologu	Int	Porolog.Krok_sekvence_porologu	1 s	
Porolog_Krok_sekvence_porologu_string	String	Porolog.Krok_sekvence_porologu_string	1 s	

Obr. G.43 – HMI tags - Default tag table

Porolog_Krok_sekvence_profuku	Int	Porolog.Krok_sekvence_profuku	1 s	
Porolog_Krok_sekvence_profuku_string	String	Porolog.Krok_sekvence_profuku_string	1 s	
Porolog_Offset_prodynost	Real	Porolog.Offset_prodynost	1 s	
Porolog_Profuk_po_case	Int	Porolog.Profuk_po_case	1 s	
Porolog_Profuk_zbyva	Int	Porolog.Profuk_zbyva	1 s	
Porolog_Prumerna_porozita	Real	Porolog.Prumerna_porozita	1 s	
Porolog_TL_PROFUK	Bool	Porolog.TL_PROFUK	1 s	
Porolog_TL_RESET	Bool	Porolog.TL_RESET	1 s	
Porolog_TL_START	Bool	Porolog.TL_START	1 s	
Porolog_TL_STOP	Bool	Porolog.TL_STOP	1 s	
Porolog_Volba_pomocne_zony	Bool	Porolog.Volba_pomocne_zony	1 s	
Porolog_Vypoctena_prodynost	Real	Porolog.Vypoctena_prodynost	1 s	
POROZITA	Int	POROZITA	1 s	
Pretrh	Bool	Pretrh	1 s	
Porozita_OUT	Int	Porozita_OUT	1 s	
Tag_ScreenNumber	UInt	<Undefined>	1 s	
Ventily_DB_HSO01_Man/Auto	Bool	Ventily_DB.HSO01_Man/Auto	1 s	
Ventily_DB_HSO01_Man_CL/OP	Bool	Ventily_DB.HSO01_Man_CL/OP	1 s	
Ventily_DB_HSO01_Porucha	Bool	Ventily_DB.HSO01_Porucha	1 s	
Ventily_DB_OS01_Man/Auto	Bool	Ventily_DB.OS01_Man/Auto	1 s	
Ventily_DB_OS01_Man_CL/OP	Bool	Ventily_DB.OS01_Man_CL/OP	1 s	
Ventily_DB_OS01_OPN	Bool	OS01_OPN	1 s	
Ventily_DB_OS02_Man/Auto	Bool	Ventily_DB.OS02_Man/Auto	1 s	
Ventily_DB_OS02_Man_CL/OP	Bool	Ventily_DB.OS02_Man_CL/OP	1 s	
Ventily_DB_OS03_Man/Auto	Bool	Ventily_DB.OS03_Man/Auto	1 s	
Ventily_DB_OS03_Man_CL/OP	Bool	Ventily_DB.OS03_Man_CL/OP	1 s	

Obr. G.44 – HMI tags - Default tag table - pokračování

Text lists		
...	Name ▲	Selection
	TextList_OriginalScreenNames	Value/Range
	TextList_ScreenNames	Value/Range
	Volba_provozu	Bit (0, 1) ▼

Text list entries		
...	Value ▲	Text
	0	Provoz bez pomocné zóny
	1	Provoz s pomocnou zónou

Obr. G.45 – HMI - text list

Příloha H Tabulková příloha

Tab. H.1 – Systém číslování listů projektu

Dvojcísli určené typem obvodu	Typ obvodu	Typ obvodu - rozšíření
00	<i>FI</i>	<i>(FI, FIC)</i>
01	<i>LI</i>	<i>(LI, LIC, LIS)</i>
02	<i>TI</i>	<i>(TI, TIC, TIS)</i>
03	<i>PI</i>	<i>(PI, PIC, PIS)</i>
04	<i>NI</i>	<i>(NI, NIC)</i>
05	<i>HIC</i>	
06	<i>EI</i>	<i>(EI, EIC)</i>
07	<i>GI</i>	<i>(GI, GIC)</i>
08	<i>QI</i>	<i>(QI, QIC)</i>
09	<i>MI</i>	<i>(MI, MIC)</i>
10	<i>FS</i>	
11	<i>LS</i>	
12	<i>TS</i>	
13	<i>PS</i>	
14	<i>GO</i>	
16	<i>ES</i>	
17	<i>GS</i>	
18	<i>HSO</i>	
19	<i>OS</i>	
20	<i>CI</i>	
21	<i>CO</i>	
29	<i>GD</i>	
30	<i>GM</i>	
31	<i>PM</i>	
32	<i>RM</i>	
33	<i>AM</i>	
34	<i>VM</i>	
35	<i>FM</i>	
36	<i>WM</i>	<i>klimatizace</i>
37	<i>HS</i>	
38	<i>WD</i>	
40	<i>HYD</i>	
99		<i>nezařaditelné, provizorní</i>