

# **Automatizace bezdotykového měření obvodu pneumatik v průmyslovém prostředí**

Automation of non-contact measurement of circumference of tyres  
in industrial environment

Bc. Jan Honzírek

---

Diplomová práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	Bc. Jan Honzík
Osobní číslo:	A12303
Studijní program:	N3902 Inženýrská informatika
Studijní obor:	Bezpečnostní technologie, systémy a management
Forma studia:	prezenční
Téma práce:	Automatizace bezdotykového měření obvodu pneumatik v průmyslovém prostředí
Téma anglicky:	The Automation of Non-Contact Measurement of Tyre Circumference in an Industrial Environment

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši k tématu automatizace a vizualizace technologických procesů.
2. Seznamte se se stávajícím zařízením pro měření obvodu surových pneumatik ve firmě Barum na konfekčním stroji SAV4.
3. Proveďte analýzu požadavků na rozšíření stávajícího způsobu měření na více výrobních linkách.
4. Navrhněte odpovídající hardwarovou strukturu měřicího systému.
5. V prostředí SIMATIC WinCC flexible vytvořte návrh aplikace pro obsluhu měřicího systému.
6. Analyzujte aspekty realizace nového systému a jejich zhodnocení technické, funkční i ekonomické.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. ZELENKA, Antonín a Ladislav ŠMEJKAL. Projektování výrobních procesů a systémů. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 135 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
2. SCHINDLER, Jiří a Ladislav ŠMEJKAL. Nástroje automatizovaného projektování, řízení projektů a systémové integrace informačních systémů CASE/4/0, Superproject 2.0, UNIX E-mail. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1994, 135 s. ISBN 80-707-8209-9.
3. HRUŠKA, František. Projektování řídicích a informačních systémů. Učební texty. 1.vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2010, s.175. ISBN 978-80-7318-979-2.
4. Control web 2000. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 382 s. ISBN 80-722-6258-0.
5. SIEMENS. Manuál WinCC flexible 2008 [online]. 2008 [cit. 2014-02-07]. Dostupné z: [http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data\\_files/automatizacni\\_systemy/systemy\\_pro\\_cflex-2008-stan-adv-com\\_07-2008\\_en.pdf](http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/systemy_pro_cflex-2008-stan-adv-com_07-2008_en.pdf).

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Milan Navrátil, Ph.D.  
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

7. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

27. května 2014

Ve Zlíně dne 7. února 2014

  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
děkan



  
doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.  
ředitel ústavu

## ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a realizací bezdotykového systému měření obvodu surového pláště pneumatiky. Cílem práce bylo vytvořit spolehlivou měřicí aplikaci schopnou nasazení do průmyslového prostředí provozu Barum Continental s.r.o v Otrokovicích. Pro realizaci této aplikace byl použit hardware od společnosti Siemens a vývojové prostředí pro průmyslovou automatizaci TIA Portál rovněž od společnosti Siemens. Diplomová práce se mimo jiné věnuje řídicím systémům, programování aplikace a vizualizaci měřicího procesu, testovacímu měření obvodů a případnému nasazení do reálného provozu.

Klíčová slova: optoelektronický snímač polohy, PLC, S7 1200, HMI, TIA Portál, měření obvodu

## ABSTRACT

The master thesis is focused on design and realization of contactless measurement of the circumference of the crude tire casing. Main goal of this work was to create a reliable measurement application capable of deployment in industrial environment in Barum Continental s.r.o. Otrokovice. For realization was used Siemens hardware and development environment for industry automation, TIA Portal. Master thesis also describes control systems, application programming techniques, visualization of measurement process, testing process and possible deployment for daily operation.

Keywords: optoelectronic sensor, PLC, S7 1200, HMI, TIA Portál, measuring circuit

Děkuji všem, co mi dali šanci.

**Prohlašuji, že**

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

**Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>9</b>
<b>1 AUTOMATIZACE .....</b>	<b>10</b>
<b>2 VIZUALIZACE.....</b>	<b>11</b>
2.1 VIZUALIZACE V AUTOMATIZACI .....	11
2.2 ZPŮSOBY VIZUALIZACE .....	12
2.3 VIZUALIZAČNÍ SOFTWARE .....	13
2.3.1 Control Web .....	13
2.3.2 SIMATIC WinCC Flexible .....	15
<b>3 ZAŘÍZENÍ POUŽÍVANÁ PRO ŘÍZENÍ .....</b>	<b>17</b>
3.1 MIKROKONTROLER .....	17
3.2 PLC.....	18
3.3 PRŮMYSLOVÝ PC.....	20
<b>4 PROGRAMOVÁNÍ PLC.....</b>	<b>22</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>26</b>
<b>5 ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ OBVODU PNEUMATIK NA SAV4 .....</b>	<b>27</b>
<b>6 ANALÝZA POŽADAVKŮ NA ROZŠÍŘENÍ .....</b>	<b>29</b>
<b>7 HARDWAROVÁ STRUKTURA MĚŘICÍHO SYSTÉMU.....</b>	<b>30</b>
7.1 SNÍMÁNÍ VELIČINY .....	30
7.1.1 Snímač.....	30
7.1.2 Polohovací zařízení .....	31
7.1.3 Napájecí zdroj .....	32
7.2 VYHODNOCOVÁNÍ A ŘÍZENÍ.....	32
7.2.1 PLC .....	33
7.2.2 Switch.....	35
7.2.3 HMI.....	36
7.2.4 Zdroj.....	37
7.3 ZAPOJENÍ.....	38
<b>8 NÁVRH APLIKACE .....</b>	<b>40</b>
8.1 TIA PORTAL 2013.....	40
8.2 PLC APLIKACE .....	42
8.3 HMI APLIKACE.....	49
<b>9 LASER MEASUREMENT SYSTÉM .....</b>	<b>52</b>
9.1 MĚŘENÍ.....	52
9.2 EKONOMICKÁ NÁROČNOST SYSTÉMU .....	55
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>59</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>62</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>65</b>

## ÚVOD

Dnešní doba klade velký důraz na efektivitu práce, která se s rozvojem technologií stále zvyšuje. Proto se vedení provozu Barum Continental s.r.o. v Otrokovicích rozhodlo požádat v roce 2012 Univerzitu Tomáše Bati o spolupráci na vývoji autonomního zařízení pro měření obvodu surového rotujícího pláště jako náhrady za stávající ruční měření pomocí svinovacího metru. Tohoto úkolu se ujal pan Bc. Jan Zapletal a ve své bakalářské práci provedl analýzu k tomuto účelu vhodných měřicích technologií, volbu odpovídajícího měřicího prvku a následnou hardwarovou konfiguraci celého měřicího systému na platformě od společnosti Moravské přístroje a.s. Na tuto kvalifikační práci plynule navázal diplomovou prací pan Ing. Josef Holíš. Tato kvalifikační práce se zabývá zapojení měřicího systému, tvorbou měřicí aplikace v prostředí Control Web a následným zkušebním měřením přímo v reálném provozu.

Tato práce vychází z nových požadavků kladených na měřicí systém a opírá se některé části kvalifikačních prací pánů Zapletala a Holíše. V práci je reagováno na požadavek změny hardware vyhodnocovací části systému, a to z platformy od firmy Moravské přístroje na Siemens, který se v provozu hojně vyskytuje.

Teoretická část této práce se zabývá vysvětlením základních pojmů z oblasti automatizace. Následně přechází do oblasti vizualizace, kde jsou zmíněny její způsoby a možnosti a okrajově popisuje vizualizační software od společností Moravské přístroje a Siemens. Následující kapitola předkládá zařízení, která lze použít pro řízení, jako průmyslové počítače, mikrokontrolery a také PLC. Poslední kapitola teoretické části zmiňuje základní informace z oblasti programování nejen PLC, způsoby programování a rozdíly ve vytváření kódu mezi PC a PLC včetně jednoduchého příkladu cyklu.

První kapitola praktické části této práce se zabývá konfekčním strojem SAV4, technologií výroby surové pneumatiky a stávající i bezdotykovou měřicí technologií zasazenou ve výrobním procesu. Následující kapitola stručně shrnuje požadavky pro rozšíření stávajícího bezdotykového měřicího systému na zbylých osm konfekčních strojů. Třetí kapitola této části se zabývá návrhem vhodného hardware a jeho následným propojením do funkčního celku. Následná část naopak popisuje klady a zápory vývojového prostředí, vlastní podrobný popis vytváření měřicí aplikace pro navržený hardware systému, včetně vizualizace pro operátorský panel. Závěrečná část se zabývá zhodnocením navrženého systému a testovacím měřením přímo v prostředí provozu Barum Continental s.r.o.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 AUTOMATIZACE

Automatizace je proces vývoje přímo vycházející z mechanizace. Díky tomuto základu automatizace na rozdíl od mechanizace neslouží pouze jako prostředek umožňující usnadnění lidské práce, ale používá se jako prostředek snižující potřebu přítomnosti člověka při vykonávání určité činnosti a tím jej osvobozuje, jak od fyzické, tak zejména od duševní řídicí práce. O automatizaci lze hovořit tehdy, pokud část řídicí a kontrolní práce vykonávají stroje, popřípadě přístroje, bez nutnosti asistence člověka při dané operaci. Teoreticky, za splnění ideálních předpokladů, by mohlo dojít až k vyřazení člověka z výrobních procesů. Ovšem v praxi to zatím není uskutečnitelné.[6][7][8][9]

Stroje a přístroje můžeme rozdělit do tří kategorií podle stupně automatizace.

### *I. Kategorie*

První kategorie zahrnuje stroje a přístroje s nejnižším stupněm automatizace. Jedná se tedy o automatické zařízení vykonávající opakující se operace bez možnosti kontroly své činnosti, tudíž tato zařízení nemají zpětnou vazbu.

### *II. Kategorie*

Do druhé kategorie spadají zařízení, jež jsou osazena regulačním prvkem nebo prvky, jež ovlivňují technologické procesy běžící na automatickém zařízení v případě malých změn podmínek nastalých v procesu. Regulační prvky v těchto případech způsobí korekci změn, ovšem pokud je tato změna velká, regulační prvek zastaví stroj a čeká na obsluhu.

### *III. Kategorie*

Třetí a poslední kategorie obsahuje zařízení s nejvyšším stupněm automatizace, takzvaná kybernetická zařízení. To jsou zařízení regulací veličin ovlivňující technologický proces s možností rozhodování. Rozhodování se ve většině případů provádí pomocí počítače, k němuž jsou připojeny komponenty určené pro snímání veličin jako informace o zpětné vazbě. [10]

## 2 VIZUALIZACE

Vizualizace je pojem, jenž lze v různých oblastech vnímat rozdílně. Obecně ovšem o vizualizaci můžeme říct, že se jedná o zobrazování skutečností v takové formě, aby je bylo možné vnímat zrakovými receptory. Z toho vyplývá, že vizualizace v nejobecnější formě provází lidstvo již od nepaměti. Svědčí o tom již jeskynní malby, které sloužily k předávání a správnému pochopení informací.

Nejinak tomu je i dnes, člověk stále přijímá prostřednictvím zraku největší množství informací, dokonce procentuální zastoupení příjmu informací prostřednictvím zraku vůči jiným smyslům stoupá.

Vizualizaci lze chápat jako prostředek pro názorné představení určité oblasti zájmu. Může být realizována prostřednictvím určitých gest, schémat, nákresů, obrázků atd. Nejen těmito způsoby se zajišťuje zvyšování efektivity předávání informací, ale rovněž docilují toho, že takto předané informace jsou rychleji a lépe pochopeny, vyhodnoceny a také zpracovány. O totéž jde i v dnešní době, jen se již k vizualizacím používají převážně IT technologie. [11][12]

### 2.1 Vizualizace v automatizaci

Význam vizualizace v oblasti automatizace roste čím dál rychleji. Tento jev je zapříčiněn stále se zvyšujícím stupněm automatizace, snahou snižovat nároky na obsluhu tím, že vytváří ovládání tak, aby bylo ucelené, přehledné, intuitivní a komfortní. Již dávno jsou pryč časy, kdy obsluha nějakého rádoby automatizovaného zařízení získávala informace o stavu procesu z analogových ukazatelů, světelných signalizačních polí a ovládání bylo zajišťováno přepínači, potenciometry, různými pákami, koly a kohouty. V dnešní době není zas až tak neobvyklé používání plochých obrazovek s vysokým rozlišením, osazených dotykovou vrstvou. Vizualizace díky neustále rostoucímu výkonu výpočetní techniky dospěla v některých oblastech do takových rozměrů, že není třeba se spokojit pouze s 2D zobrazením, ale dokonce i 3D. [11][12]

Vizualizace může být v různém rozsahu, od pouhého informování obsluhy o stavu procesů, přes panely, které umožňují zasahovat do běhu procesů, až po rozsáhlá dispečerská pracoviště s komplexní vizualizací celé technologie. [11][12][13]

Vizualizovat lze různým způsobem podle požadavků zadavatele, od graficky propracovaných animací, kde lze vidět např. tok vody v potrubí, hoření plamene, atd., po

základní číselné zobrazování potřebných parametrů. Pro informování o stavu veličin se používají takzvané zobrazovače. Zobrazovače mohou být jak textové, tak i číslíkové. Mohou být realizovány pomocí zobrazovacích oken, táhel, analogových ukazatelů, popřípadě animovaných obrázků. Další prvkem, který je třeba zobrazovat, jsou alarmové systémy, respektive jejich chybové hlášení, jež často nestačí zobrazit pouze na display, ale je nutné i jiné výraznější upozornění, např. optickým majákem. Dalšími prvky používanými ve vizualizacích jsou tlačítka a různé dvou i vícepolohové přepínače a číslíkové pole či postníky určené pro různé úpravy procesů.

## 2.2 Způsoby vizualizace

Dnešní doba pomalu dává sbohem do nedávna hojně používaným monochromatickým textovým LCD. Již dávno pryč jsou časy, kdy pro vizualizaci a správu zařízení postačoval dvouřádkový display s několika HW tlačítky, na němž byly jen základní informace o procesu (počet vyrobených kusů) a vlastní konfigurace stroje pomocí tlačítek byla velice složitá a zdlouhavá.

S rozvojem technologií vzrostla potřeba přehledného zobrazování velkého množství stavů a zadávání spousty parametrů, s čímž se samozřejmě zvýšily i požadavky na operátorské panely. Dnes se používají grafické černobílé nebo barevné převážně dotykové operátorské panely s poměrně vysokým rozlišením a zvýšenou odolností proti prachu, vlhkosti a hrubému zacházení typickému pro průmyslové prostředí. Tyto panely mohou fungovat s klasickým operačním systémem určeným pro PC popř. IPC (Windows Embedded) a pro vizualizaci se používají SCADA aplikace (ControlWeb, Promotic, Reliance, ...), na níž běží RunTime prostředí. Nebo na operátorském panelu může běžet proprietární operační systém přímo od výrobce panelu (Weintek, Mitsubishi, Siemens, ...). Existuje i možnost použít dostatečně výkonný operátorský panel prostřednictvím skriptování ve vizualizacích (Visual Basic, C++) jako pomalejší PLC. Některé operátorské panely lze dokonce použít jako plnohodnotnou alternativu k průmyslovým počítačům.

## 2.3 Vizualizační software

Vytvoření softwarové vizualizace lze realizovat dvěma způsoby.

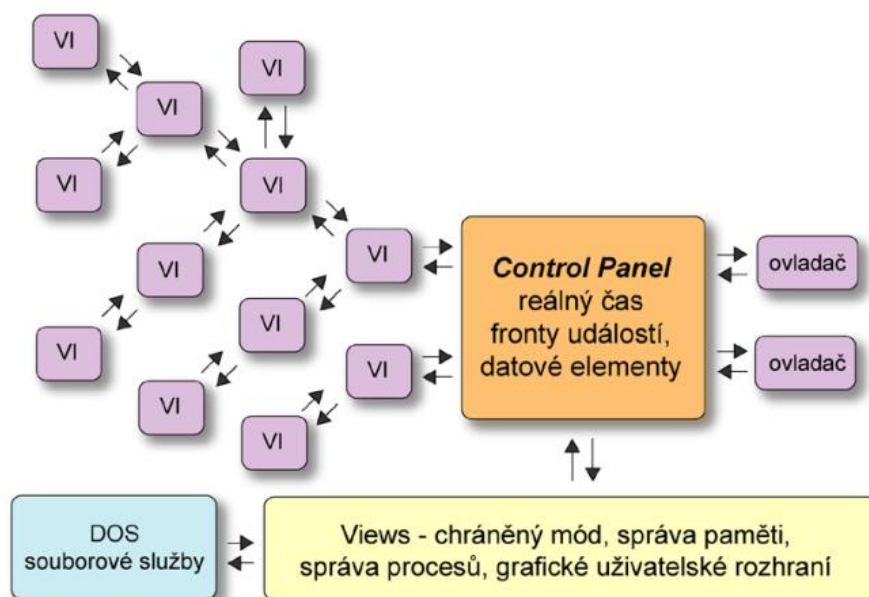
První způsob je naprogramovat vizualizaci pomocí standardních programovacích jazyků jako například Pascal, C, C++, Java. Existuje také možnost vytvořit vizualizace prostřednictvím značkovacích jazyků, např. HTML. Jedná se ovšem o zdlouhavé a značně náročné procesy.

Druhým způsobem je použití vizualizačního softwaru. Vizualizační softwary umožňují uživatelům používat takzvané předdefinované komponenty, díky nimž jsou uživatelé osvobozeni od tvorby programového jádra jednotlivých komponent. Vizualizační software tudíž umožňují uživateli soustředit se výhradně na tvorbu výsledné aplikace. Mezi zástupce tohoto druhu software patří: Control Web, Siemens WinCC, Siemens WinCC Flexible, Siemens ProTool, B&R Automation Studio, Promotic, Reliance, Galileo 7.1, MxPro, EasyView, Wonderware Intouch, LabView, Mitsubishi Electric E-Designer, MOVICON. [11]

### 2.3.1 Control Web

Program Control Web je jedním z produktů zlínské společnosti Moravské přístroje a.s. Tato společnost působí na trhu od roku 1991 a zabývá se vývojem a podporou technologicky vyspělých produktů v oblasti elektroniky a programového vybavení. [14]

Control Web, potažmo jeho předchůdce Control Panel, jsou aplikace s komponentovou a objektově orientovanou koncepcí a také více než dvacetiletou historií. Control Panel měl pro svůj provoz napsán vlastní operační systém, běžící v chráněném režimu procesoru. Tento operační systém byl schopen nepřetržitého provozu, a dovoľoval spouštět mnoho paralelně běžících úloh. Strukturální rozložení systému Control Panel je znázorněno na Obr. 1. [13][15]



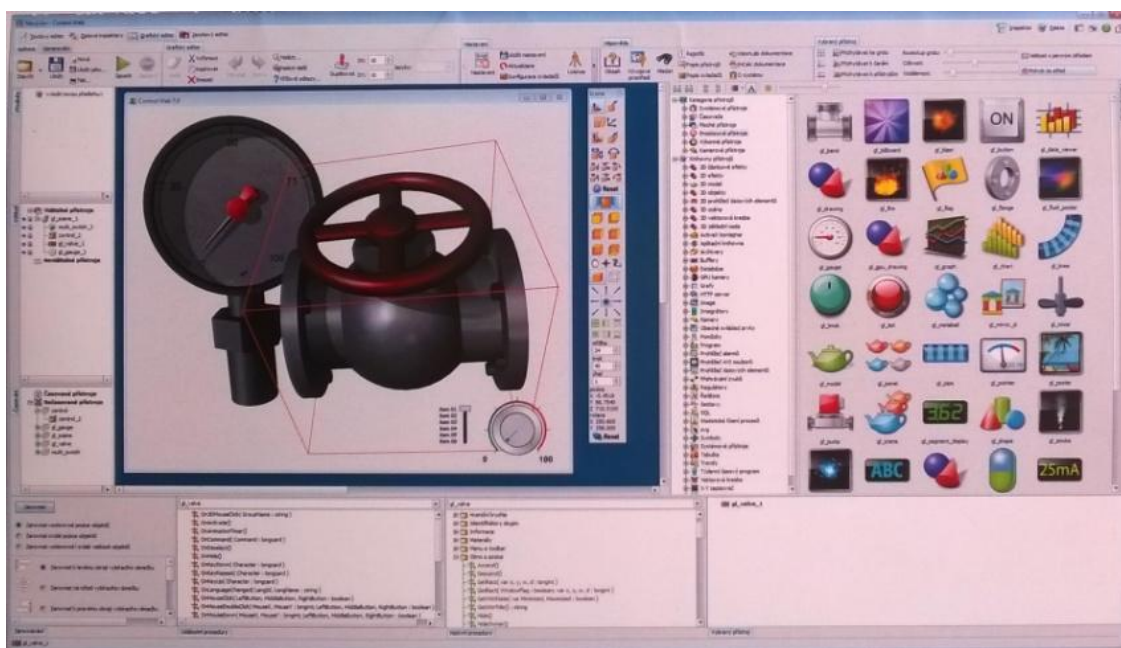
Obr. 1: Struktura systému Control Panel [13]

Control Web patří v České republice mezi nejrozšířenější software určené k vývoji průmyslových nejen SCADA<sup>1</sup> a HMI<sup>2</sup> aplikací. Tento programový systém je univerzálním nástrojem určeným pro vývoj, nasazování řídicích a vizualizačních aplikací, pro sběr, ukládání a vyhodnocování data. Díky širokému spektru ovladačů je schopen spolupracovat s veškerou automatizací od snímačů přes PLC, až po nadřazené řídicí systémy, popř. servery. Ke komunikaci lze využít nejrůznější spoje, sběrnice nebo sítě. Architektura Control Webu je založena na grafických komponentách, s možností vytvářet široký rozsah aplikací, od jednoduchých časově nenáročných vizualizací až po složité řídicí aplikace reálného času. Lze v něm vytvářet jak aplikace řízené daty, tak i aplikace pracující v reálném čase. Čtení vstupně výstupních kanálů je uskutečňováno v okamžiku, kdy jej nějaké virtuální zařízení potřebuje. Program umožňuje sekvenční řízení procesů, spouštění virtuálních strojů provádí v přesně definovaném sektoru a čase. Control Web také umožňuje vizualizaci technologií na vzdálená pracoviště prostřednictvím internetových protokolů HTTP a HTML pomocí internetového prohlížeče a tím umožňuje naprostou nezávislost na hardwaru. Jedná se tedy o jakýsi most mezi technologií a informačním systémem podniku.[11][13][15][16]

<sup>1</sup>Supervisory control and data acquisition (dispečerské (supervizní) řízení a sběr dat)[17]

<sup>2</sup>Human-machine interface (rozhraní mezi člověkem a strojem)[17]

Control Web obsahuje všechny komponenty potřebné k tvorbě vizualizace a řízení technologických procesů, jako např. ovládací a zobrazovací elementy, archivy, alarmy a trendy. Program umožňuje používání v grafickém režimu s průvodcem širokou škálou přístrojů. Grafický mód umožňuje programovat převážně prostřednictvím kliků na myši s tím, že je kdykoliv možné přepínat se do textového módu, takto se tyto způsoby programování vzájemně doplňují. Cílem je maximálně usnadnit, zefektivnit a zpřehlednit vytváření aplikací. Na níže uvedeném *Obr. 2* je znázorněno nejnovější vývojové prostředí Control Web. [11][13][15][16]



*Obr. 2: Vývojové prostředí Control Web 7 [16]*

### 2.3.2 SIMATIC WinCC Flexible

Software WinCC Flexible je jeden z mnoha produktů společnosti Siemens, který vznikl v roce 2004. Program slouží k vytváření vizualizací pro ovládací panely Siemens a jednoduché aplikace na PC. Jedná se tedy o nástroj určený na vytváření aplikací převážně pro HMI. Software lze pořídit ve 4 variantách, podle toho, pro jaká zařízení bude použit. Pro vytváření vizualizací na Micro panely se používá varianta WinCC Flexible Micro, pro panely ze sérií 70-170 varianta Compact. Vizualizace na panely a Multi panely se vytváří ve verzi Standard. Programování jednodušších vizualizací pro PC lze realizovat prostřednictvím WinCC Flexible Advanced. Umožňuje vytvořit takzvanou koordinovanou obsluhu, kde lze u místně rozsáhlých zařízení provádět ovládání z jakéhokoliv obslužného místa. Program poskytuje možnost exportovat data do různých formátů, ukládání na

nejrůznější zařízení a v případě, že je panel vybaven rozhraním Ethernet, tak také přístup k datům a proměnným z externích aplikací. Proces lze realizovat také opačně, tzn. import dat do panelu z externích aplikací (MS Office Excel).[18]

V poslední době se Siemens s přihlédnutím k přání zákazníků snaží jednotlivé systémy slučovat. Sloučily se nástroje pro vizualizaci WinCC Flexible s WinCC, což je SCADA aplikace pro rozsáhlé PC vizualizace a ovládání technologických celků. Toto sloučení proběhlo do celku, který dostal název WinCC V... číslo verze (11, 12,13). [18]

Další sdružování proběhlo mezi WinCC V... a STEP 7, který je určen pro programování řídicích systémů založených na PLC SIMATIC a na PC WinAC. Tento funkční celek dostal název TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal). TIA je prvním inženýrským nástrojem s jedním vývojovým prostředím pro veškeré automatizační úlohy založené na platformě Siemens. Prostředí této aplikace je vizuálně pěkné, přehledné a poměrně intuitivní, ovšem jeho značnou nevýhodou je poněkud značná HW náročnost a často pomalá odezva. Na Obr. 3 je znázorněna First steps obrazovka vývojového prostředí TIA Portál. [18][19]



Obr. 3: prostředí TIA Portál V12 [18]



### 3 ZAŘÍZENÍ POUŽÍVANÁ PRO ŘÍZENÍ

Dnešní doba je specifická velkou konkurencí v oblasti elektroniky, což vede k snižování její ceny. Z toho důvodu nastává velký boom v používání programovatelných komponent vhodných pro řízení, zpracování a v neposlední řadě také archivaci dat. Tato skupina zařízení obsahuje mikrokontroléry, PLC nebo PC. Možnosti použití těchto prvků se vzájemně prolínají a v podstatě je na každém, kterou variantu pro konkrétní aplikaci zvolí.

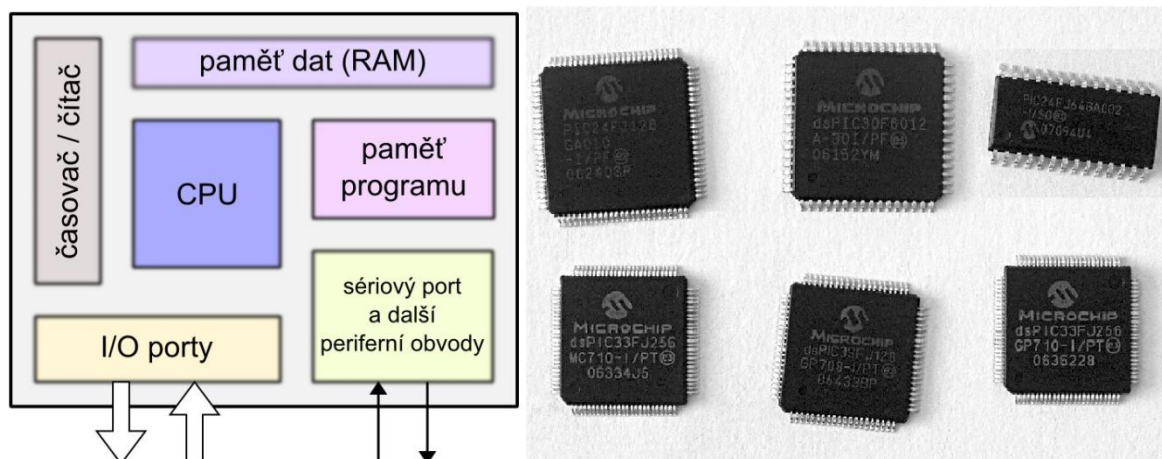
Průmyslové prostředí je ovšem specifické velkými nároky na odolnost proti rušení, specifickému zacházení, prachu, apod. Nároky na zařízení jsou ovšem dány specifikací konkrétního prostředí, ve kterém jsou nebo budou použity, a mohou se značně lišit.

Do průmyslového prostředí jsou tedy nasazovány komponenty s vyšší odolností, schopností nepřetržitého, stabilního a bezchybného provozu jako jsou průmyslová PC a PLC.

#### 3.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler, nebo také někdy mikropočítač, jednočipový počítač, popřípadě  $\mu C$ , uC a MCU, je programovatelná součástka, která má podobu integrovaného obvodu. Mikropočítač je miniaturní počítač integrovaný do pouzdra jednoho čipu, toto pouzdro typicky obsahuje procesor (podle určení uC může mít 4, 8, 16, 32, v ojedinělých případech také 24 bitovou architekturu), paměť (paměť dat a paměť programu), programovatelné vstupně-výstupní rozhraní a doplňkové periferní obvody. Na *Obr. 4* jsou znázorněny mikropočítače PIC a jejich hardwarová struktura. MCU jsou převážně vyvíjeny pro embedded (vestavěné) aplikace, a to buďto jako jejich mozek (řídící jednotka) nebo jsou pouze její součástí a obstarávají řízení eventuálně správu jedné, popřípadě více jejich specifických částí. Z toho vyplývá, že mikrokontrolery jsou navrhovány jako samostatné jednotky, schopné prostřednictvím svých periférií komunikace a interakce s okolím. Do pouzdra mikropočítače mohou být krom, již zmíněných částí, integrovány i další obvody, jako např. komparátory, sériové porty, AD a DA (analogově-digitální a digitálně-analogové) převodníky, čítače, časovače, USB, PWM (pulsně-šířkové modulátory), apod. Mikropočítače bývají používány i v přístrojích napájených baterií (ruční měřicí přístroje, dálkové ovladače, elektronické implantáty, např. kardiostimulátory, a nejrůznější běžné používaná elektronická zařízení), proto je u nich kladen značný důraz na spotřebu. Z těchto důvodů bývají mikrokontrolery vybaveny funkcemi snižujícími jejich spotřebu, jako

odpojování obvodů, které nejsou zrovna používány, ale také snižování frekvence oscilátoru a tím i výpočetního výkonu čipu. Mikropočítače jsou nejlevnější elektronické programovatelné prvky umožňující řízení. Jejich cena se převážně v závislosti na hardwarové konfiguraci pohybuje v rozsahu začínajícím na jednotkách halířů přes desítky a stovky korun až k tisícům. Pro použití v průmyslové automatizaci ovšem musí být minimálně vybaveny doplňkovými obvody zajišťujícími galvanické oddělení od technologií z důvodu jejich ochrany. Programová prostředí sloužící pro budování aplikací na MCU často nemají nástavby pro použití vyšších programovacích jazyků jako je C, C++ a další, a už vůbec neumožňují programovat objektově. Tudíž programování  $\mu\text{C}$  nejčastěji probíhá v assembleru, který klade na znalosti programátora oproti programování PC a PLC výrazně vyšší nároky. [27]



Obr. 4: Mikrokontrolery PIC a jejich hardwarová struktura [27]

### 3.2 PLC

Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller) je číslicově pracující elektronický systém vyvinutý pro použití v průmyslovém prostředí. Používá se pro řízení procesů technologií v reálném čase, např. řízení strojů, výrobních linek nebo celých technologií. PLC se liší od běžných počítačů zpravidla nižším výpočetním výkonem, zpracováním programu v cyklech a uzpůsobením pro přímé napojení na průmyslové technologické procesy. Zpravidla je možné provést instalaci na DIN lištu do rozvaděče.

PLC jsou konstruovány tak, aby byly schopny zjistit nepřetržitý bezchybný provoz. Dále je požadována robustnost pro práci v těsné blízkosti technologie a s ní spojené nároky na odolnost vůči vibracím, teplotám, otřesům a rušení. Dále vysokou hardwarovou a softwarovou flexibilitu, rychlost a snadnou diagnostiku. [12][23][24]

V současné době jsou používány dvě základní varianty PLC, kompaktní a modulární. Kompaktní provedení má fixní konfiguraci vstupů a výstupů, proto bývá zabudovááno do strojů, pro něž jsou často vyvíjeny a kde není předpoklad následné potřeby rozšiřitelnosti. Modulární PLC umožňují variabilní konfiguraci pro jeho přizpůsobení rozsahu řešeného úkolu s možností následného rozšiřování nebo modifikace řídicího systému. Příklad modulárního systému je znázorněn na *Obr. 5*. [12][23][24]

Programovatelné automaty pro komunikaci, popř. řízení, potřebují sběrnice, vstupy a výstupy. Jejich skladba je dána konfigurací výrobce. Tato konfigurace ovšem lze v modulárním provedení měnit prostřednictvím přidávání nebo odebírání potřebných modulů.

Binární vstupy slouží pro připojení tlačítek, přepínačů, popřípadě snímačů s dvouhodnotovým charakterem signálu. Binární výstupy jsou používány pro elektromagnetické spojky, relé, stykače a další dvouhodnotové ovládání. Analogové vstupy jsou určeny pro připojení snímačů teploty, vlhkosti, tlaku a dalších analogových čidel. Analogové výstupy slouží pro spojitě ovládání např. servopohonů. PLC, nebo jejich přídatné moduly mohou být vybaveny také různými typy sběrnice, od průmyslových až po samotný Ethernet. [12][23][24]

Ceny nejlevnějších PLC startují na hranici přibližující se k tisíci korunám a jsou určené pro jednoduché systémy, jako např. řízení kotelen, a končí v řádu statisíců korun u na míru dělaných systémů určených například pro průmyslové roboty pracující v extrémních podmínkách.



*Obr. 5: Siemens SIMATIC S7-1200 s binárními moduly[19]*

### 3.3 Průmyslový PC

Průmyslový počítač, nebo také někdy IPC (Industrial PC) je zařízení plně kompatibilní se standardy PC, jehož příklad je znázorněn na *Obr. 6*. Pod pojmem kompatibilita si lze představit možnost použití libovolného operačního systému včetně RTOS<sup>3</sup> a následných softwarových aplikací známých z PC. IPC bývají osazovány PC rozhraními, jako např. USB, DVI-I, Ethernet, VGA, PS/2, mic-in a line-out, ale navíc také nějakým typem průmyslové sběrnice (RS232, svorkovnicí pro RS485, ...), popřípadě sloty pro rozšiřující karty, např. pro nejrůznější vstupy a výstupy. Díky své vysoké spolehlivosti mohou být nasazovány jako servery umožňující vzdálený přístup a řízení technologií. [12][20]

Největší rozdíl oproti klasickému PC je v hardwarovém uzpůsobení pro průmyslové prostředí. Hardwarové uzpůsobení znamená, že je počítač umístěn v kompaktním robustním boxu, často s možností uchycení na DIN lištu. Průmyslové počítače jsou schopny bezchybně pracovat v teplotách od -10 do 60°C. Odolnost vůči vibracím bývá realizována odpruženým uchycením základní desky, minimalizací kabelových propojek, maximální integrací (RAM, GPU<sup>4</sup>, atd.) a používání alternativ za pevné disky, jako např. SSD disky a Flash paměti různého typu, nejčastěji však FC karet. IPC bývají vybaveny zvýšenou odolností vůči prachu a vlhkosti, ale v některých případech i naprostou prachotěsností, popřípadě schopností dlouhodobé práce pod vodou nebo jinou kapalinou. Často jsou osazeny pasivním chlazením, které značně snižuje nároky na údržbu, zvláště v prašných prostředích. Existují i případy, kdy nelze použít pouze pasivní chlazení např. z důvodu kompaktnosti nebo požadovaného vysokého výpočetního výkonu, a tehdy nastupují na řadu ventilátory nasávající vzduch přes filtry. Ventilátory způsobují v boxu přetlak a tím jej chrání před vniknutím prachu větracími otvory. [12][20][21][22]

Jelikož průmyslové počítače vychází ze standardu PC, je jejich použití nejuniverzálnější. Samozřejmě není problém použít počítač na řízení nejjednodušších aplikací, pro které by bez problémů dostačoval i nejméně výkonný mikrokontroler, stejně tak mohou zastupovat PLC v jakýchkoli aplikacích od pouhého hlídání stavů až po řízení nejrůznějších strojů. Ovšem při všech těchto a jim podobných aplikacích nedochází k maximálnímu využití jeho výpočetního potenciálu. Výpočetní potenciál IPC je oproti mikroprocesorům a PLC

---

<sup>3</sup>real-time operating systém (operační systém reálného času)

<sup>4</sup>Graphic processing unit (grafický procesor)

několikasetnásobně, podle porovnávaných konfigurací i nesčetně násobně vyšší. Na rozdíl od zbývajících současných zařízení, která lze použít pro řízení, disponuje možností provádět současně velké množství operací. Pro dostatečné využití jeho potenciálu je vhodnější nechat řízení jednotlivých strojů (zařízení, linek) nebo jejich částí na PLC, popřípadě MCU, a využít jej spíše pro nadřazenou správu celé technologie, eventuálně propojování a synchronizování procesů v celých technologických celcích. Další výhodou plynoucí s vysokého výpočetního potenciálu je možnost téměř dokonalé vizualizace technologie např. s 3D grafikou. Vlastní programování průmyslových počítačů je většinou realizováno objektově nebo prostřednictvím programovacích jazyků, jako jsou C, Pascal apod.

Ceny průmyslových počítačů se pohybují v obrovském rozsahu vymezeném nejen výkonovými parametry, značkou, konektivitou, množstvím vstupů a výstupů, ale také hardwarovou konstrukcí (jiné jsou IPC např. pro lékařství, stavebnictví, řízení robotů a ovládání letadel) a softwarem. Ceny průmyslových počítačů tedy začínají někde okolo hranice 10 000 Kč, v zásadě se moc nelišících od běžných PC, a končí na hodnotách poměrně luxusních aut u zařízení schopných pracovat v extrémních teplotách, v silném radioaktivním záření apod.



*Obr. 6: Kompaktní a robustní box počítačů DataLab PC [14]*

## 4 PROGRAMOVÁNÍ PLC

Započetí vlastního programování nutně předchází znalost základních pojmů z této oblasti. Program je logický souhrn prvků programovacích jazyků nutných pro funkci dané aplikace. [25]

Programová Organizační Jednotka (POU) je nejmenší nezávislá část kódu skládající se z deklarační a výkonné části. Deklarační část slouží pro specifikaci vstupních, výstupních a lokálních parametrů (proměnných). Výkonná část naopak slouží pro příkazy a instrukce, kterými jsou vstupní a vnitřní parametry zpracovány do výstupu. Výkonná část také může obsahovat volání dalších programových bloků. POU může být čistě vytvořena uživatelem, nebo výrobcem a uživatel si ji pouze přizpůsobí. Každá organizační jednotka může být funkcí nebo funkčním blokem, tyto programové bloky se mohou vzájemně volat a předávat si potřebné parametry. [25]

Funkce je nejjednodušší POU, který nepřidává žádný vlastní proměnný parametr, tzn. při totožných vstupních hodnotách vrátí vždy stejný výsledek. Funkční blok na rozdíl od funkce vlastní paměť, díky níž si může pamatovat některé hodnoty z předchozího volání. Tyto hodnoty následně mohou způsobit ovlivnění výsledku. [25]

Proměnná je prvek specifikovaný jménem a místem vyhrazeným v paměti (datovým typem) sloužící pro ukládání informací. Podle míst a možností použití se proměnné vyskytují ve dvou kategoriích, lokální a globální. Lokální proměnné jsou definovány uvnitř programových bloků a jsou určeny pouze pro jejich použití. Globální proměnné jsou definovány mimo POU a mohou být použity kdekoli v programu. [25]

Datový typ slouží pro vyhrazení místa v paměti pro proměnnou. Datový typ u proměnné také předurčí její pozdější použití (pro jiné účely se používají proměnné, jenž nabývají pouze dvou stavů TRUE, FALSE, než proměnné obsahující záporná a kladná celá čísla, čísla reálná, a už vůbec nemluvě o textových řetězcích). V programování jsou nejčastěji používány takzvané elementární datové typy, jež jsou zobrazeny v *Tab. 1*. Jedná se o datové typy s pevně daným názvem a velikostí vyhrazené paměti na proměnnou. [25]

Tab. 1: Elementární datové typy

Klíčové slovo	Anglicky	Datový typ	Bitů	Rozsah hodnot
<b>BOOL</b>	Boolean	Boolovské číslo	1	0,1
<b>SINT</b>	Short integer	Krátké celé číslo	8	−128 až 127
<b>INT</b>	Integer	Celé číslo	16	−32 768 až +32 767
<b>DINT</b>	Double integer	Celé číslo, dvojnásobná délka	32	−2 147 483 648 až +2 147 483 647
<b>USINT</b>	Unsigned short integer	Krátké celé číslo bez znaménka	8	0 až 255
<b>UINT</b>	Unsigned integer	Celé číslo bez znaménka	16	0 až 65 535
<b>UDINT</b>	Unsigned double integer	Celé číslo bez znaménka, dvojnásobná délka	32	0 až +4 294 967 295
<b>REAL</b>	Real (single precision)	Číslo v pohyblivé řádové čárce (jednoduchá přesnost)	32	±2.9E-39 až ±3.4E+38 Podle IEC 559
<b>LREAL</b>	Long real (double precision)	Číslo v pohyblivé řádové čárce (dvojnásobná přesnost)	64	Podle IEC 559
<b>TIME</b>	Duration	Trvání času	24d 20:31:23.647	
<b>DATE</b>	Date (only)	Datum	Od 1.1.1970 00:00:00	
<b>TIME_OF_DAY</b> nebo <b>TOD</b>	Time of day (only)	Denní čas	24d 20:31:23.647	
<b>DATE_AND_TIME</b> nebo <b>DT</b>	Date and time of day	„Absolutní čas“	Od 1.1.1970 00:00:00	
<b>STRING</b>	String	Řetězec	Max.255 znaků	
<b>BYTE</b>	Byte(bit string of 8 bits)	Sekvence 8 bitů	8	Není deklarován rozsah
<b>WORD</b>	Word (bit string of 16bits)	Sekvence 16 bitů	16	Není deklarován rozsah
<b>DWORD</b>	Double word (bit string of 32 bits)	Sekvence 32 bitů	32	Není deklarován rozsah

Dalšími datovými typy jsou odvozené datové typy, z nichž nejznámější jsou datové typy pole. Tato pole mohou být ve dvou variantách a to jednorozměrné nebo vícerozměrné. Jednorozměrná pole je uspořádaná řada elementů stejného datového typu s přiděleným identifikátorem (indexem) sloužícím pro přístup k vyhrazené paměti konkrétního elementu (POLE [5] ukazatel na 6 prvek). Vícerozměrná pole jsou uspořádané matice elementů, jež potřebují pro přístup ke konkrétnímu prvku více než jeden index (POLE [5,3] ukazatel na 6 prvek v 4 řádku). [25]

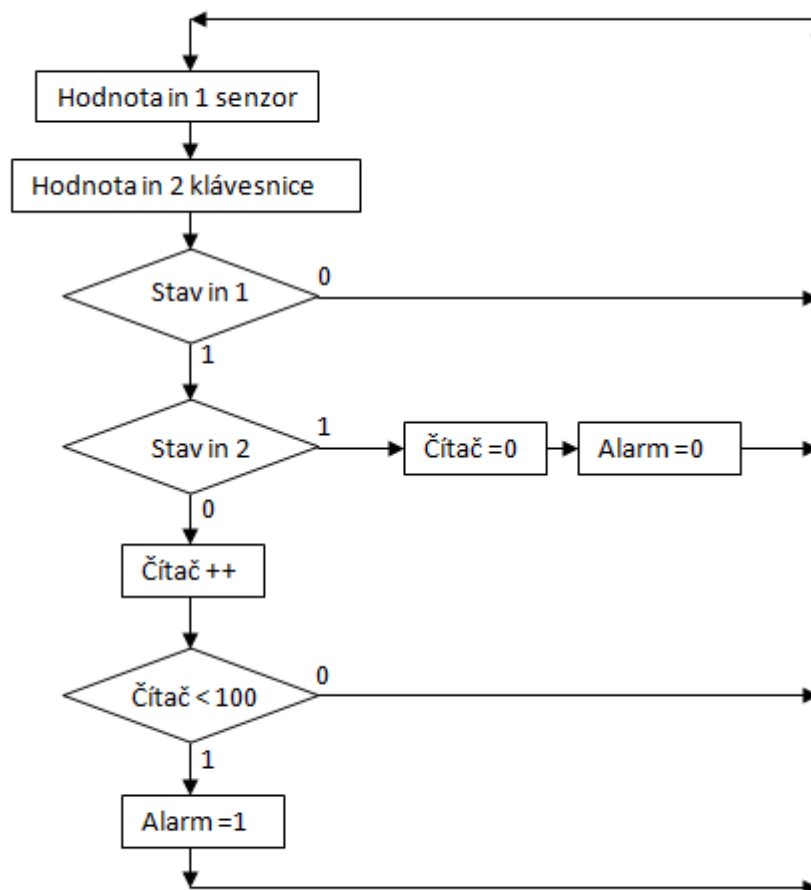


Programování PLC lze realizovat několika způsoby v závislosti na výrobci, a to graficky, textově, nebo jejich kombinací. Grafické jazyky se dělí na jazyky logických schémat a jazyky kontaktních schémat. Jazyky logických schémat umožňují programovat na bázi logických členů, neboli hradel (OR, AND, XOR, NAND, ...), jež bývají zastoupeny obdélníky s výškou podle počtu vstupů. Jazyky kontaktních schémat jsou zobrazovány formou používanou pro reléová schémata, jsou vhodné pouze pro jednodušší úlohy. Textové jazyky jsou zastoupeny jazyky mnemokódů, které jsou obdobou assembleru a strukturovaných textů, jež jsou podobné vyšším programovacím jazykům, jako je Pascal nebo C. [26]

Vlastní programování programovatelných logických automatů se od programování aplikací pro PC liší zásadním způsobem. Tento rozdíl vychází z cyklického provádění kódu. Tudíž pro programování PLC je zapotřebí naprosto diametrálně odlišné myšlení, kdy programátor musí operovat s tím, že celý program je jeden jediný cyklus. Z toho vyplývá, že vše napsané v kódu se provede maximálně jednou v jednom cyklu. Kvůli tomu není možné používat cykly, jak je známe z PC (např. procesor cyklicky vykonává kód obsažený v cyklu tak dlouho a tolikrát, dokud platí podmínka). Pokud tedy chce programátor vyřešit stejný problém, musí počítat s tím, že zpracování kódu se v kódu nezcyklí, ani nijak nepozastaví. Problém provádění určité části kódu za určitých podmínek pořád dokola se řeší tak, že přeskakuje části kódu, pro které neplatí podmínky. Právě proto vlastní průchod programu s cyklem vypadá asi takto: začne klasicky na začátku, provádí všechny instrukce, co předcházejí cyklu (načítání dat ze vstupů, jejich zpracování a operace nedotýkající se vlastního cyklu). Cyklem kupříkladu chceme kromě jiného pozdržet vykonávání následujících instrukcí (provádět je pouze v určitých časových intervalech). Pro tento úkol se na konec pomyslného cyklu umístí podmínka, v níž se bude porovnávat hodnota čítače, jež je s každým průchodem cyklu nebo nějak jinak inkrementována, s hodnotou stanovující potřebnou dobu zdržení. Po splnění podmínky dojde k vynulování čítače, provedení instrukcí, pro něž bylo toto zdržení realizováno a celý proces běží od začátku. Další zásadní rozdíl oproti programování PC popř. IPC spočívá v tom, že PLC čte vstupy jenom jednou v průběhu jednoho cyklu (provedení kódu) a to vždy na začátku. Případná změna hodnoty po započetí provádění kódu na něj zpravidla nemá žádný vliv. Kdežto u PC lze k vstupním hodnotám přistupovat přesně v době, kdy jsou žádány. Dalším a posledním rozdílem, se kterým programátor při vytváření výsledné aplikace musí počítat, je výrazně nižší výpočetní výkon a z toho plynoucí delší čas potřebný pro zpracování



instrukcí. Kvůli tomu musí vývojář zásadním způsobem dbát na optimalizaci kódu, protože rychlost provedení jednoho cyklu je spojena naprosto se vším. Zásadním způsobem ovlivňuje reakce na změny vstupů, zapisování do výstupů a z toho vyplývající přesnost řízení výsledné aplikace (stroje, linky, měřicího systému apod.).



Obr. 7: Vývojový diagram jednoduché bezpečnostní aplikace pro PLC

Jednoduchý vývojový diagram velice primitivní zabezpečovací aplikace Obr. 7 názorně ukazuje cyklické zpracování kódu. Můžeme v něm vidět načtení digitálních vstupů in 1 a in 2. In 1 je připojen detektor pohybu ve smyčce NC, to stejné platí pro klávesnici na in 2. Není-li detekován pohyb, PLC pořád dokola čte vstupy, při detekci pohybu čeká 99 cyklů na zadání správného bezpečnostního kódu. Pokud se tak nestane v tomto časovém intervalu, spustí se pomocí digitálního výstupu akustický poplach. Tento poplach lze zrušit pouze zadáním bezpečnostního kódu, čímž dojde i k vynulování hodnoty čítače.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ OBVODU PNEUMATIK NA SAV4

Stávající zařízení pro měření obvodu surového pláště pneumatik je nainstalováno na jednom z devítičlenné skupiny strojů SAV4 sloužících k výrobě radiálních pneumatik. Stroje SAV 4 jsou složeny z dvou stupňů, mezi něž je rozdělena výroba surové pneumatiky. Během výrobního procesu paralelně probíhají různé výrobní kroky na obou výrobních stupních z důvodu časové optimalizace výrobního procesu.

Výroba surového pláště začíná v prvním stupni, který slouží pro vytvoření kostry. Kostra je vytvářena postupným navíjením vrstev potřebných materiálů na otočný buben stroje. Jednotlivé vrstvy jsou k sobě vzájemně připevňovány převážně vzájemnou přilnavostí materiálů a ukončovány s lehkým přesazením. K prvnímu stupni patří ještě přenosový systém. Tato část stroje je před každým započatím výroby kostry osazena takzvanými jádry (část, díky které drží pneu na disku). Posledním krokem prvního stupně je nájezd přenosového systému na kostru surového pláště. Buben, na kterém je kostra navinuta, expanduje a díky tomu dojde ke slepení kostry s jádry. Následně dochází k pozvolnému hroucení bubnu a oddělování kostry tlakovým vzduchem.

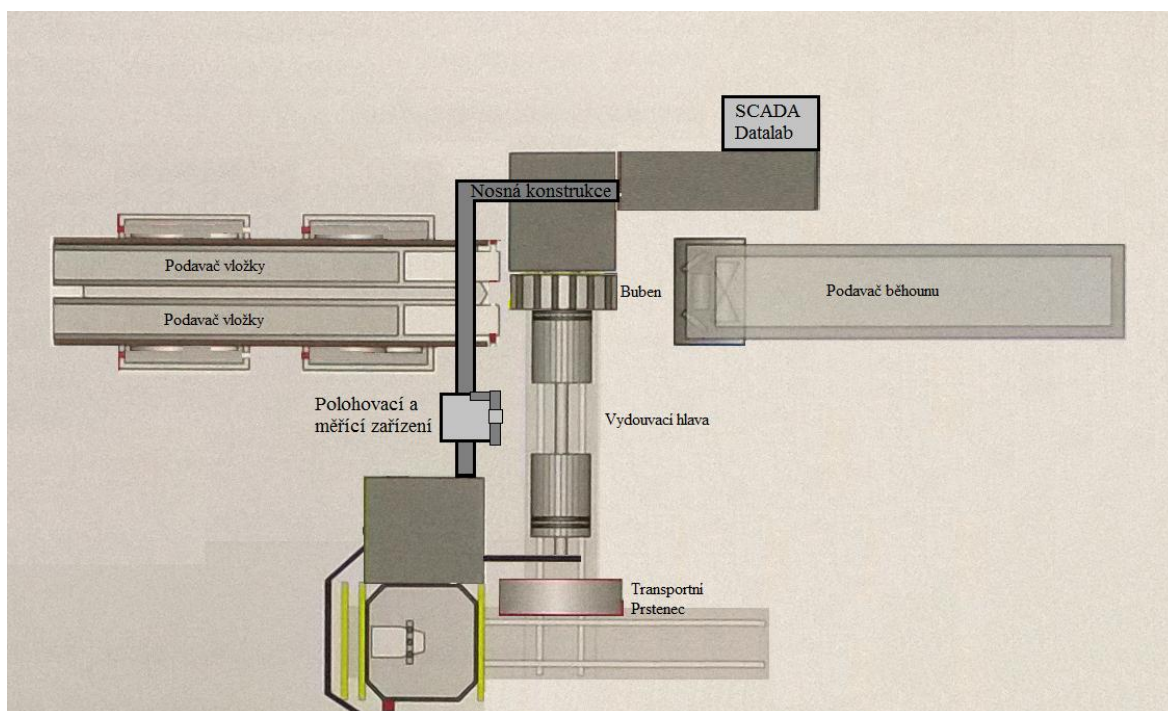
Další práce pokračuje v druhém stupni, kde transportní systém umístí kostru nad vydouvací hlavu. Vydouvací hlava expanduje, čímž přebere kostru pneumatiky a transportní systém se vrátí do čekací pozice. Ještě před vlastním transportem kostry probíhá v druhém stupni výroba běhounu, která probíhá navíjením vložek na speciální buben, na nějž je jako poslední vrstva navinut i běhoun. Další operace již probíhají po transportu kostry. První z nich je přesun prstence nad buben s běhounem, který se následně zhroutí a tím předá běhoun transportnímu prstenci. Transportní prstenec se přesune do polohy přesně nad středem kostry pláště a ta je do něj následně vyduta. Prstenec se otevře a přejeде do vyčkávací polohy. Výroba surové nevulkanizované pneumatiky se chýlí ke konci. Navíječe na vydouvací hlavě přetáhnou boční stěnu kostru pneumatiky přečnávající přes jádra z obou stran až k běhounu. Následuje poslední operace výroby, takzvané zavalování. Při tomto procesu se celá nevulkanizovaná pneumatika otáčí a běhoun je fixován na její vydutou kostru.

Měření obvodu surových nevulkanizovaných pneumatik stávající metodou je v provozu realizováno po poslední výrobní operaci tedy zavalování. Toto měření probíhá u všech strojů SAV4 vždy na začátku směny. Obvod pneumatiky je měřen svinovacím metrem ve 3 místech (ramenech a rovníku), jejichž poloha je přesně dána předpisem. Pokud se

naměřená hodnota rozchází s tolerancí předpisu, je měření opakováno ještě na dvou následujících pneumatikách. Jestliže je jakýkoli obvod (rovník, ramena) třikrát po sobě mimo toleranci, je zavolán servisní technik a stroj je doladěn.

Stávající autonomní bezdotykový měřicí systém je nainstalován na stroji s konkrétním označením SAV43 (Obr. 8). Jedná se o systém hardwarově vycházející z kvalifikačních prací pánů Zapletala a Holiše. Výpočetní část je realizována na platformě IPC od firmy Moravské přístroje. Průmyslový počítač běží na systému Windows 7 embedded a vlastní Runtime aplikace je vytvořená v software Control Web. Snímání veličiny je realizováno měřičem vzdálenosti Sick a jeho polohování obstarává lineární portálová osa.

Měření obvodu pneumatik pomocí bezdotykového systému probíhá na rozdíl od metody využívající svinovací metr, již při zavalování. Měření se spouští autonomně při zavalování každé pneumatiky. Vlastní vyhodnocení vypadá úplně stejně jako v předchozím případě, tudíž minimálně jeden obvod na třech po sobě jdoucích pneumatikách musí být mimo rozsah, aby byla nutná úprava nastavení systémů SAV4.



Obr. 8: Druhý stupeň SAV43 se znázorněným stávajícím bezdotykovým měřicím systémem

## 6 ANALÝZA POŽADAVKŮ NA ROZŠÍŘENÍ

Stávající zařízení pro bezdotykové měření obvodu implementováno v provozu Barum Continental s.r.o. v rámci inovačního voucheru se osvědčilo. Proto byla Univerzita Tomáše Bati požádána o další spolupráci při rozšiřování stávajícího zařízení.

Požadavky se oproti inovačnímu voucheru značně změnily. Voucher byl vypsán značně volně, hlavně co se týká použité platformy. Po nasazení do provozu ovšem nastal problém s podporou a servisem. Problém je v použitých zařízeních od firmy Moravské přístroje a.s., a to konkrétně v DataLab PC/LCD8 1601A, dotykovém 17" monitoru, modulech AD1 a DIO1. Nedá se říci, že by byly špatné, jedná se o prvotřídní zařízení, problém je v tom, že se nikde jinde v provozu nenachází další stroj pracující na stejné nebo podobné hardwarové a softwarové platformě. Nejsou tedy náhradní díly a ani softwarová kompatibilita.

Požadavek tedy zněl: provést návrh rozšíření bezdotykového měření obvodu pneumatik i na zbývajících osm konfekčních strojů, ovšem tentokrát na platformě hojně se v provozu vyskytující, tedy Siemens.

Barum Continental s.r.o. je prosperující, neustále se vyvíjející podnik, proto existuje reálná možnost, že postupem času se budou požadavky na zařízení měnit. Je velmi pravděpodobné, že v budoucnu dojde k rozšíření podnikové sítě v jednotlivých provozech až ke konkrétním strojům. Tato síť v budoucnu umožní vzdálené řízení strojů, zpravování, vyhodnocování a ukládání dat. Rozsáhlá podniková síť tedy umožní snížení nároků na obsluhu koncových zařízení a výrazně zjednoduší agendu vedenou k jednotlivým pracovištím, tudíž by bylo vhodné na tuto možnost myslet při návrhu zařízení pro měření obvodu surového pláště.

## 7 HARDWAROVÁ STRUKTURA MĚŘICÍHO SYSTÉMU

Hardwarová struktura systému byla volena v závislosti na požadavcích společnosti Barum Continental s.r.o. a s přihlédnutím ke kvalifikačním pracím pánů Holiše a Zapletala.

Výsledné měřicí zařízení se skládá ze dvou základních bloků. První blok slouží pro snímání veličiny. Druhý blok je určen pro vlastní ovládání snímací části, vyhodnocování veličiny a zajišťování rozhraní mezi člověkem a strojem.

### 7.1 Snímání veličiny

Právě tento blok vychází ze zařízení nainstalovaného v provozu Barum Continental s.r.o. To znamená, že je totožný s částí návrhu pana Zapletala a částí realizace pana Holiše. Snímací část zařízení obsahuje tři základní prvky, a to vlastní snímač, polohovací zařízení a jejich napájecí zdroj.

#### 7.1.1 Snímač

Analýza snímačů polohy provedená v kvalifikační práci pana Zapletala ukazuje na to, že pro měření polohy rotujících těles, konkrétně surového pláště pneumatiky, jsou nejvhodnější optoelektronické snímače polohy (*Obr. 9*). Právě protože jsou odolné proti rušení typickému pro průmyslové objekty, jako je hluk, elektromagnetické pole. Jejich obrovskou výhodou je vysoká frekvence opakování měření a hlavně pro stávající podmínky potřebná bezkontaktnost. Pro měření vzdálenosti od rotujícího surového pláště byl zvolen snímač, používají metodu měření pomocí laserové triangulace a to konkrétně Sick OD2-P250W150I0.



*Obr. 9 Snímač Sick OD2-P250W150I0*

Snímač Sick OD2-P250W150I0 byl zvolen pro jeho optimální poměr cena/výkon. Při ceně pohybující se v okolí 18 000 Kč umožňuje měření vzdálenosti v rozsahu 100 až 400 mm. Snímač polohy je osazen cmos čipem s rozlišením 75  $\mu\text{m}$  díky tomu dochází

k minimálnímu ovlivnění barvou, popř. strukturou povrchu a odchylka měření je maximálně  $\pm 225 \mu\text{m}$ . Tento model je dokonale uzpůsoben pro implementaci v průmyslovém prostředí, vodotěsností, schopností pracovat v teplotách od  $-10$  do  $40^\circ\text{C}$ . Dále také napájecím napětím v rozsahu 12-24V, nízkou hmotností a schopností odolávat přetížení při jeho posunu. Pro přenos naměřených dat je osazen proudovým výstupem 4 až 20 mA.

### 7.1.2 Polohovací zařízení

Podmínky pro automatické měření obvodu surového pláště v provozu Barum Continental s.r.o. jsou složité. Velkým dílem ke komplikovanosti měření přispívá ne úplně optimální povrch snímaného tělesa a také volba senzoru s poměrně malým pracovním rozsahem. Aby senzor v určitých částech procesu výroby nezasahoval do pracovního prostoru stroje, je zapotřebí měnit jeho vertikální polohu. Tohoto problému se u stávajícího zařízení ujali technici z provozu Barum Continental s.r.o. Vertikální posun je realizován pneumaticky a jeho dvoupolohové řízení je přímo zajištěno digitálním výstupem stroje SAV4.

Vlastní obvod surového pláště je požadované měřit ve třech místech, v rovníku a obou ramenech. Proto je nutné provádět horizontální posun snímače do potřebných poloh. Za tímto účelem byla panem Zaplětalem navržena lineární portálová osa s ozubeným řemenem a krokovým motorem. Jedná se konkrétně o portálovou osu Berger Lahr PAS 41 BR s pojezdovým vozíkem L2 zobrazena na *Obr. 10*. Osa má délku pojezdu 300 mm a je možné polohovací vozík zatížit až 6 kg. Umožňuje opakovaně polohovat s přesností na  $\pm 0,05 \text{ mm}$ , při rychlostí pojezdu až 8 m/s a zdvihem na otočku 84 mm. Pohon osy je zajištěn třífázovým kompaktním krokovým pohonem ILS1M572PB1A0 s vlastní inteligencí (*Obr. 10*). Pohon dosahuje kroutícího moment 90 Ncm, přídržného momentu 102 Ncm a momentu setrvačnosti  $0,22 \text{ kgcm}^2$ . Vysoká přesnost pohonu je zajištěna rozlišením 20000 kroků na otočku. Pro komunikaci s řídicím systémem je vybaven komunikační sběrnici RS-485. V případě potřeby autonomního použití, lze přes RS-485 pomocí servisního programu nastavit parametry pohonu.



*Obr. 10: Portálová osa Berger Lahr PAS 41 BR a pohon ILS1M572PB1A0*

### 7.1.3 Napájecí zdroj

Jednotlivé části zařízení potřebují pro svůj provoz napájení. Pro napájení snímací části zařízení byl panem Zapletalem zvolen zdroj BKE JS-150-240/DIN viz. *Obr. 11*. Jedná se o AC/DC spínaný napájecí zdroj se stabilizovaným výstupním stejnosměrným napětím 24 V. Výkon zdroje činí 150 W a maximální zátěžový proud je 6 A. BKE má zdvojené výstupní svorky a je hardwarově uzpůsoben pro průmyslové prostředí, včetně možností nasazení na DIN lištu.



*Obr. 11: Zdroj BKE JS-150-240/DIN*

## 7.2 Vyhodnocování a řízení

Podle požadavků provozu Barum Continental s.r.o. v Otrokovicích, byla tato část zařízení realizována na platformě Siemens. Skládá se z CPU, jeho rozšiřujících modulů, napájecího zdroje, Switche a operátorského panelu.



### 7.2.1 PLC

PLC bylo vybíráno tak, aby dokázalo dlouhodobě držet krok se stále se zvyšující úrovní automatizace v provozu. Pracovalo na platformě používané v provozu a bylo schopno dodatečného připojení do rozvíjející se podnikové sítě.

Zohlednění všech požadavků jasně ukázalo na modulární řadu pro nejméně náročné aplikace Siemens SIMATIC S7-1200, jež je následovníkem v provozu hojně používané řady PLC SIMATIC S7-200. Série S7-1200 obsahuje 5 základních modelů lišících se rozšiřitelností, počtem vstupů a výstupů, velikostí paměti a počtem čítačů. Tato modelová řada umožňuje připojení jedné rozšiřující signálové karty a dle modelu CPU, také různé množství signálových modulů (max. 8) a maximálně tři komunikační moduly. Přičemž signálové moduly lze připojit k CPU zprava, kdežto komunikační moduly zleva. Rozšiřující kartou je možné nahradit záslepku umístěnou shora CPU.

#### *CPU*

Jedná se konkrétně o model CPU1214 DC/DC/DC znázorněn na *Obr. 12*. První DC znamená, že je napájen stejnosměrným napětím 24 V. Druhé znamená, že má stejnosměrný vnitřní zdroj také 24 V, jenž lze použít i pro napájení zátěže. Poslední DC značí, že je osazen 24 V tranzistorovými výstupy. Spotřeba jednotky je 12 W. Základní jednotku z řady 1214 lze rozšířit o signálovou kartu, tři komunikační moduly a osm signálových modulů. CPU je vybaveno integrovaným všestranným rozhraním Ethernet, které může sloužit pro programování, propojení se sítí a pro komunikaci s HMI panelem. Také je vybaven čtrnácti 24 V digitálními vstupy, dvěma analogovými napěťovými vstupy 0 – 10 V a deseti 24 V digitálními tranzistorovými výstupy, z nichž jsou dva pulzní. Dále obsahuje 6 vysokorychlostních čítačů, přičemž tři umožňují čítat s frekvencí 100 KHz a tři 30 KHz. Základní jednotka je vybavena 50 KB (75KB) integrovanou pracovní pamětí s plovoucí hranicí mezi programem a uživatelskými daty. Pracovní paměť lze přirovnat k operační paměti na běžných PC a 2 MB integrovanou load paměť zase k pevnému disku. Load memory je rozšiřitelná pomocí SIMATIC memory card o 24 MB. Další paměť je 4 KB bit memory sloužící pro mapování vstupů a výstupů. Poslední paměť, která je k dispozici na základní desce je 2 KB retentive memory, jež slouží pro zálohování (uchování hodnot min. 12 dní). CPU z řady S7-1200 jsou 22x rychlejší než v řadě S7-200,

to znamená, že zpracování jedné bitové operace zabere  $0.1 \mu\text{s}$ , operace s datovým typem Word vezme  $12 \mu\text{s}$  a na operaci s datovým typem real potřebuje pouze  $18 \mu\text{s}$ .



*Obr. 12: CPU 1214C DC/DC/DC s kartou SB 1231 RTD*

#### *Analogový modul*

CPU je sice vybaveno dvěma analogovými vstupy, ovšem pouze napěťovými. Snímač vzdálenosti má ovšem analogový proudový výstup  $4 - 20 \text{ mA}$ . Existuje možnost, jak by se dal použít i napěťový vstup (vlození odporu do svorek vstupu a monitorování úbytku napětí na něm). Problém by samozřejmě nastal s kalibrací (vzdálenostně proudová, potažmo napěťová charakteristika), tudíž doladění vzdálenosti by probíhalo metodou pokus omyl. Vlastní měření by také ovlivňovala teplotní závislost odporu. Další problém může nastat v časové stálosti parametrů rezistoru. Z toho vyplývá, že takovýto způsob zapojení není vhodný pro vysokou přesnost a už vůbec ne pro použití v průmyslovém prostředí.

Tyto důvody vedly k volbě signálového analogového modulu SM 1234 AI/AQ (*Obr. 13*). Modul má spotřebu  $2 \text{ W}$  a je vybaven čtyřmi vstupy a dvěma výstupy. Vstupy jsou 13 bitové, to znamená, že celý rozsah rozdělí do 8192 hladin, což poskytuje dostatečnou přesnost pro tuto aplikaci. Vstupy lze na sobě nezávisle přepínat do 3 módů, jednoho napěťového  $\pm 10\text{V}$  s resistancí větší než  $9 \text{ M}\Omega$  a dvou proudových  $0$  až  $20 \text{ mA}$ , nebo  $4$  až  $20 \text{ mA}$  s resistancí  $280 \Omega$ . Výstupy jsou 14 bitové (16384 hladin) a umožňují jak proudové, tak i napěťové řízení se stejnými možnostmi jako má vstup.



*Obr. 13: Signálový analogový modul SM 1234 AI/AQ*

#### *Komunikační modul*

Portálová osa, respektive její servopohon, vyžaduje řízení pomocí komunikačního standardu RS-485, proto bylo zapotřebí rozšířit CPU o komunikační modul CM 1241 RS422/485 znázorněný na *Obr. 14*. Tento modul má spotřebu 1.1 W. Modul je vybaven komunikačními standardy RS-422 a RS-485 zaústěnými do společného devíti pinového female konektoru D-sub. Délka sběrnice při použití standardu RS-485 může dosahovat až 1000 m.



*Obr. 14: Komunikační modul CM 1241 RS422/485*

### **7.2.2 Switch**

Veškeré nahrávání programů, odlaďování v online režimu (krokování, ...) a vlastně veškerá komunikace mezi PLC, HMI a PC, na kterém je vytvářena aplikace, probíhá prostřednictvím Ethernetu. Dále bylo počítáno s možností budoucího připojení

autonomního měřicího zařízení do stále rozvíjející se podnikové sítě. Obě zařízení jak PLC, tak i HMI jsou vybaveny pouze jedním soketem pro připojení konektoru RJ-45, z těchto důvodů bylo zapotřebí rozšířit systém o switch. Pro tyto účely byl zvolen průmyslový switch od firmy Siemens CSM 1277 (*Obr. 15*) vybavený 4 porty s konektory RJ-45, umožňující připojení do smíšené sítě 10/100 Mbit/s. Tento model je napájen se stejného 24 V zdroje, jako ostatní prvky vyhodnocovací části a má příkon 1.6 W.



*Obr. 15: Čtyř portový Switch CSM 1277*

### 7.2.3 HMI

Celý systém by byl ve stávajících podmínkách nepoužitelný bez lokální vizualizace. Jednak je nutné dávat obsluze zpětnou vazbu z měření. Také na stroji SAV4 jsou vyráběny pneumatiky v rozměrech R20", R22.5", R24" a různých šířkách a výškách surového pláště, proto je nutné nastavit hodnoty potřebné pro měření. Vizualizace na této úrovni přestane být aktuální až po kompletním zasil'ování provozu a zavedení centrálního řízení. Tato situace zatím ovšem nenastala, tudíž je nutné použití lokálního rozhraní mezi člověkem a strojem.

Pro tyto účely byl zvolen operátorský panel KTP600 Basic color PN znázorněný na *Obr. 16*. Toto HMI je osazeno 5.7" dotykovým TFT displejem, s rozlišením 320 x 240, 256 barvami a akustickým výstupem. Pracovní plocha je dále osazena 6 hardwarovými tlačítky a má krytí IP65. Panel je dále osazen portem pro připojení LAN kabelu a napájecím konektorem se svorkami na 24 V, a jeho příkon činí 9 W. Touch panel běží na proprietárním operačním systému výrobce. Běh prostředí obstarává hardwarem s procesorem RISC typu ARM 32 bit s frekvencí 75MHz a 512 KB RAM typu Flash.



*Obr. 16: HMI KTP600 Basic color PN*

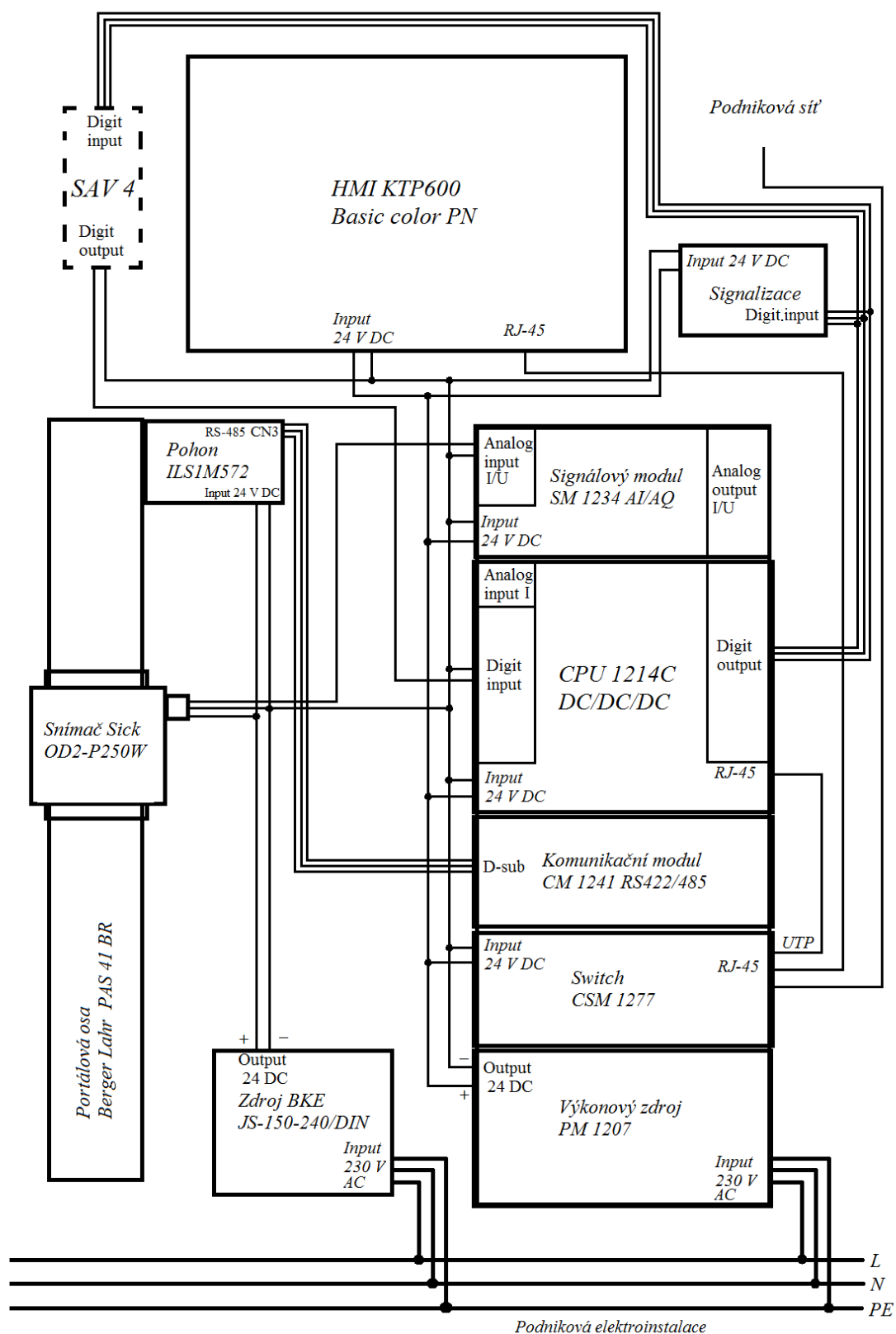
#### 7.2.4 Zdroj

Pro chod celého PLC a HMI je potřebné napájení. Pro napájení byl zvolen stabilizovaný výkonový zdroj PM 1207 (*Obr. 17*) s AC vstupem 120/230 V a DC výstupem 24 V, určený stejně jako zbytek PLC, pro montáž na 35 mm DIN lištu. Napájecí prvek je osazen zdvojenými výstupními svorkami a je schopen poskytnout až proud 2.5 A, tedy 60 W.



*Obr. 17: Výkonový zdroj PM 1207*

### 7.3 Zapojení

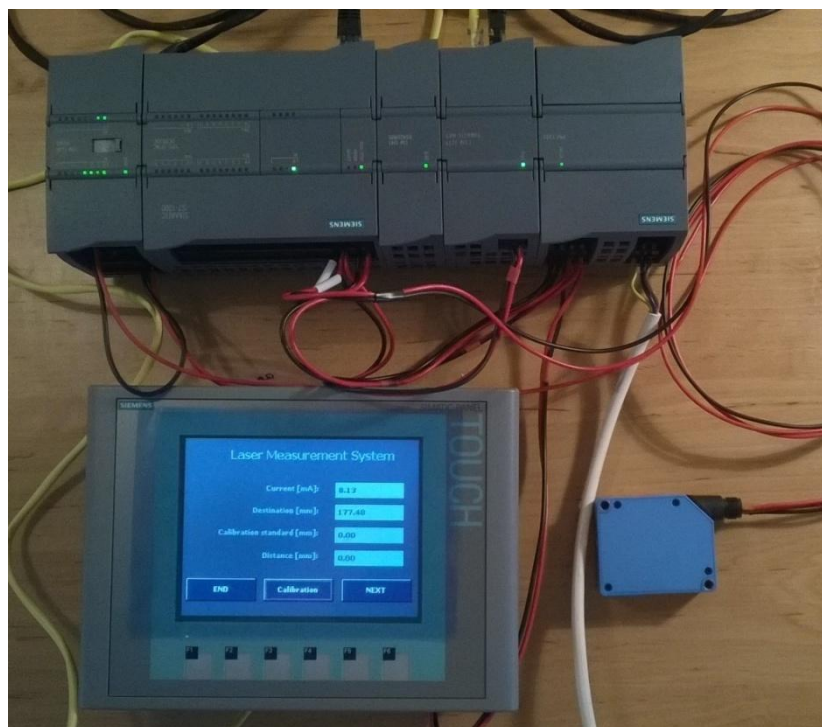


Obr. 18: Schéma zapojení včetně připojení k SAV 4



Vlastní propojení jednotlivých komponent systému bylo realizováno prostřednictvím nejrůznějších kabelů. Pro připojení do elektrické sítě byl zvolen běžně používaný třívodičový kabel s průřezem vodičů  $3 \times 1 \text{ mm}^2$ , osazen standardní jednofázovou úhlovou vidlicí. Datové propojení operátorského panelu, CPU, PC, ze kterého probíhalo programování, bylo realizováno prostřednictvím kabelů STP osazených konektory RJ-45. Propojení snímače vzdálenosti Sick má být realizováno prostřednictvím speciálního kabelu zakončeného 8 pinovým konektorem. Tento kabel ovšem nebyl k dispozici, proto pro propojení byly použity 3 samostatné kabely s průřezem vodičů  $0,75 \text{ mm}^2$ , osazené na konci dutinkami. Pro použití v průmyslovém prostředí je ovšem tento kabel nutný. Zbývající propojení byla realizována prostřednictvím samostatných kabelů s průřezem vodičů  $0,75 \text{ mm}^2$  a svorkovnic na zařízeních.

Komunikace mezi PLC a polohovacím systémem je realizována prostřednictvím standardu RS-485, který je na komunikačním modulu zaústěn do konektoru D-sub a na pohonu do konektoru CN3. Bohužel portálová osa, její servopohon a jeho výkonový zdroj nebyly k dispozici. Ovšem jejich datová komunikace bude řešena prostřednictvím dvouvodičového stíněného kabelu zakončeného konektory D-sub a CN3. Z důvodu absence zdroje, který měl být společný pro pohon a snímač vzdálenosti, bylo realizováno napájení snímače ze zdroje pro vyhodnocovací část systému znázorněno na *Obr. 19*.



*Obr. 19: Reálné zapojení laserového měřicího systému*

## 8 NÁVRH APLIKACE

Tvorba aplikace pro měření obvodu surových nevulkanizovaných pneumatik probíhala v prostředí TIA Portal 2013. Konkrétně se jednalo o školou zakoupenou licenci na vývojová prostředí STEP 7 2013 (programová část) a WinCC Basic 2013 (dříve SIMATIC WinCC flexible pro vizualizaci základních HMI panelů).

Původní záměr byl, že by programování aplikace proběhlo prostřednictvím třítydenní zkušební verze TIA Portal 2012. Problém ovšem nastal s kompatibilitou mezi vývojovým nástrojem STEP 7 a CPU. Tato situace byla zapříčiněna zasláním modelu CPU s výrobním číslem 6ES7214-1AG40-0XB0 místo objednaného 6ES7214-1AE30-4AB3. Jedná se o novější model, který v starším STEP 7 zkrátka nebyl podporován.

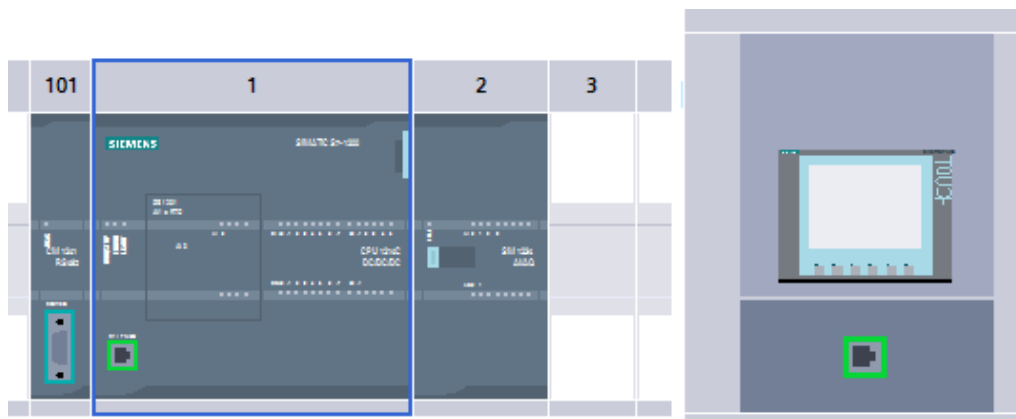
### 8.1 TIA Portal 2013

TIA je poměrně schopný nástroj pro tvorbu řídicích a vizualizačních aplikací na hardware Siemens. Tento software je vytvořen v Java a to se na něm značně podepsalo. Jednak hodně vysokými požadavky na hardware programátorské stanice, v některých případech hodně pomalou odezvou na kliknutí, která není dost často nikterak signalizována (není signalizováno načítání změny). Také se během vývoje aplikace několikrát stalo (2x-3x), že software zhavaroval. Naštěstí po znovuotevření projektu bylo vždy vše ve stejném stavu jako před pádem aplikace. Kromě tady těchto malých nemocí, které občas znepříjemňují práci, už v TIA chyběla, nebo spíše jen nebyla objevena, možnost odladování chyb v kódu pomocí krokování programu. O další znepříjemňování práce se starají různé posuvné lišty (zařízení, vlastností, nastavení a informační), jež značným způsobem zmenšují pracovní plochu, ale zároveň jsou pevně svázány s tvorbou aplikace. Tudíž je nutností tyto lišty neustále vytahovat a zase zasunovat. V konečném součtu je tato aplikace poměrně intuitivní a umožní programátorům velice rychle dosáhnout požadovaného cíle.

Před vlastním začátkem programování je zapotřebí vytvořit projekt, kterému je třeba nspecifikovat základní parametry. Nejprve je nutné přidat projektu hardware, jak CPU a jeho rozšiřující moduly, tak i HMI, panel viz *Obr. 20*. CPU je nutné přidat jako první, kartu a všechny ostatní moduly k němu lze připojit až posléze pouhým přetažením z nabídky Hardware katalog. Při vlastním přidávání modulů program označuje místa, ke kterým lze konkrétní rozšiřující prvek připojit. HMI panel je možné přidat buďto hned při vytváření projektu, nebo kdykoliv během práce na výsledné aplikaci prostřednictvím první

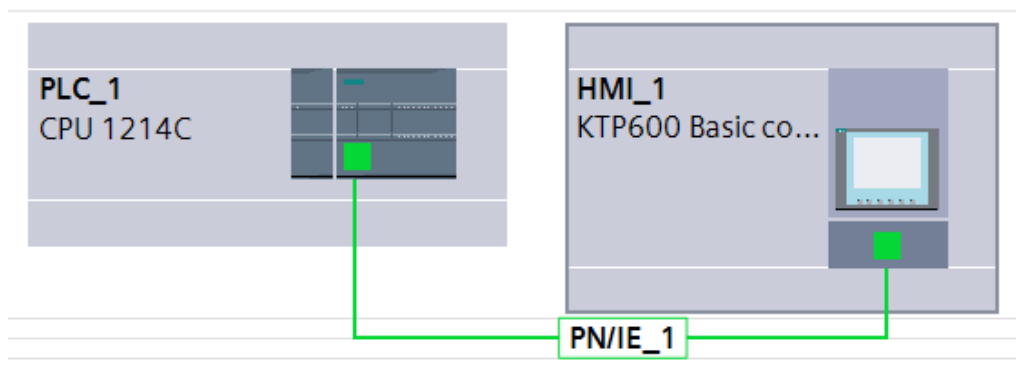


položky v projektovém stromu Add new device. Po přidání mu lze nastavit základní parametry jako datum, čas, logo, barvu pozadí, počet obrazovek, uživatelské účty a tlačítka. Toto nastavení není problém kdykoli v průběhu programování změnit.



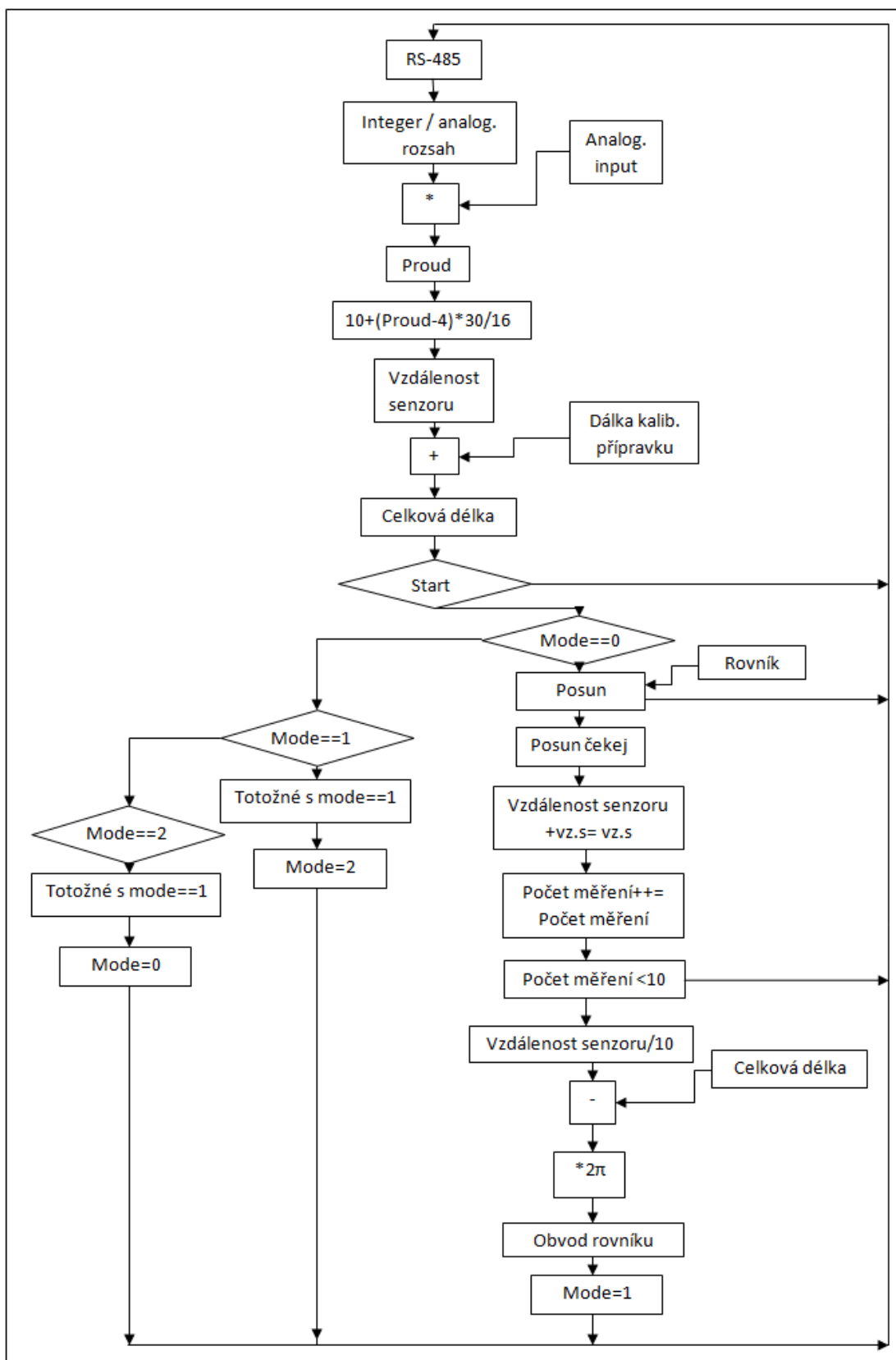
Obr. 20: Hardwarová konfigurace projektu v TIA 2013

Další nedílný krok, který tentokrát již nemusí striktně předcházet vlastnímu programování, je vytvoření funkčního propojení programátorského PC, PLC a HMI panelu. Veškerá komunikace mezi těmito zařízeními probíhá pomocí Ethernetu, a to jen za předpokladu, že jsou na stejné síti. Po fyzickém propojení pomocí síťových kabelů je nutné zařízení najít. Vyhledávání zařízení na síti se nachází na okně Project tree, v rozbalovacím menu Online access na kartě se jménem síťového adaptéru, do něhož jsou zařízení připojena a políčka Update accessible device. Připojená zařízení jsou nalezena podle jejich MAC adres. Následně je nutné všem zařízením nastavit IP adresy ze stejné sítě. Pro PC byla zvolena adresa 192.168.1.1, pro PLC 192.168.1.5, a HMI dostalo 192.168.1.10 s maskou podsítě 255.255.255.0. Adresy PLC a HMI je pro komunikaci nutné nastavit jak na zařízeních (kliknutím na vyhledané MAC adresy (u HMI lze IP s maskou nastavit i přímo v nastavení panelu), tak i v projektu např. prostřednictvím ikony konektoru obou prvků (Obr. 21).



Obr. 21: propojení HMI a PLC

## 8.2 PLC aplikace



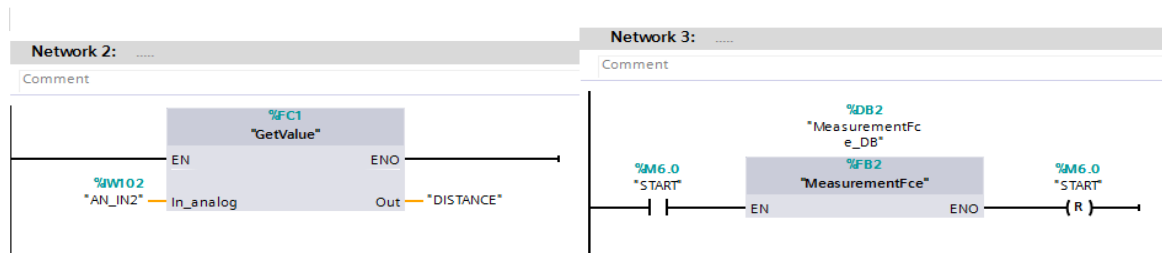
Obr. 22: Vývojový diagram aplikace pro bezdotykové měření obvodu surového pláště

Program se strukturálně řídí vývojovým diagramem znázorněným na *Obr. 22* a je složen z 6 programových bloků *Obr. 23*, jednoho organizačního, dvou funkcí a tří funkčních bloků. Organizační blok se vytvoří automaticky po založení projektu, takzvaný Main *Obr. 24* (hlavní blok programu), slouží jako vlastní cyklus (PLC provede jen to, co je v něm obsaženo). Tento blok je přednastaven pro tvorbu kódu v jazyce LAD. Pro ostatní bloky byl zvolen programovací jazyk FBD a tyto bloky jsou z Main volány. Funkce jsou bloky kódu nebo podprogramy bez vyhrazené paměti. Funkční bloky jsou bloky kódu, které uchovávají své hodnoty, takže zůstávají k dispozici poté, co byl blok proveden.



*Obr. 23: Programové bloky*

Vlastní Main v této aplikaci tvoří pouze hrubou kostru. Je tvořen třemi řetězci (networky) v nichž jsou volány ostatní programové bloky. V prvním řetězci je pouze blok pro komunikaci pomocí RS485, jehož vstup je osazen kontaktem, jenž se sepne, jestliže jeho proměnná datového typu Bool nabude hodnoty log. 1. Tato situace bohužel nikdy nenastane, protože do této proměnné nikde není proveden zápis. Tohle řešení bylo zvoleno proto, že nebylo možné ověřit komunikaci s portálovou osou (nebyla k dispozici). Druhým networkem je volána pouze funkce pojmenovaná GetValue. Třetí řetězec začíná stejně jak první kontaktem, kterým se řeší volání funkčního bloku MeasurementFce. Volání proběhne pouze, pokud bude mít kontakt hodnotu log. 1. Toho lze dosáhnout dvěma způsoby, a to buď přivedením hodnoty log. 1 na digitální vstup určený pro autonomní spouštění měření obvodů nebo stisknutím tlačítka START na HMI. Při stavu 1 se tedy zavolá funkční blok, provede se, a na konci networku je reset, sloužící pro vynulování proměnné kontaktu *Obr. 24*.

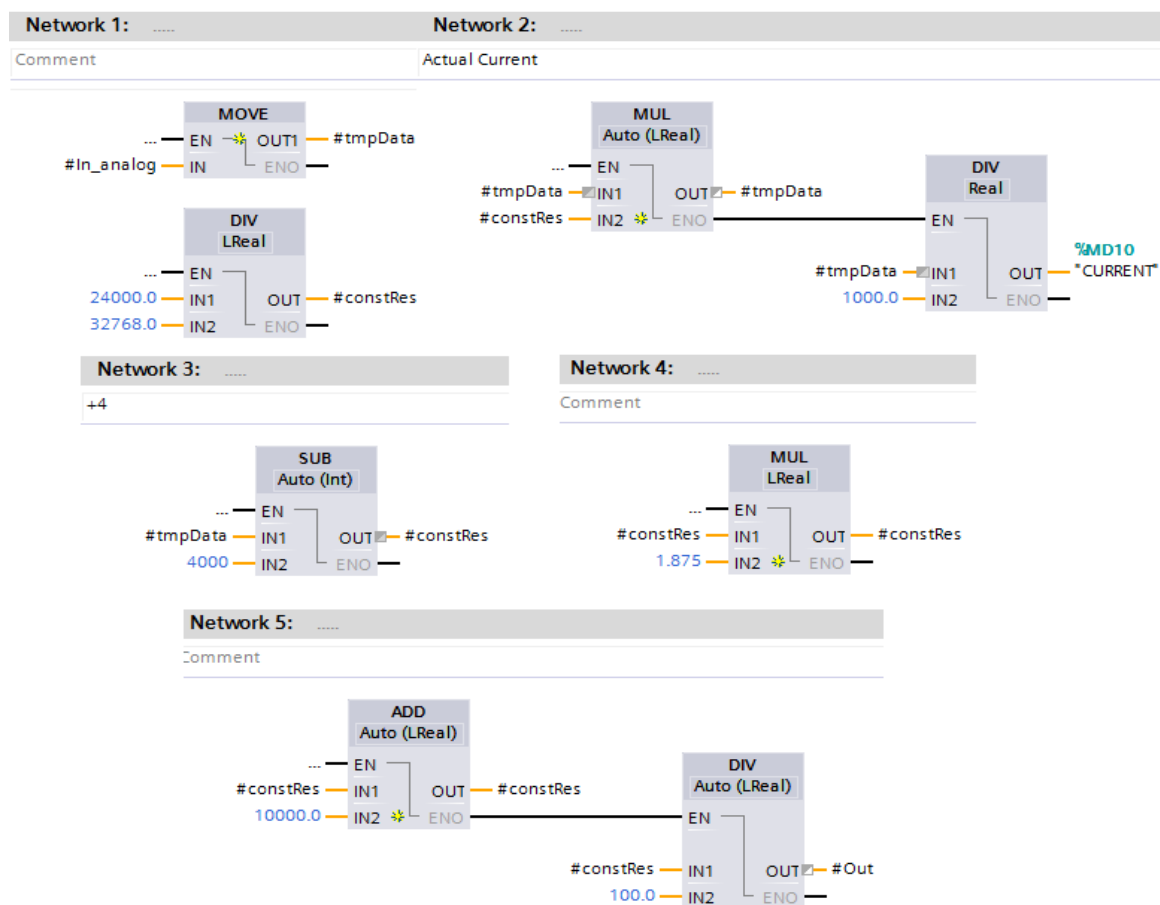


*Obr. 24: Posloupnost v programovém bloku Main bez RS-485*

Funkce GetValue (*Obr. 25*) slouží pro přečtení analogového proudového vstupu, výpočet reálné hodnoty proudu a dopočítání skutečné vzdálenosti senzoru od surového pláště pneumatiky.

První krok, který funkce provede po zavolání z Main, je, že hodnotu z analogového vstupu, ke kterému je připojen snímač vzdálenosti, uloží do lokální proměnné tmpData. První network je ještě využit pro zjištění velikosti nejmenšího dílku z pracovního rozsahu vstupu. Tento výpočet je důležitý proto, že jak bylo později zjištěno, PLC samotné neumí vracet reálnou hodnotu. Hodnotové doladování tohoto vztahu zabralo velké množství času, a to především proto, že jediná informace, která byla k dispozici, je, že vstup je osazen 13 bitovým převodníkem. Ovšem to je hodnota pro programování nevýznamná, pouze říká, že celý vstupní rozsah je rozdělen na 8192 dílků. Zjišťování potřebných parametrů bylo realizováno prostřednictvím Force table a proudového nastavitelného zdroje. Nastavitelný zdroj byl připojen přes laboratorní ampérmetr na proudový analogový vstup analogového modulu PLC, na PC byl zapnut online režim a ve Force table byla sledována hodnota proměnné tmpData. Vlastní měření probíhalo postupným navyšováním proudu od nuly a sledováním změny hodnoty tmpData. Závěr z měření byl, že hodnota tmpData se mění od 0 do nějakých cca 32 000 a proud se mění od 0 do přibližně 24 mA, při nichž zároveň reaguje ochrana analogového modulu. Podle těchto hodnot bylo usouzeno, že vstupní rozsah je 24 a ten je převeden do rozsahu datového typu Integer. Vlastní vztah tedy dělí rozsah vstupu velikostí datového typu Integer, tedy  $24000/32768$ . Výsledná hodnota je v druhém řetězci vynásobena s hodnotou uloženou v tmpData, výsledek je uložen do tmpData. Obsah proměnné tmpData je podělen konstantou 1000 a výsledkem je proud v mA uložený do globální proměnné CURRENT datového typu Real. Ve třetím networku je podle vzorce uvedeného v kvalifikační práci pana Holíše proveden odpočet konstanty 4000 (min. proud) od hodnoty tmpData, výsledná hodnota je uložena do proměnné constRes. Hodnota této proměnné je následně vynásobena podílem hodnot maximálního měřicího rozsahu snímače v cm a rozsahu výstupního proudu v mA ( $30/16=1,875$ ). Výsledná hodnota je sečtena s 10 000, které značí minimální vzdálenost měřeného předmětu od snímače, součet je uložen opět do constRes. Hodnota constRes je v posledním networku podělena konstantou 100 pro získání reálné vzdálenosti snímače od měřeného předmětu v mm. Tato hodnota je uložena do předávací proměnné Out. Tato proměnná společně s proměnnou Current byly pro ověření správnosti výpočtů zobrazeny v Force

table a porovnávají se skutečnou vzdáleností snímače a tomu odpovídajícím proudem viz Obr. 26.



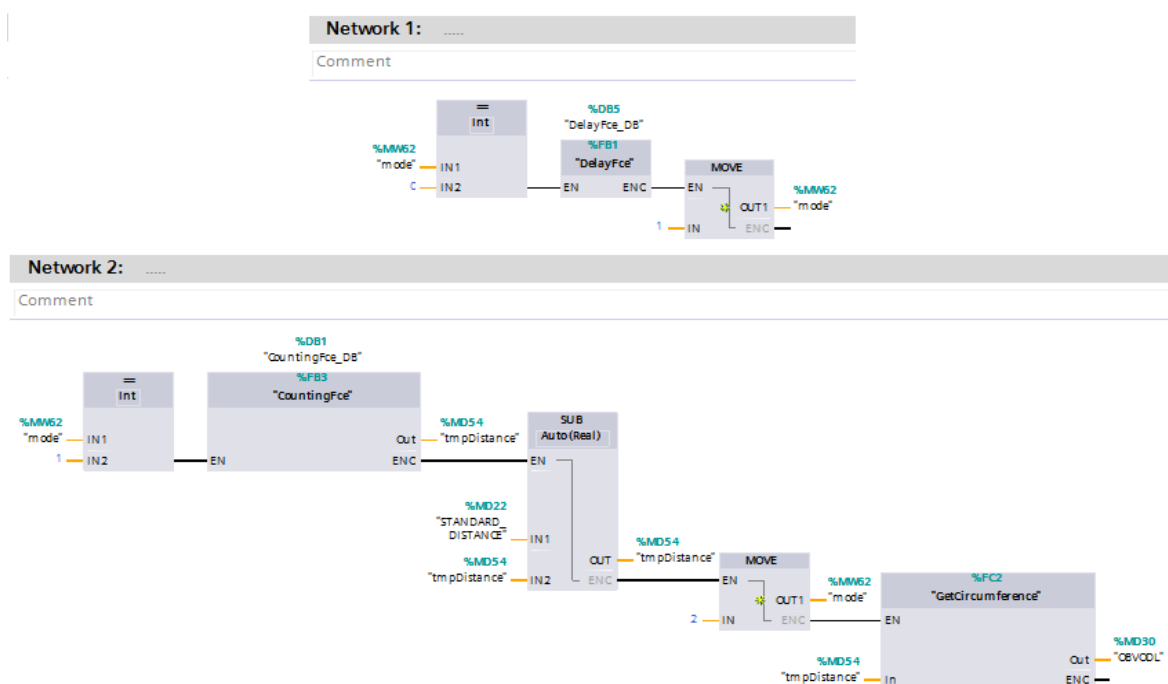
Obr. 25: Funkce GetValue



Obr. 26: Naměřený proud při vzdálenosti snímače přibližně 100 mm

Funkční blok MeasurementFce slouží pro provedení průměru s naměřených hodnot a následného vypočítání obvodů ve stanovených místech na surovém plášti.

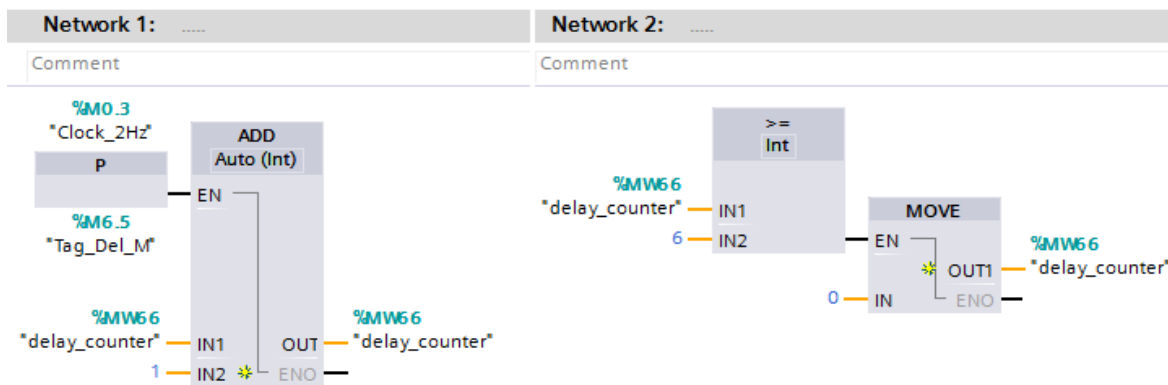
První řetězec začíná porovnáním obsahu proměnné Mode s hodnotou 0, pokud se rovnají, dojde k zavolání funkčního bloku DelayFce. Následně provede uložení hodnoty 1 do proměnné Mode. Druhý network opět začíná porovnáváním Mode tentokrát s hodnotou 1. Opět následuje volání datového bloku, tentokrát ovšem CountingFce. Tento datový blok vrací hodnotu tmpDistance, což je průměrná hodnota vzdálenosti senzoru od měřeného předmětu. Následně dojde k odečtení této hodnoty od hodnoty proměnné STANDARD\_DISTANCE, která je vypočítaná v HMI jako součet na operátorském panelu zadané hodnoty délky kalibračního standardu a jeho okamžité vzdálenosti od senzoru. Výsledná hodnota z odpočtu je opět zapsána do tmpDistance. V dalším kroku dojde ke změně hodnoty Mode na 2 a dojde k zavolání funkce GetCircumference, která v tomto networku vrátí hodnotu obvodu levého ramene. Tato hodnota je zapsána do proměnné OBVODL. Tyto dva řetězce jsou znázorněny na Obr. 27 a v tomto datovém bloku se ještě dvakrát opakují. To z důvodu nutnosti měření obvodu pneumatiky ve 3 místech. Rozdíly mezi opakujícími se řetězci jsou v postupném zvyšování hodnoty Mode a ukládání obvodů do proměnných OBVODS a OBVODR. Poslední sedmý řetězec je naprosto totožný s prvním, jen je proměnné Mode nastavena hodnota 0, kvůli možnosti opětovného začátku vyhodnocování.



Obr. 27: Opakující se část datového bloku MeasurementFce

Funkční blok DelayFce je znázorněn na *Obr. 28* a slouží pro vytváření časového prostoru pro pomyslné přesuny snímače vzdálenosti do potřebných poloh.

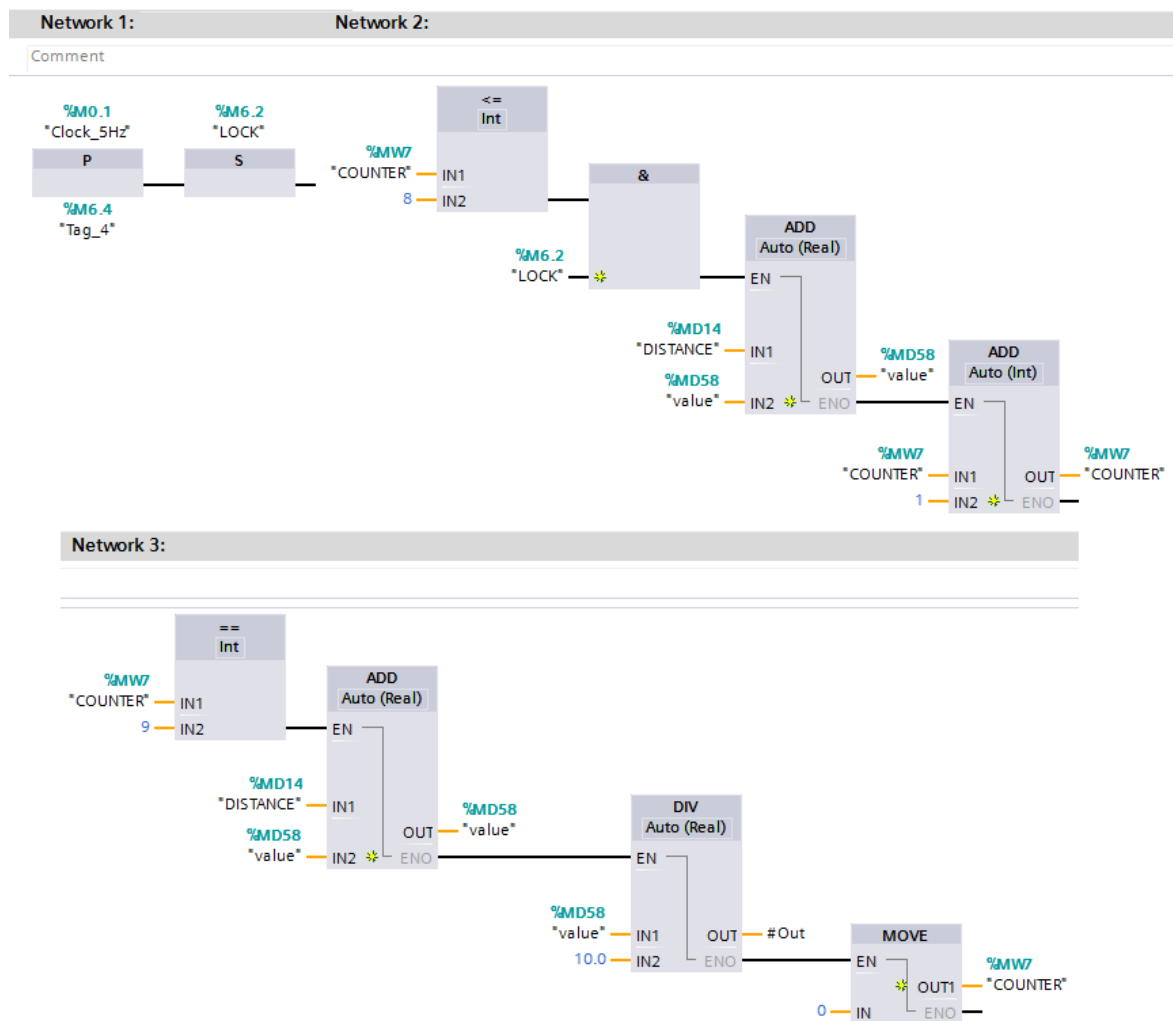
První řetězec funkčního bloku obstarává inkrementaci proměnné delay\_counter dvakrát za vteřinu, tedy s frekvencí 2 Hz. Následný řetězec se stará o porovnání proměnné delay\_counter s hodnotou 6, jakmile se rovnají, dojde k přepsání hodnoty proměnné delay\_counter na 0. Tento datový blok tedy poskytuje zpoždění 3,5 sekundy.



*Obr. 28: Funkční blok zajišťující zpoždění 3,5 sec*

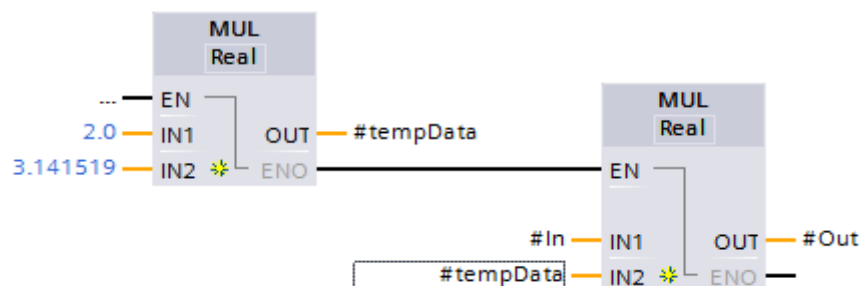
Funkční blok CoutinFce viz *Obr. 29* slouží pro výpočet průměrné hodnoty vzdálenosti senzoru od snímaného tělesa a také pro zajištění časových rozestupů mezi čtením hodnoty této vzdálenosti.

Provádění instrukcí v tomto funkčním bloku začíná nastavováním proměnné LOCK střídavě do hodnoty 0 a 1 s frekvencí 5 Hz. V druhém networku je porovnávána hodnota proměnné COUNTER s číslem 8. Pokud je counter menší nebo roven, pokračuje provádění programu do logického operandu AND, v němž, když se sejde log. 1 ze splnění předchozí podmínky a log. 1 v proměnné LOCK, dojde k součtu hodnoty okamžité vzdálenosti senzoru s předchozí hodnotou vzdálenosti senzoru a uložení do proměnné value. Následně je provedeno navýšení hodnoty proměnné COUNTER o 1. Tento network je proveden devětkrát. Ve třetím řetězci je provedeno porovnání hodnoty COUNTER s konstantou 9. Pokud se COUNTER rovná 9, dojde k poslednímu desátému přičtení okamžité vzdálenosti senzoru uložené v proměnné DISTANCE s již sečtenými devíti hodnotami vzdálenosti v proměnné value, tato hodnota je znovu uložena do value. Hodnota value je následně podělena počtem měření, tedy 10 a tím je získána hodnota průměrné vzdálenosti senzoru, která je rovněž výstupním parametrem funkce. Poslední operace provedená v tomto řetězci je přiřazení proměnné COUNTER hodnotu nula.



*Obr. 29: Funkční blok CoutinFce*

GetCircumference je velice jednoduchá funkce pro výpočet obvodu. Celá funkce se vešla do jednoho řetězce a je znázorněna na *Obr. 30*. V první operaci provede vynásobení hodnoty  $\pi$  dvěma a následně je výsledná hodnota vynásobena s průměrnou hodnotou vzdálenosti. Výsledek je předán výstupu.



Obr. 30: Funkce pro výpočet obvodu

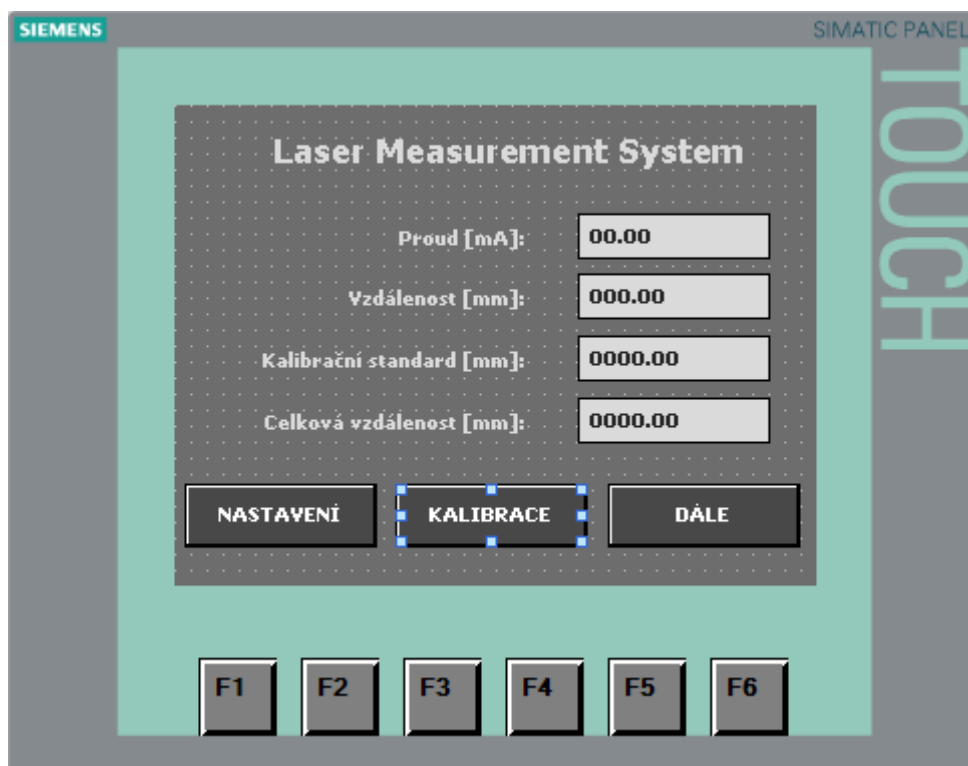


### 8.3 HMI aplikace

Funkční pracovní rozhraní mezi člověkem a strojem bylo vytvářeno se snahou docílit co možná nejvyšší jednoduchosti, přehlednosti a intuitivnosti ovládání. Vizualizace byla vytvářena tak, aby nebyla obsluha stroje nucena zadávat zbytečné parametry, také nebyla zahlcena nadbytečným množstvím informací a přitom celé zařízení spolehlivě plnilo všechny úlohy, které na něj byly kladeny.

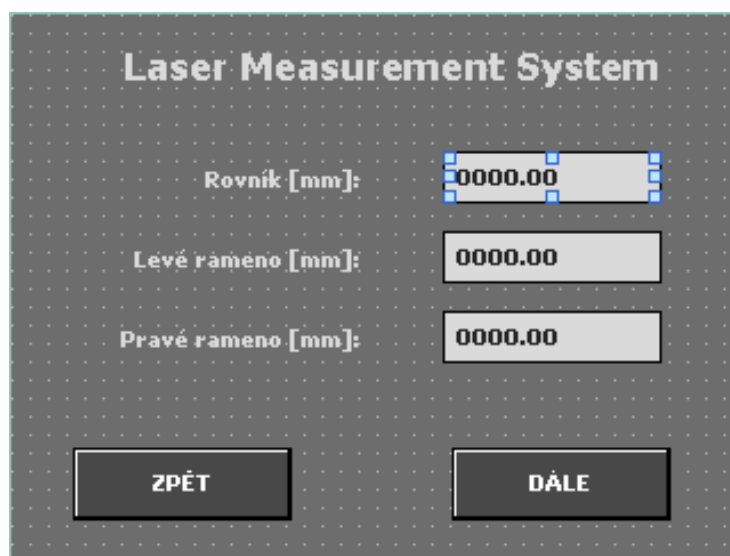
Tvorba vizualizačního prostředí spočívá v přidávání výrobcem vytvořených zobrazovacích prvků a specifikaci jejich parametrů. Vlastnímu prostředí byla přiřazena šedá barva pozadí a celá vizualizace technologie je rozložena do tří obrazovek. Zajištění ovládání a informovanosti obsluhy měřicího systému je realizováno prostřednictvím vložených tří druhů objektů (tlačítek, textových polí a vstupně výstupních polí).

Zařízení bylo pojmenováno Laser Measurement System. Jeho první obrazovka viz *Obr. 31* slouží pro nastavení základních parametrů nutných pro měření obvodu a informování o připravenosti systému. Jsou zde použita textová pole pro označení hodnot ve vstupně výstupních polích a 3 tlačítka pro ovládání systému. První vstupně výstupní pole bylo nastaveno pouze jako vstupní a každých 100 ms je synchronizováno s PLC proměnnou CURRENT. Naprosto stejné nastavení platí pro I/O pole označeném vzdálenost, s tím rozdílem, že je synchronizováno s proměnnou DISTANCE. Třetí pole je naopak nastaveno jako vstupní a slouží pro zadání délky kalibračního standardu v milimetrech, tato délka je následně zapsána do proměnné CALIB\_STANDARD. Tato délka je zadávána prostřednictvím softwarové dotykové klávesnice zobrazující se po klepnutí na třetí I/O pole. Poslední pole je opět polem pouze zobrazovacím, jehož HMI tag je proměnná STANDARD\_DISTANCE, jež synchronizovaná se stejnojmennou proměnnou v PLC. Tlačítko nazvané NASTAVENÍ slouží pro ukončení měřicího programu a zobrazení domovského konfiguračního prostředí HMI. Stisknutím tlačítka KALIBRACE dojde k zavolání funkce LinearScaling ( $Y=a*X+b$ ). Funkce je počítána přímo na HMI a jsou jí přiřazeny parametry  $a=1$ ,  $X= \text{CALIB\_STANDARD}$ ,  $b=\text{DISTANCE}$ , výsledná hodnota  $Y$ , tedy celková vzdálenost senzoru od osy otáčení surového pláště je uložena do proměnné STANDARD\_DISTANCE. Poslední dotykové tlačítko dostalo název dále a slouží pro přechod na další obrazovku měřicího systému.



Obr. 31: První obrazovka v prostředí TIA Portal

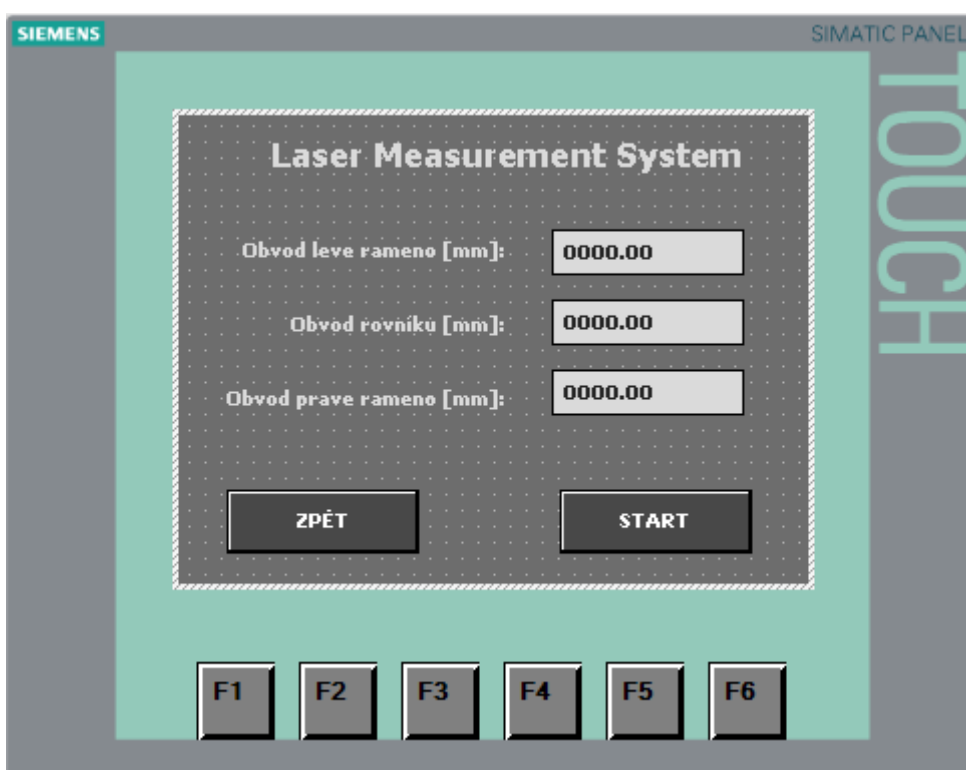
Druhá obrazovka viz Obr. 32 je použita pro zadávání poloh, ve kterých má být provedeno měření obvodu. Kvůli tomu je vybavena třemi I/O poli nastavenými jako vstupy, do nichž jsou pomocí dotykové klávesnice nastavovány přesné hodnoty polohy snímače pro rovník a ramena. Tyto hodnoty jsou následně synchronizovány se stejnojmennými proměnnými v PLC. Obrazovka je také vybavena tlačítky zpět a dále pro přesun k předchozí a další obrazovce.



Obr. 32: Druhá obrazovka návrhu měřicí aplikace

Třetí obrazovka je znázorněna na *Obr. 33*, slouží pro ruční spouštění měření obvodů surového pláště a je určena k zobrazování naměřených hodnot jednotlivých obvodů surového pláště.

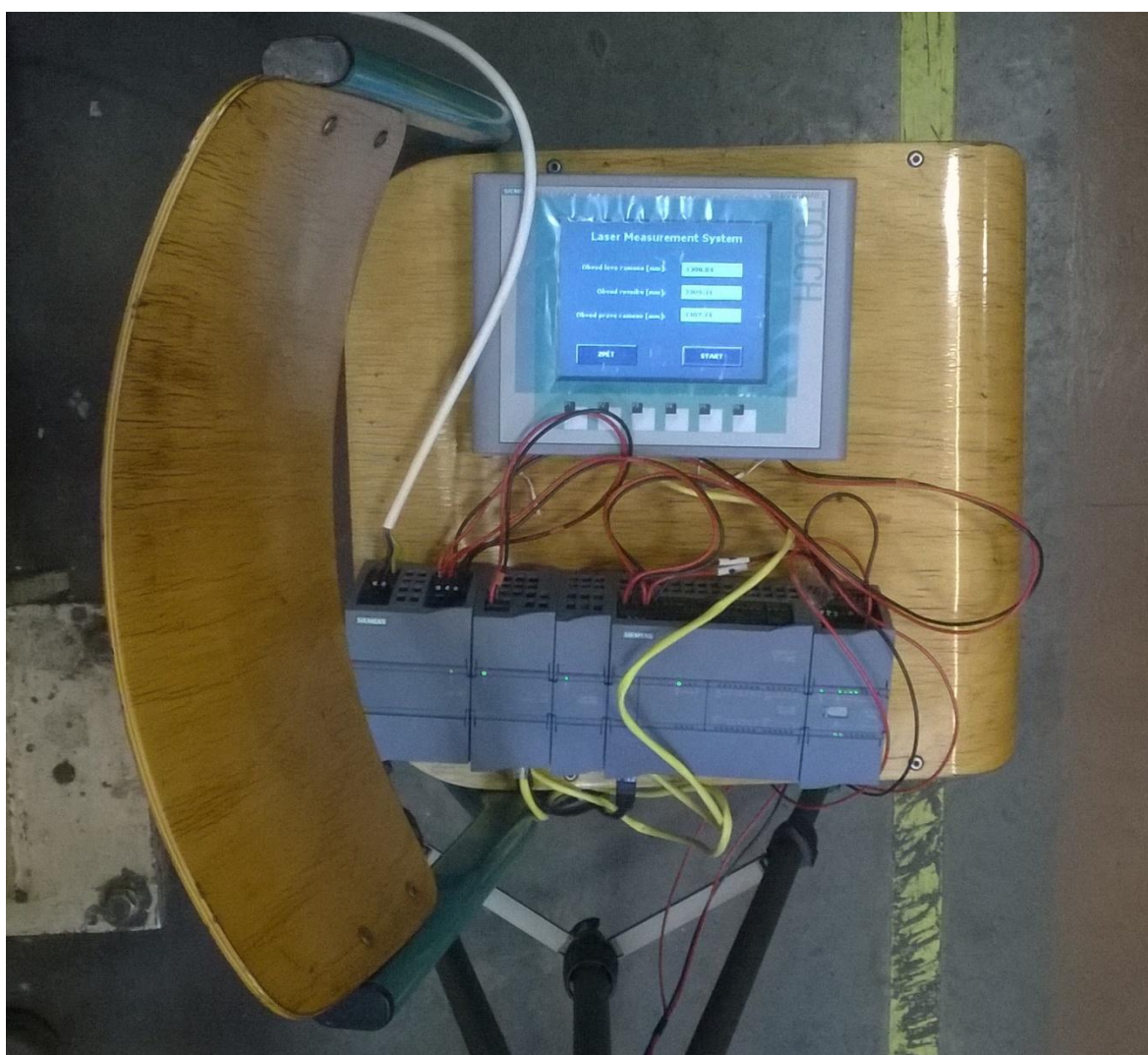
Tato obrazovka je tedy osazena dvěma tlačítky a třemi I/O poli. První tlačítko slouží pro pohyb na předchozí obrazovku. Druhé ke spouštění měření obvodů, tzn. nastavením hodnoty 1 do proměnné START. Stisknutím tohoto tlačítka se rovněž nastaví hodnoty HMI tagů obvodů na 0, čímž dojde k odstranění hodnot předchozího měření z obrazovky. Jednotlivá pole jsou synchronizována každých 100 ms s jednotlivými proměnnými obvodů, které jsou plněny prostřednictvím funkce MeasurementFce v PLC.



*Obr. 33: Třetí obrazovka návrhu měřící aplikace v TIA Portal 2013*

## 9 LASER MEASUREMENT SYSTEM

Systém bezdotykového měření obvodu surového pláště pneumatiky na *Obr. 34* byl vyvinut za účelem zvýšení efektivity práce, včasného odhalení anomálií ve výrobku a tím snížení následné zmetkovitosti. Systém je navržen s takovou hardwarovou konfigurací, aby byl schopen přizpůsobování se změnám požadavků výroby v budoucnosti. Zařízení je postaveno na jak softwarové, tak i na hardwarové platformě totožné se systémy běžně používanými v provozu Barum Continental s.r.o. Z tohoto důvodu odpadají problémy s případnou údržbou nebo servisem zařízení. Vlastní zařízení je v podstatě bezúdržbové.



*Obr. 34: Testovací měření v prostředí provozu Barum Continental s.r.o.*

### 9.1 Měření

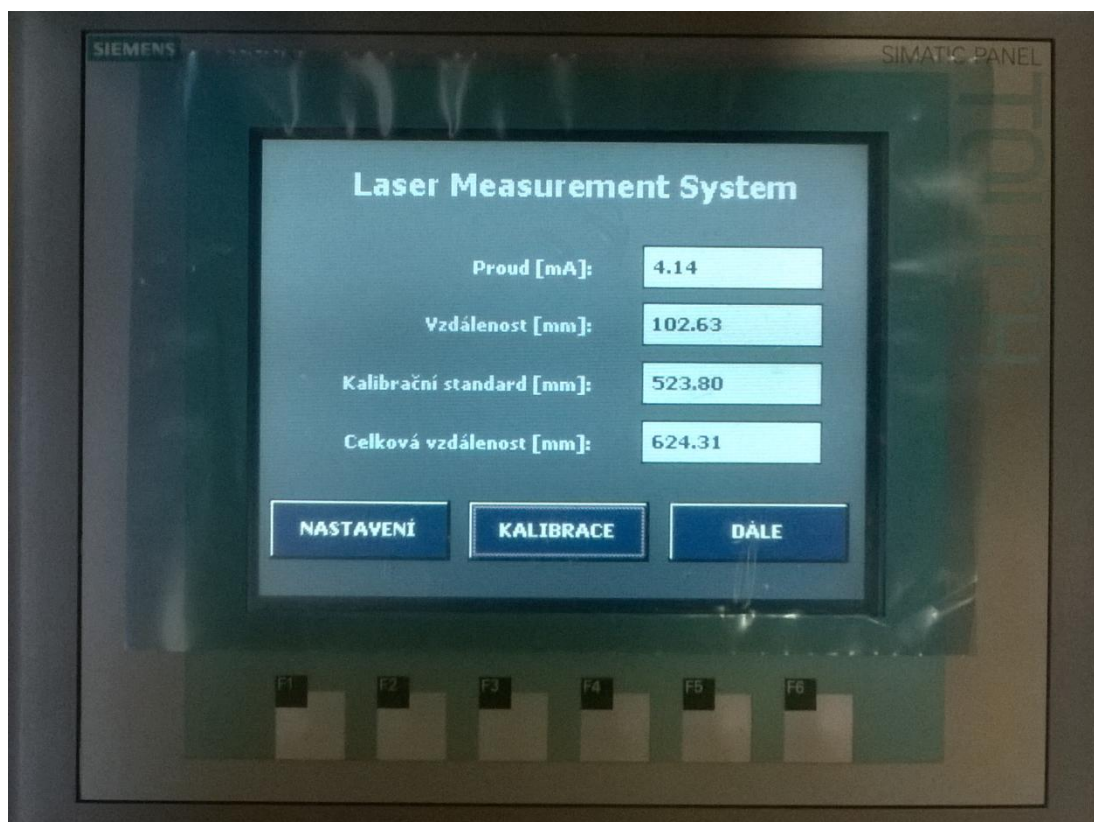
Testování funkce navrženého zařízení bylo realizováno v průmyslových podmínkách provozu Barum Continental s.r.o. v Otrokovicích na konfekčním stroji SAV43 za plného

provozu dne 5.5.2014. Snímač zařízení byl upevněn na stativ viz *Obr. 35* a byl namířen přesně na střed hřídele, na němž se otáčela surová pneumatika ve vzdálenosti 100 mm, následně bylo provedeno označení poloh nohou stativu. Stativ se snímacím prvkem totiž v některých fázích výrobního procesu zavazí obsluze a transportnímu prstenci. Protože testování probíhalo v plném provozu a nebyl k dispozici kalibrační standard, bylo provedeno kalibrování měřicího systému přímo na rotujícím surovém plášti, a to tak, že byla vypočítána hodnota poloměru z hodnoty obvodu dané předpisem v rovníku. Tedy  $O/2\pi=r$ ,  $3290/2*\pi=523,80$  vypočítaná hodnota byla zadána do pole Kalibrační standard znázorněnému na *Obr. 36* a bylo zmáčknuto tlačítko kalibrace. Další obrazovka byla záměrně přeskočena z důvodu absence portálové osy a tedy nemožnosti polohování snímače. Na poslední obrazovce bylo zmáčknuto tlačítko pro ruční start měření. Naměřené hodnoty z testovacího měření jsou znázorněny na *Obr. 37*.

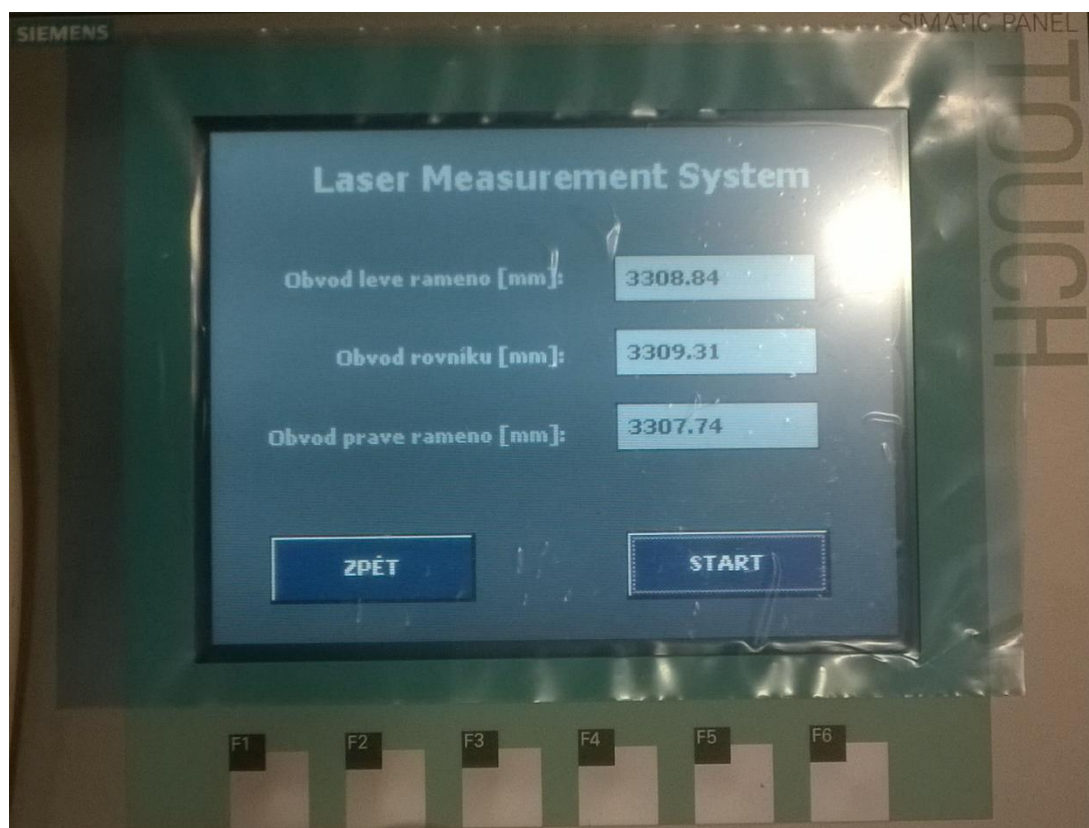


*Obr. 35: Snímač vzdálenosti při měření obvodu rovníku surového pláště*





Obr. 36: Nastavení délky kalibračního přípravku na operátorském panelu



Obr. 37: Naměřené hodnoty průměrů rovniku získané v prvním měření

Vlastní měření obvodu surového pláště proběhlo celkem na třech vzorcích, a to jak pomocí tohoto laserového měřicího systému, tak i stávající metodou pomocí svinovacího metru, aby byly naměřené hodnoty s čím porovnávat. Protože při měření nebylo k dispozici polohovací zařízení, byly všechny naměřené obvody získány na obvodu v rovníku.

*Tab. 2: Naměření hodnoty dvěma metodami a hodnota předpisu*

Číslo měření	Obvod levé rameno [mm]	Obvod pravé rameno [mm]	Obvod rovníku [mm]	Průměrný obvod (L,P,R) [mm]	Obvod rovník ruční metoda [mm]	Obvod rovník předpis [mm]
1	3398,84	3307,74	3309,31	3338,63	3292	3290
2	3304,77	3326,7	3323,06	3318,18	3293	3290
3	3306,82	3341,23	3305,42	3317,82	3292	3290

Tolerance předpisu je stanovena na  $\pm 8$  mm. Hodnoty v tabulce naměřené pomocí navrhovaného systému se do této tolerance nevlezou, kdežto metoda používající svinovací metr ano. Průměrná odchylka kolem 30 mm na obvodu a jednotlivé naměřené obvody se vzájemně poměrně liší, to může být způsobeno mnoha jevy. Problém s tím, že jsou všechny hodnoty posunuty stejným směrem, je způsoben kalibrací, tedy neznalostí přesné hodnoty vzdálenosti senzoru od osy otáčení. Tuto odchylku lze odstranit použitím takzvaného kalibračního standardu, pomocí něhož by bylo možné zjistit přesnou hodnotu vzdálenosti senzoru od středu osy otáčení. Ovšem rozptyl hodnot je způsoben především tím, že surový plášť nemá dokonale souvislý povrch, k čemuž také nemalou měrou přispívá, že měření probíhá při zavalování, tedy fixaci běhounu na kostru pneumatiky. Další problémy s odečítáním hodnot způsobují vlněním pneumatiky a vibrace hřídele, na němž se pneumatika otáčí. K minimalizaci tohoto druhu odchylek by bylo vhodné výrazně zvýšit počet měření vzdálenosti, naměřené hodnoty následně seřadit podle velikosti a odfiltrovat hodnoty s největšími odchylkami z obou stran. Tím by došlo k výraznému snížení chyby měření.

## 9.2 Ekonomická náročnost systému

Ekonomická náročnost systému, ač se to na první pohled nezdá, rozhodně není malá. Hardwarová struktura navržená v kapitole 7 je pouze měřicí systém. Ovšem aby mohl být použit v prostředí provozu, musí být doplněn o další prvky. První, a dalo by se říct také

nejdůležitější, je nosná konstrukce, na niž je nutné snímací systém připevnit. Nosná konstrukce musí být pro správnou funkci systému doplněna o pneumatické vertikální polohovací zařízení k dosažení optimální vzdálenosti senzoru od surového pláště při měření. Další nedílnou součástí nutnou pro zachování dlouhodobé funkčnosti je použití rozvaděčové skříně na zabudování systému a také různých lišt, kabelů, tlakových hadic a práce potřebné pro instalaci systému do výroby.

*Tab. 3: Předpokládané náklady na pořízení a instalaci systému*

Zařízení	Označení	Popis	Cena vč. DPH [Kč]
PLC	CPU 1214C DC/DC/DC, 6ES7214-1AG40-0XB0	Řídící jednotka systému	10 805
	CM 1241 RS422/485, 6ES7 241-1CH30-0XB0	Komunikační modul standardů RS485 a RS422	2 675
	SM 1234 AI/AQ, 6ES7 234-4HE32-0XB0	Modul analogových vstupů a výstupů	4 924
Switch	CSM 1277, 6GK7 277-1AA10-0AA0	Čtyřportový switch	1 964
HMI	KTP600 Basic color PN, 6AV6647-0AD11-3AX0	Dotykový 5.7" operátorský panel s 6 tlačítky	12 700
Zdroj	PM 1207, 6EP1332-1SH71	Napájecí zdroj DC 24 V/2.5 A	1 530
<b>Cena řídicí a vyhodnocovací části systému</b>			<b>30 598</b>
Snímač	OD2-P250W150IO	Optoelektronický snímač vzdálenosti	17924
	DOL-1208-G02MF	Dvoumetrový kabel s konektorem M12/8 pinů	813
<b>Cena senzoru s příslušenstvím</b>			<b>18737</b>
Polohovací systém	PAS41BRM0300A2, ILS1R572PB1AO	Lineární portálová osa s krokovým servomotorem	30492
	BKE JS-150-240/DIN	Spínaný stabilizovaný zdroj 24 V/6 A	4562
	Icla-Inst-Sada	Sada konektorů ILx	1004
<b>Cena polohovací části systému</b>			<b>36058</b>
<b>Celková cena měřicího systému</b>			<b>85 393</b>
<b>Předpokládané náklady na aplikaci systému do prostředí provozu Barum Continental s.r.o.</b>			<b>80000</b>
<b>Celkové náklady na pořízení systému</b>			<b>165 393</b>



## ZÁVĚR

Oblast rozšiřování automatizace je v dnešním světě čím dál důležitější. Nacházíme se v době, kdy je využití času pro lidskou práci dohnáno téměř k maximu, a proto jako jediné možné východisko neustálého boje s variabilními náklady je zvyšování podílu automatizace ve výrobních provozech.

Cílem práce bylo především navrhnout hardwarovou strukturu automatického bezdotykového měřicího systému, vytvořit návrh aplikace pro obsluhu systému a zhodnotit aspekty jeho realizace.

Práce navazuje na kvalifikační práce pánů Zapletala a Holíše, kteří se zabývali zařízením na bezdotykové měření obvodu rotujících objektů pro použití v průmyslovém prostředí Barum Continental s.r.o. v Otrokovicích, a reaguje na změnu požadavků společnosti. Požadavkem byla změna platformy vyhodnocovacího systému. Nové zadání tedy znělo, realizovat tento měřicí systém na softwarové a hardwarové platformě kompatibilní s technikou používanou v provozu Barum Continental s.r.o. Nové zadání a návštěva provozu jasně ukázaly na Siemens. Zařízení bylo vyvinuto tak, aby umožnilo nahradit stávající proces kontroly měření obvodu surového pláště pomocí svinovacího metru a zautomatizovat tento proces. V budoucnu by mělo dojít k jeho nasazení a rozšíření na všechny konfekční stroje.

Výsledná aplikace, respektive její řídicí část, byla realizována na PLC Siemens z řady SIMATIC S7 1200 a operátorského panelu z řady KTP600. Vlastní řídicí software byl vyvinut v prostředí TIA Portál, tak aby splňoval všechny potřebné funkce a zároveň bylo dosaženo maximálního komfortu ovládání měřicího systému. Funkčnost prototypu měřicího systému byla otestována v reálném provozu Barum continental s.r.o. a dopadla dle očekávání úspěšně. Odchyly v měření byly způsobeny především nemožností zjistit přesnou vzdálenost senzoru od středu osy otáčení pneumatiky, podmínkami plného provozu způsobujícími nutnost hýbat se senzorem a nedokonalostí povrchu rotujícího pláště pneumatiky. Tyto nejistoty lze odstranit kalibrací systému pomocí kalibračního přípravku, použitím konzoly pro polohování snímače s přesně danými polohami a změnu způsobu vyhodnocování naměřených vzdáleností pomocí filtru, který odstraní hodnoty s extrémní odchylkou.

Ukládání naměřených hodnot v navrženém systému je poměrně komplikované, jednak systém nedisponuje příliš velkou pamětí vhodnou pro daný typ dat a také je poměrně

komplikované tato data následně lokálně vyzvednout. Problém s ukládáním dat lze vyřešit třemi způsoby. První je pouhé doplnění PLC o modul paměťových karet, do něhož by byla vložena karta, na niž by byl proveden zápis souboru s naměřenými daty. Druhé elegantnější řešení je propojit PLC pomocí síťového kabelu s IPC DataLab, který slouží pro bezdotykový měřicí systém nainstalovaný na jednom konfekčním stroji. IPC by mohlo provádět čtení dat z PLC po každém měření. Poslední řešení počítá s rozšířením podnikové sítě až k PLC, v tomto případě by CPU měřicího systému po každém měření provedlo odeslání dat na podnikový server. Na serveru by došlo k uložení dat v příslušném formátu do databáze a posléze také k jejich zpracování. Tato varianta je výhledem do budoucna, kdy dojde ke kompletnímu zasíťování provozu jak za účelem shromažďování dat, tak za účelem zavedením centrálního řízení celého provozu.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZELENKA, Antonín a Ladislav ŠMEJKAL. Projektování výrobních procesů a systémů. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 135 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [2] SCHINDLER, Jiří a Ladislav ŠMEJKAL. Nástroje automatizovaného projektování, řízení projektů a systémové integrace informačních systémů CASE/4/0, Superproject 2.0, UNIX E-mail. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1994, 135 s. ISBN 80-707-8209-9.
- [3] HRUŠKA, František. Projektování řídicích a informačních systémů. Učební texty. 1.vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2010, s.175. ISBN 978-80-7318-979-2.
- [4] Control web 2000. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 382 s. ISBN 80-722-6258-0.
- [5] SIEMENS. Manuál WinCC flexible 2008 [online]. 2008 [cit. 2014-02-07]. Dostupné z: [http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data\\_files/automatizacni\\_systemy/systemy\\_pro\\_ovladani\\_a\\_vizualizaci/vizualizacni\\_software/simatic\\_wincc\\_flexible/\\_manualy/manual\\_wincc-flex-2008-stand-adv-com\\_07-2008\\_en.pdf](http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/systemy_pro_ovladani_a_vizualizaci/vizualizacni_software/simatic_wincc_flexible/_manualy/manual_wincc-flex-2008-stand-adv-com_07-2008_en.pdf).
- [6] JANČÍK, Jaroslav. ZAT. *Když se řekne automatizace: Co je to automatizace?*. 2009. Dostupné z: [http://www.zat.cz/cs/ke-stazeni/dokumenty/doc\\_details/343-kdyz-se-rekne-automatizace](http://www.zat.cz/cs/ke-stazeni/dokumenty/doc_details/343-kdyz-se-rekne-automatizace)
- [7] SERAFÍN, Čestmír. *Automatizace: Co je to automatizace?*. 2011, 29 s. Dostupné z: <http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CEQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.kteiv.upol.cz%2Fuploads%2Fsoubory%2Fs Serafin%2Fmechatronika%2F3-Automatizace.ppt&ei=vcEQU9mKPKa44ASXhIHoBg&usg=AFQjCNFuJYx4i-VVovZxmS7yKfu-yepfRw&bvm=bv.62286460,d.bGE>
- [8] VAVŘIŇÁK, Petr a Anna ŘEHOVÁ. *AUTOMATIZACE: ZÁKLADNÍ POJMY AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ*. Ostrava, 2006, 67 s. Dostupné z: [http://www.sse-najizdarne.cz/dokumenty/studijni\\_materialy/automatizace.pdf](http://www.sse-najizdarne.cz/dokumenty/studijni_materialy/automatizace.pdf)
- [9] Co je to automatizace: automatizace. AUKUSO AUTOMATION. *Aukuso* [online]. 2009 [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <http://aukuso.cz/automatizace-11/>
- [10] 1.1.2 STUPNĚ AUTOMATIZACE: Automatizace I, II, A III stupně. KOZÁREK, Luděk. *COPTTEL: MECHATRONIKA* [online]. 22.3.2011 [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <http://copttel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=18570&docGroup=-1&cmd=0&instance=2>

- [11] BUCHTA, Luděk. *ŘÍZENÍ A VIZUALIZACE TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ S VYUŽITÍM PRŮMYSLOVÉHO PC*. Brno, 2010. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. Martin Dvořáček.
- [12] SLOVÁČEK, ANTONÍN. *VIZUALIZACE RÍDÍČÍHO SYSTÉMU PRO INTELIGENTNÍ DUM A JEHO OKOLÍ*. BRNO, 2010. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. VYSOKÉ UCENÍ TECHNICKÉ V BRNE. Vedoucí práce Ing. Luděk Chomát.
- [13] Mii: Programový systém Control Web. MORAVSKÉ PŘÍSTROJE. *Co je Control Web* [online]. 2010 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=380&cat=146&lang=405>
- [14] Mii. MORAVSKÉ PŘÍSTROJE. O společnosti [online]. 2014 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/cat?id=8&lang=405>
- [15] Mii: Programový systém Control Web. MORAVSKÉ PŘÍSTROJE. *Control Web – všestranný pomocník pro tvůrce aplikačních programů* [online]. 2011 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.mii.cz/art?id=770&cat=146&lang=405>
- [16] Moravské přístroje. Mii. [Online] [Cited: 24. 03. 2014] <http://www.mii.cz/download/doc/cw5cz.pdf>
- [17] Reliance: Produkty. RELIANCE. *SCADA/HMI systém Reliance 4: Co znamená SCADA/HMI?* [online]. 2014 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.reliance.cz/cs/products/what-does-scada-hmi-mean>
- [18] SIEMENS. *Siemens: Vizualizační software* [online]. 2014 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/?ctxnh=7698ba9221&ctxp=home>
- [19] Siemens. SIEMENS. *STEP 7* [online]. 2014 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/?ctxnh=bfadced791&ctxp=home>
- [20] ZAPLETAL, Jan. *Zařízení pro měření polohy a jejich aplikace*. Zlín, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Jiří Pálka.
- [21] PRŮMYSLOVÉ POČÍTAČE. IPC AUTOCONT. *Ipc autocont* [online]. 2011 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: <http://www.autocont-ipc.cz/products.aspx?cat=11>
- [22] Průmyslové počítače - robustní a spolehlivé. NOAX. *Noax technologies* [online]. 2012 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: <http://www.noax.com/cz/>
- [23] PLC a ich programovanie. *Posterus* [online]. 2010 [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <http://www.posterus.sk/?p=6903>
- [24] Řídicí systémy: PLC. *E-automatizace* [online]. 2004 [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: [http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici\\_systemy\\_akcni\\_cleny/R\\_PLC.html](http://www.e-automatizace.cz/ebooks/ridici_systemy_akcni_cleny/R_PLC.html)

- [25] Edumat. In: *Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic* [online]. 2007 [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: [http://www.edumat.cz/texty/Programovani\\_IEC61131-3.pdf](http://www.edumat.cz/texty/Programovani_IEC61131-3.pdf)
- [26] Spszl. In: KOVÁŘ, Josef, Zuzana PROKOPOVÁ a Ladislav ŠMEJKAL. *Programování PLC* [online]. 2009 [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: [http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani\\_plc.pdf](http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_plc.pdf)
- [27] Mikrokontroléry PIC. *Co je to mikrokontrolér?* [online]. 2012 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://mikrokontrolery-pic.cz/zaciname/co-je-to-mikrokontroler/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

IT	Informační technologie (information technology)
2D	Dvourozměrný (dvoudimenzionální)
3D	Trojrozměrný (trojdimenzionální)
LCD	Displej z tekutých krystalů (liquid crystal display)
HW	Technické vybavení počítače (Hardware)
PC	Osobní počítač (personal computer)
IPC	Průmyslový počítač (Industrial PC)
SCADA	Dispečerské řízení a sběr dat (supervisory control and data acquisition)
PLC	Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller)
HTML	Hypertextový značkovací jazyk (hypertext markup language)
HMI	Rozhraní mezi člověkem a strojem (Human-machine interface)
HTTP	Protokol pro výměnu hypertextových dokumentů (Hypertext Transfer Protocol)
TIA	Software integrující automatizaci Siemens (totally integrated automation)
DIN	Nosná lišta pro elektroniku
RTOS	Operační systém reálného času (real-time operating systém)
CPU	Základní jednotka systému (central processing unit)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Struktura systému Control Panel [13] .....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 2: Vývojové prostředí Control Web 7 [16] .....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 3: prostředí TIA Portál V12 [18] .....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 4: Mikrokontrolery PIC a jejich hardwarová struktura [27] .....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 5: Siemens SIMATIC S7-1200 s binárními moduly[19] .....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 6: Kompaktní a robustní box počítačů DataLab PC [14] .....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 7: Vývojový diagram jednoduché bezpečnostní aplikace pro PLC .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 8: Druhý stupeň SAV43 se znázorněným stávajícím bezdotykovým měřicím systémem.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 9 Snímač Sick OD2-P250W150I0 .....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 10: Portálová osa Berger Lahr PAS 41 BR a pohon ILS1M572PB1A0 .....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 11: Zdroj BKE JS-150-240/DIN.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 12: CPU 1214C DC/DC/DC s kartou SB 1231 RTD .....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 13: Signálový analogový modul SM 1234 AI/AQ.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 14: Komunikační modul CM 1241 RS422/485 .....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 15: Čtyř portový Switch CSM 1277.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 16: HMI KTP600 Basic color PN .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 17: Výkonový zdroj PM 1207 .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 18: Schéma zapojení včetně připojení k SAV 4 .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 19: Reálné zapojení laserového měřicího systému.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 20: Hardwarová konfigurace projektu v TIA 2013 .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 21: propojení HMI a PLC .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 22: Vývojový diagram aplikace pro bezdotykové měření obvodu surového pláště.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 23: Programové bloky .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 24: Posloupnost v programovém bloku Main bez RS-485 .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 25: Funkce GetValue .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 26: Naměřený proud při vzdálenosti snímače přibližně 100 mm .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 27: Opakující se část datového bloku MeasurementFce.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 28: Funkční blok zajišťující zpoždění 3,5 sec .....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 29: Funkční blok CoutingFce .....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 30: Funkce pro výpočet obvodu .....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 31: První obrazovka v prostředí TIA Portal .....</i>	<i>50</i>

<i>Obr. 32: Druhá obrazovka návrhu měřicí aplikace .....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 33: Třetí obrazovka návrhu měřicí aplikace v TIA Portal 2013 .....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 34: Testovací měření v prostředí provozu Barum Continental s.r.o. ....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 35: Snímač vzdálenosti při měření obvodu rovníku surového pláště .....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 36: Nastavení délky kalibračního přípravku na operátorském panelu .....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 37: Naměřené hodnoty průměrů rovníku získané v prvním měření .....</i>	<i>54</i>



**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1: Elementární datové typy .....</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 2: Naměření hodnoty dvěma metodami a hodnota předpisu .....</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 3: Předpokládané náklady na pořízení a instalaci systému .....</i>	<i>56</i>