


Bezdotykové měření obvodu pneumatik během výrobního procesu

Bc. Jakub Zdražil

Diplomová práce
2014

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	Bc. Jakub Zdražil
Osobní číslo:	A12335
Studijní program:	N3902 Inženýrská informatika
Studijní obor:	Bezpečnostní technologie, systémy a management
Forma studia:	prezenční
Téma práce:	Bezdotykové měření obvodu pneumatik během výrobního procesu
Téma anglicky:	The Non-Contact Measurement of Tyre Circumferences During Industrial Production

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma bezdotykového měření vzdálenosti.
2. Seznamte se se stávajícím zařízením pro měření obvodu surových pneumatik ve firmě Barum.
3. Proveďte analýzu stávajícího způsobu měření vzdálenosti a srovnajte s požadavky na kvalitu vyráběného výrobku.
4. Navrhněte a optimalizujte způsob měření obvodu pneumatik za účelem jeho zpřesnění.
5. Vytvořte program v prostředí ControlWeb pro automatické měření obvodu pneumatik, jehož součástí bude i statistické vyhodnocení a archivace dat.
6. Zhodnoťte Vámi navržený systém, vyznačte slabá místa a navrhněte další možná vylepšení.

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_o_flex-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 je výsledkem návrhu a realizace projektu bezkontaktního měření obvodu surového pláště pro firmu Continental Barum s.r.o. Teoretická část zpracovává na toto téma literární rešerši a seznamuje se stávajícím zařízením včetně všech souvisejících aspektů. Praktická část této práce se pak zaměřuje na tvorbu finální řídicí aplikace, analýzu dat a návrh optimalizací pro zpřesnění měřicího systému.

Cílem této práce bylo tedy především optimalizovat měřicí systém tak, aby byl schopný automatizovaného provozu na konfekčním stroji SAV 4.

Klíčová slova: bezkontaktní měření, laser, plášť, ControlWeb, optoelektronický senzor, IPC, měření obvodu, pneumatika

ABSTRACT

This dissertation is a result of proposal and project execution of contactless measurements of crude tire girth for Continental Barum co. The theoretical part processes literature search for that matter and introduces current equipment including all related aspects. The practical part of this dissertation then focuses on creation of a final control application, data analysis and optimization concept for measuring system specification.

The purpose of this dissertation was to mainly optimize the measuring system so the system would be able to operate automatically on processing machine SAV 4.

Keywords: non-contact measurement, laser, tire, ControlWeb, optoelectronic sensor, IPC, measurement circuit, pneumatic

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce panu Ing. Milanovi Navrátilovi, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení, bez kterých by tato práce nevznikla. Také bych rád poděkoval firmě Continental Barum s.r.o. za ochotu a vstřícné jednání při realizaci projektu.

V neposlední řadě bych rád poděkoval mé rodině za to, že mi umožnila dokončit má studia a byla mi vždy oporou.

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

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 BEZDOTYKOVÉ MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI	11
1.1 SNÍMACÍ PRVEK.....	11
1.1.1 Fyzikální princip	11
1.1.2 Druhy senzorů	11
1.1.2.1 Kapacitní snímače.....	12
1.1.2.2 Ultrazvukové snímače.....	14
1.1.2.3 Optoelektronické snímače.....	16
1.1.2.4 Konfokální snímače	18
1.2 POSUN PO LINEÁRNÍ OSE.....	19
1.2.1 Definice	20
1.2.2 Možnosti realizace	20
1.3 MĚŘENÍ OBVODU PNEUMATIKY	21
1.4 NEJISTOTY MĚŘENÍ A STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ DAT	23
1.4.1 Nejistoty měření	23
1.4.2 Statistické vyhodnocení	26
1.4.2.1 Základní pojmy	26
1.4.2.2 Metody statistiky pro vyhodnocení střední hodnoty.....	28
1.4.2.3 Grafické zobrazení dat	29
2 STÁVAJÍCÍ REALIZACE ZAŘÍZENÍ	33
2.1 KONFEKČNÍ STROJ SAV	33
2.2 POŽADAVKY FIRMY CONTINENTAL BARUM S.R.O.	34
2.3 SENZOR VZDÁLENOSTI	35
2.4 PRŮMYSLOVÝ POČÍTAČ	36
2.4.1 Definice	36
2.4.2 Aplikované IPC	36
2.4.3 Propojení	37
2.5 ZDROJ NAPÁJENÍ.....	38
2.6 PORTÁLOVÁ OSA	38
2.6.1 Zapojení.....	39
2.7 SCHÉMA ZAPOJENÍ MĚŘICÍHO SYSTÉMU.....	41
2.8 SOUČASNÁ PODOBA INSTALOVANÉHO ZAŘÍZENÍ	41
2.9 SOFTWARE PROSTŘEDÍ – CONTROL WEB	43
2.9.1 Specifikace systému	43
2.9.2 Pracovní prostředí	43
2.9.3 Možností řízení aplikace	45
2.9.4 Překlad v Control Webu.....	46
II PRAKTICKÁ ČÁST	48
3 ŘÍDICÍ SOFTWARE	49
3.1 TVORBA APLIKACE	49
3.1.1 Použité pracovní přístroje	49

3.1.1.1	Přístroj PANEL.....	49
3.1.1.2	Přístroj SWITCH	50
3.1.1.3	Přístroj LABEL.....	51
3.1.1.4	Přístroj STRING_DISPLAY	51
3.1.1.5	Přístroj ROUNDED_BOX.....	52
3.1.1.6	Přístroj METER.....	53
3.1.1.7	Přístroj BOX	53
3.1.1.8	Přístroj CONTROL.....	54
3.1.1.9	Přístroj ARCHIVER	55
3.2	NÁVRH APLIKACE.....	56
3.2.1	Původní verze.....	56
3.2.2	Aktuální verze	58
3.2.2.1	Vizualizace.....	58
3.2.2.2	Popis aplikace	61
4	ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT	64
4.1	VYHODNOCENÍ A OPTIMALIZACE DAT	65
4.1.1	Měření obvodu surového pláště	67
4.1.2	Vyvozené závěry	77
5	ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO SYSTÉMU	79
5.1	ZHODNOCENÍ.....	79
5.2	SLABÁ MÍSTA SYSTÉMU	80
5.3	NÁVRHY BUDOUCÍCH OPTIMALIZACÍ.....	80
	ZÁVĚR	82
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	84
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	87
	SEZNAM OBRÁZKŮ	89
	SEZNAM TABULEK.....	91

ÚVOD

Předmětem této práce bylo plynule navázat a dokončit práci na projektu, který v roce 2012 započal Bc. Jan Zapletal formou návrhu měřicího systému. Ten měl nahradit stávající a zastaralou formu měření obvodu surového pláště pneumatiky během výrobního procesu ve firmě Continental Barum s.r.o. Na pracovištích operátoři (obsluha) využívali svinovacích metrů pro kontrolu předepsaného rozměru obvodu pneumatiky. Jelikož byl nutný zásah lidského faktoru a průběh výroby nedovoloval, aby bylo možné měřit každou pneumatiku zvlášť, často docházelo k nepřesnostem a tím zvýšené zmetkovitosti. A tak se v roce 2013 díky spolupráci Univerzity Tomáše Bati s firmou Continental Barum s.r.o. začal projekt bezkontaktního měření obvodu surového pláště realizovat. Tohoto úkolu se chopil Ing. Josef Holiš, který navržené zařízení sestavil a provedl na něm základní měření a vytvořil pro něj testovací aplikaci. Hlavním úkolem této práce, pak bylo dílo mých kolegů dokončit a uvést jej do finálního provozu. Aby bylo možné tohoto docílit, bylo nutné ve spolupráci s vedoucím mé práce a konstruktéry firmy Barum zakomponovat systém do průmyslového prostředí, přepracovat stávající řídicí aplikaci, provést nezbytná měření, analýzy a následně celý systém zoptimalizovat tak, aby odpovídal požadavkům firmy.

Diplomová práce se člení na dvě hlavní části, teoretickou a praktickou. Teoretická část je dále rozdělena na dvě stěžejní kapitoly. První kapitola pojednává o problematice bezkontaktního měření vzdálenosti, kde se zaměřuje na technologie snímání prvků, možnostech realizace posunu po vodorovné ose a v neposlední řadě také měření rotujících předmětů. Druhá kapitola pak přibližuje podobu stávajícího zařízení, komponentů, které jsou v systému použity včetně jejich parametrů a prostředí ve kterém byl systém vytvořen. Uvedeny jsou také požadavky firmy na podobu měřicího systému.

Praktická část je rozvržena do tří kapitol. Kapitola „řídicí software“ popisuje, jak probíhal vývoj softwaru od jeho začátku, kdy na něm pracoval Ing. Holiš, až po jeho finální podobu, která řídí měřicí proces na konfekčním stroji SAV 4 nyní. Zejména je pak kladen důraz na použité nástroje, se kterými se v programovém prostředí pracovalo, vizuální podobu aplikace a její samotnou funkčnost. Následující kapitola se zaměřuje na vyhodnocení a analýzu dat, která byla naměřena a posloužila jako základ pro srovnání obou metod měření a také pro nutnou optimalizaci měřicího cyklu. V poslední kapitole je uvedeno celkové zhodnocení systému včetně jeho možných nedostatků, které by v budoucnu mohli být upraveny či uzpůsobeny a značně by tak přispěly k přesnosti měření.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 BEZDOTYKOVÉ MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI

Tato kapitola bude zaměřená na možnosti realizace měření vzdálenosti objektů prostřednictvím bezdotykových technologií se zaměřením na námi zvolenou aplikaci. Dále bude popsána metoda, při které bude vzhledem k měřením potřeba provádět posun po lineární ose s následným výpočtem obvodu rotující pneumatiky. Jelikož budeme v průběhu práce pracovat s naměřenými daty, budou taky uvedeny směrodatné odchylky a možnosti statistického zpracování.

1.1 Snímací prvek

Základní částí pro bezdotykové měření je prvek, který skrze různé fyzikální principy je schopen bez dotyku změřit vzdálenost, která je pak následně vyhodnocována a zpracovávána.

1.1.1 Fyzikální princip

Senzor je funkční prvek, který je v přímém styku s měřeným prostředím. Pojem „senzor“ je ekvivalentní pojmu snímač či detektor a jeho vlastní citlivá část je označována jako čidlo. Pro měřenou soustavu je senzor primárním zdrojem informace. Snímá fyzikální, chemické i biologické hodnoty a nejčastěji je převádí na elektrické signály jako je proud, napětí či kapacita. Převod může být pak buď na analogový signál či digitální (binární – dvou stavový). [1]

V dnešní době je ovšem čím dál častěji zaváděn trend ke sběrnicím. To znamená, že analogový signál se ještě v senzoru prostřednictvím integrovaného převodníku převede na signál digitální. Senzor pak komunikuje prostřednictvím určitého protokolu po některé ze standardních sériových sběrnic (RS485). [1]

1.1.2 Druhy senzorů

V průmyslovém prostředí senzory nejčastěji snímají teplotu, tlak, vzdálenost, otáčky apod. I podle těchto parametrů se pak liší jednotlivé druhy čidel, respektive jejich vhodné použití.

Mezi průmyslově nejpoužívanější můžeme zařadit tyto senzory:

- Odporové,

- kapacitní,
- indukční,
- optoelektronické,
- ultrazvukové,
- magnetické,
- jiné (konfokální, princip vířivých proudů atd.). [1], [3], [6]

Jejich využitelnost v praxi se pak liší podle jejich fyzikálních vlastností a principů, na kterých jsou založeny.

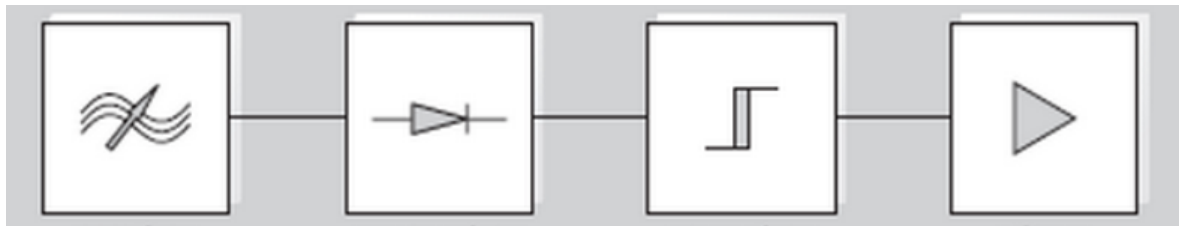
Vzhledem k povaze této práce, kde se zaměřujeme na snímání polohy neboli vzdálenosti měřeného objektu od čidla senzoru, budou uvedeny druhy, které se pro takovouto aplikaci budou nejlépe hodit.

1.1.2.1 Kapacitní snímače

Kapacitní senzory pracují na principu bezdotykového měření bez zpětného působení a s polovodičovým výstupem. Daná technologie umožňuje snímat vodivé ale i nevodivé materiály. Nejčastěji se s nimi v praxi setkáváme v aplikacích pro měření přiblížení (snímání nekovových materiálů, hlídání hladin kapalin a sypkých materiálů apod.). [1], [3]

Základní část kapacitního senzoru tvoří elektrický kondenzátor s proměnnou kapacitou. Často se neměří pouze kapacita, ale také impedance, tudíž je výrobcí také někdy nazývají jako impedanční nebo admitanční senzory. Samotná konstrukce snímače závisí na vodivosti měřeného média. Pokud budeme senzor aplikovat do prostředí, kde budeme měřit polohu elektricky nevodivého materiálu (pneumatika), využívá se kapacitní snímač, u něhož se změnou polohy média dojde ke změně dielektrika. [8]

Tedy krom samotného čidla se senzor skládá z kondenzátoru, RC oscilátoru, usměrňovače, amplitudového omezovače (filtru) a koncového výstupního stupně (viz obrázek 1.)



Obrázek 1 Blokové schéma kapacitního senzoru (zleva: oscilátor, usměrňovač, amplitudový filtr a koncový stupeň). [10]

Základním principiální vzorcem, ze kterého kapacitní senzory vychází je roven:

$$C = \varepsilon_0 * \varepsilon_r * \frac{S}{d} \quad (1)$$

Kde:

- C je kapacita kondenzátoru [F]
- S je účinná plocha elektrod [m²]
- d je vzdálenost elektrod [m]
- ε_0 je permitivita vakua [F*m⁻¹]
- ε_r je poměrná permitivita [H*m⁻¹]

[6], [12]

Změny kapacity senzoru při snímání měřeného objektu můžeme vyhodnocovat několika způsoby. Metody vyhodnocení změn kapacity senzoru jsou trojího typu:

- Místková metoda
- Rezonanční metoda
- Zpětnovazební obvodová metoda [12]

Kapacitní senzor, který má obvykle velkou impedanci, je s měřicím obvodem propojen speciálním měřicím kabelem nebo jsou elektronické vyhodnocovací obvody zabudovány přímo v hlavici snímače (dnešní podoba kapacitních senzorů). Snímač, jako celek, je tedy schopný na dálku přenášet analogově nebo číslicově signály k dalšímu zpracování. [8]

Zdroje rušení

Mezi hlavní zdroje rušení kapacitních snímačů, patří elektromagnetická střídavá pole, která může generovat například zářivka, magnetické ventily, tyristorové regulátory, rádiové

vysílače apod. Dalším rušivým zdrojem mohou být teplotní změny, vlhkost, prach a jiná znečištění povrchu senzoru, která mohou mít za následek změnu permitivity aktivní plochy. [1]

Kapacitní snímače nejsou v průmyslu příliš rozšířené především díky náchylnosti na možné rušivé vlivy, které se při výrobě často nedají eliminovat. Navíc „trpí“ jednou zásadní vlastností těchto senzorů a tou je nízká spínací frekvence. [1]

1.1.2.2 Ultrazvukové snímače

Za ultrazvuk můžeme obecně označit akustické vlny ve frekvenčním rozsahu nad hranicí lidské slyšitelnosti. Za horní hranici ultrazvuku se považuje frekvence 1 GHz a platí pro ně stejné zákony jako šíření pro člověka slyšitelného zvuku.

Zvuk vzniká chvěním hmoty, které předává ono chvění dalším hmotným částicím (např. vzduchu). Ve vzduchu nastane zhušťování a zředování vzduchu, které se šíří rychlostí zvuku c . Rychlost šíření ultrazvuku závisí na vlnové délce a frekvenci. [1], [3]

$$c = \lambda * f \quad (2)$$

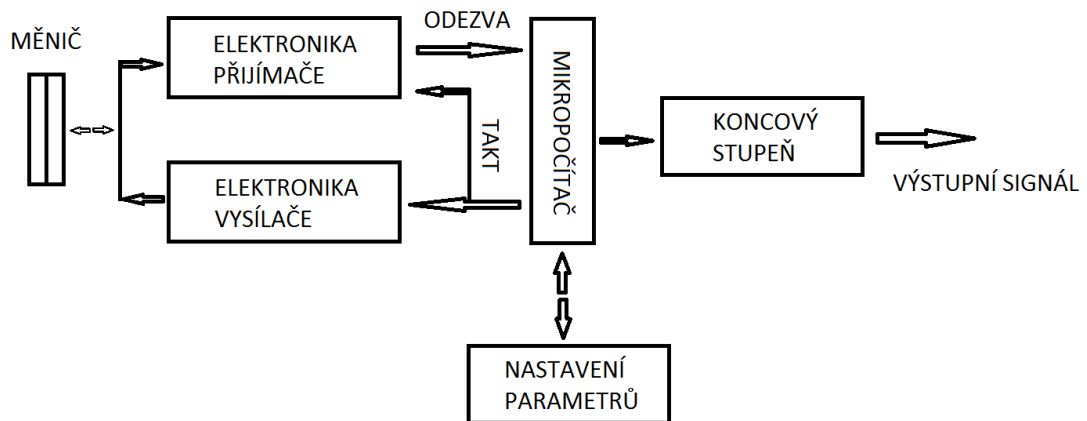
kde:

c rychlost šíření [m/s]

λ vlnová délka [m]

f frekvence [Hz]

Ultrazvukové senzory pracují na principu měření času odezvy. Respektive doby průchodu ultrazvukové vlny od vysílače přes odraz od měřeného objektu zpět k přijímači. Z naměřené doby se při známé rychlosti šíření vln v daném prostředí vypočítá vzdálenost. Ultrazvukový senzor se sestává z piezoelektrického měniče, jehož základem je piezoelektrický krystal, který má tu vlastnost, že při přivedení napětí mění své geometrické rozměry a tím mění energii elektrickou na mechanickou. Stejně tak pokud přivedeme na krystal energii mechanickou, přemění ji na energii elektrickou. Mimo piezoelektrický měnič je ultrazvukový senzor složen z vyhodnocovací elektroniky a koncového stupně (Obrázek 2). [1]



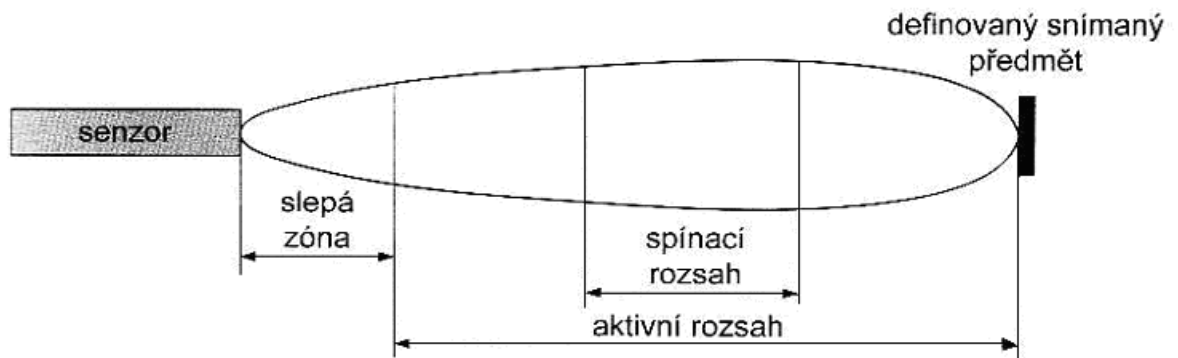
Obrázek 2 Blokové schéma jednohlavového ultrazvukového senzoru. [1]

Podle způsobu vysílání a přijímání ultrazvukových vln, rozlišujeme tři základní druhy ultrazvukových snímačů:

- Jednohlavový,
- dvouhlavový,
- ultrazvukové závory.

Jednohlavový systém vysílá i přijímá vlny z jednoho měniče, kdežto dvouhlavový systém má pro příjem i vysílání měniče dva. Ultrazvukové závory jsou zvláštními typy ultrazvukových senzorů, které snímají průchozí paprsek. [11]

Nejpoužívanější jsou systémy jednohlavové, které ovšem vzhledem k omezení vyplývajícího z jednoho pracovního měniče trpí tzv. mrtvým čase (zónou), kdy musí měnič nečinně čekat po dobu, kdy měnič dokmitává. Nastává tedy prodleva mezi tím, kdy je měnič schopný zaznamenat impulzy. Tento čas je u dvouhlavového systému značně snížen, jelikož je vysílací část i přijímací část oddělena. Mrtvá zóna nám tedy určuje minimální vzdálenost, kdy je senzor schopný snímat odražené impulzy (můžeme vidět na obrázku č. 3). [1]



Obrázek 3 Znárodnění rozsahů jednoduchého ultrazvukového senzoru. [1]

Zdroje rušení

Problémem většiny ultrazvukových senzorů je závislost výsledku měření na rychlosti zvuku. Ta je závislá na různých faktorech počínaje teplotou, tlakem, vlhkostí a znečištěním prostředí. Mezi nejzávažnější veličinu, kterou je v praxi nutné kompenzovat je teplota, která má na rychlost šíření ultrazvuku největší vliv. [1]

Dalším zdrojem rušení může být ovlivňování senzoru jiným zdrojem, který pracuje na stejné frekvenci. Vyhodnocovací jednotka pak nedokáže rozlišit, které impulzy zpracovává. [1]

Velkou výhodou těchto senzorů je možnost měřit vzdálenost libovolných tvarů, povrchů (transparentních, lesklých apod.). Naopak značnou nevýhodou je měřicí rozsah, který je ovlivněn mrtvou zónou a minimální velikostí měřeného objektu. [11]

Pro měření jsou vhodné téměř všechny materiály až na ty, které by mohly zvukové vlny pohlcovat a disponují špatnou odrazivostí (zde bohužel řadíme i gumové materiály).

1.1.2.3 Optoelektronické snímače

Optoelektronické snímače patří mezi průmyslově nejrozšířenější typy senzorů, které se v rámci automatizace používají. Možností aplikací je mnoho a v rámci této práce je stěžejní, že jsou velmi vhodné pro měření vzdálenosti a to i na velké vzdálenosti (větší spínací vzdálenost). [1] [2]

Základní fyzikální vlastností je přeměna elektrické energie na elektromagnetické vlnění (světlo) a obráceně. Pod pojmem světlo se rozumí elektromagnetické spektrum od ultrafialové oblasti ($\lambda=0,3 \mu\text{m}$) přes oblast viditelného světla ($0,38 < \lambda < 0,78 \mu\text{m}$) až do infračerveného pásma ($\lambda=1,2 \mu\text{m}$). [1]

Dnes nejpoužívanějšími zdroji světla jsou luminiscenční diody (LED) a polovodičové laserové diody. Jako přijímací prvky se nejčastěji používají fotodiody, fototranzistory a diody s laterálním efektem (PSD). [1]

Principy optoelektrických snímačů vzdálenosti

Využití světla k měření vzdálenosti je podmíněno odrazem světelného paprsku od měřeného objektu. V závislosti na tom, kde senzor bude aplikován, je využíváno tři zcela odlišných fyzikálních principů:

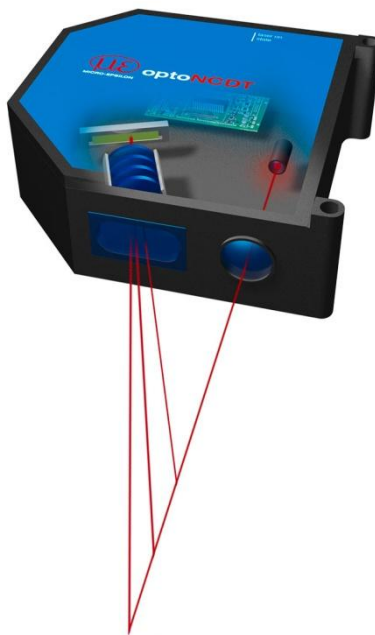
- měření s použitím triangulace,
- měření založené na fázovém posuvu,
- technika šíření impulsů.

Uvedené principy se neliší pouze svou fyzikální podstatou, ale také svými provozními vlastnostmi, jako je dosažitelné rozlišení, opakovatelnost či absolutní přesnost měření aj. Jejich základní vlastnosti a aplikační možnosti jsou porovnány v tab. 1. [9]

Tabulka 1 Porovnání fyzikálních principů optoelektronických senzorů. [9]

	Triangulace	Fázový posun	Šíření impulsu
Dosah	Až 20 m	Až 200 m	Řádově km
Přesnost	Cca 0,1 %	Řádově mm	Řádově mm
Aplikace v průmyslu	Určování střední hodnoty	Nastavování polohy	Laserové snímače

V průmyslu nejvyužívanějším typem optoelektronických senzorů, je snímač založený na principu triangulace (*Obrázek 4*). Tato metoda je založena na trigonometrickém výpočtu. Laserový paprsek, který je emitován z vysílače (laseru), dopadá na měřený předmět a od něj se odráží zpět k přijímacímu prvku senzoru. Do přijímače odražený paprsek dopadá pod určitým úhlem, který je závislý na vzdálenosti měřeného objektu. Tento úhel a intenzitu paprsku pak vyhodnocuje signálový procesor, který výslednou hodnotu vzdálenosti posílá na výstup senzoru. [2] [6]



Obrázek 4 Optoelektronický senzor pracující na principu triangulace. [13]

Zdroje rušení

Pro každý typ senzoru je průmyslové prostředí nepřátelské. Pro optoelektronické členy jsou největší překážkou okolní zářiče světla (žárovky, zářivky, slunce, oblouky svářecích kleští apod.). Jejich záření v přijímacím prvku vytváří fotoproud s malým podílem stejnosměrné a střídavé složky. Ten je mnohonásobně větší než užitečný signál. [1]

Mezi další optická rušení je nutno zařadit výskyt par ve snímaném prostoru, který snižuje výkon přijímaného signálu. Značně významným rušením je kolísání teploty v okolí senzoru, což se projevuje zejména na změně účinnosti optoelektronických prvků. Mezi další zdroje rušení pak můžeme považovat velké znečištění ovzduší, což by podobně jako páry mohlo ovlivnit příjem odraženého paprsku světla. Mimo jiné zdroje rušení neprozpívají optoelektronickým prvkům ani elektromagnetické spotřebiče (stykače, frekvenční měniče apod.). [1]

1.1.2.4 Konfokální snímače

Konfokální snímače se řadí mezi novinky v moderní automatizaci. I když nedosahují takových měřicích rozsahů, jako například optoelektronické senzory, stojí za to je zmínit.

Principem této technologie je zaměření polychromatického bílého světla skrze soustavu optických čoček na měřený objekt. Čočky jsou uspořádány tak, že je bílé světlo rozptýleno do monochromatického spektra, a to pomocí chromatické odchylky. Tato odchylka je již

při tovární kalibraci přiřazena ke každé vlnové délce a pouze ta vlnová délka, která je přesně zaměřena na cílový povrch, je použita pro měření. [14]



Obrázek 5 Konfokální princip [14]

Následně světlo, které se odráží od povrchu měřené plochy, prochází zpět přes konfokální clonu přijímače, který detekuje a zpracovává spektrální změny odraženého bílého světla.

Tato technologie a její princip, umožňují dosahovat velmi přesných výsledků při měření posunutí a vzdálenosti. Na rozdíl od jiných technologií zde nedochází ke stínování, jelikož vysílač i přijímač jsou koncipovány v jedné ose. Také nabízí velmi jemné rozlišení až v řádech nanometrů a pracuje nezávisle na materiálu měřeného objektu.

Stejně jako u optoelektronických snímačů je tato technologie omezena čistým prostředím, kterým paprsek prochází. Ovšem navíc, na rozdíl od laserových senzorů, jsou limitované vzdálenosti mezi snímačem a cílem (0,3 - 30 mm). [14]

1.2 Posun po lineární ose

Abychom splnili požadavky na způsob a přesnost měření, bylo nutné zařadit také posunutí snímače po lineární ose. I když můžeme měřit polohu nebo vzdálenost pneumatiky pouze například v jejím středu, nedosahovaly by výsledné hodnoty kýžených předpokladů. Bylo tedy nutné senzor po ose automaticky posouvat do krajních poloh (ramen) měřené

pneumatiky (Obrázek 6). Aby byla práce i z tohoto hlediska kompletní, je nutné, abychom si rozebrali princip funkčnosti po jeho fyzikální stránce.



Obrázek 6 Znáornění krajních poloh (ramen) a rovniku na měřené pneumatice

1.2.1 Definice

Z matematického hlediska se jedná o posun bodu, který opisuje lineární přímku. V našem případě se jedná o laser uchycený na pásovém posuvníku, který jej lineárně posouvá do krajních zvolených poloh.

1.2.2 Možnosti realizace

Takto řešený posun je možné z technologického pohledu rozdělit podle hnacího média. Nabízí se řešení pomocí osy s lineárním pohonem, který je vhodný pro rychlé posuny ovšem s omezenou vahou nesené hmoty. Dalším typem je posun po ose, u kterého je pohyb realizován pomocí ozubeného řemene. Tento typ je také vhodný pro rychlý posun, ovšem již nevyhniká takovou přesností jako osa s lineárním pohonem. Mezi poslední možnost můžeme zařadit také kuličkový šroub nebo ozubenou tyč co by pohon pro posun po ose. [7]

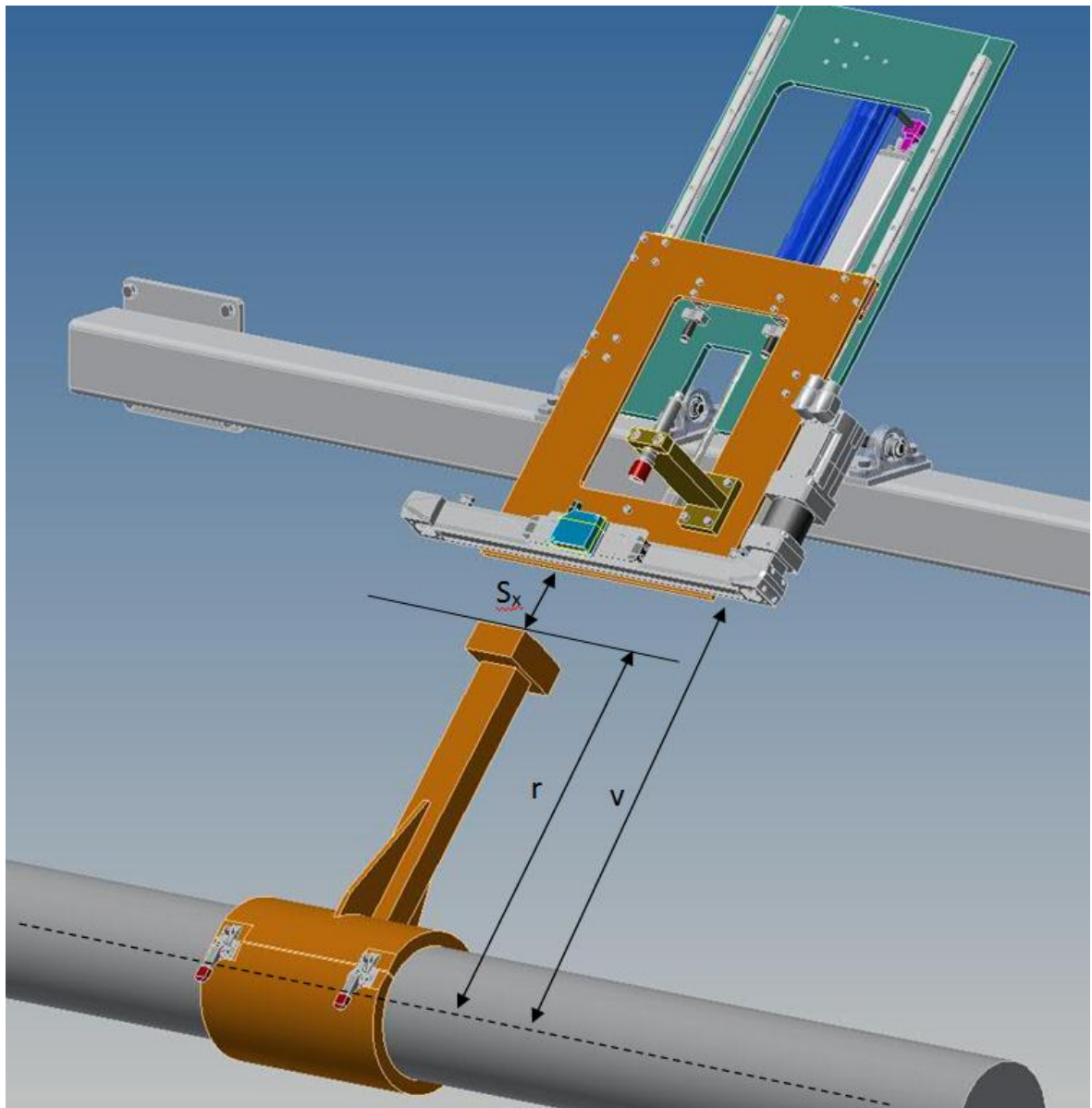
1.3 Měření obvodu pneumatiky

Měření může probíhat všeobecně dvěma způsoby. Tím prvním je způsob kontaktní, kde můžeme například použít svinovacího metru, či tzv. kolečka. Jedná se o způsoby, kde je nutný dotyk s měřeným objektem a zásah obsluhy, kdy může docházet k odchýlkám při měření. Metody svinovacího metru se využívalo na konfekčním stroji SAV 4, ovšem vzhledem k časové náročnosti a práce s tím spojené (zápis, vyhodnocení) docházelo ke zdržení při výrobě.

Druhý způsob zahrnuje měření bezkontaktní na základě měření vzdálenosti středu rotujícího předmětu od snímacího prvku. Tato metoda se dá provádět dvěma variantami založenými na umístění snímacích prvků, kterými se ve své práci zabýval Ing. Holiš. Zde si přiblížíme pouze princip té nejjednodušší a námi zvolené možnosti umístění – tedy jednostranné. [6], [7]

Způsob jednostranného umístění

Snímač je umístěn z jedné strany rotujícího objektu. Zde je potřeba znát přesnou vzdálenost senzoru od středu otáčení rotujícího objektu. Tato vzdálenost se dá určit měřením na kalibrovaném standardu, což je přípravek, který se uchytí na osu hřídele (Obrázek 7). [6], [7]



Obrázek 7 Jednostranné umístění snímače

Jak lze vidět na obrázku (Obrázek 7), na hřídeli je umístěn kalibrační přípravek, jehož rozměr „ r “ slouží jako referenční hodnota, díky které budeme schopni zjistit přesnou vzdálenost senzoru „ v “ od osy hřídele. Ta se vypočítá jako součet změřené vzdálenosti senzoru od přípravku „ S_x “ s kalibrovaným rozměrem „ r “. Jakmile budeme znát celkovou vzdálenost senzoru od osy otáčení, můžeme sejmut kalibrační přípravek a započít výrobu pneumatiky. Po jejím dokončení senzorem změříme vzdálenost od povrchu pláště a tuto

hodnotu odečteme od celkové vzdálenosti „ v “. Tím budeme znát přesný poloměr pneumatiky, který již jen dosadíme do vzorce pro výpočet obvodu.

Výpočet obvodu surové pneu

Pokud jako měřené těleso uvažujeme válec, můžeme použít vzorec pro jeho obvod.

$$o = 2 * \pi * r \quad (3)$$

$$r = v - s_x \quad (4)$$

- O obvod měřeného tělesa [m]
- r poloměr měřeného tělesa [m]
- v vzdálenost snímače od osy otáčení [m]
- s_x vzdálenost snímače od měřeného tělesa [m]
- π konstanta [-]

Pro těleso, které je nerovnoměrné, jako je tomu například u pneumatiky, je nutné naměřit několik hodnot v průběhu celé otáčky. Z těchto hodnot se vypočte střední hodnota (viz kapitola Statistické vyhodnocení). [6], [7]

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i \quad (5)$$

- \bar{r} střední hodnota poloměru [m]
- n počet měření [-]
- r_i naměřená hodnota poloměru [m]

Z naměřených hodnot lze vyhodnotit maximum a minimum a následně tyto limity aplikovat pro dané měření. Pokud tyto hodnoty překročí stanovené limity, může dojít k upozornění či zastavení měření. [6], [7]

1.4 Nejistoty měření a statistické vyhodnocení dat

1.4.1 Nejistoty měření

Nejistota měření charakterizuje rozsah naměřených hodnot okolo výsledku měření, který lze odůvodněně přiřadit k měřené hodnotě. Nejistota se týká nejen výsledku měření, ale i měřicích přístrojů, úprav (korekcí), použitých konstant apod., na kterých je nejistota výsledku závislá. Základem určování chyby měření je statistický přístup, při kterém se

předpokládá určité rozdělení pravděpodobnosti, které popisuje, jak se může udávaná hodnota odchylovat od hodnoty skutečné. Mírou nejistoty měření je dána směrodatná odchylka udávané veličiny. Takto nejistota se označuje jako standardní (**-u**) a představuje rozsah hodnot okolo naměřené hodnoty. [15]

Standardní nejistoty se dělí na nejistoty typu A a typu B. Udávají se buď samostatně anebo se znaménkem \pm .

Standardní nejistoty typu A - u_A jsou způsobovány chybami, které se vyskytují náhodně a jejichž příčiny se považují za neznámé. Stanovují se z opakovaného měření té samé hodnoty měřené veličiny, a to za stejných podmínek. Platí, že se stoupajícím počtem opakovaných měření se nejistoty zmenšují. Přitom se předpokládá existence náhodných chyb. [15]

Odhad údaje y měřené veličiny je dán výběrovou střední hodnotou \bar{y} z n naměřených hodnot y_i podle vztahu:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (6)$$

Odhad rozptylu naměřených hodnot, označovaný jako výběrový rozptyl $s^2(y_i)$ se určí ze vztahu:

$$s^2(y_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad (7)$$

Odmocninou výběrového rozptylu se získá výběrová směrodatná odchylka $s(y_i)$, která charakterizuje rozptyl naměřených hodnot kolem výběrové střední hodnoty \bar{y} . [15]

$$u_a = s(\bar{y}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (8)$$

Standardní nejistoty typu B - u_B jsou pro změnu způsobovány známými a odhadnutelnými příčinami. Jejich identifikaci a hodnocení provádí operátor (obsluha). U složitých měřicích zařízeních a při zvýšeném požadavku na přesnost, se musí provést podrobný rozbor chyb, což vyžaduje značné zkušenosti, jelikož určování těchto chyb není vůbec snadné. Tyto nejistoty vycházejí z rozličných zdrojů a výsledná chyba je dána jejich sumací - přitom není závislá na počtu opakovaných měření. [15]

Postup při zjišťování nejistoty ty B je následující:

- Vytipují se možné zdroje nejistot Z_j (přístroje, měřicí metody, nepřesné konstanty)

- Odhadne se rozsah odchylek $\pm \Delta Z_{max}$ od jmenovité hodnoty tak, aby jeho překročení bylo málo pravděpodobné.
- Dále se odhadne, jakému rozdělení pravděpodobnosti odpovídají odchylky ΔZ v intervalu $\pm \Delta Z_{max}$ a určí nejistoty u_z ze vztahu $u_z = \Delta Z_{max}/m$ (hodnota $m=2$ pro normální, $m=1,73$ pro rovnoměrné).
- Určí se standardní nejistoty u_z zdrojů jako certifikáty, normy, tech. tabulky apod a přepočítají se na složky nejistoty veličiny u_{zj} . [15]

$$u_B = \sqrt{\sum_{j=1}^m u_{zj}^2} \quad (9)$$

Kombinovaná standardní nejistota C - u_C je výsledkem sumací nejistot typu A a B. U výsledku měření s touto nejistotou, není třeba rozlišovat nejistoty typu A ani B. Kombinovaná standardní chyba udává interval, ve kterém se může pravděpodobně vyskytovat skutečná hodnota měřené veličiny. V praxi se dává této nejistotě nejčastěji přednost. [15]

Při zjišťování jakékoli standardní nejistoty se postupuje podle toho, zda se jedná o měření jedné nebo více veličin. Při výpočtech se hodnoty nejistot zaokrouhlují na tři platné číslice s tím, že udávaná výsledná nejistota se zaokrouhluje na dvě platné číslice. [15]

$$u_c = \sqrt{(u_A^2 + u_B^2)} \quad (10)$$

Zdroje nejistot

Jako zdroje nejistot můžeme považovat jevy, které nějakým způsobem mohou ovlivnit neurčitost jednoznačného stanovení výsledku měření, a tím naměřenou hodnotu zkreslují. Značnou roli zde hraje také fakt, zda jde o měřicí metody přímé či nepřímé. Na nejistoty do značné míry působí také výběr měřicích přístrojů (analogových nebo číslicových), použití různých filtrů, vzorkovačů a jiných prostředků po celé trase přenosu měřicího signálu. K nejistotám velmi značně přispívají vlivy prostředí v tom nejširším slova smyslu. Vyjmenovat zde veškeré možné zdroje nejistot není možné, takže se pokusme uvést alespoň ty, se kterými se můžeme setkat nejčastěji:

1. nedokonalá či neúplná definice měřené veličiny nebo její realizace,
2. nevhodný výběr přístroje (rozlišovací schopnost aj.),
3. nevhodný (nereprezentativní) výběr vzorků měření,

4. nevhodný postup při měření,
5. zjednodušení (zaokrouhlení) konstant a převzatých hodnot,
6. linearizace, aproximace, interpolace anebo extrapolace při vyhodnocení,
7. neznámé nebo nekompensované vlivy prostředí,
8. nedodržení shodných podmínek při opakovaných měřeních,
9. subjektivní vlivy obsluhy,
10. nepřesnost etalonů a referenčních materiálů.

Každý z uvedených zdrojů se může výhradněji nebo výrazněji projevat v nejistotách vyhodnocovaných nejistotou typu A, jiné u typu nejistoty B. Mnohé zdroje ale mohou být příčinou obou skupin. [15]

1.4.2 Statistické vyhodnocení

Základní definicí statistiky je, že se jedná o vědu, která zpracovává a vyhodnocuje data. Vzhledem k povaze této práce a faktu, že při zpracování naměřených hodnot je nutné data vyhodnotit, uvedeme si základní pojmy, metody a možnosti grafické prezentace.

1.4.2.1 Základní pojmy

Jedním ze základních pojmů, se kterými se ve statistice setkáváme, je pojem populace (soubor) a výběr.

Populace

Cílem statistiky je provést experiment, jehož hlavním účelem je zjistit něco zajímavého o dané populaci. Populací se tedy myslí obecně jakýkoliv soubor prvků, které chceme zrovna zkoumat. Tedy množinu všech prvků, které jsou předmětem daného statistického zkoumání. Každý z těchto prvků je statistickou jednotkou. [27, 28]

Výběr, výběrový soubor

Často není možné pracovat se všemi prvky populace. Volíme proto z dané populace pouze určitý výběr (nebo také výběrový soubor). Pokud máme populaci P , tak výběrovým souborem S je každá podmnožina P , tedy $S \subseteq P$. Výsledky budou samozřejmě nepřesné – jak moc nepřesné budou, záleží především na tom, jak velký je výběr S a jakou metodu jsme zvolili pro výběr prvků do S .

Mezi typické chyby můžeme zařadit:

- Příliš malý počet prvků (S),
- nereprezentativní výběr prvků z populace. [28]

Proměnné

Během vyhodnocení zkoumáme prvky výběrového souboru. Údaje, které sledujeme, nazýváme proměnné a jejich hodnoty nazýváme varianty. Existují tyto základní typy proměnných:

- Kvalitativní proměnná: tuto proměnnou nemá smysl měřit, jedná se většinou o slovní ohodnocení.
- Kvantitativní proměnné: tuto proměnnou můžeme změřit. Zařadit zde můžeme délky, hmotnosti, časy, počty a podobně. Kvantitativní proměnné dále dělíme na spojitě a diskrétní. [28]

Diskrétní proměnná

Diskrétní proměnnou můžeme definovat jako konečný počet variant nebo spočetný počet variant. Velmi často se jedná o celá čísla. Například počet žáků ve třídě – v běžné třídě můžeme předpokládat něco mezi patnácti až čtyřiceti dětmi. [28]

Spojité proměnná

Spojitou proměnnou vždy určuje nekonečný počet variant. Jejimi hodnotami jsou typicky reálná čísla, mezi které můžeme zařadit například vzdálenost. U spojitých proměnných nedokážeme určit předchozí ani následující variantu. [28]

1.4.2.2 Metody statistiky pro vyhodnocení střední hodnoty

Udávají střed celé skupiny údajů, kolem kterého všechny hodnoty kolísají (analogie těžiště).

Aritmetický průměr

Průměr (střední hodnota) je ve statistickém vyhodnocování velmi často používaná hodnota, která se počítá jako aritmetický průměr hodnot.

Pokud máme soubor n hodnot, označme je x_1, x_2, \dots, x_n , tak jeho střední hodnotu získáme tak, že sečteme všechna x_i a výsledek vydělíme počtem prvků n . [28]

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (11)$$

Nejčastější problémy se střední hodnotou:

- Střední hodnota neudává nejčastější ani nepravděpodobnější hodnotu, ale pouze hodnotu průměrnou.
- Jestliže se v datech vyskytují velké extrémy, může nám střední hodnota poskytnout špatný a zkreslující obraz o těchto datech. [28]

Medián

Medián dělí určitý soubor hodnot na dvě stejně velké části, přičemž platí, že nejméně 50 % hodnot je menších než medián a 50 % hodnot bude větší než medián. [28]

U mediánu hraje důležitou roli, jestli je počet prvků populace sudý, nebo lichý. V případě, kdy je počet prvků populace lichý, získáme medián tak, že všechny hodnoty od nejmenší po největší seřadíme a hodnota, která se nachází uprostřed, bude mediánem. Obecný vzorec pro populaci X o velikosti $|X| = N$, jejíž prvky jsou x_i a jsou seřazené od nejmenšího po největší, bude ve tvaru:

$$Me(X) = x_{(N+1)/2} \quad (12)$$

Pokud bude počet prvků populace sudý, musíme provést úpravu, protože sudá posloupnost hodnot nemá „prvek uprostřed“. Medián tedy vypočítáme jako aritmetický průměr z hodnot stojících vlevo a vpravo od teoretického středu seřazených prvků. [27, 28]

$$Me(X) = \frac{x_{N/2} + x_{\left(\frac{N}{2}\right)+1}}{2} \quad (13)$$

Výhody mediánu:

- Na rozdíl od střední hodnoty netrpí problémy, jestliže jsou v souboru hodnot nějaké extrémní.
- Medián lze použít i pro hodnoty, které lze nějak seřadit. Střední hodnotu můžeme udělat jen u hodnot, které dokážeme sečíst a následně vydělit. [28]

Modus

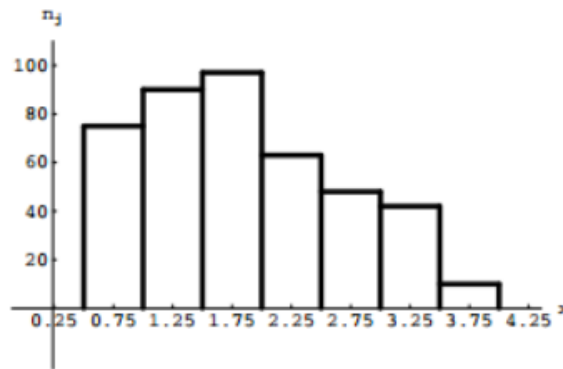
Modus představuje hodnotu, která se v souboru vyskytuje nejčastěji. Můžeme ho zjišťovat i ze znaků, které jsou kvalitativní, dokonce i nominální. Není na rozdíl od střední hodnoty ovlivňován všemi prvky ve výběru. Jestliže nastane situace, kdy je četnost všech prvků ve výběru stejná, modus neurčujeme. Pakliže dvě nebo více navzájem sousedících prvků souboru nabývá stejné a zároveň největší četnosti, pak aritmetický průměr z těchto hodnot nazveme modusem. Jestliže existují dvě navzájem nesousedící hodnoty s největšími stejnými četnostmi, uvádíme obě jako modus. Rozdělení je pak dvouvrcholové, tzv. bimodální. Již ze samé definice modusu je jasné, že tato charakteristika velmi závisí na výběru a většinou velmi kolísá. [27, 28]

1.4.2.3 Grafické zobrazení dat

Pro prezentaci statistických údajů je velmi vhodné používat různé grafické způsoby. Každý typ grafického zobrazení hodnot má své výhody, nevýhody a také určitá omezení, která jsou pro daný druh specifická. Kromě běžných typů grafů se k zobrazování statistických dat hodí grafy speciální. V této podkapitole si ukážeme možné grafy pro prezentaci údajů o středních hodnotách. [27]

Histogram

Histogram je diagram, v němž každé třídě intervalů přísluší jeden sloupec. Šířka tohoto sloupce je rovna šířce třídy a jeho výška je rovna četnosti třídy, přičemž tyto sloupce k sobě svými bloky přiléhají. Sloupcový diagram četností se může sestavit pro každou veličinu X . Smysl to ovšem má jen tehdy, když velká většina různých hodnot veličiny X se v souboru opakuje vícekrát. Pokud by tomu tak nebylo, tabulka četností by byla neúměrně rozsáhlá a sloupcový diagram by neposkytoval příliš názornou informaci. [25, 27]

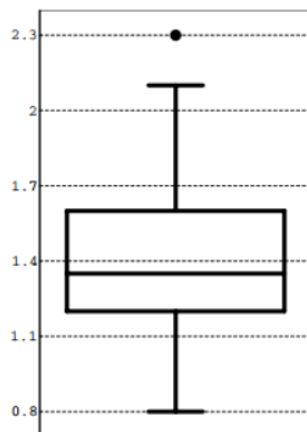


Obrázek 8 Histogram [25]

Krabicový diagram

Krabicový diagram je schéma, které v jednom grafickém znázornění poskytuje informaci o maximální a minimální hodnotě v souboru naměřených hodnot, o mediánu a horním a dolním kvartilu tohoto souboru a případně některé další informace. Ukázka krabicového grafu je na obrázku 9. [25]

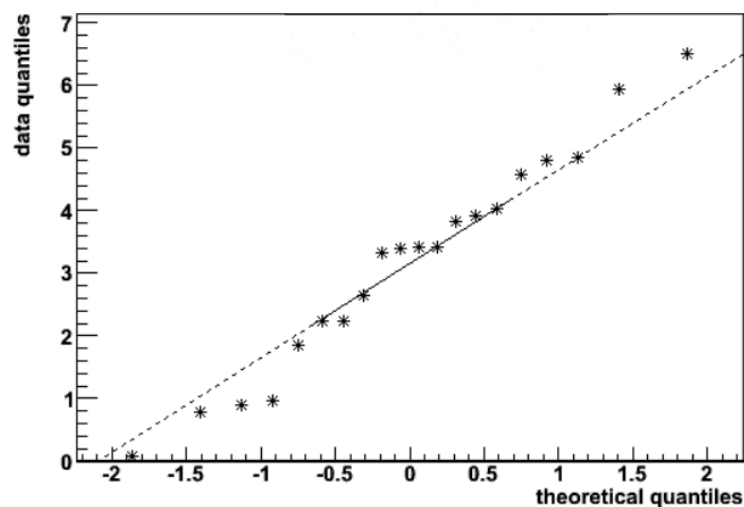
Dolní a horní část základního obdélníka odpovídá dolnímu a hornímu kvartilu daného souboru. Vodorovná čára uvnitř obdélníku odpovídá mediánu souboru. Uvedené tři vodorovné úsečky tedy dělí soubor naměřených a podle velikosti uspořádaných dat na čtyři zhruba stejné početné části. Výška obdélníku se nazývá mezikvartilové rozpětí. Dolní a horní svislá úsečka je nazývána krajní fous. Konec fousu odpovídá nejmenší hodnotě a obdobně je tomu u horního fousu (tedy hodnotě největší). Mimo fousy se znázorňují v diagramu i body, které odpovídají tzv. odlehlým hodnotám. [25]



Obrázek 9 Krabicový diagram [25]

Q-Q graf

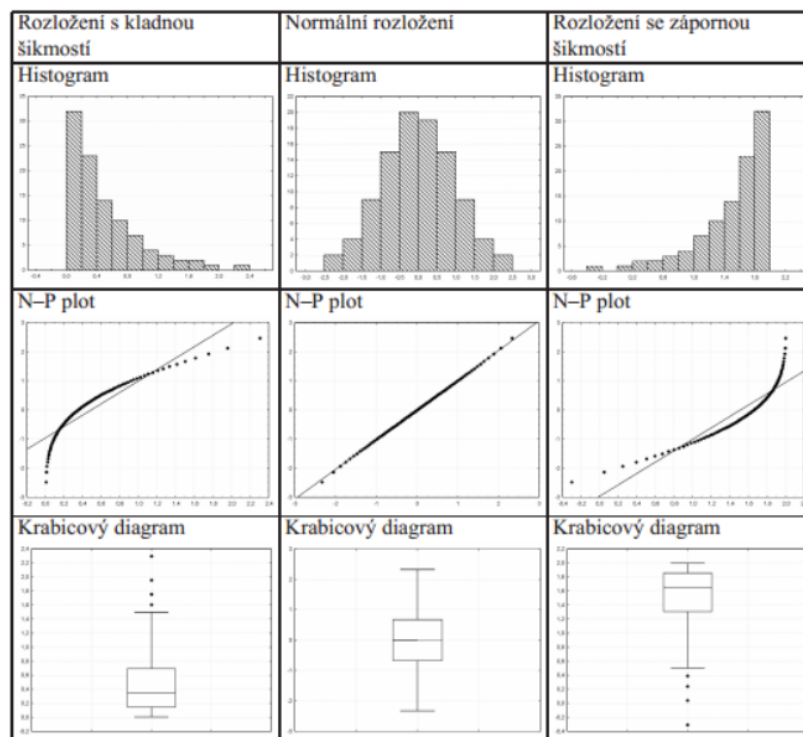
Q-Q graf neboli kvantil-kvantilový graf je typ grafu, na kterém můžeme přehledně znázornit data, porovnat je se známými rozděleními a najít případné vybočující hodnoty. Na osu x nanášíme pořadovou pravděpodobnost teoretického rozdělení, zatímco na osu y skutečné kvantily daných dat. Tento typ grafu se velmi často užívá pro první porovnání údajů především s normálním normovaným rozdělením. Na obrázku 10 je zobrazen názorný příklad Q-Q grafu. Čím méně se body odchyľují od přímky, tím lepší je soulad mezi empirickým a teoretickým rozložením. [26]



Obrázek 10 Q-Q Graf

N-P plot

N-P plot (graf) umožňuje graficky posoudit, zda data pocházejí z normálního rozložení. Na jeho vodorovnou osu (x) vynášíme uspořádané hodnoty x_1 až x_n a na osu y kvantily. Pochází-li data z normálního rozložení, pak všechny dvojice budou ležet na přímce. Pro data s kladnou šikmostí se data budou řadit do konkávní křivky, zatímco data se zápornou šikmostí do křivky konvexní (Obrázek 11). [26]



Obrázek 11 Grafické znázornění rozložení s kladnou, normální a zápornou šikmostí [26]

2 STÁVAJÍCÍ REALIZACE ZAŘÍZENÍ

Stávající zařízení, které je namontované ve firmě Continental Barum s.r.o., se sestává ze snímače, průmyslového počítače, pásového posuvníku a zdroje napájení. Veškeré tyto komponenty byly navrženy v bakalářské práci pana Bc. Jana Zapletala. K tomu aby bylo možné provádět efektivně optimalizace a úpravy, je nutné pochopit hardwarové zapojení, proto si ho v této kapitole připomeneme a budeme se opírat o poznatky zmíněného Bc. Jana Zapletala a také Ing. Josefa Holiše, který ve své práci provedl základní zapojení a proměření. Obě tyto práce poslouží jako opěrné body pro zdárné dokončení této práce a uvedení zařízení ve firmě Barum do plynulého provozu.

2.1 Konfekční stroj SAV

Navržený měřicí systém je zakomponován do konfekčního stroje SAV 4 ve firmě Barum Continental Barum s.r.o.. Ten slouží k výrobě surového pláště pneumatiky za dozoru operátora, který obsluhuje jak stroj, tak průmyslový počítač, který celý stroj řídí a na který bude napojen náš měřicí systém.



Obrázek 12 Konfekční stroj SAV 4

2.2 Požadavky firmy Continental Barum s.r.o.

Firma Continental Barum s.r.o. oslovila v roce 2012 Univerzitu Tomáše Bati ohledně možnosti spolupráce na projektu spolufinancovaném Evropskou unií, který se zaměřoval na vývoj bezkontaktního měření obvodu pláště pneumatiky při průmyslové výrobě. Jednalo se především o nahrazení zastaralého způsobu měření, který z hlediska výroby a času nebylo možno provádět pro každou pneumatiku.

Nahrazení manuálního způsobu měření bezdotykovým, mělo původně probíhat dvakrát během 24 h a měřit se mělo ve více bodech na plášti (ve třech bodech – střed a dvě ramena) s přesností ± 8 mm v závislosti na typu měřené pneumatiky. Celý aparát měl být začleněn do firemního informačního systému, z čehož ovšem vzhledem k složitosti a časové náročnosti sešlo a rozhodlo se, že bude nezávislý. Vzhledem k tomu, že rozměry pláště jsou vždy jiné (dle typu pneumatiky), bylo nutné, aby bylo možné snímač polohovat v rozsahu alespoň 300 mm. Výsledky měření pak museli být automaticky zapisovány do databáze (souboru) pro případnou archivaci, a pakliže došlo k opakující se chybě (3 krát po sobě) mělo dojít k upozornění obsluhy na nevyhovující výrobek. Na celé zařízení byl původně stanoven rozpočet 68 000 Kč s možností navýšení maximálně o 40 000 Kč. S těmito požadavky se původně vypořádávali kolegové Zapletal a Holiš, kteří postupně zrealizovali měřicí systém od jeho návrhu až po testovací provoz se základní aplikací.

Na práci kolegů pochopitelně staví tato práce a vzhledem k časové náročnosti docházelo často i k úpravám nároků na výsledný systém ze strany vedení firmy Barum. Především se jednalo o plnohodnotný a autonomní software, který bude schopný řídit a kontrolovat celé měření a výsledné hodnoty následně vyhodnocovat, archivovat a prezentovat operátorovi na obslužném panelu. Došlo také k úpravě uchycení snímače a také k rozšíření polohovatelnosti, kdy byl zakomponován i píst, který obstarává přiblížení senzoru na optimální vzdálenost od měřeného objektu. Mezi další větší změny pak můžeme zmínit propojení mezi firemním systémem a našim průmyslovým počítačem, který na základě digitálního impulsu automaticky spustí měřicí cyklus podle aktuální výrobní fáze. Další požadavky ze strany firmy byly, dá se říci „kosmetické“ a budou uvedeny v rámci dalších kapitol této práce.

2.3 Senzor vzdálenosti

Základním předpokladem pro výběr optimálního senzoru byl především rozsah měření, a to v takovém měřítku, aby nemohlo dojít ke střetu rychle rotující pneumatiky a senzoru. Dále také minimální nenáchylnost na rušivé elementy, do kterých můžeme zařadit mírně prašné prostředí, EMI (elektromagnetická interference) nebo okolní hluk. Dle požadavků jsme také kladli důraz na co největší spolehlivost při měření, přesnost, rychlost vzorkování a vhodnou použitelnost (technologie) vzhledem k materiálovým vlastnostem měřeného objektu.

Na těchto a dalších požadavcích stavěl Bc. Jan Zapletal při návrhu zařízení, které je nyní namontováno na konfekčním stroji SAV 4. Dle jeho návrhu, byl pořízen senzor od firmy Sick s modelovým označením OD2-P250W150I0.



Obrázek 13 Senzor Sick OD2-P250W150I0 [16]

Tento senzor je osazen červeným laserem o rozlišení 75 μm a rozsahu 100-400 mm (tedy 300mm). Doba odezvy tohoto senzoru se pohybuje v rozmezí od 2-50 ms a jeho schopnost reprodukovatelnosti je 225 μm , což znamená, že za stejných podmínek při měření jsme schopni zaznamenat max. odchylku 225 μm . [7], [17]

Datovým rozhraním je proudový výstup snímače o hodnotě 4-20 mA ($\leq 300 \Omega$). Pro komunikaci snímače je výstup osazen konektorem typu M12 s 8 žilami a dodává se s 2 m přípojovacím kabelem s označením DOL-1208-G02MF. Dle výrobce je snímač napájen stejnosměrně 12-24 V. [7], [17]

2.4 Průmyslový počítač

2.4.1 Definice

Pro průmyslový počítač neboli IPC (Industrial Person Computer) označuje počítače, které svým provedením splňují normy pro použití v průmyslovém prostředí, kde jsou kladeny zvýšené nároky na hardware počítače. IPC se vyznačuje zvýšenou robustností (odolností), která by měla odolávat mimo jiné nárazům, zvýšené prašnosti, teplotě, tlaku apod. Proto jsou tyto počítače vyrobeny z kvalitnějších materiálů, vyztuženy a navrženy tak, aby byly schopny odolávat průmyslovému prostředí. [7]

2.4.2 Aplikované IPC

Bc. Jan Zapletal ve své práci navrhl průmyslový počítač od firmy Moravské přístroje. Konkrétně se jedná o model z jejich produktové řady Datalab 1801A. O vizuální stránku se pak postará dotykový 17 " monitor od téže firmy. Datalab 1801A je ideální volbou pro nenáročné průmyslové aplikace, kde není kladen důraz na velký výpočetní výkon, ale na spolehlivost a cenu.

Základní parametry počítače jsou:

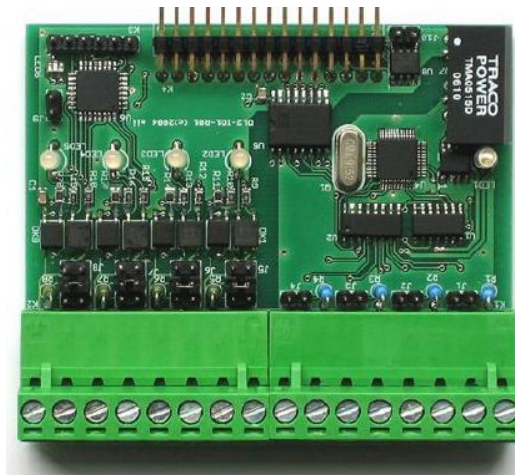
- Jedno jádrový procesor Intel Atom D425 s taktom 1,8 GHz,
- paměť 2 GB DDR3,
- napájení 230 V/50 Hz,
- hlídací obvod (watchdog),
- malé rozměry (278 x 186 x 76,5 mm) s váhou 1,8 kg.



Obrázek 14 Datalab 1801A [18]

DataLab PC je řada počítačů, která je kompatibilní se standardem PC, určených pro nasazení v náročných průmyslových i laboratorních podmínkách. Je osazen moderním nízkospotřebným procesorem Intel Atom v kombinaci s operačním systémem Windows 7 Embedded, běžícího z CFast paměťové karty. Přítomnost všech standardních PC rozhraní (RS-232C, Ethernet, USB, PS/2 klávesnice a myš, audio) činí počítače DataLab PC velmi všestranným zařízením a naprosto ideální platformou pro provoz systému Control Web. [18]

Průmyslový počítač obsahuje vložený modul. Jedná se o kombinovaný modul analogových vstupů a digitálních vstupů/výstupů AD1. Modul je určený pro měření standardních veličin specifických pro průmyslovou výrobu s 16 - bitovou digitalizací. Vstupy jsou samozřejmě bipolární a galvanicky oddělené. [7]



Obrázek 15 Kombinovaný modul analogových vstupů a digitálních vstupů/výstupů [7]

2.4.3 Propojení

Připojení monitoru k IPC je řešeno VGA kabelem a USB kabelem pro připojení dotykového panelu. Do počítače je umístěn kombinovaný modul DataLab IO analogových vstupů a digitálních vstupů / výstupů DL-AD1. Tento modul má 4 galvanicky oddělené 16bitové diferenční analogové vstupy, která nám slouží pro zpracování signálu ze snímače. Pomocí propojek (J1-J4) umístěných na desce lze nastavit každý vstup samostatně, pro napěťový nebo proudový signál. Aby bylo možné nastavit proudový vstup, bude propojka uzavřena. Pro napěťový vstup lze nastavit hned několik rozsahů. Pro měření výstupního signálu ze snímače, který je v rozsahu 4 - 20 mA bude nastaven rozsah 0 - 20 mA. Modul je schopen poskytnout nová data s maximální frekvencí 50 Hz (50 vzorků za sekundu) pro

každý kanál. Dále má programátor k dispozici 4 digitální vstupní a 4 výstupní kanály (každý kanál lze nastavit nezávisle na ostatních). [7]

2.5 Zdroj napájení

Aby bylo možné zprovoznit celý systém, je potřeba ho napájet. K tomu poslouží spínaný zdroj od firmy BKE s modelovým označením JS-150-240-DIN. Tento zdroj je uzpůsobený k uchycení do DIN lišty a v našem případě napájí pohon pro portálovou osu a samotný senzor od firmy SICK. Zdroj má výkon 150 W, vysokou účinnost a stabilizované výstupní napětí typu SELV. Jeho provoz je indikován zelenou LED diodou a disponuje ochranou proti přetížení, přepětí a ochranou proti zkratu na výstupu. [7], [19]



Obrázek 16 Spínaný napájecí zdroj BKE JS-150-240-DIN [19]

2.6 Portálová osa

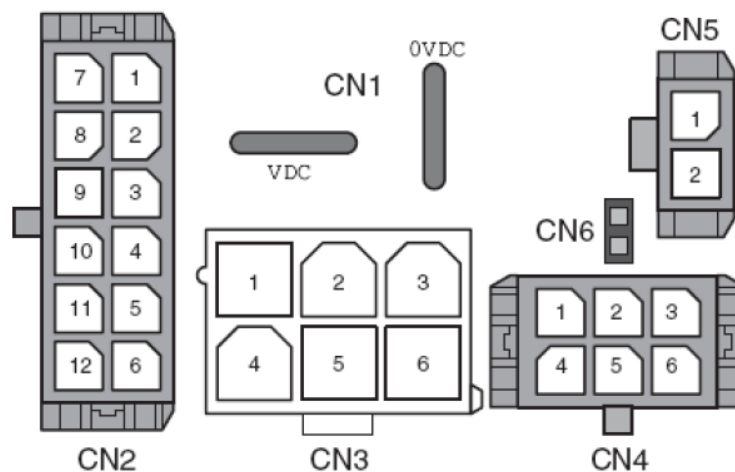
Pro polohování snímače byla zvolena lineární portálová osa s ozubeným řemenem od firmy Berger Lahr typ PAS41BR. Osa má maximální zdvih 300 mm s pojezdovým vozíkem typu L2 s vedením na rolnách. Součástí lineární osy jsou i dva indukční snímače pro sepnutí, jestliže se nacházíme v koncových polohách. Přímé zatížení osy může být až téměř 6 kg. Pohon této lineární portálové osy zajišťuje krokový motor (*ILS1M572PB1A0*) v kompaktním provedení s ovládním pomocí digitálního IN/OUT. [6], [7]



Obrázek 17 Portálová osa **PAS41BR** [20]

2.6.1 Zapojení

Jako pohon je použit kompaktní třífázový krokový motor s integrovanou digitální řídicí částí. Připojení jednotky bude prostřednictvím jednotlivých konektorů, které si dále rozvedeme. [6], [7]



Obrázek 18 Rozložení konektorů lineární osy [7]

Napájení jednotky probíhá přes konektor CN1, kde na *VDC* a *0VDC* připojíme výše uvedený zdroj BKE JS-150-240-DIN. [6], [7]

Určování polohy probíhá z tabulky, která má 16 řádků. Každý z nich znamená jinou akci, jako referenci na čidlo, absolutní nebo relativní pojezd, atd. Tyto jednotlivé řádky jsou naadresované pomocí 4 digitálních vstupů (*DATA_1* – *DATA_8*) jako BCD kód a dalším

vstupem odstartovány (*START*). V tabulce 3 jsou uvedeny jednotlivé funkce pinů konektoru CN2. [6], [7]

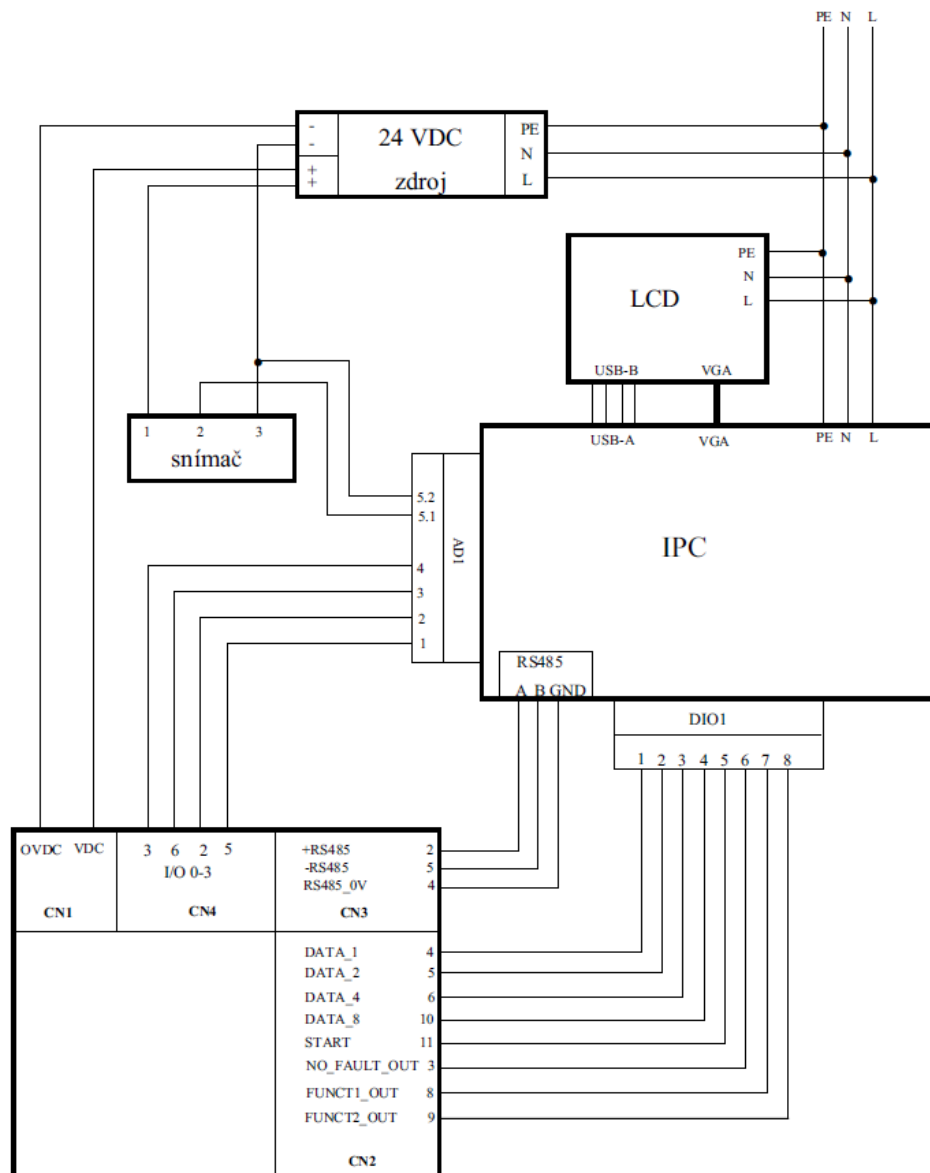
Tabulka 2 Popis konektoru CN2 [6]

CN2 multifunkční rozhraní			
<i>pin</i>	<i>signál</i>	<i>funkce</i>	<i>I/O</i>
4	DATA_1	bit 0 pro data	I
5	DATA_2	bit 1 pro data	I
6	DATA_4	bit 2 pro data	I
10	DATA_8	bit 3 pro data	I
11	START	start aktuálně nastavených dat	I
12	ENEBLE	nastavení náběžná/sestupná hrana	I
2	+24VDC_2	externí napájení	I
3	NO_FAULT_OUT	výstupní chyba	O
8	FUNCT1_OUT	výstupní funkce 1	O
9	FUNCT2_OUT	výstupní funkce 2	O

Veškerá parametrizace se děje přes RS485 na konektoru CN3. Na konektoru CN4 jsou 4 programovatelné vstupy / výstupy (dle nakonfigurování) *IO0 – IO3*, kterým lze přiřadit akce, jako například sepnutí výstupu při dosažení určité polohy. Dva z těchto vstupů budou obsazeny koncovými spínači z posuvníku. [6], [7]

Zbývající konektor CN5, který je pro bezpečnostní vstupy nebude využit. Proto bude pomocí propojky CN6 vyřazen. [6], [7]

2.7 Schéma zapojení měřicího systému



Obrázek 19 Schéma zapojení celého obvodu [6]

2.8 Současná podoba instalovaného zařízení

Jak je možné vidět na obrázku č. 13, snímací prvek je uchycen na konzoli, kterou navrhli konstruktéři ve firmě Barum. Ta, po následných optimalizacích jejich řídicího systému, automaticky po dokončení surového pláště, spouští pomocí pístů senzor těsně nad plášť, aby bylo možno provést sadu měření na hotové surové pneumatice. Jakmile je měření dokončeno, konzole opět senzor vynese do bezpečné vzdálenosti od stroje, aby bylo možno pokračovat dále ve výrobě.



Obrázek 20 Uchycení laseru na konzoli

Průmyslový počítač s dotykovým panelem je umístěn z boku celého stroje, a to ve skříni, kterou dodala z vlastních zdrojů firma Barum. Umístění skříně je voleno tak, aby nepřekážela operátorovi a samotnému výrobní procesu, ale zároveň tak, aby byl obslužný panel vždy dostupný k možné kontrole a práci s obslužným softwarem.



Obrázek 21 Dotykový panel s klávesnicí



Obrázek 22 Datalab se zdrojem napětí

2.9 Softwarové prostředí – Control Web

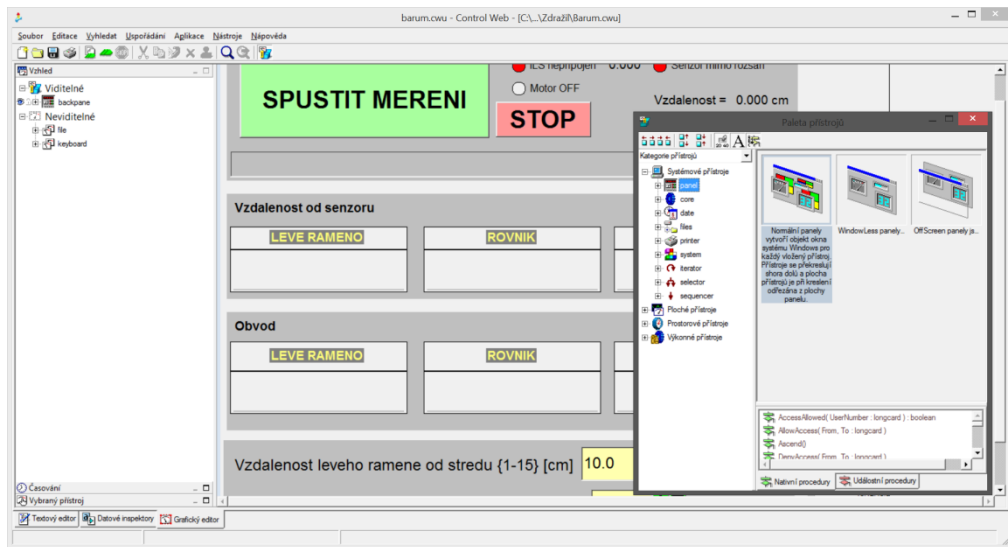
Control Web je univerzální nástroj pro vývoj vizualizačních a řídicích aplikací, sběru dat, jejich ukládání a následné vyhodnocování. Jedinečná objektově-orientovaná komponentová architektura zajišťuje aplikacím systému Control Web nejširší rozsah nasazení. Jeho základní úlohou je ovládání různých veličin spojitych, binárních nebo textových veličin. V kombinaci s komunikací po síti je možné vizualizovat celý průmyslový systém ve velmi intuitivním prostředí. Největší výhodou však je, že aplikace může vytvářet velmi rychle i uživatel se základní znalostí programování. [7], [21]

2.9.1 Specifikace systému

Control Web je v současné verzi schopný díky své otevřené architektuře ovladačů spolupracovat s množstvím zařízení, jako jsou PLC systémy, samostatné I/O moduly, měřicí karty, ale i servery apod. Pro komunikaci mezi prvky je schopný používat ethernetové spoje, gsm sítě či dial-up, což značně usnadňuje ovládání, kontrolu a řízení vzdálených systémů. Jeho vývojové prostředí je založeno na systémech Windows a umožňuje tak tvorbu aplikací drag-and-drop, díky níž je možné komponenty přetahovat z palety. Inspektor přístrojů nabízí možnost modifikace parametrů virtuálního přístroje a to prostřednictvím dialogových oken. Velkou výhodou tohoto prostředí je jeho spolehlivost, stabilita a právě proto je určen pro trvalý provoz. [21, 24]

2.9.2 Pracovní prostředí

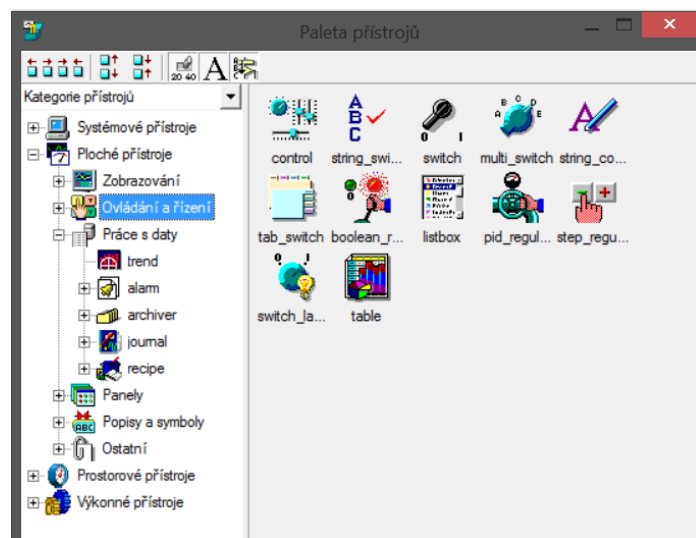
Prostředí Control Webu se skládá z hlavního menu a menu úprav. V levé části je umístěna paleta s rychlým zobrazením struktury, časování a vlastností vybraného prvku. V jeho pravé části je pak umístěno okno s návrhem vzhledu vlastní aplikace a úpravy kódu. Ve spodní části jsou zařazeny záložky, prostřednictvím kterých jsme schopni přepínat mezi textovým módem, inspektorem datových struktur a grafickým editorem. [21]



Obrázek 23 Grafické prostředí Control Web

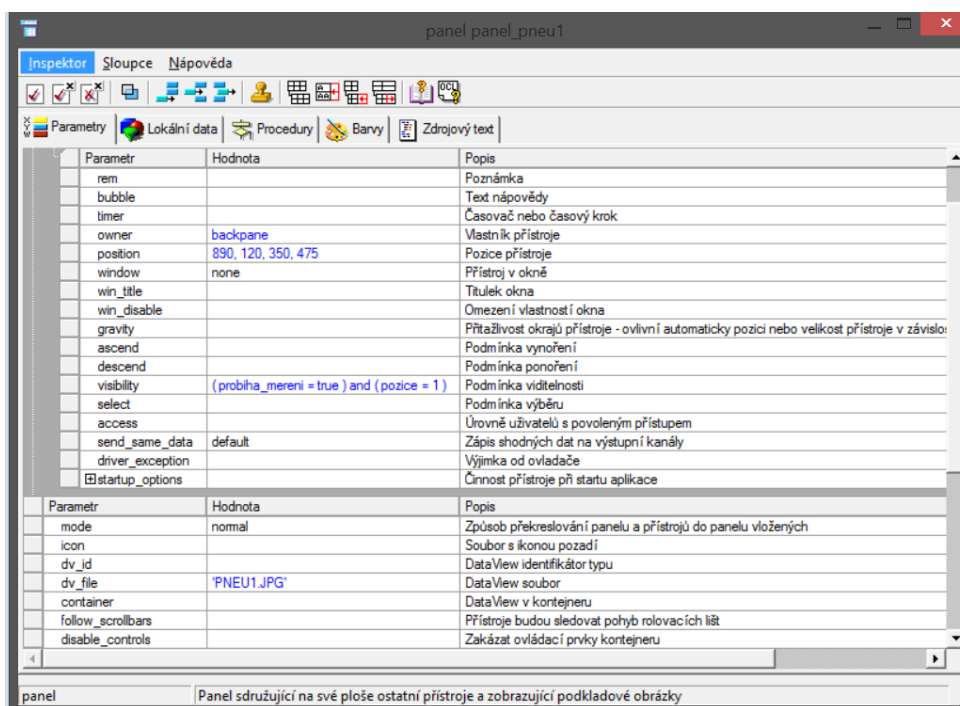
Je tedy možno psát část programu v textovém editoru (úprava kódu) a jinou zpracovávat v grafickém editoru. To je umožněno tím, že Control Web převede nastavená data z grafického editoru na zdrojový kód, který je vložen do textového editoru. Kromě textového a grafického editoru je zde ještě možnost datového inspektora. Ten umožňuje nastavovat proměnné, konstanty, výrazy, ovladače apod. [23]

Grafický editor je rozdělen na levou a pravou část. V levé části se nachází seznam použitých přístrojů, které lze zobrazovat ve skupinách (přístroje viditelné, neviditelné, časované, nečasované apod.). V pravé části se provádí veškeré vkládání a úpravy jednotlivých přístrojů. Vkládání přístrojů se provádí přes paletu přístrojů (Obrázek 24). [23]



Obrázek 24 Paleta přístrojů v prostředí Control Web

Okno na obrázku výše je rámem rozděleno na dvě části. V levé části jsou zobrazeny skupiny přístrojů a v pravé části je seznam jednotlivých přístrojů příslušné skupiny. Když je vybrána skupina, je možno si ještě vybrat z možností vzhledu přístroje. Máme-li vybrán přístroj i vzhled je nutno tento přístroj dostat do grafického editoru přetažením přístroje na jeho pracovní plochu. Jakmile je přístroj umístěn na námi zvoleném místě můžeme začít nastavovat jeho parametry. Vlastnosti přístroje se nastavují v inspektoru přístroje (*Obrázek 25*). Inspektor přístroje je okno, ve kterém jsou umístěny řádky s jednotlivými nastavitelnými parametry. Každý řádek obsahuje určitý parametr, který je možno nastavit (tyto parametry se v závislosti na zvoleném přístroji mohou lišit), včetně krátkého popisu, co daný parametr ovlivňuje. Není nutné nastavovat všechny parametry, ovšem některé jsou pro chod přístroje důležité a musí být vyplněny. Pro případ, kdy by došlo k chybě, jsou hodnoty parametrů nastaveny implicitně a lze je v případě potřeby změnit. [23]



Obrázek 25 Propojování prvků – Control Web

2.9.3 Možností řízení aplikace

Control Web umožňuje vytvářet aplikace - jednodušší, datově řízené, nebo (z hlediska programovací náročnosti) složitější aplikace reálného času. V prvním případě jsou aktivace virtuálních přístrojů spouštěny změnou příslušných dat a událostmi uživatelskými (stisk tlačítka). Jakmile se např. změní načtená hodnota některého z kanálu, okamžitě se aktivují

přístroje, které s ní pracují (např. zobrazují hodnotu či počítají s ní ve svých lokálních procedurách apod.).

Datově řízená aplikace pracuje cyklicky – tzn., že data jsou maximální možnou rychlostí načítána z technologie a podle jejich změny jsou následně postupně aktivovány jednotlivé přístroje, které s těmito daty pracují. Takto aktivované přístroje (nebo uživatelské zásahy) mohou inicializovat jiné přístroje, na něž je pak přeneseno řízení. V datově řízené aplikaci přístroje mohou být aktivovány také implicitně. Pokud přístroj svou činností změní určitá globální data (tj. globální proměnné či kanály), s nimiž pracuje jiný přístroj, je tento přístroj automaticky uveden do provozu. Délku a četnost cyklů (čtení dat z technologie, aktivace přístrojů, zápis dat do technologie) jsou jádrem Control Webu optimalizovány v širokém spektru a programátor nemá možnost je ovlivnit. Na druhé straně nemůže zapříčinit chybu, která by způsobila zamrznutí systému (což se může snadno stát při programování aplikací reálného času).

Využití datově řízených aplikací:

- V případech, kdy chceme data z technologie archivovat a vizualizovat bez potřeby precizně řídit časování těchto dějů.
- Při vizualizaci pomalu se vyvíjejících dějů a všude tam, kde přesné načasování měření dat je méně důležité než jejich přehledná grafická prezentace.
- Pokud potřebujeme rychle vytvořit aplikaci (např. pilotní funkční prototyp budoucí rozsáhlejší aplikace).

V druhém případě je možné vytvářet aplikace reálného času. Control Web pro tento druh poskytuje širokou škálu možností a prostředků pro optimální vyladění vytvářené aplikace vzhledem k výkonnosti hardwaru. Na rozdíl od datově řízené aplikace je ovšem náročnější na programátorské schopnosti. Pro časově řízený průběh komunikace s technologií a časování jednotlivých komponent v Control Webu je vyhrazen speciální prováděcí tok, tzv. časovací prováděcí tok. Ten má nastavenou vyšší prioritu, než ostatní prováděcí toky ostatních aplikací systému Windows. [24]

2.9.4 Překlad v Control Webu

Control Web používá při překladu automatické zotavování chyb. Pokud by překladač nepoužíval zotavovací funkce, odhalil by v každém běhu pouze jednu chybu (za předpokladu, že by se v kódu chyby vyskytovaly). Jestliže by bylo nutné odstraňovat jednu

chybu po druhé, musel by se překlad spouštět neustále dokola. Princip zotavení je jednoduchý. Když překladač odhalí chybu, pokračuje dál v prohledávání kódu, až dojde na konec a pak vypíše všechny chyby najednou. V Control Webu existují celkem tři varianty překladu. Rozdíl mezi nimi spočívá v míře kontroly zdrojového kódu. Čím poctivější překlad je, tím déle trvá. První varianta překladu je jednoduchý překlad, který je nejméně náročný a zároveň tak nejrychlejší. Při tomto typu překladu se kontroluje pouze formální správnost zápisu kódu (její syntaxe). Tento překlad je dostupný buď prostřednictvím menu, nebo stiskem tlačítka „Překlad aplikace“ v liště s nástroji. Další variantou je překlad pro překlopení. Tento překlad se spouští vždy, když proběhne přechod z textového do grafického režimu a opačně. Poslední variantou je překlad pro spuštění. Jednoduše řečeno v tomto překladu musí překladač zkontrolovat jak stránku syntaxe, tak sémantiky, aby překladač mohl zajistit správné napojení na okolí (moduly a ovladače) i správné napojení vnitřních procedur. Tato varianta je nejnáročnější a časově nejpomalejší, proto se spouští vždy až při startu aplikace. [23]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 ŘÍDICÍ SOFTWARE

Kapitola podává přehledný a chronologicky seřazený popis toho, jak bylo řídicí prostředí pro měřicí systém vytvářeno. Tedy co všechno vývoji předcházelo a jaké nástroje byly k tvorbě použity. Taktéž je uvedena její koncová vizualizace s popisem toho, jak aplikace pracuje.

3.1 Tvorba aplikace

Aplikace byla vytvářena ve vývojovém prostředí Control Web 5, jak bylo již několikrát zmíněno. Jelikož je Control Web založen na objektovém programování, bylo k vytvoření aplikace využíváno přístrojů, které byly umisťovány na pracovní plochu a vzájemně propojovány prostřednictvím parametrů.

3.1.1 Použité pracovní přístroje

Podkapitola pracovní přístroje přiblíží jednotlivé použité přístroje, se kterými se v řídicím prostředí setkáme a se kterými je pracováno. Popis jejich funkce a parametrů, je pouze stručný a neuvádí veškeré parametry, pouze ty nezbytné.

3.1.1.1 Přístroj *PANEL*

Tento přístroj posloužil pro shromáždění více objektu do jednoho panelu.

Funkce

Přístroj *panel* je určen ke shromažďování více 2D přístrojů do jednoho objektu, který může být zobrazován, skrýván nebo minimalizován (je-li *panel* v okně) podle zadaných logických podmínek.

Přístroj *panel* může zobrazovat na svém podkladu jakékoliv DataView, které je podporováno systémem *Control Web*, např. bitmapové nebo vektorové obrázky, texty, tabulky, databáze, 'HTML' dokumenty, animované 'FLC' a 'AVI' soubory apod. [22]

Parametry

MODE

Parametr mode dovoluje zvolit požadovaný mód překreslování.

NORMAL

V normálním módu bude *panel* pracovat jako jakékoliv jiné okno v systému Windows (pod pojmem „okno“ máme na mysli základní GUI objekt operačního systému). Pro virtuální přístroje do něj zaregistrované budou vytvořeny patřičné objekty operačního systému (okna) a jejich správa (překreslování, šíření událostí apod.) bude ponechána na operačním systému. [22]

3.1.1.2 Přístroj SWITCH

Umisťován na panely coby tlačítka pro spouštění a přepínání.

Funkce

Nastavení logické hodnoty do výstupního datového elementu pomocí tlačítka. [22]

Parametry

OUTPUT

Udává jméno výstupního logického datového elementu, do něhož bude přístroj switch ukládat nastavené hodnoty. [22]

MODE [icon_button]

Přístroj switch může pracovat v několika módech:

TEXT_BUTTON

Jde o zobrazení tlačítka, jehož vzhled je dán zadaným textem v parametrech *true_text* a *false_text*. U textu lze ovlivnit font písma (parametr *font*). Velikost tlačítka lze bez ohledu na velikost textu libovolně měnit. Implicitně se zobrazuje text FALSE a TRUE. Tlačítka se ovládají vždy stejným způsobem — myší nebo klávesou <Enter>, jak znázorňují obrázky. [22]



Obrázek 26 Text_button [22]

ICON_BUTTON

Zobrazí tlačítko s libovolnou ikonou. Pro hodnoty true a false jsou definované ikony (parametry *true_icon* a *false_icon*). Pokud nejsou parametry zadány, zobrazí se přístroj switch ve standardní podobě. [22]



Obrázek 27 *Icon_button* [22]

3.1.1.3 *Přístroj LABEL*

Zobrazuje veškerý psaný text v popisících přístrojů.

Funkce

Zobrazení libovolné ikony nebo textu. Objekt má pouze informační a dekorační význam. Nijak nepracuje s daty systému. Pokud má přístroj nastavený parametr `icon` bude zobrazovat ikonu. Pokud má nastavený parametr `text_list` bude zobrazovat text. Pokud budou nastaveny oba parametry, zobrazí přístroj label pouze text. [22]

Parametry přístroje

FRAME

Určuje výšku 3D efektu rámečku. Pokud `frame` není zadán, zobrazí se ikona nebo text bez rámečku. [22]

TRANSPARENT

Pokud je uvedeno toto klíčové slovo, přístroj bude průhledný.

JUSTIFY

Určuje zarovnání textu (doleva, doprava, na střed).

TEXT_LIST or END_TEXT_LIST

Sekce obsahuje seznam parametrů text a font, které definují zobrazovaný text. [22]

3.1.1.4 *Přístroj STRING_DISPLAY*

Situován v panelech pro zobrazení informací o právě probíhajícím měření (naměřené a vypočítané hodnoty, chybové hlášky apod.)

Funkce

Zobrazení výsledku textového výrazu a jeho případné uložení do výstupního datového elementu. [22]

Parametry

EXPRESSION

Obsahem tohoto parametru je výraz typu string, jehož výsledek bude přístroj zobrazovat. Pokud se místo klíčového slova expression uvede název proměnné či výstupního kanálu, bude přístroj zapisovat výsledek výrazu expression právě do uvedené proměnné nebo kanálu.

FRAME

Určuje výšku 3D efektu rámečku, kladné hodnoty udávají hloubku rámečku, záporné naopak jeho výšku.

FONT

Je parametr určující font při vypisování hodnoty v módu text_display.

COLORS – INK

Barva textu. [22]

3.1.1.5 Přístroj *ROUNDED_BOX*

Použit pro indikaci stavu připojených zařízení, komunikace a chyb měření.

Funkce

Jednoduchý grafický symbol — obdélník se zaoblenými rohy, kterému lze pomocí nativních procedur nastavovat barvu, velikost a pozici. [22]

Parametry

MODE

Určuje grafickou podobu přístroje uvedením jednoho z názvů módu:

INTERIOR_AND_BORDER – vyplněný obdélník s okrajem.

INTERIOR_ONLY – vyplněný obdélník bez okraje.

BORDER_ONLY – průhledný obdélník s okrajem.



Obrázek 28 Ukázka zaoblení a orámování přístroje *Rounded_box* [22]

RADIUS

Definuje poloměr zaoblení rohů. [22]

3.1.1.6 Přístroj *METER*

Zobrazuje průběh měření jako zelený vodorovný čárový ukazatel.

Funkce

Zobrazení číselné hodnoty nebo výsledku numerického výrazu pomocí ručkového přístroje, sloupcového indikátoru, grafu a číslicového zobrazovače, s možností přiřazení výsledku do výstupního datového elementu. [22]

Parametry

EXPRESSION

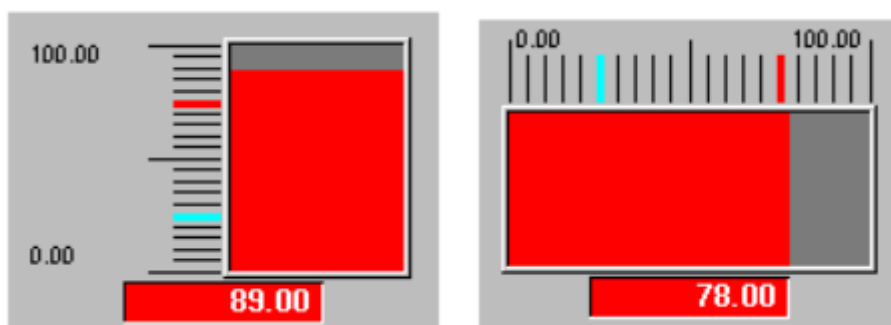
Obsahem tohoto parametru je numerický výraz, jehož výsledek bude přístroj zobrazovat. Má-li *meter* přiřazovat výsledek výrazu do výstupního datového elementu, je možno nahradit klíčové slovo *expression* přímo identifikátorem tohoto datového elementu.

MODE

Určuje grafickou podobu přístroje uvedením jednoho z názvů módu.

VERTICAL_BAR or HORIZONTAL_BAR

Oba módy představují barevnou plochu, která se zaplňuje aktuální barvou v poměru hodnoty výrazu *expression* ku maximálnímu rozsahu přístroje. Při *content = max* se ještě zobrazí numerická hodnota a editovací řádky pro nastavení limit. [22]



Obrázek 29 Forma ikony přístroje Meter – bar [22]

3.1.1.7 Přístroj *BOX*

„Box“ pro zobrazení naměřených hodnot.

Funkce

Jednoduchý grafický symbol — obdélník, kterému lze pomocí nativních procedur nastavovat barvu, velikost a pozici. [22]

Parametry

MODE

Určuje grafickou podobu přístroje uvedením jednoho z názvů módu (viz přístroj `ROUNDED_BOX`).

COLORS or BLINK_COLORS and END_BLINK_COLORS

Tyto sekce obsahují parametry určující barvy prvků přístroje. Sekce `colors` definuje standardní parametry přístroje. Sekce `blink_colors` definuje alternativní barvy přístroje při blikání (*interior* - barva výplně, *border* - barva okraje). [22]

3.1.1.8 Přístroj CONTROL

Kolonky pro změnu nastavení jednotlivých parametrů měření.

Funkce

Nastavení číselné hodnoty do datového elementu pomocí knoflíku, rolovací lišty, numerického řádku, editačního řádku nebo dialogového okna. [22]

Parametry

OUTPUT

Udává jméno výstupního datového elementu, kam se bude hodnota nastavená přístrojem *control* zapisovat.

MODE

Určuje grafickou podobu přístroje uvedením jednoho z módů:

COUNT_BOX

Numerický řádek.



Obrázek 30 Ikona přístroje Control – *count_box* [22]

EDIT_BOX

Editační řádek.



Obrázek 31 Ikona přístroje Control – edit_box [22]

CONTENT

V některých módech ovlivňuje grafickou podobu přístroje. Může nabývat tří hodnot:

MIN - Minimum – přístroj je v základní podobě.

MAX or MED

Maximum a medium — přístroj je v módech knob_horizontal_slider a vertical_slider doplněn o číselnou indikaci a možnost nastavení prostřednictvím numerického řádku.

RANGE_FROM and RANGE_TO

Jsou číselné parametry udávající rozsah přístroje.

INIT_VALUE

Nastavuje počáteční hodnotu přístroje při jeho inicializaci.

AUTO_UPDATE

Pokud je tento parametr nastaven na hodnotu *true*, přístroj při každé aktivaci nastaví svůj stav podle hodnot výstupního datového elementu. [22]

3.1.1.9 Přístroj ARCHIVER

Přístroj, který byl využit pro ukládání naměřených dat do archivu.

Funkce

Archivuje požadovaná data buď do standardního databázového souboru ve formátu dBase III, nebo do libovolného databázového systému přes rozhraní ODBC. Strukturu záznamu lze uživatelsky podle potřeby definovat. Archivní soubory mohou vznikat jednorázově nebo periodicky podle časového období zachyceného v jednom archivním souboru. Lze také definovat jejich historii, respektive počet souborů uchovávaných na disku nebo v databázích. [22]

Parametry

CONDITION

Pomocí tohoto logického výrazu lze povolit (hodnota true) nebo zakázat (hodnota false) archivaci. Není-li výraz definován, archivuje se vždy.

OUTPUT

Jméno výstupního datového elementu typu boolean, který bude nastavován na hodnotu true po každém zápisu záznamu do databáze.

FILE

Vymezení sekce file.

NAME

Název, maska nebo znaky pro identifikaci archivních souborů.

TYPE

Způsob zakládání souboru.

DELETE

Pokud je výsledkem tohoto logického výrazu hodnota true, bude permanentní soubor smazán.

CACHE

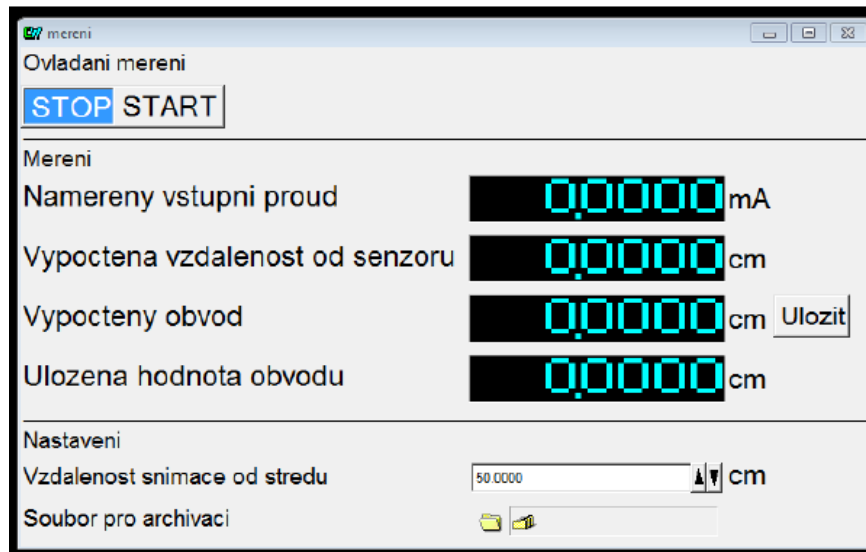
Parametr určuje, kolik záznamů má být udržováno ve vyrovnávací paměti. Vlastní zápis do souboru je tedy proveden až po naplnění bufferu. [22]

3.2 Návrh aplikace

Tvorba nové aplikace pro koncový systém se opírala o základy Ing. Holiše. Základní principy, kterých při tvorbě využíval, posloužili jako podklad pro vývoj nové verze.

3.2.1 Původní verze

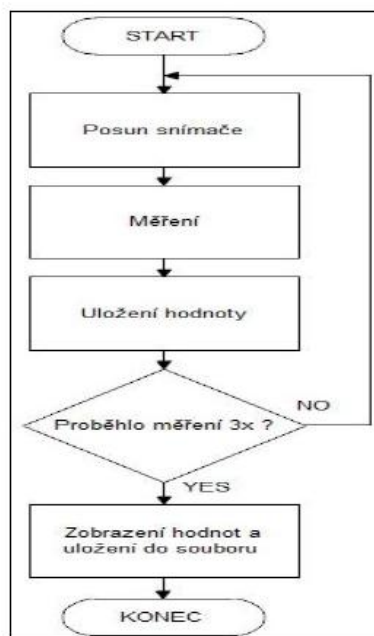
Aplikace pro řízení měření obvodu pneumatiky, kterou vytvořil Ing. Holiš, byla důležitým podkladem pro tvorbu nové aplikace. Jim vytvořená aplikace (*Obrázek 32*), ovšem nebyla určena přímo do výrobního procesu, ale sloužila pouze pro zkušební a testovací provoz.



Obrázek 32 Původní vizualizace aplikace [7]

Za pomoci této verze aplikace bylo možné ověřit funkčnost navrženého celku a získat data pro další zpracování. Vzhledem k chybějící možnosti kalibrace a dalších nastavení nebyla aplikace připravena na trvalý provoz a výrobu surových pneu s různým rozměrem.

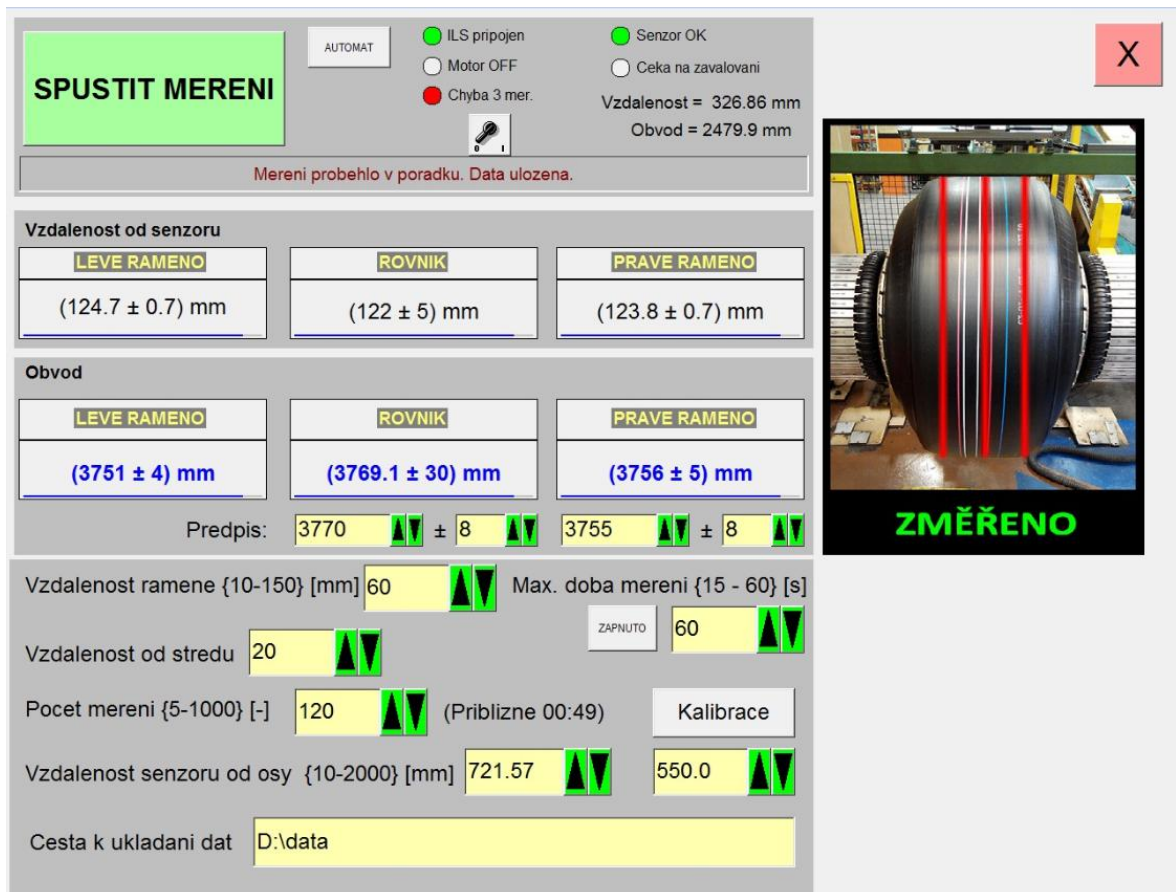
Vývojový diagram (Obrázek 33), který Ing. Holiš navrhl, stejně jako procedury, které v aplikaci zavedl, posloužily jako základ pro vytvoření nového řídicího prostředí.



Obrázek 33 Vývojový diagram původní aplikace [7]

3.2.2 Aktuální verze

Nová verze řídicí aplikace byla opět vyvíjena v prostředí CotrolWeb 5 aby byla zachována kompatibilita s průmyslovým IPC firmy Moravské přístroje. Tvorba aplikace probíhá formou objektového programování, kde prostřednictvím palety přístrojů vkládáme jednotlivé funkční bloky (přístroje) na aplikační plochu. Tyto přístroje pak dále můžeme upravovat a přizpůsobovat našim požadavkům, případně zasahovat přímo do jejich kódu.



Obrázek 34 Nová vizuální podoba aplikace

Nová verze aplikace se značně změnila a rozšířila. Na první pohled je zřejmé nové vizualizační prostředí celé aplikace. Popíšeme si tedy nejprve její grafickou stránku a poté si popíšeme jednotlivé funkční celky.

3.2.2.1 Vizualizace

V horním tzv. notifikačním panelu je možné vidět indikaci stavu připojených zařízení. Červenou případně zelenou barvou je indikován stav komunikace mezi IPC a senzorem či motorem lineární osy. Indikováno je také právě probíhající měření a případně chyba 3 po sobě jdoucích měření. Zleva je pak zřetelné tlačítko pro spuštění měření, které po sepnutí

změní svou barvu na červenou a ukazuje odpočet času potřebného pro provedení požadovaného měření. Ten je závislý na několika parametrech – periody vzorkování, počtu měření a času potřebnému k přesunu osy do jednotlivých pozic. Vedle něj je umístěno červené tlačítko pro okamžité zastavení. Nad ním pak můžeme vidět další funkční switch – automat. Slouží pro přepínání mezi automatickým a manuálním spouštěním měření. Poslední přepínač momentálně neplní žádnou funkci, poslouží jako programovatelný výstupní impuls, který bude napojen na podnikový systém (v budoucnu může být využit pro odeslání určité informace o právě proběhnutém měření). V dolní části pak nalezneme panel, který zobrazuje textové informace ohledně činnosti, která je právě vykonávána nebo hlášení chyb, které při měřicím cyklu nastaly.



Obrázek 35 Notifikační panel

Druhý blok přístrojů nám zobrazuje aktuální informace o měření. Je rozdělen na dva celky, z nichž ten vrchní zobrazuje informace o měřené vzdálenosti senzoru od pláště pneumatiky. Spodní část naopak zobrazuje již vypočítaný obvod. V každém z jednotlivých panelů je zakomponován modrý vodorovný čárový ukazatel (*Obrázek 36 Panel naměřených dat*), díky kterému vidíme právě probíhající fázi měřicího cyklu pro danou část pláště. V případě, kdy dojde k chybnému výsledku naměřené části pneu, je tento stav indikován červeným blikajícím ukazatelem. V dolní části tohoto panelu nalezneme také kolonky pro zadání hodnoty předpisů (pro rovník a ramena) s jejich tolerancemi, které slouží systému jako údaje nezbytné pro porovnání a vyhodnocení naměřených veličin.

Vzdálenost od senzoru		
LEVE RAMENO	ROVNIK	PRAVE RAMENO
(125.5 ± 0.7) mm	(122 ± 4) mm	(124.6 ± 0.7) mm
Obvod		
LEVE RAMENO	ROVNIK	PRAVE RAMENO
(3746 ± 5) mm	(3769.1 ± 30) mm	(3752 ± 5) mm
Predpis: 3770 ▲▼ ± 8 ▲▼ 3755 ▲▼ ± 8 ▲▼		

Obrázek 36 Panel naměřených dat

Poslední z funkčních bloků nového řídicího prostředí je tzv. panel nastavení (obrázek *Obrázek 37 Panel nastavení*), kde je možné nastavovat jednotlivé parametry, které se přímo týkají měření. Prvním z možných nastavení je vzdálenost levého ramene od středu pneu v rozsahu 10-150 mm. Tyto údaje je nutné přizpůsobovat dle vyráběného rozměru pneumatiky (aby nedocházelo ke špatnému polohování senzoru vzhledem k šířce pláště). V druhé kolonce pak zadáváme vzdálenost od reálného středu pláště. Tento údaj je nezbytný, jelikož se přesně ve středu pláště nachází drážka, které by zkreslila (ovlivnila) měřený obvod skrze rozptyl paprsku. Dále je možné nastavit, kolik vzorků se má po obvodu nasnímat, což ovlivní, z kolika hodnot bude následně vypočten obvod. Čím vyšší hodnotu nastavíme, tím déle bude trvat výsledné měření. Je možné nastavit hodnotu od minimálně 5 do 1000 vzorků. Velmi důležitým parametrem pro přesné měření je hodnota vzdálenosti senzoru od středu osy hřídele. Tu je možno nastavit manuálně, především je ale dopočítána po zadání délky kalibračního standardu a stisknutí tlačítka kalibrace. Vzdálenost senzoru od osy je pak rovna součtu rozměru kalibračního senzoru a vzdálenosti senzoru od něj (viz *Obrázek 7* v teoretické části). Poslední z možných nastavení je omezení doby vyhrazené pro celkové měření. Po zadání této hodnoty je celkový čas omezen danou hodnotou. I kdybychom nastavili počet měření přesahující tento čas, bude doba měření zkrácena dle nastavení maximálního času. Tuto funkci je možné zapnout či vypnout tlačítkem umístěným u kolonky pro nastavení času.

Vzdalenost ramene {10-150} [mm] 95 Max. doba mereni {15 - 60} [s]
 ZAPNUTO 25
 Vzdalenost od stredu 20
 Pocet mereni {5-1000} [-] 20 (Priblizne 00:33) Kalibrace
 Vzdalenost senzoru od osy {10-2000} [mm] 721.00 550.0
 Cesta k ukladani dat D:\data

Obrázek 37 Panel nastavení

Kolodka „Cesta k ukladani dat“ je určena pro zvolení cesty k zápisu dat, kam budou ukládány průběžné výsledky měření pro případnou archivaci a další zpracování. V pravé části prostředí je pak zobrazena pneumatika, která ilustruje měřený typ výrobku a pomocí barevného zvýraznění upozorňuje, která část jejího pláště je právě měřena (Obrázek 38).

3.2.2.2 Popis aplikace

Grafickou podobu jsme si přiblížili, nyní je nasnadě přiblížit celý chod aplikace a její další funkcionality.

00:10 AUTOMAT ILS pripojen Motor ON Chyba 3 mer. Senzor OK MERENI pri zavalovani
 Vzdalenost = 123.16 mm Obvod = 3792.8 mm
 ...Probiha mereni obvodu v pravem rameni (38 %)...
 Vzdalenost od senzoru
 LEVE RAMENO (122.7 ± 0.5) mm ROVNIK (118.8 ± 0.8) mm PRAVE RAMENO
 Obvod
 LEVE RAMENO (3770 ± 4) mm ROVNIK (3794 ± 5) mm PRAVE RAMENO
 Predpis: 3795 ± 8 3770 ± 8
 Pravé rameno

Obrázek 38 Běh aplikace

Inicializace - Po zapnutí aplikace proběhne v první řadě inicializace zařízení (kontrola komunikace s motorem, senzorem a to včetně informace o tom, jestli je v měřicím rozsahu nebo mimo něj).

Přednastavení systému - Následuje nutné uživatelské přednastavení systému na základě vlastností měřené pneu:

- Vzdálenost ramene od měřeného středu pláště,
- posunutí tohoto středu,
- počet měření pro každou část pneu (případně maximální dobu měření),
- cestu, kam budeme chtít výsledky měření uložit,
- hodnoty předpisu pro rovník a ramena,
- údaje pro kalibraci (délka kalibračního standardu nebo hodnota celkové vzdálenosti od osy hřídele).

Kalibrace – K eliminaci systematické chyby měřeného obvodu, je nutné před měřením celý systém kalibrovat. Kalibrace je prováděna spuštěním měření, kdy místo nasazené pneu je na hřídel umístěn kalibrační standard. Po změření vzdálenosti a zadání přesného rozměru je kalibrace hotová (viz kapitola Měření obvodu pneumatiky v teoretické části).

Spouštěcí režim - Aplikace byla naprogramována tak, aby pracovala ve dvou režimech. Plně automatickém, kdy reaguje na digitální impuls od řídicího systému konfekčního stroje a manuálním (měření spouštěné stiskem tlačítka „Spustit mereni“).

Měřicí cyklus - Po zvolení režimu, dojde na základě impulsu či uživatele ke spuštění měřicího cyklu. Ten se sestává z několika fází:

1. Píst, na kterém je upevněna konzole se senzorem, spustí celou konstrukci nad plášť pneumatiky tak, aby byl senzor ve svém měřicím rozsahu a bylo možné odečítat vzorky.
2. Posuvník poháněný krokovým motorem přesune senzor do výchozí pozice (rovník).
3. Dojde k naměření počtu nastavených hodnot v rovníku (středu pneu).
4. Následuje přesun senzoru do levého ramene s jeho proměřením.
5. Po dokončení měření v levém rameni se snímač přesune do druhé krajní polohy (pravého ramene) a změří poslední nezbytné hodnoty pro výpočet poloměru.
6. Píst dopraví senzor do bezpečné vzdálenosti od pláště pneumatiky, aby bylo možné pokračovat ve výrobním procesu.
7. Z naměřených údajů se průběžně vypočítávají poloměry v daných částech, ze kterých je vypočten celkový obvod s danou odchylkou.

8. Výsledné střední hodnoty obvodu rovniku a ramen spolu se vzdáleností pláště od senzoru jsou zobrazeny na panelu. Jestliže dojde k neshodě s předpisem, je tento stav indikován.
9. Střední hodnoty obvodů jednotlivých částí pláště, hodnoty předpisu, údajů o čase měření, vzdálenosti ramen od středu a počtu naměřených hodnot jsou uloženy do historie měření. V tomto souboru jsou pak výsledky měření průběžně přidávány v pořadí za sebou tak, jak jsou v čase měřeny. Vypočítané hodnoty obvodů (tedy nejen hodnoty střední) pro každý změřený poloměr, jsou pak zvlášť pro rovnik i ramena uložena v textovém archivu ve složkách s časovým a datovým označením.
10. Chod aplikace se ukončí a ve stavovém řádku se vypíše hlášení o úspěšném či chybném dokončení měření. Naměřená a vypočítaná data zůstanou zobrazena na příslušných místech a aplikace čeká na další spuštění měřicího cyklu.

Uložení nastavených parametrů - Aplikace je uzpůsobena tak, aby si pamatovala přednastavené hodnoty a pokud dojde k ukončení aplikace z důvodu výpadku napájení, nastavené parametry zůstanou zachovány v jednotlivých polích. Toho dosahujeme tím, že veškeré parametry ukládáme do souboru barum.ini.

Kontrola opakované chyby - Pokud dojde k třem po sobě jdoucím chybám ve stejném měřeném parametru (například 3x v levém rameni za sebou), je tento chybový stav indikován obsluze.

4 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT

Tato kapitola je zaměřena na analýzu naměřených dat, která byla pořízena ve firmě Continental Barum s.r.o. na průmyslovém konfekčním stroji SAV 4. Měření probíhala jak původní zavedenou metodou (manuální), tak metodou bezdotykovou, aby bylo možné metody porovnat, a to i vzhledem k požadavkům na kvalitu výrobku. Dále také naměřené hodnoty posloužily k vytipování slabých míst měřicího systému a bylo tak možné provést nutné optimalizace a úpravy.

Manuální způsob měření

Metoda manuální (*Obrázek 39*) je založena na nutné přítomnosti obsluhy a svinovacího metru. Operátor po dokončení výroby surového pláště navinul svinovací metr po celé délce obvodu pneumatiky a klasickým způsobem odečetl hodnotu z metru. Pro každý cyklus měření se odečetly hodnoty ve středu a v ramenech pláště.

Vzhledem k technologii výroby není možné provádět měření na každém kusu pneumatiky, jelikož by to značným způsobem zpomalilo výrobu. Obsluha tedy na začátku směny provedla zkušební měření pomocí metru na jednom plášti a zaznamenala hodnoty obvodu s přesností na jednotky milimetru. Z hlediska přesnosti je tato metoda relativně přesná, pakliže měříme obvod v jejím středu. Měření v krajních ramenech však již vykazuje větší odchylky od tolerance předpisu. To je dáno tím, že metr má tendence po krajích sklouzávat a jeho uchycení není takové, jako v jeho středu.

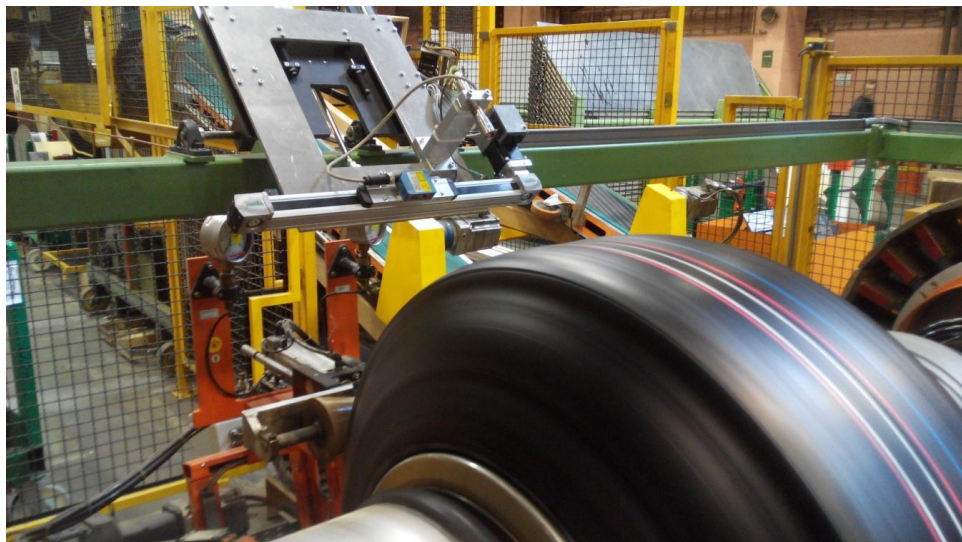


Obrázek 39 Manuální způsob měření

Bezdotykové měření

Bezdotyková metoda (Obrázek 40) založená na optoelektronickém principu snímá opakovaně v mnoha bodech vzdálenosti laseru od povrchu výrobku a následně vypočítává celkový obvod. Měření probíhá ve dvou krajních ramenech a v samotném středu pneumatiky (mírně posunutém, vzhledem k drážce na plášti).

Pro naše vyhodnocení bylo zapotřebí naměřit co možná nejvíce hodnot obvodu, to vyžadovalo delší čas, než který je během výroby k dispozici. Z tohoto důvodu byl výrobní proces upraven tak, aby bylo možné provést potřebná zkušební měření. Vzhledem k faktu, že měření probíhalo v jiný okamžik technologického procesu než při běžné výrobě, musíme vzít v úvahu, že naměřené hodnoty se budou odchylovat od hodnot předpisu. Předpis pneumatiky je totiž vázán na přesný úsek ve výrobě, který se liší od toho, kdy je prováděno naše zkušební měření (tedy při zavalování).



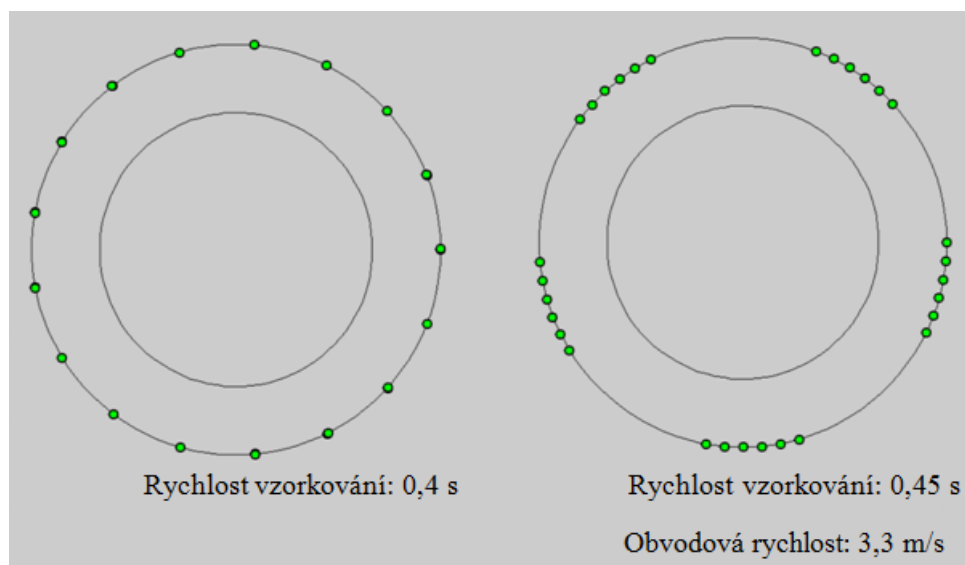
Obrázek 40 Bezdotykový způsob měření

4.1 Vyhodnocení a optimalizace dat

Pro výpočet odchylek a středních hodnot bylo využito tabulkového programu Excel od firmy Microsoft. Vyhodnocení a vykreslení dat, bylo provedeno v programovacím prostředí Matlab. Prostřednictvím tohoto programu jsme byli schopni přehledně vykreslit a porovnat výsledky naměřených hodnot z manuálního a bezdotykového měření. Zaměřili jsme se na statistické vyhodnocení středních hodnot včetně extrému (vzorky, které svými hodnotami ovlivňovaly celkovou střední hodnotu odchylku) a také po jejich odfiltrování. Tyto extrémy byly odfiltrovány z horní a dolní části dat, které byly sestupně seřazený

podle jejich velikosti. Odfiltrováno bylo celkově 30 % hodnot, aby bylo možné odstranit pouze ta data, která svými hodnotami extrémně přesahovala hodnotu střední. Z hlediska přesnosti tak byla zvolena 30 % filtrace a to z důvodu, že pokud by bylo naměřeno např. pouze 10 hodnot, nesmělo by dojít k odfiltrování příliš mnoha naměřených vzorků. Aby bylo tedy možné tuto metodu využívat, je vhodné, aby bylo naměřeno co nejvíce vzorků. Jako minimum je považováno 10 hodnot podél celého obvodu pláště, jako optimum pak 30 hodnot a jako maximum 120 vzorků. Maximální hodnota je již limitována časovým oknem, které je pro měření vytvořeno a také rychlostí vzorkování. Navíc z hlediska vyhodnocení není nutné přesahovat hodnotu 120 hodnot obvodu.

Vzhledem k faktu, že vzorky byly odebírané pokaždé v jiném bodě na plášti a nebylo možné odhadnout, jestli byl pokryt celý povrch a kolik vzorků se překrývalo, provedlo se i rozvržení jednotlivých bodů v závislosti na rychlosti otáčení pneu a rychlosti odebírání vzorků z měřicího kanálu. To posloužilo k lepší představě o rozložení měřených bodů na plášti a možné budoucí úpravě, kdy by již docházelo k lepšímu pokrytí obvodu. Pro porovnání je možné na *Obrázek 41* pozorovat změny v rozložení vzorků po obvodu pláště při různé hodnotě rychlosti vzorkování. Vlevo na obrázku je hodnota zvolená vhodně, která pokrývá rovnoměrně celý obvod pláště. Vpravo je naopak znázorněn nežádoucí stav, kdy jsou vzorky odebírány tak, že mezi nimi vznikají velké nepokryté mezery.



Obrázek 41 Rozložení snímaných vzorků po obvodu pláště

4.1.1 Měření obvodu surového pláště

Měření probíhalo v rovníku a ramenech s těmito parametry:

Tabulka 3 Parametry měření

Posunutí středu	20 mm
Vzdálenost středu od ramen	80 mm
Celkový počet měření pro každou část pláště	30
Rychlost vzorkování	0,4 s
Rychlost otáčení hřídele	200 m/min

Tabulka 4 zobrazuje naměřená data během měření. V levé části jsou zaznamenány hodnoty naměřené svinovacím metrem s přesností na jednotky mm a v pravé části střední hodnoty obvodu, které byly naměřeny pomocí senzoru včetně jejich směrodatné odchylky. U pravého ramene, došlo během měření laserem k chybě a nebylo možné dopočítat střední hodnoty obvodu u čtyř měření. To se mohlo stát v důsledku dopadu paprsku na hranu pláště a špatného odrazu do vyhodnocovací části senzoru. Celkem bylo v rámci prvního měření provedeno 11 vyhodnocení obvodu surových plášťů, kdy bylo vyhodnocováno celkem 30 naměřených hodnot. Pro kalibraci byl využit standard, který nechala zhotovit firma Barum a díky zjištění kolegy Holiše, můžeme brát kalibraci na pevném bodě za směrodatnou, jelikož při opakovaném měření, dosahovala technologie přesnosti na desetiny mm.

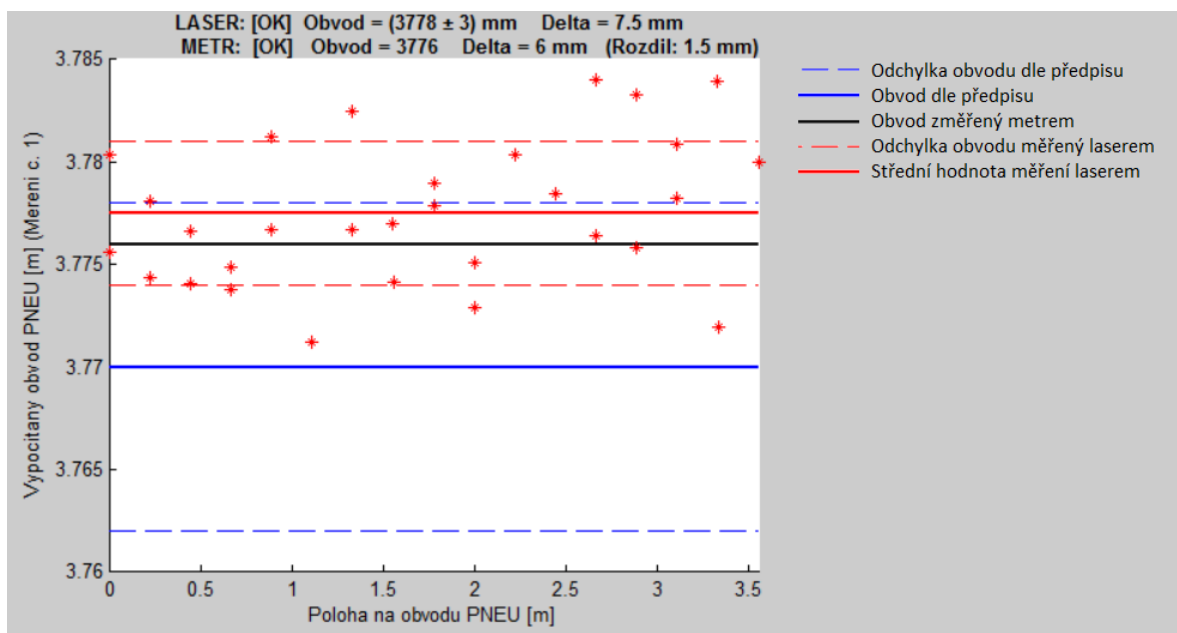
Tabulka 4 Naměřené hodnoty obvodu

Měření	METR			LASER		
	Levé rameno [mm]	Rovník [mm]	Pravé rameno [mm]	Levé rameno [mm]	Rovník [mm]	Pravé rameno [mm]
1	3737	3776	3736	3726 ± 5	3778 ± 3	3731 ± 4
2	3740	3777	3741	3729 ± 5	3778 ± 4	3727 ± 20
3	3735	3776	3744	3726 ± 4	3778 ± 4	3725 ± 30
4	3736	3779	3742	3727 ± 4	3777 ± 5	3731 ± 5
5	3737	3779	3746	3728 ± 5	3781 ± 5	-
6	3736	3779	3742	3727 ± 4	3780 ± 3	3695 ± 200
7	3739	3780	3744	3728 ± 3	3779 ± 4	-
8	3740	3780	3743	3726 ± 5	3779 ± 3	-
9	3734	3781	3748	3732 ± 5	3781 ± 6	3632 ± 300
10	3730	3780	3745	3730 ± 5	3778 ± 5	3601 ± 500
11	3742	3775	3730	3728 ± 4	3774 ± 3	-
Předpis	3755 ± 8	3770 ± 8	3755 ± 8	3755 ± 8	3770 ± 8	3755 ± 8

Měření obvodu v rovníku pneu

Za nejpřesnější data měření z hlediska struktury pláště, můžeme označit hodnoty naměřené v samotném rovníku. Zde nedocházelo ke špatným odrazům paprsku a hodnoty obvodu nevykazovaly velké odchylky od střední hodnoty. Střední hodnota každého měření tak byla velmi blízko nebo přímo v toleranci s předpisem.

Pro vizualizaci dat, byla vybrána první z 11 hodnot obvodu, která byla v toleranci s předpisem jak v případě měření metrem, tak laserem. Výsledek můžeme pozorovat na grafu níže (Obrázek 42), kde je zobrazena závislost obvodu pláště pneumatiky vzhledem k poloze na obvodu pneu, ve které se změřený vzorek nachází. Tato poloha byla přepočítána v prostředí Matlab na základě znalosti rychlosti otáčení hřídele a vzorkování. V grafu jsou vidět jednotlivé výsledky měření obvodu pneu (červené body), jejich střední hodnota (červená čára), směrodatná odchylka (červená přerušovaná čára), hodnota předpisu (modrá čára), tolerance předpisu (modrá přerušovaná čára) a hodnota naměřená svinovacím metrem (černá čára).



Obrázek 42 Graf naměřených hodnot obvodu v rovníku pro 30 vzorků

Z grafu vyplývá, že naměřená hodnota obvodu laserem i metrem je v toleranci s předpisem. Toto porovnání nám poskytne i

Tabulka 5, kde můžeme srovnat odchylky mezi středními hodnotami všech 11 měření a hodnotou předpisu. Je-li hodnota v toleranci, je vyznačena zeleně. Zbylé červeně zvýrazněné hodnoty pak reprezentují neshodu s předpisem. Posední řádek v tabulce

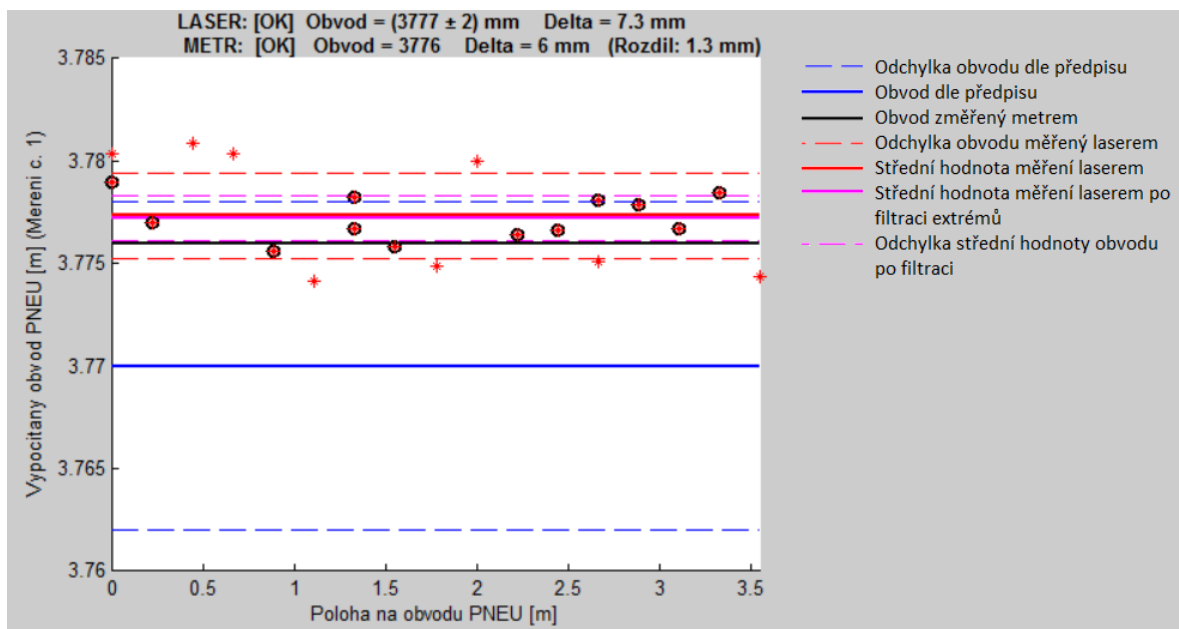
představuje směrodatnou odchylku z hodnot měření laserem a její střední hodnotu, která později poslouží jako referenční hodnota pro srovnání statistickým metod. Výsledné rozdíly mezi hodnotami naměřenými metrem a laserem nejsou znatelně odlišné, liší se řádově v desetinách až jednotkách mm.

Tabulka 5 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou v rovníku

Odchylka laser [mm]	7,5	8,2	7,8	6,5	10,6	10	9,5	9,8	11,2	8,1	3,7	
Odchylka metr [mm]	6	7	6	9	9	9	10	10	11	10	5	Průměr
Směrodatná odchylka [mm]	3,5	4,4	4	5,1	4,6	3,1	4,1	3,3	6	4,9	3,1	4,2 mm

Jelikož je v grafu (Obrázek 42) možné pozorovat opravdu široké rozpětí hodnot, které ovlivňují výslednou střední hodnotu obvodu, byla zavedena metoda filtrace dat. Spočívá v tom, že ze sestupně seřazených dat bylo odfiltrováno 30 % extrémních hodnot, které se nachází v horní a dolní části seřazených dat (v tomto případě celkem 10 hodnot). Pakliže tyto hodnoty odfiltrujeme, dosáhneme vyšší přesnosti obvodu a značně snížíme celkovou směrodatnou odchylku.

Výsledky po filtraci dat, jsou znázorněny v grafu (Obrázek 43). Můžeme pozorovat značné snížení rozptylu hodnot, které vede ke zmenšení odchylky od hodnoty předpisu.



Obrázek 43 Graf naměřených hodnot obvodu v rovníku pro 30 vzorků po filtraci

Jestliže aplikujeme metodu filtrace na zbylé změřené obvody (*Tabulka 6*), dojdeme k závěru, že se značně snížila směrodatná odchylka při měření laserem a to v její střední hodnotě o polovinu (z hodnoty 4,2 mm na 2,5 mm). Také se filtrace hodnot výrazně podepsala na úpravě středních hodnot obvodu, což má za následek snížení rozdílu mezi předpisem a středními hodnotami obvodu. Díky tomu se nám z 11 měření shoduje s předpisem hned šest výsledků měření oproti čtyřem, kdy nebyla použita filtrace dat.

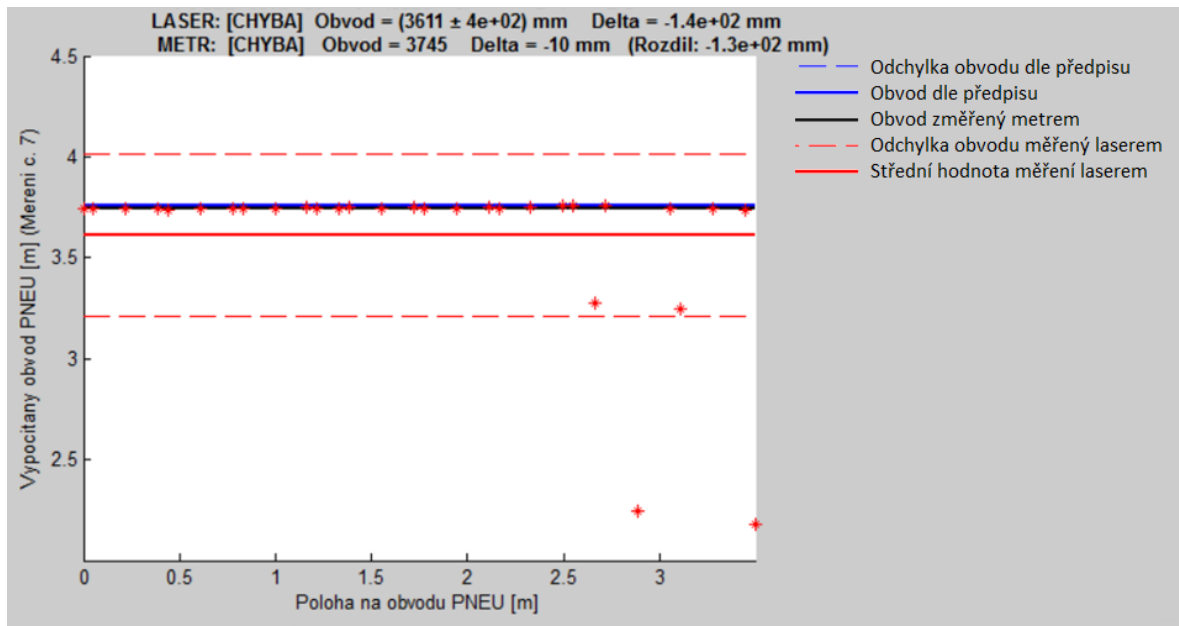
Tabulka 6 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou v rovniku po filtraci

Odchylka laser [mm]	7,3	8	7,9	6,3	9,7	9,8	9,4	9,1	12	7,6	3,6	
Odchylka metr [mm]	6	7	6	9	9	9	10	10	11	10	5	Průměr
Směrodatná odchylka [mm]	2,1	2,7	2,8	3,3	2,7	1,9	3,1	1,5	3,1	2,6	2,1	2,5 mm

Měření obvodu v pravém rameni pneu

Požadavkem na měřicí soustavu bylo i vyhodnocovat hodnoty obvodu v ramenech pneumatiky. Měření proběhlo v levém i pravém rameni přičemž u pravého ramene došlo k závažnějším chybám při měření, kdy došlo u čtyř případů k nenaměření střední hodnoty obvodu. To přisuzujeme špatnému nasměrování paprsku laseru, který dopadal na hranu pláště pod takovým úhlem, že byl paprsek odrážen mimo vyhodnocovací obvod senzoru. I přes to, byly jako vzorek pro vyhodnocení vzaty hodnoty pravého ramene (tedy všech 7 zaznamenaných hodnot). Oproti náměru na levém rameni jsou pozorovatelné i značně větší směrodatné odchylky (viz *Tabulka 4*).

Na obdobně sestaveném grafu, jako tomu bylo u rovniku, můžeme vidět rozložení naměřených hodnot pro sedmou změřenou střední hodnotu obvodu. V grafu (*Obrázek 44*) vidíme několik extrémních hodnot, které mohou za onu vysokou směrodatnou odchylku a také za to, že střední hodnota naměřená laserem byla o 143 mm vzdálena hodnotě předpisu.



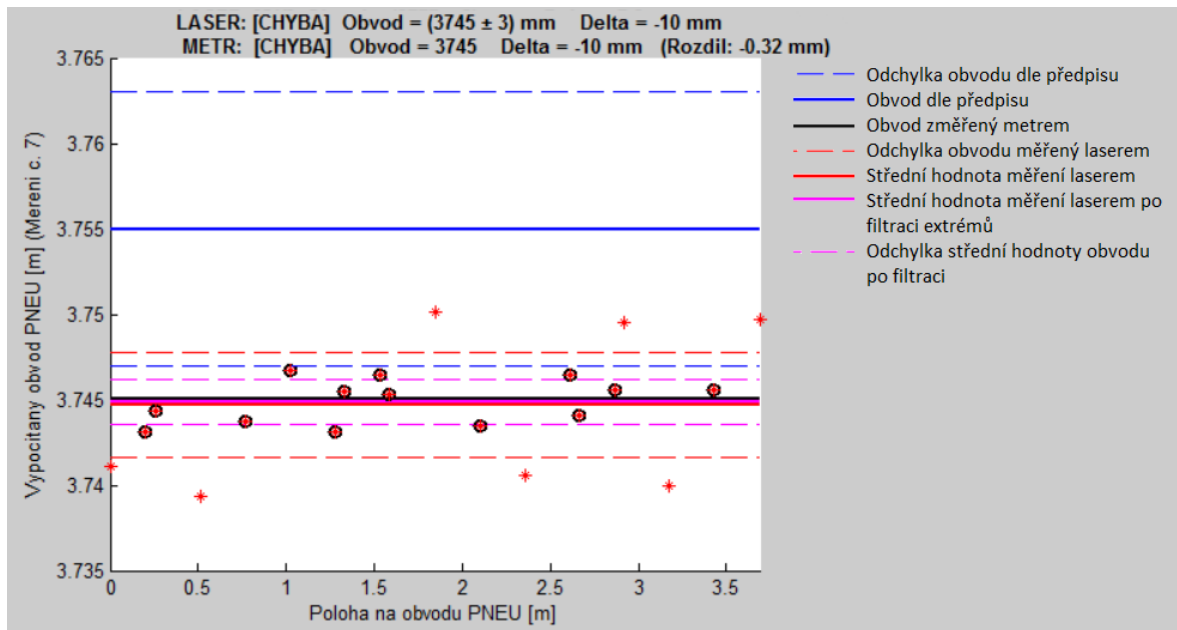
Obrázek 44 Graf naměřených hodnot obvodu v pravém rameni pro 30 vzorků

Pokud se podíváme na další výsledky ze sedmi měření (Tabulka 7), můžeme vidět, že hodnoty prvních čtyř měření jsou obdobné s výsledky, které přineslo manuální měření metrem, byť s většími odchylkami než tomu bylo u měření v rovníku. Až na jednu hodnotu změřenou metrem se žádný výsledek neshodoval s předpisem, to ovšem je s velkou pravděpodobností zapříčiněno tím, že měření probíhalo v jiné výrobní fázi, než pro kterou byl stanoven předpis.

Tabulka 7 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou v rameni

Odchylka laser [mm]	-14,4	-17,8	-19,3	-14,8	-50,1	-112,7	-143,5	
Odchylka metr [mm]	-19	-14	-11	-13	-13	-7	-10	Průměr
Směrodatná odchylka [mm]	3,8	17,2	24,5	4,6	138,0	262,1	400,3	121,492 mm

Obdobně jako u rovníku i zde aplikuje metodu filtrace 30 % hodnot, abychom odstranily extrémní měření. Výsledek je patrný na grafu (Obrázek 45), kdy celková směrodatná odchylka klesla ze 400,3 mm na 3,1 mm a střední hodnota obvodu se ustálila na 3745 mm, což se od předpisu liší o 10,3 mm. Zde je tedy daleko patrnější přínos statistické metody filtrace.



Obrázek 45 Graf naměřených hodnot obvodu v pravém ramen pro 30 vzorků po filtraci

V Tabulka 8 jsou zaznamenána data po provedené filtraci dat. Střední hodnota směrodatné odchylky se snížila o necelých 8 mm. U šestého měření je hodnota odchylky značně větší (39,3 mm), to je dáno tím, že v tomto případě by bylo potřeba odfiltrovat více jak 15 % dat.

Tabulka 8 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou v pravém rameni po filtraci

Odchylka laser [mm]	-14,3	-13,8	-13,1	-15,1	-12,5	-23,6	-10,3	
Odchylka metr [mm]	-19	-14	-11	-13	-13	-7	-10	Průměr
Směrodatná odchylka [mm]	2,3	2,9	2,5	2,9	1,4	39,3	3,1	7,8 mm

Opakované měření

Měření bylo zopakováno s upravenými parametry měření pro rychlost otáčení a vzdálenost středu od ramen (viz Tabulka 9).

Tabulka 9 Upravené parametry měření

Posunutí středu	20 mm
Vzdálenost středu od ramen	70-75 mm
Celkový počet měření pro každou část pláště	30
Rychlost vzorkování	0,111 s
Rychlost otáčení hřídele	200 m/min

U druhého měření posloužilo jako statistický vzorek hned 12 měření po 120 hodnotách. Především byla změněna rychlost vzorkování z 0,4 s na 0,111 s a upravena byla také vzdálenost ramen od středu. Jelikož nám výroba nedovolila měřit více pneumatik svinovacím metrem, byla pro porovnání změřena pouze první. U zbylých měření byly vyhodnoceny pouze hodnoty z bezdotykového měření, které jsou pro naše měření stejně nejdůležitější. Naměřené hodnoty včetně jejich směrodatných odchylek pro rovník a ramena pneu pak uvádí *Tabulka 10*. Jestliže se zaměříme na hodnoty naměřené laserem v pravém rameni, můžeme si všimnout u posledních hodnot (vyznačeny červeně) vysokých odchylek a u tří měření dokonce nedošlo k proměření vůbec. To bylo způsobenou změnou vzdálenosti ramene od středu z hodnoty 70 mm na 75 mm. Poloha senzoru tak byla nastavena do bodu, kdy došlo ke ztrátě paprsku či jeho rozptýlení. Totéž ve značné míře platilo i pro levé rameno, kde sice nedošlo k tak vysokým hodnotám odchylek, ale veškeré naměřené hodnoty pro 75 mm vzdálenost od středu byly mimo předepsanou toleranci. Zbylé naměřené hodnoty pro 70 mm vzdálenost od středu pak již chyby nevykazovaly a byly v toleranci s předpisem.

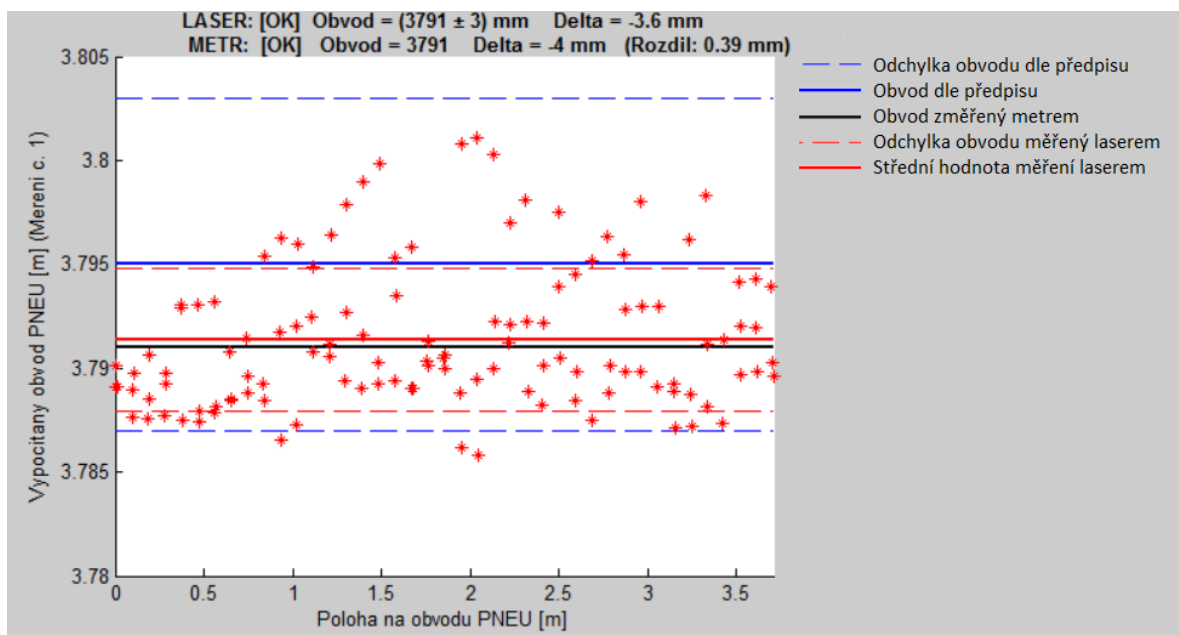
Tabulka 10 Naměřené hodnoty obvodu po úpravě parametrů

Měření	METR			LASER		
	Levé rameno [mm]	Rovník [mm]	Pravé rameno [mm]	Levé rameno [mm]	Rovník [mm]	Pravé rameno [mm]
1	3762	3791	3764	3765 ± 6	3791 ± 3	3766 ± 6
2	-	-	-	3766 ± 3	3788 ± 3	3765 ± 3
3	-	-	-	3768 ± 3	3791 ± 3	3765 ± 3
4	-	-	-	3768 ± 3	3790 ± 4	3767 ± 4
5	-	-	-	3767 ± 3	3793 ± 3	3766 ± 3
6	-	-	-	3769 ± 3	3793 ± 4	3767 ± 3
7	-	-	-	3766 ± 3	3789 ± 4	3767 ± 3
8	-	-	-	3761 ± 3	3793 ± 4	3761 ± 3
9	-	-	-	3760 ± 4	3789 ± 23	-
10	-	-	-	3759 ± 5	3791 ± 5	3757 ± 11
11	-	-	-	3760 ± 4	3792 ± 4	-
12	-	-	-	3761 ± 3	3794 ± 5	3642 ± 319
Předpis	3770 ± 8	3795 ± 8	3770 ± 8	3770 ± 8	3795 ± 8	3770 ± 8

Měření obvodu v rovníku pneu

Pro vizualizaci byl vybrán první vzorek pro rovník i rameno (pro změnu rameno levé). První vzorek byl zvolen na základě toho, že jen u něj máme možnost porovnat výslednou hodnotu obvodu s tou, která byla naměřena svinovacím metrem. Na

Obrázek 46 je vykreslen náměr hodnot pro rovník bez provedené filtrace. Můžeme si všimnout, že střední hodnota i bez úprav filtrace je stále v toleranci s předpisem, nicméně i tak jsou patrné hodnoty extrémů, které způsobují mírně větší směrodatnou odchylku. I přes tyto extrémy a díky tomu, že bylo naměřeno 120 vzorků, byla střední hodnota v toleranci s předpisem a to i u zbylých 11 náměrů jak můžeme vidět v *Tabulka 11*.



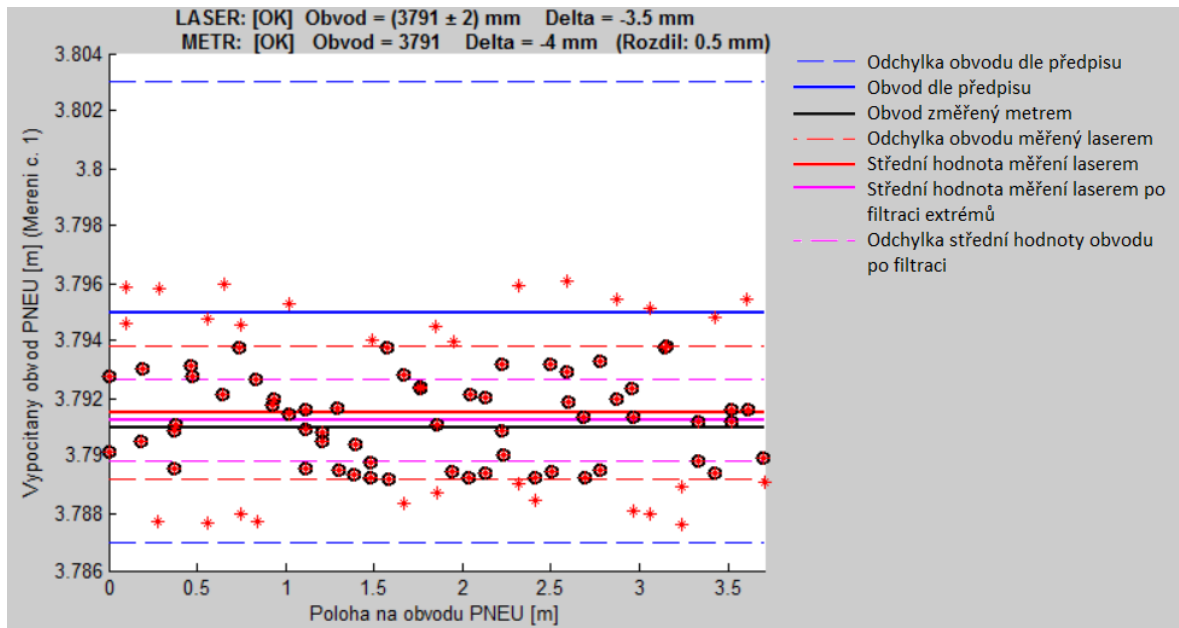
Obrázek 46 Graf naměřených hodnot obvodu v rovníku pro 120 vzorků

Tabulka 11 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou rovníku

Odchylka laser [mm]	-3,6	-6,6	-4,4	-4,9	-1,7	-2,3	-5,8	-1,7	-6,1	-3,9	-2,9	-1,0	
Odchylka metr [mm]	-4												Průměr
Směrodatná odchylka [mm]	3,4	3,4	3,2	4,5	3,3	4,0	4,3	3,8	23,4	4,9	4,3	4,7	5,6

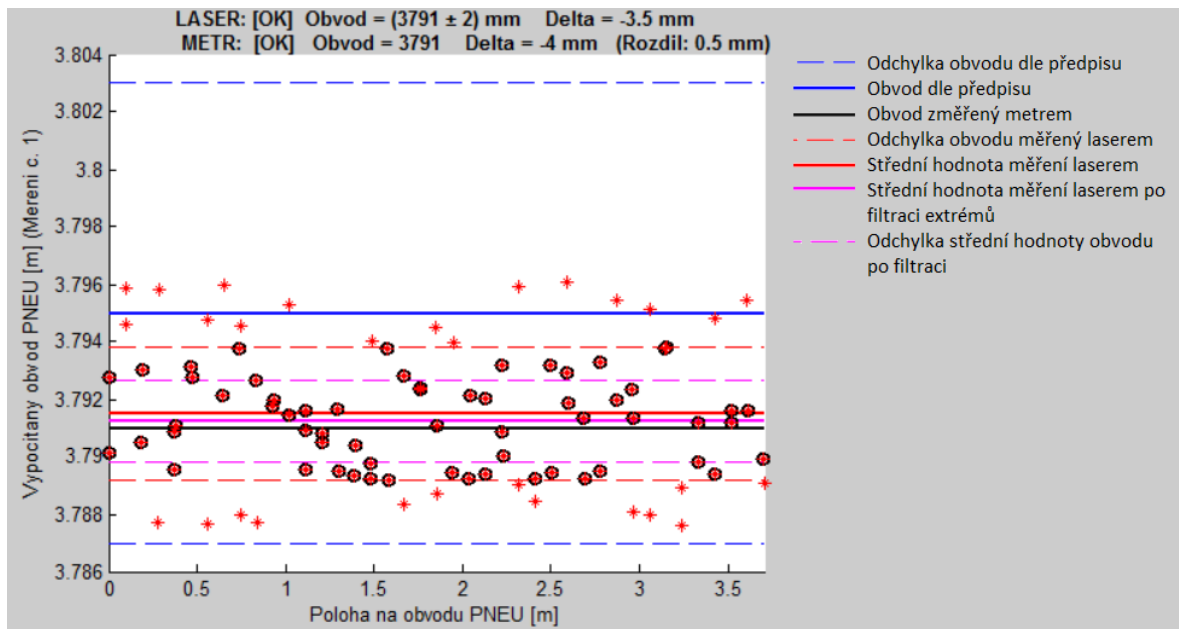
Na *Obrázek 47* je pak znázorněn průběh vzorkování s provedenou filtraceí, kdy si můžeme povšimnout mírného zlepšení směrodatné odchylky střední hodnoty laseru. Filtrace 30 % dat, což odpovídá 18 hodnotám obvodu pro dolní i horní část sestupně řazených dat v tomto případě především upravila vysokou směrodatnou odchylku u devátého měření. Ta klesla z hodnoty 23 mm na 2,4 mm, jak se můžeme přesvědčit

v



Obrázek 47 Graf naměřených hodnot obvodu v rovníku pro 120 vzorků po filtraci

Tabulka 12. K mírnému zlepšení směrodatných odchylek došlo i u zbylých naměřených hodnot (střední hodnota klesla z 5,6 mm na 2,4 mm).



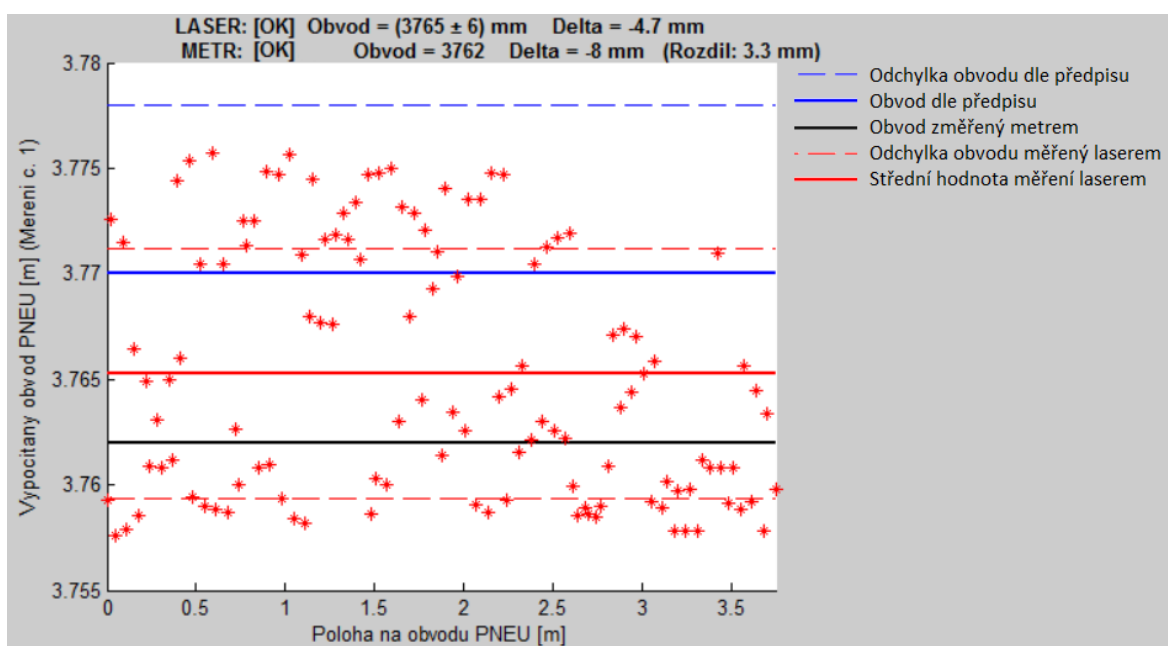
Obrázek 47 Graf naměřených hodnot obvodu v rovníku pro 120 vzorků po filtraci

Tabulka 12 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou rovníku po filtraci

Odchylka laser [mm]	-4,1	-6,6	-4,8	-4,2	-1,7	-2,4	-5,9	-1,9	-3,8	-4,0	-3,0	-1,4	
Odchylka metr [mm]	-4												Průměr
Směrodatná odchylka [mm]	1,9	2,0	1,6	2,1	2,1	2,8	2,6	2,4	2,7	2,4	2,7	3,0	2,4

Měření obvodu v ramenech pneu

Vizualizace prvního měření levého ramene znázorňuje graf níže (Obrázek 48). Střední hodnota laseru i hodnota naměřená svinovací metrem je v toleranci s předpisem. Rozdíl mezi naměřenou hodnotou metrem a předpisem pro rameno je v tomto případě větší jak u rovníku, to je zapříčiněno tím, že manuální měření v rameni je komplikováno hranou pláště, na kterou je přikládán metr (ten má pak tendence sklouzávat a způsobovat tak nepřesnosti).



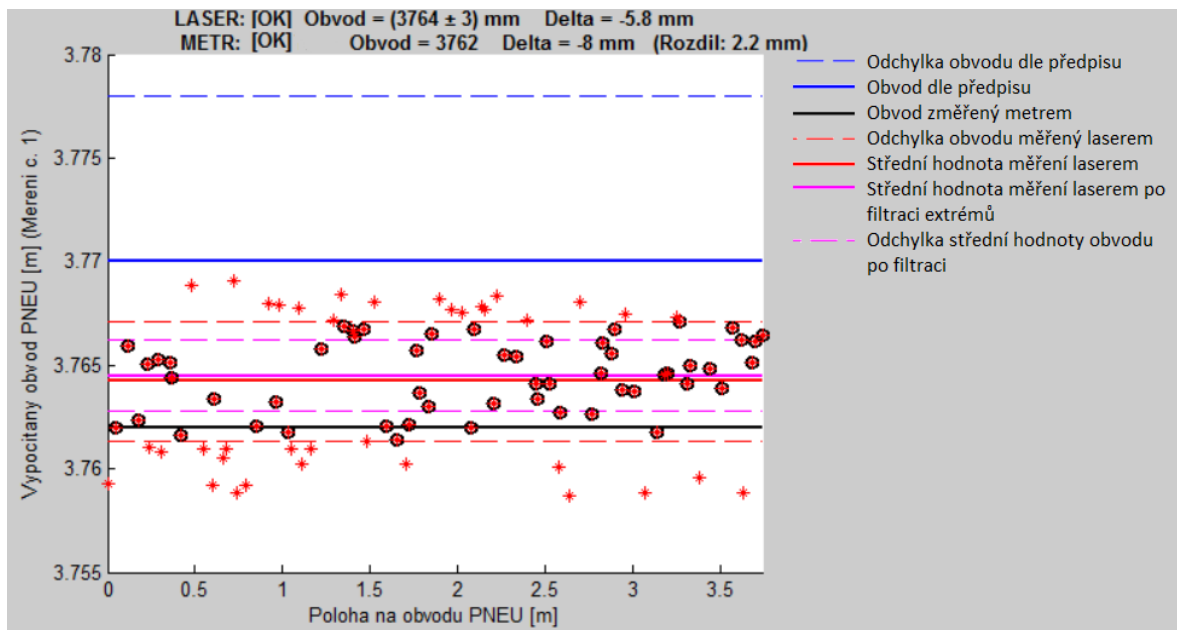
Obrázek 48 Graf naměřených hodnot obvodu v levém rameni

Jak bylo uvedeno výše díky změně vzdálenosti středu pneumatiky od krajních ramen na hodnotu 75 mm, došlo u všech měření s tímto parametrem k chybě, která zapříčinila, že žádná z naměřených hodnot nesouhlasila s předpisem. A jak můžeme vidět v Tabulka 14, nepomohla ani následná filtrace extrémů. Hodnoty jsou stále mimo předepsanou hodnotu pro ramena pneumatiky.

Tabulka 13 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou levého ramene

Odchylka laser [mm]	-4,7	-3,6	-2,2	-2,4	-3,4	-0,8	-3,6	-8,7	-10,4	-11	-10,2	-8,5	
Odchylka metr [mm]	-8												Průměr
Směrodatná odchylka [mm]	5,9	3,0	3,3	3,1	2,9	3,3	3,2	3,5	4,2	5,1	4,3	2,9	3,6

Graf s filtrovanými hodnotami extrémů náměru levého ramene můžeme vidět na *Obrázek 49*. Je jasně viditelné, že došlo k odfiltrování extrémních hodnot a to přispělo k zlepšení směrodatné odchyly měření z 5,9 mm na 4,6 mm. Střední hodnota naměřená laserem i metrem jsou stále v toleranci a díky filtraci dat se jejich hodnoty usměrnily na jejich skutečnou střední hodnotu bez ovlivnění extrémů.



Obrázek 49 Graf naměřených hodnot obvodu v levém rameni po filtraci

Stejně tak jako u hodnot rovniku i zde je patrné, že došlo u všech měření k výraznému zlepšení směrodatné odchyly měření (viz *Tabulka 14*).

Tabulka 14 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou levého ramene po filtraci

Odchylna laser [mm]	-5,2	-3,7	-2,4	-2,5	-3,3	-0,8	-3,9	-8,8	-10,3	-11,6	-10,7	-8,1	
Odchylna metr [mm]	-8												Průměr
Směrodatná odchylna [mm]	4,6	1,9	2,2	1,8	1,9	1,6	1,8	2,1	2,2	3,6	2,6	1,7	2,3

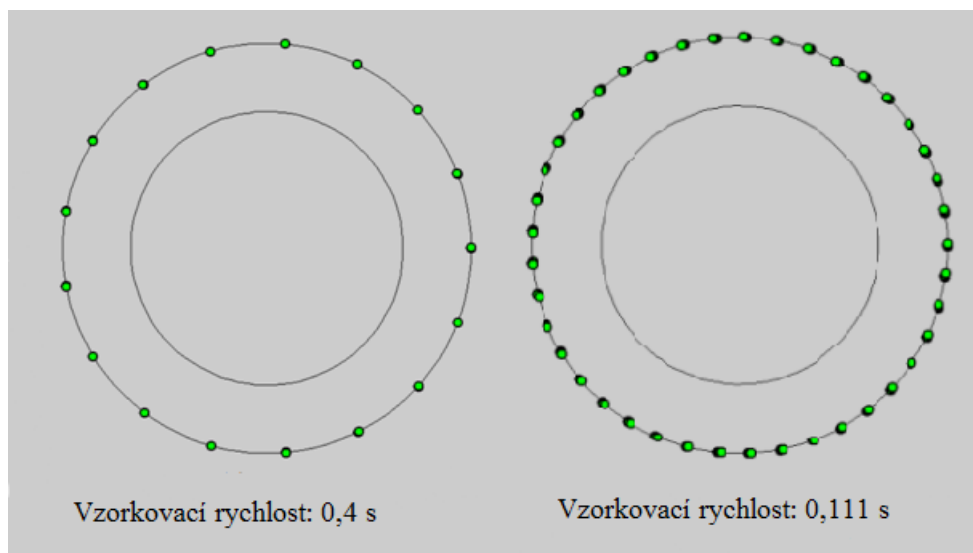
4.1.2 Vyvozené závěry

Z měření vyplývá, že změna parametrů má veliký vliv na výsledky měření. Především pak změna vzdálenosti středu pneumatiky od krajních ramen, kdy při špatně zvolené hodnotě docházelo ke ztrátě laserového svazku či jeho rozptýlení. Jestliže byla hodnota nastavena správně, střední hodnoty odpovídaly předpisu pro ramena, i když byla tato měření prováděna v jinou fázi technologického procesu, než pro kterou je předpis určen. Můžeme

tedy vyvodit závěr, že hodnota vzdálenosti ramen od středu byla optimalizována natolik, že laserový svazek již nedopadal přesně na hranu pláště, kde docházelo k jeho tvarování. Střední hodnoty rovníku často spadaly do tolerance s předpisem, veliký vliv na to měl také počet vzorků, které jsme z pláště nasníмали a také fakt, že ve středu pneumatiky nedocházelo k tak četným rozptylům paprsku, jako tomu bylo u ramen.

Samotné statistické metody vyhodnocení dat, tedy především 30 % filtrace hodnot byla velmi užitečným nástrojem, který dokázal upravit data tak, aby klesla jejich směrodatná odchylka a ustálila se jejich střední hodnota již bez vlivu extrémních hodnot, které při měření nastal, např. vibracemi či špatnými odrazy. To často vedlo k tomu, že výsledná upravená hodnota obvodu se již shodovala s hodnotou předepsanou pro danou část pláště.

Množství vzorků a jejich správné rozložení po celém obvodu pláště pneumatiky pak především ovlivňovala zvolená rychlost vzorkování. Ta je dalším důležitým parametrem pro správnou optimalizaci měření. Během celého měření jsme se snažili volit takové hodnoty vzorkování, aby byla vzhledem k počtu vzorků pokryta co největší plocha pláště. Čím menší hodnotu jsme zvolily, tím více vzorků jsme pochopitelně nasníмали a dosáhli většího pokrytí obvodu (viz *Obrázek 50*).



Obrázek 50 Porovnání rozložení vzorku pro jednotlivá měření

5 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO SYSTÉMU

Kapitola se zabývá celkovým zhodnocením, vytipováním slabých míst a v neposlední řadě také návrhem možných dalších vylepšení, které by mohly přispět ke zdokonalení systému.

5.1 Zhodnocení

Výsledky měření potvrzují vhodnost použití navržené technologie pro měření obvodu surového pláště pneumatik. Hodnoty, které jsme získali při měření v ramenech, sice často nevyhovovaly toleranci předpisu, to ale nebylo způsobeno nepřesností technologie, nýbrž rozdílností, kdy je obvod měřen a pro jakou fázi výroby je předpis určen (plášť je během ní neustále tvarován). Můžeme tedy říci, že navržený systém dokáže plně nahradit starší metodu měření obvodu pláště a to po celou dobu výroby. Vytvořená aplikace nevykazovala žádné chyby, byla stabilní a byla několikrát testována při výrobě, kdy nedošlo k žádným problémům, které by ji omezily, či narušily měření. Naměřená data byla ukládána průběžně a případné chyby byly okamžitě hlášeny operátorovi na obslužném panelu. Díky propojení s řídicím systémem stroje SAV 4 je měřicí proces plně automatizovaný a splňuje požadavky, které kladla firma Continental Barum s.r.o.

Použité komponenty, které ve své práci navrhl pan Zapletal, byly plně kompatibilní a pro danou úlohu byly naprosto vhodné. Během realizace jsme nenarazili na závažnější problémy, které by bylo potřeba řešit výměnou či pořízením jiné komponenty.

Mimo samotné zdokonalení a zautomatizování měřicího procesu, poslouží měřicí systém také jako prvek bezpečnosti. Průmyslové prostředí bývá totiž často docela nebezpečným pro lidský organismus, jelikož obsluha přichází do styku se stroji, které při své činnosti mohou způsobit až vážná poranění. Pochopitelně probíhají školení a jsou v podnicích zaváděna opatření a předpisy, které tyto úrazy minimalizují. Přesto však může dojít k určitému opomenutí či zaváhání obsluhy, které může mít závažné následky pro člověka či výrobu. Právě proto jsou do průmyslu zaváděny ochranné prvky, které mimo jiné slouží k ochraně a předcházení těmto situacím. Námi navržený systém primárně slouží pro měřicí účely a omezení zmetkovitosti při výrobě. Přesto však také do značné míry ovlivňuje i bezpečnost na pracovišti, jelikož již není třeba, aby obsluha přicházel přímo do styku s vyráběným produktem, který je stále uchycen na konfekčním stroji.

5.2 Slabá místa systému

Jako každý systém i tento není dokonalý. V této podkapitole se pokusíme nastínit, kde se mohou nacházet slabá místa a jaký vliv můžou mít na měření a jeho přesnost.

Měřicí technologie a materiál pláště

Měřicí systém pracuje na optoelektronickém principu, který je omezen parametry snímacího prvku a jeho fyzikálními vlastnostmi. Výhody a nevýhody této technologie jsme si uvedli v teoretické části této práce a není tak nutné je opakovat. Jedním ze slabých míst může být považována právě zvolená laserová technologie. Její přesnost je závislá na povrchu, na který paprsek dopadá. Plášť pneumatiky je zhotoven z černé gumy, která svými vlastnostmi může laserový paprsek z části pohlcovat a díky nerovnostem (drážkám a vzoru pláště) může docházet také k nežádoucímu rozptylu.

Výrobní technologie

Samotná výrobní technologie také neusnadňuje měření, jelikož díky otáčení hřídele dochází k vibracím jak na plášti pneu, tak na ramenní, kde je uchycen laser. Tyto vibrace pak mohou mít určitý vliv na měřicí soustavu a výsledky měření.

Fáze výroby

Nežádoucí efekt také přináší fáze výroby, při které je spuštěno měření (proces zavalování). Při ni totiž, dochází k tvarování ramen pláště a to má v mnoha měřeních za následek špatný odraz paprsku a jeho vyhodnocení.

5.3 Návrhy budoucích optimalizací

Výstupní signál z IPC

Modul analogových vstupů a digitálních vstupů/výstupů AD1, který je osazen v průmyslovém počítači nabízí možnost odesílat digitální impuls z měřicího systému. Ten byl do programového prostředí zakomponován a je schopný nastavit na výstup modulu logickou 1, jestliže dojde například k chybě při měření. V budoucnu by tak mohl být tento výstup využit pro napojení výstražného majáčku, který by vizuálně signalizoval nežádoucí stav (například chybu v tří po sobě jdoucích měření v levém rameni).

Změna předpisu pro pneumatiky

Z měření vyplynulou, že změna nastavení vzorkovací frekvence vzhledem k rychlosti otáčení hřídele, má výrazný vliv na koncové rozložení vzorků po celém obvodu pláště. Vzhledem k tomu, že se snažíme pokrýt rovnoměrně celý plášť pneumatiky, abych dostali co nejvěrohodnější data, bylo by vhodné doplnit předpis také o hodnotu vzorkovací frekvence. Tuto hodnotu bychom mohli získat po dalším budoucím testování, kdy by došlo k proměření všech vyráběných typů pneumatik pro daný konfekční stroj.

Předpis by se také měl doplnit o hodnoty, které definují, kam musí být směřován laserový paprsek. Konkrétně hodnotu, o které musí být střed posunut, aby paprsek nedopadl na případné drážky, které se na plášti mohou nacházet a hodnoty vzdálenosti ramen od tohoto upraveného středu.

V úvahu by se tedy musela vzít rychlost otáčení (ta se pohybuje v rozmezí 150 – 200 m/min dle zvolené pneu) na základě které by se zvolnila doba čtení vzorků z kanálu a také hodnoty pro správné nasměrování paprsku. Jestliže by se tedy takto upravený předpis do výroby zavedl, značně by to zpřesnilo měření a usnadnilo operátorovi obsluhu systému.

Doplnění řídicího programu

Z kapitoly „Analýza naměřených dat“ vyplynulo, že metoda filtrace extrému je velmi účinná, pokud se jedná o úpravu střední hodnoty a směrodatné odchylky měření. Bylo by tedy vhodné v budoucnu doplnit řídicí systém o přímou úpravu dat během samotného vyhodnocování obvodu programem.

Změna načasování měření

Předpis hodnot, který je nyní zaveden na pracovišti pro kontrolu obvodu při manuálním měření, odpovídá jiné fázi výroby, než při které je obvod měřen bezdotykovou technologií. To nemá vliv například na hodnotu při měření rovníku, kde nedochází k výrazným změnám, nicméně to může mít vliv na odchylky při měření ramen pneumatiky.

Jako vhodné řešení by mohlo být prodloužení výrobní fáze zavalování. Plášť by byl již vytvarován a pouze by se uměle vytvořil čas, který by vytvořil prostor pro měření obvodu pneumatiky a to bez dalších zásahu do tvaru.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo na základě prací mých kolegů Ing. Holiše a Bc. Zapletala dokončit projekt realizace bezkontaktního systému pro měření obvodu surového pláště. Především pak vytvořit aplikaci, která bude schopna automatizovaného provozu na konfekčním stroji SAV 4 ve firmě Continental Barum s.r.o. Mezi další cíle této práce bylo provést potřebné analýzy naměřených dat, na základě kterých pak byly provedeny optimalizace, které celý měřicí systém zpřesnily.

Aplikace byla vyvíjena v prostředí ControlWeb 5 a je optimalizována tak, aby automaticky reagovala na výstupní signál z řídicího systému konfekčního stroje či manuálního spuštění obsluhou. Jakmile dojde ke spuštění měřicího cyklu, proběhne proměření jednotlivých částí pneumatiky, zobrazení výsledků měření s případnou signalizací chyby a následné uložení do souboru pro případnou archivaci a další zpracování. Jelikož se na konfekčním stroji vyrábí několik druhů pneumatik, bylo zapotřebí uzpůsobit řídicí program tak, aby kdykoli během výroby bylo možné změnit parametry pro polohování senzoru, počet nasnímaných hodnot nebo omezit dobu měření pro danou fázi výrobního procesu, která může být pro každý druh pneumatiky odlišná.

Během realizace projektu bylo nutné několikrát navštívit pracoviště, kde k výrobě surového pláště dochází. Inženýři firmy Barum zde zrealizovali konečné uchycení senzoru na konzoli a zakomponovali IPC s obslužným panelem do krycího boxu. Díky tomu jsme mohli provést potřebná měření, na základě kterých byly provedeny optimalizace měřicího systému. Mezi zásadní problémy, na které jsme během realizace narazili, bylo zoptimalizovat měření tak, aby došlo k proměření všech částí pláště po vyhrazený čas pro měření a to včetně dostateku nasnímaných vzorků, abychom pokryli rovnoměrně celý povrch pláště. Toho se nám povedlo docílit správným nastavením vzorkovací frekvence, která vzhledem k rychlosti otáčení hřídele dokázala odebrat dostatek vzorků pro konečná měření. Další úskalí na nás čekalo ve formě přesného polohování senzoru, aby jeho laserový svazek nedopadal na drážku, která byla přesně ve středu pneumatiky, proto jsme byli nuceni střed měření posunout o 20 mm. Vzdálenost ramen od středu, která se pro každý druh pneumatiky lišila, pak také vytvářela problémy v podobě chyb při měření. Díky hraně, na kterou svazek dopadal, docházelo k jeho rozptylu či úplné ztrátě, což vedlo často k tomu, že měření v dané části neproběhlo vůbec. Z měření ale vyplynulo, že jako optimální hodnotu, u které nedocházelo ke ztrátě paprsku či jeho rozptylu pro předpis

pneumatiky, který činil 3770 mm, bylo nutno nastavit 70 mm. Ovšem tato hodnota se pro jiné rozměry pneumatik může lišit a bude tedy potřeba v budoucnu provést měření u každé z nich.

Jelikož často docházelo k určité chybě při měření, a to vlivem špatného odrazu, vibracemi, či lesklému povrchu, bylo zapotřebí naměřená data dále upravit a statisticky vyhodnotit, aby bylo možné navrhnout možné budoucí optimalizace či úpravu programu. Jako velmi vhodná metoda se ukázala metoda filtrace 30 % dat, která dokázala odstranit extrémy, které značně ovlivňovali střední hodnotu obvodu a také směrodatnou odchylku měření. Tato metoda se ukázala jako účinná a dokazují to zpracované grafy a tabulky v kapitole „Analýza naměřených dat“.

Do budoucna by bylo vhodné vytvořit předpis, který bude upravovat vzdálenosti ramen od středu pláště pro všechny typy pneumatik a také vzorkovací frekvenci v závislosti na rychlosti otáčení hřídele, která je pro každou pneu odlišná. Takovýto předpis pak poslouží pro správné nastavení a kalibraci měřicího systému, aby dosahoval co nejpřesnějších a nejspolehlivějších výsledků. Také navrhuji doplnit řídicí software o filtraci dat při samotném vyhodnocování obvodu aplikací.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MARTINEK, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 199 s. ISBN 80-730-0114-4.
- [2] FISCHER, Jan. *Optoelektronické senzory a videometrie: cvičení*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 143 s. ISBN 80-010-2525-X.
- [3] HRUŠKA, František. *Technické prostředky automatizace III: (senzory, jejich principy a funkce)*. Vyd. 2. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2005, 118 s. ISBN 80-731-8315-3.
- [4] HRUŠKA, František. *Technické prostředky automatizace II: (úvod, popis funkce, konstrukce a aplikací)*. Vyd. 2. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta aplikované informatiky, 2006, 112 s. ISBN 80-731-8397-8.
- [5] *Control web 2000*. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 1999, 382 s. ISBN 80-722-6258-0.
- [6] ZAPLETAL, Jan. *Zařízení pro měření polohy a jejich aplikace* [online]. Zlín, 2012 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <https://dspace.k.utb.cz/handle/10563/22574>. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Jiří Pálka, Ph.D.
- [7] HOLIŠ, Josef. *Realizace a implementace zařízení pro měření polohy* [online]. Zlín, 2013 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <https://dspace.k.utb.cz/handle/10563/25239>. Diplomová práce. UTB ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Jiří Pálka, Ph.D.
- [8] *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. Praha: FCC Public, 2012 [cit. 2014-04-03]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/vyhledavani-vysledek/snimace-polohy-hladiny-%E2%80%93-principy-vlastnosti-a-pouziti-cast-1-30469.html>
- [9] *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. Praha: FCC Public, 2012 [cit. 2014-04-03]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30540
- [10] *Kotlín Senzory s.r.o.: Definice - indukční snímače* [online]. 2014 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.kotlin.cz/cs/snimace/indukcni/definice-indukcni.html>

- [11] KOHOUT, Luděk. *Snímače Polohy* [online]. Kutná Hora, 2008 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.edumat.cz/texty/poloha.pdf>. Učební text. VOŠ,SPŠ a JŠ Kutná hora.
- [12] JANÍK, Pavel. *Snímače polohy* [online]. Třebíč, 2004 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.student-spst.kvalitne.cz/eza/poloha.pdf>. Učební text. SPŠT a SOUT Třebíč.
- [13] VOJÁČEK, Antonín. Přesné laserové snímače optoNCDT 1402. In: *Automatizace.hw.cz: rady a poslední novinky z oboru* [online]. 2011 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/komponenty/presne-laserove-snimace-optoncdt-1402.html>
- [14] *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: SEND Předplatné s.r.o, 2014 [cit. 2014-04-03]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/bezkontakti-mereni-vzdalenosti.html>
- [15] *FS ČVUT: Nejistoty měření* [online]. 2011 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www1.fs.cvut.cz/cz/u12110/tem/nejistoty/nejistoty1.pdf>
- [16] *SICK: Sensor Intelligence* [online]. 2014 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <https://www.mysick.com/eCatSEO.aspx?go=DataSheet&Cat=Row&At=Fa&Cult=German&ProductID=41531&Category=Produktfinder>
- [17] *Snímače měření vzdálenosti - krátké dosahy OD Value: OD2-P250W150I0*. Praha, 2014. Dostupné z: <https://www.mysick.com/PDF/Create.aspx?ProductID=41531&Culture=cs-CZ>
- [18] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. *DataLab PC: Průmyslové počítače kompatibilní se standardem PC*. Zlín-Malenovice, 2012. Dostupné z: <http://www.mii.cz/download/datalab/cze/DataLab%20PC%20CZ.pdf>
- [19] *BKE: Spínací napájecí stroje* [online]. 2012 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.bke.cz/cs/produkty/js-150-xxx-din2>
- [20] *Schneider Electric: PAS41BR* [online]. 2012 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/ecatalogue/browse.do?cat_id=BU_AUT_2919_L3&conf=seo_designer&ctg=Function&el_typ=product&nod_id=0000000005&prd_id=PAS41BR&scp_id=Z000&tab=1

- [21] URBAN, David. *Control Web* [online]. Praha, 2005 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://hrzinap.wz.cz/vyuka/x15app/controlweb.pdf>. Učební text. ČVUT Praha.
- [22] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. *Dokumentace Control Web*. Zlín-Malenovice, 2013. Dostupné z: <http://www.mii.cz/cat?id=98&lang=405>
- [23] KAMENSKÝ, Michal. *Modelování výkonu fotovoltaického článku* [online]. Brno, 2010 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xholesov/bakalarka/bakalarka_kamensky_final.pdf. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Dr. Ing. Radovan Kukla.
- [24] ROMPOTL. *Řízení a vizualizace automatizovaného domu* [online]. Brno, 2009 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/1428/%C5%98%C3%ADzen%C3%AD%20a%20vizualizace%20automatizovan%C3%A9ho%20domu.pdf?sequence=1>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Jiří Tlustý.
- [25] PAVLÍK, Jiří. *Aplikovaná statistika* [online]. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005 [cit. 2014-05-13]. 172 s. ISBN 80-708-0569-2. Dostupné z: <http://sofe2-files.pepiino.cz/ast/ast-vscht.pdf>. Skripta. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- [26] BUDÍKOVÁ, Marie. *Statistika II* [online]. Brno, 2006 [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://econ.muny.cz/data/PMSTII/PMSTII_dso.pdf. Distanční studijní opora. Masarykova Univerzita Fakulta Ekonomicko-správní.
- [27] KOHOUT. *Základní statistické pojmy* [online]. 2014, Plzeň [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://www.kmt.zcu.cz/person/Kohout/info_soubory/letnisem/SS/stat10.pdf. Studijní materiál. Západočeská univerzita v Plzni.
- [28] Statistika. HAVRLANT, Lukáš. *Matematika.cz* [online]. 2013 [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://www.matematika.cz/kategorie-statistika>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

RC	Oscilátor
C	Kapacita kondenzátoru
S	Účinná plocha elektrod
d	Vzdálenost elektrod
ϵ_0	Permitivita vakua
ϵ_r	Poměrná permitivita
c	Rychlosti šíření
λ	Vlnová délka
f	Frekvence
LED	Light emitting diode (svítivá dioda)
PSD	Power spectral density (výkonová spektrální hustota)
O	Obvod měřeného tělesa
r	Poloměr měřeného tělesa
v	Vzdálenost snímače od osy otáčení
s_x	Vzdálenost snímače od měřeného tělesa
π	Konstanta pí
n	Počet měření
r_i	Naměřená hodnota poloměru
Σ	Suma
EMI	Elektromagnetická interference
IP	Stupeň krytí
SELV	Safety extra-low voltage (ochrana před úrazem elektrickým proudem)
PELV	Protective extra-low voltage (ochrana před úrazem elektrickým proudem)
IPC	Industrial person komputer (průmyslový počítač)

PC	Personal Computer (osobní počítač)
USB	Universal serial bus (univerzální sériová sběrnice)
VGA	Video Graphics array (typ video adaptéru)
DIN	Nosná lišta v elektrotechnice (kovová lišta normalizovaného tvaru a rozměrů)
GND	Ground (zem)
LCD	Liquid crystal display (typ monitoru)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1</i> Blokové schéma kapacitního senzoru (z leva: oscilátor, usměrňovač, amplitudový filtr a koncový stupeň). [10]	13
<i>Obrázek 2</i> Blokové schéma jednohlavového ultrazvukového senzoru. [1]	15
<i>Obrázek 3</i> Znárodnění rozsahů jednoduchého ultrazvukového senzoru. [1]	16
<i>Obrázek 4</i> Optoelektronický senzor pracující na principu triangulace. [13]	18
<i>Obrázek 5</i> Konfokální princip [14]	19
<i>Obrázek 6</i> Znárodnění krajních poloh (ramen) a rovniku na měřené pneumatice	20
<i>Obrázek 7</i> Jednostranné umístění snímače	22
<i>Obrázek 8</i> Histogram [25]	30
<i>Obrázek 9</i> Krabicový diagram [25]	30
<i>Obrázek 10</i> Q-Q Graf	31
<i>Obrázek 11</i> Grafické znárodnění rozložení s kladnou, normální a zápornou šikmostí [26]	32
<i>Obrázek 12</i> Konfekční stroj SAV 4	33
<i>Obrázek 13</i> Senzor Sick OD2-P250WI50I0 [16]	35
<i>Obrázek 14</i> Datalab 1801A [18]	36
<i>Obrázek 15</i> Kombinovaný modul analogových vstupů a digitálních vstupů/výstupů [7]	37
<i>Obrázek 16</i> Spínaný napájecí zdroj BKE JS-150-240-DIN [19]	38
<i>Obrázek 17</i> Portálová osa PAS41BR [20]	39
<i>Obrázek 18</i> Rozložení konektorů lineární osy [7]	39
<i>Obrázek 19</i> Schéma zapojení celého obvodu [6]	41
<i>Obrázek 20</i> Uchycení laseru na konzoli	42
<i>Obrázek 21</i> Dotykový panel s klávesnicí <i>Obrázek 22</i> Datalab se zdrojem napětí	42
<i>Obrázek 23</i> Grafické prostředí Control Web	44
<i>Obrázek 24</i> Paleta přístrojů v prostředí Control Web	44
<i>Obrázek 25</i> Propojování prvků – Control Web	45
<i>Obrázek 26</i> Text_button [22]	50
<i>Obrázek 27</i> Icon_button [22]	51
<i>Obrázek 28</i> Ukázka zaoblení a orámování přístroje Rounded_box [22]	52
<i>Obrázek 29</i> Forma ikony přístroje Meter – bar [22]	53
<i>Obrázek 30</i> Ikona přístroje Control – count_box [22]	54

<i>Obrázek 31 Ikona přístroje Control – edit_box [22]</i>	55
<i>Obrázek 32 Původní vizualizace aplikace [7]</i>	57
<i>Obrázek 33 Vývojový diagram původní aplikace [7]</i>	57
<i>Obrázek 34 Nová vizuální podoba aplikace</i>	58
<i>Obrázek 35 Notifikační panel</i>	59
<i>Obrázek 36 Panel naměřených dat</i>	60
<i>Obrázek 37 Panel nastavení</i>	61
<i>Obrázek 38 Běh aplikace</i>	61
<i>Obrázek 39 Manuální způsob měření</i>	64
<i>Obrázek 40 Bezdotykový způsob měření</i>	65
<i>Obrázek 41 Rozložení snímaných vzorku po obvodu pláště</i>	66
<i>Obrázek 42 Graf naměřených hodnot obvodu v rovniku pro 30 vzorků</i>	68
<i>Obrázek 43 Graf naměřených hodnot obvodu v rovniku pro 30 vzorků po filtraci</i>	69
<i>Obrázek 44 Graf naměřených hodnot obvodu v pravém rameni pro 30 vzorků</i>	71
<i>Obrázek 45 Graf naměřených hodnot obvodu v pravém ramen pro 30 vzorků po filtraci</i>	72
<i>Obrázek 46 Graf naměřených hodnot obvodu v rovniku pro 120 vzorků</i>	74
<i>Obrázek 47 Graf naměřených hodnot obvodu v rovniku pro 120 vzorků po filtraci</i>	75
<i>Obrázek 48 Graf naměřených hodnot obvodu v levém rameni</i>	76
<i>Obrázek 49 Graf naměřených hodnot obvodu v levém rameni po filtraci</i>	77
<i>Obrázek 50 Porovnání rozložení vzorku pro jednotlivá měření</i>	78

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Porovnání fyzikálních principů optoelektronických senzorů. [9].....</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka 2 Popis konektoru CN2 [6].....</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 3 Parametry měření.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabulka 4 Naměřené hodnoty obvodu.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabulka 5 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou v rovníku.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabulka 6 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou v rovníku po filtraci.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabulka 7 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou v rameni.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabulka 8 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou v pravém rameni po filtraci.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabulka 9 Upravené parametry měření.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabulka 10 Naměřené hodnoty obvodu po úpravě parametrů.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabulka 11 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou rovníku.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka 12 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou rovníku po filtraci.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabulka 13 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou levého ramene.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabulka 14 Rozdíly obvodu mezi měřenou a předepsanou hodnotou levého ramene po filtraci.....</i>	<i>77</i>