

Měření profilu pásovnice u pásových pil pro pořez kulatiny

Karel Stuchlík



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karel Stuchlík**

Osobní číslo: **A12063**

Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Měření profilu pásovnice u pásových pil pro pořez kulatiny**

Téma anglicky: **The Measurement of Band Saws Wheel Profiles for Cutting Logs**

Zásady pro vypracování:

1. Popište současný způsob měření opotřebení pásovnice a její házivosti.
2. Navrhněte inovaci způsobu měření s možností archivace naměřených hodnot, příp. prohlížení dříve naměřených dat pro konkrétní pásovnici.
3. Navržený způsob realizujte prakticky, včetně tvorby programového vybavení.
4. Provedte měření na několika pásovnicích a výsledky prezentujte.
5. Zhodnoťte přínosy nového řešení, popř. ekonomickou návratnost vložených prostředků.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. BARCÍK, Štefan, Monika KVIETKOVÁ, Jan BOMBA a Mikuláš SIKLIENKA.
Dřevoobráběcí nástroje – údržba a provozování: vysokoškolská učebnice. 1. vyd.
Praha: Powerprint, 2013. ISBN 978-80-87415-80-1.
2. MORAVSKÉ PŘÍSTROJE, a.s. www.mii.cz [online]. 2014 [cit. 2015-01-26]. Dostupné
z: <http://www.mii.cz/>
3. QUELCH, P.S.. Armstrong Saw Filer's Handbook. Re-Released Edition. Portland,
Oregon (U.S.A.): Armstrong Manufacturing Co., 2006
4. SIMONDS INTERNATIONAL CORPORATION. The Wide Band Manual. Fitchburg,
MA (U.S.A.): Simonds International Corporation, 2006
5. HRUŠKA, František. Technické prostředky integrované automatizace [online]. Zlín:
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012 [cit. 2015-01-28]. ISBN
978-80-7454-234-3. Dostupné z: <http://dspace.k.utb.cz/>
6. MARTINEK, Radislav. Senzory v průmyslové praxi. 1. vyd. Praha: BEN – technická
literatura, 2004. ISBN 80-7300-114-4.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Konzultant:

Ing. Tomáš Dudr

EXT.

Datum zadání bakalářské práce:

6. března 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 6. března 2015

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji 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 – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnaní případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Obsahem této práce je návrh a realizace inovace měření pro firmu zabývající se pilovými pásy.

Teoretická část popisuje jednotlivé části pásové pily a současný způsob měření opotřebení pásovnice. Následuje rozbor současné metodiky měření a vytčení největších nedostatků. Poté je popsán samotný návrh inovace měření včetně teoretického rozboru a návrhu potřebných snímačů. Praktická část obsahuje popis realizace navrženého řešení a programového vybavení.

Závěr praktické části je věnován prezentaci a rozboru naměřených dat včetně zhodnocení přínosů navrženého řešení.

Klíčová slova:

Pásová pila, pásovnice, měření, laserový snímač, magnetický snímač, DataLab IO, Control Web

ABSTRACT

The thesis deals with the proposal and the realisation of the measurement innovation for a company that produces band saw blades.

The theoretical part describes the constituent parts of a band saw and the current way how the wearing of the band saw wheel is measured. An analysis of the current methodology of the measurement follows while the most significant imperfections are pointed out. After that I deal with the proposal of the measurement innovation, including a theoretical analysis and a proposal of the necessary sensors. The practical part describes the realisation of the proposed solution and the programme equipment.

The practical part concludes with a presentation and an analysis of the measured data, including the evaluation of the benefits of the proposed solution.

Keywords:

Band saw, band saw wheel, measurement, laser sensor, magnetic sensor, DataLab IO, Control Web

Velice rád bych chtěl poděkovat panu Ing. Tomáši Dudrovi, který mně poskytl možnost a zázemí k vypracování této bakalářské práce, a dále vedoucímu práce Ing. Tomáši Sysalovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky související s touto bakalářskou prací.

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 PÁSOVÉ PILY	11
1.1 PRACOVNÍ POSTUP PÁSOVÉ PILY	12
1.1.1 Kmenové pásové pily	12
1.2 PÁSOVNICE.....	14
1.2.1 Současné způsoby měření pásovnice	15
2 NÁVRH INOVACE ZPŮSOBU MĚŘENÍ	16
3 HARDWAROVÉ VYBAVENÍ	17
3.1 SNÍMÁNÍ POLOHY	17
3.1.1 Optoelektronické senzory.....	18
3.1.1.1 Laserové senzory pro odměřování vzdálenosti.....	18
3.1.2 Magnetické senzory	20
3.1.2.1 Magnetické senzory založené na Hallově jevu.....	20
3.1.2.2 Lineární magnetické inkrementální snímače	21
3.2 ZPRACOVÁNÍ VÝSTUPNÍCH SIGNÁLŮ	23
3.2.1 DataLab IO.....	23
3.2.1.1 DataLab IO4/ETH.....	25
3.2.1.2 DataLab IO4/COM	25
3.2.1.3 DataLab IO/USB.....	25
4 SOFTWAREVÉ VYBAVENÍ.....	27
4.1 CONTROL WEB.....	27
4.1.1 Tvorba aplikací v prostředí Control Web.....	27
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	30
5 HARDWAROVÉ ŘEŠENÍ.....	31
5.1 NÁVRH HARDWAROVÉHO ŘEŠENÍ	31
5.2 VÝBĚR SNÍMAČŮ	32
5.2.1 Magnetické lineární inkrementální snímače	32
5.2.2 Laserové snímače	32
5.3 REALIZACE HARDWAROVÉHO ŘEŠENÍ.....	33
6 SOFTWAREVÉ ŘEŠENÍ	38
6.1 APLIKACE MĚŘENÍ BOMBÍRU	38
6.1.1 Popis komunikace	38
6.1.2 Popis aplikace.....	38
6.2 APLIKACE MĚŘENÍ HÁZIVOSTI	42
7 PREZENTACE NAMĚŘENÝCH DAT.....	44
7.1 MĚŘENÍ DOBŘE ZPRACOVANÉ PÁSOVNICE	44
7.2 MĚŘENÍ OPOTŘEBOVANÉ PÁSOVNICE	46
8 ZHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ	47
ZÁVĚR	48
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	49

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	51
SEZNAM OBRÁZKŮ	53
SEZNAM TABULEK.....	54
SEZNAM PŘÍLOH.....	55

ÚVOD

V bakalářské práci jsme společně s vedoucím práce z firmy Dudr Tools s.r.o., Ing. Tomášem Dudrem, provedli návrh a realizaci inovace měření pro tuto firmu, která se zaměřuje především na výrobu a servis pilových pásů a příslušenství.

Předmětem měření je profil pásovnice. Pásovnice jsou dvě kola, která jsou součástí všech pásových pil. Od určité šířky musí mít tyto pásovnice svůj charakteristický vypouklý tvar, což umožní správné dosedání naválcovaného pilového pásu.

Důvodem, proč se musí měření provádět, je právě zaručení správné funkčnosti pilového pásu. V průběhu řezání se totiž pásovnice opotřebují a naválcovaný pás nesedí tak, jak je požadováno. Díky včasnému servisnímu zásahu je možno prodloužit životnost pilových pásů, nemluvě o jejich lepší práci při řezání.

Práce se člení na dvě části, teoretickou a praktickou.

V teoretické části práce je nejprve v první kapitole úvod do problematiky, který umožní čtenáři porozumět řešenému problému. Tato kapitola také v závěru rozebírá současné způsoby měření pásovnice, a to včetně jejich největších nevýhod s vysvětlením, v čem dané nevýhody tkví. Také se stručně zmiňuje o metodě měření házivosti.

Následuje návrh inovace metodiky měření. Tato kapitola teoreticky pojednává o možnostech měření pásovnice, kterými se bakalářská práce dále zabývá.

V další kapitole jsou obecně popsány snímače a pomocné prostředky ke zpracování měřených dat a teoretický rozbor softwarového prostředí sloužící pro realizaci navrhované metodiky měření.

První kapitola praktické části se zabývá popisem navrženého hardwarového řešení. První podkapitola seznamuje s konkrétní realizací nové metodiky měření, následována stručným srovnáním a popisem použitých snímačů a příslušenství. Závěr kapitoly popisuje zapojení přístrojů a příslušenství v rozvaděči.

Další část práce seznamuje s navrženým programovým vybavením v prostředí Control Web a ověření tohoto řešení na dvou pásovnicích.

Následuje prezentace naměřených dat s vysvětlením, proč jsou tato naměřená data uspokojivá, případně co je u měřené pásovnice špatně a jak musí technik pásovnici zpracovat. Závěr práce shrnuje poznatky získané při tvorbě této práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PÁSOVÉ PILY

Pásové pily patří mezi dřevoobráběcí nástroje, které se v menší míře užívají na pilařských linkách k rozřezávání výřezů (tj. částí kmenů) na řezivo, častěji však jako pomocné stroje ke zpracování dřeva na řezivo drobné a přířezy. [1] [2]

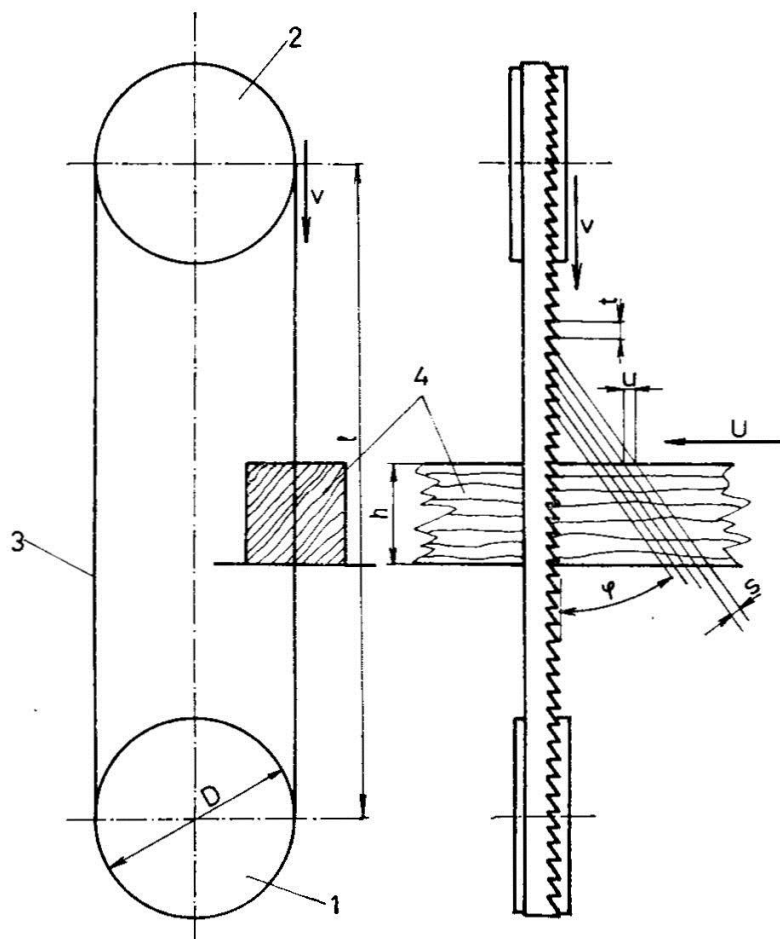
Mezi nejrozšířenější pásové pily v tuzemsku patří univerzální (truhlářské) pásové pily. Dalšími typy pásových pil jsou kmenové (neboli pro pořez kulatiny) a rozmítací. Až na výjimky se všechny pásové pily vyrábějí jako nepřenosné neboli stabilní. [1]



Obr. 1. Kmenová pásová pila [3]

1.1 Pracovní postup pásové pily

Práce pásové pily (schéma na Obr. 2) je založena na pilovém pásu (3), který je napnut mezi dvěma pásovnici, hnací (1) a hnanou (2). Pilový pás se za chodu stroje pohybuje konstantní rychlostí. Řezaný materiál (4) je k řezání podáván manuálně nebo strojem.



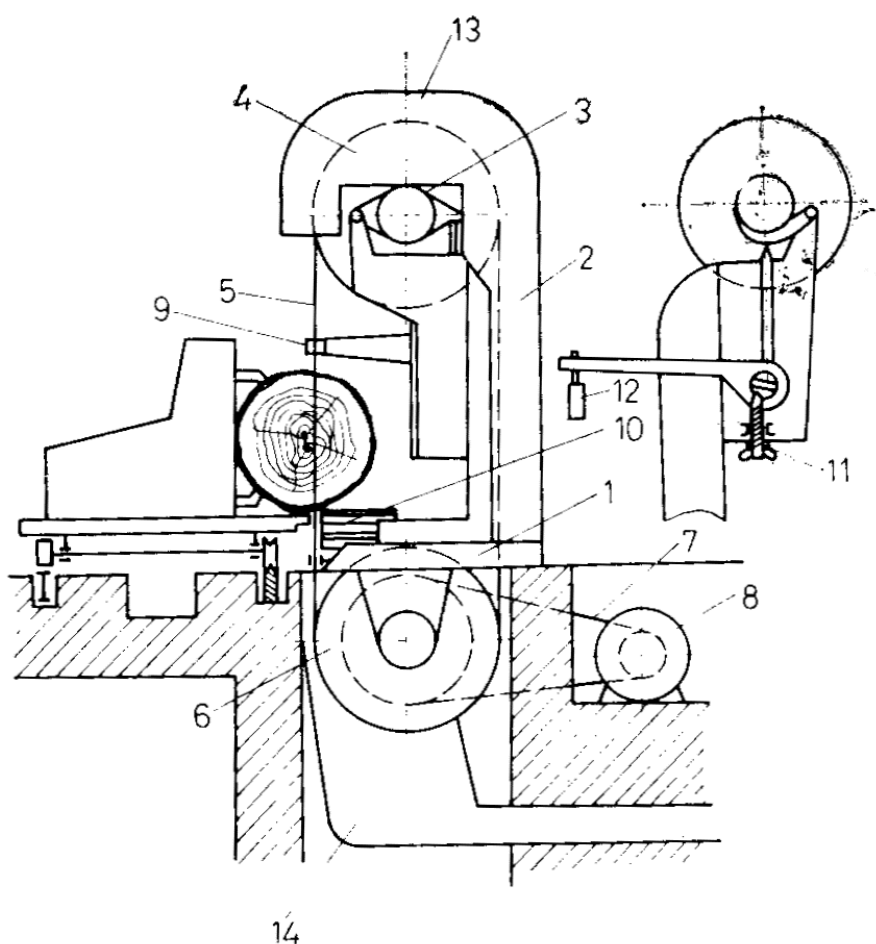
Obr. 2. Pracovní postup pásové pily [1]

1.1.1 Kmenové pásové pily

Kmenové pásové pily mají své využití zejména na pilařských linkách – pro pořez kulatiny. Vyrábějí se ve dvou variantách – vodorovné a svislé.

Nejčastěji se skládají se z následujících součástí: stroj, upínací vozík, navalovací a otáčecí zařízení výřezů, válečkový dopravník, ovládací zařízení.

Stroj se skládá z podstavce, stojanu, dvou pásovníc, pilového pásu a hnacího zařízení.



Obr. 3. Schéma svislé kmenové pásové pily [1]

Jednotlivé části schématu (Obr. 3) jsou následující: podstavec (1), stojan (2), ložisko (3), horní pásovnice (4), pilový pás (5), spodní pásovnice (6), řemenový převod (7), hlavní elektromotor (8), přestavitelné vodítko (9), válečkový dopravník (10), šroubový mechanismus (11), závaží (12), kryt (13) a odsávání odpadu (14). [1]

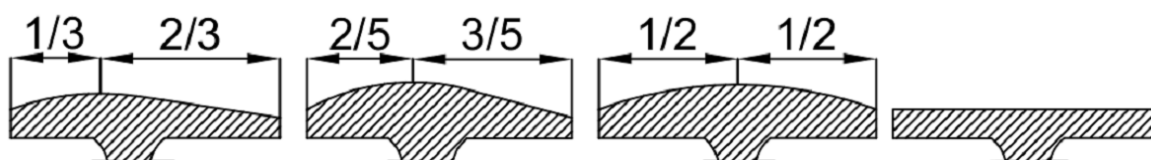
1.2 Pásovnice



Obr. 4. Servisovaná pásovnice

Mezi základní součásti pásových pil patří, jak již bylo uvedeno, dvě pásovnice – hnací a hnaná. Hnací pásovnice má funkci hnací, hnaná zastává funkci vodící a napínací.

U rozmítacích a kmenových pásových pil od šířky pásu cca 70 mm se používá u pásovnice tzv. bombírování povrchu, což je úprava profilu pásovnice do vypouklé plochy, na kterou dosedá pilový pás. U pilových pásů se používá válcování. Tyto skutečnosti mají za následek ohýbání pásu v příčném směru, což zajistí jeho správné pnutí. V praxi se používají následující způsoby bombírování:



Obr. 5. Průřezy pásovnice pásových pil (tvary bombírování) [4]

Pásovnice se v průběhu času opotřebují a dobře naválcovaný pás nesedí tak, jak je požadováno, začne praskat a při řezání má vyšší náchylnost k uhýbání v řezu. Je nutno renovovat povrch pásovnice na původní tvar. [4]

1.2.1 Současné způsoby měření pásovnice

V současné době se měření opotřebení pásovnice provádí přiložením vlasového pravítka a zhlédnutím zakřivení bombíru vůči vlasovému pravítku. Tato metoda je však jen orientační.

Další metodou je přiložení úchylkoměru upevněného k lineárnímu vozíku, tato sestava se přiloží k pásovnici a po určitých úsecích se odměří relativní vzdálenost na úchylkoměru. Tímto dostaneme profil bombíru, který je nutno „narovnat“ vůči ose otáčení pásovnice (neboli zajistit, aby osa x naměřeného bombíru byla rovnoběžná s osou otáčení pásovnice). To se provádí tak, že se provázkem (v lepším případě ocelovou páskou) změří obvod pásovnice u obou okrajů a poté se přepočítají potřebné hodnoty pro srovnání. Tato metoda je ovšem dosti nepřesná z důvodu nepřesnosti měření obvodu.

Měření házivosti se provádí pouze při vypnutém stroji. Na povrch pásovnice se přiloží úchylkoměr a rukou se otáčí pásovnicí. Úchylkoměr ukazuje okamžitou výchylku, rozdíl mezi minimální a maximální hodnotou této výchylky je házivost. Házivost při zapnutém stroji, napnutém pásu – nelze tímto způsobem měřit. V praxi se tato házivost odhaduje podle míry vibrací stroje.

2 NÁVRH INOVACE ZPŮSOBU MĚŘENÍ

Z předchozího textu plyne, že je současná metodika měření bombírování pásovnic poměrně nepřesná (velikost této nepřesnosti je dána dovednostmi technika, který měření provádí).

Je třeba provést inovaci metodiky, přičemž základní myšlenka může zůstat stejná – jeden snímač udávající polohu po celé šířce pásovnice (pro naše potřeby pohybující se v x-ové ose), a druhý snímač, který má mechanickou vazbu na první zmíněný, který určí vzdálenost této sestavy od konkrétního místa na pásovnici (opět zavedme, že nám udává souřadnici na ose y).

První zmíněný snímač (na ose x) musí být mechanicky odolný a musí být schopen přemístit konstrukci s druhým snímačem na požadované místo, přičemž je potřeba, aby měl co nejmenší výkmity v ose y při přesouvání konstrukce. Přesnost ve směru osy x zde nehraje klíčovou roli, stačí určit pozici na pásovnici v řádu desetin milimetrů.

U druhého snímače (osa y) je třeba co nejvyšší přesnost, neboť u bombírování pásovnic jsou rozdíly v řádu setin milimetrů. Je třeba brát také v úvahu chyby snímače. Pokud použijeme bezkontaktní snímač, je třeba, aby byl schopen snímat vzdálenost na poměrně hodně se lesknoucí ploše pásovnice.

3 HARDWAROVÉ VYBAVENÍ

Jednou ze základních součástí každého technologického procesu jsou snímače. Snímače jsou zařízení, které snímají stavy a průběhy činností v procesech, sloužící k řízení, regulaci, sledování a zabezpečení činnosti stroje nebo celého procesu. Z hlediska výstupních signálů se dělí na snímače:

- analogové,
- binární,
- číslicové.

Analogové snímače snímají mechanické veličiny (např. délku dráhy posuvu části stroje, případně elektrické veličiny) a převádějí tyto snímané veličiny na elektrické signály (napětové či proudové).

Binární snímače svým výstupním binárním signálem (např. 0 V/10 V, 0 mA/20 mA, sepnutý/rozepnutý kontakt) nejčastěji signalizují, zda je snímaná analogová veličina nad nebo pod prahovou úrovní. Přičemž všechny tyto snímače mají přepínací diferenci. Používají se například jako snímače přiblížení či jako teplotní spínače k teplotní regulaci v elektrických topidlech.

Číslicové snímače generují číslicový výstupní signál, který je kódem snímané veličiny (např. dráhy, doby, energie). Některé také s využitím mikroprocesoru digitalizují snímanou analogovou veličinu. [5]

3.1 Snímání polohy

Snímání stavu a polohy, případně přítomnosti předmětu, patří mezi významné automatizační úlohy, co se počtu aplikací týče. Snímače v této oblasti nemají jednotný název, neboť slouží např. k bodovému určení polohy předmětu, jeho stavu, v přeneseném významu i jako určení přítomnosti předmětu v konkrétním místě. V neposlední řadě je funkce těchto snímačů rozšiřována o určování vzdálenosti mezi snímačem a předmětem.

Tyto snímače obsahují senzory, které mohou pracovat na principech několika typů:

- indukčnostní,
- optoelektronický,
- kapacitní,
- ultrazvukový,

- magnetický,
- pneumatický. [6]

3.1.1 Optoelektronické senzory

Optoelektronické senzory, případně foto-elektronické nebo zkráceně optické, patří mezi nejvíce používané senzory v průmyslové automatizaci. Základním principem těchto senzorů je přeměna elektrického proudu na elektromagnetické vlnění (světlo) a obráceně (pod pojmem světlo se v tomto případě rozumí spektrum elektromagnetického vlnění od oblasti ultrafialového záření po oblast záření infračerveného).

V dřívějších dobách se jako vysílací prvky využívaly převážně žárovky a jako přijímací prvky fotobuňky nebo fotorezistory. V důsledku spousty nepříznivých vlastností těchto prvků byly možnosti použití těchto senzorů značně omezené.

V dnešní době se používají jako vysílací prvky luminiscenční diody (LED) a polovodičové laserové diody. Jako přijímací prvky slouží fotodiody, fototranzistory a diody s laterálním efektem (PSD).

3.1.1.1 Laserové senzory pro odměřování vzdálenosti

Nejznámější i historicky nejstarší metoda používaná u těchto senzorů je metoda triangulační, známá především z geodézie při optickém měření vzdáleností.

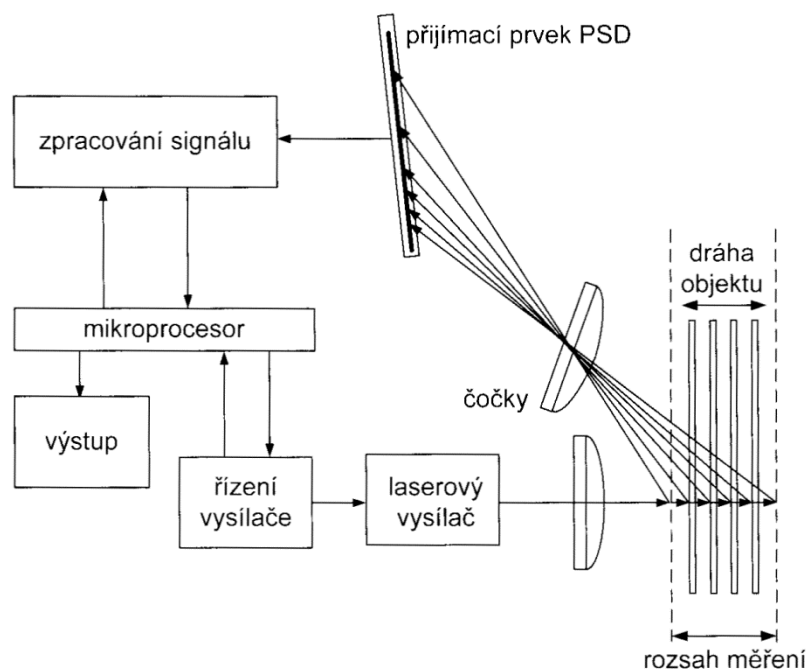
Elektronický triangulační senzor obsahuje systém, který převádí „venkovní“ triangulaci na optoelektronický prvek. Změřené hodnoty zpracuje mikropočítač, případně u jednodušších senzorů analogový obvod pomocí předem známé rovnice.

V obou případech se využívá reflexe úzkého světelného paprsku od snímaného objektu. Mohou nastat dva případy:

- přesné vrácení paprsku,
- rozptýlený odraz do všech směrů – difuze.

V prvním případě bychom museli namířit světelný paprsek na zrcadlo, což je v automatizačních úlohách zcela ojedinělý případ.

Pokud se světelný paprsek odráží difuzí (Obr. 6), následné měření je zcela nezávislé na orientaci měřeného objektu, což je velká výhoda triangulační metody.



Obr. 6. Optoelektronická triangulace [7]

Jako zdroj světelného paprsku se využívají polovodičové laserové diody, v případě nutnosti velkého světelného výkonu lze použít helium-neonový laser. V případech, kdy si vystačíme s malým světelným výkonem, lze využít i konvenčních svítivých diod. Výhodou je nižší cena a absolutní bezpečnost zraku, nevýhodou pak velká emitující plocha čipu, která velice omezuje možnost zaostření paprsku.

Pro zpracování měřicího signálu se nejčastěji využívá polohově citlivý polovodičový prvek zvaný PSD. Dopadající světelný paprsek vyvolá proud fotonů, které se větví k oběma koncům polovodičové destičky. Při stejných zátěžích na obou koncích lze z poměru obou proudů určit polohu světelné stopy. [7]

U těchto senzorů rozeznáváme několik vlastností. Měřicí rozsah je interval, ve kterém je senzor schopen provádět měření. Rozlišením je určena nejmenší možná měřicí oblast, kterou je ještě senzor schopen rozpoznat. Opakovatelnost představuje jeden z parametrů indikující přesnost snímače, a odpovídá odchylce měřené hodnoty při vícenásobném najetí do stejného jednoho bodu. Mezi další parametry přímo souvisejícími s přesností patří linearita, a představuje maximální odchylku od přímky, která prokládá nulový bod měřicího rozsahu s koncovým bodem. [8]

3.1.2 Magnetické senzory

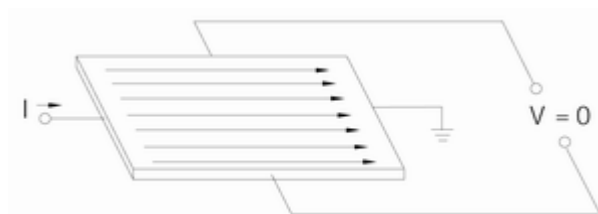
Magnetické senzory pracují na principech známých z měření magnetického pole. První možnost konstrukce magnetického snímače je trvalý magnet umístěný na snímaném předmětu, který je zdrojem magnetického pole. Druhá, méně obvyklá možnost je ta, kdy je magnet součástí senzoru (pod čelní plochou) a snímaný předmět je z feromagnetického materiálu.

V automatizační technice se nejčastěji používají tyto typy magnetických senzorů:

- Hallovy sondy,
- magnetorezistivní prvky,
- snímací cívky s přesycovaným jádrem. [7]

3.1.2.1 Magnetické senzory založené na Hallově jevu

Základním stavebním prvkem těchto senzorů je tenká destička, tzv. Hallův element. Tímto Hallovým elementem protéká elektrický proud I o konstantní velikosti a zároveň na něj působí v kolmém směru indukce magnetického pole B . V případě, že velikost této indukce magnetického pole je nulová, směr proudu procházejícího Hallovým elementem je přímý. Napětí na svorkách je nulové.



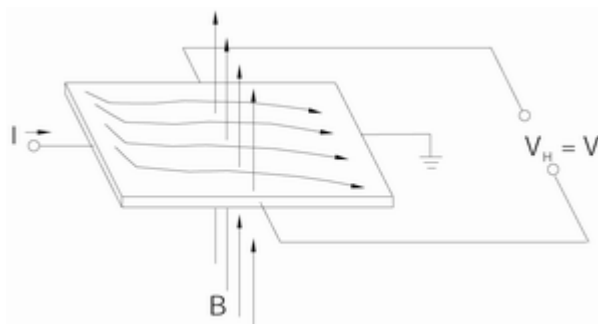
Obr. 7. Přímý směr proudu bez účinku magnetického pole [9]

V případě, že začne působit magnetická indukce (tudíž její velikost bude nenulová), dochází k vychylování směru toku elektrického proudu právě v závislosti na velikosti této indukce. To má za následek generování rozdílového napětí na bočních stranách Hallova elementu. Tuto skutečnost popisuje tzv. Lorentzova síla, která vychyluje elektrony z přímého směru k boční straně destičky podle vzorce

$$F = Q(v \times B) \quad (1)$$

kde Q je elektrický náboj, v je rychlost elektronů a B je indukce působícího magnetického pole. Dochází tak ke změně rozložení náboje, kdy na jedné straně destičky je větší

koncentrace elektronů než na druhé, obě boční stěny mají tedy rozdílný potenciál. Dochází ke vzniku elektrického pole E , v jehož důsledku dochází ke generaci tzv. Hallova napětí V_H na svorkách Hallova elementu. [9]



Obr. 8. Zakřivení dráhy proudu při působení magnetického pole [9]

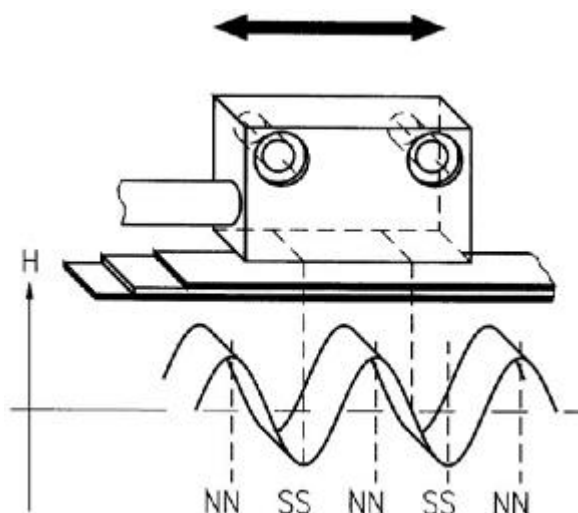
3.1.2.2 Lineární magnetické inkrementální snímače

Pro poměrně přesné určování polohy můžeme využít zapouzdřených magnetických bezkontaktních lineárních snímačů, jež nám umožňují měřit v rozsahu až několika desítek metrů s přesností v řádu desítek až jednotek mikrometrů. [10]

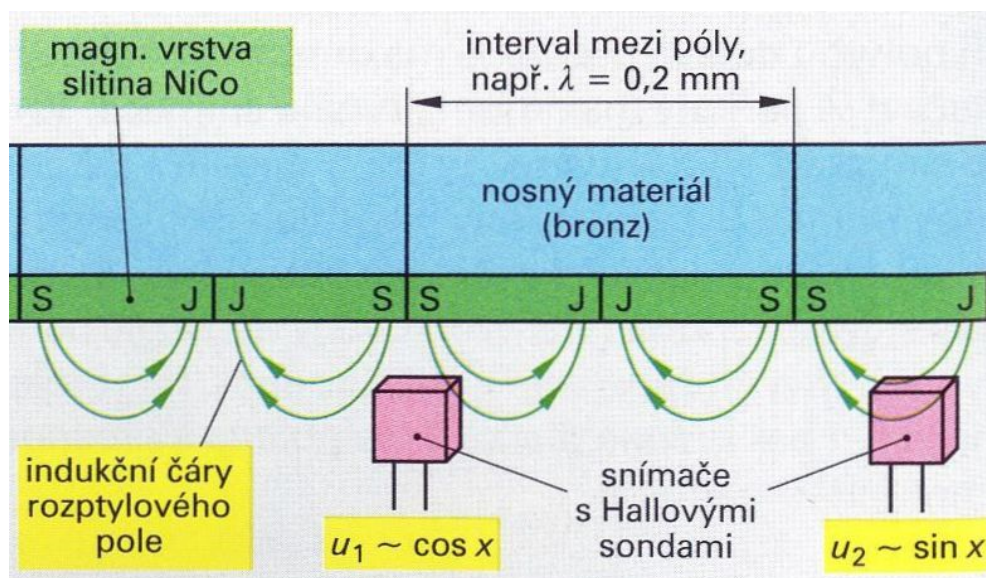
Magnetické inkrementální snímače dráhy (z lat. incrementum = přírůstek) odečítají přírůstky z rovnoměrně magneticky označovaných pravítek. [5]

V mnoha průmyslových aplikacích se tato úloha realizuje převedením posunu na rotační pohyb, který se následně vyhodnotí absolutním nebo inkrementálním rotačním snímačem. Lineární magnetické snímače mají oproti tomuto řešení výhodu v mechanické odolnosti, neboť při měření nedochází k přímému styku posunujícího objektu a senzoru. [10]

Princip těchto snímačů je založen na detekci změny polarity magnetického pole permanentního magnetu, snímané senzorem založeným na Hallově jevu. Permanentní magnet zde představuje speciální magnetická páska, nad kterou se ve výšce několika milimetrů pohybuje snímací hlava. Jak již bylo řečeno, vzhledem k bezkontaktnímu provedení celého řešení zde není téměř žádná náchylnost ke znečištění. V ideálním případě se může magnetický pásek skrýt do nějakého nemagnetického ochranného profilu, například z hliníku. [11]



Obr. 9. Princip snímání magnetickou hlavou [11]



Obr. 10. Provedení magnetického inkrementálního snímače [5]

Snímání se provádí s využitím dvou snímačů vzájemně posunutých o $\frac{1}{4}$ intervalu mezi magnetickými póly neboli o čtvrtinu vlnové délky magnetického záznamu. [5]

Protože se v podélném směru magnetické pásky pravidelně střídá severní a jižní magnetický pól, při pohybu snímací hlavou se zde indukuje střídavý impulsní, případně analogový elektrický signál. Tento signál odpovídá fyzickému střídání magnetických pólů na pásku a tím se zjišťuje relativní pohyb snímače vůči pásku. [10]



Obr. 11. Čtecí hlava s magnetickým páskem [12]

3.2 Zpracování výstupních signálů

U snímačů využívaných v automatizačních úlohách vždy musíme vhodným způsobem zpracovat jejich výstupní signál. Například inkrementální snímač je nutné doplnit vhodným dekodérem, pomocí kterého lze zjistit posuv tohoto snímače vůči magnetickému pásku.

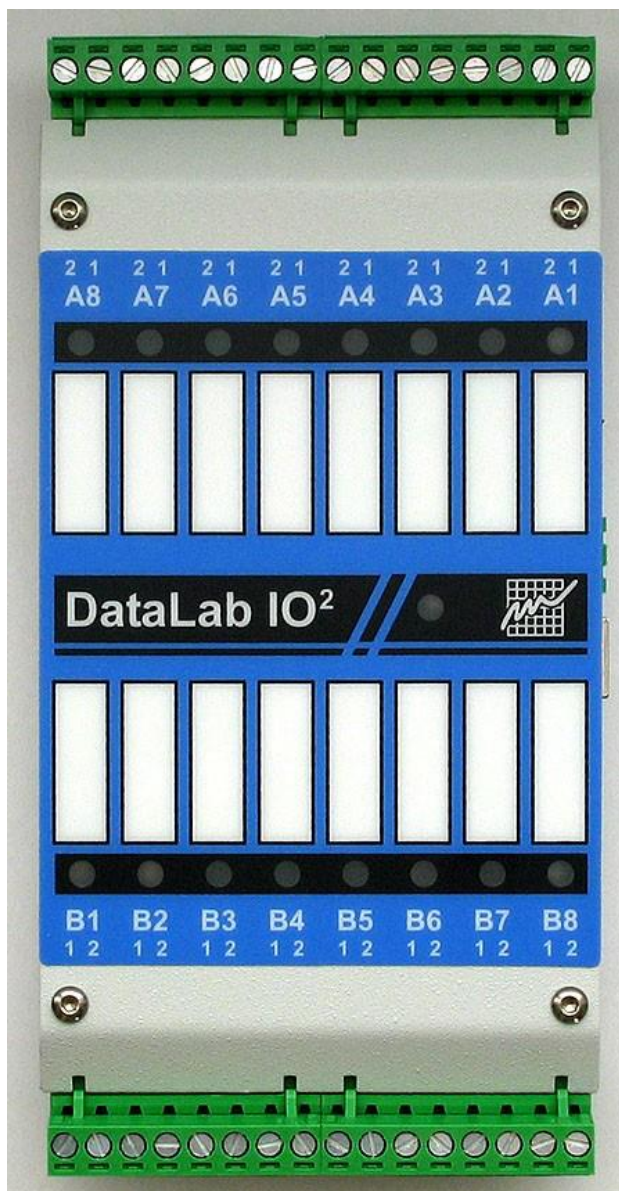
3.2.1 DataLab IO

Systém DataLab IO je souborem průmyslových vstupních/výstupních jednotek, které spolupracují s nadřazeným počítačem, pro který provádějí měření (čtení) či nastavování (zápis) veličin. Jedná se o produkt společnosti Moravské přístroje a.s.

K dispozici jsou s komunikačním rozhraním USB ve variantách:

- DataLab IO1/USB – 1 vstupní/výstupní modul,
- DataLab IO2/USB – 2 vstupní/výstupní moduly,
- DataLab IO3/USB – 3 vstupní/výstupní moduly,
- DataLab IO4/USB – 4 vstupní/výstupní moduly.

Případně jsou dostupné se síťovým rozhraním Ethernet (DataLab IO4/ETH) nebo sériovým rozhraním RS-485 (DataLab IO4/COM).



Obr. 12. DataLab IO²/USB [13]

Všechny varianty DataLab IO mají stejné možnosti zapojení patřičných I/O modulů (liší se pouze počtem dostupných volných pozic). K dispozici jsou analogové vstupní moduly (sloužící k A/D převodu), moduly analogových výstupů, digitálních čítačových vstupů, reléových výstupů, moduly pro řízení krokových motorů a jiné.

Pro spolupráci s nadřazeným počítačem jsou k dispozici ovladače pro systémy Control Web. Také jsou dostupné ovladače v podobě Active X, které umožňují použít tento produkt v kterémkoli vývojovém prostředí kompatibilním s technologií COM.

3.2.1.1 DataLab IO4/ETH

Jednotka DataLab IO4/ETH je plně kompatibilní se všemi I/O moduly systému DataLab IO. Připojuje se pomocí 10/100 Mbps rozhraní Ethernet a komunikuje prostřednictvím protokolu TCP/IP. Je dostupná pouze v provedení pro čtyři vstupně/výstupní moduly. Napájení jednotky je možné pouze z externího zdroje 10 až 30 V stejnosměrného napětí.

Díky rozhraní Ethernet má tato jednotka z toho plynoucí výhody, jako například velkou možnou vzdálenost mezi řídicím počítačem a jednotkou, možnost začlenění do podnikové sítě, možnost komunikace s více počítači.

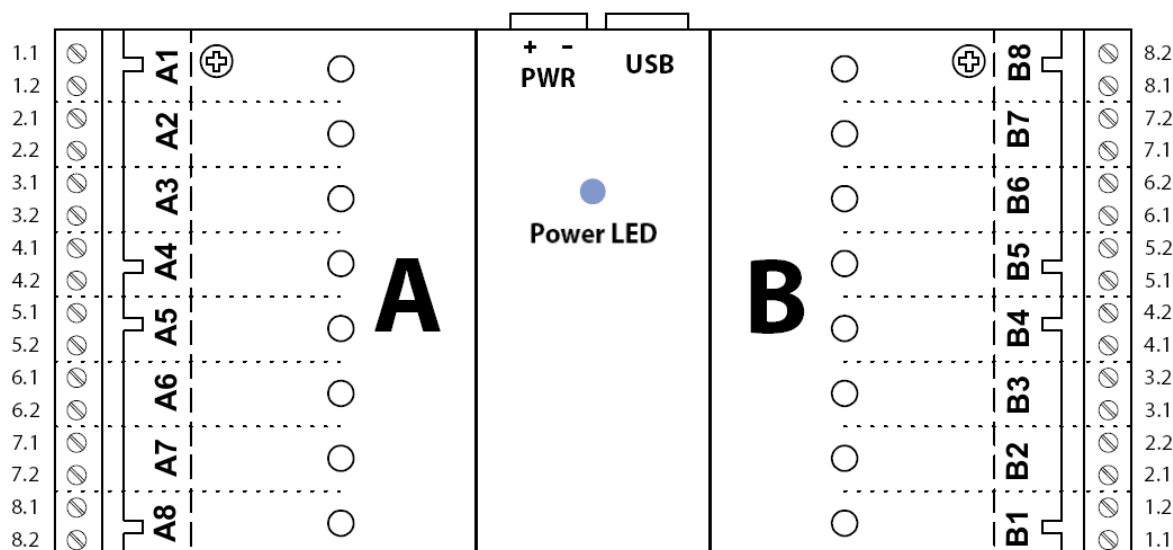
3.2.1.2 DataLab IO4/COM

Rovněž jednotka DataLab IO4/COM, připojující se přes rozhraní RS-485, je plně kompatibilní se všemi I/O moduly systému DataLab IO. Vyrábí se, stejně jako Ethernet varianta, pouze v provedení pro čtyři vstupně/výstupní moduly. Napájení této jednotky je též možné pouze z externího zdroje 10 až 30 V stejnosměrného napětí.

Výhodou plynoucí z využití tohoto rozhraní je například fakt, že rozhraní RS-485 je zavedeným standardem v sériové komunikaci, který je podporován mnohými výrobci průmyslových zařízení. Toto rozhraní umožňuje komunikaci na velké vzdálenosti (až 1200 metrů na jeden segment), stejně tak zajišťuje dobrou odolnost proti rušení a možnost snadného propojení pomocí krouceného dvouvodičového vedení.

3.2.1.3 DataLab IO/USB

Jak již bylo zmíněno, jednotky DataLab IO/USB využívají pro komunikaci s počítačem komunikační rozhraní USB, což je pro některé typy aplikací značnou výhodou. Mezi výhody USB rozhraní patří především rychlost, univerzálnost a jednoduchost použití.



Obr. 13. Označení svorek modulu DataLab IO2/USB [13]

Zmíněné varianty DataLab IO/USB jednotek se liší počtem volných pozic, které lze osadit vstupními/výstupními moduly. Všechny typy těchto jednotek (s výjimkou DataLab IO1/USB) mohou být v závislosti na připojených modulech napájeny externím napětím o velikosti 10 až 40 V stejnosměrného napětí. V případě použití modulů, které nevyžadují vysoký proud, je možno jednotku napájet ze sběrnice USB (z tohoto důvodu je jednotka DataLab IO1/USB napájena pouze z USB sběrnice, neboť jediný modul nikdy nepřekročí maximální povolený odběr USB sběrnice, což je 500 mA). [13]

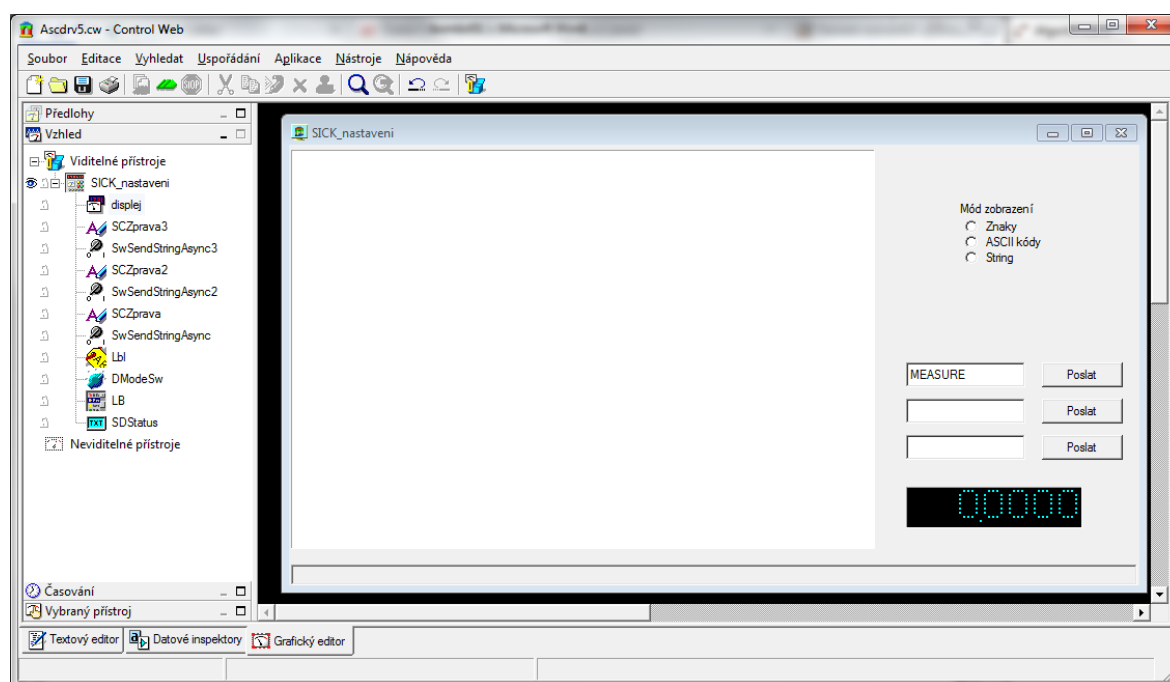
4 SOFTWARE VYBAVENÍ

4.1 Control Web

Control Web je programový nástroj pro vývoj a nasazování vizualizačních a řídicích aplikací, nástrojem pro sběr, vyhodnocování a ukládání dat. Stejně jako systém DataLab IO, Control Web je produktem společnosti Moravské přístroje a.s., která se již od svého založení v roce 1991 zaměřuje na vývoj a podporu technologicky vyspělých produktů v oblasti elektroniky a programového vybavení. Dle slov tvůrců aplikace:

„Hlavním cílem návrhu systému Control Web je učinit realizaci běžných úkolů snadnou a neobvyklých, komplikovaných úkolů možnou.“ [14]

4.1.1 Tvorba aplikací v prostředí Control Web



Obr. 14. Tvorba aplikace v prostředí Control Web

Integrované vývojové prostředí programu Control Web umožňuje dvojí typ programování – v grafickém režimu, ve kterém pracujeme s průvodci, paletami, inspektory jednotlivých přístrojů, a v režimu textovém. Těmito dvěma způsoby programování se zjednodušeně říká dvojcestné programování, přičemž není problém aplikaci dle potřeby chvíli vytvářet v textovém, chvíli v grafickém režimu. Přechodu mezi těmito dvěma režimy se říká překlápění.

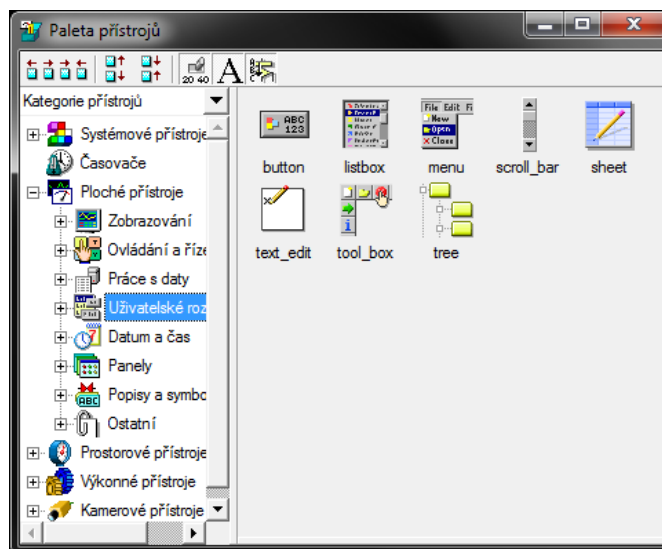


Obr. 15. Překlápění aplikace [14]

Práce v integrovaném prostředí programu Control Web je založena na využívání tzv. virtuálních přístrojů. Jedná se o „předprogramované“ přístroje, které plní určité funkce, mezi které patří – například:

- přístroje sloužící k tvorbě uživatelského prostředí,
- ovládací prvky,
- zobrazování naměřených hodnot.

Přístroje v grafickém režimu se přidávají pomocí tzv. palety přístrojů (Obr. 16).



Obr. 16. Paleta přístrojů

Každý přístroj má, dle jeho určení, určité předdefinované vlastnosti a v drtivé většině případů také procedury, které můžeme využít (tzv. nativní procedury).

Jelikož je Control Web založen na systému OCL (Object Control Language — jazyk řízení objektů), můžeme libovolný přístroj obohatit o vlastní uživatelskou proceduru. Tento přístroj, ale i ostatní přístroje, poté mohou těchto procedur využívat. Přičemž můžeme využívat běžných algoritmických konstrukcí a zvyklostí, které jsou známy z jiných programovacích jazyků – tedy např. cykly, větvení, předávání parametrů hodnotou či odkazem atd.

Součástí produktu Control Web je také tabulkový procesor InCalc, který umožňuje zpracovat naměřená data a provádět s nimi statistické výpočty, vykreslovat grafy apod. Do prostředí Control Web je integrován pomocí virtuálního přístroje „table“. [14]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 HARDWAROVÉ ŘEŠENÍ

5.1 Návrh hardwarového řešení

Jak již bylo rozebráno v teoretické části, k uspokojivému provedení měření bude třeba dvou snímačů – jeden snímač udávající polohu po celé šířce pásovnice (pro naše potřeby pohybující se v x-ové ose), a druhý snímač, který má mechanickou vazbu na první zmíněný, tedy ten, který určí vzdálenost této sestavy od konkrétního místa na pásovnici (udává souřadnici na ose y).

Prvotní úvahou bylo naprogramovat PLC, které bude řídit krokový motor, jenž by pohyboval úchylkoměrem v ose x. Hodnoty z úchylkoměru představují vzdálenost na ose y. Tyto hodnoty zaznamenávat a poté transformovat na danou křivku profilu. Tato metoda by byla poměrně náročná na konstrukci (je třeba brát v úvahu i nečistoty v průmyslovém prostředí), částečně i na samotné naprogramování.

Pro odstranění těchto nedostatků bylo rozhodnuto, že bude zkonstruován lineární vozík, který bude připevněn k pravoúhlému rameni. K tomuto lineárnímu vozíku bude napevno připevněn optoelektronický snímač, který na principech triangulačního měření určí souřadnici y (neboli vzdálenost pásovnice od této mechanické sestavy). K tomu, abychom mohli změřit souřadnici x této sestavy (tedy určit, kde se sestava nachází relativně k šířce pásovnice), je třeba využít dalšího snímače. Byl zvolen lineární inkrementální magnetický snímač, který umožňuje bezkontaktní měření polohy pomocí měření magnetického pole trvalého magnetu. Tím je magnetický pásek, který je připevněn k pravoúhlému rameni, nad nímž se pohybuje zmíněná mechanická konstrukce s magnetickým senzorem. Velkou výhodou tohoto řešení je mechanická odolnost, neboť toto magnetické odměřování, jak již bylo zmíněno, je bezkontaktní.

5.2 Výběr snímačů

5.2.1 Magnetické lineární inkrementální snímače

Vedoucím práce z firmy Dudr Tools bylo rozhodnuto, že bude použit magnetický snímač od české společnosti Jirka a spol, s.r.o. Tato společnost nabízí cenově dostupné snímače s uspokojivými parametry, viz srovnání v následující tabulce.

Označení snímače	Rozlišení snímače [μm]	Max. vzduchová mezera [mm]	Cena bez DPH [Kč]
TMLS-25B-02	25	1	1 140,-
TMLS-05A-02	5	1	2 249,-
TMLS-05A-05	5	2,5	2 249,-

Tab. 1. Srovnání parametrů magnetických snímačů [12]

Pro naši aplikaci byl vybrán snímač s nejnižší cenou, tedy typ TMLS-25B-02 s TTL výstupem, který nabízí dostatečné parametry pro určení polohy sestavy, nesoucí laserový snímač.

Pro zpracování signálu z magnetického snímače je použit inkrementální čítací modul přístroje DataLab IO2/USB, jenž umožňuje již zmíněnou bezproblémovou komunikaci se systémem Control Web. S využitím sběrnice USB lze snadno připojit k téměř libovolnému počítači. DataLab IO byl zvolen ve verzi DataLab IO2/USB, neboť tuto verzi má z dřívějšího zakoupenou firma Dudr Tools.

5.2.2 Laserové snímače

Jako dodavatel laserového snímače byla zvolena společnost SICK spol. s.r.o., která nabízí široké spektrum automatizační techniky, včetně optoelektronických snímačů.

Snímače od této společnosti opět nabízí velmi dobré parametry s přiměřenou cenou (v tomto případě je třeba brát na zřetel složitější konstrukci laserového snímače, oproti jednodušším snímačům).

Bylo vybíráno z modelů komunikujících pomocí sériového rozhraní RS-422, což jsou následující:

Model	Měřicí dosah	Rozlišení	Opakovatelnost	Linearita
OD2-x30W04xx	24 ... 34 mm	2 μm	6 μm	$\pm 8 \mu\text{m}$
OD2-x50W10xx	40 ... 60 mm	5 μm	15 μm	$\pm 20 \mu\text{m}$
OD2-x85W20xx	65 ... 105 mm	10 μm	30 μm	$\pm 40 \mu\text{m}$
OD2-x120W60xx	60 ... 180 mm	30 μm	90 μm	$\pm 120 \mu\text{m}$
OD2-x250W150xx	100 ... 400 mm	75 μm	225 μm	$\pm 750 \mu\text{m}$

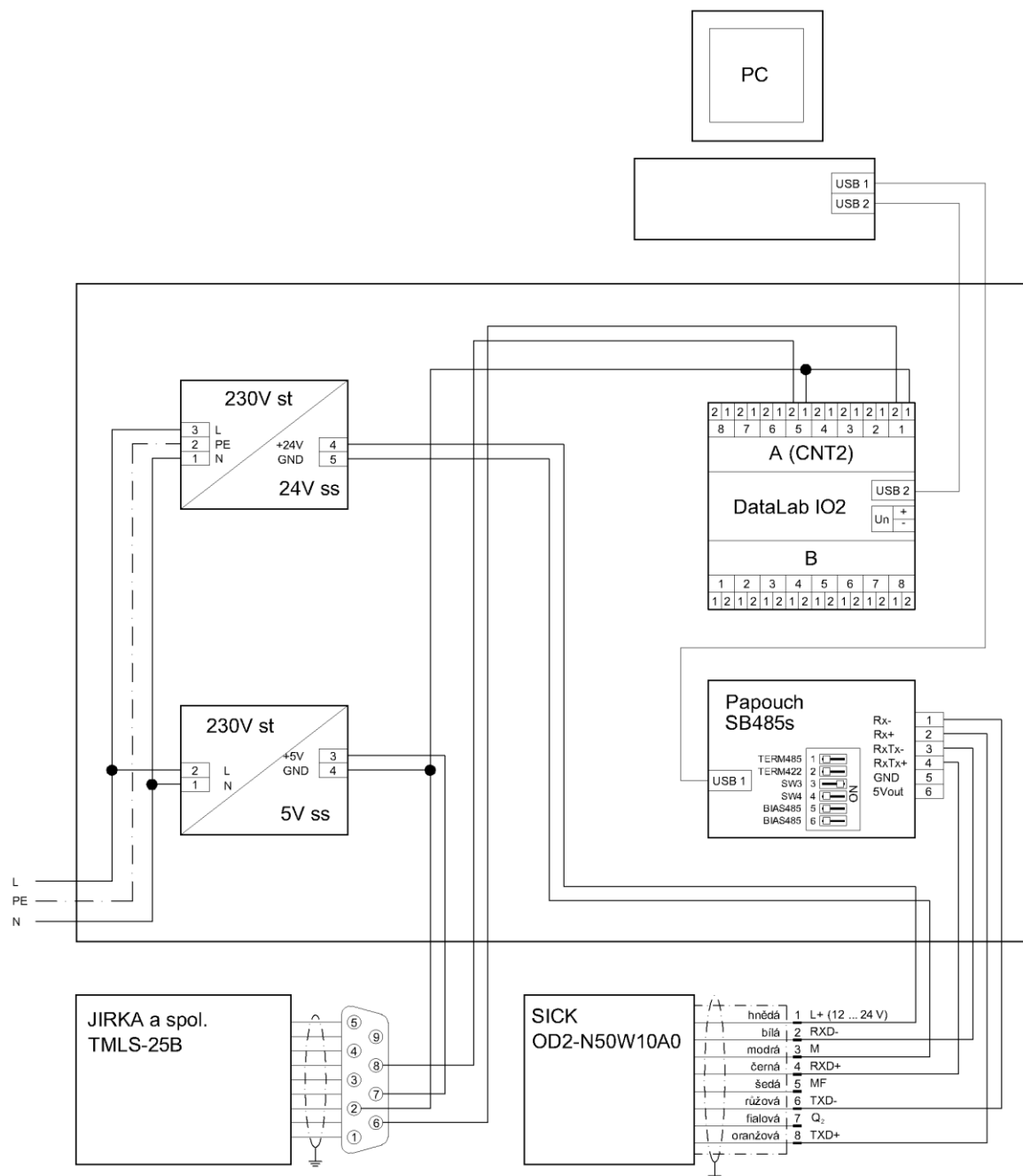
Tab. 2. Srovnání parametrů laserových snímačů [15]

Vybraný snímač nese označení OD2-N50W10A0, což odpovídá komunikačnímu rozhraní RS-422, měřicímu rozsahu 40 až 60 mm, rozlišení 5 μm , 15 μm opakovatelnost a linearita $\pm 20 \mu\text{m}$. Snímač je zároveň odolný vůči nečistotám - odpovídá stupni krytí IP 67. Orientační pořizovací cena bez DPH je 16 000,- Kč. [16]

5.3 Realizace hardwarového řešení

Zkonstruování mechanismu, ke kterému jsou připevněny snímače, bylo zadáno konstruktérovi ve firmě Dudr Tools.

DataLab IO a další přístroje, jako jsou zdroje elektrického napětí či RS-422 převodník, jsou připevněny do rozvaděče na liště DIN 35 mm podle následujícího schématu:



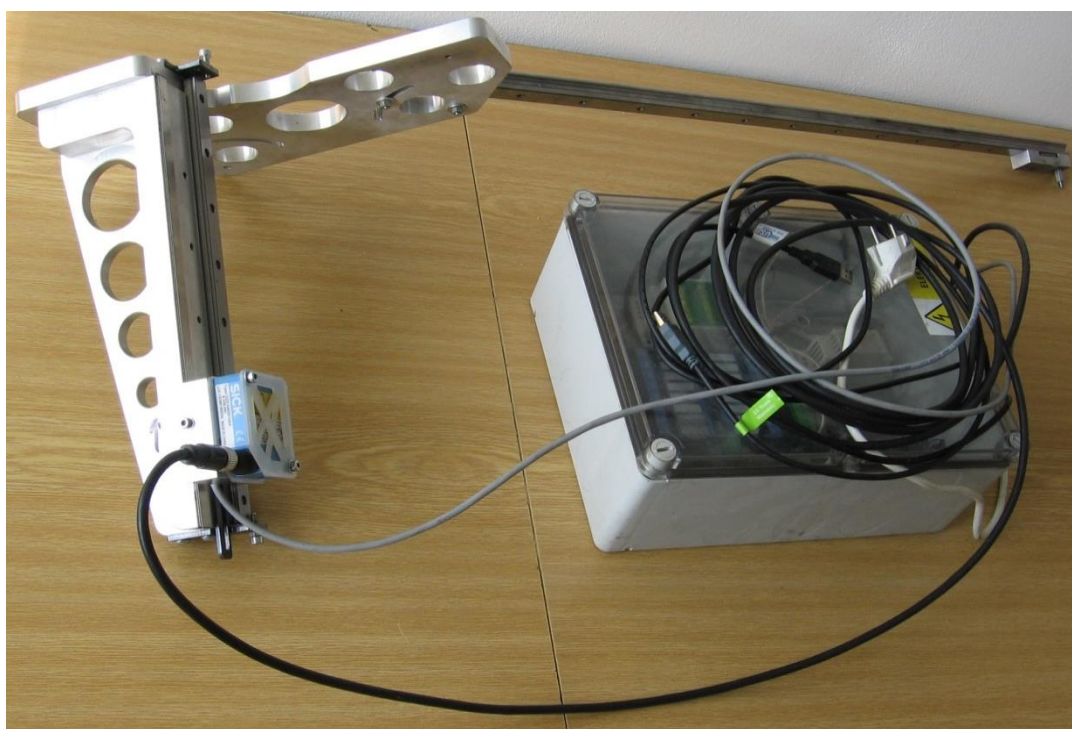
Obr. 17. Provedení zapojení rozvaděče

Magnetický snímač TMLS-25B je dle dokumentace připojen následovně: pin 7 ke kladnému pólu zdroje stejnosměrného napětí o velikosti 5 V, pin 2 na záporný pól tohoto zdroje. Zbývající piny 6 a 8 jsou připojeny na vstupy modulu inkrementálního čítače systému DataLab IO na piny 1.2 a 5.2. Piny 1.1 a 5.1 jsou rovněž připojeny k zápornému pólu zmíněného zdroje stejnosměrného elektrického napětí o velikosti 5 V.

Laserový snímač od společnosti SICK je opět dle dokumentace zapojen následovně: pin 1 ke kladnému pólu zdroje stejnosměrného napětí o velikosti 24 V, pin 3 k zápornému pólu

tohoto zdroje. Zbývající zapojené piny slouží ke komunikaci pomocí komunikačního protokolu RS-422. Jsou zapojeny do svorkovnice sériového převodníku RS-422 na USB od společnosti Papouch s.r.o. Zde platí, že pin označený jako Tx (vysílací) na jednom zařízení musí být připojen k pinu Rx (přijímací) na zařízení druhém a obráceně. Polarita na obou zařízeních je vždy stejná. Zbývající piny není nutno pro použití se sériovou komunikací nijak zapojovat. Na převodníku je v poloze ON pouze přepínač SW3, což odpovídá právě sériové komunikaci RS-422.

DataLab IO i sériový převodník jsou napájeny ze sběrnice USB v počítači, neboť vyžadují pouze nízký proud, který je tato sběrnice schopna bez problémů dodat.



Obr. 18. Měřicí sestava

Na Obr. 18 je k vidění celá měřicí sestava, a na Obr. 19 detailní pohled na konstrukci, která nese magnetický a laserový snímač.

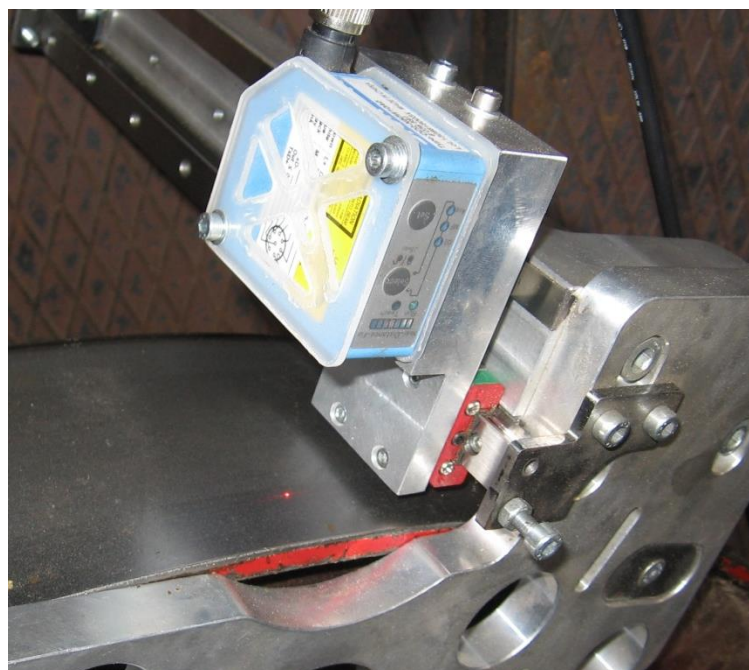


Obr. 19. Konstrukce nesoucí snímače

Konstrukce má na začátku a konci delší strany ramene magnety, pomocí kterých se připevní k pásovnici. Před samotným měřením se musí styčné hrany pásovnice s konstrukcí co nejlépe očistit, neboť správné přichycení má klíčovou roli na přesnost provedeného měření.



Obr. 20. Konstrukce nasazená na pásovnici



Obr. 21. Detailní pohled na měřicí sestavu

6 SOFTWAREVÉ ŘEŠENÍ

Jako software sloužící pro naprogramování aplikace měření bombíru i měření házivosti byl zvolen Control Web, a to z důvodu dosavadních pozitivních zkušeností vedoucího bakalářské práce z firmy Dudr Tools. Konkrétně byla použita verze Control Web 6.1, neboť tuto verzi má firma zakoupenou.

Tento software velmi dobře komunikuje se systémem DataLab IO, který zde slouží jako inkrementální čítač pulzů z magnetického snímače. Software má také zabudovanou podporu pro sériovou komunikaci, tudíž není problém s využitím sériového převodníku komunikovat s laserovým snímačem.

6.1 Aplikace měření bombíru

6.1.1 Popis komunikace

Je třeba správně nastavit parametry komunikace připojených snímačů – v případě inkrementálního čítače se jedná zejména o kvadraturní režim. U laserového snímače jsou důležité správné parametry sériové komunikace – především rychlost v Bd/s, počet datových, stop a paritních bitů. Je třeba pamatovat, že rychlost je v základu nastavena na 9,6 kBd/s, tudíž chceme-li použít jinou podporovanou rychlost, musíme ji ve snímači přepnout vysláním příkazu „BIT_RATE hodnota“. Datových bitů je 8, žádný paritní a 1 stop bit.

Každý vyslaný příkaz do laserového snímače musí začínat řídicím kódem <STX> a končit řídicím kódem <ETX>. Číselné vyjádření těchto kódů lze dohledat v ASCII tabulce, konkrétně 02 a 03 hexadecimálně. Stejným způsobem snímač vrací požadované hodnoty, například po vyslání příkazu „MEASURE“ vrátí aktuální naměřenou hodnotu vzdálenosti. Výjimkou je, pokud vyšleme příkaz „START_MEASURE“, kdy snímač začne nepřetržitě vracet aktuální naměřené hodnoty neustále za sebou. Četnost těchto zpráv závisí na nastavené přenosové rychlosti. Tyto zprávy jsou odděleny řídicím kódem <CR>, jehož hexadecimální kód je 0D. Toto čtení ukončíme vysláním příkazu „STOP_MEASURE“.

6.1.2 Popis aplikace

Aplikace byla navržena tak, aby se dala snadno obsluhovat a byla uživatelsky přívětivá. Veškeré ovládání měření se provádí v hlavním okně (Obr. 22), do kterého jsou vloženy jednotlivé virtuální přístroje.

Obr. 22. Uživatelské prostředí aplikace měření bombíru

Pokud probíhá komunikace se snímači, informuje nás o tom svítící žárovka v pravé části okna aplikace. Nastane-li nějaký problém v sériové komunikaci, dozvíme se tak díky přístroji nad žárovkou, který vypisuje jednotlivé zprávy právě od ovladače tohoto rozhraní.

V levém dolním rohu můžeme číst aktuální počet pulzů od inkrementálního čítače, přičemž čítání začíná v okamžiku spuštění aplikace. Vynásobením konstantou 0,025 jsou tyto pulzy také převedeny na milimetry.

Na úvod vyplníme základní údaje o zákazníkovi, tedy jeho identifikaci podle jména, a také název stroje, jehož pásovnici měříme. Rovněž zvolíme, zdali se jedná o hnací či hnanou pásovnici.

Před každým měřením je třeba zvolit, zda provedeme jednostranné či oboustranné měření. V závislosti na naší volbě se mírně změní ovládací prvky.

U oboustranného měření se předpokládá, že přiložíme měřicí konstrukci z jedné strany pásovnice, provedeme měření z první strany, a celou konstrukci přiložíme na opačnou stranu pásovnice (pokud možno na stejné místo na pásovnici) a opět provedeme měření, tentokrát z druhé strany. Musíme tak učinit proto, že rameno této konstrukce nesvívá

přesně pravý úhel a každá nepřesnost má poměrně zásadní vliv na přesnost prováděného měření. Po naměření profilů pásovnice z obou stran tyto hodnoty zprůměrujeme a získáme tak výsledný profil pásovnice.



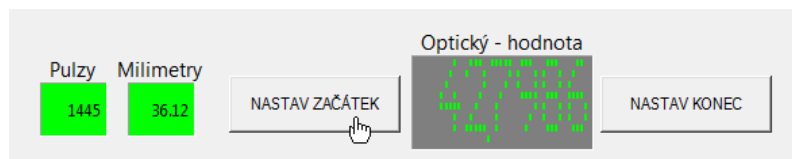
Obr. 23. Ovládací prvky při oboustranném měření

V případě jednostranného měření provedeme měření pouze z jedné strany a dále do aplikace zadáme tzv. „křivost měřáku“, což je údaj v úhlových stupních, který nám říká, jak moc se velikost úhlu sevřeného v rameni liší od úhlu pravého. Tuto hodnotu lze zjistit z oboustranného měření. Pokud ji zadáme, aplikace provede korekci naměřených dat, a to tak, aby byla menší hodnota rozdílu mezi naměřenou výškou bombíru na začátku a na konci pásovnice (na základě této skutečnosti víme, zdali máme korekci k naměřeným hodnotám přičítat či odčítat). Využívá se zde goniometrických funkcí, kdy známe již zmíněnou křivost měřáku a vzdálenost měřicí sestavy od počátku pásovnice.



Obr. 24. Ovládací prvky při jednostranném měření

Po zvolení, zdali chceme provádět jednostranné či oboustranné měření a případném vyplnění související křivosti, odjedeme s měřicí sestavou mimo pásovnici, a to v opačném směru, než indikuje nakreslená šipka na rameni (znázorňující směr měření). Klepneme na tlačítko „Magnetický – nastavení“, čímž aktivujeme další ovládací prvky, sloužící k nastavení začátku a konce pásovnice. Nyní přesuneme sestavu na začátek pásovnice a klepneme na tlačítko „NASTAV ZAČÁTEK“. Aplikace díky tomu bude vědět, od jaké vzdálenosti magnetického inkrementálního snímače má zahájit měření.



Obr. 25. Nastavení začátku pásovnice

Stejným způsobem přemístíme sestavu na konec pásovnice a nyní klepneme na tlačítko „NASTAV KONEC“. Nastavíme tak konec, po který se bude provádět měření. Zároveň máme k dispozici okamžitě hodnoty z laserového snímače, tudíž bychom případně mohli vyloučit z měření několik málo milimetrů u okraje pásovnice, pokud by bylo vzhledem k případnému poškozenému povrchu potřeba.

Nyní opět odjedeme proti směru šipky mimo povrch pásovnice a můžeme zahájit měření klepnutím na tlačítko „První strana START/STOP“. Rozsvítí se žárovka, signalizující probíhající komunikaci se snímači. Nyní velice pomalu posunujeme sestavu ve směru vyznačeném šipkou, přičemž je vhodné vyvíjet na vozík mírný tlak ve směru k magnetickému pásku. Minimalizujeme tak nežádoucí výkmity v ose y, které způsobují nepřesnosti. Až se dostaneme mimo konec pásovnice, klikneme opět na tlačítko „První strana START/STOP“ a ukončíme tak měření z jedné strany.

Provádíme-li oboustranné měření, nasadíme konstrukci z opačné strany pásovnice a opakujeme předchozí kroky, tj. nastavíme začátek a konec pásovnice a stejným způsobem provedeme měření z druhé strany (opět ve směru vyznačeném šipkou).

Po dokončení měření klepneme na tlačítko „DATA DO TABULKY“, čímž se provede zpracování dat a ve druhém okně „Tabulka měření bombíru“ si prohlédneme výsledek. Zajímá nás především záložka graf, kde je záznam o naměřeném bombíru pásovnice, a také záložka protokol, ve které jsou tyto hodnoty vyjádřeny numericky.

V případě, že bychom potřebovali nějakou hodnotu v této tabulce ručně opravit, v hlavním okně aplikace zvolíme tlačítko „ODEMKNOUT/ZAMKNOUT“, čímž povolíme v tabulce úpravy. Opětovným kliknutím lze tabulku opět uzamknout.

Jestliže jsme s výsledkem měření spokojeni, zvolením tlačítka „ULOŽIT TABULKU“ lze tabulku uložit do souboru, přičemž se provede uložení do složky s aplikací, do podsložky export a následně do podsložky podle data a času měření. Uložení se provede ve formátu CSV a také TBW, což je datový soubor tabulkového procesoru InCalc.

Po klepnutí na tlačítko „VYTISKNOUT PROTOKOL“ proběhne tisk protokolu na nastavené výchozí tiskárně, a tudíž lze tímto způsobem, s využitím virtuální PDF tiskárny, uložit protokol do PDF.

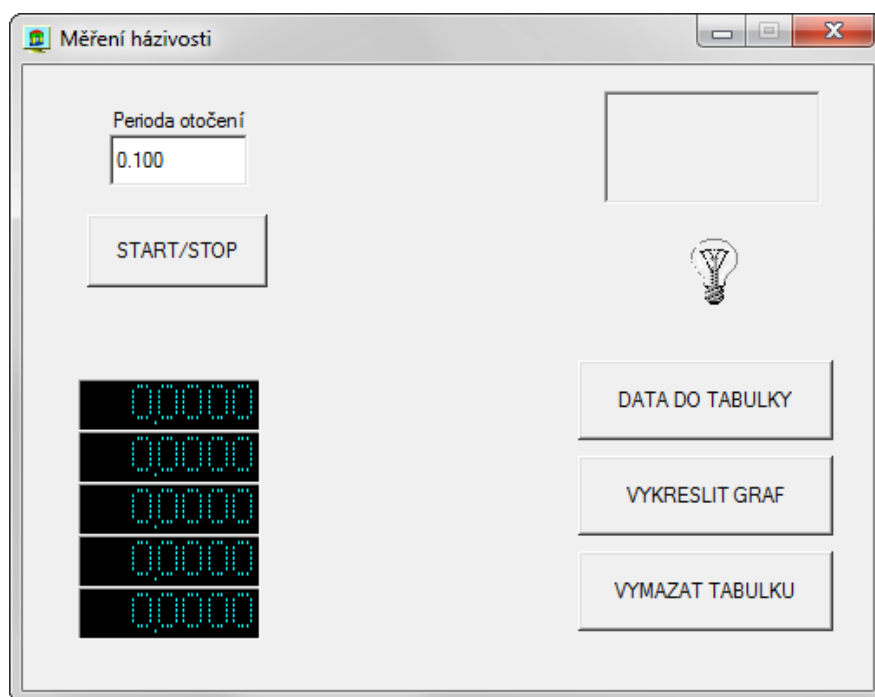
V případě, že bychom potřebovali měření opakovat, můžeme k tomu použít tlačítka „VYMAZAT VŠE“, čímž dojde k odstranění všech naměřených dat z aplikace.

Přepínacími tlačítky „Stupeň aproximace“ lze též měnit stupeň aproximace pro naměřená data z laserového snímače, neboť, jak si ukážeme v následující kapitole, naměřené nezpracované hodnoty jsou vždy určitým způsobem rozkmitané.

Aplikace se ukončuje klepnutím na křížek hlavního okna aplikace.

6.2 Aplikace měření házivosti

Měření házivosti bylo zadáno jako dílčí úkol vedle měření bombíru. Z tohoto důvodu není v práci daná část příliš rozebírána. Uživatelské prostředí aplikace je podobné jako u aplikace měření bombíru.



Obr. 26. Uživatelské prostředí aplikace měření házivosti

Před každým měřením zadáme periodu jednoho otočení pásovnice. Poté tlačítkem „START/STOP“ spustíme měření. Dalšími tlačítky provedeme zpracování dat a můžeme si prohlédnout výsledek. Výsledným grafem je několik křivek, které svým průběhem vypovídají, že házivost způsobují např. opotřebovaná ložiska.

Z důvodu toho, že je ideální provádět měření přímo v provozu na pracující pásové pile, nebyla tato aplikace doposud naplno otestována.

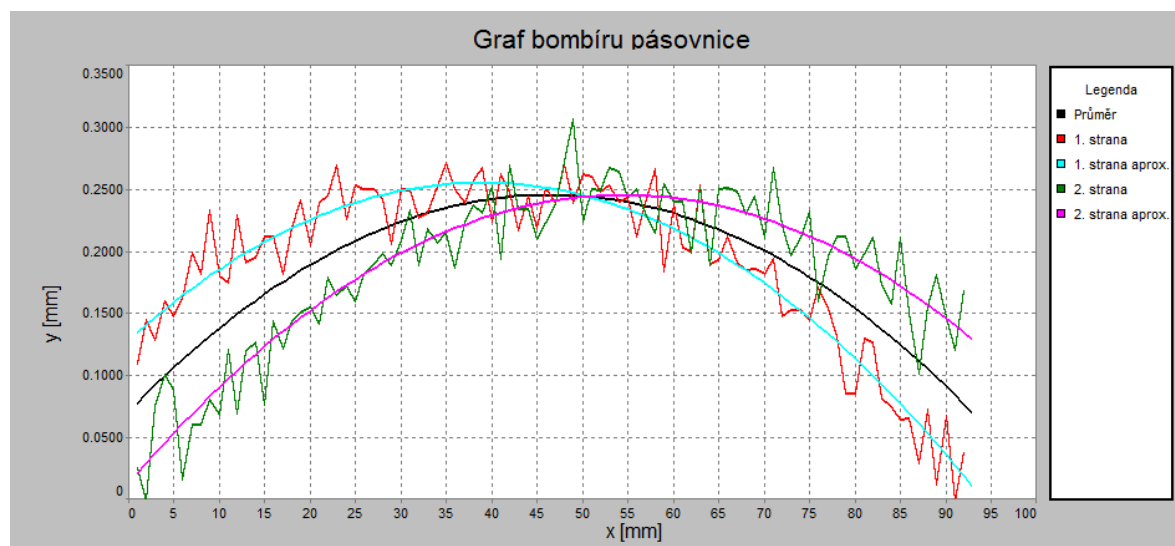
7 PREZENTACE NAMĚŘENÝCH DAT

7.1 Měření dobře zpracované pásavnice

Dne 6. března 2015 bylo provedeno oboustranné měření hnané pásavnice, jejíž šířka byla naměřena přibližně 93 mm. Měření bylo provedeno až po zbroušení pásavnice na požadovaný bombír (v průběhu broušení bylo využito dosavadních způsobů měření).

Ideální bombír této pásavnice je symetrický (vrchol leží uprostřed šířky pásavnice), výška vpředu i vzadu je tedy stejná.

Z tabulky s výsledky vyčteme na záložce „graf bombíru“ následující informace: měření provedené z jedné strany pásavnice, z druhé strany, aproximace těchto měření a zprůměrování aproximovaných křivek.



Obr. 27. Graf bombíru hnané pásavnice

Dále nás zajímají především údaje ze záložky „protokol“, kde je přehledně shrnuto, co bylo naměřeno.

Šířka pásavnice	Vrchol x	Vrchol y	Rozdíl vpředu	Rozdíl vzadu
93 mm	46 mm	0,18 mm	0,17 mm	0,18 mm

Tab. 3. Měření hnané pásavnice

Hodnota položky „Vrchol x“ nám říká, v jaké vzdálenosti od počátečního okraje pásavnice byl vypočítán vrchol bombíru pásavnice. „Vrchol y“ nám říká, jak velká je výška tohoto bombíru neboli rozdíl mezi maximální a minimální vypočítanou hodnotou.

Rozdíl vpředu je vlastně výška bombíru vzhledem k počátečnímu okraji pásovnice, rozdíl vzadu k jeho koncovému okraji (jedna z těchto hodnot je vždy totožná s hodnotou „Vrchol y“).

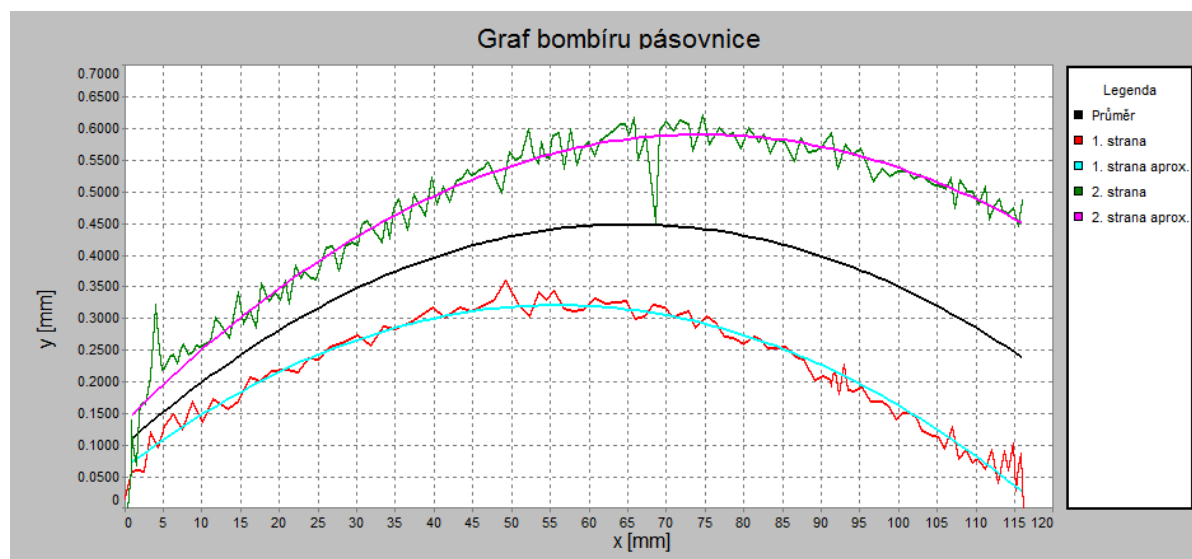
Naměřené hodnoty jsou velice uspokojivé, na výšku bombíru 0,18 mm je možno naválcovat pilový pás, který poté bude dobře sedět na pásovnici. Stejně tak je téměř stejný rozdíl ve výšce pásovnice vpředu a vzadu (tento rozdíl odpovídá spíše nepřesnostem měření).

Ještě je třeba vyhodnotit data, co se přesnosti měření týče. K tomu slouží koeficient determinace, což je číslo z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$, které udává, jak přesně se podařilo data aproximovat. Čím více se tato hodnota blíží 1, tím více odpovídá aproximovaná křivka naměřeným datům. Pro měření z první strany tento koeficient vyšel přibližně 0,91, pro měření z druhé strany 0,87, což je poměrně dobrý výsledek. [17]

Snímek protokolu tohoto měření je vložen v přílohách práce.

7.2 Měření opotřebované pásavnice

9. dubna 2015 jsme provedli oboustranné měření jiné pásavnice, která byla poměrně dost opotřebovaná z provozu. Bombír by měl být opět symetrický.



Obr. 28. Graf bombíru opotřebované pásavnice

Šířka pásavnice	Vrchol x	Vrchol y	Rozdíl vpředu	Rozdíl vzadu
116 mm	65 mm	0,34 mm	0,34 mm	0,21 mm

Tab. 4. Měření opotřebované pásavnice

Jak ale z grafu a tabulky vidíme, ani zdaleka tomu tak není. Šířka byla naměřena 116 mm, tudíž vrchol bombíru této pásavnice leží až několik mm za polovinou šířky pásavnice. Také je příliš velký rozdíl mezi výškou pásavnice vpředu a vzadu – a to 0,13 mm. Výška bombíru 0,34 mm je až příliš velká, na takto velkou výšku je problém naválcovat pilový pás.

Koeficient determinace pro měření z první strany vyšel přibližně 0,96, pro měření z druhé strany 0,95, což je také velmi dobrý výsledek.

Z naměřených dat tedy vyplývá, že se daná pásavnice musí ještě hodně zbrousit.

8 ZHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ

Mezi hlavní přínosy navržené metodiky měření a následně aplikace patří zejména skutečnost, že nyní máme k dispozici záznam každého uskutečněného měření.

Pokud by některý ze zákazníků měl v budoucnu problém např. s praskáním pilového pásu a zjistili bychom, že tento problém způsobuje špatný bombír pásovnice, máme k dispozici pádný argument, proč by si měli zákazníci nechat provést přebroušení pásownic.

Dalším přínosem je fakt, že je možné porovnat stav pásovnice před a po technické zásahu.

Jako pozitivní se jeví, že se jedná o novou techniku měření, tudíž můžeme srovnat výsledky získané touto metodikou s výsledky získanými dosavadními způsoby měření a dle potřeby můžeme navrženou metodiku dále vylepšovat.

Při posuzování přínosů je třeba vzít v úvahu pořizovací cenu snímačů a náklady spojené na sestavení konstrukce. S ohledem na výše zmíněné přednosti tohoto řešení však lze očekávat ekonomickou návratnost – např. pomocí již zmíněné možnosti přesvědčit zákazníka o nutnosti provedení servisu.

ZÁVĚR

Závěrem této práce lze konstatovat, že se po překonání úvodních problematických aspektů podařilo vypracovat zadané měření.

Největším technickým problémem bylo porozumět sériové komunikaci RS-422 a zprovoznit ji v prostředí Control Web. Na vině byly z velké části dosavadní nízké zkušenosti se zapojováním tohoto typu hardware. Po několika neúspěšných pokusech se však také díky radám od vedoucího Ing. Tomáše Dudra podařilo veškeré snímače správně zapojit a zprovoznit komunikaci se systémem Control Web.

V průběhu programování aplikace jsem samozřejmě narazil i na několik drobných programátorských problémů, i tyto však byly ve výsledku překonány a aplikace úspěšně naprogramována. Vděčím za to mimo jiné i objektově orientovanému modelu návrhu aplikací v systému Control Web, kterému bylo, po dosavadním absolvovaném studiu, velmi snadné porozumět.

Jako jeden z osobních přínosů musím zmínit právě to, že jsem si vyzkoušel práci se sériovým rozhraním RS-422, pomocí kterého probíhá komunikace s laserovým snímačem. Snímač je dostupný i ve variantě s analogovým výstupem, avšak rozhodli jsme se pro variantu se sériovým rozhraním, neboť s tímto typem komunikace se lze v automatizační technice setkat velmi často. Do budoucna se jistě jedná o vysoce ceněnou zkušenost.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAŇAS, Ladislav a František KOČARA. *Stroje a zařízení pro dřevařský průmysl*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1979, 272 s.
- [2] Výřez dřeva. 2000. *CoJeCo - Vaše encyklopedie* [online]. [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://www.cojeco.cz/>
- [3] AB PROFI S.R.O. *AB profi Jičín, zahradní technika, motory, profi nářadí* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.abprofi.cz/pily-s-elektrickym-posuvem-do-rezu-ctr-950-s-p-3763.html>
- [4] BARCÍK, Štefan, Monika KVIETKOVÁ, Jan BOMBA a Mikuláš SIKLIENKA. *Dřevoobráběcí nástroje - údržba a provozování: vysokoškolská učebnice*. 1. vyd. Praha: Powerprint, 2013. ISBN 978-80-87415-80-1.
- [5] SCHMID, Dietmar. *Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku*. Vyd. 1. Překlad Jiří Handlíř. Praha: Europa - Sobotáles, 2005, 420 s. ISBN 80-86706-10-9.
- [6] HRUŠKA, František. *Technické prostředky integrované automatizace* [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012 [cit. 2015-01-28]. ISBN 978-80-7454-234-3. Dostupné z: <http://dspace.k.utb.cz/>
- [7] MARTINEK, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-114-4
- [8] Slovník pojmů - ALPHA international. ALPHA INTERNATIONAL S.R.O. *Magnetostrikční snímače polohy, senzory polohy - ALPHA international* [online]. 2015 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.alphaint.cz/slovník/>
- [9] VOJÁČEK, Antonín. 2007. Magnetické senzory s Hallovým efektem - 1. princip. *Automatizace.HW.cz / Elektronika v automatizaci* [online]. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/magneticke-senzory-s-hallovym-efektem-1-princip>
- [10] VOJÁČEK, Antonín. 2008. Magnetické lineární snímače pro měření posunu i rychlosti pohybu. *Automatizace.HW.cz / Elektronika v automatizaci* [online]. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/magneticke-linearni-snimace-pro-mereni-posunu-i-rychlosti-pohybu>
- [11] VOJÁČEK, Antonín. 2010. Odměřování polohy s přesností na 0,001 mm. *Automatizace.HW.cz / Elektronika v automatizaci* [online]. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/odmerovani-polohy-s-presnosti-na-0001-mm>
- [12] Magnetické snímače. [2015]. *Jirka a spol.* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.jirkaspol.cz/magneticke-snimace-1.html>

- [13] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. *DataLab IO manuál*. Zlín-Malenovice, 2012.
[Online] [cit. 2015-04-30] Dostupné z: <http://www.mii.cz/cat?id=189&lang=405>
- [14] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE A.S. *Dokumentace Control Web*. Zlín-Malenovice, 2014.
[Online] [cit. 2015-04-05] Dostupné z: <http://www.mii.cz/cat?id=98&lang=405>
- [15] SICK: SENSOR INTELLIGENCE. *Od mikrometrů po kilometr: přehled snímačů pro měření vzdálenosti*. [s.l.]: SICK: Sensor Intelligence, ©2014.
- [16] *SICK: Sensor Intelligence* [online]. 2015 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <https://www.sick.com/de/en/distance-sensors/short-range-distance-sensors-displacement/od-value/od2-n50w10a0/p/p185870>
- [17] Výklad - regrese: Koeficient determinace. *Moodle 2 Lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Hradci Králové* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://moodle.lfhk.cuni.cz/moodle2/mod/book/view.php?id=2154&chapterid=506>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ASCII	American Standard Code for Information Interchange (americký standardní kód pro výměnu informací)
Bd	Baud (jednotka modulační rychlosti)
CNT2	Modul inkrementálního čítače systému DataLab IO
COM	Komunikační sériové rozhraní
CR	Carriage return (návrat vozíku)
CSV	Souborový formát pro tabulková data
DIN	Typ nosné lišty
ETH	Ethernet (technologie pro lokální počítačové sítě)
ETX	End of text (konec textu)
GND	Ground (zem)
IO	Input/output (vstup/výstup)
IPX	Ingress protection (stupeň krytí)
LED	Luminiscenční diody
OCL	Object Control Language (jazyk řízení objektů)
PC	Personal computer (osobní počítač)
PDF	Portable Document Format (přenosný formát dokumentů)
PLC	Programovatelný logický automat
PSD	Diody s laterálním efektem
RS-422	Standard sériové komunikace
ss	Stejnoseměrný
st	Střídavý
STX	Start of text (začátek textu)
TBW	Datový formát aplikace InCalc

TCP/IP Transmission Control Protocol/Internet Protocol (sadu protokolů pro komunikaci v počítačové síti)

USB Universal Serial Bus (univerzální sériová sběrnice)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Kmenová pásová pila [3]	11
Obr. 2. Pracovní postup pásové pily [1]	12
Obr. 3. Schéma svislé kmenové pásové pily [1]	13
Obr. 4. Servisovaná pásovnice	14
Obr. 5. Průřezy pásovnic pásových pil (tvary bombírování) [4]	14
Obr. 6. Optoelektronická triangulace [7]	19
Obr. 7. Přímý směr proudu bez účinku magnetického pole [9]	20
Obr. 8. Zakřivení dráhy proudu při působení magnetického pole [9]	21
Obr. 9. Princip snímání magnetickou hlavou [11]	22
Obr. 10. Provedení magnetického inkrementálního snímače [5]	22
Obr. 11. Čtecí hlava s magnetickým páskem [12]	23
Obr. 12. DataLab IO2/USB [13]	24
Obr. 13. Označení svorek modulu DataLab IO2/USB [13]	26
Obr. 14. Tvorba aplikace v prostředí Control Web	27
Obr. 15. Překlápění aplikace [14]	28
Obr. 16. Paleta přístrojů	28
Obr. 17. Provedení zapojení rozvaděče	34
Obr. 18. Měřicí sestava	35
Obr. 19. Konstrukce nesoucí snímače	36
Obr. 20. Konstrukce nasazená na pásovnici	37
Obr. 21. Detailní pohled na měřicí sestavu	37
Obr. 22. Uživatelské prostředí aplikace měření bombíru	39
Obr. 23. Ovládací prvky při oboustranném měření	40
Obr. 24. Ovládací prvky při jednostranném měření	40
Obr. 25. Nastavení začátku pásovnice	41
Obr. 26. Uživatelské prostředí aplikace měření házivosti	42
Obr. 27. Graf bombíru hnané pásovnice	44
Obr. 28. Graf bombíru opotřebované pásovnice	46

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Srovnání parametrů magnetických snímačů [12]	32
Tab. 2. Srovnání parametrů laserových snímačů [15]	33
Tab. 3. Měření hnané pásovnice	44
Tab. 4. Měření opotřebované pásovnice	46

SEZNAM PŘÍLOH

P I Protokol měření hnané pásovnice

PŘÍLOHA P I: PROTOKOL MĚŘENÍ HNANÉ PÁSOVNICE

Protokol - měření bombíru

Datum měření	06.03.2015	
Čas	10:06	
Zákazník	Tomáš Dudr	
Stroj	Pásová pila č. 1	
Pásovnice	Hnaná	
Šířka pásovnice	93.00	mm
Vrchol x	46.00	mm
Vrchol y	0.18	mm
Rozdíl vpředu	0.17	mm
Rozdíl vzadu	0.18	mm

