

Zařízení pro měření polohy a jejich aplikace

Devices for measurement of distance and their application

Jan Zapletal

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan ZAPLETAL**
Osobní číslo: **A08302**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Zařízení pro měření polohy a jejich aplikace**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte přehled metod používaných pro měření polohy.
2. Provedte srovnání metod z hlediska jejich vlastností a vhodnosti použití pro praktické aplikace.
3. Vypracujte přehled v současnosti na trhu nabízených zařízení.
4. Provedte srovnání parametrů těchto zařízení.
5. Vypracujte analýzu pro měření obvodu rotujícího objektu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. HRUŠKA, František. **Technické prostředky automatizace II : úvod, popis funkce, konstrukce a aplikací. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, 2006. 112 s. ISBN 8073183978.**
2. RIPKA, Pavel. **Senzory a převodníky. Vyd. 2. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2011. 136 s. ISBN 978-80-01-04696-8.**
3. HRUŠKA, František. **Technické prostředky automatizace III : (senzory, jejich principy a funkce). Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2002. 118 s. ISBN 80-7318-053-7.**
4. MARTINEK, Radislav. **Senzory v průmyslové praxi. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004. 199 s. ISBN 8073001144.**
5. FISCHER, Jan. **Optoelektronické senzory a videometrie. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 143 s. ISBN 800102525X.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Pálka, Ph.D.

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

24. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

8. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá snímači polohy a jejich aplikacemi. Práce je rozdělena do dvou částí. Teoretická část se zabývá popisem různých typů snímačů polohy, jejich principy, funkcemi a vlastnostmi. V praktické části bylo provedeno srovnání jednotlivých metod snímačů. V práci byla provedena analýza všech čtyř částí měřicího zařízení pro měření obvodu rotujícího objektu. Analýza se skládá ze snímače polohy, posuvníku, průmyslového počítače a ze zdroje napětí.

Výsledkem této práce je návrh zařízení pro on-line měření obvodu surového pláště na konfekčních strojích pro firmu Barum Continental.

Klíčová slova: snímač polohy, optoelektronický snímač, triangulace, posuvník, průmyslový počítač, měření obvodu

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with position sensors and their application. The thesis is divided into two parts. The first theoretical part describes different type of position sensors, their principles, functions and properties. In the second part, practical comparison of measuring methods was performed. An analysis of all four parts of a device for measuring the perimeter of a rotating object. The analysis considers the position of distance sensor, portal axis, industrial computer and a power supply.

The aim of the thesis is to propose a device for an on-line measurement of raw coating perimeter in confection machines in the company Barum Continental.

Keywords: position sensor, optoelectronic sensor, triangulation, portal axis, industrial computer, measuring the perimeter

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Pálkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytoval během zpracovávání této práce. Dále bych chtěl poděkovat zástupcům jednotlivých firem

Regulační pohony - Ing. Václav Červinka

Sick spol. s.r.o. - Radek Rutovský, Lubomír Bačo

Omron Electronic s.r.o. - Michal fojtík

Turck - Ing. Jaroslav Kočí

Micro-Epsilon - Bc. Miloš Fuka

V neposlední řadě bych rád touto cestou poděkoval mé rodině a přátelům za jejich podporu.

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/a jsem seznámen/a 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 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 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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 SNÍMAČ	11
1.1 MĚŘICÍ ŘETĚZEC	11
1.2 INTELIGENTNÍ SNÍMAČ.....	11
1.3 KOMUNIKACE.....	11
1.3.1 Rozhraní RS-232	12
1.3.2 Rozhraní RS-485	12
1.3.3 Rozhraní USB	12
2 VLASTNOSTI SNÍMAČE	13
2.1 STATICKÉ PARAMETRY	13
2.2 DYNAMICKÉ PARAMETRY.....	15
2.3 PARAMETRY SPOLEHLIVOSTI.....	15
3 SNÍMAČE POLOHY	17
3.1 MAGNETICKÉ SNÍMAČE A SPÍNAČE	17
3.1.1 Jazyčkový kontakt (spínač).....	17
3.1.2 Hallův snímač a spínač.....	17
3.2 ODPOROVÉ SNÍMAČE	19
3.3 INDUKČNÍ SNÍMAČE	19
3.4 KAPACITNÍ SNÍMAČE	20
3.5 ULTRAZVUKOVÉ SNÍMAČE	21
3.6 OPTOELEKTRONICKÉ SNÍMAČE.....	22
3.6.1 Měření pomocí fázového posunutí.....	22
3.6.2 Měření pomocí doby letu světla.....	22
3.6.3 Měření pomocí laserové triangulace	22
4 PRŮMYSLVÝ POČÍTAČ	24
5 CONTROL WEB	25
II PRAKTICKÁ ČÁST	26
6 SROVNÁNÍ MĚŘICÍCH METOD	27
6.1 SROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH MĚŘICÍCH METOD	27
7 MĚŘENÍ OBVODU ROTUJÍCÍHO OBJEKTU	31
7.1 MĚŘENÍ POMOCÍ KOLEČKA	31
7.2 MĚŘENÍ POLOMĚRU	32
7.3 MOŽNOSTI UMÍSTĚNÍ SNÍMAČE.....	33
7.3.1 Oboustranné umístění.....	33
7.3.2 Jednostranné umístění	35
8 KONKRÉTNÍ ZADÁNÍ	37
9 ANALÝZA NÁVRHU	38
9.1 ÚVOD	38
9.2 SNÍMAČ	38
9.2.1 Přehled trhu snímačů.....	38

9.2.2	Srovnání snímačů	42
9.3	POSUVNÍK	44
9.4	PRŮMYSLOVÝ POČÍTAČ	45
9.5	ZDROJ.....	46
10	SCHÉMATICKÉ ZAPOJENÍ OBVODU.....	47
10.1	POPIS OBVODU	47
10.2	ZAPOJENÍ SNÍMAČE.....	48
10.3	ZAPOJENÍ POSUVNÍKU.....	49
10.4	ZAPOJENÍ POČÍTAČE	52
10.5	ZAPOJENÍ CELÉHO OBVODU	55
11	ROZPOČET.....	56
	ZÁVĚR	57
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	59
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	61
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	63
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK.....	67

ÚVOD

Snímač polohy je zařízení, které nám umožňuje měřit vzdálenost, posunutí, úhel natočení atd. Jeho výstupní elektrický signál lze snadno zpracovávat a vyhodnocovat. Tyto snímače se využívají převážně v průmyslu, kdy pomocí nich lze zautomatizovat určitý pracovní postup. Zautomatizováním pracovního postupu lze ušetřit lidskou pracovní sílu a dojde k omezení tvorby vadných výrobků. Tímto procesem dochází ke zvýšení efektivity práce a také k vyšší spokojenosti zákazníků.

Celá bakalářská práce je rozdělena na dvě části. První teoretická část se zaměřuje na popis snímače jako část měřicího řetězce a na možnosti jeho komunikace. Dále jsou popsány statické a dynamické vlastnosti, ale i jednotlivé parametry spolehlivosti, které jsou v průmyslu velice důležité. V neposlední řadě jsou zde uvedeny obecné principy jednotlivých typů snímačů. A to magnetických, odporových, indukčních, kapacitních, ultrazvukových a optoelektronických. Na konci této části je popsán průmyslový počítač a programový nástroj Control Web.

Ve druhé praktické části bylo provedeno srovnání jednotlivých měřicích metod. Dále jsou zde popsány měřicí metody pro měření rotujícího objektu a možnosti umístění měřicího senzoru. Následuje vypracování konkrétního návrhu pro měření obvodu surového pláště pro firmu Barum Continental. Návrh se skládá ze čtyř členů: snímače, posuvníku, průmyslového počítače a zdroje napětí. Pro snímač polohy byl proveden aktuální přehled trhu a vybrán konkrétní typ (SICK OD2-P250W150I0). Na závěr bylo vytvořeno schematické zapojení jednotlivých členů a celého obvodu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SNÍMAČ

Snímač je označení pro technické zařízení určené pro snímání a detekci fyzikálních veličin, vlastností látek a technických stavů, které člověk využívá v praxi. Pro náš případ se bude jednat o snímače polohy.

Snímač snímá měřenou (neelektrickou) veličinu a převádí ji na výstupní signál, nejčastěji analogový (napětí nebo proud) nebo číslicový. V případě elektrického napětí jsou analogové signály standardizovány na rozsah 0 V- 10 V. U elektrického napětí je výstupní signál standardizován na 0 mA - 20 mA nebo 4 mA – 20 mA pro vyloučení chyby v měřicím obvodu. [1]

Pro snímač se používají také pojmy jako senzor , převodník nebo detektor. [1]

1.1 Měřicí řetězec

Na vstupu měřicího řetězce je měřená veličina, která je pomocí senzoru převedena na elektrický signál. Tento signál je často potřeba zesílit. Při zesílení může dojít k zesílení parazitních signálů, proto je nutné zajistit dostatečný odstup těchto signálů. Parazitní signály způsobují vnější rušení (elektrickým nebo magnetickým polem), které působí nejen na senzor, ale i na zesilovač a další prvky zpracovávající signál. Tyto parazitní signály musíme nejprve odfiltrovat. Nejčastějšími parazitními signály bývá parazitní vysokofrekvenční složka, která se odfiltrovává pomocí dolnoproústného filtru. [1]

1.2 Inteligentní snímač

Takový snímač obsahuje obvody: pro měření, filtraci, zesílení linearizaci, teplotní korekci, autokalibraci, A/D převod, matematické zpracování dat, standardizaci analogových signálů, komunikační rozhraní. To vše v jednom kompaktním provedení. Některá provedení senzorů mají celý měřicí řetězec integrovaný na jednom čipu nebo mají citlivou část (čidlo) vyvedenou mimo svoji mikroelektronickou integrovanou část. [2]

1.3 Komunikace

Pro komunikaci mezi snímačem a vyhodnocovací jednotkou se nejčastěji používá sériové rozhraní RS-232 a RS-485. Nejnovějším standardem pro sériový přenos dat je rozhraní USB (Universal Serial Bus).

1.3.1 Rozhraní RS-232

Standard definuje sériovou komunikaci pro přenos dat. RS-232 využívá dvě napěťové úrovně, logickou 1 a 0. Logická jednička je definovaná zápornou úrovní napětí, zatímco logická nula je definována kladnou úrovní napětí. Pro obousměrný provoz je nutné použít minimálně 3 vodiče. Maximální délka kabelu je 15 m nebo kabel o kapacitě 2 500 pF. Použitím kvalitních kabelů lze dosáhnout délky až 50 metrů kabelu. Přenosová rychlost u této komunikace je 20 kbit/s. Případným prodlužováním kabelu dochází ke snižování přenosové rychlosti.

1.3.2 Rozhraní RS-485

V průmyslovém prostředí se využívá standard sériové komunikace RS - 485. Má stejný základ jako standard RS-232, liší se především v definici napěťových úrovní. Logické úrovně jsou definovány rozdílným napětím mezi oběma vodiči. Tento symetrický vstup potlačuje součtové rušivé vlivy, což je velká výhoda oproti rozhraní RS-232. Tím se velmi liší od RS-232, kde se úrovně napětí vztahuje k referenční zemi (GND). Při rozdílu mezi vodiči menší než -200 mV je logický stav jedna, při rozdílu větší než +200 mV je logický stav nula. Pro obousměrný provoz stačí pouze kroucená dvojlinka při přenosové rychlosti 1 Mbit/s do vzdálenosti 1000 m. [3]

1.3.3 Rozhraní USB

USB je univerzální sériová sběrnice, která nahrazuje dříve používané způsoby připojení. Rozhraní USB 2.0 využívá čtyř vodičů, z nichž na přenos dat se využívají pouze dva (kroucená dvojlinka). Zbývající dva vodiče jsou pro napájení propojeného zařízení (+5 V). Maximální délka kabelu pro garantovaný přenos dat je 5 m. Přenosová rychlost pro USB 2.0 je 480 Mbit/s.

Nejnovější rozhraní USB 3.0 má přenosovou rychlost až 5 Gbit/s, jako daň za tuto přenosovou rychlost padl dosavadní nízký počet vodičů. USB 3.0 využívá všech 8 vodičů a je tedy nutné i použití jiného typu konektoru. Zpětná kompatibilita je zajištěna tím, že konektor USB 3.0 obsahuje starý konektor USB 2.0. Pokud se tedy zařízení s USB 2.0 připojí k PC s konektorem USB 3.0, bude zařízení fungovat. Opačně však všechny nové konektory USB 3.0 do staršího typu USB 2.0 připojit nepůjdou.

2 VLASTNOSTI SNÍMAČE

Vlastnosti snímačů polohy jsou charakterizovány statickými, dynamickými parametry a parametry spolehlivosti. [4]

2.1 Statické parametry

Mezi základní statické vlastnosti patří:

- *měřicí rozsah* (rozsah hodnot měřené veličiny, kdy platí pro výstupní signál uvedená přesnost měření)
- *statická charakteristika* (závislost hodnot výstupního signálu na hodnotě vstupní veličiny)
- *statická chyba* (souhrn všech chyb v ustáleném stavu)
- *absolutní chyba* - Δ (diference mezi indikovanou hodnotou a konvenčně správnou hodnotou signálu)

$$\Delta_X = X_M - X_S \quad (2.1)$$

kde:

Δ_X absolutní chyba snímače [X]

X_M naměřená hodnota snímačem [X]

X_S skutečná (pravá) hodnota [X]

Ve vztahu (2.1) představuje X elektrické napětí U [V] nebo elektrický proud I [A].

- *relativní chyba* - δ (poměr absolutní chyby ke vztažené hodnotě, často udávaná v procentech)

$$a) \delta \text{ vzhledem k } X_S \quad \delta_X = \frac{\Delta_X}{X_S} \quad [-] \quad (2.2) \quad \delta_{X\%} = \frac{\Delta_X}{X_S} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.3)$$

$$b) \delta \text{ vzhledem k } X_M \quad \delta_X = \frac{\Delta_X}{X_M} \quad [-] \quad (2.4) \quad \delta_{X\%} = \frac{\Delta_X}{X_M} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.5)$$

kde:

Δ_X absolutní chyba snímače [X]

δ_X relativní chyba snímače [-]

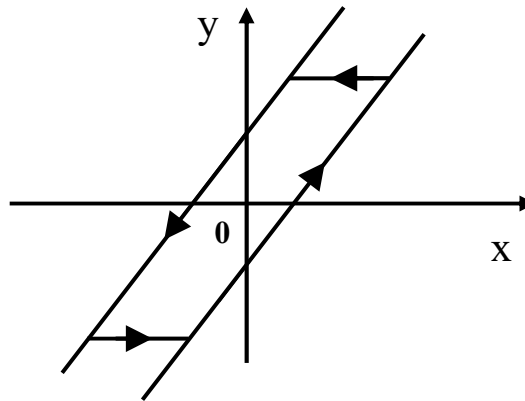
$\delta_{X\%}$ relativní chyba snímače [%]

X_M naměřená hodnota snímačem [X]

X_S skutečná (pravá) hodnota [X]

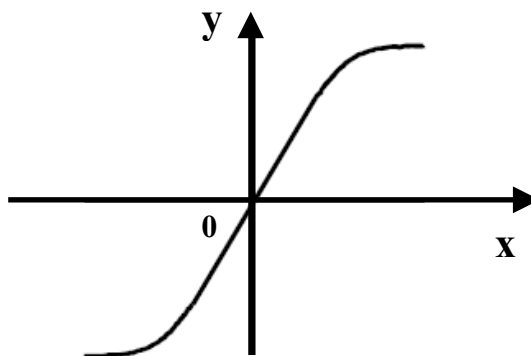
Ve vztahu (2.2) – (2.5) představuje X elektrické napětí U [V] nebo elektrický proud I [A].

- *nejistota měření* (předpokládané chyby všech vlivů na výsledek zkoušek)
- *hystereze* znamenající rozdíl u hodnot vzestupné a sestupné charakteristiky



Obr. 2.1 - graf hystereze [5]

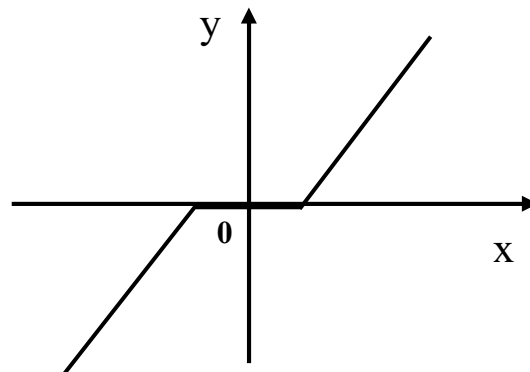
- *nonlinearita* (nepřímková závislost charakteristiky)
- *saturation* - nasycení (limita charakteristiky)



Obr. 2.2 - graf nasycení [5]

- *citlivost* (strmost charakteristiky)
- *práh citlivosti* snímače je dán hodnotou snímané veličiny, při níž je na výstupu senzoru signál odpovídající střední kvadratické odchylce šumu senzoru
- *rozlišitelnost* (nejmenší změna, která ještě může být identifikována)

- *mrtvé pásmo* (necitlivost v určitém pásmu charakteristiky)



Obr. 2.3 - graf v pásmu necitlivosti [5]

- *vstupní impedance* (hodnota zdánlivého elektrického odporu vstupu prvku)
- *výstupní impedance* (hodnota zdánlivého elektrického odporu výstupu prvku)
- *správnost* (těsnost shody mezi aritmetickým průměrem výsledků a konvenční hodnotou)
- *shodnost* (těsnost shody charakteristik, získaných jako nezávislé výsledky zkoušek za určitých podmínek)
- *třída přesnosti* vyznačující číslo ze zvolené řady klasifikující přesnost měřidla jako největší relativní dovolená chyba (řada přesnosti: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5) [4]

2.2 Dynamické parametry

Při sledování časových průběhů proměnných veličin od počátku změny do ustálení odezvy je daný průběh procesu měření charakterizován dynamickými parametry. Příčinou přechodových dějů jsou hmotné, tepelné, elektrické kapacity, impedance, atd. Dynamické parametry jsou definovány časovou konstantou nebo také přechodovou funkcí, frekvenční funkcí, frekvenční charakteristikou, případně jinými závislostmi. [4]

2.3 Parametry spolehlivosti

Spolehlivost je v praxi velmi důležitý parametr, je to schopnost snímače plnit svoji funkci po určený časový úsek. V případě závady je přístroj po dobu opravy vyřazen z funkce.

Pro popis a hodnocení spolehlivosti se používají pojmy a parametry:

- *výpadek funkce* (závadou nebo jiným zásahem způsobená nefunkčnost přístroje)
- *doba provozu* „ T_p “ (celková doba provozování mimo doby výpadků)

- *doba životnosti* (doba mezi uvedením do provozu a termínem modernizace, výměnou nebo ukončením provozu zařízení)
- *doba trvání výpadku* „ T_v “ (doba mezi okamžikem výpadku a uvedením přístroje po opravě do provozu)
- *střední doba mezi poruchami* je střední doba mezi dvěma následujícími výpadky funkce, značí se *MTBF* (mean time between failures), je udávána jako poměr celkové doby provozu „ T_p “ ku počtu výpadku „ i “, platí:

$$MTBF = \frac{T_p}{i} \quad (2.6)$$

kde:

MTBF střední doba mezi poruchami [min]

T_p doba provozu [min]

i počet výpadků [-]

- *provozoschopnost* je pravděpodobnost, že zařízení bude po uvedený čas v provozovatelném stavu a je definován jako poměr celkové doby provozu a součtu celkové doby provozu „ T_p “ a celkové doby trvání výpadků „ T_v “, platí vztah:

$$A = \frac{T_p}{T_p + T_v} \quad [4] \quad (2.7)$$

kde:

A provozuschopnost [-]

T_p doba provozu [min]

T_v doba trvání výpadku [min]

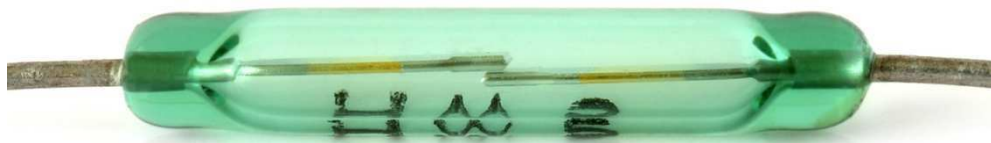
3 SNÍMAČE POLOHY

Snímače polohy převádějí měřenou vzdálenost na určitou měřitelnou elektrickou veličinu. Nejčastěji to bývá elektrické napětí nebo elektrický proud. Snímače můžeme rozdělit do následujících kategorií dle fyzikálního principu.

3.1 Magnetické snímače a spínače

3.1.1 Jazyčkový kontakt (spínač)

Nejjednodušší provedení, které se stále využívá. Kontakty vyrobené z plíšku z magneticky měkkého materiálu jsou uzavřené ve skleněné baňce s inertním plynem. Tyto kontakty jsou spínány polem permanentního magnetu. Kontakty jsou potaženy kvalitním materiálem (zlato, stříbro, wolfram), aby se eliminoval přechodový odpor. Pokud na kontakt nepůsobí magnetické pole, jsou kontakty zpravidla rozpojeny. Může mít ale i opačnou funkci. Spínací vzdálenost závisí na používaném magnetu, kdy minimální spínací vzdálenost činí 10 cm.



Obr. 3.1 - jazyčkový kontakt [6]

3.1.2 Hallův snímač a spínač

Základní princip je Hallův jev, který spočívá v průchodu elektrického proudu I_p polovodičem, na který působí kolmo magnetické pole s indukcí B . Kolmo na vektor indukce a proudu vzniká elektrické Hallovo napětí. Výstupní Hallovo napětí U_H [V] je pak:

$$U_H = K_H \frac{I_p \cdot B}{d_p} \quad (3.1)$$

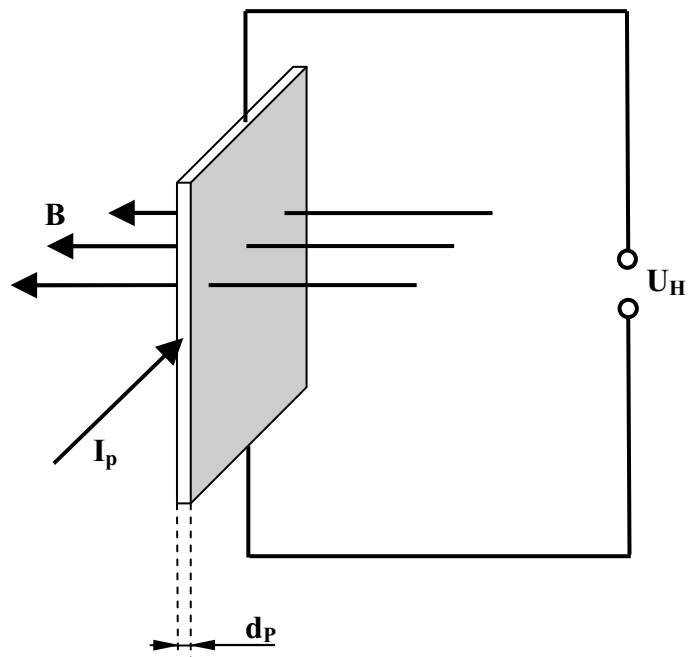
kde:

I_p proud procházející polovodičem [A]

B magnetická indukce procházející polovodičem [T]

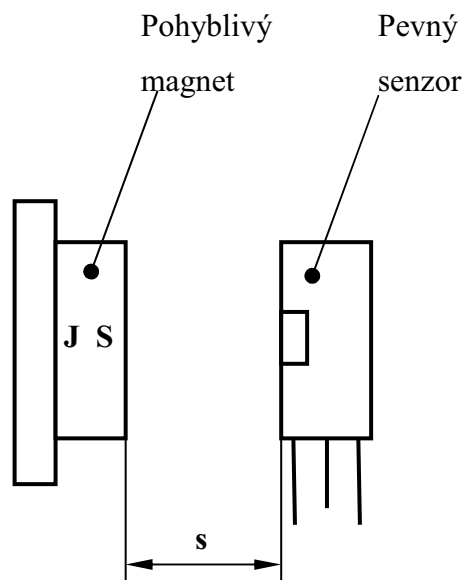
d_p tloušťka polovodiče [m]

K_H Hallova konstanta [$\text{cm}^3 \text{As}^{-1}$]



Obr. 3.2 - princip Hallova snímače [7]

Na snímaný předmět je nutné umístit magnet. Nejjednodušší uspořádání je na obr. 3.3. Se zvětšující se vzdáleností mezi magnetem a senzorem se snižuje výstupní napětí. [8]



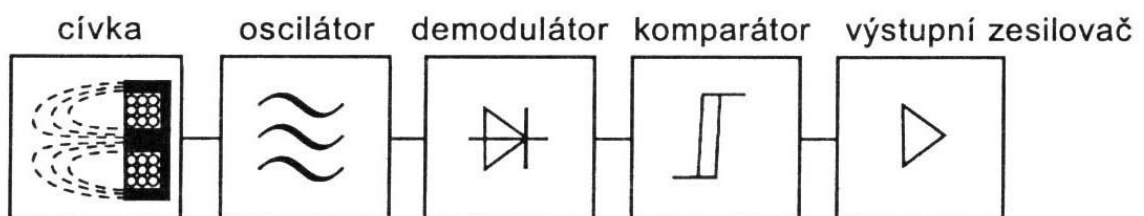
Obr. 3.3 - uspořádání hallova senzoru [8]

3.2 Odporové snímače

Základem je potenciometr, který je mechanicky spojen s měřeným předmětem. Jde téměř o nejjednodušší snímač polohy. Poloha měřeného předmětu je vázána na polohu jezdce potenciometru, který se posouvá po odporové dráze. Dráhy jsou vinuté z odporového drátu nebo ještě častěji z vodivých plastů. Odporové dráhy mohou být ve tvaru přímočarého posuvu jezdce (měření vzdálenosti) nebo s rotačním pohybem jezdce (měření otočení). Mohou mít ale i speciální tvar, např. šroubovice. Jedná se tedy o paralelně zapojený potenciometr, který představuje napěťový dělič. Měřená veličina (změna polohy), odpovídá změně výstupního napětí. [1]

3.3 Indukční snímače

Základem senzoru je cívka, kterou protéká vysokofrekvenční střídavý proud generovaný oscilátorem. Cívka vytváří magnetické pole, které vychází z aktivní plochy senzoru. V případě, že se v blízkosti senzoru vyskytuje nějaký vodivý předmět, vyvolá změnu magnetického pole vlivem vířivých proudů. Tato změna působí na cívku tak, že změní její elektrickou impedanci. Změna impedance je vyhodnocena pomocí elektroniky snímače a následně upravena na výstupní signál. Vnitřní zapojení snímače je na obr. 3.4. [8]



Obr. 3.4 - vnitřní zapojení indukčního snímače [9]

Rezonanční obvod je tedy v určité části citlivý na jakoukoli změnu magnetického pole. Tato změna může být způsobená jak měřeným kovovým předmětem, tak i okolním rušením. Musíme tedy dbát na správném umístění senzoru nejen vůči měřenému předmětu, ale i okolním předmětům. Spínací dosah se pohybuje v řádech milimetrů až centimetrů, na obr. 3.5 je znázorněn indukční snímač E2A značky Omron, který má spínací vzdálenost $16 \text{ mm} \pm 10 \%$.



Obr. 3.5 - indukční snímač E2A značky Omron [10]

3.4 Kapacitní snímače

Základem je převedení měřené veličiny na kapacitu kondenzátoru a její následné převedení na napětí nebo proud. Principiální vztah pro výpočet deskového kondenzátoru je vzorec (3.2). [11]

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{l} \quad (3.2)$$

kde:

C kapacita kondenzátoru [F]

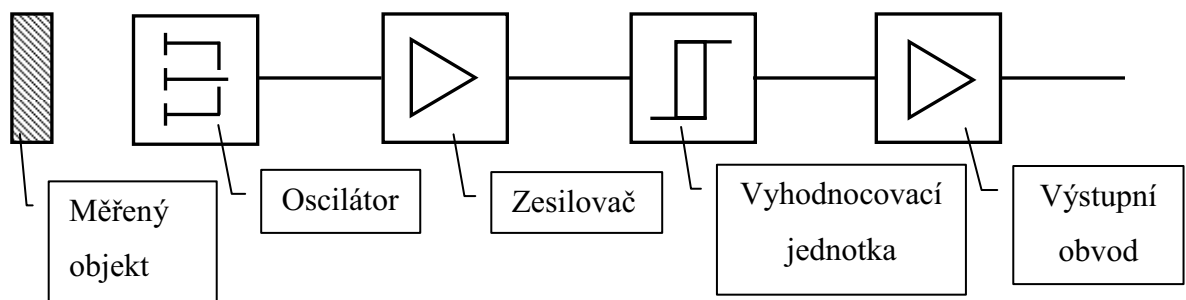
ε_0 permitivita vakua [$F \cdot m^{-1}$]

ε_r poměrná permitivita [$H \cdot m^{-1}$]

S plocha elektrod [m^2]

l vzdálenost elektrod [m]

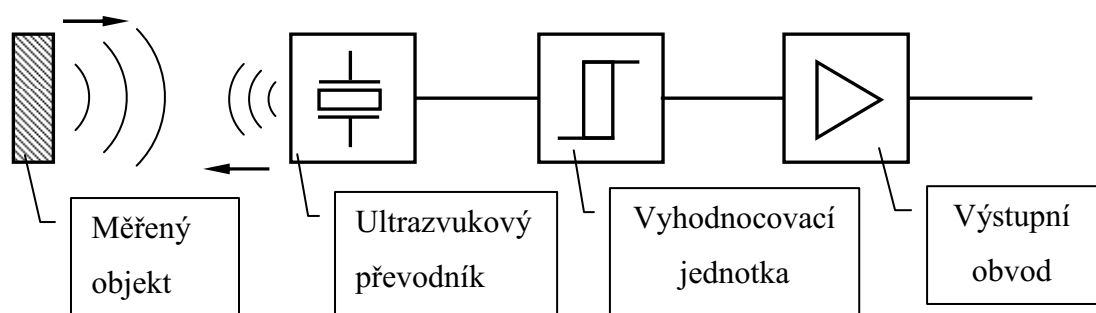
Kapacitní snímač funguje obdobně jako indukční snímač. Mohou detekovat jak elektricky vodivé tak i nevodivé materiály. Přiblížením předmětu ke snímači dojde ke změně kapacity, tato kapacita je součástí RC oscilátoru, jehož výstupní napětí je závislé na této kapacitě senzoru. Vnitřní blokové schéma je na obr. 3.6. Na spolehlivosti a přesnosti má vliv okolí, především teplota a vlhkost. [8]



Obr. 3.6 - vnitřní zapojení kapacitního snímače [8]

3.5 Ultrazvukové snímače

Základní princip ultrazvukových snímačů je princip vyhodnocování doby letu ultrazvukového signálu. Tento způsob měření se označuje jako reflexní, protože vyhodnocení se provádí na stejném místě, ze kterého byl signál vyslán. Měníč vyše v určitém časovém okamžiku několik impulzů, které se šíří prostředím (vzduch) rychlostí zvuku. Jakmile tyto impulzy narazí na nějaký předmět, část vlnění se odrazí zpět do senzoru. Tyto odražené impulzy jsou detekovány stejným měničem, ze kterého byly vyslány. Tyto impulzy jsou zesíleny a následně upraveny ve vyhodnocovací jednotce, která zjišťuje vzdálenost měřeného předmětu. Výstupní obvod zajišťuje převedení naměřených hodnot na standardní digitální či analogový výstupní signál. Pro analogový napěťový signál to je 0 - 10 V, pro proudový je to 4 - 20 mA. [8]



Obr. 3.7 - vnitřní zapojení ultrazvukového snímače [8]

Při tomto zapojení, kdy je používán jediný měnič pro vysílání i příjem, se tento systém nazývá jednoduchý. Tento systém je nejčastější. U zapojení, kdy se využívají dva samostatné měniče, mluvíme o dvojitém systému. Nevýhodou jednoduchého systému je existence mrtvé zóny. Tato mrtvá zóna je způsobená tím, že po vyslání impulzu až

k možnému příjmu odezvy musí senzor čekat, až do doby dokmitu měniče. Odezva může být zjištěna, až když amplituda přijatého signálu je větší než amplituda doznívajícího měniče. Mrtvá zóna má za následek nemožnost měřit vzdálenost objektu, které jsou těsně u snímače. Použitím dvoustavového systému může dojít k zúžení mrtvé zóny. [8]

3.6 Optoelektronické snímače

Základní princip optoelektronických snímačů je šíření elektromagnetických vln (světelných paprsků). V optoelektronických snímačích se pro zprostředkování přenosu informací o vlastnostech a poloze objektu používá optické záření. Měření může probíhat na velké vzdálenosti a bezkontaktně, což je velká výhoda těchto snímačů. Další výhodou je odolnost proti rušení hlukem a vysokofrekvenčnímu elektromagnetickému poli. Měření lze opakovat několikrát za sekundu, tyto snímače jsou tedy velmi rychlé. Pro měření se používá několik metod. Tři nejzákladnější jsou: porovnávání fázového posunutí, měření doby letu světla a laserová triangulace. [12]

3.6.1 Měření pomocí fázového posunutí

Při tomto principu je k měřenému objektu vysíláno laserové světlo. Toto světlo se odrazí zpět k přijímači, kde se porovná fázový posun vyslaného a přijatého signálu.

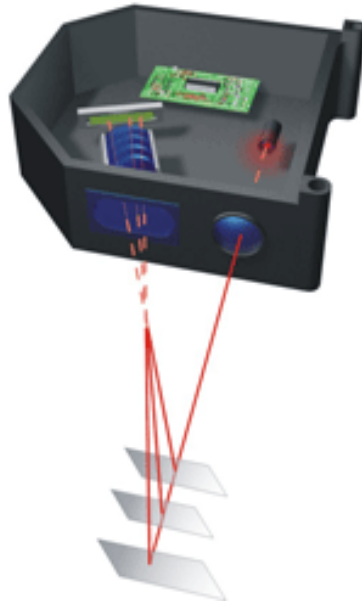
3.6.2 Měření pomocí doby letu světla

Při tomto principu je vyslán laserový impuls a je měřená doba, než se odražený impuls vrátí zpět do přijímací optiky. Na základě změřeného času a rychlosti světla je možné vypočítat vzdálenost.

3.6.3 Měření pomocí laserové triangulace

Nejpoužívanější metodou pro měření vzdáleností v průmyslu je triangulační metoda. Tato metoda je založena na trigonometrickém výpočtu. Laserový paprsek vycházející ze senzoru vytváří na povrchu měřeného objektu nepatrný bod. Z něho odražený paprsek dopadá na vstupní čočku optického přijímače pod určitým úhlem, který závisí na vzdálenosti měřeného objektu. Tento úhel dopadu na čočku přijímače se pak za čočkou opět vyhodnocuje jako vzdálenost světelného bodu na dopadové světlocitlivé ploše

přijímače tvořené nejčastěji CCD senzorem (viz obr. 3.8). Tato vzdálenost je zpracována signálovým procesorem, kdy výsledná hodnota již odpovídá vzdálenosti měřeného objektu.



Obr. 3.8 - měření pomocí laserové triangulace [13]

Tato metoda je odolná proti okolnímu rušení, protože podmínka detekovatelnosti je dána pouze schopností optického přijímače senzoru zaznamenat dopad odraženého paprsku, ať již má jakoukoliv intenzitu větší než minimální detekovatelnou. Navíc tento princip umožňuje použít snímač i univerzálněji, než jen pro měření vzdálenosti k předmětu. Umožňuje totiž provozovat jak režim s potlačeným pozadím, tak s potlačeným popředím.

4 PRŮMYSLOVÝ POČÍTAČ

Průmyslový počítač je plně kompatibilní se standardem PC, avšak je určený pro nasazení v průmyslových, laboratorních i školních podmínkách. To znamená, že nám dovoluje spouštět bohatou škálu standardních operačních systémů. Přítomnost všech standardních PC rozhraní (USB, LPT, Ethernet, VGA, PS/2 klávesnice a myš, Audio) činí průmyslový počítač stejně všestranným zařízením jako stolní PC. Pro označení průmyslových počítačů se používá zkratka **IPC** (Industrial PC).

Počítač je umístěn v kompaktní a robustní skříni, která chrání počítač před mechanickým poškozením. Na zadní straně skříně obvykle bývají úchyty na DIN lištu do rozvaděčů. Procesor má nízkou spotřebu, proto nevyžadují aktivní chlazení. Pasivní chlazení zajišťuje dlouhodobý, spolehlivý a bezúdržbový provoz. Některé průmyslové počítače mají možnost použití standardního pevného disku nebo paměťové karty. Schopnost pracovat bez rotujícího pevného disku opět velmi zvyšuje spolehlivost celého systému. [14]



Obr. 4.1 - průmyslový počítač [14]

5 CONTROL WEB

„Definovat co je Control Web nebo vyjmenovat všechny jeho vlastnosti je na omezeném prostoru prakticky nemožné. Pro někoho je Control Web přístupný nástroj, který umožní levně realizovat řízení např. malé vodní elektrárny. Pro někoho jiného je to prostředek tvorby rozsáhlé podnikové distribuované aplikace s desítkami tisíc měřených bodů a obsahující stovky operátorských obrazovek, pracující na řadě počítačů zapojených do sítě. Nebo může Control Web pracovat jako programový most mezi SQL databází, WWW prohlížeči a GSM sítí. Pro řadu studentů je to nástroj, který jim ušetří spoustu práce s laboratorními pracemi, neboť automatizovaně provádí měření a tvoří protokoly.“ [14]

Control Web je tedy programový systém rychlého vývoje aplikací pro průmysl, laboratoře, školy, atd. Pomocí něj můžeme vytvořit vizualizaci a řízení různých technologických procesů v reálném čase. Control Web je systém nezávislý na hardwaru, s určitým ovladačem komunikuje s jakýmkoliv průmyslovým zařízením (PLC, IPC s I/O moduly, měřicí karty...). [14]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 SROVNÁNÍ MĚŘICÍCH METOD

Každý snímač má své specifické parametry. Tyto parametry se mohou velmi lišit použitou měřicí metodou.

6.1 Srovnání jednotlivých měřicích metod

Magnetické

Velkou výhodou magnetických snímačů je cena a spolehlivost. Tyto snímače se nejčastěji používají jako magnetické spínače, které nahrazují nevyhovující mechanické spínače. Nevýhodou je, že na snímaný předmět musíme umístit magnet.

Odporové

Tato metoda je jednou z nejjednodušších metod měření polohy. Výhodou je také možný velký měřicí rozsah a nízká cena. Naopak nevýhodou je kontaktní měření, které může být pro některé měření překážkou. Další nevýhodou je, že při měření dochází k mechanickému kontaktu mezi jezdcem a odporovou dráhou snímače. Tímto kontaktem může docházet k opotřebením snímače.

Kapacitní

Kapacitní snímače měří bezdotykově a bez jakýchkoliv mechanických kontaktů. To je velká výhoda těchto snímačů. Další výhodou je, že mohou měřit objekty jak z elektricky vodivých tak i nevodivých materiálů. Tím se velmi odlišuje od indukčních snímačů. Nevýhodou je poměrně malý rozsah měření.

Indukční

Tyto snímače měří bezdotykově a bez mechanického kontaktu stejně jako kapacitní snímače. Tyto vlastnosti jsou velkou výhodou těchto snímačů. Nevýhodou těchto snímačů je poměrně malý rozsah měření a měření pouze elektricky vodivých materiálů

Ultrazvukové

Ultrazvukové snímače také měří bezdotykově. Tyto snímače mají velký rozsah měření a jsou poměrně levné. Jejich nevýhodou je, že nelze měřit objekty v určité blízkosti snímače v tzv. mrtvé zóně. Další nevýhodou je přesnost měření, která je menší než u optoelektronických snímačů založených na principu triangulace.

Optoelektronické

a) Pomocí fázového posunutí

Výhoda těchto snímačů je bezdotykové měření, bez žádných mechanicky se pohybujících částí. Největší výhodou těchto snímačů je ale jejich měřicí rozsah, který dosahuje několika metrů. Naopak nevýhodou je jejich nižší přesnost, která se pohybuje v řádech milimetrů. Další nevýhodou je jejich vyšší cena.

b) Pomocí doby letu světla

Tyto snímače také měří bezdotykově jako u metody fázového posunutí. Tento snímač má velice velký rozsah měření. Tento rozsah je ze všech metod největší a dosahuje v režimu s odrazivou tabulí několik stovek metrů. Nevýhoda je podobná jako u předchozí metody, menší přesnost v řádech desítek milimetrů. Další nevýhodou je rovněž vyšší cena.

c) Pomocí laserové triangulace

Poslední zmiňovanou metodou je měření pomocí laserové triangulace. Tato metoda je také bezdotyková, bez mechanicky se pohybujících částí. Výhodou této metody je poměrně velký rozsah měření. Je tedy menší než předchozí dvě metody, ale i tak dosahuje rozsahu desítek až stovek milimetrů. Naopak je tato metoda velmi přesná v řádech desítek mikrometru.

Srovnání metod uvedených v kapitole 6 je souhrnně znázorněno v tabulkách tab. 6.1 a tab. 6.2.

Tab. 6.1 - tabulka srovnání měřících metod

	rozsah	přesnost	rozišovací schopnost	rušivé vlivy	výstup	jiné
magnetické	spínač	-	1 / 0	rušivé elektromagnetické pole	spínač	nutné umístění magnetu
odporové	od cm do metry	0,1 - 1 %	0,1 mm – 1 mm	teplota	analogový	dotykové měření
kapacitní	0,1 – 10 mm	0,1 – 0,5 %	0,1 nm– 10 μm	rušivé elektrostatické vlivy	analogový / logická úroveň	měří i elektricky nevodivé materiály
indukční	0,1mm – 100 mm	0,2 – 5%	0,1 nm - 1 μm	rušivé magnetické pole	analogový / logická úroveň	pouze pro elektricky vodivé materiály
ultrazvukové	10 mm – 10 m	0,25 % – 0,5 %	0,5 mm – 1 μm	okolní hluk	analogový / logická úroveň	lze použít v prašném prostředí

Tab. 6.2 - tabulka srovnání měřicích metod (optoelektronické)

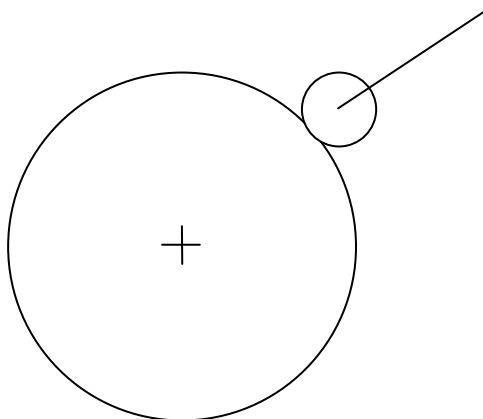
	rozsah	přesnost	rozlišovací schopnost	rušivé vlivy	výstup	jiné
optoelektronické	pomocí fázového posunutí	2 mm - 4 mm	1 mm - 10 mm	vnější rušivé světlo a infračervené záření	analogový / logická úroveň	doba odezvy 20 ms
	pomocí doby letu světla	2 mm - 20 mm	1 mm - 5 mm		analogový / logická úroveň	doba odezvy 1 ms - 15 ms
	pomocí laserové triangulace	0,5mm - 800 mm	1 μm - 0,8 mm	20 nm - 50 μm	analogový / logická úroveň	frekvence 500 Hz - 20 kHz

7 MĚŘENÍ OBVODU ROTUJÍCÍHO OBJEKTU

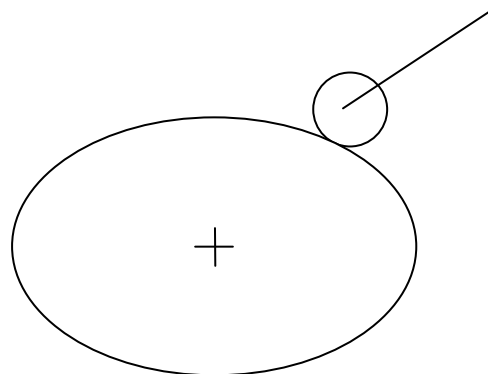
Měření lze provádět mnoha způsoby a metodami. Nejjednodušší metoda měření je měřit objekt pomocí svinovacího metru. Tato metoda je poměrně snadná, ale lze ji jen velmi těžko zautomatizovat, je tedy nutná lidská práce.

7.1 Měření pomocí kolečka

Další metodou zjišťování obvodu rotujícího objektu, je pomocí jiného již známého objektu. Nejčastěji to bývá kolečko, které je přímo v kontaktu s měřeným objektem (viz obr. 7.1). Měříme tedy počet otočení měřicího objektu, nebo jejich části. Výhodou tohoto měření je, že měřený objekt nemusí být pravidelného tvaru (viz. obr. 7.2). Nevýhodou tohoto způsobu měření může být dotykové měření, které způsobuje opotřebení a tím dochází k nižší spolehlivosti zařízení. K měření nestačí jen měřicí kolečko, ale musíme ještě umístit snímač, který nám bude snímat počet otáček měřeného objektu.



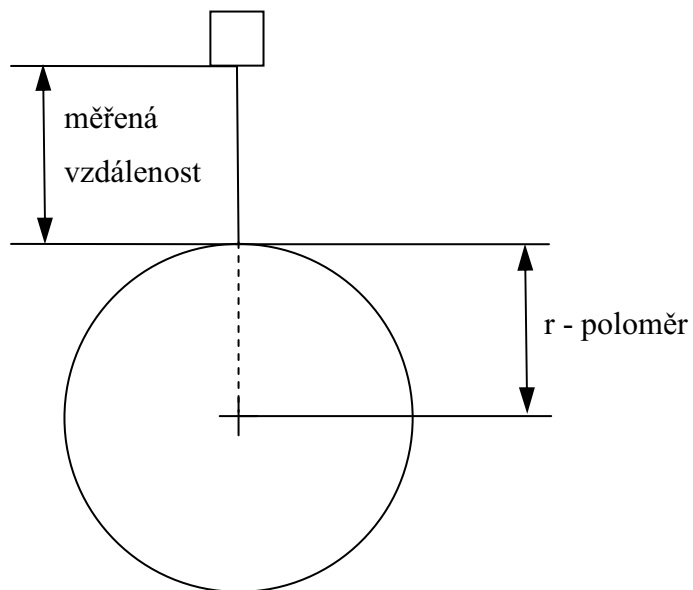
Obr. 7.1 - měření pravidelného objektu
pomocí kolečka



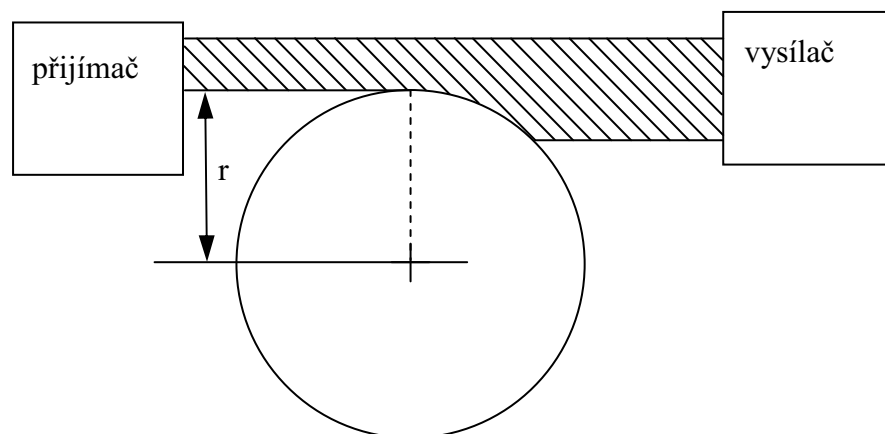
Obr. 7.2 - měření nepravidelného objektu
pomocí kolečka

7.2 Měření poloměru

Další možností měření obvodu rotujícího objektu je *měření poloměru*. Měříme tedy vzdálenost od středu otáčení po hranu objektu. Předností tohoto měření je možnost měření jak dotykově, tak i bezdotykově. Můžeme měřit bodově kolmo na osu otáčení viz (obr. 7.3) nebo pomocí pásového snímače, který má oddělený vysílač od přijímače viz. (obr. 7.4).



Obr. 7.3 - měření poloměru



Obr. 7.4 - měření poloměru pomocí pásového senzoru

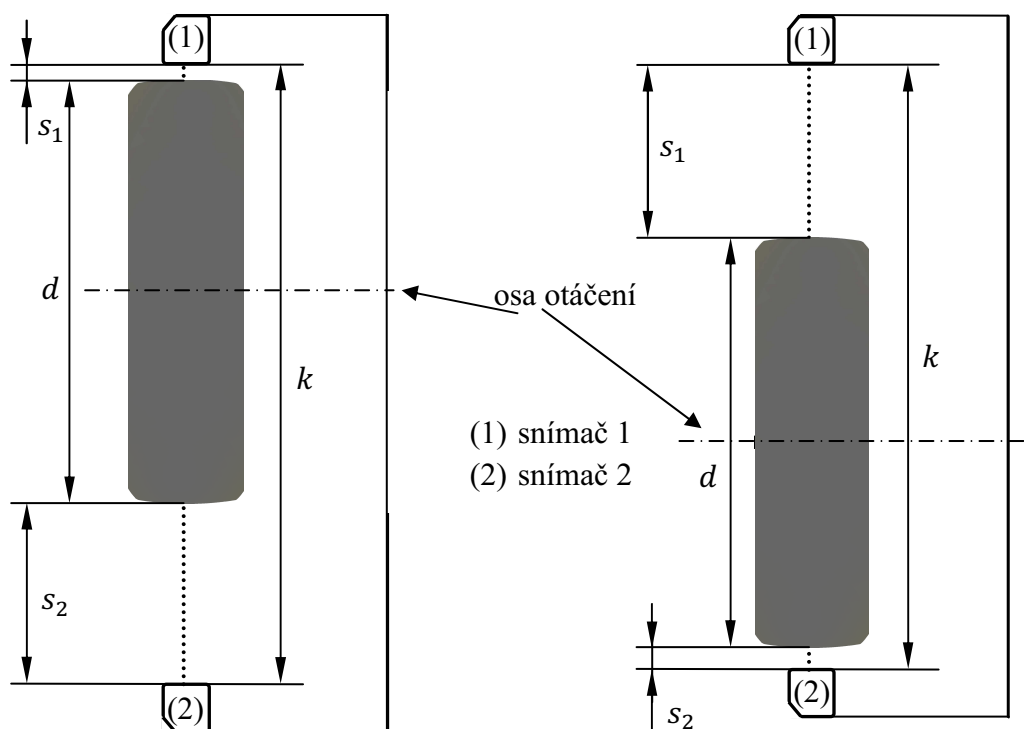
Měříme tedy vzdálenost snímače od měřeného objektu, kterou musíme přepočítat na poloměr. Z vypočteného poloměru pak již můžeme dle vzorce $o = 2 \cdot \pi \cdot r$ vypočítat výsledný obvod. Výpočty se nejčastěji realizují na počítačích, v průmyslu obvykle na PLC nebo na průmyslových počítačích.

7.3 Možnosti umístění snímače

Správné umístění snímače je velmi důležité. Může se použít více snímačů pro nezávislost osy otáčení vzhledem k snímači.

7.3.1 Oboustranné umístění

Při tomto rozmístění je zapotřebí použití dvou totožných snímačů, přičemž jsou „namířeny“ proti sobě přes měřený objekt viz obr. 7.5. Při tomto rozmístění snímačů je naprostá nezávislost vertikálního posunu vzhledem k ose otáčení. Měří se tedy průměr měřeného objektu, ze kterého se pomocí počítače vypočítá obvod měřeného objektu.



Obr. 7.5 - oboustranné umístění snímače

Vzorec pro výpočet obvodu při oboustranném umístění.

$$o = \pi \cdot d \quad (7.1)$$

$$d = k - (s_1 + s_2) \quad (7.2)$$

tedy

$$o = \pi[k - (s_1 + s_2)] \quad (7.3)$$

kde:

d průměr objektu [mm]

π konstanta [-]

k vzdálenost snímačů [mm]

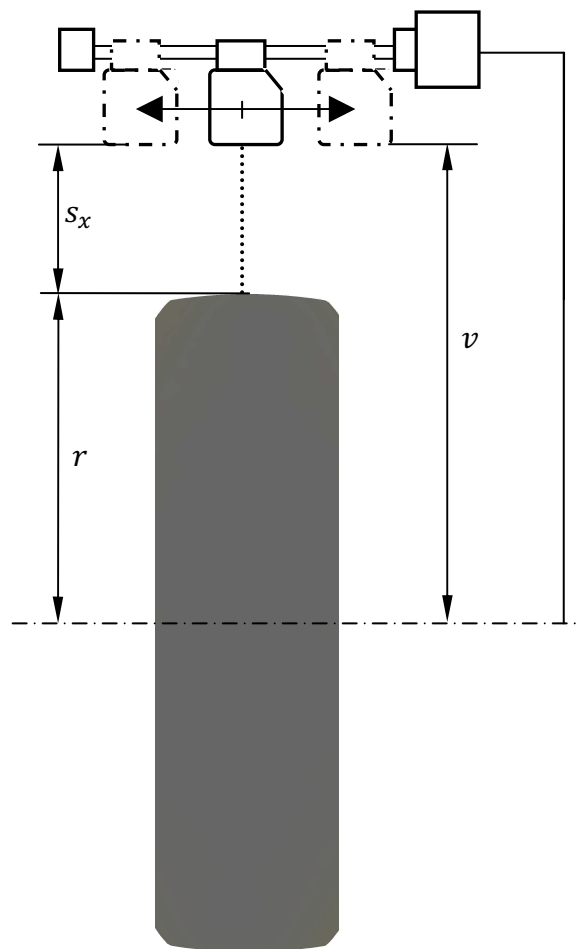
s_1 vzdálenost snímače (1) od měřeného objektu [mm]

s_2 vzdálenost snímače (2) od měřeného objektu [mm]

o obvod měřeného objektu [mm]

7.3.2 Jednostranné umístění

Snímač lze umístit z jedné strany měřeného objektu. V tomto případě musí být splněna podmínka, že střed otáčení měřeného rotujícího objektu je vzhledem k snímači neměnná. Pak tedy měříme poloměr měřeného objektu, ze kterého pomocí počítače vypočítáme obvod. Výhodou tohoto umístění je použití jen jednoho snímače, naopak nevýhodou může být závislost snímače na poloze středu otáčení.



Obr. 7.6 - jednostranné umístění snímače

Výpočet

Za předpokladu, že v místě měření je těleso tvaru válce, můžeme aplikovat vzorec pro výpočet obvodu válce.

$$o = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (7.4)$$

$$r = v - s_x \quad (7.5)$$

kde:

o obvod měřeného objektu [mm]

π konstanta [-]

r poloměr objektu [mm]

v vzdálenost snímače od osy otáčení [mm]

s_x vzdálenost snímače od měřeného objektu [mm]

Pro nerovnoměrný objekt je nutné měřit několik hodnot v průběhu jedné otáčky. Z těchto hodnot se vypočte průměrná hodnota poloměru dle vzorce 7.6.

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i \quad (7.6)$$

kde:

\bar{r} průměrná hodnota poloměru [mm]

n počet měření [-]

r_i naměřená hodnota poloměru [mm]

Z naměřených hodnot můžeme vyhodnocovat i *maximální* a *minimální* naměřené hodnoty. Jestliže tyto hodnoty překročí určité limity, můžeme spustit výstrahu.

8 KONKRÉTNÍ ZADÁNÍ

Bezdotykové měření obvodu surového pláště na konfekčních strojích, požadavek na on-line měření.

Stávající způsob → svinovacím metrem v místech znázorněných červenou šipkou na obrázku ve třech místech (levé rameno/ střed/ pravé rameno) se záznamem do kontrolní karty (obr. 8.1).

Nový způsob → on-line měření bez použití svinovacího metru s automatickým záznamem do kontrolní karty dle parametrů v kontrolní kartě.

- Pokud budeme měřit obvod pláště s přesností ± 5 mm, tak potom výpočet obvodu bude podle vzorce (7.4). Úpravou tohoto vzorce s dosazením přesnosti měření ± 5 mm dostaneme výslednou přesnost poloměru $r_p = \frac{5}{2\pi} \approx \pm 0,8$ mm.
- Možnost měřit obvod ramen v různých vzdálenostech. Maximální požadovaný rozsah 150 mm tzn., musí být polohovatelný na celkové dráze 300 mm.



Kontrolní list – obvod surového pneu					
Rozměr pláště / dezén:					
Stroj:					
Datum / směna	Měření provedl	Obvod [mm]			Reakce
		vlevo	střed	vpravo	
					Hodnota v seřizovacím předpisu

Obr. 8.1 - vizualizace místa měření a kontrolní karty firmy Barum Continental spol. s.r.o.

9 ANALÝZA NÁVRHU

9.1 Úvod

Analýza návrhu se skládá ze čtyř základních bloků: *snímač* pro měření vzdáleností, *posuvník* pro posuv snímače, *průmyslový počítač* pro vyhodnocení měření a ovládání posuvníku, *zdroj napětí*.

9.2 Snímač

Pro naše řešení bude vhodné jednostranné umístění snímače. Toto rozmístění, co se týče požadovaných parametrů, je dostačující. Pádým argumentem pro toto rozmístění je také dodržení požadovaného finančního rozpočtu.


V níže uvedeném přehledu trhu snímačů se zaměřím pouze na takové typy snímačů, které splňují nebo se alespoň přibližují požadavkům z předešlého zadání. Z tab. 6.1 a tab. 6.2 je patrné, že pro dané zadání lze použít pouze ultrazvukový a optoelektronický typ snímače. Magnetický, kapacitní a indukční typ snímače nelze použít z důvodu malého měřicího rozsahu. Odporový snímač nelze využít z nemožnosti měřit bezdotykově.

9.2.1 Přehled trhu snímačů


V následující podkapitole budou představeny některé snímače, spadající do kategorie ultrazvukových a optoelektronických snímačů.

Ultrazvukový typ snímače

Tab. 9.1 - *parametry ultrazvukového snímače Turck – T3UIPA* [27]


rozsah	15 – 100 cm	
opakovatelnost	± 0,375 mm	
výstupní proud	4 – 20 mA	
frekvence ultrazvuku	230 kHz	
napájecí napětí	15 – 24 VDC	
krytí	IP67	
okolní teplota	- 20 až + 70 °C	

Tab. 9.2 - parametry ultrazvukového snímače *Sick – UM30* [17]


rozsah	65 mm – 350 mm	
přesnost	± 1%	
rozlišení	0,18 mm	
frekvence ultrazvuku	400 kHz	
napájecí napětí	9 – 30 V	
krytí	IP67	
okolní teplota	- 25 až + 70 °C	
hmotnost	150 g	

Optoelektronický – bodový typ snímač


Tab. 9.3 - parametry optoelektronického snímače *Sick OD2-P250W150I0* [17]

rozsah	100 mm – 400 mm	
reprodukovatelnost	225 μm	
rozlišení	≤ 75 μm	
měřicí frekvence	1,3 kHz	
napájecí napětí	DC 12 až 24 V	
krytí	IP67	
okolní teplota	- 10 až + 40 °C	
hmotnost	70 g	

Tab. 9.4 - parametry optoelektronického snímače *Micro-epsilon ILD 1402-600* [13]


rozsah	200 mm – 800 mm	
linearita	120 – 3000 μm $\leq 0,5 \%$	
rozlišení	80 μm	
výstupní proud	4 – 20 mA	
napájecí napětí	DC 11 až 30 V / 50 mA	
krytí	IP67	
okolní teplota	0 až + 40 °C	
hmotnost	130 g	

 Tab. 9.5 - parametry optoelektronického snímače *Omron ZS-LD350S* [15]

rozsah	± 135 mm, při střední vzdálenosti 350 mm	
linearita	$\pm 0,1 \%$ plného rozsahu	
rozlišení	20 μm	
průměr paprsku	240 μm	
výstupní proud	4 – 20 mA	
krytí	IP67	
okolní teplota	0 až + 50 °C	
hmotnost	350 g	

snímač Omron řady ZS-LD
s řídicí jednotkou

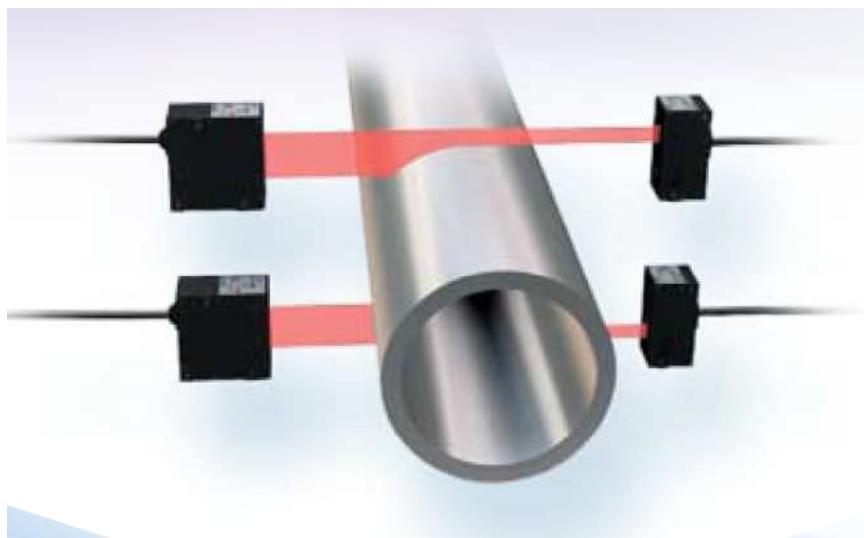
Optoelektronický – pásový typ snímačeTab. 9.6 - parametry optoelektronického pásového snímače **Omron ZX-GT** [15]

snímací dosah	< 500 mm	
linearita	$\pm 0,1$ % plného rozsahu	
rozlišení	10 μm	
šířka paprsku	28 mm	
napájecí napětí	24 VDC	
krytí	IP40	
okolní teplota	0 až + 40 °C	
hmotnost	550 g	

9.2.2 Srovnání snímačů

Z předchozího přehledu trhu je zřejmé, že ultrazvukové snímače nenabízejí tolik přesnosti jako optoelektronické. Výhodou těchto ultrazvukových snímačů, je že mohou pracovat v prašných prostředích, ale i v prostředích se stříkající vodou. Jelikož v měřeném prostředí takovéto rušivé vlivy nejsou, není zapotřebí využívat tyto ultrazvukové snímače.

Velkou přesnost má výše uvedený optoelektronický pásový snímač značky Omron. Tento snímač má oddělený přijmač a vysílač. Mezi vysílačem a přijímačem je laserový pás, který měřený objekt přerušuje a tím se určí jeho okraj. Princip měření je na obr. 9.1. Pro naše řešení ale není vyhovující, protože je zapotřebí rozsah měření 300 mm, což tento snímač má pouze 28 mm. Dalo by se to řešit pomocí dalšího posuvníku, ale bylo by to komplikované a finančně náročnější.



Obr. 9.1 - příklad využití snímače Omron ZX-GT [15]

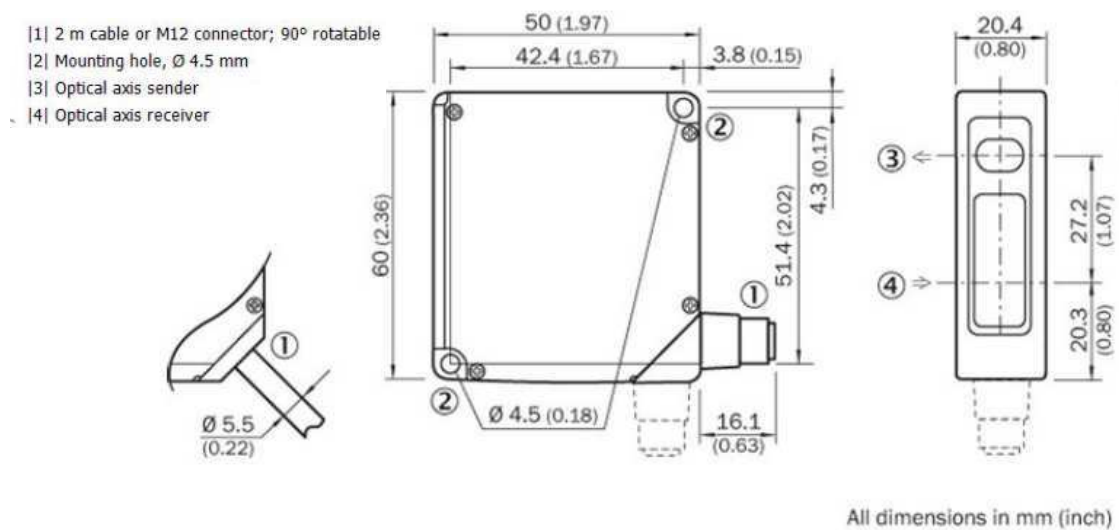
Optoelektronické bodové snímače, které fungují na principu triangulace se jeví jako nejvhodnější na danou aplikaci.

Výše zmíněný snímač značky **Omron**, konkrétně *ZS-LD350S*, dosahuje vysokého rozlišení i dobré přesnosti. Má však omezený rozsah ± 135 mm, tedy celkový rozsah je 270 mm. Tento rozsah tedy nesplňuje požadované zadání. Značka však vyrábí i snímač s větším rozsahem, ale snímač má zase horší rozlišení. Pro tuto aplikaci tedy nejsou snímače značky Omron vhodné.

Další snímač v této kategorii je snímač značky **Micro-epsilon**, konkrétně *ILD 1402-600*. Tento snímač má rozsah 600 mm, tento rozsah je pro naši aplikaci dostatečný, spíše až zbytečně velký. Při takto velkém rozsahu má i velice dobré rozlišení 80 μm . To jsou velice dobré parametry, které jsou vykoupeny vyšší cenou, která se pohybuje okolo 50 000 Kč.

Poslední z uvedených je snímač značky **Sick**, přesně *OD2-P250W150I0*. Dosahuje vysokého rozlišení $\leq 75 \mu\text{m}$ a rozsahu 300 mm, což je ideální pro naši aplikaci. Snímač dosahuje reprodukovatelnosti 225 μm , to znamená, že při stejných podmínkách měření můžeme naměřit maximální odchylku 225 μm . Díky červenému laserovému vysílaci světla a měřicí frekvenci dosahuje snímač rychlé odezvy až 2 ms. Datové rozhraní tohoto snímače je pouze proudový výstup 4 mA až 20 mA. Připojení je realizováno pomocí konektoru M12, který má 8 žil. Napájecí napětí snímače je stejnosměrné v rozsahu od 12 V do 24 V. Celkový příkon dosahuje 2,88 W při maximálním zatížení, včetně výstupního proudu. Hmotnost snímače dosahuje velikosti 70 g, je tedy velice lehký a vhodný pro polohování. Při polohování může na snímač působit až 50 G. Snímač může pracovat v prostředí při teplotě od -10°C do 40°C a relativní vlhkosti 35% až 95%. V tomto prostředí dosahuje maximální teplotní drift snímače $\pm 0,08 \%$ z měřicího rozsahu senzoru. Samozřejmostí je krytí snímač IP 67, což znamená prachotěsnost a voděodolnost při ponoření na 30 minut do hloubky jednoho metru. Snímač má třídu ochrany III, což znamená, že musí být připojen pouze k síti SELV nebo PELV.

Orientační cena tohoto výrobku je cca 14 000 Kč.



Obr. 9.2 - rozměry snímače Sick OD2-P250W150I0 [16]

Z předešlého přehledu a srovnání vyšel nejlépe snímač firmy **SICK**. Konkrétně typ snímače s označením *OD2-P250W150I0* v provedení s konektorem a to z důvodu dobrých parametrů i ceny.



Obr. 9.3 - snímač polohy SICK OD2-P250W150I0 [17]

9.3 Posuvník

Pro polohování snímače bude použita lineární portálová osa s ozubeným řemenem (PAS 41 BR) firmy **Berger Lahr**. Osa má zdvih 300 mm s pojezdovým vozíkem typu L2 s vedením na rolnách. Součástí lineární osy jsou i dva indukční snímače v koncových hodnotách. Přímé zatížení osy může být až 6 kg.



Obr. 9.4 - lineární portálová osa s ozubeným řemenem (PAS 41 BR) [18]

O pohon posuvníku se bude starat krokový motor (ILS1M572PB1A0) v kompaktním provedení s ovládáním pomocí digitálních vstupů/ výstupů (viz obr. 9.5).

Obr. 9.5 - *krokový motor* [19]

9.4 Průmyslový počítač

Pro vizualizaci měření a ovládání posuvníku bude využit průmyslový počítač od firmy **Moravské přístroje** DataLab PC 1801A s připojeným průmyslovým panelovým 17" monitorem s dotykovou obrazovkou.

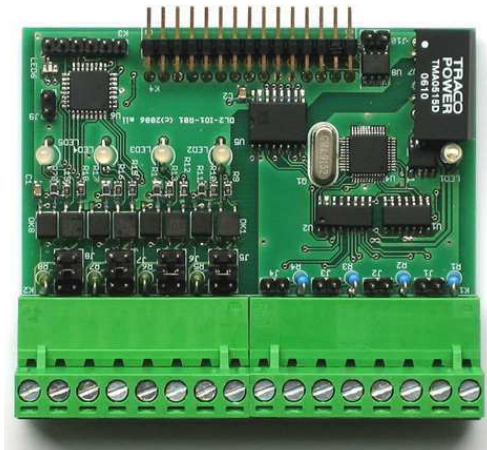


Obr. 9.6 - *průmyslový počítač* [20]
s jednotkou průmyslových
vstupů/ výstupů

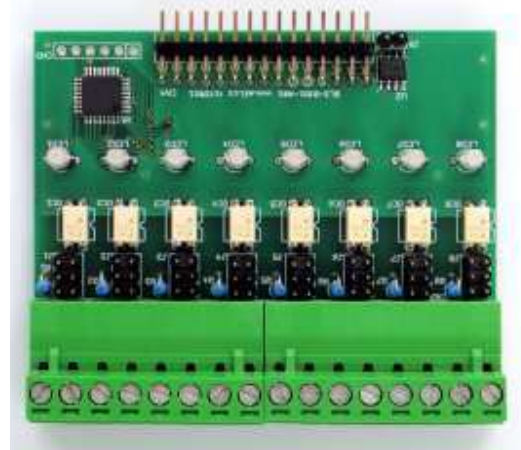


Obr. 9.7 - *průmyslový panelový* [21]
monitor 17" s dotykovou
obrazovkou

Průmyslový počítač obsahuje dva vložené moduly. První je kombinovaný modul analogových vstupů a digitálních vstupů/výstupů AD1. Modul je určený pro měření veličin standardních průmyslových rozsahů s 16-ti bitovou digitalizací. Vstupy jsou bipolární a galvanicky oddělené. Druhý je modul DIO1 s osmi digitálních vstupů/ výstupů, které jsou galvanicky odděleny.



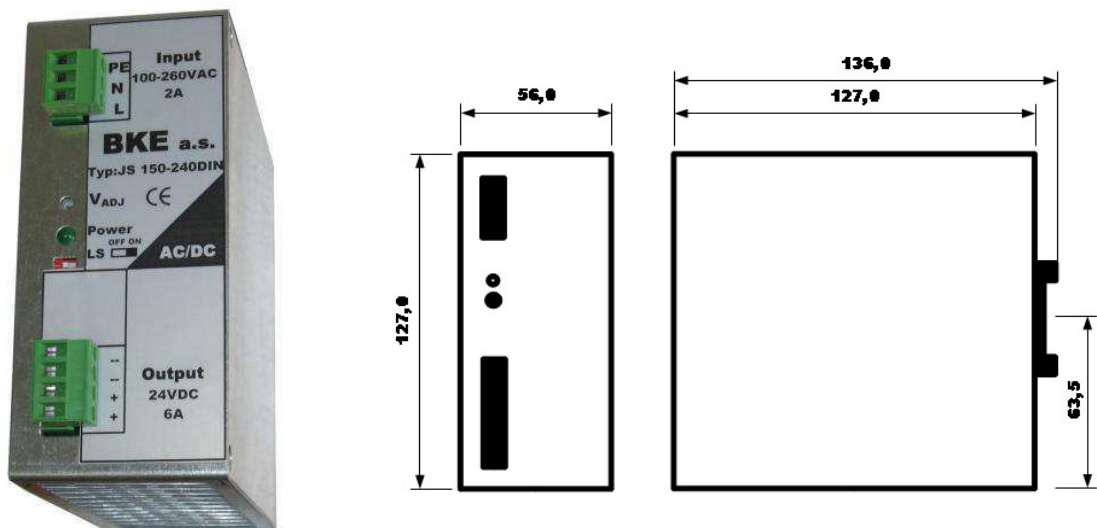
Obr. 9.8 - kombinovaný modul [22]
analogových vstupů a digitálních
vstupů/ výstupů



Obr. 9.9 - modul digitálních [23]
vstupů/ výstupů

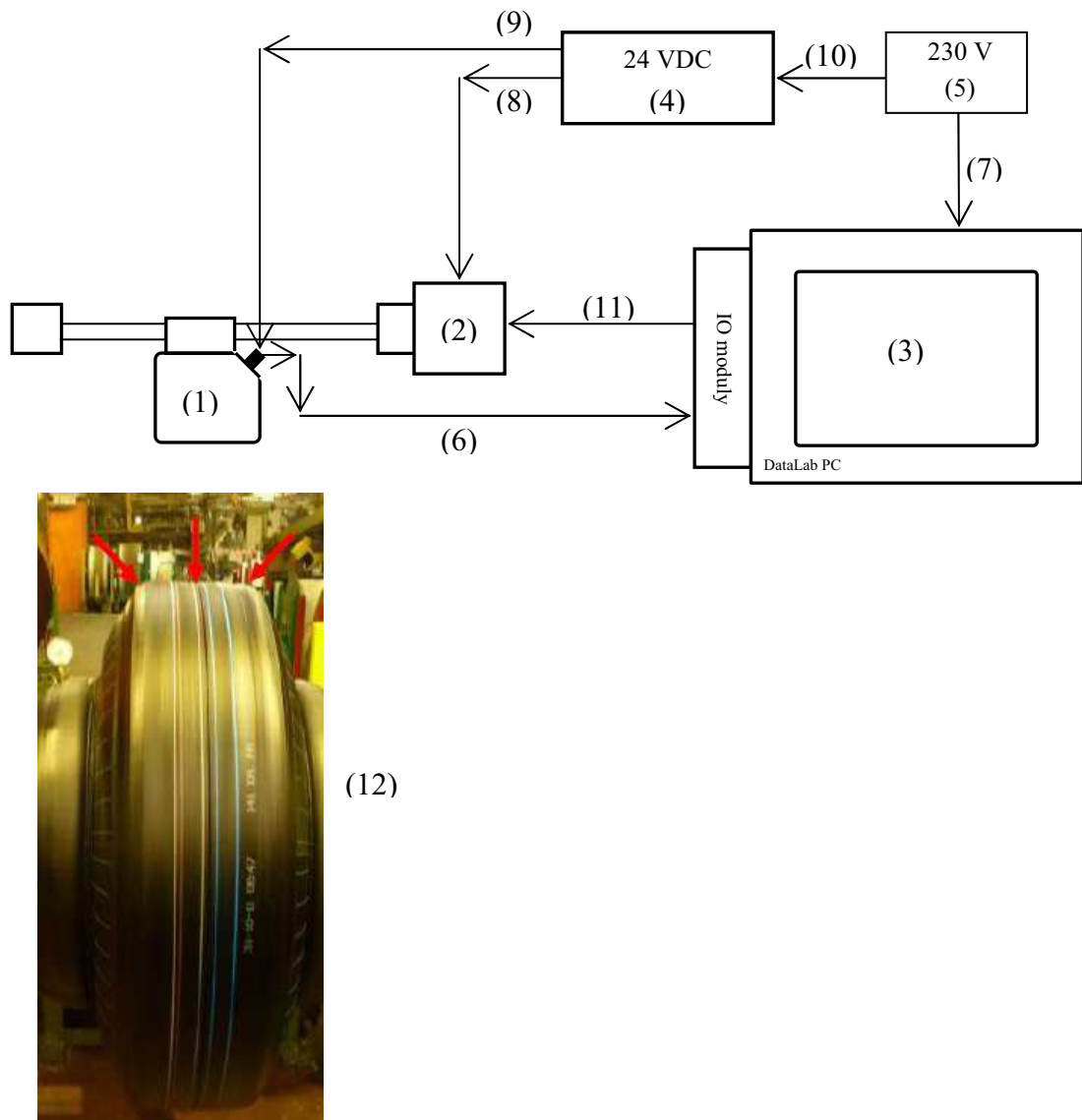
9.5 Zdroj

Zdroj napájení pro posuvník a snímač od firmy **BKE JS-150-240-DIN**. Spínaný zdroj je pro kompaktní pohony 24V DC 6A. Spínaný napájecí zdroj má 150 W, vysokou účinnost a mechanické provedení k montáži na DIN lištu.



Obr. 9.10 - zdroj napájení BKE JS-150-240-DIN [24]

10 SCHÉMATICKÉ ZAPOJENÍ OBVODU



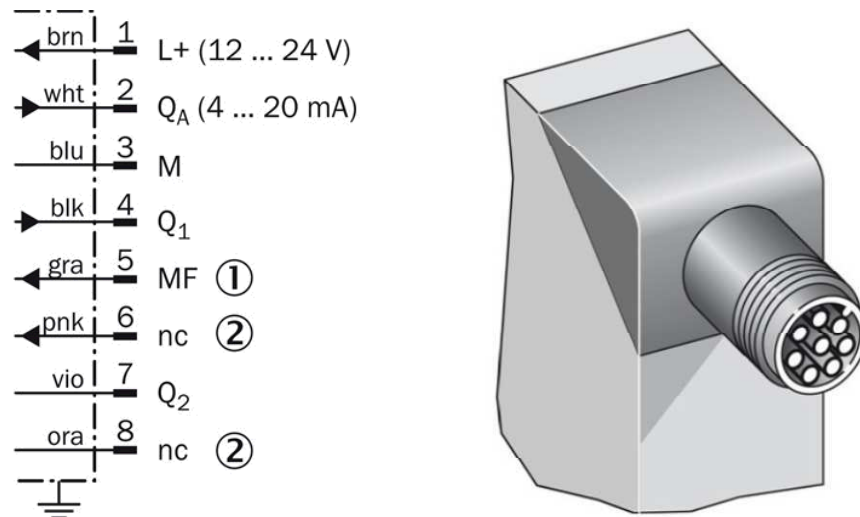
Obr. 10.1 - *schematické zapojení obvodu*

10.1 Popis obvodu

Snímač (1), posuvník (2), průmyslový počítač s integrovanými analogovými IO moduly (3), zdroj napětí 24 V (4), síťové napájení 230 V (5), kabel pro naměřená data (6), kabel pro napájení počítače (7), kabel pro napájení posuvníku (8), kabel pro napájení snímače (9), kabel pro napájení zdroje (10), kabel pro ovládání posuvníku (11), měřený objekt (12).

10.2 Zapojení snímače

Snímač Sick OD2-P250W150I0 je v provedení s konektorem a připojovací kabel má označení DOL-1208-G02MF (délka kabelu 2 m). Níže je zobrazeno zapojení tohoto snímače.

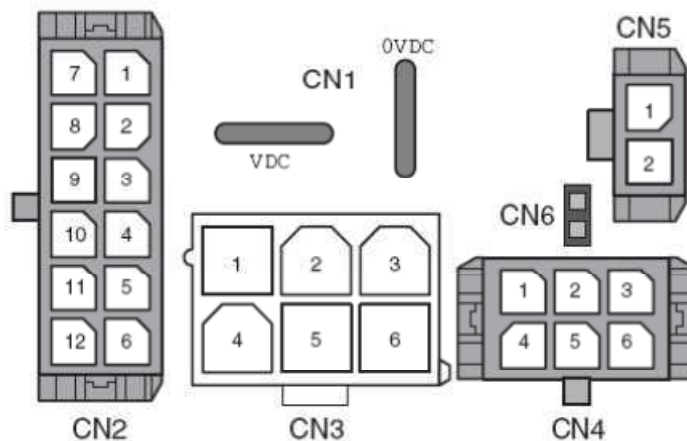


Obr. 10.2 - zapojení snímače Sick OD2-P250W150I0 [17]

Napájení snímače se připojuje mezi piny 1 a 3, napájecí napětí je v rozmezí 12 – 24 V. Pro napájení bude využit zdroj **BKE JS-150-240-DIN**, který bude společný pro snímač i posuvník. Analogový výstup je z pinu 2 opět vůči pinu 3 (nulový vodič), který přivedeme do příslušného analogového vstupu průmyslového počítače.

10.3 Zapojení posuvníku

Pro pohon posuvníku bude použit kompaktní pohon s 3-fázovým krokovým motorem. Tyto pohony mají integrovanou digitální řídicí část přímo v plášti jednotky. Připojení jednotky bude pomocí jednotlivých konektorů.



Obr. 10.3 - rozložení konektorů v posuvníku [19]

Napájení jednotky bude pomocí konektoru CN1, kde na *VDC* a *0VDC* připojíme výše uvedený zdroj **BKE**.

Tab. 10.1 - popis konektoru CN1 [19]

CN1 napájecí napětí		
<i>pin</i>	<i>signál</i>	<i>funkce</i>
VDC	VDC	napájecí napětí (24 VDC)
0VDC	0VDC	GND

Určování polohy probíhá pomocí tabulky, která má 16 řádků (viz obr. 10.4). Každý z nich znamená nějakou akci, jako referenci na čidlo, absolutní nebo relativní pojezd atd. Tyto jednotlivé řádky jsou vždy naadresovány pomocí 4 digitálních vstupů (*DATA_1* – *DATA_8*) jako BCD kód a dalším vstupem odstartovány (*START*). Další možnosti ovládání je např. cyklické provádění několika příkazů z tabulky po sobě. Vstup *ENABLE* nám slouží pro nastavení nástupné či sestupné hrany na kterou bude reagovat. Je zde i možnost napájení z externího zdroje pomocí vstupu *+24VDC_2*. Jsou zde i výstupní funkce, *NO_FAULT_OUT* signalizuje výstupní chybu. Další výstupní funkce *FUNCT1_OUT* a *FUNCT2_OUT* mohou signalizovat referenci pohonu, pohyb motoru atd. V tabulce tab. 10.2 jsou uvedeny funkce jednotlivých pinů konektoru CN2.

Tab. 10.2 - popis konektoru CN2 [19]

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

Processing mode						
direct						
Data sets						
No	Type	Target Motor		Target Value		Profile
0	REF movement on LI					0
1	Absolute positioning	2000000	inc	1000,000	mm	1
2	Absolute positioning	10000000	inc	5000,000	mm	2
3	Relative positioning	-2000000	inc	-1000,000	mm	2
4	Relative positioning	2000000	inc	1000,000	mm	3
5	None					
6	None					
7	None					
8	None					
9	None					
10	None					
11	None					
12	None					
13	None					
14	None					
15	None					

Obr. 10.4 - zobrazení ovládací tabulky [19]

Veškeré nastavení a parametrizace se děje přes RS485 na konektoru CN3.

Tab. 10.3 - popis konektoru CN3 [19]

CN3 RS485		
<i>pin</i>	<i>signál</i>	<i>funkce</i>
2	+RS485	Rozhraní RS485
5	-RS485	Rozhraní RS475
4	RS485_0V	GND (<i>interně spojený s CN1.0VDC</i>)

Na dalším konektoru jsou 4 programovatelné vstupy/ výstupy (dle nakonfigurování) $IO0 - IO3$ kterým lze přiřadit různé akce, jako například sepnutí výstupu při dosažení určité polohy. Dva z těchto vstupů budou obsazeny koncovými spínači v posuvníku. Pomocí pinu $+24VDC_OUT$ a $0VDC$ lze napájet další zařízení např. snímač. Tyto piny však nebudou využity.

Tab. 10.4 - popis konektoru CN4 [19]

CN4 24V rozhraní			
<i>pin</i>	<i>signál</i>	<i>funkce</i>	<i>I/O</i>
1	+24VDC_OUT	24 V napájení	O
2	IO2	volně použitelný vstup/ výstup	I/O
3	IO0	volně použitelný vstup/ výstup	I/O
4	0VDC	GND (<i>interně spojený s CN1.0VDC</i>)	
5	IO3	volně použitelný vstup/ výstup	I/O
6	IO1	volně použitelný vstup/ výstup	I/O

Zbývající konektor CN5, který je pro bezpečnostní vstupy, nebude využit, a proto bude pomocí propojky CN6 vyřazen.

CN5 bezpečnostní funkce

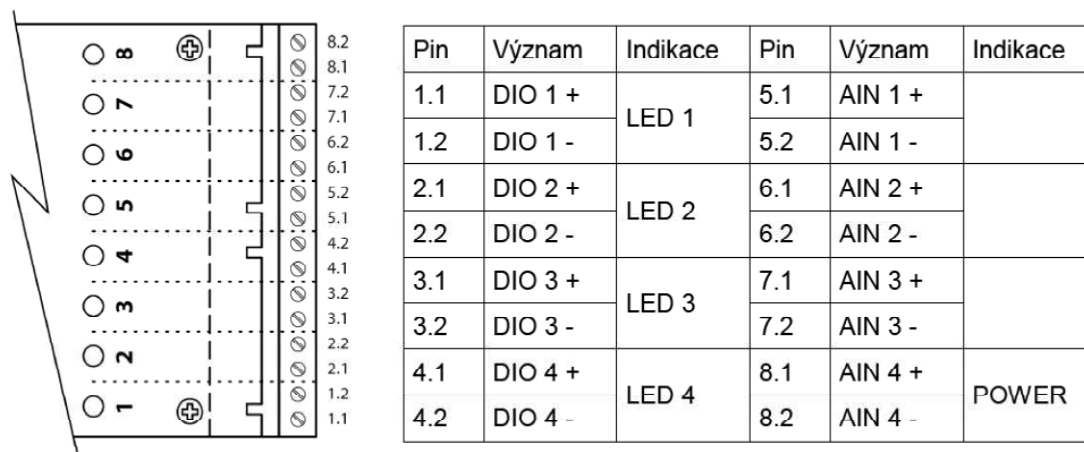
CN6 propojka pro zakázání bezpečnostní funkce

10.4 Zapojení počítače

Vyhodnocení bude probíhat na průmyslovém počítači *DataLab PC/LCD8 1601A* firmy Moravské přístroje. Vizualizace měření bude zobrazena na průmyslovém dotykovém 17" monitoru také firmy Moravské přístroje. Monitor bude k počítači připojen pomocí VGA kabelu. Monitor je vybaven dotykovou vrstvou. Pro přenos dat z dotykové vrstvy je určen propojovací kabel USB-B/ USB-A. Panel obsahuje 6 tlačítek pro ovládání nastavení obrazovky. Pokud je zapotřebí tyto tlačítka použít a z nějakého důvodu nejsou v dosahu obsluhy, je možné tyto parametry nastavovat externě.

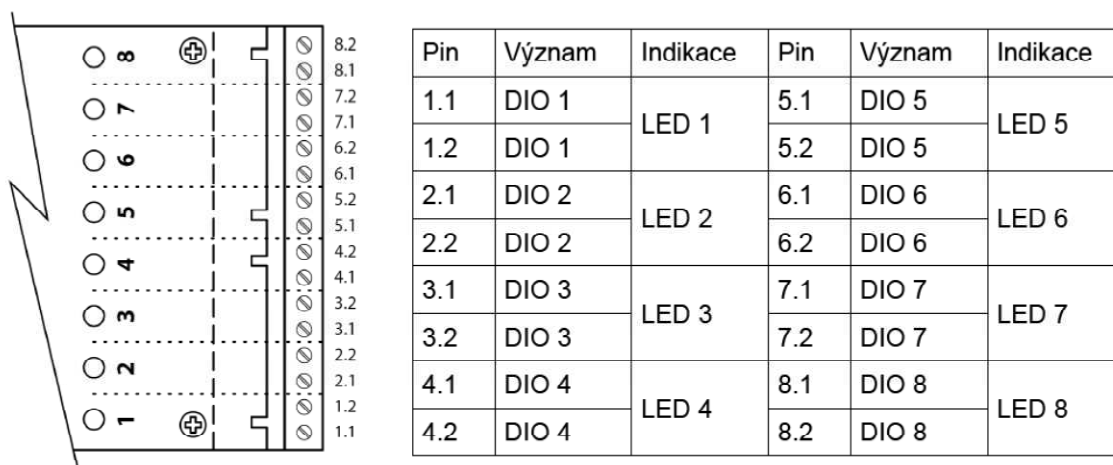
Do počítače budou vloženy dva moduly DataLab IO. Jeden je kombinovaný modul analogových vstupů a digitálních vstupů/ výstupů DL-AD1. Tento modul má 4 galvanicky oddělené 16-ti bitové diferenční analogové vstupy. Pomocí propojek (J1-J4), umístěných přímo na desce, lze nastavit každý vstup zvlášť, pro napěťový nebo proudový signál. Pro nastavení proudového vstupu bude tedy propojka uzavřena. Pro napěťový vstup lze nastavit několik rozsahů. Pro měření výstupního signálu ze snímače, který je 4 - 20 mA, bude nastaven rozsah 0 - 20 mA. Modul je schopen poskytnout nová data s frekvencí 50 Hz (50 vzorků za sekundu) na jeden kanál. Modul má také 4 digitální vstupní a 4 výstupní kanály. Pomocí propojek na desce modulu můžeme určit, zda na konektor bude přiveden vstupní nebo výstupní signál. Můžeme také měnit vstupní odpor a tím i rozsah vstupních napětí. Každý kanál lze nastavit nezávisle na ostatních.

Analogový výstup ze snímače, který je mezi pinem 2 a 3, přivedeme do libovolného analogového vstupu modulu DL-AD1. Konkrétně připojíme pin 2 snímače na pin 5.1 modulu a pin 3 snímače na pin modulu 5.2.



Obr. 10.5 - označení a význam svorek modulu DL-AD1 [25]

Druhý je modul digitálních vstupů/ výstupů DL-DIO1. Modul obsahuje 8 galvanicky oddělených vstupů/ výstupů. Zda na modul bude přiveden vstupní či výstupní signál určíme pomocí propojek přímo na desce. U vstupních signálů lze nastavit vstupní odpor a tím i rozsah napětí vyhodnocovaných jako logická jednička nebo nula. Tato aktivní logická úroveň je signalizována pomocí LED zelené barvy. Výstupní obvody mají malý vnitřní odpor a možnost spínat napětí obou polarit. Sepnutý výstup je signalizován LEDkou žluté barvy.



Obr. 10.6 - označení a význam svorek modulu DL-DIO1 [25]

Kabely

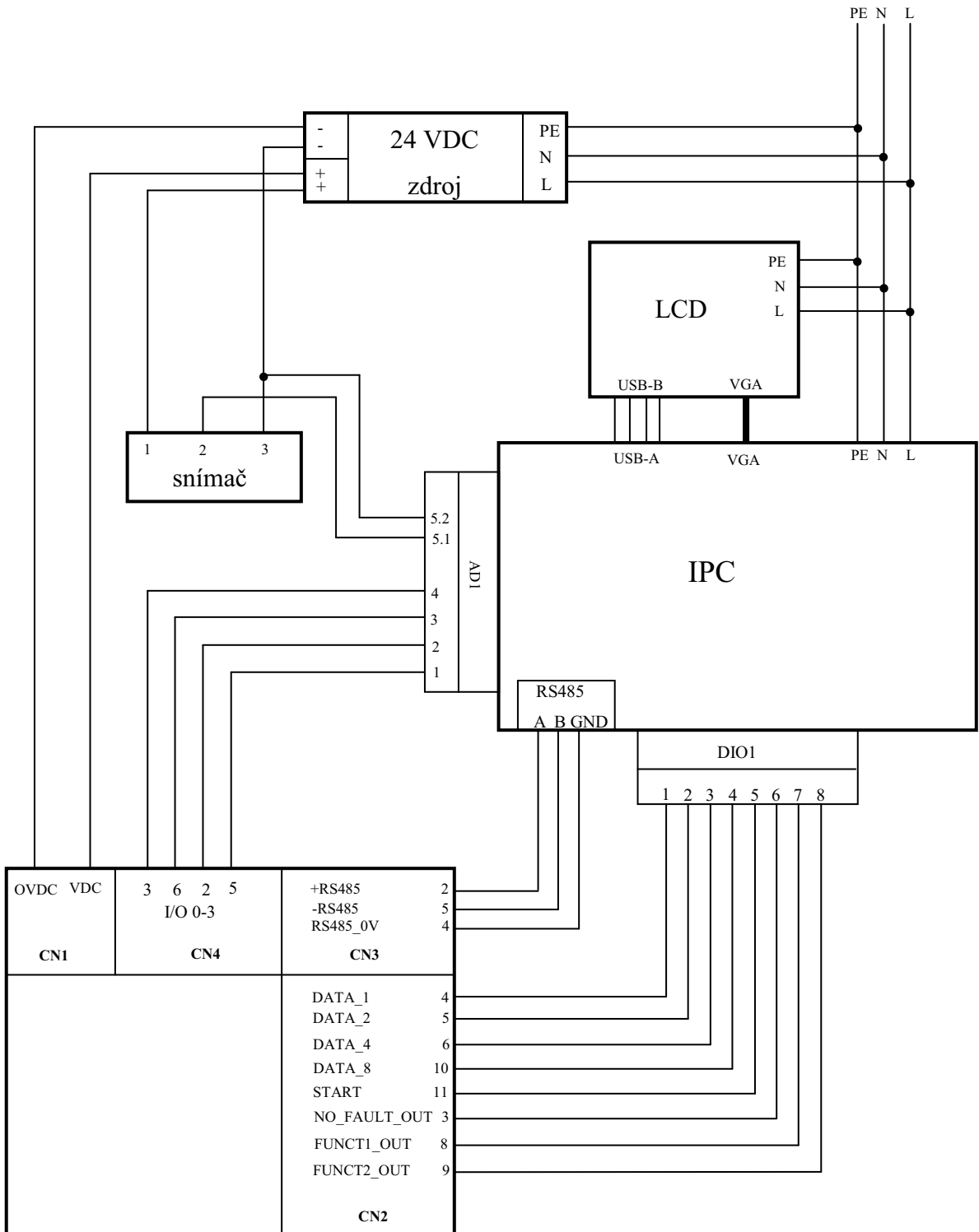
Pro propojení všech částí obvodu (snímač, posuvník, průmyslový počítač, zdroj napětí) je zapotřebí různých kabelů.

Pro *napájení a propojení snímače* s počítačem bude použit kabel od firmy Sick. Kabel je osazen konektorem, má 8 žil a délku 2 metry.

Posuvník s průmyslovým počítačem spojíme pomocí standardního kabelu pro RS485. Další propojení bude realizováno pomocí jednotlivých drátků. Další kabely (2 ks) délky 5 metrů bude zapotřebí přímo v posuvníku pro spojení koncových spínačů na krajních polohách posuvníku s ovládáním posuvníku.

Průmyslový počítač bude připojen k elektrické síti standardním napájecím kabelem. Také monitor bude připojen k síti pomocí standardního napájecího kabelu, obě zařízení obsahují vlastní zdroj. Pro komunikaci mezi monitorem a počítačem bude využit standardní VGA a USB kabel.

10.5 Zapojení celého obvodu



Obr. 10.7 - zapojení celého obvodu

11 ROZPOČET

Rozpočet týkající se pouze technických prostředků (snímač pro bezdotykové měření vzdálenosti, polohovací systém, průmyslový počítač s analogovou/ digitální převodní kartou) – činí celkem 68 000 Kč. Tato cena ale představuje odhad, takže je možné ji posunout o $\pm 40\,000$ Kč. V tabulce (tab. 11.1) je uveden celkový rozpočet, který činí 80 214 Kč, čímž se podařilo dodržet zadaný rozpočet.

Tab. 11.1 - celkový rozpočet

	označení	popis	cena
průmyslový počítač	DL-LM17T	DataLab LCD 17T	19 000 Kč
	DL-IO1801A	DataLab PC/ IO 1801A	13 100 Kč
	DL-AD1	kombinovaný modul analogových vstupů a digitálních vstupů/ výstupů	2 950 Kč
	DL-DIO1	modul digitálních vstupů/ výstupů	1 950 Kč
	cena průmyslového počítače		
snímač	OD2-P250W150I0	snímač polohy Sick	14 000 Kč
posuvník	PAS 41 BR, ILS1M572PB1A0	portálová osa s krokovým motorem	23 957 Kč* (925 €)
	instalační sada pro kompaktní pohony ILS	sada konektorů a průchodek pro zapojení pohonu	828 Kč* (32 €)
	PE 5m	prodlužovací kabely s konektory ke koncovým snímačům 5m	544 Kč* (21 €)
	cena posuvníku		
zdroj	JS-150-240-DIN	spínaný zdroj pro kompaktní pohony 24V DC 6A	150 € 3 885 Kč*
celkem			<u>80 214 Kč</u>

*Přepočteno z ceny v eurech dle kurzu 1€ = 25,9 Kč.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit návrh zařízení pro měření obvodu rotujícího objektu. Tento návrh byl vytvořen pro firmu Barum Continental, která potřebuje měřit obvod surového pláště na konfekčních strojích. Měření musí probíhat bezdotykově s přesností ± 5 mm na obvodu pláště. Měření bude probíhat vždy na třech místech pláště, vlevo/ uprostřed/ vpravo s tím, že vzdálenosti těchto měření jsou pro každý plášť jiné. Je tedy nutné, aby byl požadovaný snímač polohovatelný. Maximální požadovaný rozsah polohování je 300 mm. Výsledky měření musí být automaticky zapisovány do kontrolní karty. Na celé zařízení byl určen rozpočet 68 000 Kč s tím, že se může navýšit až o 40 000 Kč.

Pro zjištění obvodu bylo navrženo měření poloměru, ze kterého se pomocí průmyslového počítače vypočítá požadovaný obvod. Při měření poloměru je zadaný rozsah 300 mm s tím, že požadovaná přesnost se musí přepočítat dle vzorce pro výpočet obvodu. Požadovaná přesnost pro měření poloměru je tedy $\pm 5 \text{ mm} / 2 \cdot \pi \approx \pm 0,8 \text{ mm}$. Pro výběr snímače bylo provedeno srovnání magnetické, odporové, kapacitní, indukční, ultrazvukové a optoelektronické metody měření. Z důvodu potřeby měřit bezdotykově nemůže být použit odporový snímač. Pro požadavek měřicího rozsahu lze použít ultrazvukové a optoelektronické snímače. Z kategorie optoelektronických snímačů byl pro nejvhodnější rozsah zvolen snímač na principu laserové triangulace. Následně byl vytvořen aktuální přehled trhu pro ultrazvukové a optoelektronické snímače na principu laserové triangulace. Z tohoto přehledu byl z důvodu vhodných parametrů a ceny vybrán snímač značky SICK, konkrétně typ OD2-P250W150I0. Pro polohování tohoto senzoru byl vybrán posuvník PAS 41 BR. Tento posuvník je poháněn krokovým motorem ILS1M572PB1A0. Motor je v kompaktním provedení, to znamená, že má integrovanou digitální řídicí část přímo v plášti jednotky. Určování polohy probíhá pomocí tabulky, která má 16 řádků, každý z řádků znamená nějakou akci, jako referenci na čidlo, absolutní nebo relativní pojezd atd. Tyto jednotlivé řádky jsou vždy naadresovány pomocí 4 digitálních vstupů jako BCD kód. Pro napájení posuvníku bude využit zdroj BKE JS-150-240-DIN. Je to spínaný zdroj pro 24V DC 6A, který má výkon 150 W. Na měření a vizualizaci byl vybrán průmyslový počítač DataLab PC/ LCD8 1601A firmy Moravské přístroje v kombinaci s dotykovým monitorem. Dále byly do počítače vloženy dva moduly, jeden kombinující analogové vstupy s digitálními vstupy/ výstupy DL-AD1 a modul digitálních vstupů/ výstupů DL-DIO1. Pro jednotlivé části byly vytvořeny schémata zapojení a ke konci práce bylo

vytvořeno kompletní schematické zapojení celého obvodu. V závěru je uveden celkový rozpočet všech komponent měřicího zařízení. Celková cena zařízení je 80 214 Kč, kdy požadovaná cena byla 68 000 Kč s tím, že se může navýšit až o 40 000 Kč. Rozpočet se tedy podařilo dodržet.

Výsledkem práce je kompletní návrh zařízení pro měření obvodu rotujícího objektu, obsahující konkrétní komponenty, jejich parametry, ceny, možnosti ovládní a schematické zapojení.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of the bachelor thesis was to create a proposal for a device measuring the perimeter of a rotating object. The proposal was designed for the company Barum Continental, which needs to measure the perimeter of raw coating on confection machines. The measuring must be carried out without contact, with required accuracy of ± 5 mm on the coating perimeter. The measurement will always be performed on three locations: left/centre/right when the distances are different for different coating. Therefore, the sensor must be adjustable. The maximum required range of adjustment is 300 mm. The results must be automatically recorded in a control card. The device budget was estimated at 68 000 CZK, with the possibility to increase the budget by 40 000 CZK.

To acquire the perimeter, it was suggested to calculate it using the radius and an industrial computer. To measure the radius, the given range is 300 mm and the required accuracy must be re-calculated according to the formula. The required accuracy for measuring the radius is $\pm 5 \text{ mm} / 2 \cdot \pi \approx \pm 0.8 \text{ mm}$. To choose the right sensor, a comparison was made between magnetic, resistance, capacity, induction, and ultrasound and optoelectronic ways of measuring. Due to contactless requirements, resistance measurement could not be used. To meet the accuracy requirements, ultrasound or optoelectronic devices could be put into operation. From the optoelectronic sensors, a sensor based on laser triangulation was selected as the most suitable because of its range. Subsequently, a market research with ultrasound and laser-based optoelectronic sensors was performed. The sensor SICK, type OD2-P250W150I0, qualified as the most suitable due to its favourable parameters. To position the sensor, the portal axis PAS 41 BR was selected. This axis is driven with a stepper motor ILS1M572PB1A0. The motor has a compact size, which means the controls are integrated in on the unit surface. The positioning is programmed using a 16-row table, each row representing an action as a reference for the sensor, absolute or relative etc. Each row is always addressed using four digital inputs of BCD code. Power source BKE JS-150-240-DINT was used to power the axis. It is a relay source for 24V DC 6A, with 150 W output. The industrial computer DataLab PC/LCD8 1601A produced by Moravské přístroje was used for measuring and visualisation, in combination with touch-screen. The computer included two modules combining analogue and digital input/output DL-AD1 and a digital input/output module DLDIO1. Wiring diagrams for each part were created and as a conclusion, the complete wiring diagram of the whole

circuit was made. The conclusion includes total budget of all the components of the device. The total price reached 80 214 CZK, by which the estimated budget was adhered to. The results of the thesis is a complete proposal for a device measuring the perimeter of a rotating object, including concrete components, their parameters, prices, control possibilities and wiring layout.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Ripka, Pavel. *Senzory a převodníky*. 2.vydání. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2011. p. 136. ISBN 978-80-01-04696-8.
- [2] Kyselý, Libor. *Automatizace*. Olomouc : Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola elektrotechnická, 2004.
- [3] HW, Redakce. HW . *HW server*. [Online] 15. leden. 1998 [Cited: 4. Březen. 2012] <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/rs-485-422.html>
- [4] Hruška, František. *Technické prostředky automatizace II: úvod, popis funkce, konstrukce a aplikací*. 2. vydání. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, 2006. p. 112 s. ISBN 80-7318-397-8.
- [5] Švarc, Ivan. *Teorie automatického řízení*. Brno : VUT Brno, 2003.
- [6] Karwath, André. Wikimedia . *Wikimedia Commons*. [Online] 29. 4. 2005 [Cited: 28. 2. 2012] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reed_switch_%28aka%29.jpg
- [7] Hruška, František. *Technické prostředky automatizace III (Senzory, jejich principy a funkce)*. 2. vydání. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2005. p. 118. ISBN 80-7318-315-3.
- [8] Martinek, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. 1. vydání. Praha : nakladatelství BEN - technická literatura, 2004. p. 199. ISBN 80-7300-114-4.
- [9] Hruška, František. *Technické prostředky automatizace IV (Snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky)*. 3. vydání. Zlín : Univerzita Tomáše Baťi ve Zlíně, Fakulta technologická, 2005. p. 107. ISBN 80-7318-274-2.
- [10] Omron. Omron průmyslová automatizace. [Online] 23. 03. 2012 http://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue/sensing/inductive_sensors/compact_cylindrical/e2a/default.html
- [11] Kohou, Luděk. *Snímače polohy*. Kutná Hora : s.n.
- [12] Fischer, Jan. *Optoelektronické senzory a videometrie*. 1.vydání. Praha : vydavatelství ČVUT, 2002. p. 143. ISBN 80-01-02525-X.

- [13] Micro-epsilon. *Laser Triangulation Displacement Sensors*. Ortenburg : Micro-epsilon.
- [14] Moravské přístroje. mii. [Online] [Cited: 07. 04. 2012]
<http://www.mii.cz/download/doc/cw5cz.pdf>
- [15] Electronic, Omron. *Měřicí senzory*. Praha : Omron.
- [16] Sick. Sensor Intelligence. Sick. [Online] [Cited: 17. 04. 2012]
<https://mysick.com/saqqara/dimdrawing.aspx?id=im0038513&lang=cs&ctpId=PRO185904IMG1410613>
- [17] Sick. *Short range distance sensors (displacement) OD value*. [Data Sheet] Waldkirch : s.n., 2012.
- [18] BERGER LAHR. *Portal Axes PAS*. [Catalogue] Lahr : Schneider Electric.
- [19] BERGER LAHR. *ILSIM Lexium Integrated Drive*. [Product manual] s.l. : Schneider Electric, 2008.
- [20] Moravské přístroje. DataLab PC/IO. [Online] Moravské přístroje a.s. [Cited: 5. 13. 2012] <http://www.mii.cz/cat?id=83&lang=405>
- [21] Moravské přístroje. DataLab LCD 17-T. [Online] Moravské přístroje a.s. [Cited: 14. 5. 2012] <http://www.mii.cz/art?id=574&cat=64&lang=405>
- [22] Moravské přístroje. I/O moduly systému DataLab IO. [Online] [Cited: 19. 5. 2012] <http://www.mii.cz/art?id=176&cat=77&lang=405>
- [23] Moravské přístroje. Modul digitálních vstupů/výstupů DIO1. [Online] [Cited: 21. 5. 2012] <http://www.mii.cz/art?id=758&cat=77&lang=405>
- [24] BKE, a.s. Spínané napájecí zdroje BKE. [Online] [Cited: 04. 05. 2012] <http://www.bke.cz/cs/produkty/menic-dc-dc-din/dc-dc-din-2/ss-150-xxx-din/>
- [25] Moravské přístroje. *DataLab IO manuál*. [dokumentace] 2.7, Zlín-Malenovice : Moravské přístroje a.s., duben 2012.
- [26] Olmr, Vít. HW. *HW server*. [Online] 12. prosinec. 2005 [Cited: 28. 02. 2012] <http://www.hw.cz/rozhrani/hw-server-predstavuje-seriova-linka-rs-232.html#rs485>
- [27] TURCK. *Industrial Automation* [online]. 2010 [cited. 2012.05.03]. http://pdb.turck.de/iw/_ex_0_/media/_cz/Anlagen/d101800.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Název	Jednotka
A	provozní schopnost	[-]
B	magnetická indukce	[T]
C	kapacita kondenzátoru	[F]
d	průměr měřeného objektu	[mm]
DC	(<i>Direct Current</i>) stejnosměrný elektrický proud	
d_p	tloušťka polovodiče	[m]
GND	(<i>Ground</i>) referenční zem	
i	počet výpadků	[-]
I	(<i>Input</i>) vstup	
I_p	procházející proud polovodičem	[A]
IPC	(<i>Industrial PC</i>) průmyslový počítač	
k	vzdálenost snímačů	[mm]
K_H	Hallova konstanta	[cm ³ ·As ⁻¹]
l	Vzdálenost elektrod	[m]
L	(<i>Line</i>) fázový vodič	
$MTBF$	střední doba mezi poruchami	[min]
n	počet měření	[-]
N	(<i>Neutral</i>) nulový vodič	
o	obvod měřeného objektu	[mm]
O	(<i>Output</i>) výstup	
PC	(<i>Personal computer</i>) osobní počítač	
PE	(<i>Potencial of Eearth</i>) Ochranný vodič	
$PELV$	(<i>Protective Extra-Low Voltage</i>) ochrana před úrazem elektrickým proudem	
PLC	(<i>Programmable Logic Controller</i>) Programovatelný logický	
r	poloměr měřeného objektu	[mm]
\bar{r}	průměrná hodnota poloměru	[mm]
r_i	naměřená hodnota poloměru	[mm]
r_p	přesnost poloměru	[mm]
S	plocha elektrod kondenzátoru	[m ²]
$SELV$	(<i>Safety Extra-Low Voltage</i>) ochrana před úrazem elektrickým proudem	
s_x	vzdálenost snímače od měřeného objektu	[mm]
s_1	vzdálenost snímače (1) od měřeného objektu	[mm]
s_2	vzdálenost snímače (2) od měřeného objektu	[mm]
T_p	doba provozu	[min]
T_V	doba trvání výpadku	[min]

Zkratka	Název	Jednotka
U_H	Hallovo napětí	[V]
USB	(<i>Universal Serial Bus</i>) univerzální sériová sběrnice	
v	vzdálenost snímače od osy otáčení	[mm]
X_M	naměřená hodnota	[X]
X_S	skutečná (pravá) hodnota	[X]
δ	relativní chyba	[-]
δ_x	relativní chyba snímače	[-]
$\delta_{x\%}$	relativní procentní chyba snímače	[%]
Δ_x	absolutní chyba snímače	[X]
ϵ_r	poměrná permitivita	[F·m ⁻¹]
ϵ_0	permitivita vakua	[H·m ⁻¹]
π	konstanta	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 - graf hystereze	14
Obr. 2.2 - graf nasycení	14
Obr. 2.3 - graf v pásmu necitlivosti	15
Obr. 3.1 - jazýčkový kontakt.....	17
Obr. 3.2 - princip Hallova snímače	18
Obr. 3.3 - uspořádání hallova senzoru	18
Obr. 3.4 - vnitřní zapojení indukčního snímače.....	19
Obr. 3.5 - indukční snímač E2A značky Omron.....	20
Obr. 3.6 - vnitřní zapojení kapacitního snímače.....	21
Obr. 3.7 - vnitřní zapojení ultrazvukového snímače	21
Obr. 3.8 - měření pomocí laserové triangulace	23
Obr. 4.1 - průmyslový počítač.....	24
Obr. 7.1 - měření pravidelného objektu pomocí kolečka	31
Obr. 7.2 - měření nepravidelného objektu pomocí kolečka	31
Obr. 7.3 - měření poloměru	32
Obr. 7.4 - měření poloměru pomocí pásového senzoru	32
Obr. 7.5 - oboustranné umístění snímače	33
Obr. 7.6 - jednostranné umístění snímače	35
Obr. 8.1 - vizualizace místa měření a kontrolní karty firmy Barum Continental spol. s.r.o.	37
Obr. 9.1 - příklad využití snímače Omron ZX-GT	42
Obr. 9.2 - rozměry snímače Sick OD2-P250W150I0.....	43
Obr. 9.3 - snímač polohy SICK OD2-P250W150I0.....	44
Obr. 9.4 - lineární portálová osa s ozubeným řemenem (PAS 41 BR)	44
Obr. 9.5 - krokový motor.....	45
Obr. 9.6 - průmyslový počítač s jednotkou průmyslových vstupů/výstupů	45
Obr. 9.7 - průmyslový panelový monitor 17" s dotykovou obrazovkou	45
Obr. 9.8 - kombinovaný modul analogových vstupů a digitálních vstupů/výstupů.....	46
Obr. 9.9 - modul digitálních vstupů/výstupů.....	46
Obr. 9.10 - zdroj napájení BKE JS-150-240-DIN	46
Obr. 10.1 - schematické zapojení obvodu	47
Obr. 10.2 - zapojení snímače Sick OD2-P250W150I0	48

Obr. 10.3 - rozložení konektorů v posuvníku	49
Obr. 10.4 - zobrazení ovládací tabulky	50
Obr. 10.5 - označení a význam svorek modulu DL-AD1	52
Obr. 10.6 - označení a význam svorek modulu DL-DIO1	53
Obr. 10.7 - zapojení celého obvodu	55

SEZNAM TABULEK

Tab. 6.1 - <i>tabulka srovnání měřicích metod</i>	29
Tab. 6.2 - <i>tabulka srovnání měřicích metod (optoelektronické)</i>	30
Tab. 9.1 - <i>parametry ultrazvukového snímače Turck – T3UIPA</i>	38
Tab. 9.2 - <i>parametry ultrazvukového snímače Sick – UM30</i>	39
Tab. 9.3 - <i>parametry optoelektronického snímače Sick OD2-P250W150I0</i>	39
Tab. 9.4 - <i>parametry optoelektronického snímače Micro-epsilon ILD 1402-600</i>	40
Tab. 9.5 - <i>parametry optoelektronického snímače Omron ZS-LD350S</i>	40
Tab. 9.6 - <i>parametry optoelektronického pásového snímače Omron ZX-GT</i>	41
Tab. 10.1 - <i>popis konektoru CN1</i>	49
Tab. 10.2 - <i>popis konektoru CN2</i>	50
Tab. 10.3 - <i>popis konektoru CN3</i>	50
Tab. 10.4 - <i>popis konektoru CN4</i>	51
Tab. 11.1 - <i>celkový rozpočet</i>	56