



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF MANUFACTURING MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

UNIVERZÁLNÍ KONTROLNÍ A MĚŘICÍ STANICE

UNIVERSAL INSPECTION AND MEASURING STATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTERS'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adam Brýdl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Bc. Adam Brýdl
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce:	doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Univerzální kontrolní a měřicí stanice

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem zpracovatele DP je návrh a konstrukce poloautomatické kontrolní a měřicí stanice. Stanice je určena pro testování přítomnosti a měření správné polohy světlovodů a těsnění v konektoru. Návrh a konstrukce poloautomatické kontrolní a měřicí stanice je nutný s využitím více druhů snímačů a posuvných lineárních os, řízených servopohony. Zadání DP je řešeno ve spolupráci se společností Mechatronic Design & Solutions s. r. o. v Brně.

Cíle diplomové práce:

1. Zhodnocení současného stavu v oblasti měřicí techniky v ČR a Evropě v řešené oblasti.
2. Systémový rozbor problematiky procesu měření a návrhu nového měřicího zařízení.
3. Návrh kompletní konstrukce kontrolní a měřicí stanice s důrazem na:
 - Možnost testování více variant provedení konektorů.
 - Kontrolu přítomnosti světlovodů a těsnění v konektoru.
 - Měření správné polohy světlovodů a těsnění v konektoru.
 - Kontrolu zaslepení otvorů v konektoru u provedení bez světlovodů a těsnění.
 - Snadnou možnost přestavby pojezdového lůžka na jiné varianty konektoru.
 - Identifikaci typu lůžka dle varianty konektoru.
 - Kontrolu přítomnosti založeného konektoru v pojezdovém lůžku.
 - Návrh kanálu pro odložení vadných dílů na základě výsledků měření.
 - Návrh míst pro skladování boxů s komponenty pro následující montážní stanici.
 - Návrh míst pro skladování boxů s konektory v provedení bez světlovodů a těsnění.
 - Maximální čas cyklu kontrolní a měřicí stanice je 30 sekund.
 - Návrh univerzální měřicí stanice v závislosti na typu lůžka konektoru.
4. Výkresová dokumentace (sestavy a podsestavy, 5 dílenských výkresů), komentář k výkresové dokumentaci.
5. Analýza rizik nové kontrolní a měřicí stanice.
6. Kritické zhodnocení dosažených výsledků DP a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

- MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.
- KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. První vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20.

V Brně, dne 23.10.2019

L. S.

.....
doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

.....
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je návrh a konstrukce poloautomatické kontrolní a měřicí stanice. Stanice je určena pro testování přítomnosti a měření správné polohy světlovodů a těsnění v konektoru. Stanice obsahuje přípravek na testování zaslepení konektorů. Návrh a konstrukce poloautomatické kontrolní a měřicí stanice je nutný s využitím více druhů snímačů a posuvných lineárních os řízených servopohony. Zadání diplomové práce je řešeno ve spolupráci se společností Mechatronic Design & Solutions s. r. o. v Brně.

ABSTRACT

The task of this thesis is the design and construction of semi-automatic control and measuring station. The station is designed for testing the presence and measurement of the correct position of light guides and seals in the connector. Station contains a tool for testing the blinding of connectors. The design and construction of a semi-automatic control and measuring station is necessary using several types of sensors and sliding linear axes controlled by servo drives. The assignment of the thesis is solved in cooperation with the company Mechatronic Design & Solutions s.r.o. in Brno.

KLÍČOVÁ SLOVA

světlovod, těsnění, tělo konektoru, sonda, modul, inlet, ESD zóna, IO-Link

KEYWORDS

light pipe, seal, housing, probe, module, inlet, ESD zone, IO-Link

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BRÝDL, Adam. *Univerzální kontrolní a měřicí stanice*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124612>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Radek Knoflíček.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým osobním dílem, které jsem zpracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Radka Knoflíčka, Dr. a konzultací s firemním pracovníkem s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.6.2020

.....
Bc. Brýdl Adam

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji mému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Radku Knoflíčkovi, Dr. za vstřícný a přátelský přístup při konzultačních schůzkách a rychlé reakce při každé žádosti o pomoc. Dále bych rád poděkoval firmě Mechatronic Design & Solutions s.r.o. za možnost vypracování diplomové práce pod jejich vedením, především bych rád poděkoval svému konzultantovi z firmy Mechatronic Design & Solutions s.r.o. Na závěr patří poděkování mé rodině za motivaci při studiu a umožnění studovat na vysoké škole.

OBSAH

ÚVOD.	16
MOTIVACE	17
1 SPOLEČNOST MECHATRONIC DESIGN & SOLUTIONS S.R.O.	21
2 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO ZPŮSOBU MĚŘENÍ	23
2.1 Testování obyčejných automobilových konektorů	23
2.2 Testování konektoru pro dobíjení elektromobilu.....	24
2.3 Požadavky na schopnosti univerzální kontrolní a měřicí stanice	25
2.4 Vývoj testovací a montážní stanice z hlediska historického vývoje.....	26
3 ROZBOR PROBLEMATIKY TESTOVÁNÍ	29
3.1 Vysvětlení problematiky testování	29
3.2 Kontaktní měření	30
3.2.1 Měřicí sonda	30
3.2.2 Kontaktní spínací hroty	31
3.2.3 Lankové snímače	31
3.3 Bezkontaktní měření	32
3.3.1 Optoelektronické snímače vzdálenosti	32
3.3.2 Ultrazvukové měření	34
3.3.3 Indukční snímače	35
3.3.4 Magnetické snímače	36
3.3.5 Kapacitní snímače měření vzdálenosti	37
3.3.6 Konfokální měření	38
3.3.7 Hystereze	39
3.4 Propojení s řídicím systémem a získání měřených dat	40
3.4.1 Analogové odměřování.....	40
3.4.2 Analogové odměřování IO-Link	40
3.4.3 IO-Link-využití v automatizaci	41
4 NÁVRH ŘEŠENÍ	45
4.1 Návrh řešení číslo 1	45
4.2 Návrh řešení číslo 2	49
4.3 Návrh řešení číslo 3	52
4.4 Návrh řešení číslo 4	54
4.5 Návrh řešení číslo 5	56
5 VÝBĚR VARIANTY	59
5.1 Multikriteriální metoda hodnocení	59
5.2 Výběr řešení pomocí bazické metody multikriteriální hodnocení.....	59
5.2.1 Výběr varianty pro řešení problému pojezdu pracovního vozíku	60
5.2.2 Výběr varianty pro řešení problému zalisování světlovodů a těsnění	61
5.3 Závěrečné hodnocení	61
6 NÁVRH KONSTRUKCE KONTROLNÍ A MĚŘICÍ STANICE	63
6.1 Koncepce pracoviště pro testování konektoru se světlovody a těsněním.....	63
6.1.1 Rozmístění stroje	63
6.1.2 Pracovní postup	64
6.1.3 Časová analýza procesu.....	67
6.2 Konstrukce spodní části stroje	68

6.2.1	Základová konstrukce	68
6.2.2	Dveře spodního rámu	69
6.2.3	Koryto pro vadné díly	70
6.2.4	Skluz na prázdné bedny.....	72
6.3	Pohon pracovního vozíku	72
6.3.1	Pracovní vozík.....	73
6.3.2	Výměnné sady s lůžky.....	74
6.4	Horní testování konektoru	75
6.4.1	Přítlačení.....	75
6.4.2	Testování průchodnosti světlovodů.....	76
6.4.3	Průběh horního testování.....	77
6.5	Spodní testování	79
6.5.1	Pohyb v ose X	80
6.5.2	Pohyb v ose Z.....	81
6.5.3	Měřicí sonda	82
6.6	Horní krytování	85
6.6.1	Zakládací pozice.....	85
6.6.2	Skladovací prostor materiálu a přestavbový box	87
6.6.3	Odebírací pozice.....	89
6.7	Přípravek pro kontrolu konektoru bez světlovodů	90
6.7.1	Koncepce pracoviště pro testování konektoru bez světlovodů a těsnění	90
6.7.2	Pracovní postup	91
6.7.3	Časová analýza procesu	92
6.7.4	Konstrukce přípravku	92
6.8	Rozvaděč	95
7	VEDENÍ ENERGIÍ.....	96
8	PNEUMATICKÉ ZAPOJENÍ STROJE	99
9	SIGNALIZACE.....	101
10	POSTUP MONTÁŽE	103
10.1	Přizpůsobení pro všechny varianty.....	103
11	BEZPEČNOSTNÍ PRVKY STROJE.....	105
12	ANALÝZA RIZIK	107
12.1	Identifikace relevantních nebezpečí	108
12.2	Analýza významných nebezpečí	109
12.3	Přehled závažných identifikovaných nebezpečí	112
12.4	Formuláře pro odhad rizika	115
12.5	Zbytková rizika.....	119
12.6	Dílčí závěr	119
13	ZHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ DO PRAXE.....	121
13.1	Zhodnocení	121
13.2	Ekonomické zhodnocení	122
13.3	Doporučení pro praxi.....	123
14	ZÁVĚR.....	125
15	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	127
16	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	131
16.1	Seznam tabulek.....	131

16.2	Seznam obrázků.....	131
16.3	Seznam symbolů.....	134
17	SEZNAM PŘÍLOH.....	134
17.1	Příloha č.1 : Univerzální kontrolní a měřicí stanice (50-35946-015000).....	135

ÚVOD

Cílem této diplomové práce je návrh a konstrukce modulu sloužící pro testování a měření přítomnosti světlovodů a těsnění v těle konektoru. Současně s tím musí být testovány konečné polohy prvků, správné natočení světlovodu v konektoru a také světelná vodivost světlovodu. Současně s tím musí být navrhnout i přípravek testující varianty konektorů, které mají otvor pro světlovod a těsnění zaslepený. Tento přípravek musí pracovat nezávisle na chodu celé stanice. Hlavním požadavkem je možnost testovat pomocí stroje a přípravku více druhů tvarově odlišných konektorů.

Tento modul je součástí velké linky, která slouží k sestavení a postupnému testování konektoru. Jako výstup z této linky je konektor, který bude použit pro připojení nabíječky do elektromobilu. Největší výhodou této linky je možnost výroby a testování až na 17 druhů konektorů. Složený konektor se dle zákazníka nazývá Inlet.

V současné době se nabízí více variant možného řešení testování. Největším problémem v průběhu testování jsou malé rozměry světlovodů a těsnění při velkých požadavcích na přesnost uložení v těle konektoru. A také materiály, z kterých jsou testované komponenty vyráběny.

První část diplomové práce pojednává o vysvětlení problému a možnosti řešení, druhá část je přímo zaměřena na variantu, která je finální.

Závěrem diplomové práce jsou sepsány kapitoly týkající se vedení energií, zapojení pneumatického obvodu, signalizaci stroje, bezpečnosti stroje a použitých bezpečnostních prvků. Na konci diplomové práce je provedeno kritické zhodnocení práce spolu s doporučením do praxe.

MOTIVACE

Motivace k sepsání této diplomové práce konstrukčního zaměření vzniká z mého vlastního zájmu o danou problematiku a také z možnosti podílet se na konstrukci části velké automatizované linky. Společnost Mechatronic Design & Solutions s. r. o. v Brně se zabývá vývojem plně automatizovaných a poloautomatických linek na skládání a testování různých druhů konektorů používané převážně v automobilovém průmyslu (automotive). Do jejich portfolia patří i například montážní ruční pracoviště, testery na palivové nádrže do aut a další jednoúčelové stroje. Proto jsem v rámci řádného ukončení studia na ÚVSSR, FSI VUT v Brně velmi uvítal možnost zpracovat diplomovou práci s výstupem do praxe.

Za nabídku práce na „Inlet lince“ jsem velice vděčný, protože díky tomu získám větší povědomí o práci konstruktéra. Díky tomuto úkolu se naučím vybírat a následně použít různé druhy snímačů, lineárních os a motorů. Na konstrukci linky pracuje tým 9 konstruktérů včetně mě, tudíž se musíme domlouvat na použití elektrických i mechanických standardních komponentů, které budou použity na celé lince, aby byl koncept jednotný. Díky těmto úkonům se naučím pracovat nejen v týmu, ale i samostatně pracovat na svém modulu zahrnující domluvy požadavků se zákazníkem, časové a koncepční analýzy, konstrukce stroje, výběr a poptání všech komponentů, vytvoření analýzy rizik, pneumatického schématu a montážního postupu.

1 SPOLEČNOST MECHATRONIC DESIGN & SOLUTIONS S.R.O.

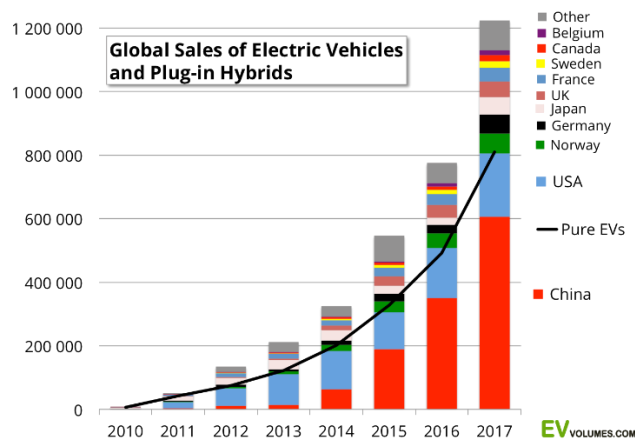
V roce 2008 byla založena firma Mechatronic Design & Solutions s.r.o. se sídlem v Kuřimi. Zpočátku byla firma zaměřena na konstrukci a výrobu přípravků pro ruční montáže, převážně pro firmy z oblasti automobilu. Od roku 2010 firma přidala do svého portfolia testovací zařízení na různé konektory, vstřikovací ventily, palivové nádrže a mnoho dalších komponentů nezbytných při výrobě automobilů. S průběhem rozrůstání společnosti se začala zvětšovat i nabídka složitějších konstrukčních celků. Od roku 2013 se firma začala zabývat vývojem automatických linek na skládání a testování konektorů do automobilového průmyslu. [1]



Obr. 1) Logo firmy [1]

2 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO ZPŮSOBU MĚŘENÍ

V současné době je automobilový průmysl zaměřen na vývoj a výboru elektromobilů, s čímž je spojen vývoj automatických stanic. Tyto stanice jsou uzpůsobeny pro hromadnou výrobu a testování komponent do elektromobilů. V České republice byla postavena první dobíjecí stanice elektromobilů roku 2011. Nárůst zájmu o vozidla s touto technologií má exponenciální charakter, jak je vidět na obrázku níže. Elektromobily disponují levnějším a ekologičtějším způsobem dopravy, než je tomu u spalovacích motorů. V některých zemích je již používání elektromobilů běžné. Dle průběžných zpráv z různých médií a informací od obchodníků přímo prodávající elektromobily je možné, že v České republice tato situace nastane v horizontu následujících deseti let. V současné době však Česká republika nedisponuje takovým elektrickým pokrytím, aby plně zavedení elektromobilu do běžného života bylo reálné. [2]



Obr. 2) Prodej elektromobilů od roku 2011[3]

2.1 Testování obyčejných automobilových konektorů

Obecně automobily obsahují velké množství konektorů. Většina z nich jsou však obyčejného typu, čímž se myslí plastový nevodivý výlisek osazený kovovými piny spojenými s kabelem. Na konektorech tohoto typu není takové množství požadovaných kontrol, jako si vyžaduje komplexnější konektor. Testy se provádí bez připájené kabeláže ke kontaktům v konektoru.

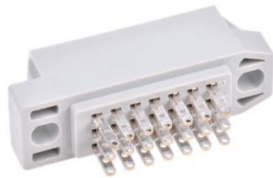
Běžně se na těchto konektorech provádí nízkonapěťový test v rozsahu od 10 V-12 V. Tento test slouží k zjištění přítomnosti a průchodnosti kontaktů v konektoru. Provádí se pomocí kontaktních hrotů tak, že se postupně napájí jednotlivé piny a pomocí binárních signálů a řídicího systému se zjistí, které kontakty fungují správně a které ne. [4]

Druhý test spočívá v testování konektoru proti zkratu, jinak řečeno vysokonapěťový test s napětím až 1000 V. Tímto testem zjistíme, zdali se při lisování pinů do plastového těla konektoru nějaký kontakt neohnul a nepřiblížil se k sousednímu kontaktu, což by mělo za následek zkrat. [4]

Dalším testem konektoru je změření správné výšky kontaktů vůči tělu konektoru a jeho tvary, které se mohly vlivem smrštění materiálu při chladnutí pozměnit. Tento test se obvykle provádí tak, že se konektor vsune do testovací masky, která má vnitřní tvar dle požadavků na přesnost konektoru. Výška pinů je kontrolována pomocí spínacích kontaktních hrotů uvnitř

masky. U většiny firem, které se zabývají výrobou konektorů, se všechny předchozí popsané testy provádí na jedné poloautomatické testovací stanici. [4]

Na samostatně stojícím pracovišti se provádí poslední povinný test pro zjištění plnohodnotného výrobku. Při tomto testu se konektor vloží do přípravku, který tvoří dvě tlakové komory. Zjišťuje se, jestli je usazení kontaktů v těle konektoru dostatečně těsné, aby konektor nevypadl a aby se skrze možné mezery nedostal prach nebo voda do části konektoru, kde je spojen s kabeláží. [4]



Obr. 3) Běžný konektor „Samec“ [5]

2.2 Testování konektoru pro dobíjení elektromobilu

Každý nový elektrický automobil je osazen konektorem, který je součástí této diplomové práce. Pro přivedení elektrické energie do baterie elektromobilu je zapotřebí speciálního konektoru, který spojí elektromobil s dobíjecí stanicí. Vzhledem k tomu, že vývoj a hromadná výroba těchto konektorů je poměrně nová technologie, vzniká požadavek vývoje montážních a testovacích linek pro hromadnou výrobu, která dříve nebyla zapotřebí.

Konektor se skládá z více dílů, kterými jsou například tělo konektoru, nosič, motorek, těsnění, světlovody, napájecí piny, průchodky, hlavní zamykání, sekundární zamykání, desky s plošnými spoji, zamykání, propojka zamykání a desky s plošnými spoji a šrouby držící celý konektor pohromadě. Tento konektor musí během montáže projít přes řadu testů při postupném skládání součástí do sebe. První operace je zalisování světlovodu a těsnění do těla konektoru. V této fázi se kontroluje pozice zalisovaných dílů a jejich světelná propustnost, dále se tělo konektoru zacvakne přes těsnění do nosiče. Poté se do těla konektoru volně vloží napájecí piny. Dalším krokem je nacvaknutí průchodky a sekundárního zamykání. Následně se pomocí kamer a senzorů zkontrolují všechny vložené prvky kromě napájecích pinů. V další fázi se zalisují napájecí piny a zkontroluje se výška jejich zalisování pomocí kalibru. V následující operaci se do těla konektoru vloží deska plošných spojů a zajistí se sekundárním zamykáním. Vložené součástky se sešroubují do sebe na stanovený utahovací moment. Na závěr montáže se na bok těla konektoru přišroubuje nejcitlivější část, což je zamykací motorek. Složený konektor se ustaví do testovací stanice, která pomocí kamery zkontroluje přítomnost všech dílů po sešroubování. Ze spodu se zkontaktují napájecí piny a z vrchu konektoru se zkontaktuje deska plošných spojů, aby se zjistila správná funkčnost.

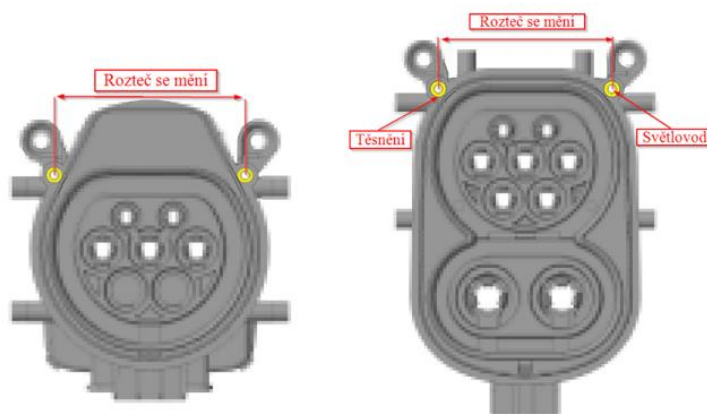
Při práci s výrobkem, který je osazen deskou s plošnými spoji, je zásadní, aby byl stroj zkonstruován dle zásad ESD zóny. Zkratka ESD znamená v originálním znění electrostatic discharge, což v překladu znamená elektrostatický výboj. Požadavkem ESD zóny je, aby všechny prvky na stroji byly z elektrovedivého materiálu. Tím se docílí toho, že při náhodném vzniku elektrostatického výboje na stroji je náboj přes vodivé části stroje sveden do země. Pokud bychom toto nezajistili, mohlo by dojít ke zkratu na desce plošných spojů a tím i k zničení komponentů.

2.3 Požadavky na schopnosti univerzální kontrolní a měřicí stanice

Hlavním úkolem, řešeným v této diplomové práci, je zkonstruování jednoúčelového stroje na kontrolu správného zalisování světlovodů a těsnění v těle konektoru. Po založení konektoru do pracovního lůžka musí být proveden test, zdali jsou přítomny světlovody a gumičky a také jestli jsou zalisovány do správné hloubky v těle konektoru. Součástí testu je i kontrola správného natočení světlovodů a také musí být zkontrolováno zachování jeho světlovodivostní funkce. Tento stroj musí být schopen kontrolovat více druhů konektorů. Tyto jiné varianty konektorů se liší jak celkovým tvarem, tak roztečí světlovodů a gumiček vzhledem k prostředku konektoru. Těsnicí gumička má na sobě osazení, kterým je opřena o hranu těla konektoru. Světlovod procházející skrze otvor v těsnění je vystrčen o určitou vzdálenost od opěrné hrany konektoru. Vzdálenost vystrčení světlovodu je u každého typu rozdílná.

Tato stanice je součástí rozsáhlé montážní a testovací linky. Na lince se vyrábí 17 různých druhů kompletních konektorů. Je důležité, aby bylo zajištěno, že se do pracovního procesu linky nezamíchá jiný typ konektoru, než by se měl v ten okamžik vyrábět, proto zde musí být zahrnuta opatření na kontrolu typu konektoru. Na obrázku níže můžete vidět příklady různosti typů konektorů. Zákazník si nepřeje, aby jeho produkty byly ukazovány v této diplomové práci, proto jsou části dílů, které nejsou stěžejní pro tuto diplomovou práci, rozmazány.

Stanice musí být zkonstruována dle zásad ESD zóny pro zamezení možného vzniku elektrického výboje a dle bezpečnostních požadavků zákazníka. Nutné je navrhnout systém signalizace pro operátora. Na stroji je plánováno testování 4 druhů konektorů se světlovodem a 4 druhy konektorů se zaslepeným otvorem. Zbylé varianty konektorů mají stejné tělo konektoru a liší se pozicí motorku nebo počtem napájecích pinů, což je řešeno na dalších modulech linky a pro tento modul to není podstatné. V budoucnu je ale v plánu implementovat více druhů konektorů, proto je nutné předem uvažovat nad konstrukcí celého stroje pro případné doplnění nových verzí konektorů.



Obr. 4) Příklady typů konektorů (záměrně rozostřeno)

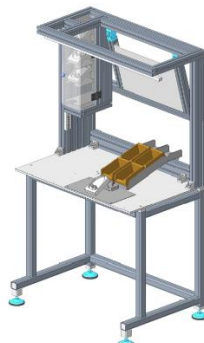


Obr. 5) Světlovod a gumové těsnění

2.4 Vývoj testovací a montážní stanice z hlediska historického vývoje

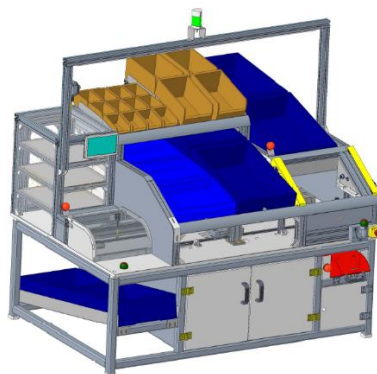
V době, kdy konkrétní zákazník hledal firmu, což bylo před prioritním zaměřením automobilových firem na elektromobilitu, bylo objednáno montážní a testovací zařízení na konektory do elektromobilů. V té době nebylo známé, kolik kusů a kolik druhů konektorů bude automobilový koncern potřebovat vyrobit, a proto se ve vývoji montážních a testovacích strojů šlo tím nejjednodušším směrem.

Úkony, jako jsou založení gumového těsnění a správné zalisování světlovodu do těla konektoru, což je předmětem této diplomové práce, byly podstatně jednodušeji řešeny, než je tomu dnes. Byl vyvinut ruční přípravek, kde si operátor vložil ručně těsnění do těla konektoru a konektor s těsněním se založil do lůžka. Poté ručně zacvakl světlovody do požadované pozice, tím se předpokládalo správné složení. Světelná průchodnost světlovodu byla testována až po zkontaktování desky s plošnými spoji, takže na vytvoření zmetku v prvotní části se přišlo až při finální kontrole.



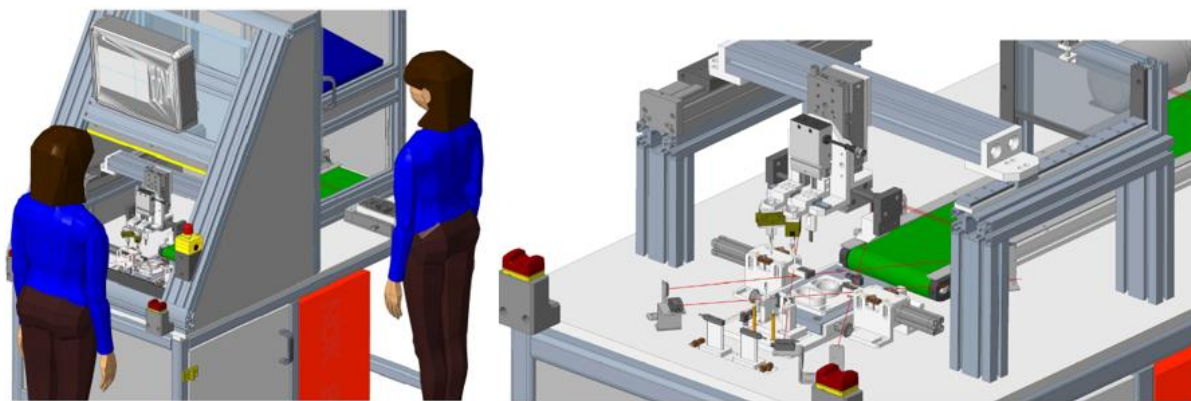
Obr. 6) Dřívější lisovací a testovací pracoviště

S požadavkem na hromadnou montáž a testování konektoru s taktem 5 minut na montáž jednoho kompletní konektoru, který linku opustí každých 35 sekund, bylo nutné vyvinout poloautomatické a automatické stanoviště s rychlejší montáží a obsáhlejší kontrolou kusů. Vývojová fáze, která je tu popisována, je současný stav linky a také hlavní téma této diplomové části. Současný požadavek byl na zachování ruční montáže těsnění a světlovodu do těla konektoru, ale testování musí probíhat strojně a obsáhle. Jsou zde testovány správná pozice těsnění, správná výška zalisování světlovodů vzhledem k opěrné ploše konektoru, správně natočené světlovody a světelná průchodnost světlovodem. Dále musí stanice testovat správnost typu konektoru, aby nedošlo k zamíchání jiného typu konektoru do výrobní dávky.



Obr. 7) Současný stav testovacího pracoviště

Zákazník si přeje linku co nejvíc automatickou, aby zamezil lidskému pochybení a snížil náklady na obsluhu. Proto se začne v budoucnu vyvíjet duplikace linky, kde bude minimálně potřeba lidské práce. Úkon týkající se lisování a testování světlovodu zde musí probíhat automaticky. Operátor založí těsnění na lisovací trny, světlovody do lůžek a konektor posadí na pracovní lůžko. Následně pomocí obouručního ovládání se spustí proces automatického nabrání komponent, lisování a testování. Poté se automaticky odebere zkontrolovaný konektor a pošle po dopravníkovém pásu k dalšímu operátorovi. V prvním čtvrtletí roku 2020 byl již vytvořen autorem této diplomové práce koncept pro zákazníka, který bude podroben detailnímu vývoji a bude dle potřeby důkladně propracován. Základním smyslem automatizace montáže dílčích komponent konektoru je náhrada ruční práce člověka a tím i snížená možnost pochybení.



Obr. 8) Koncept návrhu budoucího řešení duplikační linky

3 ROZBOR PROBLEMATIKY TESTOVÁNÍ

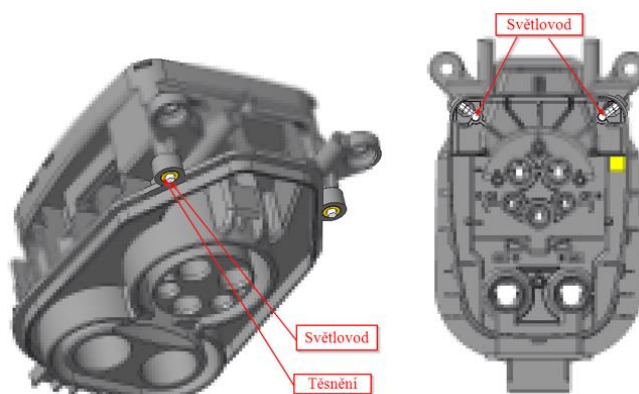
3.1 Vysvětlení problematiky testování

Úkolem této diplomové práce je zkonstruovat zařízení, které bude schopné testovat prvky na více druhů konektorů do elektrických automobilů. V této fázi jsou v těle konektoru zasazeny pouze světlovody a gumové těsnění.

Stanice bude mít za úkol testovat přítomnost a výšku zalisování světlovodu a těsnění vůči tělu konektoru. Dále je třeba kontrolovat světelnou průchodnost světlovodu. Při lisování světlovodů do těla konektoru dochází k větším silám, které by mohly světlovod poškodit, a tak i jeho hlavní funkci. V těle konektoru je místo, kam se světlovody lisují. Toto místo bohužel není děláno jako Poka-Yoke a světlovod lze vložit i jinak natočený, což je nežádoucí pro funkci. Tento světelný test se obvykle provádí pomocí diody a kamery kontrolující rozsvícení světlovodu.

Taktéž musí být kontrolováno, že je do testovací stanice zakládán správný typ konektoru a také, že bude založen do koncové pozice na pracovní lůžko, aby nedocházelo k poškození testovacího zařízení a prostoje výroby s nimi spojenými. Správné usazení do koncové pozice bude kontrolováno optickými čidly a správnost typu konektoru pomocí tvarového pracovního lůžka.

Dále musí být kontrolovány správná pozice a vysunutí těsnění a světlovodu vzhledem k opěrné hraně konektoru. Problém je různost konektorů, u každého typu konektoru se světlovody a těsnění nacházejí v jiné poloze vůči ose konektoru a také je vždy světlovod vystrčen o jinou vzdálenost vzhledem k opěrné ploše konektoru. Možnosti testování, kterými by bylo možné dané věci kontrolovat a získat výstupní hodnoty měření, jsou podrobně rozebrány v následujících kapitolách.



Obr. 9) Příklad konektoru s těsněním a světlovody (záměrně rozostřeno)



Obr. 10) Světlovod a gumové těsnění

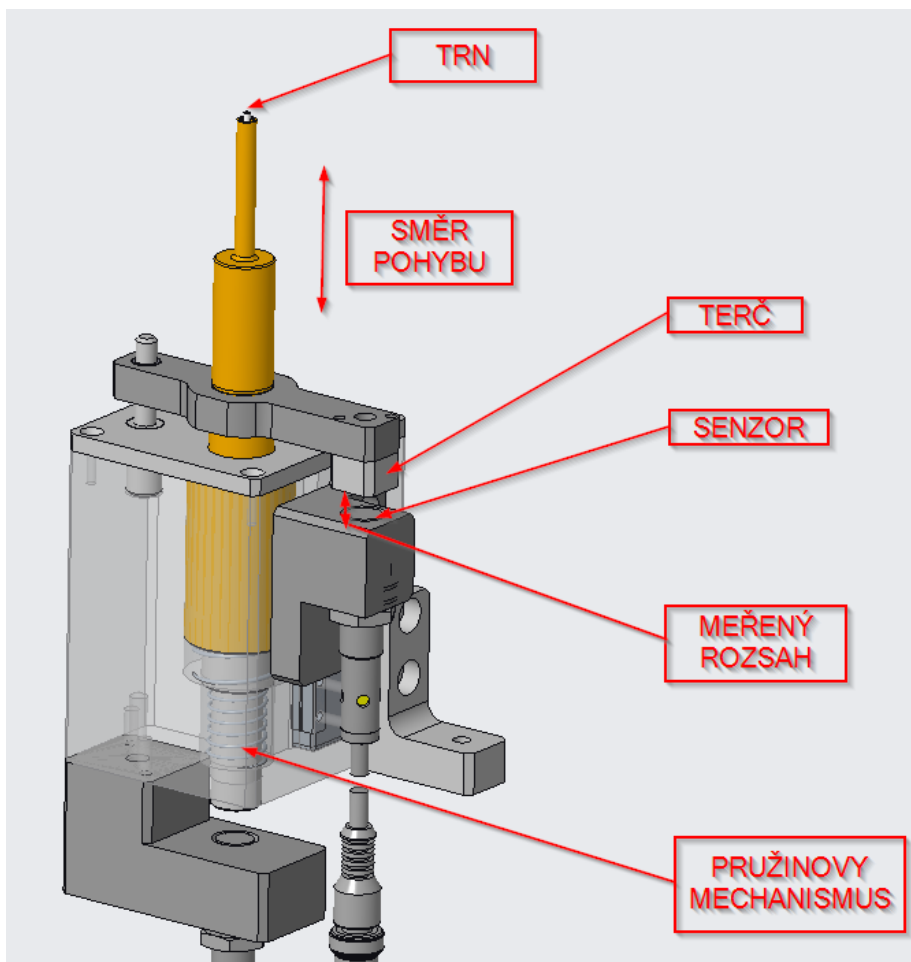
3.2 Kontaktní měření

3.2.1 Měřicí sonda

Pod pojmem měřicí sonda si můžeme představit opěrný trn, který bude v kontaktu s měřeným objektem. Trn je uložen v pružinovém mechanismu, a to celé je přiděláno na posuvové lineární ose, která zajišťuje přísuv k měřenému objektu. Měření probíhá posuvem trnu směrem k objektu, od momentu dotyku se začne trn zatlačovat směrem zpět pomocí pružinového mechanismu. Měřenou výšku lze získat z rozdílů vzdáleností mezi původním stavem trnu a zatlačeným stavem trnu. Měření zajišťuje indukční distanční snímač, který míří na destičku přidělanou k trnu.

Výhodou tohoto způsobu měření je značně dosažitelná přesnost až do setin milimetru. Při měření nám nezáleží na materiálu měřeného objektu.

Nevýhodou je složitost konstrukce a zástavbových prostor, komplikované nastavování síly uhnutí trnu vzhledem k pevnosti usazení měřené komponenty a celkového zdvihu trnu.



Obr. 11) Dotyková sonda

3.2.2 Kontaktní spínací hroty

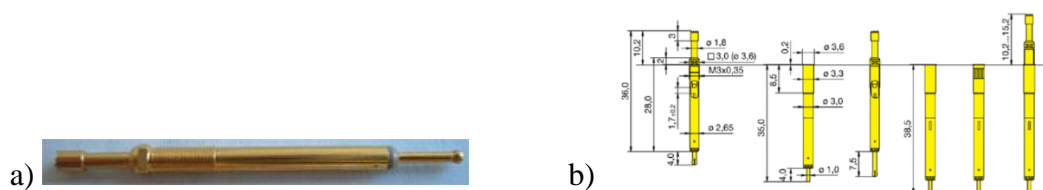
Kontaktní spínací hroty fungují na principu propojení dvou komponent uvnitř hrotu, což umožní průchodu elektrického proudu. Na hrot se napájí 2 drátky, jeden přímo na hladký povrch hrotu a druhý na kulovitý konec hrotu. Hroty se vyrábí v různých spínacích zdvihách. Hlavička hrotu se dělá ve více provedení, jak plastové, tak i kovové. V průběhu měření je hlavička v kontaktu s měřenou součástí. Hlavička se začne zasouvat do těla hrotu a ve správné hloubce zatlačení se kontakt propojí a pin sepne. [6]

Existují také typy hrotů, které se našroubují do hrotového pouzdra. Elektrické zapojení je stejné, ale výhoda je v možnosti výškového nastavení zdvihu. Zdvih hlavičky je pořád stejný, ale můžeme ho zvýšit pomocí výšky vyšroubování pinu v hrotovém pouzdru s jemným závitem. [6]

Hroty nebo hroty s pouzdry se obvykle do místa použití lisují, musí se ale dát pozor na materiál dílce, v kterém budou uloženy. Nežádoucí je vodivý materiál. Obvykle se využívá materiál POM-C nebo sklotextit.

Výhodou spínacích hrotů je nízká pořizovací cena, kompaktní rozměry, jednoduchá montáž a zapojení.

Nevýhodou spínacích hrotů je tolerance přesnosti spínacího zdvihu, a proto nejsou vhodné pro přesné měření výšky komponentu.



Obr. 12) a) Spínací hrot [6]

Obr. 13) b) Spínací hrot s pouzdrem [6]

3.2.3 Lankové snímače

Odměrování pomocí lankového snímače je jedním z nejjednodušších cest odměrování vzdálenosti. V dnešní době se upřednostňují inteligentní snímače a senzory a na takto snadné někdy i spolehlivější řešení se zapomíná, i když jsou finanční náklady nižší. Princip odměrování je založen na klubku odvinutého a nataženého lanka, jehož vysunutá délka je převedena na analogový nebo digitální výstup. Konec lanka je upevněn k pohyblivému se objektu a část s navinutým drátem je pevně přidělaná k podložce. Buben s navinutým lankem je mechanicky spojen se snímačem otáček. Tento snímač následně převede signál na analogový, digitální nebo inkrementální signál. Ten je dále zpracováván řídicí jednotkou, která může zobrazovat hodnotu na displeji. Výhodou těchto snímačů je, že měření nemusí být provedeno jen v kolmém směru, ale lanko může být i stočeno po kladce jiným směrem. [7]



Obr. 14) Příklad lankového snímače [7]

3.3 Bezkontaktní měření

3.3.1 Optoelektronické snímače vzdálenosti

Optoelektronické snímače, které dokážou snímat vzdálenost od snímaného objektu, se nazývají snímače difusní. Tyto snímače mají analogový výstup, jehož úroveň napětí závisí na vzdálenosti sledovaného objektu. Výstupní napětí nebo proud se mění v závislosti na změnách měřené vzdálenosti. V současné době lze použít i difusní snímač analogový s IO-Linkovým výstupem, kterým přímo získáme požadovanou digitální hodnotu. U difusních snímačů se vyslaný snímací paprsek odráží přímo od povrchu snímaného objektu a putuje zpět do těla senzoru na přijímací část. U všech typů optoelektronických snímačů je možné si vybrat, který druh světla bude pro snímání použit. Tento výběr závisí na velikosti snímaného objektu nebo na prostředí, v kterém bude senzor použit. [8] [9]

Prvním typem je využití červeného světla vysílaného led diodou. Tento druh světla se používá pro snímání středních a velkých objektů. Výhodou je, že při nastavování snímače můžeme světelný paprsek vidět a dle toho správně nastavit. Snímače s tímto typem světla bývají levnější. [8] [9]

Druhý typ světla je světlo laserové. Tento typ snímačů se využívá pro snímání malých objektů, které je možné i na velké vzdálenosti. Je důležité, aby snímač nikdy nesvítil proti obsluze stroje a aby nedocházelo k odleskům, které by obsluze mohlo poškodit oči. [8] [9]

Třetí typ využívaného světla je světlo infračervené. Tento druh světla je vhodný pro použití v prašném prostředí. Výhodou je, že není vidět a neobtěžuje obsluhu, s tím ale souvisí i obtížnější nastavování. [8] [9]

Poslední typ světla je červené světlo-pint point. Rozdíl mezi led červeným světlem a světlem-pint point je v usměrnění světelného paprsku. Tyto snímače bývají dražší než obvyčejné snímače s červeným světlem. [8] [9]

Existují dva druhy metod, pomocí kterých senzor určí vzdálenost snímaného objektu. První metoda spočívá ve využití triangulačního principu. Laserový triangulační princip spočívá v promítání světelného bodu na snímaný předmět pomocí laserové diody. Světlo, které je odraženo od snímaného předmětu, se vrací na PSD prvek pomocí systému optických čoček. Pozice dopadu paprsku na PSD prvek je dále analyzována a z jeho množství a pozice se určí vzdálenost snímaného objektu. PSD prvek je elektrická součást sloužící jako analogový polohový registr. Tento prvek je citlivý na množství světla a vlnovou délku, které jsou úměrné elektrickému signálu vycházejícího z jednotlivých PSD prvků. Se změnou polohy měřeného objektu vzhledem k senzoru se současně mění i poloha bodu dopadu paprsku na PSD prvek. Existují senzory i s dvojitým stíněním měřícího pole, díky kterému se dosáhne téměř ideální citlivosti a linearity. [8] [9]

Druhou metodou je využití principu Light time-of flight. Tento princip pracuje na snímání doby přeběhu paprsku. Světelný pulz vyslaný senzorem putuje ke snímanému objektu, odrazí se a přiletí zpět na přijímací prvek. Poté se z doby letu vypočte, ve které vzdálenosti se objekt nachází. Tento princip se využívá pro snímání na velké vzdálenosti. [8] [9]

Nevýhodou je náchylnost na změny dielektrika mezi senzorem a měřeným objektem. Proto se tento typ snímače používá převážně v suchém a čistém prostředí. [8] [9]



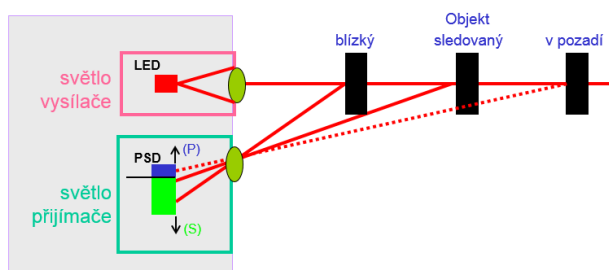
Obr. 15) Triangulační laserový princip [8]

Pro správné použití je nutné nejprve analyzovat snímaný objekt. Obecně platí, že snímací schopnost senzoru se zhoršuje, čím tmavší a matnější objekt je. Důležitý je také povrch snímaného objektu. Vlastnosti, které výrobci difusních snímačů deklarují, jsou zkušeny na měření na etanol, který má ideální vlastnosti pro snímání. Pro ideální měření by světelný paprsek měl být veden kolmo na snímaný objekt. Je vyzkoušeno, že při naklonění senzoru vůči snímanému objektu až o 45° je snímač stále ještě funkční. Paprsek, který dopadá na snímaný objekt, je široce rozptýlen nad povrchem vzhledem ke zvolenému úhlu. [8] [9]



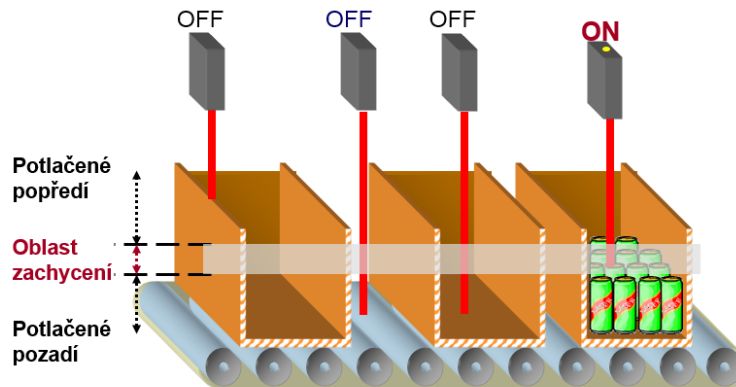
Obr. 16) Odraz paprsku [9]

Snímací rozsah obyčejného difusního snímače je závislý na barvě a tvaru povrchu snímaného objektu, se snímáním světlých lesklých ploch můžeme dosáhnout větších snímacích vzdáleností. Speciálním typem difusních snímačů jsou snímače s potlačeným pozadím, popřípadě i potlačeným popředím. Tento typ snímačů spolehlivě detekuje objekty v pásmu snímací vzdálenosti bez ohledu na odrazové vlastnosti pozadí a bez ohledu na odrazové vlastnosti povrchu a barvy snímaného objektu. Tento typ snímačů umožňuje i snímání matných objektů na lesklém pozadí. Existují 3 typy potlačeného pozadí. Fixní, s mechanickým nastavením a s elektrickým nastavením. Nejzajímavější je typ s elektrickým nastavením. [9]



Obr. 17) Difusní senzor s potlačeným pozadím a popředím [9]

Elektricky nastavitelný difusní snímač s potlačeným pozadím a popředím pracuje tak, že kužel paprsku vysílaný vysílačem se odrazí v poli nastavitelného rozsahu a dopadne na přijímací prvek v závislosti na poloze a pozadí. Přijímač s využitím triangulačního principu lokalizuje polohu předmětu. PSD prvek následně rozdělí elektronicky přijímač na oblast pozadí a oblast sepnutí. [9]

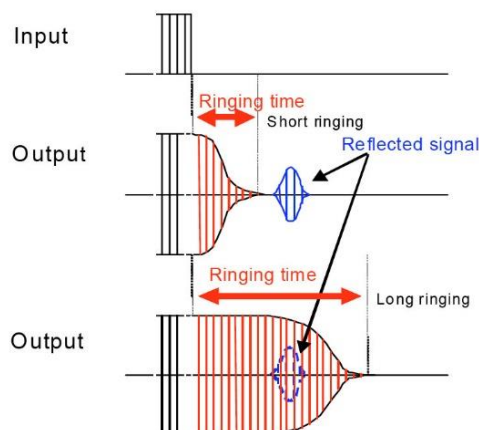


Obr. 18) Příklad použití [9]

3.3.2 Ultrazvukové měření

Princip ultrazvukového měření vzdálenosti spočívá ve vybuzování pulzů. Zařízení, které nám k tomu slouží, se nazývá ultrazvukový měnič. V zařízení se nachází ultrazvukový vysílač, který je krátkodobě buzen kmitočtem okolo 40 Hz. Vybuzený pulz se následně odráží od všech předmětů v prostředí své dráhy. Odražené pulzy od snímaného předmětu se vrací zpět. Vzdálenost předmětu od senzoru se vypočítá z rozdílu času vysílání pulzu a zpětného odražení. Musí být ale známa rychlost šíření zvuku v prostředí, přes které je snímáno. Ve většině případů je prostředí vzduch, v kterém se zvuk šíří rychlostí až 343 m/s. Ovšem tato rychlost je udávána při pokojové teplotě. Se změnou teploty, vlhkostí nebo nadmořské výšky se může rychlost šíření měnit. Obecně platí, že čím větší je hustota prostředí nebo předmětu, přes který se snímá, tím je zvuk šířen rychleji. Důležité je držet kolmý směr vzhledem k měřenému objektu. Tím se neztratí žádné impulzy a všechny se vrátí do přijímače. Nežádoucí je vychýlení kolmosti, protože se sníží počet odražených pulzů zpět do přijímače. [10]

Největší problém ultrazvukových měničů je v jeho dozvuku vysílače. Vysílač stále kmitá i po vypnutí napájecího signálu. To má za příčinu mechanickou rezonanci celé součástky a tím i přijímače, což je nežádoucí. V praxi se tento problém řeší pauzou mezi koncem buzení vysílače a aktivací přijímače, a to na tak dlouhou dobu, než vysílač přestane rezonovat. Tato časová mezera však značně ovlivňuje minimální snímací vzdálenost. [10]



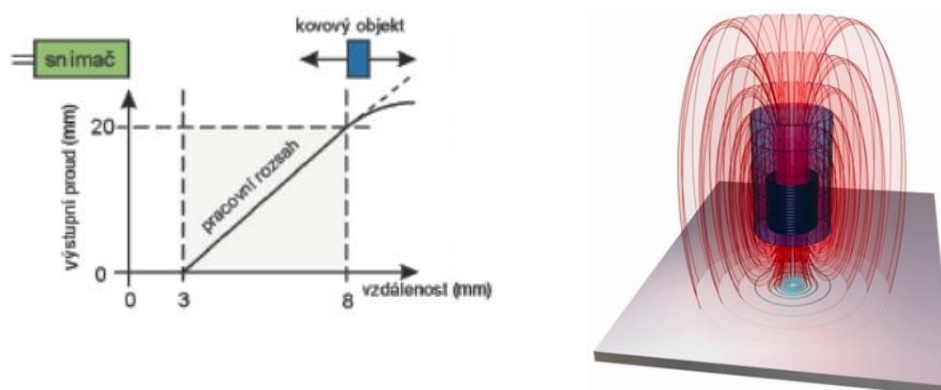
Obr. 19) Ultrazvukový měnič – dozvuk vysílače [10]

3.3.3 Indukční snímače

Indukční snímače využívají pro měření vzdálenosti princip vířivých proudů s analogovým výstupem. Výstup může být buď proudový, nebo napěťový. Tento princip je založen na odebrání elektrické energie z oscilačního obvodu. Cívka v snímači je napájena střídavým proudem a tím vzniká magnetické pole kolem cívky. Tento typ snímačů je schopen detekovat pouze elektricky vodivé materiály. Při vložení takového předmětu do magnetického pole cívky se začnou indukovat vířivé proudy, což vytvoří elektromagnetické pole. Vzniklé pole působí proti poli cívky a tím se mění impedance cívky. Následně řídicí systém vypočte impedanci podle změny amplitudy a fázového posunu. Výhodou těchto snímačů je možnost jejich použití v prašných, vlhkých a vysokotlakých míst měření. [8] [11]

Nevýhodou je možnost snímat pouze vodivé materiály. Korekčním faktorem je udáváno snížení snímací vzdálenosti pro snímaný předmět. Korekční faktor u oceli je 1, ale u mědi už je pouze 0,3. I u těchto typů snímačů dochází k hysterezi. Hystereze je rozdíl mezi bodem sepnutí a bodem rozepnutí. Udává se jako axiální citlivost v axiálním směru snímání. [8] [11]

Při použití více indukčních snímačů vedle sebe musí být dodržena předepsaná pravidla vzdálenosti uložení, aby se jednotlivé snímače neovlivňovaly. Tato pravidla se liší dle toho, zdali je použit snímač nevestavěného typu, jehož měřicí část nesmí být obklopena kovem, nebo snímač vestavěný, který lze zarovnat s čelem desky, v které je namontován. [8] [11]



Obr. 20) Princip vířivých proudů a výstupní charakteristika [8] [11]

3.3.4 Magnetické snímače

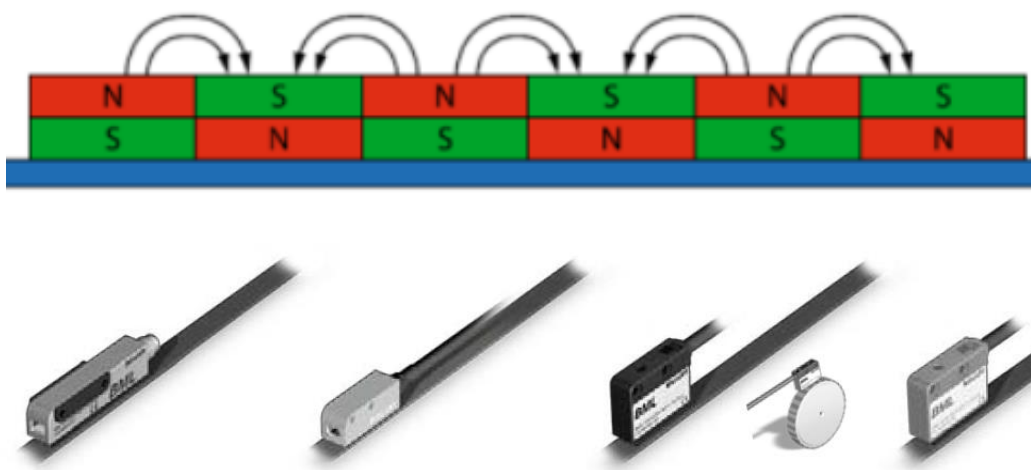
Magnetické snímače využívají princip magnetického pole. Magnetické pole prochází všemi nemagnetickými materiály a díky tomu mohou tyto senzory rozpoznávat permanentní magnety, které mohou být umístěny za stěnami z barevných kovů, hliníku, umělých hmot nebo dřeva. Magnetické snímače jsou často používány tam, kde indukční senzory nestačí z hlediska spínací vzdálenosti při stejných rozměrech snímače. Magnetické senzory se vyrábí na více principech. [12] [13]

První je Reedův senzor. Tento typ senzoru funguje jako jazýčkové relé, které se aktivuje při přiblížení k magnetickému poli. Často se využívají ve vlhkém nebo znečištěném prostředí. Nevýhodou Reedova senzoru je, že při úplném horizontálním přejetí magnetu kolem snímače může snímač vykazovat opakované spínání. [12] [13]

Druhý princip senzoru je magnetický senzor s nasycovaným jádrem cívky. Tento typ snímače se dříve používal k zjištění slabých magnetických polí. Snímač obsahuje cívku, která je buzena střídavým proudem o konstantní amplitudě. To způsobí rozkmitání magnetického pole okolo pracovního bodu. Při působení jiného magnetického pole nastane posun pracovního bodu po magnetizační křivce. Magnetická pole sníží permeabilitu a s tím i indukčnost cívky, na které nastane úbytek napětí, což dle typu NC/NO sepne nebo rozepne kontakt. [12] [13]

Třetím principem je Hallova sonda. V tomto případě se využívá odchylky vychýlených volných nosičů elektrického proudu vytlačených k okraji při působení elektrického proudu na kolmé magnetické pole. Důsledkem je vznik rozdílu potenciálů. Tyto senzory mohou dosahovat miniaturních rozměrů a dokážou snímat přiblížení i velmi malých objektů vyzařujících magnetické pole. [12] [13]

Pro lineární odměřování se používá speciálních senzorů a magnetického pásku, který se skládá ze segmentů střídajících se pólů. Hallův senzor detekuje změnu polarity magnetického pole. Tyto odměřovací senzory jsou schopny měřit až do přesnosti 1 mikrometru. Tento typ senzoru pracuje inkrementálně, což znamená, že při začátku měření se musí zreferovat, tedy určit si počáteční bod měření. Výhodou inkrementálních snímačů je možnost použití nekonečné vzdálenosti. Záleží jen na délce odměřovací pásky s magnety. [12] [13]



Obr. 21) Magnetické snímače lineární odměřování [12] [13]

Na podobném principu fungují i senzory, které se dávají na pneumatický válec a umožňují odměřovat pohyb pístnice, která má na sobě permanentní magnet. Využívají se u přesného lisování a k potvrzení přesných hodnot vzdáleností. Tento typ senzorů používá absolutní princip odměřování. Ten spočívá v poskládání magnetických částí do určitého kódování pro dosažení pokaždé jiného kódu u jiné polohy. Tento kód je následně převeden na posloupnost binárních čísel. Senzor přesně „ví“, kde se nachází i při vypnutí a opětovném zapnutí, nepotřebuje tedy referenční nulovací bod. Maximální vzdálenost odečítání závisí na maximálním rozsahu a jemnosti kódování. Tyto senzory slouží pro přesné odměřování až do přesnosti 1 mikrometr. Senzory se vyrábí jak v analogovém provedení, tak i v provedení analogovém s IO-Linkem. [14]



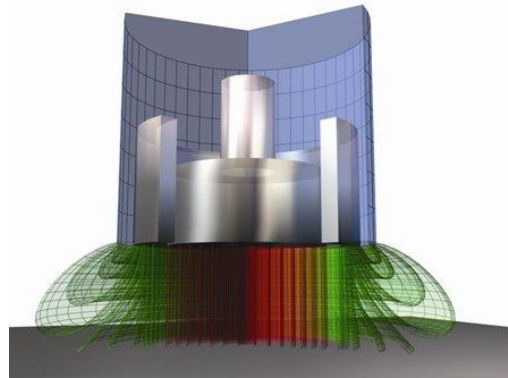
Obr. 22) Absolutní snímač vzdálenosti [14]

3.3.5 Kapacitní snímače měření vzdálenosti

Kapacitní snímače jsou opakem indukčních snímačů ve smyslu materiálu, který dokáží detekovat. Tento typ snímačů je schopen detekovat nevodivé materiály, ale i vodivé. U detekce vodivých se využívá jako dielektrikum vzduch mezi senzorem a detekovaným kovovým objektem. Kapacitní snímače zpravidla bývají válcového provedení a obsahují komponenty, které jsou řazené do bloků elektrických obvodů pracujících postupně. [16] [17]

Nejdůležitějším prvkem je kotoučová elektroda, schovaná do válcového pouzdra, sloužící jako stínění. Tyto dva prvky spolu vytvářejí kondenzátor o určité kapacitě. Tato kapacita se mění se změnou dielektrika, která závisí na míře přiblížení senzoru ke snímanému objektu. Další prvek v pozadí je RC oscilátor s rezistorem. Tento rezistor je se změnou kapacity rozladován a výstupní napěťový signál z oscilátoru je usměrněn a filtrován pro získání stejnosměrné složky, která je v komparátoru porovnávána s referencí a logickým výstupem, který řídí výstupní spínací stupeň. Tímto způsobem pracuje kapacitní snímač pro měření přítomnosti. Pokud by se jednalo o měření vzdálenosti snímaného objektu, musí být použit kapacitní snímač s analogovým výstupem, ve kterém je použit převodník. Tento převodník mění frekvenci na napětí a tím je získáván výstup, jakožto lineární závislosti napětí nebo proudu vzhledem ke vzdálenosti snímaného předmětu od senzoru. [16] [17]

Stejně jako u indukčních senzorů závisí snímací vzdálenost na materiálu snímaného objektu. U kapacitních snímačů je spínací vzdálenost přímo ovlivněna relativní permitivitou snímaného objektu. Kapacitní snímače není vhodné použít do prostředí, kde často nastávají teplotní rozdíly, protože relativní permitivita materiálu může být ovlivněna změnou teploty. Kapacitní snímače, jako indukční snímače, rovněž vyžadují určitá pravidla pro správné použití. [16] [17]

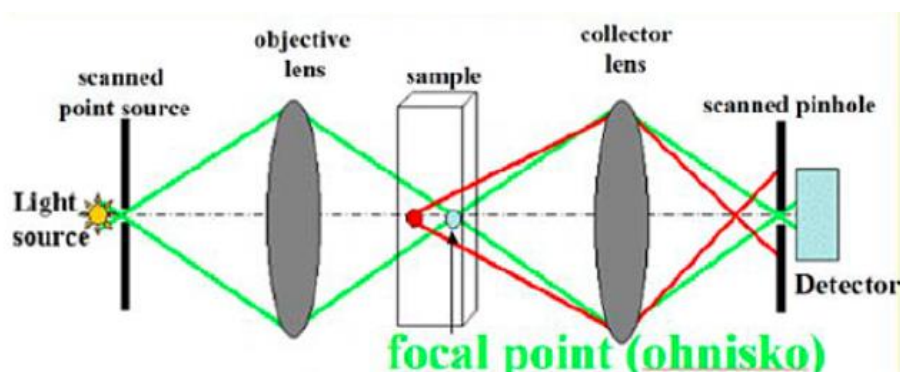


Obr. 23) Kapacitní snímač [8]

3.3.6 Konfokální měření

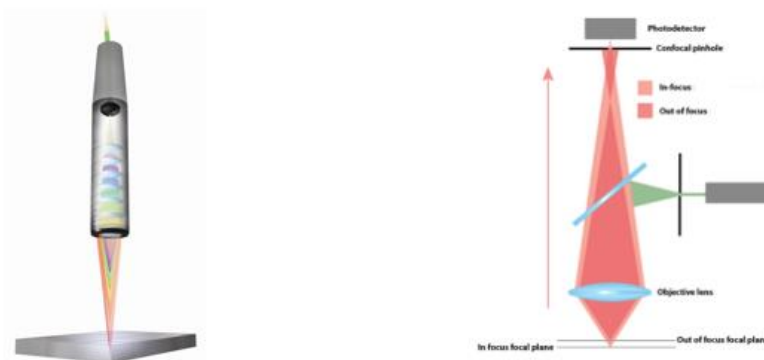
Konfokální snímače jsou v současné době nejpřesnější odměřovací senzory na trhu. Jsou schopny měřit vzdálenost objektu až s přesností na jednotky mikrometru, přičemž rozlišení měření je až v řádech desítek nanometrů. Největší výhodou konfokálních snímačů je možnost použití i pro snímání všech známých materiálů, dokonce i transparentních materiálů, jako je například sklo, a průhledných předmětů či světlovodů. Pro tyto aplikace se musí volit konfokální snímače, protože optické senzory u transparentních materiálů selhávají. [8] [18]

Technologie konfokálního měření je založena na postupném zaostřování bílého polychromatického světla na cílový bod přes systém čoček. Nejdůležitější věcí na konfokálním snímači je správné složení čoček do tzv. konfokálního uspořádání. Tím se docílí rozdělení bílého světla na monochromatické složky, neboli na jednotlivé vlnové délky, nezávisle na posunu. Výhodou konfokálního uspořádání čoček je získání ostrého obrazu bez okolního rušení. Konfokální soustava je realizována pomocí dvou čoček, které jsou konfokálně uspořádány. To znamená, že jejich ohniskové vzdálenosti jsou totožné. Bod, ve kterém se protnou paprsky, se nazývá fokální bod. Díky tomuto uspořádání světlo z fokálního bodu dává ostrý obraz. Neostré světlo, z jiného bodu než fokálního, je možné odfiltrovat za pomoci bodové clonky. [8] [18]



Obr. 24) Konfokální soustava dvou čoček [8]

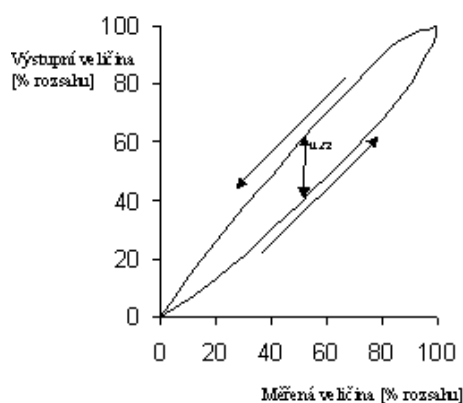
Konfokální snímač ke každé vlnové délce, vzniklé z rozdělení bílého světla během kalibrace, přiřadí určitou odchylku a pouze ta vlnová délka, která je přesně zaostřena na snímání objekt, je určena pro měření. Tato určitá vlnová délka je určena průchodem přes soustavu čoček a clonky, jež bylo popsáno výše. Detektor, který přijme výsledný paprsek světla, zpracuje změny světelného spektra, jehož výsledkem je přesné změření vzdálenosti. [8] [18]



Obr. 25) Princip konfokálního senzoru [8]

3.3.7 Hystereze

U indukčních, kapacitních, magnetických a optických snímačů dochází k hysterezi. Hysterezi může být rozuměno jako rozdíl signálu, který vznikne při najíždění do určité polohy z jednoho směru, jeho přejetí stejným směrem a poté najetí ze směru druhého. Hysterezi můžeme nazvat axiální citlivost spínání senzoru. [12]



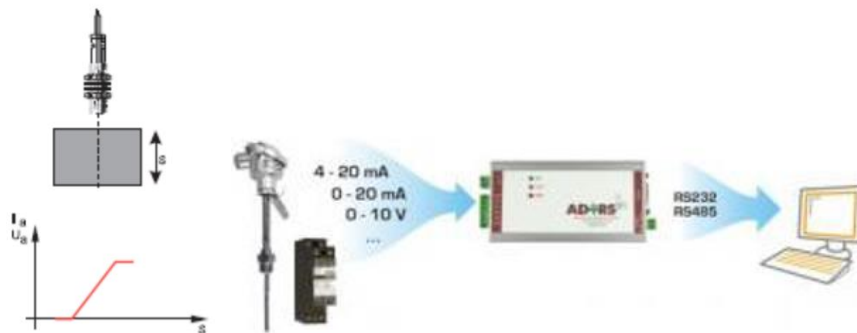
Obr. 26) Hysterezní křivka [19]

Dílčí závěr: Je velmi nesnadné nalézt vhodný snímač, který by vyhovoval nárokům na testování polohy světlovodu vůči tělu konektoru kvůli malým rozměrům, vysoké přesnosti a transparentnímu materiálu světlovodu.

3.4 Propojení s řídicím systémem a získání měřených dat

3.4.1 Analogové odměřování

Typické snímače, které mohou mít analogový výstup, jsou kapacitní magnetické indukční senzory a optoelektronické snímače. Tento typ senzorů slouží pro získání přímo měřené veličiny, jako je vzdálenost, zrychlení, teplota, tlak a další. Tyto senzory mají krátké dosahové vzdálenosti. Princip odměřování je vysvětlen na příkladu indukčního analogové snímače vzdálenosti. Snímaný kovový objekt je po celou dobu ve snímaném rozsahu senzoru a jeho vzdálenost je převedena na proporcionální proudový signál 0-20 mA, nebo na napěťový signál 0-10 V. Linearita uvnitř měřícího procesu se pohybuje okolo 2 %. To platí pouze, pokud je snímaná plocha větší, než akční plocha senzoru. Přesnost opakovaného měření obvykle dosahuje do přesností na řády mikrometrů. Při působení okolní teploty může nastat teplotní drift, který může mít na měření negativní vliv. Analogový přenos signálu je výhodné použít tam, kde je potřeba rychlý přenos. Analogový senzor je napojen na kartu A/D, která mění analogový signál na digitální výstup, který je dále veden do PLC. [11] [20]



Obr. 27) Analogový senzor [4] [19]

3.4.2 Analogové odměřování IO-Link

Údaje ze standardních analogových snímačů častokrát procházejí více A/D konverzemi předtím, než se data dostanou do řídicí jednotky, tím se může stát chyba měření vlivem ztrát. Kdežto u IO-Linkových analogových senzorů dochází pouze k jedné konverzi A/D, čímž se zvyšuje přesnost dosažených výsledků oproti standardním analogovým snímačům. Díky komunikaci po IO-Linku není třeba žádné převodníkové karty a výstupní naměřené hodnoty jsou přímo čitelné v PLC. Další nesmírnou výhodou je, že komunikace s inteligentními senzory je obousměrná, což umožňuje senzor vzdáleně nastavovat na požadované hodnoty. IO-Linkové senzory jsou rovněž vybaveny autodiagnostikou. Při poruše senzoru PLC dá seřizovači informaci, který senzor je porušen, a po následné výměně se senzor automaticky nastaví na stejné parametry, jako byl předchozí senzor. Senzory jsou napájeny pomocí standardních průmyslových nestíněných kabelů do maximální vzdálenosti 20 m. [20] [21]



Obr. 28) IO-Linkový analogový indukční distanční snímač [21]

3.4.3 IO-Link-využití v automatizaci

IO-Link je způsob digitální komunikace typu Point to Point sloužící pro propojení řídicích prvků a inteligentních senzorů a používající se pro průmyslovou automatizaci. IO-Linková komunikace nahrazuje analogové výstupy prvků. Pro přenos dat je se používá signál binárního rozraní od 0 až 24 V, který je zpracováván pomocí pulzní modulace. IO-Link jako takový byl vytvořen především firmou Siemens spolu s dalšími partnery. Hlavním důvodem bylo sjednocení průmyslové komunikace mezi řídicím a řízeným členem. To přináší možnost například použít sběrnici od jednoho výrobce a čidla od jiného výrobce, protože pracují na stejném komunikačním protokolu. Systém IO-Link je podporován všemi známými sběrniceovými protokoly, jako jsou například Profibus, Profinet, Ethernet/IP, EtherCat a mnoho dalších, což umožňuje rychlejší zavedení do stávajících procesů. Tato technologie je nedílnou součástí průmyslu čtvrté generace, protože umožňuje spravovat a identifikovat provozní stav stroje na dálku. [22][23][24][25]

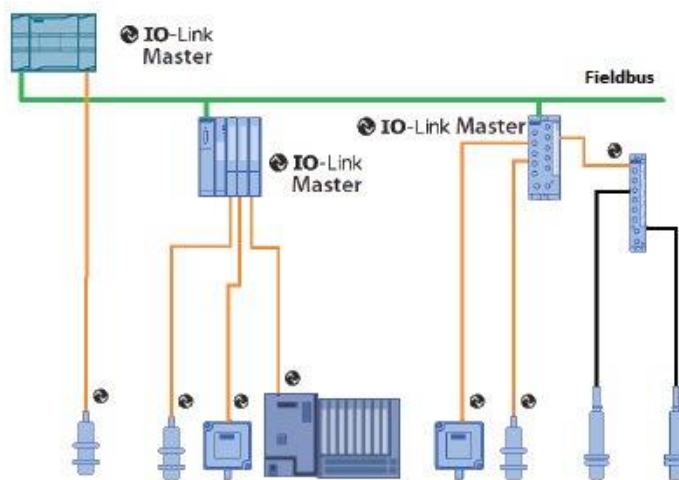
Při použití IO-Linkových zařízení je nyní možnost komunikovat s akčními členy na vyšší úrovni, než jsou jednoduché binární signály nebo analogové rozsahy. Přes řídicí jednotku je možné získat informace o aktuálním stavu akčního členu, neboli provádět jeho pravidelnou diagnostiku. Příkladem může být zanesení senzoru, kdy systém je schopen před totálním zanesením senzoru, kdy už nebude moci správně pracovat, informovat PLC a dát pokyn operátorovi k čištění. Tím se lze vyhnout případným chybám a nákladných prostojů při zjišťování problému a opravě. Při náhlé poruše senzoru nebo jiného zařízení PLC dostane informaci o tom, které zařízení a na kterém připojovacím portu ve sběrnici nebo sdužovacím poli nepracuje správně. Největší výhodou je, že systém si pamatuje nastavení senzoru, který byl porouchán, a při připojení náhradního senzoru se senzor automaticky nakonfiguruje na funkci jeho předchůdce. Může nastat případ, že dříve bylo čidlo instalováno určitého typu, ale seřizovač připojí jiný typ senzoru. Pokud je takto nahrazen senzorem jiného typu, systém automaticky identifikuje a dá chybovou hlášku. Každé zařízení IO-Link obsahuje tzv. IODD (IO Device Description), který popisuje dané zařízení a jeho možnosti. Díky tomuto souboru lze číst parametry, sériová čísla a mnoho dalších informací o zařízení. Díky obousměrné komunikaci s akčním členem přímo z řídicí jednotky lze měnit parametry akčních členů na dálku. Komunikace IO-Linkových zařízení běží po standardní průmyslové tří nebo pěti žilné kabeláži. Při správném propojování všech IO-Linkových zařízení může být dosazeno minimálního počtu kabeláže. V případě analogových zařízení již nejsou potřeba žádné předvodňkové karty, pokud je pořízen přímo analogový IO-Linkový senzor. [22][23][24][25]

V současné době si již většina výrobců chystá výrobky, které jsou schopny komunikace po IO-Linku. Můžeme se setkat s analogovými senzory lineárního odměřování, které mají výstup převedený po IO-Linku a mohou se zapojit přímo do PLC nebo do IO-Linkové master sběrnice, která se může nacházet v pracovním prostoru stroje, pokud dosahuje požadovaného stupně krytí. Tyto master sběrnice mohou být buď s 8 nebo 16 připojovacími porty a rozdělují se na vstupní, výstupní a jejich kombinace. Do master sběrnice se mohou zapojovat analogové IO-Linkové snímače, světelné prvky, jako je světelný maják, pneumatické ventilové terminály nebo sběrnice typu sdužovací pole, do které se připojují senzory s binárním výstupem. Sdužovací pole se vyrábí opět ve variantě 8 nebo 16 připojovacích portů, přičemž je možné propojit dvě sdužovací pole do sebe, čímž je získáno sdružení pouze do jednoho výstupního kabelu, ale ztratí se tím jeden připojovací port. Tato sdužovací pole se umísťují do stroje na místo, kde dochází k největšímu shluku senzorů, aby bylo ušetřeno kabeláže a také práce při zapojování. [22][23][24][25]



Obr. 29) IO-Linkový master a sdužovací pole [23] [24]

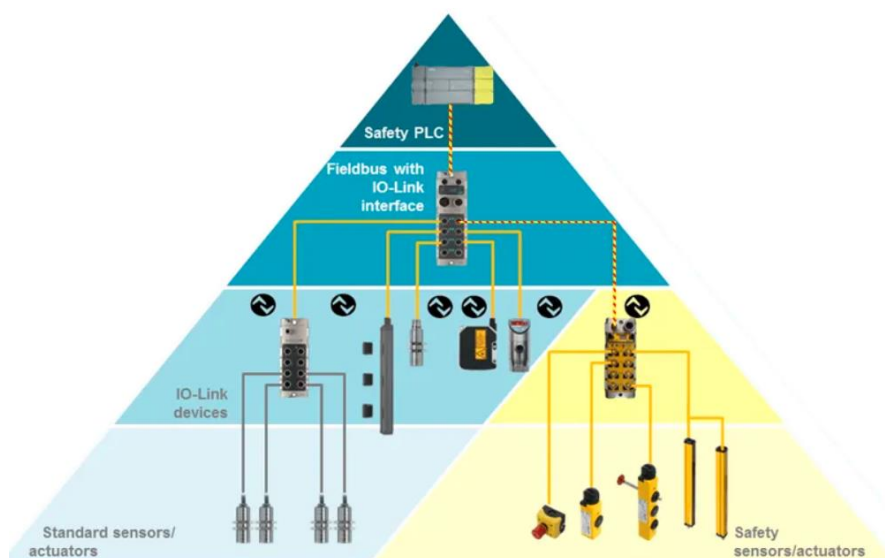
Pro propojení IO-Linkových prvků stačí standardní tři nebo pět žilový průmyslový kabel, který je vysoce flexibilní a má schopnost vydržet mnoho cyklických ohybů. Přenášená data jsou digitalizována bez převodních ztrát a není potřeba speciálních stíněných kabelů. Propojování prvků se provádí přes konektory M5, M8 nebo M12. Vstupní konektory v masteru jsou buď 3, 4, nebo 5 ti pinové. Rozložení je následující. Pin1: napájení; Pin2: nepoužívá se; Pin3: napájení; Pin4: signál C/Q; Pin5: nepoužívá se. Toto platí pro variantu A. Pokud by zařízení vyžadovalo další napájení, jednalo by se o variantu B, kde je napájení i na pinu 2 a pinu 5. Za předpokladu správně provedeného propojování všech prvků ve stroji je možné vést pouze jeden kabel přímo do rozvaděče řídicího systému. V případě narušené kabeláže master 3x vyše zprávu výstupnímu prvku, pokud nedostane odpověď, pošle do PLC informaci o chybovém stavu. Kabeláž mezi masterem a výstupním prvkem nesmí přesáhnout délku 20 m. [22][23][24][25]



Obr. 30) Propojení v IO-Linkové struktuře [25]

V nedávné době byl vyvinut systém, který spojuje automatizační a bezpečnostní technologie ochrany stroje do jednoho systému. Tento systém se nazývá Safety over IO-Link. Tento systém je doplněn na další bezpečnostní okruh, aby byla zajištěna tzv. „dvoukanálová bezpečnost“. Abychom tento systém mohli použít, musíme rozvaděč vybavit bezpečnostním PLC. Jeho akčním členem je bezpeční I/O modul Profisafe, který je otevřen možností připojení téměř každého bezpečnostního zařízení od koncového spínače až po světelné brány. Bezpečnostní master se vyrábí buď ve variantě 8 nebo 16 portů, přičemž je možné propojit mastery do sebe, čímž získám sdužení pouze do jednoho výstupního kabelu, ale ztratí se tím jeden připojovací port. Mastery se vyrábějí s porty typu vstupní/výstupní. Aby byla zajištěna bezpečnostní funkce, všechny prvky se do bezpečnostního masteru připojují pomocí konektoru M12 buď v provedení 8-pólovém, nebo 5-pólovém, vždy s kódováním. Jednotlivé členy, které

jsou zapojeny do bezpečnostní sběrnice, je možné vzdáleně provádět nastavování a diagnostikování. V případě poruchy je možné daný člen vyměnit a systém mu automaticky nahraje příkazy pro vykonávání stejné funkce, jako měl porouchaný člen. Tyto sběrnice bloky se umísťují buď do rozvaděče, nebo pokud splňují úroveň krytí, do pracovního prostoru stroje tam, kde je největší shluk bezpečnostních prvků, aby bylo ušetřeno kabeláže. Bezpečnostní sběrnice se následně propojí buď přímo s bezpečnostním PLC, nebo s obyčejným IO-Linkovým masterem, z kterého je vyveden kabel přímo do rozvaděče. Tento způsob propojení není standardní, jediný výrobce, kdo s touto metodou doposud přišel na trh, je firma Balluff. Pro tuto aplikaci si vytvořila vlastní Profisave protokol, díky kterému to může být spojeno do obyčejného IO-Link masteru s obyčejným kabelem. Největší výhodou systému Safety over IO-Link je potřeba minimálního počtu bezpečnostních relé a jiných prvků umístěných v rozvaděči. Tím se ušetří náklady, kabeláž a místo v rozvaděči. IO-Linkový protokol také usnadňuje řízení a monitoring celého stroje. [26]



Obr. 31) Systém Safety over IO-ling [27]

Dílčí závěr:

Současným trendem je co nejširší používání IO-Linkových prvků. Je nutné si nejdříve uvědomit, co je od navržených prvků vyžadováno. U senzorů je komunikační protokol IO-Link výhodný kvůli možnosti vzdáleného nastavování, přímému získání měřených hodnot a autodiagnostice. Existují elektrické pohony, které lze řídit propojením přes ovladač do IO-Linkových masterů, avšak v tomto případě je vyžadována rychlá odezva od polohovacího systému, proto je výhodnější použít komunikační protokol Profinet, který zajistí o značně rychlejší přenos informací. Ventilové terminály lze rovněž propojit s IO-Link masterem, ovšem s ohledem na požadované rychlé reakční časy je spíše pro tyto aplikace preferován protokol EtherCat, v případě PLC od firmy Beckhoff. IO-Linková komunikace může být použita na bezpečnostní okruhy. Přináší s sebou výhody ohledně menšího počtu kabeláže a menšího počtu bezpečnostních relé, nicméně odezvy jsou rovněž pomalejší, než je tomu u jiných typů komunikací, což může být nežádoucí například u světelné bezpečnostní brány, kde je vyžadováno co nejrychlejší rozepnutí bezpečnostního okruhu při narušení světelného paprsku. V takových případech nemusí být IO-Link dostačující a bezpečnostní brány musí být posunuty do vzdálenější pozice od pohybujících se členů stroje.

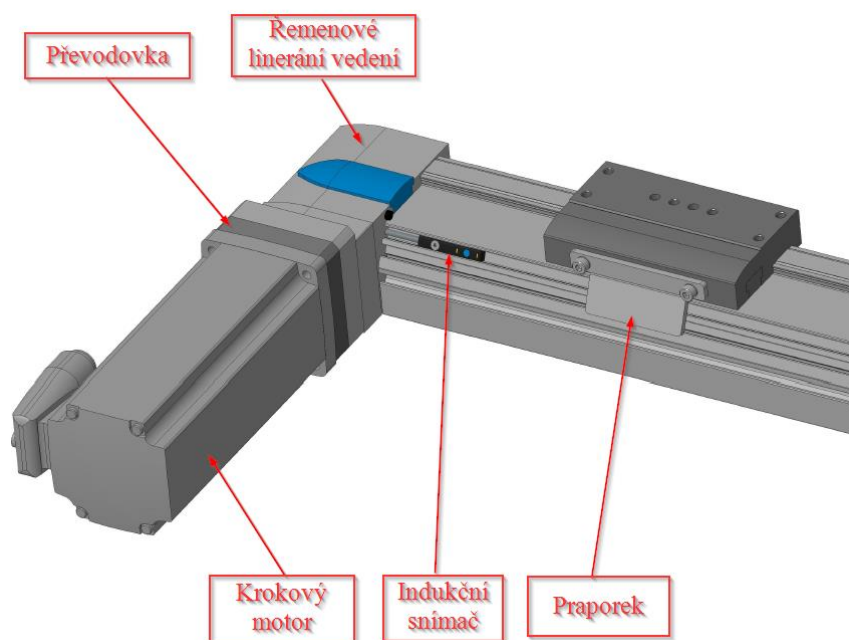
4 NÁVRH ŘEŠENÍ

Zásadní body konstrukce, které bylo nutné zvážit a následně zvolit, byly:

1. Zvolení možnosti přesunu pracovního vozíku ze zakládací pozice, přes testovací pozici, do pozice odebírání. V tomto je kladen důraz na co největší opakovatelnou přesnost zastavování pracovního vozíku v testovací pozici, a to z důvodu toho, že testované komponenty jsou malých rozměrů. Tímto problémem se zabývá návrh číslo 1 a návrh číslo 2.
2. Druhý důležitý bod konstrukce řeší, jakým způsobem bude provedeno testování správného zalisování světlovodů a gumového těsnění. Tímto problémem se zabývá návrh číslo 3, návrh číslo 4 a návrh číslo 5.

4.1 Návrh řešení číslo 1

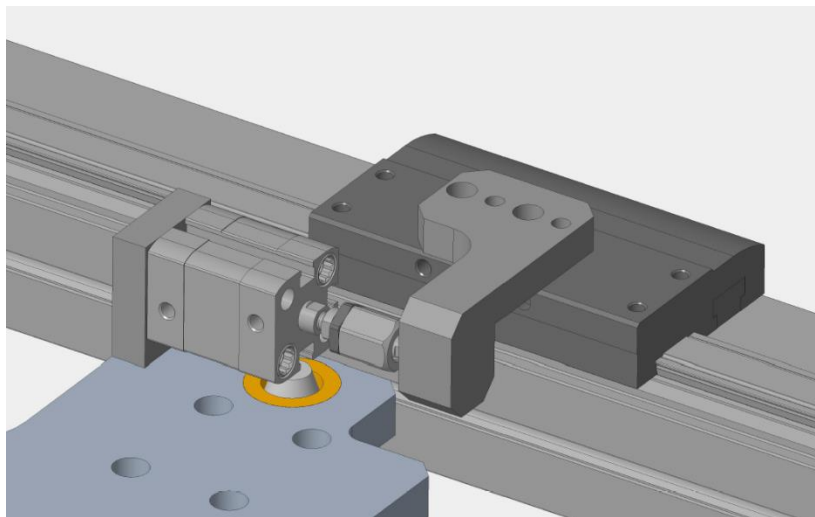
Prvním návrhem je řešení, které se skládá z lineární osy vedené řemenem a poháněné krokovým motorem s enkodérem. Minimální délka vedení je dána 1400 mm, a to kvůli potřebě přejetí celého stroje spojeného s jezdcem na lineárním vedení a vozíkem nesoucí produkt. Lineární vedení je vybráno od firmy Festo a stejně tak i krokový motor a převodovka. Krokový motor je zde dostačující, protože pohon řemenem sám o sobě není dostatečně přesný a použití servomotoru by zde nemělo velký význam. V tomto konstrukčním úkolu je potřeba možnost zastavení vozíku ve třech polohách, přičemž prostřední poloha je požadována s opakovatelnou přesností 0,04 mm. U zvoleného typu lineárního vedení je možnost kontrolovat koncové pozice jezdce pomocí indukčních čidel, které jsou vloženy do drážky vedení a praporek připevněného k pohyblivému jezdcí. Čidlo taktéž slouží jako referenční bod, od kterého je prvotně zvolena nulová hodnota zdvihu. Krokový motor je spojen s lineárním vedením přes planetovou převodovku s převodovým poměrem 3:1. Obrázek lineárního vedení s motorem je vidět níže.



Obr. 32) Krokový motor s lineárním vedením

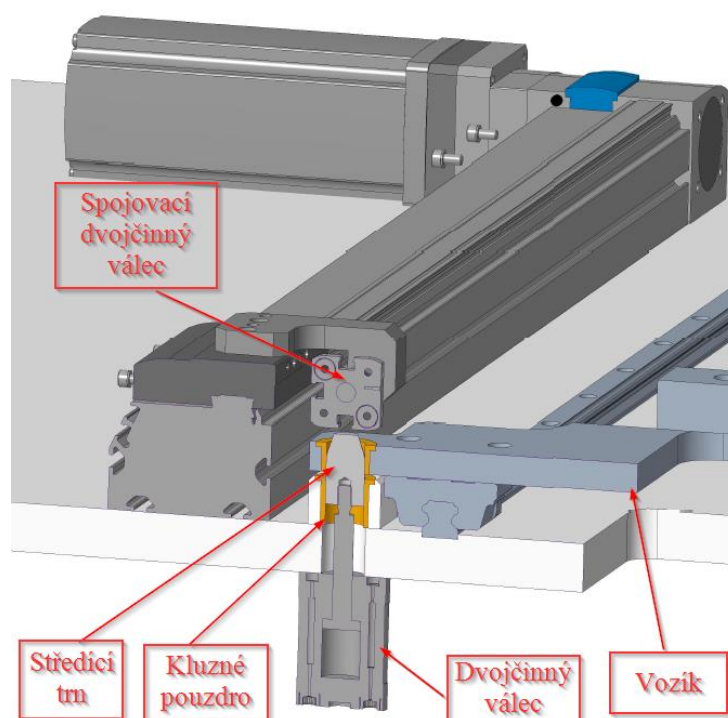
Pro řešení dosažení přesné polohy je zkonstruován speciální mechanismus. V místě požadovaného zastavení vozíku je k základové desce přichycen dvojčinný pneumatický válec s kuželovým, speciálně vyráběným středícím trnem. Vozík je spojen s lineárním vedením pomocí pneumatického dvojčinného válce se zesílenou pístnicí a axiální kyvnou spojkou. Propojující pneumatický válec je napojen na 5/3 ventil typu E (střední poloha otevřena). Koncové polohy pneumatického válce jsou potvrzeny indukčními snímači ve drážce profilu pneumatického válce.

Tato konstrukční část pracuje následovně. Krokový motor se zpětnou vazbou najede do požadované testovací polohy. Následně je pneumatický ventil přepnut do střední otevřené polohy a pístnice válce, spojující pracovní vozík a jezdec vedení, je uvolněna. Ze základové desky vyjede středící trn, který zajede do středícího pouzdra ve vozíku. Tímto procesem se dosáhne požadované přesnosti polohy. Po vykonání testovacích operací na vozíku trn vyjede ze středícího pouzdra. Propojovací válec jezdců a vozíku je zasunut a vozík je přesunut do koncové polohy ve stroji. Obrázek mechanismu je vidět níže.



Obr. 33) Spojení jezdců s pracovním vozíkem

Axiální spojka na pneumatickém válci se zesílenou pístnicí je nutná z více důvodů. Pracovní vozík je spojen s vozíky od firmy Hiwin a jezdí po dvou rovnoběžně uložených kolejnicích. Samotné lineární vedení má taktéž zajištěné přesné rybinové vedení jezdců. V tomto případě je na délce 1400 mm velmi obtížné dosáhnout rovnoběžnosti obou kolejnic a lineárního vedení. Kdyby byla propojena pístnice válce přímo s unašečem na jezdcích lineárního vedení, mohla by nastat situace, že pístnice se může vybočit a válec začne netěsnit a tzv. „profukovat“. Axiální spojku lze nahradit pryžovým silentblokem.



Obr. 34) Aretování vozíku v řezu

Pro tuto variantu jsou vytipované komponenty:

Lineární vedení: EGC-70-1400-TB-KF-50H-GK

Převodovka pro krokové motory: EMGA-60-P-G3-SST-57

Krokový motor: EMMS-ST-57-S-SE-G2

Ovladač motoru: CMMO-ST-C5-1-LKP

Indukční čidla + praporek: SIES-8M-PO-24V-K-7,5-OE + SF-EGC-1-70

Ukotvení lineárního vedení k základové desce: MUE-70/80 [28]

Důležité parametry lineárního vedení s krokovým motorem:

-Maximální rychlost: 0,317 m/s

-Zrychlení/zpomalení: 0,2 m/s²

-Teoretická opakovatelná přesnost polohování: ±0,08mm

-Reálná opakovatelná přesnost při zatížení 6,5 Kg : ±0,1mm

-Délka zdvihu: 1400 mm

-Maximální doba přejezdu 12 s [28]

This solution offers you the following performance

Travel time 12,003 s
Cycle time 12,403 s
Dwell time 0,4 s

Load Axis 2 %
Load Motor 31 %
Load Guide 4 %

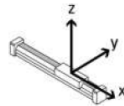
Distance of load

Mounting position, Axis
Mounting position, Guide

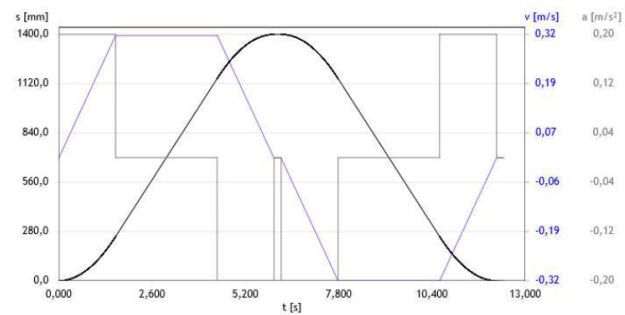
m = 6,5 kg
X 0 mm
Y 0 mm
Z 0 mm

F = 0 N

Horizontal 0 °
Up or down



Motion profile see diagram (Detailed motion profile, Complete)



Obr. 35) Lineární řemenové vedení s krokovým motorem [28]

Z výpočtu od firmy Festo, provedeného v programu PositioningDrives Version 2.3.30, lze vidět, že celková přibližná doba přejezdu vozíku přes celý modul a zpět je 12 s. Opakovatelná přesnost, které je schopno vedení s motorem dosáhnout, je $\pm 0,1$ mm, což je pro naši aplikaci nedostatečné a musíme navrhnout výše zmíněný konstrukční celek s pneumatickým válcem a středícím trnem. Výpočet byl proveden se zatížením motoru na 31 %. Z toho vyplývá, že v případě potřeby lze pohyb zrychlit.

Výhody řešení

- Levnější varianta na lineární vedení a motor
- Snadnější levnější údržba
- Možnost měnit pozici motoru vůči lineárnímu vedení

Nevýhody řešení

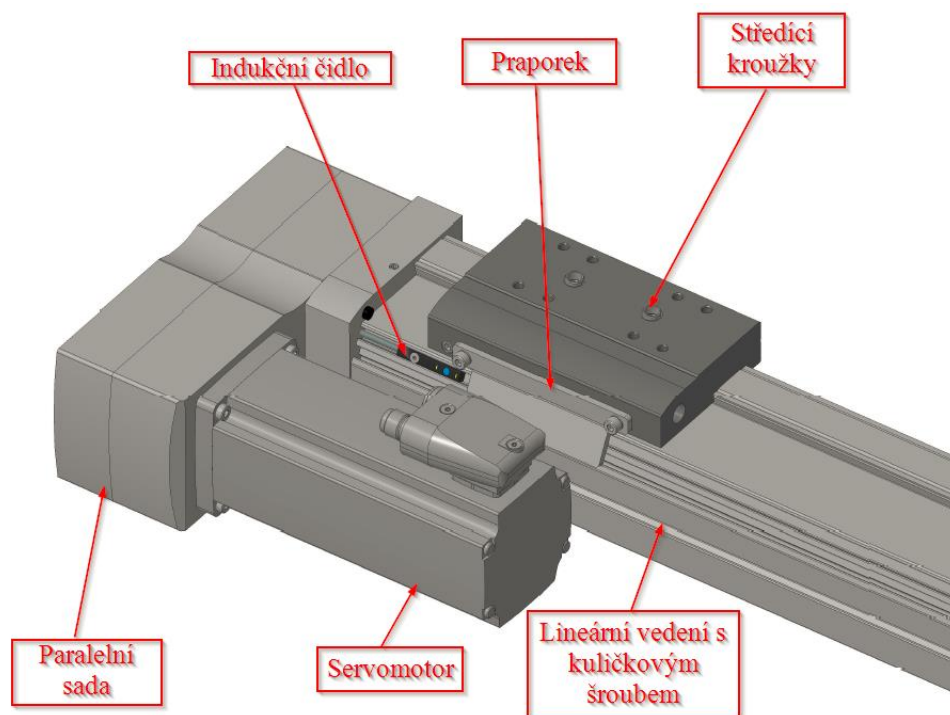
- Nutnost přidání prvků pro zajištění přesnosti polohování
- Komplikovaný postup pro dosažení přesné polohy

Název	EUR (25)	KČ
Lineární v. s řemenem EGC-70-1400-TB-KF-50H-GK	935	23375
Krokový motor – EMMS-ST-57-S-SE-G2	176	4400
Převodovka – EMGA-60-P-G3-SST-57	320	8000
Ovladač motoru – CMMO-ST-C5-1-LKP	198	4950
Snímač a praporek – SIES-8M-PO-24V-K-7,5-OE + SF-EGC-1-70	38	950
Upevňovací prvek – MUE-70/80	18	450
Přípevňovací sada – EAMM-A-L38-60G	126	3150
Náklady na vyráběné dílce	500	12500
Celkem	2.259,0 EUR	63.975,0 Kč

Tab. 1) Náklady na variantu číslo 1

4.2 Návrh řešení číslo 2

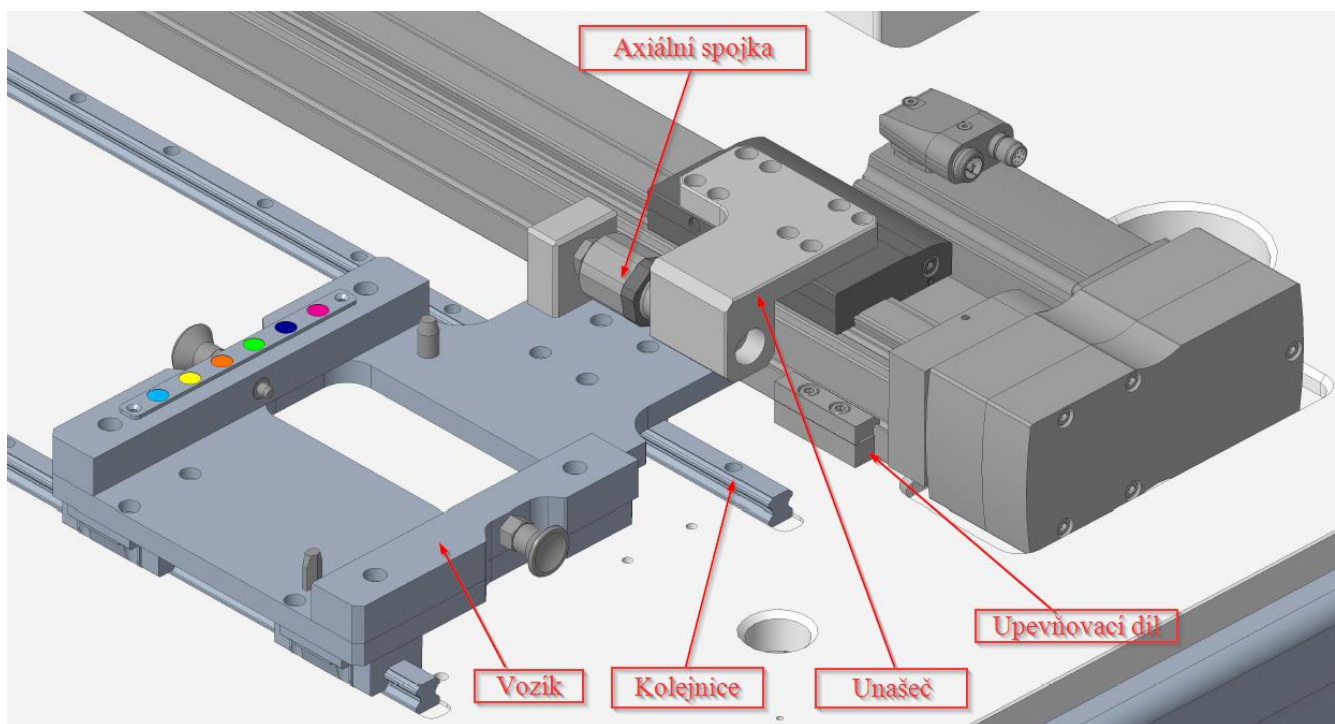
Druhým návrhem je řešení, které se skládá z lineární osy s kuličkovým šroubem a vedením v kuličkových oběžných pouzdech poháněné servomotorem. Minimální délka vedení je dána 1400 mm. Lineární vedení je vybráno od firmy Festo a stejně tak i servomotor. Servomotor je pro tuto aplikaci výhodný, protože předává do systému informaci o aktuální poloze jezdce. Vedení s kuličkovým šroubem je výhodné kvůli dosahovatelným opakovatelným přesnostem polohování. V tomto konstrukčním úkolu je potřeba možnost zastavení vozíku ve třech polohách, přičemž prostřední poloha je požadována s opakovatelnou přesností 0,04mm. U zvoleného typu lineárního vedení je možnost kontrolovat koncové pozice jezdce pomocí indukčních čidel, které jsou vloženy do drážky vedení a praporek připevněného k pohyblivému jezdci. Čidlo taktéž slouží jako referenční bod, od kterého je prvotně zvolena nulová hodnota zdvihu. Servomotor je spojen s lineárním vedením přes paralelní sadu, která se skládá z dvou řemenic a řemene. Paralelní sada umožňuje kompaktnější uložení motoru podél lineárního vedení. Díky tomu, že je použito lineární vedení s kuličkovým šroubem, mohl by být použit i krokový motor s enkodérem a s pomocí mikrokrokování by bylo dosaženo požadované přesnosti taktéž, problém ale nastane v pojezdové rychlosti jezdce. Při použití krokového motoru by přejetí bylo až 3x časově delší než při použití servomotoru. Obrázek lineárního vedení s motorem je vidět níže.



Obr. 36) Motor s lineárním vedením

Pracovní vozík je spojen s vozíky od firmy Hiwin, které jezdí po kolejnicích. Pro zajištění rovnoběžnosti kolejnic je v základové desce vyfrézovaná drážka, do které jsou kolejnice vsazeny. Lineární vedení spolu se servomotorem jsou spojeny se základovou deskou pomocí speciálních upevňovacích členů. Skládají se ze dvou částí, přičemž spodní část je spojena pevně se základovou deskou a srovnána pomocí kolíků. Horní část je se spodní částí

spojena přes šrouby s vůlí, toto pomůže k tomu, aby byla možnost seštelovat rovnoběžnosti kolejnic a lineárního vedení. I přesto je pro jistotu použita axiální spojka mezi pracovním vozíkem a unašečem lineárního vedení z důvodu vyhnutí se možnosti křížení.



Obr. 37) Spojení vozíku s lineárním vedením

Pro tuto variantu jsou vytipované komponenty:

Lineární vedení: EGC-80-1400-BS-10P-S-KF-15H-MR-GK

Servomotor: EMME-AS-60-S-LS-AS

Paralelní sada: EAMM-U-70-S48-60P-96

Ovladač motoru: CMMT-AS-C2-3A-EC-S1

Indukční čidla + praporek: SIES-8M-PO-24V-K-7,5-OE + SF-EGC-1-70

Ukotvení lineárního vedení k základové desce: MUE-70/80 [29]

Důležité parametry lineárního vedení s krokovým motorem:

- Vypočítaná maximální rychlost: 0,317 m/s
- Vypočítané maximální zrychlení/zpomalení: 0,2 m/s²
- Teoretická opakovatelná přesnost polohování: ±0,02mm
- Reálná opakovatelná přesnost při zatížení 6,5 kg : ±0,03mm
- Délka zdvihu: 1400 mm
- Maximální doba přejezdu 12 s [29]

This solution offers you the following performance

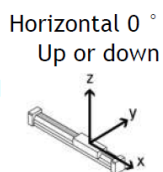
Travel time 12,001 s
 Cycle time 12,401 s
 Dwell time 0,4 s
 Duty ratio 97 %
 Load Axis 0 %
 Load Motor 53 %
 Load Guide 3 %

Distance of load

Mounting position, Axis
 Mounting position, Guide

m = 6,5 kg
 X 0 mm
 Y 0 mm
 Z 0 mm

F = 0 N



Motion profile see diagram (Detailed motion profile, Complete)

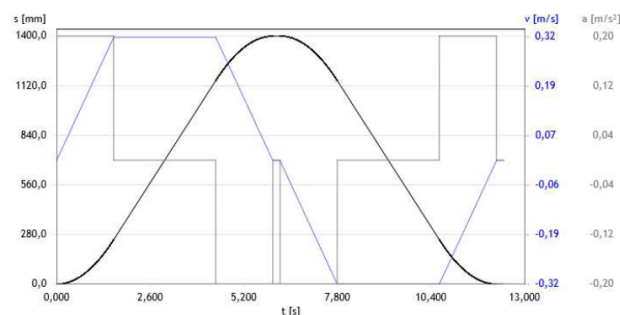


Diagram with: Controller Supply voltage = 230 VAC (Single-phase)

Obr. 38) Lineární vedení s kuličkovým šroubem a servomotorem [29]

Z výpočtu od firmy Festo, provedeného v programu PositioningDrives Version 2.3.30, lze vidět, že celková přibližná doba přejezdu vozíku přes celý modul a zpět je 12 s. Opakovatelná přesnost, které je schopno vedení s motorem dosáhnout je $\pm 0,03\text{mm}$, což je pro naši aplikaci vyhovující. Výpočet byl proveden se zatížením motoru na 53 %. Z toho vyplývá, že v případě potřeby lze pohyb zrychlit.

Výhody řešení

- Zpětná vazba o poloze jezdce
- Není potřeba žádné zařízení pro dosažení opakovatelné přesnosti

Nevýhody řešení

- Vyšší pořizovací náklady
- Nelze měnit pozici uchycení motoru vůči vedení

Název	EUR (25)	KČ
Vedení-EGC-80-1400-BS-10P-S-KF-15H-MR-GK	1634,0	40850,0
Servomotor-EMME-AS-60-S-LS-AS	348,0	8700,0
Paralelní sada-EAMM-U-70-S48-60P-96	385,0	9625,0
Ovladač motoru-CMMT-AS-C2-3A-EC-S1	750,0	18750,0
Snímač a praporek-SIES-8M-PO-24V-K-7,5-OE + SF-EGC-1-70	38,0	950,0
Upevňovací prvek-MUE-70/80	18,0	450,0
Axiální spojka-2063-FK-M10	28,0	700,0
Náklady na vyráběné dílce	500,0	12500,0
Celkem	3.401,0 EUR	85.025,0 Kč

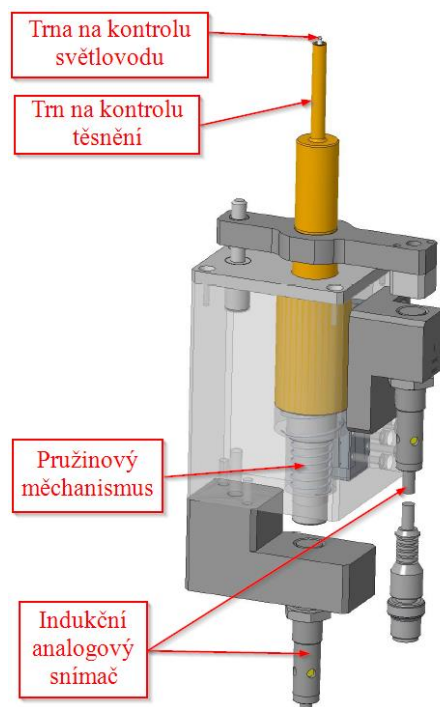
Tab. 2) Náklady na variantu číslo 2

4.3 Návrh řešení číslo 3

Tato část návrhu řešení se zabývá řešením problému testování správného zalisování světlovodu a gumového těsnění v těle konektoru. První varianta, která by mohla snímat výšku vyčnívajícího světlovodu z těla konektoru a těsnicí gumičku, spočívá v kontaktní měřicí sondě. Tato sonda se skládá z dvojice trnů, které se při práci dotýkají měřených objektů. Oba měřicí trny jsou na pružinách a mají uvolněný pohyb v ose Z. Na sondě jsou přimontované dva indukční analogové snímače fungující po protokolu IO-Link. Tento typ senzoru byl zvolen kvůli požadované opakovatelné přesnosti, které je schopné dosáhnout až $\pm 8 \mu\text{m}$. Trn sloužící ke kontrole světlovodu se skládá z nerezového ocelového pouzdra s ocelovou koncovkou a v něm nalisovaného upraveného kaleného vyhazovače. Trn sloužící ke kontrole těsnění je vyroben z mosazi kvůli tomu, že oba trny po sobě jezdí se smykovým uložením. Vzhledem k tomu, že světlovod a gumové těsnění jsou velmi malých rozměrů, dílce musí být vyrobeny co nejpřesněji.

Postup testování je následující. Celá sonda pomocí pneumatického válce vyjede do měřicí pozice. Trn na kontrolu světlovodu se po dojetí sondy na světlovod začne zatlačovat do bronzového trnu. V momentu, kdy se bronzový trn dotkne gumového těsnění, začne se zatlačovat také. Oba trny se musí alespoň kousek zamáčknout směrem dolů, aby vznikl rozdíl vzdáleností. Měření spočívá v přiblížení kovových dílců k indukčním analogovým snímačům. Výsledek je získán z rozdílu naměřených hodnot původního stavu a po zatlačení trnů. Z těchto výsledků je získána hodnota, zdali je světlovod vystrčen z konektoru na správnou výšku vzhledem k typu kontrolovaného konektoru. Pro každý typ konektoru je očekávána jiná výška zalisování. Gumové těsnění by mělo být vždy ve stejné pozici u každého typu konektoru.

Tato sonda bude přejíždět mezi dvěma polohami, protože každý konektor obsahuje dva světlovody a dvě těsnění. Polohy na různé varianty konektorů jsou rozdílné.



Obr. 39) Testovací sonda

Výhody řešení

- Snadné řešení
- Levná varianta
- Minimální pravděpodobnost pochybení měření

Nevýhody řešení

- Komplikovanější seřízení
- Pomalejší testování kvůli přesouvání sondy mezi 2 polohami
- Možnost zaseknutí pružin, zvedající trny

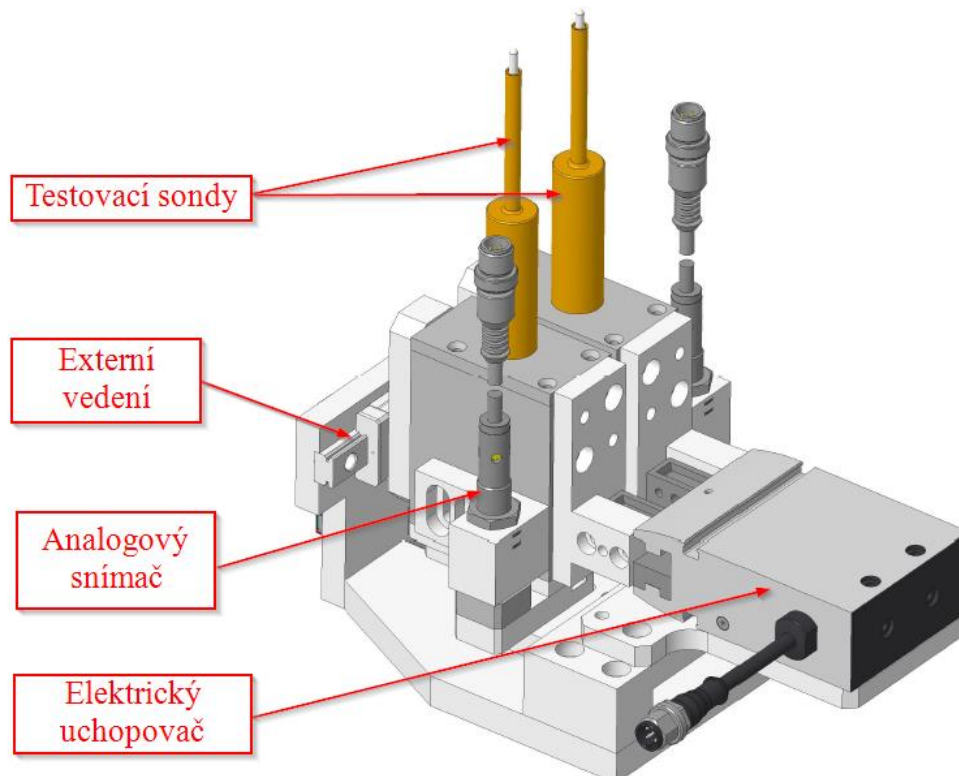
Název	EUR (25)	KČ
Analogové snímače	154,0	7200,0
Externí vedení	10,0	1300,0
Náklady na vyráběné dílce	500,0	12500,0
Celkem	840,0 EUR	21.000,0 Kč

Tab. 3) Náklady na variantu číslo 3

4.4 Návrh řešení číslo 4

Druhá varianta řešení je uzpůsobena pro rychlejší testování. Testovací sonda má v tomto případě jenom jeden trn, který je pohyblivý na pružině. Tento trn funguje na stejném principu, který je popsán v návrhu č.3. Druhý trn je uložen pevně. Pohyblivý trn slouží pro testování výšky vytrčení světlovodu z těla konektoru. Pevný trn se opře o gumové těsnění a přitlačí ho do koncové pozice v případě, že by nebylo v koncové poloze. Sonda je přitlačena ke konektoru pomocí pneumatického válce. Abychom poznali, zda gumové těsnění v konektoru nechybí, je na pneumatickém válci, který zvedá sondu, odměřovací magnetický snímač, který dá informaci o zajištění do větší hloubky, než je správné. Sonda má menší průměr, než je otvor v konektoru pro těsnění.

V tomto řešení jsou dvě pracovní sondy. Vzhledem k tomu, že každý typ konektoru má rozdílnou rozteč světlovodů a těsnění, je nutné, aby sondy měnily svou vzdálenost od osy konektoru. Aby přestavování na jiné rozteče nemuselo být děláno ručně při změně testování typu konektoru, použije se zde elektrický uchopovač. Použití elektrického uchopovače pro takovou aplikaci není standardní. Elektrický uchopovač je vybrán od firmy Festo i přesto, že firma Schunk, která se přímo na elektrické uchopovače specializuje, nabízí uchopovače s tužším vedením. Výběr je hlavně z hlediska nákladů, i přesto je uchopovač od firmy Festo plně dostačující. Tuhost je zajištěna externím vedením od firmy Hiwin. Největší požadavek je na opakovatelnou přesnost, která dosahuje $\pm 0,02\text{mm}$. Výhodou je komunikace po IO-Linku, což umožňuje vzdálené nastavování rozteče sond.



Obr. 40) Testovací sondy

Výhody řešení

- Možnost vzdáleného nastavování rozteče sond
- Rychlejší testování díky dvěma sondám

Nevýhody řešení

- Finančně nákladné řešení
- V případě nesymetrického konektoru nelze využít
- Možnost zaseknutí pružin, zvedající trny

Název	EUR (25)	KČ
Elektrický uchopovač	1200,0	30000,0
Analogové snímače	288,0	7200,0
Snímač SDAT	320,0	8000,0
Externí vedení	52,0	1300,0
Náklady na vyráběné dílce	1000,0	25000,0
Celkem	2.860,0 EUR	71.500,0 Kč

Tab. 4) Náklady na variantu číslo 4

4.5 Návrh řešení číslo 5

Ze začátku vývoje testovacího zařízení byla snaha o použití co nejjednodušších prostředků k testování světlovodů a gumového těsnění. Pro tuto aplikaci by se nabízelo použití obyčejného snímače. Firma Mechatronic Design & Solutions s.r.o. má velice dobré vztahy s firmou Balluff zabývající se hlavně sensorikou, proto jsou vybírána všechna čidla od této firmy, pokud daný senzor nabízí, nebo nabízí jeho alternativu.

Zprvu je nutné si uvědomit, které typy snímačů by mohly být použity pro snímání gumového těsnění a plastového transparentního světlovodu. Indukční typ snímačů nepřipadá v úvahu, protože snímané předměty nejsou z kovového materiálu. Magnetické snímače mohou být rovněž vyloučeny vzhledem k materiálu objektů. V úvahu připadají senzory optoelektronické, kapacitní a ultrazvukové.

Prvotním návrhem bylo použití optoelektronických snímačů. Pro měření vzdálenosti může být využito snímače difúzního typu. Tento typ snímače se odráží přímo od plochy měřeného objektu a pomocí triangulační metody se paprsek vrací zpět do senzoru. Pro snímání správného založení těsnění bychom využili difuzní snímač s potlačeným pozadím. Problémem je, že tento typ snímače je citlivý na změnu barvy. Z informací od zákazníka je zjištěno, že materiál těsnících gumiček se čas od času mění a tím i odstín jejich barvy, což by mohlo vytvářet zkreslení výsledků měření. Na snímání světlovodů tento typ čidla nelze použít, už z principu funkce světlovodu. Světlovod má uvnitř sebe naskládaná vlákna takovým způsobem, aby se světlo z jedné broušené plochy dostalo na druhou broušenou plochu. Při svícení ať už laserovým, či led paprskem na broušenou hranu světlovodu se místo očekávaného odrazu paprsku od plochy paprsek prosvítí na druhý konec světlovodu.

Snímání světlovodu pomocí kapacitního snímače je možné. Pro měření správné výšky zalisování by musel být použit kapacitní snímač s analogovým výstupem a nejlépe IO-Linkem. Použití IO-Linkových prvků je ve firmě žádoucí, protože daný prvek má přímo digitální výstup a není třeba žádné externí vyhodnocovací karty či převodníku. Protože snímaná oblast je větší, než je tomu u optoelektronických snímačů, lze tento snímač využít pouze na měření světlovodu, protože je oproti gumovému těsnění vystrčen z těla konektoru, a do měřené oblasti nezasahuje jiný prvek.

Snímání pomocí ultrazvukového snímače je v tomto případě možné opět pouze pro snímání světlovodu, a to kvůli velikosti snímaného pole. Bohužel ultrazvukové snímače se zatím nenabízí ve formě IO-Linku.

Z této analýzy možnosti snímání objektů bylo zjištěno, že pokud by měli být použity senzory pro přímé snímání komponent, světlovod by musel být kontrolován buď kapacitně nebo ultrazvukově a gumové těsnění optoelektronicky. Na obrázku na další stránce lze vlevo vidět ultrazvukový senzor a vpravo kapacitní senzor. Na tomto obrázku je vidět, že použití kapacitního senzoru není možné, protože disponuje krátkými měřitelnými vzdálenostmi a tělo snímače by přerušovalo paprsek difuzního snímače kontrolující gumové těsnění. Přiblížení difuzního čidla tak, aby paprsku nevadil kapacitní snímač, není možné, protože odrazový úhel led světla by byl příliš velký.

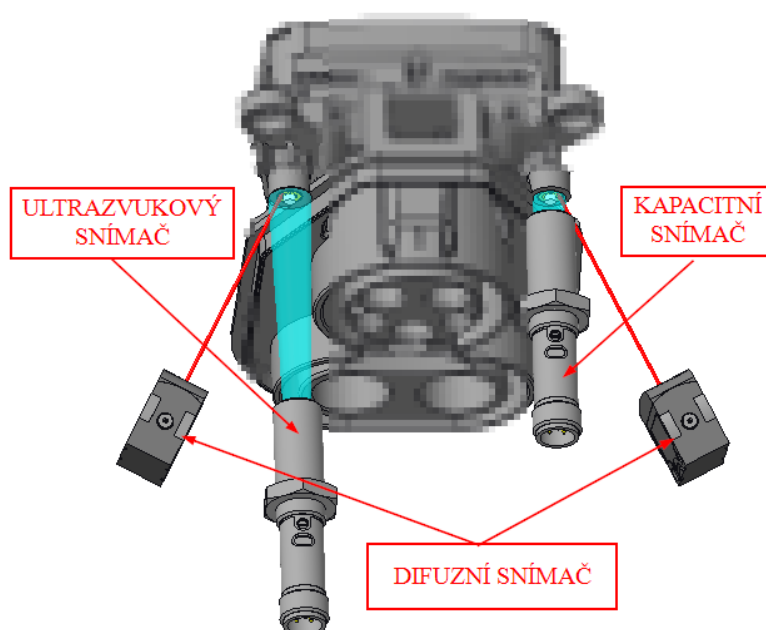
Proto je zde zvolen ultrazvukový snímač na snímání světlovodu a difuzní čidlo na snímání gumového těsnění. Nevýhodou ultrazvukového senzoru je tvar snímané oblasti, jakožto šíření zvukových vln. Na obrázku je zobrazena pouze reprezentace rozšiřujícího se zvukového pásma.

Výhody řešení

- Finančně výhodné řešení
- Rychlý průběh testování
- Při použití IO-Linkových snímačů lze nastavovat ze vzdáleného přístupu

Nevýhody řešení

- Komplikované seřízení
- Pro kontrolu jiného typu konektoru by se muselo se senzory hýbat na správnou rozteč
- Nutné správné umístění ultrazvukového senzoru vzhledem k šíření zvuku



Obr. 41) Příklady uspořádání snímačů (konektor je schválně rozostřen)

Název	EUR (25)	KČ
Optoelektronický snímač difuzní	220,0	5500,0
Ultrazvukový snímač	284,0	7100,0
Náklady na vyráběné dílce	160,0	4000,0
Celkem	664,0 EUR	16.600,0 Kč

Tab. 5) Náklady na variantu číslo

5 VÝBĚR VARIANTY

Pro objektivní výběr byla použita bazická metoda multikriteriálního hodnocení, a to na základě doporučení vedoucího diplomové práce. Po konzultaci ve firmě Mechatronic Design & Solutions s.r.o. jsou vybrány následující varianty řešení.

Pro řešení pojezdu pracovního vozíku je vybrána varianta číslo 2, tedy pohon pomocí servomotoru a lineárním vedením s kuličkovým šroubem.

Pro řešení testování správného zalisování světlovodů a gumového těsnění je vybrána varianta číslo 3, tedy testování pomocí jedné najížděcí sondy, která je při práci přímo v kontaktu s měřenými komponenty.

5.1 Multikriteriální metoda hodnocení

Tato metoda se využívá v praxi obecně vždy, kdy se nabízí více variant řešení, ať už konstrukčního charakteru, nebo při výběru nakupovaných dílců či zvolení dodavatelů. Zkušení lidé jsou již schopni dané rozhodování vyhodnotit subjektivně díky jejich praxi. Tento postup však nezohledňuje všechny faktory objektivně, proto je lepší využít metodu multikriteriálního hodnocení. [30]

Nejvýhodnější metoda multikriteriálního hodnocení ve spojení s touto diplomovou prací je použití bazické bodovací metody. Tato metoda je schopna posuzovat jak po technické stránce, tak i po stránce ekonomické. Postup pro hledání nejvýhodnější varianty je následující. Stanovení posuzovaných parametrů. Určení bodovací stupnice, dle které se přiřadí významnost k jednotlivým parametrům. Po analytickém výpočtu se provede vyhodnocení. [30]

5.2 Výběr řešení pomocí bazické metody multikriteriálního hodnocení

Pro oba řešené problémy byly zvoleny společné posuzované parametry, které jsou důležité pro nalezení optimálního řešení. Každému zvolenému parametru se přiřadí významnost tohoto parametru. Poté je zvolen koeficient rozlišující významnost vybraných parametrů. Následně je vše spočítáno. Kompletní výpočet je spočten v programu Excel a je součástí přílohy diplomové práce. V následujících kapitolách jsou uvedeny tabulky hodnocení a vyhodnocení výsledků. Obecný výpočet a význam členů je uveden níže. [30]

$$\tau = \frac{\sum_{j=1}^n (g_j * t_j)}{\sum_{j=1}^n g_j * t_{max}} = \frac{g_1 * t_1 + g_2 * t_2 + \dots + g_n * t_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) * t_j} \leq 1$$

(1) Vzorec pro výpočet konečné technické hodnoty parametru

Posuzované vlastnosti:

- T1) Technická jednoduchost konstrukce
- T2) Jednoduchost montáže
- T3) Seřizovatelnost a programovatelnost
- T4) Opakovatelná přesnost měření a pohybu
- T5) Ekonomičnost
- T6) Zástavbové rozměry

t_n -hodnota n-tého hodnoceného parametru

g_n -koeficient rozlišující významnost hodnocených parametrů $0 \leq g_n \leq 1$

p_τ -procentuální vyjádření

τ_n - konečná technická hodnota posuzovaného parametru

5.2.1 Výběr varianty pro řešení problému pojezdu pracovního vozíku

n	VLASTNOST	Varianta 1				Varianta 2			
		t_n	g_n	p_τ	τ_n	t_n	g_n	p_τ	τ_n
1	T1	3	0,6	33,333	1,8	4	0,6	25	2,4
2	T2	3	0,5	33,333	1,5	4	0,5	25	2
3	T3	4	0,8	25	3,2	5	0,8	20	4
4	T4	4	0,9	25	3,6	5	0,9	20	4,5
5	T5	4	0,7	25	2,8	3	0,7	33,333	2,1
6	T6	2	0,3	50	0,6	2	0,3	50	0,6

Tab. 6) Tabulka hodnocení pomocí multikriteriální bodové metody pro řešení prvního problému

Varianta	τ	
1	0,514	
2	0,746	Zvolená varianta

Tab. 7) Konečné technické zhodnocení pro řešení prvního problému

Dílčí závěr:

Z vypočtených výsledků plyne, že výhodnější je použít variantu číslo 2. Tato varianta řeší pohyb pracovního vozíku pomocí lineárního vedení s kuličkovým šroubem a pohonem pomocí servomotoru.

5.2.2 Výběr varianty pro řešení problému zalisování světlovodů a těsnění

n	VLASTNOST	Varianta 3				Varianta 4				Varianta 5			
		t_n	g_n	p_τ	τ_n	t_n	g_n	p_τ	τ_n	t_n	g_n	p_τ	τ_n
1	T1	4	0,6	25	2,4	2	0,6	50	1,2	4	0,6	25	2,4
2	T2	3	0,5	33,333	1,5	3	0,5	33,333	1,5	4	0,5	25	2
3	T3	4	0,8	25	3,2	4	0,8	25	3,2	2	0,8	50	1,6
4	T4	3	0,9	33,333	2,7	5	0,9	20	4,5	3	0,9	33,333	2,7
5	T5	3	0,7	33,333	2,1	2	0,7	50	1,4	5	0,7	20	3,5
6	T6	3	0,3	33,333	0,9	4	0,3	25	1,2	5	0,3	20	1,5

Tab. 8) Tabulka hodnocení pomocí multikriteriální bodové metody pro řešení druhého problému

Varianta	τ	
3	0,587	Zvolená varianta
4	0,496	
5	0,595	

Tab. 9) Konečné technické zhodnocení pro řešení druhého problému

Dílčí závěr:

Z vypočtených výsledků plyne, že výhodnější je použít variantu číslo 5, ale po konzultaci se zákazníkem je zvolena varianta číslo 3. Důvodem je teoretická možnost změny barevného odstínu gumového těsnění, aniž by si toho operátor povšiml, které by negativně ovlivnilo měření. Vybraná varianta řeší testování výšky zalisování světlovodu a těsnění pomocí jedné kontaktní sondy.

5.3 Závěrečné hodnocení

Na základě výpočtu pomocí multikriteriální metody hodnocení a konzultace se zákazníkem jsou vybrány a následně detailně zpracovány následující varianty řešení. Pro pojezd pracovního vozíku je vybrána varianta, která řeší pohyb pomocí lineárního vedení s kuličkovým šroubem a pohonem pomocí servomotoru. Samotné testování bude realizováno pomocí jedné testovací kontaktní sondy. Zvolené varianty pomocí výpočtu se shodují s výběrem autora diplomové práce spolu s konzultanty ve firmě Mechatronic Design & Solutions s.r.o..

6 NÁVRH KONSTRUKCE KONTROLNÍ A MĚŘICÍ STANICE

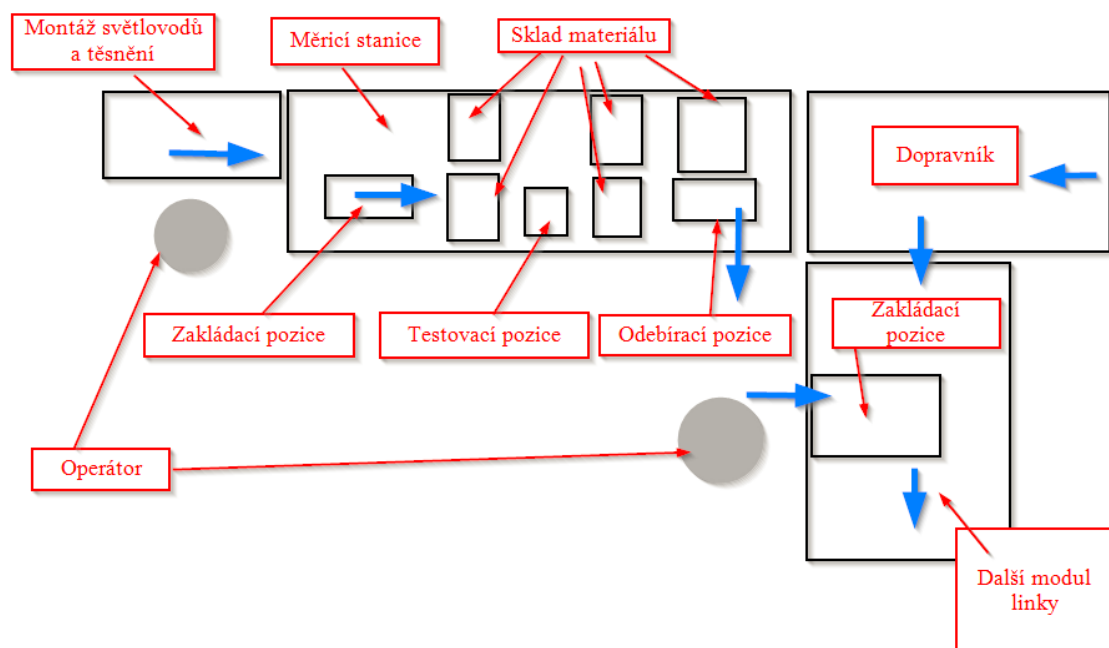
6.1 Koncepce pracoviště pro testování konektoru se světlovody a těsněním

6.1.1 Rozmístění stroje

Po obdržení objednávky od zákazníka se začal zkoumat proces montáže a testování konektoru. Bylo nutné vyhotovit koncepci a prostorové rozložení celé linky. Celá linka je uspořádána do tvaru obdélníku. Páteří celé linky jsou dopravníky pracovních vozíků, které se po ukončení pracovního postupu vrátí na původní pozici, vyčistí a zionizují a následně konají další pracovní cyklus.

Kontrolní a měřicí stanice není přímo zakomponována do linky, ale je postavena vedle ní do místa, kde začíná celkový proces montážní a testovací linky. Koncept je tvořen následujícími kroky.

- 1) Smontování těla konektoru se světlovody a gumovým těsněním operátorem vlevo
- 2) Založení operátorem do měřicí stanice
- 3) Proběhne proces měření.
- 4) Pracovní vozík s otestovaným kusem přejede do odebírací pozice. Mezitím přijede po dopravníku zakládací vozík na sousedním modulu.
- 5) Operátor založí součástku zvanou nosič na pracovní vozík na dopravníku.
- 6) Odebere tělo konektoru z měřicí stanice a zacvakne do nosiče, poté přidá další komponenty.
- 7) Zmáčkne tlačítko a tím vrátí pracovní vozík zpět k prvnímu operátorovi.



Obr. 42) Náčrt konceptu postavení měřicí stanice

6.1.2 Pracovní postup

Jako první je úkon, který sedící operátor udělá, že si vezme tělo konektoru z regálu postaveného vedle. Poté si vezme dvě těsnění z krabičky před sebou a ručně je zatlačí do určeného místa v těle konektoru. Poté konektor položí do montážního lůžka, aby opřel těsnění pro pevnou plochu. Operátor si vezme z krabičky před sebou dva světlovody a ručně je zalisuje do určených míst. Tyto operace se provedou na vedlejším jednoduchém montážním pracovišti, které obsahuje pouze výměnná montážní lůžka v závislosti na montovaném typu konektoru.

Operátor čeká na barevnou signalizaci od LED signálky nad zakládací pozicí. Pokud se rozsvítí zelená barva, znamená to, že pracovní vozík je v pozici zakládání. Operátor otevře dvířka měřicí a testovací stanice. Založí konektor do lůžka na pohyblivý pracovní vozík. Po zavření dvířek se provede test, zdali je konektor usazen na lůžku v koncové pozici. V případě, že není správně usazen, startovací tlačítko bliká červenou barvou a proces nelze spustit. Současně s tím se na ovládacím panelu u zakládacího místa objeví chybové hlášení, které vyzývá operátora k opětovnému otevření dvířek a správnému usazení konektoru do pracovního lůžka. Po kontrole správného usazení se startovací tlačítko rozblíká zelenou barvou. V tu chvíli má operátor signál možnosti započítí automatického cyklu. Po zmáčknutí startovacího tlačítka jsou dvířka pneumaticky zamknuta a LED signálka svítí červeně a indikuje tím operátorovi, aby se nesnažil otevřít dvířka.

Již od založení kusu do pracovního lůžka je kontrolováno, zda konektor je přítomen v pracovním lůžku. Tato kontrola je zajištěna reflexním laserovým senzorem, který snímá přes celou délku stroje.

Pracovní vozík přejezdí do testovací pozice, kde se jeho pohyb zastaví. Přitlačením konektoru na pracovní vozík se, jak zamkne konektor na lůžku, tak se pomocí odměřovacího senzoru na pneumatickém válci vyhodnotí výška konektoru. Dle výšky konektoru je rozpoznáno, zda se jedná o typ konektoru, který má být v daný moment testován. Lůžko, do kterého je konektor zakládán, je u různých typů konektorů tvarově natolik odlišné, že založení špatného kusu by nemělo být ani možné. Ovšem je nutné počítat i s typy konektorů, které se pravděpodobně v budoucnu budou přidávat do portfolia testovaných konektorů na této stanici. Některé z typů, které budou přidány, mají konturu těla, kterou se konektor zakládá na pracovní lůžko, stejnou jako nynější konektory, ale celková výška konektoru je rozdílná. Z tohoto důvodu je nutné zde kontrolovat výšku a tím i správný typ konektoru. V případě odhalení špatného typu konektoru je zobrazena chybová hláška na ovládacím panelu u zakládací i vykládací pozice, testovací cyklus se přeruší a pracovní vozík se přesune do odebírací pozice, kde operátor bude vyzván k odhození kusu do zmetkového kanálu.

Současně s tímto testem se provádí test natočení světlovodů. Bodová světla mířící do prostor světlovodů jsou rozsvícena a kamera provede test správného natočení světlovodů na základě odlesků vzniklých od čel světlovodů. V případě odhalení špatného natočení jednoho nebo obou světlovodů je zobrazena chybová hláška na ovládacím panelu spolu s vizualizací ukazující, co a kde je nevyhovující. Testovací cyklus se přeruší a pracovní vozík se přemístí do odebírací pozice, kde operátor bude vyzván k odhození kusu do zmetkového kanálu.

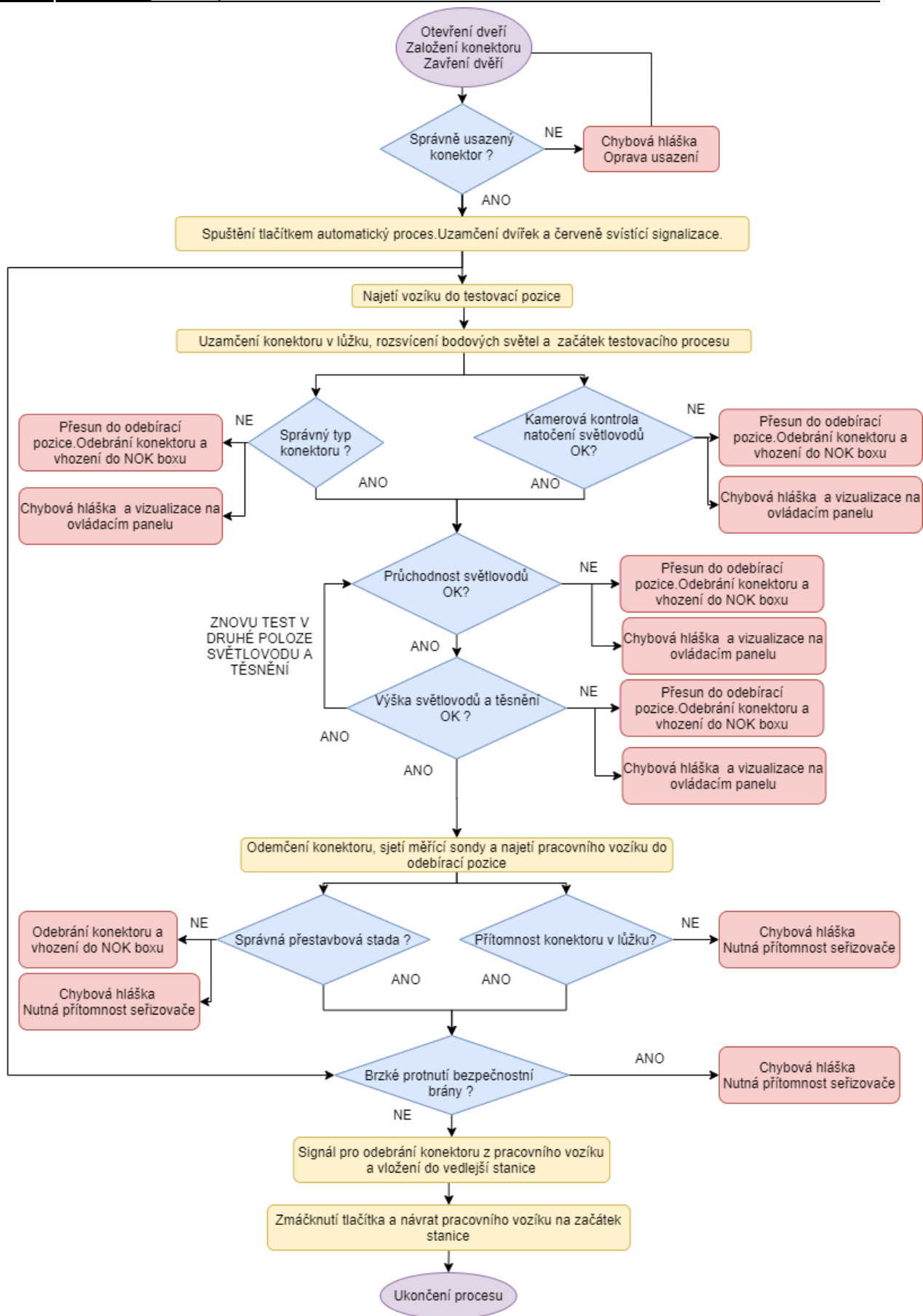
Po skončení testu natočení světlovodů jsou horní bodová světla zhasnuta a spodní bodové světlo, které je umístěno na měřicí sondě, je rozsvíceno. Světlo je zaměřeno na jeden světlovod. Horní kamera provede test, zda světlovod vede světlo a není nijak nalomen nebo dokonce zlomen. Světlovod je velice křehký dílec, který se snadno při lisování do těla konektoru může zlomit a tím by neplnil svoji funkci.

Současně s kamerovým testem průchodnosti spodní sonda začne najíždět směrem ke konektoru a provede testy výšky zalisování světlovodů a těsnění vzhledem k opěrné ploše konektoru. Takto je test proveden nejprve u jednoho světlovodu a těsnění, poté se sonda přesune pod druhý světlovod a započne stejné měření i s kamerovým testem průchodnosti druhého světlovodu. V případě, že se během testu zjistí, že první nebo druhé měření neodpovídá hodnotám tolerančního pásma zalisování, proces testování se ihned ukončí. Na obou ovládacích panelech se zobrazí chybová hláška s vizualizací ukazující, co a kde je nevyhovující. Testovaný kus se odemkne na pracovním vozíku a pracovní vozík se přesune do odebírací pozice, kde operátor bude vyzván k odhození kusu do zmetkového kanálu.

Po úspěšném provedení všech předešlých testů se provede sjetí spodní sondy a odemčení konektoru na pracovním vozíku. Pracovní vozík se přesune do odebírací pozice. V této pozici je provedena ještě poslední kontrola. Každé lůžko, které se mění na pracovním vozíku dle typu testovaného konektoru, musí obsahovat RFID čip. Tento čip slouží pro identifikaci přestavbové sady na pracovním vozíku. Po dojetí pracovního vozíku do koncové pozice odebírání jsou senzorem načteny informace z čipu na přestavbové sadě. Tímto způsobem se zamezí, aby operátor stroje při změně typu konektoru nainstaloval nesprávnou přestavbovou sadu s lůžkem do pracovního vozíku. Kontrola typu přestavbové sady s lůžkem je provedena vždy po dojetí do pracovního vozíku do koncové odebírací pozice. Při změně typu přestavbové sady pracovní vozík, ještě bez konektoru, přejede otestovat správnost přestavbové sady, poté již může být započato standardní testování. V případě zjištění nevyžádané změny typu přestavbové sady ovládací panel zobrazí chybovou hlášku.

Pokud všechny předchozí testy jsou vyhodnoceny za vyhovující, LED signálka u odebíracího místa se rozsvítí zelenou barvou, což dává operátorovi pokyn, že může odebrat otestovaný kus. Dokud svítí červená barva, operátor nesmí sáhnout do odebíracího prostoru, aby ho pohybující se části stroje neporanily. To je navíc jištěné bezpečnostní bránou umístěnou v dostatečné vzdálenosti od pohybujících se objektů. Pokud by operátor zasáhl do odebíracího prostoru dříve, než by mu bylo signálkou povoleno, rozepnul by se bezpečnostní obvod a celý stroj by se zastavil. V tu chvíli je požadována přítomnost seřizovače, který může stroj resetovat a vrátit do původního stavu. Operátor, který odebere otestovaný kus z pracovního vozíku, zmáčkne zeleně blikající tlačítko, kterým startuje pohyb pracovního vozíku do zakládací pozice. Tento operátor má na vedlejší stanici časově náročnější pracovní úkony, proto je nutné, aby pracovní vozík čekal s konektorem až do doby odebrání a potvrzení, což vrátí pracovní vozík na začátek stanice.

V případě zjištění jakéhokoli nedostatku během měření operátor odebere konektor z pracovního vozíku a musí ho založit do plechové kolébky vedle další blikající signálky. Kolébka zamezuje vhození cizích předmětů, nebo zásahu ruky na snímač vhození špatného kusu. Po zavření kolébky je detekován vhozený vadný kus a startovací tlačítko bliká zeleně, což značí možnost stisknutí. Do doby, než je detekován konektor v kanálu na vadné kusy, tlačítko pro spouštění bliká červeně a nelze spustit další cyklus stroje. Na následující stránce je vytvořen flow chart.



Obr. 43) Diagram pracovního postupu stanice

6.1.3 Časová analýza procesu

Časová analýza pracovního cyklu měřicí a kontrolní stanice je nedílnou součástí definitivního uvolnění stanice do výroby od zadavatele projektu. Na základě této analýzy je určeno, zda je řešení optimální nebo je třeba ho pozměnit.

Časové hodnoty, které jsou zaneseny v časovém diagramu, jsou získané z výpočtů pohybů, odhadnuté na základě podobného již fungujícího řešení, a také dle simulace zakládání a startování procesu.

Časový diagram procesu je i vhodnou pomůckou pro programátora. Programátor si může chystat program již v raných fázích projektu, po montáži celé linky ho nahraje od PLC a upraví dle reality. Pokud by teoretický časový rozbor neodpovídal realitě a požadovaný čas na cyklus by se nestihl, programátor může ovlivnit rychlost elektrických pohonů přetěžováním, to lze provést pouze dočasně, nebo s přerušováním. Taktéž seřizovač může upravovat škrtící ventily a tím i rychlost pneumatických pohybů. Požadovaný čas cyklu od zákazníka je stanoven na 30 sekund na menší typ konektoru a 35 sekund na větší typ konektoru. V případě testování prvků na konektoru v této stanici nezáleží, jaký typ bude testován. Testování bude časově vždy stejné s maximálním rozdílem 0,2s, o kterou by se test zpomalil vlivem větší rozteče světlovodů a s tím spojenou delší dobu přejíždění sondy. Teoreticky odhadnutá celková doba cyklu je vypočtena na 29,6 sekundy, což splňuje požadavek zákazníka.

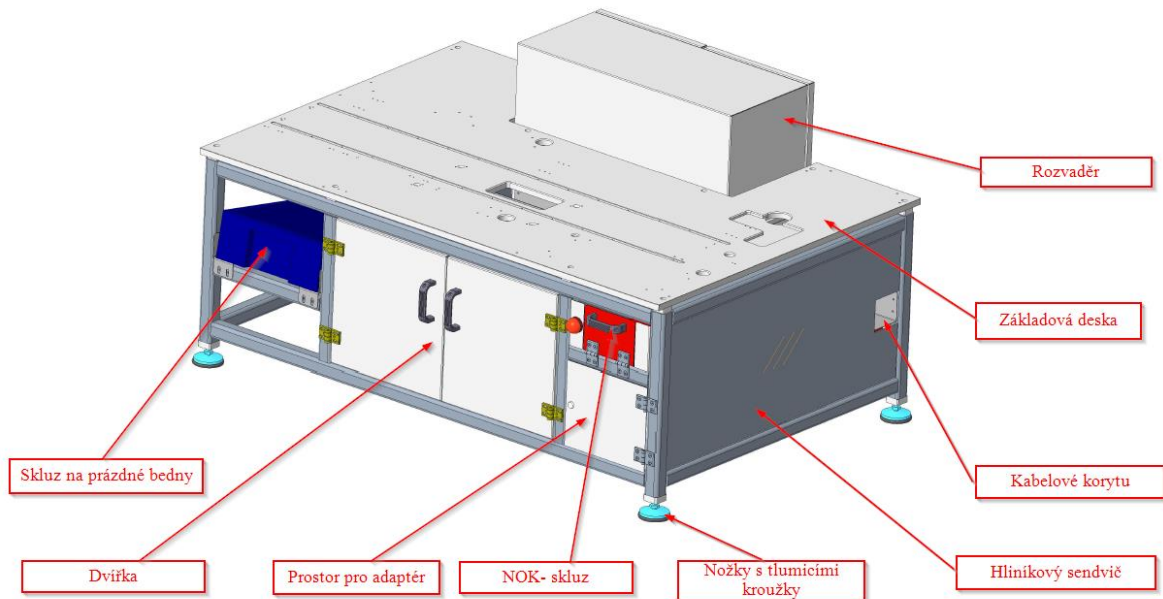
Pokud by ani s pomocí programátora a seřizovače stanice nesplňovala požadovaný čas, je tu alternativa navrhnuta zákazníkem. Zakládala by se do těla konektoru další součástka navíc. Součástka se v překladu nazývá průchodka. Operátor, který montuje světlovody a těsnění, má dostatek času na montování i průchodky. Díky tomu se ušetří čas na vedlejší stanici, kde je operátor více zaneprázdněn. Průchodka v těle konektoru nevádí žádnému z testování prováděném na stanici. Tímto řešením by se získalo od zákazníka povolených 5 sekund na cyklus navíc.

Odevření dvířek		2s
Založení kusu		1,5s
Zavření dvířek		2s
Testování usazení kusu		0,05s
Zmáčknutí startovacího tlačítka 1		1s
Přejezd do testovací pozice		3,5s
Rozsvícení horních bodových světel		0,1s
Uzamknutí kusu na lůžku a testování správnosti typu konektoru		0,8s
Kamerový test správnosti natočení světlovodů		0,05s
Zhasnutí horních bodových světel		0,1s
Rozsvícení spodního bodového světla		0,1s
Najíždění sondy do měření		1s
Kamerový test průchodnosti světlovodu 1		0,05s
Měření výšky světlovodu a těsnění 1		0,9s
Přejezd do druhé testovací pozice		2,5s
Kamerový test průchodnosti světlovodu 2		0,05s
Měření výšky světlovodu a těsnění 2		1,2s
Sjetí měřicí sondy		0,5s
Odemčení kusu na lůžku		0,8s
Přejezd do odebrací pozice		3,5s
Kontrola přestavy lůžka		0,05s
Odebrání otestovaného kusu		1,5s
Zmáčknutí startovacího tlačítka 2		1s
Přejezd do zakládací pozice		6,9s
Celkem cyklus-čas		29,6s

Obr. 44) Diagram stanice dle Ganttovy metody

6.2 Konstrukce spodní části stroje

V následujících kapitolách budou detailně popsány jednotlivé části stroje, které jsou upevněny pod základovou deskou.



Obr. 45) Spodní část stroje

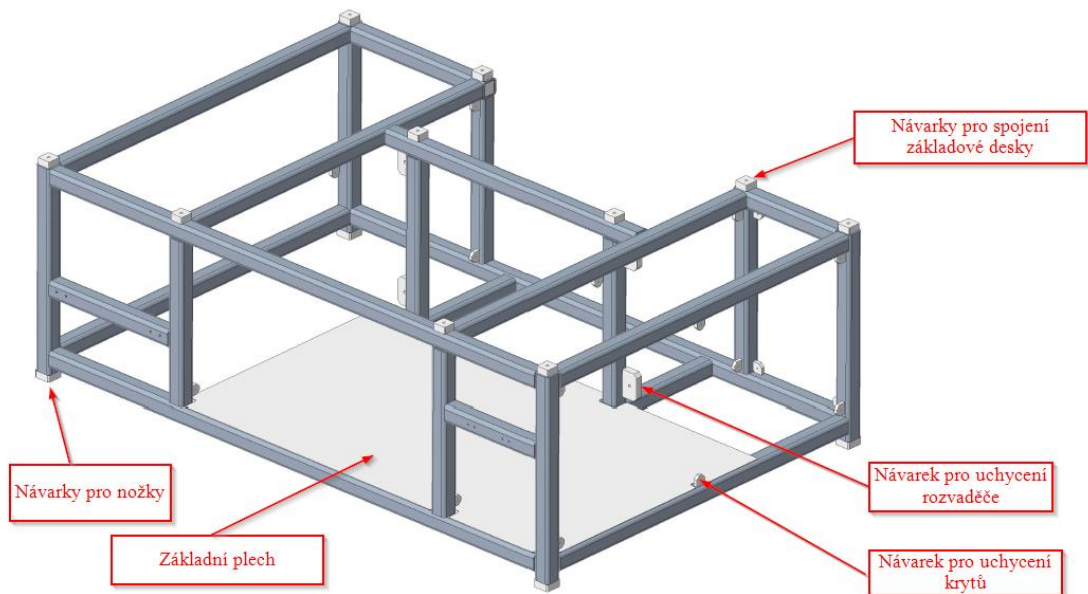
6.2.1 Základová konstrukce

Jako podstava kontrolní a měřicí stanice slouží svařený rám. Rámy ostatních modulů na lince jsou tvořeny dle jednotného konceptu, kdežto tento modul je atypického tvaru. A to hlavně kvůli zapuštěnému rozvaděči dovnitř konstrukce. Toto zapuštění značně komplikuje konstrukci svařence, ale je to vyžadováno z hlediska plošných rozměrů stanice. Zákazník si přeje mít slícovanou zadní stranu modulu s hlavním dopravníkem linky. Stanici nelze rozšířit na druhou stranu, protože je zde manipulační prostor pro obsluhu vedlejší stanice. Finální zástavbové rozměry svařence jsou 1830x1200x640.

Svařovaná konstrukce se skládá z ocelových ječků dle normy DIN2395 velikosti 50x50x5. Pro dostatečnou tuhost a stabilitu byla tato velikost ječků vybrána na doporučení firmou vyrábějící svařované konstrukce. V průběhu svařování konstrukce musel být položen a svařen i základový plech, sloužící jako odkládací plocha uvnitř stroje. Součástí svařence byly dodány i navařené kostky pro uchycení základové desky k rámu stroje, navařené kostky pro našroubování polohovacích nožek a navařené kostky pro upevnění rozvaděče a bočník krytů. Kostky pro uchycení základové desky a pro našroubování nožek měly po svaření výšku 25 mm. Aby nedošlo k nerovnoběžnostem, byl celý rám ofrézován, jak ze spodu, tak z vrchu, pro zajištění dokonalé rovnoběžnosti ploch. Do těchto kostek byly následně vyvrtány montážní otvory. Návarky sloužící pro uchycení bočních krytů jsou utopeny oproti vnější ploše ječků vždy o 14 mm, a to kvůli pozdějšímu vložení hliníkových sendvičových krytů z důvodu designu.

Všechny montážní otvory byly vrtány až po svaření, aby se dosáhlo požadovaných rozměrů vůči referenčním plochám. Tyto montážní díry slouží pro přichycení skluzů, dveřních pantů a plechových koryt pro vedení energií. Kompletní svařovaný rám je lakován speciální antistatickou barvou. Tato barva má označení RAL7335-ESD komaxit. Lakování touto barvou

je vyžadováno pro použití stroje v ESD zóně, protože běžný lak by mohl zamezit odvod náboje ze stroje.



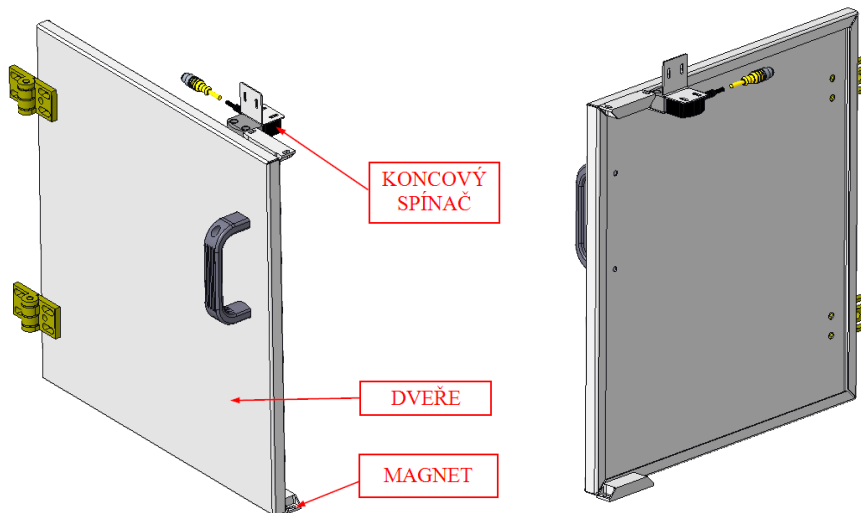
Obr. 46) Základový svařený rám stroje

6.2.2 Dveře spodního rámu

Spodní testovací sonda a vedení všech energií, potřebné pro chod celé stanice, se nachází pod základovou deskou uvnitř svařovaného rámu. Aby byl umožněn snadný přístup pro seřizovače v případě poruchy, je přístupový prostor chráněn párem dveří.

Dveře jsou vyrobeny z plechu o tloušťce 1,5mm. Na krajích jsou dvojitě lemovány a rohy jsou svařeny. Tím se docílí požadované tuhosti a minimalizace vlnění či chvění. Dveře jsou lakovány speciální ESD barvou, stejnou jako svařený rám stroje. Samovolné otevření dvířek je zajištěno magnetkami v horní i dolní části. Magnetky tohoto typu jsou obvykle vyrobeny jakožto magnet zasazený do plastového obalu. Použití nevodivého plastu je ale kvůli ESD zóně nepřijatelné, proto je zvolen speciální magnet, který je do této zóny uzpůsoben. Při vytváření cenových nabídek na stroje do ESD zóny je nejprve nutné si uvědomit, že každý ESD prvek je zpravidla 2,5x cenově nákladnější, než je standardní provedení. Proto je nutné s tímto počítat již v prvotních fázích projektu.

Dvířka slouží k zamezení přístupu komukoli během chodu stroje. Spodní testovací zařízení, které se nachází za těmito dveřmi, vykonává pohyby, které by mohly zranit člověka. Je tedy nutné, aby při otevření dveří se celý stroj zastavil. Pro řešení toho problému většina firem využívá koncové spínače s aktuátorem, například od výrobce Sick. Zde je hlavní napájená část pevně usazena na místě a aktuátor se pohybuje současně s dveřmi. Při zavření se aktuátor zasune do napájené části a dveře se zamknou. Největší nevýhodou tohoto řešení je časté opotřebení a vysoká pravděpodobnost poruchy z důvodu mechanického řešení. Z tohoto důvodu je na dveře, popisované v této diplomové práci, použit bezkontaktní magnetický koncový spínač, který má minimální riziko opotřebení nebo poruchy a také rychlejší spínání s podstatně nižšími pořizovacími náklady. Tyto koncové spínače jsou napojeny do bezpečnostního masteru, který nemusí být uložen uvnitř rozvaděče, čímž šetří místo v rozvaděči a také šetří množství kabeláže, protože funguje na stejném principu jako sdružovací pole.



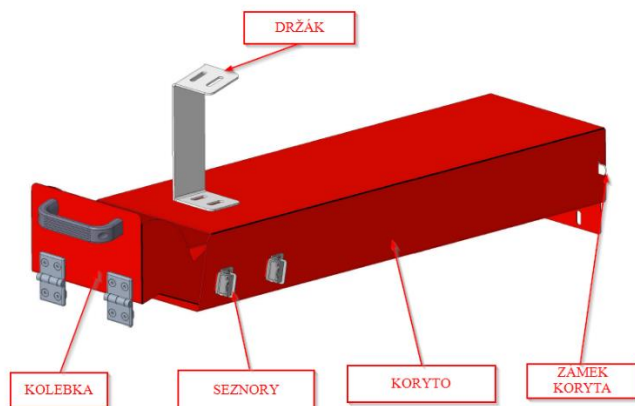
Obr. 47) Dveře spodního rámu

6.2.3 Koryto pro vadné díly

Součástí testovacího procesu je odhalení nesprávně smontovaných konektorů. Aby se nesprávně smontovaný konektor nezamíchal do dalšího montážního procesu během odebrání operátorem z odebrací pozice a založením do vedlejšího modulu, je nutné udělat opatření. Při testování jiných konektorů se obvykle toto opatřuje tzv. „tečkováním“. Spočívá to v udělení tečky kaleným hrotem poháněným pneumatickým válcem do předem určeného místa na konektoru. Tato tečka značí správnost výrobku. V případě, řešeném v této diplomové práci, to ale takto být řešeno nemůže, protože koncový zákazník si nepřeje žádné jiné vrypy nebo tečky než finální tečku, která bude udělána na poslední stanici v lince.

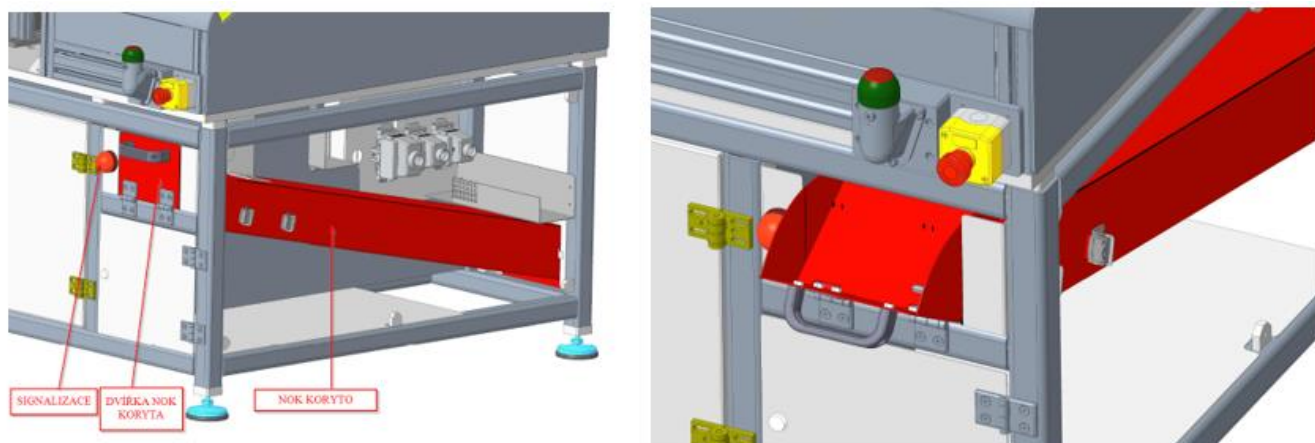
Pro řešení tohoto problému bylo navrženo koryto na nesprávně smontované konektory. Koryto se skládá ze dvou hlavních částí. První částí je vkládací kolébka. Tato kolébka je svařenec z ocelového plechu. Díky jejímu specifickému tvaru lze do ní založit pouze jeden konektor. U zákazníka, pro kterého je stroj vyvíjen, již nastal případ, kdy operátor při identifikaci špatného kusu sáhl záměrně rukou do odhazovacího kanálu, aby splnil denní kvótu, a tím stroj vyhodnotil odhození vadného kusu a pokračoval dál, přitom nesprávný kus pokračoval dál v lince. Výhodou použití kolébky je, že pokud je kolébka operátorem otevřena, nelze nic vhodit ani sáhnout rukou do koryta. V momentu založení konektoru do kolébky a zavření kolébky konektor sklouzne do odhazovacího kanálu. Tím nemůže dojít k pochybení.

Na kanálu jsou namontovány dvě reflexní čidla na odrazku. Čidlo blíže ke kolébce kontroluje, zdali je do kanálu vhozen konektor. Dokud toto čidlo nezaznamená průtuh paprsku vhozeným konektorem, celý stroj je v chybovém stavu a nelze spustit další cyklus stroje. Druhé čidlo slouží pro detekci plnosti kanálu. V momentě, kdy je vyhodnoceno stále zastíněné druhé čidlo, stroj přejde do chybového stavu a operátor stroje si musí pomoci klíčem otevřít dvířka a kusy odebrat, jinak nelze spustit další cyklus stroje.



Obr. 48) Zmetkové koryto

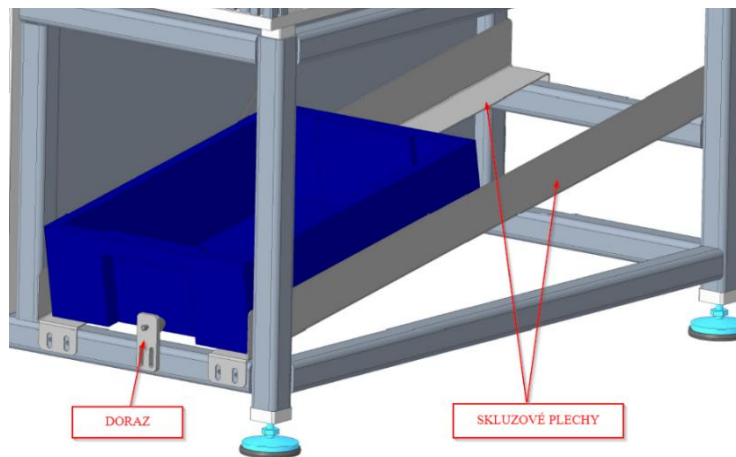
Kolébka i koryto jsou uchyceny ke stroji nezávisle na sobě. Kolébka drží pouze na pantech, zatímco kanál je chycen pomocí plechového úhelníku ke spodku základové desky a na spodní straně s rámem stroje. V korytu je místo až pro 10 špatně smontovaných konektorů. Vedle kolébky je v nerezovém plechu zasazena signalizační dioda. Tato dioda ukazuje operátorovi, jestli je odhazovací kanál plný nebo ne.



Obr. 49) Pohled na NOK zavřené/otevřené koryto

6.2.4 Skluz na prázdné bedny

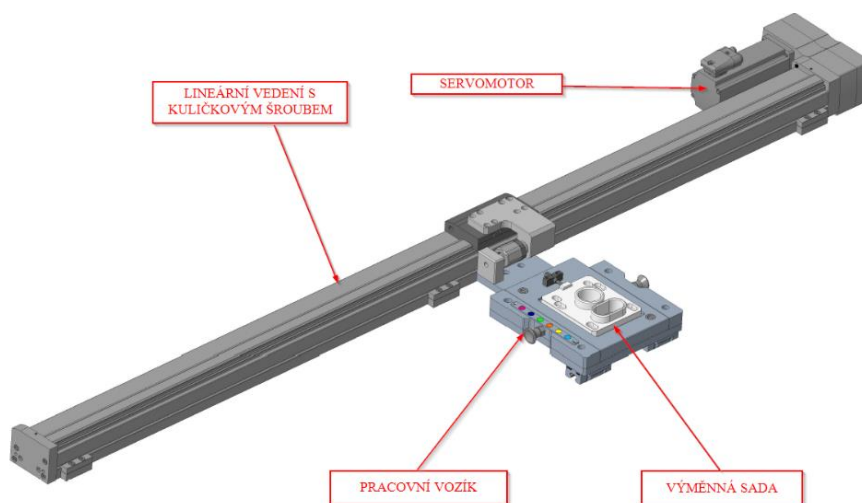
Požadavkem zákazníka bylo, aby byl stroj zásoben materiálem potřebným pro výrobu ze zadní strany stroje. Ze zadní strany se také mají odebírat prázdné bedny. Proto bylo nutné navrhnout skluzové plechy. Tyto plechy slouží k tomu, jestliže má operátor stroje na horním krytu prázdnou bednu, pošle ji po skluzovém plechu směrem k zádům stroje. Skluzové plechy jsou navrženy pro dvě prázdné bedny za sebou. Na konci je gumový doraz, aby se bedny zastavily v požadované pozici.



Obr. 50) Skluz na bedny

6.3 Pohon pracovního vozíku

Pro realizaci pohybu pracovního vozíku z pozice zakládání přes mezi pozici testování až do pozice odebírání bylo zvoleno lineární vedení s kuličkovým šroubem a saněmi v rybinovém vedení. Výhodou použití lineárního vedení s kuličkovým šroubem je v dosažitelné opakovatelné přesnosti. Vedení je poháněno servomotorem, který bude s vedením spojen přes paralelní sadu. Paralelní sada se skládá z dvou řemenic a jednoho zubového řemenu s karbonovými vlákny. Tento řemen je nutný, aby se řemen nenatahoval a tím nesnižoval přesnost saní na lineárním vedení. Upevnění lineárního vedení k základové desce stroje je řešeno pomocí speciálních středících kostek od firmy Festo, na kterých lze později seřizovat usazení lineárního vedení.

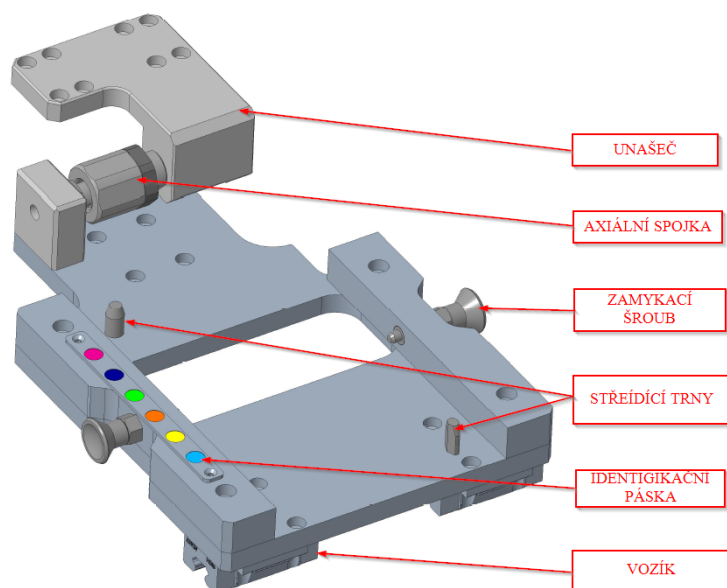


Obr. 51) Pohon pracovního vozíku

6.3.1 Pracovní vozík

Pracovní vozík je spojen se saněmi lineárního vedení pomocí nerezového unašeče, který je aretován pomocí středících kroužků od firmy Festo. Lineární vedení disponuje samostatným rybinovým vedením unašeče a pracovní vozík je nesen třemi vozíky s kuličkovým vedením na dvou dlouhých, do základové desky zafrézovaných kolejnicích od firmy Hiwin. Na straně pracovního vozíku, kde jsou dva kuličkové vozíky, jsou oba vozíky opřeny o kolíky, usazené v základní desce pracovního vozíku, přes broušenou stranu kuličkového vozíku. Tím se docílí rovnoběžnosti obou vozíků a třetí vozík na druhé kolejnici se přizpůsobí, aby nevzniklo nežádoucí zkřížení. Vzhledem k tomu, že pracovní vozík sám o sobě je přesně veden přes kolejnicové vedení, je třetí vedení na lineární ose nežádoucí. Z tohoto důvodu nesmí být pracovní vozík spolu s lineární osou spojeny na pevně, aby nedošlo ke křížení a s tím spojeným zasekáváním pohybu a ničení součástí. Jako kompenzátor nedokonalostí týkající se rovnoběžnosti všech třech vedeních je použita axiální spojka mezi pracovní vozík a unašeč. To zajistí kompenzaci případných výrobních nepřesností.

Na pracovní vozík se zakládají přestavbové sady v závislosti na typu zpracovávaného konektoru. Přestavbová sada se vždy usadí na středící trny, z nichž jeden je válcovitého tvaru a druhý je plochý s rádiusovými hranami, což zajistí jednodušší nasazování a přitom přesné vystředění. Následně se přestavbová sada zamkne na pracovním vozíku pomocí aretačních šroubů na boku. Identifikační štítek umístěný v levé části pracovního vozíku slouží pro identifikaci zpracovávaných typů konektorů. Každá barva reprezentuje jeden druh konektoru, který si zvolí koncový zákazník.



Obr. 52) Obrázek pracovního vozíku

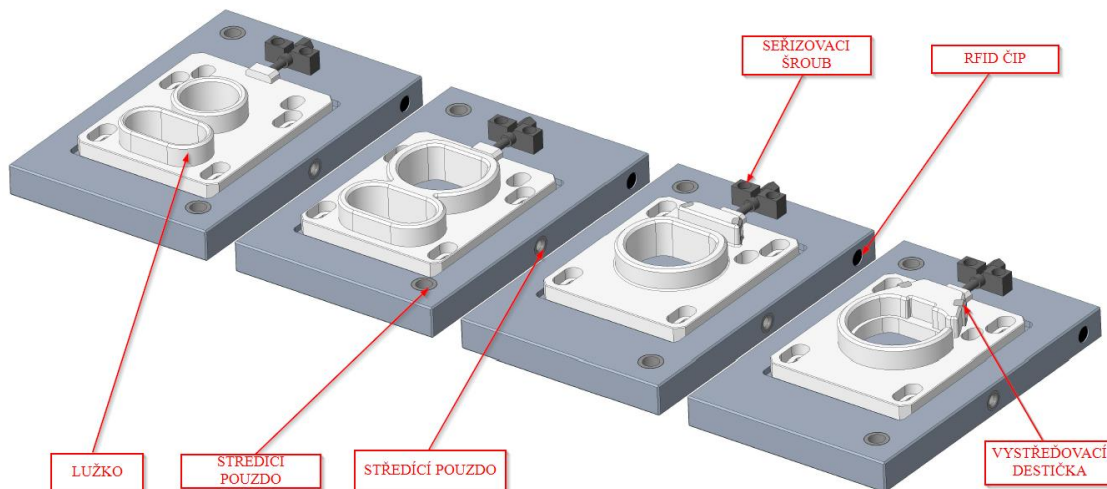
6.3.2 Výměnné sady s lůžky

Na stanici je testováno více druhů konektorů, proto je nutné uzpůsobit pracovní vozík tak, aby bylo možné testovat všechny druhy. Kvůli veliké rozdílnosti tvarů konektorů nelze navrhnout lůžko, ve kterém by bylo možné usadit více druhů konektorů tak, aby konektor nesklouzl z lůžka během pohybu. Z tohoto důvodu bylo nutné navrhnout výměnné sady pro každý typ konektoru.

Lůžka, na které se zakládají konektory, kopírují tvar konektoru tak, aby usazení bylo co nejpřesnější. Jsou vyrobeny z duralu s povrchovou úpravou tzv. „tvrdý elox“, která zajišťuje vynikající odolnost vůči otěru. Do lůžka bude konektor zakládán velmi často a mohlo by dojít k opotřebení lůžka, z tohoto důvodu je dobré použít vhodnou povrchovou úpravu, jako je „tvrdý elox“. Lůžko je vždy zasazeno v drážce v duralovém nosiči kvádřového tvaru. Lůžko, do kterého se zakládají konektory, musí být usazeno tak, aby bylo možné seřizovat jeho polohu. Pro jemné seřizování je zde použit seřizovací šroub, kterým se nastaví požadovaná pozice lůžka, a poté se lůžko dotáhne ke kvádřovému nosiči a zajistí se jeho poloha. Všechny typy konektorů, které budou na pracovní vozík zakládány, mají světlovody v jiné poloze vůči středové ose konektoru. Pro zjednodušení procesu testování se všechna lůžka seřídí takovým způsobem, aby světlovody byly v jedné rovině. Tím se dosáhne značného zjednodušení procesu testování, protože sonda se bude pohybovat pouze ve dvou osách, čímž se zvýší i opakovatelná přesnost testování.

Každá výměnná sada musí být strojem identifikovatelná, aby nemohla nastat situace, že operátor při procesu přestavby na jiný typ konektoru založí na pracovní vozík nesprávnou výměnnou sadu. K identifikaci přestavbové sady je použit datový nosič BIS0004 od firmy Balluff. Tento datový nosič slouží ke čtení i k zápisu, pomocí něho si stroj spočítá, kolik kusů prošlo testováním. Výhodou je, že nemusí být napojen na elektrickou energii.

Pro usazení přestavbové sady do pracovního lůžka jsou použita středící pouzdra, pomocí kterých se přestavbová sada nasadí na středící trny v pracovním lůžku. Po bocích přestavbových sad jsou středící pouzdra, která slouží na zamknutí přestavbové sady na pracovním lůžku pomocí aretačních šroubů. Ocelová pouzdra jsou zde pro to, aby se duralový dílec tzv. „nevymačkal“.



Obr. 53) Výměnné sady s polohovatelnými lůžky

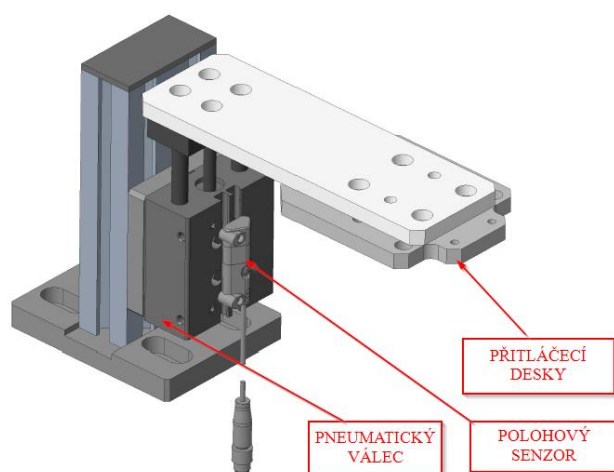
6.4 Horní testování konektoru

6.4.1 Přitlačení

Aby bylo možné provést přesné měření, je nutné zafixovat testovaný konektor, aby nedošlo k jeho pohybu během měření. Každý konektor má jiný tvar, proto je nutné navrhnout fixování takovým způsobem, aby nemusel být měněn nějaký prvek při změně typu testovaného konektoru. Pro každý typ konektoru je použito speciální lůžko, které kopíruje konturu konektoru, takže by nemělo docházet k zaměnění typu konektoru. V nových verzích konektorů, které se plánují v budoucnu implementovat do linky, je konektor, který je tvarově identický jako jeden již testovaný konektor, ale jeho vrchní plastová ohrádka je vyšší. Tím by mohl nastat případ, že se do procesu testování jednoho typu konektoru zamíchá jiný typ konektoru a stroj to nepozná. Z tohoto důvodu je nutné vytvořit opatření proti možnosti vzniku takového stavu.

Pro řešení těchto problémů je navržena následující fixační sestava. Základnou je duralová kostka s drážkami pro šrouby, aby mohla být doladěna její finální pozice na desce stroje. V ní je vsazen hliníkový profil nesoucí fixační členy. Pro přitlačení kusu k pracovnímu vozíku je využit pneumatický válec s integrovanými vodícími tyčemi. Tento typ válce je zvolen proto, aby nedocházelo k otáčení pístnice a hlavně proto, aby pro zatížení na dlouhé páce se pístnice nevybočila a válec nezačal tzv. „neprofukovat“. Konektor bude přitlačen destičkou z nerezové oceli, která v sobě má vybrání v bodech, kde konektor obsahuje výstupy vyšší, než je opěrná plocha. Tímto způsobem je možné fixovat všechny typy konektorů.

Abychom mohli identifikovat typ konektoru, je na pneumatický válec upevněn speciální senzor. U každého typu konektoru je opěrná hrana vždy v jiné výšce od roviny pracovního vozíku. Tyto výškové rozdíly se snímají pomocí senzoru polohy magnetického pole. Tento senzor snímá rozsah až 32 mm, což je celý zdvih pístnice, to znamená, že PLC má zpětnou vazbu o tom, kde se pístnice nachází v každém okamžiku. Tento senzor je schopen pracovat s opakovatelnou přesností až 0,001 mm. Tímto způsobem jsme schopni určit typ konektoru, který je testován. Výhodou je, že tento senzor je IO-Linkový, to znamená, že nastavení jeho spínacích bodů lze snadno nastavovat i ze vzdálené správy a nastavit mu více spínacích bodů dle aktuálně testovaného typu konektoru. Tento senzor lze snadno nastavovat i pomocí funkce Teach-in. Tato funkce spočívá v přitlačení správného kusu na požadovanou polohu a uložení aktuální pozice, která bude považována za správnou pro následné další měření.



Obr. 54) Sestava přitlačení konektoru

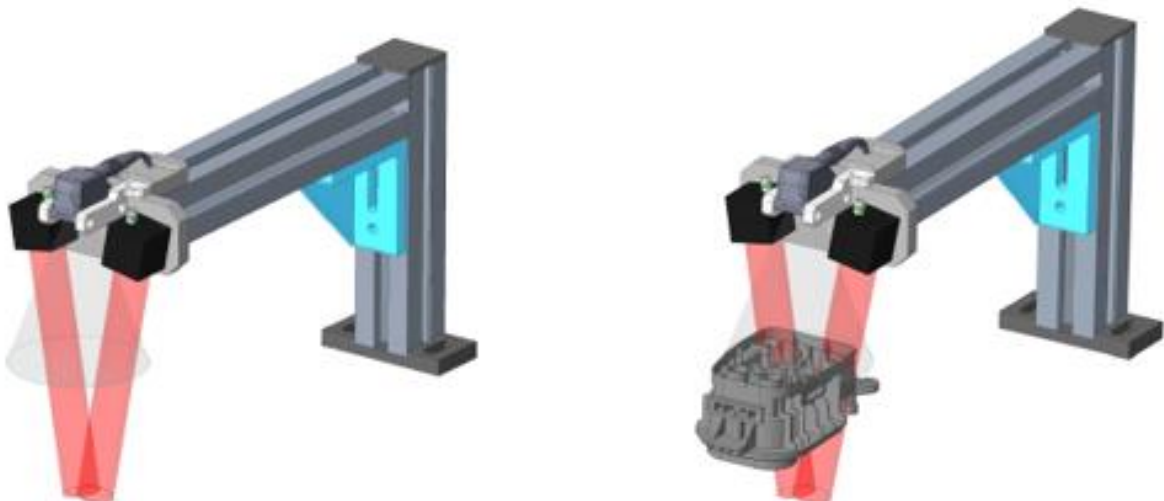
6.4.2 Testování průchodnosti světlovodů

Hlavní funkcí horního testování je kontrola správně založeného světlovodu v těle konektoru. Místo v těle konektoru, kde má být vložen světlovod, není bohužel udělané jako Poka-Yoke, a světlovod lze vložit i nesprávně natočený. Pokud by byl světlovod špatně natočený, dioda, která je součástí desky s plošnými spoji, by nesvítila do čela světlovodu a tím by funkce rozsvěcování nápisů pomocí světlovodu nefungovala. Z tohoto důvodu je nutné sestavit zařízení, které bude kontrolovat správné natočení zalísovaných světlovodů.

Pro tuto aplikaci se využije kamera IV2-G500MA dodávaná firmou Keyence. Použití tohoto modelu monochromatické kamery je velice výhodné hlavně z hlediska nastavování. Firma Keyence v současné době vyvinula software pro naprogramování kamery, který snadno zvládne i mechanický seřizovač a není třeba profesionálních kameramanů. Tento typ kamery lze nastavovat i ze vzdáleného přístupu, což je velice výhodné. Kamera samotná disponuje integrovaným osvětlením. Toto osvětlení je pro většinu aplikací dostačující, avšak u transparentních materiálů je výhodné doplnit externí bodové osvětlení. Použité bodové osvětlení je od firmy Cognex a je schopno reagovat na rychlé vypínání a zapínání, a to nezávisle na kameře.

Světlovod je vyroben z velice křehkého materiálu a při zalísování do těla konektoru se snadno může stát, že se nalomí nebo dokonce zlomí. Z tohoto důvodu je nutné otestovat, zdali se světlovod během lisování neponičil. Na světlovod bude posvíceno zesponu těsně před tím, než začne testování správné výšky zalísování světlovodu těsnicí gumičky. Test se provede pomocí kamery zmíněné v předchozím odstavci.

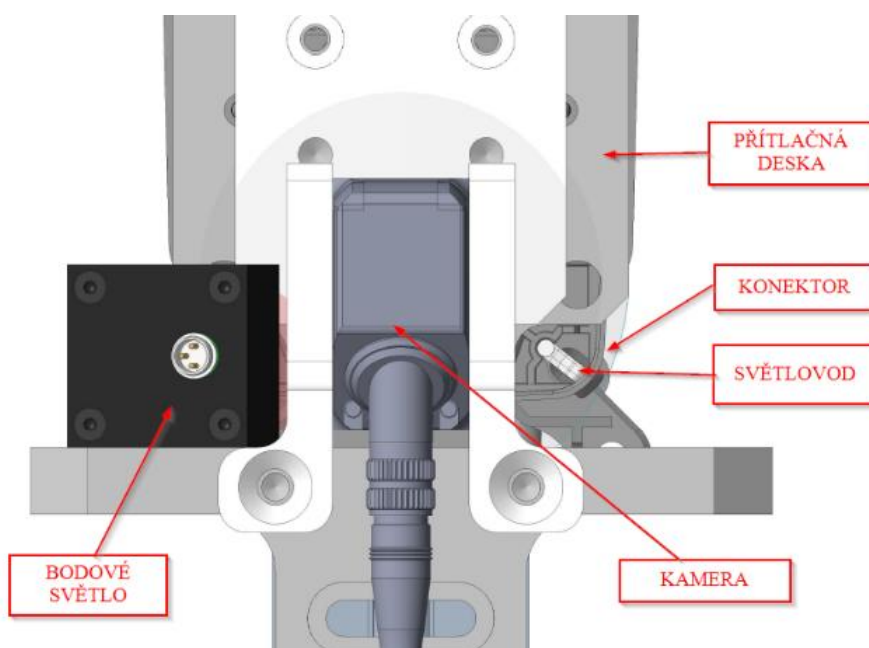
Konstrukce je složena z duralového desky s drážkami pro šrouby pro dolazení správné pozice. Rám je složen z hliníkové konstrukce. Na konci je duralový díl, který slouží k uchycení kamery a bodových světel. Bodová světla jsou uchycena přes kruhové drážky, díky kterým lze regulovat natočení. Reprezentace světelných paprsků od bodových světel jsou znázorněny červenou barvou na obrázku níže. Oblast snímaná kamerou je reprezentována kuželovou stopou, na obrázku níže je vykreslena šedou barvou.



Obr. 55) Uchycení kamery a bodových světel

6.4.3 Průběh horního testování

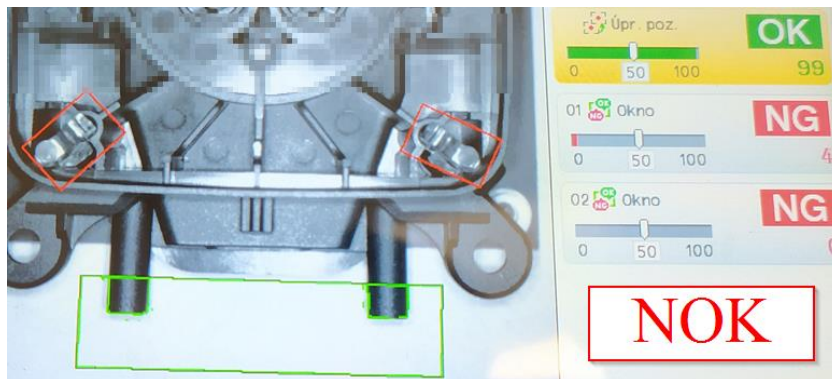
Kamera je uchycena v ose fixační sestavy, aby byla schopna snímat i jiné rozteče světlovodů u různých typů konektorů. Výhodou je, že kameru lze nastavit na všechny typy konektorů a následně při přepnutí stroje na jinou variantu konektoru se také změní snímání kamery dle požadovaného typu, na něž byla již dříve naučena. Průběh testování je následující. Pracovní vozík s konektorem najede pod fixační sestavu. Pneumatický válec přitlačí tělo konektoru k lůžku a zafixuje ho. Bodová světla se rozsvítí a následně kamera otestuje správné natočení zalisovaných světlovodů. Bodová světla se vypnou a následně začne spodní testování. Ještě před započítím pohybu spodní testovací sondy bodové světlo umístěné na spodní sondě se rozsvítí a zaostří na jeden ze dvou světlovodů. Kamera zaregistruje záblesk v kontrolované oblasti a vyhodnotí, zda je světlovod v pořádku nebo je poničený, a to na základě intenzity světelného záblesku. Poté se světlo vypne a počká, než najede do pozice druhého světlovodu a vykoná se stejný postup. Na obrázku níže je vidět pohled shora na snímáný objekt.



Obr. 56) Detailní horní pohled na testovaný objekt

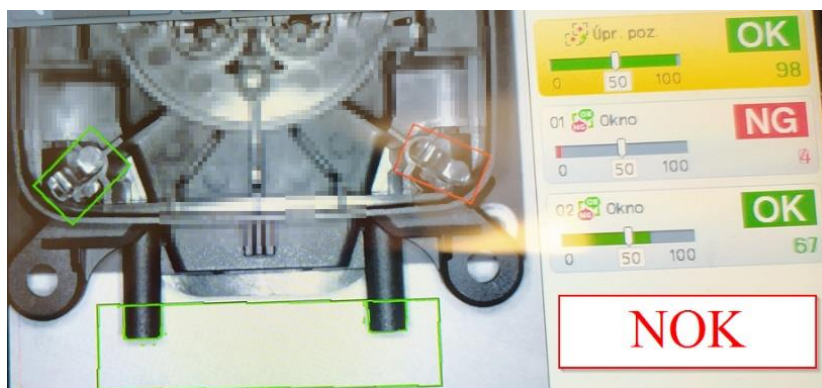
Navrhnutý kamerový systém dokáže vyhodnocovat až 16 snímáných objektů v jednom snímku. Vyhodnocování jednotlivých objektů pracuje nezávisle. To znamená, že lze naprogramovat různé stavy, které budou považovány za vyhovující a nevhovující. Kamera vyhodnocuje světelné odrazy od hran světlovodů a od aretačního zobáčku světlovodu. Válcovitá část světlovodu odráží světlo jinak než zaoblený uchycovací zobáček. Z tohoto rozdílu lze porovnávat, zda je světlovod správně natočen nebo ne. Na obrázcích níže lze vidět 3 vyhodnocovací stavy, které jsou pro snímání světlovodů nastaveny. Obrázky z průběhu testování jsou pořizeny během odborné konzultace a pokusů snímání vzorových kusů s firmou Keyence.

První stav je zobrazen v horní části obrázku. Červené obdélníčky znázorňují prostor, ve kterém je prováděn porovnávací test. Červená znázorňuje nežádoucí stav na obou světlovodech. Zelený obdélník slouží jako referenční oblast a zkoumá správnou polohu celého konektoru. V pravé části obrázku je vidět, na kolik procent se vzorový správný kus shoduje s nynějším testovaným kusem. Čím vyšší hodnota bude zjištěna, tím je větší jistota detekce správného případu. Čím nižší hodnota je na displeji zobrazena, tím se testovaný kus více neshoduje se vzorovým kusem a je tedy vyhodnocen jako chybný. Hranici mezi žádoucím a nežádoucím případem lze jednoduše nastavit přetáhnutím táhla na displeji.



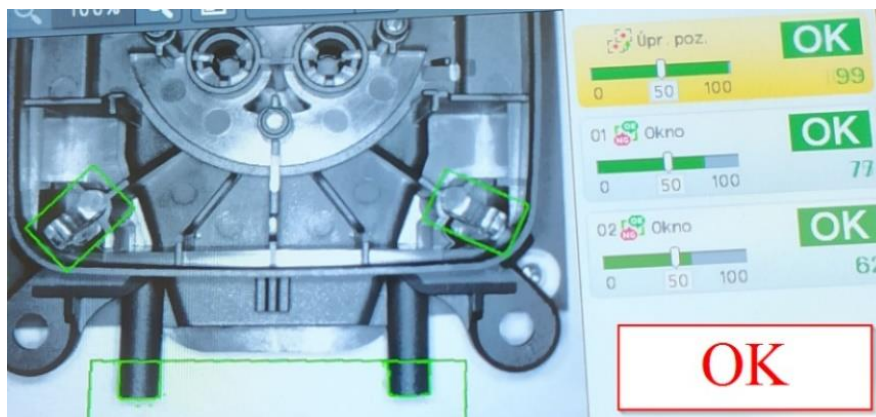
Obr. 57) První stav kamerového testování světlovodu

Druhý stav je situace, kdy jeden ze dvou světlovodů není správně natočen. Jak je vidět na obrázku níže, světlovod, který je správně natočen, je označen zeleným obdélníkem, který znázorňuje správný stav. Nesprávně natočený světlovod je označen červeným obdélníkem. V pravé části obrázku lze vidět hodnoty testování. Hodnoty nesprávně natočeného světlovodu jsou velice nízké, což je správně. Hodnoty správně natočeného kusu sice dosáhly hranice správného kusu, ale výsledky nejsou přesvědčivé.



Obr. 58) Druhý stav kamerového testování světlovodu

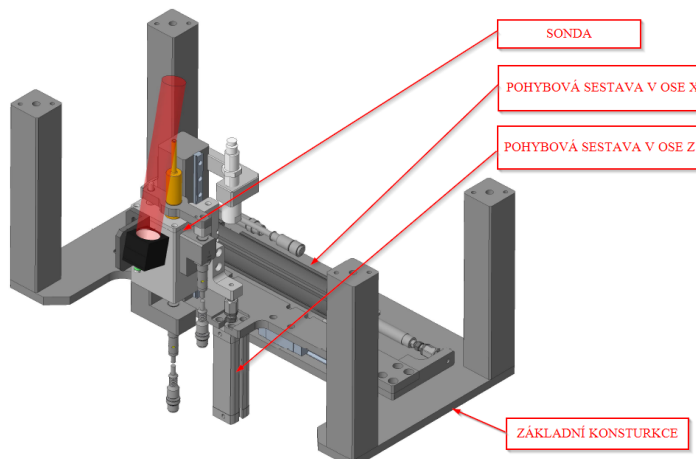
Třetí stav je situace, kdy jsou oba světlovedy správně natočeny. Všechny kontrolované věci jsou ohraničené zelenými obdélníky, to znamená, že testovaný kus je správně smontovaný. Jak je vidět v pravé části obrázku, hodnoty snímání u obou světlovedů jsou sice nad hranicí správného natočení, ale hodnoty nejsou přesvědčivé. To může být způsobeno transparentním materiálem světlovedu. Osvětlení implementované přímo do kamery je pro jiné aplikace plně dostačující, bohužel světloved odvede většinu světelných paprsků a zpětný snímaný odraz není natolik velký, aby byla zaručena vysoce garantovaná správnost testu. Z tohoto důvodu bylo od výrobce kamerového systému doporučeno použít externí osvětlení. Na externí osvětlení bylo rozhodnuto použít bodové osvětlení od firmy Cognex.



Obr. 59) Třetí stav kamerového testování světlovedu

6.5 Spodní testování

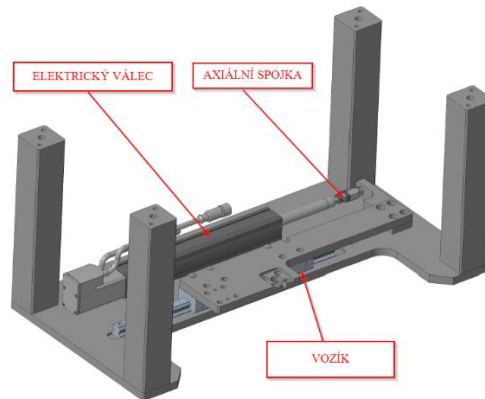
Hlavní funkcí spodního testování je změření správné výšky zalisovaných světlovedů a gumového těsnění v těle konektoru. Konektor je založen na pracovník vozík vždy stejným směrem na celé lince. Toto testování musí být prováděno ze spodní strany konektoru, protože rovná plocha konektoru, z které vychází světloved, je brána jako referenční plocha. Od této plochy jsou stanoveny vzdálenostní tolerance k čelu světlovedu u jednotlivých typů konektorů. Základová konstrukce, na které je pohybová soustava se sondou uložena, musí být přesně spojena se základovou deskou. K tomu slouží čtyři sloupy v rozích základové desky testeru, které se přišroubují ke spodku základové desky stroje a pomocí kolíků se usadí do požadované pozice.



Obr. 60) Sestava spodního testování konektoru

6.5.1 Pohyb v ose X

Díky sjednocení všech základacích lůžek takovým způsobem, aby světlovody u každého typu konektoru byly vždy v jedné rovině, není potřeba řešit polohování sondy v ose Y. Pohybu sondy v ose X se ale vyhnout nelze. Každý konektor má v sobě usazené světlovody a gumové těsnění v jiné vzdálenostní rozteči vzhledem k ose těla konektoru. Aby bylo možné testovat všechny typy konektorů, je nezbytné, aby se sonda mohla přizpůsobovat poloze světlovodu. Polohování sondy musí být dostatečně rychlé a přitom musí dosahovat co nejlepší opakovatelné přesnosti. Pohon reguluje pozici vozíku, na kterém je upevněna měřicí sonda. Nosný vozík je spojen přes axiální spojku a je vedený kolejnicí a kuličkovým vozíčkem od firmy Hiwin.



Obr. 61) Sestava pro zajištění pohybu sondy v ose X

Pro realizaci pohybu sondy byl zvolen elektrický válec EPCO. Elektrický válec EPCO je přímočarý pohon s pohybovou tyčí. Uvnitř je pevně integrován motor a elektricky poháněné vřeteno, které převádí točivý pohyb motoru na přímočarý pohyb tyče. Tento typ pohonu je obvykle volený pro aplikace s kratšími zdvihy. Součástí elektrického válce je integrován ekodér, díky kterému se získává zpětná vazba o poloze pohybové tyče. Současně s výběrem elektrického válce musí být zvolen i ovladač motoru.

Důležité parametry elektrického válce:

- Vypočítaná maximální rychlost: 0,117 m/s
- Vypočítané maximální zrychlení/zpomalení: 0,2 m/s²
- Teoretická opakovatelná přesnost polohování: ±0,02mm
- Reálná opakovatelná přesnost při zatížení 5,5 Kg : ±0,04mm
- Délka zdvíhu: 100 mm
- Maximální doba přesunu 3 s [31]

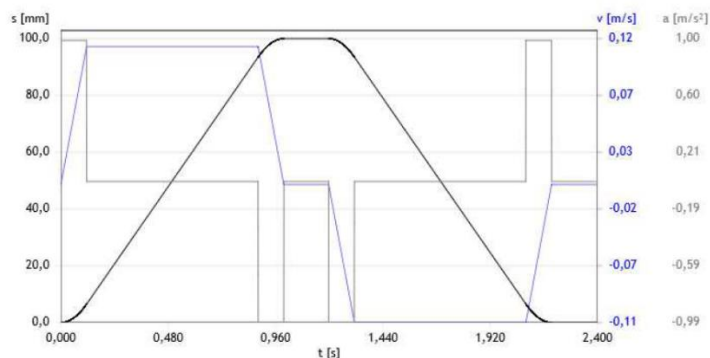
Komponenty potřebné pro použití elektrického válce:

Elektrický válec: EPCO-16-100-3P-A-ST-E

Axiální spojka: FK-M6

Ovladač motoru: CMMO-ST-C5-1-LKP

Ukotvení elektrického válce k základové desce: EAHF-P1-16 [31]

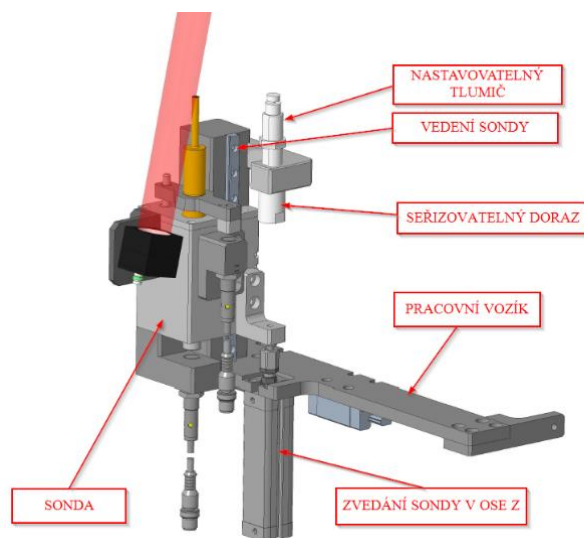


Obr. 62) Graf pohybu sondy v ose X [31]

Z výpočtu od firmy Festo, provedeného v programu PositioningDrives Version 2.3.30, lze vidět, že celková přibližná doba přesunu pohybové tyče do plného zdvihu a zpět je 2,4 s. Zdvih elektrického válce je delší, než je v současné době potřeba. Maximální rozteč světlovodů v těle konektoru je 64 mm. Pokud by se však do linky implementovaly v budoucnu i jiné typy konektorů, tento zdvih by byl potřebný. Opakovatelná přesnost, které je schopen elektrický válec dosáhnout se zatížením, je $\pm 0,04\text{mm}$, což je pro tuto aplikaci vyhovující.

6.5.2 Pohyb v ose Z

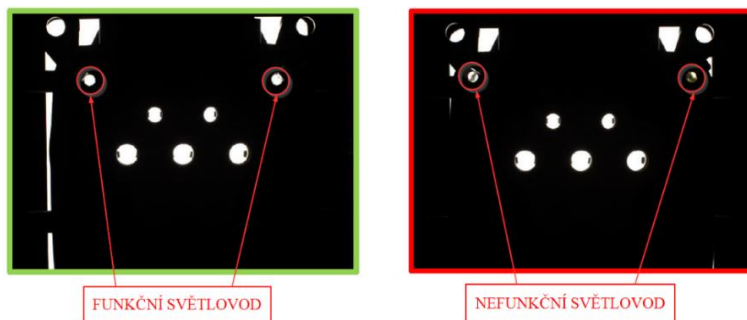
Měřicí sonda musí být schopna se pohybovat v ose Z. Hlavním důvodem je, že měřicí sonda pracuje se změnami vzdáleností v ose Z a tím vyhodnocuje měření. Na odměřování by stačil pouze krátký zdvih okolo 10 mm. Pro řešení pohybu v ose Z byl zvolen pneumatický válec se zdvihem 80 mm. Kdyby tomu tak nebylo, pracovní vozík se založeným konektorem připraveným k testování by během najíždění do měřicí pozice urazil měřicí trn sondy. Měřicí sonda je vedena pomocí profilové kolejničky a kuličkového vozíku od firmy Hiwin. Tím je zajištěno přesné vedení. Koncová výšková poloha sondy musí být přesně nastavitelná, aby přesnost měření byla co nejmíň ovlivňována. Jako nastavitelný dorazový prvek je použit tlumič s převlečnou dorazovou maticí a jemným závitem od firmy Wediss. U tohoto typu tlumiče lze nastavovat sílu tlumení. Použitím tohoto prvku se zajistí jak správná koncová pozice sondy, tak utlumení rychlosti konce celkového zdvihu, čímž bude zajištěno pomalé dojetí měřicího trnu do koncové pozice a eliminuje se riziko poškození měřeného objektu.



Obr. 63) Sestava pro zajištění pohybu sondy v ose Z

6.5.3 Měřicí sonda

Měřicí sonda jako taková slouží pro odměřování výšky dvou objektů současně. Součástí měřicí sondy je i bodové světlo, které je potřebné pro testování poškození světlovodu. Jak již bylo řečeno v kapitole 6.4.3., horní bodová světla zasvítí na světlovody vložené do těla konektoru a provede se kamerový test, zda jsou světlovody správně natočeny. Poté jsou horní světla zhasnuta a rozsvítí se bodové světlo na spodní měřicí sondě. Toto světlo je pevně spojeno s měřicí sondou, takže je vždy zaměřeno pouze na jeden ze dvou světlovodů dle toho, který je právě měřen. Díky rozsvícení bodového světla na čelo světlovodu se přenesou světelné paprsky na druhou stranu světlovodu. Světelné paprsky jsou zachyceny kamerou horního testování. Test je nutný, aby bylo zjištěno, jestli světlovod není nalomen či dokonce zlomen a tím by nemohl plnit svoji funkci.



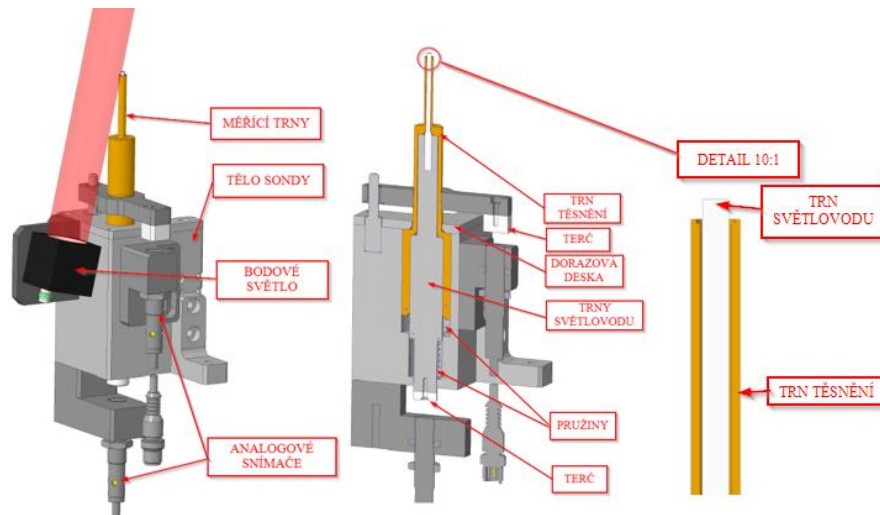
Obr. 64) Zkušební test světelné vodivosti

Měřicí část sondy se skládá ze dvou měřicích trnů, které jsou předepjaté pružinami. To jim zajišťuje volnost v Z ose v případě, že se jejich čela opřou o měřený objekt. Díky tomu se měřený objekt nepoškodí, kdyby byl nastaven špatný zdvih posuvu celé sondy v ose Z. Zatlacení obou trnů po dotyku s měřeným objektem se využívá k odměření správné výšky světlovodů a gumového těsnění vzhledem k referenční rovině těla konektoru.

Vnější mosazný trn slouží pro měření a testování přítomnosti a výšky zalisování gumového těsnění. Tento trn je v klidové pozici vysunut a dorazěn na destičku z nerezové oceli pomocí pružin, které na něj tlačí ve spodní část. Spolu s trnem se pohybuje destička nesoucí ocelový terč. Tato destička je na trnu opřena o osazení a zajištěna pojistným kroužkem. Aby nedocházelo k nežádoucímu otáčení, je destička navíc vedena pomocí kolíku a samomazného kluzného pouzdra. Na druhé části je umístěn ocelový terč sloužící jako plocha, od které je odměřována výška zasunutí trnu a tím i výška snímaného objektu. Materiál trnu je zvolen mosaz kvůli kluznému uložení v nerezovém pouzdře, s kterým jsou spojeny všechny komponenty na měřicí sondě.

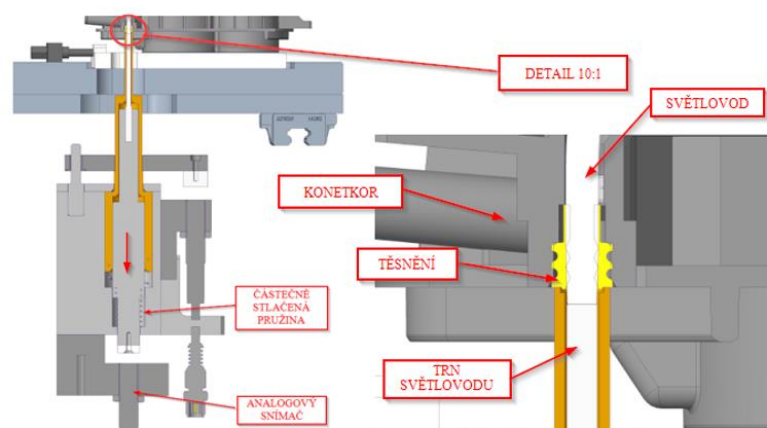
Vnitřní trn slouží pro měření správné výšky zalisování světlovodu vůči referenční rovině těla konektoru. Trn se skládá ze dvou částí. Hlavní částí je váleček s osazeními z nerezové oceli. Tento váleček slouží pro přesné kluzné vedení v mosazném trnu. Druhá část je vyrobena z vyhadzovacího trnu, který primárně slouží k vystrkování plastových výlisků z forem. Výhodou je malý průměr a kalený povrch s velice nízkou pořizovací cenou. Vyhazovací trn je zakrácen na požadovanou délku a nalisován do nerezového válečku. Tato část je v přímém kontaktu s měřeným světlovodem, proto její povrch na dorazové ploše musí být leštěný a bez hrany, aby nepoškodil měřený světlovod. Nerezový váleček je rovněž předepnut pomocí pružiny, která na něj tlačí ve spodní části. Do koncové pozice je dorazěn o vnitřní průměr mosazného trnu, přičemž upravený vyhadzovací trn je tak dlouhý, aby byl výše oproti mosaznému trnu. Toto

řešení zajistí, že pokud se tlačí na vnitřní nerezový trn, vnější mosazný trn zůstává stát. V případě, že by se začalo tlačit i na vnější mosazný trn, oba by se zatlačily spolu stejnou rychlostí. Na spodní části nerezového trnu, měřicího výšku zalisovaného světlovodu, je přidělán ocelový váleček. Tento ocelový váleček slouží jako terč pro měření vzdálenosti od indukčního čidla, kdyby zůstal z nerezové oceli, mohly by nastat odchylky kvůli korekčnímu faktoru nerezové oceli.



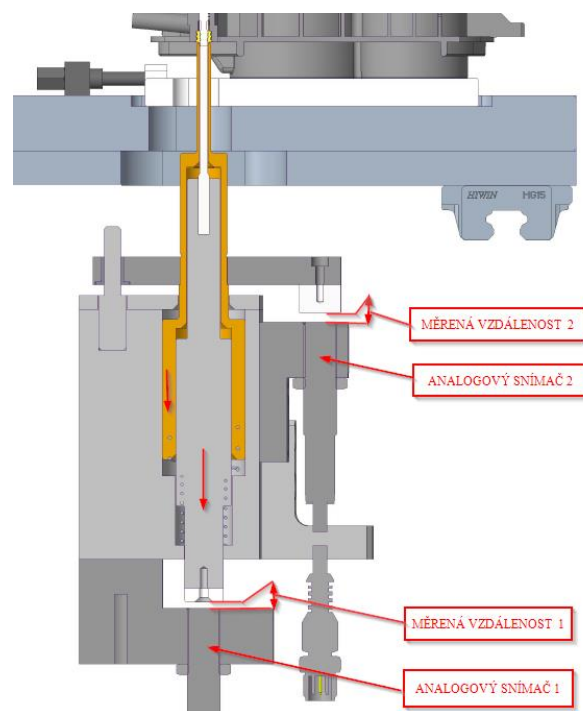
Obr. 65) Testovací sonda a řez sondou

Na obrázku výše je vidět, jak vypadá měřicí sonda a v jaké pozici jsou měřicí trny v klidovém stavu. Tento stav je zachován až do té doby, kdy sonda najede do pracovní pozice. V závěru najíždění do pracovní pozice je rychlost zvedání zpomalena pomocí nastavitelného tlumiče zmiňovaného v kapitole 6.5.2.. Ten je použit proto, aby měřicí trn nenarazil do měřeného objektu příliš rychle a nepoškodil ho. V momentě dotyku vnitřního trnu a čela světlovodu se vnitřní trn začne zatlačet a zatlačí se do doby, kdy celá sonda dojde na předem seřízený doraz. Stav zatlačení prvního trnu je vidět na obrázku níže v detailním pohledu. V tento okamžik indukční analogový snímač číslo 1 měřicí výšku zalisovaného světlovodu detekuje ocelový terč. Možnost, že by světlovod v konektoru chyběl, je eliminována horním kamerovým testem.



Obr. 66) Sonda v řezu-druhá fáze testování

S postupným pohybem sondy směrem k měřenému objektu se vnitřní trn zatlačí samostatně až do doby, kdy se vnější mosazný trn dotkne gumového těsnění. V případě, že by gumové těsnění nebylo v koncové pozici, trn ji dotlačí do koncové pozice. Poté se vnější trn opře o gumové těsnění a začne se zatlačet spolu s vnitřním trnem. V této chvíli již analogový snímač číslo 2 detekuje ocelový terč. Oba terče jsou již detekovány a rozdíl od čidla 1 a čidla 2 udává výšku světlovodu. Oba trny se ještě zatlačí o předem definovanou vzdálenost nastavenou na dorazu celé sondy, aby byla zjištěna změna hodnoty čidla 2 a ověřena funkčnost. V konečné poloze sondy oba analogové senzory vyhodnotí vzdálenost od terčů a v PLC se vyhodnotí rozdíl naměřených vzdáleností a určí se, zda je světlovod ve správné výšce. V případě, že by gumové těsnění v konektoru chybělo, vnější trn má menší průměr, než je usazovací díra na těsnění, a trn by zajížděl do těla konektoru, aniž by se na něco opřel a stlačil. Tento stav by poznal analogový snímač 2, protože by nevznikla žádná změna vzdálenosti od terče.

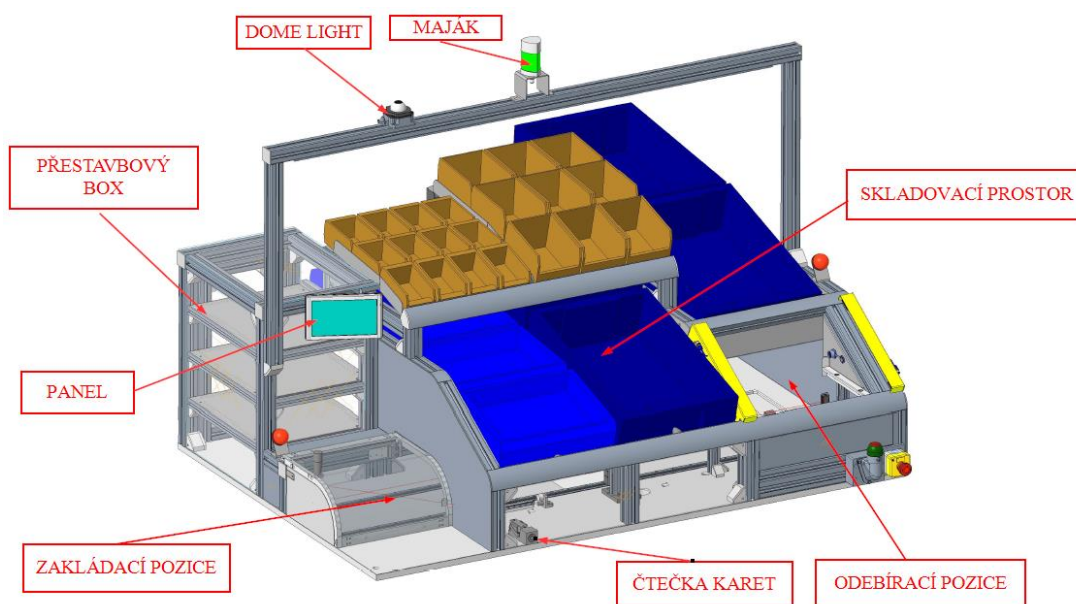


Obr. 67) Sonda v řezu – třetí fáze testování

Indukční analogové senzory, které jsou zde použity, jsou typu IO-Link, což v překladu znamená „vstupní/výstupní linka“. Praktické využití těchto senzorů je možnost získání přímo měřených hodnot rovnou do PLC, aniž by byla potřeba vyhodnocovací karta, jak je tomu zapotřebí u normálních analogových senzorů. Další výhodou je možnost nastavování senzorů přímo v PLC ve speciálním prostředí k tomu určeném. Bezpochyby největší výhodou je funkce Teach In. Pokud je od zákazníka dodána vzorová sada již správně otestovaných konektorů, je nastavování vyhodnocování dobrého a špatného kusu velice jednoduché. Do lůžka se založí správný kus, na senzoru se nastaví Teach In a provede se test. Naměřená hodnota se uloží a od této chvíle již systém ví, že pokud senzor naměří takovouto hodnotu, nebo hodnotu mu blízkou, záležící na tolerančním pásmu, bude považovat měření jako úspěšné. Tímto postupem se senzor naučí všechny typy konektorů, a kde jsou požadované hodnoty jiné, při změně typu konektoru, se automaticky přenastaví. Zákazník většinou dodá i sadu měřených konektorů, které měřením neprošly, a na ní se poté provádí testy.

6.6 Horní krytování

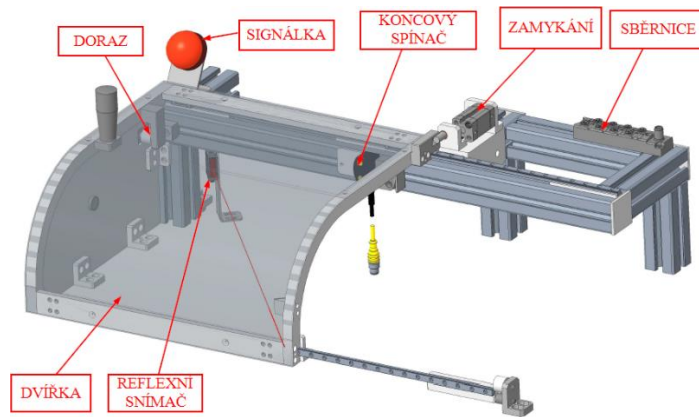
V této kapitole je popsáno horní krytování stroje spolu se signalizačními a bezpečnostními prvky. Na základě odsouhlaseného konceptu se zákazníkem byl navrhnout následující koncept krytování. Zakládací pozice v levé části stroje je řešena pomocí ručně posuvných dveří. Nad zakládací pozicí je uchycen otočný signalizační panel, který slouží pro vizualizaci chybových stavů detekovaných při testovacím procesu. Prostřední část krytu slouží pro uskladnění krabic s materiálem. Nad skladovacím prostorem je hliníková konstrukce, na které je usazen maják sloužící pro barevnou signalizaci stavu stroje. Vedle majáku je usazeno signalizační zařízení zvané „dome light“. Toto zařízení musí být viditelné ze všech stran stanice a slouží pro signalizaci nebezpečných stavů stroje, jak světelně, tak i zvukově. V pravé části stroje je navržena odebírací pozice, kde je bezpečnost řešena pomocí světelné brány. V přední části krytu je skrz polykarbonátovou desku přimontována čtečka karet, která slouží pro identifikaci obsluhy stroje.



Obr. 68) Horní krytování stanice

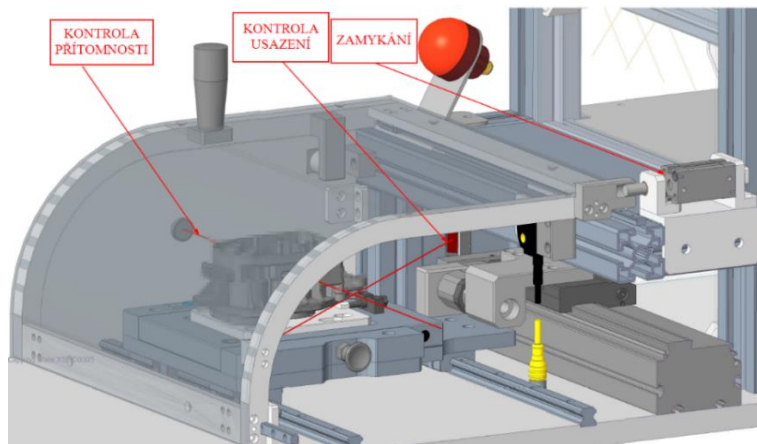
6.6.1 Zakládací pozice

Zakládací pozice stanice je koncipována jako ruční otvírání posuvných dveří. Dveře se posouvají pomocí kuličkových vozíků a profilových kolejnic od firmy Hiwin, z části po základní desce a z části po konstrukci z hliníkových profilů. Kostra dveří je vyrobena z duralových dílů. Krytování je pomocí antistatického polykarbonátu tloušťky 3 mm, který je ohýbán za studena přímo na duralovou kostru. Polykarbonát je potažen antireflexní fólií, která zamezí nežádoucím odleskům od optických senzorů umístěných v prostoru pod dveřmi. Koncové pozice jsou řešeny stavitelnými dorazy a aretovány šroubem s kuličkou a magnetami. Na dveřích se rovněž nachází magnetický koncový bezpečnostní spínač. Signalizační dioda je umístěná nade dveřmi, slouží pro informování operátora, zda může dveře otevřít nebo ne. Barva diody se mění v závislosti na sepnutí koncového spínače a informací ze zamykacího mechanismu. Na hliníkové konstrukci je uchyceno sdrůžovací pole pro napojení senzorů.



Obr. 69) Zakládací pozice 1

Součástí zakládací polohy stanice je kontrola správného usazení těla konektoru na pracovním lůžku. Pokud by konektor nebyl usazen v konečné pozici, zamykací mechanismus a spodní sonda by mohly konektor poničit nebo poškodit samy sebe. Z toho důvodu musí být pozice konektoru kontrolována. Ke kontrole slouží dvě reflexní čidla. První míří na hranu těla konektoru, která se vždy u všech typů konektorů nachází na stejném místě. Tím, že po vložení konektoru je laserový paprsek protnut hranou těla konektoru, je dán signál, že kus je správně založený v lůžku a může být spuštěn automatický proces testování a měření. Druhý laserový snímač míří do středu těla konektoru a kontroluje přítomnost konektoru v lůžku po celou dobu testování.

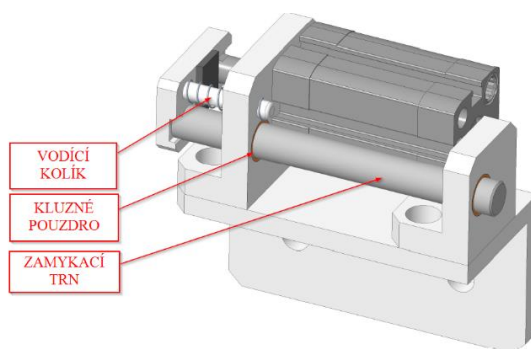


Obr. 70) Zakládací pozice 2

Dveře v zakládací pozici stroje musí být zamykatelné, aby bylo zamezeno přístupu operátora do té doby, než bude proces testování ukončen a všechny pohyblivé části stroje jsou zastaveny. Zamykání je řešeno pomocí pneumatického válce, kdy se pístnice opírá o doraz na dveřích. Pneumatický válec s obyčejnou pístnicí je pro tuto aplikaci nevhodný, protože po několika pokusech operátora o otevření dveří v době, kdy jsou dveře zamčené pístnicí, by se pístnice mohla vybočit a pneumatický válec by mohl tzv „profukovat“. Pro řešení tohoto problému je ideální použít zářezový pneumatický válec se zesílenou pístnicí. Je vyžadováno, aby se dveře po odpojení stanice od stlačeného vzduchu automaticky odemkly kvůli umožnění přístupu pro seřizovače. Vzhledem k bezpečnosti je zákazníkem vyžadováno, aby všechny pneumatické prvky na stanici byly dvojčinného typu. Protože zamykací mechanismus je uložen za pevným krytem, seřizovač nemůže zatlačit pístnici ručně, aby se dveře odemkly. Z toho

důvodu je nutné, aby se pneumatický válec automaticky vždy po odpojení vzduchu zasunul. Zarážkové pneumatické válce se sice vyrábějí dvojčinného typu s pružinou, ale s pružinou, která zajistí vysunutí pístnice po odpojení vzduchu. Tento válec je speciální, proto nelze jednoduše válec rozmontovat a přehodit pružinu na druhou stranu. Z toho vyplývá, že tento typ válce nelze použít a musel být zkonstruován zářčkový mechanismus.

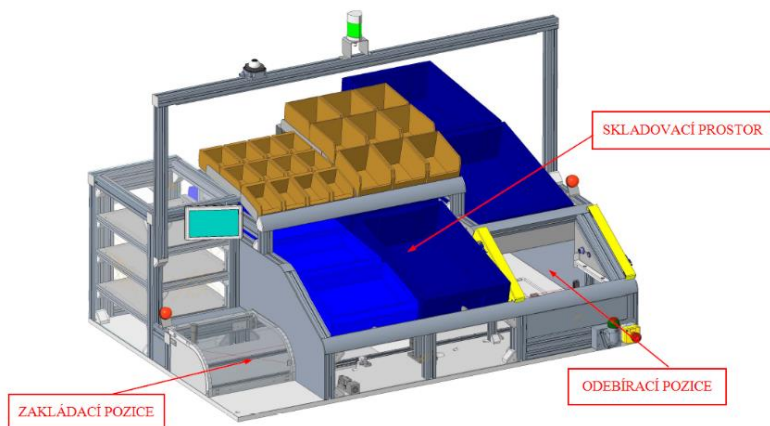
Mechanismus je řešen pomocí kompaktního pneumatického válce spojeného s táhlem. Táhlo je spojeno se zamykacím trnem, který je veden pomocí dvou kluzných pouzder. Tímto je zajištěno, že se pístnice pneumatického válce nevybočí při radiálním zatížení zamykacího trnu. Zasunutí zamykacího trnu při odpojení stanice od stlačeného vzduchu je řešeno pomocí externí pružiny a vodícího kolíku, kterým je vedena. Podmínkou pro fungování mechanismu je nutné použití pneumatického ventilu typu E, neboli pneumatického ventilu se střední polohou otevřenou.



Obr. 71) Zamykání dvířek

6.6.2 Skladovací prostor materiálu a přestavbový box

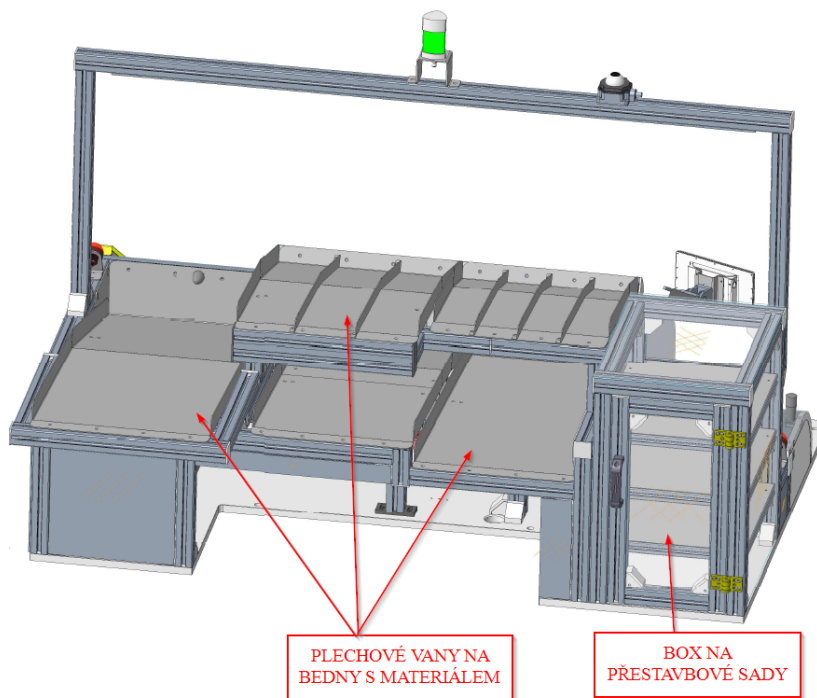
Důležitým požadavkem od zákazníka je uzpůsobení prostoru ve stanici pro krabice s materiálem. Z tohoto důvodu také stanice dosahuje takové délky. Kdyby tento požadavek nebyl a materiál by se skladoval v externím regálu, stanice by mohla být až 2x kratší a tím i rychlejší, protože by se zkrátily přejezdové časy. Požadavkem rovněž bylo, aby se vešly vždy alespoň 2 krabice za sebe. Na základě požadovaného rozmístění beden byl sestaven koncept rozložení, jenž můžete vidět na obrázku níže. Krabice s materiálem slouží k zásobování vedlejší stanice, a to kromě krabice, která je nad odebírací pozicí měřicí stanice. V této bedně se uskladňují těla konektorů se zaslepenými otvory pro světlovody a těsnění. Na obrázku níže lze vidět horní kryt s uskladněnými krabicemi.



Obr. 72) Horní kryt stanice zepředu

Skladovací prostory jsou navrženy v takové výšce, aby byly pohodlně přístupné obsluze. V případě, kdy bude potřeba doplnit materiál do vedlejší stanice, operátor vezme krabici s materiálem z měřicí stanice a založí ji do vedlejší stanice. V tu chvíli se díky sklopené plechové vaně sesune další plná krabice a opře se o gumový doraz. Plné krabice s materiálem jsou doplňovány ze zadní strany stroje. Plechové vany, na kterých jsou položeny krabice s materiálem, jsou vyrobeny jako ohýbaný svařovaný nerezový plech. Svar je vždy proveden v části plechové vany, kde se mění úhel sklonu. Pod plechovou vanou, vlevo od odebírací pozice, se nachází horní testovací stanička, aby byl zajištěn jednoduchý a pohodlný přístup pro seřizovače. Vana je smontována z více kusů, aby se v případě poruchy horního testování odmontoval jen potřebný kus vany.

Vedle skladovacích prostor materiálu je postaven i box sloužící pro uložení všech přestavbových sad. V boxu jsou dvě poličky, na kterých se uskládají přestavbové sady lůžka z pracovního vozíku měřicí a kontrolní stanice. Dále jsou v boxu na dvou poličkách uskladněny přestavbové sady z přípravku na kontrolování zaslepení děr v konektoru. V boxu je dostatek prostoru i pro případné nové přestavbové sady lůžek po přidání nových typů konektorů do testovacího procesu.



Obr. 73) Horní krytování zezadu

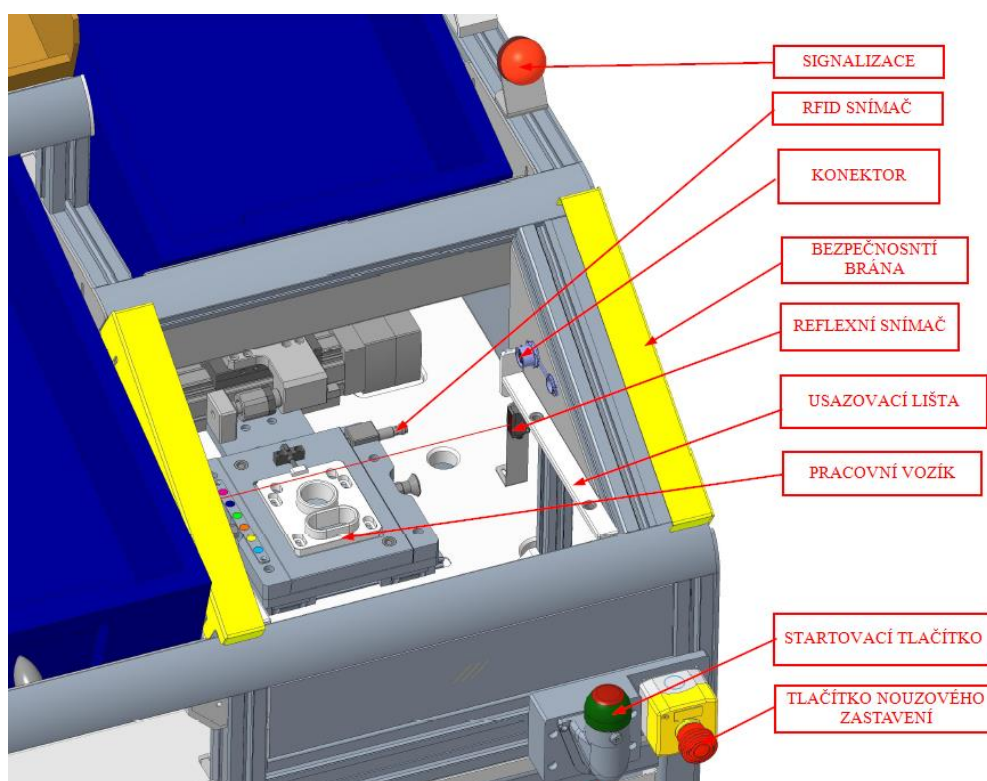
6.6.3 Odebírací pozice

Odebírací pozice se nachází v pravé části stroje. Tato část stroje je přisazena k dopravníkové zatáčce a postavena v takové vzdálenosti od vedlejší stanice, aby ergonomicky vyhovovala operátorovi vedlejší stanice, protože jeho úkolem je vzít si otestovaný konektor z odebírací pozice měřicí a kontrolní stanice a poté vložení konektoru na vozík do vedlejší stanice.

Bezpečnost je zde řešena pomocí bezpečnostních bran, které jsou namontované pod žlutě lakovanými krycími plechy. V případě protnutí světelné brány operátorem dříve, než bude vyzván k tomu, že může do brány zasáhnout, bude rozepnut bezpečnostní obvod a všechny pohyblivé části stroje se zastaví. Bezpečnou vzdálenost usazení bezpečnostních bran od pohyblivých členů lze vypočítat pomocí vzorce. K tomuto výpočtu je ale nutné znát reakční a dobohové časy komponent, které se nejjednodušeji získají až z měření postaveného stroje. Proto obecně platí, že bezpečná vzdálenost je 300 mm a v případě, že po změření postaveného stroje by nebyla dostatečná, bezpečnostní brány se vypodloží. Signalizační dioda nad odebíracím oknem slouží pro informování operátora, zda může zasáhnout do odebíracího prostoru.

Pracovní vozík najede doprostřed odebíracího okna, RFID snímač zkontroluje, zdali je to správný typ konektoru, poté operátor odebere konektor a zmáčkne startovací tlačítko, které spustí přejezd pracovního vozíku na začátek stanice.

Do odebírací pozice se vkládá přípravek na testování konektorů se zaslepenými otvory. Přípravek se usazuje na usazovací lišty podél odebíracího okna, pomocí aretačních trnů zasunutých do středících pouzder v lištách. V bočním plechu je usazena speciální rychloupínací zásuvka na konektor značky Lumberg. Z hlediska bezpečnosti je požadováno, aby zásuvka, která je umístěna na stroji, stále měla krytku a byla typu „samice“.



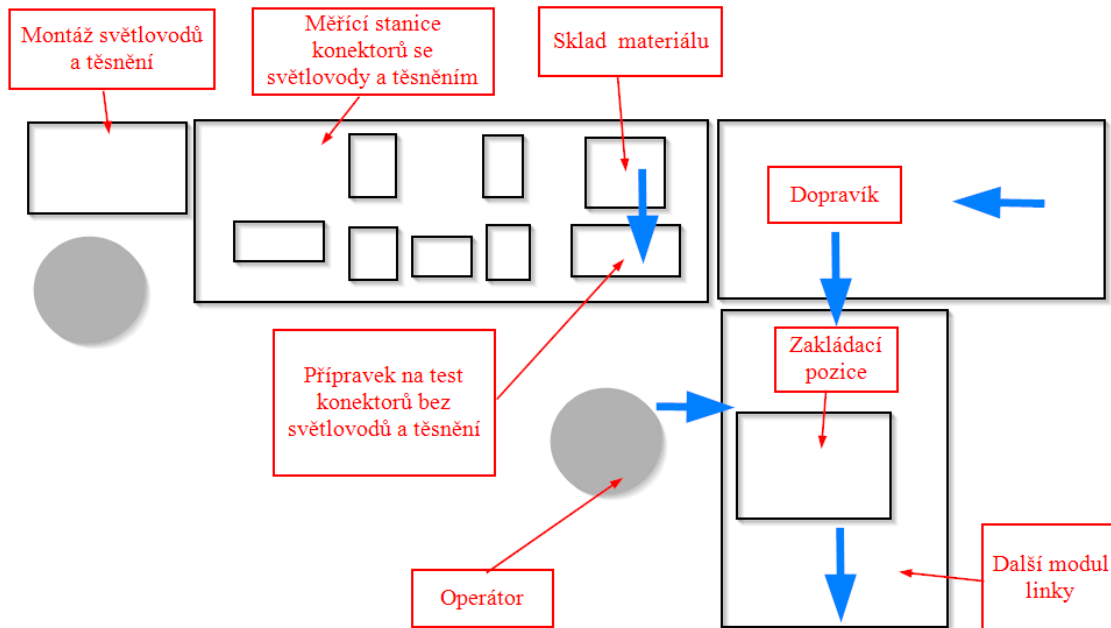
Obr. 74) Odebírací pozice stanice

6.7 Přípravek pro kontrolu konektoru bez světlovodů

6.7.1 Koncepte pracoviště pro testování konektoru bez světlovodů a těsnění

Součástí univerzální testovací a měřicí stanice bylo za úkol navrhnout i testovací přípravek pro typy konektorů, které neobsahují světlovod ani těsnění a otvor pro ně je zaslepený. Přípravek bude určen na detekci zaslepení. Přípravek musí být rovněž schopen testovat více druhů konektorů, které jsou tvarově, ale i roztečí zaslepených otvorů odlišné. Dalším požadavkem bylo, aby se přípravek dal zakomponovat do stanice, aniž by se zvětšil pracovní prostor operátora. Na obrázku níže lze vidět tok materiálu, který je reprezentován modrými šipkami. Operátor si nejdříve otestuje konektor, poté ho založí na pracovní vozík do vedlejší stanice, který přijede po dopravníku.

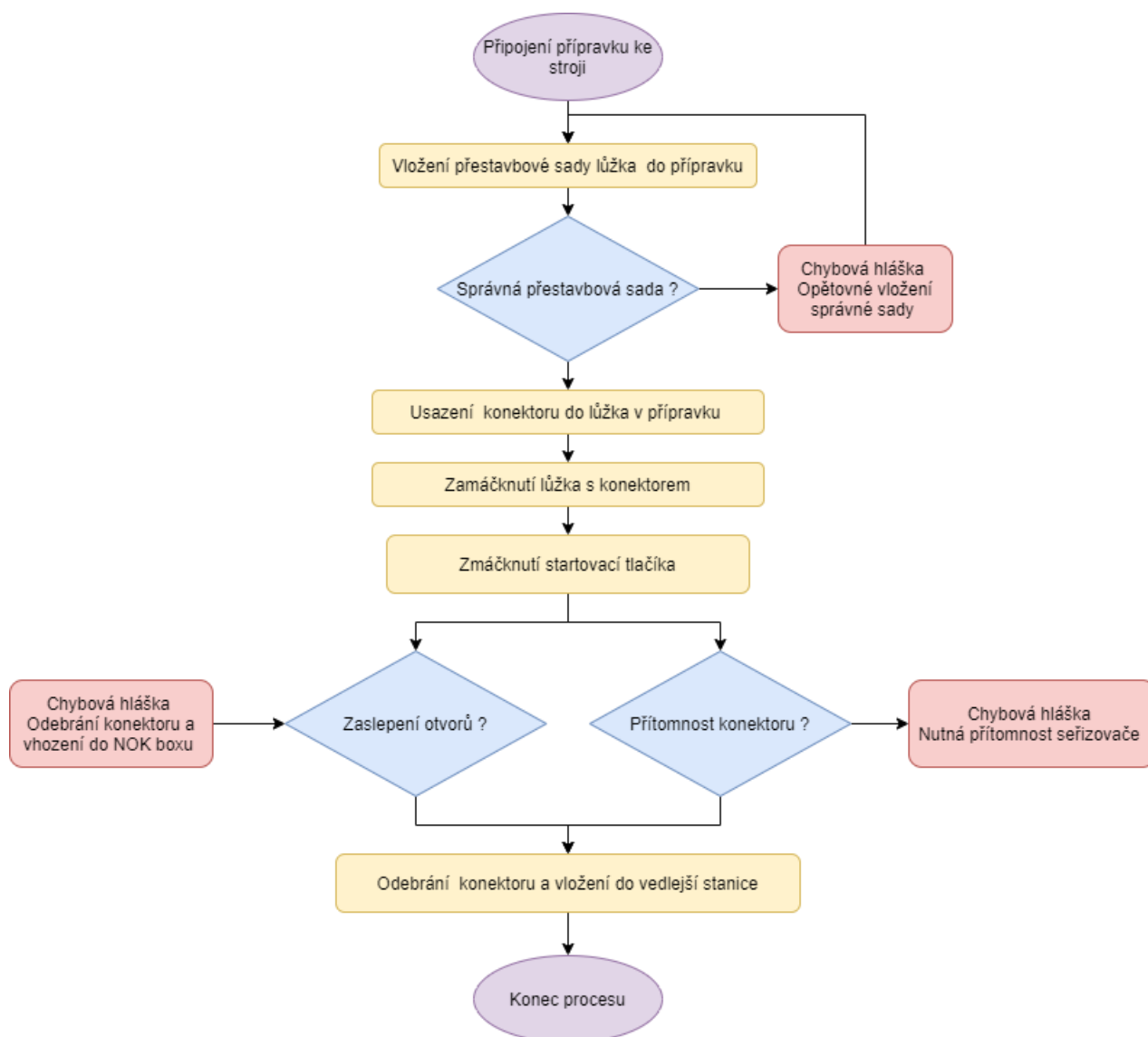
Přípravek je vkládán do odebírací pozice měřicí a kontrolní stanice. Z toho vyplývá, že buď pracuje univerzální měřicí a kontrolní stanice nebo testovací přípravek. Současný provoz není možný ani není vyžadovaný. Pokud se v lince bude skládat a testovat konektor, který obsahuje světlovody a těsnění, pracuje kontrolní a měřicí stanice. V případě, že se v lince bude skládat a testovat konektor, který je zaslepený, pracuje pouze testovací přípravek.



Obr. 75) Náčrt konceptu usazení testovacího přípravku v měřicí stanici

6.7.2 Pracovní postup

Testovací proces probíhá následujícím způsobem. Operátor si vezme kus z bedny nad přípravkem. Konektor založí do tvarového lůžka, zamáčkne ho do koncové pozice a zmáčkne startovací tlačko. Pokud je testovaný kus vyrobený správně a je zjištěna jeho přítomnost v lůžku, tlačítko se rozsvítí zeleně. Kontrola přítomnosti konektoru je nutná proto, aby operátor nezamáčkkl rukou lůžko a poté druhou rukou i spínací hroty, které detekují zaslepení. Tím by oklamal testování a do linky by mohl založit neotestovaný konektor. Tvarové lůžko, do kterého je konektor vkládán, obsahuje další dva spínací hroty, které jsou umístěny v natolik úzkém prostoru, že je nelze prstem zamáčkknout. Při použití tenkého nástroje by musel operátor použít obě ruce a současně mačkat další dva piny na testování zaslepení, což je nemožné. Všechna tato opatření vyplývají z požadavků od zákazníka, který již má zkušenosti s podobným chováním operátorů, aby splnili normu správně otestovaných konektorů. V případě, že test proběhne správně, operátor odebere konektor z lůžka a založí ho do vedlejší stanice linky. V opačném případě začne startovací tlačítko blikat červeně a bliká do té doby, než je špatný kus vhozen do zmetkového kanálu. Poté se startovací tlačítko odblokuje a může být provedeno další testování.



Obr. 76) Diagram pracovního postupu stanice

6.7.3 Časová analýza procesu

Časová analýza pracovního cyklu přípravku sloužícího pro testování zaslepení otvorů pro světlovody a těsnění v těle konektoru je nezbytnou součástí definitivního uvolnění stanice do výroby od zadavatele projektu. Na základě této analýzy je určeno, zda je řešení optimální nebo je třeba ho pozměnit. Časové hodnoty, které jsou zaneseny v časovém diagramu, jsou získané ze simulace zakládání a startování procesu.

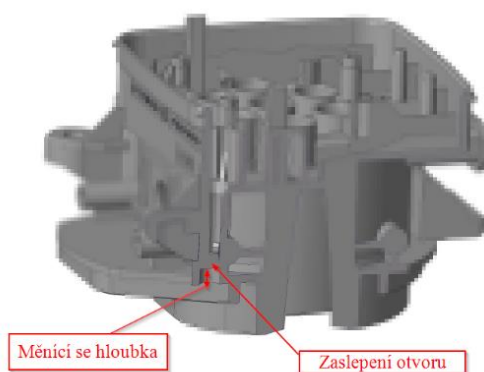
Na testování zaslepení děr v konektoru je zákazníkem stanoveno 30 sekund na jeden cyklus v případě menšího konektoru a v případě většího konektoru je stanoveno 35 sekund. Na základě analýzy cyklu testování byl odhadnut čas na jeden cyklus 6,14 s, což je plně dostačující, a proto je přípravek vyhovující.

Kontrola přestavby lůžka		0,05s
Odebrání kusu z bedny a založení do lůžka		2,5s
Zamáčknutí lůžka s konektorem		0,8s
Zmáčknutí startovacího tlačítka		1s
Kontrola přítomnosti konektoru		0,08s
Kontrola zaslepení otvoru		0,08s
Rozsvícení signalizace zda OK/NOK		0,1s
Odebrání konektoru z lůžka		1,5s
Celkem cyklus-čas		6,14s

Obr. 77) Diagram stanice dle Ganttovy metody

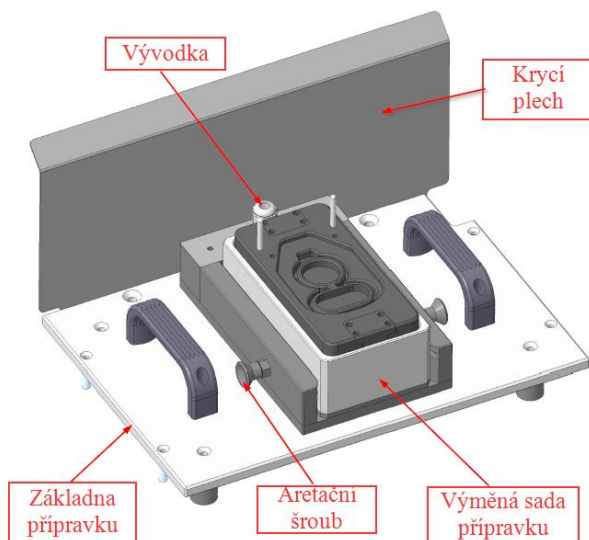
6.7.4 Konstrukce přípravku

Konektory jsou vyráběny ve variantě, která obsahuje světlovody a gumové těsnění kolem nich, ale i ve variantě, kde je otvor pro světlovod zaslepen v určité výšce. Toto zaslepení je nutné zkontrolovat. Největším problémem je rozdílnost hloubky zaslepení otvoru v těle konektoru a také rozteč děr u různých variant konektoru. Kvůli rozdílnosti tvarů těl konektorů u více typů je nutné zkonstruovat rozdílné přestavbové sady pro každý typ konektoru.



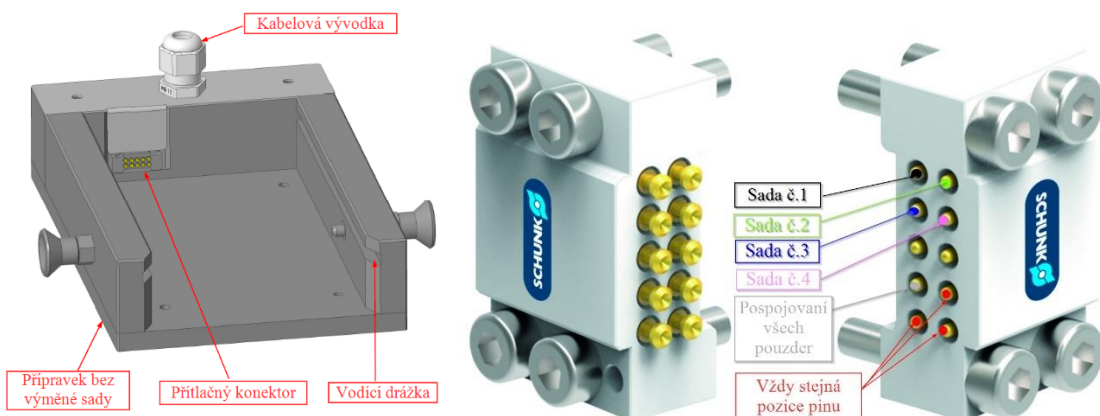
Obr. 78) Příklad těla konektoru se zaslepením (záměrně rozostřeno)

Tento přípravek kontroluje, zda jsou díry zaslepeny a také jestli je zaslepení provedeno ve správné výšce. Přípravek je zkonstruován jako Poka-Yoke, lůžko totiž kopíruje tvar konektoru a jiné založení konektoru není možné. Přípravek se skládá z pevné části a části výměnné, která se zasouvá do přípravku jako kazeta. Sady se mění při požadavku na testování jiného typu konektoru.



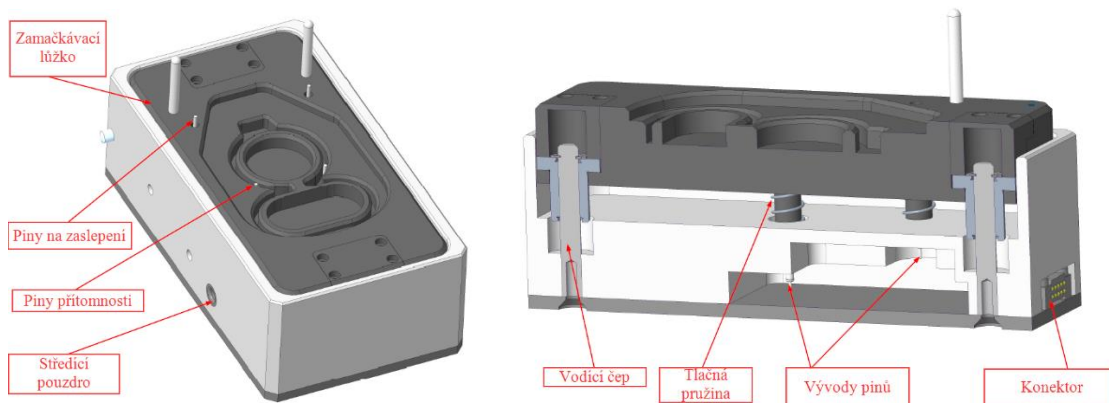
Obr. 79) Přípravek pro kontroly zaslepení

Pevná část přípravku tvoří duralová ohrádka, která má po stranách drážky pro snadné navedení výměnných sad do přípravku. Vedení je potřeba kvůli zamezení možného poškození propojovacích kontaktů, které jsou předepnuty pružinkami. Po úplném zasunutí výměnné sady do přípravku se bočními šrouby výměnná sada zaaretuje. Kontakty se přitlačí a vytvoří dokonalé spojení. Desetipinový konektor potřebuje, aby mohlo být určeno, zda výměnná sada, která je vložena do přípravku, je určena pro produkt, který se má v daný moment vyrábět. Každá výměnná sada potřebuje 5 míst v konektoru kvůli 4 spínacím pinům v přípravku a jednomu drátu, co spojí všechna pouzdra pinů. Rozlišení správné sady probíhá tak, že na konektor, který má v sobě každá výměnná sada, jsou 4 piny vždy napájeny na stejná místa jako na ostatních sadách, ale jeden je napájen vždy na jiné místo. Díky tomu software pozná, z které pozice pinu má čekat signál, a pokud ho dostane, je výměnná sada ta správná. V současné době existují 4 výměnné sady a tím je desetipinový konektor dostatečný. V budoucnu se plánují přidat další 2 druhy produktu, z toho důvodu je již zvolen konektor s dostatečnou kapacitou pro budoucí přidání druhů produktu.



Obr. 80) Pevná část přípravku a kódování konektoru [32]

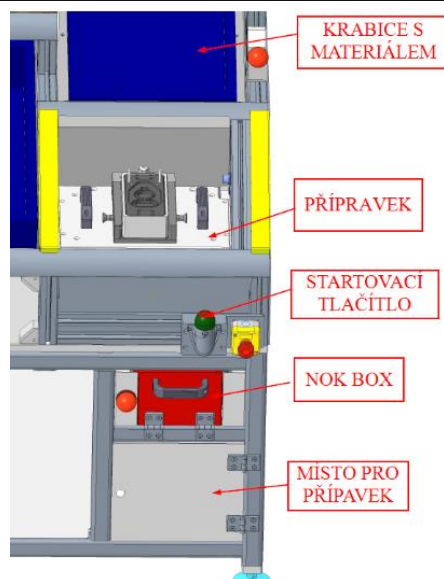
Výměnná sada se skládá z duralového dílce ve tvaru vaničky, ve kterém jezdí tvarové lůžko z materiálu pom-c. Tento materiál je zvolen proto, aby se při zakládání kontrolovaného kusu do lůžka kus neodíral. Na duralové vaničky jsou umístěny vodící kolíky a středící pouzdra. Plastové lůžko je standardně vysunuto pomocí pružin o 10 mm vůči duralové vaničce. Pružiny jsou vedeny pomocí 4 válečků, které současně slouží jako pouzdro pro spínací piny od firmy PTR. Pouzdra pro piny musí být z nevodivého materiálu. Kdyby byl materiál vodivý a na pin se přivedlo napětí, mohlo by to „probít“ celý stroj. Z toho důvodu jsou pouzdra vyrobena taktéž z materiálu pom-c, tento materiál se dá použít pro aplikace pouze u nízkých napětí. Je vyzkoušeno, že při použití na vysokonapěťové testy a měření odporu tento materiál vede elektrický proud a test je tím ovlivněn. V takovém případě je vhodné použít materiál sklotextit. V každé sadě jsou použity 4 spínací piny 3010/2GW5-C-2,3N-AU-1,8, které jsou našroubovány v pinovém pouzdru. Tento druh pinů má tu výhodu, že výšku zásuvné hlavičky lze regulovat vyšroubováním pinu. Díky tomu jsme schopni seštelovat výšku sepnutí pinů vzhledem k měřené hloubce zaslepení. Dva piny slouží pro detekci zaslepení a dva pro detekci přítomnosti testovaného dílu. Hlavním požadavkem od zákazníka je, aby nebylo možné testovací přípravek ze strany operátora „ošálit“ takovým způsobem, že zmáčkne rukou všechny piny a přípravek vyhodnotí jako dobrý kus. Z tohoto důvodu jsou dva piny, které hlídají přítomnost testovaného dílu, utopeny a nelze je rukou zmáchnout. Štěrbina v místě hlavičky je natolik úzká, aby operátorovi zamezila jednou rukou použít nějaký nástroj pro zmáčknutí přítomnostních pinů a současně zmáchnout piny testující zaslepení.



Obr. 81) Výměnná sada

Kompletní přípravek je v době, kdy není používán, uložen za uzamykatelnými plechovými dveřmi pod skluzem na vadné dílce. V případě přechodu stanice na verzi konektoru, který neobsahuje světlovedy ani gumové těsnění, je obsluhou stroje přípravek usazen do prostoru odebírání. Následně obsluha stroje propojí přípravek se strojem pomocí speciálního rychle upínacího konektoru od firmy Lumberg. Po připojení přípravku se automaticky vypnou bezpečnostní brány, aby stroj nebyl odpojován vždy, když obsluha založí do přípravku testovaný kus.

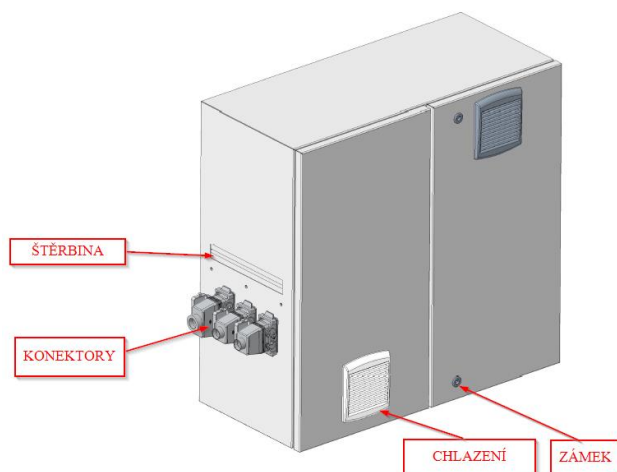
Testovací proces probíhá následovně. Operátor si vezme kus z bedny nad přípravkem, vloží testovaný kus do lůžka, zamáčkne ho do koncové pozice a zmáčkne startovací tlačítko. Pokud je testovaný kus vyrobený správně, tlačítko se rozsvítí zeleně a kus je založen do další stanice linky. V opačném případě začne startovací tlačítko blikat červeně a bliká do té doby, než je špatný kus vhozen do zmetkového kanálu. Poté se startovací tlačítko odblokuje a může být provedeno další testování.



Obr. 82) Umístění přípravku ve stanici

6.8 Rozvaděč

Nedílnou součástí konstrukčního návrhu testovací stanice je navrhnout rozvaděč. Je důležité, aby v rozvaděči bylo dostatek prostoru pro potřebné funkční elektrické a bezpečnostní prvky. Tento rozvaděč byl vyroben na zakázku dle vytvořené výrobní dokumentace autorem této diplomové práce. Z boku rozvaděče jsou průmyslové konektory přímého typu. Jeden ze tří konektorů je větší a zajišťuje napájení celého rozvaděče. Další dva menší konektory zajišťují komunikaci. Jeden je připojen do vedlejší stanice a druhý je připojen do externího počítače zajišťujícího chod celé linky. Na dvířka rozvaděče budou na montáži vyhotoveny otvory pro tlačítko centrálního stop a přepínače přívodu energie. Tyto prvky budou namontovány dle normy, což znamená, že musí být minimálně 600 mm od země.



Obr. 83) Model rozvaděče

Rozvaděč, ukázaný na fotce níže, není ještě plně dokončen. Rozvaděč obsahuje 3 nosné lišty, na které jsou umístěny řady svorkovnic a řady jističů. Dále jsou zde uloženy řídicí jednotky obou použitých motorů na stroji, ventilátory pro chlazení a mnoho dalších

elektrických prvků. Montážní plech je uchycen na zadní straně rozvaděče a doplňkový montážní plech je na pravých dvířkách rozvaděče. Montážní plech na dvířkách slouží jako zálohový prostor pro případné doplnění elektrických prvků. Obrázek částečně zapojeného rozvaděče je vidět níže.



Obr. 84) Reálná podoba rozvaděče

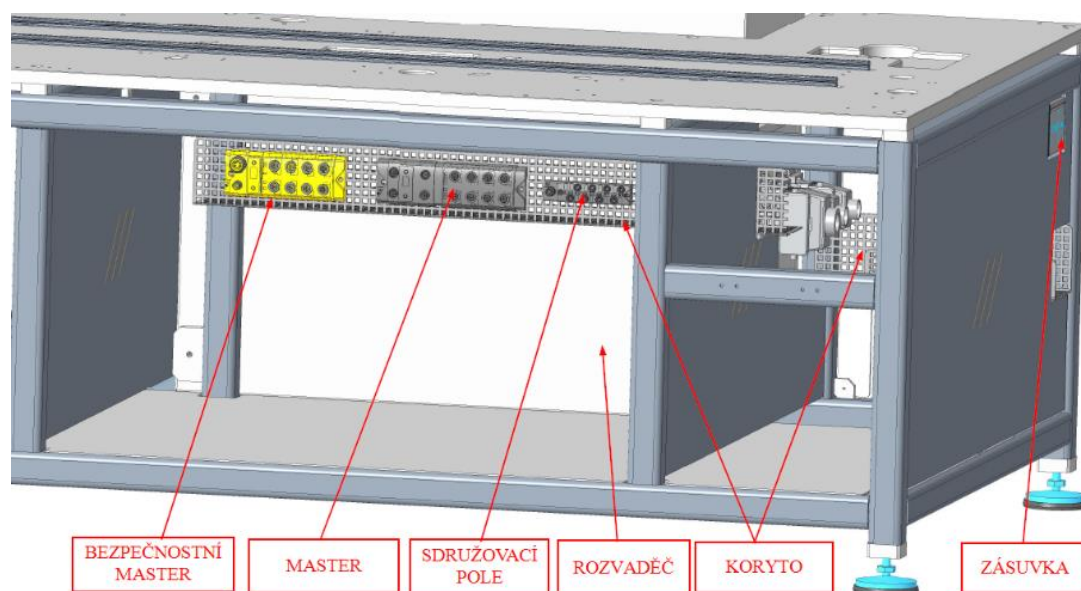
7 VEDENÍ ENERGIÍ

Každý stroj, který je konstruktérem navržen, musí mít řešené rozvedení energií, popřípadě propojení s dalšími stanicemi v případě linky. Ve stanici, popisované v této diplomové práci, je rozvod kabeláže a pneumatických hadic řešen pomocí koryt z děrovaného plechu. Jsou zde použita dvě koryta, jedno slouží pro uložení všech kabeláží a pneumatiky ze stroje putující směrem do rozvaděče skrze těsnící štěrbinu rozvaděče. Druhé koryto slouží pro uložení kabelů vycházejících ze třech konektorů z boku rozvaděče. Dva z těchto kabelů slouží ke komunikaci mezi sousedními stanicemi a třetí slouží k napájení celé stanice. Koryto ústí za krytem stroje. Nad ním je situována zásuvka na 230V a zásuvka na síťový kabel RJ45 sloužící pro přístup programátora. Elektrické a pneumatické prvky, které se nachází nad základovou deskou stanice, mají přívod vedený skrze díry v základové desce a jsou vyvázaný podél hliníkových profilů. Na stanici se nevyskytují žádné elektrické pohyblivé prvky, které by se hýbaly více jak 80 mm. Z toho důvodu není třeba použití energetických řetězců pro bezpečné vedení kabeláže.

Všechny elektrické prvky použité na této stanici, jako jsou snímače, bezpečnostní koncové spínače a podobně, jsou voleny vždy, pokud je výrobcem nabízeno, s vývodem v konektor M8 nebo M12. Tento požadavek vychází hlavně od montáže a obsluhy stroje z důvodu ulehčení instalace kabeláže a případnému měnění prvku při jeho poruše. Při poruchovém stavu elektrického zařízení je již vyvázaná kabeláž zachována a koncový prvek je pouze nahrazen a v případě IO-Linkových prvků automaticky nastaven na svoji funkci. Pro další ušetření kabeláže jsou zde použita sdružovací pole a mastery. Všechny obyčejné senzory, které mají pouze binární výstup, jsou napojeny do sdružovacího pole. Počet sdružovacích polí se většinou doplňuje dle potřeby. Sdružovací pole lze napojit přímo do rozvaděče, ale pro zjednodušení je výhodné napojit je do masteru. Master je zařízení, které sesbírá informace od

všech připojených členů a odesílá je do PLC. Všechny bezpečnostní prvky, jako jsou koncové spínače a bezpečnostní brány, jsou napojeny do bezpečnostního masteru, který může být také připojen rovnou do PLC s bezpečnostní nastavbou, nebo pro ušetření kabeláže může být napojen do standardního masteru. Všechny sdrůžovací pole, mastery a bezpečnostní mastery, které jsou na stroji použity, jsou IO-Linkového rozhraní, což pomáhá dosazení tzv. průmyslu 4.0.

Stanice neobsahuje tolik pneumatických prvků, aby se vyplatilo použít vlastní úpravnu vzduchu, proto je celá stanice napájena stlačeným vzduchem z úpravny vzduchu uchycené na vedlejší stanici. Přívod stlačeného vzduchu vede do ventilového terminálu, který je kvůli snadší dostupnosti pro seřizovače namontován v horní části stroje. Mezi hlavním přívodem stlačeného vzduchu a ventilovým terminálem se ještě nachází prvek zvaný Vofa. Tento prvek je nutné použít jednak kvůli dvoukanálové bezpečnosti vyžadované zákazníkem, tak i kvůli častému a tvrdému odpínání vzduchu vlivem použití světelné brány. Z jednotlivých ventilů je stlačený vzduch rozveden k pneumatickým pohonům.



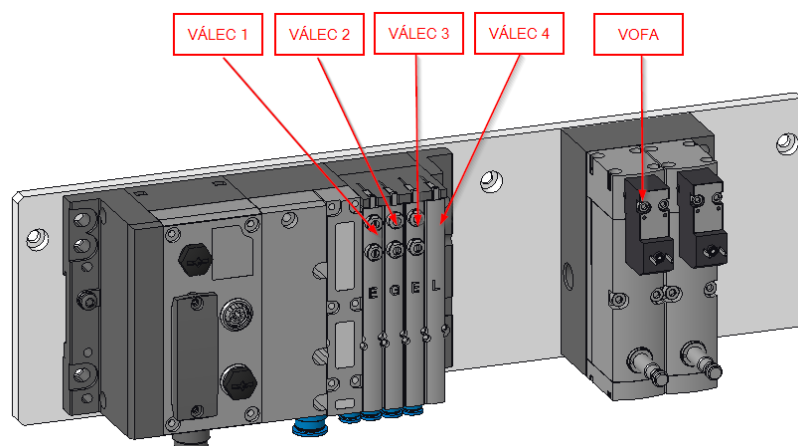
Obr. 85) Vedení energií ve stanici

8 PNEUMATICKÉ ZAPOJENÍ STROJE

V této kapitole je popsán důvod výběru ventilů do ventilového terminálu a podrobné schéma zapojení. Každý pneumatický válec použitý na stroji je napájen z ventilového bloku, který je uložen ve ventilovém terminálu se čtyřmi pozicemi. Tento ventilový terminál komunikuje se řídicím systémem pro komunikace Ethernet. Celý ventilový terminál rozvádí vzduch do jednotlivých ventilů a tím i k pneumatickým válcům, přičemž je napájen jedním přívodem o větším průměru hadice. Stlačený vzduch je přiváděn do ventilového terminálu z úpravny vzduchu, která je napojená na centrální rozvod v hale. Z důvodu malého počtu ventilů ve ventilovém terminálu a tím i potřeby malého objemu vzduchu bylo rozhodnuto, že stlačený vzduch bude přiveden z úpravny vzduchu uchycené na vedlejším modulu.

Mezi ventilovým terminálem a úpravnou vzduchu je vložen pneumatický člen, který se nazývá Vofa. Výhodou použití tohoto prvku je možnost častého „tvrdého“ odpojování stroje od vzduchu, aniž by se poškodila úpravna vzduchu. Dále tento prvek slouží pro dvoukanálovou bezpečnost odpínání, což je zákazníkem vyžadováno. Úpravna vzduchu, která napájí ventilový terminál, je sice uzpůsobena pro možné „tvrdé“ odpojování vzduchu od stroje, avšak její konstrukce není uzpůsobena pro velmi časté použití, k tomu nám složí prvek Vofa, který je k tomu přímo určen. Vzhledem k tomu, že vzduch je třeba odpojit pokaždé, kdy operátor zasáhne do prostoru stroje, ať už za účelem odebrání otestovaného konektoru, nebo z jiného důvodu, je nutné z hlediska bezpečnosti zamezit tomu, aby kterýkoli pneumatický prvek vykonal pohyb a tím ohrozil obsluhu stroje.

Ventilový terminál i Vofa jsou přichyceny k duralové desce, protože ventilový blok sám o sobě není natolik tuhý a při častém spínání a odpínání ventilů by mohl způsobit vibrace a poničit se.



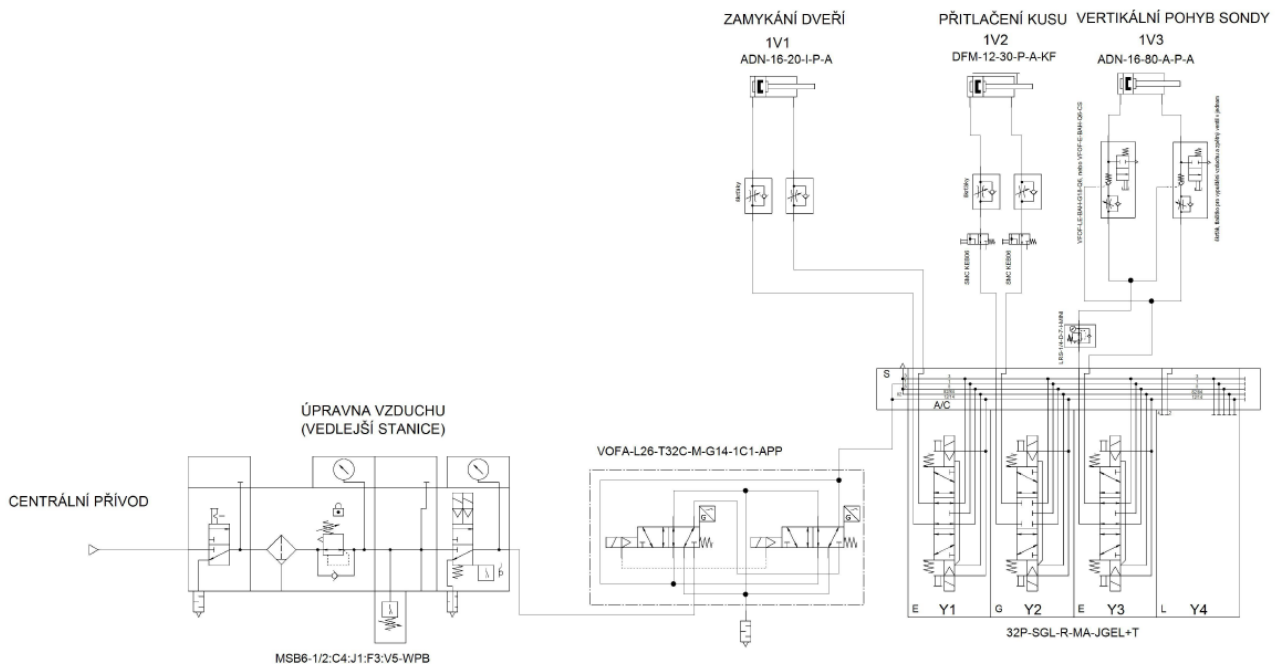
Obr. 86) Ventilový terminál

Pneumatický válec, který slouží pro zamykání dveří u zakládání konektorů do pracovního lůžka, je dvojčinného typu. Vzhledem k tomu, že je požadováno, aby při poruchovém stavu stroje a odpojení vzduchu bylo možné umožnit přístup seřizovači do stroje, je zvolen ventil typu E, což je ventil 5/3 se střední polohou otevřenou.

Pneumatický válec sloužící k přitlačení konektoru k lůžku, aby mohla být provedena testovací operace a konektor nebyl nadzvednut, je dvojčinného typu. Na tomto pneumatickém

válcí je namontován senzor odměřovací magnetický snímač značky Balluuff. Tento senzor kontroluje, zde je v lůžku vložen správný typ konektoru, který se má na stroji vyrábět. Jednotlivé konektory jsou jinak vysoké a dle zdvihu, který vykoná pneumatický válec od výchozí pozice do pozice přitlačení kusu, lze pomocí tohoto snímače odměřovat a vyhodnotit správnost kusu. Pokud by nastala situace, že senzor odhalí nežádoucí typ konektoru, pracovní vozík se přesune do pozice odebírání konektorů a dokud obsluha stroje nevhodí vadný kus do zmetkového kanálu, stroj nelze znovu spustit. Pokud by nastala situace, že v průběhu přitlačení kusu a měření konektoru někdo z obsluhy stroje naruší bezpečnostní okruh a tím odpojí celý stroj od vzduchu, je požadováno, aby se pneumatický válec zamkl ve své stávající poloze a nebyla tak možnost odebrat kus z pracovního vozíku, dokud seřizovač nezjistí příčinu výpadku. Proto byl zvolen ventil typu G, což je ventil 5/3 se střední polohou uzavřenou. Pro odvětrání válce jsou na hadicích namontovány prvky, umožňující manuální vypuštění vzduchu z válce. Tyto prvky se nazývají KEB a jsou vyráběny firmou SMC.

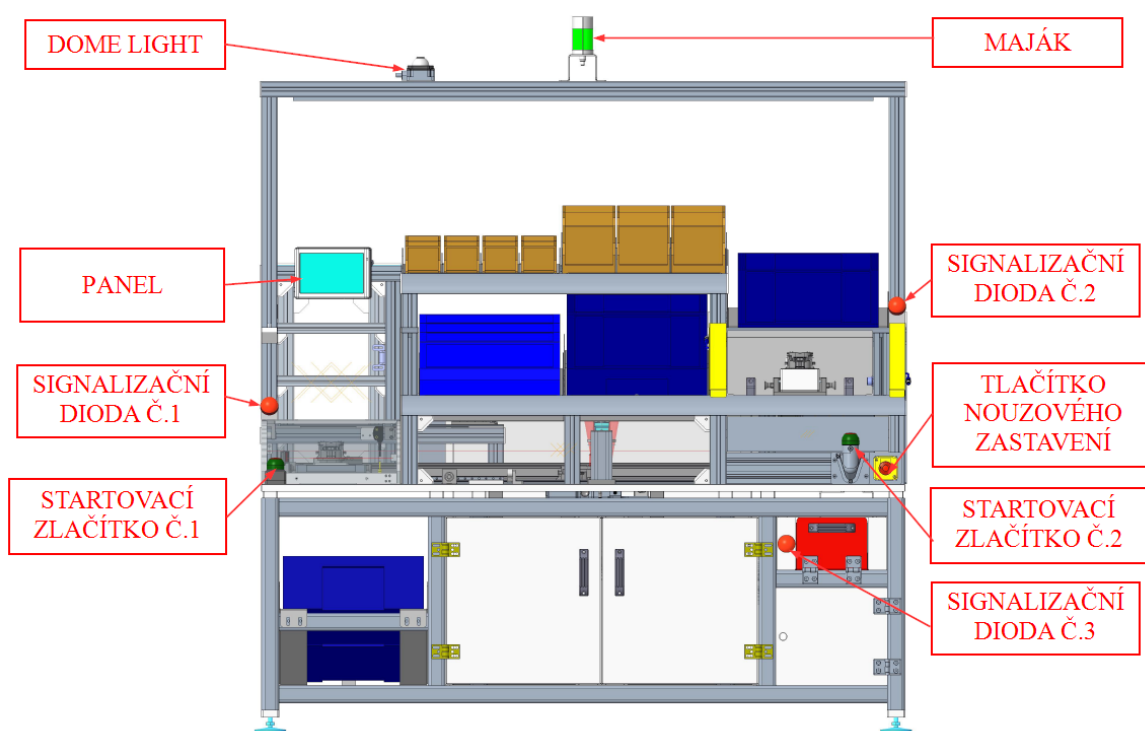
Pneumatický válec, který zajišťuje vysunutí testovací sondy do pracovní pozice, je rovněž dvojčinného typu. Vzhledem k tomu, že tento pneumatický válec se nachází pod základovou deskou stroje a pracuje ve vertikálním směru, je vyžadováno, aby při odpojení od vzduchu válec samovolně nesjel směrem dolů a tím nezranil obsluhu stroje. V normálním případě by stačil ventil typu G, ale protože zákazník, pro který je stroj navržen, má velmi přísné regule na bezpečnost, je nutné použít přídatný ochranný prvek, který samovolné sjetí válce zamezí. Tento prvek se označuje VFOF a nazývá se zpětný ventil. V tomto případě je použit ventil typu E, což je ventil 5/3 s otevřenou polohou.



Obr. 87) Pneumatické schéma zapojení kontrolní stanice

9 SIGNALIZACE

Komunikace mezi strojem a operátorem stroje je řešena pomocí barevné signalizace a ovládacího panelu. Ve firmě zákazníka mají předem definované barevné signály, které značí předem definované situace. Například pokud maják svítí zeleně, je vše na stroji v pořádku. V případě, že by se rozblíkal červeně, nastal na stroji nějaký z chybových stavů. Tento maják funguje pro IO-Linku, tudíž mohou být nastavovány různé druhy signalizací vzdáleně. Všechny signalizační prvky na stroji jsou použity od dodavatele Banner, kromě majáku a ovládacího panelu. Bezpečnostní světelná a zvuková signalizace stroje, neboli „dome light“, musí být umístěna na místo viditelné ze všech stran stroje. Standardně stále svítí zeleně, v momentě, kdy je narušena bezpečnost, začne blikat červeně a vydávat varovný zvuk varující operátora před nebezpečím.



Obr. 88) Signalizace stroje

Na stroji jsou použity tři signalizační diody a dvě startovací tlačítka. Postup signalizace pro operátora je následující. V momentě, kdy systém dostane signál od magnetického čidla na zamykacím pneumatickém válci značící možnost otevření dveří, je signalizační dioda č.1 rozsvícena zelenou barvou. Operátor otevře dveře, založí konektor do pracovního lůžka na vozíku a zavře dveře. Po zavření dveří sepne bezpečnostní koncové čidlo na dveřích a automaticky se začne kontrolovat správnost založení konektoru. Pokud konektor není správně usazen, signalizační dioda č.1 svítí červeně, testovací cyklus stroje nelze spustit a operátor musí usazení opravit. Pokud založí kus správně, signalizační dioda svítí zeleně a operátor může začít cyklus zmáčknutím na startovací tlačítko číslo 1. Pokud nebude splněna některá z předchozích podmínek, cyklus nelze započít a objeví se chybová hláška na panelu. Po úspěšném odstartování cyklu jsou dveře automaticky zamknuty a signalizační dioda č.1 svítí červeně až do doby, kdy pod dveřmi bude připraven pracovní vozík a dveře budou opět odemčeny.

Při zjištění chybového měření v testovací stanici uprostřed stroje je na panelu na začátku modulu a na panelu vedlejšího stroje, tzn. vedle konce modulu, zobrazeno, jaká chyba byla měřením zjištěna. V případě, že je zjištěna chyba například chybějící těsnění nebo světlovod, je konektor vrácen na začátek modulu a operátorovi je umožněna oprava. Pokud je zjištěna jiná vada, pracovní vozík se přesune do odebírací pozice.

Nad odebíracím prostorem je umístěna signalizační dioda č.2. Tato dioda signalizuje, zdali operátor může zasáhnout do odebíracího prostoru stroje. Dioda se rozsvítí až poté, kdy jsou všechny části stroje zastaveny. Zásahem operátora do odebíracího prostoru se pomocí světelné brány rozeprne bezpečnostní okruh a všechny pohyby stroje jsou zastaveny. Pokud se rozsvítí zelené světlo, operátor bezpečně odebere otestovaný konektor z pracovního vozíku. V případě, že kus je kontrolou schválen, operátor založí kus do vedlejší stanice, zmáčkne startovací tlačítko č.2, čímž bude pracovní vozík přesunut do zakládací pozice a bude možné započít další testovací cyklus. V opačném případě, kdy je zjištěna chyba měření, je rovněž operátorem odebrán konektor z pracovního lůžka a signalizační dioda č.3 je rozblíkána oranžově. Operátor vhodí vadný konektor do NOK kanálu. Uvnitř kanálu je vhozeným konektorem protnut světelný paprsek čidla a tím je zjištěna přítomnost vadného konektoru v kanálu. Dokud není konektor detekován v NOK kanálu, nelze spustit startovací tlačítko č.2. Po vhození je dioda č.3 rozsvícena zeleně. V případě, že je kanál plný a je třeba ho vyprázdnit, dioda svítí červeně až do doby, kdy je kanál vyprázdněn. Po tuto dobu nelze spustit další cyklus.

Na konci modulu je umístěno tlačítko nouzového zastavení, které slouží k odpojení stroje od energií v případě nečekaných a nežádoucích situací. Tlačítko je vybaveno aretací a funkcí proti přelstění. Tento typ tlačítka zajišťuje 100% vyloučení stavu, kdy dojde k aktivaci aretačního mechanismu, ale k nerozpojení vypínacího kontaktu.

10 POSTUP MONTÁŽE

Před zahájením montáže celé stanice je důležité si nejdříve rozmyslet, v jakém pořadí bude nejvýhodnější stanici skládat, a to z hlediska montážního prostoru, anebo možnosti smontování jako takové. Často se stane, že je část stroje namontována a poté se musí odmontovat, protože by nešla namontovat jiná část. Větší sestavy, které obsahují větší množství dílů, senzoričky a pneumatiky, je výhodné smontovat nejdříve tzv. „na stole“ a až poté usadit na stanici. Pokud tyto sestavy mají sdrůžovací pole, vyplatí se vyvázat si kabeláž, přímo na stanici to již nemusí být snadno přístupné. Celková sestava je označena číslem 50-35946-015000

Doporučený postup montáže je následující:

- jako první je základová konstrukce srovnána do roviny pomocí šroubovacích noh
- připevnění koryt pro vedení energií
- přišroubování základové desky na rám
- usazení rozvaděče a spojení se základovým rámem
- smontování horní krycí konstrukce bokem stanice
- smontování dolní testovací sestavy bokem stanice
- připevnění kolejnic a motoru na základovou desku
- připevnění pracovního vozíku a smontování přestaveb lůžka
- připevnění horního testování a zamykací sestavy na základovou desku
- připevnění spodní testovací stanice ze spod základové desky
- uchycení horní krycí konstrukce na základovou desku
- připevnění plechových van pro skladování materiálu na horní kryt
- smontování a usazení posuvných dvířek na základací pozici stanice
- připevnění zamykacího mechanismu dvířek na konstrukci dvířek
- instalování senzorů na základovou desku
- připevnění spodních dveří rámu
- připevnění NOK koryta a NOK kolíčky
- připevnění bezpečnostní brány na odebírací místo
- připevnění skluzových lišt na prázdné krabice
- připevnění světla, dome light a majáku
- zapojení a vyvázání všech pneumatických hadic a kabelů od senzorů
- připevnění všech bočních krytů vrchní i spodní konstrukce (AL sendvič)
- smontování přípravku na test konektoru bez světlovodu bokem stanice
- otestování všech komponent z hlediska ESD

10.1 Přizpůsobení pro všechny varianty

Kontrolní a měřicí stanice je schopna měřit a testovat více typů konektorů. Je nutné postupně stroj přizpůsobovat všem variantám. Díky obdržené vzorové sadě správně složených konektorů od zákazníka jsou postupně nastaveny pozice měřicí sondy a polohy pracovního vozíku a ukládány do paměti PLC. Všechny varianty jsou nastaveny a uloženy, poté si operátor zvolí typ konektoru, který bude na stanici testován, a požadované polohy se automaticky nastaví. Stejně tak jsou i takto nastaveny očekávané hodnoty výstupů od kamery a analogových čidel, měřicí správnou výšku zalisování těsnění a světlovodu vzhledem k opěrné hraně konektoru.

11 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY STROJE

Součástí navrhnu stanice je i navrhnutí všech prvků takovým způsobem, aby byly dodrženy všechny bezpečnostní předpisy a normy. Zákazník, pro něhož je stroj konstruován, má vysoké požadavky na bezpečnost stroje, které musí být vždy dodrženy.

V případě narušení bezpečnosti je na stroji umístěn tzv. „dome light“, tento prvek barevně signalizuje stav stroje. Ve standardní situaci svítí zeleně. Pokud nastane porušení bezpečnosti, signalizace se změní na červené blikání se současným zvukovým alarmem, který upozorňuje operátory o možném nebezpečí. Prvek musí být umístěn vždy na místo viditelné ze všech stran stroje.

Co se týká bezpečnosti u pneumatických prvků je požadováno, aby byla zajištěna dvoukanálová bezpečnost odpínání. K tomu slouží prvek Vofa, který odpojí přívod vzduchu do terminálu. V případech, kdy je pneumatický válec uchycen svisle, jsou vyžadovány ještě vyšší bezpečnostní požadavky. Nesmí nastat situace, že při náhlém odpojení přívodního vzduchu pneumatický válec nekontrolovaně sjede dolů, nebo při použití ventilu se střední polohou zavřenou se tzv. „propruží“. V takových případech musí být přidán ventil VFOF, stejně tak je tomu i v případě svislého pneumatického válce, o kterém se také pojednává v této diplomové práci.

Na stroji jsou použity 3 koncové spínače. Dva jsou realizovány na dveřích základové konstrukce a jeden je použit na dveře zakládací pozice. Koncový spínač je nutný prvek všude tam, kde je použita otvíratelná mechanická zábrana. V případě, že někdo za chodu stroje otevře dveře ve spodní části stroje, bezpečnostní magnetický koncový spínač se rozepne a zastaví chod stroje. Na zakládací pozici stroje by nemusel být použit, protože je zde namontován mechanický kryt s blokováním, ale i přesto to bylo zákazníkem vyžadováno.

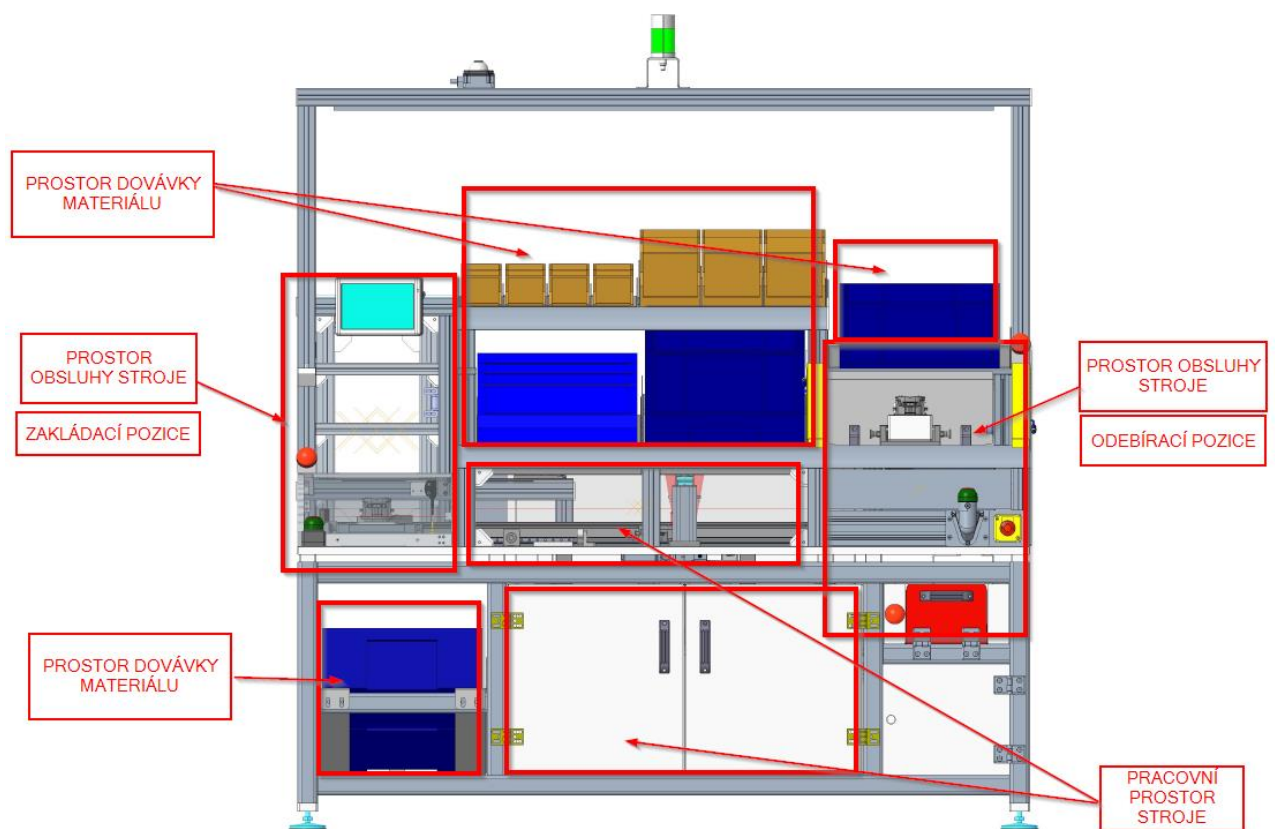
Na odebírací pozici stroje se nachází bezpečnostní brána od firmy Sick. Ta má za úkol zastavit chod stroje v případě nepovoleného zásahu operátorem do odebíracího prostoru stroje. Minimální vzdálenost bezpečnostních bran a nejbližšího pohybujícího se členu na stroji lze vypočítat pomocí vzorce na výpočet minimální vzdálenosti. Ovšem realizovat tento výpočet předtím, než je stroj smontován a zapojen, je prakticky nemožné, protože do výpočtu je třeba zahrnout reakční a doběhové časy. Proto je standardně zákazníkem vyžadována vzdálenost minimálně 300 mm a následné doměření a vypočtení po složení stroje.

Celý bezpečnostní okruh je napojen do bezpečnostního masteru dodávaného firmou Balluf. Z bezpečnostního masteru již vychází pouze jeden kabel, který se napojí do standardního IO-Link master, který je následně spojen s bezpečnostním PLC v rozvaděči. Komunikace bezpečnostních prvků probíhá pomocí protokolu Profisafe. Propojením všech bezpečnostních prvků s IO-Linkovým masterem získáme menší množství kabeláže a možnost oboustranné komunikace a autodiagnostiky s akčními prvky. Nevýhodou může být zpožděná reakce bezpečnostních členů a tím může vzniknout i nebezpečná situace. Z tohoto důvodu byla objednána firma, která všechny doběhové časy změří a vydá ke stroji certifikát o funkční bezpečnosti.

12 ANALÝZA RIZIK

Analýza rizik musí být vypracována pro každé strojní zařízení. Hlavním úkolem je detekovat všechny možné nebezpečné stavy, které mohou na stroji nastat, ať už při provozu stroje nebo v nečinnosti stroje. Posouzení jednotlivých rizik je subjektivní, záleží přitom především na zkušenostech a teoretických znalostech osob, které je vytvářejí. Detekování všech možných nebezpečných situací je klíčové v případě, kdy se obsluze stroje či někomu z jeho okolí, stane nehoda. V takových případech je prozkoumána riziková analýza a je zjišťováno, zdali bylo na nebezpečí výrobcem upozorněno či nikoli. Pokud by na dané nebezpečí nebylo upozorněno v rizikové analýze nebo v manuálu ke stroji, vznikly by výrobcem značné finanční sankce.

Na základě navrhnutého konstrukčního řešení je vypracována analýza rizik zahrnující relevantní nebezpečí vzhledem ke komponentům stroje. Následně je vytvořena tabulka analyzující významné nebezpečí v určitých životních fázích stroje. Posléze je sepsán přehled identifikovaných vážných nebezpečí, které jsou analyzovány. Součástí rizikové analýzy je vypracování formulářů sloužících ke snížení detekovaných rizikových situací. Ve stroji, který je předmětem této diplomové práce, bylo detekováno 57 nebezpečných situací. Tyto situace byly detekovány již při návrhu stroje a je velice pravděpodobné, že po smontování stroje a zkušebních testech budou zjištěny další rizikové situace. V rámci diplomové práce jsou na ukázkou zpracovány pouze 4 formuláře pro snížení rizik z celkového počtu 57 detekovaných rizikových stavů. Na závěr se provede soupis zbytkových stavů a vyhodnotí se výsledky rizikové analýzy.



Obr. 89) Pracovní prostory strojního zařízení

12.1 Identifikace relevantních nebezpečí

Komponenta	Poloha komponenty v systému	Typ nebezpečí podle normy ČSN ISO 12100
Konstrukce stroje	Všechny prostory	Mechanické (1.1-1; 1.1-2; 1.1-3; 1.2-1; 1.2-2; 1.2-3; 1.2-4; 1.3-1; 1.3-2, 1.6-2; 1.9-1)
Uživatelské rozhraní (ovládací panel, startovací tlačítka atd.)	Prostor obsluhy stroje	Nebezpečí vibrací (5.1-1) Nebezpečí způsobené špatnou ergonomií (8.1-1; 8.2-1; 8.3-1)
Rozvod elektrické energie, rozvaděč	Všechny prostory, kde je vedení elektrické energie	Elektrické (2.1-1; 2.2-1; 2.2-2; 2.3-1; 2.3-2) Nebezpečí způsobená hlukem (4.1-1) Materiálové nebezpečí (7.2-1) Nebezpečí vnějších vlivů (9.1-2)
Rozvod stlačeného vzduchu	Všechny prostory	Mechanické (1.7.-1; 1.8-4; 1.8-5) Nebezpečí vnějších vlivů (9.1-1, 9.1-2)
Vstupní a výstupní materiál	Prostor dodávky materiálu Pracovní prostor stroje Prostor pro obsluhu	Mechanické (1.1-4; 1.1-5; 1.1-11; 1.8-3; 1.8-4) Nebezpečí způsobené špatnou ergonomií (8.4-1)
Zamykací válec vstupních dveří	Pracovní prostor stroje Prostor pro obsluhu	Mechanické (1.1-12; 1.2-3; 1.2-4 1.4-5; 1.7-1) Nebezpečí vnějších vlivů (9.1-1, 9.1-2)
Pohyblivý pracovní vozík s vedením a serponem	Pracovní prostor Prostor pro obsluhu	Mechanické (1.1-9, 1.2-3; 1.2-4; 1.4-2; 1.6-1; 1.7-1; 1.8-4) Tepelná (3.1-1) Nebezpečí způsobená hlukem (4.1-1; 4.2-1) Nebezpečí způsobené špatnou ergonomií (8.2-1; 8.3-1) Nebezpečí vnějších vlivů (9.1-1, 9.1-2)
Zamykání kusu na vozíku	Pracovní prostor stroje	Mechanické (1.1-7; 1.2-3; 1.2-4; 1.4-6; 1.5-2) Nebezpečí vnějších vlivů (9.1-1, 9.1-2)
Pohyblivá měřicí sonda	Pracovní prostor stroje	Mechanické (1.1-8;1.1-14; 1.2-2; 1.2-3; 1.2-4; 1.2-5 ;1.4-4;1.5-1; 1.6-3; 1.7-1;1.8-4) Tepelná (3.1-1) Nebezpečí způsobená hlukem (4.1-1; 4.2-1) Nebezpečí vnějších vlivů (9.1-1, 9.1-2)
Přestavbové sady pracovního vozíku	Pracovní prostor stroje Prostor pro obsluhu	Mechanické (1.1-6;1; 1.2-3; 1.2-4; 1.6-2; 1.8-2) Nebezpečí způsobené špatnou ergonomií (8.4-1) Nebezpečí vnějších vlivů (9.1-1)
Přípravek a přestavbové sady přípravku	Pracovní prostor stroje Prostor pro obsluhu	Mechanické (1.1-6; 1.1-10;1.2-3; 1.2-4; 1.4-3; 1.6-2; 1.8-1;1.8-2) Nebezpečí způsobené špatnou ergonomií (8.4-1) Nebezpečí vnějších vlivů (9.1-1, 9.1-2)
Krytování	Pracovní prostor stroje Prostor pro obsluhu	Mechanické (1.1-12; 1.1-13; 1.2.-3; 1.2-4; 1.4-1, 1.6-2;1.7-1)

Tab. 10) Tabulka s identifikovanými relevantními nebezpečími [35]

12.2 Analýza významných nebezpečí

ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ				Typ stroje: Univerzální kontrolní a měřicí stanice
Během: dopravy, montáže a instalace, provozu, údržby stroje, vyhledávání závad a vyřazení z provozu				Model: INLET MODUL 1B
Pořadové číslo	Fáze životního cyklu	Typ nebezpečí (dle ČSN EN ISO 12100)		Popis nebezpečné události:
		Stručný popis	d. číslo	
1	Doprava			
1.1	Nakládání, přeprava, vykládání	Stlačení, pořezání Ztráta stability	1.1-1 1.1-2 1.2-1 1.9-1	Při nakládce/vykládce stroje může dojít k převržení stroje a následnému stlačení člověka, popřípadě ke stlačení mezi stroj a paletu.
1.2	Balení a rozbalování	Stlačení Pořezání	11.1-3 11.2-1	Při rozbalování/balení může dojít ke stlačení končetin či k pořezání např. o nůž nebo ostré části stroje.
1.3	Usazení stroje na pracovní místo	Stlačení	1.1-15 1.3-1 1.3-2	Při usazování stroje do pracovní pozice hrozí nebezpečí stlačení.
2	Montáž instalace / Uvedení do provozu			
2.1	Nastavování stroje a jeho součástí	Stlačení Pořezání/bodnutí Zachycení Rozdrcení	1.1-7 1.1-8 1.1-9 1.1-12 1.1-13 1.1-14 1.2-2 1.2-5 1.4-1 1.4-2 1.4-4 1.4-5 1.4-6 1.5-1 1.5-2 1.6-1 1.6-3 1.8-5	Při nastavování stroje hrozí stlačení, rozdrcení, zachycení, pořezání končetin či jejich částí.
2.2	Připojení k dodávce energie	Požár Smrt a úraz elektrickým proudem	2.1-1 2.2-1 2.2-2 2.3-1 2.3-2	Při zapojování zařízení do elektrické sítě může dojít k požáru, úrazu či smrti el. proudem.
3	Provoz			

3.1	Otevření /zavření posuvných dveří	Stlačení Střih	1.1-13 1.4-1	Při pohybu pohyblivého krytu může dojít ke stlačení nebo střihu končetiny nebo její části.
3.2	Vložení testovaného kusu	Poškození kloubů, nepohodlí, únava, stres, svalově kosterní poškození	1.6-1 5.1-1 8.1-1 8.2-1 8.3-1 8.4-1	Vlivem špatné ergonomie může dojít ke zmíněným nebezpečím spojených s ovládáním stroje a pohybem vozíku.
3.3	Ovládání stroje	Poškození kloubů, nepohodlí, únava, stres, svalově kosterní poškození	5.1-1 8.1-1 8.2-1 8.3-1 8.4-1	Vlivem špatné ergonomie může dojít ke zmíněným nebezpečím spojených s ovládáním stroje.
3.2	Zamknutí posuvných dvířek	Stlačení Střih	1.1-12 1.4-5	Při zamykání posuvných dvířek může dojít ke stlačení nebo střihu končetiny nebo její části.
3.3	Pohyb pracovního vozíku	Stlačení Zachycení /vtažení Střih	1.1-9 1.4-2 1.6-1	Při pohybu pracovního vozíku může dojít ke stlačení, střihu, zachycení/ vtažení člověka.
3.4	Zamknutí konektoru na pracovním vozíku	Stlačení Střih Rozdrcení	1.1-7 1.4-6 1.5-2	Při zamykání konektoru na pracovním lůžku může dojít ke stlačení, střihu či rozdrcení končetiny nebo její části.
3.5	Pohyb měřicí sondy	Stlačení Pořezání/Bodnutí Střih Rozdrcení Zachycení	1.1-8 1.1-14 1.2-5 1.4-4 1.5-1 1.6-3	Při pohybu měřicí sondy může dojít ke stlačení, bodnutí střihu, rozdrcení nebo zachycení končetiny nebo části končetiny.
3.9	Vyjmutí otestovaného kusu	Poškození kloubů, nepohodlí, únava, stres, svalově kosterní poškození	1.6-1 5.1-1 8.1-1 8.2-1 8.3-1 8.4-1	Vlivem špatné ergonomie může dojít ke zmíněným nebezpečím spojených s ovládáním stroje.
3.6	Pobyt v blízkosti stroje	Zakopnutí Ušní šelest Stres	1.3-1 1.3-2 4.1-1 4.2-1	Při pobytu v blízkosti stroje hrozí poškození sluchu, stres, únava a nepohodlí. Při pohybu kolem stroje může dojít k zakopnutí
4	Čištění a údržba stroje			
4.1	Čištění a běžná údržba stroje	Rozdrcení Pořezání Popálení Požár	1.2-2 1.2-3 1.2-4 1.5-1 1.5-2 1.7-1 3.1-1 7.1-1 7.2-1	Během údržby stroje hrozí rozdrcení končetin, popř. pořezání o ostré části a popálení o teplé části stroje nebo vznícení v případě použití nevhodných prostředků.
5	Vyhledávání závad a jejich odstraňování			

5.1	Oprava a kontrola funkčnosti strojního zařízení	Stlačení Pořezání/bodnutí Střih Rozdrcení Smrt/úraz el. proudem	1.1-8 1.1-9 1.1-12 1.1-13 1.1-14 1.2-2 1.2-3 1.2-4 1.2-5 1.4-1 1.4-2 1.4-4 1.4-5 1.5.-6 1.5-1 1.5-2 2.1-1 2.2-1 2.2-2 2.3-1 2.3-2 3.1.-1	Při opravě strojního zařízení a nesprávného blokování všech pohyblivých členů může dojít k pořezání, rozdrcení, střihu, či stlačení obsluhy. Hrozí nebezpečí úrazu či smrti elektrickým proudem.
6	Vyřazení z provozu, demontáž, likvidace			
6.1	Odpojení el. energie	Smrt/úraz elektrickým proudem Popálení	2.1-1 2.2-1 2.2-2 2.3-1 2.3-2 3.1.-1	Při odpojování zařízení od elektrické sítě může dojít k popálení, úrazu či smrti elektrickým proudem nebo žhavými komponenty.
6.2	Demontáž stroje	Pořezání Zranění přičiněním třetí osoby	1.2-4 1.7-1 9.1-1 9.1-2	Při demontáži stroje může dojít k pořezání o ostré části stroje. Může dojít ke zranění seřizovače vlivem neočekávaného spuštění stroje náhodně nebo působením jiné osoby.
6.3	Příprava na transport Nakládání stroje Vykládání stroje	Stlačení, pořezání Ztráta stability	1.1-1 1.1-2 1.2-1 1.9-1	Při nakládce/vykládce stroje může dojít k převržení stroje a následnému stlačení nebo pořezání člověka.
6.4	Likvidace strojního zařízení (elektrické komponenty)	Požár Materiálové nebezpečí	7.1-1 7.2-1	Při neodborné likvidaci elektrických komponent hrozí nebezpečí vzniku požáru nebo vdechnutí provozních kapalin.

Tab. 11) Tabulka analýzy nebezpečí v životních fázích stroje [35]

12.3 Přehled závažných identifikovaných nebezpečí

Přehled identifikovaných závažných nebezpečí		Z	V	M	P	Σ
1	Mechanická nebezpečí					
1.1	Nebezpečí stlačením/naražení					
1.1-1	Nebezpečí stlačení při nakládání a vykládání stroje	S3	A1	E3	W2	14
1.1-2	Nebezpečí stlačení při usazování stroje na paletu	S2	A1	E2	W1	6
1.1-3	Nebezpečí stlačení při rozbalování stroje	S1	A1	E2	W2	1
1.1-4	Nebezpečí stlačení při zakládání krabic s materiálem	S1	A1	E3	W3	6
1.1-5	Nebezpečí stlačení při odhazování krabic bez materiálu	S1	A1	E3	W3	6
1.1-6	Nebezpečí stlačení při měnění přestaveb na přípravku i ve stroji	S2	A1	E2	W2	7
1.1-7	Nebezpečí stlačení zamykacím válcem konektoru	S2	A1	E3	W2	8
1.1-8	Nebezpečí stlačení při vertikálním pohybu testovací sondy	S2	A1	E3	W3	9
1.1-9	Nebezpečí stlačení/naražení při pohybu pracovního vozíku	S2	A2	E3	W3	12
1.1-10	Nebezpečí stlačení při zakládání přípravku do stroje	S1	A1	E2	W2	1
1.1-11	Nebezpečí stlačení při otvírání a zavírání kolébky na vadné kusy	S1	A1	E2	W3	2
1.1-12	Nebezpečí stlačení/naražení zamykacím válcem dveří	S1	A2	E2	W3	5
1.1-13	Nebezpečí stlačení při otvírání a zavírání krytů	S2	A2	E3	W3	12
1.1-14	Nebezpečí stlačení/naražení při horizontálním pohybu testovací sondy	S2	A1	E3	W3	9
1.1-15	Nebezpečí stlačení při usazování stroje do pracovní pozice	S2	A1	E3	W1	7
1.2	Nebezpečí pořezáním nebo bodnutí					
1.2-1	Nebezpečí pořezání při transportu, balení a vybalování o nůž a ostré hrany stroje	S2	A1	E3	W2	8
1.2-2	Nebezpečí pořezání při seřizování sondy a přípravku o ostré rohy pružin.	S1	A1	E3	W3	3
1.2-3	Nebezpečí pořezání při práci, čištění a servisu	S1	A2	E3	W3	5
1.2-4	Nebezpečí pořezání při demontáži stroje a jeho jednotlivých částí se lze pořezat o mnoho ostrých hran	S1	A1	E3	W3	3
1.2-5	Nebezpečí bodnutí při vyjetí měřicí sondy	S2	A1	E3	W2	8
1.3	Nebezpečí zakopnutí					
1.3-1	Nebezpečí zakopnutí o rám stroje	S1	A2	E3	W2	5
1.3-2	Nebezpečí zakopnutí o nohy stroje	S1	A2	E3	W2	5
1.4	Riziko stříhu					
1.4-1	Nebezpečí stříhu mezi pevným krytem a pohyblivým krytem	S2	A2	E3	W3	12
1.4-2	Nebezpečí stříhu mezi pevnými prvky a pohyblivým pracovním vozíkem	S2	A2	E3	W3	12
1.4-3	Nebezpečí stříhu při zakládání přípravku do stroje	S2	A1	E2	W2	7

1.4-5	Nebezpečí stříhu mezi zamykacím válcem dveří a pevnou zarážkou	S2	A1	E3	W3	9
1.4-6	Nebezpečí stříhu mezi zamykacím válcem konektoru a vozíkem	S2	A1	E3	W3	9
1.5	Nebezpečí rozdrčením					
1.5-1	Nebezpečí rozdrčení při nekontrolovaném sjetí měřicí sondy	S2	A1	E3	W2	8
1.5-2	Nebezpečí rozdrčení při nekontrolovaném sjetí zamykacího válce	S2	A1	E3	W2	8
1.6	Nebezpečí zachycení/ vtažení					
1.6-1	Nebezpečí zachycení o pohybující se pracovní vozík	S3	A2	E3	W3	18
1.6-2	Nebezpečí zachycení během manipulace v prostoru pracoviště	S2	A1	E2	W1	6
1.6-3	Nebezpečí zachycení o pohybující se konstrukci sondy	S2	A1	E3	W3	9
1.7	Nebezpečí při obnově dodávky energie po přerušení					
1.7-1	Nebezpečí způsobené neočekávaným spuštěním a rozběhu stroje	S3	A2	E3	W3	18
1.8	Nebezpečí upadnutím nebo vymrštěním předmětu					
1.8-1	Nebezpečí upadnutí přípravku během instalace	S2	A1	E3	W2	8
1.8-2	Nebezpečí upadnutí přestavbové sady	S2	A1	E3	W3	9
1.8-3	Nebezpečí upadnutí krabice s materiálem	S1	A1	E3	W3	3
1.8-4	Nebezpečí vymrštění předmětu do místa obsluhy	S2	A2	E3	W3	12
1.8-5	Nebezpečí vymrštění tlakových hadic pneumatického systému	S2	A1	E3	W3	9
1.9	Nebezpečí ztrátou stability					
1.9-1	Nebezpečí ztrátou stability stroje nebo jeho částí.	S3	A2	E3	W3	18
2	Nebezpečí úrazu el. proudem					
2.1	Nebezpečí požáru					
2.1-1	Nebezpečí vzniku požáru při zapojování/odpojování stroje do el. sítě, odkrytý spoj může způsobit jiskru	S3	A2	E2	W1	15
2.2	Nebezpečí usmrcení elektrickým proudem					
2.2-1	Při zapojování nebo odpojování stroje může dojít ke kontaktu člověka se živými částmi stroje a jeho usmrcení	S3	A1	E3	W2	14
2.2-2	Při normálním provozu, údržbě nebo seřizování dotykem osob živých elektrických součástí může dojít k usmrcení el. proudem	S3	A2	E3	W3	18
2.3	Nebezpečí úrazu elektrickým proudem					
2.3-1	Při zapojování nebo odpojování stroje může dojít ke kontaktu člověka se živými částmi stroje a jeho usmrcení	S2	A1	E3	W2	8
2.3-2	Při normálním provozu údržbě nebo seřizování dotykem osob živých elektrických součástí může dojít k usmrcení el. proudem	S2	A2	E3	W3	18
3	Tepelná nebezpečí					
3.1	Popálení					
3.1-1	Nebezpečí popálení při kontaktu osoby s horkým motorem	S1	A2	E3	W3	6

4	Nebezpečí způsobená nadměrným hlukem					
4.1	Nebezpečí ušní šelesti					
4.1-1	Nebezpečí ušní šelesti při chodu stroje a okolních strojů linky	S2	A2	E3	W3	12
4.2	Stres					
4.2-1	Nebezpečí stresu z dlouhodobé práce v hlučném prostředí	S2	A2	E3	W3	12
5	Nebezpečí vibrací					
5.1	Nebezpečí poškození kloubů					
5.1-1	Posouvající se prvky mohou způsobit vibrace stroje	S2	A2	E3	W3	12
7	Materiálová nebezpečí					
7.1	Nebezpečí vdechnutím škodlivých plynů, prachu					
7.1-1	Nebezpečí inhalace škodlivých plynů a prachu	S1	A2	E3	W3	6
7.2	Nebezpečí ohně nebo výbuchu					
7.2-1	Nebezpečí požáru nebo výbuchu při provozu a likvidaci stroje	S3	A2	E3	W3	18
8	Nebezpečí způsobená špatnou ergonomií (ČSN EN ISO 6385)					
8.1	Nebezpečí způsobená nepohodlím					
8.1-1	Nebezpečí způsobené špatným rozmístěním ovládacích prvků	S2	A2	E3	W3	12
8.2	Nebezpečí způsobena únavou					
8.2-1	Z důvodu monotónní práce na jednom místě, může dojít k únavě a tím i k neočekávanému jednání operátora	S2	A2	E3	W3	12
8.3	Nebezpečí způsobená stresem					
8.3-1	Z důvodu potřeby stát operátora při práci může nastat stres a tím i neočekávané jednání operátora	S2	A2	E3	W3	12
8.4	Nebezpečí způsobená svalově kosterní poškození					
8.4-1	Při zvedání beden s materiálem do skladovacích prostor vzniká nebezpečí poškození kosterní svaloviny nebo měnění přestaveb	S2	A2	E3	W3	12
9	Nebezpečí vznikající v prostorách používání stroje					
9.1	Nebezpečí vznikající vnějšími vlivy					
9.1-1	Nebezpečí vznikající zásahem jiné osoby při seřizování (spuštění stroje)	S3	A2	E3	W3	18
9.1-2	Nebezpečí vznikající lidskou chybou při seřizování, zapojování a nastavení stroje	S3	A2	E3	W3	18

Tab. 12) Tabulka identifikovaných závažných nebezpečí s výpočtem [35]

12.4 Formuláře pro odhad rizika

Zbarvení vypočtené velikosti rizika značí akceptovatelnost rizika viz. legenda níže.

0-4 je akceptovatelné riziko

5-6 je riziko akceptovatelné po prověření

7-18 je riziko neakceptovatelné

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHA RIZIKA Zpracoval: Bc. Brýdl Adam		Stroj: Univerzální kontrolní a měřicí stanice
			Datum: 29.5.2020
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 1. Mechanické nebezpečí	
1.2	3	Nebezpečí pořezání při práci, čištění a servisu	
Životní etapa stroje	Provoz stroje		<u>Nebezpečný prostor:</u> Všechny prostory stroje
Ohrožené osoby	Operátor stroje, Údržba, Servisní technik		<u>Provozní stav stroje:</u> Mimo provoz
Popis nebezpečné situace/události	Při pohybu kolem stroje, práci a servisu, může dojít k pořezání o ostré hrany dílů		
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – těžké zranění	Velikost rizika 5
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – nemožné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 – velký	
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci		
Popis opatření	Všechny díly na stroji jsou odjehleny a mají strážné hrany		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – lehké zranění	Velikost rizika 4
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – Často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření		
Popis opatření	Všechny osoby, pohybující se kolem stroje nebo pracující přímo na stroji, mají povinnost nosit ochranné pomůcky jako jsou rukavice, brýle a helmy.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehká zranění	Velikost rizika 3
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 – střední	
Krok 3	Informace pro používání		
Popis opatření	Je nutné dodržovat bezpečnostní pokyny výrobce uvedeny v manuálu stroje. Operátor musí být proškolen, o bezpečnosti práce na stroji a musí nosit ochranné pomůcky. Na stroji je umístěn štítek upozorňující na možnost pořezání o ostré hrany.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehká zranění	Velikost rizika 2
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 – malá	
Validace:	Opatření jsou dostatečná	Bc. Adam Brýdl	29.5.2020

Tab. 13) Tabulka s formulářem pro snížení mechanického rizika pořezání [35]

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Brýdl Adam		Stroj: Univerzální kontrolní a mečicí stanice	
			Datum: 29.5.2020	
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 1. Mechanické nebezpečí		
1.4	2	Nebezpečí stříhu mezi pevnými prvky a pohyblivým pracovním vozíkem		
Životní etapa stroje	Provoz stroje		<u>Nebezpečný prostor:</u> Pracovní prostor stroje Prostor pro obsluhu	
Ohrožené osoby	Operátor stroje, Údržba, Servisní technik		<u>Provozní stav stroje:</u> Provoz stroje	
Popis nebezpečné situace/události	Při zásahu do prostoru pohybujícího se pracovního vozíku hrozí nebezpečí stříhu mezi vozíkem a pevnými prvky stroje.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 12	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – nemožné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 – velký		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření	Všechny hrany dílů jsou sraženy a odjehleny. Dostatečná mezera mezi pohybujícími a pevnými částmi (dle ČSN EN ISO 13854).			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – lehké zranění	Velikost rizika 10	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
PLr (funkční bezp.)	S2	F2	P2	PLr-E
Popis opatření	Zakládací pozice stroje je krytované ochranným krytem s blokováním kategorie 4 (EN ISO 13849Q1). Odebírací pozice stroje obsahuje bezpečnostní bránu kategorie 4 (PLr E – EN ISO 13849Q1) a tlačítko nouzového zastavení kategorie 4 (EN ISO 13849Q1). Ostatní části stroje, kde je kontakt s obsluhou, jsou opatřeny pevnými kryty. Bezpečnostní PLC – zajišťuje v době zásahu operátora funkci pohonu vozíku „Safety operating stop“ a funkci „Safety limited speed“.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění	Velikost rizika 4	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední		
Krok 3	Informace pro používání			
Popis opatření	Na stroji jsou umístěny štítky a samolepky upozorňující na možnost nebezpečí stříhu pohybujícím se vozíkem. Je nutné dodržovat bezpečnostní pokyny výrobce uvedeny v manuálu stroje.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – žádné nebezpečí	Velikost rizika 1	
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední		
Validace:	Opatření jsou dostatečná		Bc. Brýdl Adam	29.5.2020

Tab. 14) Tabulka s formulářem pro snížení mechanického rizika [35]

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Brýdl Adam		Stroj: Univerzální kontrolní a měřicí stanice
	Datum: 29.5.2020		
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 3. Tepelná nebezpečí	
3.1	1	Nebezpečí popálení při dotyku komponenty na stroje o vysoké teplotě	
Životní etapa stroje	Provoz stroje		Nebezpečný prostor: Pracovní prostor Prostor pro obsluhu
Ohrožené osoby	Operátor stroje, Údržba, Servisní technik		Provozní stav stroje: Provoz stroje
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí popálení osoby v kontraktu s horkým servomotorem		
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – těžké zranění	Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 – velká	
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci		
Popis opatření	Servopohon na stroji nesmí být trvale přetěžován, aby nevznikala vyšší teplota. Dostatečné naddimenzování pohonu		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění	Velikost rizika 5
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 – velká	
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření		
Popis opatření	Nutné použití ochranných prostředků osob – ochranné oděvy, ochranné rukavice		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehká zranění	Velikost rizika 4
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2-možné za určitých podmínek	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 – stření	
Krok 3	Informace pro používání		
Popis opatření	Na stroji jsou umístěny štítky a samolepky upozorňující na možnost nebezpečí úrazu způsobené dotykem horké části stroje. Servis a seřizování servopohonu lze jen po vychladnutí a dle podmínek, které jsou specifikovány v manuálu stroje. Nutnost proškolení obsluhy o správné obsluze stroje.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehká zranění	Velikost rizika 3
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2-možné za určitých podmínek	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 – střední	
Validace:	Opatření jsou dostatečná	Bc. Brýdl Adam	29.5.2020

Tab. 15) Tabulka s formulářem pro snížení tepelného rizika [35]

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Brýdl Adam		Stroj: Univerzální kontrolní a měřicí stanice
	Datum: 29.5.2020		
Číslo nebezpečí	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 4. Nebezpečí způsobená nadměrným hlukem	
4.1	1	Nebezpečí ušní šelesti při chodu stroje a okolních strojů linky	
Životní etapa stroje	Provoz stroje		<u>Nebezpečný prostor:</u> Všechny prostory v okolí stroje
Ohrožené osoby	Všichni pracovníci v okolí stroje		<u>Provozní stav stroje:</u> Provoz stroje
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí způsobená nadměrným hlukem stroje a okolních strojů linky. Hrozí ušní šelest.		
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 12
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 – velká	
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci		
Popis opatření	Linka je zkonstruována dle technického opatření pro snížení hluku (dle ČSN EN ISO11688-1)		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – lehké zranění	Velikost rizika 11
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2-možné za určitých podmínek	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 – velká	
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření		
Popis opatření	Nutné použití ochranných prostředků k ochraně sluchu – sluchátka		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehká zranění	Velikost rizika 4
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2-možné za určitých podmínek	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
Krok 3	Informace pro používání		
Popis opatření	Na stroji jsou umístěny štítky a samolepky upozorňující na možnost nebezpečí ztráty sluchu a povinnost nosit sluchátka Všechny osoby pochybující se v okolí linky, musí nosit ochranné pomůcky dle manuálu stroje. Hladina zvuku v prostorách linky, nesmí dosahovat více než 85dB jak je uvedeno v návodu k použití.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehká zranění	Velikost rizika 3
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 – střední	
Validace:	Opatření jsou dostatečná	Bc. Brýdl Adam	29.5.2020

Tab. 16) Tabulka s formulářem pro snížení hlukového rizika [35]

12.5 Zbytková rizika

V přechodné kapitole byly zpracovány 4 náhodně vybrané rizikové situace za účelem snížení rizika. Není-li míra rizika přijatelná, je nutné aplikovat další opatření pro jeho snížení. Riziko nejde nikdy dokonale snížit natolik, aby mohlo být eliminováno. Z toho důvodu je nutné uvést zbytková rizika v návodu k použití stroje. Obecně je akceptovatelná hodnota zbytkového rizika od hodnoty 0 až po hodnotu 4. Díky zavedeným opatřením byly všechny vyšetřované situace sníženy na hodnoty, které jsou akceptovatelné. V tabulce níže jsou uvedeny zbytková rizika vyšetřovaných situací.

Vyšetřovaná nebezpečná situace	Prvotní riziko	Snížené riziko
Nebezpečí pořezání při práci, čištění a servisu (1.2-3)	5	2
Nebezpečí stříhu mezi pevnými prvky a pohyblivým pracovním vozíkem (1.4-2)	12	1
Nebezpečí popálení při dotyku komponenty na stroje o vysoké teplotě (3.1-1)	6	3
Nebezpečí ušní šelesti při chodu stroje a okolních strojů linky (4.1-1)	12	3

Tab. 17) Tabulka zbytkových rizik vyšetřovaných situací [35]

12.6 Dílčí závěr

Součástí diplomové práce bylo rovněž také zpracování rizikové analýzy univerzální kontrolní a měřicí stanice. Riziková analýza je vždy subjektivní a její výsledky závisí především na zkušenostech z praxe a teoretických znalostech osob, které ji vytvářejí. Z tohoto důvodu je prakticky nemožné, aby více osob mělo stejný názor na riziko vyšetřovaných situací. Při vytváření rizikové analýzy je pro výrobce vždy lepší identifikovat co nejvíce možných, ale i banálních a nepravděpodobných rizikových situací, které mohou na stroji nastat, a to hlavně proto, aby v případě vzniku nehody byli tzv. „krytí“ a nemuseli platit nákladné pokuty. Autor této diplomové práce má již několik zkušeností s těmito problémy. Speciální pozornost by měla být věnována rizikové analýze strojů, které jsou dováženy do USA. Zde se velmi dbá na bezpečnost práce, a i při nepatrném úrazu nastane nákladný problém pro dodavatele stroje, pokud danou situaci nepředpokládal a nezahrnul ji do analýzy rizik.

Na stroji bylo v době návrhu detekováno celkem 57 významných nebezpečí. V rámci diplomové práce byly autorem vybrány 4 nebezpečné situace, pro něž byly vytvořeny formuláře pro snížení rizika vlivem přidání bezpečnostních opatření. Prvotní riziková analýza je spolu s pneumatickým a elektrickým schématem zapojení stěžejní pro definitivní uvolnění stroje do výroby ze strany zákazníka. Vytvoření elektrického schématu zapojení stroje je úkolem elektro projektanta, nikoliv konstruktéra. I přesto musel autor práce při návrhu konstrukce a bezpečnostního opatření myslet na použití správných bezpečnostních prvků splňující tzv. „Performance level (PL)“. Pomocí analýzy nebezpečných situací byl stanoven tzv. „Performance level required (PLr)“. Při porovnání těchto dvou kategorií musí nastat situace, kdy PL je větší než PLr. Tyto úkony se provádí pouze v situacích, kdy je přímá závislost na ovládacím systému stroje. Součástí přílohy diplomové práce je riziková analýza dle firemních a zákaznických standardů, která je podstatně zjednodušená.

13 ZHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ DO PRAXE

13.1 Zhodnocení

Po kompletní montáži a zprovoznění modulu byl stroj zaveden do výroby spolu s dalšími moduly linky. Během zprovoznění a montáže stroje se objevovaly drobné konstrukční nedostatky některých dílců a mechanických celků, které byly následně odstraněny. V testovací fázi stroje byl zjištěn problém s časem cyklu stroje. Operátor, pracující na tomto i vedlejším modulu, nebyl schopen odebírat testované kusy z univerzální kontrolní a měřicí stanice ihned po skončení testování a pracovní vozík s testovaným kusem musel déle stát na odebírací pozici a čekat, s čímž nebylo v časové analýze procesu počítáno. To zapříčinilo časové prostoje na odebírací pozici stroje a zákazníkem požadovaný časový cyklus nebyl splněn. Vícekrát testovaný cyklus stroje byl změřen v na co nejdelší čas cyklu 35 s, což není vyhovující. Z toho důvodu bylo třeba ušetřit operační čas v jiné části stroje. Po konzultaci se zástupcem firmy Festo bylo zvednuto zatížení servopohonu z 53 % až na 99 %, čímž se ušetřily přejezdové časy pracovního vozíku přibližně o 6,2s. Výsledný cyklus času stroje byl změřen přibližně na 28,8s, což splňuje požadavek zákazníka. Dle požadavků zákazníka stroj musí být schopen testovat více typů konektorů. To je řešeno pomocí přestavbových sad obsahujících tvarová lůžka, kde lze založit pouze jeden druh konektoru. Sady jsou strojně rozlišovány pomocí RFID čipu a senzoru a tím je zamezena možnost záměny typu konektoru vzhledem k typu montovanému a testovanému na celé lince. Autor diplomové práce již předem počítal s postupným doplňováním dalších typů konektorů a k tomu také přizpůsobil celou konstrukci stroje, čímž je značně urychleno implementování nových typů konektorů, kde stačí navrhnout pouze další přestavbovou sadu.

Součástí návrhu univerzální kontrolní a měřicí stanice bylo navrhnout přípravek pro testování výšky zaslepení děr konektoru v místě, kde jiné varianty mají světlovody a těsnění. Tato testovací operace by mohla být prováděna stejně i na univerzální kontrolní a měřicí stanici pomocí vyjíždějící sondy a kamerového testu, ale zákazníkem je vyžadováno, aby tento test byl prováděn nezávisle na stanici. Důvodem je snaha o rychlejší testování, kde konektor nemusí projet celou stanicí, ale přímo je odebírán z bedny nad přípravkem a okamžitě manuálně testován v přípravku. Tím se docílí rychlejšího testování a potřeby pouze jednoho operátora. Cyklus čas byl změřen v průměru na 7 s, což je více než dostatečné. Přípravek obsahuje více výměnných sad v závislosti na počtu typu testovaných konektorů. Přestavbové sady jsou tvarová lůžka, kde lze založit pouze jeden druh konektoru. Sady jsou strojně rozlišovány pomocí binárního kódu na spínacích hrotech a tím je zamezena možnost záměny typu konektoru vzhledem k typu montovanému a testovanému na celé lince. Každá sada obsahuje spínací piny, které jsou vyšroubované do takové výšky, aby daly signál při správné hloubce zaslepení pro daný typ konektoru. Zákazník je s tímto způsobem testování velice spokojený, protože testování je velice rychlé, spolehlivé a ergonomicky vyhovující.

Požadavkem zákazníka bylo, že stroj i přípravek musí být uzpůsoben pro práci v ESD zóně, což vyžaduje elektrickou vodivost všech prvků nacházejících se na stroji. Bohužel některé nakupované díly výrobci nenabízejí v provedení ESD. Použít nevodivé prvky však nelze, mohlo by to znamenat zničení testovaných kusů a pokutu pro výrobce stroje. Z toho důvodu byl zakoupen bezbarvý antistatický lak, kterým lze nastříkat například gumové dorazy nebo kryty led světla a tím dílům vodivostní vlastnost přidat.

Po provedení finálních zkušebních testů ve firemních prostorách zvaných „run and rate“ bylo zákazníkem vyhodnoceno, že univerzální kontrolní a měřicí stanice splňuje všechny předem sepsané požadavky i požadavky vzniklé v průběhu projektu, které zahrnovaly například navrzení dalších přestavbových sad na nové konektory, což bylo nad rámec prvotních požadavků. Současně s návrhem konstrukce stanice i přípravku byly vyhotoveny výrobní dokumentace spolu s pneumatickým schématem a analýzou rizik pro potřeby zákazníka. Na základě splnění všech požadavků a bezproblémové funkčnosti stroje byl stroj zákazníkem převzat.

Vzhledem k tomu, že modul byl stavěn postupně a přerušovaně, jak byly naskladňovány díly z výroby a nakupované díly, nelze jednoznačně určit, kolik hodin trvala montáž a zprovoznění stroje. Odhadovaný čas na montáž stroje je okolo 130 hodin a naprogramování stroje je okolo 150 hodin. Čas, který byl stráven návrhem stroje spolu s dokumentací, podporou při montáži a programování, byl vypočten na 470 hodin. S ohledem na krátkodobou praxi autora diplomové práce ve vývoji jednoúčelových strojů je doba konstrukce přijatelná, ovšem více zkušený konstruktér by dokázal stroj navrhnout daleko rychleji.

Univerzální testovací a měřicí stanice se skládá z 163 specificky obráběných dílů a z 36 obráběných dílů standardizovaných pro celou linku. Hlavní nosný rám stroje je navržen jako svařenec a ostatní konstrukce jsou složeny z hliníkových profilů značky Bosch Rexroth. Stanice obsahuje jednu monochromatickou kameru spolu s třemi bodovými světly a ovládacím panelem. Počet všech typů použitých senzorů je sečten na 17 kusů. Na stroji je použit jeden elektrický válec a jeden servopohon s lineárním vedením. Bezpečnostní koncové spínače se na stroji nacházejí v počtu 3 kusů a jednoho páru bezpečnostních bran. Na stanici je ventilový terminál obsahující 3 pneumatické ventily. Terminál je celý odpínaný prvkem Vofa. Přípravek pro testování zaslepeného světlovodu obsahuje spínací hroty napojené na přítlačný konektorový systém firmy Schunk dle stanoveného binárního kódu pro jednotlivé varianty přestaveb.

13.2 Ekonomické zhodnocení

Univerzální kontrolní a měřicí stanice je jednoúčelový stroj sloužící na testování konektoru pro nabíjení elektrického automobilu. Velkou nevýhodou při návrhu jednoúčelového stroje je časové omezení dané zákazníkem. Konstruktér je od začátku vývoje omezen dobou dodání stroje. Při nedodržení termínu by zákazník nemohl vyrábět a narůstaly by značné finanční ztráty, které by se promítly do pokuty pro výrobce stroje. Dodržení termínu a dodání funkčního stroje je prioritou, už kvůli spokojenosti zákazníka, tak i pro pověst dodavatele. Vzhledem k tomu, že se nejedná o sériovou výrobu, ale vývoj pouze jednoho stroje, jsou větší náklady na stroj pochopitelné. Při vývoji sériového stroje jde hlavně o to, aby byl výrobek co nejjednodušší a nejlevnější. Většinou konstrukce seriových strojů není časově omezená natolik, aby se nedaly promyslet všechny varianty nejlevnějšího řešení, což u vývoje jednoúčelového stroje pro konkrétního zákazníka za tak krátký čas je velice obtížné. Kompletní tabulka cenových nákladů je uvedena pro větší přehlednost až na další straně.

Náklady na modul s vybranými variantami řešení jsou vypsány v tabulce níže. Do nákladů uváděných v tabulce nejsou zahrnuty spojovací materiály, pneumatické hadice a kabely s konektory s výjimkou kabeláže pohonů, kamery a bezpečnostních bran. Náklady na jednotlivé položky jsou uvedeny včetně DPH. Částky jsou zaokrouhleny.

Název sestavy	EUR (27,5Kč)	KČ
Obráběné díly + plechy	16727	460000
Svařované + profilové konstrukce	3272	90000
Krytování (sendviče+ ESD polykarbonát)	363	10000
Pohony + řídicí jednotky	4181	115000
Kamera + osvětlení	1890	52000
Bezpečnostní prvky na stroji	1781	49000
Senzorika + sběrnice a mastery	2909	80000
Prvky v rozvaděči	3272	90000
Celkem	34395 EUR	946000 Kč

Tab. 18) Cenová kalkulace na univerzální a kontrolní stanici

13.3 Doporučení pro praxi

V diplomové práci byl řešen návrh a konstrukce jednoúčelového stroje sloužícího pro kontrolování a měření konektorů zásuvek elektromobilů. Po provedení zkušebních testů se všemi variantami konektorů zvaných „run and rate“ byly stroj i přípravek převzaty zákazníkem bez jakýchkoli připomínek na doplnění nebo opravu. Koncepce stanice byla navržena dle požadavků zákazníka. Tyto požadavky ovšem značně prodražily náklady a ovlivnily zástavbové rozměry stroje. Vzhledem k tomu, že je to první stroj umožňující testování, je možné se z řešení poučit a se zákazníkem konzultovat jeho požadavky. U další duplikace stroje bude snaha o vylepšení celého stroje a zrychlení procesu montáže a testování.

V současné době je autorem této diplomové práce navrhována duplikace stroje. Nová generace univerzální kontrolní a měřicí stanice má zachovány stejné požadavky na testování konektorů, jakož tomu bylo i ve stanici řešené v diplomové práci. Výhodou nového stroje je, že operátor pouze založí všechny komponenty do lůžek a stroj je následně umístí zalisuje sám, čímž by mělo být sníženo riziko špatného natočení světlovodu a jeho porušení. Následně je vše otestováno a manipulátorem přeloženo na dopravníkový pás, který otestovaný kus dopraví do odebírací pozice nacházející se vedle druhé stanice linky. Během převozu otestovaného konektoru bude možnost už testovat další, čímž se značně urychlí proces. Testování je prováděno rychleji, protože je použita dvojité testovací sonda, nad kterou bylo uvažováno již v této diplomové práci. Celková zastavěná plocha stroje je dvakrát menší, protože zákazník již nevyžaduje skladovací prostory pro další stroje. Pro skladování materiálu je navržen externí samostatně stojící regál.

14 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout konstrukční řešení univerzální kontrolní a měřicí stanice pracující v poloautomatickém režimu. Úkolem stanice je testovat konektor nabíjení elektrického automobilu. Stroj je schopen testovat více typů konektorů, správnost typu konektoru vzhledem ke zpracovávanému typu na celé lince, správné natočení a výšku zalisování světlovodu, přítomnost gumového těsnění a světelnou průchodnost světlovodu. Součástí návrhu stanice bylo navrhnout přípravek pro testování zaslepených otvorů pro světlovody a těsnění v těle konektoru, taktéž pro více typů konektorů. Stroj i přípravek byl úspěšně převzat zákazníkem bez jakéhokoliv problému, s funkcí je používán ve firmě vyrábějící konektory do elektrických automobilů.

První kapitola obsahuje obecné informace společnosti specializující se na vývoj jednoúčelových strojů do automobilového průmyslu.

V druhé kapitole je popsán současný způsob měření a testování konektorů v automobilovém průmyslu. Současně s tím jsou zde uvedeny požadavky zákazníka na funkci stroje řešeného v této diplomové práci. Závěrem kapitoly je ukázán historický vývoj jednoúčelových strojů pro tuto aplikaci.

Další kapitola je rešeršního charakteru a jsou zde uvedeny možné způsoby snímání vzdáleností a přítomností objektu, ať už kontaktně, nebo bezkontaktně. Všechny uvedené metody jsou vztáhnuty k řešenému problému v diplomové práci. Koncem třetí kapitoly je řešena problematika propojení akčních prvků spolu s řídicím systémem pomocí protokolu IO-Link, který je nedílnou součástí navrhování senzoriky do strojů řadících se do průmyslu 4.0.

Ve čtvrté kapitole jsou sepsány návrhy řešení problémů v konstrukci stroje. Pro řešení pohybu pracovního vozíku mezi vstupní, měřicí a výstupní pozicí, při požadované vysoké opakovatelné přesnosti jsou navrženy 2 varianty řešení. Pro samotný testovací a měřicí proces byly navrženy 3 varianty řešení. Všechny varianty obsahují finanční nákladnost, výhody a nevýhody použití.

V následující kapitole je řešen výběr varianty pomocí multikriteriální metody hodnocení. Pro řešení pojezdu pracovního vozíku nejlépe vychází varianta lineárního vedení s kuličkovým šroubem a servomotorem, a proto je pro tyto účely vybrána. U volby varianty pro samotný testovací proces sice z výpočtu lépe vychází varianta s bezkontaktním snímáním vzdálenosti a přítomnosti komponent, avšak po konzultaci se zákazníkem byla zvolena varianta jedné dotykové sondy.

Šestá kapitola je již zaměřena přímo na konstrukci celého stroje a přípravku na testování zaslepeného konektoru. V prvotní fázi je řešen koncept rozmístění stroje, pracovní postup a časový rozbor v Ganttově diagramu. Následně jsou popisovány jednotlivé mechanické celky stroje a přípravku spolu se zkušebními kamerovými testy.

Další, kratší kapitoly se zabývají věcmi souvisejícími s konstrukcí. Kapitoly jsou sepsány na následující témata. Vedení energií na stroji, pneumatické zapojení stroje, signalizace stroje pro informování operátora, postup montáže, bezpečnostní prvky na stroji a riziková analýza.

V kapitole třináct je zhodnocení dosažených výsledků a uvedení vhodnosti do praxe.

15 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Mechatronic design. In: Md-solutions [online]. Kuřim: md-solutions, 2020 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <https://www.md-solutions.cz/>
- [2] ČTK. Vysočina má první dobíjecí stanici pro elektromobily [online]. Třebíčský deník, 2011-05-18 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: https://trebicky.denik.cz/zpravy_region/20110518_ji_vysocina-ma-prvni-dobijeci-5b1f.html
- [3] Prodej elektromobilů graf. In: EV-volumes [online]. -: EV-volumes, 2019 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <http://www.ev-volumes.com/news/global-plug-in-vehicle-sales-for-2017-final-results/>
- [4] Specifikace výroby a testování konektorů. Wört, 2011. Dostupné také z: Interní dokument firmy
- [5] Konektor. In: Uk.rs-online [online]. Unated Kingdom: Te connectivity, 2020 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://uk.rs-online.com/web/p/general-purpose-rectangular-connectors/2568700/>
- [6] Kontaktní hrot. In: Technik partner [online]. Praha: PRT [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <http://www.technikpartner.cz/kontakti-hroty/katalog-hrotu/>
- [7] Lankový snímač. In: Micro-epsilon [online]. není známo: Micro-epsilon, 2020 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.micro-epsilon.cz/displacement-position-sensors/draw-wire-sensor/>
- [8] Bezkontaktní měření vzdálenost. Mmspektrum [online]. 2014, 2014(140346), 54 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/bezkontaktni-mereni-vzdalenosti.html>
- [9] Optoelektronické snímače – princip. Brno, 2013. Dostupné také z: Není veřejně dostupné – interní prezentační materiál firmy Balluff
- [10] CURTIS, Keith. Použití ultrazvukových měničů pro měření vzdálenosti. DPS [online]. 2015, 2015(-), 1-3 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/mereni/id:20858/pouziti-ultrazvukovych-menicu-pro-mereni-vzdalenosti>
- [11] Indukční snímače pro bezdotykové měření vzdálenosti. Elektro-odborní časopis pro elektrotechniku [online]. 2002, 2002(08/2002), 15-104 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/indukcni-snimace-pro-bezdotykovemereni-vzdalenosti--14749>
- [12] Princip magnetických snímačů. Brno, 2013. Dostupné také z: Není veřejně dostupné : interní prezentační materiál firmy Balluff
- [13] Magnetické senzory přiblížení. Balluff [online]. Brno: Balluff, 2020 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/products/product-overview/sensors/magnetic-field-sensors/>
- [14] Magnetický snímač analogový. In: Balluff [online]. Praha: Balluff, 2020 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0105/product/F01508/variant/PV5486461>
- [15] Kapacitní snímače. Balluff [online]. Brno: Balluff, 2020 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/products/product-overview/sensors/capacitive-sensors/>

- [16] Kapacitní snímače [online]. In: -. Bechyně: Micro-epsilon, 2020 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.micro-epsilon.cz/displacement-position-sensors/capacitive-sensor/>
- [17] Konfokální snímače. In: Micro-epsilon [online]. není známo: Micro-epsilon, 2020 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://www.micro-epsilon.cz/displacement-position-sensors/confocal-sensor/confocal-chromatic-sensors/>
- [18] Hysterezní křivka. In: Ústav mikroelektroniky Martin Adámek [online]. Brno: Martin Adámek, 2006 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: http://www.umel.feec.vutbr.cz/~adamek/uceb/DATA/s_1_3_1.htm
- [19] Převod Analogového signálu na digitální. In: Papouch [online]. -: Papouch, 2019 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://papouch.com/ad4usb-merici-prevodnik-s-usb-p4608/#gallery>
- [20] Indukční IO-Linkový snímač. In: Balluff [online]. Praha: Balluff, 2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: https://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0101/product/F01102/variant/PV117524?cal_iolink
- [21] https://assets.omron.eu/downloads/brochure/cs/v1/io-link_series_brochure_cs.pdf. In: IO-Link senzory a akční členy [online]. není známo: omron, 2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: https://assets.omron.eu/downloads/brochure/cs/v1/io-link_series_brochure_cs.pdf
- [22] IO-Link masters. In: Balluff [online]. USA: Balluff, 2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/us/products/product-news-overview/product-news/io-link-masters-for-smart-device-integration/>
- [23] IO-Link sensor/actuator hub. In: Balluff [online]. USQ: Balluff, 2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/us/products/product-news-overview/product-news/io-link-sensoractuator-hub-with-m8-connectivity/>
- [24] IO-Link s PLC Simatic. In: Automatizace.hw [online]. -: Blažek, 2014 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/plc-a-prumyslova-pc/io-link-s-plc-simatic-prvni-cast.html>
- [25] Safety over IO-Link. In: Balluff [online]. USA: Balluff, 2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/en/hk/industries-and-solutions/solutions-and/safety-over-io-link/>
- [26] IO-safety. In: Innovating-automation [online]. Londýn: innovating-automation, 2019 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.innovating-automation.blog/safety-over-io-link/>
- [27] Festo [online]. Dokumentace pro pohony s ozubeným řemenem EGC-TB. Katalog výrobků. ©2017. [vid. 1. 2. 2017]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_EGC_ZR
- [28] Festo [online]. Dokumentace pro pohony s vřetenem EGC-BS. Katalog výrobků. ©2017. [vid. 1. 2. 2017]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_EGC_SP
- [29] KNOFLÍČEK, Radek. Mobilní robotické systémy. [Brno: Vysoké učení technické], 1996, [111] s.
- [30] Festo [online]. Dokumentace pro elektrické válce EPCO. Katalog výrobků. ©2017. [vid. 1. 2. 2017]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_EPCO
- [31] Konektor. In: Schunk [online]. Brno: Schunk, 2020 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://schunk.com/shop/de/de/Greifsysteme/Roboterzubehoer/Wechseln/Durchfuehrungs-module/SWO-E/SWO-E10-005-K/p/000000000009935799>

- [32] MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1
- [33] KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. První vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5
- [34] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [35] GMR -metodický přístup. Vutbr [online]. Brno FSI UVSSR: doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D., 2008 [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studis/student.phtml?gm=gm_detail_predmetu&apid=197

16 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

16.1 Seznam tabulek

TAB. 1) NÁKLADY NA VARIANTU ČÍSLO 1	48
TAB. 2) NÁKLADY NA VARIANTU ČÍSLO 2	51
TAB. 3) NÁKLADY NA VARIANTU ČÍSLO 3	53
TAB. 4) NÁKLADY NA VARIANTU ČÍSLO 4	55
TAB. 5) NÁKLADY NA VARIANTU ČÍSLO	57
TAB. 6) TABULKA HODNOCENÍ POMOCÍ MULTIKRITERIÁLNÍ BODOVÉ METODY PRO ŘEŠENÍ PRVNÍHO PROBLÉMU.....	60
TAB. 7) KONEČNÉ TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ PRO ŘEŠENÍ PRVNÍ PROBLÉMU.....	60
TAB. 8) TABULKA HODNOCENÍ POMOCÍ MULTIKRITERIÁLNÍ BODOVÉ METODY PRO ŘEŠENÍ DRUHÉHO PROBLÉMU.....	61
TAB. 9) KONEČNÉ TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ PRO ŘEŠENÍ DRUHÉHO PROBLÉMU.....	61
TAB. 10) TABULKA S IDENTIFIKOVANÝMI RELEVANTNÍMI NEBEZPEČÍMI [35].....	108
TAB. 11) TABULKA ANALÝZY NEBEZPEČÍ V ŽIVOTNÍCH FÁZÍCH STROJE [35] 111	
TAB. 12) TABULKA IDENTIFIKOVANÝCH ZÁVAŽNÝCH NEBEZPEČÍ S VÝPOČTEM [35].....	114
TAB. 13) TABULKA S FORMULÁŘEM PRO SNÍŽENÍ MECHANICKÉHO RIZIKA POŘEZÁNÍ [35].....	115
TAB. 14) TABULKA S FORMULÁŘEM PRO SNÍŽENÍ MECHANICKÉHO RIZIKA [35].....	116
TAB. 15) TABULKA S FORMULÁŘEM PRO SNÍŽENÍ TEPELNÉHO RIZIKA [35] 117	
TAB. 16) TABULKA S FORMULÁŘEM PRO SNÍŽENÍ HLUKOVÉHO RIZIKA [35] 118	
TAB. 17) TABULKA ZBYTKOVÝCH RIZIK VYŠETŘENÝCH SITUACÍ [35] 119	
TAB. 18) CENOVÁ KALKULACE NA UNIVERZÁLNÍ A KONTROLNÍ STANICI	123

16.2 Seznam obrázků

OBR. 1) LOGO FIRMY [1]	21
OBR. 2) PRODEJ ELEKTROMOBILŮ OD ROKU 2011[3]	23

OBR. 3) BĚŽNÝ KONEKTOR „SAMEC“ [5]	24
OBR. 4) PŘÍKLADY TYPŮ KONEKTORŮ (ZÁMĚRNĚ ROZOSTŘENO).....	25
OBR. 5) SVĚTLOVOD A GUMOVÉ TĚSNĚNÍ.....	25
OBR. 6) DŘÍVĚJŠÍ LISOVACÍ A TESTOVACÍ PRACOVÍŠTĚ.....	26
OBR. 7) SOUČASNÝ STAV TESTOVACÍHO PRACOVÍŠTĚ	26
OBR. 8) KONCEPT NÁVRHU BUDOUCÍHO ŘEČENÍ DUPLIKAČNÍ LINKY	27
OBR. 9) PŘÍKLAD KONEKTORU S TĚSNĚNÍM A SVĚTLOVODY (ZÁMĚRNĚ ROZOSTŘENO)	29
OBR. 10) SVĚTLOVOD A GUMOVÉ TĚSNĚNÍ	29
OBR. 11) DOTYKOVÁ SONDA.....	30
OBR. 12) A) SPÍNACÍ HROT [6]	31
OBR. 13) B) SPÍNACÍ HROT S POUZDREM [6]	31
OBR. 14) PŘÍKLAD LANKOVÉHO SNÍMAČE [7]	31
OBR. 15) TRIANGULAČNÍ LASEROVÝ PRINCIP [8]	33
OBR. 16) ODRAZ PAPERU [9]	33
OBR. 17) DIFUSNÍ SENZOR S POTLAČENÝM POZADÍM A POPŘEDÍM [9].	33
OBR. 18) PŘÍKLAD POUŽITÍ [9]	34
OBR. 19) ULTRAZVUKOVÝ MĚNIČ – DOZVUK VYSÍLAČE [10]	35
OBR. 20) PRINCIP VÍŘIVÝCH PROUDŮ A VÝSTUPNÍ CHARAKTERISTIKA [8] [11]	35
OBR. 21) MAGNETICKÉ SNÍMAČE LINEÁRNÍ ODMĚŘOVÁNÍ [12] [13]	36
OBR. 22) ABSOLUTNÍ SNÍMAČ VZDÁLENOSTI [14].....	37
OBR. 23) KAPACITNÍ SNÍMAČ [8].....	38
OBR. 24) KONFOKÁLNÍ SOUSTAVA DVOU ČOČEK [8].....	38
OBR. 25) PRINCIP KONFOKÁLNÍHO SENZORU [8].....	39
OBR. 26) HYSTEREZNÍ KŘIVKA [19]	39
OBR. 27) ANALOGOVÝ SENZOR [4] [19]	40
OBR. 28) IO-LINKOVÝ ANALOGOVÝ INDUKČNÍ DISTANČNÍ SNÍMAČ [21]	40
OBR. 29) IO-LINKOVÝ MASTER A SDRUŽOVACÍ POLE [23] [24]	42
OBR. 30) PROPOJENÍ V IO-LINKOVÉ STRUKTUŘE [25]	42
OBR. 31) SYSTÉM SAFETY OVER IO-LING [27].....	43
OBR. 32) KROKOVÝ MOTOR S LINEÁRNÍM VEDENÍM	45
OBR. 33) SPOJENÍ JEZDCE S PRACOVNÍM VOZÍKEM	46
OBR. 34) ARETOVÁNÍ VOZÍKU V ŘEZU.....	47
OBR. 35) LINEÁRNÍ ŘEMENOVÉ VEDENÍ S KROKOVÝM MOTOREM [28]	48
OBR. 36) MOTOR S LINEÁRNÍM VEDENÍM	49

OBR. 37) SPOJENÍ VOZÍKU S LINEÁRNÍM VEDENÍM	50
OBR. 38) LINEÁRNÍ VEDENÍ S KULIČKOVÝM ŠROUBEM A SERVOMOTOREM [29].....	51
OBR. 39) TESTOVACÍ SONDA	52
OBR. 40) TESTOVACÍ SONDY	54
OBR. 41) PŘÍKLADY USPOŘÁDÁNÍ SNÍMAČŮ (KONEKTOR JE SCHVÁLNĚ ROZOSTŘEN).....	57
OBR. 42) NÁČRT KONCEPTU POSTAVENÍ MĚŘICÍ STANICE	63
OBR. 43) DIAGRAM PRACOVNÍHO POSTUPU STANICE	66
OBR. 44) DIAGRAM STANICE DLE GANTTOVY METODY.....	67
OBR. 45) SPODNÍ ČÁST STROJE	68
OBR. 46) ZÁKLADOVÝ SVAŘENÝ RÁM STROJE	69
OBR. 47) DVEŘE SPODNÍHO RÁMU	70
OBR. 48) ZMETKOVÉ KORYTO	71
OBR. 49) POHLED NA NOK ZAVŘENÉ/OTEVŘENÉ KORYTO	71
OBR. 50) SKLUZ NA BEDNY	72
OBR. 51) POHON PRACOVNÍHO VOZÍKU	72
OBR. 52) OBRÁZEK PRACOVNÍHO VOZÍKU.....	73
OBR. 53) VÝMĚNNÉ SADY S POLOHOVATELNÝMI LŮŽKY	74
OBR. 54) SESTAVA PŘITLAČENÍ KONEKTORU.....	75
OBR. 55) UCHYCENÍ KAMERY A BODOVÝCH SVĚTEL	76
OBR. 56) DETAILNÍ HORNÍ POHLED NA TESTOVANÝ OBJEKT.....	77
OBR. 57) PRVNÍ STAV KAMEROVÉHO TESTOVÁNÍ SVĚTLOVODU.....	78
OBR. 58) DRUHÝ STAV KAMEROVÉHO TESTOVÁNÍ SVĚTLOVODU.....	78
OBR. 59) TŘETÍ STAV KAMEROVÉHO TESTOVÁNÍ SVĚTLOVODU.....	79
OBR. 60) SESTAVA SPODNÍHO TESTOVÁNÍ KONEKTORU	79
OBR. 61) SESTAVA PRO ZAJIŠTĚNÍ POHYBU SONDY V OSE X.....	80
OBR. 62) GRAF POHYBU SONDY V OSE X [31].....	81
OBR. 63) SESTAVA PRO ZAJIŠTĚNÍ POHYBU SONDY V OSE Z.....	81
OBR. 64) ZKUŠEBNÍ TEST SVĚTELNÉ VODIVOSTI.....	82
OBR. 65) TESTOVACÍ SONDA A ŘEZ SONDOU	83
OBR. 66) SONDA V ŘEZU-DRUHÁ FÁZE TESTOVÁNÍ	83
OBR. 67) SONDA V ŘEZU – TŘETÍ FÁZE TESTOVÁNÍ.....	84
OBR. 68) HORNÍ KRYTOVÁNÍ STANICE	85
OBR. 69) ZAKLÁDACÍ POZICE 1	86
OBR. 70) ZAKLÁDACÍ POZICE 2	86

OBR. 71) ZAMYKÁNÍ DVÍŘEK.....	87
OBR. 72) HORNÍ KRYT STANICE ZEPŘEDU	87
OBR. 73) HORNÍ KRYTOVÁNÍ ZEZADU	88
OBR. 74) ODEBÍRACÍ POZICE STANICE	89
OBR. 75) NÁČRT KONCEPTU USAZENÍ TESTOVACÍHO PŘÍPRAVKU V MĚŘICÍ STANICI.....	90
OBR. 76) DIAGRAM PRACOVNÍHO POSTUPU STANICE	91
OBR. 77) DIAGRAM STANICE DLE GANTTOVY METODY	92
OBR. 78) PŘÍKLAD TĚLA KONEKTORU SE ZASLEPENÍM (ZÁMĚRNĚ ROZOSTŘENO).....	92
OBR. 79) PŘÍPRAVEK PRO KONTROLY ZASLEPENÍ	93
OBR. 80) PEVNÁ ČÁST PŘÍPRAVKU A KÓDOVÁNÍ KONEKTORU [32]	93
OBR. 81) VÝMĚNNÁ SADA.....	94
OBR. 82) UMÍSTĚNÍ PŘÍPRAVKU VE STANICI.....	95
OBR. 83) MODEL ROZVADĚČE.....	95
OBR. 84) REÁLNÁ PODOBA ROZVADĚČE.....	96
OBR. 85) VEDENÍ ENERGÍ VE STANICI	97
OBR. 86) VENTILOVÝ TERMINÁL	99
OBR. 87) PNEUMATICKÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ KONTROLNÍ STANICE ...	100
OBR. 88) SIGNALIZACE STROJE.....	101
OBR. 89) PRACOVNÍ PROSTORY STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ	107

16.3 Seznam symbolů

t_n	[-]	Hodnota n-tého hodnoceného parametru
g_n	[-]	Koeficient rozlišující významnost hodnocených parametrů $0 \leq g_n \leq 1$
p_τ	[%]	Procentuální vyjádření
τ_n	[-]	Konečná technická hodnota posuzovaného parametru

17 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č.1: Model univerzální kontrolní stanice (50-35946-015000)
- Příloha č.2: Výkresová dokumentace-Sestavy a podsestavy + 5 dílenských výkresů
- Příloha č.3: Multikriteriální metoda výběru varianty
- Příloha č.4: Zjednodušená rizikový analýza dle firemních standardů
- Příloha č.5: Pneumatické schéma
- Příloha č.6: Analýzy cyklus-čas

PŘÍLOHY

17.1 Příloha č.1 : Univerzální kontrolní a měřicí stanice (50-35946-015000)

