

Konstrukce senzorické hlavy vozidla

Bc. Vojtěch Kalus

Diplomová práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vojtěch Kalus**
Osobní číslo: **T15335**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce senzorické hlavy vozidla**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Proveďte zhodnocení současného stavu
3. Navrhněte novou konstrukci senzorické hlavy
4. Vytvořte výkresovou dokumentaci sestav

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. SVOBODA, P., J. BRANDEJS a F. PROKEŠ. Základy konstruování. Praha: CERM, 2015. ISBN: 978-80-7204-921-9.
2. SHIGLEY, JOSEPH EDWARD. Konstruování strojních součástí. Praha: VUTIAM, 2010. ISBN: 978-80-214-2629-0.
3. Dále dle doporučení vedoucího DP

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Řezníček, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2017**

Ve Zlíně dne 23. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ...Kalus Vojtěch.....

Obor: Vyrobní inženýrství

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně1.5.2017.....

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydávalečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá konstrukcí senzorické hlavy na průzkumném vozidle typu BVP. Teoretická část popisuje využití senzorické hlavy, veškerých principů nejdůležitějších částí senzorické hlavy, a také se zabývá tématem svařování, které je použito při zhotovení některých částí senzorické hlavy.

V praktické části je s pomocí programu Autodesk Inventor 2015 navrhnut a vytvořen 3D model dané senzorické hlavy, jejích prvků a senzorů, a také vytvořena výkresová dokumentace sestav. Praktická část také obsahuje postup rektifikace potřebný ke správnému nastavení a fungování senzorické hlavy a jejích senzorů.

Klíčová slova: senzorická hlava, senzory, konstrukce, rektifikace

ABSTRACT

This thesis is focused on construction of sensoric head for exploratory vehicle type BVP. Theoretical part describes the usage of sensoric head, function of individual parts and also is focused on welding, which is needed during construction of the head.

Practical part of this thesis is focused on creating of 3D model of sensoric head including drawings using Autodesk Inventor 2015 software. Practical part is also focused on accuracy improvement which is needed for correct setting and running of the sensoric head and it's sensors.

Keywords: sensoric head, sensors, construction, accuracy improvement

Rád bych tímto poděkoval mému vedoucímu Ing. Martinu Řezníčkovi, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení, obětavý přístup a veškerou pomoc poskytnutou při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat řediteli a zaměstnancům firmy VTÚVM za praktické a odborné rady v průběhu zpracování diplomové práce.

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

Ve Zlíně 12. května 2017

.....

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 OBECNÝ POPIS A VYUŽITÍ SENZORICKÉ HLAVY	12
1.1 MANIPULÁTOR POLOHY	14
1.2 MANIPULÁTOR SMĚRU MST-01	15
1.3 SENZORICKÁ HLAVA	16
1.3.1 Mechanická konstrukce sensorické hlavy.....	17
1.3.2 Termovizní kamera LIRC 640	17
1.3.3 TV kamera HK 170	18
1.3.4 TV kamera Merlin 2.....	19
1.3.5 Laserový dálkoměr LDM 38.....	20
1.3.6 Laserový značkovač	21
2 ZÁKLADNÍ PRINCIPY V SENZORICKÉ HLAVĚ	22
2.1 CCD (CHARGE-COUPLED DEVICE)	22
2.1.1 Základní parametry CCD senzoru.....	24
2.1.2 Činnost CCD senzoru.....	24
2.1.3 Maticové CCD senzory	25
2.1.4 Vytvoření barevného obrazu	28
2.2 INFRAZOBRAZOVACÍ SYSTÉMY	30
2.2.1 Obecný proces infrazobrazování.....	30
2.2.2 Zdroje infračerveného záření	32
2.2.3 Chlazení detektorů IR záření.....	33
2.3 LASEROVÉ TECHNOLOGIE.....	35
2.3.1 Absorpce energie.....	35
2.3.2 Spontánní emise záření	36
2.3.3 Stimulovaná emise záření	37
3 SVAŘOVÁNÍ.....	40
3.1 VZNIK A DEFINICE SVAROVÉHO SPOJE	40
3.2 METODY SVAŘOVÁNÍ	41
3.2.1 Tavné metody svařování	41
3.2.2 Tlakové metody svařování	44
3.3 DRUHY SVARŮ	46
3.4 VOLBA METODY SVAŘOVÁNÍ.....	47
3.4.1 Technické parametry	47
3.4.2 Ekonomické parametry	48
II PRAKTICKÁ ČÁST	49
4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	50
5 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU.....	51
6 VSTUPNÍ POŽADAVKY.....	52
6.1 PARAMETRY MANIPULÁTORU A STŘECHY	52
6.2 SENZORY A OSTATNÍ PRVKY	53
6.2.1 INU Talin 3000	53

6.2.2	IČ kamera LIRC 640	54
6.2.3	Laserový značkovač	54
6.2.4	Laserový dálkoměr	54
6.2.5	Kabeláž	55
7	KONTRUKCE TV KAMER	56
7.1	KONSTRUKCE MERLIN 2	56
7.1.1	Pouzdro kamery	56
7.1.2	Přední čelo kamery	57
7.1.3	Zadní čelo kamery	57
7.1.4	Zadní krytka	58
7.1.5	Kuželový kolík	58
7.2	KONSTRUKCE HK 170	59
7.2.1	Objektiv MEOMIL	59
7.2.2	Příruba kamery	60
7.2.3	Zadní kryt kamery	61
8	KONSTRUKCE SENZORICKÉ HLAVY	62
8.1	UCHYCENÍ ELEKTRONIKY A OVLÁDÁNÍ SENZORŮ	62
8.1.1	Levá bočnice	63
8.1.2	Pravá bočnice	66
8.1.3	Výztuhy	68
8.2	UCHYCENÍ REKTIFIKAČNÍCH PRVKŮ	69
8.2.1	Levá dosedací deska	69
8.2.2	Pravá dosedací deska	70
8.2.3	Držáky kamery LIRC 640	71
8.2.4	Držáky kamery HK 170	72
8.2.5	Držáky laserového dálkoměru LDM 38	73
8.2.6	Uchycovací desky	73
8.2.7	Držák laserového značkovače	75
8.2.8	Rektifikační mechanismus	76
8.3	KRYTÍ SENZORŮ A HLAVY	77
8.3.1	Střecha senzorické hlavy	77
8.3.2	Clony kamer	79
9	REKTIFIKACE SENZORŮ	81
9.1	REKTIFIKACE NA TERČ A VZDÁLENÝ BOD	82
9.2	MECHANICKÁ REKTIFIKACE	83
	ZÁVĚR	86
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	87
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	89
	SEZNAM OBRÁZKŮ	90
	SEZNAM TABULEK	93
	SEZNAM PŘÍLOH	94
	PŘÍLOHA PI: SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE SESTAV	95

ÚVOD

Ve vojenství se v minulosti průzkum bojiště prováděl vizuálním pozorováním pěšího neboli sesednutého pozorovatele. Později se prováděl pomocí jednoduchých optických přístrojů (dalekohledy), s následným vyčítáním pozice cílů z mapy. V případě použití bojových vozidel na průzkum bojiště byla používána běžná bojová vozidla a průzkum se realizoval pomocí optických přístrojů. Těmito způsoby získaná průzkumná informace byla však nepřesná a její obdržení bylo zdlouhavé. Pro potřeby moderního dělostřelectva, kdy jsou na dělostřelectvo kladeny požadavky na zásah první nebo alespoň druhou ranou, je takový průzkum neúčinný.

S postupujícím technickým rozvojem se proto v nedávné minulosti začaly používat specializované průzkumné prostředky, jejichž pomocí bylo možné získat požadovanou informaci rychleji a s větší přesností. Vznikla specializovaná funkce dělostřeleckého průzkumníka (Forward Observer) s průzkumnými prostředky datově propojenými se systémem vedení a systémem řízení palby. Tyto technické prostředky, jakož i samotného průzkumníka je však nutné na bojiště přepravit, chránit a zásobovat energií. Proto bylo v AČR pro přepravu dělostřeleckého průzkumníka využito podvozku bojového vozidla pěchoty (BVP). Vznikla tak mobilní dělostřelecká pozorovatelná, ze které ale průzkumník musel vysednout a realizovat průzkum již nechráněný.

Proto původní průzkumný komplet LOS vznikl na základě požadavku na možnost realizace dělostřeleckého průzkumu pod ochranou pancíře umístěním původní senzorické hlavy na manipulátor polohy. Tento způsob se v AČR osvědčil, avšak postupem času bylo nutné modernizovat tuto variantu získávání průzkumných informací na bojišti.

Diplomová práce proto řeší modernizaci konstrukce senzorické hlavy, její celkové zkvalitnění, zlepšení spolehlivosti a zpřesnění rektifikace senzorů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBECNÝ POPIS A VYUŽITÍ SENZORICKÉ HLAVY

Senzorická hlava je součástí dělostřeleckého průzkumného kompletu LOS (po modernizaci LOS-M). Tento dělostřelecký průzkumný komplet je v AČR součástí vyššího systému řízení palby (dále jen SŘP) dělostřeleckého oddílu s názvem „ASPRO“, kde v podstatě nahrazuje sesednutého předsunutého pozorovatele (Forward Observer = FO). Pro SŘP ASPRO je systémově senzorem a následně pro dělostřelecké systémy AČR zjišťuje na bojišti potenciální cíle, po jejich detekci, rekognoskaci a identifikaci je schopen jejich lokalizace (zjištění jejich polohy).

Pro dělostřelecké systémy AČR je aktuální požadavek na přesnost zjišťování cílů s kruhovou odchylkou optimálně do 10 m. Samotná odchylka je velice důležitou veličinou pro zaznamenání cílů respektive terčů dělostřelecké, minometné a popřípadě i vzdušné palby. Polohu zjištěných cílů pak průzkumný komplet Light Observer System (dále jen PzK LOS-M) předává do systému ASPRO, kde jsou předané údaje dále zpracovány.

V případě potřeby je PzK LOS (LOS-M) rovněž schopen řídit dělostřeleckou palbu. To znamená, že na základě vzájemné polohy cíle a jednotlivých poloh výbuchů dělostřeleckých granátů poblíž cíle, vypočítá opravné koeficienty, které zasílá prostřednictvím komponent ASPRO (počítač ASPRO a radiostanice ASPRO) přímo dělostřeleckým systémům, jejichž palbu řídí.

Základní funkce PzK LOS-M:

Nejdůležitější schopnosti respektive funkce PzK LOS-M:

- Umožňuje vyhledávání cílů a určování jejich souřadnic s dostatečnou přesností ve dne i v noc a to dokonce za zhoršené viditelnosti a přenos těchto informací nadřizemému.
- Jeho obsluha plánuje a vyžaduje dělostřelecké a minometné palby.
- Opravuje výsledky předešlé střelby při různých metodách zastřílení i při účinné střelbě.
- Koordinuje plnění palebných úkolů dělostřeleckými a minometnými jednotkami v součinnosti s bojovou aktivitou podporované mechanizované jednotky.
- Umožňuje sledování taktické situace vlastních a nepřátelských jednotek na digitalizované mapě, také je schopen na této mapě určovat bezpečnostní zóny a zájmové prostory pro optimální kontrolu bojiště.

- Umožňuje fonické i datové spojení s velitelem podporované mechanizované jednotky.
- Je schopen určit vlastní stanoviště a navigaci pomocí kombinovaného navigačního systému GPS se systémem inerciální navigační jednotky TALIN.

Hlavní subsystémy PzK LOS-M

PzK LOS-M byl navržen a ve své podstatě historicky vznikl integrací průzkumného systému, výpočetních prostředků, komunikačních prostředků a podpůrných technologií do podvozku BVP (podvozek BVP byl zvolen z důvodu jeho tehdejší dostupnosti, balistické ochrany osádky (ochrana před ostřelováním) a vysoké průchodnosti terénem) a jeho celkově dobře navrženou koncepcí a konstrukcí. Z toho důvodu je u PzK LOS-M rovněž použit polohovací systém (manipulátor polohy) a senzorická hlava s dálkovým ovládním z pracoviště operátora. PzK LOS-M je tedy možné rozdělit na následující základní subsystémy:

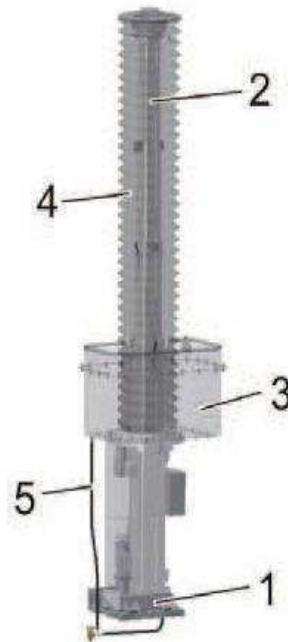
- Integrovaný průzkumný systém (IPzS)
- Podvozek BVP (upravený pro integraci specifických subsystémů PzK LOS-M);
- Velitelský subsystém (IPV)
- Komunikační prostředky (taktické radiostanice)
- Podpůrné technologie (primární a sekundární energetický zdroj, topení, klimatizace....)

Integrovaný průzkumný systém (IPzS) je z hlediska průzkumných schopností kompletu PzK LOS-M rozhodujícím a jedním z nejdůležitějších subsystémů celého průzkumného zařízení. Tento integrovaný průzkumný systém se skládá z následujících dílčích subsystémů:

1. Manipulátor polohy (MP)
2. Manipulátor směru (MS)
3. Sensorická hlava (SH)
4. Integrované pracoviště operátora (IPO) PzK LOS-M
5. Přenosová trasa (PT)

1.1 Manipulátor polohy

Manipulátor polohy je v PzK LOS-M lineární manipulátor, tvořený teleskopickým sloupem s jedním stupněm volnosti. Tento manipulátor je poháněn elektrickým motorem napájeným ze zdrojové soustavy PzK LOS-M. Základním důvodem jeho začlenění do PzK LOS-M je požadavek na změnu pracovní výšky sensorické hlavy (podvozek vůči potenciálním cílům se nachází ve skrytu za terénními překážkami, budovami, nebo vegetací a relativně malá sensorická hlava je polohována nad překážky, na přímou viditelnost vůči cíli). Díky této schopnosti manipulátor umožňuje sensorické hlavě a v podstatě celému průzkumnému kompletu mnohem více možností při pozorování nepřátel, cílů, terénu, určování bezpečnostních zón a rozšiřuje komplexní pozorovací schopnosti PzK LOS-M.



Obr. 1 Jednotlivé části manipulátoru polohy [1]

Manipulátor polohy zobrazený na Obr. 1 tvoří následující části:

- 1 – konzola teleskopického sloupu, 2 – teleskopický sloup, 3 – vana a dno, 4 – kruhový ochranný vak, 5 – odvod přepadové vody.

Teleskopický sloup má 3 výšky vysunutí a s tím spojené charakteristické znaky možné činnosti. První výška je nazývána jako aretační poloha, kdy je sloup v minimální výšce a je to zároveň jediná poloha (výška), kdy je povolena jízda s vozidlem. Druhá poloha respektive výška je parkovací. Zde nehrozí kolize mezi sensorickou hlavou a korbou vozidla při otáčení sensorické hlavy v plném rozsahu odměru i náměru. V parkovací poloze je senzo-

rická hlava v základní poloze, tj. senzory směřují rovnoběžně se směrem jízdy a náměr sensorické hlavy odpovídá rovině vozidla. Poslední, třetí poloha je bojová. Je to v podstatě libovolná poloha mezi parkovací polohou a maximálním konstrukčním zdvihem (max. pozorovací poloha) teleskopického sloupu. V této poloze je možno provádět natáčení sensorické hlavy v plném rozsahu.

Manipulátor polohy dále umožňuje, aby sensorická hlava v době mimo hlavní činnost, např. při uložení techniky, při transportu, nebo při přesunu vozidla, apod., byla zcela zasunutá do věže, takže nemění siluetu vozidla BVP. Tímto je dosaženo ochrany sensorické hlavy před mechanickým poškozením, před dlouhodobými účinky vnějšího prostředí a snižují se demaskující znaky celého objektu. Tato jednoduchá funkce je důležitá především pokud je PzK LOS-M součástí kolony obsahující vozidla typu BVP a to z toho důvodu, že nepříteli znemožňuje detekci, identifikaci a v neposlední řadě rekognoskaci průzkumného systému.

1.2 Manipulátor směru MST-01

Manipulátor směru představuje z kinematického hlediska dvouosý polohovací mechanismus v základním mechanickém uspořádání nosiče ve tvaru ‘‘T‘‘. Jedná se o manipulátor se dvěma stupni volnosti, který v PzK LOS-M zabezpečuje následující funkce:

- Primárně slouží k upevnění sensorické hlavy, natáčení a orientaci optických senzorů SH a inerciální navigační jednotky TALIN, uložené v sensorické hlavě do požadovaného směru v azimutální a vertikální rovině.
- V manipulátoru směru je obsažena příslušná část interface pro přenos signálů a energie pro zařízení sensorické hlavy.
- Slouží k uložení řídicích jednotek servomotorů a k uložení propojovací kabeláže a k uložení své řídicí jednotky.

Jako manipulátor směru byl u PzK LOS-M vybrán dvouosý manipulátor MST-01, který svými vlastnostmi a parametry splňuje požadované TTP. Manipulátor je v tomto případě upevněn přímo na teleskopickém sloupu.

Manipulátor směru je už součástí konstrukce samotné sensorické hlavy, avšak patří mezi nakupované díly, které byly na zakázku vyrobeny. Kdy zákazník podal specifikace na jeho parametry a konstrukci tak, aby splňoval veškeré podmínky pro jeho samotné použití v PzK LOS-M.



Obr. 2 Manipulátor směru MST-01 [1]

Základní technické parametry:

Tab. 1 Tabulka základních parametrů MST-01

Rozsah pohybu	Azimut	n x 360°
	Elevace	-50° až +50°
Rozsah rychlosti	Azimut	0,03 až 120 °/s
	Elevace	0,03 až 100 °/s
Rozlišení	Azimut	0,1 mrad
	Elevace	0,1 mrad
Pracovní teplota	-32 °C až +55 °C	
Max. užitečné zatížení	Do 50 kg	

1.3 Senzorická hlava

Senzorická hlava (včetně manipulátoru směru) je upevněna na sloupu manipulátoru polohy. V podstatě se jedná o jeden z rozhodujících subsystémů celého průzkumného kompletu PzK LOS-M. Do skupiny sensorické hlavy patří veškeré senzory (sensorický subsystém IPzS), které jsou uloženy v sensorické hlavě. Sensorická hlava, popř. konstrukce sensorické hlavy, dále představuje nosný mechanismus pro uložení všech senzorů. Celá skupina nazvaná sensorická hlava plní následující funkce:

- Rektifikace senzorů, což zajistí jednoznačnost vzájemného přiřazení dat získaných jednotlivými senzory na společný souřadnicový systém.
- Upevnění senzorů v sensorické hlavě
- Ochranu senzorů hlavy proti vnějším vlivům mechanického charakteru.
- Obranu proti vnějším atmosférickým vlivům pro hardware a software řídicího systému.

Modernizovaný senzorický subsystém PzK LOS-M je složen s následujícími komponenty, které jsou zabudovány do senzorické hlavy:

- Mechanická konstrukce senzorické hlavy
- Termovizní kamera LIRC 640
- TV kamera HK 170
- TV kamera Merlin 2
- Laserový dálkoměr LDM 38
- Laserový značkovač
- INU TALIN 3000

1.3.1 Mechanická konstrukce senzorické hlavy

Mechanická konstrukce senzorické hlavy (rám) umožňuje uchycení jednotlivých senzorů a komponent. Konstruktivní řešení respektuje požadavek na celkové vyvážení systému a malou paralaxu optických přístrojů. Víko (střecha), které je součástí konstrukce plní v aretační poloze funkci poklopu.

1.3.2 Termovizní kamera LIRC 640

Jedná se zde o termovizní kameru obsahující termovizní modul 3. generace pracující ve spektrálním pásmu 7,5 – 9 μm . Je vybaven chlazeným QWIP FPA detektorem obsahující 640 x 480 elementárních detektorů.

Chlazení detektoru zajišťuje Stirlingův chladič. Modul je vybaven germaniovým objektivem s vysoce odolnou křemíkovou antireflexní vrstvou, jehož apertura je 78 mm. Modul má dvě zorná pole a elektronický zoom. Všechny funkce modulu se ovládají dálkově přes rozhraní RS422.



Obr. 3 Termovizní kamera LIRC 640

Základní technické parametry:

Tab. 2 Tabulka základních parametrů LIRC 640

Detektor	FPA QWIP (640 x 480)
Spektrální pásmo	7,5 až 9,5 μm
Široké zorné pole	13° x 10°
Úzké zorné pole	4,6° x 3,5°
Zoom	Elektronický 2x, 4x
Paleta obrazu	Monochromatická
Rozsah pracovních teplot	-32 °C až + 60 °C
Rozměry (D x Š x V)	260 x 150 x 125 mm
Hmotnost	5,5 kg

1.3.3 TV kamera HK 170

Jedná se o TV kameru osazenou monochromatickým CCD senzorem, kterou lze využít jako senzor průzkumných a bojových prostředků k orientaci v terénu, průzkumu terénu, k vyhledávání a detekci cílů během dne a za soumraku. Kamera je vybavena motorizovaným mechanismem korekce fokální roviny a rektifikovatelnou elektronickou záměrnou značkou.

Automatická elektronická závěrka, kompenzace protisvětla, automatické řízení zisku, vysoká kompenzace šumu a další speciální funkce zvyšující citlivost zobrazovacího modulu a zajišťují kvalitní zobrazení v širokém rozsahu světelných podmínek.

Hermetické pouzdro kamery je opatřeno vyměnitelnou vysoušecí vložkou s indikací stavu vlhkosti uvnitř pouzdra kamery. Ovládání kamery se provádí přes sériové rozhraní RS232.



Obr. 4 TV kamera HK 170 [1]

Základní technické parametry:

Tab. 3 Tabulka základních parametrů HK 170

Obrazový senzor	1/3" Exview HAD CCD
Zorné pole	1,6° x 1,2°
Úzké zorné pole	4,6° x 3,5°
Stupeň krytí	IP66
Rozsah pracovních teplot	-32 °C až + 55 °C
Rozměry (D x Š x V)	249 x 90 x 84 mm
Hmotnost	1,9 kg

1.3.4 TV kamera Merlin 2

Jedná se o barevnou/monochromatickou (Day&Night) TV kameru, která je určena jak pro blízký, tak především pro dálkový optický průzkum za dne a za soumraku. Obsahuje CCD zobrazovací modul vyznačující se vysokou rozlišovací schopností a vysokou světelnou citlivostí. Konstrukce objektivu zajišťuje zachování ostrosti obrazu během celého rozsahu transfokace bez nutnosti refokusace.

Objektiv je korigován také pro blízkou IČ oblast, nevyžaduje tedy refokusaci při přechodu z denních světelných podmínek na soumrakové. Automatické ostření kamery zaručuje zachování ostrosti obrazu během celého rozsahu transfokace. Široký dynamický rozsah, kompenzace protisvětla a automatické funkce, jako jsou elektronická závěrka, řízení zisku, vyvážení bílé, přepínatelný „IR cut“ filtr, zajišťují kvalitní zobrazení v širokém rozsahu světelných podmínek.

Hermetické pouzdro kamery je opatřeno vyměnitelnou vysoušecí vložkou s indikací stavu vlhkosti uvnitř pouzdra. Pro bezchybnou činnost kamery při záporných teplotách je pouzdro kamery vybaveno automaticky řízeným vytápěním. Ovládání transfokace a ostření se provádí přes sériové rozhraní RS232.



Obr. 5 TV kamera Merlin 2 [1]

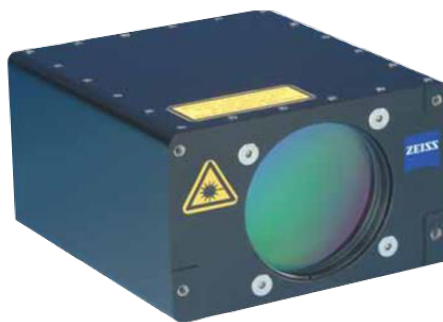
Základní technické parametry:

Tab. 4 Tabulka základních parametrů Merlin 2

Obrazový senzor	1/3" Exview HAD CCD
Široké zorné pole	27° x 20,5°
Úzké zorné pole	0,9° x 0,7°
Stupeň krytí	IP66
Rozsah pracovních teplot	-32 °C až + 50 °C
Rozměry (D x Š x V)	345 x 130 x 130 mm
Hmotnost	3,7 kg

1.3.5 Laserový dálkoměr LDM 38

Jedná se o vysoce výkonný modul oku bezpečného laserového dálkoměru. Vyznačuje se zosobněnou kompaktní konstrukcí a je určen pro zástavbu ve vojenských aplikacích. Ovládní laserového dálkoměru a přenos naměřených dat je realizován přes rozhraní RS422/RS485.



Obr. 6 Laserový dálkoměr LDM 38 [1]

Základní technické parametry:

Tab. 5 Tabulka základních parametrů LDM 38

Typ laseru	Nd:YAG
Vlnová délka pulsu	1570 ± 10 nm
Divergence laser. svazku	0,4 ± 0,1 mrad
Třída bezpečnosti	1 M, oku bezpečný
Min. délka měření	100 m
Max. délka měření	20 000 m
Rozsah pracovních teplot	-35 °C až + 63 °C
Rozměry (D x Š x V)	74 x 114 x 122 mm
Hmotnost	1,5 kg

1.3.6 Laserový značkovač

Je určen k označení pozorovaného cíle pro ostatní (mechanizované, motorizované) jednotky, které jsou vybaveny pozorovacími přístroji pracujícími v úzkém pásmu blízké oblasti IČ spektra.



Obr. 7 Laserový značkovač [1]

Základní technické parametry:

Tab. 6 Tabulka základních parametrů značkovače

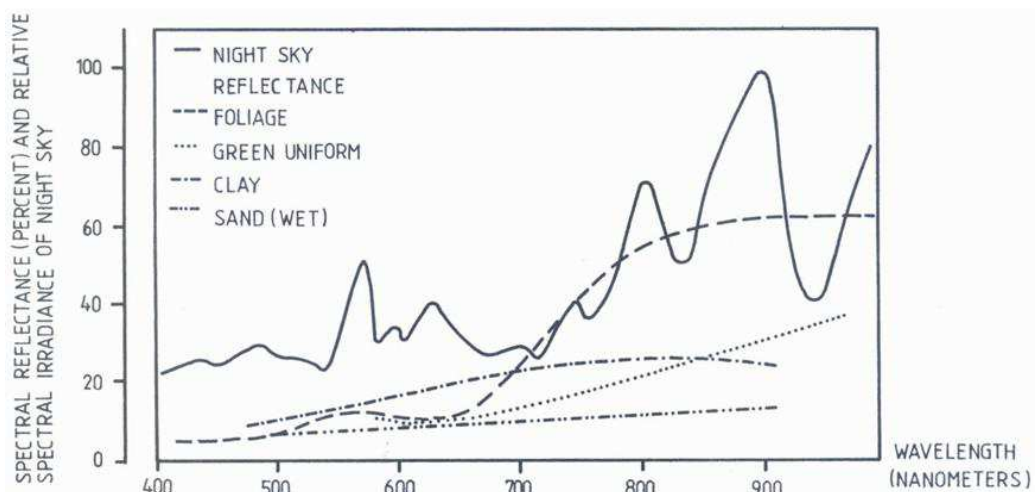
Vlnová délka pulsu	820 nm
Divergence svazku	< 2 mrad
Třída bezpečnosti	3 B

2 ZÁKLADNÍ PRINCIPY V SENZORICKÉ HLAVĚ

2.1 CCD (Charge-Coupled Device)

Jedná se o zobrazovací prvky, které jsou ve své podstatě elektronické součástky používané pro snímání obrazové informace, které pracují ve viditelné oblasti spektra (380 až 780 nm) a v úzkém pásmu blízké infraoblasti spektra (780 - 1100 nm). Označení CCD pochází z anglického Charge-Coupled Device, což je v překladu zařízení s vázanými náboji. Mohou být základem pro optoelektronické prostředky, jako jsou TV kamery, nízkoúrovňové kamery nebo kamery se zesilovačem jasu obrazu. Uplatnění má také například v digitálních fotoaparátech, videokamerách, faxech, čtečkách čárových kódů, scannerech, ale i v řadě vědeckých přístrojů, mezi které patří astronomické dalekohledy (Hubbleův dalekohled). V našem případě je nejdůležitějším uplatněním těchto prvků přímo v TV kamerách senzorické hlavy.

Zvýšená citlivost těchto zobrazovacích systémů v úzkém pásmu blízké infraoblasti spektra umožňuje pozorování scény bez umělého osvětlení terénu i při velmi nízkých úrovních okolního osvětlení, kdy se využívá odraženého zbytkového ozáření pozorovaného předpolí od Měsíce, hvězd a vlastního záření atmosféry. V grafu na Obr. 8 je uvedena spektrální zářivost noční oblohy v oblasti 400 až 1000 nm. Spektrum vyzařování noční oblohy má dva výrazné vrcholy, menší ve viditelné oblasti 550 nm a výrazně vyšší v úzkém pásmu blízké infraoblasti spektra. Z této skutečnosti tedy vyplývá požadavek na co nejvyšší citlivost těchto zobrazovacích systémů v úzkém pásmu blízké infraoblasti spektra a co největší zesílení zbytkového záření oblohy v této spektrální oblasti. [2]



Obr. 8 Spektrální zářivost noční oblohy a rel. odrazivost různých mat. [3]

Jak již bylo výše zmíněno, CCD mohou být základem optoelektronických prostředky, jakými jsou:

1. Nízkoúrovňová kamera - poskytuje obraz s vysokou rozlišovací schopností jak ve dne v lehkém oparu a slabé mlze, tak i za soumraku a v noci při nízké úrovni okolního osvětlení. Obrazovým senzorem je vysoce citlivý monochromatický CCD prvek.

Při úrovni okolního osvětlení kolem 5 až 100 mlx se jako nízkoúrovňová kamera používá analogová kamera, při okolním osvětlení kolem 0,1 – 1 lx lze použít i digitální kameru.

2. Kamera se zesilovačem jasu obrazu - poskytuje obraz se standardní rozlišovací schopností za soumraku a v noci při velmi nízké úrovni okolního osvětlení (kolem 1 až 2 mlx). Kamera se zesilovačem jasu obrazu se skládá z mikrokanálového zesilovače (MKZJO) spojeného s monochromatickým CCD senzorem (tzv. ICCD senzor), nebo spojeného s monochromatickým CMOS senzorem (tzv. IC MOS senzor).

Obecný princip činnosti výše uvedených kamer je následující:

Objektiv s relativně vysokou světelností promítá zmenšený obraz sledované scény na plochu obrazového senzoru, jehož výstupem je analogový videosignál, který je dále zpracován příslušnými interními obvody kamerového modulu a převeden na výstupní obrazovou informaci, která je poté reprezentována na monitoru jako monochromní obraz (ve stupních šedi od bílé po černou). Kamerový modul obsahuje také obvody napájení, obvody řízení autoiris objektivu, A/D převodník (pouze u digitální kamery), rozhraní pro montáž objektivu, konektory, ovládací prvky atd.

CCD (*Charge-Coupled Device* = zařízení s vázanými náboji) senzor je polovodičový křemíkový prvek s povrchem citlivým na světlo a je rozdělený na jednotlivé izolované elementární světlocitlivé buňky. V případě monochromatického CCD senzoru platí, že každá jeho buňka reprezentuje jeden aktivní obrazový bod – pixel (*picture element*).

Senzor využívá fyzikálního jevu označeného jako „fotoefekt“ – je to jev, který spočívá v tom, že foton při nárazu do atomu je schopen přemístit některý z jeho elektronů ze základního do excitovaného stavu a odevzdá mu přitom část energie. Tento uvolněný elektron se dále může podílet na elektrické vodivosti neboli je ho možno z polovodiče odvést pomocí přiložených elektrod. U CCD senzoru je ovšem elektroda od polovodiče izolována tenkou vrstvou oxidu křemičitého (SiO_2), který se chová jako izolant, takže fotoefektem uvolněné elektrony (generovaný elektrický náboj) nemohou být odvedeny pryč. [2, 4]

2.1.1 Základní parametry CCD senzoru

Mezi základní parametry CCD senzoru patří:

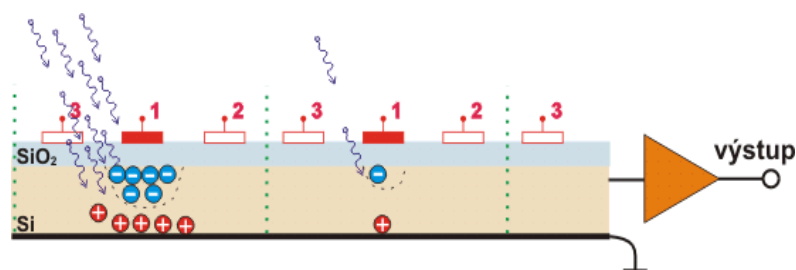
- Plnicí faktor (Fill Factor) – vyjadřuje, jak velká část plochy elementární buňky funguje jako světlocitlivá.
- Plnicí kapacita (Full Well Capacity) – maximální množství elektronů (náboje), které je možno v elementární buňce vygenerovat.
- Kvantová účinnost (QE – Quantum Efficiency) – vyjadřuje poměr mezi počtem fotonů dopadnutých na plochu elementární buňky a počtem vygenerovaných elektronů (např. QE kolem 30% znamená, že přibližně každý třetí foton vygeneruje elektron).
- Dynamický rozsah – udává rozsah odstínů od nejbělejší bílé k nejčernější černé, kterou je elementární buňka schopna rozlišit. Z jedné strany je limitován plnicí kapacitou a z druhé strany je limitován hladinou vlastního šumu této buňky.

2.1.2 Činnost CCD senzoru

Jednotlivá činnost CCD senzoru lze rozdělit do následujících fází:

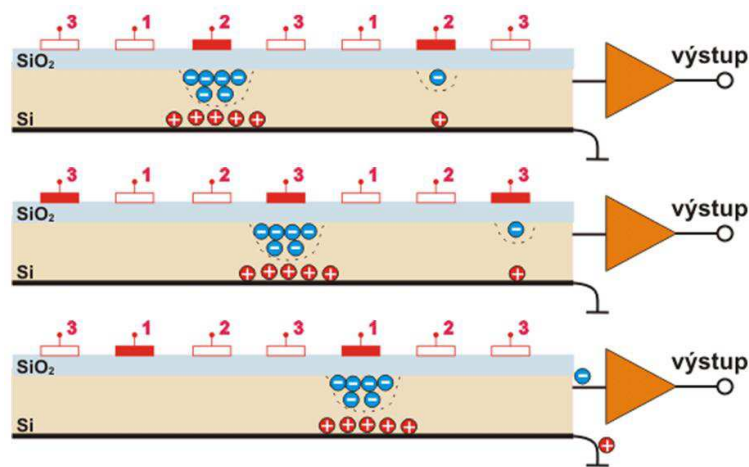
1. Příprava - Během této fáze je z jednotlivých elementárních buněk CCD senzoru bez přístupu světla odebrán veškerý generovaný náboj, tímto je z něj vymazán jakýkoliv zbytek obrazu, který byl předem nasnímán.

2. Expozice - Tento jev je popsán na Obr. 9. Na elektrody č. 1 se přivede kladné napětí a na CCD senzor se nechá působit světlo (otevře se závěrka). Dopadající fotony excitují v polovodiči všechny elektrony, které jsou poté přitahovány ke kladně nabitým elektrodám. Po elektronech zůstanou v polovodiči tzv. díry. Tyto díry vůči svému okolí vykazují kladný náboj a jsou naopak přitahovány elektrodou na spodní části tohoto senzoru. Hranice jednotlivých elementárních buněk CCD senzoru jsou na obrázku znázorněny jako svislé tečkované čáry.



Obr. 9 Princip expozice obrazu CCD senzoru [5]

3. Vyčítání - Po uzavření závěrky se začne přivádět na množiny elektrod č. 1, 2 a 3 trojfázový hodinový signál (jsou také CCD senzory dvoufázovým nebo naopak čtyřfázovým čtením). V praxi znamená, že na elektrodách č. 2 se začne pomalu zvyšovat napětí, ale na elektrodách č. 1 se souběžně snižuje. Díky tomu jsou shluky elektronů přitahovány pod elektrody č. 2. Poté se celý děj zopakuje mezi elektrodami č. 3 a 2 a také dále mezi elektrodami č. 1 a 3 a tak stále dokola. Shluky elektronů z jednotlivých elementárních buněk se tak posouvají přes sousední elementární buňky směrem k výstupnímu zesilovači, jak je znázorněno na obrázcích (Obr. 10).



Obr. 10 Princip snímání obrazu [5]

Tento zesilovač zesílí malý proud, který odpovídá počtu naakumulovaných elektronů v jednotlivých elementárních buňkách na napěťové úrovni určené k dalšímu zpracování obrazu, které se objeví na výstupním pinu CCD senzoru. Elektronika kamerového modulu pak tato napětí změří pro každou elementární buňku CCD senzoru. Výsledná informace o náboji akumulovaném v těchto buňkách (a tedy o množství světla, které do každé buňky dopadlo) reprezentuje obrazovou informaci. [2, 4]

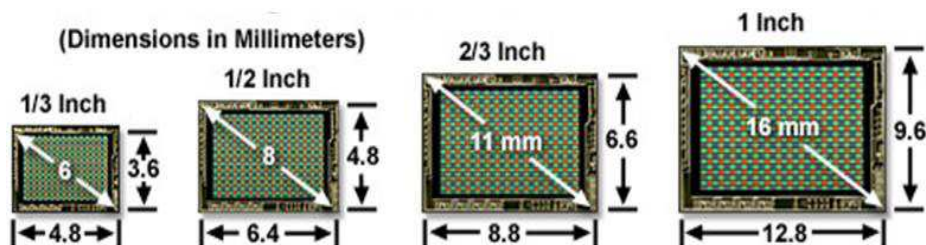
2.1.3 Maticové CCD senzory

Jednotlivé elementární světlocitlivé buňky CCD senzoru zobrazovacích systémů, pracujících v úzkém pásmu blízké infraoblasti spektra, jsou organizovány do *matice*.

Vyčítání generovaného elektrického náboje z jednotlivých elementárních buněk maticového CCD senzoru pracuje na principu změn napětí na vertikálních elektrodách (ozn. „y“), kdy se celá matice generovaného elektrického náboje posouvá o jeden řádek dolů. To znamená, že každý řádek matice se posune o jeden řádek dolů, pouze nejnižší řádek se

přesune do tzv. horizontálního registru. Horizontální registr je posouván pomocí horizontálních elektrod (ozn. „x“) do výstupního zesilovače.

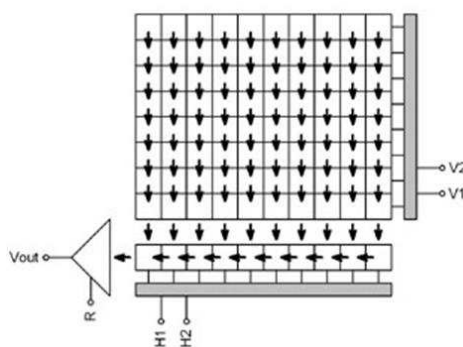
Rozměry maticových CCD prvků se udávají v palcích a nejpoužívanější formáty jsou uvedeny na Obr. 11.



Obr. 11 Nejpoužívanější rozměry maticových CCD prvků [6]

Z hlediska architektury a způsobu vyčítání lze maticové CCD senzory rozdělit do následujících základních skupin:

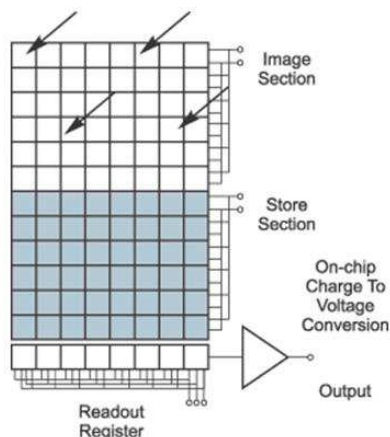
1. Full Frame - CCD senzor typu Full Frame se vyznačuje jednoduchou architekturou a vysokou kvantovou účinností, neboť celá jeho plocha je vystavena světlu. Stejná plocha CCD senzoru je využita jak pro expozici fotonem, tak i pro integraci náboje i jeho přenos. K řízení expozice a blokování dopadu světla na plochu CCD senzoru během vyčítání je použita mechanická závěrka. CCD senzory typu Full Frame vykazují vysokou kvantovou účinnost a jsou využívány především v astronomických přístrojích.



Obr. 12 CCD senzor typu Full Frame [7]

2. Frame Transfer - CCD senzor typu Frame Transfer se skládá ze dvou oddělených polí: Pole obrazové (Image Section) a paměťové (Storage Section). Generovaný elektrický náboj je nejprve přesunut z obrazového pole do paměťového pole a během další expozice obrazového pole je přesunut (~300 μ s) do horizontálního registru. K řízení expozice je použita tzv. elektronická závěrka. Paměťové pole má obvykle stejnou velikost jako obrazové pole a je trvale kryto neprůhlednou maskou jako štít proti osvětlení. Tento typ CCD

senzoru umožňuje přenášet obraz spojitě bez použití uzávěrky a to vysokou přenosovou rychlostí. Může být také použit ve spojení s mechanickou uzávěrkou k rychlému zaznamenání dvou po sobě následujících snímků.

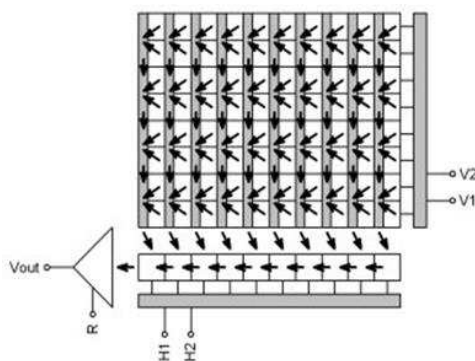


Obr. 13 CCD senzor typu Frame Transfer [7]

3. Interline Transfer - Plocha CCD senzoru typu Interline Transfer je tvořena střídajícími se aktivními a neaktivními sloupci. Aktivní sloupec tvoří světlocitlivé elementární buňky a neaktivní sloupec je tvořen pomocným registrem. K řízení expozice je použita tzv. elektronická závěrka. Po ukončení expozice je generovaný elektrický náboj nejprve přesunut do pomocného registru a odtud je teprve přesunut do horizontálního registru.

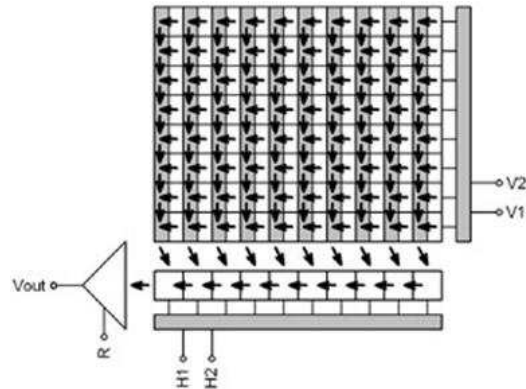
Dle způsobu vyčítání generovaného elektrického náboje se rozlišují dva základní typy:

- **Interlaced Read** - Analogový videosignál v televizní technice je tvořen posloupností snímků s polovičním počtem řádků (jedná se tzv. půlsnímky). Po ukončení expozice je do pomocného registru a poté do horizontálního registru přesunut generovaný elektrický náboj nejprve lichého půlsnímku (obsahuje 1. řádek, následovaný součtem 2. a 3. řádku, součtem 4. a 5. řádku atd.) a poté sudého půlsnímku (obsahuje součet 1. a 2. řádku, dále 3. a 4. řádku atd).



Obr. 14 CCD senzor typu Interline Transfer (Interlaced Read) [7]

- Progressive Read - Po ukončení expozice je generovaný elektrický náboj všech elementárních buněk (celého snímku) ihned přesunut do pomocného registru a odtud přesunut do horizontálního registru.

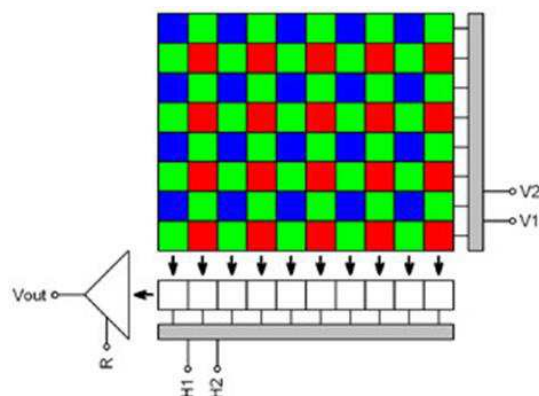


Obr. 15 CCD senzor typu Interline Transfer (Progressive Read) [7]

Jelikož je určitá část každé elementární buňky CCD senzoru typu Interline Transfer tvořena neprůhlednou maskou (pomocný registr, pomocné elektrody) – dochází tedy ke snížení kvantové účinnosti, integrují se nad jednotlivé elementární buňky CCD senzoru *mikročočky*, které soustředí dopadající světlo (fotony) na světlocitlivou část buňky. Dalším krokem, kterým lze zvýšit kvantovou účinnost je použití transparentního materiálu k výrobě elektrod. [2, 3, 4]

2.1.4 Vytvoření barevného obrazu

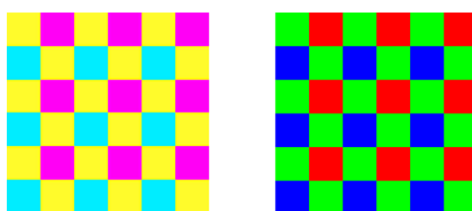
Vytvoření barevného obrazu lze provést pomocí tzv. Bayerovy masky barevných filtrů, jejichž vzájemnou kombinací lze vytvořit úplnou barevnou informaci. Tato maska filtrů je implementována (napařením při výrobě senzoru) na monochromatický CCD senzor, a to tak, že nad každou elementární buňkou je umístěn jeden z barevných filtrů (viz. Obr. 16).



Obr. 16 Bayerova maska barevných filtrů [7]

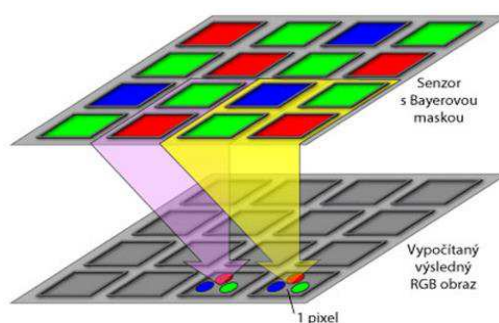
V současné době se nejčastěji používají následující trojice barevných filtrů:

- RGB (Red, Green, Blue) – světlo dopadající na CCD senzor se rozloží do základních barev: červená (Red), zelená (Green) a modrá (Blue). Každý filtr této kombinace pokrývá jen asi 1/3 spektra, tzn., že projde pouze 1/3 energie světla.
- CMY (Cyan, Magenta, Yellow) – světlo dopadající na CCD senzor se rozloží do doplňkových barev: modrozelená (Cyan), fialová (Magenta) a žlutá (Yellow). Každý filtr této kombinace pokrývá již 2/3 spektra, tzn., že projde již 2/3 energie světla. CCD senzory s CMY filtry zachytí 2x více světla než CCD senzory s RGB filtry.



Obr. 17 2 druhy barevných filtrů Bayerovy masky [5]

Generovaný elektrický náboj vyčtený z jednotlivých elementárních buněk neobsahuje přímo informaci o barvě, ale je kódován do jednotlivých barevných (RGB) a jasových složek. Výsledná barva jednotlivých elementárních obrazových bodů se získává v dalších elektronických obvodech, a to interpolací barev sousedních obrazových bodů – z tohoto důvodu mají barevné CCD senzory nižší rozlišovací schopnost než CCD senzory monochromatické, kde každá elementární buňka reprezentuje jeden aktivní obrazový bod.



Obr. 18 Interpolace barev [5]

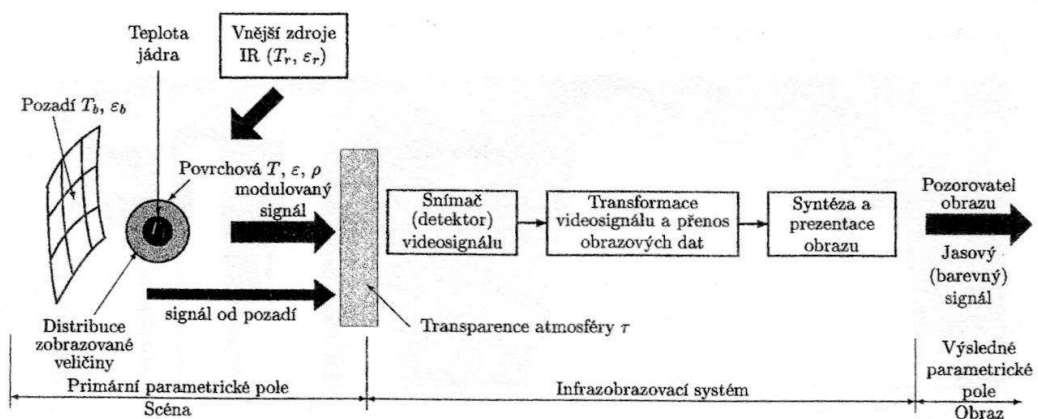
Na základě porovnání vlastností CCD senzoru s Bayerovou maskou barevných filtrů (barevného CCD senzoru) s monochromatickým CCD senzorem lze říci, že kvantová účinnost barevného CCD senzoru je cca 2x menší než u monochromatického CCD senzoru a barevný CCD senzor vykazuje nižší rozlišovací schopnost než monochromatický CCD senzor. [2, 4]

2.2 Infrazobrazovací systémy

Obrazem energetického stavu živé i neživé hmoty daného rotačně vibračními kmity atomů a molekul (tepelné energie hmoty - tepla) je fyzikální veličina teplota. Zobrazení prostorové a časové distribuce teploty je stěžejním úkolem infrazobrazovacích systémů (IR ZS). Bezkontaktní mapování teploty je spojeno s využitím infračervené části elektromagnetického spektra ($0,75 \mu\text{m}$ až $1 \mu\text{m}$).

2.2.1 Obecný proces infrazobrazování

Obecný proces IR zobrazení lze charakterizovat zjednodušeným schématem uvedeným na Obr. 19



Obr. 19 Obecné schéma procesu zobrazení pomocí infračerveného záření [10]

Signálový radiační tok detekovaný IR ZS je determinován jednak tokem od vlastního snímaného objektu a jednak tokem od pozadí a vnějších radiačních zdrojů. Situace je navíc komplikována skutečností, že detekovaný IR zářivý tok je ovlivněn teplotou a transparentností atmosféry, ochlazováním povrchu objektů prouděním vzduchu a u obecných zdrojů (objektů ve scéně) i směrovostí jejich vyzařování. Také tvorba povrchového teplotního reliéfu je ovlivněna skladbou snímaného objektu a existencí vnitřních zdrojů tepelné energie. Je proto vhodné definovat tzv. *vnitřní a vnější faktory generace a detekce povrchového teplotního reliéfu*. [8, 9]

Vnitřní faktory generace a detekce povrchového teplotního reliéfu

Do této kategorie patří všechny skutečnosti, které ovlivní generaci a šíření tepelné energie v zobrazovaném objektu a nelze je v procesu zobrazení ovlivnit. Vzhledem k tomu, že tepelná energie se ve většině objektů šíří *tepelnou kondukcí* (vedením tepla: vzájemné předá-

vání rotačně-vibračních kmitů mezi pevně vázanými částicemi pomocí pružných a nepružných srážek částic ve směru teplotního spádu) a *tepelnou konvencí* (vzájemné předávání rotačně-vibračních kmitů mezi pevně vázanými částicemi a proudícími částicemi), bude vznikající povrchový teplotní reliéf ovlivněn vlastnostmi a skladbou zobrazovaného objektu – vodivostí tepla, rychlostí proudění...atd.

Vnější faktory generace a detekce povrchového teplotního reliéfu

Do této kategorie patří všechny skutečnosti, které ovlivní povrchový teplotní reliéf a jeho obraz a jsou vázány na prostředí, v němž se zobrazovaný objekt nachází. Vliv některých vnějších faktorů na proces IR zobrazení lze ovlivnit vhodnou volbou uspořádání soustavy.

K vnějším faktorům patří:

- **vlastnosti snímaného povrchu** (zejména koeficient emisivity a reflexe),
- **topologie snímaného povrchu** vzhledem k IR ZS (směrovost vyzařování),
- **velikost snímaného objektu** (bodový/plošný),
- **teplota vnějšího prostředí,**
- **vnější zdroje infračerveného záření,**
- **radiace pozadí,**
- **proudění vzduchu,**
- **transparence vzduchu** pro IR.

Velikost snímaného objektu determinuje, zda se bude jevit jako bodový předmět (průmět detektoru do předmětové roviny je větší než velikost předmětu) nebo plošný předmět, jehož plocha je větší než průmět detektoru do předmětové roviny. Pro uvedené varianty geometrie zářivého zdroje je možno stanovit zářivý výkon dopadající na detektor ze vztahů

$$\Phi_{bz} = I \cdot A_0 / r^2 \quad (2.1)$$

$$\Phi_{bz} = L \cdot \pi / 4 \cdot A_{det} / (f / D_{opt})^2 \quad (2.2)$$

kde A_0 je plocha objektivu optické soustavy, r je vzdálenost předmětu od IR ZS, I je zářivost bodového izotropního zdroje, L je měrná zářivost plošného zdroje, A_{det} je plocha detektoru a f/D_{opt} je clonové číslo optické soustavy.

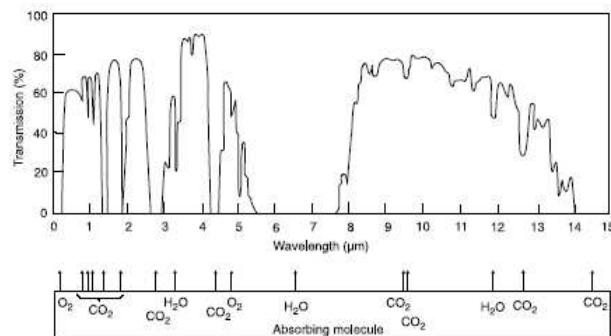
Teplota vnějšího prostředí ovlivňuje jednak velikost stejnosměrné signálové radiační složky detekovaného IR signálu a jednak jeho kolísání – drift kalibraci IR ZS.

Vnější zdroje IR záření ovlivňují v závislosti na povrchových vlastnostech objektu (koeficientu absorpce a reflexe) buď jeho skutečnou povrchovou teplotu (koeficient absorpce) nebo jeho zdánlivou povrchovou teplotu (koeficient reflexe).

Radiace od pozadí snižuje radiační kontrast scény.

Proudění vzduchu ovlivňuje ztrátu tepla z povrchu, tedy i výsledný povrchový teplotní reliéf.

Transparence vzduchu je významná zejména při dálkovém snímání zobrazovaného objektu. Na snižování transparence se podílí zejména molekuly H_2O , CO_2 , O_3 , CH_4 , a CO , které vymezují ve spektrální závislosti koeficientu propustnosti tzv. atmosférická okna, viz Obr. 21. [8, 9, 10]



Obr. 20 *Transparence atmosférické vrstvy těsně nad hladinou moře [10]*

Rozptyl IR záření na větších částicích (dešť, mlha) je nezávislý na vlnové délce IR záření. Naopak rozptyl IR záření na menších částicích (molekuly plynu) je na vlnové délce IR záření závislé, a to nepřímo úměrně (λ^{-4}). Pro vlnové délky větší než $2 \mu\text{m}$ je rozptyl zanedbatelný.

Částice kouře a lehkého oparu jsou malé ve srovnání s vlnovými délkami IR záření, a proto IR záření pronikne dále než viditelné světlo. Velikost kapek deště a částic husté mlhy jsou větší ve srovnání s vlnovými délkami IR záření, a proto je tedy zeslabení IR záření srovnatelné se zeslabením viditelného světla.

2.2.2 Zdroje infračerveného záření

Zářivá energie v infračervené části spektra může být generována třemi typy zdrojů:

- **luminiscenčními zdroji,**
- **radiovými zdroji,**
- **tepelnými zdroji.**

Pro tepelné zdroje je charakteristické, že generovaná zářivá energie je hrazena na úkor tepelné energie zdroje, tj. z energie rotačně-vibračních kmitů jeho atomů a molekul. Z toho vyplývá, že infračervené záření bude generovat veškerá hmota, jejíž teplota je vyšší nežli absolutní nula (0 K). Infračervený zářivý tok tak vytváří na Zemi stálé energetické pozadí, které vyplňuje vždy a všude veškerý prostor umožňující jeho šíření.

Velikost zářivého toku generovaného tepelnými zdroji, jeho spektrální složení a směr šíření závisejí na vlastnostech a teplotě zdroje záření. Pro pevnou fázi hmoty je charakteristická generace spojitého spektra infračervené zářivé energie, pro plynnou fázi generace spektra čárového (atomárního) a spektra pásového (molekulárního) – charakteristického pro daný plyn.

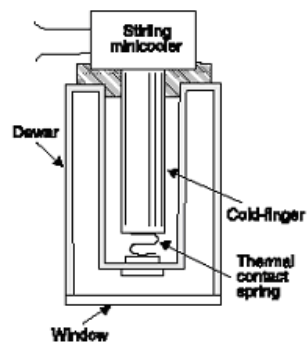
2.2.3 Chlazení detektorů IR záření

Nejčastější způsoby chlazení IR detektorů jsou následující:

- Dewarova nádoba,
- Kompresorový chladič na principu Stirlingova cyklu,
- Kompresorový chladič na principu Joule-Thomsonova cyklu,
- Termoelektrické chladiče.

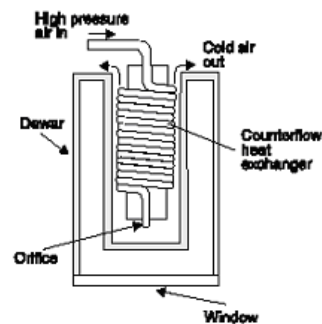
Dewarova nádoba je v podstatě „termoska“ naplněná chladícím médiem. Jako chladicí médium se používají různé kapalné plyny. V praxi se používá nejčastěji kapalný dusík (77 K). Tento způsob chlazení má několik nevýhod: je třeba mít neustále k dispozici zdroj kapalného dusíku, doba činnosti je omezena množstvím náplně a práci s IR ZS je nutno provozovat v horizontální poloze.

Kompresorový chladič na principu Stirlingova cyklu je chladič s uzavřeným cyklem komprese a expanze obsahující regenerátor. Regenerátor je trubka z porézního materiálu, který má nízkou tepelnou vodivost k udržení teplotního gradientu a vysokou tepelnou kapacitu a slouží jako účinný tepelný výměník. Tento kompresorový chladič pracuje s hermeticky uzavřenou heliovou náplní (4,2 K), která je mechanicky stlačena a využita k expanzi u „chladícího prstu“. Dochází k ochlazování detektoru a helium je pak recyklováno přes kompresor. K vychlazení detektoru na požadovanou teplotu dojde cca po 3 až 5 minutách po uvedení chladiče do provozu. Po uplynutí předepsané doby (1000 – 10000 hodin) je třeba vyměnit náplň a provést servis u výrobce. Velikost a hmotnost chladiče závisí na požadovaném energetickém odběru během chlazení. [9, 10]



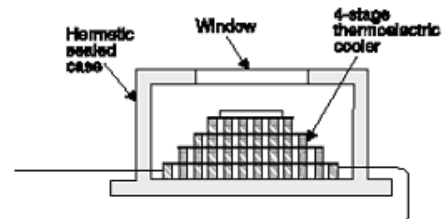
Obr. 21 Chladič - principu Stirlingova cyklu

Kompresorový chladič na principu Joule-Thomsonova cyklu je chladič s otevřeným cyklem, který konvertuje natlakovaný plyn (dusík, argon, CO₂) na kryogenní kapalný plyn. Vysoce natlakovaný plyn je ochlazen expanzí přes škrťací ventil, zpět teče přes tepelný výměník, který předchlazuje příchozí plyn až do jeho zkapalnění a poté opouští škrťací ventil.



Obr. 22 Chladič - principu Joule-Thomsonova cyklu

U termoelektrického chladiče se využívá termoelektrické baterie (Peltierův článek), který se zabuduje do hermeticky uzavřeného pouzdra detektoru. Peltierův článek je ideální prvek (tepelné čerpadlo) na stabilizaci teploty, neboť změna směru proudu má za následek změnu směru čerpání tepelného toku (může vyhřívat nebo chladit). Ve srovnání s kompresorovými chladiči je termoelektrický chladič schopen dosáhnout pouze malého teplotního rozdílu mezi teplotou detektoru a obklopujícím prostředím (cca 50° až 70°C). [8, 9]



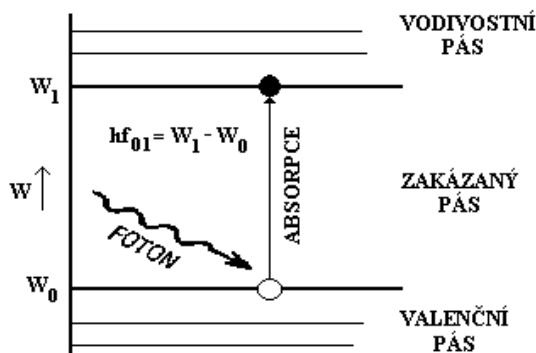
Obr. 23 Termoelektrický chladič

2.3 Laserové technologie

Zkratka LASER je složeninou ze začátečních písmen anglických slov popisujících jeho funkci: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, což v překladu znamená: Světlo zesílené stimulovanou (vynucenou) emisí záření. Někdy se také říká laseru kvantový generátor světla.

2.3.1 Absorpce energie

Soustavy zejména ty kvantové se dostávají do stavu vybuzení neboli excitace v důsledku *absorpce energie* (pohlcování). Tuto typickou energii potřebnou pro excitaci dodáváme kvantovým soustavám v určité formě. Jedná se například o energii tepelnou (např. v žárovkách), světelnou (např. absorpce ultrafialového záření luminoforem výbojek a zářivek nebo světelnou energii potřebnou k buzení některých druhů laserů apod.), kinetickou energii elektronů (obrazovky), elektrickou (např. laserové a luminiscenční diody), která je uvolňovaná při některých biochemických nebo chemických reakcích apod. K vysvětlení absorpce energie fotonu kvantovou soustavou jsme schopni využít energetický pásový model polovodiče popsany na Obr. 24.



Obr. 24 Absorpce energie [14]

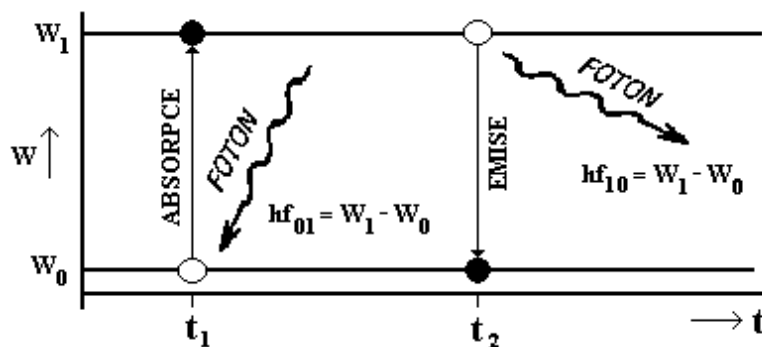
Veličina W , která je vynesena na svislou osu energetických modelů kvantových soustav se skládá z potenciální energie elektronů v poli jádra atomu, také z kinetické energie elektronů, z energie související se spinem elektronů a v neposlední řadě z elektrostatické energie vzájemného působení elektronů. Na Obr. 24 je zachyceno několik nejvyšších energetických hladin valenčního pásu, dále několik hladin vodivostního pásu a hlavně zakázaný pás. Pro absorpci emise infračerveného záření nebo viditelného světla jsou vhodné látky, které mají několik elektronvoltů široký zakázaný pás neboli polovodiče.

Těchto dějů se účastní pouze tzv. "optické" - **valenční elektrony**, jsou to elektrony nejvyšších obsazených hladin valenční sféry každé určené kvantové soustavy. Jakmile by se přeskoků zúčastňovaly i elektrony hlubší než valenční sféry, docházelo by k emisi a k absorpci fotonů vysokých energií. Jednalo by se o záření rentgenové nebo o záření gama.

Kvantová soustava zůstane v excitovaném stavu jen po určité, obvykle velmi krátkou dobu (řádově 10^{-3} až 10^{-7} sekundy). Po určité době se vrací do stavu, kde je její energie minimální. Přitom dochází k *emisi* fotonu (popřípadě obou těchto kvant). Při emisi fotonu jde o *zářivý přeskok*. Emise může proběhnout jako *stimulovaná* (vynucená, indukovaná), nebo *spontánní* (samovolná). [11, 12]

2.3.2 Spontánní emise záření

Na Obr. 25 je nakreslen nejjednodušší případ, při kterém uvažujeme jen dvě energetické hladiny W_0 a W_1 . Představíme-li si, že v okamžiku t_1 je kvantovou soustavou absorbován foton, tak dle teorie víme, že energie tohoto fotonu musí být rovna rozdílu energií obou uvažovaných energetických hladin (jinak by nedošlo k jeho absorbování). Jinými slovy, v okamžiku t_1 dojde k absorpci elementárního kvanta záření určité vlnové délky. Po uplynutí minimálního časového intervalu, v okamžiku t_2 , přejde tato kvantová soustava zpět do stavu, který je nazývám jako stav základní. Protože se jedná o přeskok elektronu stejně vzdálenými energetickými hladinami (W_0 a W_1), vyzáří se světelné kvantum, které má stejnou energii jako to, které bylo v okamžiku t_1 absorbováno. Platí $f_{10} = f_{01}$ (emitované i absorbované světlo má shodnou vlnovou délku). Jedná se o tzv. *spontánní emisi záření*.



Obr. 25 Spontánní emise [14]

Musíme si uvědomit, že tento časový interval $\Delta t = t_2 - t_1$ není ani pro jedinou sledovanou kvantovou soustavu naprosto a úplně konstantní. Při opakovaných excitacích kvantové soustavy se Δt v určitém rozmezí *mění*. Tyto změny se dějí v důsledku dějů probíhajících

v blízkosti soustavy (např. elektrostatické vlivy kmitající krystalické mřížky, interakce s fotony, či pružné srážky volných atomů). [11,13]

Z důvodu, že uvažovaná kvantová soustava má pouze dvě energetické hladiny, je proto schopná emitovat i absorbovat pouze fotony, které mají stejnou velikost energie. To znamená, že při dopadu tohoto záření obsahujícího celé pásmo frekvenčních složek (např. slunečního světla) využije kvantová soustava jedinou složku budícího světla. Tuto frekvenční složku je schopna soustava opět vyzářit. V tom případě vyzařované světlo bude tedy monochromatické. Celé spektrum bude tedy obsahovat pouze jedinou spektrální čáru.

Luminiscenční dioda, LED (light emitting diode)

LED je zdrojem nekoherentního záření. Z hlediska fyzikálního je princip luminiscenční diody založen na *rekombinaci*. Pokud rekombinujeme elektron s dírou, odevzdává energii, která je zhruba rovna šířce zakázaného pásu. Injekcí majoritních nosičů do polovodiče opačné vodivosti při přiložení napětí na PN přechod v propustném směru se zvýší pravděpodobnost této rekombinace a velmi často k ní dochází. Při rekombinaci každého páru skládajícího se z elektronu a díry se uvolní určité množství energie. Tato energie se může buď absorbovat v mřížce, což se projeví zvýšenou teplotou krystalu, nebo další možností je se vyzářit mimo krystal.

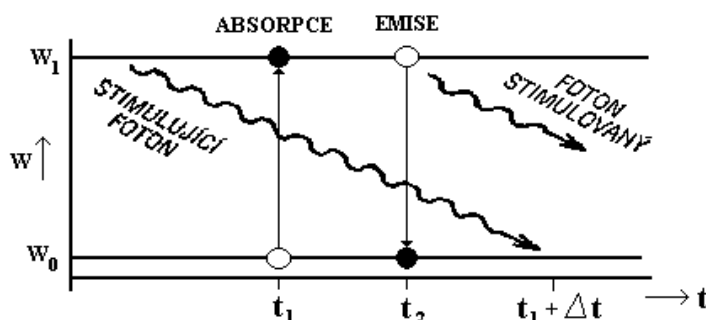
Pokud se jedná o polovodič s tzv. *přímým přechodem*, je pravděpodobnost zářivé rekombinace mnohonásobně větší. To znamená, že minimum vodivostního pásu je při stejném k (vlnové číslo [1/m]) jako maximum pásu valenčního (např. GaAs). U polovodičů s *nepřímým přechodem* jsou obě polohy jak minima, tak maxima posunuty (např. Si). Pravděpodobnost zářivé rekombinace se dále zvyšuje se zvětšující se šířkou zakázaného pásu. [12,13]

2.3.3 Stimulovaná emise záření

Uvažujme opět nejjednodušší případ kvantové soustavy obsahující dvě energetické hladiny. Pokud si představíme, že v okamžiku t_1 dojde k excitaci uvažované soustavy, tak po uplynutí určitého časového intervalu Δ soustava přechází spontánně zpět do základního tvaru, přičemž je vyzářen foton s energií $W_1 - W_0$ nahodilé fáze i polarizace vlnění, ale také nahodilého směru šíření.

Přivedeme-li do soustavy foton s energií, která je rovna energetickému rozdílu těchto uvažovaných hladin v časovém okamžiku t_2 (viz. Obr. 26), který předchází okamžik vzniku

spontánní emise, přejde kvantová soustava do základního stavu již v okamžiku t_2 . Foton způsobující tento přechod svou přítomností se nazývá *stimulující*.



Obr. 26 Stimulovaná emise [14]

Přechod soustavy do stavu s nižší energií vyvolaný stimulujícím fotonem je doprovázen vyzářením fotonu, který má *stejnou energii, stejný směr šíření, stejnou fázi i polarizaci vlnění* jako foton stimulující. Tento stimulující foton není kvantovou soustavou pohlcen, pouze soustavou projde a dále k němu navázal foton stimulovaný. Jinak řečeno: do soustavy vstupuje pouze foton jeden, ale vystupující fotony jsou dva. Tyto odpovídající záření jsou navzájem *koherentní*.

Popsaný jev je nazýván *stimulovaná emise záření*. Pokud jsou splněny určité podmínky, je možné ji využít k zesilování světla. V podmínkách, které jsou běžné (v termodynamické rovnováze), probíhá v látce, do níž je přiváděna energie, jak spontánní tak i stimulovaná emise. Spontánní emise však většinou převládá.

Inversní populace

V látce, která má termodynamickou rovnováhu, převládá počet kvantových soustav v základním stavu (schopných absorpce, N_0) nad počtem soustav excitovaných (schopných emise, N_1). V případě intenzity procházejícího světla $I(z)$ zde platí:

$$I(z) = I_0 \cdot \exp(-az) \quad (2.1)$$

kde je „ z “ vzdálenost v látce, I_0 je intenzita světla při vstupu do látky, a je součinitel absorpce, jenž je závislý na druhu látky a také na vlnové délce záření.

Pomocí znaménka rozdílu je určeno znaménko činitele $N_0 - N_1$. V látce s tzv. rovnovážnou populací se intenzita procházejícího světla mírně zeslabuje. Pokud však nastane případ, že $N_0 < N_1$, pak se bude intenzita procházejícího světla zesilovat a to v závislosti na délce z průchodu látkou. Jedná se tedy o *základní podmínku umožňující sestavení laseru*.

Požadovaného stavu v látce můžeme dosáhnout přiváděním vhodného množství energie, tzv. *čerpáním* či *buzením*.

V důsledku absorpce budící energie se zmenšuje počet neexcitovaných kvantových soustav N_0 . Při určitém tzv. *prahovém výkonu* budícího zdroje, kdy se ztráty vyrovnávají ziskům, je $N_0=N_1$ a po dalším buzení převládne počet soustav excitovaných N_1 . Látka je v nerovnovážném energetickém stavu, vzniká tzv. *inverzní populace*. Látka v tomto stavu tvoří tzv. *aktivní laserové prostředí* schopné zesilovat světlo. Po vyzáření energie (emisi fotonů excitovanými kvantovými soustavami) se látka vrací do stavu rovnovážného. [11, 12, 13]

3 SVAŘOVÁNÍ

Svařováním se rozumí vytvoření nerozebíratelného spoje dvou nebo více kovových součástí za působení tepla vytvořeného pomocí mechanické, tepelné, radiační energi nebo jejich kombinací. Abychom vytvořili svarový spoj, obvykle bývá použito přídavného materiálu. Avšak tato podmínka není jednoznačně určena. Při tavném svařování může nebo nemusí být použitý přídavný materiál s tavicí teplotou stejnou nebo blízkou teplotě tavení základních materiálů. [15]

3.1 Vznik a definice svarového spoje

Jednotlivé pevné látky mohou mít rozdílné typy vazeb, které odpovídají daným typům rozložení iontů a elektronů. Uspořádání iontů v atomu je tak, aby potenciální energie krystalu byla co nejmenší. Základem vazeb jsou pak mraky valenčních elektronů, jež mohou volně přecházet od atomu k atomu. Vznik kovové vazby pracuje na předpokladu, že přitažlivé síly, které se nachází mezi kovovými ionty a elektronovým mrakem, převyšují odpudivé síly elektronů v tomto mraku. Dále jsou ionty uspořádány dle přesně definovaných rozložení, podle kterých v pevných látkách existují mezi ionty odpudivé a přitažlivé síly.

Jakmile bychom byli schopni realizovat přesnost obrábění neboli přípravy povrchu s přesností 5×10^{-8} cm, tak bychom díky působení meziatomových vazeb byli velmi pravděpodobně schopni umožnit spojení kovových součástí pouhým přiložením na sebe respektive k sobě a svařování by tím pak zcela ztratilo svého klíčového významu. V současné době lze docílit opracování povrchu o maximální přesnosti 10^{-6} cm. Toto opracování povrchu nám umožní pouze vytváření vazeb v jednotlivých bodech, avšak nikoliv vytvoření dokonalého spoje. Proto svařování bude ještě velmi dlouho patřit k nejdůležitějším a klíčovým způsobům vytváření pevných, odolných a důležitých a nerozebíratelných spojů.

Všechny konvenční metody svařování můžeme rozdělit na tlakové a tavné svařování.

U obou způsobů svařování je třeba překonat energetickou hladinu potenciální energie na rozhraní spojovaných ploch.

Pokud se jedná o tavné svařování, je vytvoření samotného spoje dosaženo přívodem tepelné energie do oblasti svaru, přičemž dochází k natavení základního, ale také v určitém případě i přídavného materiálu.

Základním principem tlakových metod svařování je působení mechanické energie. [16]

3.2 Metody svařování

Veškeré konvenční metody svařování, jak již bylo zmíněno výše, můžeme rozdělit na tavné a tlakové svařování. Z tohoto hlediska je kvůli přehlednosti a srozumitelnosti toto rozdělení nejpraktičtější a také nejvíce používané.

3.2.1 Tavné metody svařování

Tavné svařování vytvoří spoje přívodem tepelné energie do oblasti svaru, kdy dochází k natavení základního nebo někdy také přídavného materiálu. Tekutá fáze je vázána na povrch tuhé fáze adhezními silami a při tuhnutí taveniny se slabé adhezní síly mění na chemickou vazbu ve formě krystalové mřížky. Rostou nová zrna a původní rozhraní tavenina-tuhá fáze zaniká. Růst zrn je orientován proti směru odvodu tepla a kolmo na izotermy. Svarový kov je charakterizován tzv. dendritickou krystalizací, přičemž velikost dendritů závisí na množství přivedeného tepla na jednotku délky svaru. [15, 17]

1. Svařování plamenem - ruční tavné svařování plynovým plamenem, bez nebo s použitím přídavného materiálu, vhodné pro svařování oceli, litiny i neželezných kovů. V praxi se využívá zejména pro svařování trubek, tenkých plechů, litiny a v opravárenství

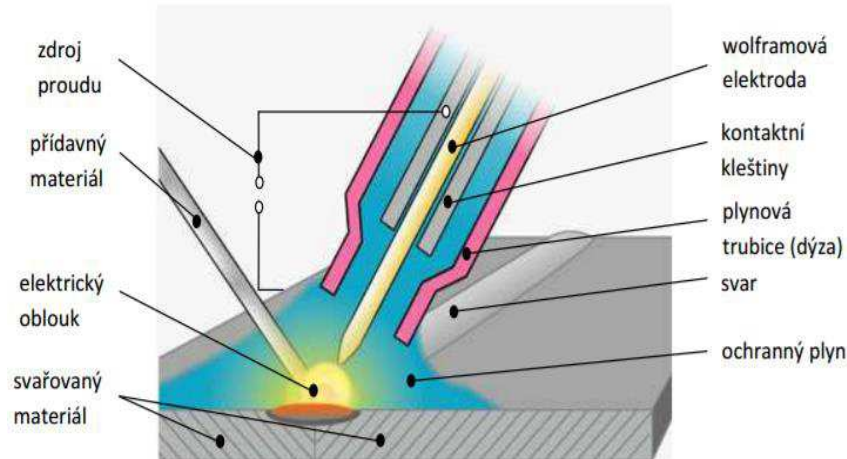
2. Ruční svařování el. obloukem (ROS) - tavné ruční svařování s otevřeným obloukem, který hoří mezi přídavným a základním materiálem. Vhodné pro svařování oceli, litiny i neželezných kovů. Oblast využití je univerzální (spojovací svary, navařování).

3. Svařování elektrickým obloukem v ochranných plynech:

a) MIG – tavné mechanizované svařování s odkrytým obloukem tavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu (Ar, He, směsné plyny). Oblouk hoří mezi natavovaným, plynule přiváděným přídavným materiálem a základním materiálem v ochranné atmosféře. Svařujeme legované oceli, neželezné kovy ve všech výrobních odvětvích.

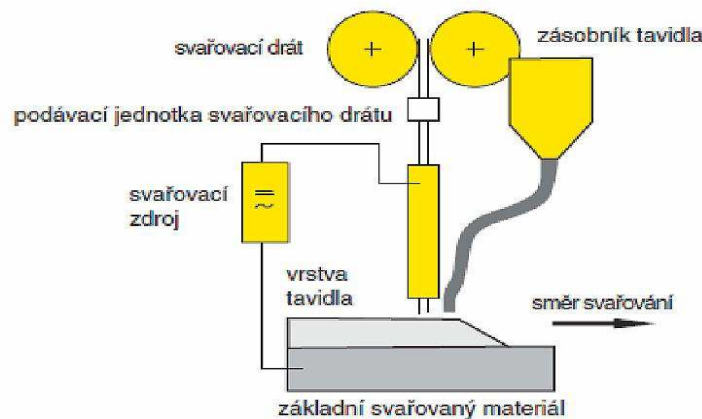
b) MAG – tavné mechanizované svařování s odkrytým obloukem tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu (CO₂, směsné plyny). Oblouk hoří mezi natavovaným, plynule přiváděným přídavným materiálem a základním materiálem v ochranné atmosféře. Svařujeme nelegované případně nízkolegované oceli ve všech výrobních odvětvích a to jak spojovací svary, tak návary.

c) WIG, TIG – tavné svařování odkrytým obloukem netavící se elektrodou v ochranném inertním plynu (Ar). Oblouk hoří mezi netavící se elektrodou, základním materiálem a přídatným materiálem. Používá se pro svařování spojovacích svarů součástí z legovaných ocelí, neželezných kovů a speciálních materiálů ve všech výrobních odvětvích.



Obr. 27 Metoda TIG [20]

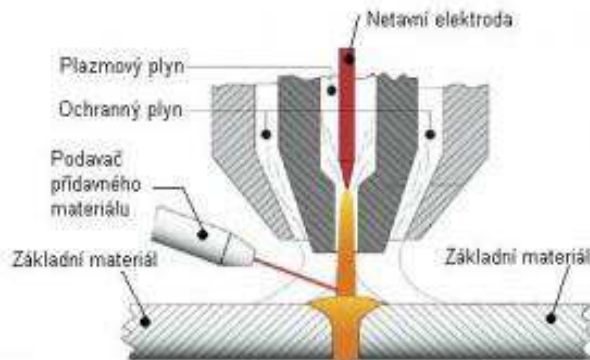
d) APT svařování pod tavidlem - oblouk hoří mezi plynule přiváděným přídatným a základním materiálem, je zakrytý vrstvou tavidla. Svařujeme oceli, neželezné kovy. A to dlouhé svary na středně tlustých a tlustých materiálech, navařování velkých ploch a objemů. Je to částečně automatizovaný způsob svařování.



Obr. 28 Svařování pod tavidlem [21]

e) MOG - tavné mechanizované svařování s odkrytým obloukem tavící se trubičkovou elektrodou v ochranné atmosféře plynu. Svařujeme ocel, neželezné kovy, speciální materiál a to jak spojovací svary, tak i návary.

4. Svařování plazmou – tavné svařování plazmovým obloukem, bez nebo s přídavným materiálem. Částečně automatizované svařování, svařujeme ocel, neželezné kovy, speciální materiál a to spojovací svary v rozmezí tloušťky materiálu 0,01 – 15 mm.



Obr. 29 Svařování plazmou s přídavným materiálem [22]

5. Svařování elektronovým paprskem – tavné svařování, které probíhá ve vakuu bez použití přídavného materiálu a je částečně automatizováno. Svařujeme oceli, neželezné kovy a speciální materiály. Nevýhodou je omezení velikosti svarů, limitované velikostí vnitřního prostoru vakuové komory.

6. Svařování laserem – tavné svařování, které využívá energii koherentního světelného paprsku s vysokou energetickou hustotou produkovaného optickou soustavou. Podle typu optického rezonátoru rozeznáváme lasery pracující na pevné nebo plynné fázi. Pevné jsou nejčastěji rubínové s výkonem do několika set W; plynové pracují se směsí $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2$ s výkonem až do několika kW. Záření s krátkou vlnovou délkou lépe absorbují kovy a s dlouhou vlnovou délkou naopak nekovové materiály. Použití laseru je jak pro svařování, tak i dělení kovových i nekovových materiálů. Odpadá zde nutnost vakua.

7. ESS – elektrostruskové svařování je tavné svařování, do odporu roztavené strusky. V místě svařování se plynule přivádí přídavný materiál, struska natavuje přídavný materiál i drát, svarový kov se nuceně formuje intenzivně chlazenými příložkami. Svařujeme oceli i neželezné kovy a to tlusté plechy nebo návary velkých ploch a objemů. Nevýhodou tohoto způsobu svařování je velké zhrubnutí zrna v přechodovém pásmu svaru a tím vznikající požadavek na normalizační žíhání svarů (nežádoucí stoupaní nákladů). [18]

3.2.2 Tlakové metody svařování

Tyto metody svařování jsou založeny na působení mechanické energie. Pomocí aktivace povrchových atomů a makro nebo mikro deformací se přiblíží jednotlivé spojované povrchy na určitou vzdálenost, kde působí meziatomové síly, přičemž vznikne svařovaný spoj. Pro snížení zatěžovací síly lze kontaktní místo ohřát pod teplotu tavení. U obou způsobů svařování je potřeba překonat energetickou hladinu potenciální energie na rozhraní spojovaných ploch. [15]

1. Tlakové svařování - tlakové svařování s odporovým ohřevem místa svaru, při průchodu proudu za použití tlaku. Jedná se o automatizované svařování rozdělující se na 3 druhy: bodové, švové, výstupkové. Nejčastější použití u svařování ocelí i neželezných kovů ve všech odvětvích průmyslu, ale nejvíce se tato metoda používá v automobilovém průmyslu.

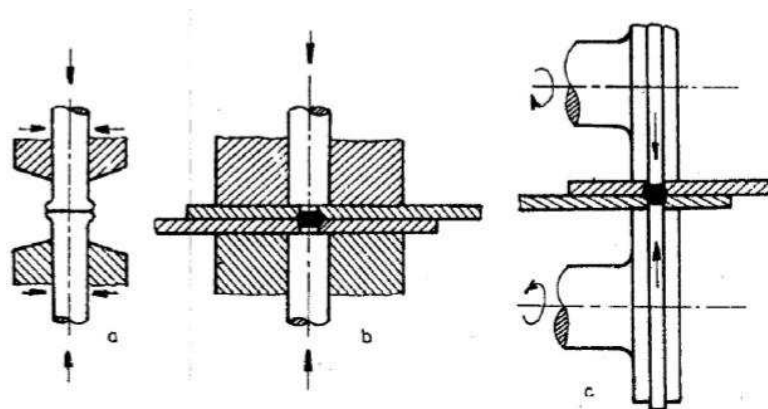
2. Difúzní svařování – tato metoda je založeno na teorii Fickových zákonů. Tyto zákony popisují difúzní tok atomů, rychlost změny koncentrace v závislosti na celkové vzdálenosti atomů a jejich koncentraci. Svařovací proces vznikne při kontaktu dvou hladkých ploch. Tyto plochy jsou ohřáté na 50 až 90 % (70 až 80 %) teploty tání a působením tlakové síly. Jakmile dojde ke kontaktu těchto dvou ploch, nastane plastická deformace při přemísťování dislokací a vakancí. Poté dojde k difúznímu procesu, který vede na vyrovnání energetické bilance a tím určitého vymizení původního rozhraní těchto dvou ploch.

Pomocí difúzního svařování dostáváme velice kvalitní spoje bez negativních vlivů tavného svařování, jako je deformace, vnitřní pnutí nebo tepelně ovlivněné oblasti. Difúzní svařování se často provádí ve vakuu při svařování materiálu s vysokou afinitou ke kyslíku např. titan a jeho slitiny.

3. Stykové svařování s odtavením - přívod proudu přes upínací čelisti na místo styku svařovaných dílů. Svařujeme oceli, neželezné kovy. A to spojovací svary velkých průměrů, otevřené a uzavřené profily.

4. Třecí svařování - využívá tepla, které vzniká třením mezi dvěma díly, které při dostatečném přitlačení proti sobě rotují. Po dosažení svařovací teploty se rotující součásti zabrzdí a spěchují. Následnou plastickou deformací dojde k vytvoření spoje s velmi dobrými vlastnostmi. Metoda není univerzální a je využívána při výrobě nástrojů, čepů, hřídelí apod. Svařujeme prakticky všechny kovy (např. oceli, Al-CU a jejich slitiny).

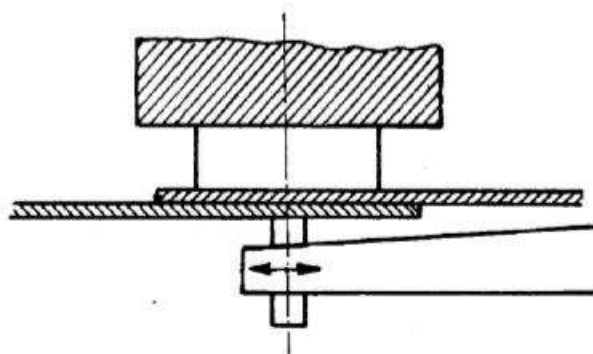
5. Tlakové svařování za studena - probíhá při pokojové nebo málo zvýšené teplotě přiblížením stykových ploch na vzdálenost, kdy se počnou uplatňovat meziatomové vazebné síly. Důležitou podmínkou je kovově čistý povrch v místě svaru, dostatečný tlak stlačení (až 3000 MPa). Předností této metody je možnost svařování různých kovů, u kterých při tavném svařování vznikají slitiny s nepříznivými vlastnostmi (např. Al-Cu). Metoda je využívána zejména v elektrotechnice (spojování vodičů, kabelových ok, spojek, svorkovnic apod.). Pro svařování používáme speciální lisovací přípravky, svařujeme bodově, stykově i švově.



Obr. 30 Svařování tlakem za studena [19]

Na Obr. 30 jsou znázorněny druhy svařování tlakem za studena: a) Stykové b) Bodové c) Švové

6. Svařování ultrazvukem - potřebná energie se do svaru dostává kombinací ultrazvuku a mechanické přitlačné síly. Vznikající třecí síly způsobí v mikroskopickém objemu plasticou deformaci a vzrůst teploty. To vede k rekrystalizaci. Metoda se využívá zejména v elektrotechnice pro svařování materiálů tloušťky 0,05 mm až 2 mm. Tloušťka je omezena pouze u jednoho z dílů, rozměry druhého dílu nejsou rozhodující.



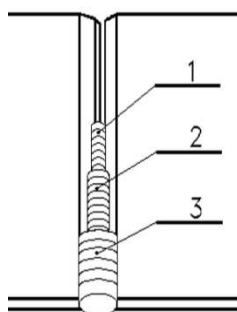
Obr. 31 Svařování ultrazvukem [19]

3.3 Druhy svarů

S přihlédnutím na druh konstrukce výrobku, či určité svařované konstrukce je nutné správně zvolit druh svarového spoje. Tento spoj bude nejlépe odpovídat jeho následnému využití, ale také zatížení.

Mezi nejrozšířenější a nejpraktičtější rozdělení druhů nebo typů svarů patří rozdělení dle tvaru samotného svarového spoje. Takto se svary dělí na **tupé** a **koutové**. Dále je pak možné svary dělit na bodové, žlábkové nebo děrové svary, případně na překlátované spoje. Svary se také dají dále rozdělovat podle další řady jejich specifických a různých vlastností, tvarů, umístění a v neposlední řadě také využití. Například dle účelu na svary těsnící, spínací nebo nosné.

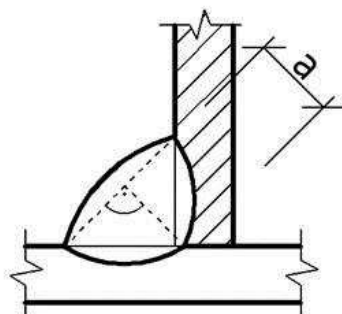
Tupé svary jsou z pevnostního hlediska obvykle nejvhodnějšími druhy svarových spojů a to především pro dynamicky namáhané konstrukce.



Obr. 32 Tupý svar [23]

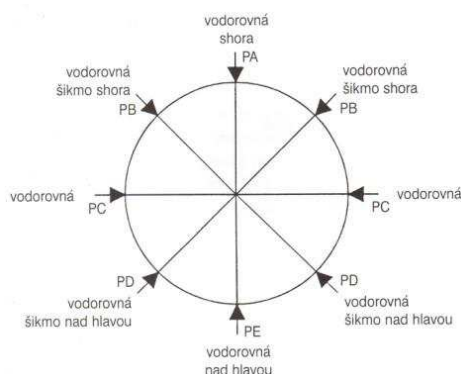
1 – kořenová vrstva, 2 – mezivrstva, 3 – horní (krycí) vrstva

Koutové svary nejsou z pevnostního hlediska tak únosné, jako svary tupé. Z hlediska ekonomického jsou ale díky menší náročnosti na přípravu mnohem výhodnější.



Obr. 33 Koutový svar [23]

Z praktického hlediska se však svary dají dále podrobněji rozdělit podle **polohy svařování**, ve které byl daný svar vyhotoven. Jedná o mnohem praktičtější rozdělení. [3]



Obr. 34 Polohy svařování podle ČSN EN ISO 6947 [23]

3.4 Volba metody svařování

Správně zvolit ideální metodu svařování pro určitý daný výrobek nebo konstrukci (svařenec) je soubor výpočtů, úvah, zkoušek a testování, které vedou k určení nejvhodnější metody svařování.

Pokud by se, při stejných zadávacích podmínkách, na určení optimální volby metody svařování podílelo více technologů, měli by všichni dojít ke stejnému neboli velice podobnému závěru.

3.4.1 Technické parametry

Z technologického nebo technického hlediska je důležité se zamyslet nad vlastnostmi základního materiálu, jakými jsou jeho chemické složení, mechanické, ale také fyzikální vlastnosti apod. Tyto faktory nám v konečném důsledku rozhodují o výsledné podobě výrobku (svařované konstrukce), jeho vlastnostech, hmotnosti, rozměrech a tím v podstatě předurčují, jakou metodou a za jakých podmínek a parametrů proběhne svařování.

Vlastnosti výrobku (svaru) významně určující volbu metody svařování jsou:

- Rozměr svaru
- Složení, druh a vlastnosti základního materiálu
- Tloušťka základního materiálu
- Průřez a délka svaru
- Poloha svařování
- Pracnost

Po rozboru nashromážděných informací, jejich analýze, provedení potřebných úvah a důležitých výpočtů se vše zpracuje a poté vše slouží jako základní data pro sestavení a seskupení technologického postupu a určení postupu svařování, které je všeobecně známé pod zkratkou WPS (z anglického Welding Procedure Specification).

3.4.2 Ekonomické parametry

Z ekonomického hlediska musíme brát v úvahu parametry základního materiálu. Zejména je třeba brát ohled na plánovaný počet vyrobených kusů a také časový horizont, ve kterém má být výrobek produkován. Je třeba brát v potaz také náklady na provoz a počáteční investice.

Je-li to v možnostech výrobce, je důležité už v návrhu uvažovat s takovými výrobními technologiemi a postupy, které jsou i při dosažení požadované kvality výrobku nejefektivnější a nejlevnější na výrobu.

Snížením svářečské pracnosti, které se velice významnou měrou podílí na výsledné ceně lze dosáhnout pomocí vhodného konstrukčního řešení. Toto řešení vede obvykle k minimalizaci počtu dílů sestavy, optimalizaci tvaru výrobku a jejich unifikací. Dále je možné pak zmenšit celkový počet svarů a také zmenšit celkovou délku svarů s maximálním prodloužením délky jednoho svarového spoje. Můžeme dále snížit celkový objem svarového kovu na výrobek. Orientací svarů v jednom směru, rozložením v jedné rovině a jejich dobré přístupnosti.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem této práce je návrh a zkonstruování sensorické hlavy a zmodernizování jejích rektifikačních prvků na vozidlo typu BVP. Úkolem je navržení a rozvržení nejen samotné nosné konstrukce sensorické hlavy a veškerých jejích prvků, zkonstruování pouzder pro jednotlivé kamery, ale také zhotovení výkresů jednotlivých sestav, jež firma VTÚVM dovolí publikovat.

Nejvyšší důraz je kladen na jednoduchost a lehkost konstrukce a s tím spojený použitý materiál, který musí zajistit jak dobrou nosnost konstrukce, tak její nízkou hmotnost, dlouhou životnost a určitou odolnost v polních podmínkách.

Mezi další úkoly patří zmodernizování rektifikačních prvků, které jsou v předchozích modelech hlav zastaralé, nespolehlivé a v polních podmínkách těžko použitelné.

Pro vytvoření a kompletní zkonstruování sensorické hlavy vozidla byl použit jako konstrukční software Autodesk Inventor 2015 s originální licencí zakoupenou firmou VTÚVM Slavičín.

Požadavky zákazníka na konstrukci:

- Nízká hmotnost
- Kompaktní rozměry
- Mechanicky odolná konstrukce a její stabilita
- Požadavek na IP odolnost

5 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Předchozí sensorická hlava použitá u PzK LOS zobrazená na Obr. 35 má řadu nevýhod. Její kompletní konstrukce včetně některých částí kamer je vyrobena z oceli, a proto je její hmotnost mnohem vyšší. Což klade větší nároky na zatížení a energetickou spotřebu manipulátoru.



Obr. 35 Model původní sensorické hlavy

Dále je u starší verze sensorické hlavy použito jiných typů senzorů. Po modernizaci byl navíc přidán senzor v podobě laserového značkovače umístěný vedle kamery Merlin 2.

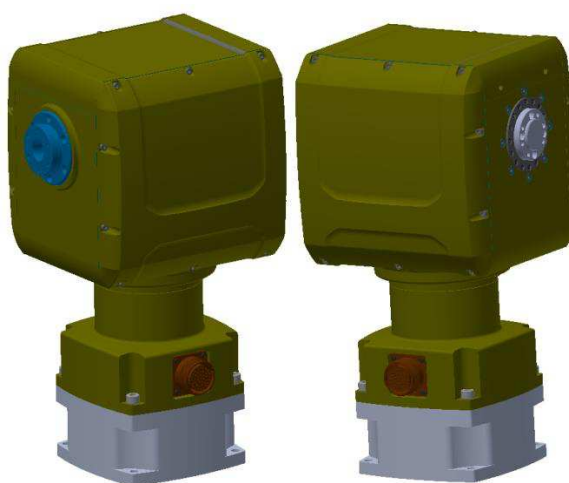
Další nevýhodou spjatou se samotnými senzory je jejich rektifikace. Předchozí verze sensorické hlavy nedovoluje rektifikování 4 senzorů, ale pouze jednoho v podobě laserového dálkoměru. Natočení laserového dálkoměru však nelze nastavit s takovou citlivostí jako po modernizaci sensorické hlavy. Laserový dálkoměr se rektifikuje pomocí 3 šroubů a podkládáním pomocných plíšků pod desku, na které je laserový dálkoměr umístěn, a proto je tato rektifikace zastaralá, velice nespolehlivá a především v polních podmínkách nepoužitelná.

Jednou z nevýhod je také chybějící možnost výškového nastavení střechy při aretační poloze. Proto vznikají problémy z hlediska těsnění při dosednutí střechy na korbu vozidla. Předchozí verze sensorické hlavy také neobsahuje krytí senzorů proti mechanickému poškození a přímému slunečnímu svitu. Další problémy u předchozí verze sensorické hlavy je spojený s pevností střechy sensorické hlavy, z důvodu chybějících výztuh, které jsou po modernizaci sensorické hlavy do střechy přidány.

6 VSTUPNÍ POŽADAVKY

6.1 Parametry manipulátoru a střechy

Základní konstrukce sensorické hlavy vychází z přípojovacích rozměrů manipulátoru směru, který je upevněn na manipulátor polohy. Tyto manipulátory jsou blíže popsány v teoretické části. Manipulátor směru MST-01 je brán jako nakupovaný díl s ohledem na požadavky a hmotnost kompletní sestavy sensorické hlavy, avšak pro úplnost sestavy musel být taktéž zkonstruován. Výška samotného manipulátoru směru od spodní hrany podstavy po jeho nejvyšší část je 409 mm a hmotnost přibližně 10 kg.



Obr. 36 Model manipulátoru směru MST-01

Tvar, rozměry a velikost sensorické hlavy jsou uzpůsobeny předem danému a vymezenému prostoru uvnitř vozidla vůči vnitřní zástavbě. Okrajové podmínky, pro maximální možné rozměry jsou tvořeny tzv. vanou, která je součástí korby vozidla, v níž je sensorická hlava v aretační poloze umístěna.



Obr. 37 Vozidlo BVP s prostorem pro sensorickou hlavu

Hloubka samotné vany je 530 mm a ostatní rozměry, včetně její délky a šířky jsou popsány na Obr. 38. Sensorická hlava se musí v aretační poloze vejít do této tzv. vany, aniž by nastala jakákoli kolize s hranami límce vany. Zároveň je kladen požadavek na to, aby střecha sensorické hlavy plnila funkci poklopu v aretační poloze.



Obr. 38 Detail a rozměry vany pro sensorickou hlavu

6.2 Senzory a ostatní prvky

Před samotným návrhem hlavní konstrukce sensorické hlavy je důležité vymodelování součástí sensorické hlavy v podobě jednotlivých senzorů, ale také vnější kabeláže a jednotky inerciální navigace INU Talin 3000. Pro kompletní model sensorické hlavy musely být na požadavek firmy VTÚVM Slavičín zkonstruovány veškeré tyto prvky, přestože některé z nich jsou pouze nakoupené díly. Také je těmto prvkům respektive jejich rozměrům uzpůsobena celková konstrukce sensorické hlavy.

6.2.1 INU Talin 3000

Jedná se o inerciální navigační systém a jeden z dalších nakupovaných dílů. Jeho model byl zkonstruován podle vnějších rozměrů dodaných k samotné navigaci. Na sensorické hlavě je navigace uchycena na pravé dosedací desce pomocí 4 inbusových šroubů M8x20.



Obr. 39 Model INU Talin 3000

6.2.2 IČ kamera LIRC 640

Infračervená termovizní kamera LIRC patří mezi nakoupené díly zkonstruované podle vnějších parametrů dodaných na požádání od výrobce kamery. Jak již bylo výše zmíněno, této kameře byl zkonstruován držák, který dovoluje upevnění a rektifikaci na levé bočnici.



Obr. 40 Model kamery LIRC 640

6.2.3 Laserový značkovač

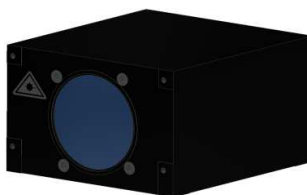
Laserový značkovač je složený z tubusu, který patří k nakoupeným dílům a je pro naši potřebu upevnění a umožnění jeho rektifikace konstrukčně upraven. Dále se také skládá ze samotného laserového značkovače, jenž je vymodelován podle dodaných vnějších parametrů od výrobce značkovače.



Obr. 41 Laserový značkovač s tubusem

6.2.4 Laserový dálkoměr

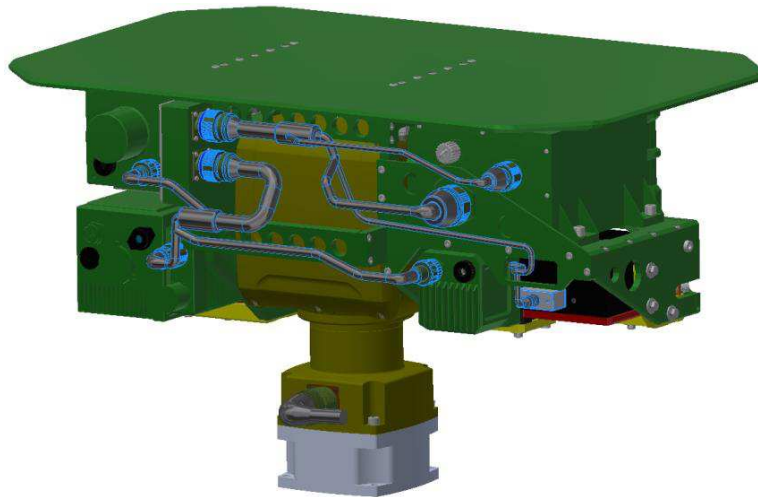
Jedná se o poslední z řady nakupovaných dílů. Z konstrukčního hlediska jde ve své podstatě o kvádr o rozměrech 114x122,5x74 mm, který je již od výrobce ze spodní strany opatřen 4 dírami se závitem sloužících k jeho uchycení na konstrukci sensorické hlavy.



Obr. 42 Model laserového dálkoměru

6.2.5 Kabeláž

Kompletní kabelový systém (včetně konektorů) byl navrhnout vývojovými pracovníky firmy VTÚVM Slavičín. Ve spolupráci s těmito zaměstnanci byl vytvořen model podle požadavků na jimi zadané parametry. Model vnější kabeláže je na Obr. 43 zvýrazněný modrou barvou.



Obr. 43 Kabeláž sensorické hlavy

Jeden z požadavků je kladen na samotný rektifikační mechanismus senzorů, který musí být umístěn u kamer LIRC 640 a HK 170 a také u laserového dálkoměru LDM 38 a značkovací. Také musí být schopen natočení každého senzoru minimálně o $\pm 2^\circ$.

Další vedlejší požadavek respektive podmínka je kladena na celkové těžiště sestavy sensorické hlavy. Těžiště kompletní sensorické hlavy by se mělo co nejvíce blížit elevační ose otáčení manipulátoru směru a to z důvodu energetického zatěžování systému auta. Čím lepší vyváženosti bude docíleno, tím menší bude spotřeba energie manipulátoru v pohotovostním stavu.

Konstrukce hlavy byla rozdělena do 3 funkčních celků, které jsou následující:

- První celek je konstrukce mechaniky pro umístění elektroniky a ovládání jednotlivých senzorů s ohledem na pozorovací rozsah v elevační ose.
- Druhý celek je konstrukce uchycení a rektifikace jednotlivých senzorů.
- Třetí celek je konstrukce krytů senzorů proti poškození a povětrnostním podmínkám.

Konstrukcí jednotlivých celků se zabývá kapitola 8.

7 KONTRUKCE TV KAMER

Jedná se o dvě TV kamery použité na senzorické hlavě, které nepatří k nakupovaným dílům a jsou kompletně sestaveny ve firmě VTÚVM. Některé konstrukční prvky jsou upraveny s ohledem na sestavování kamer za pomoci lepení, kterým je docíleno zajištění IP odolnosti neboli elektronického krytí.

7.1 Konstrukce Merlin 2

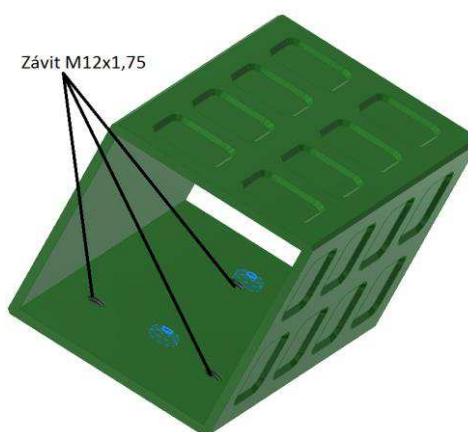
Vnitřní struktura kamery je navržena a vytvořena vývojovými pracovníky firmy zabývající se elektronikou, ale také vnitřní strukturou kamer. Tito zaměstnanci si vyžádali návržení a vytvoření vnější konstrukce kamery, podle jimi specifikovaných požadavků a parametrů s ohledem na prostor uvnitř kamery. Veškeré konstrukční prvky byly s těmito lidmi konzultovány a konstrukčně upravovány podle jejich potřeby.

Vnější konstrukce TV kamery Merlin 2 se skládá z:

- Pouzdro kamery
- Přední čelo kamery
- Zadní čelo kamery
- Zadní krytka
- Kuželový kolík

7.1.1 Pouzdro kamery

Pouzdro slouží jako obal a nosný prvek pro veškeré funkční prvky kamery. Je zkonstruováno do čtvercového tvaru o maximální tloušťce stěny 5 mm. Vnitřní rozměry jsou 110 x 110 mm po délce 227 mm.



Obr. 44 Pouzdro kamery – Merlin 2

Jak je patrné, z Obr. 44 na pouzdře jsou zkonstruována vybrání pro odlehčení celkové hmotnosti této kamery. Dále jsou na obrázku označeny 3 díry se závitem M12x1.75 sloužící pro našroubování kuželových kolíků důležitých pro pevné spojení a uchycení kamery s konstrukcí sensorické hlavy. Pro možnost uchycení tzv. lože kamery, na kterém je uložena kompletní elektronika, slouží díry, které jsou na Obr. 44 označeny modře.

7.1.2 Přední čelo kamery

Přední čelo je stejně jako pouzdro kamery zkonstruováno do čtvercového tvaru a je na něm vytvořeno osazení, pomocí kterého se dá s minimální vůlí vložit do vnitřních rozměrů pouzdra. Dále je přední čelo opatřeno hlavním otvorem o průměru 79 mm. Pro uchycení sklíčka průzoru na předním čele je zkonstruováno několik kruhových osazení sloužících k vložení právě tohoto průzoru. Tento průzor je pojištěn proti vypadnutí pojistným kroužkem, pro který je vytvořen vnitřní závit na kruhovém průměru 90 mm, jak je patrné z Obr. 45. Také je na přední straně čela vyvrtáno 6 děr se závitem M3x0.5 do hloubky 7 mm pro uchycení krytí této kamery.

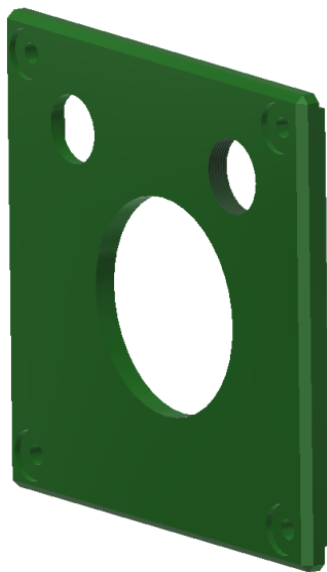


Obr. 45 Přední čelo – Merlin 2

7.1.3 Zadní čelo kamery

Čelo je také konstruováno do čtvercového průřezu a je stejně jako čelo přední opatřené osazením, pomocí kterého se dá touto částí čelo zasunout do vnitřního prostoru pouzdra. V rozích zadního čela jsou vytvořeny konstrukční otvory sloužící k uchycení vnitřní elektroniky kamery. Dále jsou na zadním čele vyvrtány 3 díry. Největší díra o průměru 55 mm slouží k provlečení části elektroniky a kabelů do krytky. Další díra je opatřena závitem

M20x0.75 z důvodu požadavku na našroubování vysoušecí vložky a poslední díra o průměru 17,5 mm slouží pro umístění konektoru kamery.



Obr. 46 Zadní čelo – Merlin 2

7.1.4 Zadní krytka

Zadní krytka o vnitřním průměru 52,5 mm, tloušťce stěny 1,5 mm a výšce 50 mm slouží především jako krytí pro modul kamery a část elektroniky vedoucí právě do této krytky. Je také opatřena osazením, které zajišťuje lepší těsnost samotné konstrukce za pomoci lepeného spoje.

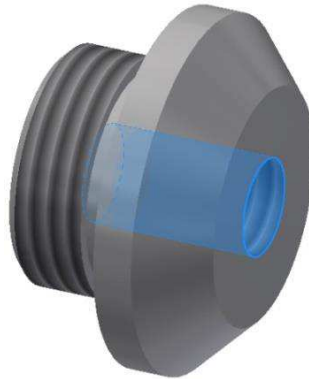


Obr. 47 Zadní krytka – Merlin 2

7.1.5 Kuželový kolík

Tento kuželový kolík je použit 3 krát v sestavě kamery, funguje jako fixační prvek pro ustavení kamery a je našroubována na spodní stěně pouzdra z jeho vnější strany pomocí vnějšího závitu M12x1.5.

Kuželový kolík je opatřena dírou do hloubky 8,5 mm se závitem M6x1, který slouží k uchycení šroubu vedoucího skrze levou dosedací desku a tím přichycení a usazení kamery Merlin 2.



Obr. 48 Kuželový kolík – Merlin 2

7.2 Konstrukce HK 170

Tato kamera je taktéž kompletně sestavena ve firmě VTÚVM Slavičín ve spolupráci se zaměstnanci firmy zabývající se elektronikou samotné kamery.

Hlavní prvek kamery, od kterého se odvíjí veškeré konstrukční podmínky a vnější parametry včetně samotné vnější konstrukce kamery, je koncepce objektivu. Tento prvek je i hlavním rozdílem od TV kamery Merlin 2, kdy objektiv kamery HK 170 není kompletně uložen (ukryt) v pouzdře kamery, ale je našroubován do příruby.

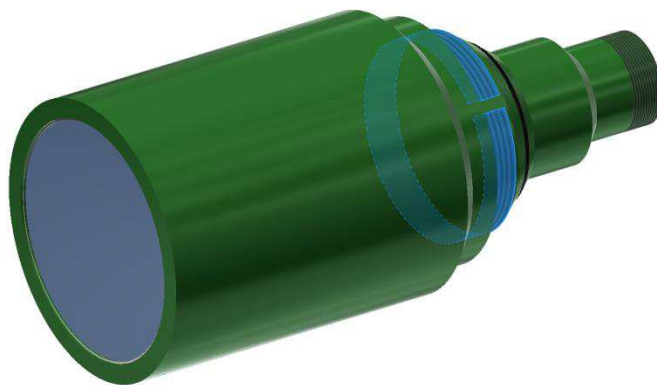
Vnější konstrukce TV kamery HK 170 se skládá z:

- Objektiv MEOMIL (nakupovaný díl)
- Příruba kamery
- Zadní kryt kamery

7.2.1 Objektiv MEOMIL

Jak již bylo výše zmíněno tento objektiv je nakupovaným dílem, kterému je přizpůsobena celková konstrukce kamery HK 170. Největší průměr objektivu je 70 mm a jeho celková délka včetně části skryté v přírubě je 156 mm.

Nejdůležitějším rozměrem, ze kterého se vychází při konstrukci ostatních částí kamery, průměr 50 mm označený na Obr. 49 modrou barvou. Na tomto průměru je vytvořen závit pomocí, kterého je objektiv uchycen na přírubu kamery.



Obr. 49 Objektiv MEOMIL – HK 170

7.2.2 Příruba kamery

Příruba kamery HK 170 slouží nejen jako spojení objektivu a zadního krytu kamery, ve kterém je ukryta veškerá elektronika kamery, ale také plní funkci předního krytu, jenž ve výsledku s ostatními prvky kamery tvoří uzavřený celek.



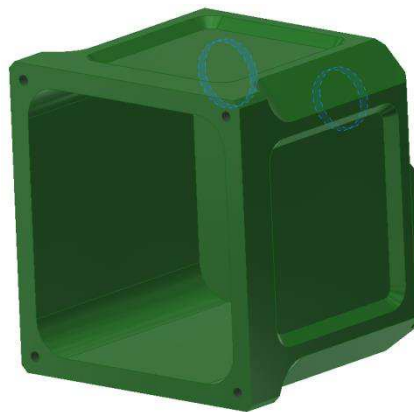
Obr. 50 Příruba – HK 170

Hlavní část příruby tvoří obdélníkové deska o rozměrech 90x84 mm. Z této podstavy vede vysunutí trubkového tvaru, na jehož konci je závit M50x1,5 vytvořený z vnitřní strany. Pomocí toho závitu je na přírubě uchycen objektiv. Na obdélníkové podstavě jsou v rozích vyvrtány díry pro inbusové šrouby M4x10 spojující přírubu se zadním krytem kamery.

Dále na Obr. 50 jsou modrou barvou označeny vyvrtané díry se závitem M5x0.8 do hloubky 8 mm sloužící k uchycení držáku kamery HK 170.

7.2.3 Zadní kryt kamery

Zadní kryt slouží jako krytí veškeré elektroniky potřebné k fungování kamery HK 170. Vnitřní prostor o rozměrech 71x72x78 mm je zkonstruován s ohledem na požadavky stanovené vývojovými pracovníky firmy VTÚVM. Kryt má ze své zadní strany vyvrtány 2 díry označené na Obr. 51 modrou barvou. Díra o průměru 17,5 mm na obrázku vpravo slouží pro umístění konektoru kamery. Druhá díra je opatřena závitem M20x0.75 pro našroubování vysoušecí vložky.



Obr. 51 Zadní kryt – HK 170

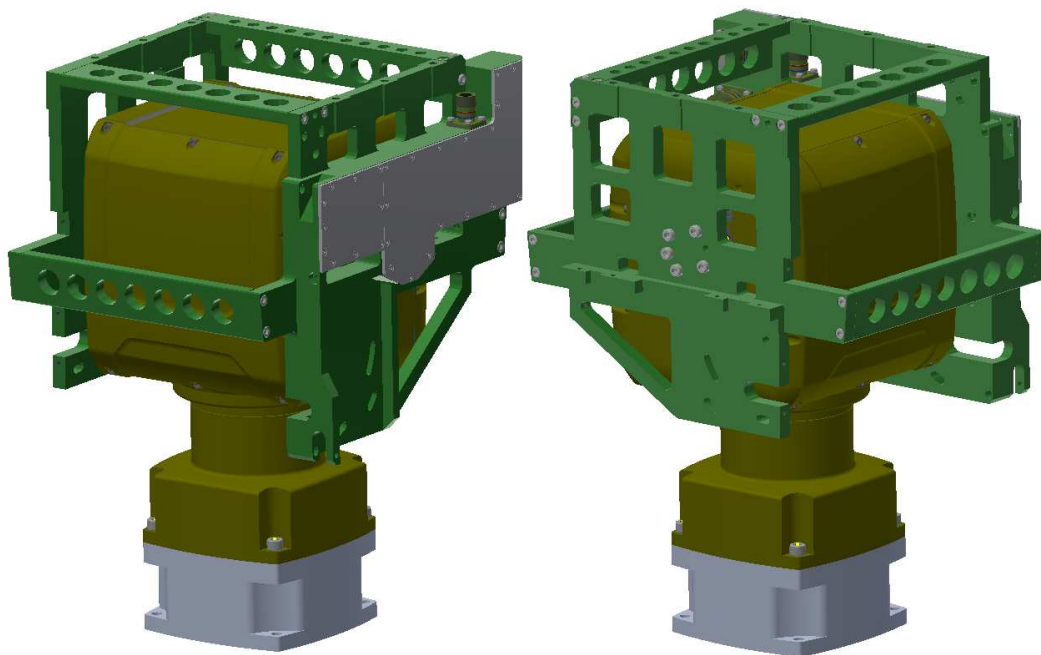
8 KONSTRUKCE SENZORICKÉ HLAVY

Hlavním úkolem diplomové práce je zkonstruování sensorické hlavy vozidla a zmodernizování jejích rektifikačních prvků sloužících k nastavení jednotlivých senzorů. K vytvoření konstrukce (modelu) sensorické hlavy a výkresové dokumentace je použit software Autodesk Inventor 2015.

Jak již bylo výše zmíněno, jedním z požadavků zákazníka na konstrukci hlavy byla její nízká hmotnost, kterou jsem po domluvě se zákazníkem zajistil použitím materiálů, v našem případě se jedná o slitiny hliníku (duralu) označené jako EN AW 7075 T651 a EN AW 6082. Dalším materiálem použitým je ocel ČSN 17 350, ze které jsou vyrobeny clony a čepy použité v sensorické hlavě a také korozivzdorná ocel označená jako A2, ze které jsou vyrobeny veškeré spojovací prvky.

8.1 Uchytení elektroniky a ovládání senzorů

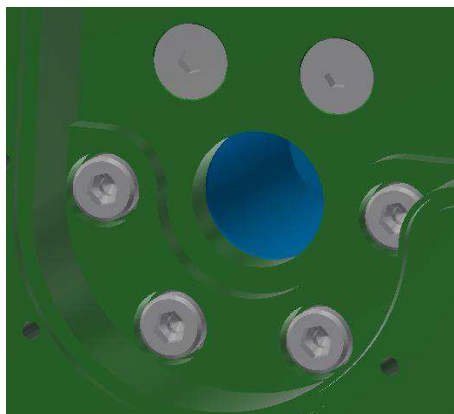
K uchytení elektroniky a ovládání senzorů slouží hlavní konstrukce, která obepíná manipulátor směru. Tato konstrukce je složena ze dvou hlavních desek, nazývaných jako pravá bočnice a levá bočnice. Tyto desky jsou spojeny 4 výztuhami, které zajišťují lepší stabilitu a funkčnost samotného manipulátoru.



Obr. 52 Pohled na pravou a levou bočnici v sestavě

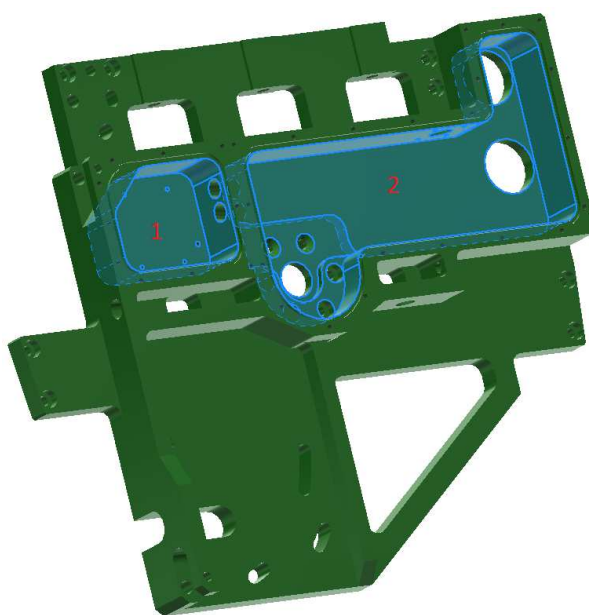
8.1.1 Levá bočnice

Tato deska je zkonstruována tak, aby mohla být uchycena na dutou hřídel manipulátoru směru. Dutá hřídel je již od výrobce opatřena 6 dírami se závitem, které se využijí k uchycení bočnice pomocí 4 inbusových šroubů M5x12 s pružnými podložkami a dalšími 2 inbusovými šrouby M5x12 s kuželovou hlavou, jak je možné vidět na Obr. 53.



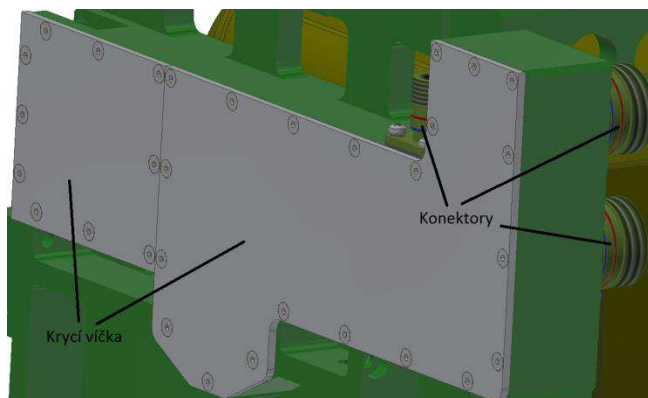
Obr. 53 Uchycení levé bočnice

Aby bylo možné zajistit spojení elektroniky manipulátoru směru se všemi prvky senzorické hlavy, byla tato deska uprostřed uchycení opatřena otvorem (Obr. 54), ale také dvěma vyfrézovanými prostory pro kabeláž vedoucí z manipulátoru. Konstrukční podmínkou vývojových pracovníků zabývajících se elektronikou senzorické hlavy bylo umožnění co největšího prostoru pro možnost vedení kabelů, ale také vytvoření prostoru (kapsy) pro desku elektroniky sloužící k ovládání laserového značkovače.



Obr. 54 Prostor pro kabeláž na levé bočnici

Jednotlivé kapsy jsou na obrázku zvýrazněny modrou barvou. Kapsa pro desku elektroniky laserového značkovače je na Obr. 54 označena číslem 1, kapsa pro kabeláž je označena číslem 2. Dále je prostor pro kabeláž opatřen dvěma otvory o průměru 28 mm a jedním otvorem na stěně o průměru 12 mm, které jsou vytvořeny pro umístění konektorů pro výstup elektroniky z desky.



Obr. 55 Krytí prostoru kabeláže

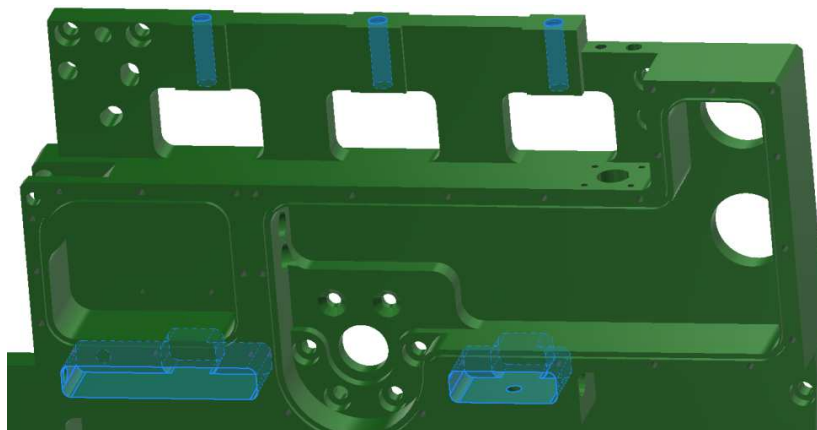
Obě dvě kapsy jsou zakrytovány víčky o tloušťce 3 mm, které jsou přišroubovány kuželovými šrouby M3x8 jak je možné vidět na Obr. 55. Dále je podél profilu obou kapes vytvořena drážka pro těsnění, z důvodu splnění požadavku normy na IP krytí.



Obr. 56 Díry pro výztuhy – levá bočnice

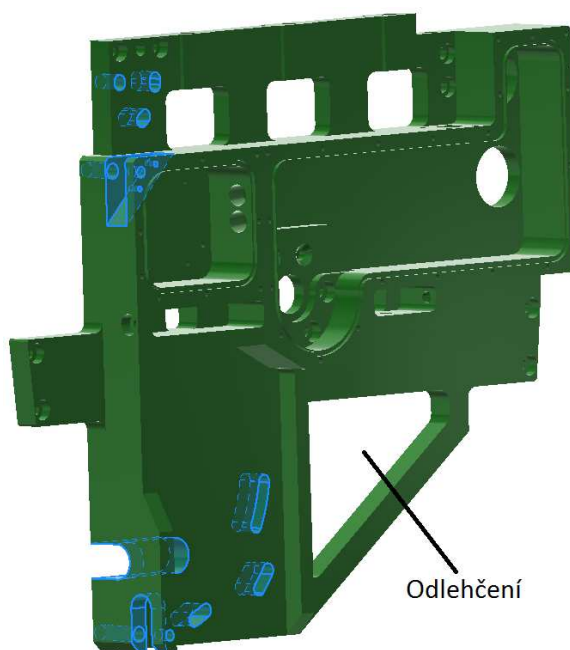
Na Obr. 56 je možné vidět díry (8 krát) vytvořené pro zápusťné inbusové šrouby M5x16, které zajišťují spojení mezi levou bočnicí a všemi 4 výztuhami. V horní části desky jsou také vyvrtány 2 díry o průměru 6 mm pro spojovací pojišťovací čepy a jedna díra se závitem pro šroub vedoucí z protikusu výztuhy. Další dvě vybrání ve střední části desky (Obr. 57) jsou vytvořena pro levou dosedací desku, na kterou dosedá a je přišroubovaná na pevno TV kamera Merlin 2.

Tato deska je vsunuta právě do těchto dvou vybrání, které slouží jako pojištění samotných šroubů, kterými je deska formou zámků přišroubována. Dále jsou v nejvyšší části levé bočnice vyvrtány 3 díry se závitem M8x1.25, které slouží jako uložení pro šrouby výškového nastavení vedoucí ze střechy senzorické hlavy určené pro nastavení aretační výšky střechy.



Obr. 57 Pozice vybrání a děr se závitem

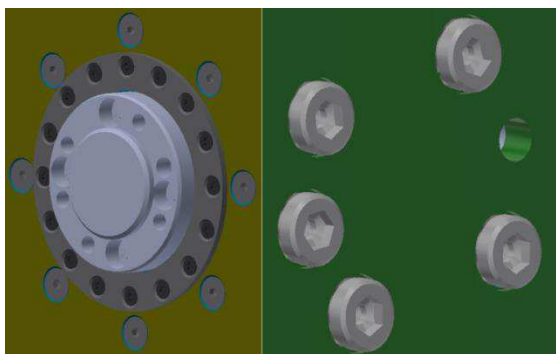
Ostatní konstrukční prvky na Obr. 58 (označené modře) nacházející se na levé bočnici slouží k uchycení desek a šroubů určených pro rektifikační mechanismus laserového značkovacího a TV kamery LIRC. Deska obsahuje i jedno trojúhelníkové odlehčení, z důvodu ušetření celkové hmotnosti desky. Levá bočnice vznikla z polotovaru 328x277x45 pomocí frézování a vrtání.



Obr. 58 Rektifikační prvky na levé bočnici

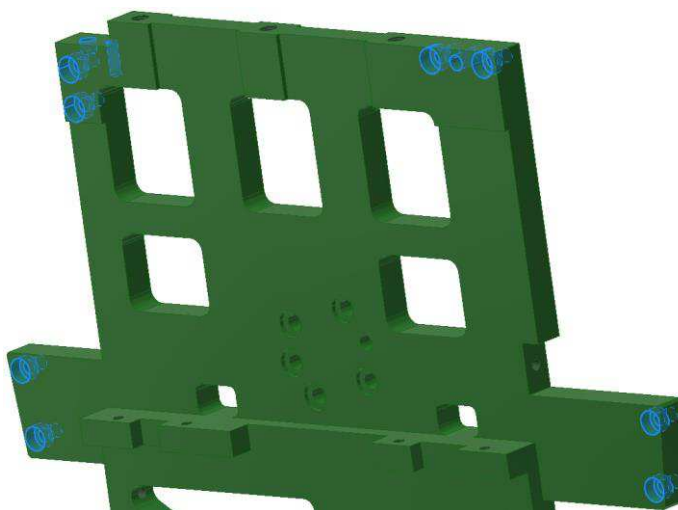
8.1.2 Pravá bočnice

Tato deska je zkonstruována tak, aby mohla být uchycena z pravé strany na přírubu manipulátoru směru. Příruba je již od výrobce opatřena dírami, které se využijí k uchycení bočnice pomocí 5 inbusových šroubů M6x12 s pružnými podložkami (Obr. 59).



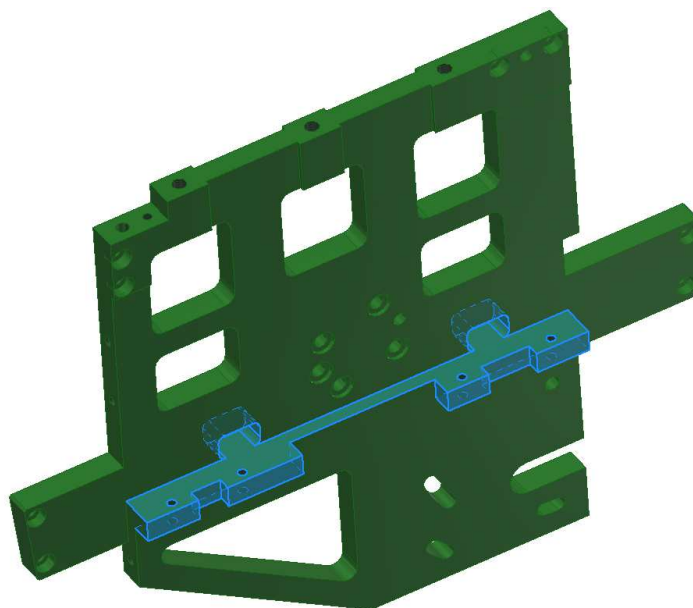
Obr. 59 Příruba a uchycení desky na manipulátor

Pravá bočnice je stejně jako levá opatřena 8 dírami vyvrtanými pro zápusťné inbusové šrouby M5x16 sloužící ke spojení pravé bočnice s levou pomocí 4 výztuh. Dále jsou v horní části desky vyvrtány 2 díry o průměru 6 mm pro spojovací pojišťovací čepy a jedna díra se závitem pro šroub vedoucí z protikusu výztuhy stejně jako u levé bočnice. Tyto konstrukční prvky je možné vidět na Obr. 60.



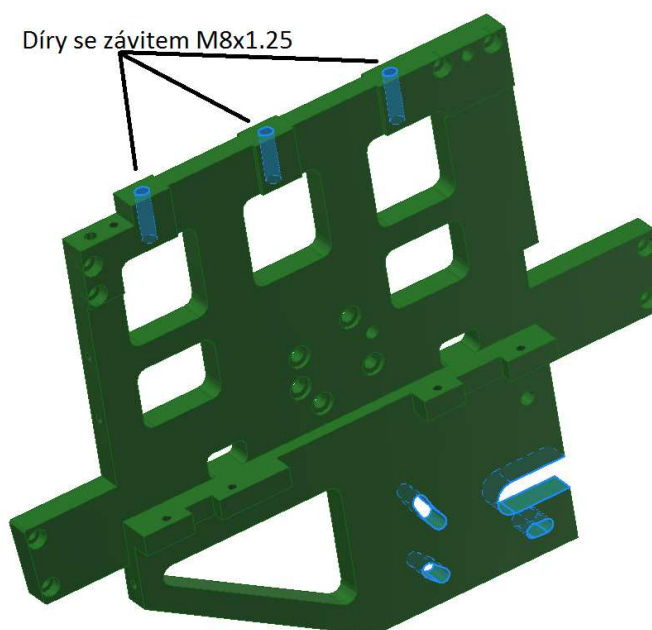
Obr. 60 Díry pro výztuhy – pravá bočnice

Hlavní rozdílem od levé bočnice je kromě přidání odlehčujících konstrukčních prvků, také vytvoření odsazené plochy zobrazené na Obr. 61 sloužící pro přišroubování pravé dosedací desky, na kterou je přišroubována jednotka inerciální navigace INU Talin 3000. Spolu s tímto konstrukčním prvkem jsou dále na desce vytvořeny 2 vybrání pro zasunutí části pravé dosedací desky a tím zajištění tvarového spoje s touto deskou.



Obr. 61 Odsazení na pravé bočnici

Pravá bočnice taktéž obsahuje v nejvyšší části vyvrtané 3 díry se závitem M8x1.25, které slouží jako uložení pro šrouby výškového nastavení vedoucí ze střechy senzorké hlavy určené pro nastavení aretační výšky střechy.

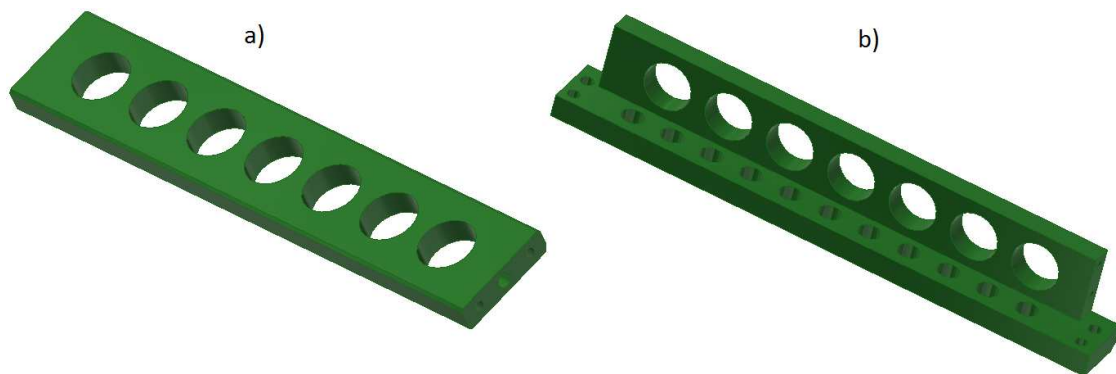


Obr. 62 Rektifikační prvky na pravé bočnici

Stejně jako na levé bočnici, tak i na pravé jsou zkonstruovány prvky pro rektifikační desky a šrouby pro TV kameru HK 170, jak je možné vidět na obr 48. Levá bočnice vznikla z polotovaru 326x257x28,5 pomocí frézování a vrtání.

8.1.3 Výztuhy

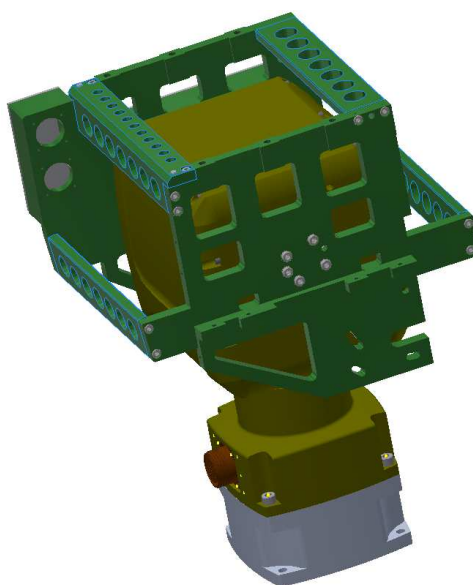
Výztuhy slouží nejenom jako spojení mezi levou a pravou bočnicí, ale také jako podpora stability této konstrukce. Oba typy výztuh jsou opatřeny kruhovými otvory kvůli odlehčení, které snižuje celkovou hmotnost obou bočnic.



Obr. 63 Výztuhy

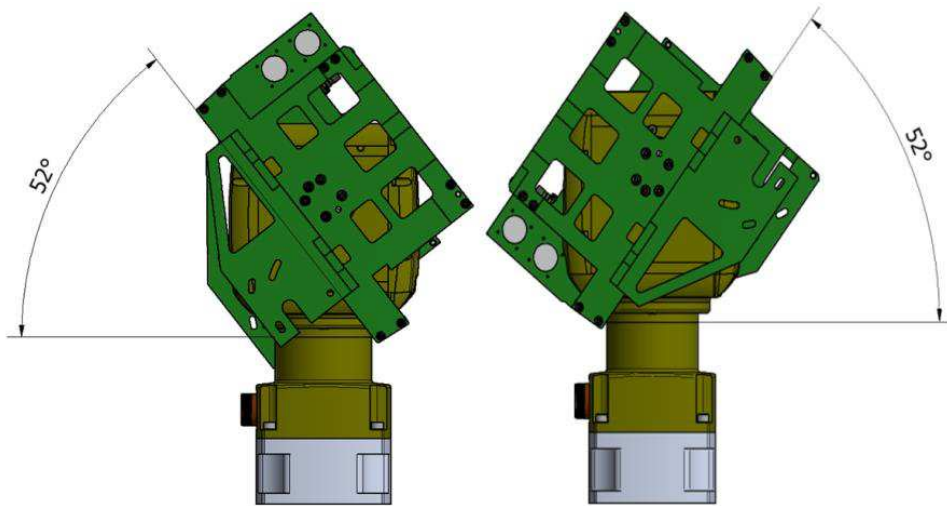
a) – přímá výztuha; b) – L výztuha

Výztuha ve tvaru L je umístěna v horní části konstrukce obepínající manipulátor směru. Jednou svojí částí dosedá na obě bočnice a je přišroubována 2 inbusovými šrouby M5x16 s pružnou podložkou a druhou se o tyto bočnice opírá a je přišroubována 4 stejnými šrouby. Uchycení této výztuhy je zobrazeno na Obr. 64. Výztuha obdélníkového tvaru spojuje bočnice ve třech místech, respektive je tato výztuha použita 3 krát. Každá samostatná přímá výztuha je přišroubována na bočnice pomocí 4 zápusťných inbusových šroubů M5x16 s pružnou podložkou.



Obr. 64 Uchycení výztuh

Obě přímé výztuhy ve spodní části konstrukce jsou uchyceny pod úhlem 96° a odsazeny v minimální vzdálenosti 45 mm od manipulátoru. Důvodem tohoto odsazení je požadavek zákazníka na manipulátor, který se musí natáčet v elevační ose o $\pm 50^\circ$. Tato podmínka je konstrukčně splněna na $\pm 52^\circ$, protože při natočení manipulátoru do maximálního povoleného úhlu 50° kolem elevační osy, by došlo ke kolizi výztuhy s hranou manipulátoru.



Obr. 65 Úhel natočení manipulátoru

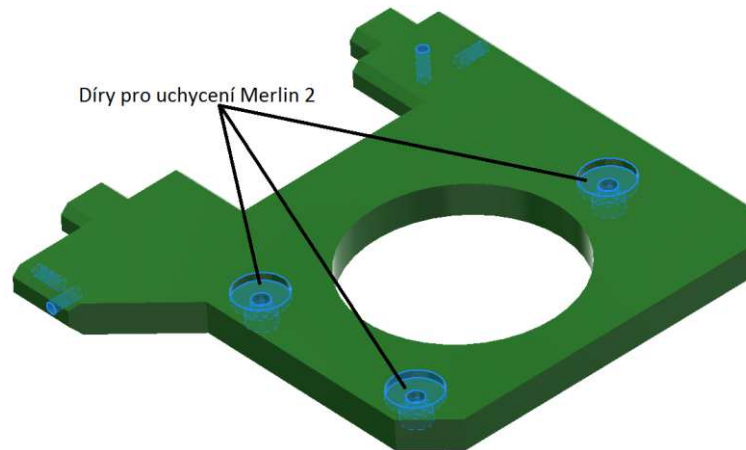
8.2 Uchycení rektifikačních prvků

Uchycení rektifikačních prvků a ve své podstatě kompletní rektifikační mechanismus je založen na několika deskách a držácích, kterými se dá v určitém rozsahu pohybovat za pomoci rektifikačních šroubů jak v horizontální tak ve vertikální ose. Uchycení rektifikačních prvků na levé i pravé části sensorické hlavy je rozdílné a specifické konstrukcí samotných desek a držáků.

8.2.1 Levá dosedací deska

Tato deska slouží k uchycení kamery Merlin 2 na pevno. Kamera je na levé dosedací desce přišroubována 3 šrouby M6x12 s pružnými podložkami, pro které jsou na desce vyvrtány díry označené na Obr. 66. Další 4 díry se závitem M5x0.8 označené na Obr. 66 modrou barvou slouží pro uchycení desky k levé bočnici.

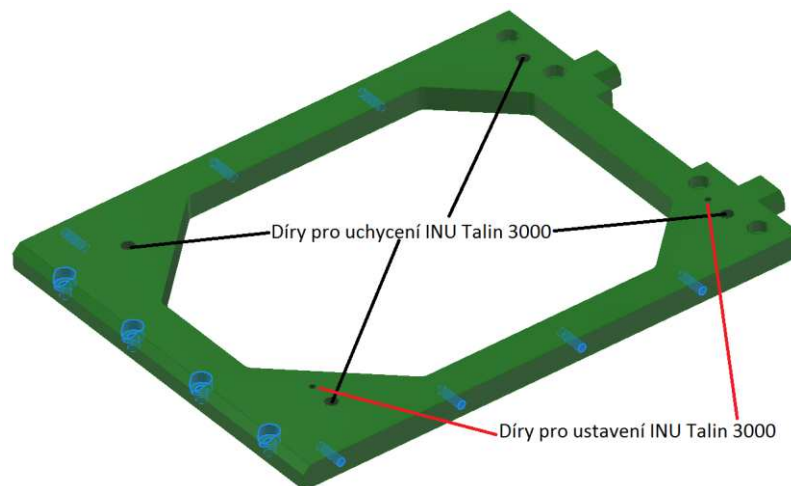
Deska je opatřena kruhovým odlehčením a je zkonstruována tak aby vyhovovala připojovacím rozměrům levé bočnice a kamery Merlin 2.



Obr. 66 Levá došedací deska

8.2.2 Pravá došedací deska

Pravá došedací deska slouží jako hlavní nosný komponent pro celou pravou stranu senzorické hlavy včetně její ostatních rektifikačních prvků a senzorů umístěných na této straně. V této desce jsou vyvrtány 4 díry se závitem M8x1.25 (Obr. 67) pro šrouby sloužící k uchycení jednotky inerciální navigace INU Talin 3000 a další 2 díry se závitem M4x0.8 označené na Obr. 67, do kterých se našroubují inbusové šrouby M4x8 sloužící k ustavení inerciální navigace.

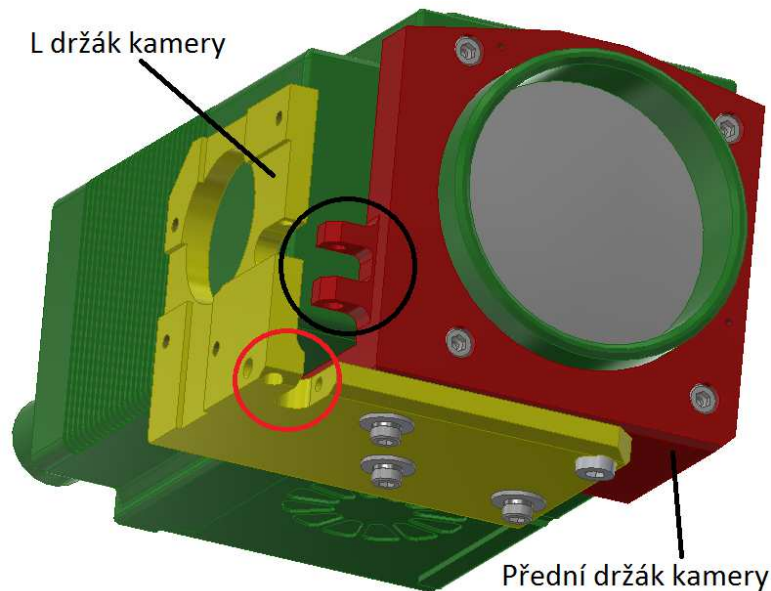


Obr. 67 Pravá došedací deska

Deska je opatřena ve svém středu vybráním, které slouží k odlehčení desky. Vysunutí v pravé části desky slouží k nasunutí do pravé bočnice a tím pojištění uchycení na pravé bočnici pomocí 4 inbusových šroubů M5x12 s pružnou podložkou.

8.2.3 Držáky kamery LIRC 640

Kamera LIRC 640 je k levé bočnici přichycena pomocí dvou držáků, na kterých je zkonstruován i rektifikační mechanismus sloužící k natáčení kamery okolo vertikální a horizontální osy.

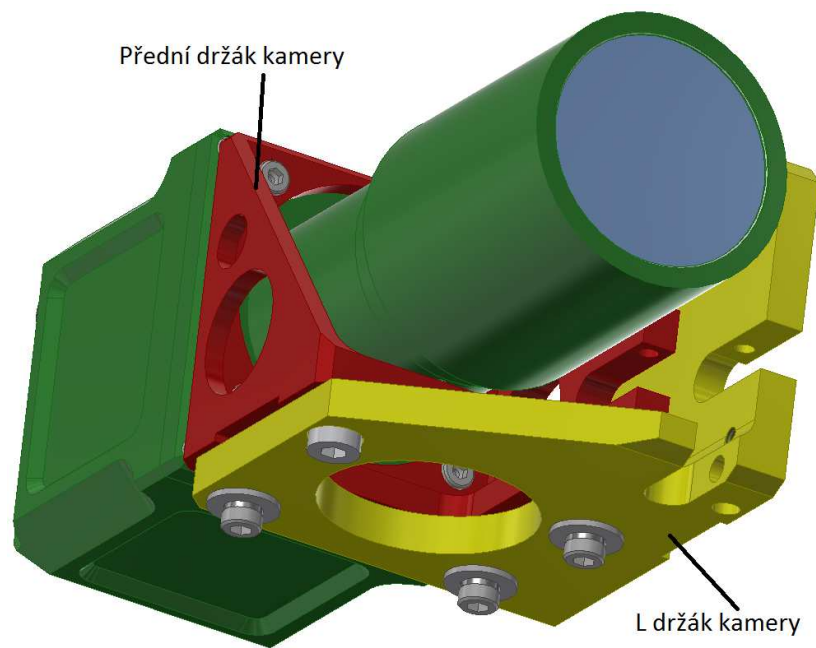


Obr. 68 Držáky kamery LIRC 640

- Přední držák kamery LIRC – Tvar držáku je navržen tak aby obklopoval přední část kamery. Držák dále obsahuje uprostřed přední části otvor pro část objektivu kamery. Na přední stěně držáku jsou vyvrtány díry jak pro jeho uchycení ke kameře LIRC tak díry se závitem M3x0.5 pro uchycení clony. Na Obr. 68 jsou zobrazeny v černém kruhu konstrukční prvky s otvory sloužící pro rektifikační mechanismus a vložení rektifikačního čepu se závitem. Držák obsahuje i několik odlehčujících otvorů.
- L držák kamery LIRC – Držák je navržen a zkonstruován do tvaru L. Na vodorovné podstavě držáku jsou vyvrtány drážky pro inbusové šrouby M6x20 s pružnou a plochou podložkou a 1 díra o průměru 7 mm pro inbusový šroub určující osu vertikální rektifikace. Na stěně kolmé k podstavě je vyvrtán otvor pro odlehčení držáku a také díry ze závitem M6x1 jak pro inbusové šrouby sloužící k uchycení držáku na levou bočnici tak pro šroub určující osu horizontální rektifikace. Na Obr. 68 červeným kruhem označeny konstrukční prvky pro uchycení rektifikačních čepů.

8.2.4 Držáky kamery HK 170

Kamera HK 170 je k pravé bočnici přichycena pomocí dvou držáků, na kterých je stejně jako u držáku pro kameru LIRC 640 zkonstruován i rektifikační mechanismus sloužící k natáčení kamery okolo vertikální a horizontální osy.

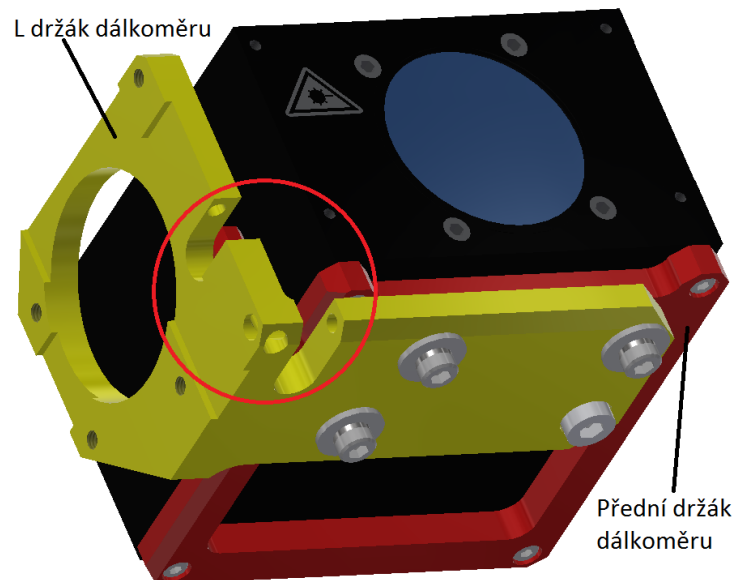


Obr. 69 Držáky kamery HK 170

- Přední držák kamery HK 170 – Konstrukce tohoto držáku je navržena tak, aby bylo možné skrze otvor o průměru 71,2 mm vyvrtaný uprostřed držáku, provléci nejširší kruhový prvek kamery HK 170, kterým je objektiv o průměru 70 mm. Na držáku jsou vyvrtány 4 otvory pro inbusové šrouby M5x10, kterými je držák přichycen na přírubu kamery HK 170. Další 4 díry se závitem M6x1 slouží pro šrouby určené k mechanické rektifikaci kamery. Držák je opatřen 4 kruhovými a 1 čtvercovým odlehčením.
- L držák kamery HK 170 – Konstrukce držáku je opět navržena do tvaru L tak, aby se mohl jednou svou stěnou opírat o pravou bočnici, na které je přišroubován inbusovými šrouby s šestihrannou hlavou M6x25 a na spodní podstavě nést přední držák této kamery. Šrouby s šestihrannou hlavou byly použity, aby se bylo možné klíčem dostat k těmto šroubům při samotné rektifikaci. Držák má ve své spodní části vyvrtány 3 drážky vymežující možnost natočení držáku a s ním spojené natočení kamery HK 170 kolem vertikální osy.

8.2.5 Držáky laserového dálkoměru LDM 38

Stejně jako rektifikovatelné kamery HK 170 a LIRC 640 i laserový dálkoměr je rektifikovatelný díky konstrukci skládající se z 2 držáků.



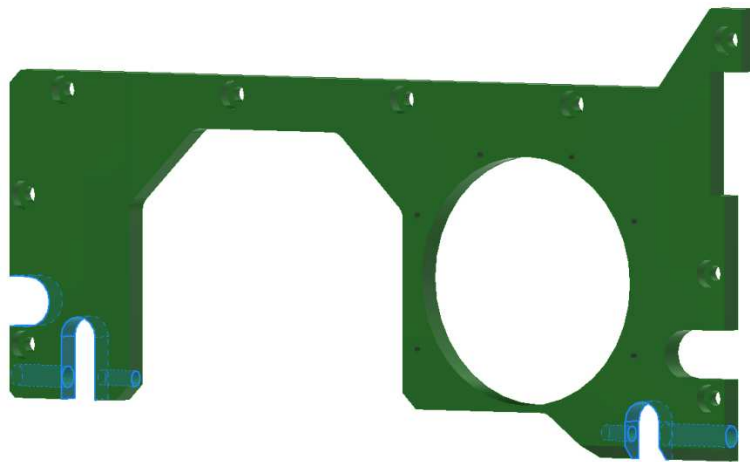
Obr. 70 Držáky LDM 38

- Přední držák LDM 38 – Jedná se ve své podstatě o desku čtvercového tvaru o tloušťce 9 mm doplněnou o vysunutí sloužící k uchycení rektifikačního čepu se závitkem. V rozích desky jsou vytvořeny díry pro inbusové šrouby M4x10 s pružnou podložkou, které uchycují dálkoměr k držáku.
- L držák kamery LDM 38 – Svou konstrukcí a tvarem je podobný L držáku kamery LIRC 640. Držák se levou vnější stěnou opírá a je přišroubován k boční uchycovací desce pomocí 3 šroubů s šestihrannou hlavou M6x25 s pružnou podložkou a jednoho inbusového šroubu M8x25 (šroub horizontální osy rektifikace) s pružnou podložkou. Stejně jako ostatní L držáky je i tento opatřen drážkami, které vymezují prostor pro natočení šroubů s držákem při rektifikaci. Dále jsou na Obr. 70 červeným kruhem označeny konstrukční prvky pro umístění rektifikačních čepů.

8.2.6 Uchycovací desky

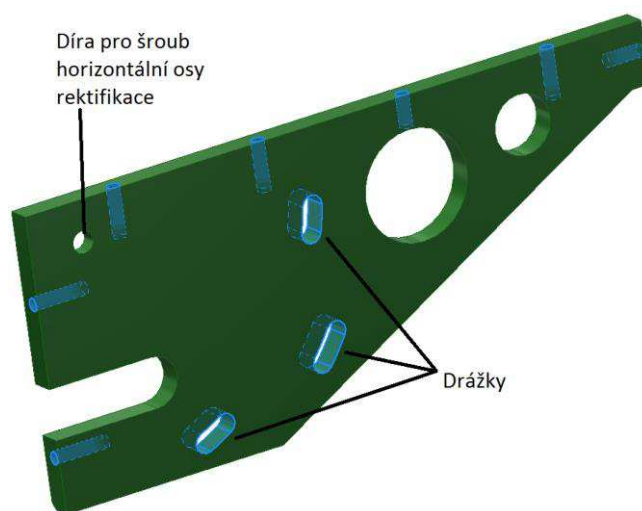
Jedná se o 3 druhy desek, které svou konstrukcí plní nejenom funkci uchycení ostatních konstrukčních a rektifikačních prvků, ale také slouží jako částečné krytí sensorů a v neposlední řadě slouží ke zlepšení celkové pevnosti a stability konstrukce.

- Přední uchycovací deska – Tato deska je umístěna na přední straně pravé části sensorické hlavy. Po svém obvodu má vyvrtáno 9 děr, které jsou určeny pro inbusové šrouby M5x12 s pružnou podložkou. Pomocí 3 z těchto šroubů je deska připevněna na pravou bočnici, pomocí dalších 4 na pravou dosedací desku a poslední 2 šrouby spojují přední a boční uchycovací desku. Na Obr. 71 jsou modrou barvou znázorněny na této desce rektifikační prvky sloužící pro uložení rektifikačních čepů. Vybrání nacházející se uprostřed desky jsou zkonstruovány s ohledem na prostor pro správnou funkci laserového dálkoměru a kamery HK 170.



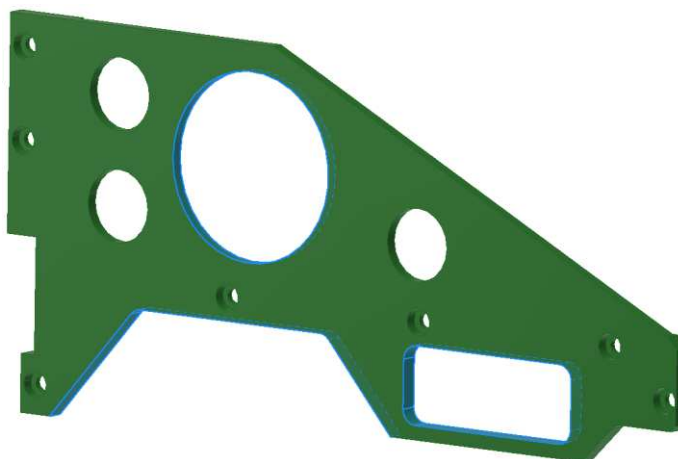
Obr. 71 Přední uchycovací deska

- Boční uchycovací deska – Nachází se na pravé straně sensorické hlavy a ve své podstatě spojuje přední uchycovací desku se zadní. Na Obr. 72 je modrou barvou znázorněno 7 děr se závitem M5x0.8, které slouží pro kompletní uchycení boční desky. Deska je taktéž odlehčena 2 kruhovými otvory.



Obr. 72 Boční uchycovací deska

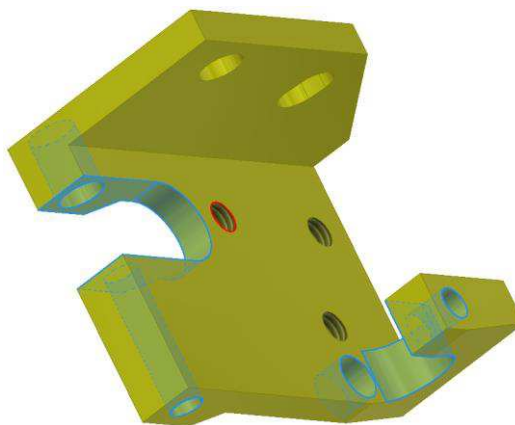
- Zadní uchycovací deska – Tvar desky je navržen a zkonstruován s ohledem na rozložení kabeláže a konektorů vedoucích jak do senzorů na pravé straně sensorické hlavy tak do jednotky inerciální navigace. V desce je vyvrtáno 7 děr pro inbusové šrouby M5x12 s pružnou podložkou, kterými je deska přišroubována jak na pravou bočnici, tak na pravou dosedací desku a jedním šroubem na boční uchycovací desku. Menší kruhové vybrání znázorněné na Obr. 73 jsou odlehčující prvky.



Obr. 73 Zadní uchycovací deska

8.2.7 Držák laserového značkovače

Držák je navržen tak, aby částí své konstrukce obepínal tubus laserového značkovače. Proto musí být v tubusu vyvrtány 2 díry, z nichž jedna je součástí rektifikačních prvků a slouží pro uložení rektifikačního čepu s otvorem a druhá je pro inbusový šroub určující osu vertikální rektifikace. Drážka v horní části držáku slouží pro inbusový šroub M6x16 s pružnou podložkou, který spojuje držák a tubus značkovače a zároveň vymezuje možnost natočení značkovače kolem vertikální osy.

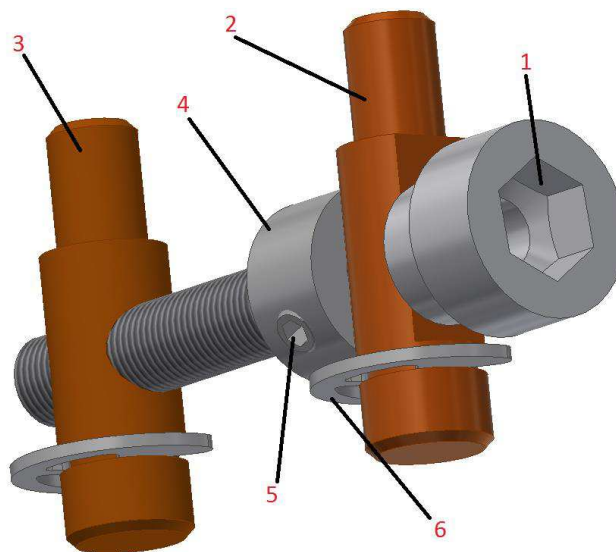


Obr. 74 Držák laserového značkovače

Na Obr. 74 jsou modrou barvou znázorněny konstrukční prvky pro uchycení rektifikačních čepů. Držák dále obsahuje 3 díry se závitem M6x1 z nichž je 1 (na Obr. 74 označena červenou barvou) určena pro inbusový šroub určující osu horizontální rektifikace.

8.2.8 Rektifikační mechanismus

Na Obr. 75 jsou popsány komponenty rektifikačního mechanismu. Sestava těchto komponent je u každého senzoru, který lze rektifikovat, použita 2 krát a to z důvodu horizontální a vertikální mechanické rektifikace.



Obr. 75 Popis rektifikačního mechanismu

1 – rektifikační šroub; 2 – rektifikační čep s otvorem; 3 – rektifikační čep se závitem; 4 – aretační podložka; 5 – stavěcí šroub; 6 – pojistný kroužek

Tento mechanismus se skládá ze dvou čepů, uložených s minimální vůlí, buďto v držácích nebo deskách konstrukce sensorické hlavy a pojištěných proti vypadnutí závlačkou. Rektifikační inbusový šroub M8x40 je provlečený skrze otvor v rektifikačním čepu s otvorem a zároveň je tento šroub našroubován do závitu M5x0,5, který je zkonstruován v rektifikačním čepu se závitem. Na rektifikačním šroubu je umístěna aretační podložka, která spolu se stavěcím šroubem zajišťuje, aby se při otáčení s rektifikačním šroubem pohyboval po závitě pouze rektifikační čep se závitem označený na Obr. 75 číslem 3. Tímto způsobem lze s určitou jemností přesněji rektifikovat jednotlivé senzory. Pro citlivé nastavení a samotnou rektifikaci byl zvolen rektifikační šroub s jemným závitem. Rektifikační mechanismus dovoluje u každého senzoru, u kterého je umístěn, natočení v horizontální nebo vertikální ose o $\pm 3^\circ$.

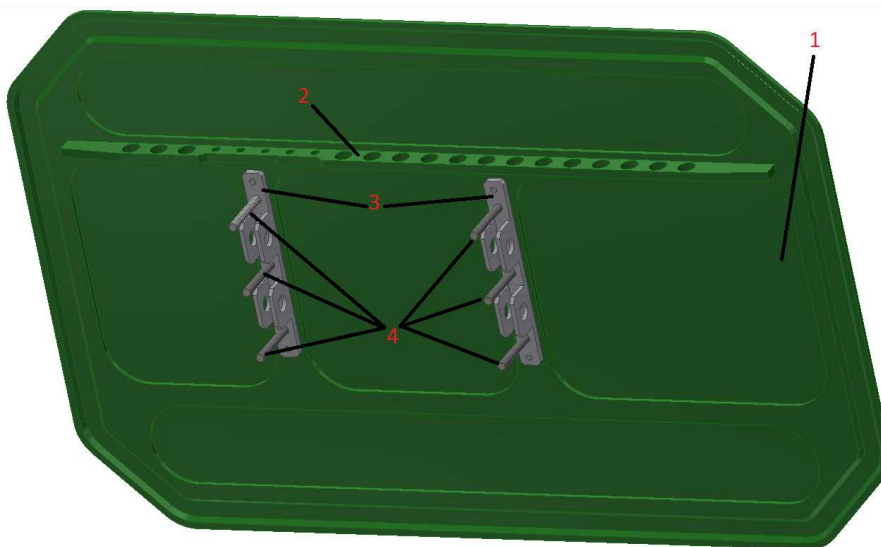
8.3 Krytí senzorů a hlavy

Jedním z požadavků zákazníka bylo zkonstruování senzorické hlavy tak, aby v aretační poloze tj. kdy je senzorická hlava zasunuta ve vozidle, plnila funkci poklopu. Také bylo důležité zajistit mírný mechanický posuv střechy (± 8 mm) v případě, že posuv manipulátoru polohy nezajistí těsné dosednutí na límec vany. Dalším požadavkem bylo také jednoduché krytí jednotlivých průzorů kamer proti možnému mechanickému poškození a přímému slunečnímu záření.

První požadavek je splněn zkonstruováním střechy s nastavitelnou polohou, která je upevněna na konstrukci obepínající manipulátor a druhý požadavek splňují clony přišroubované na předních částech kamer.

8.3.1 Střecha senzorické hlavy

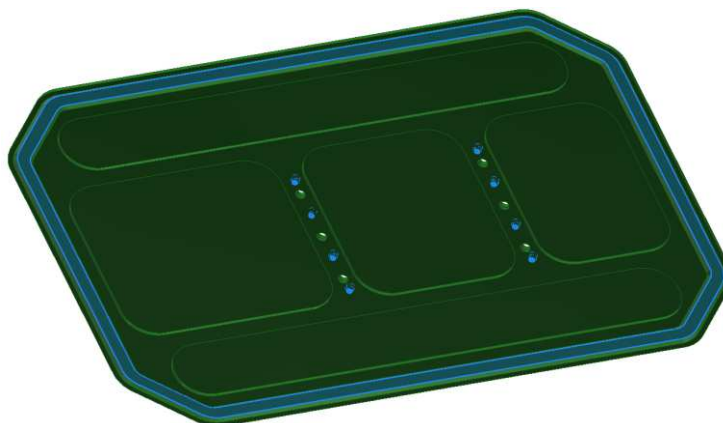
Jak již bylo výše zmíněno střecha svou konstrukcí plní funkci poklopu při zasunutí hlavy do aretační polohy. Střecha je složena s několika částí, které jsou zobrazeny na Obr. 76.



Obr. 76 Střecha senzorické hlavy

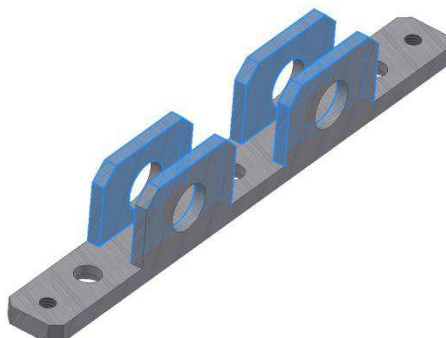
1 – víko střechy; 2 – podélná výztuha; 3 – příčná výztuha; 4 – šrouby výškového nastavení

Víko je konstruováno do obdélníkového tvaru (789 x 506 mm) se zkosenými rohy pod úhlem 45° . Na Obr. 77 je modrou barvou znázorněn prostor na okraji kopírující profil víka střechy. Toto vybrání slouží jako dosedací plocha pro těsnění, kterým je opatřen límec vany, do které se senzorická hlava zasune. Dále je v střeše vyvrtáno 8 otvorů znázorněných na Obr. 77 modrou barvou, které slouží pro přišroubování příčných výztuh pomocí šroubů M6x12 s pružnou podložkou. Dalších 6 děr je vyvrtaných pro šrouby výškového nastavení.



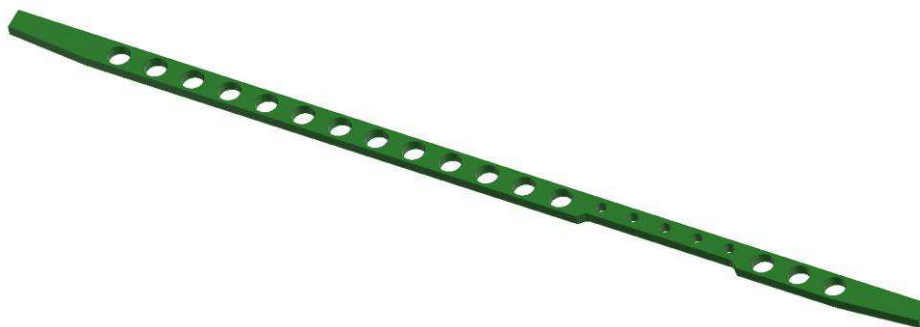
Obr. 77 Víko střechy

Příčné výztuhy, které jsou přišroubovány k víku střechy pomocí šroubů M6x12 s pružnou podložkou, slouží nejenom jako vyztužení konstrukce víka, ale také k zajištění polohy samotné střechy. K tomuto zajištění je vytvořeno vysunutí označené na Obr. 78 modrou barvou, pomocí kterého se střecha nasune na obě bočnice konstrukce obepínající manipulator.



Obr. 78 Příčná výztuha

Na Obr. 79 je zobrazena podélná výztuha, která je s víkem střechy spojena pomocí svařování. Tato výztuha je opatřena několika odlehčujícími otvory pro snížení její hmotnosti a je přidána k víku střechy z důvodu celkového vyztužení.



Obr. 79 Podélná výztuha

8.3.2 Clony kamer

Clony kamer byly zkonstruovány na požadavek zákazníka jako určitá forma ochrany proti mechanickému poškození (poškrábání) průzorů popř. objektivu kamer, které by mohlo vzniknout například nárazem větve právě do sklíčka průzoru kamery. Dále clony plní funkci ochrany kamery proti přímému slunečnímu svitu.

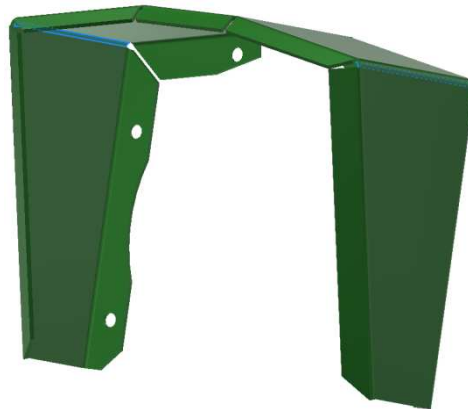
Na sensorické hlavě byly použity 3 druhy clon, které se mezi sebou mírně liší svou charakteristickou konstrukcí.

- Clona pro Merlin 2 – Tato clona je konstrukčně navržena tak, aby její tvar s ohledem na design kopíroval samotnou kameru Merlin 2. Clona je vytvořena z plechu o tloušťce 1 mm a použitým materiálem je korozivzdorná ocel ČSN 17 350. Na cloně je vyvrtáno 6 děr o průměru 3,3 mm sloužící pro inbusové šrouby s půlkulatou hlavou M3x6. V rozích ohybu na Obr. 80 jsou označena modrou barvou místa, kde je clona vyztužena pomocí svaru k docílení lepší pevnosti konstrukce.



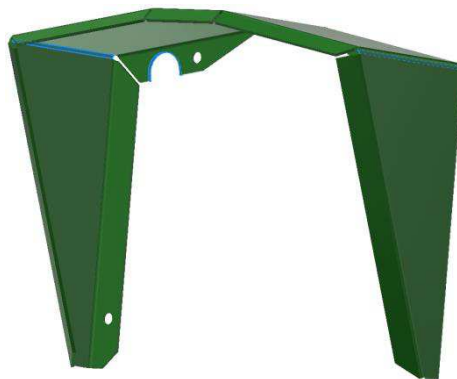
Obr. 80 Clona kamery Merlin 2

- Clona pro HK 170 – Clona pro kameru HK 170 se svou konstrukcí mírně liší od clony pro Merlin 2 a to i z důvodu, že není přímo přišroubována na samotnou kameru, ale je upevněna na přední uchycovací desku. Proto její design nemusí kopírovat profil kamery. Stejně jako kamera Merlin 2 je přišroubována pomocí 6 šroubů, pro které jsou v cloně vyvrtány díry o průměru 3,3 mm. Zde jsou však použity klasické inbusové šrouby M3x8. V rozích ohybu clony (Obr. 81) je opět použito svarů k zajištění lepší pevnosti samotné clony.



Obr. 81 Clona kamery HK 170

- Clona pro LIRC 640 – Clona kamery LIRC 640 je svým tvarem a konstrukcí podobná cloně kamery HK 170. Je však pouze pomocí 4 inbusových šroubů M3x8 přišroubována na držák kamery. Stejně jako předešlé clony má i tato v rozích (v hlavních ohybech) vyztuženou konstrukci pomocí svarů. Jedním z charakteristických prvků této clony je půlkruhové vybrání znázorněné na Obr. 82 modrou barvou sloužící jako prostor pro hlavu šroubu upevňující držák této kamery.



Obr. 82 Clona kamery LIRC 640

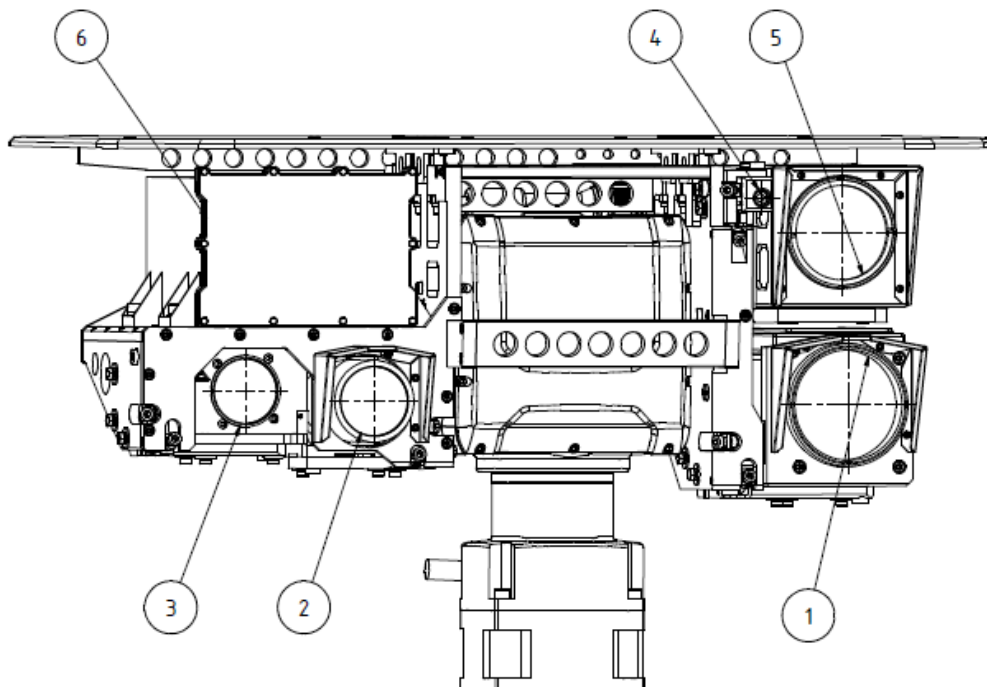
9 REKTIFIKACE SENZORŮ

Nedílnou součástí diplomové práce a sensorické hlavy je samotná rektifikace senzorů, které tato hlava obsahuje. Rektifikací se obecně rozumí oprava nebo úprava pomocí zpřesnění. V našem případě se jedná o rektifikace neboli nastavení optických os (zaměřovacích středů) senzorů. Rektifikovat senzory této hlavy se dá dvěma různými způsoby. Volba jednotlivého způsobu rektifikace záleží na podmínkách dostupných pro samotnou rektifikaci, mezi které patří například dobrá viditelnost nebo časová dostupnost v polních podmínkách. Před samotnou mechanickou rektifikací je nutné si jednu z těchto metod zvolit. Každá z možností respektive z druhů rektifikace sensorické hlavy sebou nese určité výhody či nevýhody.

2 typy rektifikace:

- Rektifikace na terč
- Rektifikace na vzdálený bod

Samotné rozdíly mezi jednotlivými rektifikacemi této sensorické hlavy budou popsány v podkapitole.



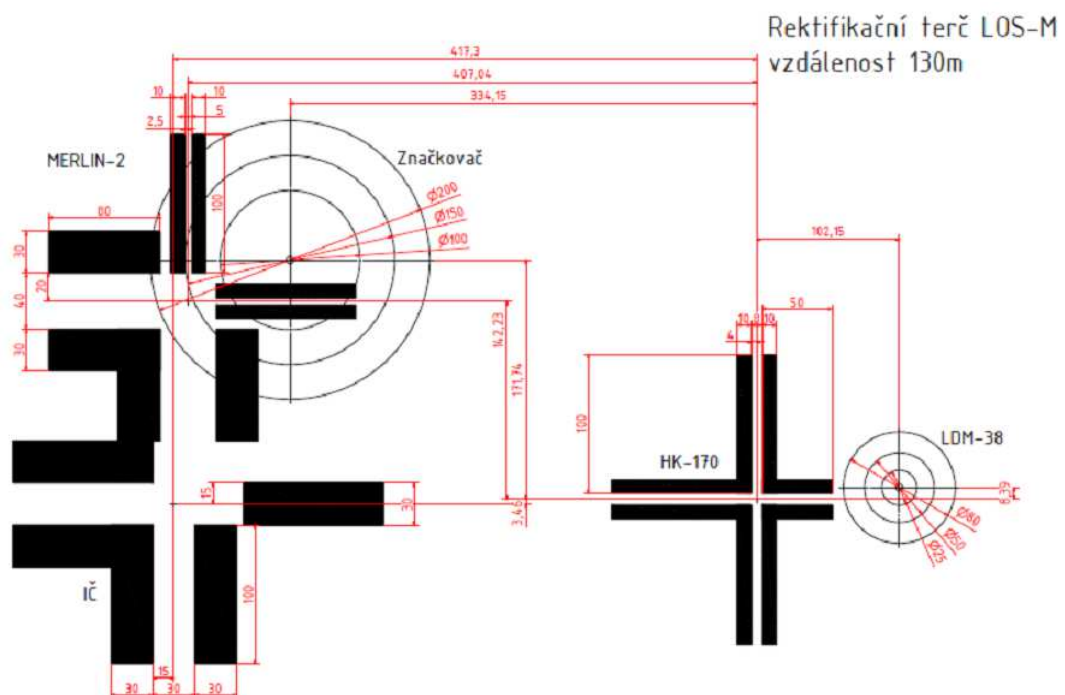
Obr. 83 Rozmístění senzorů

1 – IČ kamera LIRC 640; 2 – TV kamera HK 170; 3 – laserový dálkoměr LDM 38; 4 – laserový značkovač; 5 – TV kamera Merlin 2; 6 – INU TALIN 3000

9.1 Rektifikace na terč a vzdálený bod

Rektifikace na terč:

Tento způsob rektifikace využívá tzv. rektifikační terč. Terč byl navržen a zkonstruován podle vzdáleností mezi středy jednotlivých senzorů a využívá se především za nepříznivých meteorologických podmínek způsobených špatnou viditelností. Z tohoto důvodu byla nutnost tento terč navrhnout a zkonstruovat, aby se senzory daly rektifikovat i v polních podmínkách mimo stanoviště.



Obr. 84 Rektifikační terč

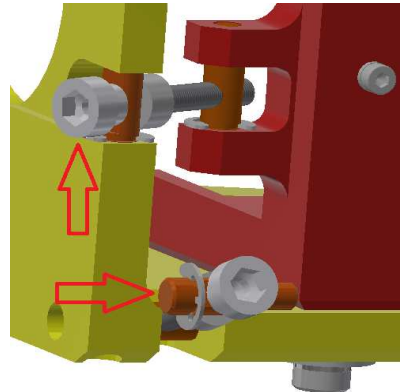
Nevýhodou rektifikace na terč je delší doba nastavení senzorů a možnost vzniku nepřesností například při rektifikování laserového dálkoměru, které jsou způsobeny divergencí laserového paprsku nebo rozbíháním jednotlivých ohnisek senzorů. Terč by měl být namířen kolmo na senzorickou hlavu pro zlepšení přesnosti rektifikace.

Rektifikace na vzdálený bod:

U rektifikace na vzdálený je hlavním rozdílem použití bodu (objektu) v minimální vzdálenosti 1 km. Při dobrých meteorologických podmínkách je možné použít bod vzdálený až 20 km. Při použití vzdálenějšího bodu je vyzkoušeno, že se rektifikace zpřesní. U rektifikace na vzdálený bod odpadá povinnost umístit terč, čímž se samotná rektifikace zrychlí.

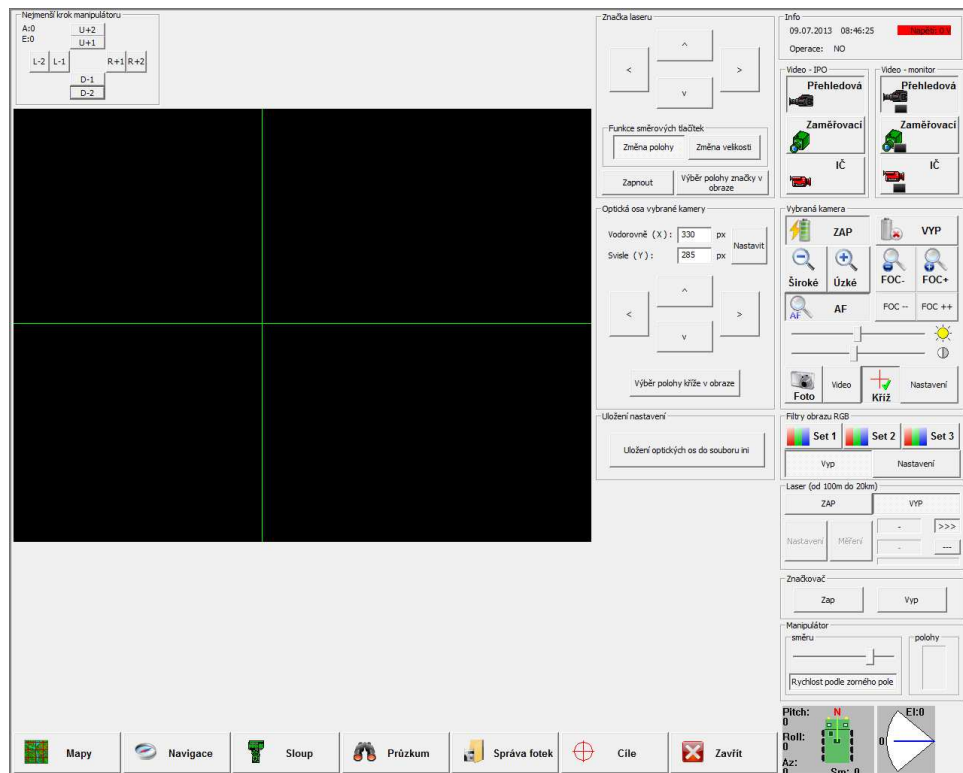
9.2 Mechanická rektifikace

Jedním z nejdůležitějších nastavení všech senzorů a tím i celé sensorické hlavy je mechanická rektifikace. Po zmodernizování a návrhu nové konstrukce sensorické hlavy je odlišná především díky rektifikačnímu mechanismu (stavěcím šroubům s čepy), kterým se dá citlivě ustavit poloha jednotlivých senzorů ve vertikální a horizontální ose, jak lze vidět na Obr. 85.



Obr. 85 Rektifikační šrouby

K nastavení a rektifikování senzorů je použit software, který je zobrazen na Obr. 86, vyvinutý firmou VTÚVM Slavičín.



Obr. 86 Okno softwaru rektifikace

Pomocí tohoto softwaru si můžeme zobrazit zorné pole veškerých senzorů umístěných na sensorické hlavě. Postup mechanické rektifikace je shodný jak u způsobu rektifikování na vzdálený bod, tak na terč. Nejprve je nutné sesouhlasit a nastavit optické osy u tzv. pevného senzoru, za který jsou v našem případě považována kamera Merlin 2. Shodným způsobem se musí sesouhlasit optické osy i u kamery (senzoru) LIRC. Postup je popsán zde:

Rektifikace TV kamery Merlin 2 a IČ kamery LIRC:

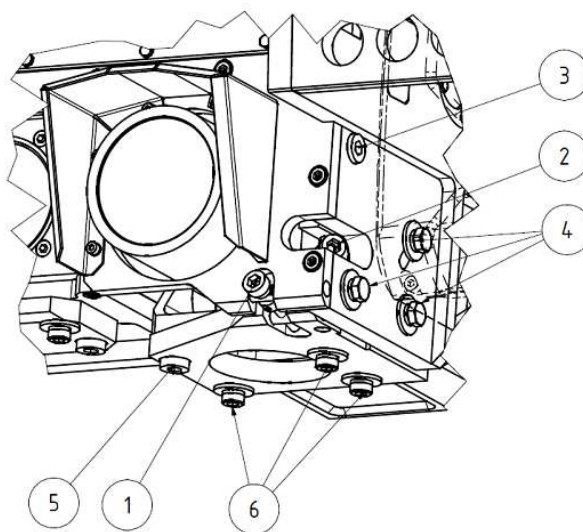
1. Zapnout mód rektifikace a najet kamerou na úzké zorné pole (max. zoom).
2. Vybrat určený cíl (rohy, hrany apod.) cca 100 - 200 m.
3. Najet kamerou na široké zorné pole (min. zoom).
4. Ověřit zda záměrný kříž kamery Merlin 2 (LIRC) je sesouhlasený s křížem na určeném cíli (rektifikačním terči) a provést zpětnou kontrolu na úzkém zorném poli.
5. Pokud nejsou kříže sesouhlasené, opakujeme operaci do doby, než jsou obě polohy sesouhlaseny.

Jakmile jsou nastaveny a sesouhlaseny optické osy kamer Merlin 2 a LIRC je možné rektifikovat další senzory v podobě značkovače, laserového dálkoměru a TV kamery HK 170. Jejich mechanická rektifikace pracuje na stejném principu, proto je zde popsána pouze TV kamera HK 170.

Rektifikace TV kamery HK 170

1. Nastavit kříž do středu obrazu.
2. Povolit na levé vnitřní straně sensorické hlavy příslušející zaměřovací kamery 3 šrouby se šestihrannou hlavou M6x25 (poz. 4, Obr. 87) otevřeným klíčem č. 10.
3. Povolit na levé vnitřní straně sensorické hlavy příslušející zaměřovací kamery inbusový šroub M8x25 (poz. 3, Obr. 87) zástrčným klíčem č. 6 a zvolit v ovládacím SW zaměřovací kameru HK 170.
4. Otáčet rektifikačním šroubem (poz. 1, Obr. 87) na přední straně sensorické hlavy příslušející zaměřovací kamery vpravo dole zástrčným klíčem č. 6, až se sesouhlasí záměrný kříž zaměřovací kamery ve vertikálním směru s příslušným záměrným křížem na terči.
5. Dotáhnout na levé vnitřní straně sensorické hlavy příslušející zaměřovací kamery inbusový šroub M8x25 (poz. 3, Obr. 87) zástrčným klíčem č. 6. Zkontrolovat po dotažení šroubu polohu záměrného kříže zaměřovací kamery s křížem na terči.

6. Dotáhnout na levé vnitřní straně sensorické hlavy příslušející zaměřovací kamery 3 šrouby se šestihrannou hlavou M6x25 (poz. 4, Obr. 87) otevřeným klíčem č. 10.
7. Povolit na levé vnitřní straně dolní části sensorické hlavy příslušející zaměřovací kamery 3 inbusové šrouby M6x20 (poz. 6, Obr. 87) zástrčným klíčem č. 5.
8. Povolit na levé vnitřní straně dolní části sensorické hlavy příslušející zaměřovací kamery inbusový šroub M8x25 (poz. 5, Obr. 87) zástrčným klíčem č. 6.
9. Otáčet rektifikačním šroubem (poz. 2, Obr. 87) šikmo na přední straně sensorické hlavy příslušející zaměřovací kamery vlevo dole zástrčným klíčem č. 6, až se sesouhlasí záměrný kříž zaměřovací kamery v horizontálním směru (s příslušným záměrným křížem na terči).
10. Dotáhnout na levé vnitřní straně dolní části sensorické hlavy příslušející zaměřovací kamery inbusové šroub M8x25 (poz. 5, Obr. 87) zástrčným klíčem č. 6.
11. Dotáhnout na levé vnitřní straně dolní části sensorické hlavy příslušející zaměřovací kamery 3 inbusové šrouby M6x20 (poz. 6, Obr. 87) zástrčným klíčem č. 5. Menší odchylky lze upravit elektronickou rektifikací.



Obr. 87 Rektifikace TV kamery HK 170

- 1 – šroub vertikální rektifikace; 2 – šroub horizontální rektifikace; 3 – šroub s válcovou hlavou M8x25; 4 – šroub s šestihrannou hlavou M6x25; 5 – šrouby s válcovou hlavou M8x25; 6 – šrouby s válcovou hlavou M6x20

K usnadnění rektifikace laserového dálkoměru se využívá koutového odražeče. Na dálkoměru se zapne rektifikační laserová dioda a ta je přes koutový odražeč vrácena zpět do kamery. Na displeji se poté tato dioda promítne a dá se snáze nastavit zaměřovací kříž.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl návrh a konstrukce sensorické hlavy vozidla. Diplomová práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části byl obecně popsán a charakterizován průzkumný komplet a principy na kterých fungují jednotlivé senzory samotné sensorické hlavy, kterými jsou například CCD čipy nebo infrazobrazovací a laserové technologie. Dále se teoretická část zabývá problematikou technologie svařování, které také bylo použito při konstrukci sensorické hlavy.

V praktické části byl popsán současný stav původní sensorické hlavy před modernizací, její nevýhody, vady a problémy vznikající při rektifikaci senzorů. Před samotnou konstrukcí modernizované sensorické hlavy byly stanoveny vstupní požadavky, které musí sensorický komplet splňovat. Po domluvě se zákazníkem byl na základě těchto požadavků zvolen materiál označený jako EN AW 7075 T651 a EN AW 6082, který zajišťuje dobrou odolnost, nízkou hmotnost konstrukce sensorické hlavy a druhý zmiňovaný materiál také zajišťuje dobrou svařitelnost.

Na základě vstupních požadavků byl v programu Autodesk Inventor 2015 navržen a zkonstruován 3D model sensorické hlavy a její kompletní konstrukce včetně konstrukce jednotlivých senzorů a rektifikačních prvků. Z důvodu požadavků firmy VTÚVM na kompletnost sestavy sensorické hlavy byly zkonstruovány a vloženy do sestavy i nakupované díly včetně částí, které měli na starosti vývojoví pracovníci firmy (např. kabeláž, konektory). Dále byl v praktické části popsán princip rektifikace senzorů, potřebný k správnému a přesnému fungování sensorické hlavy vozidla a příklad při potupu mechanické rektifikace jednotlivého senzoru.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Interní materiály firmy VTÚVM Slavičín
- [2] ŘÍČNÝ, V.: Vlastnosti a využití řádkových světlocitlivých snímačů CCD. Knižnice odborných a vědeckých spisů VUT v Brně. Brno: VUT, 1990. 116 s. Fakulta elektrotechnická. ISBN 80-214-0222-9
- [3] LORAL FAIRCHILD CCD IMAGING DATABOOK: CCD Sensors, Systems & Developmental Technology. 1995. 344s.
- [4] HANUS, S.: Optoelektronické měniče. Přednáška. Brno: VUT, 2008. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- [5] Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Charge-coupled device [online]. c2017 [3-04-2017]. Dostupný z WWW: https://cs.wikipedia.org/wiki/Charge-coupled_device
- [6] Nikon MICROSCOPY [online]. 2010 [cit. 2-04-2017]
Dostupný z WWW: <https://www.microscopyu.com/digital-imaging/introduction-to-charge-coupled-devices-ccds>
- [7] Moravské přístroje, a.s., [online]. 2009 [cit. 3-04-2017]
Dostupný z WWW: <http://www.gxccd.com/art?id=303&lang=405>
- [8] VAŠKO, Antonín. *Infračervené záření a jeho užití*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. Řada elektrotechnické literatury.
- [9] KIČKA, Vasilij Jerestovič. *Infračervené paprsky ve vojenství*. Přeložil Jan SÝKORA. Praha: Naše vojsko, 1959. Knižnice moderní vojenské techniky.
- [10] DRASTICH, Aleš. *Netelevizní zobrazovací systémy*. Brno: Vysoké učení technické, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1974-1.
- [11] SALEH, Bahaa E. A. a Malvin Carl TEICH. *Základy fotoniky*. Praha: Matfyzpress, 1996. ISBN 80-85863-12-X.
- [12] STRUMBAN, Emil Jefimovič a Ivan ŠTOLL. *Lasery a optoelektronika*. Ilustroval Aleš DITTERT, ilustroval Antonín NOVÝ. Praha: Panorama, 1989. Pyramida (Panorama).
- [13] MAŤÁTKO, Jan. *Elektronika: lasery: kvantové generátory světla*. Praha: Idea servis, 1998. ISBN 80-85970-21-X.
- [14] Elektrotechnika - Laserové diody - Princip funkce laserových diod
Dostupný z WWW: <http://www.elektrotechnika.cz/clanky/01034/index.html>

- [15] KUBÍČEK, Jaroslav., DANĚK, Ladislav., KANDUS, Bohumil. Učební texty pro mezinárodní svářečské inženýry a technology. Plzeň: ŠKOLA WELDING s.r.o., 2011. Kapitola 2, Technologie svařování a zařízení.
- [16] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu I. 2.*, opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, c2003. ISBN 80-7204-283-1.
- [17] KOLEKTIV AUTORŮ. Učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2001. Kapitola 1, Materiály a jejich svařitelnost.
- [18] NOVOTNÝ, J., ŠANOVEC, J., BEDNÁŘ, B., KREIBICH, V. Technologie I. Praha: ČVUT, 2006. ISBN 80-01-02351-6
- [19] CHVÁLA, B., MATIČKA, R., TALÁCKO, J. Průmyslové roboty a manipulátory. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00361-X [20]
- [20] EASB Zváranie a rezanie : Zváranie TIG [online]. 2006 [cit. 2009-03-27].
Dostupný z WWW: <http://www.esab-slovakia.sk/sk/sk/index.cfm>
- [21] Cesty zvýšení produktivity svařování pod tavidlem – projekt ICE [online]. 2012 [cit. 2012-07-12]. Dostupný z WWW: <http://www.konstrukce.cz/clanek/cesty-zvyseni-produktivity-svarovani-pod-tavidlem-projekt-ice/>
- [22] Plazma - mikroplazmové svařování, středněplazmové svařování [online]. 2013 [cit. 2013-05-28]. Dostupný z WWW: <http://www.schinkmann.cz/plazma-1>
- [23] Svarinfo [online]. 2005 [cit. 2005-01-08].
Dostupný z WWW: <https://www.svarbazar.cz/phprs/index.php>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

LOS	Light Observer System
BVP	Bojové vozidlo pěchoty
AČR	Armáda České Republiky
VTÚVM	Vojenský technický ústav výzbroje a munice
PzK LOS	Průzkumný komplet LOS
IPzS	Integrovaný průzkumný systém
MP	Manipulátor polohy
MS	Manipulátor směru
IPO	Integrované pracoviště operátora
PT	Přenosová trasa
SH	Senzorická hlava
TTP	Technicko-taktické požadavky
CCD	Charge-Coupled Device
IČ	Infračervená
IR ZS	Infrazobrazující systémy
A_0	Plocha objektivu optické soustavy
r	Vzdálenost předmětu
I	Zářivost bodového izotropního zdroje
L	Měrná zářivost plošného zdroje
A_{det}	Plocha detektoru
z	Vzdálenost v látce
I_0	Intenzita světla při vstupu do látky
a	Součinitel absorpce
Ar	Argon

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Jednotlivé části manipulátoru polohy [1]	14
<i>Obr. 2</i> Manipulátor směru MST-01 [1]	16
<i>Obr. 3</i> Termovizní kamera LIRC 640	17
<i>Obr. 4</i> TV kamera HK 170 [1]	18
<i>Obr. 5</i> TV kamera Merlin 2 [1]	19
<i>Obr. 6</i> Laserový dálkoměr LDM 38 [1]	20
<i>Obr. 7</i> Laserový značkovač [1]	21
<i>Obr. 8</i> Spektrální zářivost noční oblohy a rel. odrazivost různých mat. [3]	22
<i>Obr. 9</i> Princip expozice obrazu CCD senzoru [5]	24
<i>Obr. 10</i> Princip snímání obrazu [5]	25
<i>Obr. 11</i> Nejpoužívanější rozměry maticových CCD prvků [6]	26
<i>Obr. 12</i> CCD senzor typu Full Frame [7]	26
<i>Obr. 13</i> CCD senzor typu Frame Transfer [7]	27
<i>Obr. 14</i> CCD senzor typu Interline Transfer (Interlaced Read) [7]	27
<i>Obr. 15</i> CCD senzor typu Interline Transfer (Progressive Read) [7]	28
<i>Obr. 16</i> Bayerova maska barevných filtrů [7]	28
<i>Obr. 17</i> 2 druhy barevných filtrů Bayerovy masky [5]	29
<i>Obr. 18</i> Interpolace barev [5]	29
<i>Obr. 19</i> Obecné schéma procesu zobrazení pomocí infračerveného záření [10]	30
<i>Obr. 20</i> Transparence atmosférické vrstvy těsně nad hladinou moře [10]	32
<i>Obr. 21</i> Chladič - principu Stirlingova cyklu	34
<i>Obr. 22</i> Chladič - principu Joule-Thomsonova cyklu	34
<i>Obr. 23</i> Termoelektrický chladič	34
<i>Obr. 24</i> Absorpce energie [14]	35
<i>Obr. 25</i> Spontánní emise [14]	36
<i>Obr. 26</i> Stimulovaná emise [14]	38
<i>Obr. 27</i> Metoda TIG [20]	42
<i>Obr. 28</i> Svařování pod tavidlem [21]	42
<i>Obr. 29</i> Svařování plazmou s přídavným materiálem [22]	43
<i>Obr. 30</i> Svařování tlakem za studena [19]	45
<i>Obr. 31</i> Svařování ultrazvukem [19]	45
<i>Obr. 32</i> Tupý svar [23]	46

<i>Obr. 33 Koutový svar [23]</i>	46
<i>Obr. 34 Polohy svařování podle ČSN EN ISO 6947 [23]</i>	47
<i>Obr. 35 Model původní sensorické hlavy</i>	51
<i>Obr. 36 Model manipulátoru směru MST-01</i>	52
<i>Obr. 37 Vozidlo BVP s prostorem pro sensorickou hlavu</i>	52
<i>Obr. 38 Detail a rozměry vany pro sensorickou hlavu</i>	53
<i>Obr. 39 Model INU Talin 3000</i>	53
<i>Obr. 40 Model kamery LIRC 640</i>	54
<i>Obr. 41 Laserový značkovač s tubusem</i>	54
<i>Obr. 42 Model laserového dálkoměru</i>	54
<i>Obr. 43 Kabeláž sensorické hlavy</i>	55
<i>Obr. 44 Pouzdro kamery – Merlin 2</i>	56
<i>Obr. 45 Přední čelo – Merlin 2</i>	57
<i>Obr. 46 Zadní čelo – Merlin 2</i>	58
<i>Obr. 47 Zadní krytka – Merlin 2</i>	58
<i>Obr. 48 Kuželový kolík – Merlin 2</i>	59
<i>Obr. 49 Objektiv MEOMIL – HK 170</i>	60
<i>Obr. 50 Příruba – HK 170</i>	60
<i>Obr. 51 Zadní kryt – HK 170</i>	61
<i>Obr. 52 Pohled na pravou a levou bočnici v sestavě</i>	62
<i>Obr. 53 Uchycení levé bočnice</i>	63
<i>Obr. 54 Prostor pro kabeláž na levé bočnici</i>	63
<i>Obr. 55 Krytí prostoru kabeláže</i>	64
<i>Obr. 56 Díry pro výztuhy – levá bočnice</i>	64
<i>Obr. 57 Pozice vybrání a děr se závitem</i>	65
<i>Obr. 58 Rektifikační prvky na levé bočnici</i>	65
<i>Obr. 59 Příruba a uchycení desky na manipulátor</i>	66
<i>Obr. 60 Díry pro výztuhy – pravá bočnice</i>	66
<i>Obr. 61 Odsazení na pravé bočnici</i>	67
<i>Obr. 62 Rektifikační prvky na pravé bočnici</i>	67
<i>Obr. 63 Výztuhy</i>	68
<i>Obr. 64 Uchycení výztuh</i>	68
<i>Obr. 65 Úhel natočení manipulátoru</i>	69

<i>Obr. 66 Levá dosedací deska</i>	70
<i>Obr. 67 Pravá dosedací deska</i>	70
<i>Obr. 68 Držáky kamery LIRC 640</i>	71
<i>Obr. 69 Držáky kamery HK 170</i>	72
<i>Obr. 70 Držáky LDM 38</i>	73
<i>Obr. 71 Přední uchycovací deska</i>	74
<i>Obr. 72 Boční uchycovací deska</i>	74
<i>Obr. 73 Zadní uchycovací deska</i>	75
<i>Obr. 74 Držák laserového značkovače</i>	75
<i>Obr. 75 Popis rektifikačního mechanismu</i>	76
<i>Obr. 76 Střecha sensorické hlavy</i>	77
<i>Obr. 77 Víko střechy</i>	78
<i>Obr. 78 Příčná výztuha</i>	78
<i>Obr. 79 Podélná výztuha</i>	78
<i>Obr. 80 Clona kamery Merlin 2</i>	79
<i>Obr. 81 Clona kamery HK 170</i>	80
<i>Obr. 82 Clona kamery LIRC 640</i>	80
<i>Obr. 83 Rozmístění senzorů</i>	81
<i>Obr. 84 Rektifikační terč</i>	82
<i>Obr. 85 Rektifikační šrouby</i>	83
<i>Obr. 86 Okno softwaru rektifikace</i>	83
<i>Obr. 87 Rektifikace TV kamery HK 170</i>	85

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Tabulka základních parametrů MST-01	16
Tab. 2 Tabulka základních parametrů LIRC 640	18
Tab. 3 Tabulka základních parametrů HK 170	19
Tab. 4 Tabulka základních parametrů Merlin 2	20
Tab. 5 Tabulka základních parametrů LDM 38	20
Tab. 6 Tabulka základních parametrů značkovače	21

SEZNAM PŘÍLOH

PI Seznam přiložené výkresové dokumentace sestav

PII CD disk obsahující: diplomovou práci

výkresy sestav

PŘÍLOHA PI: SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE SESTAV

Název výkresu	Číslo výkresu
Senzorická hlava	1212-01.00.00.00-00
Sestava manipulátoru směru	1212-01.01.00.00-00
Střecha sensorické hlavy	1212-01.02.00.00-00