

Návrh polohovacího zařízení pro VKS

Bc. Martin Řezníček

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin ŘEZNÍČEK**

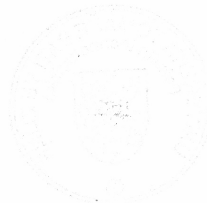
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Téma práce: **Návrh polohovacího zařízení pro VKS**

Zásady pro vypracování:

- 1) Provedte popis možností využití vysokorychlostního kamerového systému
- 2) Provedte rozbor techniky snímání z hlediska možných chyb měření
- 3) Navrhněte polohovací zařízení omezující vzniklé chyby při snímání
- 4) Zařízení realizujte



Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**PATA, Vladimír. Vysokorychlostní kamerové systémy. 1. vyd. Brno : AKADEMICKÉ
NAKLADATELSTVÍ CERM, 2006. 95 s. ISBN 80-7204-480-X.**

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Vladimír Pata**
Ústav výrobního inženýrství

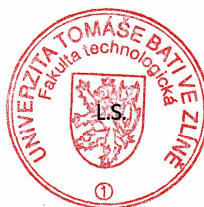
Datum zadání diplomové práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2010**

Ve Zlíně dne 20. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

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, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně dne 10.5.2010

.....

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 nevýdělečně 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 požít 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 přihlídnou k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na možnosti využití vysokorychlostního kamerového systému e-Speed 2 firmy Olympus, jeho možnostmi snímání a nastavení. Dále je zde řešena problematika možných chyb a nejistot měření, které mohou mít vliv na výsledky měření. V praktické části se zabývá konstrukcí polohovacího zařízení pro zmenšení sinovo-cosinovi chyby, jež vzniká nepřesným ustavením kamery vůči snímanému předmětu.

Klíčová slova: kamera, polohovací zařízení, laser

ABSTRACT

This thesis is focused on combining high-speed camera system, e-Speed 2 Olympus, its shooting options and settings. Then the issue of possible measurement errors and uncertainties that may affect the measurement results is addressed. The practical part deals with the pointing device which is designed to reduce the sine-cosinovy errors arising from the imprecise positioning of the camera with respect to the captured subject.

Keywords: camera, pointing device, laser

Děkuji mému vedoucímu diplomové práce doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi, za odborné vedení a ochotu, kterou mi věnoval při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat inženýru Šálkovi za pomoc při realizaci polohovacího zařízení.


„Nesouhlasím s Vámi, ale až do smrti budu hájit Vaše právo říkat to.“

Francois Voltaire

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

.

Ve Zlíně dne 10.5.2010



.....

Podpis diplomanta .

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 MOŽNOSTI VYUŽITÍ VYSOKORYCHLOSTNÍHO KAMEROVÉHO SYSTÉMU OLYMPUS E-SPEED 2.....	13
1.1 TECHNICKÁ DATA	13
1.2 POPIS	13
1.2.1 Upínací část	13
1.2.2 Stativ	14
1.2.3 Světelný zdroj	15
1.2.4 Popis vstupních, výstupních a ovládacích konektorů.....	16
1.3 MOŽNOSTI OVLÁDÁNÍ	16
1.3.1 Ovládání přes ovladač displeje (CDU)	16
1.3.2 Ovládání přes dálkové ovládání	17
1.3.3 Ovládání přes PC	18
1.4 MOŽNOSTI VSTUPŮ.....	19
1.4.1 Ovládací konektor.....	19
1.4.2 Konektor rozšiřující funkci.....	19
1.4.3 Ethernetový konektor	20
1.5 MOŽNOSTI VÝSTUPŮ.....	20
1.5.1 Konektor SVGA.....	20
1.5.2 BNC konektor kompozitního videa	20
1.5.3 PCMCIA slot	20
1.6 SESTAVY VKS	20
1.6.1 Sestava Spínače spouště.....	21
1.6.2 Synchronizace kamer	21
1.6.3 Uživatelská sestava	22
1.7 VYSVĚTLENÍ POJMŮ	23
1.7.1 Rozlišení, délka a velikost záznamu	23
1.7.2 Vnitřní kruhová paměť	23
1.7.3 Spoušť	23
1.7.4 Osvětlení.....	25
1.7.5 Doba integrace.....	25
1.7.6 Elektronická závěrka (Shutter).....	26
1.7.7 Nastavení zaostření	26
1.8 PŘÍPRAVA SNÍMÁNÍ	26
2 MOŽNÉ CHYBY MĚŘENÍ	28
2.1 TERMINOLOGIE	28
2.1.1 Přesnost měření.....	28
2.1.2 Rozlišitelnost (indikačního zařízení)	28
2.1.3 Opakovatelnost	28
2.1.4 Reprodukovatelnost	28

2.1.5	Pravá hodnota.....	29
2.1.6	Konvenčně pravá hodnota.....	29
2.1.7	Měření.....	29
2.1.8	Odlehlá hodnota.....	29
2.2	ABSOLUTNÍ CHYBA MĚŘENÍ.....	29
2.3	RELATIVNÍ CHYBA MĚŘENÍ.....	30
2.4	NÁHODNÁ CHYBA.....	30
2.5	SYSTEMATICKÁ CHYBA.....	30
2.6	CHYBA 1.ŘÁDU.....	30
2.7	CHYBA 2.ŘÁDU.....	31
2.8	PARALAKČNÍ CHYBA.....	32
3	NEJISTOTA MĚŘENÍ.....	34
3.1	STANDARDNÍ NEJISTOTA TYPU A.....	34
3.2	STANDARDNÍ NEJISTOTA TYPU B.....	34
3.2.1	Standardní nejistota Typu B – Chyba měřidla.....	34
3.2.2	Standardní nejistota Typu B – Chyba metrologa.....	35
3.3	KOMBINOVANÁ STANDARDNÍ NEJISTOTA.....	35
3.4	ROZŠÍŘENÁ STANDARDNÍ NEJISTOTA.....	35
4	LASERY.....	37
4.1	ROZDĚLENÍ LASERŮ.....	37
4.1.1	Lasery využívající pevné látky.....	37
4.1.2	Lasery kapalinové.....	37
4.1.3	Lasery plynové.....	37
4.2	MĚŘENÍ VZDÁLENOSTÍ LASEREM.....	38
4.2.1	Interference konstruktivní.....	39
4.2.2	Interference destruktivní.....	39
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	40
5	NÁVRHY ŘEŠENÍ.....	41
5.1	NÁVRH I. ŘEŠENÍ.....	41
5.2	NÁVRH II. ŘEŠENÍ.....	42
5.3	NÁVRH III. ŘEŠENÍ.....	42
5.4	VÝBĚR NÁVRHU.....	43
6	CELKOVÁ SESTAVA POLOHOVACÍHO ZAŘÍZENÍ.....	44
6.1	LASER DLE70.....	44
6.2	LIBELA.....	45
6.3	CELKOVÁ KONCEPCE.....	46
6.4	ÚPRAVA CELKOVÉ KONCEPCE.....	47
6.4.1	Pryžové podložky.....	47

6.5	SROVNÁNÍ SOUČASNÉ A NAVRŽENÉ POLOHOVACÍ HLAVY	48
7	NASTAVENÍ KAMERY A LASERU	49
7.1	HRUBÉ NASTAVENÍ.....	49
7.2	PŘESNÉ NASTAVENÍ.....	49
ZÁVĚR	51	
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52	
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53	
SEZNAM OBRÁZKŮ	55	
SEZNAM TABULEK	57	
SEZNAM PŘÍLOH	58	

ÚVOD

V dnešní moderní době, kdy je kladen důraz na zkrácení vedlejších časů při jednotlivých operacích, je čím dál tím těžší najít slabá místa. Pro tyto velmi rychlé děje se používají vysokorychlostní kamerové systémy (dále jen VKS). Studie takto pořízených záznamů nám umožňuje přesnou kontrolu jednotlivých pohybů.

VKS našli své uplatnění nejen ve výrobních procesech, ale i v řadě dalších oborech např. crash-testech - studie deformace karoserie a vystřelení airbecků, leteckém - deformační zkoušky jednotlivých částí nebo celků, balistickém - zkoumání střel a jejich účinků.

Řada těchto zkoušek představuje nemalé investice na provedení jedné takové zkoušky. Proto je nutné připravit nejen scénu, ale i kamerový systém tak, abychom z minimálního počtu zkoušek získali maximum informací k ideálnímu vyhodnocení, což není možné bez přesného ustavení kamery.

V současné době je řada stativů a polohovacích hlav od různých výrobců. Tyto hlavy nám umožňují množství polohovacích nastavení a kontrolních libel pro ustavení ve vodorovném nebo svislé směru vůči zemi. Jestliže se ale objekt nachází v jiné poloze, může po tomto ustavení vzniknout sinovo-cosinova chyba a tím značně ovlivnit výsledky měření. Z tohoto důvodu je konstruované polohovací zařízení, díky němuž dosáhneme kolmého pohledu na snímanou rovinu, která může být v libovolné poloze, čímž dojde k eliminaci sinovo-cosinovy chyby. Použití navrhovaného polohovacího zařízení bude mít vliv především na výslednou nejistotu měření.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MOŽNOSTI VYUŽITÍ VYSOKORYCHLOSTNÍHO KAMEROVÉHO SYSTÉMU OLYMPUS E-SPEED 2

1.1 Technická data

VKS Olympus e-Speed 2 umožňuje pořízení 1000 fps v plném rozlišení 800x600. Maximální rychlost snímání činí 33 000 fps při rozlišení 96 x 72 obrazových bodů. Nahrávané snímky si můžeme prohlédnout černobíle. Zařízení disponuje rozšiřitelnou pamětí 2GB a 4GB. Z minimálních požadavků na PC jmenujme Windows 2000, procesor 2GHz, 512MB operační paměti, 20Gb hard disk.[4]

1.2 Popis

VKS je kompaktní konstrukce o rozměrech 100mm x 98 mm x 264 mm (š x v x d) a hmotnosti 2 kg. K upevnění objektivu je použito standardního držáku C-mount. Ve spodní části umožňuje pevné upnutí na stativ. V zadní části je pak umístěn panel s možností připojení vstupního, výstupního a ovládacího příslušenství. [1]



Obr. 1. VKS Olympus e-Speed 2

1.2.1 Upínací část

Pro upnutí na stativ je kamera osazena závity 1/4" Whitworth. Dle rozmístění je možno použít jeden centrální závit nebo obdélníkového uspořádání o rozměrech 100mm x 60mm.



Obr. 2. Možnosti upnutí kamery

1.2.2 Stativ

Celkové ustavení kamery je možné přes stativ, který je vybaven třemi stavitelnými nohama a centrální vysouvací tyčí, za jejichž pomocí je možné kameru nastavit ve svislém směru. Na hlavici centrální tyče je upínací šroub s Metrickým závitem a kruhovou dosedací částí.



Obr. 3. Stativ



Obr. 4. Stativ – detail

1.2.3 Světelný zdroj

Jako světelný zdroj je možné použít produkt ILP-1 od firmy Olympus. Tento světelný zdroj disponuje výkonem 120W. Intenzitu světla je možno regulovat podle potřeby. Pro optimální nasvícení scény je použit optický kabel ukončený světelným koncentrátorem, který umožňuje přesné nasměrování světla.

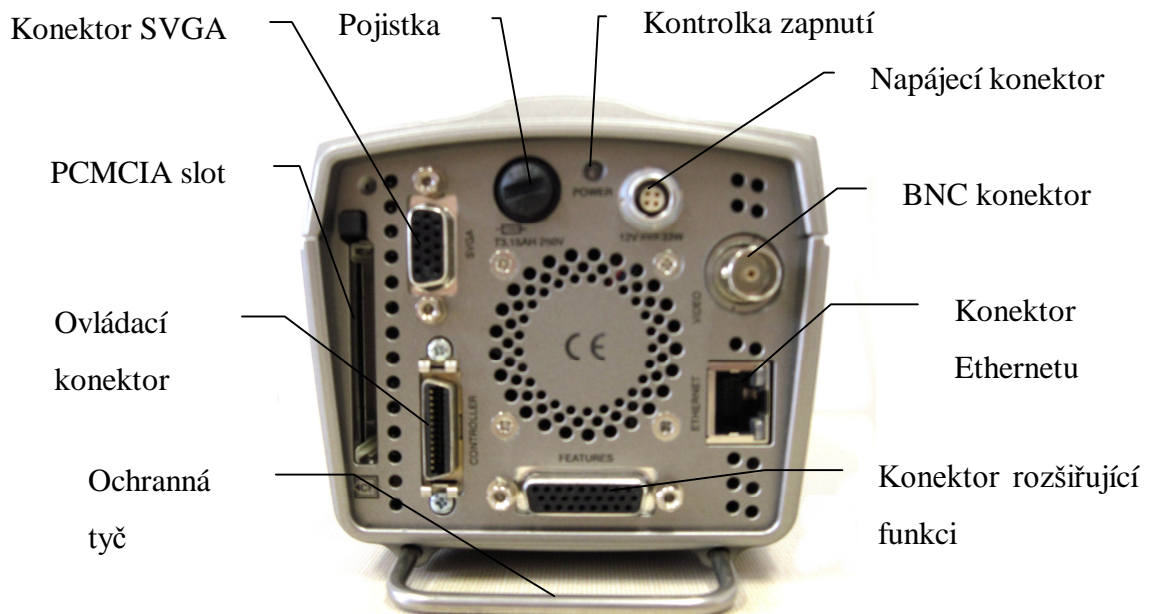


Obr. 5. Olympus ILP-1



Obr. 6. Optický kabel a koncentrátor

1.2.4 Popis vstupních, výstupních a ovládacích konektorů



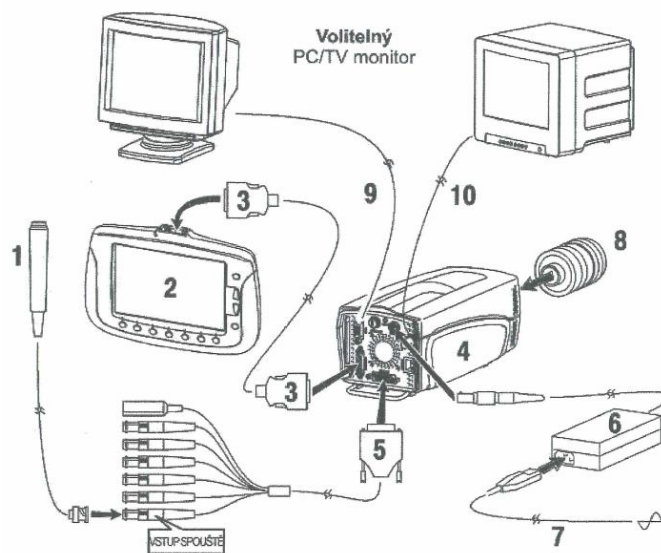
Obr. 7. Popis zadní části kamery

1.3 Možnosti ovládání

Kamera umožňuje celkem tři různé způsoby nastavení a ovládání. Tyto možnosti mají v praxi každá své využití.

1.3.1 Ovládání přes ovladač displeje (CDU)

Najde své uplatnění především při pořizování záznamu. Na CDU displeji se zobrazuje jak snímáný záznam, tak možnosti nastavení a ovládání kamery. Tento způsob ovládání je jednoduchý a velice mobilní. Zobrazené snímky jsou ale malé a nedají se optimálně vyhodnotit na malém displeji. [1]

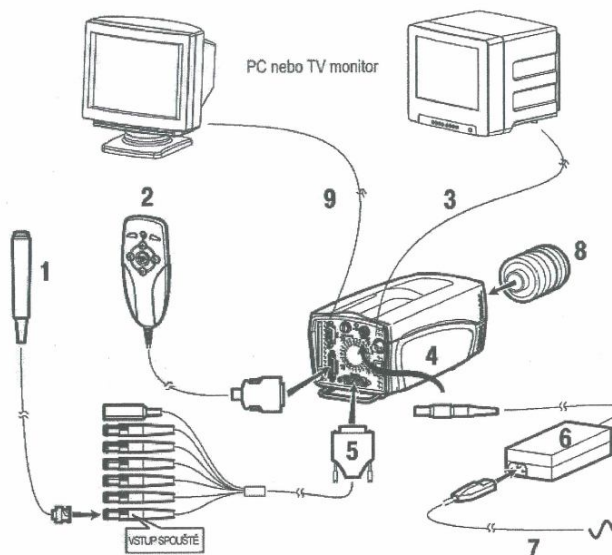


Obr. 8. Zapojení pomocí CDU displeje [1, str. 20]

Nastavení kamery (4) se provádí přes CDU displej (2), který je propojen kabelem (3) do ovládacího konektoru. Zobrazení záznamu je možné buď přes SVGA kabel (9) nebo BNC kabel (10). Samotný start záznamu se provádí za pomoci spínače spouště (1), jež je redukován Konektorem rozšiřující funkce (5). Sítové napětí (7) je regulováno Napájecím zdrojem (6) na 12V. Pro správné zaostření se použije vhodný objektiv (8). [1]

1.3.2 Ovládání přes dálkové ovládání

Tento způsob zapojení je náročnější jak na příslušenství tak i na prostor. Výhodou je možnost použití velkých LCD obrazovek, které nám záznam zobrazují ve vysoké kvalitě. Již během měření je možno provádět rozbor výsledků. [1]



Obr. 9. Zapojení pomocí RCP [1, str. 21]

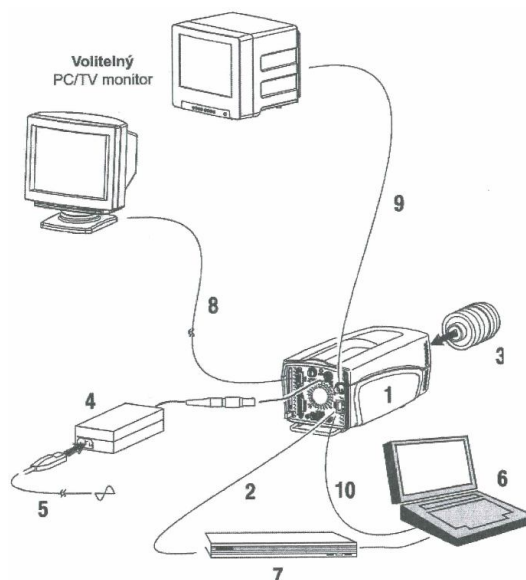
Ovládání pře dálkové ovládání RCP je realizováno podobným způsobem, jen s rozdílem připojení dálkového ovládání (2) místo CDU displeje. V tomto případě se uživatelské rozhraní zobrazuje přes SVGA kabel (9) nebo BNC kabel (3). [1]



Obr. 10. Dálkové ovládání

1.3.3 Ovládání přes PC

Propojením kamery s počítačem umožňuje okamžité a přesné vyhodnocení výsledků, na místě, kde je prováděno měření, je zde ovšem větší požadavek na prostor. [1]



Obr. 11. Ovládání pomocí PC [1, str. 22]

Počítač (6) je možné propojit s kamerou (1) kříženým Ethernetovým kabelem (10) nebo přímým Ethernetovým kabelem (2) za použití síťového rozbočovače (7). Při tomto zapojení je možno kabely 8 a 9 použít pro pouhé zobrazení záznamu. [1]

1.4 Možnosti vstupů

Za možné vstupy VKS můžeme označit jak jednoúčelový napájecí vstup, tak i více funkční Konektor rozšiřující funkci, Ethernetový a Ovládací konektor. Pro další práci se záznamem lze nahraná data také uložit na kartu umístěnou v PCMCIA slotu. [1]

1.4.1 Ovládací konektor

Tento konektor umožňuje jak jednostrannou komunikaci z RCP jednotky do kamery o stisknutých tlačítkách, tak i obousměrnou komunikaci mezi kamerou a CDU jednotkou, která je napájena z kamery. Z CDU jednotky jdou informace o volených funkcích a z kamery video signál. [1]

1.4.2 Konektor rozšiřující funkci

Pro maximální využití místa a tím miniaturizace kamery, obsahuje Konektor rozšiřující funkci řadu možností, které jsou pak rozděleny použitím příslušného kabelu. Tento kabel má na jedné straně univerzální pro připojení do kamery. Na druhé straně je celkem sedm konekterů, tři páry a jedna samostatná konekterka. Samostatná konekterka slouží jako S-VIDEO

výstup. První pár koncovek se používá na synchronizaci začátku a konce záznamu více kamer, druhý pár se používá pro synchronizaci nastavení více kamer. Poslední dva vstupy lze použít pro dva nezávislé externí signály v rozmezí 0-5V. [1]

1.4.3 Ethernetový konektor

Je síťový konektor RJ45, který umožňuje obousměrnou komunikaci kamery s počítačem. Tato koncovka umožňuje komunikaci jak normou Ethernet 10-T, tak normou Ethernet 100-T. Pro lepší práci a komunikaci obou zařízení se doporučuje využití sítě Ethernet 100-T. [1]

1.5 Možnosti výstupů

K pouhému zobrazení záznamu slouží jak konektor SVGA, tak i BNC konektor kompozitního videa. Jako datový výstup lze použít PCMCIA slot pro adaptér Compact Flash. [1]

1.5.1 Konektor SVGA

Tato možnost výstupu se používá pro nejlepší možné zobrazení živého obrazu z kamery. Přenos signálu je realizován přes 15kolíkový D-sub konektor. Při použití CDU jednotky je obraz na ni dublován na SVGA výstup. [1]

1.5.2 BNC konektor kompozitního videa

Umožňuje zobrazení záznamu jak v kompozitním signálu PAL, tak možnost přepnutí do režimu NTSC pro video monitor. [1]

1.5.3 PCMCIA slot

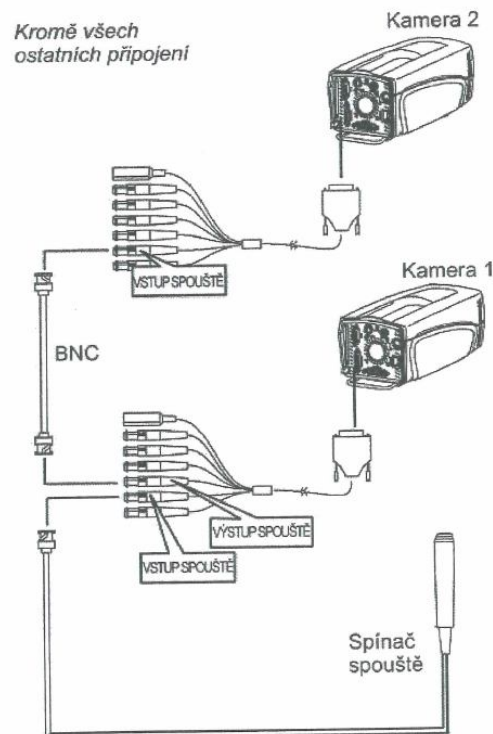
Pro slot lze použít standartu ATA FLASCH (3,3 nebo 5V). Při požadavcích na větší kapacitu paměťového média se doporučuje použít karty Compact Flach a PCMCIA adaptéru. [1]

1.6 Sestavy VKS

Vysokorychlostní kamerový systém Olympus e-Speed 2 disponuje řadou možností záznamu videa. Při snímání jedinečných a často finančně náročných dějích, je snaha snímat scénu z různých úhlů, vzdálenostech a nastavení kamer. Pro tento účel se používají sestavy VKS.

1.6.1 Sestava Spínače spouště

Pro jednotný začátek a konec záznamu více kamer se používá BNC kabel zapojený přes redukční kabel do ovládacího konektoru. Propojení je křížené, výstup jedné kamery jde na vstup druhé kamery. Počáteční impuls o šířce 1 mikrosekundy je realizován na vstupním konektoru první kamery. [1]



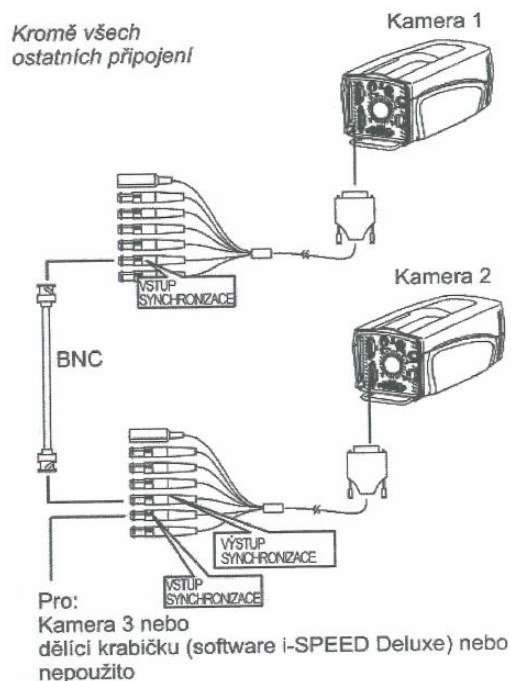
Obr. 12. Sestava Spínače spouště [1, str. 10]



Obr. 13. Spínač spouště

1.6.2 Synchronizace kamer

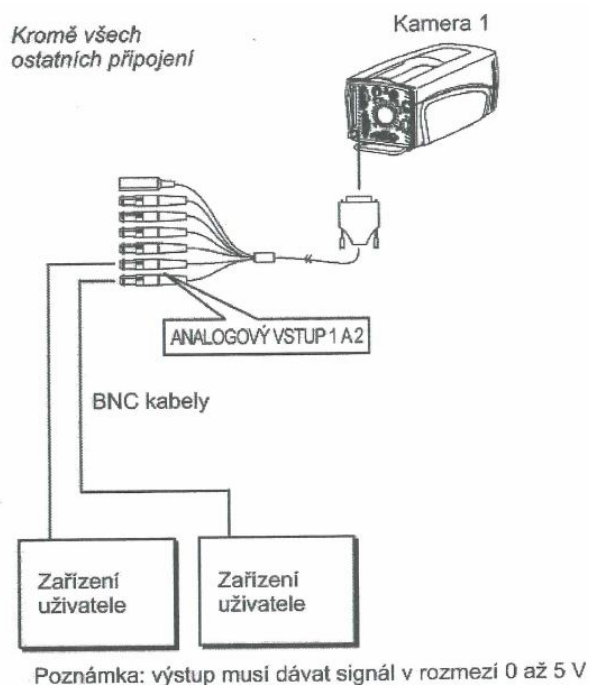
Při nutnosti pořizování více snímků v jeden okamžik ($\pm 25\text{ns}$) se výstup synchronizace jedné kamery propojí se vstupem synchronizace druhé kamery. [1]



Obr. 14. Synchronizace kamer [1, str. 11]

1.6.3 Uživatelská sestava

Používá se zavedení až dvou analogových signálů do záznamu. Signály lze pak podle potřeby zobrazit na PC nebo CDU jednotce. Čítač signálů lze nastavit v rozmezí 1 až 100 vzorků dat na jeden snímek. [1]



Obr. 15. Uživatelská sestava [1, str. 12]

1.7 Vysvětlení pojmů

1.7.1 Rozlišení, délka a velikost záznamu

Snímač CMOS, kterým je vysokorychlostní kamera osazena, je limitován počtem zpracovávaných obrazových bodů o rozlišení 800x600 a rychlosti snímání 1000 fps. Při vyšších rychlostech snímání by byla hodnota zpracovávaných obrazových bodů překročena, proto je používá funkce označována jako Výřez. Funkcí Výřez se aktivní plocha snímače zmenší a tím i klesne počet zpracovávaných obrazových bodů. Při nejvyšší rychlosti snímání 33 000 snímků za sekundu je tak aktivní plocha snímače zmenšena z rozlišení 800 x 600 na rozlišení 96 x 72. [1]

Elektronická paměť kamery je přesně dána (standardně 2GB) a počítá se na počet uložených snímků při plném rozlišení a rychlosti snímání 1000 fps. Při nastavení menší rychlosti snímání se nám doba záznamu prodlužuje. Za stejný časový interval bude pořízen menší počet snímků. U vyšších rychlostí snímání jako 1000 fps se nám doba záznamu nebude nijak zvláště měnit, protože větší počet snímků bude kompenzován jejichmi rozměry. [1]

Vysokorychlostní děje mohou být orientovány v různých směrech (v svislé, vodové). Velikost snímaného děje ale nemusí zaujímat celý obraz, a tak nám mohou vznikat hluchá místa, která nemají pro další práci se záznamem větší význam. Tato hluchá místa nám ovšem zabírají paměť a tím zkracují délku záznamu. Z toho důvodu je kamera vybavena řadou režimů, které umožňují širokoúhlý režim, výškový režim a čtvercový režim. Každý z režimů provádí ořezání okrajů snímané plochy v daném směru. [1]

1.7.2 Vnitřní kruhová paměť

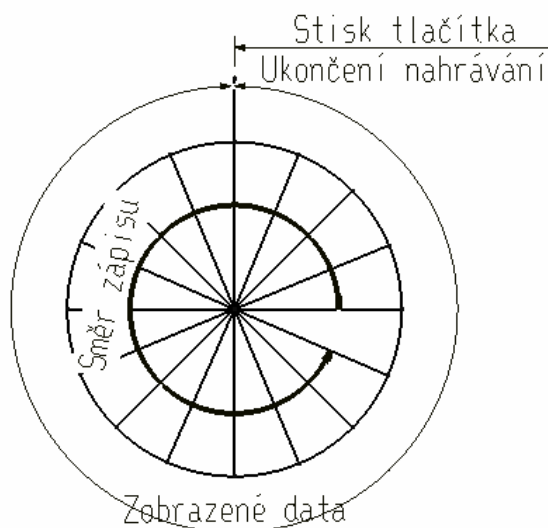
Během záznamu jsou data zapisována na kruhovou paměť, která je neustále přepisována novými daty. Nejstarší snímky jsou přepisovány nejnovějšími. Tento způsob řešení nazýváme "kruhová vyrovnávací paměť". [1]

1.7.3 Spoušť

Délka záznamu vysokorychlostního děje je dána velikostí vnitřní kruhové paměti. V okamžik zastavení záznamu je nutno zajistit, aby požadovaná data byla nahrána na kru-

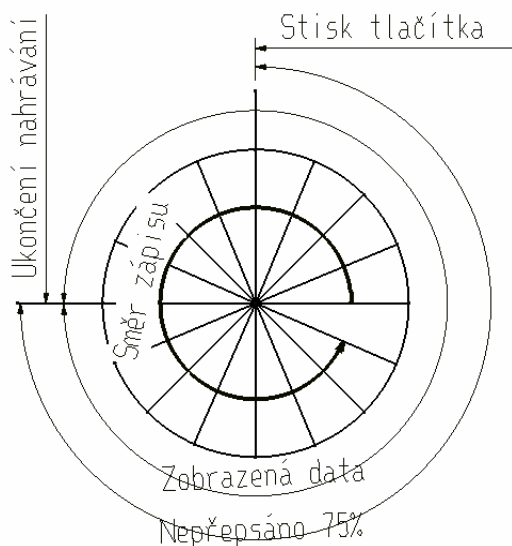
hové paměti a nebyla přepsána novějšími daty. Proto je možno zastavení záznamu provést dvěma způsoby. [1]

Prvním způsobem je nastavení, kdy dojde k ukončení nahrávání v okamžik stisknutí tlačítka v menu. V paměti zůstanou uchována data před stisknutím toho tlačítka. [1]



Obr. 16. Princip okamžitého zastavení

Druhým způsobem je využití vnějšího elektrického signálu. Po přijetí signálu se začne odpočítávat nastavená velikost paměti v procentech, která se nemá z kruhové paměti přepsat. Při nastavení 0% odpovídá první snímek snímku při signálu, při nastavení 100% odpovídá poslední snímek snímku při signálu. Na Obr. 17. je vidět nastavení 75%. [1]



Obr. 17. 75% nepřepsání záznamu

Vzhledem k charakteristice signálu lze kameru Olympus i-SPEED nastavit na dva režimy. Aby reagovala buď na vzestupnou nebo sestupnou hranu signálu. Nadstavbové režimy toho způsobu snímání jsou označovány jako ROC (Record On Command) a BROCC (Burst Record On Command). Při zapnuté funkci ROC je videozáznam pořizován jen po dobu signálu. Lze nahrát více krátkých záznamů. U funkce BROCC je záznam prováděn po předem definované dobu v okamžiku přijetí signálu. Velikost, průběh a délka signálu v tomto případě nehrají roli. [1]

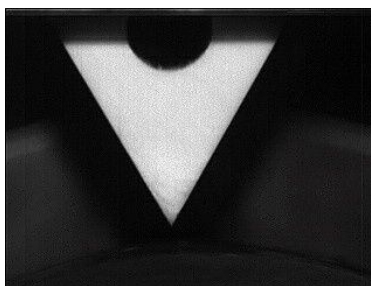
U režimů snímání ROC nebo BROCC je vypnuto kruhové nahrávání záznamu do paměti. Zaplněná paměť je signalizována pruhem a nahrávání je zastaveno. Nahrané videosekvence je možno vymazat jednotlivě, při nechtěném stisknutí tlačítka, nebo všechny najednou. [1]

1.7.4 Osvětlení

Při použití elektronické uzávěrky nám klesá množství světla dopadající na povrch snímače a tím dochází ke ztmavení záznamu. Tento nežádoucí jev je nutné eliminovat přesvícením natáčené scény tak, aby byly natáčené objekty dostatečně viditelné pro další zpracování videosekvencí. Při pořizování záběrů v interiéru je potřeba přídavné osvětlení o výkonu 500 až 2000W. Tento výkon je ale třeba správně usměrnit na místo, kde je prováděn záznam. Pro tyto účely se používají speciální světelné zdroje, které mají dostatečný výkon a kompaktnost. [1]



Scéna přesvícená



Scéna optimálně nasvícená



Scéna nedostatečně osvícená

Obr. 18. Nasvícení scény

1.7.5 Doba integrace

Je doba, po kterou se shromažďuje světlo na CMOS snímači. Jinak se jí také říká "expoziční doba", "čas závěrky". [1]

1.7.6 Elektronická závěrka (Shutter)

Elektronická závěrka je funkce sloužící především k eliminaci rozmazaného obrazu. U velmi rychlých dějů se může objekt i během jednoho snímku pohybovat natolik rychle, že dojde k jeho rozmazání. Pro lepší zachycení obrysů se používá elektronická závěrka, která nám daný snímek ještě rozdělí na kratší časové úseky, jež jsou poté zaznamenávány. [1]

Doba integrace ve snímači pro 10 000 fps a Shutter 1x

$$\frac{1}{10000} = 0,0001s = 0,1ms \quad [1]$$

Doba integrace ve snímači pro 10 000 fps a Shutter 20x

$$\frac{1}{\frac{10000}{20}} = 0,000005s = 0,005ms = 5\mu s \quad [2]$$

1.7.7 Nastavení zaostření

Kamera je opatřena držákem objektivů C-mount. Správný objektiv je nutné vybírat vždy k daným podmínkám snímání. Pro širokoúhlé scény se volí objektivy s malou ohniskovou vzdáleností. Makro objektivy jsou navrženy s malou ohniskovou vzdáleností tak, aby bylo možné snímanou scénu zvětšit. Pro běžné scény jsou zvoleny objektivy s větší ohniskovou vzdáleností, jejichž zorný úhel a perspektiva se blíží lidskému zraku. [1]



Obr. 19. Objektivy

1.8 Příprava snímání

Snímanou scénu si připravíme tak, že si ve vhodné vzdálenosti a poloze připravíme místo pro postavení stativu. Na stativ se připevní VKS a nastaví se tak, aby nám zabíral nahrávaný

objekt. Ke kameře se připojí další příslušenství, které budeme potřebovat (spouštěč, Dálkové ovládání, CDU displej...) Kamera se zapne a zkontroluje, zda je správně nasměrována a zaostřena. V softwaru kamery provedeme nastavení způsobu snímání (počet snímků, Shutter...) Zkontrolujeme správnost nasvícení scény a objektu, popřípadě provedeme dosvícení. Při ustavování kamery musíme brát na zřetel úhel snímání, který by měl být 90°. Tak, aby byly zaručeny nezkreslené záznamy. Pro pozdější odečítání vzdálenosti je nutné si ještě zvolit v záběru etanol, u kterého známe rozměry, jež použijeme pro pozdější kalibraci rozměrů na obrazovce. [1]

2 MOŽNÉ CHYBY MĚŘENÍ

2.1 Terminologie

V praxi jsou zavedené pojmy, které se používají, aby se zamezilo nedorozumění a nejasností při komunikaci. Tyto termíny jsou definovány.

2.1.1 Přesnost měření

Těsnost shody mezi výsledkem měření a (konvenčně) pravou hodnotou měřené veličiny. Přesnost je kvalitativní pojem a nedá se přímo kvantifikovat. Při hodnocení jakosti konkrétního měřidla nás zajímá přesnost měřidla, která je definována pro určité konstantní podmínky (vnější prostředí - teplota, tlak, vlhkost, časový gradient teploty atd.), včetně kvalifikace pozorovatele. [2, str. 5]

2.1.2 Rozlišitelnost (indikačního zařízení)

Je kvantitativní vyjádření způsobilosti indikačního zařízení rozlišit velmi blízké hodnoty indikované veličiny. Rozlišitelnost je interpretována například jako hodnota jednoho dílku stupnice. [2, str. 5]

2.1.3 Opakovatelnost

Opakovatelnost (výsledků měření) je těsnost shody mezi výsledky po sobě následujících měření téže měřené veličiny, provedených za stejných podmínek měření. Podmínky opakovatelnosti: tentýž postup měření, tentýž pozorovatel, tentýž měřicí přístroj, totéž místo, opakování v průběhu krátké časové periody. Opakovatelnost může být kvantitativně vyjádřena charakteristikami rozptylu výsledků. [2, str. 8]

2.1.4 Reprodukovatelnost

Reprodukovatelnost (výsledků měření) je těsnost shody mezi výsledky měření téže veličiny provedenými za změněných podmínek měření. Mezi změněné podmínky měření lze zahrnout: princip měření, metodu měření, pozorovatele, měřicí přístroj, referenční etalon, mís-

to, podmínky použití, čas. Reprodukovatelnost může být kvantitativně vyjádřena charakteristikami rozptylu výsledků. [2, str. 8]

2.1.5 Pravá hodnota

Pravá hodnota (veličiny) je hodnota, která je ve shodě s definicí dané blíže určené veličiny. Pravou hodnotu v podstatě nelze určit. [2, str. 8]

2.1.6 Konvenčně pravá hodnota

Konvenčně pravá hodnota (veličiny) je hodnota, která je přisuzována blíže určené veličině a přijata někdy konvencí jako hodnota, jejíž nejistota je vyhovující pro daný účel. Získá se například měřením měřidlem s 10x vyšší rozlišitelností. [2, str. 8]

2.1.7 Měření

Měření je soubor činností, jejichž cílem je stanovit hodnotu veličiny. [2, str. 8]

2.1.8 Odlehlá hodnota

Je prvek množiny hodnot, který není konzistentní s ostatními prvky této množiny. ISO 5725-2 vymezuje statistické testy a hladinu významnosti, které se mají používat k odhalení odlehlých hodnot v experimentech shodnosti a správnosti. [2, str. 8]

2.2 Absolutní chyba měření

Absolutní chyba měření je rozdíl mezi výsledkem měření a (konvenčně) pravou hodnotou měřené veličiny. [2, str. 9]

$$\Delta = x_m - x_p \quad [3]$$

Kde: x_m – je změřená hodnota měřené veličiny,

x_p – je (konvenčně) pravá hodnota měřené veličiny.

Protože v praxi není možné pravou hodnotu měřené veličiny získat, nahrazujeme ji tzv. konvenčně pravou hodnotou, která se blíží pravé hodnotě s dostatečnou přesností. Konvenčně pravá hodnota se získá pomocí metod měření, které jsou řádově 3 až 10krát přesnější. [2, str. 9]

2.3 Relativní chyba měření

Je vyjádření absolutní chyby měření v procentech. [2]

$$\Delta_r = \frac{x_m - x_p}{x_p} \cdot 100 \quad [\%] \quad [4]$$

2.4 Náhodná chyba

Náhodná chyba je výsledek měření minus střední hodnota, která by vznikla z nekonečného počtu měření téže měřené veličiny uskutečněné za podmínek opakovatelnosti. V praxi lze provést pouze odhad náhodné chyby. [2, str. 10]

2.5 Systematická chyba

Systematická chyba je střední hodnota, která by vznikla z nekonečného počtu měření téže měřené veličiny, uskutečněných za podmínek opakovatelnosti, od které se odečte pravá hodnota měřené veličiny. [2, str. 10]

$$\Delta = \Delta_s + \delta \quad [5]$$

Kde: Δ_s – systematická chyba,

δ – náhodná chyba.

2.6 Chyba 1.řádu

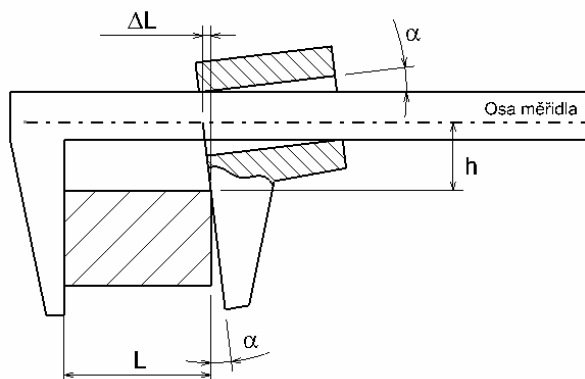
Nastává tehdy, kdy je porušen Abeho princip, který spočívá v tom, aby osa měřidla byla rovnoběžná s osou měřeného rozměru. [3]

$$\Delta L = h \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad [6]$$

Kde: ΔL – chyba měření,

h – vzdálenost os,

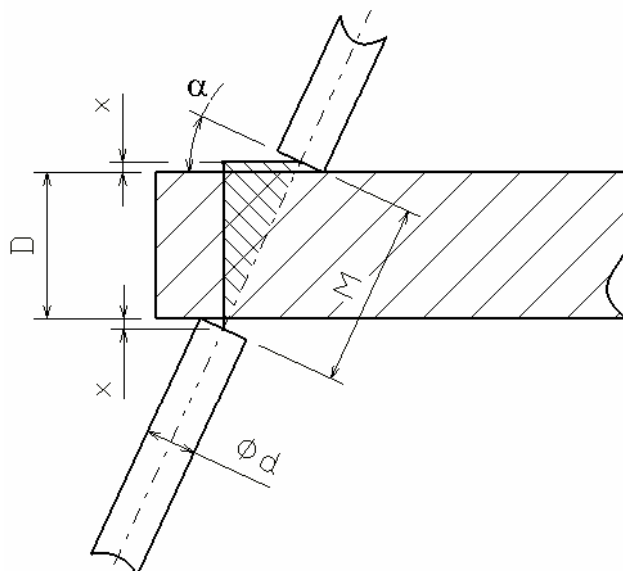
α – úhel naklonění posuvného ramene.



Obr. 20. Abeho princip

2.7 Chyba 2.řádu

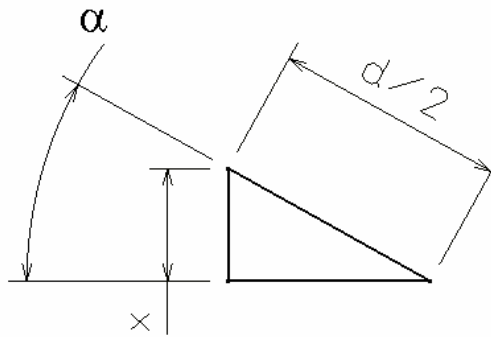
Taky známá jako Kombinovaná chyba sinovo-cosinova. Velmi často vzniká při měření doteky, které nejsou kolmé k ose měřenému objektu. [5]



Obr. 21. Chyba 2. řádu

Pro výpočet rozměru D postupujeme následovně:

1. Výpočet hodnoty x :



Obr. 22. Výpočet hodnoty x

$$\sin \alpha = \frac{x}{d/2} \Rightarrow x = \frac{d}{2} \sin \alpha \quad [7]$$

2. Sestavení výpočtové rovnice:

$$\cos \alpha = \frac{D + 2x}{M} \Rightarrow D + 2x = M \cos \alpha \quad [8]$$

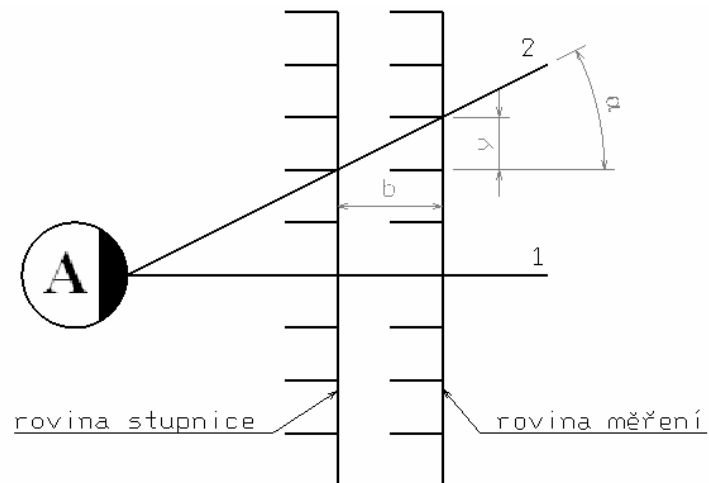
3. Odvození výsledného vzorce:

$$\begin{aligned} D + 2 \frac{d}{2} \sin \alpha &= M \cos \alpha \\ D &= M \cos \alpha - d \sin \alpha \end{aligned} \quad [9]$$

Hodnota α je odchylka měřidla od kolmého směru vůči měřeným plochám.

2.8 Paralakční chyba

Při odečítání měřených hodnot ze stupnice dochází k chybě paralaxou. Chyba paralaxou vzniká v případě, kdy rovina měření a rovina stupnice jsou od sebe vzdáleny a stupnice není pozorována ve směru kolmém na její rovinu. [3, str. 27]



Obr. 23. Ukázka paralaxe

Na Obr.13 je vidět pozorovatele A, který se dívá správným směrem „1“, kdy mu nevzniká žádná paralaxční chyba. Při pohledu pozorovatele ve směru paprsku „2“, vzniká chyba o velikosti y , která je dána vztahem: [3]

$$y = b \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad [10]$$

Kde: b – je kolmá vzdálenost rovin

α – úhel směru pozorování (od kolmé roviny)

3 NEJISTOTA MĚŘENÍ

Nejistota měření je parametr přidružený k výsledku měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, které by mohly být důvodně prisuzovány k měřené veličině. Ke každé naměřené hodnotě se musí uvádět nejistota měření. [5]

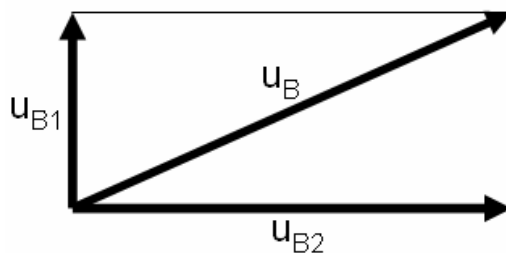
3.1 Standardní nejistota Typu A

Je způsobena chybami náhodnými a příčiny jsou neznámé. Řídí se normálním rozdělením. Nejistota se zmenšuje s počtem měření. Označuje se „ u_A “. [5]

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{(n-1)n} \cdot \sum_{x=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad [11]$$

3.2 Standardní nejistota Typu B

Je způsobena známými a odhalitelnými příčinami vzniku, stanovuje se nestatisticky. Označuje se „ u_B “. Známé dva druhy, chyba měřidla „ u_{B1} “ a chyba obsluhy „ u_{B2} “. Pro výpočet výsledné Standardní nejistoty Typu B se používá vektorový součet jednotlivých chyb měření. [5]



Obr. 24. Vektorový součet nejistoty Typu B

$$u_B = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2} \quad [12]$$

Kde: u_{B1} – chyba měřidla,

u_{B2} – chyba metrologa.

3.2.1 Standardní nejistota Typu B – Chyba měřidla

Je dána typem měřidla a jeho rozlišitelností.

$$u_{B1} = \frac{z_j}{k} \quad [13]$$

Kde: z_j – rozlišitelnost měřidla,

k – koeficient pro rovnoměrné rozdělení $k = \sqrt{3}$.

3.2.2 Standardní nejistota Typu B – Chyba metrologa

Je dána zkušenostmi, kvalifikací, odhadem metrologa.

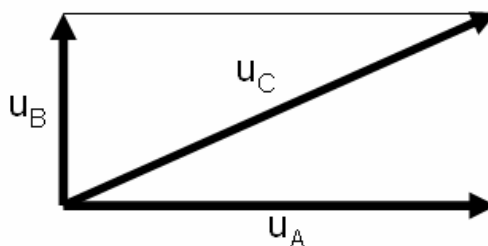
$$u_{B2} = \frac{z_M}{k} \quad [14]$$

Kde: z_m – chyba metrologa,

k – koeficient pro rovnoměrné rozdělení $k = \sqrt{3}$.

3.3 Kombinovaná standardní nejistota

Značí se „ u_C “ a je dána vektorovým součtem nejistoty Typu A a Typu B. [5]



Obr. 25. Vektorový součet kombinované nejistoty

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad [15]$$

Kde: u_A – Standardní nejistota měření Typu A,

u_B – Standardní nejistota měření Typu B.

3.4 Rozšířená standardní nejistota

Vypočítá se vynásobením Kombinované standardní nejistoty a koeficientu k_t , který se volí v intervalu 1 až 3, podle požadované nejistoty. [5]

Pravděpodobnost	k_t
68,27%	1
95,00%	1,96
95,40%	2
99,00%	2,58
99,73%	3

Tab. 1. Tabulka pravděpodobnosti [5]

$$u_D = k_T u_C$$

[16]

Kde: u_D – rozšířená standardní nejistota,

u_C – kombinovaná standardní nejistota,

k_T – rozšiřující koeficient.

4 LASERY

4.1 Rozdělení laserů

Lasery můžeme rozdělit podle povahy aktivního prostředí na pevnolátkové, kapalinové a plynové.

4.1.1 Lasery využívající pevné látky

Do této skupiny, jak název vypovídá, patří lasery využívající rozptýlené ionty v krystalických nebo amorfních látkách. Jako nejstarší byl použit laser rubínový s aktivním prostředím v krystalu korundu a chromu, které vyzařovalo červené světlo o vlnové délce 0,6943 mikrometru. Tento laser byl konstruován jako pulzní z důvodu jeho velkého zahřívání a možnosti chlazení. [6]

V současné době jsou nejrozšířenější lasery s neodymovým sklem, kde se jako matrice používá sklo, v kterém jsou rozptýleny neodymové ionty. Lasery YAG s krystalem yttrio - hliníového granátu dotované neodymem, které se osvědčily hlavně díky své velké účinnosti.

Do této kategorie laserů patří i polovodičové lasery. Zde se jako první použil arsenid galitý. Laser disponoval vlnovou délkou 0,840 mikrometru. Toto zařízení bylo ovšem nutno chladit tekutým dusíkem na teplotu 77 kelvinů. Jako další polovodičová struktura se používala AlGaAs, která umožňovala práci s účinností 20% v pokojové teplotě. [6]

4.1.2 Lasery kapalinové

Pracují s cheláty různých prvků, které jsou obsaženy v zemině. Tyto lasery našly své uplatnění hlavně u konstrukcí barevných laserů. Nevýhodou kapalinových laserů, je že podléhají chemickému rozpadu. [6]

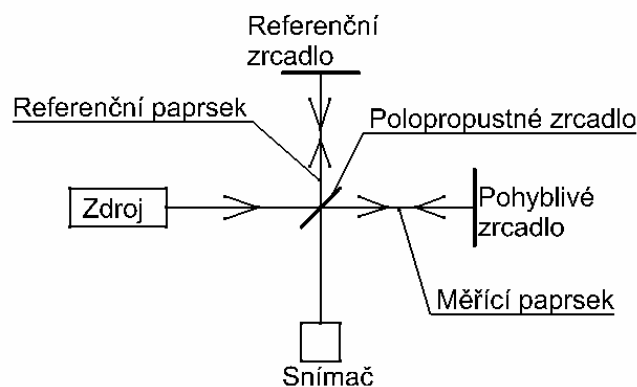
4.1.3 Lasery plynové

Helium – neonový laser se stal asi nejpoužívanějším laserem, jeho červené světlo má vlnovou délku 0,6328 mikrometrů. Paprsek se generuje ve skleněné trubici. Paprsek disponuje velkou stabilitou kmitočtu a malou rozbíhavostí. Používá se u dálkoměrů, přesných hodin, telekomunikaci a geodetickým účelům. [6]

Jako nejvýkonnější lasery se používají TEA lasery, které jsou příčně buzeny a tím dosahují velkých výkonů. CO₂ lasery, kam patří i TEA lasery, prošly řadou vývojových změn, jež začaly expanzí zahřátého plynu. [6]

4.2 Měření vzdáleností laserem

Měření vzdáleností laserem patří dnes již mezi běžnou praxi. Tato měření jsou přesná, přenosná jednoduchá a velmi univerzální. Používají se nejen pro měření vzdáleností, ale i kalibraci měřících soustav CNC strojů, měření natočení, rovinnosti, přímočarost atd. [5]



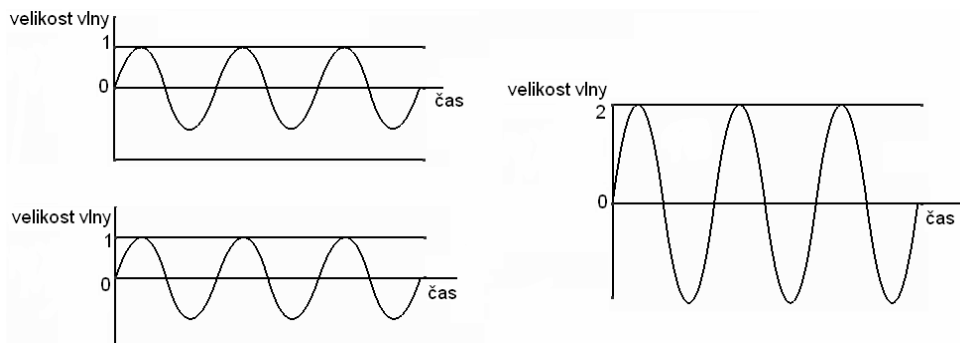
Obr. 26. Měření vzdáleností laserem

Základní princip měření vzdálenosti laseru popisuje předcházející obrázek, kde se jako zdroj světla používá monochromatické světlo dopadající na polopropustné zrcadlo, které rozdělí paprsek o vlnové délce 0,633 μm na paprsek referenční a měřící. Referenční paprsek dopadá na referenční zrcadlo, jehož vzdálenost od polopropustného zrcadla je známa. Měřící paprsek dopadá na pohyblivé zrcadlo, od kterého se odráží zpět. Pohyblivé zrcadlo se pohybuje rovnoběžně s paprskem a tím je zajištěna změna měřené dráhy. Oba paprsky se po odrazu spojují v polopropustném zrcadlu a dopadají na snímač. [5]

Šíření paprsku je velmi citlivé na prostředí, v kterém se pohybuje. Pro velmi přesná měření se používají přídatná zařízení, která nám monitorují a umožňují okamžitý přepočítání laserového paprsku v závislosti na teplotě vzduchu, teplotě materiálu, atmosférickém tlaku, relativní vlhkosti součinitele, délkové roztažnosti materiálu. [5]

4.2.1 Interference konstruktivní

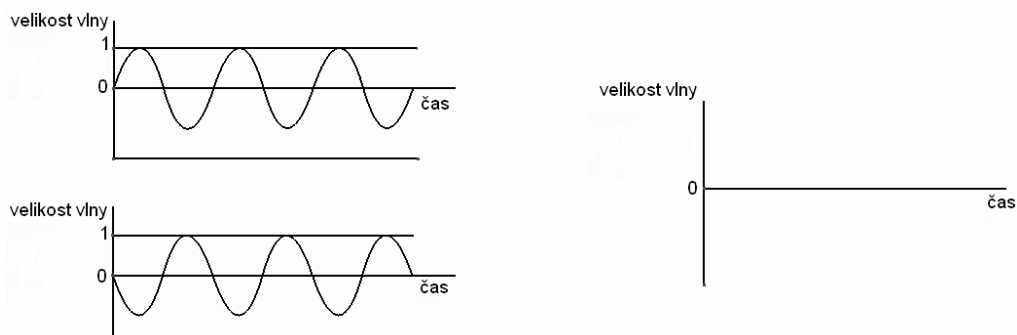
Odražené laserové paprsky mající každá stejnou vlnovou délku, ale vůči sobě posunutou se skládají. Při konstruktivním skládání vzniká světlý proužek dopadající na snímač. [5]



Obr. 27. Interference konstruktivní

4.2.2 Interference destruktivní

Po odrazu se laserové paprsky vruší a na snímač dopadají tmavé světelné proužky. [5]



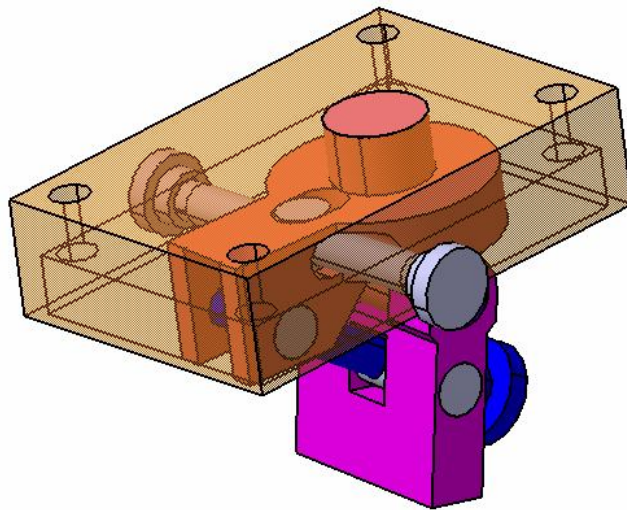
Obr. 28. Interference destruktivní

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 NÁVRHY ŘEŠENÍ

Z dřívějšího rozboru principu řešení je kladen požadavek pro plynule stavitelný svislý a vodorovný směr při zachování požadavků na upnutí jednotlivých dílů. U jednotlivých návrhů je upnutí kamery realizováno přes čtyři šrouby. Upnutí laseru zde zatím není řešeno. Plynulost pohybu v obou nastavovaných směrech bude realizováno šrouby s jemným stoupáním M10x1. Toto stoupání nám zajistí jak plynulé, tak poměrně rychlé přestavování z jednotlivých pracovních poloh.

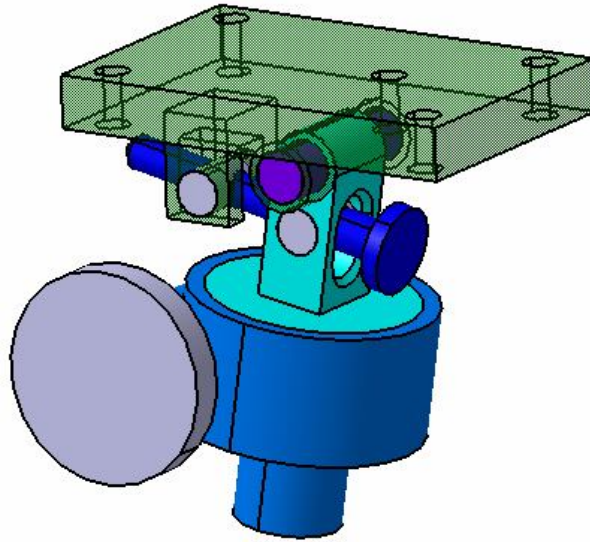
5.1 Návrh I. řešení



Obr. 29. Studie návrhu I

U tohoto způsobu polohování je použito pro svislý směr centrálního šroubu, který prochází přes otočné válečky. Horní váleček je opatřen závitem umožňující pohyb horních dílců ve svislém směru. Ve spodním válečku je šroub volně otáčen. Pro vodorovný směr je použit šroub, který je na obou koncích opatřen kolečkem. Uprostřed prostředního dílu je vyfrézováno dvojité vybrání tak, aby byl zajištěn potřebný počet stupňů volnosti k natočení horního dílu.

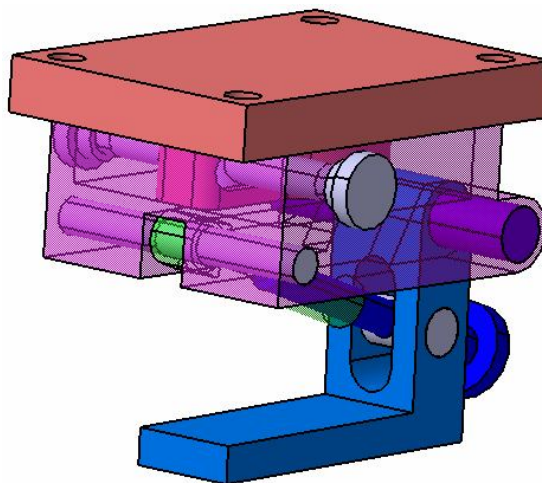
5.2 Návrh II. řešení



Obr. 30. Studie návrhu II

U návrhu dva je použito stejného mechanismu nastavení pro svislý směr jako u návrhu I. Pro nastavení ve vodorovném směru je zde použito koncepce šneku, který by zvýšil rozsah nastavení až na 360°.

5.3 Návrh III. řešení



Obr. 31. Studie návrhu III

Tento návrh vychází s návrhu I s tvarovou úpravou středního dílce, pro uzavřenější vzhled a použití prodloužené matice pro svislý směr a tím docílení teleskopického řešení pro šroub zajišťující nastavení ve svislém směru.

5.4 Výběr návrhu

Z předložených návrhů byl vybrán návrh I, z důvodu menších nákladů na výrobu, oproti návrhu II, kde je použito šneku. Při porovnání prvního a posledního návrhu nám třetí vychází lepší, pro větší rozsah nastavení ve svislém směru, kde je použito teleskopické matice.

6 CELKOVÁ SESTAVA POLOHOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

V předchozí kapitole byl řešen hlavně princip pohybového mechanismus a jeho výběr. Na tento mechanismus je zapotřebí ještě upevnit další příslušenství, které je potřebné pro správnou funkci polohovacího zařízení.

6.1 Laser DLE70

Vzhledem k velkým možnostem vysokorychlostní kamery a jejímu velkému rozsahu použití vznikla potřeba stálého označení zabírané scény. Řešení tohoto problému najde uplatnění hlavně při snímání detailů, u kterých může dojít k záměně místa snímané scény s okolím. K řešení této problematiky byl zvolen Laser DLE70 od firmy Bosch. Laser disponuje funkcí Kontinuálního měření a možností upnutí přes šroub na základnu. Při použití laseru pro označení snímaného místa se nám zvyšuje i bezpečnost práce u zaznamenávání, např. u kinematických dějů. Do současné doby obsluha používala prst pro zjištění zabírané scény a tím riskovala úraz.



Obr. 32. Laser DLE70

Pro upevnění a správnou funkci laseru byla vedle kamery navržena pomocná plocha, která zajišťuje svislé vyrovnání zaměřovacího bodu na obrazovce. K vodorovnému vyrovnání slouží stavitelný dorazový šroub. Ve vodorovném směru je vzhledem k vyosení osy laseru a osy kamery vždy provést seřízení na konkrétní snímanou vzdálenost.

Současný, ne příliš vhodný, pohled obsluhy je vidět na následujícím obrázku. Z pohledu na snímaný předmět a monitor není jasné přesné místo, které je snímané.



Obr. 33. Pohled obsluhy - současný

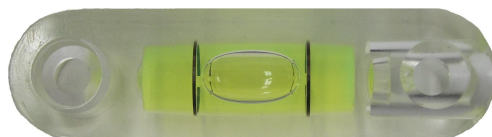
Nový pohled obsluhy je již zcela jasný, kdy nám světelný bod označuje místo záběru.



Obr. 34. Pohled obsluhy - navržený

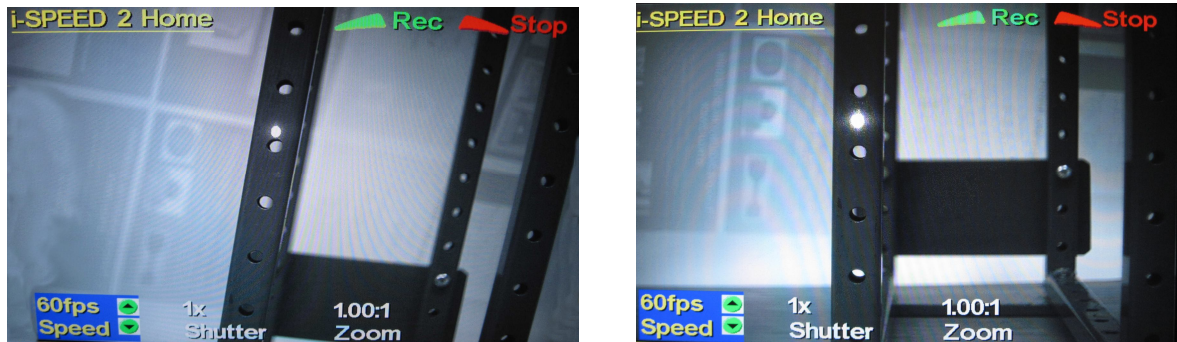
6.2 Libela

Pro nastavení přirozeného pohledu ve vodorovném a zároveň svislém směru byla na zařízení umístěna v zadní části trubicová libela, připevněná dvěma zápusťnými šrouby.



Obr. 35. Libela trubicová

Vliv libely na ustavení kamery je zřejmý z následujících obrázků.



Bez použití libely

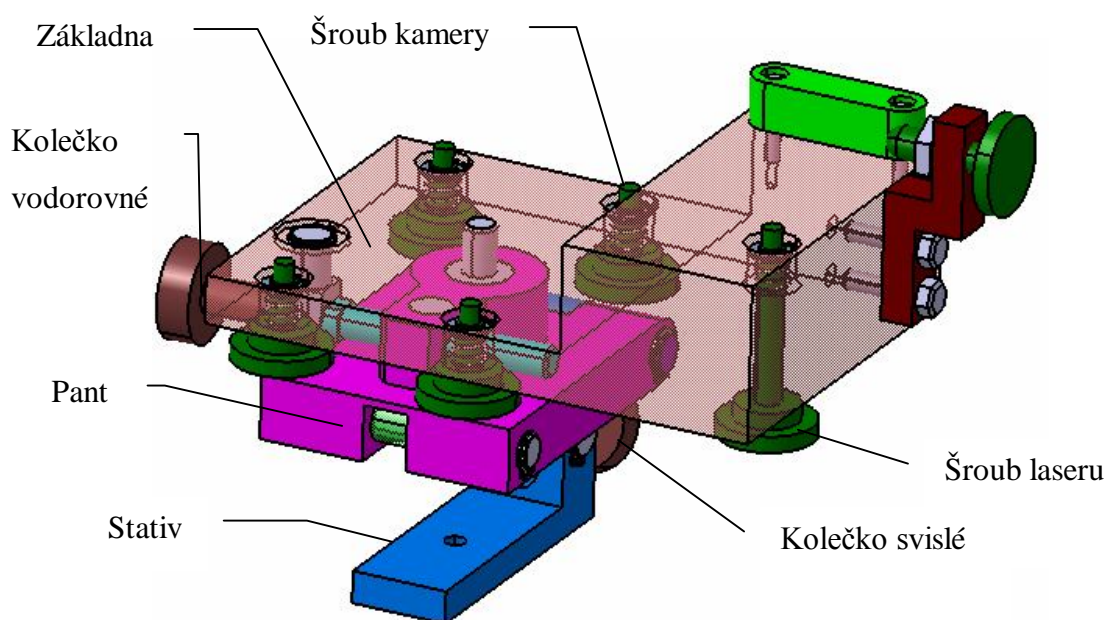
S použitím libely

Obr. 36. Vliv libely na obraz

6.3 Celková koncepce

Pro celkovou koncepci je použit návrh III s úpravami pro uchycení a ustavení laseru. Z důvodu přesnosti a funkčnosti byla provedena záměna oboustranně stavitelného šroubu ve vodorovném směru za jednostranně stavitelný.

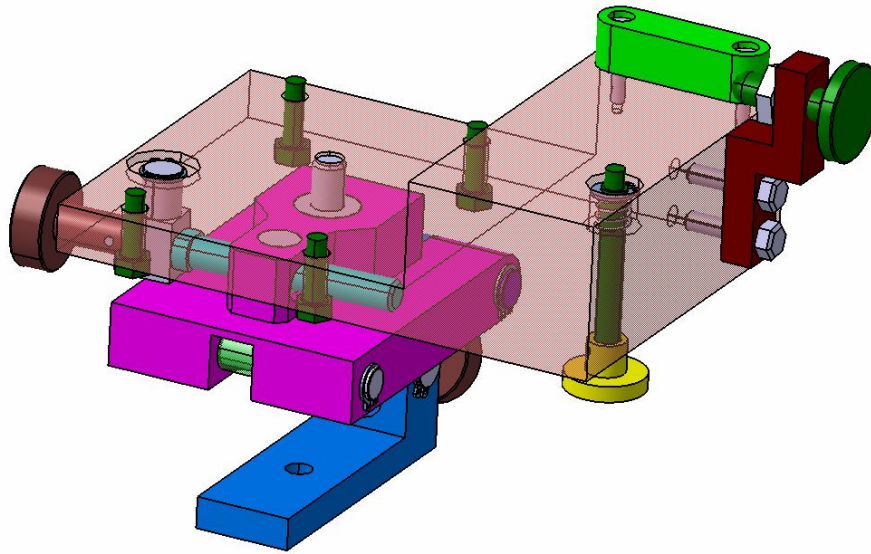
Celková koncepce obsahuje čtyři rýhované šrouby opatřené pružinou pro pohodlné upnutí kamery. Jeden dlouhý Whitworthův šroub s pružinou pro upevnění Laseru DLE70, libely a dorazový šroub.



Obr. 37. Celková koncepce

6.4 Úprava celkové koncepce

Vzhledem k výrobním a technologickým možnostem realizace polohovacího zařízení, bylo ještě před samotnou realizací provedena úprava celkové koncepce. Úprava se týkala především upevňovacích šroubů kamery a změny opěrného tvaru základny, z kruhového na hranatý. Dále bylo použito plastového kolečka pro šroub laseru.



Obr. 38. Celková koncepce - upravená

6.4.1 Pryžové podložky

Plášť kamery je plastový s kovovými inzerty na závitech a plášť laseru je převážně plastový s pryžovými prvky. Z toho důvodu byly ještě zhotoveny pryžové podložky pod každé zařízení, jež mají zamezit případným napětím vzniklých při upínání, a následnému zničení.



Obr. 39. Pryžové podložky pod zařízení

6.5 Srovnání současné a navržené polohovací hlavy



Obr. 40. Nová polohovací hlava



Obr. 41. Stará polohovací hlava

7 NASTAVENÍ KAMERY A LASERU

Nastavení kamery do správné polohy vůči snímané rovině je možné dvěma způsoby. Přesného nastavení dosáhneme použitím vyrovnávací kostky, hrubé nastavení můžeme provést pomocí mířiče laseru.

7.1 Hrubé nastavení

Hrubé nastavení polohovacího zařízení je prováděno pohledem přes mířiče laseru. Obsluha při nastavování pozoruje světelný bod, který se díky optickým zákonům mění. Ze změn světelného bodu lze vypočítat správnou polohu pro daný směr. Tento způsob musíme použít pro ustavení ve svislém směru, a můžeme ho použít pro ustavení ve vodorovném směru.



Obr. 42. Hrubé nastavení

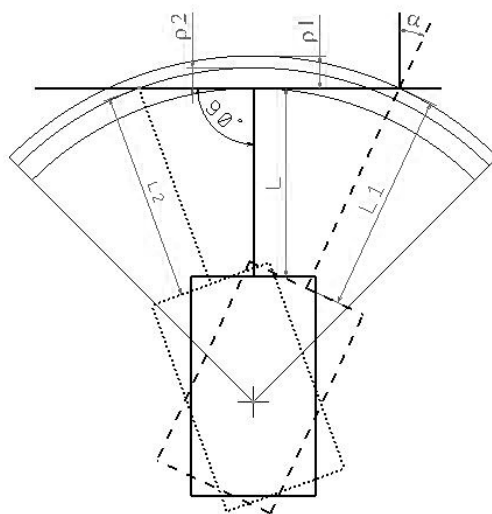
7.2 Přesné nastavení

Tento způsob nastavení lze použít jen pro vodorovný směr. Pomocí vyrovnávací kostky provedeme upnutí a ustavení laseru místo kamery.



Obr. 43. Vyrovnávací kostka

Princip tohoto ustavení nám znázorňuje následující obrázek, který je založen na zjištění minimální hodnoty „L“.



Obr. 44. Přesné nastavení

Vyrovnávací kostka



Obr. 45. Sestava pro přesné nastavení

ZÁVĚR

V praktické části diplomové práce byly nejprve navrženy tři řešení umožňující plynulý pohyb ve svislém a vodorovném směru. Z navržených konstrukcí byl pak vybrán návrh III, který je dále upraven a opatřen dalšími konstrukčními prvky nutných pro správné ustavení. Celkovou navrženou koncepci bylo ještě nutné z důvodu výrobních možností dopracovat.

Dále je v praktické části provedeno srovnání současného způsobu nastavení snímání a navrženého způsobu nastavení snímání. Při porovnání současné a navržené hlavy vidíme hlavní rozdíl v pohybovém mechanismu. U současné hlavy je pohyb realizován pomocí kulového kloubu a brzdy. Navržený způsob je opatřen posuvnými šrouby pro přesné, plynulé a jemné polohování. Aplikací posuvných šroubů se zároveň eliminovala nepřesnost nastavení způsobená necitlivostí obsluhy při polohování zařízení.

Jako součást diplomové byla také zhotovena výkresová dokumentace, která byla následně použita pro výrobu polohovacího zařízení. Po vyrobení, složení a odladění všech prvků sestavy byly provedeny kontrolní měření pro ustavení kamery. Tato měření prokázala funkčnost celé navržené sestavy. Z obsluhy polohovacího zařízení byla proškolená obsluha, kde byly ukázány možnosti nastavení. Zařízení bylo následně předáno Ústavu výrobního inženýrství do užívání. Toto polohovací zařízení umožňuje široké využití pro řadu aplikací, s kterými se můžeme setkat při zaznamenávání vysokorychlostních dějů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PATA, Vladimír. *Vysokorychlostní kamerové systémy*. 1. vyd. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2006. 95 s. ISBN 80-7204-480-X.
- [2] PERNIKÁŘ, Jiří. *Technická měření*. [s.l.] : [s.n.], 2002. 47 s. Dostupný z WWW: <<http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TechnickaMereni.pdf>> [cit. 3.listopadu 2009].
- [3] TICHÁ, Šárka, ADAMEC, Jaromír. *NÁVODY DO CVIČENÍ Z PŘEDMĚTU STROJÍRENSKÁ METROLOGIE*. 1. vyd. [s.l.] : [s.n.], 2008. 89 s. Dostupný z WWW: <<http://www.fs.vsb.cz/books/StrojMetro/strojirenska-metrologie-cviceni.pdf>> [cit. 1.listopadu2009].
- [4] <http://www.olympus-ims.com/cs/hsv-products/i-speed-2-new-features/> [cit. 29.října 2009]
- [5] PATA, Vladimír. *Studijní materiály a podklady z předmětu T7TMR – Technická měření v akademickém roce 2008/2009*
- [6] GASVIK Kielů J. *OPTICAL METROLOGY*, Norsko, 2002. 360 s. ISBN 0-470-843000-4
- [7] ALLGAIER W. Michael, NESS Stanley. *NONDESTRUKTIVE TESTING HANDBOOK*, 1993. 367 s. ISBN 0-931403-05-7

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VKS	Vysokorychlostní kamerový systém
š	Šířka [mm]
v	Výška [mm]
d	Délka [mm]
Δ	Absolutní chyba měření [mm]
x_m	Naměřená hodnota veličiny [mm]
x_p	Konvenčně pravá hodnota měřené veličiny [mm]
Δ_r	Relativní chyba měření [%]
Δ_s	Systematická chyba [mm]
δ	Náhodná chyba [mm]
ΔL	Chyba měření [mm]
h	Vzdálenost os [mm]
α	Úhel [°]
L	Vzdálenost [mm]
x	Hodnota zneřádnění [mm]
D	Konvenčně pravá hodnota měřené veličiny [mm]
d	Průměr doteku [mm]
M	Naměřená hodnota [mm]
y	Velikost chyby [mm]
b	Kolmá vzdálenost roviny stupnice a roviny měření [mm]
u_A	Standardní nejistota Typu A
u_B	Standardní nejistota Typu B
u_{B1}	Standardní nejistota Typu B-chyba měřidla

u_{B1}	Standardní nejistota Typu B-chyba metrologa
z_j	Rozlišitelnost měřidla
k	Koeficient pro rovnoměrné rozdělení
z_M	Chyba metrologa
u_c	Kombinovaná standardní nejistota
u_D	Rozšířená standardní nejistota
k_t	Rozšiřující koeficient
L_i	Měřená vzdálenost
ρ_i	Chyba měření ve vodorovném směru

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. VKS Olympus e-Speed 2	13
Obr. 2. Možnosti upnutí kamery	14
Obr. 3. Stativ	14
Obr. 4. Stativ – detail.....	14
Obr. 5. Olympus ILP-1	15
Obr. 6. Optický kabel a koncentrátor	15
Obr. 7. Popis zadní části kamery	16
Obr. 8. Zapojení pomocí CDU displeje [1, str. 20]	17
Obr. 9. Zapojení pomocí RCP [1, str. 21].....	18
Obr. 10. Dálkové ovládání	18
Obr. 11. Ovládání pomocí PC [1, str. 22]	19
Obr. 12. Sestava Spínače spouště [1, str. 10]	21
Obr. 13. Spínač spouště	21
Obr. 14. Synchronizace kamer [1, str. 11]	22
Obr. 15. Uživatelská sestava [1, str. 12]	22
Obr. 16. Princip okamžitého zastavení	24
Obr. 17. 75% nepřepsání záznamu	24
Obr. 18. Nasvícení scény.....	25
Obr. 19. Objektivy	26
Obr. 20. Abehó princip	31
Obr. 21. Chyba 2. řádu	31
Obr. 22. Výpočet hodnoty x	32
Obr. 23. Ukázka paralaxe	33
Obr. 24. Vektorový součet nejistoty Typu B	34
Obr. 25. Vektorový součet kombinované nejistoty	35
Obr. 26. Měření vzdáleností laserem	38
Obr. 27. Interference konstruktivní	39
Obr. 28. Interference destruktivní	39
Obr. 29. Studie návrhu I	41
Obr. 30. Studie návrhu II	42
Obr. 31. Studie návrhu III.....	42

Obr. 32. Laser DLE70	44
Obr. 33. Pohled obsluhy - současný	45
Obr. 34. Pohled obsluhy - navržený.....	45
Obr. 35. Libela trubicová	45
Obr. 36. Vliv libely na obraz	46
Obr. 37. Celková koncepce	46
Obr. 38. Celková koncepce - upravená.....	47
Obr. 39. Pryžové podložky pod zařízení.....	47
Obr. 40. Nová polohovací hlava.....	48
Obr. 41. Stará polohovací hlava	48
Obr. 42. Hrubé nastavení	49
Obr. 43. Vyrovnávací kostka	50
Obr. 44. Přesné nastavení.....	50
Obr. 45. Sestava pro přesné nastavení.....	50

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Tabulka pravděpodobnosti [5]	36
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I:	výkres číslo: 2010_27	Sestava
Příloha II:	výkres číslo: 2010_27.0	Kusovník
Příloha III:	výkres číslo: 2010_27.1	Čep vertikální
Příloha IV:	výkres číslo: 2010_27.2	Čep horizontální
Příloha V:	výkres číslo: 2010_27.3	Matice vertikální
Příloha VI:	výkres číslo: 2010_27.4	Průchodka vertikální
Příloha VII:	výkres číslo: 2010_27.5	Šroub vertikální
Příloha VIII:	výkres číslo: 2010_27.6	Osa vertikální
Příloha IX:	výkres číslo: 2010_27.7	Kolečko stavitelné
Příloha X:	výkres číslo: 2010_27.8	Šroub horizontální
Příloha XI:	výkres číslo: 2010_27.9	Matice horizontální
Příloha XII:	výkres číslo: 2010_27.10	Průchodka horizontální
Příloha XIII:	výkres číslo: 2010_27.11	Matice pojistná
Příloha XIV:	výkres číslo: 2010_27.12	Šroub laser
Příloha XV:	výkres číslo: 2010_27.13	Šroub doraz
Příloha XVI:	výkres číslo: 2010_27.14	Konzola
Příloha XVII:	výkres číslo: 2010_27.15	Základna
Příloha XVIII:	výkres číslo: 2010_27.16	Pant
Příloha IXX:	výkres číslo: 2010_27.17	Stativ
Příloha XX:	výkres číslo: 2010_27.18	Vyrovnávací kostka