

# Snadné měření geometrie



Laserový vysílač na stativu

Laserový systém Gepard výrobce Raytec je vybaven mechanikou a softwarem, které jsou vytvořeny se zřetelem na snadnost použití. Samotný přístroj se pak skládá z laserového vysílače s integrovanou mikrojustaží pro jemné nastavení paprsku, z laserového přijímače, který je spojen přes převodník dat s PC nebo notebookem (tj. s vyhodnocovací elektronikou), a z dalších komponent, jako je pentagonální hranol, dálkové ovládání apod.

Laserový vysílač i přijímač mají tvar kostek, které stačí položit na měřený objekt. Laserový vysílač se zpravidla ustaví do optimálního směru a přijímač se postupně přemísťuje do jednotlivých měřících bodů ve směru osy Z.

Přístroj využívá moderní elektronické prvky. Je malý a lehký. Má malou spotřebu energie a vysílač

i přijímač jsou napájeny ze samostatných vložených akumulátorů. Nejsou spojeny se sítí žádným napájecím kabelem. Přijímač může předávat data do převodníku dat podle volby při koupi přístroje buď optickým kabelem, nebo rádiovým přenosem. V případě rádiového přenosu odpadá i informační kabel, práce je příjemná a rychlá.

Propracovaný program WIN-Gepard, pracující pod Windows 95, 98 a NT 4.0, umožňuje uživateli rychle a kvalifikovaně měřit výše vyjmenované základní geometrické úlohy s podporou počítačového zpracování naměřených hodnot, možností využití statistických funkcí, možností archivace naměřených hodnot a tisku protokolů podle norem ISO.

## Laserový vysílač

Laserový vysílač je vysoce stabilní polovodičový laser. Je napájen akumulátorem Li-ion, který umožňuje až 30hodinový provoz. Pro přesné nastavení směru paprsku jsou na zadní straně vysílače dva imbusové seřizovací šrouby. Slouží pro naklápění paprsku ve směrech X a Y o  $\pm 1,5^\circ$ , aby se dosáhlo optimálního nastavení optické osy.

Laser přístroje spadá do ochranné třídy 2. To znamená, že smí být v provozu bez zvláštních ochranných opatření. Lasery třídy 2 vyzařují ve viditelném spektru a dávají trvale výkon nanejvýše 1 mW. Přímý pohled do paprsku vyvolá silné oslnění, nevede však k poškození zraku i bez ochrany očí optickými ochrannými prostředky. Průměr svazku světla z vysílače je 5 mm až do vzdálenosti 20 m.

## Laserový přijímač

Laserový přijímač je přesný opto-elektronický přijímač, který tvoří ve spojení s laserovým vysílačem systém pro proměňování geometrie. Napájí se vloženým akumulá-

torem Li-ion, který umožňuje až 6hodinový provoz. S využitím druhého náhradního akumulátoru, který je součástí základní dodávky, lze pracovat nepřetržitě 12 hodin.

Hlavní částí přijímače je citlivá matrice snímače a zesilovací a vy-

notebookem, ze kterého je i napájen.

Jestliže se přijímač Gepard použije pro měření na elektromechanicky poháněném systému ve směru osy Z, lze spouštět načítání měřených hodnot pomocí řízení pohonu. K tomuto účelu se vyu-

Systém Gepard švýcarské firmy Raytec Systems je vysoce přesný laserový měřicí přístroj vybavený nejmodernější optikou a elektronikou k velmi přesnému proměňování geometrie v průmyslu a laboratořích.

hodnocovací elektronika. Matrice má u typu Gepard 5 rozměr 10 x 10 mm. Laserový svazek dopadá na matrici přes matnici, takže příčný měřicí rozsah v osách X, Y je 5 x 5 mm. Příčný měřicí rozsah typu Gepard 30 je 20 x 20 mm.

Elektronika vyhodnocuje polohu laserového svazku na matrici snímače. Srdcem elektroniky je signální procesor. Programy umožňují signálnímu procesoru zpracovávat signály a filtrovat a linearizovat měřené hodnoty. Signální procesor využívá další programy k řízení a kontrole snímače a dále k datové komunikaci s nadřazenou vyhodnocovací jednotkou. Vnitřní kalibrační tabulka slouží k linearizaci detektoru polohy, a tím k dosažení vynikající linearity měření. Rozlišení typu Gepard 5 je 0,1  $\mu\text{m}$  a typu Gepard 30 je 1  $\mu\text{m}$ .

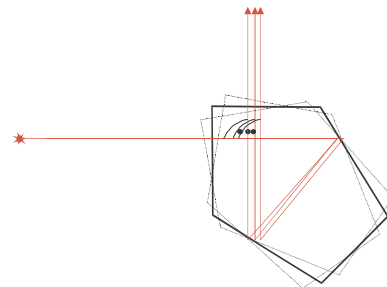
## Převodník dat

Převodník dat přijímá z přijímače laserového paprsku naměřená data buď ve formě optických signálů dvoužilovým světlovodným kabelem nebo bezdrátově ve formě rádiových signálů. Signály zpracovává dále na elektrické signály kompatibilní s nadřazenou vyhodnocovací jednotkou. Pomocí nich komunikuje s počítačem PC nebo

žije vstupní port Trigger na převodníku dat.

## Pentagonální hranol

Pro proměření rovnoběžnosti a pravouhlosti slouží přesný pentagonální hranol. Ten přesně a s vysokou reprodukovatelností odklání laserový paprsek o 90°. Nepřesnost natočení hranolu kolem osy má na úhel odklonu zanedbatelný vliv, jak je vidět na obrázku. Natočení hranolu kolem osy dopadajícího svazku je ovšem roz-



Funkce pentagonálního hranolu

hodující pro směr vystupujícího svazku, který musí dopadat na snímač (senzor) přijímače v celé dráze osy Z podél vystupujícího svazku.

**Dálkové ovládání**

Ovládací ruční jednotka se namíří na infračervené čidlo na zadní straně laserového přijímače, který plní povely „nastavení systému“, „jednotlivé měření“, „předcházející měřicí bod“, „následující měřicí bod“. Lithiová baterie zajišťuje funkce ruční jednotky 7 let.

**Nastavení systému**

Před vlastním měřením je zapotřebí seřídit laser tak, aby každý měřený bod ležel v měřicím rozsahu přijímače. Velmi rychlou pomůckou je funkce „polohování“ v softwaru WIN-Gepard. Při spuštění této funkce je zaznamenávána poloha paprsku graficky a číselně. Vysílač a pentagonální hranol se podle informace na displeji ručně seřídí. Není nutné nastavení paprsku na střed přijímače přesnější než  $\pm 1,5$  mm, přístroj nepřesnost automaticky kompenzuje.

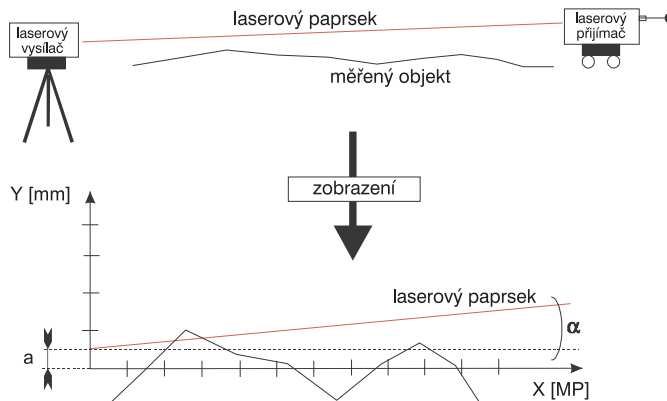
**Měření přímosti**

S minimálním časovým nárokem na nastavení systému a pomocí několika stisků tlačítek k uložení měřených hodnot získáme během několika minut měření s velkou vypovídací hodnotou. Zobrazovací grafika ukáže uživateli kvalitativně i kvantitativně průběh přímosti ve směru horizontálním i vertikálním.

Z výsledku měření lze odvodit korekce extrémních hodnot. Měřicí systém podporuje tuto práci tak, že se korekce zobrazují online. Zobrazení je velmi dobrá pomůcka pro kontrolu vedení při „zaškrabávání“.

**Metodika měření přímosti**

Zadá se délka osy Z tvaru proměřovaného objektu a počet měřicích bodů. Ručně nebo pohonem osy se přijímač postupně přesune do vypočítaných poloh Z. Z měřených bodů se pomocí metody nejmenších čtverců vytvoří regresní přímka. Uživatel potřebuje zjistit odchylky přímosti od nulové přímky, která je ve středu skutečného tvaru objektu. Aby se uživateli mohly přesně zobrazit od-



**Měření přímosti**

chylky proměřovaného objektu od nulové přímky, musí se měřené hodnoty kompenzovat o přesazení  $\alpha$  a úhel  $\alpha$ . Regresní přímka se tak natočí a posune a stane se nulovou přímkou měřeného objektu. Díky tomu je odečítání jednoduché. V každém měřeném bodě je vidět odchylku objektu oproti nulové přímce.

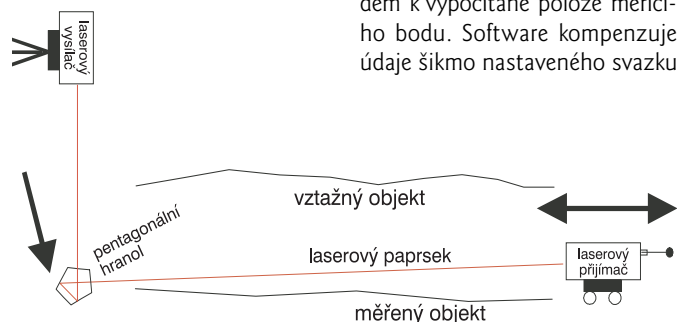
**Metodika měření rovnoběžnosti**

Vysílač je ustaven v pravém úhlu k prvnímu měřenému objektu a pentagonální hranol odklání paprsek přesně o 90° na měřený objekt. Během seřizování vysílače a hranolu je třeba dbát na to, aby bylo dosaženo lícování paprsku laseru vzhledem k prvnímu měřenému objektu. Vztažná nulová přímka se získá jako u měření přímosti a podle ISO je základnou pro určení rovnoběžnosti druhého a dalších objektů.

Pentagonální hranol se na vystupujícím svazku z laseru posu-

ne k druhému objektu tak, aby laserový paprsek dopadal na přijímač ve všech bodech druhého objektu. Protože vysílač je součástí reference směru, zůstává na místě.

WIN-Gepard zobrazuje při měření rovnoběžnosti odchylku jednotlivých měřených bodů druhého objektu a určuje nulovou



**Měření rovnoběžnosti**

přímku druhého objektu. Úhel rovnoběžnosti je úhel obou nulových přímek.

**Metodika měření kolmosti**

Vysílač je ustaven ve směru osy Z prvního objektu. Přijímač se pohybuje nejprve podél prvního objektu a pak podél druhého, tj. měřeného objektu. Kolmost je vyjádřena jako úhel nulových přímek obou objektů. Pro přesnost měření je důležitá přesnost úhlu odklonu laserového svazku hranolem. Chyba 3 úhlové sekundy způsobí odchylku 5 mm na 1 m.

**Příčiny chyb měření**

Chyby měření mohou být způsobeny vibracemi a relativními pohyby budovy. Proto je vhodné umístit vysílač na stejný základ měřeného stroje nebo objektu.

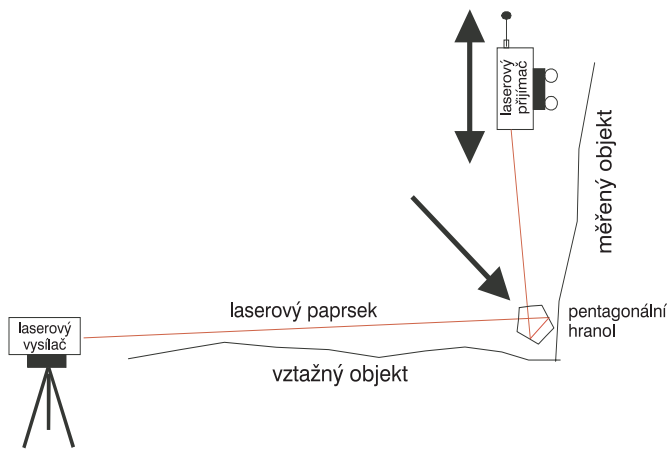
Nestejná teplota vzduchu na dráze paprsku způsobí ohyb laserového svazku.

Další příčinou chyb je špatné nastavení pohyblivé části objektu s přijímačem podél osy Z vzhledem k vypočítané poloze měřicího bodu. Software kompenzuje údaje šikmo nastaveného svazku

za předpokladu dodržení poloh měřicích bodů. Chybu lze omezit přesnějším ustavením směru svazku podél objektu.

**Aplikace**

Laserový měřicí systém Gepard lze používat k měření přímosti a seřizování lineárních vedení, pravic a loží strojů, vyrovnávání ocelových rámových konstrukcí, měření paralelity a seřizení vedení, hřídelí, válců, měření sousostí uložení ložisek a vrtání a k měření dlouhodobých odchylek od deformací a průhybů. Lze jej zapojit ve strojírenství, kolejové dopravě, leteckém průmyslu a papírenství.



**Měření kolmosti**

Ing. Václav Brož