

MEASUREMENT OF MECHANICAL VIBRATION WITH SIX DEGREES OF FREEDOM

V. Čech¹

Summary: *This paper deals with introduction to problems of measurement of mechanical vibration with six degrees of freedom by optic sensors. Short description of method for improvement of position evaluation is included. Optimal way for measurement has been chosen with reference to minimal cost requirements. For this method the theory has been created for enlargement sensor utilization for measurement of vibration with six degrees of freedom. Some particular results of measurement with simplified prototype sensor are included at the end of this paper.*

1. Úvod

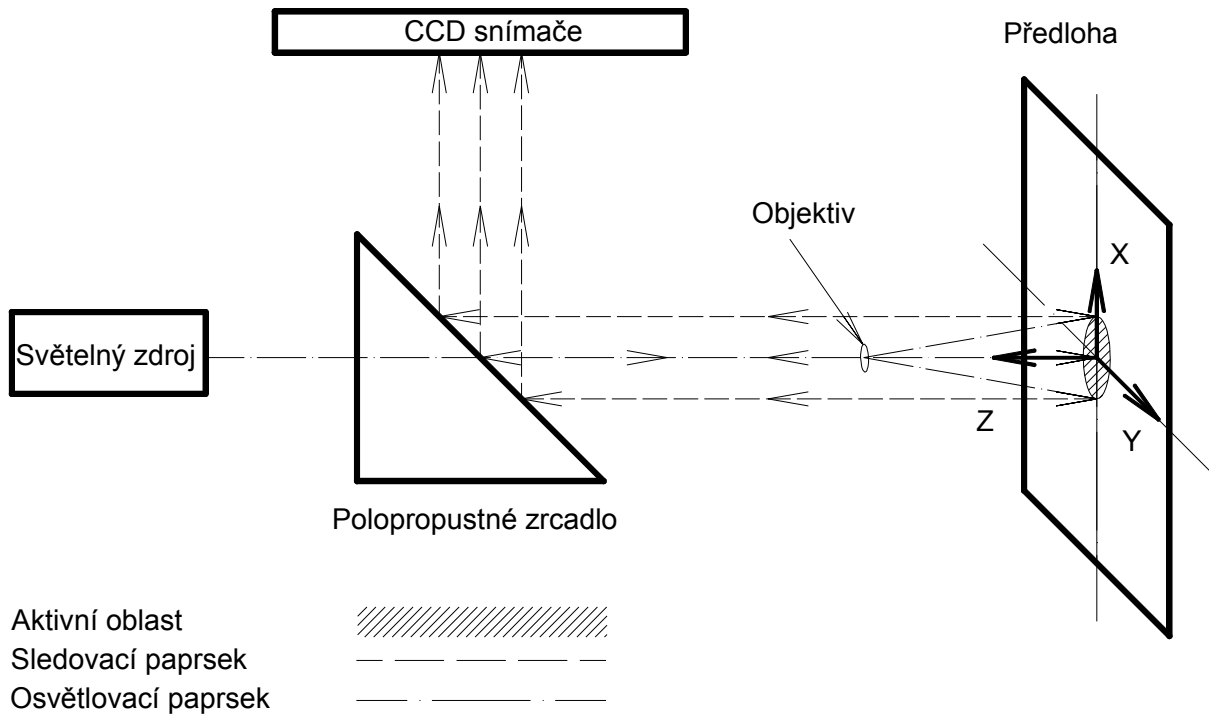
Tento příspěvek slouží jako úvod do problematiky vývoje měřícího zařízení pro měření mechanického kmitání s šesti stupni volnosti. Pro měření byla vybrána metoda snímání a rozpoznávání obrazu, která vyniká především příznivým poměrem mezi cenou a přesností měření. Vzhledem k velkému datovému přenosu bylo rozhodnuto, že místo klasického 2D-CCD čipu budou použity dva řádkové snímače. Tím se výrazně sníží požadavky na přenosovou rychlost a vzroste maximální snímací frekvence. Současně s touto úpravou musíme pozměnit i klasické vyhodnocovací postupy, protože vstupní data jsou redukována pouze na hodnoty intenzity odraženého paprsku ze dvou vzájemně kolmých přímek.

2. Vyhodnocování

Klasické metody pro rozpoznávání obrazu se používají všude tam, kde potřebujeme zjistit některý z obrazových příznaků. Například příznaky existence objektu, jeho tvaru, polohy, atd. Pokaždé ovšem vycházíme z vyhodnocování spojitosti ploch o určitých specifických vlastnostech. To ovšem v našem případě není možné, protože máme k dispozici pouze signály ze dvou vzájemně kolmých lineárních CCD snímačů. Proto je nutné upravit klasickou

¹ Ing. Vladimír Čech, FSI ÚMT, VUT v Brně, Technická 2, 619 69 Brno, Czech Republic, Tel.: (+420) 541142757, E-mail: cech@feec.vutbr.cz

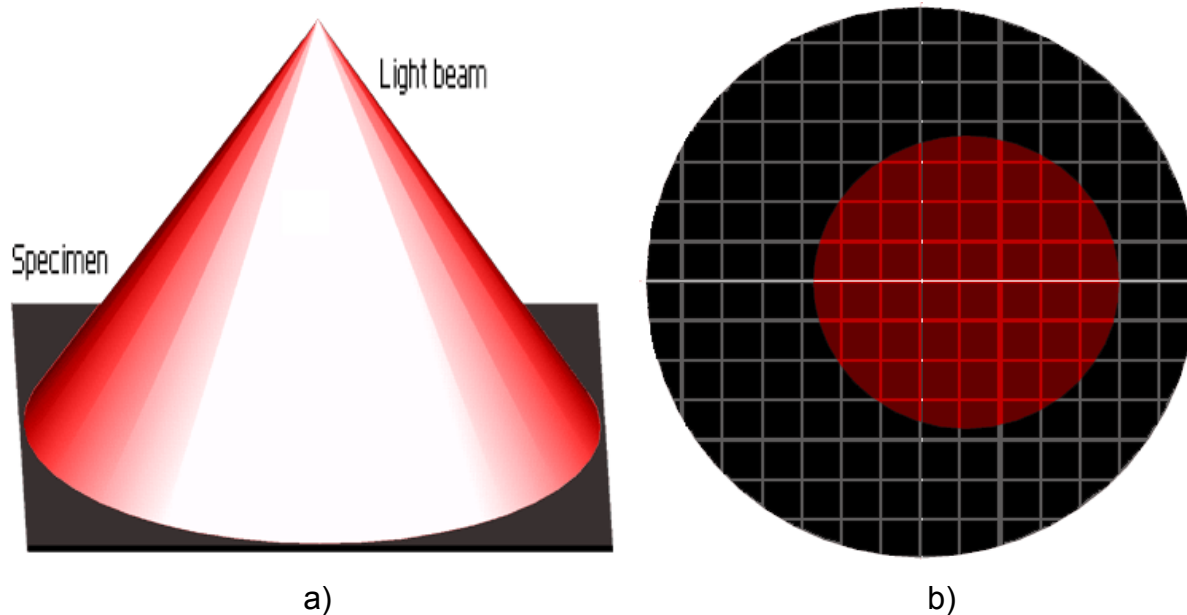
příznakovou analýzu obrazu a nahradit ji jiným vyhodnocovacím algoritmem. Pro vyhodnocování mechanického kmitání se šesti stupni volnosti můžeme s výhodou použít detekci polohy známého objektu – předlohy.



Obr. 1 – Schéma snímače vibrací

Ze CCD snímačů dostaneme signály odpovídající světelné intenzitě na osách X a Y. Z toho, že předlohu osvětlujeme kuželovým paprskem je zřejmé, že při posuvu v ose Z se bude měnit průměr osvětlené oblasti, tudíž oba snímače budou současně oddalovat nebo zkracovat pozici přechodu mezi osvětlenou a neosvětlenou oblastí, a to rovnoměrně. Pokud dojde k natočení kolem os X a Y dojde ke změně poměru změn od jednotlivých snímačů. Samozřejmě může dojít i k případu, kdy se předloha současně natočí kolem obou os o stejnou hodnotu. V takovém případě tuto změnu poznáme díky posunutí těžiště osvětlené plochy, jak je znázorněno na obrázku 2 b).

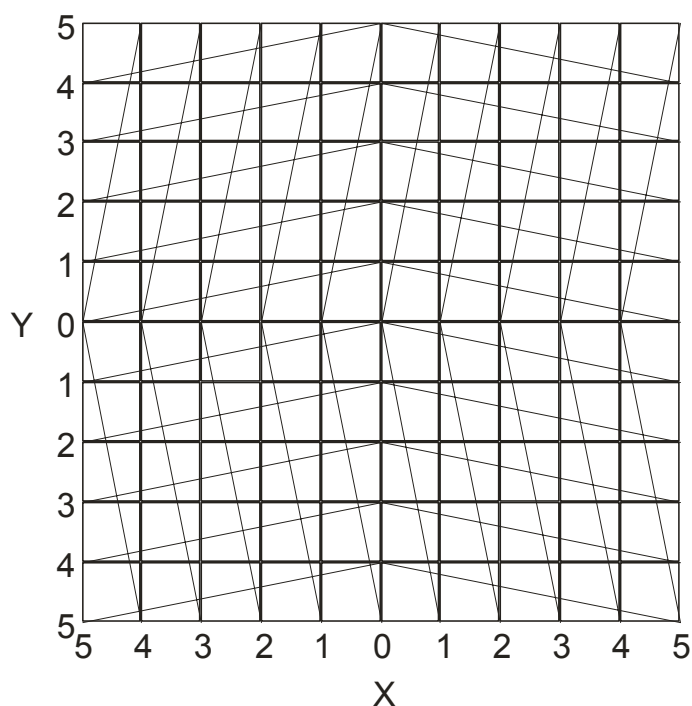
Pro vyhodnocování posunutí v osách X, Y a natočení kolem osy Z, musíme předlohu opatřit mřížkovou sítí. Jde o to, že na předlohu nanese sít' s odlišnými reflexními vlastnostmi než má vlastní předloha. Tím dosáhneme toho, že snímače budou rozpoznávat nejen osvětlenou a neosvětlenou oblast, ale také oblasti s různou intenzitou osvětlení. Nejjednodušší je nanesení pravoúhlé sítě, která umožňuje vyhodnotit posunutí a natočení s přesností danou počtem pixelů snímače na jednotku délky. Záměrně se neuvádí jednotky, protože velikost snímané plochy se dá ve velkém rozsahu měnit nastavením optiky snímače. U pravoúhlé sítě musíme pouze zajistit, aby v bodech křížení byla jiná reflexní hodnota než na jednotlivých přímkách. V opačném případě by při posunutí v ose X nebo Y, tedy posunutí s jedním stupněm volnosti, snímač vyhodnotil hodnoty jako klidový stav.



Obr. 2 - a) Světelný kužel

b) osvětlení mřížky - sítě

Dalšího zpřesnění dosáhneme použitím rozbíhavé sítě. Ta je založena na vynucení vzniku interferenčních posuvů, které jsou vždy kolmé na směr posunutí předlohy a jejich rychlost, a tedy i poloha na CCD snímači je mnohem výraznější. Při pokusech bylo dosaženo pětinasobného zpřesnění měření, přičemž teoreticky není maximální hodnota zpřesnění omezena. Její hodnota je ovšem závislá na kvalitě sítě a šířce jednotlivých pruhů.



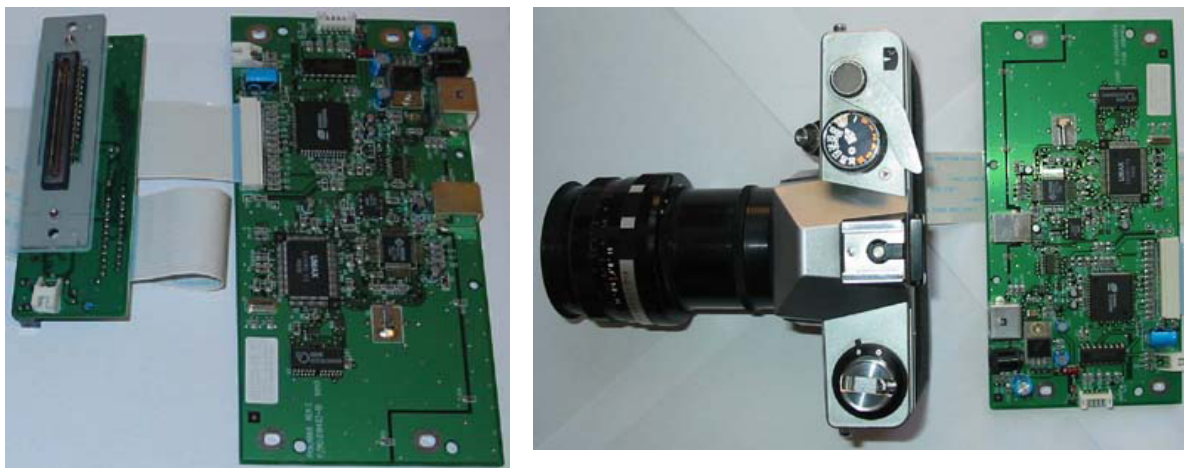
Obr. 3 – Znárodnění rozšířené – rozbíhavé sítě

Z předešlého obrázku je patrné, že posun o jeden díl na ose X vyvolá posunutí reflexní čáry na ose Y, a to v rozsahu pěti dílů. Tím, že je síť symetrická podle středu navíc získáme duplicitní ověření informace.

Z uvedeného vyplývá, že pomocí dvou lineárních CCD snímačů a vhodného osvětlovacího zdroje, je možné vyhodnocovat mechanické kmitání se šesti stupni volnosti.

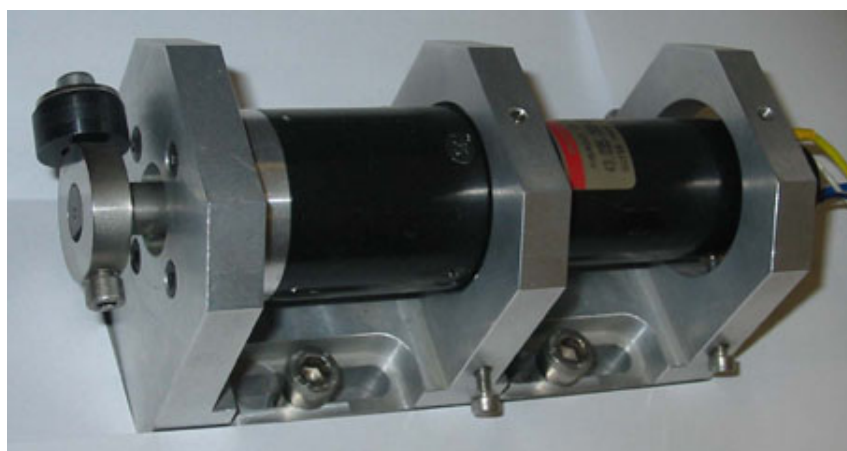
3. Pokus

Pro ověření teoretické správnosti byl proveden pokus na provizorně sestrojeném snímači. Ten byl sestaven ze dvou stolních skenerů UMAX Astra 4400 a bazarových fotoaparátů, které posloužili jako optická sestava. Celkové náklady takto sestaveného snímače nepřesáhli částku 14 000,- Kč. Kompletní popis použitého hardwarového vybavení je popsán v publikaci [3].



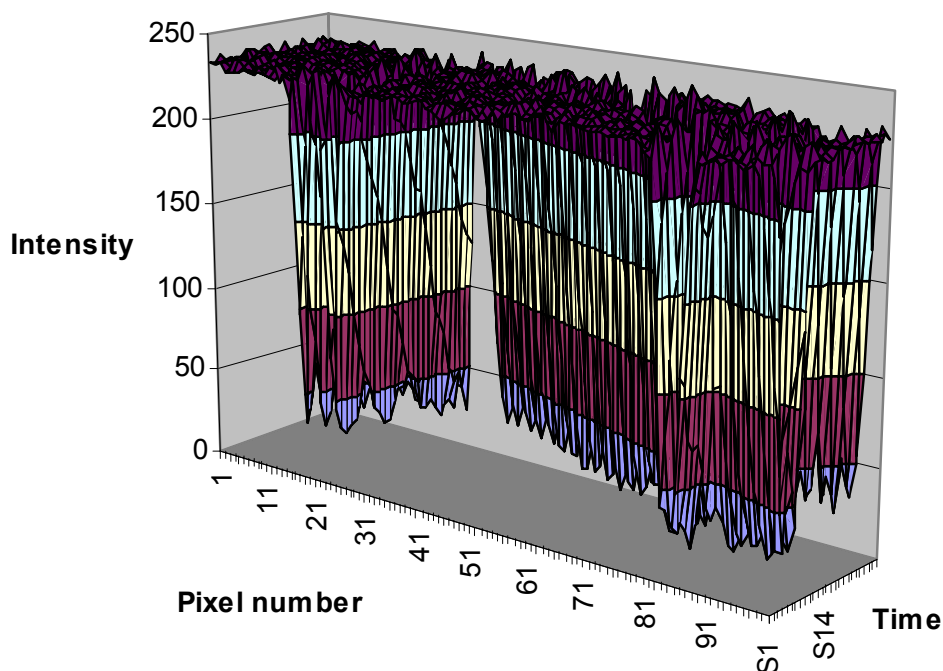
Obr. 4 – Polovina snímače vibrací (sestava pro 1 CCD snímač)

Vlastní pokus byl proveden na motorku „maxon motor“ s připevněným excentrem, který sloužil jako zdroj vibrací.



Obr. 5 – Mechanický budič vibrací (motor Maxon s excentrem)

Z hlediska ověření výsledků byla nevýhodou absence certifikovaného snímače vibrací podobných vlastností a proto byl použit klasický jednoosý snímač zrychlení. Protože v době provádění pokusu byl k dispozici pouze jeden snímač, byl pokus opakován vždy pro uložení referenčního snímače na jinou osu. Z toho plyne i nemožnost přesného klasifikování provizorního snímače. Přesto se ukázalo, že při jednotlivých měřeních se posuvy v jednotlivých osách, vypočtené ze signálu CCD snímačů, shodovali s průběhem naměřeným klasickým snímačem. Při pokusu se také ukázalo, že odstup signálu od šumu je velký a není třeba se zabývat úpravou – zesilováním měřicího signálu.



Obr. 6 – Část záznamu signálu z CCD snímače

3. Zhodnocení

Bylo zjištěno, že rozšířením metody rozpoznávání obrazu o vzorovou předlohu a vhodný zdroj osvětlení, je možné vyhodnocovat natočení a posuvy kolem jednotlivých os. Přesnost vyhodnocení je dána jak hardwarovým vybavením, tedy použitými snímači a optikou, tak kvalitou a geometrií předlohy a její sítě.

Literatura:

- [1] B. K. A. Ngoi and K. Venkatakrishnan: *Scanning laser vibrometer for dynamic study of small features* – Opt. Eng. 39,(11), 2995-3000, (November 2000)
- [2] Čech, V.: *Vývoj vibrací s 6-ti stupni volnosti* - KMVP automatizace, 16-19, (November 2002)
- [3] Čech, V., Ondrušek, Č.: *Utilization of visual scanner for measurement of mechanical vibration with six degrees of freedom* – MRB, 4, (March 2003)