



POSSIBILITIES OF OBJECTS LINEAR SPEED MEASUREMENT ON PRODUCTION LINES

Štěpán Dobiáš*

Summary: *This paper reports linear speed measurement on production lines. In general it is a non-electrical physical quantity measured in the real time. Although the linear speed measurement is much more difficult than angular speed measurement, it is sometimes necessary to do that (e.g. in object chaining, dividing line control, pressing line control, etc.). There are a lot of methods how to measure the linear speed. Some of them are shown in this article. The special attention is given to the correlation method.*

1. Úvod

Rychlý rozvoj průmyslové výroby nutí výrobní podniky stále více nahrazovat lidskou práci automatizovanými výrobními procesy. Snahou je nejen odstranit pro člověka fyzicky namáhavé a monotónní pracovní postupy, ale také zvýšení kvality a kvantity výrobků, zvýšení využití výrobního zařízení, snížení výrobních nákladů atd. Automatizovaná výrobní zařízení se sestavují do výrobních linek, popř. již sami o sobě výrobní linku tvoří. Pro zajištění optimálních parametrů výrobků se na výrobní linku umísťují snímače fyzikálních veličin potřebných pro její automatické řízení.

Jednou z velmi často měřených fyzikálních veličin je rychlost. Měřit můžeme buď úhlovou (otáčky) nebo přímočarou rychlost. Ve většině praktických případů si vystačíme s měřením úhlové rychlosti, což je z hlediska konstrukce a rozmístění snímačů jednodušší. Existují ovšem také případy, kdy jsme nuceni měřit přímočarou rychlost.

S požadavkem měření přímočaré rychlosti posuvu výrobků (polotovárů) ve výrobní lince se v průmyslové praxi setkáváme např. při měření délky výrobků, řízení dělicího procesu, řízení lisovací linky, řízení manipulátoru robota, měření rychlosti objektu s vysokou teplotou atd. Obecně se nám tedy jedná o měření neelektrické fyzikální veličiny v reálném čase. Měření přímočaré rychlosti je možné realizovat pomocí celé řady čidel, využívajících různé fyzikální principy, případně je možné využít zákonitostí vyplývajících z fyzikálních nebo matematických zákonů.

V tomto článku si nastíníme principy a využití jednotlivých metod měření. Nepůjde ale o úplný a vyčerpávající popis všech možných řešení. Pro další úvahy bude stěžejní bezkontaktní měření. Řešení s kontaktním snímačem sice nelze úplně zavrhnout, ale větší perspektiva je přece jenom ve snímání bez vzájemného dotyku měřící části a měřeného objektu. Z bezkontaktních principů se budeme zabývat speciálními metodami měření, zvláště pak využitím korelační metody a Dopplerova jevu.

* Ing. Štěpán Dobiáš, UMT VUT-FSI Brno, Technická 2 , 616 69, Brno, e-mail :
stepan.dobias@centrum.cz

2. POŽADAVKY NA MĚŘÍCÍ SYSTÉM

Jak již bylo popsáno výše, je způsobů pro měření přímočaré rychlosti mnoho. Vystává tedy otázka volby konkrétního způsobu. Než k ní přistoupíme, musíme znát odpovědi na následující otázky:

- a) Má se měřit okamžitá nebo průměrná rychlost?
- b) Jaká je požadovaná přesnost měření?
- c) Jaké jsou geometrické a materiálové vlastnosti měřeného objektu?
- d) Jaká je teplota měřeného objektu?
- e) V jakém prostředí bude měření probíhat?
- f) Může docházet k náhlým změnám rychlosti, případně zpětnému chodu linky?
- g) Jaká je maximální výše finančních prostředků na realizaci měření?

Rozbor položených otázek :

ad a) Rozhodnutí zda měřit rychlost okamžitou nebo průměrnou vyplývá ze způsobu využití naměřené veličiny. Nejprve je tedy třeba vědět k jakému účelu se rychlost má měřit, např. pro měření délek stačí průměrná rychlost, naopak při řízení výrobních linek je většinou využívána rychlost okamžitá.

ad b) Přesnost měření by měla být odpovídající následnému využití naměřené veličiny, aby nedocházelo k nasazení zbytečně komplikovaného řešení a tím i prodražování celého výrobního zařízení.

ad c) Na volbu způsobu snímání rychlosti mají velký vliv i geometrické a materiálové vlastnosti měřeného objektu :

- tvar (např. deska, tj. stejná tloušťka po celé délce)
- rozměry
- vlastnosti povrchu (jednobarevný - barevně členitý, lesklý - matný, rovný - s nerovnostmi, atd.)
- materiál
- elektrická vodivost
- magnetické vlastnosti
- atd.

Tyto jednotlivé vlastnosti často vyloučí použití určitých způsobů měření. Příkladně bude-li mít měřený objekt členitý profil povrchu (tj. nestejnou tloušťku) nelze použít většinu metod, neboť ty vycházejí z předpokladu stejné tloušťky. Naopak pro jinou metodu toto může znamenat základní předpoklad její správné funkce.

ad d) Teplota měřeného objektu je další veličina vymezující výběr konkrétního způsobu měření. Kupříkladu kontaktní snímání lze použít pouze pro malé teploty. Vysoká teplota může ovlivňovat i bezkontaktní snímače, např. použijeme-li čidla světelného nebo infračerveného záření typu vysílač - přijímač, může docházet k ovlivňování referenčního signálu vyzařovaným tepelným tokem. Naopak je s výhodou možné použít tyto čidla přímo pro snímání vyzářeného tepelného toku, takže nám stačí snímač typu přijímač.

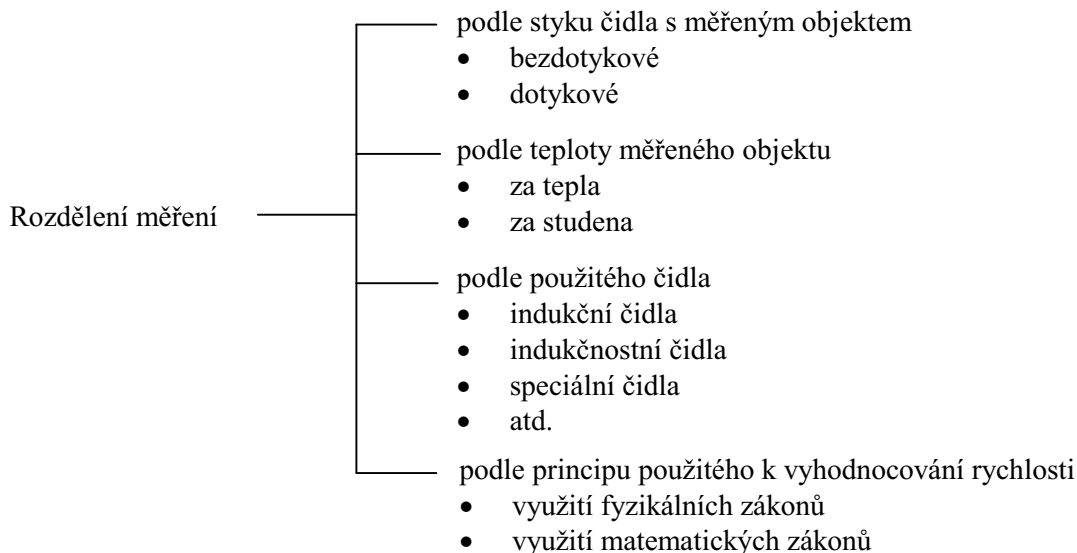
ad e) Snímací část musí být uzpůsobena typu prostředí (prašné, agresivní látky atd.) ve kterém se měření realizuje.

ad f) Nelze zanedbat ani možnost, že při provozu linky může docházet k značným a náhlým změnám rychlosti, případně i k zpětnému chodu linky. Zvolený způsob měření musí být schopen rozlišovat směr a změny rychlosti.

ad g) Finanční náklady na celé strojní zařízení dnes určují jeho prodejnost a tedy možnost realizace. Vždy je třeba zvolit takový způsob měření rychlosti, který splní všechny požadavky a zároveň neprodraží celé zařízení nad únosnou mez.

3. ROZDĚLENÍ ZPŮSOBŮ MĚŘENÍ RYCHLOSTI

Měření přímočaré rychlosti můžeme rozdělit podle několika hledisek :



4. MOŽNOSTI MĚŘENÍ PŘÍMOČARÉ RYCHLOSTI

Z předcházejícího rozdělení je patrné, že k měření přímočaré rychlosti je možné využít celé řady principů, které se od sebe liší základními technickými parametry. Společným znakem všech možností je převedení neelektrické veličiny – rychlosti na jinou fyzikální veličinu, dnes již především elektrickou. Ze všech způsobů měření zde budou zmíněny snímací metody indukční, využití Dopplerova jevu a využití korelačního principu.

Indukčnostní snímače rychlosti

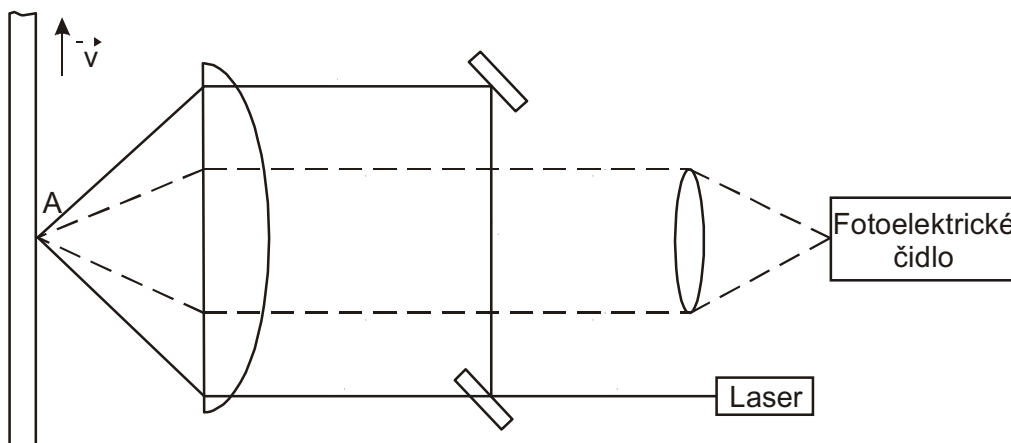
Principem tohoto snímače se zde nebude podrobně zabývat, lze jej nalézt v [2] str. 223-225. Základním předpokladem je, že měřený objekt je elektricky vodivý – snímač v něm vyvolá pomocí budící cívky vířivý proud, který je vlivem pohybu objektu strháván do nové polohy a na měřicí cívce vzniká dodatečné napětí.

Tento typ snímače je vhodný pro měření přímočaré rychlosti objektů o stejné tloušťce, tj. kovových pásů. Zvláštní pozornost byla věnována aplikaci tohoto principu pro měření rychlosti tekutých kovů až do teplot 900°C se zřetelem na nezávislost snímače na elektrické vodivosti a teplotě tekutého kovu.

Využití Dopplerova jevu

Dopplerův jev lze obecně vyjádřit takto (viz. [5] str. 290) : Jestliže se oscilátor, který je zdrojem vlnění a pozorovatel pohybují, pak při vzájemném přibližování je frekvence přijímaného vlnění vyšší a při vzájemném vzdalování naopak nižší.

Princip snímače založeném na Dopplerově principu je patrný z obrázku 1. Paprsek vystupující z laseru se dělí na dva rovnoběžné svazky, které se soustřeďují pomocí objektivu do bodu A. V tomto bodě průniku obou paprsků se měří rychlost. Elementární plochy povrchu tělesa, procházející tímto bodem, rozptylují světlo, které dopadá na *fotoelektrické čidlo* (FD). Vyhodnocením signálu z FD dostaneme rychlost v (viz. [1] str. 239, 240).



Obr.1 Princip měřiče rychlosti založeném na Dopplerově jevu.
Diferenční uspořádání se zpětným rozptylem.

Na obrázku 1 je zobrazeno konstrukční diferenční uspořádání se zpětným rozptylem. Jinak řečeno zkoumané prostředí je osvětlováno dvěma svazky o stejné intenzitě. Na fotoelektrické čidlo tedy dopadá výsledný svazek vytvořený z obou osvětlujících. V průsečíku obou paprsků vzniká interferencí optické pole, v němž se střídají maxima a minima intenzity světla. Pohybem jedné odrazové plošky tímto interferenčním polem směrem kolmým na interferenční roviny bude světlo rozptýlené touto ploškou intenzivně modulováno. Nezbytnou podmínkou pro funkci tohoto zařízení je přítomnost rozptylových plošek na povrchu měřeného objektu.

Dopplerův princip využívá LDA (Laserový Dopplerovský Animomentr). Lze jej použít nejen pro měření přímočaré i úhlové rychlosti objektů, ale i pro měření rychlosti průtoku kapalin i plynů.

Tato metoda je vhodná pro velmi přesné měření rychlosti u objektů o stejné tloušťce (plechových pásů, desek ...). Důvod je patrný z obr. 1, měřící bod A leží v průsečíku dvou paprsků a u objektu tvarově členitého by muselo docházet k neustálé změně jeho polohy vůči měřicímu přístroji.

Korelační princip

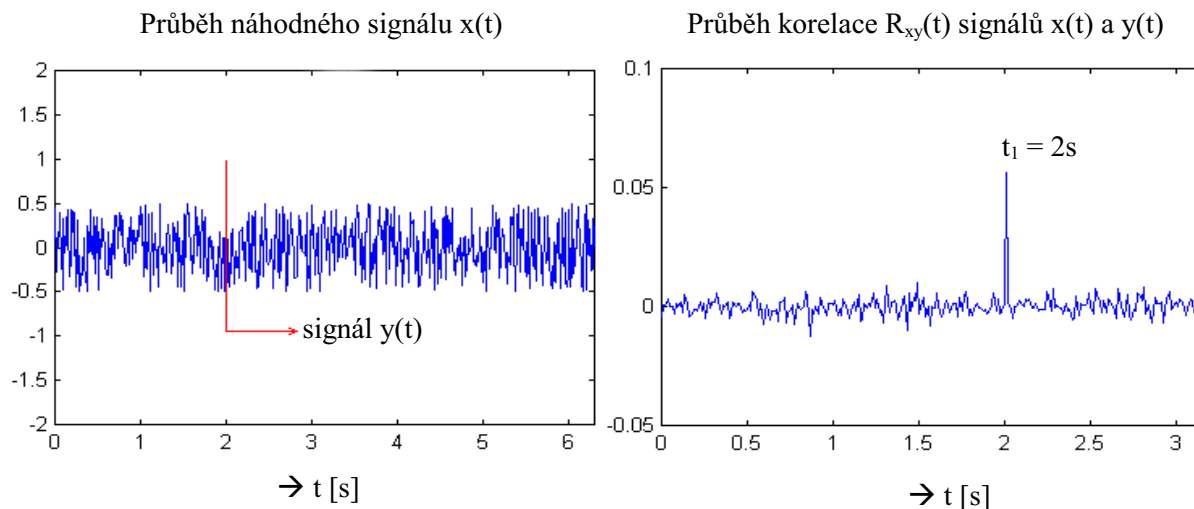
Tento princip měření rychlosti vychází z vzájemné závislosti dvou náhodných procesů, tj. korelace, popř. autokorelace (viz [3] str. 43-44). Základním předpokladem pro tuto metodu jsou dva identické snímače, které jsou schopny reprezentovat některou vlastnost měřeného objektu jako náhodný signál. Například nestejnou barvu povrchu zinkovaného plechu, vyzařování objektu při válcování za tepla, průběh vláken v dřevěné desce atd.

Princip metody lze demonstrovat na příkladu použití korelace při měření přímočaré rychlosti objektu při válcování za tepla. Dva optické snímače (typu přijímač) jsou umístěny ve vzájemné vzdálenosti L ve směru pohybu měřeného kusu. Snímanou veličinou bude tepelný tok vyzařovaný provalkem. Oba získané signály můžeme považovat za náhodné vzhledem k přítomnosti okují na povrchu objektu. Sestavením průběhu vzájemné korelace $R_{xy}(t)$ se objeví výrazné maximum této závislosti při hodnotě $t = t_1$. Hodnota t_1 reprezentuje časovou prodlevu, za kterou se bude opakovat u druhého snímače stejný obraz objektu jako u prvního. Přímou rychlost můžeme následně

vypočítat ze vztahu $v = \frac{L}{t_1}$.

Grafické znázornění metody je na obrázku 2. Byl vygenerován centrováný signál $x(t)$, tj. realizován náhodný proces. Náhodný signál $y(t)$ vznikl odstraněním prvních $2s$ signálu $x(t)$. U vypočtené vzájemné korelační funkce $R_{xy}(t)$ tomu odpovídá výrazné maximum $t_1 = 2s$.

Tento princip lze využít pro měření přímočaré rychlosti prakticky všech těles. Podmínkou ovšem je, že jsme schopni některou jeho vlastnost reprezentovat jako náhodnou veličinu.



Obr.2 Znáznornění využití korelačního principu

5. ZÁVĚR

Závěrem je možné konstatovat, že žádná z metod nebude použitelná ve všech případech a je vždy nutné rozhodnout se na základě konkrétní situace. Jak již plyne z bodu 2) *Požadavky na měřicí systém*, musíme nejprve provést důkladný rozbor celého problému. Výběr konkrétního řešení musí být založen nejen na dokonalé znalosti řešeného problému, ale i všech možností jak jej řešit. Jen tímto postupem lze předcházet chybným rozhodnutím, které mají v konečném důsledku vliv na spolehlivost a přesnost celého výrobního zařízení.

Velký prostor byl věnován především snímačům využívajícím Dopplerův princip a korelační princip. Snímač založený na Dopplerově principu má sice poměrně vysoké pořizovací náklady, ale zase je schopen poskytovat vysoce přesné údaje o rychlosti. Snímání s využitím korelačního principu je zase schopno řešit situace kdy máme objekt komplikovaného tvaru, vysoké teploty měřeného objektu. Pořizovací cena toho způsobu měření je závislá především na použitých snímačích.

6. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Zehnula K. : Čidla robotů, Praha, SNTL, 1990, 372
- [2] Zehnula K. : Snímače neelektrických veličin, Praha, SNTL, 1982, 372
- [3] Miláček S. : Náhodné a chaotické jevy v mechanice, Praha, skriptum ČVUT, 2000, 141
- [4] Klos Z., Hruška K., Souček A. : Elektrická měření, Brno, skriptum VUT, 1983, 240
- [5] Horák Z., Krupka F. : Fyzika – Příručka pro vysoké školy technického směru, Bratislava, SNTL/ALFA, 1981, 1136