



Národní konference s mezinárodní účastí
INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

13. – 16. 5. 2002, Svratka, Česká republika

**MĚŘÍCÍ BOX PRO DIAGNOSTIKU DYNAMICKÝCH PARAMETRŮ VOZIDLA
PŘI JÍZDĚ**

Aleš Dočkal¹, Miroslav Hédl², Ivan Mazůrek³, Vladislav Singule⁴

***Abstrakt:** Příspěvek popisuje koncepci měřicího boxu, vyvíjeného na ÚK FSI VUT v Brně pro účely snímání dynamických parametrů jedoucího vozidla. K měření se využívají tři snímače zrychlení ADXL 105 firmy Analog Devices a tři snímače úhlové rychlosti ENV 05 firmy Murata. Pro ilustraci jsou uvedeny některé výsledky měření dynamických parametrů motocyklu. Získané výsledky dokazují správnost zvolené metodiky měření a vyvinutého software*

Klíčová slova: měření, vozidlo, dynamika, snímač

Moderní silniční vozidla se vyznačují zpravidla velmi dobrými jízdními vlastnostmi. Značného pokroku bylo dosaženo nejen v jízdním pohodlí, ale také v aktivní bezpečnosti, která je dána jednak snadnou a přesnou ovladatelností, ale také exaktním chováním vozu v kritické jízdní situaci. Významnou roli zde hraje konstrukce a technický stav podvozkových částí, jako jsou nápravy, tlumící a pružící jednotky včetně jejich naladění a opotřebení.

Snímání dynamických parametrů z jedoucího vozidla, jako jsou rychlosti a zrychlení v jednotlivých osách, úhly klonění, klopení a stáčení, má své nezastupitelné místo především v oblasti experimentálního ověřování počítačových simulací při vývoji vozidel, bezpečnostních a srovnávacích zkouškách vozidel a v neposlední řadě v automobilovém sportu. Na trhu se vyskytují snímací zařízení, využívající dvou odlišných principů. Zřejmě nejrozšířenější je systém německé firmy Datron - Corrsys GmbH, využívající principu korelace signálů z optických čidel. Tyto snímače se umísťují vně vozidla, protože sledovaným signálem je odražené světlo od povrchu vozovky. Pro měření všech potřebných parametrů je tedy vozidlo vybaveno několika přístroji, které rozšiřují jeho vnější obrysy a mohou být poměrně snadno poškozeny během měření. Při ceně, která může převýšit i cenu měřeného vozidla je to velmi nepříjemná skutečnost. Ostatní komerční zařízení jsou proto umísťována zpravidla uvnitř automobilu a využívají ke sledování dynamických parametrů elektronická čidla, ať už snímače zrychlení nebo rychlostí, resp. úhlových rychlostí. Tyto systémy se liší kvalitou i cenou ve značném rozsahu a používají se jak v automobilovém sportu (Formule 1), tak i v produkčních vozech.

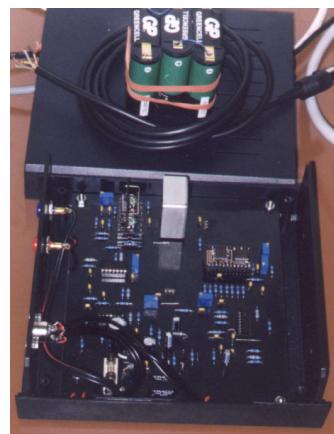
¹ Ing. Aleš Dočkal, ÚK FSI VUT v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel.: 05/4114 3261, fax: 05/41143337, e-mail: ales.dockal@post.cz, ² Miroslav Hédl, UREL FEKT VUT v Brně, Purkyňova 118, 612 00 Brno, ³ Doc. Ing. Ivan Mazůrek, CSc, ÚK FSI VUT v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel.: 05/4114 3308, fax: 05/4114 3337, e-mail: mazurek@udt.fme.vutbr.cz, ⁴ Doc. Ing. Vladislav Singule, CSc, UVSSaR FSI VUT v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, tel.: 05/4114 2189, e-mail: singule@uvssr.fme.vutbr.cz

Na ÚK FSI VUT v Brně je pro účely snímání dynamických parametrů jedoucího vozidla vyvíjen měřicí box, využívající ke sledování dynamických parametrů univerzální a snadno dostupná elektronická čidla, jmenovitě snímače zrychlení a úhlových rychlostí („gyroskopy“).

Popis snímačů

Při volbě snímačů byla zohledněna řada protichůdných požadavků, jako např. přijatelná cena, dostupnost, snadná kalibrace, požadavky na napájecí napětí apod. Volba padla na snímače zrychlení firmy Analog Devices a snímače úhlové rychlosti firmy Murata. Firma Analog Devices přišla jako první na trh s kompletním systémem pro měření zrychlení integrovaným na jednom čipu s čidlem pracujícím jako diferenciální kondenzátor, který se skládá ze střední pohyblivé elektrody tvořené pružným nosníkem a dvěma pevnými elektrodami.

V uplynulých letech bylo na ÚK FSI VUT v Brně realizováno několik experimentů, které vedly nejprve k sestrojení jednotky tříosého snímače zrychlení za použití obvodů firmy Analog Devices ADXL 05 [2], následoval návrh a konstrukce „měřicího kříže“ pro hodnocení stavu podvozku automobilu z jeho chování po prudkém brždění (obr. 1). Zařízení bylo osazeno snímači zrychlení firmy Analog Devices – dvěma jednoosými snímači ADXL 05 ve svislém směru a jedním tříosým snímačem ADXL 150EM. Během zkoušek s tímto zařízením se ukázala největší slabinou malá citlivost snímačů ADXL. Na základě předchozích zkušeností byla navržena nová koncepce zařízení, jako „černé skříňky“ s využitím snímačů ADXL a snímačů úhlové rychlosti s patřičnými podpurnými obvody pro filtraci a zesílení signálu.



Obr. 1 Měřicí kříž se snímači zrychlení

Obr. 2 Vnější provedení a vnitřní uspořádání měřicího boxu **Mbox**, včetně napájecích baterií.

Pro uvažované účely bylo použito tří jednoosých snímačů typu **ADXL105**. Jedná se o přesný akcelerometr s rozsahem $\pm 5g$. Snímač je vybaven integrovaným teplotním senzorem pro korekci teplotního driftu, má velmi nízký šum a při snížení šířky pásma lze dosáhnout rozlišení až 2 mg. Výstupní citlivost lze nastavovat pomocí externích rezistorů v rozsahu 250mV/g až 1,5V/g.

Snímače úhlové rychlosti firmy Murata využívají Coriolisovy síly, která vzniká tehdy, když na vibrující objekt působí úhlová rychlost kolmo na směr kmitání. Zvolen byl typ **Gyrostar ENV-05D** s měřicím rozsahem $\pm 80^\circ/s$.

Každé čidlo má na výstupu aktivní analogový filtr typu dolní propust 2. řádu s operačním zesilovačem. Celý systém je napájen z palubní sítě vozidla, pochopitelně s patřičnou stabilizací a ochranou proti přepětí a prepólování. Veškeré obvody jsou zapojeny na desce plošných spojů a umístěny v černé plastové skřínce (obr. 2). Zařízení bylo pojmenováno „**Mbox**“.

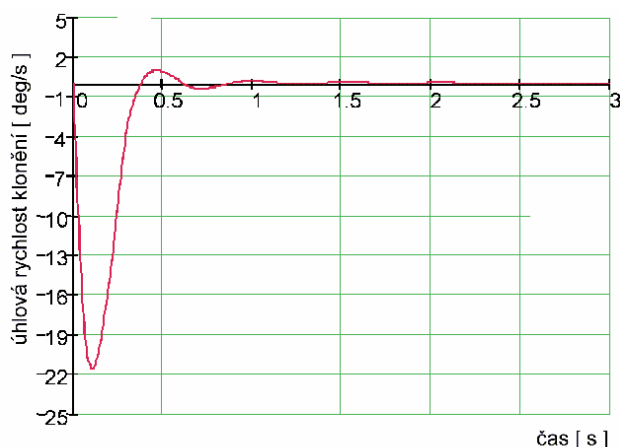
Měření a vyhodnocení

V první fázi byl Mbox použit pro měření na motocyklu, neboť k dispozici byl pouze jediný snímač úhlové rychlosti. Výhodou je rovněž skutečnost, že pro motocykl lze snáze realizovat matematický model (rovinný model). Tvorbu matematického modelu pro motocykl prováděl v rámci své DP Ing. Grof z ÚDT FSI VUT v Brně. Postupně byly osazeny zbylé dva snímače a zařízení s úspěchem absolvovalo řadu měření, např. výzkum jízdní dynamiky osobních a užitkových vozidel, prováděný USI VUT v Brně (viz. další příspěvky této konference).

Signál ze snímačů je vzorkován kmitočtem 200 Hz a zaznamenán dataloggerem, odkud je přes sériový port následovně přenesen do řídicího počítače a vyfiltrován dolnoproustným diskretním FIR filtrem s mezní frekvencí řádu jednotek Hz, aby byly odstraněny vlivy chvění motoru vozidla, jízdy po nerovnostech a kmitání desky plošných spojů. Další vyhodnocení naměřených dat využívá algoritmů, ověřených v uplynulých letech v rámci vyhodnocovacích programů bezdemontážních testerů závěsů kol automobilů na ÚK FSI VUT v Brně [6]. Provádí se dvakrát opakovaná derivace záznamu (diskretní derivační filtr) a integrace. Průběhy křivek ze snímače úhlových rychlostí pak charakterizují úhel naklonění odpružených hmot, úhlovou rychlost, úhlové zrychlení a derivaci úhlového zrychlení. Získané hodnoty pak umožňují s vysokou přesností stanovit vlastní frekvenci i měrný útlum odpružené hmoty.



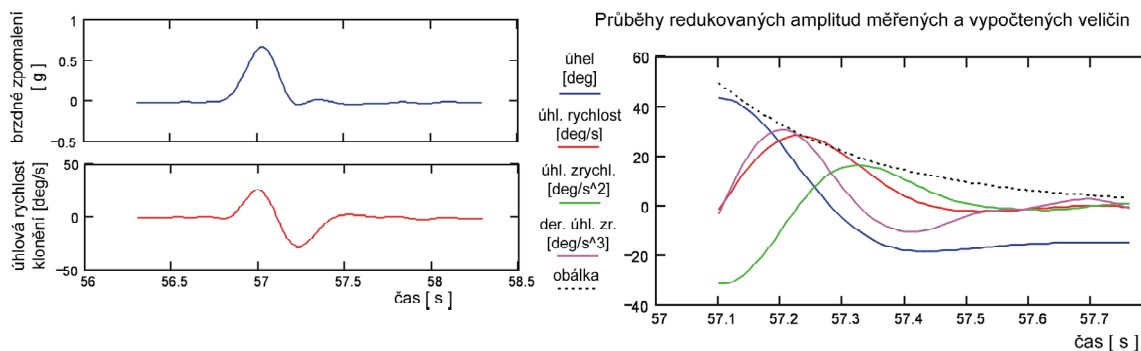
Obr. 3 Studentský kolektiv.
Zleva pánové Satrapa,
ing. Grof a Hédľ.



Obr. 4 Modelovaná úhlová rychlost klonění
motocyklu.

Na obr. 3 je fotografie celého studentského kolektivu, který se podílel na vývoji tohoto zařízení. Pan Satrapa prováděl v rámci RP návrh zařízení s využitím prvků SMD, pan Hédľ (oba FEKT VUT v Brně) návrh a realizaci s využitím klasických elektronických součástek na desce plošných spojů s podpůrnými obvody. Na obrázku je současně dobře patrné umístění Mboxu na nádrži a dataloggeru na řídítkách motocyklu.

Na obr. 4 je příklad modelované úhlové rychlosti klonění kolem příčné osy motocyklu po zabrzdění. Na následujícím obrázku je pak reálný změřený signál ze snímače zrychlení a úhlové rychlosti získaný při jízdě motocyklu a prudkém zabrzdění a příklad zpracování signálu výše popsáním postupem.



Obr. 5 Příklad úseku změřeného a vyfiltrovaného signálu a jeho vyhodnocení.

Závěr

Realizované experimenty prokázaly správnost zvolené koncepce. Zařízení Mbox umožňuje poměrně přesné měření požadovaných dynamických parametrů vozidel při jízdě. Další vývoj testeru bude směřovat především do oblasti záznamu měřeného signálu a zdokonalení kalibrace snímačů.

Literatura

- [1] BUZZI, L. „On car“ vehicle suspension testing system. Technical Booklet No 21. 1984.
- [2] DOČKAL, A. Snímání jízdních parametrů automobilu. Závěrečná zpráva grantového projektu Fondu vědy FS VUT v Brně, 1998.
- [3] DOČKAL, A. – JEDELSKÝ, J. Dokmitová analýza odpružení automobilu. Závěrečná zpráva grantového projektu Fondu pro vědy a umění FS VUT v Brně, 1998.
- [4] HÉDL, M.: Systém pro snímání dynamických parametrů pohybu vozidla za jízdy. Ročníkový projekt. FEI VUT v Brně, 2001.
- [5] KREIDL, M. Diagnostické systémy. ČVUT Praha 1995.
- [6] MAZŮREK, I. Bezdemontážní diagnostika automobilových závěsů kol. Habilitační práce. FSI VUT v Brně, 2000.
- [7] VLK, F. Dynamika motorových vozidel. NZV Brno 2000.