

DOSTUPNÉ METODY MĚŘENÍ JÍZDNÍCH DYNAMICKÝCH PARAMETRŮ VOZIDEL

Albert Bradáč¹, Rostislav Hadaš²

Abstrakt

Krátké seznámení s možnostmi měření vybraných jízdních dynamických parametrů vozidel. Ukázka vyvíjených přístrojů. Naměřené hodnoty.

ÚVOD

V současné době je na trhu poměrně široká nabídka různých měřicích přístrojů k měření jízdních dynamických parametrů vozidla, jako je zrychlení, stáčení (klopení, klonění) apod.

Většina těchto produktů je sice na velmi vysoké úrovni zpracování i kvality a komfortu měření, avšak pro běžné znalce je jejich dostupnost značně omezená. Například pořizovací cena známého systému Correvit, firmy Datron-corrsys, nebo zařízení firmy Dewetron jsou sice přístroje umožňující velmi přesná měření, včetně zpracování signálu v reálném čase, ale jejich pořizovací cena se počítá ve stovkách tisíc Kč.

Další možností je například XL Meter maďarské firmy Inventur, který však má jistá omezení co do rozsahu a počtu měření. Sice se připravuje nová verze, která by měla umět měřit i sílu na pedál a další veličiny, avšak prozatím není známa její cena ani datum uvedení na trh.

Proto byla na našem ústavu projevena snaha vyvinout zařízení, které bude cenově dostupné a přitom bude stále dávat výsledky měření takové, aby měly dostatečnou vypovídací schopnost coby podklady pro technickou analýzu silničních nehod. Tento cíl se nám postupně daří naplňovat.

MĚŘICÍ SYSTÉM WDAQ

Tento měřicí systém (jeho název je odvozen z principu jeho činnosti – wireless data acquisition – tedy bezdrátové získávání dat) byl vyvinut ve spolupráci se studenty Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně. Jeho základ tvoří jednotka pro sběr dat s připojenými snímači, modem pro bezdrátový přenos a počítač, ke kterému je připojena protistrana modemu.

Jednotka pro sběr dat

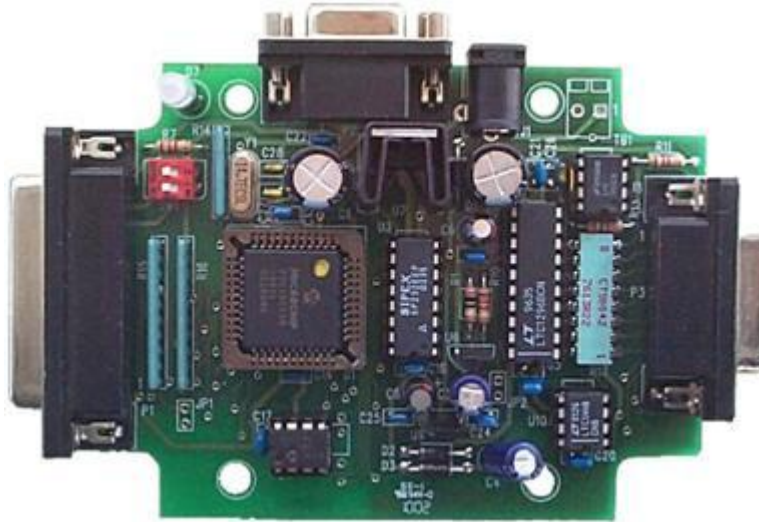
Protože jsme se pro začátek rozhodli využívat analogové signály a protože vhodné modemy umí přenášet data ze sériového portu (RS-232, COM, ...), byla vybrána jednotka pro sběr dat americké firmy SuperLogics, která umožňuje s dostatečnou přesností sbírat data z osmi analogových a až 16 digitálních vstupů a posílat je dále po sériové lince (obrázek 1). Analogová data jsou snímána s 12tbitovou přesností, tj. měřený rozsah napětí, který zde činí

¹ Bradáč Albert, Ing. Ph.D., Ústav soudního inženýrství Vysokého učení technického v Brně, Údolní 53, 602 00 Brno, tel: +420 541 146 011, e-mail: junior.bradac@usi.vutbr.cz.

² Hadaš Rostislav, Ing., Honeywell GDC, Tuřanka 96/1236, 627 00 Brno, tel: +420 545 502 118, email: rostislav.hadas@gmail.com.

***XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008***

0 až 5 V, je rozdělen na $2^{12} = 4096$ částí. Tedy nejmenší měřitelné napětí je 1,22 mV. Například při použití snímače ADXL202 (viz dále) s přepočtem 1000 mV/g je jednotka schopna rozlišit zrychlení nejméně 0,012 m/s². S ohledem na další nepřesnosti, které při běžném měření vznikají, je taková citlivost více než postačující. Co se týká frekvence snímání, tato je dána přenosovou rychlostí RS232 portu, tedy 115200 b/s. Protože jednotka data upravuje do bloků po 40 bitech, je teoretická dosažitelná frekvence snímání na jednom snímači 2880 vzorků/sekundu. Prakticky je tato frekvence dále omezena parametry použitého modemu.

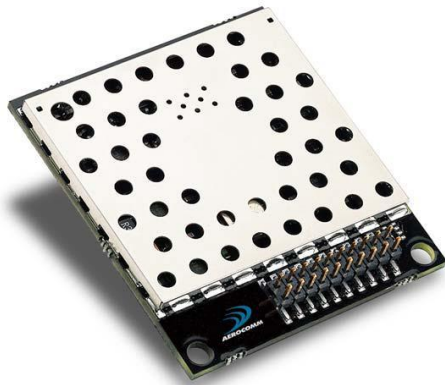


Obrázek č. 1 – Jednotka pro sběr dat SuperLogics ADC 1R2 – vlevo port pro digitální vstupy/výstupy, vpravo port pro analogové vstupy, nahoře sériový port RS232.

Modemy

Pro bezdrátový přenos dat byly pořízeny nejprve modemy firmy AeroComm s teoretickým dosahem 15 km a přenosovou rychlostí 56 kbps. Bohužel při jejich testování bylo zjištěno, že dosah je výrazně kratší (při použití jedné strany přenosu ve vozidle a druhé ve volném prostoru cca 1 km) a uvedený parametr přenosové rychlosti byl nahrazen parametrem datová propustnost, která je pouze cca 12 kbps. Tedy teoretická frekvence na jeden kanál je 300 HZ. V praxi je však ještě o něco nižší a při použití více snímačů se samozřejmě mezi ně rovnoměrně rozdělí.

Proto byla pořízena další souprava modemů, tentokrát firmy Höft & Wessel, která má datovou propustnost výrazně vyšší, avšak na úkor dosahu modemu, který je při použití jedné části v autě a druhé ve volném prostoru max. 200 metrů. Pro řadu měření je to však dostačující a lze dosáhnout až 800 vzorků za sekundu na jednom kanálu, tedy teoreticky až 100 při použití všech osmi kanálů.



Obrázek č. 2 – Modemy pro bezdrátový přenos dat – vlevo AeroComm AC4868-250, vpravo Höft&Wessel HW86012.

Snímače

Vzhledem k univerzálnosti použité jednotky pro sběr dat, lze využít celou řadu snímačů. Prozatím byly testovány snímače zrychlení a snímače rychlosti rotace firmy Analog Devices s následujícími vlastnostmi:

Akcelerometr ADXL 203CE:

Počet měřených os:	2
Měřicí rozsah:	minimálně $\pm 1,7$ g
Rozlišení při napájecím napětí 5V:	1000 mV/g (960 až 1040 mV/g)
Odolnost:	3500 g

Akcelerometr ADXL330KCPZ:

Počet měřených os:	3
Měřicí rozsah:	$\pm 3,6$ g (min ± 3 g)
Rozlišení při napájení 3V:	300 mV/g (270 až 330 mV/g)
Odolnost:	10000 g

Akcelerometr ADXL278-AD22285-R2:

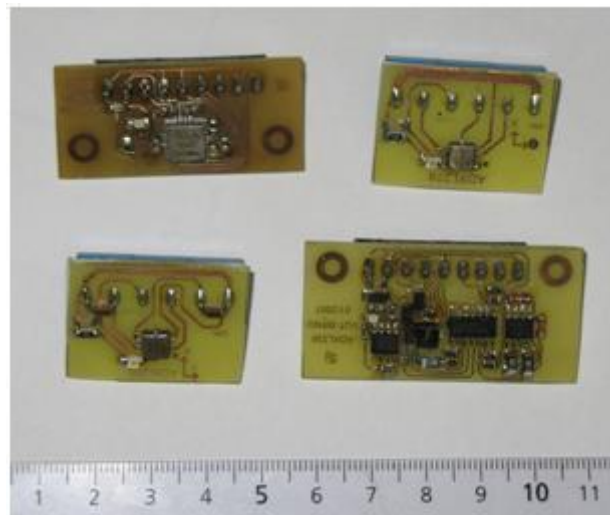
Počet měřených os:	2
Měřicí rozsah:	min ± 55 g
Rozlišení:	38 mV/g (36,1 až 39,9 mV/g)
Odolnost:	4000 g

Gyro ADXRS300ABG:

Počet měřených os:	1
Měřicí rozsah:	± 300 °/s
Rozlišení:	5 mV/°/s
Odolnost:	2000 g

Jak je vidět, tyto snímače mohou pokrýt základní měřicí potřebu, jak pro měření běžné jízdy, tak i pro měření crash-testů.

Do budoucna uvažujeme se snímači síly na pedál (pravděpodobně s využitím tlakových snímačů) a při využití digitálních vstupů i s měřením otáček kol vozidla, případně natočení volantu.

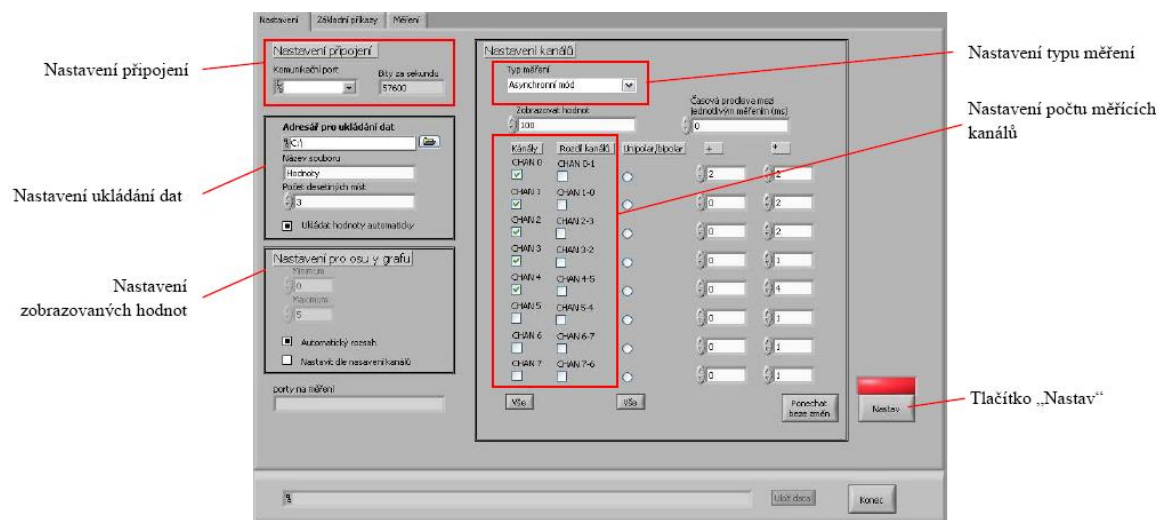


Obrázek č. 3 – Osazené snímače – vlevo nahoře gyro ADXRS330, dále akcelerometry ADXL278, ADXL203 a ADXL330.

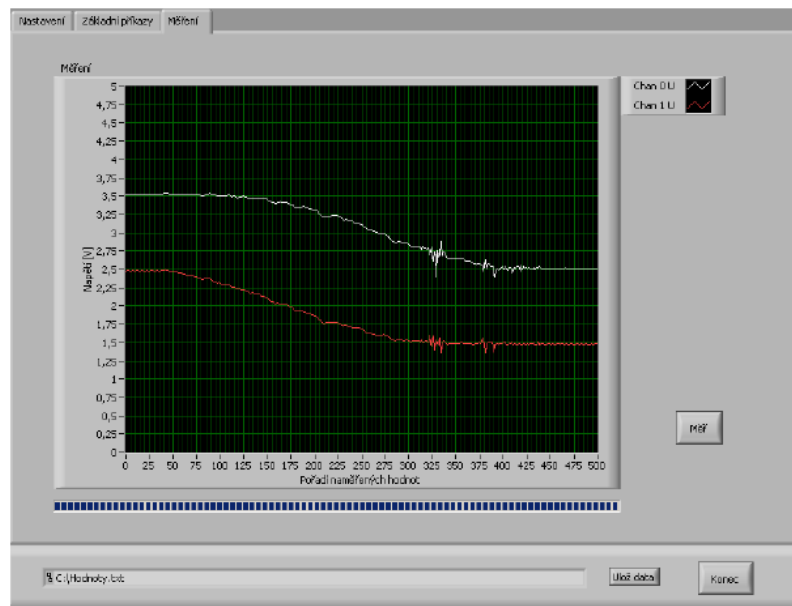
Software pro sběr dat

Ve spolupráci se studenty FEKT VUT v Brně je pro naše účely vyvíjena univerzální aplikace v programu LabView. Modulárnost programovacího prostředí LabView, umožňuje vytvořit měřicí aplikaci přímo pro konkrétní měření. Současná podoba měřicího software existuje jako samospustitelná aplikace, která pomocí sekvencí příkazů ovládá měřicí jednotku Superlogic ADC 1R2.

Samotné měření probíhá tak, že po nastavení parametru měření (cesta pro ukládání souborů, nastavení ukládání dat, počet měřících kanálů, atd.) v záložce „Nastavení“, je odeslán na měřicí jednotku unikátní řetězec znaků, který jednotku nastaví a zároveň spustí měření. Po spuštění měření je v záložce „Měření“ vidět průběh aktuálně měřených hodnot. Veškeré měřené hodnoty se průběžně ukládají do textového souboru, obsahující sloupce čísel (čas, naměřené veličiny).



Obrázek č. 4 – Nastavení měření v aplikaci LabView

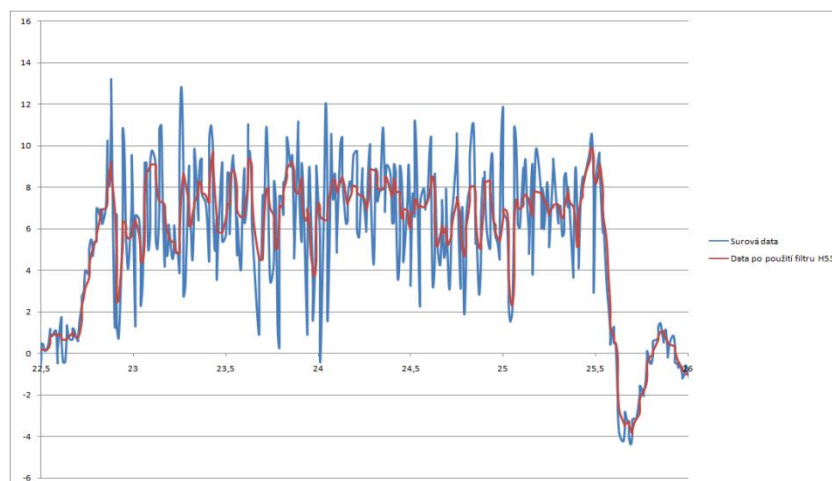


Obrázek č. 5 – Zobrazení měřených hodnot v aplikaci LabView

Vyhodnocení naměřených hodnot

Vlastní vyhodnocení je prozatím prováděno v programu MS Excel, který umožňuje další zpracování naměřených hodnot, tj. integraci zrychlení na rychlost a následně dráhu, filtraci apod. Další alternativou jsou programy MathCad nebo MatLab, které obsahují vlastní funkce pro filtrování hodnot a další úpravu naměřeného signálu.

Filtrace naměřených hodnot je potřebná pro získání použitelných průběhů měřených veličin, současná „rozstřesenost“ signálu je způsobena především nevhodným zesílením signálu. V rámci dalšího vývoje bylo upraveno osazení snímačů a zesilovačů tak, aby většina ruchů byla filtrována hardwarově již během měření.



Obrázek č. 6 – Porovnání surových naměřených dat s daty upravenými filtrem H53.

PŘÍKLADY POUŽITÍ

Přístroj byl testován při několika příležitostech různých měření. Nejprve to bylo měření brzdného zpomalení na různém povrchu na polygonu ve Vysokém Mýtě, kde byl přístroj porovnáván s dnes používanými XL Metery, dále pak na různých zpevněných

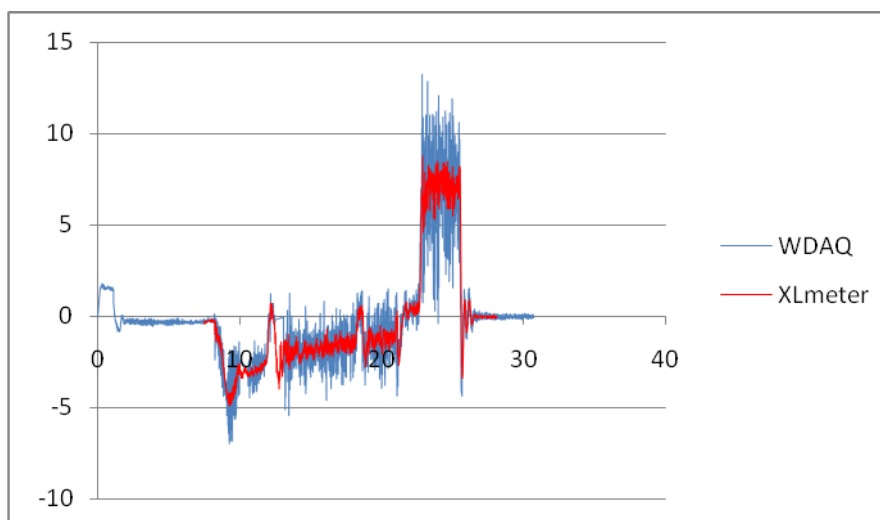
**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

plochách, kde bylo testován průběh brzdění, ale i vyhýbací manévr a ustálená jízda v kruhu. V posledním případě byl přístroj využit pro měření zrychlení, resp. zpomalení při crash-testu, prováděném TV Prima při příležitosti loňského Autosalonu. Naměřené hodnoty pak byly použity při simulaci, která se objevila v televizi.

Každé provedené měření bylo pozitivně využito pro další vývoj měřicí jednotky. Celkově bylo upraveno ovládání software, upraveny byly zesilovače snímačů, byl vyroben speciální držák měřicího zařízení umožňující uchycení do zavazadlového prostoru vozidla atd.

Měření brzdění

Těchto zkoušek bylo provedeno při použití systému WDAQ celkem 12 na dvou různých površích a se zapnutým a vypnutým ABS. Při měření byl použit dvouosý snímač zrychlení ADXL203 s rozsahem $\pm 1,7$ g a data byla přenášena modemem HW a ukládány byly oba kanály se vzorkovací frekvencí 200 Hz. Tato měření probíhala ještě před poslední úpravou snímačů a výsledný průběh bylo třeba filtrovat. I při použití filtru však není průběh naměřených hodnot zcela ideální, velmi dobrá shoda s hodnotami naměřenými XL Meterem je však patrná.

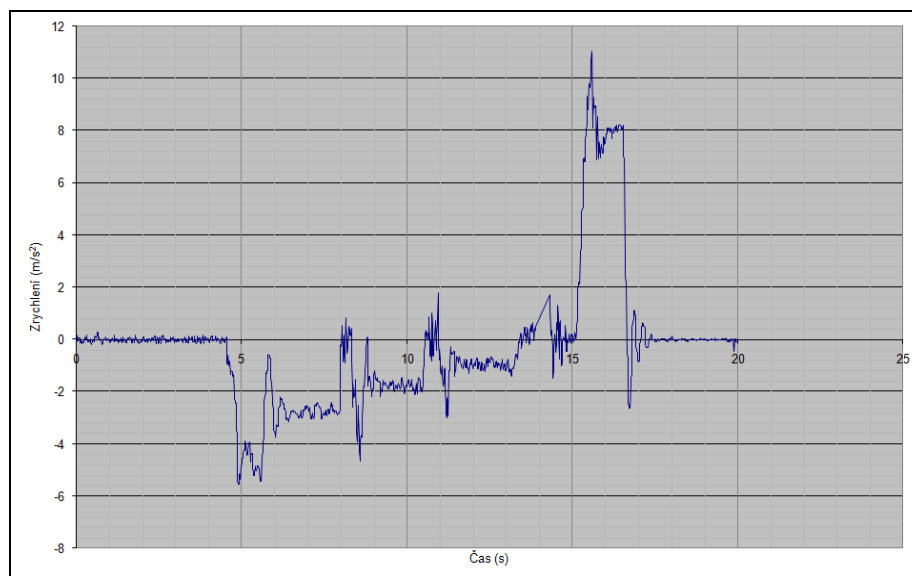


Obrázek č. 7 – Porovnání naměřených hodnot přístroji WDAQ a XLmeter.

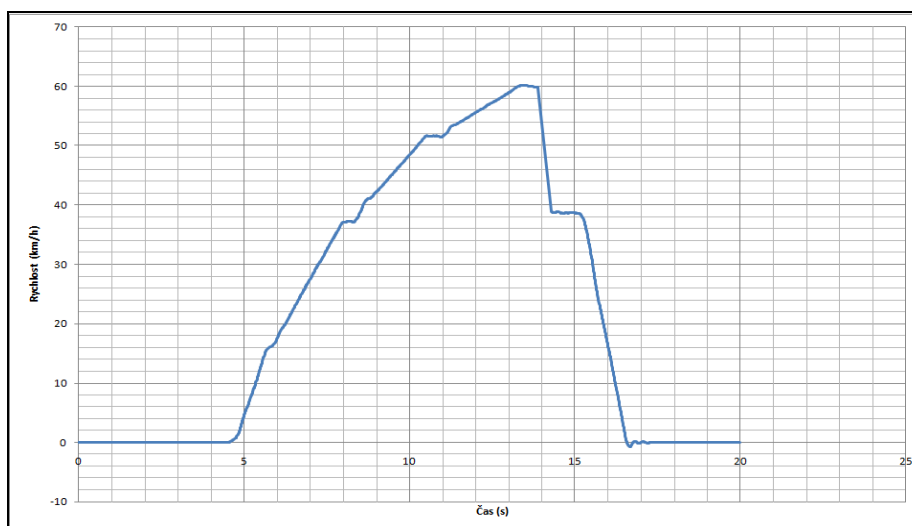
Crash-test

Při tomto měření byly využity dva dvouosé akcelerometry. ADXL203 s rozsahem $\pm 1,7$ g pro měření rozjezdu a následného dobrzdění, za účelem stanovení rychlostí a dále pak ADXL 278 s rozsahem ± 55 g, pro měření vlastního střetu. Během měření byly zapojeny všechny 4 kanály, což mělo za následek snížení vzorkovací frekvence na 100 Hz, tedy ukládání průměrně po 0,01 sekundě. Tato hodnota je postačující pro měření běžné jízdy, při vlastním střetu však mohlo dojít k oříznutí maximální hodnoty zrychlení. Měřicí zařízení bylo ve vozidle umístěno na rozpěrné tyči v zavazadlovém prostoru vozidla. Výpočtem bylo zjištěno, že během střetu došlo ke změně natočení snímačů o $0,05^\circ$ kolem příčné osy vozidla. Tato hodnota však není pro měření podstatná a lze ji na základě výsledků eliminovat.

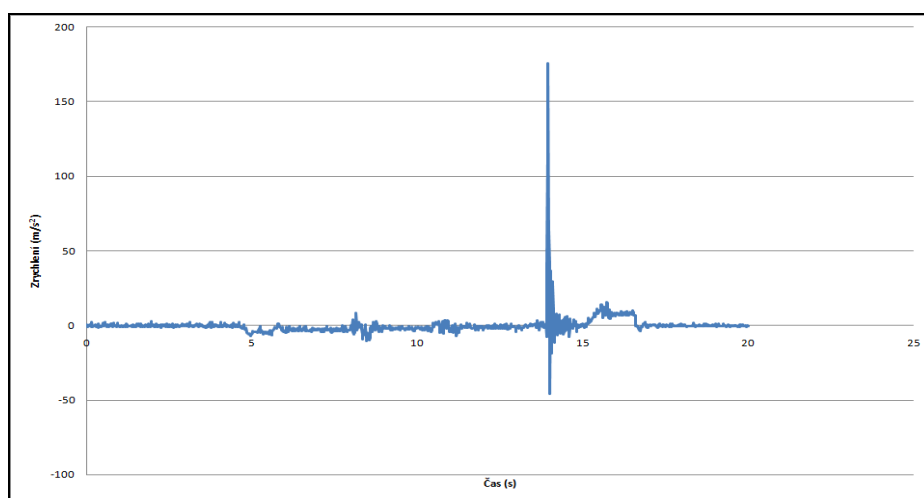
*XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008*



Obrázek č. 8 – Zrychlení vozidla při rozjezdu, střetu a následném dobrzdění, naměřené snímačem ADXL203.



Obrázek č. 9 – Rychlost vozidla vypočtená integrací naměřených hodnot zrychlení – do střetu je rychlost vypočtena z hodnot rozjezdu dopředu, postřetová pak z hodnot dobrzdění zpětně.



Obrázek č.10 – Hodnoty zrychlení naměřené snímačem ADXL278 – nejvyšší hodnota cca 17 g.

ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že měřicí systém se osvědčil. Umožňuje připojení celé řady snímačů, lze jej použít jak bezdrátově, tak přímým připojením k počítači se sériovým portem, což výrazně navýší přenosovou rychlost až na hranici 115200 b/s. Pořizovací cena HW se pohybuje v řádech tisíců, nepočítáme-li vývoj.

Pro účely jednoduchých měření znalců lze využít tytéž snímače, připojené přímo do měřicí karty zapojené v notebooku (cca 15 až 20 tis. kvalitní PCMCIA karta), případně do levnějšího USB modulu. Cena snímačů i s osazením se pak pohybuje od 1500,- do 2000,- Kč.

Dalším vyvíjeným zařízením je autonomní dvouosý akcelerometr, umožňující grafické znázornění okamžitých hodnot zrychlení a současně vyhodnocení maximálních hodnot a ukládání naměřených dat na paměťovou kartu. V současné době existuje jeden prototyp. Po odladění některých drobných nedokonalostí by měl být přístroj plně funkční a připraven pro kusovou výrobu. Jeho cena by neměla překročit 20 tis. Kč.